12. వికిరణం, ద్రవ్యాల ద్వంద్వ స్వభావం

ముఖ్య విషయాలు

- అల్పపీడనాల వద్ద ఉత్సర్గనాళంలో జరిగే విద్యుత్ ఉత్సర్గం ఎలక్ట్రానుల ఆవిష్కరణకు దారితీసింది.
- E తీవ్రత గల విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఉంచిన ఎలక్ట్రాన్ $'e'$ పై పనిచేయు బలం $F = Ee$
- ఒక కణం యొక్క ఆవేశానికి మరియు ద్రవ్యరాశికి మధ్యగల నిష్పత్తిని విశిష్టావేశం అంటారు.
- B తీవ్రత గల అయస్కాంత క్షేత్రములోనికి లంబముగా $'v'$ వేగంతో ప్రవేశించిన ఆవేశం $'q'$ పై పనిచేయు బలం $F = Bqv$. ఈ బలం లంబంగా పనిచేయటం వలన
- లంబ అయస్కాంత క్షేత్రములో ఆవేశము వృత్తాకార మార్గంలో చలించును. $Bqv = \frac{mv^2}{r}$ ఇందు v ఎలక్ట్రాన్ వేగం.
- విద్యుత్‌క్షేత్రం మరియు అయస్కాంతక్షేత్రం B వలన ఎలక్ట్రాన్ గమన దిశ మారకపోతే, ఎలక్ట్రాన్ వేగం $\upsilon = \frac{E}{B}$.
- విద్యుత్‌క్షేత్రం వలన ఎలక్ట్రాన్‌ల గతిశక్తి $\frac{1}{2}mv^2 = Ve$ ఇందులో $v =$ ఎలక్ట్రాన్ వేగం
- థామ్సన్ ప్రయోగం నుంచి, $\frac{e}{m} = \frac{E^2}{2VB^2}$.
- ఎలక్ట్రాను విశిష్టావేశం విలువ 1.76×10^{11} కూ. కిగ్రా$^{-1}$.
- క్షార లోహాల తలాల పై నియమిత పౌనఃపున్యము గల వికిరణం పతనమయిన, ఆ తలం నుంచి ఎలక్ట్రానులు వెలువడుటను కాంతి విద్యుత్ ఫలితం అంటారు.
- కాంతి విద్యుత్ ఫలితాన్ని ఐన్‌స్టీన్ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతాన్ని ఉపయోగించి వివరించాడు.
- అవరోధ పొటెన్షియల్ V_0 వద్ద ఎలక్ట్రాన్ గతి శక్తి $V_0 e = \frac{1}{2}mv_{max}^2$
- లోహంలోని లోహతలం నుంచి ఎలక్ట్రాను బయటకు రావడానికి అవసరమగు కనీస శక్తిని పనిప్రమేయం (W_0) అంటారు.

  పని ప్రమేయం $W_0 = h\upsilon_0$ ఇక్కడ υ_0 ఆరంభ పౌనఃపున్యం.
- ఐన్‌స్టీన్ కాంతి విద్యుత్ సమీకరణం, $h\upsilon = \frac{1}{2}mv^2 + W_0$
- లోహ ఉపరితలం నుంచి ఎలక్ట్రాన్ బయటకు రావడానికి పతన వికిరణానికి అవసరమగు కనీస పౌనఃపున్యాన్ని ఆరంభ పౌనఃపున్యం (υ_0) అంటారు.

  ఆరంభ పౌనఃపున్యం $\upsilon_0 = \frac{W_0}{h}$
- కాంతి ఎలక్ట్రానుల గరిష్ఠ గతిశక్తి పతన వికిరణం పౌనఃపున్యం పై ఆధారపడి ఉంటుంది. కాని పతన వికిరణం తీవ్రత పై ఆధారపడి ఉండదు.
- ఆరంభ తరంగ దైర్ఘ్యం $\lambda_0 = \frac{hc}{W_0}$

$E = \frac{12,400}{\lambda} eV$ లేదా $\lambda = \frac{12,400}{E} A^0$.

www.sakshieducation.com

- కాంతి విద్యుత్ ఘటం కాంతిశక్తిని విద్యుత్ శక్తిని మారుస్తుంది.
- విద్యుదయస్కాంత వికిరణం ద్వంద్వ స్వభావాన్ని ప్రదర్శిస్తుంది. చలించే కణం తరంగం వలె ప్రవరిస్తే ఆ తరంగాన్ని ద్రవ్యతరంగం అంటారు. ఈ తరంగాల తరంగదైర్ఘ్యం $\lambda = \frac{h}{p}$ ఇందు 'h' ప్లాంక్ స్థిరాంకం మరియు p కణం యొక్క ద్రవ్యవేగం.
- డీ-బ్రాగ్లీ తరంగ దైర్ఘ్యం $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ లేదా $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$

అతిస్వల్ప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. కాథోడ్ కిరణాలు ఏమిటి?

జ: కాథోడ్ కిరణాలు వేగంగా చలించే ఎలక్ట్రాన్‌ల సమాదాయము. వీటి వేగము కాంతి వేగంలో సుమారు 0.2 రెట్లు ఉంటుంది.

2. మిల్లికాన్ ప్రయోగం ఏ ముఖ్యమైన యథార్థాన్ని వెలువరించింది?

జ: ఐన్‌స్టీన్ కాంతి విద్యుత్ సమీకరణం సరి అయినది అని మిల్లికాన్ ప్రయోగం నిరూపించింది. ఈ ప్రయోగం ద్వారా మిల్లికాన్ ప్లాంక్ స్థిరాంకం 'h' విలువను కనుగొన్నాడు.

3. పని ప్రమేయం అంటే ఏమిటి?

జ: **పని ప్రమేయం (ϕ):**

కాంతి లోహతలం నుండి ఎలక్ట్రాన్‌లను బయటకు తీసుకురావడానికి పతనకాంతికి ఉండవలసిన కనీస శక్తిని పనిప్రమేయం (ϕ) అంటారు.

పని ప్రమేయము (ϕ) ఇచ్చిన లోహతలం స్వభావం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది.

4. ఫోటోవిద్యుత్ఫలితం అంటే ఏమిటి?

జ: **కాంతి విద్యుత్ ప్రభావము:**

క్షార లోహ ఉపరితలాల పై నియమిత తరంగదైర్ఘ్యం లేదా పౌనఃపున్యం ఉన్న కాంతి (లేదా) విద్యుదయస్కాంత వికిరణము పతనమైనపుడు ఆలోహ ఉపరితలాల నుండి ఎలక్ట్రానులు విడుదలగుటను కాంతి విద్యుత్ విద్యుత్ ఫలితము అంటారు. ఉద్గారమయిన ఎలక్ట్రానులను కాంతి ఎలక్ట్రానులని అంటారు.

5. ఫోటో సూక్ష్మగ్రాహ్యక పదార్థాలకు ఉదాహరణలివ్వండి. వాటిని ఆ విధంగా ఎందుకు పిలుస్తారు?

జ: సోడియం, పొటాషియం, సీజియం వంటి క్షార లోహ ఉపరితలాల పై దృశ్య కాంతి పతనం చెందితే కాంతి ఎలక్ట్రాన్‌లు విడుదల అవుతాయి.

కాంతి పతనం చెందితే ఎలక్ట్రాన్‌లు విడుదల కావడం వలన, పై పదార్థాలను కాంతి ఉద్గారతలాలు అని పిలుస్తారు.

6. ఐన్‌స్టీన్ ఫోటోవిద్యుత్ సమీకరణాన్ని రాయండి.

జ: కాంతి ఎలక్ట్రాన్ గరిష్ఠ గతిజశక్తి (KE_{max}) పతనకాంతి ఫోటాన్ శక్తి మరియు ఆ కాంతి ఉద్గారతలం పని ప్రమేయాల భేదానికి సమానం.

$\therefore KE_{max} = h\upsilon - \phi_0$ లేదా $V_0 = \frac{h}{e}\upsilon - \frac{\phi_0}{e}$

7. డీ-బ్రాగ్లీ సంబంధాన్ని రాసి, అందులోని పదాలను వివరించండి.

జ: ద్రవ్యం ద్వంద్వ స్వభావాన్ని కలిగి ఉంటుందని డీబ్రోగ్లీ ప్రతిపాదించాడు. ప్రకృతి సౌష్ఠవభరితం. కాబట్టి ద్రవ్యం వికిరణంలాగా ద్వంద్వ స్వభావాన్ని కలిగి ఉంటుంది. డీబ్రోగ్లీ ప్రతిపాదన ప్రకారం చలించే పదార్థం కొన్ని సార్లు తరంగ స్వభావాన్ని మరియు కొన్ని సార్లు కణ స్వభావాన్ని కలిగిఉంటుంది.

www.sakshieducation.com

పదార్థంతో అనుసంధానమైన తరంగం తరంగదైర్ఘ్యం $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$

8. హైజన్‌బర్గ్ అనిశ్చితత్వ సూత్రాన్ని పేర్కొనండి.

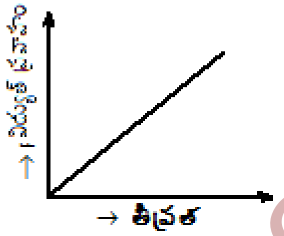
జ: హైజన్‌బర్గ్ అనిశ్చితత్వ సిద్ధాంతము:

ఏకకాలంలో ఎలక్ట్రాన్ యొక్క స్థానాన్ని మరియు ద్రవ్యవేగాన్ని ఖచ్చితంగా కనుగొనలేము అని హైసన్‌బర్గ్ ప్రతిపాదించినాడు. దీనినే హైసన్‌బర్గ్ అనిశితత్వ సిద్ధాంతము అంటారు.

స్వల్ప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం పై $i)$ కాంతి తీవ్రత $ii)$ పొటెన్షియల్‌లు కలిగించే ప్రభావం ఏమిటి?

జ: $i)$ కాంతి తీవ్రత ప్రభావం : కాంతి తీవ్రత పెరిగిన, ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం కూడా పెరుగును.అనగా కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహము పతన కాంతి త్రీవతకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది ($i \propto I$).



2)పొటెన్షియల్ ప్రభావం:

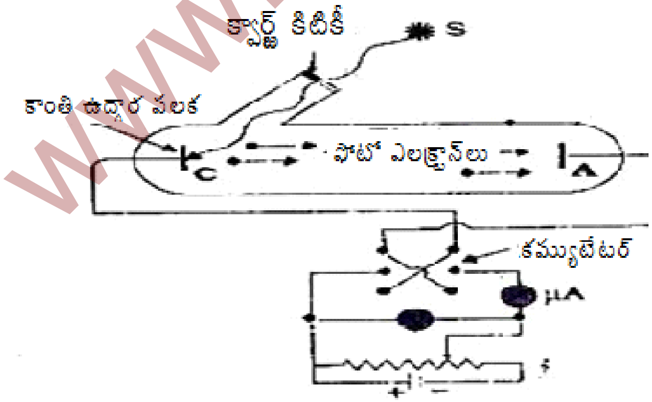
1) ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌లను సేకరించు ఎలక్ట్రోడ్ ధన పొటెన్షియల్ పెంచిన, ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహము పెరుగును. ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం గరిష్ఠం అగు నిర్ధిష్ట ధన పొటెన్షియల్‌ను సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహం అంటారు.

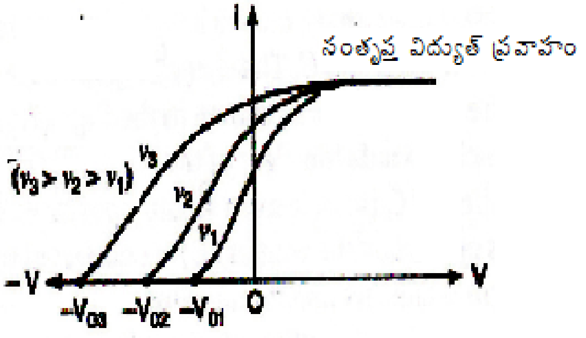
2) సేకరణి ఎలక్ట్రోడ్ యొక్క ఋణ పొటెన్షియల్ పెంచిన, ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం క్రమంగా తగ్గును.ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం శూన్యం అగు నిర్దిష్ట ఋణ పొటెన్షియల్‌ను నిరోధక పొటెన్షియల్ అంటారు.

3) నిరోధక పొటెన్షియల్ పతనకాంతి తీవ్రత పై ఆధారపడదు. తీవ్రత పెంచిన నిరోధక పొటెన్షియల్ విలువ మారదు.

2. నిరోధక పొటెన్షియల్ పైన పతన వికిరణ పౌనఃపున్యం ప్రభావాన్ని అధ్యయనం చేయడానికి ఒక ప్రయోగాన్ని వర్ణించండి.

జ: నిరోధక పొటెన్షియల్ పై పతనకాంతి వికిరణ పౌనఃపున్యం ప్రభావం :





ప్రయోగ అమరిక పటంలో చూపబడింది. తగినంత శక్తి $(E = hv)$ ఉన్న ఏకవర్ణ కాంతి, కాంతి ఉద్గార పలక C పై పతనమయిన, ఉద్గారమగు ఎలక్ట్రాన్‌లను సేకరణి పలక A సేకరిస్తుంది.కమ్యుటేటర్ (దిక్ పరివర్తకం) మరియు A ల ధ్రువణతను ఉత్క్రమం చేస్తుంది.

ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌లను సేకరించు ఎలక్ట్రోడ్ ధన పొటెన్షియల్ పెంచిన, ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహము పెరుగును. ఫోటో విద్యుత్

www.sakshieducation.com

ప్రవాహం గరిష్ఠం అగు నిర్ధిష్ట ధన పొటెన్షియల్‌ను సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహం అంటారు.

నియమిత పౌనఃపున్యము గల వికిరణము,సేకరణి ఎలక్ట్రోడ్ యొక్క ఋణ పొటెన్షియల్ పెంచిన, ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం క్రమంగా తగ్గును.ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం శూన్యం అగు నిర్ధిష్ట ఋణ పొటెన్షియల్‌ను నిరోధక పొటెన్షియల్ అంటారు.

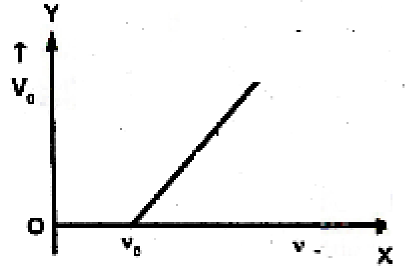
ఈ విధంగా వేరు వేరు పతన వికిరణ పౌనఃపున్యాలకు ఇచ్చిన లోహ తలానికి నిరోధక పొటెన్షియల్ విలువలను కనుగొనవచ్చును.

పొటెన్షియల్ (V) విలువలను $X-$ అక్షం పైన మరియు ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం (I) విలువలను $Y-$ అక్షం పైన తీసుకొని గీసిన గ్రాఫ్ పటంలో చూపబడినది. గ్రాఫ్ నుండి

1) వేర్వేరు వికిరణ పౌనఃపున్యాలకు, వేర్వేరు నిరోధక పొటెన్షియల్ విలువలు ఉండును

2) హెచ్చు పతన వికిరణ పౌనఃపున్యంనకు, నిరోధక పొటెన్షియల్ రుణ విలువ చాలా ఎక్కువగా ఉండును.

3) సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహం విలువ పతన వికిరణ తీవ్రత పై ఆధారపడును. సంతృప్త విద్యుత్ప్రవాహం విలువ పతన వికిరణ పౌనఃపున్యం పై ఆధారడదు.



పతన వికిరణ పౌనఃపున్యం 'υ' ను $X-$ అక్షం పైన మరియు నిరోధక పొటెన్షియల్ (V_0) విలువలను $Y-$ అక్షం పైన తీసుకొని గీసిన గ్రాఫ్ పటంలో చూపబడినది.

$X-$ అక్షం పై అంతర ఖండము (υ_0) లోహ తలానికి ఆరంభ పౌనఃపున్యమును తెలియచేయును.వాలు $\frac{h}{e}$ విలువను సూచించును.

3. విద్యుదయస్కాంత వికిరణానికి ఉన్న ఫోటాన్ చిత్రణను సారాంశీకరించండి.

జ: విద్యుదయస్కాంత వికిరణం వియుక్తమైన ఒక ప్రాథమిక విలువ గల శక్తి క్వాంటమ్‌లను కలిగి ఉండును.కాంతి విషయంలో శక్తి క్వాంటమ్‌ను ఫోటాన్ అంటారు.

ఫోటాన్ ద్రవ్య వేగం $P = mc$

$$P = \frac{h\upsilon}{c} = mc$$

క్వాంటమ్ యొక్క శక్తి $E = h\upsilon = \frac{hc}{\lambda}$

కాంతి ఫోటాన్‌ల ధర్మాలు:

1) కాంతి ఫోటాన్ శక్తి $E = h\upsilon$, ఫోటాన్ ద్రవ్యవేగం $p = \frac{h\upsilon}{c}$

2) కాంతి వికిరణం ద్రవ్యంతో చర్య జరిపేటప్పుడు ఫోటాన్ కణం వలె ప్రవర్తిస్తుంది

3) ఫోటాన్‌లకు ఆవేశం లేకపోవుటవల్ల, ఇవి విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్రాల వల్ల ప్రభావితం కావు.

4. $0.12kg$ ల ద్రవ్యరాశి కలిగి వడి $20ms^{-1}$ తో చలిస్తున్న బంతి డీ-బ్రాగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యం ఎంత? ఈ ఫలితం నుంచి మనం చేయగలిగే అనుమితి ఏమిటి?

జ: $m = 0.12$ కి.గ్రా; $v = 20m/s$, $h = 6.63 \times 10^{-34} J$

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

www.sakshieducation.com

$$\therefore \lambda = \frac{6.63\times10^{-34}}{0.12\times20} = \frac{6.63\times10^{-34}}{2.4} = 2.762\times10^{-34}\,m$$

కావున ఆ బంతి డీ-బ్రాగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యం చాలా తక్కువ.

దీర్ఘ సమాధాన ప్రశ్నలు

1. **ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం పై తీవ్రత, పొటెన్షియల్‌లు కలిగించే ప్రభావాన్ని ఐన్‌స్టీన్ ఫోటో విద్యుత్ సమీకరణం ఏ విధంగా వివరించింది? నిరోధక పొటెన్షియల్ పై ఉండే పతన కాంతి పౌనఃపున్యం ప్రభావాన్ని ఈ సమీకరణం ఏ విధంగా వివరిస్తుంది.?**

జ: కాంతి విద్యుత్ ఫలితాన్ని ఐన్‌స్టీన్ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతాన్ని ఉపయోగించి వివరించాడు.క్షార లోహల తలాల పై నియమిత పౌనఃపున్యము గల వికిరణం పతనమయిన, ఆ తలం నుంచి ఎలక్ట్రానులు వెలువడును.కాంతి పుంజం $E = h\nu$ అను శక్తి ప్యాకెట్‌లను కలిగి ఉండునని ఐన్‌స్టీన్ ప్రతిపాదించాడు. వీటినే ఫోటాన్‌లు లేక క్వాంటం అంటారు. ఇందు 'h' ప్లాంక్ స్థిరాంకం, ν పతన వికిరణ పౌనఃపున్యం.

పతన వికిరణ శక్తి లోహ లోహల తలాల పని ప్రమేయం $(\phi_0 = h\nu_0)$ కన్నా ఎక్కువగా ఉంటే గరిష్ఠ గతిజశక్తితో ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారమగును. ఎలక్ట్రాన్ గరిష్ఠ గతిజశక్తి $i.e., K_{\text{గరిష్ఠ}} = \frac{1}{2}m\upsilon^2_{\text{గరిష్ఠ}}$

$$h\nu = \phi_0 + \frac{1}{2}m\upsilon^2 = h\nu_0 + \frac{1}{2}m\upsilon^2$$

దీనిని ఐన్‌స్టీన్ ఫోటో విద్యుత్ సమీకరణం అంటారు.

కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహం పై కాంతి తీవ్రత:

$i)$ **కాంతి తీవ్రత ప్రభావం :**

కాంతి తీవ్రత పెరిగిన, ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం కూడా పెరుగును.అనగా కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహము పతన కాంతి త్రీవతకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది ($i \propto I$).

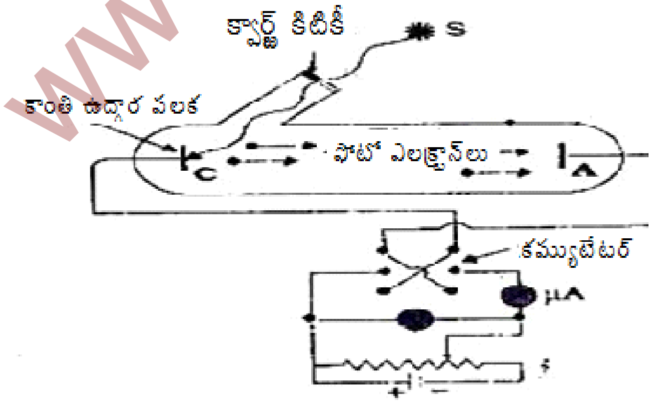
2)పొటెన్షియల్ ప్రభావం:

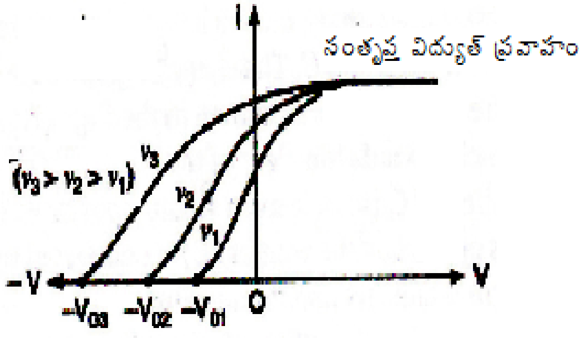
1) ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌లను సేకరించు ఎలక్ట్రోడ్ ధన పొటెన్షియల్ పెంచిన, ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహము పెరుగును. ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం గరిష్ఠం అగు నిర్ధిష్ట ధన పొటెన్షియల్‌ను సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహం అంటారు.

2) సేకరణి ఎలక్ట్రోడ్ యొక్క ఋణ పొటెన్షియల్ పెంచిన, ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం క్రమంగా తగ్గును.ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం శూన్యం అగు నిర్ధిష్ట ఋణ పొటెన్షియల్‌ను నిరోధక పొటెన్షియల్ అంటారు.

3) నిరోధక పొటెన్షియల్ పతనకాంతి తీవ్రత పై ఆధారపడదు. తీవ్రత పెంచిన నిరోధక పొటెన్షియల్ విలువ మారదు.

నిరోధక పొటెన్షియల్ పై పతనకాంతి వికిరణ పౌనఃపున్యం ప్రభావం :





ప్రయోగ అమరిక పటంలో చూపబడింది. తగినంత శక్తి $(E = h\nu)$ ఉన్న ఏకవర్ణ కాంతి, కాంతి ఉద్గార పలక C పై పతనమయిన, ఉద్గారమగు ఎలక్ట్రాన్‌లను సేకరణి పలక A సేకరిస్తుంది.కమ్యుటేటర్ (దిక్ పరివర్తకం) మరియు A ల ధ్రువణతను ఉత్క్రమం చేస్తుంది.

www.sakshieducation.com

ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌లను సేకరించు ఎలక్ట్రోడ్ ధన పొటెన్షియల్ పెంచిన, ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహము పెరుగును. ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం గరిష్ఠం అగు నిర్ధిష్ట ధన పొటెన్షియల్‌ను సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహం అంటారు.

నియమిత పౌనఃపున్యము గల వికిరణము,సేకరణి ఎలక్ట్రోడ్ యొక్క ఋణ పొటెన్షియల్ పెంచిన, ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం క్రమంగా తగ్గును.ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం శూన్యం అగు నిర్ధిష్ట ఋణ పొటెన్షియల్‌ను నిరోధక పొటెన్షియల్ అంటారు.

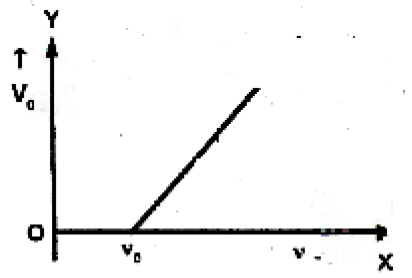
ఈ విధంగా వేరు వేరు పతన వికిరణ పౌనఃపున్యాలకు ఇచ్చిన లోహ తలానికి నిరోధక పొటెన్షియల్ విలువలను కనుగొనవచ్చును.

పొటెన్షియల్ (V) విలువలను $X-$ అక్షం పైన మరియు ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం (I) విలువలను $Y-$ అక్షం పైన తీసుకొని గీసిన గ్రాఫ్ పటంలో చూపబడినది. గ్రాఫ్ నుండి

1) వేర్వేరు వికిరణ పౌనఃపున్యాలకు, వేర్వేరు నిరోధక పొటెన్షియల్ విలువలు ఉండును

2) హెచ్చు పతన వికిరణ పౌనఃపున్యంనకు, నిరోధక పొటెన్షియల్ రుణ విలువ చాలా ఎక్కువగా ఉండును.

3) సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహం విలువ పతన వికిరణ తీవ్రత పై ఆధారపడును. సంతృప్త విద్యుత్ప్రవాహం విలువ పతన వికిరణ పౌనఃపున్యం పై ఆధారడదు.



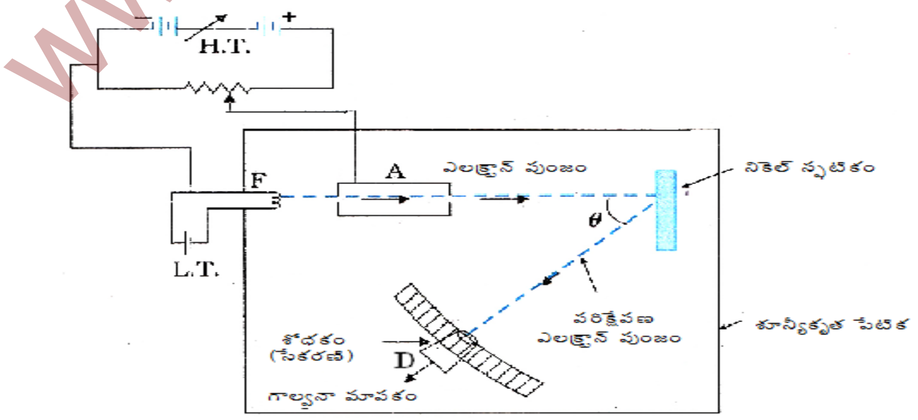
పతన వికిరణ పౌనఃపున్యం 'υ' ను $X-$ అక్షం పైన మరియు నిరోధక పొటెన్షియల్ (V_0) విలువలను $Y-$ అక్షం పైన తీసుకొని గీసిన గ్రాఫ్ పటంలో చూపబడినది.

$X-$ అక్షం పై అంతర ఖండం (υ_0) లోహ తలానికి ఆరంభ పౌనఃపున్యమును తెలియచేయును.వాలు $\frac{h}{e}$ విలువను సూచించును.

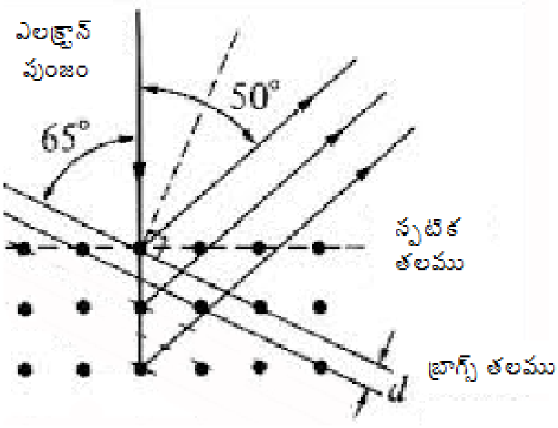
2. డేవిస్సన్, జెర్మర్‌ల ప్రయోగాన్ని వర్ణించండి. ఈ ప్రయోగం నిష్కర్షగా నిరూపించిందేమిటి

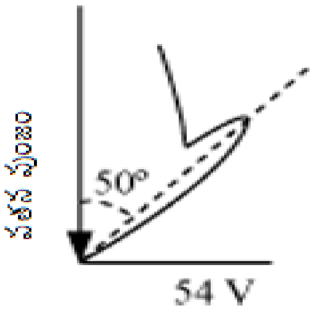
జ: **డేవిస్సన్ మరియు జెర్మర్ ప్రయోగము:**

ప్రయోగ అమరిక పటంలో చూపబడింది. సూస్థం A నుండి వెలువడు సూక్ష్మ సమాంతరీకృత ఎలక్ట్రాన్ పుంజం నికెల్ స్ఫటికం పై పతనమవుతుంది. స్ఫటిక పరమాణువులచే ఎలక్ట్రాన్ లు అన్ని దిశలలోనికి పరిక్షిప్తము చెందును. ఎలక్ట్రాన్ శోధకం (సేకరణి)తో ఎలక్ట్రాన్ పరిక్షేపణ తీవ్రతను కొలవవచ్చును. శోధకంను వృత్తాకార స్కేలు పై జరిపి సున్నితమైన గాల్వనామాపకంతో, విద్యుత్ ప్రవాహంను నమోదు చేయవచ్చును.పరికరము అంతా శూన్యీకృత పేటికలో ఆవృతమై ఉంటుంది. సేకరిణిలోనికి ప్రవేశించే ఎలక్ట్రాన్ పుంజం తీవ్రత గాల్వనా మాపకం అపవర్తనంకు అనులోమానుపాతంలో ఉండును.



www.sakshieducation.com





1) త్వరణ వోల్టేజి $44V$ నుండి $68V$ వరకు మార్చుతూ ప్రయోగం నిర్వహించబడింది. $54V$ కు 50^0 వద్ద తీవ్రత గరిష్ఠం అని కనుగొనబడింది.

2) $\theta = 50^0$ ల వద్ద ఎలక్ట్రాన్ పుంజము స్పర్శకోణం ϕ (ఎలక్ట్రాన్ పరిక్షేపణ పుంజము స్ఫటిక పరమాణువుల తలంతో చేయు కోణం) ను క్రింద విధంగా గణించవచ్చును.

$$\phi + \theta + \phi = 180^0$$

$$\phi + \frac{1}{2}[180^0 - 50^0] = 65^0$$

3) బ్రాగ్స్ నియమము ప్రకారము మొదటి కోటి $(n=1)$ గరిష్ఠంనకు $2d\sin\phi = 1\times\lambda$

$\Rightarrow \lambda = 2\times 0.91\times \sin 65^0 = 1.65A^0 = 0.165nm$ (షుమారుగా)

[∵ నికెల్ స్ఫటికంలో పరమాణు దూరం $d = 0.91A^0$]

4) డీ బ్రోగ్లీ భావన ప్రకారం, ఎలక్ట్రాన్‌లతో అనుబంధితమై ఉండే తరంగదైర్ఘ్యం

$$\lambda = \frac{12.27A^0}{\sqrt{V}} = \frac{12.27}{\sqrt{54}} = 1.67A^0 = 0.167nm$$ (సిద్ధాంతపరంగా)

5) డీ బ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యానికి గల సైద్ధాంతిక విలువ, ప్రయోగాత్మకంగా పొందిన విలువల మధ్య అత్యుత్తమైన పరస్పర అంగీకారం ఉంది.

www.sakshieducation.com

అభ్యాసాలు

1. $30kV$ ఎలక్ట్రాన్‌ల వల్ల ఉత్పత్తయ్యే $X-$కిరణాల
ఎ) గరిష్ఠ పౌనఃపున్యాన్ని బి) కనిష్ఠ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని కనుక్కోండి.

జ: $V = 30kV = 30\times10^3 V = 3\times10^4 V$

ఎ) $eV = h\nu$ లేక $\nu = \frac{eV}{h} = \frac{(1.6\times10^{-19})\times3\times10^4}{6.63\times10^{-34}} = 7.24\times10^{18} Hz$

బి) $eV = \frac{hc}{\lambda_{min}}$ లేక $\lambda_{min} = \frac{hc}{eV} \frac{(6.63\times10^{-34})\times(3\times10^8)}{(1.6\times10^{-19})\times(3\times10^4)} = 0.041\times10^{-9} m$

2. సీజియం లోహం వనిర్గమేయం $2.14eV$. ఈ లోహ ఉపరితలం పైన $6\times10^{14} Hz$ పౌనఃపున్యం గల కాంతి పతనం చెందినప్పుడు ఎలక్ట్రానుల ఫోటో ఉద్గారం సంభవిస్తుంది అయితే,
ఎ) ఉద్గారిత ఎలక్ట్రానుల గరిష్ఠ గతిజశక్తి ఎత? బి) నిరోధక పొటెన్షియల్ ఎంత?
సి) ఉద్గారిత ఫోటో ఎలక్ట్రానుల గరిష్ఠ వడి ఎంత?

జ: ఎ) గరిష్ఠ గతిజశక్తి $= h\nu - \phi_0 = \frac{6.63\times10^{-34}\times6\times10^{14}}{1.6\times10^{-19}} - 2.14 = 0.346eV$

$= 0.35eV$

బి) $eV_0 =$ గరిష్ఠ గతిజశక్తి $0.35eV$ లేక $V_0 = 0.35V$

సి) $\frac{1}{2}mV_{max}^2 = 0.346eV = 0.346\times1.6\times10^{-19} J$

లేక $\upsilon_{max} = \left[\frac{0.346\times1.6\times10^{-19}\times2}{9.1\times10^{-31}}\right]^{1/2} = 3.488\times10^5 m/s$

$= 3.488 Km/s = 349 Kms^{-1}$

3. ఒకానొక ప్రయోగంలో ఫోటోవిద్యుత్ కటాఫ్ వోల్టేజి $1.5V$. ఉద్గారిత ఎలక్ట్రానుల గరిష్ఠ గతిజశక్తి ఎంత?

జ: గరిష్ఠ గతిజశక్తి $eV_0 = e\times1.5V = 1.5eV$

4. ఒక హీలియం-నియాన్ లేజరు తరంగదైర్ఘ్యం $632.8nm$ గల ఏకవర్ణ కాంతిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. ఉద్గారమైన సామర్థ్యం $9.42mW$
ఎ) ఆ కాంతి పుంజంలోని ఒక్కొక్క ఫోటాను శక్తి, ద్రవ్యవేగాలను కనుక్కోండి
బి) ఈ పుంజం ఉద్యోతనం చేసే లక్ష్యం వద్దకు సెకనుకు సగటున ఎన్ని ఫోటానులు చేరుకొంటాయి? (ఈ పుంజానికి, లక్ష్యం వైశాల్యం కంటే తక్కువైన ఏకరీతి మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం ఉంటుందని అనుకోండి)
సి) ఇందులోని ఫోటానుకు ఉన్న ద్రవ్యవేగానికి సమాన ద్రవ్యవేగం ఉండాలంటే ఒక హైడ్రోజన్ పరమాణువు ఎంత వడితో ప్రయాణించవలసి ఉంటుంది?

జ: ఎ) $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.63\times10^{-34})\times(3\times10^8)}{632.8\times10^{-9}} = 3.14\times10^{-19} J$

$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63\times10^{-34}}{632.8\times10^{-9}} = 1.05\times10^{-27} kg\, ms^{-1}$

బి) $N = \frac{P}{E} = \frac{9.42\times10^{-3}}{3.14\times10^{-19}} = 3\times10^{16}$ ఫోటాన్‌లు/సెకను

సి) $V = \frac{P}{m} = \frac{1.05\times10^{-27}}{1.66\times10^{-27}} = 0.63ms^{-1}$

www.sakshieducation.com

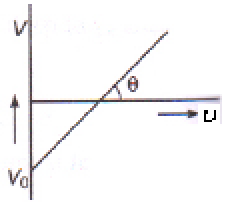
5. భూఉపరితలాన్ని చేరుకొనే సూర్యుని శక్తి అభివాహం $1.388\times10^{3} W/m^{2}$. అప్పుడు భూమి పైన ఒక సెకనుకు, ఒక చదరపు మీటరుకు (దాదాపు) ఎన్ని ఫోటాన్లు పతనమవుతాయి? సూర్యకాంతిని ఫోటాన్లకు $550 nm$ ల సగటు తరంగదైర్ఘ్యం ఉంటుందని అనుకోండి.

జ: $$P=\frac{P}{E}=\frac{P}{\left(\frac{hc}{\lambda}\right)}=\frac{P\lambda}{hc}=\frac{(1.388\times10^{3})\times(550\times10^{-9})}{(6.63\times10^{-34})\times(3\times10^{8})}$$

$=3.84\times10^{21}$ ఫోటాన్‌లు/మీ^{2}-సె.

6. ఫోటో విద్యుత్ ఫలితం పైన జరిపిన ఒక ప్రయోగంలో కటాఫ్ వోల్టేజి-పతన కాంతి పౌనఃపున్యాలకు చెందిన గ్రాఫు వాలు $4.12\times10^{-15} Vs$ ఉందని కనుక్కొన్నారు. ప్లాంక్ స్థిరాంకం విలువను గణించండి.

జ:



గ్రాఫ్‌వాలు $\frac{h}{e}=4.12\times10^{-15} Vs$

$h=4.12\times10^{-15}\times e=4.12\times10^{-15}\times1.6\times10^{-19}$

$\therefore h=6.592\times10^{-34} Js$

7. ఒక $100W$ సోడియం దీపం ఏకరీతిగా అన్ని దిశల్లోనూ శక్తిని వికిరణ చేస్తుంది. ఈ దీపం ఒక పెద్ద గోళ కేంద్రం వద్ద ఉండగా, తనపైన పతనం చెందే సోడియం కాంతిని అంతా ఈ గోళం శోషించుకొంటుంది. సోడియం కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం $589 nm$

ఎ) సోడియం కాంతితో అనుబంధితమై ఉండే ఒక్కో ఫోటాను శక్తి ఎంత?

బి) ఆ గోళానికి ఏ రేటుతో ఫోటాన్లు అందించబడతాయి?

జ: ఎ) $E=\frac{hc}{\lambda}=\frac{(6.63\times10^{-34})\times(3\times10^{8})}{589\times10^{-9}}=3.38\times10^{-19} J$

బి) $N=\frac{P}{E}=\frac{100}{3.38\times10^{-19}}=3.0\times10^{20}$ ఫోటాన్‌లు/సెకను

8. ఒకానొక లోహానికి ఆరంభ పౌనఃపున్యం $3.3\times10^{14} Hz$. ఆ లోహం పైన $8.2\times10^{14} Hz$ పౌనఃపున్యం గల కాంతి పతనం చెందిందనుకొంటే ఏర్పడే ఫోటో విద్యుత్ ఉద్గారానికి కటాఫ్ వోల్టేజిని ప్రాగుక్తం చేయండి.

జ: $eV_0=h(v-v_0)$ లేక $V_0=\frac{h(v-v_0)}{e}=\frac{6.62\times10^{-34}}{1.6\times10^{-19}}=8.2\times10-3.3\times10^{14}$

$=202.74V$

9. ఒక లోహానికి పనిప్రమేయం $4.2eV$ తరంగదైర్ఘ్యం $330nm$ గల పతన వికిరణానికి ఈ లోహం ఫోటో విద్యుత్ ఉద్గారాన్ని ఇస్తుందా?

జ: $\phi_0=4.2eV=4.2\times1.6\times10^{-19} J=6.72\times10^{-19} J$

$$E=\frac{hc}{\lambda}=\frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{330\times10^{-9}}=6.018\times10^{-19} J$$

ఫోటాన్ పతన శక్తి $E<\phi_0$. కావున ఎలక్ట్రిక్ కాంతి ఉద్గారము సంభవించదు.

www.sakshieducation.com

10. పౌనఃపున్యం $7.21\times10^{14}\,Hz$ గల కాంతి ఒక లోహ ఉపరితలం పైన పతనమైంది. ఆ తలం పై నుంచి $6.0\times10^{5}\,m/s$ ల గరిష్ఠ వడితో ఎలక్ట్రానులు బయటకు వెలువడ్డాయి. ఫోటో ఉద్గారానికి ఉండే ఆరంభ పౌనఃపున్యం ఎంత?

జ: $\frac{1}{2}mv^2 = hv - hv_0$ లేక $v_0 = v - \frac{mv^2_{గరిష్ఠ}}{2h} = 7.21\times10^{14} - \frac{(9.1\times10^{-31})\times(6\times10^{5})^2}{2\times(6.63\times10^{-34})}$

$= 4.74\times10^{14}\,Hz$

11. ఫోటో విద్యుత్ ఫలితంలో ఉపయోగించిన ఒక ఆర్గాన్ లేజరు ఉత్పత్తి చేసే కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం $488nm$. ఈ వర్ణపట రేఖ నుంచి కాంతి ఉద్గారకం పైన పతనమైనప్పుడు, ఫోటో ఎలక్ట్రానుల నిరోధక (కటాఫ్) పొటెన్షియల్ $0.38V$. అయితే ఆ ఉద్గారకపు పదార్థం పని ప్రమేయాన్ని కనుక్కోండి.

జ: $eV_0 = \frac{hc}{\lambda} - \phi_0$ లేక $\phi_0 = \frac{hc}{\lambda} - eV_e$

$= \frac{(6.63\times10^{-34})\times(3\times10^{8})}{(488\times10^{-9})\times(1.6\times10^{-19})} = 0.88 = 2.17eV$

12. పొటెన్షియల్ తేడా $56V$ ల ద్వారా త్వరితమయ్యే ఎలక్ట్రానుల
ఎ) ద్రవ్యవేగాన్ని
బి) డి బ్రాయ్ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని గణించండి.

జ: $eV = \frac{1}{2}mv^2$ లేక $mv = \sqrt{2eVm}$

ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యవేగం $mv = \sqrt{2\times(1.6\times10^{-19})\times56\times9\times10^{-31}} = 4.02\times10^{-24}\,Kgms^{-1}$

బి) $\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}}A^0 = 1.64A^0$

13. గతిజశక్తి $120eV$ తో ఉన్న ఒక ఎలక్ట్రాన్‌కు ఉండే
ఎ) ద్రవ్యవేగం బి) వడి సి) డి బ్రాయ్ తరంగదైర్ఘ్యం ఎంతెంత?

జ: $P = \sqrt{2mE} = \sqrt{2\times(9\times10^{-31})\times(120\times1.6\times10^{-19})} = 5.88\times10^{-24}\,kgms^{-1}$

$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2\times(120\times1.6\times10^{-19})}{9\times10^{-31}}} = 6.53\times10^{6}\,ms^{-1}$

$\lambda = \frac{h}{mv} - \frac{6.63\times10^{34}}{5.88\times10^{-24}} = 1.13\times10^{-10}\,m = 1.13A^0$

14. సోడియం వర్ణపట ఉద్గార రేఖ నుంచి వెలువడే కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం $589nm$. అయితే ఏ గతిజశక్తి వద్ద ఎ) ఒక ఎలక్ట్రాను, బి) ఒక న్యూట్రానులకు ఒకే డి బ్రాయ్ తరంగదైర్ఘ్యం ఉంటుందో. కనుక్కోండి.

జ: $\lambda = \frac{\lambda}{\sqrt{2Em}}$ లేక $E = \frac{h^2}{2\lambda^2 m}$

ఎ) ఎలక్ట్రాన్‌కు, $E = \frac{(6.63\times10^{-34})^2}{2\times(589\times10^{-9})^2\times9\times10^{-31}}$

$= 7.03\times10^{-25}\,J$

బి) న్యూట్రానుకు, $E = \frac{(6.63\times10^{-34})^2}{2\times(589\times10^{-9})^2\times1.66\times10^{-27}}$

$= 3.8\times10^{-28}\,J$

www.sakshieducation.com

15. ఎ) ద్రవ్యరాశి $0.040kg$ గల ఒక తూటా $1.0km/s$ వడితో ప్రయాణిస్తున్నప్పుడు,

బి) ద్రవ్యరాశి $0.060kg$ గల ఒక బంతి $1.0m/s$ వడితో చలిస్తున్నప్పుడు,

సి) ద్రవ్యరాశి $1.0\times10^{-9}kg$ ద్రవ్యరాశి గల ధూళి కణం $2.2m/s$ వడితో అవసరం చెందుతున్నప్పుడు వాటికి ఉండే డి బ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యం ఎంతెంత?

జ: ఎ) $\lambda=\frac{h}{mV}=\frac{6.63\times10^{-34}}{(0.040)\times(1.0\times10^{3})}=1.66\times10^{-35}=1.7\times10^{-35}m$

బి) $\lambda=\frac{6.63\times10^{-34}}{(0.060)\times1.0}=1.1\times10^{-32}m$

సి) $\lambda=\frac{6.63\times10^{-34}}{(1.0\times10^{-9})\times2.2}=3.0\times10^{-25}m$

16. ఒక ఎలక్ట్రాను, ఒక ఫోటాను ఒక్కొక్కదానికి ఉన్న తరంగదైర్ఘ్యం $1.00nm$ అయితే,
ఎ) వాటి ద్రవ్యవేగాలు, బి) ఫోటాను శక్తి, సి) ఎలక్ట్రాను గతిజశక్తులను కనుక్కోండి.

జ: ఎ) ఎలక్ట్రాన్ లేక ఫోటాన్ ద్రవ్యవేగము

ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యవేగం $P=\frac{h}{\lambda}=\frac{6.63\times10^{-34}}{10^{-9}}=6.63\times10^{-25}m$

ఫోటాను శక్తి $E=\frac{hc}{\lambda}=\frac{(6.63\times10^{-34})\times(3\times10^{8})}{10^{-9}\times(1.6\times10^{-19})}=1243eV$

ఎలక్ట్రాను గతిజ శక్తి $E_K=\frac{P^2}{2m}=\frac{(6.63\times10^{-25})^2}{2\times9\times10^{-31}\times(1.6\times10^{-19})}=1.52eV$

17. ఎ) ఒక న్యూట్రానుకు ఎంత గతిజశక్తి ఉంటే దాని అనుబంధిత డి బ్రాయ్ తరంగదైర్ఘ్యం $1.40\times10^{-10}m$ ఉంటుంది?
బి) $300K$ వద్ద సగటు గతిజశక్తి $(3/2)kT$ కలిగి ఉండి, ద్రవ్యంతోఉష్ణ సమతాస్థితిలో ఉన్న ఒక న్యూట్రాన్ డి బ్రాయ్ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని కూడా కనుక్కోండి.

జ: $h=6.63\times10^{-34}J-s$, $m_n=1.675\times10^{-27}kg$, $K=1.38\times10^{-23}JK^{-1}$

ఎ) $\lambda=\frac{h}{\sqrt{2mE}}$ లేక $E=\frac{h^2}{2\lambda^2m}=\frac{(6.63\times10^{-34})^2}{2\times(1.4\times10^{-10})^2\times(1.675\times10^{-27})}$

$=6.63\times10^{-34}J$

బి) $E=\frac{3}{2}KT=\frac{3}{2}\times(1.38\times10^{23})\times300=6.21\times10^{-21}J$

$\lambda=\frac{h}{\sqrt{2Em}}=\frac{6.63\times10^{-34}}{\sqrt{2\times6.2\times10^{-21}\times1.675\times10^{-27}}}$

$=1.45\times10^{-10}m$

18. విద్యుదయస్కాంత వికిరణం తరంగదైర్ఘ్యం దాని (ఫోటాను) కు ఉండే డి డీబ్రోగ్లి తరంగదైర్ఘ్యనికి సమానం అని చూపండి?

జ: ఫోటాన్ ద్రవ్యవేగం $p=\frac{h\upsilon}{c}=\frac{h}{\lambda}$

www.sakshieducation.com

ఫోటాన్ డీబ్రోగ్లి తరంగదైర్ఘ్యం $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$

విద్యుదయస్కాంత వికిరణం తరంగదైర్ఘ్యం డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యం

19. **$300K$ వద్ద గాలిలోని ఒక నైట్రోజన్ అణువుకు డి బ్రాయ్ తరంగదైర్ఘ్యం ఎంత? ఈ ఉష్ణోగ్రత వద్ద అణువులకు ఉండే వర్గమధ్యమ మూల (rms) వడితో ఈ అణువు చలిస్తున్నదని అనుకోండి. (నైట్రోజన్ పరమాణు ద్రవ్యరాశి $= 14.0076u$)**

జ: అణువు గతిజశక్తి $= \frac{1}{2}mc^2 = \frac{3}{2}KT$ లేక $c = \sqrt{\frac{3KT}{m}}$

$$m = 2 \times 14.0076u = 28.152u$$

$$\lambda = \frac{h}{mc} = \frac{h}{\sqrt{3mKT}} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{3 \times (28.0152 \times 1.65 \times 10^{27}) \times (1.38 \times 10^{23}) \times 300}$$

$$= 0.275 \times 10^{-10} m$$

www.sakshieducation.com