27 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి మరియు సంలీనం

సూర్యుడు భూమి మీద మానవకోటికి కావలసిన శక్తిని నిరంతరాయంగా అందిస్తూ వాటి మనుగడకు కారణమవుతున్నాడు. ఇది అనేక బిలియన్ సంవత్సరాలుగా జరుగుతూ ఉంది, ఇక ముందు కూడా జరుగుతుంది. సూర్యుడి నుండి ఇంత పెద్ద పరిమాణంలో శక్తి ఎక్కడ నుండి వెలువడుతుంది? ఈ ప్రశ్న మానవ మదిని తొలిచివేసే ప్రశ్న. హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద హైడ్రోజన్ పరమాణువులు సంలీనం చెంది హీలియంగా మారినప్పుడు వెలువడే శక్తి సూర్య కేంద్రంలోని శక్తికి కారణమని మనకు తెలుసు. ఇతర నక్షత్రాలలో కూడా ఇదే విధంగా జరుగుతుంది. పై పరిస్థితులను అనుసరించి సంలీన రియాక్టర్‌లు మన భవిష్యత్ శక్తి అవసరాలను తీర్చగలుగుతాయి.

తారాపూర్, కోట, కైగా, నారోరా, కల్పకం, కాక్రపార న్యూక్లియర్ రియాక్టర్ల విద్యుత్ ఉత్పత్తి ప్రక్రియలో న్యూక్లియర్ శక్తి యొక్క పాత్ర మరియు శక్తి భద్రత గురించి మీరు చదివే ఉంటారు. అలాగే 1945 ఆగస్టు 6న జపాన్‌లోని హిరోషిమా మీద అణుబాంబు వేసిన కొన్ని సెకన్లలోనే పట్టణాన్ని సర్వనాశనంచేసి అనేక లక్షల మంది ప్రాణాలు కోల్పోయిన విషయం మీరు వార్తా పత్రికల్లో చదివి ఉంటారు. అది మానవ చరిత్రలోనే ముందెన్నడు చూడనిది. అది విడుదల చేసిన శక్తి 20,000 టన్నుల TNT (tri nitro toulene) బాంబు విడుదల చేసిన శక్తికి సమానం. దాని తరువాత అంతకన్నా శక్తివంతమైన కొన్ని మెగాటన్నుల TNT విస్ఫోటక సామర్థ్యం కలిగిన అణు, హైడ్రోజన్, న్యూట్రాన్ బాంబులను తయారుచేశారు. సూపర్ పవర్‌లు ఇటువంటి బాంబులను నిల్వచేసినట్లుగా చెబుతారు. వారు నిల్వచేసిన బాంబుల విస్ఫోటక శక్తి ఎంత ఎక్కువ అంటే ఈ భూమినంతటిని అనేకసార్లు నాశనం చేయగలవు. కేంద్రక సంలీనం అనే భౌతికచర్య ఇంత పెద్ద శక్తికి కారణం. ఈ చర్యలన్నింటి గురించి మీరిప్పుడు నేర్చుకుంటారు.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠాన్ని చదివిన మీరు తరువాత కింది విషయాలను తెలుసుకొంటారు.

- కేంద్రక చర్యల నిత్యత్వ నియమాలను తెలపడం.
- కేంద్రక శృంఖలాచర్య, నియంత్రిత, అనియంత్రిత విచ్ఛిత్తి, శృంఖలా చర్యల వివరణ.

- న్యూక్లియర్ రియాక్టర్ పనిచేసే విధానం వర్ణన.
- నక్షత్రాల్లో శక్తి ఉత్పత్తి ప్రక్రియను వివరించడం.

27.1 రసాయన మరియు న్యూక్లియర్ రియాక్షన్స్

27.1.1 రసాయనిక చర్య

అన్ని పదార్థాలు పరమాణువులతో నిర్మితమైనవని మనకు తెలుసు. ఒక మూలకం రసాయనిక ధర్మాలను బాహ్య కక్ష్యలో ఉన్న ఎలక్ట్రానులు నియంత్రిస్తాయని మీరు 26వ పాఠంలో నేర్చుకున్నారు. అంటే పరమాణువులు ఇతర పరమాణువులు లేదా అణువులతో కలసి వాటి సంయోజక ఎలక్ట్రానులను పునర్విన్యాసం చెందిస్తాయి. దీనితోపాటు స్థితిజశక్తిలో తగ్గుదల ఉంటుంది.

శక్తి విడుదల లేదా శోషణంతోపాటు అన్యోన్యచర్యలోని అణువులు పరమాణువుల సంయోజక ఎలక్ట్రానుల పునర్విన్యాసం వల్ల కొత్త సమ్మేళన అణువు ఏర్పడటాన్ని రసాయనిక చర్య అంటారు. ఈ ప్రక్రియ కేంద్రకంను ప్రభావితం చేయదు. లోపలి కక్ష్యలలోని ఎలక్ట్రానులు కూడా ప్రభావితమవ్వవు.

కార్బన్‌డైఆక్సైడ్‌ను ఉత్పత్తిచేయడానికి కార్బన్ పరమాణువులు ఆక్సిజన్‌తో చర్యనొందుట రసాయనిక చర్యకు ఉదాహరణ.

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 + 4.08 \text{ eV} \qquad \ldots \qquad (27.1)$$

చర్యనొందే ప్రతీ ఒక కార్బన్ పరమాణువు వల్ల 4.08 eV ల శక్తి రసాయనిక చర్యలో విడుదలవుతుంది. దీన్ని CO_2 అణువు బంధనశక్తి అంటారు. ఒక రసాయనిక చర్యలో ఉష్ణం వెలువడితే ఆ చర్యను ఉష్ణమోచక చర్య అంటారు. రసాయనిక చర్య ప్రారంభం కావడానికి శక్తి పంపిణీ అవసరమైతే దాన్ని ఉష్ణగ్రాహక చర్య అంటారు. ఉదాహరణకు తగిన పరిస్థితులలో 4.08 eV ల శక్తిని CO_2 అణువుకు ఇచ్చినప్పుడు అది దాని అంశాలుగా విడిపోతుంది.

$$CO_2 + 4.08 \text{ eV} \longrightarrow C + O_2 \qquad \ldots \qquad (27.2)$$

సమీకరణం (27.1)లో చూపించినట్లు CO_2వాయువు ఏర్పడుటకు వ్యవస్థ 4.08 eV ల శక్తిని విడుదల చేసింది. అందువల్ల CO_2 అణువు ద్రవ్యరాశి C మరియు O_2 ల మొత్తం ద్రవ్యరాశి కన్నా 4.08 eV ల శక్తికి సమానమైన ద్రవ్యరాశి తక్కువగా ఉంటుంది. నష్టపోయిన ద్రవ్యరాశి Δm ను $E = mc^2$ సమీకరణాన్ని ఉపయోగించి గణించవచ్చు.

$$\Delta m = \frac{4.08 \times 1.602 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{16}} = 7.26 \times 10^{-36} \text{kg} \qquad \ldots \qquad (27.3)$$

ద్రవ్యరాశిలోని ఇంత స్వల్ప మార్పును గుర్తించలేము. రసాయనికచర్యలో ద్రవ్యరాశి నిత్యత్వమైనను ద్రవ్యరాశిలో కొంత మార్పు ఉంటుందని చెప్పవచ్చు. రసాయనిక చర్యల్లో గుర్తుంచుకోవలసిన విషయాలు

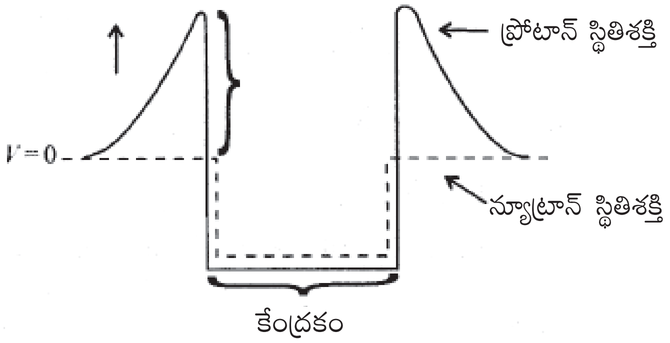
- 10 eV ల గుణిజాల శక్తితో కూడిన చర్యలు
- ద్రవ్యరాశిలో మార్పు 10^{-35} kg లలో జరుగుతుంది. ఇది చాలా స్వల్పం కనుక ద్రవ్యరాశి స్థిరం అని చెప్పవచ్చు.

- కేంద్రక చర్యల్లో కుడివైపు ఉన్న ప్రతీ రకం పరమాణువుల సంఖ్య మొత్తానికి, ఎడమవైపు ప్రతీ రకం పరమాణువుల సంఖ్య మొత్తం ఎల్లప్పుడూ సమానంగా ఉంటుంది.

27.1.2 కేంద్రక చర్యలు

కేంద్రక చర్యల్లో చర్యాకారకాల ఎలక్ట్రానులు కాక కేంద్రకాలు ఒకదానికొకటి చర్యలో పాల్గొని కొత్త మూలకాలను ఏర్పరుస్తాయి. ఈ పద్ధతిని మూలక పరివర్తనం (transmutation) అంటారు. ఇంతకు ముందు పాఠంలో కేంద్రకచర్యల్లో MeV లలోశక్తి కూడి ఉండటాన్ని గుర్తుకు తెచ్చుకోండి.

అణువులోని మొత్తం ధనాత్మక ఆవేశం కేంద్రకంలో కేంద్రీకృతమై ఉంటుంది. కేంద్రకం పరిమాణం 10^{-15} మీ లలో ఉంటుంది. స్థిర విద్యుత్ శక్మావరోధాన్ని కలగచేస్తుంది. (కూలూంబ్ అవరోధం అని కూడా అంటారు) (పటం 27.1) కూలూంబ్ అవరోధం కార్బన్ కేంద్రకంకు 3 MeV, లెడ్ కేంద్రకంకు 20 MeV. కేంద్రకం వైపుకు వచ్చే ఆవేశ ప్రక్షేపకం లక్ష్య కేంద్రకం యొక్క కూలూంబ్ అవరోధం నుండి వికర్షణను ఎదుర్కొంటుంది. ప్రక్షేపకం గతిజశక్తి అవరోధం నుండి చొచ్చుకుపోయేంత లేనప్పుడు ఎటువంటి కేంద్రక చర్య జరపకుండానే వెనకకు మరలుతుంది. ప్రోటాన్‌కు కార్బన్ కేంద్రకంతో మూలక పరివర్తనానికి శక్తి 3 MeV లేదా అంతకన్నా ఎక్కువగాఉండాలి. కేంద్రక చర్యలు ఎక్కువ పరిమాణంలో గల శక్తితో కూడి ఉంటాయి. కనుక దైనందిన జీవితంలో సాధారణ ఉష్ణోగ్రత, పీడనాల వద్ద ఈ చర్యలను మనం గమనించలేము.



పటం 27.1

కేంద్రక మూలక పరివర్తనం లేదా కేంద్రక చర్య దృగ్విషయాన్ని లార్డ్ రూథర్‌ఫర్డ్ (Lord Rutherford)1919 వ సంవత్సరంలో ఆవిష్కరించాడు. పోలోనియం జనకం నుండి పొందిన 7.7 MeV శక్తి కలిగిన α -కణంతో నైట్రోజన్ వాయువును తాడనం చెందించాడు. నైట్రోజన్, ఆక్సిజన్‌గా రూపాంతరం చెందటం గమనించాడు. ఈ మార్పులో ఎక్కువశక్తి గల ప్రోటాన్‌లు పాల్గొన్నాయి.

$$ {}_{2}^{4}\mathrm{He} + {}_{7}^{14}\mathrm{N} \longrightarrow {}_{8}^{17}\mathrm{O} + {}_{1}^{1}\mathrm{H} \qquad \ldots \qquad (27.5) $$

ఈ ఆక్సిజన్ కేంద్రకం మరియు ప్రోటాన్‌లు 6.5 MeV శక్తిని తీసుకొనిపోతాయి. 1.2 MeV శక్తిని బయటి నుండి పంపిస్తే తప్ప ఈ చర్య జరగదని తెలుస్తుంది. కనుక ఇది ఉష్ణగ్రాహక కేంద్రక చర్య. 7.7 MeV పోలోనియం నుండి 7.7 MeV ల α -కణంను అల్యూమినియంతో తాడనం చేసినప్పుడు 10.7 MeV ల శక్తి విడుదలయి కింది చర్య జరుగుతుంది.

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{30}_{14}Si + ^{1}_{1}H \qquad \ldots \qquad (27.6)$$

ఇక్కడ మనం నివేశన శక్తి (input energy) కన్నా ఎక్కువ శక్తి విడుదలవడం చూస్తాం. ఇది ఉష్ణగ్రాహక చర్య. ప్రతీ చర్యలో 3 MeV శక్తి లభిస్తుంది. ఒక కార్బన్ అణువును మండించినప్పుడు వెలువడే శక్తి కన్నా ఇది 700,000 రెట్లు ఎక్కువ. కాని ఈ చర్యను శక్తి ఉత్పత్తికి ఉపయోగించుకోలేము కారణం 125,000 పతన α -కణాలతో ఒక్కటి మాత్రమే చర్య జరగడానికి ఉపయోగపడుతుంది. మొత్తం మీద ఉత్పత్తి అయిన శక్తి కన్నా వినియోగించిన శక్తి ఎక్కువ.

ప్రోటాన్, డ్యూటిరాన్, న్యూట్రాన్ ఇంకా తేలికైన కేంద్రకాలతో కేంద్రక చర్యలను పొందవచ్చు. వీటన్నింటిలో కేంద్రక చర్య జరగడానికి న్యూట్రాన్‌లే సరియైన కణాలు. తటస్థ కణాలవడంవల్ల అవి కూలూంబ్ వికర్షణకు లోనుకావు. ఉష్ణీయ న్యూట్రాన్‌లు కూడా (0.0253 eV శక్తిగల న్యూట్రాన్‌లు) లక్ష్య కేంద్రకంలోకి చొచ్చుకొని పోయి కేంద్రక చర్యను జరుపుతాయి. ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్, డ్యుటిరాన్ మరియు న్యూట్రాన్‌లు జరిపే చర్యలు కేంద్రక చర్యలకు సరియైన కొన్ని విలక్షణ ఉదాహరణలు.

$$^{6}_{3}Li + ^{1}_{1}H \longrightarrow ^{3}_{2}He + ^{3}_{2}He \qquad \ldots \qquad (27.7)$$

$$^{10}_{5}B + ^{2}_{1}H \longrightarrow 3\,^{4}_{2}He \qquad \ldots \qquad (27.8)$$

$$^{10}_{5}B + n \longrightarrow ^{7}_{3}Li + ^{4}_{2}He \qquad \ldots \qquad (27.9)$$

రసాయనిక చర్యలవలే కేంద్రక చర్యలు కూడా ద్రవ్య నిత్యత్వ నియమాలను పాటిస్తాయి. వాటిని మనం ఇప్పుడు నిర్వచిద్దాం.

27.1.3 కేంద్రక చర్యల్లో ద్రవ్య నిత్యత్వ నియమాలు

- క్రియాజనకాల ద్రవ్యరాశి సంఖ్య మొత్తం క్రియాజన్యాల ద్రవ్యరాశి సంఖ్యల మొత్తానికి సమానం. సమీకరణం (27.7) లో ద్రవ్యరాశి సంఖ్య 7 = 3 + 4 = 6 +1. ద్రవ్యరాశి నిత్యత్వమైంది.
- క్రియాజనకాల పరమాణు సంఖ్య మొత్తం, క్రియాజన్యాల పరమాణు సంఖ్యల మొత్తానికి సమానం. సమీకరణం (27.7)లో పరమాణు సంఖ్య 4 = 3 + 1 = 2 + 2 నిత్యత్వమైంది.
- కేంద్రక చర్యలు శక్తి నిత్యత్వ నియమాన్ని పాటిస్తాయి. శక్తి యొక్క సాంద్రీకృత రూపమే ద్రవ్యరాశి అని మనకు తెలుసు. కనుక నివేశ గతిజశక్తి మరియు క్రియాజనకాల ద్రవ్యరాశి మొత్తం, ఉత్పాదన గతిజశక్తి మరియు క్రియాజన్యాల ద్రవ్యరాశుల మొత్తంకు సమానం.
- కేంద్రక చర్యలు ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ నియమాన్ని పాటిస్తాయి. కనుక క్రియాజన్యాల కేంద్రకాల్లో గతిజశక్తి వితరణ జరుగుతుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 27.1

1. ఈ కింది కేంద్రక చర్యల సమీకరణాలను పూర్తి చేయండి.

   (a) $^{19}_{9}F + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{16}_{8}O + ?$ ....

   (b) $^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \rightarrow ? + \frac{4}{2}He$ ....

   (c) $^{234}_{90}Th \rightarrow ^{234}_{91}Pa + ?$ ....

   (d) $^{63}_{29}Cu + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{64}_{30}Zn + ?$ ....

2. ఈ కింది కేంద్రక చర్యల్లో విడుదలైన శక్తిని గణించండి.

   $^{10}_{5}B + ^{2}_{1}D \longrightarrow 3^{4}_{2}He + Q$

   $m(10_B) = 10.01294$ u; $m\left(^{2}_{1}D\right) = 2.014103$ u మరియు $m\left(^{4}_{2}He\right) = 4.002604$ u గా ఇచ్చారు.

   ....

3. $^{14}_{7}N$ కేంద్రకంను α- కణంతో తాడనం చేసినప్పుడు $^{17}_{8}O$ ఏర్పడింది. ఈ చర్యా సమీకరణాన్ని రాసి విడుదలైన శక్తిని గణించండి.

   $m\left(^{14}_{7}N\right) = 14.003014$ u, $m\left(^{17}_{8}O\right) = 16.999138$ u, $m\left(^{4}_{2}He\right) = 4.00264$ u,

   $m\left(^{1}_{1}H\right) = 1.007825$ u, α – కణం శక్తి = 7.7 MeV .

   ....

27.2 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి (Nuclear Fission)

కేంద్రక విచ్ఛిత్తిని కనుగొన్న ప్రక్రియ చాలా ఆసక్తిదాయకంగా ఉంటుంది. ప్రకృతిలో లభించని ట్రాన్స్‌రానిక్ మూలకాల (Z విలువ 92 కన్నా ఎక్కువ కలిగినవి) ఉత్పత్తికి 1938 వ సంవత్సరంలో ఎన్‌రికోఫెర్మి ఒట్టోహాన్ తదితరులు యురేనియం కేంద్రకాన్ని నెమ్మది న్యూట్రాన్‌తో ఉద్యోతనం చెందించారు. పతన న్యూట్రాన్‌లను యురేనియం కేంద్రకం గ్రహించినపుడు న్యూట్రాన్ ప్రోటాన్ నిష్పత్తి పెరుగుతుంది. ఈ నిష్పత్తిని తగ్గించడానికి యురేనియం β –క్రియాశీలతను పొందుతుందని భావించారు. ఈ క్రింది సమీకరణం ప్రకారం, న్యూట్రాను ప్రోటాను అయినట్లుగా ప్రవర్తించి, కొంత శక్తిని, β –కణాన్ని విడుదల చేస్తుంది.

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{239}_{93}Np + ^{0}_{-1}e + Q \qquad \ldots \qquad (27.10)$$

ఈ పద్ధతిలో 93 అణు సంఖ్య కలిగిన ట్రాన్సురానిక్ మూలకం ఏర్పడుతుందని భావించారు. యురేనియం సమీపంలో గల ఏ భార మూలకాలకు సంబంధించిన విలువలు కాని అర్ధజీవితకాలాలు గల β -క్రియాశీలతను ఫెర్మి అతని సహచర పరిశోధకులు గమనించారు. పై పరిశీలనలన్నింటి నుండి ట్రాన్స్‌రానిక్ మూలకాలు ఉత్పత్తి అయ్యాయని వాళ్ళు నిర్ధారించారు. మూలకాలను గుర్తించడానికి రసాయనిక విశ్లేషణం చేశారు. కాని ఫలితం లేకపోయింది.

అదే సంవత్సరంలో ఒట్టోహాన్ (Otto Hahn) మరియు ఫ్రిట్జ్ స్ట్రాస్‌మాన్ (Fritz Strausmann) వరుస ప్రయోగాలు చేసి మధ్యస్థ ద్రవ్యరాశి సంఖ్య కలిగిన ట్రాన్సురానిక్ మూలకమైన బేరియం, చర్య యొక్క ఒక ఉత్పన్నకంగా ఏర్పడేలా చేశారు. దానితోపాటు 200 MeV శక్తి కూడా విడుదలైంది. అంటే యురేనియంను మంద ధృతి న్యూట్రాన్‌తో తాడనం చెందించినప్పుడు వచ్చే ఉత్పన్నం బేరియం- ఇది పూర్తిగా ఊహించనిది మరియు ఆ కాలంలో కేంద్రక భౌతికశాస్త్ర పరిజ్ఞానానికి అందనిది. డిశంబర్ 1938వ సంవత్సరంలో ఈ కనుగొన్న ఫలితాలను ప్రచురించారు.

ప్రాథమికంగా లైసమైట్‌నర్ (Lise Meintner) మరియు ఒట్టోఫ్రిస్ (Otto Frisch) పై ఫలితాలను కేంద్రక ద్రవ బిందు నమూనా ఆధారంగా వివరించి జీవకణ విభజన (biological cell division) ను ఉపయోగించి కేంద్రక విచ్ఛిత్తి అని నామకరణం చేశారు. తరవాత బోర్ (Bohr) మరియు వీలర్ (Wheeler) లు ఈ పద్ధతిలో విడుదలైన శక్తిని గణించి ఈ నమూనాకు భౌతిక ప్రాతిపదికన స్థిరపరిచారు.

ఎన్‌రికో ఫెర్మి (Enrico Fermi)

(1901 - 1954)

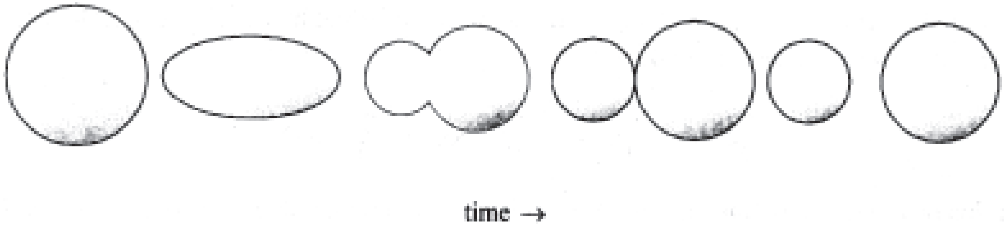
ఇటలీలో జన్మించిన భౌతికశాస్త్రవేత్త ఎన్‌రికో ఫెర్మి. మానవాళికి శాంతియుత ప్రయోజనాలకు ఉపయోగపడే కేంద్రక శక్తికి మూలకారకుడు. ఏ మూలకమైనా న్యూట్రాన్‌ల ధారకు గురైనప్పుడు కేంద్రక రూపాంతరాలు జరుగుతాయని చూపించాడు.

స్వయం పరిపోషణ కేంద్రక విచ్ఛిత్తి శృంఖలాచర్యను 1942లో సాధించాడు. అర్ధపూర్ణాంక స్పిన్ విలువలు కణాలకు అనువర్తించే (ఫెర్మియాన్ లంటారు) ఫెర్మి-డిరాక్ గణాంకం (Fermi-Dirac statistics) ను సూత్రీకరించినప్పుడు అతని వయస్సు 25 సంవత్సరాలు మాత్రమే. అతడు మరణించేనాటికి కాస్మిక్ కిరణాలపై సైద్ధాంతిక పరిశోధనలు చేస్తున్నాడు.

27.2.1 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి

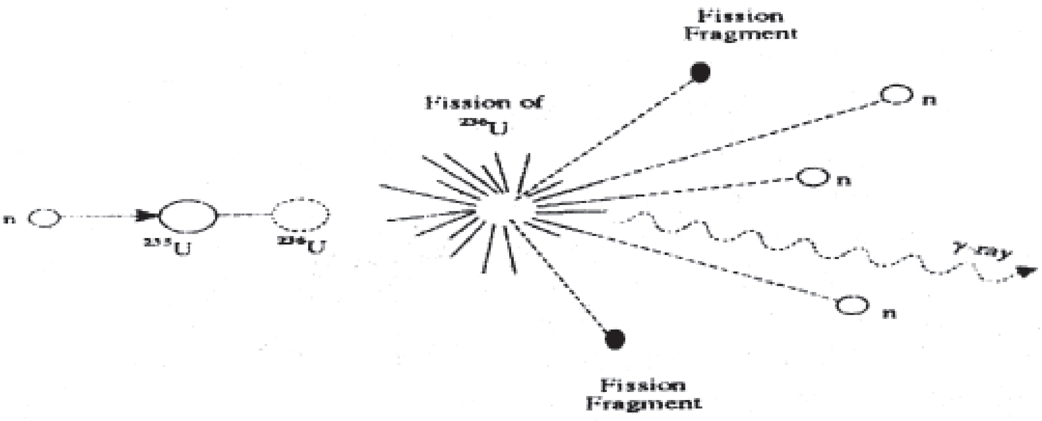
కేంద్రక బలాలు మరియు ద్రవ్యంలోని అణువులను పట్టి ఉంచే బలాల మధ్యగల సారూప్యతను ఉపయోగించి బోర్ మరియు వీలర్‌లు కేంద్రకవిచ్ఛిత్తి సిద్ధాంతాన్ని 1939 వ సంవత్సరంలో అభివృద్ధి చేశారు. ${}^{235}_{92}U$, ${}^{237}_{92}U$ కన్నా హెచ్చు విచ్ఛేద్యకారి అని ఊహించారు. పటం 27.2 ఈ ఉష్ణీయ న్యూట్రాన్‌తో ${}^{235}_{92}U$ యొక్క కేంద్రక విచ్ఛిత్తి ఈ సమీకరణం ద్వారా జరుగుతుంది.

$$ {}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3{}^{1}_{0}n + Q \qquad \ldots \qquad (27.11) $$



పటం 27.2 : కేంద్రక ద్రవ బిందు నమూనా ప్రకారం కేంద్రక విచ్ఛిత్తి

బహిర్గత న్యూట్రాన్‌లు కొన్ని MeV శక్తిని కలిగి ఉంటాయి. Q = 200 MeV. 10^{-17} సెకన్ల లోపలే న్యూట్రాన్ గ్రహణం మరియు విచ్ఛిత్తి న్యూట్రాన్‌లు ఘటన యొక్క 10^{-14} సెకన్ల లోపలే బహిర్గతమవుతాయి? అంతేకాక విచ్ఛిత్తి శకలాలు అసమాన భారాలు, ఒకటి రెండవ దానికంటె 1.5 నుండి 2 రెట్లు ఎక్కువ భారాన్ని కలిగి ఉంటుంది. $^{235}_{92}U$ కేంద్రకం 40 రకాలుగా విచ్ఛిత్తినొందుతుంది. సమీకరణం (27.11) వాటిలో ఒక దానిని తెలియచేస్తుంది. అంటే $^{235}_{92}U$ విచ్ఛిత్తిలో మధ్యస్థ ద్రవ్యరాశిగల 80 రకాల కేంద్రకాలు విడుదలవుతాయని తెలుస్తుంది. ఎక్కువ భారం కలిగిన శకలాలు 140 గరిష్ఠం వరకు 125–150 పరిధిలో వాటి ద్రవ్యరాశిని కలిగి ఉంటాయి. అలాగే తక్కువ భారం కలిగిన శకలాలు గరిష్ఠం 95 వరకు 80–110 పరిధిలో వాటి ద్రవ్యరాశిని కలిగి ఉంటాయి. $^{235}_{92}U$ విచ్ఛిత్తిలో సాధారణంగా రెండు లేదా మూడు న్యూట్రాన్లు విడుదలవుతాయి. ప్రతీ విచ్ఛిత్తిలో సరాసరి 2.54 న్యూట్రాన్లు విడుదలవుతాయి.



పటం 27.3: కేంద్రక విచ్ఛిత్తి

బోర్ మరియు వీలర్‌లు కేంద్రకాన్ని సమతాస్థితి(తక్కువశక్తి)లో ఉన్న ఆవేశపూరిత గోళాకార సౌష్టవ ద్రవబిందువుగా భావించారు. వారి ప్రకారం కేంద్రకం ఉష్ణీయ న్యూట్రాన్‌ను శోషణం చేసుకున్నప్పుడు న్యూట్రాన్ బంధనశక్తి (binding energy) విడుదల అవుతుంది. అది ^{235}Uకు న్యూట్రాన్ బంధనశక్తి, పరమాణు ద్రవ్యరాశి ప్రమాణంకు 6.8 MeV ఉంటుంది. ఈ శక్తి కేంద్రకాన్ని ఉత్తేజితం చేసి దాని ఆకారాన్ని విరూపణ చేస్తుంది. తలతన్యతాబలం దాని యథారూపాన్ని తీసుకురావడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. కూలూంబ్ బలం కేంద్రకం ఆకారాన్ని ఇంకా విరూపణ చేయడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. దాని ఫలితంగా పటం 27.2లో చూపినట్లు ఉత్తేజిత బలం మీద ఆధారపడి గోళాకార మరియు డంబెల్ ఆకారాల మధ్య ఊగిసలాడుతుంది. కేంద్రకం గ్రహించినశక్తి ఎక్కువైతే కంపనాల కంపనపరిమితి న్యూక్లియస్ డంబెల్ ఆకృతిని పొందేలా

చేస్తు రెండు ఆవేశ కేంద్రకాల మధ్య దూరం ఒక సందిగ్ధ విలువను దాటితే స్థిర విద్యుత్ వికర్షణ, కేంద్రక తలతన్యతా బలంను ఎదిరించి కేంద్రకాన్ని రెండు భాగాలుగా చేస్తుంది. ఫలితం కేంద్రక విచ్ఛిత్తి.

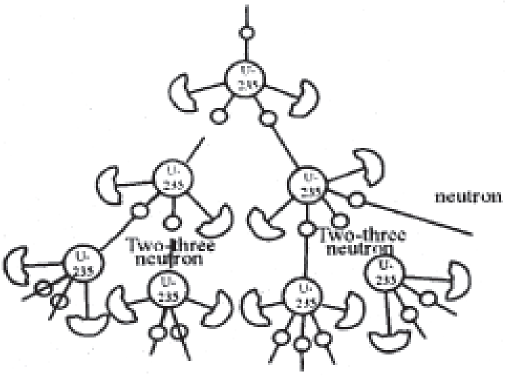
$^{235}_{92}U$ లాంటి పదార్థాలు ఉష్ణీయ న్యూట్రాన్‌లతో విచ్ఛిత్తికి లోనైనప్పుడు వాటిని విచ్ఛేద్య పదార్థం అంటారు. ఇతర విచ్ఛేద్య పదార్థాలు $^{233}_{92}Th, ^{233}_{92}U, ^{239}_{93}Pu$. ఈ కేంద్రకాలన్నీ బేసి ద్రవ్యరాశి సంఖ్యను కలిగి, సరి పరమాణు సంఖ్యను కలిగి ఉన్నాయని మీరు గమనిస్తారు. ద్రవ్యరాశి లోపంను గణించడం ద్వారా $^{235}_{92}U$ ల విచ్ఛిత్తిలో విడుదలైన శక్తిని అంచనావేద్దాం.

పట్టిక 27.1 కేంద్రక చర్యలో విడుదలైన శక్తి

క్రియాజనకాలు	ద్రవ్యరాశి	క్రియాజన్యాలు	ద్రవ్యరాశి
^{235}U	235.0439u	$^{141}_{56}Ba$	140.9139u
^{1}n	1.008665u	$^{92}_{36}Kr$	91.8973u
		3 × Vn	3.052995u
మొత్తం ద్రవ్యరాశి	236.052565u	మొత్తం ద్రవ్యరాశి	235.837195u
ద్రవ్యరాశి లోపం	0.21537u		
విడుదలైన శక్తి	$0.21537 \times 931 \simeq 200$MeV		

27.2.2 కేంద్రక శృంఖల చర్య

$^{235}_{92}U$, ఒక న్యూట్రాన్‌ను శోషణం చేసుకుంటే అది రెండు శకలాలుగా విడిపోతాయి. 2–3 న్యూట్రాన్లు విడుదలవుతాయని నేర్చుకున్నారు. ఈ న్యూట్రాన్లు మరిన్ని కేంద్రకాల విచ్ఛిత్తికి కారణమవుతాయి. ఒక న్యూట్రాన్‌ను తొలగించి దాని స్థానంలో రెండుకన్నా ఎక్కువ న్యూట్రాన్లను ప్రతిక్షేపించే ప్రతీ విచ్ఛిత్తిచర్య ద్వారా సంభవించే శృంఖలాచర్య అవిచ్ఛిన్నంగా జరుగుతుంది. ఉత్పత్తి అయ్యే న్యూట్రాన్ల రేటు, నశించిపోయే న్యూట్రాన్ల రేటుకు సమానమైతే ఆ చర్యను స్వయం పరిపోషిత చర్య అంటారు. నియంత్రిత శృంఖాల చర్య మరియు స్వయం పరిపోషితచర్య జరిగేలా చేసే సాధనాన్ని కేంద్రక రియాక్టర్ అంటారు.



పటం 27.4: కేంద్రక శృంఖల చర్య

న్యూక్లియర్ రియాక్టర్లను ప్రయోజనాలకనుగుణంగా వాటిని విభజించారు. కేంద్ర పవర్ రియాక్టర్‌ను విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పత్తిచేయడానికి, పరిశోధనాత్మక రియాక్టరను వైద్య ప్రయోజనాల కోసం రేడియో ఐసోటోప్స్‌ను ఉత్పత్తి చేయడానికి,

సాంకేతికతను అభివృద్ధిపరచే పరిశోధనలు చేయడానికి ఉపయోగిస్తారు. ఇంకా విచ్ఛిత్తికి కారణమయ్యే న్యూట్రానుల శక్తిని బట్టి న్యూక్లియర్ రియాక్టర్‌ను వేగవంతమైన మరియు ఉష్ణరియాక్టర్లుగా విభజించవచ్చు. భారతదేశంలో తారాపూర్, నరోరా, కోటా, కైగా మొదలగు ప్రదేశాల్లో థర్మల్ పవర్ రియాక్టర్లు ఉన్నాయి. కల్పకం వద్ద అధిక ద్రుతి ప్రజనక పరిశోధనాత్మక రియాక్టర్ (fast breeder reactor) ను అభివృద్ధిచేస్తున్నారు.

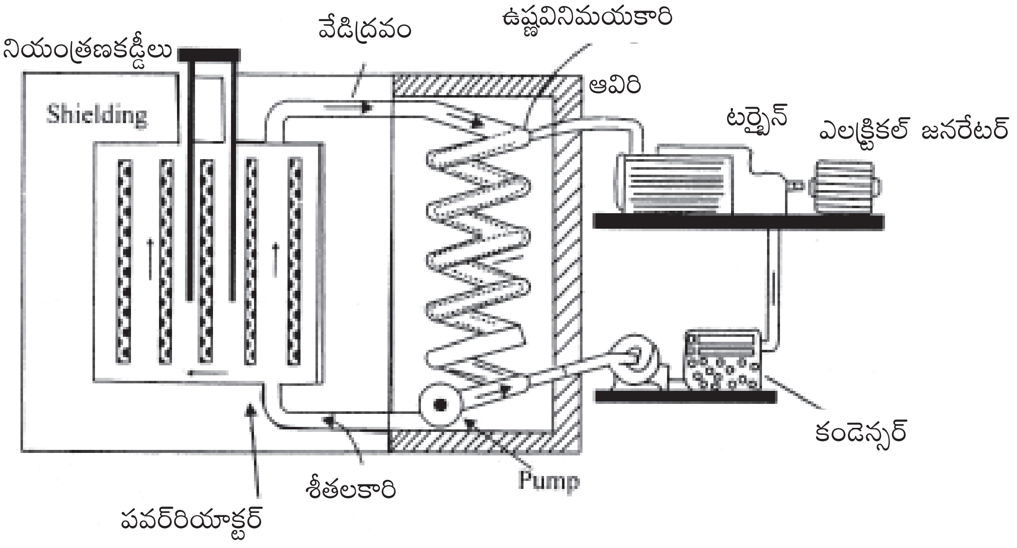
ఇప్పుడు మనం న్యూక్లియర్ రియాక్టర్ గురించి క్లుప్తంగా నేర్చుకుందాం.

27.3 న్యూక్లియర్ రియాక్టర్

మొట్టమొదటి న్యూక్లియర్ రియాక్టర్‌ను, అతని సహచరులు చికాగో విశ్వవిద్యాలయంలో నిర్మించారు. ప్రపంచ వ్యాప్తంగా ఎక్కువ సంఖ్యలో రియాక్టర్లను మొదట వారి విద్యుత్ అవసరాలకోసం నిర్మించారు. కొన్ని దేశాలు వాటి మొత్తం శక్తిలో 70% శక్తిని న్యూక్లియర్ రియాక్టర్ నుండి ఉత్పత్తి చేస్తున్నారు. భారతదేశంలో న్యూక్లియర్ శక్తి 2% మాత్రమే ఉత్పత్తి చేస్తున్నారు. దీన్ని ఎక్కువ చేయడానికి ప్రయత్నాలు జరుగుతున్నాయి.

న్యూక్లియర్ రియాక్టర్ అతిపెద్ద నిర్మాణాన్ని కలిగి ఉంటుంది. దాని రూపకల్పనలో అత్యంత శ్రద్ధ తీసుకోవాల్సి ఉంటుంది. న్యూక్లియర్ పవర్ ప్లాంట్‌లోని ప్రాథమిక సూత్రం చాలా సరళమైంది. ఇది అన్ని పవర్ ప్లాంట్‌లతో సారుప్యతను కలిగి ఉంటుంది. విచ్ఛిత్తిలో విడుదలైన ఉష్ణంతో హెచ్చు పీడనం, హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ఆవిరిని ఉత్పత్తిచేయడానికి ఇంధనం చుట్టూ చల్లని నీరులాంటి ద్రవాలను ప్రవహింపచేస్తారు. థర్మల్ విద్యుత్ కేంద్రంలో ఆవిరిని ఉత్పత్తిచేయడానికి బొగ్గును మండిస్తారు. ఒక కార్బన్ అణువును మండించడం ద్వారా విడుదలైన శక్తికి ఒక విచ్ఛిత్తివల్ల విడుదలైన శక్తి సుమారు 7×10^5 రెట్లు ఉంటుంది. కనుక కేంద్రక శక్తిని వాడటం ద్వారా కార్బన్‌ను మండించడంవల్ల విడుదలైన గ్రీన్ హౌస్ వాయువులను నిరోధించవచ్చు. కేంద్రకశక్తి వినియోగాన్ని ప్రపంచ సామాజిక ఆర్థిక పరిస్థితులు ప్రభావితం చేస్తాయి.

టర్బైన్–జనరేటర్ వ్యవస్థను ఆవిరితో పనిచేయించడంవల్ల విద్యుత్ ఉత్పత్తి అవుతుంది.



పటం 27.5 : కేంద్రక రియాక్టర్ పథకాత్మక పటం

ఒక కేంద్రక రియాక్టర్ యొక్క సాధారణ లక్షణాలను పటం 27.5లో ఉదహరించారు. అన్ని కేంద్రక రియాక్టర్లలో ఈవిభాగలుంటాయి.

- రియాక్టర్ కోర్ ఇక్కడ విచ్ఛిత్తి జరిగి శక్తి విడుదలవుతుంది. ఇది ఇంధన కడ్డీలను (థర్మల్ రియాక్టర్లలో మితికారితో పొదగబడి ఉంటాయి) మరియు శృంఖల చర్యను నియంత్రించడానికి నియంత్రణ కడ్డీలను కలిగి ఉంటుంది. శీతలకారిని ప్రవహింపచేసి విచ్ఛిత్తిలో ఉత్పత్తి అయిన ఉష్ణాన్ని తీసివేస్తారు. భారజలం లేదా సాధారణ నీరు శీతలకారిగా ఉపయోగిస్తారు. కాడ్మియమ్ లేదా బోరాన్‌లను నియంత్రణ కడ్డీలుగా ఉపయోగిస్తారు.
- కోర్‌కు ప్రక్కనే పరావర్తకాన్ని ఉపయోగించి కోర్ నుండి న్యూట్రాన్ లీకేజిని ఆపుతారు.
- ఈ మొత్తం అమరికను ఒక పాత్ర (vessel) లో (దీనిని పీడన పాత్ర (pressure vessel) అంటారు) అమర్చుతారు.
- రియాక్టర్ కోర్ నుండి వచ్చే వికిరణాల నుండి శాస్త్రవేత్తలకు, రియాక్టర్ చుట్టూ పనిచేసే ఇతర వ్యక్తులకు రక్షణ కల్పించడానికి మందమైన రక్షణ కవచాన్ని వాడతారు.
- ఈ మొత్తం నిర్మాణాన్ని రియాక్టర్ కట్టడంలో ఉంచుతారు. ఈ కట్టడాన్ని గాలి చొరబడని విధంగా వాతావరణ పీడనం కంటే తక్కువ పీడనం వద్ద ఉంచుతారు. దీనివల్ల రియాక్టర్ నుండి ఎటువంటి గాలి బయటికిరాదు.

విచ్ఛిత్తి ద్వారా రియాక్టర్ కోర్‌లో ఉత్పత్తి అయిన వేడిని శీతలకారిని ప్రవహింపచేయడం ద్వారా తొలగిస్తారు. వేడెక్కిన శీతలకారి, ఉష్ణాన్ని వేరొక ద్రవానికి (సాధారణంగా ఉష్ణవినిమయకారిగా నీరు) ఇచ్చేవిధంగా ఏర్పాటు చేస్తారు. ఇది ఆవిరిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది.

టర్బైన్ – జనరేటర్ వ్యవస్థను తిప్పడానికి ఈ ఆవిరి ఉపయోగపడి పవర్ ప్లాంట్‌లో విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. పరిశోధన రియాక్టర్‌లో నది/ చెరువు / సముద్రంలోకి విసర్జించబడుతుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 27.2

1. ఒక న్యూట్రాన్‌ను శోషణం చేసుకున్న తరువాత ${}^{238}_{92}U$ కేంద్రకం, β –క్రియాశీలం ఎందుకవుతుంది?

....

2. ${}^{238}_{92}U$, ${}^{141}Ba$, ${}^{239}Pa$, ${}^{12}_{6}C$ కేంద్రకాల్లో ఏది విచ్ఛేద్యకారి?

....

3. ${}^{235}_{92}U$ కేంద్రక విచ్ఛిత్తి జరిగిన తరువాత ఎంతశక్తి విడుదలవుతుంది?

....

27.3 కేంద్రక సంలీనం

యురేనియం కేంద్రకాన్ని తేలికైన కేంద్రకాలుగా విడగొట్టబడినప్పుడు శక్తి విడుదలవుతుందని మీకు తెలుసు. తేలికైన కేంద్రకాలను కలిపి శక్తిని ఉత్పత్తిచేయవచ్చా అని మీరు అడగవచ్చు? ఈ ప్రశ్నకు సమాధానం కోసం బంధన శక్తి, న్యూక్లియాన్ వక్రాన్ని (BE/A) పటం 26.2 లో చూద్దాం. హైడ్రోజన్ నుండి హీలియంకు ఒక్కొక్క న్యూక్లియాన్‌కు బంధన శక్తి పెరుగుతుంది. హీలియం, హైడ్రోజన్ కన్నా స్థిరంగా ఉంటుంది.

ఈ కింది సమీకరణాలను తీసుకోండి.

$${}_1D^2 + {}_1D^2 \longrightarrow {}_2He^4 + Q$$

క్రియాజనకాల, క్రియాజన్యాల బంధన శక్తిని చాలా సులువుగా గణించవచ్చు.

క్రియాజనకాల మొత్తం $BE_1 = 2 \times 2.22 = 4.44$ MeV

క్రియాజన్యాల మొత్తం $BE_2 = 28.295$ MeV

$$Q = BE_2 - BE_1 \simeq 24 \text{ MeV}.$$

ఈ చర్యలో ఒక్కొక్క న్యూక్లియాన్‌కు విడుదలైన శక్తి $\frac{24}{6} = 6$ MeV. న్యూక్లియాన్‌కు సంలీన శక్తి, న్యూక్లియాన్ ఒక్కింటి విచ్ఛిత్తి శక్తి కంటే $\left(\frac{200}{238} = 0.83 \text{ MeV}\right)$ 7 రెట్లు ఎక్కువ.

రెండు తేలికైన కేంద్రకాలు కలిసి ఒకే భారమైన కేంద్రకంగా ఏర్పడే ప్రక్రియను కేంద్రక సంలీనం అంటారు.

సంలీయ ప్రక్రియ ద్వారా శక్తి ఉత్పత్తి ఆర్థికంగా లాభదాయకం. రెండు డ్యూటిరాన్‌లు ధనాత్మకం గనుక సంలీన ప్రక్రియను ఏర్పరచడం కేంద్రక విచ్ఛిత్తి కన్నా కష్టం. రెండింటిని దగ్గరకు తెచ్చి ఒక కేంద్రకంగా సంలీనం చేయాలని ప్రయత్నించినపుడు అవి రెండు ఒకదానికొకటి బలంగా వికర్షించుకొంటాయి. సాధారణ పరిస్థితులలో ఈ చర్య జరగడం అసాధ్యం. అవి రెండు అభిఘాతాలు చెంది హీలియం కేంద్రకంగా సంలీనం చెందటానికి ముందు వాటి మధ్య వికర్షణ బలాన్ని అధిగమించేటంత గతిజశక్తిని పొందటానికి డ్యూటిరాన్‌లను 10 మిలియన్ కెల్విన్‌ల వరకు వేడిచేయాలి. క్రియాజన్యాలను అంత హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద అవిచ్ఛిన్నంగా ఉంచాలంటే ఉండే సమస్యలు ఇప్పటికి పూర్తిగా పరిష్కారం కాలేదు. ఈ శక్తిని పొందటానికి కావలసిన నియంత్రిత ఉష్ణకేంద్రక చర్యలను అందుబాటులోకి తెచ్చే సమయం ఎంతో దూరంలో లేదు.

పట్టిక 27.2 కొన్ని తేలికైన కేంద్రకాల బంధనశక్తి/న్యూక్లియాన్ (BE/A)

న్యూక్లియాన్	BE/A (MeV లలో)
^2D	1.11
^3T	2.827
^3He	2.573
^4He	7.074
^6Li	5.332
^7Li	6.541

తరిగిపోనంత డ్యూటిరియమ్ (భార హైడ్రోజన్) సముద్రంలో ఉంది. ఒకసారి దీనిని వెలికితీయడం మొదలు పెడితే మన విద్యుత్‌శక్తి సమస్య మొత్తం తీరిపోతుంది. కాలుష్యం లేని చవకైన విద్యుచ్ఛక్తిని నిరంతరాయంగా పొందవచ్చు. ఎందుకంటే 1 గ్రాము డ్యూటిరీయం (భార హైడ్రోజన్) 100,000 kwh శక్తిని ఇస్తుంది కనుక.

27.3.1 సూర్యుడు, నక్షత్రాలలో శక్తి

మన సూర్యుడి లాగానే నక్షత్రాలు చాలా భారయుతమైన వస్తువులు. అవి అవిచ్ఛిన్నంగా శక్తిని ఉద్గారిస్తూనే ఉన్నాయి. అంత పెద్ద మొత్తం శక్తిని బొగ్గు మొదలగు సాంప్రదాయ ఇంధన వనరులను మండించడం ద్వారా పొందలేము. సూర్యునిలో భారమూలకాలు పెద్ద పరిమాణంలో లేవు కనుక కేంద్రక విచ్ఛిత్తి కూడా ఈ శక్తికి జనక స్థానం కాదు. సూర్యుడు ముఖ్యంగా హైడ్రోజన్, హీలియం వాయువులను కలిగి ఉంటాడు. సూర్యునిలోని శక్తికి కారణమేమిటో మీరు తెలుసుకోవాలనుకుంటున్నారా? ఈ ప్రశ్న మానవ మేధస్సును చాలాకాలంగా తొలిచివేస్తుంది. చిన్న తనంలో ట్వింకిల్, ట్వింకిల్ లిటిలిస్టార్, హౌ ఐ వండర్ వాట్ యూ ఆర్ అనే రైమ్ నేర్చుకొనేటప్పుడు మీరు సూర్యున్ని కన్నార్పకుండా చూసే ఉంటారు.

సూర్యునిలో ఉండే ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి గురుత్వాకర్షణ శక్తిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. దానిలోని వాయువులను ఎక్కువ పీడనంతో సంపీడనంచెందడం వల్ల కేంద్రం వద్ద ఉష్ణోగ్రత మిలియన్ కెల్విన్‌కు పెరుగుతుంది. సూర్యకేంద్రం వద్ద ఉష్ణోగ్రత 20 మిలియన్ల కెల్విన్ గా అంచనావేశారు. ఈ హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత, పీడనాల వద్ద గాలి అణువులు ఎక్కువ వేగంతో చలిస్తూ అభిఘాతాలు చెంది ఉష్ణ కేంద్రక చర్యలు మొదలవుతాయి. ఫలితంగా ఎక్కువ మొత్తంలో శక్తి వెలువడుతుంది. సూర్యుడు, నక్షత్రాలలో ఉత్పత్తి అయ్యే శక్తికి కారణం హైడ్రోజన్, హీలియంగా మారినపుడు జరిగే కేంద్రక సంలీన ప్రక్రియ.

$$4{}_1^1\mathrm{H} \rightarrow {}_2^4\mathrm{He} + 2{}_{+1}e^0 + Q$$

హీలియం కేంద్రకంతోపాటు నాలుగు హైడ్రోజన్ కేంద్రకాలు సంలీనం చెంది, రెండు పాజిట్రాన్‌లు, (ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశితో సమాన ద్రవ్యరాశి కలిగి, ధనావేశాన్ని కలిగి ఉన్న సూక్ష్మ కణాలు) 26.8 MeV శక్తి విడుదలవుతుంది. **నక్షత్రాలలోని శక్తికి కారణం ఉష్ణకేంద్రక చర్యలలో విడుదలయ్యే అత్యధికశక్తి.** సూర్యునిలో ఉండే హైడ్రోజన్ 8 బిలియన్ సంవత్సరాల కన్నా ఎక్కువ కాలం సూర్యుడిని ప్రకాశవంతంగా ఉంచడానికి సరిపోతుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 27.3

1. ఒక ${}_{92}^{235}\mathrm{U}$ కేంద్రకం సంలీనం చెంది 200 MeV శక్తిని విడుదలచేస్తుంది. 4 ప్రోటానులు సంలీనం చెంది 26.8 MeV విడుదల చేస్తాయి. ఏ ప్రక్రియ ఏకాంక ద్రవ్యరాశికి ఎక్కువ శక్తిని విడుదల చేస్తుంది.

   ....

2. ఈ కింది చర్యలను తీసుకోండి.

   a) ${}_1^1\mathrm{H} + {}_3^7\mathrm{H} \rightarrow {}_2^4\mathrm{He} + Q$ ....

b) ${}_1^2H + {}_1^2H \rightarrow {}_1^3H + {}_1^1H + 4\,MeV$

మొదటి చర్యలో Q ను రెండవ చర్యలో ట్రిటినియం ద్రవ్యరాశిని గణించండి.

$m\left({}_1^2H\right) = 2.014103\,u,\; m\left({}_2^4He\right) = 4.002604\,u$

$m\left({}_1^1H\right) = 1.007825\,u,\; m\left({}_3^7H\right) = 7.015982\,u$ గా ఇచ్చారు.

....

27.4 కేంద్రక శక్తి (Nuclear Energy)

మన నిత్య జీవితంలో ప్రతీ పనికి శక్తి అవసరం. ప్రతీ మనిషి ఉపయోగించే శక్తి పరిమాణం ఆ దేశ పురోభివృద్ధికి కొలమానం. భూమి ఉత్పత్తి చేయగలిగే ఆహారం, నీరు, శక్తి కన్నా 40% ఎక్కువ మనం ఖర్చుపెడుతున్నాం. నిజానికి మానవ సమాజం నిరంతరం శక్తి భద్రతకై ప్రయత్నిస్తూ కొత్త శక్తిజనకాల కొరకు అన్వేషణ సాగిస్తూనే ఉంది. సాంప్రదాయ ఇంధన వనరులను మితిమీరి ఉపయోగించడం వలన వాటి నిల్వలు తగ్గిపోయి కొన్ని వందల సంవత్సరాలలో అడుగంటిపోయే ప్రమాదం ఉంది. భవిష్యత్ శక్తి అవసరాలకు కేంద్రక శక్తిని ఉపయోగించుకోవడం ఒక మంచి ప్రత్యామ్నాయం.

27.4.1 శాంతియుత అనువర్తనాలు

కేంద్రక శక్తి యొక్క శాంతియుత అనువర్తనాలలో ముఖ్యమైనది విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పాదన. న్యూక్లియర్ పవర్ ప్లాంట్‌లో ముఖ్యమైన లాభమేమిటంటే థర్మల్ పవర్ ప్లాంట్‌లాగా వాయువు, బొగ్గు లాంటి ఇంధనాలను నిరంతరం సరఫరా చేయవలసిన పనిలేదు. శిలాజ ఇంధన పవర్ ప్లాంట్‌ల నుండి వచ్చే దుమ్ము, పొగల వంటి వాటితో పర్యావరణాన్ని కలుషితం చేయదు. 6 నెలలకొకసారి రియాక్టర్‌లో ఇంధనాన్ని నింపితే సరిపోతుంది. ఈ కారణంగానే కేంద్రక పవర్ ప్లాంట్‌లను పెద్ద ఓడలను, జలాంతర్గాములను నడపడానికి ఉపయోగిస్తున్నారు.

రేడియో ఐసోటోప్‌లు ఎక్కువ సంఖ్యలో రియాక్టర్‌లో ఉపయోగించిన ఇంధనంలో ఉంటాయి కనుక ఎక్కువ రేడియోధార్మికతను కలిగి ఉంటుంది. ఉపయోగించిన ఇంధనం నుండి రేడియో ఐసోటోప్‌లను వెలికితీసి వాటిని వ్యవసాయ, వైద్య, పారిశ్రామిక, పరిశోధన రంగాలలో వాడగలిగే సాంకేతిక పరిజ్ఞానాన్ని భారతదేశం స్వయంగా అభివృద్ధిచేసుకుంది.

రేడియో ధార్మిక వ్యర్థ పదార్థాల నుండి వచ్చే రేడియోధార్మిక వికిరణాలు వ్యాప్తిచెందకుండా వాటిని మందపాటి స్టీలు డబ్బాలలో పెట్టి ఉప్పుగనుల్లో లోతుగా పూడ్చిపెడతారు. 1945, ఆగస్టు 6న హిరోషిమా (జపాన్) పై వేసిన బాంబు కొద్ది సమయంలోనే ఎన్నో వేల మంది మరణానికి కారణమైనప్పుడు దాని విధ్వంసక సామర్థ్యం లోకానికి తెలిసింది. తరువాతి కాలంలో ఇంతకంటే శక్తివంతమైన హైడ్రోజన్, న్యైట్రోజన్ బాంబులను తయారుచేశారు. ఇవి అందమైన ఈ భూగోళాన్ని అనేక సార్లు నాశనం చేయగలవు.

భారతదేశంలో కేంద్రక శక్తి

కేంద్రక శక్తిని పౌర అవసరాలకు ఉపయోగించవచ్చునని స్వాతంత్ర్యానంతరం H.J. బాబా గుర్తించాడు. దేశం యొక్క కేంద్రక శక్తి అవసరాలను తీర్చడానికి మూడు స్థాయిల అభివృద్ధి ప్రణాళికను రూపొందించాడు. అవి

- సహజ యురేనియంను ఇంధనంగా వాడి విద్యుచ్ఛక్తిని ఫ్లూటోనియంను ఉప ఉత్పత్తిగా పొందటానికి పీడనంతో కూడిన భారజల రియాక్టర్ (Pressurised Heavy Water Reactor (PHWR)) ను స్థాపించడం.
- థోరియం నుండి U 233 ను ప్రజనకం (breed) చేయడానికి ఫ్లూటోనియంను మండించే అధిక ద్రుతి ప్రజనక రియాక్టర్ (Fast breeder reactor) ను నెలకొల్పటం.
- రెండవ స్థాయిని అభివృద్ధిపరచడం, విచ్ఛేద్య పదార్థం (fissile material) ను అధికంగా ఉత్పత్తిచేయటం.
- భారతదేశంలో వాణిజ్య అవసరాల కొరకు కేంద్రకశక్తిని 14 చిన్న, ఒక మధ్యస్థాయి కేంద్రక రియాక్టర్ల ద్వారా ఉత్పత్తి చేస్తున్నారు. ఇవికాక 8 నిర్మాణ దశలో మరిన్ని ప్రాథమిక దశలో ఉన్నాయి. ప్రస్తుతం అందుబాటులో ఉన్న శక్తిలో 3% సుమారు 2×10^{10} kW ల విద్యుచ్ఛక్తిని కేంద్రక శక్తి సమకూరుస్తుంది. 2020 సంవత్సరానికి 20 GW ల కేంద్రక విద్యుత్తును పొందటానికి, 2050 సంవత్సరానికి మొత్తం శక్తిలో 25% కేంద్రక శక్తి ఉండాలని ప్రభుత్వ యోచన.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 27.4

1. శక్తి ఉత్పాదనకు ఏ రకపు రియాక్టర్‌ను ఉపయోగిస్తారు.

....

2. 20,000 టన్నుల TNT కు సమానమైన శక్తిని విడుదల చేసిన ఆటంబాంబులో $^{235}_{92}U$ ఎంత విచ్ఛిత్తి నొందింది. (1g TNT, 1000 కెలరీల ఉష్ణాన్ని ఇస్తుంది)

....

27.4.2 న్యూక్లియర్ వికిరణం వల్ల ప్రమాదాలు మరియు భద్రతాచర్యలు

ప్రకృతి జీవమున్న, జీవం లేని పదార్థాలతో కూడి ఉన్నది. మానవుడు మరియు జీవజాలాల మధ్య ఎన్నో లక్షల సంవత్సరాలుగా సమతుల్యము ఉన్నది. ఈ సమతుల్యము ఇప్పుడు ప్రమాదంలో పడ్డది. పెరుగుతున్న కాలుష్యము దీనికి కారణం. కాలుష్యము కలుగ జేసే అన్నింటిలో ప్రమాదకరమైనది, జీవజాలలపై దీర్ఘకాలిక ఫలితం చూపేది న్యూక్లియర్ వికిరణాలు. ఇంతకు ముందు ఇవి కేవలం ప్రకృతి సిద్ధంగా లభించే రేడియోధార్మిక పదార్థాల వల్ల, కాస్మిక్ కిరణాల వల్ల కలిగేది. కాని ఇప్పుడు మానవుడు తయారు చేసిన జనకాల వల్ల కూడా కలుగుతుంది. ఇవి ప్రధానంగా మానవుడు చేసిన న్యూక్లియర్ పరీక్షలు, న్యూక్లియర్ ప్రయోగశాలలు, రియాక్టర్‌లు, వ్యాధినివారణకు వాడే రేడియో ఐసోటోప్‌లు వల్ల కలుగుతుంది న్యూక్లియర్ వికరణాలు, జీవకణాల క్లిష్టమైన అణువులను అయనీకరణం ద్వారా విడగొట్టి,

కణాలను చంపివేస్తాయి. ఇవి క్యాన్సర్ కణాలను పెంచుతూ చర్మానికి తీవ్రమైన కాలిన గాయాలను కలుగచేసి, రోగ నిరోధక శక్తిని తగ్గిస్తుంది. ఇవి ముఖ్యంగా పుట్టబోయే పిల్లలలో పరిమాణ క్రమానికి విఘాతం కలుగచేస్తుంది. ఇవి ఐదు తరాల వరకు ప్రభావం చూపిస్తాయి. న్యూక్లియర్ వికిరణాలు మనపై నేరుగా ప్రభావాన్ని చూపడమే కాక, మన చుట్టూ ఉన్న జీవజాలాలను, సముద్ర జీవాలను, చెట్లు చేమలను ప్రభావితం చేస్తాయి. ఇవి పంటలను, చేపలను, జంతువులను చంపివేస్తాయి. న్యూక్లియర్ వికిరణాల వల్ల ఎంతహాని జరిగిందనే విషయం, వికిరణం పడ్డ శరీరభాగం, వికిరణం శక్తి, తీవ్రత, వికిరణం ఏ రకానికి చెందినది అన్నవిషయంపై ఆధారపడి ఉంటుంది. వివిధ శరీరభాగాలు వికిరణానికి వేరువేరు రకాలుగా స్పందిస్తాయి. ఎక్కువ అయనీకరణ శక్తి వల్ల α-కిరణాలు ఎక్కువ హాని కలుగచేస్తాయి. వివిధ వికిరణాలు కలుగచేసే హానిని సాధారణంగా వాటి RBE (Relative biological effectiveness) ను పోల్చడం ద్వారా తెలుపుతారు. వివిధ కణాల RBE క్రింది పట్టికలో ఇచ్చారు.

కణాలు / కిరణాలు	RBE
X- కిరణాలు, γ- కిరణాలు, β-కణాలు	1
ఉష్ణ న్యూట్రాన్లు	2 నుండి 5
వేగ న్యూట్రాన్లు	10

పట్టిక 27.3 : వివిధ వికిరణాల RBE

ప్రకృతి సిద్ధంగా లభించే వికిరణాలపై ఏవిధమైన నియంత్రణ లేదు. కాని మానవుని చేత ఉత్పత్తి చేయబడే వికిరణాల ప్రభావాన్ని తగ్గించవచ్చు.

వీటిలో కొన్ని

- న్యూక్లియర్ విస్పోటాన్ని నివారించడం.
- రేడియో ఐసోటోప్‌ల ఉత్పత్తిని తగ్గించడం
- రేడియో - కేంద్రకాలుగల పారిశ్రామిక వ్యర్థ పదార్థాలను పారవేసే ముందు జాగ్రత్తలు తీసుకోవడం.
- అత్యవసరమైనప్పుడే రేడియో థెరపీ వైద్యాన్ని ఉపయోగించడం మరియు తక్కువ మోతాదులో ఉపయోగించడం.

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- సంయోజనీయ ఎలక్ట్రానులు రసాయనిక చర్యలో పాల్గొంటాయి. ఈ చర్యలలో శక్తి వినిమయం 1 eV లలో ఉంటుంది.
- కేంద్రక చర్యలో కొత్తమూలకం ఏర్పడుటకు పరమాణుకేంద్రకం అన్యోన్య చర్యనొందుతుంది.
- కేంద్రక చర్యలో శక్తి వినిమయం M@V లలో ఉంటుంది.

- కేంద్రక చర్యలో పరమాణు సంఖ్య, ద్రవ్యరాశి సంఖ్య, ఆవేశం నిత్యత్వం.
- యురేనియం లాంటి భారకేంద్రకం మంద ద్రుతి న్యూట్రాన్లతో తాడనంచేయుట వల్ల అది 200 MeV శక్తిని విడుదల చేస్తూ 2 – 3 శకలాలుగా విడిపోతుంది. ఈ ప్రక్రియనే కేంద్రక విచ్ఛిత్తి అంటారు.
- విచ్ఛిత్తికి లోనయ్యే, పదార్థాలను విచ్ఛేధ్య పదార్థాలు అంటారు. ^{233}Th, ^{233}U, ^{235}U, ^{239} Pu లు విచ్ఛేద్య పదార్థాలు.
- ఒకటి కంటే ఎక్కువ ఉద్గార న్యూట్రాన్‌ల ప్రతీ ప్రాధమిక విచ్ఛిత్తి ఇంకా విచ్ఛిత్తిని ప్రేరేపించినట్లయితే శృంఖలాచర్య జరుగుతుంది.
- నియంత్రిత శృంఖలా చర్యను ఏర్పరచే పరికరం న్యూక్లియర్ రియాక్టర్.
- న్యూక్లియర్ సంలీనంలో రెండు తేలికైన కేంద్రకాలు కలిసి ఒక కేంద్రకాన్ని ఏర్పరుస్తాయి.
- కూలుంబ్ శక్మావరోధాన్ని (Coulombian Potential Barrier) అధిగమించేంతటి గతిజశక్తిని పొందటానికి కేంద్రక సంలీనంలో చర్యాకేంద్రకాన్ని 20 మిలియన్ కెల్విన్ వరకు వేడిచేస్తారు.
- కేంద్రక సంలీనం ద్వారా నక్షత్రాలలో శక్తి ఉత్పత్తి అవుతుంది.
- సూర్యునిలో ఒక సెకనుకు 400 x 10^6 టన్నుల హైడ్రోజన్ వ్యయమవుతుంది.
- వ్యవసాయ, వైద్య, పారిశ్రామిక రంగాల్లో రేడియో ఐసోటోప్‌లు అనేక విధాలైన అనువర్తనాలను కలిగి ఉన్నాయి.

ముగింపు అభ్యాసం

1. రసాయనిక చర్యకు, కేంద్రక చర్యకు మధ్యగల భేదమేమిటి?
2. విచ్ఛిత్తి రియాక్టర్‌లో మితకారి (moderator) శోషణకారు (absorber) ల ఉపయోగం ఏమిటి?
3. ద్రవ్యరాశి సంఖ్యకు ఒక న్యూక్లియాన్‌కు గల బంధనశక్తులకు గీసిన వక్రం ఆధారంగా కేంద్రక సంలీనంను వివరించండి.
4. కేంద్రక చర్య అనగానేమి? కేంద్రక చర్యలలో పాటించిన నిత్యత్వ నియమాలను తెలపండి. కేంద్రక చర్యలకు మూడు ఉదాహరణలివ్వండి.
5. కేంద్రక విచ్ఛిత్తి అనగానేమి? ఒక ఉదాహరణనిస్తూ మీ సమాధానాన్ని వివరించండి.
6. 30 రోజులకు 100 మెగా వాట్‌ల శక్తిని ఉత్పత్తి చేయడానికి ఎంత ^{235}U ద్రవ్యరాశి వ్యయమవుతుందో లెక్కించండి.
7. భార హైడ్రోజన్ ఈ కింది సంలీన చర్యకు లోనయింది.

$$^{2}_{1}D + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{4}_{2}He + 24 \text{ MeV}$$

పై శక్తికి సమానమైన శక్తిని ఉత్పత్తి చేయడానికి ఎంత భార హైడ్రొజన్ ఉపయోగించారో లెక్కించండి. రెండు ఫలితాలను పోల్చండి.

8. కేంద్రక సంలీనం అంటే ఏమిటి? మీ సమాధానాన్ని సమర్ధించే ఒక సమీకరణాన్ని రాయండి.

9. సూర్యునిలోని శక్తి జనక స్థానం ఏమిటి? అది ఎలా ఏర్పడింది? ఒక ఉదాహరణతో వివరించండి.

10. పరమాణు రియాక్టర్ నిర్మాణాన్ని వర్ణించండి.

11. సంలీన చర్యలో విడుదలైన శక్తిని గణించండి.

$3\left({}_2^4\text{He}\right) \rightarrow {}_6^{12}\text{C}$

$\alpha -$ కణం ద్రవ్యరాశి $= 4.00263$ u

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

27.1

1. a) ${}_9^{19}\text{F} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_8^{16}\text{O} + {}_2^4\text{He}$

   b) ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{11}^{24}\text{Na} + {}_2^4\text{He}$

   c) ${}_{90}^{234}\text{Th} \rightarrow {}_{91}^{234}\text{Pa} + {}_{-1}^{0}\text{e}$

   d) ${}_{29}^{63}\text{Cu} + {}_1^2\text{D} \rightarrow {}_{30}^{64}\text{Zn} + {}_0^1\text{n}$

2. 17.9 MeV

3. ${}_7^{14}\text{N} + {}_2^3\text{He} \rightarrow {}_8^{16}\text{O} + {}_1^1\text{H} + 6.5\text{ MeV}$

27.2

1. సహజ నిష్పత్తి కన్నా n/p నిష్పత్తి పెరిగినందున దాని స్థిరత్వం తగ్గుతుంది. నిష్పత్తిని తగ్గించుకొని ఎక్కువ స్థిరత్వాన్ని పొందుటకు β కణాన్ని విడుదల చేస్తుంది.

2. 239 Pu

3. 200 MeV

27.3

1. విచ్ఛిత్తిలో విడుదలైన శక్తి 0.84MeV/u సంలీనంలో విడుదలైన శక్తి 6.7MeV/u ప్రమాణ ద్రవ్యరాశికి విడుదలైన శక్తి రెండవ సందర్భంలో ఎక్కువ.
2. (a) 17.3 MeV, (b) 2.69 MeV

27.4

1. పీడనంతో కూడిన భారజల రియాక్టర్ (Pressurised Heavy water Reactor).
2. సుమారుగా 1 కి.గ్రా.

ముగింపు అభ్యాసంలోని లెక్కలకు సమాధానాలు

6. 30.6 కి.గ్రా
7. 146.6 గ్రా
11. 7.35 MeV

SENIOR SECONDARY COURSE

భౌతికశాస్త్రం

విద్యార్థి యొక్క అసైన్‌మెంట్ - 7

గరిష్ఠ మార్కులు : 50 **సమయం : $1^1/_2$ గంటలు**

సూచనలు

- అన్ని ప్రశ్నలకు సమాధానాలను జవాబు పత్రంలో రాయము.
- క్రింద ఇవ్వబడిన సమాచారాన్ని మీ సమాధాన పత్రంలో ఇవ్వండి.
  - పేరు
  - ఎన్‌రోల్‌మెంట్ సంఖ్య
  - సబ్జక్ట్
  - అసైన్‌మెంట్ సంఖ్య
  - చిరునామా

- అభ్యాసాన్ని మీ అధ్యాపకునితో మూల్యాంకనం గావించుకొన్నచో, మీకు విషయం ఎంత వరకు బోధపడిందో తెలుస్తుంది.

మీ అసైన్‌మెంట్ పత్రాలను APOSS కు పంపకూడదు.

1. హైడ్రోజన్ అణువు మొదటి మరియు రెండవ కర్పరంల శక్తుల మధ్య నిష్పత్తి ఎంత? (1)
2. 1 eV ను జౌల్(Joule) లో వ్రాయండి (1)
3. 1 u ను kg లలో వ్రాయండి.
4. పదార్థం యొక్క తరంగ స్వభావంను మన నిత్యజీవితంలో ఎందుకు ప్రస్ఫుటంగా గమనించలేము.
5. రేడియోధార్మిక పదార్థం యొక్క ద్రవ్యరాశి తగ్గినపుడు దాని సగటు జీవితకాలం ఏవిధంగా మారుతుంది.
6. కేంద్రకవిచ్ఛిత్తి చర్యలో మితికారి (Moderator) ఉపయోగమేమిటి?
7. పతన కిరణ వేగం, తరంగదైర్ఘ్యం పెరిగినపుడు ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల వేగం ఏవిధంగా మారుతుంది.
8. ఐసోటోప్ మరియు ఐసోబార్‌ల మధ్య భేదమేమిటి?

9. 200V పొటెన్షియల్ తేడా ద్వారా త్వరణం చెందిన ఎలక్ట్రాన్‌తో కలసిన డిబ్రోగ్లి తరంగదైర్ఘ్యాన్ని కనుగొనండి.

10. రసాయనిక మరియు కేంద్రక చర్యల మధ్య తేడాలను ఉదాహరణల సహాయంతో తెల్పండి.

11. హైడ్రోజన్ అణువుకు బోర్ సిద్ధాంత ఉపపాదనలను తెలుపండి.

12. కేంద్రక సాంద్రత, ద్రవ్యరాశి సంఖ్యపై ఆధారపడదని చూపించండి.

13. రేడియో ధార్మిక పదార్థ అర్ధ జీవితకాలం, సగటు జీవితకాలల మధ్య తేడాలను తెల్పండి.

14. "ప్రాథమిక కణాల ఆవేశం (e), ద్రవ్యరాశి (m) లలో పోల్చిన విశిష్ట ఆవేశం (e/m) భౌతికరాశి ముఖ్యమైనది" ఈ వాఖ్యాన్ని బలపరచే ఉదాహరణలను తెలపండి.

15. ఈ కింది వాటికి కేంద్రక సమీకరణాలను వ్రాయండి.

(i) $^{256}_{88}\text{Ra}$ α - క్షయం

(ii) $^{15}_{32}\text{P}$ β^- - క్షయం

(iii) $^{11}_{6}\text{C}$ β^+ - క్షయం

(iv) $^{60}_{27}\text{C}$ γ - క్షయం

16. $^{11}_{7}\text{N}$ కేంద్రకానికి బంధనశక్తి / న్యూక్లియన్‌ను కనుగొనండి.   ఇచ్చిన స్థిర విలువలు

$m_r = 1.00783$ u

$m_n = 1.00867$ u

$m_n = 14.00307$ u

17. π పరమాణు సంఖ్యగల పరమాణు చేత పరిక్షేపణము చెందిన α–కణాలకు అభిఘాత పరామితి (impact parameter) మరియు పరిక్షేపణ కోణం (scettering angle) θ మధ్య సంబంధాన్ని ఈ క్రింద ఇచ్చారు.

$$b = \frac{\pi e^2 \cot\theta/2}{4\pi\varepsilon_0(mv^2/2)}$$

a) b = 0 అయిన పరిక్షేపణం కోణం ఎంత?

b) సూత్రములో ఆవేశము (e) ఉండి కేంద్రక ద్రవ్యరాశి (m) లేకపోవుటకు కారణం ఏమి?

c) ఇచ్చిన b విలువకు శక్తి పెరిగినపుడు అపవర్తక కోణం పెరుగుతుందా? తగ్గుతుందా?

d) ఇచ్చిన శక్తి గల α- కణానికి అభిఘాత పరామితి తగ్గినప్పుడు పరిక్షేపణ కోణం పెరుగుతుందా ? తగ్గుతుందా?

18. హైడ్రొజన్ పరమాణు భూస్థాయిలో ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తి సుమారు (−13eV) ఉంటుంది. అయిన ఈ క్రింది వాటిని కనుగొనండి.

a) మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయిలో ఉన్న ఎలక్ట్రాన్ గతిశక్తి ఎంత?

b) మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయిలో ఉన్న ఎలక్ట్రాన్ స్థితి శక్తి ఎంత?

c) మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయిలో ఉన్న ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తి ఎంత?

d) భూస్థాయిలో ఉన్న శక్తి మారితే పై సమాధానంలలో ఏవి మారతాయి.

19. కాంతి విద్యుత్ ఫలితాన్ని ప్రయోగాత్మకంగా అధ్యయనం చేసినపుడు వివిధ తరంగ దైర్ఘ్యాలకు నిరోధక శక్మం (stopping potential)లు ఈక్రింది విధంగా ఉన్నాయి.

$\lambda(A^0)$	3650	4358	5461	6907
Vs(V)	1.28	0.95	0.74	0.16

a) ప్లాంక్ స్థిరాంకాన్ని కనుగొనండి.

b) పదార్థంకు ఆరంభ పౌనఃపున్యము, పని ప్రమేయమును కనుగొనండి.

20. V వోల్టుల పొటెన్షియల్ తేడాలో త్వరణం చెందుతున్న ఎలక్ట్రాన్‌కు సంబంధించిన డిబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని సమీకరణాన్ని కనుగొనండి.

100 eV ఎలక్ట్రాన్‌కు సంబంధించిన డిబ్రొగ్లి తరంగదైర్ఘ్యముతో పోల్చదగ్గ విద్యుత్ అయస్కాంత వర్ణపట వికిరణాన్ని తెలుపండి.