మాడ్యూల్ - 7

24 పరమాణు నిర్మాణం

ఇంత వరకు మనం పదార్థాల యాంత్రిక, ఉష్ణ, విద్యుత్ అయస్కాంత ధర్మాలను చదువుకున్నాము. వివిధ పదార్థాలు వేరు వేరు ధర్మాలను ఎందుకు కలిగి ఉంటాయో ఆలోచించారా? సుద్ద ముక్క విరిగినంత సులువుగా అల్యూమినియం ముక్క ఎందుకు విరగదు? కాంతి పడినంతనే కొన్ని లోహాలు విద్యుత్తును ఎందుకు ప్రసారం చేస్తాయి? ఇలాంటి పదార్థ ధర్మాలను అర్థం చేసుకోవడానికి, అన్ని పదార్థాలు పరమాణువు పలకలతో నిర్మితమవుతాయన్న విషయాన్ని గుర్తుకు తెచ్చుకోవాలి. అంటే పదార్థాలు అవిచ్ఛిన్నంగా కనిపించినప్పటికీ సూక్ష్మస్థాయిలో స్థిరమైన నిర్మాణం కలిగి ఉంటాయి. దీనిని కంటి చూపుతో కనిపెట్టలేము. కనుక పై ప్రశ్నలకు సమాధానం కావాలంటే మనం పరమాణు నిర్మాణం గురించి తెలిసికోవాలి.

పరమాణు నిర్మాణం గురించిన ప్రస్తుత అవగాహన కొన్ని సంవత్సరాల కృషి ఫలితం. ఈ పాఠంలో మనం వివిధ పరమాణు నమూనాల గురించి చర్చిస్తాం. సాంప్రదాయ పరిక్షేపణ ప్రయోగంపై ఆధారపడ్డ రూథర్‌ఫోర్డు నమూనాతో మొదలు పెట్టి, ఎలక్ట్రాన్ నిర్మాణం గురించి వివరించే బోర్ నమూనా వరకు ఈ పాఠంలో చర్చించాము. బోర్ సిద్ధాంతము హైడ్రోజన్ పరమాణు వర్ణపటమును వివరించడానికి కూడా దోహద పడుతుంది.

లక్ష్యాలు

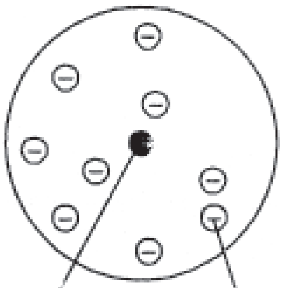
ఈ పాఠం చదివిన తరువాత మీరు :

- రూథర్‌ఫోర్డ్ పరిక్షేపణ ప్రయోగాన్ని, దానివల్ల గ్రహించిన విషయాలను వర్ణించగలగాలి.
- రూథర్‌ఫోర్డ్ పరమాణు నమూనాను, దానిలోని లోపాలను వివరించగలగాలి.
- బోర్ మొదటి కక్ష్యయొక్క వ్యాసార్థము, దానిలో తిరుగుతున్న ఎలక్ట్రాన్ వేగాన్ని కనుగొనగలగాలి.
- హైడ్రోజన్ పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్ శక్తికి సమాసాన్ని రాబట్టాలి మరియు
- హైడ్రోజన్ పరమాణు శక్తిస్థాయిల పటం గీసి, దాని వర్ణ పటాన్ని వివరించగలగాలి.

పరమాణు భావన

పరమాణు భావన మానవ నాగరికత అంత పురాతనమైనది. గ్రీసులోని డెమాక్రిటస్, మరియు భారత దేశములోని కన్నడ్‌లు, పరిసరాలలోని మార్పులను కణరూపంలో విశ్లేషించారు. కాని సరియైన పరమాణు సిద్ధాంతాన్ని జాన్‌డాల్టన్ (John Dalton) అనే ఇంగ్లీష్ రసాయన శాస్త్రవేత్త 1808లో ప్రతిపాదించాడు. ఇతను మూలకం యొక్క అన్ని ధర్మాలు కలిగి రసాయన చర్యలో పాల్గొనే అతి చిన్న కణమును పరమాణువుగా వర్ణించాడు. డాల్టన్ పరమాణువు ఏ నిర్మాణం లేని తుది కణము. పరమాణు నిర్మాణం గురించి అప్పటికి ఏమీ తెలియదు కనుక 19వ శతాబ్దంలో శాస్త్రజ్ఞులు దీనిని అంగీకరించారు. జె.జె. థామ్సన్ (J.J. Thomson) 1898లో తక్కువ పీడనంలో వాయువుల ద్వారా విద్యుత్ ఉత్సర్గాన్ని అధ్యయనం చేస్తూ ఎలక్ట్రాన్‌లను కనుగొనడం వల్ల పరమాణువుకు ఒక నిర్మాణం మరియు, రుణావేశం గల ఎలక్ట్రాన్‌లు వాటిలో ఉంటాయన్న విషయం తెలిసింది. అంతేకాక పరమాణువు తటస్థమైనది కనుక సమానమైన ధనావేశ కణాలు ఉండాలి.

ఎలక్ట్రాన్‌లు పరమాణువుల కంటే అత్యంత స్వల్ప పరిమాణాన్ని కలిగి ఉంటాయి. కాబట్టి ధనావేశిత కణాల దగ్గరే ద్రవ్యరాశి కేంద్రీకృతమై ఉంటుందని భావించారు. థామస్ తన ప్రయోగాల ఆధారంగా ప్లమ్–పుడ్డింగ్ (Plum - Pudding) పరమాణు నమూనా పటం (24.1)ను రూపొందించారు. దీని ప్రకారం పరమాణువు అనేది అతిచిన్న ఏకరీతి ధనావేశం కలిగిన బంతి. దీనిలో రుణావేశిత ఎలక్ట్రాన్‌లు, పరమాణువును తటస్థముగా ఉండేలా చేసే ప్రదేశాలలో అమరి ఉంటాయి. అప్పుడు ఈ ఆలోచన సరియైనది అనుకొన్నారు.

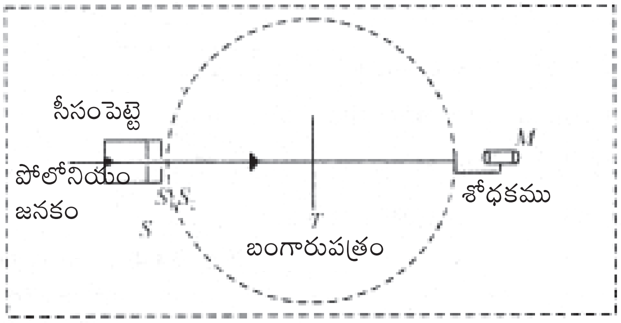


పటం. 24.1: ప్లమ్ – పుడ్డింగ్ పరమాణునమూనా

పరమాణు నిర్మాణం గురించిన మన అవగాహన థామస్ కాలం తరువాత చాలా పెరిగింది. ఇది లార్డ్ రూథర్‌ఫోర్డ్ (Lord Rutherford), నీల్స్ భోర్ (Niels Bohr), జేమ్స్ చాడ్విన్ (James Chadwick), పౌలి (Pauli), ష్రోడింగర్ (Schrodinger) వంటి శాస్త్రజ్ఞులు చేసిన కృషి వల్ల సాధ్యమైనది. ఉపపరమాణు కణాల భావన ఎన్నో కొత్త విషయాలు కనిపెట్టడానికి ఉపయోగపడింది. మైక్రోఎక్ట్రానిక్స్, నానో టెక్నాలజీలకు ఇది మూలం.

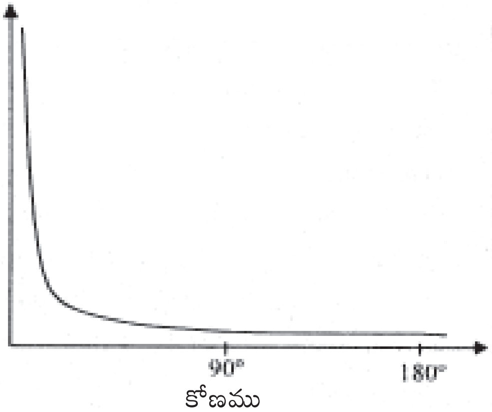
24.1 రూథర్‌ఫోర్డ్ α– కణాల పరిక్షేపణ ప్రయోగం

రూథర్‌ఫోర్డ్ సలహాపై అతని శిష్యులు గైగర్, మార్స్‌డెన్‌లు పలుచని బంగారు లోహపు పత్రాలపై ఆల్ఫా కణాలతో తాడనం చేసారు. పటం 24.2 ప్రయోగ నమూనాను సూచిస్తుంది.



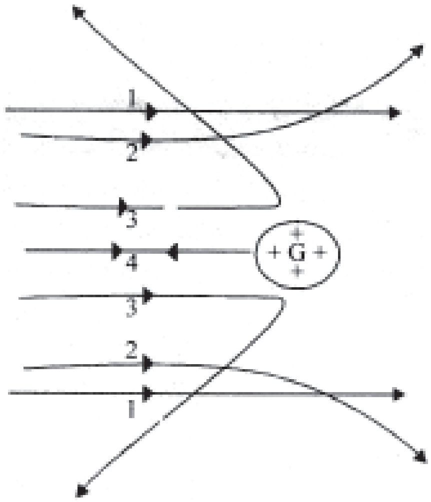
పటం 24.2 : α – కణాల పరిక్షేపణానికి ఉపయోగించే ప్రయోగ అమరిక

బాగా సమాంతీకరించిన α-కణాల కిరణశకలను (Pencil Rays) జనకం నుండి పలుచని బంగారు పత్రం (T) (Gold foil) పై పడేలా చేసారు. పరిక్షేపణము చెందిన α-కణాలను ZnS ప్రతి దీప్తయవనిక (Flourescent) గ్రహించినపుడు α-కణం పడిన చోట మెరుపులాంటి కాంతి కనిపిస్తుంది. (ఇది శోధకంగా పనిచేస్తుంది). దీనిని మైక్రోస్కోపు (M) ద్వారా చూడవచ్చు. ఈ శోధకం T కేంద్రంగా వృత్తాకార స్కేలుపై తిరగ గలదు. α-కణాలను గాలిలోని కణాలతో అభిఘాతం చెందకుండా, ఈ మొత్తం ప్రయోగాన్ని శూన్యపరచిన అరలో చేస్తారు. థామస్ నమూన సరియైనదైన దాదాపు అన్ని కణాలు వాటి మార్గం నుండి కొద్ది తేడాతో తిన్నగా బంగారు పత్రం గుండా ప్రయాణిస్తాయి.



పటం 24.3 : రూథర్‌ఫోర్డ్ ప్రయోగం యొక్క ఫలితం

గైగర్, మర్స్డెన్‌లు ఈ కణాల అపవర్తనము తక్కువగా ఉన్నట్లు గమనించగా, మరి కొందరు ఎక్కువ (90^0 కన్న ఎక్కువ) ఉన్నట్లుగా, మరియు కొందరు (8000లలో ఒకరు) ఈ అపవర్తనం 180^0 గా గుర్తించారు. పటం 24.3 ప్రయోగ ఫలితాలను వివరిస్తుంది. థామస్ పరమాణు నమూనా ప్రకారం α-కణాల అధిక కోణాల పరిక్షేపణను వివరించలేము. అధిక కోణాల α-కణ పరిక్షేపణాన్ని వివరించడానికి రూథర్‌ఫోర్డ్ కేంద్రక పరమాణు నమూనాను సూచించాడు. ఇతని ప్రకారం కేంద్రకం నుండి అత్యధిక దూరంగా ప్రయాణించే α-కణాలు విస్మరించేంత తక్కువ **కులుంబ్** వికర్షణ బలాన్ని అనుభవిస్తాయి. కావున అవి అపవర్తనం చెందకుండా ప్రయాణిస్తాయి. అదే విధంగా కేంద్రమునకు దగ్గరగా వచ్చిన α- కణాలు అత్యధిక వికర్షణ బలాన్ని అనుభూతి చెందుతాయి. అందువలన ఎక్కువ కోణాలలో అపవర్తనం చెందుతాయి. కొన్ని α- కణాలు కేంద్రముతో సరాసరి అభిఘాతం చెంది 180^0 పరిక్షేపణతో అదే మార్గములో వెనుకకు వస్తాయి. దీనిని పటం 24.4లో 4వ సంఖ్యగల కణంలో చూపబడినది.



పటం 24.4 : బంగారు పత్రం వల్ల పరిక్షేపణం చెందిన కణాల పత్రం

లార్డ్ రూథర్‌ఫోర్డ్ (1871 - 1937)

రూథర్‌ఫోర్డ్ న్యూజిలాండ్‌లో జన్మించారు. జె.జె. థామ్సన్ వద్ద ఇంగ్లాండులోని కెవండిష్ ప్రయోగశాలలో చదివారు. ఇతను పరమాణువుపై చేసిన ప్రయోగాలు మైలు రాళ్ళు వంటివి. అంతేకాక బెక్వరల్ కనుగొన్న రేడియోధార్మికతను శాస్త్రంగా అభివృద్ధి చేసాడు. అంత వరకు విచ్ఛిన్నం కావనుకున్న మూలకాలు విఘటనం చెంది వివిధ రకాలుగా వికిరణం చెందడాన్ని రుజువులతో ప్రకటించాడు. 1898లో ఈయన రేడియోధార్మిక పరమాణువు నుండి వెలువడిన రెండు విభిన్న ఉద్గారాలను కనుగొన్నాడు. వీటిని ఆల్ఫా, బీటాలను పేర్కొన్నాడు. తరువాత బీటా కిరణాలను అధిక వేగం గల ఎలక్ట్రాన్‌లుగా గుర్తించారు. రూథర్‌ఫోర్డ్ – గైగర్ శోధకాన్ని తన సహచరుడు గైగర్‌తో కలిసి కొనుగొన్నాడు. దీనిని రేడియోధార్మిక పరమాణువు నుండి ఉదార్గమైన కణాల శోధనకు ఉపయోగిస్తారు. దీని ద్వారా భౌతికశాస్త్రంలో ముఖ్యమైన స్థిరాంకాలైన అవగాడ్రొ (Avogradro) సంఖ్యను కనుగొన్నారు. ఇది ఒక గ్రాము–మోల్ పదార్థంలో గల పరమాణువు లేదా కణాల సంఖ్య.

1911లో రూథర్‌ఫోర్డ్ కేంద్రక పరమాణు నమూనాను ప్రతిపాదించారు. దీని ప్రకారం పరమాణువు యొక్క మొత్తం ద్రవ్యరాశి పరమాణు పరిమాణంలో 10^{-5} రెట్లు ఉన్న కేంద్రకములో ఉంటుంది. ఎలక్ట్రాన్‌లు దీని చుట్టు తిరుగుతుంటాయి. ఈ పరిశోధనకు గాను అతనికి 1908లో నోబుల్ బహుమతి వచ్చింది.

భారతదేశానికి చెందిన ప్రఖ్యాత భౌతిక శాస్త్రవేత్త, విద్యావేత్త, తత్వవేత్త, డా. కొథారి ఇతని శిష్యుడు, కొథారి నక్షత్రాలలో అయనీకరణ పీడనాన్ని అధ్యయనం చేసాడు.

24.1.1 కేంద్రక పరమాణు నమూన

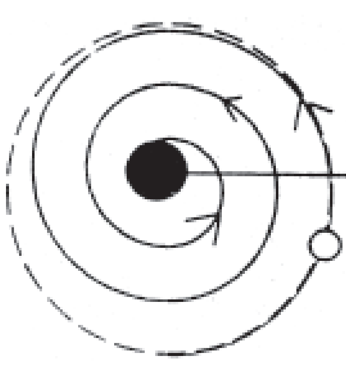
α-కణాలు ఎక్కువ కోణంతో పరిక్షేపణం చెందడానికి కారణం ధనావేశితమైన కఠిన అంతర్భాగం గల పరమాణువుల ద్వారానే సాధ్యమవుతుందని రూథర్‌పోర్డ్ వాదించాడు. ఈ కింది అభిలక్షణాలు కలిగిన కేంద్రక నమూనాను సూచించారు.

● పరమాణువులోని ధనావేశం మొత్తం మరియు పరమాణు ద్రవ్యరాశిలో ఎక్కువభాగం పరమాణు కేంద్రం వద్ద అత్యల్ప వ్యాసార్థం (సుమారు 10^{-5}మీ.) కల ప్రాంతములో కేంద్రీకృతమయి ఉంటుంది. దీనినే కేంద్రకము అంటారు.

● విద్యుదావేశ రీత్యా పరమాణువును స్థిరంగా ఉంచే విధంగా రుణావేశ ఎలక్ట్రాన్‌లు కేంద్రము చుట్టూ దూరంగా తిరుగుతూ ఉంటాయి.

రూథర్‌ఫోర్డ్ కేంద్రక నమూనా వల్ల కలిగే కొన్ని పరిణామాలు ప్రయోగం వల్ల గమనించిన కొన్ని విషయాలను వ్యతిరేకించాయి. అందువల్ల ఇది కొంత వ్యతిరేకతని ఎదుర్కొంది. అవి ఏమనగా

1. **పరమాణు స్థిరత్వం :** ఎలక్ట్రాన్‌లు రుణ విద్యుదావేశ కణాలని మనకు తెలుసు. ఇవి కేంద్రకము వల్ల ఆకర్షించబడి త్వరణము చెందుతాయి. కక్ష్యాగమనం వల్ల వీటికి అభికేంద్ర త్వరణం ఉంటుంది. సాంప్రదాయ తరంగ సిద్ధాంతం ప్రకారం త్వరణం చెందిన ఆవేశపూరిత కణం విద్యుదయస్కాంత వికిరణాన్ని వెలువరిస్తుంది. అందువల్ల పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్‌లు అవిచ్ఛిన్నంగా శక్తిని వికిరణం చేస్తూ ఉండాలి. పర్యవసానంగా ఎలక్ట్రాన్ తన శక్తిని కోల్పోతూ సర్పిలాకార మార్గంలో కేంద్రకములోకి పడిపోతుంది. దీనిని పటం 24.5లో చూపారు. తత్ఫలితముగ పరమాణువు జీవితకాలం తగ్గి, పదార్ద స్థిరత్వం ప్రశ్నార్ధకమగును.



పటం 24.5 : రూథర్‌ఫోర్డ్ కేంద్రక పరమాణు నమూనాలో ఎలక్ట్రాన్ గమనం

2. **విద్యుదయస్కాంత వికిరణ వర్ణపటపౌనఃపున్యము :** సర్పికార మార్గంలో కేంద్రమువైపు వచ్చు ఎలక్ట్రాన్ అన్ని పౌనఃపున్యములతో విద్యుదయస్కాంత వికిరణము చేస్తూ అవిచ్ఛిన్న వర్ణపటాన్ని ఇస్తుంది. కాని కొన్ని బాగా నిర్వచించపబడ్డ పౌనఃపున్యాల వద్ద మాత్రమే వికిరణాలు వెలువడుచున్నట్లు ప్రయోగాలద్వారా తెలుస్తుంది (రేఖావర్ణ పటం)

పై చర్చ వల్ల రూథర్‌ఫోర్డ్ కేంద్రక నమూనా కూడా పరమాణు స్థిరత్వమును కాని, పరమాణువు వెలువరించే రేఖా వర్ణ పటాన్ని కాని వివరించలేక పోయిందని తెలుస్తుంది. కాని ప్రయోగాలు సరియైన దిశలో జరగడానికి మొదటి మెట్టుగా ఉపయోగ పడింది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 24.1

1. సరైన సమాధానాన్ని ఎంచుకోండి.

   (a) రూథర్‌ఫోర్డ్ పరిక్షేపణ ప్రయోగములో లక్ష్యాన్ని దేనితో ఢీకొట్టారు.

   (i) β - కిరణాలు (ii) γ - కిరణాలు (iii) α - కిరణాలు

   ....

   (b) కేంద్రకము చుట్టూ ఏమి ఉంటుంది.

   (i) ఎలక్ట్రాన్‌లు (ii) ప్రోటానులు (iii) α - కణాలు

   ....

   (c) ఎక్కువ కోణంతో కణాలు పరిక్షేపణం చెందడం దేని ఉనికిని సూచిస్తుంది.

   (i) ధనాత్మకమైన కఠిన అంతర్భాగము గల పరమాణువు

   (ii) ఏదైనా సచ్ఛిద్రమైన పరమాణు అంతర్భాగము

   (iii) ఋణావేశితమైన అంతర్భాగము.

   ....

2. రూథర్‌ఫోర్డ్ నమూనా వివరించలేక పోయిన రెండు ప్రయోగాత్మక పరిశీలనలను తెలుపుము.

   ....

24.2 బోర్ హైడ్రోజన్ పరమాణు నమూనా

రూథర్‌ఫోర్డ్ నమూనాలోని లోపాలను అధిగమించడానికి 1913లో మాక్స్‌ప్లాంక్ క్వాంటము భావనల ఆధారంగా నీల్స్‌బోర్ పరమాణు నిర్మాణ నమూనాని సూచించాడు. బోర్ నమూనా పరమాణు నిర్మాణాన్ని మాత్రమే కాక దాని స్థిరత్వాన్ని కూడా వివరిస్తుంది. ఇది హైడ్రోజన్ పరమాణు వర్ణపటాన్ని సమర్థవంతముగా వివరించగలిగింది. వాటి గురించి చదువుకుందాము.

బోర్ శక్తి మరియు కోణీయ ద్రవ్యవేగాలను క్వాంటీకరించాడు. ప్లాంక్ ఒక్కశక్తిని మాత్రమే క్వాంటీకరించాడు.

బోర్ ఉపపాదనలు

బోర్ పరమాణు గ్రహమండల నమూనా నుండి మొదలు పెట్టాడు. రూథర్‌ఫోర్డ్ నమూనాలోని అడ్డంకులను అధిమించడానికి బోర్ అనేక ఊహలను చేశాడు. వీటిని బోర్ ఉపపాదనలు అంటారు. అవి నాలుగు.

(i) ఎలక్ట్రాన్ మరియు కేంద్రకము మధ్యగల కులూంబ్ ఆకర్షణ బలం వలన లభించే అభికేంద్ర బలంతో పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్‌లు, వృత్తాకార కక్షలో కేంద్రకము చుట్టూ తిరుగుతాయి. దీనిని గణితాత్మకంగా ఈ కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{1}{4\pi \in_0} \frac{ze^2}{r^2} \qquad \text{.... (24.1)}$$

ఇక్కడ Z కేంద్రకములో ఉన్న ధనావేశాల సంఖ్యను సూచిస్తుంది

(ii) సాధ్యమయ్యే అనంతమైన వృత్తాకార కక్షలలో ఏ కక్షలలో అయితే ఎలక్ట్రాన్ కోణీయ ద్రవ్యవేగము విలువ $\frac{h}{2\pi}$ కి పూర్ణాంక గుణిజాలుగా ఉంటుందో అవి మాత్రమే అనుమతింపబడతాయి. అనగా

$$|L| = mvr = \frac{nh}{2\pi} \qquad \text{..... (24.2)}$$

L కక్ష్య యొక్క కోణీయ ద్రవ్యవేగం. వృత్తాకార కక్ష్యకు ఇది mvr. ఇక్కడ h ప్లాంక్ స్థిరాంకం, n పూర్ణాంకం.

(iii) అనుమతించిన కక్ష్యలో తిరిగే ఎలక్ట్రాన్ శక్తి వికిరణం చేయదు. ఈ కక్ష్యలలో ఎలక్ట్రాన్ శక్తి స్థిరంగా ఉంటుంది. ఈ కక్ష్యలను స్థిర కక్ష్యలు అంటారు. ఎలక్ట్రాన్ స్థిరకక్ష్యలో తిరుగుతుంది. కాని దాని శక్తి స్థిరంగా ఉంటుంది.

(iv) ఎలక్ట్రాన్ అనుమతించిన అధిక శక్తి (E_f) స్థాయి నుండి తక్కువ శక్తి స్థాయి (E_i) కి పడిపోయినపుడు మాత్రమే పరమాణువు నుండి శక్తి విడుదల అవుతుంది.

ఈ శక్తిలో గల తేడాయే ఉద్గారం చెందే ఫోటాన్‌శక్తి. అదే విధంగా, ఎలక్ట్రాన్ తక్కువ స్థాయి నుండి ఎక్కువ శక్తిస్థాయికి దూకినప్పుడు మాత్రమే శక్తి శోషణము చెందుతుంది. ఈ ఎలక్ట్రాన్ శక్తిలో మార్పు ఉద్గారం లేదా శోషణం చెందిన ఫోటాన్ పౌనఃపున్యము లేదా తరంగ దైర్ఘ్యంపై ఆధారపడుతుంది.

ఉద్గారానికి

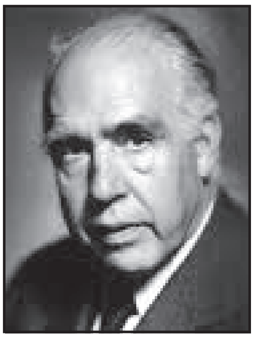
$$\Delta E = E_i - E_f = hv \qquad \text{.... (24.3a)}$$

శోషణానికి

$$\Delta E = E_f - E_i = hv \qquad \text{.... (24.3.)}$$

ఇక్కడ v ఉద్గార ఫోటాన్ పౌనఃపున్యము.

నీల్ హెన్రిక్ డెవిడ్ బోర్ Niels Henrik David Bohr



నీల్స్ బోర్ డెన్‌మార్క్‌లోని కోపన్‌హెగన్‌లో జన్మించారు. అతడు పెరిగిన వాతావరణం అతడు విజ్ఞాని కావడానికి దోహద పడింది. అతని తండ్రి గొప్ప జంతుదేహధర్మ శాస్త్రజ్ఞుడు. అతని ప్రోద్భలంతో నీల్స్‌బోర్ చిన్న నాటి నుండే భౌతిక శాస్త్రంపై ఆసక్తి పెంచుకున్నాడు. 1912 నుండి మాంచెస్టర్‌లోని రూథర్‌ఫోర్డ్ ప్రయోగశాలలో పని చేసారు. రూథర్‌ఫోర్డ్ పరమాణు కేంద్రక నమూనా ద్వారా పరమాణు నిర్మాణాన్ని అభ్యసించారు. హైడ్రోజన్ పరమాణు నిర్మాణ వర్ణపటాన్ని వివరించగల పరమాణు నమూనాను ప్రతిపాదించడంలో సఫలీకృతుడయ్యాడు. 1916లో కోపన్‌హగన్ విశ్వవిద్యాలయంలో సైద్ధాంతిక భౌతిక శాస్త్రంలో ఆచార్యుడిగా నియమించబడ్డాడు. 1920 నుండి చనిపోయే వరకు (1962 వరకు) అతని గురించి ఏర్పాటు చేసిన సైద్ధాంతిక భౌతిక శాస్త్ర సంస్థకు అధ్యక్షుడిగా ఉన్నాడు.

పరమాణు నిర్మాణంలో అతను చేసిన కృషికి 1922లో భౌతిక శాస్త్రంలో నోబుల్ బహుమతి ఇచ్చారు.

24.2.1 శక్తిస్థాయిలు

r_n వ్యాసార్ధం గల n వ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ శక్తిని కనుగొనుటకు 24.1 సమీకరణాన్ని ఈ విధంగా రాస్తాము.

$$\frac{mv_n^2}{r} = \frac{1}{4\pi \in_0} \frac{ze^2}{r_n^2}$$

ఇక్కడ v_n ఎలక్ట్రాన్ వేగం.

సమీకరణం రెండు వైపుల mr_n^3 తో గుణించగా

$$m^2 v_n^2 r_n^2 = \frac{1}{4\pi \in_0} mze^2 r_n$$

ఈ ఫలితాన్ని (24.2) సమీకరణంతో కలుపగా

$$m^2 v_n^2 r_n^2 = n^2 \frac{h^2}{4\pi^2} = \frac{m}{4\pi \in_0} ze^2 r_n \quad .... \ (24.4)$$

n వ కక్ష్యలో వ్యాసార్ధాన్ని కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$r_n = 4\pi \in_0 \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 mze^2}$$

$$= \frac{n^2 h^2 \in_0}{ze^2 m\pi} \ n = 1, 2, 3, ... \quad ..... \ (24.5)$$

ఒక కక్ష్య వ్యాసార్ధం, ఆ కక్ష్య సంఖ్య వర్గానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుందని గమనించగలరు. అంటే వెలుపలి కక్ష్యల వ్యాసార్ధం ఎక్కువగా ఉంటుంది. సాపేక్ష వ్యాసార్ధం విలువలు అనుమతించిన కక్ష్యలలో 1^2, 2^2, 3^2, 4^2, ... ల నిష్పత్తిలో ఉంటాయి. అనగా 1 : 4 : 9 : 16 : .... లో ఉంటాయి. హైడ్రోజన్ పరమాణువు (Z = 1) లోని లోపలి కక్ష్య వ్యాసార్ధమును బోర్ వ్యాసార్ధం అని అంటారు. దీనిని a_0 లో సూచిస్తారు. దీని పరిమాణం 5.3×10^{-11} m a_0 పదాలలో వేరే కక్ష్యల వ్యాసార్ధాన్ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$r_n = n^2 a_0$$

దీని వల్ల వరుసగా ఉన్న కక్ష్యల మధ్య దూరము పెరుగుతూ ఉంటుందని తెలుస్తుంది.

సమీకరణం(24.5) లోని r_n విలువను (24.2)లో ప్రవేశపెట్టిన nవ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ వేగాన్ని కనుక్కొవచ్చు.

$$v_n = \frac{nh}{2\pi m r_n} = \frac{nh}{2\pi m} \frac{ze^2 m\pi}{n^2 h^2 \epsilon_0}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{ze^2}{\epsilon_0 nh} \qquad \ldots(24.6)$$

పాఠం 16 లో చదివిన విధంగా రుణాత్మక (ఎలక్ట్రాన్) కణాన్ని అనంతము నుండి ధనాత్మక (కేంద్రకము) ఆవేశ క్షేత్రములో r దూరం గల బిందువు వద్దకు తెచ్చుటకు కావలసిన ఎలక్ట్రాన్ స్థితిజశక్తి కులూంబ్ బలము, దూరాల లబ్ధాలను సమాకలనము చేయడం ద్వారా కనుగొనవచ్చు.

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_n}^{\infty} \frac{ze^2}{r^2} dr$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r^2} \Big]_{r_n}^{\infty}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r_n} \qquad \ldots. (24.7)$$

అనంతరము వద్ద ఎలక్ట్రాన్ స్థితిజశక్తి శూన్యము సమీకరణం 24.1 నుండి

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r_n} = mv_n^2$$

కావున, n వ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ స్థితిజశక్తి

$$U = -mv_n^2 \qquad \ldots.. (24.8)$$

అందువలన గతిజశక్తి

$$K.E. = \frac{1}{2} mv_n^2 \qquad \ldots.. (24.9)$$

మొత్తం ఎలక్ట్రాన్ శక్తి

$$E = KE + U$$

$$= \frac{1}{2}mv_n^2 - mv_n^2$$

$$= -\frac{1}{2}mv_n^2$$

24.6 సమీకరణాన్ని దీనిలో కలిపిన

$$E = -\frac{m}{2}\left(\frac{2\pi z e^2}{4\pi \in_0 nh}\right)^2$$

$$= -\frac{m}{8\in_0}\frac{z^2 e^4}{n^2 h^2} \qquad \text{..... (24.10)}$$

$$= \frac{Rz^2}{n^2};\; n = 1, 2, 3, ... \qquad \text{..... (24.11)}$$

ఇక్కడ

$$R = \frac{me^4}{8\in_0^2 h^2} \qquad \text{..... (24.12)}$$

దీనిని రిడ్‌బర్గ్ స్థిరాంకం (Rydberg constant) అంటారు. సమీకరణము (24.11) కింది విషయాలను తెలుపుతుంది.

- వివిధ కక్ష్యలలో తిరుగుతున్న ఎలక్ట్రాన్ శక్తి ఆ కక్ష్య సంఖ్య యొక్క వర్గానికి విలోమాను పాతములో ఉంటుంది.
- కక్ష్యలో శక్తి రుణాత్మకం, అనగా ఎలక్ట్రాన్ కేంద్రానికి బద్ధమై ఉంటుంది.
- స్థిరమైన విలువలను పై సమీకరణంలో (24.12) ఉంచిన

$$m = 9.11 \times 10^{-31}\ Kg, \qquad e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$$

$$\in_0 = 0.85 \times 10^{-11}\ C^2Nm^{-2}, \quad h = 6.62 \times 10^{-34}\ JS$$

మనకు $R = 2.17 \times 10^{-18}$ J = 13.6 eV వస్తుంది. ఎందుకనగా, $1\ eV = 1.6 \times 10^{-19}$ J.

ఈ ఫలితాన్ని (24.11) సమీకరణమంలో ఉంచి హైడ్రోజన్ పరమాణు nవ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ శక్తిని (eV) కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \qquad \text{..... (24.13)}$$

కనుక ప్రతి కక్ష్యకు ఒక స్థిరమైన శక్తిని సూచించవచ్చు. మొదటి కక్ష్య యొక్క శక్తి తక్కువ ఉంటుంది.

$$E_1 = -13.6 \text{ eV}$$

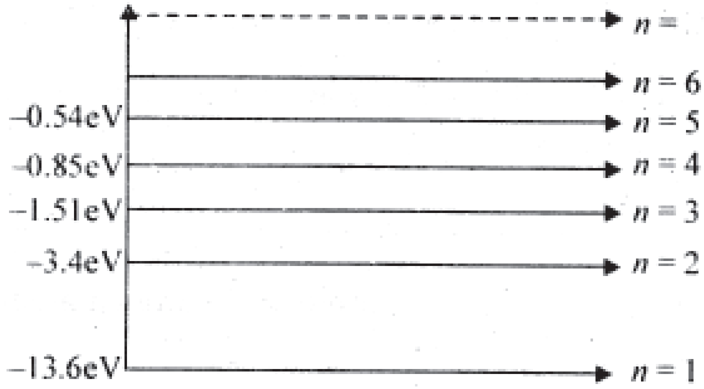
మరియు అవి ఎక్కువ శక్తి స్థాయి

$$E_n = 0$$

అనగా వేరు వేరు కక్ష్యలు -13.6 eV నుండి 0 వరకు గల వివిధ శక్తి స్థాయిలను సూచిస్తాయి. దీనిని పటం 24.6లో చూపించారు. ఎలక్ట్రాన్ స్వేచ్ఛగా ఉన్నదని తెలుపుతుంది.

ఎలక్ట్రాన్ స్థాయి నుండి స్థాయికి దూకినపుడు ఉత్తేజిత మయినపుడు) బోర్ 4వ ప్రతిపాదన ప్రకారం ఉద్గార (శోషింపబడిన) వికిరణం పౌనఃపున్యం

$$v_m = \frac{Rz^2}{h}\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad \ldots(24.14)$$



పటం 24.6 : హైడ్రోజన్ పరమాణువులో శక్తి స్థాయిలు

ఫ్రాన్ హోఫర్ రేఖలు

సూర్యకాంతి వర్ణపటమును శక్తివంతమయిన వర్ణపటదర్శిని ద్వారా జాగ్రత్తగా పరిశీలించినపుడు అవిచ్ఛిన్న వర్ణపటం వెంబడి చాలా అడ్డంగా నల్లని రేఖలు కనిపించాయి. వీటిని 1802లో వాల్‌స్టీన్ (Wallaston) గుర్తించాడు. కిర్చాఫ్‌లా ఆధారంగా వాటిని ఫ్రాన్‌హోఫర్ అధ్యయనం చేసి ఫ్రాన్‌హోఫర్ రేఖలు అని నామకరణం చేసాడు. సూర్యుని ద్వారా అవిచ్ఛిన్న వర్ణపటం వెలువడినప్పటికీ సూర్యుని బాహ్య వాతావరణంలో గల చల్లని ఆవిరులు మరియు వాయువులతో గల క్రోమోస్ఫియర్ (Chromosphere) (6000^oC)లో కొన్ని తరంగదైర్ఘ్యాలను శోషణం చేసుకుంటుంది. ఇవి అవిచ్ఛిన్న వర్ణపటములో నల్లని రేఖలుగా అగుపిస్తాయి.

కిర్చాఫ్ భూమిపై ఉంటే అనేక రకాల మూలకాల ఉద్గారిత తరంగ దైర్ఘ్యాలతో, శోషణం చెందిన తరంగ దైర్ఘ్యాలను పోల్చి, భూమిపై గల 60 మూలకాలు సూర్యుని బాహ్య వాతావరణంలో కూడా ఉన్నాయని కనుగొన్నాడు. ఉదాహరణకు ఆక్సీజను, హైడ్రోజన్, సోడియం, ఐరన్, కాల్షియం మొదలగునవి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 24.2

1. బోర్ ఉపపాదనలలో ఏది సాంప్రదాయ భౌతిక శాస్త్రంతో ముడిపడి ఉంది? ఏది క్వాంటమ్ భౌతిక శాస్త్రాన్ని సమర్థిస్తుంది?

....

2. బోర్ స్థిదాంతం ప్రకారం ఎందుకు ఒక ఎలక్ట్రాన్ వృత్తాకారంలో తిరుగుతున్నప్పుడు కేంద్రకంలోకి పడిపోదు?

....

3. బోర్ ప్రకారం ఫోటాన్ కాంతి (i) ఉద్గారము (ii) శోషణము జరిగినప్పుడు పరమాణువులో ఏమి జరుగుతుంది?

....

4. బోర్ నమూనా ప్రకారం హైడ్రోజన్ పరమాణువు మొదటి మూడు కక్ష్యల శక్తిని పేర్కొనుము?

....

5. ఒక పరమాణువు భూశక్తి స్థాయి స్థితి E_0 నుండి మొదటి శక్తిస్థాయి E_1 కు ఉత్తేజితం చెందినప్పుడు ఉద్గార వికిరణం యొక్క తరంగ దైర్ఘ్యం ఎంత?

....

6. హైడ్రోజన్ పరమాణువులో nవ కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ వ్యాసార్థం క్రింది వాటిలో దేనితో అనుపాతములో ఉంటుంది.

(i) $1/n$ (ii) $1/n^2$ (iii) n (iv) n^2

....

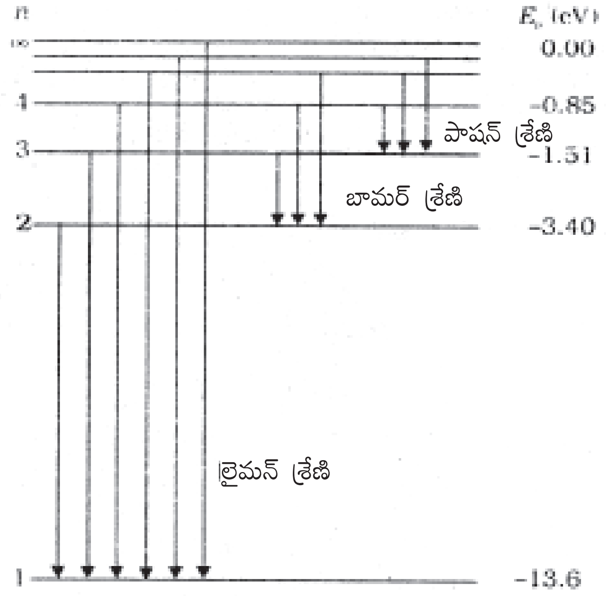
24.3 హైడ్రోజన్ వర్ణపటం

పటం 24.7 హైడ్రోజన్ పరమాణువు పౌనఃపున్య వర్ణపటమును సూచిస్తుంది. దీనిని పరిశీలించి చూస్తే హైడ్రోజన్ రేఖీయ వర్ణపటంలో చాలా రేఖలు వర్ణపటంలోని వివిధ ప్రదేశాలలో కనిపిస్తాయి. ఒక ప్రదేశములోని వివిధ రేఖలు ఒక పద్ధతిలో ఉండి, ఒకే సూత్రము ద్వారా వాటిని తెలియజేయవచ్చు. ఇవి ఒక శ్రేణిగా ఏర్పడతాయి. ఈ శ్రేణులను గూర్చి తెలుసుకుందాము.

లైమన్ శ్రేణి : దీనిని 1906లో కనుగొన్నారు. బోర్ ప్రకారం ఎలక్ట్రాన్ మొదటి కక్ష్య ($m = 1$) లోకి పైకక్ష్య ($n = 2, 3, 4, ...$) నుండి దూకినప్పుడు ఈ శ్రేణి ఏర్పడుతుంది. ఈ శ్రేణిలో వివిధ వర్ణపట రేఖల పౌనఃపుణ్యములను కింది విధముగా రాయవచ్చు.

$$V_{1n} = \frac{R}{h}\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

ఇక్కడ n ఒకటి కంటే ఎక్కువ గల సహజ సంఖ్య



పటం 24.7 :హైడ్రజన్ లోని వివిధ ఉద్గార వర్ణపటశ్రేణుల శక్తిస్థాయి పటం.

బామర్ శ్రేణి : దీనిని 1885 లో దృగ్గోచర ప్రాంతములో కనుగొన్నారు. బోర్ సిద్ధాంతం ప్రకారం ఈ శ్రేణి ఎలక్ట్రాన్ పై కక్ష్య (n = 3, 4, 5, ...) నుండి రెండవ కక్ష్యలోకి దూకినప్పుడు ఏర్పడుతుంది. ఈ శ్రేణిలోని వర్ణపట రేఖల పౌనఃపున్యాలను కింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$V_{2n} = \frac{R}{h}\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) : n > 2$$

పాశ్చన్ శ్రేణి : దీనిని 1908లో అతినీల లోహిత ప్రాంతములో కనుగొన్నారు. ఎలక్ట్రాన్‌పై కక్ష్యల (n = 4, 5, 6, ...) నుండి మూడవ కక్ష్య (m = 3) లోకి దూకినప్పుడు ఈ శ్రేణి ఏర్పడుతుంది. ఈ శ్రేణిలోని వివిధ వర్ణపట రేఖల పౌనఃపున్యమును కింది విధముగా రాయవచ్చు.

$$V_{3n} = \frac{R}{h}\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right) : n_2 > 3$$

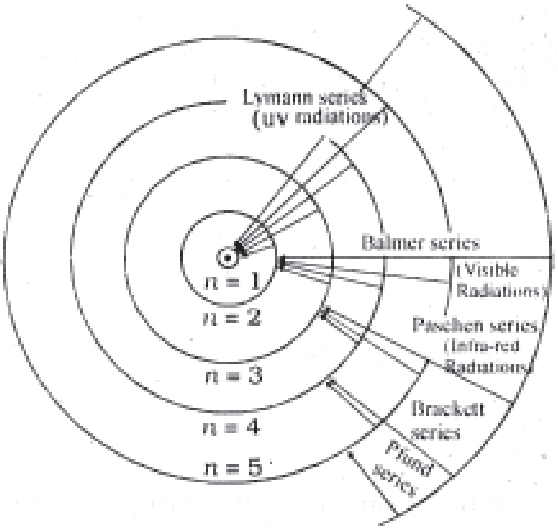
బ్రాకెట్ శ్రేణి : దీనిని మధ్య అతినీల లోహిత ప్రాంతములో కనుగొన్నారు. ఎలక్ట్రాన్ పై కక్ష్యల (n = 5, 6, ...) నుండి నాల్గవ కక్ష్యలోకి (n = 4) లోకి దూకినప్పుడు ఈ శ్రేణి ఏర్పడుతుంది. ఈ శ్రేణిలో వివిధ వర్ణపట రేఖల పౌనఃపున్యాలను కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$V_{4n} = \frac{R}{h}\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right) : n > 4$$

ఫండ్ శ్రేణి : దూరంగా ఉండే అతినీల లోహిత ప్రాంతములో కనుగొన్నారు. బోర్ సిద్ధాంతము ప్రకారం ఎలక్ట్రాన్‌పై కక్ష్యల (n = 6, 7, 8, ...) నుండి ఐదవ కక్ష్య (n = 5) లోకి దూకినప్పుడు ఏర్పడతాయి. ఈ శ్రేణిలోని వర్ణపట రేఖల పౌనఃపున్యమును కింది విధముగా రాయవచ్చు.

$$V_{5n} = \frac{R}{h}\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right) : n > 5$$

బోర్ నమూనా వర్ణపట నిర్మాణాల ఏర్పాటు గురించి తెలుసుకోవటమేకాక వాటిలోగల అనేక శ్రేణులను తెలిసికొనుటకు ఉపయోగపడినది. ఇది భౌతిక శాస్త్రంలో ఒక కొత్త భాగానికి పునాది అయ్యింది. పటం 24.8లో ఎలక్ట్రాన్ పై కక్ష్య నుండి కింది కక్ష్యలోకి సంక్రమణం జరిగినపుడు, ఏర్పడే వర్ణపటరేఖల వివిధ శ్రేణులను చూడవచ్చు.



పటం 24.8: హైడ్రోజన్ పరమాణువులో అనుమతించబడిన కక్ష్యలు మరియు సంక్రమణల ద్వారా వివిధ శ్రేణుల వర్ణపట రేఖలు

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 24.3

1. కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తి రుణాత్మకమైన, అది

   (a) పోటాన్‌గా ఉద్గారము చెందును
   (b) కేంద్రకముతో బంధింపబడి ఉండటం
   (c) అది స్థిరమైన సమతాస్థితిలో ఉండటం
   (d) బోర్ ఉపపాదన $L = \frac{nh}{2\pi}$ ను సంతృప్తి పరుస్తుంది.

....

2. ఒక ఎలక్ట్రాన్ నాల్గవ కక్ష్యలోకి దూకుతుంది. అది తక్కువ శక్తి గల కక్ష్యలోకి దూకినప్పుడు ఏర్పడే వర్ణపట రేఖలు

(a) 6, (b) 8 (c) 5 (d) 3

....

3. లైమన్ శ్రేణి, ఎలక్ట్రాన్ పై కక్ష్యల నుండి .... కక్ష్యలోకి దూకినప్పుడు ఏర్పడుతుంది.

(a) మొదటి (b) రెండవ (c) మూడవ (d) నాల్గవ

....

4. బోర్, ఎలక్ట్రాన్ ఏ భౌతిక ధర్మాన్ని క్వాంటీకరించాడు?

....

5. ఒక ఎలక్ట్రాన్ మూడవ కక్ష్య నుండి మొదటి కక్ష్యలోకి దూకినప్పుడు ఎలక్ట్రాన్ కోణీయ ద్రవ్యవేగంలో తేడాను కనుగొనుము.

....

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- రూథర్‌ఫోర్డ్ పరిక్షేపణ ప్రయోగము పరమాణువులో చిన్న మధ్యభాగము ఉండటాన్ని సూచిస్తుంది. ఇది పూర్తి ధనావేశితమై, పరమాణువు ద్రవ్యరాశిలో చాలా భాగము దీనిలో కేంద్రీకరింపబడి ఉంటుంది. ఈ ప్రాంతాన్ని కేంద్రకము అంటారు.
- ఎలక్ట్రాన్‌లు కేంద్రకము చుట్టూ తిరుగుతూ ఉంటాయి. ఎలక్ట్రాన్‌ల మొత్తం ఋణావేశము కేంద్రకము ధనావేశానికి సమానము.
- రూథర్‌ఫోర్డ్ పరమాణు నమూనా పరమాణు స్థిరత్వాన్ని, పరమాణువు నుండి ఉద్గారమైన విద్యుదయస్కాంత వికిరణంను వివరించలేకపోయింది.
- నీల్స్‌బోర్ తన నాలుగు ప్రతిపాదనల ఆధారంగా సంతృప్తికర పరమాణు నమూనాను సూచించాడు.
- కోణీయ ద్రవ్యవేగము $I_\omega = \frac{nh}{2\pi}$ కలిగి వున్న ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్యలు మాత్రమే అనుమేయములు (Permissible)
- ఎలక్ట్రాన్ పై కక్ష్యల నుండి క్రింది కక్ష్యలకు దూకినప్పుడు శక్తి ఉదార్గము. కింది కక్ష్యల నుండి పై కక్ష్యకు ఉత్తేజితమయినప్పుడు శోషణము జరుగుతుంది.
- హైడ్రోజన్ పరమాణువులో కేంద్రము చుట్టూ స్వతంత్రంగా తిరిగే అనుమేయ కక్ష్యల వ్యాసార్థమును క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు

$$a_n = \frac{n^2h^2}{4\pi^2mke^2} = \frac{n^2h^2 \in_0}{ze^2m\pi}$$

హైడ్రోజన్ పరమాణువులో అనుమేయమైన మొదటి కక్ష్య వ్యాసార్థము $a = 0.53A^o$

- హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క nవ కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ శక్తి

$$E_n = -\frac{e^2m}{8h^2 \in_0^2 n^2}$$

పై సమీకరణంలో మొత్తం శక్తి రుణగుర్తు ఎలక్ట్రాన్ కేంద్రకంతో బంధింపబడి ఉండును. అని తెలియజేస్తుంది.

- ఎలక్ట్రాన్ E_i శక్తి స్థాయి నుండి E_f శక్తి స్థాయికి దూకినపుడు, వెలువడే ఫోటాన్ పౌనఃపున్యం :

$$V_{mn} = \frac{R}{h}\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

ముగింపు అభ్యాసము

1. రూథర్‌ఫోర్డ్ పరిక్షేపణ ప్రయోగములో ఎక్కువ α-కణాలు లక్ష్యపు పత్రము గుండా ఎందుకు సరళరేఖలో ప్రయాణిస్తాయి?
2. రూథర్‌ఫోర్డ్ α-కణాల ప్రయోగములో ఏ పరిశీలనలు కేంద్రకము గూర్చి ముందుగా తెలియజెప్పాయి.
3. కేంద్రకము చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్‌లు వృత్తాకారంలో తిరుగుతాయని రూథర్‌ఫోర్డ్ ఎందుకు ఊహించారు?
4. హైడ్రోజన్ పరమాణువు మొదటి ఉత్తేజిత స్థితి. రెండవ ఉత్తేజిత స్థాయిలలో శక్తుల నిష్పత్తి ఎంత?
5. రిడ్‌బర్గ్ స్థిరాంకం యొక్క SI ప్రమాణము ఏమిటి?
6. హైడ్రోజన్ రిడ్‌బర్డ్ స్థిరాంకం విలువ $1096700\ m^{-1}$ అయిన లైమన్ శ్రేణిలో అధిక మరియు అల్పతరంగదైర్ఘ్యాల పరిమితులను కనుగొనండి.
7. హైడ్రోజన్ పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్ మొదటి కక్ష్యలో ఎన్ని సార్లు తిరుగుతుంది.
8. రూథర్డ్‌ఫోర్డ్ పరిక్షేపణ ప్రయోగమును వివరించుము, దాని ఆవిష్కరణలు మరియు పరిమితులను చర్చించండి.
9. బోర్ పరమాణు నమూనాలోని ఉపపాదనలు తెలపండి.
10. హైడ్రోజన్ పరమాణువు n వ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తిని కనుగొనే సమీకరణాన్ని సాధించండి.

11. సరైన సమాధానాన్ని ఎంచుకోండి.

(ఎ) హైడ్రోజన్ పరమాణువు n వ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తి కింద దేనితో అనుపాతములో ఉంటుంది

(i) $1/n^4$ (ii) $1/m^2$ (iii) $1/n^2$ (iv) $1/n$

(బి) హైడ్రోజన్ పరమాణువులో ఒక ఎలక్ట్రాన్‌ను $n = 1$ నుండి $n = \alpha$ కక్ష్య నుండి తీసివేయడానికి కావలసిన శక్తి.

(i) 13.6 V (ii) 13.6 eV (iii) 13.6 MeV (iv) 13.6 KeV

(సి) హైడ్రోజన్ పరమాణువులో ఎలక్ట్రాన్ అధికశక్తి స్థాయిలు $n = 5, 6, 7, ...$ నుండి తక్కువ శక్తిస్థాయి $n = 4$కి దూకినప్పుడు ఏర్పడే వర్ణపట రేఖల శ్రేణిని ఏమంటారు .

(i) బామర్ శ్రేణి (ii) బ్రాకెట్ శ్రేణి (iii) పాశ్చన్ శ్రేణి (iv) లైమన్ శ్రేణి

12. హైడ్రోజన్ పరమాణువు మూడవ మరియు నాల్గవ కక్ష్యల వ్యాసార్థం కనుగొనండి.

13. $n = 3$ నుండి $n = 2$ శక్తి స్థాయికి హైడ్రోజన్ పరమాణువులో శక్తి సంక్రమణము జరిగిన కింది వాటిని కనుగొనండి? ఇక్కడ $R = 1.097 \times 10^7\ m^{-1}$

(i) ఉద్గార వికిరణ తరంగదైర్ఘ్యము ఎంత?

(ii) ఈ వికిరణము దృగ్గోచర కాంతిలో ఉంటుందా?

(iii) ఈ సంక్రమణం ఏ వర్ణపట శ్రేణిలోనికి వస్తుంది?

14. హైడ్రోజన్ అయనీకరణ శక్మము 13.6 వోల్టు అయిన $n = 2$ స్థాయిలో పరమాణువు శక్తి ఎంత?

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు జవాబులు

24.1

1. a(iii), b(ii), c(i), d(i)

2. రూథర్‌ఫోర్డ్ ప్రయోగములోని బంగారు పత్రము నుండి అధిక కోణంలో పరిక్షేపణము చెందిన కణముల గురించి వివరించలేదు.

24.2

1. బోర్ మొదటి ఉపపాదన సాంప్రదాయ భౌతికశాస్త్రమునకు, మిగిలిన మూడు క్వాంటమ్ భౌతిక శాస్త్రానికి సంబంధించినవి.

2. కక్ష్యలు స్థిరమైనవి కావున

3. (i) ఎలక్ట్రాన్ ఎక్కువ స్థాయి నుండి తక్కువ స్థాయికి దూకినపుడు

   (ii) ఎలక్ట్రాన్ ఎక్కువ శక్తి స్థాయిలకు ఉత్తేజితము చెందినప్పుడు

4. $\in_1 = -13.6$ eV, $\in_2 = 3.4$ eV, $\in_3 = -1.51$ eV

5. $\lambda = \dfrac{he}{\in_i - \in_0}$

6. (iv)

24.3

1. (b)

2. (a) ఉద్గారమైన వర్ణపట రేఖల సంఖ్య $= \frac{1}{2}n(n-1) = \frac{1}{2}\times 4,\ (4-1) = 6$

3. (a)

4. పరిభ్రమణం చెందే ఎలక్ట్రాన్ కోణీయ ద్రవ్యవేగము.

5. హైడ్రోజన్ నమూనాలో వర్ణపట తరంగదైర్ఘ్యాలను కనుగొనుటకు n వ స్థాయి ప్రధాన క్వాంటమ్ సంఖ్య ను కనుగొనాలి.

ముగింపు అభ్యాసములోని లెక్కలకు జవాబులు

9 : 4

6. $\lambda_s = 911.4\ \mathring{A}$, $\lambda_l = 1215^o$A

7. 6.57×10^{15} Hz

11. a(i), b(ii), (c) (iii) d(i), e(v)

13. (i), 6563 Å (ii) దృగ్గోచరము (iii) బామర్ శ్రేణి

14. – 3.4 eV