அலகு
8

கதிர்வீச்சு மற்றும் பருப்பொருளின் இருமைப்பண்பு
(DUAL NATURE OF RADIATION AND MATTER)

"குவாண்டம் இயந்திரவியல் உங்களுக்கு ஆழ்ந்த அதிர்ச்சியை தரவில்லையெனில், அதனை நீங்கள் முழுமையாக இன்னும் புரிந்து கொள்ளவில்லை".

– நீல்ஸ் போர்

கற்றலின் நோக்கங்கள்

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- எலக்ட்ரான் உமிழ்வும் அதன் வகைகளும்
- ஹெர்ட்ஸ், ஹால்வாக்ஸ் மற்றும் லெனார்டு ஆகியோரின் சோதனைகள்
- ஒளிமின் விளைவு மற்றும் அதன் விதிகள்
- ஆற்றல் குவாண்டமாக்கல் பற்றிய கருத்து
- ஒளி மின்கலமும் அதன் பயன்பாடுகளும்
- கதிர்வீச்சின் துகள் இயல்பு
- பருப்பொருளின் அலை இயல்பு
- டி ப்ராய் சமன்பாடு மற்றும் எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளம்
- டேவிசன் மற்றும் ஜெர்மர் பரிசோதனை
- எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் அமைப்பு மற்றும் வேலை செய்யும் விதம்
- X–கதிர்கள் மற்றும் அதன் உற்பத்தி
- X–கதிர்நிறமாலை மற்றும் அதன் வகைகள்

8.1 அறிமுகம்

துகள் மற்றும் அலை பற்றிய கருத்துகளை நமது அன்றாட அனுபவத்தில் நாம் நன்கு அறிந்திருக்கின்றோம். கோலிக்குண்டுகள், மண்துகள்கள், அணுக்கள், எலக்ட்ரான்கள் போன்றவை துகள்களுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும். அதேபோல கடல் அலைகள், குளங்களில் ஏற்படும் சிற்றலைகள், ஒலி அலைகள் மற்றும் ஒளி அலைகள் ஆகியவை அலைகளுக்கு எடுத்துக்காட்டுகளாக அமைகின்றன.

துகள் என்பது மிகச்சிறிய அளவிலான குவிக்கப்பட்ட பருப்பொருள் என கருதப்படுகிறது (குறிப்பிட்ட இடம் மற்றும் கால எல்லைகள்). ஆனால் அலை என்பது அகன்ற பரவலான ஆற்றலாகும் (குறிப்பிட்ட இடம் மற்றும் கால எல்லைகள் இல்லாதது). மேலும் இவை இரண்டும் (துகள் மற்றும் அலை) ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்தை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு எடுத்துச் செல்லும் திறன் பெற்றவை.

பெரிய பொருள்களின் (macroscopic objects) இயக்கத்தை விளக்கும் பண்டைய இயற்பியலானது (Classical physics), துகள் மற்றும் அலைகள் ஆகியவற்றை இயல் உலகின் வெவ்வேறு கூறுகளாகக் கருதுகிறது. தனித்தனியாக சோதனைகள் மற்றும் தத்துவங்களை தம்முள் கொண்டுள்ள பொருள்களின் இயந்திரவியலும், அலைகளின் ஒளியியலும் காலந்தொட்டு தனித்தனியான பாடப்பிரிவுகளாக கருதப்பட்டுவந்தன.

தகுந்த சூழ்நிலைகளில் குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு மற்றும் தள விளைவு ஆகிய நிகழ்வுகளில் அலைப்பண்புகளை வெளிப்படுத்துவதால் மின்காந்த கதிர்கள் ஆனது அலைகளாகக் கருதப்படுகின்றன. அதே போல கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு, ஒளிமின் விளைவு ஆகிய வேறு சில சூழ்நிலைகளில் மின்காந்த கதிர்கள் ஆனது துகள்களாகக் கருதப்படுகின்றன.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 108 04-03-2022 13:08:44

எலக்ட்ரான்கள், புரோட்டான்கள் மற்றும் ஏனைய துகள்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபோது, அவை துகள்களாக மட்டும் கருதப்பட்டன. ஏனெனில் அவை நிறை மற்றும் மின்னூட்டத்தைக் கொண்டு இருந்தன. ஆனால் சில குறிப்பிட்ட சூழ்நிலைகளில், இந்தத் துகள்கள் அலை இயல்பினையும் வெளிப்படுத்துகின்றன என்பதை பிற்காலத்தில் செய்யப்பட்ட பரிசோதனைகள் எடுத்துக்காட்டின.

இந்த அலகில் நாம் முதலில் அலைகளின் (கதிர்வீச்சுகளின்) துகள் இயல்பையும், துகள்களின் (பருப்பொருள்களின்) அலை இயல்பையும் காணலாம். அதாவது கதிர்வீச்சு மற்றும் பருப்பொருள் ஆகியவற்றின் அலை – துகள் என்கிற இருமைப் பண்பினை தகுந்த பரிசோதனைகள் மூலம் கற்க உள்ளோம்.

8.1.1 எலக்ட்ரான் உமிழ்வு (Electron emission)

உலோகங்களின் வெளிக்கூட்டில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் அணுக்கருக்களுடன் தளர்வாக பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. அறை வெப்பநிலைகளில் கூட, அதிக அளவிலான கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் உலோகத்தின் உள்ளே வெவ்வேறு திசைகளில் இயங்கிக் கொண்டுள்ளன. உலோகத்தினுள் இந்த எலக்ட்ரான்கள் கட்டுப்பாடின்றி இயங்கினாலும் உலோகத்தின்பரப்பைவிட்டுவெளிவரமுடிவதில்லை. இதற்கு காரணம்; எலக்ட்ரான்கள் உலோகத்தின் மேற்பரப்பை அடைந்தவுடன், உலோகத்தில் உள்ள நேர்மின்னூட்டம் கொண்ட அணுக்கருக்களினால் கவரப்படுகின்றன. அறை வெப்பநிலை சூழ்நிலைகளில், இந்த கவர்ச்சி விசையானது கட்டுறா எலக்ட்ரான்களை உலோகத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து வெளியேற அனுமதிப்பதில்லை.

உலோகத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து வெளியேற வேண்டுமெனில், அணுக்கருக்களினால் உண்டாகும் மின்னழுத்த அரணை (potential barrier) கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் கடக்கவேண்டும். **உலோகத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து கட்டுறா எலக்ட்ரான்களை வெளியேறவிடாமல் தடுக்கும் மின்னழுத்த அரண், பரப்பு அரண் (surface barrier) என அழைக்கப்படுகிறது.**

கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் சிறிதளவு இயக்க ஆற்றலைக் கொண்டுள்ளன. மேலும் இந்த இயக்க ஆற்றல் வெவ்வேறு எலக்ட்ரான்களுக்கு வெவ்வேறாக அமையும். எலக்ட்ரான்களின் இந்த இயக்க ஆற்றல் பரப்பு அரணைக் கடப்பதற்குப் போதுமானதாக இருக்காது. ஆனால் கட்டுறா எலக்ட்ரான்களுக்கு கூடுதல் ஆற்றல் அளிக்கப்படும் போது, பரப்பு அரணைக் கடப்பதற்கு போதுமான ஆற்றலைப் பெற்று உலோகத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து வெளியேறுகின்றன. **பொருளின் எந்தவொரு பரப்பிலிருந்தும் எலக்ட்ரான் வெளியேற்றப்படும் நிகழ்வு எலக்ட்ரான் உமிழ்வு எனப்படும்.**

உலோகத்தின் பரப்பிலிருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவைப்படும் சிறும ஆற்றல் உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் (work function) எனப்படும். இது ϕ_0 என குறிக்கப்படுகிறது. வெளியேற்று ஆற்றலின் அலகு எலக்ட்ரான் வோல்ட் (eV) ஆகும்.

குறிப்பு

ஆற்றலின் SI அலகு ஜூல் ஆகும். ஆனால் அணு மற்றும் அணுக்கரு இயற்பியலில் ஆற்றல் ஆனது எலக்ட்ரான் வோல்ட் எனும் அலகினால் குறிக்கப்படுகிறது.

ஒரு எலக்ட்ரான் வோல்ட் என்பது 1 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப் படும் போது எலக்ட்ரான் பெறும் இயக்க ஆற்றலின் அளவாகும்.

1 eV = எலக்ட்ரான் பெறும் இயக்க ஆற்றல்

= மின்புலத்தினால் எலக்ட்ரான் மீது செய்யப்படும் வேலை

$= qV$

$= 1.602 \times 10^{-19}\ \text{C} \times 1\ \text{V}$

$= 1.602 \times 10^{-19}\ \text{J}$

உலோகத்தின் உள்ளே கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றல் 0.5 eV எனவும், உலோகத்தின் பரப்பு அரணைக் கடப்பதற்குத் தேவைப்படும் ஆற்றல் 3 eV எனவும் கொள்வோம். எனவே உலோகத்தின் பரப்பிலிருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவைப்படும் சிறும ஆற்றல் $3 - 0.5 = 2.5$ eV ஆகும். இங்கே 2.5 eV என்பது உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் எனப்படும்.

வெளியேற்று ஆற்றலானது வெவ்வேறு உலோகங்களுக்கு வெவ்வேறாக அமையும். வெளியேற்று ஆற்றலானது உலோகங்கள் மற்றும் அதன் பரப்புகளின் தன்மையைப் பொருத்து அமையும் தனிப்பட்ட பண்பாகும். அட்டவணை 8.1 ஆனது வெவ்வேறு உலோகங்களின் தோராயமான வெளியேற்று ஆற்றல் மதிப்புகளைத் தருகிறது. வெளியேற்று ஆற்றல் குறைவாக உள்ள உலோகங்கள் எலக்ட்ரான் உமிழ்வில் சிறந்து விளங்குகின்றன. ஏனெனில் இந்த உலோகங்களில் இருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவைப்படும் கூடுதல் ஆற்றல் குறைவானதாக அமையும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 109 04-03-2022 13:08:44

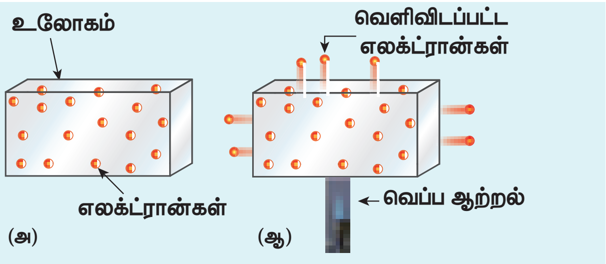
அட்டவணை 8.1 சில பொருள்களின் வெளியேற்று ஆற்றல்

உலோகம்	குறியீடு	வெளியேற்று ஆற்றல் (eV)	உலோகம்	குறியீடு	வெளியேற்று ஆற்றல் (eV)
சீசியம்	Cs	2.14	அலுமினியம்	Al	4.28
பொட்டாசியம்	K	2.30	பாதரசம்	Hg	4.49
சோடியம்	Na	2.75	தாமிரம்	Cu	4.65
கால்சியம்	Ca	3.20	வெள்ளி	Ag	4.70
மாலிப்டினம்	Mo	4.17	நிக்கல்	Ni	5.15
காரீயம்	Pb	4.25	பிளாட்டினம்	Pt	5.65

எனவே எலக்ட்ரான் உமிழ்விற்கு தேர்ந்தெடுக்கப்படும் உலோகம் குறைந்த வெளியேற்று ஆற்றலைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். எலக்ட்ரான்களை வெளியேற்றுவதற்கு பயன்படுத்தப்படும் ஆற்றல் வடிவினைப் பொருத்து, எலக்ட்ரான் உமிழ்வு நான்கு முக்கிய வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அவை கீழே விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

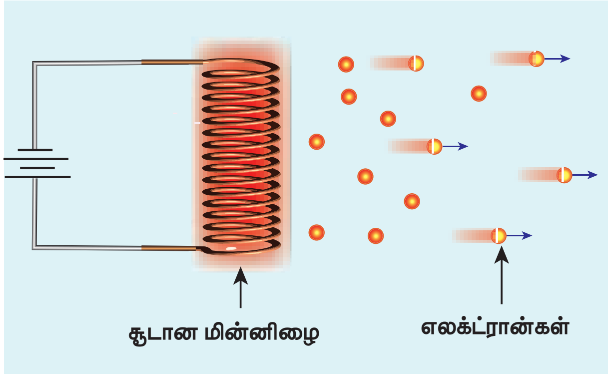
i) வெப்ப அயனி உமிழ்வு (Thermionic emission)

ஒரு உலோகத்தை உயர் வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றும் போது, உலோகத்தின் பரப்பில் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் வெப்ப ஆற்றல் வடிவில் போதுமான ஆற்றலைப் பெற்று பரப்பிலிருந்து வெளியேறுகின்றன (படம் 8.1). இவ்வகை உமிழ்வு **வெப்ப அயனி உமிழ்வு** எனப்படும்.



படம் 8.1 (அ) உலோகம் (ஆ) சூடேற்றப்பட்ட உலோகம் ஆகியவற்றில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள்

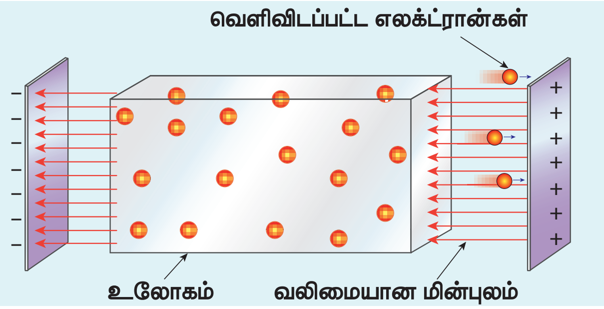
வெப்ப அயனி உமிழ்வின் செறிவு (உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை) ஆனது பயன்படுத்தப்படும் உலோகம் மற்றும் அதன் வெப்பநிலையைப் பொருத்தது. **எடுத்துக்காட்டுகள்:** கேத்தோடு கதிர் குழாய்கள், எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள், x–கதிர் குழாய்கள் போன்றவை (படம் 8.2).



படம் 8.2 கேத்தோடு கதிர் குழாய் அல்லது x–கதிர் குழாயில் உள்ள வெப்ப மின்னிழையில் வெப்ப அயனி உமிழ்வு

ii) புல உமிழ்வு (Field emission)

மிக வலிமையான மின்புலத்தை உலோகத்தின் குறுக்கே அளிக்கும் போது மின்புல உமிழ்வு ஏற்படுகிறது. இந்த வலிமையான மின்புலம் கட்டுறா எலக்ட்ரான்களை கவர்ந்திழுத்து, அவை பரப்பு மின்னழுத்த அரணைக் கடந்து வெளியேற உதவுகின்றது (படம் 8.3). **எடுத்துக்காட்டுகள்:** புல உமிழ்வு வரிக்கண்ணோட்ட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள், புல உமிழ்வு காட்சிக் கருவி போன்றவை.

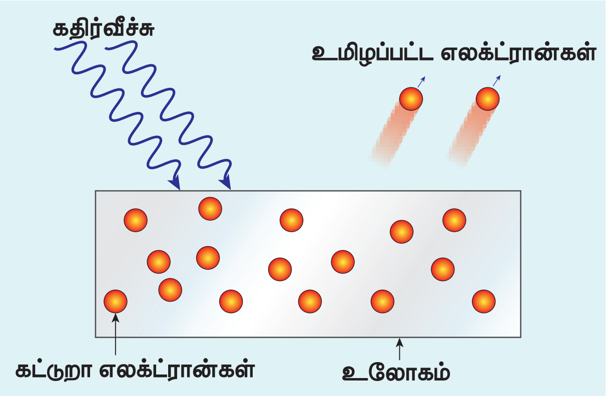


படம் 8.3 புல உமிழ்வு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 110 04-03-2022 13:08:45

iii) ஒளிமின் உமிழ்வு (Photoelectric emission)

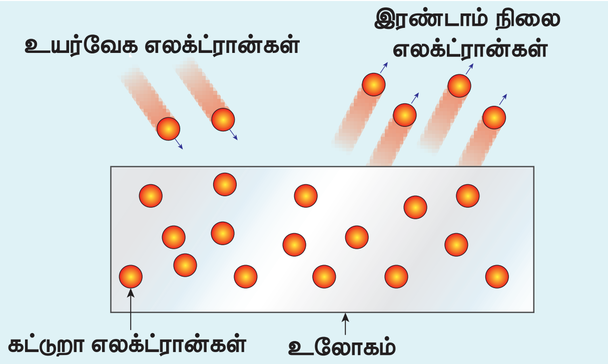
குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் கொண்ட மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு உலோகப் பரப்பின் மீது படும்போது, ஆற்றலானது கதிர்வீச்சில் இருந்து கட்டுறா எலக்ட்ரான்களுக்கு மாற்றப்படுகிறது. எனவே கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் பரப்பு அரணைக் கடந்து வெளியேறுவதற்குப் போதுமான ஆற்றலைப் பெறுவதால் ஒளி மின் உமிழ்வு நடைபெறுகிறது (படம் 8.4). உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையானது படுகதிர்வீச்சின் செறிவினைப் பொருத்து அமையும். **எடுத்துக்காட்டுகள்:** ஒளி டையோடுகள், ஒளி மின்கலங்கள் முதலியன.



படம் 8.4 ஒளிமின் உமிழ்வு

iv) இரண்டாம் நிலை உமிழ்வு (Secondary emission)

மிக வேகமாகச் செல்லும் எலக்ட்ரான் கற்றை உலோகத்தின் பரப்பின் மீது மோதும்போது, அதன் இயக்க ஆற்றல் உலோகப் பரப்பிலுள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்களுக்கு மாற்றப்படுகிறது. இதனால் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் போதிய அளவு இயக்க ஆற்றலைப் பெறுவதால் இரண்டாம் நிலை எலக்ட்ரான் உமிழ்வு ஏற்படுகிறது (படம் 8.5). **எடுத்துக்காட்டுகள்:** பிம்பச் செறிவாக்கிகள், ஒளி பெருக்கிக் குழாய்கள் முதலியன.



படம் 8.5 எலக்ட்ரான்களின் இரண்டாம் நிலை உமிழ்வு

8.2 ஒளிமின் விளைவு (Photoelectric effect)

8.2.1 ஹெர்ட்ஸ், ஹால்வாக்ஸ் மற்றும் லெனார்ட் ஆகியோரது சோதனைகள்

ஹெர்ட்ஸின் சோதனை

மாக்ஸ்வெல்லின் மின்காந்தக் கொள்கையானது மின்காந்த அலைகளின் இருப்பைக் கணித்தது. மேலும் ஒளியானது மின்காந்த அலைகளே எனவும் அக்கொள்கை முடிவு செய்தது. பின்னர் பல சோதனைகளின் வாயிலாக மின்காந்த அலைகளை உருவாக்கவும், கண்டறியவும் அறிவியல் அறிஞர்கள் முயற்சி செய்தனர்.

1887இல் ஹென்றிச் ஹெர்ட்ஸ் என்பவர் முதன்முதலில் மின்காந்த அலைகளை வெற்றிகரமாக உருவாக்கியும், கண்டறியவும் செய்தார். அவர் உயர் மின்னழுத்த தூண்டு சுருள்களின் முனைகளில் இரு உலோக கோளங்களை இணைத்து, அவற்றின் இடையே மின்னிறக்கத் தீப்பொறியை ஏற்படுத்தினார் (இதைப் பற்றி பன்னிரெண்டாம் வகுப்பு இயற்பியலின் அலகு 5 இல் படித்துள்ளோம்). தீப்பொறி ஏற்பட்டவுடன், மின் துகள்கள் முன்னும் பின்னும் தீவிரமாக அலைவுறுவதால் மின்காந்த அலைகள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன.

இவ்வாறு உருவாக்கப்பட்ட மின்காந்த அலைகளைக் கண்டறிவதற்கு வட்ட வடிவில் வளைக்கப்பட்ட தாமிரக்கம்பி பயன்பட்டது. வெற்றிகரமாக அலைகள் கண்டறியப்பட்டாலும், சிறு தீப்பொறிகளைக் காண்பது கடினமாக இருந்தது.

தீப்பொறிகளை எளிதில் காண்பதற்கு ஹெர்ட்ஸ் பல்வேறு முயற்சிகளைச் செய்தார். இறுதியில் புறஊதாக் கதிர்களை தீப்பொறி மீது விழச்செய்யும் போது அவை மேலும் தீவிரமடைவதைக் கண்டறிந்தார்.

தீப்பொறியின் இந்த செயல்பாட்டிற்கான காரணம் அந்தத் தருணத்தில் தெரியவில்லை. ஒளிமின் உமிழ்வே இச்செயலுக்கு காரணம் என பின்னர் கண்டறியப்பட்டது. புறஊதாக் கதிர்கள் உலோகக் கோளத்தின் மீது படும்போது அதன் மேற்பரப்பிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதால்தான் தீப்பொறியின் தன்மை தீவிரமடைகிறது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 111 04-03-2022 13:08:46

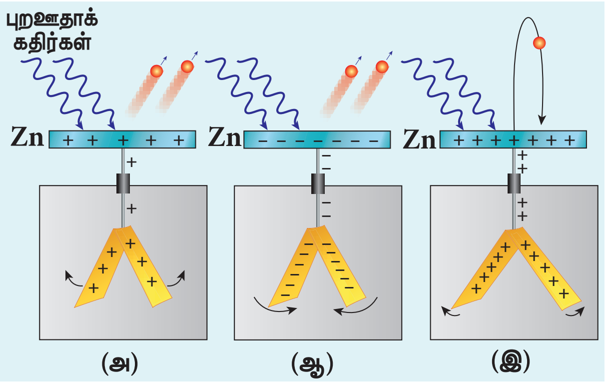
உங்களுக்குத் தெரியுமா?

சுவாரசியமான ஒரு விஷயத்தை இங்கு கவனிக்க வேண்டும். ஒளியானது மின்காந்த அலைகள் என்பதை உறுதி செய்தது ஹெர்ட்ஸின் சோதனை. ஆனால் அதே சோதனைதான் ஒளியானது துகள் இயல்பும் கொண்டுள்ளது என்பதற்கான முதல் ஆதாரத்தையும் கொடுத்துள்ளது.

ஹால்வாக்ஸ் சோதனை

வில்ஹெம் ஹால்வாக்ஸ் எனும் ஜெர்மானிய இயற்பியலாளர் 1888இல், தீப்பொறியின் மேற்கண்ட வித்தியாசமான இயல்பானது புறஊதாக் கதிரினால் ஏற்படுகிறது என்பதை எளிய சோதனை மூலம் நிரூபித்தார்.

மின்காப்புத் தூணின் மீது வைக்கப்பட்ட தூய்மையான வட்ட வடிவ துத்தநாகத் தட்டு ஒன்று தங்க இலை மின்னூட்டங்காட்டியுடன் ஒரு கம்பி மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. வில் விளக்கிலிருந்து வரும் புறஊதாக் கதிர்களை மின்னூட்டமற்ற துத்தநாகத் தட்டின் மீது படுமாறு செய்தால், தட்டானது நேர்மின்னூட்டத்தைப் பெறுகிறது. ஆகவே படம் 8.6 (அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு இலைகள் ஒன்றுக்கொன்று விலகல் அடைகின்றன.

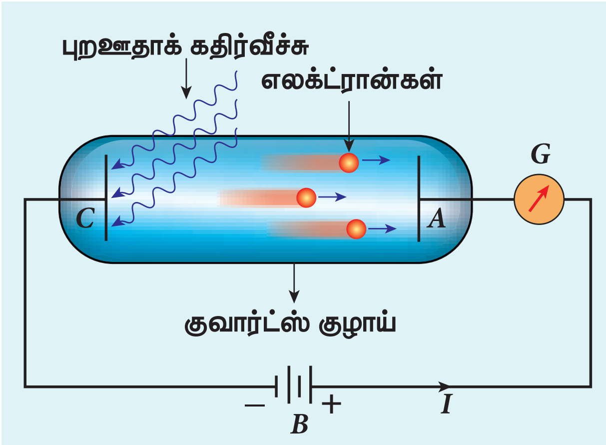


படம் 8.6 (அ) மின்னூட்டமற்ற துத்தநாகத் தட்டு (ஆ) எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற துத்தநாகத் தட்டு (இ) நேர் மின்னூட்டம் பெற்ற துத்தநாகத் தட்டு ஆகியவை மீது புறஊதாக் கதிர்கள் படுதல்

மேலும் எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற துத்தநாகத் தட்டின் மீது புற ஊதாக் கதிர்களைப் படுமாறு செய்தால், மின் துகள்கள் வேகமாக கசிவதால் இலைகள் அருகில் வருகின்றன (படம் 8.6 (ஆ)). நேர் மின்னூட்டம் பெற்ற துத்தநாகத் தட்டின் புறஊதாக் கதிர்கள் படும்போது, அது மேலும் நேர்மின்னூட்டம் கொண்டதாக மாறுகிறது. அதனால் இலைகள் மேலும் திறந்து கொள்கின்றன (படம் 8.6 (இ)). மேற்கண்ட சோதனைகளிலிருந்து, புறஊதாக் கதிர்களின் செயல்பாட்டினால் துத்தநாகத் தட்டிலிருந்து எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன என்று முடிவாகிறது.

லெனார்டு சோதனை

1902–ஆம் ஆண்டில், லெனார்டு என்பவர் எலக்ட்ரான் உமிழ்வு நிகழ்வினை விரிவாகச் சோதனை செய்தார். அவரது எளிய சோதனை அமைப்பு படம் 8.7 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த சோதனைக் கருவியில் A மற்றும் C என்ற இரு உலோக தட்டுகள் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட குவார்ட்ஸ் குழாயினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. கால்வனாமீட்டர் G மற்றும் மின்கலத் தொகுப்பு B ஆகியவை மின்சுற்றில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 8.7 லெனார்டு சோதனை அமைப்பு

C எனும் எதிர்மின் தட்டின் மீது புறஊதாக் கதிர்கள் படும்போது, மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்வதை கால்வனாமீட்டரின் விலக்கம் மூலம் அறியலாம். ஆனால், புறஊதாக் கதிர்கள் நேர்மின் தட்டின் மீது படும் போது, சுற்றில் எவ்வித மின்னோட்டமும் ஏற்படுவதில்லை.

மேற்கண்ட சோதனைகளிலிருந்து, எதிர்மின் தட்டின் மீது புறஊதாக் கதிர்கள் விழும்போது எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. அவை நேர்மின் தட்டு A வினால் கவரப்படுகின்றன என்று முடிவாகிறது. வெற்றிடக் குழாயின் வழியே எலக்ட்ரான்கள் நேர்மின் தட்டை அடைந்தவுடன் மின்சுற்று மூடப்பட்டு, மின்னோட்டம் பாய்கிறது. எனவே எதிர்மின் தட்டின் மீது படும் புறஊதாக் கதிர்கள், தட்டின் மேற்பரப்பில் இருந்து எலக்ட்ரான் உமிழ்வு நடைபெறுவதற்கு காரணமாக அமைகின்றன.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 112 04-03-2022 13:08:47

ஒளிமின் விளைவு

உலோகத்தட்டு ஒன்றின் மீது ஒளி அல்லது தகுந்த அலைநீளம் (அல்லது அதிர்வெண்) கொண்ட மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு படும்போது, அதிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. இதுவே ஒளிமின் விளைவு எனப்படும். உமிழப்படும் இந்த எலக்ட்ரான்களுக்கும் பிற எலக்ட்ரான்களுக்கும் வேறுபாடு இல்லையெனினும், இந்த எலக்ட்ரான்களைப் பொதுவாக **ஒளிஎலக்ட்ரான்கள்** எனவும், இவற்றால் உருவாகும் மின்னோட்டத்தை **ஒளிமின்னோட்டம்** எனவும் அழைக்கலாம்.

காட்மியம், துத்தநாகம், மெக்னீசியம் போன்ற உலோகங்கள் புறஊதாக் கதிர்களினால் ஒளிமின் உமிழ்வைத் தருகின்றன. ஆனால் கார உலோகங்களான லித்தியம், சோடியம், சீசியம் போன்றவை நீண்ட அலைநீளம் கொண்ட அலைகளான கண்ணுறு ஒளியினால் கூட ஒளிமின் உமிழ்வைத் தருகின்றன. **தகுந்த அலைநீளம் கொண்ட மின்காந்த அலைகள் படுவதால் ஒளி எலக்ட்ரான்களை உமிழும் பொருள்களை ஒளிஉணர் பொருள்கள் (photosensitive materials) எனலாம்.**

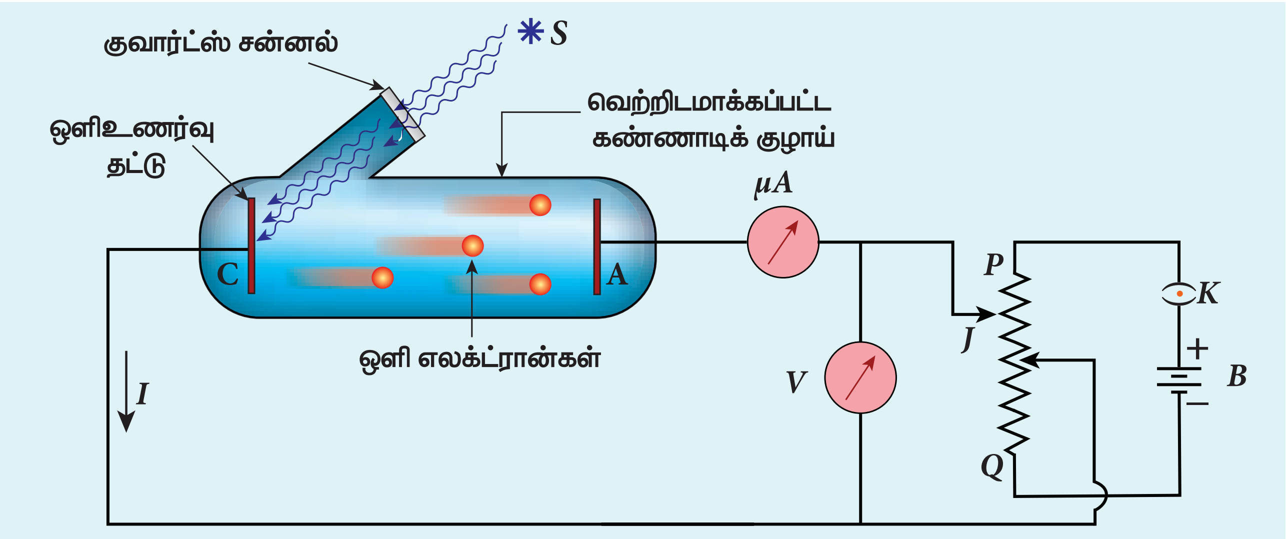
8.2.2 ஒளிமின்னோட்டத்தின் மீதான படுகதிர் செறிவின் விளைவு

சோதனை அமைப்பு

ஒளிமின் விளைவு நிகழ்வினை விரிவாக ஆராய்வதற்கு படம் 8.8 இல் காட்டியுள்ள சோதனைக் கருவி பயன்படுத்தப் படுகிறது. S என்பது ஒளி மூலம் ஆகும். இதில் இருந்து ν என்கிற தெரிந்த மற்றும் மாற்றக்கூடிய அதிர்வெண்ணும், I செறிவும் கொண்ட மின்காந்த அலைகள் வெளிவிடப்படுகின்றன. ஒளிஉணர் பொருளினால் செய்யப்பட்ட கேத்தோடு C (எதிர்மின் தகடு) எலக்ட்ரான்களை உமிழ்வதற்குப் பயன்படுகிறது. கேத்தோடில் இருந்து வெளிவரும் எலக்ட்ரானை ஆனோடு A (நேர் மின் தகடு) ஏற்கிறது. புறஊதா மற்றும் கண்ணுறு ஒளிக்கதிர்களை அனுமதிக்கும் குவார்ட்ஸ் ஜன்னல் கொண்ட வெற்றிட கண்ணாடிக் குழாயில் இந்த மின்வாய்கள் பொருத்தப் பட்டுள்ளன.

மின்னழுத்தப் பகுப்பான் PQ க்கு குறுக்கே சாவி K வழியாக உயர் மின்னழுத்த மின்கலத் தொகுப்பு B இணைக்கப்படுகிறது. இதன் மூலம் C மற்றும் A இடையே தேவையான மின்னழுத்த வேறுபாடு வழங்கப்படுகிறது. மின்னழுத்தப் பகுப்பானின் நடுமுனையில் C யும், நகரும் முனையில் A யும் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. C ஐப் பொருத்து, A ஐ தேவையான நேர் அல்லது எதிர் மின்னழுத்தத்தில் வைக்கமுடியும். இந்த நேர் அல்லது எதிர் மின்னழுத்தத்தை அளப்பதற்கு ஏதுவாக மையத்தில் சுழி அளவீடு உள்ள வோல்ட்மீட்டரானது அவற்றின் குறுக்கே இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ள மைக்ரோ அம்மீட்டர் மூலம் சுற்றிலுள்ள மின்னோட்டத்தை அளவிடலாம்.

கேத்தோடு C மீது எந்த ஒளியும் விழாதபோது, ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதில்லை. மைக்ரோ அம்மீட்டர் சுழி அளவீட்டைக் காட்டும். புறஊதா அல்லது கண்ணுறு ஒளியானது C மீது விழும்போது, ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்பட்டு



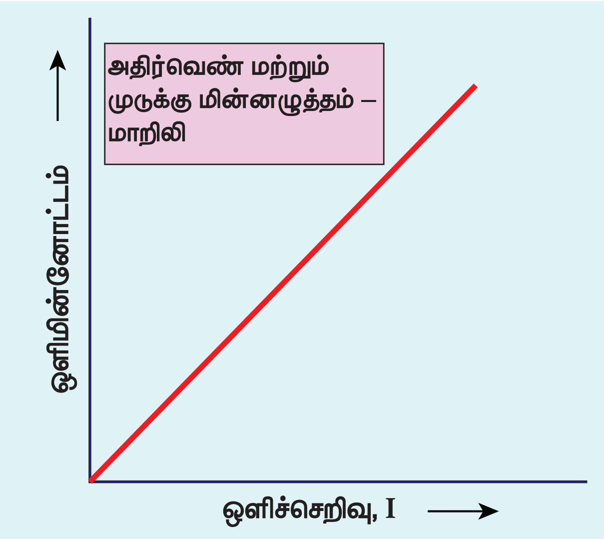
படம் 8.8 ஒளிமின் விளைவினை ஆராய்வதற்கான சோதனை அமைப்பு

ஆனோடால் ஏற்கப்படுகின்றன. இதன் விளைவாக, மின்சுற்றில் ஏற்படும் ஒளிமின்னோட்டமானது மைக்ரோ அம்மீட்டரால் அளவிடப்படுகிறது.

i) படுகதிரின் செறிவு ii) மின்வாய்களுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு iii) உலோகத்தின் தன்மை iv) படுகதிரின் அதிர்வெண் ஆகியவற்றைப் பொருத்து ஒளிமின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுபாட்டைக் கண்டறிய இந்த ஏற்பாடு பயன்படுகின்றது.

ஒளிமின்னோட்டத்தின் மீதான படுகதிர் செறிவின் விளைவு

ஒளிமின்னோட்டத்தின் மீதான படுகதிர் ஒளிச்செறிவின் விளைவினை ஆராய்வதற்கு, படுகதிரின் அதிர்வெண் மற்றும் எலக்ட்ரானை ஏற்கும் ஆனோடின் முடுக்கு மின்னழுத்தம் ஆகியவை மாறிலியாக வைக்கப்படுகின்றன. C ஐப் பொருத்து A ஆனது நேர் மின்னழுத்தத்தில் உள்ளதால், C யிலிருந்து வெளிப்படும் எலக்ட்ரான்கள் A ஐ அடைந்து, சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இப்போது படுகதிர் ஒளிச்செறிவினை மாற்றி அமைத்து, அதற்குரிய ஒளிமின்னோட்டம் அளவிடப்படுகிறது.



படம் 8.9 படுகதிர் செறிவைப் பொருத்து ஒளிமின்னோட்டத்தின் மாறுபாடு

படுகதிர் ஒளிச்செறிவானது x–அச்சிலும், ஒளிமின்னோட்டமானது y–அச்சிலும் வைத்து வரைபடம் வரையப்படுகிறது. படம் 8.9 இல் காட்டப்பட்ட வரைபடத்திலிருந்து **ஒளிமின்னோட்டமானது – அதாவது ஒரு வினாடியில் உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை – படுகதிரின் செறிவிற்கு நேர்த்தகவில் அமைவது புலனாகிறது.**

குறிப்பு இங்கு, ஒளிச்செறிவு என்பது அதன் பொலிவுத்தன்மையைக் குறிக்கும். மங்கலான ஒளியை விட பொலிவான ஒளியானது அதிக செறிவினைக் கொண்டிருக்கும்.

8.2.3 ஒளிமின்னோட்டத்தின் மீதான மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் விளைவு

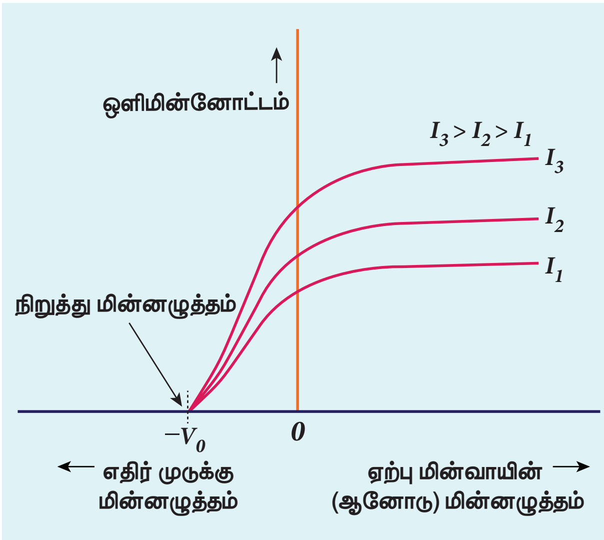
ஒளிமின்னோட்டத்தின் மீது மின்வாய்களுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் விளைவினை அறிவதற்கு, படுகதிரின் அதிர்வெண் மற்றும் செறிவு ஆகியவை மாறிலிகளாக வைக்கப்படுகின்றன. C யினைப் பொருத்து A வானது நேர் மின்னழுத்தத்தில் வைக்கப்பட்டு, கேத்தோடு மீது ஒளி விழுமாறு செய்யப்படுகிறது.

இப்போது A யின் நேர் மின்னழுத்தத்தை அதிகரித்து, அதற்குரிய ஒளிமின்னோட்டம் குறிக்கப்படுகிறது. A இன் நேர் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும் போது, ஒளிமின்னோட்டமும் அதிகரிக்கிறது. இருப்பினும் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் ஒளிமின்னோட்டம் தெவிட்டிய மதிப்பை (தெவிட்டு மின்னோட்டம்) அடைகிறது. இந்நிலையில் C யில் இருந்து வெளிவரும் அனைத்து ஒளிஎலக்ட்ரான்களும் A வினால் சேகரிக்கப்படுகின்றன. இதனை, A யின் நேர் மின்னழுத்தம் மற்றும் ஒளிமின்னோட்டம் இடையிலான வரைபடத்தின் தட்டைப்பகுதி குறிக்கிறது (படம் 8.10).

C யினைப் பொருத்து A விற்கு எதிர் (எதிர் முடுக்கு) மின்னழுத்தம் அளிக்கும்போது, ஒளிமின்னோட்டம் உடனடியாக சுழி மதிப்பை அடைவதில்லை. ஏனெனில் உமிழப்படும் ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் வெவ்வேறு அளவிலான இயக்க ஆற்றல்களைப் பெற்றுள்ளன. A வினால் உருவாகும் எதிர் மின்புலத்தை கடப்பதற்கு தேவையான இயக்க ஆற்றலைப் பெற்றுள்ள ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் A வை வந்தடைகின்றன.

A விற்கு அளிக்கப்படும் எதிர் (எதிர் முடுக்கு) மின்னழுத்தத்தைப் படிப்படியாக அதிகரிக்கும்போது, அதிக அளவில் ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் விரட்டப் படுவதால், அவை A ஐ அடைவதில்லை. எனவே ஒளிமின்னோட்டம் குறையத் தொடங்குகிறது. V_0 என்ற குறிப்பிட்ட எதிர் மின்னழுத்தத்தில் ஒளிமின்னோட்டம் சுழி மதிப்பை அடைகிறது. இம்மின்னழுத்தம் நிறுத்து அல்லது வெட்டு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 114 04-03-2022 13:08:48



படம் 8.10 மின்னழுத்த வேறுபாட்டைப் பொருத்து ஒளிமின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடு

மின்னழுத்தம் (stopping or cut-off potential) எனப்படும்.

நிறுத்து மின்னழுத்தம் என்பது பெரும இயக்க ஆற்றலைக் கொண்ட ஒளிஎலக்ட்ரான்களை நிறுத்தி, ஒளிமின்னோட்டத்தைச் சுழியாக்குவதற்கு ஆனோடிற்கு அளிக்கப்படும் எதிர் (எதிர் முடுக்கு) மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பாகும்.

நிறுத்து மின்னழுத்தத்தில், பெரும இயக்க ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரான் கூட ஓய்விற்கு கொண்டு வரப்படுகின்றன. ஆகையால் பெரும வேகம் கொண்ட எலக்ட்ரானின் ஆரம்ப இயக்க ஆற்றலானது ($K_{\text{பெருமம்}}$), நிறுத்து மின்னழுத்தத்தினால் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் (eV_0) சமமாகும்.

$$K_{\text{பெருமம்}} = \frac{1}{2} m v^2_{\text{பெருமம்}} = eV_0 \qquad (8.1)$$

இங்கு $v_{\text{பெருமம்}}$ என்பது உமிழப்படும் ஒளிஎலக்ட்ரானின் பெரும வேகம் ஆகும்.

$$v_{\text{பெருமம்}} = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}}$$

$$v_{\text{பெருமம்}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.602 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}} \times V_0}$$

$$= 5.93 \times 10^5 \sqrt{V_0} \qquad (8.2)$$

சமன்பாடு (8.1) லிருந்து,

$$K_{\text{பெருமம்}} = eV_0 \text{ (ஜூல் அலகில்)} \qquad (8.3)$$

(அல்லது)

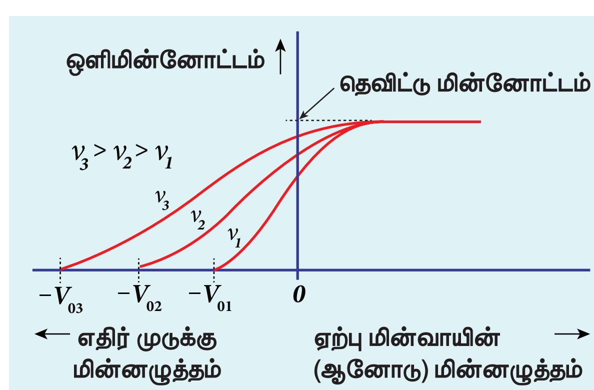
$$K_{\text{பெருமம்}} = V_0 \text{ (eV அலகில்)} \qquad (8.4)$$

படம் 8.10லிருந்து, ஒளிச்செறிவை மட்டும் அதிகரித்தால், தெவிட்டிய மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது; ஆனால் V_0 வின் மதிப்பு மாறிலியாக அமையும்.

எனவே கொடுக்கப்பட்ட அதிர்வெண்ணிற்கு, நிறுத்து மின்னழுத்தமானது படுகதிரின் ஒளிச்செறிவினை பொருத்து அமையாது. மேலும் ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றலும் படுகதிர் ஒளிச்செறிவினைப் பொருத்து அமையாது.

8.2.4 நிறுத்து மின்னழுத்தத்தின் மீதான படுகதிர் அதிர்வெண்ணின் விளைவு

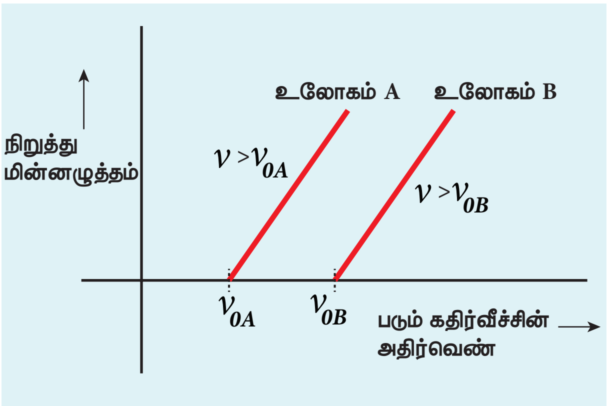
நிறுத்து மின்னழுத்தத்தின் மீதான படுகதிரின் அதிர்வெண்ணின் விளைவினை அறிய படுகதிரின் செறிவு மாறிலியாக வைக்கப்படுகிறது. ஏற்பு மின்வாயான ஆனோடு மின்னழுத்தத்தைப் பொருத்து ஒளிமின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடானது படுகதிரின் வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுக்கு ஆராயப்படுகிறது. இந்த மாறுபாட்டிற்கான வரைபடம் படம் 8.11 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வரைபடத்திலிருந்து நிறுத்து மின்னழுத்தமானது படுகதிரின் வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுக்கு ஏற்ப மாறுவது தெளிவாகத் தெரிகிறது.



படம் 8.11 படுகதிர்வீச்சின் பல்வேறு அதிர்வெண்களுக்கு, ஆனோடு மின்னழுத்தத்தைப் பொருத்து ஒளிமின்னோட்டத்தின் மாறுபாடு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 115 04-03-2022 13:08:49

படுகதிரின் அதிர்வெண் அதிகரிக்கும்போது, நிறுத்துமின்னழுத்தமும் அதிகரிக்கிறது. இதிலிருந்து நாம் அறிவது; **அதிர்வெண் அதிகரிக்கும்போது ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலும் அதிகரிக்கிறது. எனவே அவற்றை நிறுத்துவதற்கு தேவைப்படும் எதிர் முடுக்கு மின்னழுத்தமும் அதிகமாகிறது.**



படம் 8.12 இரு உலோகங்களில் படுகதிரின் அதிர்வெண்ணைப் பொருத்து நிறுத்து மின்னழுத்தத்தின் மாறுபாடு

படுகதிரின் அதிர்வெண் மற்றும் நிறுத்து மின்னழுத்தம் ஆகியவை இடையிலான வரைபடம் இரு உலோகங்களுக்கு வரையப்பட்டுள்ளது (படம் 8.12). வரைபடத்தில் இருந்து, நிறுத்து மின்னழுத்தமானது அதிர்வெண்ணைப் பொருத்து நேர்விகிதத்தில் அதிகரிப்பதைக் காணலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணிற்கு கீழே எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதில்லை. இந்த அதிர்வெண் பயன்தொடக்க அதிர்வெண் (threshold frequency) எனப்படும். இதனால் இவ்வதிர்வெண்ணில் நிறுத்து மின்னழுத்தம் சுழியாகும். ஆனால் பயன்தொடக்க மதிப்பிற்கு மேலே, நிறுத்து மின்னழுத்தம் படுகதிர் அதிர்வெண்ணைப் பொருத்து நேர்விகிதத்தில் அதிகரிக்கும்.

8.2.5 ஒளிமின் விளைவு விதிகள்

மேற்கண்ட விரிவான சோதனைகளின் மூலம் ஒளிமின் விளைவு தொடர்பான பின்வரும் முடிவுகள் பெறப்பட்டுள்ளன.

i) கொடுக்கப்படும் உலோகப்பரப்பிற்கு, படுகதிரின் அதிர்வெண் ஒரு குறிப்பிட்ட சிறும அதிர்வெண்ணை விட அதிகமாக இருந்தால் மட்டுமே ஒளிஎலக்ட்ரான் உமிழ்வு ஏற்படும். இந்தச் சிறும அதிர்வெண் பயன்தொடக்க அதிர்வெண் எனப்படும்.

ii) கொடுக்கப்படும் படுகதிர் அதிர்வெண்ணுக்கு (பயன்தொடக்க மதிப்பை விட அதிகமாக உள்ளபோது), உமிழப்படும் ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையானது படுகதிரின் செறிவிற்கு நேர்த்தகவில் அமையும். மேலும் தெவிட்டு மின்னோட்டமும் ஒளிச்செறிவிற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.

iii) ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றலானது படுகதிரின் ஒளிச்செறிவைப் பொருத்து அமையாது.

iv) கொடுக்கப்படும் உலோகத்திற்கு, ஒளிஎலக்ட்ரான்–களின் பெரும இயக்க ஆற்றலானது படுகதிரின் அதிர்வெண்ணிற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.

v) உலோகத்தின் மீது ஒளி படுவதற்கும் ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதற்கும் இடையே காலதாமதம் இருக்காது.

பல சோதனைகளின் மூலம் ஒளிமின் விளைவு ஆராயப்பட்ட பின்பு, அதை ஒளியின் அலைக்கொள்கை மூலம் விளக்குவதற்கு முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன.

8.2.6 ஆற்றல் குவாண்டமாக்கல் பற்றிய கருத்து

அலைக்கொள்கையின் தோல்வி

மாக்ஸ்வெல்லின் கொள்கையிலிருந்து, ஒளி என்பது $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ திசைவேகத்தில் செல்லக்கூடிய பிணைக்கப்பட்ட மின் மற்றும் காந்த அலைவுகளைக் கொண்டுள்ள மின்காந்த அலைகளால் ஆனது என்பதையும், இவை அலைப்பண்பைக் கொண்டிருக்கும் என்பதையும் கற்றோம் (பார்க்க: தொகுதி 1 அலகு 5). ஒளியின் அலைப்பண்பினைப் பயன்படுத்தி ஒளிமின் விளைவு சோதனை முடிவுகளை விவரிக்க நாம் முயல்வோம்.

i) உலோகப் பரப்பின் மீது ஒளி படும்போது, உலோகத்தில் உள்ள எலக்ட்ரான்களுக்கு ஆற்றல் தொடர்ச்சியாக அளிக்கப்படுகிறது. அலைக் கொள்கையின்படி, அதிக செறிவுள்ள ஒளியானது உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களுக்கு அதிக இயக்க ஆற்றலைத் தரவேண்டும் (இங்கு ஒளிச்செறிவு என்பது ஓரலகு நேரத்தில் ஓரலகு பரப்பில் தரப்படும் ஆற்றலாகும்).

ஆனால் இவ்விதம் நடைபெறவில்லை. உமிழப்படும் ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றலானது ஒளியின் செறிவினைப் பொருத்தது அல்ல என சோதனையின் முடிவுகள் காட்டுகின்றன.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 116 04-03-2022 13:08:50

ii) அலைக்கொள்கையின்படி, உலோகப் பரப்பின் மீது போதுமான செறிவுள்ள ஒளிக்கற்றை படும் போது, ஒளிக்கற்றையின் அதிர்வெண் எவ்வளவு குறைவாக இருந்தாலும், உலோகப் பரப்பிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படவேண்டும்.

ஆனால் சோதனைகளின்படி, படுகதிரின் குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணிற்கு கீழே ஒளிமின் உமிழ்வு ஏற்படுவதில்லை என அறியப்பட்டுள்ளது. எனவே அலைக் கொள்கையினால் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணின் இருப்பை விவரிக்க இயலவில்லை.

iii) ஒளியின் ஆற்றலானது அலைமுகப்பு முழுவதும் பரவி இருக்கும் என்பதால், இந்த ஆற்றலை மிக அதிக எண்ணிக்கையிலான எலக்ட்ரான்கள் பெறுகின்றன. ஒவ்வொரு எலக்ட்ரானும் வெளியேற்று ஆற்றலை விட அதிகமான அளவு ஆற்றலைப் பெறுவதற்கு கணிசமான (சில மணி நேரம்) அளவு நேரத்தை எடுத்துக்கொள்ளும்.

ஆனால் ஒளிமின் விளைவு என்பது உடனடி நிகழ்வு என்பதை சோதனைகள் காட்டியுள்ளன. (பரப்பு ஒளியூட்டப்படுவதற்கும் எலக்ட்ரான் வெளியேறுவதற்கும் இடையே உள்ள கால இடைவெளி 10^{-9} வினாடிக்கும் குறைவாக இருக்கும்). இதனை அலைக்கொள்கையால் விவரிக்க இயலவில்லை.

எனவே அலைக்கொள்கையின் அடிப்படையில் ஒளிமின் விளைவுக்கான சோதனை முடிவுகளை விவரிக்க முடியவில்லை.

எடுத்துக்காட்டு 8.1

சீசியத்தில் ஏற்படும் ஒளிமின் உமிழ்வில், அலைக் கொள்கையானது பின்வரும் முடிவுகளை கணிக்கிறது என்பதைக் காண்பிக்கவும் .

i) ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றலானது ($K_{பெருமம்}$) படுஒளியின் செறிவைச் (I) சார்ந்துள்ளது.

ii) பெரும இயக்க ஆற்றல் ($K_{பெருமம்}$) ஆனது படுஒளியின் அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்து அமையாது மற்றும்

iii) ஒளி படுவதற்கும் ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதற்கும் இடைப்பட்ட கால இடைவெளி மிக அதிகமாக அமையும்.

கொடுக்கப்பட்ட உலோகத்தின் மீது ஒளி படும்போது, எளிமைக்காக பின்வரும் யூகங்கள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன.

அ) ஒளியானது உலோகத்தின் மேல் அடுக்கில் உள்ள அணுக்களால் உட்கவரப்படுகிறது.

ஆ) கொடுக்கப்படும் தனிமத்தில், ஒவ்வொரு அணுவும் சம அளவு ஆற்றலை உட்கவர்கின்றன. இந்த ஆற்றலானது அவற்றின் குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு A விற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.

இ) ஒவ்வொரு அணுவும் இந்த ஆற்றலை தங்கள் எலக்ட்ரான்களில் ஒரு எலக்ட்ரானுக்கு அளிக்கிறது.

(தரவுகள்: சீசியத்தின் ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் 2.14 eV மற்றும் அதில் அளவிடக்கூடிய ஒளிமின்னோட்டத்தை உருவாக்குவதற்கு ஓரலகு பரப்பில் உட்கவரப்படும் திறன் மதிப்பு $1.60\times10^{-6}\,\mathrm{Wm^{-2}}$ ஆகும்)

தீர்வு

i) அலைக்கொள்கையின்படி, ஒளி ஆற்றலானது அலைமுகப்பு முழுவதிலும் சீராகவும், தொடர்ச்சி யாகவும் பரவியிருக்கும்.

t கால அளவில் ஒவ்வொரு எலக்ட்ரானும் உட்கவரும் ஆற்றல் E ஆனது

$$E = IAt$$

இந்த ஆற்றலை உட்கவர்ந்து, எலக்ட்ரான்கள் பரப்பு அரண் அல்லது வெளியேற்று ஆற்றலைக் (ϕ_0) கடந்து வெளியேறுகின்றன. வெளிவரும் எலக்ட்ரானின் பெரும ஆற்றல் $K_{பெருமம்}$ பின்வரும் சமன்பாட்டால் குறிக்கப்படுகிறது.

$$K_{பெருமம்} = IAt - \phi_0 \qquad (1)$$

எனவே அலைக்கொள்கையின்படி ஓரலகு காலத்தில், குறைந்த ஒளிச்செறிவில் $IA < \phi_0$ எனும் போது, எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதில்லை. அதிக ஒளிச்செறிவில் $IA \geq \phi_0$ எனும் போது, எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. இதிலிருந்து ஒளிச்செறிவு அதிகரிக்கும் போது $K_{பெருமம்}$ அதிகரிக்கும் எனத் தெரிகிறது.

கொடுக்கப்பட்ட சூழ்நிலைகளில், $K_{பெருமம்}$ மதிப்பானது செறிவினை மட்டும் சார்ந்துள்ளது. ஒளிச்செறிவினை உரிய முறையில் அதிகரிக்கும் போது, ஒளியின் அதிர்வெண் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணை விட குறைவாக இருக்கும் நிலைகளில்கூட ஒளிமின் விளைவை ஏற்படுத்தமுடியும். எனவே அலைக்கொள்கையில்,

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 117 04-03-2022 13:08:50

பயன்தொடக்க அதிர்வெண் எனும் கருத்து இடம் பெறவில்லை.

ii) அலைக்கொள்கையின்படி, ஒளி அலையின் செறிவானது மின்புல வீச்சின் இருமடிக்கு (E_0^2) நேர்த்தகவில் அமையும். ஒளிச்செறிவு அதிகரிக்கும் போது மின்புலத்தின் வீச்சு அதிகரித்து, எலக்ட்ரானின் முடுக்கத்தையும் இயக்க ஆற்றலையும் அதிகரிக்கிறது.

இப்போது சமன்பாடு (1) இல் I என்பதற்கு பதிலாக, (E_0^2) க்கு நேர்த்தகவில் உள்ள ஒரு அளவினைக் கொண்டு மாற்றுவோம். அதாவது $K_{பெரும}$ ஆனது அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்து அமைவதில்லை என்பது அலைக்கொள்கையின் முடிவு ஆகும். இது மீண்டும் பரிசோதனை முடிவுகளுக்கு முரண்படுகிறது.

iii) ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றலைக் கடப்பதற்கு தேவையான ஆற்றலை மட்டும் ஒளியிலிருந்து எலக்ட்ரான் பெறுவதாகக் கொள்வோம் எனில், அணுவிலிருந்து இந்த எலக்ட்ரான் சுழி இயக்க ஆற்றலுடன் வெளியேறுகிறது. எனவே (1) எனும் சமன்பாட்டிலிருந்து

$$0 = IAt - \phi_0$$

$$t = \frac{\phi_0}{IA} = \frac{\phi_0}{I(\pi r^2)}$$

அணுவின் ஆரம் $r = 1.0\times10^{-10}$ m, I மற்றும் ϕ_0 மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டு, கால இடைவெளி t இன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

$$t = \frac{2.14\times1.6\times10^{-19}}{1.60\times10^{-6}\times3.14\times(1\times10^{-10})^2}$$

$$= 0.68\times10^7\,\text{s} \approx 79 \text{ நாட்கள்}$$

எனவே அலைக் கொள்கையானது ஒளி அலைகள் படுவதற்கும் ஒளி எலக்ட்ரான்கள் உமிழ்ப்படுவதற்கும் இடையே அதிக கால இடைவெளி உள்ளது எனக் கணிக்கிறது. ஆனால் பரிசோதனை முடிவுகள் ஒளிமின் உமிழ்வு ஒரு உடனடி நிகழ்வு எனக் காட்டியுள்ளன.

ஆற்றல் குவாண்டமாக்கல் பற்றிய கருத்து

1900-இல் மேக்ஸ் பிளாங்க் என்பவர் கரும்பொருளிலிருந்து உமிழப்படும் வெப்பக் கதிர்வீச்சு மற்றும் அதன் கதிர்வீச்சு வரைபடங்களின் வடிவங்களை விவரிக்க குவாண்டம் கொள்கையை எடுத்துரைத்தார்.

பிளாங்க் கொள்கைப்படி, ஒரு பொருளானது அதிக எண்ணிக்கையிலான வெவ்வேறு அதிர்வெண்ணில் அதிர்வடையும் துகள்களைக் (அணுக்களைக்) கொண்டிருக்கும். தமது சிறப்பியல்பு அதிர்வெண்ணில் அதிர்வுறும் ஒவ்வொரு அணு அலையியற்றியும், அதே அதிர்வெண் கொண்ட மின்காந்தக் கதிர்வீச்சை உமிழும் அல்லது உட்கவரும். மேலும்,

i) ν எனும் அதிர்வெண்ணில் அலையியற்றி ஒன்று அதிர்வுறுகிறது எனில், அதன் ஆற்றலானது குறிப்பிட்ட தொடர்ச்சியற்ற (தனித்தனியான) மதிப்புகளை மட்டுமே பெற்றிருக்கும். அவை பின்வரும் சமன்பாட்டினால் தரப்படுகின்றன

$$E_n = nh\nu \qquad n=1,2,3.... \qquad (8.5)$$

இங்கு h என்பது ஒரு மாறிலி ஆகும். இது பிளாங்க் மாறிலி ஆகும்.

ii) அலையியற்றிகள் ஆற்றலை குவாண்டா எனும் ஆற்றல் சிப்பங்களாக உமிழும் அல்லது உட்கவரும். ஒவ்வொரு சிப்பத்தின் ஆற்றல் $h\nu$ ஆகும்.

இதன் மூலம் நாம் அறிவது, அலைக் கொள்கையில் விவரிக்கப்பட்டதைப் போல அலையியற்றியின் ஆற்றலானது தொடர்ச்சியாக இல்லாமல், குவாண்டமாக உள்ளது – அதாவது, தொடர்ச்சியற்ற (தனித்தனியான) சிறு சிறு சிப்பங்களாக உள்ளது. இதுவே **ஆற்றல் குவாண்டமாக்கல்** எனப்படும்.

8.2.7 ஒளியின் துகள் இயல்பு பற்றிய ஐன்ஸ்டீனின் விளக்கம்

ஒளிமின் விளைவை விளக்குவதற்கு பிளாங்க் குவாண்டம் கொள்கையை ஐன்ஸ்டீன் 1905 – இல் விரிவாக்கினார். ஐன்ஸ்டீனின் கொள்கைப்படி, ஒளி ஆற்றலானது அலைமுகப்புகளில் பரவியில்லாமல், சிறு சிப்பங்கள் அல்லது குவாண்டாகளில் குவிக்கப்பட்டிருக்கும். எனவே ஒளி மூலத்திலிருந்து குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் வெளிவரும் ஒளியானது (அல்லது பிற மின்காந்த அலைகள்) ஆற்றல் சிப்பங்கள் அல்லது குவாண்டா கற்றைகளாகக் கருதப்படுகின்றது. ஒவ்வொரு ஒளி குவாண்டத்தின் ஆற்றல் $E = h\nu$ ஆகும்.

மேலும் அவரது கருத்துப்படி, ஒளி குவாண்டத்திற்கு நேர்கோட்டு உந்தம் உண்டு மற்றும் அதன் எண்மதிப்பு $p = \frac{h\nu}{c}$ ஆகும். வரையறுக்கப்பட்ட ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்தை

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 118 04-03-2022 13:08:51

பெற்ற ஒவ்வொரு ஒளி குவாண்டமும் துகள் பண்பைக் கொண்டிருக்கும். துகளாகச் செயல்படும் இந்த ஒளி குவாண்டம் **ஃபோட்டான்** எனப்படும். ஆகவே, ஃபோட்டான் என்பது ஒளியின் துகள் வெளிப்பாடே தவிர வேறில்லை.

ஃபோட்டானின் சிறப்பியல்புகள்

ஒளியின் துகள் இயல்பு அடிப்படையில், ஃபோட்டான்கள் என்பது எந்தவொரு கதிர்வீச்சின் அடிப்படைக்கூறு ஆகும். ஃபோட்டான்கள் பின்வரும் பண்புகளைக் கொண்டுள்ளன.

i) λ அலைநீளமும் ν அதிர்வெண்ணும் கொண்ட ஒளியின் ஃபோட்டான் ஆற்றல் பின்வருமாறு அமையும்.

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

ii) ஃபோட்டானின் ஆற்றல் கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண்ணால் தீர்மானிக்கப்படுகிறது. அதன் செறிவினைப் பொருத்து அமைவதில்லை. ஒளிச்செறிவிற்கும், ஒளிக்கற்றையில் உள்ள ஃபோட்டானின் ஆற்றலுக்கும் எவ்வித தொடர்பும் இல்லை.

iii) ஃபோட்டான்கள் ஒளியின் வேகத்தில் பயணம் செய்யும். மேலும் அதன் நேர்கோட்டு உந்தமானது $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c}$ எனும் சமன்பாட்டிலிருந்து பெறப்படும்.

iv) ஃபோட்டான்கள் மின் நடுநிலைத் தன்மையுடன் இருப்பதால், மின் மற்றும் காந்த புலங்களினால் விலகலடையாது.

v) ஃபோட்டான் பருப்பொருளுடன் வினைபுரியும் போது (ஃபோட்டான் – எலக்ட்ரான் மோதலின் போது), மொத்த ஆற்றல், மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் மற்றும் கோண உந்தம் ஆகியவற்றின் மதிப்புகள் மாறுவதில்லை. இந்த வினையின் போது ஃபோட்டான் உட்கவர்தலோ அல்லது புதிய ஃபோட்டான் உருவாக்கமோ இருப்பதால், ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கையில் மாற்றம் இருக்கலாம்.

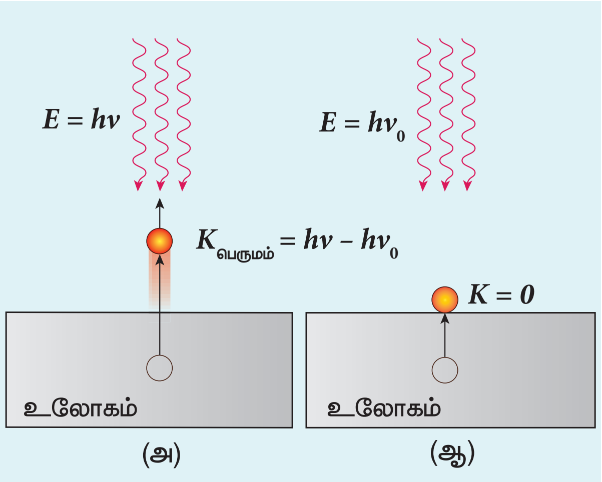
குறிப்பு குவாண்டம் கருத்துப்படி, கொடுக்கப்பட்ட அலைநீளத்தில் ஒளிச்செறிவு என்பது ஓரலகு காலத்தில் ஓரலகு பரப்பின் மீது படும், சமமான ஆற்றலைக் கொண்டுள்ள, ஆற்றல் குவாண்டா அல்லது ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கை ஆகும். இதன் அலகு Wm^{-2}.

ஒளிமின் சமன்பாட்டைப் பற்றிய ஐன்ஸ்டீனின் விளக்கம்

ஒரு உலோகப்பரப்பின் மீது $h\nu$ ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டான் ஒன்று படும்போது, இந்த ஆற்றல் முழுவதுமாக எலக்ட்ரான் ஒன்றினால் உட்கவரப்பட்டு அந்த எலக்ட்ரான் உமிழப்படுகிறது. இந்த நிகழ்வில், ஃபோட்டானின் ஒரு பகுதி ஆற்றல் உலோகப்பரப்பின் மின்னழுத்த அரணைக் கடப்பதற்குப் பயன்படுகிறது (ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் ϕ_0). மீதமுள்ள ஆற்றல் உமிழப்பட்ட எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றலாக மாறுகிறது. எனவே ஆற்றல் அழிவின்மை விதிப்படி,

$$h\nu = \phi_0 + \frac{1}{2}mv^2 \qquad (8.6)$$

இங்கு m என்பது எலக்ட்ரானின் நிறை மற்றும் v அதன் திசைவேகம் ஆகும். இது படம் 8.13(அ)–வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.13 ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் உமிழ்வு

படுஒளியின் அதிர்வெண்ணைக் குறைத்தால், ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் வேகம் அல்லது இயக்க ஆற்றலும் குறைகிறது. ஒளியின் குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் (ν_0), எலக்ட்ரான்கள் இயக்க ஆற்றல் ஏதுமின்றி உமிழப்படுகின்றன (படம் 8.13 (ஆ)). எனவே சமன்பாடு (8.6) ஆனது பின்வருமாறு அமையும்.

$$h\nu_0 = \phi_0$$

இங்கு ν_0 என்பது பயன்தொடக்க அதிர்வெண் ஆகும். சமன்பாடு (8.6)ஐ மாற்றி எழுதினால்,

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 119 04-03-2022 13:08:52

$$hv = hv_0 + \frac{1}{2}mv^2 \qquad (8.7)$$

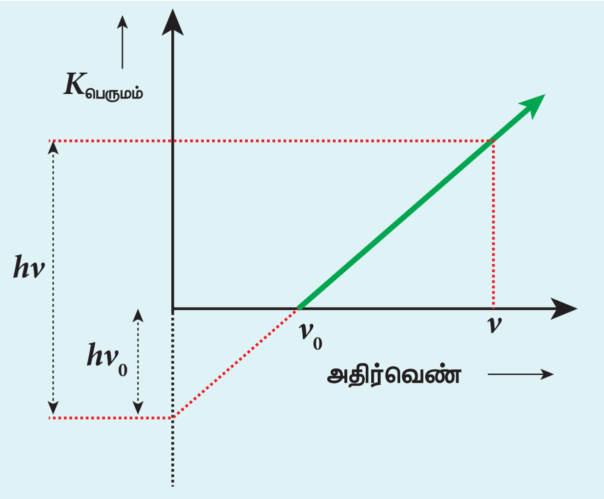
சமன்பாடு (8.7) ஆனது **ஐன்ஸ்டீனின் ஒளிமின் சமன்பாடு** எனப்படும்

அக மோதல்களினால் எலக்ட்ரான்களுக்கு ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படவில்லை எனில், அவை $K_{பெரும}$ எனும் பெரும இயக்க ஆற்றலுடன் உமிழப்படுகின்றன. எனவே

$$K_{பெரும} = \frac{1}{2} mv^2_{பெரும}$$

இங்கு $v_{பெரும}$ என்பது உமிழப்படும் எலக்ட்ரானின் பெரும வேகமாகும். சமன்பாடு (8.6)ஐ பின்வருமாறு மாற்றியமைக்கலாம்.

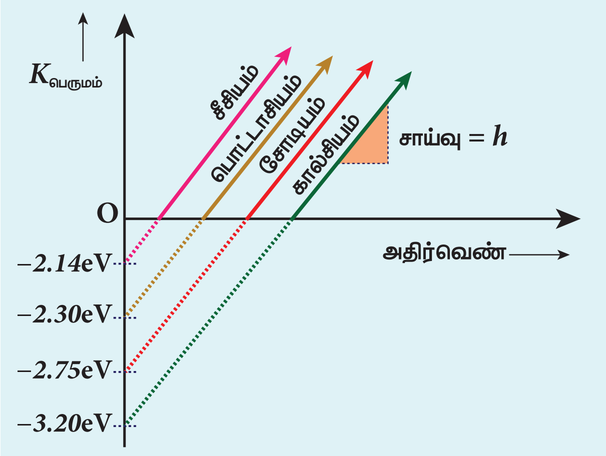
$$K_{பெரும} = hv - \phi_0 \qquad (8.8)$$



படம் 8.14 $K_{பெரும}$ மற்றும் v இடையே உள்ள வரைபடம்

ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றல் $K_{பெரும}$ மற்றும் படுஒளியின் அதிர்வெண் v இடையே உள்ள வரைபடம், ஒரு நேர்கோடு ஆகும் (படம் 8.14). இந்த நேர்கோட்டின் சாய்வு h மற்றும் y–அச்சு வெட்டுப்பகுதி $-\phi_0$ ஆகும்.

ஐன்ஸ்டீனின் சமன்பாட்டினை சோதனை அடிப்படையில் R.A மில்லிகன் என்பவர் சரிபார்த்தார். அவர் பல்வேறு உலோகங்களுக்கு (சீசியம், பொட்டாசியம், சோடியம் மற்றும் கால்சியம்), $K_{பெரும}$ மற்றும் v இடையே உள்ள வரைபடத்தை வரைந்தார் (படம் 8.15). அந்த வரைபடங்களில் இருந்து வரைகோட்டின் சாய்வானது உலோகங்களை பொருத்தது அல்ல எனக் கண்டறிந்தார்.



படம் 8.15 வெவ்வேறு உலோகங்களின் $K_{பெரும}$ மற்றும் v க்கான வரைபடம்

மேலும் பிளாங்க் மாறிலி (h=6.626×10^{-34} Js) மற்றும் பல்வேறு உலோகங்களின் (Cs, K, Na, Ca) வெளியேற்று ஆற்றலையும் மில்லிகன் கணக்கிட்டார். இந்த மதிப்புகள் அனைத்தும் கொள்கை அடிப்படையில் கணக்கிடப்பட்ட மதிப்புகளுடன் உடன்பட்டன.

ஒளிமின் விளைவிற்கான விளக்கம்:

ஐன்ஸ்டீனின் ஒளிமின் சமன்பாட்டின் உதவியுடன் ஒளிமின் விளைவு பற்றிய சோதனை முடிவுகளுக்கு பின்வரும் விளக்கத்தைப் பெறலாம்.

i) ஒவ்வொரு போட்டானும் ஒரு எலக்ட்ரானை உலோகப்பரப்பிலிருந்து வெளியேற்றுவதால், ஒளிச்செறிவு அதிகரிக்கும் போது (ஓரலகு காலத்தில் ஓரலகு பரப்பில் விழும் ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கை) உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. ஒளிமின்னோட்டமும் அதிகரிக்கிறது. இது சோதனை அடிப்படையிலும் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

ii) $K_{பெரும} = hv - \phi_0$ என்ற சமன்பாட்டில் இருந்து, $K_{பெரும}$ ஆனது படுகதிரின் அதிர்வெண் v–விற்கு நேர்த்தகவில் அமையும். ஆனால் ஒளிச்செறிவினைப் பொருத்து அமையாது.

iii) சமன்பாடு (8.7) லிருந்து, உலோகப் பரப்பிலிருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்றுவதற்கு ஃபோட்டானுக்கு குறிப்பிட்ட சிறும ஆற்றல் (உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றலுக்குச் சமம்) தேவைப்படுகிறது. இந்த ஆற்றலைவிட குறைந்த ஆற்றல் மதிப்புகளில் ஒளிமின் உமிழ்வு இருக்காது. அதற்கேற்ப, பயன்தொடக்க அதிர்வெண் எனப்படும் சிறும அதிர்வெண்ணிற்கு கீழே உள்ள அதிர்வெண்களில், ஒளிமின் உமிழ்வு இருக்காது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 120 04-03-2022 13:08:53

iv) குவாண்டம் கொள்கையின்படி, ஃபோட்டானில் இருந்து எலக்ட்ரானுக்கு ஆற்றல் மாற்றப்படுவது ஒரு உடனடி நிகழ்வாகும். எனவே ஃபோட்டான் படுவதற்கும் எலக்ட்ரான் உமிழப்படுவதற்கும் இடையே காலதாமதம் இருக்காது.

இவ்வாறு குவாண்டம் கொள்கையின்படி ஒளிமின் விளைவு விளக்கப்படுகிறது.

ஒளியின் இயல்பு: அலை – துகள் இருமைப்பண்பு

ஒளியின் அலை இயல்பு மூலம் குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு மற்றும் தள விளைவு ஆகிய நிகழ்வுகளை பற்றிய விளக்கத்தைப் பயின்றோம். மேலும் கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு, ஒளிமின் விளைவு ஆகிய நிகழ்வுகளை ஒளியின் துகள் இயல்பு மூலம் விளக்கினோம். எனவே, இரு கொள்கைகளுக்கும் போதுமான பரிசோதனைச் சான்றுகள் உள்ளன.

பழங்காலங்களில், புதிய சோதனை முடிவுகளுக்கு பொருந்தாத கொள்கைகள் மாற்றி அமைக்கப்பட்டன அல்லது நிராகரிக்கப்பட்டன. இங்கு 'ஒளியின் இயல்பு என்ன?' எனும் கேள்விக்கு விடையளிப்பதற்கு இரு கொள்கைகள் தேவைப் படுகின்றன.

இவற்றில் இருந்து ஒளியானது துகள் மற்றும் அலை எனும் இருமைப்பண்பைப் பெற்றுள்ளது என முடிவு செய்யப்பட்டது. சில சூழ்நிலைகளில் ஒளியானது அலையாகவும் மற்றும் வேறு சில சூழ்நிலைகளில் துகளாகவும் செயல்படுகிறது.

இதனை வேறு விதமாக கூறினால், ஒளி பரவும் போது அலையாகவும், பொருள்களுடன் இடைவினை புரியும் போது துகளாகவும் செயல்படுகிறது. அனைத்து இயற்பியல் நிகழ்வுகளையும் விவரிக்க இரு கொள்கைகளும் அவசியமாகும். எனவே அலை இயல்பும் குவாண்டம் (துகள்) இயல்பும் ஒன்றையொன்று பூர்த்தி செய்யும் தன்மை கொண்டுள்ளன.

8.2.8 ஒளி மின்கலங்களும் அதன் பயன்பாடுகளும்

ஒளி மின்கலம்

ஒளி மின்கலம் என்பது ஒளி ஆற்றலை மின் ஆற்றலாக மாற்றும் சாதனம் ஆகும். இது ஒளிமின் விளைவு எனும் தத்துவத்தின் படி செயல்படுகிறது. ஒளியானது ஒளிஉணர் பொருள்களின் மீது படும்போது, பொருளின் மின் பண்புகளில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. அதன் அடிப்படையில் ஒளி மின்கலங்களை மூன்று வகையாகப் பிரிக்கலாம். அவையாவன:

i) **ஒளி உமிழ்வு மின்கலம்:** ஒளி அல்லது பிற கதிர்வீச்சுகள் உலோகக் கேத்தோடின் மீது படுவதால், எலக்ட்ரான் உமிழ்வு ஏற்படுகிறது. இதன் அடிப்படையில் ஒளி உமிழ்வு மின்கலம் செயல்படுகின்றது.

ii) **ஒளி வோல்டா மின்கலம்:** குறைகடத்தியினால் செய்யப்பட்ட ஒளிஉணர்வு மிக்க பொருள் பயன்படுத்தப்படுகிறது. அது ஒளி அல்லது பிற கதிர்வீச்சு படும்போது, அவற்றின் செறிவிற்கு ஏற்ப மின்னழுத்த வேறுபாட்டை உருவாக்குகிறது.

iii) **ஒளி கடத்தும் மின்கலம்:** இதில் குறைகடத்தியின் மின்தடையானது, அதன் மீது படும் கதிர்வீச்சு ஆற்றலுக்கு ஏற்ப மாறுகிறது.

பாடத்தின் இப்பகுதியில், ஒளி உமிழ்வு மின்கலம் மற்றும் அதன் பயன்பாடுகளைப் பற்றி நாம் விவரிப்போம்.

ஒளி உமிழ்வு மின்கலம்

அமைப்பு

வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கண்ணாடி அல்லது குவார்ட்ஸ் குமிழில் இரண்டு உலோக மின்வாய்கள் உள்ளன. படம் 8.16 இல் காட்டியுள்ளவாறு கேத்தோடு மற்றும் ஆனோடு ஆகியவை பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

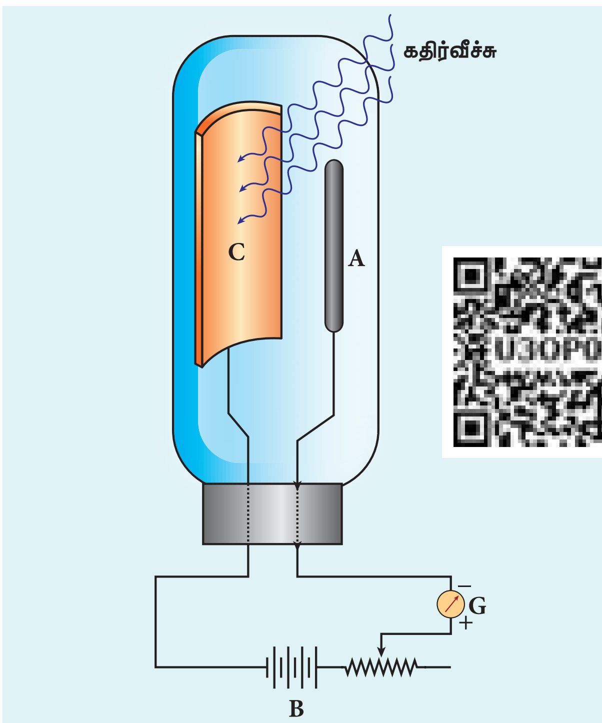
ஒளியானது எவ்வாறு அலை மற்றும் துகள் கற்றையாக இருக்கும் என்பதைப் புரிந்து கொள்ள படிப்பவர் சிரமப்படலாம். ஆனால் ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் போன்ற மிகப்பெரிய அறிவியல் விஞ்ஞானிகளுக்கு கூட இந்த சிக்கல் இருந்தது என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் 1954இல் தம்முடைய நண்பர் மைக்கேல் பெஸ்ஸோ என்பவருக்கு எழுதிய கடிதத்தில் இது தொடர்பான மனப்போராட்டத்தை விவரித்துள்ளார்.

"கடந்த ஐம்பது ஆண்டுகளாக ஆழ்ந்த சிந்தனைகளின் அடிப்படையில், 'ஒளி குவாண்டா என்றால் என்ன?' எனும் கேள்விக்கான விடையை என்னால் நெருங்க இயலவில்லை! தற்காலத்தில், ஒவ்வொருவரும் அந்தக் கேள்விக்கான விடை தெரியும் என நினைப்பர். ஆனால் அவர் தம்மையே ஏமாற்றிக்கொள்கிறார்."

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 121 04-03-2022 13:08:53

கேத்தோடு C ஆனது ஒளிஉணர் பொருள் பூசப்பட்டு அரை உருளை வடிவத்தில் இருக்கும். மெல்லிய தண்டு அல்லது கம்பியாலான ஆனோடு A வானது, அரை உருளை வடிவ கேத்தோடின் அச்சில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கேத்தோடு மற்றும் ஆனோடு இடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடானது கால்வனா மீட்டர் வழியாக அளிக்கப்படுகிறது.



படம் 8.16 ஒளி மின்கலத்தின் அமைப்பு

வேலை செய்யும் விதம்

கேத்தோடின் மீது தகுந்த ஒளி படும்போது, அதிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. இந்த எலக்ட்ரான்கள் ஆனோடினால் கவரப்படுவதால், மின்னோட்டம் உருவாகிறது. இதனைக் கால்வனாமீட்டர் மூலம் அளவிடலாம். கொடுக்கப்பட்ட கேத்தோடிற்கு, மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு

i) படுகதிர்வீச்சின் செறிவு மற்றும்

ii) ஆனோடு மற்றும் கேத்தோடு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகியவற்றைப் பொருத்து அமையும்.

ஒளி மின்கலத்தின் பயன்பாடுகள்

ஒளி மின்கலங்கள் பல்வேறு பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளன. குறிப்பாக, மின் இயக்கிகள் மற்றும் மின் உணர்விகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இருள்நேரத்தில்தானாகஒளிரும்மின்விளக்குகளில் ஒளி மின்கலங்கள் பயன்படுகின்றன. மேலும் தெருவிளக்குகள் இரவு அல்லது பகல் நேரங்களைப் பொருத்து ஒளிர்வதற்கு மற்றும் அனைவதற்கு ஒளிமின்கலங்களைப் பயன்படுத்துகின்றன.

திரைப்படங்களில் ஒலியினைத் திரும்பப் பெறுவதற்கு ஒளி மின்கலங்கள் பயன்படுகின்றன. மேலும் ஓட்டப்பந்தயங்களில் தடகள வீரர்களின் வேகத்தை அளவிடும் கடிகாரங்களில் பயன்படுகின்றன. புகைப்படத்துறையில் ஒளிச் செறிவை அளவிட்டு, பின்பு புகைப்படக் கருவியில் ஒளி படுவதற்குத் தேவையான நேரத்தைக் (exposure time) கணக்கிடப் பயன்படுகின்றன.

எடுத்துக்காட்டு 8.2

ஒரு வெள்ளி உலோகப் பரப்பின் மீது 300nm அலைநீளம் கொண்ட கதிர்வீச்சு படும்போது, ஒளி எலக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுமா? [வெள்ளியின் வெளியேற்று ஆற்றல் = 4.7 eV]

தீர்வு

படும் ஃபோட்டானின் ஆற்றல்

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ (ஜூல் அலகில்)}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda e} \text{ (eV அலகில்)}$$

தெரிந்த மதிப்புகளை பிரதியிட, நமக்குக் கிடைப்பது

$$E = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{300\times10^{-9}\times1.6\times10^{-19}}$$

$$E = 4.14 \text{ eV}$$

வெள்ளியின் ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் = 4.7 eV ஆகும். உலோகப் பரப்பில் படும் ஒளி ஃபோட்டானின் ஆற்றல் வெள்ளி உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றலை விட குறைவாக இருப்பதால், ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படாது.

எடுத்துக்காட்டு 8.3

2200Å அலைநீளம் கொண்ட ஒளியானது Cu மீது படும்போது, ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன எனில் (i) பயன்தொடக்க அலைநீளம் மற்றும் (ii) நிறுத்து மின்னழுத்தம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடவும். (Cu – இன் வெளியேற்று ஆற்றல் $\phi_0 = 4.65$ eV)

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 122 04-03-2022 13:08:54

தீர்வு

i) பயன்தொடக்க அலைநீளம்,

$$\lambda_0 = \frac{hc}{\phi_0} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{4.65\times1.6\times10^{-19}}$$

$$= 2672\ \text{Å}$$

ii) 2200Å அலைநீளம் கொண்ட ஃபோட்டானின் ஆற்றல்,

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{2200\times10^{-10}}$$

$$= 9.035\times10^{-19}\,\text{J} = 5.65\,\text{eV}$$

அதிவேக ஒளிஎலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றலானது பின்வருமாறு,

$$K_{\text{பெருமம்}} = hv - \phi_0 = 5.65 - 4.65$$

$$= 1\ \text{eV}$$

சமன்பாடு (8.3) இல் இருந்து, $K_{\text{பெருமம்}} = eV_0$

$$V_0 = \frac{K_{\text{பெருமம்}}}{e} = \frac{1\times1.6\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}}$$

எனவே, நிறுத்து மின்னழுத்தம் = 1 V

எடுத்துக்காட்டு 8.4

பொட்டாசியத்தின் ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் 2.30 eV ஆகும். 3000 Å அலைநீளமும் 2 Wm^{-2} செறிவும் கொண்ட புறஊதாக் கதிர் பொட்டாசியப் பரப்பின் மீது படுகிறது எனில் i) ஒளி எலக்ட்ரான்களின் பெருமம் இயக்க ஆற்றலைக் கண்டுபிடிக்கவும். ii) 40% ஃபோட்டான்கள் ஒளிஎலக்ட்ரான்களை வெளியேற்றினால், பொட்டாசியத்தின் 2 cm^2 அளவிலான பரப்பிலிருந்து ஒரு வினாடிக்கு எத்தனை எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படும்?

தீர்வு

i) படுகின்ற ஃபோட்டானின் ஆற்றல்,

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{3000\times10^{-10}}$$

$$E = 6.626\times10^{-19}\,\text{J} = 4.14\ \text{eV}$$

ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெருமம் இயக்க ஆற்றல்,

$$K_{\text{பெருமம்}} = hv - \phi_0 = 4.14 - 2.30 = 1.84\ \text{eV}$$

ii) ஒரு வினாடியில் பரப்பினை அடையும் ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கை,

$$n_p = \frac{I}{E}\times A$$

$$= \frac{2}{6.626\times10^{-19}}\times2\times10^{-4}$$

$$= 6.04\times10^{14}\ \text{ஃபோட்டான்கள் / வினாடி}$$

ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படும் வீதம்,

$$= (0.40)\,n_p = 0.4\times6.04\times10^{14}$$

$$= 2.416\times10^{14}\ \text{ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் / வினாடி}$$

எடுத்துக்காட்டு 8.5

ஒரு உலோக மின்வாயின் மீது 390nm அலைநீளம் கொண்ட ஒளியானது படுமாறு செய்யப்படுகிறது. உமிழப்படும் எலக்ட்ரானின் ஆற்றலைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு, இந்த மின்வாய் தகட்டிற்கும் மற்றொரு மின்வாய் தகட்டிற்கும் இடையே எதிர் மின்னழுத்தம் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு 1.10V எனும் போது, மின்வாய்களுக்கு இடையேயான மின்னோட்டம் முற்றிலும் நிறுத்தப்படுகிறது எனில் (i) உலோகத்தின் ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் மற்றும் (ii) உலோகத்திலிருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவைப்படும் ஒளியின் பெரும அலைநீளம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

i) வெளியேற்று ஆற்றல்,

$$\phi_0 = hv - K_{\text{பெருமம்}} = \frac{hc}{\lambda} - eV_0$$

(ஏனெனில் $K_{\text{பெருமம்}} = eV_0$)

$$= \left[\frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{390\times10^{-9}}\right] - \left[1.6\times10^{-19}\times1.10\right]$$

$$= 5.10\times10^{-19} - 1.76\times10^{-19} = 3.34\times10^{-19}\,\text{J}$$

$$= 2.09\ \text{eV}$$

ii) பயன் தொடக்க அலைநீளம்,

$$\lambda_0 = \frac{hc}{\phi_0} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{3.34\times10^{-19}}$$

$$= 5.951\times10^{-7}\,\text{m} = 5951\ \text{Å}$$

8.3 பருப்பொருள் அலைகள் (Matter waves)

8.3.1 அறிமுகம் – துகள்களின் அலை இயல்பு

இதுவரை, துகள் மற்றும் அலைகளின் சிறப்பியல்புகள் வெவ்வேறானவை என நாம் கற்றோம். ஓர் அலை என்பது அதன் அதிர்வெண், அலைநீளம், அலை திசைவேகம், வீச்சு மற்றும் செறிவு ஆகியவற்றால் குறிப்பிடப்படுகிறது. மேலும் அது பரந்து விரிந்து, வெளியின் ஓரளவு கணிசமான பகுதியை ஆக்கிரமிக்கிறது. ஒரு துகள் என்பது அதன் நிறை, திசைவேகம், உந்தம் மற்றும் ஆற்றல் ஆகியவற்றால் குறிப்பிடப்படுகிறது. மேலும் வெளியின் குறிப்பிட்ட குறைந்த அளவு பகுதியை ஆக்கிரமித்து, அளவில் சிறியதாக இருக்கும்.

பண்டைய இயற்பியலானது துகள்கள் மற்றும் அலைகளை வெவ்வேறானவை என விவரிக்கிறது. ஆனால் கதிர்வீச்சிற்கு இருமைப் பண்பு உள்ளது என குவாண்டம் கொள்கை நிரூபித்துள்ளது. அதாவது கதிர்வீச்சானது சில நேரங்களில் அலைகளாகவும், வேறு சில நேரங்களில் துகள்களாகவும் செயல்படுகிறது.

கதிர்வீச்சின் அலை – துகள் இருமைப் பண்பிலிருந்து, பருப்பொருளின் அலை இயல்பு உருவாகியுள்ளது. இதனை பின்வரும் பகுதியில் கற்போம்.

டி ப்ராய் அலை:

1924இல் பிரெஞ்சு நாட்டு இயற்பியல் அறிஞர் லூயிஸ் டி ப்ராய் (Louis de Broglie. லூயிஸ் டி ப்ராய் என உச்சரிக்கவேண்டும்), கதிர்வீச்சின் அலை–துகள் இருமைப்பண்பு கருத்தினை பருப்பொருளுக்கு விரிவாக்கினார்.

இயற்கையின் சமச்சீர் பண்பின் விளைவாக, டி ப்ராய் பின்வரும் கருத்தினைப் பரிந்துரைத்தார்: ஒளி போன்ற கதிர்வீச்சு சில நேரங்களில் துகள்களாகச் செயல்படுகிறது எனில், எலக்ட்ரான் போன்ற பருப்பொருள் துகள்கள் சில நேரங்களில் அலைகள் போன்று செயல்பட வேண்டும்.

டி ப்ராயின் எடுகோளின் படி, இயக்கத்தில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள், புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்கள் போன்ற அனைத்து பருப்பொருள் துகள்களும் அலைப்பண்பைப் பெற்றுள்ளன. இந்த அலைகள் டி ப்ராய் அலைகள் அல்லது பருப்பொருள் அலைகள் எனப்படுகின்றன.

8.3.2 டி ப்ராய் அலைநீளம்

ν அதிர்வெண் கொண்ட ஃபோட்டானின் உந்தம் பின்வருமாறு

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} \qquad (\text{ஏனெனில் } c = \nu\lambda)$$

உந்தம் மூலமாக ஃபோட்டானின் அலைநீளம் பின்வரும் சமன்பாட்டால் பெறப்படுகிறது.

$$\lambda = \frac{h}{p} \qquad (8.9)$$

டி ப்ராய் கொள்கையின்படி, மேற்கண்ட சமன்பாடானது பருப்பொருள் துகள்களுக்கும் பொருந்தக்கூடிய முழுவதும் பொதுவான சமன்பாடு ஆகும். எனவே m நிறையும் v வேகமும் கொண்ட துகளின் அலைநீளம் பின்வருமாறு அமையும்,

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p} \qquad (8.10)$$

பருப்பொருள் அலையின் இந்த அலைநீளம், **டி ப்ராய் அலைநீளம்** எனப்படுகிறது. இந்த சமன்பாடானது அலைப்பண்பினையும் (அலைநீளம் λ), துகள் பண்பினையும் (உந்தம் p) பிளாங்க் மாறிலி மூலம் இணைக்கின்றது.

8.3.3 எலக்ட்ரான்களின் டி ப்ராய் அலைநீளம்

m நிறை கொண்ட எலக்ட்ரான் ஆனது V வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்படுகிறது என்க. எலக்ட்ரான் பெறுகின்ற இயக்க ஆற்றல்

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV$$

ஆகவே, எலக்ட்ரானின் திசைவேகம் v ஆனது

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \qquad (8.11)$$

எனவே, எலக்ட்ரானோடு தொடர்புடைய பருப்பொருள் அலைகளின் டி ப்ராய் அலைநீளமானது

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2emV}}$$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 124 04-03-2022 13:09:03

தெரிந்த மதிப்புகளை மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் பிரதியிட, நமக்குக் கிடைப்பது

$$\lambda = \frac{6.626\times10^{-34}}{\sqrt{2V\times1.6\times10^{-19}\times9.11\times10^{-31}}}$$

$$= \frac{12.27\times10^{-10}}{\sqrt{V}}\,\mathrm{m} \quad \text{(அல்லது)}$$

$$\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}}\,\text{Å} \qquad (8.12)$$

எடுத்துக்காட்டாக, 100 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் எலக்ட்ரானை முடுக்கும்போது, அதன் டி ப்ராய் அலைநீளம் 1.227 Å ஆகும்.

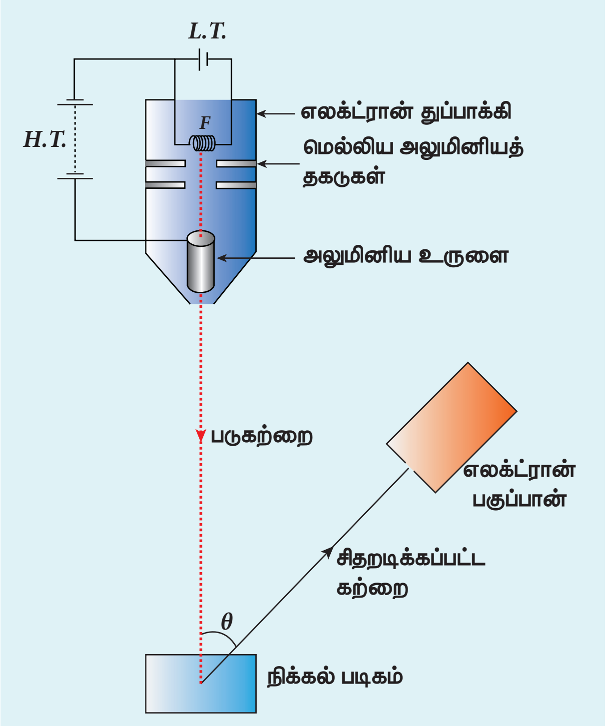
$eV = K$ என்பது எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் என்பதால், எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளத்தைப் பின்வருமாறும் எழுதலாம்.

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mK}} \qquad (8.13)$$

8.3.4 டேவிசன் – ஜெர்மர் சோதனை

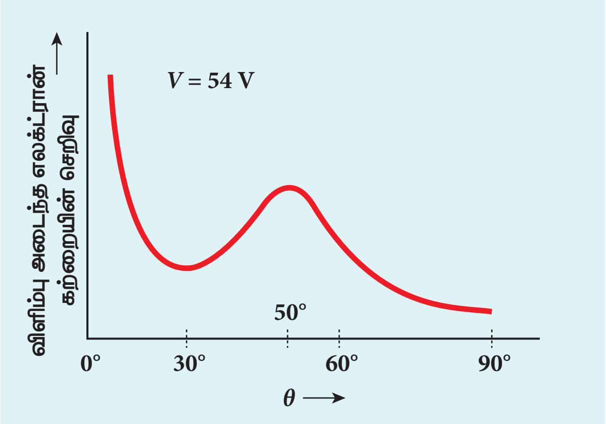
1927 இல் கிளின்டன் டேவிசன் மற்றும் லெஸ்ட் ஜெர்மர் ஆகியோர் லூயிஸ் டி ப்ராயின் பருப்பொருள் அலைகள் பற்றிய எடுகோளை சோதனை வாயிலாக உறுதி செய்துள்ளனர். படிகமாக உள்ள திண்மங்களின் மீது படும் எலக்ட்ரான் கற்றைகள் விளிம்பு விளைவு அடைவதை செய்து காட்டினார்கள். பருப்பொருள் அலைகளுக்கு திண்ம படிகம் முப்பரிமான விளிம்பு விளைவு கீற்றணியாகச் செயல்படுவதால், எலக்ட்ரான் கற்றைகள் விளிம்பு விளைவை அடைந்து குறிப்பிட்ட திசையில் செல்கின்றன. படம் 8.17இல் இச்சோதனைக்கான அமைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது.

குறைந்த மின்னழுத்த (L.T.) மின்கல அடுக்கு மூலம் மின்னிழை F சூடுபடுத்தப் படுகிறது. சூடான மின்னிழையிலிருந்து வெப்ப அயனி உமிழ்வு மூலம் எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. பின்னர் உயர் மின்னழுத்த (H.T.) மின்கல அடுக்கு மூலம் மின்னிழை மற்றும் அலுமினிய உருளை ஆனோடு இடையே கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால், எலக்ட்ரான்கள் முடுக்கப்படுகின்றன. இரு மெல்லிய அலுமினியத் தகடுகள் வழியாகச் செல்லும் போது இணைக்கற்றையாக மாறும் எலக்ட்ரான்கள், ஒற்றைப் படிக நிக்கலின் மீது படுமாறு செய்யப்படுகிறது.



படம் 8.17 டேவிசன் – ஜெர்மர் சோதனை அமைப்பு

Ni அணுவினால் பல்வேறு திசைகளில் சிதறடிக்கப்படும் எலக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவு எலக்ட்ரான் பகுப்பானால் அளவிடப்படுகிறது. புத்தகத்தின் தளத்தில் சுழலும் வண்ணம் பகுப்பான் உள்ளதால், படுகற்றைக்கும் சிதறடிக்கப்பட்ட கற்றைக்கும் இடையேயான கோணம் θ வின் மதிப்பை நமக்கு தேவையான அளவில் மாற்றி அமைக்கலாம். சிதறடிக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவு ஆனது கோணம் θ இன் சார்பாக அளவிடப்படுகிறது.



படம் 8.18 கோணம் θ வைப் பொருத்து விளிம்பு விளைவு அடைந்த எலக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவு மாறுபாடு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 125 04-03-2022 13:09:05

குறிப்பு

துகள்களின் அலை இயல்பினை உறுதி செய்யும் சோதனை எலக்ட்ரானுக்கு மட்டுமே செய்யப்படவில்லை என்பதை இங்கு கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும். நியூட்ரான், ஆல்பா துகள்கள் போன்ற துகள்கள் இயக்கத்தில் உள்ள போது, அலைப் பண்பைப் பெற்றுள்ளன. அவை தகுந்த படிகங்களின் மீது படும்போது விளிம்பு விளைவுக்கு உட்பட்டு சிதறடிக்கப்படுகின்றன. நியூட்ரான் விளிம்பு விளைவு ஆய்வுகள் படிக அமைப்பினை ஆராய்வதற்கு பெருமளவு பயன்படுகின்றன.

குறிப்பு

விளிம்பு விளைவு என்பது அலைகளின் ஒரு பண்பு ஆகும். அலைகள் தடைகளின் மீது படும் பொழுதெல்லாம், தடைகளின் விளிம்புகளில் வளைந்து செல்லும். அலைகளின் இந்த வளைந்து செல்லும் பண்பே விளிம்பு விளைவு எனப்படும். அலைகளின் வளையும் அளவு அதன் அலைநீளத்தைப் பொருத்தது.

ஒளி அலைகளின் அலைநீளம் மிகச்சிறியது என்பதால், ஒளியில் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு மிக குறைவாகும் என்பதை அலகு 7 இல் கற்றோம். எனவே ஒளியின் விளிம்பு விளைவினை ஆராய்வதற்கு விளிம்பு விளைவு கீற்றணிகள் பயன்படுகின்றன.

X–கதிர்களின் அலைநீளம் மற்றும் எலக்ட்ரான்களின் டி ப்ராய் அலைநீளம் ($10^{-10}m$ என்ற அளவில் உள்ளதால்) ஆகியவை ஒளி அலைகளின் அலைநீளத்தைவிட குறைவு என்பதால், x–கதிர் விளிம்பு விளைவிற்கு கீற்றணிகளைப் பயன்படுத்த முடியாது.

படிகங்களில் அணு தளங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு x–கதிர்களின் அலைநீளம் மற்றும் எலக்ட்ரான்களின் டி ப்ராய் அலைநீளங்களுக்கு ஒப்பிடக்கூடிய வகையில் உள்ளது. எனவே, இவைகளின் x–கதிர் விளிம்பு விளைவிற்கு படிகங்கள் முப்பரிமாணக் கீற்றணியாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

படம் 8.18 இல் 54V முடுக்கு மின்னழுத்தத்தில், கோணம் θ வைப் பொருத்து சிதறடிக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவு மாறுபாடு காட்டப்பட்டுள்ளது. கொடுக்கப்பட்ட முடுக்கு மின்னழுத்தத்திற்கு, சிதறடிக்கப்பட்ட அலையின் செறிவு 50^0 கோணத்தில் உச்சமாக அல்லது பெருமமாக அமையும். உலோகத்தில் உள்ள பல்வேறு அணு தளங்களில் இருந்து விளிம்பு விளைவு அடைந்து வரும் எலக்ட்ரான் அலைகளின் ஆக்க குறுக்கீட்டு விளைவினால் இந்த பெருமம் பெறப்படுகிறது. நிக்கலின் அணு தளங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவின் மதிப்பில் இருந்து, எலக்ட்ரான் அலையின் அலைநீளம் சோதனை வாயிலாக 1.65Å என கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

$V = 54$ V என்ற மதிப்பிற்கு, டி ப்ராய் தொடர்பின் மூலம் சமன்பாடு (8.12) யில் இருந்தும் அலைநீளம் கணக்கிடப்படுகிறது.

$$\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}} \text{Å} = \frac{12.27}{\sqrt{54}}$$

$$\lambda = 1.67 \text{ Å}$$

இந்த மதிப்பு ஆனது சோதனை வாயிலாக கண்டறியப்பட்ட 1.65 Å என்ற மதிப்புடன் மிகவும் பொருந்தியுள்ளது. எனவே இச்சோதனை ஆனது டி ப்ராயின் இயங்கும் துகளிற்கான அலை இயல்பு எடுகோளை நேரடியாகச் சரிபார்த்துள்ளது.

8.3.5 எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி

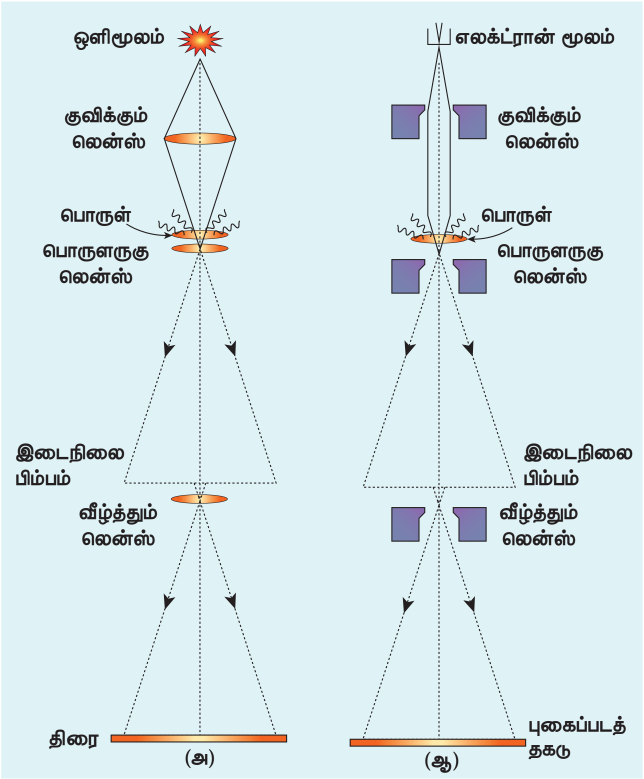
தத்துவம்

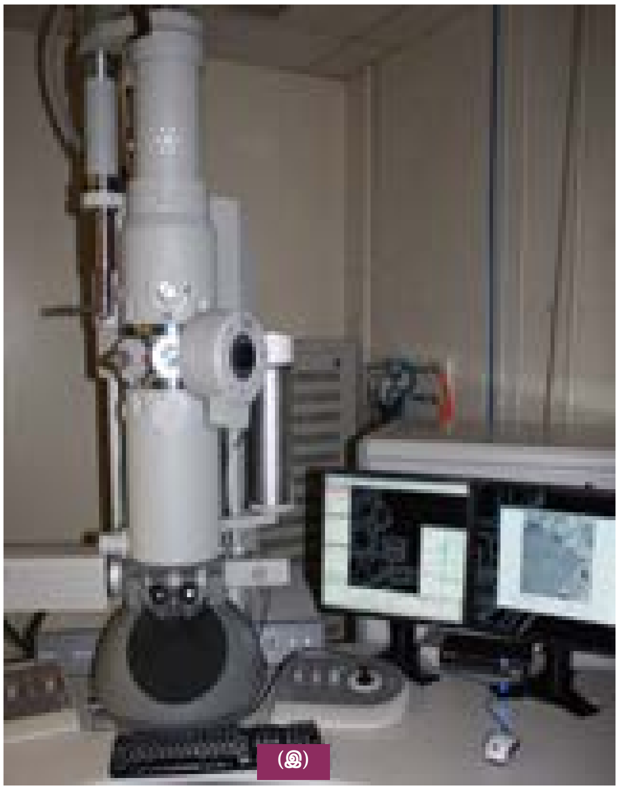
துகள்களது அலை இயல்பின் நேரடி பயன்பாடாக இது அமைகிறது. எலக்ட்ரானின் அலை இயல்பினைப் பயன்படுத்தி, நுண்ணோக்கி ஒன்று வடிவமைக்கப்படுகிறது. இந்த நுண்ணோக்கி எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி எனப்படும்.

ஒரு நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன் ஆனது உருப்பெருக்க வேண்டிய பொருளின் மீது படும் ஒளியின் அலைநீளத்திற்கு எதிர்தகவில் அமையும். எனவே குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட அலைகளைப் பயன்படுத்தும்போது அதிக பகுதிறனும் அதிக உருப்பெருக்கமும் கிடைக்கின்றன.

எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளம் ஆனது ஒளியியல் நுண்ணோக்கியில் பயன்படும் கண்ணுறு ஒளியின் அலைநீளத்தை விட மிகக் குறைவு (சில ஆயிரங்கள் குறைவு) ஆகும். இதன் விளைவாக, எலக்ட்ரான்களின் டி ப்ராய் அலைகளைப் பயன்படுத்தும் நுண்ணோக்கிகளின் பகுதிறன் ஆனது ஒளியியல் நுண்ணோக்கிகளை விட மிக அதிகமாகும். 2,00,000 மடங்கு உருப்பெருக்கத்தை அளிக்கும் எலக்ட்ரான்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 126 04-03-2022 13:09:05





படம் 8.19 (அ) ஒளியியல் நுண்ணோக்கி (ஆ) எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (இ) எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் புகைப்படம்

நுண்ணோக்கிகள், ஆராய்ச்சிக்கூடங்களில் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

வேலை செய்யும் விதம்

ஒளியியல் நுண்ணோக்கி மற்றும் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி ஆகியவற்றின் அமைப்பு மற்றும் வேலை செய்யும் விதம் ஒரே மாதிரியாக அமையும். ஆனால் சிறு வேறுபாடு: எலக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிப்பதற்கு நிலைமின்புல அல்லது காந்தப்புல லென்சுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தகுந்த வகையில் அமைக்கப்பட்ட மின்புலம் அல்லது காந்தப்புலம் வழியாகச் செல்லும் எலக்ட்ரான் கற்றையை விரிதலுக்கோ குறுகுதலுக்கோ உட்படுத்த முடியும். இதன் மூலம், எலக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிப்பது செய்யப்படுகிறது (படம் 8.19).

எலக்ட்ரான் மூலத்திலிருந்து உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்கள் உயர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்படுகின்றன. காந்தப்புல குவிக்கும் லென்சு (magnetic condenser lens) மூலம் எலக்ட்ரான் கற்றை இணைக் கற்றையாக மாற்றப்படுகிறது. இந்தக் கற்றை உருப்பெருக்கம் செய்ய வேண்டிய பொருள் வழியாகச் செல்லும்போது, அதன் பிம்பத்தைத் தாங்கிச் செல்கிறது.

காந்தப்புல பொருளருகு லென்சு (magnetic objective lens) மற்றும் காந்தப்புல வீழ்த்தும் லென்சு (magnetic projector lens) அமைப்புகளின் உதவியுடன் உருப்பெருக்கப்பட்ட பிம்பம் திரையில் தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியானது பெரும்பாலும் அனைத்து அறிவியல் துறைகளிலும் பயன்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 8.6

பின்வரும் நேர்வுகளுக்கு உந்தம் மற்றும் டி ப்ராய் அலைநீளங்களைக் கணக்கிடுக.

i) 2 eV இயக்க ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரான்

ii) துப்பாக்கிலிருந்து வெளிப்படும் 50 g நிறையும் 200 ms^{-1} வேகமும் கொண்ட துப்பாக்கிக்குண்டு

iii) நெடுஞ்சாலையில் 50 ms^{-1} வேகத்தில் இயங்கும் 4000 kg நிறை கொண்ட கார்

இதிலிருந்து பருப்பொருளின் அலை இயல்பு ஆனது அணு நிலைகளில் பொருத்தமானது எனவும், பெரிய பொருள்களில் பொருத்தமற்றது எனவும் நிரூபி.

தீர்வு

i) எலக்ட்ரானின் உந்தம்,

$$p = \sqrt{2mK} = \sqrt{2\times 9.1\times 10^{-31}\times 2\times 1.6\times 10^{-19}}$$
$$= 7.63\times 10^{-25}\,\text{kg m s}^{-1}$$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 127 04-03-2022 13:09:06

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

சில பொருள்களின் உருப்பெருக்கப்பட்ட பிம்பம்

ஊடுருவு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி மூலம் எடுக்கப்பட்ட 'வீட்டு ஈ'யின் பெரிதாக்கப்பட்ட வண்ணப்படம் (மஸ்கோடொமெஸ்டிக்கா)

ஊசி மற்றும் நூல்

எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளம்,

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.626\times10^{-34}}{7.63\times10^{-25}} = 0.868\times10^{-9}\,\text{m}$$

$$= 8.68\ \text{Å}$$

ii) துப்பாக்கிக்குண்டின் உந்தம்,

$$p = mv = 0.050\times200 = 10\ \text{kgms}^{-1}$$

துப்பாக்கிக்குண்டின் டி ப்ராய் அலைநீளம்,

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.626\times10^{-34}}{10} = 6.626\times10^{-35}\ \text{m}$$

iii) காரின் உந்தம்,

$$p = mv = 4000\times50 = 2\times10^{5}\,\text{kgms}^{-1}$$

காரின் டி ப்ராய் அலைநீளம்,

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.626\times10^{-34}}{2\times10^{5}} = 3.313\times10^{-39}\ \text{m}$$

இந்தக் கணக்கீடுகளில் இருந்து எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளம் குறிப்பிடத்தக்க அளவு உள்ளது எனத் தெரிகிறது ($\approx10^{-9}m$. இம்மதிப்பை விளிம்பு விளைவு சோதனைகள் மூலம் அளந்து விடமுடியும்). ஆனால் இயங்குகின்ற துப்பாக்கிக் குண்டு மற்றும் கார் ஆகியவற்றின் டி ப்ராய் அலைநீளங்கள் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு மிகச் சிறியதாக உள்ளன ($\approx10^{-33}$ m மற்றும் 10^{-39} m. இம்மதிப்புகளை எந்தவொரு சோதனை மூலமும் அளக்கமுடியாது).

எனவே, பருப்பொருளின் அலை இயல்பு ஆனது அணு நிலைகளில் பொருத்தமானது எனவும், பெரிய அமைப்புகளில் பொருத்தமற்றது எனவும் நிரூபிக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 8.7

400 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்படும் ஆல்ஃபா துகளின் டி ப்ராய் அலைநீளத்தைக் காண்க. (தரவு: புரோட்டானின் நிறை 1.67×10^{-27} kg).

தீர்வு

ஒரு ஆல்ஃபா துகளில் 2 புரோட்டான்கள் மற்றும் 2 நியூட்ரான்கள் உள்ளன. எனவே ஆல்ஃபா துகளின் நிறை M ஆனது புரோட்டானின் (அல்லது நியூட்ரானின்) நிறையைப் (m_p) போன்று நான்கு மடங்கு ஆகும். அதன் மின்னூட்டம் q ஆனது புரோட்டானின் மின்னூட்டத்தைப் $(+e)$ போல இரு மடங்கு ஆகும்.

ஆல்பா துகளின் டி ப்ராய் அலைநீளம்,

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2MqV}} = \frac{h}{\sqrt{2\times(4m_p)\times(2e)\times V}}$$

$$= \frac{6.626\times10^{-34}}{\sqrt{2\times4\times1.67\times10^{-27}\times2\times1.6\times10^{-19}\times400}}$$

$$= \frac{6.626\times10^{-34}}{4\times20\times10^{-23}\sqrt{1.67\times1.6}} = 0.00507\ \text{Å}$$

எடுத்துக்காட்டு 8.8

ஒரு புரோட்டான் மற்றும் ஒரு எலக்ட்ரான் ஆகியவை சமமான டி ப்ராய் அலைநீளத்தைக் கொண்டுள்ளன எனில், இரண்டில் எது வேகமாக இயங்குகிறது மற்றும் எது அதிக இயக்க ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கும்?

தீர்வு

$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mK}}$ என்பது நமக்குத் தெரியும்.

புரோட்டான் மற்றும் எலக்ட்ரான் ஆகியவை சமமான டி ப்ராய் அலைநீளத்தைக் கொண்டிருப்பதால், நமக்குக் கிடைப்பது

$$\frac{h}{\sqrt{2m_pK_p}} = \frac{h}{\sqrt{2m_eK_e}} \text{ (அல்லது) } \frac{K_p}{K_e} = \frac{m_e}{m_p}$$

$m_e < m_p$ என்பதால், $K_p < K_e$ ஆகும். எனவே எலக்ட்ரான் ஆனது புரோட்டானை விட அதிக இயக்க ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கும்.

$$\frac{K_p}{K_e} = \frac{\frac{1}{2}m_pv_p^2}{\frac{1}{2}m_ev_e^2} \text{ (அல்லது) } \frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{K_pm_e}{K_em_p}}$$

$$\frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{m_e^2}{m_p^2}} = \frac{m_e}{m_p} \quad \text{ஏனெனில்} \quad \frac{K_p}{K_e} = \frac{m_e}{m_p}$$

$m_e < m_p$ என்பதால், $v_p < v_e$ ஆகும். எலக்ட்ரான் ஆனது புரோட்டானை விட வேகமாகச் செல்கிறது.

8.4 X–கதிர்கள்

அறிமுகம்

ஒளிமின் விளைவின் போது ஃபோட்டான்கள் படுவதால் எலக்ட்ரான்கள் உமிழப் படுகின்றன என்பதை குவாண்டம் கொள்கை விளக்குகிறது. இதில் ஆற்றல் ஆனது ஃபோட்டான்களில் இருந்து எலக்ட்ரான்களுக்கு மாற்றப்படுகிறது. இதனைத் தொடர்ந்து, இதற்கு மறுதலை நிகழ்வு சாத்தியமா எனும் வினா எழுகிறது.

அதாவது, எலக்ட்ரான் இயக்க ஆற்றலை ஃபோட்டான் ஆற்றலாக மாற்ற இயலுமா அல்லது இயலாதா என்பதாகும். இந்த வினாவிற்கு விடையளிக்கும் நிகழ்வு ஆனது பிளாங்கின் கதிர்வீச்சுப் பற்றிய குவாண்டம் கொள்கைக்கு முன்பாகவே கண்டறியப் பட்டுள்ளது. அந்த நிகழ்வைப் பற்றி இப்போது பார்ப்போம்.

X-கதிர்களின் கண்டுபிடிப்பு

வேகமாக இயங்கும் எலக்ட்ரான்கள் குறிப்பிட்ட சில பொருள்களின் மீது விழும்போது, அதிக ஊடுருவும் திறன் கொண்ட கதிர்வீச்சு வெளிப்படுவதை வில்ஹெம் ராண்ட்ஜென் என்பவர் 1895 இல் கண்டறிந்தார். அந்த காலகட்டத்தில் அக்கதிர்களின் தோற்றம் பற்றித் தெரியவில்லை என்பதால், அவை x–கதிர்கள் எனப் பெயரிடப்பட்டன.

0.1Å முதல் 100Å வரை குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட மின்காந்த அலைகள், x–கதிர்கள் எனப்படும். இவை ஒளியின் வேகத்தில் நேர்கோட்டில் பயணம் செய்யும். மேலும் மின் மற்றும் காந்தப்புலங்களால் விலகலடையாது. X–கதிர் ஃபோட்டான்கள் உயர் அதிர்வெண் அல்லது குறைந்த அலைநீளம் கொண்டுள்ளதால், அதிக அளவு ஆற்றல் கொண்டவை. கண்ணுறு ஒளி புகுந்து செல்ல இயலாத பொருள்களின் வழியாகக் கூட x–கதிர்கள் ஊடுருவிச் செல்லக்கூடியவை.

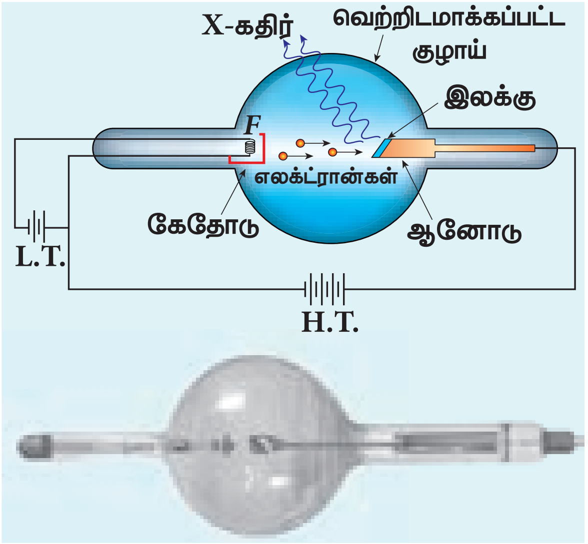
X–கதிர்களின் தரமானது அதன் ஊடுருவுதிறனைப் பொருத்து அளவிடப்படுகிறது. இவற்றின் ஊடுருவுதிறனானது இலக்கு பொருள்களின் மீது மோதுகின்ற எலக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் மற்றும் இலக்கு பொருள்களின் அணு எண் ஆகியவற்றைப் பொருத்து அமையும். X–கதிர்களின் செறிவானது இலக்கின் மீது மோதும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைப் பொருத்தது.

X-கதிர்கள் உற்பத்தி

X–கதிர்க் குழாய் எனப்படும் மின்னிறக்கக் குழாய்கள் மூலம் x–கதிர்கள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன (படம் 8.20). மின்கலத்தொகுப்பின் (L.T.) மூலம் டங்ஸ்டன் மின்னிழை F ஆனது வெண்ணொளிர்வு நிலைக்கு (incandescence) சூடேற்றப்படுகிறது. இதன் விளைவாக, வெப்ப அயனி உமிழ்வின் மூலம் எலக்ட்ரான்கள் உமிழப் படுகின்றன.

மின்னிழை F மற்றும் ஆனோடு இடையே உள்ள உயர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் (H.T.), எலக்ட்ரான்கள் அதிக வேகத்தில் முடுக்கப்படுகின்றன. தாமிரத்தால் செய்யப்பட்ட ஆனோட்டின் முகப்புப் பகுதியில் டங்ஸ்டன், மாலிப்டீனம் போன்ற இலக்குப் பொருள் பொதித்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. X–கதிர்கள் குழாயிலிருந்து வெளியேறுவதற்கு ஏதுவாக, எலக்ட்ரான் கற்றையைப் பொருத்து இலக்குப் பொருளின் முகப்புப் பகுதி 45° கோணத்தில்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 129 04-03-2022 13:09:15



படம் 8.20 X−கதிர்கள் உற்பத்தி

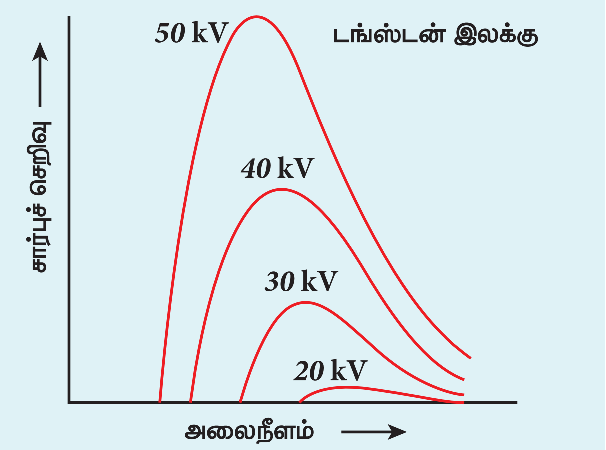
சாய்வாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால் x−கதிர்கள் மின்னிறக்கக் குழாயின் ஒரு பக்கத்தில் வெளியேறுகிறது.

இலக்கின் மீது அதிவேக எலக்ட்ரான்கள் மோதும் போது, திடீரென ஏற்படும் எதிர் முடுக்கத்தினால் தம் இயக்க ஆற்றலை இழக்கின்றன. இதன் விளைவாக, x−கதிர் ஃபோட்டான்கள் உருவாகின்றன. மோதும் எலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலின் பெரும்பகுதி வெப்பமாக மாறுவதால், அதிக அளவு உருகுநிலை கொண்ட இலக்கு பொருள்கள் மற்றும் குளிர்விப்பான் அமைப்பு ஆகியவை பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

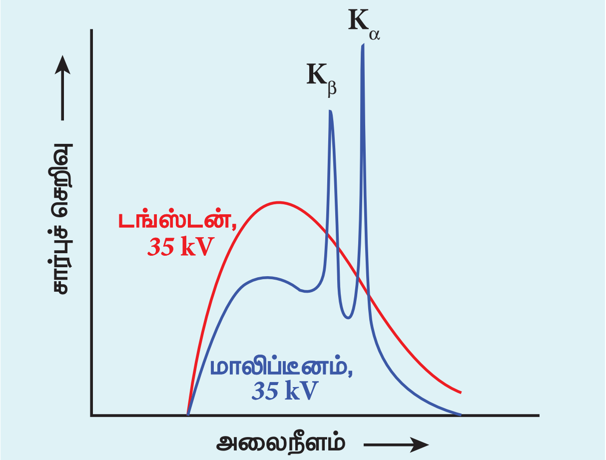
X−கதிர் நிறமாலை (X-ray spectrum)

உலோக இலக்கின் மீது வேகமாகச் செல்லும் எலகட்ரான்கள் மோதுவதால் x−கதிர்கள் உருவாகின்றன. **X−கதிர்களின் அலைநீளத்தைப் பொருத்து x−கதிர்களின் செறிவிற்கு வரையப்படும் வளைகோடு ஆனது x−கதிர் நிறமாலை எனப்படும்.** X−கதிர் நிறமாலை ஆனது தொடர்நிறமாலை மற்றும் அதன் மீது மேற்பொருந்தியுள்ள முகடுகள் எனும் இரு பகுதிகளைக் கொண்டது (படம் 8.21 (அ) மற்றும் (ஆ)).

தொடர் நிறமாலை (Continuous spectrum) என்பது குறிப்பிட்ட சிறும அலைநீளம் λ_0 முதல் தொடர்ச்சியாக அனைத்து அலைநீளங்களை கொண்ட கதிர்வீச்சுகளால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது. மின்வாய்களின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைப் பொருத்து சிறும அலைநீளத்தின் மதிப்பு அமையும். மேற்பொருந்தும் முகடுகள் இலக்கு செய்யப்பட்ட பொருளின் சிறப்பியல்பினைப் பொருத்து அமைவதால், அது சிறப்பு நிறமாலை (Characteristic spectrum) எனப்படுகின்றன. படம் 8.21 (அ) வில் பல்வேறு முடுக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடுகளில் டங்ஸ்டனின் x−கதிர் நிறமாலையும், படம் 8.21 (ஆ) வில் ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் டங்ஸ்டன் மற்றும் மாலிப்டீனம் இலக்குகளின் x−கதிர் நிறமாலையும் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 8.21 (அ) பல்வேறு முடுக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடுகளில் டங்ஸ்டனின் x−கதிர் நிறமாலை



படம் 8.21 (ஆ) 35 kV மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் டங்ஸ்டன் மற்றும் மாலிப்டீனத்தின் x−கதிர் நிறமாலை

முடுக்கப்படும் எலக்ட்ரான்களில் இருந்து கதிர்வீச்சு உமிழப்படும் என்பதை பண்டைய மின்காந்தக் கொள்கை எடுத்துரைத்தாலும், x−கதிர் நிறமாலையில் உள்ள பின்வரும் இரண்டு சிறப்பம்சங்களை விளக்க இயலவில்லை.

(i) கொடுக்கப்பட்ட முடுக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டில், தொடர் x−கதிர் நிறமாலையில் அலைநீளத்தின் சிறும மதிப்பானது எல்லா இலக்கு பொருள்களுக்கும் சமமாக உள்ளது. இந்தச் சிறும அலைநீளம் ஆனது வெட்டு அலைநீளம் (cut-off wavelength) எனப்படும்.

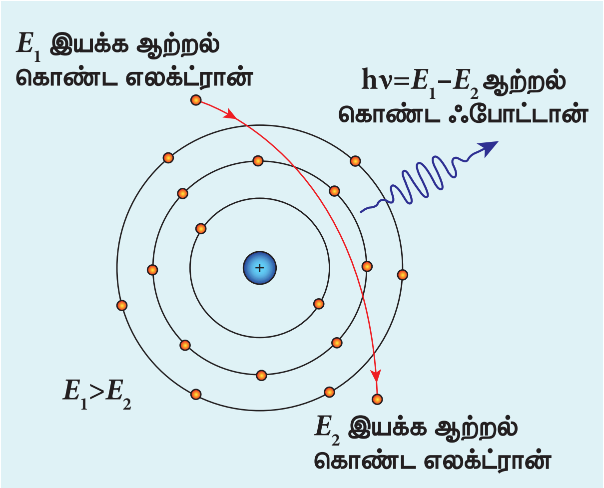
XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 130 04-03-2022 13:09:16

(ii) வரையறுக்கப்பட்ட குறிப்பிட்ட சில அலைநீளங்களில் x–கதிர்களின் செறிவு கணிசமாக அதிகரிக்கிறது. இது மாலிப்டீனத்தின் சிறப்பு நிறமாலையில் காட்டப்பட்டுள்ளது (படம் 8.21 (ஆ)).

ஆனால் கதிர்வீச்சின் ஃபோட்டான் கொள்கை மூலம், இந்த இரு சிறப்பம்சங்களை விளக்கமுடியும்.

தொடர் x–கதிர் நிறமாலை

அதிவேக எலக்ட்ரான் ஆனது இலக்குப் பொருளை ஊடுருவி அதன் அணுக்கருவை நெருங்கும் போது, எலக்ட்ரான் மற்றும் அணுக்கரு இடையே உள்ள இடைவினை காரணமாக எலக்ட்ரான் முடுக்கம் அல்லது எதிர் முடுக்கம் அடைகிறது. இதன் விளைவாக எலக்ட்ரானின் பாதையில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. இவ்வாறான **எதிர் முடுக்கம் அடைந்த எலக்ட்ரானால் தோற்றுவிக்கப்படும் கதிர்வீச்சு ப்ரம்ஸ்டிராலங் அல்லது தடையுறு கதிர்வீச்சு (Bremsstrahlung or braking radiation) எனப்படும் (படம் 8.22).**



படம் 8.22 எதிர்முடுக்கமடைந்த எலக்ட்ரானிலிருந்து வெளிவரும் ப்ரம்ஸ்டிராலங் ஃபோட்டான்

உமிழப்படும் ஃபோட்டானின் ஆற்றலானது எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் இழப்புக்குச் சமமாகும். எலக்ட்ரான் தனது ஆற்றலின் ஒரு பகுதி அல்லது மொத்த ஆற்றலையும் போட்டானுக்கு கொடுப்பதால், சாத்தியமுள்ள அனைத்து ஆற்றல்களிலும் (அல்லது அதிர்வெண்களிலும்) ஃபோட்டான்கள் வெளிப்படுகின்றன. இத்தகைய கதிர்வீச்சு மூலம் தொடர் x–கதிர் நிறமாலை உருவாகின்றது.

எலக்ட்ரான் தனது மொத்த ஆற்றலையும் அளிக்கும் போது, அதிகபட்ச அதிர்வெண் ν_0 (அல்லது குறைந்தபட்ச அலைநீளம் λ_0) கொண்ட ஃபோட்டான் உமிழப்படுகிறது. எலக்ட்ரானின் ஆரம்ப இயக்க ஆற்றல் eV ஆகும். இங்கு V என்பது முடுக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும். எனவே,

$$h\nu_0 = eV \quad \text{(அல்லது)} \quad \frac{hc}{\lambda_0} = eV$$

$$\lambda_0 = \frac{hc}{eV}$$

இங்கு λ_0 என்பது வெட்டு அலைநீளம் ஆகும். தெரிந்த மதிப்புகளை மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் பிரதியிட்டால், நமக்குக் கிடைப்பது

$$\lambda_0 = \frac{12400}{V}\ \text{Å} \qquad (8.14)$$

சமன்பாடு (8.14)இல் காட்டப்பட்டுள்ள தொடர்பு, **டூயான் – ஹண்ட் வாய்ப்பாடு** எனப்படும்.

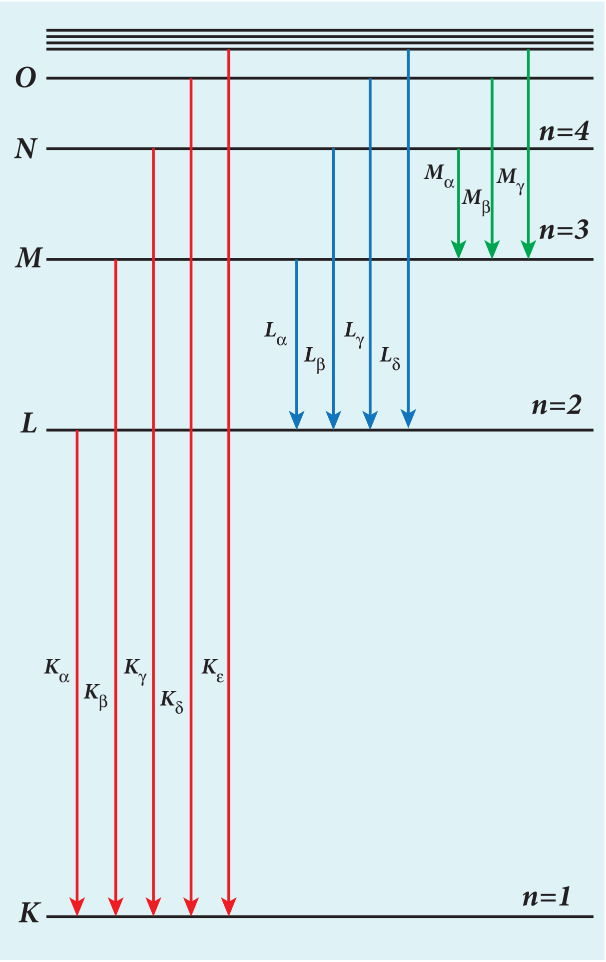
λ_0 இன் மதிப்பு முடுக்கு மின்னழுத்தத்தை மட்டும் பொருத்து அமையும். எனவே கொடுக்கப்பட்ட முடுக்கு மின்னழுத்தத்தில், எல்லா இலக்கு பொருள்களுக்கும் λ_0 இன் மதிப்பு சமம் ஆகும். இது சோதனை முடிவுகளுடன் நன்கு பொருந்தியுள்ளது. எனவே, தொடர் x–கதிர் நிறமாலை உருவாக்கம் மற்றும் வெட்டு அலைநீளத்தின் தோற்றம் ஆகியவற்றைக் கதிர்வீச்சு பற்றிய ஃபோட்டான் கொள்கையின் அடிப்படையில் விளக்கமுடியும்.

சிறப்பு x–கதிர் நிறமாலை

உயர் வேக எலக்ட்ரான்களால் இலக்குப் பொருள் தாக்கப்படும் போது, நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட சில அலைநீளங்களில் குறுகிய முகடுகள் x–கதிர் நிறமாலையில் தோன்றுகின்றன. இந்த முகடுகளுடன் தோன்றும் வரி நிறமாலை ஆனது சிறப்பு x–கதிர் நிறமாலை எனப்படும். இந்த x–கதிர் நிறமாலை அணுவினுள் ஏற்படும் எலக்ட்ரான் நிலைமாற்றத்தினால் (electronic transition) தோன்றுகின்றது.

இலக்கு அணுவின் உள்ளே ஊடுருவும் அதிக ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரான் ஆனது சில K–கூடு எலக்ட்ரான்களை வெளியேற்ற முடியும். பிறகு சில K–கூட்டில் ஏற்பட்டுள்ள காலியிடத்தை நிரப்புவதற்கு வெளிவட்டப்பாதையில் இருந்து எலக்ட்ரான்கள் தாவுகின்றன. இந்த கீழ் நோக்கிய நிலைமாற்றத்தின் போது, ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு இடைப்பட்ட ஆற்றல் வேறுபாடு ஆனது x–கதிர் ஃபோட்டான் வடிவில் வெளிப்படுகிறது. இந்த ஃபோட்டானின் அலைநீளம் வரையறுக்கப்பட்ட மதிப்பைக் கொண்டிருக்கும். இலக்குப் பொருளின் சிறப்புப் பண்பாக அமையும் இந்த அலைநீளங்கள், வரி நிறமாலையை உருவாக்குகின்றன.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 131 04-03-2022 13:09:18



படம் 8.23 சிறப்பு x–கதிர் நிறமாலையின் தோற்றம்

படம் 8.23 இல் இருந்து, L, M, N.... போன்ற ஆற்றல் மட்டத்தில் இருந்து K–ஆற்றல் மட்டத்திற்கு எலக்ட்ரான் நிலைமாற்றம் நடைபெறுவதால், K–வரிசை நிறமாலைவரிகள் தோன்றுகின்றன என்பது தெளிவாகிறது. இதே போல, L–எலக்ட்ரான்கள் அணுவில் இருந்து வெளியேற்றப்பட்டால், M, N, O.... போன்ற ஆற்றல் மட்டத்தில் இருந்து L–ஆற்றல் மட்டத்திற்கு எலக்ட்ரான் நிலைமாற்றம் நடைபெறுகிறது. இதன்மூலம் அதிக அலைநீளம் கொண்ட L–வரிசை நிறமாலைவரிகள் தோன்றுகின்றன. மற்ற வரிசைகளும் இது போலவே உருவாகின்றன.

K–வரிசையின் K_α மற்றும் K_β வரிகள், படம் 8.21 (ஆ) இல் உள்ள மாலிப்டீனத்தின் x–கதிர் நிறமாலையின் இரு முகடுகள் மூலம் காட்டப்பட்டுள்ளன.

X-கதிரின் பயன்பாடுகள்

X–கதிர்கள் பல்வேறு துறைகளில் பயன்படுகின்றன. அதில் சிலவற்றை நாம் பட்டியலிடுவோம்.

1) மருத்துவத்துறையில் நோய் அறிதல்

X–கதிர்கள் எலும்புகளை விட தசைகளை எளிதாக ஊடுருவுகின்றன. இதனால் எலும்புகளின் ஆழமான நிழலும், தசைகளின் மேலோட்டமான நிழலும் கொண்ட x–கதிர்ப்படத்தைப் பெறமுடியும். X–கதிர்ப்படமானது எலும்பு முறிவு, உடலின் உள்ளே உள்ள அந்நியப் பொருள்கள், நோயினால் தாக்கப்பட்ட உடல் உறுப்புகள் ஆகியவற்றைக் கண்டறியப் பயன்படுகிறது.

2) மருத்துவத்துறையில் சிகிச்சை

நோயுற்ற திசுக்களை x–கதிர்கள் அழிக்கக் கூடியவை என்பதால், தோல் நோய்கள், புற்றுநோய் கட்டிகள் போன்றவற்றைக் குணமாக்குவதற்கு இவை பயன்படுகின்றன.

3) தொழில் துறை

பற்ற வைக்கப்பட்ட இணைப்புகளில் உள்ள விரிசல்கள், வாகன டயர்கள், டென்னிஸ் பந்துகள் மற்றும் மரங்கள் ஆகியவற்றைச் சோதனை செய்ய x–கதிர்கள் பயன்படுகின்றன. சுங்கச்சாவடிகளில் தடைசெய்யப்பட்ட பொருள்களைக் கண்டு பிடிப்பதற்கும் பயன்படுகின்றன.

4) அறிவியல் ஆராய்ச்சி

படிகப் பொருள்களின் கட்டமைப்பை – அதாவது, படிகங்களில் உள்ள அணுக்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகளின் அமைவுகளை அறிவதற்கு x–கதிர் விளிம்பு விளைவு சிறந்த கருவியாக உள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 8.9

20,000 V முடுக்கு மின்னழுத்தம் உள்ள x–கதிர் குழாயில் இருந்து வெளிவரும் x–கதிர்களின் வெட்டு அலைநீளம் மற்றும் வெட்டு அதிர்வெண் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

தொடர் நிறமாலையில், x–கதிர்களின் வெட்டு அலைநீளம்,

$$\lambda_\circ = \frac{12400}{V} \text{Å} = \frac{12400}{20000} \text{Å}$$
$$= 0.62 \text{ Å}$$

இதற்குத் தொடர்புடைய வெட்டு அதிர்வெண்,

$$\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3\times10^8}{0.62\times10^{-10}} = 4.84\times10^{18} \text{ Hz}$$

பாடச்சுருக்கம்

- துகள் என்பது மிகச்சிறிய அளவிலான குவிக்கப்பட்ட பருப்பொருள் என கருதப்படுகிறது (குறிப்பிட்ட இடம் மற்றும் கால எல்லைகள்). ஆனால் அலை என்பது அகன்ற பரவலான ஆற்றலாகும் (குறிப்பிட்ட இடம் மற்றும் கால எல்லைகள் இல்லாதது).
- பொருளின் எந்தவொரு பரப்பிலிருந்தும் எலக்ட்ரான் வெளியேற்றப்படும் நிகழ்வு எலக்ட்ரான் உமிழ்வு எனப்படும்.
- உலோகத்தின் பரப்பிலிருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவைப்படும் சிறும ஆற்றல் உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் எனப்படும்.
- 1 eV என்பது 1.602×10^{-19} J க்குச் சமமாகும்.
- வெப்ப ஆற்றலால் ஏற்படும் எலக்ட்ரான் உமிழ்வு வெப்ப அயனி உமிழ்வு எனப்படும்.
- மிக வலிமையான மின்புலத்தை உலோகத்தின் குறுக்கே அளிக்கும் போது மின்புல உமிழ்வு ஏற்படுகிறது.
- குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் கொண்ட மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு உலோக பரப்பின் மீது படும்போது, ஒளிமின் உமிழ்வு நடைபெறுகிறது
- மிக வேகமாகச் செல்லும் எலக்ட்ரான் கற்றை உலோகத்தின் பரப்பின் மீது மோதும்போது இரண்டாம் நிலை எலக்ட்ரான் உமிழ்வு ஏற்படுகிறது.
- ஒளி மின்னோட்டம் ஆனது (ஒரு வினாடியில் உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை) படும் ஒளியின் செறிவிற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.
- நிறுத்து மின்னழுத்தம் என்பது பெரும இயக்க ஆற்றலைக் கொண்ட ஒளி எலக்ட்ரான்களை நிறுத்தி, ஒளி மின்னோட்டத்தை சுழியாக்குவதற்கு ஆனோடிற்கு அளிக்கப்படும் எதிர் (எதிர் முடுக்கு) மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பாகும்
- நிறுத்து மின்னழுத்தம் படுஒளியின் செறிவைப் பொருத்தது அல்ல.
- ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றல் படுஒளியின் செறிவைப் பொறுத்தது அல்ல.
- கொடுக்கப்படும் உலோகப் பரப்பிற்கு, படுகதிரின் அதிர்வெண் ஒரு குறிப்பிட்ட சிறும அதிர்வெண்ணை விட அதிகமாக இருந்தால் மட்டுமே ஒளிஎலக்ட்ரான் உமிழ்வு ஏற்படும். இந்தச் சிறும அதிர்வெண் பயன்தொடக்க அதிர்வெண் எனப்படும்.
- பிளாங்க் கொள்கைப்படி, ஒரு பொருளானது அதிக எண்ணிக்கை கொண்ட வெவ்வேறு அதிர்வெண்ணில் அதிர்வடையும் துகள்களை (அணுக்கள்) கொண்டிருக்கும்.
- ஐன்ஸ்டீனின் கொள்கைப்படி, ஒளி ஆற்றலானது அலை முகப்புகளில் பரவியில்லாமல், சிறு சிப்பங்கள் அல்லது குவாண்டாவில் குவிக்கப்பட்டிருக்கும்.
- வரையறுக்கப்பட்ட ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்தை பெற்ற ஒவ்வொரு ஒளி குவாண்டமும் **ஃபோட்டான்** எனப்படும்.
- ஒளி பரவும் போது அலையாகவும், பொருள்களுடன் இடைவினை புரியும் போது துகளாகவும் செயல்படுகிறது.
- ஒளி மின்கலம் என்பவை ஒளி ஆற்றலை மின் ஆற்றலாக மாற்றும் சாதனம் ஆகும்.
- இயக்கத்தில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள், புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்கள் போன்ற அனைத்து பருப்பொருள் துகள்களும் அலைப்பண்பைப் பெற்றுள்ளன. அவற்றுடன் தொடர்புடைய இந்த அலைகள் டி ப்ராய் அலைகள் அல்லது பருப்பொருள் அலைகள் எனப்படுகின்றன.
- எலக்ட்ரானின் அலை இயல்பு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் வடிமைப்பில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.
- 1927 இல் கிளின்டன் டேவிசன் மற்றும் லெஸ்ட் ஜெர்மர் ஆகியோர் டி ப்ராயின் பருப்பொருள் அலைகள் பற்றிய எடுகோளை சோதனை வாயிலாக உறுதி செய்துள்ளனர்.

- வேகமாக இயங்கும் எலக்ட்ரான்கள் குறிப்பிட்ட சில பொருள்களின் மீது விழும்போது, அதிக ஊடுருவும் திறன் கொண்ட x–கதிர்கள் எனப்பெயரிடப்பட்ட கதிர்வீச்சு வெளிவிடப்படுகின்றது.
- தொடர் நிறமாலை என்பது குறிப்பிட்ட சிறும அலைநீளம் λ_0 முதல் தொடர்ச்சியாக அனைத்து அலைநீளங்களை கொண்ட கதிர்வீச்சுகளால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது.
- உயர் வேக எலக்ட்ரான்களால் இலக்குப் பொருள் தாக்கப்படும் போது, நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட சில அலைநீளங்களில் குறுகிய முகடுகள் x–கதிர் நிறமாலையில் தோன்றுகின்றன. இந்த முகடுகளுடன் தோன்றும் வரி நிறமாலை ஆனது சிறப்பு x–கதிர் நிறமாலை எனப்படும்.

கருத்து வரைபடம்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 134 04-03-2022 13:09:19

மதிப்பீடு

I சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்தல்

1. λ_e அலைநீளம் கொண்ட எலக்ட்ரான் மற்றும் λ_p கொண்ட ஃபோட்டான் ஆகியவை ஒரே ஆற்றலைப் பெற்று இருப்பின், அலைநீளங்கள் λ_e மற்றும் λ_p இடையிலான தொடர்பு (NEET 2013)

a) $\lambda_p \propto \lambda_e$ b) $\lambda_p \propto \sqrt{\lambda_e}$

c) $\lambda_p \propto \frac{1}{\sqrt{\lambda_e}}$ d) $\lambda_p \propto \lambda_e^2$

2. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் பயன்படும் எலக்ட்ரான்கள் 14 kV மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்படுகின்றன. இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு 224 kV ஆக அதிகரிக்கும்போது, எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளமானது

a) 2 மடங்கு அதிகரிக்கும்

b) 2 மடங்கு குறையும்

c) 4 மடங்கு குறையும்

d) 4 மடங்கு அதிகரிக்கும்

3. 3×10^{-6} g நிறை கொண்ட துகளுடன் தொடர்புடைய அலையின் அலைநீளம் மற்றும் $6\times10^{6}\,\mathrm{m\,s^{-1}}$ திசைவேகத்தில் நகரும் எலக்ட்ரானின் அலைநீளம் ஆகியவை சமமாக இருப்பின், துகளின் திசைவேகம்

a) $1.82\times10^{-18}\,\mathrm{m\,s^{-1}}$

b) $9\times10^{-2}\,\mathrm{m\,s^{-1}}$

c) $3\times10^{-31}\,\mathrm{m\,s^{-1}}$

d) $1.82\times10^{-15}\,\mathrm{m\,s^{-1}}$

4. λ அலைநீளமுள்ள கதிர்வீச்சினால் ஒரு உலோகப் பரப்பு ஒளியூட்டப்படும் போது, அதன் நிறுத்து மின்னழுத்தம் V ஆகும். 2λ அலைநீளமுள்ள ஒளியினால் அதே பரப்பு ஒளியூட்டப்பட்டால், நிறுத்து மின்னழுத்தம் $\frac{V}{4}$ ஆகும். எனில் அந்த உலோகப்பரப்பிற்கான பயன்தொடக்க அலைநீளம் (NEET 2016)

a) 4λ b) 5λ

c) $\frac{5}{2}\lambda$ d) 3λ

5. 330 nm அலைநீளம் கொண்ட ஒளியானது 3.55 eV வெளியேற்று ஆற்றல் கொண்ட உலோகத்தின் மீது படும் போது, உமிழப்படும் எலக்ட்ரானுடன் தொடர்புடைய அலையின் அலைநீளமானது ($h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js எனக் கொள்க)

a) $< 2.75\times10^{-9}\,\mathrm{m}$ b) $\geq 2.75\times10^{-9}\,\mathrm{m}$

c) $\leq 2.75\times10^{-12}\,\mathrm{m}$ d) $< 2.5\times10^{-10}\,\mathrm{m}$

6. ஒளிஉணர் பரப்பு ஒன்று அடுத்தடுத்து λ மற்றும் $\lambda/2$ அலைநீளம் கொண்ட ஒற்றை நிற ஒளியினால் ஒளியூட்டப்படுகிறது. இரண்டாவது நேர்வில் உமிழப்படும் எலக்ட்ரானின் பெரும இயக்க ஆற்றல் ஆனது முதல் நேர்வில் உமிழப்படும் எலக்ட்ரானின் பெரும இயக்க ஆற்றலை விட 3 மடங்காக இருப்பின், உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றலானது (NEET 2015)

a) $\frac{hc}{\lambda}$ b) $\frac{2hc}{\lambda}$

c) $\frac{hc}{3\lambda}$ d) $\frac{hc}{2\lambda}$

7. ஒளிமின் உமிழ்வு நிகழ்வில், ஒரு குறிப்பிட்ட உலோகத்தின் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணை விட 4 மடங்கு அதிர்வெண் கொண்ட கதிர்வீச்சு அந்த உலோகப்பரப்பில் படும்போது, வெளிப்படும் எலக்ட்ரானின் பெரும திசைவேகமானது

a) $\sqrt{\frac{h\nu_0}{m}}$ b) $\sqrt{\frac{6h\nu_0}{m}}$

c) $2\sqrt{\frac{h\nu_0}{m}}$ d) $\sqrt{\frac{h\nu_0}{2m}}$

8. 0.9 eV மற்றும் 3.3 eV ஃபோட்டான் ஆற்றல் கொண்ட இரண்டு கதிர்வீச்சுகள் ஒரு உலோகப்பரப்பின் மீது அடுத்தடுத்து விழுகின்றன. உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் 0.6 eV எனில், இரு நேர்வுகளில் வெளிவிடப்படும் எலக்ட்ரான்களின் பெரும வேகங்களின் தகவு

a) 1:4 b) 1:3

c) 1:1 d) 1:9

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 135 04-03-2022 13:09:26

9. 520 nm அலைநீளம் கொண்ட ஒரு ஒளி மூலம் ஒரு வினாடிக்கு 1.04×10^{15} ஃபோட்டான்களை வெளிவிடுகிறது. 460 nm அலைநீளம் கொண்ட இரண்டாவது ஒளி மூலம் ஒரு வினாடிக்கு 1.38×10^{15} ஃபோட்டான்களை வெளிவிடுகிறது. இரண்டாவது மூலத்தின் திறனுக்கும் முதல் மூலத்தின் திறனுக்கும் இடையே உள்ள விகிதம்

a) 1.00 b) 1.02
c) 1.5 d) 0.98

10. சூரிய ஒளியின் சராசரி அலைநீளம் 550 nm மற்றும் அதன் சராசரி திறன் 3.8×10^{26} W எனில், சூரியனில் இருந்து ஒரு வினாடி நேரத்தில் உமிழப்படும் ஃபோட்டான்களின் தோராயமான எண்ணிக்கையானது

a) 10^{45} b) 10^{42}
c) 10^{54} d) 10^{51}

11. ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் 3.313 eV கொண்ட ஒரு உலோகப்பரப்பின் பயன் தொடக்க அலைநீளம்

a) 4125 Å b) 3750 Å
c) 6000 Å d) 2062.5 Å

12. ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் 1.235 eV கொண்ட ஒரு ஒளிஉணர்வு மிக்க உலோகத்தட்டின் மீது 500 nm அலைநீளம் கொண்ட ஒளி படுகிறது எனில், உமிழப்படும் ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலானது ($h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js எனக்கொள்க)

a) 0.58 eV b) 2.48 eV
c) 1.24 eV d) 1.16 eV

13. ஒரு உலோகத்தின் மீது λ அலைநீளம் கொண்ட ஃபோட்டான்கள் படுகின்றன. உலோகத்திலிருந்து உமிழப்படும் அதிக ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரான்கள், B எண் மதிப்பு கொண்ட செங்குத்து காந்தப்புலத்தினால் R ஆரமுடைய வட்ட வில் பாதையில் வளைக்கப்படுகின்றன எனில், உலோகத்தின் ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் (KVPY-SX 2016)

a) $\dfrac{hc}{\lambda} - m_e + \dfrac{e^2B^2R^2}{2m_e}$

b) $\dfrac{hc}{\lambda} + 2m_e\left[\dfrac{eBR}{2m_e}\right]^2$

c) $\dfrac{hc}{\lambda} - m_ec^2 - \dfrac{e^2B^2R^2}{2m_e}$

d) $\dfrac{hc}{\lambda} - 2m_e\left[\dfrac{eBR}{2m_e}\right]^2$

14. A, B மற்றும் C என்னும் உலோகங்களின் வெளியேற்று ஆற்றல்கள் முறையே 1.92 eV, 2.0 eV மற்றும் 5.0 eV ஆகும். 4100 Å அலைநீளம் கொண்ட ஒளி படும் போது, ஒளிஎலக்ட்ரான்களை உமிழும் உலோகம் / உலோகங்கள்

a) A மட்டும்
b) A மற்றும் B
c) அனைத்து உமிழும்
d) ஏதுமில்லை

15. வெப்ப ஆற்றலை உட்கவர்வதால் எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவது ___________ உமிழ்வு எனப்படும்

a) ஒளி மின்
b) புல
c) வெப்ப அயனி
d) இரண்டாம் நிலை

விடைகள்

1. d	**2.** c	**3.** d	**4.** d	**5.** b
6. d	**7.** b	**8.** b	**9.** c	**10.** a
11. b	**12.** c	**13.** d	**14.** b	**15.** c

II சிறு விடை வினாக்கள்

1. உலோகங்களில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் ஏன் அதிக எண்ணிக்கையில் உள்ளன?

2. ஒரு உலோகத்தின் ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் என்பதை வரையறு. அதன் அலகைத் தருக.

3. ஒளிமின் விளைவு என்றால் என்ன?

4. படுகதிரின் ஒளிச்செறிவைப் பொருத்து ஒளிமின்னோட்டம் எவ்வாறு மாறுபடுகிறது?

5. குவாண்டம் கருத்துப்படி, ஒளிச்செறிவு என்பதை வரையறை செய்க. அதன் அலகைத் தருக.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 136 04-03-2022 13:09:29

6. பயன்தொடக்க அதிர்வெண் என்பதை எவ்வாறு வரையறுப்பாய்?
7. ஒளி மின்கலம் என்றால் என்ன? ஒளி மின்கலத்தின் பல்வேறு வகைகளைக் குறிப்பிடுக.
8. q மின்னூட்டமும், m நிறையும் கொண்ட மின்துகளானது V என்ற மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்படும் போது, அதனுடன் தொடர்புடைய டி ப்ராய் அலைநீளத்திற்கான சமன்பாட்டை எழுதுக.
9. டி ப்ராய் கருதுகோளினைக் கூறுக.
10. மட்டைப்பந்தின் அலைப்பண்பினை ஏன் நம்மால் காண முடிவதில்லை?
11. புரோட்டான் மற்றும் எலக்ட்ரான் ஆகியவை சமமான இயக்க ஆற்றலை பெற்றுள்ளன. இதில் எந்த துகளுக்கு டி ப்ராய் அலைநீளம் அதிகமாக இருக்கும்? காரணம் கூறுக.
12. m நிறையுள்ள துகளுடன் தொடர்புடைய டி ப்ராய் அலைநீளத்திற்கான λ சமன்பாட்டை துகளின் இயக்க ஆற்றல் K மூலம் எழுதுக.
13. எலக்ட்ரான் மற்றும் ஆல்ஃபா துகள் ஆகிய இரண்டும் சமமான இயக்க ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளன எனில், அவற்றுடன் தொடர்புடைய டி ப்ராய் அலைநீளங்கள் எவ்வாறு தொடர்பு படுத்தப்படுகின்றன?
14. நிறுத்து மின்னழுத்தம் வரையறு.
15. பரப்பு அரண் என்றால் என்ன?
16. பண்டைய மின்காந்தக் கொள்கையினால் விளக்க முடியாத, x–கதிர் நிறமாலையின் இரண்டு சிறப்பம்சங்களைக் குறிப்பிடுக.
17. ப்ரம்ஸ்டிராலங் என்றால் என்ன?

III விரிவான விடை வினாக்கள்

1. எலக்ட்ரான் உமிழ்வு என்பதன் பொருள் என்ன? பல்வேறு வகை எலக்ட்ரான் உமிழ்வுகளைச் சுருக்கமாக விவரி.
2. ஹெர்ட்ஸ், ஹால்வாக்ஸ் மற்றும் லெனார்டு ஆகியோரின் சோதனைகளை சுருக்கமாக விவாதி.
3. ஒளிமின்னோட்டத்தின் மீதான மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் விளைவை விளக்குக.
4. படுஒளியின் அதிர்வெண்ணைப் பொருத்து நிறுத்து மின்னழுத்தம் எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என்பதை விவரி.
5. ஒளிமின் விளைவு விதிகளை வரிசைப்படுத்துக.
6. அலை இயல்பின் அடிப்படையில் ஒளிமின் விளைவினை ஏன் விளக்க முடியாது என்பதை விளக்குக.
7. மேக்ஸ் ப்ளாங்க் முன்மொழிந்த ஆற்றல் குவாண்டமாக்கல் பற்றிய கருத்தினைத் தருக.
8. தகுந்த விளக்கங்களுடன் ஐன்ஸ்டீனின் ஒளிமின் சமன்பாட்டை பெறுக.
9. ஐன்ஸ்டீன் விளக்கத்தின் உதவியுடன் சோதனை அடிப்படையில் கண்டறியப்பட்ட ஒளிமின் விளைவின் கருத்துகளை விளக்குக.
10. ஒளி உமிழ்வு மின்கலத்தின் அமைப்பு மற்றும் வேலை செய்யும் விதத்தை விளக்குக.
11. எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளத்திற்கான சமன்பாட்டினைப் பெறுக.
12. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் தத்துவம் மற்றும் வேலை செய்யும் விதத்தை சுருக்கமாக விளக்குக.
13. எலக்ட்ரானின் அலை இயல்பினை விவரிக்கும் டேவிசன் – ஜெர்மர் சோதனையை சுருக்கமாக விவரி.
14. ஃபோட்டான்களின் சிறப்பியல்புகளைப் பட்டியலிடுக.
15. ஒளி மின்கலத்தின் பயன்களைத் தருக.
16. சிறப்பு x–கதிர் நிறமாலையை எவ்வாறு நாம் பெறுகிறோம்?

IV. பயிற்சி கணக்குகள்

1. 50 mW திறனும் 640 nm அலைநீளமும் கொண்ட லேசர் ஒளியிலிருந்து ஒரு வினாடிக்கு எத்தனை ஃபோட்டான்கள் வெளிப்படும்?

[விடை : $1.61\times10^{17}\,s^{-1}$]

2. ஒளிமின் விளைவுப் பரிசோதனையில் நிறுத்து மின்னழுத்தம் 81 V எனில், வெளிவிடப்படும் எலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றல் மற்றும் பெரும வேகத்தைக் கணக்கிடுக.

[விடை: 1.3×10^{-17} J; 5.3×10^{6} ms^{-1}]

3. பின்வரும் கதிர்வீச்சுகளுடன் தொடர்புடைய ஃபோட்டான்களின் ஆற்றலை கணக்கிடுக.
அ) 413 nm அலைநீளம் கொண்ட ஊதா ஒளி
ஆ) 0.1 nm அலைநீளம் கொண்ட x–கதிர்கள்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 137 04-03-2022 13:09:29

இ) 10 m அலைநீளம் கொண்ட ரேடியோ அலைகள்

[விடை: 3 eV; 12424 eV; 1.24×10^{-7} eV]

4. 150 W திறன் கொண்ட விளக்கு ஒன்று உமிழும் ஒளியின் சராசரி அலைநீளம் 5500 Å ஆகும். விளக்கின் பயனுறுதிறன் 12% எனில், ஒரு விநாடியில் விளக்கினால் உமிழப்படும் ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கையை கணக்கிடுக.

[விடை: 4.98×10^{19}]

5. 10^{14} Hz அதிர்வெண் கொண்ட எத்தனை ஃபோட்டான்கள் இணைந்து 19.86 J ஆற்றலை உருவாக்கும்?

[விடை: 3×10^{20}]

6. எலக்ட்ரானின் உந்தமானது 4000 Å அலைநீளம் கொண்ட ஃபோட்டானின் உந்தத்திற்கு சமமாகும் போது, எலக்ட்ரானின் திசைவேக மதிப்பு என்ன?

[விடை: 1818 ms^{-1}]

7. உலோகப்பரப்பு ஒன்றின் மீது 9×10^{14} Hz அதிர்வெண் கொண்ட ஒளி படும்போது வெளிப்படும் ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும வேகம் 8×10^{5} ms^{-1} எனில், உலோகப் பரப்பின் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுக.

[விடை: 4.61×10^{14} Hz]

8. ஒளி மின்கலத்தின் கேத்தோடு மீது 6000 Å அலைநீளம் கொண்ட ஒளி படும்போது ஒளிமின் உமிழ்வு ஏற்படுகிறது. எலக்ட்ரான் உமிழ்வை தடுப்பதற்கு 0.8 V நிறுத்து மின்னழுத்தம் தேவைப்படுகிறது எனில் (i) ஒளியின் அதிர்வெண் (ii) படும் ஃபோட்டானின் ஆற்றல் (iii) கேத்தோடு பொருளின் வெளியேற்று ஆற்றல் (iv) பயன்தொடக்க அதிர்வெண் மற்றும் (v) பரப்பை விட்டு வெளியேறிய பின் எலக்ட்ரானின் நிகர ஆற்றல் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

[விடை: 5×10^{14} Hz; 2.07 eV; 1.27 eV; 3.07×10^{14} Hz; 0.8 eV]

9. பொருள் ஒன்றில் இருந்து 3310 Å அலைநீளம் கொண்ட ஃபோட்டான் வெளியேற்றும் எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் 3×10^{-19} J ஆகும். மேலும் அதே பொருளிலிருந்து 5000 Å அலைநீளம் கொண்ட ஃபோட்டான் வெளியேற்றும் எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் 0.972×10^{-19} J எனில், பிளாங்க் மாறிலி மற்றும் பொருளின் பயன்தொடக்க அலைநீளம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

[விடை: 6.62×10^{-34} Js; 6620×10^{-10} m]

10. கொடுக்கப்பட்ட கணத்தில், சூரியனிடமிருந்து $4\,cal\,cm^{-2}\,min^{-1}$ என்ற அளவில் பூமியானது ஆற்றலைப் பெறுகிறது. ஒரு நிமிடத்திற்கு புவியின் $1 cm^2$ பரப்பில் பெறப்படும் ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கையை கணக்கிடுக. (தரவுகள்: சூரிய ஒளியின் சராசரி அலைநீளம் = 5500 Å ; 1 கலோரி = 4.2 J)

[விடை: 4.65×10^{19}]

11. லித்தியம் பரப்பின் மீது 1800 Å அலைநீளம் கொண்ட புறஊதாக் கதிர் படுகிறது. லித்தியத்தின் பயன்தொடக்க அலைநீளம் 4965 Å எனில், உமிழப்படும் எலக்ட்ரானின் பெரும ஆற்றலைக் கண்டுபிடி.

[விடை: 4.40 eV]

12. 81.9 × 10^{-15} J இயக்க ஆற்றலைக் கொண்ட புரோட்டானின் டி ப்ராய் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடுக (தரவு: புரோட்டானின் நிறை எலக்ட்ரானின் நிறையை விட 1836 மடங்கு அதிகமாகும்)

[விடை: 4×10^{-14} m]

13. டியூட்ரானும், ஆல்ஃபா துகளும் ஒரே மின்னழுத்தத்தினால் முடுக்கப்படுகின்றன. இவற்றில் எந்த துகளுக்கு (i) டி ப்ராய் அலைநீளம் அதிகம் (ii) இயக்க ஆற்றல் குறைவு ? விளக்குக.

[விடை: $\lambda_d = 2\lambda_\alpha$ மற்றும் $K_d = K_\alpha/2$]

14. 81 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்படும் எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளத்தின் மதிப்பு என்ன? இந்த அலைநீளம் மின்காந்த நிறமாலையில் எந்தப் பகுதியில் அமையும்?

[விடை: $\lambda = 1.36$ Å மற்றும் x–கதிர்கள்]

15. 512 வோல்ட் மின்னழுத்தம் மூலம் முடுக்கப்படும் புரோட்டான்களின் டி ப்ராய் அலைநீளம் மற்றும் X வோல்ட் மின்னழுத்தம் மூலம் முடுக்கப்படும் ஆல்ஃபா துகள்களின் டி ப்ராய் அலைநீளம் இடையே உள்ள தகவு 1 எனில், X–இன் மதிப்பைக் காண்க.

[விடை: 64 V]

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 138 04-03-2022 13:09:39

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. Arthur Beiser, Shobhit Mahajan, Rai Choudhury, *Concepts of Modern Physics*, Sixth Edition, McGraw Hill Education (India) Private Limited.
2. H.S. Mani and G.K. Mehta, *Introduction to Modern Physics,* Affiliated East-West Press Pvt. Ltd.
3. H.C.Verma, *Concepts of Physics*, Volume 1 and 2, BharathiBhawan publishers.
4. Halliday, Resnick and Walker, *Principles of Physics*, Wiley publishers.

இணையச் செயல்பாடு

கதிர்வீச்சு மற்றும் பருப்பொருளின் இருமைப்பண்பு

இந்த செயல்பாட்டின் மூலம் மாணவர்கள், ஒளியானது உலோக பொருள்களின் மீது படும் போது எலக்ட்ரான்கள் எவ்வாறு உமிழப்படுகிறது என்பதை காட்சியாக கண்டு ஒளிமின் விளைவை விளக்குவார்கள்.

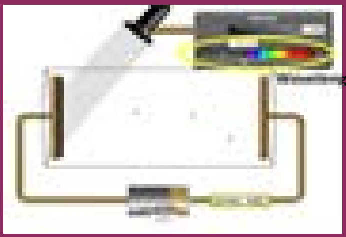
தலைப்பு: ஒளிமின்விளைவு

படிகள்:

- உலாவியைத் திறந்து முகவரிப் பட்டியில் "https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric" என தட்டச்சு செய்து 'photoelectric effect' என்ற java file ஐ பதிவிறக்கம் செய்க. அல்லது Google → Phet → simulation → Physics → photoelectric என்ற பாதையில் சென்று 'photoelectric effect' என்ற java file ஐ பதிவிறக்கம் செய்க.
- படுகதிர் வீச்சின் செறிவினை மாற்றம் செய்து ஒளி மின்னோட்டம் மற்றும் எலக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என கவனி.
- படுகதிரின் அலைநீளத்தை மாற்றம் செய்து ஒளி மின்னோட்டம் மற்றும் எலக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என கவனி.
- மின்கலனில் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை மாற்றம் செய்யும் போது ஒளிமின்னோட்டம் எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என்பதை பகுப்பாய்வு செய்க.
- உலோகப்பரப்பினை மாற்றம் செய்யும் போது ஒளி மின்னோட்டம் மற்றும் எலக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என கவனி.
- ஒளி மின்னோட்டம் – மின்னழுத்தம் மற்றும் ஒளி மின்னோட்டம்– படுகதிரின் செறிவு ஆகியவைகளுக்கு இடையே உள்ள தொடர்பை வரைபடத்தின் மூலம் ஆய்வு செய்க.

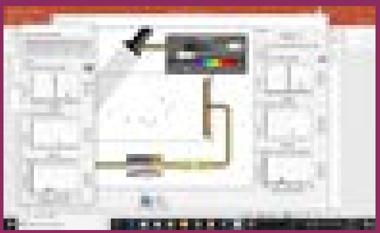
படி 1

படி 2



படி 3

படி 4



குறிப்பு:

உங்கள் உலாவியில் Java இல்லையென்றால் அதனை நிறுவவும்.
நீங்கள் அனைத்து Phet உருவகங்களை https://phet.colorado.edu/en/offline–access என்ற முகவரியில் இருந்து பதிவிறக்கம் செய்து, ஆஃப் லைனில் வேலை செய்யலாம்.

உரலி:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 140 04-03-2022 13:09:40