భౌతిక శాస్త్రం

ఆధునిక భౌతిక శాస్త్రం

BRAOU

ఆంధ్రప్రదేశ్ సార్వత్రిక విశ్వవిద్యాలయం

హైదరాబాద్

1991

T-3396
3-12-93

కోర్సు టీమ్

Dr. BRAOU
LIBRARY

సంపాదకుడు
ప్రొ. జి. శివరామ శాస్త్రి

రచయితలు

శ్రీ యన్. నాగభూషణం
ప్రొ. యన్. మనోహర మూర్తి
డా. కె.వి. శివకుమార్
శ్రీ. వ. వెంకటరావు

ఉప సంపాదకురాలు
డా. కె. జ్ఞానప్రసూన

ముఖచిత్ర రచన
చంద్ర

గ్రాఫిక్స్ డిజైనర్
యమ్. రమేశ్

Dr. B.R.A.O.U. LIBRARY
Acc. No T-3396
Date 3-12-93
Call No 530 BOU

ఆంధ్రప్రదేశ్ సార్వత్రిక విశ్వవిద్యాలయం
హైదరాబాదు.

ప్రథమ ప్రచురణ 1985
పరిష్కృత ముద్రణ 1991

1991 ఆంధ్రప్రదేశ్ సార్వత్రిక విశ్వవిద్యాలయం

అన్ని హక్కులు విశ్వవిద్యాలయానివి. ఈ పుస్తకంలోని ఏ భాగం అయినా ఉపయోగించదలచుకుంటే విశ్వవిద్యాలయం అనుమతి పొందాలి.

BRAOU

ఈ పాఠాలు సార్వత్రిక విశ్వవిద్యాలయం పాఠ్యప్రణాళికలో ఒక భాగం.

పాఠ్యప్రణాళిక మొత్తం వివరాలు ఈ పుస్తకం చివరలో ఉన్నాయి.

ఇతర వివరాలకు: డైరెక్టరు (అకడమిక్), ఆంధ్రప్రదేశ్ సార్వత్రిక విశ్వవిద్యాలయం, హైదరాబాదు.

ముద్రణ: మహేశ్ గ్రాఫిక్స్, క్యాపిటల్ హిల్స్, హైదరాబాదు. ఫోన్ : 226228

పీఠిక

ఆంధ్రప్రదేశ్ సార్వత్రిక విశ్వవిద్యాలయం బోధించే మూడవ సంవత్సరం బి.యస్‌సి. కోర్సు పాఠ్యప్రణాళిక ఆధారంగా ఆధునిక భౌతికశాస్త్ర అంశాల సంకలనమే ఈ పుస్తకం. ఈ అంశాలు విజ్ఞానశాస్త్రంలోని 3 సంవత్సరాల డిగ్రీ కోర్సులో మూడవ సంవత్సరం, అధ్యయనం చేయవలసిన ముఖ్య పాఠ్యపరిధిలోనిది. అయితే పాఠ్యప్రణాళిక, సౌలభ్యం కోసం కొన్ని ఖండికలుగా విభజింపబడింది. ప్రతి ఖండికలోను కొన్ని భాగాలు ఉంటాయి. ప్రతి ఖండిక ఒక నిర్దిష్ట విభాగాన్ని సూచిస్తుంది. విద్యార్థి ఎక్కువ శ్రమలేకుండా సులభంగా చదివి అర్థం చేసుకోవడానికి వీలుగా ఒక ప్రణాళికననుసరించి ఆయా శాఖల నిపుణలచేత ఈ పాఠాలు రూపొందించబడ్డాయి. ప్రతి భాగం దాని లక్ష్యంతో ప్రారంభమౌతుంది. పాఠం సారాంశం సంగ్రహంగా తెలుపబడుతుంది. విద్యార్థి తన అవగాహనాశక్తిని తానే పరీక్షించుకొనేందుకు వీలుగా ప్రశ్నలు, లెక్కలు యివ్వబడ్డాయి. అంతేకాక భౌతిక శాస్త్రంలో ముఖ్యంగా ఒక భావనను అర్థం చేసుకోవాలంటే విద్యార్థి దానికి సంబంధించిన కొన్ని లెక్కలను చేయాల్సి ఉంటుంది. ఈ కారణంగా ప్రతి భాగంలోనూ కొన్ని మాదిరి లెక్కలు యివ్వబడ్డాయి.

1 నుండి 6 ఖండాల వరకు ఆధునిక భౌతిక శాస్త్ర అంశాల వివరణ ఉంది. 7వ ఖండంలో ఎలెక్ట్రానిక్స్-మౌలిక అంశాల గురించిన చర్చ ఉంది.

BRAOU

BRAOU

అంధ్రప్రదేశ్ సార్వత్రిక విశ్వవిద్యాలయం
(డిగ్రీస్థాయి)
మూడవ సంవత్సర పాఠ్యప్రణాళిక
భౌతికశాస్త్రం - కోర్సు - 3
ఆధునిక భౌతికశాస్త్రం

ఖండం–I   వికిరణం యొక్క పరమాణు స్వభావం

భాగం–1   కృష్ణవస్తువు వికిరణం, వీన్, రేలీ-జీన్స్ సిద్ధాంతాలు (గుణాత్మక వివరణ మాత్రమే) ప్లాంక్ సిద్ధాంతం.   1

భాగం–2   ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం, ఐన్‌స్టీన్ వివరణ, X- కిరణాలలో కాంప్టన్ ఫలితాలు.   15

భాగం–3   రేఖావర్ణపటం, బోర్ సిద్ధాంతం హైడ్రోజన్ పరమాణు శక్తి స్థాయిలు.   28

భాగం–4   అనురూప నియమం క్వాంటం సంఖ్యలు, పౌలీవర్జన నియమం, మూలకాల ఆవర్తన పట్టిక.   38

భాగం–5   లేజరు ఉపయోగాలు: స్వచ్ఛంద, ఉత్తేజిత వికిరణ ఉద్గారాలు, He-Ne లేజర్ సూత్రం.   48

ఖండం–II   తరంగాలు - కణాలు

భాగం–6   ద్రవ్యతరంగాలు - ఎలెక్ట్రాన్ వివర్తనంపైన డేవిసన్, జెర్మర్‌ల ప్రయోగాలు - థామ్సన్ ప్రయోగం.   59

భాగం–7   పరమాణు నిర్మాణం, స్థావర తరంగాలు - తరంగ ప్రమేయం యొక్క అర్థం - అనిశ్చితత్వ సూత్రం.   67

భాగం–8   శ్రోడింగర్ తరంగ సమీకరణం - పెట్టెలో కణం హరాత్మక డోలకం.   75

ఖండం–III   కేంద్రక నిర్మాణం, ధర్మాలు

భాగం–9   సహజరేడియో ధార్మికత, రేడియోధార్మిక విఘటన, రేడియోధార్మిక సమతాస్థితి, భూమి వయస్సు.   82

భాగం–10   వికిరణ శోధకాలు; గైగర్ - ముల్లర్ కౌంటర్ మేఘపేటిక, బుద్బుదకోశం, ప్రస్ఫురణ శోధకం.   100

భాగం–11   మూలకాల పరివర్తనం, రూథర్‌ఫర్డ్ ప్రయోగం ఛాడ్‌విక్ న్యూట్రాన్ ఆవిష్కరణ.   115

భాగం–12   కేంద్రక బంధనశక్తి, కృత్రిమ రేడియోధార్మికత కేంద్రక చర్యలు.   130

భాగం–13   కేంద్రకం నమూనాలు, కర్పర నిర్మాణం, ద్రవబిందునమూనా కేంద్రకం మాజిక్ సంఖ్యలు   140

భాగం–14   కేంద్రక విచ్ఛిత్తి, కేంద్రాకాల సంలీనం (ఫ్యూజన్) న్యూక్లియర్ రియాక్టర్లు.   152

ఖండం–IV   కాస్మిక్ కిరణాలు, మౌలిక కణాలు.

భాగం–15   ఆవిష్కరణ, భూ అయస్కాంత ఫలితాలు.   170

భాగం–16   కాస్మిక్ కిరణాల (వృష్టి) జల్లు, పాజిట్రాన్, మెసాన్.   181

భాగం–17   మౌలిక కణాలు, వర్గీకరణ (క్వార్క్ నమూనా)   192

BRAOU

ఖండం–V పదార్థాల అయస్కాంత ధర్మాలు

భాగం–18 పారా, డయా, ఫెర్రో అయస్కాంతత్వం 202

భాగం–19 కేంద్రక అయస్కాంతత్వం 216

ఖండం–VI సాపేక్షత

భాగం–20 మైఖెల్‌సన్ - మార్లె ప్రయోగం విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంత ఉపపాదనలు 227

భాగం–21 గెలీలియన్, లోరెంజ్ రూపాంతరణ 231

భాగం–22 ప్రదేశ సంకోచం, కాలవ్యాకోచం ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి-శక్తిసమీకరణం 236

ఖండం–VII ఎలక్ట్రానిక్స్ - మౌలిక అంశాలు

భాగం–23 అర్ధవాహకాలు, అర్ధవాహక సాధనాలు 247

భాగం–24 p-n కూడలిడయోడ్, p-n-p, n-p-n ట్రాన్సిస్టర్‌లు. ట్రాన్సిస్టర్ పరామితులు. 257

భాగం–25 ఏకదిక్కారిణులు, అర్ధతరంగ, పూర్ణతరంగ ఏకదిక్కరణం, ఫిల్టరులు. 266

భాగం–26 వర్ధకం, ఉమ్మడి ఉద్గారక విన్యాసం 275

భాగం–27 బార్క్‌హౌసన్ డోలక నిబంధనలు, పునర్ నివిష్ట క్రియావిధానం డోలకాలు, వాటి రకాలు. 287

భాగం–28 కేథోడ్ కిరణడోలనదర్శిని, దాని ఉపయోగాలు. 301

BRAOU

ఖండం–I వికిరణం యొక్క పరమాణు స్వభావం

B R A O U

BRAOU

భాగము-1 : కృష్ణవస్తువు వికిరణం

విషయక్రమం

1.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

1.2 ప్రవేశిక

1.3 కృష్ణవస్తువు

1.4 కృష్ణవస్తువు మొత్తం వికిరణం స్టీఫన్ బోల్ట్జ్‌మన్ సూత్రం

1.5 కృష్ణవస్తువు వర్ణపటంలో శక్తివితరణ వీన్ సూత్రం

1.6 కృష్ణవస్తువు వికిరణ వర్ణపటంలో శక్తివితరణ రేలి-జీన్స్ నియమం

1.7 కృష్ణవస్తువు వికిరణ వర్ణపటంలో శక్తివితరణ - ప్లాంక్ నియమం

1.8 సారాంశం

1.9 నమూనా జవాబులు

1.10 నమూనా ప్రశ్నలు

1.1 ఉద్దేశ్యాలు - లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో కృష్ణవస్తువు వికిరణ వర్ణపటంలో శక్తి వితరణను వివరించే వివిధ సిద్ధాంతాల గురించిన చర్చ ఉంది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. పరిపూర్ణ కృష్ణవస్తువును వర్ణించగలుగుతారు.
2. కృష్ణవస్తువు ఉద్గారం చేసే వివిధ తరంగదైర్ఘ్యాలలో గల శక్తి వితరణాన్ని వివరించగలుగుతారు.

1.2 ప్రవేశిక

ఉష్ణశక్తిని ఒక ప్రదేశం నుంచి మరొక ప్రదేశానికి వహన, సంవహనాల ద్వారానే కాకుండా వికిరణం ద్వారా కూడా ప్రసరింపజేయవచ్చు. కాంతి వలె ఉష్ణాన్ని కూడా శూన్య ప్రదేశం నుంచి ప్రసరింపజేయవచ్చు. ఉష్ణ వస్తువు నుంచి వెలువడే వికిరణం ధర్మాలు కాంతి కిరణాలకు గల ధర్మాలకు సదృశంగా ఉంటాయి. రేఖాత్మక వ్యాపనం, దూరంలో తీవ్రతలో కలిగే మార్పును సూచించే విలోమానవర్గ సూత్రం, పరావర్తనం, వక్రీభవనం, ప్రసరణ ధ్రువణం, వ్యతికరణం, వివర్తనం మొదలయిన కాంతి వికిరణ ధర్మాలను ఉష్ణవికిరణం కూడా పాటిస్తుంది. సర్వసాధారణంగా వికిరణం లేదా వికిరణ శీలశక్తి నిర్దిష్టపదం (expressive term). కాంతిని ఒకరకమయిన వికిరణ శీలశక్తిగా భావించవచ్చు. ఈ వికిరణ శక్తికి కంటి రెటీనాను స్పందింపజేసే ప్రముఖ సామర్థ్యం కలదు. వికిరణ తరంగ దైర్ఘ్యం విలువ O నుంచి ∞ వరకు ఏదైనా ఉండవచ్చు. ఈ వికిరణ వర్ణపటాన్ని విద్యుదయస్కాంత వర్ణపటం అంటారు.

పదార్థం మీద వికిరణం పతనమైనప్పుడు తలం స్వభావంబట్టి పరావర్తనం, శోషణం, ప్రసరణ ప్రక్రియలలో ఏదేని ఒకటిగాని అన్నీగానీ జరగవచ్చు. ఒక తలం పరావర్తన సామర్థ్యాన్ని, ఆ తలం పరావర్తన చెందిందే వికిరణ మొత్తానికి, ఆ తలంమీదే లంబదిశలో పతనమయ్యే వికిరణ మొత్తానికి గల నిష్పత్తిగా నిర్వచించవచ్చు. ఏదేని ఒక నిర్ణీతకాలంలో ఒక తలం శోషించుకొనే వికిరణ మొత్తానికి,

BRAOU

అదే కాలంలో ఆ తలంపై పతనమయ్యే వికిరణ మొత్తానికి గల నిష్పత్తిని ఆ తలం శోషణ సామర్ధ్యంగా నిర్వచించవచ్చు ఒక తలం ప్రసరణ సామర్ధ్యాన్ని ఆ తలం నుంచి ప్రసరించిన వికిరణ మొత్తానికి, ఆ తలంపై పతనమయ్యే వికిరణ మొత్తానికి గల నిష్పత్తిగా నిర్వచించవచ్చు. r, a, tలు సామర్ధ్యాన్ని సూచిస్తే వికిరణం ఆ తలంపై పతనమయినప్పుడు.

$$r + a + t = 1 \qquad 1.1$$

అవుతుంది. ఏదేని పదార్థ ఉపరితలం యొక్క r, a, t విలువలు పతన వికిరణాన్ననుసరించి దాని తరంగ దైర్ఘ్యం మీద ఆధారపడి ఉంటాయి. r, a, t విలువలు ఆధారంగా పదార్థాలను వర్గీకరించవచ్చు.

సంపూర్ణ కృష్ణవస్తువు $r = o, t = o, a = 1$ ఉంటాయి. అంటే ఆ వస్తువుపై పతనమయ్యే వికిరణం పూర్తిగా శోషింపబడుతుంది. వికిరణం ఏమాత్రం పరావర్తన చెందుటగానీ, ప్రసరణకు లోనవుటగానీ జరుగదు. వస్తువు నలుపురంగులో గోచరిస్తుంది. సంపూర్ణ కృష్ణవస్తువును పొందుట ఆదర్శపూరితము. దీపపుమసి, ప్లాటినమ్ మసి దాదాపుగా ఆదర్శకృష్ణ వస్తువులు.

సంపూర్ణ తెలుపు వస్తువుకు $r = 1, t = o, a = o$ ఉంటాయి. దృగ్గోచర వికిరణాన్ననుసరించి తెల్లని సుద్దముక్కను దాదాపు సంపూర్ణ తెలుపు వస్తువుగా పరిగణించవచ్చు.

1792 లో ప్రీవోస్ట్ వినిమయ సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించాడు. అంతకు పూర్వం. వేడి వస్తువు వేడి వికిరణాన్ని, శీతలవస్తువు శీతల వికిరణాన్ని ఉద్గారం చేస్తాయని భావించేవారు, ప్రీవోస్ట్ ప్రతిపాదన ప్రకారం పదార్థాలన్నీ, అన్ని పరిమిత ఉష్ణోగ్రతల వద్ద వికిరణ శీలశక్తిని ఉద్గారంచేస్తాయి. ఈ వికిరణ శీలశక్తి ఉష్ణోగ్రత పెరిగే కొద్దీ పెరుగుతుంది. దీనిపై పరిసరాల ప్రభావం ఉండదు, వస్తువు ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదలగానీ, తగ్గుదలగాని పరిసర వస్తువులతో జరిగే వికిరణశీల శక్తి వినిమయం మీద ఆధారపడుతుంది. ఏదేని వస్తువు గ్రహించే వికిరణశీల శక్తి ఆ వస్తువు ఉద్గారం చేసే వికిరణశీలశక్తికి సమానమైనప్పుడు ఆ వస్తువు ఉష్ణోగ్రత స్థిరంగా ఉంటుంది. వస్తువు ఉష్ణోగ్రత 0^oK ఉన్నప్పుడు అది వికిరణాన్ని ఉద్గారం చేయదు.

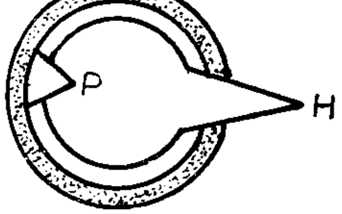
ఏదేని ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఒక వస్తువు ఉష్ణ వికిరణాన్ని అన్ని దిశలలోను ఉద్గారం చేస్తుంది. ఈ వికిరణంలో అనేక తరంగ దైర్ఘ్యాలు గల తరంగాలు ఉంటాయి. పదార్థతలం ఉష్ణోగ్రత, పరిసరాల ఉష్ణోగ్రతలలో బేధం ఒక డిగ్రీ ఉన్నప్పుడు ప్రమాణకాలంలో ప్రమాణ వైశాల్యం గల ఆ తలం నుంచి ఉద్గారమయ్యే వికిరణ మొత్తం ఆ పదార్థతల ఉద్గారతను సూచిస్తుంది. ఒక తలం ఉద్గార సామర్ధ్యాన్ని, ఏదేని నిర్దిష్ట తలం నుంచి నిర్దిష్టకాలంలో ఉద్గారమయ్యే ఉష్ణం మొత్తానికి, అదేతల వైశాల్యం గల కృష్ణవస్తువు నుచి అదేకాలంలో ఉద్గారమయ్యే ఉష్ణం మొత్తానికి గల నిష్పత్తిగా నిర్వచించవచ్చు. కిర్‌కాఫ్ ప్రతిపాదించిన సూత్రం ప్రకారం ఏదేని ఉష్ణోగ్రతవద్ద తరంగ దైర్ఘ్యం λ ఉన్నప్పుడు, ఒక వస్తువు ఉద్గార సామర్ధ్యానికి (e_λ) దాని శోషణ సామర్ధ్యానికి (a_λ) గల నిష్పత్తి స్థిరంగా ఉండి సంపూర్ణ కృష్ణ వస్తువు ఉద్గార సామర్ధ్యానికి (E_λ) సమానంగా ఉంటుంది.

$$\frac{e_\lambda}{a_\lambda} = E_\lambda \qquad 1.2$$

ఈ పాఠంలో కృష్ణవస్తువులను పొందే విధానం, ప్రయోగరీత్యా పరిశీలించిన కృష్ణవస్తువు వికిరణ ధర్మాన్ని విశదీకరించే వివిధ సిద్ధాంతాలను గూర్చి తెలుసుకొందాం.

1.3 కృష్ణ వస్తువు

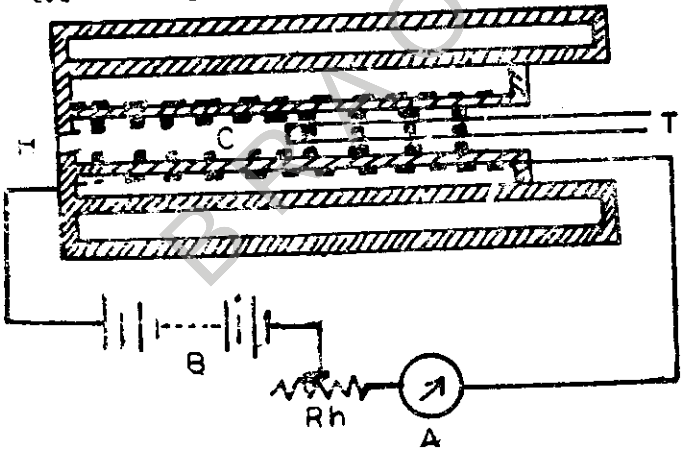
ఏదేని ఒక ఆవరణాన్ని స్థిర ఉష్ణోగ్రత వద్ద పోషితం చేస్తే ఆ ఆవరణం కృష్ణ వస్తువు వికిరణ ధర్మాలుగల వికిరణంతో నింపబడుతుంది. ఆ ఆవరణంలో ఒక చిన్న రంధ్రాన్ని ఏర్పరిస్తే ఆ రంధ్రం నుంచి బహిర్గతమయ్యే వికిరణం కృష్ణ వస్తువు తలం నుంచి వెలువడే వికిరణానికి దాదాపు సర్వసమానంగా ఉంటుంది. రంధ్రం చిన్నదయే కొద్దీ దాని నుంచి వెలువడే వికరణం కృష్ణవస్తువు వికిరణానికి అతి దగ్గరి సామ్యతను పొందుతుంది. ఫెర్రీ రూపొందించిన కృష్ణవస్తువు నమూనా పటము 1.1 లో చూడవచ్చు.



పటము 1.1
ఫెర్రీ రూపొందించిన కృష్ణవస్తువు

ఈ ఫెర్రీ కృష్ణ వస్తువులో వికిరణం రంధ్రం H నుంచి బహిర్గతమౌతుంది. రంధ్రానికి ఎదురుగా ఉన్న శంక్వాకార ప్రక్షేపం వల్ల, P, రంధ్రానికి ఎదురుగాగల తలం నుంచి ప్రత్యక్ష వికిరణం ఉద్గారం తొలగింపబడుతుంది. ఈ విధంగా లేనిచో వస్తువు సంపూర్ణ కృష్ణ వస్తువుగా పనిచేయదు. ఆవరణం లోపలి తలం నల్లగా పూతపూసి వుంటుంది. ఈ ఆవరణం పతన వికిరణానికి కూడా కృష్ణ వస్తువుగా పనిచేస్తుంది. రంధ్రం నుంచి లోపలికి ప్రవేశించే వికిరణం అంతర్ పరావర్తనానికి లోనయి శోషితమౌతుంది.

వీన్ రూపొందించిన కృష్ణ వస్తువు పటము 1.2లో చూడవచ్చు. ఈ నమూనా నేడు సాధారణంగా వాడుకలో వున్నది. దీనిలో కంచుతోగానీ ప్లాటినమ్‌తోగానీ తయారుచేసిన బోలు స్థూపాకార పేటిక C ఉంటుంది. ఈ స్థూపం లోపలి గోడలు నల్లని పూతకలిగి వుంటాయి. ఈ స్థూపం చుట్టూ ఏకకేంద్రిత పింగాణీ గొట్టాలు అమర్చబడి వుంటాయి. ఈ స్థూపం చుట్టూగల ప్లాటినమ్ పత్రం గుండా విద్యుత్‌ను పంపి గొట్టాన్ని వేడిచేస్తారు. స్థూపాకార లోహపుగొట్టం అంతర్భాగం నుంచి ఉద్గారమయ్యే వికిరణం అనేక సీమిత డయాఫ్రమ్‌ల నుంచి ప్రసరించి H ద్వారా బహిర్గతమౌతుంది. ఈ కృష్ణ వస్తువు ఉష్ణోగ్రతను థర్మోకపుల్ T తో నిర్ణయించవచ్చు.



పటం 1.2 : వీన్ రూపొందించిన కృష్ణ వస్తువు

1.4 కృష్ణ వస్తువు మొత్తం వికిరణం - స్టీఫన్ బోల్ట్జ్‌మన్ సూత్రం

టిండాల్, డ్యులాంగ్-పెటిట్ ప్రయోగ దత్తాంశాలను విశ్లేషణ చేసి 1879లో స్టీఫన్, వేడిచేసిన ఏదేని వస్తువు నుంచి బహిర్గతమయ్యే మొత్తం వికిరణం దాని పరమ ఉష్ణోగ్రత చతుర్ధ ఘాతానికి అనులోమాను పాతంలో ఉంటుందని అనుభవిక నిగమనం చేసినాడు. 1884లో బోల్ట్జ్‌మన్ ఈ సూత్రాన్ని ఉష్ణగతిక శాస్త్ర పరంగా సిద్ధాంత నిరూపణ చేశాడు. ఈ ఇద్దరి శాస్త్రజ్ఞుల పేర్లతో కలిపి ఈ నియమాన్ని స్టీఫన్- బోల్ట్జ్‌మన్ నియమము అంటారు. ఇది కృష్ణ వస్తువు ఉద్గారానికి మాత్రమే అనువర్తిస్తుంది.

పరమ ఉష్ణోగ్రత T వద్ద ఉన్న ఒక కృష్ణవస్తువు, T_0 పరమ ఉష్ణోగ్రతగల మరొక కృష్ణ వస్తువుతో ఆవరించి ఉన్నప్పుడు మొదట వస్తువు 1 సెకను కాలంలో 1 చదరపు సెంటిమీటర్ వైశాల్యం గల తలం నుంచి కోల్పోయే శక్తి Eని కింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$E = \sigma(T^4 - T_0^4) \quad 1.3$$

ఇచ్చట σ ని స్టీఫన్ స్థిరాంకం అంటారు. దీనివిలువ $5.67 \times 10^{-5} ergs^{-1}cm^{-2}K^{-4}$ లేదా $5.67 \times Wm^{-2}K^{-4} 100°C 1260°C$ వ్యాప్తిలో కృష్ణ వస్తువు ఉద్గారాన్ని పరిశోధించి టమ్మర్, ప్రింగ్‌షీమ్‌లు పై సూత్రం ప్రయోగపు లోపాలను లెక్కలోకి తీసికొని పాటింపబడుతున్నట్లు కనుగొన్నారు. సూర్యుడుని కృష్ణవస్తువుగా తీసుకొని స్టీఫాన్‌బోల్ట్జ్‌మన్ సూత్ర సహాయంతో సూర్యుని ఉపరితల ఉష్ణోగ్రతను కనుగొనవచ్చును.

1.5 కృష్ణవస్తువు వర్ణపటంలో శక్తివితరణ-వీన్ సూత్రం

కృష్ణ వస్తువు T ఉష్ణోగ్రత వద్ద వివిధ తరంగ దైర్ఘ్యాలుగల వికిరణాన్ని ఉద్గారం చేస్తుంది. వివిధ తరంగ దైర్ఘ్యాలలో వితరణ చెందిన శక్తి వేరువేరుగా ఉంటుంది. ఉష్ణగతిక నియమాలు ఆధారంగా వీన్, వివిధ తరంగ దైర్ఘ్యాలలో శక్తి వితరణ ఎలా ఉంటుందో వివరించారు.

తాప వర్ణపటంలో శక్తి వితరణ కనుగొనుటకు కృష్ణవస్తువు వికిరణంతో నింపిన ఆవరణాన్ని వీన్ పరిగణలోకి తీసుకొన్నాడు. ఈ ఆవరణ స్థిరోష్ణకంగా వ్యాకోచానికి, కాంతి వేగానికి సమానమైన వేగంతో లోనవుతుందని భావించాడు. ఉష్ణగతిక హేతువుతో స్థిరోష్ణక వ్యాకోచానంతరం ఈ ఆవరణం నూతన ఉష్ణోగ్రతగల కృష్ణవస్తువు వికిరణాన్ని పోలిన వికిరణంతో నింపి ఉన్నట్లు వీన్ నిరూపించాడు.

స్థిరోష్ణక వ్యాకోచంలో ఆవరణం యొక్క సంపూర్ణ పరావర్తక గోడలు వెలుపలికి కదిలేకొద్దీ వాటి మీద పతనమయ్యే వివిధ తరంగాల తరంగదైర్ఘ్యాలు డాప్లర్ ఫలితం ఆధారంగా మారుతుంటాయి. ఆవరణ వ్యాసార్థం r, నుంచి r_1 కి మారినచో వికిరణ తరంగదైర్ఘ్యం λ నుంచి λ_1 కి మారుతుంది. ఈ మార్పుకింది సమీకరణాన్ని పాటిస్తుంది.

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{r}{r_1} \quad 1.4$$

స్థిరోష్ణంలో వ్యాకోచం చెందే గోళాకార ఆవరణంలో వ్యాసార్థం పెరిగే నిష్పత్తిలో తరంగదైర్ఘ్యం పెరుగుతుంది. స్థిరోష్ణక వ్యాకోచంలో వికిరణ పీడనంవల్ల జరిగిన పనిని లెక్కకట్టి స్టీఫన్ బోల్ట్జ్‌మన్ నియమాన్ని అనువర్తించి సమీకరణం 1.4 ను ఉపయోగించి వీన్ కింది సమీకరణాన్ని రాబట్టాడు.

$$\frac{T}{T_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda} \quad 1.5$$

లేదా

$$\lambda T = \text{స్థిరాంకం} \quad 1.6$$

సమీకరణం 1.6 వీన్ మొదటి స్థానభ్రంశ సూత్రాన్ని తెల్పుతుంది. ఈ సూత్రం ప్రకారం నిర్దిష్ట ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఏదేని వికిరణం తరంగదైర్ఘ్యం స్థిరోష్ణకంగా మరొక తరంగ దైర్ఘ్యానికి మార్పినచో ఉష్ణోగ్రత విలోమ నిష్పత్తిలో మారుతుంది. కృష్ణవస్తువు ఉష్ణోగ్రత పెంచినచో శక్తివక్రం ద్వితీయ నిరూపకం అల్ప తరంగ దైర్ఘ్యాల వైపుగా కొంత మొత్తం కదలుతుంది. ఈ మార్పు λT విలువ స్థిరంగా ఉండేలా జరుగుతుంది.

కృష్ణవస్తువు ఉద్గార సామర్థ్యానికి $E\lambda$ దాని ఉష్ణోగ్రత (T)కి గల సంబంధాన్ని వీన్ ఉత్పాదించాడు. దీనిని కింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$E_\lambda T^{-5} = \text{స్థిరాంకం} \quad 1.7$$

పై నియమాన్ని వీన్ రెండవ స్థానభ్రంశ నియమం అంటారు. ఈ నియమం ప్రకారం కృష్ణవస్తువు ఏకవర్ణ ఉద్గార ఉష్ణోగ్రత పంచమ ఘాతానికి అనుపాతంలో మారుతూ ఉంటుంది.

సమీకరణాలు 1.6, 1.7 లను కలిపితే,

$$E_\lambda \lambda^5 = \text{స్థిరాంకం} \qquad 1.8$$

$E_\lambda \lambda^5, (\lambda T)$ ప్రమేయంగా ఉండాలని వీన్ భావించాడు.

$$\therefore E_\lambda \lambda^5 = Af(\lambda T) \qquad 1.9$$

ఇచ్చట A స్థిరాంకం. కృష్ణవస్తువు వికిరణ వర్ణపటంలో శక్తి వితరణను కింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$E_\lambda = A\lambda^{-5} f(\lambda T) \qquad 1.10$$

పై సమీకరణంలో తెలియని $f(\lambda T)$ ఉన్నందున ఈ సమీకరణం కృషత్ణవస్తువు వికిరణ వర్ణపటంలో శక్తి వితరణను వాస్తవంగా సూచించదు. $f(\lambda T)$ రూపాన్ని కనుగొనుటకు వీన్ కృష్ణవస్తువు వికిరణ ఉద్గారాన్ని గూర్చి కింది ఊహనలు చేశాడు.

1) వికిరణాన్ని బోలు పాత్రలో నింపిన వాయు మిశ్రమంగా భావించాలి. ఈ మిశ్రమం అన్ని తరంగ దైర్ఘ్యాలు గల వికిరణాన్ని శోషించుకొను, ఉద్గారం చేయు సామర్థ్యం కలిగి ఉంటుంది.

2) ప్రతివాయు అణువు ఒక తరంగదైర్ఘ్యాన్ని మాత్రమే ఉద్గారం చేస్తుంది. దీని విలువ ఆ అణువు వేగం మీద ఆధారపడుతుంది.

3) $\lambda, \lambda + d\lambda$ వ్యాప్తిలో తరంగదైర్ఘ్యం గల వికిరణం శక్తి ఈ వ్యాప్తిలో ఆవర్తనకాలం కలిగి కంపనానికి లోనవుతున్న అణువుల సంఖ్యకు, అణువేగానికి అనుపాతంలో ఉంటుంది.

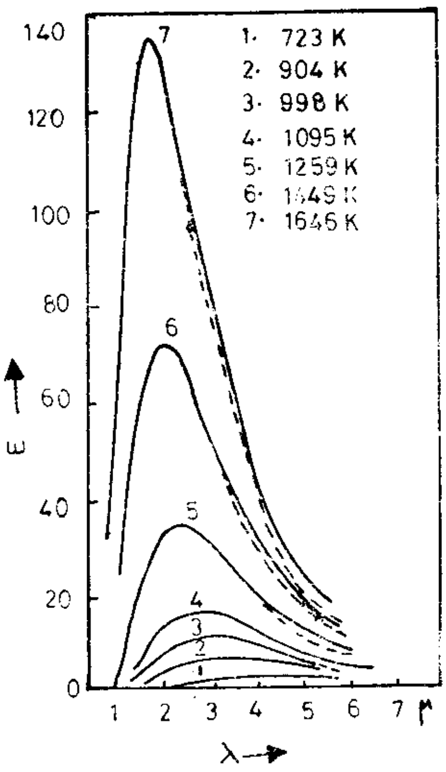
అణువేగాల వితరణకు మాక్స్వెల్ సూత్రాన్ని, గతిజశక్తి సమవిభాగ నియమాన్ని అనువర్తించి $f(\lambda T)$ రూపాన్ని వీన్ రాబట్టాడు. తద్వారా కింద సూచించిన వికిరణ ఫార్ములాని రాబట్టాడు.

$$E_\lambda = C_1 \lambda^{-5} exp(-C_2/\lambda T) \qquad 1.11$$

ఇచ్చట C_1, C_2 లు స్థిరాంకాలు.

కృష్ణవస్తువు నుంచి ఉద్గారమయ్యే వికిరణ శీల శక్తి వివిధ తరంగ దైర్ఘ్యాలలో వితరణను ప్రయోగరీత్యా లుమ్మర్, ప్రింగ్‌షీమ్‌లు 1899లో నిర్ణయించి వీన్ సూత్రాన్ని ఆ ప్రయోగ దత్తాంశానికి అనువర్తించారు. విద్యుత్ తాపనానికి గురిచేసిన కర్బనపు గొట్టంలో అమర్చిన ప్లగ్‌ని వికిరణ జనకంగా తీసికొన్నారు. కర్బనపు గొట్టం చుట్టూ ఫైర్‌క్లే, ఆస్‌బెస్టాస్‌లతో తయారుచేసిన సహాక్ష గొట్టాలను అమర్చి అది ఉష్ణబంధనం చేసి ఉంటుంది. హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ఆక్సీకరణం జరగకుండా గొట్టం నుంచి నైట్రోజన్ వాయువును ప్రసరింపజేసినారు. కార్బన్ గొట్టం ఉష్ణోగ్రతను కొలచుటకు థర్మోకపుల్‌ని వాడినారు. ఫ్లోర్‌స్పార్ పట్టకాన్ని ఉపయోగించి కర్బనపు గొట్టం నుంచి ఉద్గారమయ్యే వికిరణం వర్ణపటాన్ని కలుగజేసినారు. ఫ్లోర్‌స్పార్ పరారుణ వికిరణానికి (ఉష్ణవికిరణానికి)

BRAOU



పటము *1.3* కృష్ణవస్తువు వర్ణపటంలో శక్తి వితరణ
$E\lambda$ ఉద్గారసామర్థ్యం λ తరంగదైర్ఘ్యం

పారదర్శకంగా పనిచేస్తుంది. ఫ్లోర్‌స్పార్ రెండు గాఢ శోషణ పట్టీలు పరిశీలించవలసిన వికిరణ ప్రాంతానికి వెలుపలే ఏర్పడుతాయి. పట్టక వర్ణపటాన్ని సాధారణ వర్ణపటానికి మార్చుటకు అవసరమయిన సవరణలు చేసినారు. విక్షేపం తర్వాత వికిరణాన్ని, సిల్వర్ లేపనం చేసిన పుటాకార దర్పణాల నుపయోగించి కేంద్రీకరించి వర్ణపటంలోని వివిధ భాగాలలో శక్తిని రేఖీయ బోలోమీటర్‌తో కొలిచినారు. ఈ విధంగా 621 నుంచి 1641°K ఉష్ణోగ్రత వ్యాప్తిలో వికిరణ వర్ణ పటంలో శక్తి వితరణను కనుగొన్నారు. పటం 1.3లో ఈ శక్తి వితరణ వక్రాలు చూడవచ్చు.

B R A O U

ఏదేని నిర్దిష్ట ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఉద్గారం తరంగదైర్ఘ్యం λ_m వద్ద గరిష్ఠంగా ఉంటుంది. ఉష్ణోగ్రత పెరిగేకొద్దీ λ_m తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యాలకు విస్థాపనం చెందుతుంది. వీన్ స్థానభ్రంశ నియమాన్ని పాటిస్తూ λmT స్థిరంగా ఉన్నట్లు (0.2898 cm° K) కనుగొనబడినది. ఏదేని ఉష్ణోగ్రత వద్ద సెకనుకు ఉద్గారమయ్యే మొత్తం వికిరణాన్ని X- అక్షంతో వక్రం ఆవరించిన వైశాల్యానికి సమానంగా ఉంటుందని విశదమయింది. ఇది T^4 కు అనుపాతంలో ఉన్నట్లు కనుగొన్నారు. ఈ నిరూపకం స్టీఫన్-బోల్ట్జ్‌మన్ నియమాన్ని సూచిస్తుంది. ప్రయోగపు దోషాల సమితిలో $E_m T^{-5}$ స్థిరంగా ఉన్నట్లు తద్వారా వీన్ స్థానభ్రంశ సూత్రం పాటింపబడినట్లు కనుగొన్నారు. ఇచ్చట ఏదేని ఉష్ణోగ్రత వద్ద తరంగదైర్ఘ్యం λ_m వద్ద ఉద్గారమయ్యే గరిష్ఠ వికిరణ శీల శక్తిని E_m సూచిస్తుంది. సమీకరణం 1.11 వికిరణశీల శక్తి అధిక తరంగ దైర్ఘ్యాల వద్ద మారేతీరును ఖచ్చితంగా సూచించదు. తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యాల వద్ద సమీకరణం 1.11 ఖచ్చితంగా ప్రయోగ దత్తాంశాన్ని సూచిస్తుంది. సమీకరణం 1.11 ప్రకారం $\lambda = 0$ లేదా ∞ అయినప్పుడు $E\lambda \rightarrow 0$, అంటే తరంగదైర్ఘ్యం 0 లేదా ∞ గల తరంగం నుంచి శక్తి ఉదారం కాదు. పటము 1.3లో చూపిన వక్రం మూలబిందువు గుండా వెళ్ళదు. ఫలితంగా అది వీన్ వితరణ సూత్రాన్ని వ్యతిరేకిస్తుంది. $T \rightarrow \infty$ అయినప్పుడు ఈ$E\lambda = A\lambda^{-5}$ అవుతుంది. ఇది పరిమితరాశి. స్టీఫన్ బోల్ట్జ్‌మన్ సూత్రం ప్రకారం ఇది సరయినదికాదు. స్టీఫన్-బోల్ట్జ్‌మన్ నియమం $E\sigma\lambda T^4$ ప్రకారం $T \rightarrow \infty$, $E\lambda \rightarrow \infty$. ఈ ఫలితాలు, వీన్ వితరణ సూత్రం రాబట్టుటకు ఆధారభూతమైన ఊహనలు సరైనవి కావని సూచిస్తాయి. ఈ ఊహనల లోటును సర్దవలసి ఉంటుంది. ఈ సమస్యను పరిష్కరించడానికి 1900 సంవత్సరంలో రేలీ-జీన్స్‌లు ప్రయత్నించారు. దీనిని కింది సెక్షన్‌లో విశదీకరించారు.

1.6 కృష్ణవస్తువు వికిరణ వర్ణపటంలో శక్తి వితరణ రేలీ- జీన్స్ నియమం

రేలీ-జీన్స్‌లు కృష్ణవస్తువు వికిరణ సమస్యను పరిశీలించు సమయానికే మాక్స్‌వెల్ కాంతి విద్యుదయస్కాంత వికిరణమని రుజువు చేసినాడు. ప్రసరణ దిశకు పరస్పరం లంబదిశలలో విద్యుత్ సదిశరాశి, అయస్కాంతసదిశరాశి కంపనానికి లోనవుతుంటాయి. కాంతివికిరణానికి సంబంధించిన ఈ భావనను రేలీ-జీన్స్‌లు కృష్ణవస్తువు వికిరణానికి అనువర్తించినారు. విద్యుదయస్కాంత సిద్ధాంతం ప్రకారం కృష్ణవస్తువు వికిరణాన్ని 0 నుంచి ∞ వరకు గల అన్ని తరంగ దైర్ఘ్యాలలోను ఉద్గారం చేస్తుందని భావించారు. సంభావ్యతా నియమాల దృష్ట్యా $\lambda, \lambda + d\lambda$ మధ్యగల మోడ్‌ల సంఖ్యను $8\pi\lambda^{-4}d\lambda$ గా సూచించవచ్చు. శక్తి సమవిభజన సూత్రం ప్రకారం ప్రతిమోడ్‌ల కంపనానికి గల మొత్తం శక్తి KT. ఇచ్చట k బోల్ట్జ్‌మన్ స్థిరాంకాన్ని T వ్యవస్థ పరమ ఉష్ణోగ్రతను సూచిస్తాయి. $\lambda, \lambda + d\lambda$ మధ్యగల $8\pi\lambda^{-4}d\lambda$ కంపన మోడ్‌లుగల వ్యవస్థ మొత్తం శక్తి $E_\lambda d\lambda$ అయిన

$$E_\lambda d\lambda = 8\pi\lambda^{-4}d\lambda kT \quad 1.12$$

$$\therefore E_\lambda = 8\pi\lambda^{-4}kT \quad 1.13$$

c కాంతివేగం, ν మోడ్ పౌనఃపున్యం అయిన

$$C = \nu\lambda \quad 1.14$$

అవుతుంది. కనుక సమీకరణం 1.13ని కిందివిధంగా రాయవచ్చు.

$$E_\nu = \frac{8\pi\nu^4 kT}{c^4} \quad 1.15$$

సమీకరణాలు 1.13, 1.15 రేలీ-జీన్స్ నియమాన్ని సూచిస్తాయి. ప్రయోగ ఫలితాలతో అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద అధిక తరంగదైర్ఘ్యాల వద్ద మాత్రమే రేలీ-జీన్స్ నియమం పాటింపబడుతున్నట్లు కనుగొనబడినది. $T \to \infty$, $E_\lambda \to \infty$. కానీ వీన్ నియమం ప్రకారం $T \to \infty$ అయినప్పుడు E పరిమిత విలువను కలిగివుంటుంది. రేలీ-జీన్స్ నియమం అల్ప ఉష్ణోగ్రతలవద్ద తరంగ దైర్ఘ్యాలవద్ద ప్రయోగ ఫలితాలను సరిగా విపులీకరించ లేదు. సమీకరణం 1.13 ప్రకారం ఏదేని ఉష్ణోగ్రతవద్ద $\lambda \to o$ అయినప్పుడు $E_\lambda \to \infty$. ఇది ప్రయోగపరిశీలనకు విరుద్ధమైన ఫలితం. మొత్తం శక్తి Eని కిందివిధంగా సూచించవచ్చు.

$$E = \int E_\lambda d_\lambda = 8\pi kT \int_O^\infty \lambda^{-4} d_\lambda \quad 1.16$$

$$E = 8\pi kT \left[\frac{1}{\lambda^3}\right]_O^\infty \quad 1.17$$

$$E = 8\pi kT \ \frac{1}{O^3} - \frac{1}{\infty^3} \ = 8\pi kT\infty = \infty \quad 1.18$$

రేలీ-జీన్స్ నియమం - ఉష్ణోగ్రతల వద్ద తరంగదైర్ఘ్యాల వద్ద వర్తించదు. రేలీ-జీన్స్ నియమం ప్రకారం ఏదేని ఉష్ణోగ్రత వద్ద మాత్రమే ఇది శూన్యంగా ఉండాలి. రేలీ-జీన్స్ నియమం అధిక ఉష్ణోగ్రతల వద్ద అధిక తరంగ దైర్ఘ్యాలవద్ద మాత్రమే కృష్ణవస్తువు వికిరణశీల శక్తి వితరణను విశదీకరిస్తుంది.

అవగా న పరీక్ష

రేలీ-జీన్స్ నియమం _____ ఉష్ణోగ్రతల వద్ద _____ తరంగదైర్ఘ్యాల వద్ద వర్తించదు.

1.7 కృష్ణవస్తువు వికిరణ వర్ణపటంలో శక్తి వితరణ - ప్లాంక్ నియమం

కృష్ణవస్తువు వికిరణ వర్ణపటంలోని శక్తివితరణ అల్పతరంగ దైర్ఘ్యాలవద్ద వీన్ నియమం, అధిక తరంగదైర్ఘ్యాలవద్ద రేలీ- జీన్స్ నియమం సంతృప్తిగా వివరిస్తాయి. పూర్తి వర్ణపటంలోని శక్తి వితరణను ఈ రెండింటిలో ఏ నియమము సరిగా విపులీకరించలేదు. ఈ పరిశీలనలద్వారా వీన్, రేలీ-జీన్స్

B R A O U

నియమాలను రాబట్టుటకు ఆధారభూతమైన భావనలలో ఏదో లోపమున్నట్లు తెలుస్తుంది. వికిరణానికి క్వాంటమ్ భావనను ఆపాదించి 1901లో ప్లాంక్ వికిరణ నియమాన్ని ఉత్పాదించాడు. ఈ నియమం ప్రయోగరీత్యా కనుగొన్న వికిరణ వర్ణపటాన్ని అన్ని తరంగదైర్ఘ్యాలలోను విశదీకరిస్తుంది.

వ్యవస్థ శక్తిలో కలిగే మార్పులు అవిచ్ఛిన్నంగా ఉంటాయనే సాంప్రదాయక భావన సరయినది కాదని, ఈ మార్పులు విచ్ఛిన్నంగాను వివక్తంగాను ఉండి, శక్తిప్రమాణమైన క్వాంటమ్‌కు పూర్ణాంక గుణకాలుగా ఉంటాయని ప్లాంక్ ప్రతిపాదించాడు. ప్రయోగకృష్ణ వస్తువు కలిగిన ఆవరణం రేఖీయ విద్యుదయస్కాంత డోలకాలతో నిండి వున్నట్లు ప్లాంక్ భావించాడు. ఈ డోలకాలవల్ల ఉద్గారమయ్యే వికిరణంతో క్రమేపీ ఆవరణం మొత్తం నింపబడి నిర్దిష్ట ఉష్ణోగ్రతవద్ద సాంఖ్యక సమతాస్థితి ఏర్పడుతుంది. ఈ పరిస్థితులలో వికిరణ ఉద్గారం శోషణ, ప్రతి డోలకం చేస్తుంది. ఏదేని పౌనఃపున్యం వద్ద వికిరణ సాంద్రతకు, ఆ పౌనఃపున్యంగల డోలకాల సరాసరి శక్తికి నిర్దిష్ట నిష్పత్తి ఉంటుంది.

రేఖీయ డోలకాలు పూర్ణాంక శక్తి విలువలు $o, \epsilon, 2\epsilon, 3\epsilon ... n\epsilon$ తో కంపనానికి లోనవుతున్నట్లు భావించవచ్చు. ఇచ్చట ϵ ప్రాథమిక క్వాంటమ్ శక్తిని సూచిస్తుంది. డోలకం పౌనఃపున్యం ν, శక్తి E అయిన

$$E = nh\nu \qquad 1.19$$

$$n = 0, 1, 2, 3, ...n$$

పై సమీకరణంలో h ప్లాంక్ స్థిరాంకాన్ని సూచిస్తుంది. దీని విలువ $6.626 \times 10^{34} Js$. ప్రాథమిక క్వాంటమ్ శక్తి $E = h\nu$.

సాంప్రదాయక సాంఖ్యక శాస్త్రం ప్రకారం తరంగదైర్ఘ్యాలు $\lambda, \lambda + d\lambda$ మధ్య డోలకాల కంపనమోడ్‌ల సంఖ్య $8\pi\lambda^{-4}d\lambda, \lambda, \lambda + d\lambda$ మధ్య డోలనాలుగల డోలకాలు ఉద్గారం చేసే శక్తి E_λ అయిన

$$E_\lambda d_\lambda = 8\pi\lambda^{-4}d\lambda\overline{E} \qquad 1.20$$

ఇచ్చట $\overline{E}$ డోలకం సరాసరి శక్తిని సూచిస్తుంది. $\overline{E}$ ని, ప్లాంక్ సంభావ్యతా నియమాలను అనువర్తించి లెక్కకట్టాడు.

$$\overline{E} = \frac{\sum_{n=0}^{\infty} Ee^{-E/kT}}{\sum_{n=0}^{\infty} e^{-E/kT}} \qquad 1.21$$

ఇచ్చట $\sum_{n=0}^{\infty} Ee^{-E/ht}$ అన్ని డోలకాల మొత్తం శక్తిని $\sum_{n=0}^{\infty} e^{-E/kT}$ మొత్తం డోలకాలను సూచిస్తాయి. E విలువలను సమీకరణం 1.19 నుంచి తీసికొని సమీకరణం 1.21లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$\overline{E} = \frac{\sum_{n=0}^{\infty} nh\nu e^{-nh\nu/kT}}{\sum_{n=0}^{\infty} e^{-nh\nu/kT}} \qquad 1.22$$

పై సమీకరణంలో $1/kT$ n ను αతో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$\overline{E} = \frac{\sum_{n=0}^{\infty} nh\nu e^{-nh\nu\alpha}}{\sum_{n=0}^{\infty} e^{-nh\nu\alpha}} \qquad 1.23$$

సమీకరణం 1.23 ని కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$\overline{E} = -\frac{d}{d\alpha}\left[log\Sigma_{n=0}^{\infty} e^{-nh\nu\alpha}\right] \qquad 1.24$$

మొదట $\Sigma_{n=0}^{\infty} e^{-nh\nu\alpha}$ విలువను లెక్క కట్టుదాము.

$$\Sigma_{n=0}^{\infty} e^{-nh\nu\alpha} = 1 + e^{-\alpha h\nu} + e^{-2\alpha h\nu} + e^{-3\alpha h\nu} + ... \qquad 1.25$$

$e^{-h\nu\alpha} = x$ అనుకొనిన

$$\Sigma_{n=0}^{\infty} e^{-nh\nu\alpha} = \Sigma_{n=0}^{\infty} e^{-nx} = 1 + x + x^2 + x^3 + ... \qquad 1.26$$

$$(1-x)^{-1} = 1 + x + x^2 + x^3 + ...x^n \quad 1.27$$

కనుక

$$\Sigma_{n=0}^{\infty} e^{-nh\nu\alpha} = (1 - e^{-\alpha h\nu})^{-1} \quad 1.28$$

$$\overline{E} = -\frac{d}{dx}[log(1 - e^{-\alpha h\nu})^{-1}] \quad 1.29$$

$$\overline{E} = -\frac{1}{(1-e^{-\alpha h\nu})^{-1}}(-1)[1 - e^{-\alpha h\nu}]^{-2}[(-1)e^{-\alpha h\nu}(-h\nu)] \quad 1.30$$

సూక్ష్మీకరిస్తే

$$\overline{E} = \frac{h\gamma}{(e^{h\nu\alpha} - 1)} \quad 1.31$$

$\alpha = 1/kT$ ని ప్రతిక్షేపిస్తే

$$\overline{E} = \frac{h\gamma}{(e^{h\nu/kT} - 1)} \quad 1.32$$

సమీకరణం 1.32ని 1.20లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$E_\lambda d_\lambda = 8\pi\lambda^{-4} d\lambda \overline{E} = \frac{8\pi\lambda^{-4} d\lambda h\nu}{(e^{h\nu/kT} - 1)} \quad 1.33$$

లేదా

$$E_\lambda = 8\pi\lambda^{-4} \frac{hv}{(e^{h\nu/kT} - 1)} \quad 1.34$$

$c = \nu\lambda$ కనుక

$$E_\lambda = \frac{8\pi\lambda^{-4} hC/\lambda}{(e^{hc/\lambda kT} - 1)} = \frac{8\pi\lambda^{-5} ch}{e^{hc/\lambda^{KT}} - 1} \quad 1.35$$

సమీకరణం 1.35ని కింది విధంగా కూడా రాయవచ్చు.

$$E_\nu = \frac{8\pi(c/\nu)^{-4} h\nu}{(e^{h\nu/kT} - 1)} = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \frac{1}{(e^{h\nu/kT} - 1)} \quad 1.36$$

సమీకరణాలు 1.35, 1.36 ప్లాంక్ వికిరణ నియమాన్ని సూచిస్తాయి. ఇది ప్రయోగ ఫలితాలకు సరిగా వర్తిస్తుంది. వీన్ నియమాన్ని, రేలీ-జీన్స్ నియమాన్ని ప్లాంక్ నియమం నుంచి రాబట్టవచ్చు.

BRAOU

(i) వీన్ నియమ ఉత్పాదన

అల్పతరంగ దైర్ఘ్యాలకు $e^{hc/\lambda kT} >> 1$. కనుక సమీకరణం 1.32లో విభాజకంలో 1ని ఉపేక్షించవచ్చు.

$$\therefore E_\lambda = \frac{8\pi\lambda^{-5} hc}{e^{hc}/\lambda^{kT}} = 8\pi\lambda^{-5} hce^{-hc}/\lambda^{kT} \quad 1.37$$

ఇది సమీకరణం 1.11 సూచించే వీన్ నియమాన్ని పోలివుంది.

$$E_\lambda = C_1 \lambda^{-5} e^{-C^2/\lambda^{kT}} \quad 1.11$$

ఇచ్చట $C_1 = 8\pi hC, \quad C_2 = hc/k$ 1.38

(ii) రేలీ-జీన్స్ నియమం ఉత్పాదన

λ అధికంగా ఉన్నప్పుడు

$$e^{hc}/\lambda kt = 1 + \frac{hc}{\lambda kT} \quad 1.39$$

సమీకరణం 1.39 ని సమీకరణం 1.35లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$E_\lambda = \frac{8\pi\lambda^{-5}hc}{[1+\frac{hc}{kT}-1]} = \frac{8\pi\lambda^{-5}hc\lambda kT}{hc} \qquad 1.40$$

$$\therefore E_\lambda = 8\pi\lambda^{-5}kt \qquad 1.41$$

ఇది రేలీ జీన్స్ నియమం ఒకటే.

మాదిరి లెక్క 1.

ప్లాంక్ నియమాన్ని ఆధారం చేసికొని వీన్ స్థానభ్రంశ నియమాన్ని రాబట్టండి.

$\lambda = \lambda_m$ అయినప్పుడు E_λ గరిష్ఠంగా ఉంటుంది. కనుక ఏదేని ఉష్ణోగ్రత వద్ద $\frac{d}{d\lambda}(E_\lambda) = O$. ప్లాంక్ నియమం ప్రకారం

$$E_\lambda = 8\pi\lambda^{-5}hc\frac{1}{(e^{hc/\lambda kT_{-1})}}$$

$$\frac{d}{d\lambda}(E_\lambda) = 8\pi hc\frac{d}{d\lambda}\left[\frac{\lambda^{-5}}{(e^{hc/\lambda kT_{-1})}}\right]$$

$$= 8\pi hc\frac{d}{d\lambda}\left[\lambda^{-5}(e^{hc/\lambda kT}-1)^{-1}\right]$$

$$= 8\pi hc\Big[(e^{hc/\lambda kT}-1)^{-1}(-5)\lambda^{-6} + \lambda^{-5}(-1)$$

$$\left(e^{hc/\lambda kT}-1\right)^{-2} \times e^{hc/\lambda kT}(-1)\frac{hc}{kT\lambda^2}\Big]$$

$\lambda = \lambda_m$ అయినప్పుడు $\frac{d}{d\lambda}(E\lambda) = O$ కనుక

$$8\pi hc\Big[(e^{hc/\lambda kT}-1)^{-1}(-5)\lambda^{-6} + \lambda^{-5}(-1)(e^{hc/\lambda kT-1)^{-2}}$$

$$e^{hc/\lambda kT}(-1)\frac{hc}{kT\lambda^2}\Big] = O$$

$$8\pi hc\Big[-5\lambda^{-6}(e^{hc/\lambda kT}-1) + \frac{hc}{kT\lambda^7}e^{hc/\lambda kT}(e^{hc/\lambda kT}-1)^{-2}\Big] = O$$

లేదా

$$5\lambda^{-6} = \frac{hc.\ e^{hc/\lambda kT}}{(e^{hc/\lambda kT}-1)\lambda^7 kT}$$

లేదా

$$\left(e^{hc/\lambda kT}-1\right) = \frac{hce^{hc/\lambda kT}}{5k\lambda T}$$

లేదా

$$e^{hc/\lambda kT}(1 - \frac{hc}{5k\lambda T} = 1$$

పై సమీకరణం $e^x(1-\frac{x}{5}) = 1$ రూపంలో ఉంది. ఇచ్చట $x = \frac{hc}{\lambda kT}$. దీని మూలాలు $x =$ లేదా $1 - x/5 = \frac{1}{e^x}$

లేదా

$x = 5 - \frac{5}{e^x}$ లేదా $x = 4.965$.

$x = O$ అయినప్పుడు $\lambda \to \infty$. కనుక $x = O$ అనే మూలం సరైనదికాదు.

$\lambda = \lambda_{max} = \lambda_m$ కనుక $x = 4.965$ గా తీసికోవచ్చు.

BRAOU

$$\therefore \frac{hc}{\lambda_m kT} = 4.965$$

$$\therefore \lambda_m T = \frac{hc}{k(4.965)} = \text{స్థిరాంకం.}$$

ఇదే వీన్ స్థానభ్రంశ సూత్రం.

మాదిరి లెక్క 2

ప్లాంక్ నియమం ఆధారంగా స్టైఫన్-బోల్ట్జ్‌మన్ నియమాన్ని రాబట్టుము. 1s కాలం ప్రమాణ వైశాల్యం నుంచి కృష్ణవస్తువు ఉద్గారం చేసే మొత్తం వికిరణ శీల శక్తి ఏదేని ఉష్ణోగ్రత T వద్ద కింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$E_T = \int_O^\infty E_\nu d_\nu = \int_O^\infty \frac{8\pi h_\nu 3}{c^3} \frac{1}{(e^{h\nu/kT}-1)} d\nu$$

$$E_T = \frac{8\pi h}{c^3} \int_O^\infty \frac{\nu^3 d\nu}{(e^{h\nu/kT}-1)}$$

$h\nu/kT = x$ ని ప్రతిక్షేపిస్తే

$d\nu = \frac{kT}{h}dx, \nu = \frac{kTx}{h}$ అవుతుంది.

$$\therefore E_T = \frac{8\pi h}{c^3} \int_O^\infty \frac{k^3T^3x^3}{h^3} \frac{kT}{h} dx \frac{1}{(e^x-1)}$$

$$E_T = \frac{8\pi k^4 T^4}{h^3 c^3} \int_O^\infty \frac{x^3}{(e^x-1)} dx = A \int_O^\infty x^3 dx (e^x - 1)^{-1}$$

$$E_T = A \int_O^\infty x^3 dx (e^{-x} + e^{-2x} + e^{-3x} + ...)$$

$\int_O^\infty x^3 e^{-rx} dx = \frac{6}{r^4}$ కనుక

$$E_T = A6\Sigma_{n=O}^\infty \frac{1}{r^4} = A6\left(\frac{\pi^4}{90}\right)$$

$$\therefore E_T = \frac{8\pi k^4 T^4}{h^3 C^3} \frac{6\pi^4}{90} = \left(\frac{48\pi^5 k^4}{90 h^3 c^3}\right) T^4$$

$$\therefore E_T = CT^4$$

C స్థిరాంకం. ఇదే స్టీఫన్-బోల్ట్జ్‌మన్ నియమం.

మాదిరి లెక్క 3

సౌర వికిరణంలో శక్తి వితరణ $\lambda = 4700A^\circ$ వద్ద గరిష్ఠంగా ఉంది. సూర్యుడు కృష్ణవస్తువులా వికిరణ చేస్తున్నట్లు భావించి సూర్యుని ఉపరితలం ఉష్ణోగ్రత లెక్కకట్టుము.

మాదిరి లెక్క 1లోని ఉత్పాదన ప్రకారం వీన్ స్థానభ్రంశ నియమాన్ని పరిగణిద్దాము.

$$\lambda_m T = \frac{hc}{k4.965}$$

$$\therefore T = \frac{hc}{\lambda_{max} k(4.965)}$$

$$T = \frac{6.625 \times 10^{-34} Js \times 3 \times 10^8 m}{4700 \times 10^{-10} m \times 1.3805 \times 10^{-23} JK^{-1} \times 4.965} = 6170K$$

BRAOU

మాదిరి లెక్క 4

భూమి గ్రహించే సరాసరి సూర్య వికిరణం $2.03 \times 10^4 J/m^2 - min.$ భూమి ఈ వికిరణాన్ని కృష్ణవస్తువు మాదిరి తిరిగి ఉద్గారం చేస్తే భూమి ఉష్ణోగ్రత ఎంతో కనుగొనుము.

స్టెఫన్ బోల్ట్జ్‌మన్ నియమం ప్రకారం

$E = \sigma T^4$

ఇచ్చట σ స్టెఫన్-బోల్ట్జ్‌మన్ స్థిరాంకం

$\therefore T = (\frac{E}{\sigma})^{1/4}$

E, కృష్ణవస్తువు ప్రమాణ వైశాల్యం నుంచి 1s లో ఉద్గారం చేసే శక్తి.

$E = 2.03 \times 10^4 Jm^{-2}min^{-1} = \frac{2.03 \times 1-^4 Jm^{-2}s^{-1}}{60}$

$E = 338.3 Jm^{-2}s^{-1}.$

స్టెఫన్-బోల్ట్జ్‌మన్ స్థిరాంకం $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$

$= 5.67 \times 10^{8} Js^{-1}m^{-2}K^{-4}$

$\therefore T = (\frac{E}{\sigma})^{\frac{1}{4}} = \left[\frac{338.3 Jm^{-2}s^{-1}}{5.67 \times 10^{-8} Js^{-1}K^{-4}}\right]^{\frac{1}{4}}$

$T = (59.66)^{1/4} 10^2 K = 278K.$

1.8 సారాంశం

ఏ వస్తువైతే పతనమయ్యే వికిరణాన్ని పూర్తిగా శోషించుకొని ఏమాత్రం వికిరణాన్ని గూడా పరావర్తనానికి గానీ, తననుంచి వెలుపలకు ప్రసరణకుగానీ గురిచేయదో దానిని సంపూర్ణ కృష్ణ వస్తువు అంటారు. ప్లాటినమ్ మసి, దీపపుమసి దాదాపు ఆదర్శకృష్ణ వస్తువులుగా భావించవచ్చు.

ప్రీవోస్ట్ వినిమయ సిద్ధాంతం ప్రకారం పదార్థాలు అన్ని పరిమిత ఉష్ణోగ్రతల వద్ద వికిరణశీల శక్తిని ఉద్గారం చేస్తాయి. ఈ వికిరణశీల శక్తి ఉష్ణోగ్రత పెరిగే కొద్దీ పెరుగుతుంది. దీనిపై పరిసరాల ప్రభావం ఉండదు. ఏదేని వస్తువు ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదలగానీ తగ్గుదలగానీ ఆ వస్తువు పరిసర వస్తువుల మధ్య జరిగే వికిరణశీల శక్తి వినిమయం వల్ల జరుగుతుంది.

కిర్‌కాఫ్ సూత్రం ప్రకారం నిర్దిష్ట ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఏదేని తరంగ దైర్ఘ్యానికి సంబంధించి ఒక వస్తువు ఉద్గార సామర్థ్యానికి శోషణ సామర్థ్యానికి గల నిష్పత్తి స్థిరంగా ఉండి, అదే ఉష్ణోగ్రత వికిరణ తరంగ దైర్ఘ్యంగల కృష్ణవస్తువు ఉద్గార సామర్థ్యానికి సమానంగా ఉంటుంది.

స్టెఫన్-బోల్ట్జ్‌మన్ సిద్ధాంత ప్రకారం 1 చరదపు సెంటీమీటర్ వైశాల్యంగల కృష్ణవస్తువు నుంచి 1 సెకనులో ఉద్గారమయ్యే వికిరణ శక్తి ఆ వస్తువు ఉష్ణోగ్రత చతుర్థ ఘాతానికి అనుపాతంలో ఉంటుంది.

వీన్ స్థానభ్రంశ సూత్రం ప్రకారం

కృష్ణవస్తువు ఉద్గార సామర్థ్యం గరిష్ఠ విలువలగల తరంగదైర్ఘ్యం ఉష్ణోగ్రతకు విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

కృష్ణ వస్తువు ఏకవర్ణ ఉద్గార సామర్థ్యం దాని పరమ ఉష్ణోగ్రత పంచమఘాతానికి అనుపాతంలో ఉంటుంది.

వీన్ వికిరణ సూత్రాన్ని కింది విధంగా సూచించవచ్చు.

BRAOU

$$E_\lambda = C_1\lambda^{-5}(-c_2/\lambda Tk)$$

ఉష్ణోగ్రత T^oK వద్ద తరంగదైర్ఘ్యం λ గల కృష్ణవస్తువు ఉద్గార సామర్థ్యాన్ని E_λ సూచిస్తుంది. C_1, C_2 లు స్థిరాంకాలు.

రేలీ-జీన్స్ వికిరణ సూత్రాన్ని కింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$E_\lambda = 8\pi\lambda^{-4}kT$$

ఇచ్చట k బోల్ట్జ్‌మన్ స్థిరాంకం.

కృష్ణవస్తువు వికిరణ వర్ణపటములో శక్తి ప్రసరణ ప్రయోగ ఫలితాలను అల్పతరంగ దైర్ఘ్యాల వద్ద వీన్ సూత్రం, అధిక తరంగ దైర్ఘ్యాల వద్ద రేలీ-జీన్స్ సూత్రం వివరిస్తాయి.

కోటర డోలకం శక్తికి వర్తించే క్వాంటమ్ భావనను ప్లాంక్ ప్రతిపాదించాడు. కోటర డోలకం అన్ని సాధ్యశక్తి విలువలను కలిగి వుండుటకు వీలు లేదని సూచిస్తూ అది $n\varepsilon$ శక్తి విలువలను మాత్రమే కలిగి ఉంటుందని ప్లాంక్ ప్రతిపాదించాడు. ఇచ్చట n పూర్ణాంకము. $\varepsilon = h\nu$. h ప్లాంక్ స్థిరాంకం. ν డోలకం పౌనఃపున్యం.

ప్లాంక్ సిద్ధాంతం ప్రకారం కోటర డోలకం సరాసరి శక్తిని కింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$\overline{E} = \frac{h\nu}{[e^{h\nu/kT}-1]}$$

ప్లాంక్ వికిరణ సూత్రాన్ని కింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$E\lambda = \frac{8\pi\lambda^{-5}}{[exp(hc/\lambda kT)-1]}$$

ఇచ్చట c కాంతివేగాన్ని సూచిస్తుంది.

ప్రయోగ ప్రేక్షిత కృష్ణవస్తువు వికిరణ వర్ణపటాన్ని ప్లాంక్ సూత్రం చక్కగా వివరిస్తుంది. శీమిత సందర్భాలుగా వీన్ సూత్రాన్ని, రేలీ-జీన్స్ సూత్రాన్ని, స్టెఫన్-బోల్ట్జ్‌మన్ సూత్రాన్ని, ప్లాంక్ సూత్రం నుంచి రాబట్టవచ్చు.

1.9 నమూనా జవాబులు

అవగాహన పరిక్ష

రేలీ-జీన్స్ నియమం అల్పఉష్ణోగ్రతల వద్ద, అల్పతరంగదైర్ఘ్యాల వద్ద వర్తించదు.

1.10 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. కృష్ణవస్తువు వికిరణ వర్ణపటంలో శక్తి వితరణను సూచించే వీన్ నియమాన్ని వివరించండి. దీని ప్రయోగపు మాన్యతను తెల్పండి.
2. రేలీ-జీన్స్ నియమాన్ని ఉత్పాదించండి. దీని ప్రయోగపు మాన్యతను వివరించండి.
3. ప్లాంక్ నియమాన్ని ఉత్పాదించండి. ప్లాంక్ నియమం ఆధారంగా సీమిత సందర్భంలో వీన్ నియమాన్ని, రేలీ-జీన్స్ నియమాన్ని ఎలా రాబట్టవచ్చో వివరించండి.

BRAOU

II. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానాలు రాయండి.

1. ప్రీవోస్ట్ నియమాన్ని నిర్వచించి వివరించండి.
2. స్టెఫాన్ బోల్ట్జ్‌మన్ నియమాన్ని నిర్వచించి వివరించండి.
3. ప్రయోగ పరిశీలనకు కృష్ణవస్తువును ఎలా రూపొందించవచ్చో వివరించండి.

III. క్రింది సమస్యలను సాధించండి.

1. కృష్ణవస్తువు వికిరణం యొక్క శక్తి వితరణ వక్రం తరంగదైర్ఘ్యం $\lambda = 3500A^\circ$ వద్ద గరిష్ఠమవుతుంది. కృష్ణవస్తువు తలం ఉష్ణోగ్రతను లెక్కకట్టండి.

   (జ. 8285° K)

2. న్యూక్లియర్ బాంబ్ విస్ఫోటనంలో ఏర్పడే అగ్నిగోళం గరిష్ఠ ఉష్ణోగ్రత 10^8K ఉన్నది. వికిరణ ఉద్గారం ఏ తరంగ దైర్ఘ్యం వద్ద గరిష్ఠంగా ఉంటుందో లెక్కకట్టండి. తదనుగుణ్య క్వాంటమ్ శక్తిని కూడా కనుగొనండి.

   (జ. 0.290 $A^\circ \varepsilon$ = 42.8 ke)

3. కృష్ణవస్తువు ఉద్గారంచేసే వికిరణ తీవ్రత $\lambda = 6000A^\circ$ వద్ద గరిష్ఠంగా ఉంది. వికిరణ ఉద్గారం రెండింతలయేలా కృష్ణవస్తువు ఉష్ణోగ్రతను పెంచినారు. ఇప్పుడు ఉద్గారమయ్యే వికిరణం ఏ తరంగ దైర్ఘ్యంవద్ద గరిష్ఠంగా ఉంటుందో కనుగొనండి.

   (జ. $\lambda_{max} = 5000A^\circ$)

BRAOU

భాగం-2 : ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం

విషయక్రమం

2.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

2.2 ప్రవేశిక

2.3 ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం, ఆవిష్కరణ

2.4 ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం, ఐన్‌స్టీన్ వివరణ

2.5 కాంప్టన్ ఫలితం

2.6 సారాంశం

2.7 నమూనా జవాబులు

2.8 నమూనా ప్రశ్నలు

2.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం, కాంప్టన్ ఫలితం వికిరణ క్వాంటమ్ ధర్మం ఆధారంగా వివరించబడ్డాయి.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. ఫోటో ఎలక్ట్రానుల పనిప్రమేయాన్ని, ఆరంభ పౌనఃపున్యాన్ని లెక్కకట్టగలరు.
2. కాంప్టన్ విస్థాపనం ప్రక్షేపణ కోణం మీద మాత్రమే ఆధారపడుతుందని, పతన ఫోటోశక్తి మీద కానీ పదార్థధర్మం మీద ఆధారపడదని గ్రహించగలరు.

BRAOU

2.2 ప్రవేశిక

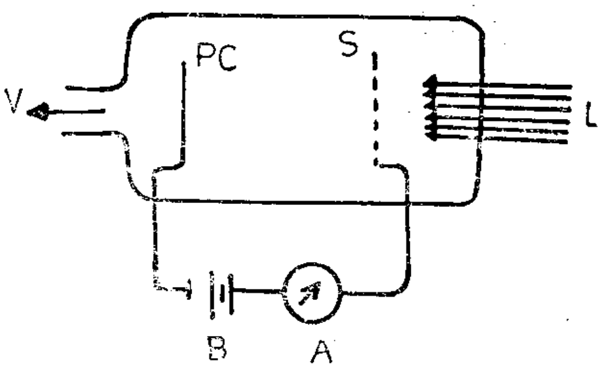
కాంతి క్వాంటమ్‌ను గూర్చిన అభ్యుదయ భావన అభివృద్ధి ఉష్ణ వికిరణాన్ని గూర్చి ప్లాంక్ ప్రతిపాదించిన భావనలతో మొదలయింది. చాలా కాలం పూర్వమే కాంతి కణ స్వభావాన్ని న్యూటన్ ప్రతిపాదించాడు. ఈ ప్రతిపాదనకు ఆధారంగా సూచించిన వివిధ వాస్తవిక విషయాలను హైజన్ ప్రతిపాదించిన కాంతి తరంగ స్వభావం ఆధారంగా ఫ్రెనెల్ వివరించాడు. ఈ శతాబ్దం ఆదిలో కనుగొన్న కొత్త ప్రయోగాల ఫలితాల దృష్ట్యా కాంతికణ సిద్ధాంతం తిరిగి పునర్చర్చనీయమైంది. ఈ పాఠంలో ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం, కాంప్టన్ ఫలితాలను గూర్చి తెలుసుకొందాము. ఈ ఫలితాల వివరణ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం అభ్యున్నతిలో ప్రధానపాత్ర వహించింది.

2.3 ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం : ఆవిష్కరణ

కాంతితో తాడనానికి గురైనప్పుడు లోహతలం ఎలక్ట్రాన్‌లను ఉద్గారం చేస్తుంది. ఈ ఫలితాన్ని ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం అంటారు. 1887లో ఈ ఫలితాన్ని హీన్‌రిచ్ హెర్ట్జ కనుకొన్నాడు. హెర్ట్జ ఉపయోగించిన ప్రయోగపుటమరిక నమూనా పటము 2.1లో చూడవచ్చు.

Dr. BRAOU
LIBRARY

Acc. No: T-3396
Class No: 530 BOW



పటము *2.1* ఫోటో విద్యుత్ నాళిక

గాజునాళికలో మెరుగుపరచిన ఎలక్ట్రోడ్ ఫోటోకాథోడ్‌గా పనిచేస్తుంది. రెండవ ఎలక్ట్రోడ్‌గా సచ్ఛిద్ర లోహ ఫలకం పనిచేస్తుంది. ఈ రెండు ఎలక్ట్రోడ్‌ల మధ్య కొన్ని వోల్ట్‌ల శక్మభేదం ఉంటుంది. ఫోటో కాథోడ్ పరంగా రెండవ ఎలక్ట్రోడ్ ధనాత్మకంగా ఉంటుంది. సచ్ఛిద్ర లోహ ఫలకం నుంచి వెళ్ళి ఫోటోకాథోడ్ లోపలి తలంపై అతినీలలోహిత కాంతి పతనమైనప్పుడు నాళిక గుండా ప్రవాహం ప్రవహిస్తుంది. ఈ దృగ్విషయాన్ని ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం అంటారు. నాళికను అతి తక్కువ పీడనానికి రిక్తీకృతం చేసినా ఫోటోవిద్యుత్ ప్రవాహం నాళిక గుండా ప్రవహిస్తుండినది. అంటే ప్రవాహ వాహకాలు వాయు అయాన్‌లు కాదని తెలుస్తుంది. ఫోటో కాథోడ్‌కి రెండవ ఎలక్ట్రోడ్‌కి మధ్య ప్రాంతంలో అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తించి చేసిన ప్రయోగాలు, ప్రవాహవాహకాలు ఋణాత్మక ఆదేశపూరితమై ఉన్నట్లు సూచించాయి. థామ్‌సన్‌చే ఎలక్ట్రాన్ ఉనికి ఆవిష్కరణ, ఫోటో విద్యుత్ ఫలితంలో తారసిల్లే ఋణ విద్యుదావేశ కణాలు కూడా ఎలక్ట్రాన్‌లుగా ఉండవచ్చుననే ఊహకు దోహదం చేసింది. 1900 ప్రాంతంలో లెనార్డ్ ఫోటో విద్యుత్ కణాలు e/m విలువను లెక్కకట్టి అవి ఎలక్ట్రాన్‌లేనని నిరూపించాడు. లెనార్డ్ ప్రయోగాలు ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం యొక్క కొన్ని అభిలక్షణాలను సూచించాయి. ఈ అభిలక్షణాలను సాంప్రదాయిక సూత్రాలు ఆధారంగా అర్థం చేసికొనుట కష్టతరమైంది.

ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం ప్రయోగ ఫలితాలు కింది విధంగా ఉన్నాయి.

1) ప్రతి పదార్థానికి ఒక కనిష్ఠ ఫోటాన్ శక్తి ఉంటుంది. వికిరణ పౌనఃపున్యం ν_0 కంటె తక్కువ ఉన్నప్పుడు ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉత్పన్నంకావు. ν_0 ని ఆరంభ పౌనఃపున్యం అంటారు.

2) ఉద్గారమయ్యే ఫోటో ఎలక్ట్రాన్ గతిజశక్తి O నుంచి K_{max} వరకు వితరణ చెంది వుంటుంది. K_{max} విలువ ఫోటాన్ శక్తిమీద పదార్థ పని ప్రమేయం మీద ఆధారపడుతుంది. K_{max} విలువ కాంతి తీవ్రత మీద ఆధారపడదు.

3) ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం కాంతి తీవ్రతతో అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

అవగాహన పరీక్ష

వికిరణ పౌనఃపున్యం ఆరంభపౌనఃపున్యం కంటే - ఉంటే ఫోటో ఎలక్ట్రానులు ఉత్పన్నం కావు.

2.4 ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం - ఐన్‌స్టీన్ వివరణ

1905లో ఫోటో విద్యుత్ ఫలితాన్ని క్వాంటమ్ సిద్ధాంతపరంగా ఐన్‌స్టీన్ వివరించాడు. ఈ వివరణకు, కృష్ణవస్తువు వికిరణానికి మాక్స్‌ప్లాంక్ ప్రతిపాదించిన క్వాంటమ్ సిద్ధాంతానికి సమీప సారూప్యత కలదు. వికిరణ జనకం నుంచి ఉత్పన్నమయ్యే పౌనఃపున్యం ν గల విద్యుదయస్కాంత తరంగం శక్తి O లేదా $2h\nu$ లేదా $3h\nu$ ... లేదా $nh\nu$ ఉండాలని చేసిన ప్లాంక్ ప్రతిపాదన కింది

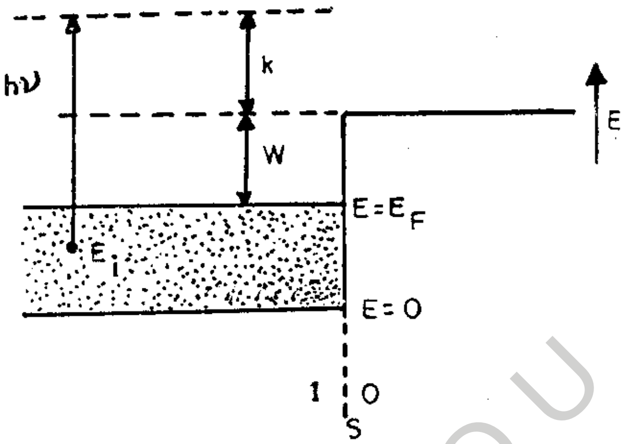
B R A O U

నిబంధనను సూచిస్తుందని ఐన్‌స్టీన్ భావించాడు. శక్తిస్థాయి $nh\nu$ నుంచి మరొక శక్తిస్థాయి $(n-1)h\nu$ కి వెళ్ళినప్పుడు జనకం విద్యుదయస్కాంతశక్తి t ప్రస్ఫోటాన్ని ఉద్గారం చేస్తుంది. ఇలాంటి శక్తి ప్రస్ఫోటం తక్కువ ఘనపరిమాణం గల ప్రదేశంలో స్థానికమై ఉంటుందని అది గమనంలో కూడా స్థానికమై c వేగంతో పయనిస్తుందని తరంగ అభిలక్షణమైన వ్యాప్తి దానికి ఉండదని ఐన్‌స్టీన్ ఊహించాడు. ఈ శక్తి సమూహంలోని శక్తి క్వాంటమ్ tకి పౌనఃపున్యం ν కి కల సంబంధం కిందివిధంగా ఉంటుందని ఐన్‌స్టీన్ ప్రతిపాదించాడు.

$$\epsilon = h\nu \qquad 2.1$$

ఫోటో విద్యుత్ ఫలితంలో ఫోటో కాథోడ్‌లోని ఎలక్ట్రాన్‌చే క్వాంటం పూర్తిగా శోషితమౌతుం... ఐన్‌స్టీన్ ఊహించాడు.

ఐన్‌స్టీన్ ఉత్పాదించిన ఫోటో విద్యుత్ సమీకరణాన్ని రాబట్టుటకు పటము 2.2 లో చూపిన లోహపు స్ఫటికం పెట్టె నమూనా (box mdoel) ను పరిగణిద్దాము.



పటం 2.2 ఫోటో విద్యుత్ ఉద్గారాన్ని సూచించే లోహపు స్ఫటికం పెట్టె నమూనా
$I \rightarrow$ లోపల $O \rightarrow$ వెలుపల $S \rightarrow$ స్ఫటికతలం

ఫోటో విద్యుత్ ఉద్గారం జరుగుటకు అవసరమయిన నియమం $\epsilon > E_F + W$. ఇచ్చట E_F లోహపు తలంవద్ద గల ఎలక్ట్రాన్‌ల శక్తిని సూచిస్తుంది. దీనిని ఫెర్మిశక్తి అంటారు. W లోహపు పని ప్రమేయాన్ని సూచిస్తుంది. ఎలక్ట్రాన్ లోహపు తలం నుంచి బహిర్గతం కావాలంటే E_F కంటె ఎక్కువ అవసరమయిన కనీసపు శక్తిని W సూచిస్తుంది. లోహపు స్ఫటికం లోపల E_i శక్తిగల ఎలక్ట్రాన్ ఫోటాన్‌ని శోషించుకొని లోహపు తలం నుంచి పలాయనం చెందితే లోహపు తలం వెలుపల ఆ ఎలక్ట్రాన్ గతిజశక్తి K అయిన

$$K = (E_i + h\nu) - (E_F + W) \qquad 2.2$$

నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యం గల ఫోటాన్‌ని శోషించుకొని బహిర్గతమమైన ఎలక్ట్రాన్ గతిజశక్తి గరిష్ఠంగా ఉండాలంటే దాని అంతర్గతశక్తి గరిష్ఠంగా ఉండాలి. E_i గరిష్ఠ విలువ E_F, కనుక, బహిర్గత ఎలక్ట్రాన్ గరిష్ఠ గతిజశక్తి K_{max} అయిన

$$K_{max} = (E_F + h\nu) - (E_F + W) \qquad 2.3$$

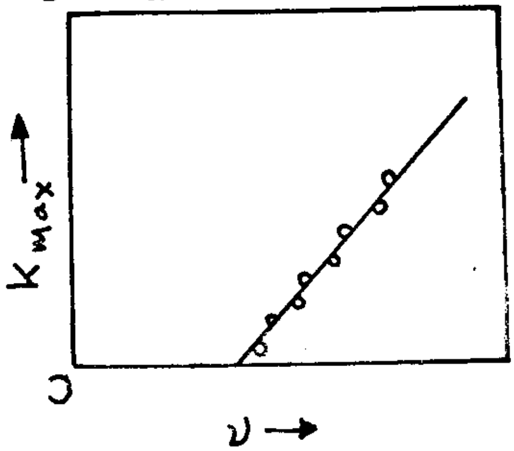
$$K_{max} = (h\nu - W) \qquad 2.4$$

$$\tfrac{1}{2}mv^2 = h\nu - W$$

సమీకరణం 2.4ని ఐన్‌స్టీన్ ఫోటో విద్యుత్ సమీకరణం అంటారు. పై సమీకరణం ప్రకారం ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల ఉద్గారం రేటు ఫోటో కేథోడ్‌పై పతనమయ్యే క్వాంటం ప్రవాహానికి అనుపాతంలో ఉంటుంది. కనుక ఫోటో ప్రవాహం పతన విద్యుదయస్కాంత వికిరణ తీవ్రతకు అనుపాతంలో

BRAOU

ఉంటుంది. ఇది లెనార్డ్ పరిశీలతో ఏకీభవిస్తుంది. సమీకరణం 2.4, K_{max} కాంతి తీవ్రత మీద ఆధారపడదని, పౌనఃపున్యం మీద మాత్రమే ఆధారపడుతుందని సూచిస్తుంది. ఈ ప్రాగుప్తిని 1916లో మిల్లికాన్ పరీక్షించాడు. వికిరణ పౌనఃపున్యం $6 \times 10^{14} Hz$ to $12 \times 10^{14} Hz$ to వ్యాప్తిలో K_{max} మారే తీరు ప్రయోగ పూర్వకంగా నిర్ణయించినాడు.

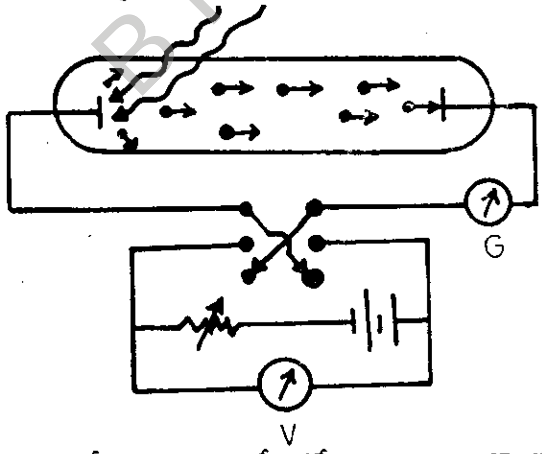


పటం *2.3* ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల K_{max} పౌనఃపున్యంతో మారేతీరు

ఇది పటము 2.3లో చూపిన విధంగా ఉంది. పటము 2.3లో x- అక్షంపై అంతఃఖండం W/hని, రేఖవాలు ప్లాంక్ స్థిరాంకంని ఇస్తాయి. ఫోటో విద్యుత్ ప్రయోగంలో నిర్ణయించిన h విలువ, కృష్ణ వస్తువు వికిరణానికి ప్లాంక్‌సిద్ధాంతం అనువర్తించి లెక్కకట్టిన h విలువతో దాదాపు 0.5% దోషంతో ఏకీభవించింది.

మాదిరి లెక్క 1

పటము 2.4లో చూపిన ప్రయోగ వ్యవస్థను, ఫోటో ప్రవాహం శూన్యమగుటకు ఫోటో కాథోడ్‌కి శేకరణ ఎలక్ట్రోడ్‌కి మధ్య అనువర్తించవలసిన నిరోధనశక్మం V_0 ని కనుగొనుటకు వాడినారు. ప్రయోగం వల్ల వచ్చిన దత్తాంశం కింది విధంగా ఉన్నది. తరంగ దైర్ఘ్యం $\lambda = 1849 A^\circ$ గల కాంతితో రాగి తలాన్ని తాడనానికి గురిచేసినప్పుడు అనువర్తించవలసిన నిరోధన శక్మం $V_0 = 2.75eV$. ఆరంభ పౌనఃపున్యం ν_0 పని ప్రమేయం W, ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల గతిజశక్తి కనుగొనుము.



పటం *2.4* ఫోటో విద్యుత్ఫలితంలో నిరోధన శక్మాన్ని కొలిచే ప్రయోగం అమరిక

ఐన్‌స్టీన్ ఫోటో విద్యుత్ సమీకరణం ప్రకారం

$$K_{max} = h\nu - W$$

అదే కాకుండా $K_{max} = \frac{1}{2}mV_{max}^2$

నిరోధన శక్మం V_o అయిన

$$eV_o = \frac{1}{2}mV_{max}^2 = K_{max} = (2.75)eV_o = 2.75eV_o$$

$$eV_o = h\nu - W$$

$$\therefore W = h\nu - eV_o = \frac{hc}{\lambda} - eV_o$$

$$W = \frac{(6.625\times10^{-34}Js)(3\times10^8ms^1)}{1849\times10^{-10}m} - 2.75eV$$

$$W = 1.075\times10^{-18}J - 2.75eV$$

$1eV = 1.602\times10^{-19}J$ కనుక

$$W = \frac{1.075\times10^{-18}J}{1.602\times10^{-19}J}eV - 2.75eV$$

$$W = 6.71eV - 2.75eV = 3.96eV$$

ఆరంభ పౌనఃపున్యం ν_o అయిన $h\nu_o = W$

$$\therefore \frac{W}{h} = \nu_o = \frac{3.96eV[1.602\times10^{19}j(eV)^{-1}]}{6.625\times10^{-34}Js}$$

$$\nu_o = \frac{3.96\times1.602\times10^{19}}{6.625\times10^{-34}}s^{-1} = 0.9575\times10^{15}Hz$$

$$\therefore \nu_o = 9.575\times10^{14}Hz$$

మాదిరి లెక్క 2

ఫోటో విద్యుత్ ప్రయోగంలో ఫోటో కాథోడ్‌ని 5461 A^o తరంగ దైర్ఘ్యం గల కాంతితో తాడనం చేసినప్పుడు నిరోధక శక్మం 0.18V ఉన్నది. అదే ఫోటో కేథోడ్‌ని తరంగదైర్ఘ్యం 1849 A^o గల కాంతితో తాడనం చేసినప్పుడు నిరోధకశక్మం 4.64V ఉన్నది. ఎలక్ట్రాన్ విద్యుదావేశం $1.60210^{-19}C$ అనుకొని ప్లాంక్ స్థిరాంకం విలువ కనుగొనుము.

ఐన్‌స్టీన్ ఫోటో విద్యుత్ సమీకరణం ప్రకారం

$$K_{max} = h\nu - W = eV$$

ఇచ్చట V నిరోధక శక్మంని సూచిస్తుంది. లెక్కలో ఇచ్చిన దత్తాంశం ప్రకారం

$$\frac{hc}{\lambda} - W = eV = \frac{h3\times10^8}{1849\times10^{-10}} - W = e(4.64)V = 4.64eV$$

అలాగే

$$\frac{h3\times10^8}{5461\times10^{-10}} - W = e(0.18V) = 0.18eV$$

$$\frac{h}{10^{-10}}3\times10^8\left[\frac{1}{1849} - \frac{1}{5461}\right][= e(4.64-0.18)V$$

$$= 4.46\times1.602\times10^{-19}CV$$

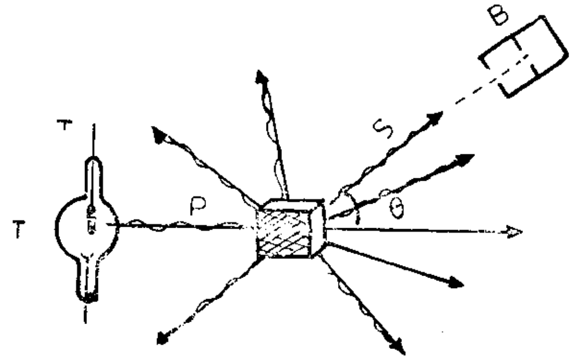
$$h = \frac{4.46\times1.602\times10^{-19}CV\times10^{-10}}{3\times10^8\left[\frac{1}{1849}-\frac{1}{5461}\right]} = 6.64\times10^{-3}CVs =$$

$$6.64\times10^{-34}Js$$

2.5 కాంప్టన్ ఫలితం

తరంగదైర్ఘ్యం λ_O గల X - వికిరణం లోహపు పత్రంచే ప్రక్షేపణానికి లోనయినప్పుడు పతనకిరణ దిశకు θ^o కోణంలో ప్రక్షేపణం చెందిన వికిరణం తరంగదైర్ఘ్యం λ_θ ఉంటుందని ఇది λ కన్న అధిక

విలువను కలిగి వుంటుందని 1923లో A.H కాంప్టన్ కనుగొన్నాడు. ఈ దృగ్విషయాన్నే కాంప్టన్ ఫలితం అంటారు. కాంప్టన్ ఫలితం, విద్యుదయస్కాంత వికిరణం యొక్క ఫోటాన్ ప్రవృత్తిని బహుదా ప్రదర్శిస్తుంది.

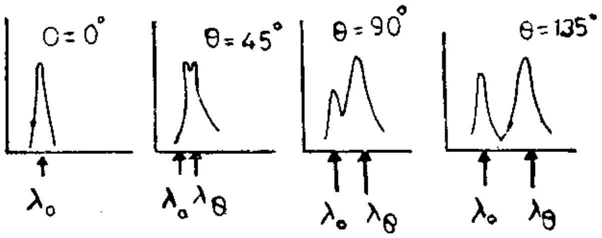


పటం 2.5. కాంప్టన్ ప్రయోగం అమరిక

T = X కిరణ నాళిక P = ప్రధానరేఖ S = గౌణరేఖ B = బ్రాగ్ స్పెక్ట్రోమీటర్ ; θ = పరిక్షేపణ కోణం

కాంప్టన్ ప్రయోగ వ్యవస్థను పటము 2.5లో చూడవచ్చు. X కిరణ నాళిక T నుంచి బహిర్గతమయ్యే X - కిరణాలు గ్రాఫైట్ దిమ్మను తాడనం చేసి అన్ని దిశలలోను ప్రక్షేపణం చెందుతాయి. X- కిరణనాళికలో లక్ష్యం మాలిబ్డినమ్. $K\alpha$ తరంగదైర్ఘ్యం 0.708 A°. ఈ ఏకవర్ణ వికిరణం ప్రక్షేపణ ప్రయోగంలో వాడినారు. బ్రాగ్ స్ఫటిక స్పెక్ట్రోగ్రాఫ్ నుపయోగించి ప్రక్షేపక X - కిరణ తరంగ దైర్ఘ్యాలను ప్రక్షేపక కోణం ప్రమేయంగా కాంప్టన్ కనుగొన్నాడు. $\theta = O^\circ$ తప్ప మిగతా అన్ని కోణాలలోను వెలువడే X- కిరణాలు రెండు అంశాలను కలిగి ఉన్నట్లు కాంప్టన్ కనుగొన్నాడు. వీటిలో ఒక అంశం తరంగదైర్ఘ్యం పతన కిరణ తరంగదైర్ఘ్యం λ_θ విలువను కలిగి ఉన్నట్లు కనుగొనబడింది. రెండవ అంశం తరంగదైర్ఘ్యం $\lambda\theta$ విలువను కలిగి ఉన్నట్లు అది λ_O కంటె ఎక్కువ ఉన్నట్లు కనుగొనబడింది. $\lambda_O, \lambda_\theta$ లను వరుసగా ప్రధానరేఖ (P) విసృతరేఖ (M) అని పిలుస్తారు. పురోగామి దిశలో $\theta = O^\circ$ ఉంటుంది. ఈ దిశలో వెలువడు వికిరణంలో విసృతరేఖ లోపించింది. వికిరణాలు λ_O తరంగదైర్ఘ్యాన్ని కలిగి వుండినాయి. M రేఖ తరంగ దైర్ఘ్యం ప్రక్షేపణకోణం విలువ పెరిగే కొద్దీ పెరుగుతున్నట్లు కనుగొనబడింది. వివిధ ప్రక్షేపణ కోణాలకు సంబంధించి ప్రయోగ ఫలితాలు పటము 2.6లో వివరించినాము.

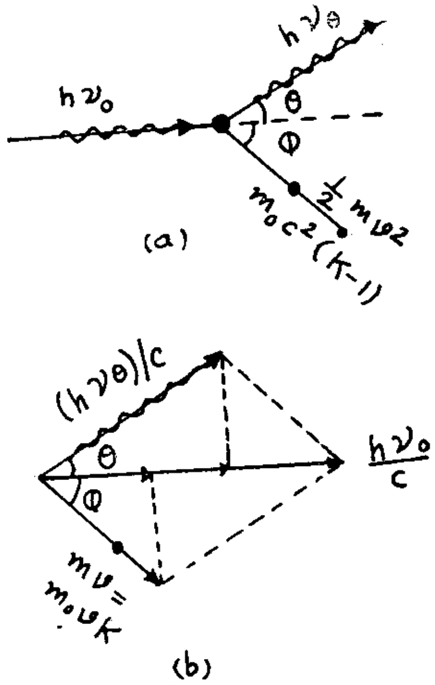
BRAOU



పటం 2.6 గ్రాఫైట్ నుంచి వివిధ కోణాలలో పరిక్షేపణం చెందిన X- కిరణాల తరంగదైర్ఘ్యాల వర్ణపటం

ప్రక్షేపణ వల్ల పతన X- కిరణ తరంగదైర్ఘ్యంలో విస్తాపనం $\Delta\lambda_\theta = (\lambda_\theta - \lambda_O)$ ప్రక్షేపణ కోణం θ పెరిగే కొద్దీ పెరుగుతుంది. $\Delta\lambda_\theta$, పతన కిరణ తరంగదైర్ఘ్యం λ_O మీద కానీ, ప్రక్షేపణ పదార్థ ధర్మం మీద కానీ ఆధారపడదు.

విద్యుదయస్కాంత తరంగాల సాంప్రదాయక సిద్ధాంతం ప్రకారం పౌనఃపున్యం ν_o గల తరంగం పదార్థంలోని ఎలక్ట్రాన్‌లతో అన్యోన్య చర్యకు లోనయినప్పుడు విద్యుదయస్కాంత



పటం 2.7 X- కిరణ ఫోటాన్‌కి స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌కు మధ్య అభిఘాతం

a) శక్తి సదిశరాశి చిత్రం b) ద్రవ్యరాశి సదిశరాశి చిత్రం

తరంగం యొక్క కాలాయమాన విద్యుత్ క్షేత్రం ఎలక్ట్రాన్‌లని అదే పౌనఃపున్యం గల బలాత్కృత డోలనానికి లోనుచేస్తుంది. కంపనాలు చేస్తున్న ఎలక్ట్రాన్‌లు శోషించుకొన్న శక్తిని తిరిగి ν_o పౌనఃపున్యం గల విద్యుదయస్కాంత వికిరణ రూపంలో అన్ని దిశలలోను ఉద్గారం చేస్తాయి. కనుక సాంప్రదాయక సిద్ధాంతం కాంప్టన్ ఫలితంలో పరిశీలించిన విస్తృత రేఖ M ఉనికి సూచించారు. కాంప్టన్, కాంతి క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం ఆధారంగా ప్రక్షేపణ వివరణంలో విస్తృత రేఖ M ఉనికిని నిర్ధారించాడు.

BRAOU

పటము 2.7 aలో చూపినట్లు X కిరణ ఫోటాన్ పదార్థ కణంగా ప్రవర్తిస్తూ స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌తో తాడనానికి గురై సంపూర్ణ స్థితి స్థాపక గోళం వలె ప్రత్యావర్తనానికి లోనవుతుందని కాంప్టన్ ప్రతిపాదించాడు.

అభిఘాతంలో శక్తి నిత్యత్వసూత్రాన్ని అనువర్తించుటకు, ప్రత్యావర్తక ఎలక్ట్రాన్ పొందే శక్తి, $\frac{1}{2}mv^2$ X కిరణ ఫోటాన్ శక్తి $h\nu_o$ నుంచి లభ్యమవుతుందని కాంప్టన్ భావించాడు. ఈ శక్తిని కోల్పోయిన తర్వాత X- కిరణం నూతన దిశలో తక్కువ పౌనఃపున్యం ν_o శక్తి $h\nu_o$ తో ప్రయాణిస్తుంది.

అభిఘాతానికి శక్తి నిత్యత్వ సూత్రాన్ని అనువర్తిస్తే

$$h\nu_o = h\nu_o + \tfrac{1}{2}mv^2 \qquad 2.5$$

v వేగంతో కదలుతున్న ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశిని m సూచిస్తుంది. సాధారణంగా ప్రత్యావర్తక ఎలక్ట్రాన్ వేగం కాంతి వేగానికి దాదాపు దగ్గరలో ఉంటుంది. కనుక సాపేక్ష సమీకరణాన్ని ఉపయోగించాలి. అంటే

$$\frac{1}{2}mv^2 = mc^2 - m_oc^2 = \frac{m_oc^2}{(1-v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}} - m_o \quad 2.6$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = m_oc^2\left[\frac{1}{(1-v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}} - 1\right] \quad 2.7$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = m_oc^2(K-1)$$

ఇచ్చుట $K = (1 - v^2/c^2)^{\frac{-1}{2}}$ 2.9

పై సమీకరణంలో m_o ఎలక్ట్రాన్ విరామ ద్రవ్యరాశి సూచిస్తుంది.

సమీకరణం 2.5ని కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$h\nu_o = h\nu_\theta + m_oc^2(K-1) \quad 2.10$$

X- కిరణ ఫోటాన్‌ను E శక్తిగల కణంగా భావిస్తే

$$E = mc^2 = h\nu = mc.c = h\gamma$$

లేదా $mc = h\nu/C$

$$p = \frac{h\nu}{C} = \frac{E}{C}$$

X కిరణ ఫోటాన్‌ని E శక్తిగల కణంగా భావిస్తే

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad 2.11$$

ఫోటన్‌ను కణంగా తీసుకొన్నాము. అన్ని ఫోటానులు కాంతివేగంతో ప్రయాణం చేస్తాయి కనుక ఫోటాన్‌ల ద్రవ్యవేగం mc. ఫోటాన్‌ల విరామద్రవ్యరాశి శూన్యం.

ఫోటాన్ ద్రవ్యవేగం p అయిన

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c} \quad 2.12$$

ద్రవ్యవేగం సదిశరాశి కనుక సదిశరాశి పటాన్ని పటము 2.7 bలో చూపినట్లు నిర్మించవచ్చు. అభిఘాతానికి ముందు ఫోటాన్ ద్రవ్యవేగం $\frac{h\nu_o}{c}$ అభిఘాతానికి తర్వాత ఫోటాన్ ద్రవ్యవేగం $\frac{h\nu_\theta}{c}$ ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యవేగం mv లేదా m_OKv ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ సూత్రాన్ని అభిఘాత ప్రక్రియకు అనువర్తిస్తే, పతన X- కిరణ దిశలో (సమాంతర దిశలో)

$$\frac{h\nu_o}{c} = \frac{h\nu_\theta}{c}cos\theta + m_OKVcos\phi \quad 2.13$$

శీర్షదిశలో

$$\frac{h\nu_o}{c}sin\theta = m_OK\nu sin\phi \quad 2.14$$

సమీకరణాలు 2.10, 2.13, 2.14లలో, మనకు తెలిసిన రాశులు ν_o, ప్రాథమిక స్థిరాంకాలు h, c, m_o లు. అజ్ఞాతరాశులు నాలుగు. అవి $\nu_\theta, \phi, \theta, K$లు. తెలిసిన స్వతంత్ర సమీకరణాలు మూడు. కనుక ϕK లను తొలగించి $\nu_\theta\theta$కి సంబంధాన్ని రాబట్టుట ఉత్తమమైన పద్ధతి. దీనిని సాధించుటకు కింద వివరించిన ఊహానలు చేద్దాం.

$$\frac{h\nu_o}{c} = \frac{h\nu_\theta}{c}cos\theta + m_oKvcos\phi \quad 1.$$

$$= \frac{h\gamma_i heta}{c}cos\theta + mvcos\phi$$

$(m_oK = m$ కావున)

$$O = \frac{h\gamma_\theta}{c}sin\theta - mvsin\phi \quad 2.$$

1.2 సమీకరణాలను తీసుకొని

BRAOU

$mvc\cos\theta = h\nu_o - h\nu_\theta = h(\nu_o - \nu_o\cos\theta)$

$mvc\sin\phi = \lambda\nu\theta\sin\theta$

వర్గాలను కలపగా

$m^2v^2c^2 = h^2(\nu_o - \nu_o\cos\theta)^2 + h^2\nu_\theta^2\sin^2\theta$

$= h^2\nu_o^2 + h^2\nu_\theta^2\cos^2\theta - 2h^2\nu_O\nu_\theta + h^2\nu_\theta^2\sin^2\theta$

$= h^2\nu_\theta^2 + h^2\nu_\theta^2\cos^2\theta - 2h^2\nu_o\nu_\theta + h^2\nu_\theta^2\sin^2\theta$

$= h^2(\nu_o^2 + \nu_\theta^2 - 2\nu_\theta\nu_o\cos\theta)$

$h\nu_o = h\nu_\theta + m_oKc^2 - m_oc^2$

$= h\nu_\theta + mc^2 - m_oc^2$

$mc^2 = h(\nu_o - \nu_\theta) + m_oc^2$

$m^2c^4 = [h(\nu_o - \nu_\theta) + m_oc^2]^2$

$m^2c^4 = h^2(\nu_o - \nu_\theta)^2 + m_o^2c^4 + 2m_oc^2(\nu_o - \nu_\theta)$

$= h^2(\nu_o^2 + \nu_\theta^2 + 2\nu\nu_\theta)m_o^2c^4 + 2hm_oc^2(\nu_o - \nu_\theta)$

సమీకరణం 4 నుండి 5 తీసివేయగ

$m^2c^2(c^2 - \nu^2) = -2h^2\nu_o\nu_\theta(1 - \cos\theta) +$
$2h(\nu_o - \nu_\theta)m_o^2c^2 + m_o^2c^4$

$m = m_oK = \frac{m_o}{(1 - \frac{\nu^2}{c^2})^{\frac{1}{2}}}$ కావున

$m^2c^2(c^2 - v^2)$ ప్రతిక్షేపించగా

$\frac{m_o^2}{(1 - \frac{\nu^2}{c^2})}c^2(c^2 - v^2) = \frac{m_o^2c^2(c^2 - v^2)}{\frac{c^2 - v^2}{c^2}}$

$= m_o^2c^4$

కావున $m_o^2c^4 = -2h^2\nu_o\nu_\theta(1 - \cos\theta) +$
$2h(\nu_o - \nu_\theta)m_oC^2 + m_o^2c^4$

$= 2h^2\nu_o^2(1 - \cos\theta) = 2h(\nu_o - \nu_\theta)m_oc^2$

$(\nu_o - \nu_\theta)m_oc^2 = h\nu_o\nu_\theta(1 - \cos\theta)$

$\frac{\nu_o - \nu_\theta}{\nu_\theta} = \frac{h\nu_o(1 - \cos\theta)}{m_oc^2}$

$(\frac{\nu_o}{\nu_\theta} - 1) = \frac{h\nu_o}{m_oc^2}(1 - \cos\theta)$

$\therefore \frac{\nu_o}{\nu\theta} - 1 = \frac{h\nu_o}{m_oc^2}(1 - \cos\theta)$

$(\frac{\lambda_\theta}{\lambda_o} - 1) = \frac{h}{m_oc\lambda_o}(1 - \cos\theta)$

$\frac{\lambda_\theta - \lambda_o}{\lambda_o} = \frac{h}{m_oc\lambda_o}(1 - \cos\theta)$

లేదా

$$(\lambda_\theta - \lambda_o) = \Delta\lambda_\theta = \frac{h}{m_o c}(1 - cos\theta)$$

సమీకరణం 2.49, ప్రక్షేపణ θతో ప్రక్షేపణానికి లోనయిన కిరణాలలోని వివృత రేఖ కాంప్టన్ తరంగదైర్ఘ్య విస్థాపనం $\Delta\lambda_\theta$ ని సూచిస్తుంది. $\Delta\lambda_\theta, \theta$ మీద మాత్రమే ఆధారపడుతుంది. ఇతర కారకాలయిన λ_o ప్రక్షేపక పదార్థ ధర్మం మీద ఆధారపడదు,

$\theta = 90^\circ$ అయినప్పుడు

$$\Delta\lambda_\theta = \frac{h}{m_o c} = \frac{6.626 \times 10^{-34} Js}{(9.109 \times 10^{-31} kg)(2.998 \times 10^8 ms^{-1})}$$

$\Delta\lambda_\theta = 2.426 \times 10^{-12} m$ లేదా $0.024\ A^\circ$. ఈ విలువ $\theta = 90^\circ$ ఉన్నప్పుడు ప్రయోగరీత్యా కనుగొన్న విస్థాపనంతో చక్కగా ఏకీభవించింది. $\frac{h}{m_o c}$ ని కాంప్టన్ తరంగదైర్ఘ్యం అంటారు. ఇది ఎలక్ట్రాన్ విరామశక్తికి సమానమైన శక్తిగల ఫోటాన్ తరంగదైర్ఘ్యానికి సమానం.

కాంప్టన్ సమీకరణం, ప్రక్షేప వికిరణంలో మార్పులేని రేఖ (అంటే ప్రాథమిక రేఖ P) ఉనికిని సూచించదు. కాంప్టన్ ఫలితం సిద్ధాంతంలో ప్రక్షేపణలో పాల్గొనే ఎలక్ట్రాన్ స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌గా భావించాము. ఈ స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌లు ప్రక్షేపకం నుంచి బహిర్గతమౌతాయి. మార్పులేని రేఖ పతన ఫోటాన్ బంధిత ఎలక్ట్రాన్‌తో అన్యోన్య చర్యకు గురైనప్పుడు ఏర్పడుతుంది. బంధిత ఎలక్ట్రాన్‌లు ఫోటాన్ నుంచి శక్తిని గ్రహించవు. ఫలితంగా ఆ ఫోటాన్‌ల తరంగ దైర్ఘ్యంలో మార్పు ఏర్పడదు.

మాదిరి లెక్క 3

తరంగదైర్ఘ్యం 0.708 A° గల ఏకవర్ణ X- కిరణాలు గ్రాఫైట్ చే ప్రక్షేపణకు లోనయినాయి. 90° లలో కాంప్టన్ ప్రక్షేపణం చెందే X- కిరణాలు తరంగదైర్ఘ్యాన్ని కనుగొనుము. ఎలక్ట్రాన్‌ల గరిష్ఠ గతిజశక్తిని గూడా లెక్కకట్టుము.

$$\lambda_\theta - \lambda_o = \frac{h}{m_o c}(1 - cos\theta)$$

లెక్కలోని దత్తాంశం ప్రకారం $\theta = 90^\circ$

$$\therefore \lambda_\theta = \lambda_o + \frac{h}{m_o c} = 0.708A + 0.024A^\circ = 0.732A^\circ$$

ప్రత్యావర్తక ఎలక్ట్రాన్ శక్తి

$$E = h\nu_o - h\nu_\theta = h\nu_o - \frac{\lambda c}{\lambda_\theta}$$

$$E = h\nu_o - \frac{hc}{\lambda_o + \frac{h}{m_o c}(1 - cos\theta)}$$

$$E = h\nu_o - \frac{h\nu_o}{1 + \frac{h}{m_o c\lambda_o}(1 - cos\theta)}$$

$$E = h\nu_o - \frac{h\nu_o}{[1 + \frac{h\nu_o}{m_o c^2}(1 - cos\theta)]}$$

$$E = h\nu_o\left[1 - \frac{1}{1 + \frac{h\nu_o}{m_o c^2}(1 - cos\theta)}\right]$$

$$E = h\nu_o\left[\frac{(h\nu_o/m_o c^2)(1 - cos\theta)}{1 + \frac{h\nu_o}{m_o c^2}(1 - cos\theta)}\right]$$

$\theta = \pi$ ఉన్నప్పుడు E గరిష్ఠ విలువను కలిగి ఉంటుంది.

$$\therefore E = h\nu_o\left[\frac{2h\nu_o/m_o c^2}{1 + 2h\nu_o/m_o c^2}\right]$$

$$h\nu_o = \frac{hc}{\lambda_o} = \frac{6.626 \times 10^{-34} Js(3 \times 10^8 ms^{-1})}{(0.708 \times 10^{-10} m)} \times \frac{1}{1.602 \times 10^{-19} J(ev)^{-1}}$$

BRAOU

$$\therefore h\nu_o = \frac{6.625\times10^{-26}\times3}{0.708\times1.602\times10^{-29}} eV = 17.53 \times 10^3 eV$$

అదే కాకుండా

$$m_o c^2 = (9.109 \times 10^{-31} kg)(3 \times 10^8 ms^{-1})$$

$$m_o c^2 = 81.981 \times 10^{-15} kgm^2 s^{-2}$$

$$= 81.981 \times 10^{-15} kgms^{-2} m$$

$$= 81.981 \times 10^{-15} J$$

$$= 81.981 \times 10^{-15} (J) \frac{1}{1.602\times10^{-19} J(eV^{-1})} = 51.17 \times 10^4 eV$$

$$\therefore m_o c^2 = 0.512 \times 10^6 eV$$

$$E = 17.53 \times 10^3 eV \left[\frac{\frac{2(17.53\times10^3 eV)}{0.512\times10^6 eV}}{1+2\frac{(17.53\times10^3 eV}{0.512\times10^6 eV}}\right]$$

$$E = 17.53 \times 10^3 eV \left[\frac{68.48\times10^{-3}}{1+68.48\times10^{-3}}\right]$$

$$= 17.53 \times 10^3 \left[\frac{0.06848}{1.06848}\right] eV$$

$$E = 1.124 keV.$$

మాదిరి లెక్క 4

0.15 Mev శక్తిగల X- కిరణాలు లక్ష్యంపై పతనమై కాంప్టన్ పరిక్షేపణానికి లోనవుతాయి. స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌చే 60° పరిక్షేపణం పొందిన X- కిరణశక్తిని కనుగొనుము. ప్రత్యావర్తక ఎలక్ట్రాన్ శక్తిని కూడా లెక్కకట్టుము.

$$\lambda_\theta - \lambda_o = \frac{h}{m_o c}(1 - cos\theta)$$

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{కనుక}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{E}{hc} \quad \text{లేదా} \quad \lambda = \frac{hc}{E}$$

$$\therefore \frac{hc}{E_\theta} - \frac{hc}{E_o} = \frac{h}{m_o c}(1 - cos\theta)$$

లేదా

$$\frac{1}{E_\theta} - \frac{1}{E_o} = \frac{1}{m_o c^2}(1 - cos\theta)$$

లెక్కలోని దత్తాంశం ప్రకారం

$$\frac{1}{E_\theta} = \frac{1}{0.15} + \frac{1}{0.512}(1 - cos60^\circ) = \frac{1}{0.15} + \frac{(1-0.5)}{0.512}$$

$$\frac{1}{E_\theta} = (6.666 + 0.9766)\frac{1}{MeV}$$

$$\therefore E_\theta = \frac{1}{7.64327} = 0.131 MeV$$

ప్రక్షేపణ X- కిరణశక్తి $= 0.131 MeV$

ప్రత్యావర్తక ఎలక్ట్రాన్ శక్తి $= 0.150 - 0.131 = 0.019 MeV$

B R A O U

2.6 సారాంశం

విద్యుదయస్కాంత వికిరణం లోహ పత్రాలను తాడనం చేసినప్పుడు ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారం జరుగుతుంది. ఈ ప్రక్రియను ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం అంటారు. 1887లో ఈ ఫలితాన్ని హీన్‌రిచ్ హెర్ట్జ్ కనుగొన్నాడు. వికిరణానికి క్వాంటమ్ ధర్మాన్ని ప్రతిపాదించిన ప్లాంక్ భావనలు ఆధారంగా ఫోటో విద్యుత్ ఫలితాన్ని ఐన్‌స్టీన్ వివరించాడు.

పని ప్రమేయం W గల లోహపు తలాన్ని పౌనఃపున్యం ν గల విద్యుదయస్కాంత వికిరణంతో తాడనానికి గురిచేసినప్పుడు వెలువడే ఎలక్ట్రాన్‌ల గరిష్ఠ గతిజశక్తిని కింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$K_{max} = (h\nu - W)$$

పై సంబంధాన్ని ఐన్‌స్టీన్ ఫోటో విద్యుత్ సమీకరణం అంటారు.

ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం ప్రయోగం ముఖ్య ఫలితాలు

(i) ప్రతి పదార్థానికి ఒక ఆరంభ పౌనఃపున్యం ν_o ఉంటుంది. పతన వికిరణం పౌనఃపున్యం ν_o కన్న తక్కువ ఉన్నచో ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉద్గారం కావు.

(ii) ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల గరిష్ఠ గతిజశక్తి పతన ఫోటాన్ పౌనఃపున్యం మీద, పదార్థం పని ప్రమేయం మీద ఆధారపడుతుంది కానీ, పతన వికిరణ తీవ్రత మీద ఆధారపడదు.

(iii) ఫోటో ప్రవాహం కాంతి తీవ్రతతో అనుపాతంలో మారుతుంది.

పదార్థాలచే X- వికిరణ ప్రక్షేపంలో కాంప్టన్ ఫలితం ఏర్పడుతుంది. ఈ ఫలితం ప్రకారం X- కిరణ ఫోటాన్ పదార్థ పరమాణువులోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌ను ఢీ కొన్నప్పుడు కొంత శక్తిని ఎలక్ట్రాన్‌కు సరఫరా చేస్తుంది. ఈ శక్తి సరఫరా వల్ల ప్రక్షేపక ఫోటాన్ తరంగదైర్ఘ్యంలో మార్పు ఏర్పడుతుంది. తరంగదైర్ఘ్యంలో మార్పు $\Delta\lambda_\theta$ అయిన $\Delta\lambda_\theta = \frac{h}{m_o c}(1 - cos\theta)$ ఇచ్చట θ ప్రక్షేపణ కోణాన్ని సూచిస్తుంది.

కాంప్టన్ విస్థాపనం $\Delta\lambda_\theta$ ప్రక్షేపణ కోణం మీద మాత్రమే ఆధారపడుతుంది. ఇది పతన ఫోటాన్ శక్తిమీద గానీ, పదార్థం ధర్మం మీద కానీ ఆధారపడదు.

6. ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం, కాంప్టన్ ఫలితం విద్యుదయస్కాంత వికిరణం కణ స్వభావాన్ని సూచిస్తాయి. వికిరణం క్వాంటమ్ భావన ఈ రెండు ప్రయోగ ఫలితాల ద్వారా ప్రస్ఫుటమైంది. ఈ ఫలితాలను సాంప్రదాయక సిద్ధాంతాలు ఆధారంగా వివరించలేము.

BRAOU

2.7 నమూనా జవాబులు

అవగాహన పరీక్ష

వికిరణ పౌనఃపున్యం ఆరంభ పౌనఃపున్యం కంటే తక్కువగా ఉంటే ఫోటో ఎలక్ట్రానులు ఉత్పన్నం కావు.

2.8 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం అనగానేమి? ఐన్‌స్టీన్ ఫోటో విద్యుత్ సమీకరణాన్ని ఉత్పాదించండి. ఈ సమీకరణం ప్రయోగ ఫలితాలను ఎలా వివరిస్తుందో తెల్పండి.
2. కాంప్టన్ ఫలితం అనగానేమి? X- కిరణాలు ప్రక్షేపణం చెందినప్పుడు కాంప్టన్ విస్తాపనానికి ప్రమేయాన్ని ఉత్పాదించండి.

II. ఈ క్రింది సమస్యలను సాధించండి.

1. పని ప్రమేయం 2.2 eVగల పదార్థం తలాన్ని తరంగదైర్ఘ్యం $\lambda = 2537A^\circ$ గల మెర్క్యురీ కాంతితో తాడనం చేయబడుంది. ఫోటో ఎలక్ట్రాన్ నిరోధన శక్మాన్ని లెక్కకట్టండి.

   (జ. 5.5 v)

2. సోడియమ్ ఫోటో విద్యుత్ ఆరంభ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని $5420A^\circ$. సోడియమ్ తలాన్ని తరంగదైర్ఘ్యం 4861 A° గల కాంతిలో తాడనానికి గురిచేసినప్పుడు వెలువడే ఎలక్ట్రాన్‌ల గరిష్ఠ వేగం ఎంతో కనుగొనండి.

   (జ. $4.07 \times 10^5 ms^{-1}$)

3. పరిశుభ్రపరచిన సీజియమ్ తలాన్ని వివిధ తరంగ దైర్ఘ్యాలుగల ఏకవర్ణ కాంతితో తాడనం చేసినప్పుడు నిర్ణయించిన నిరోధన శక్మం విలువలు క్రింది విధంగా ఉన్నవి.

$\lambda(A^\circ)$	5896	5461	4358	4077	3663	3303	2830	2537
$V(v)$	0.12	0.28	0.86	1.08	1.39	1.78	2.20	2.92

   గ్రాఫ్‌గీచి ఫోటో విద్యుత్ సమీకరణాన్ని రుజువుచేయుము. సీజియమ్ పని ప్రమేయాన్ని, ప్లాంక్ స్థిరాంకాన్ని కనుగొనండి.

   (జ. $W = 2.04eV, h = 6.65 \times 10^{-34} Js$)

4. 0.1 MeV శక్తిగల X- కిరణాలు లక్ష్యంచే కాంప్టన్ పరిక్షేపణకు లోనయినాయి. పతన దిశకు 45° కోణంలో పరిక్షేపణ చెందిన వికరణం శక్తిని కనుగొనుము. ప్రత్యావర్తక ఎలక్ట్రాన్ శక్తిని లెక్కగట్టండి.

   (జ. 0.0946 MeV, 0.0054 MeV)

5. తరంగ దైర్ఘ్యం $0.612A^\circ$ గల X- కిరణాలు కాంప్టన్ అభిఘాతంలో ఎలక్ట్రాన్‌లచే పరిక్షేపణ చెందినాయి. పతనదిశకు 40° కోణంలో పరిక్షేపణం చెందిన X- కిరణాల తరంగ దైర్ఘ్యాన్ని కనుగొనండి.

   (జ. $0.618A^\circ$)

B R A O U

భాగము-3 : బోర్‌సిద్ధాంతము మరియు రేఖీయవర్ణ పటము

విషయక్రమం

3.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

3.2 ప్రవేశిక

3.3 రేఖీయ వర్ణపటము

3.4 బోర్ సిద్ధాంతం, హైడ్రోజన్ పరమాణు శక్తిస్థాయిలు

3.5 సారాంశం

3.6 నమూనా జవాబులు

3.7 నమూనా ప్రశ్నలు

3.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో హైడ్రోజన్ పరమాణువు రేఖీయ వర్ణపటాన్ని అధ్యయనం చేస్తాము. బోర్‌సిద్ధాంత సహాయంతో హైడ్రోజన్ వర్ణపటం వివరించటం జరిగింది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. బోర్ కక్ష్యలో నున్న ఎలక్ట్రాన్ శక్తిని లెక్కకట్టగలరు.
2. హైడ్రోజన్ పరమాణువు వర్ణపటంలోని వర్ణపట రేఖ తరంగసంఖ్యను నిర్ణయించగలరు.

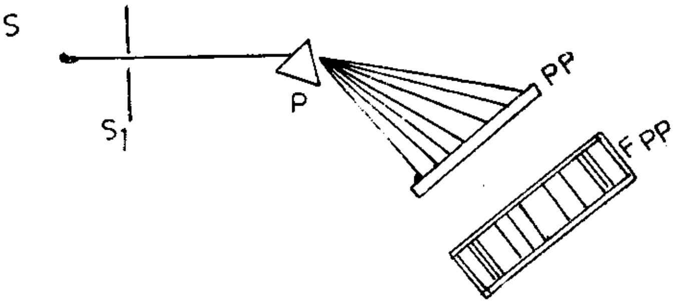
3.2 ప్రవేశిక

కృష్ణ వస్తువు ఉద్గారం చేసే సంతత వర్ణపటంలో శక్తి వితరణను సాంప్రదాయక సిద్ధాంతాల పరంగా వివరించుటకు వీలులేకపోయింది. మాక్స్‌ప్లాంక్ ప్రతిపాదించిన వికిరణ క్వాంటమ్ భావన ఆధారంగానే కృష్ణవస్తువు వికిరణ వర్ణపటాన్ని సిద్ధాంత పరంగా విశదీకరించడం జరిగింది. ఇటువంటి సందర్భమే ఈ శతాబ్దం ఆదిలో పరమాణువుల రేఖీయ వర్ణపటవివరణలో కూడా తారసిల్లింది. రేఖీయ వర్ణపటంలోని రేఖల తరంగదైర్ఘ్యాల దత్తాంశం ఆధారంగా కొన్ని మూలకాలకు సంబంధించి వివిధ రేఖల పౌనఃపున్యాల మధ్య అనుభవిక సంబంధాలు ఉండటాన్ని కనుకొనడం జరిగింది. ఈ సంబంధాలు ఆధారంగా రేఖీయ వర్ణపటానికి కారణభూతమైన ప్రక్రియ అన్ని పరిమాణువులకు ఒకటే ఉండవచ్చునని భావించడం జరిగింది. హైడ్రొజన్ రేఖీయ వర్ణపటాన్ని సుదీర్ఘంగా అధ్యయనం చేసినారు. పరమాణు నిర్మితి అవగాహనలో జరిగిన అభ్యున్నతి దృష్ట్యా 1913లో బోర్ పరమాణు నిర్మాణ సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించినారు. ఈ పాఠంలో వర్ణపట శ్రేణులకు అనువర్తించే వివిధ అనుభవిక నియమాలను, హైడ్రొజన్ రేఖీయ వర్ణపటాన్ని బోర్ సిద్ధాంతపరంగా వివరణను అధ్యయనం చేద్దాము.

3.3 రేఖీయ వర్ణపటం

పరమాణు వర్ణపటాన్ని పరిశీలించుటకు నాడీ ప్రయోగపుటమరికను పటము 3.2లో చూడవచ్చు. ఏకపరమాణు వాయువుగల ప్రాంతంలో విద్యుత్ ఉత్సర్గాన్ని కలుగజేసి వర్ణపట రేఖల జనకాన్ని పొందవచ్చు.

BRAOU



పటం 3.1. పరమాణు వర్ణపటాన్ని కొలిచే ప్రయోగం ఏర్పాటు.

S - జనకం S_1 - చీలిక P - పట్టకం PP - ఫోటోగ్రాఫిక్ ఫలకం

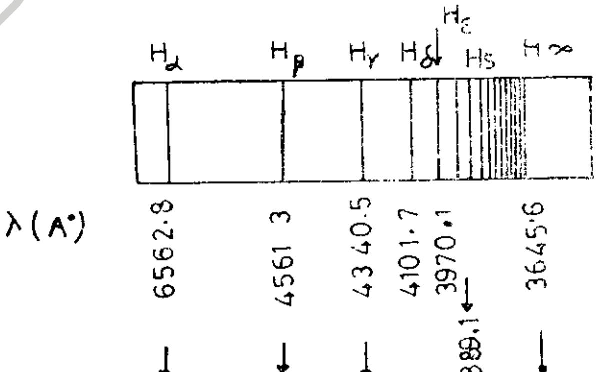
$F_{pp} = PP$ ముందుదృశ్యం

ఎలక్ట్రాన్‌లతో పరస్పరం పరమాణువులు తాడనానికి లోనయినప్పుడు ఉత్సర్గ ప్రదేశంలో కొన్ని పరమాణువులు సహజ శక్తిగల స్థాయి కన్న ఎక్కువ శక్తిగల స్థాయికి చేరుకొంటాయి. ఇవి తిరిగి సహజ స్థాయికి చేరుకొన్నప్పుడు, విద్యుదయస్కాంత వికిరణాన్ని ఉద్గారంచేసి, అధికంగా పొందిన శక్తిని కోల్పోతాయి. ఈ వికిరణం చీలిక ద్వారా సమాంతరీకరణం చెంది పట్టకం గుండా ప్రసరించి ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేట్ మీద రికార్డు అవుతుంది. స్వేచ్ఛా పరమాణువు ఉద్గారం చేసే విద్యుదయస్కాంత వికిరణం అనేక వివక్త తరంగదైర్ఘ్యాల వద్ద సాంద్రీకృతం అయినట్లు కనుగొనబడింది. ఈ ప్రతి తరంగదైర్ఘ్యం ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేట్ మీద రేఖగా రికార్డు చేయబడుటచే ప్రతి తరంగ దైర్ఘ్య అంశాన్ని రేఖలని అంటారు. వివిధ రకాలయిన పరమాణువుల రేఖీయ వర్ణపటాలను పరిశీలించగా ప్రతి పరమాణువుకు ప్రత్యేక అభిలక్షణ రేఖీయ వర్ణపటం ఉన్నట్లు కనుగొన్నారు.

1880 లో లివీంగ్, డీవార్‌లు క్షారలోహాల వర్ణపటాలలో కొన్ని సాదృశాలను కనుగొన్నారు. సోడియమ్ ఆర్క్ వర్ణపటంలో అనుక్రమ యుగళ రేఖలు ఏకాంతరంగా నిశిత, విసరితంగా ఉండి వర్ణపటం అల్పతరంగ దైర్ఘ్య తుదిలో సంరోహితమైనట్లు కనుగొన్నారు. ఏదేని వర్ణపటంలో గుణకము (ద్వికము, త్రికము)లోని అంశాల పౌనఃపున్యభేధం అదేవర్ణపటంలోని సదృశ గుణకాల అంశాల పౌనఃపున్యాల బేధానికి సమానంగా ఉన్నట్లు 1883 లో హార్ట్లి కనుగొన్నారు.

BRAOU

హైడ్రోజన్ వర్ణపటం సరళమైనది. దృగ్గోచర ప్రాంతంలో హైడ్రోజన్ వర్ణపటం పటం 3.2లో చూపినట్లు ఉంటుంది. రేఖల తరంగ దైర్ఘ్యం ఆంగ్‌స్ట్రామ్ A° ప్రమాణంలో



పటం 3.2 హైడ్రోజన్ వర్ణపటంలో దృగ్గోచర భాగం

చూచినాము. ఈ ప్రమాణం, తొలిదశలో వర్ణపటాలను గూర్చి విరివిగా పరిశోధనలు చేసిన శాస్త్రజ్ఞుడు ఆంగ్‌స్ట్రామ్ పేరుమీదుగా సూచించినవి. ఒక $A^\circ = 10^{-10}m$. రేఖల మధ్య బేధం తరంగదైర్ఘ్యం తగ్గేకొద్దీ తగ్గుతుంది. ఫలితంగా రేఖల శ్రేణి సీమిత 3645.6 A° కు అభిసరణం

చెందుతుంది. హైడ్రోజన్ వర్ణపటంలోని రేఖల తరంగ దైర్ఘ్యాలను సూచించే అనుభావిక ఫార్ములాని 1885లో బామర్ ప్రతిపాదించాడు. ఇది

$$\lambda = 3646\frac{n^2}{n^2-4}A^\circ \qquad 3.1$$

$n = 3, H_\alpha; n = 4, H_\beta; n = 5, H_\gamma$ - తీసికొని బామర్, శ్రేణి మొదటి తొమ్మిది రేఖల తరంగ దైర్ఘ్యాలను ప్రాగుప్తపరచినాడు. వీటి విలువలు 1000 వంతులలో 1 వంతు ఖచ్చితంగా వచ్చింది. ఇలాంటి అనుభావిక నియమాలను వివిధ పరమాణువుల వర్ణపటాలకు అనువర్తించే విధానంపై విస్తృతమైన పరిశోధనలను రిడ్‌బర్గ్ చేశాడు. అనుభావిక ఫార్ములాని తరంగసంఖ్య $K = \frac{1}{\lambda}$ తో సూచించిన అనుకూలంగా ఉంటుందని కనుగొన్నాడు. ఈ విధంగా బామర్ ఫార్ములాని కిందివిధంగా సూచించవచ్చు.

$$K = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad 3.2$$

$$n = 3, 4, 5...$$

ఇచ్చట R_H హైడ్రోజన్‌కు వర్తించే రిడ్‌బర్గ్ స్థిరాంకం. ఇటీవల వర్ణపటీయ దత్తాంశం ఆధారంగా దీని విలువ.

$$R_H = (109677.576 \pm 0.012)m^{-1} \qquad 3.3$$

క్షారమూలకాలకు వర్తించే ఫార్ములాని కిందివిధంగా సూచించవచ్చు.

$$K = R\left[\frac{1}{(m-a)^2} - \frac{1}{(n-b)^2}\right] \qquad 3.4$$

ఇచ్చట R మూలకం యొక్క రిడ్‌బర్గ్ స్థిరాంకం a, bలు నిర్దిష్ట శ్రేణికి వర్తించే స్థిరాంకాలు. m పూర్ణాంకం. ఇది నిర్దిష్టశ్రేణికి స్థిరంగా ఉంటుంది. n చర పూర్ణాంకం. దాదాపు 0.05% వంతులు రిడ్‌బర్గ్ స్థిరాంకం అన్ని మూలకాలకు ఒకేవిలువను కలిగివుంటుంది. కానీ పరమాణుభారం పెరిగేకొద్దీ దీనివిలువ క్రమంగా పెరుగుతుంది.

వర్ణపటశ్రేణుల అసాధారణమైన ధర్మాలు, పరమాణువులలో సరళమైన, సర్వజనీనమైన క్రియా విధానం వర్ణపటరేఖల ఆవిర్భావానికి కారణమై ఉంటుందని సూచిస్తాయి. వర్ణపటరేఖల ధర్మాలను సాంప్రదాయిక సిద్ధాంతాలు ఆధారంగా వివరించుట కష్టం. 29వ శతాబ్దం అంతకాలంలో పరమాణు నిర్మాణాన్ని గూర్చిన అవగాహన అభివృద్ధి దృష్ట్యా, అంటే 1897లో ఎలక్ట్రాన్ ఆవిష్కరణ, రూథర్‌ఫర్డ్ ప్రయోగాలద్వారా పరమాణుద్రవ్యరాశి అంతా కేంద్రకంలో కేంద్రీకృతమై ఉంటుందని ధన విద్యుదావేశపూరితమై ఉంటుందని కనుగొనుట, మాక్స్‌ప్లాంక్ ప్రతిపాదించిన వికిరణం యొక్క క్వాంటమ్ భావన, ఫోటోవిద్యుత్ ఫలితాన్ని వికిరణ శక్తివియుక్త విలువలను కలిగి వుంటుందని భావించి వివరించుట మొదలగు విషయాలు ఆధారం చేసికొని బోర్ పరమాణు నిర్మితిని గూర్చి ప్రతిపాదన చేసినాడు. దీని ఆధారంగా హైడ్రోజన్ వర్ణపటాన్ని వివరించాడు. ప్రస్తుతం హైడ్రోజన్ పరమాణు సిద్ధాంతాన్ని విపులంగా అధ్యయనం చేద్దాము.

3.4 బోర్ సిద్ధాంతం, హైడ్రోజన్ పరమాణు శక్తిస్థాయిలు

హైడ్రోజన్ పరమాణు సిద్ధాంతాన్ని బోర్ 1913లో ప్రతిపాదించాడు. ఈ సిద్ధాంతం ఆధారంగా హైడ్రోజన్ పరమాణు వర్ణపటంలోని బామర్ శ్రేణుల ఉత్పాదనను విశదీకరించాడు. ఈ సిద్ధాంతాన్ని అభివృద్ధి పరచుటకు బోర్ కింది ఉపపాదనలను ప్రతిపాదించాడు.

1. పరమాణువులో కేంద్రకం చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్ వాటిమధ్యగల కూలామ్ ఆకర్షణకు లోనయి సాంప్రదాయక యాంత్రిక శాస్త్ర నియమాలను పాటిస్తూ వృత్తాకార కక్ష్యలో పరిభ్రమిస్తుంటుంది.

BRAOU

2. సాంప్రదాయక యాంత్రిక శాస్త్రపరంగా అనంతమైన కక్ష్యలలో కాకుండా ఎలక్ట్రాన్ నిర్దిష్ట కక్ష్యలలో మాత్రమే పరిభ్రమిస్తుంది. ఏ కక్ష్యలోనయినా ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్యాకోణీయ ద్రవ్యవేగం $L, \frac{h}{2\pi}$ యొక్క పూర్ణాంక గుణకానికి సమానంగా ఉంటుంది. ఇచ్చట h ప్లాంక్ స్థిరాంకం.

3. ఎలక్ట్రాన్ స్థిర త్వరణానికి లోనవుతున్నప్పటికి అనుమతించిన కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ పరిభ్రమిస్తున్నప్పుడు విద్యుదయస్కాంత శక్తిని ఉద్గారం చేయదు. దీని మొత్తం శక్తి స్థిరంగా ఉంటుంది. ఈ అనుమతించిన కక్ష్యలను స్థావర కక్ష్యలు అంటారు.

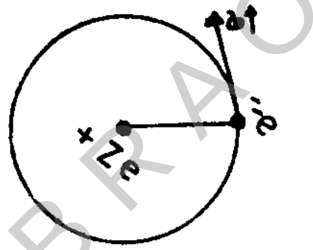
4. తొలిదశలో మొత్తం శక్తి E_i గల కక్ష్యనుంచి అనంతతంగా గమనాన్ని మార్చుకొని మొత్తం శక్తి E_f గల మరొక కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ పరిభ్రమణానికి లోనయితే విద్యుదయస్కాంత శక్తి ఉద్గారమౌతుంది. ఉద్గారమయిన వికిరణ పౌనఃపున్యం $\frac{E_i - E_f}{h}$

మొదటి ఉపపాదన పరమాణు స్థిరత్వాన్ని సూచించే భావనలను తెలియజేస్తుంది. రెండవ ఉపపాదన వ్యవస్థయొక్క క్వాంటీకృత ధర్మాన్ని సూచిస్తుంది. ఈ భావన సాంప్రదాయక విద్యుదయస్కాంత సిద్ధాంతానికి వ్యతిరేకమైనది. నాల్గవ ఉపపాదన విద్యుదయస్కాంత వికిరణ క్వాంటమ్ పౌనఃపున్యం క్వాంటమ్ శక్తిని ప్లాంక్ స్థిరాంకంతో భాగిస్తే వస్తుందన్న ఐన్‌స్టీన్ ఉపపాదనకు సారూప్యమైనది.

బోర్ ఉపపాదనల మాన్యతను ఈ ఉపపాదనలు ఆధారంగా ఉత్పాదితమైన ప్రాగుప్తాలను ప్రయోగ ఫలితాలతో పోల్చి గణించవచ్చు.

$+Ze$ విద్యుదావేశం, M ద్రవ్యరాశి గల కేంద్రకం చుట్టూ m ద్రవ్యరాశి -e విద్యుదావేశం గల ఎలక్ట్రాన్ పరిభ్రమిస్తున్న పరమాణువును పరిగణలోకి తీసికొందాం. ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి కేంద్రకం ద్రవ్యరాశితో పోలిస్తే చాలా తక్కువ గనుక కేంద్రకం నిశ్చలంగా ఉందని భావిద్దాము. పటము 3.3లో చూపినట్లు ఎలక్ట్రాన్ యాంత్రిక స్థిరత్వాన్ని కలిగి ఉండాలంటే ఎలక్ట్రాన్ మీద పనిచేసే కూలామ్ బలం దాని అపకేంద్రబలానికి సమానంగా ఉండాలి.

BRAOU



పటం 3.3. కేంద్రకంచుట్టూ వృత్తాకారకక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ గమనం

$$\therefore \frac{K_o Z e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \qquad 3.5$$

ఇచ్చట r కక్ష్య వ్యాసార్ధాన్ని v ఎలక్ట్రాన్ వేగాన్నీ సూచిస్తాయి. K_o రిక్తాకాశ పెర్మిటివిటీని సూచిస్తుంది. $K_o = 9 \times 10^9 Nm^2c^{-2}$ ఎలక్ట్రాన్‌పై పనిచేసే బలం పూర్తిగా రేడియల్‌గా ఉంటుంది గనుక దాని కక్ష్యా కోణీయ ద్రవ్యవేగం స్థిరంగా ఉండాలి. దీనిని కిందివిధంగా సూచించవచ్చు.

$$L = mVr \qquad 3.6$$

రెండవ ఉపపాదన ప్రకారం

$$L = mVr = n\frac{h}{2\pi} = nh$$
$$n = 1, 2, 3...... \qquad 3.7$$

ఇచ్చట $h = h/2\pi$ 3.8

సమీకరణం 3.7 ప్రకారం

$$V = \frac{nh}{mr} \qquad 3.9$$

సమీకరణం 3.9 ని సమీకరణం 3.5లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$K_o Z e^2 = mrV^2 = mr\frac{n^2h^2}{m^2r^2} = \frac{n^2h^2}{mr} \qquad 3.10$$

$$\therefore r = \frac{n^2h^2}{mZe^2K_o} \qquad 3.11$$

$$n = 1, 2, 3......$$

$$\gamma = \frac{nh}{mr} = \frac{nh}{mn^2h^2}mZe^2K_o = \frac{Ze^2K_o}{nh} \qquad 3.12$$

సమీకరణం 3.11 ప్రకారం కక్ష్య వ్యాసార్థం క్వాంటమ్ సంఖ్య n వర్గానికి అనుపాతంలో ఉంటుంది. nని క్వాంటమ్ సంఖ్య అంటారు.

$n = 1$ అయినప్పుడు హైడ్రొజన్ పరమాణువుకు

$$r_1 = \frac{h^2}{mZe^2} = \frac{h^2}{4\pi^2 mZe^2K_o} \qquad 2.13$$

వివిధ పరామితులను ప్రతిక్షేపిస్తే

$$r_1 = \frac{(6.626\times10^{-34}Js)^2}{4\pi^2(9.1\times10^{-31}kg)(1)(-1.6\times10^{-19}C)(9\times10^9Nm^2C^{-2}} \qquad 2.14$$

$$r_1 = 5.28 \times 10^{-9}m \qquad 3.15$$

రెండవకక్ష్య వ్యాసార్థం r_1 కి 4 వంతులు, మూడవ కక్ష్య వ్యాసార్థం r_1 కి 9 వంతులు ఇలా కక్ష్యా వ్యాసార్థం n విలువ పెరిగేకొద్దీ పెరుగుతుంది.

$n = 1$ అయినప్పుడు సమీకరణం 3.12 ప్రకారం ఎలక్ట్రాన్ వేగం $\frac{C}{137}$ అవుతుంది. ఇచ్చట C కాంతివేగం. రెండవకక్ష్యలో $V = \frac{1}{2}\left(\frac{C}{137}\right)$ మూడవ కక్ష్యలో $V = \frac{1}{3}\left(\frac{C}{137}\right)$ ఎలక్ట్రాన్ వేగం కాంతి వేగం కన్నా 137 రెట్లు తక్కువ గనుక సాపేక్ష యాంత్రిక సూత్రాలకు బదులు సాంప్రదాయక యాంత్రిక సూత్రాలు వాడుట సమంజసమేనని తెలుస్తుంది.

ఏదేని కక్ష్యలో పరిభ్రమిస్తున్న ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తిని లెక్కకట్టుటకు వీలుగా ఎలక్ట్రాన్ కేంద్రకం నుంచి అనంతదూరంలో ఉన్నప్పుడు దాని స్థితిజశక్తి శూన్య విలువను కలిగివున్నదని భావిద్దాం. r దూరములో ఎలక్ట్రాన్ స్థితిజశక్తిని ∞ నుంచి r వరకు వచ్చేదానికి కూలామ్ బలం పనిచేయుటచే ఎలక్ట్రాన్‌కు ఆపాదితమైన శక్తిని సమాకలనం చేస్తే వస్తుంది.

BRAOU

$$\therefore V = \int_{\infty}^{r} \frac{K_oZe^2}{r}dr = \frac{-K_oZe^2}{r} \qquad 3.16$$

కూలమ్ బలం ఆకర్షణీయం కనుక స్థితిజశక్తి ఋణాత్మకంగా ఉంటుంది. ఎలక్ట్రాన్ గతిజశక్తి T అయిన

$$T = \tfrac{1}{2}mv^2 = \frac{K_oZe^2}{2r} \qquad 3.17$$

మొత్తం శక్తి E అయిన

$$E = T + V = \frac{K_oZe^2}{2r} - \frac{K_oZe^2}{r} = -\frac{K_oZe^2}{2r} = -T \qquad 3.18$$

r విలువను పై సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$E = -\frac{mZ^2e^4K_o}{2h^2n^2} \qquad 3.19$$

n = 1,2,3 ...

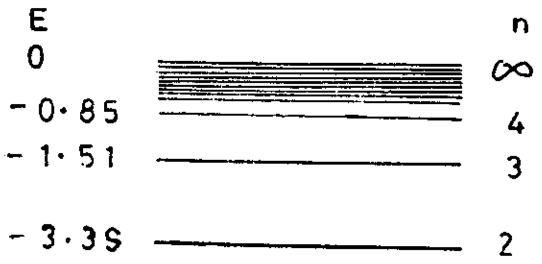
సమీకరణం 3.19, ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తి క్వాంటీకృత ధర్మాన్ని కలిగిఉందని సూచిస్తుంది. హైడ్రొజన్ పరమాణువుకు

$$E = -\frac{R}{n^2} \qquad 3.20$$

ఇచ్చుట

$$R = \frac{2\pi^2 me^2 K_o}{h^2} = 2.179 \times 10^{-8} J \qquad 3.21$$

సమీకరణం 3.20 ఆధారంగా హైడ్రొజన్ పరమాణు శక్తిస్థాయి పటాన్ని పొందవచ్చు. దీనిని పటము 3.4 చూడవచ్చు.



పటము 3.4 హైడ్రోజన్
పరమాణువు శక్తిస్థాయి చిత్రం

మొత్తం శక్తి కనిష్ఠ (అత్యంతరుణాత్మక) విలువ $n = 1$ ఉన్నప్పుడు ఏర్పడుతుంది. n పెరిగే కొద్ది క్వాంటమ్ స్థాయిల మొత్తం శక్తి అల్ప రుణాత్మకమౌతుంది. n అనంతమయినప్పుడు E విలువ శూన్యమవుతుంది. మొత్తం శక్తి కనిష్ఠ విలువగల స్థాయి అత్యంత స్థిరస్థాయి కనుక ఒక ఎలక్ట్రాన్ పరమాణువులో ఎలక్ట్రాన్ సహజస్థాయి విలువ $n = 1$ అవుతుంది.

క్వాంటమ్ సంఖ్య n_i గల తొలిస్థాయి నుంచి క్వాంటమ్ సంఖ్య n_f గల తుదిస్థాయికి ఎలక్ట్రాన్ సంక్రమణం చేసినప్పుడు బహిర్గతమయ్యే వికిరణం పౌనఃపున్యం ν అయిన

$$\nu = \frac{(E_i - E_f)}{h} = \frac{-mZ^2e^4K_o}{2h^2n_i^2} + \frac{mZ^2e^4K_o}{h2h^2n_f^2} \qquad 3.22$$

$$\nu = \frac{me^4K_oZ^2}{4h^3\pi}\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right) \qquad 3.23$$

$$\frac{\nu}{c} = \frac{1}{\lambda} = K \quad \text{కనుక} \qquad 3.24$$

$$K = \frac{me^4K_oZ^2}{4\pi ch^3}\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right) \qquad 3.25$$

లేదా

$$K = R_\infty Z^2\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right) \qquad 3.26$$

ఇచ్చుట

$$R_\infty = \frac{me^4K_o}{4\pi ch^3} \qquad 3.27$$

బోర్ సిద్ధాంతం ప్రాగుప్తాలు సమీకరణాలు 3.19., 3.26లో నిగూఢమై ఉన్నాయి. ఈ సమీకరణాలు ఆధారంగా ఒక-ఎలక్ట్రాన్ బోర్ పరమాణువు విద్యుదయస్కాంత వికిరణ ఉద్గారప్రక్రియను విశ్లేషణ చేద్దాము.

1. పరమాణువు సహజస్థితిలో ఉన్నప్పుడు ఎలక్ట్రాన్ కనిష్ఠశక్తిని కలిగి వుంటుంది. $n = 1$ విలువగల స్థితియే ఇది. దీనిని పరమాణువు భూస్థాయి అంటారు.

2. విద్యుత్ ఉత్సర్గంలో పరమాణువు, తాడనాలవల్ల శక్తిని గ్రహిస్తుంది. ఫలితంగా ఎలక్ట్రాన్

B R A O U

అధికశక్తిగల స్థాయికి సంక్రమణం చెందుతుంది. దీనిని ఉత్తేజితస్థితి అంటారు. ఈ స్థితిలో $n > 1$.

3. పరమాణువు తాను పొందిన అధికశక్తిని ఉద్గారంచేసి భూస్థాయిని చేరుకొంటుంది. ప్రతిసంక్రమణంలోను విద్యుదయస్కాంతశక్తి ఉద్గారమౌతుంది. తరంగసంఖ్య ఎలక్ట్రాన్ కోల్పోయే శక్తి మీద ఆధారపడుతుంది. దీనిని సమీకరణం 3.26 ద్వారా కనుగొనవచ్చును.

4. పరమాణు వర్ణపటాన్ని కొలిచేటప్పుడు అధికసంఖ్యలో జరిగే ఉత్తేజిత, నిరుత్తేజిత సంక్రమణాలలో అన్నిరకాలయిన సంక్రమణాలు జరుగుతాయి. ఇవన్నీ $n_i > n_f$ నిబంధనను పాటించి జరుగుతాయి.

$$K = R_\infty Z^2\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right) = \tau_\infty\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right) \qquad 3.28$$

$n_f = 2, n_i > n_f = n$ అయిన

$$K = R_\infty\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad 3.29$$

$$n = 3, 4, 5.....$$

సమీకరణం 3.29, హైడ్రోజన్ వర్ణపటానికి వర్తించే బామర్ ఫార్ములా రెండూ ఒకటే. బోర్ సిద్ధాంతం ప్రకారం ఇతర శ్రేణులు కూడా ఏర్పడతాయి.

$n_f = 1$, $n_i = 2, 3, 4....$ శ్రేణులను లైమన్ శ్రేణి

$n_f = 2$, $n_i = 3, 4, 5....$ శ్రేణులను బామర్ శ్రేణి

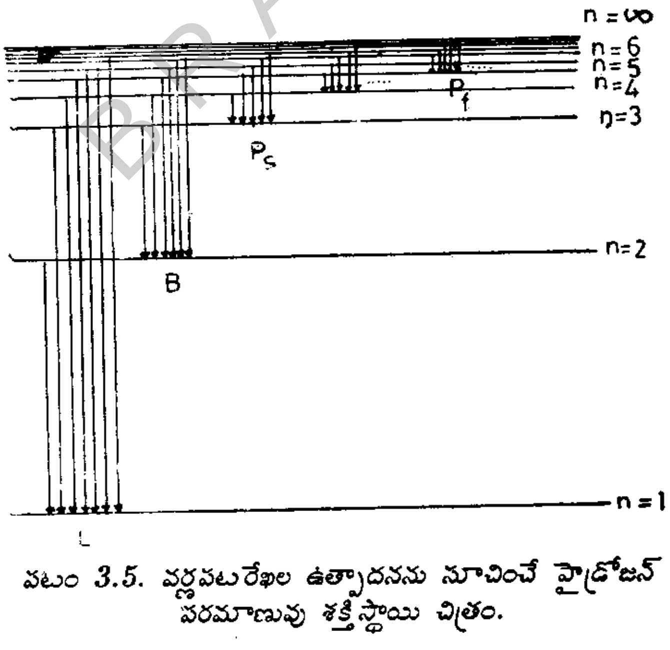
$n_f = 3$, $n_i = 4, 5, 6....$ శ్రేణులను పాషన్ శ్రేణి

$n_f = 4$, $n_i = 5, 6, 7....$ శ్రేణులను బ్రాకెట్ శ్రేణి

$n_f = 5$, $n_i = 6, 7, 8....$ శ్రేణులను ఫుండ్ శ్రేణి

అని పిలుస్తారు. శక్తిస్థాయి చిత్రంలో ఈ శ్రేణులను పటము 3.5 లో చూపినాము.

BRAOU



పటం *3.5*. వర్ణపటరేఖల ఉత్పాదనను సూచించే హైడ్రోజన్ పరమాణువు శక్తిస్థాయి చిత్రం.

ఈ శ్రేణుల రేఖల తరంగసంఖ్యలను సమీకరణం 3.26లో తగిన n_f విలువలను ఉపయోగించి కనుగొనవచ్చును: ఇది బోర్ సిద్ధాంతం యొక్క అత్యధికసాఫల్యం. బోర్ సిద్ధాంతం ప్రాముఖ్యత లైమన్, పాశన్, బ్రాకెట్, ఫుండ్ శ్రేణులను ప్రాగుప్త పరచుటలో కలదు. ఈ శ్రేణులు బోర్

సిద్ధాంతం ప్రతిపాదించినప్పుడు ప్రాయోగికంగా ఆవిష్కరణ కాలేదు. ఈ శ్రేణులను తర్వాత లైమన్, పాశన్, బ్రాకెట్ ఫుండ్ ల ప్రయోగరీత్యా కనుగొన్నారు. అందుచేతనే వీటిని వారి పేర్ల మీదుగా పిలుస్తారు.

అవగాహన పరీక్ష

బోర్ కక్ష్యా వ్యాసార్ధం కక్ష్య - సంఖ్యకు అనులోమానుపాతంగా మారుతుంది.

మాదిరిలెక్క 1.

హైడ్రోజన్ పరమాణువు మొదటి కక్ష్యలోగల ఎలక్ట్రాన్ శక్తి కనుగొనుము.

$$E_1 = \frac{-R}{n^2} = -\frac{2.179\times10^{-18}J}{1^2}$$

$$E_1 = \frac{-2.179\times10^{-18}J}{1.6\times10^{-19}J}eV = -13.6eV.$$

మాదిరి లెక్క 2

ఏక అయనీకృత హీలియమ్ పరమాణువు బామర్ శ్రేణి వర్ణపట రేఖల మొదటి రేఖ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని కనుగొనుము.

$$K = \frac{me^4K}{4\pi ct^3}Z^2\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_f^2}\right)$$

$$K = R_\infty Z^2\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

లెక్కలోని దత్తాంశం ప్రకారం

$$K = R_\infty Z^2\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right)$$

ఇచ్చట $Z = 2$

$$\therefore R_\infty = \frac{mc^4ks}{4\pi ct^3} = \frac{me^4k_o8\pi^3}{4\pi ch^3} = \frac{2\pi^2me^4k_o}{h^3c}$$

$$R_\infty = \frac{2(22/7)^2(9.1\times10^{-31}kg)(-1.6\times10^{-19}c)^4 9\times10^9 Nm^2c^{-2}}{6.62\times10^{-34}Js(3\times10^8)ms^{-1}}$$

$$R_\infty = 1.0973731\times10^7m^{-1}$$

$$\therefore K = (2)^2\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)1.0973731\times10^7m^{-1}$$

$$K = 4(5/36)1.0973731\times10^7m^{-1}$$

$$\lambda = \frac{1}{K} = \frac{9}{5}\left(\frac{1}{1.0973731\times10^7}\right)m = 1640.3\times10^{-10}m$$

$$\lambda = 1640.3A^o$$

మాదిరిలెక్క 3

హైడ్రోజన్ వర్ణపటంలో బ్రాకెట్ శ్రేణి రెండవ వర్ణపటరేఖ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని కనుగొనుము.

బ్రాకెట్ శ్రేణికి

$$K = \frac{1}{\lambda} = R_\infty\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$n = 5, 6, 7....$$

BRAOU

శ్రేణి రెండవ వర్ణపటరేఖకు $n = 6$

$$\therefore K z \frac{1}{\lambda} = R_\infty \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{6^2} \right)$$

$$K = \frac{1}{\lambda} = 1.0973731 \times 10^7 \left(\frac{36-16}{36 \times 16} \right) m^{-1}$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1.0973731 \times 10^7 \frac{20}{30 \times 10} m^{-1}$$

$$\therefore \lambda = \frac{36 \times 16}{20 \times 1.0973731 \times 10^7} m$$

$$\lambda = 26244 \times 10^{-10} m$$

3.5 సారాంశం

పరమాణు వర్ణపటాల తరంగదైర్ఘ్యాలను అనుభవిక ఫార్ములాతో సూచించవచ్చు. హైడ్రోజన్ వర్ణపటంలోని బామర్ శ్రేణులను కింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$K = \frac{1}{\lambda} = R_H \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right]$$

$$n = 3, 4, 5.....$$

R_H హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క రిడ్‌బర్గ్ స్థిరాంకం. దీని విలువ $(10967757.6 \pm 1.2) m^{-1}$.

హైడ్రోజన్ పరమాణువుకు బోర్ సిద్ధాంతాన్ని అనువర్తించి హైడ్రోజన్ వర్ణపటాలను అంటే బామర్ శ్రేణులను విశదీకరించవచ్చు. ఈ సిద్ధాంతం ఆధారంగా ఇతర శ్రేణుల ఉనికిని ప్రాగుప్త పరచడం జరిగింది. ఈ శ్రేణులను ప్రయోగరీత్యా కనుగొన్న శాస్త్రజ్ఞుల పేర్ల మీదుగా లైమన్, పాషన్, బ్రాకెట్, ఫుండ్ శ్రేణులని పిలుస్తారు.

సాంప్రదాయక క్వాంటమ్ భావనల మిళితమైన కింద ఉపపాదనలను హైడ్రోజన్ పరమాణు సిద్ధాంతాన్ని అభివృద్ధి పరచుటకు బోర్ ప్రతిపాదించాడు.

(i) కేంద్రకం చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్ వృత్తాకార కక్ష్యలో, కేంద్రకం - ఎలక్ట్రాన్‌ల మధ్య గల కూలామ్ ఆకర్షణ ప్రాబల్యంలో పరిభ్రమిస్తుంటుంది.

(ii) ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్యాకోణీయ ద్రవ్యవేగాన్ని $\frac{nh}{2\pi}$ గా సూచించవచ్చు. ఇచ్చట $n = 1, 2, 3.....; h$ ప్లాంక్ స్థిరాంకం.

(iii) అనుమతించిన కక్ష్యలలో ఎలక్ట్రాన్ పరిభ్రమిస్తున్నప్పుడు అది శక్తిని ఉద్గారం చేయదు. ఈ కక్ష్యలను స్థావర కక్ష్యలు అంటారు.

(iv) ఎలక్ట్రాన్ అధికశక్తి E_i గల కక్ష్య నుంచి అల్పశక్తి E_f గల కక్ష్యలోనికి దుంకినప్పుడు విద్యుదయస్కాంత శక్తి ఉద్గారమవుతుంది. ఉద్గారమయిన వికిరణం పౌనఃపున్యం $\nu = (E_i - E_f)/h$.

బోర్ కక్ష్యా వ్యాసార్ధం ప్రధాన క్వాంటమ్ సంఖ్య n కు అనుపాతంలో ఉంటుంది. బోర్ కక్ష్యలో పరిభ్రమిస్తున్న ఎలక్ట్రాన్ వేగం ప్రధాన క్వాంటమ్ సంఖ్యకు విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది. మొదటి బోర్ కక్ష్య వ్యాసార్ధం $5.28 \times 10^{-9} m$ ఈ కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ వేగం $(\frac{1}{137})C$ ఇచ్చట c కాంతి వేగం.

ఏదేని కక్ష్యలో గల ఎలక్ట్రాన్ శక్తి

$$E = -\frac{m z^2 e^2 k_0}{2h^2} \frac{1}{n^2}$$

$$n = 1, 2, 3...$$

BRAOU

$m = 9.1 \times 10^{31} kg =$ ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి

$e = -1.6 \times 10^{19} C$

$k_o = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

$h = 6.626 \times 10^{-34} Js$

$z =$ కేంద్రకం విద్యుదావేశం

బోర్ సిద్ధాంతం ప్రకారం హైడ్రోజన్ పరమాణువు వర్ణపటంలోని వర్ణపట రేఖ తరంగసంఖ్యను కింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$K = \frac{1}{\lambda} R\infty \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

ఇచ్చట $R_{\infty} = \left(\frac{me^2k_o}{4\pi ch^3} \right)$

$n_f = 1, \quad n_i = 2, 3, 4....$ లైమన్ శ్రేణి

$n_f = 2, \quad n_i = 3, 4, 5....$ బామర్ శ్రేణి

$n_f = 3, \quad n_i = 4, 5, 6....$ పాషన్ శ్రేణి

$n_f = 4, \quad n_i = 5, 6, 7....$ బ్రాకెట్ శ్రేణి

$n_f = 5, \quad n_i = 6, 7, 8....$ ఫుండ్ శ్రేణి

3.6 నమూనా జవాబులు

అవగాహన పరీక్ష

బోర్ కక్ష్యవ్యాసార్ధం కక్ష్య ప్రధానక్వాంటం సంఖ్యతో అనులోమానుపాతంగా మారుతుంది.

3.7 నమూనా ప్రశ్నలు

I. **క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.**

1. రేఖీయ వర్ణపటం ముఖ్య అభిలక్షణాలను, వర్ణపట శ్రేణుల తరంగ దైర్ఘ్యాలను సూచించే అనుభవిక నియమాలను గూర్చి వివరించండి.
2. బోర్ సిద్ధాంతాన్ని వివరిస్తూ హైడ్రోజన్ పరమాణుస్థాయి శక్తికి, వర్ణపటరేఖ తరంగదైర్ఘ్యానికి సమాసాలను రాబట్టండి. బోర్ సిద్ధాంతం ప్రాముఖ్యతను సూచించిండి.

II. **క్రింది సమస్యలను సాధించండి.**

1. హైడ్రోజన్ లైమన్‌శ్రేణి మొదటిరేఖను ఉత్తేజితం చేయుటకు అవసరమయిన కనిష్టశక్తి ఎంతో కనుగొనండి.

(జ. 10.19 eV)

2. కేంద్రకంలో ప్రోటాన్, కక్ష్యలో μ- మెసాన్‌గల మెసానిక్ పరమాణువులో అల్పస్థాయిలోగల μ మెసాన్ శక్తిని కనుగొనండి. μ- మెసాన్ ద్రవ్యరాశి $207m_e$. m_e ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి. $m_e = 9.1 \times 10^{-31} kg$.

(జ. $-2.53keV$)

BRAOU

భాగం - 4: క్వాంటం సంఖ్యలు

విషయక్రమం

4.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

4.2 ప్రవేశిక

4.3 బోర్ అనురూపత్వ నియమం

4.4 క్వాంటం సంఖ్యలు

4.5 పౌలి వర్జన నియమం

4.6 మూలకాల ఆవర్తన పట్టిక

4.7 సారాంశం

4.8 నమూనా ప్రశ్నలు

4.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో బోర్ అనూరూపపత్య నియమం పౌలివర్జన నియమం విశదీకరించబడ్డాయి.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

(1) ఒక పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్ యొక్క స్థితిని నాల్గు క్వాంటం సంఖ్యల సహాయంతో సంపూర్ణంగా వివరించగలుగుతారు.

(2) మూలకాల ఆవర్తన పట్టికని పౌలివర్జన నియమ సహాయంతో చర్చించగలరు.

4.2 ప్రవేశిక

ఈ భాగంలో బోర్ అనురూపత్వనియమ వివరణ పౌలీవర్జన నియమ విశదీకరణ ఉన్నాయి.

4.3 బోర్ అనురూపత్వ నియమం

సాంప్రదాయక, క్వాంటం సిద్ధాంతాలను మేళవించి బోర్ హైడ్రోజన్ పరమాణు సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించాడు. ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్య విలువ (n) అత్యధికమైనప్పుడు (పటం 3.4 చూడండి) అనుమతింపబడిన అనుక్రమశక్తి స్థాయి విలువలు చాలవరకు అవిచ్ఛిన్నంగా గోచరిస్తాయి. వర్ణపట రేఖలు శ్రేణీ పరిమితిచేరేకొలదీ, అవి గుమిగూడి ($n = \infty$) వర్ణపటం రమారమి అవిచ్ఛిన్నంగా కనిపిస్తుంది. ఈ దృగ్విషయం బోర్‌ను అనురూపత్వ నియమం ఉపపాదించడానికి పురికొల్పింది. క్వాంటం సిద్ధాంతాన్ని సాంప్రదాయక అవధికి తీసికొని వెళ్ళినప్పుడు ఒక పరమాణువ్యవస్థలో క్వాంటం సిద్ధాంత నిర్ధారణలు, సాంప్రదాయక సిద్ధాంత నిర్ధారణలతో అనురూపత్వం కలిగి ఉంటాయన్న విషయాన్ని అనురూపత్వ నియమం తెలుపుతుంది. అత్యధిక ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్యగా కలిగిన సమీప శక్తిస్థాయిల మధ్య సంక్రమణం జరిగే పరిస్థితిని క్వాంటం సిద్ధాంతంలో సాంప్రదాయిక అవధిగా పరిగణిస్తారు. ఈ అవధిలో వికిరణ పౌనఃపున్యానికి క్వాంటం, సాంప్రదాయిక సిద్ధాంతాలు రెండూ సర్వసమమైన నిర్ధారణలు చేస్తాయన్న విషయాన్ని నిరూపించవచ్చు. పరమాణువులలో ఏఏ శక్తిస్థాయిల మధ్య సంక్రమణాలు జరుగుతాయి అనే వరణ నియమాల్ని రాబట్టడానికి బోర్ ఈ అనురూపత్వ నియమాన్ని అనువర్తించాడు.

మాదిరి లెక్క 1:

బోర్ సిద్ధాంతరీత్యా ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్యలో పరిభ్రమిస్తున్నప్పుడు ఎలక్ట్రాన్ కోణీయ పౌనః పున్యం $\omega = \frac{\pi m z^2 e^4}{2E_o^2 h^3 n^3}$ అని చూపండి. దీనినుండి ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్య n అధికమై ఎలక్ట్రాన్ n_2 (n+1) స్థాయికి సంక్రమణం చెందినపుడు ఉద్గారమయ్యే వికిరణ పౌనః పున్యం, ఎలక్ట్రాన్ పరిభ్రమణ పౌనఃపున్యానికి $\frac{\omega}{2\pi}$ కి సమానమని చూపండి. ఈ ఫలితం యొక్క సార్థకతను వాఖ్యానించండి.

జవాబు:

ఎలక్ట్రాన్ పరిభ్రమణ పౌనఃపున్యం బోర్ సిద్ధాంతరీత్యా $mr^2\omega = \frac{nh}{2\pi}$ రాయవచ్చు.

$$r = \frac{n^2 h^2 E_o}{\pi m e^2 Z}$$

$$\omega = \frac{nh}{2\pi m}\left(\frac{\pi m e^2 z}{n^2 h^2 E_o}\right)^2 = \frac{\pi m z^2 e^4}{2n^3 {E_o}^2 h^3}$$

పరిభ్రమణ పౌనః పున్యం $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{m z^2 e^4}{4{E_o}^2 h^3 n^3}$

(n+1) స్థాయినుంచి n స్థాయికి ఎలక్ట్రాన్ సంక్రమణం చెందినపుడు ఉద్గారమయ్యే వికిరణ పౌనః పున్యం.

$$\nu = \frac{m z^2 e^4}{8{E_o}^2 h^3}\left[\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+1)^2}\right]$$

$$= \frac{m z^2 e^4}{8{E_o}^2 h^3}\frac{(2n+1)}{n^2(n+1)^2}$$

అత్యధిక n విలువలకు

$\frac{(2n+1)}{n^2(n^2+1)} \simeq \frac{2n}{n^4} \simeq \frac{2}{n^3}$ గా రాయవచ్చు.

కాబట్టి $\nu = \frac{m z^2 e^4}{8{E_o}^2 h^3}\frac{2}{n^3} \simeq \frac{\omega}{2\pi}$

సాంప్రదాయక విద్యుదయస్కాంత సిద్ధాంతరీత్యా ఉద్గారం చేయబడే వికిరణ పౌనఃపున్యానికి ఎలక్ట్రాన్ పరిభ్రమణ పౌనః పున్యం సరిపోతుంది. అత్యధిక క్వాంటం సంఖ్య గలిగిన స్థాయిల మధ్య సంక్రమణాలు (సాంప్రదాయిక అవధిలో) క్వాంటం సాంప్రదాయిక సిద్ధాంతాలు రెండూ ఒకే ఫలితాన్నిస్తాయి. ఈ విషయంలో రెండు సిద్ధాంతాలు అనూరుపత్వ నియమాన్ని పాటిస్తాయి.

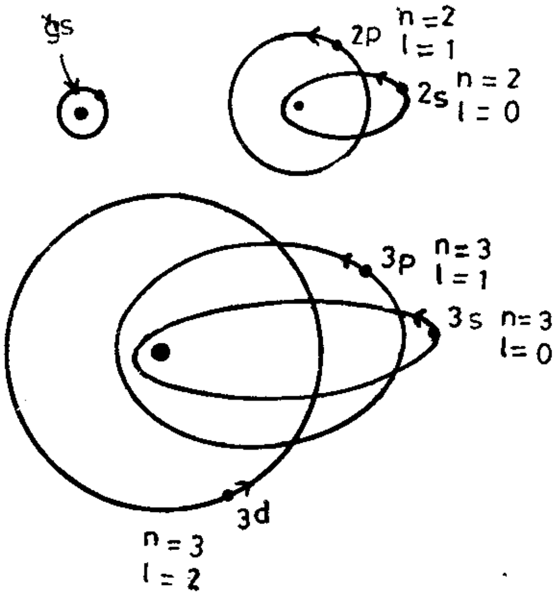
4.4 క్వాంటం సంఖ్యలు

వృత్తాకార కక్ష్యలతో హైడ్రోజన్ వర్ణపటాన్ని వివరించవచ్చు అన్న అధ్భుతమైన తన ఆవిష్కారాన్ని బోర్ ప్రచురించిన కొన్ని నెలల తర్వాత సోమర్‌ఫెల్డ్ బోర్ సిద్ధాంతాన్ని దీర్ఘ వృత్తాకార కక్ష్యలకు అనువర్తింప చేశాడు. ఈ దీర్ఘ వృత్తాకార కక్ష్యలు తర్వాత అణురచన అభివృద్ధిలో చాలా ప్రముఖ పాత్ర వహించాయి. కనుక వీటిని గురించి యిక్కడ కొంత చర్చించడం సమంజసం.

హైడ్రోజన్ పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్ అనుమతింపబడిన శక్తిస్థాయిలోని వివిధ కక్ష్యలలో ఏదో ఒక కక్ష్యలోనికి చరించవచ్చు అనే విషయాన్ని సోమర్‌ఫెల్డ్ సిద్ధాంతం యొక్క నికరమైన ఫలితం చూపింది. (n=1, n=2, n=3)– మొదలగు క్వాంటం సంఖ్యలు గల ప్రతిశక్తి స్థాయికి (పటం

BRAOU

3.4) n వివిధ కక్ష్యలుండుట, మొదటి మూడు శక్తిస్థాయిలకు అనుమతింపబడిన కక్ష్యల చిత్రాలు పటం 4.1 లో చూడవచ్చు.



పటం 4.1 బోర్-సోమర్‌ఫేల్డ్ సిద్ధాంతం ఆధారంగా ఉదజని పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్యలు gs-భూస్థాయి.

ఉదాహరణకు n=3 స్థాయిలో మూడు కక్ష్యలుంటాయి. అవి $l=o, l=1, l=2$ వృత్తాకారంలో ఉండే కక్ష్య వ్యాసం సిద్ధాంతం ఉపయోగించి కనుగొనవచ్చు. ఈ వ్యాసం ఇతర రెండు దీర్ఘ వృత్తాల దీర్ఘాక్షాలకు సమానం.

సామాన్యంగా వివిధ l విలువలకు ఈ క్రింది అక్షరాలను కేటాయిస్తారు.

$l=0$	$l=1$	$l=2$	$l=3$	$l=4$	$l=5$	$l=6$
s	p	d	f	g	h	i

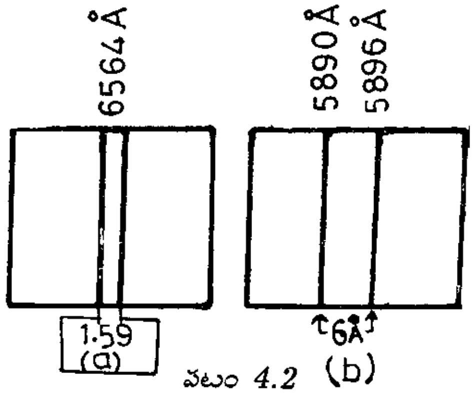
ఈ వ్యవస్థలో $n=3, l=2$ గల వృత్తాకార కక్ష్యను 3dగా పేర్కొంటారు. అయితే $n=2, l=o$ గల దీర్ఘవృత్తాకారకక్ష్యను 2sగా పేర్కొంటారు.

ఈ సంకేతనలో కోణీయ ద్రవ్య వేగాన్ని

$$p_l = l\frac{h}{2\pi} \qquad (4.1)$$

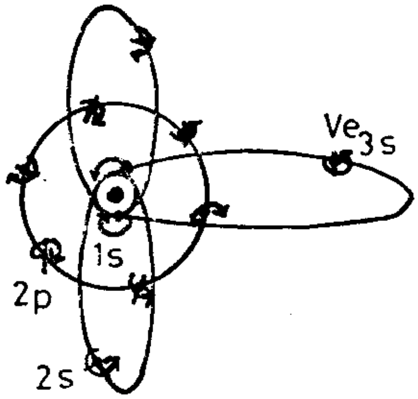
గా సూచిస్తారు. ఈ కోణీయ ద్రవ్య వేగం p_l ను తరచుగా యాంత్రిక భ్రామకం అంటారు.

హైడ్రోజన్, లిథియం, సోడియం, పొటాషియం పరమాణువుల వర్ణపట రేఖలు అత్యధిక ఆవర్ధకం (magnification) గల వర్ణపట మాపకాలతో పరిశీలిస్తే ప్రతి రేఖ రెండు రేఖలుగా కనిపిస్తాయి (పటం 4.2). ఎలక్ట్రాన్ స్పిన్ (ఆత్మభ్రమణం) మూలంగా ఈ యుగ్మకాలు ఏర్పడతాయి.



పటం 4.2

హైడ్రోజన్ వర్ణ పటానికి కారణమైన హైడ్రోజన్ పరమాణువులో ఉన్న ఒకేఒక ఎలక్ట్రాన్ కేంద్రకం చుట్టూ పరిభ్రమించడమే కాక తనచుట్టూ తాను స్వీయాక్షంలో ఆత్మభ్రమణం (Spinning) చేస్తుంది. ఇదే విధంగా సోడియం పరమాణువులోని ఒక సంయోజక ఎలక్ట్రాన్ ఆత్మభ్రమణం లేదా స్పిన్‌ను ప్రదర్శిస్తుంది. పటం 4.3 లో సోడియం పరమాణువులోని ఆత్మభ్రమణం చేస్తున్న ఎలక్ట్రాన్ చూపడ్డాయి.



పటం 4.3 ఆత్మభ్రమణం చేస్తున్న ఎలక్ట్రాన్ (z-11) గల సోడియం పరమాణు నమూనా

మొట్టమొదట క్షారలోహాల వర్ణపటాలలోని యుగ్మ రేఖలను వివరించడానికి ఎలక్ట్రాన్‌ల స్పిన్ భావన గౌడ్‌స్మిట్, ఉహ్లెన్‌బెక్ అను శాస్త్రజ్ఞులు ప్రతిపాదించారు. ప్రతి ఎలక్ట్రాన్ పరమాణువుకు బంధించబడినా లేక స్ఫటికంలో ఉన్నా లేదా స్వేచ్ఛాయుతంగా ఉన్నా అది కోణీయ ద్రవ్యవేగాన్ని కలిగి ఉంటుంది. స్పిన్ కోణీయ ద్రవ్యవేగం.

$$P_s = \frac{sh}{2\pi} \tag{4.2}$$

s అనేది స్పిన్ క్వాంటం సంఖ్య. దీని విలువ ఎల్లప్పుడు 1/2 ఉంటుంది.

హైడ్రోజన్ పరమాణువును అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచినప్పుడు క్వాంటం సిద్ధాంత రీత్యా ఎలక్ట్రాన్‌లో కొన్ని నిర్దిష్ట దిగ్విన్యాసాలను మాత్రమే ఆక్రమిస్తాయి. కాబట్టి మనం మరి రెండు క్వాంటం సంఖ్యలను గమనిస్తాం. ఒకటి ఎలక్ట్రాన్ కేంద్రకం చుట్టూ పరిభ్రమించడం ద్వారా ఏర్పడ్డది. మరియొకటి ఆత్మభ్రమణం (ఎలక్ట్రాన్) వల్ల ఏర్పడ్డది.

B R A O U

అయస్కాంత క్షేత్రదిశలో కక్ష్యా కోణీయ ద్రవ్యవేగాంశం

$$P_{ml} = m_l \frac{h}{2\pi} \tag{4.3}$$

m_1 ను కక్ష్యా అయస్కాంత క్వాంటం సంఖ్య అంటారు. ఈ m_l కు సున్నతో సహా $+l$ నుంచి $-l$ వరకు ఉన్న పూర్ణ సంఖ్యావిలువలు మాత్రమే సాధ్యమవుతాయి. అంటే

$$m_l = -l, l+1 ..... -2, -1, 0, 1, 2, ...(l-1), +l$$

అదే విధంగా స్పిన్‌కోణీయ ద్రవ్యవేగం క్షేత్రదిశలో ప్రక్షేప అంశం

$$P_{ms} = m_2 \frac{h}{2\pi}$$

m_s స్పిన్ ప్రక్షేప క్వాంటం సంఖ్య. M_s కు $(2s+1) = 2 \times \frac{1}{2} + 1 = 2$ విలువలే సాధ్యమవుతాయి. ఈ విలువలు $\frac{1}{2}$ లేదా $-\frac{1}{2}$

$n, 1J = (l \pm s), m$: లేదా n, l, m_1, m_s అనే నాలుగు క్వాంటం సంఖ్యలు పరమాణువులో ఎలక్ట్రాన్ యొక్క స్థితిని సంపూర్ణంగా నిర్దేశిస్తాయి. వీటి నుండి శక్తి, కోణీయ ద్రవ్యవేగం నిర్ధారించవచ్చు. ఉదాహరణకు n=2, $l = 0$ స్థాయికి $m_l = 0$ కనుక ఈ స్థాయిలో రెండే ఎలక్ట్రాన్‌లు యిమడగలవు. ఒకటి $m_s = \frac{1}{2}$ రెండవది $m_s = \frac{-1}{2}$. అదే విధంగా $n = 2, l = 1$

క్వాంటం సంఖ్యలుగల స్థాయికి $m_l = -1, 0, 1$ విలువలు కలిగి ఉంటుంది. కాబట్టి m_l, m_s వివిధ కలయికలతో 6 సంయోగాలు సాధ్యమవుతాయి.

4.5 పౌలి వర్జన నియమం

ముందు చర్చించినట్లుగా ఒక పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్ సంపూర్ణస్థితిని ఈ క్రింది క్వాంటం సంఖ్యలు నిర్దేశిస్తాయి.

n - **ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్య.** ఇది ఒకటి నుంచి అనంతం వరకు (n=1,2,3 .... ∞) వివిధ పూర్ణ విలువలను మాత్రమే పొందగలదు. ఇది ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్య పరిమాణాన్ని నిర్ధారిస్తుంది. శక్తి క్వాంటీకరణం ద్వారా యిది ఉత్పన్నమవుతుంది.

l- **కక్ష్యాక్వాంటం సంఖ్య.** ఈ కక్ష్యాక్వాంటం సంఖ్య l కు 0 నుంచి (l-1) వరకు ఉన్న పూర్ణ విలువలు మాత్రమే సాధ్యమవుతాయి. ఇది ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్య ఆకృతిని నిర్ధారిస్తుంది. కక్ష్యా కోణీయ ద్రవ్యవేగ క్వాంటీకరణం ద్వారా ఇది ఉత్పన్నమవుతుంది.

m_l — **కక్ష్యా అయస్కాంత క్వాంటం సంఖ్య.** కక్ష్యా క్వాంటం సంఖ్య 1 అయినప్పుడు ఎలక్ట్రాన్ సున్నతో సహా + 1 నుంచి -1 వరకు గల పూర్ణ సంఖ్యా విలువలను మాత్రమే యిది పొందగలదు. ఇది ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్య యొక్క ప్రాదేశిక దిగ్విన్యాసాన్ని తెలుపుతుంది. అయస్కాంత క్షేత్రంలో కక్ష్యాకోణీయ ద్రవ్యవేగ క్వాంటీకరణం ద్వారా యిది ఏర్పడుతుంది.

m_s — **స్పిన్ ప్రక్షేప క్వాంటం సంఖ్య.** m_l కు $(2l+1)$విలువలు సాధ్యమైనట్లు m_s కు $(2s+1) = 2$ విలువలే సాధ్యమవుతాయి. ఈ విలువలు $\frac{1}{2}$ లేదా $\frac{-1}{2}$ ఇది ఎలక్ట్రాన్ స్పిన్ దిగ్విన్యాసాన్ని (అంటే పైకా లేక కిందికా అన్న విషయాన్ని) నిర్ధారిస్తుంది. స్పిన్‌కోణీయ ద్రవ్యవేగం క్వాంటీకరణం ద్వారా ఇది ఉత్పన్నమవుతుంది.

పరమాణువులలోని ఎలక్ట్రాన్‌లుకు క్వాంటం సంఖ్యల కేటాయింపుకు పౌలి ఒక నియమాన్ని ప్రవేశపెట్టాడు. దీనినే పౌలీవర్జన నియమం అంటారు. దీని ప్రకారం "ఏ రెండు ఎలక్ట్రాన్‌లయినా పరమాణువులోని ఒకేశక్తిస్థాయిలో ఉండవు." అంటే ప్రతి ఎలక్ట్రాన్‌కు పైన చెప్పిన 4 క్వాంటం సంఖ్యలలో (n, l, m_l, m_s) కనీసం ఒకటైన తేడా ఉంటుంది.

ఒకే n విలువ కలిగిన ఎలక్ట్రాన్లన్నీ ఒక కర్పరం, ఒక బృందం లేదా ఒక స్థాయిగా ఏర్పడుతాయి. ఒకే l విలువ కలిగిన ఎలక్ట్రాన్‌లన్నీ ఒకే కర్పరంలోని ఉప కర్పరాలుగా, ఉప బృందాలుగా లేదా ఉప స్థాయిలుగా ఏర్పడతాయి. అందువలన వలన n విలువకు అనురూపంగా సంభవమైన విలువలు ఉన్నందున ప్రతి కర్పరానికి n ఉపకర్పరాలుంటాయి. వర్ణపటీయ పరిభాషలో కక్ష్యా కోణీయ క్వాంటం సంఖ్య $l = O$, 1, 2, 3, 4....... కలిగిన ఎలక్ట్రానులను వరుసగా s, p, d, f, g అనే అక్షరాలతో సూచిస్తారు.

BRAOU

పట్టిక 4.1 వివిధ కర్పరాలలో, ఉపకర్పరాలలో ఎలక్ట్రాన్‌ల వితరణ

n	1	m_1	m_s	వర్ణపటీయ పరిభాషలో ఉప కర్పరంలోని ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య		కర్పరంలోని మొత్తం ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య
1	0	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	2	$1s^2$	2
2	0	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	2	$2s^2$	
2	1	-1, O, +1	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	6	$2p^6$	8
3	0	0	$-\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$	6	$3s^2$	
3	1	-1, O, +1	$-\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$	2	$3p^6$	18
3	2	-2 -1, O, +1, +2	$-\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$	10	$3d^{10}$	
4	0	0	$-\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$	2	$4s^2$	
4	1	-1, O +1	$-\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$	6	$4p^6$	32
4	2	-2, -1, O +1, +2	$-\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$	10	$4d^{10}$	
4	3	-3, -2, -1, O +1, +2, +3	$-\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$	14	$4f^{14}$	48

అయితే X- కిరణ వర్ణపటీయ పరిభాషలో $n = 1, 2, 3, 4.....$ కర్పరాలను వరుసగా K, L, M, N - కర్పరాలతో పేర్కొంటారు.

వివిధ కర్పరాలలో, ఉప కర్పరాలలో పౌలివర్జన నియమాన్ననుసరించి, ఎలక్ట్రాన్‌ల పంపిణీ విధానం పట్టిక 4.1లో చూపబడింది. ప్రతి l విలువకు $(2l+1)$ సంభవమైన m_l విలువలుంటాయి. ప్రతి m_l విలువకు రెండు సంభవమైన m_s విలువలుంటాయి. అవి $\frac{1}{2}$ - 1/2 ఏదేని l విలువకు ఉపకర్పరంలో అమర్చగల ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య $(2l + 1)$, ఏదేని n విలవకు $l = 0, 1, 2 - (n - 1)$ అనురూప విలువలతో n ఉపకర్పరాలుంటాయి. ఏదేని n విలువగల కర్పరంలో ఇమడ్చగల ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య దాని ఆంగిక ఉపకర్పరాలలోని ఎలక్ట్రాను సంఖ్యల మొత్తానికి సమానం అంటే.

$$2(2 \times 0 + 1) + (2 \times 1 + 1)(2 \times 2 + 1) + ...2[(n - 1) + 1] = 2n^2$$

(అంటే $N(n) = \Sigma_{l=0}^{n-1} 2(2l + 1) = 2n^2$ ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్య n గా గలిగిన కర్పరం $2n^2$ ఎలక్ట్రాన్‌లతో సంతృప్తమవుతుంది, లేదా నింపబడుతుంది. కక్ష్యా క్వాంటం సంఖ్య l గల ఉపకర్పరం $(2l + 1)$ ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్యతో పూరింపబడుతుంది, లేదా నింపబడుతుంది.

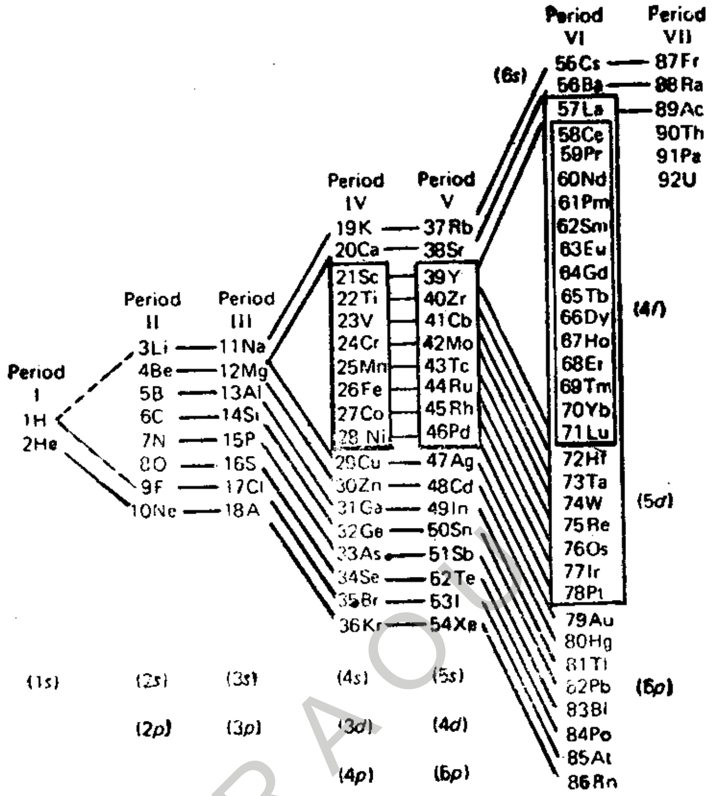
ప్రతి సంవృత ఉపకర్పరంలోని ఎలక్ట్రాన్ వ్యతిరేక సంజ్ఞగల m_1 విలువ గలిగిన వేరొకదానితో జోడి చేయబడుతుంది. సదృశంగా సంవృత కర్పరంలో m_s విలువలు కూడ జోడించబడుతాయి. కాబట్టి సంవృత ఉప కర్పరానికి m_l, m_s ఫలితాల మొత్తం $(\Sigma m_l + \Sigma m_s)$ శూన్యం. సంవృత ఉపకర్పరంలో ఎలక్ట్రాన్‌ల కక్ష్యా, స్పిన్ కోణీయ ద్రవ్య వేగాల మొత్తం పరమాణువు కోణీయ ద్రవ్యవేగానికి అంశదానం శూన్యమని పైన చెప్పినదాని బట్టి తెలుస్తుంది. దీనిని బట్టి ఒక సంవృత ఉపకర్పరాలతో ఏర్పడిన సంవృత కర్పరం పరమాణువుతో మొత్తం కోణీయ ద్రవ్యవేగానికి ఏమి అంశదానం చేయదు.

4.6 మూలకాల ఆవర్తన పట్టిక

వివిధ ఉపకర్పరాలలో ఎలక్ట్రానులు ఏ విధంగా వితరణ చేయబడ్డాయో తెలిసికొనడం ద్వారా మూలకాలన్నింటినీ ఒక పట్టికా రూపంలో అమర్చవచ్చు. దీనినే మూలకాల ఆవర్తన పట్టిక అంటారు. బోర్ ననుసరించి, $(Z - 1)$ పరమాణు సంఖ్యగల మూలక పరమాణువులకు ఒక్కొక్క ఎలక్ట్రానును

BRAOU

కలపడం ద్వారా Z పరమాణు సంఖ్య గల మూలకపు ప్రతి పరమాణువును నిర్మించవచ్చు. ఆ విధంగా ఏర్పడిన పరమాణువును తటస్థంగా (విద్యుత్ పరంగా) ఉంచడానికి కేంద్రక ఆవేశాన్ని కూడా అనురూపంగా పెంచాలి. ఈ పద్ధతిలో మూలకాలను నిర్మించడానికి మూలకాల రసాయనిక, అయస్కాంత, వర్ణపటీయ ధర్మాలను నుసరించవలసి ఉంటుంది. పై పథకం ప్రకారం పొందిన మూలకాల ఆవర్తనపట్టిక పటం 4.4లో చూపబడింది. ప్రతి కర్పరాన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లతో నింపి తద్వారా అతిగాఢంగా బంధించబడిన వాటితో ప్రారంభించే పరమాణువుల ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసాన్ని రాబట్టవచ్చు.



పటము 4.4

ఈ ఊహించిన విన్యాసాలు అయనీకృత శక్తులు పట్టిక 4.2లో ఇవ్వబడ్డాయి. ఒక కర్పరంగాని, ఉపకర్పరంగాని సంవృతమైనప్పుడు, అయనీకృత శక్తి హెచ్చడం గమనించవచ్చు. అయితే కర్పరంలో ఒక ఎలక్ట్రాన్ ఉన్నప్పుడు అయనీకృత శక్తి చాల తక్కువగా ఉండి ఎలక్ట్రాన్ సులభంగా విడదీయబడుతుంది. పటం 4.4 ఎలక్ట్రాను విన్యాసాల సాదృశ్యం అనురూపంగా రసాయనిక ధర్మాల సాదృశ్యాన్ని తెలుపుతుంది. కాబట్టి పటం 4.1, పట్టిక 4.2 నుండి ఆక్సిజన్ పరమాణువులోని 8 ఎలక్ట్రానులు ఈ క్రింది విధంగా వితరణం చేయబడతాయని తెలుసుకోవచ్చు. రెండు s ఎలక్ట్రానులు ఒక్కొక్క కర్పరం $n = 1, 2$ లో నాలుగు P ఎలక్ట్రానులు $n = 2$ కర్పరంతో అమరుతాయి. కర్పరం $n = 1$, కర్పరం $n = 2$ యొక్క ఉపకర్పరం $l = 0$ పూర్తి వంతు అనుమతింపబడిన ఎలక్ట్రానులతో సంవృతమవుతాయి. పౌలివర్జన నియమాన్ననుసరించి కర్పరం $n = 2$, ఉపకర్పరం $l = 1$ నాలుగు ఎలక్ట్రాన్‌లతో పూరించబడి అసంపూర్ణంగా ఉంటుంది.

పట్టిక 4.2 ఎలక్ట్రానిక్ విన్యాసాలు, అయనీకృతశక్తులు

Z పరమాణు సంఖ్య	మూలకం	K-కర్పరం	L-కర్పరం			M- కర్పరం		N-కర్పరం	అయనీకృత శక్తి
		n=1		n=2			n=3		n=4
		1=0	1=0	1=1	1=0	1=1	1=0	1=0	
		1s	2s	2p	3s	3p	3 d	4s	(eV)
1	H	1							13.6
2	He	2							24.5
3	Li	2	1						5.4
4	Be	2	2						9.3
5	B	2	2						8.3
6	C	2	2	2					11.2
7	N	2	2	3					14.5
8	O	2	2	4					13.6
9	F	2	2	5					17.3
10	Ne	2	2	6					21.5
11	Na	2	2	6	1				5.1
12	Mg	2	2	6	2				7.6
13	Al	2	2	6	2	1			6.0
14	Si	2	2	6	2	2			8.1
15	P	2	2	6	2	3			10.9
16	S	2	2	6	2	4			10.3
17	Cl	2	2	6	2	5			12.6
18	Ar	2	2	6	2	6			15.7
19	K	2	2	6	2	6		1	4.3
20	Ca	2	2	6	2	6		2	6.1
21	Sc	2	2	6	2	6	1	2	6.5
22	Ti	2	2	6	2	6	2	2	6.8
22	V	2	2	6	2	6	3	2	6.7
23	Cr	2	2	6	2	6	5	1	6.8
24	Mn	2	2	6	2	6	5	2	7.4
25	Fe	2	2	6	2	6	6	2	7.9
26	Co	2	2	6	2	6	7	2	7.9
27	Ni	2	2	6	2	6	8	2	7.6
28	Cu	2	2	6	2	6	10	1	7.7
29	Zn	2	2	6	2	6	10	2	9.4

BRAOU

ఆక్సిజన్ పరమాణువు ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసాన్ని మనం $(1s^2 2s^2)2p^2$ గా రాయవచ్చు. బ్రాకెట్లతో సూచించిన కక్ష్యలు (కర్పరాలు లేదా ఉపకర్పరాలు) సంపూర్ణంగా పూరించబడ్డాయి. ఆక్సిజన్, సల్ఫర్ (గంధకం) ల మధ్యగల కొన్ని ధర్మాల సాదృశ్యాన్ని సల్ఫర్ ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసం ద్వారా అర్థం చేసికొనవచ్చు. అంటే $(1s^2 2s^2 2p^6 3s^2)3p^4$, సల్ఫర్ పరమాణువులోని 16 ఎలక్ట్రాన్‌లు ఈ క్రింది విధంగా పంపిణీ చేయబడుతాయి. రెండు s ఎలక్ట్రానులు ఒక్కొక్క కర్పరం $n = 1, 2, 3,$ లలో, $n = 2$ కర్పరంలో ఆరు p ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉంటాయి. $n = 3$ కర్పరంలో p ఎలక్ట్రాన్‌లు అసంపూర్ణ విన్యాసాన్ని కలిగి ఉంటాయి. పరమాణు సంఖ్య $Z > 18$ గల కేంద్రకాల స్థాయిలు క్రమరహితమవుతాయి. వీటిని రాబట్టడానికి పరమాణు వర్ణపటాల అధ్యయనం అవసరం. అయితే ఒకసారి ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసాన్ని స్థిరపరచిన తర్వాత చాలా మూలకాల రసాయనికి, భౌతిక ధర్మాలను అర్థం చేసుకొనవచ్చు.

మొదటి ఆవర్తకం I హైడ్రొజన్‌తోను, రెండవ, మూడవ మొదలైన ఆవర్తకాలు క్షారమూలకాలైన లిథియం, సోడియం, పొటాసియం మొదలగు వాటితోను మొదలవుతాయి. అన్నీ వరుసగా జడవాయువులైన హీలియం, నియాన్, ఆర్గాన్ మొదలగు వాటితో (పటం 4.4 చూడండి) అంతమవుతాయి. నాల్గవ ఆవర్తకంలో (18 మూలకాలు కలిగిన మొదటి దీర్ఘ ఆవర్తకం) మొదటిసారి ఎలక్ట్రాన్‌ను కలపడం ద్వారా తర్వాతి మూలకాన్ని పొందే పద్ధతిలో క్రమరాహిత్యాన్ని ఎదుర్కొంటాము. పొటాసియం (Z - 19) పరమాణువును పొందటానికి ఆర్గాన్ పరమాణువుకు కలిపిన ఎలక్ట్రాన్ 3d ఎలక్ట్రాన్ కాక 4s ఎలక్ట్రాన్ అవుతుంది. అంటే ఆ ఎలక్ట్రాన్ $n = 4$ కర్పరంలోని $l = 0$ ఉపకర్పరాన్ని ఆక్రమిస్తుంది. కాని పౌలివర్జన నియమాన్ని అనుసరించి అది $n = 3$ కర్పరంలోని $l = 2$ ఉపకర్పరంలోనికి వెళ్ళాలి. దీనికి కారణం ఆ పరమాణువులో 3d ఎలక్ట్రాన్‌ల కంటే 4s ఎలక్ట్రాన్‌లు చాల బిగువుగా బంధించబడి ఉండడమే. 4s ఉపకర్పరం కాల్షియం $(Z = 20)$ లో కూడ ముందుగా పూరించబడుతుంది. పోటాషియం, కాల్షియంలు వర్ణపటీయ, రసాయనిక ధర్మాలను సోడియం, మెగ్నీషియంలతో సాదృశ్యంగా ప్రదర్శిస్తాయి. (ఆవర్తన పట్టికలోని తర్వాత ఆవర్తకంలో స్కాండియం $(Z = 21)$లో, 3d - ఉపకర్పరం ఎలక్ట్రాన్‌లలో నింపబడటం ప్రారంభమవుతుంది. క్రోమియం (Z - 23) కు వచ్చేసరికి వెనేడియం (Z - 23)కు క్రోమియం పొందడానికి కలిపిన ఎలక్ట్రాన్ 3d ఉపకర్పరంలోనికి వెళ్ళదు. దీనికి బదులు క్రోమియం పరమాణువులో సంవృత కక్ష్యల బయట 6 ఎలక్ట్రాన్‌లు 5 ఎలక్ట్రాన్‌లు 3d ఉపకర్పరంలోను ఒక ఎలక్ట్రాన్ 4s ఉపకర్పరంలోని తిరిగి అమరుతాయి. (పట్టిక 4.2 చూడండి). ఈ పునర్విన్యాసం ఎలక్ట్రాన్ బంధన శక్తులలో బేధం వల్ల పొటాషియం సందర్భంలోవలె ఉత్పన్నమవుతుంది. ఆవర్తనపట్టికలోని యితర వ్యత్యాసాలను ఇదే విధంగా విశదీకరించవచ్చు. స్కాండియంకు సదృశంగా V, VI ఆ వర్తకాలలో కూడ ఆటంకాలు ఏర్పడుతాయి. వరుసగా ఇట్రియం $(Z = 39)$ లాంథనమ్ $(Z = 57)$. సీరియం $(Z = 53)$ నుండి ట్యాటిషియమ్ $(Z = 71)$ గల మూలకాలు రసాయనికంగా సదృశంగా ఉండి వీటికి తగ్గ నకళ్ళు ఆవరత్కాలలో గాని వరుసలలో గాని లేకపోవడం వలన వీటిని విరళమృత్తిక మూలకాలు లేదా (rare earth elements) లాంథనైడ్లు అంటారు. వీటితో 4 f ఉపకర్పరం ఎలక్ట్రాన్‌లతో నిండడం ప్రారంభమవుతుంది. క్రమమార్గంలో 5d ఉపకర్పరం ఎలక్ట్రాన్‌లతో నిండడం హాఫ్నియమ్ $(Z = 72)$ తో మొదలవుతుంది. బంగారులో $(Z = 79)$ ఒకే ఒక 6s ఎలక్ట్రాన్ కర్పరం, ఉపకర్పరాల బయట ఉంటడం మనం గమనిస్తాం. రాడాన్ $(z = 86)$ ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసం జడవాయువులకు సదృశంగా ఉంటుంది. ఫ్రాన్సియం $(Z = 87)$ తో VII వ ఆవర్తకం మొదలవుతుంది. 86 ఎలక్ట్రాన్‌లు కలిగిన సంవృత కోర్ (రాడాన్ విన్యాసం) బయటి ఉపకర్పరంలో 7s ఎలక్ట్రాన్ ఉంటుంది. ఇది ఆవర్తన పట్టికలో మొదటి వరుస (క్షారలోహాలైన లిథియం, సోడియం మొదలగు వాటికి సదృశంగా) నాక్రమిస్తుంది. రేడియం $(Z = 88)$ మూలకంతో 7s ఉపకర్పరం సంవృతం చెందుతుంది. 6d ఉపకర్పరం ఎలక్ట్రాన్‌లతో నింపబడడం ఆక్టినియం $(Z = 89)$ మొదలవుతుంది. 5f ఉపకర్పరం ప్రొటాక్టినియంతో మొదలయి ఒక కొత్త బృందాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. వీటినే ఆక్టినైడ్లు అంటారు.

BRAOU

4.7 సారాంశం

క్వాంటం సిద్ధాంతాన్ని సాంప్రదాయిక అవధికి తీసికొని వెళ్ళినప్పుడు (అంటే ప్రధాన క్వాంటంసంఖ్య n విలువ అనంతమయినపుడు) ఒక పరమాణు వ్యవస్థ ప్రవర్తన సాంప్రదాయిక సిద్ధాంత నిర్ధారణలకు, క్వాంటం సిద్ధాంత నిర్ధారణలకు అనురూపత్వం ఉండాలన్నదే బోర్ ప్రతిపాదించిన అనురూపత్వ నియమం.

ఒక పరమాణువులో ఎలక్ట్రాన్ యొక్క స్థితిని సంపూర్ణంగా ఈ క్రింది క్వాంటంసంఖ్యల ద్వారా నిర్దేశించవచ్చు.

n- ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్య. ఇది ఒకటి నుంచి అనంతం వరకు $(n = 1, 2, 3.....\infty$ వివిధ పూర్ణసంఖ్యా విలువలను మాత్రమే పొందగలదు. ఇది ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్యా పరిమాణాన్ని నిర్ధారిస్తుంది.

l - కక్ష్యా క్వాంటం సంఖ్య : ఇది ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్యాఆకృతిని నిర్ధారిస్తుంది. ఈ కక్ష్యా క్వాంటం

సంఖ్య l కు 0 నుంచి $(n-1)$ వరకు ఉన్న పూర్ణవిలువలు మాత్రమే సాధ్యమవుతాయి.

s స్పిన్ క్వాంటం సంఖ్య. ఏ ఎలక్ట్రాన్‌కయినా దీనివిలువ $\frac{1}{2}$. m_l కక్ష్యా అయస్కాంత క్వాంటం సంఖ్య. కక్ష్యా క్వాంటం సంఖ్య l అయినప్పుడు ఎలక్ట్రాన్‌కు సున్నాతో సహా $+l$ నుంచి $-l$ వరకు గల పూర్ణసంఖ్యా విలువలు మాత్రమే సాధ్యమవుతాయి. ఇది ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్య యొక్క ప్రాదేశిక దిగ్విన్యాసాన్ని తెలుపుతుంది. m_s స్పిన్ ప్రతిక్షేపక్వాంటం సంఖ్య. m_1 కు $(2l+1)$ విలువలు సాధ్యమైనట్లు m_s కు $(2s+1) = 2 \times \frac{1}{2} + 1 = 2$ విలువలే సాధ్యమవుతాయి. ఈ విలువలు $+\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{2}$. ఇది ఎలక్ట్రాన్ స్పిన్ దిగ్విన్యాసాన్ని (అంటే ఊర్ధ్వ దిశా లేక అధోదిశా అనే విషయం) నిర్ధారిస్తుంది.

ఏ పరమాణువులోనైనా ఏ రెండు ఎలక్ట్రాన్‌లు ఒకేస్థాయిలో ఉండవు అనే హద్దును పౌలివర్జన నియమం నిర్ణయిస్తుంది. అంటే ఏ రెండు ఎలక్ట్రాన్‌లకైనా పైన పేర్కొన్న అన్ని క్వాంటం సంఖ్యల విలువలు ఒకే విధంగా ఉండవు. కనీసం ఒక క్వాంటం సంఖ్య అయినా వేరుగా ఉంటుంది.

ఎలక్ట్రాన్‌లు వివిధ ఉప కర్పకాలతో అమరియుండు జ్ఞానాన్ని అనుసరించి అన్ని మూలకాల పరమాణువులను ఒక పట్టికా రూపంలో అమర్చవచ్చు. దీనినే మూలకాల ఆవర్తనపట్టిక అంటారు.

పరమాణు సంఖ్య $Z = 18$ కంటె ఎక్కువగల పరమాణువులలో శక్తిస్థాయిలు క్రమరహితంగా ఉంటాయి. వీటిని గూర్చిన నిగమం పరమాణు వర్ణపటాలను అధ్యయనం చేయడం ద్వారా మాత్రమే సాధ్యమవుతంది.

4.8 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయుండి.

1. పౌలీవర్జన సూత్రాన్ని నిర్వచించి వివరించండి.
2. పౌలీవర్జన సూత్రం ఆధారంగా ఆవర్తన పట్టికలోని మూలకాలను గూర్చి వివరించండి.

II. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానం రాయుండి.

1. పరమాణు సంబంధిత వివిధ క్వాంటమ్ సంఖ్యలను గూర్చి వివరించండి.
2. బోర్ అనురూప సూత్రాన్ని వివరించండి.

BRAOU

భాగం-5 : లేజర్లు

విషయక్రమం

5.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు
5.2 ప్రవేశిక
5.3 వికిరణం యొక్క శోషణ ఉద్గారం
5.4 స్వచ్ఛంద, ఉద్దీపిత వికిరణ ఉద్గారాలు
5.4.1 ప్రతిదీప్తి, స్ఫురదీప్తి
5.4.2 ఉద్దీపిత ఉద్గారం
5.5 లేజింగ్ చర్యకవసరమైన అభిలక్షణాలు ఐన్‌స్టీన్ గుణకాలు
5.6 He-Ne లేజర్
5.7 లేజర్ల అనువర్తనాలు
5.8 సారాంశం
5.9 నమూనా ప్రశ్నలు
5.10 పదకోశం
5.11 చదవదగిన గ్రంథాలు

5.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో లేజర్ పని చేసే తీరు, నియమాల చర్చ కొన్ని అనువర్తనాలు తెలియజేయబడినాయి. మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. స్వచ్ఛంద, ఉద్దీపిత వికిరణ ఉద్గారాలను వివరించగలుగుతారు.
2. వైద్య, జీవశాస్త్ర, ఆయుధ, రసాయనిక, ఎలక్ట్రానిక్ పరిశ్రమరంగాలలో లేజర్ల ఉపయోగాలను వివరించగలుగుతారు.

5.2 ప్రవేశిక

కాంతి స్వభావ నిరంతర అన్వేషణలో మానవుడు దాని విద్యుదయస్కాంత స్వభావాన్ని, ద్వంద్వ స్వభావాన్ని (కణస్వభావం, తరంగ స్వభావం) 19వ శతాబ్ది చివరిదశలో కనుగొనగలిగాడు. విద్యుదయస్కాంత వర్ణపటంలో దృగ్గోచర ప్రాంతంలోనే కాక దీనికి యిరువైపులా గల వికిరణాల వివిధ జనకాల నిర్మాణంలో ఈ ఆవిష్కారాలు నూతన శాఖలకు దారితీశాయి. అధిక తీవ్రత, సంబద్ధత, ఏకవర్ణత కలిగిన శుద్ధ అరుణ (ఎఱ్ఱని) కాంతి పుంజాన్ని ఉత్పత్తి చేయడంలో మైమాక 1960లో విజయాన్ని సాధించాడు. ఈ ఆవిష్కారాన్నే లేజర్ అంటారు. ఆ కాలంలో ఉపయోగించిన యితర కాంతి జనకాలకంటే యిది భిన్నమైనది. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. దీని సంక్షిప్త సంకేత రూపమే LASER. సాంప్రదాయక కాంతిజనకాలైన టంగ్‌స్టన్ బల్బులు, ప్రతిదీప్తి కాంతిజనకాలు, ఏకవర్ణ జనకాలనబడే సోడియం దీపాలు సంబద్ధత లేకుండా వివిధ పౌనః పున్యాలను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. అయితే లేజర్ పుంజం ఏకవర్ణత సంబద్ధతే కాక తీవ్రమైంది కూడా. నేడు భౌతిక శాస్త్ర, జీవశాస్త్ర, వైద్య, రసాయనిక, ఎలక్ట్రానిక్ రంగాలలో లేజర్ అత్యంత శక్తి గల అత్యావసర పరికరంగా వడబడుతుంది.

B R A O U

5.3 వికిరణం యొక్క శోషణ, ఉద్గారం

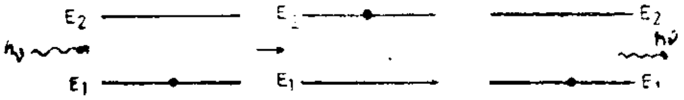
ఒక పరమాణువులో ధనావేశిత కేంద్రకం చుట్టూ ప్రత్యేకమైన నిశ్చిత కక్ష్యలలో ఋణావేశిత ఎలక్ట్రాన్‌లు పరిభ్రమిస్తూ ఉంటాయి. పరమాణువులో కేంద్రకం చుట్టు పరిభ్రమిస్తున్న ఈ వివిధ ఎలక్ట్రాన్‌లను శక్తిస్థాయి రేఖాపట నిరూపణ ద్వారా తెలియజేయవచ్చు. ముందు పాఠాలలో వర్ణించి పథకం అనుసరించి ప్రతి ఎలక్ట్రాన్ శక్తి స్థాయిపటంలో ఏదో ఒక శక్తిస్థాయికి ఆక్రమిస్తుంది. బోర్ సిద్ధాంతాన్ననుసరించి ఎలక్ట్రాన్ వివక్త క్వాంటాలలోనే శక్తిని పొందగలదు. ఈ శక్తి గ్రహణం వల్ల ఒక కర్పరం నుంచి మరొక కర్పరానికి సంక్రమణం చెంది పరమాణువు అస్థిర స్థితిలో ఉంటుంది. ఎలక్ట్రాన్ తక్కువ శక్తి స్థాయిలో తన సామాన్యస్థితిలో ఉన్నపుడు అది భూస్థాయిలో ఉందంటారు. ఒకసారి పరమాణువును ఉత్తేజిత పరచినపుడు ఎలక్ట్రాన్‌లు భూస్థాయినుండి అధికశక్తి స్థాయిలకు చేరుతాయి. ఎలక్ట్రాన్‌లు ఆక్రమించిన అధికశక్తి స్థాయిననుసరించి ఈ స్థాయిలను మొదట ఉత్తేజిత స్థాయి రెండవ ఉత్తేజిత స్థాయి, మూడవ ఉత్తేజిత స్థాయి ...... అని పేర్కొంటారు.

ముందు చెప్పినట్లుగా ఒక పరమాణువులోని బాహ్యతమ ఎలక్ట్రాన్ తన అత్యల్ప శక్తిస్థాయిలో ఉన్నప్పుడు పరమాణువు భూస్థాయిలో ఉందంటారు. పరమాణువులోని బాహ్యతమ ఎలక్ట్రాన్‌కు తగినంత శక్తి లభించగానే అది జనక పరమాణువు (parent atom) నుంచి సులభంగా విడివడుతుంది. అప్పుడు పరమాణువు అయనీకృతం చేయబడిందని అంటారు. ఉత్తేజిత స్థాయిలోని ఎలక్ట్రాన్ తిరిగి మూలస్థాయిని చేరే ప్రయత్నంలో శక్తిని విద్యుదయస్కాంత వికిరణ రూపంలో బహిర్గతం చేస్తుంది. ఈ వికిరణ పౌనఃపున్యం ν, $E = h\nu$ సంక్రమణంలో పాల్గొన్న శక్తి, h ప్లాంక్ స్థిరాంకం. ఈ దృగ్విషయాన్ని వికిరణఉద్గారం అంటారు. బాహ్యజనకం నుండి శక్తిశోషణ ద్వారా ఒక పరమాణువు భూస్థాయినుంచి ఉత్తేజిత స్థాయిని చేరుకొంటుంది. ఈ ప్రక్రియను వికిరణ శోషణం అంటారు. దీన్ని చిత్రరూపంలో పటం 5.1 (a, b) లలో చూపబడ్డాయి.

పటం. 5.1 (a) వికిరణ శోషణం వల్ల ఉత్తేజితం (b) ఉద్గారంవల్ల నిరుత్తేజం
ES → ఉత్తేజితస్థాయి GS → భూస్థాయి

5.4 స్వచ్ఛంద, ఉద్దీపిత వికిరణ ఉద్గారాలు

ఒక పరమాణువు ఉత్తేజిత స్థాయినుంచి భూస్థాయికి చేరే ప్రయత్నంలో వికిరణాని స్వచ్ఛందంగా తనకుతానుగా ఉద్గారిస్తే ఆ దృగ్విషయాన్ని స్వచ్ఛంద వికిరణ ఉద్గారం అంటారు (పటం. 5.2).



పటం 5.2. స్వచ్ఛంద వికిరణ ఉద్గారం

B R A O U

స్వచ్ఛంద ఉద్గారం ద్వారా ఉత్తేజిత పరమాణువు వికిరణాన్ని ఉద్గారంచేయడానికి పట్టేకాలాన్ని ఉత్తేజితపరమాణువు జీవితకాలం τ అంటారు. ఇది 10^{-7} సెకన్ల క్రమంలో ఉంటుంది. ఏదేని క్షణంలో ఉత్తేజితస్థాయిలో పరమాణువుల సంఖ్య N_2 అయితే, అవి స్వచ్ఛంద ఉద్గారం ద్వారా భూస్థాయికి చేరే రేటు ఆ వ్యవస్థలోని ఉత్తేజిత పరమాణువులకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

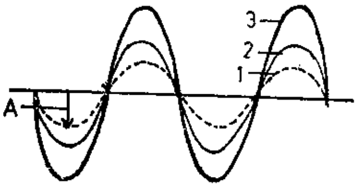
$$\frac{dN_2}{dt} \propto N_2$$

$$\frac{dN_2}{dt} = -A_{21}N_2 \qquad 5.1$$

A_{21} ను సంక్రమణ సంభావ్యత అంటారు. దీన్నే ఐన్‌స్టీన్ గుణకం అని కూడా వ్యవహరిస్తారు. సమీకరణం (5.1) సమాకలనం చేయడం ద్వారా

$$N_2 = N_o e^{-t}/A_{21} \qquad 5.2$$

అనే సమీకరణం లభిస్తుంది. $t = o$ కాలం వద్ద ఉత్తేజిత స్థాయిలోని పరమాణువుల సంఖ్య N_o. దాదాపు అన్ని పరమాణువులు స్వచ్ఛంద ఉద్గారం ద్వారా వికిరణాన్ని ఉద్గారం చేయడం వలన ఏర్పడ్డ ఫలిత కాంతి తరంగాలు ఒక దశలో ఉండవు. ఫలిత ఫోటాన్‌లు అసంబద్ధంగా వెలువడుతాయి. స్వచ్ఛంద ఉద్గారంలో ఉద్గారమయ్యే తరంగాల కంపన పరిమితులు, దశలు సమానంగా ఉండనవసరం లేదు. ఉద్గారమయ్యే తరంగాల ఫలిత కంపన పరిమితి ఈ తరంగాల మధ్య జరిగే అధ్యారోపణం మీద ఆధారపడుతుంది. వీటి మధ్య సంపోషక వ్యతికరణం జరిగినపుడు పటం 5.3లో చూపినట్లు ఫలిత కంపన పరిమితి గరిష్ఠంగా ఉంటుంది.



1) కంపన పరిమితి Aగా ఉన్న తరంగం

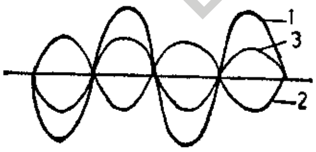
2) కంపన పరిమితి Bగా ఉన్న తరంగం

3) ఫలిత కంపన పరిమితి (A+B)గా ఉన్న తరంగం

పటం 5.3 ఒకే దిశలో ఉన్న తరంగాల అధ్యారోపణ

BRAOU

అప్పుడు రెండు తరంగాలు సమదైశికంగా (in phase) ఉంటాయి. రెండు ఫోటాన్ల తరంగదైర్ఘ్యం ఒకటిగా ఉన్నప్పటికీ వీటి అధ్యారోపణ వినాశక వ్యతికరణమయితే ఫలిత తరంగ కంపన పరిమితి పటం - 5.4లో చూపినట్లు తగ్గుతుంది.



1. మొదటి తరంగం.
2. రెండవ తరంగం.
3. ఫలిత తరంగం.

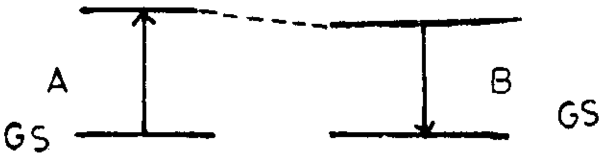
పటం 5.4 ఒకేదశలోలేని తరంగాల అధ్యారోపణ

మనం సాధారణంగా యిండ్లలో వాడే ప్రజ్వలన దీపాలు తెలుపు కాంతినిస్తాయి. ఈ దీపాలలో టంగ్‌స్టన్ తీగను వేడిచేసి పరమాణువులను ఉత్తేజితం చేస్తారు. ఇది భూస్థాయిని చేరే ప్రయత్నంలో మనకంటికి కనబడే వర్ణకాల తరంగాలను ఉద్గారం చేస్తాయి. వీటన్నిటి మిశ్రమమే తెలుపురంగు.

5.4.1 ప్రతిదీప్తి, స్ఫురదీప్తి

లేజర్ పరిక్రియను వర్ణించే ముందుగా ప్రతిదీప్తి అనే దృగ్విషయాన్ని అర్థం చేసుకోవాలి. ప్రతిదీప్తిత పదార్థాన్ని వికిరణానికి గురిచేసినపుడు కాంతిని ఉద్గారం చేస్తుంది. వికిరణ ఉద్గార పౌనః పున్యం సామాన్యంగా ప్రత్యక్షీకరణ (exposed radiation) వికిరణ పౌనఃపున్యం కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. మనం వాడే ట్యూబ్‌లైట్ ప్రతిదీప్తి కాంతిజనకం (fluorescent lamp) . ఇది తక్కువ పీడనం

వద్ద పాదరస బాష్పంతో నిండిన గాజు నాళిక. దీని రెండుకొనల మధ్యగల ఎలక్ట్రోడ్‌లకు వోల్టేజిని అనువర్తించినపుడు శక్తివంతమైన ఎలక్ట్రాన్‌లు నాళికలో జన్మిస్తాయి. అవి పాదరస పరమాణువులతో ఢీకొని వాటిని ఉత్తేజితపరుస్తాయి. ఫలితంగా అతినీలలోహిత కాంతి ఉద్గారం జరుగుతుంది. ఈ కాంతి గాజునాళికకు పూసిఉన్న ప్రతిదీప్తిపదార్థాల పరమాణువులను ఉత్తేజితం చేస్తాయి. ఈ పరమాణువులు భూస్థితిని చేరేటప్పుడు బహువర్ణకాంతి జనిస్తుంది. దీని మిశ్రమమే తెలుపుకాంతి. ఈ దృగ్విషయాన్ని ప్రతిదీప్తి అంటారు. ఈ దృగ్విషయంలో పతన వికిరణాన్ని నిలుపదల చేసిన క్షణమే ఉద్గారం నిలిచిపోతుంది. పతన వికిరణాన్ని తొలగించిన తర్వాత కూడా ప్రదీపనం కొనసాగితే ఆ దృగ్విషయాన్ని స్ఫురదీప్తి (Phosporescence) అంటారు. తగిన పౌనఃపున్యంగల వికిరణంతో A, B అనే రెండురకాల పరమాణుమిశ్రమ వ్యవస్థను కూడా ఉత్తేజితం చేయవచ్చు. అయితే పతన వికిరణం సంక్రమణం పాల్గొనే A రకం పరమాణువుల భూస్థాయికి అనురూపత



5.5 సుగ్రాహీకరణ ప్రతిదీప్తి

GS - భూస్థాయి A - శోషణంవల్ల ఉత్తేజితం B - ఉద్గారంవల్ల నిరుత్తేజితం

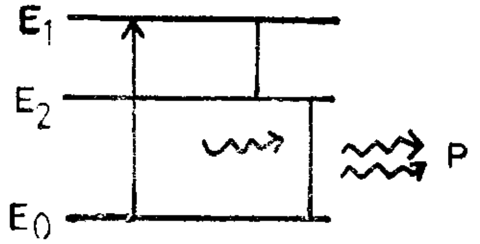
కలిగిఉంటే పతన ఫోటాన్ల శోషణం జరిగి A రకం పరమాణువులు ఉత్తేజితమై భూస్థాయినుంచి ఉత్తేజితస్థాయిని చేరుకుంటాయి. ఈ పరమాణువులు B రకం అణువుతో ఢీకొన్నప్పుడు శక్తిబదిలీ జరిగి B రకం పరమాణువులు తగిన ఉత్తేజితస్థాయిని పటం 5.5 లో చూపినట్లు చేరుకొంటాయి. A రకం పరమాణువులు భూస్థాయిలో నిలచిపోయి అదనంగా ఉన్నశక్తిని గతిజశక్తి రూపంలో గ్రహిస్తాయి. B రకం పరమాణువులు ఉద్గారం ద్వారా నిరుత్తేజితమవుతాయి. (de-excitation). ఈ ప్రక్రియను సుగ్రాహీకరణ ప్రతిదీప్తి (Sensitised fluorescence) అంటారు.

5.4.2 ఉద్దీపిత ఉద్గారం

ముందు చెప్పిన రీతిలో సాంప్రదాయక కాంతిజనకాలలో పరమాణువులన్నీ ఒకేకాలంలో వికిరణాన్ని ఉద్గారం చేయవు. వివిధ పరమాణువులు ఉద్గారం చేసే వికిరణాల మధ్య ఎలాంటి సంబద్ధత ఉండదు. ప్రతి పరమాణువు స్వతంత్రంగా వికిరణాన్ని ఉద్గారం చేస్తుంది. వాటి దశలు కూడ భేదంగా ఉండవచ్చు. ఇట్టి తరంగాల అధ్యారోపణ ఫలితంగా ఏర్పడ్డ తరంగ కంపన పరిమితి క్షణక్షణం మారుతూ ఉంటుంది. ఉదాహరణకు, నిశ్చలమైన నీటిలో ఒకరాయిని వదిలితే, తరంగాలు నెమ్మదిగా అన్ని దిశలకు ప్రసరిస్తాయి. అవి ఒకే కేంద్రం గలిగిన వివిధ వ్యాసార్ధాలు గల వర్తులాలు. కాని పిడికెడు రాళ్ళను నీటిలో ఒక్కసారిగా విసరితే జనించే తరంగస్వభావం కూడా గజిబిజిగా ఉంటుంది. మనం నిత్య జీవితంలో వాడే కాంతి జనకాల నుంచి జనించే కాంతి తరంగాలు, పైన ఉదాహరణకు, సదృశంగా గజిబిజిగా అసంబద్ధంగా ఉంటాయి. కనుక వీటిని అసంబద్ధ (incohorent) జనకాలంటారు. మామూలు కాంతి జనకాలలో మరోలోపం అల్పదీప్తి. ఏకవర్ణం కాకపోవడం వల్ల వివిధ తరంగాల మధ్య సమన్వయం లేకపోవడం వల్ల శక్తి నష్టం జరుగుతుంది.

ఈ కాంతి జనకాల దక్షతను ఎక్కువ చేయడానికి అన్ని పరమాణువులు ఒకేరంగు కాంతిని ఉద్గారం చేసేట్లు చూడాలి. జనకంలోని పరమాణువులన్నింటిని ఉత్తేజిత స్థాయికి చేర్చి అన్నీ ఒకేసారి నిరుత్తేజమయేట్లు చూడాలి. అప్పుడు కాంతి తరంగాలన్నీ ఒకదానినొకటి ప్రబలం చేసుకొంటాయి. ఈ పద్ధతిని లేజర్‌లో అవలంబిస్తారు. తగిన పౌనఃపున్యం గల వికిరణాన్ని ఉపయోగించి ఉత్తేజిత పరమాణువులను నిరుత్తేజం చేయవచ్చునని ఐన్‌స్టీన్ ప్రతిపాదించాడు. ఉదాహరణకు ఒక పరమాణువు భూస్థాయి. E_0 నుండి E_1 ఉత్తేజితస్థాయిని చేరిందనుకొందాం. ఈ ఉత్తేజిత పరమాణువు స్వచ్ఛంద ఉద్గారం ద్వారా మరొక స్థాయి E_2 చేరిందనుకొందాం. $E_2 - E_0$ శక్తి భేదం గల ఫోటాన్‌లు E_2 స్థితిలో ఉన్న ఉత్తేజిత పరమాణువులను ఢీకొన్నప్పుడు ఉద్దీపిత ఉద్గారం (stimulated emission)

జరిగి రెండు ఫోటాన్లు పటం 5-6లో చూపినట్లు ఉత్పన్నమవుతాయి. ఇవి రెండూ ఒకేదశను (phase) కలిగి ఉంటాయి.



పటం 5.6 ఉద్దీపిత ఉద్గారం P. ఫోటాన్‌లు E_0, E_1, E_2 శక్తిస్థాయిలు

ఈ దృగ్విషయాన్ని ఉద్దీపిత ఉద్గారం అంటారు. ఈ రెండు ఫోటాన్లు మరి రెండు ఉత్తేజిత పరమాణువులను E_2 (స్థాయిలోని) ఢీకొని నాలుగు ఫోటాన్లను ఒకేదశ కలిగి ఉండేట్లుగా ఉత్పన్నం చేస్తాయి. ఈ ప్రక్రియ బహుళమై (multiply) ఒక సమాంతరకాంతి పుంజం జనకం నుంచి వెలువడుతుంది. లేజర్‌లో అధిక తీవ్ర, సమాతర, సంబద్ధకాంతి పుంజానికి బాధ్యతాయుతమైన దృగ్విషయాన్ని ఉద్దీపిత ఉద్గారం.

5.5 లేసింగ్ చర్య కవసరమైన మౌలిక అభిలక్షణాలు ఐన్‌స్టీన్ గుణకాలు

ఒక వస్తువు, విద్యుదయస్కాంత వికిరణ క్షేత్రంతో సమతాస్థితిలో ఉన్నప్పుడు ఎల్లప్పుడు అను లోమానుపాతంలో ఉత్తేజిత పరమాణువులుంటాయి. వికిరణ క్షేత్రం నుంచి భూస్థాయిలో ఉన్న పరమాణువులు శోషించే రేటు ఉత్తేజిత పరమాణువులు ఉద్గారించే రేటుతో సమంగా ఉంటుంది. 1917లో ఐన్‌స్టీన్, ఉత్తేజిత పరమాణువులు స్వచ్ఛంద ఉద్గారాన్నే కాక ఉద్దీపిత ఉద్గారాన్ని కూడ ప్రదర్శించగలవని సూచించాడు.

$$B_{12}\rho(\nu)N_1 d = A_{21}N_2 d\nu + B_{21}\rho(\nu)N_2 d\nu \qquad 5.3$$

B_{21} = వికిరణ శోషణం ద్వారా భూస్థాయిలో పరమాణువు ఉత్తేజిత స్థితికి చేరే సంక్రమణ సంభావ్యత

A_{21} = ఉత్తేజిత పరమాణువు స్వచ్ఛంద ఉద్గారం ద్వారా ఉత్తేజిత స్థితి నుండి భూస్థితికి చేరే సంక్రమణ సంభావ్యత

B_{21} = ఉద్దీపిత ఉద్గారం ద్వారా పరమాణువు తిరిగి భూస్థాయిని చేరే సంక్రమణ సంభావ్యత

ρ = వికిరణ సాంద్రత

N_1, N_2 = వరుసగా భూస్థితిలో, ఉత్తేజిత స్థితిలో ఉన్న పరమాణువుల సంఖ్య $A_{21}, B_{21}, B12$ లను ఐన్‌స్టీన్ గుణకాలంటారు.

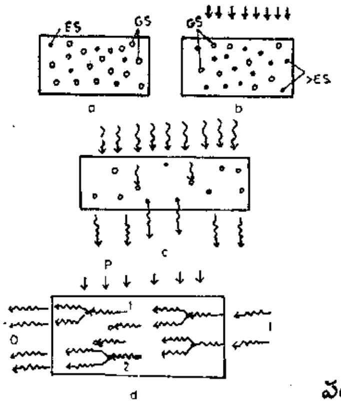
వర్ణపట దృగ్గోచర ప్రాంతంలో ఏదేని కాలవ్యవధిలో ఉద్దీపన ద్వారా భూస్థితిని చేరే పరమాణువుల సంఖ్య స్వచ్ఛంద ఉద్గారం ద్వారా భూస్థితిని చేరే మొత్తం పరమాణువుల సంఖ్యతో పోలిస్తే ఉపేక్షించదగినది. దీర్ఘతరంగ దైర్ఘ్యాల వద్ద ఉద్దీపిత ఉద్గారం ఎక్కువ ఉద్దీపిత, స్వచ్ఛంద ఉద్గారాల రేటు $69\,\mu$ ల తరంగ దైర్ఘ్యం వద్ద సమానం.

శోషణరేటు భూస్థితిలో ఉన్న పరమాణువుల సంఖ్యపైన, ఉద్గారం రేటు ఉత్తేజిత పరమాణువులు ఉన్న ఉత్తేజిత స్థితిలో ఉన్న పరమాణువుల సంఖ్యపైన ఆధారపడతాయి. భూస్థితిలో ఉన్న పరమాణువుల అనుపాతం ఉత్తేజిత స్థితిలో ఉన్న పరమాణువుల కంటే తక్కువగా ఉన్నప్పుడు శోషణ రేటు ఉద్గారం రేటుకంటే తక్కువగా ఉంటుంది.

ఉద్దీపిత ఉద్గారం సంభవించాలంటే ఉత్తేజిత స్థితిలో భూస్థితిలో కంటే ఎక్కువ పరమాణు జనాభా ఉండాలి. అంతేకాక అవి తగినంత ఎక్కువ కాలవ్యవధులలో ఉత్తేజస్థాయిలో ఉండాలి. భూస్థితికంటే,

ఉత్తేజిత స్థితిలో పరమాణువులు ఎక్కువగా ఉండే పరిస్థితిని "జనాభా తారుమారు" అంటారు. (పటం 5.7)

జనాభా తారుమారును సాధించే ప్రక్రియను పంపింగ్ అంటారు. లేజర్‌లోని క్రియాశీలక యానకం ఆధారంగా (కెంపు (ruby), అర్ధవాహక పదార్థాలు, వాయువులు రసాయనికి పదార్థాలు మొదలగునవి). జనాభా తారుమారును సాధించడానికి వివిధ పంపింగ్ పద్ధతులను ఉపయోగిస్తారు.



a. సమతాస్థితిలో ఉన్న శాంపిల్

b. జనాభా తారుమారు

c. ఆవరణంలోని వికిరణ క్షేత్రంతో సమతాస్థితి లోనున్న శాంపిల్

d. శాంపిల్ గుండా విద్యుదయస్కాంత తరంగం ప్రసరిస్తున్నపుడు జనాభా తారుమారు వర్ధనం పొందుతుంది.

పటం 5.7 జనాభా తారుమారు, వర్ధనం

ఈ పద్ధతులు స్థూలంగా (a) దృశా పంపింగ్ (b) విద్యుత్ పంపింగ్ (c) రసాయన పంపింగ్ మొదలైనవి. లేజర్‌లో కాంతి వర్ధనం జరగడానికి కావలసిన మౌలిక అభిలక్షణాలు.

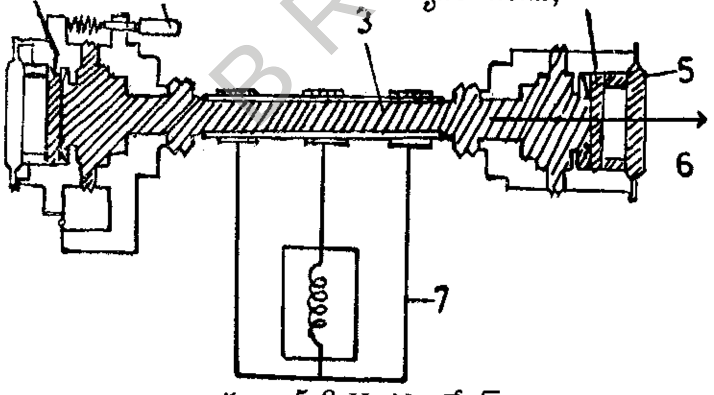
1. జనాభా తారుమారు
2. లేజర్ కాంతి పుంజదిశలో ఉద్దీపిత ఉద్గారం
3. వర్ధనం

లేజర్ చర్యను ఏవిధంగా సాధిస్తారో He - Ne (హీలియం- నియాన్) ద్వారా మనం అధ్యయనం చేద్దాం.

5.6 He-Ne లేజర్

BRAOU

అలిజవాన్ అతని సహాధ్యాయులు నిర్మించిన He-Ne లేజర్ 0.1mm Hg వద్ద నియాన్ వాయువు నింపబడిన క్వాటర్జ్ నాళికను కలిగిఉంది. హీలియం వాయువును 1mm Hg పీడనం వద్ద 1 : 5 నిష్పత్తిలో ఆ నాళికను నింపడం జరిగింది. 1.5 cm వ్యాసం గలిగిన,

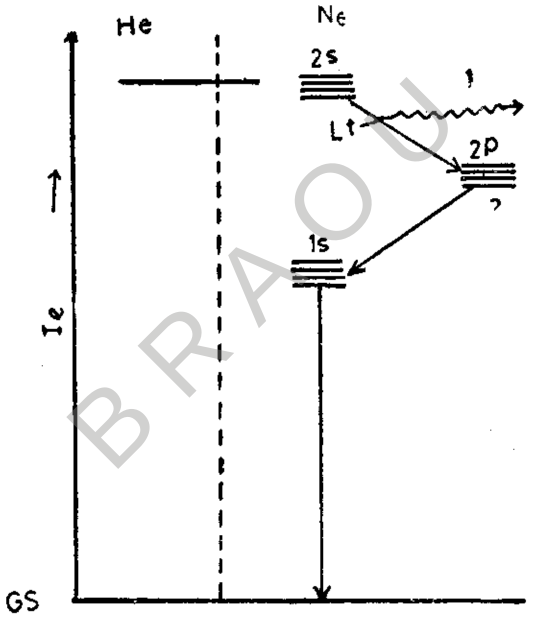


పటం 5.8 He-Ne లేజర్

1.	పరావర్తన దర్పణాలు	4.	పరావర్తన దర్పణాలు
2.	ప్లేట్ ఏంగిల్ అడ్జస్టర్	5.	కిటికీ
3.	He-Ne మిశ్రమము	6.	ఉత్పాదన కిరణపుంజం
			రేడియో పౌనఃపున్య ఉత్తేజితకారి

80cm పొడవు గల క్వార్ట్జ నాళికను వారు ఉపయోగించారు. ఈ వ్యవస్థతో జనాభాతారుమారును సాధించడానికి వీరు రేడియం పౌనఃపున్యం క్షేత్రాన్ని ఉపయోగించారు. రెండు అత్యధిక పరావర్తన దర్పణాలను నాళిక చివరల సమాంతరంగా ఉండేట్లు అమర్చారు. దీని పథకాత్మక చిత్రం పటం 5.8లో చూపబడింది. He-Ne లేజర్ వివిధ భాగాలను గుర్తించబడ్డాయి. ఈ దర్పణాల దృశ్యా సమతలత్వం $\lambda/100$ క్రమంలో ఉండాలి. λ లేజర్ కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యం.ఎ. .అత్యధిక పరావర్తకత కలిగిన 15 నుంచి 17 రోధక పొరలతో ఈ దర్పణాలు తయారు చేయబడ్డాయి. వీటి పరావర్తకత 99-99.8% క్రమంలో ఉండాలి. ఈ రెండు పరావర్తన దర్పణాలు సంఖ్యతోసహా ఫేబ్రీ పెరాటో కోటరంగా పనిచేస్తాయి. లాసింగ్ చర్య, వర్ధనం ఈ దర్పణాల ద్వారా సాధ్యమవుతుంది. క్వార్ట్జ్ నాళిక చివరల దృశ్యా సమతల కిటికీలు బ్రూస్టర్ కోణంలో అమర్చబడి ఉంటాయి. (కోటర అక్షంతో).

He-Ne లేజర్‌లో Ne పరమాణువులు క్రియాశీలక పరమాణువులు. He-Ne ల వాయు మిశ్రమాన్ని రేడియో పౌనఃపున్య క్షేత్రంలో ఉత్తేజితం చేసినపుడు హీలియం పరమాణవులు (19.8 ev అయనీకృత శక్తి) భూస్థాయి నుండి ఉత్తేజితస్థితికి చేరుకొంటాయి. ఈ స్థితి తటస్థ స్థిరస్థాయి కనుక అధిక సంఖ్యలో He పరమాణువులు ఈ స్థితిని చేరుకొంటాయి. ఈ ఉత్తేజిత స్థితిలో He పరమాణువులు శక్తి వికిరణం చేయవు. ఈ పరమాణువులు Ne పరమాణువులతోగాని నాళిక గోడలతో ఢీకొన్నప్పుడుగాని శక్తిని కోల్పోయి భూస్థితి చేరుకొంటాయి. (పటం 5.2లో వివరించినట్లు). ఉత్తేజ హీలియంపరమాణువు నియాన్‌పరమాణువును ఢీకొన్నప్పుడు ఈ శక్తి నియాన్‌పరమాణువుకు బదిలీ చేయబడి అది ఉత్తేజిత మవుతుంది. He-Ne లేజర్‌లో పరారుణ వికిరణం ఉద్గారమవడానికి ఈ సంక్రమణాలే కారణం. (పటం 5.9లో చూడవచ్చు.)

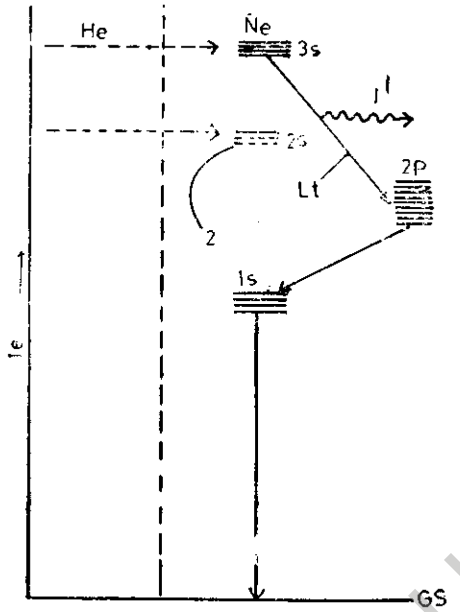


పటం 5.9 పరారుణకాంతి శక్తిస్థాయిలో పనిచేసే He-Ne లేజర్

ఉత్తేజితహీలియం పరమాణువులు నియాన్‌పరమాణువులను ఢీకొన్నప్పుడు Ne పరమాణువులు 2sస్థాయికి ఉత్తేజితమవుతాయి. Ne పరమాణువులు 2s స్థితినుండి 2p స్థాయికి చేరినప్పుడు పరమాణు వికిరణం ఉద్గారమవుతుంది. 2p స్థాయిలోని పరమాణువులు శీఘ్రంగా 1s స్థాయికి చేరి ఫలితంగా 2p, 2s స్థాయిల మధ్య జనాభా తారుమారు పరిస్థితి ఏర్పడుతుంది. చాలవరకు Ne పరమాణువులు అతిదగ్గరగా ఉన్న 10 స్థాయిలో ఏదో ఒక స్థాయిని చేరి విద్యుదయస్కాంత వర్ణపటంలో పరారుణ ప్రాంతంలో వికిరణాన్ని ఉద్గారం చేస్తాయి. దర్పణాల మధ్య దూరాన్ని మార్చడం ద్వారా (కోటరం పొడవు మార్చడంద్వారా) 10,600 నుంచి 15,000 A° తరంగదైర్ఘ్యం గల వికిరణాలను పొందవచ్చు. 1153A° తరంగదైర్ఘ్యంగల వికిరణాలను పొందవచ్చు. 11532A° తరంగదైర్ఘ్యం గల వికిరణం తీవ్రంగా ఉంటుంది. Ne పరమాణువులు 2p స్థాయి నుంచి 2s స్థాయికి స్వచ్ఛంద ఉద్గారం ద్వారా

చేరుకుంటుంది. ఈ కారణంగానే పింక్ రంగులో వెలుగు లేజర్ నాళిక నుండి వెలువడుతుంది.

He పరమాణువులను 20.7 eV గల శక్తిస్థాయి కూడ ఉత్తేజితం చేయవచ్చు. ఈ స్థాయి కూడ తటస్థ స్థిరస్థాయి. ఈ స్థితిలో ఉన్న He పరమాణువులు భూస్థితిలో ఉన్న Ne పరమాణువులతో ఢీకొని శక్తిని Ne పరమాణువులకు బదిలీ చేయడం వలన Ne పరమాణువులు 3s ఉత్తేజిత స్థాయిని చేరుతాయి. (పటం 5.10) ఇది 2p కి వచ్చినప్పుడు లేజర్‌కు కావలసిన ఫలిత వికిరణం ఉద్గారమవుతుంది. దీని తరంగ దైర్ఘ్యం దృగ్గోచర ప్రాంతంలో ఉంటుంది. అవిచ్ఛిన్నంగా $6328A^{\circ}$ తరంగదైర్ఘ్యం వద్ద వికిరణం వెలువడుతుంది.



పటం *5.10* దృగ్గోచర కాంతి శక్తిస్థాయిలో పనిచేసే He-Ne లేజర్

BRAOU

He-Ne లేజర్‌ల నిర్గమ శక్తి సాధారణంగా 0.5 నుంచి 10 mW వరకు వ్యాపిస్తుంది. 100 mw నిర్గమ శక్తిగల He-Ne లేజర్లు తయారు చేయబడ్డాయి. ఈ క్రింది పట్టిక He-Ne లేజర్లలో తరంగదైర్ఘ్యంతో నిర్గమ సామర్థ్యం యివ్వబడ్డాయి.

పట్టిక *5.1* He-Ne లేజర్ల నిర్గమసామర్థ్యం

తరంగదైర్ఘ్యం A°	నిర్గమ సామర్థ్యం mW
6118	2
6328	25
10,840	10
11,520	12
33,820	2

5.7 లేజర్ల అనువర్తనాలు

శుద్ధ విజ్ఞానశాస్త్రంలో, వైద్యంలో జీవశాస్త్రంలో, వ్యాప్తి, శోధక, ప్రసారాలలో, ఆయుధాలలో, వెల్డింగ్‌లో మొదలయిన రంగాలలో లేజర్లు చలా ఉపయోగకారిగా ఉన్నాయి.

a) వైద్య అనువర్తనాలు

చిరిగిన రెటీన పొరలను కలపడానికి, క్యాన్సర్‌ను నిర్మూలించడానికి, సూక్ష్మ పరిక్రియా విధానాలలో దీని అవసరం ఎంతైనాఉంది.

b) ఆయుధ అనువర్తనాలు

శత్రు మిసైల్‌లను కూల్చడానికి, శక్తిని కేంద్రీకరించి మృత్యు కిరణంగా వాడి శత్రుస్థావరాలను భస్మం చేయడానికి వీటిని ఉపయోగించే అవకాశం ఉంది.

c) విజ్ఞానశాస్త్రం అనువర్తనాలు

త్రిమితీయ వస్తుచిత్రణ, రామన్ వర్ణపటీయం, కాంతి వేగాన్ని లెక్కకట్టడం మొదలైన విషయాల్లో దీని ఉపయోగం చాలా ఉంది.

5.8 సారాంశం

ఒక పరమాణువు ఉత్తేజిత స్థాయినుంచి చేరేటప్పుడు వికిరణాన్ని స్వచ్ఛందంగా ఉద్గారం చేస్తుంది. ఈ దృగ్విషయాన్ని స్వచ్ఛంద ఉద్గారం అంటారు.

సాంప్రదాయక కాంతి జనకాలు వికిరణంచేసే కాంతి అసంబద్ధంగా ఉంటుంది.

ఒక పరమాణువును భూస్థాయి నుంచి ఉత్తేజితం చేసినప్పుడు అది ఒక ఉత్తేజిత స్థాయిని చేరుతుంది. అక్కడ నుంచి అది స్వచ్ఛంద ఉద్గారం ద్వారా మరొక స్థాయి చేరుకొంటుంది. ఈ రెండవస్థాయిలో ఉన్న పరమాణువుతో తగినంత శక్తిగల ఫోటాన్ ఢీకొన్నపుడు రెండు ఫోటాన్లు ఉద్గారమవుతాయి. దీన్ని ఉద్దీపిత ఉద్గారం అంటారు.

He-Ne లేజర్‌లో Ne పరమాణువులు క్రియాశీల పరమాణువులు. దీన్ని ఉత్తేజింపజేసి ఫేబ్రీ-పెరట్ అనునాదకం యొక్క కోటర పొడవున మార్చడంద్వారా పరారుణ ప్రాంతంలో గాని, దృగ్గోచర ప్రాంతంలో గాని లేజర్ కాంతిపుంజాన్ని ఉత్పత్తిచేయవచ్చు.

వైద్య జీవశాస్త్ర, ఆయుధ, రసాయనిక, ఎలక్ట్రానిక్ పరిశ్రమ రంగాలో లేజర్‌కు శక్తివంతమైన అనువర్తనాలున్నాయి.

5.9 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. He-Ne లేజర్‌లో లేసింగ్ ప్రక్రియను గూర్చి వ్రాయండి.
2. లేజర్ అనువర్తనాలను గూర్చి వ్రాయండి.

II. క్రింది ప్రశ్నకు క్లుప్తంగా సమాధానం రాయండి.

1. స్వచ్ఛంద వికిరణ ఉద్గారం, ఉత్తేజిత వికిరణ ఉద్గారం బేధాలను వివరించండి.
2. He-Ne లేజర్‌లో జనాభా తారుమారు నియమాన్ని వివరించండి.

5.10 పదకోశం

కృష్ణవస్తువు	తనమీద పతనమయ్యే వికిరణ శక్తినంతటినీ శోషించుకొను వస్తువు.
ఉద్గార సామర్థ్యం	$\nu, \nu + d\nu$ పౌనఃపున్యం వ్యాప్తిలో ప్రమాణకాలంలో ప్రమాణ వైశాల్యం గల తలం నుంచి ఉద్గారమయ్యే వికిరణశక్తి.
ఫోటాన్	విద్యుదయస్కాంత వికిరణశీలశక్తి క్వాంటమ్
ఫోటో ఎలక్ట్రాన్	ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం కారణంగా వస్తువునుంచి వెలువడే ఎలక్ట్రాన్

BRAOU

ప్రత్యావర్తక ఎలక్ట్రాన్	కాంప్టన్ అభిఘాతంలో ఫోటాన్‌చే తాడనానికి గురయి ప్రత్యావర్తనం చెందే ఎలక్ట్రాన్
ఆరంభ పౌనఃపున్యం	ఏదేని పదార్థం నుంచి ఫోటో ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారంచెందుటకు అవసరమయిన విద్యుదయస్కాంత కనిష్ఠ పౌనఃపున్యం
పని ప్రమేయం	పదార్థతలం నుంచి ఎలక్ట్రాన్‌ను తొలగించుటకు అవసరమయిన శక్తి eV లలో
ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట్ eV	ఎలక్ట్రాన్ శక్మాన్ని ఒక వోల్ట్ పెంచుటకు అవసరమయిన శక్తి
కాంప్టన్ విస్తాపనం	కాంప్టన్ ప్రక్షేపణం చెందే వికిరణం తరంగ దైర్ఘ్యంతో ఏర్పడే విస్తాపనం
స్థావరస్థాయి	అనుమతించిన పరమాణు స్థాయి. ఈ స్థాయిలలో వికిరణ శీలశక్తి ఉద్గారం కాదు. ఈ స్థాయికి నిర్దిష్ట వివక్తశక్తి ఉంటుంది.
కూలామ్ బలం	విద్యుత్ క్షేత్రంలో విద్యుదావేశిత కణంపై పనిచేసే బలం.
విరామద్రవ్యరాశి శక్తి	శూన్యవేగం గల ద్రవ్యరాశి m_o శక్తి. దీనిని ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి - శక్తి ఫార్ముల ప్రకారం m_oc^2 గా సూచించవచ్చు. ఇచ్చట c కాంతి వేగాన్ని సూచిస్తుంది.
ఫాబ్రి-పెరో అనునాదకం	సమాంతర అర్ధరజిత లేపనం చేసిన క్వార్ట్జ ఫలకాలతో చివరలు మూయబడిన క్వార్ట్జ లేదా గాజునాళిక. దీని క్రియా విధానం స్థిరంగానున్న అర్ధరజత లేపనం చేసిన ఫలకలమధ్య జరిగే బహుళ పరావర్తనాలవల్ల ఏర్పడే వ్యతికరణ వ్యూహాఫలితాలమీద ఆధారపడుతుంది.
బ్రూస్టర్ కిటికీ	అనునాద కోటరం అక్షానికి బ్రూస్టర్ కోణంలో అమర్చిన గాజు లేదా క్వార్ట్జ కిటికీని బ్రూస్టర్ కిటికీ అంటారు. ఇది ధ్రువణకాంతిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది.

5.11 చదవదగిన గ్రంథాలు

1.	M.N.Saha and B.N.Srivastava	A Treatise on Heat	The Indian Press Pvt.Ltd. Allahabad
2.	J.B.Rajam	A Text Book of Heat	S.Chand & Co., New Delhi
3.	V.V.Krishna Rao	Book of Heat	V.D.Murthy & Co. Nellore
4.	C.L.Hemenway R.W.Henry and M.Cantoon	Physical Electronics	John Wiley & Sons Inc., New York
5.	R.M.Eisberg	Fundamentals of Modern Physics	John Wiley & Sons Inc., New York
6.	S.E.Liverhant	Outlines of Atomic Physics	Regents Publishing Co.Inc., New York.

BRAOU

7.	H.E.White	Modern College Physics	Affiliated East-West Press Pvt.Ltd. New Delhi.
8.	S.B.Borowitz and L.A.Bornstein	A contemporary view of Elementary Physics	McGraw-Hill Book Company, New York
9.	F.K.Richtmeyer E.H.Kennard and T.Lauritsen	Introduction to Modern Physics	McGraw Hill Book Company, Inc., New York
10.	A.H.Compton & S.K.Allison	X-rays in Theroy and Experiment	Affiliated East West Press Pvt.Ltd. New Delhi
11.	D.F.Jackson	Concepts of Atomic Physics	McGraw-Hill Book Company, England
12.	G.Herzberg	Atomic Spectra and Atomic Structure	Dover Publications England
13.	F.K.Ritchmeyer, E.H.Kennard and T.Lauritsen	Introduction to Modern Physics	McGraw Hill Book Company, Inc., New York
14.	R.M.Eisberg	Fundamentals of Modern Physics	Wiley & sons, United States
15.	A.L.Schawlow	Scientific American	W.H.Freemann Company, San Fansisco
16.	R.Brown	Lasers-A survey of their performance and applications	Bussiness Book Ltd. London,
17.	N.Sabolev	Lasers and their prospects	Mir Publications, Moscow.
18.	K.Gopalakrishna	Atomic and Nuclear Physics	Macmillan India Ltd., Delhi.

BRAOU

ఖండం–II తరంగాలు - కణాలు

B R A O U

BRAOU

భాగం-6 : ద్రవ్యతరంగాలు

విషయక్రమం

6.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు
6.2 ప్రవేశిక
6.3 కాంతి ద్వంద్వస్వభావం
6.4 ద్రవ్యతరంగ స్వభావం
6.5 డేవిసన్ - గెర్మర్‌ల ప్రయోగం
6.6 థామ్సన్, రీడ్‌ల ప్రయోగం
6.7 పూరకత్వ సూత్రం
6.8 సారాంశం
6.9 నమూనా ప్రశ్నలు

6.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో కాంతి ద్వంద్వ స్వభావం గురించిన చర్చ ఉంది. ద్రవ్యకణాలకు (అంటే ఎలక్ట్రాన్, ప్రోటాన్‌లు వంటి కణాలు) అనుబంధమైన తరంగభావం పెంపొందించబడింది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. కాంతికి కణ, తరంగస్వభావాలున్నాయి అని గ్రహిస్తారు.
2. ద్రవ్యతరంగాల తరంగదైర్ఘ్యాన్ని ప్రయోగం ద్వారా నిర్ణయించగలుగుతారు.

6.2 ప్రవేశిక

ఈ భాగంలో కాంతి ద్వంద్వస్వభావ వివరణ ఉంది.

BRAOU

6.3 కాంతి ద్వంద్వ స్వభావం

17వ శతాబ్దిలో రెండు కాంతి సిద్ధాంతాలు వెలువడ్డాయి. అవి కణ సిద్ధాంతం తరంగసిద్ధాంతం. కణ సిద్ధాంతాన్ని న్యూటన్ సిద్ధాంతం ప్రతిపాదించగా, తరంగ సిద్ధాంతాన్ని హైజన్స్ ప్రతిపాదించాడు. న్యూటన్ ప్రకారం కాంతిజనకం కణ పరంపరను వెలువరిస్తుంది. అదే కాంతి పుంజం, అది పరావర్తనం, వక్రీభవనం చెందుతుంది. హైజన్స్ ప్రకారం ఒక జనకం నుండి తరంగ రూపంలో కాంతి అన్ని దిశలలో ప్రసారమవుతుంది. తరంగాలు కూడా పరావర్తనం, వక్రీభవనం చెందుతాయి. ఇంగ్లండులోను, యూరప్‌లోను, ఈ రెండు సిద్ధాంతాలు అమలులో ఉండేవి.

ఈ రెండింటిలో ఏది నిజమైనదో నిర్ణయించే విధానం లేకపోలేదు. ఏమంటే, కణ సిద్ధాంతం ప్రకారం శూన్యంలో కంటె నీరు, గాజువంటి సాంద్రతరమైన యానకాలలో కాంతివేగం ఎక్కువ. తరంగ సిద్ధాంతం ప్రకారం శూన్యంలో కంటే సాంద్రతర యానకాలలో కాంతి వేగం తక్కువ. వివిధ యానకాలలో కాంతివేగం తెలుసుకోగలిగితే, నిజం తేలిపోయేది. కాని, కొన్ని ప్రాయోగిక కష్టాలవల్ల కాంతివేగం నిర్ణయించే ప్రయోగాలు చేయలేకపోయారు. అందుచేత ఏ సిద్ధాంతం నిజమైనదో తేలలేదు.

అయినప్పటికీ 19వ శతాబ్ది ప్రారంభంలో థామస్‌యంగ్ ఒక ప్రయోగం చేశాడు. దాని ఫలితాలు విశదీకరించడానికి తరంగ నమూనాయే అవసరమయింది. ఆ ప్రయోగం ఎట్లంటే : ఒక కాంతి జనకం నుండి వెలువడే కిరణపుంజాన్ని రెండు చీలకలలోంచి పంపి, రెండు కిరణ పుంజాలుగాచేసి, ఆ రెండు ఒకదానిపైన ఒకటి పడిన క్షేత్రంలో ఒక తెరపెట్టగా, ఆ రెండు పుంజాలమధ్య వ్యతికరణం జరిగి తెల్లపట్టీలు, నల్లపట్టీలు ఏకాంతరంగా తెరపైన ఏర్పడ్డాయి. ఈ ఫలితాన్ని సమర్థించే అవకాశం కాంతి కణ భావానికిలేదు. అయినా కణ సిద్ధాంతం తిరస్కరింపబడలేదు.

గాలిలోను నీటిలోను కాంతివేగం కనుక్కొనే ప్రయోగాలు 19వ శతాబ్ది మధ్యలో ఫోకాల్ట్ విజయవంతంగా చేయగలిగాడు. సాంద్రతరమైన నీటిలో కాంతివేగం గాలిలో వేగం కంటె తక్కువని కనుగొన్నాడు. ఈ ప్రయోగంతో కణవాదం పూర్తిగా దెబ్బతింది అనుకొన్నారు. కాని చివరికి తరంగ సిద్ధాంతం విజయం సాధించింది.

కాని, కొన్ని దశాబ్దాలు తరువాత మరో విధంగా కణ సిద్ధాంతానికి ప్రాణం పోయవలసి వచ్చింది. అతినీలలోహిత కిరణాలు, X- వంటి ఎక్కువ పౌనఃపున్యంగల కిరణాలు ద్రవ్యంతో చర్య జరిపినప్పుడు వచ్చిన ఫలితాలను తరంగ సిద్ధాంతం విశదీకరించి లేకపోయింది. ఫోటో విద్యుత్ ఫలితాన్ని కాంప్టన్ ఫలితాన్ని వివరించడంలో తరంగ సిద్ధాంతానికి స్థానం లేకపోయింది. విద్యుదయస్కాంత వికిరణం కొన్ని ప్రయోగాలలో కణ స్వభావాన్ని మరికొన్ని ప్రయోగాలలో తరంగస్వభావాన్ని ప్రదర్శించింది, కాగా "వికిరణం కణమా? తరంగమా?" అనే ప్రశ్నను విడిచిపెట్టి, దాని ద్వంద్వ స్వభావం అంగీకరించవలసి వచ్చింది.

6.4 ద్రవ్యతరంగ స్వభావం

ఈ విధంగా ఉన్న పరిస్థితులలో డీబ్రాలీ ఒక ప్రశ్నవేసుకొన్నాడు. "తరంగ రూపంలోనున్న వికిరణం ఒకప్పుడు ద్రవ్య స్వభావం ప్రదర్శించినప్పుడు అదే విధంగా కణ రూపంలో నున్న ద్రవ్యం ఒకప్పుడు తరంగ స్వభావం ఎందుకు ప్రదర్శించకూడదు?" అనేదే ప్రశ్న. ప్రకృతి యొక్క సౌష్ఠవంలో సాధారణంగా, విజ్ఞానులకు విశ్వాసముంది. ఈ ప్రశ్నకు సంబంధించి పెంపొందించిన భావప్రక్రియ ద్రవ్యతరంగా భావాన్ని స్థిరపరిచింది.

ν పౌనఃపున్యమున్న ఫోటాన్ శక్తి E అయితే

$$E = h\nu \qquad 6.1$$

ఇందులో h ప్లాంక్ స్థిరాంకం. సాపేక్షతా సిద్ధాంత ప్రకారం, శక్తి Eకి, స్థావర ద్రవ్యరాశి m_o, ద్రవ్యవేగం pకి గల సంబంధం.

$$(E/c)^2 = p^2 + m_o^2 C^2$$

ఫోటాన్ స్థావర ద్రవ్యరాశి సున్న కాబట్టి

$$(E/c)^2 = p^2$$

$$\therefore E/c = p$$

క్వాంటం సంబంధం $E = h\nu$ వినియోగించినప్పుడు,

$$\frac{h\nu}{c} = p$$

$$\frac{h}{\lambda} = p \because \frac{\nu}{c} = \frac{1}{\lambda}$$

$$\therefore p = \frac{h}{\lambda}$$

ఇది కాంప్టన్ ఫలితానికి అనుగుణంగా ఉంది.

B R A O U

శక్తిలో కనబడే ఈ ద్వంద్వ స్వభావాన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు, ప్రోటాన్‌లు, పరమాణువులు వంటి ద్రవ్యకణాలకు డీబ్రాలీ వర్తింపచేస్తూ, m ద్రవ్యరాశిగల కణం v వేగంతో ప్రయాణించినప్పుడు, దానికి అనుబంధమై λ తరంగదైర్ఘ్యం గల తరంగం ఉండవచ్చు అన్నాడు, కాబట్టి.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \qquad 6.2$$

ఉదాహరణకు, 50 eV గతిజశక్తి గల ఎలక్ట్రాన్ పుంజంతో అనుబంధమైయున్న తరంగం యొక్క తరంగ దైర్ఘ్యం లెక్కకట్టగా :

$K = E = \frac{1}{2}mv^2$ సంబంధం నుండి

$$V = \sqrt{2K/m}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 50 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}}$$

$$= 4.078 \times 10^6 m/Sec$$

ద్రవ్యవేగం

$$p = mv$$

$$= 9.1 \times 10^{-31} \times 4.078 \times 10^6$$

అనుబంధ తరంగదైర్ఘ్యం

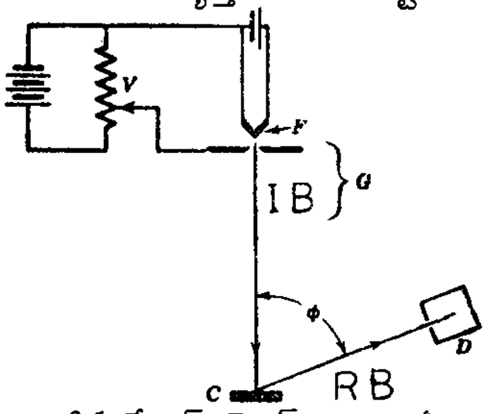
$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{3.711 \times 10^{-24}}$$

$$= 1.778A$$

ఇది X- కిరణాల తరంగ దైర్ఘ్య ప్రమాణంలో ఉంది. స్ఫటికాలలో పరమాణువుల ఏర్పాటు స్థాయి కూడా ఇదే.

6.5 డేవిసన్ - గెర్మర్‌ల ప్రయోగం

X- కిరణాలకు ద్రవ్య తరంగాలకు గల పోలిక మూలంగా, వివర్తనం వల్ల X- కిరణాల తరంగదైర్ఘ్యం కూడా కనుక్కోవచ్చన్న భావం కలిగింది. X- కిరణాల వంతు ఎలక్ట్రాన్ పుంజం వినియోగించి 1927లో డి.టి. డేవిసన్, ఎల్.హెచ్, గెర్మర్‌లు ఒక ప్రయోగం చేశారు. వారి పరికరం పటం 6.1 లో చూపబడింది. విద్యుత్తులో ఒక టంగ్‌స్టన్ తీగ Fను వేడిచేశారు.



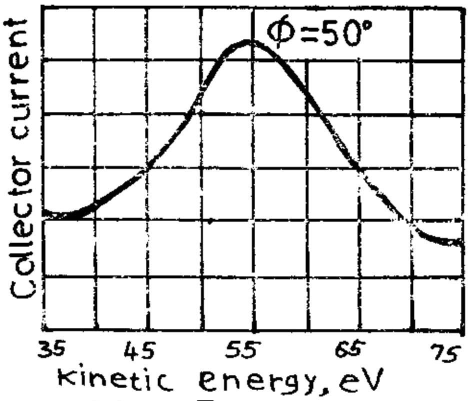
పటం 6.1 డేవిసన్, గెర్మర్‌ల పరికరం ఏర్పాటు

IB = పతన కిరణం RB = పరావర్తన కిరణం

F = ఫిలమెంట్ D = డిటెక్టర్ P = ప్లేట్

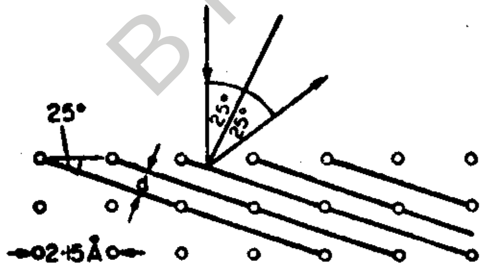
B R A O U

దాని నుండి వెలువడే ఎలక్ట్రాన్‌లను త్వరణం చేయడానికి మార్చగల పొటెన్షల్ భేదం ఏర్పాటుచేశారు. ఆ పొటెన్షల్ భేదం F కు ప్లేట్ P కి మధ్య ఉంది. eV గతిజశక్తితో వెలువడే ఎలక్ట్రాన్‌లు నిశితమైన సమాంతర పుంజంగా బహిర్గమిస్తాయి. ఈ ఏర్పాటు ఒక ఎలక్ట్రాన్ తుపాకిగా పనిచేస్తుంది. క్రిందనున్న ఏకైక నికెల్ స్ఫటికతలం మీద కిరణపుంజల లంబంగా పడుతుంది. పరికరమంతా శూన్య ఆవరణలో ఉంది. పరావర్తనం చెందిన ఎలక్ట్రాన్‌లను D అనే డిటెక్టర్ పోగుచేస్తుంది. ఆదొక ఫారడే సిలండరు. దాని నావరించి మరో సిలిండరుంది (అదే పటంలో చూపలేదు). దానికి ఋణ పొటెన్షల్ ఇచ్చేరు. దీని మూలంగా పతన ఎలక్ట్రాన్‌ల వేగం తరహాగల ఎలక్ట్రాన్‌లు మాత్రమే D లో ప్రవేశిస్తాయి. పతన కిరణాలకు ఒక నిర్దిష్ట కోణం D ని ఉంచి V యొక్క వివి విలువలకు పరావర్తన కిరణాల తీవ్రత కొలిచేరు. వాటి సంబంధం గ్రాపుగా పటం 6.2 చూపుతుంది.



పటము *6.2* కలెక్టర్ ప్రవాహానికి పతన ఎలక్ట్రాన్‌ల గతిజశక్తికి గల సంబంధం

$e = 50°$, V = 54 వోల్టులు వద్ద గరిష్ఠ తీవ్రత ఉన్నట్లు గమనించవచ్చు. డీబ్రోలీ సంబంధం $\lambda = h/p$ కి అనుగుణంగా ఎలక్ట్రాన్ పుంజం యొక్క అనుబంధ తరంగదైర్ఘ్యం మున్నదన్న ఊహతో బలమైన పరావర్తనాన్ని వివరించవచ్చు. పై ఫార్ములా నుండి 54 eV కి లెక్కకట్టిన తరంగదైర్ఘ్యం 1.74 A అని వచ్చింది. ఇది X- కిరణాల తరంగదైర్ఘ్య క్రమంలో నుంది. నికెల్ స్ఫటికంలోని పరమాణు తలాల గురించి X- కిరణాలప్పడే సమాచారం ఇచ్చేయి. ప్రయోగంలో విక్షేపణ కోణం 50° కాబట్టి పతనకోణ పరావర్తన కోణాలు ఒక్కొక్కటి 26° కావాలి. స్ఫటికంలోని పరావర్తన తలాలు స్ఫటికతలానికి 25° వాలి ఉన్నాయనేది పటం 6.3 నుండి స్పష్టమే. వరస పరావర్తనతలాల మధ్యదూరం



పటం *6.3* నికెల్ స్ఫటికం యొక్క తలాల నుండి ఎలక్ట్రాన్‌ల పరావర్తనం

$$d = 2.15 Sin 25°$$

= 0.915 A.

బ్రాగ్ ఫార్ములా

$$\lambda = 2d Sin\theta$$

నుండి

$$\lambda = 2 \times 0.915 \times Sin 65°$$

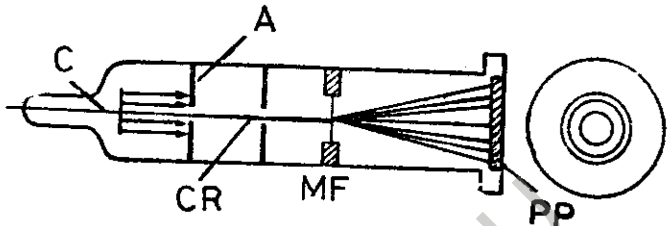
= 1.67 A

సైద్ధాంతికంగా గణించిన తరంగదైర్ఘ్యం విలువ ప్రయోగం వల్ల కనుక్కొన్న తరంగదైర్ఘ్యంతో సరిపోవడమనేది, డీబ్రోలి ద్రవ తరంగాల ఉనికిని ధ్రువీకరిస్తుంది.

6.6 థామ్సన్, రీడ్‌ల ప్రయోగం

డేవిసన్, గెర్మర్‌ల ప్రయోగం జరిగిన ఒక ఏడాది తరవాత జి.పి. థామ్సన్, ఎ. రైడ్‌లు మరో ప్రయోగం చేశారు. అల్ప పీడనం గల ఉత్సర్గ నాళంలో ఉత్పన్నమైన అధికశక్తి ఎలక్ట్రాన్‌లను వినియోగించేరు. వారి పరికరం పటం 6.4లో చూపబడింది. ఎలక్ట్రాన్‌ల వోల్టేజి 1000 వోల్టులనుండి 60,000 వోల్టుల వరకు ఉంది. అనుకూలమైన అడ్డుల నుపయోగించి, ఎలక్ట్రాన్ పుంజం సన్నగా చేశారు. అట్టి ఎలక్ట్రాన్ పుంజం పలుచటి లోహపు రేకు F ద్వారా ప్రయాణించింది. లోహపు రేకు అసంఖ్యాక సూక్ష్మ స్ఫటికాలతో ఏర్పడేటట్లు ప్రత్యేకంగా తయారుచేశారు.

రేకులో స్ఫటికాలు క్రమరహితంగా ఉన్నాయి, కాని, బ్రాగ్ ఫార్ములా ననుసరించి పరావర్తనం చేయగల స్థితిలో కొన్ని ఉన్నాయి. రేకు దళసరి దాదాపు $10^{-6}em$ నాళంలోని వాయువు బాగా శూన్యీకరింపబడింది. రేకులోంచి ప్రయాణించిన ఎలక్ట్రాన్ ప్రవాహం ఏర్పరిచే వివర్తన చిత్రాల ఫోటో తీశాడు. రేకుకు బంగారం, అల్యూమినియం, ప్లాటినం, వంటి లోహాలను



పటం 6.4 థామ్సన్-రీడ్‌ల పరికరం ఏర్పాటు

PP = ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేటు, MF = లోహపు రేకు CR = కాథోడ్ కిరణాలు,

A = ఆనోడ్, C = కాథోడ్

వినియోగించారు. వివర్తన వలయాల వ్యాసాలు కొలిచి, ఎలక్ట్రాన్ తరంగాల తరంగదైర్ఘ్యం థామ్సన్ లెక్కకట్టాడు. ఈ పద్ధతివల్లా X- కిరణ వివర్తనం వల్ల లభ్యమైన స్ఫటికాల యూనిట్ సెల్ పరిమాణాల విలువలు ఒకదానితో ఒకటి సరిపోయాయి. ఉదాహరణకు, బంగారం విషయంలో ఎలక్ట్రాన్ వివర్తనం వల్ల వచ్చిన తరంగదైర్ఘ్యం విలువ 4.08 Å కాగా, X- కిరణాలవల్ల వచ్చిన విలువ 4.06 Å.

6.7 పూరకత్వ (Complementarity) సూత్రం

ఈ తరంగ ద్వంద్వత్వానికి పరిష్కారమార్గం లేనట్లే ముందని పించింది. కణం నియత స్థానం ఆక్రమిస్తుంది. తరంగం వ్యాపిస్తుంది. కణానికి ద్రవ్యరాశి, గమనంలో నున్నప్పుడు ఏక్షణమందైనా స్థానమూ వేగమూ ఉన్నాయి. తరంగానికి తరంగదైర్ఘ్యమూ, పౌనఃపున్యమూ వేగమూ ఉన్నాయి. ఈ లక్షణాలు, వేగంతప్ప, అన్యోన్య విరుద్ధంగా ఉన్నట్లు కనిపిస్తాయి. అయినప్పటికీ, కొన్ని సందర్భాలలో విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు కణధర్మాలను ప్రదర్శిస్తాయని ప్రయోగాలు రుజువుచేశాయి. ఆ కణాలే ఫోటాన్, ఎలక్ట్రాన్ కణాలు. అవి కొన్ని సందర్భాలలో తరంగధర్మాలు చూపుతాయి. పరస్పరం పొందికలేని విషయాలను ఎట్లా సమన్వయ పరచడం?

తరంగాలుగానో, కణాలుగానో శక్తి ప్రసారమవుతుందని మన అనుభవం. ప్రశాంతంగా ఉన్న నీటి తలంపైన ఒక రాయిపడినప్పుడు నీటి తలంలో కలిగే సంచలనం గమనిస్తే అన్ని దిశలకూ తరంగ రూపంలో శక్తి ప్రసారమవుతూన్నట్లు కనిపిస్తుంది. ఈ దృగ్విషయం కళ్ళారా చూడవచ్చు. శక్తిప్రసారం వివరించడానికి తరంగ నమూనా ఉపయోగపడుతుంది. ఆ తరంగాల తరంగదైర్ఘ్యం కొలవచ్చు. ఈ విషయంలో కణనమూనాకు ఎట్టి స్థానంలేదు.

BRAOU

ఆట జరుగుతున్నప్పుడు టెన్నిస్ బంతి గమనం పరిశీలిస్తే, ఏ క్షణంలోనైనా దానికి స్థానం, ద్రవ్యరాశి, వేగం ఉన్నాయని స్పష్టమవుతుంది. ఆశించిన విధంగా బంతిని పంపడానికి ఎంతో శక్తి అవసరం. ఈ సందర్భంలో ఒక కణం మూలంగా, కణం పెద్దదైనా, శక్తి ప్రయాణిస్తుంది. బంతిగమనాన్ని కణ నమూనా ఖచ్చితంగా వర్ణిస్తుంది. ఇక్కడ తరంగ నమూనాకు స్థానంలేదు.

ఇంతవరకు మన అనుభవాలు స్పష్టంగా ఉన్నాయి. పరిశీలన దృగ్విషయాన్ని వివరించడానికి ఏ నమూనా ఎంచుకోవాలి నిర్ద్వంద్వంగా చెప్పకోగలం. ఈ రెండు సందర్భాలలో వస్తువులు స్థూలమైనవి. కాబట్టి యోచనను అనవసరంగా సాగతీయవలసిన అవసరం లేకపోయింది.

ధ్వని ఒక శక్తిరూపం, నీటి తరంగాలవలె ధ్వని తరంగాలు కంటికి కనిపించనప్పటికీ, ధ్వని ప్రసారం వివరించడానికి తరంగ నమూనా ఎంచుకొంటాం. నీటి తరంగ భావం అక్కరకు వస్తుంది. నీటి తరంగాల వలె ధ్వని తరంగాలు కూడా పరావర్తనం, వక్రీభవనం, వివర్తనం, వ్యతికరణం చెందుతాయి. ఇంత స్పష్టంగా ఫలితాలున్నాయి కనుక ధ్వని ధర్మాల వివరణకు తరంగ నమూనా తప్ప వేరొకటి పనికిరాదు.

వాయువుల అణుచలన సిద్ధాంతంలో వాయువును అదృశ్య అణుసముదాయంగా వాయువును ఊహిస్తారు. అణువులను బిందుపరిమాణ కణాలుగా భావిస్తారు. ఒక పాత్రలోనున్న వాయువులోని అణువులు నిరంతరం సంచలనావస్థలో ఉంటాయి. ఏ క్షణంలోనైనా వాటికి స్థానం, ద్రవ్యరాశి, వేగం ఉంటాయి. ఉష్ణోగ్రతాభావం, పీడనభావం కూడా అణువుల ద్రవ్యవేగం పరంగాను గతిజశక్తి పరంగాను వివరిస్తారు. అణువులు వివిధవేగాలతో గమిస్తున్నప్పటికి సాంఖ్యక ఫలితాలు సరైన చిత్రాన్ని ఇస్తాయి. వాయువుల ప్రవర్తనను విశదీకరించడానికి కణనమూనా ఒక్కటే ఉపయోగపడుతుంది. వాయువుల విషయంలో తరంగనమూనా నిష్ఫలమవుతుంది.

కాంతి కూడా ఒక శక్తిరూపం. అది విద్యుదయస్కాంత తరంగాలుగా ప్రసారమవుతుంది. కాంతి కిరణానికి తరంగదైర్ఘ్యముంది, పౌనఃపున్యముంది, వేగముంది. ఏ నమూనాపరంగా విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ధర్మాలు వివరించాలి అనే ప్రశ్నకు రెండు నమూనాలు అవసరమన్న సమాధానం వచ్చింది. న్యూటన్ ప్రతిపాదించిన కణవాదం, హైజన్స్ ప్రతిపాదించిన తరంగవాదం ; ఈ రెండు చాలాకాలం వరకు కలిసి ప్రచారంలో నున్నాయన్నది ఆసక్తికరమైన విషయం. 19వ శతాబ్ది మధ్యలో గాలిలోనూ నీటిలోనూ కాంతివేగం కనుక్కొన్నప్పుడు తరంగ నమూనా విజయం సాధించింది. కాని కొద్దికాలంలో దానికి ఆఘాతం కలిగింది.

ఫోటో విద్యుత్ ఫలితాన్ని కాంప్టన్ ఫలితాన్ని కనుగొన్నప్పుడు వాటి విశదీకరణకు తరంగ వాదమంత బలంగానూ కణవాదాన్ని పునరుద్ధరించవలసి వచ్చింది. ఏమంటే, పై రెండు ఫలితాలలోనూ విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు కణాలా అన్నట్లు ప్రవర్తిస్తాయి. అట్టి కణాన్ని ఫోటాన్ అంటారు. ఫోటాన్‌కు శక్తి ఉంది. ఆ శక్తి పరిమాణాన్ని ఆ తరంగ పౌనఃపున్యం నిర్ణయిస్తుంది. వాటి సంబంధం ఇందులో శక్తి E, పౌనఃపున్యం ν, ప్లాంక్ స్థిరాంకం h, పౌనఃపున్యం ఎక్కువైన కొద్దీ ఫోటాన్ శక్తి పెరుగుతుంది. కాబట్టి, బాగా ఎక్కువ పౌనఃపున్యం గల తరంగాలు కణధర్మాలు చూపే అవకాశముంది. అట్టి సందర్భాలలో తరంగనమూనా వర్తించదు. కణనమూనాను పైకెత్తిన తరంగ నమూనా అణగారి ఉంటుంది.

కాబట్టి, ప్రయోగ ఫలితాలకు సరిపోయే నమూనా ఎంచుకోవాలనేది స్పష్టమే. ఏ సందర్భంలోనైనా ఒక్క నమూనాయే పనిచేస్తుంది. రెండవది ఉపయోగపడదు.

క్వాంటం సిద్ధాంత ప్రతిపాదనకు రంగం తయారు చేసినదని భావింపబడుతూన్న "అతినీలలోహిత విపత్తు" గమనించతగినది. వేడివస్తువు ఉద్గారించే వికిరణం యొక్క శక్తితో దాని పౌనఃపున్యం సంబంధపరచడానికి చేసిన ప్రయత్నంలో సాంప్రదాయక భౌతిక శాస్త్రం విఫలమయింది. వాటి పరస్పర సంబంధం, తరంగాలన్నిటికీ, పూర్తిగా నిరూపించ గలిగింది క్వాంటం సిద్ధాంతమొక్కటే. విద్యుదయస్కాంత తరంగాల పౌనఃపున్యం పెరుగుతున్న కొద్దీ ఫోటాన్ యొక్క శక్తిపుంజీభూతమవుతుందన్న భావం సత్యదూరం కాకపోవచ్చు. అతినీలలోహిత పౌనఃపున్యాలకు మించిన పౌనఃపున్యాల విషయంలో

BRAOU

కణనమూనా మాత్రమే పని చేస్తుంది. అంతకు తక్కువ పౌనఃపున్యాల సందర్భంలో తరంగ నమూనాయే పనిచేస్తుంది. అంత తక్కువ పౌనఃపున్యాల సందర్భంలో తరంగ నమూనాయే అక్కరకు వస్తుంది. అధిక పౌనఃపున్యాలకు తరంగవాదం అనువర్తింపచేలేనట్లే, తక్కువ పౌనఃపున్యాలకు కణవాదం అనువర్తింప చేయలేము. ప్రయోగ ఫలితాలు ఆధారంగా ఏ ప్రయోగంతోనైనా, ఉచితమైన నమూనా ఎంచుకోవాలి. రెండవది తిరస్కరింపబడుతుంది.

అనేక ప్రయోగాలలో కణంగా వ్యవహరించే ఎలక్ట్రాన్‌కు అనుబంధమై తరంగాలుంటాయి అన్నారు. అవే ద్రవ్య తరంగాలు. ఎలక్ట్రాన్ యుగప్రారంభంలో తరంగవాదం గురించి యోచించనేలేదు. ఏమంటే, అప్పుడు జరిగిన ప్రయోగాలన్నింటిలోను ఎలక్ట్రాన్ కణధర్మాలే వ్యక్తమయ్యాయి. ఎలక్ట్రాన్ల వివర్తన ప్రయోగాలలో, కాంతి తరంగాలవలె, అవి వివర్తనం చెంది, వాటి తరంగ ధర్మాలను ప్రదర్శించాయి. అట్టి పరిస్థితులలో తరంగనమూనావైపు దృష్టి మళ్లించక తప్పిందికాదు. ద్రవ్యతరంగ భావానికి అంగీకారం లభించింది.

ఎలక్ట్రాన్ల విషయంలో కూడా ఒక ప్రయోగంలో ఒక నమూనాయే పనిచేస్తుంది. ఉదాహరణకు, సామాన్యంగా కణ నమూనా, వివర్తన ప్రయోగాలలో తరంగ నమూనా.

ఈ ద్వంద్వత్వం కణాలలోనూ తరంగాలలోను, అంతర్భూతమై ఉంది. ఇది ఉపపరమాణు కణాల సందర్భంలోనూ, తేలిక పరమాణువుల సందర్భంలోనూ బహిర్గతమవుతుంది. ఏమంటే వాటికి అనుబంధమైన తరంగాల తరంగదైర్ఘ్యం స్వల్పమైనా కొలవగల పరిమాణంలో నుంది. ఈ రెండూ పరస్పర విరుద్ధ భావాలు కావు. ఏ ప్రయోగంలోనైనా అనుకూలమైన ఒకే భావం పనిచేస్తుంది.

దీనికి సదృశంగా నాణాలను తీసుకోవచ్చు. నాణానికి ఒకవైపు బొమ్మ, రెండోవైపు బొరుసు ఉన్నాయి. దానిని ఎగురవేసినప్పుడు క్రిందపడగా బొమ్మో, బొరుసో కనిపిస్తుంది. ఒకప్పుడు బొమ్మ, మరొకప్పుడు బొరుసు. ఏకకాలంలో ఒకే నాణెంయొక్క బొమ్మ, బొరుసు కనిపించవు. అంటే, ఒకటి కనిపిస్తే రెండోది కనిపించదు. ఈ సంఘటన మనకు ఆశ్చర్యం కలిగించదు. ఏమంటే, ఒక నాణెం చేతితో పట్టుకొని, అటు ఇటు త్రిప్పి ఒకసారి బొమ్మ మరోసారి బొరుసు చూడగలం. అందుచేత నాణానికి బొమ్మ, బొరుసు కూడా ఎట్లా ఉండగలవు? అనే ప్రశ్నేరాదు. అట్టి ప్రశ్నకు అర్థంలేదని అనుభవం చెబుతుంది.

ఈ రెండు భావాలూ పూరకాలు అనేదే పూరకత్వ సూత్రం.

6.8 సారాంశం

చాలాకాలం వాదోపవాదం చేసిన కాంతికణ సిద్ధాంతమూ, తరంగ సిద్ధాంతమూ, చివరకు విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ద్వంద్వ స్వభావాన్ని అంగీకరించాయి.

తరంగాల ద్వంద్వ స్వభావం గమనించిన డిబ్రోలీ ద్రవ్య తరంగ భావం పెంపొందించి, ద్రవ్యకణాలకు అనుబంధమై తరంగాలు ఉన్నాయన్నాడు. కణం యొక్క ద్రవ్యవేగానికి, అనుబంధ తరంగం యొక్క తరంగ దైర్ఘ్యానికి గల సంబంధం నిరూపించాడు.

ఎలక్ట్రాన్ పుంజం ఒక నికెల్ స్ఫటికంపైన లంబంగా పడేటట్లు డేవిసన్, గెర్మర్‌లు ప్రయోగంచేసి, వివర్తన పుంజం తీవ్రతను వివిధ శక్తుల ఎలక్ట్రాన్‌లకు వివిధ వివర్తన కోణాలను కనుక్కొన్నారు. ద్రవ్య తరంగాల తరంగ దైర్ఘ్యం సైద్ధాంతికంగా కట్టిన విలువతో ప్రయోగంవల్ల వచ్చిన విలువకు సుమారు సరిపోయింది.

అధికశక్తి ఎలక్ట్రాన్‌లతో ప్రయోగాలు చేసిన థామ్సన్, రైడ్‌లు కూడా వారు ప్రయోగంలో కనుక్కొన్న తరంగదైర్ఘ్యం సైద్ధాంతికంగా లెక్కట్టిన తరంగ దైర్ఘ్యానికి చాలా దగ్గరగా ఉందని గమనించారు.

BRAOU

6.9 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. ద్రవ్య తరంగ భావం పెంపొందిన విధానంని వివరించండి.
2. ఎలక్ట్రాన్ తరంగాల తరంగదైర్ఘ్యం లెక్కకట్టిన ప్రయోగం వర్ణించండి.
3. బోర్ సూచించిన పూరకత్వ భావం చర్చించండి.

II. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానం రాయండి.

1. డీబ్రోలి ద్రవ్యతరంగాల భావమేమి?
2. థామ్సన్ రీడ్‌ల ప్రయోగం లక్షణాలు వివరించండి.

III. క్రింది సమస్యలను సాధించండి.

1. 1 gm ద్రవ్యరాశి గల కణం $3m/s$ వేగంతో గమిస్తుంది. దానికి అనుబంధమైన తరంగదైర్ఘ్యమెంత.

   (జ. $1.1 \times 10^{-31} m$)

2. 200 వోల్ట్‌ల పొటెన్షియల్ భేదంతో ఒక ప్రోటాన్‌ను త్వరణం చేసినప్పుడు దానికి అనుబంధమైన తరంగ దైర్ఘ్యమెంత?

   (జ. $6.4 \times 10^{-12} m$)

3. 5 కిలోవోల్ట్ ఎలక్ట్రాన్ పుంజంతో అనుబంధమైన తరంగదైర్ఘ్యం ఎంత?

   (జ. $0.169 \times 10^{-10} m$)

4. 4A తరంగదైర్ఘ్యం ఒక ఎలక్ట్రాన్‌కుంది, ఒక ఫోటాన్‌కుంది. వాటి ద్రవ్యవేగం గణించండి.

   (జ. $1.64 \times 10^{-24} Kg - m/sec.$)

5. 0.08A తరంగదైర్ఘ్యంగల ప్రోటాన్ వేగం గణించండి.

   (జ. $4.94 \times 10^{4} m/sec.$)

BRAOU

భాగం-7 : పరమాణునిర్మాణం, స్థావర తరంగాలు

విషయక్రమం

7.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు
7.2 ప్రవేశిక
7.3 ఎలక్ట్రాన్ తరంగాలు
7.4 తరంగ ప్రమేయ అర్థం
7.5 అనిశ్చితత్వ సూత్రం
7.6 సారాంశం
7.7 నమూనా ప్రశ్నలు

7.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

పరమాణుకక్ష్యలో తిరిగే ఎలక్ట్రాన్ స్వభావం స్థావరతరంగాల స్వభావంతో పోల్చబడింది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. డీబ్రోలీ తరంగ సమీకరణం ప్రాముఖ్యాతను వివరించగలరు.
2. అనిశ్చితత్వ సూత్రం సూక్ష్మకణలోకంలోనే పనిచేస్తుందని గ్రహించగలరు.
3. అనిశ్చితత్వ సూత్ర సహాయంతో ఎలక్ట్రాన్ స్థానాన్ని నిర్ణయించగలుగుతారు.

BRAOU

7.2 ప్రవేశిక

పరమాణు స్థూల నిర్మాణం తరంగాలు పరమాణువులో ధనావేశంగల కేంద్రకం చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్‌లు తిరుగుతాయని తెలుసుకొన్నాం. వివిధ కక్ష్యలలో ఎలక్ట్రాన్‌లు చరిస్తాయి అయితే ఊహించతగిన ప్రతి కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్‌కు స్థానంలేదు. కొన్ని వ్యాసాలు గల కక్ష్యలు మాత్రమే సాధ్యం. అయితే ఈ ఎంపిక ఎలా జరుగుతుంది? కొంతకాలం అది అనియమితంగానే భావింపబడింది. ఎలక్ట్రాన్‌ను కణంగా భావించినంత వరకు అనియమితత్వం వివరించడానికి సాధ్యంకాలేదు. ఎలక్ట్రాన్‌కు అనుబంధమై తరంగాలున్నాయన్న భావం మూలంగా సమస్య మలుపు తిరిగింది. కణాల తరంగస్వభావం క్రొత్త మార్గం చూపింది.

తరంగ చలనం జరిగే పరిస్థితులపైన తరంగాల లక్షణాలు ఆధారపడతాయి. ఉదాహరణకు, పురోగామి తరంగాలున్నాయి, స్థావర తరంగాలున్నాయి. తరంగ గమనం స్వేచ్ఛగా జరిగినప్పుడు ఏర్పడేవి పురోగామి తరంగాలు, కాని, కొన్ని నిబంధనలకు లోనైనప్పుడు పురోగామి తరంగాలు స్థావర తరంగాలకు స్థానమిచ్చి తప్పుకొంటాయి. మాటకు, పొడవాటి గొట్టంలోని గాలి తరంగాలను కాని, పొడవాటి తీగతో ఏర్పడే తరంగాలను కాని పురోగమి తరంగాల పరంగా వివరింపవచ్చు. అట్టి తరంగాలకు, కొంత వ్యవధిలో, ఎంత తరంగదైర్ఘ్యమైనా ఉండవచ్చు.

పురోగామి తరంగాలపైన కొన్ని భౌతిక నిబంధనలను విధించారనుకొందాం. గాలితో ఉన్న గొట్టం రెండుకొనలు కాని, ఒకకొన కాని మూయువచ్చు. వీణలో వలె ఒకతీగను రెండు వైపుల బిగించవచ్చు. ఈ రెండు సందర్భాలలోనూ తరంగ గమనం మార్పు చెందుతుంది. పురోగమన తరంగాలు స్థావర తరంగాలుగా మారతాయి. పైగా, విధించిన నిబంధనల మూలంగా స్థావరతరంగాలలో కొన్ని తరంగ దైర్ఘ్యాలు మాత్రమే ఉండగలవు.

7.3 ఎలక్ట్రాన్ తరంగాలు

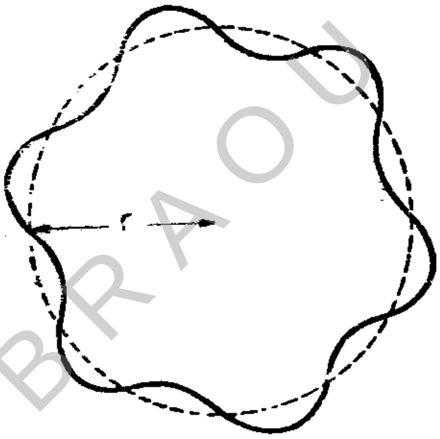
డీబ్రోలీ ద్రవ్య తరంగ భావం ఎలక్ట్రాన్‌లకు అనువర్తింప చేయవచ్చు. ఎలక్ట్రాన్‌లు ప్రవహించినప్పుడు వాటికి స్వేచ్ఛ ఉంది. కాని పరమాణువులో బంధింపబడి నప్పుడు వాటి లక్షణాలు మారతాయి. ఏమంటే పరమాణువు కక్ష్యలో తిరిగే ఎలక్ట్రాన్‌లకు కణాలుగా కాక, తరంగ దైర్ఘ్యం λ కల డీబ్రోలీ తరంగాలుగా భావించాలి. అప్పుడు

$$\lambda = h/mv \tag{7.1}$$

నుండి λ విలువ వస్తుంది. ఇందులో ప్లాంక్ స్థిరాంకం h, ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యవేగం mv. తరంగదైర్ఘ్యంతో పోల్చినప్పుడు కక్ష్య వ్యాసార్ధం పెద్దదైతే ఇది సరిపోతుంది. ఇంకా, వృత్తాకారంలోనున్న కక్ష్య వృత్తపరిధిలో - చిత్రం 7.1లో చూపినట్లు - పూర్ణాంకసంఖ్యగల తరంగదైర్ఘ్యాలు ఇమిడినప్పుడే ఇది సాధ్యమవుతుంది. ఈ నిబంధనను

$$n\lambda = 2\pi r \tag{7.2}$$

అనే సమీకరణం సూచిస్తుంది. దానికి అనుగుణమైన కొన్ని ప్రత్యేక కక్ష్యలే ఉండగలవు. సమీ. 7.1లోని λ విలువను పై సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపిస్తే



పటం 7.1 వృత్తాకార కక్ష్యకు అనువర్తింప చేసిన డీబ్రోలీ తరంగం

$$mvr = nh/r\pi \quad n = 1, 2, 3$$

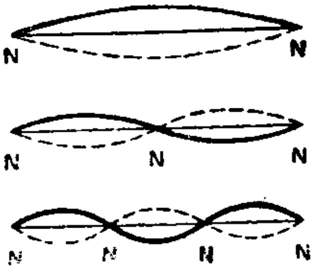
స్థావర కక్ష్యలకు, ఇదివరలో, బోర్ విధించిన నిబంధన ఇదే.

రెండుకొనల బిగించబడిన తీగతో పోల్చి ఈ పరిస్థితిలో బోధపరచుకోవచ్చు.

పటం 7.2 లో చూపినట్లు కొన్ని రకాల కంపనాలు మాత్రమే సాధ్యమవుతాయి. స్థావర తరంగాలు ఏర్పడటం చేత సహజంగా లూప్ ఆకారంతో తీగ కంపిస్తుంది. తీగ పొడవు l, లూప్‌ల సంఖ్య n అయితే సాధ్యమైన తరంగ దైర్ఘ్యాలు

$$\lambda = 2\frac{l}{n}$$

n = 1, 2, 3



పటం 7.2 ఇరువైపుల బంధనమైన తీగలు కంపన విధానాలు

తీగలో కొన్ని బిందువుల వద్ద చలనం ఉండదు. అట్టి బిందువులను అస్పందన బిందువులంటారు వాటిని N తో గుర్తిస్తారు. తీగ విషయంలో విధించిన నిబంధన రెండు కొనలవద్ద తీగను బిగించడం. కక్ష్యలో నున్న ఎలక్ట్రాన్ విషయంలో విధించిన నిబంధన కేంద్రకం యొక్క ఆకర్షణ బలం. అందుచేత కొన్ని రకాల కంపనాలే సాధ్యం.

7.4 తరంగ ప్రమేయ అర్థం

పరమాణువునందు స్థావర కక్ష్యలలో నున్న ఎలక్ట్రాన్‌లు శక్తిని వెలువరించవు, గ్రహించవు. అందుచేత పరమాణువులో స్థావర స్థితులు అనుబంధ తరంగాలకు సంబంధించినదన్న భావాన్ని ఎర్విన్ ష్రాడింగర్ తీసుకొని తరంగ యాంత్రికశాస్త్రం పెంపొందించాడు. అందులో ఒక సమీకరణం యొక్క ఫలితం ఎలక్ట్రాన్ స్థానాన్ని ఖచ్చితంగా కనుక్కోలేమనీ, దాని సంభావ్యతలు మాత్రమే తెలుసుకోగలమని సూచిస్తుంది. ఫోటాన్‌ల పరంగా ఈ భావం సులభంగా గ్రహించవచ్చు. ఫోటాన్ కణమైతే దానితో అనుబంధమైన డిబ్రోలీ తరంగం దాని విద్యుదయస్కాంత తరంగమే.

ఒక తెరపై లంబంగా పడుతున్న విద్యుదయస్కాంత వికిరణ పుంజాన్ని తీసుకొందాం. దాని పౌనఃపున్యం ν. ఆ పుంజం యొక్క తీవ్రత బాగుంటే దీప్తిమంతమైనట్లు కనిపిస్తుంది. యూనిట్ వైశాల్యంపైన యూనిట్ కాలంలో పడేశక్తిని తీవ్రత I గా నిర్వచిస్తారు.

$$I = \epsilon_0 \xi^2 c$$

ఇందులో స్వేచ్ఛాకాశంలో పెర్మిటివిటి ϵ_0, విద్యుత్ క్షేత్రసత్వం ξ.

కిరణపుంజం యొక్క తీవ్రత తగ్గిస్తూవుంటే ఏమవుతుంది? తెరపైన తీవ్రత తగ్గి దీపనం ఏకరీతిగా ఉండనిస్థితి ఏర్పడుతుంది. తెరపై పడే ఫోటాన్‌ల సంఖ్య తగ్గడం వల్ల తెరపైన దీపనం అనియమితం అవుతుంది.

ఒక్క ఫోటాన్‌ను కంటితో చూడలేక పోయినప్పటికీ తెరపైపడే ఒక్కొక్క ఫోటాన్‌ను [illegible] సూక్ష్మపరికరాలున్నవి. ఒక ఫోటాన్ ఎప్పుడు తెరపైన ఏ ప్రాంతంలో పడుతుందో జోస్యం [illegible] కాని, యూనిట్ వైశాల్యాన్ని యూనిట్ కాలంలో చేరుకొనే ఫోటాన్‌ల సగటుసంఖ్యను చెప్పకొనగలం. ఈ సంఖ్యనే ఫోటాన్‌ఫ్లక్స్, (Flux) N అంటారు. కాబట్టి ఫోటాన్‌ఫ్లక్స్ పరంగా కాంతి పుంజం తీవ్రతను వ్రాయవచ్చు.

$$I = (h) N$$

ఇందులో ప్లాంక్ స్థిరాంకం h.

వివిక్త కణాలుగా ఫోటాన్లు తెరపై పడినప్పటికీ, తీవ్రమైన కిరణపుంజములోనున్న ఫోటాన్‌ల సంఖ్య చాలా ఎక్కువ కాబట్టి, మందలో వ్యక్తిత్వం కోల్పోయిన ఫోటాన్‌లు తెరను ఏకరీతిగా దీపనం చేస్తాయి. దీనిని సమతలం పైనవడ్డ మానెమక్క తలమంతటా ఏకరీతిగా వ్యాపించినట్లు కనిపించే దృశ్యంతో పోల్చవచ్చు. ఇందులో మానెలణువుల వ్యక్తిత్వం మందలో కోల్పోతాయి. కాని, అల్పకిరణ పుంజం వినియోగించినప్పుడు, సూక్ష్మపరికరాలతో తెరపైన ఫోటాన్‌ల అనియమిత పంపకాన్ని

BRAOU

తెలుసుకోవచ్చు. చాలాకాలం తరువాత తెరపైన ఏకరీతి దీప్తి కనిపిస్తుంది. దాని తీవ్రత తగ్గి ఉంటుంది.

ఒక ఉదాహరణ పూర్వకంగా పరిస్థితి అర్థం చేసుకోవచ్చు, ఉదా : ఒక ఏకవర్ణ తరంగ పుంజంలోని ప్రతి ఫోటాన్ శక్తి 9×10^{-19} joule. దాని తీవ్రత $2.00 \times 10^{-13} watt/m^2$, ఫోటాన్ ఫ్లక్స్ ఎంత?

ఫోటాన్ ఫ్లక్స్ N అయితే

$$N = 1/h\nu = 2.00 \times 10^{-13}/9 \times 10^{-19}$$

$$= 2.22 \times 10^5 \text{ ఫోటాన్ మీ}^2 \text{ సెకను}$$

$$= 22.2 \text{ ఫోటాన్ సె.మీ}^2 \text{ సెకను}$$

అంటే, సె.మీ^{2} వైశాల్యముపైని ఒక సెకనులో 22.2 ఫోటాన్‌లు పడతాయి. ఫోటాన్‌లలో భిన్నం ఎట్లాగా ఉండదు. కాబట్టి 1 సె.మీ వైశాల్యాన్ని చాలాకాలం పరిశీలించి ఫోటాన్‌లను లెక్కిస్తే, ఒక సెకనులో సగటున 22.2 ఫోటాన్‌లు పడినట్లు తెలుస్తుంది. ఫోటాన్‌ల పంపకం కూడా అనియమితంగా ఉంటుంది. అంతేకాని ఏ ఫోటాన్ ఫ్లక్స్ చెప్పలేదు. కాని, ఫోటాన్‌ను కనుక్కొనే సంభావ్యతను సూచిస్తుంది. కాబట్టి $N\infty$ కనుక్కొనే సంభావ్యత కాగా, విద్యుదయస్కాంత కిరణ తీవ్రతను రెండు విధాలుగా నిర్వచించవచ్చు అని విశదమయింది : తరంగ పరంగాను, కణపరంగాను కూడా, ఈ తీవ్రత ప్రాముఖ్యం ఏమిటంటే వేరువేరుగా ఉన్న తరంగ వర్ణనను కణవర్ణనకు వారిధిగా పనిచేస్తుంది. రెండు విధాల వర్ణించిన తీవ్రతలు సమానం కాబట్టి

$$I = \epsilon_u \varepsilon^2 C = h\nu N$$

$$\therefore \varepsilon^2 \alpha N$$

కాబట్టి

$\varepsilon^2 \alpha$ ఫోటాన్‌నుకనుక్కొనే సంభావ్యత

ఈ భావం ఎలక్ట్రాన్ వంటి ద్రవ్యకణాలకు అనువర్తింప చేసినప్పుడు క్రొత్త భావనలకు అనువర్తింప చేసినప్పుడు క్రొత్తభావనలకు దారితీసాయి. ఫోటాన్‌ను కనుక్కొనే సంభావ్యత దాని విద్యుత్క్షేత్ర సత్వవర్గానికి అనుపాతంగా ఉందని గమనించుము. అదే విధంగా, ఒక ఎలక్ట్రాన్‌ను కనుక్కొనే సంభావ్యత దాని అనుబంధ డీబ్రోలీ తరంగం యొక్క కంపన పరిమితి వర్గానికి అనుపాతంగా ఉండననుకుం. ఒక కణానికి అనుబంధమైన తరంగం యొక్క కంపన పరిమితి ψ తో ష్రాడింగర్ ψ ని తరంగ ప్రమేయం అంటారు. దీని నుండి తరంగ ప్రమేయం నిర్వచించవచ్చు. ... కణాన్ని కనుక్కొనే సంభావ్యతకు అనుపాతంగా ఉందో ఆ రాశినే తరంగ ... $x, x + dx$ మధ్య కణాన్ని కనుక్కొనే సంభావ్యతను $\psi^2 d\alpha$ చూపుతుంది.

ఈ కణాన్ని ఫోటాన్‌తో పోల్చినప్పుడు కణానికి తరంగ ప్రమేయానికి గల సంబంధం, ఫోటాన్‌కు విద్యుత్ సత్వానికి గల సంబంధం వంటిదే అని స్పష్టమవుతుంది, ఇదే, తరంగప్రమేయం యొక్క సంభావ్యతా వివరణ.

.5 అనిశ్చితత్వ సూత్రం (Uncertainty Principle)

"అనిశ్చితత్వ సూత్రం" అనే శీర్షికతో ఒక సూత్రం విజ్ఞానంలో గౌరవస్థాన మాక్రమించిందంటే ఆశ్చర్యంగానే ఉంటుంది. కాని ఆశ్చర్యానికి తావులేదు. అనిశ్చితత్వం సూక్ష్మకణ లోకంలోనే పని చేస్తుంది. ఇంతవరకు సాంప్రదాయిక భౌతికశాస్త్రంలో స్థూలవస్తువులతోనే ప్రమేయముండేది. కాని, అతి సూక్ష్మమైన పరమాణువుని తీవ్రంగా పరీక్షించినప్పుడు, పరమాణువుల, ఉపపరమాణు కణాల ప్రవర్తన అర్థం చేసుకోడానికి నూతన దృష్టి పెంపొందించుకోవలసిన అవసరాన్ని కొన్ని సంఘటనలు

సూచించేయి. అట్టి పరిస్థితులను విజయవంతంగా ఎదుర్కోడానికి క్వాంటం సిద్ధాంతం. సాపేక్షతా సిద్ధాంతం అను రెండు క్రొత్త సిద్ధాంతాలను ప్రతిపాదించవలసి వచ్చింది. తత్ఫలితంగా పుట్టిన అనిశ్చితత్వ సూత్రం సూక్ష్మకణ లోకానికే పరిమితమైన ఉంటుంది. స్థూల ప్రపంచంలో సాంప్రదాయిక భౌతిక శాస్త్రం దాని స్థానాన్ని కోల్పోలేదు. సూర్య చంద్రగ్రహణాల జోస్యం, ఉపగ్రహాలను కక్ష్యలలో ప్రవేశ పెట్టడం వంటివి సాంప్రదాయిక భౌతికశాస్త్రం చెల్లుబాటుకు ప్రబల నిదర్శనాలు.

పరమాణు నిర్మాణం పరిశోధిస్తున్నప్పుడు అనిశ్చితత్వ సూత్రం అవసరమయింది, గమనంలో నున్న ఎలక్ట్రాన్ విషయం గురించి ఆలోచిస్తే దానిని సూక్ష్మదర్శినిలోంచి పరిశీలించాలి. పరిశీలన అనగానే కొన్ని విషయాలు గమనించాలి. మొట్టమొదటగా సూక్ష్మదర్శిని యొక్క పరిమితత్వం తెలుసుకోవాలి. ఒక వస్తువును దూరదర్శినిలోంచి చూచేటప్పుడు దానిపై నున్న రెండు బిందువులు విడిగా కనిపించాలంటే కొన్ని షరతులు గమనించాలి. కాంతి యొక్క తరంగ స్వభావం వల్ల ఒక బిందువు యొక్క ప్రతిబింబం బిందువుగాకాక, చిన్న బిళ్ళలాగ విస్తరించి కనిపిస్తుంది. రెండు బిందువుల బిళ్ళ ప్రతిబింబాలు ఒకదానిపైన ఒకటి పడనప్పుడు, ఆ బిందువులు వేరువేరుగా స్పష్టంగా కనిపిస్తాయి. బిందువులను దీపనం చేయడానికి λ తరంగదైర్ఘ్యం గల కాంతిని వినియోగించామనుకొందాం. అప్పుడు, బిందువులు స్పష్టంగా కనిపించడానికి వాటి మధ్య నుండవలసిన కనీస దూరం లెక్కకట్టవచ్చు.

సూక్ష్మదర్శిని M క్రింద ఒక బిందువు Pని పరిశీలిస్తున్నా మనుకొందాము. (పటం 7.3) వస్తుకటకం యొక్క వ్యాసానికి రెండువైపుల Pని రెండు గీతలతో కలపగా వాటి మధ్యకోణం α. P వద్ద రెండు బిందువులుండి, అవి స్పష్టంగా కనిపించాలంటే వాటిమధ్య కనీస దూరాన్ని $\lambda/Sin\alpha$ నిరూపిస్తుంది.

పటం 7.3 సూక్ష్మదర్శినిలో చూసిన కణం

BRAOU

ఇందులో కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం λ. తరంగదైర్ఘ్యం తగ్గికొద్ది బిందువుల మధ్య దూరం కూడా తగ్గుతుంది. అంటే తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యంగల కాంతిని వినియోగించడం వల్ల ఇంకా దగ్గరగా ఉన్న బిందువులను కూడా చూడవచ్చు.

P వద్ద ఒకే బిందువు ఉంటే దాని ప్రతిబింబం చూచినప్పుడు ఆ ప్రతిబింబం మధ్య బిందువు ఉందని చెప్పలేము. ఏమంటే ప్రతిబింబం బిళ్ళ ఆకారంతో నుంది కాబట్టి ఆ బిళ్ళలో ఎక్కడైనా బిందువు ఉండవచ్చు. అంటే, ఒక బిందువు ప్రతిబింబాన్ని చూచి బిందుస్థానం ఖచ్చితంగా నిర్ణయించడంలో కొంత అనిశ్చితత్వం జొరబడింది. దాని పరిమాణం

$$\lambda/sin\alpha$$

ఇప్పుడు, P వద్ద బిందువుకాక ఒక ఎలక్ట్రాన్ ఉంది అనుకొందాము. దాని ద్రవ్యరాశి m, అది దృక్ క్షేత్రంలో X- దిశలో గమించు వేగం V. దానిని చూడాలంటే, ముందుగా దానిపైన కాంతి ప్రసరింపచేయాలి. అప్పుడు కాంతిలోని ఫోటాన్‌లు ఎలక్ట్రాన్ మీద పడి అపవర్తనం చెంది, కొన్ని పరిశీలకుని కంట్లో పడతాయి. అప్పుడు మాత్రమే ఎలక్ట్రాన్ కనిపిస్తుంది. దాని ప్రతిబింబం P ప్రాంతంలో కనిపించినంత మాత్రాన, ఎలక్ట్రాన్ P వద్ద ఉంది అనలేము. పైన చెప్పినట్లు P కి దగ్గరలో Δx ప్రాంతంలో ఉందనుకోవచ్చు.

అప్పుడు

$$\Delta x = \lambda/sin\alpha$$

ఎలక్ట్రాన్ స్థానంలో అనిశ్చితత్వ తరహాను Δx నిర్వచిస్తుంది.

ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యవేగం యోచిస్తే, ఫ్రోటాన్‌తో ఢీకొట్టేముందు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క ద్రవ్యరాశి వేగము కూడా ఖచ్చితంగా కనిపెట్టాం అనుకొందాం. అంటే ఖచ్చితమైన కొలతలు ఎలక్ట్రాన్ ప్రతిబింబం చూడకముందు తీసుకొన్నవి. కాబట్టి, దాని ద్రవ్యవేగం మార్పిడి జరిగింది. కాబట్టి, ఢీకొన్న తరువాత ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యవేగం, ఢీకొనక ముందున్న ద్రవ్యవేగానికి సమానం కాదు. తరంగదైర్ఘ్యం λ, పౌనఃపున్యం ν గల ఫోటాన్ శక్తి $h\nu$ అనీ, ద్రవ్యవేగం h/λ అనీ తెలుసు.

$$(\text{ఏమంటే, } E = mc^2 = pc = h\nu \text{ కాబట్టి, } P = h\nu/c = \tfrac{1}{\lambda})$$

ఢీకొన్న తరువాత ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యవేగం p_x కాక

$$p_x - \frac{h}{\lambda}\frac{sin\alpha}{2} కి p_x + \frac{h}{\lambda}\frac{sin\alpha}{2}$$

కి మధ్య ఉంటుందని చూపవచ్చు. కాబట్టి ద్రవ్యవేగం ఉండగల తరహా

$$\Delta p_x = \frac{h}{\lambda} sin\alpha$$

ఢీకొన్న తరవాత ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యవేగంలో నున్న అనిశ్చితత్వాన్ని ఇది సూచిస్తుంది. స్థానంలోని అనిశ్చితత్వాన్నీ ద్రవ్యవేగంలోని అనిశ్చితత్వాన్నీ గుణించగా వచ్చేది

$$\Delta x.\Delta p_x = \frac{\lambda}{sin\alpha}.\frac{h sin\alpha}{\lambda} = h$$

మొత్తం అనిశ్చితత్వం h కి సమానమైనా కావాలి, అంతకు ఎక్కువైనా కావాలి, కాని తక్కువగా ఉండలేదు. అయితే, పరికరాల్ని మెరుగుపరచడం ద్వారా కాని, పరిశీలన విధానాలను మార్చడం మూలంగాని, అనిశ్చితత్వ పరిమాణం తగ్గించే అవకాశంలేదని గమనించాలి. ఏమంటే, ఎక్కువ పౌనఃపున్యమున్న కాంతి ఉపయోగించి స్థానంలో అనిశ్చితత్వం తగ్గించినప్పుడు, ఫోటాన్ శక్తి ఎక్కువ అవుతుంది. కబాట్టి, ఎలక్ట్రాన్ ఇంకా బలంగా ఢీకొనడం చేత ద్రవ్యవేగంతో అనిశ్చితత్వం ఎక్కువ అవుతుంది. పోనీ, తక్కువ పౌనఃపున్యం, అంటే, ఎక్కువ తరంగ దైర్ఘ్యంగల కాంతి ఉపయోగించి ద్రవ్యవేగంతో అనిశ్చితత్వం తగ్గిద్దామంటే, తరంగ దైర్ఘ్యం పెరగడంచేత ఎలక్ట్రాన్ స్థానంలో అనిశ్చితత్వం ఎక్కువ అవుతుంది. ఒక రాశి, స్థానం, కొలతలో అనిశ్చితత్వం పెరుగుతుంది. స్థానంయొక్క ద్రవ్యవేగం, కొలతలో అనిశ్చితత్వం పెరుగుతుంది. స్థానంయొక్క, ద్రవ్యవేగంయొక్క ఖచ్చితమైన విలువలు ఏకకాలంలో ఒకేసారి రాబట్టడం సాధ్యంకాదన్న సత్యం దీనినుండి వెలువడుతుంది.

ఒక కణంయొక్క శక్తి ఒక క్షణంలో కొలచినప్పుడు కొలతలో ఇటువంటి అనిశ్చితత్వమే ఎదురవుతుంది. శక్తికొలతలో అనిశ్చితత్వం ΔE, కాలం కొలతలో అనిశ్చితత్వం Δt అనుకుంటే

$$\Delta E, \Delta t \sim h$$

అని చూపవచ్చు.

సైద్ధాంతికంగా అనిశ్చితత్వం సర్వవ్యాప్తమయి ఉంది. కాని అనుభవికంగా అది సూక్ష్మకణ ప్రపంచానికి పరిమితమయి ఉంది. ఏ పరిస్థితులలో అనిశ్చితత్వం కనిపిస్తుందో నిర్ణయించవచ్చు.

$$\Delta x.\Delta p_x > h$$

సంబంధంలో p_x వంతు mv_x వాడితే

$$\Delta x.\Delta m.v_x \geq h$$

అవుతుంది. కాబట్టి, m విలువ తగ్గినకొద్దీ స్థానంలోనూ వేగంలోనూ, అనిశ్చితత్వం పెరుగుతుంది. ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్‌ల ద్రవ్యరాశులు బాగా తక్కువ, ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి అంత కంటె తక్కువ. అందుచేత, వాటి విషయాల్లో అనిశ్చితత్వం బహిర్గతమవుతుంది. పైగా, ద్రవ్యంయొక్క శక్తియొక్క ద్వంద్వ స్వభావం మూలంగా క్వాంటం అనిశ్చితత్వాలు గోచరిస్తాయి.

BRAOU

ఉదాహరణ: 100 గ్రా బరువుగల ఒక తుపాకి గుండు 200 మీ/సెకన్ వేగంతో ప్రయాణిస్తుంది. దాని వేగాన్ని 0.02% వరకు ఖచ్చితంగా చెప్పవచ్చు. దాని వునికిని ఎంత ఖచ్చితంగా వ్యక్తం చేయగలమో లెక్కకట్టండి.

గుండు ద్రవ్యవేగం $= p = mv$
$(0.1) \times 200 = 20$ కి.గ్రా.మీ/సెకన్

ద్రవ్యవేగంలో అనిశ్చితత్వం $\Delta p = 0.0002 \times 20$
$= 4 \times 10^{-3}$ కి.గ్రా-మీ/సెకన్

కాబట్టి $\Delta x = \frac{6.6\times10^{-34}}{4\times10^{-3}} \left[\because \Delta p \times \Delta x = h\right]$
$= 1.65 \times 10^{-31}$ మీ.

స్థానంలోని అనిశ్చితత్వం 10^{-30} మీ. అవధిలో వుంది. ఇది చాలా తక్కువ. ఈ కారణంగానే వేటగాడు జంతువులను ఖచ్చితంగానే వేటాడగలుగుతున్నాడు. అయితే ఎలక్ట్రాన్ వంటి సూక్ష్మకణం విషయంలో యీ అనిశ్చితత్వం చాలా ఎక్కువగా వుంటుంది. ఈ విషయం కింది ఉదాహరణ ద్వారా స్పష్టం అవుతుంది.

ఉదాహరణ ఒక ఎలక్ట్రాన్ 200 మీ సెకను వేగంతో ప్రయాణిస్తూందనుకొందాం. ఈ వేగం 0.02 న ఖచ్చితంగా తెలిస్తే, ఎలక్ట్రాన్ స్థానంలోని అనిశ్చితత్వం లెక్క కట్టండి.

ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యవేగం $= p = mv$

$$= (9.1\times10^{-31}) \times 200$$
$$= 1.8 \times 10^{-28}$$ కి.గ్రా-మీ/సెకను

ద్రవ్యవేగంలో అనిశ్చితత్వం $\Delta p = (0.0002) \times (1.8 \times 10^{-28})$
$= 3.6 \times 10^{-32}$

స్థానంలోని అనిశ్చితత్వం $\Delta x = \frac{h}{\Delta p}$
$= \frac{6.6\times10^{-34}}{3.6\times10^{-32}}$
$= 1.83 \times 10^{-2}$ మీ.
$= 1.83$ సె.మీ.

ఈ విలువ (1.8 సె.మీ) విస్మరించడానికి వీలుకాని పరిమాణం కలిగివుంది. ఎలక్ట్రాన్ అతి తక్కువ ద్రవ్యరాశిగల సూక్ష్మకణం కావడం కారణంగా, దాని స్థానంలోని అనిశ్చితతవం చాలా ఎక్కువగా వుంది. ఇంతేకాక క్వాంటమ్‌లోని అనిశ్చితత్వానికి, శక్తి, ద్రవ్యంయొక్క ద్వంద్వ స్వభావం కారణం అని చెప్పవచ్చు.

7.6 సారాంశం

కక్ష్యలో తిరుగుతూన్న ఎలక్ట్రాన్ కణం బంధింపబడినప్పుడు ఆ కణానికి అనుబంధమైన తరంగాలు స్థావరతరంగాల రూపం ధరిస్తాయి. ఈ తరంగ స్వభావం కక్ష్య యొక్క పరిమాణాన్ని నిర్ణయిస్తుంది. కొన్ని కక్ష్యలను మాత్రమే అంగీకరిస్తుంది. ఈ విధంగా క్వాంటీకరణం అమలులోకు వస్తుంది.

డిబ్రోలీ తరంగాలకు సంబంధించి ష్రాడింగర్ పెంపొందించిన సమీకరణం సంభావ్యతాభావానికి దారితీస్తుంది. ఎలక్ట్రాన్ స్థానం ఖచ్చితంగా చెప్పలేం కాని, స్వల్ప వ్యవధిలో దానిని కనుక్కొగల సంభావ్యత నిర్ణయించ గలం.

ఉప పరమాణు లోకంలో అనిశ్చితత్వం సూత్రానికి స్థానం ఎట్లా వచ్చిందంటే, ఎలక్ట్రాన్ పరిశీలించడానికి దానిని దీప్తిమంతం చేయాలి. ఫోటాన్‌ల రూపంలో నున్న దీపనం ఎలక్ట్రాను చెదురుస్తుంది. అందుచేత దాని స్థానాన్ని ద్రవ్యవేగాన్ని ఒకేసారి కచ్చితంగా కనుక్కోలేము. ఆ

కారణంచేత కొంత అనిశ్చితత్వం ఏర్పడుతుంది. స్థానంలో అనిశ్చితత్వం, ద్రవ్యవేగంలో అనిశ్చితత్వం: ఈ రెండిటి లబ్దం, ప్లాంక్ స్థిరాంకం h కంటె ఎప్పుడూ తక్కువగా ఉండదు. శక్తి, కాలం వంటి జంటరాశుల కొలతలలో అనిశ్చితత్వం ఉంటుంది. ఈ సూత్రం ఉపపరమాణు లోకానికి పరిమితమై ఉంది. స్థూల ప్రపంచంలో అది కనిపించదు.

7.7 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. స్థూల సంఘటనలలో ద్రవ్యం యొక్క తరంగ ధర్మం ఎందుకు కనిపించదో ఉదాహరణ పూర్వకంగా చూపండి.

2. స్థావరతరంగ భావం కక్ష్యలోనున్న ఎలక్ట్రాన్‌కు అనువర్తింపచేసిన విధానం చూపి, ఫలితాలు వివరించండి.

II. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానం రాయండి.

1. అనిశ్చితత్వ సూత్రం యొక్క పరిమితత్వమేమిటి?

ఉపపరమాణు కణాల విషయంలో అనిశ్చితత్వం ఎట్లా ఆవిర్భవిస్తుంది.

III. క్రింది సమస్యలను సాధించండి

1. 4 A తరంగ దైర్ఘ్యం ఎలక్ట్రాన్‌కుంది. ఒక ఫోటాన్‌కుంది. వాటి ద్రవ్య వేగం గణించండి.
(జ. $1.64 \times 10^{-4} Kg.m/sec.$)

2. 0.08A తరంగ దైర్ఘ్యంగల ప్రోటాన్ వేగం గణించండి..
(జ. $4.94 \times 10^4 m/sec.$)

3. ఏకవర్ణ హైడ్రోజన్ పరమాణు పుంజంలో ప్రతి పరమాణువుకు $2\times10^{-3}eV$ గతిజశక్తి ఉంది. దాని అనుబంధ తరంగ దైర్ఘ్యం గణించండి.
(జ. 6.4 A)

4. న్యూక్లియస్ పరిమాణం, అంటే, సుమారు $1\times10^{-14}meter$ పొడవుగల పెట్టెలో బంధితమైన న్యూట్రాన్ రెండవశక్తి స్థాయి విలువ గణించండి.
(జ. 8.2 Mev.)

5. పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్ స్థానం తెలుసుకోడానికి సూక్ష్మదర్శిని ఉపయోగించేరు. దానిస్థానం 0.2A వరకు ఖచ్చితంగా తెలుసుకోవచ్చు. ఆ ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యవేగంతో అనిశ్చితత్వ మెంత?
(జ. $3.3 \times10^{23} Kg - m/sec$)

6. ఒక ఎలక్ట్రాన్ స్థానం, వేగం ఒకేసారి కనుగొనే ప్రయత్నంలో, X- దిశలో దాని వేగం 10^4 m/sec. స్థాయిలో ఖచ్చితంగా కొలవవచ్చు. X- దిశలో దానిని కనుగొనే ఖచ్చితత్వం పరిధి ఎంత?
(జ. $7.6 \times10^2 meter.$)

7. $E=\frac{1}{8mx^2}$ శక్తితో ఒక కోణం X- దిశలో పోతూంది. స్థానంలో అనిశ్చితత్వం Δx అనుకొని, $\Delta p_x, \Delta x > h$ అయి, $\Delta p = \Delta x/v$ అయినప్పుడు

$$\Delta E, \Delta t \geq h$$

అని చూపండి.

BRAOU

భాగం - 8 ష్రాడింగర్ తరంగ సమీకరణం

విషయక్రమం

8.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

8.2 ప్రవేశిక

8.3 ష్రాడింగర్ తరంగ సమీకరణం

8.4 పెట్టెలో కణం

8.5 సరళహరాత్మక డోలకం

8.6 సారాంశం

8.7 నమూనా ప్రశ్నలు

8.8 చదవదగిన గ్రంథాలు

8.1 ఉద్దేశాలు లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో స్థావర తరంగాలకు ష్రాడింగర్ సమీకరణం వ్యుత్పాదింపబడింది. తరంగ ప్రమేయం ప్రాముఖ్యత చర్చించబడింది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1) పెట్టెలోనున్న కణం ప్రవర్తనను వివరించగలుగుతారు.

2) పెట్టెలో కణం, సరళహరాత్మక కంపకం ప్రవర్తనలను పోల్చగలరు.

8.2 ప్రవేశిక

ఈ భాగంలో ష్రాడింగర్ సమీకరణ తరంగ ప్రమేయ ప్రాముఖ్యతను గురించి తెల్సుకుంటాము.

8.3 ష్రాడింగర్ తరంగ సమీకరణం

బోర్ ప్రతిపాదనపైన అప్పటికి అమలోనున్న అనుభవిక సిద్ధాంతం పరమాణు నిర్మాణ సమస్యను పూర్తిగా పరిష్కరించ లేకపోవడంతో, క్వాంటం లేక తరంగ యాంత్రిక శాస్త్రం (wave machanics) ఆవిర్భవించింది. క్వాంటం యాంత్రిక శాస్త్రం నిర్మించడంలో ద్రవ్యకణాలు తరంగాలవలె ప్రవర్తించి తరంగ ధర్మాలు చూపడమనేది మూలభావం.

రకరకాల గణిత పద్ధతులలో బార్న్, హైజన్‌బర్గ్, ష్రాడింగర్ మొదలైనవారు తరంగ యాంత్రిక శాస్త్ర సిద్ధాంతాలను వ్యాఖ్యానించారు. బార్న్, హైజన్‌బర్గ్‌లు వ్యాఖ్యానించడానికి కలన గణితం ఎంచుకొంటే, ష్రాడింగర్ ఎంచుకున్న పద్ధతిలో సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రంలోని గమన సమీకరణాల స్థానే తరంగ సమీకరణాలు వినియోగించాడు. ద్రవ్యధర్మాలను డిబ్రోలి-ద్రవ్యతరంగ ప్రక్రియల రూపంతో విలువరించాడు. పరమాణు భౌతిక శాస్త్ర సమస్యలను పరిష్కరించడంతో ష్రాడింగర్ తరంగ సమీకరణం ప్రధానపాత్ర వహిస్తుంది.

ధన X- దిశలో స్వేచ్ఛగా గమిస్తున్న కణం గురించి యోచిద్దాం. దాని ద్రవ్యరాశి m, వేగం v, అప్పుడు దానికి గతిజశక్తి మాత్రమే వుంటుంది. దాని మొత్తం శక్తి E ని

$E = K = \frac{1}{3}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$ (p=mv కాబట్టి) అని రాయవచ్చు.

Dr. BRAOU LIBRARY

Acc. No: T-3396

Class No:

దాని ద్రవ్యవేగం

$$p = h/\lambda$$

అనీ, శక్తి $E = h\gamma$

అనీ నిర్వచించవచ్చు. కణానికి అనుబంధమైన తరంగం ఏకవర్ణ తరంగం కావాలి. దాని పౌనః పున్యం ν , తరంగ దైర్ఘ్యం λ అట్టి పురోగామి తరంగాన్ని ψ_1 ప్రమేయంతో నిరూపిస్తే

$$\psi_1 = A_1 cos 2\pi \left\{ \left(\frac{x}{\lambda}\right) - \nu t \right\}$$

దీని పరావర్తన తరాంగాన్ని

$$\psi_2 = A_1 cos 2\pi \left\{ \frac{x}{\lambda}) + \nu t \right\}$$

నిరూపిస్తుంది. ఈ రెండు ఒకదానిపై ఒకటి పడగా ఏర్పడే స్థావర తరంగాలను

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 = Acos(2\pi x/\lambda) Cos(2\pi, t) \quad 8.1$$

తో నిరూపించవచ్చు. ఇది రెండుపదాల లబ్దం. స్థలంపైన ఆధారపడిన పదం.

$$\psi(x) = Acos(2\pi x/\lambda)$$

కాలంపైన ఆధారపడిన పదం

$$f(t) = Acos(2\pi \nu t)$$

స్థలంపైన ఆధారపడిన పదం మాత్రమే పరిశీలిద్దాం.

$\psi(\alpha, t)$ యొక్క పాక్షిక అవకలనిని X పరంగా రెండుమార్లు తీసుకొంటే

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 \psi$$

అయితే $\psi(x,t) = \psi(x) f(t)$

కాబట్టి

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 \psi$$

$$= -\left(\frac{p^2}{h^2}\right)\psi \quad 8.2$$

సమీకరణ 8.2 ఒక స్వతంత్ర కణానికి అనువర్తించే విధంగా రూపొందించబడింది. అయినా కొన్ని నిబంధనలకు లోనైన కణం యొక్క తరంగ ప్రవర్తనను పై సమీకరణం నిరూపిస్తుందని ష్రాడింగర్ ఊహించాడు. కణానికి స్థితిజశక్తి V కూడా ఉండవచ్చు. అట్టి సందర్భంలో వాని మొత్తం శక్తి

$$E = K + V = (p^2/2m) + V$$

$$\text{కాబట్టి } p^2 = 2m(E - V) \quad 8.3$$

ఈ విలువను సమీ. 8.2లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$\frac{h^2}{2m}\frac{d^2\psi}{dx^2} + (E - V)\psi = 0 \quad 8.4$$

ఇది ష్రాడింగర్ కాల స్వతంత్ర సమీకరణం. ఇది ఏక పరిణామాత్మకం. దీనిని తరంగసమీకరణం అంటారు. దీనిని మూడు పరిమాణాలకు విస్తరించవచ్చు.

BRAOU

8.4 పెట్టెలో కణం

రెండు కొనలు బిగించబడ్డ తీగలో ఉత్పన్నమయే తరంగాలు సాంప్రదాయిక భౌతిక శాస్త్రం ప్రకారం స్థావర లేక స్థిర తరంగాలు. కొన్ని హద్దులలో గమనం నిబద్ధమైన కణానికి అనుబంధమైన డిబ్రోలీ తరంగాలు అటువంటివే.

X = o, X = L హద్దుల మధ్య ఒక కణం నిబద్ధమైవుంది. కణం నిబద్ధమై వుంది కాబట్టి పెట్టెలో దాని స్థితిజ శక్తి సున్నగా తీసుకోవచ్చు. కాని హద్దులవద్ద యీ శక్తి అనంతానికి పెరుగుతుంది. అట్టి పరిస్థితులలో

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -B^2$$

అనే రూపం ధరిస్తుంది. ఇందులో $B = \sqrt{2mE/h}$ హద్దులలో కణం బంధింపబడింది. కాబట్టి

$$x \leq O, x \geq L$$

స్థితులలో దానిని కనుక్కోగల సంభావ్యత సున్న. సమీకరణ ఫలితం హద్దుల షరతులకు అనుకూలంగా వుండాలి. ఆ షరతులు

$$\psi(o) = \psi(L) = O$$

అట్టి సైన్ ప్రమేయం

$$\psi(x) = ASinBx \qquad 8.5$$

మొదటి హద్దు షరతు x = o అయినప్పుడు $\psi(o) = 0$ అనువర్తింప చేస్తే ఫలితం సరిపోయింది. కాని రెండో షరతు $\psi(L) = o$ సరిపోడానికి

$$BL = n\pi$$

కావాలి కాని, $B = \sqrt{2mE/h}$

కాబట్టి, పై సమీకరణం

$$\sqrt{2mE} \times \frac{L}{h} = n\pi$$

గా రూపొందుతుంది. దాని నుండి

$$E = \frac{n^2\pi^2h^2}{2mL^2}$$

$$= \frac{n^2h^2}{8mL^2}$$

n పూర్ణాంకం విలువలన్నింటికి

$$E_n = \frac{n^2h^2}{8mL^2} \qquad 8.6$$

B విలువను సమీకరణం 8.5లో ప్రతిక్షేపిస్తే,

$$\psi_n(x) = A_n sin(n\pi x/L) \qquad 8.7$$

సమస్యయొక్క భౌతిక పరిస్థితులను తృప్తిపరచే సమీకరణం యొక్క పరిష్కారం, సమీకరణంలో పాల్గొని పరిమితుల నిర్దిష్ట విలువలకు మాత్రమే సాధ్యమని అవకలన సమీకరణ సిద్ధాంతం తెలియజేస్తుంది. ష్రాడింగర్ తరంగ సమీకరణం సాధించగా వచ్చిన విలువలు రెండవ క్రమ అవకలన సమీకరణం నుండి వచ్చాయి. అందుచేత సమీ. 8.6లోని పరామతి విలువలను ఐగన్ విలువలు E_n (Eigen values)

B R A O U

అంటారు. వాటికి అనురూపమైన సమీ. 8.7 లోని ψ_n విలువలను ఐగన్ ప్రమేయాలు (Eigen functions) అంటారు.

హద్దులమధ్య కణం స్వేచ్ఛగా గమించి నప్పటి స్థావర తరంగాల స్థితులు గమినిస్తే, దాని డిబ్రోలి తరంగం సహజం సైన్ తరంగమని తెలుస్తుంది. హద్దులవద్ద షరతులను తృప్తి పరచటానికి x = o, x = L మధ్య ఇమడగల పూర్ణసంఖ్యగల అర్థ తరంగదైర్ఘ్యాలు సాధ్యమవుతాయి. కాబట్టి, స్థావర లేక డిబ్రోలి తరంగాలు వుండటానికి షరతు

$$L = n(\lambda/2) \tag{8.8}$$

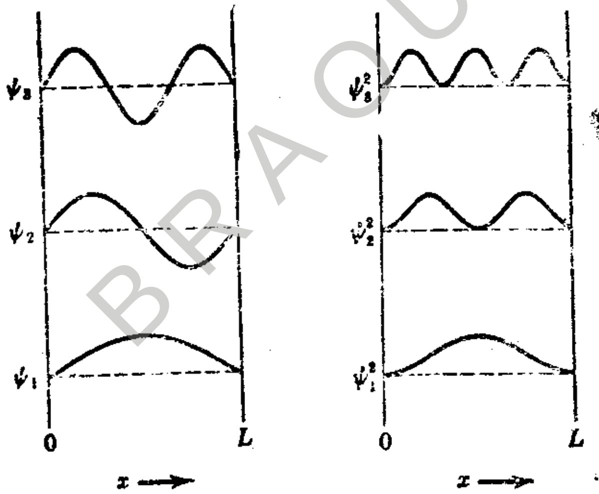
ఇందులో డిబ్రోలి తరంగదైర్ఘ్యం λ ; క్వాంటం సంఖ్య n. దాని విలువ n = 1, 2, 3..... ఈ తరంగదైర్ఘ్యాలు క్రింది షరతులను తృప్తిపరుస్తాయి.

$x < o, x > L$ అయినప్పుడు $V = \alpha$

$o < x < L$ అయినప్పుడు $V = o$

$x \leq o, x \geq L$ అయినప్పుడు $\psi = o$

హద్దుల పరిస్థితుల ననుసరించి తరంగప్రమేయం ψ యొక్క, సంభావ్యతా వివరణ ψ^2 యొక్క గ్రాఫులు అధ్యయనం చేస్తే పెట్టెలో కణానికి కొంత సమాచారం లభిస్తుంది. పటం 8.1



BRAOU

(a) పటం 8.1 (b)

మొదటి మూడు స్థావర పరిస్థితులకు తరంగ ప్రమేయం (a)
సంభావ్యతా వితరణ (b)

ఏక పరిమాణ పెట్టెలోనున్న కణంయొక్క ప్రమేయాన్ని (a), సంభావ్యతా వితరణను (b) మొదటి మూడు స్థావరస్థితులకు చూపుతుంది. ఒక బిందువువద్దనున్న దాని రాశి ఆకణానికి దగ్గరగా వుండే సంభావ్యతను ψ^2 కొలుస్తుందని మాక్స్‌బార్న్ సూచించాడు. అంటే, ఆ బిందువుచుట్టూ అల్పపరిమాణం dv తీసుకొంటే, ఏ క్షణంలోనైనా కణాన్ని ఆ ఘనపరిమాణంలో కనుక్కోగల సంభావ్యతను $\psi^2 dv$ ఇస్తుంది. ψ ధనంగా కాని, ఋణంగా కాని, వుండవచ్చుని, ψ^2 మాత్రం ఎప్పుడూ ధనమనీ పటం నుండి స్పష్టమవుతుంది. n విలువతో నిమిత్తం లేకుండా హద్దులవద్ద ψ^2 ఎప్పుడూ సున్న అయేటట్లు

సంభావ్యతా వితరణ వుంది. n = 1 అయినప్పుడు గోడలకు సరిగా మధ్యనున్న బిందువువద్ద కణాన్ని కనుక్కొనే సంభావ్యత గరిష్ఠంకాగా, n = 2 అయినప్పుడు ఈ సంభావ్యతే అదే స్థానంలో, అంటే, x = L/2 బిందువువద్ద సున్న అవుతుంది.

ఒక కణంయొక్క ద్రవ్యవేగానికి తరంగదైర్ఘ్యానికీ గల సంబంధం $p = h/\lambda$ చూపుతుందని తెలుసు. ψ మీద హద్దు షరతులను విధించినప్పుడు కణంయొక్క తరంగదైర్ఘ్యం $\lambda = 2L/n$ విలువలకు పరిమిత మవుతుంది. λ కి p కి గల సంబంధంతో అనుమతించిన తరంగదైర్ఘ్యాలకు అనురూపమైన ద్రవ్యవేగాలు కూడా కొన్ని విలువలకు నిబంధింపబడతాయి. ఆ విలువలు

$$p = h/\lambda = \frac{hn}{2L}$$

దీని నుండి కణంయొక్క శక్తి, స్థితిజశక్తి సున్న కనుక,

$$K.E. = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= p^2/2m$$

$$= \frac{h^2n^2}{8mL}$$

అవుతుంది. నియతమైన m, L విలువలకు సాధ్యమయే శక్తి విలువలు క్వాంటం సంఖ్య n పైన మాత్రమే ఆధారపడతాయని సూచించడానికి సమీకరణం వ్రాసే విధానం

$$E_n = \frac{n^2.h^2}{8mL}$$

దీనినుండి, పెట్టెలో కణంయొక్క శక్తికూడా క్వాంటీకరింపబడిందని విశదమవుతుంది. ఈ శక్తివిలువలు తప్ప కణానికి ఏవిధమైన విలువలు వుండటానికి ఏమాత్రం వీలులేదు.

"పెట్టెలో కణం" అనే భావం మిధ్య అయినప్పటికీ అది చాలా ముఖ్యమైన సమస్య. ఏమంటే శక్తి క్వాంటీకరణాన్ని చూపుతుంది. దానికి కారణం ఇచ్చిన హద్దులమధ్య ఇమడకలిగి, అనుమతిపొందిన డిబ్రోలీ తరంగదైర్ఘ్యాల విలువలపై విధించిన నిబంధనలు.

8.5 సరళ హరాత్మక డోలకం

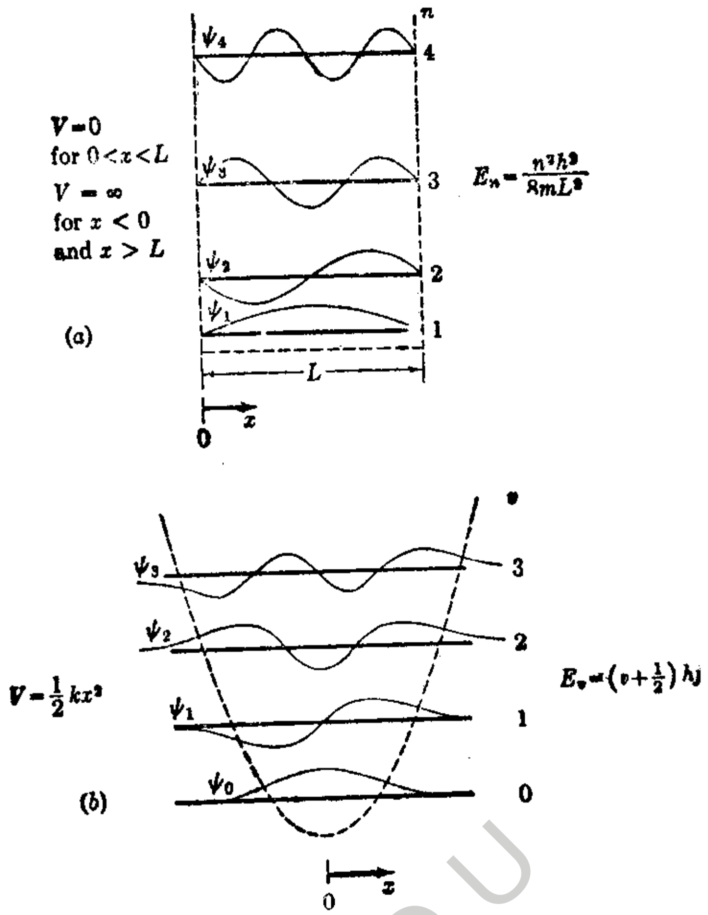
సరళ హరాత్మక కంపనానికి ష్రాడింగర్ తరంగ సమీకరణం నుండి వచ్చే ఐగన్ విలువలు

$$E_n = hf(n + \tfrac{1}{2}) \quad n = 1, 2, 3.$$

అని చూపవచ్చు. కంపన పరిమితి a తో కంపించే కణంయొక్క స్థితిజశక్తి దాని మొత్తం శక్తిని మించి ఉన్న ప్రాంతాలలో $x > a$ బిందువులవద్ద కణాన్ని కనుక్కొనే సంభావ్యతా సాంద్రత సున్నకాదు. ఇది శక్తి నిత్యత్వసూత్రానికి వ్యతిరేకం కాదు. ఏమంటే, అనిశ్చితత్వ సూత్రం ప్రకారం ఒక కణం యొక్క గతిజశక్తిని స్థితిజశక్తిని ఏకకాలమందు ఖచ్చితంగా కొలవలేము.

కణవేగంపైనా ద్రవ్యవేగంపైనా గతిజశక్తి ఆధారపడగా, దీని నిరూపకాల మీద స్థితిజశక్తి ఆధారపడింది.

BRAOU



పటం 8.2

ఏకపరిమాణపు పెట్టెలో బంధమైన కణంయొక్క కొన్ని మొదటి ఐగన్ విలువలు, ఐగన్ ప్రమేయాలు

అయితే, క్వాంటం సంఖ్య n పెరిగేకొద్దీ హరాత్మక కంపనం యొక్క క్వాంటం సంభావ్యతా సాంద్రత సాంప్రదాయక విలువలను సమీపిస్తుంది. కాబట్టి బోర్ సూచించిన అనురూపత (correspondence) సూత్రం దీనినుండి వస్తుంది. అంటే, పెద్ద క్వాంటం సంఖ్యల వద్ద క్వాంటం యాంత్రిక శాస్త్రంలో ఫలితాలు సాంప్రదాయ ఫలితాలలో చేరిపోతాయి.

పెట్టెలో కణానికి సరళహరాత్మక కంపనానికి సంబంధించిన కొన్ని తరంగ యాంత్రిక ఫలితాల లక్షణాలను పటం 8.2 చూపుతుంది.

1. పెట్టెలో కణానికి హద్దులవద్దా, హద్దులు దాటిన బిందువులవద్దా తరంగ ప్రమేయం సున్న. హరాత్మక కంపకానికి సంప్రదాయక హద్దులవద్ద తరంగ ప్రమేయం నియతం. అంతే కాక, సాంప్రదాయక హద్దులనుదాటి ఉంటుంది.

2. పెట్టెలో కణానికి తరంగదైర్ఘ్యం స్థిరరాశి. తరంగ ప్రమేయం వక్రచక్రం (sinusoidal). హరాత్మక కంపనానికి తరంగదైర్ఘ్యం స్థిరరాశికాదు, తరంగ ప్రమేయాలు వక్ర చక్రాలుకావు.

3. పెట్టెలో కణానికి శక్తిస్థాయులు క్రింది భాగంలో క్రిక్కిరిసి ఉన్నాయి. హరాత్మక కంపనానికి శక్తిస్థాయులు సమాన దూరంలో ఉన్నాయి.

4. భూస్థాయి శక్తి దేనికి సున్నకాదు.

BRAOU

8.6 సారాంశం

ఒక కణం యొక్క గమనం నిబంధించినప్పుడు దానికి నుబంధమైన డిబ్రోలీ తరంగాలు కూడా నిబంధితమవుతాయి. అందుచేత స్థావర లేక స్థిర తరంగాలు ఏర్పడతాయి. అట్టి ఏక పరిమాణకాల స్వతంత్ర స్థావర తరంగాలకు శ్రాడింగర్ సమీకరణం వ్యుత్పాదింపబడింది.

గట్టిగా వున్న సరిహద్దుల మధ్య ప్రయాణించే పెట్టెలో కణం సమస్యకు శ్రాడింగర్ సమీకరణం అనువర్తింపచేసి పరిష్కరించడమయింది. $\psi - x, \psi^2 - x$ సంబంధాలను గుర్తించి, ψ విలువ ధనం, ఋణం కావచ్చు కాని ψ^2 విలువ ఎప్పుడు ధనమే చూపించడమయింది. n = 1 కణాన్ని పెట్టె మధ్యను కనుక్కోగల సంభావ్యత గరిష్ఠంకాగా, n = 2 కి ఆ సంభావ్యత సున్న.

ఏకపరిమాణ హరాత్మక కంపనం యొక్క పొటెన్షల్, ఐగన్ విలువలు, ఐగన్ ప్రమేయాలు పటం రూపంలో చూపి కొన్ని లక్షణాలు గమనించడం జరిగింది.

8.7 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. శ్రాడింగర్ తరంగసమీకరణాన్ని వ్యుత్పన్నం చేయండి.
2. బంధిత కణంయొక్క క్వాంటం వర్ణన ఎట్టిది.
3. సరళహరాత్మక కంపనం యొక్క తరంగయాంత్రిక ఫలితాల స్వభావం వివరించండి.

II. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానం రాయండి.

1. తరంగ ప్రమేయాన్ని శ్రాడింగర్ ఎట్లా ఊహించాడు.
2. రెండు గోడలమధ్యనున్న కణంయొక్క తరంగ ప్రమేయాన్ని గ్రాఫు గోడలమధ్య భాగంలో బిందువు వద్ద సున్నా అని చూపుతుంది. అయితే ఆ బిందువుని కణం ఎట్లా దాటుతుంది.

8.8 చదవదగిన గ్రంథాలు

1.	David Halliday & Robert Resnick	:	Physics Part II. Wiley Eastern Ltd. 1984.
2.	Richard T-Weidnev & Robert L. Sells	:	Elementary Modern Physics. Allyn & Bacon, Inc. Boston, 1963.
3.	A.d Agro	:	The Rise of the New Physics, Volume II : Dover Publication Inc. New York. 1952.
4.	T.A. Little field & N. Thovley	:	Alomic & Nuclear Physics-An Intraduction, Van Nostrand, New York.
5.	B.M. Yavorsky & A.A. Pinsky	:	Fundamentals of Physics, Volume II Mir Publishers, Moscow. 1979

BRAOU

BRAOU

ఖండం–III కేంద్రక నిర్మాణం, ధర్మాలు

BRAOU

BRAOU

భాగం-9 : రేడియో ధార్మికత

విషయక్రమం

9.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

9.2 ప్రవేశిక

9.3 సహజ రేడియోధార్మికత - రేడియోధార్మిక విఘటన నియమాలు

9.4 రేడియోధార్మిక పదార్థం విఘటన స్థిరాంకం, అర్ధజీవన కాలం, సగటు జీవనకాలం

9.5 రేడియోధార్మికత ప్రమాణాలు

9.6 రేడియోధార్మిక శ్రేణులు

9.7 అనుక్రమ రేడియో విఘటనం

9.8 రేడియోధార్మిక సమతాస్థితి

9.9 α, β, γ వికిరణాల అభిలక్షణాలు

9.10 భూమి వయస్సు నిర్ణయం

9.11 సారాంశం

9.12 నమూనా జవాబులు

9.13 నమూనా ప్రశ్నలు

9.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో రేడియోధార్మిక దృగ్విషయ వివరణ, రేడియోధార్మిక విఘటన నియమాల అధ్యయనం ఉన్నాయి.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. రేడియోధార్మిక మూలక విఘటన స్థిరాంకం, అర్ధజీవనకాలం T, సగటు జీవనకాలం τ ని లెక్కించగలరు.
2. రేడియోధార్మిక డేటింగ్ ద్వారా భూమి వయస్సును నిర్ణయించగలుగుతారు.
3. వివిధ రేడియోధార్మిక శ్రేణుల మౌలిక లక్షణాలను వర్ణించగలరు.

BRAOU

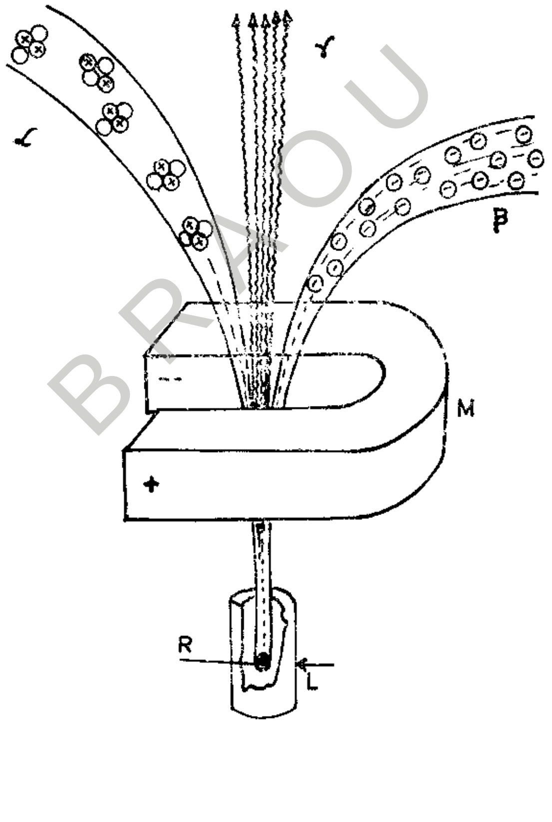
9.2 ప్రవేశిక

రేడియోధార్మిక దృగ్విషయాన్ని 1896లో హెన్రీ బెక్‌రల్ అవిష్కరించారు సాధారణ కాంతిలో ఉత్తేజితం చేసిన యురేనియమ్ లవణాల దీప్తిని పరిశోధిస్తున్నప్పుడు యురేనియమ్ నుంచి వెలువడే ఛాయాభూతమైన వికిరణం ఆ లవణాలను సాధారణ కాంతితో ఉత్తేజితం చేయనప్పటికి యురేనియమ్ లవణాల నుంచి బహిర్గతమౌతున్నట్లు బెక్‌రల్ కనుగొన్నారు. ఇలాంటి వికిరణం అన్ని యురేనియమ్ సమ్మేళనాలు మంచి బహిర్గతమౌతున్నట్లు, యురేనియం లవణం పరిమాణం పెరిగేకొద్దీ ఈ వికిరణం తీవ్రత పెరుగుతున్నట్లు బెక్‌రల్ కనుగొన్నాడు. ఈ స్వచ్ఛంద ఉద్గారవికిరణాన్ని రేడియో ధార్మికత అంటారు. ఇది యురేనియం పరమాణువు అభిలక్షణము. బెక్‌రల్ అధ్యయనం చేసిన వికిరణం U^{238} జన్యన్యూక్లైడ్ β- క్షయంలో ఉద్గారమయ్యే అధికవేగం ఎలక్ట్రాన్‌లు.

పియరీ క్యూరీ, మేరీ క్యూరీలు అనేక మూలకాలను రేడియోధార్మిక ఉద్గారాన్ని కలిగి ఉన్నవా

అని పరిశోధించారు. వారు థోరియం రేడియోధార్మికతను ప్రదర్శిస్తున్నట్లు కనుగొన్నారు. ఈ శాస్త్రజ్ఞులు యురేనియం ముడిఖనిజమైన పిచ్‌బ్లెండ్‌ని రసాయనిక నిష్కరణ ప్రక్రియకు లోనుచేసి అధిక రేడియోధార్మిక క్రియాశీలత గల మూలకాన్ని కనుకొన్నారు. దీనికి, మేడమ్ క్యూరీ మాతృదేశమైన పోలాండ్ స్మృతి చిహ్నంగా పొలోనియం అని పేరు పెట్టారు. ఈ పొలోనియం క్రియాశీలత చాలా మందగతిలో తగ్గుతుంది. క్యూరీలు తమ పరిశోధనలను కొనసాగిస్తూ మరొక అధిక క్రియాశీలత గల మూలకాన్ని కనుగొన్నాడు. ఈ మూలకం రసాయనిక ధర్మాలు బేరియం మూలకానికి సారూప్యంగా ఉంటాయి. దీనికి రేడియం అని పేరు పెట్టారు.

రేడియో ధార్మిక పదార్థాల నుంచి వెలువడే వికిరణాలు వివిధ చొచ్చుకొని పోవు శక్తులు గల అంశాలు ఉన్నట్లు క్యూరీ, రూథర్‌ఫర్డ్ ప్రయోగాల వల్ల విశదమైంది. పదార్థాలలో ఈ వికిరణాల శోషణ వివిధ రీతులలో ఉంటుంది. తక్కువ చొచ్చుకొని పోవు శక్తిగలిగి, గాలి యానకంలో దాదాపు కొన్ని సెంటిమీటర్ల వ్యాప్తిలో పూర్తిగా శోషణకు గురయే వికిరణాలు అల్ఫా వికిరణాలు (α- వికిరణాలు). అధికంగా చొచ్చుకొనిపోవు శక్తిగలిగి దాదాపు ఒక మిల్లి మీటర్ సీసం యానకంలో పూర్తిగా శోషణ చెందే వికిరణాన్ని బీటా వికిరణాలు (β- వికిరణాలు) అంటారు. 1900 ల ప్రాంతంలో విల్లర్డ్ రేడియో ధార్మిక వికిరణాలలోని మూడవ అంశాన్ని కనుగొన్నారు. ఇవి అత్యధికంగా చొచ్చుకొనిపోవు శక్తిగల వికిరణం. ఇది సీసం యానకంలో దాదాపు 10 cm. దూరం చొచ్చుకొని పోగలదు. ఈ కిరణాలను అయస్కాంత క్షేత్రం విచలనానికి లోను చేయదు. వీటిని గామా వికిరణాలు (γ- వికిరణాలు) అంటారు. ఇది విద్యుదయస్కాంత తత్వాన్ని కలిగి వుంటుంది. α- వికిరణాలు, β వికిరణాలు అయస్కాంత క్షేత్రంలో విచలనానికి లోనవుతాయి. ఈ మూడు రకాలయిన వికిరణాల బేధాలను పటం 9. 1లో చూడవచ్చు.



పటం 9.1 అయస్కాంత క్షేత్రంలో రేడియోధార్మిక వికిరణ అంశాలను వేరుపరచడం.
L- సీసం స్థూపం ; R- రేడియో ధార్మిక వికిరణ జనకం ; M- అయస్కాంతం.

BRAOU

ఎడమవైపుగా అపవర్తనం చెంది అధిక వక్రతా వ్యాసార్ధంగల వికిరణాన్ని ఆల్ఫా కణాలంటారు. వీటిని రెండు ప్రొటాన్‌లు, రెండు న్యూట్రాన్‌లు గల అయనీకృతం చెందిన హీలియం కేంద్రకంగా గుర్తించినారు. కుడివైపుగా అపవర్తనం చెంది తక్కువ వక్రతా వ్యాసార్ధంగల వికిరణాన్ని β- వికిరణం అంటారు. వీటిని ఎలక్ట్రాన్‌లుగా గుర్తించడం జరిగింది. అయస్కాంత క్షేత్రంలో అపవర్తనానికి లోనుగాని మధ్యవికిరణం గామా వికిరణం.

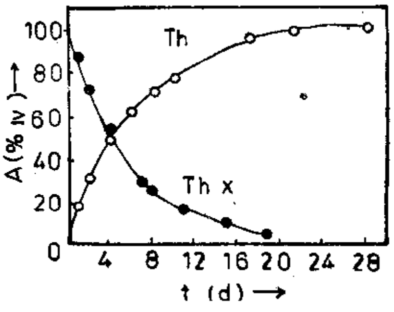
ఈ భాగంలో రేడియో ధార్మికత నియమాలను, రేడియో ధార్మిక శ్రేణులను రేడియో ధార్మిక సమతాస్థితులను, రేడియో ధార్మిక వికిరణాల అభిలక్షణాలను, రేడియో ధార్మిక క్షయప్రక్రియ ద్వారా భూమి వయస్సు నిర్ణయించే పద్ధతిని గూర్చి విశదంగా అధ్యయనం చేద్దాం.

9.3 సహజరేడియో ధార్మికత - రేడియో ధార్మిక విఘటన నియమాలు

సహజంగా ప్రకృతిలో లభ్యమయ్యే మూలకాల రేడియోధార్మిక దృగ్విషయాన్ని సహజ రేడియో ధార్మికత అంటారు. పరమాణు సంఖ్య 83 కంటే ఎక్కువ గల పరమాణువులు రేడియోధార్మికతను కలిగి ఉంటాయి. ఈ పరమాణువులు ఆల్ఫా లేదా బీటా కణాలను ఉద్గారం చేసి ఇతర మూలకాల పరమాణువులుగా మార్పు చెందుతాయి. క్షయరీతి, రూపాంతరణ, రేడియో ధార్మికతను ప్రదర్శించే పరమాణు అభిలక్షణం మీద ఆధారపడుతాయి. కొన్ని సందర్భాలలో గామా వికిరణాలు ఆల్ఫా ఉద్గారంతోను, బీటా ఉద్గారంతోను వెలువడుతాయి. రేడియో ధార్మిక దృగ్విషయం విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రాల మీదనే కాకుండా తదితర బాహ్య పరిస్థితుల మీదకూడా ఆధారపడదు.

క్రూక్స్, బెక్‌రల్, రూథర్‌ఫర్డ్, సాడే శాస్త్రజ్ఞుల ప్రయోగాలు రేడియో ధార్మికతను పరిమాణాత్మకంగా వర్ణించుటకు దోహదం చేసాయి. యురేనియమ్ ద్రావణానికి అమ్మోనియం కార్బనేట్‌ను కలిపి యురేనియం లవణాన్ని అవక్షేపితం చేసి దానిని ఎక్కువ కారకంలో మరలా ద్రావణం చేసినప్పుడు కొంత అవశేషం ఏర్పడుటను క్రూక్స్ గమనించాడు. ద్రావణం నుంచి ఈ అవశేషాన్ని వేరు చేసినప్పుడు అది అధిక రేడియో ధార్మికతను కలిగివుండినది. యురేనియం కలిగిన ద్రావణాన్ని పరిశోషణం చేసినప్పుడు ఏర్పడే పదార్థం తక్కువ రేడియో ధార్మికతను కలిగి ఉండినది. ఈ ఫలితాలు అవశేషంలో ఉన్న క్రియాశీలక పదార్థం యురేనియం కంటె భిన్నమైనదని సూచిస్తాయి. యురేనియం కంటె భిన్నమైనదని సూచించుటకు వీలుగా దీనిని యురేనియం X (UX) అని సూచించారు. UX ని, యురేనియం అంశాన్ని కొంతకాలం కలిపి ఉంచితే UX క్రియాశీలత తగ్గుతున్నట్లు యురేనియం అంశం క్రియాశీలత పెరుగుతున్నట్లు బెక్‌రల్ గమనించాడు. ఇలాంటి సదృశ ఫలితాలనే థోరియం లవణాలలో రూథర్‌ఫర్డ్, సాడేలు గమనించారు. థోరియం నుంచి క్రియాశీల పదార్థం థోరియం Xని వేరు చేసినప్పుడు థోరియం స్తబ్ధతాశీలతను కలిగి ఉంటుంది. కొన్ని దినాల తర్వాత థోరియం X క్రియాశీలత తగ్గుతున్నట్లు, థోరియం క్రియాశీలతకు తిరిగి పొందుతున్నట్లు పరిశీలించబడింది.

రూథర్‌ఫర్డ్, సాడేలు ThX క్షయరేటును, క్రియాశీలత పెరుగుదల రేటును పరిమాణాత్మకంగా అధ్యయనం చేసి పటం 9.2లో చూపిన వక్రాలు ఏర్పడుటను గమనించారు. ThX క్షయవక్రం ఘాతాంకరీతిలో ఉంది, కనుక క్రియాశీలతను, కాలంలో (t) కింది సమీకరణం ద్వారా సూచించవచ్చు.



పటం *9.2* కాలం t *తో* ThX క్రియాశీలత క్షయం
(A) Th క్రియాశీలత పెరుగుదల
$\%N \rightarrow \%$ ప్రమాణ క్రియాశీలత

BRAOU

$$A_x(t) = A_x(o)^{-\lambda t} e \quad 9.1$$

$A_x(o), ThX$ తొలిక్రియాశీలతను, $A_x(t)$ ఏదేని కాలం వద్ద ThX క్రియాశీలతను λ విఘటన స్థిరాంకాన్ని సూచిస్తాయి. క్రియాశీలత వృద్ధి రేటును క్రింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$A(t) = A_{(o)}(1 - e^{\lambda t}) \quad 9.2$$

A (t) ఏదేనికాలం t వద్ద Th క్రియాశీలతను, $A_{(o)}, t = 0$ అయినపుడు Th క్రియాశీలతను సూచిస్తాయి. $A_{(o)}$ శూన్యవిలువను కలిగి ఉంటుంది. విఘటన స్థిరాంకం λ విలువ సమీకరణం 9.1లోని λ విలువకు సమానంగా ఉంటుంది. క్షయ, వృద్ధి వక్రాలు సౌష్టవంగా ఉంటాయి.

రూథర్‌ఫర్డ్, సాడేలు రేడియోధార్మిక పరిమాణామానికి సిద్ధాంతపరంగా వివరణను రూపొందించారు. ఈ సిద్ధాంతం ప్రకారం రేడియోధార్మిక మూలకాల పరమాణువులు స్వచ్ఛంద విఘటనకు లోనై α - లేదా β కణాలను ఉద్గారం చేసి కొత్త మూలకం పరమాణువులుగా మారుతాయి. రేడియోధార్మికత తీవ్రత 1s కాలంలో విఘటన చెందే పరమాణువుల సంఖ్యకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. దీనినే క్రియాశీలత అంటారు. ఏదేని కాలంలో రేడియో ధార్మిక విఘటన చెందే కేంద్రకాల రేటు ఆ కాలంలో వుండే రేడియో ధార్మిక కేంద్రకాల సంఖ్యకు అనుపాతంలో ఉంటుంది. ఈ వివరణకు గణితాత్మక రూపంలో వ్యక్తీకరించుటకు t కాలం వద్ద ఉండే రేడియో ధార్మిక పరమాణువులను $N_{(t)}$ అనుకొందాం. అతి తక్కువ కాలవ్యవధి dtలో విఘటన చెందే పరమాణువుల సంఖ్య dN (t) అనుకొందాం. అప్పుడు క్షయరేటు $\frac{dN_t}{dt}$ ని కింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$\frac{-dN_{(t)}}{dt} \alpha N_{(t)} \quad 9.3$$

పై సమీకరణంలో రుణ సంజ్ఞ క్షయచర్యను సూచిస్తుంది. సమీకరమం 9.3ని క్రింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$\frac{-dN_{(t)}}{dt} = \lambda N_{(t)} \quad 9.4$$

పై సమీకరణంలోని అనుపాత స్థిరాంకాన్ని, నిర్దిష్ట రేడియో ధార్మిక ఐసోటోప్ విఘటన స్థిరాంకం అంటారు. సమీకరణం 9.4ని తిప్పిరాస్తే

$$\frac{dN_{(t)}}{N_{(t)}} - \lambda dt \quad 9.5$$

సమీకరణం 9.5ని సమాకలనం చేస్తే

$$\int \frac{dN_{(t)}}{N_{(t)}} = -\lambda \int dt \quad 9.6$$

$$log N_{(t)} = -\lambda t + C \quad 9.7$$

t = o అయినప్పుడు $N_{(t)} = N_{(o)}$ కనుక

$$log N_{(o)} = C \quad 9.8$$

$$log N_{(t)} = -\lambda t + log N_{(o)} \quad 9.9$$

$$log \frac{N_{(t)}}{N_{(o)}} = -\lambda t \quad 9.10$$

లేదా

$$N_{(t)} = N_{(o)} e^{-\lambda t} \quad 9.11$$

సమీకరణం 9.11, సమీకరణం 9.13 సదృశంగ ఉంది. సమీకరణం 9.11 రేఢియో ధార్మిక మూలకం క్షయచర్యలు సూచిస్తుంది.

BRAOU

మాదిరి లెక్క 1

రేడియం D విఘటన స్థిరాంకం $1.13 \times 10^{-9} s^{-1}$ ఆదిలో 10g రేడియంD ఉన్న 5 సంవత్సరముల తర్వాత ఎంత ఉంటుంది?

రేడియోధార్మిక విఘటనను సూచించే సమీకరణం

$$N_{(t)} = N_o e^{\lambda t}$$

N ద్రవ్యరాశి m కి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. కనుక పై క్షయ చర్య సమీకరణం ద్రవ్యరాశి ప్రమేయంగా కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$m = m_o e^{\lambda t}$$

లెక్కలోని దత్తాంశం ప్రకారం $m_o = log$

$$t = 5yrs = 5 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60s$$

$$\lambda = 1.13 \times 10^{-9} s^{-1}$$

$$m = (10g)e^{(1.13\times 10^{-9}s^{-1})(5\times 365\times 24\times 60\times 60)}$$

$$m = (10g)e^{0.178} = (10g)(0.84)$$

m = 8.4 g

ఆదిలో 10g ఉన్న రేడియం D, 5 సంవత్సరముల తర్వాత 8.4 g ఉంటుంది.

9.4 రేడియో ధార్మిక పదార్థం, విఘటన స్థిరాంకం, అర్థజీవనకాలం, సగటు జీవనకాలం

రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌ని అది విఘటన చెందే రేటుతో అభిలక్షణీకరించవచ్చు. రేడియో ధార్మిక మూలకాన్ని విఘటన స్థిరాంకం, అర్థజీవనకాలం, సగటు జీవనకాలం మూడింటిలో ఏదో ఒకదానితో అభిలక్షణీకరించవచ్చు. రేడియో ధార్మిక పరమాణువుల సంఖ్య సగానికి తగ్గుటకు పట్టేకాలాన్ని (T) అర్థజీవన కాలం అంటారు. క్రియాశీలత రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌ల సంఖ్యకు అనుపాతంలో ఉంటుంది. కనుక

$$N_t = N_o e^{-\lambda t} \qquad 9.11$$

t = T అయినప్పుడు $N_{(t)} = \frac{N_o}{2}$ అవుతుంది.

$$\frac{N_{(o)}}{2} = N_{(o)} e^{-\lambda T} \qquad 9.12$$

$$e^{-\lambda T} = \frac{1}{2} \qquad 9.13$$

$$e^{-\lambda T} = 2 \qquad 9.14$$

ఇరుప్రక్కల సంవర్గమానాలను తీసికొంటే

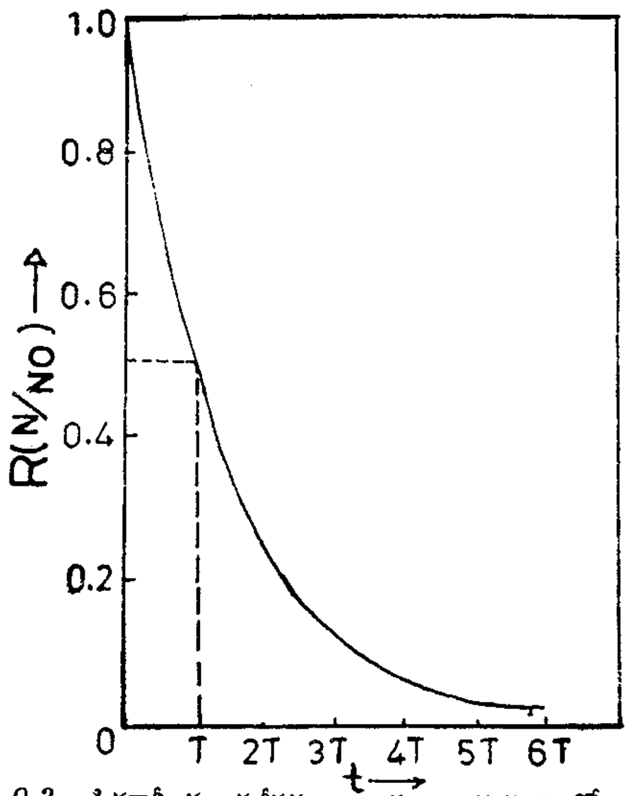
$$\lambda T = log_{e^2} = 2.303 log_{10^2} \qquad 9.15$$

$$\lambda T = 2.303(0.3010) = 0.693 \qquad 9.16$$

$$\therefore T = \frac{0.693}{\lambda} \qquad 9.17$$

BRAOU

పటం 9.3 లో క్రియాశీలతకు అర్ధజీవన కాలానికి గల సంబంధం చూపినాము.



పటం 9.3. క్రియాశీలత అర్ధజీవన కాలం పూర్ణాంక గణకంతో మారే రేటు
R- సాపేక్ష క్రియాశీలత

n అర్ధజీవన కాలాల తర్వాత అంటే t = nT అయినప్పుడు క్రియాశీలత భిన్నం $(\frac{1}{2})^n$. ఈ భిన్నం ఎప్పటికీ శూన్య విలువను చేరుకోదు. కాని t పెరిగేకొద్దీ అతి తక్కువ విలువను పొందుతుంది. 10 అర్ధజీవన కాలాల కాలవ్యవధిలో క్రియాశీలత, తొలి క్రియాశీలతలో $1/10^{24}$ భాగం ఉంటుంది. ఇది తొలి క్రియాశీలతతో పోలిస్తే ఉపేక్షనీయం.

సగటు లేదా సరాసరి జీవనకాలం τ రేడియో ధార్మిక పదార్థంలోని అన్ని పరమాణువుల సరాసరి జీవనకాలాన్ని సూచిస్తుంది. అన్ని పరమాణువుల మొత్తం జీవనకాలాన్ని మొత్తం పరమాణువుల సంఖ్యతో భాగిస్తే సగటు జీవనకాలం వస్తుంది.

B R A O U

t, t+dt కాలవ్యవధిలో విఘటన చెందే పరమాణువుల సంఖ్య

$$dN = \lambda N dt \qquad 9.18$$

t కాలం వద్ద ఇంకనూ విఘటన చెందకుండా ఉన్న పరమాణువుల సంఖ్యను క్రింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$N = N_o e^{-\lambda t} \qquad 9.19$$

$$\therefore dN = \lambda N_o e^{-\lambda t} dt = N dt \qquad 9.20$$

క్షయచర్య సాంఖ్యకమైనది కనుక ఏదేని పరమాణువు జీవనకాలం O నుంచి ∞ వరకు ఏ విలువనైనా కలిగి ఉండుటకు వీలుంది. కనుక జీవనకాలం τ ని క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$\tau = \frac{1}{N_o} \int_o^{\infty} N_o e^{-\lambda t} \lambda dt \qquad 9.21$$

$$\tau = \lambda \int_{o}^{\infty} t e^{-\lambda t} dt \qquad 9.22$$

$$\tau = -\left\{ \frac{(\lambda t+1)}{\lambda} e^{-\lambda t} \right\}_{0}^{\infty} \qquad 9.23$$

$$\tau = -\left\{ 0 - \frac{1}{\lambda} \right\} = \frac{1}{\lambda} \qquad 9.24$$

సగటు జీవనకాలం విఘటన స్థిరాంకం యొక్క విలోమ రాశికి సమానం. సమీకరణం 9.17 ప్రకారం

$$T = 0.693\tau \qquad 9.25$$

λ తెలిసిన T, τ లను లెక్కకట్టవచ్చు.

ప్రయోగపూర్వకంగా విఘటన స్థిరాంకం λ ని కింది సమీకరణాన్ని ఉపయోగించి కనుగొనవచ్చు.

$$A_{(t)} = A_o e^{-\lambda t} \qquad 9.26$$

$A_{(t)}, A_{(o)}$ లు వరుసగా t - t, t = 0 ఉన్నప్పుడు రేడియో ధార్మిక పదార్థం క్రియాశీలతలను సూచిస్తాయి. సమీకరణం 9.26ని క్రింది విధంగా రాయవచ్చు.

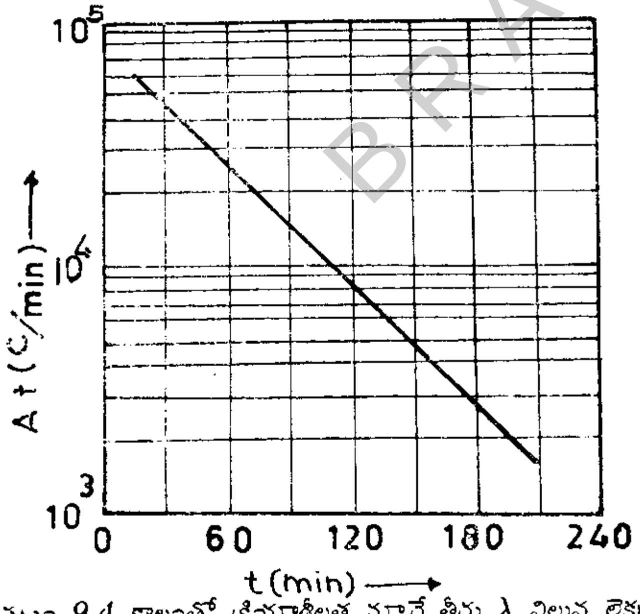
$$log_{10}A_{(t)} = log_{10}A_{(o)} - \frac{\lambda t}{2.303} \qquad 9.27$$

లేదా

$$log_{10}A_{(t)} = log_{10}A_{(o)} - 0.4343\lambda t \qquad 9.28$$

ప్రయోగరీత్యా కనుగొన్న క్రియాశీలత సంవర్గమానానికి, కాలానికి గీచిన గ్రాఫు సరళరేఖగా ఉంటుంది. దీని వాలు - 0.4343 λ. పటం 9.4లో క్రియాశీలతకు కాలానికి అర్ధ-లాగ్ కాగితం మీద గీచిన రేఖ చూపినాము.

BRAOU



పటం 9.4 కాలంతో క్రియాశీలత మారే తీరు λ విలువ లెక్కకట్టుట

A (t) → క్రియాశీలత (గణకం/నిముషం).

పటములో చూపిన దత్తాంశం ప్రకారం రేఖ వాలు - 0.00808. ఇచ్చట కాలం నిముషాలలో చూపినాము. λ విలువ $3.1 \times 10^{-4} s^{-1}$.

మాదిరి లెక్క 2

5 గంటల తర్వాత ఒక రేడియో ధార్మిక పదార్థం క్రియాశీలత తొలి క్రియాశీలతో $\frac{1}{3}$ ఈ రేడియో ధార్మిక పదార్థం విఘటన స్థిరాంకం, అర్ధజీవనకాలం, సగటు జీవనకాలం కనుగొనండి.

$$A_{(t)} = A_{(o)}e^{-\lambda t}$$

$t = 5hr = 300s$ అయినప్పుడు $A_{(t)} = A_{(o)}$

$$\therefore \frac{A_{(o)}}{3} = A_{(o)}e^{-\lambda 300}$$

$$\therefore e^{\lambda 300} = 3$$

$$\lambda 300 = 2.303 log_{10}^{3}$$

$$\therefore \lambda = \frac{2.303 log_{10}^{3}}{300} = \frac{2.303(0.4771)}{300}$$

$$\lambda = 3.7 \times 10^{-3} s^{-1}$$

అర్ధ జీవనకాలం $T = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{3.7 \times 10^{-3} s^{-1}} = 1.89 \lambda 10^{2} s$

సగు జీవనకాలం $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{3.7 \times 10^{-3} s^{-1}} 2.73 \times 10^{2} s$

9.5 రేడియో ధార్మికత ప్రమాణాలు

రేడియో ధార్మిక పదార్థం క్రియాశీలత అది ప్రమాణకాలంలో విఘటన పొందే పరమాణువుల సంఖ్యతో సూచిస్తారు. రేడియో ధార్మికత ప్రమాణం క్యూరీ. ఇది సెకనుకు 3.7×10^{10} విఘటనలు కలిగే క్రియాశీల పదార్థానికి సమానం. మిల్లిక్యూరీ, మైక్రో క్యూరీలు $3.7 \times 10^{7}, 3.7 \times 10^{4}$ విఘటనలు/సెకనుకు సమానం. వీటిని కూడా రేడియో ధార్మిక పదార్థం క్రియాశీలతను సూచించుటకు ప్రమాణాలుగా వాడుతారు.

మాదిరి లెక్క 3

1 క్యూరీ ($1C_i$) క్రియాశీలత గల Pb-214 పదార్థ ద్రవ్యరాశి ఎంతో కనుగొనండి. Pb-214 విఘటన స్థిరాంకం $4.31 \times 10^{-4} s^{-1}$.

$1C_i$ క్రియాశీలత గల Pb-214 ద్రవ్యరాశి W అనుకొందాం. విఘటన నియమం ప్రకారం.

$$\frac{-dN}{dt} = \lambda N$$

W_g ద్రవ్యరాశి గల Pb-214 లోని పరమాణువుల సంఖ్య N అయిన

$$N = \frac{6.02 \times 10^{23}}{214} W$$

ఇచ్చట 6.02×10^{23} అవగాడ్రో సంఖ్యను సూచిస్తుంది.

$-\frac{dN}{dt} = 4.31 \times 10^{-4} s^{-1} (\frac{6.02 \times 10^{23}}{214}) = 1.21 \times 10^{18} W$ విఘటనలు/సెకను

$-\frac{dn}{dt} = 1C_i = 3.7 \times 10^{10}$ విఘటనలు/సెకను అయిన

$$3.7 \times 10^{10} = 1.21 \times 10^{18} W$$

$$W = \frac{3.7 \times 10^{10}}{1.21 \times 10^{18}} = 3.1 \times 10^{-8} g$$

BRAOU

9.6 రేడియోధార్మిక శ్రేణులు

1913లో సాడీ, రస్సెల్, ఫజన్స్‌లు రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లు పాటించే స్థానభ్రంశ నియమాన్ని ప్రతిపాదించారు. ఈ నియమం ప్రకారం (i) న్యూక్లైడ్ ఆల్ఫాకణాన్ని కోల్పోతే దానిస్థానం ఆవర్తన పట్టికలో రెండు స్థానాలు వెనకకు స్థానభ్రంశం చెందుతుంది. దాని ద్రవ్యరాశి నాలుగు రెట్లు తగ్గుతుంది. (ii) న్యూక్లైడ్ β- కణాన్ని కోల్పోతే దాని స్థానం ఒక మెట్టు కుడి ప్రక్కకు స్థానభ్రంశం చెందుతుంది. ద్రవ్యరాశిలో మార్పు ఉండదు.

పరమాణు సంఖ్య 83 కంటె ఎక్కువ ఉన్న పరమాణువులు స్థానభ్రంశ నియమాన్ని పాటిస్తూ క్షయిస్తాయి. సహజంగా లభించే అన్ని రేడియో ధార్మిక మూలకాలు మూడు ముఖ్యమైన గొలుసు కట్టులకు సంబంధించి ఉంటాయి వీటినే రేడియో ధార్మిక శ్రేణులు అంటారు. శ్రేణి మొదటగానీ, దాని దగ్గరగానీ గల ప్రముఖ మూలకాన్ని ఆధారం చేసికొని ఈ శ్రేణులను యురేనియమ్, ఆక్టీనియం, థోరియం శ్రేణులు అంటారు. యురేనియం శ్రేణిలో ప్రతిమూలకం ద్రవ్యరాశి $(4n+2)$ సంఖ్యతో సూచించవచ్చు. ఇచ్చట n పూర్ణాంకం. ఆక్టినియం శ్రేణిలోని ప్రతి మూలకం ద్రవ్యరాశిని $(4n+1)$ గా సూచించవచ్చు. థోరియం శ్రేణిలోని ప్రతిమూలకాన్ని 4 n సంఖ్యతో సూచించవచ్చు. $(4n+3)$ సంఖ్యతో సూచించుటకు వీలయిన సహజ రేడియో ధార్మిక మూలకం ఏదీలేదు. కృత్రిమంగా ఉత్పత్తి చేసిన రేడియోధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లు $(4n+1)$ శ్రేణికి చెంది ఉంటాయి. వీటిని నెప్ట్యూనియమ్ శ్రేణి అంటారు. సహజశ్రేణులు అన్నీ సీసం ఐసటోప్‌తో ముగుస్తాయి.

అవగాహన పరీక్ష

న్యూక్లైడ్ __________ కణాన్ని కోల్పోతే దాని స్థానం ఒక మెట్టు __________ ప్రక్కకు స్థానభ్రంశం చెందుతుంది.

9.7 అనుక్రమ (పారంపరిక) రేడియో విఘటనం

ప్రతి రేడియో ధార్మిక శ్రేణిలోను జనక న్యూక్లైడ్ జన్యన్యూక్లైడ్‌గా విఘటచెంది, జన్యు న్యూక్లైడ్ మరలా విఘటన చెంది ఇలా కొనసాగి తుదకు స్థిర న్యూక్లైడ్ ఏర్పడుతుంది. రేడియో ధార్మిక శ్రేణుల అధ్యయనంలో శ్రేణిలోని ప్రతి సభ్యుని పరమాణువుల సంఖ్య కాలం ప్రమేయంగా ఎలా మారుతుంటుందో తెలిసి వుండటం చాలా అవసరం. ఇది తెలియాలంటే అవకలన సమీకరణ వ్యవస్థను సాధించాలి. ప్రారంభంగా, రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్ A మరొక రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్ B గాను అది తుది స్థిర ఉత్పాదకం C క్షయానికి లోనవుతున్నాయనుకొందాం. ఏదేని కాలం t వద్ద, A, B, C ల పరమాణువుల సంఖ్యలు వరుసగా N_1, N_2, N_3 అనుకొందాం. A, B, C ల విఘటన స్థిరాంకాలు వరుసగా $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ అనుకొందాం క్రింది సమీకరణాలతో పై వ్యవస్థను వర్ణించవచ్చు.

$$\frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1 \qquad 9.29$$

$$\frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_2 - \lambda_2 N_2 \qquad 9.30$$

$$\frac{dN_3}{dt} = \lambda_2 N_2 \qquad 9.31$$

జనక న్యూక్లైడ్ ఘాతాంక క్షయానికి లోనవుతుంది. రెండవ రకానికి చెందిన పరమాణువులు $\lambda_1 N_1$ రేటులో ఏర్పడుతాయి. ఇవి $\lambda_2 N_2$ రేటులో క్షయిస్తాయి. తుదిస్థిర ఉత్పాదితం $\lambda_2 N_2$ రేటుతో ఏర్పడుతాయి. మూలకం A యొక్క పరమాణుసంఖ్య N_1 ని కింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$N_1 = N_1^o e^{-\lambda t} \qquad 9.32$$

t = 0 అయినప్పుడు A యొక్క పరమాణువుల సంఖ్యను (N_1^o) సూచిస్తుంది. సమీకరణం 9.32 ని సమీకరణం 9.30 లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$\frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_1^o e^{-\lambda_1 t} - \lambda_2 N_2 \qquad 9.33$$

$$\frac{dN_2}{dt} + \lambda_2 N_2 = \lambda_1 N_1^o e^{-\lambda t} \qquad 9.34$$

పై సమీకరణం ఇరుప్రక్కల $e^{\lambda_2 t}$ తో హెచ్చిస్తే

$$e^{\lambda_2 t}\frac{dN_2}{dt} + \lambda_2 N_2 e^{-\lambda_2 t} = \lambda_1 N_1^o e^{(\lambda_2-\lambda_1)^t} \qquad 9.35$$

లేదా

$$\frac{d}{dt}\left\{N_2 e^{\lambda_2 t}\right\} = \lambda_1 N_1^o e^{(\lambda_2-\lambda_1)^t} \qquad 9.36$$

ఇరు ప్రక్కల సమాకలనం చేస్తే

$$N_2 e^{\lambda_2 t} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2-\lambda_1} N_1^o e^{(\lambda_2-\lambda_1)^t} + C_1 \qquad 9.37$$

C_1 సమాకలన స్థిరాంకాన్ని సూచిస్తుంది. సమీకరణం 9.37ని క్రింది విధంగా తిరిగి వ్రాయవచ్చు.

$$N_2(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda_2-\lambda_1} N_2^o e^{-\lambda_1 t} + C_1 e^{\lambda_2 t} \qquad 9.38$$

t = 0 అయినప్పుడు $N_2 = N_2^o$ అప్పుడు

$$N_2^0 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2-\lambda_1} N_1^0 + C_1 \qquad 9.39$$

$$\therefore C_1 = N_2^0 - \frac{\lambda_1}{\lambda_2-\lambda_1} N_1^0 \qquad 9.40$$

సమీకరణం 9.40 ని సమీకరణ 9.38లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2-\lambda_1} N_1^0 (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) + N_2^0 e^{-\lambda_2 t} \qquad 9.41$$

సమీకరణం 9.41ని సమీకరణం 9.31 లో ప్రతిక్షేపించి సమాకలనం చేస్తే C యొక్క పరమాణువుల సంఖ్య తెలుస్తుంది.

$$N_3 = \left[\frac{\lambda_1}{(\lambda_2-\lambda_1)} N_1^0 - N_2^0\right] e^{\lambda_2 t} - \frac{\lambda_2}{(\lambda_2-\lambda_1)} N_1^0 e^{-\lambda_1 t} + C_2 \qquad 9.42$$

t = 0 అయినప్పుడు, $N_2 = N_3^0$ కనుక

$$N_3^0 = \frac{\lambda_1}{(\lambda_2-\lambda_1)} N_1^0 - N_2^0 - \frac{\lambda_2}{(\lambda_2-\lambda_1)} N_1^0 + C_2 \qquad 9.43$$

$$N_3^0 = -N_2^0 - \frac{N_1^0}{(\lambda_2-\lambda_1)}[\lambda_2 - \lambda_1] + C_2 \qquad 9.44$$

$$\therefore C_2 = N_3^0 + N_2^0 + N_1^0 \qquad 9.45$$

సమీకరణం 9.45ని సమీకరణం 9.42లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$N_3 = N_3^0 + N_2^0(1 - e^{\lambda_2 t}) + N_1^0\left(1 + \frac{\lambda_1}{\lambda_2-\lambda_1} e^{-\lambda_2 t} - \frac{\lambda_2}{\lambda_2-\lambda_1} e^{-\lambda_1 t}\right) \qquad 9.46$$

ఆదిలో N_1^0 ఉంటాయి $N_2^0 = N_3^0 = 0$ కనుక

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{(\lambda_2-\lambda_1)} N_1^0 \left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right) \qquad 9.47$$

$$N_3 = N_1^0\left\{1 + \frac{\lambda}{(\lambda_2-\lambda_1)} e^{-\lambda_2 t} - \frac{\lambda_2}{(\lambda_2-\lambda_1)} e^{-\lambda_1 t}\right\} \qquad 9.48$$

ఇంతవరకు వివరించిన గణిత విశ్లేషణను అనేక రేడియో ధార్మిక ఉత్పాదికాలు గల గొలుసుకు కూడా అనువర్తించవచ్చు. ఇలాటి వ్యవస్థకు అకలన సమీకరణాలు.

BRAOU

$$\frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1 \qquad 9.49$$

$$\frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2 \qquad 9.50$$

$$\frac{dN_3}{dt} = \lambda_2 N_2 - \lambda_3 N_3 \qquad 9.51$$

$$\frac{dN_n}{dt} = (\lambda_{n-1} N_{n-1} - \lambda_n N_n) \qquad 9.52$$

t = O అయినప్పుడు $N_1 = N_1^0, N_2^0 = ...N_n^0 = O$ అని ఊహించి పై సమీకరణాల సాధనను బేట్‌మన్ ఉత్పాదించారు. గొలుసులోని n వ మూలకంలోని పరమాణువుల సంఖ్యని క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

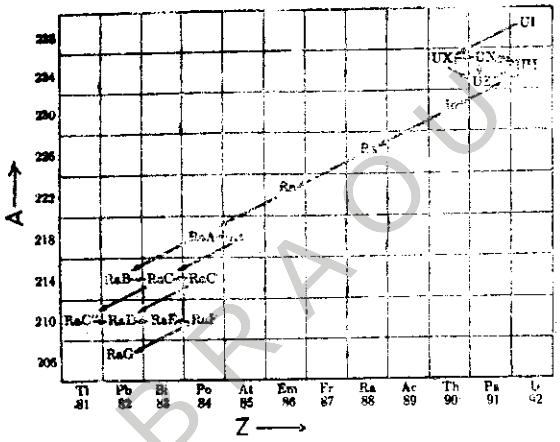
$$N_n(t) = C_1 e^{-\lambda_1 t} + C_2 e^{-\lambda_2 t} + C_3 e^{-\lambda_3 t} + ...C_n e^{-\lambda_n t} \qquad 9.53$$

ఇచ్చుట

$$C_1 = \frac{\lambda_1 \lambda_2 ... \lambda_{n-1}}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1)..(\lambda_n - \lambda_1)} N_1^o \qquad 9.54$$

$$C_2 = \frac{\lambda_1 \lambda_2 ... \lambda_{n-1}}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)....(\lambda_n - \lambda_2)} N_1^o \qquad 9.55$$

$$C_n = \frac{\lambda_1 \lambda_2 ...... \lambda_{n-1}}{(\lambda_1 - \lambda_n)(\lambda_2 - \lambda_n)...(\lambda_{n-1} - \lambda_n)} N_1^0 \qquad 9.56$$



పటం *9.5* అనుక్రమ రేడియో ధార్మిక విఘటన

R - సాపేక్ష పరమాణువుల సంఖ్య

పటము 9.5 లో రేడియం A క్షయానికి బేట్‌మన్ సమీకరణాల అనువర్తనం చూపినాము. $RaA(Po^{218})$3.05 నిముషాల అర్ధజీవన కాలంతో $RaB(Pb^{214})$ గా క్షయిస్తుంది. Ra B 26.8 నిముషాల అర్ధజీవనకాలంతో $RaC(Bi^{214})$ గా క్షయిస్తుంది. RaC 19.7 నిముషాల అర్ధజీవనకాలంతో $RaD(Pb^{210})$ గా క్షయిస్తుంది. తుది ఉత్పాదకం RaD అర్ధజీవనకాలం 22 సంవత్సరాలు. RaD అర్ధజీవనకాలం చాలా ఎక్కువ కనుక విఘటన చెందే RaD పరమాణువుల సంఖ్యను ఉపేక్షించవచ్చు. RaA పరమాణువులు ఘాతాంకరీతిలో తగ్గుతాయి. తొలిదశలో శూన్య పరమాణువులుగల RaB 10 నిముషాలలో గరిష్ఠ పరమాణువుల సంఖ్యను చేరుకొని అటుతర్వాత కాలంతో తగ్గుతాయి. 35 నిముషాలకు RaC పరమాణువుల సంఖ్య గరిష్ఠ విలువకు చేరుకొంటుంది. RaD పరమాణువుల సంఖ్య పెరుగుతూ RaA, RaB పరమాణువులు పూర్తిగా తరగిపోయిన తర్వాత గరిష్ఠ విలువను పొందుతుంది. అంతంలో RaD 22 సంవత్సరాల అర్ధజీవనకాలంతో ఘాతాంకరీతిలో క్షయానికి లోనవుతుంది. ఏదేని కాలంలో అన్ని రకాల పరమాణువుల సంఖ్య మొత్తం N_0 ఉంటుంది. ఇది ఆదిలో RaA పరమాణువుల సంఖ్యకు సమానం.

ఏదేని వ్యవస్థని సూచించే కాలంతో అవకలనం చేసినప్పుడు వచ్చే అవకలిని విలువ శూన్య విలువను కలిగిఉంటే ఆ వ్యవస్థ సమతాస్థితిలో నున్నదని అంటారు. ఈ నియమాన్ని రేడియో ధార్మిక గొలుసుకు అనువర్తిస్తే

$$\frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1 = 0$$

$$\frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2 = 0$$

$$\frac{dN_3}{dt} = \lambda_2 N_2 - \lambda_3 N_3 = 0 \qquad 9.57$$

$$\frac{dN_n}{dt} = \lambda_{n-1} N_{n-1} - \lambda_n N_n = 0$$

మాతృక రేడియో ధార్మికతను కలిగివుంటే $\lambda_1 \neq 0$ కనుక పైన వివరించిన నియమాలు ఖచ్చితంగా పాటింపబడవు. కానీ మాతృక, గొలుసులోని ఇతర మూలకాలకన్న అతి మందగతిలో క్షయానికి లోనయినట్లతే సమతాస్థితికి అతి దగ్గరి స్థితిని చేరడానికి వీలుంది. ఇలాంటి సందర్భాన్ని సహజ రేడియో ధర్మిక శ్రేణులు కలిగిఉన్నాయి. యురేనియం I అర్ధజీవనకాలం $4.5 \times 10^9 Yrs.$ ఇలాంటి సందర్భాలలో N_1 ని స్థిరంగా తీసికోవచ్చు. λ_1 గొలుసులోని ఇతర మూలకాల λ విలువలకన్న అతి తక్కువగా ఉంటుంది. సమీకరణం 9.57 లోని మొదటి సమీకరణం ఉజ్జాయింపుగాను, మిగతా సమీకరణాలు ఖచ్చితంగాను పాటింపబడుతాయి. ఇలాంటి సమతాస్థితిని అనుక్రమ సమతాస్థితి అంటారు. ఇది క్రింది నియమాన్ని పాటిస్తుంది.

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \lambda_3 N_3 = ...\lambda_{n-1} N_{n-1} = \lambda_n N_n \qquad 9.58$$

రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లను నిలకడ రేటులో ఉత్పాదన చేస్తున్నప్పుడు కూడా అనుక్రమ సమతాస్థితి పొందుటకు వీలుంది. ఇలాంటి సందర్భంలో $\lambda_1 N_1$ స్థిరంగా ఉంటుంది.

ఏఏ పరిస్థితులలో అనుక్రమ సమతాస్థితిని పొందవచ్చో పరిశీలిద్దాం. అనంత జీవన కాలంగల మాతృకను $(T = \infty)$ తీసికొందాం. జన్యరేడియో ధార్మిక మూలకం తక్కువ జీవన కాలం కలదనుకొందాం. ఆదిలో మాతృక పరిశుద్ధంగా ఉందనుకొందాం. $\lambda_1 = 0$ కనుక మాతృక, జన్య రేడియో ధార్మిక పదార్థాల పరమాణువుల సంఖ్యలను క్రింది సమీకరణాలతో సూచించవచ్చు.

$$N_1 = N_1^\circ e^{-\lambda_1 t} = N_1^\circ \qquad 9.58a$$

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^\circ (e^{-\lambda_1 t} c^{-\lambda_2 t})$$

$$\simeq \frac{\lambda_1}{\lambda_2} N_1^\circ (1 - e^{-\lambda_2 t}) \qquad 9.59$$

లేదా

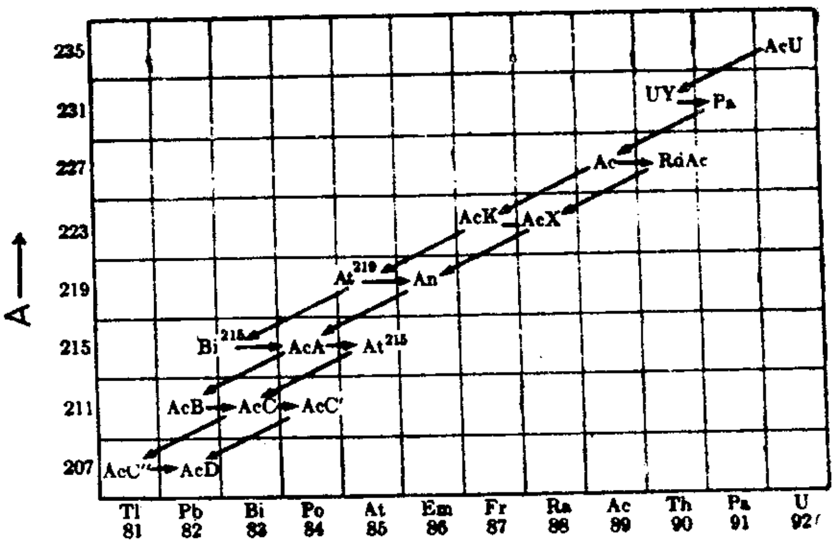
$$\lambda_2 N_2 = \lambda_1 N_1^\circ (1 - e^{-\lambda_2 t}) \qquad 9.60$$

జనక పదార్థం క్రియాశీలత ననుసరించి జన్యపదార్థం క్రియాశీలత కాలంతో మారే తీరును సమీకరణం 9.61 సూచిస్తుంది.

$$A_{\text{మొత్తం}} = \lambda_1 N_1^\circ + \lambda_2 N_2^\circ = 2\lambda_1 N_1^\circ - \lambda_1 N_1^\circ e^{-\lambda_2 t} \qquad 9.61$$

మొత్తం క్రియాశీలత సమీకరణం 9.61 ప్రకారం t పెరిగే కొద్దీ జన్యపదార్థం క్రియాశీలత పెరుగుతూ అనేక అర్ధజీవన కాలాలు గడచిన తర్వాత $\lambda_2 N_2, \lambda_1 N_1^\circ$ కి సమానమౌతుంది.

తత్ఫలితంగా అనుక్రమ సమతాస్థితి నియమం పాటింపబడుతుంది. ఈ పరిస్థితులను పటం 9.6లో చూడవచ్చు.



పటం 9.6 దీర్ఘకాలిక సమతాస్థితి

a - అప్పుడే పరిశుద్ధ పరచిన జనక అంశం నుంచి జనకక్రియాశీలత పెరుగుదల. b- జనక క్రియాశీలత $(T\frac{1}{2} = \infty)$. c - తొలిదశ పరిశుద్ధ అంశం మొత్తం క్రియాశీలత. d- అప్పుడే వివక్త పరచిన జన్యఅంశం క్షయం. N - మొత్తం పరమాణువుల క్షయం.

మాతృక, జన్యపదార్థంకన్న ఎక్కువ జీవనకాలాన్ని కలిగిఉండి $(\lambda_1 < \lambda_2)$ కూడా అవి అధిక జీవనకాలాన్ని కలిగి వుండనిచో మరో రకమయిన సమతాస్థితి ఏర్పడుటకు వీలుంది. దీనిని తత్కాల సమతాస్థితి అంటారు. ఇలాంటి సందర్భంలో $\lambda_1 = 0$ గా తీసికొనుటకు వీలులేదు. ఆదిలో మాతృక పరిశుద్ధంగా ఉన్నట్లయితే

$$N_1 = N_1^\circ e^{-\lambda_1 t} \qquad 9.62$$

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{(\lambda_1-\lambda_2)} N_1^\circ (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t} \qquad 9.63$$

t అధిక విలువను కలిగి ఉన్నప్పుడు $e^{-\lambda_2 t}$ ని $e^{-\lambda_1 t}$ తో పోలిస్తే ఉపేక్షించవచ్చు. అప్పుడు

$$N_2 \simeq \frac{\lambda_1}{(\lambda_2-\lambda_1)} N_1^\circ e^{-\lambda_1 t} \qquad 9.64$$

సమీకరణం 9.64, జన్యపదార్థం జనకపదార్థం అర్థజీవనకాలంతో సమానమైన అర్ధజీవనకాలంతో క్షయానికి లోనవుతుందని సూచిస్తుంది. $N_1 = N_1^\circ e^{-\lambda_1 t}$ కనుక

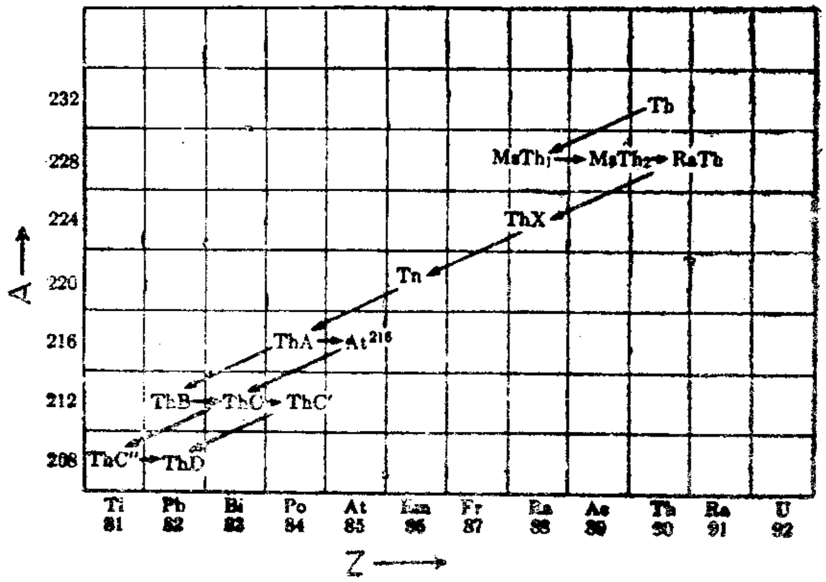
$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\lambda_2-\lambda_1}{\lambda_1} \qquad 9.65$$

సమతాస్థితిలో మాతృక జన్య పదార్థాల క్రియాశీలతల నిష్పత్తి

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{\lambda_1 N_1}{\lambda_2 N_2} = \frac{\lambda_2-\lambda_1}{\lambda_2} \qquad 9.66$$

B R A O U

జన్యపదార్థం క్రియాశీలత జనక పదార్థం క్రియాశీలతకన్న $\frac{\lambda_2}{\lambda_2-\lambda_1}$ వంతులు అధికంగా ఉంటుంది. ఈ ఫలితాలు పటం 9.7లో చూడవచ్చు.



పటం 9.7 తత్త్వాల సమతాస్థితి

a - అప్పుడే పరిశుద్ధ పరచిన జనక అంశం నుంచి జన్యక్రియాశీలత పెరుగుదల b జనక క్రియాశీలత ($T\frac{1}{2} = 8.0hr$). c - తొలిదశలో పరిశుద్ధంగా ఉన్న జనక అంశం [illegible] క్రియాశీలత. d - అప్పుడే వివక్తం చేసిన జన్య అంశం క్షయం ($T\frac{1}{2}0.8hr$). e - జనక జన్య అంశాల మొత్తం జన్యక్రియాశీలత. A - log స్కేలులో క్రియాశీలత.

మాతృక, జన్య పదార్థం కన్న తక్కువ అర్థజీవన కాలాన్ని కలిగి వుంటే ఎలాంటి సమతాస్థితి ఏర్పడదు. మాతృక, జన్య పదార్థాలను [illegible]దిలో వేరుచేసి ఉంచినచో మాతృక క్షయానికి లోనయే కొద్దీ జన్య పరమాణువుల సంఖ్య పెరుగుతూ గరిష్ఠ విలువను చేరుకొని మరలా జన్యపదార్థ అర్థజీవన కాలంతో క్షయానికి లోనవుతాయి.

9.9 α, β, γ- వికిరణాల అభిలక్షణాలు

ఆల్ఫా కణాలు హీలియం పరమాణు కేంద్రకాలు వీటి విద్యుదావేశం ఎలక్ట్రాన్ విద్యుదావేశం కన్న రెండు రెట్లు ఉంటుంది. ఘనపదార్థాలలో α- కణాల వ్యాప్తి చాలా తక్కువగా ఉంటుంది. $1g/cm^3$ సాంద్రతగల పదార్థాలలో α- కణాల వ్యాప్తి 0.005 cm ఆల్ఫా కణాలు ప్రబల అయనీకరణాన్ని కలిగివున్నాయి, ఇవి దీప్తిని, ఫోటోగ్రాఫిక ప్లేట్‌ను ప్రభావానికి లోను చేస్తాయి. విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రాలు ఆల్ఫాకణాలను అపవర్తనానికి లోను చేస్తాయి. ఆల్ఫాకణాలు బట్టలగుండా ప్రసరించలేవు. కనుక ఇవి బాహ్య వికిరణంగా అపాయకరం కావు. ఆల్ఫాకణాల జనకం జీవిలోపల ఉంటే ఫలితాలు దారుణంగా ఉంటాయి. ప్రబల అయనీకరణం వల్ల పరిసర కణజాలం నశిస్తుంది. రేడియో ధార్మిక పదార్థాలు ఉద్గారం చేసే ఆల్ఫాకణాల శక్తి 4.5 MeV నుంచి 9.6 MeV వరకు ఉంటుంది.

బీటా కణాలు ఎలక్ట్రాన్‌లుగా గానీ, పాసిట్రాన్‌లుగాగానీ ఉండవచ్చు. వీటి వేగం దాదాపు కాంతి వేగానికి సమానంగా ఉంటుంది. బీటా కణాల శక్తి 0 నుంచి 1 MeV వ్యాప్తిలో ఉంటుంది. బీటా కణాల అయనీకరణ సామర్థ్యం తక్కువ. β- క్షయం జరిగేటప్పుడు న్యూట్రినోలు కూడా వెలువడతాయి. కేంద్రంలో ప్రోటాన్ న్యూట్రాన్‌గానీ, న్యూట్రాన్ ప్రోటాన్‌గాగానీ మార్పు చెందినప్పుడు β కణం, న్యూట్రినో ఉద్గారం చెందుతాయి. బీటా కణాలు వాయువులను అయనీకరిస్తాయి, దీప్తిని కలిగిస్తాయి. ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేట్ మీద ప్రభావాన్ని చూపుతాయి. బీటా కణాలు విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రాలలో అపవర్తనం చెందుతాయి. బీటా కణాలు చర్మానికి హానిని, కంటికి అపాయాన్ని కలిగిస్తాయి.

BRAOU

గామా వికిరణాలు విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు, గామా వికిరణాలు అంతం కేంద్రక జనితాలు. ఇవి X- వికిరణాన్ని పోలినవి. కానీ X- వికిరణం బాహ్య కేంద్రకజనితాలు. α-, β- కణాల కంటే γ- వికిరణాలు అధికంగా చొచ్చుకొనిపోవు శక్తి కలిగివుంటాయి. వీటి అయనీకరణ శక్తి తక్కువ. గామా వికిరణం శక్తి keV నుంచి MeV వ్యాప్తిలో వుంటుంది. α-, β-, కణాలతో గామా వికిరణం కూడా ఉద్గారమౌతుంది.

9.10 భూమి వయస్సు నిర్ణయం

భౌమిక, ఉల్కా శేష నమూనాల రేడియో ధార్మిక అధ్యయనం ద్వారా భూమి వయస్సును నిర్ణయించవచ్చు. సహజ రేడియో ధార్మిక శ్రేణులు గొలుసు క్షయరీతులను పరిశీలిస్తే మాతృక, తత్ జన్య పదార్థాలు క్షయం వల్ల (a) ఉద్గారమయ్యే α- కణాలవల్ల హీలియం ఏర్పడుటను (b) ప్రతిశ్రేణికి సంబంధించి నిర్దిష్ట పరమాణు భారం గల సీసం ఏర్పడుటను గమనించవచ్చు. ఆదిలో హీలియంగానీ, పరమాణుభారం 206 గల సీసం గానీ లేకుండా క్షయరేటులో మార్పు లేకుండా ఉత్పాదితాల నష్టం జరుగకుండా యురేనియం ఖనిజం ఏర్పడిందనుకొందాం. అప్పుడు ఆఖనిజంలోని మొత్తం హీలియంనిగానీ, రేడియో జనిత సీసంని గానీ యురేనియం సారంతో గల నిష్పత్తిని నిర్ణయిస్తే తద్వారా ఖనిజం వయస్సును కనుక్కొనవచ్చు. యురేనియం క్షయం నిలకడ రీతిలో వుంటే, ఖనిజం వయస్సు t ని కింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$\lambda_u N_u t = N_{pb} \qquad 9.67$$

పై సమీకరణంలో N_u, N_{pb} ప్రస్తుతం U^{238}, Pb^{236} పరమాణు సంఖ్యలను సూచిస్తాయి. U^{238} విఘటన స్థిరాంకం λ_u విలువను పై సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపిస్తే ఖనిజం వయస్సు

$$t = \frac{Pb^{206}}{U^{238}} \times 7.5 \times 10^9 Yr \qquad 9.68$$

అభివృద్ధి చెందిన రేడియో రసాయనిక, ద్రవ్యరాశి వర్ణపట గ్రాహక టెక్నిక్‌లతోను, మాతృక యురేనియం క్రియాశీలత క్షయానికి దిద్దుబాటులు చేసి తద్వారా భౌమికస్తరిటా వయస్సును నిర్ణయించుటకు వీలవుతుంది. ఇలా నిర్ణయించిన పిచ్‌బ్లెండ్ వయస్సు 640 నుంచి 1.38×10^9 సంవత్సరాలు. ఈ ఫలితాలు భూమి వయస్సు 1.38×10^9 సంవత్సరాలకన్న అధికంగా ఉండాలని సూచిస్తాయి.

BRAOU

పరమాణువుల నిర్మాణం మొదలై ఇంతవరకు గడచిన కాలాన్ని రేడియో ధార్మిక దత్తాంశం ద్వారా కనుగొనవచ్చును. ఇలా నిర్ణయించిన కాలం భూమిపై ఖనిజాలు ఏర్పడి నప్పటినుంచి గడిచిన కాలం అధికంగా ఉంటుంది. భూమి వయస్సును నిర్ణయించుటకు సరళమైన పద్ధతి ప్రస్తుతం U^{239}, U^{235} ల సాపేక్ష లభ్యతలను వాటి అర్ధజీవన కాలాలను పోల్చడమే. ఆదిలో U^{239}, U^{235} సమాన పరిమాణంలో ఉన్నాయనుకొంటే ప్రస్తుతం వీటి నిష్పత్తి 140 : 1 ఇలా నిర్ణయించిన కాలం $6.6 \times 10^9 yrs$ ఇటీవలి కాలంలో $K^{40}, Rb^{97}, Im^{115}$ రేడియో ఐసటోప్‌లతో డేటింగ్ (వయస్సు) నిర్ణయించడం జరుగుతున్నది. ఈ విధంగా నిర్ణయమైన భూమి వయస్సు 4 నుంచి $4.5 \times 10^9 yrs$.

ఉత్కృష్ట వాయువు ప్రక్రియతో కాల నిర్ణయం చేసే విధానాన్ని USSR లోని E.K. గెర్లింగ్ అతని సహచరులు 1951లో మొట్టమొదట ఉపయోగించినారు. ఆర్గాన్, K^{40} జన్యమూలకం. K^{40} అర్ధజీవన కాలం 1.3×10^9 సంవత్సరాలు. K^{40} క్షయానికి లోనైనప్పుడు 89% వంతులు Ca^{40} గాను 11% వంతులు Ar^{40} కూడా పోగుపడుతుంది. వ్యవస్థ సంక్షోభానికిలోను కానప్పుడు Ar^{40} పోగుపడే రేటు ఖచ్చితంగాను మార్పుచెందకుండాను ఉంటుంది. ఇది పొటాషియం అంశంమీద, దానిక్షయ రేటు మీద మాత్రమే ఆధారపడుతుంది. ఖనిజంలోని K^{40}, Ar^{40} అంశాల పరిమాణాన్ని నిర్ణయించి తద్వారా ఆ ఖనిజం ఎంతకాలం మునుపు ఏర్పడినదో నిర్ణయించవచ్చు. పొటాషియం - ఆర్గాన్ నిష్పత్తి నిర్ణయం ద్వారా కనుగొన్న రాతి ఖనిజాల వయస్సు 4 నుంచి 4.5 బిలియన్ సంవత్సరాలు ఉన్నట్లు తేలింది. కొన్ని ఖనిజాల వయస్సు పై విలువకంటె తక్కువ ఉన్నవిగానీ,

ఎక్కువ విలువలు కలిగి ఉండలేదు. ఈ నిర్ణయాలు సీసం-యురేనియం నిష్పత్తి నిర్ణయం ద్వారా కనుగొన్న వయస్సు 4.6×10^9 సంవత్సరాలకు సుసంగతంగా ఉంది.

ఉల్కావేషాల, భూభౌమిక పదార్థాల విశ్లేషణతో నిర్ణయించిన భూమివయస్సు 4.6 బిలియన్ సంవత్సరాలు. ఇది సర్వసాధారణంగా ఆమోదమైన నిర్ణయం. ప్రస్తుతం ఉన్న సాక్ష్యాధారాలు, నేడు సూర్య కుటుంబంలోని స్థిరశీతల వస్తువులు దాదాపు 4.6 బిలియన్ సంవత్సరాల మునుపు ఆకారాన్ని సంతరించుగొన్నాయని సూచిస్తాయి.

మాదిరి లెక్క 4

ప్రకృతిలో నేడు లభ్యమయ్యే $92U^{238}, 92U^{235}$ పరమాణువుల నిష్పత్తి 140 : 1 భూమి ఏర్పడినప్పుడు ఇవి రెండూ సమాన నిష్పత్తిలో ఉండినాయని భావించి భూమి వయస్సును నిర్ణయింపుము. U^{238}, U^{235} ల అర్థజీవన కాలాలు వరుసగా $4.5 \times 10^9 yrs, 7.13 \times 10^8 yrs.$

భూమి ఏర్పడినప్పుడు U^{238}, U^{235} పరమాణువుల సంఖ్య N_o అనుకొందాం. నేడు U^{238}, U^{235} పరమాణువుల సంఖ్య N_{238}, N_{235} అయిన

$$N_{238} = N_o e^{-\lambda}_{238} t, N_{235} = N_o e^{-\lambda_{235} t}$$

పై సమీకరణం t భూమి వయస్సును సూచిస్తుంది.

$$N_{238}/N_{235} = e^{-(\lambda_{238} - \lambda_{235})t}$$

లెక్కలో ఇచ్చిన దత్తాంశం ప్రకారం

$$e^{-(\lambda_{238} - \lambda_{235})t} = 140$$

$$\therefore t = \frac{loge^{140}}{\lambda_{235} - \lambda_{238}}$$

$$\lambda_{235} = \frac{0.693}{7.13 \times 10^8 Yrs} = 0.972 \times 10^{-9} Yrs^{-1}.$$

$$\lambda_{238} = \frac{2.003 log_{10} 140}{4.5 \times 10^{-9} Yrs} = 0.154 \times 10^{-9} Yrs^{-1}.$$

$$t = \frac{2.003 log_{10} 140}{(0.972 \times 10^{-9} - 0.154 \times 10^{-9} Yrs^{-1}} = \frac{2.303(2.1461)}{0.118} \times 10^9 Yrs$$

$$\therefore t = 6.04 \times 10^9 Yrs.$$

BRAOU

9.11 సారాంశం

భారమూలకాల స్వచ్ఛంద ఉద్గార వికిరణ ప్రక్రియ రేడియోధార్మికత అంటారు. ఈ వికిరణం α, లేదా β లేదా γ వికిరణాలుగా ఉంటుంది. α లేదా β ఉద్గారంతో కలిసి γ వికిరణాలు కూడా ఉద్గారమవుతాయి.

α కణాలు హీలియం కేంద్రకాలు, β కణాలు ఎలక్ట్రాన్‌లు, γ విద్యుదయస్కాంత వికిరణం.

రేడియో ధార్మిక మూలకాలు ఘాతంక నియమము, స్థానభ్రంశ నియమము అనే రెండు నియమాలకు కట్టుబడి క్షయమవుతాయి.

ఘాతాంక నియమం ప్రకారం రేడియో ధార్మిక మూలకం క్షయం కానీ, వృద్ధికానీ ఘాతాంకరీతిలో ఉంటుంది. ఏదేని కాలం t వద్ద రేడియో ధార్మిక మూలకంలోని పరమాణువుల సంఖ్యను కింది సమీకరణం సూచించవచ్చు.

$$N(t) = N_{(o)} e^{-\lambda t}$$

$N_o, t = o$ అయినప్పుడు మూలకం పరమాణువుల సంఖ్యను, λ విఘటన స్థిరాంకాన్ని సూచిస్తాయి.

స్థానభ్రంశం నియమం ప్రకారం రేడియో ధార్మిక మూలకం α- కణాన్ని ఉద్గారం చేసినప్పుడు దానిస్థానం ఆవర్తన పట్టికలో 2 యూనిట్లు ఎడమవైపుకు స్థానభ్రంశానికి లోనవుతుంది. రేడియో ధార్మిక మూలకం β- కణాన్ని (ఎలక్ట్రాన్) ఉద్గారం చేస్తే దాని స్థానం ఆవర్తన పట్టికలో కుడివైపుకు 1 యూనిట్ స్థానభ్రంశానికి లోనవుతుంది.

రేడియో ధార్మిక మూలకాన్ని, విఘటన స్థిరాంకం λ. అర్ధజీవన కాలం T. సగటు జీవనకాలం τ లతో అభిలక్షణీకరించవచ్చు. ఈ మూడు కింది సమీకరణాలతో ఒక దానికొకటి సంబంధం కలిగి ఉంటాయి.

$$T = 0.693/\lambda; \tau = 1/\lambda = \frac{T}{0.693}$$

రేడియో ధార్మికత ప్రమాణం క్యూరీ. దీనిని 3.7×10^{10} విఘటనలు λ రేడియో ధార్మిక పదార్థ ప్రమాణానికి సమానంగా నిర్వచించవచ్చు.

సహజంగా లభ్యమయ్యే అన్ని రేడియో ధార్మిక మూలకాలు మూడు రేడియో ధార్మిక శ్రేణులుగా రూపొందుతాయి. వీటిని యురేనియమ్ శ్రేణి ఆక్టీనియమ్ శ్రేణి, థోరియమ్ శ్రేణులుగా రూపొందుతాయి. యురేనియమ్ శ్రేణికి చెందిన ప్రతీ మూలకం ద్రవ్యరాశిని $(4n+2)$ గాను, ఆక్టీనియమ్ శ్రేణికి చెందిన ప్రతిమూలకం ద్రవ్యరాశిని $(4n+3)$ గాను, థోరియమ్ శ్రేణికి చెందిన ప్రతిమూలకం ద్రవ్యరాశిని 4n గాను సూచించవచ్చు. ఇచ్చట n పూర్ణాంకము.

పారంపరిక రేడియో ధార్మిక విఘటన ప్రక్రియలో జనక, జన్య న్యూక్లైడ్‌ల అర్ధజీవన కాలాన్ని బట్టి రెండు రకాలయిన సమతాస్థితులు ఏర్పడుటకు వీలుంది. జనక న్యూక్లైడ్ అత్యధిక అర్ధజీవనకాలాన్ని జన్య న్యూక్లైడ్ అల్ప అర్ధజీవనకాలాన్ని కలిగి ఉన్నచో జన్య న్యూక్లైడ్ అర్ధ జీవన కాలాలు అనేకం జరిగిన తరువాత కలిగి ఉన్నచో జన్య న్యూక్లైడ్ జీవన కాలాలు అనేకం జరిగిన తర్వాత $\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2$ స్థితి ఏర్పడుతుంది. ఇలాంటి సమతాస్థితిని పారంపరిక సమతాస్థితి అంటారు.

జనక న్యూక్లైడ్, జన్య న్యూక్లైడ్ కన్న ఎక్కువ జీవిన కాలం కలిగి ఉండి అంటే $\lambda_1 < \lambda_2$, జనక న్యూక్లైడ్ అర్ధ జీవనకాలం చాలా అధికంగా లేనప్పుడు తత్కాల సమతాస్థితి ఏర్పడుతుంది. జన్య న్యూక్లైడ్ అర్ధజీవనకాలాలు కొన్ని జరిగిన తర్వాత జన్య న్యూక్లైడ్ జనక న్యూక్లైడ్ అర్ధజీవన కాలంతో క్షయానికి లోనవుతుంది.

రేడియో ధార్మిక డేటింగ్ ద్వారా నిర్ణయించిన భూమి వయస్సు 4.6×10^9 సంవత్సరాలు.

9.12 నమూనా జవాబులు

అవగాహన పరీక్ష

న్యూక్లైడ్ β- కణాన్ని కోల్పోతే దాని స్థానం ఒకమెట్టు కుడిప్రక్కకు స్థానభ్రంశం చెందుతుంది.

9.13 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. రేడియోధార్మిక పదార్థం (i) అర్ధజీవన కాలం (ii) సగటు జీవనకాలం (iii) విఘటన స్థిరాంకాలకు సమాసాలను ఉత్పాదించండి.

II. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానం రాయండి.

1. రేడియోధార్మికత నియమాలను నిర్వచించి వివరించండి.

B R A O U

2. రేడియోధార్మిక శ్రేణులు గూర్చి రాయండి.

3. రేడియో కార్బన్ డేటింగ్ ద్వారా భూమి వయస్సు ఎలా నిర్ణయించవచ్చో వివరించండి.

III. క్రింది సమస్యలను సాధించండి.

1. Na^{24} విఘటన స్థిరాంకం $1.3 \times 10^{-5} s^{-1}$. దీని అర్ధజీవన కాలమెంత? ఆదిలో 2mCi చర్యాశీలత ఉన్న, 14.8 hrs తర్వాత ఎన్ని పరమాణువులు పదార్థంలో ఉంటాయో కనుగొనండి.

(జ. $T\frac{1}{2} = 14.8 hrs. N(T\frac{1}{2}) = 2.846 \times 10^{12}$)

2. Po^{218} అర్ధజీవనకాలం 3.05 min దీని జన్య పరమాణువు అర్ధజీవన కాలం $26.8 min. Po^{218}$ తో మొదలై ఎంతకాలానికి Po^{214} క్రియాశీలత గరిష్ట విలువను చేరుకుంటుందో కనుగొనండి.

(జ. 10.8 min)

3. పురాతన పడవ చెక్క ముక్క 5 గణనలు/s C^{14} క్రియాశీలతను కలిగిఉన్నది. అదే పరిమాణంగల ప్రస్తుతం తయారయినచెక్క 20 గణనలు/s C^{14} క్రియాశీలతను చూపుతున్నది. C^{14} అర్ధజీవనకాలం 5568 hrs అయిన పడవ వయస్సు ఎంతో కనుగొనుము.

(జ. 11146 yrs)

BRAOU

భాగం-10 : వికిరణ శోధకాలు

విషయక్రమం

10.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు
10.2 ప్రవేశిక
10.3 గైగర్ ముల్లర్ గణకం
10.4 మేఘపేటిక
10.5 బుద్బుద పేటిక
10.6 ప్రస్ఫురణ గణకయంత్రం
10.7 సారాంశం
10.8 నమూనా ప్రశ్నలు

10.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో వివిధ శోధకాల రూపకల్పన పనిచేయు విధానం, వాటి అనువర్తనాలను గురించిన చర్చ ఉంది.

10.2 ప్రవేశిక

కేంద్రక భౌతిక శాస్త్ర అధ్యయనంలో మనకు అనేక రకాలయిన కణాలు తారసిల్లుతాయి. ఈ కణాలు ఆవేశిత కణాలుగానూ, అనావేశిత కణాలుగానూ, విద్యుదయస్కాంత వికిరణాలుగాను మూడు రకాలుగా విభజించవచ్చు. α- వికిరణం, β- వికిరణం, ప్రోటాన్, ఎలక్ట్రాన్, మెసాన్‌లు ఆవేశిత కణాలు. న్యూట్రాన్, రోదశి వికిరణంలో ఉండే తేలిక మూలకాలు అనావేశిత కణాలు. X-వికిరణం, గామా వికిరణం విద్యుదయస్కాంత వికిరణాలు. ఈ కణాల ఛార్జ్, పరిమాణం, శక్తి, ద్రవ్యవేగం, వేగం మొదలగు అభిలక్షణాలు కణ అన్యోన్య చర్యల పరిశీలలో ఎంతో ముఖ్యమైనవి. కేంద్రక భౌతిక శాస్త్రం అభివృద్ధికి, రోదసీవితరణ పరిశోధనలో ప్రగతికి ముఖ్యకారణం కణ శోధకాల నిర్మాణమే. ఘన, ద్రవ వాయు పదార్థాలలో కణచర్య, చర్యా ఫలితాలు ఆధారంగా కణశోధకాల నిర్మాణం జరిగింది. ఈ శోధకాలను కణాల ఉనికిని కనుగొనుటకు కణ అభిలక్షణ పరామితులను లెక్క కట్టుటకు వాడవచ్చు.

కణశోధకాలను (1) విద్యుత్ స్పందన శోధకాలు, (2) కణజాడ శోధకాలు అని ప్రముఖంగా విభజించవచ్చు. విద్యుత్ స్పందన శోధకాలలో కేంద్రక కణం శోధకం సునిశిత ఘన పరిమాణంలో ప్రవేశించినప్పుడు అది విద్యుత్ స్పందనాన్ని కలుగజేస్తుంది. ఈ స్పందనాన్ని తగిన ఎలక్ట్రానిక్ వలయాన్ని ఉపయోగించి శోధించవచ్చు. వాయుపూరిత శోధకాలయిన అయనీకరణ పేటికలు, అనుపాత గణకము, గైగర్ ముల్లర్ గణకం, ప్రస్ఫురణ గణక యంత్రం, సెరంకోవ్ గణకం, అర్ధవాహక కణశోధకం విద్యుత్ స్పందన శోధకాల సమూహానికి చెందినవి. కణజాడ శోధకాలలో కణజాడ రికార్డ్ అవుతుంది. బుద్బుద కోశాలు, స్పార్క్ కోశాలు, మేఘపేటికలు, ఫోటో గ్రాఫిక్ ఎమల్షన్ టెక్నిక్‌లు కణజాడ శోధకాల తరగతికి చెందినవి. ఈ పరికరాలు కేంద్రక చర్యలను, కణ అన్యోన్య చర్యలను, పరిశోధించుటకు రోదశి వికిరణ పరిశోధనలోను అత్యంత ఉపయోగకరమైనవి.

ఈ భాగంలో గైగర్ ముల్లర్ గణకం, మేఘపేటిక, బుద్బుదకోశం, ప్రస్ఫురణ గణక యంత్రాల రూపకల్పన, పనిచేయు విధానం, అనువర్తనాలను గూర్చి తెలుసుకుందాం.

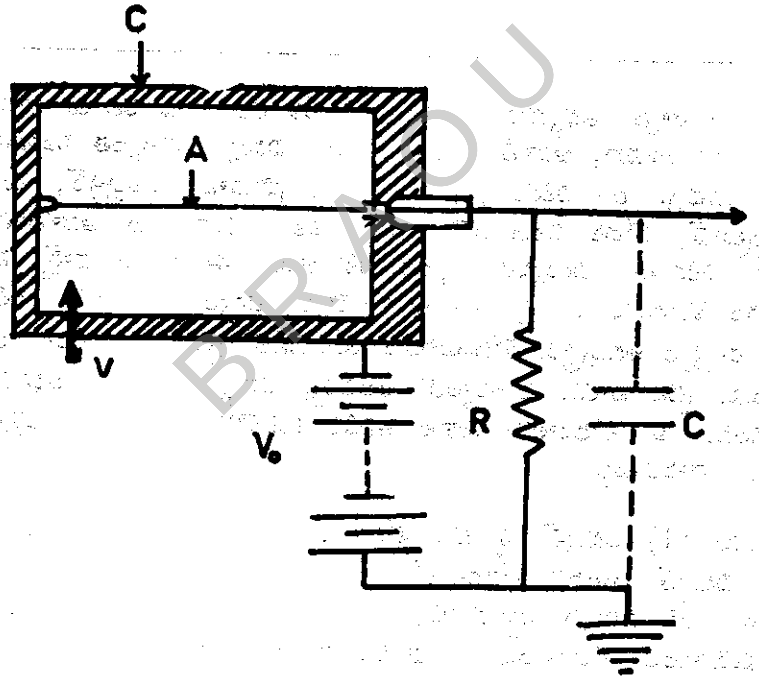
BRAOU

10.3 గైగర్‌ముల్లర్ గణకం

వాయువూరిత శోధకాలయిన అయనీకరణ పేటిక, అనుపాత గణకం, గైగర్‌ముల్లర్ గణకం ఏదేని అయనీకరణ వికిరణం శోధకం సునిశిత ఘనపరిమాణంలో ప్రవేశించినప్పుడు ఉత్పన్నమయ్యే అయాన్‌ల పేకరణ ప్రక్రియమీద ఆధారపడి పనిచేస్తాయి. గైగర్‌ముల్లర్ గణకం నిర్మాణం పనిచేయు విధానం అర్థం చేసికొనుటకు ముందుగా శోధకం సునిశిత ఘన పరిమాణంలో అయనీకరణ వికిరణం వల్ల జరిగే అయనీకరణ ప్రక్రియను గూర్చి శోధకం ఔట్‌పుట్ స్పందం మీద అనువర్తిత వోల్టేజ్ ప్రభావాన్ని గూర్చి తెలుసుకొందాం.

అయనీకరణ పేటిక సునిశిత ఘన పరిమాణంలోనికి ఆవేశిత కణం ప్రవేశించినప్పుడు దాని వేక్ (Wake) వెంబడి అధిక సంఖ్యలో అయాన్ యుగళాలు ఉత్పన్నమవుతాయి. విలక్షణ క్షేత్రంలో ఎలక్ట్రాన్‌లు $10^4 ms^{-1}$ వేగంతోను అయాన్‌లు $10^2 ms^{-1}$ వేగంతోను అపసరం చెందుతాయి. అయాన్ యుగళాల అభిగమన ప్రకృతి పునఃసంయోగం ప్రాథమిక ఎలక్ట్రాన్ అయాన్‌ల గౌణ చర్యలు (1) పేటిక భౌతిక రూపకల్పన, (2) అనువర్తిత ఓల్టేజ్ (3) పూరిత వాయువు (4) సహాయక వలయాల మీద సంశ్లిష్టంగా ఆధారపడి వుంటాయి.

ఈ ప్రక్రియలను అర్థం చేసికొనుటకు వీలుగా పటం 10.1లో చూపిన నిర్మితిగల స్థూపాకార అయనీకరణ పేటికను తీసికొందాం. దానిలో హైడ్రొజన్‌గానీ, నైట్రొజన్‌గానీ,



పటం 10.1 స్థూపాకార అయనీకరణ పేటిక

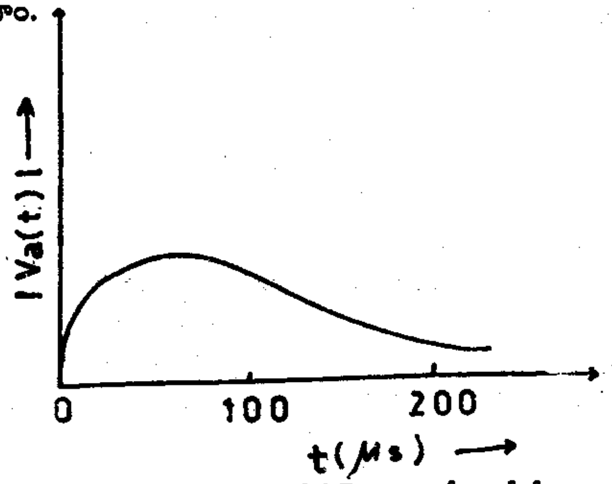
V - పేటిక సునిశిత ఘనపరిమాణం A - అనోడ్ Ca - కాథోడ్

లేదా ఆర్గాన్‌నిగాని నింపి ఉందనుకొందాం. క్రింది ఊహనలు కూడా గణనలోనికి తీసికొందాం.

(a) పతన ఆవేశిత కణం పేటికలో ఉత్పన్నం చేసిన అయాన్ యుగళాలు సంఖ్య n అనుకొందాం.

(b) కాలస్థిరాంకం RC ఎలక్ట్రాన్, ధన అయాన్‌ల అభిగమన కాలం కంటె అధికంగా ఉందనుకొందాం. ఇచ్చట C పేటిక కెపాసిటెన్స్‌ని సూచిస్తుంది.

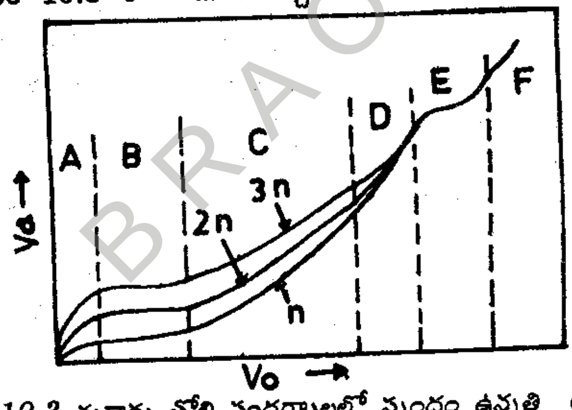
(c) పునఃసంయోగం గానీ, గౌణ అయనీకరణం గానీ ప్రముఖంగా జరుగుటకు వీలులేనంత, తగిన అనువర్తిత వోల్టేజ్ V_o అనుకుందాం.



పటం 10.2 స్థూపాకార పేటిక ఔట్‌పుట్ వోల్టేజ్ కాలంతోమారే తీరు

పై నియమాలు పాటించినప్పుడు ఔట్‌పుట్ వోల్టేజ్ $[V_a(t)]$ పటం 10.2లో చూపిన విధంగా ఉంటుంది. $[V_a(t)]$ నిశిత పెరుగుదల అనోడ్ వైపుకు ఎలక్ట్రాన్ త్వరిత అభిగమనాన్ని, అటు తర్వాతి నెమ్మది పెరుగుదల ధన అయాన్‌లు కాథోడ్ వైపుకు అభిగమనాన్ని సూచిస్తాయి. RC విలువ అభిగమనకాలం కన్న ఎక్కువగా ఉన్నప్పుడు శిఖరవోల్టేజ్ దాదాపు $\frac{ne}{C}$ కి సమానంగా ఉంటుంది. $[V_a(t)]$ క్షయం బాహ్యానిరోధకం గుండా పేటిక ఉత్సర్గాన్ని సూచిస్తుంది.

అయనీకృత ప్రక్రియ సాధారణ అభిలక్షణాలను అర్థం చేసికొనుటకు వీలుగా మూడు పతన కణాలు పేటిక గుండా వెళ్ళినప్పుడు వెనువెంటనే వరుసగా n అయాన్ యుగళాలు, 2n అయాన్ యుగళాలు, 3n అయాన్ యుగళాలు ఉత్పన్నమయి నాయనుకొందాం. అప్పుడు స్పందన ఉన్నతి వోల్టేజి V_o తో ఎలా మారుతుందో పటం 10.3 లో చూడవచ్చు.



పటం 10.3 మూడు తోలి సందర్భాలలో స్పందం ఉన్నతి అనువర్తిత
ఓల్టేజ్‌తో మారేతీరు
V_a స్పందం ఉన్నతి.

స్పందన ఉన్నతి వోల్టేజ్ వక్రాన్ని పటం 10.3లో చూపినట్లు అనేక అభిలక్షణ ప్రాంతాలుగా విభజించవచ్చు.

ప్రాంతం A ఇది తక్కువ వోల్టేజ్ ప్రాంతం. సేకరిత ఆవేశం అనువర్తిత వోల్టేజ్ మీద ఆధారపడుతుంది. ఇది ne, 2 ne, 3 ne విలువలు కంటె తక్కువ ఉంటుంది. ఈ ప్రాంతంలో అయాన్‌ల సేకరణ జరగకముందే ఎలక్ట్రాన్ అయాన్‌ల పునఃసంధానం సార్ధకంగా వుంటుంది.

ప్రాంతం B క్షేత్రతీవ్రత 20 నుంచి $50 V cm^{-1}$ ఉంటుంది. తొలిదశలో ఏర్పడిన అన్ని అయాన్‌లు సేకరితమౌతాయి. పునఃసంయోగం గానీ, గౌణ అయనీకరణం గానీ తగినంతగా ఈ

ప్రాంతంలో జరుగదు. ఈ ప్రాంత ప్రచాలనం అయనీకరణ పేటికలో జరుగుతుంది. అయనీకరణ పేటికలను కణఫ్లక్స్ కొలుచుటకు వాడుతారు.

ప్రాంతం C ఈ ప్రాంతాన్ని అనుపాత ప్రాంతం అంటారు. తొలిదశలో ఏర్పడిన అయాన్ సంఖ్యకంటె ఎక్కువ అయాన్‌లు సేకరితమౌతాయి. ఈ సంకలిత అయాన్‌లు వాయుగుణనం వలన ఏర్పడుతాయి. అనోడ్ పరిసరప్రాంతంలో ఉండే తీవ్ర విద్యుత్ క్షేత్రం వలన వాయుగుణనం ఏర్పడుతుంది. ప్రాథమిక అయనీకరణంలో జనించిన ఎలక్ట్రాన్ ఆనోడ్ పరిసర ప్రాంతానికి అపసరం చెంది త్వరణానికి లోనవుతుంది. ఈ అధిక త్వరణం గల ఎలక్ట్రాన్ వాయు అణువులను అయనీకృతం చేస్తుంది. గౌణ ఎలక్ట్రాన్‌లు కూడా అయనీకరణాన్ని కలుగజేస్తాయి. ఫలితంగా వాయుగుణనం జరుగుతుంది. V_0 ఎక్కువగా ఉండే ఆనోడ్ పరిసర ప్రాంతంలో హిమసంపాతం ఏర్పడుతుంది. అందుచేత ప్రతి ప్రాథమిక ఎలక్ట్రాన్ పెక్కు సంకలిత ఎలక్ట్రాన్‌లతో కూడి ఆనోడ్‌ని చేరికొంటుంది. ఈ ప్రాంతంలో స్పందన ఉన్నతి తొలి అయాన్ యుగళ సంఖ్యకు అనుపాతంలో ఉంటుంది. అనుపాత గుణకాలను ఈ అయనీకరణ ప్రాంతంలో ప్రచాలనం చేస్తారు. C ప్రాంతం సంక్రమణం వద్ద, D ప్రాంతంలోను, స్పందన ఉన్నతి తొలి అయాన్ యుగళ సంఖ్యకు గల అనుపాతం లోపిస్తుంది.

ప్రాంతం E, ఈ ప్రాంతంలో స్పందన ఉన్నతి ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఇది తొలి అయాన్ యుగళ సంఖ్యకు స్వతంత్రంగా ఉంటుంది. ఈ ప్రాంతాన్ని గైగర్-ముల్లర్ ప్రాంతం అంటారు.

ప్రాంతం F, ఈ ప్రాంతంలో సంతతి దీప్తి లేదా ఆర్క్ ఉత్సర్గం జరుగుతుంది. ఈ ప్రక్రియ పతన ఆవేశిత కణాల ఉనికికి ఉదాసీనతను కలిగి ఉంటుంది.

గైగర్-ముల్లర్ గణకం, గైగర్-ముల్లర్ ప్రాంతం అభిలక్షణం ఆధారంగా రూపకల్పన చేస్తారు. గైగర్-ముల్లర్ ప్రాంతంలో సేకరిత ఛార్జ్ తొలి అయనీకరణం మీద ఆధారపడదు. గైగర్-ముల్లర్ ప్రాంతంలో ఆనోడ్‌లోని ఒక బిందువు వద్ద ఏక ఎలక్ట్రాన్ అపసరం వల్ల ఏర్పడే హిమ సంపాతం ఆనోడ్ పొడవంతటా హిమసంపాతాలను కలుగజేస్తుంది. ఒక హిమ సంపాతంలో ఉద్గారమయ్యే ఫోటాన్‌లు డిస్చార్జ్‌ని నాళిక అంతటా వ్యాపించేలా చేస్తాయి. $1\mu s$ కాలంలో అన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు ఆనోడ్ వద్ద త్వరితగతిలో సేకరితమౌతాయి. తత్ఫలితంగా తత్కాలంలో ఆనోడ్‌ని చుట్టుకొని ధన అయాన్‌ల పొర ఏర్పడుతుంది. ఈ ధన అయాన్‌ల ఒక క్షేత్రాన్ని కొట్టి వేసి, తుదకు హిమ సంపాత ఎలక్ట్రాన్‌లు ఆనోడ్‌ని చేరకుండా చేస్తాయి. ఈ అయాన్ ఒర ముందుకు వ్యాపిస్తూ $100\mu s$ కాలంలో కాథోడ్‌ని చేరుకుంటుంది. శేష డిస్చార్జ్ ప్రక్రియ నాళికలో నింపిన వాయువుమీద, బాహ్య వలయాల మీద ఆధారపడుతుంది. గైగర్ ప్రాంతంలో తొలి కణంవల్ల ఏర్పడే డిస్చార్జ్‌ని పునరుత్పన్నం చేయవచ్చు. వాయు అయాన్ కాథోడ్‌పై పతనమైనప్పుడు కొత్త ఎలక్ట్రాన్ విడుదలై అది ఆనోడ్‌వైపు త్వరణానికి లోనై మరొక హిమసంపాతానికి దారితీస్తుంది. ఇలాంటి పునరుత్పన్న ప్రక్రియ, అనువర్తిత వోల్టేజ్ గైగర్ ఆరంభ విలువకన్న తక్కువ విలువకు ఏదో ఒక విధంగా తగ్గేంతవరకు కొనసాగుతుంది. గైగర్-ముల్లర్ గణకాలలో ఇలాంటి స్వయం సిద్ధ హిమసంపాత ఉత్పన్న ప్రక్రియను శమింపజేయుటకు అనేక పద్ధతులు కలవు. గైగర్-ముల్లర్ గణకాలను β, γ - వికిరణాల శోధనకు విరివిగా వాడతారు.

మాదిరి లెక్క 1

1.5 MeV శక్తిగల β- కణం మిథేన్, ఆర్గాన్ మిశ్రమంతో నింపిన పలుచని కిటికీ గల నాళికలోనికి ప్రవేశించినది. ఇది 5×10^8 అయాన్ యుగళాలుగల హిమసంపాతాన్ని కలుగజేసింది. నాళిక కిటికీ గుండా ప్రవేశించినప్పుడు, β కణం కోల్పోయే శక్తి ఉపేక్షణీయమని భావించి, ఒక అయాన్ యుగళం ఉత్పన్నం చేయుటకు β కణం కోల్పోయేశక్తి 30 ev అయిన, వర్ధనగుణకం M ని లెక్కకట్టండి.

నాళిక సంతృప్త ప్రాంతంలో 1.5 MeV శక్తిగల ఎలక్ట్రాన్‌వల్ల ఉత్పన్నమయిన అయాన్ యుగళాల సంఖ్య $n = \frac{1.5 \times 10^6 eV}{30 eV} = 5 \times 10^4$

వర్ధన గుణకం M = హిమసంపాతంలోని అయాన్ యుగళాల సంఖ్య - n

$$\therefore M = \frac{5\times10^8}{5\times10^4} = 10^4$$

మాదిరి లెక్క 2

1s కు 6 MeV శక్తిగల 5000 ఆల్ఫాకణాలు అయనీకరణ పేటికలోనికి ప్రవేశిస్తున్నాయి. ఒక అయాన్ యుగళోత్పత్తికి అవసరమయిన శక్తి 35 eV అయిన అయనీకరణ ప్రవాహమెంతో కనుగొనండి.

ఆల్ఫాకణం శక్తి $= 6 \times 10^6 eV$

అయాన్ యుగళోత్పత్తికి అవసరమయిన శక్తి $= 35eV$

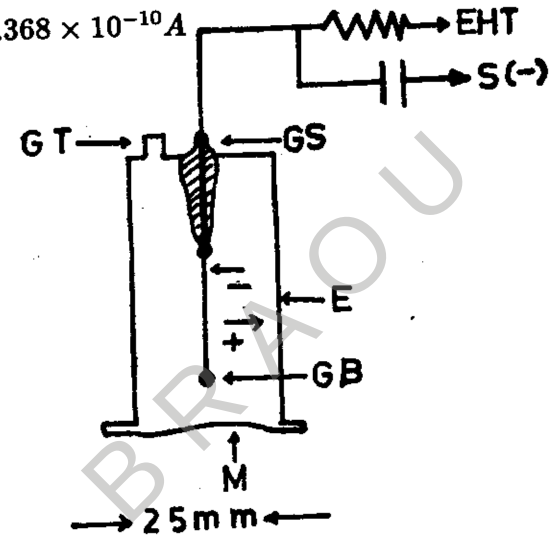
ఉత్పత్తి అయిన మొత్తం అయాన్ యుగళాల సంఖ్య $n = \frac{6\times10^6}{35} = 1.71 \times 10^5$

ఒక ఆల్ఫాకణానికి ఏర్పడే అయనీకరణ ఛార్జ్ $= 1.71 \times 10^5 \times 1.6 \times 10^{-14} \times C$

$$= 2736 \times 10^{-14} C$$

1s కు 5000 ఆల్ఫా కణాలు నాళికలో ప్రవేశిస్తాయి. కనుక అయనీకరణ ప్రవాహం
$I = 5000 \times 2.736 \times 10^{-14} Cs^{-1}$

$I = 1.368 \times 10^{-10} A$



పటం *10.4* గైగర్ ముల్లర్ గణకం

S - సంకేతం (-), GS - గాజు-లోహం సీలు, GT - వాయుపూరిత గొట్టం, E - భూమి, GB - గాజుపూస, M - మైకా కిటికీ.

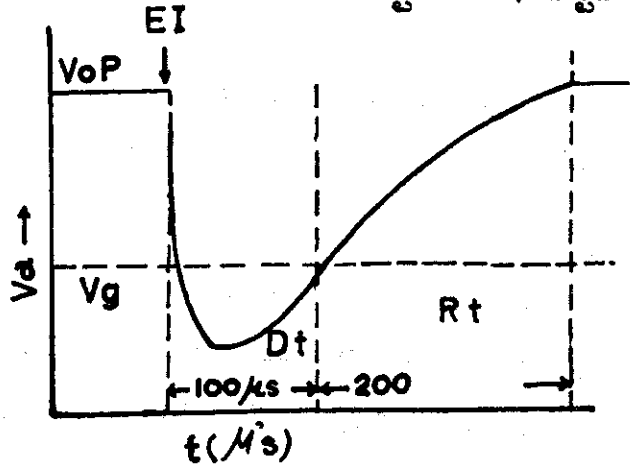
గైగర్-ముల్లర్ గణకం పటం 10.4 లో చూపినట్లు స్థూపాకారాకృతిలో ఉంటుంది. ఈ నాళిక ; ఆర్గాన్, శామిక వాయువు $(< 1\%)$ మిశ్రమంతో నింపి ఉంటుంది. ఆర్గాన్ వాయువు 100 mm Hg పీడనం వద్ద, శామిక వాయువు అయిన ఎథైల్ ఆల్కహాల్ 10 mm Hg పీడనం వద్ద నాళికలో నింపి ఉంటాయి. 0.001 అంగుళాల వ్యాసం కలిగిన టంగ్‌స్టన్ తీగను సేకరిత ఎలక్ట్రోడ్‌గా వాడుతారు. అంతర్భాగంలో గ్రాఫైట్ పూతగల సన్నని బిగువు కలిగిన స్టీల్ లేదా అల్యూమినియమ్ కర్పరాన్ని బాహ్య ఎలక్ట్రోడ్‌గా వాడుతారు. గ్రాఫైట్ పూతవల్ల క్షేత్ర వితరణ సమరీతిలో ఉంటుంది. ఆల్ఫా, బీటా కణాల శోధనకు గణకాలను వలుచని మైకా కిటికీలతో రూపకల్పన చేస్తారు.

గైగర్-ముల్లర్ గణకాల అభిలక్షణాలు.

1. తొలి అయనీకరణంపై ఆధారపడకుండా స్థిర ఔట్‌పుట్ స్పందనం ఏర్పడుట.

2. ఏకఅయాన్ యుగళోత్పత్తికి సునిశితత్వం కలిగి ఉండుట.

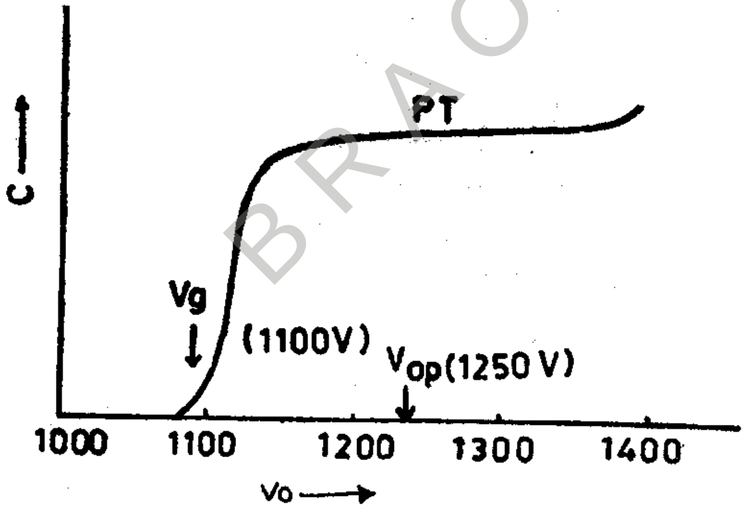
3. పటం 10.5లో చూపినట్లు ప్రతికణం, నాళికలో ప్రవేశించిన తర్వాత తగినంత అనునిశిత కాలాన్ని కలిగి ఉండుట. ఈ కాలం గణక వోల్టేజ్ ఆరంభ వోల్టేజ్ కన్న తక్కువ



పటం 10.5 అయనీకరణ కణం ప్రవేశించిన వెంటనే తీగమీద వోల్టేజ్ కాలంతో మారేతీరు.

Va - తీగమీద వోల్టేజ్ ; EI - అయనీకరణ ప్రవేశం ; D_t - విరామకాలం ; R_t - పునఃప్రాప్తి విలువను కలిగివుండు కాలమైన విశ్రాంతికాలం స్పందము తగ్గింపబడిన పరిమాణానికి చేరుకొనే పునఃప్రాప్తికాలం కలిసి ఏర్పడుతుంది. ఈ సునిసిత కాలాన్ని బాహ్య విద్యుత్ వలయాలతో నిర్దిష్టపరుస్తారు. దీనినే పరాలిసిస్ కాలం అంటారు. సాధారణంగా పరాలిసిస్ కాలం దాదాపు కొన్ని వందల మైక్రోసెకండ్ల కాలం ఉంటుంది.

అయనీకరణ వికిరణ జనకానికి, ప్రత్యక్షీకరించిన గైగర్-ముల్లర్ గణకం పటం 10.6లో చూపిన ప్రకారం క్రింది అభిలక్షణాలను కలిగి వుంటుంది.



పటం 10.6 స్థిర రేడియో ధార్మిక వికిరణానికి, గణనరేటు ఈ(C) ఆనోడ్ వోల్టేజ్ V_o తో మారేతీరు.
PT - ప్లేటో

1. ఆరంభ వోల్టేజ్ Vg కలిగివుండుట
2. తక్కువ వాలుగల ప్లేటో. ఈ ప్రాంతంలో గణనరేటు అనువర్తిత వోల్టేజ్‌తో బహుకొద్ది మాత్రమే మారుతుంది.
3. పదార్థాల కంటామినేషన్‌వల్ల, రోదశీ వికిరణంవల్ల కపట డిస్చార్జివల్ల ఏర్పడే నేపధ్యగణన రేటు ఉండుట.

BRAOU

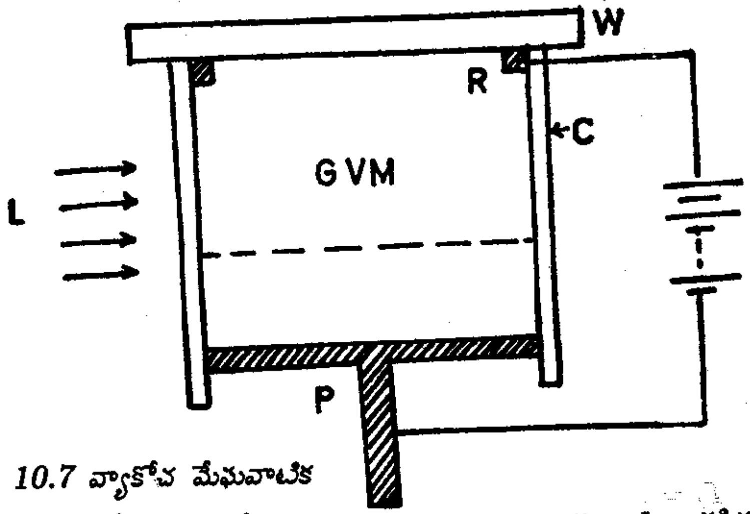
ప్రాచీన గణక వ్యవస్థలలో దీనిని సాధించుటకు బాహ్య వలయాలను వినియోగించారు. ఈ బాహ్య వలయాలతో శోధకం అనువర్తిత వోల్టేజ్‌ని గైగర్ ఆరంభ వోల్టేజ్ కన్న తగ్గించబడుతుంది. ఇది గణకంలో డిస్చార్జ్‌ని సాంతపరచుటకు సరిపోతుంది. బాహ్యశామిక ప్రక్రియవల్ల గణకం పృథక్కరణకాలం అధికంగా వుంటుంది. అందువలన సామాన్యంగా స్వయంశామిక గైగర్‌ముల్లర్ గణకాలను వాడుతారు.

స్వయంశామిక గైగర్‌ముల్లర్ గణకాలలో శామిక వాయువును ప్రధాన వాయువైన ఆర్గాన్‌తో మాలిన్యంగా కలుపుతారు. వీటిలో ధన అయాన్‌లు కాథోడ్ వైపునకు పయనించి నప్పుడు శామిక వాయువు అణువులకు ఆవేశం మార్చబడుతుంది. ఈ ఆవేశిత అణువులు కాథోడ్‌ని చేరినప్పుడు అవి పేటిక గోడల నుంచి ఎలక్ట్రాన్‌లను వైదొలగచేస్తాయి. ఈ ప్రక్రియ వల్ల శామిక వాయువు వియోజనం చెందుతుందే కానీ, హిమ సంపాతానికి దారితేసే ఎలక్ట్రాన్‌ల ఉత్పన్నం కావు.

రెండు రకాలయిన స్వయం శామిక నాళికలు కలవు. ఇవి హాలోజన్ వాడుకతో శామికం చెందే నాళికలు, కర్బనిక వాయువు వాడుకతో స్వయం శామికం చెందే నాళికలు, కర్బనిక శామిక వాయువులుగా బహుళ పరమాణు వాయువులైన ఎథైల్ ఆల్కహాల్, ఎథైల్ ఫార్మేట్, అమైల్ అసిటేట్‌లను వాడుతారు. కర్బన శామిక వాయువులలో జరిగే వియోజనం అనుత్క్రమణీయమైనది. ఫలితంగా కర్బన శామిక గైగర్-ముల్లర్ గణకాల జీవనకాలం శీమితమై ఉంటుంది. గణకం ఉపయోగకరమైన జీవనకాలం 10^8 నుండి 10^{10} గణనలు ఉంటుంది. హాలోజన్ శామిక గైగర్-ముల్లర్ గణకాలలో బ్రోమిన్ వాయువును గానీ, క్లోరిన్ వాయువును గానీ వాడుతారు. ఇలాంటి గణకాలలో శామిక వాయువు వియోజనం చెందిన తర్వాత కొంత నిర్దిష్టకాలంలో మరలా సంయోజనం చెందుతుంది. ఫలితంగా వీటి ఉపయోగకర జీవనకాలం అసీమితం. కానీ అన్ని వాయుపూరిత గణకాల ఉపయోగకర జీవనకాలం నాళిక సీలు చేసిన ప్రాంతంలో ఏర్పడే లీకేజ్‌వల్ల సీమితమై ఉంటుంది.

10.4 మేఘ పేటిక

మేఘపేటిక మొట్టమొదటిగా నిర్మితమైన కణజాడ శోధకం.



పటం *10.7* వ్యాకోచ మేఘవాటిక

W - *గాజు కిటికీ* ; R - *లోహపుకంకణం* ; Ca - *గాజుస్థూపం* ; L - *శక్తివంతమైన ఫ్లాష్ దీపం*; P - *పిస్టన్* ; GVM - *వాయు-బాష్పం మిశ్రమం.*

BRAOU

దీనిని 1911లో C.T.R. విల్సన్ రూపకల్పన చేసినాడు. స్వేచ్ఛా అయాన్‌లపై అతిసంతృప్త బాష్పం సాంద్రీకరణం చెంది బిందువులుగా ఏర్పడుతాయనే సూత్రంపై ఆధారపడి ఈ మేఘపేటిక పనిచేస్తుంది. సునిశిత ఘనపరిమాణంలో భాష్పం అతి సంతృప్తత నొందే ప్రక్రియ నాధారం చేసికొని ఈ మేఘపేటికలను వ్యాకోచ మేఘపేటిక అని, విసరణ మేఘపేటిక అని రెండు రకాలుగా పేర్కొనవచ్చు. వ్యాకోచ మేఘపేటికలో బాష్పం కలిగిన వాయువు త్వరితగతిలో వ్యాకోచానికి లోనవుటచే అతి సంతృప్తత ఏర్పడుతుది. విసరణ మేఘపేటికలో వేడి ప్రదేశం నుంచి శీతల ప్రదేశానికి భాష్పం విసరణ చెందినప్పుడు శీతల ప్రదేశంలో అతిసంతృప్తత ఏర్పడుతుంది. పటం 10.7 లో వ్యాకోచ మేఘపేటిక వివిధ భాగాలు చూపినాము.

ముందుగా మేఘపేటిక సునిశిత ఘనపరిమాణం బాష్పంతో సంతృప్తత గల వాయువుతో నింపి ఉంటుంది. సాధారణంగా వాయుబాష్పం మిశ్రమంగా గాలి- నీరు, లేదా ఆర్గాన్-ఎథైల్ ఆల్కహాల్ మిశ్రమాలను వాతావరణ పీడనం వద్ద వాడుతారు. వాయువు వ్యాకోచం స్థిరోష్ణకంగా జరుగుటచే మేఘపేటిక ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతుంది. ఈ శీతలీకరణం, వాయువు ఘనపరిమాణం పెరుగుదలవల్ల ఏర్పడే ఫలితాలను అధిగమించి ఉంటుంది. తత్ఫలితంగా గాలి బాష్పంతో అతి సంతృప్తతను పొందుతుంది. ఇప్పుడు అయనీకరణ కణం మేఘపేటికలోనికి ప్రవేశిస్తే, తత్ఫలితంగా కణపథం పలుచటి మంచుజాడలా ఏర్పడుతుంది. దీనిని, మేఘపేటిక ప్రక్కనుంచి ప్రదీపనం చేసి కిటికీగుండా ఫోటోగ్రాఫ్ చేయవచ్చు. పిస్టన్ Pకి లోహపు కంకణం R కి మధ్య విద్యుత్‌క్షేత్రాన్ని అనువర్తించి మేఘపేటికలో ఏర్పడిన అయాన్‌లను తొలగించవచ్చు. పిస్టన్‌ని తొలిస్థితికి తీసికొనివచ్చి మేఘపేటికను మరొక సంఘటన రికార్డు చేయుటకు సిద్ధపడవచ్చు.

అతి సంతృప్త బాష్పంలో ద్రవబిందువులు కేంద్రకాల మీద ఏర్పడవచ్చు. ఈ కేంద్రకాలుగా అయనీకరణం వల్ల ఏర్పడిన అయాన్‌లు, ఇతర విధాలుగా ఏర్పడిన అయాన్‌లు, ఇతర అవలంబిత కణాలయిన దుమ్ముకణాలు గానీ, రసాయనిక సమ్మేళన కణాలుగానీ, ఏవయినా ఉండవచ్చు. అతిసంతృప్త సాంద్రత అధికంగా ఉన్నచో బాష్పసాంద్రతలో ఏర్పడే సూక్ష్మ చాంచల్యం మీద కూడా ద్రవబిందువులు స్వచ్ఛందంగా ఏర్పడవచ్చు. ఈ ప్రక్రియ అవసరమయిన అతి సంతృప్తతను శీమితం చేస్తుంది. ఈ సాంద్రీకరణ కేంద్రకాలన్నింటిలోకి ఫోటోగ్రాఫ్ చేయవలసిన ద్రవబిందువులుగా ఆయనీకరణం వల్ల ఏర్పడిన ఆయాన్‌ల మీద సాంద్రీకృతం చెందిన ద్రవబిందువలే ఉండాలి. అనవసరమయిన అయాన్‌లను స్థిర విద్యుత్ తొలగింపు క్షేత్రంతో తొలగించవచ్చు. అతి సంతృప్తతను అనుక్రమంగా కలుగజేసి దుమ్ము తదితర కణాలను పేటిక దిగువకు తీసికొనివచ్చి వీటిని తొలగించవచ్చు. పేటిక దిగువకు చేరిన ఈ కణాలు పేటిక దిగువ తలానికి అతుకుకొనిపోతాయి.

BRAOU

ద్రవబిందువులు ఏర్పడుటకు అవసరమయిన అతిసంతృప్తత బాష్పం ప్రకృతిమీద, అయాన్ ఆవేశిత సంజ్ఞమీద ఆధారపడుతుంది. నీటిబాష్పం అతిసంతృప్తత రుణావేశిత అయాన్‌కి తక్కువగాను, ధనావేశిత అయాన్‌కి అధికంగాను ఉండాలి. ఎథైల్ ఆల్కహాల్ బాష్పం అతిసంతృప్తత ధనావేశిత అయాన్‌కి తక్కువగాను, రుణావేశిత అయాన్‌కి అధికంగాను ఉండాలి.

అతిసంతృప్త బాష్పంనుంచి ద్రవబిందువు ఏర్పడే రేటు ద్రవబిందువు దృగ్గోచర పరిమాణానికి చేరుటకు పట్టేకాలాన్ని నిర్ణయిస్తుంది. ద్రవబిందువు పెరుగుదల రేటు ఎక్కువగా నున్నచో ఫోటోగ్రాఫ్ విలంబన కాలం తక్కువగా ఉండుటకు వీలుంటుంది. ఇలాంటి సందర్భాలలో వాయుచలనం వల్ల ఏర్పడే విరూపణ కనిష్ఠంగా ఉంటుంది. ద్రవబిందువు పరిమాణం అధికంగా ఉన్నచో అది త్వరితంగాపేటిక దిగువ భాగానికి పడిపోతుంది.

వ్యాకోచ మేఘపేటికలో అతిసంతృప్తతను, వాయుబాష్పం మిశ్రమాన్ని త్వరితంగా స్థిరోష్ణక వ్యాకోచానికి లోను చేయుటచే, పొందవచ్చు. మేఘపేటిక ఉష్ణోగ్రత వ్యాకోచానికి మునుపు T_1 వ్యాకోచం తర్వాత T_2 అయిన

$$T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \qquad 10.1$$

(ఘనపరిమాణ నిరుక్త)

$$T_2 = T_1\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \qquad 10.2$$

(పీడిన నిరుక్త)

V_1, V_2, P_1, P_2 లు వాయువు - బాష్పం మిశ్రమం వ్యాకోచానికి మునుపు వ్యాకోచం తర్వాతి ఘనపరిమాణ పీడనాలను వరుసగా సూచిస్తాయి. సమీకరణం 10.1, 10.2 ప్రకారం ఉష్ణోగ్రతలో ఏర్పడే మార్పు γ విలువమీద ఆధారపడుతుంది. γ విశిష్టోష్ణ నిష్పత్తిని సూచిస్తుంది. $(\gamma = \frac{C_P}{C_V})$.$\gamma$ విలువ అధికంగా ఉండుటచే ఏక పరమాణు వాయువులను మేఘపేటికలలో వాడుతారు. పెక్కు మేఘపేటికలు ఘనపరిమాణ నిరుక్తకాలు. కాని, లోహఫలకాలు గల మేఘపేటికలు, పీడన గదులను వేరుపరుస్తూ పలుచటి డయాఫ్రమ్‌లు గల మేఘపేటికలు పీడన నిరుక్తకాలు.

మేఘ పేటికలో కణం ప్రవేశించినపుడు ఏర్పడే సాంద్రీకరణ కేంద్రకాల తొలి వ్యాసార్ధం $3 \times 10^{10} m$ ఉంటుంది. మేఘపేటికలో అయనీకరణ జరిగేటప్పుడు తగిన అతి సంతృప్తత ఉన్నచో 0.5s కాలంలోనే అయాన్‌లమీద ఏర్పడే ద్రవబిందువుల వ్యాసార్ధం $3 \times 10^{-5} m$ ఉంటుంది. తగిన దశగల ఫ్లాష్ కాంతితో ఈ బిందువులను ప్రతిదీపనం చేసి ఈ కాలంలోనే వీటిని ఫోటోగ్రాఫ్ చేయవచ్చు. అతి సంతృప్తత ఏర్పడిన తర్వాత అయనీకరణం వల్ల జాడ నిర్మితికి పట్టేకాలాన్ని మేఘపేటిక సునిశిత కాలం అంటారు. ఈ సునిశిత కాలం పేటిక ఉష్ణోగ్రత T_2 నుంచి పెరిగి తత్ఫలితంగా అతిసంతృప్తత తగ్గే ప్రక్రియ మీద ఆధారపడుతుంది.

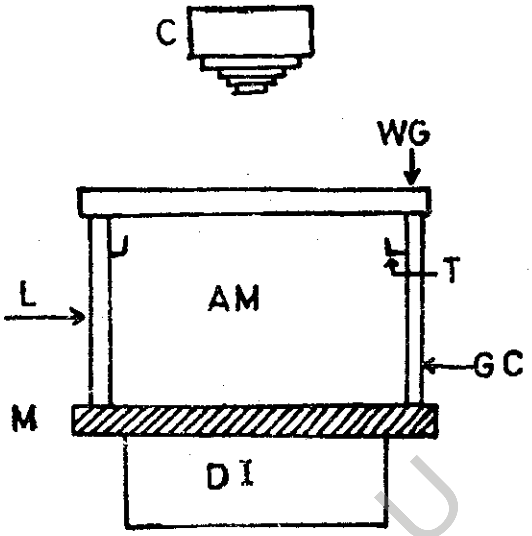
అయనీకరణం కణాల ధర్మాలను, కేంద్రక చర్యలను, పరిశీలించుటకు వీలుగా ఆదిలో నిర్మితమైన మేఘపేటిక నిర్మితిలో అనేక మార్పులు జరిగాయి. పెక్కు ఫోటో గ్రాఫ్‌లు తీసికొనుటకు వీలుగా స్వచ్ఛంద అమరికలు మేఘపేటికలో పొందుపరచినారు. ఫలితంగా వ్యాకోచాన్ని త్వరితగతితో పునరావృతం చేసి కదలిక చిత్రం ఫిల్ము మీద సంతతంగా ఫోటో గ్రాఫ్ చేయుటకు వీలుంటుంది. ఏకకాలంలో రెండు త్రిమితీయ చిత్రాలను తీసి ప్రదేశంలో కణపథాన్ని నిర్మించవచ్చు.

అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉపయోగించుటకు వీలుగా మేఘపేటికలను నిర్మించినారు. విద్యుదయస్కాంత ధ్రువాలమధ్య అమర్చుటకు వీలుగా మేఘపేటిక పరిమాణం తగ్గించినారు. ఈ విధమైన అమరికతో కణాల ద్రవ్యవేగాన్ని నిర్ణయించుటకు, ధన, ఋణ విద్యుదావేశ కణాలను విభిన్నీకరించుటకు వీలవుతుంది.

వాయువు నిరోధన సామర్థ్యం తక్కువ కనుక, అధిక శక్తివంతమైన కణాల ధర్మాలను అధ్యయనం చేయుటకు వీలుగా అక్కడక్కడ భార లోహాల ఫలకాలను ఏర్పాటు చేసిన మేఘపేటికలను వాడుతారు. లోహ ఫలకాలమధ్య ప్రదేశంలో వాయువు-బాష్పం మిశ్రమం ఉంటుంది. వీటి మధ్య కణజాడలను ఫోటోగ్రాఫ్ చేస్తారు. లోహ ఫలకాల మధ్య కనిష్ఠ దూరం $\frac{3}{4}$ ఉంటుంది. ఫలకాల తలాలు పరావర్తక పదార్థాలతో లేపనం చేసి ఉంటాయి. ఫలితంగా ద్రవబిందువులచే ప్రక్షేపణం చెందిన కాంతి తీవ్రత పెరుగుతుంది. ఇలాటి మేఘ పేటికలను కేంద్రక చర్యలను, ఈ చర్యలలో ఏర్పడే స్వల్ప జీవనకాలంగల కణాల క్షయాన్ని అధ్యయనం చేయుటకు వాడుతారు.

గణక నియంత్రిత మేఘపేటికలు కూడా అభివృద్ధి పరుపబడినాయి. వీటిలో, ఏదేని కణం రాకను పసిగట్టిన గణకం మేఘపేటిక పిస్టన్ కదలికను ఆరంభింపజేస్తుంది. ఫలితంగా మేఘపేటికలోని వాయువు- బాష్పం మిశ్రమం వ్యాకోచానికి లోనయి అతిసంతృప్తత ఏర్పడుతుంది. కణం వల్ల ఏర్పడిన అయనీకరణ జాడజమీద బాష్పం సాంద్రీకరణం చెంది ద్రవబిందువులు ఏర్పడుతాయి. ఈ ద్రవబిందువుల జాడను త్రిమితీయంగా ఫోటగ్రాఫ్ చేసి తర్వాత విశ్లేషణ చేస్తారు. 1930 లో బ్లాకెట్, ఓషియాలనీలు ఇలాంటి మేఘపేటికను అభివృద్ధి పరచినారు. ఫలితంగా రోదశి వికిరణాన్ని విపులంగా పరిశీలించుటకు వీలయింది. రోచెస్టర్, డట్‌లర్‌లు వింతకణాలు ఆవిష్కరణకు ఇలాంటి మేఘపేటిక ఎంతో తోడ్పడింది.

వ్యాకోచ మేఘపేటికలో గల లోపం అది తక్కువ సున్నితకాలాన్ని కలిగి ఉండటమే. ఈ లోపం విసరణ మేఘపేటికలో తొలగింపబడింది. దీనిలో సాంద్రీకృత బాష్పం వేడి ప్రాంతం మంచి చల్లని ప్రదేశానికి విసరణ చెందుటచేత అతిసంతృప్తతను పొందుతుంది. వేడి ప్రదేశంలో బాష్పం సంతృప్తతలో ఉండదు. బాష్పంగా మిథైల్ ఆల్కహాల్ గానీ, ఎథైల్ ఆల్కహాల్ గానీ వాడతారు. 20 cm Hg నుంచి 4 atm పీడనం వరకు గాలిని, 10 నుంచి 20 atm వరకు హైడ్రోజన్‌ని వాయువులుగా విసరణ మేఘపేటికలో వాడవచ్చు. పటం 10.8 లో విసరణ మేఘవాటికలోని వివిధ భాగాలు చూపినాము. వేడి ప్రాంతం అయిన పేటిక పై భాగంలో బాష్పాన్ని ప్రవేశపెట్టుతారు. సంతతంగా ఈ బాష్పం



పటం 10.8 విసరణ మేఘపేటిక

AMV - *గాలి + మిథైల్ ఆల్కహాల్ బాష్పం* L - *కాంతి* ; C - *కెమెరా* ; WG - *వేడిగాజు ఫలకం* ; T - *ఆల్కహాల్‌తో నింపినపాత్ర* ; Gc - *గాజుస్థూపం* ; DI - *పొడిమంచు* ; M - *లోహపు పలక.*

BRAOU

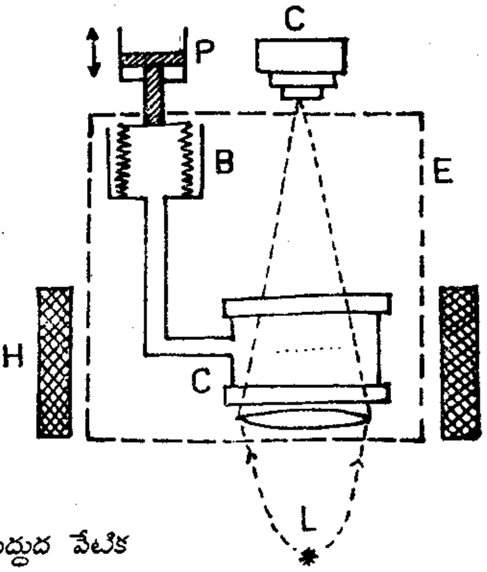
కిందివైపుకు విసరణ చెందుతుంది. మేఘపేటిక దిగువభాగాన్ని పొడిమంచుతో శీతలీకరించుట చేత శీర్షముఖంగా ఉష్ణోగ్రతా ప్రవణత పోషితమౌతుంది. విసరణ మేఘపేటిక సంతత సున్నితత్వాన్ని కలిగి వుంటుంది. చోకె (Chooke) నెల్‌సన్ (Nelsen) లు నిర్మించిన అల్పపీడన విసరణ మేఘపేటికలో 75 cm Hg లు నుంచి 15 cm Hg వరకు పీడనం గల హీలియమ్ బాష్పం వాడబడింది. పేటిక దిగువభాగం ద్రవగాలితో శీతలీకరించబడింది. పేటిక పై భాగం ఉష్ణోగ్రత - $20°C$ వద్ద పోషితం చేసి ఉంటుంది. ఇలాంటి పేటిక అల్పశక్తిగల ఎలక్ట్రాన్ పరిశీలించుటకు వాడవచ్చు.

న్యూట్రాన్ ఉనికి నిర్ధారణ, పాసిట్రాన్ ఆవిష్కరణ, గామా వికిరణం నుంచి పాసిట్రాన్-ఎలక్ట్రాన్ యుగళోత్పత్తి, కేంద్రక విఘటనలు మొదలగు అనేక చారిత్రక ప్రాముఖ్యత గల ప్రక్రియలు మేఘపేటిక ఫోటోగ్రాఫ్‌తో కనుగొనడం జరిగింది.

10.5 బుద్బుద పేటిక

మిచిగన్ విశ్వవిద్యాలయంలో పనిచేసిన ఎ. గ్లేజర్ 1950 లో బుద్బుద పేటికను రూపకల్పన చేసాడు. దీనికి గాను ఇతడికి 1960 లో నోబెల్ బహుమతి లభించింది. అతితప్త ద్రవంలో అధికవేగంతో విద్యుదావేశిత కణం పయనించినప్పుడు, అది సూక్ష్మబుడగలను ఆరంభింపచేసి బాష్పీభవనాన్ని కలుగచేస్తుందని గ్లేజర్ గ్రహించాడు. విద్యుదావేశిత కణం జాడ వెంబడి బుడగలు

ఏర్పడి పెరుగుతాయి. వీటిని పోటోగ్రాఫ్ చేసి కణ జాడను నిర్ధారిస్తారు. పటం 10.9లో బుద్బుద పేటిక భాగాలు చూడవచ్చు. పేటిక సునిశిత ఘన పరిమాణంలో



పటం *10.9* బుద్బుద పేటిక

V - పేటిక సునిశిత ఘనపరిమాణం ; B - తిత్తులు ; P - వ్యాకోచ పిస్టన్ ; H - అయస్కాంత చుట్టలు ; L - కాంతి జనకం ; E - ఉష్ణోగ్రతా నియంత్రిత ఆవరణం ; C - కెమెరా.

తగిన ద్రవం దాని సాధారణ బాష్పీభవన ఉష్ణోగ్రత కన్న ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద పోషితమై ఉంటుంది. దీనికి వీలుగా సంతృప్త బాష్పపీడనం కన్న ఎక్కువ పీడనాన్ని ద్రవానికి చాలక ఉష్ణోగ్రత వద్ద తగిన పీడనం ఉంటుంది. ఈ పీడనాన్ని పిస్టన్ కదలికతో 10 % తగ్గించుటచే ద్రవం అతి తాపానికి గురై అయనికరణ కణానికి సునిశితత్వాన్ని కలిగి వుంటుంది. కణజాలు ఏర్పడి దానిని ఫోటోగ్రాఫ్ చేసిన తర్వాత తొలి విలువకు పీడనాన్ని పెంచుటచే బుడగలు వినాశమై పేటిక మరొక వ్యాకోచ సంఘటన రికార్డు చేయుటకు సిద్ధంగా ఉంటుంది. వ్యాకోచం తర్వాత పేటిక సున్నిత కాలం కొద్దిసెకనులు మాత్రమే ఉంటుంది. కనుక ఈ కాలంలోనే కణం పేటికలోనికి ప్రవేశించడం దాని జాడ ఫోటోగ్రాఫ్ కావడం జరగాలి.

బుద్బుద పేటికలో వాడే ద్రవం క్రింది నియమాలకు అనుగణంగా ఉండాలి.

1. ద్రవం అవాహకంగా ఉండి అయాన్‌లు వాటి ఆవేశాలను నిలుపుకొనేలా చేయాలి.
2. బుడగల వినాశాన్ని గిలిగించే బలం బలహీనంగా ఉండేందుకు వీలుగా ద్రవం తలతన్యత అల్పంగా ఉండాలి.
3. ద్రవంలో ఏర్పడే బుడగ పెద్దదగుటకు వీలుగా ద్రవం బాష్పపీడనం అధికంగా ఉండాలి.

ఆదిలో హైడ్రొజన్ ద్రవం, డైఎథైల్ ఈథర్‌లను బుద్బుద పేటిక ద్రవాలుగా వాడేవారు. డ్యుటేరియమ్, హీలియమ్, ప్రొపేన్, పెంటేన్, ఫ్రీయాన్, క్సినాన్ ద్రవాలను కూడా వాడవచ్చు. హైడ్రొజన్ ద్రవం వాడుక అధికంగా కలదు. దీనికి కారణం, ప్రవేశిత కణానికి లక్ష్యంగా ప్రోటాన్ ఎలక్ట్రాన్‌లే వుంటాయి. కనుక దత్తాంశాన్ని విశ్లేషణ చేయడం సులభం.

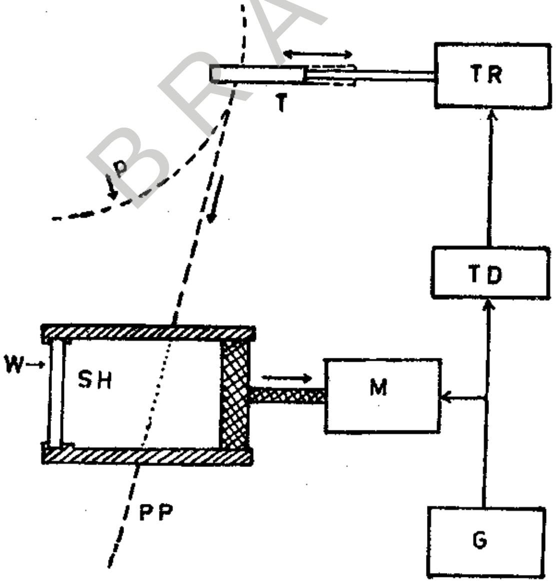
గ్లేజర్, రాన్‌లు నిర్మించిన బుద్బుద పేటికలో ఐసోపెంటేన్‌ని ద్రవంగా వాడినారు. వ్యాకోచం మొదలయిన 3.5 msకు ఈ కణ ప్రవేశానికి సున్నితత్వాన్ని చేరుకొని $10ms(10^{-3}s)$ వరకు సున్నితత్వాన్ని నిలుపుకొని ఉంటుంది. ద్రవ హైడ్రొజన్ బుద్బుద పేటికలో బుడగల పెరుగుదల నిదానంగా జరుగుతుంది. కనుక ఈ పేటిక సున్నితకాలం దాదాపు 50 ms ఉంటుంది. బుద్బుద పేటిక జాడలు సాధారణంగా అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఫోటోగ్రాఫ్ చేస్తారు. ఫలితంగా కణాల ఆవేశిత సంజ్ఞను, దాని ద్రవ్యవేగాన్ని లెక్కకట్టవచ్చు. ద్రవ హైడ్రొజన్ బుద్బుద పేటికలకు అతివాహక అయస్కాంతాలను వాడుతారు. బుద్బుద పేటికవల్ల వచ్చే సమాచారం విశ్లేషణ కణజాడ గుణంమీద,

ద్రవ్యవేగం స్పష్టతమీద ఆధారపడుతుంది. ప్రస్తుతం కంప్యూటర్లచే నియంత్రితమైన స్వయం చాలక యంత్రాలతో పనిచేసే బుద్బుద పేటికల వల్ల పొందిన కణజాడల సమాచారం విశ్లేషణ నేడు విరివిగా కొనసాగుతున్నది. బుద్బుద పేటికలో వాడే ద్రవాల ప్రచాలక నిబంధనలు పట్టిక 10.1లో చూడవచ్చు.

పట్టిక 10.1 బుద్బుద పేటిక ద్రవాల ప్రచాలక నిబంధనలు.

ద్రవం	ఉష్ణోగ్రత ($^{\circ}C$)	పీడనం (atm)	సాంద్రత (Kgm^{-3})
హైడ్రోజన్	- 246	5	60
డ్యుటేరియమ్	- 241	7	130
హీలియమ్	- 269	1	130
ప్రొపేన్	58	21	430
పెంటేన్	157	23	500
క్సెనాన్	-20	26	2300

బుద్బుద పేటికలో సున్నితకాలం అల్పంగా ఉండుట కణచర్యల పరిశీలనకు లాభదాయకమే, ఐనా దీనిలో ఒక తీవ్రమైన లోపం కలదు. దీనిని మేఘపేటికవలె గణక నియంత్రణతో ఆరంభ ప్రక్రియకు లోను చేయుటకు వీలుకాదు. అందువలన అరుదైన సంఘటనలను నిర్దేశించి రికార్డు చేయుట కష్టము. అందుచేత ప్రతి వ్యాకోచ ఆవృతంలోను కణజాడలను ఫోటోగ్రాఫ్ చేసి ఫిల్మని డెవలప్ చేసి న్నూర్ల, వేలసంఖ్యలో అలా వచ్చిన ఫోటోగ్రాఫ్‌లను పరిశోధించి అరుదైన సంఘటనలను కనుగొనవలసి ఉంటుంది. కనుక బుద్బుద పేటికలను పెద్ద త్వరణకాలతో సమ్మేళనం చేసి వాడుతారు. ఇచ్చట కాలమాపక అనుక్రమం మొదట బుద్బుద పేటికను వ్యాకోచానికి గురిచేసి అందులోనికి విశ్లేషణ చేయవలసిన కణ ప్రస్ఫోటాన్ని పంపిస్తారు. ఈ విధానం పటం 10.10 లో చూడవచ్చు. 1s కాలంలో బుద్బుద పేటిక తిరిగి మరొక ఆవృత ప్రక్రియకు సిద్ధంగా ఉంటుంది.



పటం 10.10. కణ త్వరణకంతో అనుసంధించిన బుద్బుద పేటిక పనిచేయు విధానం. కాలక్రియా విధానం వలన లక్ష్యం, త్వరణకంలో పరిభ్రమణాలు చేస్తున్న ప్రోటాన్ పుంజంలోనికి చొచ్చుకొని వెళ్ళేలా అమర్చి ఉంటుంది. బుద్బుద పేటిక సునిశిత స్థితిలో నున్నప్పుడు ప్రోటాన్ పుంజం పేటికలోనికి ప్రవేశిస్తుంది.

P - త్వరణకంలో పరిభ్రమిస్తున్న ప్రోటాన్ పుంజం ; T - లక్ష్యం ; TR - లక్ష్యరామ్ ; G - కాలనియంత్రిత స్పందం జనకం ; M - యాంత్రిక డ్రైవింగ్ వ్యవస్థ ; TD - కాలయాపన ; W - గాజుకిటికీ ; PP - కణజాడ ; SA - అతి తావద్రవం.

10.6 ప్రస్ఫురణ గణక యంత్రం

ప్రస్ఫురణ యంత్రాలను, ప్రత్యక్ష ప్రక్రియతో గానీ, పరోక్ష ప్రక్రియతోగానీ ప్రాథమిక కణాలను శోధించుటకు ఉపయోగిస్తారు. పతన కణంశోధకంలో (ప్రస్ఫురణకంలో) కాంతి స్పందనాన్ని ప్రేరితం చేస్తుంది. ఈ కాంతి స్పందం గణనకు సంకేతంగా పనిచేస్తుంది. కేంద్రక వికిరణ శోధనకు మొట్టమొదట ఉపయోగించిన వివిధ పద్ధతులలో ప్రస్ఫురణ శోధకం ఒకటి. రూధర్‌ఫర్డ్ అతని అనుచరులు స్పిన్‌థారిస్కోప్ (స్ఫురణదర్శిని) ని ఉపయోగించి ఆల్ఫాకణాల ఉద్గారాన్ని పరిశీలించారు. స్పిన్‌థారిస్కోప్‌లో జింక్ సల్ఫైడ్ తెర ఉంటుంది. ఈ తెరమీద ఆల్ఫాకణాలు పతనమైనప్పుడు అది ప్రతి దీపనాన్ని లేదా ప్రస్ఫురణాన్ని కలుగజేస్తుంది. తెరమీద కొంతమేర ప్రదేశంలో ఏర్పడే కాంతి తళుకులను కంటితో చూచిగానీ, లేదా మైక్రోస్కోప్‌తో చూచిగానీ గణించవచ్చు. ఆధునిక ప్రస్ఫరణ గణక ప్రక్రియలో కాంతి స్పందనాలను విద్యుత్ స్పందనాలుగా మార్చుటకు తోడ్పడే ఫోటో వర్ధకాన్ని వాడుతారు. ప్రస్ఫురణ గణకం ముఖ్యంగా పతన కణం ప్రస్ఫురకంతో లోనయ్యే అన్యోన్య చర్య ప్రకృతి మీద ఆధారపడుతుంది. ఈ ప్రస్ఫురకాన్ని ఫాస్ఫర్ అని కూడా పిలుస్తారు. పతన కణం శక్తిని శోషించుకొని ఫాస్ఫర్ అధిక ఎలక్ట్రాన్ స్థాయికి ఉత్తేజితమౌతుంది. ఉత్తేజిత ఎలక్ట్రాన్ స్థాయిలు భూస్థాయికి వెంటనే నిరుత్తేజం చెందుటచే ప్రతి దీప్తిగానీ, లేదా కొంతకాలం తర్వాత నిరుత్తేజం చెందుటచే స్ఫురదీప్తిగాని ఏర్పడుతుంది. ఉత్తేజిత వికిరణ తరంగదైర్ఘ్యం ఉత్తేజిత స్థాయి భూస్థాయిల మధ్య శక్తి భేదంపై ఆధారపడుతుంది. ఈ తరంగదైర్ఘ్యంగల కాంతికి ప్రస్ఫురకం పారదర్శకంగా ఉండే ఫాస్ఫర్ వెలుపల కూడా ఈ కాంతిని గమనించవచ్చు. అనేక పదార్థాలలో ఉత్తేజిత సంక్రమణం, శోషణ సంక్రమణం ఒకదాన్నొకటి పోలి వుంటాయి. కనుక విద్యుదయస్కాంత తరంగానికి పదార్థం కాంతి నిరోధకంగా పని చేస్తుంది. దీనిని తొలగించుటకు ప్రస్ఫురకాలలో మాలిన్యాలను ప్రవేశపెట్టుతారు. ఈ మాలిన్యాలకు ఎక్సైటాన్ సరఫరా చేయబడుతుంది. ఈ మాలిన్యాలు ట్రాపింగ్ కేంద్రాలుగా పనిచేస్తాయి. ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉత్తేజిత స్థాయినుంచి ఈ ట్రాపింగ్ స్థాయిలకు పతనమవుతాయి. ఈ ట్రాపింగ్ స్థాయి నుంచి ఎలక్ట్రాన్‌లు భూస్థాయికి పతనమైనప్పుడు వెలువడే కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం శోషణ విద్యుదయస్కాంత తరంగదైర్ఘ్యం కన్న భిన్నంగా ఉటుంది. ఈ తరంగదైర్ఘ్యానికి ప్రస్ఫురకం పారదర్శకంగా ఉంటుంది. ప్రస్ఫురకాలలో ఉపయోగించే మాలిన్యాలను ఆక్టివేటర్ (ఉత్తేజకాలు) అంటారు.

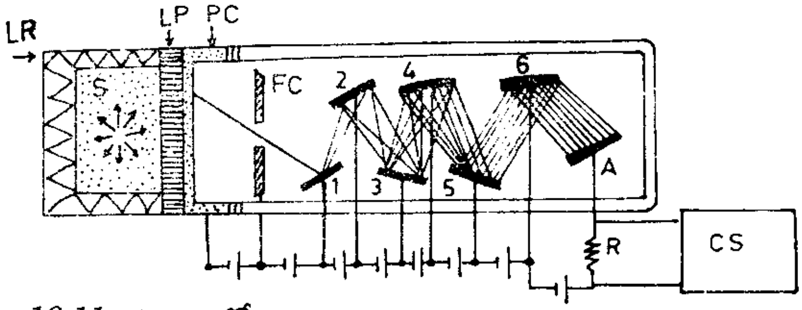
కొన్ని సందర్భాలలో మాలిన్యాలను తరంగదైర్ఘ్య విస్థాపనకారులుగా ఫాస్ఫర్‌లలో వాడుతారు. ముఖ్యంగా కర్బన స్ఫురణకాలు ఉత్తేజితమైనప్పుడు అవి స్ఫురదీప్తికి లోనవుతాయి. ఫలితంగా వెలువడే వికిరణ తరంగదైర్ఘ్యం అతి నీలలోహిత ప్రాంతానికి దగ్గరలో గానీ దూరంగా గానీ ఉంటుంది. ఈ కాంతిని శోధించుట దుర్లభం. ప్రస్ఫురకాలలో మాలిన్యాలను తగు గాఢతలో ప్రవేశపెట్టి అవసరమయిన గాఢతగల ట్రాపింగ్ కేంద్రాలను పొందవచ్చు. ఎక్సైటాన్ శక్తి ఈ ట్రాపింగ్ కేంద్రాలకు సరఫరా అవుతుంది. ఈ ట్రాపింగ్ స్థాయి నుంచి భూస్థాయికి ఎలక్ట్రాన్‌లు పతనమయినప్పుడు ప్రతి దీప్తి ఉద్గారం ప్రకాశవంతంగా ఉంటుంది. నికర ఫలితంగా కాంతి ఊదా లేక ఆకుపచ్చ ప్రాంతంలో ఉద్గారమౌతుంది. దీనిని ఫోటో వర్ధకంతో శోధించవచ్చు.

ప్రస్ఫురకాలు స్ఫటిక, ద్రవ, ప్లాస్టిక్, వాయురూపాలలో లభ్యమవుతున్నాయి. వీటిలో స్ఫటిక రూపంలో కర్బనిక, కర్బనేతర పదార్థాలు కలవు. కర్బనేతర స్ఫటికాలలో ముఖ్యమైనవి NaI (థాలియమ్ ఉత్తేజం), CsI (థాలియమ్ ఉత్తేజకం), కాడ్మియమ్ టంగ్‌స్టేట్, LiI (ఈరోపియమ్ ఉత్తేజకం), KI థాలియమ్ ఉత్తేజకం), కర్బనిక స్ఫటికాలలో ముఖ్యమైనవి, ఆంథ్రసీన్, ట్రాన్స్ స్టిల్‌బేన్, ఫినాస్త్రిన్, నాఫ్తలీన్ ప్రస్ఫురకాలు. ఏ లీటర్ టాల్వీన్‌లో 5 g టర్‌ఫినైల్ గల ద్రవాన్ని ద్రవ ప్రస్ఫురకంగా వాడుతారు. టర్‌ఫినైల్ కొద్దిగా కలిగిన పాలిస్టరీన్, పాలివినైల్ టూల్వీన్‌లు ప్లాస్టిక్ ప్రస్ఫురకాలుగా

BRAOU

వాడతారు. హీలియమ్, ఆర్గాన్, క్రిప్టాన్, క్సెనాన్ వంటి ఉత్కృష్ట వాయువులను వాయు ప్రస్ఫురకాలుగా వాడుతారు. ప్లాస్టిక్ ద్రవ వాయు ప్రస్ఫురకాలలో తగిన పదార్థాలను తరంగ దైర్ఘ్య విస్థాపనకారులుగా వాడతారు.

స్ఫటిక ప్రస్ఫురకాలను సాధారణంగా లోహపు పాత్రలో ఉంచుతారు. ముఖ్యంగా ఆర్ద్రతాగ్రహణశీల ఆల్కలీహాలైడ్ స్ఫటికాలను ప్రస్ఫురకాలుగా వాడేటప్పుడు వాటికి చెమ్మతగలకుండా సీల్‌చేసి ఉంచుతారు. ఎలైట్ పదార్థంతో చేసిన పారదర్శక కిటికీలుగల అల్యూమినియమ్ పాత్రలను ద్రవ ప్రస్ఫురకాలకు పాత్రలుగా వాడుతారు. ఫోటోవర్ధకాన్ని నేరుగా ప్రస్ఫురకంతో స్పర్శీకరించేలా ఉంచుటకు వీలులేని సందర్భాలలో లూసైడ్ కాంతి గొట్టాలను వాడుతారు. కాంతిగొట్టాలు కాంతి గైడ్‌లుగా పనిచేస్తాయి. ప్రస్ఫురణ గణక యంత్రంలోని వివిధ భాగాలు పటం 10.11 లో చూడవచ్చు. ప్రస్ఫురకం నుంచి పతన కణం వెళ్ళినప్పుడు



పటం 10.11 ప్రస్ఫురణ శోధక వ్యవస్థ

S - ఫాస్ఫర్ (ప్రస్ఫరకం), LR - కాంతి పరావర్తకం ; LP - కాంతిగొట్టం ; PC - ఫోటో మల్టిప్లయర్ ట్యూబు ఫోటోకాథోడ్ ; FC - కేంద్రీకృత ఎలక్ట్రోడ్ ; 1,2,3,4,5,6 - డైనోడ్‌లు ; CS - గణక వ్యవస్థ.

BRAOU

దానినుంచి బహిర్గతమయ్యే ప్రతిదీప్తికాంతి కాంతిగైడ్ ద్వారా ఫోటోవర్తకం ఫోటో కాథోడ్ మీదకు ప్రసరితమౌతుంది. ఫోటోవర్ధకం కాథోడ్‌వద్ద ప్రతి కాంతి ఫోటాన్ ఒకటి లేదా పెక్కు ఎలక్ట్రాన్‌లుగా మార్చబడుతుంది. ఈ ఎలక్ట్రాన్‌లు విద్యుత్‌క్షేత్రం వల్ల త్వరణానికిలోనై తక్కువ పని ప్రమేయం గల ఎలక్ట్రోడ్‌మీద పతనమౌతాయి. ఈ ఎలక్ట్రోడ్‌ని డైనోడ్ అంటారు. డైనోడ్ మీద పతనమయ్యే ప్రతి ఎలక్ట్రాన్ వల్ల రెండు లేదా అంతకంటె ఎక్కువ గౌణ ఎలక్ట్రాన్‌లు బహిర్గతమౌతాయి. ఈ విధమైన గౌణ ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారప్రక్రియను అనుక్రమరీతిలో హెచ్చు ధనాత్మకమైన డైనోడ్‌ల వద్ద కలుగజేసి అంతిమ డైనోడ్ వద్దకు అనేకమైన ఎలక్ట్రాన్‌ల సమూహం చేరేలా చేయవచ్చు. ఈ డైనోడ్ వద్ద ఏర్పడే ఛార్జ్ స్పందనాన్ని సేకరించి వర్ధనానికి లోనుచేసి గుర్తిస్తారు. సాధారణంగా విద్యుత్ స్పందనం ఫోటోకాథోడ్‌మీద పతనమయ్యే ఫోటాన్ సంఖ్యకు, తద్వారా కణం శక్తికి అనుపాతంలో ఉంటుంది. ప్రమాణకాలంలో శోధకం గుర్తించే స్పందనాల శక్తి పతన కిరణ తీవ్రతకు అనుపాతంలో ఉంటుంది.

ప్రస్ఫురణ గణకాలు చాలా సామర్థ్యవంతమైనవి. ఇవి తక్కువ పెరుగుదల, పునప్రాప్తి కాలాలను కలిగి వుంటాయి. వీటి ఉపయోగకర జీవనకాలం చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. అన్ని రకాలయిన కణాల శోధనకు ప్రస్ఫురణ గణక యంత్రాలను ఉపయోగించవచ్చు.

కర్బనేతర ప్రస్ఫురకాలను భార ఆవేశిత కణాల శోధనకు వాడుతారు. గామా వికిరణ గణనకు NaI (Tl), CsI (Tl) ప్రస్ఫురకాలను ఉపయోగిస్తారు. బీటా గణకానికి కర్బనిక ప్రస్ఫురకాలను వాడుతారు. న్యూట్రాన్ గణకంలో ప్రస్ఫురణ గణకయంత్రం వినియోగం విరివిగా కలదు. తక్కువ జీవన పరిమితిగల కేంద్రక సదృశాల పరిశోధనలో తారసిల్లే అధికశక్తిగల కణాల కొలతలో ప్రస్ఫురణ గణక యంత్రాల వినియోగం ఎంతోకలదు.

10.7 సారాంశము

గైగన్‌ముల్లర్ ప్రాంతం ధర్మం ఆధారంగా గైగర్‌ముల్లర్ రూపకల్పన చేసినారు. గైగర్‌ముల్లర్ ప్రాంతంలో సేకరితమయ్యే ఛార్జి తొలి అయనీకరణం మీద ఆధారపడదు. ఈ గణకం సున్నితపు ఘన పరిమాణంలో ఉత్కృష్ట వాయువులైన ఆర్గాన్, శామిక వాయువు ఆల్కహాల్ లేదా హాలజన్‌గానీ ఉంటాయి. G.M. గణకాల ముఖ్య అభిలక్షణం ప్లేటో ప్రాంతాన్ని కలిగి ఉండుట. ఈ ప్లేటో ప్రాంతంలో గణక రేటు ప్రచాలక వోల్టేజ్‌మీద స్వతంత్రంగా ఉంటుంది. G.M గణకాలను బీటా, గామా కణాల శోధనకు వాడుతారు.

C.T.R విల్సన్ మేఘపేటికను అభివృద్ధి పరచినాడు. ఇది కణాలజాడ శోధకం, అతి సంతృప్త బాష్పంగల పేటిక సున్నితపు ఘనపరిమాణంలో అయనీరణ వికిరణం వెళ్ళినప్పుడు బాష్పం అయాన్‌ల మీద ద్రవీభవనం చెందుతుంది. ప్రదీప్తి చేసినప్పుడు కణం జాడ దృగ్గోచరమౌతుంది. దీనిని ఫోటోగ్రాఫ్ చేయవచ్చు. అతి సంతృప్తతను సాధించే ప్రక్రియను బట్టి మేఘపేటికలను వ్యాకోచ మేఘపేటికలని విసరణ మేఘపేటికలని విభజించవచ్చు.

న్యూట్రాన్ గుర్తింపు, పాసిట్రాన్ ఆవిష్కరణ, యుగళోత్పత్తి, కేంద్రక విఘటన మొదలగు కేంద్రక దృగ్విషయాలను మేఘపేటికలను ఉపయోగించి అధ్యయనం చేసినారు. రోదసీ వికిరణ పరిశోధనలో మేఘపేటికలను విరివిగా ఉపయోగిస్తారు. బుద్బుద కోశాన్ని డొనాల్డ్ A. గ్లేసర్ అభివృద్ధి పరచినారు. అతితాప ద్రవంలో అయనీకరణ వికిరణం ప్రసరించినప్పుడు అతి సూక్ష్మబుడగల తయారీని ఆరంభిస్తుంది. ఈ బుడగలు కణం జాడ వెంబడి వృద్ధి చెందుతాయి. ఫలితంగా కణం జాడను ఫోటోగ్రాఫ్ చేయవచ్చు. ఈ సూత్రాధారంగా బుద్బుదకోశం పనిచేస్తుంది. కేంద్రక చర్యలను, కణ అన్యోన్య చర్యలను బుద్బుదకోశంతో పరిశీలించవచ్చు. ఆవేశిత, అనావేశిత కణాల శోధనకు ప్రస్ఫురణ గణక యంత్రాన్ని వాడతారు. శోధకంపై కణం పతనమైనప్పుడు కాంతిస్పందనం ప్రేరితమౌతుంది. ఇది గణనకు సాంకేతంగా పనిచేసతుంది. ప్రస్ఫురణ గణకయంత్రం అధిక శోధనసామర్థ్యాన్ని, వికిరణ ప్రసరణకు అతిత్వరలో ప్రతిచర్యకు లోహపుధర్మాన్ని, కనిష్ఠ విశ్రాంతి కాలం, వికిరణశక్తికి అనుపాతంలో అనుక్రియను కలిగిఉంటుంది.

ప్రస్ఫురకాలు స్ఫటిక, ద్రవ, ప్లాస్టిక్, వాయురూపాలలో కలవు. NaI (TI ఉత్తేజితం) అధికంగా వాడుకలోనున్న కార్బనేతర స్ఫటిక ప్రస్ఫురకం. దీనిని గామా వికిరణ శోధనకు వాడుతారు. ఆల్ఫా కణశోధనకు ZnS స్ఫటికాన్ని వాడుతారు. ఆంత్రసీన్ కర్బన స్ఫటిక ప్రస్ఫురకం. దీనిని బీటా కణశోధనకు వాడుతారు. జింక్ సల్ఫైడ్-బోరాన్ మిశ్రమాన్ని న్యూట్రాన్ శోధనకు వాడుతారు.

BRAOU

10.8 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా వివరించండి.

1. అయనీకరణ కోష్ఠంలో జరిగే అయనీకరణ ప్రక్రియ అభిలక్షణాలు అనువర్తిత వోల్టేజ్‌తో ఎలా మారుతుందో వివరించండి. వివిధ అయనీకరణ ప్రాంతాల ఉపయోగాన్ని గూర్చి వ్రాయండి.
2. గైగర్-ముల్లర్ గణనకారి నిర్మాణము పనిచేయు విధానము గూర్చి వివరించండి.
3. వ్యాకోచ మేఘపేటిక నిర్మాణము, పనిచేయు విధానము గూర్చి వ్రాయండి. ఈ శోధకం ముఖ్య అనువర్తనాలను వివరించండి.
4. విసరణ మేఘపేటిక నిర్మాణము పనిచేయు విధానము వివరించండి. దీని ముఖ్య అనువర్తనాలను వివరించండి.
5. బుద్బుద పేటిక నిర్మాణము పనిచేయు విధానము వివరించండి.
6. ప్రస్ఫురణ గణక యంత్రం పనిచేయు విధానాన్ని దాని ఉపయోగాలను గూర్చి వివరించండి.

II. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానాలు రాయండి.

1. ప్రస్ఫురణ గణక యంత్రంలో ఉపయోగించే వివిధ ప్రస్ఫురకాల గురించి వ్రాయండి.

భాగం-11 : మూలకాల పరివర్తనం

విషయక్రమం

11.1 ఉద్దశాలు, లక్ష్యాలు
11.2 ప్రవేశిక
11.3 మూలకాల పరివర్తనము - రూథర్‌ఫర్డ్ ప్రయోగాలు
11.4 మూలక పరివర్తన చర్య విశ్లేషణ
11.5 చాడ్‌విక్‌చే న్యూట్రాన్ ఆవిష్కరణ
11.6 వివిధ ప్రక్షేపకాలతో కృత్రిమమూలక పరివర్తకాలు
11.6.1 ప్రోటాన్‌లతో మూలకపరివర్తనము
11.6.2 డ్యూట్రాన్‌లతో మూలక పరివర్తనము
11.6.3 న్యూట్రాన్‌లతో మూలక పరివర్తనము
11.6.4 ఫోటాన్‌లతో మూలక పరివర్తనము
11.7 సారాంశము
11.8 నమూనా జవాబులు
11.9 నమూనా ప్రశ్నలు

11.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో వివిధ కణాలతో మూలక పరివర్తన చర్యల అధ్యయనం గురించిన వివరణ ఉంది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

కేంద్రక చర్య విలువ ఆధారంగా శక్తి విసర్జన చర్యను, శక్తి గ్రాహక చర్యలను వివరించగలుగుతారు.

B R A O U

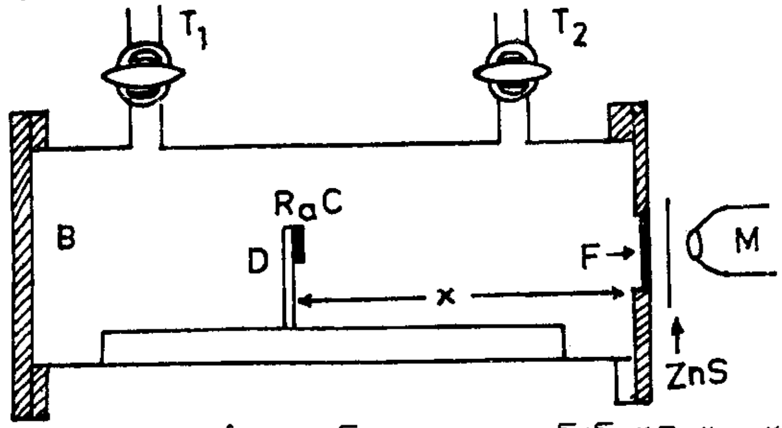
11.2 ప్రవేశిక

రేడియో ధార్మికత ఆవిష్కరణ, భారకేంద్రాకల స్వచ్ఛంద విఘటనాలు, మధ్యస్థ తేలిక మూలకాలను శక్తివంతమైన కణాలతో తాడనానికి గురి చేసినచో వాటిని విఘటన చెందేలా చేయవచ్చుననే ఊహకు కేంద్రకు భౌతిక శాస్త్రవేత్తలను గురిచేసాయి. సులభంగా ఈ ప్రక్రియకు లక్ష్యమయ్యే ప్రక్షేపకాలు రేడియో ధార్మిక కేంద్రకాల నుంచి వెలువడే వికిరణాలు. ఆల్ఫా బీటా గామా వికిరణాలలో కేంద్రక పరివర్తనానికి అనువైన ప్రక్షేపకాలు ఆల్ఫా కణాలు. స్థిర కేంద్రకాలను శక్తివంతమైన కణాలతో తాడనానికి గురిచేసినచో కొత్త కేంద్రకాలు ఏర్పడుతాయన్న దృగ్విషయాన్ని రూథర్‌ఫర్డ్ చాడ్‌విక్ కాక్‌రాఫ్ట్ వాల్టన్ తదితరుల ప్రయోగాలు దృఢపరచాయి. ఈ పాఠంలో మూలక పరివర్తన చర్యలను దృఢపరచిన రూథర్‌ఫర్డ్ ప్రయోగాలను, న్యూట్రాన్ ఆవిష్కరణకు దారితీసిన చాడ్‌విక్ ప్రయోగాలను, వివిధ రకాలయిన మూలక పరివర్తన చర్యలను గూర్చి తెలుసుకుందాము.

11.3 మూలకాల పరివర్తనము - రూథర్‌ఫర్డ్ ప్రయోగాలు

ఒక పరమాణువును అధిక శక్తిగల కణంతో తాడనానికి గురిచేస్తే ఆ కణం కేంద్రకంలోనికి చొచ్చుకొని వెళ్ళి కేంద్రకాన్ని విరూపణకు లోనుచేస్తుంది. సహజ రేడియో ధార్మిక కేంద్రకాల నుంచి

వెలువడే α- కణాలను ప్రక్షేపకాలుగాను, తేలిక మూలకాలను లక్ష్యాలుగాను తీసికొన్నారు. కృత్రిమ మూలక పరివర్తనాన్ని మొట్టమొదట 1919 లో రూథర్‌ఫర్డ్ ప్రయోగపూర్వకంగా నిరూపించినాడు. అతను ప్రయోగరీత్యా RaC నుంచి వెలువడే α- కణాలలో నైట్రొజన్ కేంద్రకాలను తాడనానికి గురిచేస్తే అవి ప్రోటాన్‌లను ఉద్గారం చేసినట్లు నిరూపించాడు. రూథర్‌ఫర్డ్ ప్రయోగపు అమరికను పటం 11.1 లో చూడవచ్చు. ఈ పరికరంలో పెట్టె B ఒక చివర ద్వారం ఉంటుంది. ఈ ద్వారం రజితత్రం F తో మ..సి



పటం 11.1 α- కణాలతో నైట్రొజన్ విఘటన - రూథర్‌ఫర్డ్ ప్రయోగం అమరిక.

F - Ag పత్రం ; M - మైక్రోస్కోప్ ; ZnS - జింక్ సల్ఫైడ్ తెర.

ఉంటుంది. ద్వారానికి వెలుపల S వద్ద ZnS తెర అమర్చిఉంటుంది. α- కణాలు జనకమైన RaC చిన్నని దిమ్మె D మీద అమర్చివుంటుంది. ఈ దిమ్మెకు ZnS తెరకుగల మధ్య దూరాన్ని మార్చుటకు వీలుగా దిమ్మె అమర్చి వుంటుంది. రజిత పత్రం మందం జనకంనుంచి ఉద్గారమయ్యే α-కణాలను పూర్తిగా శోషించుకొనునట్లుగా వుంటుంది. వివిధ వాయువులను పెట్టెలోనికి పంపుటకు వాటిని రేచనం చేయుటకు T_1, T_2 కవాటాలు వాడుతారు. జింక్ సల్ఫైడ్ తెరమీద కలిగే ప్రస్ఫురణలను మైక్రోస్కోప్ M తో పరిశీలించవచ్చు. తెరనుంచి జనకం దూరం 7 cm ఉన్నప్పుడు పెట్టెను ఆక్సిజన్‌తోగానీ, కార్బన్ డయాక్సైడ్‌తో గానీ నింపినప్పుడు తెరమీద ఎలాంటి ప్రస్ఫురణలు పరిశీలించబడలేదు. ఈ గాలిమందంలో ఆల్ఫా కణాలు పూర్తిగా శోషణకు గురౌతాయి. పెట్టె B లో నైట్రొజన్ వాయువును నింపినప్పుడు తెరనుంచి జనకం దూరం 40 cm ఉన్నప్పటికి తెరపై ప్రస్ఫురణలు గోచరించాయి. ప్రస్ఫురణకు కారకమైన కణాలు నైట్రొజన్ నుంచే వెలువడింది, ఆల్ఫా కణాలు కాదని రూథర్‌ఫర్డ్ నిర్ధారించా.. అయస్కాంత అపవర్తన ప్రయోగంతో ఈ కణాలు ప్రోటాన్‌లని రూథర్‌ఫర్డ్ నిర్ధారించాడు.

ప్రయోగ ఫలితాలు సునిశితంగా పరిశీలించి ప్రస్ఫురణకు కారణమైన ప్రోటాన్‌లు నైట్రొజన్ వాయువుతో మా..్యలుగా ఉన్న హైడ్రొజన్ వలన కాదని రూథర్‌ఫర్డ్ రూఢి చేసినాడు. హైడ్రొజన్ కృత్రిమ విఘటన వలననే ప్రోటాన్‌లు ఏర్పడినట్లు రూథర్‌ఫర్డ్ ధృవీకరించాడు. కార్బన్, ఆక్సిజన్ మినహా బోరాన్ మొదలుకొని పొటాషియం వరకుగల మూలకాలను రూథర్‌ఫర్డ్ చాడ్‌విక్‌లు ప్రయోగరీత్యా పరివర్తనచర్యకు లోనవుతాయా లేదా అనే విషయాన్ని పరిశీలించారు. కొన్ని సందర్భాలలో ఉత్పన్నమయిన ప్రోటాన్‌లు ఆల్ఫా కణాల కన్న అధిక శక్తివంతమైనవిగా ఉన్నట్లు కనుగొన్నారు. ఈ ఫలితాలు విఘటన ప్రక్రియలో ప్రోటాన్‌ల ఉత్పాదనను రూఢి చేసినాయి. ప్రోటాన్‌లు పొందే అధికశక్తి కేంద్రకంలో జరిగే పునర్విన్యాసం వలననేనని విదితమౌతుంది.

ప్రోటాన్ ఉద్గారానికి దోహదమైన విఘటన ప్రక్రియను వివరించుటకు రెండు పరికల్పలు ప్రతిపాదితమైనవి. మొదటి పరికల్పన ప్రకారం ఆల్ఫాకణంతో తాడనానికి లోనైన పరమాణువు ఒక ప్రోటాన్‌ని కోల్పోతుంది. ఇలా భావిస్తే అభిఘాతం తర్వాత α- కణం ఉండాలి. రెండవ పరికల్పన ప్రకారం పరమాణువును ఢీకొన్న ఆల్ఫాకణం పరిగ్రహణానికి లోనయి కొత్త కేంద్రకం ఏర్పడుతుంది. దీనిని సంయోజక కేంద్రకం అంటారు. ఇది ఒక ప్రోటాన్‌ను బహిర్గతం చేస్తుంది. ఈ భావన ప్రకారం అభిఘాత ప్రక్రియ తర్వాత ఆల్ఫాకణం అదృశ్యమవాలి.

BRAOU

మేఘపేటికలోని నైట్రొజన్ వాయువులో α- కణాల జాడలను 1925 లో బ్లాకెట్ అధ్యయనం చేసిన తర్వాత పై సందిగ్ధత వైదొలగబడినది. పతన ఆల్ఫాకణం ప్రోటాన్, ప్రత్యావర్తక కేంద్రకం జాడలు మాత్రమే రికార్డు అయినాయి. అభిఘాతం తర్వాత α జాడ రికార్డు కాలేదు. అంటే అభిఘాతంలో ఆల్ఫా కణం మాయమయినట్లు విశదమౌతుంది. ఈ ఫలితాలు రెండవ పరికల్పన రుజుత్వాన్ని నిరూపించాయి. విఘటన ప్రక్రియను క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$_7N^{14} +_2 He^4 \rightarrow [_9F^{18}] \rightarrow_8 O^{17} +_1 H^1 \qquad 11.1$$

మూలక పరివర్తన ప్రక్రియను క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$_7N^{14}(\alpha, p)^{17}_{8O} \qquad 11.2$$

రేడియో ధార్మిక పదార్థాల నుంచి వెలువడే ఆల్ఫా కణాలతో ఇతర న్యూక్లైడ్‌ల పరివర్తన చర్యలు క్రింది విధంగా ఉంటాయి.

$$_5B^{11} +_2 He^4 \rightarrow [_7N^{14}] \rightarrow_6 C^{13} +_1 H^1 \qquad 11.3$$

$$_{13}Al^{27} +_2 He^4 \rightarrow [_{14}Si^{30} +_1 H^1 \qquad 11.4$$

$$_{19}K^{39} +_2 He^4 \rightarrow [_{21}Se^{43}] \rightarrow_{20} Ca^{42} +_1 H^1 \qquad 11.5$$

సాధారణంగా (α, p) చర్యను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$_ZX^A +_2 He^4 \rightarrow [_{Z+2}C_n^{A+4}] \rightarrow_{Z+1} Y^{A+3} +_1 H^1 \qquad 11.6$$

ఇచ్చట X, C_n, Y లు లక్ష్య, సంయోజక, ఉత్పాదిత కేంద్రాలను సూచిస్తాయి.

11.4 మూలక పరివర్తన చర్య విశ్లేషణ

సమీకరణం 11.6తో సూచించిన కేంద్రక పరివర్తన చర్యను కేంద్రకాలు, కణాల ద్రవ్యరాశి శక్తి విలువలు ఆధారం చేసికొని పరిమాణాత్మకంగా విశ్లేషించవచ్చు. కేంద్రక చర్యను క్రింది విధంగా సూచించినామనుకొందాం.

$$x + X \rightarrow y + Y \qquad 11.7$$

ఇచ్చట x, X, Y, y లు వరుసగా తాడనకణం, లక్ష్య కేంద్రకం, ఉత్పాదిత కేంద్రకం, ఉత్పాదిత కణాలను సూచిస్తాయి. ఆదిలో లక్ష్య కేంద్రకం నిశ్చలంగా ఉన్నదని అనుకొందాం. ఏదేని కణం లేదా పరమాణువు మొత్తం శక్తి, విరామశక్తి గతిజశక్తుల మొత్తానికి సమానంగా ఉంటుంది. కేంద్రక చర్యలో మొత్తం శక్తినిత్యంగా ఉండాలి కనుక సమీకరణం 11.7లో సూచించిన కేంద్రక చర్యకు శక్తి నిత్యత్వసూత్రాన్ని అనువర్తిస్తే

$$(E_x + m_xC^2) + M_xC^2 = (E_Y + M_YC^2) + (E_y + m_yC^2) \qquad 11.8$$

పై సమీకరణంలో m_x, M_x, m_y, M_Y లు వరుసగా పతన కణం లక్ష్యకేంద్రకం, ఉత్పాదిత కణం, ఉత్పాదిత కేంద్రకం ద్రవ్యరాశులను సూచిస్తాయి. E_x, E_Y, E_y లు వరుసగా పతనకణం, ఉత్పాదిత కేంద్రకం, ఉత్పాదిత కణాల గతిజశక్తులను సూచిస్తాయి. C కాంతి వేగాన్ని సూచిస్తుంది. కేంద్రక చర్యలో ఉత్పాదితాల గతిజశక్తికి పతనకోణం గతిజశక్తికి గల బేధాన్ని రాశి Q గా నిర్వచించిచో

$$Q = E_Y + E_y - E_x \qquad 11.9$$

సమీకరణం 11.8 ప్రకారం

$$E_Y + E_y - E_x = (M_x + m_x - M_Y - m_y)C^2 \qquad 11.10$$

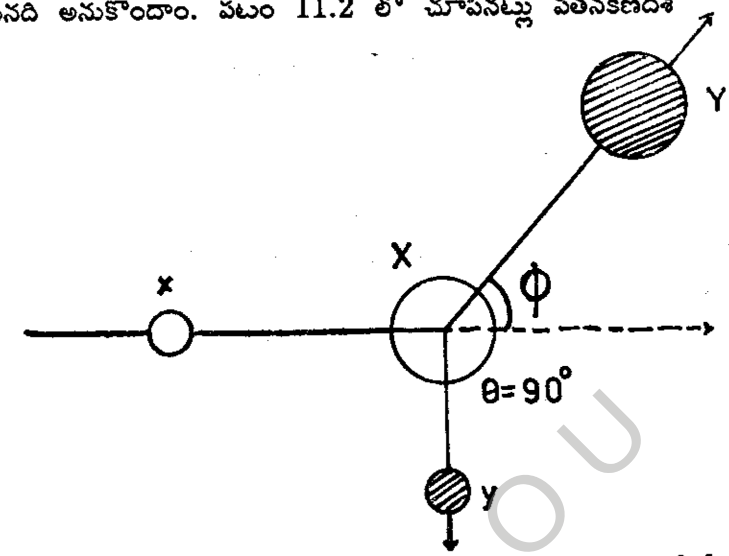
$$\therefore Q = (M_x + m_x - M_Y - m_y)C^2 = E_Y + E_y - E_x \qquad 11.11$$

రాశి Q ని కేంద్రక చర్య శక్తి సరితూగు అంటారు. Q ధనాత్మకమైనదో అంటే ఉత్పాదితాల గతిశక్తి కన్న అధికంగా ఉన్నచో ఆ చర్యను శక్తి విసర్జక లేదా ఉష్ణ విమోచక చర్య అంటారు. Q రుణాత్మకమైనచో ఆ చర్యను శక్తిగ్రాహక లేదా ఉష్ణగ్రాహక చర్య అంటారు.

లభ్యమయ్యే సమాచారాన్ని, ప్రయోగరీత్యా కొలచుటకు వీలయిన రాశుల ననుసరించి కేంద్రక చర్య, కేంద్రక ద్రవ్యరాశులను, కణశక్తి విలువలను, Q విలువను లెక్కకట్టుటకు అవసరమయిన సమాచారం అందజేస్తుంది.

సమీకరణం 11.11 లో E_Y ఉత్పాదిత కేంద్రకం ప్రత్యావర్తక శక్తిని సూచిస్తుంది. ఇది చాలా తక్కువగా ఉంటుంది. ఈ రాశిని కొలచుట కష్టం. సమీకరణం 11.11 నుంచి దీనిని, ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ సూత్రం ఆధారంగా విలోపనం చేయవచ్చు.

సరళత కొరకు ప్రత్యేక సందర్భాన్ని పరిశీలిద్దాం. పతన కణదిశకు లంబదిశలో ఉత్పాదిత కణం బహిర్గతమయినది అనుకొందాం. పటం 11.2 లో చూపినట్లు పతనకణదిశ



పటం *11.2* పతనకణం, లక్ష్యకేంద్రకాల మధ్య కేంద్ర చర్యకు దారితీసే అభిఘాతం y- ఉత్పాదితకణం, Y- ఉత్పాదిత కేంద్రకం.

X- అక్షం వెంబడి వుందనుకొందాం. అభిఘాతానికి పూర్వం ద్రవ్యవేగ సదిశరాశి X- అక్షం వెంబడి దిశాత్మకమై ఉండాలి. కనుక అభిఘాతం తర్వాత ఫలిత ద్రవ్యవేగం X- అక్షం వెంబడి దిశాత్మకమై ఉండాలి. అందుచేత

$$m_x V_x = M_Y V_Y Cos\phi \qquad 11.12$$

$$m_y V_y = M_Y V_Y Sin\phi \qquad 11.13$$

V_x, V_x, V_Y లు వరుసగా పతన కణం, ఉత్పాదిత కణం, ఉత్పాదిత కేంద్రకాల వేగాలను సూచిస్తాయి. Φ ఉత్పాదిత కేంద్రకం ప్రత్యావర్తక దిశ X- అక్షంతో చేసే కోణాన్ని సూచిస్తుంది. సమీకరణాలు 11.12, 11.13 లను వర్గంచేసి కూడితే

$$m_x^2 V_x^2 + m_y^2 V_y^2 = M_Y^2 V_Y^2 (Cos^2\phi + Sin^2\phi) = M_Y^2 V_Y^2 \qquad 11.14$$

$E_x = (\frac{1}{2}) m_x V_x^2, E_y = (\frac{1}{2}) m_y V_y^2, E_Y = (\frac{1}{2}) M_Y^2 V_Y^2$ కనుక

$$m_x 2E_x + m_y 2E_y = M_Y 2E_Y \qquad 11.15$$

లేదా

$$E_y = \frac{m_x}{M_Y} E_x + \frac{m_y}{M_Y} E_y \qquad 11.16$$

B R A O U

సమీకరణం 11.16 ను, సమీకరణం 11.11 లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$Q = E_y\left(1 + \frac{m_y}{M_Y}\right) - E_x\left(1 - \frac{m_x}{M_Y}\right) \qquad 11.17$$

పతన ఉత్పాదిత కణాల శక్తి విలువలను, ఉత్పాదిత కేంద్రకం ద్రవ్యరాశి సంఖ్యను కనుగొని Q విలువను లెక్కకట్టవచ్చు. ఉత్పాదిత కణం $90°$ ల కోణంలో కాకుండా ఏదేని కోణం θ తో వైదొలగినచో Q ని క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$Q = E_y\left(1 + \frac{m_y}{M_Y}\right) - E_x\left(1 - \frac{m_x}{M_Y}\right) - \frac{2}{M_Y}\left(E_x E_y m_x m_y\right)^{\frac{1}{2}} Cos\theta \qquad 11.18$$

లక్ష్య కేంద్రకం ద్రవ్యరాశి సంఖ్య పెరిగిన కొద్దీ పై సమీకరణంలోని తుదిపదం విలువ తగ్గుతుంది.

అవగాహన పరీక్ష

ఉత్పాదిత కణాల గతిజశక్తి పతనకణ గతిజశక్తి కన్నా ఎక్కువ ఉన్నప్పుడు చర్యను _____ చర్య అని అంటారు.

మాదిరి లెక్క 1

మూలక పరివర్తన చర్య $_5B^{11}(d,\alpha)_4Be^9$ లో పాల్గొనే డ్యూట్రాన్ పుంజం శ 1.51 MeV. α కణాలు డ్యూట్రాన్ పుంజం దిశకు $90°$ కోణం చేస్తూ వెలువడినాయి. శక్తి 6.4 MeV, కేంద్రక చర్య Q విలువ కనుగొనుము.

మూలక పరివర్తన చర్య

$$X + x \rightarrow Y + y$$
$$_5B^{11} +_1 H^2 \rightarrow_4 Be^9 +_2 E^{\cdot 4}$$

చర్య Q విలువ

$$Q = E_y\left(1 + \frac{m_y}{M_Y}\right) - E_x\left(1 - \frac{m_x}{M_Y}\right)$$
$$Q = 6.4(1 + 4/9) - 1.51(1 - 2/9)$$
$$Q = 6.4(1.444) - 1.51(0.7778)$$
$$Q = 9.24 - 1.17 = 8.07 MeV$$

శక్తి గ్రాహక చర్యలో విఘటనకు లోనయే విధంగా సంయోజక కేంద్రకాన్ని ఉత్తేజితం చేయుటకు Q శక్తి కావాలి. ఈ శక్తిని ప్రక్షేపకం గతిజశక్తి రూపంలో సరఫరా చేయాలి. దీనిలో కొంతశక్తి సంయోజక కేంద్రకానికి ద్రవ్యవేగాన్ని కలుగజేయుటకు అవసరమవుతుంది. కనుక Q శక్తికన్న తక్కువశక్తి సంయోజక కేంద్రకం ఉత్తేజితశక్తిగా ఉంటుంది. ఈ ద్రవ్యవేగం ఉత్పాదిత కణాల మధ్య వితరణ చెందుతుంది. సంయోజక కేంద్రకం ఉత్తేజనానికి Q శక్తి లభ్యమయేలా చేయాలంటే Q కంటె ఎక్కువ శక్తిని ప్రక్షేపక కణానికి సరఫరా చేయాలి. శక్తి గ్రాహకచర్య జరుగుటకు అవసరమయిన కనిష్ఠ శక్తిని చర్యయొక్క ఆరంభశక్తి అంటారు. $M_C V_C$ లు సంయోజక కేంద్రకం ద్రవ్యరాశి, వేగాలను సూచిస్తే ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ సూత్రం ప్రకారం

$$m_x V_x = M_C V_C \qquad 11.19$$

$$\therefore V_C = \frac{m_x}{M_C} V_x \qquad 11.20$$

సంయోజక కేంద్రకం ఉత్తేజనానికి అవసరమయే పతనకణం గతిజశక్తిని క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$-Q = \tfrac{1}{2} m_x V_x^2 - \tfrac{1}{2} M_C V_C^2 \qquad 11.21$$

BRAOU

$$-Q = \frac{1}{2}m_x V_x^2 - \frac{1}{2}M_C \frac{m_x^2}{M_c^2} V_x^2 \qquad 11.22$$

$$-Q = \frac{1}{2}m_x V_x^2 - \frac{1}{2}\frac{m_x^2 V_x^2}{M_C} \qquad 11.23$$

$$-Q = \frac{1}{2}m_x V_x^2 \left[1 - \frac{m_x}{M_C}\right] \qquad 11.24$$

$M_C = m_x + M_X$ కనుక

$$-Q = \frac{1}{2}m_x V_x^2 \left[1 - \frac{m_x}{M_X + m_x}\right]. \qquad 11.25$$

$$-Q = \frac{1}{2}m_x V_x^2 \left[\frac{M_X}{M_x + m_x}\right] \qquad 11.26$$

అరంభశక్తి $E_{th} = \frac{1}{2}m_x V_x^2$ కనుక

$$E_{th} = -Q\left[1 + \frac{m_x}{M_X}\right] \qquad 11.27$$

సమీకరణం 11.11, 11.27 లోని ద్రవ్యరాశులు కేంద్రక ద్రవ్యరాశులు. వాస్తవిక గణనలో కేంద్రక ద్రవ్యరాశులకు మారుగా పరమాణు ద్రవ్యరాశులను ఉపయోగిస్తారు. ఈ విధంగా చేసినా ఫలితం మారదు. దీనికి కారణం తటస్థ పరమాణువులు ఏర్పడుటకు క్రియాజనకాలకు కలిపిన ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య ఒకటే వుండటమే. కేంద్రక చర్యను సూచించే సాధారణ సమీకరణాన్ని సూచించవచ్చు.

$$X + x \rightarrow [C_n] \rightarrow Y + y + Q \qquad 11.28$$

మాదిరి లెక్క 2

క్రింది కేంద్రకచర్యలో Q విలువ కనుగొనుము.

$${}_{11}Na^{23} +_2 He^4 \rightarrow [{}_{13}Al^{27}] \rightarrow_{12} Mg^{26} +_1 H^1 + Q$$

పరమాణు ద్రవ్యరాశులు $Na^{23} = 22.997047 a.m.u$

$He^4 = 4.0038727 a.m.u$

$Mg^{26} = 25.990796 a.m.u$

$H^1 = 1.0081473 a.m.u$

$Q = (M_X + m_x - M_Y - m_y)C^2 =$ (a.m.u. లలో ద్రవ్యరాశి బేధం)

$Q = [(22.29704 + 4.003872) - (25.990796 + 1.0081473)]$

$Q = 0.0019764 a.m.u.$

శక్తిరూపంలో $1 a.m.u = 931.48 MeV$

$\therefore Q = (0.0019764)931.48 = 1.841 MeV.$

11.5 చాడ్‌విక్‌చే న్యూట్రాన్ ఆవిష్కరణ

రూథర్‌ఫర్డ్ కృత్రిమ విఘటన ప్రక్రియను ఆవిష్కరించిన తర్వాత జరిగిన ప్రయోగాలు, చాడ్‌విక్ పరిశోధనలు న్యూట్రాన్ ఆవిష్కరణకు దారితీసినాయి.

రూథర్‌ఫర్డ్, చాడ్‌విక్ చేసిన ప్రయోగాలలో ఆల్ఫాకణాల తాడనం వల్ల తేలిక మూలకాలు పరావర్తనం చెందినప్పుడు ఉత్పాదిత కణాలుగా ప్రోటాన్‌లు వెలువడినాయి. అన్ని సందర్భాలలోను ప్రోటాన్‌లు వెలువడినాయి. అన్ని సందర్భాలలోను ప్రోటాన్‌లు వెలువడాలన్న నిబంధన ఏమీలేదని ఈ

విషయమై సుదీర్ఘమైన పరిశోధన చేయవలసిన అవసరం ఎంతైనా ఉందని రూథర్‌ఫర్డ్ భావించేవాడు. ఎలక్ట్రాన్ ప్రోటాన్‌తో కలిసి తటస్థకణం ఏర్పడుటకు వీలుందని భావించి అలాంటి కణం కొరకు హైడ్రోజన్ ఉత్సర్గంలో శోధించాడు. ఇలాంటి తటస్థ కణం స్వతంత్ర ప్రతిపత్తిని కలిగి వుంటుందని దానిని ఆవిష్కరించవలసి ఉంటుందని ప్రబలమైన ఊహ రూథర్‌ఫర్డ్ కలిగి ఉండేవాడు. న్యూట్రాన్ ఆవిష్కరణకు దారితీసిన అనుక్రమ ప్రయోగాలు క్రింద వివరించినాము.

1930 ప్రాంతంలో బొధె, బెక్కర్‌లు, Li, Be, Al మూలకాలను α - కణాలతో తాడనానికి గురి చేసినప్పుడు విద్యుదయస్కాంత వికిరణాన్ని పోలిన వికిరణం ఉత్పన్నమగుటను గమనించారు. Be లక్ష్యంగా ఉన్నప్పుడు ఈ వికిరణ తీవ్రత అధికంగా ఉన్నట్లు కూడా వారు గమనించారు. (α, p) చర్యలో ఉత్పన్నమయ్యే ఉత్పాదిత కేంద్రకం నిరుత్తేజితం చెందినప్పుడు ఈ వికిరణం వెలువడుతుందని ప్రతిపాదన చేసినారు. బొధె, వెబ్‌స్టర్, మేడమ్ క్యూరీ జోలియట్‌లు బెరీలియమ్‌ని లక్ష్యంగాను, α-కణాలను ప్రక్షేపకాలు గాను తీసికొని చేసిన ప్రయోగాలలో ఈ వికిరణం అంతవరకు తెలిసిన గామా వికిరణం కన్న అత్యధిక చొచ్చుకొని పోవు శక్తి ఉన్నట్లు విదితమైంది.

మేడమ్ క్యూరీ జోలియట్, M. జోలియట్‌లు కింది మూలక పరివర్తన చర్యలో

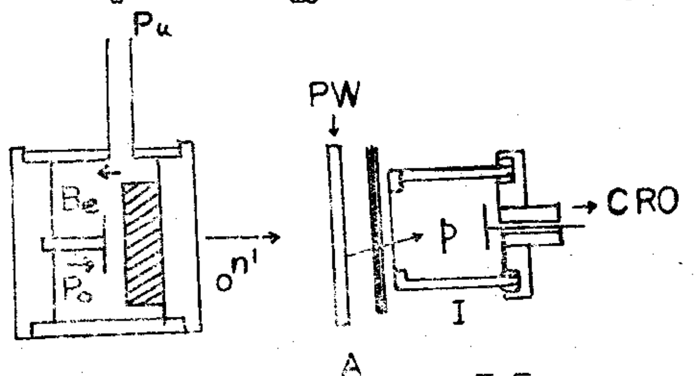
$$_4Be^8 +_2 He^4 \rightarrow_6 C^{13} + \gamma \qquad 11.29$$

వెలువడే వికిరణం హైడ్రోజన్ కలిగిన పదార్థాలయిన పారఫిన్ వంటి పదార్థాలనుంచి అధికవేగం గల ప్రోటాన్‌లను నిష్కాసనం చేస్తున్నట్లు గమనించారు. ఈ ప్రోటాన్‌ల శక్తి దాదాపు MeV, గాలిలో వ్యాప్తి 26 cm ఉన్నట్లు కనుగొన్నారు. ప్రోటాన్‌లు గామా వికిరణంతో స్థితిస్థాపక తాడనాలకు గురై వెలువడుతాయని భావించి ఫోటాన్ శక్తిని లెక్క కట్టినప్పుడు వాటిశక్తి దాదాపు 50 MeV ఉన్నట్లు తేలింది. గామా వికిరణాలు పొందే శక్తిని సమీకరణం 11.29 సూచించే చర్య Q విలువను లెక్కకట్టి కనుగొనవచ్చును. Q విలువను క్రింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$Q = \{[M_x + m_x - M_Y]_a.m.u.\}93148MeV \qquad 11.30$$

$$M_x = 9.01504a.m.uM^Y - 13.00748a.m.um_x = 4.00387a.m.u$$

విలువలను పై సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపించినప్పుడు Q విలువ 10.5 MeV వస్తుంది. α- కణాల గతిజశక్తి 5 MeV అనుకొంటే మూలక పరివర్తన చర్యకు అందుబాటులో ఉండే మొత్తం శక్తి 15.5 MeV అవుతుంది. ఈ శక్తి ఉత్పాదిత కేంద్రకానికి ప్రత్యావర్తక శక్తి అందించుటకు ఉత్పాదిత కణం శక్తికి ఉపయోగపడుతుంది. కనుక గామా వికిరణం పొందే గరిష్ఠశక్తి 15.5 MeV ఉండవచ్చు. ఇది 50 MeV కన్న చాలా తక్కువ. చాడ్‌విక్ కావెండిష్ ప్రయోగశాలలో అనేక ఖచ్చితమైన ప్రయోగాలు చేసి ఈ అధిక చొచ్చుకొనిపోవు సామర్థ్యం గల వికిరణం శక్తి సమస్యను పరిష్కరించారు.



పటం 11.3 న్యూట్రాన్ గుర్తింపుకు వాడిన చాడ్‌విక్ పరికరం

Po - పొలోనియమ్ జనకం ; Be - బెరీలియమ్ శోషణకారి ; $_0n^1$ న్యూట్రాన్ పుంజం ; P - ప్రొటాన్‌పుంజం ; PW - పారఫిన్ మైనం ; A - అల్యూమినియమ్ శోషణకారి ; I - అయనీకరణ పేటిక ; P - పంపు.

$Be+\alpha$ చర్యలను చాడ్విక్ ప్రయోగరీత్యా పరిశీలించాడు. పై చర్యలో వెలువడే అధికంగా చొచ్చుకొనిపోవు సామర్థ్యంగల వికిరణం, అయనీకరణ కణాలను హైడ్రోజన్ నుంచే కాకుండా తదితర తేలిక మూలకాల నుంచి కూడా ఉత్పన్నం చేస్తున్నట్లు గమనించాడు. చాడ్విక్ ప్రయోగపు టమరిక ముఖ్యభాగాలు పటం 11.3 లో చూడవచ్చు.

α కణ జనకం Po^{212}, లక్ష్యపదార్థం Be^9 లను నిర్మాత పేటికలో పటంలో చూసినట్లు అమర్చిఉంటాయి. అల్ఫా కణాలశక్తి $5.3 MeV$. ఇవి లక్ష్యాన్ని ఢీకొంటాయి. మూలక పరివర్తన చర్య వలన చొచ్చుకొని పోయే వికిరణం అన్ని దిశలలోను వెలువడుతుంది. దీనిలో కొంత వికిరణం అయనీకరణ పేటికలోనికి వెళ్ళుతుంది. అయనీకరణ పేటిక నుంచి ఉత్పన్నమయ్యే అయనీకరణ స్పందనాన్ని వృద్ధిచేసి కాథోడ్ కిరణ డోలనలేఖినికి ఇవ్వబడుతుంది. స్పందన ఉన్నతి అయనీకరణ పేటికలో ప్రత్యావర్తక పరమాణువు వలన ఏర్పడే అయనీకరణానికి కొలమానం అవుతుంది.

జనక పేటికకు, నైట్రోజన్ వాయువుతో నింపిన అయనీకరణ పేటికకు మధ్య శోషణ పదార్థం లేనప్పుడు పరిశీలించిన స్పందనాలు అయనీకరణ పేటిక వాయువులోని ప్రత్యావర్తన నైట్రోజన్ పరమాణువుల వలన ఏర్పడినాయని అనుకొనడం జరిగింది. జనక పేటికకు అయనీకరణ పేటికకు మధ్య 2 cm మందంగల సీసపు ఫలక నుంచినప్పటికి గణనరేటులో మార్పు గోచరం కాలేదు. ఈ ఫలితం జనకం నుంచి బహిర్గతమయ్యే వికిరణం యొక్క అధిక చొచ్చుకొనిపోవు శక్తిని సూచిస్తుంది.

సీసం ఫలకం బదులు 2 m.m. మందంగల పారఫిన్ పలక నుంచినప్పుడు గణనరేటులో చెప్పుకోదగ్గ హెచ్చుదల ఏర్పడింది. స్పందన ఉన్నతి అయనీకరణ పేటికలోని ప్రోటాన్ల అభిలక్షణంగా నిర్ధారణ అయింది. ఈ ప్రత్యావర్తక ప్రోటాన్ల వ్యాప్తిని పారఫిన్ పలకకు అయనీకరణ పేటికకు మధ్య అల్యూమినియమ్ పత్రాలను ఉంచి కనుగొన్నప్పుడు అల్యూమినియమ్లో వీటి వ్యాప్తి $15°C$ వద్ద 760 m.m. పీడనం వద్ద గాలిలో 40 cm వ్యాప్తికి సమాన విలువను కలిగి ఉన్నట్లు తేలింది. వ్యాప్తి-వేగం అనుబంధం ఆధారంగా ప్రోటాన్ల వేగం లెక్కకట్టితే అది $3.3 \times 10^7 ms^{-1}$ ఉన్నట్లు తేలింది. ఇది 5.7 MeV శక్తికి సమానం. ఇంతకు మునుపు వివరించిన విధంగా Be నుంచి వెలువడే వికిరణం గామా వికిరణమైతే, 5.7 MeV శక్తి గల ప్రోటాన్లు పారఫిన్ నుంచి వెలువడాలంటే గామా వికిరణం శక్తి 55 MeV ఉండాలి. చాడ్విక్ పారఫిన్ బదులుగా Li, Be, B, C, N లను అదే అనుక్రమంలో అయనీకరణ పేటిక వాయువులుగా H_2, He, N_2, O_2, A లను ఉపయోగించి ప్రోటాన్ల శక్తిని లెక్కకట్టాడు. ప్రత్యావర్తక కేంద్రకంశక్తి ఫోటాన్ల వల్ల స్థితిస్థాపక అభిఘాతం చెందినప్పుడు ఏర్పడుతుందని భావిస్తే ఫోటాన్ కలిగి ఉండేశక్తి ప్రత్యావర్తక పరమాణు ద్రవ్యరాశి పెరిగేకొద్దీ పెరుగుతున్నట్లు కనుగొనబడినది. ఈ పరిశీలన, శక్తి ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వసూత్రాలను వ్యతిరేకిస్తుంది. ఈ ప్రత్యావర్తక కేంద్రకాల శక్తిని, Be నుంచి వెలువడే చొచ్చుకొని పోయే వికిరణం ప్రోటాన్ల ద్రవ్యరాశికి సమానమైన ద్రవ్యరాశి, తటస్థ విద్యుదావేశం గల కణపుంజంగా భావించినచో, విశదీకరించవచ్చునని చాడ్విక్ నిరూపించాడు. దీనికి అనుగుణంగా ఇతడు ప్రతిపాదించిన కేంద్రకచర్య

$$_4Be^9 + _2He^4 \rightarrow [_6C^{12}] \rightarrow _6C^{12} + _o n^1 \qquad 11.31$$

ఇచ్చట $_o n^1$ న్యూట్రాన్ని సూచిస్తుంది. చాడ్విక్ న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశిని లెక్కకట్టే అది ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశికి సమానంగా ఉన్నట్లు కనుగొన్నాడు.

న్యూట్రాన్ తటస్థకణం గనుక దీని ద్రవ్యరాశిని, విద్యుత్ అయస్కాంతక్షేత్రాల అపవర్తన ప్రయోగాలతో కనుగొనుటకు వీలుగాదు. దీని ద్రవ్యరాశిని పరోక్ష ప్రయోగపద్ధతిలోనే కనుగోనాలి. న్యూట్రాన్తో ముఖాముఖీ అభిఘాతంలో ప్రత్యావర్తక కేంద్రకం పొందే వేగాన్ని కనుగొని న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశిని చాడ్విక్ లెక్కకట్టాడు. నిశ్చలంగా ఉన్న కేంద్రకాన్ని న్యూట్రాన్ ముఖాముఖీ ఢీకొన్నప్పుడు ప్రత్యావర్తక కేంద్రకం న్యూట్రాన్ గమనదిశలోనే ప్రయాణం చేస్తే ప్రత్యావర్తక కేంద్రకం పొందే వేగం గరిష్ఠంగా ఉంటుంది. ద్రవ్యరాశి m_1 గల ఒక కణం V వేగంతో ప్రయాణం చేస్తూ ద్రవ్యరాశి m_2 గల నిశ్చలకణాన్ని ఢీకొన్నదనుకొందాం. అభిఘాతం తర్వాత m_2 వేగం V_2, m_1 వేగం V_1 అనుకొందాం. ఈ అభిఘాత చర్యకు శక్తి నిత్యత్వ సూత్రాన్ని అనువర్తిస్తే

BRAOU

$$\tfrac{1}{2}m_1V^2 = \tfrac{1}{2}m_1V_1^2 + \tfrac{1}{2}m_2V_2^2 \qquad 11.32$$

పై చర్యకు రేఖీయ ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ సూత్రాన్ని అనువర్తిస్తే

$$m_1V = m_1V_1 + m_2V_2 \qquad 11.33$$

సమీకరణం 11.31, 11.32 నుంచి V_1 ని తొలగిస్తే

$$V_3 = \left\{\frac{2m_1}{m_1+m_2}\right\}V \qquad 11.34$$

V వేగంగల న్యూట్రాన్ m_3 ద్రవ్యరాశిగల మరొక కణాన్ని ఢీకొన్నప్పుడు m_3 వేగం V_3 అయితే

$$V_3 = \left\{\frac{2m_1}{m_1+m_2}\right\}V \qquad 11.35$$

సమీకరణం 11.33ను సమీకరణం 11.34తో భాగిస్తే

$$\frac{V_2}{V_3} = \frac{m_1+m_3}{m_1+m_2} \qquad 11.36$$

m_2, m_3, V_2, V_3 విలువలను తెలిసికొని m_1 విలువను లెక్కకట్టవచ్చు. పొలోనియమ్ నుంచి ఉద్గారమయ్యే α- కణాలచే తాడనానికి గురైన Be లక్ష్యం నుంచి వెలువడే న్యూట్రాన్‌ల పారఫిన్ పదార్థం నుంచి వెళ్ళినప్పుడు వెలువడే ప్రోటాన్‌లకు అందివ్వబడిన గరిష్ఠవేగం $3.3 \times 10^7 ms^{-1}$ మేఘపేటికలో పరిశీలించినప్పుడు న్యూట్రాన్‌లచే తాడనానికి గురైన నైట్రొజన్ పరమాణువు ప్రత్యావర్తన వేగం $4.7 \times 10^6 ms^{-1}$ ఉన్నట్లు తెలిసింది. ప్రోటాన్ నైట్రొజన్‌ల ద్రవ్యరాశుల వరుసగా 1, 14 a.m.u అనుకొని ఈ దత్తాంశాన్ని సమీకరణం 11.35లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$\frac{m_1+14}{m_1+1} = \frac{3.3\times10^7}{4.7\times10^6} \qquad 11.37$$

పై సమీకరణాన్ని సూక్ష్మీకరిస్తే $m_1 = 1.15 a.m.u$ వస్తుంది. ప్రత్యావర్తక కేంద్రకాల వేగాలను లెక్కకట్టుటలో గల దోషాలను పరిగణిస్తే m_1 విలువలో దోషం దాదాపు 10 % ఉంటుందని అంచనా వేసినారు.

క్రింది చర్యను పరిగణించి చాడ్‌విక్ న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశిని మరింత ఖచ్చితంగా కనుగొన్నారు.

$$_5B^{11} +_2 He^4 \rightarrow [_7N^{15}] \rightarrow_7 N^{14} +_o n^1 \qquad 11.38$$

పై సమీకరణంలోని చర్య Q విలువను, పతన α- కణం, నైట్రొజన్ కేంద్రకాల వేగాలను మేఘపేటిక ప్రయోగంతోను, న్యూట్రాన్ వేగాన్ని న్యూట్రాన్ తాడనానికి గురై ప్రత్యావర్తనం చెందిన ప్రోటాన్ ప్రత్యావర్తక శక్తి విలువ నుంచి లెక్కకట్టి ఈ విలువలను సమీకరణం 11.9 లో ప్రతిక్షేపించి కనుగొన్నారు. Q విలువను B^{11}, He^4, N^{14} ద్రవ్యరాశి విలువను ఉపయోగించి సమీకరణం 11.11 ను ఉపయోగించు న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశిని లెక్కకట్టినాడు. న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశి 1.005 నుంచి 1.008 a.m.u ఉన్నట్లు చాడ్‌విక్ నిర్ధారించాడు. నేడు, సునిశితమైన పద్ధతుల ద్వారా లెక్కకట్టిన న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశి 1.008983 a.m.u.

న్యూట్రాన్ ఉత్పన్నం అయే ఇతర కేంద్రక చర్యలు.

$$_3Li^7 +_2 He^4 \rightarrow [_5B^{11}[\rightarrow_5 B^{10} +_o n^1 \qquad 11.39$$

$$_7N^{14} +_2 He^4 \rightarrow [_9F^{18}] \rightarrow_9 F^{17} +_o n^1 \qquad 11.40$$

$$_{11}Na^{23} +_2 He^4 \rightarrow [_{13}Al^{27}] \rightarrow_{13} Al^{26} +_o n^1 \qquad 11.41$$

$$_{13}Al^{27} +_2 He^4 \rightarrow [_{15}P^{31}] \rightarrow_{15} P^{30} +_o n^1 \qquad 11.42$$

$$_{18}A^{40} +_2 He^4 \rightarrow [_{20}Ca^{44}] \rightarrow_{20} Ca^{43} +_o n^1 \qquad 11.43$$

BRAOU

11.6 వివిధ ప్రక్షేపకాలతో కృత్రిమ మూలక పరివర్తకాలు

సహజ రేడియోధార్మిక పదార్థాల నుంచి వెలువడే α- కణాలతో కృత్రిమ మూలక పరివర్తన ప్రక్రియ ఆవిష్కరణ తర్వాత (α, n) చర్యలో వెలువడే న్యూట్రాన్‌లతో మూలకాల పరివర్తన చర్యలు ప్రయోగికంగా అధ్యయనం చేసినారు. న్యూట్రాన్‌లతో కృత్రిమ మూలిక పరివర్తనం సాధ్యమయింది. ఇతర కణాలయిన ప్రోటాన్, డ్యూట్రాన్, γ- వికరణాలతో మూలక విఘటన సాధించవచ్చుననే ఊహ శాస్త్రజ్ఞులకు కలిగింది. ఈ ఊహ, కణత్వరణకాల అభివృద్ధితో నిజమయింది. కాక్‌రాఫ్ట్ వాల్టన్‌లు వోల్టేజ్ గణకంతో త్వరణానికి లోనయిన ప్రోటాన్‌ల నుపయోగించి మొట్టమొదటిగా Li^7 లో కృత్రిమ విఘటనను సాధించారు. సైక్లోట్రాన్, రేఖీయ త్వరణకం, సింక్రొసైక్లోట్రాన్, ప్రోటాన్ సింక్రోట్రాన్ మొదలగు త్వరణకాల అభివృద్ధి సాధ్యమయిన తర్వాత అత్యధిక శక్తిగల కణాలు లభ్యమయినాయి. వీటిని ఉపయోగించి అనేక మూలక పరివర్తన చర్యలను సాధించారు. ప్రోటాన్, డ్యూట్రాన్, గామా వికిరణాలను ప్రక్షేపకాలుగా ఉపయోగించినప్పుడు జరిగే వివిధ మూలక పరివర్తన చర్యలు క్రింద వివరించినాము.

11.6.1 ప్రోటాన్‌లతో మూలక పరివర్తనము

(p, α) చర్యలు.

0.1 నుంచి 0.7 MeV శక్తి ఉండేలా త్వరణానికి లోనయిన ప్రోటాన్‌లతో కాక్ రాఫ్ట్-వాల్టన్‌లు లిథియమ్‌ని తాడనానికి గురిచేసినారు. లిథియమ్ నుంచి వెలువడే కణాల ప్రస్ఫురణలను జింక్ సల్ఫైడ్ తెరమీద పరిశీలించారు. ఈ కణాల జాడలను మేఘపేటికతో రికార్డుచేసి అవి α- కణాలని రుజువు చేసినారు. ఈ చర్యను క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$_3Li^7 +_1 H^1 \rightarrow [_4Be^8] \rightarrow_2 He^4 +_2 He^4 \qquad 11.44$$

ఐన్‌స్టీన్ ప్రతిపాదించిన ద్రవ్యరాశి-శక్తి ప్రమేయాన్ని రుజువు చేయుటలో పై చర్య పరిమాణాత్మక రుజువును వ్యక్తపరిచినది. ఇది ఎంతో ప్రాముఖ్యతను సంతరించుకొన్నది.

ఈ చర్య Q విలువను క్రింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$Q_M = [M(Li^7) +_m ({}_1h^1) - 2M({}_2He^4 1)]C^2 \qquad 11.45$$

$$Q_M = [7.01822 + 1.008144 - 2(4.003873)]931.48 \qquad 11.46$$

$$Q_M = 17.34MeV \qquad 11.47$$

ప్రయోగాత్మకంగా నిర్ణయించిన ప్రోటాన్‌శక్తి, ఉత్పాదిత ఆల్ఫాకణాలశక్తి నుంచి కనుగొన్న Q విలువ కూడా 17.33 MeV వచ్చింది. దీనివలన ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి-శక్తి ప్రమేయం రుజువయింది. ఈ చర్యలో ద్రవ్యరాశి ఖర్చుశక్తిగా ఉత్పన్నమయింది.

సాధారణ (p, α) చర్యను క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$_Zx^A +_1 H^1 \rightarrow [_{Z+1}Cn^{A+1}] \rightarrow_{Z-1} \gamma^{A-3} + 2He^4 \qquad 11.47$$

ఇతర చర్యలు

$$_3Li^6 +_1 H^4 \rightarrow [_4Be^7] \rightarrow_2 He^3 +_2 He^4 \qquad 11.48$$

$$_4Be^9 +_1H^1 \rightarrow [_5B^{10}] \rightarrow_3 Li^6 +_2 He^1 \qquad 11.49$$

$$_{13}Al^{27} +_1 H^1 \rightarrow [_{14}Si^{28}] \rightarrow_{12} Mg^{24} +_2 He^4 \qquad 11.50$$

B^{11} లక్ష్యంగా ఉన్నప్పుడు ప్రాముఖ్యతగల చర్య జరుగుతుంది.

$$_5B^{11} +_1 H^1 \rightarrow [_6C^{12}] \rightarrow_4 Be^8 +_2 He^4 \qquad 11.51$$

$_4Be^8$ అస్థిరమైనది. ఇది రెండు అల్ఫాకణాలుగా విడిపోతుంది.

$$_5B^{11} +_1 H^1 \rightarrow [_6C^{12}] \rightarrow_2 He^4 +_2 He^4 +_2 He^4 \qquad 11.52$$

మూడు అల్ఫాకణాలు ఏర్పడుతాయి. ఇటువంటి చర్యను బహుకణ ఉత్పాదిత చర్యకు ఉదాహరణగా తీసుకోవచ్చు.

(b) (p, n) చర్యలు.

ప్రోటాన్ తాడనంవల్ల న్యూట్రాన్‌లు కూడా బహిర్గతం కావచ్చు. ఇటువంటి సాధారణ చర్యను క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$_Zx^A +_1 H^1 \rightarrow [_{Z+1}Cn^{A_1}] \rightarrow_{Z+1} \gamma^A +_o n^1 \qquad 11.53$$

ఉదాహరణలుగా

$$_8o^{18} +_1 H^1 \rightarrow [_9F^{19}] \rightarrow_9 F^{18} +_o n^1 \qquad 11.54$$

$$_8o^{18} +_1 H^1 \rightarrow [_9F^{19}] \rightarrow_9 F^{18} +_o n^1 \qquad 11.55$$

$$_{28}Ni^{58} +_1 H^1 \rightarrow [_{29}Cu^{59}] \rightarrow_{29} Cu^{58} +_o n^1 \qquad 11.56$$

(p, n) చర్యలలో ద్రవ్యరాశి మార్పు రుణాత్మకంగా ఉంటుంది. కనుక వీ[illegible]గాహక చర్యలు అంటారు.

(c) (p,γ) చర్యలు

కొన్ని కేంద్రక చర్యలలో ప్రోటాన్ కేంద్రకంచే పరిగ్రహింపబడుతుంది. ఫలితంగా ఏర్పడే సంయోజక కేంద్రకం అత్యధిక అస్థిరత్వాన్ని కలిగివుంటుంది. ఇది α- కణానికి బదులుగా గామా వికిరణాన్ని ఉద్గారం చేసి తక్కువ అస్థిరతను పొందుతుంది. ఇలాంటి చర్యను సాధారణంగా క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$_Zx^A +_1 H^1 \rightarrow [_{Z+1}Cu^{A+1}] \rightarrow_{Z+1} \gamma^{A+1} + \gamma \qquad 11.57$$

పై చర్యకు ఉదాహరణలుగా

$$_3Li^7 +_1 H^1 \rightarrow [_4Be^8] \rightarrow_4 Be^8 + \gamma \qquad 11.58$$

$$_6C^{12} +_1 H^1 \rightarrow [_7N^{13}] \rightarrow N^{13} + \gamma \qquad 11.59$$

$$_{13}Al^{27} +_1 H^1 \rightarrow [_{14}Si^{28}] \rightarrow_{14} Si^{28} + \gamma \qquad 11.60$$

పై చర్యలలో వెలువడే గామా వికిరణ ఫోటాన్‌లు సామాన్యంగా అధికశక్తిని కలిగి ఉంటాయి. ఈ గామా వికిరణాలను మూలక పరివర్తనకు వాడవచ్చు. లిథియమ్‌ని ప్రోటాన్‌లతో తాడనం చేసినప్పుడు వెలువడే ఫోటాన్‌లశక్తి 17.2 MeV ఉంటుంది. ఇది సహజ రేడియో ధార్మిక పదార్థాల నుంచి లభ్యమయ్యే ఫోటాన్‌ల గరిష్ఠశక్తి 2.6 MeV కన్న చాలా ఎక్కువ.

(d) (p, d) చర్యలు

కేంద్రాకాలను ప్రోటాన్‌లతో తాడనం చేసినప్పుడు కొన్ని సందర్భాలలో డ్యూట్రాన్‌లు బహిర్గతమౌతాయి. ఈ సాధారణ చర్యను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$_Zx^A +_1 H^1 \rightarrow [_{Z+1}Cn^{A+1}] \rightarrow_Z Y^{A-1} +_1 H^2 \qquad 11.61$$

BRAOU

(p-d) చర్యలను ఉదాహరణలుగా

$$_4Be^9 +_1 H^1 \rightarrow [_5B^{10}] \rightarrow_4 Be^8 +_1 H^2 \qquad 11.62$$

$$_3L^7 +_1 H^1 \rightarrow [_4Be^8] \rightarrow_3 Li^6 +_1 H^2 \qquad 11.63$$

11.6.2 డ్యూట్రాన్‌లతో మూలక పరివర్తనము

అధిక శక్తిగల డ్యూట్రాన్‌లను ప్రక్షేపకాలుగా ఉపయోగించి అనేక కేంద్రక చర్యలను సాధించడం జరిగింది. డ్యూట్రాన్‌లను సైక్లోట్రాన్‌తో గానీ, స్థిరవిద్యుత్ జనకంతో గానీ కొన్ని MeV శక్తికి త్వరణం చేయవచ్చు.

(a) (d, α) చర్యలు

డ్యూట్రాన్‌తో మూలక పరివర్తన చర్య మొట్టమొదటగా లిథియమ్‌లో సాధించారు.

$$_3Li^6 +_1 H^2 \rightarrow [_4Be^8] \rightarrow_2 He^4 +_2 He^4 \qquad 11.64$$

ఇతర సాధ్యమయే చర్యలు

$$_8O^{16} +_1 H^2 \rightarrow [_9F^{18}] \rightarrow_7 N^{14} +_2 He^4 \qquad 11.65$$

$$_{13}Al^{27} +_1 H^2 \rightarrow (_{14}Si^{29}) \rightarrow_{12} Mg^{25} +_2 He^4 \qquad 11.66$$

పై చర్యలో ద్రవ్యరాశి లోపం ధనాత్మకంగా ఉంటుంది. అందుచేత ఈ చర్యల Q విలువ ధనాత్మకంగా ఉంటుంది. వీటిని శక్తి విసర్జక చర్యలు అంటారు. సాధారణ చర్యను క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$_Zx^A +_1 H^2 \rightarrow (_{Z+1}Cn^{A+2}) \rightarrow_{Z-1} \gamma^{A-2} +_2 He^4 \qquad 11.67$$

(b) (d, p) చర్యలు

డ్యూట్రాన్ ప్రేరిత చర్యలలో కొన్ని సందర్భాలలో ప్రోటాన్‌లు ఉత్పన్నమవుతాయి.

$$_6C^{12} +_1 H^2 \rightarrow (_7N^{14}) \rightarrow_6 C^{13} +_1 H^1 \qquad 11.68$$

$$_{11}Na^{23} +_1 H^2 \rightarrow (_{12}Mg^{25}) \rightarrow_{11} Na^{24} +_1 H^1 \qquad 11.69$$

$$_{15}P^{32} +_1 H^2 \rightarrow (_{16}S^{33}) \rightarrow_{15} P^{32} +_1 H^1 \qquad 11.70$$

సాధారణ చర్య

$$_Zx^A +_1 H^2(_{Z+1}Cn^{A+2}) \rightarrow_Z x^{A+1} +_1 H^1 \qquad 11.71$$

ఈ చర్యలు శక్తివిసర్జక చర్యలు

(c) (d, n) చర్యలు

డ్యూట్రాన్ తాడనం వలన కొన్ని సందర్భాలలో న్యూట్రాన్‌లు ఉత్పన్నమవుతాయి. ఇలాంటి చర్యలు

$$_6C^{12} +_1 H^2 \rightarrow [_7N^{14}] \rightarrow_7 N^{13} +_o n^1 \qquad 11.72$$

$$_3Li^7 +_1 H^2 \rightarrow [_4Be^9] \rightarrow_4 Be^8 +_o n^1 \qquad 11.73$$

$$_4Be^9 +_1 H^2 \rightarrow [_5B^{11}] \rightarrow_5 B^{10} +_o n^1 \qquad 11.74$$

BRAOU

సాధారణ చర్య

$$_{Z}x^{A} +_{1} H^{2} \rightarrow \left(_{Z+1}Cn^{A+2}\right) \rightarrow_{Z+1} Y^{A+1} +_{o} n^{1} \qquad 11.75$$

లక్ష్యంగా డ్యూట్రాన్ ఉన్నచో (d, p), (d, n) చర్యలు జరుగుతాయి. ఇవి

$$_{1}H^{2} +_{1} H^{2} \rightarrow [_{2}He^{4}] \rightarrow_{1} H^{3} +_{1} H^{1} \qquad 11.76$$

$$_{1}H^{2} +_{1} H^{2} \rightarrow [_{2}He^{4}] \rightarrow_{2} He^{3} +_{o} n^{1} \qquad 11.77$$

$_{2}He^{3}$ స్థిర న్యూక్లైడ్. $_{1}H^{3}$ అస్థిర న్యూక్లైడ్. దీని అర్ధజీవనకాలం 12 సంవత్సరాలు.

11.6.3 న్యూట్రాన్‌లతో మూలక పరివర్తనము

న్యూట్రాన్‌లు ఛార్జ్ రహిత కణాలు గనుక ఇవి ప్రోటాన్, డ్యూట్రాన్, ఆల్ఫా కణాల వలె కాకుండా సులభంగా కేంద్రకంలోనికి చొచ్చుకొని పోగలుగుతాయి. అల్ప, అధికశక్తిగల రెండు రకాలయిన న్యూట్రాన్‌లు కేంద్రకాల విఘటనకు జనకకాలుగా $_{1}H^{2}(d,n)_{2}He^{3}$, $_{4}Be^{9}(d,n)_{5}B^{10}$, $_{4}Be^{9}(\alpha,n)_{6}C^{12}$ కేంద్రక చర్యలను ఉపయోగించేవారు. వడి న్యూట్రాన్‌లను మందగి లోనుచేయుటకు నీరు, పారఫిన్ వంటి హైడ్రోజన్‌గల పదార్థాలను వాడవచ్చు. క్రింద కొన్ని న్యూట్రాన్ ేరిత చర్యలను వివరించినాము.

(a) (n, α) చర్యలు

సాధారణ చర్యను క్రింది విధంగా రాయువచ్చు.

$$_{Z}x^{A} +_{o} n^{1} \rightarrow (_{Z}Cn^{A+1}) \rightarrow_{Z-2} Y^{A-3} +_{2} He^{4} \qquad 11.78$$

ప్రాముఖ్యత గల కొన్ని (n, α) చర్యలు

$$_{3}Li^{6} +_{o} n^{1} \rightarrow [_{3}Li^{7}] \rightarrow_{1} H^{3} +_{2} He^{4} \qquad 11.79$$

$$_{5}B^{10} +_{o} n^{1} \rightarrow [_{5}B^{11}] \rightarrow_{3} Li^{7} +_{2} He^{4} \qquad 11.80$$

$$_{13}Al^{27} +_{o} n^{1} \rightarrow [_{13}Al^{28}] \rightarrow_{11} Na^{24} +_{1} He^{4} \qquad 11.81$$

సమీకరణం 11.79, 11.80 సూచించే చర్యలను న్యూట్రాన్ శోధనకు ఉపయోగిస్తారు.

(b) (n, p) చర్యలు

న్యూట్రాన్ ప్రగ్రహణం చేసికొని ఏర్పడిన సంయోజక కేంద్రకం ప్రోటాన్‌ని ఉద్గారం చేస్తుంది. సాధారణ చర్యను క్రింది విధంగా రాయువచ్చు.

$$_{Z}x^{A} +_{o} n^{1} \rightarrow \left(_{Z}Cn^{A+1}\right) \rightarrow_{Z-1} Y^{A} +_{1} H^{1} \qquad 11.82$$

పై చర్యకు కొన్ని ఉదాహరణలు

$$_{7}N^{14} +_{o} n^{1} \rightarrow [_{7}N^{15}] \rightarrow_{6} C^{14} +_{1} H^{1} \qquad 11.83$$

$$_{13}Al^{27} +_{o} n^{1} \rightarrow [_{13}Al^{28}] \rightarrow_{12} Mg^{27} +_{1} H^{1} \qquad 11.84$$

$$_{30}Zn^{64} +_{o} n^{1} \rightarrow [_{30}Zn^{65}] \rightarrow_{29} Cu^{69} +_{1} H^{1} \qquad 11.85$$

(c) (n, 2n) చర్యలు

కొన్ని సందర్భాలలో న్యూట్రాన్ ప్రేరిత చర్యలో రెండు న్యూట్రాన్‌లు వెలువడుతాయి. సాధారణ చర్యను క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$_Zx^A +_o n^1 \rightarrow (_ZCn^{A+1}) \rightarrow_Z X^{A-1} +_o n^1 +_o n^1 \qquad 11.86$$

పై చర్యకొక ఉదాహరణ

$$_{13}Al^{27} +_o n^1 \rightarrow_{13} Al^{28} \rightarrow_{13} Al^{26} +_o n^1 +_o n^1 \qquad 11.87$$

పై చర్య జరుగుటకు వడి న్యూట్రాన్‌లు కావాలి. ఇది శక్తిగ్రాహక చర్య.

(d) (n, γ) చర్యలు

లక్ష్య కేంద్రకం న్యూట్రాన్‌ని ప్రగ్రహణం చేసికొన్నప్పుడు అది ఫోటాన్‌ని ఉద్గారం చేస్తుంది. సాధారణ చర్యను క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$_Zx^A +_o n^1 \rightarrow_Z Cn^{A+1} \rightarrow_Z X^{A+1} + \gamma \qquad 11.88$$

అన్ని రకాలయిన మూలకాలతోటి వికిరణాత్మక ప్రగ్రహణ చర్యలు జరుగుతాయి. ఈ చర్యలలో Q విలువ ధనాత్మకంగా ఉంటుంది. అధికశక్తిని ఫోటాన్‌లు గ్రహిస్తాయి. కొన్ని వికిరణాత్మక ప్రగ్రహణ చర్యలు

$$_1H^1 +_o n^1 \rightarrow [_1H^2] \rightarrow_1 H^2 + \gamma \qquad 11.89$$

$$_1H^2 +_o n^1 \rightarrow [_1H^3] \rightarrow_1 H^3 + \gamma \qquad 11.90$$

$$_{13}Al^{27} +_o n^1 \rightarrow [_{13}Al^{28}] \rightarrow_{13} Al^{28} + \gamma \qquad 11.91$$

$$_{92}U^{238} +_o n^1 \rightarrow [_{92}U^{239}] \rightarrow_{92} U^{239} + \gamma \qquad 11.92$$

వికిరణాత్మక ప్రగ్రహణ చర్యలు కొన్ని సందర్భాలలో రేడియో ధార్మిక కేంద్రకాన్ని ఉత్పన్నం చేస్తాయి. ఇలాంటి చర్య కృత్రిమ రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లకు ప్రముఖమైన జనకం.

11.6.4 ఫోటాన్‌లతో మూలక పరివర్తనం

అధిక శక్తిగల ఫోటాన్‌ల నుపయోగించి పరమాణు కేంద్రకాలను విఘటన చెందింపవచ్చు. ఈ విధమైన చర్యలను కాంతి విఘటన చర్యలంటారు. ఫోటాన్ గతిజశక్తే చర్యకు మూలం. ఉద్గారమయ్యే కణం బంధనశక్తికన్న ఫోటాన్ గతిజశక్తి అధికంగా ఉండాలి. కనుక కాంతి విఘటన చర్యలు శక్తిగ్రాహక చర్యలు చర్య ఆరంభశక్తి సామాన్యంగా 10 MeV ప్రాంతంలో ఉంటుంది. క్రింది చర్యను తీసికొందాం.

$$_{15}P^{31} + \gamma \rightarrow [_{15}P^{31}] \rightarrow_{15} P^{30} +_o n^1 \qquad 11.93$$

పై చర్యలో 17 MeV శక్తిగల ఫోటాన్‌లు ఉపయోగించాలి. $_1H^2,_4Be^9$ లలో తప్ప మిగతా అన్ని మూలకాలలో రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లు ఉద్గారం చేసే ఫోటాన్‌ల వలన కాంతి విఘటన చర్య జరుగదు. $_1H^2,_4Be^9$ కాంతి విఘటన చర్యలు క్రింది విధంగా ఉంటాయి.

$$_1H^2 + \gamma \rightarrow [_1H^2] \rightarrow_1 H^1 +_o n^1 \qquad 11.94$$

$$_4Be^9 + \gamma \rightarrow [_4Be^9] \rightarrow_4 Be^8 +_o n^1 \qquad 11.95$$

సమీకరణం 11.94 సూచించే చర్యలో డ్యూట్రాన్ బంధనశక్తి 2.2 MeV సమీకరణం 11.95 సూచించే చర్యలో ఒక న్యూట్రాన్ వదులుగా బంధితమై ఉంటుంది. కనుక విఘటన సాధ్యమవుతుంది. దీని Q విలువ - 1.67 MeV .

11.7 సారాంశము

కృత్రిమ మూలక పరివర్తనాన్ని మొదట రుజువు చేసిన శాస్త్రజ్ఞుడు రూథర్‌ఫర్డ్. RaC నుంచి ఉద్భవించే ఆల్ఫాకణాలు నైట్రొజన్ కేంద్రకాలను ఢీకొన్నప్పుడు $_9F^{18}$ సంయోజిత కేంద్రకం ఏర్పడుతుంది. ఇది వెంటనే విఘటన చెందుటచే ప్రోటాన్ బహిర్గతం అవుతూ $_8O^{17}$ ఉత్పాదిత కేంద్రకం ఏర్పడుతుంది. ఏదేని కేంద్రక చర్య ఉత్పాదితాల గతిజశక్తికి, పతనకణం గతిజశక్తికిగల బేధాన్ని కేంద్రక చర్య Q విలువ అంటారు. దీనిని కింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

BRAOU

$$Q = (M_x - m_x - M_y - m_y)(a.m.u)931.48MeV$$

ఇచ్చట M_x, m_x, M_y, m_y వరుసగా లక్ష్యకేంద్రకం, పతనకణం ఉత్పాదిత కేంద్రకం, ఉత్పాదిత కణాల ద్రవ్యరాశులను సూచిస్తాయి.

కేంద్రిక చర్య Q విలువ ధనాత్మకమైతే ఆ చర్యను శక్తి విసర్జన చర్య అని, ఋణాత్మకమైతే శక్తి గ్రాహక చర్య అని అంటారు.

శక్తి గ్రాహకచర్య జరగాలంటే Q కన్న ఎక్కువ శక్తిని సరఫరా చేయవలసి వుంటుంది. చర్య జరుగుటకు సరఫరా చేయవలసిన ఈ శక్తిని ఆరంభశక్తి E_{th} అంటారు. E_{th} ని కింది సమీకరమంతో లెక్కకట్టవచ్చు.

$$E_{th} = -Q\left(1 + \frac{m_x}{M_x}\right)$$

m_x, M_x లు పతనకణం, లక్ష్యకేంద్రకాల ద్రవ్యరాశులను సూచిస్తాయి.

${}_4Be^9$ ని α- కణాలతో తాడనానికి గురి చేసినప్పుడు అధికంగా చొచ్చుకొనిపోవు సామర్థ్యంగల వికిరణం ప్రేక్షితమైంది. తొలుత దీనిని గామా వికిరణంగా భావించినారు. ఈ వికిరణాన్ని మేడమ్ క్యూరీ జోలియట్, M. జోలియట్‌లు పారఫిన్ గుండా పంపినప్పుడు ప్రోటాన్‌లు బయల్పడినట్లు కనుగొన్నారు. వివిధ శోషణకారులను పారఫిన్ బదులుగా ఉపయోగించి ${}_4Be^9$ నుంచి వెలువడే వికిరణం న్యూట్రాన్‌లని చాడ్‌విక్ నిరూపించినాడు. న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశి 1.005 నుంచి 1.008 a.m.u మధ్య ఉన్నట్లు చాడ్‌విక్ లెక్కకట్టాడు.

ఇతర మూలకాలగు ${}_5B^{11}, {}_3Li^7, {}_7N^{14}, {}_{11}Na^{23}, {}_{18}A^{40}$ లను α- కణాలతో తాడనానికి గురి చేసినప్పుడు న్యూట్రాన్‌లు వెలువడుతాయి.

కణ త్వరణకాల నిర్మాణంతో మూలక పరివర్తన చర్యలు ప్రోటాన్‌లతోను డ్యూట్రాన్‌లతోను సాధించుటకు వీలయింది. గామా కిరణాలు కూడా కేంద్రకాల విఘటనను కలుగజేస్తాయి. ఈ ప్రక్రియను కాంతి విఘటనం అంటారు. పలురకాలయిన మూలక పరివర్తన చర్యలు, $(p,\alpha), (p,n), (p,\gamma), (p,d), (d,\alpha), (d,p), (d,n), (n,\alpha), (n,p), (n,2n), (n,\gamma), (\gamma,n)$. బ్రాకెట్లలోని మొదటి కణం, పతన కణం, రెండవ కణం ఉత్పాదిత కణం.

BRAOU

11.8 నమూనా జవాబులు

అవగాహన పరీక్ష

ఉత్పాదిత కణాల గతిజశక్తి పతనకణ గతిజశక్తికన్నా ఎక్కువ ఉన్నప్పుడు ఆ చర్యను ఉష్ణమోచకచర్య అని అంటారు.

11.9 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు సమాధానం విశదంగా రాయండి.

1. మూలక పరివర్తనాన్ని నిర్ధారించిన రూథర్‌ఫర్డ్ ప్రయోగాలను గూర్చి వ్రాయండి.
2. న్యూట్రాన్ ఆవిష్కరణకు దారితీసిన వివిధ ప్రయోగాలను గూర్చి వ్రాయండి.
3. కేంద్రక చర్య Q విలువకు సమాసాన్ని రాబట్టండి.
4. మూలక పరివర్తన చర్యలో ఉపయోగించే వివిధ రకాలయిన ప్రక్షేపకాలను పేర్కొనండి. వివిధ రకాలయిన మూలక పరివర్తన చర్యలను ఉదాహరణలతో వివరించండి.

భాగం-12 : కృత్రిమ రేడియోధార్మికత

విషయక్రమం

12.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు
12.2 ప్రవేశిక
12.3 కేంద్రక బంధనశక్తి
12.4 కృత్రిమ రేడియోధార్మికత
12.5 కేంద్రకచర్యలు
12.6 సారాంశం
12.7 నమూనా ప్రశ్నలు

12.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో కేంద్రక బంధనశక్తి సూత్రం రాబట్టబడింది. కేంద్రక బంధనశక్తి ఆధారంగా చేసికొని కేంద్రక స్థిరత్వం విశదీకరించబడింది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. న్యూక్లియస్ స్థిరత్వాన్ని బంధనశక్తి, సహాయంతో వివరించగలరు.
2. వివిధ కేంద్రక చర్యలను వివరించగలరు.

12.2 కేంద్రక బంధనశక్తి

న్యూట్రాన్ ఆవిష్కరణ ఛాడ్‌విక్‌చే జరిగిన తర్వాత కేంద్రక నిర్మితిని గూర్చి సరైన అవగాహన ఏర్పడింది. ఏదేని న్యూక్లైడ్ ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A అయిన దానిలో Z ప్రోటాన్ (A- Z) న్యూట్రాన్‌లు ఉంటాయి. ఈ కేంద్రకం చుట్టూ Z సంఖ్యగల ఎలక్ట్రాన్‌లు నిర్ణీత కక్ష్యలలో పరిభ్రమిస్తుంటాయి. సాధారణంగా పరమాణు ద్రవ్యరాశి ఆ పరమాణువులోని కణాల ద్రవ్యరాశి మొత్తానికి సమానంగా ఉండాలి అని అనుకొంటాము. ద్రవ్యరాశి వర్ణపట గ్రాహకంతో నిర్ణయించిన పరమాణు ద్రవ్యరాశి విలువలను పరిశీలిస్తే ఇవి ఆయా న్యూక్లైడ్‌లలోని కణాల ద్రవ్యరాశి మొత్తం కన్న తక్కువగా ఉన్నట్లు విదితమైంది. ఈ ద్రవ్యరాశి లోపాన్ని వివరించుటకు ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్ ప్రతిపాదించిన ద్రవ్యరాశి-శక్తి తుల్యతను గణనలోకి తీసికొన్నారు. ఈ సూత్రం ప్రకారం కొన్ని ప్రోటన్, న్యూట్రాన్, ఎలక్ట్రాన్ కలియకతో పరమాణువు ఏర్పడినప్పుడు ద్రవ్యరాశి తరుగుదల Δm అయితే

$$\Delta E = (\Delta m)C^2 \qquad 12.1$$

శక్తి పరమాణువు ఏర్పడినప్పుడు బయల్పడుతుంది. పై సమీకరణంలో C కాంతి వేగం ΔE కేంద్రక బంధనశక్తిని Δm ద్రవ్యరాశి లోపాన్ని సూచిస్తాయి.

పరమాణు ద్రవ్యరాశిని (1) కిలోగ్రామ్ అనుబంధంగా పరమ ప్రమాణ వ్యవస్థలోను (2) పరమాణు ద్రవ్యరాశి మానంలో సూచిస్తారు. నేడు C^{12} ప్రమాణంగా పరమాణు ద్రవ్యరాశులను సూచిస్తాయి. C^{12} న్యూక్లైడ్ పరమాణువు ద్రవ్యరాశి 12.000 పరమాణు ద్రవ్యరాశి ప్రమాణాలకు a.m.u (atomic mass unit) సమానం. బంధనశక్తి లెక్కకట్టాలంటే 1 a.m.u ని పరమ ప్రమాణ వ్యవస్థలో సూచించాలి. దానికి తుల్యమైన శక్తిని ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి-శక్తి ప్రమేయం ఆధారంగా

కనుగొనాలి. ఒక మోల్ C^{12} లో అవగాడ్రో సంఖ్యకు 6.02252×10^{23} సమానమైన పరమాణువులు ఉంటాయి. వీటి భారం 0.012 kg కనుక C^{12} పరమాణుభారాన్ని క్రింది విధంగా లెక్కకట్టవచ్చు.

ఒక C^{12} పరమాణువు భారం $= \frac{0.012kg}{6.02252 \times 10^{23}}$ 12.2

ఒక C^{12} పరమాణువు 12 a.m.u లకు సమానం కనుక 1 a.m.u భారాన్ని క్రింది విధంగా లెక్కకట్టవచ్చు.

$$1a.m.u = \frac{0.012kg}{12 \times 6.0225 \times 10^{23}} = 1.661 \times 10^{-27} \qquad 12.3$$

శక్తి రూపంలో

$$1a.m.u = 1.661 \times 10^{-27} kg(2.998 \times 10^{8} ms^{-1} \qquad 12.4$$

$$1a.m.u = 1.4949 \times 10^{-11} J \qquad 12.5$$

$1J = 0.6242 \times 10^{13} MeV$ కనుక

$$1a.m.u = 14.949 \times 10^{-11} J \times 0.624 \times 10^{13} MeV \qquad 12.6$$

$$\therefore 1a.m.u = 931.48 MeV \qquad 12.7$$

$_{Z}X^{A}$ గా సూచించిన న్యూక్లైడ్ బంధనశక్తిని లెక్కకట్టుదాము. ఈ న్యూక్లైడ్ Z ప్రోటాన్‌లను, (A-Z) న్యూట్రాన్‌లను, కేంద్రకంలోను కేంద్రకంచుట్టూ వివిధ కక్ష్యలలో Z ఎలక్ట్రాన్‌లను కలిగి వుంటుంది. న్యూక్లైడ్ ద్రవ్యరాశి M_{ZA} అనుకొందాం. ద్రవ్యరాశి లోపం ΔM అయిన

$$\Delta M = ZMp + ZMe + (A - Z)Mn - MzA \qquad 12.8$$

ఇచ్చట M_p, M_e, M_n లు వరుసగా ప్రోటాన్, ఎలక్ట్రాన్, న్యూట్రాన్‌ల ద్రవ్యరాశులను సూచిస్తాయి. $M_p + M_e = M_H$ ఇచ్చట M_H హైడ్రోజన్ పరమాణువు ద్రవ్యరాశిని సూచిస్తుంది. హైడ్రోజన్ పరమాణువు ఏర్పడినప్పుడు ద్రవ్యరాశి లోపం చాలా తక్కువ కనుక ఉపేక్షించవచ్చు.

$$\therefore \Delta M = ZM_H + (A - Z)Mn - Mz_A \qquad 12.9$$

C^{12} పరంగా హైడ్రోజన్ పరమాణువు ద్రవ్యరాశి 1.0078252 a.m.u న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశి 1.0086654 a.m.u కనుక సమీకరణం 12.9 ని క్రింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$\Delta M = [1.0078252Z + 1.0086654(A - Z) - M_{Z,A}] \text{ a.m.u} \qquad 12.10$$

1 a.m.u = 931.48 MeV కనుక కేంద్రక బంధనశక్తి

$$\Delta E = [1.0078252Z + 1.0086654(A - Z) - M_{ZA}]931.48MeV \qquad 12.11$$

మొత్తం బంధనశక్తిని ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A తో భాగిస్తే సరాసరి కణబంధనశక్తి ($\frac{\Delta F}{A}$) వస్తుంది.

మాదిరి లెక్క 1

$_{7}N^{14}$ ద్రవ్యరాశి 14,0075179 a.m.u అయిన దాని కణబంధనశక్తి ఎంతో కనుగొనుము.

$$\Delta E = [1.0078252 \times 7 + 1.0086654 - 14.0075179]931.48MeV$$

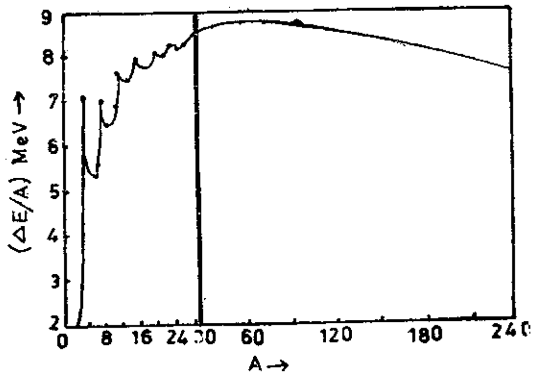
$$\Delta E = (14.119886 - 14.0075179)931.48 = 104.33MeV$$

కబంధనశక్తి $= \frac{104.33}{14} MeV = 7.45MeV$

న్యూక్లైడ్ బంధనశక్తిని, న్యూక్లైడ్‌ని అంగిక కణాలుగా విడగొట్టుటకు అవసరమయిన శక్తిగా పేర్కొనవచ్చు. న్యూక్లైడ్ అంగిక కణాలను స్వేచ్ఛాస్థితి నుంచి బంధన స్థితికి తెచ్చుటకు విసర్జితమైన శక్తిగా బంధనశక్తిని నిర్వచించవచ్చు. కనుక బంధనశక్తి కేంద్రక స్థిరత్వాన్ని నిర్దేశిస్తుంది. ఈ విషయాన్ని కణబంధనశక్తి ($\frac{\Delta E}{A}$) ద్రవ్యరాశి సంఖ్యతో మారే వక్రం ఆధారంగా అర్థం

BRAOU

చేసుకోవచ్చు. ఈ వక్రాన్ని పటము 12.1లో చూడవచ్చు. పటము 12.1 నుంచి తెలిసే ముఖ్య విషయాలు క్రింది వివరించినాము.



పటం 12.1 కేంద్రక కణ బంధనశక్తి - ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A కి గ్రాఫు

1. అన్ని కేంద్రకాలకు బంధనశక్తి ధనాత్మకంగా ఉంది. దీని వలన, ఏ సంబంధం లేకుండా విడిగా ఉండే ప్రోటాన్ న్యూట్రాన్‌ల సముదాయంకన్న కేంద్రకం ఆ కణాలు ఉన్నప్పుడు దాని స్థిరత్వం ఎక్కువగా ఉంటుందని తెలుస్తుంది. అంటే కేంద్రకంలో కేంద్రక కణాల మధ్య ఆకర్షణ బలం పనిచేస్తుందని విశదమౌతుంది.

2. కేంద్రక కణ బంధనశక్తి తేలిక కేంద్రకాలలో ద్రవ్యరాశి సంఖ్య పెరిగే కొద్దీ పెరుగుతుంది. $A = 4(He^4)$ వద్ద ప్రముఖ శిఖరం ఏర్పడుతుంది. $A = 4n(Be^8, C^{12}, O^{16}, Ne^{20}, Mg^{25})$ వద్ద కూడా ప్రముఖ శిఖరం ఏర్పడుతాయి. ఇది α కణ నిర్మితిగల కేంద్రకాల విశిష్ట స్థిరత్వాన్ని సూచిస్తుంది.

3. ద్రవ్యరాశి సంఖ్య 16 కంటె ఎక్కువగల అన్ని కేంద్రకాలకు కేంద్రక కణ బంధన శక్తి దాదాపు 7.3 నుంచి 8.7 MeV వ్యాప్తిలో సమాన విలువలు కలిగి ఉంటాయి. తేలిక కేంద్రకాల మినహా మిగతా కేంద్రకాలలో బంధనశక్తి A కి అనుపాతంలో ఉంటుంది. ప్రతి కణం తదితర కణాలతో అన్యోన్య చర్యకు లోనట్లయితే బంధనశక్తి A^2కి అనుపాతంలో ఉండాలి. కాని పై ప్రయోగ ఫలితం కేంద్రకంలో కేంద్రక కణం కొన్ని కేంద్రక కణాలతో మాత్రమే అన్యోన్య చర్యకు లోనవుతున్న విషయం దృఢమౌతుంది.

4. A = 4 వద్ద ఏర్పడే శిఖరం న్యూట్రాన్, మిగతా న్యూట్రాన్‌తోను, రెండు ప్రోటాన్‌లతోను అన్యోన్య చర్యకు లోనవుతుందని సూచిస్తుంది. Li^5, Li^6, Li^7లలో గల 5వ, 6వ, 7వ కణాలు తక్కువ తీవ్రతలో బంధనానికి లోనయి వుంటాయి.

5. కణ బంధనశక్తి A = 60 (Fe, Ni, Co) వద్ద గరిష్ఠంగా (8.7 MeV) ఉంటుంది.

6. కణ బంధనశక్తి A = 60 వద్ద 8.7 MeV నుంచి A = 238 అయినప్పుడు 7.3 MeV కి తగ్గుతుంది. ఇది కేంద్రక ఛార్జి నిరూపితం వలన, రూపొందే మూలకాల సంఖ్య సీమితమగుటను సూచిస్తుంది.

12.3 కృత్రిమ రేడియోధార్మికత

కృత్రిమ రేడియోధార్మికత దృగ్విషయం α కణాలతో తేలిక మూలకాల పరివర్తన చర్యలను పరిశీలించునప్పుడు 1934 లో క్యూరీ, జోలియట్‌లచే ఆవిష్కరించబడింది. కృత్రిమ రేడియోధార్మికత అనే పదం ముఖ్యంగా రేడియోధార్మిక న్యూక్లైడ్ ఉత్పాదనను సూచిస్తుంది. ఈ కృత్రిమ రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లు స్వచ్ఛందంగా విఘటనకు లోనవుతాయి. వీటి విఘటనలో కూడా సహజ రేడియో ధార్మిక మూలకాల విఘటనలో పాటింపబడే నియమాలు పాటింపబడుతాయి.

మేఘపేటిక నుపయోగించి మూలక పరివర్తన చర్యలను అధ్యయనం చేసేటప్పుడు క్యూరీ జోలియట్‌లు, ఆల్ఫాకణాలతో తాడనానికి గురైన బోరాన్ పాసిట్రాన్‌ని ఉద్గారం చేస్తున్నట్లు కనుగొన్నారు.

BRAOU

పాసిట్రాన్ ప్రాథమిక కణం. దీని ద్రవ్యరాశి ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశికి సమానంగా ఉంటుంది. దీని ఆవేశం ధనాత్మకంగా ఉంటుంది. దీని ఉనికిని సిద్ధాంతపరంగా డిరాక్ ప్రాగుప్తపరచాడు. 1932లో కార్ల్ ఆండర్‌సన్, విల్సన్ మేఘపేటికలో రోదసీ వికిరణ జాడలను ఫోటోగ్రాఫ్ చేసి పాసిట్రాన్ ఉనికిని ప్రయోగపూర్వకంగా నిరూపించాడు. పాసిట్రాన్ ఉద్గారానికి దారితీసే మూలిక పరివర్తన చర్య క్రింది విధంగా ఉంటుందని క్యూరీ, జోలియట్‌లు ప్రతిపాదించారు.

$$_5B^{11} +_2 He^4 \rightarrow_o n^4 + C \qquad 12.12$$

ద్రవ్యరాశి, శక్తి నిత్యత్వ సూత్రాలను పై చర్యకు అనువర్తించి క్యూరీ జోలియట్‌లు న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశి 2.012 a.m.u ఉన్నట్లు లెక్కకట్టారు. పొలోనియమ్ నుంచి వెలువడే α- కణాలతో అల్యూమినియమ్, మెగ్నిషియమ్‌లను తాడనం చేసినప్పుడు పాసిట్రాన్ ఉద్గారం జరుగుట గమనించినారు. B, Al, Mg మూలకాలను 10 నిముషాల కాలం పొలోనియమ్ నుంచి వెలువడే α కణాలకు గురిచేసిన తర్వాత α- జనకాన్ని వైదొలగించినప్పుడు కూడా ఈ మూలకాలు పాసిట్రాన్‌లను ఉద్గారం చేస్తున్నట్లు క్యూరీ జోలియట్‌లు కనుగొన్నారు. α- కణాల జనకాన్ని తీసివేసిన తర్వాత పాసిట్రాన్ ఉద్గారం రేటు కాలంతో ఘాతాంక రీతిలో తగ్గుతున్నట్లు గమనించబడింది. ప్రతి పత్రంలోనున్న పాసిట్రాన్‌లను ఉద్గారంచేసే న్యూక్లైడ్ వివిధ అర్ధజీవన కాలాలను సూచించింది. పై మూడింటి పత్రాల నుంచి వెలువడే పాసిట్రాన్‌ల శక్తి కూడా వేరు వేరుగా ఉండినది. Al ని తక్కువ శక్తిగల ఆల్ఫకణాలతో తాడనం చేసినప్పుడు పాసిట్రాన్‌ల ఈగు తగ్గింది కానీ వాటి శక్తిలోను, కృత్రిమ రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్ అర్ధజీవన కాలంలోను మార్పులేదు. పాసిట్రాన్‌లతో కలిసి ఎలక్ట్రాన్‌లు వెలువడుతున్నట్లు కనుగొనబడలేదు. అంటే పాసిట్రాన్‌లు, యుగళోత్పత్తి ద్వారా ఏర్పడినవి కావని విశదమౌతుంది. B ని ఆల్ఫాకణాలతో తాడనం చేసినప్పుడు రేడియో ధార్మికత గల $_7N^{13}$ ఏర్పడుటను సూచించే క్రింది చర్యను క్యూరీ జోలియట్‌లు ప్రతిపాదించారు.

$$_5B^{11} +_2 He^4 \rightarrow_o n^1 +_7 N^{13} \qquad 12.13$$

$_7N^{13}$ రేడియో ధార్మికతగల న్యూక్లైడ్. ఇది 14 నిముషాల అర్ధజీవన కాలంతో క్షయిస్తుంది.

$$_7N^{13} \rightarrow \beta^+ +_6 C^{13} \qquad 12.14$$

Al, Mg లను α- కణాలచే తాడనం చేసినప్పుడు జరిగే చర్యలు క్రింది విధంగా ఉంటాయి.

$$_{13}Al^{27} +_2 He^4 \rightarrow_0 n^1 +_{15} P^{30} \qquad 12.15$$

$$_{15}P^{30} \rightarrow \beta^+ +_{14} Si^{30} \qquad 12.16$$

$$T_{\frac{1}{2}} = 3\tfrac{1}{2}min$$

$$_{12}Mg^{24} +_2 He^4 \rightarrow_o n^1 +_{14} Si^{27} \qquad 12.17$$

$$_{14}Si^{27} \rightarrow \beta^+ +_{13} Al^{27} \qquad 12.18$$

$$T_{\frac{1}{2}} = 2\tfrac{1}{3}min$$

క్యూరీ, జోలియట్‌ల పరిశీలనలు రేడియో-రసాయనిక విశ్లేషణ ద్వారా నిర్ధారింపబడినది.

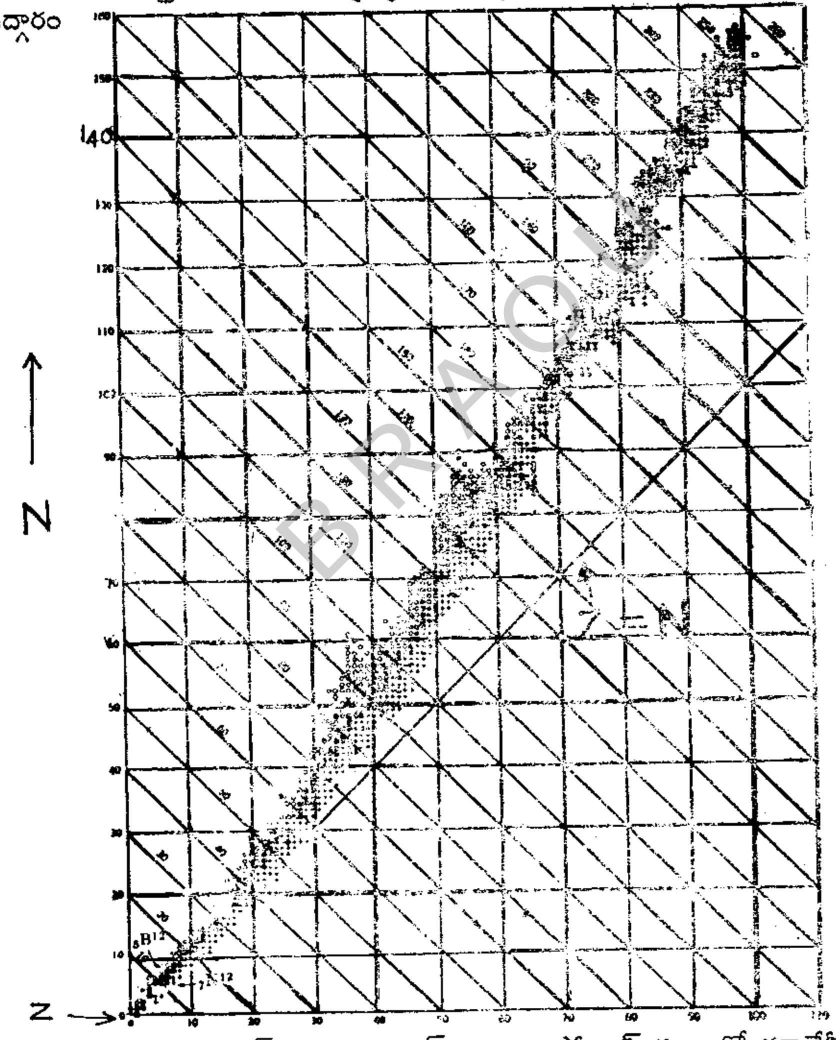
బోరాన్ చర్యలో బోరాన్ నైట్రైడ్‌ని లక్ష్యంగా తీసికొన్నారు. దీనిని అనేక నిముషాల కాలం α- కణాలతో తాడనం చేసి అటు తర్వాత దానిని సోడా దాహకంతో వేడి చేసినారు. అప్పుడు మొత్తం నైట్రొజన్ అమ్మోనియా వాయువుగా బహిర్గతమౌతుంది. అమ్మోనియా రేడియో ధార్మికతను కలిగి ఉన్నట్లు కనుగొన్నారు. దీని అర్ధజీవనకాలం బోరాన్ లక్ష్యాల అర్ధజీవన కాలానికి సమానంగా ఉన్నట్లు తెలిసింది. నైట్రొజన్ లక్ష్యాలలో రేడియో ధార్మికత ఏర్పడలేదు. ఈ ఫలితాలు బోరాన్ లక్ష్యం రేడియో ధార్మిక నైట్రొజన్‌గా పరివర్తన చెందినట్లు సూచిస్తాయి. అలాగే అల్యూమినియమ్ లక్ష్యాన్ని α- కణాలతో తాడనం చేసి హైడ్రోక్లోరిక్ ఆసిడ్‌లో కరుగజేసినప్పుడు ఫాస్ఫరస్, ఫాస్ఫేన్ (PH_3) రూపంలో బహిర్గతమౌతుంది. ద్రావణంలో అల్యూమినియమ్ మిగిలిపోతుంది. ఈ ద్రావణాన్ని పరిశోషించినప్పుడు ఏర్పడే అవశేషాన్ని పాసిట్రాన్ క్రియాశీలత ఉన్నదా లేదా అని పరిశీలించినారు. ఆ అవశేషణ ఎలాంటి రేడియో ధార్మికతను చూపలేదు. ఫాస్ఫరస్‌గల వాయువు పాసిట్రాన్ క్రియాశీలతను చూపింది. అంటే రేడియో ధార్మికత ఫాస్ఫరస్ ఐసోటోప్‌కు ఉన్నదని తేలింది. పైన వివరించిన పరీక్షలు కృత్రిమ మూలక పరివర్తనానికి రసాయనిక నిరూపకాలు.

B R A O U

ప్రోటాన్, డ్యూట్రాన్, న్యూట్రాన్, ఫోటాన్‌లతో ప్రేరితమయ్యే కేంద్రక చర్యలలో కూడా రేడియోధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లు ఉత్పాదితమౌతాయి. క్యూరీ జోలియట్‌లు ప్రతిపాదించిన చర్య $C^{12}(d,n)N^{13}$ ప్రయోగరీత్యా నిరూపితమైంది.

పాసిట్రాన్ క్రియాశీలత ఆవిష్కరణ తర్వాత ఫెర్మి అతని సహచరులు లక్ష్యమయ్యే అన్ని మూలకాలను న్యూట్రాన్‌లతో తాడనంచేసి ఎలక్ట్రాన్ β- క్రియాశీలతగల దాదాపు 40 మూలకాలను కనుగొన్నారు. వీరు పరిశీలించిన కేంద్రక చర్యలు $(n,\gamma),(n,p),(n,\alpha)$ ఈ చర్యలన్నింటిలోను ఉత్పాదిత కేంద్రకాలలో న్యూట్రాన్‌లకు ప్రోటాన్‌లకు గల నిష్పత్తి పెరిగింది.

స్థిర, రేడియో ధార్మిక కేంద్రకాల నిర్మాణాన్ని గూర్చి ప్రోటాన్ సంఖ్యకు న్యూట్రాన్ సంఖ్యకు గ్రాఫ్‌గీచి విపులంగా అర్థం చేసుకోవచ్చు. ఈ గ్రాఫ్‌ను పటం 12.2 లో చూడవచ్చు. స్థిర న్యూక్లైడ్‌లను నల్లని చతురస్రాలతోను, రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లను వివృతచక్రాలు, త్రిభుజాలతోను, వ్యత్యస్త రేఖలలోను సూచించినాము. వక్రంలో కృత్రిమ రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లు స్థిర న్యూక్లైడ్‌లకు పై భాగాన గానీ, క్రింది భాగాన గానీ ఉంటాయి. ఈ న్యూక్లైడ్‌లలో న్యూట్రాన్‌ల సంఖ్య అధికంగా గానీ, అల్పంగా గానీ ఉంటుంది. తక్కువ ప్రోటాన్‌లుగల న్యూక్లైడ్ ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారం (β^- క్రియాశీలత) ద్వారా కేంద్రక ధనావేశాన్ని పెంచుకొని స్థిరత్వాన్ని పొందుతుంది. అధిక ప్రోటాన్‌లు గల కేంద్రకం పాసిట్రాన్ ఉద్గారం (β^+ క్రియాశీలత) ద్వారా కేంద్రక ధనావేశాన్ని తగ్గించుకొని స్థిరత్వాన్ని పొందుతుంది. స్థిర ఐసోటోప్‌ల ద్రవ్యరాశి కన్న ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి గల న్యూక్లైడ్‌లలో ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారం



పటం 12.2 వివిధ న్యూక్లైడ్‌లకు న్యూట్రాన్ సంఖ్య ప్రోటాన్ సంఖ్యతో మారేతీరు.

□ - స్థిర న్యూక్లైడ్‌లు ; $O - \beta-$ ఉద్గారి ; $+ - \beta^+$ - ఉద్గారి ;
□ - β^+, β^- ఉద్గారులు ; Δ, □ - α - ఉద్గారులు.

జరుగుతుంది. స్థిర ఐసోటోప్ కన్న తక్కువ ద్రవ్యరాశి గల ఐసటోప్‌లలో పాసిట్రాన్ ఉద్గారం జరుగుతుంది.

కేంద్రకం ఎలక్ట్రాన్‌ని ప్రగ్రహణం చేసికొన్నప్పుడు కూడా కేంద్రకం ధనావేశం తగ్గుతుంది. పరా కేంద్రీయ ఎలక్ట్రాన్‌లు తమ గమనంలో తరచు కేంద్రాన్ని సమీపిస్తాయి. తరంగ యాంత్రిక శాస్త్రం ప్రకారం ఇవి కేంద్రంలోకి చొచ్చుకొని పోతాయి. సాధారణంగా అధిక Z విలువగల కేంద్రకాలలో అంటే ప్రోటాన్‌లు ఎక్కువగా గల కేంద్రకాలలో K ఎలక్ట్రాన్‌లు కేంద్రకంలోకి చొచ్చుకొని పోతాయి. K కర్పరంలోని ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణానికి లోనయితే దానిని K ప్రగ్రహణం అంటారు. కొన్ని ప్రత్యేక సందర్భాలలో L కర్పరం ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణం చెందవచ్చు. దీనిని L ప్రగ్రహణం అంటారు. K కర్పరంలోగానీ, L కర్పరంలోగానీ ఏర్పడే ఖాళీబాహ్య కర్పరంలో గల ఎలక్ట్రాన్‌చే పూరింపబడుతుంది. ఫలితంగా ఉత్పాదిత కేంద్రకం అభిలక్షణ K లేదా L - X - వికిరణం ఉద్గారమౌతుంది. ఈ చర్యలో ఆవేశితకణం బహిర్గతం కాదు. X కిరణ ఉద్గారం ద్వారా పై చర్య జరిగినట్లు తెలుస్తుంది.

కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణం జరిగినప్పుడు కొన్ని సందర్భాలలో పరాకేంద్రక నిర్మితి నుంచి ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారం జరుగుతుంది. ఈ ప్రక్రియను ఆగర్ అనే శాస్త్రజ్ఞుడు కనుగొన్నాడు. అందుచే ఈ ఎలక్ట్రాన్‌లను అగర్ ఎలక్ట్రాన్‌లు అంటారు. అంతరిఫోటో విద్యుత్ ఫలితంగా ఈ ఆగర్ ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉత్పన్నమవుతుతాయి. K - X - వికిరణం మారుగా L ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారమౌతుంది. దీనిశక్తి K - X వికిరణశక్తి, L- ఎలక్ట్రాన్ బంధనశక్తి బేధానికి సమానంగా ఉంటుంది.

ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారం, పాసిట్రాన్ ఉద్గారం, కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణ ప్రక్రియలలో విద్యుదావేశం మార్పు ఉంటుందే కానీ, ద్రవ్యరాశి సంఖ్యలో మార్పు ఉండదు. అందుచే వీటిని సమభారిక రూపాంతరణలు అంటారు. కృత్రిమ రేడియో ధార్మిక కేంద్రకం ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారం, పాసిట్రాన్ ఉద్గారం, కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణలలో దీనితో విఘటన చెందుతుందనే విషయాన్ని విఘటన చర్యకు లభించే శక్తి మీద ఆధారంగా తెలుసుకోవచ్చు.

ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారాన్ని పరిశీలిద్దాం. సాధారణ చర్యను క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$ {}_{Z}X^{A} \rightarrow {}_{Z+1}Y^{A} + {}_{-1}e^{0} \qquad 12.19 $$

పై చర్య Q - విలువ

$$ Q = \left[M_n({}_{Z}X^{A}) - M_n({}_{Z+1}Y^{A}) - m\right]^{C^2} \qquad 12.20 $$

పరమాణు ద్రవ్యరాశి విలువలలో

$$ Q = \left[M_a({}_{Z}X^{A}) - Z_m - M_a)({}_{Z+1}Y^{A}) + (Z+1)m - m\right]C^2 \qquad 12.21 $$

$$ Q = \left[M_a({}_{Z}X^{A}) - M_a({}_{Z+A}Y^{A})\right]C^2 $$

ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారం శక్తి పరంగా జరగాలంటే Q విలువ ధనాత్మకంగా ఉండాలి.

$$ \therefore M_{a\,Z}X^{A} > M_a({}_{Z+1}Y^{A}) \qquad 12.22 $$

అంటే, కృత్రిమ రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్ పరమాణు ద్రవ్యరాశి దానికంటే ఒక యూనిట్ ఆవేశం ఎక్కువగా గల సమభార న్యూక్లైడ్ పరమాణు ద్రవ్యరాశికన్న ఎక్కువగా ఉండాలి.

పాసిట్రాన్ ఉద్గారాన్ని సూచించే సాధారణ చర్యను క్రింది విధంగా రాయువచ్చు.

$$ {}_{Z}X^{A} \rightarrow {}_{Z-1}Y^{A} + {}_{+1}e^{0} \qquad 12.23 $$

పై చర్య Q విలువ

B R A O U

$$Q = \left[M_n(_ZX^A) - M_n(_{Z-1}Y^A) - m\right]C^2 \qquad 12.24$$

లేదా

$$Q = \left[M_a(_ZX^A) - Zm - M_a(_{Z-1}Y^A) + (Z-1)m - n\right]C^2 \qquad 12.25$$

$$Q = \left[M_a(_ZX^A - M_a(_{Z-1}Y^A) - Zm\right]C^2 \qquad 12.26$$

Q ధనాత్మకంగా ఉంటే పాసిట్రాన్ ఉద్గారం జరుగుతుంది.

అంటే

$$M_n(_ZX^A) > M_a(_{Z-1}Y^A) + 2m \qquad 12.27$$

పాసిట్రాన్ ఉద్గారం జరగాలంటే కృత్రిమ రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్ పరమాణు ద్రవ్యరాశి, దానికంటే ఒక యూనిట్ విద్యుదావేశం తక్కువగల సమభార న్యూక్లైడ్ పరమాణు ద్రవ్యరాశికన్న కనీసం 2 ఎలక్ట్రాన్ల ద్రవ్యరాశి విలువ ఎక్కువ ఉండాలి.

కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణం సాధారణ చర్యను క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$_ZX^A + _{-1}e^0 \rightarrow _{Z-1}Y^A \qquad 12.28$$

పై చర్య Q - విలువ

$$Q = \left[M_n(_ZX^A) + m - M_n(_{Z-1}Y^A)\right]C^2 \qquad 12.29$$

లేదా

$$Q = \left[M_a(_ZX^A) - Zm + m - M_a(_{Z-1}Y^A) + (Z-1)m\right]C^2 \qquad 12.30$$

$$Q = \left[M_a(_ZX^A) - M_a(_{Z-1}Y^A)\right]C^2 \qquad 12.31$$

Q ధనాత్మకమైతే కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణం జరుగుతుంది.

$$M_a(_ZX^A) > M_a(_{Z-1}Y^A) \qquad 12.32$$

కృత్రిమ రేడియో న్యూక్లైడ్ పరమాణు ద్రవ్యరాశి దానికన్న ఒక యూనిట్ విద్యుదావేశం తక్కువగల సమభార న్యూక్లైడ్ పరమాణు ద్రవ్యరాశి కన్న ఎక్కువ ఉండాలి.

పాసిట్రాన్ ఉద్గారాన్ని, కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణం జరుగుటకు అవసరమయిన నియమాలను సమీకరణాలు 12.27, 12.32 లు సూచిస్తాయి. వీటి ప్రకారం కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణం, ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారంకన్న ఎక్కువ సంభావ్యతతో జరగాలి. కానీ కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణం K ఎలక్ట్రాన్ కేంద్రకంతో చొచ్చుకొనిపోయే సంభావ్యత మీద ఆధారపడుతుంది. ఈ సంభావ్యత స్వల్పంగా ఉంటుంది. కనుక చర్యకు లభ్యమయ్యే శక్తి $2mc^2$ కన్న ఎక్కువ ఉన్నచో పాసిట్రాన్ ఉద్గారం జరుగుతుంది. సమీకరణం 12.32 సూచించే నియమం పాటింపబడినప్పుడు K- ప్రగ్రహణం జరుగుతుంది కానీ ఈ నియమం పాటింపబడినా అన్ని సందర్భాలలో K ప్రగ్రహణం జరుగదు.

$C^{11}, N^{13}, O^{15}, F^{17}, Ne^{19}, Na^{21}, Mg^{23}, Al^{25}$ న్యూక్లైడ్‌లు పాసిట్రాన్ ఉద్గారంతో క్షయిస్తాయి. $C^{14}, N^{15}, F^{20}, Ne^{23}, Na^{24}, Mg^{27}, A^{28}$ లు ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారంతో క్షయిస్తాయి.

అయొడిన్ ఐసోటోప్‌లు మూడు రకాలయిన చర్యలతో క్షయిస్తాయి. I^{121}, I^{122} లు పాసిట్రాన్ ఉద్గారంతో క్షయిస్తాయి. I^{123} కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్‌ని ప్రగ్రహణం చేసికొంటుంది. I^{124} కొన్ని సందర్భాలలో కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణాన్ని, కొన్ని సందర్భాలలో పాసిట్రాన్ ఉద్గారాన్ని చేస్తుంది. I^{125} కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్‌ని ప్రగ్రహణం చేస్తుంది. I^{126} కొన్ని సందర్భాలలో కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణాన్ని,

మరికొన్ని సందర్భాలలో ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారాన్ని చేస్తుంది. I^{127} స్థిర ఐసోటోప్, I^{128}95% కాలం ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారంతోను, 5% కాలం కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణం లేదా పాసిట్రాన్ ఉద్గారంతోను క్షయిస్తుంది. I^{129} నుంచి I^{139} వరకు గల ఐసోటోప్‌లు ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారంతో క్షయిస్తాయి.

కృత్రిమ రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌ల రేడియోధార్మికత అవి ఉత్పన్నమయే చర్యలకు కొంత సంబంధం ఉంది. $(n,\gamma),(n,p),(n,\alpha),(d,p)$ చర్యలలో ఉత్పన్నమయే రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లు సాధారణంగా ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారంతో క్షయిస్తాయి. ఈ చర్యలలో ఆవేశానికి ద్రవ్యరాశికి గల నిష్పత్తి తగ్గుతుంది. $(p,\gamma),(p,n),(\alpha,n),(d,n),(\gamma,n)$ చర్యలలో ఉత్పన్నమయ్యే కృత్రిమ రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లు పాసిట్రాన్ ఉద్గారంతో క్షయిస్తాయి. ఈ చర్యలలో ఆవేశానికి ద్రవ్యరాశికి గల నిష్పత్తి పెరుగుతుంది. $(\alpha,p),(p,\alpha)$ చర్యలలో ఉత్పాదితమయే న్యూక్లైడ్‌లు సాధారణంగా స్థిరత్వాన్ని కలిగి ఉంటాయి.

12.5 కేంద్రక చర్యలు

లక్ష్య కేంద్రకాన్ని కేంద్రక కణాలతో తాడనం చేసినప్పుడు జరిగే వివిధ చర్యలను ద్రవ్యరాశి, శక్తి నిత్యత్వ సూత్రాలు ఆధారంగా ఎలా అర్థం చేసుకోవచ్చో 11వ భాగంలో నేర్చుకొన్నాము. కాని, వివిధ చర్యలు జరుగుటలో గల సాపేక్ష సంభావ్యతను గూర్చిన సమాచారం ద్వారా కేంద్రక నిర్మితిని గూర్చి, కేంద్రకబలాల ప్రకృతిని గూర్చి తెలిసికోవచ్చు.

మూలక పరివర్తన చర్యలో, లక్ష్య కేంద్రకం ఉత్తేజనానికి లోనవుతుంది. ఈ ఉత్తేజిత స్థితి క్షయం నుంచి శక్తిస్థాయిలను, క్షయరీతులను గూర్చిన సమాచారం తెలుస్తుంది. లక్ష్య కేంద్రకాన్ని ఏ కణంతోనయినా ఉత్తేజితం చేయవచ్చు. ఉత్తేజిత లక్ష్య కేంద్రకం నుంచి ఎలాంటి కణం అయినా బహిర్గతం కావచ్చు. ఈ కణాలుగా ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్, డ్యూట్రాన్, ఆల్ఫా కణాలలో ఏదయినా కావచ్చు. గామా వికిరణం కూడా కావచ్చు. కేంద్రక చర్యను సాధారణంగా క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$X + x \rightarrow X + x \qquad 12.33$$

$$\rightarrow X^{*} + x \qquad 12.34$$

$$\rightarrow Y + y$$

$$\rightarrow Z + z etc. \qquad 12.35$$

సమీకరణం 12.33 సూచించే చర్యను స్థితిస్థాపక పరిక్షేపణ చర్య అంటారు. బహిర్గతకణం, పతనకణం ఒకటే. అభిఘాతం తర్వాత మొత్తం గతిజశక్తి సమానంగా ఉంటుంది. సమీకరణం 12.34 ప్రకారం అభిఘాతం అస్థితి స్థాపకంగా ఉంటుంది. లక్ష్యం కేంద్రకం ఉత్తేజితస్థితిని λ పొందుతుంది. అభిఘాతం వలన మొత్తం గతిజశక్తి, లక్ష్య కేంద్రకం ఉత్తేజిత శక్తివంతులు తగ్గుతుంది. సమీకరణం 12.35 వివిధ కేంద్రక చర్యలను సూచిస్తుంది. ఇచ్చట ఉత్పాదిత స్థితిలో ఏర్పడే కేంద్రకం అతి త్వరలో క్షయానికి లోనయి గామా వికిరణాన్ని ఉద్గారం చేస్తూ భూస్థాయిని చేరుకొంటుంది.

తేలిక మూలకాలలో జరిగే (α,p) చర్యలలో వెలువడే ప్రోటాన్‌లశక్తిని కొలచుటచే ఉత్పాదిత కేంద్రకం ఉత్తేజిత స్థాయిల ఉనికి ఆవిష్కరింపబడినది. తేలిక మూలకాన్ని ఏకశక్తి α కణాలతో తాడనం చేసినప్పుడు ఒకటి లేక అంతకంటే ఎక్కువ ప్రోటాన్ సమూహాలను కనుగొన్నారు. ప్రతి సమూహంలో ఉండే ప్రోటాన్‌లశక్తి సమానంగా ఉంటుంది. ఈ చర్యను క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$\alpha + X \rightarrow Y + ({}_1H^1)_A + ({}_1H^1)_B + ({}_1H^1)_C \qquad 12.36$$

ఇచ్చట ABCలు ప్రోటాన్ గ్రూపులను సూచిస్తాయి. ప్రతి గ్రూపులోను గల అన్ని ప్రోటాన్‌లు ఒకేశక్తిని కలిగి ఉంటాయి. అత్యధిక శక్తిగల ప్రోటాన్ గ్రూపు ఏర్పడే చర్యలో Q విలువ అధికంగా ఉంటుంది. దీనిని Q_1 అనుకొందాం. దీనికి సంబంధించిన ఉత్పాదిత కేంద్రకం భూస్థాయిలో

ఏర్పడుతుంది. అత్యల్ప శక్తిగల ప్రోటాన్ గ్రూపు Q విలువ చాలా తక్కువగా ఉంటుంది. దీనిని Q_2 అనుకొందాం. Q_1, Q_2 ల బేధం తక్కువ శక్తిగల ప్రోటాన్‌లను ఉత్పాదించిన తర్వాత ఉత్పాదిత కేంద్రకం ఉత్తేజిత శక్తిని ఇస్తుంది. ఈ భావనలను ప్రయోగఫలితాలు నిర్ధారణ చేసాయి. ఉదాహరణకు క్రింది చర్యను పరిశీలిద్దాం.

$$_2He^4 +_{13} Al^{27} \rightarrow [_{15}P^{31}] \rightarrow_{14} Si^{30} +_1 H^1 + Q \qquad 12.37$$

7.3 M_eV శక్తికి సైక్లోట్రాన్‌లో త్వరణం చెందిన α కణాలతో అల్యూమినియమ్ పత్రాన్ని తాడనం చేసి పై చర్యను కొనసాగించవచ్చు. పతనకణాల దిశలో వెలువడే ప్రోటాన్‌పుంజం వ్యాప్తిని ప్రోటాన్‌లకు గామా వికిరణాలకు గల ఏకీభావాలను కొలచి నిర్ణయించినారు. అప్పుడు నాలుగు ప్రోటాన్ గ్రూపులను కనుగొనడం జరిగింది. ప్రోటాన్ గ్రూపుల వ్యాప్తి, శక్తి తుదకు గుణ్య Q విలువలు పట్టిక 12.1 లో చూడవచ్చు.

పట్టిక 12.1 సమీకరణం 12.37 లో సూచించిన చర్యలో ఉత్పన్నమయ్యే వివిధ ప్రోటాన్ గ్రూపుల వ్యాప్తి, శక్తి Q విలువలు

గాలిలో వ్యాప్తి (Cm)	శక్తి (MeV)	Q విలువ (MeV)
101.6	9.34	2.22
60.8	6.98	-0.06
40.8	5.55	-1.44
25.3	4.2 నుంచి 4.65 వరకు	-2.44

పట్టిక 12.1 లో చూపిన దత్తాంశం ప్రకారం Si^{30} కి మూడు ఉత్తేజిత స్థాయిలో ఉంటాయని తెలుస్తుంది. వీటిశక్తి 2.28 MeV, 3.66 MeV, 4.6 MeV అత్యధిక శక్తిగల ప్రోటాన్‌లతోటి గామా వికిరణం వెలువడలేదు. ఈ విధమైన వివిధ శక్తిగల కణ సమూహాలు ఇతర కేంద్రక చర్యలలో కూడా ఏర్పడుతాయని కనుగొన్నారు.

$(\alpha - p)$ చర్యల అధ్యయనంలో α కణాలశక్తిని పెంచేకొద్దీ ప్రోటాన్ ఈ శక్తితో ఏకరీతిలో పెరుగకుండుటను గమనించారు. కానీ, ఈ గుణాన్ని నిర్దిష్ట వివక్త శక్తి విలువల వద్ద గరిష్ఠంగా ఉండుటను గమనించినారు. మూలక పరివర్తన చర్య

$$_2He^4 +_{13} Al^{27} \rightarrow_{15} P^{31} \rightarrow_{14} Si^{30} +_1 H^1 + Q \qquad 12.38$$

ప్రోటాన్ ఈగులో α కణాల శక్తి 4.0, 4.49, 4.86, 5 .25, 5.75, 6.61 MeV ఉన్నప్పుడు శిఖరాలు ఏర్పడ్డాయి. చర్యరేటులో వివిధశక్తి విలువల వద్ద గరిష్ఠతలు ఏర్పడుటను అనునాదం అంటారు. ఏ శక్తి విలువలు వద్ద అయితే అనునాదాలు ఏర్పడుతాయో ఆ శక్తి విలువలను అనునాదశక్తి విలువలు అంటారు. α కణాల ప్రతి అనునాద శక్తి విలువ వద్ద వివిధ ప్రోటాన్ గ్రూపులు కనుగొనడం జరిగింది. ఇతర కేంద్రక చర్యలలో కూడా అనునాదాం ఏర్పడుతుంది. అనునాద శక్తి విలువల వద్ద పొందే ప్రయోగ ఫలితాలు సంయోజిత కేంద్రకం, ఉత్తేజిత స్థాయిలను గూర్చి తెలిసికొనుటకు ఎంతో ఉపయోగపడుతుంది.

12.6 సారాంశం

పరమాణు ద్రవ్యరాశి, పరమాణువు నందలి కణాల ద్రవ్యరాశి మొత్తంకన్న తక్కువ ఉటుంది. ఈ ద్రవ్యరాశి లోటును ద్రవ్యరాశి లోపము అంటారు. పరమాణువు ఏర్పడినప్పుడు ద్రవ్యరాశి లోపం శక్తిగా మారుతుంది. కేంద్రకంలో కేంద్రక కణాలు బంధించి ఉంచుటకు కారణభూతమైన శక్తి ఇదియే. దీనిని కేంద్రక బంధనశక్తి అంటారు.

కేంద్రక కణ బంధనశక్తి తేలిక కేంద్రకాలలో ద్రవ్యరాశి సంఖ్య పెరిగే కొద్దీ పెరుగుతుంది. $A = 4n, n = 1, 2, 3............(He^4, Be^8, C^{12}, O^{16}, Ne^{20}, Mg^{25})$ అయినప్పుడు ప్రముఖమైన

BRAOU

శిఖరాలు ఏర్పడతాయి. ఈ శిఖరాలు ఈ న్యూక్లైడ్‌ల అధిక స్థిరత్వాన్ని కలిగి ఉన్నాయని సూచిస్తాయి.

$A > 16$ గల కేంద్రకాలలో కేంద్రక కణబంధనశక్తి 7.3 MeV నుంచి 8.7 MeV వ్యాప్తిలో దాదాపు సమాన విలువలను కలిగి ఉంటుంది. దీనివలన, కేంద్రక బంధన శక్తి న్యూక్లైడ్ ద్రవ్యరాశి సంఖ్యకు అనుపాతంలో ఉంటుందని తెలుస్తుంది.

కృత్రిమ రేడియో ధార్మికత క్యూరీ, జోలియట్‌లచే ఆవిష్కరించబడింది. బోరాన్ లక్ష్యాన్ని α-కణాలతో తాడనానికి గురి చేసినప్పుడు జరిగే మూలక పరివర్తన చర్యలో $_7N^{15}$ ఏర్పడుతుంది. ఇది పాసిట్రాన్‌ని ఉద్గారం చేసి క్షయానికి లోనవుతుంది.

ప్రోటాన్, డ్యూట్రాన్, న్యూట్రాన్, ప్రోటాన్‌లతో ప్రేరితమయ్యే కేంద్రక చర్యలలో కూడా రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లు ఉత్పన్నమవుతాయి.

కృత్రిమంగా ఉత్పన్నమయిన రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లు పాసిట్రాన్ ఉద్గారం, ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారం, కక్ష్య ఎలక్ట్రాన్ ప్రగ్రహణం అనే మూడు ప్రక్రియలతో క్షయానికి లోనవుతాయి. ఈ రూపాంతర కణాలను సమభారిక పరమాణు రూపాంతరణలు అంటారు.

$(n,\gamma),(n,p),(n,d),(d,p)$ చర్యలలో ఉత్పన్నమయ్యే రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లు సామాన్యంగా ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారంతో క్షయిస్తాయి. $(p,r),(p,n),(\alpha,n),(d,n),(\alpha,n)$ చర్యలలో ఉత్పన్నమయ్యే రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌లు సామాన్యంగా పాసిట్రాన్ ఉద్గారంతో క్షయిస్తాయి.

కేంద్రక చర్యలలో ఉత్పాదిత కేంద్రకాలు వివిధ ఉత్తేజిత స్థాయిలలో ఉత్పన్నమవుతాయి. సమూహాలుగా ఉత్పన్నమయే ఉత్పాదిత కణాల శక్తులు వేరువేరుగా ఉంటాయి. కానీ ఒకే సమూహానికి చెందిన కమాలశక్తి సమానంగా ఉంటుంది.

ఉత్పాదిత కణాల ఈగుకు పతన కణాల శక్తికి గ్రాఫ్‌గీస్తే నిశిత గరిష్ఠ శిఖరాలు ఏర్పడుతాయి. ఈ దృగ్విషయాన్ని అనునాదం అంటారు. అన్ని రకాల కేంద్రక చర్యలకు అనునాద ప్రక్రియ సామాన్యమే.

12.7 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానం రాయండి.

1. న్యూక్లియాన్ బంధనశక్తి - ద్రవ్యరాశి సంఖ్య వక్రం సూచించే ప్రముఖ లక్షణాలను వివరించండి.
2. కృత్రిమ రేడియో ధార్మికత ఆవిష్కరణకు దారి తీసిన క్యూరీ జోలియట్‌ల ప్రయోగాలను వివరించండి.

BRAOU

భాగం-13 : కేంద్రక నమూనాలు

విషయక్రమం

13.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

13.2 ప్రవేశిక

13.3 కేంద్రక కర్పర నమూనా

13.4 కేంద్రక ద్రవబిందు నమూనా

13.5 సారాంశం

13.6 నమూనా ప్రశ్నలు

13.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో వివిధ కేంద్రక నమూనాల వివరణ ఉంది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. కర్పర నమూనాను, ద్రవబిందు నమూనాను వర్ణించగలరు.
2. మ్యాజిక్ సంఖ్యల ప్రాముఖ్యాన్ని వివరించగలరు.
3. అస్థిర న్యూక్లియాన్‌ల బంధన శక్తిని కనుక్కోగలరు.

13.2 ప్రవేశిక

BRAOU

1932లో చాడ్‌విక్ న్యూట్రాన్‌ని ఆవిష్కరించుటతో కేంద్రక నిర్మితి పరిపూర్ణంగా నిర్ధారించడం జరిగింది. కేంద్రకం యొక్క ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A, పరమాణు సంఖ్య Z అయిన కేంద్రకంలో Z ప్రోటాన్‌లు, (A-Z) న్యూట్రాన్‌లు ఉంటాయి. డ్యూట్రాన్ యొక్క అత్యధిక స్థిరత్వం ప్రోటాన్ న్యూట్రాన్‌లమధ్య ఆకర్షణబలం పనిచేస్తున్నదని సూచిస్తుంది. కానీ, ఇంతవరకు కూడా కేంద్రక బలాల యధార్థ ప్రకృతి పరిపూర్ణంగా అర్థంకాలేదు. కేంద్రక కణాల మధ్యదూరం తగ్గేకొద్దీ ఆకర్షణీయబలం పెరుగుతుంది. కానీ, కేంద్రక కణాల మధ్యదూరం కేంద్రక కణవ్యాసానికి సమానమైనప్పుడు కేంద్రకబలం అత్యంత వికర్షణీయంగా ఉంటుంది. కేంద్రకబలం ఆత్మభ్రమణ పరతంత్రంగా ఉంటుందని ఊహించినారు. ఇది పూర్తిగా కేంద్రీయమైనదికాదు. కానీ, ఈ బలం ఆత్మభ్రమణ అక్షానికి, అక్షానికి కేంద్రక కణాలను కలిపే సరళరేఖకు గల కోణం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. కేంద్రక బలాలు ఆవేశ స్వతంత్రలను కలిగి వుంటాయని ఊహించవచ్చు. కేంద్రక కణ బంధనశక్తి అన్ని కేంద్రకాలకు దాదాపు సమాన విలువను కలిగివుండుట ఈ కేంద్రక బలాలు సంతృప్తి బలాలుగా సూచిస్తుంది. కానీ కేంద్రక బలాలు అల్పవ్యాప్తి బలాలు కనుక ఇవి సంతృప్త బలాలుగా ఉండుటకు వీలులేదు. కేంద్రక బంధనశక్తి ద్రవ్యరాశి విలువకు అనుపాతంతో ఉంటుందనే దృగ్విషయాన్ని విపులీకరించటకు కేంద్రక బలాలు కేంద్రక కణాల స్థితిని బట్టి కొంతమేరకయిన ఒకొక్కప్పుడు ఆకర్షణీయంగాను, మరొక్కప్పుడు వికర్షణీయంగాను ఉంటాయని ఊహించాలి. అంటే కేంద్రకబలాలు వినిమయ బలాలుగా పరిగణించాలి. యుకవా కేంద్రక బలాలను గూర్చి మెసాన్ సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించాడు. దీని ప్రకారం కేంద్రక కణాలమధ్య మెసాన్ క్షేత్రం ఉంటుంది. కేంద్రక కణాల మధ్య జరిగే అన్యోన్య చర్యలు మెసాన్ వినిమయం వలన జరుగుతుంది. కేంద్రక బలాల అల్పవ్యాప్తి ధర్మాన్ని విపులీకరించుటకు చదరపు బావి, ఘాతాంక, గౌసియన్, యుకవా శక్మాలను కేంద్రక శక్మాలుగా సూచించినారు. అల్పశక్తి పరిధిలో తారసిల్లే కేంద్రక పరిక్షేపణ ప్రయోగ ఫలితాలను కేంద్రక బలాలు ఆవేశ స్వతంత్ర బలాలుగా ఊహించి విపులీకరించవచ్చు. కానీ ఈ ఊహన అధిక శక్తి పరిక్షేపణ ప్రయోగ ఫలితాలను విపులీకరించుటకు

తోడ్పడదు.

కేంద్రక రచనను గూర్చి సంపూర్ణ సిద్ధాంతం ఏదీలేనందున, కేంద్ర ధర్మాలను విశదీకరించుటకు వీలుగా వివిధ రకాలయిన కేంద్రకం నమూనాలు, ప్రతిపాదితమైనవి. పరమాణువులో ఎలక్ట్రాన్ రచన సాదృశంగా, కేంద్రకంలో న్యూట్రాన్ లేదా ప్రోటాన్‌ల సంఖ్య 2(2l + 1) విలువ కలిగి వున్నప్పుడు సంవృత కర్పరాలు ఏర్పడుటను సూచించే స్వతంత్ర కణనమూనాను బార్టలెట్, గగన్‌హీమర్, ఎలేసర్ తదితరులు ప్రతిపాదించారు. ఇచ్చట l కక్ష్యా కోణీయం ద్రవ్యవేగ క్వాంటమ్ సంఖ్యను సూచిస్తుంది. కేంద్రకానికి ద్రవబిందువుకు గల సారూప్యతల నాధారం చేసికొని N. బోర్ ద్రవబిందు నమూనాను ప్రతిపాదించినాడు. ఈ నమూనా ఆధారంగా కేంద్రక విచ్ఛిత్తిని విశదీకరించవచ్చు. సర్వసమమైన కేంద్రక కణాల సంఖ్య 50,82, 126 ఉన్నప్పుడు కేంద్రక ధర్మాలు సంవృత కర్పరాకృతిని సూచిస్తాయి. ఈ దృగ్విషయం ఆధారంగా మేరియామేయర్ కర్పర నమూనాను పునరావృతం చేసింది. ఈ కేంద్రక ధర్మాలను ద్రవబిందు నమూనా విపులీకరించలేదు. ఆత్మభ్రమణం-కక్ష్యా సంధానం ప్రభలంగా ఉంటుందని ఊహించి మేరియా మేయర్, హక్సెల్, జెన్‌సన్‌లు $\ell - j$ సంధానం ప్రతిపాదించారు. ఈ కర్పర నమూనా అనేక కేంద్రక ధర్మాలను విశదీకరిస్తుంది A. బోర్, మాటెల్‌సన్‌లు సమిష్టి నమూనాను ప్రతిపాదించారు. ఇది స్వతంత్రకణ నమూనా యొక్క సాధారణీకృత నమూనాయే. సమిష్టి నమూనాలో ద్రవబిందు నమూనాకు సరిపోయే కొన్ని ధర్మాలు కూడా పొందుపరుపబడినవి. కేంద్రకాల భూస్థాయి ధర్మాలను, కొంతవరకు ఉత్తేజిత స్థాయి కేంద్రకాల ధర్మాలను సమిష్టి నమూనా ఆధారంగా విపులీకరించవచ్చు. ఉత్తేజిత శక్తి 6 MeV దాటినప్పుడు జరిగే కేంద్రక స్వతంత్ర కణనమూనా ఆధారంగా విపులీకరించుటకు వీలుకాదు. సంయుక్త కేంద్రక రచన భావన, అది క్షయానికి గురయే విధానాన్ని సాంఖ్యక నమూనా ఆధారంగా విశదీకరించవచ్చు. అధికశక్తి పరిక్షేపణ ప్రయోగ ఫలితాలను విశదీకరించుటకు అనువుగా దృశ్యనమూనా ప్రతిపాదింపబడినది. ఈ నమూనా ప్రకరాం పతనకణానికి కేంద్రకాన్ని నిర్దిష్ట వక్రీభన గుణకం గల ఏకరీతి గోళంగా ఊహించవచ్చు. కేంద్రక చర్యలను శోషణ చర్యలను విశదీకరించుటకు వీలుగా ఈ గోళం తననుంచి వెళ్ళే కణాలకు పూర్తిగా పారదర్శకంగా కాకుండా కొంత శోషణ గుణకాన్ని కలిగి ఉంటుందని ఊహించినారు.

ఇంతవరకు వివరించిన ఏ నమూనా కూడా అన్ని కేంద్రక ధర్మాలను విశదీకరించలేదు. కానీ, అధికభాగం కేంద్రక ధర్మాలను కర్పర నమూనా ఆధారంగాను, ద్రవబిందు నమూనా ఆధారంగాను విశదీకరించవచ్చు. ఈ పాఠంలో కర్పర నమూనాను, ద్రవబిందు నమూనాను గూర్చి విపులంగా అధ్యయనం చేద్దాము.

13.3 కేంద్రక కర్పర నమూనా

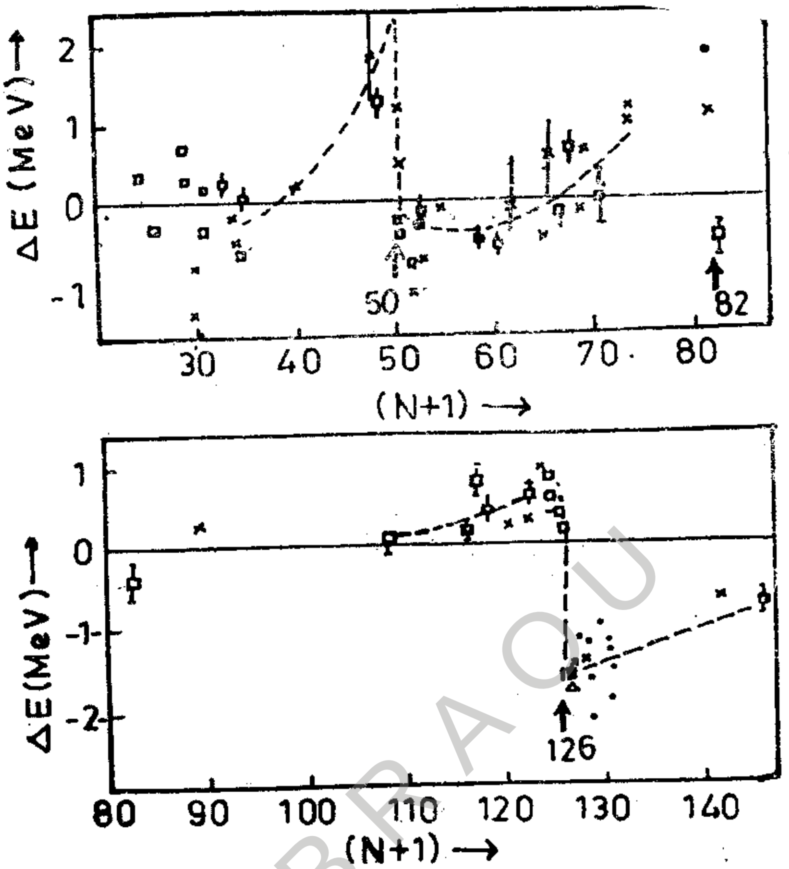
ప్రయోగరీత్యా కనుగొన్న కేంద్రక ధర్మాలు ఆధారంగా కర్పరనమూనా ప్రతిపాదితమైంది. ఆవర్తన పట్టికలో మూలకాల ధర్మాలు ఎలా ఆవర్తితమౌతాయో అలాగే కేంద్రక ధర్మాలు కూడా కేంద్రక కణసంఖ్య ప్రమేయంగా ఆవర్తనానికి లోనవుతాయి. అధికభాగం కేంద్రక ధర్మాలు ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్‌ల సరిసంఖ్య విలువలు 2, 8, 20, 50, 82, 126 ఉన్నప్పుడు నిర్దిష్టమైన భంగాలను సూచిస్తాయని కనుగొన్నారు. ఈ సంఖ్యలను మ్యాజిక్ సంఖ్యలంటారు. ఈ మ్యాజిక్ సంఖ్యలను, పరమాణువులో ఎలక్ట్రాన్ కర్పరాలవలె, కేంద్రకంలో ప్రోటాన్ న్యూట్రాన్‌ల సంవృత కర్పరాలుగా భావించవచ్చు. ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్ కర్పరాలు స్వతంత్రంగా ఏర్పడుతాయి. కర్పర నమూనాను గూర్చి తెలుసుకొనుటకు ముందుగా మ్యాజిక్ సంఖ్యలను సూచించే ప్రయోగ సాక్ష్యాధారాలగు కేంద్రక ధర్మాలను గూర్చి తెలుసుకొందాం.

(1) ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్ సంఖ్యలు 2, 8 గల కేంద్రకాలు ప్రత్యేకమైన స్థిరత్వాన్ని కలిగి ఉంటాయి. ఉదాహరణకు $_2He^4, _8O^{16}$ న్యూక్లైడ్‌లు తమ పరిసర న్యూక్లైడ్‌ల కంటె అధిక స్థిరత్వాన్ని కలిగివున్నాయి.

(2) కేంద్రక బంధనశక్తి - ద్రవ్యరాశి రేఖను పరిశీలించినట్లయితే $Pb^{208}(Z = 82, N = 126) Ce^{140}(Z = 58, N = 82) Sn^{120}(Z = 50, N = 70) Sr^{88}(Z = 38, N = 50)$ న్యూక్లైడ్‌ల వద్ద నొక్కులు ఉండుట గమనించవచ్చు. ఈ న్యూక్లైడ్‌లలో Z, N విలువలు 50, 82, 126 గా ఉండుట గమనించాలి.

(3) భూమి, సూర్యుడు, నక్షత్రాలు, ఉల్కా శేషాలు సంఘటనల దత్తాంశం ఆధారంగా బ్రౌన్ సంధాన పరచిన కేంద్రక సాపేక్ష లభ్యత దత్తాంశాన్ని విశ్లేషణ చేసినచో ప్రత్యేకత గల శిఖరాలు ఏర్పడుటను గమనించవచ్చు. ఈ శిఖరాలు $O^{16}(N, Z = 8); Ca^{40}(Z, N = 20), Sn^{118}(Z = 50); Sr^{88}, Y^{89}, Zr^{89}(N = 50); Ba^{138}, La^{139}, Ce^{140}(N = 82; Pb^{208}(Z = 82, N = 126)$ వద్ద ఏర్పడుతాయి.

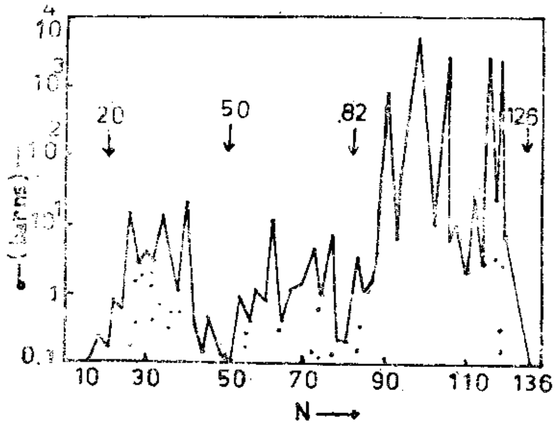
(4) మూలకాలయొక్క స్థిర ఐసటోపేల సంఖ్య మారుతుంటుంది. కాని Z = 20, 50, 82 N = 20, 28, 50, 82) గల మూలకాల స్థిర ఐసటోపేల సంఖ్య అధికంగా ఉంటుంది.



పటం 13.1 కేంద్రకానికి కలిపిన చివరి న్యూట్రాన్ బంధనశక్తి ΔE కి N + 1 కి గ్రాఫు, సరి A న్యూక్లైడ్‌లలో.

(5) కేంద్రకంలో అంత్యంలో సమకూర్చిన న్యూట్రాన్ బంధనశక్తి $(d, p), (n, \gamma), (\gamma, n), (d, t)$ కేంద్రక చర్యల Q విలువకు ప్రయోగరీత్యా నిర్ణయించుటతోను, అర్ధ అనుభవిక బంధనశక్తి ఫార్ములా ఆధారంగాను కనుగొనవచ్చు. ప్రయోగరీత్యా కనుగొన్న తుది న్యూట్రాన్ బంధనశక్తి విలువకు, ఫార్ములా ద్వారా నిర్ణయించిన విలువకు గల బేధం $\Delta E, (N + 1)$ సంఖ్యతో మారేతీరు పరిశీలించినచో పటము 13.1 లో చూపినట్లు N విలువ 50, 82, 126 ఉన్నప్పుడు నిర్దిష్టమైన భంగాలు ఏర్పడుటను గమనించవచ్చు.

(6) పటము 13.2లో చూపినట్లు, 1 MeV శక్తి వద్ద నిర్ణయించిన న్యూట్రాన్



పటం. 13.2 ఉష్ణమధ్యంచ్ఛేదం σ కి న్యూట్రాన్ సంఖ్య N కి గ్రా

ప్రగ్రహణ మధ్యచ్ఛేద విలువ న్యూట్రాన్ సంఖ్య 50, 82, 126కి ఉన్నప్పుడు ప్రత్యేక కనిష్ఠ విలువను కలిగి ఉంటుంది.

(7) సహజ రేడియో ధార్మిక శ్రేణులు అన్నీ Z = 82 గల స్థిర సీసపు ఐసటోప్‌తో సమాప్తమౌతాయి. ఈ ఐసటోప్‌లన్నింటిలో $_{82}Pb^{208}$ అధికంగా లభ్యమవుతుంది.

(8) జన్య కేంద్రకంలో న్యూట్రాన్ సంఖ్య 126 ఉండే విధంగా విఘటన చెందే రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్ నుంచి వెలువడే ఆల్ఫాకణాలశక్తి అత్యధికంగా ఉంటుంది. అలాగే జన్యకేంద్రకంలోని న్యూట్రాన్ లేదా ప్రోటాన్‌ల సంఖ్య మ్యాజిక్ సంఖ్యలను కలిగిఉండేలా విఘటన చెందే రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌ల నుంచి వెలువడే బీటా కణాల శక్తి కూడా అధికంగా ఉంటుంది.

(9) బేసి కేంద్రక కణసంఖ్య 50, 82, 126 కు సమీపంలో ఉన్నచో కేంద్రక సదృశ న్యూక్లైడ్‌లు అధికసంఖ్యలో లభ్యమౌతాయి.

(10) కేంద్రక విద్యుత్ చతుర్ధ్రువ భ్రామకం విలువ స్పష్టంగా మారుతూ బేసి కేంద్రకకణ సంఖ్య విలువ 8, 15, 28, 50, 82, 120 కి సమీపంలో మారేటప్పుడు ధనవిలువ నుంచి రుణ విలువకు, బేసి కేంద్రక కణ సంఖ్య విలువ 10, 18, 30, 55, 90 కి సమీపంలో మారేటప్పుడు రుణ విలువ నుంచి ధన విలువకు మారుతుంది. అంటే కేంద్రకం గోళాకార స్పష్టవతను నిర్దిష్టమైన కేంద్రక కణ సంఖ్యల వద్ద మాత్రమే కలిగి వుంటుంది.

(11) Z = 20, 28, N = 20, 28 గల న్యూక్లైడ్‌ల సమీప న్యూక్లైడ్‌ల ద్రవ్యరాశి విలువలను ప్రయోగరీత్యా కనుగొన్నప్పుడు కేంద్రక కణ బంధనశక్తి, Z, N = 20, 28 ఉన్న న్యూక్లైడ్‌లకు అధికంగా ఉంటుందని కనుగొనడం జరిగింది. Z, N విలువలు 28 గల న్యూక్లైడ్‌ల స్థిరత్వం ఇతర మ్యాజిక్ సంఖ్యలు గల కేంద్రకాల స్థిరత్వంతో పోలిస్తే తక్కువగా ఉంటుంది. 14, 28, 40 సంఖ్యలను అర్ధమ్యాజిక్ సంఖ్యలంటారు.

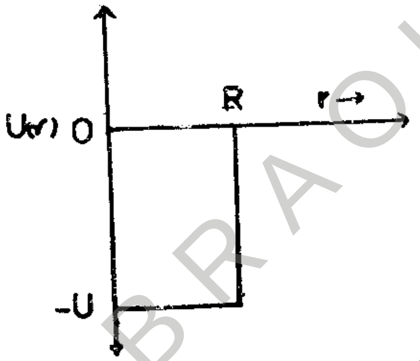
పైన వివరించిన ప్రయోగ సాక్ష్యాలు 2, 8, 20, 50, 82, 126 అను మ్యాజిక్ సంఖ్యలుగా సూచిస్తాయి. ఈ మ్యాజిక్ సంఖ్యలు కేంద్రకకణాల సంఖ్యలుగా గల న్యూక్లైడ్‌లు గోళీయ స్పష్టవతను, అత్యధిక స్థిరత్వాన్ని కలిగిఉంటాయి. ద్విమాజిక్ న్యూక్లైడ్‌లగు $_{2}He^{4}$, $_{8}O^{16}$, $_{20}Ca^{47}_{82}Pb^{208}$ లు అత్యధిక స్థిరత్వంగల న్యూక్లైడ్‌లకు ఉదాహరణలు స్వతంత్ర కణ నమూనా (దీనినే కర్పర నమూనా అంటారు) మ్యాజిక్ సంఖ్యల ఉనికిని కేంద్రక ధర్మాలను విశదపరచగలగాలి.

కర్పర నమూనా ఊహనలు

కేంద్రకంలో ప్రతి కేంద్రక కణం (A-1) న్యూక్లియాన్‌లవల్ల ఏర్పడే క్షేత్రంలో చలనానికి లోనవుతూ ఉండాలి. కనుక ప్రతి కేంద్రక కణం స్వతంత్రంగా కేంద్రీయ క్షేత్రంలో చలిస్తుండాలి. ఈ కేంద్రీయ క్షేత్రం అల్పవ్యాప్తి శక్మ బావిలో సూచించుటకు వీలుగా ఉండాలి. అన్ని l విలువలకు ఈ శక్మం ఒకే విలువ కలిగి ఉండాలి. పరమాణువులో ఎలక్ట్రాన్‌ల వలె కేంద్రీయ క్షేత్రంలో ప్రతి కేంద్రకకణం నిర్దిష్టమైన శక్తి, కోణీయ ద్రవ్యవేగం కలిగి కక్ష్యలో పరిభ్రమించగలిగి ఉండాలి. ఇలాంటి నమూనాలో కేంద్రక కణాలమధ్య అన్యోన్య చర్య బలహీనంగా ఉంటుంది. కానీ ఈ ఊహ పరిక్షేపణ ప్రయోగాలతోను, కేంద్రక చర్యలతోను నిర్ధారణ అయిన ప్రబల అన్యోన్య చర్యకు విరుద్ధంగా ఉంది. పౌలీవర్జన సూత్రం ఆధారంతో పైన పేర్కొన్న విరోధాభాసాన్ని లైకాఫ్ వియోజనం చేసినాడు. దీని ప్రకారం కేంద్రకం భూస్థాయిలోగానీ, తక్కువ శక్తిగల ఉత్తేజితస్థాయిలోగానీ ఉన్నప్పుడు కేంద్రక కణాలమధ్య ప్రబల అన్యోన్య చర్య ఉంటుంది. కానీ అది బయల్పడదు. దీనికి కారణం ఈ న్యూక్లియాన్‌ల పరిక్షేపణ చెందుటకు అనువైన అన్ని క్వాంటమ్ స్థాయిలు ఖాళీగా లేకుండుటయే, పతన కేంద్రక కణం పరిక్షేపణ చెందుటగానీ లేక ఖాళీగానున్న ఉత్తేజిత క్వాంటమ్‌స్థాయిలో పరిగ్రహీత మగుటగానీ జరుగుతుంది.

మాజిక్ సంఖ్యలవద్ద సంవృత కర్పరాకృతి ప్రాగుప్తి

స్వతంత్ర కణనమూనా వివిధ l విలువలకు సంబంధించి కేంద్రక కణశక్తిస్థాయి శ్రేణులను సామర్థ్యవంతంగా సూచిస్తుంది. కేంద్రక వ్యాసార్థం వెలుపల కేంద్రక శక్మం త్వరితగతిలో తగ్గుతూ ఉన్నంతవరకు కేంద్రకకణ స్థాయిలక్రమం శక్మ ఆకృతిమీద ఏమాత్రం ఆధారపడదు.



BRAOU

పటం 13.3 కేంద్రక పొటెన్షియల్ U (r) కి r గ్రాఫు r (దీర్ఘచతురస్రాకార పొటెన్షియల్ బావి)

పటము 13.3 లో చూపినట్లు U లోతు, కేంద్రక వ్యాసార్థం R కు సమానమైన వెడల్పుగల దీర్ఘ చతురస్రాకారపు బావి ఆకృతిగల శక్మం కేంద్రకంలో పనిచేసే అల్పవ్యాప్తి బలాన్ని ఉజ్జాయింపుగా సూచిస్తుంది. ఇలాంటి శక్మ బావిలో స్వతంత్ర కేంద్రక కణాల తరంగ ప్రమేయాలు క్రింది సూచించిన రేడియల్ తరంగ సమీకరణాన్ని పాటిస్తాయి.

$$\frac{d^2R}{dr^2} + \frac{2}{r}\frac{dR}{dr} + K^2R - \frac{l(l+1)}{r^2}R - \frac{2m}{\hbar^2}UR = O \qquad 13.1$$

ఇచ్చట $K^2 = \frac{2mE}{\hbar^2}$ 13.2

పై సమీకరణాలలో m కేంద్రక కణ ద్రవ్యరాశిని E కణశక్తి ఐగన్ విలువను (eigen value of energy) సూచిస్తాయి. $r = R, r > R$ అయినప్పుడు తరంగ ప్రమేయాలు శూన్యవిలువలను కలిగి ఉంటాయి. అనుమతించిన శక్తి స్థాయిలు రేడియల్ తరంగ సమీకరణ పరిష్కార పరంపరలకు అనురూపంలో ఉంటాయి. అనంతలోతు బావి శక్మానికి వర్తించే పూర్తి శక్తిస్థాయిల అనుక్రమం క్రింది విధంగా ఉంటుంది.

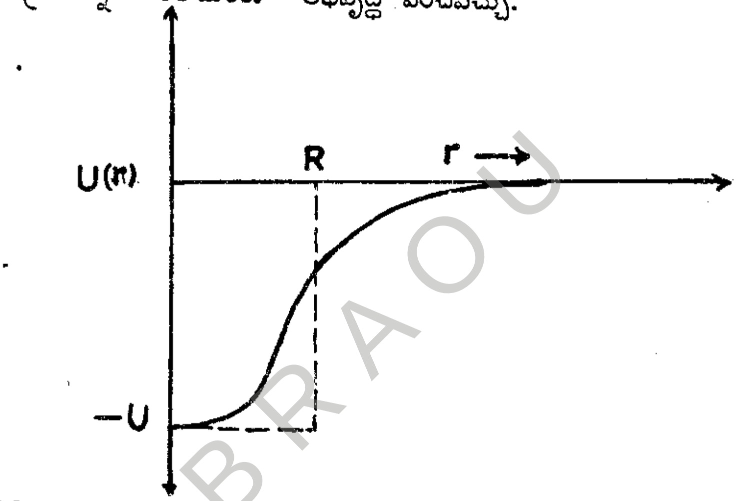
1s, 1p, 1d, 2s, 1f, 2p, lg, 2d, 3s, 1h, 2f, 3p, !i, 2g, 3 d, 4s ఈ శక్తిస్థాయిల అంతరణము దాదాపు స్థిరంగా సమాన విలువ కలిగి ఉంటుంది. శక్తిస్థాయిల సరాసరి అంతరణము,

$$\Delta E \cong \frac{h^2}{8ma^2} \simeq 120A^{-2/3} MeV \qquad 13.3$$

స్వతంత్ర కణ నమూనాకు ప్రాముఖ్యమైన పరీక్ష దానిని మ్యాజిక్ సంఖ్యల సమస్యకు అనువర్తించుటయే ప్రతి కేంద్రక కణం పౌలీవర్జన సూత్రాన్ని పాటిస్తున్నదని భావిస్తే ప్రతికక్ష్యా క్వాంటమ్ విలువ lకు అనుబంధమయిన స్థాయిలో $(2(2l+1)$ న్యూట్రాన్‌లు, $2(2l+1)$ ప్రోటాన్‌లు ఉంటాయి. దీని ఆధారంగా ఏ సంఖ్యతో శక్తిస్థాయిలు ప్రతి రకానికి చెందిన కేంద్రక కణాలతో నింపబడుతాయో క్రింద సూచించాము.

స్థాయిల క్రమము	1s	1p	1d	2s	1f	2p	1g	2d	3s
నింపబడే కణసంఖ్య $2(2l+1)$	2	6	10	2	14	6	18	10	2
మొత్తం కేంద్రక కణసంఖ్య $\Sigma Z(2l+1)$ Z లేదా N	2	8	18	20	34	40	58	68	70

పటము 13.4లో చూపినట్లు దీర్ఘచతురస్ర శక్మ బావికొనలను 'వృత్తీకరించుట'తో పైన వివరించిన అనుక్రమాన్ని కొంతమేరకు అభివృద్ధి పరచవచ్చు.



BRAOU

పటం 13.4 గుండ్రటి అంచుగల దీర్ఘచతురస్ర పొటెన్షియల్ బావి గుండ్రటి అంచు

ఇచ్చట U(r) ప్రమేయం అవరోహణ ప్రమేయంవలె కాకుండా శక్మబావి వెలుపలి విలువను తక్కువ నిటంగా పొందుతుంది. శక్మాకృతిలోని ఈ మార్పు వల్ల అధిక l విలువలు గల శక్తిస్థాయిలు, తక్కువ l విలువగల స్థాయిలకన్న అధికంగా ఉత్తితమౌతాయి. ఫలితంగా శక్తిస్థాయిలలో సమూహాలు ఏర్పడుతాయి. సమూహాలుగా ఏర్పడిన స్థాయిల అనుక్రమంలో మ్యాజిక్ సంఖ్యలను ప్రాగుప్తపరచవచ్చు.

స్థాయి	1s	1p	1d-2s	1f-2p	1g-2d-3s	1s-2f-3p
$2(2l+1)$	2	6	12	20	30	42
మొత్తం	2	8	20	40	70	112

పైన వివరించిన పటంలో మూడు సంఖ్యలు మ్యాజిక్ సంఖ్యలు, మిగిలినవి సరయినవికావు.

సిద్ధాంతపరంగా మ్యాజిక్ సంఖ్యలను సూచించుటకు అనువైన మార్పులను మేయర్, హాక్సెల్, జెన్‌సన్, సస్‌లు ప్రతిపాదించారు. ఆత్మభ్రమణం కక్ష్యా అన్యోన్య చర్యవలన ప్రతి కణస్థాయి విభజనకు లోనవుతుందని వీరు సూచించారు. సమాంతరంగా ఉన్న ఆత్మ భ్రమణ- కక్ష్యాభ్రామకాలను సంధానం చేసేవిధంగా అన్యోన్యచర్య ఉన్నప్పుడు s స్థాయిలు మినహాయించి ప్రతిస్థాయి రెండు

ఉపస్థాయిలుగా విభజనకులోనవుతుంది. ఈ ఉపస్థాయిలలో సంపూర్ణ కోణీయ భ్రామకం విలువలు $i=(l+\frac{1}{2}), i=(l-\frac{1}{2})$ ఉంటాయి.

1. $i=(l+1/2)$ స్థాయి, $i=(l-1/2)$ స్థాయికన్న అధికంగా బంధమై ఉంటుంది.
2. l విలువ పెరిగే కొద్దీ ఉపస్థాయిలమధ్య అంతరణం పెరుగుతుంది.
3. ప్రతి ఉపస్థాయి రెండు రకాలకు చెందిన (2l+1) కేంద్రక కణాలను కలిగి ఉంటుంది.

వివిధ ఉపస్థాయిలలో కేంద్రక కణాల సామూహిక వితరణ క్రింది విధంగా ఉంటుంది.

ఉపస్థాయి	$1s_{\frac{1}{2}}$	$1p_{3/2} - 1p_{\frac{1}{2}}$	$1d_{5/2} - 2s_{1/2} - 1d_{3/2}$	$1f_{7/2}$
(2i+1)	2	4+2	6+2+4	8
మొత్తం సంఖ్య	2	8	20	28

ఉపస్థాయి	$2p_{3/2} - 1f_{5/2} - 2p_{1/2} - 1g_{7/2}$	$- 2d - 3s1 - h_{11/2} hg_{/2}$	$- 2f - 3p - li_{13/2}$
(2i+1)	4+6+2+10	8+10+2+12	10+14+6 +14
మొత్తం సంఖ్య	50	82	126

పైన వివరించిన అనుక్రమమే నేడు వాడుకలో నున్న కర్పరనమూనా లెక్కింపునకు ఆధారం. దీని ద్వారా కేంద్రక భూస్థాయిల ధర్మాలను చక్కగా విశదీకరించవచ్చు. పై అనుక్రమం మ్యాజిక్ సంఖ్యలతో పూర్తిగా ఏకీభవించుటచేత కేంద్రకంలో కేంద్రక కణాల వితరణ కర్పరాకృతిలో ఉంటుందని నిరూపితమైంది. పటము 13.5 లో వివిధ శక్మబావులకు, ఆత్మభ్రమణ కక్ష్యసంధానం వలన, ఏర్పడే శక్తిస్థాయిల అనుక్రమం చూపినాము. కేంద్రకాల సంపూర్ణ కోణీయ భ్రామకపు విలువలను ప్రాగుప్త పరచుటకు, కేంద్రక సదృశతను అర్థం చేసికొనుటకు, కేంద్రక చతుర్ధ భ్రామకపు విలువలను విశ్లేషించుటకు కర్పరనమూనా ఎంతో ఉపయోగపడుతుంది.

13.4 కేంద్రక ద్రవటందు నమూనా

ద్రవబిందువుకు కేంద్రకానికి గల సాదృశ్యాలు ఆధారంగా కేంద్రక ద్రవబిందు నమూనా ప్రతిపాదితమైనది. ఉదాహరణకు కేంద్రక బలాల సంతృప్తి అల్పవ్యాప్తి ధర్మాలు ద్రవబిందువును పట్టిఉంచే బలాలకు సాదృశ్యంకలదు. ద్రవబిందువులో గాఢంగా సంపుటీకరణం చెందిన అణువుల మధ్య అన్యోన్య చర్యలు దాని సాంద్రతను స్థిరంగా ఉంచుతాయి. ద్రవబిందువు సాదృశ్యంగా తీసికొని, అత్యధిక సాంద్రతగల అసంపీడ్య ప్రవాహ బిందువుగా కేంద్రకాన్ని భావించవచ్చు. దీని సాంద్రత $10^{17} kgm^{-3}$ ద్రవబిందు నమూనాలో కేంద్రక కణాలమధ్య అన్యోన్య చర్యలు ప్రబలంగా ఉంటాయని ఊహించినారు. కేంద్రకానికి, ద్రవబిందువుకుగల సాదృశ్యాలను సాంప్రదాయక భావనలయిన స్థిర విద్యుత్ వికర్షణ, తలతన్యతలను ఆధారం చేసికొని వైజాగర్ అర్ధఅనుభవిక ద్రవ్యరాశి ఫార్ములాను ఉత్పాదించారు. ఈ ఫార్ములాని అర్ధ అనుభవిక బంధనశక్తి ఫార్ములా అని కూడా అంటారు. ఈ ఫార్ములా అస్థిర కేంద్రకాల బంధనశక్తిని, కేంద్రక విచ్ఛిత్తిలో ఉత్పన్నమయ్యే శక్తిని, ఆల్ఫాకణ ఉద్గారంలో వెలువడే ఆల్ఫాకణం శక్తిని ప్రాగుప్త పరచుటకు ఎంతో ఉపయోగపడుతుంది.

కేంద్రక బంధనశక్తిని ప్రభావితం చేసే వివిధ కారకాలను గణనలోకి తీసికొని ప్రాయోగిక, సిద్ధాంతరీత్యా పొందిన దత్తాంశం ఆధారంగా పై కారకాలను స్థిరాంకాలతో తూనీకరించి తద్వారా అర్ధ అనుభవిక ద్రవ్యరాశి ఫార్ములాని ఉత్పాదించినారు. ఈ ఫార్ములాని ఎలా రాబట్టవచ్చో ప్రస్తుతం చర్చిద్దాము.

A ద్రవ్యరాశిగల తటస్థ పరమాణు కేంద్రకంలో Z ప్రోటాన్‌లు, (A-Z) న్యూట్రాన్‌లు ఉంటాయి. ఈ తటస్థ పరమాణువు ద్రవ్యరాశి M అయిన

$$M = ZM_H + (A-Z)M_n - B \quad (13.4)$$

BRAOU

పై సమీకరణంలో B బంధనశక్తిని సూచిస్తుంది. M_H, M_n లు హైడ్రొజన్ పరమాణు ద్రవ్యరాశిని, న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశిని సూచిస్తాయి. B అనేక పదాల సముదాయము. ప్రతి పదము కేంద్రకం అభిలక్షణాలను సూచిస్తుంది. B ని క్రింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$B = B_o + B_1 + B_2 + \qquad 13.5$$

B విలువను సరిగా అభివర్ణించాలంటే కేంద్రక ధర్మాలను తెలిపే క్రింద సూచించిన ఊహనలను పరగణించాలి.

(1) కేంద్రకాన్ని అసంపీడ్య పదార్థపు బిందువుగా పరిగణించాలి. అన్ని కేంద్రకాల సాంద్రత ఒకే విలువను కలిగి ఉంటుంది.

(2) త్రిక (n-p), ఏక (n-p) బలాల భేదం లెక్కలోకి తీసికొనరాదు. కేంద్రక కణాలమధ్య పనిచేసే బలాలు ఆత్మభ్రమణ స్వతంత్రతను, ఆవేశ స్వతంత్రతను కలిగి ఉంటాయి. అంటే (np) = (nn) = (pp).

(3) కేంద్రక బలాలు అల్పవ్యాప్తి కలిగి అత్యంత సమీపకణాల మీద మాత్రమే పనిచేస్తాయి. ప్రతికేంద్రక కణం తన సమీపంలోగల అన్ని కణాలతోటి అన్యోన్య చర్యకు లోనవుతుంది.

, బంధనశక్తి B లోని వివిధ పదాలను క్రింద వివరించిన రీతిలో లెక్కకట్టవచ్చు.

(1) ఘనశక్తి. $A > 16$ గల అన్ని కేంద్రకాలకు కేంద్రక కణ బంధనశక్తి విలువ దాదాపు సమానంగా ఉంటుంది. అంటే బంధనశక్తికి మూలమైన శక్తి ద్రవ్యరాశి సంఖ్యకు అనుపాతంలో ఉండే పదంమీద ఆధారపడుతుంది. కేంద్రకం ఘన పరిమాణం A కి అనుపాతంలో ఉంటుంది. కనుక B పదాన్ని ఘనశక్తి పదము అంటారు. దీనిని క్రింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$B_o = a_v A \qquad 13.6$$

ఇచ్చట a_v అనియత స్థిరాంకం. దీనిని అనుభవిక ప్రక్రియతో లెక్కకట్టవచ్చు. కేంద్రక బలాలు వినిమయబలాలు కనుక ఘనశక్తిని వినిమయశక్తి అని కూడా పిలవవచ్చు.

(2) తలశక్తి కేంద్రకం ఉపరితలం వద్దగల కేంద్రక కణాలు సమీప పరిసర కణాలసంఖ్య కేంద్రకం లోపలి కణాల సమీప పరిసర కేంద్రక కణాల సంఖ్య కన్న తక్కువగా ఉంటాయి. తత్ఫలితంగా బంధనశక్తి లోపిస్తుంది. ఘనశక్తి పదాన్ని లెక్కకట్టేటప్పుడు అన్ని కేంద్రక కణాలు కేంద్రకం ఉపరితలం లోపలనే ఉన్నాయని ఊహించినాము. కనుక ఈ పదం నుంచి ఉపరితలంలోగల కేంద్రక కణాలకు సంబంధించిన దిద్దుబాటుపదాన్ని తీసివేయాలి. దీనిని తలశక్తిపదం అంటారు. ఇది ద్రవతలతన్యతకు సాదృశ్యమైన పదం. కేంద్రకం ఉపరితల వైశాల్యం $A^{2/3}$ కి అనుపాతంలో ఉంటుంది. కనుక తలశక్తి పదం B_1 ని క్రింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$B_1 = -a_s A^{2/3} \qquad 13.7$$

అనియత స్థిరాంకం a_s అనుభవిక దత్తాంశం ఆధారంగా లెక్కకట్టవచ్చు.

(3) కూలామ్ శక్తి కేంద్రకంలోని ప్రోటాన్‌ల మధ్య దీర్ఘవ్యాప్తి కూలామ్ వికర్షణ బలాలు పనిచేస్తాయి. కూలామ్ శక్తి బంధనశక్తిని తగ్గించుటకు దోహదం చేస్తుంది. కూలామ్ శక్తి పదం B_2 ని క్రింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$B_2 = -a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}} \qquad 13.8$$

ఇచ్చట

$$a_c = \frac{3e^2}{5R_o(4\pi\epsilon_o)} \qquad 13.9$$

BRAOU

సమీకరణం 13.9 లో $e, Ro, \in$ లు వరుసగా ప్రోటాన్ విద్యుదావేశాన్ని, ఒకే కేంద్రక కణంగల కేంద్రకం వ్యాసార్థాన్ని, యానక విద్యుత్ నిరోధక స్థిరాంకాన్ని సూచిస్తాయి. R_o విలువ $1.5 \times 10^{-15} m$.

(4) అసౌష్టవ శక్తి. కేంద్రక బంధనశక్తి లోటుకు అంశదానం చేసే శక్తి న్యూట్రాన్ ఆధిక్యత (A-2Z) మీద ఆధారపడుతుంది. దీనినే అసౌష్టవ శక్తి, B_a అంటారు. ఇది $\frac{(A-2\hbar)^2}{A}$ కి అనుపాతంలో ఉంటుంది. దీనిని క్రింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$B_3 = -a_a \frac{(A-2Z)^2}{A} \qquad 13.10$$

స్థిరాంకం a_a ని అనుభవిక పద్ధతితో లెక్కకట్టవచ్చు.

(5) యుగ్మశక్తి, ప్రోటాన్ న్యూట్రాన్‌లు సరిసంఖ్యగా గల కేంద్రకాలు అధిక స్థిరత్వాన్ని, అధిక లభ్యతను కలిగి ఉన్నాయి. కానీ ప్రోటాన్ న్యూట్రాన్‌ల సంఖ్య బేసిసంఖ్యగా గల కేంద్రకాలు అల్ప సంఖ్యగా గల కేంద్రకాల స్థిరత్వం మధ్యస్థంగా ఉంటుంది. దీనినే "బేసి-సరి" ఫలితం అంటారు. ఇంతవరకు కేంద్రకబలాలను ఆత్మభ్రమణ స్వతంత్రతను కలిగి ఉన్నాయని భావించడమే. ఈ "బేసి-సరి" ఫలితాన్ని యుగ్మశక్తి పదం B_1 తో క్రిందివిధంగా సూచించవచ్చు.

$$B_1 = +\delta/2A \text{ సరి } Z, \text{ సరి } N$$
$$= -\delta/2A \text{ బేసి } Z \text{ బేసి } N \qquad 13.11$$
$$= O \text{ సరి } Z, \text{ బేసి } N, \text{ బేసి } Z \text{ సరి } N$$

సమీకరణాలు 13.5 నుంచి 13.11 వరకు సమ్మిళించుట ద్వారా బంధనశక్తి ఫార్ములాని ఉత్పాదించవచ్చు.

$$B = B_o + B_1 + B_2 + B_2 + B_4 \qquad 13.12$$

$$B = a_v A - a_s A^{2/3 - a_c} \frac{Z^2}{A^{1/3}} - a_a \frac{(A-2Z)^2}{A} + \frac{\delta}{2A} \qquad 13.13$$

పై సమీకరణాన్ని సమీకరణం 13.4లో ప్రతిక్షేపించి పరమాణు ద్రవ్యరాశి ప్రమేయాన్ని

$$M(Z,A) = ZM_H + (A-Z)M_n - \frac{B}{C^2} \qquad 13.14$$

$$M_{(Z,A)} = ZM_H + (A-Z)M_n - \frac{a_v A}{C^2} + \frac{a_s A^{2/3}}{C^2} + \frac{a_c Z^2}{C^2 A^{1/3}} + a_a \frac{(A-2Z)^2}{C^2 A} \mp \frac{\delta}{2AC^2} \qquad 13.15$$

ఇచ్చట C కాంతి వేగాన్ని సూచిస్తుంది. ($C = 2.998 \times 10^8 ms^{-1}$

సిద్ధాంతరీత్యా గణించిన పరమాణుద్రవ్యరాశి విలువలను ప్రయోగరీత్యా కనుగొన్న ద్రవ్యరాశి విలువలతో సంధానపరచి పై సమీకరణాలలోని వివిధ స్థిరాంకాలను లెక్కకట్టవచ్చు $a_v, a_s, a_c, a_a \delta$ ఐదు స్థిరాంకాలను ఐదు కేంద్రకాల ద్రవ్యరాశి విలువలు ఆధారంగా గానీ, ఐదు కేంద్రక చర్యల ఆధారంగాగానీ లెక్క కట్టవచ్చు. ఈ ఐదు స్థిరాంకాలు ఆధారంగా న్యూక్లైడ్‌ల ద్రవ్యరాశిని ప్రాగుక్త పరచవచ్చు. ఈ విధంగా కనుగొన్న స్థిరాంకాల విలువలు క్రింది విధంగా ఉన్నాయి.

$$a_a = 14.0 MeV, a_s = 13.1 MeV$$

$$a_c = 0.64 MeV. a_a = 19.4 MeV$$

$$\delta = 270 MeV \text{ (సరి Z, సరి N)}$$

$$\delta = -270 \text{ MeV (బేసి Z, బేసి Z)} \qquad 13.16$$

ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్, హైడ్రోజన్ పరమాణువు ద్రవ్యరాశులను a.m.u లలో సూచిస్తే $M_H = 1.008142 a.m.u M_n = 1.008982 a.m.u$ స్థిరాంకాల విలువల సమీకరణం 13.16 నుంచి తీసికొన్నచో సమీకరణం 13.15 ని క్రిందివిధంగా సూచించవచ్చు.

BRAOU

$$M_{(Z.A)} + 0.99395A - 0.000984Z + 0.0141A^{2/3}$$

$$+0.021\frac{(A-2Z)^2}{A} + \frac{0.00063Z^2}{A^{1/3}} - \frac{\delta^1}{A} \qquad 13.17$$

ఇచ్చుట

$\delta = 0.145$ సరి Z, సరి N

= 0 సరి Z, బేసి N, బేసి Z, సరి N 13.18

= -0.145 బేసి Z, బేసి N

స్థిరాంకాల నిర్ణయంలో తీసికొనే దత్తాంశం విశ్లేషణను బట్టి సమీకరణం 13.17 ను పోలిన అనేక ఫార్ములాలు ఉత్పాదితమైనవి. వీటన్నింటిలో స్థిరాంకాల విలువలు కొద్దిగా మార్పు చెంది ఉంటాయి. అర్థ అనుభవిక ద్రవ్యరాశి లేదా బంధనశక్తి ఫార్ములా నుపయోగించి వివిధ Z, A విలువలుగల దాదాపు 5,000 కేంద్రకాల ద్రవ్యరాశి విలువలను లెక్కకట్టడం జరిగింది. ఈ విలువలు చాలమటుకు ఖచ్చితమైనవే. కానీ, ద్రవ్యరాశి లేదా బంధనశక్తి A, Z విలువ మీద ఆధారపడే లక్షణాలను అర్థఅనుభవిక ద్రవ్యరాశి ఫార్ములా పరిగణలోకి తీసికోలేక పోవడమే ఈ ఫార్ములాలోగల లోపము.

మాదిరి లెక్క 1

Po^{214} యొక్క అల్ఫాక్షయంలో ఉత్పన్నమయే శక్తిని, అర్థఅనుభవిక ద్రవ్యరా[illegible]ఫార్ములానుపయోగించి లెక్క కట్టుము.

$${}_{84}Po^{214} \rightarrow {}_{82}Pb^{210} + {}_{2}He^4 + Q$$

$$Q = \left\{M({}_{84}Po^{214}) - \left[M({}_{82}Pb^{210}) + M({}_{2}He^4)\right]\right\}931.48MeV$$

${}_{84}Po^{214}, {}_{82}Pb^{230}, {}_{2}He^1$ పరమాణువుల ద్రవ్యరాశులను అర్థఅనుభవిక ద్రవ్య[illegible] ఫార్ములా నుపయోగించి లెక్కకట్టవచ్చు. 1 a.m.u = 931.48 MeV కను a.m.u లలో ఏదేని న్యూక్లైడ్ ద్రవ్యరాశి

$$M({}_ZX^A) = Z(1.0078252) + (A-Z)(1.0086654) - \frac{14.0A}{931.48}$$

$$+\frac{13.1A^{2/3}}{931.48} + \frac{0.64Z^2}{93148A^{1/3}} + \frac{19.4(A-2Z)^2}{A(931.48)}$$

$$-\frac{270}{2A(931.48)}$$

$$M({}_{84}Po^{214}) = 84(1.0078252 + (214-81)(1.0086654)$$

$$-\frac{14.0\times214}{931.48} + \frac{13.1(214)^{2/3}}{931.48} + \frac{0.64(84)^2}{(214)^{1/3}(931.48)}$$

$$+\frac{19.4(214-168)^2}{214(931.48)} - \frac{270}{2(214)931.48} = 2140864a.m.u$$

$$M({}_{82}Pb^{210}) = 82(1.0078252) + (210-82)(1.0086654)$$

$$-\frac{14.0\times210}{931.48} + \frac{13.1(210)^{2/3}}{931.48} + \frac{0.64(82)^2}{(210)^{1/3}(931.48)}$$

$$+\frac{19.4[210-(164)^2]}{210(931.48)} - \frac{270}{2(210)(931.48)}$$

= 210.07791 a.m.u

$$M({}_2He^4) = 2(1.0078252) + 2(1.0086654) - \frac{14.0\times4}{931.48}$$

BRAOU

$$+\frac{13.1(4)^{2/3}}{931.48}+\frac{0.64(2)^2}{4^{1/3}(931.48)}+\frac{19.4(0)}{4(931.48)}$$

$$-\frac{270}{2(4)(931.48)}=3.9738a.m.u$$

$$\therefore Q=[214.0864-(210.07791+3.9738)]931.48$$

$$Q=[(0.03469)(931.48)=34.3MeV]$$

అర్థ అనుభవిక ద్రవ్యరాశి ఫార్ములా ప్రకారం Po^{214} క్షయంలో ఉత్పన్నమయే శక్తి 34.3 MeV. కానీ ప్రయోగపు విలువ 7.83 MeV. అర్థఅనుభవిక ద్రవ్యరాశి ఫార్ములా A > 16 ఉన్న న్యూక్లైడ్‌ల ద్రవ్యరాశులను మాత్రమే ఖచ్చితంగా ప్రాగుక్తపరచగలదు. కనుక అర్థఅనుభవిక ద్రవ్యరాశి ఫార్ములా నుపయోగించి కనుగొన్న $2He^4$ ద్రవ్యరాశి ప్రయోగపు విలువకన్న తక్కువ ఉంది. $2He^4$ యొక్క ప్రయోగపు ద్రవ్యరాశి 4.00387 a.m.u ఈ విలువను లెక్కలోకి తీసికొంటే

Q = [214.0864 - (210.07791) + (4.00387)] 931.48 MeV

Q = [214.0864 - 214.08178] 931.48 MeV

Q = (0.00462) (931.48) MeV = 4.3 MeV

అర్థఅనుభవిక ద్రవ్యరాశి ఫార్ములా నుపయోగించి కనుగొన్న Po^{214} యొక్క α క్షయంలో ఉత్పన్నమయే శక్తి 4.3 MeV ప్రయోగరీత్యా కనుగొన్న విలువ 7.83 MeV

మాదిరి లెక్క 2

అర్థఅనుభవిక బంధనశక్తి ఫార్ములానుపయోగించి Pb^{207} లోని తుది న్యూట్రాన్ బంధనశక్తిని లెక్కకట్టుము.

Pb^{207} లోని తుది న్యూట్రాన్ బంధనశక్తి - $=_{82}Pb^{207}$ బంధనశక్తి $_{82}Pb^{207}$ బంధనశక్తి.

అర్థ అనుభవిక బంధనశక్తి ఫార్ములా ఆధారంగా $_{82}Pb^{206}$ బంధనశక్తి

$$B.E(_{82}Pb^{206})=14(206)-13.1(206)^{2/3}-\frac{0.64(82)^2}{(206)^{1/3}}$$

$$-\frac{19.4(206-164)^2}{206}+\frac{270}{2(206)}$$

$$B.E(_{82}Pb^{206})=14(206)-13.1(7.515)-\frac{0.64(82)^2}{2.742}$$

$$-\frac{19.4(42)^2}{206}+\frac{270}{2(206)}=1532.97MeV$$

$$B.E(_{82}Pb^{207})=14(207)-13.1(207)^{2/3}-\frac{0.64(82)^2}{(207)^{1/3}}$$

$$-\frac{19.4(207-164)^2}{207}-0$$

(బేసి A, సరి Z న్యూక్లైడ్‌లకు $\delta=0$)

$$=14(207)-13.1(7.539)-\frac{0.64(82)^2}{2.746}-\frac{19.4(43)^2}{207}$$

1538.93 MeV

Pb^{207} యొక్క తుది న్యూట్రాన్ బంధనశక్తి

= (1538.93 - 1532.97) = 5.96 MeV

BRAOU

13.5 సారాంశం

అనేక కేంద్రక ధర్మాలు, ప్రోటాన్ లేదా న్యూట్రాన్ సంఖ్యలు సరిసంఖ్యలుగా 2, 8, 20, 50, 82, 126 ఉన్నప్పుడు నిర్దిష్టమైన భంగములను కలిగి ఉంటాయి. ఈ సరిసంఖ్య విలువలనే మ్యాజిక్ సంఖ్యలు అంటారు.

ఎలక్ట్రాన్ కర్పరాలవలె ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్ మ్యాజిక్ సంఖ్యలను, ప్రోటాన్ న్యూట్రాన్‌లతో సంవృత కర్పరాలు ఏర్పడుతాయని వ్యాఖ్యానించవచ్చు.

మేరియామేయర్, హక్సెల్, జెన్‌సన్, సస్‌లు కర్పర నమూనా ప్రతిపాదనలో ముఖ్యంగా పేర్కొనదగిన శాస్త్రజ్ఞులు. ప్రబలమైన ఆత్మభ్రమణ-కక్ష్యా సంధానాన్ని ఆధారం చేసికొని ఈ శాస్త్రజ్ఞులు మ్యాజిక్ సంఖ్యల వద్ద సంవృత కర్పరాకృతిని విజయవంతంగా ప్రాగుప్త పరచినారు. ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్ సంవృత కర్పరాలు స్వచ్ఛందంగా ఒకదానితో ఒకటి సంబంధం లేకుండా ఏర్పడుతాయి.

ద్రవబిందువుకు కేంద్రకానికి దగ్గర సామీప్యత కలదు. కేంద్రకంలో కేద్రక కణాలను బంధించి ఉంచే కేంద్రకబలాల ప్రకృతి ద్రవబిందువులో అణువులను బంధించి ఉంచే బలాల ప్రకృతి ఒకే సారూప్యతను కలిగివుంటాయి. ఈ సాదృశ్యం ఆధారంగా ద్రవబిందు నమూనా ఉత్పన్నమయింది. ద్రవబిందు నమూనా ఆధారంగా వైజాకర్ అర్ధఅనుభవిక ద్రవ్య లేక బంధనశక్తి ఫార్ములాని ప్రతిపాదించారు.

అర్ధ అనుభవిక ద్రవ్య ఫార్ములా ఆధారంగా కేంద్రకాల ద్రవ్యరాశిని విజయవంతంగా ప్రాగుప్త పరచవచ్చు.

13.6 నమూనా ప్రశ్నలు

I. **క్రింది ప్రశ్నలకు సమాధానాలు విశదంగా రాయండి.**

1. కేంద్రకంలో కేంద్రక కణాలకు వర్తించే మ్యాజిక్ సంఖ్యల ప్రాముఖ్యతను తెలిపే కేంద్రక లక్షణాలను గూర్చి వివరించండి.
2. న్యూట్రాన్ ప్రోటాన్‌ల సంఖ్యలు మ్యాజిక్ సంఖ్యతో సమానమైనప్పుడు కర్పరాకృతి ఏర్పడుటను కర్పర నమూనా ఆధారంగా వివరించండి.
3. కేంద్రక ద్రవబిందు నమూనా ఆధారంగా అర్ధ అనుభవిక ద్రవ్యరాశి ఫార్ములాను ఉత్పాదించండి. ఈ ప్రాముఖ్యతను వివరించండి.

II. **ఈ క్రింది సమస్యలను సాధించండి.**

1. $_{92}U^{235}$ కణ బంధశక్తిని కనుగొనుము $_{92}U^{235}$ పరమాణు ద్రవ్యరాశి 235.118 a.m.u హైడ్రోజన్ పరమాణు ద్రవ్యరాశి 1.0078 a.m.u న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశి 1.00867 a.m.u

   (జ. 7.29 MeV)

2. $_{82}Pb^{208}$, $_{83}Pi^{209}$ ల ద్రవ్యరాశిని అర్ధ నుభవిక ద్రవ్యరాశి ఫార్ములా నుపయోగించి కట్టుము.

   (జ. $208.0739 a.m.u, 209.0776 a.m.u$)

3. Pb^{208} కడపటి న్యూట్రాన్ బంధనశక్తిని అర్ధ అనుభవిక బంధనశక్తి ఫార్ములా నుపయోగించి కనుగొనండి.

   (జ. 7.03 MeV)

BRAOU

భాగం-14 : కేంద్రక విచ్ఛిత్తి సంలీనం

విషయక్రమం

14.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు
14.2 ప్రవేశిక
14.3 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి ఆవిష్కరణ
14.4 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యలు
14.5 ద్రవబిందు నమూనా ఆధారంగా కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్య వివరణ
14.6 వివిధ రకాలయిన విచ్ఛిత్తి చర్యలు
14.7 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యలో శక్తి ఉత్పాదన
14.8 కేంద్రక సంలీనం
14.9 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి సంలీనచర్యలలో విడుదలయ్యేశక్తిని ఉపయోగించే విధానము
14.10 కేంద్ర రియాక్టరులు
14.11 సారాంశం
14.12 నమూనా ప్రశ్నలు
14.13 పదకోశం
14.14 చదువదగిన గ్రంథాలు

14.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో కేంద్రక విచ్ఛిత్తి దృగ్విషయ వివరణ ఉంది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. కేంద్రక విచ్ఛిత్తి దృగ్విషయాన్ని తద్వారా శక్తి విడుదలను చర్చించగలుగుతారు.
2. కేంద్రక విచ్ఛిత్తి ప్రక్రియను నియంత్రం చేయుటకు అవసరమయిన నిబంధలను వివరించగలరు.
3. సూర్యుడు, నక్షత్రాలలో జరిగే వివిధ సంలీన ప్రక్రియలను, విడుదల అయ్యే శక్తిని కేంద్రక సంలీన దృగ్విషయ సహాయంతో విశదీకరించగలరు.

14.2 ప్రవేశిక

కేంద్రక చర్యలకు ఐన్‌స్టీన్ ప్రతిపాదించిన ద్రవ్యరాశి-శక్తి సంబంధం అనువర్తిత మౌటచే కేంద్రకం శక్తి స్థానంగా నిర్ధారించవచ్చు. కేంద్రకచర్యలో ఏర్పడే ద్రవ్యరాశి లోపం శక్తిగా మార్పుచెందుతుంది. ఈ శక్తి ఉష్ణరూపంలోను, కణాల గతిజశక్తి రూపంలోను, ఉత్పాదిత కేంద్రకాలు ఉత్తేజిత స్థితిలో ఏర్పడుట ద్వారాను బహిర్గతమౌతుంది. కేంద్రక విచ్ఛిత్తి, కేంద్రక సంలీన చర్యలు ప్రత్యేకతగల కేంద్రక చర్యలు. ఈ చర్యలలో బహిర్గతమయ్యే శక్తి చాలా అధికంగా ఉంటుంది. ఈ చర్యలు నియంత్రితం కానిచో అవి సంతతంగా కొనసాగి అత్యధిక శక్తి ఉత్పన్నమవుతుంది. ఈ శక్తి పదార్థ సముదాయాన్ని తద్వారా సంస్కృతిని నాశనపరుస్తుంది. ఈ భాగంలో కేంద్రక విచ్ఛిత్తి, సంలీన చర్యలు ఆవిష్కరణ, రియాక్టర్‌లలో ఈ చర్యల నియంత్రిత విధానం తద్వారా వీటి ఉపయోగం మొదలగు విషయాలను గూర్చి అధ్యయనం చేద్దాము.

BRAOU

14.3 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి ఆవిష్కరణ

యురేనియమ్‌చే మందగతి న్యూట్రాన్‌ల శోషణ ప్రక్రియను ఫెర్మి తదితర శాస్త్రజ్ఞులు పరిశోధించారు. తత్ఫలితంగా న్యూట్రాన్‌ని శోషించుకొని ఏర్పడిన U^{239} బీటాకణ ఉద్గారం వలన క్షయానికి లోనయి ట్రాన్స్‌యురానిక్ మూలకాల ఉత్పాదన వీలవుతుందని నిర్ధారించడం జరిగింది.

$${}_{92}U^{218} + {}_{O}n^{1} \rightarrow {}_{92}U^{239} + \ (\gamma \text{ గామవికిరణం}) \qquad 14.1$$

$${}_{92}U^{239} \rightarrow {}_{-1}e^{o} + {}_{93}Np^{239} \qquad 14.2$$

T = 23 నిముషాలు

$${}_{92}Np^{239} \rightarrow {}_{-1}e^{o} + {}_{94}Pu^{239} \qquad 14.3$$

T = 23 దినాలు

${}_{94}Pu^{239}$ అల్ఫాకణ ఉద్గారి. దీని అర్ధజీవనకాలం 24,400 సంవత్సరాలు సమీకరణం 14.1 చర్యతో మొదలై బీట కణక్షీణత వలన Np^{239}, Pu^{239} ఉత్పాదితమౌతాయి. కానీ ప్రయోగఫలితాల తదితర బీటా క్రియాశీలతలను కూడా సూచించాయి. న్యూట్రాన్‌తో తాడనానికి గురైన యురేనియమ్ చర్యను ప్రయోగాత్మకంగా O హాన్, E స్ట్రాస్‌మన్‌లు పరిశీలించి ఆల్కలైన్ ఎర్త్‌లోహాలు ఏర్పడుతాయని సూచించారు. ఈ ఆల్కలైన్ ఎర్త్‌లోహాలు బీటా క్రియాశీలతకలవి. బేరియమ్ గాఢ బీటా క్రియాశీలత కలదిగా కనుగొనబడినది.

$$Ba\left(\overset{\beta^-}{\rightarrow}\right)La\left(\overset{\beta^-}{\rightarrow}\right)Ce \qquad 14.4$$

Oహాన్, F స్ట్రాస్‌మన్‌ల పరిశోధనలను వివరించుటకు 1938లో ఫ్రిష్, మీట్నర్ శాస్త్రజ్ఞులు కేంద్రక విచ్ఛిత్తి భావనను ప్రవేశపెట్టినారు. ఈ విచ్ఛిత్తి ప్రక్రియలో భారమూలకం తక్కువ ద్రవ్యరాశిగల ఖండాలుగా విడగొట్టబడుతుంది. కేంద్రక విచ్ఛిత్తిని ఆవిష్కరించిన ఘనత Oహాన్, F స్ట్రాస్‌మన్‌లకు దక్కింది. బేసి ద్రవ్యరాశి సంఖ్యగల $U^{233}, U^{235}, Pu^{239}$ తదితర న్యూక్లైడ్‌లు మందగతి న్యూట్రాన్‌లచేత, సరి ద్రవ్యరాశి సంఖ్యగల Th^{232}, U^{238} మొదలగు న్యూక్లైడ్‌లు పది న్యూట్రాన్‌ల చేత కేంద్రక విచ్ఛిత్తికి లోనవుతాయని కనుగొనబడినది.

14.4 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యలు

మందగతి న్యూట్రాన్‌ని శోషించుకొన్న U^{235} యొక్క విచ్ఛిత్తి చర్య క్రింది విధంగా ఉంటుంది.

$${}_{0}n^{1} + {}_{92}U^{235} \rightarrow {}_{92}U^{236} \rightarrow {}_{56}Ba^{141} + {}_{36}Kr^{92} + 3{}_{o}n^{1} + Q \qquad 14.5$$

Q విచ్ఛిత్తి చర్యలో వెలువడే శక్తి.

${}_{56}Ba^{141}, {}_{36}Kr^{92}$ న్యూక్లైడ్‌లు అస్థిరమైనవి. ఇవి బీటా కణ ఉద్గారం వలనగానీ, ఒకటి లేక అంతకంటె ఎక్కువ న్యూట్రాన్‌ల ఉద్గారం వలనగానీ స్థిరత్వాన్ని పొందుతాయి. విచ్ఛిత్తి ప్రక్రియ జరిగిన తర్వాత కొంత కాలవ్యవధిలో విడుదలయే న్యూట్రాన్‌లను విలంబిత న్యూట్రాన్‌లు అంటారు. కేంద్ర రియాక్టర్ నియంత్రిత ప్రక్రియలో ఈ విలంబిత న్యూట్రాన్‌లు సమున్నతమైన పాత్ర వహిస్తాయి. Ba, Kr ల క్షీణత క్రింద సూచించిన విధంగా ఉంటుంది.

$${}_{56}Ba^{141}\left(\overset{\beta^-}{\rightarrow}\right)57La^{141}\left(\overset{\beta^-}{\rightarrow}\right)_{58}Ce^{141}\left(\overset{\beta^-}{\rightarrow}\right)_{59}Pr^{111} \qquad 14.6$$

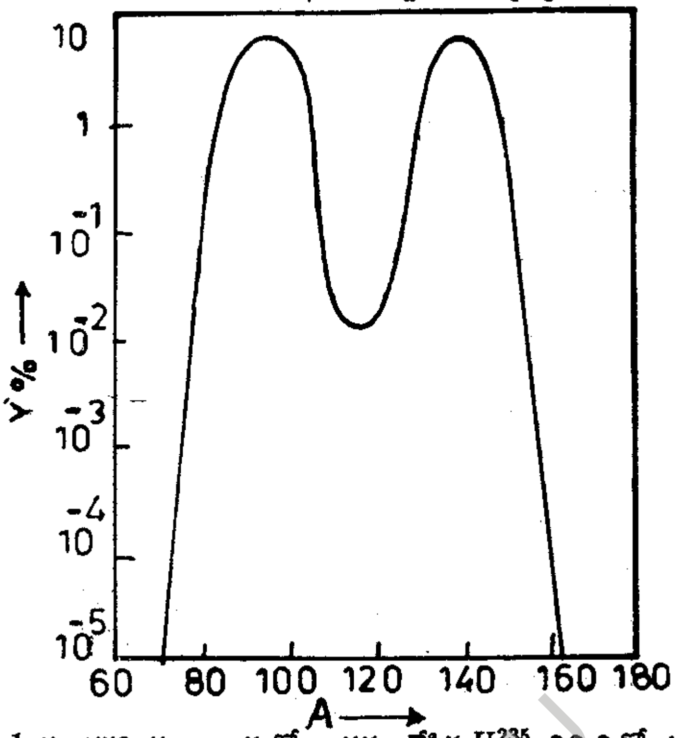
18 min. 3.7 hr 28 d

$${}_{36}Kr^{92}\left(\overset{\beta^-}{\rightarrow}\right)_{37}Rb^{92}\left(\overset{\beta^-}{\rightarrow}\right)_{38}Sr^{92} \rightarrow {}_{39}Y^{92} \rightarrow {}_{40}Zn^{92} \qquad 14.7$$

2.4 s 2.7 hr 3.5 hr

BRAOU

యురేనియమ్ కేంద్రకం వివిధ రీతులతో విచ్ఛిత్తి నొందుతుంది. U^{235} విచ్ఛిత్తి ఈగు వక్రము పటం 14.1లో చూపిన విధంగా ఉంటుంది. విచ్ఛిత్తి ఉత్పాదితాల ద్రవ్యరాశి



పటం 14.1 మందగతి న్యూట్రానులో తాడనం చేసిన U^{235} విచ్ఛిత్తిలో ద్రవ్యం ఈగు ; % (Y) కి విచ్ఛిత్తి ఉత్పాదకాల ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A కి గ్రావు (అర్ధఘాతాంక స్కేలులో)

సంఖ్య 72 నుంచి 160 వరకు వ్యాపించి ఉంటుంది. కేంద్రక విచ్ఛిత్తి దాదాపు 97%U^{235} కేంద్రకాలు విడుదలచేసే ఉత్పాదితాలు రెండు సమూహాలకు చెంది ఉంటాయి. ఒకటి ద్రవ్యరాశి సంఖ్య 85 నుంచి 104 వ్యాప్తిగల తేలిక సమూహానికి, రెండవది ద్రవ్యరాశి సంఖ్య 130 నుంచి 149 వ్యాప్తిగల భారసమూహానికి చెంది ఉంటాయి. అత్యంత సంభావ్యతగల విచ్ఛిత్తి చర్యలో ఉత్పాదితాల ద్రవ్యరాశి 95, 139 ఉంటాయి. ఇలాంటి చర్య మొత్తం విచ్ఛిత్తితో 7% ఉంటుంది. ఇలాంటి చర్యను క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$_0n^1 + _{92}U^{235} \rightarrow _{92}U^{236} \rightarrow _{57}La^{139} + _{42}Mo^{95} + 2_0n^1 + Q \qquad 14.8$$

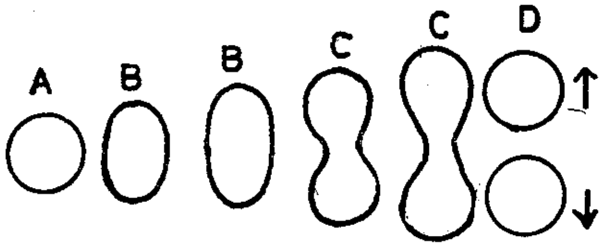
ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A = 117 కు సంబంధించి విచ్ఛిత్తి ఈగు వక్రము సొష్టవంగా ఉంటుంది. U^{235}, Pu^{239} ల సాధారణ విచ్ఛిత్తి ఈగు వక్రాలు U^{235} విచ్ఛిత్తి ఈగు వక్రానికి సదృశంగా ఉంటాయి. వడి న్యూట్రాన్‌లతోను తదితర కణాలైన ఆల్ఫాకణాలలోను, డ్యూట్రాన్‌లతోను జరిగే విచ్ఛిత్తి ప్రక్రియలో విచ్ఛిత్తి ఈగు వక్రం అసొష్టవంగా ఉంటుంది.

14.5 ద్రవబిందు నమూనా ఆధారంగా కేంద్రకవిచ్ఛిత్తి చర్య వివరణ

కేంద్రక ద్రవబిందు నమూనా ఆధారం చేసికొని N. బోర్, J.A. విలర్‌లు కేంద్రక విచ్ఛిత్తిని సిద్ధాంతపరంగా వివరించారు. ద్రవబిందువులో తలతన్యతా బలాలు ద్రవబిందువును స్థిరంగా ఉంచుతాయి. కేంద్రకాన్ని కేంద్రక బలాలు స్థిరస్థితిలో ఉంచుతాయి. ద్రవబిందువు చిన్న చిన్న బిందువులుగా విడిపోవుటకుగానీ, కేంద్రకం విచ్ఛిత్తి నొందాలన్న అవి తగినంతగా విరూపణ చెందాలి. ఇది జరగాలంటే వాటికి అధికంగా శక్తి అందివ్వాలి.

భారకేంద్రకం న్యూట్రాన్‌ని శోషించుకొన్నప్పుడు సంయుక్త కేంద్రకం ఏర్పడుతుంది. భారకేంద్రకం పొందినశక్తి అది శోషించుకొన్న న్యూట్రాన్ బంధనశక్తికి, న్యూట్రాన్ గతిజ శక్తికి సమానంగా

ఉంటుంది. ఇలా అధికంగా పొందిన శక్తి వలన కేంద్రకం ద్రవబిందువు వలె తీవ్రమైన డోలనాలకు లోనవుటకు నిర్దిష్టమైన సంభావ్యతను కలిగి ఉంటుంది. ఈ డోలనాల వలన కేంద్రకం ఆకృతి విరూపణ చెంది పటము 14.1 లో చూపినట్లు దీర్ఘవృత్తాభాసాకృతిని



పటం 14.2 కేంద్రక ద్రవబిందు నమూనా ఆధారంగా కేంద్రక విచ్ఛిత్తిలో జరిగే అనుక్రమచర్యలు

(B) పొందుతుంది. న్యూట్రాన్ శోషణ వలన పొందిన శక్తిచేత కేంద్రకం B ఆకృతికన్న అధిక విరూపణ చెందుటకు వీలులేనప్పుడు అంతః కేంద్రక బలాలవలన కేంద్రకం తిరిగి గోళాకృతికి మారుతుంది. ఫలితంగా శక్తి గామా వికిరణ రూపంలోగానీ, వేరే కణ రూపంలోగానీ విడుదలవుతుంది. కానీ కేంద్రకం పొందిన ఉత్తేజితశక్తి తగినంత అధికంగా ఉన్నప్పుడు కేంద్రకం డంబ్‌బెల్ ఆకృతి (C) ని పొందుతుంది. ఇప్పుడు C చివరల గల ధన విద్యుదావేశాలమధ్య ఉండే స్థిర విద్యుత్ వికర్షణ బలాన్ని సంహరిత ప్రాంతంలో గల బంధనశక్తి అధిగమించలేదు. అందుచేత కేంద్రకం స్థితి A ని పొందజాలదు. ఫలితంగా వ్యవస్థ D స్థితిని అంటే విచ్ఛిత్తిని పొందుతుంది. వైరైన రెండు ఖండాలు వ్యతిరేక దిశలలో ముందుకు దూసుకొని పోతాయి. పైన వివరించిన శ్రేణీకృత చర్యలు, పై చర్యలో నికరమైన ద్రవ్యరాశి లోపం ఏర్పడినప్పుడే జరుగుతాయి.

ద్రవబిందు సిద్ధాంతపరంగా కేంద్రం విచ్ఛిత్తిలో అత్యంత సంభావ్యతా విభజన అది రెండు సమఖండాలుగా ఏర్పడుటయే. కానీ ప్రయోగరీత్యా ఖండాల ద్రవ్యరాశి విభజనలో అసౌష్టవత ఉన్నట్లు తేలింది. ఈ అసౌష్టవతను కేంద్రకం కర్పర నిర్మాణం ఆధారంగా విపులీకరించవచ్చు. కేంద్రకాన్ని కేంద్రక కణాలుగల అనేక పొరలుగా ఊహించవచ్చు. కేంద్రక ఉపరితలం ఒక సందిగ్ధ విరూపణ చెందినప్పుడు బాహ్య కేంద్రక కర్పరాలు సౌష్టవ రీతిలో వైదొలగబడుతాయి. గట్టిగా బంధితమైన అంతర్భాగం విడివడక కేంద్రక కణాలను తనలోనే అంటిపెట్టుకొని వైదొలగబడుతుంది. ఫలితంగా వివిధ ద్రవ్యరాశిగల విచ్ఛిత్తి ఖండాలు ఉత్పాదితమౌతాయి.

14.6 వివిధ రకాలయిన విచ్ఛిత్తి చర్యలు

కేంద్ర విచ్ఛిత్తి న్యూట్రాన్‌లతోనే కాకుండా ఇతర శక్తివంతమైన కణాలైన ఫోటాన్, ప్రోటాన్ మొదలగు వాటితో గూడా ఏర్పడుతుంది.

(a) ఫోటో విచ్ఛిత్తి, అధికశక్తిగల ఫోటాన్‌లు ${}_{90}Th^{230}, {}_{92}U^{233}, {}_{92}U^{235}, {}_{92}U^{238}, Pu^{239}$ న్యూక్లైడ్‌లతో విచ్ఛిత్తిని ప్రేరేపిస్తాయి.

(b) తేలిక కేంద్రకాల విచ్ఛిత్తి. Cu^{63} ని ప్రోటాన్‌లతో తాడనం చేసినప్పుడు కేంద్రక విచ్ఛిత్తి జరుగుతుంది.

$${}_{29}Cu^{63} +_1 H^1 \rightarrow_{30} Zn^{64} \rightarrow_{17} Cl^{38} +_{13} Al^{25} +_o n^1 + Q_1 \quad 14.9a$$

$$\rightarrow_{17} Cl^{32} + p + n + 6_2He^4 + Q_2 \quad 14.9b$$

$$\rightarrow_{11} Na^{24} +_{19} K^{39} +_o n^1 + Q_3 \quad 14.9c$$

$$\rightarrow_{11} Na^{24} +_1 H^1 + 3_o n^1 + 9_2He^4 + Q_4 \quad 14.9d$$

సమీకరణాలు 14.9b, 14.9d సూచించే చర్యలలో అనేక కణాలు విడుదలవుతాయి. అందుచేత ఈ

BRAOU

చర్యలను బహూళకణ చర్య (Spallation reaction) అని అంటారు.

(c) తృతీయవిచ్ఛిత్తి, కేంద్రక విచ్ఛిత్తిలో కొన్ని సందర్భాలతో మధ్యస్థ ద్రవ్యరాశి గల మూడు ఖండాలు విడుదలవుతాయి. మందగతి న్యూట్రాన్‌లతో తాడనానికి గురైన $_{92}U^{235}$ ప్రతి 10^6 ద్వంద్వ విచ్ఛిత్తిలోను 4.3 తృతీయ విచ్ఛిత్తి చర్యలు జరుగుతాయి.

(d) స్వచ్ఛంద విచ్ఛిత్తి

Z = 90, A = 230 నుంచి Z = 95, A = 241 మధ్యలో గల భారకేంద్రకాలు స్వచ్ఛంద విచ్ఛిత్తికి లోనవుతాయి.

14.7 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యలో శక్తి ఉత్పాదన

క్రింది వివరించిన కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యను పరిశీలిద్దాము.

$$_on^1 +_{92} U^{235} \rightarrow_{92} U^{235} \rightarrow_{57} La^{139} +_{42} Mo^{95} + 2_on^1 + Q \qquad 14.10$$

పరమాణు ద్రవ్యరాశులు $_On^1 = 1.009a.m.u.$
$_{92}U^{235} = 235.118a.m.u_{57}La^{139} = 138.950a.m.u_{42}Mo^{95} = 94.936a.m.u$

పై చర్యలో ద్రవ్యరాశి లోపం ΔM ని లెక్కకట్టి తద్వారా విచ్ఛిత్తి చర్యలో వెలువడే శక్తి Q ని కనుగొనవచ్చు.

$$\Delta M = [(1.009 + 235.118) - (138.950 + 94.936 + 2 \times 1.009)] = 0.223a.m.u$$

1 a.m.u = 931.48 MeV కనుక 0.223 a.m.u ద్రవ్యరాశిలోపం కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యలో ఏర్పడినప్పుడు విడుదలయే శక్తి Q ని క్రింది సమీకరణంతో కనుగొనవచ్చును.

$$Q = \Delta M \times 931.48 = 208MeV$$

కేంద్రక విచ్ఛిత్తి దాదాపు 30 రకాలుగా జరుగడానికి వీలుంది. ఈ అన్ని విధాలయిన చర్యలలోను ఏర్పడే ద్రవ్యరాశి లోపం దాదాపు సమానంగా ఉంటుంది. కనుక U^{235} విచ్ఛిత్తిలో విడుదలయే సరాసరి శక్తి 210 MeV ఈ శక్తి విచ్ఛిత్తి చర్యలో ఏర్పడే ఉత్పాదితాలలో క్రింది విధంగా వితరణ చెందుతుంది.

విచ్ఛిత్తి ఖండాల గతిజశక్తి	165 MeV
న్యూట్రాన్‌ల గతిజశక్తి	5 MeV
తత్కాల గామా వికిరణశక్తి	8 MeV
విచ్ఛిత్తి ఖండాలు ఉద్గారం చేసే గామా వికిరణ శక్తి	6 MeV
న్యూట్రినోల శక్తి	11 MeV

14.8 కేంద్రక సంలీనం

తేలిక మూలకాల సంయోగంతో భారమూలకం ఏర్పడే కేంద్రక చర్యను కేంద్రక సంలీనం అంటారు. సంలీన చర్యలో ఏర్పడే మూలకం ద్రవ్యరాశి సంలీన చర్యలో పాల్గొనే తేలిక మూలకాల ద్రవ్యరాశికన్న తక్కువగా ఉంటుంది. ఫలితంగా సంలీన చర్యలో శక్తి విడుదలౌతుంది. సంలీన చర్యలు దాదాపు $10^{8o}C$గల అత్యధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద జరుగుతయి. అందుచే సంలీన చర్యలను తాప కేంద్రక చర్యలు అంటారు. అత్యధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద పరమాణువులు ఎలక్ట్రాన్‌లను కోల్పోయి కేంద్రకాలుగా ఏర్పడతాయి.

BRAOU

ఈ ఎలక్ట్రాన్‌లు కేంద్రకాల మధ్య స్వేచ్ఛగా తిరుగుతుంటాయి. సంలీనచర్య ఏర్పడాలంటే కేంద్రకాలను ఒకదానికొకటి అతి సమీపంగా తీసికొనిరావాలి. కేంద్రకాలు ధనవిద్యుదావేశ పూరితాలు గనుక వాటి మధ్యగల విద్యుత్ వికర్షణను అధిగమించి ఒకదానికొకటి దగ్గరగా రావాలంటే వాటి వేగం అత్యధికంగా ఉండాలి. హైడ్రొజన్ ఐసోటోప్‌లు సంలీనచర్యలో పాల్గొనాలంటే వాటి గతిజశక్తి దాదాపు 0.1 MeV ఉండాలి. ఇంతటి గతిజశక్తి పొందాలంటే ఉష్ణోగ్రత 10^8 నుంచి $10^{9\circ}C$ వరకు ఉండాలి. ఇది సూర్యుడు నక్షత్రాలలో ఉండే ఉష్ణోగ్రత కన్న అధికం. కానీ కేంద్రకాల శక్తి మాక్స్‌వెలియన్ వితరణను కలిగి ఉంటుందనిభావిస్తే $10^{7\circ}C$ వద్ద కూడా కొన్ని కేంద్రకాలు పైన పేర్కొన్న శక్తిని కలిగి ఉండుటకు వీలుంది. సాధారణంగా సూర్యుడు నక్షత్రాలలో ఈ ఉష్ణోగ్రత ఉంటుంది. $20 \times 10^{6\circ}C$ వద్ద కేంద్రకాల సరాసరి శక్తి 0.002 MeV. కానీ కొన్ని కేంద్రకాలు 0.1 MeV క్రమంలో శక్తిని కలిగి ఉంటాయి. ఇంతటి శక్తిగల ఈ కేంద్రకాలే సంలీనచర్యలో పాల్గొంటాయి.

మాదిరి లెక్క 1

నాలుగు హైడ్రొజన్ పరమాణువులు సంలీనం చెంది హీలియమ్ పరమాణువు ఏర్పడినప్పుడు వెలువడే శక్తిని లెక్కకట్టుము. హైడ్రొజన్ పరమాణువు ద్రవ్యరాశి 1.00814 a.m.u హీలియమ్ పరమాణువు ద్రవ్యరాశి, 4.00387 a.m.u

సంలీనచర్య

$${}_1H^1 +_1 H^1 +_1 H^1 \rightarrow_2 He^4 + Q \qquad 14.11$$

నాలుగు హైడ్రొజన్ పరమాణువుల ద్రవ్యరాశి 1.00814 × 4 = 4.03256 a.m.u హీలియమ్ పరమాణువు ద్రవ్యరాశి = 4.0 0387 a.m.u

ద్రవ్యరాశి లోపం $= \Delta M = 0.02869 a.m.u$

విడుదలయిన శక్తి $Q = \Delta M \times 931.48$

$$= 0.02869 \times 931.48 = 26.7 MeV$$

వివిధ రకాలయిన తాప కేంద్రక చర్యలలో పేర్కొన్న దగినవి హైడ్రొజన్, డ్యూట్రాన్, ట్రిషియమ్ ఐసోటోప్ సంయోగంతో హీలియమ్ ఏర్పడే చర్యలు. సూర్యుని నుంచి, నక్షత్రాలనుంచి వెలువడే శక్తికి రెండురకాలయిన చర్యలు కారణభూతమని H.A బెతె సూచించారు. ఇవి

1. కార్బన్ - నైట్రొజన్ చక్రీయ చర్య. నాలుగు ప్రోటాన్‌లు సంయోగం చెంది హీలియమ్‌గా ఏర్పడు ఈ ప్రక్రియలో కార్బన్ ఉత్ప్రేరకంగా పనిచేస్తుంది.

2. ప్రోటాన్ - ప్రోటాన్ గొలుసు. ఈ చర్యలో మొదటి పదం రెండు ప్రోటాన్‌లు సంయోగం చెంది డ్యూట్రాన్ ఏర్పడుతుంది.

కార్బన్-నైట్రొజన్ చక్రీయ చర్యను క్రింది వివరించిన రీతిలో జరుగుతుంది.

$${}_6C^{12} +_1 H^1 + \rightarrow_7 N^{13} + \gamma + Q_1 \qquad 14.12$$

${}_7N^{13}$ అర్ధజీవనకాలం 10.1 m గల రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్. ఇది క్రింది విధంగా క్షీణిస్తుంది.

$${}_7N^{13} \rightarrow_6 C^{13} +_1 e^o + \nu \qquad 14.13$$

పై చర్యలలో $+_1e^o, \nu$ లు బీటాకణం న్యూట్రినోలు.

$${}_6C^{13} +_1 H^1 \rightarrow_7 N^{14} + \gamma + Q_2 \qquad 14.14$$

$${}_7N^{14} +_1 H^1 \rightarrow_8 o^{15} + \gamma + Q_3 \qquad 14.14a$$

BRAOU

$_8o^{15}$ రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్. దీని అర్ధజీవనకాలం 20.05 m ఇది క్రింది విధంగా క్షీణిస్తుంది.

$$_8o^{15} \rightarrow _7 N^{15} + _{+1} e^{\circ} + \nu \qquad 14.15$$

$$_7N^{15} + _1 H^1 \rightarrow _6 C^{12} + _2 He^4 + Q_1 \qquad 14.16$$

ఫలిత చర్య

$$4 _1H^1 \rightarrow _2 He^4 + 2 _{+1}e^{\circ} + 2\gamma + Q + 2\gamma \qquad 14.17$$

ప్రోటాన్ - ప్రోటాన్ గొలుసు క్రింద వివరించిన విధంగా జరుగుతుంది.

$$_1H^1 + _1 H^1 \rightarrow _1 H^2 + _{+1} e^{\circ} + \nu + Q_1 \qquad 14.18$$

$$_1H^2 + _1 H^1 \rightarrow _2 He^3 + \gamma + Q_2 \qquad 14.19$$

$$_2He^3 + _2 He^3 \rightarrow _2 He^4 + 2 _1H^1 + Q_3 \qquad 14.20$$

ఫలితచర్య

$$4 _1H^1 \rightarrow _2 He^4 + 2\nu + 2 _{+1}e^{\circ} + 2\gamma + Q \qquad 14.21$$

మరొక ప్రోటాన్-ప్రోటాన్ గొలుసు క్రింద వివరించిన చర్యలతో కూడుకొని ఉంటుంది.

$$_1H^1 + _1 H^1 \rightarrow _1 H^2_{+1} e^{\circ} + \nu \qquad 14.22$$

$$_1H^1 + _1 H^2 \rightarrow _2 He^3 + \gamma \qquad 14.23$$

$$_2He^3 + _2 He^4 \rightarrow _4 Be^7 + \gamma \qquad 14.24$$

$$_4Be^7 + _{-1} e^{\circ} \rightarrow _3 Li^7 + \nu + \gamma \qquad 14.25$$

$$_3Li^7 + _1 H^1 \rightarrow _2 He^4 + _2 He^4 \qquad 14.26$$

మరియు

$$_4Be^7 + _1 H^1 \rightarrow _5 B^8 + \gamma \qquad 14.27$$

$$_5Be^8 \rightarrow _4 Be^8 + _{+1} e^{\circ} + \nu \qquad 14.28$$

$$_4Be^8 \rightarrow _2 He^4 + _2 He^4 \qquad 14.29$$

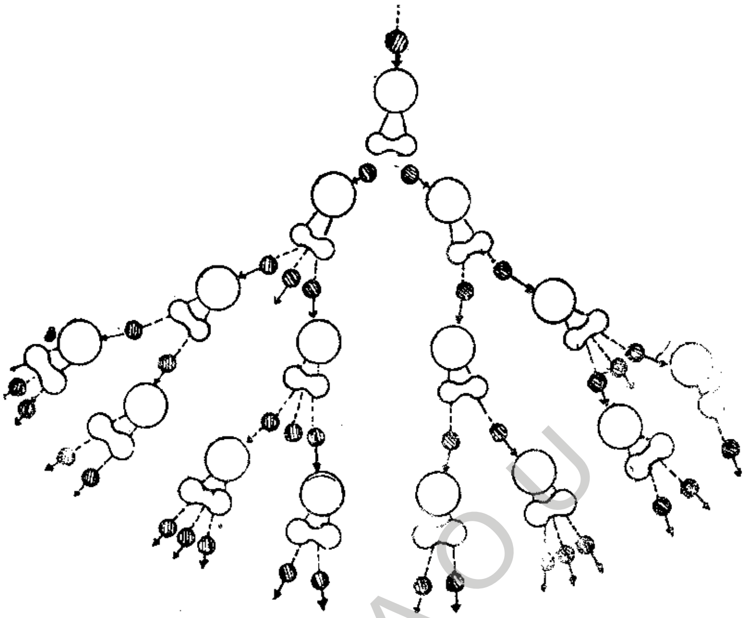
సమీకరణాలు 14.18 నుంచి 14.21 వరకు సూచించే ప్రోటాన్ - ప్రోటాన్ గొలుసు చర్యలు తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద ప్రముఖంగా జరుగుతాయని భావించబడినది. అంటే ఇవి సూర్యుడు ఏర్పడిన తొలిదశలో ప్రముఖంగా జరిగిన సంలీన చర్యలు. సమీకరణాలు 14.22 నుంచి 14.29 వరకు సూచించిన ప్రోటాన్ - ప్రోటాన్ గొలుసు చర్యలు అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద ప్రముఖంగా జరుగుతాయని భావించబడినది. అంటే ప్రస్తుతం సూర్యునిలో జరిగే ప్రక్రియలు యిలాంటివే.

కార్బన్ - నైట్రొజన్ చక్రీయ చర్య, ప్రోటాన్ - ప్రోటాన్ గొలుసు చర్యల ఘటనా సాపేక్ష సంభావ్యత ఉష్ణోగ్రత మీద ఆధారపడుతుంది. అల్ప ఉష్ణోగ్రత వద్ద ప్రోటాన్ - ప్రోటాన్ చర్య ప్రబలంగా ఉంటుంది. ఉష్ణోగ్రత పెరిగే కొద్దీ కార్బన్ - నైట్రొజన్ చక్రీయ చర్య ప్రాముఖ్యత పెరుగుతుంది. సూర్యుడు నక్షత్రాల అంతర్భాగాలలో ఉష్ణోగ్రత దాదాపు 20 మిలయన్ $^{\circ}C$ ఉంటుంది. ఇచ్చట పై రెండు రకాలయిన చర్యలు సమానరేటులో జరుగుతుంటాయి.

BRAOU

14.9 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి సంలీన చర్యలలో విడుదలయేశక్తిని ఉపయోగించే విధానము

14.6 సెక్షన్‌లో పేర్కొన్న వివరణ ప్రకారం యురేనియమ్ కేంద్రకం విచ్ఛిత్తి నొందినప్పుడు దాదాపు 200 MeV శక్తి ఉత్పన్నమవుతుంది. దీనితోపాటు 2 లేదా 3 న్యూట్రాన్‌లు కూడా విడుదలవుతాయి. ఇవి మరలా కేంద్రక విచ్ఛిత్తి కారకాలై విచ్ఛిత్తి చర్య అత్యధిక రేటుతో వృద్ధిచెందుతుంది. పటము 14.3 a లో చూపిన ఇలాంటి విచ్ఛిత్తి చర్య పెంపుదల ప్రక్రియను గొలుసుకట్టు చర్య అంటారు. పటము 14.3b లో U^{235} విచ్ఛిత్తి వృద్ధిరేటు పెంపుదలను చూడవచ్చు. ఇలాంటి విచ్ఛిత్తి చర్యలో అత్యంత శక్తి విడుదలవుతుంది. ఈ శక్తిని నిర్మాణాత్మక కార్యాలకు వినాశక కార్యాలకు కూడా ఉపయోగించవచ్చు.

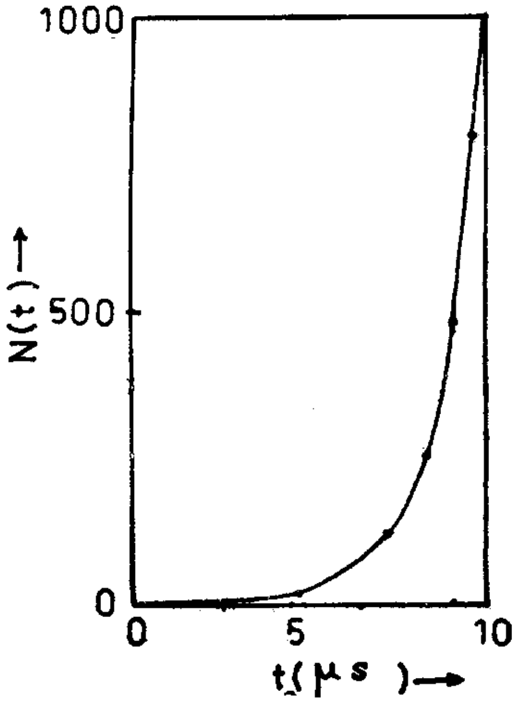


పటం $14.3aU^{235}, Pu^{239}$ భారమూల కాల విచ్ఛిత్తిలో గొలుసుకట్టు చర్య O → న్యూట్రాన్, O → విచ్ఛిత్తికి పూర్వం కేంద్రకం ఆకారం B → విచ్ఛిత్తి జరుగుతత్కాలంలో కేంద్రకం ఆకారం.

BRAOU

ఒక U^{235} విచ్ఛిత్తివలన విడుదలయేశక్తి 200 MeV ఇది $200 \times 1.6 \times 10^{-6} erg$ లకు సమానం . 1 గ్రామ్ పరమాణువు U^{235} విచ్ఛిత్తి నొందినప్పుడు విడుదలయేశక్తి $200 \times 1.6 \times 10^{-6} \times 6.02 \times 10^{23} = 1.93 \times 10^{20} ergs. 1kgU^{235}$ విచ్ఛిత్తి నొందినప్పుడు విడుదలయే శక్తి $8.21 \times 10^{20} ergs$ లేదా $2 \times 10^{10} kcal$ ఈ శక్తి 20,000 టన్నులు TNT విస్ఫోటనం చెందినప్పుడు విడుదలయే శక్తికి సమానం.

విచ్ఛిత్తి ప్రక్రియలో విడుదలయే శక్తిని పవర్ ప్రమాణాలలో కూడా సూచించవచ్చు. $1MeV = 1.6 \times 10^{-6} erg = 1.6 \times 10^{-13} watt - sec$ కనుక U^{235} కేంద్రకం విచ్ఛిత్తి వలన $200 \times 1.6 \times 10^{13} watt - sec$ శక్తి విడుదలవుతుంది. ఒక వాట్ పవర్ పొందాలంటే సెకనుకు 3×10^{10} విచ్ఛిత్తి చర్యలు జరగాలి. 1 గ్రాము U^{235} విచ్ఛిత్తి నొందినప్పుడు విడుదలయే పవర్ $8.2 \times 10^{10} watt - sec$ లేదా $2.3 \times 10^{4} kwatt - hour$. ఇది 1 M watt-day కి సమానం.



$14.3b U^{235}$ విచ్ఛిత్తి పెరుగుదల వక్రము N (t) ఏదేనికాలం t వద్ద విచ్ఛిత్తి చెందే పరమాణుసంఖ్య

ఏ దినం కాలంలో $1kgU^{235}$ విచ్ఛిత్తి అయినప్పుడు ఉష్ణరూపంగా వెలువడే శక్తి 1000 M watts ఉంటుంది. 30% సామర్థ్యంతో ఈ ఉష్ణశక్తిని విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్చినచో ఒక దినానికి 300 M watts విద్యుత్ శక్తి విడుదలవుతుంది. ఈ ఔట్‌పుట్ 2500 టన్నుల బొగ్గువాడబడే యంత్రాగారం నుంచి వచ్చే ఔట్‌పుట్‌కి సమానం. దీనిని దృష్టిలో ఉంచుకొనే కేంద్రక పవర్ యంత్రాగారాల నిర్మాణం అభివృద్ధి చెందింది.

U^{235}, Pu^{239} లతో కూడిన ఆటమ్‌బాంబ్ ప్రేలుడులో జరిగే గొలుసుకట్టు చర్య అనియంత్రితమైనది. కేంద్రక రియాక్టర్‌లలో గొలుసు కట్టు చర్య నియంత్రితం చేసి ఉంటుంది. 14.9 సెక్షన్‌లో రియాక్టర్‌లను గూర్చి విపులంగా చర్చించినాము.

హైడ్రోజన్ బాంబు సంలీన చర్య ఆధారంగా పనిచేస్తుంది. ఈ చర్యలు అనియంత్రితమైనవి.

తాప కేంద్రక చర్యలను కూడా నియంత్రితం చేయవచ్చు. దీనికి ప్రయత్నాలు ప్రపంచం నలుమూలాలు జరుగుతున్నవి. అందుబాటు వ్యయంతో నియంత్రిత సంలీన చర్యలను సాధించి తద్వారా శక్తి ఉత్పాదనను, బహుళ ప్రయోజనాలను పొందుటకు ప్రయత్నాలు విరివిగా కొనసాగుచున్నవి.

14.10 కేంద్ర రియాక్టర్‌లు

నియంత్రిత గొలుసు చర్య జరిగే విచ్ఛేద్య అవిచ్ఛేద్య పదార్థల వ్యవస్థను కేంద్రక రియాక్టర్ అంటారు. కేంద్రక రియాక్టర్‌లోని వివిధ ప్రక్రియలు క్రింద వివరించినాము.

(i) రియాక్టర్ సందిగ్ధత గొలుసుకట్టు చర్య నిలకట రేటులో కొనసాగుతుందా పెరుగుతుందా, తగ్గుతుందా అనే విషయాన్ని నిశ్చయిస్తుంది. ప్రభావాత్మక గుణనకారకము K_c ని క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$K_c = \frac{P}{A+L} \qquad 14.30$$

పై సమీకరణంలో P, A, L లు వరుసగా న్యూట్రాన్ ఉత్పాదిత రేటును, న్యూట్రాన్ శోషణ రేటును, న్యూట్రాన్ లీకేజ్ రేటును సూచిస్తాయి. $K_e = 1$ అయిన రియాక్టర్ సందిగ్ధతలో నున్నదని అంటారు. $K_c < 1$ అయిన రియాక్టరు ఉపసందిగ్ధస్థితిలో నున్నదని, $K_c > 1$ అయిన అతి సందిగ్ధస్థితలో నున్నదని అంటారు. విచ్ఛిత్తి చర్య రేటు F. ప్రతి విచ్ఛిత్తిలో ఉత్పన్నమయే

సరాసరి న్యూట్రాన్ సంఖ్య n అయిన P ని nF, గా సూచించవచ్చు. కనుక

$$K_c = \frac{nF}{A+L} = nF\left(\frac{1}{1+L/A}\right) \qquad 14.31$$

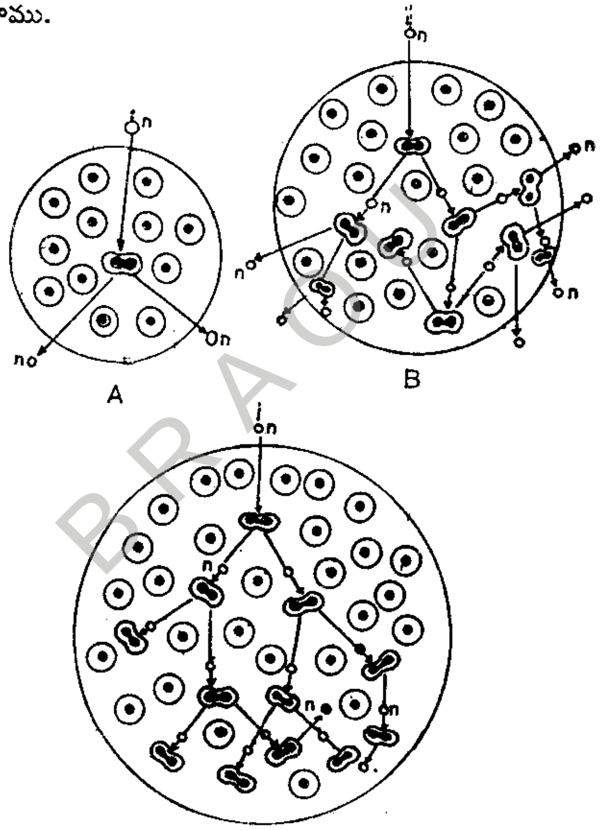
F/A విలువ విచ్ఛేద్య, అవిచ్ఛేద్య పదార్థ పరిమాణం మీద, విచ్ఛిత్తికి, న్యూట్రాన్ ప్రగ్రహణానికి గల మధ్యచ్ఛేద విలువల మీద ఆధారపడుతుంది.

(ii) రియాక్టర్ పరిమాణము.

సందర్భం 1. రియాక్టర్ పరిమాణం చిన్నదిగా ఉండి దానిని తగ్గించినచో L పెరిగి A తగ్గుతుంది. ఫలితంగా L/A విలువ పెరుగుతుంది. సమీకరణం 14.31 ప్రకారం $K_c \rightarrow O$.

సందర్భం 2. రియాక్టర్ పరిమాణం పెంచినచో L తగ్గి A విలువ పెరుగుతుంది. ఫలితంగా $K_c \rightarrow \frac{\gamma F}{A}$

సందర్భం 3. రియాక్టర్ ఏదొకొంత పరిమాణం కలిగి ఉన్నప్పుడు $K_c = 1$ అయినదనుకొందాం. అప్పుడు $\frac{\gamma F}{A} = 1$ అవుతుంది. ఇలాంటి రియాక్టర్ పరిమాణాన్ని సందిగ్ధ పరిమాణం అంటారు. సందిగ్ధ పరిమాణం గల రియాక్టర్‌లో సందిగ్ధతను సాధించుటకు వాడే విచ్ఛేద్య పదార్థ ద్రవ్యరాశిని సందిగ్ధ ద్రవ్యరాశి అంటారు. పటము 14.4 లో వివిధ K_c విలువలకు విచ్ఛిత్తి చర్య ఎలా కొనసాగుతుందో చూపినాము.



పటం 14.4

a) ఉప సందిగ్ధ ద్రవ్యరాశి $K_c < 1$ విచ్ఛిత్తి మొదలవుతుంది. కానీ గొలుసుకట్టు చర్య వృద్ధి చెందదు.

b) సందిగ్ధద్రవ్యరాశి $K_c = 1$ గొలుసుకట్టు చర్య సమతాస్థితిలో కొనసాగుతుంది.

c) అతి సందిగ్ధ ద్రవ్యరాశి $K_c > 1$ గొలుసు చర్య జ్యామితీయ శ్రేణిలో వృద్ధిచెందుతుంది.

(iii) కేంద్రక రియాక్టర్ రకాలు.

విచ్ఛేద్య పదార్థం మితకారి (moderator) లమ మిశ్రమ రీతి ననుసరించి రియాక్టర్‌లను

విభజించవచ్చు. విచ్ఛేద్య పదార్థం మితకారి సమరీతి సంఘటనగల మిశ్రమంగల రియాక్టర్‌ని సజాతీయ రియాక్టర్ అంటారు. సాధారణ రకానికి చెందిన సజాతీయ రియాక్టర్, నీటిలో యురనైల్ నైట్రేట్ కలిపి దానిలో ఎన్‌రిచ్ చేసిన యురేనియమ్ గల ద్రావణాన్ని కలిగి వుంటుంది. ఈ ద్రావణం స్టీల్ గోళంలో నింపివుంటుంది. ఈ గోళం చుట్టూ బెరీలియమ్ ఆక్సైడ్ లేదా గ్రాఫైట్ వంటి న్యూట్రాన్ పరావర్తకకారులు అమర్చివుంటాయి. మొత్తం రియాక్టర్ సీసం, కాడ్మియమ్ కాంక్రీట్‌లతో షీల్డ్ చేసి ఉంటుంది. రియాక్టర్ పనిచేసినప్పుడు నియంత్రితం చేయుటకు కాడ్మియమ్ కడ్డీలను వాడుతారు. వీటని బెరీలియమ్ ఆక్సైడ్ పరావర్తకకారి నుంచి ద్రావణంలోనికి చొచ్చుకొని వెళ్ళుటకు వీలుగా అమర్చిఉంటారు.

పెక్కు కేంద్రక రియాక్టర్‌లు భిన్న జాతీయంగా ఉంటాయి. వీటిలో విచ్ఛేద్య పదార్థం పాత్రలలో కేంద్రీకృతమై ఉంటుంది. ఈ పాత్రలు మితకారిలో తగువిధంగా వితరణ చెంది ఉంటాయి. చాలా సందర్భాలలో అల్యూమినియమ్ పైపులలో విచ్ఛేద్య పదార్థం అయిన యురేనియమ్ కానీ, యురేనియమ్ ఆక్సైడ్‌గానీ స్థూపాకారాకృతిలో నింపి ఉంటుంది. ఈ అల్యూమినియమ్ పైపులు మితకారిలో, మితకారిలో జాలకాకృతిలో అమర్చి ఉంటాయి.

విచ్ఛిత్తి చర్యలో పాల్గొనే న్యూట్రాన్‌శక్తిని బట్టి కూడా రియాక్టర్‌లను విభజించవచ్చు. విచ్ఛిత్తి చర్యలో వడి న్యూట్రాన్‌లను ఉపయోగించిన రియాక్టర్‌ని వడి రియాక్టర్ అంటారు. మధ్యస్థ శక్తిగల న్యూట్రాన్‌లని ఉపయోగించిన రియాక్టర్‌ని మధ్యస్థ రియాక్టర్‌లని విచ్ఛిత్తి చర్యలో మందగతి న్యూట్రాన్‌లని ఉపయోగించిన రియాక్టర్‌లని తాపరియాక్టర్‌లని అంటారు.

iv) కేంద్రక రియాక్టర్‌లలో వాడే ఇంధనాలు

1. 0.72 % U^{235} గల సహజ యురేనియమ్
2. 0.72% కంటే ఎక్కువ U^{235} గల ఎన్‌రిచ్ చేసిన యురేనియమ్
3. Pu^{239}
4. U^{235}

v) రియాక్టర్‌లలో వాడే మితకారులు

U^{235} విచ్ఛిత్తిలో జనించే వడి న్యూట్రాన్‌లను U^{235} పరమాణువులు శోషించుకొనక ముందే మందగతికి లోనుచేసి వాటితో మరికొన్ని U^{235} పరమాణువులను విచ్ఛిత్తికి లోనుచేయుటచే సహజ యురేనియమ్‌లో గొలుసుకట్టు చర్యను నిలకడ స్థితిలో సంతతంగా కొనసాగించవచ్చు. న్యూట్రాన్‌లను మందగతికి తెచ్చుటకు వాడే పదార్థాలను మితకారులని, ఈ ప్రక్రియను ఉష్ణీయ ప్రక్రియ అని అంటారు. మితకారి న్యూట్రాన్‌లను శోషించుకొనరాదు. దానిపై పతనమైన న్యూట్రాన్‌లను త్వరితగతిలో మందగతికి మార్చి వాటిని పరిక్షేపణ చేయాలి. ఇవి మరలా విచ్ఛిత్తి చర్యలో పాల్గొనాలి. కనుక మితకారి న్యూట్రాన్ శోషణ మధ్యచ్ఛేద విలువ తక్కువగా ఉండాలి. భారజలం ఉత్తమమైన ద్రవ మితకారి. భారజాలాన్ని శీతలకారిగాను, షీల్డ్‌గాను వాడవచ్చు. కాని భారజలం వాడుక అధిక ఖర్చుతో కూడికొని ఉంటుంది. ఎన్‌రిచ్ చేసిన యురేనియమ్ విచ్ఛేద్య పదార్థాంగా వాడినప్పుడు సాధారణ నీటిని మితకారిగా ఉపయోగించవచ్చు. ఘనపదార్థ మితకారులు అవసరమయినప్పుడు బెరీలియమ్, బెరీలియమ్ ఆక్సైడ్, గ్రాఫైట్‌లను వాడవచ్చు.

vi) పరావర్తకాలు.

న్యూట్రాన్‌లు లీక్ కాకముందే వాటిని రియాక్టర్‌లోనికి పరిక్షేపణ చేసినచో రియాక్టర్ విచ్ఛేద్య సంభావ్యతా పెరిగేలా చేయవచ్చు. దీనికిగాను గ్రాఫైట్, నికెల్, టిన్, సీసం మొదలగు పదార్థాలను పరావర్తకాలుగా వాడవచ్చు. వీటి న్యూట్రాన్ పరిక్షేపణ మధ్యచ్ఛేద విలువలు అధికంగా ఉంటాయి.

vii) రియాక్టర్ శీతలకారులు

రియాక్టర్‌లు అధికపవర్ స్థాయిలో పనిచేయుటచేత రియాక్టర్ అంతర్భాగంగా ఉత్పన్నమయ్యే

ఉష్ణాన్ని సంతతశీతలీకరణ ప్రక్రియతో తొలగించాలి. రియాక్టర్ శీతలకారి ఉత్తమ ఉష్ణవాహకంగాను, రియాక్టర్ పదార్థాలను తుప్పుపట్టనీయకుండునట్టిది (non corrosive) గాను, వికిరణానికి ప్రత్యక్షీకరించినా స్థిరంగా ఉండునట్టిదిగాను, పవర్ ఔట్‌పుట్, ఉష్ణ సంవహన మధ్యచ్ఛేదపు విలువ తక్కువ కలిగినట్టిదిగాను, ఉండాలి. పవర్ ఔట్‌పుట్ ఉష్ణ సంవహన రేటుమీద ఆధారపడుతుంది. కనుక అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద పనిచేసే పవర్ ఉత్పాదక రియాక్టర్‌లలో వాడే శీతలకారి అత్యధిక ఉష్ణవహన గుణకాన్ని కలిగి ఉండాలి.

ఉష్ణం వెలితీయురేటు ద్రవశీతల కారులకు అధికంగా ఉంటుంది. ఉష్ణ సామర్థ్యం వాయుశీతల కారులకు అధికంగా ఉంటుంది. హీలియమ్ ఉత్తమమైన వాయుశీతలకారి. కానీ ఇది అధిక వ్యయంతో కూడినది. కార్బన్‌డై ఆక్సైడ్‌ని శీతలకారిగా వాడవచ్చు. సోడియమ్, పొటాషియమ్, మెర్క్యురీ, సీసం, బిస్మత్ ద్రవలోహాలను శీతలకారులుగా వాడవచ్చు. భారజలాన్ని, సాధారణ జలాన్ని శీతలకారులుగా వాడవచ్చు. సోడియమ్ పొటాషియమ్ లోహమిశ్రమ ద్రవం ఉత్తమమైన ద్రవశీతలకారి.

viii) నిర్మాణాత్మక పదార్థం.

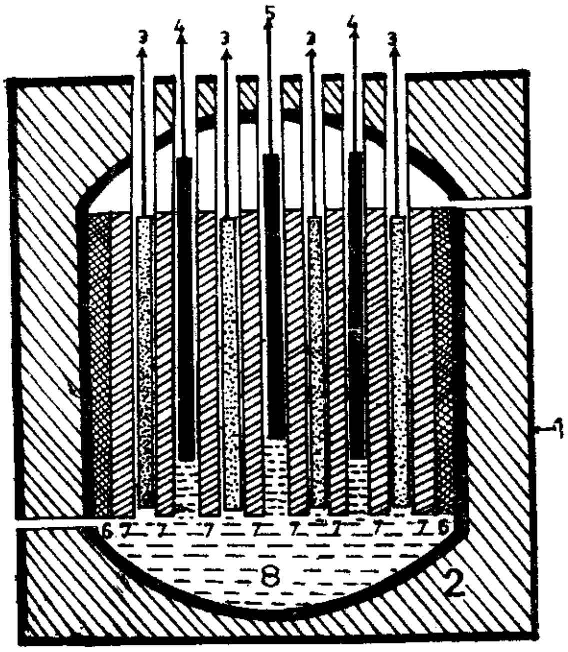
ఏ ఏ పదార్థాలను రియాక్టర్ నిర్మాణాత్మక సామగ్రిగా వాడవచ్చుననే విషయం ముఖ్యంగా అవి న్యూట్రాన్‌లను శోషించుకొనే గుణం మీద ఆధారపడుతుంది. అవి, న్యూట్రాన్, గామా వికిరణ తాడనం వలన విఘటన చెందరాదు. థర్మల్ రియాక్టర్‌లలో నిర్మాణాత్మక సామగ్రిగా బెర్రీలియమ్, గ్రాఫైట్, అల్యూమినియమ్, జిర్కోనియమ్‌లను వాడవచ్చు. వడి రియాక్టర్‌లలో క్రోమియమ్, నికెల్, మాలిబ్డినమ్‌లను నిర్మాణాత్మక సామగ్రిగా వాడవచ్చు.

ix) రియాక్టర్ షీల్డింగ్

కేంద్రక రియాక్టర్ నుంచి షీల్డ్ చేయవలసిన వికిరణం ప్రథమంగా త్వరిత న్యూట్రాన్‌లు, విలంబిత న్యూట్రాన్‌లు, ఆల్ఫాకణాలు, గామా వికిరణం, రియాక్టర్ అనువర్తనాన్ని బట్టి రియాక్టర్ షీల్డింగ్‌గా వాడే పదార్థం మారుతుంది. పవర్ రియాక్టర్‌లలో షీల్డింగ్ పదార్థంగా కాంక్రీట్‌ని వాడతారు.

x) రియాక్టర్ నియంత్రణ

స్వయం ప్రవర్తక నియంత్రణ అని, యాంత్రికనియంత్రణ అని రెండురకాలయిన నియంత్రణ పద్ధతులు వాడుకలో కలవు. సజాతీయ రియాక్టర్‌ని, మితకారి మట్టం పెంచుటలో నియంత్రితం చేయవచ్చు. భిన్న జాతీయ రియాక్టర్‌ని బోరాన్ లేదా కాడ్మియమ్ వంటి పదార్థాలను ఇంధనంలోనికి చొచ్చుకొని పోయేలా చేసి నియంత్రితం చేయవచ్చు. మూడు రకాలయిన నియంత్రిత కడ్డీలు రియాక్టర్‌లో ఉంటాయి వీటిని 1. షిమ్ 2. సునిసిత యంత్రణ 3. రక్షణ కడ్డీలు అంటారు. రియాక్టర్ పని చేస్తున్నప్పుడు ఉష్ణోగ్రత, పీడనం తదితర చరరాశులలో కొద్దిపాటి మార్పులు కాలంతో సంభవిస్తుంటాయి. రియాక్టర్ నిలకడ పవర్ ఉత్పాదక స్థితిలో ఉండాలంటే రియాక్టర్ చర్యాశీలతలో తగుపాటి మార్పులు జరగాలి. దీనిని, నియంత్రిత కడ్డీలను, స్వయంచాలక నియంత్రిత ప్రక్రియకు లోనుచేసి సాధించవచ్చు. సాధారణ ప్రచాలనంలో ఎక్కువ చర్యాశీల పదార్థాన్ని షిమ్ కడ్డీలు శోషించుకొంటాయి. ఇలా చేరిన విచ్ఛిత్తి ఉత్పాదకాలు సరైన కాల వ్యవధులలో వైదొలగించని ఎడల అది గొలుసుకట్టు చర్యను విషపూరితం చేస్తుంది. కనుక నియంత్రిత కడ్డీలను నెమ్మదిగా పైకి లాగుతూ రియాక్టర్ పవర్ నిశ్చలంగా ఉండేలా చేయాలి. అత్యవసర పరిస్థితులలో నియంత్రిత కడ్డీలను గరిష్ఠస్థాయికి రియాక్టర్ ఇంధనంలోకి దించి తద్వారా గుణక కారకం విలువను ఒకటికన్న తక్కువ అయ్యేలా చేసి గొలుసు కట్టు చర్యను నిలిపి వేయవచ్చు. పటము 14.5 లో కేంద్రక రియాక్టర్ వివిధ భాగాలు వివరణతో సహా చూపినాము.



పటం *14.5* కేంద్రక రియాక్టర్ నిర్మతి.

1 → రియాక్టర్ పాత్ర, *2* → జీవసంబంధ రక్షణ కవచం (కాంక్రీట్) *3* → కేంద్రక ఇంధనం ($U^{235}, U^{233}, Pu^{239}$) *4* → నియంత్రిత కడ్డీలు (కాడ్మియమ్, బోరాన్), *5* → రక్షణ కడ్డీలు (న్యూట్రాన్ శోషణకారి) *6* → న్యూట్రాన్ పరావర్తకం (బెరిలియమ్ గ్రాఫైట్) *7* → మితకారి (భారజలం, బెరిలియమ్, గ్రాఫైట్) *8* → శీతలీకరణ వ్యవస్థ (నీరు).

BRAOU

xi) కేంద్రక రియాక్టర్ అనువర్తనాలు

కేంద్రక రియాక్టర్‌లను పరిశోధనలోను, విచ్ఛేద్య పదార్థ ఉత్పాదనకు పవర్ ఉత్పాదనకు వాడవచ్చు. రేడియో ధార్మిక ఐసోటోప్ ఉత్పాదనకు రియాక్టర్‌లను వాడుతారు. రసాయన మూలకాలను వివిధ లోతులలో రియాక్టర్ అంతర్భాగంలో అమరేలా రక్షణ షిల్డ్‌లోగల ప్రత్యేక చానల్‌లో ఉంచుతారు. ఈ రసాయనిక మూలకాలు తీవ్ర న్యూట్రాన్ పుంజం తాడనానికి గురై రేడియో ధార్మిక ఐసోటోప్‌లు ఉత్పన్నమవుతాయి. రేడియో ఐసోటోప్‌ల అనువర్తనాలు వైద్యశాస్త్రంలోను, వ్యవసాయంలోను, యంత్రాగారాలలోను విరివిగా కలవు. రియాక్టర్ నుంచి వెలువడే వికిరణాల నుపయోగించి పదార్థ రచనను గూర్చి పరిశోధనలు చేయవచ్చు. పదార్థాల భౌతిక, రసాయనిక, జీవ సంబంధమైన అభిలక్షణాల మీద ఈ కిరణాల ప్రభావాన్ని పరిశోధించ వచ్చు. కొత్త రియాక్టర్‌లకు అవసరమైన ఇంధనాలను గూర్చి పరిశోధనలు రియాక్టర్‌లతో చేయవచ్చు.

మాదిరి లెక్క 2

U^{235}, U^{238} మిశ్రమాన్ని కలిగిఉన్న థర్మల్ కేంద్రక రియాక్టర్ 1000 మెగావాట్ పవర్‌స్థాయిలో పనిచేస్తున్నది. విచ్ఛిత్తి చర్యలో U^{235} వ్యయమయ్యే రేటును కనుగొనుము.

ఒక U^{235} విచ్ఛిత్తిలో విడుదలయే శక్తి = 200 MeV

$1MeV = 1.6 \times 10^{-6} erg = 1.6 \times 10^{-32} wattsec$ కనుక

$1U^{235}$ విచ్ఛిత్తి నొందినప్పుడు పవర్ యూనిట్లలో విడుదలయే శక్తి

$= 200 \times 1.6 \times 10^{-13} wattsec$

1 గ్రాము U^{235} విచ్ఛిత్తి చెందినప్పుడు విడుదలయేపవర్

$$= \frac{200 \times 1.6 \times 10^{-13} \times 6.022 \times 10^{23}}{235g} Wattday \times 1g$$

$$= 200 \times 4.1 \times 10^{8} wattsec$$

$$8.2 \times 10^{10}$$

$$= \frac{8.2 \times 10^{10}}{24 \times 60 \times 60} wattday = 0.949 \times 10^{6} wattday$$

1000 M watt పవర్ పొందుటకు విచ్ఛిత్తి నొందవలసిన U^{235} పదార్థం

$$= \frac{1g}{0.946 \times 10^{6}} \times \frac{1000 \times 10^{6}}{wattday} = 1.054 \times 10^{3} g$$

$\therefore 1054kgU^{235}$ దినానికి విచ్ఛిత్తి నొందినచో 1000 M watt day పవర్ ఉత్పత్తి అవుతుంది.

మాదిరిలెక్క 3

క్రింద సూచించిన నియంత్రిత కేంద్రక చర్యలో 1 గ్రాము డ్యూట్రాన్ వినియోగమైనది.

$${}_1H^2 +_1 H^2 \rightarrow_1 H^3 +_1 H^1 + Q_1$$

$${}_1H^2 +_1 H^3 \rightarrow_2 He^4 +_o n^1 + Q_2$$

వెలువడిన శక్తిని కనుగొనుము. పరమాణు ద్రవ్యరాశులు ${}_1H^1 = 1.00814a.m.u$

$${}_1H^2 = 2.01474a.m.u_o n^1 = 1.0086654a.m.u_1 H^3 = 3.016997$$

${}_2He^4 = 4.003874a.m.u$

కేంద్రక చర్య ${}_1H^2 +_1 H^2 \rightarrow_1 H^3 +_1 H^1 + Q_1$ లో

$Q_1 = [2(2.01474) - (3.016997 + 1.00814)]931.48MeV$

$Q_1 = (4.02948 - 4.025137)931.48 = (0.004343)(931.48) = 4.045MeV$

కేంద్రకచర్య ${}_1H^2 +_1 H^3 \rightarrow_2 He^4 +_o n^1 + Q_2$ లో

$Q_2 = [(2.01474 + 3.016997) - (4.003873 + 1.0086654)]931.48$

$Q_2 = (5.031737 - 5.0125384)931.48 = (0.0191986)(931.48) = 17.88MeV$

మొత్తం విడుదలయిన శక్తి $= Q_1 + Q_2 = 21.93MeV$ సంలీనచర్యలో పాల్గొన్న డ్యూట్రాన్‌లు 3.

1 గ్రాము డ్యూట్రాన్ సంలీనచర్యలో వ్యయమైనచో విడుదలయే శక్తి

$$= \frac{21.93}{3} \times \frac{6.02 \times 10^{23}}{2} \times 1 = 22.0031 \times 10^{23} MeV$$

పవర్ యూనిట్లలో ఈ శక్తి $= \frac{22.0031 \times 10^{23} \times 1.6 \times 10^{13}}{60 \times 60 \times 24} = 4.07Mwattday$

మాదిరి లెక్క 4

భారకేంద్రకం ${}_{92}U^{238}$ సౌష్ఠవ విచ్ఛిత్తికి లోనయినదని భావించి అర్ధ అనుభవిక ద్రవ్యరాశి ఫార్ములా నుపయోగించి విచ్ఛిత్తి చర్యలో వెలువడే శక్తిని లెక్క కట్టుము.

సౌష్ఠవ విచ్ఛిత్తిలో విచ్ఛిత్తి ఖండాల ద్రవ్యరాశులు, విద్యుదావేశం సమానంగా ఉంటాయి. కనుక విచ్ఛిత్తి చర్యలో వెలువడే శక్తి Q ని క్రింది విధంగా రాయవచ్చు.

$Q = M(Z, A) - 2M(Z/2, A/2)$

అర్ధ నుభవిక ద్రవ్యరాశి ఫార్ములా ప్రకారం.

$$Q = ZM_H + (A-Z)M_n - a_v A + a_s A^{2/3} + a_v \frac{Z^2}{A^{\frac{1}{3}}}$$

$$+\frac{a_a(A-2Z)^2}{A} - 2\Big[-\frac{Z}{2}M_H + (\frac{A}{2}-\frac{Z}{2})M_n - a_v = \frac{A}{2} + a_s(A/2)^{2/3} + a_c\frac{(Z/2)^2}{(A/2)^{2/3}} + a_a\frac{(A/2-2Z/2)^2}{(A/2)}\Big]$$

పై సమీకరణంలో బేసి, బేసి, సరి సరి కేంద్రకాల యుగళశక్తిని లెక్కలోకి తీసికొనలేదు.

$$Q = a_s A^{2/3} + a_c - \frac{Z^2}{A^{\frac{1}{3}}} - 2a_s(A/2)^{2/3} - 2a_c\frac{(Z/2)^2}{(\frac{A}{2})^{1/3}}$$

$$Q = a_s A^{2/3}[1 - Z^{1/3}] + a_c\frac{Z}{A^{1/3}}[1 - \frac{1}{Z^{2/3}}]$$

$$Q = -a_s A^{2/3}(0.260) + 0.370 a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}}$$

పై సమీకరణంలో $a_s = 13.1 MeV . a_c = 0.64 MeV$ విలువలను ప్రతిక్షేపిస్తే

$$Q = -(13.1)0.260A^{2/3} + (0.64)(0.37)\frac{Z^2}{A^{1/3}}MeV$$

$$Q = -3.406A^{2/3} + 0.2368\frac{Z^2}{A^{1/3}}MeV$$

$$Q = -3.406(238)^{2/3} + \frac{0.2368(92)^2}{(238)^{1/3}} = -130.8 + 323.4MeV$$

Q = 192.6 MeV

14.11 సారాంశం

కేంద్రక విచ్ఛిత్తిలో భార పరమాణువైన U^{235} న్యూట్రాన్ ప్రగ్రహణం వలన దాదాపు సమాన ద్రవ్యరాశిగల రెండు ఖండాలుగా విఘటన చెందుతుంది. వీటితో కలిసి 2 లేక మూడు న్యూట్రాన్‌లు, దాదాపు 200 MeV శక్తి ఉత్పన్నమవుతాయి. కేంద్రక విచ్ఛిత్తి ప్రక్రియను ఆవిష్కరించిన శాస్త్రజ్ఞులు O. హాన్, F. స్ట్రాస్‌మన్‌లు.

కేంద్రక విచ్ఛిత్తి ఉత్పాదితాల ద్రవ్యరాశుల సంఖ్య 72 నుంచి 160 వ్యాప్తిలో ఉంటాయి. కేంద్రక విచ్ఛిత్తిలో దాదాపు 97%U^{235} కేంద్రకాలు విడుదలచేసే ఉత్పాదితాల రెండు సమూహాలకు చెంది ఉంటాయి. ఒకటి ద్రవ్యరాశి సంఖ్య 85 నుంచి 104 వ్యాప్తిగల తేలిక సమూహము. రెండవది ద్రవ్యరాశి సంఖ్య 130 నుంచి 149 వ్యాప్తిగల భారసమూహము.

కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యను కేంద్రక ద్రవబిందు నమూనా ఆధారంగా వివరించవచ్చు.

కేంద్రక సంలీనంలో తేలిక మూలకాలు సంలీనం చెంది భారమూలకం ఏర్పడుతుంది. సంలీన ప్రక్రియ అత్యధిక ఉష్ణోగ్రతవద్ద అంటే దాదాపు $10^{8\circ}C$ వద్ద జరుగుతుంది. ఈ సంలీన చర్యలను తాపకేంద్రక చర్యలని పిలుస్తారు.

సూర్యుడు, నక్షత్రాల నుంచి శక్తి విడుదలను ప్రోటాన్ - ప్రోటాన్ గొలుసు చర్య, కార్బన్-నైట్రోజన్ చక్రీయ చర్యలనబడే ప్రత్యేక కేంద్రక సంలీనచర్యల ద్వారా వివరించవచ్చు.

కేంద్రక విచ్ఛిత్తి, సంలీన చర్యలలో విడుదలయే శక్తిని సంపోషక, వినాశక ప్రక్రియలకు ఉపయోగించవచ్చు.

కేంద్రక విచ్ఛిత్తిలో ఉత్పన్నమయ్యే న్యూట్రాన్‌లు తదుపరి కేంద్రక విచ్ఛిత్తికి కారణభూతాలౌతాయి. తద్వారా జ్యామితీయ రేటుతో కేంద్రక విచ్ఛిత్తి ప్రక్రియ కొనసాగుతుంది. దీనినే గొలుసుకట్టు

BRAOU

చర్య అంటారు. ఆటమ్‌బాంబు ప్రేలుడులో జరిగే గొలుసుకట్టు చర్య అనియంత్రితమైనది. హైడ్రోజన్‌బాంబ్ ప్రేలుడులో జరిగే కేంద్రక సంలీన ప్రక్రియ కూడా అనియంత్రితమైనదే.

కేంద్రక రియాక్టర్‌లో కేంద్రక చర్య నియంత్రితమై ఉంటుంది. విడుదలయిన శక్తిని పవర్ ఉత్పాదనకు తదితర ఉపయోగకరమైన పనులకు వాడవచ్చు.

నియంత్రిత కేంద్రక చర్యలను సాధించుటకు వీలుకలదు. అభివృద్ధి దేశాలు ఈ చర్యలను మితవ్యయంతోను, పనిచేసే పరిస్థితులను సాధించుటకు ప్రయత్నిస్తున్నాయి.

కేంద్రక రియాక్టర్‌లలో గుణన కారకము K_e విలువ 1 ఉన్నప్పుడు గొలుసు కట్టు చర్య నిలకడ రేటుతో కొనసాగుతుంది. $K_c = 1$ అయినప్పుడు సందిగ్గత స్థితిలోను, $K_c < 1$ ఉన్నప్పుడు ఉపసందిగ్దత స్థితిలోను, $K_c > 1$ ఉన్నప్పుడు అతి సందిగ్దత స్థితిలోను రియాక్టర్ ఉందని అంటారు.

14.12 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. కేంద్రక రియాక్టర్ వివిధ ప్రమేయకారులను (Functionaries) గూర్చి వివరించండి.

II. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానం రాయండి.

1. అనునాద చర్య అనగా నేమి? దీని ప్రాముఖ్యతను పేర్కొనండి.
2. కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యను, విచ్ఛిత్తి ఖండాల క్షయ ప్రక్రియను, శక్తి విడుదల, విచ్ఛిత్తి ఈగు లక్షణాలను పేర్కొంటూ వివరించండి.
3. కేంద్రక ద్రవబిందు నమూనా ఆధారంగా కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యను వివరించండి.
4. కేంద్రక సంలీన చర్యలను తాపకేంద్రక చర్యలని ఎందుకంటారో వివరించండి.
5. సూర్యుడు నక్షత్రాల నుంచి శక్తి విడుదలకు కారణభూతమైన వివిధ సంలీన చర్యలను పేర్కొనండి.

III. క్రింది సమస్యను సాధించండి.

1. క్రింద వివరించిన తాపకేంద్రక చర్యలో వెలువడే శక్తిని లెక్కకట్టండి.

$${}_3Li^6 + {}_o n^1 \rightarrow {}_1 H^3 + {}_2 He^4 + Q_1$$

${}_3Li^6$ ద్రవ్యరాశి = 6.01703 a.m. u

${}_o n^1$ ద్రవ్యరాశి = 1.008665 a.m. u

${}_1H^3 = 3.0170 a.m.u$ ${}_2He^4$ ద్రవ్యరాశి = 4.00387 a.m.u

14.13 పదకోశం

దీప్తి	ZnS వంటి పదార్థాలను ఎలక్ట్రాన్‌లు, X కిరణాలు, అతి నీలలోహిత వికిరణాలతో తాడనం చేసినప్పుడు దృశాప్రాంతంలో కాంతి బహిర్గతమౌతుంది. ఈ ప్రక్రియను దీప్తి అంటారు.
త్వరణకము	కేంద్రక కణాలశక్తి పెంచుటకు వాడే పరికరము
ప్రతి దీప్తి	అతినీల లోహిత వికిరణం లేదా ఎలక్ట్రాన్‌లు లేదా అధిక శక్తిగల కణాలు ఉద్యోతితం చేయునప్పుడు పదార్థాలు కాంతిని ఉద్గారంచేసే ప్రక్రియను ప్రతిదీప్తి అంటారు.

BRAOU

స్ఫురదీప్తి	ద్యోతిత జనకాన్ని తొలగించిన తర్వాత పదార్థాలు కాంతిని ఉద్గారం చేసే ప్రక్రియను స్ఫురదీప్తి అంటారు.
ట్రాపింగ్ కేంద్రకం	అర్ధవాహక పదార్థంలో వహన పట్టికి, సంయోజక పట్టీకి మధ్యగల స్థానికమైన (localised) శక్తి స్థాయిని ట్రాపింగ్ కేంద్రం అంటారు. ఇది ఎలక్ట్రాన్‌గానీ, హోల్‌ని గానీ శోషించుకొనే వీలును కలిగిఉంటుంది.
ఫోటో వర్ధకం	బలహీన కాంతి సంకేతాలను శోధించుటకు వాడే పరికరము ఇది కాంతి విద్యుత్ ఫలితం ఆధారంగా పనిచేస్తుంది. కాంతి విద్యుత్ ఫలితంలో పదార్థాలను కాంతి కిరణాలతో తాడనం చేసినప్పుడు వాటి ఉపరితలం నుంచి ఎలక్ట్రాన్‌లు బహిర్గతమౌతాయి.
శక్తి గ్రాహకచర్య	శక్తిని శోషించుకొని జరిగే కేంద్రక, లేదా రసాయనిక చర్యలను శక్తి గ్రాహక చర్యలంటారు.
శక్తి విసర్జన చర్య	శక్తి విడుదలయే కేంద్రక లేదా రసాయనిక చర్యలను శక్తి విసర్జన చర్యలంటారు.
వికిరణాత్మక ప్రగ్రహణం	న్యూట్రాన్ శోషణవలన కేంద్రకం గామా వికిరణాన్ని ఉద్గారం చేస్తే ఆ ప్రక్రియను వికిరణాత్మక ప్రగ్రహణం అంటారు.
ద్రవ్యరాశి వర్ణపట గ్రాహకము	పరమాణు ద్రవ్యరాశిని కనుగొనుటకు వాడే పరికరము
మెసాన్ క్షేత్రం	కేంద్రకంలో కేంద్రక కణాల మధ్య ఉండే క్షేత్రం. ఈ క్షేత్రంలో కేంద్రక కణాల మధ్య π మెసాన్ వినిమయం జరుగుతుంది.
ఉత్తేజిత శక్తి	కేంద్రకాన్ని భూస్థాయి నుంచి ఉత్తేజిత స్థాయికి ఉత్తేజితం చేయుటకు అవసరమయిన శక్తి.
చతుర్గుణ భ్రామకం (Q)	చతుర్గుణ భ్రామకం కేంద్రక గోళీయ సౌష్ఠవతను సూచిస్తుంది. సంవృత కర్పరాకృతి గల కేంద్రకాలకు చతుర్గుణ భ్రామకం Q విలువ శూన్యంగా ఉంటుంది.
పౌలీవర్జన సూత్రం	ఈ సూత్రం ప్రకారం పరమాణువులో ఏరెండు ఎలక్ట్రాన్‌లు ఒకే క్వాంటమ్ సంఖ్యలను కలిగి ఉండవు. ఈ సూత్రం కేంద్రకంలో ఉండే కేంద్రక కణాలకు కూడా వర్తిస్తుంది. ఈ సూత్రం ఆధారంగానే కేంద్రక కర్పరనమూనా అభివృద్ధి చెందింది.
త్రికక, ఏకకబలాలు	ఒకే ఆత్మభ్రమణ దిగ్విన్యాసంగల కేంద్రక కణాలు మధ్య పనిచేసే బలాన్ని త్రికకబలం అంటారు. వ్యతిరేక ఆత్మభ్రమణ దిగ్విన్యాసం గల కేంద్రక కణాల మధ్య పనిచేసే బలాన్ని ఏకకబలం అంటారు.

14.14 చదవదగిన గ్రంథాలు

1.	Kaplan,	Nuclear physics	Addison-Wesley publishing Co., London.
2.	Livsey, D.	Atomic and Nuclear Physics	Blaisdell Publishing Co., London.
3.	Burcham, W.E.	Nuclear Physics-An Introduction	Longman Group Ltd., London.

BRAOU

4.	Tiwari, P.N.	Fundamentals of Nuclear Science	Wiley Eastern Pvt. Ltd., New Delhi.
5.	Evans, R.D.	The Atomic Nucleus	McGraw-Hill Book Co., London.
6.	Eichholz, G.G. and Poston, J.W.	Principles of Nuclear Radiation Detection	Ann Arbor Science Publishers Inc. Michigan.
7.	Green, A.E.S.	Nuclear Physics	McGraw-Hill Book Co. Inc., New York.
8.	Russell Wehr, M., and Richards, J.R.	Physics of the Atom	Addison Wesley Publishing Co., London.
9.	White, H.E.	Modern College Physics	Affiliated East-West Press Pvt. Ltd., New Delhi.

BRAOU

ఖండం–IV కాస్మిక్ కిరణాలు, మౌలిక కణాలు

BRAOU

BRAOU

భాగం-15 : విశ్వకిరణాలు

విషయక్రమం

15.1 ఉద్దేశ్యాలు, లక్ష్యాలు

15.2 ప్రవేశిక

15.3 విశ్వకిరణాలు

15.4 విశ్వకిరణాల ఆవిష్కరణ

15.5 భూఅయస్కాంత ఫలితాలు

15.5.1 అక్షాంశ ఫలితం

15.5.2 సముద్రమట్టంలో పరిశీలనలు

15.5.3 ఉన్నతాంశాల వద్ద అక్షాంశఫలితం

15.6 దీర్ఘాంశ ఫలితం

15.7 దిగంశ ఫలితం (ప్రాక్ పశ్చిమ అసౌష్టవత)

15.8 ఉన్నతాంశ ఫలితం

15.9 ఋతువులలో జరిగే మార్పులు

15.10 దైనికమార్పులు

15.11 సారాంశం

15.12 నమూనా ప్రశ్నలు

15.1 ఉద్దేశాలు లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో విశ్వకిరణాల పుట్టుక వివరణ ఉంది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. విశ్వకిరణాలకు అత్యధిక ప్రవేశ సామర్థ్యంకల వికిరణాలని గ్రహించగలుగుతారు.
2. విశ్వకిరణాల తీవ్రత అక్షాంశం, ఉన్నతాంశం, రుతువులు కాలం మొదలైన విషయాలపై ఆధారపడి ఉంటుంది.

15.2 ప్రవేశిక

ఉపగ్రహాలను అంతరిక్షంలోకి పంపడం, బాహ్యాకాశంలో నడపడం మొదలైన విషయాలను వార్తా పత్రికలలో చదివేటప్పుడు కాస్మోనాట్ అనే పదాన్ని మీరు చదివి ఉంటారు. ఇది కాస్మోస్ అనే పదం నుంచి పుట్టింది. కాస్మోస్ అంటే విశ్వం లేదా బాహ్యాకాశం. అక్కడి నుంచి వచ్చిన కిరణాలను కాస్మిక్ కిరణాలు లేదా విశ్వకిరణాలు అంటారు. వీటినే విశ్వకిరణం అనికూడా అంటారు.

తగిన పరికరాల నుపయోగించి పరిశీలిస్తే, బాహ్యాకాశం నుంచీ కిరణాలు భూమిని ఎడతెరిపి లేకుండా తాడనం చేస్తుంటాయని తెలుస్తుంది. అత్యధికశక్తితో ఇవి భూమిపై పడతాయి. పదార్థం పరమాణువులను ఇవి విచ్ఛిన్న చేస్తాయి. 70 సంవత్సరాల క్రితం వీటిని కనుగొన్నారు. అప్పటినుంచి ప్రపంచం నలుమూలాలా వీటిపై విస్తృతంగా పరిశోధనలు జరుగుతున్నాయి. పాసిట్రాన్‌లు, మెసాన్‌లు అనే కొత్త కణాలు ఈ పరిశోధనలలో కనుక్కోబడ్డాయి. జీవకణాలలో మార్పులు తేగలగడంవల్ల జీవిత పరిణామంలోనే విశ్వకిరణాలు ప్రధానపాత్రను వహించాయి. విశ్వకిరణాల శక్తి O^2ev

BRAOU

(ఎలక్ట్రాన్-వోల్ట్) వరకు ఉండడం వల్ల, కేంద్రకం అంతర్ నిర్మాణాన్ని పరిశోధించి, అర్థం చేసుకోవడం సులభసాధ్యమయింది. ఈ కారణం చేతనే, కేంద్రకీయ భౌతికశాస్త్రంలో విశ్వకిరణాల అధ్యయనం ఒక ప్రధాన ఘట్టమయింది.

15.3 విశ్వకిరణాలు

అనేక పరిశోధనల అనంతరం రెండు రకాల విశ్వకిరణాలున్నాయని తెలిసింది - ప్రాథమిక కిరణాలు, బాహ్యాకాశం నుంచి బయలుదేరి వాతావరణం (ఆట్మాస్ఫియర్) పై భాగంలో ప్రవేశిస్తాయి. అక్కడ ఉండే వాతావరణం పొరలతో, ప్రధానంగా ఆక్సిజన్, నైట్రోజన్ పరమాణువులతో ఇవి అభిఘాతాలు చేస్తాయి. తత్ఫలితంగా, ఆ పరమాణువుల కేంద్రకాలు ప్రోటాన్‌లుగానూ, న్యూట్రాన్‌లుగానూ, మెసాన్‌లుగానూ ప్రేలుతాయి. వీటి సముదాయన్నే గౌణవికిరణం అంటారు. వాతావరణం పైభాగానికి భూమితలానికీ మధ్య భాగంలోనూ, భూమి కింద కొంత దూరం వరకూ ఈ వికిరణం ఉంటుంది. ప్రాథమిక వికిరణంలో అధికభాగం ప్రోటాన్‌లు, ఇంచుమించు 8% హీలియం కేంద్రకాలు, 0.6% భారకేంద్రకాలు, అల్పసంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉంటాయి. వాతావరణంలో ఉండే గౌణ వికిరణంలో భారకేంద్రకాల ముక్కలు, α- కణాలు, ప్రోటాన్‌లు వివిధ నిష్పత్తులలో ఉంటాయి. కానీ, భూమి లోపలికి ప్రవేశించే విశ్వవికిరణంలో ఎలక్ట్రాన్‌లు, మెసాన్‌లు మాత్రమే ఉంటాయి.

విశ్వకిరణాల ఉత్పత్తి స్థానాన్ని గురించి ఆసక్తికరమైన అనేక అభిప్రాయాలు వెలువడినాయి. కాని, సమస్య సంపూర్ణంగా పరిష్కారం కాలేదు. దీనికి సంబంధించిన ఏ సిద్ధాంతమైనా, ప్రయోగాత్మకంగా రుజువు చేయబడ్డ కింది నిజాలను వివరించగలిగేటట్లుగా ఉండాలి.

1. విశ్వవికిరణాలు ఇంచుమించు ఏకరీతిగా వివిధ దిశల నుంచి భూమిపై పడుతున్నాయి.

2. ప్రాథమిక వికిరణంలో ప్రధానంగా ప్రోటాన్‌లు, కొన్ని భారకేంద్రకాలు ఉన్నాయి.

3. ప్రాథమిక వికిరణం సరాసరి శక్తి 10^{10} ev పరిమాణంలో ఉంటుంది.

ఇప్పుడు విశ్వకిరణాల ఉత్పత్తి స్థానానికి సంబంధించిన వివిధ సిద్ధాంతాలను పరిశీలిద్దాం. ప్రథమంగా, లిమైటర్, రెజినర్ తదితరులు కొన్ని బిలియన్‌ల సంవత్సరాలకు పూర్వం ఏర్పడిన పెద్ద ప్రేలుడులో విశ్వంతోపాటు విశ్వకిరణాల ప్రావిర్భావం జరిగిందనీ, అప్పటినుంచి అవి అంతరిక్షంలో ప్రయాణం చేస్తున్నాయనీ అభిప్రాయపడ్డారు. ప్రోటాన్‌లకూ ఇతర కేంద్రకాలకూ ఉండే అత్యధిక శక్తిని ఈ సిద్ధాంతం సంతృప్తికరంగా వివరించగలిగినప్పటికీ ఇది ఊహాగానంగానో, అభూత కల్పనగానో కనబడుతుంది.

రెండో సిద్ధాంతం ప్రకారం, మన గెలాక్సీకి ఆవల ఉండే అంతర్‌నక్షత్ర ప్రదేశం నుంచి, అంటే సుమారు 10^{10} కాంతి సంవత్సరాల దూరం (1 కాంతి సంవత్సరం $= 10^{16}$ మీటర్‌లు) నుంచి విశ్వకిరణాలు బయలుదేరుతాయి. విశ్వంలో వివిధ గెలక్సీలు ఉన్నాయి. వాటి మధ్య దూరాలు సుమారు 10^{6} కాంతి సంవత్సరాలు. గెలాక్సీల మధ్య భాగాలు ఖాళీగానే ఉంటూ, అతి కొద్ది నక్షత్రాలను కలిగి ఉంటాయి. ఈ మధ్యభాగాల నుంచే విశ్వకిరణాల ఉత్పత్తి జరుగుతుందని కాంప్టన్, బ్లాకెట్ మొదలైనవారు సూచించారు.

ఫెర్మి ప్రతిపాదించిన మూడో సిద్ధాంతం ప్రకారం, విశ్వకిరణాలు మన గెలాక్సీలోనే ఉత్పన్నమవుతాయి. నక్షత్రాల కాంతి పతనమైనప్పుడు, మన గెలాక్సీలోని పదార్థం అయనీకరణం చెందుతుంది. దీనికి భ్రమణగమనం ఏర్పడడం వల్ల, ఈ అయాన్‌లు అత్యధిక శక్తిని పొందుతాయి. అయితే, ఈ సిద్ధాంతం ప్రాథమిక కిరణాలలో భారకేంద్రకాలు ఎలా ఏర్పడతాయో వివరించలేదు.

టెల్లర్, రిచ్‌మేయర్ ప్రతిపాదించిన నాలుగో సిద్ధాంతం ప్రకారం, విశ్వకిరణాలు సౌరవ్యవస్థలోనే సూర్యుని పైభాగం, లేదా దగ్గరిభాగం నుంచి వెలువడతాయి. సౌరవ్యవస్థలో ప్రోటాన్‌లు, భారకేంద్రకాలు పుష్కలంగా లభిస్తాయి. ఆ పరిసరాలలో ఉండే సంచార అయస్కాంత క్షేత్రాలు

ఈ కణాలకు త్వరణాన్ని కలిగించి, తద్వారా అధికశక్తులను కలుగజేస్తాయి. ఈ అయస్కాంత క్షేత్రాలవల్లనే, విద్యుదావేశిత కణాలు సౌరవ్యవస్థలో ఏకరీతిగా వితరణ చేయబడుతాయి. ఇలాంటి సంచార అయస్కాంత క్షేత్రాలు ఉన్నాయని ఆల్ఫెన్, బాబ్‌కాక్, తదితరులు చేసిన ప్రయోగాలు ధ్రువీకరించాయి.

ప్రతిపాదించిన ఈ సిద్ధాంతాలన్నీ ఇతర ప్రయోగాలవల్ల ధ్రువీకరణను పొందులేకపోయాయి. అయినప్పటికినీ, విశ్వకణాల ఉత్పత్తి కింది విధంగా జరుగుతుందని తాత్కాలికంగా పరికల్పన చేయవచ్చు.

సూర్యుడు, ఇతర నక్షత్రాలు ఒకానొక విద్యుదయస్కాంత పద్ధతి ప్రకారం, ప్రోటాన్‌లను, భారకేంద్రకాలను అత్యధిక శక్తులతో బయటికి పంపిస్తాయి. ఈ గణాలు అంతర్ నక్షత్ర ప్రదేశంలో ప్రయాణం చేసి, అక్కడ క్రమరహితంగా వితరణ చేయబడ్డ అయస్కాంత క్షేత్రాలలో చిక్కుకుంటాయి. అవి అనేక పరావర్తనాలు చెంది, దిశలో మార్పులనూ త్వరణాన్నీ పొందుతాయి. అక్కడి నుంచి అవి ఏకరీతిగా భూమిపై పడతాయి.

15.4 విశ్వకిరణాల ఆవిష్కరణ

1900 సంవత్సరంలో C.T.R విల్సన్, ఎల్‌స్టర్, గైటల్ అనే శాస్త్రజ్ఞుడు విద్యుత్ దర్శినిని బాగా విద్యుత్‌బంధితం చేసినప్పటికే, అది విద్యుదావేశాన్ని కోల్పోతూ ఉందని కనుగొన్నారు. ఇలా జరగడానికి, పరికరం చుట్టూ కొన్ని అయాన్‌లు ఉండడం అవసరము. కానీ, పరికరం చుట్టూ ఉన్న గాలియొక్క వాహకత స్థిరంగానే ఉండసాగింది. అంటే, అయాన్‌లు అక్కడ ఏర్పడలేదని అర్థము. పరికరము కోల్పోయే అయాన్‌ల నష్టాన్ని భర్తీ చేయడానికి బాహ్యంగా ఏదో ఒక అయాన్ జనకం ఉండాలని ఊహించినాడు.

రూథర్‌ఫర్డ్, కుక్ అనే శాస్త్రజ్ఞులు విద్యుత్‌దర్శినిని మందమైన సీసం పలకలతో ఆవరింప చేసినప్పటికీ, అది విద్యుదావేశాన్ని కోల్పోతూనే ఉందని కనుగొన్నారు. దీనిని బట్టి అత్యధిక ప్రవేశ్య సామర్థ్యం గల వికిరణం పరికరం బయటి నుంచి వస్తూ ఉండాలని వారు ప్రతిపాదించినారు.

అయితే, ఈ వికిరణం భూగర్భంలో అక్కడక్కడా ఉండే రేడియో ధార్మిక పదార్థం వల్ల ఏర్పడవచ్చు. ఇది నిజమైతే, విద్యుత్ దర్శినిని భూమినుంచి ఎత్తుకు తీసుకువెళ్ళితే, ఆవేశాన్ని కోల్పోయే రేటు తగ్గాలి. దీనిని ముగ్గురు జర్మన్ శాస్త్రజ్ఞులు పరిశోధించినారు. 1909 లో ఎత్తుకు వెళ్ళేకొద్దీ విద్యుత్ ఉత్సర్గరేటు ఎక్కువవుతోందని గాకల్ కనుగొన్నాడు. 1911-14 సంవత్సరాలతో హెస్, కొల్హార్‌స్టర్ అయనీకరణ కోష్ఠాలను బెలూన్‌లలో ఉంచి 9,000 మీటర్ల ఎత్తువరకు ప్రయోగాలు చేసినారు. ఉత్సర్గానికి కారణభూతమైన వికిరణ తీవ్రత భూమట్టంలో ఉన్న దానికంటె 5 నుంచి 10 రెట్ల వరకూ పైకి పోను పోను ఎక్కువవుతుందని వారు కనుగొన్నారు. ఈ వికిరణం భూమిలోని రేడియో ధార్మిక పదార్థమువల్ల ఏర్పడి ఉంటే, ఇలా జరిగేది కాదు. కాబట్టే అత్యధిక ప్రవేశ్యసామర్థ్యం గల ఈ వికిరణం మన వాతావరణానికి పై భాగాల నుంచి అన్ని దిశలలోనూ భూమిని తాడనం చేస్తోందని వారు నిర్ణయించినారు. ఈ వికిరణానికి hohenstrahlung (పై నుంచి వచ్చే వికిరణం) లేదా altrastrahlung (వాతావరణం ఆవలిభాగం నుంచి వచ్చే వికిరణం) అని పేరు పెట్టారు.

1923-24లో కొల్హార్‌స్టర్ స్విట్జర్లాండ్‌లోని ఒక పర్వతంపై పరిశోధనలు జరిపి, విశ్వకిరణాల తీవ్రత రాత్రింబగళ్ళు ఏకరీతిగానే ఉంటుందనీ, సూర్యగ్రహణం సమయంలో కూడా తీవ్రత మారదనీ కనుగొన్నాడు. ఈ పరిశీలన తప్పు అని తర్వాత రుజువు పరచబడినప్పటికీ, వికిరణం ఉత్పత్తిస్థానం సూర్యుడుగానీ, నక్షత్రాలుగానీ కాదనీ, మన గెలాక్సీకి ఎక్కడో అవతలి భాగంలో ఉంటుందని అతడు నిర్ధారణ చేయగలిగినాడు.

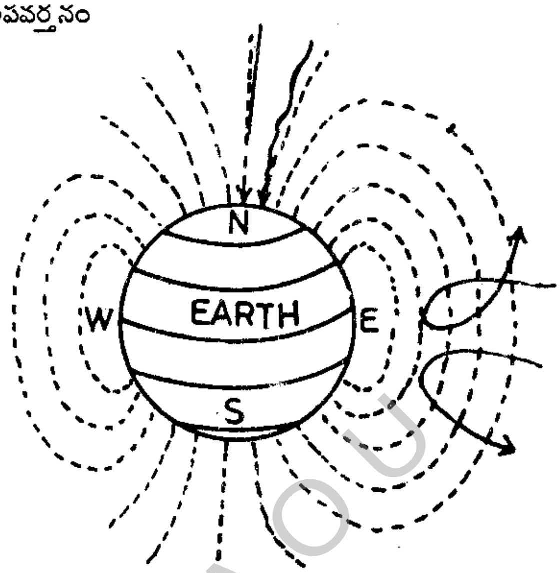
1925-26 లో మిలికన్, అతని అనుచరులు నీటిలో ఈ వికిరణం శోషణాన్ని గురించి అమెరికాలో పరిశోధనలు జరిపినారు. ఈ ప్రయోగాలు వికిరణం వాతావరణం ఆవలి భాగం నుంచీ వస్తోందనే వాదాన్ని ధ్రువీకరించాయి. విశ్వకిరణాలనే పేరును మొట్టమొదటి మిలికన్ సూచించగా, ఆ పేరే శాశ్వతంగా నిలిచిపోయింది.

BRAOU

15.5 భూ అయస్కాంత ఫలితాలు

15.5.1 అక్షాంశ ఫలితం

1927-28లో లోక్లెఅనేడచ్ భౌతికశాస్త్రజ్ఞుడు హాలెండ్ నుంచీ జావా వరకు సముద్రంలో ప్రయాణం చేసి, వివిధ అక్షాంశాల వద్ద విశ్వకిరణాల తీవ్రతను కొలిచాడు. అధిక అక్షాంశాల కంటె భూమధ్యరేఖా ప్రాంతాలలో తీవ్రత బాగా తక్కువగా ఉంటుందని ఆయన కనుగొన్నాడు. ఈ ప్రక్రియనే అక్షాంశఫలితం అంటారు. విశ్వకిరణాలలో విద్యుదావేశిత కణాలు ఉండడం వల్లనే ఇలా జరుగుతుందనీ, ఈ ఆవేశిత కణాలు భూఅయస్కాంత క్షేత్రంచేత ప్రభావితమవుతాయనీ అతడు వివరించినాడు. పటం 15-1 లో చుక్కల రేఖలు భూఅయస్కాంత క్షేత్రం బలరేఖలను సూచిస్తాయి. భూమధ్య రేఖవద్ద ఆవేశిత కణాలు బలరేఖకు ఇంచుమించు లంబంగా భూమిని సమీపిస్తాయి. అందువల్ల అవి వెనక్కి అపవర్తనం



పటం 15.1 భూఅయస్కాంత క్షేత్రబల రేఖలను చుక్కలు గీతలు సూచిస్తాయి. భూమధ్యరేఖ దగ్గర విశ్వకిరణాలు అపవర్తనం చెందడం, ధ్రువాలు దగ్గర విచలనం లేకుండా అవి భూమిని చేరడం గమనించవచ్చు.

చెందుతాయి. ధ్రువాలవద్ద ఆవేశిత కణాలు బలరేఖలకు ఇంచుమించు సమాంతరంగా భూమిపై పతనం కావడంవల్ల, ఎలాటి అపవర్తనం లేకుండా అవి భూమిని చేరతాయి. అంటే, విశ్వకిరణాల తీవ్రత ధ్రువాల దగ్గర గరిష్ఠంగానూ, భూమధ్యరేఖా ప్రాంతంలో కనిష్ఠంగానూ ఉంటుందని అర్థం.

ఇలా కాకుండా, విశ్వకిరణాలలో విద్యుదావేశం లేని న్యూట్రాన్‌లు మాత్రమే ఉన్నట్లయితే, వాటిపై భూఅయస్కాంత క్షేత్రం ప్రభావం ఉండదు. అలాంటప్పుడు విశ్వకిరణాల తీవ్రత ధ్రువాల వద్దా, భూమధ్యరేఖా ప్రాంతాల వద్దా సమానంగానే ఉండాలి.

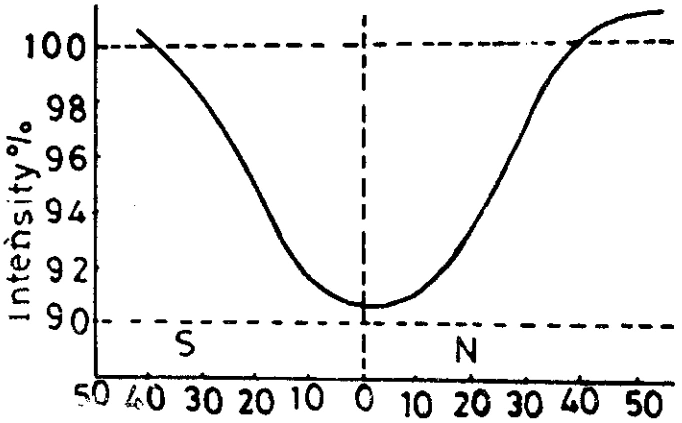
క్లే కనుగొన్న అక్షాంశ ఫలితం 1929 లో బోధే, కొల్హార్‌స్టర్ చేసిన ప్రయోగాలవల్ల ధ్రువీకరించబడింది, భూవాతవరణ ప్రాంతంలోని విశ్వకిరణాలతో ఆవేశిత కణాలున్నాయని కూడా వారు కనుగొన్నారు.

1927 నుంచి 1939 వరకు అనేక శాస్త్రజ్ఞులు సముద్రమట్టం వద్దా, ఉన్నతాంశాల వద్దా అక్షాంశ ఫలితం గురించి పరిశోధనలు చేశారు.

15.5.2 సముద్రమట్టంలో పరిశీలనలు

పసిఫిక్ మహాసముద్రంలో కాంప్టన్, టర్నర్ పన్నెండుసార్లు, గిల్ మరో పదిహేనుసార్లు ప్రయాణం చేసి వివిధ అక్షాంశాల వద్ద విశ్వకిరణాల తీవ్రతను కొలచి పటం 15.2 లో చూపినట్లు

గ్రాఫ్ గీచినారు. X అక్షంపై భూ అయస్కాంత అక్షాంశాలను, Y అక్షంపై విశ్వకిరణ తీవ్రతను గుర్తించినారు. గ్రాఫ్‌ను పరిశీలిస్తే, భూమధ్యరేఖ వద్ద వికిరణ తీవ్రత కనిష్ఠంగా ఉంటుందనీ, దీని విలువ అధిక అక్షాంశాల వద్ద ఉండే తీవ్రతలో సుమారు 10 % తక్కువగా ఉంటుందనీ తెలుస్తోంది. 40° కంటె ఎక్కువైన అక్షాంశాలలో వికిరణ తీవ్రతలో



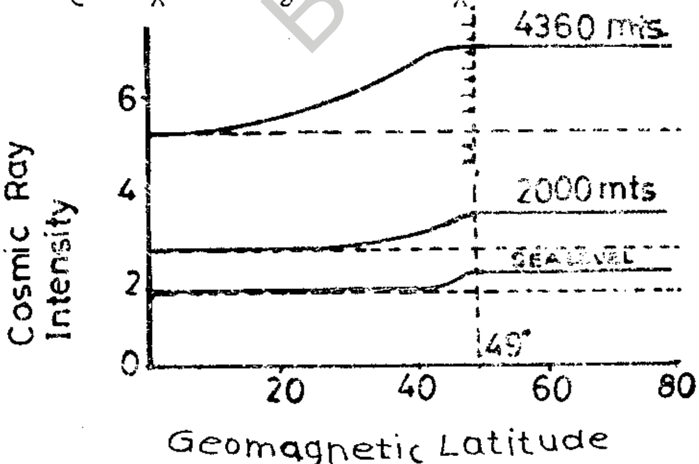
పటం 15.2 భూ అయస్కాంత అక్షాంశాలకు, విశ్వకిరణాల తీవ్రతకు గీచిన వక్రం. భూమధ్యరేఖ వద్ద తీవ్రత కనిష్ఠంగా ఉంటుంది

మార్పు స్వల్పంగా ఉండి, సుమారు 50° నుంచి ధ్రువాల వరకు తీవ్రత స్థిరంగా ఉంటుంది. ఈ ప్రాంతాన్ని "ధ్రువీయటోపీ" (Polar cap) అంటారు. సందిగ్ధ అక్షాంశమైన ఈ 50° ను తీవ్రత-అక్షాంశల గ్రాఫ్ యొక్క జానువు (Knee) అంటారు. ఇది గ్రాఫులో తటాలున ఏర్పడే వంపును సూచిస్తుంది.

BRAOU

15.5.3 ఉన్నతాంశాల వద్ద అక్షాంశఫలితం

కాంప్టన్, అతని అనుచరులు నుపయోగించి సుమారు 5000 మీటర్ల ఎత్తువరకు వివిధ అక్షాంశాల వద్ద తీవ్రతలను కొలిచారు. వారి పరిశోధనల ఫలితాలను పటం 15.3 లో చూడవచ్చు. గ్రాఫ్‌ను పరిశీలిస్తే, అన్ని ఉన్నతాంశాల వద్దా ధ్రువాల నుంచి సుమారు 49° వరకూ తీవ్రత స్థిరంగా ఉన్నట్లును, అక్కడ తటాలున తీవ్రత తగ్గి, భూమధ్యరేఖ వరకు తగ్గుతూనే



పటం 15.3 వివిధ ఉన్నతాంశాలవద్ద అక్షాంశాలకు, విశ్వకిరణ తీవ్రతకు గీచిన వక్రం

ఉన్నట్లు తెలుస్తోంది. ప్రతి వక్రంలోను జానువు 49° దగ్గరనే ఉండడాన్ని గమనించవచ్చు. అంటే, అన్ని ఉన్నతాంశాల వద్దా సందిగ్ధ అక్షాంశం (Critical latitude) ఉంటుందని ప్రయోగాలు తెలుపుతున్నాయని అర్థం.

అక్షాంశ ఫలిత ప్రాముఖ్యం

ఫెర్మీ, రాసీ, లిమైటర్, వలర్టా మొదలైన అనేక భౌతికశాస్త్రజ్ఞులు విశ్వకిరణాలపై భూఅయస్కాంత క్షేత్ర ప్రభావాన్ని గురించి సైద్ధాంతిక అధ్యయనం చేశారు. వారు కనుగొన్న ప్రధాన విషయాలను ఇలా వివరించవచ్చు.

1. విశ్వకిరణాలలో వివిధ పరిమాణాల శక్తిని కలిగిన అనేక కణాలున్నాయి. అధిక శక్తివంతమైన కణాలు భూఅయస్కాంత క్షేత్రం చేత ప్రభావితం కాకుండా, అన్ని అక్షాంశాల వద్దా అన్ని దిశలలోనూ భూమిని చేరగలుగుతున్నాయి.

2. అల్పశక్తి గల కణాలు ధ్రువాలవద్ద భూమిని చేరగలుగుతాయి గానీ, భూమధ్య రేఖా ప్రాంతంలో వెనక్కి మళ్ళించిబడతాయి.

3. వికిరణంలోని ఆవేశితకణాలు ధనాత్మకమో, రుణాత్మకమో అక్షాంశ ఫలితం సూచించడంలేదు.

15.6 దీర్ఘాంశ ఫలితం

మిలికన్, నెహర్, స్వతంత్రంగా క్లే 1934 లో అక్షాంశ ఫలితాన్ని గురించి పరిశోధనలు జరుపుతుండగా, భూమధ్యరేఖ వెంబడి వివిధ దీర్ఘాంశాల వద్ద విశ్వకిరణాల తీవ్రత వేరు వేరుగా ఉందని గమనించారు. పశ్చిమార్ధ గోళంలో కంటె, పుర్వార్ధ గోళంలో తీవ్రత సుమారు 5% ఎక్కువగా ఉందనీ, అధిక అక్షాంశాలవద్ద తీవ్రతలలో తేడా శూన్యంగా ఉందనీ కనుగొన్నారు. దీనినే దీర్ఘాంశ ఫలితం అంటారు.

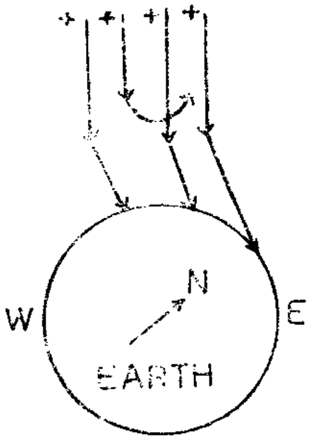
భూమి కేంద్రకం గుండా వెళ్ళే అక్షానికి సంబంధించి భూ అయస్కాంత క్షేత్రం సౌష్ఠవంగా లేకపోవడమే ఈ తేడాకు కారణమని నిర్ణయించినారు.

కానీ, విశ్వకిరణాల కణాల స్వభావాన్ని గురించి ఈ ఫలితం ఎలాంటి సమాచారాన్ని అందించడం లేదని గమనించాలి.

15.7 దిగంశ ఫలితం (లేదా, ప్రాక్-పశ్చిమ అసౌష్ఠవత)

ప్రాథమిక విశ్వకిరణాలలో అధికశక్తివంతమైన కణాలున్నాయని ఇదివరకే తెలుసుకొన్నాం. వీటిలో ధన, రుణ కణాల నిష్పత్తిని గురించి ఈ ఫలితం సమాచారాన్ని అందిస్తుంది.

భూ అయస్కాంత క్షేత్రానికి సంబంధించిన బలరేఖలు భూమికి వెలుపల దక్షిణం



పటం 15.4 విశ్వకిరణాలలోని ధనాత్మక కణాలు తూర్పువైపుకు అపవర్తనం చెంది, పడమటివైపు నుంచి భూమిని చేరుతున్నట్లు కనబడతాయి.

నుంచి ఉత్తరాభిముఖంగా ఉంటాయి. ధనావేశిత కణాలు నిట్టనిలువుగా భూమివైపు ప్రయాణం చేస్తున్నప్పుడు, ఫ్లెమింగ్ ఎడమచేతి నిబంధన ప్రకారం, తూర్పువైపుకు పరావర్తనం చెందుతాయి. దీనిని పటం 15.4 లో చూడవచ్చు. అపవర్తనం చెందిన కణాలు నిలువురేఖకు పడమటి దిశనుంచి ఏటవాలుగా వస్తున్నట్లు కనబడుతాయి.

రుణావేశిత కణాలకంటె ధనవేశిత కణాలు అధికసంఖ్యలో ఉన్నట్లయితే, పడమటి దిశనుంచి భూమిని చేరే వికిరణ తీవ్రత తూర్పుదిశ నుంచి వచ్చే వికిరణ తీవ్రత కంటె ఎక్కువగా ఉండాలి. దీనినే ప్రాక్- పశ్చిమ అసౌష్ఠవత లేదా, దిగంశ ఫలితం అంటారు. లిమైటర్, వలర్టా, స్వతంత్రంగా రాసీ 1930లోనే ఈ ఫలితాన్ని సైద్ధాంతికంగా ప్రతిపాదించాడు. కానీ, 1933లో ఆల్వారెజ్, కాంప్టన్, స్వతంత్రంగా జాన్సన్ దీనిని ప్రయోగాత్మకంగా కనుగొన్నారు.

జాన్సన్ ఈ ఫలితాన్ని గురించి పరిశోధనలు చేయడానికి "విశ్వకిరణ దూరదర్శిని" అనే సాధనాన్ని ఉపయోగించినాడు. ఇందులో రెండుగానీ అంతకంటె ఎక్కువగానీ గైగర్ముల్లర్ గణకాలను వాడతారు. అన్నిటిలోనూ ఉత్సర్గం ఏకకాలంలో జరిగినప్పుడే కణం వాటిగుండా పోయినట్లు నమోదు అవుతుంది. ఇలాంటి ఏర్పాటును ఏకీభావగణకాలు టారు. నిలువుదిశకు కొంతకోణం చేస్తూ ఉండేటట్లు ఈ దూరదర్శినిని తిప్పవచ్చు. ఈ కోణాన్ని జెనిత్ కోణం అంటారు. అయస్కాంత భూమధ్యరేఖ వద్ద 4,300 మీటర్ల ఎత్తులో జాన్సన్ పరిశోధనలు చేసి రీడింగులను కింది విధంగా పొందుపరిచాడు.

వరుస సంఖ్య	జెనిత్ కోణం	పశ్చిమ దిశలో గణనలు	తూర్పు దిశలో గణనలు	అసౌష్ఠవత%
1.	15°	59,295	55,049	8.4
2.	30°	39,601	35,418	12.5
3.	45°	11,024	9,764	13.9
4.	60°	6,760	6,028	17.4

ఈ పట్టికను గమనిస్తే, పడమటి దిశనుంచి వచ్చే వికిరణం తీవ్రత తూర్పు తీవ్రత కంటె అన్ని జెనిత్ కోణాలలోనూ ఎక్కువే అని తెలుస్తోంది. దీనిని బట్టి ప్రాథమిక విశ్వకిరణాలలో ధనావేశిత కణాలే అధికంగా ఉన్నాయని చెప్పవచ్చు.

BRAOU

ఇతర పరిశీలనలు

1 . జెనిత్కోణం ఎక్కువయ్యే కొద్దీ ఈ అసౌష్ఠవత ఎక్కువవుతుందనీ, 45°, 60° మధ్య ఈ తేడా గరిష్ఠంగా ఉండి, అంతకంటె ఎక్కువ కోణాలలో తగ్గిపోతుందనీ కనుగొన్నారు. వాతావరణంలో ఎక్కువ దూరం ప్రయాణం చేయడం వల్ల విశ్వకిరణాలు శోషింపబడడమే దీనికి కారణం.

2. భూమధ్యరేఖ వద్ద ఈ అసౌష్ఠవత గరిష్ఠంగా ఉంది, ఇంచుమించు 40° అక్షాంశాల వద్ద 2 లేదా 3% కి తగ్గి, 50° కంటె అధిక అక్షాంశాలలో, అంటే ధ్రువీయ టోపీ ప్రాంతంలో దాదాపు శూన్యంగా ఉంటుంది.

3. అధిక ఉన్నతాంశాల వద్ద అసౌష్ఠవత శూన్యమవుతుంది. దీనిని బట్టి విశ్వ కిరణాలలో మృదు అంశం, కఠిన అంశం అనే రెండురకాలున్నాయని తెలిసింది. మృదు అంశంలో ధన, రుణ కణాలు దాదాపు సమానంగా ఉంటాయి. ఇది సులభంగా శోషింపబడుతుంది. కఠిన అంశంలో మెసాన్లు లేదా మెసాట్రాన్లనబడే అత్యధిక ప్రవేశ్యత గల వికిరణం ఉంటుంది. ఉన్నతాంశాల వద్ద మృదు అంశం శాతం ఎక్కువగా ఉండడం వల్లనే అక్కడ ఈ అసౌష్ఠవతను శూన్యంగా ఉంటుంది.

పరిశీలన ప్రాముఖ్యం

ప్రాథమిక విశ్వవికిరణంలో ధనావేశితకణాలు అధికంగా ఉంటాయని పరిశీలనలు ధ్రువీకరించాయి. సముద్రమట్టం వద్ద కఠిన అంశంలో మెసాట్రాన్లు ఉంటాయి. కాబట్టి ధనావేశిత కణాలు

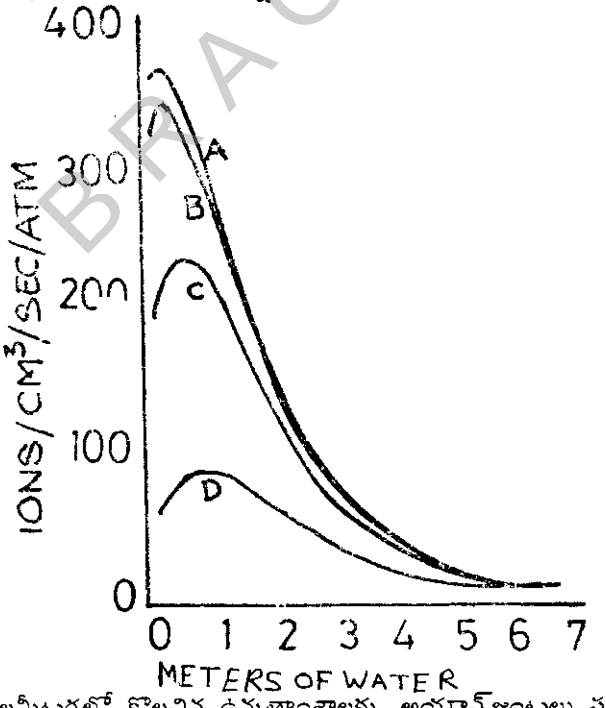
మెసాట్రాన్‌లుగా ఉండడానికి వీలులేదు. ఇవి ధన ఎలక్ట్రాన్‌లు (పాసిట్రాన్‌లు) అని కూడా చెప్పలేము. ఎందుకంటే, పాసిట్రాన్‌లు ఎక్కడ ఉంటే అక్కడ సమానసంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్‌లు కూడా ఉండి విద్యుత్ సమతాస్థితిని కలగజేస్తాయి.

ఈ ధనావేశిత కణాలు ప్రోటాన్‌లుగా ఉండవచ్చునని చాలామంది పరిశోధకులు అభిప్రాయపడుతున్నారు.

15.8 ఉన్నతాంశ ఫలితం

విశ్వకిరణాల వల్ల ఉత్పత్తి అయ్యే అయనీకరణాన్ని ఇంచుమించు వాతావరణం పైభాగం వరకు కొలచినారు. 2, 3 మైళ్ళ ఎత్తువరకు స్విట్జర్లాండ్, ఇటలీ, అమెరికాలలోని పర్వతశిఖరాలపై ప్రయోగాలు చేసినారు. 6, 7 మైళ్ళ ఎత్తువరకు విమానాలను, 10, 11 మైళ్ళవరకు మనుష్యులు కూర్చుని వెళ్ళగల బెలూన్‌లను, 20 మైళ్ళ వరకు నిర్మానుష్య బెలూన్లను ఉపయోగించినారు. 20 నుంచి 100 మైళ్ళ వరకూ రాకెట్లను ఉపయోగించి, అందులో అయనీకరణ కోష్టాలను, గణకాలను (Counters), మేఘ పేటికలను (Clour chambers) ఉంచినారు.

1933-38 లో మిలికన్, ఇతర శాస్త్రజ్ఞులు వివిధ అక్షాంశాల వద్ద చేసిన ప్రయోగాలు మంచి ఫలితాల నిచ్చాయి. విశ్వకిరణాల తీవ్రతను వాతావరణం పై భాగం వరకూ (అంటే 116,000 అడుగులు) కొలిచి, ఎత్తుకూ, తీవ్రతకూ గ్రాఫ్‌లను గీచినారు. ఈ గ్రాఫ్‌లను పటం 15.5 లో చూడవచ్చు. ఎత్తును భూమితలం నుంచి కాకుండా, వాతావరణం పైభాగం నుంచీ దూరాన్నీ కొలిచారు. ఈ దూరాన్ని తుల్య జలమీటర్ అనే ప్రమాణాలలో సూచించినారు. మొత్తం వాతావరణం ఎత్తు 19 జలమీటర్‌లకు సమానమని భావించి, ఒక ప్రదేశం ఎత్తును వాతావరణం పై భాగం నుంచి ఇన్ని జలమీటర్‌లు అని నిర్దేశించినారు. ఈ దూరాన్ని X అక్షంలోనూ, విశ్వకిరణాలు ప్రమాణ సాంద్రత గల గాలిలో ఒక సెకనులో ఒక ఘన. సెం.మీ. లో ఉత్పత్తి చేసే అయాన్ జంటల సంఖ్యను Y అక్షం వెంబడి తీసుకున్నారు. నాలుగు



పటం 15.5 జలమీటర్లలో కొలచిన ఉన్నతాంశాలకు, అయాన్‌జంటలు ఘన. సెం.మీ/ సెకను/అట్మాస్ఫియర్‌లలో కొలచిన విశ్వకిరణ తీవ్రతకు వివిధ అక్షాంశాల వద్ద గీచిన వక్రాలు

వివిధ అక్షాంశాల వద్ద వచ్చిన ఫలితాలను పటం 15.5లో చూడవచ్చు.

ప్రయోగాత్మక వక్రాలు అభిలక్షణాలు

1. X అక్షంలో శూన్యబిందువు వాతావరణం పై భాగాన్ని సూచిస్తుంది.

2. అన్ని వక్రాలు ఇంచుమించు ఒకే ఆకారాన్ని కలిగి ఉన్నాయి. గరిష్ఠ వికిరణ తీవ్రత వాతావరణం పైభాగం నుంచి 0.7 జలమీటర్ కింద ఏర్పడుతుంది.

3. గరిష్ఠ బిందువునుంచి తీవ్రత ఘాతాంక పద్ధతిలో తగ్గుతుంది.

4. అధిక అక్షాంశాలవద్ద విశ్వకిరణాల గరిష్ఠ తీవ్రతల విలువలు ఎక్కువగా ఉంటాయి.

5. అక్షాంశం విలువ ఎక్కువయ్యేకొద్దీ, గరిష్ఠ అయనీకరణం ఏర్పడే ఉన్నతాంశం వాతావరణం పై భాగం వైపుకే విస్థాపనం చెందుతుంది.

పరిశీలన ప్రాముఖ్యం

1. విశ్వకిరణ తీవ్రత వాతావరణం పై భాగంలో తక్కువగానూ, అక్కడి నుంచి కొంచెం కింద ఎక్కువగానూ ఉంటుందని గ్రాఫ్‌లో గమనించవచ్చు. అత్యధిక శక్తివంతమైన ప్రాథమిక విశ్వకిరణాలు బాహ్యాకాశం నుంచీ వాతావరణంలో ప్రవేశించి, అక్కడి గాలి పొరలతో జరిగే ప్రతిచర్య (Reaction) ఫలితంగా గౌణకిరణాలను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. వీటి అయనీకరణ సామర్థ్యం ప్రాథమిక కిరణాల కంటె అధికంగా ఉంటుంది. కిరణాలు కిందికి రానురాను కొంతభాగం శోషింపబడినప్పటికీ, అయనీకరణం చేసే కణాల సంఖ్య మాత్రం ఎక్కువవుతోంది. కొంతదూరం తర్వాత ప్రాథమిక కణాలు ఉత్పత్తి చేసే అయనీకరణ కణలకూ, వాతావరణం శోషించే కణాలకూ సమతాస్థితి ఏర్పడుతుంది. పటం 15.5లోని వక్రంలో గరిష్ఠ బిందువు ఈ స్థితిని సూచిస్తుంది. గరిష్ఠబిందువు వద్ద ప్రాథమిక కిరణాలు గౌణకిరణాల సంఖ్యలో సుమారు 1/5 భాగం ఉంటుంది.

2. అధిక అక్షాంశాల వద్ద వక్రంలోని గరిష్ఠబిందువు వాతావరణం పై భాగం వైపుకు విస్థాపన చెందడానికి కారణం విశ్వకిరణాలపై భూఅయస్కాంత క్షేత్ర ప్రభావమే.

3. గరిష్ఠబిందువు నుంచీ వికిరణ తీవ్రత ఘాతాంక పద్ధతిలో తగ్గడాన్ని అధ్యయనం చేసి, విశ్వకిరణాలు విద్యుదయస్కాంత స్వభావం కలవి కావనీ, వాటిలో ఆవేశితకణాలున్నాయనీ, మిల్లికన్ నిర్ధారణ చేసినాడు. వాటిలో మృదు అంశం. కఠిన అంశం ఉన్నాయని వాతావరణంలోని పై భాగంలో ప్రభావాన్ని కలిగి ఉండే మృదు అంశం చాలా త్వరగా శోషింపబడుతుందనీ, కఠిన అంశం అత్యధిక ప్రవేశ్య సామర్థ్యం కలిగి వాతావరణం కింది భాగంలో కూడా ప్రభావాన్ని కలిగి ఉంటుందనీ ఆయన కనుగొన్నాడు. సముద్రమట్టంలో మృదు, కఠిన అంశాల నిష్పత్తి దాదాపు 1 : 3 ఉంటుంది.

15.9 ఋతువులతో జరిగే మార్పులు

అక్షాంశ ఫలితాన్ని గురించిన ప్రయోగ రీడింగ్‌లను పరిశీలించే సందర్భంలో కాంప్టన్, టర్నర్ విశ్వ కిరణాల తీవ్రత రుతువులతోపాటు కొద్దిగా మారుతుందనీ 1937 లో ప్రతిపాదించినారు. 1942-46లో గిల్, ఫోర్బ్స్, మిలికన్, నెహర్, డ్యూపేరియర్ చేసిన ప్రయోగాలు రుతువుల ప్రభావాన్ని బలపరచాయి. అమెరికాలో ఫోర్బ్స్ నాలుగు వివిధ అక్షాంశాల వద్ద 18 నెలలబాటు, లండన్‌లో డ్యూపేరియర్ నాలుగు సంవత్సరాల బాటు దీనిని గురించి పరిశోధనలు జరిపారు. తత్ఫలితంగా, కింది విషయాలు తీర్మానించబడ్డాయి.

1. భూమధ్యరేఖవద్ద రుతువులవల్ల జరిగే మార్పు శూన్యంగానూ, 50° అక్షాంశం వద్ద మొత్తం తీవ్రతలో 1 లేదా 2 % ఉంటుంది.

2. భూమియొక్క అర్ధగోళాలలో మార్పు పరస్పర వ్యతిరేకంగా ఉంటుంది.

3. వాతావరణం ఉష్ణోగ్రతపై ఈ మార్పు ఆధారపడి ఉంటుంది. సంవత్సరంలోని శీతలభాగంలో, అంటే ఉత్తరార్ధ గోళంలో జనవరిలోనూ, దక్షిణార్ధగోళంలో జూలైలోనూ తీవ్రత గరిష్ఠంగా ఉంటుంది.

BRAOU

ారిశీలనల ప్రాముఖ్యత

విశ్వకిరణాలపై రుతువుల ప్రభావానికి గల కారణాలను 1938 లో P. m.S బ్లాకెట్ అనే శాస్త్రజ్ఞుడు వివరించినాడు. వాతావరణంలోని పై భాగాలలో మెసాన్‌లు అనబడే కణాలు ఉత్పత్తి అవుతాయి. ఇవి విశ్వకిరణాలలోని అత్యధిక ప్రవేశ్య సామర్థ్యం కల అంశానికి చెందినవి. ఈ మెసాన్‌లు కొన్ని మైక్రోసెకనుల బాటు మాత్రమే అస్తిత్వాన్ని కలిగి ఉండి, ఆ తరువాత క్షీణిస్తాయి. ఎండాకాలంలో మెసాన్‌లను ఉత్పత్తి చేసే గాలిపొరలు ఇంకా పై భాగానికి విస్థాపనం చెందుతాయి. అక్కడి నుచి భూతలాన్ని చేరే లోపుగా చాలా మట్టకు క్షీణిస్తాయి. అందువల్ల తీవ్రత చలికాలంలో కంటే ఎండాకాలంలో తక్కువగా ఉంటుంది.

15.10 దైనిక మార్పులు

విశ్వకిరణ తీవ్రత దినంలో సౌరకాలాన్ని బట్టి కూడా మారుతుందని ప్రయోగఫలితాలు తెలిపాయి. పరికరాల చుట్టూ సీసం తెరలను ఉంచి, కఠిన అంశాన్నీ, సీసం తెరలు లేకుండా మృదు అంశాన్నీ పరిశీలించినారు.

1. మృదు అంశం తీవ్రత మిట్టమధ్యాహ్నం గరిష్ఠంగానూ, అర్ధరాత్రిలో కనిష్ఠంగానూ ఉంటుంది. అయితే, కఠిన అంశం తీవ్రత దాదాపు స్థిరంగా ఉంటుంది.

2. తీవ్రతలో కలిగే ఈ దైనికమార్పు అక్షాంశ, ఉన్నతాంశాలపై ఆధారపడదు.

3. చంద్రుని భ్రమణానికి అనుగుణంగా విశ్వకిరణాల తీవ్రత 27 రోజుల ఆవర్తన కాలాన్ని కలిగి ఉంటుందని కూడా శాస్త్రజ్ఞులు కనుగొన్నారు.

4. సూర్యగోళంలో జరిగే మార్పులకూ, విశ్వకిరణాల తీవ్రతకూ సంబంధం ఉందని కొంతమంది ఊహించారు. సూర్యమండలంలో పెద్ద జ్వాలలు లేచినప్పుడు, భూమిపై విశ్వకిరణాల తీవ్రత హఠాత్తుగా ఎక్కువవుతుందని వారు గమనించారు.

5. సూర్యుని ఉపరితలంపై కొన్ని మచ్చలు ఉంటాయి. వీటిని సౌరకళంకాలు (solar spots) అంటారు. ఒక్కొక్క మచ్చ కొన్ని వేల చదరపు మైళ్ళ వైశాల్యాన్ని కలిగి ఉంటుంది. ఈ మచ్చలు సహజంగానే ఏర్పడి, అభివృద్ధి చెంది అదృశ్యమవుతుంటాయి. ఈ మార్పులకు అనుగుణంగా సౌర అయస్కాంతక్షేత్రం కూడా మారుతూ ఉంటుంది. ఈ మచ్చలు గరిష్ఠదశలో ఉన్నప్పుడు అయస్కాంత తుఫానులు భూమిపై ఏర్పడతాయి. అంటే, భూఅయస్కాంతక్షేత్ర తీవ్రతలో క్రమరహితంగాను, హఠాత్తుగాను మార్పులు ఏర్పడతాయి. అలాంటి సందర్భాలలో విశ్వకిరణాల తీవ్రతలో మార్పు సుమారు 10% దాకా ఉంటుంది.

పరిశీలన ప్రాముఖ్యం

విశ్వకిరణాల తీవ్రతలో జరిగే దైనికమార్పులకు సౌర అయస్కాంత క్షేత్రమే ప్రధానకారణమని శాస్త్రజ్ఞులు ఊహిస్తున్నారు.

విశ్వకిరణాలకు సంబంధించిన ప్రయోగాలు అతి విస్తృతంగా జరుగుతున్నాయి. పరిశోధనలు లోతుగా వెళ్ళేకొద్దీ, ఎన్నో అజ్ఞాత విషయాలు మనకు వెల్లడవుతున్నాయి. ఈ పరిశోధనలన్నీ కొత్త కణాల ఆవిష్కరణకు ఎలా దారితీశాయో మరుసటి పాఠంలో పరిశీలిద్దాం.

15.11 సారాంశం

విశ్వకిరణాలంటే అత్యధిక ప్రవేశ సామర్థ్యంగల వికిరణమే. అవి అంతర్ నక్షత్ర ప్రదేశం నుంచీ బయలుదేరతాయి. విద్యుత్ దర్శినులు ఎంతగా విద్యుత్ బంధితం చేయబడినప్పటికీ క్రమంగా వాటిపై ఉండే విద్యుదావేశం తగ్గుతూ ఉండడాన్ని అధ్యయనం చేస్తే, విశ్వకిరణాల ఆవిష్కరణ సిద్ధించింది.

BRAOU

విశ్వకిరణాల తీవ్రత అక్షాంశం, ఉన్నతాంశం, రుతువులు, కాలం మొదలైన విషయాలపై ఆధారపడి ఉంటుంది.

విశ్వ కిరణాలలో ప్రాథమిక వికిరణం, గౌణవికిరణం అని రెండు భాగాలున్నాయి. ప్రాథమిక వికిరణంలో ప్రోటాన్‌లు, భార కేంద్రకాలు, కొద్దిగా ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉన్నాయి. ఇది బాహ్యాకాశం నుంచి వస్తుంది. గౌణవికిరణం, వాతావరణం (Atomosphere) పై భాగానికి, భూమి తలానికీ మధ్యభాగంలో ఉంటుంది. దీనిలో α- కణాలు, ప్రోటాన్‌లు, న్యూట్రాన్‌లు, మెసాన్‌లు ఎలక్ట్రాన్‌లు ఫోటాన్‌లు ఉంటాయి.

15.12 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. విశ్వకిరణాల ఆవిష్కరణకు దారితీసిన పరిస్థితులు వివరించండి.
2. విశ్వకిరణాలు ఎక్కడనుంచి వస్తున్నాయి.
3. విశ్వకిరణ తీవ్రత అక్షాంశంతో ఎలా మారుతుంది.
4. ఉన్నతాంశా ఫలితాన్ని వివరించండి.
5. ప్రాక్ పశ్చిమ అసౌష్ఠవత అంటే ఏమిటి? అది ఎందుకు ఏర్పడుతుందో తెలిపి ప్రాముఖ్యాన్ని వివరించండి.

II. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానం రాయండి.

1. విశ్వకిరణ తీవ్రతలో ఋతువులతో జరిగే మార్పులు.
2. దైనికమార్పులు - దాని ప్రాముఖ్యం.

BRAOU

భాగం-16 : విశ్వకిరణ జల్లులు

విషయక్రమం

16.1 ఉద్దేశాలు లక్ష్యాలు
16.2 ప్రవేశిక
16.3 విశ్వకిరణ జల్లుల ఆవిష్కరణ
16.4 జల్లుల ప్రయోగాత్మక అధ్యయనం
16.5 జల్లుల సైద్ధాంతిక అధ్యయనం
16.6 పాసిట్రాన్ ఆవిష్కరణ
16.6.1 పాసిట్రాన్‌ల ఉత్పత్తి
16.6.2 పాసిట్రాన్‌ల ధర్మాలు
16.7 మెసాన్ ఆవిష్కరణ
16.7.1 మెసాన్ ద్రవ్యరాశి
16.7.2 మెసాన్ సగటు ఆయుర్దాయము
16.7.3 మెసాన్‌ల ఉత్పత్తి
16.8 సారాంశం
16.9 నమూనా ప్రశ్నలు

16.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో విశ్వకిరణ జల్లులు అనే ప్రక్రియ. దాని ఆవిష్కరణ గురించి తెలియజేయడం జరిగింది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. విశ్వకిరణాలు ఎలక్ట్రానులు, ఫోటాన్‌లు, పాసిట్రాన్‌లు కలయిక అని వర్ణించగలరు.
2. పాసిట్రాన్‌లు, మెసాన్‌లు మొదలైన కొత్త కణాల ధర్మాలను వివరించగలరు.

16.2 ప్రవేశిక

ఈ భాగంలో విశ్వవికిరణ జల్లుల దృగ్విషయ వివరణ ఉంది.

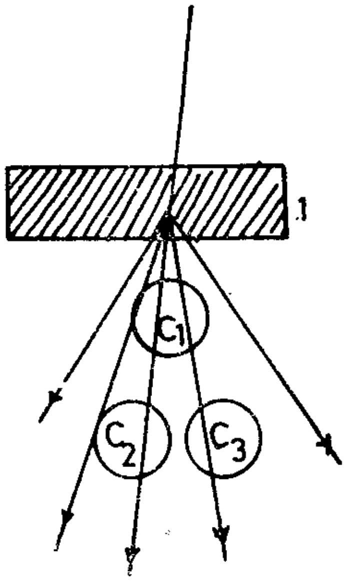
16.3 విశ్వకిరణ జల్లుల ఆవిష్కరణ

విశ్వకిరణాలకు సంబంధించిన ఈ ప్రక్రియలో ఏదో ఒక ఉమ్మడి కారణంవల్ల ఏకకాలంలో ఉత్పత్తి అయ్యే కిరణాలు గుంపులు, గుంపులుగా బయలుదేరుతాయి. అన్ని ఉన్నతాంశాల వద్ద అయనీకరణ కోష్టాలలో హఠాత్తుగా అయనీకరణం ఎక్కువ కావడాన్ని శాస్త్రజ్ఞులు గమనించినారు. కారణం లేకుండా ఈ ప్రక్రియ జరుగుతుందని చెప్పలేము. ఆసక్తికరమైన ఈ ప్రక్రియను జల్లులు అంటారు.

ఏకీభావ గణకాలను ఉపయోగించి "రాసీ" అనే శాస్త్రజ్ఞుడు, గణక నియంత్రిత మేఘపేటికను (counter controlled cloud chamber) ఉపయోగించి, బ్లాకెట్, ఒషియాల్నీ ఈ ప్రక్రియను కనుగొన్నారు.

BRAOU

పటము 16.1 లో సూచించినట్లు మూడు ఏకీభావ గణకాలను త్రిభుజాకారంగా ఉండేటట్లు "రాసీ" అమర్చాడు. మూడు గణకాలలోనూ ఏకకాలంలో ఉత్సర్గం జరిగినపుడే ఒక గణనం నమోదు చేయబడుతుంది. విశ్వకిరణాలు ఏదైనా పదార్థాన్ని ఢీకొన్నప్పుడు కణ సమూహాలు ఉద్గారం చేయబడతాయని ఆయన కనుగొన్నాడు. గణకాలపై ఒక సెం. మీ మందము గల సీసపు పలక నుంచినపుడు, నమోదు అయ్యే గణనాల సంఖ్య ఎక్కువవుతుందని కూడా పరిశోధనలలో తేలింది. ఒక విశ్వకిరణం సీసపు పలకలో ప్రవేశించినపుడు రెండు, మూడు గౌణకణాలు ఉత్పత్తి అవుతాయని ఆయన సూచించినాడు.



పటం 16.1 విశ్వకిరణ జల్లులను పరిశీలించడానికి రాసి $C_1C_2C_3$ గణకాలను త్రిభుజాకారంగా అమర్చడం- జల్లులు సీసం పలకలోని బిందువుల నుంచి అపవర్తనం చెందడాన్ని గమనించవచ్చు.
1 → సీసపుపలక

మొట్టమొదటిసారిగా 1927లో స్కోబెల్జిన్ అనే శాస్త్రజ్ఞుడు మేఘపేటికను ఉపయోగించి విశ్వకిరణ జల్లుల ఫోటోను తీయగలిగినాడు. రేఖలన్నీ గుంపులుగా ఉంటాయని, ఒక గుంపులోని అన్ని కణాలు సీసపు పలకలోని ఒకే బిందువు నుంచే బయలుదేరతాయని ఆయన గమనించాడు. 1933లో బ్లాకెట్, ఓషియాల్ని గణక నియంత్రిత మేఘపేటికలో ఆయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఉపయోగించి ఇలాంటి గుంపుల ఫోటోలను తీసారు.

B R A O U

16.4 జల్లుల ప్రయోగాత్మక అధ్యయనం

జల్లులను గురించిన వివిధ అభిలక్షణాలను కిందివిధంగా వ్రాయవచ్చు.

1. గణక నియంత్రిత మేఘపేటికపైన సీసపు పలక నుంచినపుడు, సీసపు పలకలోని అనేక బిందువుల నుంచి, లేదా ఇతర సాంద్రత పదార్థము నుంచి జల్లులు బయలుదేరుతాయని కనుగొన్నారు. మేఘపేటికలోని వాయు పదార్థములోని ఏ బిందువు నుంచి కూడా జల్లులు బయలుదేరవు. దీనినిబట్టి జల్లుల ఉత్పత్తి, పదార్థము పరిణామముపై, ముఖ్యంగా ఘన పదార్థం పరిమాణముపై ఆధారపడి ఉంటాయి.

2. అయనీకరణం చేసే కణముగానీ, అయనీకరణము చేయని ఫోటాన్ గానీ ఈ జల్లులను సమానమైన పరిమాణాలలో ఉత్పత్తి చేస్తాయి.

3. జల్లులు ఒక ప్రక్రియలోనే ఏర్పడవు. పదార్థములోని అతికొద్ది దూరములో, ఒకదాని తరువాత ఒకటిగా జరిగే ప్రాథమిక ప్రక్రియ ఫలితంగా యివి వృద్ధి చెందుతాయి.

4. జల్లులలో పాసిట్రాన్‌లు, ఎలక్ట్రాన్‌లు దాదాపు సమానసంఖ్యలో ఉంటాయని ప్రయోగాత్మకంగా కనుగొన్నారు. జల్లులలో ఫోటాన్‌లు కూడా ఉంటాయని తెలిసింది. అయితే యివి మేఘపేటికలో జాడలను ఏర్పరచలేవు. జల్లులలో అయనీకరణ కణాల కంటే కొంచెం ఎక్కువగా ఫోటాన్‌లు ఉంటాయని తెలిసింది.

5. జల్లులలో ఉండే అయనీకరణ సంఖ్యను గురించి 1936లో అండర్సన్, నెడర్‌మేయర్ అనే శాస్త్రజ్ఞులు ప్రయోగం చేసినారు. అధిక ఉన్నతాంశాల వద్ద జల్లులు మరీ తరచుగా ఏర్పాడతాయని కనుగొన్నారు. విశ్వకిరణాలలోని మృదు అంశంలో జల్లుల కణాలు ఉంటాయని వారు తీర్మానించారు. వాతావరణం పై భాగములోని గాలిపొరలు వీటిని శోషిస్తాయి గనుక అల్ప ఉన్నతాంశాల వద్ద జల్లులు అంత తరచుగా ఏర్పడవు.

6. జల్లులకు సంబంధించిన జాడల వక్రతా వ్యాసార్ధాన్ని పరిశీలించి ఆ కణాల శక్తులు 1 MeV నుంచి 500 MeV వరకు ఉంటాయని అంచనావేసినారు. కానీ కణాలలోని అధిక భాగము 5 MeV నుంచి 20 MeV వరకు శక్తులను కలిగి ఉంటాయి.

7. జల్లులకు సంబంధించిన కణాలు సీసపుపలక గుండా ప్రయాణం చేసినపుడు అల్పశక్తిగల ఇతర జల్లులను ఉత్పత్తిచేస్తాయి. అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తించినపుడు గౌణ జల్లులకు వక్రతా వ్యాసార్ధము ఎక్కువగా ఉండడాన్ని బట్టి మనకు ఈ విషయము తెలుస్తోంది. దీనిని బట్టి జల్లుల తొలిశక్తి అవిచ్ఛిన్నంగా తగ్గుతూ ఉంటుందని చెప్పవచ్చు. జల్లులలో కణాలసంఖ్య అధికంగా ఉన్నప్పుడు, ఒక్కొక్క కణము శక్తి అత్యల్పముగా ఉండి, అలాంటి జల్లు త్వరగా అంతరించిపోతుంది.

8. జల్లులలోని కణాలు చాలామట్టుకు 40° శీర్షకోణము గల శంకులోపలనే ఉండేటట్లు అపసరణం చెందుతాయి. సుమారు 20° లోపుగా కణాలు గరిష్ఠ సంఖ్యలో అపసరణం చెందుతాయి.

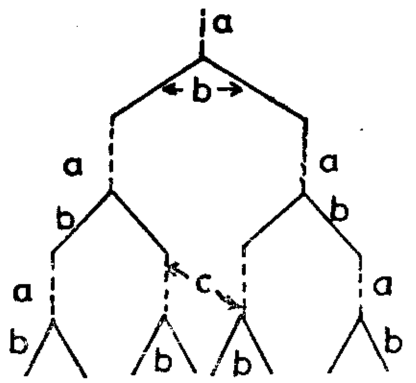
9. గణకాల పై భాగములో ఉండే పదార్ధాన్ని మారుస్తూ, జల్లుల ఉత్పత్తిని "రాసీ" అధ్యయనం చేసినాడు. సీసపు పలకకు బదులుగా అల్యూమినియం, రాగి, ఇనుము మొదలైన లోహాల పలకలను ఉపయోగించి ప్రయోగం మళ్ళీ చేసినాడు. పదార్ధం మారే కొద్దీ జల్లుల ఉత్పత్తి సామర్ధ్యం ఎలా మారుతుందో ఆయన పరిశీలించాడు. పదార్ధము పరమాణు సంఖ్య వర్గానికి (Z^2) జల్లుల దక్షత అనులోమానుపాతములో ఉంటుందని ఆయన కనుగొన్నాడు.

16.5 జల్లుల సైద్ధాంతిక అధ్యయనం

1937 లో ఇంగ్లండులోని భాభా, హిట్లర్, అమెరికాలో నెర్ల్‌సన్, ఓపన్‌హీమర్ అనే శాస్త్రజ్ఞులు వేరువేరుగా జల్లులకు సంబంధించిన సిద్ధాంతభాగాన్ని ప్రతిపాదించారు. దీనికి అంచెల విధానం అనిపేరు. భారతదేశములో పరమాణుశక్తి సంఘాన్ని స్థాపించి బొంబాయి, ఇతర స్థలాలలో కేంద్రకీయ రియాక్టర్లను నిర్మించడంలో భాభా ప్రధానపాత్ర నిర్వహించినాడని ఈ సందర్భములో మనం గమనించాలి.

పటము 16.2 జల్లుల నిర్మాణము అంచెల పద్ధతిలో ఎలా జరుగుతుందో సూచించబడింది. అత్యధికశక్తి గల ఎలక్ట్రాన్ పదార్ధము గుండా ప్రయాణము చేసినపుడు, అది ఆ పదార్ధములోని పరమాణు కేంద్రకానికి దగ్గరగా వెళ్లుతుంది. కేంద్రకము యొక్క బలవత్తర క్షేత్రములో జరిగే అన్యోన్య చర్య ఫలితంగా, అది అధికమైన ఋణత్వరణాన్ని పొందుతుంది.

BRAOU



పటం 16.2 అంచెల విధానంలో జల్లులు ఏర్పడటం - ఫోటాన్ నుంచి పాసిట్రాన్ - ఎలక్ట్రాన్ జంట, ఈ ఒక్కొక్క కణం నుంచి మరింత తక్కువ శక్తిగల కొత్త ఫోటాన్‌లు ఉత్పత్తి అవుతాయి. $a \rightarrow$ ఫోటాన్, $b \rightarrow$ జంట, $c \rightarrow$ ప్రోటాను.

తత్ఫలితంగా ఎక్కువ శక్తిని కోల్పోయి, అది విద్యుదయస్కాంత వికిరణముగా మార్పు చెందుతుంది.

ఈ వికిరణాన్ని ప్రచోదన వికిరణము (Impulse Radiation Bremsstrahlung) అంటారు. ఈ విధానాన్ని బ్రెంస్ట్రాలింగ్ విధానం లేదా వికిరణాత్మక అభిఘాతం (Radiative collission) అంటారు. ఈ విద్యుదయస్కాంత వికిరణం ఫోటాన్ ఆకారాన్ని పొందుతుంది. ఈ ఫోటాన్ కాంతివేగంతో ప్రయాణం చేసి, కేంద్రకం యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రంతో అన్యోన్య చర్య జరుపుతుంది, ఇది పూర్తిగా శోషింపబడి, పాసిట్రాన్ ఎలక్ట్రాన్ జంటను ఉత్పత్తి చేస్తుంది. శోషింపబడిన ఫోటాన్ శక్తిని ఈ జంట కణాలు తమలో తాము పంచుకుంటాయి. కణాలు రెండూ ముందు దిశలోనే పయనిస్తాయి. వికిరణాత్మక అభిఘాతం ద్వారా జంటలోని ఒక్కొక్క కణం మునుపుకంటె కొంచెం తక్కువశక్తి గల కొత్త ఫోటాన్‌లు ఏర్పరుస్తుంది. ఈ ఫోటాన్‌లు ఇంకా తక్కువశక్తిగల జంట కణాలను ఉత్పత్తిచేస్తాయి. ఈ విధంగా ద్రవ్యరాశి శక్తిగానూ, శక్తి ద్రవ్యరాశిగానూ ఏకాంతరంగా మారుతూ ఉండి, సెకను కంటె అత్యల్పమైన కాల వ్యవధిలో అనేకములైన పాసిట్రాన్ - ఎలక్ట్రాన్ జంటలు ఉత్పత్తి చేయబడుతాయి. కణాల శక్తులు రానురాను తగ్గుతూ వచ్చి, ఫోటాన్ ఉద్గారం, జంట ఉత్పత్తి జరగలేనంత అత్యల్ప విలువను పొందుతాయి. ఈ శక్తిని సందిగ్ధశక్తి అంటారు. జల్లులో ఇంకా విశేషించి ఉన్న శక్తి కాంప్టన్ పరిక్షేపణం, కాంతి విద్యుత్ ఫలితాల ద్వారాను, పరమాణువుల అయనీకరణం ద్వారానూ దుర్వ్యయమవుతుంది. శక్తులు చాలా తక్కువగా ఉన్నప్పుడు, పాసిట్రాన్‌లు ఎలక్ట్రానులతో సంయోగం చెంది పరస్పరం నాశనం చేసికుంటాయి.

జల్లులకు సంబంధించిన అంచెల సిద్ధాంతం ఆధారంగా, జల్లులోని ఫోటాన్‌ల సంఖ్య, జల్లు ఏర్పడడానికి కావలసిన సందిగ్ధశక్తి, వ్యాప్తి, జల్లులకు ఉండేవ్యాపన సామర్థ్యం మొదలైన ఎన్నో విషయాలను వివరించడం జరిగింది. ఈ వివరణలన్నీ ప్రయోగాత్మక ఫలితాలతో ఏకీభవిస్తున్నట్లు కొంతకాలం తర్వాత తెలుసుకోగలిగారు.

16.6 పాసిట్రాన్ ఆవిష్కరణ

ఎలక్ట్రానుతో సమానమైన ద్రవ్యరాశి, దానికి సమానమూ, వ్యతిరేకమూ అయిన విద్యుదావేశాన్ని కలిగిన ప్రాథమిక కణమే పాసిట్రాన్, ఎలక్ట్రానుకు సంబంధించి సాపేక్షతరంగ యాంత్రిక సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించిన సందర్భంగా ఇలాంటి కణం ఒకటి ఉంటుందని డిరాక్ అనే శాస్త్రజ్ఞుడు ఊహించినాడు.

విశ్వ కిరణాలకు సంబంధించిన ప్రయోగాలు చేసి, అండర్సన్, బ్లాకెట్ ఇలాంటి కొత్త కణం ఉనికిని వేరువేరుగా ధ్రువీకరించినారు. మేఘపేటికలో అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అమర్చి విశ్వకిరణాల

జాడలను ఫోటోలు తీస్తే, కొన్ని అచ్చం ఎలక్ట్రాన్ జాడలలాగే ఉన్నప్పటికీ, వాటికి వ్యతిరేక దిశలలో అపవర్తనం చెంది ఉండడాన్ని అండర్సన్ గమనించినాడు. మేఘపేటిక మధ్యభాగంలో సీసం పలకను అమర్చి, జాడల ఫోటోలను తీసినాడు. సీసము పలకకు పై భాగంలోనూ, క్రింది భాగంలోనూ జాడల వక్రతా వ్యాసార్ధములో మార్పు గోచరించింది. సీసపు పలకలో కణము శక్తిని కోల్పోవడమే దీనికి కారణము. ఈ జాడవక్రతా వ్యాసార్ధము, దిశ, మందాన్ని పరిశీలించి, జాడను ఏర్పరచిన కణము ధనావేశితంగా ఉండాలని అండర్సన్ తీర్మానించాడు. అతడు ఈ కణానికి ధన ఎలక్ట్రాన్ లేదా పాసిట్రాన్ అని పేరు పెట్టినాడు.

విశ్వకిరణ జల్లుల ఆవిష్కరణతో పాసిట్రాన్ ఉనికి ధృవీకరించబడింది. ఈ జల్లులలో పాసిట్రాన్, ఎలక్ట్రాన్‌లు గుంపులు ఉంటాయని 16.2 విభాగములో చదువుకొన్నారు.

16.6.1 పాసిట్రాన్‌ల ఉత్పత్తి

1. విశ్వకిరణ జల్లులలో పాసిట్రాన్‌లు ఏర్పడతాయని మనము ఇది వరకే పరిశీలించినాము. గణక నియంత్రిత మేఘపేటికలో అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తించి జల్లుల ఫోటోలను బ్లాకెట్, ఒషియాల్నీ తీసినప్పుడు పాసిట్రాన్‌ల ఉనికి స్పష్టంగా నిరూపించబడింది.

2. వికిరణ శక్తి ద్రవ్యీకరణము (Materialisation of Radiant Energy)

అధిక శక్తివంతమైన γ కిరణాలు భారమ మూలకాలతో అన్యోన్య చర్య జరిగినపుడు, పాసిట్రాన్ - ఎలక్ట్రాన్ జంట ఉత్పన్నమవుతుంది. దీనిని జంట ఉత్పత్తి (Pair-production) అంటారు. శక్తి ద్రవ్యంగా మారడానికి యిది చక్కని ఉదాహరణ. ఈ ఉత్పత్తి జరగడానికి గాను, γ కిరణాల శక్తి కనీసం ఎలక్ట్రాన్, పాసిట్రాన్‌ల విరామ ద్రవ్యరాశుల మొత్తానికి సమానంగా ఉండాలని అంచనా వేయబడింది. ఒక కణము యొక్క విరామ ద్రవ్యరాశి అంటే, అది విరామస్థితిలో ఉన్నప్పుడు దాని ద్రవ్యరాశి అని అర్ధము. కణము చలిస్తూ ఉన్నప్పుడు దాని ద్రవ్యరాశి విరామ ద్రవ్యరాశి కంటె ఎక్కువగా ఉంటుందని మనము గుర్తుంచుకోవాలి.

జంట ఉత్పత్తి జరగడానికి γ కిరణాల శక్తి కనీసము 1 MeV ఉండాలని లెక్కించినారు. γ కిరణాల శక్తి 1 MeV కంటె తక్కువగా ఉన్నట్లయితే, జంట ఉత్పత్తి జరగదు. వాటిశక్తి 1 MeV కంటె ఎక్కువగా ఉన్నట్లయితే, జంట ఉత్పత్తి జరగడమే కాకుండా, ఆ జంట కణాలకు గతిశక్తి ఎక్కువగా ఉంటుంది. కాబట్టి γ కిరణాలశక్తి అంతా పదార్ధము చేత పూర్తిగా శోషింపబడి, జంట ఉత్పత్తికి దారితీస్తుంది.

B R A O U

జంట ఉత్పత్తి జరిగే విధానాన్ని క్రింది విధంగా వివరించవచ్చు. పొలోనీయం, బెరిలీయంల మిశ్రమము లేదా థోరియం e^{14} నుంచి ఉద్గారమైన γ కిరణాలను వాడవచ్చు. అప్పుడు వాటి శక్తి క్రమంగా 5 MeV, 2.26 MeV ఉంటుంది. ఈ γ కిరణాలు మేఘపేటికలో ఉంచిన ఏదో ఒక మూలకముపై పతనమవుతాయి. అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తించినపుడు ఎలక్ట్రాన్, పాసిట్రాన్ జంట పరస్పరము వ్యతిరేక దిశలలో అపవర్తనము చెందుతాయి. అవసరం లేని నేపథ్య ఫలితాలను నివారించడానికి దళసరి సీసపు తెరలతో పరికరమంతా ఆవరించబడి ఉంటుంది. జంట కణాల వక్రతా వ్యాసార్ధాలను, గతిశక్తులను అధ్యయనము చేసిన తర్వాత కింది ఫలితాలను నిర్వచించినారు.

1. γ కిరణాల శక్తి ఎక్కువయ్యే కొద్దీ, పాసిట్రాన్‌ల సంఖ్య కూడా పెరుగుతుంది. శోషకంగా ఉపయోగించిన మూలకము యొక్క పరమాణు సంఖ్యపైనా, లేదా లక్ష్యంగా ఉపయోగించే మూలకము స్వభావము పైనా ఈ సంఖ్య ఆధారపడి ఉంటుంది.

2. γ కిరణాల శక్తి 1 MeV కంటె ఎక్కువగా ఉన్నపుడే జంట ఉత్పత్తి జరుగుతుంది.

3. పాసిట్రాన్‌ల శక్తి శోషకం స్వభావముపై ఆధారపడదు. ఈ పరిశీలనను బట్టి, జంట ఉత్పత్తి కేంద్రకము లోపల కాకుండా కేంద్రకానికి వెలుపల జరిగే ప్రక్రియ అని తెలుస్తుంది. ఈ ప్రక్రియ కేంద్రకము లోపలనే జరిగేటట్లయితే, శోషకము మారినప్పుడల్లా పాసిట్రాన్ శక్తి కూడా మారుతూ ఉండేది.

4. అనేక సందర్భాలలో ఎలక్ట్రాన్ శక్తికంటె పాసిట్రాన్ శక్తి ఎక్కువగా ఉంటుంది. రెండు కణాలు ఏకకాలంలో ఒకే గతిశక్తితో ఉత్పన్నమైనప్పటికీ అవి కేంద్రకానికి దగ్గరగా ఉత్పత్తి కావడము వల్ల, పాసిట్రాన్ కణము ధనావేశితమైన కేంద్రకము చేత వికర్షింపబడుతుంది. తత్ఫలితంగా పాసిట్రాన్ శక్తి పెరుగుతుంది. కేంద్రకము చేత ఆకర్షింపబడడము వల్ల, ఎలక్ట్రాన్ యొక్క గతిశక్తి తక్కువవుతుంది.

3. కృత్రిమ రేడియోధార్మిక ఐసోటోప్‌ల పాసిట్రాన్ ఉద్గారము

కృత్రిమ రేడియోధార్మికత కలిగిన ఎన్నో ఐసోటోప్‌లు β విఘటనము చెంది పాసిట్రాన్‌నుగాని ఎలక్ట్రాన్‌నుగాని ఉద్గారము చేస్తాయి. అందువల్ల పాసిట్రాన్‌లను అలాంటి ఐసోటోప్‌ల నుంచి పొందవచ్చు. అయితే ఈ ఐసోటోప్‌లు పాసిట్రాన్, ఎలక్ట్రాన్‌లలో ఏదో ఒక కణాన్ని మాత్రమే ఉద్గారము చేస్తాయి. కానీ రెండిటినీ కాదని గుర్తుంచుకోవాలి. సహజరేడియో ధార్మికతలో వలె ఈ ఉద్గారము కొంతకాలము పాటు జరుగుతూ ఉంటుంది. పైగా ఇది కేంద్రకములోపలనే జరిగే ప్రక్రియ. అంటే కేంద్రకానికి బయట ఉండే పరమాణుస్థిర విద్యుత్ క్షేత్రము వల్ల ఈప్రక్రియ జరగడం లేదు.

16.6.2 పాసిట్రాన్ ధర్మాలు

1. మేఘపేటికలో పాసిట్రాన్, ఎలక్ట్రాన్ ఉత్పత్తి చేసే అయనీకరణాన్ని కొలచి రెండు కణాల ద్రవ్యరాశులలో తేడా 20% కంటె ఎక్కువ లేదని అండర్‌సన్ అంచనా వేసినాడు.

ఛాడ్విక్, బ్లాకెట్, ఒఖియాల్నీ పాసిట్రాన్ ద్రవ్యరాశిని యింకా ఖచ్చితంగా కనుగొన్నారు. థోరియం C^{14} ఉద్గారము చేసే 2.62 MeV శక్తిగల γ కిరణాలను మేఘపేటికలోని ఒక శోషకం గుండా ప్రసరింప చేసినారు. అయస్కాంత క్షేత్రము అనువర్తించినపుడు జాడలలో ఏర్పడే వక్రతలను బట్టి పాసిట్రాన్‌ల శక్తులను కొలిచినారు. పతన γ కిరణాల శక్తి $h\nu$ ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి m_1, పాసిట్రాన్ ద్రవ్యరాశి m_2, కాంతివేగము C, ఎలక్ట్రాన్, పాసిట్రాన్‌ల గతిశక్తులు క్రమముగా E_1, E_2 అయితే,

$$h\nu = (m_1 + m_2)C^2 + E_1 + E_2$$

అనే సమీకరణానికి అనుగుణంగా జంట ఉత్పత్తి జరుగుతుంది. దీనిని ఉపయోగించి, వారు $m_2 = (1.02 \pm 0.10)m_1$ అని రుజువు పరచినారు. అంటే పాసిట్రాన్, ఎలక్ట్రాన్‌ల ద్రవ్యరాశుల యించుమించు సమానంగా ఉంటాయని అర్థము.

2. రెండు కణాల విద్యుదావేశాలలో తేడా 10% కంటె ఎక్కువకాదని అండర్‌సన్ కనుగొన్నాడు.

3. 1933లో థైబాద్, 1940లో స్పీన్, జాన్ తదితరులు పాసిట్రాన్ విశిష్ట విద్యుదావేశాన్ని $\left(\frac{e}{m}\right)$ నిర్ణయించి, ఈ విలువకూ, ఎలక్ట్రాన్ విద్యుదావేశానికి తేడా 2% లోపుగానే ఉంటుందని కనుగొన్నారు.

4. లోహ శోషకాలలో వాటి ప్రవేశ సామర్ధ్యం అదే వేగం గల ఎలక్ట్రాన్‌ల వలెనే ఉంటుంది.

5. పాసిట్రాన్‌లకు స్వతంత్ర అస్తిత్వం (Independence existence) లేదు. పదార్థము లోపలగానీ, బయటగానీ ఎలక్ట్రాన్ ఉన్నట్లయితే, పాసిట్రాన్ దానివైపు ఆకర్షింపబడి, దానితో కలిసి వినాశం చెందుతుంది. దీనిని ద్రవ్య వినాశం (Annihilation of matter) అంటారు.

6. ఇతర కణాలు దగ్గరగా లేనప్పుడు పాసిట్రాన్, ఎలక్ట్రాన్‌ల కలయిక జరిగితే, సమానశక్తికల రెండు ఫోటాన్‌లు ఏర్పడి విరుద్ధ దిశలలో ప్రయాణం చేస్తాయి. స్వేచ్ఛగా ఉన్నట్టి లేదా వదులుగా బంధితమై ఉన్న ఎలక్ట్రానుతో పాసిట్రాన్ కలిసినపుడు యిలా జరుగుతుంది.

7. కేంద్రకానికి గట్టిగా బంధితమైయున్న ఎలక్ట్రాన్‌లతో పాసిట్రాన్ కలిసినపుడు, అధికశక్తిగల ఒకే ఫోటాన్ ఉద్గారమవుతుంది.

BRAOU

8. పాసిట్రాన్ సగటు జీవిత కాలము 10^{-10} సెకను మాత్రమే. ఈ కారణము చేతనే ఇంతకాలంగా దానిని శాస్త్రజ్ఞులు కనుక్కోలేక పోయినారు. అంత తక్కువ అయుర్దాయము ఉన్నందువల్లనే పదార్థములో స్వేచ్ఛా పాసిట్రాన్‌లు ఉండవు.

16.7 మెసాన్ ఆవిష్కరణ

ఎలక్ట్రాన్, ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్ మొదలైన కణాలు విశ్వంలోని అన్ని పదార్థాలలో ఉన్నందువల్ల, వాటిని ప్రాథమిక కణాలు అంటారు. మెసాట్రాన్ లేదా మెసాన్ అనబడే మరో ప్రాథమిక కణాన్ని 1937లో విశ్వకిరణ పరిశోధనలలో కనుగొన్నారు. దీనిలో ఒక ప్రాథమిక విద్యుదావేశం (Single Elementary charge) ఉంటుంది. దీని ద్రవ్యరాశి ఎలక్ట్రాన్‌కు, ప్రోటాన్‌కు మధ్యస్థంగా ఉంటుంది. కేంద్రక అంతర్గత బలాల స్వభావాన్ని గురించి సైద్ధాంతికంక అధ్యయనం చేసి "యుకావా" అనే జపాన్ శాస్త్రజ్ఞుడు 1935లో యిలాంటి కణము ఉంటుందని ఊహించినాడు.

మెసాన్‌ను కనుక్కోవడములో కింది ప్రయోగాలు ఆధారభూతంగా పనిచేసినాయి.

1. విశ్వకిరణాలలో మృదుఅంశం, కఠినఅంశం, అనే రెండు భాగాలు ఉంటాయి. సముద్రమట్టములో కఠిన అంశం 75% ఉంటుంది.

2. కఠిన అంశములో ఇంచుమించు సమాన సంఖ్యలో అధికవేగము కలిగిన ధన, ఋణ కణాలు ఉంటాయి.

3. మేఘపేటికలో ఈ కణాలు జాడలను ఏర్పరుస్తాయి. వీటికి అత్యధిక ప్రవేశ్య సామర్థ్యము ఉంటుంది. ఈ కణాలలో 50% వరకు 100 సెం.మీ. సీసము ద్వారా ప్రసరించగలుగుతాయి. మృదు అంశానికి సంబంధించిన కణాలు మాత్రమే 10, 15 సెం.మీ. సీసముతో పూర్తిగా శోషించబడతాయి.

4. విశ్వకిరణాలు శోషకాల గుండా ప్రసరించినపుడు, మృదు, కఠిన అంశాల ప్రవర్తనలు వేరువేరుగా కనపడ్డాయి. మృదు అంశం కోల్పోయేశక్తి కణము యొక్క తొలి శక్తికీ, శోషకం యొక్క పరమాణు సంఖ్య వర్గానికీ అనులోమానుపాతములో ఉంటుంది. కానీ, కఠిన అంశం కోల్పోయేశక్తి యొక్క తొలిశక్తిపై ఆధారపడకుండా, శోషకము యొక్క పరమాణు సంఖ్యకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

5. అత్యధిక వేగము గల ఆవేశిత కణాలు ద్రవ్యముగుండా ప్రసరించి శక్తిని కోల్పోయేటప్పుడు, ద్రవ్యములో రెండు రకాల అన్యోన్య చర్యలు జరుగుతాయి. వాటికి అయనీకరణ అభిఘాతం (Ionising collision), వికిరణాత్మక అభిఘాతం (Radiative collision) అని పేరు.

6. అధికవేగము గల ఆవేశిత కణము ద్రవ్యానికి సంబంధించిన పరమాణువుల మధ్య ప్రయాణము చేసేటప్పుడు, వాటిలో అస్థితిస్థాపక అభిఘాతం జరుగుతుంది. ఆవేశిత కణం పరమాణువుకు దగ్గరగా వెళ్ళేటప్పుడు, దానికీ, పరమాణువులోని కక్ష్యా ఎలక్ట్రాన్‌లకూ మధ్య విద్యుత్‌బలాలు పనిచేస్తాయి. తత్ఫలితంగా ఎలక్ట్రాన్‌లకు శక్తి అందించబడి, అవి పరమాణు బంధాన్ని తెంచుకొని బయటపడతాయి. అప్పుడు అయనీకరణం ప్రారంభమవుతుంది. బంధాన్ని తెంచుకొని బయటపడ్డ ఇలాంటి ఎలక్ట్రాన్‌లను గౌణ ఎలక్ట్రాన్‌లు అంటారు. వీటి శక్తి అత్యధికంగా ఉంటే, ఇవి ఇతర పరమాణువులను కూడా అయనీకరణం చేయగలుగుతాయి. ద్రవ్యములో జరిగే ఈ రకం అన్యోన్య చర్యను అయనీకరణ అభిఘాతం అంటారు.

7. అధికవేగము గల ఆవేశిత కణము కేంద్రకానికి అతి దగ్గరగా ప్రయాణము చేసినప్పుడు అది వికిరణము ద్వారా శక్తిని కోల్పోవచ్చు. కేంద్రకము యొక్క బలవత్తర క్షేత్రముతో అన్యోన్యచర్య జరిగినపుడు, కణానికి అత్యధికమైన ఋణత్వరణం కల్గుతుంది. ఫలితంగా, శక్తి అంతా విద్యుదయస్కాంత వికిరణంగా మారుతుంది. ఈ వికిరణాన్ని ప్రచోదన వికిరణం లేదా బ్రెంస్ట్రాలింగ్ అంటారని ఇదివరకే తెలుసుకున్నాము. ఈ ప్రక్రియను వికిరణాత్మక అభిఘాతం అంటారు.

8. మేఘపేటికలో కనబడిన ఈ కణాల జాడలను బట్టి, అవి ఎలక్ట్రాన్‌లు లేదా ప్రోటాన్‌లుగా ఉండవచ్చునని మొదట అనుకొన్నారు. కానీ ఆ జాడల మందము, వక్రతా వ్యాసార్ధము, అపవర్తన దిశ, కణాలశక్తి, వాటి అత్యధిక సామర్థ్యము - వీటన్నింటినీ పరిశీలించి, జాడలు కొత్తకణాలవల్ల ఏర్పడి ఉండాలనీ ప్రతిపాదించడం జరిగింది. అండర్‌సన్, నెడర్‌మేయర్ 1936లో ఇలాంటి అధ్యయనాన్ని చేసినారు. 1937లో స్ట్రీట్, స్టీవెన్‌సన్ మేఘపేటికలో కొన్ని మార్పులు చేసి కొత్తకణం ఉనికిని ధ్రువీకరించినారు. 1938లో కార్సన్, బ్రోడ్ కొత్తకణాన్ని ఫోటోతీసి దాని ద్రవ్యరాశి ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశికి 185 రెట్లు ఉంటుందని అంచనా వేసినారు.

9. ఈ కొత్తకణానికి యుకాన్, భార ఎలక్ట్రాన్, బేరిట్రాన్, మెసాట్రాన్ మొదలైన అనేక పేర్లు ఉండేవి. కట్ట కడపటికి దీనిపేరు మెసాన్‌గా నిలిచిపోయింది.

16.7.1 మెసాన్ ద్రవ్యరాశి

మెసాన్ ద్రవ్యరాశిని కనుక్కోవడానికి అనేకులు ప్రయత్నించారు. స్థిరమైన మెసాన్ జనకం లేకపోవడం వల్లనూ, విశ్వకిరణాలలోని మెసాన్‌లు అత్యధిక తీవ్రతగల విద్యుత్ క్షేత్రంతో గానీ, అయస్కాంత క్షేత్రముతో గానీ ప్రభావితం కానంతటి అధిక వేగాలతో ప్రయాణించడంవల్లనూ ద్రవ్యరాశిని ప్రత్యక్ష పద్ధతిలో కనుక్కోవడం సాధ్యం కాలేదు. అందువల్ల మేఘపేటికలో జాడలవ్యాప్తి, వక్రతా వ్యాసార్ధాలను అధ్యయనం చేయడం, జాడల విశిష్ట అయనీకరణాన్ని కొలవడం - ఇలాంటి పరోక్ష పద్ధతులను ఉపయోగించి, మెసాన్ ద్రవ్యరాశిని కనుగొన్నారు. దీనిని సాధారణంగా ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి (m_e) అనే ప్రమాణాలలో కొలుస్తారు. మెసాన్ ద్రవ్యరాశి $30m_e$ నుంచి $100m_e$ వరకు వివిధ విలువలను కలిగి ఉంటుంది. సామాన్యంగా దాని విలువ $200m_e$ ఉంటుందని భావిస్తారు.

1947లో పోవెల్, ఒషియాల్నీ, లేటిస్ అనే శాస్త్రజ్ఞులు అధిక ఉన్నతాంశాల వద్ద విశ్వకిరణాల జాడలను పరిశీలించినారు. మెసాన్ వంటి కణాలు విఘటన చెంది, వాటికంటె తేలికగా ఉన్న మరో మెసాన్‌ను ఏర్పరుస్తుందనివారు కనుగొన్నారు. సుమారు 330 m_e ద్రవ్యరాశి గల తొలి మెసాన్‌కు π మెసాన్ లేదా పయాన్ అని పేరు పెట్టారు. ఇది విఘటనం చెంది రెండు మెసాన్‌లను ఏర్పరుస్తుంది. ఒకదానిని μ మెసాన్ లేదా మ్యూయాన్ అనీ, రెండవ కణాన్ని తటస్థ మెసాన్ అనీ అన్నారు. వాటి ద్రవ్యరాశులు వరుసగా 190 m_e 130 m_e అని కనుగొన్నారు.

తరువాత పరిశోధనలలో వివిధ ద్రవ్యరాశులు గల అనేక మెసాన్‌లు కనుక్కోబడ్డాయి. 970 m_e ద్రవ్యరాశి గల K కేసాన్‌లు లేదా కేయాన్‌లు, 2182 m_e ద్రవ్యరాశి గల λ మెసాన్‌లు $2340m_e$ ద్రవ్యరాశి గల సిగ్మా మెసాన్‌లు, 2582 m_e ద్రవ్యరాశి గల క్సై మెసాన్‌లు, ఇంకా అనేక రకాలు కనుక్కోబడ్డాయి.

16.7.2 మెసాన్‌లు సగటు ఆయుర్దాయము

విలియమ్స్, రాబర్ట్స్, యువాన్స్, జాన్సన్, మొదలైన శాస్త్రజ్ఞులు పరిశోధనలు వల్ల మెసాన్‌లు అస్థిరముగా ఉంటాయనీ, అవి విఘటనం చెందుతాయనీ తెలిసింది. వారు తీసిన మేఘపేటిక ఫోటోలతో మెసాన్ విఘటనం చెంది ఎలక్ట్రాన్ వంటి కణాన్ని ఏర్పరుస్తుందని కనబడింది. అంటే, మెసాన్‌లకు రేడియో ధార్మికత ఉందని బుజువైంది. కొన్ని మెసాన్‌ల సగటు ఆయుర్దాయము విలువలు యిలా ఉన్నట్లు అంచనా వేయబడింది.

2190 m_e మెసాన్	10^{-10} సెకను
1000 m_e మెసాన్	10^{-9} సెకను
π మెసాన్	2×10^{-8} సెకను
μ మెసాన్	2×10^{-9} సెకను
K మెసాన్	1.24×10^{-8} సెకను

మెసాన్‌లు విఘటనము చెందినపుడు, ఉత్పత్తయ్యే ఎలక్ట్రాన్‌లను విఘటన ఎలక్ట్రాన్‌లు అంటారు.

ఇలాంటి ఎలక్ట్రాన్‌లు ధనమెసాన్ల విఘటనం లోనే ఏర్పడుతాయనీ, ఋణ మెసాన్ల విఘటనంలో ఏర్పడవనీ, మేఘపేటిక ఫోటోలు తెలియజేసాయి. దీనికి గల కారణాలను ఇలా వివరింపవచ్చు. ఋణ మెసాన్ విరామస్థితి పొందినపుడు, అది పరమాణు కేంద్రకాల చేత ఆకర్షింపబడి ప్రగ్రహణము (captured) చేయబడుతుంది. ఈ కేంద్రకాలు విస్ఫోటనం చెందినపుడు, ప్రోటాన్ σ కణం, మరో రెండు కేంద్రకం ముక్కలు ఏర్పడుతాయి. ఇలాంటి కేంద్రీయ విఘటనం ఋణ మెసాన్‌ల ప్రగ్రహణము సందర్భంలోనే జరుగుతుంది. వివిధ మెసాన్‌లు ఎలా విఘటనం చెందుతాయో పెర్కిన్స్, పోవెల్, మొదలైనవారు అధ్యయనం చేసి ఫలితాలు కింది విధంగా క్రోడీకరించారు.

1. ధన, ఋణ పయాన్‌లు కేంద్రకీయ విఘటనంతో ఏర్పడతాయి.

2. పయాన్‌లు విఘటనం చెందినపుడు ధన, ఋణ μ- మెసాన్‌లు ఉత్పత్తి చేయబడుతాయి,

3. శోషకం పరమాణు సంఖ్య ఎంత ఉన్నప్పటికీ, ధన π మెసాన్ స్వచ్ఛందంగా విఘటనం చెంది ధన μ మెసాన్, తటస్థ మెసాన్‌లు ఏర్పడతాయి.

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \text{ తటస్థ మెసాన్.}$$

4. అదే విధంగా ఋణ π మెసాన్ స్వచ్ఛంధంగా విఘటనం చెందినపుడు ఒక ఋణ μ మెసాన్, ఒక తటస్థ మెసాన్ ఏర్పడతాయి.

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \text{ తటస్థ మెసాన్}$$

5. కొన్ని సందర్భాలలో శోషకం పరమాణు సంఖ్య ఎక్కువగా ఉన్నపుడు, ఋణ π మెసాన్‌ను ప్రగ్రహణము చేసిన కేంద్రకం విఘటనం చెందవచ్చు.

6. ధన, μ మెసాన్‌లు విఘటనం చెందినపుడు పాసిట్రాన్, తటస్థ మెసాన్, న్యూట్రినో అనే కణాలు ఏర్పడతాయి. న్యూట్రినో అనే కొత్త కణానికి విరామ ద్రవ్యరాశి శూన్యంగా ఉండి, విద్యుదావేశం కూడా శూన్యంగా ఉంటుంది. దానికి కొంత శక్తి మాత్రమే ఉంటుంది.

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \text{ తటస్థ మెసాన్ } + \text{ న్యూట్రినో}$$

7. ఋణ μ మెసాన్ స్వచ్ఛంధంగా విఘటనం చెందినపుడు ఎలక్ట్రాన్, తటస్థ మెసాన్, న్యూట్రినో ఏర్పడతాయి. ఒక్కొక్కసారి ఋణ π మెసాన్ కేంద్రకం చేత ప్రగ్రహణము చేయబడవచ్చు.

$$\mu^- \rightarrow e^- + \text{ తటస్థ మెసాన్ } + \text{ న్యూట్రినో}$$

16.7.3 మెసాన్‌ల ఉత్పత్తి

మెసాన్‌లు అత్యల్పమైన సగటు ఆయుర్దాయాన్ని కలిగి, స్వచ్ఛందంగా విఘటనం చెందుతాయి. దీనిని బట్టి మెసాన్‌లు చాలా దూరం నుంచి రావడానికి వీలులేదనీ, అవి ప్రాథమిక విశ్వకిరణాలకు సంబంధించినవి కావనీ చెప్పవచ్చు. అంటే, మెసాన్‌లు గౌణ విశ్వకిరణాలకు సంబంధించినవిగా ఉండి, బహుశా వాతావరణంలోని పై భాగములో ఉత్పత్తి చేయబడుతూ ఉండవచ్చు. వివిధ ఉన్నతాంశాల వద్ద మెసాన్‌ల తీవ్రతను ప్రయోగాత్మకంగా నిర్ణయించినారు. దీనిని బట్టి వాతావరణంలో పైన ఉండే $\frac{1}{10}$ భాగములో మెసాన్‌లు సృష్టించబడుతున్నాయని ప్రతిపాదించినారు. వివిధ పరిశోధనల ఫలితంగా, మెసాన్‌ల ఉత్పత్తిని గురించి కింది విషయాలు నిర్ధారించబడ్డాయి.

1. ఉన్నతాంశం ఎక్కువయ్యే కొద్దీ, మెసాన్‌ల ఉత్పత్తి తగ్గుతుంది. పీడనం 40 సెం|| మీల పాదరసము నుంచి పై భాగలలో మెసాన్‌ల ఉత్పత్తి తొందరగా వృద్ధి చెందుతుంది.

2. మెసాన్‌లు ఒక్కొక్కటిగానీ, జంటగా గానీ, ఉత్పత్తి చేయబడుతాయి.

3. బహుశా అత్యధిక శక్తివంతమైన ఫోటాన్‌లు గల ప్రాథమిక విశ్వకిరణాలు మెసాన్‌లను ఉత్పత్తి చేస్తూ ఉండవచ్చు.

BRAOU

4. ఫోటాన్‌ల శక్తి 200 MeV కంటె ఎక్కువగా ఉన్నప్పుడే మెసాన్‌ల ఉత్పత్తి జరుగుతుంది.

5. ఉత్పత్తి చేయబడిన మెసాన్‌ల శక్తి తక్కువగా ఉంటుంది.

6. విశ్వకిరణాలలోని మృదు అంశం తీవ్రతకు మెసాన్‌ల ఉత్పత్తి అనులోమానుపాతంలో పెరుగుతుంది.

7. ఫోటాన్‌లు ఉత్పత్తి చేసిన మెసాన్‌ల కంటె అధికశక్తి గల మెసాన్‌లు కూడా ఉన్నాయని తెలిసింది. బహుశా విశ్వకిరణాలలోని ప్రోటాన్ వంటి అయనీకరణ కణాలవల్ల ఇవి సృష్టించబడి ఉండవచ్చు.

బహుశా బాహ్య కణము నుంచి భూమిని చేరే వికిరణంలో ప్రోటాన్లే సంపూర్ణంగా ఉండి వాతావరణంలోని పై భాగాలలో మెసాన్‌లను ఉత్పత్తి చేస్తూ ఉండవచ్చు. మరికొన్ని మెసాన్‌లు న్యూట్రాన్‌ల వల్ల కూడా ఏర్పడవచ్చు.

మాదిరి లెక్కలు

1. ఒక π^0 మెసాన్ (ద్రవ్యరాశి 264 me) విరామస్థితిలో ఉంది. అది రెండు γ కిరణ ఫోటాన్‌లుగా విఘటనం చెందుతుంది. ఒక్కొక్క ఫోటాన్ శక్తి ఎంత?

ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి $m_e = 0.511 MeV$

π^0 మెసాన్ శక్తి $= 264 m_e$

$= 264 \times 0.511$

= 134.9 MeV

ఈ శక్తిని రెండు ఫోటాన్‌లు సమానంగా పంచుకుంటాయి.

$\therefore$ ఒక్కొక్క ఫోటాన్‌శక్తి $= \frac{134.9}{2} = 67.5 MeV$

2. ఒక ఫోటాన్ నుంచి ప్రోటాన్ - అంటీ ప్రోటాన్ జంట ఉత్పన్నమయింది. ఒక్కొక్క కణం గతిశక్తి 16 MeV అయితే, ఫోటాన్ శక్తిని, తరంగదైర్ఘ్యాన్ని లెక్కించండి. భౌతిక శాస్త్ర పట్టికల నుంచి.

ప్రోటాన్ విరామ ద్రవ్యరాశి $= 1.673 \times 10^{-27} Kg$

= 938.3 MeV

అంటీ ప్రోటాన్ విరామ ద్రవ్యరాశి = 938.3 MeV

ఒక్కొక్క కణం గతిశక్తి = 15 MeV

రెండు కణాల మొత్తం గతిశక్తు = 30 MeV

ఫోటాన్ మొత్తం శక్తి = 938.3 + 938.3 + 30

= 1906.7 MeV

$1 MeV = 1.602 \times 10^{-13} J$

$\therefore$ మొత్తం శక్తి $\doteq 1906.7 \times 1.602 \times 10^{-13} J$

$h\nu = 1906.7 \times 1.602 \times 10^{-13}$

$\nu = \frac{1906.7 \times 1.602 \times 10^{-13}}{6.63 \times 10^{-13}}$

$= \frac{1906.7 \times 1.602 \times 10^{-13}}{6.63 \times 10^{-34}}$

తరంగదైర్ఘ్యం $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^8 m/s}{\nu}$

BRAOU

$$= 6.51 \times 10^{-16} m$$
$$= 6.51 \times 10^{6} A^\circ$$

16.8 సారాంశం

వాతావరణములోని పై భాగాల గాలి పొరలలో హఠాత్తుగా అయనీకరణాన్ని కలిగించే విధానాన్ని జల్లులు అంటారు.

ఈ ప్రక్రియను గురించి పరిశోధనలు జరపడం వల్ల విశ్వకిరణాలలో ఎలక్ట్రానులు, ఫోటాన్‌లు, పాసిట్రాన్‌లు అనబడే కొత్త కణాలు ఉంటాయని తెలుసుకొన్నారు.

ఇది వరకు పదార్థమంతా ప్రోటాన్‌లు, ఎలక్ట్రాన్‌లు, న్యూట్రాన్‌లతో మాత్రమే నిర్మింబడి ఉంటుందని అనుకొనేవారు. ఇలాంటి కణాలను ప్రాథమిక కణాలు లేదా మూలకణాలు అంటారు. విశ్వకిరణాల ఫలితంగా, ఎలక్ట్రాన్‌తో సమానమైన ద్రవ్యరాశి కలిగి దానికి సమానమూ, వ్యతిరేకమూ అయిన విద్యుదావేశము కలిగి పాసిట్రాన్ అనే మూలకణము ఉందని తెలిసింది.

మెసాన్‌లు అనబడే కొత్తకణాలకు ఋణావేశముకానీ, ధనావేశము కానీ ఉంటుంది. వీటి ద్రవ్యరాశి ప్రోటాన్, ఎలక్ట్రాన్‌ల ద్రవ్యరాశులకు మధ్య విలువను కలిగి ఉంటుంది.

16.9 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానం రాయండి.

1. విశ్వకిరణ జల్లులు అంటే ఏమిటి? ఈ ప్రక్రియను ఎలా కనుగొన్నారు.
2. జల్లుల ఉత్పత్తికి సంబంధించిన అంచెల సిద్ధాంతాన్ని వివరించండి.
3. పాసిట్రాన్ ఎలా కనుక్కోబడింది.
4. పాసిట్రాన్‌లను ఉత్పత్తి చేసే పద్ధతులు ఏవి?
5. పాసిట్రాన్ ధర్మాలను తెలపండి.
6. మెసాన్ ఆవిష్కరణ దారి తీసిన పద్ధతులను విశదీకరించండి.
7. మెసాన్‌లు ఎక్కడ ఎలా ఉత్పత్తి చేయబడుతున్నాయి.
8. మెసాన్‌లలో కొన్ని రకాలను తెలిపి, అవి విఘటనం ఎలా చెందుతాయో వివరించండి.

BRAOU

భాగం-17 : ప్రాథమిక కణాలు (వర్గీకరణ)

విషయక్రమం

17.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు
17.2 ప్రవేశిక
17.3 వివిధ ప్రాథమిక కణాలు
17.4 వ్యతిరేక కణాలు - పాసిట్రాన్
17.5 వ్యతిరేక ప్రోటాన్
17.6 న్యూట్రినో
17.7 పయాన్
17.8 మ్యూయాన్
17.9 వింత కణాలు
17.10 ప్రాథమిక కణాల వర్గీకరణ
17.11 క్వార్క్ నమూనా
17.12 సారాంశం
17.13 నమూనా ప్రశ్నలు
17.14 చదవదగిన గ్రంధాలు

17.1. ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో ప్రాథమిక కణాల ధర్మాలు, వర్గీకరణను గురించిన చర్చ ఉంది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. వివిధ ప్రాథమిక కణాలను ద్రవ్యరాశి, భ్రమణము, అన్యోన్య చర్య మొదలైన ధర్మాల ఆధారంగా గుర్తించగలుగుతారు.
2. వివిధ పద్ధతులను ఉపయోగించి ప్రాథమిక కణాలను వర్గీకరించగలుగుతారు.

BRAOU

17.2 ప్రవేశిక

విశ్వంలోని పదార్థమంతా అతిచిన్న కణాలతో నిర్మించబడి ఉండాలి. పదార్థాన్ని చిన్న చిన్నగా విభజిస్తూపోతే అతిచిన్న కణాలు ఏర్పడి, "ప్రపంచమంతా ఇలాంటి కణాలతోనే నిర్మించబడింది." అని చెప్పేటట్లు ఉంటుంది. ఇలాంటి కణాలను ప్రాథమిక కణాలు లేదా మూలకణాలు అంటారు.

ఒకప్పుడు పదార్థమంతా అవిభాజ్యమైన పరమాణువులతో నిర్మించబడి ఉంటుందని అనుకొనేవారు. గ్రీక్ ధాతువు atmos నుంచి Atom (పరమాణువు) అనే పదము ఉత్పన్నమైంది. గ్రీక్ ధాతువునకు అవిభాజ్యం అని అర్థము. పరమాణువును కూడా ఇంకా చిన్నగా విభజించవచ్చు. అది ప్రాథమిక పరమాణువు మధ్యభాగములో కేంద్రకము ఉందనీ, దాని చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్‌లు తిరుగుతుంటాయనీ ప్రతిపాదించినాడు. కొంతకాలము తర్వాత, కేంద్రకంలో ప్రోటాన్‌లు, న్యూట్రాన్‌లు అనబడే మరీ చిన్న కణాలు ఉన్నాయని నిరూపించినారు. అప్పటినుంచీ మరికొన్ని కణాలు కనుక్కోబడ్డాయి. గత 25 సంవత్సరాలలో ఈ కణాలన్నీ ప్రాథమిక కణాలు కాకుండా సంకీర్ణమైనవే అని రుజువుపరచబడ్డాయి. ప్రస్తుతము ఇవన్నీ క్వార్క్‌లు అనబడే మరీ చిన్నవాటితో నిర్మించబడి ఉన్నాయని అనుకొంటున్నారు.

ఈ కొత్త వాదాన్ని 1963లో ప్రతిపాదించినారు. క్వార్క్‌లకు స్వతంత్రమైన అస్తిత్వం ఉందనడానికి ప్రయోగాత్మక రుజువు ఇంతవరకు లేకపోయినప్పటికీ, అవి ఉన్నాయనే భావిస్తున్నారు. అవి స్వభావ సిద్ధంగా మూలకణాలుగానే ఉండవచ్చు.

17.3 వివిధ ప్రాథమిక కణాలు

1330 ప్రాంతంలో పరమాణు నాటకంలో నాలుగు పాత్రలు మాత్రమే ఉండేవి. ఎలక్ట్రాన్, ఫోటాన్, న్యూట్రాన్, ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్‌లు కేంద్రకంలో అంతర్భాగాలు కాగా, ఎలక్ట్రాన్‌లు దానిచుట్టు తిరుగుతుంటాయి. కొంత విరామ ద్రవ్యరాశిని (m_e), రుణావేశాన్నీ కలిగి ఉన్న అతి తేలికైన కణం ఎలక్ట్రాన్. ఇందులోని రుణావేశం విద్యుచ్ఛక్తిని కొలవడంలో మూల ప్రమాణంగా వాడబడుతోంది. ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశి $1836m_e$ దీనిలో ఏకాంక ధనావేశం ఉంటుంది. న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశి $1839m_e$. దీనిలో విద్యుదావేశం ఉండదు.

ఫోటాన్ వికిరణానికి సంబంధించిన ఒక శక్తి సముదాయం. ఇది విద్యుదయస్కాంత శక్తివాహకం. ఇది కాంతివేగంతో ప్రయాణం చేస్తుంది. $E = mc^2$ సమీకరణాన్ని బట్టి, ఫోటాన్‌కు ద్రవ్యరాశి కూడా ఉంటుంది. ఇక్కడ E శక్తిని, m ద్రవ్యరాశిని, C కాంతి వేగాన్ని సూచిస్తాయి. ఫోటాన్‌కు విరామద్రవ్యరాశి ఉండదు. చలనం వల్లనే దానికి ద్రవ్యరాశి ఏర్పడుతుంది. అందులో విద్యుదావేశం శూన్యం.

ఈ కణాలన్నీ భ్రమణాన్నీ కలిగి ఉంటాయి. ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్, ఎలక్ట్రాన్‌లకు భ్రమణ క్వాంటం సంఖ్య $\frac{1}{2}$ అయితే, ఫోటాన్‌కు 1 ఉంటుంది. భ్రమణానికి సంబంధించిన మరో ముఖ్యధర్మం వాటి "గణాంకాలు". సర్వసమానమైన కణాల గుంపు ప్రవర్తనను ఇది సూచిస్తుంది. భ్రమణం 1గా ఉన్న ఎలక్ట్రాన్‌లు, ప్రోట్రాన్‌లు, న్యూట్రాన్‌లు పౌలీవర్జన నియమాన్ని పాటిస్తాయి. అంటే, ఒకే కక్ష్యలో తిరుగుతూ ఒకే దిశలో భ్రమణాన్ని కలిగిన రెండు ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉండడానికి వీలులేదు. ఇలాంటి కణాలు ఫెర్మి-డిరాక్ గణాంకాలను పాటిస్తాయి. వీటిని ఫెర్మియాన్ లంటారు. భ్రమణాలవ విలువ పూర్ణాంకాలైన ఫోటాన్‌లాంటి కణాలు పౌలీవర్జన నియమాన్ని పాటించవు. ఇవి బోస్-ఐన్‌స్టీన్ గణాంకాలకూ లోబడి ఉంటాయి. అందువల్ల వీటిని బోసాన్‌లంటారు.

17.4 వ్యతిరేక కణాలు - పాసిట్రాన్

విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రాలలో ఎలక్ట్రాన్ ప్రవర్తనను చాలామంది భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు పరిశోధించి నారు. వారిలో ఇంగ్లండుకు సంబంధించిన P.A.M డిరాక్ ముఖ్యుడు. ఇతడు ప్రతిపాదించిన సిద్ధాంతం ప్రకారం, ప్రాథమిక కణానికి తరంగ ధర్మాలున్నాయి. ఎలక్ట్రాన్ విషయంలో తరంగ సమీకరణాన్ని డిరాక్ పరిష్కరించినప్పుడు, రెండు పౌనఃపున్యాలు ఉన్నట్లు తెలిసింది. ఒకటి ధనాత్మకమూ, రెండోది రుణాత్మకం. దీనికి భౌతిక ప్రాముఖ్యం ఉందనీ, ధనావేశంగల ఎలక్ట్రాన్‌ను ఇది సూచిస్తుందనీ ఆయన రుజువు పరిచాడు. ధన ఎలక్ట్రాన్, రుణ ఎలక్ట్రాన్‌ను ఢీకొన్నప్పుడు, అవి ఒకదాని నొకటి నాశనం చేసుకొని, తుల్య శక్తిగల ఫోటాన్‌లుగా మారుతాయని సైద్ధాంతికంగా ఆయన ఊహించాడు.

కాలిఫోర్నియా ఇన్‌స్టిట్యూట్ ఆఫ్ టెక్నాలజీలో కార్ల్ అండర్సన్ పాసిట్రాన్ ఉనికిని ప్రయోగాత్మకంగా రుజువు పరిచాడు. దీనికి ఎలక్ట్రాన్‌తో సమానమైన ద్రవ్యరాశి, ఒక యూనిట్ ధన విద్యుదావేశం ఉన్నాయని 16వ భాగంలో చదువుకొన్నాం. దీనిని ఎలక్ట్రాన్‌కు వ్యతిరేక కణం అని చెప్పవచ్చు.

17.5 వ్యతిరేక ప్రోటాన్

డిరాక్ సమీకరణాన్ని ప్రోటాన్‌కు అనువర్తించి, వ్యతిరేకకణం దీనికి కూడా ఉండాలని సైద్ధాంతికంగా ప్రతిపాదించారు. ఈ కణం ధర్మాలు కింది విధంగా ఉండాలని ఊహించారు.

BRAOU

1. దీని ద్రవ్యరాశి ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశికి సమానంగా (1.6724×10^{-27}) కి.గ్రా. ఉండాలి.

2. ప్రోటాన్ విద్యుదావేశానికి సమానమూ, వ్యతిరేకము అయిన ఆవేశాన్ని కొత్త కణం కలిగి ఉండాలి.

3. తనంతట తానుగా విఘటనం చెంది మరోకణంగా మారిపోకుండా, ఈ కణం శూన్యప్రదేశంలో అనంతకాలం వరకు ఉండగలగాలి.

4. న్యూట్రాన్‌నుగానీ, ప్రోటాన్‌నుగానీ కలిసినప్పుడు పరస్పర వినాశకచర్యలో ఈ కణం పాల్గొని, రెండుకణాల ద్రవ్యరాశులకు తుల్యమైన శక్తిని విడుదలచేయాలి.

5. ఈ కణాన్ని ప్రత్యేకంగా ఉత్పత్తి చేయలేము. న్యూట్రాన్‌తో బాటుగానీ, ప్రోటాన్‌తో బాటుగానీ జంటగానే ఉత్పత్తి అవుతుంది.

6. ప్రోటాన్‌తో సమానమైన కోణీయ ద్రవ్యవేగాన్ని (లేదా భ్రమణాన్ని) ఈ కణం కలిగి ఉండాలి.

భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు ఇలాంటి కణం కోసం తీవ్ర పరిశోధనలు ప్రారంభించారు. ప్రోటాన్ వ్యతిరేక ప్రోటాన్‌ల జంటను ఉత్పత్తి చేయడానికి దాదాపు 6 Bev (బిలియన్ ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట్)ల శక్తి రావాలని అంచనావేశారు. దీనికోసం బీటాట్రాన్ అనే పరికరాన్ని నిర్మించడం జరిగింది. ఈ పరికరాన్ని ఉపయోగించి ప్రోటాన్‌లకు BeV ప్రమాణములో గతిశక్తిని అందించవచ్చు. 6 BeV ప్రోటాన్‌లతో రాగి లక్ష్యాన్ని తాడనం చేశారు. అతి కష్టముతో గంటకు 4 వ్యతిరేక ప్రోటాన్‌లు చొప్పున కణాలను కనుక్కోగలిగారు. అదే ద్రవ్యవేగంకల అనేక ఇతర కణాలు కూడా ఈ ప్రయోగంలో ఉత్పత్తి చేయబడ్డాయి. ఇది 1955 అక్టోబర్‌లో జరిగింది.

17.6 న్యూట్రినో

న్యూట్రాన్ ప్రవర్తనను పరిశీలించి కొత్తకణాలు కనుక్కోబడ్డాయి. కేంద్రకం లోపల ఉన్నప్పుడు, న్యూట్రాన్ అనంతకాలము జీవించగలుగుతుంది. కానీ, కేంద్రకానికి వెలుపల ఉన్నపుడు, అది చాలా అస్థిరంగా ఉంటుంది. దాదాపు 18 నిముషాలలో, అది స్వచ్ఛందంగా β కణాన్ని ఉద్గారం చేసి, ప్రోటాన్‌గా మారుతుంది. ప్రోటాన్, ఎలక్ట్రాన్ - ఈ రెండింటి ద్రవ్యరాశుల మొత్తం న్యూట్రాన్ కంటె $1.5m_e$ తక్కువగా ఉంటుంది. ద్రవ్యరాశిలో ఏర్పడిన ఈ భేదం $7.8 \times 10^5 eV$ శక్తికి సమానము. అంటే, ప్రోటాన్, ఎలక్ట్రాన్‌ల గతిశక్తి ఈ విలువకు సమానంగా ఉండాలి. కానీ, ప్రయోగాత్మకంగా పరిశీలిస్తే వాటి గతిశక్తి దీనికంటె తక్కువగా ఉన్నట్లు తేలింది. ఇలా జరగడానికి కారణాన్ని వివరిస్తూ పౌలీ అనే శాస్త్రజ్ఞుడు విరామ ద్రవ్యరాశి శూన్యంగా గల మరోకణం ఏర్పడి, మనకు కనబడని గతిశక్తి భేదాన్ని గలిగి ఉంటుందని ప్రతిపాదించాడు. ఈ కొత్త కణానికి ఫెర్మీ న్యూట్రినో అని పేరు పెట్టాడు. దాని ధర్మాలు కింద పేర్కొనిన విధంగా ఉంటాయని అతడు సూచించాడు.

1. ఈ రకానికి విద్యుదావేశం శూన్యం.
2. దీని ద్రవ్యరాశి కూడా దాదాపు శూన్యమే. కానీ, శూన్యంగా ఉన్నట్లు భావిస్తారు.
3. దీని భ్రమణ క్వాంటం సంఖ్య $\frac{1}{2}$ గా ఉంటుంది.
4. ఇది β విఘటనంలో ఉత్పత్తి అవుతుంది. విఘటన ప్రక్రియలో β కణం ఏర్పడే చర్యను β విఘటనం అంటారు.

β- విఘటనాన్ని గురించి ఫెర్మీ ప్రతిపాదించిన సిద్ధాంతం ప్రకారం, న్యూట్రాన్ అవిచ్ఛిన్నంగా ఎలక్ట్రాన్, న్యూట్రినోలను ఉద్గారం చేయడం, శోషించడం చేస్తూ ఉంటుంది. ఇలాంటి కణం కొంతకాలం తర్వాత కనుక్కోబడింది.

BRAOU

17.7 పయాన్

కేంద్రకంలో ఉండే ప్రోటాన్‌లను, న్యూట్రాన్‌లను న్యూక్లియాన్‌లు అంటారు. ఒక చిన్న కేంద్రకంలో ఎన్నో ప్రోటాన్‌లు క్రిక్కిరిసి ఉన్నపుడు, వాటి మధ్య వికర్షణబలాలు అత్యధికంగా ఉండాలి. అలా అయితే కేంద్రకం స్థిరత్వాన్ని ఎందుకు కలిగి ఉంటుంది? ప్రోటాన్లను, న్యూట్రాన్‌లను పట్టి ఉంచడానికి గల కారణము ఏది? ఈ ప్రశ్నలకు జపాన్ దేశానికి చెందిన యుకావా అనే భౌతికశాస్త్రజ్ఞుడు బదులు చెప్పాడు. న్యూక్లియాన్, మెసాన్ అవి కణాన్ని ఉద్గారం, శోషణ చేస్తూ ఉంటుందని ఆయన ప్రతిపాదించాడు. కేంద్రకీయ బలాలు అతి స్వల్పవ్యాప్తి కలిగి ఉండడం వల్ల మెసాన్‌కు కొంత నియతమైన విరామ ద్రవ్యరాశి ఉంటుందని ఊహించి, దీని విలువ $200m_e$ నుంచి $300m_e$ వరకు ఉంటుందని ఊహించాడు. ఈ మెసాన్‌లు ఆవేశితంగానూ, తటస్థంగానూ ఉంటాయని ఆయన వివరించినాడు.

12 సం|| ల తరువాత యుకావా ఊహలు నిజమయ్యాయి. 1947లో $270m_e$ ద్రవ్యరాశి కల కణము కనుక్కోబడింది. ఇది ధనావేశితం, ఋణావేశితం, తటస్థం అనే మూడు రకాలుగా ఉన్నట్లు కనుగొన్నారు. వీటిని π మెసాన్‌లు లేదా పయాన్‌లు అంటారు. తటస్థ పయాన్ ద్రవ్యరాశి $264m_e$ అయితే, ఆవేశిత పయాన్ ద్రవ్యరాశి $273m_e$ అవుతుంది. పయాన్లను న్యూక్లియన్లు ఉద్గారం చేస్తాయి. ఇవి కేంద్రకాలచే త్వరగా శోషింపబడుతాయి. ఇవి చాలా అస్థిరమైన కణాలు. ఉదాహరణకు, ఒక ఆవేశిత పయాన్ విఘటనం చెందినపుడు μ మెసాన్ అనబడే తేలిక కణం. 10^{-4} సెకనుల అర్ధాయుర్ధాయం కలిగిన న్యూట్రినో ఏర్పడతాయి. తటస్థ పయాన్ ఇంకా తొందరగా విఘటనం చెందుతుంది. దీని ఆయుర్దాయ కాలం 10^{-15} సెకను. ఈ విఘటన ప్రక్రియలో రెండు γ కిరణాలు ఏర్పడతాయి. ఈ చర్యను కింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \gamma$$

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu^-$$

$$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$$

17.8 మ్యూయాన్

కనుక్కోబడిన కొత్త కణాలలో స్వేచ్ఛా న్యూట్రాన్‌ను మినహాయిస్తే, మొట్టమొదటి అస్థిర కణం మ్యూయాన్‌గా భావించవచ్చు. దీనిని అండర్సన్, నెడర్‌మేయర్ స్వతంత్రంగా హార్వర్డు విశ్వవిద్యాలయానికి చెందిన జె.సి. స్ట్రీట్ 1936లో కనుగొన్నారు. μ మెసాన్‌లను మ్యూయాన్ అంటారు. విశ్వకిరణాలలోని ఈ కణాలు సులభంగా వాతావరణంలో ప్రయాణం చేస్తాయి. సీసము పలకల గుండా చొచ్చుకొని పోగలుగుతాయి. వీటిని చాలా లోతుగా ఉండే గనులలో కూడా గుర్తించవచ్చు. వీటి ఆయుర్ధాయం రెండు మైక్రోసెకన్లు ఉంటుంద. దీని ద్రవ్యరాశి $207m_e$ ఉంటుంది. ధనావేశితంగానూ, ఋణావేశితంగానూ మ్యూయాన్‌లు ఉంటాయి. అయితే తటస్థ మ్యూయాన్‌లు ఉండవు. దీని భ్రమణ క్వాంటం సంఖ్య $\frac{1}{2}$ ఉంటుంది. ధనావేశిత మ్యూయాన్ విఘటనం చెందినప్పుడు పాసిట్రాన్, న్యూట్రాన్, వ్యతిరేక న్యూట్రినో ఏర్పడతాయి. అదే విధంగా ఋణావేశిత మ్యూయాన్ విఘటనం చెందినప్పుడు ఎలక్ట్రాన్, న్యూట్రినో, వ్యతిరేక న్యూట్రినో ఏర్పడతాయి. దీనిని బట్టి న్యూట్రినోకు ఒక వ్యతిరేక కణం ఉందని చెప్పవచ్చు. ఈ రెండింటికీ విద్యుదావేశం లేదు. వాటి భ్రమణాలు మాత్రం విరుద్ధ దిశలలో ఉంటాయి.

ద్రవ్యరాశి తప్ప మిగతా అన్ని విషయాలలోనూ, దీని ధర్మాలు ఎలక్ట్రాన్‌లాగా ఉంటాయి.

17.9 వింత కణాలు

1950 ప్రాంతంలో అనేక కొత్త కణాలు పట్టికలో చేర్చబడ్డాయి. అత్యధిక శక్తి వంతమైన విశ్వకిరణాలు సీసము పలకపై పడినపుడు తీసిన మేఘపేటిక ఫోటోలలో చాలా కణాలు కనుక్కోబడ్డాయి.

జల్లుల జాడలను ఫోటోలు తీసినపుడు, V ఆకారంలో ఉండే రేఖలు కనపడ్డాయి. మనకు తెలియని తటస్థ కణం విఘటనం చెంది, రెండు ఆవేశిత కణాలుగా ఏర్పడి, ఫోటోలలో V ఆకారం కనబడుతోందని భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు ఊహించారు. మేఘపేటికలో తటస్థ కణం జాడలను ఏర్పరచదు.

అనేక V ఫోటోలను సేకరించి అధ్యయనం చేసారు. రెండు కొత్త తటస్థ కణాలు ఉండాలని వారు తీర్మానించారు. వాటికి లాంబ్డా కణము, K కణము లేదా కేయాన్ అని పేర్లు. లాంబ్డా కణం (పటంలో దీనిని Λ తో సూచిస్తారు) విఘటనం చెందినప్పుడు ప్రోటాన్, రుణపయాన్ ఏర్పడతాయి. K కణం విఘటనం చెందినపుడు ధనపయాన్, ఋణపయాన్ లంబ్డా కణం ద్రవ్యరాశి $2181m_e$. దీని భ్రమణం $\frac{1}{2}$ కాబట్టి ఇది ఫెర్మియాన్‌గా ఉంటుంది. ఇది విఘటనం చెందినపుడు ప్రోటాన్, తటస్థ పయాన్ ఏర్పడవచ్చు. కొన్ని సందర్భాలలో న్యూట్రాన్, తటస్థ పయాన్ ఏర్పడవచ్చు. దీని సగటు ఆయుర్దాయం 2.7×10^{-16} సెకను.

కేయాన్ ద్రవ్యరాశి 965 MeV. దీని సగటు ఆయుర్దాయం 1.2×10^{-8} సెకను. ఈ కణాలను అధిక ఉన్నతాంశాల వద్ద విశ్వకిరణ ప్రయోగాలలో కనుగొన్నారు. కేయాన్ విఘటనం చెందినపుడు రెండు పయాన్‌లు ఏర్పడతాయి. దీని భ్రమణ క్వాంటం సంఖ్య శూన్యం.

ఇదే విధంగా ఆవేశిత, తటస్థ సిగ్మాకణాలు (Σ), రుణావేశిత క్సై కణాలు (Ξ) కనుక్కోబడ్డాయి. విఘటనం చెందే కణం ద్రవ్యరాశికి, విఘటనంలో ఏర్పడే ఇతర కణాల మొత్తం ద్రవ్యరాశికీ చాలా తేడా ఉండడం వల్ల వీటినన్నింటిని వింత కణాలు అంటారు.

కనుక్కోబడ్డ ఇతర అస్థిర వ్యతిరేక న్యూట్రాన్ ($\overline{n}$) కూడా ఉంటుంది. దీని ధర్మాలు న్యూట్రాన్‌లాగే ఉంటాయి. అయితే వాటి భ్రమణాలు పరస్పరం విరుద్ధ దిశలలో ఉంటాయి.

17.10 ప్రాథమిక కణాల వర్గీకరణ

BRAOU

ప్రస్తుతం వంద కంటె ఎక్కువగా ప్రాథమిక కణాలు ఉన్నాయి. వీటిని వివిద పద్ధతులలో వర్గీకరించవచ్చు.

కణాల స్థిరత్వాని బట్టి వర్గీకరించడం ఒక పద్ధతి. ఎలక్ట్రాన్, ప్రోటాన్, ఫొటాన్, న్యూట్రినో, ఈ నాలిగింటి వ్యతిరేక కణాలు - ఇవన్నీ విఘటనం చెందకుండా స్థిరంగా ఉంటాయి.

న్యూట్రాన్ n, రుణ మ్యుయాన్ μ^-, మూడు రకాల పయాన్‌లు π^+, π^o, π^- వాటి వ్యతిరేక కణాలు, అంటే వ్యతిరేక న్యూట్రాన్ n^- ధన మ్యుయాన్ μ^+ ఇవన్నీ అస్థిరమైన కణాలు, వీటినన్నింటిని కింది పట్టికలో చూడవచ్చు.

సంకేతం	కణం	e ప్రమాణాలలో విద్యుదావేశం	m_e ప్రమాణాలలో ద్రవ్యరాశి	భ్రమణ క్వాంటం సంఖ్య	ఆయుర్దాయం సెకనులలో	వ్యతిరేక కణం
		స్థిరకణాలు				
e^-	ఎలక్ట్రాన్	-1	1	$\frac{1}{2}$		e^+
n	న్యూట్రాన్	0	$\simeq$	$\frac{1}{2}$		ν^-
P	ప్రోటాన్	+1	1836.12	$\frac{1}{2}$		P^-
γ	ఫొటాన్,	0	0	1		γ
	అస్థిర కణాలు					
n	న్యూట్రాన్	0	1836.5	$\frac{1}{2}$	10^3	n^-
μ^-	మ్యుయాన్	-1	206.8	$\frac{1}{2}$	2×10^{-6}	μ^+
π^+	పయాన్	+1	273.2	0	3×10^{-8}	π^-
π^o		0	264.2	0	2×10^{-6}	π^o

II కణచర్యల స్వభావాన్ని బట్టి వర్గీకరణ

ప్రాథమిక కణాల మధ్య జరిగే అన్యోన్య చర్యల రకాలను బట్టి వాటిని వర్గీకరించడం రెండవపద్ధతి.

1. గ్రహాలమధ్య ఉండే గురుత్వాకర్షణ వంటి బలం ప్రాథమిక కణాల మధ్య కూడా పనిచేస్తుంది. ఈ బలం అన్యోన్య చర్య జరిపే వస్తువుల మధ్యకల దూరం యొక్క వర్గానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది. కానీ, కేంద్రకం లోపల న్యూక్లియాన్‌లను బంధించే బలాలకు పోల్చినప్పుడు, ఈ గురుత్వాకర్షణబలం అతిస్వల్పంగా ఉంటుంది.

2. ఒక విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచబడిన ఎలక్ట్రాన్, ఫోటాన్‌లను అవిచ్ఛిన్నంగా ఉద్గారం, శోషణం చేస్తూ ఉంటుంది. ఎలక్ట్రాన్‌కు, క్షేత్రానికి మధ్యబలం పనిచేస్తూ ఉందని అర్థం. ఈ రెండింటికీ మధ్య విద్యుదయస్కాంత అన్యోన్యచర్య ఉందని అంటారు.

3. కొన్ని కణాలు విఘటనం చెంది ఎలక్ట్రాన్‌వంటి తేలిక కణాలను ఏర్పరుస్తాయి. ఇలాంటి విఘటనాలకు కారణమైన బలాలు అత్యల్పంగా ఉంటాయి. దీనిని బలహీనచర్య అంటారు.

4. కేంద్రకంలో ప్రోటాన్‌లు పరస్పరం అతి దగ్గరగా ఉంటాయి. వాటిమధ్య దూరం దాదాపు $10^{-13} cm$ ప్రమాణంలో ఉంటుంది. వాటిమధ్య స్థిరవిద్యుత్ వికర్షణబలాలు ఉన్నప్పటికీ, ప్రోటాన్‌లన్నీ కేంద్రకంలోనే ఉండగలుగుతున్నాయంటే, వికర్షణబలాన్ని అధికమించిన ఆకర్షణబలం వాటిమధ్య ఉండాలి. ఈ ఆకర్షణ బలాన్ని కేంద్రకీయ, లేదా బలవత్తర అన్యోన్యచర్య అంటారు.

పై పట్టికలో చూపిన ప్రతికణం ఇతర కణాలతో అన్యోన్య చర్యలు జరుపుతుంది. అన్ని కణాలకు మధ్య గురుత్వాకర్షణ అన్యోన్య చర్యగా ఉంటుంది. ఆవేశిత కణాలన్నీ, వాటిలోని విద్యుదావేశం కారణంగా, విద్యుదయస్కాంత అన్యోన్య చర్యను కలిగి ఉంటాయి. ప్రోటాన్‌కు న్యూట్రాన్‌కు మధ్య బలవత్తర అన్యోన్య చర్య ఉంటుంది. విఘటన ప్రక్రియలో β కణం గానీ, న్యూట్రినోగాని ఉద్గారం చేయబడితే, అక్కడ బలహీన అన్యోన్య చర్య ఉందని అర్థం.

III భ్రమణాన్ని బట్టి వర్గీకరణం

ప్రాథమిక కణాలకు భ్రమణ క్వాంటం సంఖ్య $O, \frac{1}{2}$ గా ఉంటుంది. కాబట్టి వాటిని భ్రమణం ఆధారంగా వర్గీకరించవచ్చు. ఎలక్ట్రాన్, న్యూట్రాన్‌వంటి కణాలకు భ్రమణం విలువ $\frac{1}{2}$. ఈ కణాలు పౌలీవర్జన నియమాన్ని పాటిస్తాయి. అంటే, ఒక క్వాంటం స్థితిని ఒక కణం మాత్రమే పొందగలదు. ఈ కణాలన్నీ ఫెర్మి - డిరాక్ గణాంకాలను పాటిస్తాయి.

ఫోటాన్ వంటి కణాలకు భ్రమణ సంఖ్య పూర్ణాంకాలుగా ఉంటుంది. ఇది వర్జన నియమాన్ని పాటించవు. ఈ కణాలు బోస్-ఐన్‌స్టీన్ గణాంకాలకు లోబడి ఉంటాయి.

కేంద్రకీయ అన్యోన్య చర్యలో పాల్గొనే భారకణాలను, ఇతర తేలిక కణాలను ప్రత్యేకంగా గుర్తించడాన్ని వర్గీకరణలో ఉపయోగిస్తారు. భారకణాలను బేరియాన్‌లు అనీ, తేలిక కణాలను లెప్టాన్‌లు అనీ అంటారు. న్యూట్రాన్, ప్రోటాన్ - ఈ రెండు బేరియాన్ తరగతికి చెందినవి. ఎలక్ట్రాన్, మ్యూయాన్, న్యూట్రినో - ఇవి లెప్టాన్ తరగతికి చెందినవి. న్యూక్లియాన్‌ల కంటే, ద్రవ్యరాశి ఎక్కువగా ఉన్న లాంబ్డా, సిగ్మా, క్సైవంటి అస్థిర కణాలను హైపరాన్‌లు అంటారు.

మెసాన్‌లు, బేరియాన్‌లు, బలవత్తరంగా చర్యలు జరుపుతాయి. కాబట్టి, ఈ రెండు రకాలను కలిపి హేడ్రాన్‌లు అంటారు.

ప్రాథమిక కణాలను వాటి ద్రవ్యరాశులను బట్టి కింది విధంగా వర్గీకరించవచ్చు.

1. విరామ ద్రవ్యరాశి శూన్యంగా గల ఫోటాన్‌లు

2. తేలికైన లెప్టాన్‌లు, ఎలక్ట్రాన్‌లు, మ్యూయాన్, న్యూట్రినో, వీటి వ్యతిరేక కణాలు ఈ తరగతికి చెందుతాయి. ఇవన్నీ ఫెర్మియాన్‌లే. ఇతర కణాలతో ఇవి బలహీన అన్యోన్య చర్యను కలిగి ఉంటాయి.

3. మ్యూయాన్‌లకు, న్యూక్లియాన్‌లకు మధ్యస్థంగా ద్రవ్యరాశులను కలిగిన మెసాన్‌లు

4. న్యూక్లియాన్‌ల కంటె బరువైన బేరియాన్‌లు, న్యూక్లియాన్‌లు, హైపరాన్‌లు ఈ తరగతికి చెందినవి.

ఈ కణాలన్నింటినీ కింది పట్టికలో చూడవచ్చు.

వరుస సంఖ్య	అన్యోన్య చర్య రకం	సముదాయం పేర్లు	కణం	సంకేతం	m_e ప్రమాణాలలో ద్రవ్యరాశి
			న్యూట్రాన్	n^o	1836.7
	బలవత్తరం	హేడ్రాన్‌లు	ప్రోటాన్	p^+	1836.12
		మెసాన్‌లు	లాంబ్డా	Λ^o	2182
		బేరియాన్‌లు	సిగ్మా	Σ^{+0}	2332
		హైపరాన్	క్సై	$\ni^o$	2580
		న్యూక్లియాన్‌లు	పయాన్	π^{+0}	270
			కేయాన్	K^{+0}	970
			ఎలక్ట్రాన్	e^-	1
	బలహీనం	లెప్టాన్‌లు	మ్యూయాన్	μ^-	207
			న్యూట్రినో	ν	0
	విద్యుదయస్కాంతికం		ఫోటాన్	γ	0

17.11 క్వార్క్ నమూనా

1963 లో గెల్-మూన్, జార్జి-జ్వీక్ అనే శాస్త్రజ్ఞులు ఈ నమూనాను ప్రతిపాదించినారు. హేడ్రాన్‌లన్నీ క్వార్క్‌లు అనబడే మరీ చిన్న ప్రాథమిక కణాలతో నిర్మించబడి ఉన్నాయనీ క్వార్క్‌లకు విచిత్రమైన ధర్మాలున్నాయనీ వారు ఊహించారు. u,d,s అనే మూడు క్వార్క్‌లున్నాయని గెల్-మూన్ ప్రతిపాదించాడు. ఇవి వరుసగా పైకి (up), కిందకి (down), ప్రక్కలకు (sideways) ఉండడం వల్ల వీటిని u, d, s అని సూచించడం జరిగింది. ఈ మూడింటికీ ఉండే వ్యతిరేక కణాలను వ్యతిరేక క్వార్క్‌లు అంటారు. ప్రాథమిక కణాలన్నీ క్వార్క్‌లతోనూ, వ్యతిరేక క్వార్క్‌లతోను నిర్మించబడి ఉంటాయి. u, d, s క్వార్క్‌ల విద్యుదావేశాలు వరుసగా $+\frac{2e}{3}, \frac{-e}{3}, \frac{-e}{3}$ ఉంటాయని వారు ప్రతిపాదించారు. ఇక్కడ e ఎలక్ట్రాన్ విద్యుదావేశాన్ని సూచిస్తుంది. ఈ నమూనా ప్రకారము మెసాన్‌లో ఒక క్వార్క్, ఒక వ్యతిరేక క్వార్క్ ఉంటాయి. బేరియాన్‌లలో 3 క్వార్క్‌లు, వ్యతిరేక బేరియాన్‌లలో 3 వ్యతిరేక క్వార్క్‌లు వుంటాయి. నిబంధనల ప్రకారం జరిగే క్వార్క్‌ల ప్రతి కలయిక కూడా మనకు తెలిసిన ఒక కణాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. సాధారణంగా పదార్థంలో ఉండే అన్ని హేడ్రాన్‌ల నిర్మాణాన్ని u, s అనే రెండు క్వార్క్‌ల సహాయంతో వివరించవచ్చు. ఉదాహరణకు రెండు u క్వార్క్‌లను ఒక d క్వార్క్‌ను కలిపితే ప్రోటాన్ ఏర్పడుతుంది. దీనిని uud అని రాయవచ్చు. వీటి విద్యుదావేశాల మొత్తం $= \frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = +1$. అదే విధంగా ధనపయాన్‌లో ఒక u క్వార్క్, ఒక $\bar{d}$ వ్యతిరేక క్వార్క్ ఉంటాయి. దీనిని u, d అని సూచిస్తాయి. దీని విద్యుదావేశం $= \frac{2}{3} + \frac{1}{3} + 1$.

మూడవ క్వార్క్ s వింతకణాల నిర్మాణంలోనే పాల్గొంటుంది. ఇది వింతదనానికి నిర్వచనం కూడా ఇస్తుంది. దీనిప్రకారం, ఏకణంలో s క్వార్క్‌గానీ, s వ్యతిరేక క్వార్క్‌గానీ ఉంటుందో, దానిని వింతకణం అంటారు. ఉదాహరణకు, u, d, s అనిసూచించబడే లాంబ్డా కణానికి వింతదనం సంఖ్య (Strangeness Number), - 1 గా ఉంటుంది. ఇక్కడ ద్రవ్యరాశి, శక్తిలాగా వింతదనం ఒక ధర్మమని గుర్తించాలి. వింతకణాలు బలవత్తర అన్యోన్యచర్యలు జరిపినప్పుడు, వింతదనం స్థిరరాశిగా ఉంటుంది. అంటే, శక్తి నిత్యత్వ సూత్రంలో శక్తివిలువ మారనట్లే, ఈ చర్యలలో వింతదనం విలువ మారదు.

BRAOU

తటస్థ K - మెసాన్ అనే మరో వింతకణాన్ని $d\bar{s}$ అని సూచిస్తారు. దీని వింతధనం + 1 ఉంటుంది. ఈ రెండింటిలోనూ s క్వార్క్‌గానీ $\bar{s}$ వ్యతిరేక క్వార్క్‌గానీ ఉండడం ప్రత్యేకంగా గుర్తించాలి.

ఇటీవలి కాలం వరకు ఈ మూడురకాల క్వార్క్‌లను ఉపయోగించి హేడ్రాన్‌ల నన్నింటినీ వివరించడం జరిగింది. అయితే, 1966లో కనుక్కోబడిన కొన్ని హేడ్రాన్‌ల ధర్మాలను 3 క్వార్క్‌ల సహాయంతో వివరించడానికి వీలుకాలేదు. ఈ ప్రయోగాలను సంతృప్తికరంగా వివరించడానికి రమ్యత (charm) అనే మరో క్వార్క్ ఉన్నట్లు ప్రతిపాదించబడింది. దీనిని c తో సూచిస్తారు.

విశ్వకిరణాలలోగానీ, అధిక శక్తివంతమైన కేంద్రకీయ అభిఘాతాలలో గానీ క్వార్క్‌లు ఇంతవరకు గుర్తించబడలేదు. హేడ్రాన్‌లకు వెలుపల వాటికి స్వతంత్ర అస్తిత్వం లేకపోవడం కారణమై ఉండవచ్చు. తీవ్రమైన పరిశోధనలు చేసినప్పటికీ, హేడ్రాన్‌లకు వెలుపల క్వార్క్‌లు ఉన్నట్లు కనబడలేదు. అయినప్పటికీ, అవి నిజంగా ఉన్నాయని కింది కారణాల వల్ల చెప్పవచ్చు.

1. క్వార్క్‌లు చాలా బరువుగా ఉండి, ప్రస్తుతం ఉన్న త్వరణకాలకు (acceleators) వాటిని ఉత్పత్తి చేయగలిగినంత శక్తి లేకపోవచ్చు.

2. ఏవో అజ్ఞాత కారణాలు క్వార్క్‌ల ఉత్పత్తిని అడ్డగిస్తూ ఉండవచ్చు.

3. పూర్ణాంక విద్యుదావేశాలు కలిగిన కణాలలో క్వార్క్‌లు ఉన్నప్పటికీ, విద్యుదావేశ క్వాంటీకరణం వల్ల క్వార్క్‌లను గుర్తించడానికి సాధ్యం కాకుండా ఉండవచ్చు.

4. కణాలలో క్వార్క్‌లు ఉన్నప్పటికీ, వాటిని వివిక్తంగా వేరు చేయడం అసాధ్యం కావచ్చు.

విశ్వానికి సంబంధించి మానవుని జ్ఞానం ఇప్పటికీ అత్యల్పమే. పరిశోధనలు తీవ్రమయ్యే కొద్దీ, ప్రశ్నలు ఎక్కువగా బయలుదేరుతున్నాయి. క్వార్క్ సిద్ధాంతం కొన్ని సమస్యలకు జవాబు చెప్పినప్పటికీ, అనేక కొత్త ప్రశ్నలను లేవదీసింది. క్వార్క్‌లు నిజంగా ఉన్నాయా? అవి నిజంగా ప్రాథమిక కణాలా? అత్యధిక శక్తిని ఉపయోగించే అభిఘాత ప్రయోగాలలో క్వార్క్‌ను చూడగలమా? భౌతిక శాస్త్రం నానాటికీ తక్కువ కచ్చితత్వాన్ని పొందుతూ ఉందా? వీటికి జవాబులు భవిష్యత్తే చెప్పాలి.

మాదిరి లెక్క

1. ఒక ధనపయాన్ విరామస్థితిలో ఉండి, కింది చర్య మేరకు విఘటనం చెందుతుంది.

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$$

(a) న్యూట్రినో ఎంత శక్తిని కలిగి ఉంటుంది? (b) మ్యూయాన్ శక్తి 4.05 MeV అయితే, దాని శక్తి ఎంత?

π మెసాన్ ద్రవ్యరాశి $= 273.2m_e$

μ మెసాన్ ద్రవ్యరాశి $= 206.8m_e$

ద్రవ్యరాశులలో తేడా $\Delta m = 66.4m_e$

$$66.4 \times 9.11 \times 10^{-31} Kg$$

దీనికి తుల్యమైన శక్తి $= \Delta m \times c^2$

$= 66.4 \times 9.11 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8) J$

33.98 MeV

μ మెసాన్ శక్తి = 4.05 MeV

$\therefore$ న్యూట్రినో శక్తి = 29.93 MeV

μ మెసాన్ వేగం v అయితే, దాని గతిశక్తి $\frac{1}{2}mv^2 = 4.05 MeV$

BRAOU

$= 4.05 \times 1.602 \times 10^{-13} J$

$\frac{1}{2} \times 206.8 \times 9.11 \times 10^{-31} \times v^2 = 4.05 \times 1.602 \times 10^{-13}$

$v^2 = \frac{4.5 \times 1.602 \times 2 \times 10^{-13}}{206.8 \times 9.11 \times 10^{-31}}$

$v = 0.83 \times 10^8 m/s$

17.12 సారాంశం

100 కంటె ఎక్కువగా ప్రాథమిక కణాలు ఉన్నాయి. వీటిని నాలుగు పద్ధతులలో వర్గీకరించవచ్చు. పదార్థమంతా క్వార్క్ అనబడే అతి చిన్న కణాలతో నిర్మించబడి ఉంటుంది.

17.13 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. కణాల వర్గీకరణంలో కల వివిధ పద్ధతులను చర్చించండి.

II. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానం రాయండి.

1. వింత కణాలంటే ఏమిటి? వాటిని అలా ఎందుకు పిలుస్తారు?
2. నాలుగు రకాల కణాల అన్యోన్య చర్యలను వివరించండి?
3. ప్రాథమిక కణాలంటే ఏమిటో ఉదాహరణలతో వివరించండి?
4. ప్రాథమిక కణాలు నిజంగా ప్రాథమికం కావు. దీనిని చర్చించండి.
5. ద్రవ్యరాశులు ఆధారంగా కణాలు ఎలా వర్గీకరించబడుతాయి.

III. ~~ఈ~~ క్రింది సమస్యలను సాధించండి.

1. మ్యూయాన్ విఘటన చెందినప్పుడు, ఒక β కణం, రెండు న్యూట్రినోలు ఏర్పడతాయి. ఒక్కొక్క కణానికి లభ్యమైన సరాసరి శక్తి ఎంత?

   (జ. 35 MeV)

2. విరామస్థితిలో ఉన్న ఒక పయాన్ విఘటనం చెందినప్పుడు 4.05 MeV శక్తి గల మ్యూయాన్ ఏర్పడుతుంది. దీనితో బాటు వచ్చే న్యూట్రినో గతిశక్తిని, ద్రవ్యరాశిని లెక్కించండి.

   (జ. $29.61 MeV 58 m_e$)

3. విరామస్థితిలో ఉన్న పయాన్ విఘటనం చెందినప్పుడు వెలువడే న్యూటరినో ద్రవ్యవేగాన్ని లెక్కించండి? ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి $= 9.108 \times 10^{-31} Kg$ ద్రవ్యవేగం = ద్రవ్యరాశి × కాంతి వేగం

   (జ. $1.8 \times 10^{-20} Kg - m/s$)

4. విరామస్థితిలో ఉన్న ధన పయాన్ విఘటనం చెంది, పాసిట్రాన్, న్యూట్రినో ఏర్పడతాయి. న్యూట్రినోశక్తి ఎంత ఉంటుంది?

   (జ. 69.36 MeV)

17.14 చదవదగిన గ్రంథాలు

1. Atomic Physics - J.B. Rajam
2. Atomic and Nuclear Physics - T.A. Little field and N. Theory
3. Physics of the Atom - Wehr and Richards

BRAOU

4. Modern University Physics - Richards Sears wehr Zemansky
5. Where do Cosmic rays came from? - by Bruno Rossi (Scientific American-September 1953)
6. A contemporary view of Elementary physics- Borowitz and Bornstein
7. Elementary Particles - Yuan
Fundamental - particles Bransden Evans and Major

"Scientific American" Articles :

Elementary particles - Gell-Mann & Rosenbaum July 1957
Pions - Marshark-January 1957
Muon - Sheldon Penman July 1961
Neutrino - Phillip and Morrison January 1956
Anti proton - Serge Weigand June 1956
Neutron - Philip & Morrison October 1951
Quarks - Sheldon Lee Glashow 1967

BRAOU

ఖండం–V పదార్థాల అయస్కాంత ధర్మాలు

B R A O U

BRAOU

భాగం-18 : పారా, డయా ఫెర్రో అయస్కాంతత్వం

విషయక్రమం

18.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు
18.2 ప్రవేశిక
18.3 మూడురకాల అయస్కాంతత్వం
18.4 పారా, డయా, ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థ ధర్మాలు
18.4.1 పారా అయస్కాంత పదార్థాలు
18.4.2 డయా అయస్కాంత పదార్థాలు
18.4.3 ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలు
18.5 డయా అయస్కాంతత్వానికి లాంజవిన్ సిద్ధాంతం
18.6 లాంజవిన్ పారా అయస్కాంతత్వ సిద్ధాంతం
18.7 లాంజవిన్ సిద్ధాంతంలో లోపాలు - వీస్ ప్రతిపాదన
18.8 ఫెర్రో అయస్కాంతాలకు వీస్ సిద్ధాంతం
18.9 వీస్ సిద్ధాంతానికి ప్రయోగాత్మక రుజువు
18.10 సారాంశం
18.11 నమూనా ప్రశ్నలు

18.1 ఉద్దేశ్యాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో మూడురకాల అయస్కాంతాలను గురించిన చర్చ ఉంది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. మూడురకాల అయస్కాంతత్వాల విశిష్టధర్మాలను సంపూర్ణంగా వివరించగలరు.
2. ద్రవ్యరాశి ససెప్టిబిలిటీని లెక్కకట్టగలరు.

18.2 ప్రవేశిక

కొన్ని పదార్థాలను మాత్రమే అయస్కాంతాలుగా మార్చగలమని మనకు అనుభవంలో తెలుసు. కానీ, అన్ని పదార్థాలు కొద్దిగానో, గొప్పగానో అయస్కాంతకాలనీ ప్రయోగాలు సూచించాయి. కారణ మేమిటంటే, అన్ని పదార్థాలలోనూ ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉన్నాయి. అవి కక్ష్యలలో తిరుగుతుంటాయి. చలించే ఎలక్ట్రాన్‌లు అయస్కాంత క్షేత్రాలను ఏర్పరుస్తాయి. ఈ యూనిట్‌లో మూడురకాల అయస్కాంతత్వాలను చదువుకోబోతున్నాము. కేంద్రకం కూడా అయస్కాంతత్వాన్ని కలిగి ఉంటుందనీ, ఇది కేంద్రకీయ అయస్కాంత అనునాదం (Nuclear Magnetic Resonance - N.M.R) అనే కొత్త విధానానికి దారి తీసిందనీ, సంకీర్ణమైన సంయోగ పదార్థాల అణు నిర్మాణాన్ని N. M.R సహాయంతో పరిశోధించవచ్చుననీ ఈ యూనిట్‌లో వివరించబడింది.

18.3 మూడురకాల అయస్కాంతత్వాలు

పందొమ్మిదో శతాబ్దం వరకు, ఇనుములాంటి కొన్ని మూలకాలకే అయస్కాంత ధర్మాలు ఉంటా
యని అనుకొనేవారు. కానీ, 1845లో అన్ని పదార్థాలు కొద్దిగానో గొప్పగానో అయస్కాంతత్వాన్ని
కలిగి ఉంటాయనీ, వాటిని పారా అయస్కాంతాలు, డయా అయస్కాంతాలు అని రెండు
తరగతులుగా విభజించవచ్చుననీ, ఫారడే కనుగొన్నాడు. పదార్థాలను అయస్కాంత ధ్రువాలనుంచి
స్వేచ్ఛగా వ్రేలాడదీస్తే, అయస్కాంత క్షేత్రదిశ వెంబడి కొన్ని వ్రేలాడుతాయి. ఇవి అయస్కాంతం
చేత ఆకర్షించబడతాయి. ఇలాంటి పదార్థాలను పారా అయస్కాంత పదార్థాలు అంటారు. ఇనుము,
నికెల్, కోబాల్ట్, మెగ్నిషియం, అల్యూమినియం మొదలైనవి ఈ తరగతికి చెందుతాయి.

మరికొన్ని పదార్థాలు అయస్కాంతం చేత వికర్షించబడతాయి. అయస్కాంత క్షేత్రంలో వీటిని
వేలాడదీసినప్పుడు, ఇవి క్షేత్రానికి లంబంగా తిరుగుతాయి. వీటిని డయా అయస్కాంత పదార్థాలు
అంటారు. బిస్మత్, అంటిమొనీ, పాదరసం, జింక్, కాడ్మియమ్ మొదలైనవి ఈ తరగతికి
చెందుతాయి.

పారా అయస్కాంత పదార్థాలలో, ఇనుము లాంటి కొన్ని మూలకాలు అయస్కాంత క్షేత్రాలచేత
అత్యధికంగా ఆకర్షించబడతాయి. బలహీన క్షేత్రాలలో కూడా, ఇవి అత్యధికంగా అయస్కాంతీకరణం
పొందుతాయి. ఈ ధర్మాన్ని ఫెర్రో అయస్కాంతత్వం అంటారు. ఒకానొక ఉష్ణోగ్రతను దాటితే, ఫెర్రో
అయస్కాంతాలు వాటి ప్రత్యేక ధర్మాలను కోల్పోయి పారా అయస్కాంతాల లాగా ప్రవర్తిస్తాయి.
ఈ సందిగ్ధ ఉష్ణోగ్రతను "క్యూరీ బిందువు" అంటారు. కాబట్టి ఫెర్రో అయస్కాంతత్వాన్ని పారా
అయస్కాంతత్వం యొక్క విశిష్ట స్వరూపంగా భావించవచ్చు.

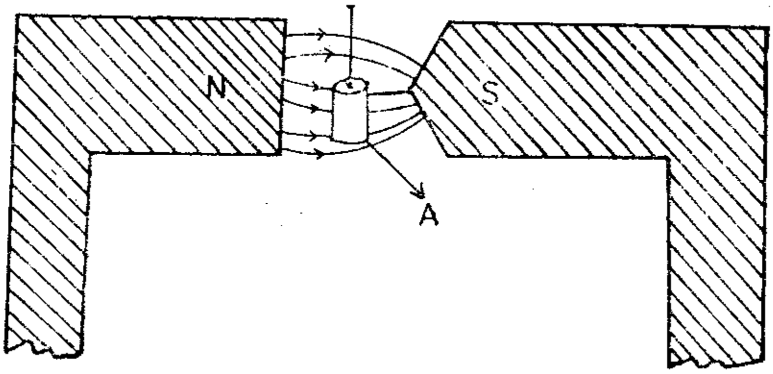
పారా, డయా అయస్కాంతత్వాలను వివరించడానికి, అణువిద్యుత్ ప్రవాహ సిద్ధాంతాన్ని
(Molecular current theory) వెబర్ ప్రతిపాదించాడు. అన్ని పదార్థాల అణువులలోనూ పరమా
ణువులు ఉంటాయి. వీటి కక్ష్యలలో ఎలక్ట్రాన్‌లు తిరుగుతుంటాయి. చలించే ఎలక్ట్రాన్ విద్యుత్
ప్రవాహానికి సమానం కాబట్టి, అణువిద్యుత్ ప్రవాహాలుంటాయని వెబర్ ఊహించాడు. పారా
అయస్కాంత పదార్థాలలో, అంతర్గత అణువిద్యుత్ ప్రవాహాలు అణువులకు శాశ్వత అయస్కాంత
భ్రామకాన్ని కలిగిస్తాయి. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రం ప్రేరేపించే అణువిద్యుత్ ప్రవాహాలవల్ల డయా
అయస్కాంతత్వం ఏర్పడుతుంది. క్షేత్రదిశకు వ్యతిరేకంగా అణువులు అయస్కాంత భ్రామకాన్ని
పొందుతాయి. దీనికి రుణ అయస్కాంత భ్రామకం అనిపేరు దాదాపు 50 సంవత్సరాల తర్వాత
పారా, డయా అయస్కాంతత్వాలను వివరించడానికి లాంజవిన్ ఎలక్ట్రాన్ సిద్ధాంతాన్ని అనువర్తించాడు.

18.4 పారా, డయా, ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థ ధర్మాలు

18.4.1 పారా అయస్కాంత పదార్థాలు

పారా అయస్కాంత పదార్థాలను అయస్కాంత క్షేత్రంలో వేలాడదీసినప్పుడు బలహీన ప్రదేశాలనుంచి
బలవత్తర ప్రదేశాల వైపుకు కదలడానికి ప్రయత్నిస్తాయి. ఏకరీతిగా లేని అయస్కాంత క్షేత్రం పటం
18.1లో సూచించబడింది.

BRAOU



పటం *18.1* వివిధ అయస్కాంత పదార్థాలను అధ్యయనం చేయడానికి ఉపయోగించిన అనేక రీతి (non-uniform) అయస్కాంత క్షేత్రం-ఉత్తర ధ్రువానికి చదునుతలం దక్షిణ ధ్రువానికి పదునైన మొనగల తలం ఉన్నాయి. A = అయస్కాంత పదార్థం.

అయస్కాంతంలో ఒక ధ్రువం చదునుతలాన్ని, మరో ధ్రువం పదునుగా ఉండే మొనను కలిగి ఉంటాయి. చదును తలం కంటే, మొన ఉండే ధ్రువం దగ్గర అయస్కాంత క్షేత్రం బలవత్తరంగా ఉంటుంది. పటంలో NS ఒక విద్యుదయస్కాంతం. ధ్రువాల మధ్య అల్యూమినియం వంటి పారా అయస్కాంత పదార్థం ముక్కను వేలాడదీస్తే, అది మొన ఉండే ధ్రువంవైపు చలిస్తుంది. వేలాడదీసిన పదార్థం పల్చని కడ్డీ ఆకారంలో ఉంటే, దాని దీర్ఘాక్షం అయస్కాంతక్షేత్ర దిశకు సమాంతరంగా ఉండేటట్లు అది నిలిచిపోతుంది. అయస్కాంత బలరేఖలు పదార్థంగుండా వెళ్ళాలని ప్రయత్నిస్తాయి. కాబట్టి స్వేచ్ఛాంతరాళం (Free space) కంటే, పారా అయస్కాంత పదార్థం యొక్క ప్రవేశ్యశీలత ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఒక యానకం తన గుండా బలరేఖలను వెళ్ళనిచ్చే స్వభావం పరిమాణాన్ని ప్రవేశ్యశీలత సూచిస్తుంది. దీనిని μ అనే అక్షరంతో సూచిస్తారు.

యానకానికి ససెప్టిబిలిటీ అనే మరో స్థిరరాశి ఉంది. దీనిని K అనే అక్షరంతో సూచిస్తారు. వస్తువు పొందిన అయస్కాంతీకరణ తీవ్రతకూ (I), అయస్కాంత క్షేత్రబలానికి (H) ఉన్న నిష్పత్తిని వస్తువుయొక్క ససెప్టిబిలిటీ అంటారు. దీనినే ఘనపరిమాణ ససెప్టిబిలిటీ అని కూడా అంటారు. వస్తువు సాంద్రత ρ అయితే $\frac{K}{\rho}$ అనే రాశిని ద్రవ్యరాశి ససెప్టిబిలిటీ అంటారు. దీనిని x అని సూచిస్తారు.

పారా అయస్కాంత పదార్థాల ససెప్టిబిలిటీ చాలా తక్కువగా ఉండి ధనాత్మకంగా ఉంటుంది. ఇది పరమ ఉష్ణోగ్రతకు విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది. అల్యూమినియం, ప్లాటినం, క్రోమియం, ఆక్సిజన్ మొదలైన మూలకాలు నికెల్, ఇనుము, ఆక్సిజన్ వీటి లవణాల ద్రావణాలు పారా అయస్కాంత పదార్థాలు.

18.4.2 డయా అయస్కాంత పదార్థాలు

బిస్మత్, రాగి, పాదరసం, అంటిమొని, బంగారం, నీరు, హైడ్రోజన్, ఆల్కహాల్, గాలి మొదలైన వస్తువులు అయస్కాంత క్షేత్రంలో బలవత్తర భాగాల నుంచి బలహీన భాగాలకు కదులుతాయి. సన్నని కడ్డీరూపంలో ఈ పదార్థాలను స్వేచ్ఛగా వేలాడదీస్తే, అవి అయస్కాంత క్షేత్రానికి లంబదిశలో తిరుగుతాయి. అయస్కాంత బలరేఖలు వస్తువునకు వెలుపల ప్రయాణం చేసే స్వభావాన్ని కలిగి ఉంటాయి. కాబట్టి వీటి ప్రవేశ్యశీలత స్వేచ్ఛాంతరాళం విలువ కంటె తక్కువగా ఉంటుంది. ససెప్టిబిలిటీకి స్వల్పమైన ఋణ విలువ ఉంటుంది.

18.4.3 ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలు

అయస్కాంతాల చేత ఆకర్షింపబడి, అయస్కాంతాలుగా మారగలిగిన వస్తువులను ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలంటారు. వీటికి పారా అయస్కాంత పదార్థాల ధర్మాలు ఎక్కువ ప్రమాణంలో

BRAOU

ఉంటాయి. క్యూరీ ఉష్ణోగ్రతను దాటిన తరువాత, పదార్థం పారా అయస్కాంత ధర్మాలను పొందుతాయి. వీటి ప్రవేశ్యశీలత, ససెప్టిబిలిటీ విలువలు చాలా ఎక్కువగా ఉంటాయి.

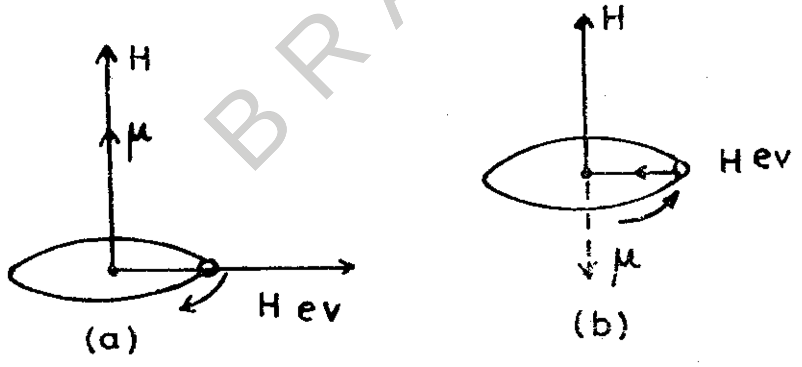
18.5 డయా అయస్కాంతత్వానికి లాంజవిన్ సిద్ధాంతం

ఎలక్ట్రాన్ సిద్ధాంతం ఆధారంగా లాంజవిన్ డయా, పారా అయస్కాంతత్వాలను వివరించగలిగాడు. మొదట డయా అయస్కాంతత్వాన్ని గురించి తెలుసుకొందాం.

ఒక పరమాణు కక్ష్యలో తిరిగే ఎలక్ట్రాన్ ఒక విద్యుత్ ప్రవాహానికి సమానం. మూసిన వలయంలో (closed circuit) ప్రవహించే విద్యుత్తు అయస్కాంత కర్పరానికి (shell) సమానం. ఎలక్ట్రాన్‌లు తిరిగే వివిధ కక్ష్యల మధ్య సౌష్టవం లేనందువల్ల, మొత్తం పరమాణువు ఫలిత అయస్కాంత భ్రామకాన్ని కలిగి ఉంటుంది. ఇలాంటి పదార్థాలను అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచితే, పరమాణువులు క్షేత్రదిశ వెంబడి భ్రమణం చెందుతాయి. అందువల్ల అయస్కాంత ప్రేరణ ఎక్కువ అవుతుంది. పారా అయస్కాంత పదార్థాలలో ఇలా జరుగుతుంది.

డయా అయస్కాంత పదార్థాలలో, మొత్తం పరమాణువులకు ఫలిత అయస్కాంత భ్రామకం శూన్యంగా ఉండేటట్లు కక్ష్యల దిగ్విన్యాసాలు ఏర్పడి ఉంటాయి. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తించినప్పుడు పరమాణువులలో భ్రమణ చర్య కలగదు. కానీ, దీని ప్రభావం ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్యలపై కొంత ఉంటుంది. తత్ఫలితంగా క్షేత్రానికి వ్యతిరేక దిశలో కొంత అయస్కాంత భ్రామకం ప్రేరేపించబడుతుంది. ఇది అయస్కాంత ప్రేరణాన్ని తగ్గించడానికి ప్రయత్నిస్తుంది.

ఒక పరమాణుకేంద్రకం చుట్టూ వృత్తాకార కక్ష్యలో తిరిగే ఎలక్ట్రాన్‌ను పటం 18.2లో చూడవచ్చు. m, e, v ω లు క్రమంగా ఎలక్ట్రాన్ యొక్క ద్రవ్యరాశిని, విద్యుదావేశాన్ని,



పటం 18.2 వృత్తాకార కక్ష్యలో తిరిగే ఎలక్ట్రాన్‌కు అయస్కాంత క్షేత్రం H ని అనువర్తించడం.

(a) ఎలక్ట్రాన్ సవ్యదిశలో తిరిగితే, దానిపై పనిచేసే బలం అపకేంద్రంగా ఉంటుంది.

(b) ఎలక్ట్రాన్ అప సవ్యదిశలో తిరిగితే బలం అభికేంద్రంగా ఉంటుంది.

రేఖీయవేగాన్ని, కోణీయవేగాన్ని సూచిస్తాయనుకొందాం. కక్ష్య వ్యాసార్థం r అనుకొందాం. కేంద్రానికి, ఎలక్ట్రాన్‌కు మధ్య ఉండే ఆకర్షణ బలం F ఎలక్ట్రాన్‌పై పనిచేసే అపకేంద్ర బలానికి సమానంగా ఉండాలి.

$$\therefore F = \frac{mv^2}{r} = mr.\omega^2 \qquad 18.1$$

కక్ష్యాతలానికి లంబదిశలో తీవ్రత H కల అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తించినామనుకొందాం. దీని ప్రభావం వల్ల ఎలక్ట్రాన్‌పై HeV అనే బలం పనిచేస్తుంది. ఇది పనిచేసే దిశను ఫ్లెమింగ్ ఎడమచేతి నిబంధనను అనుసరించి తెలుసుకోవచ్చు. పటం 18.2 (a) లో సూచించినట్లు ఎలక్ట్రాన్ సవ్యదిశలో తిరుగుతూ ఉంటే, బలం అపకేంద్ర దిశలో పనిచేస్తుంది. పటం 18.2 (b) లో సూచించినట్లు, ఎలక్ట్రాన్ అపసవ్యదిశలో తిరుగుతూ ఉంటే, బలం అభికేంద్ర దిశలో పనిచేస్తుంది.

అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తించినప్పుడు, కక్ష్య ఆకారంలో ఎలాంటి మార్పు లేకుండా అది పురస్సరణం చెందుతుందని లార్మర్ రుజువుపరిచాడు. దీనిని లార్మర్ పురస్సరణం అంటారు. దీని కారణంగా ఎలక్ట్రాన్ కోణీయవేగం కొద్దిగా మారుతుంది. సవ్యదిశలో తిరిగే ఎలక్ట్రాన్ కోణీయవేగంలో మార్పు రేటు అయితే δ అయితే

$$F - Hev = mr(\omega + \delta\omega)^2 \qquad 18.2$$

$$F = mr\omega^2; v = -rw \text{ కాబట్టి,}$$

$$mr\omega^2 - Her\omega = mr(\omega^2 + 2m\omega r\delta\omega)$$

ω కు పోల్చినప్పుడు δ చాలా తక్కువ కాబట్టి $(\omega)^2\delta$ ఉన్న పదాన్ని ఇక్కడ లెక్కకు తీసుకోవడం లేదు.

$$\therefore \delta\omega = \frac{He}{2m} \qquad 18.3$$

కోణీయ వేగంలో మార్పు ఎలక్ట్రాన్ తిరిగే దిశకు వ్యతిరేకంగా ఉంటుందని ఈ సమీకరణంలోని రుణసంజ్ఞ సూచిస్తుంది.

కోణీయ వేగంలో మార్పువల్ల అయస్కాంత భ్రామకంలో $\delta\mu$ మార్పు ఏర్పడుతుంది. e విద్యుదావేశం గల ఎలక్ట్రాన్ వృత్తాకార కక్ష్యలో సెకనుకు n భ్రమణాల చొప్పున తిరిగితే, ఇది me విద్యుత్ ప్రవాహానికి సమానం. వృత్త వైశాల్యం a అయితే, ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్య యొక్క అయస్కాంత భ్రామకం nea అవుతుంది. అయస్కాంత భ్రామకంలో మార్పు.

$$\delta\mu = ea\delta n = ea(\tfrac{\delta\omega}{2\pi})$$

ఇక్కడ $n = (\frac{\omega}{2\pi})$ అని గుర్తుంచుకోవాలి.

$$a = \pi r^2; \delta\omega = \frac{-He}{2\pi} \text{ కాబట్టి}$$

$$\delta\mu = e(\pi r^2)(\tfrac{-He}{4\pi m}) = -(\tfrac{He^2r^2}{4m}) \qquad 18.4$$

ఈ సమీకరణాన్ని బట్టి, అయస్కాంత భ్రామకంలో మార్పు క్షేత్ర దిశకు వ్యతిరేకంగా ఉంటుందని చెప్పవచ్చు.

పరమాణు సంఖ్య Z అయితే, ఆ పరమాణువులో Z ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉంటాయి. మొత్తం పరమాణువు యొక్క అయస్కాంత భ్రామకంలో మార్పు $Z\delta\mu$ అవుతుంది.

అన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు ఒకే కక్ష్యలో తిరగవు కనుక r^2 కు బదులుగా వివిధ కక్ష్యల వ్యాసార్ధాల వర్గాల సరాసరి R^2 ను ప్రతిక్షేపించాలి. అంతేగాక, కక్ష్యలన్నీ అయస్కాంత క్షేత్రానికి లంబదిశలో ఉండకుండా వేరువేరు కోణాలు చేస్తుంటాయి. ఈ కారణంగా R^2 కి బదులు $\frac{2}{3}R^2$ ను తీసుకుంటారు.

పరమాణువు యొక్క మొత్తం అయస్కాంత భ్రామకంలో మార్పు

$$\delta\mu = \frac{-ZHe^2}{4m} \times \frac{2R^2}{3} = \frac{-ZHe^2R^2}{6m} \qquad 18.5$$

అవగాడ్రో సంఖ్య N అనుకొంటే, గ్రామ్-పరమాణువు అయస్కాంత భ్రామకంలో మొత్తం మార్పు

BRAOU

$$\delta\mu A = \frac{-NZHe^2R^2}{6m}$$ 18.6

పదార్థ సాంద్రత ρ, పరమాణు భారం A అయితే, ఘనపరిమాణం $= \frac{A}{\rho}$

$\therefore$ అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత $I = \frac{\text{గ్రాం- పరమాణువు అయస్కాంత భ్రామకం మార్పు}}{\text{ఘనపరిమాణం}}$ 18.7

$$= \frac{-NZHe^2R^2}{6m} \times \frac{\rho}{A}$$

సస్పెప్టిబిలిటీ $K = \frac{1}{H} = \frac{-NZe^2R^2P}{6mA}$ 18.8

దీని ఘనపరిమాణ ససెప్టిబిలిటీ అని కూడా అంటారు. పదార్థం యొక్క మొత్తం ఘనపరిమాణానికి ససెప్టిబిలిటీని ఇది తెలుపుతుంది.

ద్రవ్యరాశి ససెప్టిబిలిటీ X (క్సై) $= \frac{K}{\rho} = -\frac{NZe^2R^2}{6mA}$ 18.9

ఏకాంక ద్రవ్యరాశికి గల ససెప్టిబిలిటీని ద్రవ్యరాశి ససెప్టిబిలిటీ అంటారు. ఇది $\frac{K}{\rho}$ కి సమానం.

సిద్ధాంతం ప్రధానలక్షణాలు

1) 18.8, 18.9, 18.10 సమీకరణాల నుంచి, ససెప్టిబిలిటీ ఉష్ణోగ్రత పైన, క్షేత్ర తీవ్రతపైన ఆధారపడదని తెలుస్తుంది. అయాన్ స్థితిలోని ద్రావణాలకు, పరమాణు స్థితిలో ఉన్న జడ వాయువులకు సంబంధించి చేసిన ప్రయోగ ఫలితాలు ఈ సిద్ధాంతాన్ని రుజువు పరిచాయి.

2) ప్రేరేపితమైన అయస్కాంత భ్రామకం వల్ల డయా అయస్కాంతత్వం ఆధారపడి ఉంటుంది. క్షేత్రానికి వ్యతిరేక దిశలో పనిచేస్తుంది. కాబట్టి అన్ని సమీకరణాలలోనూ, రుణ సంజ్ఞ ఉండి క్షేత్రం విలువ శూన్యమైనప్పుడు అయస్కాంత భ్రామకం కూడా శూన్యమవుతుంది. 18.5 సమీకరణంలో H = 0 అయినప్పుడు $\delta\mu = 0$ అవుతుంది.

3) ప్రతి ఎలక్ట్రాన్‌కు క్షేత్రానికి వ్యతిరేక దిశలో ప్రేరేపిత అయస్కాంత భ్రామకం ఉంటుంది. కాబట్టి పరమాణువు మొత్తానికి ప్రేరేపితమైన అయస్కాంత భ్రామకం విలువ వ్యతిరేక దిశలోనే ఉంటుంది. తొలి అయస్కాంత భ్రామకం విలువ శూన్యమయినా కాకపోయినా ఇది వ్యతిరేక దిశలోనే ఉంటుంది. దీనిని బట్టి అన్ని పరమాణువులకూ డయా అయస్కాంత ధర్మాలూ ఉంటాయని చెప్పవచ్చు.

డయా అయస్కాంతత్వం, బలవత్తర క్షేత్రాలలోకూడా చాలా స్వల్పంగా ఉంటుంది. ఇది బాహ్యబల ప్రభావం వల్ల తాత్కాలికంగా ప్రేరేపితమైన ధర్మం.

4) పారా అయస్కాంత పదార్థాలలో కూడా ఇలాంటి డయా అయస్కాంతత్వ ప్రేరణ ఉంటుంది. అయితే పారా అయస్కాంత దిగ్విన్యాస ప్రక్రియ బలవత్తరంగా ఉండడం వల్ల వాటి ప్రవర్తన వేరుగా ఉంటుంది.

5) 18.10 సమీకరణాన్ని ఉపయోగించి, ససెప్టిబిలిటీ విలువ తెలిస్తే R^2 లెక్కించవచ్చు. ఈ విలువలు అణుచలన సిద్ధాంతాన్ని బట్టి వచ్చిన ఫలితాలతో ఏకీభవించాయి.

18.6 లాంజవిన్ పారా అయస్కాంతత్వ సిద్ధాంతం

అణుచలన సిద్ధాంతాన్ని అనుసరించి, లాంజవిన్ పారా అయస్కాంతత్వాన్ని విశదీకరించాడు. ఎలక్ట్రాన్‌లు కక్ష్యలో తిరగడంవల్లనూ, భ్రమణంవల్లనూ, పారా అయస్కాంత వాయువులోని అణువులన్నీ, చిన్న శాశ్వత అయస్కాంతాలవుతాయని అతడు ఊహించినాడు. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రం లేనప్పుడు, ఈ అణువుల అయస్కాంత భ్రామకాలు వివిధ దిశలలో వితరణ చెంది ఉంటాయి. ఏదైనా ఒక నిర్దేశరేఖపై లెక్కించిన ఫలిత అయస్కాంత భ్రామకం శూన్యమౌతుంది.

ఇప్పుడు బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తిస్తే, ఈ అణు అయస్కాంతాలు క్షేత్ర దిశలో తిరగడానికి ప్రయత్నిస్తాయి. అయితే అణువులు అనవతరంగా చలిస్తూ అభిఘాతాలు చేసుకుంటూ ఉన్నందువల్ల, ఇది క్షేత్రదిశకు సంపూర్ణంగా రాలేకపోతాయి. బాహ్య అయస్కాంత తీవ్రతను ఎక్కువ చేస్తూపోతే, ఎక్కువ సంఖ్యలో అణువులు క్షేత్రదిశకు తిరుగుతాయి. కానీ ఉష్ణోగ్రత ఎక్కువైతే అణువులు మునుపటివలె క్రమరహితంగానే ఉంటాయి. తత్ఫలితంగా క్షేత్రదిశకు సంబంధించి అణువుల అక్షాలన్నీ సమతాస్థితిని పొందుతాయి.

ఒక్కొక్క అణువుయొక్క అయస్కాంత భ్రామకం μ, అయస్కాంత క్షేత్ర తీవ్రత H అనుకొందాం. క్షేత్రదిశకు, అణు అయస్కాంతం అక్షానికీ, మధ్యకోణం θ అయితే, ఒక్కొక్క అణు అయస్కాంతం యొక్క స్థితిశక్తి $= -\mu H cos\theta.$

అణుచలన సిద్ధాంతాన్ని బట్టి, ఏదైనా నిర్దేశరేఖకు θ కోణం చేస్తూ ఉండే అణువుల సంఖ్య dN అయితే, ఇది $Sin\theta d\theta$ కు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. W స్థితిశక్తి కల్గిన అణువుల సంఖ్య $e^{-\omega/kT}$ కి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. ఇక్కడ K వాయు స్థిరాంకాన్ని T పరమ ఉష్ణోగ్రతను సూచిస్తాయి. అంటే,

$$dN \alpha Sin\theta d\theta$$

$$e^{\mu H Cos\theta/kT}$$

$$\therefore dN = c.e^{\mu H.cos\theta/kT} Sin\theta.d\theta \qquad 18.11$$

ఇక్కడ C అనుపాత స్థిరాంకం.

$\frac{\mu H}{KT} = a$ అనుకొంటే

$$dN = c.e^{acos\theta} Sin\theta.d\theta \qquad 18.12$$

ఈ అయస్కాంతాలన్నీ క్షేత్రదిశకు O నుంచి π వరకు కోణాలు చేస్తూ ఉంటాయి. కాబట్టి ప్రమాణ ఘనపరిమాణంలో అణువుల సంఖ్య N. పై సమీకరణాన్ని సమాకలనం చేస్తే

$$N = \int_o^\pi dN = \int_o^\pi c(-e^{aCos\theta}) Sin\theta.d\theta \qquad 18.13$$

తెలుస్తుంది. ఇక్కడ $cos\theta = x$ అనుకొంటే, $sin\theta d\theta = -dx$ అవుతుంది. ఈ విలువలను 18.13 లో సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$N = \int_{+1}^{-1} c.e^{ax}(-dx)$$

$$= \int_{-1}^{+1} c.e^{ax} dx$$

$$= C\left[\frac{e^{ax}}{a}\right]_{-1}^{+1}$$

$$\frac{C}{a}(e^a - e^{-a})$$

$$\therefore e = \frac{Na}{(e^a - c^{-a})}) \qquad 18.14$$

అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత I ని కింది విధంగా లెక్కించవచ్చు. క్షేత్రదిశలో ప్రతి అణు అయస్కాంత భ్రామకం యొక్క అంశం $\mu cos\theta$ అవుతుంది. dN అణువుల మొత్తం అయస్కాంత భ్రామకం $\mu cos\theta.dN$ అవుతుంది. ప్రమాణ ఘనపరిమాణంలో N అణువులు ఉన్నాయి. కాబట్టి

BRAOU

$$I = \int_{o}^{\pi} \mu cos\theta . dN$$

$$= \int_{o}^{\pi} \overline{\mu}.cos\theta.c.e^{acos\theta}.Sind\theta \qquad 18.15$$

మునుపటివలె $cos\theta = x; sin\theta d\theta = -dx$ విలువలను పై సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$I = c\mu \int_{-1}^{+1} x.e^{ax}.dx$$

దీనిని విభాగాల పద్ధతిని సమాకలనం చేస్తే

$$I = c.\mu\left[\frac{1}{a}(e^{a} + e^{-a}) - \frac{1}{a^{2}}(e^{a} - e^{-a})\right]$$

18.14 సమీకరణంలోని C విలువను ఇక్కడ ప్రతిక్షేపిస్తే

$$I = \frac{Na}{(e^{a}-e^{-a})}\mu\left[\frac{1}{a}(e^{a} + e^{-a}) - \frac{1}{a^{2}}(e^{+a} - e^{-a})\right]$$

$$= \mu_{N}\left[\frac{e^{a}+e^{-a}}{e^{a}-e^{-a}} - \frac{1}{a}\right]$$

$$= \mu_{N}[cotha - \frac{1}{a}]$$

cotha అతి పరావలయ ప్రమేయం.

అణువులన్నీ క్షేత్రదిశకు తిరిగినప్పుడు, ఏకాంక ఘనపరిమాణానికి అయస్కాంత భ్రామకం μ_N అవుతుంది. కాబట్టి ఇది సంతృప్తి అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత I_s కు సమానం అవుతుంది.

$$I = I_{s}[cotha - \frac{1}{a}]$$

$$\frac{I}{I_{s}} = [cotha - \frac{1}{a}] = L(a) \qquad 18.16$$

L (a) ను లాంజవిన్ ప్రమేయం అంటారు. a విలువ స్వల్పంగా ఉన్నప్పుడు, లాంజవిన్ ప్రమేయం $\frac{a}{2}$ కి సమానమని రుజువు పడవచ్చు.

$$\therefore \frac{I}{I_{s}}(cotha - \frac{1}{a}) = \frac{a}{3} = \frac{\mu H}{3kT} \qquad 18.17$$

ఘనపరిమాణ ససెప్టిబిలిటీ $K = \frac{I}{H} = I_{s}(\frac{\mu}{3kT}) = \mu N(\frac{\mu}{3kT}) = \frac{\mu^{2}N}{3kT}$ 18.18

ద్రవ్యరాశి ససెప్టిబిలిటీ $X = \frac{K}{\rho}$

ప్రమాణ ద్రవ్యరాశిలో N_m అణువులు ఉన్నాయనుకొంటే, ఒక్కొక్క అణువు ద్రవ్యరాశి $\frac{1}{N_m}$ అవుతుంది. ఏకంగా ఘన పరిమాణంలో N అణువులు ఉన్నాయి. కాబట్టి ఒక్కొక్క అణువు ఘనపరిమాణ $\frac{1}{N}$

కాబట్టి సాంద్రత $\rho = \frac{\text{ఒక అణువు ద్రవ్యరాశి}}{\text{ఒక అణువు ఘనపరిమాణం}}$

$$= \frac{\frac{1}{Nm}}{\frac{1}{N}} = \frac{N}{Nm}$$

ద్రవ్యరాశి ససెప్టిబిలిటీ $\chi = \frac{K}{\rho} = K\frac{Nm}{N} = \frac{\mu.^{2}NNm}{N3kT} = \frac{\mu^{2}.Nm}{3kT}$ 18.19

ఒక గ్రాం - అణుభారం పదార్థం యొక్క ససెప్టిబిలిటీని గ్రాం- అణుభార ససెప్టిబిలిటీ అంటారు. దీనిని χ_M తో సూచిస్తారు.

B R A O U

అవగాడ్రో సంఖ్య N_M అనుకొంటే, గ్రాం-అణుభార ససెప్టిబిలిటీ

$$\chi_M = \frac{\mu^2 N_M}{3kT} = \frac{(\mu.N_m)^2}{2kN_M T} = \frac{\sigma_0^2}{3kT} \qquad 18.20$$

ఇక్కడ $\chi_M = \mu N_M$ ఇది గ్రాం-అణుభారం పదార్థంయొక్క సంతృప్త అయస్కాంత భ్రామకాన్ని సూచిస్తుంది. $R = kN_M$. ఇది గ్రాం-అణుభారానికి వాయు స్థిరాంకాన్ని సూచిస్తుంది.

లాంజవిన్ సిద్ధాంతంలోని ప్రధాన విషయాలు

1) ససెప్టిబిలిటీ సమీకరణాలను పరిశీలిస్తే, అవి పరమ ఉష్ణోగ్రతకు విలోమానుపాతంలో ఉంటు తెలుస్తుంది. ఇది ప్రయోగ ఫలితాలకు అనుగుణంగా ఉంది. అయితే, $a = \frac{\mu H}{kT}$ విలువ అల్పంగా ఉన్నప్పుడే ఇది సాధ్యం అవుతుంది. స్వల్ప ఉష్ణోగ్రతలకు, అత్యధిక క్షేత్రబలాలకు ఈ నియమం వర్తించదని అర్థం.

2) ఈ సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించేటప్పుడు అణు అయస్కాంతమూ బాహ్య క్షేత్రమూ అన్ని దిశలలోనూ ఉండవచ్చునని లాంజవిన్ ఊహించినాడు. అందువల్ల అతని సిద్ధాంతం సాంప్రదాయిక భౌతికశాస్త్ర నియమాలను బట్టి ప్రతిపాదించబడింది. కానీ, క్వాంటం సిద్ధాంతం ప్రకారం, వివిక్తమైన కొన్ని దిగ్విన్యాసాలు మాత్రమే అనుమతింపబడుతాయి.

3) లాంజవిన్ సిద్ధాంతాన్ని వాయుపదార్థాలకు మాత్రమే కాకుండా అల్ప గాఢతకల పారా అయస్కాంత లవణాల ద్రావణాలకు కూడా వర్తింపజేయవచ్చునని ప్రయోగాత్మకంగా కనుగొన్నారు. ద్రావణాలలో అయాన్‌లు పరస్పరం ప్రభావితం కాకుండా చలించడమే దీనికి కారణం.

4) అన్ని పారా అయస్కాంత పదార్థాలు, అల్ప ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ఘన పదార్థాలుగా మారుతాయి. అప్పుడు అణు అయస్కాంతాలు స్వేచ్ఛగా చలించలేవు. అయినప్పటికీ గెడొలీనియం సల్ఫేట్ అనే ఘనపదార్థం లాంజవిన్ సిద్ధాంతాన్ని పాటిస్తుందని కామర్లింగ్ ఆన్స్ రుజువుపరచినాడు.

18.7 లాంజవిన్ సిద్ధాంతంలో లోపాలు - వీస్ ప్రతిపాదన

1) అధికంగా సంపీడనం చెంది చల్లారిన వాయువులు, అధిక గాఢత ఉన్న ద్రావణాలు, ఘనరూప లవణాలు, స్ఫటికాలు మొదలైన అనేక పారా అయస్కాంత పదార్థాలు ఉష్ణోగ్రతపై ఆధారపడడాన్ని లాంజవిన్ సిద్ధాంతం వివరించలేకపోయింది.

2) ప్రయోగాత్మక ఫలితాలను బట్టి $\chi = \frac{C}{(T-\theta)}$ అని రుజువు పరచారు. ఇక్కడ C ఒక స్థిరాంకం. ఈ సమీకరణాన్ని క్యూరీ-వీస్ నియమం అంటారు. కానీ, లాంజవిన్ సిద్ధాంతాన్ని బట్టి $\chi = \frac{C}{T}$ మాత్రమే అవుతుంది.

3) పారా, ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాల సన్నిహిత సంబంధాన్ని లాంజవిన్ సిద్ధాంతం విశదీకరించలేకపోయింది.

1907 లో అంతర్గత అణుక్షేత్ర సిద్ధాంతాన్ని వీస్ ప్రతిపాదించినాడు. ఆదర్శవాయువులో అణు అయస్కాంతాల మధ్య పరస్పర ప్రభావం లెక్కకు తీసుకోరానంత స్వల్పంగా ఉంటుందని, బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రం అణు అయస్కాంతాలను తిప్పడానికి ప్రయత్నించినప్పుడు ఉష్ణ సంబంధమైన అలజడి దీనిని వ్యతిరేకిస్తుందని లాంజవిన్ అనుకొన్నాడు. కానీ, వాస్తవిక వాయువులలో అణువులు వాటి అయస్కాంత భ్రామకాలవల్ల, పరస్పరం ప్రభావితం అవుతాయని వీస్ ఊహించినాడు. అందువల్ల వాయువులో ఏ బిందువు వద్దనైనా, దానిచుట్టూ ఉన్న అణువులవల్ల అణుక్షేత్రం ఉంటుంది. దీనిని అంతర్గత అణుక్షేత్రం అంటారు. ఈ అణక్షేత్రం అయస్కాంతీకరణ తీవ్రతకు అనులోమానుపాతంలో ఉండి, అదేదిశలో ఉంటుంది. అంతర్గత అణుక్షేత్రం H_m, అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత I, అనుపాతం స్థిరాంకం β అనుకొంటే $H_m = \beta I$

B R A O U

బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రం H, అంతర్గత అణుక్షేత్రం H_m ఈ రెండు విలువల సదిశ మొత్తాన్ని ఫలిత అయస్కాంత క్షేత్రం H_e తో సూచిస్తారు.

$$\therefore H_e = (H + H_m) = H + \beta I \qquad 18.21$$

ఈ విలువను 18.17 సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$\chi_M = \frac{C_M}{(T-\theta)} \qquad 18.22$$

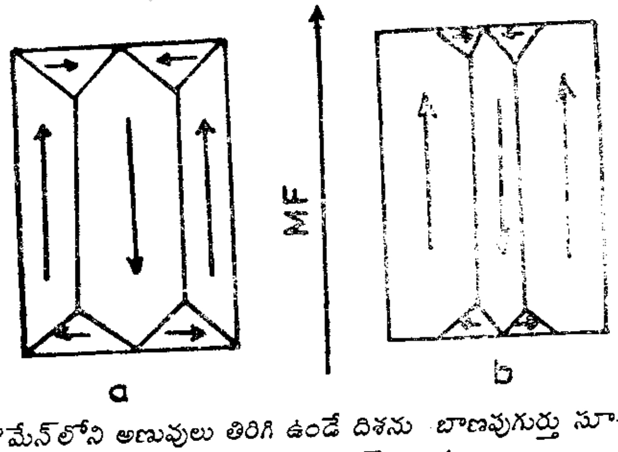
అని రుజువుపరచవచ్చు. ఇక్కడ $\theta = \frac{\sigma \sigma^2 \beta \rho}{3RM}$ దీనిని క్యూరీ-వీస్ నియమం అంటారు. ఈ ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఫెర్రో అయస్కాంతాలు పారా అయస్కాంత పదార్థాలుగా మారుతాయి. ఈ నియమాన్ని బట్టి, క్యూరీ బిందువుకు, పదార్థం ఉష్ణోగ్రతకు గల భేదానికి ససెప్టిబిలిటీ విలోమానుపాతంలో ఉంటుందని చెప్పవచ్చు.

క్యూరీ - వీస్ నియమాన్ని అనేక పారా అయస్కాంత పదార్థాలు పాటిస్తున్నాయని ప్రయోగాత్మకంగా రుజువైంది. కానీ, అనేక క్షార లోహాలు ససెప్టిబిలిటీలు ఉష్ణోగ్రతపై ఆధారపడకుండా ఉండడాన్ని ఈ నియమం వివరించలేకపోయింది. లోహాలలోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌లకూ క్వాంటం గణాంకాలను అనువర్తించి, పౌలీ సంతృప్తికరంగా ఈ విషయాన్ని వివరించగలిగినాడు.

18.8 ఫెర్రో అయస్కాంతాలకు వీస్ సిద్ధాంతం

పారా అయస్కాంత పదార్థాలకంటె ఫెర్రో అయస్కాంతాలలో అ[illegible]త్వం చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఇనుము, కోబాల్ట్, నికెల్, గెడోలీనియం, అనేక [illegible]మిశ్రమాలు ఫెర్రో అయస్కాంతాలే. పారా, ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాల సంబంధాన్ని వివరించడానికి, డొమేన్‌లు అనే కొత్తభావాన్ని వీస్ ప్రతిపాదించాడు. అణు అయస్కాంతాలన్నీ అయస్కాంతీకరణ దిశలోనే ఉండే చిన్న ప్రదేశాన్ని డొమేన్ అంటారు. ఈ డొమేన్‌లకు కూడా 18.21 సమీకరణాన్ని అనువర్తింపచేయవచ్చునని వీస్ ఊహించినాడు. అంటే $H_e = H + \beta I$

β ధనాత్మకమైనప్పుడు, బాహ్యక్షేత్రం లేకపోయినా ఈ డొమేన్‌లు స్వచ్ఛందంగా అయస్కాంత ధర్మాలను పొందుతాయి. దీనిని స్వచ్ఛంద అయస్కాంతీకరణం అంటారు. ఒక నిర్దిష్ట విలువకంటే తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలలో ఫెర్రో అయస్కాంతపదార్థం స్వచ్ఛంద అయస్కాంతీకరణం చెందుతుంది. దీనిలోని అయస్కాంతత్వమంతా ఒకే దిశలో ఉంటుంది. ప్రతి పరమాణువు యొక్క అయస్కాంత భ్రామకం పరిసరాలలో ఉండే ఇతర అయస్కాంత



18.3 (a) డొమేన్‌లోని అణువులు తిరిగి ఉండే దిశను బాణపుగుర్తు సూచిస్తుంది. అయస్కాంతం కాని పదార్థంలో డొమేన్ అక్షాలు సంవృత లూప్‌లుగా ఏర్పడతాయి.

18.3 (b) పదార్థాన్ని అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచితే డొమేన్ సరిహద్దులు కదులుతాయి. క్షేత్రదిశలో తిప్పబడిన సంఖ్య ఎక్కువగా ఉంటే ఆ డొమేన్‌ల వైశాల్యం ఎక్కువవుతుంది.

భ్రామకాలతో వినిమయ అన్యోన్య చర్య (Exchange Interaction) అనే అన్యోన్యచర్య మూలంగా బంధించబడి ఉంటాయి. అందువల్లనే అయస్కాంత భ్రామకాలన్నీ ఒకేదిశలో ఉంటాయి. అలాంటప్పుడు ప్రతి ఇనుము లేదా నికెల్ ముక్క అయస్కాంతంగా ఎందుకు పనిచేయదు?

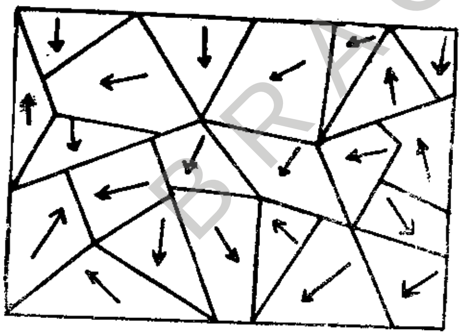
అయస్కాంతీకరింపబడని ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థంలో అనేక డొమేన్‌లు ఉంటాయి. ప్రతి డొమేన్‌లోనూ అణువులన్నీ పరస్పరం సమానాంతరంగా ఒకే దిశలో ఉంటాయి. అయితే ఒక డొమేన్‌లో అణువులదిశ ఇతర డొమేన్‌లలో అణువుల దిశలకు భిన్నంగాఉంటుంది. పటం 18.3 (a) లో చూపినట్లు, డొమేన్‌ల దిశలు సంవృత లూప్‌ల ఆకారంలో అమర్చి ఉంటాయి. స్ఫటికంలో ఈ డొమేన్‌ల అయస్కాంత క్షేత్రాలు పరస్పరం రద్దు చేసుకుంటాయి. డొమేన్‌ల ఫలిత అయస్కాంత క్షేత్ర తీవ్రత దాదాపు శూన్యంగా ఉంటుంది.

అందువల్ల పదార్థం అయస్కాంతీకరింపబడలేదని భావిస్తారు.

ఈ పదార్థాన్ని బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచితే, అణువులపై బలయుగ్మాలు పనిచేసి, వాటిని క్షేత్రదిశలో తిప్పడానికి ప్రయత్నిస్తాయి. క్షేత్రదిశలో తిరిగిన అణువుల సంఖ్య ఎక్కువయ్యే కొద్దీ, డొమేన్‌ల సరిహద్దులు మారుతాయి. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఈ దశలో తీసివేస్తే, డొమేన్‌ల సరిహద్దులు మళ్ళీ వాటి తొలిస్థానాలను చేరుకొంటాయి. సరిహద్దుల మార్పును పటం 18.3 (b) లో చూడవచ్చు.

బాహ్యక్షేత్ర తీవ్రతను ఎక్కువ చేస్తూపోతే, డొమేన్‌ల అక్షాలు ఒకదాని తర్వాత ఒకటి హఠాత్తుగా తిరుగుతాయి. ఇప్పుడు అయస్కాంతీకరణం చాలా త్వరగా వృద్ధి చెందుతుంది. ఈ మార్పులు చాలమట్టుకు ఏకగతం (Irrversible) కావడంవల్ల, బాహ్య క్షేత్రాన్ని తీసివేసినప్పటికీ, పదార్థంలో ఏర్పడిన అయస్కాంతీకరణాన్ని మిగుల్చుకొంటుంది.

ఇనుము మొదలైన ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలు పెద్ద స్ఫటికాలుగా ఉన్నప్పుడు డొమేన్‌లు పటం 18.3 (a) లో చూపినట్లు ఉంటాయి. కానీ, ఈ పదార్థాలు సాధారణంగా అనంతమైన సూక్ష్మ స్ఫటికాలుగా ఉంటాయి. ఇవన్నీ క్రమరహితమైన దిగ్విన్యాసాన్ని కలిగి



BRAOU

పటం 18.4 అయస్కాంతీకరింపబడిన స్ఫటికీయ పదార్థాలలో డొమేన్‌ల క్రమరహిత స్థితి.

ఉంటాయి. ప్రతి స్ఫటికంలోనూ అనేక డొమేన్‌లు ఉంటాయి. బాహ్యక్షేత్రాన్ని అనువర్తించినప్పుడు, అవి స్వతంత్రరీతిలో వ్యవహరిస్తాయి. ఈ స్థితిలో డొమేన్‌ల దిగ్విన్యాసాలు పటం 18.4 లో చూపినట్లు ఉంటాయి. మొత్తం పదార్థంలో కనబడే ధర్మాలు స్ఫటికాల క్రమరహిత డొమేన్‌ల ఫలిత ప్రభావమే అని చెప్పవచ్చు.

ఒక గ్రాం-అణువు పదార్థాన్ని ఊహించి, దాని అణుభారం M, సాంద్రత ρ, అణు అయస్కాంత భ్రామకం σ, దాని సంతృప్త విలువ σ_0 అనుకొందాం. డొమేన్‌లు పారా అయస్కాంత నియమాలను పాటిస్తాయి. కాబట్టి

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \coth a - \frac{1}{a} \qquad 18.23$$

ఇక్కడ $a = \frac{\mu H_e}{kT}$

బాహ్యక్షేత్రం శూన్యమైనప్పుడు, $H_e = H + \beta I = O + \beta I$

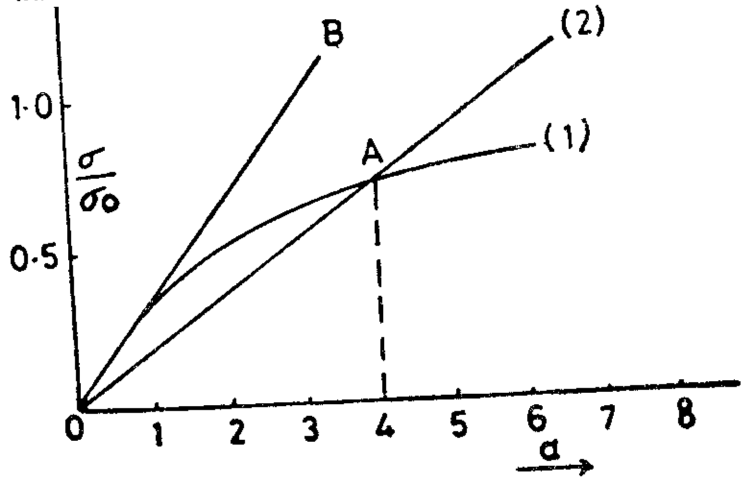
$$I = \frac{\sigma\rho}{M} \quad \text{కాబట్టి} = \frac{\mu He}{kT} = \frac{\mu\beta I}{kT} = \frac{\mu\beta\sigma\rho}{kTM}$$

$$= \frac{\sigma_0\beta\sigma\rho}{kTM}$$

$$\sigma = \frac{RTM}{\sigma_0\beta\rho} \times a$$

$$\text{కాబట్టి} \quad \frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{RTM}{\sigma o^2\beta\rho} a \qquad 18.24$$

18.23, 18.24 సమీకరణాలకు సంబంధించిన వక్రాలు పటం 18.5లో చూడవచ్చు.



పటం *18.5* aకిని, $\frac{\sigma}{\sigma_0}$ కును గీచిన వక్రం. వక్రం *(1) 18.23* సమీకరణాన్ని వక్రం *(2) 18.24* సమీకరణాన్ని సూచిస్తాయి.

వాటిలో 18.23 సమీకరణాన్ని వక్రం (1), వక్రం (2) ను 18.24 సమీకరణం సూచిస్తాయి. రెండు వక్రాలు మూలబిందువు O వద్ద, A అనే మరో బిందువు వద్ద ఖండించుకొంటాయి.

బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రం శూన్యమైనప్పటికీ, డొమేన్‌లలోని అణువులు స్వచ్ఛందంగా అయస్కాంతీకరణం చెందుతాయి. బిందువు A స్వచ్ఛంద అయస్కాంతీకరణ స్థితిని తెలుపుతుంది. వక్రం (1) కు మూలబిందువు వద్ద గీచిన స్పర్శరేఖ OB అవుతుంది. వక్రం (1) ను లాంజెవిన్ వక్రం అనికూడా అంటారు. వక్రం (2) వాలు, స్పర్శరేఖ OB వాలు కంటే ఎక్కువగా ఉండినా, లేదా దానితో ఏకీభవించినా, రెండు వక్రాలు ఒకదానినొకటి ఖండించుకోవు. కాబట్టి స్వచ్ఛంద అయస్కాంతీకరణం జరగదు.

18.17 సమీకరణం నుంచి, $L(a) = \frac{a}{3}$

$$\therefore \frac{\sigma}{\sigma_0} = cotha = \frac{a}{3}$$

స్వచ్ఛంద అయస్కాంతీకరణం స్థిరవిలువలను కలిగి ఉండాలంటే,

$$\frac{RTM}{\sigma_0^2\beta\rho}.a < \frac{a}{3}$$

$$\frac{RTM}{\sigma_0^2\beta\rho} < \frac{1}{3} \quad \text{లేక} \quad T < \frac{\sigma_0^2\beta\rho}{3RM}$$

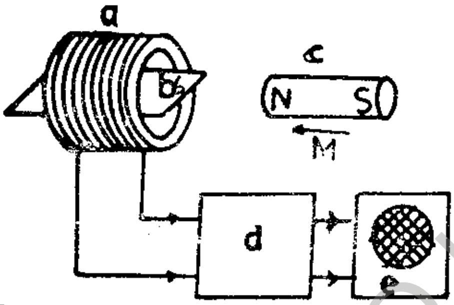
$$\frac{\sigma_0^2\beta\rho}{3RM} = \theta \quad \text{క్యూరీ బిందువు కాబట్టి,} \quad T < \theta$$

బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రం లేనప్పుడు, ఉష్ణోగ్రత క్యూరీ బిందువు కంటె తక్కువ ఉన్నట్లయితే, డొమేన్‌లకు స్వచ్ఛంద అయస్కాంతత్వం ఉంటుంది. క్యూరీ బిందువుకంటె అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద స్వచ్ఛంద అయస్కాంతత్వం జరగదు. పదార్థాలు ఫెర్రో అయస్కాంత ధర్మాలు పోగొట్టుకొని పారా అయస్కాంత ధర్మాలను పొందుతాయి. ఈ అధిక ఉష్ణోగ్రతల వద్ద పారా అయస్కాంత పదార్థాలు క్యూరీ-వీస్ నియమాన్ని పాటిస్తాయి.

18.9 వీస్ సిద్ధాంతానికి ప్రయోగాత్మక రుజువు

గత విభాగంలో వివరించినట్లుగా, ఒక ఇనుప ముక్కలో అనేక చిన్న స్ఫటికాలు ఉంటాయి. వీటి అక్షాలు వేరువేరు దిగ్విన్యాసాలను కలిగి ఉంటాయి. ప్రతి స్ఫటికంలోనూ డొమేన్‌లు ఉంటాయి. ఇనుపముక్కను అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచితే, డొమేన్‌ల సరిహద్దులు కదిలి, కొన్ని డొమేన్‌లు వైశాల్యము పెరుగుతుంది.

ప్రతిచిన్న స్ఫటికంలోను మలిన పదార్థాలు, దోషాలు ఉంటాయి. బాహ్యక్షేత్రంలో ఉంచినప్పుడు డొమేన్‌ల సరిహద్దులు చలిస్తూ ఈ మలిన పదార్థాలకూ, దోషాలకు తగులుకొని ఉంటాయి. అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఇంకా ఎక్కువచేస్తే, డొమేన్‌ల సరిహద్దులు హఠాత్తుగా కుదుపులతో (Jerks) కదులుతాయి. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రం అత్యధికమయ్యే వరకు, కుదుపులతో కూడిన డొమేన్ సరిహద్దుల చలనం ఇలాగే కొనసాగుతుంది. అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఎక్కువ చేసినప్పుడు, డొమేన్ సరిహద్దులు దూకడం, తెగిపోవడం, కుదుపులతో ముందుకు పోవడం - ఈ చర్యలను బర్క్‌హాసన్ ఫలితం అంటారు. దీనిని ప్రయోగాత్మకంగా పరిశీలించే ఏర్పాటును పటం 18.6 లో చూడవచ్చు.



పటం *18.6* బర్క్‌హాసన్ ఫలితాన్ని ప్రదర్శించడానికి పరికరాల ఏర్పాటు దండయస్కాంతం NS ను ముందుకుగానీ, వెనక్కిగానీ కదిలించినప్పుడు వినబడే క్లిక్ శబ్దాలు డొమేన్‌లు చలనాన్ని సూచిస్తాయి.

a → చుట్ట b → సిలికాన్ స్టీల్ c → దండయస్కాంతం d → వర్ధకం e → స్పీకర్ M → చలనం

కొన్ని వేల చుట్లుగల ఒక తీగచుట్టను వర్ధకానికి, లౌడ్‌స్పీకరుకు సంధించి ఉంచుతారు. తీగచుట్ట కేంద్రంలో కొన్ని పల్చని సిలికాన్ స్టీల్ పలకలను ఉంచుతారు. దండాస్కాంతం NS ను స్టీల్‌పలకల వైపునకు తీసికొని వస్తే అయస్కాంతీకరణంలో హఠాత్తుగా జరిగే మార్పులు కుదుపులతో జరుగుతాయి. తత్ఫలితంగా తీగచుట్టలో విద్యుచ్ఛాలక బలం స్పందనాలు ప్రేరేపించబడుతాయి. వీటిని లౌడ్ స్పీకరులో వినబడే క్లిక్ శబ్దాల రూపంతో గుర్తించవచ్చు. దండాయస్కాంతం పలకలను సమీపించే కొద్దీ ఉవ్వెత్తుగా జరిగే క్లిక్ శబ్దాల సముదాయాన్ని వినవచ్చు. ఒక జాడీని వాల్చినప్పుడు దానినుంచి ఇసుక కిందికి పడినప్పుడు వచ్చే శబ్దంలాగే ఈ క్లిక్‌లు ఉంటాయి.

అయస్కాంతాన్ని పలకల నుంచి దూరంగా తీసుకొని వెళ్ళినప్పుడు కూడా ఇదే రకమైన శబ్దం వినబడుతుంది. డొమేన్‌లు, తొలి స్థానాలకు వెళ్ళడానికి ప్రయత్నించడాన్ని ఈ శబ్దం సూచిస్తుందని అర్థం.

ఈ ప్రయోగం డొమేన్‌ల స్వచ్ఛందం అయస్కాంతీకరణాన్ని రుజువుపరుస్తుంది. క్యూరీ బిందువుకంటే ఎక్కువగా ఉండే వివిధ ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాల ససెప్టిబిలిటీలను కనుగొన్నారు. ప్రయోగఫలితాలన్నీ క్యూరీ-వీస్ నియమానికి అనుగుణంగానే ఉన్నాయని తెలిసింది.

B R A O U

18.9 వీస్ సిద్ధాంతంలో లోపాలు

1) క్యూరీ బిందువుకు అతి సన్నిహిత ఉష్ణోగ్రతలలో క్యూరీ-వీస్ నియమం పాటించబడడం లేదని కనుగొన్నారు. దీనినిబట్టి అణు అయస్కాంత భ్రామకం మారుతూ ఉంటుందని చెప్పవచ్చు. కానీ, వీస్ సిద్ధాంతం ప్రకారం, ఇది స్థిరంగా, ఉష్ణోగ్రతపై ఆధారపడకుండా ఉంటుంది.

పరస్పర విరుద్ధంగా ఉండే ఈ విషయాలను క్వాంటమ్ నిబంధనలను అనువర్తించి సమన్వయప రచారు. వీటిని బట్టి అయస్కాంత భ్రామకంణలో మార్పు కొన్ని నియంత విలువలను మాత్రమే కలిగి ఉంటుంది.

2) ప్రతిస్ఫటికంలోనూ అంతర్భాగాలైన డొమేన్‌లను గుర్తించడం సాధ్యం కాదు. స్ఫటిక నిర్మాణంతో సంబంధంలేని కొన్ని అణు సముదాయాలు పదార్థం అయస్కాంత ధర్మాలను నిర్ణయిస్తాయని క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం ఆధారంగా వివరించడం జరిగింది.

3) అణుక్షేత్ర స్వభావాన్ని గురించి స్పష్టంగా తెలియలేదు. కొత్త క్వాంటమ్ యాంత్రికశాస్త్రాన్ని ఉపయోగించి హైసన్‌బర్గ్ అణుక్షేత్రం విద్యుత్ సంబంధమైన కారణాల వల్లనే ఏర్పడుతుందని ప్రతిపాదించాడు. ఎలక్ట్రాన్‌ల భ్రమణ అయస్కాంత భ్రామకాలవల్లనే ఫెర్రో అయస్కాంతత్వం ఏర్పడుతుందని ఆయన ఊహించాడు.

18.10 సారాంశం

పారా, డయా, ఫెర్రో అయస్కాంతాలను మూడురకాల పదార్థాలున్నాయి. ఎలక్ట్రాన్ సిద్ధాంతం ఆధారంగా లాంజవిన్ పారా, డయా అయస్కాంతత్వాలను వివరించినాడు.

ఈ సిద్ధాంతాన్ని వీస్ అనే శాస్త్రజ్ఞుడు పారా, ఫెర్రో అయస్కాంతత్వాల విషయంలో సవరించినాడు.

18.11 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. లాంజవిన్ సిద్ధాంతం ఆధారంగా డయా అయస్కాంత పదార్థ ద్రవ్యరాశి ససెప్టిబిలిటీకి సమీకరణాన్ని ఉత్పాదించండి?
2. పారా అయస్కాంత పదార్థం ససెప్టిబిలిటీకి సమీకరణాన్ని రాబట్టండి?
3. పారా అయస్కాంతానికి లాంజవిన్ ప్రతిపాదించిన సిద్ధాంతాన్ని వివరించి, దానికి వీస్ సూచించిన సవరణలను తెలపండి?
4. ఫెర్రో అయస్కాంతానికి సంబంధించిన వీస్ సిద్ధాంతాన్ని వర్ణించండి? ఇది ప్రయోగాత్మకంగా ఎలా రుజువుపరచబడింది? ఈ సిద్ధాంతంలోని లోపాలు ఏవి?

II. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానాలు రాయండి.

1. మూడురకాల అయస్కాంతత్వాలను తెలిపి, వాటిని కనుక్కొనే పద్ధతిని వివరించండి?
2. వీస్ ప్రతిపాదించిన అంతర్గత అణుక్షేత్ర సిద్ధాంతాన్ని వివరించండి?
3. ఒక పెద్ద స్ఫటికానికీ, అనేక చిన్న స్ఫటికాలు కలిగిన పదార్థానికి సంబంధించి డొమేన్ సిద్ధాంతాన్ని విశదీకరించండి?
4. బర్క్‌హాసన్ ఫలితాన్ని ప్రయోగాత్మకంగా ఎలా ప్రదర్శిస్తారు?
5. క్యూరీనియమం, క్యూరీ-వీస్ నియమం అంటే ఏమిటి? వీటిని ఏ పరిస్థితులలో అనువర్తిస్తారు?

BRAOU

భాగం-19 : కేంద్రక అయస్కాంతత్వం

విషయక్రమం

19.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

19.2 ప్రవేశిక

19.3 కేంద్రకీయ భ్రమణం, కేంద్రకీయ అయస్కాంతత్వం

19.4 స్టైర్న్ - గెర్లాక్ ప్రయోగం

19.5 కేంద్రకీయ అయస్కాంత అనునాదం

19.6 అయస్కాంత అనునాదం - మూలసిద్ధాంతం

19.7 N.M.R వర్ణపటం

19.8 N.M.R వర్ణపట-అనువర్తనాలు

19.9 N.M.R వర్ణపట విజ్ఞానం - హద్దులు (Limitations)

19.10 సారాంశం

19.11 నమూనా ప్రశ్నలు

19.12 చదవదగిన గ్రంథాలు

19.2 ప్రవేశిక

సాంప్రదాయక యాంత్రికశాస్త్ర నియమాలను బట్టి ఎలక్ట్రాన్‌లు ప్రత్యేకమైన కొన్ని కక్ష్యలలో మాత్రమే తిరుగుతాయని బోర్ పరమాణు నమూనాలో చదువుకొన్నాము. 1925లో యూలెన్ బెక్, గాడ్‌స్మిట్ అనే డచ్ భౌతికశాస్త్రజ్ఞులు భ్రమణాయమాన ఎలక్ట్రాన్ వాదాన్ని ప్రతిపాదించారు. దీని ప్రకారం, ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్యలో తిరగడమే కాకుండా, సౌరవ్యవస్థలో గ్రహంలాగ తనచుట్టూ తాను భ్రమణం చేస్తూ ఉంటుంది. కక్ష్యాగమనం వల్ల దానికి కొంత కోణీయ ద్రవ్యవేగం ఉంటుంది. ఎలక్ట్రాన్ చలనం విద్యుత్ ప్రవాహానికి సమానం కాబట్టి, భ్రమణం వల్ల అదనంగా అయస్కాంత భ్రామకం ఏర్పడుతుంది. మొత్తం కోణీయ ద్రవ్యవేగం గానీ, మొత్తం అయస్కాంత భ్రామకం గానీ ఎలక్ట్రాన్‌కు గల కక్ష్యా గమనం, భ్రమణ గమనం రెండింటివల్లనూ ఉంటాయి. కక్ష్యాగమనం వల్లనూ, భ్రమణ గమనం వల్లనూ ఏర్పడే రెండు అయస్కాంతాల ఫలిత అయస్కాంతంగా పరమాణువును ఊహించుకోవచ్చు.

ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్యా గమనం వల్ల అయస్కాంత భ్రామకం

$$\mu_l = \frac{eh}{4\pi me} l \qquad 19.1$$

ఇక్కడ

e = ఎలక్ట్రాన్ విద్యుదావేశం

h = ప్లాంక్ స్థిరరాశి

m = ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి

l = కక్ష్యీయ క్వాంటం సంఖ్య

పరమాణు అయస్కాంత భ్రామకాలను కొలవడానికి $\frac{eh}{4\pi m}$ కనిష్ఠ ప్రమాణం అవుతుంది. దీనిని బోర్ మాగ్నెటాన్ అంటారు. దీనిని M_B తో సూచిస్తారు.

BRAOU

అదే విధంగా ఎలక్ట్రాన్ భ్రమణంవల్ల ఏర్పడే అయస్కాంత భ్రామకాన్ని కింది సమీకరణం సూచిస్తుంది.

$$\mu_s = \frac{e.h}{4\pi me} = M_B \qquad 19.2$$

19.3 కేంద్రకీయ భ్రమణం, కేంద్రకీయ అయస్కాంతత్వం

కేంద్రకం లోపల ఉండే ప్రోటాన్‌లు, న్యూట్రాన్‌లు కూడా క్వాంటీకరించబడిన వివిక్త కక్ష్యలలో అవిచ్ఛిన్నంగా తిరుగుతూ ఉంటాయని α కిరణ, γ కిరణ వర్ణపటాల పరిశీలనలో తెలిసింది. కాబట్టి ఈ కణాలు కోణీయ ద్రవ్యవేగాన్ని కలిగి ఉంటాయి. ఆవేశిత కణాలైతే, అయస్కాంత భ్రామకాన్ని కూడా కలిగి ఉంటాయి. కక్ష్యీయ గమనంతోపాటు, కొన్ని కేంద్రకీయ కణాలు ఎలక్ట్రాన్‌లలాగ భ్రమణాన్ని కూడా కలిగి ఉంటాయి. కాబట్టి భ్రమణ కోణీయవేగం, భ్రమణ అయస్కాంత భ్రామకం ఈ కణాలకు ఏర్పడతాయి.

కేంద్రకంలోని వివిధ కణాలకు ఉండే కక్ష్యీయ, భ్రమణ, కోణీయ వేగాల ఫలిత విలువను లెక్కించవచ్చు. దీనిని కేంద్రకీయ భ్రమణం అంటారు. అదే విధంగా కేంద్రకంలోని వివిధ కణాల కక్ష్యీయ, భ్రమణ గమనాల వల్ల ఏర్పడే ఫలిత అయస్కాంత భ్రామకాన్ని కూడా లెక్కించవచ్చు. దీనిని కేంద్రకీయ అయస్కాంత భ్రామకం అంటారు.

కేంద్రకీయ భ్రమణాన్ని I అనే అక్షరంతో సూచిస్తారు. ఇది కేంద్రకం యొక్క కోణీయ ద్రవ్యవేగ సదిశ. అంటే , వివిధ కణాల కక్ష్యీయ, భ్రమణ గమనాలవల్ల ఏర్పడే ఫలిత కోణీయ ద్రవ్యవేగం $= \frac{I.h}{2\pi}$ ఉంటుంది.

కేంద్రకానికి వెలుపల ఉండే ఎలక్ట్రాన్ వ్యవస్థ యొక్క కోణీయ ద్రవ్యవేగ సదిశను J అనే అక్షరంతో సూచిస్తారు. I, J రాశులను సదిశాత్మకంగా కలిపితే, F అనే మరో రాశి వస్తుంది. దీనిని హైపర్‌ఫైన్ క్వాంటం సంఖ్య అంటారు. ఇక్కడ $F = I + J$ అవుతుంది. మొత్తం పరమాణువు యొక్క కోణీయ ద్రవ్యవేగం $\frac{F.h}{2\pi}$ ఉంటుందని చెప్పవచ్చు.

కాబట్టి కేంద్రకీయ భ్రమణానికి సంబంధించి కేంద్రకానికి అయస్కాంత భ్రామకం ఉంటుందని దీనిని బట్టి తెలుస్తుంది. ఈ కేంద్రకీయ అయస్కాంత భ్రామకం

$$\mu_N = \frac{E.h}{4\pi M} \qquad 19.3$$

ఇక్కడ

E = కేంద్రకంలోని ఫలిత విద్యుదావేశం

h = ప్లాంక్ స్థిరరాశి

M = కేంద్రకం ద్రవ్యరాశి

F = హైపర్‌ఫైన్ క్వాంటం సంఖ్య

M ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి కంటే ఎప్పుడూ ఎక్కువే కాబట్టి μ_N విలువ బోర్ మాగ్నటాన్ కంటె చాలా తక్కువగా ఉంటుంది.

19.4 స్టెర్న్ - గెర్లాక్ ప్రయోగం

ప్రతి పరమాణు వ్యవస్థకు, ఏదైనా ఒక అక్షం వెంబడి కోణీయ ద్రవ్యవేగం పూర్ణాంకం గానీ, సగం పూర్ణాంకానికి $\frac{h}{2\pi}$ రెట్లుగానీ ఉంటుంది. $\frac{h}{2\pi}$ ని ħ తో సూచిస్తారు. అంటే కోణీయ ద్రవ్యవేగం క్వాంటీకరణం చెందుతుందనీ అర్థం. కానీ, సాంప్రదాయిక సిద్ధాంతాన్ని బట్టి, కోణీయ ద్రవ్యవేగం

వీలైన అన్ని విలువలను కలిగి ఉండవచ్చు. కోణీయ ద్రవ్యవేగం క్వాంటీకరణం చెందుతుందని రుజువు పరచడంలో స్టైర్న్-గెర్లాక్ కృతకృత్యులయ్యారు. సిల్వర్ పరమాణువుల అయస్కాంత భ్రామకాన్ని కొలవడానికి వారు ఒక ప్రయోగాన్ని రూపకల్పన చేసారు.

మూలసిద్ధాంతం - అయస్కాంత ధృవాలు

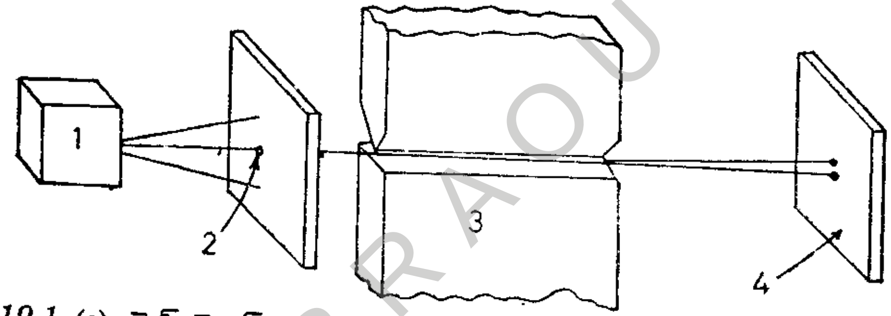
ఎలక్ట్రాన్‌లకు కక్ష్యీయ, భ్రమణ గమనాలు ఉండడం వల్ల, పరమాణువునకు అయస్కాంత భ్రామకం ఉంటుంది. కాబట్టి పరమాణువును ఒక ప్రాథమిక అయస్కాంతంగా పరిగణించవచ్చు. దీనిని బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచితే, పరమాణువుపై దాని ప్రభావం ఉంటుంది.

ఏకరీతి బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచినప్పుడు, పరమాణు అయస్కాంతంపై బలయుగ్మం పనిచేసి, దానిని క్షేత్రదిశలో తిప్పడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. పరమాణు అయస్కాంతాలు, క్షేత్రానికి లంబదిశలో చలించినప్పుడు, అవి రేఖామార్గంలో ప్రయాణం చేస్తాయి.

బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రం ఏకరీతిగా లేనప్పుడు, పరమాణు అయస్కాంతం ధ్రువాలపై పనిచేసే బలాలు అసమానంగా ఉంటాయి. తత్ఫలితంగా పరమాణు అయస్కాంతం క్షేత్రదిశలో తిప్పబడడమే కాకుండా, మొత్తం పరమాణువునకు స్థానాంతరంగా స్థానభ్రంశం ఏర్పడుతుంది.

పరికరం వర్ణన

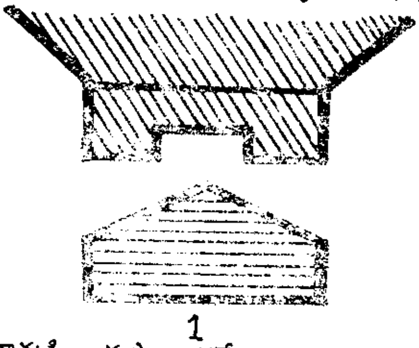
స్టైర్న్-గెర్లాక్ ఉపయోగించిన పరికరం పటం 19.1 లో చూడవచ్చు. అయస్కాంత భ్రామకం కనుక్కోవలసిన పదార్థాన్ని విద్యుత్ బట్టీలో (Electric Ogen) వేడిచేస్తారు. భాష్పీభవన ఉష్ణోగ్రతకు అనుగుణంగా ఉండే వేగంతో, పదార్థం నుంచి పరమాణు కిరణాలు వివిధ దిశలలో ప్రసరిస్తాయి. ఈ కిరణాలు పటంలో చూపినట్లు రంధ్రం గుండా ప్రయాణం చేస్తాయి. ఒకే సరళరేఖలో ఉండేటట్లు పక్కపక్కన ఇటువంటి రంధ్రాలను అమర్చుతారు.



BRAOU

19.1 (a) స్టైర్న్-గెర్లాక్ ప్రయోగం-బట్టీలో ఉత్పత్తి అయిన సిల్వర్ పరమాణువులు రంధ్రం గుండా వెళ్ళి, రెండు వేరు వేరు కిరణపుంజాలుగా విభజింపబడి చుక్కల గీతల మార్గంలో ప్రసరించి గాజు పలకపై పడడాన్ని గమనించవచ్చు.

(1) విద్యుత్ బట్టీ *(2)* రంధ్రం *(3)* అయస్కాంతం *(4)* గాజుపలక



19.1 (b) ఏకరీతికానట్టి అయస్కాంతక్షేత్రం - ఒక ధృవం చదునుగా ఉండి, గాడిని కలిగి ఉండగా, మరో ధృవం కత్తిమొన ఆకారంలో ఉంటుంది.

(1) అయస్కాంత ధృవాలు

(పటంలో ఒక రంధ్రం మాత్రమే చూపబడింది) ఈ రంధ్రాలన్నీ చీలికలలాగ పనిచేస్తాయి. రేఖీయంగా సమాంతరీకరణం చేయబడిన సన్నని పరమాణు కిరణపుంజం ఇక్కడ ఏర్పడుతుంది. ఈ పుంజం ఒక విద్యుదయస్కాంతం ధ్రువాల మధ్యగా వెళ్ళుతుంది. ఒక ధ్రువం ముఖం చదునుగా ఉండి, గాడీని కలిగి ఉంటుంది. మరో ధ్రువం ముఖం కత్తిమొన ఆకారంలో ఉంటుంది. వీటిని పటం 19.1 (b) లో చూడవచ్చు. వీటివల్ల ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం ఏకరీతిగా ఉండదు. అయస్కాంత బలరేఖలు కత్తిమొన వద్ద ఎక్కువగా గుమిగూడడం వల్ల, అక్కడ క్షేత్ర తీవ్రత అధికంగా ఉంటుంది.

ఈ అయస్కాంత క్షేత్రంలో అపవర్తనం చెందిన పరమాణు కిరణపుంజం గాజు పలక P పై పడుతుంది. మొత్తం పరికరాన్ని శూన్యీకృత కోష్ఠంలో ఉంచుతారు.

పద్ధతి

విద్యుత్ బట్టీలో సిల్వర్‌ను వేడిచేస్తే, బాష్పీభవనం చెంది సిల్వర్ పరమాణువుల కిరణ పుంజం ఏర్పడుతుంది. రంధ్రాల గుండా సమాంతరీకరణం చెంది, ఈ కిరణపుంజం విద్యుదయస్కాంతం యొక్క పదును అంచు వెంబడి ప్రసరిస్తుంది. అనేక రీతి అయస్కాంత క్షేత్రం వల్ల (Non Uniform Magnetic Field) పరమాణువులపై బలాలు పనిచేస్తాయి. క్షితిజ సమాంతర దిశలో అయస్కాంత భ్రామకాన్ని కలిగిన సిల్వర్ పరమాణువులపై బలం ఉండదు కాబట్టి, అవి అపవర్తనం లేకుండా తిన్నగా వెళ్ళుతుంది. అయస్కాంత క్షేత్రం క్షితిజ లంబంగా ఊర్ధ్వ దిశలో ఉంటే, అలాంటి పరమాణువును బలంపైకి లాగుతుంది. అయస్కాంత భ్రామకం క్షితిజలంబంగా అధోదిశలో ఉండే పరమాణువును బలం కిందికి లాగుతుంది.

సాంప్రదాయక సిద్ధాంతాన్ని బట్టి అయస్కాంత భ్రామకాలు అన్ని దిశలలోనూ ఉంటాయి. కాబట్టి అయస్కాంత భ్రామకాల క్షితిజ లంబ అంశాలను బట్టి, పరమాణువులు నిలువుదిశలో వివిధ బిందువుల వద్ద పడేటట్లు గాజుపలకపై పతనమవుతాయి. అంటే గాజు పలకపైన ఒక నిలువురేఖ వెంబడి సిల్వర్ పరమాణువులు పోగవుతాయి. కానీ ప్రయోగం చేసినప్పుడు, గాజుపలకపై వివక్తమైన రెండు బిందువులు మాత్రమే కనబడ్డాయి. దీనిని బట్టి సాంప్రదాయిక సిద్ధాంతం సంపూర్ణంగా విఫలమైందని తెలుస్తోంది.

ప్రయోగంలో తీసుకోవలసిన ముందు జాగ్రత్తలు

1. అపవర్తనాలు అత్యల్పంగా ఉంటాయి. కాబట్టి, పరికరం వివిధ భాగాలను ఏకపంక్తిలో ఉండేటట్లు జాగ్రత్తగా అమర్చవలెను.

2) విద్యుత్ బట్టీకి అధిక ఉష్ణోగ్రతలను తట్టుకొనే సామర్థ్యం ఉండాలి.

3) కోష్ఠాన్ని సంపూర్ణంగా శూన్యీకృతం చేయాలి. అలా చేయకపోతే శేషించిన వాయు పరమాణువులతో సిల్వర్ పరమాణువులు అభిఘాతం చెందే అవకాశం ఉంది.

BRAOU

ప్రయోగ ఫలితాలు

బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తించకుండా ఉండేటప్పుడు, గాజుపలకపై సన్నని రేఖ ఏర్పడుతుంది. దీనిని పటం 19.2 (a) లో చూడవచ్చు. అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తించినప్పుడు, పటం 19.2 (b) లో చూపినట్లు రెండు జాడలు ఏర్పడతాయి. పరమాణువులకు మాక్స్‌వెల్ వేగ వితరణం ఉండడం వల్ల, ఈ జాడలు కొద్దిగా విస్తరిల్లి ఉంటాయి.

క్షేత్రదిశలో స్థానభ్రంశం D, పరమాణువు ద్రవ్యరాశి m, వేగం v, అయస్కాంత భ్రామకం μ, క్షేత్రం పొడవు L, X- అక్షదిసలో క్షేత్రం దూరంతో మారే రేటు $\frac{dH}{dX}$ అయితే,

$$D = \frac{1}{2}\cdot\frac{\mu}{m}\frac{dH}{dX}\left(\frac{L}{v}\right)^2 \qquad 19.4$$

ఈ సమీకరణాన్ని ఉపయోగించి అయస్కాంత భ్రామకాన్ని లెక్కించవచ్చు. సిల్వర్ విషయంలో μ విలువ ఒక బోర్ మాగ్నటాన్‌కు సమానమని కనుగొన్నారు. హైడ్రోజన్, లిథియం,

పటం 19.2 సిల్వర్ పరమాణువులతో ప్రయోగంలో ఏర్పడిన జాడలు (a) క్షేత్రం లేనప్పుడు (b) క్షేత్రం ఉన్నప్పుడు

సోడియం, పొటాసియం, రాగి, బంగారం - ఇవన్నీ కూడా రెండు జాడలను ఏర్పరచాయి. అన్నింటికి μ విలువ ± 1 బోర్ మాగ్నటాన్ అని తెలిసింది. జింక్, కాడ్మియం, పాదరసం, తగరం, సీసం - ఈ మూలకాలపై క్షేత్రప్రభావం శూన్యంగా ఉండడం వల్ల, వాటి అయస్కాంత భ్రామకం $\mu = 0$

ఇనుము విషయంలో μ విలువ 6 నుంచి ఎక్కువగాను, కోబాల్ట్ విషయంలో 6కు సమానంగాను ఉంటుంది.

ఫలితాల ప్రాముఖ్యం

ప్రయోగ ఫలితాలు క్వాంటీకరణ సిద్ధాంతం యొక్క కింది ప్రతిపాదనలను రుజువుపరుస్తాయి.

1) పరమాణు అయస్కాంతానికి క్షేత్రదిశకు సంబంధించి కొన్ని దిగ్విన్యాసాలు మాత్రమే ఉంటాయి. మొత్తం కోణీయ ద్రవ్యవేగ క్వాంటం సంఖ్య J అయితే, పరమాణువుకు $(2J+1)$ దిగ్విన్యాసాలు మాత్రమే అనుమతించబడతాయి.

2) ఎలక్ట్రాన్ భ్రమణం 1/2 ఉంటుంది.

అంటే, స్టెర్న్-గెర్లాక్ ప్రయోగం సదిశ పరమాణు నమూనా యొక్క ప్రధాన అభిలక్షణాలను ధ్రువపరచిందని అర్థం.

19.5 కేంద్రకీయ అయస్కాంత అనునాదం

స్టెర్న్-గెర్లాక్ ప్రయోగంలో పరమాణువుల అపవర్తనం అత్యల్పంగా ఉండడం వల్ల, అయస్కాంత భ్రామకాలు కచ్చితంగా కొలవలేము. రబీ, అతని సహచరులు పరికరానికి మెరుగులుదిద్ది, చాలా కచ్చితంగా ప్రయోగాన్ని చేయగలిగారు. సాధారణంగా పరమాణువులకు వివిక్తమైన కొన్ని శక్తిస్థాయిలు మాత్రమే ఉంటాయి. అదేవిధంగా పరమాణువులను అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచినప్పుడు, వాటి తొలిశక్తి కొన్ని శక్తిస్థాయిలుగా విభజింపబడి ఉంటుంది.

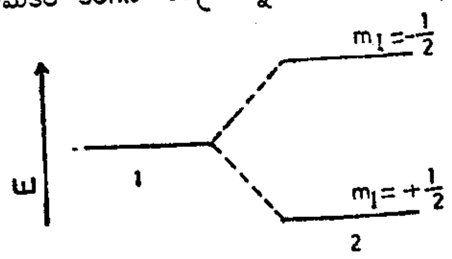
ΔE తేడాతో పరమాణువునకు రెండి శక్తిస్థాయిలు ఉన్నట్లయితే, అది పై శక్తిస్థాయి నుంచి కిందిశక్తిస్థాయికి దూకి, ν పౌనఃపున్యం గల కాంతిని ఉద్గారం చేస్తుంది.
ఇక్కడ $\Delta E = h\nu$

అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచిన పరమాణువులు కూడా ఇలాగే ప్రవర్తించవచ్చు. కానీ, ఇక్కడ శక్తి తేడాలు చాలా స్వల్పంగా ఉంటాయి. అప్పుడు పౌనఃపున్యం కాంతి విలువకు అనుగుణంగా ఉండకుండా, మైక్రో తరంగాలకు లేదా R.F విలువలకు అనుగుణంగా ఉంటాయి. ఇవి 10^7 నుంచి $10^8 Hz$ వరకు పౌనఃపున్యాన్ని కలిగిన విద్యుదయస్కాంత వికిరణానికి చెందుతాయి.

శక్తిని శోషణం చేసినప్పుడు పరమాణువు కింది శక్తిస్థాయిల నుంచి పై శక్తిస్థాయిలకు కూడా వెళ్ళవచ్చు. కాబట్టి పరమాణువును అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచి, తగిన పౌనః పున్యం గల విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అదనంగా అనువర్తింపజేసి, ఒక శక్తిస్థాయి నుంచి మరో శక్తిస్థాయికి సంక్రమణాలను (Transitions) కలగజేయవచ్చు. విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రం విశిష్టమైన ఒక పౌనఃపున్యాన్ని కలిగి ఉన్నప్పుడే ఈ సంక్రమణాలు జరుగుతాయి. దీనిని అనునాద పౌనఃపున్యం అంటారు. ఇతర పౌనః పున్యాల వద్ద, సంక్రమణం జరిగే సంభావ్యత చాలా తక్కువ. ఈ ప్రక్రియను కేంద్రకీయ అయస్కాంత అనునాదం అంటారు. R.F తరంగాలు అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచబడ్డ అణు కేంద్రకాల శక్తిస్థాయిల మధ్య సంక్రమణాన్ని కలగజేస్తాయి.

R.F వికిరణంలో పాల్గొనేశక్తి పరమాణు చాలా తక్కువ కాబట్టి, పరమాణువును లేదా అణువును కంపింపజేయడానికి గానీ, భ్రమణం చేయడానికిగానీ, ఉత్తేజపరచడానికి గానీ, చాలదు. కానీ, పరమాణువుల కేంద్రకీయ భ్రమణాన్ని ప్రభావితం చేయగలదు.

కొంత అయస్కాంత భ్రామకం కలిగిన కేంద్రకాన్ని H_O అయస్కాంత క్షేత్రంలో



19.3 అయస్కాంత క్షేత్రం లేనప్పుడు, ఉన్నప్పుడు $I = \frac{1}{2}$ కల కేంద్రకం యొక్క శక్తిస్థాయిలు.

ఉంచితే, ఇది $m_1 = +\frac{1}{2}; m_1 = -\frac{1}{2}$ అనే రెండు శక్తిస్థాయిలుగా విభజింపబడుతుంది. ఒకటి క్షేత్రదిశకు సమాంతరంగానూ, మరొకటి వ్యతిరేక సమాంతరంగానూ (Antiparallel) ఉంటుంది. ఇక్కడ I కేంద్రకం యొక్క భ్రమణక్వాంటం సంఖ్యను సూచిస్తుంది. ఈ రెండు శక్తిస్థాయిలను పటం 19.3లో చూడవచ్చు.

కేంద్రకం కొంతశక్తిని శోషించినప్పుడు, అది కింది శక్తిస్థాయి నుంచి, పై శక్తిస్థాయికి వెళ్ళుతుంది. అంటే, $m_I = +\frac{1}{2}$ గల సమాంతర స్థితినుంచి $m_I = -\frac{1}{2}$ గల వ్యతిరేక సమాంతరస్థితికి అయస్కాంత భ్రామకం మారుతుంది. ఈ శక్తిస్థాయిలను క్రమంగా E_1, E_2 లతో సూచిస్తాం.

కేంద్రకం అధికశక్తిస్థాయి E_2 వద్ద ఉన్నప్పుడు, ఆ వ్యవస్థపై ΔE వికిరణం పతనమయితే, కేంద్రకం కింది శక్తిస్థాయి E, కు వస్తుంది. అప్పుడు అది ΔE శక్తిని ఉద్గారం చేస్తుంది. శోషింపబడే, లేదా ఉద్గారం చేయబడే పౌనఃపున్యం

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h} = \frac{\Delta E}{h} \qquad 19.6$$

దీని విలువ బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్ర పౌనఃపున్యానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

కేంద్రకం శక్తిని శోషించినప్పుడు అది ఉత్తేజితమవుతుంది. ఆస్థితి నుంచి అనుత్తేజిత స్థితికి మళ్ళీ చేరుకొనేటప్పుడు శక్తిని ఉద్గారం చేస్తుంది. అది ఏ వ్యవస్థలో ఉందో, దానినుంచి శక్తిని మళ్ళీ శోషించుకొని ఉత్తేజితమవుతుంది. ఈ విధంగా ఉత్తేజిత, అనుత్తేజిత స్థితులను ఏకాంతరంగా పొందుతూ ఉండే కేంద్రకాన్ని అనునాద స్థితిలో ఉందని అంటారు.

ఈ N.M.R పద్ధతిని ఉపయోగించి కేంద్రకం నిర్మాణాన్ని అధ్యయనం చేయవచ్చు. మొట్టమొదట N.M.R సంకేతాలను 1945లో పర్సెల్, బ్లాక్ అనే శాస్త్రజ్ఞులు వేరువేరుగా పరిశీలించినారు. ఈ విధానాన్ని ఉపయోగించి 1950 లో ఈథైల్ ఆల్కహాల్ నిర్మాణాన్ని పరిశోధించినారు. ఈ కొత్త విధానాన్ని కనుగొన్న పర్సెల్, బ్లాక్ 1952 లో భౌతిక శా[illegible]ంలో నోబెల్ బహుమతిని పొందారు.

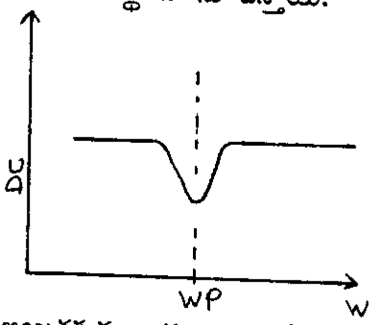
BRAOU

19.6 అయస్కాంత అనునాదం - మూలసిద్ధాంతం

కోణీయ ద్రవ్యవేగం J, అయస్కాంత భ్రామకం μ గల ఒక కణాన్ని అయస్కాంత క్షేత్రం Ho లో ఉంచితే, μH_o కు సమానమైన టార్క్ దానిపై పనిచేస్తుంది. దీని ప్రభావం వల్ల ఆ కణం, క్షేత్రదిశకు సమాంతరరేఖ అక్షంగా పురస్సరణం చెందుతుంది. ఈ పురస్సరణ కోణీయ వేగం $\omega_p = \frac{\mu H_o}{J}$

19.7

R.F అధిలో f పౌనఃపున్యాన్ని కలిగిన ఏకాంతర బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రం H_1 ను అధ్యారోపణం చేస్తారు. ఈ ఏకాంతర క్షేత్రం యొక్క కోణీయవేగం ω అనుకొందాం. $\omega = \omega_p$ ఉండేటట్లు అయస్కాంతక్షేత్ర తీవ్రతను మారుస్తారు. దీనినే అనునాదపద్ధతి అంటారు. ఇలాంటి పరిస్థితిలో కణం దిగ్విన్యాసం మారుతుంది. పరమాణువుల భ్రమణాలు కూడా మారి, అవి తొలి మార్గాలనుండి పక్కకు తొలుగుతాయి. అప్పుడు ఆ పరమాణువులు శోధకాన్ని చేరలేవు. పటం 19.5లో చుక్కల గీతలు a,b ఈ పరిస్థితిని సూచిస్తాయి.

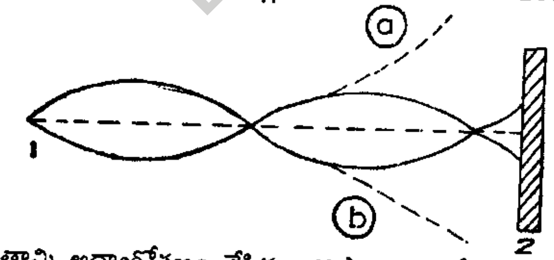


19.4 $\omega_p = \omega$ అయినపుడు అనునాద పరిస్థితులు ఏర్పడి, శోధకం విద్యుత్ ప్రవాహంలో తగ్గుదల కనబడుతుంది.

a b వెంబడి అపవర్తనం చెందుతాయి. అప్పుడు అవి శోధకాన్ని చేరలేక పోవడం పటంలో చూడవచ్చు.

DC శోధకం విద్యుత్ ప్రవాహం

ω, ω_p ల మధ్య తేడా ఉన్నప్పుడు, భ్రమణాలతో మార్పు ఏర్పడదు. కాబట్టి పరమాణువులు తమ తొలి మార్గాల వెంబడి ప్రయాణించి శోధకాన్ని చేరుతాయి. శోధకంలోని విద్యుత్ ప్రవాహం మారకుండా ఉంటుంది. ω, ω_p ల మధ్య అనునాదం ఏర్పడినప్పుడు, పరమాణువులు పక్కకు వైదొలగడం వల్ల, శోధక విద్యుత్ ప్రవాహం తగ్గుతుంది. దీనిని పటం 19.4 లో చూడవచ్చు.



19.5 డోలకక్షేత్రాన్ని అధ్యారోపణం చేసిన అయస్కాంత క్షేత్రం గుండా బట్టీ నుంచి బయలుదేరిన పరమాణువులు ప్రసరిస్తాయి. డోలక అయస్కాంత క్షేత్రంలో పరమాణువుల పురస్సరణం అనునాదంలో ఉంటే, అవి చుక్కల మార్గాలు

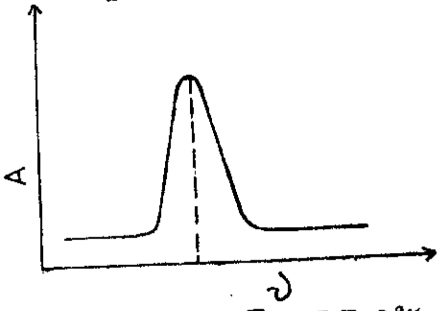
(1) విద్యుత్ బట్టి *(2)* శోధకం

గ్రాఫ్ నుంచి ω_p కనుగొని, కేంద్రకీయ అయస్కాంతం భ్రామకం μను లెక్కించవచ్చు.

అనునాద పౌనఃపున్యాన్ని మరోపద్ధతిలో కూడా కనుక్కోవచ్చు. అయస్కాంత క్షేత్రం H_o ను మారుస్తున్నప్పుడు, ఏదో ఒక విలువవద్ద ω, ω_p సమానమైన కేంద్రకం శక్తిస్థాయిల మధ్య

BRAOU

సంక్రమణం జరుగుతుంది. ఈ ప్రక్రియలో శోషింపబడిన శక్తి శోధకంలో సిగ్నల్‌ను ఏర్పరుస్తుంది. ఈ సిగ్నల్‌ను వర్ధనం చేసి వర్ణపటంలో ఒక పట్టిగా రికార్డు చేయవచ్చు. దీనిని N.M.R వర్ణపటం అంటారు. శోధకంలోని శోషక సిగ్నల్‌కు, R.F వికిరణం యొక్క పౌనఃపున్యం γ కిని పటం 19.6లో చూపినట్లు గ్రాఫ్ చేయవచ్చు. దీనిని బట్టి కూడా అనునాద పౌనఃపున్యాన్ని కనుక్కోవచ్చు.

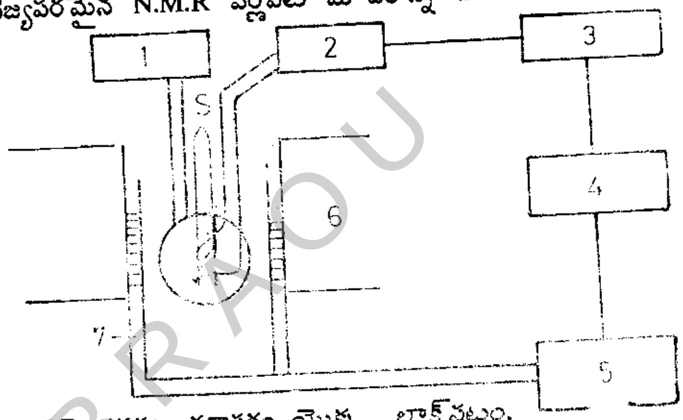


పటం *19.6* శోధకం వద్ద శోషక సిగ్నల్‌కూ R.F వికిరణం యొక్క పౌనఃపున్యంకీ గీచినవక్రం - పటంలో గరిష్ఠ బిందువు అనువాద పౌనఃపున్యాన్ని సూచిస్తుంది.

$\nu \rightarrow$ పౌనఃపున్యం ; A $\rightarrow$ శోషణం

19.7 N.M.R వర్ణపటం

మొట్టమొదటి వాణిజ్యపరమైన N.M.R వర్ణపట మాపకాన్ని వారియన్ అసోసియేట్స్



BRAOU

పటం *19.7* N.M.R వర్ణపట మాపకం యొక్క బ్లాక్ పటం.

1 → ప్రసారిణి *2* → RF గ్రాహకం *3* → డిటెక్టర్ వర్ధకం
4 → రికార్డర్ *5* → స్వీప్‌జనకం *6* → అయస్కాంతం
7 → తీగచుట్టలు

1953 లో అమ్మినారు. రెండో దశలోని పరికరం ట్రాన్సిస్టర్‌లతో నిర్మించబడింది. మూడో దశలో I.C లతోనూ (Integrated cirucits), మినీ కంప్యూటర్‌లతోనూ 1970లో నిర్మించారు. N.M. R వర్ణపటంలోని వివిధ భాగాలు పటం 19.7లో చూపబడ్డాయి.

(1) నమూనాను ఉంచు సాధనం

ఈ సాధనం రసాయనికింగా జడం (Ineret) గాను చిరకాల మన్నిక ఉండేటట్లుగాను ఉండాలి. సుమారు 7.5 సెం.మీ. పొడవు, 0.3 సెం.మీ. వ్యాసార్ధంగల గట్టిగాజు గొట్టాలను నమూనా ఉంచే సాధనాలుగా ఉపయోగిస్తారు. పటం "S" దీనిని సూచిస్తుంది.

(2) అయస్కాంతం

ఇది శాశ్వత అయస్కాంతంగా గానీ, విద్యుదయస్కాంతంగా గానీ ఉంటుంది. ఇది ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని కలిగించడం చాలా అవసరం. అంటే, అయస్కాంత క్షేత్రంలో క్షేత్ర తీవ్రత

20,000 గాస్ పరిమాణంలో స్థిరంగా ఉండాలి. అయస్కాంత క్షేత్రం ఏకరీతిగాను, స్థిరంగానూ ఉండడం చాలా ముఖ్యం.

సాంప్రదాయిక అయస్కాంతాలకు స్థిరత్వం తక్కువగా ఉంటుంది. అందువల్ల వీటిని స్థిరీకరణ సాధనాలతో (Stbilising Devices) కలిపి వాడుతారు. $100 MH_Z$ వరకు శాశ్వత అయస్కాంతాలను, విద్యుదయస్కాంతాలను వాడుతారు. కానీ, ద్రవహీలియం స్ఫటికాలలో పనిచేసే అతివాహక సోలెనాయిడ్ ఉండే విద్యుత్ అయస్కాంతాలకు స్థిరత్వం ఎక్కువగా ఉంటుంది. వీటిని $230 MH_Z$ వరకు వాడుతారు.

(3) స్వీప్ జనకం (Sweep Generater)

అనునాద పరిస్థితులను సృష్టించాలంటే కేంద్రకం యొక్క పురస్సరణ పౌనఃపున్యం, అనువర్తిత R.F. వికిరణం పౌనఃపున్యానికి సమానంగా ఉండాలి. సాధారణంగా R.F. వికిరణాన్ని స్థిరంగా ఉంచి కేంద్రకాలలో అనునాదం ఏర్పడేవరకు అయస్కాంత క్షేత్రం H_o ను మారుస్తారు. కానీ స్థిరంగా ఉండే పెద్ద అయస్కాంతాన్ని ఉపయోగించి క్షేత్ర తీవ్రతను మార్చడంలో అనేక సాంకేతిక సమస్యలు ఎదురయ్యాయి. అందువల్ల ప్రధాన అయస్కాంత ధ్రువ ముఖాలకు రెండు హెల్మ్‌హోల్ట్జ్ తీగ చుట్టలను అమర్చుతారు. వీటిగుండా ప్రవహించే విద్యుత్తును మార్చినప్పుడు, ఈ తీగచుట్టలు ప్రేరపించే అయస్కాంత క్షేత్రం కూడా మారుతుంది. ఈ ప్రేరేపిత క్షేత్రం ప్రధానక్షేత్ర దిశలోనే ఉండడం వల్ల, ఫలితక్షేత్ర తీవ్రత మారుతుంది.

(4) ప్రసారిణి (Transmitter) లేదా R, F జనకం

R.F వికిరణాన్ని ఉత్పత్తి చేయడానికి R.F డోలకాన్ని వాడుతారు. డోలకం యొక్క తీగచుట్టను నమూనా ఉంచే సాధనంపై చుట్టితే, నమూనాపై R.F వికిరణం ప్రభావం ఏర్పడుతుంది. ప్రభావక అయస్కాంత క్షేత్రం (Effective Magnetic Field) మారకుండా ఉండేటట్లు, అనువర్తిత అయస్కాంత క్షేత్రం H_o కు లంబంగా డోలకం తీగచుట్టను చుట్టుతారు.

(5) R.F గ్రాహకం

R.F. వికిరణం అయస్కాంతీకరింపబడ్డ నమూనా గుండా ప్రసరించినప్పుడు శోషక సిగ్నల్, విక్షేపక సిగ్నల్ (Dispersion Signal) అనే రెండు రకాల సిగ్నల్‌లు ఏర్పడతాయి. వీటిని పరిశీలించి అనునాద పౌనఃపున్యాన్ని కనుక్కోవచ్చు. శోధకాన్ని ఉపయోగించి, ఈ రెండు సిగ్నల్‌లను వేరుచేస్తారు.

(6) వర్ధక రికార్డు చేసే సాధనం

R.F గ్రాహకం నుంచి వచ్చే శోషక సిగ్నల్ చాలా బలహీనంగా ఉంటుంది. కాబట్టి దీనిని బాగా వర్ధనం చేసి, రికార్డు చేసే సాధనానికి సంధిస్తారు.

19.8 N.M.R వర్ణపట విజ్ఞానం యొక్క అనువర్తనాలు

(1) రసాయనిక విస్థాపనం (Chemical Shift)

ద్రవ్యాన్ని గురించి కొత్తవిషయాలు తెలుసుకోవడానికి రసాయనిక శాస్త్రంలోనూ, కేంద్రకీయ భౌతికశాస్త్రంలోనూ, అయస్కాంత అనువాద ప్రక్రియలను సాధనాలుగా ఉపయోగించినారు. కేంద్రకాల అయస్కాంత భ్రామకాల సంఖ్యాత్మక విలువలు వాటి నిర్మాణాన్ని గురించి సమాచారాన్ని అందిస్తాయి. అనునాదాల ఆకారాన్ని బట్టి రసాయనిక శాస్త్రంలో ఎన్నో విషయాలు తెలుసుకున్నారు. చుట్టూ ఉండే కేంద్రకాల అయస్కాంత క్షేత్రాలవల్ల, కేంద్రకీయ అనునాదం ఏర్పడే స్థానం కొద్దిగా విస్థాపనం చెందుతుంది. దీనిని రసాయనిక విస్థాపనం అంటారు. ఈ విస్థాపనాలను కొలచి ఏఏ పరమాణువులు దేనికి దగ్గరగా ఉన్నాయో తెలుసుకొని, తద్వారా అణువుల నిర్మాణాన్ని అర్థం చేసుకోవచ్చు.

B R A O U

రసాయనిక విస్థాపనం అనువర్తిత క్షేత్రానికి అనులోమానుపాతంలో ఉండి, భాగాలు/మిలియన్ (Parts per Million - P.P.M) అనే ప్రమాణాలలో కొలవబడుతుంది. ఒక నిర్దేశ సంయోగ పదార్థం (Reference Compound) కేంద్రకం యొక్క అనునాద పౌనఃపున్యానికి సాపేక్షంగా, ఇచ్చిన నమూనాలోని కేంద్రకాల అనునాద పౌనఃపున్యాలను కొలుస్తారు. నిర్దేశ పౌనఃపున్యానికి సాపేక్షంగా ఈ పౌనఃపున్యాలను నిర్ణయిస్తారు. రసాయనిక విస్థాపనం

$$\delta = \frac{H_o}{H-o}\frac{(\text{నిర్దేశం})-H_o(\text{నమూనా})}{(\text{నిర్దేశం})} \times 10^6 \qquad 19.8$$

మెథిలిన్, మిథైల్ సముదాయాలు, ఒలిఫిన్‌లు, ఈథర్‌లు మొదలైన ఏరకం హైడ్రోజన్ పరమాణువులు సంయోగపదార్థంలో ఉన్నాయో, ఈ రసాయనిక విస్థాపనం తెలుపుతుంది.

(2) భ్రమణ - భ్రమణ యుగ్మనం (Spin-Spin Coupling)

ఒక అణువులో పక్కపక్కన ఉండే కేంద్రకాల భ్రమణాల మధ్య జరిగే అన్యోన్య చర్యవల్ల N.M.R వర్ణపట రేఖలు విభజింపబడుతాయి. దీనిని భ్రమణ-భ్రమణ యుగ్మనం అంటారు. దీని మూలంగా అణువులలోని ఎలక్ట్రాన్‌ల అమరికను బాగా అర్థంచేసుకోవచ్చు.

(3) కర్బన సంయోగ పదార్థాలలో హైడ్రోజన్ బంధాన్ని అధ్యయనం చేయడానికీ, ఒక మిశ్రమములోని ఘటకాల (Component) మోలార్ నిష్పత్తిని నిర్ణయించడానికీ, మన నిత్య జీవితంలోనూ, పరిశ్రమలలోనూ విరివిగా ఉపయోగపడుతున్న పాలిథిలిన్ అధ్యయనం చేయడానికి, ఒక కర్బన మిశ్రమంలో ఉండే మొత్తం హైడ్రోజన్ పరిమాణాన్ని కనుక్కోవడానికీ, N.M.R వర్ణపట విజ్ఞానాన్ని ఉపయోగిస్తారు.

19.9 N.M.R వర్ణపట విజ్ఞానం హద్దులు (Limitations)

N.M.R ప్రక్రియను వాడడంలో కింద కనబరచిన అసంపూర్ణతలు, లోపాలు ఉన్నాయి.

1. సున్నితత్వం లేకపోవడం ఒక ప్రధానసమస్య 1% గాఢత గలిగిన 0.1 ml పరిమాణంలో నమూనా ఉండాలి.

2. కొన్ని సంయోగ పదార్థాలలో వేరువేరు రకాలకు చెందిన హైడ్రోజన్ పరమాణువులు సదృశ పౌనఃపున్యాల వద్ద అనునాదాన్ని ప్రదర్శిస్తాయి. వర్ణపటాలు అతిపాతం చెందడం వల్ల, వాటిని సమన్వయ పరచి వివరించడం కష్టమవుతుంది.

3. కర్బన సంయోగపదార్థాల నిర్మాణాన్ని నిర్ణయించేటప్పుడు, అణుభారాన్ని గురించి ఈ ప్రక్రియ ఎలాంటి సమాచారమూ అందించదు. వివిధ ప్రోటాన్‌ల సాపేక్ష సంఖ్యలు మాత్రమే తెలుస్తాయి.

4. సాధారణంగా N.M.R ప్రక్రియను ఉపయోగించి ద్రవాలను మాత్రమే అధ్యయనం చేయవచ్చు.

ఈ లోపాలు ఉన్నప్పటికీ, అనేక మూలక, కర్బన సంయోగపదార్థాల (in Orgnaic and organic Compounds) నిర్మాణాన్ని తెలుసుకోవడం, N.M.R అత్యంత ఉపయోగకరమైన విశ్లేషక సాధనంగా ఉంది.

మాదిరి లెక్క

1. బోర్ మాగ్నటాన్ విలువను లెక్కించండి.

బోర్ మాగ్నటాన్ $M_B = \frac{e.h}{4\pi mC}$

భౌతికశాస్త్ర పట్టికలో నుంచి, ప్లాంక్ స్థిరరాశి $h = 6.63 \times 10^{-27} erg.Sec.$

విశిష్ట విద్యుదావేశం $\frac{e}{m} = 1.760 \times 10^{-17}$

BRAOU

ఈ విలువలను ప్రతిక్షేపిస్తే,

$$M_B = \frac{1.76\times10^{11}\times6.63\times10^{-34}}{4H}$$

$$= 0.9281 \times 10^{-23}$$

$$= 9.281 \times 10^{-24} A - m^2$$

19.10 సారాంశం

కేంద్రకంలోని ఆవేశిత కణాలు కక్ష్యీయ, భ్రమణ గమనాలను కలిగి ఉండడం వల్ల కేంద్రకంలో అయస్కాంతత్వం ఉంటుంది.

ఒక నిర్దిష్ట దిశనుబట్టి, పరమాణు అయస్కాంతం కొన్ని వివిక్తమైన దిగ్విన్యాసాలను మాత్రమే కలిగి ఉంటుంది. ఎలక్ట్రాన్‌ల భ్రమణ క్వాంటం సంఖ్య = 1/2 ఉంటుంది. అనేక కర్బన, కర్బనేతర సంయోగపదార్థాల అణునిర్మాణాన్ని పరిశీలించడాని కేంద్రకీయ అయస్కాంత అనునాద పద్ధతి (Nuclear Magnetic Resonance Technique N.M.R) చాలా ఉపయోగకరంగా ఉంది.

19.11 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. స్టెర్న్-గెర్లాక్ ప్రయోగాన్ని వర్ణించి, దాని మూలసిద్ధాంతాన్ని, ప్రాముఖ్యతను తెలపండి?
2. N.M.R వర్ణపట మాపకాన్ని వర్ణించి, దాని ఉపయోగాన్ని తెలపండి?

II. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానం రాయండి.

1. కేంద్రకీయ అయస్కాంత భ్రామకం, కేంద్రకీయ భ్రమణం అంటే ఏమిటి?
2. కేంద్రకీ అయస్కాంత అనునాదాన్ని వివరించండి?

19.12 చదవదగిన గ్రంథాలు

1. Spectroscopy - Gurdeep Chatwal and Sham Anand
2. Feynman lectures on physics vol II
3. Atomic Physics - J.B. Rajam
4. Introdcution to Modern Physics - by Richtmyer - kennard - Cooper
5. Mc Graw Hill Encyclopedia of Science and Technology

BRAOU

BRAOU

ఖండం-VI సాపేక్షత

BRAOU

BRAOU

భాగం-20 : మైకల్‌సన్ మార్లె ప్రయోగం

విషయక్రమం

20.1 ఉద్దేశాలు

20.2 ప్రవేశిక

20.3 మైకల్‌సన్ - మార్లే ప్రయోగం

20.4 గెలీలియన్ రూపాంతరణ

20.5 సారాంశం

20.6 నమూనా ప్రశ్నలు

20.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో మైకల్‌సన్ - మార్లే ప్రయోగం వివరణ ఉంది.

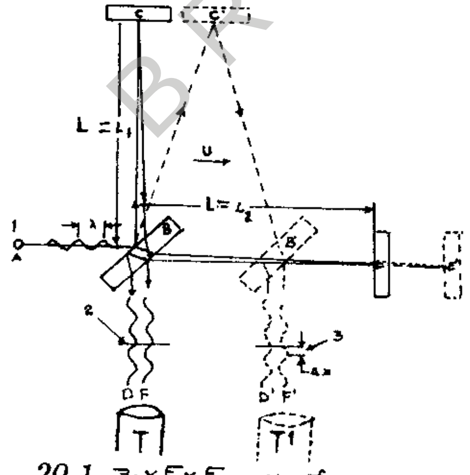
20.2 ప్రవేశిక

ఈ భాగంలో మైకల్‌సన్ మార్లే ప్రయోగ వివరణ దాని ఫలితాలు, గెలీలియన్ రూపాంతరణ సమీకరణాలు ఉన్నాయి.

20.3 మైకల్‌సన్ - మార్లే ప్రయోగం

కాంతివేగాన్ని కనుక్కోవడానికి మొదటగా మైకల్‌సన్ ఈ ప్రయోగాన్ని రూపొందించాడు. సాపేక్షతా సిద్ధాంతం (ప్రత్యేక, సాధారణ) ఉపపాదనలు వివరించడానికి, సవరించిన ప్రయోగపుటేర్పాటు అనుకూలమని భావించి, ఉపయోగించారు.

BRAOU



20.1 మైకల్‌సన్ - మార్లే పరికరం

మైకల్‌సన్ - మార్లే పరికరాన్ని పటం 20.1 లో చూడవచ్చు. పరికరంలోని కాంతిజనకం A పాక్షికంగా సిల్వర్ పూత పూసిన గాజు పలక B ఒక దానికొకటి లంబంగా ఉంటే దర్పణాలను CE లను ఒక దృఢ ఆధారంపైన ఉంచుతారు. దర్పణాలను B నుంచి సమాన దూరాలలో L ఉంచుతారు. కాంతిజనకం A నుంచి వెలువడిన కిరణం, పాక్షికంగా సిల్వర్ పూతపూసిన దర్పణంచే రెండు సంబద్ధ కిరణాలుగా విడిపోతుంది. కిరణం 1 B గుండా ప్రసారమవుతుంది. కిరణం 2 B

వద్ద పరావర్తనము చెందుతుంది. కిరణం A దర్పణం వల్ల తిరిగి B కు పరావర్తితమవుతుంది. కిరణం 2 C దర్పణం వద్ద పరావర్తనం చెందుతుంది. ఈ రెండు కిరణాలు దూరదర్శిని T వద్ద వ్యతికరణం చెందుతాయి. రెండు కిరణాల మధ్య పదభేదాన్ని అనుసరించి వ్యతికరణం సహాయకంగాను, వినాశకంగాను ఉంటుంది. వ్యతికరణ పట్టికలలో దాదాపుగా సమాంతరంగా రేఖలు ఉంటాయి. పరికరం ఈథర్ యానకంలో స్థిరంగా ఉంచే రెండు కిరణాల ప్రయాణకాలాలు సమానంగా ఉండాలి. అట్లా కాకుండా పరికరం కుడివైపుకు μ వేగంతో చలిస్తుంటే, రెండు కిరణాల ప్రయాణ కాలాలలో తేడా ఉంటుంది.

ముందుగా కాంతికిరణం B నుంచి E కు, తిరిగి E నుంచి B కు ప్రయాణించడానికి పట్టేకాలాన్ని కనుక్కొందాం. కాంతికిరణం గాజుపలక B నుంచి E దర్పణానికి ప్రయాణించే కాలం t_1 తిరుగు ప్రయాణానికి పట్టే కాలం t_2 అనుకొందాం. కాంతి B నుంచి E కు ప్రయాణించేటప్పుడు పరికరం దూరం చలిస్తుంది. అప్పుడు కాంతి ప్రయాణించిన దూరం $L + Ut_1$ అవుతుంది. ఇక్కడ L_1 దర్పణం B నుంచి దర్పణం E కు గల దూరం అట్లాగే BC దర్పణాల మధ్య దూరం L_2, C కాంతి వేగం అనుకొంటే దూరాన్ని Ct_1 గా వ్రాయవచ్చు. అప్పుడు

$$ct_1 = L_1 + ut_1$$
$$\text{or } t_1 = \frac{L_1}{(c-u)}$$

ఇదే విధంగా కాలం t_2 ను కూడా గణించవచ్చు. ఈ కాలంలో B పలక దూరం ut_2 చలిస్తుంది. కనక తిరుగు ప్రయాణంలో కాంతి ప్రయాణించిన దూరం $L_1 - ut_2$ అవుతుంది. అప్పుడు

$$ct_2 = L_1 + ut_2$$
$$\text{or } t_2 = \frac{L_1}{(u+c)}$$

మొత్తం కాలం $$t_1 + t_2 = \frac{2L_1 c}{c^2 - u^2}$$

లేదా $$t_1 + t_2 = \frac{2L_1/c}{1 - u^2/c^2} \qquad 20.1$$

ఇప్పుడు కాంతి కిరణం B నుంచి C దర్పణంకు ప్రయాణించడానికి పట్టేకాలం t_3 కనుక్కొందాం. ముందు చెప్పినట్లుగా ఈ t_3 కాలంలో దర్పణం కుడివైపుకు Ut_3 దూరం చలించి C^1 ను చేరుతుంది. ఈ కాలంలో కాంతి త్రిభుజం కర్ణం BC^1 వెంబడి దూరం ప్రయాణిస్తుంది. ఈ లంబకోణ త్రిభుజంలో

$$(ct_3)^2 = L_2^{\,2} + (ut_3)^2$$
$$\therefore L_2^{\,2} = c^2 t_3^{\,2} - u^2 t_3^{\,2}$$
$$= (c^2 - u^2) t_3^{\,2}$$

లేదా $$t_3 = \frac{L_2}{\sqrt{c^2 - u^2}}$$

పరికర సౌష్టవాన్ని బట్టి తిరుగు ప్రయాణంలో కాంతి C^1 నుంచి అదే దూరం ప్రయాణిస్తుంది. కనక తిరుగు ప్రయాణ కాలం కూడా t_3 అవుతుంది. మొత్తం కాలం $2\ t_3$ ని కింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$2t_3 = \frac{L_2}{\sqrt{c^2 - u^2}} = \frac{2L_2}{c} \Big/ \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \qquad 20.2$$

రెండు సంబద్ధ కిరణాల గమనకాలల భేదం

$$\Delta t = 2t_3 - (t_1 + t_2)$$

ఈ పరికరాన్ని 90° తిప్పామనుకొంటే $L_1 L_2$ కు సమానంగాను ఉంటుంది. అప్పుడు రెండు గమనకాలల భేదం

$$\Delta t^1 = 2t_3 - (t_1{}' + t_2{}')$$

$$= \frac{2}{c}\left[\frac{L_2}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} - \frac{L_1}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}\right]$$

పరికరాన్ని 90° తిప్పడం వల్ల

$$\Delta t' - \Delta t = \frac{L_1+L_2}{c}\frac{u^2}{c^2}$$

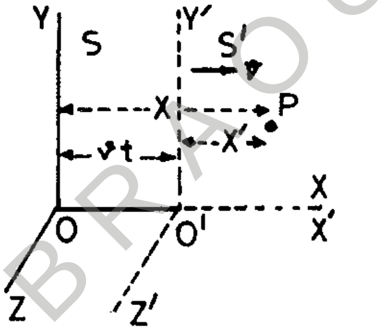
దీని వల్ల వ్యతికరణ పట్టికలలో విస్థాపనం కలుగుతుంది. $L_1 = L_2 = L = 11m\frac{u}{c} = 10^{-4}$ అయినప్పుడు మైకల్‌సన్ - మార్లే సైద్ధాంతికంగా పట్టికా విస్థాపనం సుమారు 0.4 అని గణించారు.

ఈ ప్రయోగంలో మైకల్‌సన్ - మార్లే పట్టికలలో ఏ విధమైన విస్థాపనాన్ని గమనించలేకపోయారు. వారు ఈ ప్రయోగాన్ని భూతలం మీద వివిధ ప్రదేశాలలో, వివిధ ఋతువులలో అనేకసార్లు చేసారు. కాని కొలవ గలిగిన విస్థపనం కలనబడలేదు. ఈ ప్రయోగం ఋణాత్మక ఫలితాన్నిచ్చింది.

ఈథర్‌కు సాపేక్షంగా భూమి వేగాన్ని కొలవడం అసాధ్యమని, లేదా స్థిర నిర్దేశ చట్ర భావన (అంతరాళమంతా ఈథర్‌తో నిండి ఉందనే భావన) ఋణాత్మక ఫలితం సూచిస్తుంది. ఏకరీతి సాపేక్ష చలనంలో ఉండే అన్ని నిర్దేశ చట్రాలలోను, శూన్యంలో కాంతి వేగం ఒకే విలువతో ఉంటుందని కూడా ఈ ఋణాత్మక ఫలితం తెలుపుతుంది.

20.4 గెలీలియన్ రూపాంతరణ

గెలీలియన్ రూపాంతరణ సమీకరణాలను ఒక జడత్వ నిర్దేశ చట్రంలోని స్థాన, కాల నిరూపకాలను రెండో చట్రం లోనికి మార్చడానికి ఉపయోగిస్తారు.



పటం 20.2

BRAOU

పటం 20.2 లో చూపినట్లు రెండు నిర్దేశచట్రాలు ఉన్నాయనుకోండి. S, S^1 అనే రెండు నిరూపక చట్రాలలో S కు సాపేక్షంగా S^1 వేగం V అనుకోండి. ఏదేని ఒక కాలంలో P వద్ద ఒక ఘటన జరిగిందనుకోండి. S వ్యవస్థలో P నిరూపకాలు x, y, z, t, S' వ్యవస్థలో x', y', z', t' అనుకోండి. ఈ రెండు వ్యవస్థలలోని నిరూపకాల మధ్య సంబంధం సరళంగా ఉండేందుకు, X, X^1 అక్షాలు V కు సమాంతరంగా ఉండేట్లు తీసుకుందాం. అప్పుడు $Y'Z'$ వరుసగా Y Z సమాంతరంగా ఉంటాయి. O O అనే మూలబిందువులు ఏకీభవించిన క్షణం నుంచి కాలాన్ని లెక్కించామనుకోండి. పటం 20.2 నుంచి కింది సమీకరణాలను వ్రాయవచ్చు.

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

ఈ సమీకరణాలను గెలీలియన్ రూపాంతరణ సమీకరణాలు అంటారు. నిర్దేశ చట్రం సరళరేఖ వెంబడి ఏ దిశలో చలించినా పై సమీకరణాలను పోలిన సమీకరణాలను రాబట్టవచ్చు.

20.5 సారాంశం

1. రెండు లంబదిశలలో కాంతివేగాన్ని కనుక్కోవడానికి మైకల్‌సన్ - మార్లే ప్రయోగాన్ని చేసారు. కాని ఆ ప్రయోగం ఋణ ఫలితాన్నిచ్చింది.
2. ఒక నిర్దేశ చట్రం రెండో దానితో సాపేక్షంగా వేగంతో చలిస్తున్నప్పుడు గెలీలియన్ రూపాంతరణ సమీకరణాలు వస్తాయి.

20.6 నమూనా ప్రశ్నలు

I **క్రింది ప్రశ్నకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.**

1. మైకల్‌సన్ మార్లే ప్రయోగాన్ని వివరించండి. ఈ ప్రయోగ ఫలితాల ముఖ్య పరిణామాలేమిటి.

BRAOU

భాగం-21 : విశేష సాపేక్ష సిద్ధాంతం లోరెంట్జ్ రూపాంతరణములు

విషయక్రమం

21.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

21.2 ప్రవేశిక

21.3 విశేష సాపేక్షతా సిద్ధాంత ఉపపానలు

21.4 లోరెంట్జ్ రూపాంతరణములు

21.5 సారాంశం

21.6 నమూనా ప్రశ్నలు

21.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో విశేష సాపేక్ష సిద్ధాంత ఉపపాదనల వివరణ ఉంది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత లోరెంట్జ్ - ఐన్‌స్టీన్ రూపాంతర సమీకరణాలను రాబట్టగలరు.

21.2 ప్రవేశిక

సాంప్రదాయక యాంత్రిక శాస్త్రం ప్రకారం ఏదేని గమనవేగం, పరస్పరం సాపేక్ష వేగానికి లోనయి చలిస్తున్న పరిశీలకులకు వివిధ విలువలుగా వుంటుంది. దృశ్యమాన కాంతి వేగం, పరిశీలకుని సాపేక్షంగా మారదని, ఈథర్ లో గమనం వల్ల కాంతి వేగం పై ప్రభావం లేదని మైకల్‌సన్ - మార్లే ప్రయోగం ద్వారా రుజువు చేయబడింది. ఈ ఫలితం వల్ల రెండు విషయాలు తెలుస్తాయి. అవి (1) భూమి నిశ్చలంగా నయినా వుండాలి లేదా (2) న్యూటోనియన్ భావనలు దోషపూరితంగా నయినా వుండాలి. మొదటిది సరయినదికాదు. ఈ సందిగ్ధతను విశదీకరించుటకు ఈథర్‌లో గమనం అర్థరహితభావన అని, ద్రవ్యాత్మక వస్తువుల సాపేక్షంగానే గమనాన్ని సూచించాలని ఐన్‌స్టీన్ ప్రతిపాదించాడు. మైకల్‌సన్ - మార్లే ప్రయోగఫలితాలకు, యాంత్రికశాస్త్ర పరమైన ప్రయోగ అనుభవాలతో ప్రాగుప్తపరచినా భావనలకు గల విరుద్ధతకు కారణము దేశకాలాలను కొలచుటలో సాంప్రదాయక భావనల అపూర్ణతేనని ఐన్‌స్టీన్ గమనించాడు. 1905లో ఐన్‌స్టీన్ రెండు ఉపపాదనలు ప్రతిపాదించి వాటి ఆధారంగా విశేష సాపేక్షతా సిద్ధాంతాన్ని ప్రవచించాడు. ఈ సిద్ధాంతం ద్రవ్యము, దేశ - కాలాలను గూర్చిన భావనలలో విప్లవాత్మక మార్పులు సూచించింది. మొదటిగా, విశేష సాపేక్షతా సిద్ధాంత ఉపపాదనలను గూర్చి అర్థం చేసికొందాము.

BRAOU

21.3 విశేష సాపేక్షతా సిద్ధాంత ఉపాదనలు

విశేష సాపేక్షతాసిద్ధాంత ఉపపాదనలు రెండింటిని క్రింది విధంగా నిర్వచించవచ్చు.

ఉపపాదన 1. అన్ని జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థలలోను భౌతికశాస్త్ర సూత్రాలు ఏకరీతి గణిత రూపంలో ఉంటాయి.

పై ఉపపాదనను సాపేక్షతా సూత్రమని కూడా అంటారు. పై ఉపపాదనలో సూచించిన జడత్వ వ్యవస్థలు త్వరణానికి లోను గాని వ్యవస్థలు. ఇవి ఒకదానికొకటి సాపేక్షంగా స్థిరవేగంతో పయనిస్తుంటాయి. ఏదేని నిర్దేశ వ్యవస్థలో భౌతిక దృగ్విషయాలు వ్యవస్థ స్థానాంతర గమనం మీద ఆధార పడవు. ప్రకృతిలో అనంత నిర్దేశ వ్యవస్థ సమితి కలదు. ఈ వ్యవస్థలన్నీ ఒకదానికొకటి సాపేక్షంగా రుజుమార్గంలో ఏకరీతి గమనానికకి లోనయి ఉంటాయి. ఈ వ్యవస్థలన్నింటిలోను భౌతిక

దృగ్విషయాలు, సర్వసమంగా వుంటాయి, ఈ నిర్దేశ వ్యవస్థలను గెలీలియన్ నిర్దేశ వ్యవస్థలని ఐన్‌స్టీన్ పేర్కొన్నాడు. దీనికి కారణం ఈ వ్యవస్థలలో గెలీలియన్ జడత్వ సూత్రం అనువర్తిస్తుంది. సాపేక్షతా సూత్రం ప్రతిపాదనతో ఈథర్ అనే ఒక పదార్థం ఉన్నదనే భావన భౌతిక సిద్ధాంతాలనుంచి వైదొలగబడింది. సాపేక్షతా సూత్రం ప్రకారం భౌతిక పరమైన కొలతల ద్వారా జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థ స్వభావికంగా స్థిరంగా ఉన్నదా, గమనంలో ఉన్నదా అని నిర్దేశించుటకు వీలు కాదు. ఏదేని రెండు వ్యవస్థల సాపేక్ష గమనాన్ని మాత్రమే సూచించుటకు వీలవుతుంది. ఏ సిద్ధాంతంలో కూడా నిర్దేశ వ్యవస్థ స్థానాంతర గమన నిరపేక్షవేగాన్ని గూర్చిన సమాచారం సూచన ప్రాయంగా కూడా ఉండదు. ఒక నిర్దేశ వ్యవస్థలో మాత్రమే చేసిన ఎటువంటి భౌతిక ప్రయోగమైనా మరొక నిర్దేశవ్యవస్థ పరంగా దాని గమన్నాన్ని గూర్చిన సమాచారం ఇవ్వజాలదు.

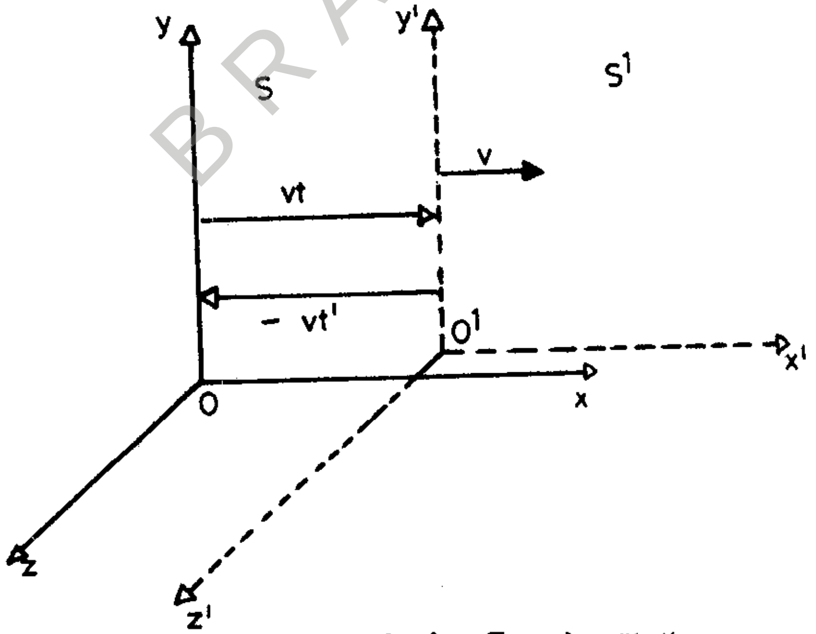
ఉపపాదన 2. శూన్యంలో కాంతివేగం స్థిరంగా ఉంటుంది. దీని విలువ జనకం, పరిశీలకుల వేగాల మీద ఆధారపడదు. ప్రతిపరిశీలకునికి దీని విలువ ఒకే విధంగా ఉంటుంది.

రెండవ ఉపపాదన గెలీలియన్ వేగ రూపాంతరణకు వ్యతిరేకంగా ఉంది. కాని మైకల్‌సన్ - మార్లే ప్రయోగ ఫలితాలకు అనుగుణంగా ఉంది. యాంత్రిక శాస్త్ర పరంగా గెలీలియన్ రూపాంతరణతో సూచింపబడిన సాపేక్షతా సూత్రం రెండవ ఉపపాదనకు వ్యతిరేకంగా ఉంది కనుక యాంత్రిక దృగ్విషయాలను యధాతథంగా సూచించుటకు న్యూటోనియన్ యాంత్రికశాస్త్రం పరిపూర్ణంగా లేదని తెలుస్తుంది.

పైన వివరించిన రెండు ఉపపాదనల మీద విశేష సాపేక్షతా సిద్ధాంతం ఆధారపడివుంది. రెండవ ఉపపాదన ఆధారంగా ఐన్‌స్టీన్ రాబట్టిన నిరూపక రూపాంతరణాన్ని లోరెంట్జ్ రూపాంతరణము అంటారు. ఈ లోరెంట్జ్ రూపాంతరణాన్ని విపులంగా క్రింది సెక్షన్‌లో చర్చించినాము.

21.4 లోరెంట్జ్ రూపాంతరణము

సాపేక్షతా సిద్ధాంత ఉత్పాదనలు రాబట్టాలంటే ఏదేని ఒక దృగ్విషయాన్ని పరస్పరం సాపేక్షవేగంతో పయనిస్తున్న రెండు జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థలపరంగా అభివర్ణించాలి. పటము 21.1లో చూపినట్లు



పటం *21.1* నిరూపకాలలో లోరెంట్జ్ రూపాంతరణము.

సా[illegible] గమనంలోనున్న S, S′, అనే రెండు జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థలను గణనలోకి తీసికొందాం. S′, S సాపేక్షంగా స్థిరవేగం v తో పయనిస్తున్న దనుకొందాం O O′ అనే పరిశీలకులు రెండు

BRAOU

జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థల నిరూపకాల మూలబిందువుల వద్ద ఉన్నారనుకొందాం. పరిశీలకులిద్దరు జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థల పరంగా నిశ్చలంగా ఉన్నారనుకొందాం. జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థలు సాపేక్ష గమనంలో ఉన్నాయి కనుక పరిశీలకులు కూడా సాపేక్ష గమనంలో ఉంటారు. ఒక పరిశీలకుడు మరొక పరిశీలకునికి సాపేక్షంగా x - అక్షం వెంబడి ఏకరీతి వేగం v తో పయనిస్తుంటాడు. మొదటి పరిశీలకుడు O ఏదేని బిందు సంఘటనను దేశ - కాల నిరూపకాలు (x, y, z, t)తో నిర్దేశిస్తాడు. అదే సంఘటనను రెండవ పరిశీలకుడు $O'(x',y',z',t')$ నిరూపకాలతో నిర్దేశిస్తాడు. రూపాంతరణ సమీకరణాలు, సంఘటన స్థానం (x',y',z',t') కాలం t' లకు, మొదటి పరిశీలకుని పరంగా అదే సంఘటన స్థానం (x y z) కాలం t లకు గల సంబంధాన్ని సూచిస్తాయి.

జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థల మూలబిందువులు ఒకదానితో మరోకటి ఏకీభవించినప్పుడు కాంతి స్పందం మూలబిందువు వద్ద ఉత్పన్నమయిందనుకొందాం. విశేష సాపేక్షతాసిద్ధాంతం రెండవ ఉపపాదన ప్రకారం ఇద్దరు పరిశీలకులు కాంతి అన్ని వైపులకు ఒకే వేగం C తో పయనిస్తున్నట్లు గమనిస్తారు. తన నిర్దేశ వ్యవస్థ పరంగా కాంతి తరంగాగ్రం కాంతివేగానికి t రెట్లు వ్యాసార్ధం గల గోళాకారాకృతి లో నున్నట్లు పరిశీలకులు దర్శిస్తారు. పరిశీలకులు O, O' పరంగా గోళాకార తరంగాగ్రాలను సూచించే సమీకరణాలు క్రింది విధంగా ఉంటాయి.

$$x^2+y^2+z^2-c^2t^2=0 \qquad 21.1$$

$$x'^2+y'^2+z'^2-c^2t^{12} \qquad 21.2$$

క్రింది సర్వ సమానత కూడా పాటించబడాలి.

$$x^2+y^2+z^2-c^2t^2=x'^2+y'^2+z'^2-c^2t^2=0 \qquad 21.3$$

పై సమీకరణం లోను ఇరుప్రక్కల గల రాశులు ఒక వ్యవస్థ నుంచి మరొక వ్యవస్థకు దారితీసే రూపాంతరణ పరంగా అచరాలుగా వుండాలి. జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థల సాపేక్ష గమనం X-అక్షం వెంబడి వుంటుంది. కనుక ఆ అక్షానికి లంబనిరూపకాలు స్థిరంగా ఉంటాయని భావించవచ్చు.

$$\therefore y=y', z=z' \qquad 21.4$$

సమీకరణం 21.4 సమీకరణం 21.3 లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$x^2-c^2t^2=x'^2-c^2t'^2 \qquad 21.5$$

సాపేక్ష వేగం V ఒకటే కనుక రూపాంతరఫార్ములాలు కొన్ని నియమాలను పాటించాలి. అవి వ్యవస్థ పరంగా O^1 నిరూపకాలు Vt వ్యవస్థ S^1 పరంగా O నిరూపకాలు - $Vt^1.t-t'=0$ అయినప్పుడు రెండు వ్యవస్థల మూల బిందువులు ఏకీభవిస్తాయి కనుక క్రింది నిబంధనలు కూడా పాటించబడాలి.

$x^1=0$ అయినప్పుడు $x=vt$

$x=0$ అయినప్పుడు $x^1=vt$ 21.6

x^1, t^1లు x, t ల రేఖీయ ప్రమేయాలుగా ఉండాలి. అలాగే $xt, x^1\, t^1$ ల రేఖీయ ప్రమేయాలుగా ఉండాలి. ఇలాంటి రేఖీయత రూపాంతరణ సమీకరణాల ప్రధాన ధర్మము, సమీకరణ 21.6 ను పాటించే సరళ సంబంధాలను క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$x'=r(x-vt) \qquad 21.7$$
$$x=r'(x'-vt')$$

ఇచ్చట r, r'లు స్థిరాంకాలు. వీటిని లెక్కకట్టవలసి ఉంటుంది. పై సమీకరణంలో x' విలువను తొలగించి t'ని, x, tల పరంగా సూచించవచ్చు.

$$x=r'[r(x-\mathrm{v}t)+\mathrm{v}t'] \qquad 21.8$$

BRAOU

$$\frac{x}{r'} = r(x - vt) + vt' \quad 21.9$$

$$t' = \frac{x}{r'V} - \frac{r(x-Vt)}{V} \quad 21.10$$

$$t' = \frac{x}{r'V} - \frac{xr'}{V} + rt \quad 21.11$$

$$t' = r(t - \frac{x}{V} + \frac{x}{V}\frac{1}{rr'}) \quad 21.12$$

$$t' = r\left[t - \frac{x}{V}(1 - \frac{1}{rr'})\right] \quad 21.13$$

x', t' విలువలను సమీకరణం 21.7., 21.13., ల నుంచి సమీకరణం 21.5 లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$x^2 - c^2t^2 = r^2(x - vt)^2 - c^2r^2[t - x/v(1 - l/rr']^2 \quad 21.14$$

$$x^2 - c^2t^2 = r^2(x^2 + v^2t^2 - 2xvt) - c^2r^2[t^2 - \frac{2xt}{V}(1 - \frac{1}{rr'}) + \frac{x^2}{V^2}(1 - \frac{1}{rr'})^2] \quad 21.15$$

లేదా $x^2[1 - r^2 + \frac{r^2c^2}{V^2}(1 - \frac{1}{rr'})^2] + 2xt[r^2v - \frac{c^2r^2}{V}(1 - \frac{1}{rr'})] + t^2[c^2(r^2 - 1) - r^2v^2] = 0$
21.16

అన్ని రకాలయిన x, t విలువలకు సమీకరణం 21.16 శూన్య విలువను ఇవ్వాలంటే x^2, xtt^2ల గుణకాలు స్వతంత్రంగా శూన్య విలువలను గుణకాన్ని 0 కి సమానంగా తీసికోంటే

$$c^2(r^2 - 1) - r^2v^2 = 0 \quad 21.17$$

$$r^2(c^2 - v^2) = c^2 \quad 21.18$$

$$r = \left[\frac{c^2}{(c^2 - V^2)}\right]^{1/2} = \frac{1}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}} \quad 21.19$$

గుణకాన్ని 0 కి సమానంగా తీసికొంటే

$$2[r^2v - \frac{c^2r^2}{V}(1 - \frac{1}{rr'}] = 0 \quad 21.20$$

లేదా $v^2 - c^2(1 - 1/rr') = 0$ 21.21

$$(1 - \frac{1}{rr'}) = v^2/c^2 \quad 21.22$$

$$1/rr' = (1 - v^2/c^2) = 1/r^2 \quad 21.23$$

$$\therefore \quad r = r' \quad 21.24$$

$r = r' = \frac{1}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}}$ ని ఉపయోగించి సమీకరణం 21.16 లోని x^2 గుణకం శూన్యవిలువకు సమానమని నిరూపించవచ్చు. r, r^1 విలువలను ఉపయోగించి రూపాంతరణ సమీకరణాలను క్రింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$x' = \frac{x - V^1 t}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}}$$

$$y' = y \quad 21.25$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{x' - V^1 x/c^2}{[1 - \frac{V^2}{c^2}]^{1/2}}$$

అలాగే

$$x = \frac{x' + Vt'}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}}$$

$$y = y' \quad 21.26$$

$$z = z'$$

$$t = \frac{x' + \frac{Vx'}{c^2}}{[1 - \frac{V^2}{c^2}]^{1/2}}$$

BRAOU

సమీకరణాలు 21.25, 21.26 లను లోరెంట్జ్ - ఐన్‌స్టీన్ రూపాంతరణ సమీకరణాలు అంటారు. సమీకరణం 21.25లో $c \rightarrow \infty$ అయినప్పుడు గెలీలియన్ రూపాంతరణ సమీకరణాలువస్తాయి. దీనినే సీమిత v విలువకు సంబంధించి లోరెంట్జ్ రూపాంతరణ సమీకరణాల ప్రథమ ఉజ్జాయింపుగా గమనించవచ్చు. సమీకరణాలు 21.5, 21.6 ప్రకారం v విలువ C కన్న అధికంగా ఉండుటకు వీలులేదు. C కంటె v విలువ ఎక్కువ ఉన్నప్పుడు $[1 - v^2/c^2]$ ఋణ విలువను పొందుతుంది. దీని వర్గ మూలము ఊహాత్మకంగా ఉంటుంది. ఫలితంగా సమీకరణాల విలువలు అర్థరహితంగా ఉంటాయి. కనుక కాంతివేగం C గరిష్ఠ వేగము. మనకు తారసిల్లే తదితర వేగాలు C కన్న తక్కువ ఉంటాయి. లోరెంట్జ్ సమీకరణాల ప్రాముఖ్యతను, v విలువ విలువకు దరిదాపుల్లో ఉన్నప్పుడు గమనించవచ్చు. ఇలాంటి సందర్భాలలో విశేష సాపేక్షతాసిద్ధాంతం కొత్త దృగ్విషయాలను వెల్లడి చేస్తుంది. ఈ విషయాలను న్యూటోనియన్ యాంత్రిక సూత్రాల ద్వారా అర్థం చేసికొనుటకు వీలుకాదు.

21.5 సారాంశం

1905 లో అల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్ రెండు ఉపపాదనలను నిర్వచించి విశేష సాపేక్షతా సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించాడు. ఈ ఉపపాదనలను విశేష సాపేక్షతా సిద్ధాంత ఉపపాదనలని అంటారు. ఇవి

i) అన్ని జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థలలోను భౌతికశాస్త్ర సూత్రాలు ఏకరీతి గణిత రూపంలో ఉంటాయి.

ii) శూన్యంలో కాంతివేగం స్థిరంగా ఉంటుంది. దీనివిలువ కాంతిజనకం పరిశీలకుల వేగాల మీద ఆధార పడదు. ప్రతి పరిశీలకునికి దీని విలువ ఒకే విధంగా ఉంటుంది.

విశేష సాపేక్షతా సిద్ధాంత ఉపపాదనలను అనువర్తించి పరస్పరం సాపేక్ష వేగానికి లోనవుతున్న రెండు జడత్వ వ్యవస్థలకు వర్తించే రూపాంతరణ సమీకరణాలను ఐన్‌స్టీన్ ఉత్పాదించాడు. ఈ సమీకరణాలను ఐన్‌స్టీన్ లోరెంట్జ్ లేదా లోరెంట్జ్ సమీకరణాలంటారు.

S, S^1 అనే రెండు జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థలలో S^1, S కి సాపేక్షంగా సమరీతి వేగం v తో పయనిస్తున్నప్పుడు ఏదేని సంఘటన నిర్దేశికత్వాల S పరంగా (x, y, z, t) S^1 పరంగా (x^1, y^1, z^1, t^1) అయిన లోరెంట్జ్ - ఐన్‌స్టీన్ రూపాంతరణ సమీకరణాలు క్రింది విధంగా ఉంటాయి.

$$x^1 = \frac{x - Vt}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}} : x = \frac{x^1 + Vt^1}{[1 - V^2/c^2]}$$

$$y^1 = y \quad : y = y^1$$

$$z^1 = z \quad : z = z^1$$

$$t^1 = \frac{t - Vx/c^2}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}} : t = \frac{t^1 + Vx^1/c^2}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}}$$

21.6 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. విశేష సాపేక్షతా సిద్ధాంత ఉపపాదనల ఆధారంగా లోరెంట్జ్ రూపాంతరణ సమీకరణాలను ఉత్పాదించండి.

భాగం-22 : అంతరాళ సంకోచం కాలవ్యాకోచం

విషయక్రమం

22.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు
22.2 ప్రవేశిక
22.3 అంతరాళ సంకోచం
22.4 సహకాలికత సాపేక్షత
22.5 కాలవ్యాకోచం
22.6 వేగంతో ద్రవ్యరాశిలో మార్పు
22.7 ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి - శక్తిసంబంధం
22.8 సారాంశం
22.9 నమూనా ప్రశ్నలు
22.10 పదకోశం
22.11 చదవదగిన గ్రంథాలు

22.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో లోరెంట్జ్ రూపాంతర ఫలితాలు అయిన అంతరాళ సంకోచం, కాలవ్యాకోచ వివరణ ఉన్నాయి.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత లోరెంట్జ్ సమీకరణం నుండి ద్రవ్యరాశి శక్తి సంబంధాన్ని రాబట్టగలరు.

BRAOU

22.3 ప్రవేశిక

1905 లో ఐన్‌స్టీన్ విశేష సాపేక్షతా సిద్ధాంతాన్ని ప్రచురించాడు. ఇది పరస్పరం సాపేక్ష గమనంలో నున్న ఇద్దరు పరిశీలకులు కొలిచే భౌతికరాశులను గూర్చి తెలియజేస్తుంది. భాగం 21లో వివరించిన లోరెంట్జ్ రూపాంతరణ సమీకరణాలు ఆధారం జేసికొని కొన్ని ప్రముఖ దృగ్విషయాలను ప్రాగుప్త పరచడం జరిగింది. ఈ రూపాంతరణ సమీకరణాలు దూరం, కాలం, ద్రవ్యరాశిలను గూర్చి నూతన భావాలను సూచిస్తాయి. ఈ భాగంలో లోరెంట్జ్ రూపాంతరణ సమీకరణాల ప్రధాన ఫలితాలను గూర్చి తెలుసుకుందాం.

22.3 అంతరాళ (దేశ) సంకోచం

x- అక్షం పరంగా జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థ S లో నిశ్చలస్థితిలో నున్నప్పుడు ఏదేని వస్తువు పొడవు L_o అనుకుందాం. ఈ వస్తువును S సాపేక్షంగా గమనానికి గురిచేసినా మనుకొందాం. దీని వేగం, జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థ S^1 పరంగా ఇది స్థిరంగా ఉండేలా ఉందనుకుందాం. అంటే ఇది S^1 వేగంతో ఒకే దిశలో పయనిస్తుండాలి. అప్పుడు S^1 పరంగా ఆ వస్తువు పొడవు L_o ఉంటుంది. ఇప్పుడు మనం వ్యవస్థ పరంగా v వేగంతో పయనిస్తున్న వస్తువు పొడవును కనుగొనాలి. వస్తువు పొడవును, వ్యవస్థ S లో సహకాలీనంలో అంటే ఏకకాలం t వద్ద వస్తువు తుది కొనల ఆవరించి ఉండే స్థిర బిందువుల మధ్య దూరంగా నిర్వచించవచ్చు. ఈ బిందువుల x - అక్షం నిరూపకాలు x_1, x_2 లు

అయిన వస్తువు పొడవు $L = (x_2 - x_1)$ వ్యవస్థలో వస్తువు తుదిబిందువుల నిరూపకాలు x'_1, x'_2 అయిన దాని పొడవు క్రింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$L_o = x'_2 - x'_1 \qquad 22.1$$

లోరెంట్జ్ రూపాంతరణ సమీకరణం

$$x' = \frac{x - Vt}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}} \qquad 22.2$$

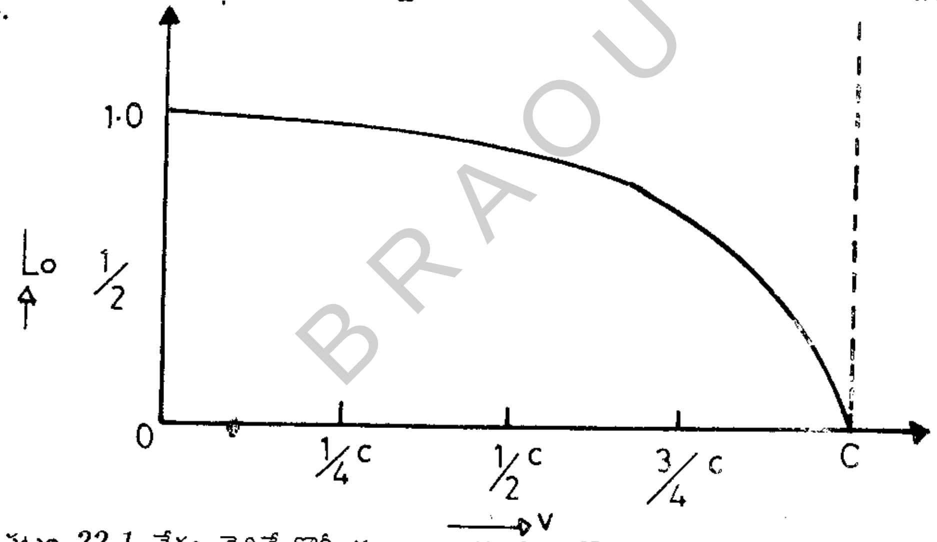
ఈ సమీకరణం 22.1 లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$L_o = \frac{x_2 - Vt}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}} - \frac{x_1 - Vt}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}} \qquad 22.3$$

$$L_o = \frac{x_2 - x_1}{[1 - V^2/c^2]^{\frac{1}{2}}} - \frac{L}{[1 - V^2/c^2]^{\frac{1}{2}}} \qquad 22.4$$

$$\therefore L = L_o[1 - v^2/c^2]^{\frac{1}{2}} \qquad 22.5$$

సమీకరణం 22.5 ప్రకారం ఏదేని ఏక వ్యవస్థ పరంగా సాపేక్ష వేగం V తో పయనిస్తున్న వస్తువు పొడవు మరొక నిర్దేశ వ్యవస్థపరంగా అది స్థిరంగా ఉన్నప్పుడు కొలచిన పొడవుకంటె తక్కువగా ఉంటుందని తెలుస్తుంది. పొడవు తగ్గుదల నిష్పత్తి $[1 - v^2/c^2]^{1/2}$ కి సమానంగా ఉంటుంది. ఏదైనా ఒక నిర్దేశవ్యవస్థ పరంగా సాపేక్ష వేగం v తో గమనంలోనున్న వస్తువు గమన దిశలో సంకోచనకు గురౌతుంది. ఈ నిష్పత్తి $[1 - v^2/c^2]^{1/2}$ సమానంగా ఉంటుంది. పటము 22.1 లో కాంతి వేగానికి సమానమైన వేగాన్ని చెరుకొనే కొలబద్ద పొడవు వేగం v తో ఎలా తగ్గుతుందో చూడవచ్చు. దీని ప్రకారం దూరాలు, వేగం పెరిగే కొద్దీ కుచించుకొని పోతాయి. దీనినే అంతరాళ సంకోచం అంటారు.



పటం 22.1 వేగం పెరిగే కొద్దీ దూరాలు కుంచించుకొంటాయి. 1 m పొడవు గల బద్దగమన దిశలో, దాని వేగం కాంతి వేగానికి సమానమయ్యే కొద్దీ సంకోచానికి లోనవుతున్నట్లుగా గోచరిస్తుంది.

ఈ సంకోచం నిజమైనది కాదు. కానీ పరిసర వస్తువుల మీద ప్రభావాన్ని తీసికొంటే ఈ సంకోచం వాస్తవమైనదే.

22.4 సహకాలికత సాపేక్షత

వ్యవస్థ S లో రెండు సంఘటనలు x_1, x_2 బిందువుల వద్ద ఏకకాలం $t_1 = t_2$ లో జరిగినవని అనుకుందాం. S సాపేక్షంగా v వేగంతో పయనిస్తున్న వ్యవస్థ S' లో ఈ సంఘటనలు జరిగే కాలాలు t_1, t_2 అయిన

$$t'_1 = \frac{t_1 - Vx_1/c^2}{[1-V^2/c^2]^{1/2}} \qquad 22.6$$

$$t'_2 = \frac{t_2 - Vx_2/c^2}{[1-V^2/c^2]^{1/2}} \qquad 22.7$$

S వ్యవస్థలో రెండు సంఘటనలు జరిగే మధ్యకాలం

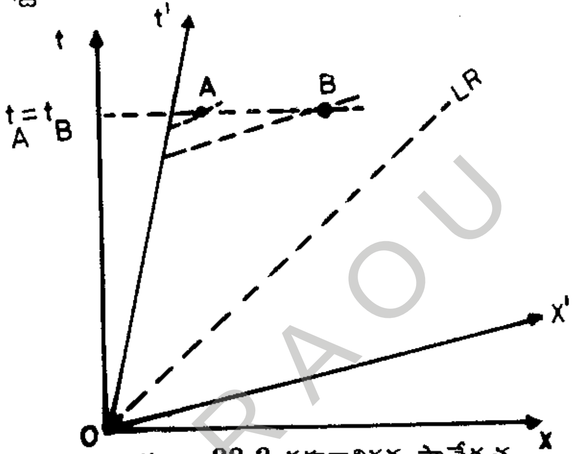
$$\Delta t' = t'_2 - t'_1 = \frac{t_2 - Vx_2/c^2}{[1-V^2/c^2]^{1/2}} - \frac{t_1 - Vx_1/c^2}{[1-V^2/c^2]^{1/2}}$$

$$= \frac{1}{[1-V^2/c^2]^{1/2}}\left[(t_2 - t_1) - \frac{V}{c^2}(x_2 - x_1)\right] \qquad 22.8$$

$t_2 = t_1$ కనుక

$$\Delta t' = \frac{-V}{c^2}\frac{[x_2 - x_1]}{[1-V^2/c^2]^{1/2}} \neq 0 \qquad 2\ 2.9$$

సమీకరణం 22.9 ప్రకారం వ్యవస్థ S లో నిశ్చలస్థితిలో నున్న పరిశీలకుడు గమనించే x_1, x_2 బిందువుల వద్ద జరిగే సహకాలిక సంఘటనలు, S పరంగా v సాపేక్షవేగంతో గమనంలో నున్న S^1 వ్యవస్థలో నిశ్చలస్థితిలో నున్న పరిశీలకునికి సహకాలిక సంఘటనలుగా గోచరించవు. యుగ్మ సంఘటనల సహకాలికత పరమధర్మము కాదు. ఇది పరిశీలకుని గమన స్థితిని బట్టి మారుతుంది. సాపేక్షవేగంతో గమనంలో నున్న ఇద్దరు పరిశీలకులకు సహకాలికత ఉండదు.



పటం 22.2 సహకాలికత సాపేక్షత

BRAOU

(x, t) వ్యవస్థ నిశ్చలంగా ఉంది.

x', t' వ్యవస్థ గమనంలో ఉంది. దీని అక్షాలు కాంతిరేఖ LR వైపుకు వాలి ఉంటాయి.

కాంతిరేఖ x, t అక్షాలలో 45° కోణం చేస్తూ ఉంటుంది.

పటం 22.2లో చూపినట్లు (x, t) వ్యవస్థ దూరంలో జరిగే A, B అనే రెండు సంఘటనలను మనం ఏక కాలంలో పరిశీలిస్తాము. A సంఘటన జరిగే కాలం B సంఘటన కాలం ఒకటే. అంటే $t_A = t_B (x^1, t^1)$ వ్యవస్థలో నున్న పరిశీలకుడు ఈ రెండు సంఘటనలు ఏకకాలంలో జరుగవని పేర్కొంటాడు. పటములో చూపినట్లు గమనం వలన (x^1, t^1) వ్యవస్థ అక్షాలు వాలి ఉంటాయి. కనుక పరిశీలకుడు సంఘటనB సంఘటనA కన్న ముందుగా జరిగిందని పేర్కొంటారు. ఈ దృగ్విషయాన్ని సమీకరణం 22.9 లోని రుణ సంజ్ఞ కూడా సూచిస్తుంది.

22.5 కాల వ్యాకోచము

జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థ S లో x_1 వద్ద ఒక గడియారం ఉందనుకొందాము. ఈ గడియారం క్రమ కాల వ్యవధి Δt లలో సంకేతాలను ఉత్పత్తి చేస్తుందనుకొందాము.

$$\Delta t = t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = t_4 - t_3 = ...t_n - t_{n-1} \qquad 22.10$$

S సాపేక్షంగా V వేగంతో పయనిస్తున్న వ్యవస్థ S^1 లోని స్థిర పరిశీలకుడు రికార్డు చేసే $t_1 t_2$ కాలాలు క్రింది విధంగా ఉంటాయి.

$$t'_1 = \frac{t_1 - Vx_1/c^2}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}} \qquad 22.11$$

$$t'_2 = \frac{t_2 - Vx_2/c^2}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}} \qquad 22.12$$

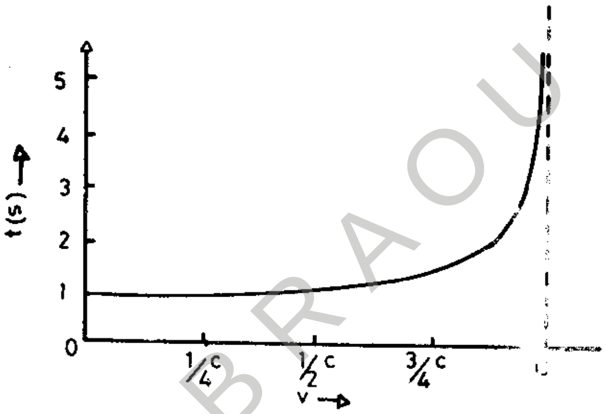
కాలవ్యవధి Δt^1 ని క్రింది విధంగా రాయువచ్చు.

$$t' = t'_2 - t'_1 = \frac{t_2 - t_1}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}} \qquad 22.13$$

లేదా

$$\Delta t' > \Delta t \qquad 22.14$$

కనుక కాల వ్యవధి గమనంలో నున్న పరిశీలకునికి నిశ్చలంగా పరిశీలకుడు గమనించే కాల వ్యవధికన్న అధికంగా ఉన్నట్లు గోచరిస్తుంది. పరిశీలకుని పరంగా ఏదేని గడియారం గమనంలో నున్నప్పుడు అతనిని ఆ గడియారం మందగతిలో నున్నట్లు తెలుస్తుంది. ఏదేని పరిశీలకుని పరంగా గమనంలోనున్న గడియారాలతో కొలిచిన కాలం నిశ్చల స్థితిలో నున్న గడియారాలతో కొలిచిన కాలం కన్నా అధికంగా ఉంటాయనే దృగ్విషయాన్నే కాలవ్యాకోచం అంటారు. పటం 22.3లో చూపినట్లు



BRAOU

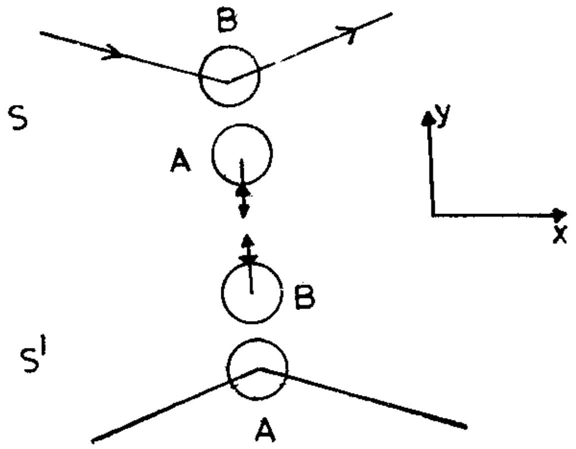
పటము *22.3* వేగం పెరిగే కొద్దీ కాలం మందగించుట కాలవ్యవధి గడియారం కాంతివేగాన్ని చేరే కొద్దీ పెరుగుతూ పోతుంది.

కాలవ్యాకోచం గమన వేగం పెరిగే కొద్దీ పెరుగుతుంది. ప్రసిద్ధి నొందిన జంట విరోధాభాసం (Twin Paradox) కాలవ్యాకోచ ప్రభావమే. జంటలో ఒకడు కాంతి వేగానికి సమీపంగా గల వేగంతో రోదశీ నౌకలో బయలుదేరి కొంతకాలం తర్వాత తిరిగి వచ్చినప్పుడు తన తమ్ముడి కంటే తాను యుక్తవయస్సులో నున్నట్లు తెలుసుకుంటారు. ఈ వయోబేధం నిష్పత్తి $[1 - v^2/c^2]^{1/2}$ కి సమానంగా ఉంటుంది.

22.6 వేగంతో ద్రవ్యరాశిలో మార్పు

ఏదేని రెండు వస్తువుల మధ్య అభిఘాతాన్ని పరిశీలించి తద్వారా వేగంతో ద్రవ్యరాశిలో కలిగే మార్పును సూచించే ప్రమేయాన్ని లెక్క కట్టవచ్చు. జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థ S లో నిశ్చల స్థితిలో ఒక ప్రయోగకర్త, జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థ S^1 లో నిశ్చల స్థితిలో మరొక ప్రయోగకర్త ఉన్నారనుకొందాము. x దిశలో $S^1 S$ సాపేక్షంగా u వేగంతో గమనంలో ఉన్నదను కొందాము.

ప్రయోగ కర్త లిరువురి వద్ద సర్వ సమ ఆదర్శ స్థితి స్థాపక గోళాలు ఉన్నాయను కొందాం. ప్రయోగ కర్తలు ఒకరి నొకరు దాటునప్పుడు వారిద్దరు తమ వద్దనున్న గోళాలను x దిశకు లంబదిశలో v వేగంతో ప్రక్షేపించినారనుకొందాము. అప్పుడు ఆ గోళాల మధ్య అభిఘాతం జరుగుతుంది. దీనిని పటము 22.4 లో చూడవచ్చు. గోళాల వేగం uS^1 వేగం v కన్న



పటము *22.4* సాపేక్ష గమనంలో నున్న వ్యవస్థల S, S^1 పరంగా సర్వ సమానత గల రెండు గోళాల మధ్య స్థితి స్థాపక అభిఘాతం చాలా తక్కువగా ఉన్నదనుకుందాం. వ్యవస్థ S^1 లోని ప్రయోగకర్త ప్రక్షిప్తం చేసిన గోళం B అనుకొందాం. వ్యవస్థ S లోని ప్రయోగ కర్త ప్రక్షిప్తం చేసిన గోళం B అనుకుందాం. వ్యవస్థ S లోని ప్రయోగ కర్త ప్రక్షిప్తం చేసిన గోళం B అనుకుందాం. వ్యవస్థ S పరంగా గోళం B యొక్క y అంశం వేగం u కన్న భిన్నంగా ఉంటుంది. లోరెంట్జ్ రూపాంతరణ సమీకరణాల ప్రకారం

$$y = y^1 \qquad 22.15$$

$$t = \frac{t' + Vx'/c^2}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}} \qquad 22.16$$

కనుక $$dy = dy' \qquad 22.17$$

$$dt = \frac{dt'}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}} \qquad 22.18$$

వ్యవస్థ S పరంగా గోళం B వేగం ω అయిన

$$\omega = \frac{dy}{dt} = \frac{dy'}{dt'}[1 - v^2/c^2]^{1/2} \qquad 22.19$$

కాని $\frac{dy'}{dt} = u$ కనుక

$$\omega = u[1 - v^2/c^2]^{1/2} \qquad 22.20$$

సర్వసమ ఆదర్శ స్థితి స్థాపక గోళాల మధ్య అభిఘాతం కనుక అభిఘాత ప్రక్రియలో శక్తి నష్టం జరుగదు. గోళాల వేగాలు వాటి రేఖీయ కేంద్రాల పరంగా పరస్పరం మార్పు చెందుతాయి. వ్యవస్థ S పరంగా అభిఘాతంలో ద్రవ్యవేగం నిత్యంగా ఉంటుంది. కనుక

$$m_o u = m\omega - m_o u \qquad 22.21$$

పై సమీకరణంలో m_o వ్యవస్థ S పరంగా నిశ్చలస్థితిలో నున్న గోళం A యొక్క ద్రవ్యరాశి, m వ్యవస్థని S ని వేగంతో దాటే A కి సర్వ సమమైన గోళం B యొక్క ద్రవ్యరాశి, సమీకరణం 22.21 ప్రకారం

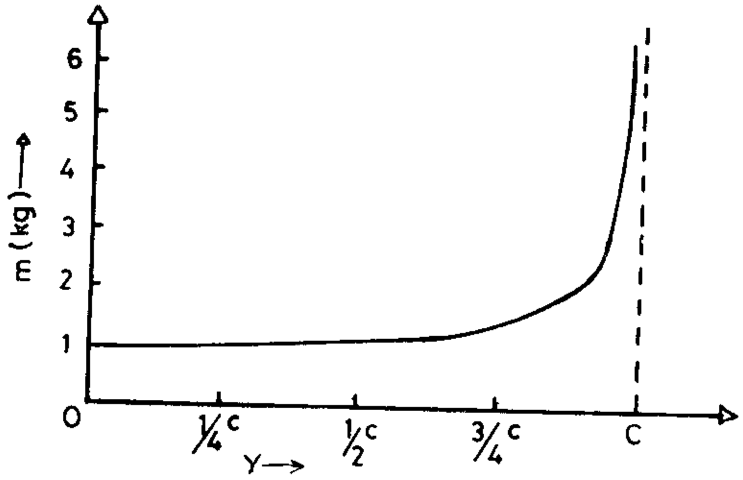
$$mw = m_o u \qquad 22.22$$

సమీకరణం 22.20 ని సమీకరణం 22.22 లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$mu[1 - v^2/c^2]^{1/2} = m_o u \qquad 22.23$$

$$m = \frac{m_o}{[1 - V^2/c^2]^{1/2}} \qquad 22.24$$

సమీకరణం 22.24 ప్రకారం గమనంలోవున్న వస్తువు ద్రవ్యరాశి వేగం పెరిగే కొద్దీ పెరుగుతుంది. ఈ మార్పు ఎలా వుంటుందో పటం 22.5 లో చూడవచ్చు.



పటం 22.5 వేగంతో ద్రవ్యరాశి పెరుగుదల

1 kg ద్రవ్యరాశిగ వస్తువు ద్రవ్యరాశి ఆ వస్తువు వేగం కాంతి వేగానికి పెరిగే కొద్దీ పెరుగుతుంది.

22.7 ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి - శక్తి సంబంధం

V వేగంతో గమనంలో నున్న కణం ద్రవ్యవేగం p అయిన

$$p = mv \qquad 22.25$$

న్యూటన్ రెండవ గమన సూత్రం ప్రకారం p ద్రవ్యవేగం గల కణం పై పనిచేసే బలం F అయిన

$$F = \frac{dp}{dt} \qquad 22.26$$

సమీకరణం 22.25 ప్రకారం

$$F = \frac{d}{dt}(mv) \qquad 22.27$$

సాపేక్షయాంత్రిక శాస్త్రంలో m, v లు కాలంలో మార్పుకు లోనవుతాయి. కనుక

$$F = m\frac{dv}{dt} + v\frac{dm}{dt} \qquad 22.28$$

కణం మీద F బలం పనిచేసినప్పుడు అది పొందే గతిజశక్తి K ని ఆ కణం వేగాన్ని O విలువ నుంచి v విలువకు మార్చుటకు అవసరమయిన పనిగా సూచించవచ్చు.

కనుక

$$dk = F.ds \qquad 22.29$$

ఇచ్చుట ds కణం పొందే అత్యల్ప స్థానభ్రంశం, సమీకరణం 22.28 ప్రకారం

$$dk = m.\frac{dV}{dt}.ds + v\frac{dm}{dt}.ds \qquad 22.30$$

లేదా $dk = m\frac{ds}{dt}.dv + v\frac{ds}{dt}.dm$ 22.31

$\frac{ds}{dt} = \mathrm{v}$ కనుక

$$dk = m\mathrm{v}d\mathrm{v} + \mathrm{v}^2 dm \qquad 22.32$$

వేగంతో ద్రవ్యరాశి మార్పును క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$m = \frac{m_o}{[1-\mathrm{V}^2/c^2]^{1/2}} \qquad 22.33$$

$$\therefore dm = m_o(-1/2)[1-\mathrm{v}^2/^2]^{-3/2}[-\tfrac{1}{c^2}2\mathrm{v}d\mathrm{v}] \qquad 22.34$$

$$dm = \frac{m_o}{[1-\mathrm{V}^2/c^2]^{1/2}} \frac{\mathrm{V}d\,\mathrm{V}}{c^2(1-\mathrm{V}^2/c^2)} \qquad 22.35$$

$$dm = m\frac{\mathrm{V}d\mathrm{V}}{c^2(1-\mathrm{V}^2/c^2)} = \frac{m\mathrm{V}d\mathrm{V}}{(c^2-\mathrm{V}^2)} \qquad 22.36$$

$$m\mathrm{v}d\mathrm{v} = (c^2 - \mathrm{v}^2)dm \qquad 22.37$$

సమీకరణం 22.37ని సమీకరణం 22.32 లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$dk = (c^2 - \mathrm{v}^2)dm + \mathrm{v}^2 dm = c^2 dm \qquad 22.38$$

K = 0 అయినప్పుడు కణం విరామ ద్రవ్యరాశి $m_o, K = K$ అయినప్పుడు కణం ద్రవ్యరాశి m అయిన

$$k = \int_{m_o}^{m} c^2 dm = c^2(m - m_o) \qquad 22.39$$

$$k = mc^2 - m_o c^2 \qquad 22.30$$

విరామ ద్రవ్యరాశి శక్తి $E_o = m_o c^2 E$ అని నిర్వచిస్తే

$$K + Eo = mc^2 \qquad 22.41$$

లేదా

$$E = mc^2 \qquad 22.42$$

పై సమీకరణంలో E గతిజశక్తి విరామ ద్రవ్యరాశి శక్తుల మొత్తాన్ని సూచిస్తుంది. ఇది కణం మొత్తం శక్తిని తెల్పుతుంది. సమీకరణం 22.42 ని ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి - శక్తి సంబంధం అంటారు. ఈ సమీకరణం ప్రకారం Δm ద్రవ్యరాశి శక్తిగా ఏదేని ప్రక్రియలో మార్పు చెందితే విడదలయే శక్తి mc^2 ద్రవ్యరాశి శక్తిగాను, శక్తి ద్రవ్యరాశిగాను పరస్పరం మార్పు చెందే దృగ్విషయం విశేష సాపేక్షతా సిద్ధాంతం యొక్క ప్రధాన ఫలితం. నేడు నిర్మాణాత్మక పనులకు వినియోగించే కేంద్రకశక్తికి కారణభూతము ఐన్‌స్టీన్ ప్రతిపాదించిన ద్రవ్యరాశి - శక్తి ప్రమేయమే. ఈ కేంద్రక శక్తిని వినాశాత్మక పనులకు కూడా వాడవచ్చు.

మాదిరి లెక్క 1.

సర్వ సమమైన రెండు రోదశీ నౌకలలో ఇద్దరు మనుష్యులు పయనిస్తారు. వీరిద్దరు సర్వసమమైన కాలమాన పరికరాలను కలిగి ఉన్నారు. ఒక రోదశీ నౌక మరొక రోదశీ నౌకను $2.0 \times 10^8 ms^{-1}$ సాపేక్ష వేగంతో దాటి వెళ్ళునప్పుడు తన వ్యవస్థలో స్థిరంగా ఉన్న మనిషి రోదశీ నౌక పొడవు 10 m ఉన్నట్లు కొలుస్తాడు. ఈ రోదశీ నౌక పొడవు రెండవ రోదశీ నౌకలో పయనించే మనిషి కొలిచినప్పుడు ఎంత ఉంటుందో లెక్క కట్టుము. రెండవ రోదశీ నౌకలోని మనిషి మొదటి నౌక పరంగా $20 \times 10^8 m^{-1}s$ వేగంతో పయనిస్తుంటాడు.

జవాబు

లోరెంట్జ్ సంకోచం ప్రకారం

$$L = Lo(1 - v^2/c^2)^{1/2}$$

లెక్కలోని దత్తాంశం ప్రకారం $L_o = 10m, V = 20 \times 10^8 ms^{-1}, c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

$$L = Lo(1 - v^2/c^2)^{1/2} - 10[1 - \frac{2.0\times10^8}{3.0\times10^8}]^{1/2} = 7.8m$$

మాదిరి లెక్క 2

ప్రయోగశాలలో ఉత్పన్నమయిన తక్కువ వేగం గల μ మోసాన్ సగటు జీవనకాలం 2.2×10^{-6} విశ్వకిరణాలలో తారసిల్లే అధిక వేగం గల μ మెసాన్‌ల సగటు జీవనకాలం 1.1×10^{-5} అయిన విశ్వ కిరణాలలో తారసిల్లే μ మోసాన్‌ల వేగాన్ని లెక్క కట్టుము.

జవాబు

μ మోసాన్‌ల ప్రాథమిక కణాలు. వీటి విద్యుదావేశం ఎలక్ట్రాన్ విద్యుదావేశానికి సమానం. వీటి విరామ ద్రవ్యరాశి దాదాపు ఎలక్ట్రాన్ విరామ ద్రవ్యరాశికి 207 వంతులు ఉంటుంది. ప్రయోగశాల నిర్దేశ వ్యవస్థ పరంగా తక్కువ వేగం గల μ మోసాన్‌లు నిశ్చలంగా ఉన్నట్లు భావించవచ్చు. కనుక కాలవ్యాకోచాన్ని సూచించే సమీకరణాన్ని తీసికొంటే

$$\Delta t = \frac{to}{[1 - v^2/c^2]^{1/2}}$$

లెక్కలోని దత్తాంశం ప్రకారం

$$\Delta t = 1.1\times10^{-5}s, \Delta to = 2.2\times10^{-6}s$$

V విశ్వ కిరణాలలో తారసిల్లే μ మోసాన్‌ల వేగాన్ని సూచిస్తుంది.

$$[1 - v^2/c^2]^{1/2} = \left[\frac{\Delta to}{\Delta t}\right]^2$$

$$\frac{v}{c} = [1 - \frac{(\Delta to)^2}{\Delta t}]^{1/2} = [1 - \frac{2.2\times10^{-6}}{1.1\times10^{-5}}]^{1/2} = 0.980$$

$$v = 0.98\ c$$

విశ్వకిరణాలలో తారసిల్లే μ మెసాన్‌ల వేగం కాంతివేగానికి 0.98 రెట్లు ఉంటుంది.

మాదిరి లెక్క

V వేగంతో గమనంలోనున్న కణం గతిజశక్తి దాని విరామ ద్రవ్యరాశి శక్తికి 4 రెట్లు ఉన్నది. అప్పుడు కణం వేగమెంతో కనుగొనుము.

కణం మొత్తం శక్తి $E = Eo + K$

ఇచ్చట K గతిజశక్తిని, Eo విరామద్రవ్యరాశి శక్తిని సూచిస్తాయి. లెక్కలోని దత్తాంశం ప్రకారం కణం తన గతిజశక్తి Eo ఉండేలా V వేగంతో పయనిస్తున్నది.

కనుక

$$E = Eo + 4Eo = 5Eo$$

కణం ద్రవ్యరాశి m అయినచో ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి - శక్తి సంబంధం ప్రకారం

$$mc^2 = 5m_oc^2$$

ద్రవ్యరాశికి సాపేక్షప్రమేయాన్ని ఉపయోగించి కణవేగం V లెక్కకట్టవచ్చు.

$$m = \frac{m_o}{[1 - v^2/c^2]^{1/2}}$$

BRAOU

$$mc^2 = \frac{m_o c^2}{[1-v^2/c^2]^{1/2}} = 5m_o c^2$$

$$(\frac{v}{c})^2 = 1 - 1/25 = 23/25 = 0.96$$

v = 0.98 c

22.8 సారాంశం

ఏదేని వస్తువు కాంతి వేగంతో పోల్చదగిన వేగంతో గమనంలో నున్నప్పుడు (i) అంతరాళ సంకోచము (ii) కాల వ్యాకోచము (iii) ద్రవ్యరాశి పెరుగుదల వంటి సాపేక్ష ఫలితాలను పరిశీలించవచ్చు.

L_o పొడవు గల ఏదేని వస్తువును v వేగంతో గమనిస్తున్నప్పుడు నిశ్చలంగా ఉన్న పరిశీలకునికి ఆ వస్తువు సంకోచించినట్లు గోచరిస్తుంది. నిశ్చలంగా ఉన్న నిర్దేశ వ్యవస్థలో నున్న పరిశీలకునికి గోచరమయ్యే వస్తువు పొడవు L అయిన

$$L = Lo[1 - v^2/c^2]^{1/2}$$

ఇచ్చట C కాంతివేగాన్ని సూచిస్తుంది.

గమనంలో గల గడియారం మందగతికి లోనయినట్లు నిశ్చలస్థితిలో నున్న పరిశీలకుడు గమనిస్తాడు. నిశ్చల వ్యవస్థలోని పరిశీలకుడు గమనించే గమనంలో నున్న వ్యవస్థలోని సంఘటనల వ్యవధి పెరుగుదలను కాల వ్యాకోచం అంటారు దీనిని క్రింది వేధంగా సూచించవచ్చు.

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{[1-v^2/c^2]^{1/2}}$$

పరమ సహకాలికత అనేదంటూ లేనే లేదు. నిశ్చల స్థితిలో గల వ్యవస్థలో ఏకకాలంలో ఎక్కువ దూరంలో జరిగే రెండు సంఘటనలు గమనంలో నున్న జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థలో స్థిరంగా నున్న పరిశీలకుడు తన వ్యవస్థ పరంగా వివిధ కాలాలలో జరిగినట్లు గ్రహిస్తాడు.

ఏదేని వస్తువు ద్రవ్యరాశి m వేగం పెరిగే కొద్దీ పెరుగుతుంది. దీనిని క్రింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$m = \frac{mo}{[1-v^2/c^2]^{1/2}}$$

ఇచ్చట m_o వస్తువు విరామ ద్రవ్యరాశిని సూచిస్తుంది.

ద్రవ్యరాశి - శక్తి పరస్పరం ఒక రూపం నుంచి మరొక రూపంలోనికి మారుతుంది. ఐన్‌స్టీన్ ఉత్పాదించిన ద్రవ్యరాశి - శక్తి సంబంధం విశేష సాపేక్షతా సిద్ధాంతం యొక్క ప్రముఖ ఫలితం. ఈ సంబంధం

$$E = mC^2$$

ఇచ్చట C కాంతి వేగం

ఏ వస్తువునైనా పొందగలిగే అత్యధిక వేగం కాంతి వేగం మాత్రమే.

22.9 నమూనా ప్రశ్నలు

I. **ఈ క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానాలు రాయుండి.**

1. ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి - శక్తి సంబంధాన్ని ఉత్పాదించండి. ఈ సంబంధం ప్రాముఖ్యాన్ని వివరించండి.

BRAOU

II. ఈ క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానాలు రాయండి.

1. గమనంలో నున్న కొలబద్ద, నిశ్చలస్థితిలో నున్న పరిశీలకునికి కుంచించుకొని పోయినట్లు గోచరిస్తుందని నిరూపించండి.
2. కాల వ్యాకోచమనగా నేమి?
3. సాపేక్షతా సిద్ధాంత భావనాలు ఆధారంగా గమనంలో నున్న వస్తువు ద్రవ్యరాశి దాని వేగం పెరిగే కొద్ది పెరుగుతుందని నిరూపించండి.
4. లోరెంట్జ్ రూపాంతరణ సమీకరణాల ప్రాముఖ్యతను తెల్పండి. ఏ పరిస్థితులలో ఈ సమీకరణాలు గెలీలియన్ రూపాంతరణ సమీకరణాలను పోలి వుంటాయి.

III. క్రింది సమస్యలను సాధించండి.

1. నిశ్చలస్థితిలోనున్న పరిశీలకుని పరంగా, 2 m పొడవుగల రోదసీ నౌక 0.8c వేగంతో ఉంటుందో కనుగొనుము. (జవాబు 1.2 m)
2. రోదసీ నౌకలోని గడియారము వ్యోమగామి పరంగా 1 s వ్యవధులలో సంకేతాలను ఉత్పన్నం చేస్తున్నది. రోదసీ నౌక 0.8c వేగంతో గమనంలో నున్నది. భూమి మీద గల నియంత్రిత కేంద్రంలోని పరిశీలకుడు ఈ సంకేతాల కాలవ్యవధి ఎంత ఉన్నట్లు కనుగొంటారో లెక్కకట్టుము. (జవాబు. 167 s)
3. ఒక జీవనకాలం ఆ కణం పరంగా స్థిరంగా ఉన్న వ్యవస్థలో కొలచినప్పుడు $4 \times 10^{-6} s$ ఉన్నట్లు కనుగొనబడినది. ఈ క్షణం ప్రయోగశాల సాపేక్షంగా 0.6 c వేగంతో గమనంలో నున్నది. ప్రయోగశాలలోని పరిశీలకుడు ఈ కణం జీవనకాలం ఎంత ఉన్నట్లు లెక్క కట్టుతారో కనుగొనుము. (జవాబు. $5 \times 10^{-6} s$)
4. ప్రయోగశాలలో ఉత్పన్నమయిన తక్కువవేగం గల μ - మెసాన్ సగటు జీవనకాలం $2.2 \times 10^{-6} s$ విశ్వ కిరణాలలో తారసిల్లే μ మెసాన్‌ల వేగం 0.98 c ఉన్నట్లు కనుగొన్నారు. వాతావరణంలో విశ్వకరణ μ మెసాన్ ఎంత దూరం పయనిస్తుందో లెక్కకట్టుము. (జవాబు. 3235 m)
5. విరామ ద్రవ్యరాశికి మూడింతలు ద్రవ్యరాశి గల కణం వేగం ఎంత ఉంటుందో కనుగొనుము. (జవాబు. 0.943 c)
6. 0.98 c వేగంతో గమనంలో నున్న ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి ఎంతో కనుగొనుము. (జవాబు $45.5 \times 10^{-31} kg$)
7. నిశ్చలస్థితిలో నున్న రైలు బండి పొడవు 1000 m. దీని ద్రవ్యరాశి విరామ ద్రవ్యరాశిని రెండింతలు ఉండే విధంగా ఇది గమనంలో నున్నప్పుడు దీని పొడవు నిశ్చలస్థితిలో నున్న నిర్దేశ వ్యవస్థ పరంగా ఎంత ఉంటుందో కనుగొనుము. (జవాబు. 500 m)
8. ఏదేని కణం గతిజశక్తి విరామ ద్రవ్యరాశి సమానంగా ఉన్నప్పుడూ దాని వేగమును లెక్కకట్టుము.

22.10 పదకోశం

లోరెంట్జ్ రూపాంతరణము	విశేష సాపేక్షతా సిద్ధాంత ఉపపాదనలు ఆధారంగా ఉత్పాదించిన, సాపేక్ష వేగంతో గమనంలోనున్న రెండు వ్యవస్థలకు వర్తించే అంతరాళము కాలమునలకు గల సంబంధాలు.
జడత్వ నిర్దేశ వ్యవస్థ	జడత్వ నియమము పాటింపబడే వ్యవస్థ

BRAOU

మోసాన్	ఎలక్ట్రాన్ విరామ ద్రవ్యరాశికి ప్రోటాన్ విరామ ద్రవ్య రాశికి మధ్య విలువగా విరామ ద్రవ్యరాశిగల కణము.
విరామ ద్రవ్యరాశి	నిర్దేశ వ్యవస్థలో నిశ్చలస్థితిలో నున్న కణం ద్రవ్యరాశి
విరామ ద్రవ్యరాశి శక్తి	విరామ ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు కలిగి వుండే శక్తి. ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి - శక్తి నియమ ప్రకారం
కణ జీవనకాలం	కణం పుట్టుకకు, అది క్షయానికి లోనయ్యేప్పటికి పట్టే కాలము.

22.11 చదవదగిన గ్రంథాలు

1.	Wanganess, R.K.	Introductory Topics in Theoretical Physics	John Wiley and Sons Inc. New York.
2.	Carr. H.Y. and Weidner, R.T.	Physics from the Ground up	Mc Graw Hill Book Co. New York
3.	Kaufmann, W.J.	Relativity and Cosmology	Harper & Row Publishers, London
4.	Richtmyer, F.K. Kennard, E.H. and Lauristsen, T.	Introduction to Modern Physics.	Mc Graw Hill Book Co. New York.
5.	French, A.P.	Principles of Modern Physics	John Wiley & Sons Inc., New York
6.	Resnick, R.	Introduction to Special Relativity	Wiley Eastern Ltd. New Delhi
7.	Pauli, W.	Theory of Relativity	B1 Publications, Bombay.
8.	Shadowitz, A.	Special relativity	W.B. Saunders Co. London
9.	Liverhant, S.E.	Outline of Atomic Physics	Regents Publishing Co. Inc. New York
10.	French, A.P.	Special Relativity	The English Language Book Society and Nelson.

BRAOU

ఖండం-VII ఎలక్ట్రానిక్స్ - మౌలిక అంశాలు

B R A O U

BRAOU

భాగం-23 : అర్ధవాహకాలు

విషయక్రమం

23.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు
23.2 ప్రవేశిక
23.3 ఘనపదార్ధ పట్టీ సిద్ధాంతము
    23.3.1 బంధకాలు
    23.3.2 వాహకాలు
    23.3.3 అర్ధవాహకాలు
23.4 అర్ధవాహకాలలో బాహ్యజనిత విద్యుద్వాహనం
23.5 అర్ధవాహక సాధనాలు
    23.5.1 డయోడ్
    23.5.2 ట్రాన్సిస్టర్
23.6 సారాంశం
23.7 నమూనా జవాబులు
23.8 నమూనా ప్రశ్నలు

23.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో ఘన పదార్ధాల పట్టీ సిద్ధాంతపరంగా పదార్ధాల వర్గీకరణను గురించిన చర్చ ఉంది. మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. పదార్ధాలను వాహకాలు, బంధకాలు, అర్ధవాహకాలుగా వర్గీకరించగలరు.
2. సరళ అర్ధవాహక సాధనాలతో పరిచయం ఏర్పడుతుంది.

23.2 ప్రవేశిక

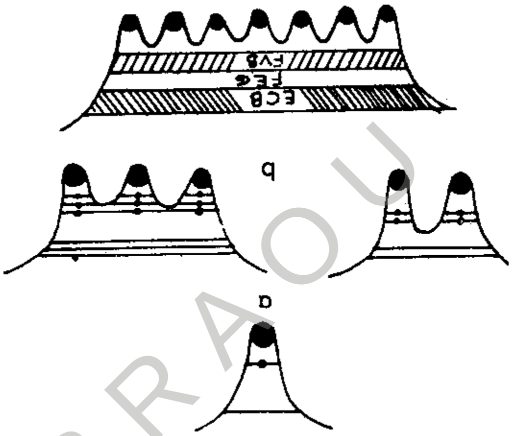
ఘనపదార్ధాలకు సంబధించిన భౌతిక ధర్మాలైన విద్యుద్వహనం, విశిష్టోష్ణం. ఉష్ణవహనం వంటి కొన్ని ధర్మాలను వివరించడానికి స్వేచ్ఛాయుత ఎలక్ట్రాన్ నమూనా (Free electron model) ను మెరుగు పరచే ప్రయత్నాలు సోమర్‌ఫెల్డ్ చాలా చేసాడు. ఈ సిద్ధాంతం ప్రకారం ఘనపదార్ధ పరమాణువుల వాలెన్స్ లేదా సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లన్నీ ఒక విధమైన స్వేచ్ఛాయుత ఎలక్ట్రాన్ వాయువుగా భావించాలి. ఈ వాయువునే ఫెర్మి వాయువు అంటారు. ఇటువంటి ఎలక్ట్రాన్ వ్యవస్థకు ఫెర్మి-డిరాక్ సాంఖ్యక శాస్త్రాన్ని అనువర్తింపచేసి లోహాల విశిష్టోష్ణాన్ని సంతృప్తికరంగా రాబట్టవచ్చు. అంతేకాక ఇది లోహాలలో విద్యుద్వహనాన్ని వివరించగలిగింది. అయితే ఈ స్వేచ్ఛాయుత ఎలక్ట్రాన్ నమూనా ఘనపదార్ధాల మరికొన్ని భౌతిక ధర్మాలు, అంటే స్వభావజ అర్ధవాహకాలలో ఉష్ణోగ్రతతో వాహకత్వ పెరుగుదల, నిరోధకత తరుగుదల అర్ధవాహకాలలోని "హోల్" ఉనికిని వివరించడంలో విఫలమైనట్లు తర్వాత పరిశోధనలు స్పష్టపరిచాయి. ఈ వ్యత్యాసాలకు కారణం ఘనపదార్ధాలలో, స్వేచ్ఛాయుత ఎలక్ట్రాన్ నమూనా ప్రతిపాదించినట్లు, సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లు పూర్తిగా స్వేచ్ఛాయుతం కాకపోవడమే. పరిసర ఎలక్ట్రాన్‌ల వల్ల, ధనాత్మక అయాన్ అంతర్భాగాల వల్ల సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌ల ప్రవర్తన ప్రభావితమౌతుంది. ఈ ఎలక్ట్రాన్ జాలకాల (Lattice) మధ్య అన్యోన్య చర్యను గణనలోనికి తీసుకొన్నప్పుడు కొన్ని నూతన విషయాలు వెల్లడయ్యాయి. ఈ నూతన సిద్ధాంత రీత్యా లోహాలకు,

BRAOU

బంధకాలకు, అర్ధవాహకాలకు గల బేధాలను వివరించడానికి వీలుకలిగింది. ఈ విధంగా ఘనపదార్థాల విస్తృత అవగాహనకు తోడ్పడే రీతిగా రూపొందించిన సిద్ధాంతాన్నే ఘనపదార్థాల పట్టి సిద్ధాంతం అంటారు. ఈ నూతన సిద్ధాంతంలో ఇమిడి ఉన్న అనేక విషయాలు ఘనస్థితి ప్రవర్తనను సంతృప్తికరంగా వివరించడానికి దారితీసాయి.

23.3 ఘన పదార్థా పట్టీ సిద్ధాంతం (Band theory of Solids)

ఈ నూతన సిద్ధాంత దృష్ట్యా స్పటికజాలకంలో ఇమిడి ఉన్న ధనాత్మక అయాన్ అంతర్భాగాలు, ఇతర పరిసర ఎలక్ట్రాన్ల ప్రభావంలో చలించే సంయోజక ఎలక్ట్రాన్ గమనాన్ని పరీక్షించవలసి ఉంటుంది. స్ఫటికంలో చలించే ఎలక్ట్రాన్ యొక్క స్థితిజశక్తి ప్రమేయానికి ఆవర్తన స్వభావం కలిగి ఉండడమే ఈ సమస్య మూల లక్షణం. ఒక స్వేచ్ఛాయుతంగా ఉన్న ఒక పరమాణువుకు అవలంబించిన ఎలక్ట్రాన్ శక్తిస్థాయిల చిత్రపటం అదీ పరమాణువు స్ఫటికంలో ఉన్నప్పుడు అనువర్తించడానికి వీలుపడదు. కేంద్రకం దగ్గరగా ఉన్న అంతరిక ఎలక్ట్రాన్ల శక్తిస్థాయిలు చాలావరకు ప్రభావితం అవుతాయి. ఈ సంయోజక ఎలక్ట్రాన్లు రసాయనిక బంధంలో పాల్గొంటాయి. కనుక వీటి శక్తిస్థాయిలు పరిసర పరమాణువుల ప్రభావం వల్ల చాలా వరకు ప్రభావితమౌతాయి. ఘనపదార్థంలో పరమాణువులు సంకీర్ణంగా సంపుటీకరణం అయినందువల్ల పరమాణువులలోని బాహ్య ఎలక్ట్రాన్ల మధ్య అన్యోన్య చర్య హెచ్చుతుంది. రెండు పరమాణువులు ఒక వివక్త శక్తిరేఖకు బదులుగా రెండురేఖలను, N పరమాణువులు N రేఖలను ఏర్పరుస్తాయి. (పటం 23.1)



పటం *23.1*

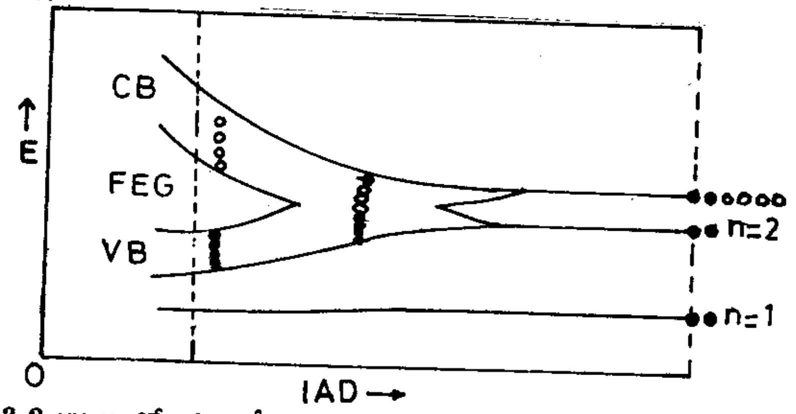
a) విడి పరమాణువు b) రెండు, మూడు పరమాణువులు ఒకదానికి మరియొకటి దగ్గరగా ఉన్నప్పుడు. (c) ఘన స్ఫటికం

FCB - ఖాళీ వాహకపట్టీ

FEG - నిషిద్ధ శక్తి అంతరం

FVB - పూరింపబడిన సంయోజక పట్టీ

ఒక పరమాణువుకు ఒక శక్తిస్థాయికి బదులుగా స్ఫటికంలో ఈ శక్తిస్థాయిలన్నీ కలసి ఒక పట్టీగా ఏర్పడటం గమనించవచ్చు. స్ఫటికంలో ఏదేని ఒక పరమాణువు బాహ్య ఎలక్ట్రాన్ల శక్తి ఈ శక్తి పట్టీలో ఉండాలి. అయితే ఏ శక్తిస్థాయి ఏ పరమాణువుకు సంబంధించినదో నిర్ణయించడం కష్టతరం. ఈ శక్తి పట్టీ వెడల్పు పరమాణువులోని బాహ్య ఎలక్ట్రాన్ సంధానం మీద ఆధారపడతుంది. అంటే స్ఫటికములోని అంతర్ పరమాణుక దూరంపై ఆధారపడుతుంది. అంతర్ పరమాణువు దూరం తరిగే కొలది సంధానం పెరిగి పట్టీ వెడల్పు హెచ్చుతుంది. స్ఫటికంలో అంతర్ పరమాణుక దూరం అవిచ్ఛిన్నముగా మార్చడానికి వీలుపడదు కనుక పటం 23.2 సైద్ధాంతిక వక్రాన్ని సూచిస్తుంది. స్ఫటికాలలో ఎలక్ట్రాన్ శక్తుల పట్టీ సిద్ధాంతము సులభముగా గ్రహించడానికి వీలుగా ఈ వక్రం యిక్కడ యివ్వబడింది.



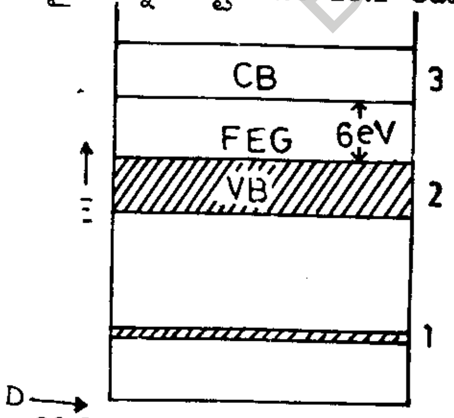
పటం *23.2* కర్బనంలో శక్తి పట్టీ, అంతర్ పరమాణు దూరం మారే తీరు (సైద్ధాంతిక వక్రం)

DC - వజ్ర స్ఫటికం CB - వాహక పట్టీ IA - విడి పరమాణువు VB - సంయోజక పట్టీ IAD - అంతర్ పరమాణుక దూరం FEG - నిషిద్ధ శక్తి అంతరం పూరింపబడిన స్థాయి O పరమాణుస్థాయిలు.

కర్బనపు పరమాణువులో n = 1 కర్పరంలో 2 ఎలక్ట్రాన్‌లు n = 2 కర్పరంలో 4 ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉంటాయి. అయితే n = 2 కర్పరంలో సంపూర్ణంగా ఎనిమిది శక్తిస్థాయిలు ఉంటాయి. పటం 23.2 కుడివైపు చూపిన విడిపరమాణువులో, 6 శక్తిస్థాయిలు మాత్రమే పూరింపబడినట్లు మిగిలిన n = 2 లోని నాలుగు శక్తిస్థాయిలు అసంపూర్ణంగా అంటే ఖాళీగా ఉన్నట్లు చూపబడ్డాయి. పటం. 23.2 మధ్యలో చూపినట్లుగా అంతర్ పరమాణుక దూరం తరిగే కొలది వివక్త శక్తిస్థాయిలు వెడల్పు పట్టీగా ఏర్పడం గమనించవచ్చు. చివరకు n = 2 కర్పరంలో రెండు ఉప కర్పరాలు ఒకదానిపై మరి యొకటి పరస్పర వ్యాపితమౌతాయి. అంటే వ్యతిపాతం (over lap) చెందుతాయి.

అంతర్ పరమాణుక దూరం పెరిగే కొలదీ నాలుగు పై స్థాయిలుగా నాలుగు క్రింది స్థాయిలుగా విడిపోతాయి. ఖండిత సరళరేఖతో సూచించిన బిందువు వద్ద రెండు పట్టీలుగా స్పష్టంగా దూరంగా విడిపోతాయి. ఖండిత సరళరేఖగా సూచించిన బిందువు "వజ్ర స్ఫటికానికి" అనురూపమైన అంతర్ పరమాణుక దూరాన్ని సూచిస్తుంది. n = 1 కి అనురూపంగా ఉండే ఎలక్ట్రాన్ శక్తిస్థాయి. అంతర్ పరమాణుక దూరం తగ్గినా పెద్దగా మార్పు చెందదు. n = 2 శక్తి పట్టీలో పైభాగాన్ని వాహక పట్టీ అని క్రింది భాగాన్ని సంయోజక పట్టీ అని అంటారు. ఈ రెండు పట్టీల మధ్య ప్రదేశంలో ఏ ఎలక్ట్రాన్ కూడా శక్తిస్థాయిలను కలిగి ఉండదు. ఈ ప్రదేశాన్ని "నిషిద్ధ శక్తి అంతరం" అంటారు. పటం 23.2 లో చూపిన శక్తిపట్టీ చిత్రం వజ్రస్ఫటికానికి పైన చర్చించిన రీతిగా గీయబడింది. n = 1 కు అనురూపమైన సన్నని పట్టీ పటం 23.2 అడుగు భాగంలో చూపబడింది.

BRAOU



పటం *23.3* వజ్ర స్ఫటికంలో శక్తి పట్టీ చిత్రం E శక్తి D దూరం

1. పరమాణువులోని రెండు పూరింపబడిన స్థాయిలు

2. పరమాణువులోని నాలుగు పూరింపబడిన స్థాయిలు

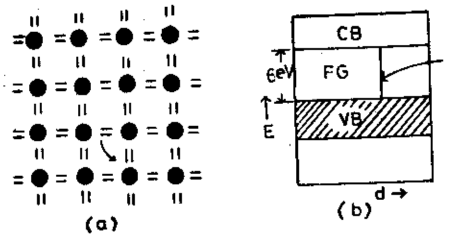
3. పరమాణువులోని నాలుగు అసంపూర్ణ స్థాయిలు

ఒక కర్బనపు పరమాణువులో 6 ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉంటాయి. అందువల్ల ప్రతి పరమాణువులో క్రిందిస్థాయిలు ముందుగా పూరింపబడుతాయి. కాబట్టి పటం. 23.3లో n = 1 కు అనురూపమైన రెండు శక్తిస్థాయిలు. సంయోజక పట్టీలో ప్రతి పరమాణువుకు నాలుగు ఎలక్ట్రాన్‌లు పూరింపబడి వాహకపు పట్టీ పూర్తిగా ఖాళీగా ఉంటుంది. అయితే అభ్యాసంలో యిది ఉజ్జాయింపుగా మాత్రమే నిజం. ఈ పరిస్థితి స్ఫటికంలోని ఎలక్ట్రాన్‌లు ఏదేని ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఉష్ణశక్తిని గ్రహిస్తాయన్న విషయాన్ని విస్మరించడం వల్ల ఏర్పడింది. అయితే ఈ ఉష్ణశక్తి చాలా తక్కువ మొత్తంలో ఉంటే వివిధ ఎలక్ట్రాన్‌లు శక్తిస్థాయిలలో వితరణలో పెద్దగా మార్పుండదు. అప్పుడు పటం 23.3 లో చూపిన పరిస్థితిలో ఎలక్ట్రాన్‌లు వివిధ శక్తిస్థాయిల నాక్రమిస్తాయి. దీనిని బట్టి వాహక, సంయోజక పట్టీగా పేర్లు పెట్టడానికి గల కారణం బోధపడుతుంది. ప్రతి పరమాణువులో సంయోజక పట్టీలోని నాలుగు బాహ్య ఎలక్ట్రాన్‌లు కర్బనం. యొక్క సంయోజకను నిర్ణయిస్తాయి. ఈ ఎలక్ట్రాన్లే సమయోజనీయ బంధంలో పాల్గొంటాయి. ఈ ఎలక్ట్రాన్‌లు పరిసర పరమాణువులతో సమయోజనీయ బంధంలో పాలువంచుకొని కేంద్రకాలతో గట్టిగా బంధించబడి ఉంటాయి. అందువల్ల వాటిశక్తి అనురూప స్వేచ్ఛాయుత ఎలక్ట్రాన్ శక్తిస్థాయికన్న తక్కువగా ఉంటుంది. వజ్ర స్ఫటికంలోని సమయోజనీయ బంధం నుంచి ఒక ఎలక్ట్రాన్‌ను తొలగిస్తే ఈ ఎలక్ట్రాన్ బంధిత ఎలక్ట్రాన్ శక్తిస్థాయికంటే పైన గల శక్తిస్థాయికి పోగలిగినంత శక్తిని పొందుతుంది. అంటే ఎలక్ట్రాన్ సంయోజక పట్టీ నుండి వాహక పట్టీకి ప్రయాణం చేసిందని తెలుపవచ్చు. సమయోజనీయ బంధం నుండి ఎలక్ట్రాన్ తొలగించడానికి కావలసిన కనిష్ఠ శక్తి వాహక పట్టీ యొక్క క్రింది శక్తిస్థాయికి, సంయోజక పట్టీ పై శక్తిస్థాయికి సమానం. ఇది నిషిద్ధశక్తి అంతరం యొక్క వెడల్పుకు సమానం. (వజ్ర స్ఫటికంలో 6ev ఒకసారి ఎలక్ట్రాన్ వాహక పట్టీలో ప్రవేశించిన తర్వాత (అంటే సమయోజనీయ బంధం నుంచి తొలగించిన తర్వాత) అది ఒక పరమాణువు నుండి మరియొక పరమాణువుకు స్వేచ్ఛగా చలించగలదు. (వాహక పట్టీ ఖాళీగా ఉన్నందువల్ల) ఏదేని ఎలక్ట్రాన్ సంయోజక పట్టీ నుండి వాహక పట్టీలో ప్రవేశించిన తర్వాత, పదార్థం మధ్య అనువర్తించిన విద్యుత్ క్షేత్రానికి లభ్యమౌతుంది.

23.3.1 బంధకాలు

ఏదేని ఒక స్ఫటిక పదార్థం గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద బంధకంగా ప్రవర్తించాలి. అంటే దానిలో సంయోజక పట్టీ సంపూర్ణంగా నింపబడి ఉండాలి. వాహక పట్టీ పూర్తిగా ఖాళీగా ఉండాలి. అంతేకాక నిషిద్ధ శక్తి అంతరం సుమారు 1ev కంటే ఎక్కువగా ఉండాలి. ఈ పరిస్థితులలో పదార్థం మొత్తం ఎలక్ట్రాన్ సంఖ్యలో అత్యల్ప సంఖ్య మాత్రమే నిషిద్ధ అంతరాన్ని అధిగమించి వాహక పట్టీలోనికి పోగల శక్తిని సంతరించుకొంటాయి. గది ఉష్ణోగ్రత $(300^{\circ}K)$ వద్ద ఒక ఎలక్ట్రాన్ పొందగల సగటు శక్తి $26 \times 10^{-3} ev$ మాత్రమే. అయితే వజ్ర స్ఫటికంలో ఒక ఎలక్ట్రాన్ సంయోజక పట్టీ నుండి వాహక పట్టీకి పయనించాలంటే 6ev శక్తిని పొందగలగాలి. స్ఫటికాన్ని విద్యుత్ క్షేత్రానికి గురిచేసినప్పుడు వాహకపట్టీలో ఎలక్ట్రాన్‌ల ప్రవాహం సంభవిస్తుంది. వజ్రంలోని వాహక పట్టీలో అత్యల్ప సంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉంటాయి. కాబట్టి అది అత్యంత విద్యుత్ బంధకంగా పనిచేస్తుంది. పదార్థం ఉష్ణోగ్రతను పెంచినప్పుడు ఎలక్ట్రాన్‌ల సగటు శక్తి హెచ్చుతుంది. నిషిద్ధ అంతరాన్ని అధిగమించగల శక్తి పొందిన ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య కూడా పెరుగుతుంది.

BRAOU



పటం *23.4* వజ్ర స్ఫటికం సంయోజనీయ బంధం నుండి ఎలక్ట్రాన్ భంజనం సరళంగా చిత్రించబడింది.

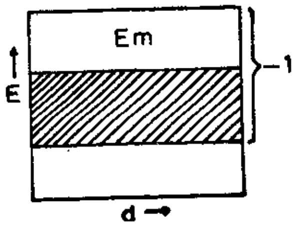
1. ఎలక్ట్రాన్ సంయోజక పట్టి నుండి వాహక పట్టీకి పయనించేతీరు.

CB - వాహక పట్టి VB - సంయోజక పట్టీ FG - నిషిద్ధ శక్తి అంతరం E - శక్తి d - దూరం

వజ్ర స్ఫటికం యొక్క సరళ చిత్రం ద్విమితీయంగా పటం 23.4లో చూడవచ్చు. దీనిలో సమయోజనీయ సమయోజనీయ బంధంలో నిలిచిఉన్న ఎలక్ట్రాన్‌లను చిన్నగీతల రూపంలో చూడవచ్చు. సమయోజనీయ బంధం నుంచి విడిపోవటానికి తయారుగా ఉన్న ఎలక్ట్రాన్ బాణపు గుర్తుతో సూచించపడింది. అటు తర్వాత ఆ ఎలక్ట్రాన్ స్వేచ్ఛాయుతమై స్ఫటికంలో చలిస్తుంది. 23 - 4b పటంలోని శక్తి పట్టీ చిత్రంలో ఈ ప్రక్రియ సంయోజక పట్టీ నుండి వాహక పట్టీకి బాణపు గుర్తుతో సూచించడం జరిగింది. పటం 23.4a లో రెండు అంతరిక ఎలక్ట్రాన్‌లు వాహన ప్రక్రియలో ఉపేక్షణీయ పాత్ర వహిస్తాయి. కనుక అవి చూపబడలేదు. వీటికి అనురూపమైన శక్తి పట్టీ కూడా పటం. 23.4 b నుంచి తొలగింపబడింది. విలక్షణమైన బంధకాల తరగతికి మైకా (అభ్రకం) క్వార్ట్జ్, (quartz) పాలరాయి (marble) చెందుతాయి.

23.3.2 వాహకాలు

వాహకాలలో బాహ్య ఎలక్ట్రాన్‌లు జనక కేంద్రకంతో వదులుగా బంధించబడి ఉంటాయి. వీటికి అనుమతింపబడిన శక్తిస్థాయిలు పటం 23.5 లో చూపబడ్డాయి. ఈ పటంలో అత్యధిక శక్తి పట్టీలు పరస్పర వ్యాపకం చెందిన శక్తి పట్టీ లేదా అతిపాతం వల్ల రెండు శక్తి పట్టీలు పరస్పర వ్యాపకం చెందిన శక్తి పట్టీ కావచ్చు. ఇది ఏ విధంగా రూపొందిన లభ్యమయ్యే ఎలక్ట్రాన్‌ల కంటే ఎక్కువ అనుమతింపబడిన ఎలక్ట్రాన్ శక్తి స్థాయిలు కలిగి ఉంటుంది. కాబట్టి అత్యధిక సంపూర్ణక శక్తిస్థాయిలకు పైన సమీపంలోనే ఖాళీ శక్తిస్థాయిలు ఉంటాయి. పూరింపబడిన పట్టీలో పై భాగంలోని ఎలక్ట్రాన్‌ను తీసుకొని దానికి అనురూపమైన శక్తిస్థాయిని గమనిద్దాం.



పటం *23.5* లోహం యొక్క పట్టీ నిర్మాణం E - శక్తి, d - దూరం, Em ఖాళీ

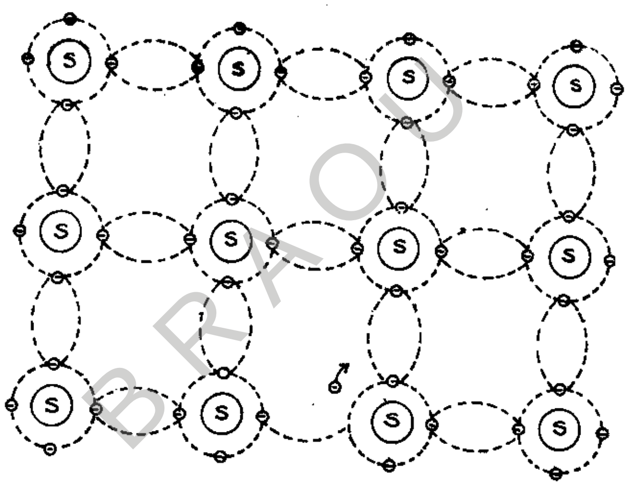
1 మొత్తం పట్టీ వెడల్పు. పట్టి కొంతవరకే పూరింపబడింది.

BRAOU

ఈ ఎలక్ట్రాన్ ఏదేని జనకం నుండి కొంతశక్తి మొత్తాన్ని పొందినప్పుడు అది పట్టీ ఖాళీ భాగంలోనికి పయనిస్తుంది. అటుపైన అది స్ఫటికంలో స్వేచ్ఛగా పయనించగలుగుతుంది. దీనికి కారణం శక్తిస్థాయిలో శక్తి స్థితులు ఆక్రమింపబడకపోవడమే. వాహక పట్టీ, సంయోజక పట్టీ ఒకదానిపై మరియొకటి అతిపాతం చెందడం వల్ల నిషిద్ధశక్తి అంతరం ఉండదు. విద్యుత్ క్షేత్ర ప్రభావానికి లోనయిన ఎలక్ట్రాన్‌లు ఎల్లప్పుడు స్ఫటికంలో స్వేచ్ఛగా చరిస్తాయి. ఈ రకమైన పదార్థాన్ని వాహకం అంటారు. రాగి, వెండి, బంగారం ఈ కోవకు చెందినవే.

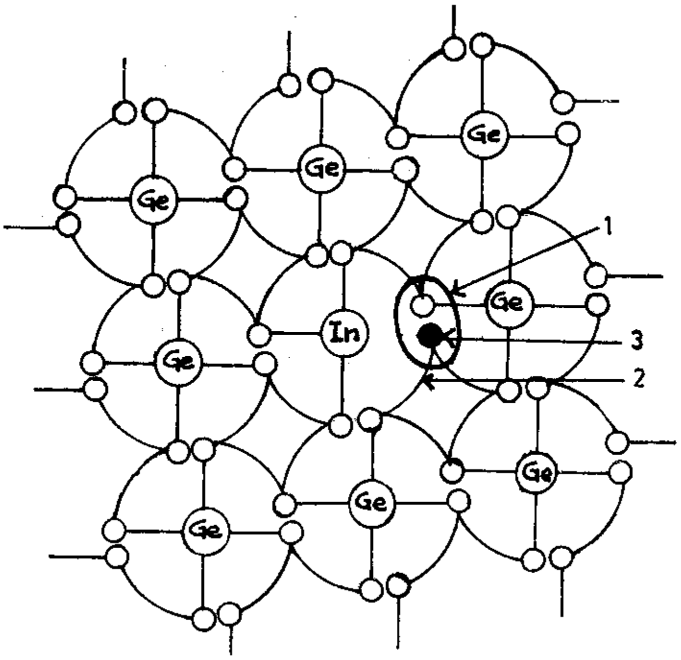
23.3.3 అర్ధవాహకాలు

అర్ధవాహకానికి శక్తి పట్టీ నిర్మాణం బంధకానికి సదృశంగా ఉంటుంది. అయితే, బంధకంలో నిషిద్ధ అంతరం చాలా ఎక్కువగా ఉండి గది ఉష్ణోగ్రత వద్దచాలా తక్కువ సంఖ్యలో మాత్రమే ఎలక్ట్రాన్‌లు అధిగమించి గలుగుతాయి. కాని అర్ధవాహకాలలో మాత్రం ఈ నిషిద్ధ శక్తి అంతరం తక్కువ వెడల్పు కలిగి (పటం 23.6) నందున చెప్పుకోతగినంత మొత్తంలో వాహనం గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద జరుగుతుంది. జెర్మేనియం, సిలికాన్‌లు రెండూ సామాన్యంగా ఉపయోగించే అర్ధవాహక మూలకాలు. వీటి నిషిద్ధ శక్తి అంతరాలు క్రమంగా 0.72 ev, 1.12 ev (గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద). ఈ పదార్థాల నిరోధక వాహకాలకు (రాగి) , బంధకాలకు (వజ్రం) మధ్యస్థంగా ఉంటుంది. అర్ధవాహక స్ఫటికాలలో వాహకత్వం సంపూర్ణంగా సమయోజనీయ బంధాల విచ్ఛిన్నం వల్ల ఏర్పడితే ఆ పదార్థలను శుద్ధ లేదా స్వభావజ అర్ధవాహకాలు అంటారు.



పటం *23.6* స్వభావజ అర్ధవాహకం యొక్క పథకాత్మక చిత్రణం. (ద్విమితియంగా) సంయోజక ఎలక్ట్రాన్ బంధాలు, ఎలక్ట్రాన్-హోల్ యుగ్మ ఉత్పత్తి.

శుద్ధ జెర్మేనియం ఏక స్ఫటికాలలో కాని లేదా శుద్ధ సిలికాన్ ఏక స్ఫటికాలలో కాని పరమాణువులు సమయోజనీయ బంధంతో ఒక దానినొకటి కలుపబడి ఉంటాయి. పటం 23.6లో చూపినట్లు పరమాణువుల మధ్య సంయోజక ఎలక్ట్రాన్ల మధ్య పంపకం జరుగుతుంది. పరమ శూన్య ఉష్ణోగ్రత వద్ద $(0^{\circ}K)$ అన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు వాటి వాటి అత్యల్ప స్థాయిలలో ఉంటాయి. అన్ని సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లు సమయోజనీయ బంధంలో ఇమిడిపోయి స్ఫటిక నిర్మాణానికి దోహదమౌతాయి. దీని ఫలితంగా ఈ ఉష్ణోగ్రత వద్ద స్వేచ్ఛాయుత ఎలక్ట్రాన్‌లు లభ్యంకాక పోవడం వల్ల జెర్మేనియం, సిలికాన్ రెండు మూలకాలు ఆదర్శ బంధకాలుగా ప్రవర్తిస్తాయి. అయితే సాధారణ వ్యవహారంలో ఈ పరిస్థితి సంభవించదు. దీనికి కారణం మాలిన్యరహితంగా ఆదర్శ స్ఫటికాలు తయారుచేయడానికి వీలుపడదు. స్ఫటికంలో 10^{10} భాగాలకు ఒక భాగం మాలిన్యసారం కలిగిన స్ఫటికాలను శుద్ధ స్ఫటికాలు అంటారు.



23.7 p - రకం అర్ధవాహకం నిర్మాణం

1. అసంపూర్ణ బంధం

2. గ్రహిత పరమాణువు

3. హోల్ (ఎలక్ట్రాన్ లేమి)

గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద కొన్ని సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లు జనక పరమాణువుల నుండి వేరు పడి పోగల శక్తిని సంతరించుకొని స్వేచ్ఛాయుతమౌతాయి. సమకాలికంగా స్ఫటిక నిర్మాణంలో ఒక "హోల్" ఆవిర్భవిస్తుంది. (హోల్ ధనావేశిత వాహకానికి తుల్యం) ఈ ప్రక్రియను ఎలక్ట్రాన్- హోల్ యుగ్మాలు ఉత్పన్నమై తత్ఫలితంగా స్ఫటిక జాలకంలో ఒక భాగంలోని ఎలక్ట్రాన్ మరియొక భాగంలోని హోల్ తో పునస్సంయోగం చెందుతుంది. ఈ రెండు ఆవేశవాహకాల ఉనికి యొక్క సగటు కాలాన్ని వాహకం యొక్క "జీవితకాలం" అంటారు. ఇది విలక్షణంగా 10^{-2} నుంచి 10^{-3} సెకన్‌ల విలువ కలిగి ఉంటుంది. ఎలక్ట్రాన్ హోల్‌తో పునస్సంయోగం చెందినప్పుడు అవి రెండూ ఆవేశ వాహకాలుగా ఉనికిని కోల్పోతాయి. ఉష్ణ ఉత్పాదక ఎలక్ట్రాన్ హోల్ యుగ్మాలు స్వభావజ వహనానికి లేదా శుద్ధ వహనానికి దారితీస్తాయి. పదార్థ నమూనా చివరల విద్యుత్ శక్మ భేదాన్ని అనువర్తించినప్పుడు ఎలక్ట్రాన్‌లు, హోల్‌లు కూడా వహన ప్రక్రియకు అంగదానాన్ని చేస్తాయి. ఉష్ణోగ్రతలో పెరుగుదల లేదా పతనవికిరణం ఎలక్ట్రాన్ - హోల్ యుగ్మాల సంఖ్యా ఉత్పాదనను వృద్ధి చేస్తుంది. అంటే దీని ఫలితంగా ఉష్ణోగ్రతతో వాహకత్వం పెరుగుతుంది. నిరోధకత్వం తగ్గుతుంది. ఈ కారణం మూలంగా అధికంగా అర్ధవాహక పదార్థాలు ఋణనిరోధకతతో ఉష్ణోగ్రతా గుణకాన్ని కలిగి ఉంటాయి.

అవగాహన పరీక్ష 1

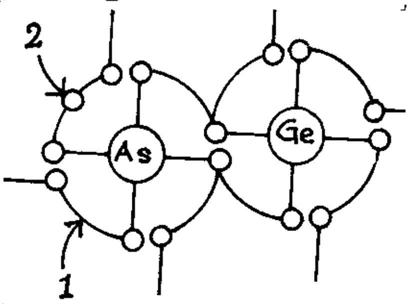
స్వభావజ అర్ధవాహకం అనగా నేమి?

23.4 అర్ధవాహకాలలో బాహ్యజనిత విద్యుద్వహనం

10^{8} భాగాలకు ఒక భాగం - క్రమంలో మాలిన్యాన్ని ఉద్దేశపూర్వకంగా శుద్ధ అర్ధవాహకంలో ప్రవేశపెట్టినప్పుడు దాని విద్యుత్ ధర్మాలు మార్పు చెందుతాయి. దీని ద్వారా బాహ్యజనిత విద్యుద్వహనం అనే ప్రక్రియ ఏర్పడుతుంది. ఈ ప్రక్రియను డోపింగ్ అంటారు. మాలిన్య పరమాణువు త్రిసంయోజక పదార్థమైతే అతిధి (host) స్ఫటిక జాలకంలో అసంపూర్ణ బంధాల వల్ల (అంటే సిలికాన్ లేదా జెర్మెనియం జాలకాలలో) హోల్‌లు ఉత్పన్నమౌతాయి. (పటం 23.7)

BRAOU

ఈ హోల్‌ను స్పటికంలోని ఏ స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ అయినా పూరించినప్పుడు హోల్ మరొక చోట అగుపడుతుంది. ఈ రకం మాలిన్యాన్ని p - రకం మాలిన్యం అంటారు. p అనేది ధనాత్మక ఆవేశవాహకాన్ని సూచిస్తుంది. ఈ మాలిన్య పరమాణువును గ్రహీత పరమాణువులు అంటారు. దీనికి ఈ పేరు రావడానికి గల కారణం జాలకంలోనికి ఎలక్ట్రాన్‌లను గ్రహించగలదు. కనుక ఆ మాలిన్య పరమాణువులను అలా వ్యవహరిస్తారు. విలక్షణ గ్రహీత పరమాణువులకు ఉదాహరణలు, బోరాన్, అల్యూమినియం, గాలియం, ఇండియం. చలనశీలత గల హోల్‌కు ధనాత్మక ఆవేశ వాహకానికి తగిన అభిలక్షణాలన్నీ ఉంటాయి. p - రకం అర్ధవాహకాలలో హోల్‌లు మెజారిటీ ఆవేశవాహకాలు, ఎలక్ట్రాన్‌లు మైనారిటీ ఆవేశవాహకాలు.



పటం 23.8 n - రకం అర్ధవాహకం నిర్మాణం

1. దాత పరమాణువు
2. సంయోజనీయ బంధం కన్నా ఎక్కువగా ఉన్న ఎలక్ట్రాన్

మాలిన్య పరమాణువు పంచసంయోజక పదార్ధమైతే దానిలో బాహ్యకర్పరంలో అతిథి పరమాణువుతో (సిలికాన్ లేదు జెర్మేనియం) పోలిస్తే ఒక ఎలక్ట్రాన్ ఎక్కువగా ఉంటుంది. (పటం 23.8). జనక పరమాణువులు చతుస్సంయోజకాలు (tetraval) కనుక సంయోజక కర్పరంలో నాలుగు ఎలక్ట్రాన్‌లు మాత్రమే ఉంటాయి. ఈ నాలుగు ఎలక్ట్రాన్‌లను తొలగిస్తే ఈ పరమాణువుల నికరావేశం + 4 ఎలక్ట్రానిక్ ప్రమాణాలు. పంచసంయోజక పరమాణువులో ఉన్న అధిక ఎలక్ట్రాన్ సమయోజనీయ బంధం కాంక్షించే పరిస్థితి కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది. కాబట్టి దీనిని సులభంగా స్పటిక జాలకం నుండి తొలగించవచ్చు. అతిధి పరమాణువులోని సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లను తొలగించడం కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది. కాబట్టి దీనిని సులభంగా స్పటిక జాలకం నుండి తొలగించవచ్చు. అతిధి పరమాణువులోని సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లను తొలగించడం కంటే ఇది సులభతరం. ఈ రకమైన మాలిన్యాన్ని n రకం మాలిన్యం అంటారు. n ఋణావేశిత వాహకాన్ని సూచిస్తుంది. వహన ప్రక్రియకు ఎలక్ట్రాన్ను దానం చేస్తుంది. కనుక ఈ మాలిన్య పరమాణువును దాత పరమాణువు అంటారు.

n రకం అర్ధవాహకాలలో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌లు మెజారిటీ ఆవేశవాహకాలు. ఉష్ణశక్తి వలన లేదా యితర ప్రక్రియల ద్వారా ఉత్పన్నమైన హోల్‌లు కూడా ఆవేశవాహకాలుగా ప్రవర్తిస్తాయి. అయితే వీటి సంఖ్య మెజారిటీ ఆవేశ వాహకాలతో పోలిస్తే చాలా తక్కువగా ఉంటుంది. కాబట్టి వీటిని మైనారిటీ ఆవేశవాహకాలు అంటారు. విలక్షణదాత మూలకాలుగా భాస్వరం, అంటిమోని, ఆర్సినిక్‌లను ఉదహరించవచ్చు.

నేడు సమ్మేళన అర్ధవాహకాలైన గాలియం ఆర్సినైడ్ (GaAs) ఇండియం అంటిమొనైడ్ (InSb) లను ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాలతో విరివిగా వాడుతున్నారు. ఇవి అంతర్ లోహసమ్మేళనాలు. గాలియం త్రిసంయోజక మూలకం, ఆర్సెనిక్ పంచ సంయోజక మూలకం. శుద్ధ అర్ధవాహకాలకు అనువర్తించే డోపింగ్ నియమాలు ఈ సమ్మేళన అర్ధవాహకాలకు గాలియం ఆర్సినైడ్ (GaAs) గాలియం ఫాస్పైడ్ (GaP) ఇండియం అంటిమొనైడ్ (InSb), కాడ్మియం సల్ఫైడ్ (Cds) జింక్ సల్ఫైడ్ మొదలయిన వాటి ఉదాహరణగా పేర్కొనవచ్చు.

అవగాహన పరీక్ష 2

డోపింగ్ అనగానేమి?

పట్టిక 23.1 విలక్షణ అర్ధవాహకాలతో నిషిద్ధ శక్తి అంతరాలు

B.R.A.O.U

పేరు	రసాయనిక సంకేతం	నిషిద్ధ శక్తి అంతరం
జెర్మేనియం	Ge	0.72
సిలికాన్	Si	1.12
ఇండియం ఆంటిమొనైడ్	InSb	0.18
గాలియం ఆర్సినైడ్	GaAs	1.34
కాడ్మియం సల్ఫైడ్	Cds	2.45
జింక్ ఆక్సైడ్	Zno	3.30

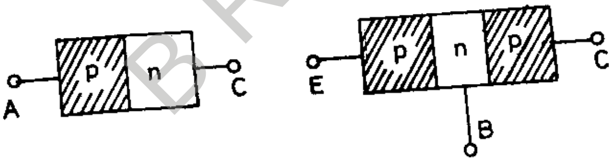
23.5 అర్ధవాహక సాధనాలు

తగురీతిలో pn పదార్థాలను వివిధ విధాలుగా కలపడం ద్వారా ఆధునిక ఎలక్ట్రానిక్ రంగంలో ఉపయోగపడే అర్ధవాహక సాధనాలను రూపొందించవచ్చు. ఈ సాధనాల గురించి వీటి అనువర్తనాల వివరణ ఈ ఖండిక యితర భాగాలలో చర్చించడం జరిగింది. కాబట్టి ఇక్కడ సంక్షిప్తంగా అర్ధవాహక సాధనాలను గురించి తెల్పడం జరిగింది.

23.5.1 డయోడ్

pn కూడలి కలిగిన అర్ధవాహక సాధనమే (పటం 23.9a) డయోడ్, డయోడ్ ఘనస్థితికి (అర్ధవాహక) సాధనాలలో అతి ప్రాథమిక సాధనం. ఇది ఒక దిశలో మెజారిటీ ఆవేశిత వాహకాలను సులభంగా అనుమతించి ప్రవహింపజేస్తుంది. అయితే ఎదురుదిశలో వీటిని ఇదే సాధనం అడ్డుకొంటుంది. మరో మాటలో చెప్పాలంటే ఇది ఒకే వైపు రహదారి కలిగిన రోడ్డువంటిది. కాబట్టి డయోడ్ ఏకదిశా ప్రవర్తనను ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలను నడిపె శక్తి సరఫరా వలయాలలో ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏకముఖ ప్రవాహంగా మార్చడానికి వినియోగిస్తారు. (భాగం - 25)

BRAOU



పటం *23.9* a) డయోడ్
b ట్రాన్సిస్టర్

23.5.2 ట్రాన్సిస్టర్

మూడు డోప్ చేయబడ్డ ప్రదేశాలుగల అర్ధవాహక సాధనాన్ని (పటం. 23.9 b) ట్రాన్సిస్టర్ అంటారు. షాక్‌లీ, అతని అనుయాయులు ట్రాన్సిస్టర్‌కు సంబంధించిన సిద్ధాంతాన్ని రూపొందించారు. ఈ ప్రాథమిక సాధనం బలహీనత సంకేతాల్ని వృద్ధి పరచగల శక్తి గలిగినది. దీనివల్ల ట్రాన్సిస్టర్ తాకిడి ఎలక్ట్రానిక్స్ రంగంలో అపూర్వం. ట్రాన్సిస్టర్ ఆవిష్కారం అర్ధవాహక పరిశ్రమకు నాంది పల్కడమే కాక ఇతర సాపేక్ష ఆవిష్కారలైన సమాకలిత వలయాలు, దృశా ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాలు, మైక్రో ప్రాసెసర్‌లకు దారితీసింది.

23.6 సారాంశం

పట్టీసిద్ధాంత పరంగా పదార్థాలను వాహకాలు, బంధకాలు, అర్ధవాహకాలుగా వర్గీకరించవచ్చు.

వాహకాల, బంధకాల వాహకత్వానికి మధ్యస్తంగా వాహకత్వంగల పదార్థాలను అర్ధవాహకాలు అంటారు. సిలికాన్, జెర్మేనియంలు మంచి అర్ధవాహకాలు.

శుద్ధ అర్ధవాహకాలకు ఎంచుకొన్ని మాలిన్యాలను నియంత్రిత మొత్తాలలో కలపడాన్ని "డోపింగ్" అంటారు.

అర్ధవాహకాలలో సమయోజనీయ బంధాల విచ్ఛిన్నం వలన ఎలక్ట్రాన్‌లు విడివడుతాయి. దీనివల్ల స్ఫటిక జాలకంలో ఎలక్ట్రాన్ లోటు (ధనాత్మక హోల్) ఏర్పడుతుంది. అర్ధవాహక పరిభాషలో సమయోజనీయ బంధంలోని ఖాళీని లేదా ఎలక్ట్రాన్ లోటును "హోల్" అంటారు.

శుద్ధ అర్ధవాహకాలను త్రిసంయోజక మాలిన్యాలైన బోరాన్, అల్యూమినియం, గాలియం లేదా ఇండియంలతో డోపింగ్ చేసినప్పుడు p రకం అర్ధవాహకం రూపొందుతుంది. ఈ మాలిన్యాలను గ్రహీత మాలిన్యాలు అంటారు.

సభావజ అర్ధవాహకాన్ని దాత మాలిన్యాలైన భాస్వరం, ఆర్సినిక్, ఆంటీమొని (పంచ సంయోజన మాలిన్యాలు) లతో డోపింగ్ చేసినప్పుడు n రకం అర్ధవాహకం ఏర్పడుతుంది.

23.7 నమూనా జవాబులు

అవగాహన పరీక్ష 1

అర్ధవాహక స్ఫటికాలలో వాహకత్వం సంపూర్ణంగా సమయోజనీయ బంధాల విచ్ఛిన్నం వల్ల ఏర్పడిన ఆ పదార్థాలను స్వభావ అర్ధవాహకాలు అని అంటారు.

అవగాహన పరీక్ష 2

శుద్ధ అర్ధవాహలకు ఎంచుకొన్న మాలిన్యాలను నియంత్రిత మొత్తాలలో కలపడాన్ని డోపింగ్ అంటారు.

23.8 నమూనా ప్రశ్నలు

I. **క్రింది ప్రశ్నలుక విశదంగా సమాధానం రాయండి.**

1. ఘనపదార్థాల పట్టీసిద్ధాంతపరంగా పదార్థాలను వర్గీకరించే విధానాన్ని చర్చించండి.
2. వాహకత్వమానం ఆధారంగా వాహకాలు, బంధకాలు, అర్ధవాహకాలను అభిలక్షణీకరించండి.
3. శుద్ధ, బాహ్యజనిత, అర్ధవాహకాల అభిలక్షణాలను చర్చించండి. p - రకం, n - రకం అర్ధవాహకాల నిర్మాణాన్ని గూర్చి చర్చించండి.

II. **క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానం రాయండి.**

1. దాత గ్రహీత మాలిన్యాలు
2. బ్రిడ్జ్ ఏక దిక్కరణి పనిచేసే విధానం వివరించండి.

BRAOU

భాగం-24 : కూడలి సాధనాలు

విషయక్రమం

24.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు
24.2 ప్రవేశిక
24.3 pn కూడలి డయోడ్
24.4 ట్రాన్సిస్టర్
24.5 ట్రాన్సిస్టర్ పరామితులు
24.6 సారాంశం
24.7 నమూనా జవాబులు
24.8 నమూనా ప్రశ్నలు

24.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో pn కూడలి డయోడ్ ప్రవర్తన గురించిన చర్చ ఉంది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. కూడలి ట్రాన్సిస్టర్ పనిచేసే విధానాన్ని చర్చించగలరు.
2. ట్రాన్సిస్టర్ పరామితులతో పరిచయం ఏర్పడుతుంది.

24.2 ప్రవేశిక

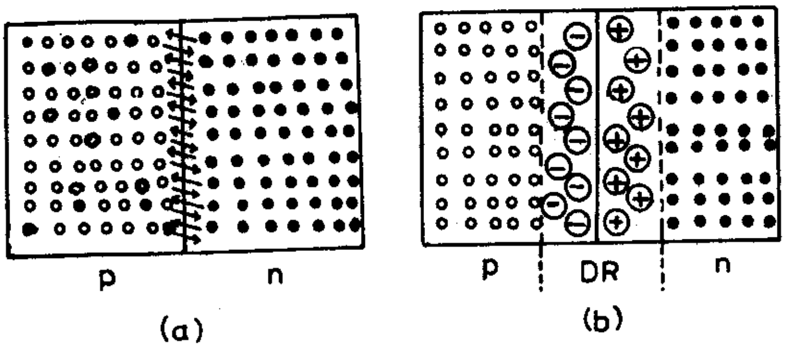
ఈ భాగంలో pn కూడలి డయోడ్ ప్రవర్తన చర్చించబడినది.

24.3 pn కూడలి డయోడ్

p రకం అర్ధవాహకాన్ని భౌతికంగా, విద్యుత్‌పరంగా n - రకం అర్ధవాహకంతో కలిపినప్పుడు ఏర్పడే సాధనమే డయోడ్. p n - రకాలు అర్ధవాహకాల మధ్య ఏర్పడే కూడలి వివిధ అర్ధవాహక సాధనాలకు పునాదివంటిది.

ఈ సాధనాల ప్రవర్తన ముఖ్యంగా pn డయోడ్ ప్రవర్తన మనం యిక్కడ పరిశీలిద్దాం. జెర్మేనియం లేదా సిలికాన్ స్ఫటిక నిర్మాణ ప్రక్రియలోనే ఒక చివరను p రకంగాను, మరియొక చివరను n రకంగాను డోప్ చేయగలిగితే అతిముఖ్యమైన అర్ధవాహక సాధనం (pn కూడలి డయోడ్) రూపొందించవచ్చు. కూడలి వద్ద ఒకవైపు (అంటె p - వైపు) అధిక సంఖ్యలో హోల్‌లు మరియొకవైపు (అంటే n - వైపు) అధిక సంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉంటాయి. పరిస్థితులు అనుకూలంగా ఉన్నప్పుడు విసరణం జరుగుతుంది. p వైపు నుండి హోల్‌లు కూడలిని అధిగమించి n వైపుకు పయనిస్తాయి. n వైపు నుండి ఎలక్ట్రాన్‌లు కూడలిగుండా p వైపుకు ప్రయాణం చేస్తాయి. పటం 24.1

BRAOU



పటం 24.1 లేమి ప్రాంతం ఏర్పడేతీరు

a) కూడలిగుండా ఆవేశవాహకాల విసరణం
b) సమతాస్థితి చేరేవరకు విసరణం కొనసాగేతీరు

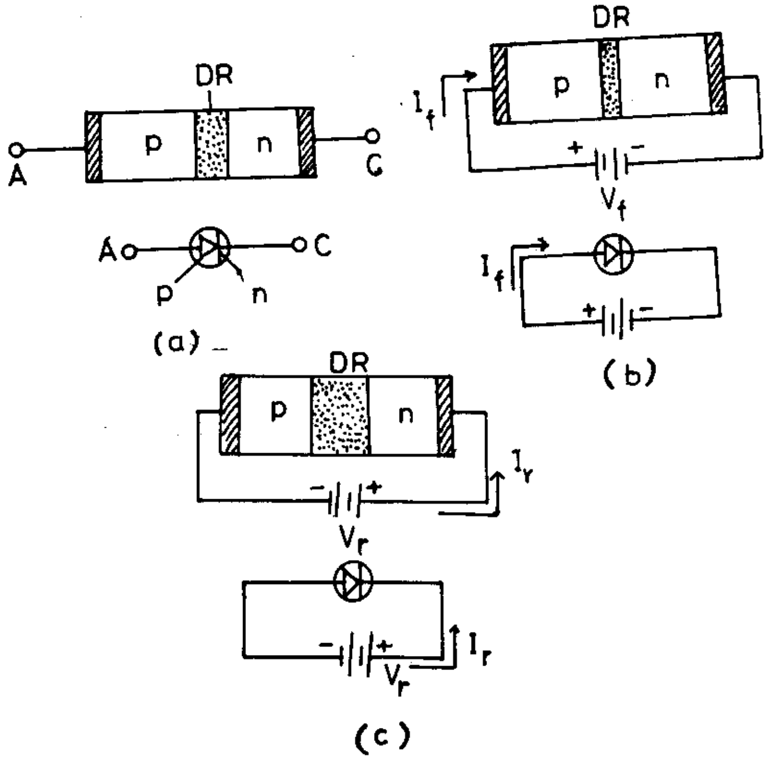
DR - లేమి ప్రాంతం

ఈ విసరణం ఫలితంగా p - వైపు నికరమైన ఋణావేశం, n - వైపు నికరమైన ధనావేశం వృద్ధి చెందుతాయి. n వైపు ఎలక్ట్రాన్‌లను కోల్పోయి హోల్‌లు పొందడం p వైపు హోల్‌లను కోల్పోయి ఎలక్ట్రాన్‌లు చేరడం వల్ల ఈ బేధం ఏర్పడుతుంది. అయితే డయోడ్ మొత్తం మీద విద్యుత్ తటస్థంగా ఉంటుంది. కాబట్టి n వైపు ఉన్న నికరమైన ధనావేశం p వైపు ఉన్న నికరమైన ఋణావేశానికి సమానంగా కావాలి. ఒక సమతాస్థితి చేరేంతవరకు ఈ విస్తరణం కొనసాగి అటుపై కూడలి వద్ద ఆవేశాల పునర్వితరణ వల్ల ఏర్పడిన విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని అధిగమించే శక్తి గల ఆవేశవాహకాలు అదనంగా ఉండవు. ఈ పరిస్థితి పటం 24.1 b లో చూపబడింది. ఋణావేశిత గ్రహిత అయాన్లు p వైపు ఎలక్ట్రాన్‌లను వికర్షిస్తాయి. అదే విధంగా n వైపు ఉన్న ధనావేశిత దాత అయాన్లు హోల్‌లను వికర్షిస్తాయి.

BRAOU

స్థిర ఆవేశాలుగల కూడలి కిరువైపుల ప్రాంతాన్ని లేమి ప్రాంతం అంటారు. కొన్నిసార్లు దీన్ని లోటుప్రాంతం అని కూడ వ్యవహరిస్తారు. చలనశీల ఆవేశిత వాహకాలు (స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌లు, హోల్‌లు) ఆ ప్రాంతం నుండి ఖాళీ చేయబడ్డం వలన దానికి ఆ పేరు సార్థకమైనది. ఈ ప్రాంతాన్ని నుండి ఖాళీ చేయబడ్డం వలన దానికి ఆ పేరు సార్థకమైనది. ఈ ప్రాంతాన్ని స్థలావేశిత ప్రాంతం అనికూడా అంటారు. విసరణ ప్రక్రియవల్ల కూడలి వద్ద ఏర్పడ్డ శక్మ బేధాన్ని స్పర్శశక్మం అంటారు. ఈ శక్మ విలువ ఉపయోగించిన అర్ధవాహక పదార్ధపు రకం (జెర్మేనియం లేదా సిలికాన్) పైనేకాక, pn ప్రాంతాల డోపింగ్ సాంద్రతకూడా ఆధారపడుతుంది.

పటం 24.2 అనువర్తిత వోల్టేజి రహితంగా సమతాస్థితిలో ఉన్న డయోడ్‌ను సూచిస్తుంది. వలయ సంకేతం కూడ అదే పటంలో చూపబడింది.



పటం *24.2* pn కూడలి డయోడ్

a) బయాస్ లేకుండా b) వాలుబయాస్

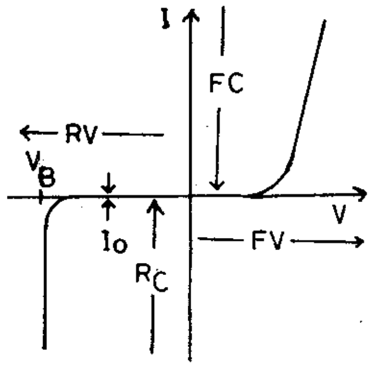
c) ఎదురుబయాస్

A ఏనోడ్ : C కేథోడ్ : DR లేమిప్రాంతం

బాహ్య అనువర్తిత క్షేత్ర (అంటే డయోడ్‌ను బయాస్ చేసినప్పుడు) ప్రభావంలో డయోడ్ చర్యను పరిశీలిద్దాం. బ్యాటరీ ఋణాత్మక చివరను n వైపు (దీన్ని కాథోడ్ అంటారు)కు కలిపి ధనాత్మక చివరను p వైపుకు (దీన్ని ఏనోడ్ అంటారు) కలిపినప్పుడు అధిక విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని గమనించవచ్చు. ఈ ప్రవాహన్ని వాలు ప్రవాహం అంటారు. ఈ స్థితిలో డయోడ్ వాలుబయాస్ చేయబడిందంటారు. (పటం (24.2b) బ్యాటరీ ధృవాలను మార్చి ఋణాత్మక చివరను p వైపుకు, ధనాత్మక చివరను n వైపుకు కలిపినప్పుడు అత్యల్ప ప్రవాహాన్ని గమనించవచ్చు. ఈ ప్రవాహాన్ని ఎదురు ప్రవాహం అంటారు. ఈ స్థితిలో డయోడ్ ఎదురు బయాస్ చేయబడిందంటారు. (పటం 24.2c)

వాలుబయాస్ స్థితిలో బాహ్య అనువర్తిత వోల్టేజి స్పర్శశక్మానికి వ్యతిరేకంగా పనిచేసి కూడలి వద్ద నికరశక్మాన్ని తగ్గిస్తుంది. అందువల్ల లేమిపొర మందం గణనీయంగా తగ్గుతుంది. దీనిద్వారా విద్యుత్ప్రవాహం పెరుగుతుంది. డయోడ్‌ను ఎదురు బయాస్‌కు గురిచేసినప్పుడు బాహ్య అనువర్తిత వోల్టేజి స్పర్శశక్మం దిశలోనే పనిచేసి లేమిప్రాంతం యొక్క ప్రభావాత్మక శక్మ అవరోధం కూడలి వద్ద పెచ్చుతుంది. దీనివల్ల లేమిప్రాంతం మందం పెరుగుతుంది. దీని ఫలితంగా ఎదురుబయాస్ స్థితిలో విద్యుత్ప్రవాహం చాల తక్కువగా ఉంటుంది.

BRAOU



పటం *24.3* డయోడ్ విలక్షణ అభిలక్షణాలు

Fc - వాలు దిశలో ప్రవాహం
Fv - వాలు దిశలో వోల్టేజి
Rc - ఎదురు ప్రవాహం
Rv - ఎదురువోల్టేజి

ఏదేని డయోడ్ యొక్క వోల్టేజి - ప్రవాహ అభిలక్షణ వక్రం మూలస్వరూపం (వాలు బయాస్, ఎదురుబయాస్‌లలో) పటం 24.3 లో చూపబడింది. వాలుదిశలో అతితక్కువ వోల్టేజిలకు కూడ అధిక ప్రవాహవేగాలు ప్రతిఫలిస్తాయి. అయితే ఎదురుదిశలో ఒక నిర్దేశిత వోల్టేజ చేరేంత వరకు విద్యుత్ప్రవాహాలు విస్మరింప తగినంత ఎక్కువగా ఉంటాయి. ఈ వోల్టేజిని భంజన వోల్టేజి B అంటారు. V_B కంటె ఎక్కువ ధనత్మకంగా ఉండే వోల్టేజిలకు డయోడ్ అభిలక్షణాల్ని డయోడ్ సమీకరణం లేదా ఏకదిక్కారి సమీకరణం ద్వారా తెలపవచ్చు.

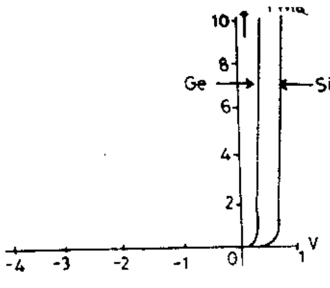
$$I = I_o(e^{ev/kt} - 1) \qquad 24.1$$

బాహ్య అనువర్తిత వోల్టేజి V ఫలితంగా ఏర్పడ్డ డయోడ్ ప్రవాహం I_o అనే స్థిరాంకాన్ని సంతృప్త ప్రవాహంగా తెలుపుతారు. దీనివిలువ ఉపయోగించే డయోడ్ పై ఆధాపడుతుంది. k - బోల్ట్జమన్ స్థిరాంకం. T పరమ ఉష్ణోగ్రత. సమీకరణం (24.1) వేరొక రూపంలో కూఢ వ్రాయవచ్చు.

$$I = Io\left(e^{V/V_t} - 1\right) \qquad 24.2$$

$V_t = KT/C$ ని ఉష్ణోగ్రత తుల్యవోల్టేజి అంటారు. దీనివిలువ సాధారమంగా గదిఉష్ణోగ్రత వద్ద 0.025 v కుసమానం. గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద డయోడ్ I_o విలువను నిర్దేశించే కారకాలు a) అర్ధవాహక పదార్థం యొక్క రకం (జెర్మేనియం లేదా సిలికాన్) b) pn ప్రాంతాల డోపింగ్ స్థాయిలు, c కూడలి యొక్క జ్యామితి, సిలికాన్ జెర్మేనియం డయోడ్ల విలక్షణ అభిలక్షణాలు వాలుదిశలో పటం 24.4లో చూపబడ్డాయి.

BRAOU



పటం *24.4* జెర్మేనియం, సిలికాన్ డయోడ్ల అభిలక్షణాల తారతమ్యం

ప్రయోగాత్మక డయోడ్ల ఈ ప్రాయోగిక ప్రవాహ - వోల్టేజి అభిలక్షణవక్రాలు ఏకదిక్కారి సమీకరణం (24.2) తో మంచి ఒడంబడిక కలిగి ఉంటాయి. జెర్మేనియం, సిలికాన్ అర్ధవాహకాలలో నిషిద్ధ అంతరం, ఆవేశావాహకాల చలనశీలతలో తేడాలుటాయి. కనుక ఈ పదార్థాలతో డయోడ్లు తయారు చేసినప్పుడు వాటి అభిలక్షణాలు, ఎదురుదిశలో సంతృప్త ప్రవాహాలలో తేడాలుంటాయి. సాధారణంగా జెర్మేనియం డయోడ్లలో ఎదురు సంతృప్త ప్రవాహాలు మైక్రో ఆంపియర్లలో ($10^{-6}A$) ను, సిలికాన్ డయోడ్లలో ఎదురు సంతృప్త ప్రవాహాలు నేనోఆంపియర్ల వ్యాప్తిలో ఉంటాయి.

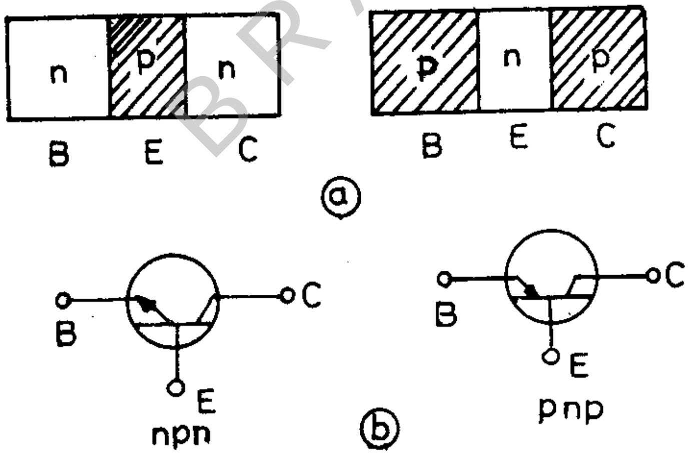
అవగాహన పరీక్ష

లేమి ప్రాంతం అనగానేమి?

24.4 ట్రాన్సిస్టర్

ట్రాన్సిస్టర్‌ను సంక్షిప్తంగా BJT (ద్విధ్రువ కూడలి ట్రాన్సిస్టర్) అంటారు. దీనికి మూడు టెర్మినల్‌లు ఉంటాయి. అవి కలెక్టర్, బేస్, ఎమిటర్‌లు. ఇది రెండు pn కూడలులు సమాంతరంగా ఒకదానికొకటి స్ఫటికంలో ప్రక్క ప్రక్కగా అమర్చి ఉన్న సాధనం. ఎమిటర్ ఆవేశవాహకాలను వెలువరిస్తుంది. ఇవి బేస్ ప్రాంతంలోకి ప్రవహిస్తాయి. బేస్ ప్రాంతంలో ఆవేశవాహకాలపై నియంత్రణ సులభంగా సాధించవచ్చు. ఈ ఆవేశ వాహకాలు కలెక్టర్ ప్రాంతంలో గ్రహించబడతాయి. బేస్ ప్రాంతం కలెక్టర్, ఎమిటర్ ప్రాంతాలకు మధ్యగా ఉంటుంది. సాధారణంగా ట్రాన్సిస్టర్‌లలో ఎమిటర్, కలెక్టర్ ప్రాంతాలు ఒకే పదార్థంతో డోప్ చేయబడి ఉంటాయి. ఉంటాయి. బేస్ ప్రాంతం కలెక్టర్, ఎమిటర్‌కు భిన్నంగా వ్యతిరేక పదార్థంతో డోప్ చేయబడి ఉంటుంది. ఈ ప్రక్రియలో రెండు డయోడ్లు ఏర్పడుతాయి. తత్ఫలితంగా రెండు రకాల ట్రాన్సిస్టర్‌లు ఏర్పడుతాయి. ఒక రకం ట్రాన్సిస్టర్‌లో n రకం బేస్ p రకం కలెక్టర్ ఎమిటర్‌లు ఉంటాయి. మరియొక రకంలో p రకం బేస్ n - రకం ఎమిటర్, కలెక్టర్‌లు ఉంటాయు. క్రమంగా వీటిని pnp npn ట్రాన్సిస్టర్‌లు అంటారు.

BRAOU



పటం *24.5* npn, pnp ట్రాన్సిస్టర్లు

a) దిమ్మెల రూపంలో చిత్రణం

b) వలయ సంకేతం

E ఎమిటర్ : B బేస్ : C కలెక్టర్

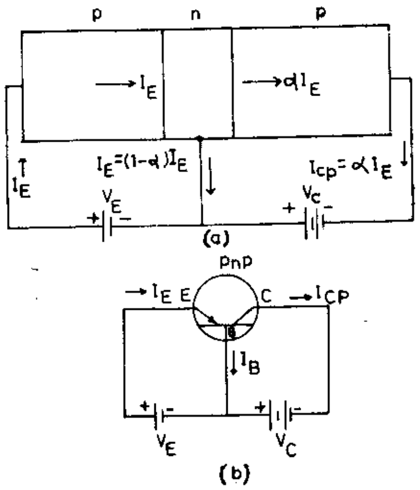
రెండు రకాల ట్రాన్సిస్టర్‌లు (pnp, npn) వాటి వలయ సంకేతాలతో సహోపథకాత్మకంగా పటం 24.5లో చూపబడ్డాయి. వలయ సంకేతాన్ని గుర్తుంచుకోవడానికి మార్గం ఎమిటర్ తంత్రి యొక్క

బాణపు గుర్తును గుర్తుంచుకోవడమే. ఈ బాణపు గుర్తు వెలుపలకు చిత్రిస్తే npn ట్రాన్సిస్టర్ అనీ, బాణపుగుర్తు లోపలికి చిత్రిస్తే pnp ట్రాన్సిస్టర్ అని తెలుసుకోవాలి. కొంత ఎక్కువ విలువలో ట్రాన్సిస్టర్ ప్రవాహన్ని ప్రవహింప చేసి, బేస్ వద్ద ప్రవాహవేగాన్ని పెంచి కాని, తగ్గించి కాని ప్రధాన ప్రవాహం పై నియంత్రణ సాధించవచ్చు.

ఇప్పుడు మనం ఒక pnp ట్రాన్సిస్టర్‌ను ఉదాహరణకు తీసుకొందాం. ఇది పనిచేసే తీరుద్వారా npn ట్రాన్సిస్టర్ పనిచేసే తీరును అర్థం చేసుకొనవచ్చు.

pnp ట్రాన్సిస్టర్‌లోని ఎమిటర్‌లో హోల్‌లు మెజారిటి ఆవేశవాహకాలు, ఈ హోల్‌లు బేస్ - ఎమిటర్ కూడలిని అధిగమించి బేస్ ప్రాంతంలోనికి పయనించడానికి బేస్, ఎమిటర్ టెర్మినల్‌లకు బాహ్యంగా వోల్టేజిని అనువర్తించాలి. ఎమిటర్, బేస్‌లు pn కూడలిగా ఏర్పడుతాయి. కూడలిని మెజారిటీ ఆవేశవాహకాలు (యిక్కడ హోల్‌లు) దాటడానికి ఈ కూడలిని వాలుదిశలో బయాస్ చేయాలి. ఒకసారి హోల్‌లు బేస్ (n రకం) ప్రాంతంలోకి ప్రవేశించిన హోల్‌లు ఈ ప్రాంతంలో విసరణం చెందుతాయి. దీనిలో కొన్ని హోల్‌లు బేస్‌తంత్రివైపు దారిచేసుకొని బయల్పడుతాయి. మిగిలిన హోల్‌లు కలెక్టర్ - బేస్ కూడలిని చేరుకొంటాయి. ఈ హోల్‌లు కలెక్టర్ - బేస్ కూడలిని చేరుకొంటాయి. ఈ హోల్‌లు కలెక్టర్ - బేస్ కూడలిని అధిగమించడానికి కలెక్టర్ - బేస్ కూడలిని ఎదురుదిశలో బయాస్ చేయాలి. ఈ విధంగా హోల్‌లు ఎమిటర్ దగ్గర బయలుదేరి కలెక్టర్ దగ్గర అంతమౌతాయి. ఈ ప్రవాహం ప్రధాన ప్రవాహంగా ఏర్పడుతుంది. బేస్ నుంచి వెలువడ్డ హోలుల ద్వారా స్వల్ప నియంత్రితప్రవాహం ఏర్పడుతుంది ఈ ప్రవాహలతో బాటు మనం మైనారిటీ ఆవేశవాహకం వల్ల ఏర్పడ్డ ప్రవాహాలను కూడ గణనలోనికి తీసుకోవాలి. బేస్-ఎమిటర్ కూడలిని వాలుదిశలో బయాస్ చేయడం వల్ల ఎమిటర్ నుంచి హోల్‌లు బేస్‌లో ప్రవేశించడమే కాక, బేస్ నుండి ఎలక్ట్రాన్‌లు ఎమిటర్‌లోకి ప్రవహిస్తాయి. ఈ ప్రవాహన్ని కూడ మనం గణనలోకి తీసికొని ఉండాలి. ఎలక్ట్రాన్‌లు ఎమిటర్‌లోకి ప్రవేశించినప్పటికీ దీని వల్ల నికర ఎమిటర్ ప్రవాహపువిలువలో గొప్ప మార్పేమీ ఉండదు. దీనికి కారణం బేస్ ప్రాంతాన్ని తక్కువగా ఎమిటర్ ప్రాంతాన్ని ఎక్కువగా డోప్ చేయడమే. ప్రభావాత్మకంగా కూడలిని వాలు బయాస్ చేసినప్పుడు, అధికంగా డోప్ చేయబడ్డ p రకం ఎమిటర్ వహనానికి అధికసంఖ్యలో హోల్‌లను విడుదల చేస్తుంది. అయితే తక్కువగా డోప్ చేయబడిన n రకం బేస్ తక్కువ సంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్‌లను వెలువరిస్తుంది. pnp ట్రాన్సిస్టర్‌లో బేస్ - ఎమిటర్ కూడలి మధ్య ఏర్పడే ప్రవాహం హోల్ ప్రవాహం వల్లనే ముఖ్యంగా ఏర్పడుతుంది. కలెక్టర్ - బేస్ కూడలిని ఎదురుదిశలో బయాస్ చేయడం ద్వారా బేస్ నుండి కలెక్టర్‌కు హోల్‌లను అభిగమనం చేయటమేకాక కలెక్టర్ - బేస్ కూడలి ద్వారా వేరొక ప్రవాహాన్ని ప్రవహింపచేస్తుంది. కలెక్టర్, బేస్ ప్రాంతాలలోని మైనారిటి ఆవేశవాహకాల చలనం వల్ల (అంటే n రకం బేస్ హోల్‌లు, p రకం కలెక్టర్‌లోని ఎలక్ట్రాన్‌లు) ఈ ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది. అయితే ఈ విధంగా ఉత్పత్తి అయ్యే ప్రవాహాంశం విలువ చాల తక్కువగా ఉంటుంది. దీనిని కలెక్టర్ - బేస్ ఎదురు సంతృప్త ప్రవాహం లేదా కలెక్టర్ కట్ ఆఫ్ ప్రవాహం I_{CBO} అంటారు. ఇది సంతృప్త ప్రవాహం కనుక ఉష్ణోగ్రతతో తీవ్రంగా మారుతుంది. ఎమిటర్ అందించిన హోల్‌లు చేసేవైపు చలించి ఎమిటర్ ద్వారా రూఢప్రవాహం వెలువడుతుంది. ఈ ప్రవాహాన్ని ఎమిటర్ ప్రవాహం I_E గా గుర్తిస్తోంది. ఇదే విధంగా బేస్‌ద్వారా, కలెక్టర్ ద్వారా వెలువడే హోల్‌లకు అనురూపంగా వరసగా I_B, I_C లతో సూచిస్తారు. ఈ ప్రవాహాలను పటం 24.6 లో చూడవచ్చు.

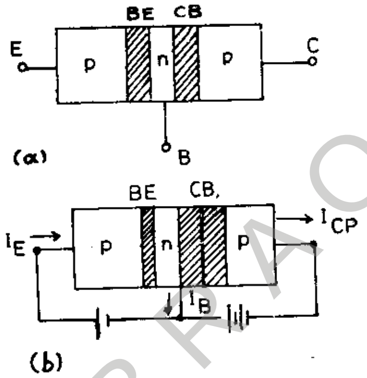
BRAOU



పటం *24.6* a) pnp ట్రాన్సిస్టర్‌లో వివిధ ప్రవాహాలు

b) pnp ట్రాన్సిస్టర్ సామాన్య పరిక్రియ విధానంలో వివిధ దిశలలో టెర్మినల్ ప్రవాహాలు

బాహ్య అనువర్తిత వోల్టేజి ఫలితంగా కలెక్టర్ - బేస్ కూడలి వద్ద లేమి పొర వెడల్పై బేస్ ఎమిటర్ కూడలి వద్ద లేమిప్రాంతం సన్నబడటం పటం 24.7 లో చూడవచ్చు.



పటం *24.7* pnp ట్రాన్సిస్టర్‌లో లేమి ప్రాంతాలు a బయాస్ రహిత స్థితి b సాధారణ బయాస్ స్థితి

RE - బేస్ ఎమిటర్ కూడలి

CB - కలెక్టర్ - బేస్ కూడలి

24.5 ట్రాన్సిస్టర్ పరామితులు

పటం 24.6లో చూపినట్లు ట్రాన్సిస్టర్ నుండి వెలువడే నికర విద్యుత్ప్రవాహం కలెక్టర్ గుండా ప్రవహించే I_c బేస్ గుండా ప్రవహించే I_B ప్రవాహాల మొత్తంగాను, ఎమిటర్ గుండా ట్రాన్సిస్టర్‌లోనికి ప్రవహించే విద్యుత్ప్రవాహం I_E గా గుర్తించవచ్చు.

కాబట్టి $I_E = I_B + I_C$ 24.3

గా వ్రాయవచ్చు. కలెక్టర్ ప్రవాహం. ఎమిటర్ నుండి మొదలై కలెక్టర్‌ను చేరిన హోల్ ఫలితప్రవాహం I_{PC}, ఎదురుదిశలోని సంతృప్త ప్రవాహాల మొత్తంగా వ్రాయవచ్చు.

అందువల్ల $I_C = I_{pc} + I_{CBO}$ 24.4

గా సూచించవచ్చు.

BRAOU

కలెక్టర్‌లోని హోల్ ప్రవాహానికి I_{PC}, ఎమిటర్‌లోని మొత్తం ప్రవాహానికి I_E గల నిష్పత్తిని ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క అతిముఖ్య పరామితిగా గుర్తిస్తారు. దీనిని α (అల్ఫా) అనే గ్రీకు అక్షరంతో సూచిస్తారు.

$$\alpha = \frac{I_{pc}}{I_E} \quad 24.5$$

ముందు చర్చించినట్లు ఎమిటర్ వద్ద బయలుదేరిన హోల్‌లు కొన్ని బేస్ ప్రాంతంలో కోల్పోతాయి కనుక I_{PC} విలువ ఎల్లప్పుడు I_E కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. దీనివల్ల α విలువ ఒకటి కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది. అయితే ఇది ఒకటిగా దాదాపు దగ్గరగా ఉంటుంది. α విలక్షణ విలువ 0.98 నుంచి 0. 9995 కు మారుతూ ఉంటుంది. ఉమ్మడి బేస్ వలయ విన్యాసంలో α ను ప్రవాహలాభాంక కారకంగా తెల్పుతారు.

సమీకరణం 24.4ను సమీకరణం (24.5)లో ప్రతిక్షేపిస్తే

$$\alpha = \frac{I_c - I_{CBO}}{I_E} \quad 24.6$$

గా వ్రాయవచ్చు. I_{Pc} కొరకు సాధిస్తే ట్రాన్సిస్టర్‌లో మరొక విద్యుత్ ప్రవాహ సంబంధాన్ని రాబట్టవచ్చు.

$$\alpha I_E = I_C - I_{CBO}$$

లేదా $I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$ 24.7

npn ట్రాన్సిస్టర్ పరిక్రియా విధానం అంతా pnp ట్రాన్సిస్టర్‌ను పోలి ఉంటుంది. ఇక్కడ మెజారిటీ ఆవేశవాహకాలు ఎలక్ట్రాన్‌లు. n రకం ఎమిటర్ నుండి p రకం బేస్‌లోనికి ఈ ఎలక్ట్రాన్‌లు ప్రవేశపెట్ట బడుతాయి. దీనిని బేస్ - ఎమిటర్ కూడలిని వాలుగా బయాస్ చేయడం ద్వారా సాధించవచ్చు. ఈ ఎలక్ట్రాన్‌లు బేస్ గుండా రవాణా అయి కొన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు కలెక్టర్ - బేస్ కూడలి ఎదురు దిశలో బయాస్ చేయడం వల్ల కలెక్టర్‌ను చేరుకొంటాయి. మిగిలిన ఎలక్ట్రాన్‌లు బేస్ గుండా వెలువడుతాయి. మిగిలిన చర్చ అంతా pnp ట్రాన్సిస్టర్ కు చర్చించిన రీతిలోనే ఉంటుంది. అయితే చర్చ అర్థవంతం కావడానికి కొన్నిచోట్ల తగిన విధంగా ప్రతిక్షేపణలు చేయాల్సి ఉంటుంది. ఉదాహరణకు p కి బదులుగా n కి బదులుగా p హోల్‌కు బదులు ఎలక్ట్రాన్, ఎలక్ట్రాన్‌కు బదులు హోల్‌లు మొదలైనవి npn pnp ట్రాన్సిస్టర్‌ల రెండి రకాల కూడ ఒక అంశం ఉమ్మడిగా ఉంటుంది. బేస్ - ఎమిటర్ కూడలిని వాలుదిశలో బయాస్ చేయడం, కలెక్టర్ - బేస్ కూడలిని ఎదురుదిశలో బయాస్ చేయడం. అనేవి ఏ ట్రాన్సిస్టర్ కయినా ఒకే విధంగా ఉంటాయి. సమీకరణం (24.3) ప్రకారం $I_C I_B$ లు I_E దిశకు వ్యతిరేక దిశలో ఉంటాయి.

సమీకరణాలు (24.3), (24.7) ఉపయోగించి మనం ఈ క్రింది సమీకరణాన్ని రూపొందించవచ్చు.

$$I_{PC} = (I_C + I_B) + I_{CBO} \quad 24.8$$

కొరకు సాధిస్తే

$$I_C = \frac{\alpha}{1-\alpha} I_B + \frac{1}{1-\alpha} I_{CBO} \quad 24.9$$

బీటా (β) ఏకముఖ ప్రవాహ లఘువలయత ప్రవాహ లాభాంక కారకం (ఉమ్మడి బేస్ వలయ విన్యాసంలో) నిర్వచించవచ్చు. అంటే

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = I_C / I_B \quad 24.10$$

సమీకరణం (24.9)ని

గా వ్రాయవచ్చు $I_C = \beta I_\beta + (\beta + 1) I_{CBO}$ 24.11

ప్రాయోగిక ట్రాన్సిస్టర్‌లలో β విలక్షణ విలువలు 20 నుండి 1000 వ్యాప్తిలో ఉంటాయి.

BRAOU

$\beta(h_{fe})$ ప్రవాహలాభాంకం. లేదా వృద్ధికరణం యొక్క సార్ధకత "వర్ధకాలు" అనే భాగం - 26 అర్ధం చేసుకొనవచ్చు.

24.6 సారాంశం

pn అర్ధవాహకాలు రెండు దగ్గరగా చేర్చినప్పుడు n ప్రాంతంలోనికి హోల్ విసరణం p ప్రాంతంలోనికి ఎలక్ట్రాన్ విసరణం ఒక సమతాస్థితి చేరే వరకు కొనసాగుతుంది. pn కూడలి కిరువైపుల విసరణం చెందిన ఆవేశిత వాహకాలు ఒక స్థలావేశిత ప్రాంతాన్ని లేదా లేమి ప్రాంతాన్ని (depletion region) ను ఏర్పరుస్తాయి.

pm కూడలి ఎదురు దిశలో అధిక నిరోధాన్ని కలిగిస్తుంది. వాలుదిశలో విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని అనుమతిస్తుంది. ఈ విధంగా యిది ఏకదిక్కారిగా పనిచేస్తుంది.

రెండు pn కూడలులు ఒకదానిక ప్రక్క మరియొకటి అర్ధవాహక ఏకస్ఫటికంలో అమర్చినప్పుడు ట్రాన్సిస్టర్‌గా రూపొందుతుంది. ట్రాన్సిస్టర్ మూడు టెర్మినల్‌లు గల సాధనం. అవి కలెక్టర్, బేస్ , ఎమిటర్‌లు.

బేస్ ప్రాంతం కలెక్టర్, ఎమిటర్‌లకు వ్యతిరేకంగా డోప్ చేయబడి ఉంటుంది. ఈ ఫలితంగా రెండు రకాల ట్రాన్సిస్టర్లు మనకు లభిస్తాయి. అవి pnp, npn ట్రాన్సిస్టర్‌లు. ఒక రకం ట్రాన్సిస్టర్‌లో p - రకం కలెక్టర్, ఎమిటర్‌లు మధ్య n -రకం బేస్ ఉంటుంది. దీనిని ట్రాన్సిస్టర్ అంటారు. మరి యొక రకంలో n రకం కలెక్టర్, ఎమిటర్‌లకు మధ్య p రకం బేస్ ఉంటుంది. దీనిని npn ట్రాన్సిస్టర్ అంటారు.

npn pnp ట్రాన్సిస్టర్‌లకు ఉమ్మడి అంశం ఒకటి ఉంది. అది బేస్ ఎమిటర్ కూడలిని వాలు బయాస్ చేయడం, కలెక్టర్ - బేస్ కూడలిని ఎదురు బయాస్ చేయడం. ఏ రకమైన ట్రాన్సిస్టర్ అయినా ఈ పద్ధతినే అవలంబిస్తారు.

ట్రాన్సిస్టర్‌లోని రెండు ముఖ్య పరామితులు α (ఆల్ఫా) ఉమ్మడి - బేస్ విన్యాసంలో ప్రవాహలాభాంకం, లేదా ప్రవాహ వృద్ధి కారకం. β (బీటా) ఉమ్మడి - ఎమిటర్ విన్యాసంలో ప్రవాహలాభాంకం.

BRAOU

24.7 నమూనా జవాబులు

అవగాహన పరీక్ష

స్థిర ఆవేశాలుగల కూడలి కిరువైపుల ప్రాంతాన్ని లేమి ప్రాంతం అంటారు.

24.8 నమూనా ప్రశ్నలు

I. **క్రింది ప్రశ్నలకు సమాధానాలు రాయండి.**

1. pnp, npn ట్రాన్సిస్టర్‌లు పనిచేసే విధానాన్ని వివరించండి.
2. pn కూడలి ఏ విధంగా రూపొందుతుంది? దాని ధర్మాలు చర్చించండి.
3. వివిధ ఏకదిక్కారణ వలయాన్ని చర్చించండి. π శాఖ, L శాఖ నిర్గలనుల యొక్క నిర్గలన చర్యలను గూర్చి వివరించండి.
4. $I_C = \beta I_\beta + (\beta + 1) I_{CBO}$ అనే సమీకరణాన్ని రాబట్టండి. ట్రాన్సిస్టర్ α , β యొక్క స్థిరాంకాల సార్ధకతను వివరించండి.

భాగం-25 : ఏకదిక్కారణ, నిర్గలన వలయాలు

విషయక్రమం

25.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

25.2 ప్రవేశిక

25.3 అర్ధతరంగ ఏకదిక్కారణి

25.4 పూర్ణతరంగ ఏకదిక్కారణి

25.5 బ్రిడ్జ్ ఏకదిక్కారణి

25.6 నిర్గలన వలయాలు

  25.6.1 క్షమశీలి నిర్గలని

  25.6.2 ప్రేరక నిర్గలని

  25.6.3 L - శాఖ నిర్గలని

  25.6.4 π - శాఖ నిర్గలని

25.7 సారాంశం

25.8 నమూనా జవాబులు

25.9 నమూనా ప్రశ్నలు

25.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో వివిధ ఏకదిక్కారిణి వలయాలను విద్యార్థికి పరిచయం చేయడం జరిగింది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. ఏకదిక్కారిణి సాధనాన్ని ఉపయోగించి ఏకాంతర ప్రవాహాన్ని ఏకముఖ ప్రవాహంగా మార్చగలుగుతారు.
2. వివిధ రకాల నిర్గలనులను ఉపయోగించి రిపుల్ కారకాన్ని లెక్కకట్టగలరు. ఏకరూప ఏకముఖ ప్రవాహ అంశంను రాబట్టగలరు.

BRAOU

25.2 ప్రవేశిక

ఏకాంతర ప్రవాహన్ని ఏకముఖ ప్రవాహంగా మార్చే సాధనాన్ని ఏకదిక్కారణి అంటారు. శక్తి సరఫరా వలయాల్లో వాడే డయోడ్ ఏకదిక్కారుణలను గురించి యిక్కడ పరిశీలిద్దాం.

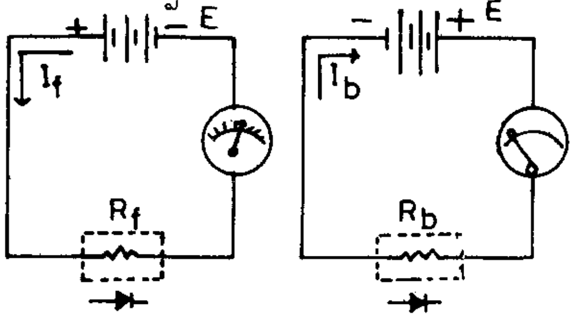
ఆదర్శ ఏకదిక్కారణిలో నిరోధం అనువర్తింప చేసే శక్మం యొక్క సంజ్ఞపై ఆధారపడుతుంది. దీన్ని పటం 25.1లో చూడవచ్చు R_fవాలు నిరోధం ఎదురునిరోధం R_b కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. ఏకాంతర ప్రవాహ వలయాలలో ఒకేదిశలో ఏకదిక్కారణికి ఎక్కువ నిరోధం ఉంటుంది. మరియొకదిశలో నిరోధం తక్కువగా ఉంటుంది. పటం 25.1

ప్రకారం $I_f = \frac{E}{Rf} I_b = \frac{E}{R_b}$ కాబట్టి $R_f < R_b$ అయితే $I_f > I_b$ లేదా

గుణాత్మకంగా $\frac{R_b}{I_f}\frac{I_f}{I_b}$ అందువల్ల ఆదర్శ ఏకదిక్కారణి వాలుదిశలో వాహకంగాను ఎదురుదిశలో బంధకంగాను ప్రవర్తిస్తుంది.

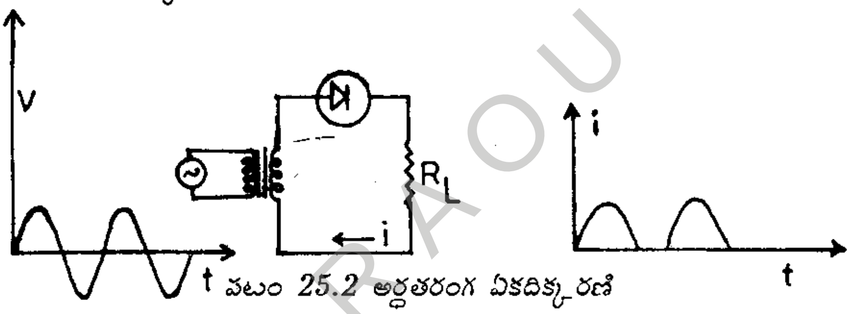
25.3 అర్ధతరంగ ఏకదిక్కారణి

పటం 25.2 లో ఏకాంతర ప్రవాహజనకం, భారనిరోధం, కూడలిడయోడ్ శ్రేణిలో కలిపిన ప్రాథమిక ఏకదిక్కారణి వలయం చూపబడింది. జనకం యొక్క ధృవణత (Polarity) వాలుదిశలో ఉన్నప్పుడు డయోడ్ వహనం జరిపి భారనిరోధం వద్ద ప్రవాహం జనిస్తుంది. అయితే ఆవర్తం యొక్క ఋణాత్మక అర్ధభాగంలో డయోడ్ వహనం జరుపదు. అందువల్ల భారనిరోధం వద్ద ప్రవాహం శూన్యమౌతుంది. అందువల్ల నిర్గమ ప్రవాహం పటం 25.2 లో చూపినట్లు అనుక్రమంగా కొంత ఖాళీస్థలంతో అర్ధసైన్ తరంగాలు ఏర్పడతాయి.



పటం 25.1 ఏకదిక్కారణి చర్య

ఈ వలయాన్ని అర్ధతరంగ ఏకదిక్కారణి అంటారు. ఈ అర్ధసైన్ తరంగాల సగటు విలువ శూన్యంకాక, నిర్గమ ప్రవాహం కొంత ఏకముఖ ప్రవాహ అంశాన్ని కలిగి ఉంటుంది. అంటే నివేశసైన్ తరంగం ఏకదిక్కారణం కావించబడింది.



పటం 25.2 అర్ధతరంగ ఏకదిక్కారణి

BRAOU

ఏకదిక్కారణి సంకేతం పటం 25.2లో చూపబడింది. సులభంగా ప్రవాహించే దిశను రూఢ ధన ప్రవాహదిశగా సూచిస్తారు. అంటే ఎలక్ట్రాన్ ప్రవాహనికి వ్యతిరేక దిశలో ఈ ప్రవాహం ఉంటుంది. స్పటికడయోడ్‌లోగాని లోహపు డయాడ్‌లోగాని ధనసంజ్ఞను సాధారణంగా తొలగిస్తారు. దానికి అనురూపమైన తంత్రి, లేదా టెర్మినల్‌ను ఎఱ్ఱని చుక్కతో గాని, ఎఱ్ఱని పట్టీతో గాని సాధనంపై సూచిస్తారు. అనువర్తిత వోల్టేజి ఒక అర్ధతరంగంలో ఒక ధృవాన్ని, మరియొక అర్ధతరంగంతో పూర్వపుదానికి వ్యతిరే ధృవాన్ని కలిగి ఉంటుంది. ఏకదిక్కారణి ఒకదిశలో అనువర్తిత వోల్టేజికి మాత్రమే వహనాన్ని ప్రదర్శిస్తుంది. కనుక ఆ అర్ధతరంగంలో మాత్రమే ఎలక్ట్రాన్ ప్రవాహం ఉంటుంది. ఈ కారణం వల్ల పటం 25.2లో చూపిన అమరికను అర్ధతరంగ ఏకదిక్కారణి అనడం జరిగింది.

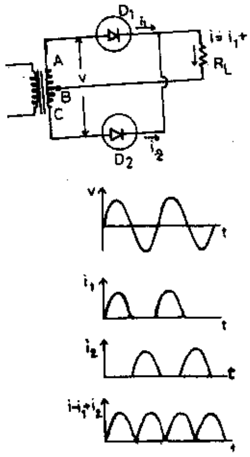
అవగాహన పరీక్ష 1

ఏకదిక్కారణి అనగా నేమి?

25.4 పూర్ణతరంగ ఏకదిక్కారణి

రెండవ డయోడ్‌ను తగురీతిలో కలపడం ద్వారా భారనిరోధంలో పూర్ణ ఆవర్తనంలో ఎలక్ట్రాన్

వహనాన్ని సాధించవచ్చు. దీనికి సంబంధించిన



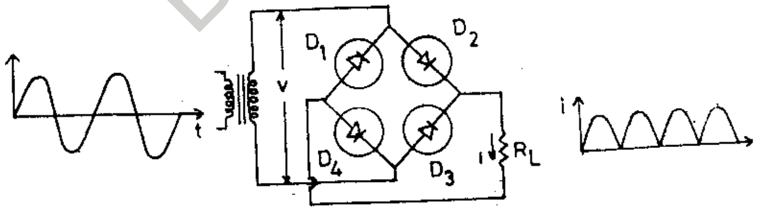
పటం *25.3* పూర్ణతరంగ ఏకదిక్కరణి దాని తరంగ రూపాలు

అమరిక పటం 25.3 లో చూపబడింది. ఈ అమరికను పూర్ణతరంగ ఏకదిక్కరణి అంటారు. తాత్కాలికంగా మధ్యబిందువు B కి సాపేక్షంగా A బిందువు ధృవణం ధనాత్మకమై B కి సాపేక్షంగా C ధృవణం ఋణాత్మకమైనప్పుడు D డయోడ్ వాలు బయాస్ జరగడం మూలంగా వహనం జరుగుతుంది. కాబట్టి ప్రవాహదిశ A నుండి D_1R_L ద్వారా మధ్య బిందువు వైపుకు ఉంటుంది. అర్ధఆవర్తం తర్వాత C బిందువు B బిందువుకు సాపేక్షంగా ధనాత్మకమై యిప్పుడు D_2 వాలుదిశలో బయాస్ చేయబడుతుంది. అప్పుడు ప్రవాహదిశ C నుండి D_2 ద్వారా R_L గుండా మధ్య బిందువు వైపుకు ఉంటుంది. R_L వద్ద వోల్టేజి తరంగరూపం పటం 20.3లో చూపినట్లుగా ఉంటుంది.

25.5 బ్రిడ్జ్ ఏకదిక్కరణి

పటం 25.3లో చూపిన వలయం ఉపయోగించడంలో కొన్ని నష్టాలున్నాయి. పరివర్తకంలోని ద్వితీయవేష్టనం అర్ధతరంగ ఏకదిక్కరణి కంటే రెట్టింపు వోల్టేజిని కలిగించాలి. దీనికి కారణం ఏకకాలంలో ఒక అర్ధభాగం వేష్టనం మాత్రమే ఉపయోగపడుతుంది. నాలుగు డయోడ్లను పటం 25.4 చూపినట్లు అమర్చి ఈ కష్టాన్ని అధిగమించవచ్చు.

BRAOU



పటం *25.4* బ్రిడ్జ్ ఏకదిక్కరణ వలయం

B కి సాపేక్షంగా A ధనాత్మకమైనప్పుడు D_2D_4 డయోడ్లు వహనం జరుపుతాయి. ధృవణం AB ల మధ్య వ్యతిరేకమైనపుడు (తారు మారైనప్పుడు) D_1D_3 డయోడ్లు వహనప్రక్రియను జరుపుతాయి. ఫలితతరంగ రూపంలో (పటం 25.4) R_L వద్ద పటంలో చూపబడింది. ఈ అమరిక ప్రభావాత్మకంగా పూర్ణతరంగ ఏకదిక్కరణి వంటిది. దీనిని సామాన్యంగా బ్యాటరీ చార్జర్‌లలో వాడుతారు. తక్కువ ధరలో మార్కెట్‌లో తక్కువ సామర్థ్యంగల అర్ధవాహక శక్తి ఏకదిక్కరణులు లభ్యమౌతాయి. కనుక చాల మంది తయారీదారులు శక్తి సరఫరా వలయాలలో ప్రామాణిక ఏకదిక్కరణ సాధనంగా బ్రిడ్జ్ ఏకదిక్కరణిని ఉపయోగిస్తారు.

అర్ధతరంగ, పూర్ణతరంగ ఏకదిక్కరణుల నిర్గమతరంగ రూపాలను పరిశీలిస్తే (పటం 25.2,

25.4) అర్ధతరంగ ఏకదిక్కరణిలో నిర్గమతరంగ పౌనఃపున్యం సరఫరా వోల్టేజి పౌనఃపున్యానికి సమంగా ఉన్నట్లు, పూర్ణతరంగ ఏకదిక్కరణులలో ప్రాధమిక పౌనఃపున్యానికి రెట్టింపు ఉన్నట్లు తెలుస్తుంది. శక్తి సరఫరా వలయాలలో ఇది చాల ప్రాముఖ్యమైన అంశం. దీన్ని మనం తర్వాత పరిశీలిద్దాం. ముందు చర్చించిన రీతిగా భారనిరోధం వద్ద వెలువడే వోల్టేజి ఏకముఖ ప్రవాహంకాక ఏకాంతర ప్రవాహ అంశాన్ని కలిగి ఉంటుంది. శుద్ధ ఏకముఖ ప్రవాహం రాబట్టాలంటే ఏకాంతర అంశాన్ని (ఏకదిక్కరణ తరంగరూపం నుండి) తగిన నిర్గలన వలయాల్ని ఉపయోగించి తగ్గించాలి.

25.6 నిర్గలన వలయాలు

పైన చర్చించన విషయాల్ని బట్టి ఏకదిక్కరణులు నిలకడైన ఏకరూప వోల్టేజిని సరఫరా చేయలేదని తెలుస్తుంది. పటం 25.2, 25.3, 25.4 లలోని తరంగ రూపాలను పరిశీలిస్తే అది స్పందించే వోల్టేజిని కలిగి ఉన్నాయని తెలుస్తుంది. ఏకదిక్కరణ నిర్గమ వోల్టేజిలను సమంగా స్పందన రహితంగా చేసి నిలకడైన వోల్టేజిగా మార్పు చేయాలి. తగువిధంగా ప్రేరకాలను, క్షమశీలులను కలిపిన నిర్గలన వలయం లేదా నిర్గలని ద్వారా దీనిని సాధించవచ్చు. శక్తి సరఫరా నిర్గలని అల్ప ప్రవేశనిర్గలన వలయం. ఇది ఏకాంతర అంశాల కంపన పరిమితులను తగ్గించి ఏకముఖ ప్రవాహ అంశాన్ని మాత్రమే అనుమతిస్తుంది. నిర్గలని యొక్క ప్రభావాత్మకతను "రిపుల్ కారకం" (Ripple factor) తో కొలుస్తారు. ఏకాంతర ప్రవాహ అంశం యొక్క వర్గమధ్యమమూల విలువ (root mean square value) ఏకముఖ ప్రవాహ అంశానికి లేదా సగటు విలువకు గల నిష్పత్తిగా ఈ రిపుల్ కారకాన్ని నిర్వచిస్తారు.

$$V_{rms} = \frac{V_P}{z} \qquad 25.1$$

సగటు విలువ లేదా వోల్టేజి ఏకముఖ ప్రవాహ అంశం విలువ

$$V_{dc} = \frac{V_P}{\pi} \quad \text{(అర్ధతరంగ ఏకదిక్కరణికి)}$$

$$V_{dc} = \frac{2V_P}{\pi} \quad \text{(పూర్ణతరంగ ఏకదిక్కరణికి)} \qquad 25.2$$

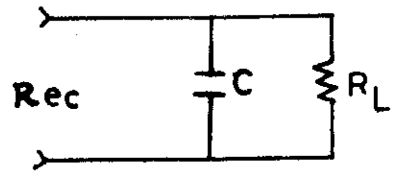
V_P శిఖర వోల్టేజి. కాబట్టి $r = \frac{V_{rms}}{V_{dc}}$ 25.3
4

అవగాహన పరీక్ష 2

రిపుల్ కారకం అనగా నేమి?

25.6.1 క్షమశీలి నిర్గలని

భారనిరోధానికి సమాంతరంగా కలిపిన క్షమశీలిగల వలయాన్ని ప్రాధమిక లేదా సరళమైన నిర్గలన వలయంగా తెల్పుతారు. (పటం. 25.5)

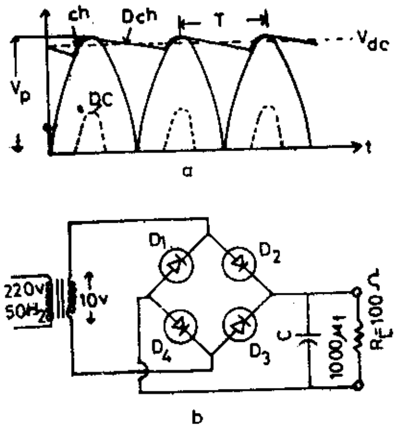


పటం 25.5 క్షమశీలి నిర్గలని

Rec - ఏకదిక్కరణి నుండి

సరఫరా పౌనఃపున్యం వద్ద క్షమశీలి ప్రతిరోధం (Reactance) భారనిరోధం కంటే తక్కువగా ఉంటే ఆ ఏకాంతరప్రవాహ అంశాలు లఘు వలయితమై ఏకముఖ ప్రవాహం మాత్రమే భార నిరోధంలో నిలిచి

ఉంటుంది. క్షమశీలి నిర్గలని అభిలక్షణాలు పటం 25.6లో చూపినతరంగ రూపాలను పరిశీలించి కనుక్కొవచ్చు. ఏకదిక్కరణ శిఖర వోల్టేజి V_P కి.



పటం *25.6* a) క్రమశీలి నిర్గమ వోల్టేజి

b) క్షమశీలి నిర్గలనితో ప్రాయోగిక స్వల్పవోల్టేజిశక్తి సరఫరావలయం

క్షమశీలి ఆవేశితమౌతుంది. శిఖర వోల్టేజి నుంచి విలువ తగ్గడం మొదలవగానే క్షమశీలి గుండా ఉత్సర్గం చెందడం ప్రారంభిస్తుంది. ఆవేశిత స్పందకాల మధ్య క్షమశీలి వోల్టేజిలోని తరుగుదల RC కాలస్థిరాంకం పైన, నివేశ వోల్టేజి ఆవర్తనకాలం పైన ఆధారపడుతుంది. RC కాలస్థిరాంకం తక్కువైనప్పుడు తరుగుదల ఎక్కువుగా ఉండి రిపుల్ వోల్టేజి కూడ ఎక్కువగా ఉంటుంది. అయితే ఎక్కువ కాలస్థిరాంకం ఉన్నప్పుడు రిపుల్ అంశం తక్కువగా ఉంటుంది.

RC కాలస్థిరాకం, ఆవర్తన కాలం కంటే ఎక్కువైనప్పుడు (అంటే $RC >> T$i) రిపుల్ వోల్టేజి దాదాపు త్రికోణాకార తరంగ రూపంలో ఉంటుంది. ఈ విషయంలో క్షమశీల వోల్టేజి ఒక ఆవర్తన కాలంలోని తరుగుదలను సుమారుగా $\frac{V_P T}{R_L C}$ గా రిపుల్ కారకంగా ఉండేట్లు గణిస్తే

$$r = \frac{V_P T}{V_P} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2 R_L C} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \frac{1}{f R_L C} \qquad 25.4$$

BRAOU

ఇక్కడ సౌలభ్యం కోసం ఏకముఖ ప్రవాహ నిర్గమ వోల్టేజిని V_P గా తీసుకోవడం జరిగింది. సమీకరణం 25.4 ద్వారా R_L, C, f విలువల పెంచే కొలదీ రిపుల్ కారకం విలువ తగ్గడం గమనించవచ్చు. రిపుల్ పెరిగే కొలదీ సగటు dc నిర్గమ వోల్టేజి తగ్గుతుంది. $V_{dc} = 1.4 V_{rms} - I_{dc}/2fc$

మాదిరిలెక్క - 1

తక్కువ వోల్టేజి శక్తి జనకానికి (పటం 25) నిర్గమ వోల్టేజి. రిపుల్ వోల్టేజి గణించిండి.

జవాబు.

ఇది పూర్ణతరంగ ఏకదిక్కరణి, కాబట్టి $f = 50 \times 2 = 100 Hz$

నిర్గమ వోల్టేజి $V_{dc} = (1.4 \times 10) - \frac{I_{dc}}{2fc}$

అయితే $I_{dc} = V_{dc}/R_L$

I_{dc} విలువను ప్రతిక్షేపిస్తే $V_{dc} = (1.4 \times 10)\left(1 + \frac{1}{2fcR_L}\right)$

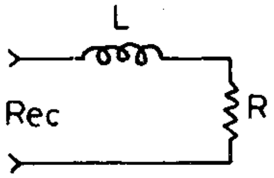
$V_{dc} = (1.4 \times 10)\left[1 + \frac{1}{2 \times 100 \times 1000 \times 10^{-6} \times 100)} = 13V\right.$

రిపుల్ కారకం $\frac{1}{2\sqrt{3}CR_L} = \frac{1}{3.5\times100\times1000\times10^{-6}\times100} = 0.029V$

రిపుల్ కారక వర్గ మధ్యమ మూల వోల్టేజి విలువ $= r \times V_{dc} = 0.37V = 0.4V = 2.5V$ శిఖరం నుండి శిఖరం వరకు.

25.6.2 ప్రేరక నిర్గలని

మరియొక నిర్గలన సాధనం సాధారణ ప్రేరకాన్ని భార నిరోధంతో శ్రేణిలో కలిపిన వలయం (పటం 25.7). ప్రేరకం తన గుండా ప్రవాహాన్ని (ఏకాంతరం) అడ్డు కొనడం ద్వారా చాలవరకు స్థిరమైన ప్రవాహం భార నిరోధం గుండా ప్రవహింప చేస్తుంది. అయితే ప్రేరకం లేదా చోక్ క్షమశీలి వలె ఆవేశాన్ని నిల్వ చేసుకొనలేదు. తన గుండా ప్రవహించే ప్రవాహపు మార్పులకు మాత్రమే ప్రతిచర్య జరిపి నిరోధిస్తుంది. ప్రేరకం ప్రభావం వలన ప్రభావం స్థిర విలువను పొందగలగుతుంది.



25.7 ప్రేరక నిర్గలని Rec -ఏకదిక్కరణి నుండి

ప్రేరకం విలువ ఎక్కువైన కొలది నిర్గలని ప్రభావం కూడ పెరుగుతుంది. పూర్ణతరంగ ఏకదిక్కరణికి రిపుల్ కారకం

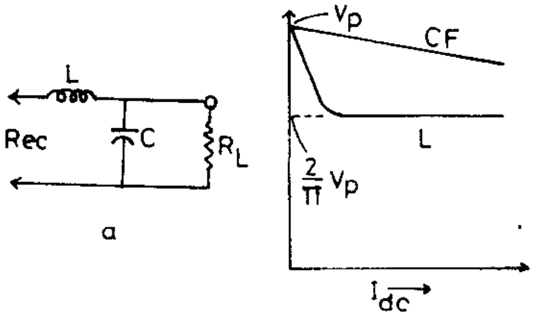
$$r = \frac{1}{3\sqrt{2}}\frac{R_L}{2\pi f L} \qquad 25.5$$

గా వ్రాయవచ్చు. దీనిలో R_L విలువ పెరిగే కొద్దీ రిపుల్ కారక విలువ తగ్గుతుంది. ఇది క్షమశీల నిర్గలనికి భిన్నంగా అంటే పూర్తిగా వ్యతిరేకంగా పనిచేస్తుంది. రిపుల్ నిర్గమ వోల్టేజి సాధారణంగా ప్రేరక నిర్గలనలో క్షమశీలి నిర్గలని కంటె ఎక్కువగా ఉంటుంది. అయితే చోక్ నిర్గలని అధిక నిర్గమ ప్రవాహాలకు నిర్గలన చర్య, నియంత్రణా అభివృద్ధి లాభదాయకంగా ఉంటుంది. వివిధ సంయోగాలలో ప్రేరకాలను, క్షమశీలులను కలిపి నిర్గలన వలయాలుగా ఉపయోగిస్తారు. వీటిలో మొదటిది L - శాఖ నిర్గలని

B R A O U

25.6.3 L శాఖ నిర్గలని

ప్రేరకం యొక్క లాభకరమైన నియంత్రణ అభిలక్షణాలను ఈ నిర్గలని ఉపయోగించుకొంటుంది. ఏకదిక్కరణ వోల్టేజి మొదట ప్రేరకం ద్వారా నిర్గలనం గావించబడితే దానిని చోక్ - నిర్గమ నిర్గలన వలయం అంటారు. L శాఖ నిర్గలని యొక్క నిర్గమ వోల్టేజి ప్రేరక నిర్గలని నిర్గమ వోల్టేజికి సమానం. పటం 25.8



పటం *25.8* a) L శాఖనిర్గలని b) క్షమశీలి, - శాఖ నిర్గలనులలో వోల్టేజి నియంత్రణ అభిలక్షణాలు CF క్షమశీలి నిర్గలని L - శాఖ నిర్గలని

లో చూపినట్లు భార నిరోధంలో ప్రవాహం శూన్యమైనప్పుడు ప్రేరకం ప్రభావం వలయంపై ఉండదు. అందువల్ల అది దాదాపు క్షమశీలి నిర్గలిని వలె ప్రవర్తిస్తుంది. ఈ విషయంలో నిర్గమ వోల్టేజి నివేశ వోల్టేజి యొక్క శిఖర విలువకు సమానం. భార ప్రవాహం పెరిగే కొలదీ నిర్గమ వోల్టేజి సగటు విలువకు పాతం చెంది ఆ తర్వాత స్థిరంగా ఉంటుంది. ఏకదిక్కరణ తరంగ రూపం యొక్క ఏకాంతర వోల్టేజి అంశాలు ప్రేరకం మధ్య, నిరోధ - క్షమశీలుల సంయోగం యొక్క అవరోధం మధ్య విభజన జరిగిన అంశాలను, ఏకముఖ ప్రవాహ నిర్గమ వోల్టేజి (ఏకదిక్కరణ తరంగ రూపం) అంశాన్ని గమనించడం ద్వారా రిపుల్ కారకాన్ని విలువ కట్టవచ్చు. కాబట్టి L శాఖ నిర్గలనిలో రిపుల్ కారకాన్ని

$$r = \left(\frac{V_{rms}}{V_{dc}}\right)_{rect} \frac{Z}{Z+X_L} \qquad 25.6$$

తగిన వోల్టేజి వర్గమధ్యమ మూలవిలువ, dc విలువలను ప్రతిక్షేపించి పూర్ణతరంగ ఏకదిక్కరణ తరంగరూపం యొక్క రిపుల్ కారకం విలువను రాబట్టవచ్చు.

$$\left[I_{dc} = \frac{2}{\pi} I_P \right. \qquad 25.7$$

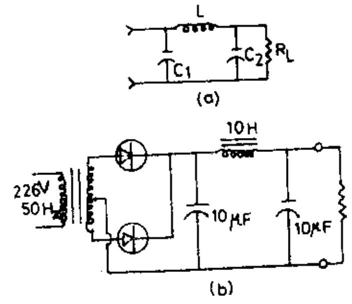
$$\left[I_{rms} = \frac{2\sqrt{2} I_P}{3\pi} \right. \qquad 25.8$$

$$r = \frac{\sqrt{2}}{3} \frac{1}{1+\omega^2 LC} \frac{1}{\sqrt{1/\omega^2 R_L C}} = \frac{\sqrt{2}}{3} \frac{1}{\omega^2 LC} \qquad 25.9$$

ఈ ఉజ్జాయింపు $R_L C >> 1$ అయినప్పుడు మాత్రమే అర్థవంతంగా ఉంటుంది. అయితే సాధారణంగా ప్రాయోగిక పరిస్థితులలో ఈ స్థితిని ఎల్లప్పుడు కాపాడుతుంది. ఈ నిర్గలనిలో రిపుల్ కారకం R_L విలువపై ఆధారపడక పోవడం గమనించవచ్చు. L.C విలువలు పెరిగేకొలదీ నిర్గల చర్య పెరుగుతుంది. పటం 24.8 లో ప్రేరక నిర్గలనిలో క్షమశీలి నిర్గలనిలో వోల్టేజి నియంత్రణ వక్రాలు పోల్చడం జరిగింది. అధిక నియంత్రణ తక్కువ నిర్గమ వోల్టేజి మొదటి దానిలోను, రెండవ దానిలో తక్కువ నియంత్రణ అధిక నిర్గమ వోల్టేజిని గమనించవచ్చు.

B R A O U

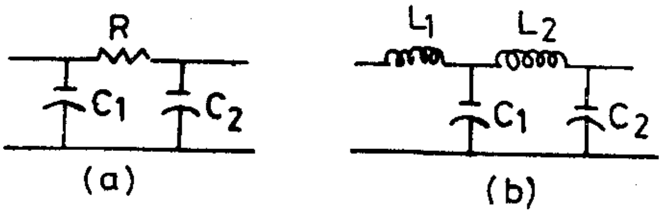
25.6.4 π శాఖ నిర్గలని



పటం 25.9 a) π శాఖనిర్గలని
b) ప్రయోగిక శక్తి సరఫరా వలయం

L - శాఖ నిర్గలనితో కూడిన క్షమశీలి నివేశ నిర్గలన వలయాన్ని పటం 25.9 లో చూపినట్లు శక్తి సరఫరా వలయాలలో చాల విరివిగా వాడబడే వలయం. నిర్గమ వోల్టేజి అభిలక్షణాలు ఈ నిర్గలనిలో దాదాపు క్షమశీలి నివేశ నిర్గలిని పోలి ఉంటాయి. నియంత్రణ అభిలక్షణాలు కూడా దాదాపు అదే విధంగా ఉంటాయి. అయితే రిపుల్ మాత్రం చాలవరకు రెండు నిర్గలన చర్యల ద్వారా చాలవరకు తగ్గించబడుతుంది. ఒకటి క్షమశీలి నిర్గలని, రెండవది L శాఖనిర్గలని, నిజానికి మొత్తం రిపుల్ కారకం క్షమశీలి రిపుల్ కారకం రెట్లు L - శాఖ నిర్గలని అవరోధ నిష్పత్తిలో అవరోధనిష్పత్తి

లో ఉంటుంది. π శాఖ నియంత్రణ ధర్మాలు తక్కువగా ఉన్నప్పటికీ దాని గొప్ప నిర్గలన లక్షణాన్ని ఆధారంగా చేసుకొని విరివిగా వాడుతారు.



పటం 25.10 π - శాఖ నిర్గలన

b) రెండు - L - శాఖలుగల నిర్గలని

తక్కువ ప్రవాహం గల వలయాలలో π నిర్గలనికి బదులుగా ప్రేరకం స్థానే నిరోధం వాడుతారు (పటం 25.10 a) π శాఖ నిర్గలనిలో రిపుల్ కారకానికి గల సమీకరణం ఈ క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$r = \sqrt{2}\frac{X_{c1}X_{c2}}{R_L X_L} \qquad 25.10$$

ఇతర నిర్గలన వలయాలను కూడ వివిధ సంయోగాలలో నిర్గలనులుగా వాడుతారు. రెండు L - శాఖ నిర్గలనులను (25.10 b) కలిపితే మంచి నియంత్రణతోబాటు అతి తక్కువ రిపుల్‌ను సాధించవచ్చు. ఏ నిర్గలని రచనకైనా రిపుల్ కారకం లెక్క కట్టాలంటే ప్రతి సరళ నిర్గలనిని విడిగా π శాఖ నిర్గలనిలో చర్చించినట్లు విశ్లేషణ చేయాల్సి ఉంటుంది.

25.7 సారాంశం

ఏకాంతర ప్రవాహాన్ని (AC) ఏకముఖ ప్రవాహంగా (DC) గా మార్చే సాధనాన్ని ఏకదిక్కరణి (rectifier) అంటారు.

ఆదర్శ ఏకదిక్కరణి వాలు ప్రవాహానికి ఆదర్శవాహకంవలె, ఎదురు ప్రవాహానికి ఆదర్శ బంధకం వలె పనిచేస్తుంది.

ఒకడయోడ్‌కు ఏకాంతర ప్రవాహాన్ని అనువర్తించినప్పుడు, ఆవర్తం ధనాత్మకంగా ఉన్న అర్థ ఆవర్తంలో డయోడ్ వహనాన్ని జరుపుతుంది. అయితే ఋణ అర్థ ఆవర్తంలో డయోడ్ సంపూర్ణంగా వహనాన్ని నిరోధించి ప్రవాహ విలువ శూన్యమౌతుంది. భారనిరోధం వద్ద నిర్గమ ప్రవాహం అర్థసైన్ తరంగరూపంలో ఉంటుంది. దీనినే అర్థతరంగ ఏకదిక్కరణి అంటారు.

రెండవ డయోడ్‌ను తగురీతిలో కలపడం ద్వారా భారనిరోధం వద్ద ఏర్పడే నిర్గమ ప్రవాహం సంపూర్ణ తరంగం కాలంలో డయోడ్లు వహనం జరిపి క్రమంగా అర్థసైన్ తరంగరూపాలు ఒకదాని తర్వాత మరియొకటి వచ్చేట్లుగా సాధించవచ్చు. ఈ రకమైన ఏకదిక్కరణిని పూర్ణతరంగ ఏకదిక్కరణిని అంటారు.

ఈ విధంగా ఏర్పడ్డ ఏకాంతర ఏకదిక్కరణ నిర్గమ వోల్టేజి స్పందకాలరూపంలో ఉంటుంది. వీటిని సమం చేసి నిలకడగా ఏకరూప ఏకముఖ ప్రవాహ అంశను రాబట్టడాని ఉపయోగించే వలయాలను నిర్గలన వలయాలు అంటారు. క్షమశీలి నిర్గలని, ప్రేరక నివేశనిర్గలని. L నిర్గలని, π శాఖ నిర్గలని మొదలైన నిర్గలన వలయాలు చాల ముఖ్యమైనవి.

BRAOU

25.8 నమూనా జవాబులు

అవగాహన పరీక్ష 1

ఏకాంతర ప్రవాహాన్ని (AC) ఏకముఖ ప్రవాహంగా (DC) మార్చే సాధనాన్ని ఏకదిక్కరణి (rectfier) అంటారు.

అవగాహన పరీక్ష 2

ఏకాంతర ప్రవాహ అంశం యొక్క వర్గమధ్యమ మూల విలువ ఏకముఖ ప్రవాహ అంశానికి లేదా సగటు విలువకు గల నిష్పత్తిని రిపుల్ కారకం అంటారు.

25.9 నమూనా ప్రశ్నలు

I. **క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.**

1. వివిధ ఏకదిక్కరణ వలయాలని చర్చించండి. π శాఖ, L శాఖ నిర్గలనుల యొక్క నిర్గలన చర్యలను వివరించండి.

BRAOU

భాగం-26 : వర్ధకాలు

విషయక్రమం

26.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

26.2 ప్రవేశిక

26.3 ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకంగా పనిచేయుడం

26.4 మూలభూతమైన ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకం వలయాలు

26.5 సామాన్య కలెక్టర్ వర్ధకం

26.6 మూడుట్రాన్సిస్టర్‌లను పోల్చడం

26.7 వర్ధకాల వర్గీకరణ

26.7.1 తరగతి A వర్ధకం

26.7.2 తరగతి B వర్ధకం

26.7.3 తరగతి AB వర్ధకం

26.7.4 తరగతి C వర్ధకం

26.8 R-C యుగ్మన వర్ధకం

26.9 సారాంశం

26.10 నమూనా ప్రశ్నలు

26.1 ఉద్దేశ్యాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకంగా ఎలాపని చేస్తుందో పరిశీలించబడింది.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. మూడు ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకాలను పోల్చగలుగుతారు.
2. వర్ధకాలను వివిధ పద్ధతులలో వర్గీకరించగలుగుతారు.
3. R-C యుగ్మన వర్ధకం వివిధ పౌనః పున్య అవధులలో ఎలా పని చేస్తుందో వివరించగలరు.

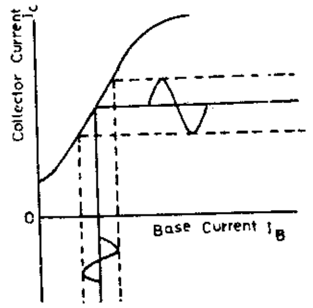
BRAOU

26.1 ప్రవేశిక

కొన్ని విద్యుత్ పరికరాలు పనిచేయాలంటే, చిన్న ఏకాంతర పొటెన్షియల్ తేడాను వర్ధనం చేయవలసి ఉంటుంది. ఉదాహరణకు మైక్రోఫోన్ లేదా రికార్డు ప్లేయర్‌లో కొన్ని మిల్లీవోల్టుల ఏకాంతర పొటెన్షియల్ తేడా అత్యల్ప సామర్థ్యంతో ఉత్పత్తి చేయబడుతుంది. వీటిని ఉపయోగించి లౌడ్ స్పీకర్ లేదా టేప్ రికార్డర్ పని చేయాలంటే, ఈ సిగ్నల్‌ను తగినంత పరిమాణంలో వర్ధనం చేయాలి. దీని కోసం ట్రాన్సిస్టర్‌లను వర్ధకాలుగా వాడుతారు.

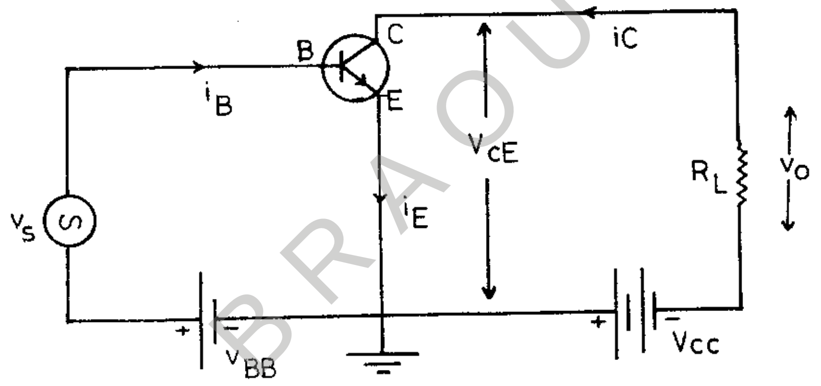
ట్రాన్సిస్టర్ వాస్తవికంగా విద్యుత్ ప్రవాహ వర్ధకమే. ఎమిటర్‌కు, బేస్‌కు మధ్య ఉండే నివిష్ట విద్యుత్ ప్రవాహానికి ఎమిటర్, కలెక్టర్‌ల మధ్య ఏర్పడే నిర్గమ విద్యుత్ ప్రవాహం β రెట్లు ఉంటుంది. ఇక్కడ β విద్యుత్ ప్రవాహ వర్ధక గుణకం అవుతుంది. పొటెన్షియల్ తేడాలను వర్ధనం చేయాలంటే, నివిష్ట పొటెన్షియల్ తేడాలతో రేఖీయంగా మారేటట్లు నివిష్ట విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని సర్దుబాటు చేయాలి. నిర్గమ పొటెన్షియల్ తేడా కూడా కలెక్టర్ విద్యుత్ ప్రవాహంతో రేఖీయంగా మారడం అవసరం.

పటం 26.1 లో చూపబడిన P-N-P ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క డైనమిక్ అభిలక్షణ వక్రాన్ని బట్టి వర్ధకం పనిచేసే తీరును అర్థం చేసుకోవచ్చు. అనువర్తిత సిగ్నల్ వోల్టేజ్ కారణంగా బేస్ విద్యుత్ ప్రవాహం మారుతుందనుకుందాం. బేస్ విద్యుత్ ప్రవాహంలోని మార్పు డైనమిక్ అభిలక్షణ వక్రంలోని రేఖీయ భాగంలో ఉన్నట్లయితే నిర్గమం నిరూపణ లేకుండా ఉంటుంది. అంటే నిర్గమ సిగ్నల్ నివిష్టసిగ్నల్ యొక్క అచ్చం ప్రతికృతిగా ఉంటుంది. బేస్ విద్యుత్ ప్రవాహంలో కలిగే అతి కొద్ది మార్పు వల్ల కలెక్టర్ విద్యుత్ ప్రవాహంలో పెద్ద మార్పు జరగడాన్ని పటం 26.1 లో గమనించవచ్చు. ఈ విధానాన్నే వర్ధనం అంటారు.



పటం *26.1* PNP ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క అభిలక్షణ వక్రం - చిన్న నివిష్ట సిగ్నల్ వర్ధనం

26.3 ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకంగా పనిచేయడం



BRAOU

సామాన్య ఎమిటర్ వర్ధకం వలయం పటం 26.2 లో చూపబడింది. ఇక్కడ సామాన్య. అనే పదం నివిష్ట, నిర్గమ టెర్మినల్‌లకు రెండింటికీ ఎమిటర్ సామాన్యంగా, లేదా ఉమ్మడిగా సంబంధించబడి ఉంటుందని అర్థం. ఈ వలయంలో ఎమిటర్ - బేస్‌సంధి సరపరావోల్టేజ్ V_{BB} వల్ల వాలు బయాస్‌లో ఉంటుంది. V_{CC} వల్ల ఇదే సంధి ఎదురు బయాస్‌లో ఉంటుంది. V_s వర్ధనం చేయవలసిన ఏకాంతర సిగ్నల్. R_L భార నిరోధం. దీని చివరల మధ్య నిర్గమ వోల్టేజ్ V_o ఏర్పడుతుంది. సిగ్నల్‌ను అనువర్తించక ముందు కలెక్టర్, బేస్, ఎమిటర్‌లలో విద్యుత్ ప్రవాహాలు వరుసగా $I_C I_B I_E$ ఉంటాయి. పటాన్ని బట్టి $I_E = -(I_C + I_B)$ 26.1 అని చెప్పవచ్చు.

సిగ్నల్‌ను అనువర్తించినప్పుడు, ఎమిటర్, బేస్‌ల మధ్య వోల్టేజ్ అవిచ్ఛిన్నంగా మారుతుంది. ఎమిటర్ విద్యుత్ ప్రవాహం O = తత్కాల విలువ ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహం I_E+ సిగ్నల్ వల్ల ఏర్పడే ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం ఎమిటర్ విద్యుత్ ప్రవాహం మారినప్పుడు కల్టెర్, బేస్‌లలోని విద్యుత్ ప్రవాహం కూడా మారుతుంది. వీటిలో ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహ అంశాలు కాకుండా, ఏకాంతర విద్యుదంశాలు కూడా ఉంటాయి. ఎమిటర్, కలెక్టర్, బేస్‌లోని మొత్తం తత్కాల విలువలు వరుసగా $i_E i_C i_B$ అయితే $i_E = -(i_C + i_B)$ 26.1(a)

పై రెండు సమీకరణాలలో, ప్రవాహ దిశ వ్యతిరేకంగా ఉంటుందని సూచించడానికి రుణాత్మక సంజ్ఞను వాడినారు.

వర్ధకం పనిచేసే విధానాన్ని కింది విధంగా వివరించవచ్చు.

1. నివిష్ట వోల్టేజ్ మార్పు వల్ల నివిష్ట విద్యుత్ ప్రవాహం, అంటే ఈ వలయంలో బేస్ విద్యుత్ ప్రవాహం మారుతుంది.
2. ఈ విధంగా మారే నివిష్ట విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల కలెక్టర్ విద్యుత్ ప్రవాహం మారుతుంది.
3. తత్ఫలితంగా భారనిరోధం R_L కొనల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా మారుతుంది.
4. ఈ మార్పులు కలెక్టర్ విద్యుత్ ప్రవాహంలో మార్పులకు అనుపాతంలో ఉంటాయి. R_L కొనల మధ్య ఏర్పడే నిర్గమ వోల్టేజ్ కంటే నివిష్ట వోల్టేజ్ చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది.

ఈ విధంగా ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకంలో వోల్టేజ్ వృద్ధి ఉంటుంది. నిర్గమ వోల్టేజికి, నివిష్ట వోల్టేజికి గల నిష్పత్తిని వోల్టేజ్ వృద్ధి అంటారు. ఏక ముఖ కలెక్టర్ వోల్టేజ్ V_{CE} అయితే

$$V_{CE} = V_{CC} - R_L I_C \qquad 26.2$$

ఇక్కడ I_c కలెక్టర్ విద్యుత్ ప్రవాహం. I_c లో కలిగే చిన్న మార్పు వల్ల V_{CE} లో కలిగే మార్పు. $\delta V_{CE} = -R_L \delta I_C$ 26.3

ఇది R_L చివరల మధ్య ఏర్పడే ఏకాంతర నిర్గమ వోల్టేజ్ V_o కి సమానం.

$$\therefore \; V_o = -RL\delta Ic \qquad 26.4$$

నివిష్ట సిగ్నల్ వోల్టేజ్ విలువ V_s అయితే, ధనాత్మకమైన అర్ధసైకిల్‌లో బేస్‌కి, ఎమిటర్‌కి మధ్య ఉండే వాలు బయాస్ వోల్టేజ్ V_{BE} వృద్ధి చెందుతుంది. కాబట్టి ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహాలు $I_E I_C$ కూడా పెరుగుతాయి. $I_C =$ విలువ $(I_C + \delta I_C)$ కి పెరిగినప్పుడు, 26.2 26.4 సమీకరణాల నుంచి $V_{CE} V_o$ తగ్గుతాయని తెలుస్తోంది.

రుణాత్మకమైన అర్ధసైకిల్‌లో V_{BE} తగ్గుతుంది. అప్పుడు I_E, I_C లు తగ్గుతాయి. I_C తగ్గడం వల్ల $\delta V_{CE} V_o$ లు ధనాత్మకంగా ఉంటాయి. అంటే V_o తగ్గినపుడు V_{CE}, V_o లు ఎక్కువవుతాయి. దీనిని బట్టి నివిష్ట, నిర్గమ వోల్టేజ్‌ల మధ్య 180° దశాభేదం ఉంటుందని చెప్పవచ్చు. అంటే సామాన్య ఎమిటర్ వర్ధకం నివిష్ట, నిర్గమ వోల్టేజ్‌ల మధ్య 180° దశాభేదాన్ని కలుగజేస్తుందని అర్థం.

ఈ క్రింది సౌలభ్యాల వల్ల సామాన్య ఎమిటర్ వర్ధకాన్నే ఎక్కువగా వాడుతారు.

1. ఇందులో విద్యుత్ ప్రవాహవృద్ధి, వోల్టేజ్ వృద్ధి ఎక్కువగా ఉంటాయి.
2. దీనివల్ల కలిగే సామర్థ్య వృద్ధి చాలా ఎక్కువ.
3. నివిష్ట అవరోధానికి, నిర్గమ అవరోధానికి భేదం ఎక్కువగా ఉండదు. కాబట్టి అధిక వోల్టేజ్ వృద్ధి కావలసినప్పుడు. సామాన్య ఎమిటర్ వలయాలను అనేక దశలలో సంధానం చేయవచ్చు. ఈ విధంగా నిర్మించబడిన వర్ధకాన్ని అంచెల వర్ధకం అంటారు.

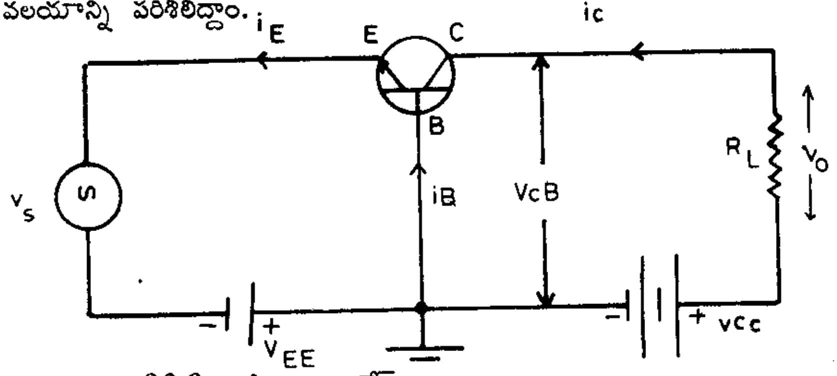
26.4 మూల భూతమైన ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకం వలయాలు

ట్రాన్సిస్టర్‌లను మూడు పద్ధతులలో ఉపయోగించవచ్చు.

(1) సామాన్య బేస్ రకం (2) సామాన్య ఎమిటర్ రకం (3) సామాన్య కలెక్టర్ రకం.

BRAOU

ఈ రకాలలో నివిష్ట, నిర్గమ టెర్మినల్‌లకు ట్రాన్సిస్టర్‌లోని ఏ మూలకం ఉభయ సామాన్యంగా ఉంటుందో, ఆ మూలకానికి "సామాన్య" అనే పదం చేరుస్తారు. ఈ అన్ని రకాలలోనూ ఎమిటర్-బేస్ సంధి వాలు బయాస్‌ను, కలెక్టర్-బేస్ సంధి ఎదురు బయాస్‌ను కలిగి ఉంటాయి. మునుపటి విభాగంలో సామాన్య ఎమిటర్ వర్ధకాన్ని గురించి చదువుకొన్నాం. ఇప్పుడు పటం 26.3 లో గుర్తించబడ్డ సామాన్యబేస్ వర్ధకం వలయాన్ని పరిశీలిద్దాం.



పటం 26.3 - సామాన్య బేస్ వర్ధక వలయం

ఈ వలయంలో నివిష్ట సిగ్నల్ V_s ఎమిటర్, బేస్‌ల మధ్య అనువర్తించబడింది. ఇది ఎమిటర్ బయాస్ వోల్టేజ్ V_{EE} కి శ్రేణిలో ఉంది. ఉభయసామాన్యమైన బేస్ భూమికి సంధించబడి ఉంది. కలెక్టర్‌కి, బేస్‌కి మధ్య సంధానం చేయబడిన భారనిరోధం R_L కొనల మధ్య నిర్గమ వోల్టేజ్ V_o ఏర్పడుతుంది. ఈ భార నిరోధకం కలెక్టర్ సరఫరా వోల్టేజ్ V_{CC} కి శ్రేణిలో ఉంటుంది.

సిగ్నల్‌ను అనువర్తించనప్పుడు, ఎమిటర్ విద్యుత్ ప్రవాహం ఏకముఖ ప్రవాహమైన I_E కి సమానం. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహంలో చాలా భాగం కలెక్టర్ ప్రాంతానికి పంపించబడుతుంది. దీని విలువ I_C కి సమానం. అనుకొందాం. పటం నుంచి

$$I_E = -(I_c + I_B) \qquad 26.5$$

సిగ్నల్‌ను అనువర్తించినప్పుడు, ఎమిటర్‌కి, బేస్‌కి మధ్య వోల్టేజ్ అవిచ్ఛిన్నంగా మారుతుంది. కలెక్టర్ విద్యుత్ ప్రవాహం, బేస్ విద్యుత్ ప్రవాహం కూడా మారుతాయి. వీటిలో ఏకముఖ విద్యుదంశాలతో బాటు ఏకాంతర విద్యుదంశాలు కూడా ఉంటాయి. కలెక్టర్, బేస్, ఎమిటర్‌లలో తత్కాల విద్యుత్ ప్రవాహ విలువలు క్రమంగా i_c, i_B, i_E అయితే

$$i_E = -(i_c + i_B) \qquad 26.6$$

26.5, 26.6 సమీకరణాలతో రుణ సంజ్ఞ ప్రవాహదిశ వ్యతిరేకంగా ఉందని సూచిస్తుంది.

ఎమిటర్, బేస్‌ల మధ్య వోల్టేజ్‌లో మార్పు ΔV అనుకొందాం. ఈ కారణంగా ఎమిటర్ విద్యుత్ప్రవాహంలో మార్పు ΔI_E అనుకొందాం. దీనివల్ల కలెక్టర్ విద్యుత్ప్రవాహంలో మార్పు $= \alpha \Delta I_E$. ఇక్కడ α = విద్యుత్ప్రవాహ వృద్ధి గుణకం. కలెక్టర్ - బేస్, వోల్టేజ్ స్థిరంగా ఉన్నప్పుడు, కలెక్టర్ విద్యుత్ప్రవాహంలో కలిగే మార్పుకూ, ఎమిటర్ విద్యుత్ ప్రవాహంలోని మార్పుకూ గల నిష్పత్తిని విద్యుత్ ప్రవాహవృద్ధి గుణకం α అంటారు.

$$\therefore \quad \alpha = \left[\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}\right] V_{CB} \qquad 26.7$$

భారనిరోధం కొనల మధ్య నిర్గమ వోల్టేజ్‌లో మార్పు $= R_L \alpha \Delta I_E$

కాబట్టి వోల్టేజ్ వృద్ధి $A_V = \dfrac{\text{నిర్గమ వోల్టేజ్ లో మార్పు}}{\text{నివిష్ట వోల్టేజ్‌లో మార్పు}}$

$$= R_L \left[\frac{(\alpha \Delta I_E)}{\Delta V}\right] \qquad 26.8$$

సాధారణంగా Δ_V అత్యల్పంగా ఉన్నప్పటికీ ΔI_E విలువ ఎక్కువగా ఉంటుంది. α - విలువ ఇంచుమించు ఒకటికి సమానంగా ఉంటుంది. అంటే A_V విలువ ఒకటికంటే చాలా ఎక్కువ. కాబట్టి ట్రాన్సిస్టర్ వోల్టేజ్ వర్ధకంగా పనిచేస్తుంది. సామర్ధ్యవృద్ధి $A_P =$ వోల్టేజ్ వృద్ధి $\times$ విద్యుత్ ప్రవాహవృద్ధి.

$$A_V \times \alpha \qquad 26.9$$

A_V ఒకటికంటే ఎక్కువగానూ, α ఇంచుమించు ఒకటికి సమానంగానూ ఉంటాయి. కాబట్టి సామర్ధ్యంలో వృద్ధి ఏర్పడుతుంది.

నివిష్ట, నిర్గమ వోల్టేజ్‌ల మధ్య ఉండే దశాభేదం

ఏకముఖ కలెక్టర్ వోల్టేజ్ V_{CB} ఏకముఖ కలెక్టర్ విద్యుత్ ప్రవాహం I_C అయితే

$$V_{CB} = V_{cc} - R_L I_c$$

I_C లో జరిగే కొద్ది పాటి మార్పువల్ల V_{CB} లో కలిగే మార్పు

$$\delta V_{CB} = -R_L \delta I_c \qquad 26.10$$

ఇది R_L కొనల ఏకాంతర నిర్గమ వోల్టేజ్ V_o కి సమానం.

$$\therefore \; V_o = -R_L \delta I_c \qquad 26.11$$

నివిష్ట సిగ్నల్ వోల్టేజ్ యొక్క ధనాత్మకమైన అర్ధసైకిల్‌లో, ఎమిటర్, బేస్‌ల మధ్య వాలు బయాస్ తగ్గుతుంది. తత్ఫలితంగా ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహాలు I_E, I_c లు తగ్గుతాయి.

I_c విలువ $(I_C - \delta I_C)$ కి తగ్గితే, పై సమీకరణాల నుంచి

$$\delta V_{CB} = -R_L(-\delta I_c) = +R_L \delta I_c$$

$$\therefore \; V_o = -R_L(-\delta I_c) = +R_L \delta I_c$$

అంటే V_s ఎక్కువైనప్పుడు $V_{CB} V_o$ లు కూడా పెరుగుతాయి.

నివిష్ట వోల్టేజ్ యొక్క రుణాత్మక అర్ధసైకిల్‌లో V_{EB} ఎక్కువవుతుంది. అప్పుడు I_E, I_C లు ఎక్కువవుతాయి. I_c ఎక్కువయినప్పుడు $\delta V_{CB}, V_o$ లు రెండూ రుణాత్మకంగా ఉంటాయని 26.10, 26.11 సమీకరణాల నుంచి చెప్పవచ్చు. అంటే V_{CB}, V_o లు తగ్గుతాయని అర్ధం.

దీనిని బట్టి, నివిష్ట నిర్గమ వోల్టేజ్‌లు ఒకే దశలో ఉంటాయని చెప్పవచ్చు. కాబట్టి సామాన్య బేస్ వర్ధకం నివిష్ట, నిర్గమ వోల్టేజ్‌ల మధ్య దశభేదాన్ని ఏర్పరచదు.

సామాన్య బేస్ వర్ధకాల సౌలభ్యాలు

1. ట్రాన్సిస్టర్ పరామితులలోని మార్పులకు ఇవి ఎక్కువ సున్నితంగా ఉండవు.
2. సామాన్య ఎమిటర్ వర్ధకం అంటే అధిక పౌనః పున్యాల వద్ద ఇవి పని చేయగలవు.

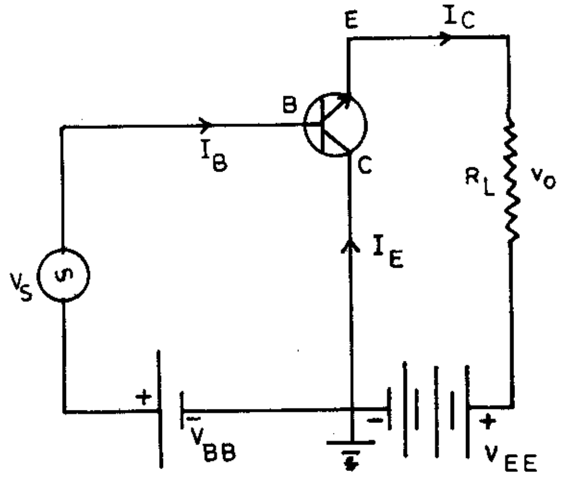
దోషాలు

1. విద్యుత్ ప్రవాహవృద్ధి ఒకటి కంటే తక్కువగాను, వోల్టేజ్ వృద్ధి చాలా ఎక్కువగానూ ఉండటం వల్ల సామర్ధ్య వృద్ధి అధికంగా ఉండదు.
2. నివిష్ట నిరోధం అత్యల్పంగానూ, నిర్గమ నిరోధం అత్యధికంగానూ ఉంటాయి. కాబట్టి ఒక దశను మరో దశకు సంధానం చేసేటప్పుడు అవరోహక పరివర్తకాన్ని (Stepdown Transformer) ఉపయోగించడం అవసరం.

BRAOU

26.5 సామాన్య కలెక్టర్ వర్ధకం

ఇది పటం 26.4లో చూపబడింది. నివిష్ట సిగ్నల్ V_s బేస్‌కి, కలెక్టర్‌కి మధ్య బేస్ - బయాస్ వోల్టేజ్ V_{BB} తో శ్రేణిలో అనువర్తించబడింది. ఎమిటర్, కలెక్టర్‌ల మధ్య ఎమిటర్ సరఫరా వోల్టేజ్ V_{EE}



పటం 26.4 సామాన్య కలెక్టర్ వర్ధకం వలయం

తో బాటు శ్రేణిలో భారనిరోధం R_L సంధించబడింది. దీని చివరల మధ్య నిర్గమ వోల్టేజ్ V_o ఏర్పడుతుంది. ఉభయ సామాన్య టెర్మినల్ అయిన కలెక్టర్‌ను భూమికి సంధానం చేస్తారు.

ఏకముఖ ఎమిటర్ వోల్టేజ్ V_{EC} ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహం I_E అయితే,

$$V_{EC} = -V_{EE} + R_L.I_E \qquad 26.12$$

I_E లో కలిగే చిన్న మార్పువల్ల, V_{CE} లో ఏర్పడే మార్పు

$$\delta V_{EC} = +R_L.\delta I_E \qquad 26.13$$

ఇది R_L చివరల మధ్య ఉండే ఏకాంతర నిర్గమ వోల్టేజ్ V_o కు సమానంగా ఉండాలి.

$$V_o = +R_L\delta I_E \qquad 26.14$$

నివిష్ట సిగ్నల్ వోల్టేజ్ యొక్క ధనాత్మకమైన అర్ధ సైకిల్‌లో, ట్రాన్సిస్టర్ వాలు బయాస్ ఎక్కువవుతుంది. ఈ కారణంగా I_E పెరుగుతుంది. 26.12, 26.14 సమీకరణాల నుంచి, I_E ఎక్కువయినప్పుడు, $V_{EC} V_o$ లు కూడా పెరుగుతాయి. కాబట్టి నివిష్ట, నిర్గమ వోల్టేజ్‌లు ఒకే దశాకోణాన్ని కలిగి ఉంటాయి.

దీని సౌలభ్యాలు : -

1. విద్యుత్ ప్రవాహ వృద్ధి అత్యధికం.
2. నివిష్ట నిరోధం చాలా ఎక్కువ.
3. సామర్థ్య వృద్ధి చాలా తక్కువగానూ, చాలా ఎక్కువగానూ ఉండకుండా సాధారణ విలువలను కలిగి ఉంటుంది.

దోషాలు :

1. వోల్టేజ్ వృద్ధి ఒకటి కంటే తక్కువ. అంటే, నిర్గమ వోల్టేజ్ కంటె తక్కువగా ఉంటుంది.
2. దీని నిర్గమ నిరోధం స్వల్పంగా ఉంటుంది.

BRAOU

26.6 మూడు రకాల ట్రాన్సిస్టర్‌లను పోల్చడం

మూడు రకాల వర్ధకాల సామాన్య ధర్మాలు కింది పట్టికలో ఇవ్వబడ్డాయి.

ధర్మం	సామాన్య ఎమిటర్	సామాన్య బేస్	సామాన్య కలెక్టర్
విద్యుత్ ప్రవాహ వృద్ధి	అధికం	ఒకటి కంటె తక్కువ	అత్యధికం
వోల్టేజ్ వృద్ధి	అధికం	అధికం	ఒకటి కంటె తక్కువ
సామర్థ్య వృద్ధి	అత్యధికం	మధ్యమం	అత్యల్పం
నివిష్ట నిరోధం	మధ్యమం	అత్యల్పం	అధికం
నిర్గమ నిరోధం	మధ్యమం	అత్యధికం	అల్పం
నివిష్ట, నిర్గమ వోల్టేజీల మధ్య దశా భేదం	180°	0°	0°

సామాన్య ఎమిటర్ వలయాన్ని చాలా విరివిగా వాడుతారు. దీని కంటె కొంచెం తక్కువగా సామాన్య కలెక్టర్ రకాన్ని ఉపయోగిస్తారు.

26.7 వర్ధకాల వర్గీకరణ

వర్ధకాల వివిధ ధర్మాలను బట్టి ఎన్నో రకాలుగా వాటిని వర్గీకరించవచ్చు. ఉదాహరణకు, అవి పని చేసే పౌనః పున్య వ్యాప్తిని బట్టి వర్గీకరించవచ్చు.

1. 20 Hz నుంచి 20 KHz వరకు — ఆడియో పౌనః పున్యవర్ధకం
2. కొన్ని MHz వరకు — వీడియో పౌనః పున్య వర్ధకం.
3. KHz నుంచి కొన్ని వందల MHz వరకు — రేడియో పౌనః పున్య వర్ధకం
4. కొన్ని వేల MHz — అత్యధిక పౌనః పున్య వర్ధకం

వివిధ దశలనూ కలిపే యుగ్మన పద్ధతులను బట్టి మరో రకంగా వర్గీకరిస్తారు. ఏకదశావర్ధకం (Single stage amplifier) లో లభించే వృద్ధి కొన్ని సందర్భాలలో మనకు కావలసిన నిర్గమాన్ని అందించకపోవచ్చు. అప్పుడు ఒక దశ యొక్క నిర్గమం దాని మరుసటి దశకు నివిష్ట సిగ్నల్‌గా పనిచేసేటట్లు వర్ధకాలను నిర్మిస్తారు. ఈ విధంగా కలపడాన్ని యుగ్మనం (coupling) అంటారు. యుగ్మనం వివిధ రకాలుగా ఉంటుంది.

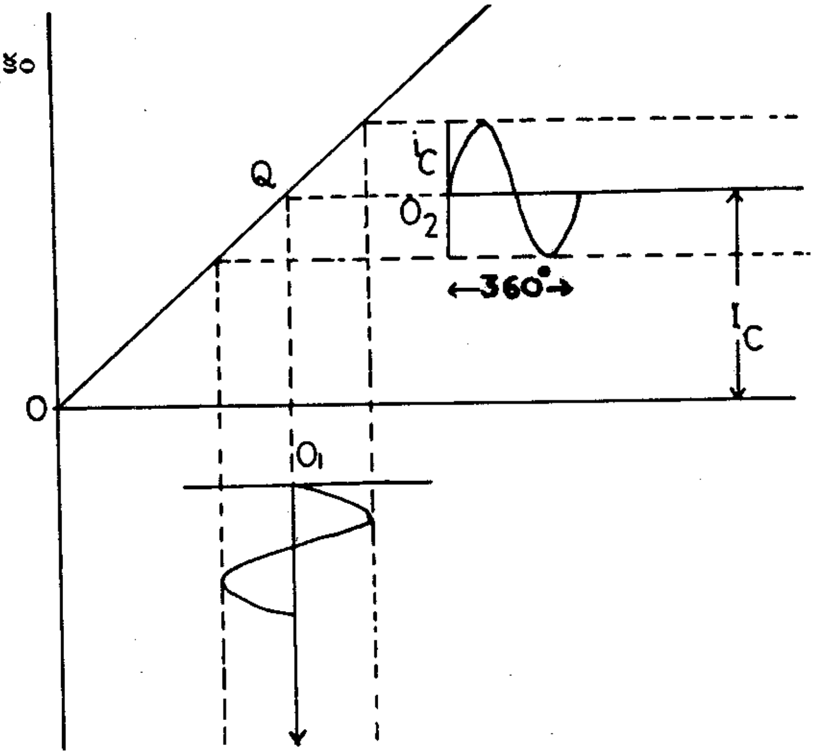
1. ప్రత్యక్ష యుగ్మనం (Direct Coupling)
2. నిరోధం - కెపాసిటర్ యుగ్మనం (R-C Coupling)
3. ప్రేరకం - కెపాసిటర్ యుగ్మనం (L-C Coupling)
4. పరివర్తక యుగ్మనం (Transformer Coupling)

సాధారణంగా నివిష్ట సిగ్నల్ వోల్టేజ్‌ని వర్ధనం చేయడానికి వాల్వునుగానీ, ట్రాన్సిస్టర్‌ను గానీ వాడుతారు. ఈ కారణంగా దీనిని వోల్టేజ్ వర్ధకం అంటారు. సిగ్నల్ సామార్థ్యాన్ని వర్ధనం చేస్తే, దానిని సామర్థ్యవర్ధకం (Power Amplifier) అంటారు. సాధారణంగా ఏ ఆడియో పౌనః పున్య వర్ధకాన్ని తీసుకున్నా, తొలిదశలు వోల్టేజ్ వర్ధకాలుగా ఉంటాయి. ఈ వర్ధిత సిగ్నల్ వోల్టేజ్ ఏ దశకు అందించబడుతుందో, అది సామర్థ్య వర్ధకంగా ఉంటుంది. దీని నుంచి వచ్చే నిర్గమ సిగ్నల్‌ను లౌడ్ స్పీకరుకు అందిస్తే శబ్దం పునరుత్పత్తి అవుతుంది. కాబట్టి తగినంత వోల్టేజ్ వర్ధనం జరిగిన తరువాతనే సామర్థ్య వర్ధనం జరుగుతుంది.

సామర్థ్య వర్ధకాలు అవి పని చేసే పరిస్థితులను బట్టి తరగతి A, తరగతి B తరగతి AB, తరగతి C అని వర్గీకరిస్తారు.

B R A O U

26.7.1 తరగతి A వర్ధకం



పటం 26.5 - తరగతి A వర్ధకం పని చేసే విధానం కలెక్టర్ విద్యుత్ ప్రవాహం సైకిల్‌తో సంపూర్ణంగా ప్రవహించడాన్ని గమనించవచ్చు.

పటం 26.5 లో తరగతి A వర్ధకం ఎలా పనిచేస్తుందో గ్రాఫీయంగా చూపబడింది. ఇక్కడ నివిష్ట సిగ్నల్ ఆవర్తన కాలంతో పూర్తిగా విద్యుత్తు పరికరంలో ప్రవహిస్తుంది. నిర్గమ విద్యుత్ ప్రవాహం పూర్తి సైకిల్‌తో అవిచ్ఛిన్నంగా ప్రవహించేటట్లు పనిచేసే బిందువు (Operating Point) స్థానాన్ని, నివిష్ట సిగ్నల్ పరిమాణాన్ని ఎన్నుకుంటారు. అంటే డైనమిక్ అభిలక్షణ వక్రం యొక్క రేఖీయ భాగంలో తరగతి A వర్ధకం పనిచేస్తుందని అర్థం. నిర్గమ తరంగం ఆకారం నివిష్ట తరంగం ఆకారాన్ని పోలి ఉంటుంది. నిర్గమ సిగ్నల్‌లో విరూపణ (Distorsion) అత్యల్పంగా ఉంటుంది. పటం 26.5 నుంచి కింది విషయాలను తెలుసుకోవచ్చు.

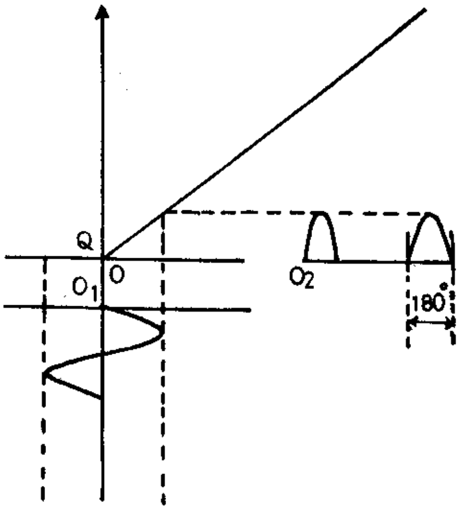
BRAOU

1. ఏకాంతర నివిష్ట వోల్టేజ్ సున్న అయినపుడు, వలయంలో ఏకముఖ విద్యుత్తు I_C ప్రవహిస్తుంది.
2. సామాన్య ఎమిటర్ వర్ధకంలో బేస్‌కి, ఎమిటర్‌కి మధ్య ఏకాంతర సిగ్నల్ వోల్టేజీని అనువర్తిస్తే, నివిష్ట సిగ్నల్ యొక్క పూర్తి సైకిల్‌లో అవిచ్ఛిన్నంగా ఏకాంతర విద్యుత్తు i_C ప్రవహిస్తుంది.

ఈ విధంగా తరగతి A వర్ధకం పూర్తి సైకిల్‌లో క్రియాశీలకంగా ఉంటుంది. అంటే కలెక్టర్ విద్యుత్తు 360° గుండా ప్రవహిస్తుందని అర్థం.

26.7.2 తరగతి B వర్ధకం

తరగతి B వర్ధకం ఎలా పని చేస్తుందో పటం 26.6 లో చూడవచ్చు. ఇక్కడ నివిష్ట సిగ్నల్ యొక్క అర్ధసైకిల్‌లో మాత్రం. అంటే 180° ల గుండా విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. పనిచేసే బిందువు అభిలక్షణ వక్రం యొక్క చివరలో ఉంటుంది. ఏకాంతర నివిష్ట సిగ్నల్ వోల్టేజ్ సున్న అయినప్పుడు, ఏకముఖ కలెక్టర్ విద్యుత్ ప్రవాహం ఇంచుమించు శూన్యంగా ఉంటుంది. బేస్‌కి, ఎమిటర్‌కి మధ్య ఏకాంతర సిగ్నల్ వోల్టేజిని అనువర్తించినప్పుడు, ధనాత్మకమైన అర్ధ సైకిల్‌లో మాత్రం ఏకాంతర కలెక్టర్ విద్యుత్ ప్రహిస్తుంది. రుణాత్మక సగాలు లేవు కాబట్టి, విరూపణ చాలా ఎక్కువ. కానీ నిర్గమ వోల్టేజ్ మార్పులు అధికంగానూ, నిర్గమ సామర్థ్యం అత్యధికంగానూ ఉంటాయి.



పటం 26.6 తరగతి B- వర్ధకం పనిచేసే విధానం ఇక్కడ సైకిల్ సగం భాగంలో మాత్రమే విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది.

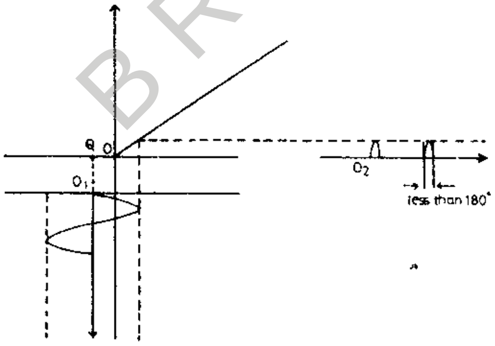
26.7.3 తరగతి AB వర్ధకం

తరగతి A, తరగతి B వర్ధకాలు పనిచేసే పరిస్థితులకు మధ్యరకంగా ఉండే వర్ధకాన్ని తరగతి AB వర్ధకం అంటారు. దీనిలో కలెక్టర్ విద్యుత్తు సగం కంటే ఎక్కువ భాగం, పూర్తి సైకిల్ కంటే తక్కువ భాగంలో ప్రవహిస్తుంది. అంటే 180° కంటే ఎక్కువగానూ, 360° ల కంటే తక్కువగానూ ఉంటుంది.

26.7.4 తరగతి C వర్ధకం

నివిష్ట సిగ్నల్ ఆవర్తన కాలంలో కంటే ఎక్కువ కాలం విద్యుత్ ప్రవాహం సున్నగా ఉంటుంది. ఈ తరగతి వర్ధకం పని చేయడాన్ని పటం 26.7లో

B R A O U

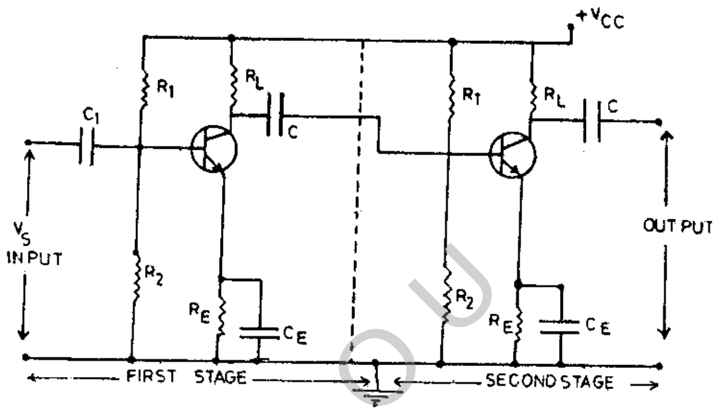


పటం 26.7 తరగతి C వర్ధకం పని చేసే విధానం ఇక్కడ విద్యుత్ ప్రవాహం అర్థ సైకిల్ కంటే తక్కువ భాగంలో ఉంటుంది.

చూడవచ్చు. దీనిలో పని చేసే బిందువు అభిలక్షణ వక్రం చివరిభాగానికి ఆవలివైపున ఉంటుంది. ఏకాంతర సిగ్నల్ వోల్టేజ్ సున్న అయినపుడు, ఏకముఖ కలెక్టర్ విద్యుత్ ప్రవాహం సున్నగా ఉంటుంది. బేస్‌కి, ఎమిటర్‌కి మధ్య ఏకాంతర సిగ్నల్ వోల్టేజ్‌ని అనువర్తించినప్పుడు, ఏకాంతర కలెక్టర్ విద్యుత్ అర్ధసైకిల్ కంటె తక్కువగా, అంటే 180° ల కంటే తక్కువగా ప్రవహిస్తుంది. కాబట్టి నిరూపణ అత్యధికంగా ఉంటుంది.

26.8 R-C యుగ్మన వర్ధకం

మునుపటి విభాగంలో వివరించినట్లుగా, ఏకదశా వర్ధకంలోని వృద్ధి దేనికీ చాలనంత తక్కువగా ఉంటుంది. కాబట్టి ఎక్కువ వృద్ధి కావాలంటే, రెండు లేదా అంతకంటే ఎక్కువ దశలలో వర్ధకాలను యుగ్మనం చేస్తారు. అలా చేసినప్పుడు, మొదటి దశ యొక్క నిర్గమం రెండో దశకు నివిష్టం అవుతుంది. ఈ విధంగా దశలను కలపడాన్ని అంచెల పద్ధతి అంటారు. ఇప్పుడు R-C యుగ్మన వర్ధకం అనబడే రకాన్ని పరిశీలిద్దాం. ఇది పటం 26.8 లో చూపబడింది.



పటం *26.8* రెండు దశల R-C యుగ్మన సామాన్య ఎమిటర్ వర్ధకం. పటంలో చుక్కల గీత రెండు దశలను వేరు చేస్తుంది.

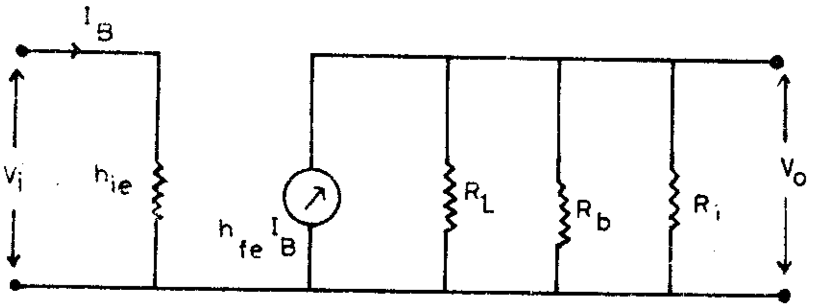
BRAOU

సర్వ సమానమైన రెండు ట్రాన్సిస్టర్‌లకు ఒకే సరఫరా వోల్టేజ్‌ని సంధానం చేస్తారు. R_L భార అవరోధం అవుతుంది. మొదటి దశ యొక్క నిర్గమాన్ని రెండవదశ యొక్క నివిష్టానికి యుగ్మన కండెన్సర్ C ద్వారా కలుపుతారు. మొదటి దశ యొక్క నిర్గమంలోని ఏకముఖ విద్యుదంశాన్ని రెండవదశ నివిష్టానికి చేరనివ్వకుండా ఈ కండెన్సర్ C ఆపుతుంది. అందువల్ల దీనిని బ్లాకింగ్ కండెన్సర్ (Blocking Condenser) అంటారు. ఎమిటర్ నిరోధం R_E నిరోధాలు $R_1 R_2$ మనకు కావలసిన బయాస్‌కు అందిస్తాయి. R_E సమాంతరంగా C_E కండెన్సరీ సంధించబడి ఉంటుంది. $\frac{1}{W_{CE}}$ విలువ అత్యధికంగా ఉంటుంది కాబట్టి, దీని ప్రతిరోధం (Reactance) అత్యల్పంగా ఉంటుంది. ఎమిటర్ విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క ఏకాంతర అంశం దీనిగుండా సులభంగా ప్రవహించ గలదు. అందువల్లనే C_E బైపాస్ కండెన్సర్ (By-pass condensor) అంటారు. కండెన్సర్ C_I సిగ్నల్ యొక్క ఏకాంతర విద్యుదంశాన్ని మాత్రం నివిష్ట వలయం గుండా ప్రవహిస్తుంది.

వర్ధకం యొక్క అనుక్రియ (Response) అది పని చేసే పౌనఃపున్య వ్యాప్తిని బట్టి ఉంటుంది. పౌనఃపున్యం వ్యాప్తి మొత్తాన్ని మూడు ప్రాంతాలుగా విభజించవచ్చు. (1) అల్ప పౌనఃపున్య ప్రాంతం (2) మధ్యమ పౌనః పున్య ప్రాంతం (3) అధిక పౌనః పున్య ప్రాంతం. ఈ మూడు ప్రాంతాలలోనూ వోల్టేజ్ వృద్ధిని పరిశీలిద్దాం.

1) మధ్యమ పౌనః పున్య ప్రాంతం

R-C యుగ్మన వర్ధకంలోని మొదటి దశ యొక్క తుల్య వలయాన్ని పటం 26-9 లో చూడవచ్చు. $R_1 R_2$ లు సమాంతరంగా ఉన్నాయి. వాటి తుల్య నిరోధం



పటం *26.9* R C యుగ్మన వర్ధకంలో మొదటి దశ యొక్క తుల్యవలయం.

R_b అనుకుందాం. వర్ధకం మరుసటి దశ యొక్క నివిష్ట నిరోధాన్ని R_i సూచిస్తుంది. R_b విలువ లెక్కకు తీసుకో రానంత స్వల్పంగా ఉంటుంది. మధ్యమ పౌనఃపున్య ప్రాంతంలో C, C_E ల ప్రతిరోధాలు అత్యల్పంగా ఉంటాయి. వోల్టేజ్ వృద్ధిని కిందివిధంగా లెక్కించవచ్చు.

$R_L - R_b, R_i$ లు సమాంతరంగా ఉన్నప్పుడు, వాటి తుల్య నిరోధం Z అయితే

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_i} \qquad 26.15$$

తుల్య నిరోధం Z గుండా $(-h_{fe} I_B)$ విద్యుత్తు ప్రవహిస్తే, నిర్గమ వోల్టేజ్ V_o అనుకుందాం ఇక్కడ I_B బేస్ విద్యుత్‌ప్రవాహం. h_{fe} సామాన్య ఎమిటర్ రకంలోని h- పరామితిని సూచిస్తుంది. దీనిని విద్యుత్ ప్రవాహ పరివర్తన నిష్పత్తి (Current Transfer ratio) వాలు విద్యుత్ ప్రవాహ వృద్ధి (Forward Current gain) అంటారు.

B R A O U

$$V_o = (-h_{fe} I_B) Z \qquad 26.16$$

నివిష్ట వోల్టేజ్ V_i ట్రాన్సిస్టర్ నివిష్ట నిరోధం గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం I_B ని ప్రవహింపజేస్తుంది. సామాన్య ఎమిటర్ రకంలో h_{ie} ఒక h- పరామితిని సూచిస్తుంది. దీనిని నివిష్ట అవరోధం (Input impedance) అంటారు.

$$\text{నివిష్ట వోల్టేజ్ } V_i = h_{ie} - I_B \qquad 26.17$$

$$\text{వోల్టేజ్ వృద్ధి } A = \frac{\text{నిర్గమ వోల్టేజ్ } V_o}{\text{నివిష్ట వోల్టేజ్ } V_i}$$

$$\frac{(-h_{fe}.I_B)}{h_{ie}.I_B} = \frac{-h_{fe}}{h_{ie}} z \qquad 26.18$$

ఈ సమీకరణాన్ని బట్టి, మధ్యమ పౌనః పున్య ప్రాంతంలో వోల్టేజ్ వృద్ధి పౌనః పున్యంపై ఆధారపడదని తెలుస్తుంది. తుల్య నిరోధం Z విలువ R_L కంటే తక్కువ కాబట్టి R-C యుగ్మనదశ యొక్క వోల్టేజ్ వృద్ధి యుగ్మనం చేయని సామాన్య ఎమిటర్ వర్ధకం కంటె తక్కువగా ఉంటుంది.

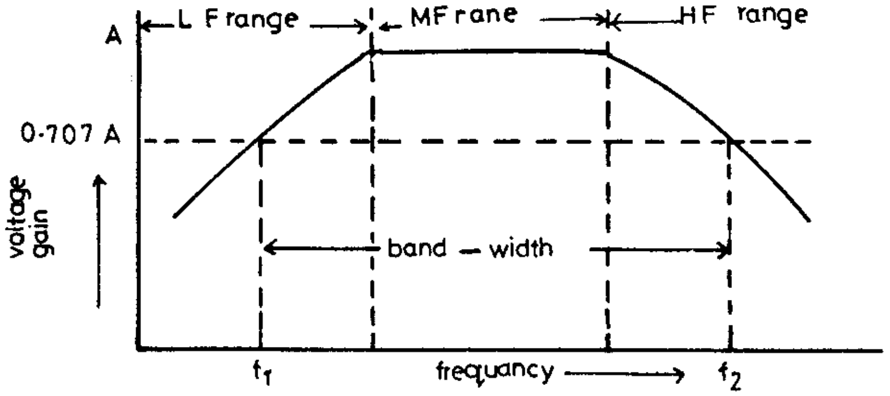
2) అల్ప పౌనః పున్య ప్రాంతం

ఈ ప్రాంతంలో, పౌనః పున్యం తగ్గేకొద్దీ, వోల్టేజ్ వృద్ధి తగ్గుతుంది. మధ్యమ పౌనఃపున్య ప్రాంతములో ఉండే విలువలో 1/2 లేదా 0.707 భాగానికి ఏ పౌనః పున్యం f_1 వద్ద వోల్టేజ్ వృద్ధి తగ్గుతుందో, దానిని అల్ప ఆరంభ పౌనః పున్యం (Lower cut off frequency) అంటారు.

3) అధిక పౌనః పున్య ప్రాంతం

అధిక పౌనః పున్యాల వద్ద కూడా వోల్టేజ్ తగ్గుతుంది. ఏ పౌనః పున్యం f_2 వద్ద వోల్టేజ్ వృద్ధి మధ్యమ పౌనఃపున్య ప్రాంతంలోని విలువలో $\frac{1}{\sqrt{2}}$ లేదా 0.707 భాగానికి తగ్గుతుందో, దానిని అధిక ఆరంభ పౌనఃపున్యం (Upper cut off frequency) అంటారు.

పౌనఃపున్యంతో వోల్టేజ్ వృద్ధి మార్పును పటం 26.10 లో చూడవచ్చు.



పటం 26.10 పౌనః పున్యానికి, వోల్టేజ్ వృద్ధికి గీచిన గ్రాఫ్ f_1, f_2 అల్ప, అధిక ఆరంభ పౌనః పున్యాలను సూచిస్తాయి.

f_1, f_2 వరుసగా అల్ప, అధిక ఆరంభ పౌనఃపున్యాలను సూచిస్తాయి. మధ్యమ పౌనఃపున్య ప్రాంతంలో వోల్టేజ్ వృద్ధి స్థిరంగా ఉండి f_1, f_2 ల వద్ద 0.707 భాగానికి తగ్గుతుంది.

ఈ రెండు పౌనఃపున్యాలు భేదాన్ని వర్ధకం యొక్క వ్యాప్తి పరిమాణం (Band width) అంటారు.

26.9 సారాంశం

1. బేస్ విద్యుత్ ప్రవాహంలోని చిన్న మార్పు కలెక్టర్ విద్యుత్ ప్రవాహంలో ఎక్కువ మార్పును కలిగించడం వల్ల ట్రాన్సిస్టర్‌ను వర్ధకంగా ఉపయోగించవచ్చు.
2. ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకాలలో మూడు రకాలున్నాయి - సామాన్యబేస్, సామాన్య ఎమిటర్, సామాన్య కలెక్టర్ రకాలు.
3. వర్ధకాలను మూడు పద్ధతులలో వర్గీకరించవచ్చు. (a) పౌనః పున్య వ్యాప్తి (b) యుగ్మన పద్ధతి (c) పనిచేసే పరిస్థితులు.

BRAOU

26.10 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానం రాయండి.

1. ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకంగా ఎలా పని చేస్తుందో వివరించండి.
2. సామాన్య బేస్ వర్ధకం వలయాన్ని గీచి దాని సహాయంతో వోల్టేజ్ వృద్ధి, నివిష్ట నిర్గమ వోల్టేజ్‌ల మధ్య దశా భేదాన్ని వివరించండి.
3. సామాన్య కలెక్టర్ వర్ధకాన్ని వివరించి, దాని సౌలభ్యాలను దోషాలను తెలపండి.
4. వర్ధకాలు ఎలా వర్గీకరించబడతాయి? తరగతి A, B, C వర్ధకాలు పనిచేసే విధానాలను చర్చించండి.
5. R-C యుగ్మన వర్ధకం ఎలా పనిచేస్తుంది. వివిధ పౌనః పున్య ప్రాంతాలలో దాని వోల్టేజ్ వృద్ధి ఎలా మారుతుందో చర్చించండి.

భాగం-27 : డోలకాలు

విషయక్రమం

27.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు
27.2 ప్రవేశిక
27.3 పునర్నివేశ సిద్ధాంతం
27.4 డోలకం అంటే ఏమిటి
27.5 టాంక్ వలయం
27.6 హర్ట్లీ డోలకం
27.7 కాల్పిట్ డోలకం
27.8 దశా విస్థాపన డోలకం
27.9 వీన్ బ్రిడ్జ్‌డోలకం
27.10 సారాంశం
27.11 నమూనా జవాబులు
27.12 నమూనా ప్రశ్నలు

27.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో వివిధరకాల డోలకాలు పనిచేసే విధానం వివరణ ఉంది. డోలకం పనిచేసే తీరును అర్థం చేసుకొనడానికి వీలుగా బర్క్‌హాసన్ నిబంధనల ఉత్పాదన ఉన్నాయి.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. ధన, ఋణ పునర్నివేశాల మధ్యభేదాన్ని వివరింగలుగుతారు.
2. వర్ధకం వోల్టేజ్ వృద్ధిని లెక్కకట్టగలరు.

27.2 ప్రవేశిక

ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకాలు ఎలా పనిచేస్తాయో పాఠం 26లో చదువుకొన్నాం. ఈ వర్ధకాల పౌనఃపున్య అనుక్రియ (Frequency Response) విద్యుత్ ప్రవాహ వర్ధనం. వోల్టేజ్ వర్ధనం, నివిష్ట నిర్గమ నిరోధాలు, (Phase Shift) దశాకోణ విస్థాపనం ఇవన్ని ట్రాన్సిస్టర్ పరామితులపై ఆధారపడి ఉంటాయి. ఈ పరామితులు పరిసరాల పరిస్థితుల వల్ల కాలం గడిచే కొద్ది మారుతుంటాయి. తత్ఫలితంగా వర్ధకం పనిచేసే తీరు దెబ్బ తింటుంది. నిర్గమ సిగ్నల్‌లోని కొంత భాగాన్ని నివిష్ట టర్మినల్‌కు వ్యతిరేక దశాకోణం చేసేటట్లు కలిపితే అది పనిచేసే విధానం బాగా అభివృద్ధి చెందినట్లు కనుగొన్నారు. ఈ విధానాన్ని పునర్నివేశం (Feed Back) అంటారు. దీనిని 1934 లో H.S బ్లాక్ అనే శాస్త్రజ్ఞుడు మొట్టమొదటిసారిగా ప్రతిపాదించినాడు. నివిష్ట సిగ్నల్‌ను దోహద పరచేటట్లు పునర్నివేశం ఉన్నట్లయితే, నివిష్ట వోల్టేజ్ ఎక్కువై, బాగా వర్ధనం చెందిన నిర్గమం లక్ష్యమవుతుంది. దీనినే ధనాత్మక పునర్నివేశం అంటారు. పునర్నివేశం నివిష్ట వోల్టేజిని ఎదిరించే దిశలో ఉంటే, ఫలిత నివేశ వోల్టేజ్ తగ్గి దానికి అనుగుణంగా నిర్గమ వోల్టేజ్ కూడా తగ్గుతుంది. దీనిని రుణాత్మక పునర్నివేశం అంటారు.

సిగ్నల్ కంపన పరిమితిని ఎక్కువ చేస్తుంది. కాబట్టి, ధనాత్మక పునర్నివేశమే మంచిదని

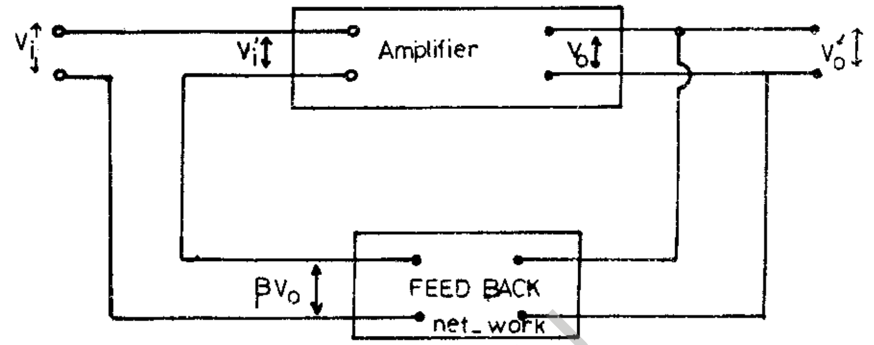
B R A O U

అనిపించవచ్చు. కానీ దీనిలో కంపన పరిమితి అనంతంగా పెరుగుతూ ఉంటుంది. డోలకం యొక్క స్థిరత్వం తగ్గి, వర్ధకం డోలకంగా పని చేయడానికి ప్రారంభిస్తుంది.

పునర్నివేశం రుణాత్మకంగా ఉన్నట్లయితే స్థిరత్వం ఎక్కువగానూ, విరూపణ తక్కువగానూ, అనేక పౌనఃపున్యాల వద్ద అనుక్రియ ఏకరీతిగానూ ఉంటుంది. ఇంతే కాకుండా, వర్ధనం పనిచేసే తీరు ట్రాన్సిస్టర్ పరామితులలో మార్పులపై అంత ఎక్కువగా ఆధారపడదు.

27.3 పునర్నివేశ సిద్ధాంతం

పునర్నివేశ సిద్ధాంతాన్ని పటం 27.1 లో సూచించిన రేఖా చిత్రం ద్వారా అర్థం చేసుకోవచ్చు. వర్ధకంలో రెండు నివిష్ట టెర్మినల్‌లు, రెండు నిర్గమ టెర్మినల్‌లు ఉన్నాయి. పునర్నివేశ జాలం ద్వారా నిర్గమంలోని కొంతభాగం నివిష్టానికి సంధించబడుతుంది. పునర్నివేశ భిన్నం β అనుకొందాం. నిర్గమ వోల్టేజ్ V_o అయితే, నివిష్టానికి సంధించబడిన వోల్టేజ్ βV_o అవుతుంది.



పటం *27.1* పునర్‌నివేశ వర్ధకం యొక్క రేఖాచిత్రం

వర్ధకంలో నివిష్ట వోల్టేజ్ V_i, పునర్నివేశం లేనప్పుడు వోల్టేజ్ వృద్ధి A అనుకొంటె

$$A = \frac{\text{నిర్గమ వోల్టేజి}}{\text{నివిష్ట వోల్టేజ్}} \frac{V_o}{V_i} \qquad 27.1$$

పైన వివరించినట్లుగా పునర్నివేశజాలం βV_o ను నివిష్టానికి అందజేస్తే మొత్తం నివిష్ట వోల్టేజ్ $V_i = V_i + \beta V_o^1$

పునర్నివేశం తరువాత నిర్గమ వోల్టేజి V_o^1 వోల్టేజ్ వృద్ధి A^1 అయితే

$$A' = \frac{\text{మారిన నిర్గమం}}{\text{తొలినివిష్టం}} \frac{V_o'}{V_i'} \qquad 27.3$$

పునర్నివేశానికి పూర్వం వోల్టేజ్ వృద్ధి

$$A = \frac{V_o}{V_i'} = \frac{V_o'}{(V_i + \beta V_o')}$$

$$V_o' = A(V_i + \beta V o')$$

$$= AV_i + A\beta V o'$$

$$V_o'(1 - A\beta) = AV_i$$

$$\frac{V_o'}{Vi} = \frac{A}{(1 - A\beta)}$$

సమీకరణం 27.3 ను బట్టి ఈ నిష్పత్తి మారిన వోల్టేజ్ వృద్ధి A^1 ను సూచిస్తుంది.

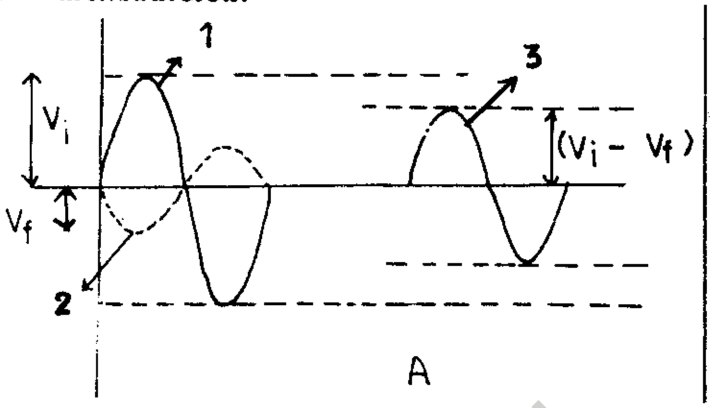
B R A O U

$$\therefore A' = \frac{A}{1-A\beta} \qquad 27.4$$

ఈ సమీకరణాన్ని బట్టి కింది విషయాలు తెలుసుకోవచ్చు.

సందర్భం 1

పునర్నివేశ భిన్నం β రుణాత్మకమయితే, పునర్నివేశం రుణాత్మకమవుతుంది. $(1-\beta A)$ విలువ ఒకటి కంటె ఎక్కువగానూ, A^1 విలువ A కంటే తక్కువగానూ ఉంటాయి. ఇలా ఉన్నప్పుడు నివిష్ట వోల్టేజ్ V_i కంటె $\beta V_o'$ తగ్గుతుంది. అంటే రుణాత్మక పునర్నివేశం వృద్ధిని తగ్గిస్తుంది. నివిష్ట, పునర్నివేశ వోల్టేజ్‌లు కలసినప్పుడు ఫలిత సిగ్నల్ ఎలా ఉంటుందో పటం 27.2 (a) లో చూడవచ్చు. పునర్నివేశ వోల్టేజి నివిష్టానికి విరుద్ధ దశలో ఉంటుందని పటం నుండి తెలుస్తుంది. రుణాత్మక పునర్నివేశం వృద్ధిని, విరూపణను, అవాంఛనీయ శబ్దాన్ని తగ్గించి, స్థిరత్వాన్ని పెంచుతుంది. వర్ధకం పనిచేసే తీరు బాగా మెరుగుపడుతుంది.

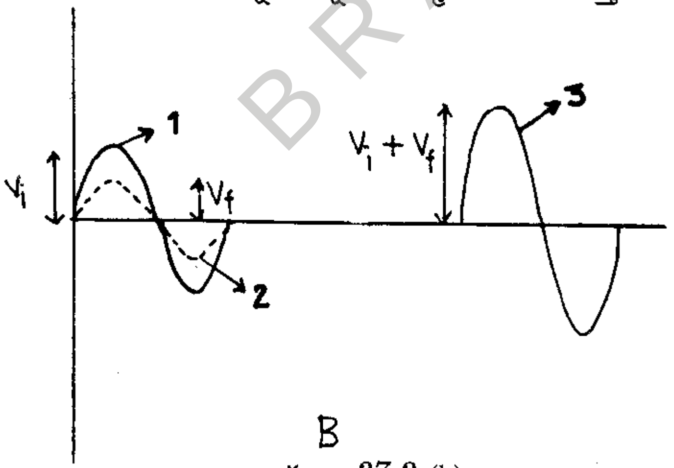


పటం *27.2* నివిష్ట, పునర్నివేశ సిగ్నల్‌లను కలిసినప్పుడు ఏర్పడే ఫలిత సిగ్నల్ (a) రుణాత్మక పునర్నివేశం (b) ధనాత్మక పునర్నివేశం

B R A O U

సందర్భం 2

$(1-\beta A)$ విలువ ఒకటి కంటే తక్కువైతే, β ధనాత్మకంగా ఉండి A^1 విలువ A కంటె ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఈ రకం పునర్నివేశాన్ని ధనాత్మకంగా పరిగణిస్తారు. ఇది



పటం *27.2* (b)

పటం 27.2 (b) లో సూచించబడింది. పునర్నివేశ వోల్టేజి నివిష్టంతో బాటు ఒకే దశలో ఉండడం వల్ల, నివిష్ట సిగ్నల్ పెరగడమేకాక వృద్ధి కూడా పెరుగుతుంది. ఈ సందర్భంలో కంపన పరిమితి అంటే నిర్గమ వోల్టేజ్ పెరుగుతూ ఉంటుంది. తత్ఫలితంగా స్థిరత్వం తగ్గి, విరూపణ ఎక్కువతుంది. ఈ కారణంగా ఈ విధానాన్ని ఎక్కువగా వాడరు.

సందర్భం 3

$(1-\beta A)=0$; అయితే $\beta A = 1$ లేదా $\beta = \frac{1}{A}$ ఇక్కడ β ధనాత్మకంగా ఉంటుంది. వృద్ధి $A^1 = \frac{A}{(1-\beta A)} = \frac{A}{O} = \infty$ వోల్టేజి వృద్ధి ఈ విధంగా అనంతమవుతుంది. వర్ధకానికి అనంతంగా వృద్ధి ఉన్నట్లయితే, నివిష్ట శూన్యమైనప్పటికీ, వర్ధకం నిర్గమాన్ని అందిస్తుందని అర్థం, ఇక్కడ నిర్గమం అనంతంగా ఉండదని గుర్తించాలి. అంటే నిర్గమ వోల్టేజ్ పౌనఃపున్యం నివిష్ట సిగ్నల్‌పై ఆధారపడదని అర్థం. ఇలా ఉన్నప్పుడు వలయం డోలకంగా పని చేస్తుందంటారు.

డోలనాల ఉత్పత్తికి ఈ కింది నిబంధనలు మూలభూతమైనవని చెప్పవచ్చు.

1) βA పరిమాణం ఒకటికి సమానంగా ఉండాలి.

2) పునర్నివేశం ధనాత్మకంగా ఉండాలి. అంటే పునర్నివేశం వోల్టేజ్‌కి, నివిష్టానికి మధ్యగల దశాభేదం 2π కి పూర్ణాంకపు రెట్లుగా ఉండాలి.

ఈ నిబంధనలను బార్క్ హౌసన్ నిబంధలంటారు.

అవగాహన పరీక్ష

ఋణ పునర్నివేశం వల్ల మరియు — తగ్గుతాయి. — పెరుగుతుంది.

27.4 డోలకం అంటే ఏమిటి ?

ఏకముఖ విద్యుత్‌ప్రవాహ జనకం నుంచి సామర్థ్యాన్ని గ్రహించి దానిని ఆవర్తకంగా మార్చే ఎలక్ట్రానిక్ వలయాన్ని డోలకం అంటారు. నిర్గమ వోల్టేజ్ కాలం యొక్క సైన్ తరంగప్రమేయంగా ఉంటే, డోలకాన్ని జావక్రీయ డోలకం లేదా హరాత్మక డోలకం అంటారు. వీటిలో ధనాత్మక పునర్నివేశ సిద్ధాంతాన్ని ఉపయోగిస్తారు. రంపం పళ్ళ ఆకారం, త్రికోణ, దీర్ఘ చతురస్ర ఆకారాల వంటి జ్యామితీయం కాని తరంగాలను ఉత్పత్తి చేసే మరో రకం డోలకాలు ఉన్నాయి. వాటిని విరామ డోలకాలు (Relaxation oscillation) అంటారు.

డోలక వలయం వర్ధక వలయంలాగే పనిచేస్తుంది. రెండింటికి గల భేదాన్ని ఇలా వివరించవచ్చు. వర్ధక వలయంలో నిర్గమం యొక్క పౌనఃపున్యాన్ని, పరిమాణాన్ని తరంగం ఆకారాన్ని బాహ్యజనకం నుంచి అనువర్తించిన ఏకాంతర సిగ్నల్ వోల్టేజ్ నియంత్రిస్తుంది. దీనిని వర్ధకం నివిష్టగా ఉపయోగిస్తారు. డోలకంలో నిర్గమం యొక్క పౌనఃపున్యం, పరిమాణం, తరంగ ఆకారం వలయం చేతనే నియంత్రించబడతాయి. సాధారణంగా ఇలా నియంత్రించడానికి బాహ్య వోల్టేజ్‌ని ఉపయోగించరు. అంటే డోలకాన్ని తనకు కావలసిన నివిష్ట సిగ్నల్‌ను తానే అందించుకోకల వర్ధకంగా పరిగణించవచ్చు.

జ్యామితీయ డోలకాలలో రెండు ప్రధాన భాగాలు ఉంటాయి.

1) డోలనాల పౌనఃపున్యాన్ని నిర్ణయించే సాధనం.

2) డోలనాలను యథాతథంగా సాగించే సాధనం.

డోలనాల పౌనఃపున్యాన్ని కింది సాధనాలు నిర్ణయిస్తాయి.

1) అనునాద L-C జాలం 2) R-C జాలం 3) స్ఫటికాలు

డోలనాలను కొనసాగించడానికి, ధనాత్మక పునర్నివేశంతో ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకాన్ని వాడుతారు. ఇప్పుడు డోలకం యొక్క టాంక్ వలయం అనబడే L-C వలయాన్ని పరిశీలిద్దాం.

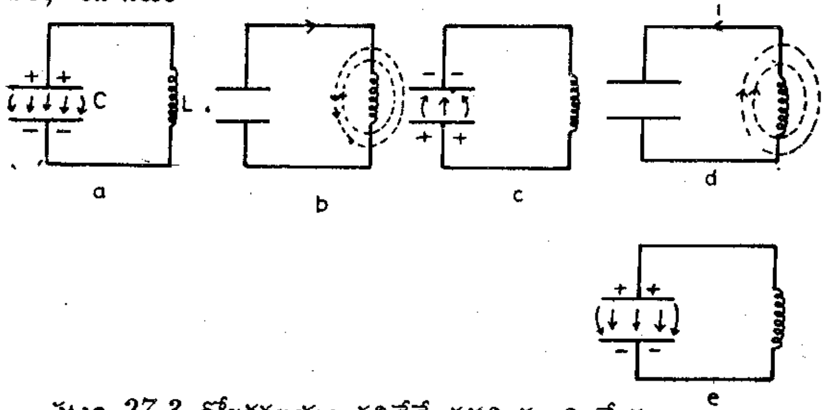
అవగాహన పరీక్ష 2

డోలకం అంటే ఏమిటి?

BRAOU

27.5 టాంక్ వలయం

కెపాసిటర్ C, ప్రేరకం L తో ఏర్పడిన సంవృతవలయం విద్యుత్ డోలనాల వలయాన్ని సూచిస్తుంది. దీనిని పటం 27.3 (a) లో సూచించినాము. కెపాసిటర్ సంపూర్ణంగా ఆవేశితమై ఉంటుంది. దీనిని ప్రేరకం L తో శ్రేణిలో కలిపినారు. కెపాసిటర్ లోని పై పలక ధనాత్మక మనుకొందాం. దీనిలో శక్తి స్థిర విద్యుత్ రూపంలో నిలవచేయబడి ఉంటుంది. ఆవేశిత కెపాసిటర్‌ను ప్రేరకానికి కలిపితే, కెపాసిటర్



పటం *27.3* డోలకవలయం పనిచేసే పద్ధతి సూచించే పటాలు

ఉత్సర్గం చెంది, L గుండా విద్యుత్‌ప్రవాహాన్ని పంపుతుంది. పటం 27.3 b లో చూపినట్లుగా L చుట్టూ విద్యుదయస్కాంతక్షేత్రం ఏర్పడుతుంది. అంటే కెపాసిటర్‌లో నిలవ చేయబడిన స్థిరవిద్యుత్‌శక్తి ప్రేరకం చుట్టూ విద్యుదయస్కాంత శక్తిగా మారిందని అర్థం.

కెపాసిటర్ సంపూర్ణంగా ఉత్సర్గమైనప్పుడు, ప్రేరిత అయస్కాంతక్షేత్రం అదే దిశలోనే విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పంపుతుంది. ఈ ప్రేరిత అయస్కాంత క్షేత్రం క్షీణించడం ప్రారంభిస్తుంది. ఇప్పుడు కెపాసిటర్ వ్యతిరేకదిశలో నెమ్మదిగా ఆవేశితం అవుతుంది. అంటే కింద పలక ధనాత్మకమవుతుందని అర్థం. దీనిని పటం 27.3 (c) లో చూడవచ్చు. L చుట్టూ ఉండే అయస్కాంత క్షేత్రశక్తి స్థిరవిద్యుత్ శక్తిగా మారి, కెపాసిటర్‌లో నిలవ చేయబడుతుంది.

కెపాసిటర్ సంపూర్ణంగా ఆవేశితమైన తరువాత, అది ఉత్సర్గం చెందడానికి ప్రారంభించి, వ్యతిరేక దిశలో విద్యుత్‌ప్రవాహాన్ని పంపుతుంది. ఇప్పుడు L చుట్టూ వ్యతిరేకదిశలో అయస్కాంత క్షేత్రం నిర్మించబడుతుంది. దీనిని పటం 27.3 (d) లో చూడవచ్చు.

అయస్కాంత క్షేత్రం మళ్ళీ క్షీణించడం ప్రారంభంకాగానే కెపాసిటర్ ఆవేశితమై, వలయం తొలి స్థితిని చేరుకొంటుంది. దీనిని పటం 27.3 (c) లో చూడవచ్చు.

ఈ విధంగా కెపాసిటర్ ఆవేశితం చెందడం, ఉత్సర్గం చేయడం వల్ల డోలన విద్యుత్‌ప్రవాహం వలయంలో ఏర్పడుతుంది. వీటినే విద్యుత్‌డోలనాలు అంటారు. L-C వలయంలో ఏర్పడే ఈ డోలనాల పౌనఃపున్యం.

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad 27.5$$

L-C వలయం ఆదర్శంగా ఉంటే, సామర్థ్యంలో నష్టం ఉండదు. విద్యుత్ డోలనాలు అనంతంగా కొనసాగుతాయి. కానీ, L-C వలయానికి నిరోధం ఉండడం వల్ల డోలనం యొక్క ప్రతి సైకిల్‌లోనూ సామర్థ్యం నష్టం ఉంటుంది. డోలనాల కంపన పరిమితి కాలంతోబాటు తగ్గుతుంది. ఇలా జరగడానికి, కింది కారణాలను చెప్పవచ్చు.

1) కెపాసిటర్‌లో నిలువచేయబడ్డ శక్తి వలయ నిరోధంలో క్రమంగా దుర్ వ్యయమవుతుంది.

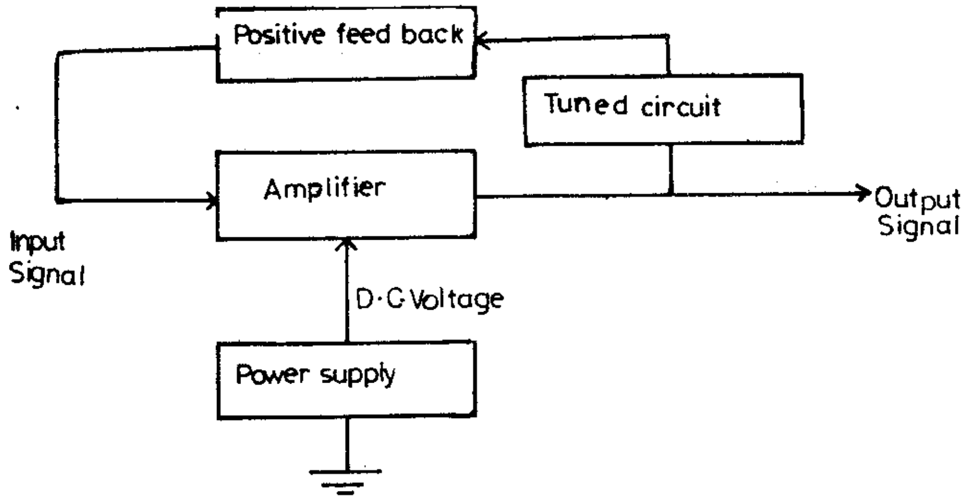
2) పౌనఃపున్యం అధికంగా ఉన్నప్పుడు, విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ఉత్పత్తికై కొంతశక్తి వినియోగిం

చబడుతుంది.

అందువల్ల కొంత సేపటికి డోలనాలు నశిస్తాయి. వలయంలో దుర్వ్యయమయ్యే రేటులో శక్తిని సరఫరా చేస్తే, డోలనాలను కొనసాగింప చేయడమే కాకుండా, కంపన పరిమితిని కూడా స్థిరంగా ఉంచవచ్చు.

ధనాత్మక పునర్నివేశం సహాయంతో L-C వలయానికి శక్తిని అందించడం ఒక పద్ధతి. నష్టాలను అధిగమించడానికిగాను ట్రాన్సిస్టర్‌ను, పవర్ సరఫరాను ఉపయోగించి శక్తిని అందిస్తారు. ఈవిధంగా పనిచేసే పునర్నివేశ డోలకం యొక్క రేఖాచిత్రాన్ని పటం 27.4లో చూడవచ్చు.

BRAOU



పటం 27.4 పునర్నివేశ డోలకం యొక్క రేఖా చిత్రం

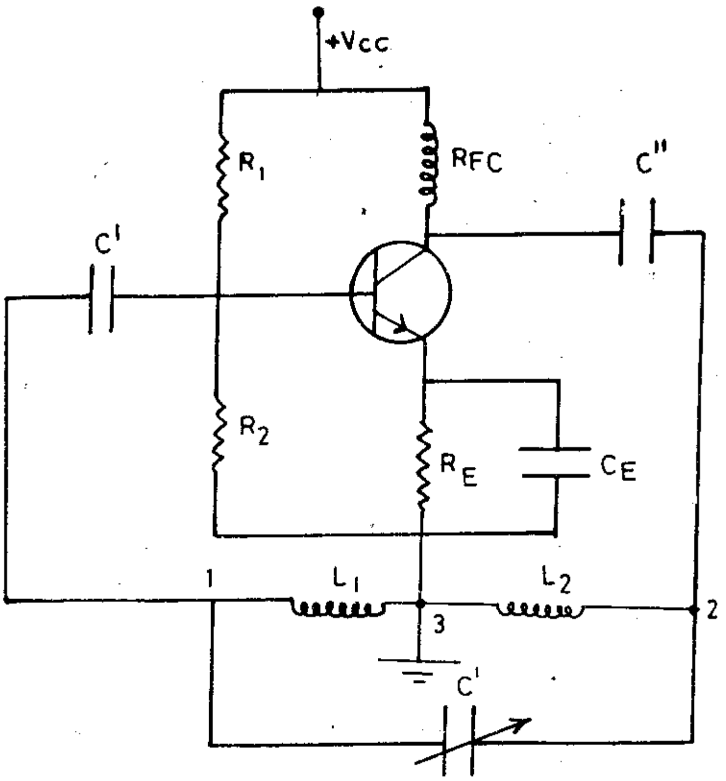
పటంలో పవర్ సరఫరా వర్ధకానికి ఏకముఖి వోల్టేజ్‌ని అందిస్తుంది. వర్ధక వలయం ఏకాంతర నిర్గమాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. దీనికి కావలసిన నివిష్టసిగ్నల్ నిర్గమం నుంచే గ్రహింపబడుతుంది. ఒక నిర్ణీత పౌనఃపున్యానికి శృతి చేయబడిన (Tuned) జాలం ఉండే మరో వలయం ఉంది. ఇక్కడ L, C విలువలను మారుస్తూ, పౌనఃపున్యాన్ని మార్చవచ్చు. నివిష్ట సిగ్నల్‌తో సమానదశలో ఉన్న పునర్నివేశ సిగ్నల్‌ను వర్ధకం నివిష్టం వద్ద చేరుస్తారు. ఇక్కడ పునర్నివేశం ధనాత్మకమని అర్థం. ఈ ఏర్పాటులో ఉత్పత్తి అయ్యే నిర్గమం జ్యామితీయంగా ఉంటుంది. అందువల్ల ఈ ఏర్పాటును జ్యామితీయ డోలకం అంటారు.

27.6 హార్ట్‌లీ డోలకం

సామర్థ్యం అధికంగా ఉండవలెనంటే డోలకాలు తరగతి C వర్ధకాల వలె పనిచేయాలి. కానీ తరగతి C విధానంలో, బయాస్ స్థిరంగా ఉంటె డోలకం పనిచేయదు. తరగతి A పరిస్థితులలో, బయాస్ ఉన్నట్లయితే, కలెక్టర్ విద్యుత్తు అవిచ్ఛిన్నంగా ప్రవహించి, సామర్థ్య నష్టం ఎక్కువగా ఉంటుంది. తత్ఫలితంగా డోలకం దక్షత చాలా తక్కువగా ఉంటుంది.

అందువల్ల ప్రారంభదశలో ఉండే బయాస్ తరగతి A పరిస్థితులలో పనిచేసేటట్లు వలయాన్ని రూపకల్పన చేస్తారు. డోలనాలు ప్రారంభం కాగానే నిరోధం R_2 కెపాసిటర్ C^1 లను సమాంతరంగా సంధించి తరగతి C విధానంలో మాదిరిగా బయాస్ తనంత'తాను సర్దుబాటు అయ్యేటట్లు అమర్చుతారు. దీనిని పటం 27.5 లో సూచించిన షంట్ పద్ధతి హార్ట్‌లీ డోలకం వలయంలో చూడవచ్చు.

BRAOU



పటం 27.5 షంట్ రకం హార్ట్లీ డోలకం

హార్ట్లీ డోలకం జ్యామితీయ రకానికి చెందింది. దీనిలో శ్రేణిపద్ధతి, షంట్ పద్ధతి అని రెండురకాలు ఉన్నాయి. ఎక్కువగా వాడుకలో ఉండే షంట్ పద్ధతి హార్ట్లీ డోలకాన్ని గురించి ఇప్పుడు చదువుకొందాం.

$R_1R_2R_E$ నిరోధాలు వలయానికి కావలసిన బయాస్‌ను అమర్చుతాయి. ప్రేరకాలు L_1, L_2 చరకెపాసిటర్ C లతో నిర్మించబడ్డ సమాంతర అనువాద వలయ పౌనఃపున్యాన్ని నిర్ణయిస్తుంది. L_1, L_2 ల సంధిని భూమికి కలుపుతారు. కెపాసిటర్ C' ఏకముఖి విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని అడ్డగించి, కలెక్టర్‌కు టాంక్ వలయానికి ఏకాంతర విద్యుత్‌మార్గాన్ని సమకూరుస్తుంది. కెపాసిటర్ C^1 నిరోధం R_2 తరగతి C పరిస్థితులలో ట్రాన్సిస్టర్ పని చేయడానికి కావలసిన బయాస్‌ను కలిగిస్తాయి.

డోలకం పనిచేసే పద్ధతి

వోల్టేజ్ V_{cc} ని కలెక్టర్ సరఫరా చేయగానే, టాంక్ వలయంలో డోలన విద్యుత్‌ప్రవాహం ఉత్పత్తి అవుతుంది. ఫలితంగా L_1, L_2 ల చివరలో ఏకాంతర వోల్టేజ్‌లు ఏర్పడతాయి. టెర్మినల్ 3 ను భూమికి కలపడం వల్ల, అది శూన్య పొటెన్షియల్‌లో ఉంటుంది. ఒకానొక క్షణంలో టెర్మినల్ 1 ధనాత్మకంగానూ, టెర్మినల్ 2 ఋణాత్మకంగాను ఉంటాయి. అంటే L_1, L_2 ల మధ్య ఉత్పత్తి అయ్యే ఏకాంతర వోల్టేజ్‌ల మధ్య దశాభేదం 180° ఉంటుంది. L_1 చివరల ఉండే వోల్టేజ్‌ని బేస్‌వద్ద నివిష్ట టెర్మినల్‌లకు పునర్నివేశం చేస్తారు. కలెక్టర్‌కు, భూమికి మధ్య ఉండే నిర్గమ వోల్టేజ్ L_2 చివరలో ఉంటుంది. నివిష్ట, నిర్గమ వోల్టేజ్‌ల మధ్య ఉండే 180° దశాభేదం కాకుండా, సామాన్య ఎమిటర్ వర్ధకం మరో 180° ల దశాభేదాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. ఇప్పుడు మొత్తం దశాభేదం 360° లేదా 2 π అవుతుంది. అంటే ధనాత్మక పునర్నివేశం ఏర్పడిందని అర్థం. డోలనాలతో ఒకేదశలో ఉండేటట్లు టాంక్ వలయానికి శక్తి అందించబడుతుంది. $\beta A > 1$ అయితే వలయంలో డోలనాలు యథాతథంగా కొనసాగుతాయి. RFC రేడియోపౌనఃపున్య చోక్ యొక్క ప్రతిరోధం (Reactance) డోలన పౌనఃపున్యం వద్ద అత్యధికంగా ఉంటుంది. రేడియో పౌనఃపున్య విద్యుత్ ప్రవాహాలు వోల్టేజ్ జనకం V_{cc} ని చేరకుండా ఇది అడ్డగిస్తుంది. ఏకాంతర నిర్గమ వోల్టేజ్ V_{cc} ని లఘువలయం (Short circuit) చేయకుండా కూడా ఇది నిరోధిస్తుంది.

BRAOU

డోలనాల పౌనఃపున్యం $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}}$ 27.6

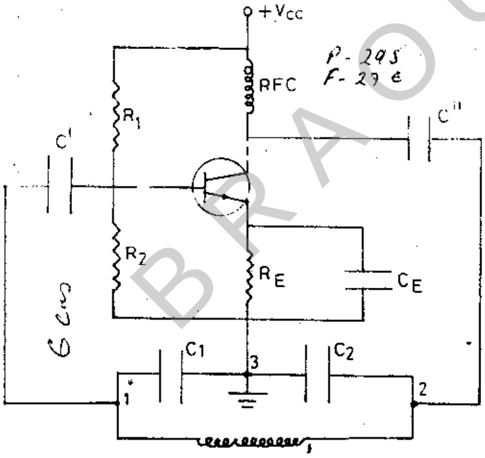
వోల్టేజ్ పునర్నివేశ నిష్పత్తి $\beta = \frac{-I_2}{L_1}$ 27.7

కింది సౌలభ్యాల కారణంగా హార్ట్‌లీ డోలకాన్ని విరివిగా వాడుతారు.

1. రెండు వేరువేరు ప్రేరకాలకు బదులుగా ఒకే తీగ చుట్టను ఉపయోగించి, మనకు కావలసిన బిందువు వద్ద భూమికి సంధానం చేయవచ్చు. ఈ బిందువు స్థానాన్ని ఎన్నుకోవడం ద్వారా తగిన పునర్నివేశాన్ని పొందవచ్చు.
2. చరకెపాసిటర్ C సహాయంతో డోలనాల పౌనఃపున్యాన్ని మార్చవచ్చు.

27.7 కాల్పిట్ డోలకం

కాల్పిట్ డోలకం యొక్క వలయం హార్ట్‌లీ డోలకం లాగే ఉంటుంది. రెండింటికి బేధం టాంక్ వలయం ఏర్పాటులో ఉంటుంది. L_1, L_2 లను ఉపయోగించి ప్రేరక సంబంధ వోల్టేజ్‌ని విభజిస్తారు. పటం 27.6 లో చూపినట్లుగా కెపాసిటర్‌లు C_1, C_2 ప్రేరకం L లతో కూడిన సమాంతర అనునాద వలయం డోలనాల పౌనఃపున్యాన్ని నిర్ణయిస్తుంది. ట్రాన్సిస్టర్ తరగతి C పరిస్థితులలో పని చేయడానికి కావలసిన బయాస్‌ను కెపాసిటర్ C^1 నిరోధం R_2 ఉత్పత్తి చేస్తాయి. కెపాసిటర్ C' ఏకముఖ విద్యుత్‌ను అడ్డగించి, కలెక్టరు నుండి టాంక్ వలయానికి కావలసిన ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహ మార్గాన్ని సమకూరుస్తుంది. RFC రేడియో పౌనఃపున్య చోక్ రేడియో విద్యుత్ V_{cc} చేరకుండా ఇది నిరోధిస్తుంది. ఏకాంతర నిర్గమ వోల్టేజ్‌ని V_{cc} జనకం లఘు వలయం చేయకుండా RFC నిరోధిస్తుంది. ఇక్కడ 1, 3 నివిష్ట టర్మినల్, 2, 3 నిర్గమ టర్మినల్‌లు.



BRAOU

పటం 27.6 - కాల్పిట్ డోలకం

డోలకం పనిచేసే పద్ధతి

V_{cc} వోల్టేజి సరఫరా అయినప్పుడు, టాంక్ వలయంలో ఏర్పడిన డోలనాల పౌనఃపున్యం $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 27.8

ఇక్కడ C కెపాసిటర్‌లు C_1, C_2 శ్రేణిలో ఉన్నప్పటి తుల్య కెపాసిటీ దీని విలువ

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$ 27.9

డోలనాల ఫలితంగా C_1, C_2 ల చివరలలో ఏకాంతర వోల్టేజ్‌లు ఉత్పన్నమవుతాయి. టెర్మినల్ భూమికి సంధానం చేస్తే, అది శూన్య పొటెన్షియల్‌లో ఉంటుంది. టెర్మినల్ 1 ధనాత్మకంగా ఉంటే, టెర్మినల్ 2 రుణాత్మకంగా ఉంటుంది. అంటే, ఈ రెండు వోల్టేజ్‌ల మధ్య దశాంశభేదం ఎప్పుడూ

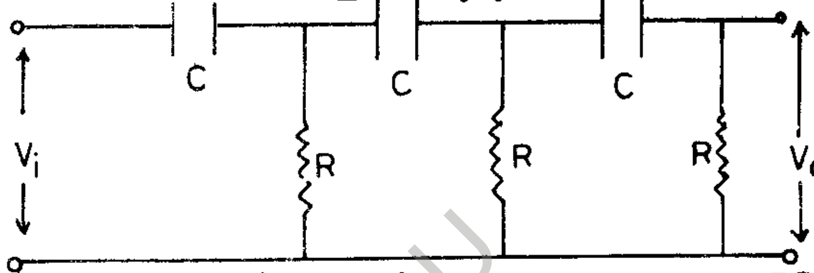
180° ఉంటుంది. సామాన్య ఎమిటర్ వర్ధకం అదనంగా 180° దశా భేదాన్ని కలిగిస్తుంది. కాబట్టి నివిష్ట, నిర్గమ వోల్టేజ్‌ల మధ్య ఉండే వోల్టేజ్‌ని నివిష్టానికి పునర్నివేశం చేస్తే C_2 పలకల మధ్య ఉండే వోల్టేజ్‌తో ఒకే దశాకోణంలో ఉంటుంది. ఇదే నిర్గమ వోల్టేజ్ అవుతుంది. అంటే డోలనాలతో సమాన దశాకోణం కలిగి శక్తిని ట్యాంక్ వలయానికి సరఫరా చేసి, డోలనాలను కొనసాగించాలంటే $\beta A > 1$ గా ఉండాలి.

పునర్నివేశ నిష్పత్తి $\beta = \frac{C_1}{C_2}$ అని నిరూపించవచ్చు. 27.10

27.8 దశావిస్థాపన డోలకం

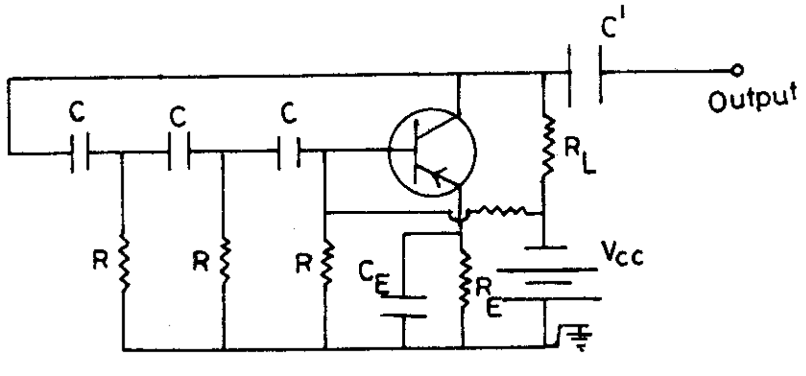
హార్ట్లీ, కాల్పిట్ డోలకాల ట్యాంక్ వలయంలో ప్రేరకాలు, కెపాసిటర్‌లు ఉంటాయి. ఈ L-C జాలానికి బదులు, R-C జాలాన్ని వాడవచ్చు. అయితే నిర్గమం నుంచి నివిష్టానికి అందించే పునర్నివేశం ఒకే దశాకోణంలో తప్పకుండా ఉండాలి. సామాన్య ఎమిటర్ వర్ధకం 180° దశా విస్థాపనాన్ని కలిగించాలి. ఇందుకుగాను నిరోధాలు కెపాసిటర్లు గల జాలాన్ని వాడతారు.

180° దశా విస్థాపనాన్ని పొందడానికి పటం 27.7లో చూపినట్లుగా సర్వ సమానమైన మూడు R-C విభాగాలను అంచెలవారీగా సంధానం చేస్తారు. ఒక్కొక్క



పటం 27.7 - అంచెల పద్ధతిలో సంధానం చేయబడిన మూడు వరస సమాన RC విభాగాలు - ఒక్కొక్క విభాగం 60° దశా విస్థాపనాన్ని కలిగిస్తుంది.

విభాగం 60°ల దశాభేదాన్ని సమకూరుస్తుంది. ప్రతి విభాగంలోనూ శ్రేణిలో కెపాసిటర్, సమాంతరంగా నిరోధం ఉంటాయి. సాధారణంగా మూడు కెపాసిటర్‌లు ఒకే కెపాసిటిని, మూడు నిరోధకాలు ఒకే నిరోధాన్ని కలిగి ఉంటాయి. ఒక్కొక్క R-C విభాగం ఉత్పత్తి చేసే విద్యుత్ యొక్క దశాకోణంలో అనువర్తిత వోల్టేజ్ యొక్క దశకంటే కొంత ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఇది ఎంత ఎక్కువగా ఉంటుందో R-C విలువలు, పౌనఃపున్యం నిర్ణయిస్తాయి. ఈ మూడింటిని తగిన విధంగా ఎన్నుకొంటే, ఒక్కొక విభాగంలో 60° దశా విస్థాపనం పొందవచ్చు. ఇలాంటి మూడు R-C విభాగాలను వాడి అదనంగా 180° దశా విస్థాపనాన్ని పొందవచ్చు. ఇలా జరిగినప్పుడు పౌనఃపున్యం విలువ $= \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$



పటం 27.8 - సామాన్య ఎమిటర్ రకంలో pnp ట్రాన్సిస్టర్‌ను ఉపయోగించి నిర్మించిన దశా విస్థాపన డోలకం యొక్క వలయం.

దశా విస్థాపన డోలకం వలయాన్ని పటం 27.8 లో చూడవచ్చు. ఇందులో సామాన్య

ఎమిటర్ తరగతికి చెందిన pnp ట్రాన్సిస్టర్ ఉంది. కలెక్టర్ వలయంలో ఉండే R_L భారనిరోధాన్ని సూచిస్తుంది. 180° దశా విస్థాపనాన్ని అందించడానికి మూడు సర్వసమానమైన R-C విభాగాలతో కూడిన జాలాన్ని ఉపయోగిస్తారు. వలయానికి కావలసిన బయాస్ పరిస్థితులను నిరోధాలు $R_E.R_1$ కలగజేస్తాయి. V_{cc} సరఫరా వోల్టేజ్ అవుతుంది. ఏకముఖ విద్యుత్తును ఆపడానికి C^1 ని వాడుతారు. ఇదివరకే వివరించినట్టుగా ఈ వలయంలో 360° లేదా 2π మొత్తం దశా విస్థాపనం ఏర్పడి, అది డోలకంలాగే పనిచేస్తుంది.

ఈ డోలకం మధ్యమ పౌనఃపున్యాలు 1 Hz వరకు గల అల్ప పౌనఃపున్యాల వద్ద బాగా పనిచేస్తుంది. కాని దీనిలో లోపాలు ఉన్నాయి.

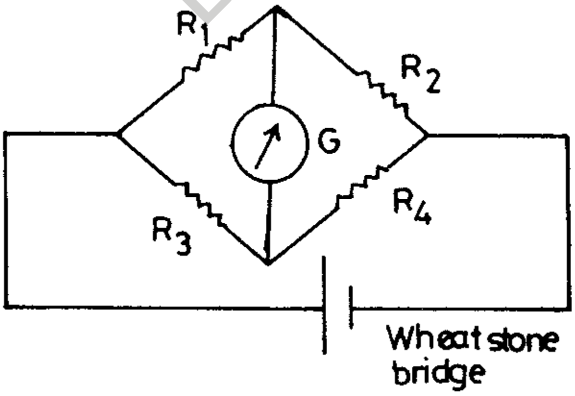
1. అధిక పౌనఃపున్యాల వద్ద పని చేయడానికి ఇది సరిపోదు.
2. ఇతర R-C డోలకాలతో పోలిస్తే, దీని పౌనఃపున్య స్థిరత్వం సంతృప్తికరంగా లేదు.
3. పౌనఃపున్యాన్ని మార్చాలంటే, మూడు కెపాసిటర్‌లను లేదా నిరోధకాలను ఒకేసారిగా మార్చవలసి వస్తుంది. ఇలా చేయడం ఇబ్బందికరంగా ఉంటుంది.

27.9 వీన్ బ్రిడ్జి డోలకం

ఇదివరకు చర్చించిన RC డోలకంలో పౌనఃపున్యాన్ని నిర్దేశించే జాలం, వర్ధకం వేరువేరుగా 180° దశా విస్థాపనాన్ని కలుగజేస్తాయనీ, మొత్తం దశా విస్థాపనం 360° కావడం వల్ల పునర్నివేశం నివిష్ట సిగ్నల్‌తో ఒకేదశలో ఉంటుందనీ తెలుసుకొన్నాం. అయితే జాలం, వర్ధకాల మధ్య దశా విస్తాపనం శూన్యంగా ఉన్నప్పుడు కూడా డోలనాలను ఉత్పత్తి చేయవచ్చు.

1:10 పౌనఃపున్య వ్యాప్తిలో వీన్‌బ్రిడ్జి డోలకం అనబడే ఆడియో పౌనఃపున్య డోలకాన్ని ఉపయోగిస్తారు. ఈ వలయంలో ఒకవీన్‌బ్రిడ్జ్ ఉంటుంది. మొదట వీన్‌బ్రిడ్జ్ అంటే ఏమిటో పరిశీలిద్దాం. నిరోధాలను పోల్చడానికి వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జ్‌ని ఉపయోగిస్తారని మనకు తెలుసు. దీనిని పటం 27.9లో చూడవచ్చు. ఈ వలయంలో R_1, R_2, R_3, R_4 అనే నాలుగు నిరోధాలు. బాటరీ, గాల్వనామీటరు ఉన్నాయి. గాల్వనా మీటర్‌లో అపవర్తనం శూన్యమయేటట్లు నిరోధాల విలువలను సర్దుబాటు చేస్తే

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$



పటం 27.9 నాలుగు భుజాలలో $R_1 R_2 R_3 R_4$ అనే నాలుగు నిరోధాలు కలిగి ఉన్న వీన్‌స్టన్ బ్రిడ్జ్ వలయం.

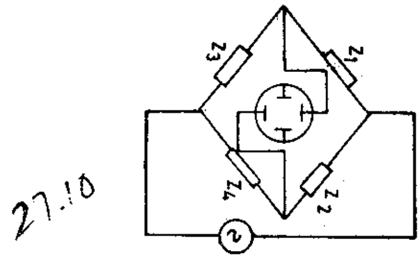
G గాల్వనా మీటర్‌ను సూచిస్తుంది.

ఏకముఖ ప్రవాహాల విషయంలో వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జ్‌ని ఉపయోగించి నట్లుగానే, ఏకాంతర విద్యుత్

BRAOU

ప్రవాహాల విషయంలో పటం 27.10 లో చూపిన బ్రిడ్జ్ వలయాన్ని వాడుతారు. వలయం యొక్క నాలుగుభుజాలతో Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 అనే అవరోధాలను వాడుతారు. బాటరీకి బదులుగా సైన్ తరంగ జనకాన్ని, గాల్వనా మీటర్‌కు బదులుగా డోలన దర్శినిని ఉపయోగిస్తారు. డోలన దర్శిని ఏకాంతర విద్యుత్ శోధకంగా (dectector) పనిచేస్తుంది. సంతులనం ఏర్పడినప్పుడు.

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$$

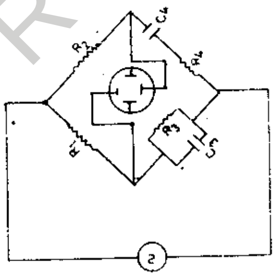


పటం 27.10 నాలుగు భుజాలలో Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 అనే నాలుగు అవరోధాలను కలిగి ఉన్న ఏకాంతర వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జ్ వలయం బ్యాటరీకి బదులు సైన్ తరంగజనకం, గాల్వనా మీటర్‌కు బదులు CRO ని ఉపయోగిస్తారు.

వీన్‌బ్రిడ్జ్ యొక్క నాలుగు భుజాలలో R_1, R_2 అనే నిరోధాలు, మూడవ భుజంలో శ్రేణితో ఉన్న R, C లు, నాలుగవ భుజంలో సమాంతరముగా కలపబడ్డ R, C లు ఉంటాయి. దీనిని పటం 27.11లో చూడవచ్చు. దీనికి సంబంధించిన సంతులన నిబంధనలు కింది విధంగా ఉన్నాయి.

$$\frac{C_3}{C_4} + \frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\omega^2 = R_3 C^3 R_4 C_4$$

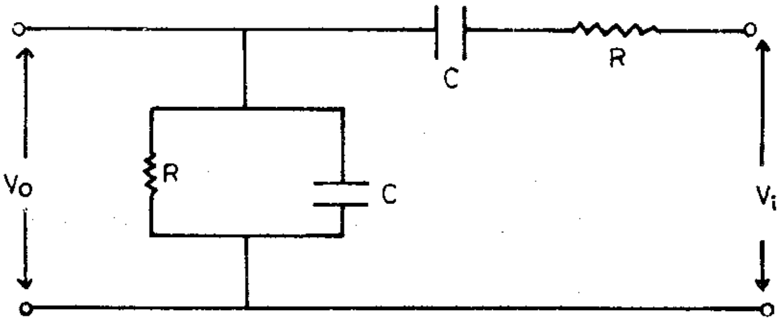


పటం 27.11 శ్రేణి సంధానంలో R, C లు ఒక భుజంలోనూ, సమాంతర సంధానంలో R, C లు మరో భుజంలోని కలిగి ఉన్న వీన్‌బ్రిడ్జ్

సమీకరణాలలో ω ఉంది. కాబట్టి పౌనఃపున్యాన్ని R_1 ను సర్దుబాటు చేసి, సంతులనాన్ని సాధించవచ్చు. లేదా, ఏవైనా రెండు మూలకాల విలువలను సర్దుబాటు చేసి సైన్ తరంగజనకం పౌనఃపున్యాన్ని నిర్ణయించవచ్చు.

వీన్‌బ్రిడ్జ్‌ని పౌనఃపున్య నిర్దేశకజాలం లాగా కూడా వాడవచ్చు. ఇది అనునాద వలయాన్ని పోలినధర్మాలను కలిగిఉంటుంది. విస్తృతమైన పౌనఃపున్య వ్యాప్తికి అనువుగా ఉండే ప్రేరకాలను నిర్మించడం కష్టమే కాకుండా వ్యయం కూడా ఎక్కువవుంతోంది. వీన్‌బ్రిడ్జిలో నిరోధకాలను,

కెపాసిటర్‌లను మాత్రమే వాడుతారు. కాబట్టి సౌలభ్యాలు ఎక్కువగా ఉంటాయి. సాధారణంగా పటం 27.12 లో చూపినట్లు శ్రేణీ, అనునాద భుజాలలో వాడే నిరోధకాలు, కెపాసిటర్‌ల విలువలు సమానంగా ఉంటాయి. జాలం యొక్క అభిలక్షణ పౌనఃపున్యం.

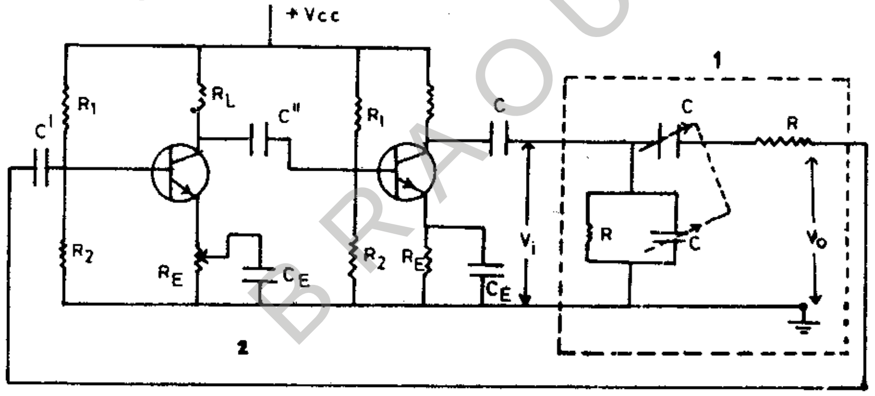


పటం 27.12 శ్రేణి సమాంతర శాఖలలో ఉపయోగించే మూలకాల విలువలు సమానంగా ఉండడం

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \qquad 27.13$$

ఈ పౌనఃపున్యం వద్ద మాత్రం జాలం నిరోధపరంగా (Resistive) ఉంటుంది. ఇంతేగాక అనునాద వలయంలాగ నివిష్ట, నిర్గమ వోల్టేజ్‌లు ఒకేదశలో ఉంటాయి. ఈ పరిస్థితులలో డోలనాలను కొనసాగించాలంటే, వర్ధకం యొక్క వోల్టేజ్ వృద్ధి 3 కంటే ఎక్కువగా ఉండాలని నిరూపించవచ్చు.

వీన్‌బ్రిడ్జ్ డోలకం వలయాన్ని పటం 27.13లో చూడవచ్చు. దీనిలో రెండు దశల సామాన్య ఎమిటర్ వర్ధకం, పౌనఃపున్య నిర్దేశక జాలం ఉంటాయి.



పటం 27.13 - 360° దశా విస్థాపనాన్ని కలిగించే రెండుదశల సామాన్య ఎమిటర్ వర్ధకాన్ని కలిగిఉన్న వీన్‌బ్రిడ్జి డోలకం

వర్ధకం ఇంచుమించు 360° దశా విస్థాపనాన్ని కలిగిస్తుంది. అందువల్ల పౌనఃపున్య నిర్దేశక జాలం అదనంగా దశా విస్థాపనాన్ని కలిగించవలసిన ఆవశ్యకత లేదు. నివిష్ట, నిర్గమ వోల్టేజ్‌లు ఒకే దశలో ఉండాలంటే, సమీకరణం 27.13 వర్తించేటట్లు C_1, C కెపాసిటర్‌లను సర్దుబాటు చేయాలి.

రెండు దశల వర్ధకంలో వోల్టేజ్ వృద్ధి అధికంగా ఉంటుంది. కాని దీని విలువ సుమారు 3 ఉంటేనే డోలనాలు కొనసాగుతాయి. కాబట్టి బ్రిడ్జ్‌లోని R-C మూలకాలతో ఋణాత్మక పునర్నివేశాన్ని సమకూరుస్తారు. ఫలితంగా బ్రిడ్జ్ యొక్క తటస్థ పౌనఃపున్యం వద్ద (Null Frequencies) తప్ప, మిగతా అన్ని పౌనఃపున్యాల డోలనాలను ఇది అంతరింపజేస్తుంది.

పటం 27.13లో చుక్కల గీతతో చూపిన రెండు కెపాసిటర్‌లను మార్చి, వలయం పౌనఃపున్యాన్ని మార్చవచ్చు. ఈ చరకెపాసిటర్‌లు 1:10 పౌనఃపున్య వ్యాప్తిని కలగజేస్తాయి. దీనికి తోడుగా చర నిరోధాలను వాడితే R ను కూడా మార్చి వివిధ పౌనఃపున్యాలను పొందవచ్చు. మామూలు రకం

వీన్ బ్రిడ్జ్ డోలకాన్ని ఉపయోగించి 5 Hz నుండి 1 MHz వరకు పౌనఃపున్యాలను పొందవచ్చు.

మాదిరి లెక్కలు

1.1 మెగా ఓమ్ నిరోధకాలు, 68 PF కెపాసిటర్‌లతో ఒక దశావిస్థాపన డోలకాన్ని నిర్మించినారు. అది ఏ పౌనఃపున్యం వద్ద డోలనాలను ఏర్పరుస్తుంది?

డోలనాల పౌనఃపున్యం f_o అయితే

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} = \frac{1}{2\pi(10^6)(68\times10^{-12})\sqrt{6}} = 956Hz$$

2. వీన్ బ్రిడ్జ్ డోలకంలో 0.01 μf కెపాసిటర్‌లను, 1 $M\Omega$ నుండి 0.1 $M\Omega$ వరకు మారే రియోస్టాట్‌లను వాడినప్పుడు, గరిష్ఠ, కనిష్ఠ పౌనఃపున్యాలను లెక్కించండి.

డోలనాల గరిష్ఠ పౌనఃపున్యం

$$f_1 = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi(0.1)10^6(0.01)10^{-6}} = 159Hz$$

డోలన కనిష్ఠ పౌనఃపున్యం

$$f_2 = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi(1\times10^{-6})(0.01\times10^{-6})} = 16Hz$$

3. కాల్‌పిట్ డోలకంలో 0.01 μF, 0.001μF కెపాసిటీలు గల రెండు కెపాసిటర్‌లను. 15μH ప్రేరకాన్ని ఉపయోగించినప్పుడు, డోలనాల పౌనఃపున్యాన్ని లెక్కించండి.

రెండు కెపాసిటర్‌లను శ్రేణిలో కలిపినప్పుడు, దానితుల్య కెపాసిటి

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C = \frac{C_1C_2}{C_1+C_2} = \frac{0.01\times0.001\times10^{-12}}{(0.01+0.001)10^{-6}}$$

$$= \frac{0.00001\times10^{-6}}{0.011}$$

$$= 909\times10^{-12}F$$

BRAOU

ప్రేరకం $L = 5\mu H$

డోలనాల పౌనఃపున్యం

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(15\times10^{-6})(909\times10^{-12})}}$$

= 1.36 MHz

4. హార్ట్లీ డోలకంలో, శృతి చేయబడిన వలయంలో కెపాసిటర్ విలువ 500Pf తీగచుట్ట రెండుభాగాల ప్రేరకాలు 40 mH 10 mH డోలనాల పౌనఃపున్యాన్ని, పునర్నివేశ గుణకాన్ని లెక్కించండి.

$$c = 500Pf = 500\times10^{-12}f$$

$$L_1 = 40mH = 40\times10^{-3}H$$

$$L_2 = 10mH = 10\times10^{-34}H$$

తీగచుట్ట యొక్క మొత్తం ప్రేరకం

$$L = L_1 + L_2 = (40+10)10^{-3}H$$

$$= 50\times10^{-3}H$$

డోలనాల పౌనఃపున్యం

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{50\times10^{-3}\times500\times10^{-12}}}$$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{25\times10^{-12}}} = \frac{1}{2\pi\times50\times10^{-6}}\frac{10^6}{10\pi} = 31.8KHz$$

పునర్నివేశగుణకం

$$\beta = \frac{L_2}{L_1} = \frac{10mH}{40mH} = 0.25$$

5. పునర్నివేశం లేనప్పుడు ఒక వర్ధకం యొక్క వోల్టేజ్‌వృద్ధి 200 ఉంది. పునర్నివేశం చేసినప్పుడు 20 కి తగ్గింది. పునర్నివేశ గుణకాన్ని లెక్కించండి.

$$A = 200$$

$$A^1 = 20$$

$$A^1 = \frac{A}{1-\beta A}$$

వోల్టేజ్ వృద్ధి తగ్గింది కాబట్టి పునర్నివేశం రుణాత్మకమని అర్థం. అంటే β రుణాత్మకం

$$A^1 = \frac{A}{1+\beta A}$$

$$20 = \frac{200}{1+200\beta}$$

$$20 + 4000\beta = 200$$

$$4000\beta = 200 - 20 = 180$$

$$\beta = \frac{180}{4000} = 0.045$$

6. పై లెక్కలో, పునర్నివేశం లేనప్పుడు నిర్గమ వోల్టేజి 4 V అయితే, నివిష్ట సిగ్నల్ వోల్టేజ్, కొత్త నిర్గమ వోల్టేజ్‌లను లెక్కించండి.

పునర్నివేశం లేనప్పుడు నివిష్ట వోల్టేజ్ $= V_i$ నిర్గమ వోల్టేజ్ $= V_o$ అనుకొందాం.

$V_o = 4$ వోల్ట్

$$A = \frac{V_o}{V_i} = 200$$

$V_i = \frac{V_o}{A} = \frac{4}{200} = 0.02$ వోల్ట్‌లు

$\beta = 0.045$ కొత్త నిర్గమ వోల్టేజ్ V_o' అయితే

మారిన నివిష్టం $= V_i - \beta V_o^1$

$$= 0.02 - (0.045V_o^1)$$

అడ్డ గుణకారం చేస్తే

$$V_o^1 = 4 - 9V_o^1$$

$$V_o^1 + 9V_o^1 = 4$$

$10V_o^1 = 4$ వోల్ట్

7. R-C దశావిస్థాపన డోలకాన్ని ఉపయోగించి $1KH_z$ సిగ్నల్‌ను ఉత్పత్తి చేయవలసి ఉంది. ప్రతి విభాగంలోనూ $4K\Omega$ నిరోధకాన్ని ఉపయోగిస్తే, కెపాసిటర్ విలువ ఎంత ఉండాలి?

డోలన పౌనఃపున్యం $f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$

ఇక్కడ f = 1 KHz

R = 4 K Ω

$\therefore C = \frac{1}{2\pi f\sqrt{6}} = \frac{1}{2\times3.14\times4\times10^{-3}\times10^{3}\sqrt{6}}$

0.016 μ F

27.10 సారాంశం

నిర్గమ వోల్టేజ్‌లోని కొంత భాగాన్ని నివిష్ట దశకు కలుపుతారు. ఈ కలపడాన్ని పునర్నివేశం అంటారు. పునర్నివేశం నివిష్టాన్ని దోహదం చేస్తే, అధికంగా వర్ధనం చెందిన నిర్గమం లభ్యమవుతుంది. దీనిని ధనాత్మక పునర్నివేశం అంటారు. పునర్నివేశం నివిష్ట వోల్టేజ్‌ని వ్యతిరేకిస్తే, అది ఋణాత్మక పునర్నివేశం అవుతుంది.

పునర్నివేశం ధనాత్మకంగా ఉండి, వోల్టేజ్ వర్ధనం సైద్ధాంతికంగా అనంతమైతే, వలయం డోలకంగా పనిచేస్తుంది. కొంతసేపటికి ఈ డోలనాలు తగ్గిపోతాయి. అయితే డోలన వ్యవస్థకు శక్తిని అందించడం ద్వారా డోలనాలను యధాతథంగా ఉండేటట్లు చేయవచ్చు.

27.11 నమూనా జవాబులు

అవగాహన పరీక్ష 1

ఋణపునర్‌నివేశం వల్ల వృద్ధి మరియు విరూపణ తగ్గుతాయి. స్థిరత్వం పెరుగుతుంది.

అవగాహన పరీక్ష 2

ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహ జనకం నుంచి సామర్థ్యాన్ని గ్రహించి దానిని ఆవర్తకంగా మార్చే ఎలక్ట్రానిక్ వలయాన్ని డోలకం అంటారు.

BRAOU

భాగం-28 : కాథోడ్ కిరణడోలనదర్శిని దాని ఉపయోగాలు

విషయక్రమం

28.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు
28.2 ప్రవేశిక
28.3 కాథోడ్ కిరణనాళిక
 28.3.1 ఎలక్ట్రాన్ గన్
 28.3.2 అపవర్తన ఫలకాలు
 28.3.3 తెర
28.4 అపవర్తన వ్యవస్థలు
28.5 క్షితిజ సమాంతర, నిలువు అపవర్తనాలకు వోల్టేజ్ వర్ధకాలు
28.6 టైమ్‌బేస్ వలయం
28.7 సమకాలీకరణం
28.8 తెరపై తరంగాకృతిని ప్రదర్శించడం
28.9 కాథోడ్ కిరణ డోలనదర్శిని ఉపయోగాలు
28.10 సారాంశం
28.11 నమూనా ప్రశ్నలు
28.12 చదవదగిన గ్రంథాలు

28.1 ఉద్దేశాలు, లక్ష్యాలు

ఈ భాగంలో కాథోడ్ కిరణ డోలనదర్శిని మూలసిద్ధాంతాన్ని, పనిచేసే పద్ధతి వివరించబడ్డాయి.

మీరు ఈ భాగం చదివిన తరువాత

1. A.C, D.C వోల్టేజ్‌లను కొలవగలరు.
2. విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కొలవగలరు.
3. ఒకే పౌనఃపున్యంగల రెండు వోల్టేజ్‌ల మధ్యగల దశాబేధాన్ని కొలవగలరు.

28.2 ప్రవేశిక

కాథోడ్ కిరణ డోలన దర్శినిలో (Cathode Ray Oscilloscopy - CRO) ప్రధానంగా ఈ కింది భాగాలు ఉంటాయి.

1. కాథోడ్ కిరణనాళిక
2. క్షితిజ సమాంతర, శీర్ష వోల్టేజ్ వర్ధకాలు
3. పవర్ సరఫరా వలయాలు
4. టైమ్ బేస్‌వలయం

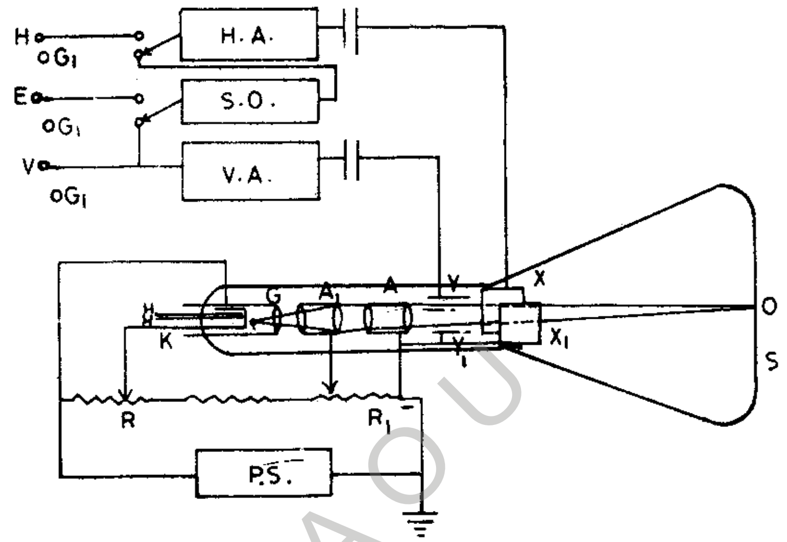
కాథోడ్ కిరణనాళిక పనిచేసే విధానాన్ని ఈ క్రింది విధంగా వివరించవచ్చు. ఎలక్ట్రాన్‌లు

BRAOU

రుణావేశిత కణాలు. రెండు సమాంతర ఫలకాల మధ్య ఏర్పరచిన ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రం గుండా ఎలక్ట్రాన్‌పుంజం ప్రసరించినప్పుడు, దాని తొలి దిశ క్షేత్రదిశకు లంబంగా ఉందనుకొందాం. ఆపవర్తన క్షేత్రంలో దాని మార్గం పరావలయంగా ఉండేటట్లు ఎలక్ట్రాన్ పుంజం వంచబడుతుంది. క్షేత్రం నుండి బయటికి రాగానే ఆ బిందువు వద్ద పరావలయానికి గీచిన స్పర్శరేఖ దిశలో ఎలక్ట్రాన్ పుంజం ప్రయాణం చేస్తుంది. ప్రతిదీప్తి కలగజేసేటట్లు కొన్ని పదార్థాలతో పూయబడిన ఒక తెరపై ఎలక్ట్రాన్ పుంజం పతనమవుతుంది. ఫలితంగా పతనబిందువు చాలా కాంతివంతంగా కనబడుతుంది.

28.3 కాథోడ్ కిరణనాళిక

మొట్టమొదట దీనిని 1987లో జె.జె. థామ్సన్ నిర్మించినాడు. కొద్దిగా మార్పులు చేయబడిన నమూనా పటం 28.1లో చూపబడినది. కాథోడ్ కిరణనాళికలో కింది భాగాలు ఉంటాయి.



పటం *28.1* కాథోడ్ కిరణడోలన దర్శిని నమూనా

HA క్షితిజ సమాంతర వర్ధకం VA శీర్ష వర్ధకం So రంపపు పళ్ళ డోలకం PS పవర్ సరఫరా

BRAOU

28.3.1 ఎలక్ట్రాన్ గన్

ఇది ఒక సన్నని ఎలక్ట్రాన్ పుంజాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. దీనిని కేంద్రీకృతం చేసి తెరమీద ప్రకాశవంతమైన బిందువు ఏర్పడేటట్లు చేయవచ్చు. మామూలు తుపాకి నుండి గుండ్లు వెలుపలికి వచ్చినట్లుగానే దీనినుండి అధికవేగాలతో ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉద్గారమవుతాయి. అందువల్లనే ఈ ఏర్పాటును ఎలెక్ట్రాన్‌గన్ అంటారు. దీనిలో కాథోడ్ బేరియం స్ట్రాన్‌షియం ఆక్సైడ్‌తో పూయబడిన నికెల్ స్తూపం HH అనే టంగ్‌స్టన్ తీగను వేడిచేసి కాథోడ్‌ను పరోక్షంగా $1050°$ K వరకు వేడిచేస్తారు. స్తూపం చుట్టు దానికి దగ్గరగా మరో నికెల్ స్తూపం ఉంటుంది. దీనిని నియంత్రణ గ్రిడ్ G అంటారు. దీని కేంద్రంలోని సన్నని రంధ్రం ద్వారా ఎలక్ట్రాన్‌లు ప్రయాణం చేస్తాయి. దీనికి తగినంత రుణవోల్టేజ్‌ని అనువర్తిస్తారు. ఈ వోల్టేజ్‌కి రుణగ్రిడ్ బయాస్ అని పేరు. దీని ఫలితంగా ఎలక్ట్రాన్‌లు సన్నపుంజంగా వెలువడుతాయి. గ్రిడ్ బయాస్‌ను మార్చినప్పుడు ఎలక్ట్రాన్ పుంజ విద్యుత్ ప్రవాహం మారి, తదనుగుణంగా తెరమీద పతనబిందువు తీవ్రత కూడా మారుతుంది.

A_1A_2 లు నికెల్ స్తూపాలు. ఇవి కూడా ఏనోడ్‌లే. ఒక్కొక్క దానిలోనూ ఎలక్ట్రాన్‌లు ప్రసరించడానికి సన్నని రంధ్రం ఉంటుంది. ఈ రెండింటికి A_1A_2 అనే ధనాత్మక పొటెన్షియల్‌ను అనువర్తిస్తారు. V_2 విలువ V_1 కంటె ఎక్కువగా ఉంటుంది. తక్కువ వోల్టేజ్‌లో ఉన్న A_1

ఎక్కువ వోల్టేజ్‌లో ఉన్న A_2 రెండింటివల్ల ఏర్పడిన విద్యుత్‌క్షేత్రం కటకంలాగ పనిచేస్తుంది. దీనివల్ల పుంజం తెరపై కేంద్రీకరించబడుతుంది. A_1 ను కేంద్రీకరణ ఏనోడ్ అంటారు. ఎలక్ట్రాన్‌ల మధ్య ఉండే పరస్పర వికర్షణ వల్ల వాటికి విస్తరిల్లుకొనే స్వభావం ఉంటుంది. అలాంటి ఎలక్ట్రాన్ పుంజాన్ని ఏనోడ్ A కేంద్రీకరింపజేస్తుంది. A_2 ని త్వరణక ఏనోడ్ అంటారు. కేంద్రాపగమనం ఎక్కువగా ఉండే ఎలక్ట్రాన్‌లను A_2 లోని రంధ్రం అడ్డగిస్తుంది. దీని వోల్టేజ్‌ని అనువర్తిస్తారు. V_2 కు అనువర్తించే వోల్టేజ్ సాధారణంగా 2000 V నుండి 1000 V వరకు ఉంటుంది. ఎలక్ట్రాన్ పుంజం తెరపై బాగా కేంద్రీకరించబడే వరకు దీనిని సర్దుబాటు చేస్తారు.

28.3.2 అపవర్తన ఫలకాలు

ఎలక్ట్రాన్‌గన్ నుండి బహిర్గతమైన పుంజం రెండు జతల అపవర్తన ఫలకాల మధ్య ప్రయాణం చేస్తుంది. X_1 ఫలకాల గుండా ఎలక్ట్రాన్ పుంజం ప్రసరించినప్పుడు, దాని అపవర్తనం క్షితిజ సమాంతర దిశలో ఉంటుంది. వీటిని x ఫలకాలు అంటారు. Yy_1 ఫలకాల గుండా ఎలక్ట్రాన్ పుంజం ప్రసరించినప్పుడు అపవర్తనం నిలువుదిశలో ఉంటుంది. వీటిని Y ఫలకాలు అంటారు. X_1 ఫలకాలను ఏనోడ్ A_2 కి సంధానం చేసి భూమికి కలుపుతారు.

28.3.3 తెర

ఎలక్ట్రాన్ గన్, అపవర్తన ఫలకాలు బాగా శూన్యీకృతం చేయబడిన గాజు గొట్టంలో ఉంచుతారు. లోపల పీడనం $10^{-6}mm$ ల పాదరసం ఉంటుంది. ఈ గాజు గొట్టం లోపలి భాగం ఒక చివరలో తెర ఉంటుంది. దీనిని ఒక ప్రతిదీప్త పదార్థంతో పూసి ఉంచుతారు. ఎలక్ట్రాన్‌పుంజం తెరపై ఎక్కడ పతనమవుతుందో, అది ప్రకాశవంతమవుతుంది. ప్రకాశవంతమైన బిందువు యొక్క రంగు తెరపై పూతపూసిన ప్రతిదీప్త పదార్థం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. వివిధరకాల పదార్థాలు ఏర్పరచే రంగులు క్రింది విధంగా ఉంటాయి.

1. జింక్ ఆర్థో సిలికేట్ - ఆకుపచ్చ
2. కాల్షియమ్ టంగ్‌స్టేట్, కాడ్మియమ్ టంగ్‌స్టేట్ - నీలంరంగు
3. జింక్ సల్ఫైడ్, జింక్‌కాడ్మియం సల్ఫేట్ - తెలుపురంగు.

ఎలక్ట్రాన్ గన్‌కు అవతలి భాగంలో తెర మినహా నాళిక లోపలి భాగమంతా గ్రాఫైట్ వంటి విద్యుత్ వాహక పదార్థంతో పూతపూయబడి ఉంటుంది. దీనిని తుది ఏనోడ్ A_2 కి సంధించి భూమికి కలుపుతారు. ఈ కారణంగా ఎలక్ట్రాన్ గన్‌కు అవతలి భాగం శూన్యపొటెన్షియల్‌లో ఉంటుంది. పూత పూయడం వల్ల కింది సౌలభ్యాలు ఏర్పడతాయి.

1. ఎలక్ట్రాన్‌లు తుది ఏనోడ్ నుండి తెరవరకు క్షేత్రరహిత స్థలంలో చలిస్తాయి. అపవర్తన ఫలకాల మధ్య వోల్టేజ్ అనువర్తించినప్పుడే, అపవర్తనం ఏర్పడుతుంది.
2. నాళిక వెలుపల ఉండే అవాంఛనీయ క్షేత్రాలన్నీ పూతవల్ల లఘువలయం చేయబడతాయి. కాబట్టి ఎలక్ట్రాన్ పుంజం ఈ క్షేత్రం వల్ల ప్రభావితంకాదు.

అత్యధిక అయస్కాంత ప్రవేశ్యశీలతగల మిశ్రమలోహం నాళిక చుట్టు ఆవరించి ఉంటుంది. తత్ఫలితంగా ఇతర అయస్కాంత క్షేత్రాల నుండి పరికరం రక్షించబడుతుంది.

28.4 అపవర్తన వ్యవస్థలు

ఎలక్ట్రాన్ గన్‌నుండి బహిర్గతమయ్యే ఎలక్ట్రాన్ పుంజం యొక్క అపవర్తనాన్ని కలిగించడానికి రెండు పద్ధతులను ఉపయోగిస్తారు.

1. స్థిర విద్యుత్ అపవర్తన వ్యవస్థ

BRAOU

2. విద్యుదయస్కాంత అపవర్తన వ్యవస్థ

స్థిర విద్యుత్ అపవర్తన వ్యవస్థలో ఇదివరకే వివరించినట్లుగా XX_1YY_1 అనే రెండుజతల అపవర్తన ఫలకాలు పరస్పరం లంబంగా ఉంటాయి. ఫలకాల మధ్య ప్రయాణం చేస్తున్నంతవరకు ఎలక్ట్రాన్ పుంజం బలదిశలో వంచబడుతుంది. ఫలకాల చివరినుం తెరవరకు ఎలక్ట్రాన్ పుంజం సరళరేఖలో ప్రయాణం చేస్తుంది.

అపవర్తన ఫలకాల పొడవు b వాటి మధ్య దూరం a వాటి మధ్య అనువర్తించిన పొటెన్షియల్ తేడా E వోల్ట్లు అనుకొందాం. ఫలకాల మధ్య బిందువు నుండి తెర దూరం L తుది ఏనోడ్ A_2 కి అనువర్తించిన పొటెన్షియల్ V వోల్ట్లు, ఎలక్ట్రాన్ పొందిన వేగం v, ఎలక్ట్రాన్ విద్యుదావేశం e ద్రవ్యరాశి m అనుకొందాం.

ఎలక్ట్రాన్ గతిశక్తి $= \frac{1}{2}mv^2 = Ve$

$$v^2 = \frac{2Ve}{m} \qquad 28.1$$

అపవర్తన ఫలకాల మధ్యక్షేత్రం $X = \frac{E}{a}$

ఎలక్ట్రాన్‌పై పనిచేసే బలం $= Xe = \frac{Ee}{a}$

ఈ బలం వల్ల ఏర్పడే త్వరణం $= \frac{Ee}{am}$

స్థిర విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఎలక్ట్రాన్ పుంజం యొక్క అపవర్తనం

$d_1 = 1/2 \times t^2 \times$ త్వరణం

ఇక్కడ t = క్షేత్రాన్ని దాటడానికి ఎలక్ట్రాన్ తీసుకొనే కాలం $= \frac{b}{v}$

$$\therefore d_1 = \frac{1}{2} \times \frac{Ee}{am}(b/v)^2 \qquad 28.2$$

28.1 సమీకరణం నుండి V విలువను ప్రతిక్షేపిస్తే,

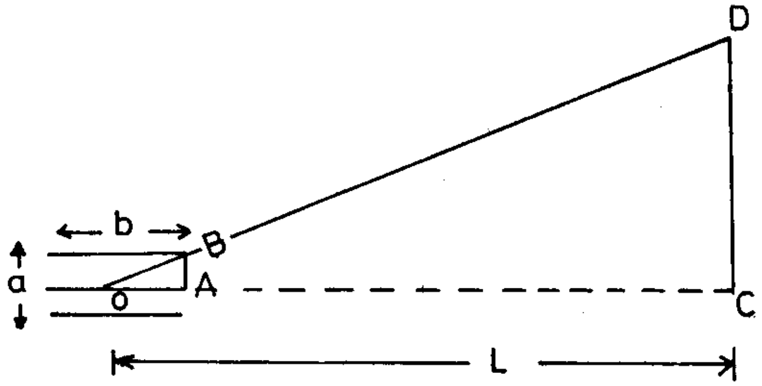
$$d_1 = \frac{1}{2} \times \frac{Ee}{am} \times \frac{b^2m}{2V_e}$$

$$= \frac{Eb^2}{V4a} \qquad 28.3$$

తెరమీద కనబడే అపవర్తనం d_2 అనుకొందాం. పటం 28.2 లో OAB, OCD సరూప త్రిభుజాలు

$$\therefore \frac{CD}{AB} = \frac{OC}{OA}$$

BRAOU



పటం 28.2 స్థిర విద్యుత్ అపవర్తన వ్యవస్థ

$$\frac{d^2}{d_1} = \frac{L}{b/2}$$

$$d_2 = \frac{Ld_1}{b/2} = \frac{2L}{b}\cdot\frac{E}{V}\frac{b^2}{4a} = \frac{Lb}{2a}\cdot\frac{E}{V} \qquad 28.4$$

ఇచ్చిన కాథోడ్ కిరణనాళికలో L, a, b స్థిరాంకాలు. కాబట్టి వోల్టేజ్‌ల నిష్పత్తిని మార్చి, అపవర్తనం d ని మార్చవచ్చు. అపవర్తన ఫలకాల మధ్య ఒక వోల్ట్ పొటెన్షియల్ తేడాను అనువర్తించినపుడు ఎలక్ట్రాన్ పుంజం యొక్క అపవర్తనాన్ని అపవర్తన సున్నితత్వం అంటారు. దీనిని mm/V లలో కొలుస్తారు.

BRAOU

$$\frac{d_2}{E} = \frac{Lb}{2av} \qquad 28.5$$

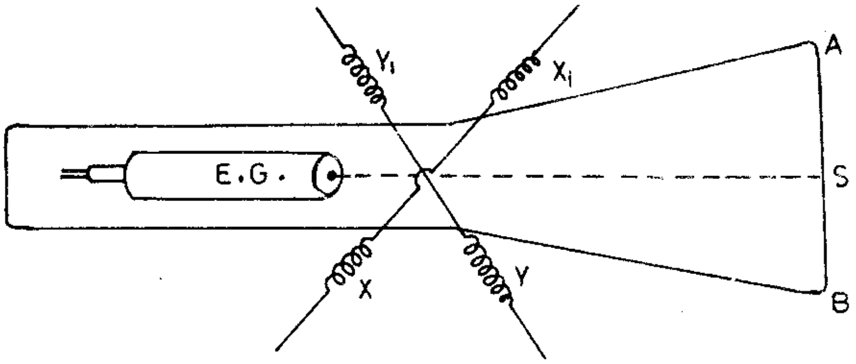
ఇక్కడ అపవర్తన సున్నితత్వం

1. అపవర్తన ఫలకాల పొడవుకు అనులోమ అనుపాతంలోనూ
2. తెరనుండి అపవర్తన ఫలకాల మధ్య బిందువు వరకూ గల దూరం L కి అనులోమ అనుపాతంలోనూ
3. అపవర్తన ఫలకాల మధ్య దూరం a కి విలోమ అనుపాతంలోనూ
4. తుది ఏనోడ్ వోల్టేజ్ V కి విలోమ అనుపాతంలోనూ ఉంటుందని చెప్పవచ్చు.

XX_1YY_1 ఫలకాలకు అనువర్తన సున్నితత్వం వేరువేరుగా ఉండవచ్చునని గుర్తించాలి.

విద్యుదయస్కాంత అపవర్తన వ్యవస్థ

ఈ రకం కాథోడ్ కిరణ డోలనదర్శినిలో ఎలక్ట్రాన్‌ల అపవర్తనం కల్గించడానికి అపవర్తన ఫలకాలకు బదులుగా అయస్కాంత క్షేత్రాలను వాడుతారు. ఈ ఏర్పాటు పటం 28.3 లో సూచించబడుతుంది. ఇక్కడ XX_1YY_1 అనే రెండు జతల తీగచుట్టలు ఉంటాయి. విద్యుత్తు వాటికి గుండా ప్రవహించినప్పుడు అయస్కాంత క్షేత్రాలు సృష్టించబడతాయి. ఈ రెండు అయస్కాంత క్షేత్రాలు పరస్పరం లంబంగానూ, CRO అక్షం ఈ రెండింటికి లంబంగా ఉండేటట్లుగాను తీగచుట్టలను ఏర్పాటు చేస్తారు. వీటి సంయుక్త ప్రభావం వల్ల ఎలక్ట్రాన్ పుంజం వృత్తాకార మార్గం వెంబడి అపవర్తనం చేయబడుతుంది.



పటం *28.3* విద్యుదయస్కాంత కాథోడ్ కిరణనాళిక EG ఎలక్ట్రాన్ XX_1YY_1 అపవర్తక తీగచుట్టలు.

28.5 క్షితిజ సమాంతర, నిలువు అపవర్తనాలకు వోల్టేజ్ వర్ధకాలు

నివిష్ట టెర్మినల్‌కు, అపవర్తన ఫలకాలకు మధ్య వోల్టేజ్ వర్ధకాలను సంధానం చేస్తారు. వీటిని వరుసగా శీర్షవర్ధకం (Vertical amplifer) క్షితిజ సమాంతర వర్ధకం (Horizantal amplifier) అంటారు. నివిష్ట, వోల్టేజ్‌లు అత్యల్పంగా ఉన్నపుడు ఈ వర్ధకాలు అపవర్తన సున్నితత్వాన్ని ఎక్కువ చేస్తాయి. రెండు వర్ధకాలను P_yP_x అనే రెండు పొటెన్షియోమీటర్‌లకు సంధించి, తద్వారా తెరమీద బిందువు యొక్క నిలువు చలనాన్ని, క్షితజ సమాంతర చలనాన్ని నియంత్రించవచ్చు.

పవర్ సరఫరా వలయాలు

పవర్ సరఫరాకు సంబంధించిన పవర్ పరివర్తకం (Transformer) యొక్క గౌణతీగచుట్ట (Secondary Coil) లో లభ్యమయ్యే అల్ప వోల్టేజ్‌తో ఫిలమెంట్ H H ని వేడిచేస్తారు. పటం 28.1లో చూపిన అధిక వోల్టేజ్ సరఫరా పరికరానికి కావలసిన వివిధ వోల్టేజ్‌లను ఉత్పత్తి చేస్తుంది. కాథోడ్ కిరణ నాళికలో కావలసిన తుది ఏనోడ్ పొటెన్షియల్ తెర పరిమాణాన్ని బట్టి మారుతుంది. ఈ పరిమాణాలు కింది విధంగా ఉంటాయి.

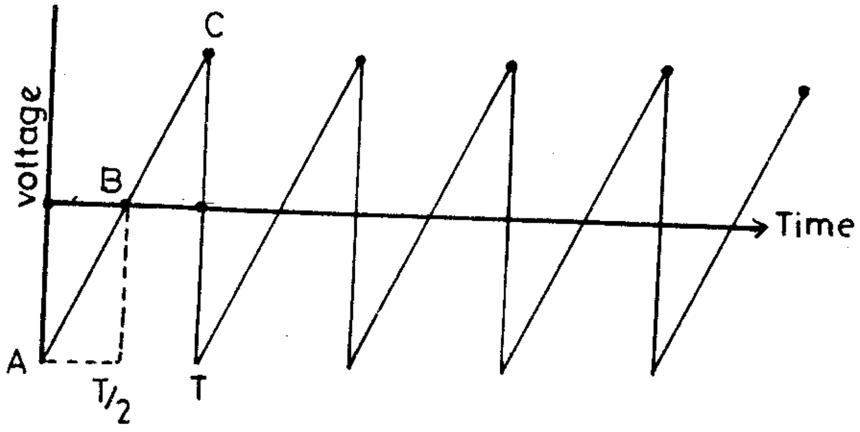
BRAOU

తెరవ్యాసం	తుది ఏనోడ్ వోల్టేజ్
1.5″	600-1000V
2.75″	800-1500V
3.5″	1500-4000V
6.0″	2000-5000V

28.6 టైమ్ బేస్‌వలయం

CRO ను ఉపయోగించి తరంగ ఆకారాలను అధ్యయనం చేయాలంటే, విశ్లేషింప వలసిన వోల్టేజ్‌ని Y ఫలకాలకు అనువర్తిస్తారు. ఇది ఏకాంతర వోల్టేజ్ అయితే, కాంతి బిందువు నిలువురేఖగా కనబడుతుంది. $10H_z$ కంటె అధిక పౌనఃపున్యాల వద్ద ఈ నిలువుగీత కనబడడం, కంటి తెరపై ఏర్పడిన ప్రతిబింబం వస్తువును తీసివేసిన తరువాత కూడా కొంతసేపు తెరపైననే ఉండే స్వభావం వల్లనే ఈ నిలువురేఖ తరంగం యొక్క నిజమైన ఆకారాన్ని గురించి ఏమీ చెప్పదు. ఇందుకు గాను క్షితిజ సమాంతర దిశలో ప్రసర్ప వోల్టేజ్ (Sweep Voltage) అనువర్తిస్తారు. దీని ప్రభావం వల్ల కాంతి క్షితిజ సమాంతరంగా ప్రయాణం చేస్తుంది. X ఫలకాలకు అనువర్తించే ఈ వోల్టేజ్‌ని

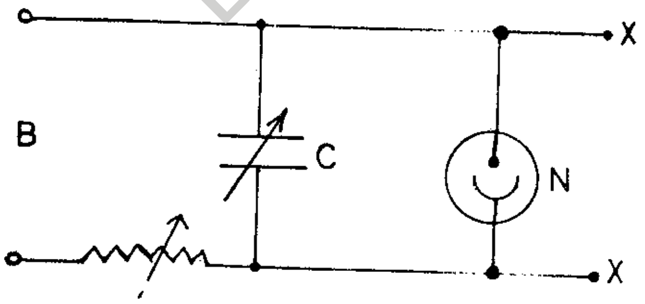
టైమ్‌బేస్ వోల్టేజ్ అంటారు. ఇది ఆవర్తక స్వభావాన్ని కలిగి ఉండడమేగాక కాలంతో రేఖీయంగా ఎక్కువై తటాలున శూన్యానికి పడిపోతుంది. మళ్ళీ ఎక్కువ కావడం, మళ్ళీ శూన్యాన్ని చేరుకోవడం ఆవర్తకంగా జరుగుతూ ఉంటుంది. దీనిని పటం 28.4లో సూచించినాము. ఈ వోల్టేజ్ యొక్క తరంగాకృతి రంపం పళ్ళను పోలి ఉండడం వల్ల దీనిని రంపంపళ్ళ వోల్టేజ్ అంటారు.



పటం 28.4 - టైమ్ బేస్ వోల్టేజ్ యొక్క తరంగాకృతి

క్షితిజ సమాంతర దిశలో ప్రసర్ప వోల్టేజ్‌ని అనువర్తించడానికి అనేక వలయాలను వాడుతారు. విరివిగా వాడే నియాన్ టైమ్ బేస్ వలయాన్ని పటం 28.5లో చూడవచ్చు. ఈ వలయంలో ఏర్పడే రంపంపళ్ళ వోల్టేజ్ కాలం అక్షాన్ని సమకూర్చి తెరపై తరంగాకృతిని ఏర్పరుస్తుంది. ఇక్కడ నియాన్ దీపం N కు సమాంతరంగా కెపాసిటర్ C ని ఉంచుతారు. నిరోధం R ద్వారా ఏకముఖ విద్యుత్ సరఫరా కెపాసిటర్‌ను ఆవేశితం చేస్తుంది. ఒకానొక ఆరంభక వోల్టేజ్ వద్ద నియాన్ దీపం వెలగడానికి ప్రారంభించి, విద్యుత్ వాహకం అవుతుంది. వాహకత్వం ఒకసారి ప్రారంభమైన తరువాత వోల్టేజ్‌ని తగ్గించినప్పటికీ, దీపం ప్రకాశిస్తూనే ఉంటుంది. వోల్టేజ్‌ని క్రమంగా తగ్గిస్తూ పోతే ఒక దశ వద్ద విద్యుత్ వాహకత్వం నిలచిపోయి, నియాన్ దీపం వెలగడానికి ప్రారంభించి, విద్యుత్ వాహకం అవుతుంది. వాహకత్వం

BRAOU



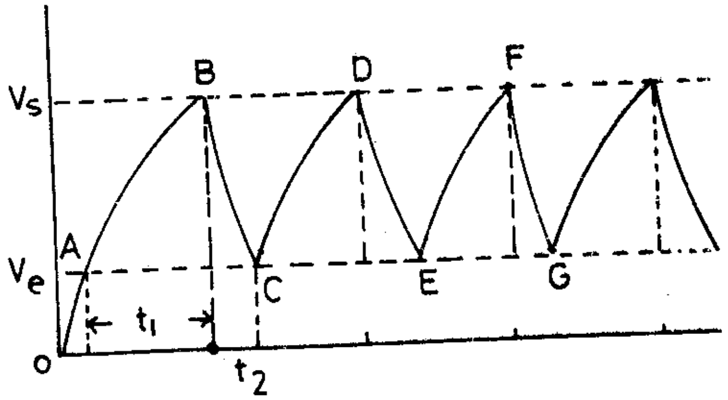
పటం 28.5 నియాన్ టైమ్‌బేస్ వలయం

b) ఏకముఖ విద్యుత్ సరఫరా N నియాన్ దీపం xx ఫలకాలకు సంధానం.

ఒకసారి ప్రారంభమైన తరువాత వోల్టేజ్‌ని క్రమంగా తగ్గిస్తూ పోతే ఒక దశ వద్ద విద్యుత్ వాహకత్వం నిలచిపోయి, నియాన్ దీపం ఆరిపోతుంది. ఈ వోల్టేజ్‌ని (Extinguishing) వోల్టేజ్ అంటారు. సాధారణంగా ఆరంభక వోల్టేజ్ సుమారు 170V శ్యామక వోల్టేజ్ సుమారు 130 V ఉంటుంది.

మొదట నియాన్ దీపం అవాహకంగా (Non-conducting) ఉంటుంది. నిరోధం R ద్వారా కెపాసిటర్‌ను ఆవేశితం చేస్తే, కెపాసిటర్ టెర్మినల్‌ల మధ్య వోల్టేజ్, పటం 28.6 లో చూపినట్లు సున్న నుండి OAB మార్గంగా పెరుగుతుంది. ఆవేశితం చేయడానికి ప్రారంభించినప్పటి నుండి t కాలం తరువాత కెపాసిటర్ చివరల మధ్య వోల్టేజ్.

$$V = V_0(1 - e^{-t/CR}) \qquad 28.6$$



పటం *28.6* x అక్షం వెంబడి కాలానికి, Y అక్షం వెంబడి వోల్టేజ్‌కి గీచిన గ్రాఫ్ V_e శామక వోల్టేజ్ V_s ఆరంభక వోల్టేజ్

ఇక్కడ V_0 ఏకముఖ విద్యుత్ సరఫరా వోల్టేజ్ CR = కాలస్థిరాంకం (Time constant) కెపాసిటర్ చివరల మధ్య వోల్టేజ్ ఆరంభక వోల్టేజ్‌కి సమానమైనపుడు నియాన్ దీపం వాహకంగా మారి, వెలగడానికి ప్రారంభిస్తుంది. తత్ఫలితంగా దీపం యొక్క నిరోధం తగ్గిపోయి, కెపాసిటర్ ఈ అల్ప నిరోధం గుండా BC మార్గంలో ఉత్సర్గమవుతుంది. కెపాసిటర్ చివరల మధ్య వోల్టేజ్ శామక వోల్టేజ్‌కి సమానమయ్యే వరకూ ఈ విధానం ఇలాగే కొనసాగుతుంది. ఈ దశలో నియాన్ దీపం ఆరిపోతుంది. ఆవేశిత ఆవేశితం చెందడానికి మళ్ళీ ప్రారంభించి, పైన వివరించిన విధానం పునరావృతమవుతుంది. ఆవేశిత కాలం t_1 ఉత్సర్గకాలం t_2 కంటే ఎక్కువగా ఉండేటట్లు వలయంలో నిరోధాలను సర్దుబాటు చేస్తారు.

ఈ విధంగా కెపాసిటర్ ఆవేశితం చెందడం, ఉత్సర్గం చెందడం ఏకాంతరంగా జరుగుతుంది. పటం 28.6లో నియాన్ టైమ్‌బేస్ వలయంలోని ప్రసర్పవోల్టేజ్ తగినంత రేఖీయంగా లేదని తెలుస్తుంది. కెపాసిటర్ సంపూర్ణంగా ఉత్సర్గం కాకపోవడం, రంపం పళ్ళ కంపన పరిమితి అత్యల్పంగా ఉండడం దీనికి కారణాలు, మరింత తృప్తికరమైన టైమ్‌బేస్ కావాలంటే, థైరాట్రాన్ టైమ్‌బేస్ వంటి సంకీర్ణ వలయాలను వాడుతారు.

28.7 సమకాలీకరణం (Synchronization)

టైమ్‌బేస్ వలయాన్ని ఉపయోగించి, రంపం పళ్ళ వోల్టేజ్‌ని x ఫలకాలకు అనువర్తిస్తే, అపవర్తనం తత్కాల వోల్టేజ్‌కి అనులోమ అనుపాతంలో ఉండడం వల్ల, కాంతి బిందువు తెరమీద క్షితిజ సమాంతర దిశలో ఎడమనుండి కుడికి సమవేగంతో కదులుతుంది. ఈ వోల్టేజ్ సున్న అయినప్పుడు కాంతి బిందువు వెంటనే తొలిస్థానాన్ని చేరుకుంటుంది. అంటే, క్షితిజ సమాంతర అపవర్తనం కాలానికి అనులోమ అనుపాతంలో ఉందని అర్థం.

సిగ్నల్ వోల్టేజ్ తరంగాకృతిని CRO తెరపై ప్రదర్శించాలంటే, దీనిని ఫలకాలకు, రంపం పళ్ళ వోల్టేజ్‌ని x ఫలకాలకు సమకాలికంగా అనువర్తించాలి. ఈ రెండు తత్కాల వోల్టేజ్‌ల ఫలిత పరిమాణానికి అనుగుణంగా తెరపై కాంతిబిందువు చలిస్తుంది. రెండు తత్కాల వోల్టేజ్‌లు కాలంతో

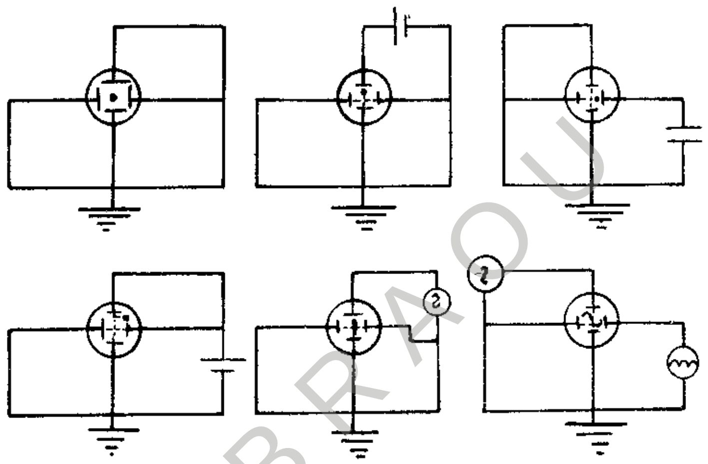
మారుతాయి. కనుక కాంతిబిందువు తరంగాకృతిని ప్రదర్శిస్తుంది. x అక్షం వెంబడి కాలాన్ని Y అక్షం వెంబడి కంపన పరిమితిని తీసుకొని గీచిన గ్రాఫ్‌లాగా ఈ ఆకారం ఉంటుంది.

తెరపై కనపడే ఆకారం స్థిరంగా ఉండాలంటే సిగ్నల్ వోల్టేజ్ రంపం పళ్ళ వోల్టేజ్‌కి సమానంగా గానీ, పూర్ణాంకపు రెట్లుగా గానీ ఉండాలి. రెండు పౌనఃపున్యాలు సమానమైనప్పుడు తెరపై ఒక తరంగం కనపడుతుంది. సిగ్నల్ వోల్టేజ్ పౌనఃపున్యం టైమ్‌బేస్ పౌనఃపున్యానికి 5 రెట్లు ఉంటే, తెరపై 5 తరంగాలు కనపడతాయి.

ఈ రెండు పౌనఃపున్యాల నిష్పత్తి పూర్ణాంకాలుగా లేనప్పుడు తెర పైన ఏర్పడే ఆకారం స్థిరంగా ఉండకుండా ఎడమవైపుకో, కుడివైపుకో చలిస్తుంది. ఈ ఆకారం స్థిరంగా ఉండాలంటే పౌనఃపున్యాల నిష్పత్తి పూర్ణాంకంగా ఉండేటట్లు సర్దాలి. ఈ సర్దుబాటును సమకాలీకరణం అంటారు. ఇందుకుగాను పరికరంలో మోటు సర్దుబాటు (Course) సున్నితపు సర్దుబాటు (Fine) చేయడానికి నియంత్రణ పిడులు (Control knobs) ఉంటాయి.

28.8 తెరపై తరంగాకృతిని ప్రదర్శించడం

ఆపవర్తన ఫలకాలకు వోల్టేజ్‌ని అనువర్తించకుండా ఉన్నప్పుడు



పటం *28.7* వివిధ పరిస్థితులలో CRO ప్రదర్శించే నమూనాలు

ఎలక్ట్రాన్ పుంజం అనులోమ తెరపై మధ్య బిందువు వద్ద పతనమై, అక్కడ కాంతి బిందువును ఏర్పరుస్తుంది. దీనిని పటం 28.7 (a) లో చూడవచ్చు.

Y ఫలకాలకు ఏకముఖ వోల్టేజ్‌ని అనువర్తించి, పై ఫలకాన్ని ధనాత్మకంగా ఉంచి, x ఫలకాలకు వోల్టేజ్‌ని అపవర్తనం చేయకుండా ఉంటే, ఎలక్ట్రాన్‌లు ఊర్ధ్వ దిశలో ఆకర్షించబడతాయి. అప్పుడు పటం 28.7 (b) లో చూపినట్లు కాంతి బిందువు కేంద్రం నుండి నిలువుదిశలో కొంతదూరం పైకి కదులుతుంది.

ఏకముఖ వోల్టేజ్‌ని x ఫలకాలకు అనువర్తించి, Y ఫలకాలకు ఏమీ అనువర్తించకపోతే, పటం 28.7 (c) లో చూపినట్లు కాంతి బిందువు క్షితిజసమాంతర దిశలో ధనఫలకం వైపుకు కదులుతుంది. కానీ, ఏకముఖ వోల్టేజ్‌ని ఒకేసారి రెండు జతల ఫలకాలకు అనువర్తిస్తే, ఈ రెండు అపవర్తనాల ఫలిత పరిమాణాన్ని సూచించే స్థానానికి కాంతిబిందువు చేరుకుంటుంది. దీనిని పటం 28.7 (d) లోచూడవచ్చు.

Y ఫలకాలకు జ్యామితీయ వోల్టేజ్‌ని అనువర్తిస్తే, కాంతిబిందువు నిలువు దిశలో పైకి, కిందికి తిరుగుతూ ఉంటుంది. అయితే వస్తువు యొక్క ప్రతిబింబం తెరపై కొంతసేపు అలాగే నిలిచిపోయే సహజస్వభావం కారణంగా, పటం 28.7 (e) లో చూపినట్లు, తెరపై కాంతివంతమైన నిలువరేఖ కనబడుతుంది. కాలం అక్షం లేకపోవడం వల్ల తెరపై సైన్ వక్రం ఏర్పడదు.

కాబట్టి Y ఫలకాలకు జ్యామితీయ వోల్టేజ్‌ని అనువర్తించి, x ఫలకాలకు అదే పౌనఃపున్యంగల రంపం పళ్ళ వోల్టేజ్‌ని అనువర్తిస్తే, 28.7 (f) లో చూపినట్లు తెరపై సైన్ వక్రం కనబడుతుంది.

28.9 కాథోడ్ కిరణ డోలన దర్శిని ఉపయోగాలు

1) వోల్టేజ్‌ని, విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కొలవడం

a) ఈ పరికరాన్ని ఉపయోగించి ఏకముఖ, ఏకాంతర వోల్టేజ్‌లను కొలవవచ్చు. అపవర్తన ఫలకాలకు అనువర్తించిన వోల్టేజ్‌కి ఎలక్ట్రాన్ పుంజం యొక్క అపవర్తనం అనులోమ అనుపాతంలో ఉంటుందని ఇది వరకే చదువుకొన్నాం. ఒక జత అపవర్తన ఫలకాలకు V వోల్ట్‌లను అనువర్తించి, కాంతిబిందువు అపవర్తనం Y ని గుర్తించాలి. ఆ ఫలకాలకే మనం కొలవ వలసిన ఏకముఖ వోల్టేజ్ V_x ని అనువర్తిస్తే, అపవర్తనం x అనుకొందాం.

అపవర్తన సున్నితత్వం $\frac{V}{Y}$

$$V_x = \frac{V}{Y}x$$

b) ఏకాంతర వోల్టేజ్‌ని అదేవిధంగా కొలవవచ్చు. శిఖర విలువ (Peak value) E_o గల ఏకాంతర వోల్టేజ్‌ని Y ఫలకాలకు అనువర్తించినప్పుడు తెరపై ఒక నిలువురేఖ ఏర్పడుతుంది. దీని పొడవు a అనుకొందాం. మనం కొలవవలసిన ఏకాంతర వోల్టేజ్ శిఖర విలువ E_x ని Y ఫలకాలకు అనువర్తింపచేసి, ఇప్పుడు ఏర్పడే నిలువురేఖ పొడవు b ని కొలవాలి.

తెలియని ఏకాంతర వోల్టేజ్ శిఖర విలువ

$$E_x = \frac{E_o}{a}.b$$

c) విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కొలవాలంటే, తెలిసిన నిరోధం గుండా దీనిని ప్రవహింపజేసి, దాని చివరల మధ్య ఏర్పడిన వోల్టేజ్‌ని Y ఫలకాలకు అనువర్తింపచేయాలి. X ఫలకాలను లఘు వలయం చేస్తారు. తెరపై ఏర్పడే అపవర్తనాన్ని బట్టి వోల్టేజ్ తెలుస్తుంది. నిరోధం విలువ R అయితే, విద్యుత్ ప్రవాహం

$$I = \frac{V}{R}$$

2) దశాకోణాలను కొలవడం

ఒకే పౌనఃపున్యం గల రెండు వోల్టేజ్‌ల మధ్యగల దశాబేధాన్ని CRO సహాయంతో కొలవవచ్చు. ఈ రెండు వోల్టేజ్‌లను కింది సమీకరణాలు సూచిస్తాయనుకొందాం.

$$x = ASin(\omega t + \phi) \qquad 28.7$$

$$y = BSin\omega t \qquad 28.8$$

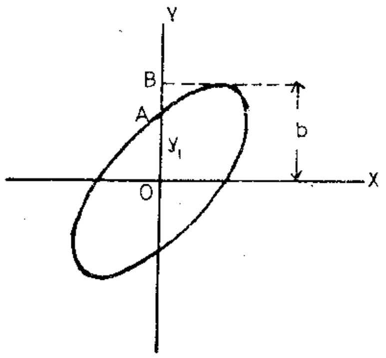
ఇక్కడ A, B లు వోల్టేజ్‌ల కంపన పరిమితులను ω కోణీయవేగాన్ని, ϕ రెండు వోల్టేజ్‌ల మధ్యగల దశాబేధాన్ని సూచిస్తాయి.

ఈ రెండు ఏకాంతర వోల్టేజ్‌ల సంయుక్త ప్రభావం వల్ల ఎలక్ట్రాన్ పుంజం లిస్సజౌస్ ఆకారాన్ని తెరపై ఏర్పరుస్తుంది. ఫలిత చలనాన్ని కింది సమీకరణం సూచిస్తుంది.

BRAOU

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{2xy}{ab}Cos\phi = Sin^2\phi \quad 28.9$$

ఫలిత చలనం యొక్క స్వభావం దశాబేధం ϕ పై ఆధారపడి ఉంటుంది. ఈ సమీకరణం అక్షాలకు ఏటవాలుగా ఉండే దీర్ఘవృత్తాన్ని సూచిస్తుంది. దీనిని పటం 28.8లో చూడవచ్చు. దీర్ఘవృత్తం Y అక్షాన్ని బిందువు (AO, Y_1) వద్ద ఖండిస్తుందనుకొందాం. ఈ బిందువు దీర్ఘవృతంపై ఉంది కాబట్టి, 28.9 సమీకరణంతో $x = o; y = Y_1$ విలువలను ప్రతిక్షేపిస్తే



పటం 28.8 పరస్పరం లంబంగా ఉండే రెండు ఏకాంతర వోల్టేజ్‌లను అనువర్తించినపుడు, అక్షాలకు ఏటవాలుగా ఉండే దీర్ఘ వృత్తం ఆకారాన్ని ఎలక్ట్రాన్ పుంజం తెరపై ప్రదర్శిస్తుంది.

$$\frac{y_1^2}{b^2} = Sin^2\phi \quad 28.10$$

లేదా $or Sin\phi = \pm\frac{y_1}{b}$

ఈ సమీకరణాన్ని బట్టి దశాబేధం ϕ ని లెక్కించవచ్చు.

ϕ యొక్క వివిధ విలువలను బట్టి, ఫలిత చలనం కింద వివరించినట్లు వివిధ ఆకారాలను ఏర్పరుస్తుంది.

1) $\phi = 0$ లేదా 360° అయితే, x అక్షానికి 45° ఏటవాలుగా ఉన్న సరళరేఖ ఏర్పడుతుంది.

2) $\phi = 180^\circ$ అయితే రెండవ, నాలుగవ పాదాలలో ఉండే సరళరేఖ ఏర్పడుతుంది.

3) $\phi = 90^\circ$ లేదా 270° అయితే XY అక్షాలతో దీర్ఘ, హ్రస్వాక్షాలు ఏకీభవించి దీర్ఘవృత్తం ఏర్పడుతుంది.

4) పై నిబంధనతో పాటు a = b అయితే వృత్తం ఏర్పడుతుంది.

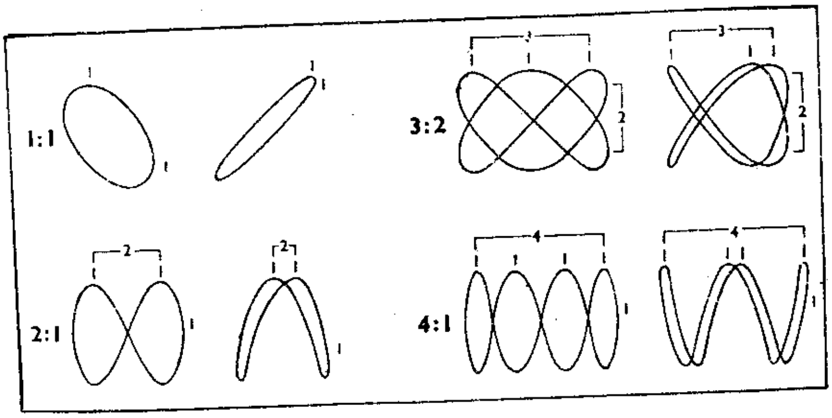
5) ϕ విలువ $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ, 360^\circ$ తప్ప మిగతా కోణాలకు సమానమైతే, x, y అక్షాలకు ఏటవాలుగా దీర్ఘ, హ్రస్వాక్షాలు ఉండే దీర్ఘవృత్తం ఏర్పడుతుంది.

3) పౌనఃపున్యాన్ని కొలవడం

పౌనఃపున్యాన్ని CRO తో కొలవడానికి వీలుకాదు. తెలిసిన పౌనఃపున్యానికి గల నిష్పత్తిని కనుక్కొని, తద్వారా తెలియని పౌనఃపున్యాన్ని లెక్కిస్తారు. f_x, f_y అనే పౌనఃపున్యాలను వరుసగా X, Y ఫలకాలకు అనువర్తించినప్పుడు. $f_x = f_y$ అయితే పైన వివరించినట్లు దీర్ఘవృత్తంగాను, వృత్తంగాని, సరళరేఖ గానీ, ఏర్పడతాయి.

$\frac{fy}{fx} = 2$ అయితే, పటం 28.9 లో చూపిన ఆకారం తెరపై ఏర్పడుతుంది. పౌనఃపున్యాల నిష్పత్తిని బట్టి వివిధరకాల లిస్సాజౌస్ ఆకారాలు తెరపై ఏర్పడుతాయి.

BRAOU



పటం 28.9 వివిధ లిస్సజౌస్ ఆకారాలు - పై భాగంలోను పార్శ్వ భాగంలోనూ ఏర్పడిన లూప్‌ల సంఖ్యను బట్టి పౌనఃపున్యాలను నిర్ణయించవచ్చు.

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{\text{క్షితిజ సమాంతరరేఖను తాకుతున్న లూప్‌ల సంఖ్య}}{\text{నిలువురేఖను తాకుతున్న లూప్‌ల సంఖ్య}}$$

ఉంటుందని పటం 28.9 లో గమనించవచ్చు.

CRO ఇతర ఉపయోగాలు

1) కెపాసిటర్ లేదా ప్రేరకం వల్ల ఏర్పడే ప్రతిరోధాన్ని కొలచి, C లేదా L విలువను లెక్కించవచ్చు.

2) ఇచ్చిన పదార్థం యొక్క శైథిల్య వక్రాన్ని (Hysteresus curve) తెరపై చూడ గలగడమే కాకుండా, వివిధ నమూనాలను త్వరగా పరీక్షించవచ్చు.

3) టెలివిజన్ గ్రాహకాలోనూ, రాడార్‌లోనూ ఈ పరికరాన్ని ఉపయోగిస్తారు.

4) రేడియోలను బాగు చేయడంలోనూ, వివిధ ఎలక్ట్రాన్ పరికరాల దోషాలను కనుక్కోవడంలోనూ దీనిని విరివిగా ఉపయోగిస్తారు.

5) వైద్యులకు ఉపకరించే ఎలక్ట్రోకార్డియోగ్రాఫ్ (ECG) నిర్మాణంలో దీనిని వాడుతారు.

6) పరిశ్రమలలో యాంత్రిక పీడనాన్ని అధ్యయనం చేయడానికి, అంతర్దహన యంత్రాల సూచీప టాలను (Indicator diagrams of internal combuston engines) ఏర్పరచడానికి దీనిని ఉపయోగిస్తారు.

7) మైక్రోసెకన్ కంటే తక్కువ ఉండే అతిస్వల్ప కాలవ్యవధులను దీని సహాయంతో కొలవవచ్చు.

ఈ పరికరాన్ని వైజ్ఞానిక, సాంకేతికరంగాలలో విరివిగా ఉపయోగిస్తున్నారు.

మాదిరి లెక్కలు

1) కాథోడ్ కిరణనాళికలో, అపవర్తన ఫలకాల పొడవు 1.2 cm వాటి మధ్య దూరం 0.4 cm ఫలకాల మధ్య బిందువు నుండి తెరదూరం 16 cm తుది ఏనోడ్ వోల్టేజ్ 800 వోల్ట్‌లయితే, అపవర్తన సున్నితత్వాన్ని లెక్కించండి.

28.5 సమీకరణం నుండి, అపవర్తన సున్నితత్వం $= \frac{Lb}{2aV}$

b = 1.2 m

BRAOU

a = 0.4 cm

L = 16 cm

V = 800 వోల్ట్లు

అపవర్తన సున్నితత్వం $= \frac{Lb}{2aV} = \frac{16 \times 1.2}{2 \times 0.4 \times 800}$

= 0.03 cm/V

2) స్థిర విద్యుత్ కేథోడ్ కిరణనాళికలో తుది ఏనోడ్ వోల్టేజ్ 1600 వోల్టులు. అపవర్తన ఫలకాల పొడవు 5 cm వాటి మధ్యదూరం 1cm ఫలకాల మధ్య బిందువు నుండి తెరదూరం 25 cm ఫలకాలకు 20 వోల్ట్ల పొటెన్షియల్ తేడాను అనువర్తించినారు.

1. అపవర్తకక్షేత్రాన్ని చేరేసరికి ఎలక్ట్రాన్ వేగం
2. క్షేత్రం గుండా ప్రయాణం చేయడానికి ఎలక్ట్రాన్ తీసుకొనే కాలం
3. క్షేత్రాన్ని దాటేసరికి ఎలక్ట్రాన్ వేగం
4. అపవర్తన కోణం
5. తెరపై కాంతిబిందువు యొక్క స్థానభ్రంశం - లెక్కించండి.

b = 5cm

a = 1cm

L = 25cm

E = 20 వోల్టులు

V = 1600 వోల్ట్లు

$\frac{1}{2}mv^2 = eV$

$v^2 = \frac{2eV}{m} = \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1600}{(9 \times 10^{-31} kg)}$

$v = 23.85 \times 10^6 m/s$

(2) క్షేత్రం గుండా ప్రయాణం చేయడానికి పట్టేకాలం

$t = \frac{b}{v} = \frac{5 \times 10^{-2} \text{మీటర్}}{23.85 \times 10^{-6}}$

$= 0.21 \times 10^{-8}$ సెకను.

త్వరణం $= \frac{\text{ఎలక్ట్రాన్‌పై పనిచేసే బలం}}{\text{ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి}}$

$= \frac{e.\frac{E}{a}}{m} = \frac{Ee}{am}$

క్షేత్రాన్ని దాటిన తరువాత, క్షేత్రదిశలో ఎలక్ట్రాన్ వేగం

$v_y =$ త్వరణం $\times$ కాలం $= \frac{eE}{am} \times t$

$= \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 20 \times 0.21 \times 10^{-8}}{(1 \times 10^{-2} \text{మీటర్})(9 \times 10^{-31} \text{కిగ్రా})}$

$= 7.46 \times 10^{-5}$ మీ/సె

4) అక్షం వెబండి వేగం $= 23.85 \times 10^6$ మీ/ సె

అక్షం వెంబడి వేగం $= 7.46 \times 10^5$ మీ/సె

BRAOU

ఎలక్ట్రాన్ పుంజం యొక్క అపవర్తనం x అక్షానికి θ కోణం చేస్తే

$$Tan\theta = \frac{V_y}{V_x} = \frac{7.46 \times 10^5}{23.85 \times 10^6}$$

$= 0.0313$

$\theta = 1°47'$

పటం 28.2 లో $Tan\theta = \frac{d_2}{L}$

తెరపై కాంతిబిందువు స్థానభ్రంశం $d_2 = Ltan\theta$

25×0.0313

0.7825 cm

28.10 సారాంశం

వోల్టేజ్, విద్యుత్ ప్రవాహం మొదలైన కొన్ని విద్యుత్ రాశులను దృశ్య పద్ధతిలో సూచించడానికి ఉపయోగించే ఎలక్ట్రానిక్ పరికారాన్ని కాథోడ్ కిరణదర్శిని అంటారు. ఈ పరికరంలో కాథోడ్ కిరణాలకు విద్యుత్ అయస్కాంత క్షేత్రాలను అనువర్తించడం వల్ల ఆ పేరు వచ్చింది.

ఈ పరికరానికి అనేక అనువర్తనాలు ఉన్నాయి. విద్యుత్ ప్రవాహం, వోల్టేజ్ మొదలైన వాటిని కొలవడానికి, సంకీర్ణ తరంగ ఆకారాలను విశ్లేషణ చేయుడానికి దీనిని ఉపయోగిస్తారు.

28.11 నమూనా ప్రశ్నలు

I. క్రింది ప్రశ్నలకు విశదంగా సమాధానాలు రాయండి.

(1) కేథోడ్ కిరణడోలనదర్శినిని వర్ణించి, పనిచేసే విధానాన్ని వివరించండి.

(2) కేథోడ్ కిరణ డోలనదర్శిని యొక్క వివిధ ఉపయోగాలను తెలపండి.

II. క్రింది ప్రశ్నలకు క్లుప్తంగా సమాధానాలు రాయండి.

(1) టైమ్‌చేస్ వలయం సిద్ధాంతాన్ని విశదీకరించండి.

(2) సమకాలీకరణం అంటే ఏమిటి? CRO పనిచేయడంలో ఈ విధానాన్ని ఎందుకు ఉపయోగిస్తారు.

(3) CROలో ఉపయోగించే విద్యుదయస్కాంత అపవర్తన వ్యవస్థను వర్ణించండి.

(4) CROతో తరంగాకృతిని ఎలా ప్రదర్శిస్తారు.

28.12 చదవదగిన గ్రంథాలు

1. J.J. Brophy — Basic Electronics for Scientists — McGraw-Hill Kogakusha Ltd. New Delhi (1977).

2. H.V. Malmstadt and C.G. Enke — Electronics for Scientists — W.A. Benjamin Inc. New York (1963).

3. R.D. Pascose — Fundamentals of Solid State Electronics — John Wiley & Sons Inc. New NewYork (1976)

BRAOU

4. L.V. Azaroof — Electronic Processes in Materials — McGraw-Hill Book Co. New York (1963).
5. J.J. Brophy — Semoconductor Devices — McGraw-Hill Book Co New York (1964).
6. Elements of Electronics ....M.K. Bagde & Singh.
7. Electronic fundamentals and applications .. John D. Ryder
8. Electronic Devices & circuits ... Allen Mother Shead
9. Electronic and Radio Engineering .... By M.L. Gupta
10. Basic Electronics for Scientists .....James J. Brophy
11. Elements of Electronics ... M.K. Bagde. S.P Singh.
12. Introduction to Electronics ....M.A. Thangaraj.
13. Electronic and Radio Engineering ....M.L. Gupta
14. Physics for Bilogy Students ...Vol. II. S. Nagabhushanam and Dr. N. Manohara Murthy.
15. Text-Book of Electrical Technology ..Vol. 4 B.L. Theraja
16. Solid State Electronics ...Bagde and S.P. Singh
17. Elements of Electronics .....Bagde and S.P. Singh
18. Basic electronic for scientists ....Brophy
19. Electronic Principles ....Malvino.

BRAOU

BRAOU

Andhra Pradesh Open University

B.Sc. III YEAR (3 YDC) EXAMINATION

MODEL QUESTION PAPER

COURSE III : MODERN PHYSICS

Time: 3 hrs. Max. Marks: 75

SECTION - A

Answer any three of the following questions

క్రింది ఏ మూడు ప్రశ్నలకైనా జవాబులు రాయండి.

Each question carries 15 lines

ప్రతి ప్రశ్నకు 15 మార్కులు $3 \times 15 = 45$

Answer the following in about 30 lines

ప్రతి ప్రశ్నకు సుమారు 30 పంక్తులలో జవాబులు రాయండి.

1. State Bohr's postulates of atomic structure and derive the equation for the energy of an orbital electron in a hydrogen atom
   బోర్ పరమాణు నిర్మాణ ప్రతిపాదనలను పేర్కొని, ఉదజని పరమాణు కక్ష్యలో పరిభ్రమిస్తున్న ఎలక్ట్రాన్ శక్తికి సమీకరణం రాబట్టండి.

2. Explain East West asymmetry in cosmic ray intensity and discuss its bearing on the composition of cosmic rays
   విశ్వకిరణాలలో తూర్పు-పడమర వ్యత్యాసాన్ని విశదీకరించి దానికి కారణమైన విశ్వకిరణ స్వభావాన్ని చర్చించండి.

3. Derive Einstein's mass-energy relation
   ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి-శక్తుల మధ్య సంబంధాన్ని రాబట్టండి.

4. Describe the construction and working of a Cathode ray oscilloscope
   కేథోడ్ కిరణ డోలనలేఖిని నిర్మాణాన్ని, పనిచేసే విధానాన్ని వర్ణించండి.

5. What is a filter? Describe the action of a L.filter and II filter
   నిర్గలని అంటే ఏమిటి? L, Ji నిర్గలనుల చర్యలను వర్ణించండి.

6. Explain the action of an n-p-n transistor. Derive the expression for the current gain of a common emitter
   n-p-n ట్రాన్సిస్టరు పనిచేసే విధానాన్ని వివరించండి. ఉమ్మడి ఉద్గార వర్ధకంలో ప్రవాహలాభ గుణకానికి సమాసాన్ని రాబట్టండి.

BRAOU

SECTION - B

Answer any five of the following questions $5 \times 6 = 30$
ఈ క్రింది వాటిలో ఏదేని ఐదు ప్రశ్నలకు జవాబు రాయండి.

Each question carries 6 marks
ప్రతి ప్రశ్నకు 6 మార్కులు.

Answer the following in about 10 lines
సుమారు 10 పంక్తులలో సమాధానాలు రాయండి.

7. Describe the law of natural radioactivity
సహజ రేడియోధార్మికతకు సూత్రాన్ని ఉత్పాదించండి.

8. Explain the Chain reaction in nuclearfission
కేంద్రక విచ్ఛిత్తిలో గొలుసు-చర్యను వివరించండి.

9. Write a note on Quantum numbers.
క్వాంటం సంఖ్యలను గురించి క్లుప్తంగా రాయండి.

10. Derive Stefan-Boltzmann's law
స్టిఫాన్-బోల్ట్స్మన్ సూత్రాన్ని రాబట్టండి.

11. Distinguish between the three types of magnetism
మూడురకాల అయస్కాంతత్వాల మధ్య భేదాలను రాయండి.

12. Describe the working of a phase shift oscillator
దశావిస్థాపక డోలక్ పనిచేసే తీరును వివరించండి.

13. Explain the function of a class A amplifier
A తరగతి వర్ధకం పనిచేసే విధానాన్ని వివరించండి.

14. Describe the classification of solids on the basis of energy bands
శక్తి అంతరం ఆధారంగా పదార్థాలను ఏవిధంగా వర్గీకరిస్తారో వివరించండి.

15. Explains Barkhausen Criterion
బార్క్‌హైసెన్ నియమాన్ని వివరించండి.

16. Explain the working of a bubble chamber
బుద్బుద పేటిక పనిచేయు విధానాన్ని వివరించండి.

BRAOU

ANDHRA PRADESH OPEN UNIVERSITY

UNDERGRADUATE COURSE - III YEAR

SUBJECT : PHYSICS

COURSE-3 : MODERN PHYSICS

ASSIGNMENT - I

N.B.

1. Do not copy the answer directly from any of the books.
2. As far as possible try to answer the questions independently in your own words.
3. If it is necessary to quote from any source, give the correct reference.
4. Use your own foolscap pages for writing the assignment.
5. Leave sufficient margin for the comments of the evaluator.
6. Completion of this assignment normally should not take more than two hours time.

SECTION - A

క్రిందివానికి సుమారు 30 పంక్తులలో సమాధానాలు వ్రాయండి.

1. ఫొటో ఎలెక్ట్రిక్ ఫలితాన్ని వివరించండి. ఐన్‌స్టీన్ ఫొటో ఎలెక్ట్రిక్ సమీకరణాన్ని రాబట్టండి. ఈ సమీకరణం ప్రయోగ ఫలితాలను ఎలా వివరిస్తుందో తెల్పండి.
2. స్వచ్ఛంద వికిరణ ఉద్గారం, ఉత్తేజిత వికిరణ ఉద్గారాలను వివరించండి. హీలియం-నియాన్ లేజర్ సూత్రాన్ని వివరించండి.
3. ష్రాడింగర్ తరంగ సమీకరణాన్ని ఉత్పాదించండి. తరంగ ప్రమేయ ప్రాముఖ్యాన్ని వివరించండి.

SECTION - B

క్రిందివానిలో ప్రతిదానికి 10 పంక్తులలో సమాధానం వ్రాయండి.

1. బోర్ ఉపపాదనలను హైడ్రోజన్ పరమాణు పరంగా వివరించండి.
2. పౌలీ వర్జన సూత్రాన్ని నిర్వచించి వివరించండి.
3. డేవిసన్-జెర్మర్ ప్రయోగాన్ని వివరించండి. ప్రయోగ ఫలితాలు ఏమిటి?

BRAOU

BRAOU

ANDHRA PRADESH OPEN UNIVERSITY

UNDERGRADUATE COURSE - III YEAR

SUBJECT : PHYSICS

COURSE-III : MODERN PHYSICS

ASSIGNMENT - II

N.B.

1. Do not copy the answer directly from any of the books.
2. As far as possible try to answer the questions independently in your own words.
3. If it is necessary to quote from any source, give the correct reference.
4. Use your own foolscap pages for writing the assignment.
5. Leave sufficient margin for the comments of the evaluator.
6. Completion of this assignment normally should not take more than two hours time.

SECTION - A

కిందివానికి సుమారు 30 పంక్తులలో సమాధానాలు వ్రాయండి.

1. గైగర్-ముల్లర్ గణనకారి నిర్మాణము పనిచేయు విధానాన్ని వివరించండి.
2. కేంద్రక ద్రవ బిందు నమూనా ఆధారంగా అర్ధ అనుభవిక ద్రవ్యరాశి ఫార్ములాను ఉత్పాదించండి.
3. లాంజివిన్ సిద్ధాంతం ఆధారంగా డయా అయస్కాంత పదార్థ ద్రవ్యరాశి ససెప్టబిలిటీకి సమీకరణాన్ని ఉత్పాదించండి.

SECTION - B

కిందివానికి సుమారు 10 పంక్తులలో సమాధానాలు వ్రాయండి.

1. కేద్రక సంలీన చర్యలను తాపకేంద్రక చర్యలని ఎందుకు అంటారు? వివరించండి.
2. న్యూట్రాను ఆవిష్కరణ ప్రాముఖ్యాన్ని వివరించండి.
3. విశ్వకిరణ జల్లుల సిద్ధాంతాన్ని వివరించండి.

BRAOU

BRAOU

ANDHRA PRADESH OPEN UNIVERSITY

UNDERGRADUATE COURSE - III YEAR

SUBJECT : PHYSICS

COURSE-III : MODERN PHYSICS

ASSIGNMENT - III

N.B.

1. Do not copy the answer directly from any of the books.
2. As far as possible try to answer the questions independently in your own words.
3. If it is necessary to quote from any source, give the correct reference.
4. Use your own foolscap pages for writing the assignment.
5. Leave sufficient margin for the comments of the evaluator.
6. Completion of this assignment normally should not take more than two hours time.

SECTION - A

కిందివానికి సుమారు 30 పంక్తులలో సమాధానాలు వ్రాయండి.

1. ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి-శక్తి సమీకరణాన్ని ఉత్పాదించండి.
2. p-n సంధి పని చేసే విధానాన్ని వివరించండి. అది రెక్టిఫయర్‌గా ఎలా పనిచేస్తుందో వివరించండి.
3. కార్బిట్ డోలకం పనిచేసే తీరును వివరించండి. పౌనఃపున్యానికి సమీకరణాన్ని వ్యుత్పాదించండి.

SECTION - B

కిందివానికి సుమారు 10 పంక్తులలో సమాధానాలు వ్రాయండి.

1. ఋణ పునర్‌నివేశం వల్ల ఉపయోగాలను వివరించండి.
2. కాస్మిక్ కిరణాల తీవ్రత అక్షాంశంతో ఎలా మారుతుందో వివరించండి.
3. కేంద్రకీయ అయస్కాంత అనునాదాన్ని వివరించండి.

BRAOU

BRAOU