

க.பொ.த (உயர்தரம்)

பௌதிகவியல் தரம் - 13

வளநூல்

அலகு - 11

சடமும் கதிர்ப்பும்

ஏளைய அலகுகளுக்குரிய வளநூல்களை தரவிறக்கம் செய்ய **இங்கு** அழுத்தவும்



இன்னும் பல பயனுள்ள தகவல்களைப் Telegram இல் பெற்றுக் கொள்ள எமது Channel இல் இணைந்திடுங்கள்



/ ScienceEagle

[CLICK HERE TO JOIN](#)

எமது Updates களை உடனுக்குடன் உங்கள் வாட்ஸ்அப் இல் (Broadcast Service) ஊடாக பெற்றுக்கொள்ள இன்றே செயற்படுததுங்கள்



072-5161322

[CLICK HERE](#)

www.ScienceEagle.com

இலங்கையின் உயர்தர கணித விஞ்ஞான பிரிவிற்கான தனித்துவமான இணையதளம்

பொருளடக்கம்

	பக்கம்
01. கதிர்வின் சொட்டு இயல்பு	01
02. ஒளியின் விளைவு	17
03. சட்பொருளின் அலை இயல்பு	30
04. X - கதிர்	38
05. கதிரியாக்கம்	46
06. கருச்சக்திபும் அதன் பிரயோகங்களும்	67
07. சட்பொருளின் அடிப்படைக் கூறுகளும் அவற்றின் தொழிற்பாடும்	
உட்காத்துணை நூல்கள்	
சட்பொருளும் கதிர்பும் சார்பாகப் பிரயோகிக்கப்படும் அடிப்படையான மாறிலிகள்	

முதலாம் அத்தியாயம்

கதிர்ப்பின் சொட்டு இயல்பு Quantum Nature of Radiation

I.1 வெப்பக் கதிர்ப்பு (Thermal Radiation)

கடத்தல், மேற்காவுகை ஆகியன மூலம் வெப்பம் இடமாறுவதற்கு உட்பொருள் ஊடகமொன்று தேவை என்பன நாம் அறிவேோம். எனினும் பெருமளவு சக்தியானது, உட்பொருள்கள் அற்ற வெளியின் ஊடாக ஏறத்தாழ $1-9 \times 10^{11}$ m தூரத்தைக் கடந்து புவியை வந்தடைகின்றது. இவ்வாறாக யாதேனும் உட்பொருள் ஊடகத்தின் பங்குபற்றல் இன்றி சக்தி ஊடுகடத்தப்படும் செயல்முறை "வெப்பக் கதிர்ப்பு" எனப்படுகின்றது.

சகல பொருள்களும் வெப்பக் கதிர்ப்பைக் காண்கின்றன. யாதேனும் பொருளின் குடு / வெதுவெதுப்பு அதிகரிக்கும்போது, அப்பொருளில் இருந்து ஒரு செக்கனில் வெளியே யாயும் சக்தியின் அளவும் அதிகரிக்கும். நாம் ஒரு நீக்குவியலில் அருகே இருக்கும்போது, கதிர்ப்பு காரணமாக நிகழும் சக்தி இடமாற்றுகை காரணமாகவே நாம் அதன் வெதுவெதுப்பை உணர்கின்றோம். வளி ஒரு கடத்தியில்பாசகவியலாலேயே மேற்காவுகை காரணமாக நிகழும் சக்தி இடமாற்றுகை புறக்கணிக்கத்தக்க அளவுக்குச் சிறியதாகின்றது. மேற்காவுகை மூலம் கீழ்நோக்கியே பக்கங்களுக்கே வெப்ப இடமாற்றுகை நிகழுவதில்லை.

இழைமீன்குமிழொன்றிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்பமும் கட்புலனாகும் ஒளியும் பிரதானமாக, கதிர்ப்பு மூலமே இடமாறுகின்றது. குயிழிணுள்ளே உள்ள தங்குதன் இறை வெப்பமேறி வெண்கூடாகும்போது அதிலிருந்து வெப்பமும் கட்புலனாகும் ஒளியும் குயிழின் உள்ளே உள்ள வெற்றிடத்துக்கு குறுக்காக வெளியே இடமாறும். தூரியனில் இருந்து எமக்குக்

கிடைக்கும் கதிர்ப்பில் கட்புல ஒளி ஏறத்தாழ 47% செங்கிழ்க் கதிர்ப்பு ஏறத்தாழ 45%, கழியூதாக் கதிர்ப்பு ஏறத்தாழ 8% ஆகவும் காணப்படுகின்றது.



உரு | 11 ஜேம்ஸ் க்ளாக் மக்ஸ்வெல்

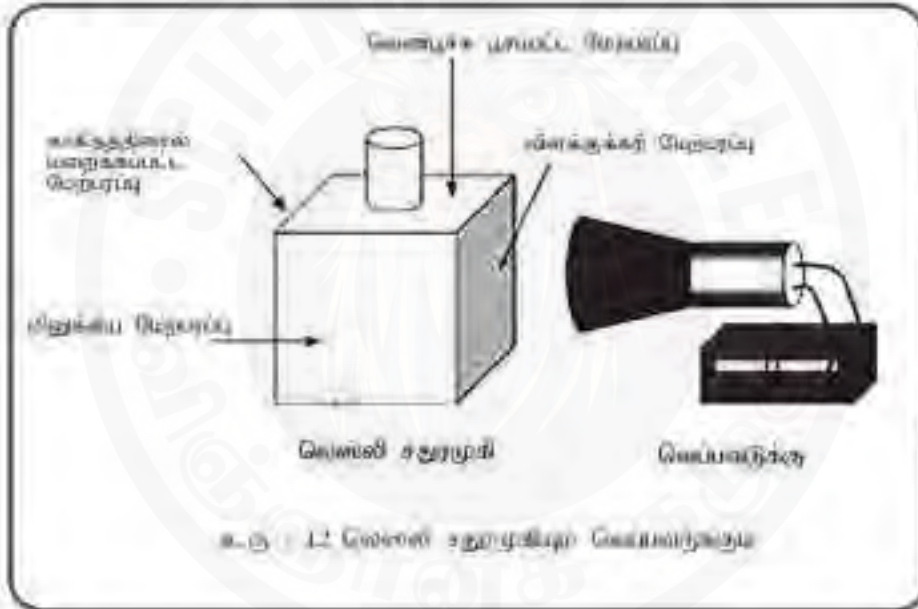
கட்புலனாகும் ஒளி, செங்கிழ்க் கதிர்ப்பு, கழியூதாக் கதிர்ப்பு ஆகியன மீன்காந்தத் தீருசியத்தின் கூறுகளாகும் என்பதை 1862 இல் ஜேம்ஸ் க்ளாக் மக்ஸ்வெல் (James Clerk Maxwell) எனும் ஸ்கொட்லாந்து நாட்டு விஞ்ஞானி எடுத்துக்காட்டினார். கடத்தியொன்றின் ஊடாகப் யாயும் மீன்காந்தத்தின் மாறலின்றேது. கடத்தியிலிருந்து வெளியே மீன் காந்த அலைகள் கதிர்க்கப்படும் என்பது அவரது முக்கியமான ஒரு கண்டுபிடிப்பாக அமைந்தது.

மற்றொரு விதமாகக் கூறுவதாயின், ஏற்றம் பெற்ற துணிக்கைகளை அழகுருகலுக்கு அல்லது அமர்முருகலுக்கு உட்படுத்திவதால் மீன்காந்த அலைகளைக் பிறப்பித்துக் கொள்ளலாம்.

1.2 வெப்பக் கதிர்ப்பின் அடிப்படை இயல்புகள்

குடான ஒரு பொருள் வெப்பநிலை காரணமாக, மின்காந்தக் கதிர்ப்புகளைக் காலலே வெப்பக் கதிர்ப்பு எனப்படுகின்றது,

- வெப்பக் கதிர்ப்புச் செலுத்துகைக்கு உட்பொருள் ஊடகமொன்று தேவையில்லை.
- கயாதீன வெளியில் ஒளியின் கதிக்குச் சமமான கதியில் செல்லும்.
- அனை மீலூக்கிய மேற்பரப்புகளில் தெறிப்புக்கு உள்ளாவதோடு, தெறிப்பு வீதிகளை அணுகிக்கும்.
- வீதிதீயாசமான ஊடகங்களினூடாகச் செல்லும்போது முறிவடைபடும்.
- கதிர்ப்பின் செறிவானது, வெப்ப முதலில் இருந்து உள்ள தூரத்தின் வர்க்கத்துக்கு நேர்விகிதசமன்.



குடான உடனொன்றில் இருந்து வெப்பம் காணப்படும் வீதமானது பிரதானமாகப் பின்வரும் காரணிகளில் சங்கியுள்ளது.

- உடனொன்றின் வெப்பநிலை
- உடனொன்றின் மேற்பரப்பின் தன்மை
- உடனொன்றின் மேற்பரப்பளவு

துககாரணிகளைச் செய்கை மூலம் காட்டுவதற்காக, உரு 1.2 தூல் காட்டப்பட்டுள்ள, வெள்ளி சதுரமுடிகளையும் வெப்பவருக்கையும் (thermopile) பயன்படுத்தலாம். வெள்ளி சதுரமுடி என்பது வெவ்வேறுபட்ட பொருள்களின் வெப்பக் காலலை ஒப்பிடுவதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும். = வெகத்தாலைக்கூடிய பொள்ளான ஓர் சதுரமுடிகளும்

லெஸ்லி சதுரமுகியின் அந்தந்த முகத்தில் நிகழும் வெப்பக் கதிர்வழி வீதத்தை அளப்பதற்காக வெப்பவழிக்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது. அது வெப்பமில் இணைகள் சிலவற்றைத் தொடராகத் தொடுப்பதால் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. லெஸ்லி சதுரமுகியின் நிலைக்குத்தான மூன்று முகப்புகள் விளக்குக்கரி, வெண்பூச்சு, நாகிதம் ஆகியவற்றினால் மறைக்கப்பட்ட மற்றைய நிலைக்குத்து முகப்பு நன்கு மிணுக்கப்பட்டுள்ளது எனக் கருதுவோம். இனி, சதுர முகியினுள் கொதிநீர் நீர்ப்பி அந்தந்த முகப்பின் எதிரே, சம தூரத்தில் வெப்பவழிகளை வைத்து அதிப்பதினாலும் கல்வெணாமாணி வாசிப்புகளில்லடி ஒரே வெப்பநிலையில் காணப்படும் நான்கு மேற்பரப்புக்களுள் விளக்குக்கரி பூசப்பட்ட மேற்பரப்பினால் மிகக்கூடுதலான வெப்பக் கதிர்வழி வெளிவிடப்படுகின்றது என்பதையும், மிணுக்கிய மேற்பரப்பினால் மிகக் குறைவான வெப்பக் கதிர்வழி வெளிவிடப்படுகின்றது என்பதையும் அணதானிக்க முடிகின்றது.

சர்வசமமான மேற்பரப்புக்களைக் கொண்ட வெவ்வேறு அளவுகளின் லெஸ்லி சதுரமுகிகள் சிலவற்றைப் பெற்று அனை எல்லாவற்றிலும் கொதிநீர் நீர்ப்பி, மேற்படி பரிசோதனையை மீண்டும் நடத்திப் பெறும் அவதானிப்புகள் மூலம் கதிர்வழி வீதமானது மேற்பரப்பளவு மீது தங்கியுள்ளது என்பதை விளக்கிக்கொள்ளலாம். லெஸ்லி சதுரமுகியில் வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் உள்ள வெந்தீரே நீர்ப்பி பரிசோதனையை மீள நடத்துவதன் மூலம் கதிர்வழி வீதமானது அதன் வெப்பநிலை மீது தங்கியுள்ளது என்பதை அவதானிக்கலாம்.

குருக்கின் கதிர்மணி (Crooke's Radiometer)

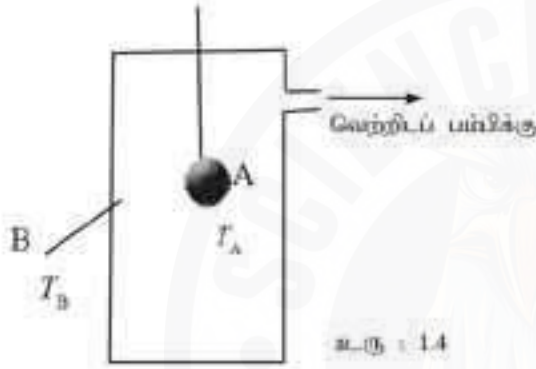
இது வெப்பக் கதிர்வழிச் செய்கை மூலம் காட்டுவதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் ஒரு உபகரணமாகும். நிலைக்குத்தான நான்கு காரியத் (வா) தகடுகளைக் கொண்ட சிறியதொரு காற்றாலை (Windmill) நிலைக்குத்து அச்சைப்பற்றிச் சுழலக்கூடியவாறாக கண்ணாடிக் குமிழொன்றினுள் ஏற்றப்பட்டுள்ளது. தூதிலுள்ள தகடு ஒரு பக்கம் கருண்டாகவும் மற்றைய பக்கம் மிணுக்கமாகவும் காணப்படும். அக்குமிழினுள் தடி அழக்கத்தில் உள்ள வளி உண்டாக்கப்பட்டுள்ளது. கரும் மேற்பரப்பானது, மிணுக்கிய மேற்பரப்பைவிடக் கூடுதலாகக் கதிர்வழி அகத்துறிஞ்சுவதால் அது எப்போதும் மிணுக்கிய மேற்பரப்பைவிடக் குடாகக் காணப்படும். கரும் முகப்பு மீது போதும் வாய் முகக்கூறுகள் பிள்ளைக்கும் (rebound) இடை வேகம் உயர்வானது அதன் விளைவாகத் தோன்றும் எதிர்த்தாக்கம் காரணமாக, மிணுக்கிய மேற்பரப்பு முன்னால் இருக்குமாறு காற்றாலை சுழலும்.



உரு 1.3 குருக்கின் கதிர்மணி

1.3 வெப்பச்சமனிலை

குடான பொருள்களிலிருந்து வெப்பம் கதிர்க்கப்படும் என்பது எமது பொதுவான அனுபவமாகும். நீக்குவியலொன்றுக்கு அருகில் செல்லும்போது அல்லது குடான உலோகத்துண்டொன்றின் அருகே கையைக் கொண்டு செல்லும்போது இதனை நாம் விளங்கிக்கொள்ளலாம். எனினும், ப்ரேவோ (Prevost) இனால் 1791 இல் அறிமுகஞ் செய்யப்பட்ட வெப்பமாற்றக் கொள்கையினால் எந்தவொரு வெப்பநிலையிலும் காணப்படும் பொருளினாலும் வெப்பம் கதிர்க்கப்படும் என்பது கூறப்படுகின்றது. அக்கொள்கையின்படி, பொருளின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது கதிர்ப்பு வீதமும் அதிகரிக்கும்.



வெற்றிடப் பம்பியொன்றுடன் இணைக்கப் பட்டு வெற்றிடமாக்கப்பட்ட ஒரு பெட்டி (B) உரு 1.4 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த பெட்டி B யினுள் காவலி நூலொன்றினால் A எனும் சிறிய பொருளொன்று தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. அதன் வெப்பநிலை T_A ஆவதோடு, பெட்டியின் சுவர்கள் மீது T_B மாறா

வெப்பநிலை பேணப்பட்டுள்ளது. பெட்டி B வெற்றிடமாக்கப்பட்டுள்ளமையால் A இற்கும் B இற்கும் இடையே கதிர்ப்பு மூலம் மாத்திரமே சக்திப்பரிமாற்றம் நிகழும். $T_A > T_B$ ஆயின் A இனது வெப்பநிலை T_B வரை குறைவடையும். எனினும் $T_A < T_B$ ஆயின் A இனது வெப்பநிலை T_B வரை உயரும். இரண்டு சந்தர்ப்பங்களிலும் A ஆனது B இனது வெப்பநிலையை அடைந்து வெப்பப்பரிமாற்றம் நின்று விடுகின்றமை தெரிகின்றது. இந்த அவதானிப்புகளில் ப்ரேவோ இனது வெப்பப் பரிமாற்றக் கொள்கையின்படி இந்த இரண்டு சந்தர்ப்பங்களிலும் வெப்பக் கதிர்ப்பு வெளிப்படுகின்றது $T_A < T_B$ ஆகும் சந்தர்ப்பத்தில் A பொருளிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்ப்பின் அளவை விட B பொருளிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்ப்பின் அளவு கூடுதலானது. எனவே விளைபுள் வெப்பக் கதிர்ப்பானது B யிலிருந்து A இன்பால் நிகழும். இதன் காரணமாக A இனது வெப்பநிலை மடிப்படியாக அதிகரிப்பதோடு A இலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்ப்பின் அளவும் அதிகரிக்கும். A இனது வெப்பநிலை B இனது வெப்பநிலையை அடைந்த பின்னர் இரண்டு பொருள்களிலிருந்தும் வெளிப்படும் கதிர்ப்புகளின் அளவு சமமாவதால், பலித வெப்பப்பரிமாற்றம் பூச்சியமாகி A இனது வெப்பநிலை உயருவது நின்றுவிடும்.

$T_A > T_B$ ஆகும் சந்தர்ப்பத்தில் A இலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்ப்பின் அளவானது B இலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்ப்பின் அளவிலும் கூடுதலானது. எனவே விளைபுள் வெப்பக் கதிர்ப்பானது A யிலிருந்து B இற்கே நிகழும். அப்போது A இனது வெப்பநிலையும்

A மூலம் கதிர்க்கும் வெப்பத்தில் அளவும் மாறுபடியாகக் குறைவடையும். தூங்கும்செட: A இனது வெப்பநிலையானது B இனது வெப்பநிலையை அண்டாத பின்னர், தூரணிப் பொருள்களிலிருந்தும் வெளிப்படும் கதிர்வீச்சின் அளவு சமமானதால், பளித வெப்பநிலையாற்றும் முக்கியமாக, A இனது வெப்பநிலை குறைவான வது தின்றுவிடும்.

அதற்கனைய யாதேனும் பொருளின் வெப்பநிலையானது அது வைக்கப்பட்டுள்ள சூழலின் வெப்பநிலைக்குச் சமமானவடின் அப்பொருளினால் சூழலுக்குக் கதிர்வீச்சு காலப்படும் வீதமானது, சூழலினால் அப்பொருளின் மீது கதிர்வீச்சு அகத்துவிஞ்சப்படும் வீதத்துக்குச் சமமாக, சூயக்கச் சமனிலையை அடையும். வெப்பப் பரிமாற்றம் சூலியும் திகழுவதோடு, அதன் வீதம் வெப்பநிலையில் தங்கியிருக்கும்.

1.4 கரும் பொருட் கதிர்வீச்சு (Blackbody radiation)



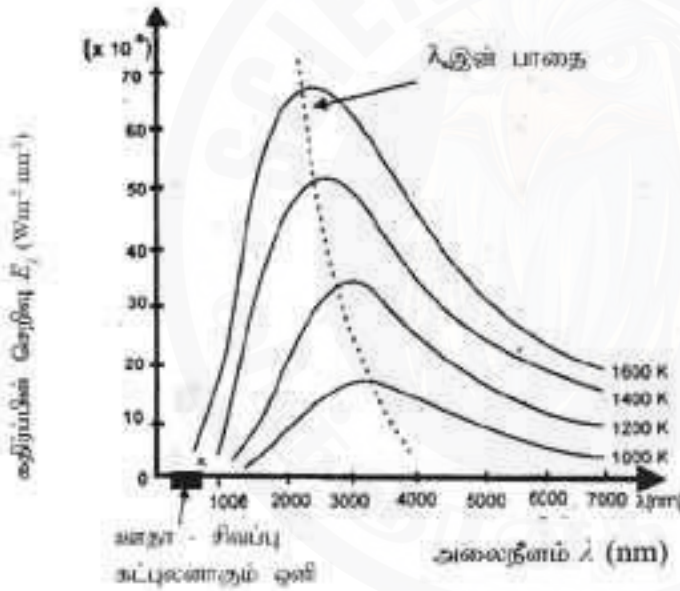
உரு 1.4 கரும்பொருள் கதிர்

யாதேனும்பொரு பொருள் கரு நிறமாகக் காட்சியளிப்பதற்கான காரணம், அதன் மீது விழும் பல்வேறு அலைநீளங்களைக் (வெவ்வேறு நிறங்களைச்) சேர்ந்த கட்டிலானது கதிர்வீச்சுகள் ஏறத்தாழ முற்று முழுதானவே உறிஞ்சப்படுகின்றமையாகும். சகல அலை நீளங்களையும் சேர்ந்த வெப்பக் கதிர்வீச்சுகளை முழுவதுமாக உறிஞ்சிக்கொள்ளும் மேற்பரப்புக்களைக் கொண்ட பொருள் கரும் பொருள் எனப்படும்.

உரு 1.5 இல் காட்டியுள்ளவாறாக, கரும் பொருளொன்றின் செய்முறையில் ஆக்கிக்கொள்ளலாம். சித்ய துவாரத்தைக் கொண்ட கோளவடிவ பொள்ளான ஒடொன்று இங்கு காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த ஒட்டின் உள் மேற்பரப்பு விளக்குக்கள் மூலம் கருப்பாக்கப்பட்டுள்ளது. துவாரத்தின் ஊடாக ஒட்டினுள் புறம் கதிரொன்று குழியினுள் பல நடவை தெறிக்கும்போது விழும் கதிர்வீச்சின் ஒரு பகுதி எப்போதும் உறிஞ்சப்படுவதோடு பல தெறிப்புகளின் பின்னர் அது முற்றுமுழுதான உறிஞ்சப்படும். துவாரத்தின் ஊடாக செங்குத்தாகப் புறம் கதிர் மீளாத தெறிந்து அத்துவாரத்தின் ஊடாக வெளியேறுவதைத் தவிர்ப்பதற்காக, துவாரத்தை நோக்கியவாறு சித்ய அம்பு வடிவ கூரொன்று அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வாறாக துவாரத்தின் ஊடாகப் புறம் எந்தவொரு அலை நீளத்தையும் கொண்ட கதிர்வீச்சுகள் முற்று முழுதான உள் மேற்பரப்பினால் உறிஞ்சப்படுமாயின் அத்துவாரம் கரும்பொருளாகத் (black body) தொழிற்படும்.

நன்கு வெப்பக் கதிர்வீச்சு உறிஞ்சும் மேற்பரப்பானது நன்கு வெப்பக்கதிர்வீச்சைக் காலும் மேற்பரப்புமாகும். கரும் பொருளொன்றின் உயர் வெப்பநிலைக்கு வெப்ப வெற்றுவதால் அதனால் உறிஞ்சக்கூடிய சகல வகைக் கதிர்வீச்சும் அதிலிருந்து காலப்படும். கரும்பொருளொன்றினால் காலப்படும் கதிர்வீச்சின் செறிவானது வெப்பநிலையின் மீது

மாத்திரம் நங்கியிருக்கும். இக்கதிர்ப்புகளால் கொண்டு செல்லப்படும் சக்தியானது அலைநீளவீச்சுக்குள் சீராகப் பரம்பிக் காணப்படமாட்டாது முதலின் வெப்பநிலை வேறுபடும் போது பரம்பலும் வேறுபடும். மேலும் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது குறுகிய அலைநீள அலைகளினால் கதிர்க்கம்பமும் சக்தியின் அளவும் அதிகரிக்கும். இதனை விளங்கிக்கொள்வதற்காக ஓர் எளிய அனுபவத்தைக் குறிப்பிடலாம். உருக்குத் துண்டொன்றினை வெப்பமேற்றும்போது முதலில் அது திரும்ப சிவப்பாகவும் மேலும் வெப்பமேற்றும்போது செம்மஞ்சள் சிவப்பாகவும் காட்சியளிக்கும். வெவ்வேறு வெப்பநிலைப் பெறுமானங்களின்போது கரும்பொருளொன்றினால் அலகு நேரத்துள் காலப்படும் கதிர்ப்புச் செறிவு E_λ ஆனது அலைநீளத்துடன் (λ) வேறுபடும் விதம் உரு 1.6 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அந்தந்த வெப்பநிலைக்கு ஒப்பான பரம்பல் வளையியின் உச்சப்பெறுமானங்கள் (peak value) வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது குறுகிய அலை நீளங்களை உடைய அலைகளை நோக்கி நகருகின்றது.



உரு : 1.6 கரும்பொருள் கதிர்ப்பின்போது E_λ ஆனது λ உடன் மாற்றமடைபும் விதம்

மேற்படி வரையீன்படி

- அலைநீளமானது ஒரு சிறிய பெறுமானத்திலிருந்து மடிப்படியாக அதிகரிக்கும்போது E_λ ஆனது முதலில் அதிகரித்து ஒரு குறித்த அலைநீளத்தின்போது (λ_0) உச்சத்தை அடையும். அலைநீளம் மேலும் அதிகரிக்கும்போது E_λ மடிப்படியாகக் குறைவடையும்.
- பொருளின் வெப்பநிலை (T) அதிகரிக்கும்போது எல்லா அலை நீளங்களிலும், E_λ அதிகரிக்கும்.

- உயர் வெப்பநிலைகளில் கரும்பொருள்களிலிருந்து கட்புலனாகும் ஒளியும் ஓரளவுக்குக் காலப்படும்.
- ஒவ்வொரு வெப்பநிலைகளிலும் கதிர்ப்பு காலப்படும் வலு ஆனது E_λ ஒரு குறித்த அலைநீளத்தில் (λ_λ) உச்சத்தை அடையும்.

உரு 1.6 இல், E_λ இனது உச்சப் பெறுமானங்கள் ($E_{\lambda_{max}}$) வெப்பநிலையுடன் மாறும் விதம் முறிகோட்டினால் காட்டப்பட்டுள்ளது. அந்தந்த வெப்பநிலைக்குரிய வளையிக்குக் கீழாக அமைந்துள்ள பரப்பின் மூலம், குறித்த வெப்பநிலையில் கரும்பொருளிலிருந்து வெளிப்படும் மொத்த (எல்லா அலை நீளங்களிலும்) கதிர்ப்பு வலு காட்டப்படுகின்றது.

1.5 உவீன் பெயர்ச்சி விதி (Wien's displacement law)

கரும்பொருள் திருசியப் பரப்பின் உச்சச் செறிவுக்கு ஒப்பான அலைநீளத்தினதும் ஒப்பான தனி வெப்பநிலையினதும் பெருக்கம் மாறிலி ஆகும்.

$$\lambda_m T = C \quad (C \text{ என்பது ஒரு மாறிலி})$$

மாறிலியின் பெறுமானம் $2.898 \times 10^{-3} \text{ m K}$ ஆகும். ஐன்ஸ்டீன் இனால் கட்டியெழுப்பப்பட்ட கதிர்ப்பு தொடர்பான போட்டன் கொள்கை வெளியிடப்படும் வகையில் மேற்படி விதியை விளக்கும் செயன்முறை தடைப்பட்டிருந்தது. உருக்களின் வெப்பநிலையைத் துணிவதற்காக வானியலாளர்களால் இந்த விதி பயன்படுகின்றது.

உவீன் விதியைப் பயன்படுத்தி வான்பொருள்களான சூரியன் மற்றும் ஏனைய உருக்களின் வெப்பநிலையை மதிப்பீடு செய்யலாம் (assess). சூரியக் கதிர்ப்பின் உச்சச் செறிவுக்கு ஒப்பான அலைநீளத்தின் பெறுமானம் $\lambda_m = 475 \text{ nm}$ ஆயின், சூரியனின் மேற்பரப்பு வெப்பநிலையைக் கணிப்போம்.

உவீன் பெயர்ச்சி விதிக்கு அமைய,

$$\lambda_m T = C$$

உவீன் மாறிலியின் பெறுமானமாகிய $2.898 \times 10^{-3} \text{ m K}$ துணைப் பிரதியீடு செய்யலாம்.

$$\begin{aligned} T &= \frac{2.898 \times 10^{-3} \text{ m K}}{4750 \times 10^{-9} \text{ m}} \\ &= 6101.053 \text{ K} \end{aligned}$$

இதற்கமையச் சூரியனின் மேற்பரப்பு வெப்பநிலை ஏறத்தாழ 6101 K ஆக இருத்தல் வேண்டும்.

உருக்கள், இழை விளக்குகள் ஆகிய இரண்டும் கரும் பொருள் கதிர்த்திகளாகச் செயற்படும். உருக்களின் நிறம் அவற்றில் வெப்பநிலையுடன் தொடர்புடையது. உச்சச் செறிவுக்கு ஒப்பான அலைநீளம் ஏறத்தாழ 700 nm ஐக் கொண்ட செந்நிறமாகக் காட்சியளிக்கும் உருவொன்றின் வெப்பநிலை ஏறத்தாழ 4100 K ஆகும்.

1.6 ஸ்டீபான் விதி (Stefan's law)

குடான கரும்பொருளொன்றின் அலகுப் பரப்பளவினால் கதிர்க்கப்படும் மொத்த வலு அப்பொருளின் தனி வெப்பநிலையின் நான்காம் அடுக்குக்கு நேர்விகிதசமமானது.

$E = \sigma T^4$ (σ என்பது விகிதசம மாறிலி ஆகும். அது ஸ்டீபான் மாறிலி எனப்படும்)

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

E இளை அளக்கும் அலகு சதுர மீற்றருக்குச் செக்கனுக்கு யூல் ($\text{J s}^{-1} \text{ m}^{-2}$) அல்லது சதுர மீற்றருக்கு வாற்று (W m^{-2}) ஆகும்.

இங்கு T வெப்பநிலையுள்ள கரும் பொருளொன்றின் மேற்பரப்பில் A பரப்பளவினால் ஒரு செக்கனில் வெளிவிடப்படும் மொத்தக் கதிர்ப்புச் சக்தியின் அளவு, $P = A\sigma T^4$ இங்கு P யினது அலகு வாற்று (W) ஆகும்.

1.7 மேற்பரப்பொன்றின் காலற்றிறன் (Emittivity of a surface)

யாதேனும் பரப்பின் காலற்றிறன் e இனால் காட்டப்படுவது, அப்பரப்பு எவ்வளவு நன்றாக வெப்பத்தைக் காலுக்கின்றது என்பதாகும். கரும்பொருளொன்றுக்குச் சார்பான ஒரு பெறுமானமாக இப்பெறுமானம் கூறப்படும்.

$$e = \frac{\text{பரப்பொன்றின் அலகுப்பரப்பளவினால் ஒரு செக்கனில் காலப்படும் கதிர்ப்புச் சக்தி}}{\text{அவ்வெப்பநிலையில் கரும்பொருளொன்றின் அலகுப் பரப்பளவினால் ஒரு செக்கனில் காலப்படும் கதிர்ப்புச்சக்தி}}$$

இந்த வரைவிலக்கணத்தின்படி, கரும்பொருளொன்றின் காலற்றிறனின் பெறுமானம் 1 ஆகும்.

கரும்பொருள் என்பது இயற்கையாகக் காணப்படும் ஒரு பொருள் அன்று; அது ஓர் எண்ணக்கரு மாத்திரமே. நடைமுறையில் நாம் காணும், எந்தவொரு பொருளினதும் மேற்பரப்பு மூலம், தரப்பட்ட வெப்பநிலையில் வெப்பம் காலப்படும் வீதமானது அவ்வெப்பநிலையிலேயே காணப்படும் கரும்பொருளில் நிகழும் வெப்பக் காலல்

வீதத்தை விடக் குறைவானதாகும். எனவே, உண்மைப் பொருள்களின் காலநிறுள் எப்போதும் 1 இலும் குறைவான பெறுமானத்தையே பெறும்.

கரும்பரப்புக்களின் காலநிறுள் 1 இற்கு அண்மிய பெறுமானத்தைப் பெறுவதோடு நன்கு மினுக்கப்பட்ட பரப்புக்களின் காலநிறுள் 1 இலும் மிகக் குறைவான பெறுமானத்தைப் பெறும்.

1.8 மேற்பரப்பொன்றின் உறிஞ்சுதிறன் (Absorptivity of a surface)

யாதேனும் மேற்பரப்பினது உறிஞ்சுதிறன் (a) இனால் காட்டப்படுவது அப்பரப்பின் மீது விழும் கதிர்வீச்சுச்சக்தியின், எவ்வளவை அப்பரப்பு உறிஞ்சுகின்றது என்பதாகும்.

$$a = \frac{\text{தரப்பட்ட நேரத்துள் யாதேனும் மேற்பரப்பினால் உறிஞ்சப்படும் கதிர்வீச்சுச்சக்தி}}{\text{அந்நேரத்துள் அப்பரப்பு மீது விழும் கதிர்வீச்சுச் சக்தி}}$$

கரும்பொருள் அல்லாத பொருள்களுக்காக எர்ப்பான் விதியின் திரிவு

வெப்பநிலை T இல் உள்ள பரப்பு காலநிறுள் e கொண்ட கரும்பொருள் அல்லாத பொருளொன்றினது பரப்பின் அலகுப் பரப்பளவினால் ஒரு செக்கனில் வெளிவிடப்படும் மொத்தக் கதிர்வீச்சுச்சக்தியின் அளவு

$$E = e\sigma T^4$$

T வெப்பநிலையில் உள்ள பரப்புக் காலநிறுள் e கொண்ட கரும்பொருள் அல்லாத ஒரு பொருளின் பரப்பின் A பரப்பளவினால் ஒரு செக்கனில் வெளிவிடப்படும் மொத்தக் கதிர்வீச்சுச் சக்தியின் அளவு

$$P = eA\sigma T^4$$

பொதுவாக இழை விளக்கொன்று தொழிற்படும் சந்தர்ப்பத்தில் வெப்பநிலை (இழையின்) ஏறத்தாழ 3000 K ஆகும். இழையின் பரப்பளவு 0.3 cm^2 உம் காலநிறுள் 0.4 உம் ஆயின் ஒரு செக்கனில் சக்தி கதிர்க்கப்படும் வீதத்தைப் பின்வருமாறு கணிக்கலாம்.

எர்ப்பான் விதியின் படி, கரும்பொருளொன்றின் அலகுப் பரப்பளவினால் கதிர்க்கப்படும் மொத்த வலு $E = \sigma T^4$ ஆகும். இழையின் பரப்பளவு A ஆயின், இழையை கரும்பொருளாகக் கருதுமிடத்து கதிர்க்கப்படும் மொத்த வலு $P = \sigma AT^4$ ஆகும்.

மேலே தரப்பட்ட பெறுமானங்களை பிரதியிடு செய்வதால்,

$$\begin{aligned} P &= \sigma AT^4 \\ &= (5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}) \times (0.3 \times 10^{-2} \text{ m}^2) \times (3000 \text{ K})^4 \\ &= 137.78 \text{ W} \end{aligned}$$

எனினும் இழையின் காலநிறன் 0.4 ஆகலால், அதன் மூலம் கதிர்வீச்சு காலப்படும் வீதம்

$$\begin{aligned} P &= e. \sigma AT^4 \\ &= 137.78 \text{ W} \times 0.4 \\ &= 55 \text{ W} \end{aligned}$$

அடுத்ததாக T மாறா வெப்பநிலையைக் கொண்ட கரும்பொருளொன்று T₀ மாறாத் தனி வெப்பநிலையில் உள்ள அறையொன்றினுள் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுவோம். அப்பொருளின் மேற்பரப்பளவு A எனவும் T > T₀ எனவும் கருதுவோம். அப்போது பொருளின் கதிர்வீச்சு வீதம் σAT^4 ஆகும். இப்பொருளின் வெப்பத்தைக் கதிர்வீச்சுதொடு கதிர்க்கப்படும் வெப்பம் அறையின் கவர்களால் உறிஞ்சப்படுதலும் நிகழ்கின்றது. அறையின் கவர்களும் கரும்பொருளாக நடந்துகொள்கின்றதாயின் காலல் வீதம் σAT_0^4 அளவாகும். பொருளினால் வெப்ப இழப்பு நிகழும் மொத்த வீதம் இந்த இரண்டு பெறுமானங்களினதும் வேறுபாடு ஆகும். அதாவது

$$P = \sigma AT^4 - \sigma AT_0^4$$

கரும்பொருளினால் வெப்பம் இழக்கப்படும் வீதம் மேற்படி சமன்பாட்டினால் காட்டப்படுகின்றது. கரும்பொருள் அல்லாத பொருள்களுக்காக $P = e\sigma A(T^4 - T_0^4)$

இங்கு e அப்பொருளின் காலநிறன் ஆகும்.

தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்

1. 15.0 cm, 12.0 cm பக்கங்களைக் கொண்ட மெல்லிய செவ்வகத் தகடொன்று 600°C வெப்பநிலைக்கு வெப்பமேற்றி அப்பூறப்படுத்தப்படுகிறது. இந்தக்கட்டை அதே வெப்பநிலையில் வைத்திருப்பதற்குத் தேவையான மின் வலுவைக் கணிக்குக. தகட்டின் பரப்புக் காலநிறன் 0.25 ஆகும்.

(மேற்காவுகையின் மூலம் இழக்கப்படும் வெப்பத்தை தவிர்த்து)

அலகு நேரத்தில் கதிர்க்கப்படும் சக்தி

$$\begin{aligned} P &= \sigma AcT^4 \\ T &= (600 + 273) = 873 \text{ K} \\ A &= 3.6 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{தகட்டினால் வெப்பம் காலப்பும் வீதம்} &= (5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}) \times (3.6 \times 10^{-2} \text{ m}^2) \times 0.25 \times (873 \text{ K})^4 \\ &= 296 \text{ W} \end{aligned}$$

தகட்டை 600 °C வெப்பநிலையில் வைத்திருப்பதற்காக இச்சக்தி இழுப்புக்குச் சமமான அளவு சக்தியை மின் வெப்பத்தட்டு போன்ற ஓர் உபகரணத்தினால் ஷரங்குதல் வேண்டும், எனினும், மின்வெப்பத்தட்டினால் கதிர்ப்பு காரணமாக வெப்பம் இழக்கப்படுகின்றமையினால், மேற்படி பெறுமானத்தைவிட கூடுதலான அளவு வெப்பம் ஷரங்கப்படுதல் வேண்டும்.

1.9 கரும்பொருள் கதிர்ப்பின் செறிவுப்பரம்பலை விளக்குதல்

1.9.1 ரேலி ஜீன்ஸ் கொள்கையும் உவீன் கொள்கையும்

(Rayleigh - Jeans theory and Wien's theory)

கரும்பொருள் கதிர்ப்பின் செறிவுப் பரம்பலைக் காட்டும் பரிசோதனை ரீதியான வளையியைக் கோட்பாட்டுரீதியில் விளக்குவதற்காக அக்காலத்தில் வாழ்ந்த பெளதிகவியலாளர்கள் பல்வேறுபட்ட முயற்சிகளைச் செய்தபோதிலும் அவ்வனைத்து முயற்சிகளும் தோல்வியடைந்தன. அம்முயற்சிகள் யாவும் அக்காலத்தில் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டிருந்த நியூற்றன் பொறியியல் வெப்பவியக்கவியல் மின்காந்தவியல் போன்ற எண்ணக்கருக்களின்படி, கரும்பொருட் கதிர்ப்பானது ஒரு தொடர்ச்சியான செயன்முறை எனக் கருதப்பட்டது. பழைய பெளதிகவியல் (classical physics) எண்ணக்கருக்களைப் பயன்படுத்தி கரும்பொருட்கதிர்ப்பை ஓரளவுக்கேனும் விளக்குவதில் வெற்றிபெற்ற இரண்டு கொள்கைகளாக ரேலி - ஜீன்ஸ் கொள்கை, உவீன் கொள்கை ஆகியவற்றைக் குறிப்பிடலாம். 1896 ஜூல் முன்வைக்கப்பட்ட உவீன் கொள்கையின்படி செறிவுக்கும் அலைநீளத்துக்கும் திடையிலான வரையை (உரு 1.17) சிறிய அலைநீளங்களுக்கான பரிசோதனை ரீதியான வளையியுடன் ஒப்பிடும்போது ரேலி - ஜீன்ஸ் கொள்கையானது நீண்ட அலைநீளங்களைக்கொண்ட கதிர்ப்பு களுக்காக மாத்திரமே பரிசோதனை ரீதியான தரவுகளுடன் இணங்குகின்றமை தெளிவாகின்றது.

$$\text{ரேலி - ஜீன்ஸ் குத்திரம்} \quad E_{\lambda} = \frac{2\pi ck.T}{\lambda^4} \quad \text{-----}(1)$$

** மேற்படி (1) குத்திரம் 2017 தொடக்கம் நடைமுறையில் உள்ள க. பொ. த. உயர்தரப் பொள்தகவியல் பாத்திரத்தில் உள்ளடக்கப்பட்டவில்லை.

$$\text{உவீன் சூத்திரம் } E_{\lambda} = \frac{c_1}{\lambda^5 e^{c_2/\lambda T}} \text{ -----(2)*}$$

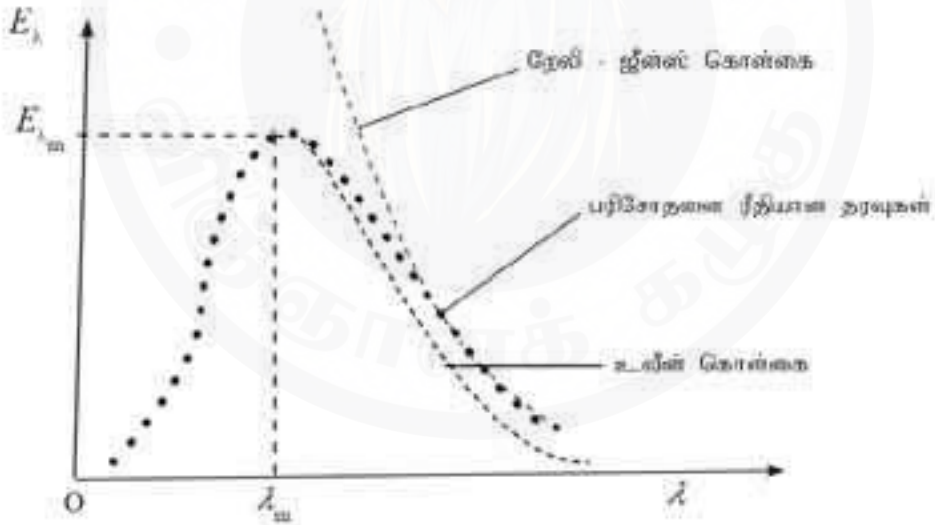
c = ஒளியின் வேகம்

k = போல்ட்ஸ்மான் மாறிலி

c_1 உம் c_2 உம் மாறிலிகள்

T கரும்பொருளின் தனி வெப்பநிலை ஆகும்

அவர்களது கொள்கையின்படி, கரும்பொருளின் பரப்பில் உள்ள அணுக்களில் / மூலக்கூறுகளில் நிகழும் வெப்ப அலைவு மூலம் வெப்பக் கதிர்ப்பு ஆரம்பமாகும். மேலும் அவை பாரிய தொடர்ச்சியான வீச்சினால் சகல மீறான்களையும் கொண்ட கதிர்ப்புகளைக் காலும். ரேலி - ஜீன்ஸ் சூத்திரத்தின்படி λ பூச்சியத்தை அடையும்போது செறிவு (E_{λ}) முடிவிலியை அடையும். எனினும் பரிசோதனை ரீதியான தரவுகளின்படி, $\lambda \rightarrow 0$ ஆகும்போது E_{λ} உம் பூச்சியத்தை அடையும். மேற்படி, திரண்டு கோட்பாடுகளினாலும் கரும்பொருள் கதிர்ப்புக்காகப் பெற்ற பரிசோதனை ரீதியான பெறுபெறுகளை விளக்க முடியாமற்போனமையினால் பழைய பொளதிகவியல் எண்ணக்கருக்கள் பாரிய நெருக்கடிக்கு உள்ளாகியிருந்தன.



உரு : 1.7 ரேலி - ஜீன்ஸ் கொள்கையையும் உவீன் கொள்கையையும் பரிசோதனை ரீதியான தரவுகளுடன் ஒப்பிடுதல்

* மேற்படி 2 சூத்திரம் 2017 தொடக்கம் நடைமுறையில் உள்ள க.பொ.த. உயர்தரப் பொளதிகவியல் பாடத்திட்டத்தில் உள்ளடக்கப்படவில்லை.

1.9.2 பிளாங்கின் கொள்கை (Plank's theory)

இக்காலப்பகுதியில் ஜேர்மன் நாட்டு விஞ்ஞானி மக்ஸ் பிளாங்க் (Max Planck) இனால் ஒரு வகையில் புரட்சிகரமான ஓர் எண்ணக்கரு முன்வைக்கப்பட்டது. அவர் முன்வைத்த அக்கருதுகோள் பிளாங்கின் கருதுகோள் எனப்படுகிறது.

பிளாங்கின் கருதுகோளின் படி,

1. கரும்பொருட் கதிர்வீச்சு வெப்பச் சமனிலையில் காணப்படும் அணு (அல்லது மூலக்கூற்று) அலையங்களுக்கு எந்தவொரு சக்தியும் இருக்க முடியாது.

$$E = nhf$$

சமன்பாட்டுக்கு அமைவான சக்திப் பெறுமானங்கள் மாத்திரமே அவற்றுக்கு இருக்க முடியும். அதன் பெறுமானம், $h = 6.634 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ஆகும். f என்பது மூலக்கூற்று அலையங்களின் அதிர்வு மீட்டரனும், n என்பது சொட்டெண்ணொன்றும் ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$) ஆகும்.

இதன்மூலம் கூறப்படுவது, அணு அலையங்களின் சக்தி, E சொட்டாக்கமடைந்துள்ளது (quantized) என்பதாகும். அதாவது f மீட்டரனில் அதிரும் அலையொன்றின் சக்திக்கு $hf, 2hf, 3hf, \dots$ போன்ற தனித் (discrete) பெறுமானங்கள் மாத்திரமே இருக்க முடியும். அவற்றுக்கு இவ்வாறான பின்னும் சக்திப் பெறுமானங்கள் இரண்டுக்கு இடையிலான சக்திப் பெறுமானங்கள் இருக்க முடியாது.

முன்னர் குறிப்பிட்டது போன்று, பழைய கொள்கையின்படி அலையொன்று கொண்டுள்ள சக்தி E ஆனது தொடர்ச்சியாக இருக்கவேண்டும். அதாவது திட்டவாட்டமான ஒரு வீச்சினால் அதற்கு எந்தவொரு E பெறுமானமும் இருக்கலாம். எனவே "அலையொன்று கொண்டுள்ள சக்தியானது, சொட்டாக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்" எனும் பிளாங்கின் அபிப்பிராயம் எண்ணக்கரு ரீதியில் புரட்சிகரமான ஒன்றாக அமைந்தது.

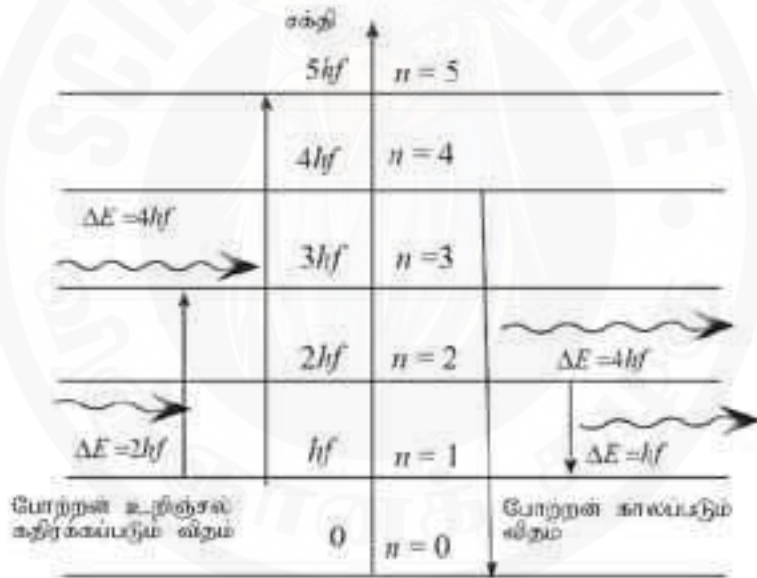
2. அணு அலையொன்று யாதேனும் இடங்கொடுத்த (allowed) சக்தி மட்டத்தில் இருக்கும் காலமெல்லாம், அதிலிருந்து கதிர்வீச்சுகள் காலலோ உறிஞ்சலோ நிகழ்வதில்லை. எனினும், அலையொன்று ஒரு சக்தி மட்டத்திலிருந்து மற்றொரு சக்தி மட்டத்தை அடையும்போது சக்தி காலல் அல்லது உறிஞ்சல் நிகழும். அணு அலையச் சக்தி காலல் அல்லது உறிஞ்சலும் கூட சக்திச் சொட்டுக்களாக (அதாவது சக்தித் துகள்களாக அல்லது கட்டுகளாக) வன்றி, தொடர்ச்சியானதாக அல்ல, இதற்கமைய அலையத்தின் ஒரு சக்தி மட்டத்தில் இருந்து அதற்கு அடுத்த சக்தி மட்டத்தை அடையும்போது காலப்படும் (அல்லது உறிஞ்சப்படும்) சக்தியின் அளவு அதாவது "சொட்டு" $\Delta E = nhf = hf$ ஆகும், $\Delta n = 1$ ஆவதனாலாகும். இந்தக் கதிர்வீச்சுச்சக்திச் சொட்டொன்று ஒரு போட்டான் (Photon) எனப்படும்.

உதாரணமாக அலையமொன்று $E = 4 hf$ சக்தி மட்டத்திலிருந்து $E = 0$ சக்தி மட்டத்தை அடையும்போது காலப்படும் கதிர்ப்பும் சக்திச் சொட்டொன்றில் அடங்கியுள்ள சக்தியின் அளவு $4hf$ ஆகும். Γ அதிர்வு மிடினைக் கொண்ட அலையமொன்றுக்கு இருக்கக்கூடிய இடங்கொடுத்த சக்திமட்டங்களும், அலையத்தினால் போட்டான்கள் உறிஞ்சப்படும் மற்றும் காலப்படும் வீதமும் உரு 1.8 இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

அணு அலையமொன்று, உதாரணமாக $n=5$ போன்ற சக்தி மட்டமொன்றிலிருந்து $n=1$ போன்றதொரு சக்தி மட்டத்துக்குப் பாய்வதும் நிகழ இடமுண்டு. அப்போதும் ஒரு சொட்டில் அடங்கியிருக்கக்கூடிய சக்தியின் அளவு

$$E = 5hf - 1hf$$

$$= 4hf$$



உரு : 1.8 போற்றன் உறிஞ்சப்படும் வீதமும் காலப்படும் வீதமும்

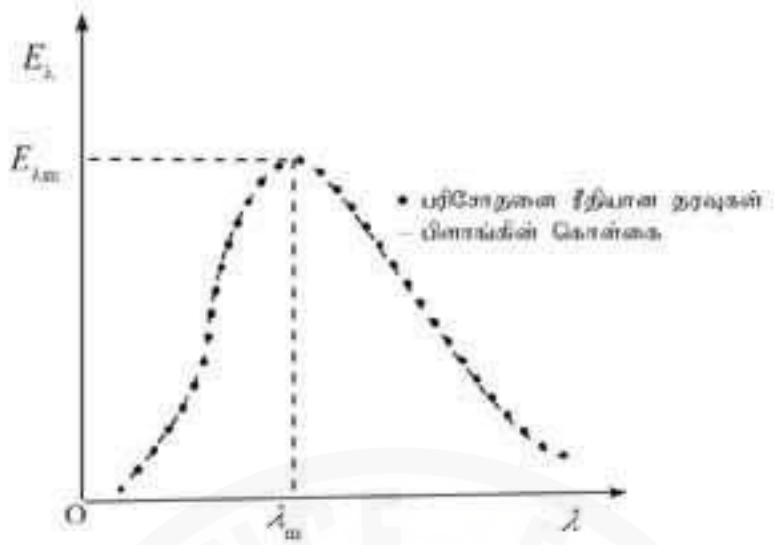
இதற்கமைய, சக்தி உறிஞ்சல் அல்லது காலல் ஆனது hf_0 இனது பூரண மடங்குகளாகவே நிகழும். மேற்படி எடுகோணப் பயன்படுத்தி பிளாங்கினால் வெறப்பட்ட சூத்திரமே கீழே தரப்பட்டுள்ளது.

$$E_2 = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda kT} - 1)} \dots \dots \dots (3)^*$$

- c என்பது ஒளியின் வேகமும்
- h என்பது பிளாங்கின் மாறிலியும்
- k என்பது போல்க்மான் மாறிலியும்
- T என்பது பொருளின் தனி வெப்பநிலையும் ஆகும்.

இச்சமன்பாடானது கடும்பொருள் கதிர்ப்புக்காகப் பரிசோதனை ரீதியில் பெற்ற E_2 மற்றும் λ வரையுடன் பொருந்துகிறது. (உரு 1.9)

* (3) சூத்திரம் 2017 தொடக்கம் நடைமுறையிலுள்ள க. பொ. த. உயர்தர பௌதிகவியல் பாடத்திட்டத்தில் உள்ளடக்கப்படவில்லை.



உரு : 1.9 பரிசோதனை திபான தரவுகளும் பிளாங்கின் கோள்கையும்

தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்

1. உவீன் பெயர்ச்சி விதியைப் பயன்படுத்தி, உச்சச் செறிவுக்கு ஒப்பான அலைநீளம் $1 \mu\text{m}$ (நுண்ணலை) கொண்ட கரும்பொருள் கதிர்ப்பும் பரம்பலொன்றைப் பெறுவதற்குத் தேவையான வெப்பநிலையைக் கணிக்க.

$$\lambda_m T = C$$

$$\lambda_m = 1 \mu\text{m} = 10^{-4} \text{ cm}$$

$$T = \frac{0.29}{10^{-4}} = 2.9 \times 10^3 \text{ K}$$

2. 100 W மின்விளக்கொன்றின் வலுவானது ஏறத்தாழ 5% கம்புலனாகும் ஒளியாக மாறுகின்றது. விளக்கிலிருந்து 1 m தூரத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியின் கம்புலனாகு கதிர்ப்பின் செறிவைக் காண்க.

இக்கணித்தலின்போது விளக்கு ஒரு புள்ளிப் பொருளாகக் கருதப்பட்டுள்ளது. விளக்கிலிருந்து r தூரத்தில் அதிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியானது r ஆரை கொண்ட கோள வடிவில் மேற்பரப்பொன்றில் சீராகப் பரம்பிபுள்ளதாகக் கருதும்போது

$$\text{செறிவு } I = \frac{\text{கம்புலனாதும் ஒளியின் செறிவு}}{\text{பரப்பளவு}}$$

=

$$\frac{P}{4\pi r^2} = \frac{100}{4\pi \cdot 1^2} \times \frac{5}{100}$$

$$= 0.398 \text{ W m}^{-2}$$

3. காபனோரொட்சைட்டு மூலக்கூறொன்றினை காபன் அணுவாகவும் ஒட்சிசன் அணுவாகவும் கூட்டப்பிரிகையடையச் (dissociate) செய்வதற்காக 11 eV சக்தி தேவைப்படுகிறது. இதைச் செய்வதற்காக ஒளி வடிவில் சக்தியை வழங்குவதாயின், அவ்வொளி அலைகள் கொண்டிருக்க வேண்டிய மீறனைக் காண்க.

$$11 \text{ eV} = 11 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = hf \text{ இனைப் பயன்படுத்தி } \therefore f = \frac{11 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}}$$

$$= 2.65 \times 10^{11} \text{ Hz}$$

இம்மீறன் கழியூதா பட்டைக்கு உரியது.

பலதேர்வு வினாக்களும் குறுவிடை வினாக்களும்

1. பின்வரும் கதிர்வீச்சுகளுள் மின் காந்த அலை அல்லாதது எது?

(a) γ - கதிர் (b) β - கதிர் (c) X - கதிர் (d) வெப்பக்கதிர்

[விடை (b)]

2. γ - கதிர், X - கதிர், கழியூதாக்கதிர் ஆகியவற்றின் மீறனைகள் முறையே a, b, c ஆகும் எனின்,

(a) $a > b > c$ (b) $a < b < c$ (c) $a = b = c$ (d) $a > c > b$

[விடை (a)]

3. 4 kW வலு கொண்ட முதலொன்றிலிருந்து ஒரு செக்கனில் 10^{20} போட்டன்கள் பிறப்பிக்கப்படுகின்றன. இந்த எல்லாப் போட்டன்களும் ஒரே அலை நீளத்தைக் கொண்டவை எனின், அவை நிரூபியத்தின் எந்தப்பகுதியைச் சேர்ந்தவை.

(a) நுண்ணலை (b) uv கதிர்கள் (c) X - கதிர்கள் (d) γ - கதிர்கள்

[விடை (c)]

போட்டன் ஒன்றின் சக்தி $E = \frac{\text{முதலின் வலு}}{\text{காலப்பட்ட போட்டன்களின் எண்ணிக்கை}}$

$$= \frac{4 \times 10^3 \text{ Js}^{-1}}{10^{20} \text{ s}^{-1}}$$

$$= 4 \times 10^{-17} \text{ J}$$

எனினும் $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$

$$\therefore \lambda = \frac{(6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}) \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})}{4 \times 10^{-17} \text{ J}}$$

$$= 4.97 \times 10^9 \text{ m}$$

$$= 5 \text{ nm}$$

இந்த அலைநீளம் X - கதிர்களுக்கும் குரியது

- செங்கீழ்க் கதிர்களை இனங்காணப் பயன்படும் உபகரணம் எது?
(a) திருசியமாலி (b) தீ மாலி (c) கனோமாலி (d) மிரகாசமாலி
[விடை (b)]
- மின்காந்த அலைகள் ஓர் வகைக் குறுக்கல்லயாகும் என்பதற்கான ஒரு சாட்சியாக அமைவது எது?
(a) முனைவாக்கம் (b) தலையிடல்
(c) தெறித்தல் (d) கோணல்
[விடை (a)]
- $\frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}$ இன் பரிமாணங்கள் (μ_0 - சுயாதீன வெளியில் உட்புகலிடுமீயல்பு ஆகும், ϵ_0 - சுயாதீன வெளியில் அனுமதித்திறன் ஆகும்.)
(a) $L^{-1} T$ (b) $L^2 T^2$ (c) $L^2 T^{-2}$ (d) LT^{-1}
[விடை (c)]
- பின்வரும் கதிர்களுள் மின்காந்த அலைகளைச் சேராதது எது?
(a) கழிபூதாக் கதிர்கள் (b) γ - கதிர்கள்
(c) β - கதிர்கள் (d) X - கதிர்கள்
[விடை (c)]
- திண்மங்களின் பளிங்குக் கட்டமைப்பைக் கற்றாய்வதற்காகப் பயன்படுத்தும் மின் காந்த அலையைப் பெரிட்டு, அதன் மீறண் வீச்சை குறிப்பிடுக.
விடை: X - கதிர், மீறண் $10^{18} \text{ Hz} - 3 \times 10^{21} \text{ Hz}$

6. சூரியக் கதிர்வீச்சின் எந்தக்கூறு ஒசோன் படையினால் உறிஞ்சப்படுகின்றது?

(விடை : UV கதிர்கள்)

7. 100 W பின்னும்பொன்றின் உருளைவடிவ இழையின் விட்டம் 8×10^{-5} m உம் நீளம் 0.60 m உம் ஆகும். இழையின் காலத்திறன் 0.70 ஆயின் தொழிற்படு வெப்பநிலையைக் கணிக்க. (ஸ்டீபான் மாநிலி = $5.7 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$)

உருளை வடிவ இழையின் மேற்பரப்பளவு

$$= 2 \pi r l$$

$$= 2\pi \times 80.0 \text{ m} \times 10^{-5} \times 0.6 \text{ m}$$

$$= 1.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

இழையிலிருந்து அலகு நேரத்துள் அலகுப் பரப்பளவினால் காலப்படும் சக்தி

$$E = \frac{100 \text{ W}}{1.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$= 6.62 \times 10^5 \text{ W m}^{-2}$$

எனினும் $E = \sigma T^4$ இற்கமைய

$$6.62 \times 10^5 = 5.7 \times 10^{-8} T^4$$

$$T = 1827 \text{ K}$$

ஒளிமின் விளைவு Photoelectric Effect

2.1 ஒளிமின் விளைவுத் தோற்றப்பாடு

உ. லோகப் பரப்பொன்றின் மீது கழிவுதா ஒளி படும்போது அப்பரப்பிலிருந்து மின் ஓற்றங்கள் காலப்படுவதாக, 1887 ஜூன் ஹைன்ரிச் ஹேற்ஸ் (Heinrich Hertz) எனும் விஞ்ஞானியினால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இத்தோற்றப்பாடு மேற்படி ஆண்டில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட போதிலும், ஜே. ஜே. தொம்சன் எனும் விஞ்ஞானியினால் துலத்திரன் கண்டுபிடிக்கப்படும் வரையில் அத்தோற்றப்பாட்டை விளக்க முடியாதிருந்தது. 1900 ஜூன் மீலிப் லெண்ட் எனும் விஞ்ஞானி நடத்திய பரிசோதனைகள் மூலம் மின்னோற்றங்கள் துலத்திரன்களாகும் என்பது உறுதி செய்யப்பட்டது. துதற்காக 1905 ஜூன் பௌதிகவியலுக்கான நோபெல் பரிசு லெண்ட் திற்கு வழங்கப்பட்டது.

உ. லோகப் பரப்பு மீது மின்காந்தக் கதிர்வீச்சுகள் படுவதால் அப்பரப்பிலிருந்து துலத்திரன்கள் விடுவிக்கப்படுதலானது ஒளிமின் காலல் எனப்படுகின்றது.



உரு - 2.1 ஜே.ஜே.தொம்சன்

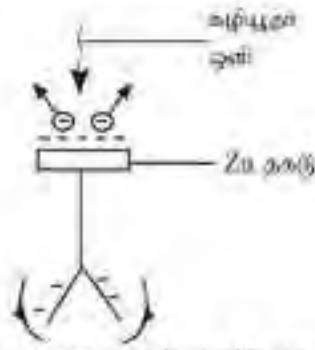


உரு - 2.2 ஹைன்ரிச் ஹேற்ஸ்



உரு - 2.3 பிலிப் லெண்ட்

ஒளி - மின் விளைவைச் செய்து காட்டுவதற்காகப் பயன்படுத்தக்கூடிய பரிசோதனைகள்



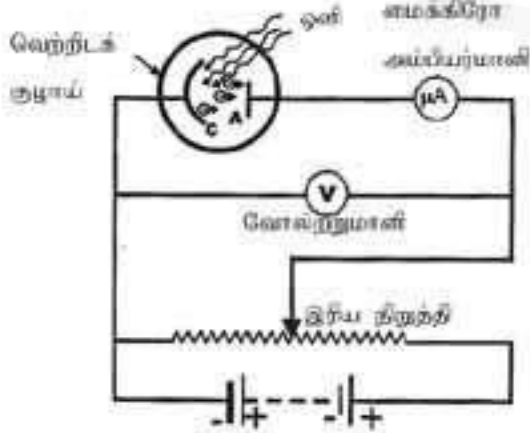
உரு - 2.4 ஹைன்ரிச் ஹேற்ஸ் மின்காட்டியின் இயல்புகள் கருவருதல்

மறையாக ஏற்றப்பட்டுள்ள பொன்னிலை மின்காட்டியொன்றின் உலோகத்தகட்டின் மீது சுத்தமான நாகத் (Zn) தகடொன்று வைக்கப்பட்டுள்ள விதம் உரு 2.4 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மறை ஏற்றம் காரணமாக காட்டியின் துளைகள் திரும்பமாக விரிந்துள்ளன. இரச ஆவி விளக்கொன்றிலிருந்து வெளிப்படும் கழிபூதா ஒளியை இத்தகடு மீது படச் செய்தால் பொன்னிலைகள் சுருங்குவதை அவதானிக்கலாம் நாகத் தகட்டிலிருந்து ஒளி இலத்திரன்கள் காலப்பட்டு அப்பால் செல்வதால் மின்காட்டியின் இருந்த மறை ஏற்றங்கள் படிப்படியாகக் குறைவதால் பொன்னிலைகள் சுருங்கும். நாகத்தகட்டிற்கும் ஒளி முதலிற்கும் துளையில் கண்ணாடித் தட்டை வைத்து இப்பரிசோதனையை மீளவும் நடத்தும்போது துளைகள் சுருங்குவது நின்றவிடுவதையும் அவதானிக்கலாம். கண்ணாடித் தட்டு வைக்கப்பட்டமையால் கழிபூதாக் கதிர்கள் பாரிய அளவில் துண்டிக்கப்படுவதே இதற்கான காரணமாகும்.

2.2 ஒளிக்கலத்தினால் ஒளிமின் விளைவைக் காட்டுதல்

இதற்காகப் பயன்படுத்தும் ஒளிக்கலமொன்றின் பரிசோதனை ரீதியான அமைப்பொன்று உரு 2.5 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மாறும் அழுத்த வழங்கி ஒளிக்கலம் (வெற்றிட வகை), பொருத்தமான மீடறன் கொண்ட ஒரு நிற ஒளிக்கற்றைகள், மைக்கிரோ அம்பியர்மாணி, வோல்ட் மானி, இரிய நிறுத்தி போன்றவைபே இதற்குத் தேவையான உபகரணங்களாகும்.

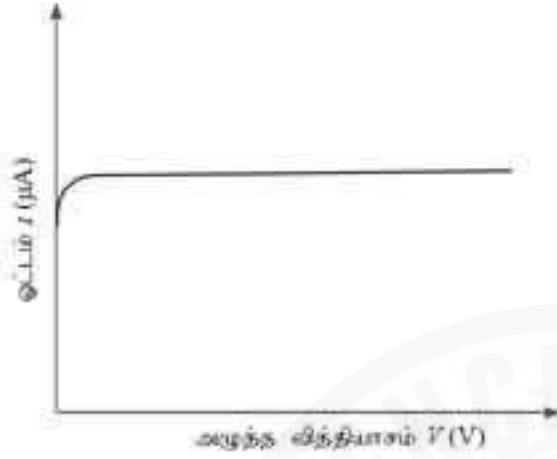
உபகரண அமைப்பில் அடங்கியுள்ள கதோட்டு C உம் அனோட்டு A யும் சீசியம் அல்லது பொற்றாசியம் போன்ற ஒரே கார உலோகத்தினால் ஆக்கப்பட்டு மினுக்கப்பட்ட இரண்டு தகடுகளாகும். இவை படிகத்தினால் ஆக்கப்பட்ட வெற்றிடக்குழாயொன்றினுள் வைக்கப்பட்டு, மின்கற்றுடன் தொடுக்கப்பட்டுள்ளன. கலத்தொகுதியின் மறைமுனை, கதோட்டாகிய C உடனும் நேர்முனை, அனோட்டாகிய A உடனும் தொடுக்கப்பட்டுள்ளன. ஒளிக்கலத்தை இருளில் வைத்தால் மைக்கிரோ அம்பியர்மானியின் வாசிப்பு பூச்சியமாவதாகக் காணலாம். எனினும் பொருத்தமான மீடறனைக் கொண்ட தனி நிற



உரு : 2.5 ஒளிமின் விளைவைக் கற்றுப்பயற்றதாகப் பயன்படும் அமைப்பு

ஒளிக்கற்றையொன்றினைக் கதோட்டின் மீது வீழச் செய்வதால் மைக்கிரோ அம்பியர்மானியில் மின்னோட்டமொன்று காட்டப்படும். C இற்கும் A இற்கும் இடையிலான இடைவெளிகளுக்கு குறுக்காக மின்னோட்டமானது பாய்வின்றமை இதன் மூலம் தெளிவாகின்றது. கதோட்டின் மீது தொடர்ந்தும் ஒளிபடச் செய்து, சுற்றில் உள்ள கலத்தொகுதிக்குப் பதிலாக கடத்திக் கம்பியொன்றைத் தொடுப்பதால் மைக்கிரோ அம்பியர்மானியில் ஒரு குறித்த ஓட்டம் காட்டப்படும். கதோட்டுக்கும் அனோட்டுக்கும்

இடையே அழுத்த வித்தியாசம் இல்லாத போதிலும் கதோட்டிலிருந்து இலத்திரன்கள் விடுவிக்கப்பட்டு அவை அனோட்டை அடைந்து வெளிச் சுற்றின் ஊடாகச் சென்று கதோட்டை அடைகின்றமை இதன் மூலம் தெளிவாகின்றது.



உரு : 2.6 ஓட்டத்துக்கும் அழுத்த வித்தியாசத்துக்கும் இடையிலான வரையு (செறிவை மாறாது வைத்து)

2.2.1 செறிவை மாறாது வைத்து, கதோட்டுக்கும் அனோட்டுக்கும் இடையே அழுத்த வித்தியாசத்தை மாற்றுதல்

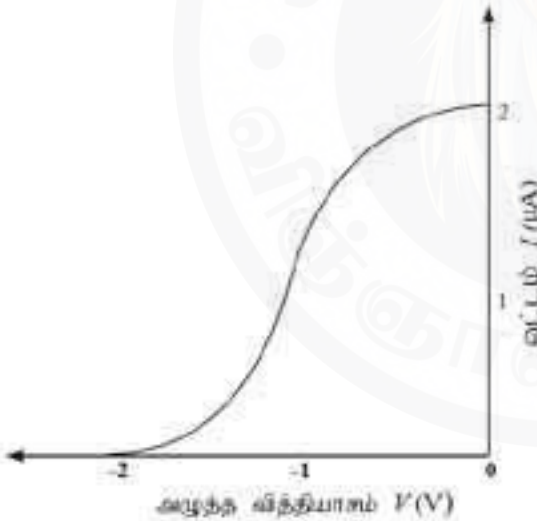
குறிப்பிட்ட கடத்திக் கம்பியை அப்புறப்படுத்தி உரு: 2.5 இல் காட்டியுள்ளவாறாக மீண்டும் கலத்தைத் தொடுத்து சுற்றை அமைப்பதால், கலத்தினால் அனோட்டுக்கும் கதோட்டுக்கும் இடையே அழுத்த வித்தியாசமொன்றினைப் பிரயோகித்த போதிலும் மைக்கிரோ அம்பியர் மானி வாசிப்பில் மாற்றம் ஏற்படுவதில்லை. கதோட்டின் மீது விழும் ஒளியின் செறிவை மாறாது வைத்து கதோட்டுக்கும் அனோட்டுக்கும் இடையே அழுத்த வித்தியாசத்தைப் படிப்படியாக அதிகரித்த போதிலும் கூட மைக்கிரோ அம்பியர் மானிக்குக் குறுக்காகப் பாயும் ஓட்டம் மாறாது காணப்படும். ஒளியின் வினைவு காரணமாகக் காலப்படும் இலத்திரன்களின் எண்ணிக்கையானது கதோட்டுக்கும் அனோட்டுக்கும் இடையில் பிரயோகிக்கப்பட்டுள்ள அழுத்த வித்தியாசத்தின் மீது தங்கியிருப்பதில்லை என்பது இதன் மூலம் உறுதியாகின்றது.

2.2.2. கதோட்டுக்கும் அனோட்டுக்கும் இடையிலான அழுத்த வித்தியாசத்தின் திசையைப் புறமாற்றுதல்

கதோட்டு (C) மீது விழச்செய்யும் ஒளியின் செறிவை மாறாது வைத்து C இற்கும் அனோட்டு (A) க்கும் இடையே அழுத்த வித்தியாசத்தின் திசையைப் புறமாற்றுதல் நிகழுவதை அடுத்ததாகக் கற்றுப்போவோம். இனி கலத்திலிருந்து கிடைக்கும் இலத்திரன்கள் காரணமாக தகடு A ஆனது மறை அழுத்தத்தில் காணப்படும். எனவே அழுத்த வித்தியாசத்தின் திசை புறமாற்றப்படுகிறது அத்துடன் ஒளிச்செறிவை மாறாது வைத்து

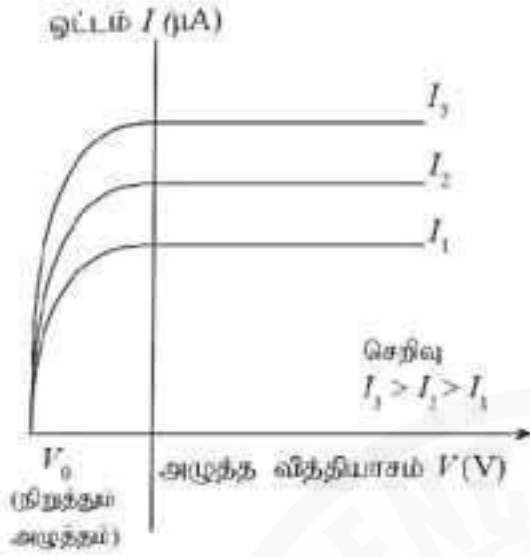
அழுத்த வித்தியாசத்தைப் பூச்சியத்திலிருந்து படிப்படியாக அதிகரித்துச் செல்லும்போது மைக்கிரோ அம்பியர்மாஸிமின் ஓட்டமானது உரு 2.7 இல் உள்ள வரையில் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு படிப்படியாகக் குறைவடைந்து அழுத்த வித்தியாசம் ஒரு குறித்த பெறுமானத்தின்போது பூச்சிய ஓட்டத்தைக் காட்டும். இவ்வாறாக ஓட்டம் பூச்சியமாகும் சந்தர்ப்பத்தில் உள்ள அழுத்த வித்தியாசத்தின் பெறுமானமானது, நிறுத்தும் அழுத்தம் (stopping potential) எனப்படும்.

இந்தப் பெறுபேற்றை, காலப்போக்கில் இலத்திரன்களின் இயக்கச் சக்தியை சார்ந்து விளக்கலாம். கதோட்லிலிருந்து காலப்போக்கில் ஒளி இலத்திரன்கள் A இனை அடையும்போது தள்ளுபாலைக்கு உள்ளாகும். தரப்பட்ட அழுத்த வித்தியாசமொன்றின் கீழ் அந்த அழுத்த வித்தியாசத்தை விஞ்சிச் செல்வதற்குப் போதுமான அளவு இயக்கச்சக்தியைக் கொண்ட ஒளி இலத்திரன்களால் மாத்திரமே A இனை அடைய முடியும். அப்பெறுமானத்திலும் குறைவான இயக்கச்சக்தியை கொண்ட ஒளி இலத்திரன்கள் A இலிருந்து தள்ளப்படும். ஒளியின் விளைவு காரணமாகக் காலப்போக்கில் எல்லா இலத்திரன்களும் இயக்கச்சக்தி ஒன்றுக்கொன்று சமமானதல்ல என்பது இப்பெறுபேறு மூலம் தெரிகின்றது. பிரயோகித்த அழுத்த வித்தியாசமானது நிறுத்தும் அழுத்தத்தை மீட்டுமட்டாக அடையும் சந்தர்ப்பத்தில் காலப்போக்கில் இலத்திரன்களின் உச்ச இயக்கச் சக்தியைக் கொண்ட இலத்திரன்கள் மாத்திரமே ஓட்டத்தை ஏற்படுத்தும்.

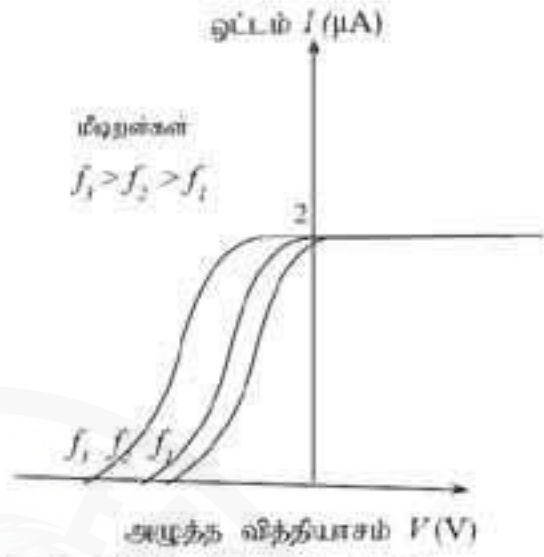


உரு : 2.7 ஓட்டத்துக்கும் அழுத்த வித்தியாசத்துக்கும் இடையிலான வரைபு (செறிவள மாறாது வைத்து C கீறும் A இற்கும் இடையே அழுத்த வித்தியாசத்தின் திசையைப் புறமாற்றிய சந்தர்ப்பம்) மேற்படி பரிசோதனையை வேறுபட்ட ஒளிச்செறிவுடைய (I_1, I_2, I_3) ஒளியை பிரயோகித்துப் பரிசோதனையை நடத்தும்போது கிடைக்கும் ஓட்டத்துக்கும் (I) அழுத்த வித்தியாசத்துக்கும் (V) இடையிலான வரைபு உரு 2.8 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

உரு 2.8 (a) இல் காட்டப்பட்ட குறித்த ஒளிச்செறிவு தொடர்பான வளையியானது ஒரு செறிவையுடைய ஒளிக்கு கீறப்பட்ட உரு (2.6), உரு (2.7) இன் சேர்மானமாகும்.



உரு : 2.8 (a) ஒட்டத்துக்கும் அழுத்த வித்தியாசத்துக்கும் இடையிலான வரைபு (ஒளிச்செறிவை மாற்றியபோது)

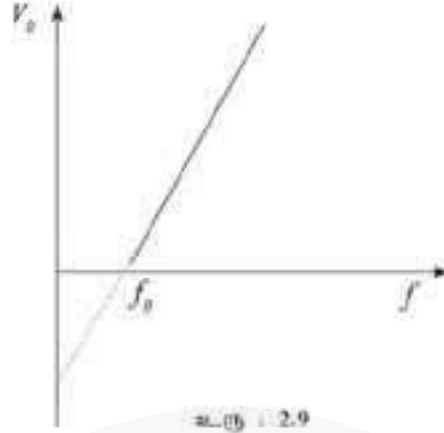


உரு : 2.8 (b) ஒட்டத்துக்கும் அழுத்த வித்தியாசத்துக்கும் இடையிலான வரைபு (செறிவை மாறாது வைத்து வேறுபட்ட மீறனைக்கொண்ட ஒளியைப் பயன்படுத்தியபோது)

இவ்வரைபின்படி, செறிவை அதிகரிக்கும்போது ஒட்டத்தின் பெறுமானம் அதிகரிக்கின்றமை தெரிகின்றது. அதாவது ஒளியின் செறிவு அதிகரிக்கும்போது அலகு நேரத்துள் அதிக எண்ணிக்கை இலத்திரன்கள் காலப்படும்.

எனினும், நிறுத்தம் அழுத்தமானது ஒளியின் செறிவு மீது தங்கியிருப்பதில்லை என்பதையும் இந்த வரைபு மூலம் முடிவு செய்யலாம். அதாவது காலப்படும் இலத்திரன்களின் உச்ச இயக்கச் சக்தியானது ஒளிச்செறிவின்மீது தங்கியிருப்பதில்லை.

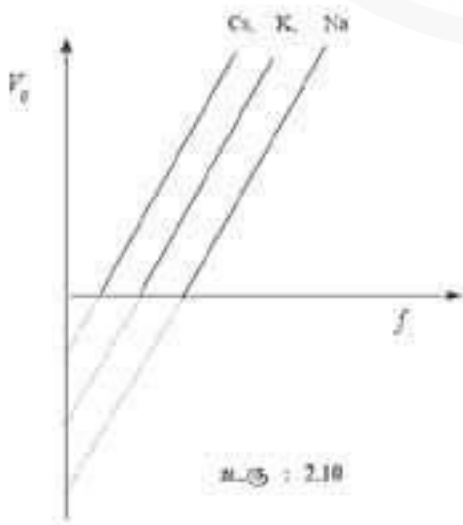
செறிவை மாறாமலும் பெறுமானத்தில் மாறாகப் பேணியவாறு வெவ்வேறு மீறனைக் கொண்ட ஒளியைப் பயன்படுத்திப் பரிசோதனையை மீண்டும் நடத்துவதால் உரு : 2.8 (b) இல் காட்டியுள்ளது போன்ற வளையி கிடைக்கும். செறிவு ஒன்றையாயினும் (சமமானதாயினும்) ஒளியின் மீறனை அதிகரிக்கும்போது நிறுத்தம் அழுத்தம் அதிகரிக்கின்றமை இந்த வரைபினால் காட்டப்படுகின்றது. எனவே மீறன் உயர்வான ஒளியின் மூலம் கூடுதலான உச்ச இயக்கச் சக்தியைக் கொண்ட இலத்திரன்கள் காலப்படும் என்பதை முடிவு செய்யலாம்.



உரு : 2.9

நிறுத்தம் அழுத்தம் (V_0) மற்றும் படும் ஒளியின் மீறன் (f_0) ஆகிய கணிப்பங்களின் மாறலை வரைபாக்கும்போது உரு : 2.9 இல் காட்டியுள்ளதுபோன்ற நேர்கோட்டு வரைபொன்று கிடைக்கும். நிறுத்தம் பெறுமானம் பூச்சியமாகும் மீறன், நுழைவாய் மீறன் (f_0) எனப்படும். படும் ஒளியின் மீறனானது நுழைவாய் மீறன் (threshold frequency) எனப்படும் ஒரு குறித்த இழிவுப்பெறுமானத்திலும் அதிகரித்தால் மாத்திரமே ஒளிக்காலல் நிகழும்.

படும் ஒளியின் மீறனை நுழைவாய் மீறனைவிடக் குறைக்கும்போது ஒளி இலத்திரன்கள் வெளிவிடப்படுவதில்லையாதலால் ஒட்டம் நின்றுவிடும். கதோட்டுக்காக வேறு உலோகங்களைப் பயன்படுத்தி பரிசோதனையை நடத்துவதால் உரு : 2.10 இல் காட்டியுள்ளவாறு சில நேர்கோடுகள் கிடைக்கும். இதன்போது நுழைவாய் மீறன்கள் வேறுபட்டதாய் கிடைப்பதோடு, எல்லா நேர்கோடுகளினதும் படித்திறன்கள் ஒரே பெறுமானத்தைப் பெறுகின்றமை வரையு மூலம் தெரிகின்றது.



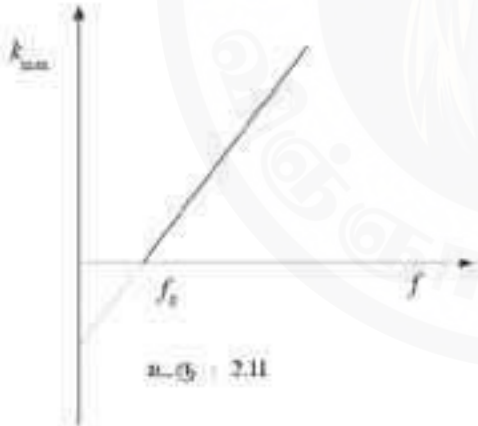
உரு : 2.10

கதோட்டுச் சார்பாக அனோட்டை மறை அழுத்தத்தில் வைத்துள்ளபோதும் கூட மின்னோட்டம் பாயும், ஏனெனில் அழுத்த வித்தியாசத்துக்கு எதிராக வேண்டிய வேலையைவிட அதிக சக்தியைக் கொண்டு இலத்திரன்கள் காலப்படுகின்றமையினாலையே ஓட்டம் பாய்கின்றது. இந்த அழுத்த வித்தியாசம், நிறுத்த அழுத்தப் பெறுமானத்துக்குச் (V_0) சமமாகும் சந்தர்ப்பத்தில் இலத்திரனொன்றில் இருக்கக்கூடிய உச்ச இயக்கச் சக்தியானது k_{max} அழுத்த வித்தியாசத்துக்கு எதிராகச் செய்ய வேண்டிய வேலையாகிய eV_0 இற்குச் சமமாகும். அதாவது

$$k_{max} = eV_0$$

இச்சமன்பாட்டுக்கமைய உச்ச இயக்கச் சக்தியானது நிறுத்தும் அழுத்தத்துக்கு விகிதசமமானது. எனவே உச்ச இயக்கச் சக்திக்கும் மீறணுக்கும் இடையேயான வரையானது உரு : 2.9 இல் காட்டப்பட்டுள்ள நிறுத்தும் அழுத்தத்துக்கும் மீறணுக்கும் இடையிலான வரையைப் போன்றதாகவே இருத்தல் வெண்டும். இது உரு : 2.11 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மேரும்பாலான உலோகங்களுக்கான நுழைவாய் மீறன் கழியூதா வீச்சில் (அலைநீளம் 200-300 nm) காணப்படுவதோடு சீசியம், பொற்றாசியம் உலோகங்களுக்கான நுழைவாய் மீறன் கப்புலனாக திருசியத்தின் 400-700 nm அலை நீள வீச்சில் காணப்படும்.



மேற்படி பரிசோதனைகளின் மூலம் பெற்ற பெறுபேறுகளைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்

- காலப்படும் ஒளி இலத்திரன்களுக்கு, பூச்சியத்திலிருந்து ஒரு குறித்த உச்சப் பெறுமானம் வரையில் இயக்கச் சக்திகள் இருக்கும். மீறனின் அதிகரிப்போடு கூடவே, உச்ச இயக்கச் சக்தி அதிகரிக்கும்.
- எந்தவொரு மூலகத்திலும் படும் ஒளியின் மீறனானது நுழைவாய் மீறன் எனப்படும் ஒரு குறித்த பெறுமானத்தைவிட அதிகரிக்கும்போது இலத்திரன் காலம் நிகழும். கழியூதாக்க கதிர்களுக்கு, மிகக் குறைவான செறிவின்போது கூட சிங்கு (Zn) உலோகத்திலிருந்து இலத்திரன்களைக் கால முடியும். எனினும் செங்கீழ்க் கதிர்களுக்கு மின உயர் செறிவுகளின்போது கூட அவ்வாறு செய்ய முடியாது.

- நுழைவாய் மீழறளானது பயன்படுத்தும் உலோகத்தின் மீது தங்கியிருக்கும். நன்கு தாக்கம் புரியும் மூலகங்களுக்கு (most reactive elements) அது மிகக் குறைவான பெறுமானத்தைப் பெறும். உதாரணமாக பொற்றாசியம் இனது நுழைவாய் நாகத்தின் பொற்றாசியத்தின் நுழைவாய் மீழறனிலும் குறைவானது.
- காலப்படும் இலத்திரன்களின் உச்ச இயக்கச் சக்தியானது படும் ஒளியின் மீழறன் மீது மாத்திரமே தங்கியிருக்கும். அது ஒளியின் மீழறனுக்கும் நுழைவாய் மீழறனுக்கும் இடையிலான வித்தியாசத்துக்கு விகிதசமமானது.

$$k_{\max} \propto (f - f_0)$$

- உலோகப் பரப்பிலிருந்து இலத்திரனொன்றினை விடுவிப்பதற்குத் தேவையான இழிவுச் சக்தியானது அவ்வுலோகத்தில் தங்கியிருக்கும்.
- காலப்படும் ஒளி இலத்திரன்களின் இயக்கச் சக்தியானது ஒளியின் செறிவில் தங்கியிருப்பதில்லை.
- ஒளியின் காலல் தோற்றப்பாடு ஒரு கணச் செயன்முறையாகும். கதோட்டன் மீது ஒளிபட்டவுடன் நேரத்தாமதமின்றி 10^{-8} செக்கன்களிலும் குறைவான நேரத்துள் ஒளி இலத்திரனியல் காலல் ஆரம்பிக்கும்.

தயிதமாகியுள்ள பௌதிகவியலில் ஒளியானது ஒருவகை அலைகளாகவே கருதப் படுகின்றது. அலையின் சக்தியானது அவ்வலையின் வீச்சத்திலேயே தங்கியுள்ளதோடு, ஒளியின் செறிவு என்பது ஒளி அலைகளினால் அலகுப் பரப்பளவுக்குக் குறுக்காகக் கொண்டு செல்லும் சக்தியின் அளவாகும். இதற்கமைய ஒளியினால் உலோகப் பரப்பில் நிகழும் இலத்திரன் காலலானது ஒளியினது செறிவிலேயே தங்கியுள்ளது மீழறனில் அல்ல. செறிவு கூடிய ஒளியினால் இலகுவாக இலத்திரன் காலப்படுவதாக எதிர்பார்க்கமுடியும். செறிவானது ஒரு குறித்த அளவை விடவும் குறைவடையும்போது இலத்திரன்களின் காலல் நின்றவிடுதல் வேண்டும்.

காலப்படும் இலத்திரன்களின் இயக்கச் சக்தியானது ஒளியின் மீழறனின் மீதன்றி அதன் செறிவிலேயே தங்கியிருத்தல் வேண்டும். ஒளியானது மிகக்குறைவான செறிவில் படுகின்றதாயின் இலத்திரனொன்றைக் காலுவதற்குத் தேவையான சக்தியைப் பெறுவதற்கு ஒரு குறித்த அளவு நேரம் கழிதல் வேண்டும். ஒளியானது உலோக மேற்பரப்பில் பட்ட கணத்திலேயே இலத்திரன் காலப்படுமென எதிர்பார்க்க முடியாது.

எனவே 20ஆம் நூற்றாண்டின் ஆரம்பத்தில் ஒளி மின்விளைவு தொடர்பான பரிசோதனை ரீதியான அவதானிப்புகளைக் கொள்கை ரீதியாக விளக்குவது பிரச்சனையாக காணப்பட்டது.

1905 இல் அல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் (Albert Einstein) ஜூனால்கட்டியெழுப்பப்பட்ட சொட்டாக்கிய சக்தி (quantized energy) தொடர்பான கோட்பாட்டின் மூலம் ஒளியின் விளைவு தொடர்பான சகல அவதானிப்புகளையும் விளக்க முடிந்தது. அதற்காக 1921 ஆம் ஆண்டில் பெளதிகவியலுக்கான நோபல் பரிசு ஐன்ஸ்டீனுக்கு உரித்தாகியது.



உரு : 2.12 அல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன்

ஒளியின் விளைவு தொடர்பாக ஐன்ஸ்டீன் முன்வைத்த கோட்பாட்டின்படி ஒளியானது மிகச்சிறிய துணிக்கைகளாக நடந்து கொள்கின்றது. அவ்வாறாக ஒரு துணிக்கையில் அடங்கியுள்ள சக்தியானது ஒளியின் மீறனுக்கு விகிதசமமானது. அதற்கமைய ஒளி என்பது சக்திப்பொதி அல்லது சொட்டு (quanta) எனக் கருதலாம். இந்த ஒளி சக்திச் சொட்டை உறிஞ்சுவதிலேயே இலத்திரன் காலப்படும். ஐன்ஸ்டீன் இத்துணிக்கைகளை போட்டன் (photon) என அழைத்தார்.

சக்திச் சொட்டு தொடர்பான கருத்து மகன் பிளாங்கினால் ஏற்கனவே முன்வைக்கப்பட்டிருந்தது. முதலாம் அத்தியாயத்தில் கலந்துரையாடப்பட்டது போன்று கரும்பொருள் கதிர்ப்பின்போது உறிஞ்சப்படும் அல்லது காலப்படும் ஒரு சக்திச் சொட்டின் சக்தியானது $E = hf$ எனும் சமன்பாட்டின்படி மீறனின் மீது தங்கியுள்ளது. $E = hf$ எனும் கருதுகோள் பிளாங்கினால் வெளியிடப்பட்டிருந்தது. ஒளியின் விளைவில் இலத்திரனானது சக்திச் சொட்டில் இருந்து சக்தியை உறிஞ்சும்போது சக்தியில் ஒரு பகுதி உலோகமேற்பரப்பில் இருந்து இலத்திரனை விடுவிப்பதற்கும் மிகுதி இயக்கச் சக்தியாகவும் மாற்றப்படுகிறது.

உலோக மேற்பரப்பிலிருந்து இலத்திரனொன்று விடுவிக்கப்படுவதற்கு தேவையான சக்தியானது அவ்வுலோகத்தின் வேலைச்சார்பு (work function) எனப்படுகிறது. அதனை ϕ எனும் குறியீட்டினால் காட்டுவோமாயின், காலப்படும் இலத்திரனொன்றின் இருக்கக்கூடிய உச்ச இயக்கச் சக்தி $k_{max} = hf - \phi$ ஆதல் வேண்டும். இச்சமன்பாட்டை நிறுத்தும் அழுத்தம் சார்பாக $eV_0 = hf - \phi$ எனவும் எழுதலாம். இதற்கமைய உச்ச இயக்கச் சக்திக்கும் மீறனுக்கும் இடையிலான வரையு ஒரு நேர்கோடாகவும், அதன் படித்திறன் பிளாங்கின் மாறிலிக்கும் சமமானதாகவும் இருத்தல் வேண்டும். அவ்வாறாகவே, நிறுத்தும் அழுத்தத்துக்கும் மீறனுக்கும் இடையிலான வரையும் நேர்கோடாக அமைவதோடு, அதன் படித்திறன் h/e ஆதல் வேண்டும்.

வேலைச்சார்பானது உலோகத்தின் மீது தங்கியுள்ள ஒரு மாறிலியாகையால், உலோக மேற்பரப்பு மீது விழ்ச்செய்யும் ஒளியின் மீறனைப் படிப்படியாகக் குறைத்துச் செல்லும்போது இலத்திரனுக்குக் கிடைக்கும் இயக்கச்சக்தி படிப்படியாகக் குறைவடைந்து ஒரு குறித்த மீறனில் அது பூச்சியத்தை அடையும். அதற்கு மேலும் மீறனைக் குறைப்போமாயின் இலத்திரன் விடுவிக்கப்படுவதற்காக போட்டன் மூலம் கிடைக்கும் சக்தி போதுமானதல்லவாதலால் ஒளியின் விளைவு நிகழ மாட்டாது. எனவே இயக்கச்சக்தி பூச்சியமாகும் சந்தர்ப்பத்தின் மீறன், நுழைவாய் மீறன் ஆகும்.

உரு: 2.9, 2.10, 2.11 இல் காட்டப்பட்டுள்ள பரிசோதனை ரீதியான பெறுபேறுகளை இவ்வாறாக இலகுவாக ஈன்ஸ்ரைனினால் விளக்க முடிந்தது.

கற்றையில் உள்ள போட்டிகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிப்பதே ஒளிக்கற்றையின் செறிவை அதிகரிக்கும்போது நிகழுவதாகும். எனினும் மீட்டர் மாற்றமடையவில்லை எனின், இது போட்டிகள் சக்தியின் மீது செல்வாக்குச் செலுத்த மாட்டாது.

அட்டவணை: 2.1 சில உலோகங்களின் வேலைச் சார்பும் நுழைவாய் மீட்டர்

உலோகம்	வேலைச்சார்பு ϕ (eV)	நுழைவாய் மீட்டர் - f_0 (Hz)
சோடியம்	2.4	5.8×10^{14}
கல்சியம்	2.9	7.0×10^{14}
நாகம்/சிங்கு	3.6	8.8×10^{14}
வெள்ளி	4.3	1.0×10^{15}

இலத்திரன் வேலெற்று (eV) என்பது சக்தியின் அலகாகும். அது 1 V அழுத்த வித்தியாசத்தின் கீழ் இலத்திரனொன்று ஆற்றும்போது பெறும் சக்தி என வரையறுக்கப்படும்.

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ மெகா இலத்திரன் வேலெற்று} = 10^6 \text{ eV}$$

ஒளியின் விளைவு - தீர்ந்த பயிற்சி

$$\text{பிளாங்கின் மாறிலி} \quad h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{ஒளியின் வேகம்} \quad c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}, \quad 1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

1. வேலைச்சார்பு ϕ உள்ள உலோகமொன்றின் மீது λ அலை நீளமுள்ள ஒளிபடுகின்றது. ஒளியின் விளைவு நிகழுவதற்கெனின்,

$$(a) \lambda < \frac{ch}{\phi} \quad (b) \lambda = \frac{ch}{\phi} \quad (c) \lambda > \frac{ch}{\phi} \quad (d) \lambda > \frac{2ch}{\phi} \quad (e) \lambda = \frac{4ch}{\phi}$$

ஆதல் வேண்டும்

2. ஒரு குறித்த உலோகப் பரப்பு மீது பச்சை ஒளியைச் செய்தபோது இலத்திரன்கள் காலப்பட்டமையும், மஞ்சள் ஒளியைச் செய்தபோது இலத்திரன்கள் காலப்படாமையும் அவதானிக்கப்பட்டது. அப்பரப்பு மீது சிவப்பு ஒளியைச் செய்யப்பட்டால்,

(a) கூடுதலான சக்தி கொண்ட இலத்திரன்கள் காலப்படும்.

(b) குறைந்த சக்தி கொண்ட இலத்திரன்கள் காலப்படும்.

- (c) இலத்திரன் காலலானது படும் ஒளியினது செறிவின் மீது தங்கியிருக்கும்.
- (d) இலத்திரன் காலப்படமாட்டாது.
- (e) சிறிது நேர நாமதத்தின் பின்னர், இலத்திரன்கள் காலப்படும்.
3. நுழைவாய் மீழறன் f_0 கொண்ட உட்பொருள் பரப்பொன்றின் மீது f ($f_0 < f$) மீழறனுள்ள ஒளி படுகின்றது. காலப்பட்ட ஒளியின் இலத்திரன்களின் இயக்கச் சக்திக்கு பொருத்தமானதை தெரிவு செய்க.
- (a) $h(f-f_0)$ (b) $\frac{h}{f}$ (c) $he(f-f_0)$ (d) $\frac{h}{f_0}$ (e) he
4. ஒளியின் காலல் நிகழும் செயன்முறையின்போது படும் ஒளியின் செறிவைக் குறைக்கும்போது நிறத்தம் அழுத்தம்
- (a) குறைவடையும் (b) அதிகரிக்கும் (c) மாறாது இருக்கும்
- (d) அதிகரித்தல் அல்லது குறைவடைதலானது ஒளியின் முனைவாக்கத்தில் தங்கியிருக்கும்
- (e) மேற்படி எதுவுமல்ல
5. ஒளி உணர் பரப்பொன்றினால் காலப்படும் இலத்திரன்களின் எண்ணிக்கை பின்வரும் எதில் தங்கியிருக்கும்?
- (a) படும் ஒளியின் செறிவு மீது (b) அவ்வொளியின் மீழறன் மீது
- (c) அவ்வொளியின் அலைநீளத்தின் மீது (d) அவ்வொளியின் நிறத்தின் மீது
- (e) அப்பரப்பின் காலற்றிறனின் மீது
6. சோடியம் விளக்கொன்றினால் வெளிவிடப்படும் $0.6 \mu\text{m}$ அலை நீளமுள்ள ஒளியானது, ஒளிக்கலமொன்றின் மீது வீழுவதால் ஒளி இலத்திரன் காலல் நிகழும். இத்தோற்றப்பாட்டுக்குரிய நிறத்தம் அழுத்தம் 0.5 V ஆகும். விளக்கிலிருந்து கிடைக்கும் ஒளியின் அலை நீளம் $0.4 \mu\text{m}$ ஆகும்போது நிறத்தம் அழுத்தம் 1.5 V ஆகும். ஒளியின் கதி $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ எனக் கருதுவோமாயின், இத்தரவுகளைப் பயன்படுத்திப் பெறும் h/e இன் பெறுமானம் யாது?
- (a) $4 \times 10^{-19} \text{ V s}$ (b) $0.25 \times 10^{15} \text{ V s}$ (c) $4 \times 10^{13} \text{ V s}$ (d) $4 \times 10^8 \text{ V s}$
- (e) $1.6 \times 10^{-19} \text{ V s}$
7. ஒரு குறித்த உலோகத்துக்கான ஒளியின் விளைவுத் தோற்றப்பாடு தொடர்பான நுழைவாய் மீழறன் f_0 ஆவதோடு, அந்த உலோகத்தினால் ஆக்கப்பட்ட ஒரு தகட்டின் மீது f மீழறன் கொண்ட ஒளிக் கற்றையொன்று படுகின்றது. இலத்திரன்கள் காலப்படுவதற்காக,
- (a) $f = f_0$ (b) $f = 2f_0$ (c) $f < f_0$ (d) $f > f_0$ (e) $f = \sqrt{2}f_0$
- ஆதல் வேண்டும்.

8. ஒளிமின் விளைவு தொடர்பான ஒரு பரிசோதனையில் படும் ஒளியின் மீறான் (f) தூங்கும் எதிரே நிறுத்தும் அழுத்தத்துக்கும் (F_0) இடையே வரையப்பட்ட வரைபு ஒரு நேர்கோடாகும். அந்நேர்கோடு f அச்சின் θ கோணத்தை உருவாக்குகின்றது. ϕ என்பது பரப்பின் வேலைச்சார்பு எனின், $\tan \theta$ ஆனது மின்வரும் எதற்குச் சமமாகும்?

- (a) $\frac{h}{e}$ (b) $\frac{e}{h}$ (c) $\frac{-\phi}{e}$ (d) $\frac{eh}{\phi}$ (e) $\frac{\phi}{e}$

9. A, B என பெயரிடப்பட்ட உலோகங்களின் வேலைச்சார்புகளின் இடையிலான விகிதம் 1:2 ஆகும். A, B ஆகியவற்றின் மீது விழும் ஒளியின் மீறான்கள் முறையே f உம் $2f$ உம் ஆகும். $f > f_A$ மற்றும் $2f > f_B$ என்பன A, B ஆகியவற்றின் நுழைவாய் மீறான் ஆகும். அந்தந்த உலோக மேற்பரப்பினால் காலப்படும் ஒளி இலத்திரன்களின் உச்ச இயக்கச் சக்திகளுக்கு இடையிலான விகிதம்

- (a) 1:1 (b) 1:2 (c) 1:3 (d) 1:4 (e) $1:\sqrt{2}$

10. A, B, C உலோகங்களின் வேலைச்சார்புகள் முறையே 4.5 eV, 4.3 eV, 3.5 eV ஆகும். அவற்றின் மீது 4000 \AA அலைநீளம் கொண்ட ஒளி படுகின்றது. தரப்பட்ட கூற்றுக்களில்மிகவும் சரியான கூற்று

- (a) A யிலிருந்து மாத்திரம் ஒளி இலத்திரன்கள் காலப்படும்
(b) B யிலிருந்து மாத்திரம் ஒளி இலத்திரன்கள் காலப்படும்
(c) C யிலிருந்து ஒளி இலத்திரன்கள் காலப்படும்
(d) எல்லா உலோகங்களினாலும் ஒளி இலத்திரன்கள் காலப்படும்
(e) எந்தவொன்றினாலும் ஒளி இலத்திரன்கள் காலப்படமாட்டாது

11. வேலைச் சார்பு 2 eV ஆகவுள்ள உலோகவொன்றின் மீது 40000 \AA அலைநீளமுள்ள ஒளி படும்போது காலப்படும் ஒளி இலத்திரன்களின் இயக்கச் சக்தி அண்ணளவாக

- (a) 0.5 eV (b) 1.1 eV (c) 2.5 eV (d) 3 eV (e) 2 eV

12. ஒளி தொடர்பான சொட்டுக் கொள்கை மூலம் கட்டியெழுப்பப்படும் எண்ணக்கரு எது?

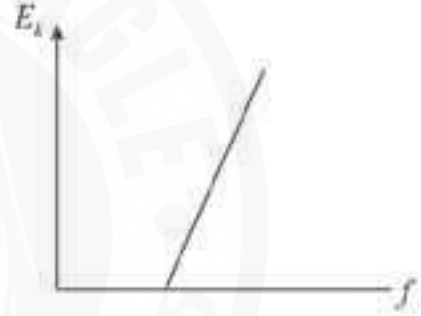
- (a) இலத்திரன் (b) போட்டன் (c) வொகத்திரன் (d) நியூத்திரன்
(e) குவார்க் எனும் எண்ணக்கரு

13. ஒளிமின் விளைவு தொடர்பான ஒரு பரிசோதனையில் போது காலப்படும் ஒளி இலத்திரன்களின் உச்ச இயக்கச் சக்திக்கும் (E_0) விழும் ஒளிப் போட்டன்களின் மீறான்குக்கும் (f) இடையிலான வரையிடப்பட்டிருக்கின்ற யாது?

- (a) இலத்திரன் ஏற்றம்
- (b) உலோகத்தின் வேலைச் சார்பு
- (c) பிளங்கின் மாறிலி
- (d) பிளங்கின் மாறிலிக்கும் இலத்திரனின் ஏற்றத்துக்கும் இடையிலான விகிதம்
- (e) இலத்திரனின் ஏற்றத்துக்கும் பிளங்கின் மாறிலிக்கும் இடையிலான விகிதம்

14. உலோகப் பரப்பொன்றினால் ஒளி இலத்திரன்கள் காலல் தொடர்பான ஒரு பரிசோதனையின்போது, நிறுத்தும் அழுத்தத்துக்கும் (V_s) விழும் ஒளியின் மீற்றணுக்கும் (f) இடையில் வரையப்பட்ட வரைபு ஒரு நேர்கோடாகும். பிளங்கின் மாறிலி பின்வரும் எதன் மூலம் தரப்படும்.

- (a) வரைபின் படித்திறனினால்
- (b) நேர் கோடான படித்திறனிணதும் இலத்திரனின் ஏற்றத்தினதும் பெருக்கத்தினால்
- (c) V_s அச்சின் மீது கிடைக்கும் வெட்டுத்துண்டுக்கும் இலத்திரன் ஏற்றத்துக்கும் இடையிலான விகிதத்தினால்
- (d) f அச்சின் மீது கிடைக்கும் வெட்டுத்துண்டுக்கும் இலத்திரனின் திணிவுக்கும் இடையிலான பெருக்கத்தினால்
- (e) படித்திறனிணதும் இலத்திரனின் திணிவிணதும் பெருக்கத்தினால்



15. ஒளி உணர் பரப்பொன்றின் மீது ஒளிப் போட்டனொன்று பட்டபின் ஒளி இலத்திரன்கள் வெளிவிடப்படுவதற்குச் செவாகும் நேரம் அண்ணளவாக

- (a) 10^{-1} s (b) 10^{-4} s (c) 10^{-10} s (d) 10^{-7} s (e) 10 s

16. ஒளி உணர் பரப்பொன்றின் மீது 10^{-4} J s⁻¹ வீதத்தில் 5000 Å⁰ அலை நீளமுள்ள ஒளிச்சக்தி படுகின்றது. செக்கனொன்றில் கிடைக்கும் போட்டன்களின் எண்ணிக்கை யாது?

- (a) 2.5×10^{10} (b) 2.5×10^{11} (c) 2.5×10^{13} (d) 2.5×10^5 (e) 2.5×10^6

விடைகள்

- | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 - (a) | 2 - (d) | 3 - (a) | 4 - (c) | 5 - (a) | 6 - (c) |
| 7 - (d) | 8 - (a) | 9 - (b) | 10 - (d) | 11 - (d) | 12 - (d) |
| 13 - (c) | 14 - (b) | 15 - (c) | 16 - (d) | | |

முன்றாம் அத்தியாயம்

உட்பொருளின் அலை இயல்பு

Wave Nature of Matter

3.1 அறிமுகம்

ஒளியின் (மின் காந்தக் கதிர்ப்பின்) அலை இயல்பைக் கவனத்திற் கொண்டு, தலையீடு, கோணல், முனைவாக்கம் ஆகிய தோற்றப்பாடுகளை விளக்க முடிந்தது. மறுபுறமாக ஒளியின் விளைவு மற்றும் கொம்பரன் விளைவு (Compton effect) போன்ற சக்தி, உந்தம் தொடர்பான தோற்றப்பாடுகள், கதிர்ப்பின் சொட்டு இயல்பைப் (quantum nature) பயன்படுத்தி விளக்கப்பட்டது.

ஒளியின் விளைவின்போது போதுமான அளவு சக்தி உள்ள (குறித்த உலோகத்தின் வேலைச் சார்பிலும் கூடுதலான சக்தி உள்ள) ஒளிப் போட்டனொன்று ஒளி உணர் (photosensitive) உலோக மேற்பரப்பொன்றின் மீது படும், அதன் மொத்தச் சக்தியையும், அணுவொன்றில் உள்ள இலத்திரனொன்றிடம் ஒப்படைப்பதால் உலோகப்பரப்பினால் இலத்திரன் காலல் நிகழும்.

கொம்பரன் விளைவு, என்பது இலத்திரனொன்றினால் அல்லது ஏற்றம் பெற்ற வேறொரு துணிக்கையினால் போட்டனொன்று சிதறச் செய்வதாகும். (போற்றன் செல்லும் திசையை மாற்றாதலாகும்) முதன்முதலாக இத்தோற்றப்பாட்டைக் கண்டுபிடித்தவர் ஆதர் கொம்பரன். போட்டனின் திசை மாற்றமடைதலுக்கு மேலதிகமாக அதன் அலைநீளம் அதிகரிக்கின்றது (அதாவது சக்தி குறைவடைகின்றது) அத்துடன் இலத்திரனானது வேறொரு திசையில் மேலுக்கையடையும் என்பதையும் கண்டறிந்தார்.

ஒளியின் விளைவு கொம்பரன் விளைவு ஆகிய இரண்டு தோற்றப்பாடுகளையும், கதிர்ப்பு தொடர்பான அலைக் கொள்கையினாலன்றி கதிர்ப்பு துணிக்கைகளாக நடந்து கொள்கின்றது எனக் கருதுவதனாலேயே விளக்க முடிகின்றது.

இதன்மூலம் ஒளி (மின்காந்த அலைகள்) சில சந்தர்ப்பங்களில் அலைகளாகவும் மற்றும் சில சந்தர்ப்பங்களில் துணிக்கைகளாகவும் நடந்து கொள்கின்றமை தெரிகின்றது. இது கதிர்ப்பின் அலை - துணிக்கை இருமை என அறியப்படுகிறது.

எமது கண்ணினால் யாதேஜியொன்றைக் காணும் தோற்றப்பாட்டின்போது இந்த இரண்டு விளக்கங்களும் அதாவது ஒளியின் அலை இயல்பும் துணிக்கை இயல்பும் மிக முக்கியமானவை. ஒரு புறத்தே ஒளியைச் சேகரித்தல் மற்றும் குவித்தல் பொறிமுறை வில்லையினால் செய்யப்படுவதோடு அச்செயன்முறை அலைகள் மூலம் நன்கு தெளிவாக்கப்படுகிறது. மறுபுறத்தே கண்ணின் விழித்திரையில் உள்ள கோல் கலங்கள் மற்றும் கூம்புக் கலங்கள் (rods and cones) மூலம் ஒளி உறிஞ்சப்படுவதை விளக்குவதற்காக போட்டன் செயன்முறை தேவையாகின்றது.

3.2 சட்பொருள் அலைகளுக்கான டி புறொக்லி தொடர்பு

(The de Broglie relation for matter waves)

ஒளி அலைகளினால் துணிக்கைகளாக (போட்டன்களாக) நடந்துகொள்ள முடியுமெனின், துணிக்கைகளினால் ஏன் அலைகளாக நடந்துகொள்ள முடியாது எனும் தருக்கம் 1924 இல் பிரான்சு நாட்டுப் பெளதிகவியலாளரான லூவி டி. புறொக்லி (Louis de Broglie) யினால் முன்வைக்கப்பட்டது. "இயற்கையானது சமச்சீர்த்தன்மையை நேசிக்கிறது, பல சமச்சீர்த்தன்மையின் இயல்புகள் இயற்கையில் காட்டப்படுகின்றது. என்பது அவரது வாதமாகும். அந்த வாதத்திற்கு அமைய சட்பொருளுக்கும் சக்திக்கும் கட சமச்சீர் இயல்புகள் இருத்தல் வேண்டும். அவரது அபிப்பிராயத்தின் படி, துணிக்கைகள் போன்று நடந்துகொள்ளும் இலத்திரன்கள் போன்ற அணுத்துணிக்கைகளுக்கும் சில வேளைகளில் அலைகள் போன்று நடந்துகொள்ளும் ஆற்றல் உண்டு. அவ்வாறான அலைகள் டி புறொக்லி அலைகள் அல்லது (matter waves) எனப்படுகின்றன. சோட்டுக் கொள்கைகளையும் ஐன்ஸ்டீரனின் திணிவுச் சக்தித் தொடர்பையும் அடிப்படையாகக் கொண்ட கருத்துக்களைப் பயன்படுத்தி, m திணிவுள்ள ஒரு துணிக்கையுடன் தொடர்புடைய சக்தியை $E = mc^2$ என எழுதலாம். (C என்பது வெற்றிடத்தில் ஒளியின் கதி)

ஐன்ஸ்டீரனினது சமன்பாட்டின்படி மீறறன் f கொண்ட போட்டன் ஒன்றின் சக்தி $E = hf$ இனாலும் அதன் உந்தம்

$$p = \frac{E}{c} \text{ யினாலும் தரப்படும்}$$

இந்த இரண்டு சமன்பாடுகளையும் பயன்படுத்தி போட்டனின் உந்தத்துக்கும் மீறறனுக்கும் இடையிலான தொடர்பு

$$p = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda} \text{ இனால் காட்டப்படும்}$$

டி புறொக்லி இனது தருக்கத்தின் படி இத்தொடர்பு துணிக்கை அலைகளுக்கும் செல்லுபடியாதல் வேண்டும். அதாவது m திணிவும் p உந்தமும் v வேகமும் கொண்ட ஒரு துணிக்கை அலையாக நடந்துகொள்கின்றதெனின் அதன் அலை நீளத்தை

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \text{ எனும் சமன்பாட்டினால் கணிக்கலாம். இது}$$

அத்துணிக்கையின் டி புறொக்லி அலைநீளம் எனப்படும்.

இந்தச் சட்பொருள் துணிக்கை ஏற்றம் கொண்டதாகவோ ஏற்றம் அற்றதாகவோ இருக்கலாம். துணிக்கையுடன் தொடர்புடைய அலைநீளமானது துணிக்கையின் ஏற்றம்

சார்ந்ததல்ல. டி புரொக்லி அலைகள் மின் காந்த அலைகள் அல்ல என்பது இதிலிருந்து தெளிவாகின்றது. ஏற்றம்பெற்ற துணிக்கைகள் ஆர்முடுகலுக்கு உள்ளாவதாலேயே மின்காந்த அலைகள் உற்பத்தியாகும்.

மேற்படி சமன்பாட்டின்படி, வெரிய திணிவு கொண்ட ஒரு துணிக்கையின் அல்லது வெரிய வேகத்துடன் உயர்சக்தி கொண்ட துணிக்கையின் அலை நீளம் குறைந்த பெறுமானத்தைப் பெறும்.

உதாரணமாக 22 m s^{-1} கதியில் இயங்கும் 0.14 kg திணிவுள்ள புத்தொன்றினதும் $5.8 \times 10^4 \text{ m s}^{-1}$ கதியில் இயங்கும் இலத்திரனொன்றினதும் டி புரொக்லி அலை நீளங்களைத் துணியோம்.

இயங்கும் பத்திற்கான உந்தம்

$$p_1 = m_1 v_1 = 0.14 \times 22 = 3.08$$

$$\therefore \lambda_1 = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{3.08} = 2.15 \times 10^{-34} \text{ m}$$

இயங்கும் இலத்திரனுக்கான உந்தம்

$$p_2 = m_2 v_2 = 9.11 \times 10^{-31} \times 5.8 \times 10^4 = 5.28 \times 10^{-26}$$

$$\therefore \lambda_2 = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{5.28 \times 10^{-26}} = 0.12 \text{ nm}$$

பந்துக்காகக் கிடைத்துள்ள அலைநீளம் அளக்க முடியாத அளவு சிறியதொரு பெறுமானமாகும். நாளாந்த வாழ்வில் எதிர்ப்படும் பென்னம் வெரிய பொருள்களுக்காக மேற்படி அலைநீளம் மிகச் சிறியதாகையால், அவை அலை போன்ற இயல்புகளைக் காட்டுவதில்லை. மறுபுறமாக, உய அணு நுண்துணிக்கைகளான இலத்திரன், புரொத்தன் போன்றவை அவற்றின் அவ்வியல்பை நன்கு காட்டும். இலத்திரனின் டி புரொக்லி அலை நீளத்துக்காகக் கிடைத்த பெறுமானமாகிய 0.12 nm என்பது அளக்கக்கூடிய பொருளுடைய ஒரு பெறுமானமாகும்.

பிரசினங்கள்

1. திணிவு m , உம் ஏற்றம் e உம் கொண்ட இலத்திரனொன்று ஒய்விலிருந்து V அழுத்த வித்தியாசத்தின் கீழ் ஆர்முடுகும் சந்தர்ப்பமொன்றைக் கருதுவோம். அதன் இயக்கச் சக்தி k ஆனது புலத்தினால் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் (eV) சமமானது. இலத்திரன் பெற்ற உந்தம்

$$p = mv \sqrt{2mk} \quad (v \text{ என்பது இலத்திரனின் வேகம் ஆகும்})$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$$

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

$$v = \sqrt{\frac{2Ve}{m}}$$

$$p = mv = \sqrt{2mK}$$

$$= \sqrt{2mVe}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mK}} \quad \lambda = \frac{h}{\sqrt{2mVe}}$$

2. ஒரே இயக்கச் சக்தியைக் கொண்ட இலத்திரனொன்று, புரோத்தனொன்று, α -துணிக்கையொன்று ஆகியவற்றுள் மிகச்சிறிய டி புறொக்லி அலைநீளத்தைக் கொண்டது எது?

திணிவு m உம் உந்தம் p உம் கொண்ட துணிக்கையொன்றின் டி புறொக்லி அலைநீளம்

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad k = \frac{p^2}{2m}$$

$p = mv$ (v என்பது துணிக்கையின் வேகம் ஆகும்.)

ஒரே இயக்கச்சக்தி உண்டாதலால் $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mk}}$, $\lambda \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$, α -துணிக்கையானது புரோத்தனிலும் நான்கு மடங்கு திணியைக் கொண்டுள்ளதோடு, புரோத்தனின் திணிவானது இலத்திரன் திணிவிலும் 1836 மடங்காகும். எனவே, இத்துணிக்கைகளும் மிகச்சிறிய டி புறொக்லி அலை நீளத்தைக் கொண்ட துணிக்கை α -ஆகும்.

3. ஒரு குறித்த துணிக்கை இலத்திரனினது வேகத்தின் மூன்று மடங்கு வேகத்தில் இயங்குகின்றது. அத்துணிக்கையினதும், இலத்திரனினதும் டி புறொக்லி அலைகளுக்கு இடையிலான விகிதம் 1.813×10^{-4} ஆகும். அத்துணிக்கையின் திணியையும் அத்துணிக்கையையும் இனங்காண்க.

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

$$m = \frac{h}{\lambda v}$$

$$\text{இலத்திரனுக்காக } m_e = \frac{h}{\lambda_e v_e}$$

துணிக்கையின் திணிவு m எனக் கருதுவோம், $\frac{v}{v_e} = 3$ உம் $\frac{\lambda}{\lambda_e} = 1.813 \times 10^{-4}$ உம்

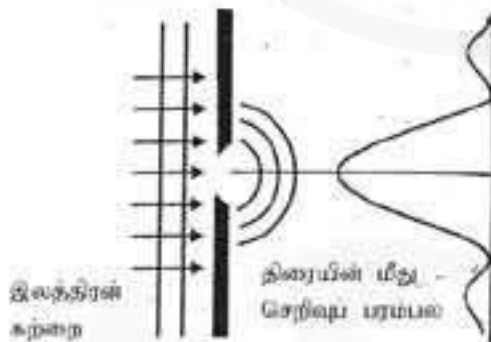
$$\begin{aligned}
 m &= \frac{\lambda_e}{\lambda} \cdot \frac{v_e}{v} \\
 &= 9.11 \times 10^{-31} \times \frac{1}{1.813 \times 10^{-4}} \times \frac{1}{3} \\
 &= 1.6749 \times 10^{-27} \text{ kg} \\
 m_p &= 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg} \\
 m_n &= 1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}
 \end{aligned}$$

ஆதலால் இத்துணிக்கை ஒரு புரோத்தனாகவோ நியூத்திரனாகவோ இருக்க இடமுண்டு.

3.3 இலத்திரன்களின் கோணல் (Diffraction of electrons)

கி.பி.1927 இல் சீ. ஜே. டேவிசன் (C.J. Davison), எல். எச். ஜர்மர் (L.H. Germer) ஆகிய அமெரிக்க நாட்டு விஞ்ஞானிகளிருவரும் நடத்திய பரிசோதனைகள் மூலம் இயங்கும் இலத்திரனுக்கு அலையியல்பு உண்டு என்பது முதன்முதலாக உறுதிப்படுத்தப்பட்டது. (அவ்வாறான இலத்திரன் கற்றையொன்றினை பளிங்கொன்றின் மீது செலுத்துவதால் கோணல் கோலங்களைப் பெறமுடியும் என 1928 இல் ஜீ.பி. தொம்சன் சுயாதீனமாக நடத்திய ஓர் பரிசோதனையின் மூலம் கண்டறியப்பட்டது.) பளிங்குகள் மூலம் இலத்திரன்களின் கோணலைப் பரிசோதனை ரீதியில் கண்டுபிடித்தமைக்கான சீ.ஜே. டேவிசன், ஜீ.பி. தொம்சன் (G.P. Thomson) ஆகியோருக்கு 1937 இல் பௌதிகவியலுக்கான நோபெல் பரிசு வழங்கப்பட்டது.

மாறா வேகத்தில் செல்லும் இலத்திரன் கற்றையொன்றினை மெல்லிய உலோக தகடொன்றின் மீது செலுத்துவதால் திரையொன்றின் மீது கோணல் கோலமொன்றினைப் பெறமுடியும் எனவும் அக்கோலம் X-கதிர்களுக்குச் சூத்தனாகவும் எனவும் தொம்சன் எடுத்துக்காட்டினார். இப்பரிசோதனைகளின் பெறுபேறுகள் மூலம் டி புரொக்லி இனது அலைத் துணிக்கைக் கொள்கையை வாய்ப்பும் பார்த்து உறுதிப்படுத்த முடிந்தது.



உரு : 3.1 நன் தீள்துளையில் நிகழும் இலத்திரன் கோணல்

1928 றீ. பி. தொம்சனால் தனித்துவமாக செய்யப்பட்ட பரிசோதனை மூலமும் இதே முடிவு பெறப்பட்டது. இலத்திரன் கற்றையை பளிங்கின் மீது செலுத்துவதன் மூலம் கோணல் கோலங்களை அவரால் பெறக்கூடியதாக இருந்தது.

3.4 X கதிர்களில் நிகழும் கோணல் (X-ray diffraction)

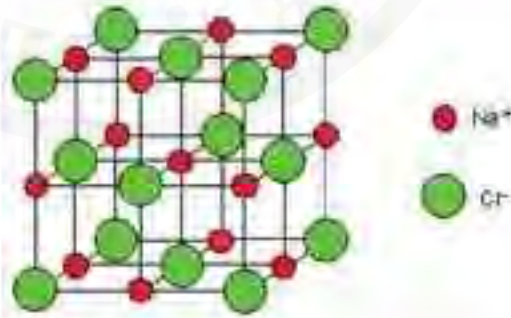
கட்புலனாக ஒளியின் கோணல் கோலத்தைப் பெறுவதற்காக பெரும் அளவில் கோணல் அளியவடப்பொன்றே பயன்படுத்தப்படும். கோணல் அளியடைப்பு என்பது ஒன்று பொன்று மிக அணித்தாக அமைந்த சார்ந்தமாக பெருந்தொகையான பிளவுகளாகும். யாதேனும் அலைநீளத்தைக் கொண்ட ஒளிக்கற்றையொன்றின் கோணல் கோலத்தை பெறுவதற்கு அளியடைப்பில் உள்ள பிளவின் அகல்மானது அந்த அலை நீளத்திலும் சிறியதாக அல்லது அண்ணளவாக அதற்குச் சமமானதாக இருத்தல் வேண்டும்.

X- கதிர்களின் அலைநீளம் ஏறத்தாழ 1 nm ஆகலால், கட்புலனாகும் ஒளிக்காகப் பயன்படுத்தும் அளியடைப்பின் பிளவுகள், X- கதிர்களின் அலை நீளத்தைவிட மிகப் பெரியனையாகும், எனவே அவ்வாறான அளியடைப்புகள் மூலம் X- கதிர்களை கோணல் செய்ய முடியாது, அதற்காக பிளவானது 1 nm அகலம் கொண்டதாக அளியடைப்புகளை உற்பத்தி செய்வது நடைமுறையில் மிக கடினமானது.

எனினும், 1913 ஜூன் மகஸ் லொன் லெளவெ (Max von Laue) ஜூனஸ், துயற்கையில் துவ்வாறான அளியடைப்புகள் காணப்படுகின்றமை எடுத்துக்காட்டப்பட்டது (பளிங்குகளில் (உதாரணம் சோடியங்குளோரைட்டு) உள்ள சீரான சாலகம் (Lattice) போன்று மிக அணித்தாக அமைந்துள்ள அணுக்களாலான தளமானது ஒர் அளியடைப்பு போன்று தொழிற்பாடு, கோணல் கோலவுருக்களைத் தருவதாக அவர் கண்டறிந்தார்.) X-கதிர்க் கற்றையொன்றினை சோடியங்குளோரைட்டுப் பளிங்கொன்றின் மீது செலுத்துவதால் வட்டவடிவ விளிம்புகொண்ட கோணல் கோலவுருவொன்றினை ஒளிப்பட படலத்தின் மீது பெறலாம். அணுத் தளங்களுக்கு இடையிலான இடைவெளி (ஒடுக்கமான துளையின் அகலம்) X- கதிர்களின் அலை நீளத்துக்கு அண்ணளவாகச் சமமாகும் போது இது நிகழ்கின்றது.



உரு - 32 மகஸ் லொன் லெளவெ



உரு - 33 சோடியங்குளோரைட்டுப் பளிங்கு

பளிங்குச் சாலகவொன்றில் (2×10^{-10} மீ சோடியம் குளோரைட்) உள்ள வடிவமையான அணுக்களிற்கிடையில் உள்ள சிறிய இடைவெளி இயற்கையான தள அளிஅடைப்பை குழாயும், இது கோணல் கோலவுருக்களை உருவாக்க முடியும் என கண்டார்.



உரு 1.4 X-கதிர் கோளற் கோலம்

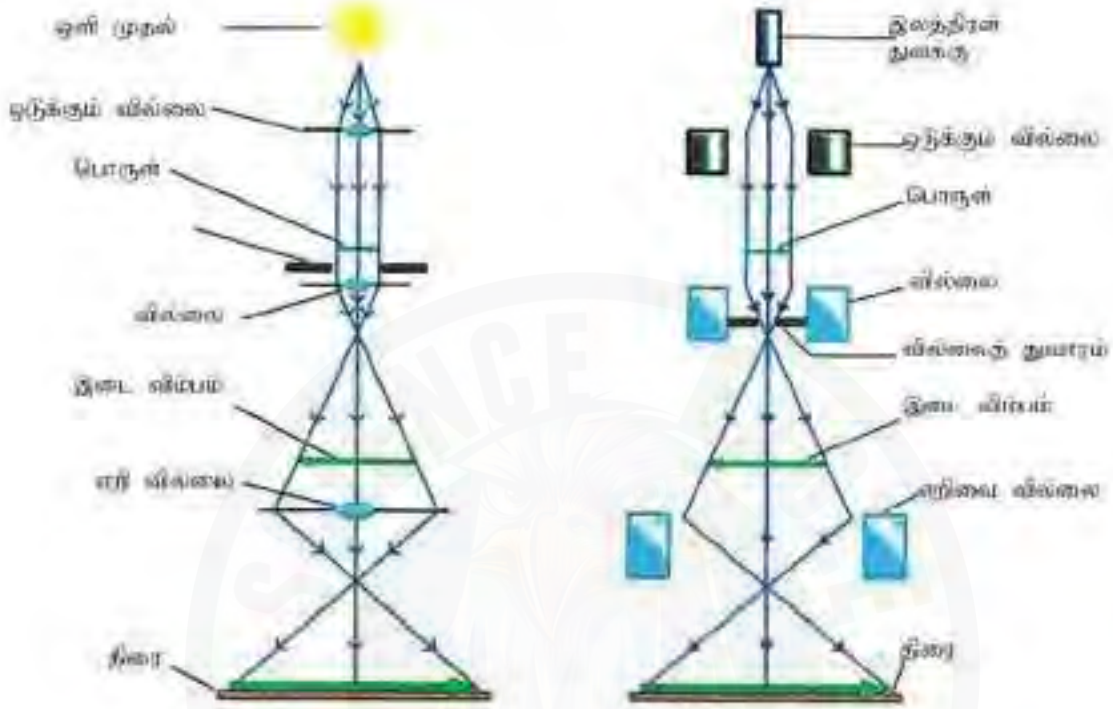
3.5 இலத்திரன் நுணுக்குக்காட்டி (Electron microscope)

(தொழினுட்பக் கருமங்களிற் பொன்றே மருத்துவ ஆராய்ச்சிகளுக்காகவும் பெரிதும் முக்கியத்துவம் பெறும்) இந்த உபகரணம் இலத்திரன்களின் அலை இயல்பைப் பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. யாதேனும் பொருளின் மீது படும் ஒளிக்கதிர்கள் தெறிந்து எமது கண்களை வந்தடைவதனாலேயே அப்பொருளை நாம் பார்க்க முடிகின்றது. அதற்காகப் பயன்படுத்தும் ஒளியின் அலை நீளமானதொழி குறித்த பொருள் சீரியத்தெனின் அவ்வொளி நன்கு தெரிக்க மாட்டாது. எனவே உயர் உருப்பெருக்கத்தைக் கொண்ட நுணுக்குக் காட்டியொன்றின் உதவியால் கூட அப்பொருளை நாம் பார்க்க முடியாது.

அதற்கமைய கட்டிலனாகும் ஒளியின் அலைநீளம் 400 nm தொடக்கம் 700 nm வரையிலானதாகையால் 400 nm இலும் பெரிய பொருள்களையே நாம் கட்டிலனாகும் ஒளியினால் தொழிற்படும் நுணுக்குக்காட்டி மூலம் பார்க்க முடியும். அதாவது ஒளி நுணுக்குக்காட்டியினால் பெறக்கூடிய துணிப்பு வலுவின் எல்லை ஏறத்தாழ 400 nm ஆகும். இலத்திரன்கள் அலை இயல்பைக் கொண்டுள்ளமையால், இலத்திரன் கற்றையொன்றினை உயர் வேகம் வரையில் ஆற்றுகுவதால் மிகச் சீரிய அலைநீளத்தைக்கொண்ட அலைமையப் பெறமுடியும். இந்த அலைமையப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் உயர் துணிப்பு வலுவை (resolved power) க்கொண்ட இலத்திரன் நுணுக்குக் காட்டிகள் உற்பத்தி செய்யப்பட்டுள்ளன.

இரண்டு வகையான இலத்திரன் நுணுக்குக் காட்டிகள் உள்ளன. இருபரிமாண விம்பங்களைத் தரும் ஊடுகடத்தல் இலத்திரன் நுணுக்குக்காட்டி (transmission electron microscope), முப்பரிமாண விம்பங்களைத் தரும் அலகீடு இலத்திரன் நுணுக்குக்காட்டி (scanning electron microscope) ஆகியனவே அவையாகும்.

உட்புலனாகும் ஒளியைப் பயன்படுத்தும் ஒளி நுணுக்குக் காட்டி, இலத்திரன் கற்றையைப் பயன்படுத்தும் இலத்திரன் நுணுக்குக் காட்டி ஆகியவற்றின் அமைப்பு முறை உரு 3.5 இலும் உரு 3.6 இலும் காட்டப்பட்டுள்ளன.



உரு 3.5 ஒளிநுணுக்குக்காட்டி

உரு 3.6 இலத்திரன் நுணுக்குக்காட்டி

வெப்பமேறிய உலோக இழைப்பொன்றினால் காலப்பயறும் இலத்திரன் கற்றையொன்றினை உயர் அழுத்த வித்தியாசத்துக்கு உட்படுத்தி, ஆர்முடுக்கி உயர் இயக்கச் சக்தியைப் பெறுவதே இங்கு நிகழுவதாகும். இந்த அழுத்த வித்தியாசம் V , உம் இலத்திரனொன்றினது ஏற்றம் e உம் அதன் திணிவு m உம் வேகம் v உம் ஆயின், இலத்திரன் பெறும் இயக்கச் சக்தி

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

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

இலத்திரனின் உந்தம் $p = mv$

$$= \sqrt{2eVm}$$

இ புறொக்லி அலை நீளம் $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2eVm}}$

இலத்திரனொன்றின் திணிவு = $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

இலத்திரனொன்றின் ஏற்றம் = $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

பிளாங்கின் மாற்றி (h) = $6.6 \times 10^{-34} \text{ J s}$

$V = 3600 \text{ V}$ எனக் கொள்வதால், மேற்படி சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி $\lambda = 2 \times 10^{-11} \text{ m}$, இப்பெறுமானம் கட்டிலானாகும் ஒளியின் அலை நீளத்திலும் மிகக் குறைவானது. எனவே ஒளி நுணுக்குக் காட்டியைவிட மிக உயர்வான துணிப்பு வலு இலத்திரன் நுணுக்குக் காட்டிக்கு உண்டு.

அட்டவணை 3.1 (ஒளி நுணுக்குக் காட்டிக்கும் இலத்திரன் நுணுக்குக் காட்டிக்கும் இடையில் காணப்படும் சிறப்பியல்பான வேறுபாடுகள்)

இயல்பு	ஒளி நுணுக்குக்காட்டி	இலத்திரன் நுணுக்குக் காட்டி
உச்ச நடைமுறை உருப்பெருக்கம் (magnification)	1,000 - 1,5000	100,000 இற்கு மேல்
உச்ச துணிப்பு (resolution)	0.2 μm	0.5 nm
மூலம் (source)	கட்டிலானாகும் ஒளி	இலத்திரன் கற்றை
செல்லும் ஊடகம் (நுணுக்குக் காட்டியினால்)	வளி	அதி உயர் வெற்றிடம்
வில்லை வகை	கண்ணாடி	மின் - காந்தம்
உறழ்வு ஏற்படுவதற்குக் காரணம் (contrast)	ஒளியின் வேற்றுமை (differential) உறிஞ்சல்	இலத்திரன்களின் கோணல்
குவிக்கும் செயன்முறை	வில்லைகளின் அமைவை மாற்றாதல்	மின் காந்தங்களுக்கு வழங்கும் ஒட்டத்தை மாற்றாதல்

கதிர்ப்புக் கதிர்கள்

X - கதிர்கள் X- Rays

4.1 கதோட்டுக் கதிர்கள்

கி.பி. 1870 இல் விலியம் குரூக்கர் (William Crookes) தாழ் அழுக்கத்திலுள்ள வாயு அடங்கியுள்ள கண்ணாடிக் குழாயொன்றினை உயர் வோல்ட்டாஜத்தில் பேணும்போது அவ்வாயுவின் ஊடாக மின் கடத்தப்படும் என்பதைக் கண்டுபிடித்தார். அவ்வாறான பரிசோதனைகள் மூலம், குழாயொன்றினால் அடங்கியுள்ள வாயுவானது நிற ஒளிர்விற்கு (glow) உள்ளதால் போன்ற குறிப்பிடத்தக்க முக்கியமான சிவவிளைவுகளை அவரால் அவதானிக்க முடிந்தது. குழாயினால் நீயோள் வாயுவை இட்டபோது கடும் செயற்கூள் சிவப்பு நிறஒளிர்வைக் காண முடிந்ததோடு ஒட்சிசன், நைட்ரசன் வாயுக்களுக்காக ஊது நிரல் குலக்கத்தை அவதானிக்க முடிந்தது.



உரு - 41 விலியம் குரூக்கர்



உரு - 42 இறக்க குழாய்

வாயு இறக்கம் தொடர்பாக மேலும் கற்றாய்வு நடத்திய குரூக்கர் மற்றும் ஏனையோரின் கண்டுபிடிப்புகள் மூலம் அறியப்பட்ட விடயங்களைத் துணையாகக் கொண்டு, கி.பி. 1879 இல் ஜே.ஜே. தோம்சன் (J.J. Thomson) இனால் இலத்திரனை இளங்காண முடிந்தது. குழாயினால் வாயு மாத்திரமின்றி அனோட்டுக்குப் பின்னால் இருந்தே கண்ணாடிச் சுவரும் ஒளிர்விற்கு உள்ளாகியமையை அவர் அவதானித்தார். கதோட்டிலிருந்து வரும் கதிர்ப்பாய்ச்சல் காரணமாக இது நிகழ்ந்திருக்கக் கூடும் என அவர் கருதினார். அதற்கமைய இக்கதிர்கள் கதோட்டுக் கதிர்கள் (cathode rays) எனும் பெயரில் அறிமுகம் செய்யப்பட்டன. பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் இறுதிய்பகுதியில் அவரால் நடத்தப்பட்ட பல பரிசோதனைகளின் பெறுபேறாக, கதோட்டுக் கதிர்கள் தொடர்பான பின்வரும் விடயங்கள் உறுதியாயின.

- கதோட்டுக் கதிர்கள் மறைவேற்றத் துணிகளைப் பயிற்சனைக் கொண்டது.
- துவை கதோட்டில் ஆரம்பித்து நேர்மோட்டில் செல்லும்.
- குழாயினுள் எந்த ஷாயைவ் இட்ட போதிலும் கதோட்டாக எந்த மூலகத்தைப் பாவித்த போதிலும் சமமான இயல்புகளே காட்டப்படும்.
- பொருத்தமான நியத்தனைகளின் கீழ் அவை உட்பொருளில் மோதும்போது X-கதிர்களை உற்பத்தி செய்கும்.
- மீள்முலங்களினாலும் காந்தப் முலங்களினாலும் விலகலுக்கு உள்ளாகும்.
- துவற்றுக்கு இயக்கச் சக்தி உண்டு.

அண்மைக்காலம் வரையில் தொலைக்காட்சிக் கருவிகளிலும் கணினிச் சட்டம்பிகளிலும் (monitor) அவை காட்டிகளிலும் பயன்பட்ட கதோட்டுக் கதிர் குழாய்களுக்கான மூல வகை அமைப்பானது தேய்ச்சனின் பரிசோதனைகளின் மூலம் கிடைத்த பெறுபேறுகளின் மூலமே கிடைத்தது.



உரு - 4.1 வில்ஹெல்ம் ரோஸ்ட்ஜென்

4.2 X -கதிர்கள்

கி.பி. 1895 இல் ஜேர்மன் நாட்டு வித்துவானி வில்ஹெல்ம் ரோஸ்ட்ஜென் (Wilhelm Röntgen) ஷாய்க்களின் ஊடாக இறக்கம் தொடர்பான பரிசோதனையில் சடுபட்டிருந்த ஒரு சந்தர்ப்பத்தில் எதிர்பாராத ஒரு நிகழ்வைக் கண்ணுற்றார். இதற்காக அவர் பயன்படுத்திய நாய் அழுக்கத்திலும் உயர் வேலற்றளவுக்கும் உட்படுத்திய ஷாய்க்கள் அடக்கிய

இறக்கு குழாய்க்கு அண்மையில் இருந்தபேறியம் பிளாற்றினோ சயனைட்டு பூசப்பட்ட புளோரொஸிர் திரை புளோரொஸிர்ந்ததையும் ஆய்வைத்தில் மற்றுமோர் இடத்தில் கறுத்த காசிக் தாளால் பாதுகாப்பாகச் சுற்றி வைக்கப்பட்டிருந்த ஒளிப்படப் படலங்களில் ஒருவித மாற்றம் ஏற்பட்டுள்ளது என்பதையும் அவர் கண்டார். இதற்கமைய பரிசோதனை செய்த இறக்கக் குழாயினால் யாதேனும் ஒரு வகைக் கதிர்கள் வெளியப்பட்டுள்ளன என அவர் முடிவு செய்தார்.

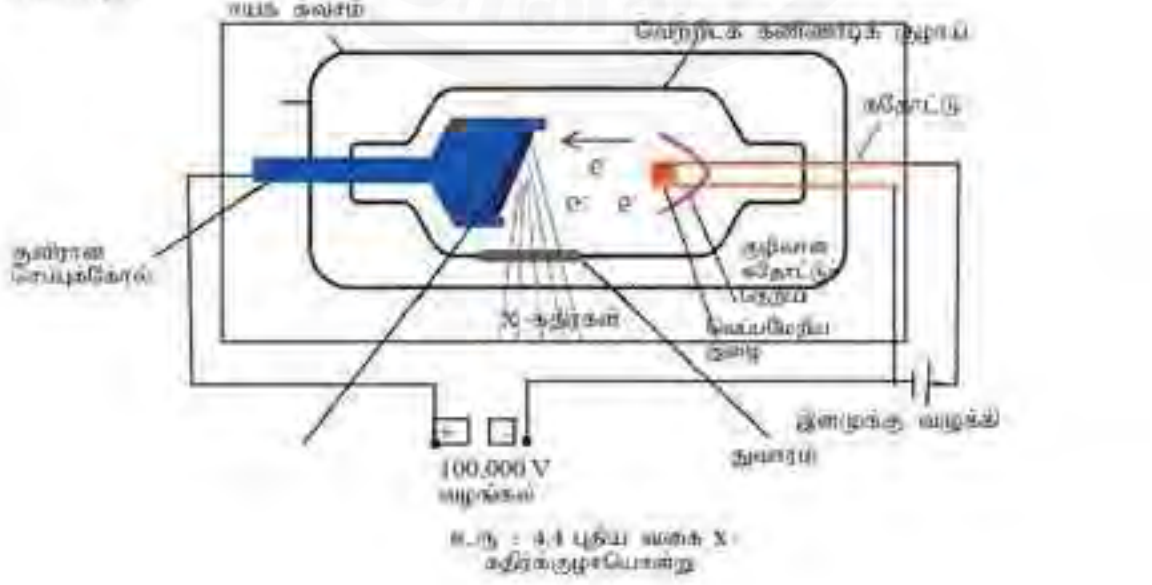
திரைக்கும் குழாய்க்கும் இடையே வெவ்வேறு அளவு தடிப்புள்ள வெவ்வேறு பொருள்களை வைத்தபோது திரையின் புளோரொஸிர் செறிவு குறைந்தமையையும் ஏறத்தாழ ஒரு சென்டிமீற்றர் தடிப்புள்ள அலுமினியம் தகட்டை வைத்தபோதுகூட புளோர் ஒளிர்வை நிம்பாட்ட முடியவில்லை. மேற்படி கதிர்களின் தன்மையை அப்போது அவரால் விளக்கிக்கொள்ள முடியாமற் போனமையினால் இக்கதிர்களுக்கு அவர் X கதிர்கள் எனப் பெயரிட்டார்.

X-கதிர்கள் உற்பத்தி செய்வதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் துவை வகை X-கதிர்க் குழாயொன்று உரு 4.4 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெற்றிடமாகிய குழாயினுள் கதோட்டும் அனோட்டும் இடப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. அவற்றுக்கு இடையே 10⁴ V அளவு உயர் வேலற்றளவு வேன்வரப்பட்டதோடு, அனோட்டின் அழுத்தமானது கதோட்டுக்குச்

சார்பாக நேர் (+) ஆனதாகும். இவ்விலாற்றளவு செயற்படு அழுத்த வித்தியாசம் எனப்படும் (operating potential difference). சிறிய வேலாற்றளவைப் பயன்படுத்தி, தங்கினி இழையை வெப்பமேற்றுவதன் மூலம் வெப்பமயன் விளைவு (thermionic effect) மூலம் இலத்திரன்கள் காலப்படும். வெப்பமேறிய இழையிலிருந்து வெளிப்படும் இலத்திரன்கள் அழுத்த வித்தியாசம் காரணமாக ஆடுமுடுகி அதிக இயக்கர் சக்தியுடன் இலக்கு உலோகத்தின் (அனோட்டின்) மீது மோதும்.

உயர் வேகத்தில் செல்லும் இலத்திரன் கற்றையானது அனோட்டில் உள்ள இலக்கு உலோகத்தின் மீது மோதியதும் உடனடியாக நிற்பாட்ட படுவதால் அவற்றினது சக்தியின் மிகப் பெரும்பகுதி வெப்பச் சக்தியாக மாறும். இவ்வெப்பச்சக்தி மூலம் அனோட்டில் உள்ள இலக்கு உலோகத்தின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும். இலக்கு உயர்வாகமாக சங்கிதன் அல்லது மொலித்தனம் பயன்படுத்தப்படும். இலக்கு உலோகத்தினால் இலத்திரன்கள் அமர்முடுகலுக்கு உள்ளாவதால் அந்த இலத்திரன்களது சக்தியின் ஒரு பகுதி உயர் சக்தி கொண்ட மின்காந்தக் கதிர்களாக (பொட்டன்களாக)க் காலப்படும். இந்த உயர் சக்தி கொண்ட மின் காந்தக் கதிர்-படி X-கதிர்கள் எனப்படுகின்றது. X-கதிர்களின் அலை நீள வீச்சு $\lambda = 0.005 \text{ nm}$ தொடக்கம் 0.01 nm வரையிலானது.

இலத்திரன்கள் அமர்முடுகலால் வெளிப்படும் கதிர்-படி தடுப்புக்கதிர்-படி (braking radiation) எனவும் அழைக்கப்படும். அமர்முடுகலுக்கு உள்ளாகும் இந்த இலத்திரன்கள் ஏய்வை அடையும் வரையிலும் அவற்றின் மூலம் தொடர்ச்சியாக X கதிர்கள் காலப்படும். X-கதிர்களுடியானது சிறிய வாயில் கொண்ட சயக் கவசமொன்றினால் கைக்கப்பட்டுள்ளது. இலத்திரன்களின் இயக்கர் சக்தியின் ஏறத்தாழ 99% வெப்பச் சக்தியாக மாறுகின்றமையால், செப்புக்கோலானது நீர் கற்றோட்டம் மூலம் குளிர்்த்தப்படுகின்றது. அனோட்டில் தொன்றிய வெப்பத்தை அப்பற்படுத்தவதற்காக அதிக வெப்பக் கடத்தாற்றைக் கொண்ட செப்புக்கோலொன்றினைப் பயன்படுத்துதல் வேண்டும்.



இங்கு கதிர்வீச்சுள்ள மீது இலத்திரன்களை மோதடிப்பதால் இலத்திரன்கள் உற்பத்தியாகின்றமையால் இச்செயன்முறையை ஒளி - மின் விளைவின் நேர்மாற்றுத் தோற்றப்பாடாகக் கருதலாம். துவாரத்தின் ஊடாக வெளிவிடப்படும் X -கதிர்வீச்சு போட்டன்களுக்கு ஒரு குறித்த வீச்சினால் வெவ்வேறு சக்திகளைக் கொண்டிருக்க இடமுண்டு. இலக்கு உலோக அணுவொன்றுடன் இலத்திரனொன்று நேரடியாக மோதடிப்போது இலத்திரனின் சக்தி முழுவதும் உறிஞ்சப்படுமாயின் உற்பத்தியாகும் X -கதிர்வீச்சு போட்டனுக்கு உச்ச சக்தி கிடைக்கும். இலத்திரன் கொண்டுள்ள மொத்தச் சக்தியும் ஒரேயாக X -கதிர்வீச்சுற்றாக மாறுமீபோது அப்போட்டனின் சக்தி உச்சமாகும். இச்சந்தர்ப்பத்தில் X -கதிர்வீச்சு போட்டன் ஒன்றினால் மீறன் f ஆயின், இலக்கை அடையும் இலத்திரனின் இயக்கச் சக்தியை $k = eV$ என எழுதலாம். இங்கு V என்பது செயற்படு அழுத்த வித்தியாசமாவதோடு இலத்திரன் ஏற்றம் e ஆகும், c என்பது ஒளியின் வேகம் ஆகும்.

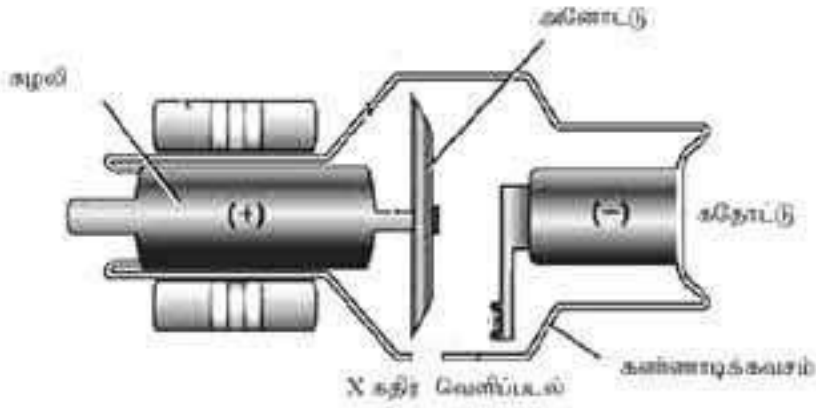
$$k = eV = hf_{\max} = h \frac{c}{\lambda_{\min}} \quad (h \text{ பிளாங்கின் மாறிலி ஆகும்})$$

இங்கு λ_{\min} என்பது தொடர்ச்சியான X -கதிர்களுக்கு இருக்கக்கூடிய இழிவு அலை நீளம் ஆகும்.

$$hf_{\max} = h \frac{c}{\lambda_{\min}} \quad \text{என்பது தொடர்ச்சியான X -கதிர்வீச்சு போட்டன் ஒன்றுக்கு இருக்கக்கூடிய}$$

உச்சச் சக்தி ஆகும்.

கட்புலனாக ஒளிக்குப் போன்றல்லாது X -கதிர்வீச்சு இடமாற்றுகைக்கு அணுவின் உள்ளே உள்ள சக்தி மட்டம் (energy level) தொடர்புறும் இந்த இலக்குத் திரவியம், உயர் உருகுநிலையையும் உயர் அணுவெண்ணையும் கொண்ட ஒரு திரவியத்தினால் ஆக்கப்படும். இதற்காக தங்கிதன் உலோகத்தை அல்லது மொலித்தனம் உலோகத்தைப் பயன்படுத்தலாம். நோய் கண்டறிவதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் கழலும் அணைட்டைக் கொண்ட X -கதிர்க்குழாயொன்று உரு 4.5 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அணைட்டை அதிகம் வெப்பமேற்றாது உயர் செறிவு கொண்ட X - கதிர்களைப் பெறுவதே இதன் நோக்கமாகும்.



உரு : 4.5 கழலும் அனோட்டைக் கொண்ட X கதிர்க்குழாய்

4.2.1 X - கதிர்க்கற்றையைக் கட்டுப்படுத்துதல்

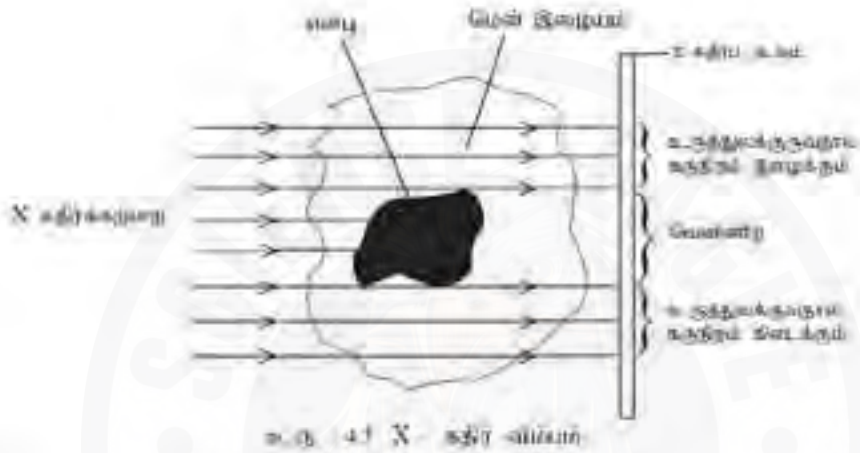
மிக உயரிய தரமுள்ள X -கதிர் விடப்பென்றினைப் பெறுவதற்கான X -கதிர்க்கற்றையின் செறிவையும் வன்மையையும் கட்டுப்படுத்துவது அவசியமாகும். செயற்படு அழுத்த வித்தியாசத்தை அதிகரிப்பதால் X - கதிர்களின் ஊடுருவிச் செல்லும் ஆற்றலை அதிகரிக்கலாம். மேலும் மீடறன் உயர்வான (அதாவது குறைவான அலைநீளமுள்ள) X - கதிர்களுக்கும் அதிக ஊடுருவும் ஆற்றல் உண்டு. இவை வன் X கதிர்கள் எனப்படும். மீடறன் குறைவான X - கதிர்கள் மென் X - கதிர்கள் (soft X-rays) எனப்படுவதோடு அவற்றின் ஊடுருவிச் செல்லும் ஆற்றல் குறைவானது.

X -கதிர்களின் செறிவானது அனோட்டின் அடையும் இலத்திரன்களின் எண்ணிக்கையில் தங்கியுள்ளது. இறைக்குக் குறுக்காகப் பாயும் ஓட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதால் X - கதிர்களின் செறிவை மாற்றலாம். இலக்கின் மீது இலத்திரன்கள் படும் வீதத்தை அதிகரிப்பதால் இலக்கு உலோகத்தினால் வெளிவிடப்படும் X - கதிர்களின் செறிவு அதிகரிக்கும்.

X கதிர்களின் ஊடுருவிச் செல்லும் ஆற்றலானது X - கதிர் போட்டிகளின் சக்தியிலேயே தங்கியுள்ளது. கதோட்டுக்கும் அனோட்டுக்கும் இடையிலான அழுத்த வித்தியாசத்தை (V) அதிகரிப்பதால் X -கதிர்களின் ஊடுருவிச் செல்லும் ஆற்றலை அதிகரிக்கலாம் மீடறன் உயர்வானதாயின் (அதாவது சிறிய அலைநீளத்தைக் கொண்ட) X -கதிர்களின் ஊடுருவிச் செல்லும் ஆற்றல் உயர்வானதாகையால், அவை வன் X - கதிர்கள் (Hard X-rays) எனப்படும். மீடறன் குறைவான (அதாவது நீண்ட அலைநீளம் கொண்ட) X - கதிர்களின் ஊடுருவிச் செல்லும் ஆற்றல் குறைவானது. அலை மென் X - கதிர்கள் எனப்படும்.



உரு. 46 உ - கதிர் ஒளிப்படம் காட்டும்



உரு. 47 X-கதிர் விம்பம்

உரு 47 லில் காட்டப்பட்டுள்ள X-கதிர் விம்பமானது வில்லை மூலம் கிடைக்கும் மெம்பான விம்பம் போன்றதொன்றன்று. இந்த விம்பம் உருவில் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்ற ஒரு நிழலாகும். நோயாளியின் உடற்பகுதியொன்றின் மீது X-கதிர்கள் படுவதால் தோல், கொழுப்புப் பகுதிகள், மென் தசை இழையங்கள் போன்றவற்றின் ஊடாக ஊடுருவும் X-கதிர்கள் மிகக்குறைவான அளவு சக்தியை துழக்கும். அதன் மூலம் கிடைக்கும் ஒளிப்படப்படலத்தை உருத்தலக்குவதால் மென் இழையங்களுக்கு ஒப்பான பகுதிகள் இருண்ட நிறத்தனால் காட்டப்படுவதோடு என்பும்பகுதிகள் மூலம் X-கதிர்களின் செறிவு அதிக அளவில் குறைவடையும். என்பும்பகுதிகளின் மூலம் X-கதிர்களின் செறிவு அதிக அளவில் குறைவடையும். என்பும் பகுதிகளின் அமைப்புக்கு ஒப்பான பிரதேசங்கள் வெண்ணிறமாக காட்சியளிக்கும். மனித உடலின் என்பு, தசை, மென் இழையங்கள், தருதி ஆகிய உடற்பகுதிகள், வெவ்வேறு அடர்த்திகளைக் கொண்டுள்ளமையினால் அவை வெவ்வேறு அளவுகளில் X-கதிர்களை உறிஞ்சும். சுவ்வாறாவ பகுதிகளின் ஊடாக ஊடுருவத்தக்க X-கதிர்கள் மூலம் பெரும் நிழல் விம்பம் மூலம் முறிந்த பகுதிகள், மூட்டு விலகிய என்புகள், அளதாரணமாக வளர்ச்சியடைந்த தசைகள் உடலினுள் சென்றுள்ள உலோகத் துண்டுகள், சிறிய கற்கள் போன்ற வெளிப் பொருள்களை இலகுவாக இனங்கண்டு கொள்ளலாம். மிகத் தெளிவான (sharp) விம்பத்தைப் பெறுவதற்காக மாந்தரமான X-கதிர்க் கற்றை தேவை. X-கதிர்ப் போட்டன்களை தன்கு உறிஞ்சும் ஆற்றலை பேரியம் கொண்டுள்ளது.

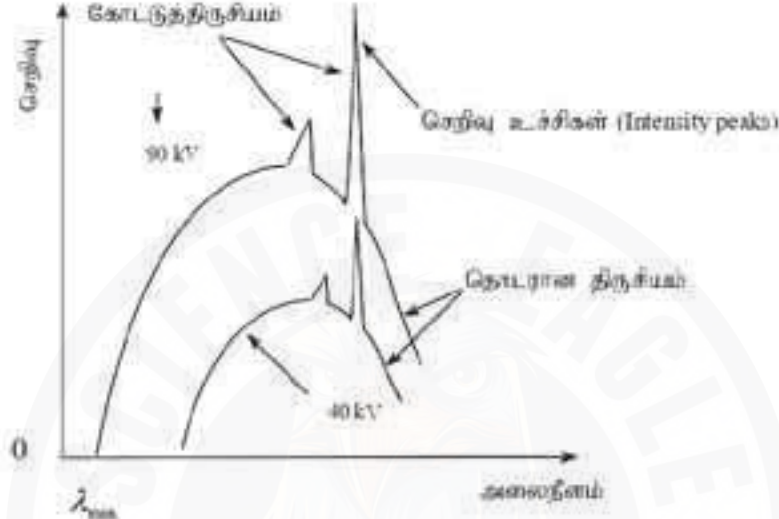
இரைப்பையில் குடலிலும் நோய்கள் கோளாறுகளைச் சோதிப்பதற்காக நோயாளிக்கு பேரியம் சல்பேற்று அங்கியுள்ள கரைசலொன்றினைப் பருகச் செய்தல் வேண்டும். பேரியம் நன்கு X-கதிர்களால் உறிஞ்சப்படுவதால், குடலின் ஊடாகக் கலவை செல்லும்போது X-கதிர் ஒளிப்படமொன்று பிடிக்கும்போது, குடல்கவர் இழையங்களுக்கும் இடையேயும் X-கதிர்கள் உறிஞ்சப்படுவதில் அசாதாரண நிலைமை தோன்றுவதால் தடைபட்டுள்ள அல்லது அசாதாரண அதிகரிப்பு உள்ள இடங்களை அவதானிப்பது இலகுவாகும். வன் X-கதிர்கள் (உயர் மீறணும் உயர் போட்டன் சக்தியும் கொண்ட) பற்றுநோய்க் கலங்களை அழிப்பதற்காக இரேடியம் சிகிச்சைக்கு மாற்றுவழியாகப் பயன்படுகிறது. மருத்துவ மற்றும் பல் மருத்துவச் சிகிச்சைக் கருவங்களுக்காகப் பயன்படுத்தும் X-கதிர் வீம்பங்கள் பொதுவாக நிழல் (shadow) ஒளிப்படங்களாகும். என்புகளும் பற்களும் மிக நன்றாக X-கதிர்களை உறிஞ்சும். X-கதிர்களை உலோக (அலுமினியம்) வடியொன்றின் ஊடாகச் செலுத்துவதால் குறைந்த சக்தி போட்டன்களை நீக்கிக்கொள்ளலாம். எனவே, என்புகள் மற்றும் பற்கள் சார்ந்த மேன் இழையங்களில் ஏற்படும் பாதிப்பு இழிவானதாகும்.

4.2.2 X - கதிர்களின் இயல்புகள்

- X-கதிர்கள் மிகச் சிறிய அலை நீளத்தைக் கொண்ட மின் காந்த அலைகள் ஆகும். இக்கதிர்கள் வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகத்தில் செல்லும்.
- மீன்புலத்தினாலேவோ காந்தப்புலத்தினாலேவோ விலகலுக்கு உள்ளாக மாட்டாது. அவை ஏற்றம்பெற்ற தூணிக்கைகள் அல்ல என்பதற்கு இது ஒரு வலிமையான சாட்சி ஆகும்.
- X-கதிர்களுக்கு சட்பொருளினுள் ஊடுருவும் ஆற்றல் உண்டு. ஏறத்தாழ 1 mm தடிப்புள்ள சயத் தட்டினால் அவை ஏறத்தாழ முற்றுமுழுதாக உறிஞ்சப்படும். X-கதிர்களிலிருந்து பாதுகாப்புப் பெறுவதற்காக சயத் தகடுகளாலான மறைப்புகள் பயன்படுத்தப்படும்.
- X-கதிர்களை வில்லைகளால் குவியச் செய்ய முடியாது. வேறுபட்ட ஊடகங்களினூடாகச் செல்லும்போது சொற்ப அளவில் விலகலுக்கு உள்ளாகும். எல்லாப்பொருள்களிலும் ! இற்கு மிகக் கிட்டியதாகும்.
- பளிங்குச் சலாகமொன்றின் மூலம் கோணலடையும்.
- வாயுக்களின் ஊடாகச் செல்லும்போது X-கதிர்கள் மூலம் வாயு அயனாகக்கத்துக்கு உள்ளாக்கப்படும்.
- ஒளிப்படப் படலத்தின் மீது உணர்வை ஏற்படுத்தும்.
- சில கனியங்கள் மற்றும் உப்புக்கள் (PbS, ZnS, Ba உப்புக்கள்மற்றும் பேரியம் மீளாற்றினோ காபனைட்டு போன்றவற்றின்) மீது படுவதால் புளோரோளிர்வை (fluorescence) ஏற்படுத்தும்.
- ஒளியின் காலல் விளைவு மூலம் உலோக மேற்பரப்பில் இலத்திரன்களைக் காலும்.

4.2.3 X - கதிர் திருசியம்

X - கதிர்க்குழாயினால் விடுவிக்கப்படும் கதிர் புகளைத் திருசியமானியைப் பயன்படுத்திப் பகுப்பாய்வு செய்து செறிவிற்கு எதிர் அலை நீளத்தையும் வரைபாக்குவதால், உரு 4.8 இற்கு போன்ற வரைபொன்று கிடைக்கும். குழாய்க்குக் குறுக்காக, அழுத்த வித்தியாசம் அதிகரிக்கும்போது இழிவு அலைநீளம் குறைவடையும். X - கதிர் திருசியமானது கோட்டுத்திருசியம், தொடர்ச்சியான திருசியம் என பிரதானமான இரண்டு பகுதிகளைக் கொண்டது.



உரு : 4.8 X-கதிர்க் குழாய்க்காக அலைநீளத்துக்கு எதிரே செறிவு

- X - கதிர்க்குழாயில் பிரயோகிக்கும் அழுத்த வித்தியாசத்தின் மீது தங்கியுள்ள இழிவு அலை நீளம் (λ_{max}) கொண்ட தொடர்ச்சியான திருசியத்தில் அழுத்த வித்தியாசம் அதிகரிக்கும்போது λ_{max} பெறுமானம் குறைவடையும். சகல இலக்கு உலோகங்களும் இவ்வாறான கதிர் புக்களைக் காலும்.
- செறிவு கூடிய சில பகுதிகளைக் கொண்ட கோட்டுத் திருசியமும் இந்த அலை நீளமும் இலக்கு உலோகத்தின் சிறப்பியல்பாகும். அவை, X - கதிர்க்குழாயில் பிரயோகிக்கப்படும் உயர் வோல்ட்ஜனின் மீது தங்கியிருப்பதில்லை. காலப்படும் X - கதிர்களின் அலைநீளமானது இலத்திரன்களில் ஏற்படும் அமர்முடுகலில் தங்கியிருக்கும்.
- இலத்திரன்களுக்கு ஒரே அமர்முடுகல் கிடைப்பாது. அவற்றின் பெறுமானங்கள், பாந்தவீச்சினுள் பரம்பிக் காணப்படும். இதனை விளங்கிக்கொள்வதற்காகக் கதோட்டுக்கும் அனோட்டுக்கும் இடையிலான அழுத்த வித்தியாசம் 30 kV கொண்ட குழாயொன்றினால் வெளிவிடப்படும் X - கதிர்களுக்கு இருக்கக்கூடிய இழிவு அலைநீளத்தைக் கணிப்போம்.
- இலத்திரனின் ஏற்றம் 1.6×10^{-19} C, ஒளியின் வேகம் 3×10^8 m s⁻¹, பிணங்கின் மாறிலி 6.6×10^{-34} J s ஆகும்.

உரு 4.8 X - கதிர் திருசியம் - இப்பதி 2017 தொடக்கம் நடைமுறையில் உள்ள க.பொ.த. உயர்தர பௌதிகவியல் பாடநூல்தட்டத்தில் உள்ள கருவியடவியலில்லை

(இலத்திரனில் அடங்கியுள்ள சக்தி முழுதும் போட்டனாக மாறுவதனாலேயே இழிவு அலைநீளம் கொண்ட X - கதிர்கள் (அதாவது உச்ச சக்தி கொண்ட போட்டன்கள்) கிடைக்கும். V அழுத்த வித்தியாசத்துக்குக் குறுக்காக, ஆர்முடுகும் இலத்திரனொன்றில் அடங்கியுள்ள மொத்த இயக்கச்சக்தியை eV எனவும் அலைநீளம் λ கொண்ட போட்டன் ஒன்றின் சக்தி $\frac{hc}{\lambda}$ எனவும் எழுதலாமாதலால் இலத்திரனொன்றில் அடங்கியுள்ள சக்தி முழுவதும் போட்டனாக மாறிய பின்னர்

$$eV = \frac{hc}{\lambda_{\min}} \quad \text{என எழுதலாம்}$$

$$1.6 \times 10^{-19} \times 30 \times 10^3 = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{\lambda_{\min}}$$

$$\lambda_{\min} = 4.1 \times 10^{-11} \text{ m}$$

எனினும் இலத்திரனொன்றில் அடங்கியுள்ள சக்தி முழுதும் போட்டனொன்றாக மாறும் நிகழ்தகவு மிகக்குறைவானது. அச்சக்தியின் ஒரு பகுதியை மாத்திரம் கொண்ட போட்டன்கள் காலப்படுவதே பெரும்பாலும் நிகழ்வதாகும். எனவே தரப்பட்ட அழுத்த வித்தியாசத்துக்காகக் கிடைக்கும் இழிவு அலைநீளத்திலும் மேற்பட்ட எந்தவொரு அலைநீளத்தையும் கொண்ட போட்டனொன்று காலப்படலாம். X - கதிர்நிர்வாகியத்தின் தொடர்ச்சியான பகுதி சூட்செயன்முறை காரணமாகவே கிடைக்கின்றது.

4.2.4 X - கதிர்களின் வேறு பிரயோகங்கள்

1. வானியலில் துவித உடுக்கள் (binary stars) தொகுதிகள், நியூட்ரீன், உடுக்கள், குரியன் மற்றும் சில வால்வெள்ளிகள் போன்ற வான் பொருள்களிலும் X - கதிர்கள் காலப்படுவதாக அறிப்பாட்டுள்ளது. X - கதிர் உணர் கொண்டு செய்மதிகளைப் பயன்படுத்தி மேற்படி வான்பொருள்களிலிருந்து வெளிவிடப்படும் X - கதிர்கள் பற்றிக் கற்றாயப்படும்.
2. பொறியியல் (எந்திரிய) மற்றும் கைத்தொழில் துறைகளில் உலோகப் பகுதிகளின் பொருத்து மூட்டுக்கள் போன்ற இடங்களில் காணப்படும் உள்வாரியான குறைபாடுகளைக் கண்டறிவதற்காக X - கதிர்கள் பயன்படுத்தப்படும்.
3. உலோகங்களையும் கலப்புலோகங்களையும் இனங்காண்பதற்காக அவற்றின் X - கதிர் கோணற் கோலவுரு பயன்படுத்தப்படும். இவ்வாறான பகுப்பாய்வுக்காக முதன்முதலாக, எளிமையான ஒரு சேர்வையாகிய சோடியங்குளோரைட்டுப் பளிங்கு பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. அவ்வாறான ஆராய்ச்சிகள் மூலம் பீற்காலத்தில் DNA அடங்கலான மிகச் சிக்கலான மூலக்கூறுகளின் அணு கட்டமைப்பையும் கூட, விரிவாக விளங்கிக்கொள்ள முடிந்துள்ளது.
4. விமான நிலையங்களிலும் ஏனைய முக்கியமான இடங்களிலும் பாதுகாப்புக் கருமங்களின்போது பயணப்பைகள், பொதிகள் போன்றவற்றைத் திறந்து பார்க்காது அவற்றிலுள்ளே உள்ளவற்றைச் சோதிப்பதற்காக அவற்றின் X - கதிர்களுக்கு வெளிக்காட்டுவதன் மூலம் அவற்றினுள் உள்ளவற்றிற் உரிய விட்பங்கள் நேரடியாக கனனித் திரையில் பெறப்படும்.

முந்தாம் அததியாயம்

கதிர்த் தொழிற்பாடு Radioactivity

5.1 அறிமுகம்

கருநிறச் உறையினால் கற்றப்பட்டிருந்த ஒளிப்படப் படலத்தின் மீது வைக்கப்பட்ட யூரேனியம் சேர்வை காரணமாக அப்படலத்தில் கருநிறப் பொட்டுக்கள் தோன்றியிருந்தமையை, 1896 இல் ஹென்றி பெக்ரல் (Henry Becquerel) எனும் விஞ்ஞானி அவதானித்தார். பின்னர், யூரேனியம் சேர்வைக்கும் ஒளிப்படப் படலத்திற்கும் இடையே காட்டியோட், அலுமினியம் மற்றும் ஈயத் தகடுகளை வைத்துப் பரிசோதித்த வேளையில் அவ்வாறான பெறுபேறுகளை கிடைத்தன. அதற்கமைய மேற்படி யூரேனியம் சேர்வைகள் ஊடுருவிச் செல்லும் ஆற்றலைக் கொண்ட ஒரு வகைக் கதிர்களை வெளியீடுகின்றமை முடிவு செய்யப்பட்டது. மேலே குறிப்பிட்ட கதிர்வீச்சை வெளிவிடும் மூலகம் கதிர்த்தொழிற்பாட்டு மூலகம் எனப்படும். அனை X- கதிர்களைவிட வேறுபட்டவை எனக் கண்டறிந்து, அக்கதிர்கள் தொடர்பாக மேலும் ஆய்வு நடத்திய மேரி கியூரி (Mary Curie) இத்தொழிற்பாட்டைக் கதிர்த்தொழிற்பாடு (radioactivity) எனப் பெயரிட்டார்.



உரு - 5.1 ஹென்றி பெக்ரல்



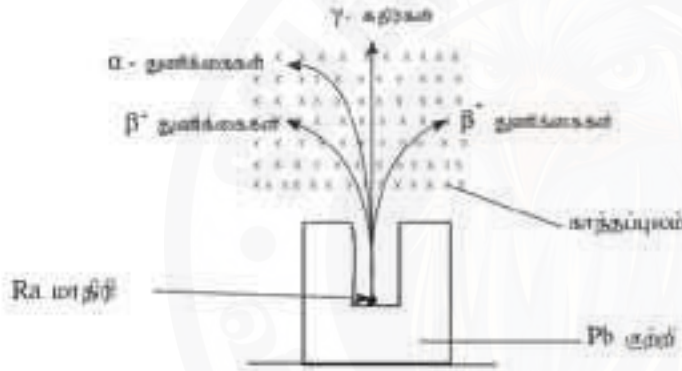
உரு - 5.2 மேரி கியூரி

பிற்காலத்தில் இயற்கையாகக் காணப்படும் கரிப்பிசின்மயக்கி (radionuclide) எனும் கனியத்தைப் பிரித்தெடுத்து இரேடியம், பொலோனியம் ஆகிய இரண்டு கதிர்த்தொழிற்பாட்டு மூலகங்களை கியூரி தம்பதியினர் கண்டுபிடித்தனர். இதற்காக அவர்களுக்கு 1903 இல் பெளதிகவியலுக்கான நோபெல் பரிசு வழங்கப்பட்டது. ஏறத்தாழ நூற்பது (40) கதிர்த்தொழிற்பாட்டு மூலகங்கள் காணப்படுகின்றன என்பது இதுவரையில் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. அணுவெண் (Z) 82 இற்கு மேற்பட்ட மூலகங்கள் உறுதியற்றவை கதிர்த்தொழிற்பாடுடையவை. இரேடியம், தோரியம் போன்றவற்றை இதற்கான உதாரணங்களாகக் குறிப்பிடலாம். பாசு உலோகங்களின் அணுக்கரு உறுதியற்றதாகும். அவ்வறுதியின்மையானது கதிர்த்தொழிற்பாட்டுக்கு காரணமாகின்றது.

5.2 α , β , γ - கதிர்ப்பு

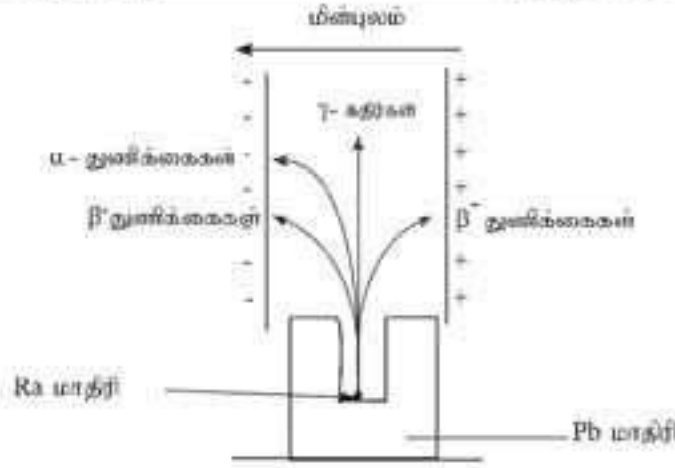
கதிர்த்தொழிற்பாட்டு மூலகங்களால் மூன்று விதமான கதிர்ப்புக்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. இழிவு ஊடுருவும் ஆற்றல் கொண்ட கதிர்ப்புக்கள் அல்பா துணிக்கைகள் (α -particle) எனவும் அதற்குச் சார்பாக ஊடுருவும் ஆற்றல் உயர்வான கதிர்ப்புக்கள் பீற்றா துணிக்கைகள் (β -particle) எனவும் உச்ச ஊடுருவும் ஆற்றல் கொண்ட கதிர்ப்புக்கள் காமா கதிர்கள் (γ - rays) எனவும் பெயரிடப்பட்டுள்ளன.

காமாக் கதிர்கள் காட்போட் அட்டை, அலுமினியம் தகடு போன்றவற்றின் ஊடாகவும் செல்லக்கூடியவை. தடித்த ஈயத்தகட்டினால் காமாக் கதிர்களைத் தடுத்து நிறுத்தலாம். பீற்றா துணிக்கைகளால் காட்போட் அட்டையின் ஊடாகச் செல்ல முடியும். எனினும் அலுமினியத் தகட்டின் ஊடாகச் செல்ல முடியாது. அல்பாத் துணிக்கைகளை காட்போட் அட்டையினால்கூடத் தடுத்து நிறுத்தலாம்.



உரு : 53

α - துணிக்கைகள், β -துணிக்கைகள், γ -கதிர்கள் ஆகியவற்றின் இயல்புகளைக் கற்றாய்வதற்காகப் பயன்படுத்தும் ஒரு பரிசோதனையின் அமைப்பு உரு: 5.3 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஈயக்குற்றியொன்றின் குடையப்பட்ட சீறிய குழியொன்றினால், இரேடியம் மாதிரியொன்று உள்ளது. துளாரத்தின் ஊடாக வெளிவரும் கதிர்ப்பு, அதற்குச் சொகுத்தாகத் தொழிற்படும் காந்தப்பூலமொன்றினூடு செலுத்தப்படுகின்றது. இதன்போது ஒரு கதிர்ப்பு வகையானது விலகாது செல்வதோடு, மற்றைய இரண்டு கதிர்ப்பு வகைகளும் இருபுறமாக விலகிச் செல்கின்றன. பிளேயிங்ஸின் இடக்கை விதியின்படி, இடது பக்கமாக விலகும் கதிர்ப்பு + ஆகவும் வலது பக்கமாக விலகும் கதிர்ப்பு (-) ஆகவும் ஏற்றம் பெற்றுள்ளன என்பது தெளிவாகின்றது. அவை, முறையே α -துணிக்கைகள் β -துணிக்கைகள் எனப்படும். விலகாது செல்லும் கதிர்ப்பு (γ -கதிர்கள்) ஏற்றமற்றவை. அவை உயர் மீறணைக் கொண்ட மின் காந்தக் கதிர்ப்பாகும். காந்தப்புலத்துக்குப் பதிலாக மின் புலமொன்றினைப் பயன்படுத்தி மேற்படி பரிசோதனையை நடத்துவதால் விடைக்கும் பெறுபெறு உரு:5.4 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு : 54

இச்சந்தர்ப்பத்தில் எல்லா α- துணிக்கைகளும் ஒரே அளவில் மறைபெயற்றமுள்ள மின்வாயை நோக்கி திரும்புவதோடு, β- துணிக்கைகள் வெவ்வேறு அளவுகளில் தேரேற்றமுள்ள மின்வாயை நோக்கி திரும்புகின்றனமையைக் காணமுடிகின்றது.

எல்லா α- துணிக்கைகளும் ஒரே அளவில் திரும்புவதற்கான காரணம் அவை யாவும் ஒரே அளவு சக்தியுடன் வெளிப்படுகின்றனமயாதும். எனினும் β-துணிக்கைகளின் திரும்பல் வேறுபட்டிருப்பதற்கான காரணம் அவற்றில் அடங்கியுள்ள சக்தியின் அளவு வெவ்வேறுபட்டதாக இருந்தலாகும் என்பது கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

5.2.1 α- துணிக்கைகள் (${}^4_2\text{He}$)

1. இவை ஈலியம் கருக்களாக ${}^4_2\text{He}$ இனங்காணப்பட்டுள்ளன. புரோத்தனிலும் இலும் இரண்டு மடங்கு ஏற்றம் கொண்டது.
2. α- துணிக்கையொன்றின் திணிவு அண்ணளவாக ஐதரசன் அணுவொன்றினது திணிவின் நான்கு மடங்காகும்.
3. α- துணிக்கைகளின் வேகம் அண்ணளவாக ஒளியினதுவேகத்தின் 0.06 மடங்காகும். இந்த வேகமானது அத்துணிக்கைகளை காலும் மூலத்தின் மீது தங்கியுள்ளது.
4. இத்துணிக்கைகளின் ஊடுருவிச் செல்லும் ஆற்றல், β-துணிக்கைகளது ஊடுருவும் ஆற்றலின் ஏறத்தாழ $\frac{1}{100}$ மடங்காகும். அத்துடன் γ கதிர்களின் ஊடுருவும் ஆற்றலின் ஏறத்தாழ $\frac{1}{10^4}$ மடங்காகும். அதற்கான காரணம் α-துணிக்கைகளுக்கும் ஏனையவற்றுக்கும் சார்பாக α துணிக்கைகளின் திணிவு கூடுதலானதாக இருந்தல் ஆகும். நியம வெப்ப அழுக்க நிலைகளில் α-துணிக்கைகளுக்கு வரையில் 3 cm வரை செல்லலாம். α- துணிக்கைகளுக்கு 0.01 cm இலும் குறைவான தடிப்புள்ள அலுமினியம் Al தகட்டினை ஊடுருவிச் செல்லும் ஆற்றல் உண்டு.

5. α - துணிக்கைகளால் அதிக அளவில் வாயுக்களை அயனாக்கமுடியும்.
6. பேரியம் பிளாற்றினோசயனைட்டு, சிங்குக்குளோரைட்டு போன்ற உட்பொருள்களின் மீது படுவதால் புளோரொளிர்வு தோன்றும்.
7. மின்புலங்களினால் காந்தப்புலங்களினால் விலகலுக்கு உள்ளாகும்.
8. மெல்லிய உலோக தகடுகளினால் சிதறலுக்கு உள்ளாகும்.
9. α -துணிக்கைகள் காரணமாக தோல் எரிவு ஏற்படும்.

5.2.2 β - துணிக்கைகள்

1. β துணிக்கைகள், இலத்திரன்கள் போன்று மறையேற்றம் கொண்டவை.
2. β துணிக்கைகள் இலத்திரனின் ஏற்ற அளவுக்குச் சமமான நேரேற்றறைத் கொண்டவை.
3. β துணிக்கைகளின் நினைவு குறைவானதாகையால் ஊடுருவும் ஆற்றல் உயர்வானது. 0.1 cm இலும் தடிப்புக்குறைவான அலுமினியம் தகட்டையும் ஊடுருவும் ஆற்றல் உண்டு.
4. வாயுக்களை அயனாக்கமடையச் செய்யும் ஆற்றல் குறைவு.
5. ஒளிப்படப் படலங்கள் மீது தாக்கம் விளைவிக்கும்.
6. β துணிக்கைகள் மூலம் செயற்கையான கதிர்தொழிற்பாட்டை ஏற்படுத்தலாம்.
7. மின்புலத்திலும் காந்தப்புலத்திலும் விலகலுக்கு உள்ளாகும்.
8. இவற்றை அண்ணளவாக ஒளியின் வேகத்தில் செல்லும் இலத்திரன்கள் போன்று கருதலாம்.

5.2.3 γ - கதிர்கள்

1. ஒளியின் வேகத்தில் செல்லும்.
2. மின்புலத்தினாலோ காந்தப்புலத்தினாலோ விலகலுக்கு உள்ளாக மாட்டாது.
3. γ கதிர்கள் 5×10^{22} தொடக்கம் 3×10^{24} Hz வரையிலான வீச்சினால் அடங்கும் மின்காந்த அலைகளாகும்.
4. வாயு அயனாக்கம் மிகக் குறைவு.
5. ஊடுருவிச் செல்லும் ஆற்றல் மிக உயர்வானது. சில சென்டி மீற்றர் தடிப்பான உலோகத்தகட்டைக்கூட ஊடுருவிச் செல்லும் ஆற்றல் உண்டு.
6. ஒளிப்படப்படலத்தின் மீது தாக்கம் விளைவிக்கக்கூடியது.
7. மிகச்சிறிய அலைநீளத்தைக் கொண்டது. தீங்குபயக்கக்கூடிய பற்றீரியாக்களை அழிப்பதற்கும், உணவு, மருத்துவ உபகரணங்கள் போன்றவற்றைக் கிருமியழிப்பதற்கும் (sterilizing) பயன்படும்.
8. யாதேனும் மேற்பரப்பில் படுவதால் அம்மேற்பரப்பிலிருந்து இலத்திரன்களைக் கழற்றியெடுக்கும் ஆற்றல் உண்டு.

9. மருத்துவத்துறையில் புற்றுநோய்க் கலங்களை அழிப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.
10. γ -கதிர்ப் போட்டனொன்றின் ஓய்வந்திணிவு (rest mass) பூச்சியம் ஆகும்.

5.3 கதிர் தொழிற்பாட்டுத் தேய்வு (Radioactive decay)

யாதேனும் மூலகத்தின் கருவானது அதன் உறுதியின்மை காரணமாக ஏற்றம் கொண்ட துணிக்கைகளையும் சக்தியையும் வெளிவிடுதலே கதிர்த்தொழிற்பாடு எனப்படுகின்றது. இச்செயன்முறையின்போது முதலாம் மூலகம் பெரும்பாலும் மற்றொரு மூலகமாக மாறும். உதாரணமாக, கதிர்த் தொழிற்பாட்டு மூலகமாகிய இரேடியம் ஒரு கிராமம் (1g) எடுத்து அதனைக் கணிசமான அளவு காலம் வைத்திருந்து பின்னர் அதில் அடங்கியுள்ள இரேடியத்தின் அளவை அளக்கும்போது அது ஒரு கிராமிலும் குறைவானது என்பதைக் காணலாம். எனவே இச்செயன்முறை கதிர்த்தொழிற்பாட்டுத் தேய்வு எனப்படுகின்றது.

கதிர்த்தொழிற்பாடு காரணமாக, ஒவ்வொரு கருவும் ஏற்றம் கொண்ட துணிக்கைகளையும் சக்தியையும் வெளிவிட்டு வேறு மூலகமொன்றின் கருவாக மாறும். இது பிரிந்தழிகை (disintegration) எனப்படும்.

கதிர்த் தொழிற்பாடு என்பது கருக்களின் உள் உறுதிப்பாடு தொடர்பான ஒரு செயன்முறையாதலால் அது வெப்பம், அழுக்கம் போன்ற வெளிக்காரணிகள் மீது தங்கியிராத ஒரு தோற்றப்பாடாகும். கதிரியக்க மூலகமொன்றின் எந்த அணு எந்தச் சந்தர்ப்பத்தில் பிரிந்தழிகைக்கு உள்ளாகும் என எதிர்பார்க்க முடியாது.

கதிர்த்தொழிற்பாட்டு மூலகமொன்று பிரிந்தழியும் போது α -துணிக்கையொன்று அல்லது β -துணிக்கையொன்று காலப்படும். அவ்விரண்டு வகைத் துணிக்கைகளும் ஏக காலத்தில் காலப்படுவதில்லை. எந்தவோர் அணுவும் குறித்த ஒரு நேரத்தில் ஒரேயடியாக ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட α -துணிக்கைகளையோ அல்லது β துணிக்கைகளையோ காலாவதில்லை.

α -துணிக்கையொன்று அல்லது β -துணிக்கையொன்று காலப்படுவதால் கருவானது மேலும் உறுதி பெறும். இக்காலம் மூலம் அதில் உள்ள புரோத்தன்கள் மற்றும் நியூத்திரன்களின் எண்ணிக்கை வேறுபடுவதில்லை. ஆரம்பக் கரு தாய்க்கரு எனவும், பிரித்தழிகையின் விளைவாகக் கிடைத்த கரு மட்கரு எனவும் அழைக்கப்படும்.

5.4 கதிர் தொழிற்பாட்டுச் சமதானிகள் (Radioactive isotopes)

ஒரு குறித்த எண்ணிக்கைப் புரோத்தன்களும் (Z) ஒரு குறித்த எண்ணிக்கை நியூத்திரன்களாலும் (N) கரு உருவாகியுள்ளது. ஒரு மூலகத்திற்கு கரு இனங்காணப்படுவது அதில் உள்ள ஏற்றத்தாலாகும். இது கருவிலுள்ள புரோத்தன்களின் எண்ணிக்கையாகும். இது அணு எண் என அறியப்படுகிறது. கருவின் திணிவு எண் (திணிவெண் A) என்பது புரோத்தன்களின் எண்ணிக்கையினதும் நியூத்திரன்களின் எண்ணிக்கையினதும் கூட்டுத்தொகை (Z+N) ஆகும்.

திட்டவட்டமான புரோத்தன் எண்ணிக்கையையும் திட்டவட்டமான நியூத்திரன் எண்ணிக்கையையும் கொண்ட கரு வகை நியூக்லைட்டு (nuclide) எனப்படும். இவ்வாறாக நியூக்லைட்டுக்களுக்கான A_ZX எனும் வகையான குறியீடு பயன்படுத்தப்படும். இங்கு

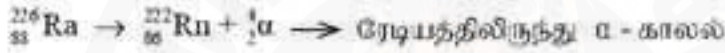
X என்பதால் காட்டப்படுவது குறித்த மூலகம் ஆகும்.

ஒரே புரோத்தன் எண்ணிக்கையைக் கொண்ட என்னும், வேறு நியூத்திரன் எண்ணிக்கையைக் கொண்ட நியூக்கிளைட்டுகள் இயற்கையில் காணப்படும். கருவின் ஏற்றம் சமமானதாகையால், இவை ஒரே மூலகத்தைச் சேர்ந்தவையாயினும் கூட அவற்றின் தனிவேண் ஒன்றுக்கொன்று வேறுபட்டது. இவ்வாறான நியூக்கிளைட்டுக்கள், சமதானிகள் (isotopes) எனப்படும். தரப்பட்ட மூலகமொன்றில் சில சமதானிகள் காணப்பட்ட இடமுண்டு. அவற்றுள் சில சமதானிகள் உறுதியானவையாகவும் மற்றும் சில உறுதியற்ற அதாவது கதிர்ந்தொழிற்பாட்டுச் சமதானிகளாகவும் காணப்படலாம்.

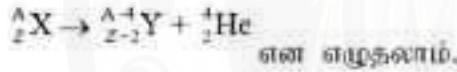
5.5 α - காலல் (α - தேய்வு)

α - துணிக்கையொன்று காலப்படுவதால் மகட்கருவின் தனிவேண் நான்கினால் குறைவடைவதோடு, அணுவெண் இரண்டினால் குறைவடையும். ஒரு மூலகம் தேய்வடைந்து மற்றொரு மூலகம் தோன்றுவது நிலைமாறுகை (transmutation) எனப்படும்.

α - காலலை கருச்சமன்பாடாக பின்வருமாறு எழுதிக்காட்டலாம்.



α - காலலைக் காட்டும் பொதுச்சமன்பாட்டை

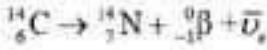
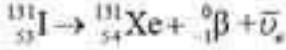
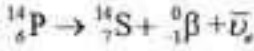
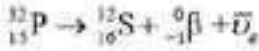
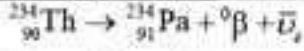


இதன் மூலம் கூறப்படுவது தனிவேண் A யும் அணுவெண் Z உம் கொண்ட X எனும் கருவானது ஸலியம் கருவொன்றினை வெளிவிட்ட பின்னர், தனிவேண் A-4 உம் அணுவெண் Z-2 உம் கொண்ட Y எனும் கருவாக மாறுகின்றமையாகும்.

5.6 β- காலல் (β- தேய்வு)

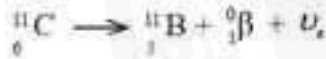
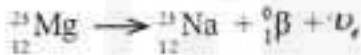
சில கதிர்ந்தொழிற்பாட்டுக் கருக்கள் அதிக உறுதிநிலையை அடைவதற்காக இலத்திரன்களை அல்லது பொசித்திரன்களைக் காலும். இது β காலல் எனப்படும். பொசித்திரன் என்பது, ஏற்றம் தவிர மற்றைய எல்லா சிறப்பியல்புகளிலும் இலத்திரனுக்கு ஒப்பான துணிக்கையாகும். அது பருமனில் இலத்திரனின் பருமனுக்குச் சமமான நேரேற்றத்தைக் கொண்டது. பொசித்திரனானது இலத்திரனின் எதிர்த்துணிக்கை எனக் கருதப்படுகின்றது. கருவில் உள்ள நியூத்திரன்களின் எண்ணிக்கையானது புரோத்தன்களின் எண்ணிக்கையை விடக் கூடுதலான சந்தர்ப்பங்களில் β காலல் நிகழும். இலத்திரன் காலல் செயன்முறை β காலல் எனப்படும். இங்கு தனிவேண் மாறாக இருப்பதோடு அணுவெண் ஒன்றினால் (1) அதிகரிக்கும்.

சில உதாரணங்கள்:



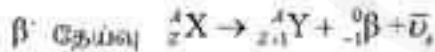
மேற்படி காலங்களின்போது β^- துணிக்கைகளுக்கு மேலதிகமாக, முரண்நியூத்திரனோ எனும் துணிக்கையும் வெளிப்படப்படும். (சக்திக்காப்புக்கும் உந்தக்காப்புக்கும் அமைவாக இருப்பதற்காக, β^- காலின்போது எதிர்நியூத்திரினோ எனும் துணிக்கையும் காலப்படுவது அவசியமாகின்றது.) எதிர் நியூத்திரினோ என்பது புறக்கணிக்கத்தக்க திணிவைக்கொண்ட ஏற்றமற்ற ஓர் அடிப்படைத் துணிக்கை ஆகும். கருவினுள் அதிக எண்ணிக்கை நியூத்திரன்கள் ($N > Z$) உள்ள ஒரு சந்தர்ப்பத்தில், நியூத்திரனொன்று, ஒரு புரோத்தனாகவோ ஓர் இலத்திரனாகவோ மாறும். இதன்போது புரோத்தன் ஆனது கருவினுள் தக்கபிடுகப்படுக இலத்திரனும், எதிர்நியூத்திரினோக்களும் உயர் வேகத்தில் கருவிலிருந்து வெளியேறும். (${}^0_0\beta$) காலல் செயன்முறை இது இலத்திரன் எதிர் துணிக்கையாகும் β^+ காலல் எனப்படும்.

சில உதாரணங்கள்

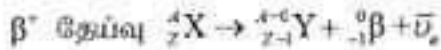
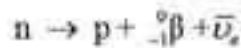


இங்கு $\bar{\nu}_e$ என்பது நியூத்திரினோ எனப்படும்.

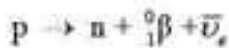
மேற்படி, தேய்வை பொதுவான வடிவத்தில் பின்வருமாறு காட்டலாம்.



β^+ தேய்வுறும்போது நியூத்திரனானது புரோத்தனான மாறும்



β^- தேய்வுறும்போது புரோத்தனொன்று நியூத்திரனொன்றாக மாறும்.



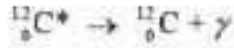
5.7 γ - காலல்

பொதுவாகக் கதிர்ந்தொழிற்பாட்டுக் கருவொன்று தேயும்போது α - துணிக்கைகள், β^- - துணிக்கைகள் காலப்படுவதன் விளைவாகக் கிடைக்கும் மகட்கரு அகுட்டப்பட்ட நிலையை

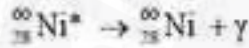
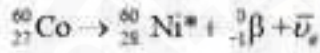
அடையும். இம்மக்டுக்கு γ -கதிர்களைக் காலுவதால் தாழ் சக்தி நிலையை அதாவது புவி நிலையை அடையும். இங்கு கருவைக்கொண்ட மூலகம் மாற்றமடைவதில்லை. இச்செயன்முறை நிகழும் விதத்தைப் பின்வருமாறு ஒரு சமன்பாட்டினால் காட்டலாம்.



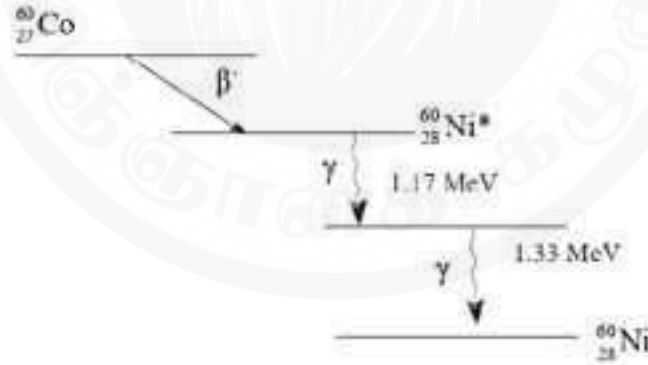
இங்கு $*$ இனால் காட்டப்படுவது C (காபன்) கருவானது அருட்டப்பட்ட நிலையில் காணப்படுகின்றது என்பதாகும். பின்னர் இந்த அருட்டப்பட்ட C கருவானது காபன் (γ) கதிரை வெளியிட்டு புவி நிலையை அடையும்.



சில சந்தர்ப்பங்களில் காபன் கதிர்களை வெளியிட்டு புவிநிலையை அடைதலானது இரண்டு படிமுறைகளில் நிகழும். அவ்வாறான ஒரு சந்தர்ப்பத்துக்கான ஓர் உதாரணம் கீழே தரப்பட்டுள்ளது.



இங்கு முதலில் Co கருவானது பீற்றா கதிர்ஒன்றினை வெளியிட்டு அருட்டப்பட்ட நிலையில் காணப்படும் Ni கருவாக மாறும். பின்னர் அது உரு 5.5 இல் காட்டியுள்ளவாறு இரண்டு காபன் கதிர்களை வெளியிட்டு புவி நிலையை அடையும்.



உரு : 5.5

5.8 கதிர்த்தொழிற்பாட்டு நிபந்தனைகள்

பல்வேறு கைத்தொழில் துறைகளிலும் மருத்துவச் சிகிச்சை முறைகளிலும் பயன்படுத்தப்படும் கதிர்த்தொழிற்பாட்டுப் பொருள்கள் (கதிர்த்தொழிற்பாட்டு நியூக்லைட்டு)

கோபாற்று- 60

- சத்திரசிகிச்சையில் பயன்படும் உபகரணங்களைக் கிருமியழித்தல்
- புற்றுநோய்க் கலங்களை அழித்தல்
- நற்காப்புச் செய்வதற்காக உறைகளில் கதிர்ஒத்தல் (irradiation)

உணவை பதப்படுத்துவதற்காக கதிர் வீச்சுக்குள்ளாக்குதல்

அயன் - 55

- வளியில் கந்தகம் உண்டா என இனங்காணல்

சோடியம் - 24

- கைத்தொழில்துறையில் பயன்படுத்தப்படும் குழாய்த்தொகுதிகளில் (pipe lines) ஒழுக்கு உள்ள இடங்களை இனங்காணல்

யூரேனியம் - 235

- கரு வலு உற்பத்தி நிலையங்கள்
- கரு ஓட்டுகைத் தொகுதிகள் (propulsion systems) (விசேடமாக நீர் முழிக்களில்)
- புளோரோளிர்வுக் கண்ணாடிப் பாவனைப் பொருள்கள், மினுக்கிய நிறக்கண்ணாடி, கவரோடுகள் போன்றவற்றின் உற்பத்திக்கு

புளுத்தோனியம் - 238

- செய்மதிகளில் வலு வழங்கும் முதலாக பயன்படல் (power source)

(1972 தொடக்கம் நாசா (NASA) நிறுவனம், விண்வெளி ஓடங்களுக்கு அதன் மூலம் வலு வழங்குகின்றது.)

தோரியம்- 229

- காய்ச்சியிணைத்தல் கோல்கள் (welding rods) உற்பத்திசெய்தல்
- புளோரோளிர்வு விளக்குகளின் ஆயுட்காலத்தை நீடித்தலுக்கு உதவுதல்

பொலோனியம் - 210

- ஒளிப்படப்படல உற்பத்தியின்போது தோன்றும் நிலையியல் ஏற்றங்களை இழிவாக்கல்

இரிடியம்- 192

- ஆகாய விமானப் பகுதிகள் சரியாகப் பூரணத்துவம் (integrity) பெற்றுள்ளதோ எனச் சோதித்தல்
- கட்டிகளில் கதிர்ஒத்தல் (tumor irradiation)

அமெரிசியம்- 241

- கனிய நெய்க்கிணறுகள் தோண்டுவதற்குரிய இடங்களை இனங்காணல்
- உலர்ந்த நிறப்பூச்சு மாதிரிகளில் உள்ள நச்சு சய மட்டத்தைச் சோதித்தல்.

கலிபோனியம் - 252

- விமான நிலையங்களில் பயணப்போதிகளில் மறைவாக உள்ள வெடிபொருள்களை எனக் கண்டறிதல்.

விரிப்பு-85

- மெல்லிய பிளாத்திக்குத் தகடுகளின் மற்றும் உலோகத் தகடுகளின் தடிப்பு தேவைப்படும் அளவிற்கு மிகவும் சரியாக உள்ளதா எனச் சோதித்தல்

அபரன்- 125

- உடல் குருதியின் கனவளவை அளத்தல்

அபரன் 123

- சிறுநீரகங்களின் தொழிற்பாட்டைச் சோதித்தல்
- தைரோயிட்டிடுச் சோதனை நடத்துதல் (thyroid test)

5.9 கதிர்த்தொழிற்பாட்டுப் பிரிந்தழிகை விதி

ஏற்கனவே குறிப்பிடப்பட்டதற்கிணங்க கதிர்த்தொழிற்பாடு என்பது ஓர் எழுமாறான செயன்முறையாகும். அதாவது தரப்பட்ட கருவொன்று எச்சந்தர்ப்பத்தில் பிரித்தழியும் என நாம் எதிர்பார்க்க முடியாது. எனினும் கதிர்த்தொழிற்பாட்டுக் கருக்கள் பெரும் எண்ணிக்கையில் காணப்படும்போது அவ்வெண்ணிக்கையானது காலத்துக்கமையக் குறவைடையும் விதத்தை இலகுவாகக் கணிக்கலாம். அதற்காகப் பயன்படுத்தும் விதி கதிர்த்தொழிற்பாட்டுப் பிரிந்தழிகை விதி எனப்படுகின்றது.

யாதேனும் கணத்தில் கதிர்த்தொழிற்பாட்டு மூலக மாதிரியொன்றின் பிரிந்தழிகை வீதமானது அக்கணத்தில் அம்மாதிரியில் காணப்படும் கதிர்த்தொழிற்பாட்டு கருக்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர் விகிதசமமானது என்பதே அவ்விதியினால் கூறப்படுவதாகும். மாதிரியில் உள்ள கருக்களின் எண்ணிக்கை N உம் மிகக்குறுகிய Δt நேர ஆயுடையில் தேய்வுக்கு உள்ளாகும் கருக்களின் எண்ணிக்கை ΔN உம் ஆயின், அம்மாதிரியின் பிரிந்தழிவை வீதத்தை,

$$\frac{\Delta N}{N} = -\lambda \Delta t \quad \text{என எழுதலாம். இங்கு } \lambda \text{ என்பது ஒரு மாறிலி ஆகும். அது தேய்வு மாறிலி எனப்படும்.}$$

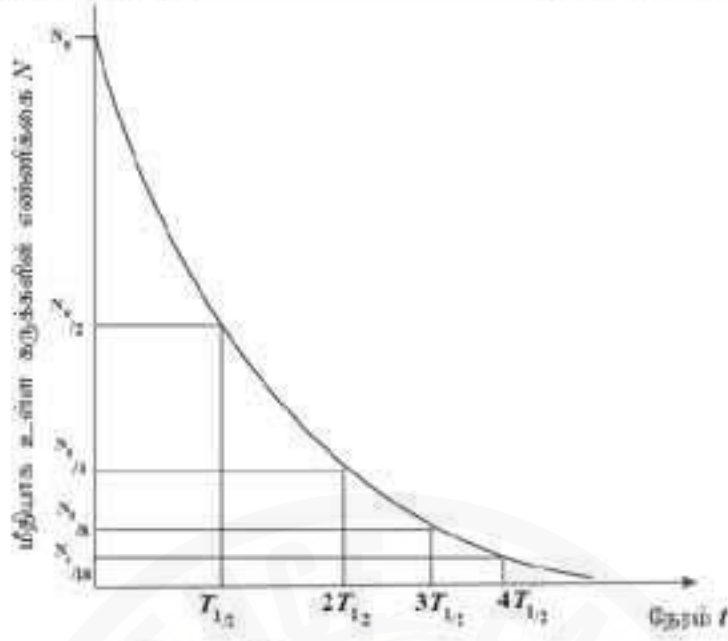
ஆரம்பத்தில் N_0 எண்ணிக்கைக் கருக்களைக் கொண்ட மூலக மாதிரியொன்று t நேரத்தில் பிரிந்தழிகைக்கு உள்ளாகிய பின்னர் மீதியாக உள்ள கருக்களின் எண்ணிக்கை N ஆயின் தொகைமிட்டைப் பயன்படுத்தி மேற்படி சமன்பாட்டை,

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{------(1) * என எழுதலாம்.}$$

* மேற்படி சமன்பாடு (1), 2017 தொடக்கம் நடைமுறைப்படுத்தப்படும் க.சொ.த. உயர்தரப் பெளதிகவியல் பாடத்திட்டத்தில் உள்ளடக்கப்படவில்லை.

இதற்கமைய எந்தவொரு சந்தர்ப்பத்திலும் மீதியாக உள்ள கருக்களின் எண்ணிக்கையை நேரத்தக்கு எதிரே வரைபாக்குவதால் உரு: 5.6 இல் காட்டியுள்ளது போன்ற வரைபு

கிடைக்கும்,



உரு : 5.6

ஒரு கதிர்த்தொழிற்பாட்டு மாதிரியின் ஆரம்பக் கருக்களின் எண்ணிக்கை சரி அரைவாசி ஆவதற்கு எடுக்கும் காலம் அரை ஆயுட்காலம் எனப்படும்.

கதிர்த்தொழிற்பாட்டு மூலகமொன்றின் அரை ஆயுட்காலம் ($T_{1/2}$) இனால் குறிக்கப்படும். இந்த காலமானது ஆரம்பக் கருக்களின் எண்ணிக்கை மீத தங்கியிருப்பதில்லை, அது தரப்பட்ட கதிர்த்தொழிற்பாட்டுக் கரு வகைக்கான ஒரு மாறிலி ஆகும்.

ஆரம்பத்தில் உள்ள N_0 கருக்கள் படிப்படியாகத் தேய்வதும் வீதம் உரு : 5.6 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆரம்பத்திலிருந்து $T_{1/2}$ காலத்தின் பின்னர் $N_0/2$ எண்ணிக்கைக் கருக்களே மீதியாக இருக்கும். மேலும் $T_{1/2}$ காலத்தின் பின்னர், $N_0/4$ எண்ணிக்கைக் கருக்களே மீதியாக இருக்கும். இவ்வாறாக ஒவ்வொரு $T_{1/2}$ காலத்தின் பின்னரும் மீதியாக உள்ள கருக்களின் எண்ணிக்கை சரிபாதியினால் குறைவடையும்.

ஆரம்பக் கருக்களின் எண்ணிக்கை N_0 ஆயின், ஆரம்ப சந்தர்ப்பத்திலிருந்து t நேரத்தின் பின்னர், உள்ள கருக்களின் எண்ணிக்கை

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

மூலம் தரப்படும் என மேலே குறிப்பிட்டோம். ஆரை ஆயுட்காலத்துக்கான வரைவிலக்கணத்தின்படி, $T_{1/2}$ காலத்தின் பின்னர் $\frac{N_0}{2}$ எண்ணிக்கைக் கருக்களே மீதியாக இருக்கும். இப்பொழுதுமானங்களை மேற்படி சமன்பாட்டில் பிரதியிட்டு செய்வதால்

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$2 = e^{\lambda T_{1/2}}$$
 எனக் கிடைக்கின்றது.

$$\text{எனவே } T_{1/2} = \frac{1}{\lambda} \ln(2)$$

5.10 கதிர்த்தொழிற்பாட்டு மூலகமொன்றின் தொழிற்பாடு (A)

கதிர்த்தொழிற்பாட்டுப் பொருள் மாதிரியொன்றின் தேய்வு வீதத்தை அல்லது மாதிரியில் ஒரு செக்களில் நிகழும் பிரித்தழிவை எண்ணிக்கையை அம்மாதிரியின் தொழிற்பாடு எனக் குறிப்பிடலாம்.

தரப்பட்ட சந்தர்ப்பத்தில் உள்ள கருக்களின் எண்ணிக்கை N ஆயின், அவ்வெண்ணிக்கை குறைவடையும் வீதம் $-\frac{dN}{dt}$ என எழுதலாம். (-) குறியீடு குறைவடைவதை குறிக்கும் கருக்களின் எண்ணிக்கை (0) இற்கும் ஆரம்ப கருக்களின் எண்ணிக்கை (N_0) இடையில் உள்ள தொடர்பு $N=N_0e^{-\lambda t}$

மேற்படி சமன்பாட்டைத் தொகையிடுவதால்

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N_0 e^{-\lambda t} \text{ ----- (2) }^*$$

என எழுதமுடியாததால் தொழிற்பாடு $A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$ எனக் காட்டலாம். தொழிற்பாட்டை அளக்கும் அலகு பெக்கரல் (Becquerel) எனப்படும். ஒரு பெக்கரல் (1 Bq) என்பது ஒரு செக்கனுக்கு ஒரு பிரித்தழிவை என வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. தொழிற்பாட்டை அளப்பதற்காக கியூரி (Ci) எனும் அலகும் பரவலாகப் பயன்படுகின்றது.

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

கதிர்த்தொழிற்பாட்டுச் சமதானியொன்றின் அரை ஆயுட்காலம் என்பதை தரப்பட்ட மாதிரியின் தொழிற்பாடானது ஆரம்பப் பெறுமானத்தின் சரிபாதீயவதற்குச் செலவாகும் காலம் என வரையறுக்கலாம்.

அட்டவணை 5.1 கதிர்த்தொழிற்பாட்டு மூலகங்கள் சிலவற்றின் அரை ஆயுட்காலம்

கதிர்த்தொழிற்பாட்டு மூலகம்	அரை ஆயுட்காலம்
பொரன் - 12	0.02 செக்கள்
இரேடன் - 220	52 செக்கள்
அவுன் - 128	25 நிமிடம்
இரேடியம் - 226	1602 ஆண்டுகள்
காபன் - 14	5730 ஆண்டுகள்

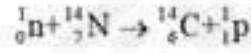
5.11 கதிர்த்தொழிற்பாட்டுக் கால நிர்ணயம் / காபன் முறைத் தேதியிடல் (Carbon dating)

கதிர்த்தொழிற்பாட்டு தேதியிடல் என்பது தொல்பொருளியல் அகழ்வுகளின் போது

* மேற்படி சமன்பாடு (2) 2017 தொடக்கம் நடைமுறைப்படுத்தப்படும் க.பொ.த. உயர்தர பௌதிகவியல் பாடத்திட்டத்தில் உள்ள க்கப்பா வில்லை.

கண்டுபிடிக்கப்படும் தாவர, விலங்குப் பகுதிகளின் வயதை கதிர்த்தொழிற்பாட்டுக் காபனின் இயல்புகளைப் பயன்படுத்தித் துணியும் ஒரு முறையாகும்.

எமது சூழலில் ^{12}C (காபன்-12) சமதானியாகவே காபன் பரவலாகக் காணப்படுகின்றது. எனினும் மிகச் சொற்பச் சதவீதத்தில் ^{14}C (காபன்-14) கதிர்த்தொழிற்பாட்டுச் சமதானியாகவும் காணப்படுகின்றது. இந்த காபன் -14 சமதானிகள், அண்டக் கதிர்கள் காரணமாகவே உற்பத்தியாகும். அண்டக் கதிர்கள் எனப்படுபவை புவியை நோக்கி அண்ட வெளியில் இருந்து வரும், அதிக வேகத்தில் செல்லும் ஏற்றம் பெற்ற துணிக்கைகளாகும். இந்த ஏற்றம் பெற்ற துணிக்கைகள் வளிமண்டலத்தில் உள்ள வாயு மூலக்கூறுகளுடன் மோதுவதால் நியூத்ரீன்களையும் வேறு அடிப்படையான பல துணிக்கை வகைகளையும் தோற்றுவிக்கும். அவ்வாறு தோன்றும் நியூத்ரீன்கள், வளிமண்டலத்தில் உள்ள நைட்ரசன் கருக்களுடன் மோதுவதால் கீழே சமன்பாட்டில் காட்டியுள்ளவாறாக காபன் - 14 ஐ தோற்றுவிக்கும்.



பின்னர் அக்காபன் 14 ஆனது வளிமண்டலத்தில் உள்ள ஓட்சிசனூடன் இணைந்து காபனீரோட்சைட்டாக வளிமண்டலத்தில் சேர்ந்து, பின்னர் தாவரங்களுக்கு ஊடாக விலங்குகளின் உணவுச் சங்கிலியுடன் சேரும்.

காபன் -14 சமதானியின் ஆரை ஆயுட்காலம் ஏறத்தாழ 5730 ஆண்டுகளாகும். எனவே விலங்கு உடலிலோ தாவர உடலிலோ உள்ள காபன் -14 மிக மெதுவாகவே தேய்வடையும். எனினும், விலங்கோ, தாவரமோ உயிருடன் இருக்கும் காலமெல்லாம் உணவு மூலமும் வளி மூலமும் பூதிதாக காபன்-14 உடலினுள் புகுவதால், அடங்கியுள்ள காபன் 12 இற்கும் காபன் 14 இற்கும் இடையிலான விகிதம் மாறாது காணப்படும். இத்த விகிதத்தின் பெறுமானம் 1.3×10^{-12} ஆவதோடு ஆயிரக்கணக்கான ஆண்டுகளில் அண்ணளவாக மாறாது காணப்படுகின்றமை அறியப்பட்டுள்ளது. அதாவது உயிருள்ள விலங்கு மற்றும் தாவரப் பகுதிக்காக மேற்குறிப்பிட்ட பிரித்தறிவைச் செயன்முறையைப் பின்வருமாறு காட்டலாம்.

$$\frac{{}^{14}\text{C}}{{}^{12}\text{C}} = 1.3 \times 10^{-12}$$

எனினும் இரப்பின் பின்னர், தாவர உடலிலோ விலங்கு உடலிலோ புறத்தேயிருந்தது காபன் புகுவதில்லையாதலால் காபன் -14 சதவீதமானது படிப்படியாகக் குறைவடையத் தொடங்கும் எனவே உயிரற்ற தாவர அல்லது விலங்குப் பகுதியில் உள்ள காபன் -12 மற்றும் காபன் - 14 அளவுகளுக்கு இடையிலான விகிதத்தை அளப்பதால் அப்பகுதி எவ்வளவு பழமையானது என நிர்ணயிக்கலாம்.

தொல்பொருளியல் அகழ்வுகளின்போது கண்டுபிடிக்கப்பட்ட ஒரு மாதிரியில் உள்ள 1 கிராம் காபனின் தொழிற்பாடு A_1 உம் மாதிரி உயிரோடு இருக்கும்போது அக்காபன் கிராமின் தொழிற்பாடு A_2 உம், மாதிரியின் வயது t உம் ஆயின் அத்தொழிற்பாட்டுக்கு

இடையிலான தொடர்பு.

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \text{ ----- (3) * என எழுதலாம்.}$$

இச்சமன்பாட்டைக் கொண்டு மாதிரியின் வயதுக்கான ஒரு கோவையை எழுதலாம்.

$$t = \frac{1}{\lambda} \log_e \left(\frac{A_0}{A} \right) \text{ ----- (4) **}$$

மாதிரியில் தற்போது காணப்படும் தொழிற்பாடு A இனை கைகர் எண்ணியினால் அல்லது வேறு பொருத்தமான ஓர் உபகரணத்தினால் அளந்து கொள்ளலாம். ஆரம்பத் தொழிற்பாட்டை பின்வருமாறு கணிப்பது பொருத்தமானது.

$$\lambda = \frac{\log_e 2}{T_{1/2}}$$

$$\text{காபல் -14 கருவியின் தேய்வு மாதிரி } \lambda = \frac{0.698}{T_{1/2}} = \frac{0.698}{5730 \times 365 \times 24 \times 3600} \text{ s}^{-1} = 4.00 \times 10^{-12} \text{ s}^{-1}$$

உயிருள்ள மாதிரியின் 1 கிராம் காபலில் உள்ள - 14 காபல் கருக்களின் எண்ணிக்கை

$$N = \left(\frac{6.023 \times 10^{23}}{12} \right) \times 1.3 \times 10^{-12}$$

உயிருள்ள மாதிரியின் 1 கிராம் காபலின் தொழிற்பாடு

$$A_0 = \lambda N = \left(\frac{6.023 \times 10^{23}}{12} \right) \times 1.3 \times 10^{-12} \times 4.00 \times 10^{-12} \text{ Bq} = 0.26 \text{ Bq}$$

5.12 கதிர்ப்பை அளக்கும் அலகுகள்

யாதேனும் சுட்பொருளினால் (பொருள் அல்லது அங்கியினால்) உறிஞ்சப்படும் கதிர்ப்புச் சக்தியை அதாவது ஊட்டை (dose) அளப்பதற்குப் பயன்படும் அலகு கிரே (Gray) (Gy) எனப்படும்.

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J kg}^{-1}$$

வெவ்வேறு கதிர்ப்பு வகைகளால் கதிர்ப்பின் ஊட்டு தொடர்பான உயிர்ப் பொருள்களுக்கு நிகழும் தாக்கத்தை அதாவது பாதிப்பைக் கதிர்ப்பின் பலித ஊட்டு மூலம் அளக்கலாம். அதன் அலகு சீவர்ட் Sievert (Sv) ஆகும்.

கதிர்ப்பின் பலித ஊட்டு = Q காரணி × உறிஞ்சப்பட்ட கதிர்ப்பு ஊட்டு

Q காரணி அதாவது RBE காரணியானது (Relative biological effectiveness) கதிர்ப்பின் தன்மையின் மீது தக்கியீடுக்கும்.

பல்வேறு கதிர்ப்புகளுக்காக Q காரணியின் பெறுமானம் அட்டவணை 5.2 தரப்பட்டுள்ளது.

* மேற்படி சமன்பாடு 3, 4 ஆகியன 2017 தொடக்கம் நடைமுறைப்படுத்தப்படும் க.பொ.த. உயர்தர பௌதிகவியல் பாடத்திட்டத்தில் உள்ளடங்கப்படவில்லை.

கதிர்்பு வகை	Q காரணியின் பெறுமானம்
β, γ, X	1
n	5 தொடக்கம் 20 வரை
α	20

அட்டவணை 5.2

5.12.1 பின்னணிக் கதிர்்பு (Background radiation)

கதிர்்தொழிற்பாடு இயற்கையாக ஒரு தோற்றப்பாடாகும். கிரனைற்று போன்ற பாறைகளில் கதிர்்தொழிற்பாட்டு நியுக்லைடைடுக்கள் சொற்ப அளவில் உண்டு. கதிர்்தொழிற்பாட்டு இரேடன் மற்றும் அதன் மகள் மூலகங்கள் மூலம் பின்னணிக் கதிர்்பின் ஏறத்தாழ 51% கிடைக்கும். அத்தோடு கதிர்்பு முதல்கள் (X-கதிர்) மூலமும் நாம் நுகரும் உணவுகள் மூலமும் புகும் நீர் மூலமும் அண்டக் கதிர்கள் மூலமும் உட்கவாச வளி மூலமும் உடலினுள் கதிர்கள் புகும். இதன் விளைவாக ஒருவர் சராசரியாக ஆண்டொன்றுக்கு ஏறத்தாழ 0.0015 Sv கதிர்்பு ஊட்டுக்கு ஆளாவார். கதிர்்பு சார்ந்த தொழில்களில் ஈடுபட்டுள்ளோருக்கு ஆண்டொன்றுக்குக் கிடைக்கும் கதிர்்பு ஊட்டு 0.05 Sv இற்கு மேற்படலாகாது.

பின்னணிக் கதிர்்பு முதல்கள்	கதிர்்பு அளவு
இரேடன் மற்றும் அதன் மகள் விளைவுகள்	51%
X-கதிர்கள் போன்ற மருத்துவத்துறையில் பயன்படும் சாதனங்கள் மூலம் நுகரும் உணவினால்	12%
பாறைகள் மற்றும் மண்ணிலிருந்து வெளிப்படும் γ -கதிர்கள் மூலம்	14%
விண்வெளியிலிருந்து கிடைக்கும் அண்டக் கதிர்கள் மூலம்	10%
வெவ்வேறு எழுயாறான சந்தர்ப்பங்கள் (கரு வெடிப்பு / அணு ஆலைகளில் நிகழும் கசிவு) மூலம்	01%

5.13 கதிர்்பு இடர்கள் (Radiation hazards)

α, β, γ - கதிர்கள் போன்ற இயற்கையான கதிர்்புகளுக்கு வெளிக்காட்டப்படுவதன் காரணமாக உயிர் இழைபங்களில் (living tissue) பாதிப்பு ஏற்படும். இந்த கருக்கதிர்்பு காரணமாக உயிர் பொருள்களின் கலங்களில் உள்ள அணுக்கள் அயனாக்கமடைவதே இதற்கான காரணமாகும். இனப்பெருக்கத் தொகுதி பாதிக்கப்படுதல், பரம்பரையலகுகள் விகாரமடைதல், மலட்டுத்தன்மை ஏற்படல், குருதியை உற்பத்தி செய்யும் கலங்கள் ஆதிதல் காரணமாக குருதிப்புற்று நோய் மற்றும் ஏனைய புற்றுநோய்கள் ஏற்படல், குருட்டுத்தன்மை ஏற்படல், நிர்்பீடனம் குறைவடைதல் போன்ற தாக்கங்கள் கதிர்்பு களுக்கு உள்ளாவதால் ஏற்படலாம். ஒருவர் கருத் தாக்கமொன்றின்போது உற்பத்தியாகும்

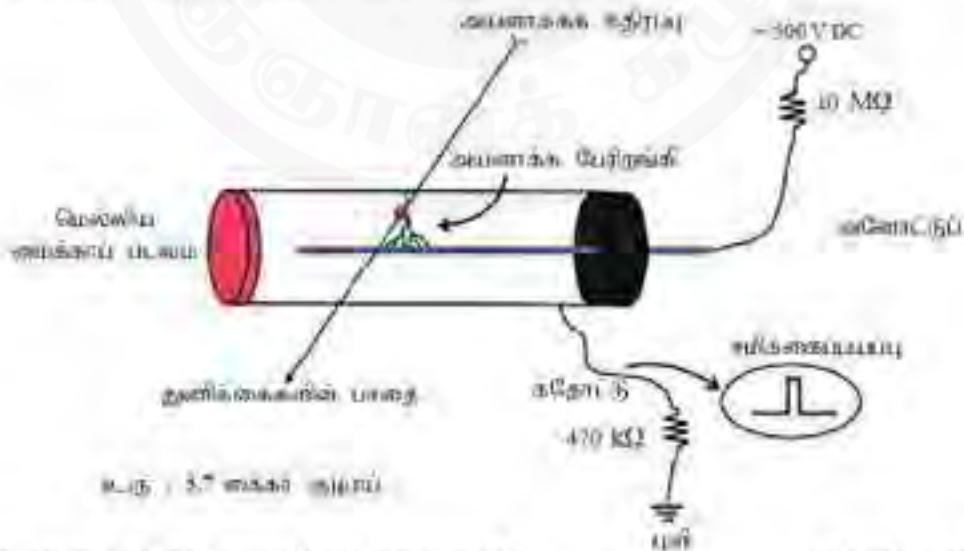
அதிக கதிர்ப்பு ஊட்டுக்கு ஆளாவதால் உடனடியாக மரணம் சம்பவிக் க இடமுண்டு. கதிர்தொழிற்பாட்டு முதல்களைக் கையால் தொடுதலாகாது. எப்போதும் அம்முதல் களிலிருந்து இயன்ற அளவு தூரத்தில் இருந்தல் வேண்டும். அவற்றுக்கு அநுகே நங்கியிருக்கும் நேரத்தையும் சூயஸ்ர அளவுக்குக் குறைத்தல் வேண்டும்.

- கதிர்தொழிற்பாட்டு முதல்களை பெரிட்டு பாதுகாப்பான (நய - கோங்கிரீற்று) காப்பறைகளின் (safe) களில் களங்கியப்படுத்த வேண்டும்.
- அவற்றையி் பயன்படுத்தும்போது கையுறையும் சாவனமும் பயன்படுத்தல் வேண்டும்.
- கதிரியக்கப் பொருள்கள் உள்ள சூடத்தில் இருந்தவாறு உடனவு உட்டுகள்ளவாகாது. அத்தியைனை தூக்கியவாறு கண்களையே முக்கையே வைத்திருக்கலாகாது.
- கதிர்த் தொழிற்பாடு சார்ந்த பரிசோதனைகளில் பயன்படுத்தி பெறப்படும் காகித நாள்கல் துணித்துண்டுகள் போன்ற கழிவுகளை உரிய வகையில் அப்புறப்படுத்தல் வேண்டும்.

5.14 கதிர்ப்பு உணரிகள் (Radiation detectors)

α - துணிக்கைகள், β - துணிக்கைகள், X- கதிர்கள் மற்றும் γ - கதிர்கள் வாயுவொற்றின் ஊடாகச் செல்லும்போது வாயு மூலக்கூறுகள் அயனாகக்கயடைந்து நேர் மற்றும் மறை ஏற்றங்க்கொண்ட அயன்களைத் தோற்றுவிக்கும். வாயுவின் ஊடாகச் செல்லும் கதிர்ப்பின் அளவின் மீது தோன்றும் அயன்களின் எண்ணிக்கை நங்கியிருக்கும். உற்பத்தியாகும் அயன்களின் எண்ணிக்கையை அளப்பதற்காக வெவ்வேறு வகையான உணரிகள் பயன்படுத்தப்படும்.

கைகர் மீயுலர் எண்ணி (Geiger - Mueller tube)



உருளை வடிவக் கதோடடையும் அவிவுருளையின் அச்சின் வழியே வைக்கப்பட்ட மேல்லிய அணைட்டுக்கம்பியையும் கொண்டதாக கைகர்குழாய் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. உரு 3.1 இல் காட்டியுள்ளவாறாக குழாயின் ஓர் அங்கத்தில் சிறிய துவாரங்களைக் கொண்ட மிக மேல்லிய அணைக்காப் படலமும் மற்றைய அக்தம்

காலில்ப் பொருளொன்றினால் மூடப்பட்டுள்ளதோடு அனோட்டுக்கும் கதோட்டுக்கும் இடையே ஏறத்தாழ 500 V அழுத்த வித்தியாசம் பிரயோகிக்கப்பட்டுள்ளது. முத்திரையிடப்பட்ட கைகர்துழாய் 10 mm Hg அளவான குறைந்த அழுத்தத்தைக் கொண்ட ஆகன் வாயுவினாலும் சிறிதளவு அலசன் வாயுவினாலும் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு, அயனாக்கக் கதிர்ப்புத் துணிக்கையொன்று குழாய்க்கு குறுக்காகச் செல்லும்போது ஆகன் அணுக்கள் அயனாக்கமடைந்து இலத்திரன்களும் நேர் அயன்களும் தோன்றும். அனோட்டுக்கும் கதோட்டுக்கும் இடையே உள்ள அழுத்த வித்தியாசம் காரணமாக, இலத்திரன்கள் அதிக இயக்கச் சக்தியைப் பெற்று ஆகன் அணுக்களுடன் மோதி, மேன்மேலும் வாயு அணுக்களை அயனாக்கத்துக்கு உட்படுத்தும். இச்செயன்முறை பேரிறங்கி விளைவு (Avalanche effect) எனப்படும். இதன் விளைவாக பெருந்தொகையான இலத்திரன்கள் ஒரேடியாக அனோட்டை நோக்கிச் சென்று புறச்சுற்றில் மின்னோட்டத் துடிப்பொன்றை ஏற்படுத்தும். இதற்களைய, குழாயினுள் புகும் தனிக் கதிர்ப்புத் துணிக்கையினாலும் கூட, ஒர் அயனாக்க நிகழ்வின்போது $\frac{1}{10}^{th}$ அளவு மிகச்சிறிய நேரத்துள் ஏறத்தாழ 10^7 எண்ணிக்கை இலத்திரன்களை விடுவித்து பாரிய ஓட்டத்துடிப்பொன்றினை ஏற்படுத்தும் ஆற்றல் உண்டு. அனோட்டுக்கு அருகே ஓர் இலத்திரன் பேரிறக்கம் ஏற்பட்டதன் மின்னீர் கதோட்டை நோக்கி வரும் நேர் ஆகன் அயன்களை நடுநிலையாக்கி கதோட்டுக்குக் குறுக்காக ஓட்டத்துடிப்பை நிறுத்தும் செயன்முறையை அதாவது தடுத்தலை குழாயினுள் உள்ள அலகன் (டிரோபின்) வாயு நிகழ்த்தும். மேற்படி செயன்முறையின் விளைவாகக், குழாயினுள் புகும் ஒரு கதிர்த் தொழிற்பாட்டுப் போட்டன் மூலம் அனோட்டின் ஊடாக ஒரு ஓட்டத்துடிப்பொன்றினை மாத்திரமே ஏற்படுத்தும். வெளிச்சுற்றில் உள்ள ஏறத்தாழ 10 மெகா ஒம் தடைக்கு ஊடாக ஏற்படும் ஓட்டத்துடிப்பு மூலம் அதற்குக் குறுக்காக ஏறத்தாழ 1 ஹோல்டர் அளவுள்ள ஹோல்டர்ளவுத் துடிப்பு உருவாக்கப்படும். அதனை விரியலாக்கி, வீதமானிக்கு அனுப்புவதன் மூலம் கதிர்த்தொழிற்பாட்டுத் துணிக்கைகள் (போட்டன்கள்) புகும் வீதத்தை அளந்து கொள்ளலாம். அனோட்டின் சுயாதீன அந்தத்திற்கு அருகே மின் தீப்பொறி ஏற்படுவதைத் தவிர்ப்பதற்காக அந்தத்தில் கண்ணாடி மணிபொன்று பொருத்தப் பட்டுள்ளது.

தீர்த்த பிரச்சினைகள்

01. கதிர்த்தொழிற்பாட்டுக் கருவொன்று (A) பின்வருமாறாக உறுதியான ஒரு கருவாக (C) மாறுகின்றது. B என்பது கதிர்த்தொழிற்பாட்டு இடைக் கருவொன்றாகும்.

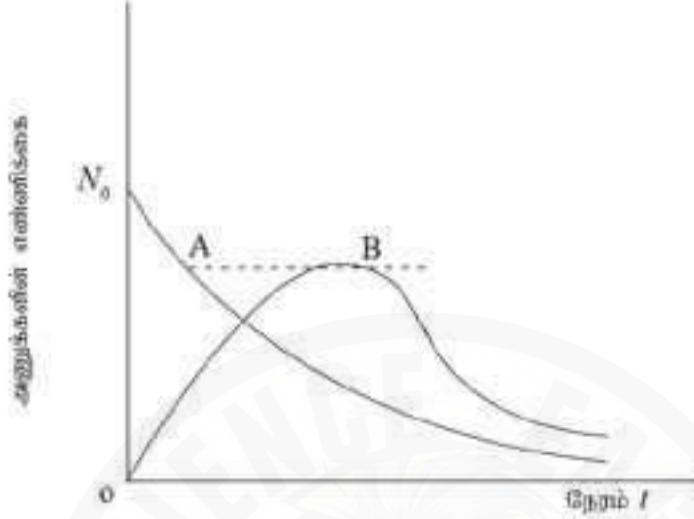
$$A \rightarrow B \rightarrow C$$

ஆரம்பத்தில் (A) இல் N_0 எண்ணிக்கை அணுக்கள் உள்ளன. காலப்போக்கில் A இலும் B இலும் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை வேறுபடும் விதத்தைக் காட்டும் வரைபை வரைக.

விடை

ஆரம்பத்தில் ($t = 0$) $N_A = N_0$ மற்றும் $N_B = 0$ ஆவதோடு, காலப்போக்கில் A யினது அணுக்களின் எண்ணிக்கை (N_A) அடுக்குக்குறிப்படி குறைவடைந்து $t \rightarrow \infty$

ஆகும்போது பூச்சியத்தை அடைகின்றது. Bஇல் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை, காலப்போக்கில் அதிகரித்து உச்சத்தை அடைந்து அடுக்குக்குறியிப்பு குறைவடைந்து பூச்சியத்தை அடைகின்றது.



2. 1000MW பிளவுத்தாக்கி (fission reactor) யொன்று அதன் எரிபொருளின் அரைவாசியை நுகர்வதற்கு 5 ஆண்டு காலம் செல்கின்றது. ஆரம்பத்தில் அங்கு இருந்த $^{235}_{92}\text{U}$ இன் அளவு யாது? முழுச்சக்தியும் பிளவு மூலமே உற்பத்தியாகின்றது எனவும் தாக்கி தொழிற்படும் காலம் மொத்தக் காலத்தின் 80%ஆகும் எனவும் கருதுக. யூரேனியம் கருவொன்று பிளவுறும்போது வெளிவிடும் சக்தி 200 MeV எனக் கருதுக.

விடை : யூரேனியம் கருவினால் விடுவிக்கப்படும் சக்தி 200 MeV ஆயின் 1 kg பிளவடைவதால் உற்பத்தியாகும் சக்தி

$$= \frac{200 \times 6 \times 10^{23} \times 1000}{235}$$

$$= 5.106 \times 10^{26} \times 10^{20} \times 106 \times 1.6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 8.17 \times 10^{11} \text{ J}$$

- 5 ஆண்டுகளில் உற்பத்தியாகும் மொத்தச் சக்தி

$$= 1000 \times 10^9 \times 0.8 \times 5 \times 365 \times 24 \times 3600$$

$$= 1.264 \times 10^{17} \text{ J}$$

- 5 ஆண்டுகளில் நுகரப்பட்ட $^{235}_{92}\text{U}$ இன் அளவு

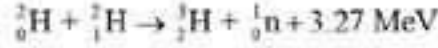
$$= \frac{1.2614 \times 10^{17}}{8.17 \times 10^{11}}$$

$$= 1544 \text{ kg}$$

$$= 2 \times 1544 \text{ kg}$$

$$= 3088 \text{ kg}$$

03. தியூத்திரியம் 2.0 kg உருகுவதால் கிடைக்கும் சக்தியைக்கொண்டு 100 W மின் விளக்கொன்றினை ஒளிர்ச் செய்யக்கூடிய காலத்தைக் கணிக்க. அவ்வுருகல் தாக்கம் கீழே தரப்பட்டுள்ளது.



விடை: 2.0 kg தியூத்திரியத்தில் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை

$$\begin{aligned} &= \frac{6.023 \times 10^{23} \times 2000}{2} \\ &= 6.023 \times 10^{26} \end{aligned}$$

ஒரண்டு அணுக்கள் உருகுவதால் வெளிவிடப்படும் சக்தி = 3.27 MeV

வெளிவிடப்படும் மொத்தச் சக்தி = $\frac{3.27 \times 6.023 \times 10^{26}}{2}$ MeV

$$\begin{aligned} &= 1.635 \times 6.023 \times 10^{26} \times 1.6 \times 10^{-19} \\ &= 15.75 \times 10^{11} \text{ J} \end{aligned}$$

இவ்வளவு சக்தியையும் 100 W வலுவூடன் பயன்படுத்தச் செலவாகும் காலம் t ஆயின்,

$$\begin{aligned} t &= \frac{15.75 \times 10^{11}}{100} \\ &= 15.75 \times 10^{11} \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t(\text{ஆண்டுகள்}) &= \frac{15.75 \times 10^{11}}{365 \times 24 \times 3600} \\ &= 4.99 \times 10^4 \text{ ஆண்டுகள்} \end{aligned}$$

4. பின்வரும் சந்தர்ப்பங்களுக்குரிய கருத்தாக்கச் சமன்பாடுகளை எழுதிக்காட்டுக.

(i) ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ இல் α தேய்வு

(ii) ${}^{32}_{15}\text{P}$ இல் β^- தேய்வு

(iii) ${}^{11}_6\text{C}$ இல் β^+ தேய்வு

விடை: (i) ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$

(ii) ${}^{32}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{32}_{16}\text{S} + e^- + \bar{\nu}_e$

(iii) ${}^{11}_6\text{C} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + e^+ + \nu$

e^+ எனக் காட்டப்படுவது பொசித்திரன் ஆகும்.

5. கதிர்ந்தொழிற்பாட்டுச் சமதானியொன்றின் அரை ஆயுட் காலம் T ஆண்டுகள் ஆகும். அதன் தொழிற்பாடு ஆரம்பத் தொழிற்பாட்டின் 3.125% ஆவதற்குச் செலவாகும் காலத்தைக் கணிக்க.

ஆரம்பத் தொழிற்பாடு A ஆயின், இறுதித் தொழிற்பாடு A_0 ஆயின்,

$$\frac{A}{A_0} = \frac{3.125}{100}$$

ஒவ்வொரு அரை ஆயுட்காலத்தின் பின்னரும் தொழிற்பாட்டின் அரைவாசி குறைவடைகின்றமையால் n \times $\frac{1}{2}$ அரை ஆயுட்காலத்தின் பின்னர் இவ்வாறு எழுத முடியும்.

$$\frac{A}{A_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

ஆதல் வேண்டும் எனவே செலவாகிய காலம் எத்தனை அரை ஆயுட்காலங்களுக்குச் சமமானது என்பதைக் கண்டறிவதற்காக n நாம், $3.125/100$ பெறுமானத்துக்கு ஒப்பான n இனது பெறுமானத்தைக் கண்டறிதல் வேண்டும்.

அதாவது

$$\frac{3.125}{100} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

$$2n = \frac{100}{3.125} = 32$$

$$\underline{n = 5}$$

எனவே செலவாகிய காலம் $5T$ ஆகும்.

7. உயிர்ச்சுவட்டு என்புத்துண்டொன்றின் $^{14}\text{C} : ^{12}\text{C}$ விகிதம் உயிருள்ள விலங்கு எனும்புத்துண்டினது அப்பெறுமானத்தின் $\frac{1}{16}$ ஆகும். ^{14}C இனது அரை ஆயுட்காலம் 5730 ஆண்டுகளெனின், உயிர்ச்சுவட்டு என்பின் வயதைக் கணிக்குக.

விடை:

என்புத்துண்டின் வயது t

காபனின் அரை ஆயுட்காலம் T (5730 ஆண்டுகள்)

$$\frac{A}{A_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T}$$

$$\frac{1}{16} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5730}}$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5730}}$$

$$4 = \frac{t}{5730}$$

$$t = 5730 \times 4$$

22920 ஆண்டுகள் ஆகும்.

கதிர்த்தொழிற்பாடு - பயிற்சிகள்

1. கதிர்த்தொழிற்பாட்டுக் கருவொன்றிலிருந்து மூன்று α துணிக்கைகளும் இரண்டு பொசித்திரன் துணிக்கைகளும் காலப்படுகின்றன. ஆரம்பத்தில் அக்கலத்தின் திணிவெண் A எனவும் அணுவெண் Z எனவும் கொண்டு, இறுதியில் கருவில் ன்ள நியுத்திரன்களுக்கும் புரோத்தன்களுக்கும் இடையிலான விகிதம்

(a) $\frac{A-Z-4}{Z-2}$ (b) $\frac{A-Z-8}{Z-4}$ (c) $\frac{A-Z-4}{Z-8}$ (d) $\frac{A-Z-12}{Z-4}$ (e) $\frac{A-Z-4}{Z+4}$ ஆகும்.

2. கருவொன்றிலிருந்து γ - கதிர் காலப்படும்போது,

(a) நியுத்திரன் எண், புரோத்தன் எண் ஆகிய இரண்டும் வேறுபடும்.

(b) நியுத்திரன் எண், புரோத்தன் எண் ஆகிய இரண்டும் வேறுபடமாட்டாது

(c) நியுத்திரன் எண் மாத்திரம் வேறுபடும்

(d) புரோத்தன் எண் மாத்திரம் வேறுபடும்

(e) திணிவெண் மாத்திரம் வேறுபடும்

3. கதிர்த்தொழிற்பாட்டுத் தேய்வுச் செயன்முறையின்போது காலப்படும் மறையேற்றமுள்ள β - துணிக்கைகள்

(a) கருவினுள் காணப்பட்ட இலத்திரன்கள் ஆகும்

(b) கருவினுள் காணப்பட்ட நியுத்திரன்கள் தேய்வுகள் விளைவாக உற்பத்தியாகும் இலத்திரன்களாகும்

(c) அணுக்களுக்கு இடையிலான மோதுகையின் (collision) விளைவாக உற்பத்தியாகும் இலத்திரன்களாகும்.

(d) கருவில் காணப்பட்டபுரோத்தன்கள் தேய்வுதன் விளைவாக உற்பத்தியாகும் இலத்திரன்களாகும்

(e) கருவையுற்றி சுற்றிச் செல்லும் இலத்திரன்களாகும்.

4. கதிர்த்தொழிற்பாட்டுப் பதார்த்தத்தின் திணிவு இரண்டு மணித்தியாலங்களின் பின்னர் ஆரம்பத்திணியின் $\frac{1}{16}$ ஆகின்றது அப்பதார்த்தத்தின் அரை ஆயுட்காலம்

(a) 30 நிமிடங்களாகும் (b) 90 நிமிடங்களாகும்

(c) 45 நிமிடங்களாகும் (d) 60 நிமிடங்களாகும்

(e) 16 நிமிடங்களாகும்

5. கதிரியாக்கப் பதார்த்தமொன்றின் அரை ஆயுட்காலம் 3.6 நாட்கள் ஆகும். ஆரம்பத்தில் அப்பதார்த்தத்தின் 20 mg திணிவு காணப்பட்டது. 36 நாட்களின் பின்னர்

மீதியாக இருக்கும் திணிவு

- (a) 0.0019 mg (b) 1.109 mg
(c) 1.019 mg (d) 0.019 mg
(e) 0.19 mg

6. கதிர்த்தொழிற்பாட்டுப் பதார்த்த மாதிரியொன்றின் தொழிற்பாடு 3 நாள்களின் பின்னர், ஆரம்பத் தொழிற்பாட்டின் $\frac{1}{3}$ ஆகின்றது. 9 நாள்களின் பின்னர் அதன் தொழிற்பாடு

- (a) ஆரம்பப் பெறுமானத்தின் $\frac{1}{3}$ ஆகும்
(b) ஆரம்பப் பெறுமானத்தின் $\frac{1}{9}$ ஆகும்
(c) ஆரம்பப் பெறுமானத்தின் $\frac{1}{18}$ ஆகும்
(d) ஆரம்பப் பெறுமானத்தின் $\frac{1}{27}$ ஆகும்
(e) ஆரம்பப் பெறுமானத்தின் $\frac{1}{81}$ ஆகும்

7. கரு உருகல் நிகழ்வது

- (a) இலேசான இரண்டு அல்லது சில கருக்களுக்கு இடையே மாத்திரமாகும்
(b) பாரமான இரண்டு கருக்களுக்கு இடையே மாத்திரமாகும்
(c) இலேசான இரண்டு கருக்களுக்கு இடையேயும், பாரமான இரண்டு கருக்களுக்கு இடையேயும் மாத்திரம் ஆகும்
(d) தேய்வுக்கு எதிரான உறுதியான இரண்டு கருக்களுக்கு இடையே மாத்திரம் ஆகும்.
(e) மேற்படி எதிலும் அல்ல

8. தாய்க்கருவொன்றின் நியூக்கிளியோன் ஒன்றின் பிணைப்புச்சக்தி E_1 , உம் மகட்கருவின் அச்சக்தி E_2 உம் ஆயின்.

- (a) $E_1 = 2E_2$ (b) $E_2 = 2E_1$ (c) $E_1 > E_2$
(d) $E_2 > E_1$ (e) $E_1 = E_2$

9. கதிர்த்தொழிற்பாட்டு மூலக மாதிரியொன்றின் ஆரம்பத்தில் 4×10^{10} தொழிற்படும் கருக்கள் இருந்தன. மூலகத்தின் அரை ஆயுட்காலம் 10 நாள்கள் ஆகும். 33 நாள்களின் பின்னர் தேய்வடைந்த கருக்களின் எண்ணிக்கை எவ்வளவு?

- (a) 0.5×10^{10} (b) 2×10^{10} (c) 3.5×10^{10} (d) 1×10^{10} (e) $\frac{1}{3} \times 10^{10}$

10. இரேடியத்தில் அரை ஆயுட்காலம் ஏறத்தாழ 1600 ஆண்டுகள் ஆகும். மாதிரியின் ஆரம்பத்திணிவு 100 g எனின் அதன் திணிவு 25 g ஆவதற்கு எத்தனை ஆண்டுகள்

செலவளமும்

- (a) 4800 (b) 6400 (c) 2400 (d) 3200 (e) 400

விடை:-

1. (c) 2. (b) 3. (b) 4. (a) 5. (d) 6. (d)
7. (a) 8. (d) 9. (c) 10. (d)



அறியும் அத்தியாயம்

கருச்சக்தியும் அதன் பயன்பாடுகளும்
Nuclear energy and its uses

6.1 அணுவின் அமைப்பு

எல்லா மூலகங்களினதும் அணுக்கள் கருவொன்றினாலும் அதனைச் சூழ வெவ்வேறு சக்திமட்டங்களில் செல்லும் துலத்திரன்களாலும் ஆனவை. அணுவின் கருவானது புரோத்தன்களாலும் நியூத்திரன்களாலும் ஆனது ஏற்றம் அற்ற நியூத்திரன் எனும் நடுநிலையான துணிக்கையைக் கண்டுபிடித்தமைக்காக 1935இல் ஜேம்ஸ் சட்விக் (James Chadwick) எனும் விஞ்ஞானிக்கு நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது. இந்த உயர் அணுத்துணிக்கைகள் (subatomic particles) அதிக சக்தியினால் பிணைந்து காணப்படும். துலத்திரன்கள் மறை ஏற்றம் கொண்டவையாவதோடு அவை அணுவைச் சூழ வெவ்வேறு ஒழுக்குகளில் சுற்றியவாறு உள்ளன. அணுவின் திணிவுடன் ஒப்பிடும்போது துலத்திரனின் திணிவு மிகச் சிறியது. செற்குறிப்பட்ட உயர் அணுத்துணிக்கைகள் (புரோத்தன்களும் நியூத்திரன்களும்) பொதுவில் நியூக்லியோன் (nucleon) எனப்படும். புதிய கண்டுபிடிப்புகளின்மூலம் புரோத்தன்களும் நியூத்திரன்களும் மிகவும் அடிப்படையான துணிக்கை எனப்படும் குவார்க்கள் (quark) குளாலானவை.



உரு - 6.1 ஜேம்ஸ் சட்விக்

உயர் அணுத்துணிக்கை	குறியீடு	ஏற்றம்	திணிவு
துலத்திரன்	e	$-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
புரோத்தன்	p	$+1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	$1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$
நியூத்திரன்	n	0	$1.6748 \times 10^{-27} \text{ kg}$

மேற்படி அட்டவணைமீன்படி புரோத்தனினதும் நியூத்திரனினதும் தனிவுகள் அண்ணளவாகச் சமயாவதோடு இலத்திரனின் தனிவானது அதன் 2000 இல் ஒரு பங்காகும் என்பதும் தெளிவாகின்றது. பொதுவாக இயற்கையில் காணப்படும் நடுநிலையான ஓர் அணுவின் இலத்திரன்களின் எண்ணிக்கையும் புரோத்தன்களின் எண்ணிக்கையும் எண்ணிக்கையில் சமமானது. அணுவின் தனிவின் 99.9% இலும் மேற்பட்ட பகுதி கருவியே உள்ளது. அணுவின் ஆரையுடன் ஒப்பீடுகையில் கருவின் ஆரையானது ஏறத்தாழ $\frac{1}{10^4}$ ஆகும். அணுவை பாடசாலை வகுப்பறையொன்றின் அளவுக்குப் பெருப்பித்தோமாயின் அதன் கருவானது ஒரு குண்டு முனையின் அளவுக்குச் சமமானது என ஒப்பீட்டுக் காட்டலாம். காபன்¹²C இனது கரு ஆரை 2.7×10^{-15} m ஆவதோடு அதன் அணு ஆரை 0.9×10^{-10} m ஆகும். இப்பெறுமானங்களைக் கருதும்போது ¹²C காபன் அணுவொன்றின் ஆரையானது கரு ஆரையின் ஏறத்தாழ 33000 மடங்கானது என்பது தெளிவாகின்றது. கரு ஆரையானது மிகச் சிறிய பெறுமானத்தைப் பெறுவதற்கான காரணம் அதனுள்ளே நியூக்கிளியோன்கள் மிக வலிமையான கவர்ச்சி விசைகளினால் ஒன்றுடனொன்று பிணைந்திருப்பதாகும்.

கருக்குறிப்பீடு (Nuclear Notation)

நியம கருக்குறிப்பீட்டில் சமதானியொன்றின் இரசாயனக் குறியீடு, தனிவெண், அணுவெண் ஆகியன பின்வருமாறு எழுதப்படும்.



X என்பது குறித்த மூலகத்தின் இரசாயனக் குறியீடு ஆகும்

Z என்பது அணுவெண் அதாவது கருவில் உள்ள புரோத்தன் எண்ணிக்கை ஆகும்

A என்பது தனிவெண் ஆகும்

$$A = Z + N \text{ (இங்கு } N \text{ நியூத்திரன்களின் எண்ணிக்கையாகும்)}$$

அணுவொன்றின் கருவில் உள்ள புரோத்தன்களின் எண்ணிக்கை (அணுவெண் - Z)

இன்றிது அணுவின் தனித்தவம் நங்கியுள்ளது

உதாரணம் : காபன் அணுக்களின் கருவில் உள்ள புரோத்தன்களின் எண்ணிக்கை 6 ஆகும்.

சுயத்தில் (Pb)	82ஆகும்.
செப்பில் (Cu)	29ஆகும்.

6.2 சமதானிகள்

ஒரே மூலகத்தின் வெவ்வேறு விதங்கள் சமதானிகள் எனப்படும். சில மூலகங்களின் கருவில் காணப்படும் புரோத்தன்களின் எண்ணிக்கை சமமானதாயினும், நியூத்திரன்களின் எண்ணிக்கை சமமற்ற அணுக்கள் சமதானிகள் எனப்படும். மேற்படி குறிப்பிட்டபடி ஒரே அணுவெண்ணைக் (Z) கொண்ட, வெவ்வேறுபட்ட தனிவைக் கொண்ட மூலக அணுக்களை சமதானிகள் எனலாம்.

உதாரணமாக ${}_{92}^{238}\text{U}$, ${}_{92}^{235}\text{U}$, ${}_{92}^{233}\text{U}$ ஆகியவை யூரேனியத்தில் முன்று சமதானிகள் ஆகும்.

சமதானிகளில் சம எண்ணிக்கைப் புரோத்தன்கள் அடங்கியுள்ளமையால் ஒவ்வொரு ஏற்றமற்ற அணுவிலும் சம எண்ணிக்கையான இலத்திரன்கள் உள்ளன. கருவைச் சூழவுள்ள இலத்திரன் கோலத்திலேயே இரசாயனத் தாக்கங்கள் தங்கியுள்ளமையால் அவை சமமான இரசாயன இயல்புகளைக் கொண்டவையாகும்.

உரு: 6.2 இல் ஐதரசனின் முன்று சமதானிகள் காட்டப்பட்டுள்ளன. பொதுவான ஓர் ஐதரசன் கருவில் ஒரு புரோத்தன் மாத்திரமே அடங்கியுள்ளது. அந்த புரோத்தன் ஓர் இலத்திரனுடன் பிணைவதால் அக்கரு ஒரு நடுநிலையான அணுவைத் தோற்றுவிக்கும். தியூத்திரியம் எனும் சமதானியின் புரோத்தனுக்கு மேலதிகமாக ஒரு நியூத்ரான் இருப்பதோடு அங்கும் ஏற்றம் 1 ஆதலால் நடுநிலையான அணுவில் ஓர் இலத்திரன் மாத்திரமே உள்ளது. திரித்தயம் கருவில் ஒரு புரோத்தனும் இரண்டு நியூத்ரான்களும் உள்ளன. எனினும் அதன் நடுநிலையான அணுவில் ஓர் இலத்திரன் மாத்திரமே உண்டு.



பொதுவான ஐதரசன்

தியூத்திரியம்

திரித்தயம்

உரு : 6.2

இது ஓர் உறுதியற்ற கரு இது இயற்கையில் காணப்படாது

6.2.1 குளோரின் வாயுவின் சமதானிகள்

இயற்கையான குளோரின் வாயுவில் சமதானிகள் உள்ளதோடு அதில் ஏறத்தாழ 75% சதவீதம் ${}_{17}^{35}\text{Cl}$ சமதானிகளும் மீதியாக உள்ள 25% சதவீதமானவை ${}_{17}^{37}\text{Cl}$ சமதானிகளாகும். காபனில் ${}_{6}^{12}\text{C}$, ${}_{6}^{13}\text{C}$, ${}_{6}^{14}\text{C}$ என நான்கு சமதானிகள் உள்ளன. காபன், ஓட்சிசன், நைட்ரசன் போன்ற இலேசான மூலகங்களில் பரவலாகக் காணப்படுகின்ற உறுதியான சமதானியில் புரோத்தன்களின் எண்ணிக்கையும் நியூத்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் சமமானது. எனினும் கருவின் திணிவு அதிகரிக்கும்போது நியூத்ரான்களின் எண்ணிக்கையானது புரோத்தன்களின் எண்ணிக்கையைவிடப் படிப்படியாக அதிகரிக்கும். நிறை கூடிய கருக்களை உறுதியாக வைத்திருப்பதற்காக அதிக எண்ணிக்கை நியூத்ரான்கள் தேவைப்படும் என்பதை இதன் மூலம் முடிவு செய்யலாம்.

6.3 கரு அலகுகள்

கருச்சக்தி தொடர்பான கணித்தல்களில் பெரும்பாலும் பயன்படும் சில அலகுகள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

ஒன்றுபடுத்திய அணுத்திணிவு அலகு (unified atomic mass unit)

அணுவின்னதும், கருவின்னதும் திணிவை அளப்பதற்காகப் பயன்படும் அலகு, ஒன்றுபடுத்திய அணுத் திணிவு அலகு (amu) எனப்படுகின்றது. இந்த அலகுக்கான குறியீடாக u அல்லது amu என்பது பயன்படுகின்றது. காபன் -12 அணுவின் திணிவு சரியாக 12 u ஆகும் என இந்த அலகு வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. திணிவுத் திருசியமானியைப் பயன்படுத்திச் செய்யப்பட்ட அளவீட்டின்படி, காபன் - 12 அணுவின் திணிவு 1.992647×10^{-26} kg ஆகும். அதற்கமைய

$$\begin{aligned} 1 \text{ u} &= \frac{{}^{12}_6\text{C அணுவின் திணிவு}}{12} \\ &= \frac{1.992647 \times 10^{-26}}{12} \\ &= 1.660539 \times 10^{-27} \text{ kg} \end{aligned}$$

ஐன்ஸ்டைன் இனது திணிவு - சக்தி தொடர்பு மூலம் 1 u இற்கு ஒப்பான சக்தியின் அளவைப் பின்வருமாறு கணிக்கலாம்.

$$\begin{aligned} E &= mc^2 \\ &= 1.660539 \times 10^{-27} \text{ kg} \times (2.9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 \\ &= 1.49 \times 10^{-10} \text{ J} \end{aligned}$$

6.3.1 இலத்திரன் வோல்ட்டு (eV)

சக்தியை அளப்பதற்குப் பயன்படும் ஒர் அலகாகிய இலத்திரன் வோல்ட்டு ஆனது 1 V அழுத்த வித்தியாசத்தின் கீழ் இலத்திரனொன்று ஆர்முடுகும்போது பெறும் சக்தி என வரையறுக்கப்படும். இச்சக்தியானது 1.6022×10^{-19} யூல் இற்குச் சமமானது.

$$1 \text{ eV} = 1.6022 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 1.49239 \times 10^{-10} \text{ J}$$

அதற்கமைய 1 u திணிவு, இலத்திரன் வோல்ட்டில்

$$\begin{aligned} 1 \text{ u} &= \frac{1.49239 \times 10^{-10}}{1.6022 \times 10^{-19}} \text{ eV} \\ &= 931.5 \text{ MeV} \end{aligned}$$

6.4 இரசாயனத் தாக்கங்களிலும் கருத்தாக்கங்களிலும் வெளிப்படும் சக்தி

இரசாயனத் தாக்கமொன்றின்போது அணுக்களுக்கு இடையே இலத்திரன்கள் பரிமாறப்படும் அல்லது பங்கிட்டுக்கொள்ளப்படும். அணுவொன்று இலத்திரன்களை வழங்குதல் அல்லது பெறுதலுக்கமைய அயன் பிணைப்புக்கள் (ionic bond) தோன்றுதல், இலத்திரன்களைப் பங்கிட்டுக் கொள்ளல் காரணமாக பங்கிட்டுப் பிணைப்புக்கள் (covalent bond) தோன்றுதல் போன்ற செயல்முறைகள் காரணமாக வெவ்வேறு சேர்வைகளுக்கு இடையே இரசாயனத் தாக்கங்கள் நிகழும். இதன்போது அயன் பிணைப்புக்கள் அமைத்தல் உடைத்தல், பங்கிட்டுப் பிணைப்புக்கள் அமைத்தல் உடைத்தல் போன்ற செயல்முறைகள் சூடம்பெறும். இவ்வாறான இரசாயனத் தாக்கங்களின்போது இலத்திரன்கள் மற்றும் புரோத்தன்களின் செல்வாக்கு முக்கியமானதாயினும் நியூத்திரன்கள் அதில் பங்களிப்புச் செய்வதில்லை. மேற்படி இரசாயனத் தாக்கங்களின்போது வெளிப்படும் சக்தியின் அளவானது கருத்தாக்கங்களின் போது வெளிப்படும் சக்தியின் அளவானது கருத்தாக்கங்களின்போது வெளிப்படும் சக்தியின் அளவுக்குச் சார்பாக மிகக்குறைவானது. கருவில் புரோத்தன்களையும் நியூத்திரன்களையும் ஒன்றுடனொன்று பிணைத்து வைத்துள்ள உறுதியான கருப்பிணைப்புக்களை உடைத்தல் அல்லது அமைத்தலுமே கருத்தாக்கமொன்றின் போது நிகழுவதோடு கருப்பிளவு அல்லது கரு உருகல் போன்ற கருத்தாக்கங்களின்போது வெளிவிடப்படும் சக்தியின் அளவு மிகப் பெரியது. அதன்போது கதிர்ப்புகளும் வெளிப்படும்.

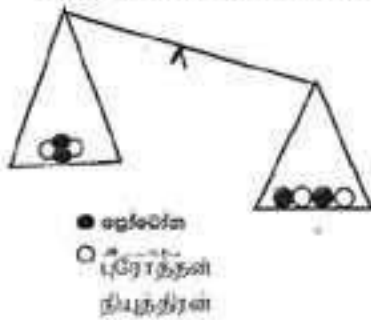
6.5 திணிவுச் சக்திச் சமனிலை

திணிவுக்கும் சக்திக்கும் இடையே சமனிலை காணப்படுவதாக 1905 இல் ஐன்ஸ்டீன் எடுத்துக்காட்டினார். திணிவு என்பது மற்றமொரு சக்தி வடிவமாகும் எனவும் திணிவுச்சக்தியை இயக்கச்சக்தி போன்ற மற்றைய சக்தி வடிவங்களாக மாற்ற முடியும் எனவும் அவர் எடுத்துக்காட்டினார்.

ஐன்ஸ்டீனினது பிரபல்யபிக்க திணிவு - சக்தி தொடர்பை $E = mc^2$ என எழுதலாம். இங்கு c என்பது வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம் ஆகும். மேற்படி தொடர்பின்படி, 1 kg திணிவானது $1 \times (3 \times 10^8)^2 = 9 \times 10^{16} \text{ J}$ இற்குச் சமவலுவானது

6.6 திணிவு குறைவும் கருப்பிணைப்புச் சக்தியும்

(Mass defect and binding energy)



கருவானது நியூத்திரன்களாலும் புரோத்தன்களாலுமானது என முன்னைய அத்தியாயத்தில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. எனவே கருவின் திணிவானது, புரோத்தன்களையும் நியூத்திரன்களையும் வெவ்வேறாகக் கருதும்போது, அவற்றின் திணிவுகளின் கூட்டுத்தொகையாகும் என எதிர்பார்க்கலாம். எனினும் கருவின் திணிவானது

மேற்படி எதிர்பார்க்கப்பட்ட பெறுமானத்திலும் குறைவாவது. இந்த திணிவு வேறுபாடு, திணிவு குறைவு (mass defect) எனப்படுகின்றது. புரோத்தன்களும் நியூத்திரன்களும் சேர்ந்து கருவை ஆக்கும்போது திணிவு இழப்பு ஏற்பட்டுள்ளது என்பது இதன் மூலம் தெளிவாகின்றது. ஐன்ஸ்டீன் இனது தொடர்பீன்படி, இத்திணிவு வேறுபாடானது ஒரு குறித்த சக்தி வேறுபாட்டுக்குச் சமநிலையாகின்றது. கருவில் பிணைப்புக்களை ஏற்படுத்துவதற்காகவே இந்த அளவு சக்தி பயன்பட்டுள்ளது. எனவே இச்சக்தி வேறுபாடானது கருவின் பிணைப்புச் சக்தி (binding energy) எனப்படுகின்றது. யாதேனுமொரு முறையில் கருவில் உள்ள பிணைப்புக்களை உடைத்தோமாயின் அச்சக்தியை மீள்பெறலாம் போட்டன் ஒன்றினது திணிவு 1.007276 u உம் நியூத்திரனின் திணிவு 1.008665 u உம் ஆகும் எனக் கருதி, ஈலியம் கருவின் பிணைப்புச் சக்தியைத் துணியோம்.

ஈலியம் ${}^4_2\text{He}$ கருவின் இரண்டு புரோத்தன்களும் இரண்டு நியூத்திரன்களும் உள்ளன. மொத்தத்திணிவுக்காக எதிர்பார்க்கும் பெறுமானம்

$$\begin{aligned} &= (2 \times 1.007276) + (2 \times 1.008665) \\ &= 4.031882 \text{ u} \end{aligned}$$

எனினும் ஈலியம் கருவின் உண்மைத்திணிவு 4.001508 u ஆகும். அதற்கமைய திணிவு குறைவு

$$\begin{aligned} &= 4.031882 - 4.001508 \\ &= 0.030374 \text{ u} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{இதற்கு ஒப்பான சக்தி வேறுபாடு} &= 0.0303 \times 931 \\ &= 28.3 \text{ MeV} \end{aligned}$$

அதற்கமைய ஈலியம் கருவின் பிணைப்புச் சக்தி 28.3 MeV ஆகும்.

மற்றமொர் உதாரணமாக ${}^{16}_8\text{O}$ ஐக் கருதுவோம். இங்கு 8 புரோத்தன்களும் 8 நியூத்திரன்களும் உள்ளன. அக்கருவுக்கான திணிவு குறைவைக் காண்போம். ${}^{16}_8\text{O}$ கருவுக்காக எதிர்பார்க்கப்படும்.

$$\begin{aligned} \text{திணிவு} &= 8 \times 1.00866 \text{ u} + 8 \times 1.00727 \text{ u} \\ &= 16.12744 \text{ u} \end{aligned}$$

$$\text{எனினும் உண்மைத் திணிவு} = 15.99443 \text{ u}$$

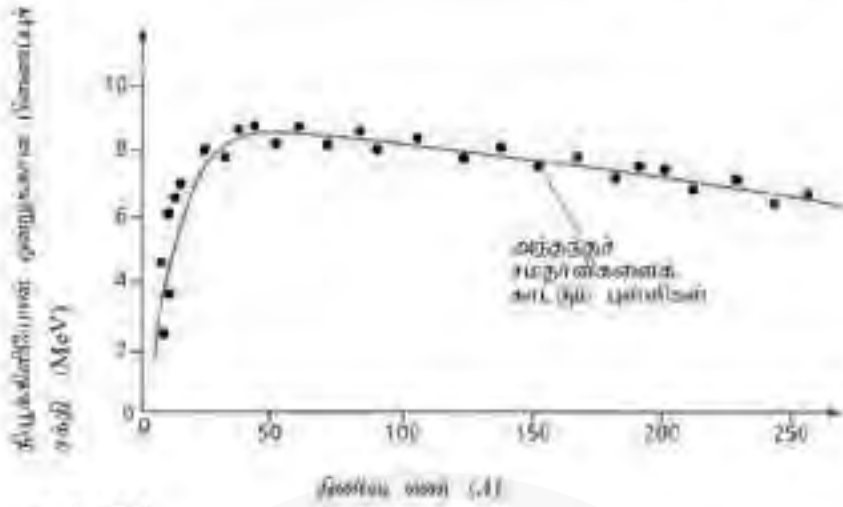
$$\text{திணிவு குறைவு} = 0.13301 \text{ u}$$

$$\text{பிணைப்புச் சக்தி} = 123.83 \text{ MeV}$$

எந்தவொரு உறுதியான கருவுக்கான பிணைப்புச் சக்தி

$$B = (Zm_p + (A-Z)m_n - M)c^2$$

இங்கு m_p என்பது புரோத்தனொன்றின் திணிவு அல்லதோடு, m_n என்பது நியூத்திரனொன்றின் திணிவு ஆகும். M என்பது கருவின் திணிவாகும்.



படம் 6.4

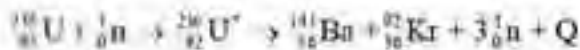
நியூக்லியோனின் ஒன்றுக்கான பிணைப்புச் சக்தியை $\frac{B}{A}$ என எதலாம், இங்கு A என்பது திணிவெண் ஆகும். நியூக்லியோனின் ஒன்றுக்கான பிணைப்புச் சக்தி $\frac{B}{A}$ ஆனது திணிவெண் (A) உடன மாறும் விதம் படம் 6.4 இல் உள்ள வரையில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அவ்வரையின்படி, $30 < A < 170$ வீச்சிலுள்ள $\frac{B}{A}$ ஆனது அண்ணளவாக மாறிலியாக இருக்கும். இதேசாலை கருக்களும் ($A < 30$) பாரக் கருக்களும் ($A > 170$) தாழ்வான B/A பெறுமானத்தைப் பெறும். $A = 50$ இறகு அண்மையிலேயே $\frac{B}{A}$ உச்ச பெறுமானத்தைப் பெறுகின்றது என்பது வரைய மூலம் தெளிவாகின்றது.

கருப்பிணைப்புச் சக்தி அதிகரிக்கும் அளவுக்கு கருவின் உறுதி அதிகரிக்கும். எனவே திணிவெண் 50 இற்தக் கிடடியாவையே மிக உறுதியான கருக்கள் ஆகும். திணிவெண் உயர்வான கருவொன்றினை இரண்டு பகுதிகளாக உடைப்பதில், அதிலும் உயர்வான உறுதியுள்ள இரண்டு கருக்கள் கிடைப்பதோடு பெருமளவு சக்தியும் வெளியப்படும். எலியம் போன்ற மிகச்சரிய இரண்டு கருக்களைச் சேர்ப்பதால் அதிகம் பெரிய அதிக உறுதியான கருவொன்றினை ஆக்கிக்கொள்ளலாம். இதன்போது பெருமளவு சக்தி வெளிவிடப்படும்.

6.7 கருப்பிளவு (Nuclear fission)

பாரம் கடிய ($A = 235$) கருவொன்றினை பாரம் குறைவான இரண்டு கருக்களாக உடைப்பதே கருப்பிளவு எனப்படுகின்றது.

யூரேனியம் 235 கருவொன்று நியூத்ரீனொன்றினை உறிஞ்சும்போது அது உறுதியற்றது அதிக உறுதியான பாரம் குறைவான இரண்டு கருக்களாக உடையும். இவ்வாறாக நிகழக்கூடிய கருத்தாக்கங்கள் பல உள்ளன. அவற்றுள் ஒன்று கீழே தரப்பட்டுள்ளது.



இங்கு Q இனால் காட்டப்பட்டிருப்பது வெளிப்படும் சக்தி ஆகும். இச்செயன்முறையானது யூரேனியம் கருவொன்றினால் நியூத்திரானத்தை பற்றப்படுகின்றமையால் ஆரம்பிப்பதன் காரணமாக இது தூண்டப்பட்ட கருத்தாக்கம் எனப்படுகின்றது. இங்கு $^{235}_{92}\text{U}$ என்பது அருட்டப்பட்ட நிலை ஆகும். அது 10^{-14} செக்கன் அளவுக்கு மிகச் சிறிய நேரத்துடன் காணப்படும் உறுதியற்ற ஒரு கூட்டுக்கரு ஆகும். இக்கருவானது கணப்பொழுதில் Ba கருவாகவும் Kr கருவாகவும் பிளவடைபடும்.

இப்பிளவின் ஆரம்ப யூரேனியம் -235 கருவின் திணிவு 235.44 u ஆவதோடு பேரியம் 141 கருவினதும் கிரித்தன் -92 கருவினதும் திணிவு முறையே 140.914 u உம் 91.926 u உம் நியூத்திரனின் திணிவு 1.009 u உம் ஆகும். இதற்கமைய இச்செயன்முறையின் ஆரம்ப மற்றும் இறுதித் திணிவுகளுக்கு இடையிலான வித்தியாசம்.

$(235.44 - 1.009) - (140.914 + 91.926 + 3 \times 1.009) = 0.582 \text{ u} = 0.582 \times 931.5 \text{ MeV} = 542.133 \text{ MeV}$ ஆகும். அதாவது இப்பிளவின்போது 542 MeV அளவுக்குப் பெருமளவு சக்தி காலப்படும்.

மேற்படி தாக்கத்தின் விளைவுகளாக Ba, Kr ஆகியவற்றுக்குப் பதிலாக வேறு கருச்சோடிகளும் தோன்றும் உதாரணமாகப் பின்வரும் கருத்தாக்கத்தை முன்வைக்கலாம்.

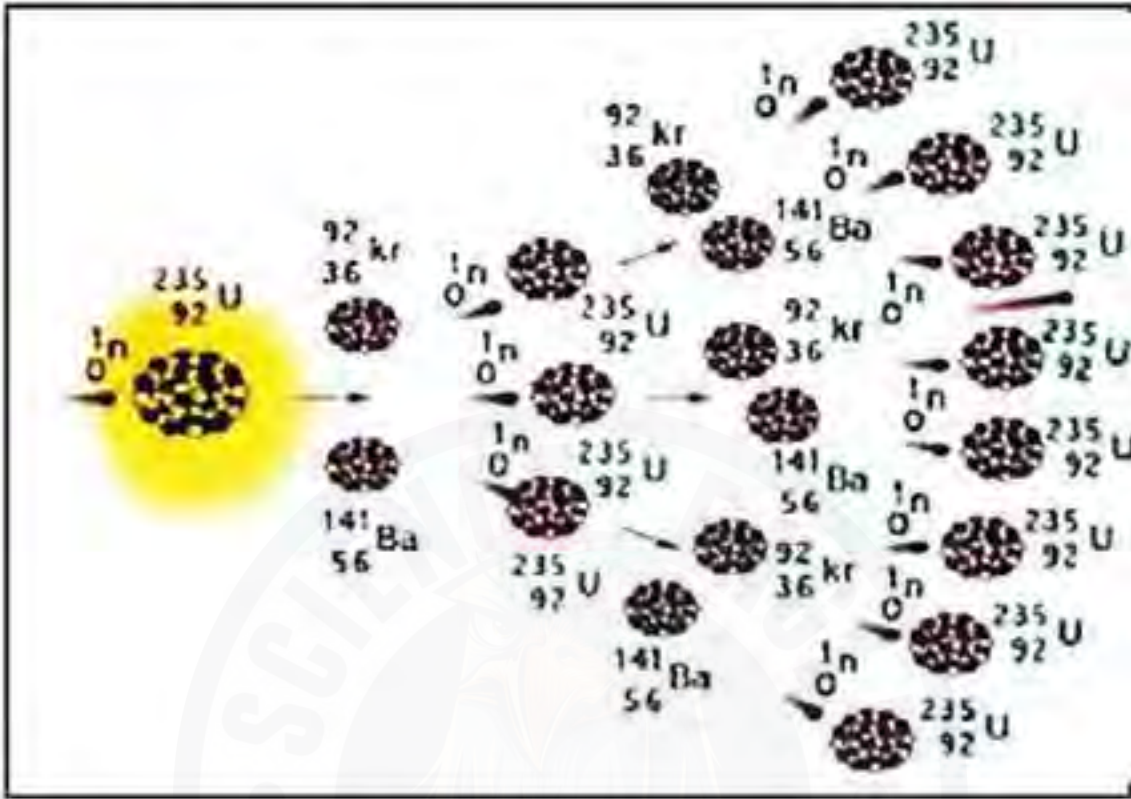


இவ்வாறாக வெவ்வேறு நபந்தனைகளின் கீழ் கருத்தாக்கங்கள் மூலம் வெவ்வேறுபட்ட ஏறத்தாழ 30 மூலகங்கள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றமை கண்டறியப்பட்டுள்ளது. கருப்பிளவின்போது தோன்றிய துகள்களும் கதிர்த்தொழிற்பாட்டுக் கருக்களாகும். அவை β துணிக்கைகளை வெளிவிட வாய் இறுதியில் உறுதியான கருக்களாக மாறும். இவ்வாறான வெவ்வேறு விதமான பிளவுகள் காரணமாக யூரேனியம் கருவொன்று பிளக்கும்போது வெளிப்படும் சக்தியின் சராசரிப் பெறுமானம் ஏறத்தாழ 200 MeV ஆகும். அதற்கமைய யூரேனியம் கரு 1 கிராம் பிளவுறும் போது விடுவிக்கப்படும்

$$\begin{aligned} \text{மொத்தச் சக்தி} &= \frac{1}{235} \times 6.023 \times 10^{23} \times 200 \\ &= 8.2 \times 10^{16} \text{ J} \end{aligned}$$

இதற்கமைய 1 kg யூரேனியம் பிளவுறும்போது அண்ணளவாக 10^{16} J சக்தி உற்பத்தியாகும். இரசாயனத் தாக்கமொன்றாகிய 1 kg நிலக்கரியைத் தகனஞ் செய்வதால் உற்பத்தி செய்யக்கூடிய சக்தி ஏறத்தாழ 10^7 J ஆகும். அதற்கமைய கருப்பிளவுச் சக்தியாக அளவு மிகப் பெரியது என்பது தெளிவாகின்றது. கருப்பிளவு நிகழ்வுகளின்போது தோன்றும் பிரித்தழிகைச் சக்தியானது முதலில் உடைந்த துகள்களின் (fragments) மற்றும் நியூத்திரன்களின் இயக்கச்சக்தியாகப் புலனாவதோடு, இறுதி விளைவாக அச்சக்தி வெப்பமாக அயற்குழலில் உள்ள சட்பொருளுக்கு இடமாறும். கருத்தாக்கிகளின் (nuclear reactors) சக்தி முதலாக அமைவது பிளவுச் செயன்முறையாகும். இத்தாக்கங்களை கட்டுப்படுத்தி வெளிப்படும் சக்தியானது மின் உற்பத்திக்காகப் பயன்படுத்தப்படும்.

6.7.1 கருச் சங்கிலித் தாக்கங்கள் (Nuclear chain reactions)



உரு - 6.5 U-235 இறுகான சங்கிலித் தாக்கமொன்று

மேலே குறிப்பிட்டவாறாக, யூரேனியம் - 235 பிளவானது நியூத்ரீனொன்று உறிஞ்சியடுவதனாலேயே ஆரம்பிக்கின்றது. அப்பிளவின்போது இரண்டு சீறிய கருக்களுக்கு மேலதிகமாக, மூன்று நியூத்ரீன்கள் வெளிப்படும். புத்தேயமிருந்து வரும் சிறிதளவு நியூத்ரீன்களை யூரேனியம் - 235 மாதிரிமொன்றுடன் மேலதிகமடையச் செய்வோமாயின், அந்த நியூத்ரீன்களை உறிஞ்சிய யூரேனியம் - 235 கருக்கள் சில பிளக்கும். அவ்வாறு பிளக்கும் ஒவ்வொரு கருவிலிருந்தும் மூன்று நியூத்ரீன்கள் வீதம் வெளிப்பட்டு அவற்றின் மூலம் மேலும் யூரேனியம் - 235 கருப்பிளவை ஏற்படுத்தும். இச்செயன்முறை கருச்சங்கிலித் தாக்கம் எனப்படும். அவ்வாறான ஒரு சங்கிலித்தாக்கம் உரு : 6.5 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. சங்கிலித்தாக்க எண்ணக்கருக்கரு முதன்முதலாக என்ரிகோ ஃபர்மி (Enrico Fermi) ஈனும் விஞ்ஞானியினால் முன்வைக்கப்பட்டது.



உரு - 6.6 என்ரிகோ ஃபர்மி

இச்சங்கிலித் தாக்கங்களைப் பொருத்தமானவாறு கட்டுப்படுத்தி தொடர்ச்சியான சக்திப் பயப்பைப் பெறலாம், என்னும் அது கட்டுப்பாடின்றி நிகழாமாயின் அணுசூண்டு வெடிப்பின்போது நிகழும் வெடிப்புச் சக்திப் பயப்பாக (explosive energy output) அமையும். தற்செயுத்தும் (self propagating) கருச் சங்கிலித்

தாக்கங்கள் நிகழும்போது பின்வரும் விடயங்களைக் கவனத்திற் கொள்ள வேண்டும்.

- இடைநிலை நியூத்ரான்கள் சில இனியும் பிளவுத் தாக்கத்தில் பங்குபற்றாது தொகுதியிலிருந்து வெளியேறும். தொகுதியைப் பொருத்தமானவாறு நிர்மாணித்துக் கொள்வதால் இவ்வாறானக் கசிவைக் குறைத்துக் கொள்ளலாம்.
- பிளவுக்கு உள்ளாகாத (non fissionable) மாதக்கள் மூலம் இடைநிலை நியூத்ரான்கள் உறிஞ்சப்படும் பிளவுக்கு உள்ளாகும் (fissionable) தூய சடப்பொருள்களைப் பயன்படுத்துவதால் இந்த இழப்பைத் தவிர்த்துக் கொள்ளலாம்.
- இயற்கையில் காணப்படும் யுரேனியம் மூன்று சமதானிகளைக் கொண்டது. ^{235}U , ^{238}U , ^{235}U ஆகிய அவற்றின் வளத்தை முறையே 0.007%, 0.711% 99.28% எனக் காட்டலாம். கதி குறைவான (0.025eV) அளவு கதி கொண்ட நியூத்ரான்கள் மூலமே ^{235}U பிளவுக்கு உள்ளாகும். எனினும் (^{238}U) ஆளது அதவேக நியூத்ரான்கள் மூலமே பிளவுக்கு உள்ளாகும். இயற்கையான யுரேனியம் ^{235}U சதவீதமானது ^{238}U சதவீதத்தைவிட மிகக்குறைவானது. எனவே ^{235}U மீது ஏற்படும் நியூத்ரான் மோதுகைகளின் (collisions) தடவைகளின் எண்ணிக்கை உயர்வானது. ^{238}U மீது நிகழும் மோதுகைகள் காரணமாக நியூத்ரான்களின் கதி குறைவடையும். அதன் காரணமாக, இனியும் ^{235}U பிளவு நிகழ மாட்டாது. இந்தச் சங்கிலித் தாக்கம் தொடர்ந்தும் நிகழ்வதற்காக பிளவுக்கு உள்ளாகும் சடப்பொருளுக்கு யாதேனும் இழிவுத்திறிவின இழுத்தல் வேண்டும். இந்த இழிவுத்திறிவினானது அவதித் திறிவின (critical mass) எனப்படுவதோடு, அந்த அவதித்திறிவினும் சந்தலாகப் பிளவுக்கு உள்ளாகும் சடப்பொருள் காணப்படும் காலமெல்லாம் சங்கிலித்தாக்கம் தொடர்ந்தும் நிகழும்.

6.7.2 கருத் தாக்கிகள் (Nuclear reactors)

உலகின் முதலாவது கருத்தாக்கி 1942 இல் நிர்மாணிக்கப்பட்டது அதன் திட்டமிடலும் நிர்மாணிடும் என்ரிசோ ஃபரமி (Enrico Fermi) இனது பெர்பார்வையின் கீழ் இடம்பெற்றது



உ.கு. 6.7 கருத்தாக்கிகள்

கரு உலையொன்றின் வழங்கமைப்பைக் காட்டும் பருமட்டான ஒரு விளக்கப்படம் உரு 6.7 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு கருப்பிளவுத் தாக்கத்தைக் கட்டப்படுத்துவதன் மூலம் பிறப்பிக்கப்படும் வெப்பச்சக்தியானது மின் உற்பத்திக்காகப் பயன்படுத்தப்படும். பிறப்பிக்கப்படும் வெப்பத்தை உறிஞ்சுவதற்காக கருத்தாக்கியைக் கொண்ட அறையில் உயர் அழுக்கத்தில் நீர் மடப்படும். அந்நீர் மூலம் அவ்வெப்பம் உறிஞ்சப்பட்டு உருவில் காட்டியுள்ளவாறு கொதிநீராவி பிறப்பாக்கியில் உள்ள நீர் உயர் அழுக்கத்தில் (170 வளிமண்டலங்கள்) உள்ள 540 °C வெப்பநிலை கொண்ட கொதிநீராவிபாக (superheated steam) ஆக மாற்றப்படும் இக்கொதிநீராவி மூலம் மீள்பிறப்பாக்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள சுழலிகள் (turbine) இயக்கப்படும். இவ்வாறான ஒரு கரு உலையினால் ஏறத்தாழ 650 MW வலுவைப் பிறப்பிக்கலாம். இங்கு கரு எரிபொருளாக (fuel) யூரேனியம்-235 பயன்படுத்தப்படும். ஏறத்தாழ 2.5 cm விட்டமுள்ள கோல்களாக அமைக்கப்பட்ட யூரேனியத்தை அலுமினிய உருளைகளினால் அடைந்து காபன் குற்றிகளில் குடையப்பட்ட துளைகளில் இடப்பட்டுள்ளது. இந்த யூரேனிய கோல்களுக்கு இடையே கடமீயம் (Cd) அல்லது போரன் (B) கோல்களைப் புகுத்துவதன் மூலம் யூரேனியம் கோல்களிலிருந்து வெளிப்படும் மந்தகதி நியூத்திரன்கள் உறிஞ்சப்படும். இக்கோல்கள் கட்டுப்பாட்டுக் கோல்கள் (control rods) எனப்படும்.

கருப்பிளவுச் செயல்முறையின்போது உற்பத்தியாகும் அதிவேகத்தில் அசையும் நியூத்திரன்களை அயர்முடுக்குவதற்காகப் பயன்படுத்தும் பொருள் மட்டாக்கி (moderator) எனப்படும். இப்பொருள்கள் இலேசானவையாக இருப்பதோடு நியூத்திரன்களை உறிஞ்சாதவையாகவும் இருத்தல் வேண்டும். கடின நீர் (D₂O), கிரபைற்று, தியூத்திரியம், பரவின் போன்ற பொருள்கள் மட்டாக்கிகளாகத் தொழிற்படும்.

ஒரு பிளவுத்தாக்கத்தின் மூலம் 2 நியூத்திரன்கள் அல்லது 3 நியூத்திரன்கள் வெளிப்பட்ட போதிலும் சங்கிலித்தாக்கத்தைக் கட்டுப்பாட்டில் வைத்திருப்பதற்கு ஒரு நியூத்திரன் மட்டத்திரமே தேவைப்படும். யூரேனியம் கருவுடன் ஏனைய நியூத்திரன்களின் போதுகையைத் தவிர்ப்பதற்காகக் கட்டுப்பாட்டுக் கோல்கள் பயன்படுத்தப்படும். அக்கோல்களை அப்பறப்படுத்துவதன் மூலம் தாக்கவிதத்தை அதிகரித்து நீராவிவின் அழுக்கத்தை அதிகரிப்பதால் அதிகமாக மின்னை உற்பத்தி செய்து கொள்ளலாம்.

அவசர நிலைமைகளில் அல்லது எரிபொருள் மாற்றவேண்டிய தேவையேற்பட்டுள்ளபோது கட்டுப்பாட்டுக் கோல்களை முற்றாக கீழே இடுவதன் மூலம் வலு ஆலையின் தொழிற்பாட்டை நிறுத்தலாம். சங்கிலித் தாக்கங்களின்போது கிடைக்கும் சக்தியை ஆகாயவிமானங்கள், கப்பல்கள், நீர்மூழ்கிகளை ஒட்டுதலுக்காகவும் (propulsion) முன்னுந்தல் மற்றும் விவசாயம், மருத்துவம் மற்றும் கைத்தொழில் துறைகளில் தேவையான கதிரியக்கச் சமநான்களை பயன்படுத்தலாம். உலையின் உள்ளேயிருந்து அப்பறப்படுத்தப்பட்ட பயன்படுத்திக் கழித்த எரிபொருள் பாத்திரங்கள் (fuel can) போன்றவை நீண்டகாலம் வரையில் அதிக கதிர்த்தொழிற்பாட்டைக் கொண்டிருக்கும். பயன்படுத்திய எரிபொருள் கோல் போன்றவை தொலைக்கப்பட்டு முறையில் தாக்கியின் உள்ளே இருந்து கவனமாக அப்பறப்படுத்தப்படுதல் வேண்டும்.

6.7.3 கட்டுப்பாடற்ற கருப்பிளவுத் தாக்கங்கள்

அணுக்குண்டு

கட்டப்படுதலாத சங்கிலித் தாக்கமொன்றின் போது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட நியூத்ரான்களால் பிளவு நிகழும். பிளவு நிகழும் தடவைகள் மிகத்துரிதமாக அதிகரிப்பதால் மிகப் பெருமளவு சக்தி வெளிவிடப்படும். இரண்டாம் உலக யுகத்த காலத்தில் (1945) யாப்பானில் ஹிரோஷிமா நகரில் வீழ்த்தப்பட்ட அணுக்குண்டில் ^{235}U (யுரேனியம் - 235) கருத்தாக்கியே பயன்படுத்தப்பட்டது. இக்குண்டு காரணமாக உயிரிழந்தோர் காயமடைந்தோர் காளாய்ந்து போனோரின் மொத்தத் தொகை ஏறத்தாழ 130,000 ஆகும் எனப் பதிவாகியுள்ளது.

நாகசாக்சி நகரில் வீழ்த்தப்பட்ட அணுக்குண்டில் புளூத்தோனியம் -239 தாக்கியே பயன்படுத்தப்பட்டது. 1 kg யுரேனியத்தின் பிளவின்போது வெளிவிடப்படும் சக்தியின் அளவானது INT எனும் வெடிமொருள் 20000 தொன்களின் வெடிப்பு காரணமாக வெளிப்படும் சக்திக்குச் சமமானது எனக் கருவனம்.

நாகசாக்சி அணுக்குண்டு காரணமாக உயிரிழந்துள்ள ஏறத்தாழ 66000 ஆவதோடு காயமடைந்தோரின் தொகை ஏறத்தாழ 69000 ஆகும். இவ்வாறான குண்டுகள் வெடிப்பதால் ஏற்படும் அதிர்வுகளுக்கும் மேலாக பாரிய அளவில் வெளிப்படும் நியூத்ரான்கள் மற்றும் காமா γ -கதிர்வுகள் காரணமாகவே அதிக இழப்பு ஏற்படும். உயிர்க்கலங்கள் அழிதல், பரம்பரையலகு விகாரம் போன்றவற்றிலும் இவை பங்களிப்புச்செய்யும். கருப்பிளவின்போது தோன்றும் கதிர்வெளிப்பாட்டு மளகக்கள் வளிவண்டலத்தின் மேற்பகுதியில் தாசாகவும் வையுக்களாகவும் பரவுவதானது குண்டு வெடித்த திரதேசத்தில் கதிர்வு மூலம் ஏற்படுத்தப்படும் பாதிப்பு பரம்பிச் செல்லக் காரணமாகும்.



உரு | 6.8 அணுக்குண்டொன்று



உரு | 6.9 அணுக்குண்டு வெடிப்பின்போது வளங்கி வரும் பாதிப்பு கதிர்வகை தூசு மேலம்

கரு விபத்துக்கள்

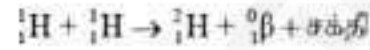
இந்தியா உட்பட உலக நாடுகளில் பலவற்றில் மின்சார உற்பத்திக்காக கருவெப்ப உற்பத்தி உசைலகள் தாயிக்கப்பட்டுள்ளன. எனினும் இவ்வாறான அணுச்சக்தி ஆலைகளில் யாதேனும் விபத்து நிகழ்ந்து கதிர்வெளிப்பாட்டு மூலகங்கள் வெளியே கசிவு இடமுண்டு. 1986 ஏப்ரல் 26 ஆம் திகதி யூக்ரேன் நாட்டு சேர்னோபில் (Chernobyl) அணுச்சக்தி உசையில் நீர் கற்றோட்டத் தொகுதியில் ஏற்பட்ட ஒரு வழ காரணமாக

நாக்கியின் அகணி (core) வெப்பமேறி வெடித்ததே தீய்பற்றியமையினால் வளிமண்டலத்தில் கதிர்த்தொழிற்பாட்டுத் துணிக்கைகள் மிகப்பெருந்தொகையாக விடுவீக்கப்பட்டன. அத்துணிக்கைகள், காற்று, மழை ஆகியன காரணமாக யூக்ரேனுக்கு வெளியே ரஷ்யா மற்றும் ஐரோப்பா வரை பரவிச்சென்றமையால் அந்நாடுகளில் உயிர்க்கோளத்துக்குத் தீங்கான நிலைமை தோன்றியது. 2011 இல் இவ்வாறான கரு விபத்தொன்று யப்பானில் புக்குஷிமா டைச்சி (Fukushima Daichi) அணு ஆலையில் நிகழ்ந்தது.

6.8 கரு உருகல் (Nuclear fusion)

திணிவெண் குறைவான ($A \leq 8$) ஐதரசன் போன்ற இலேசான கருக்கள் ஒன்றாக இணைவதால் உறுதித் தன்மை உயர்வான ஈலியம் போன்ற கருக்களாக மாறுவதே கரு உருகலின்போது நிகழ்வதாகும்.

மொதுவாகக் காணப்படும் உருகல் நாக்கமொன்று



இரண்டு புரோத்தன்கள் உருகுவதால் தியூத்தீரியம் கருவொன்று தோன்றும் விதம் மேலே காட்டப்பட்டுள்ளது.

இங்கு வெளிவிடப்படும் சக்தியைப் பின்வருமாறு கணிக்கலாம்.

$$\begin{aligned} \text{உருகலுக்கு முன்னர் மொத்தத்திணிவு} &= 1.00728 + 1.00728 \\ &= 2.01456 \text{ u} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{உருகலின் பின்னர் மொத்தத் திணிவு} &= 2.01355 + 0.00055 \text{ (}\beta\text{-துணிக்கையின் திணிவு)} \\ &= 0.00055 \text{ u} \\ &= 2.01410 \text{ u} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{திணிவு இழப்பு} &= 2.01456 - 2.01410 \\ &= 0.00046 \text{ u} \end{aligned}$$

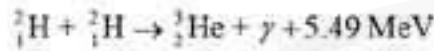
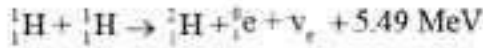
$$1 \text{ u} = 931 \text{ MeV} \text{ ஆதலால் வெளிவிடப்பட்ட சக்தி}$$

$$0.00046 \times 931 = 0.4 \text{ MeV}$$

மொதுவாக புரோத்தன் - புரோத்தன் உருகல் நிகழ்வதற்காக சில மில்லியன் கெல்வின் வரையான உயர் வெப்பநிலை தேவை. இவை வெப்பக் கரு உருகல் (thermonuclear fusion) நாக்கங்கள் எனப்படும். இவ்வாறான நிபந்தனைகளை ஆய்கூடங்களில் எளிதாக ஏற்படுத்த முடியாது.

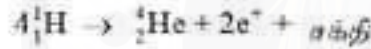
6.8.1 சூரியனில் நிகழும் கரு உருகல் செயல்முறை

எமது ஞாயிற்றுத்தொகுதியில் உள்ள சூரியனின் உட்புற வெப்பநிலை ஏறத்தாழ 1.5×10^7 K ஆகும். சூரியனின் உள்ளே 90% ஐதரசனும் சலிபமும் அடங்கியுள்ளதோடு 10% வேறு மூலகங்கள் அடங்கியுள்ளன. சூரியன் பார மூலகங்களை கொண்டிருக்கவில்லை எனவே சூரியனின் சக்தி மூலமாக அமைவது கருப்பினவு அல்ல எனக் கருதலாம். சூரியனின் உருகல் செயல்முறையில் ${}^1_1\text{H}$ அணுக்கள் (அதிசக்திப் புரோத்தன்கள்) பங்களிப்புச் செய்யும். இதன்போது நிகழும் உருகல் தாக்கச் சங்கிலி சிலபடிமுறைகளைக் கொண்டது. இது புரோத்தன் - புரோத்தன் (p, p) வட்டம் எனப்படும்.



இத்தாக்கச் சங்கிலியில் 4 புரோத்தன்கள் அநாவது (ஐதரசன் கருக்கள்) உருகுவதால் ${}^4_2\text{He}$ கருவொன்று தோன்றும். அத்தோடு இரண்டு பொசித்திரன்களும் ($2{}^1_0\text{e}$) சக்தியும் வெளிப்படும்.

மேற்படி ஓட்டுமொத்தச் செயல்முறையைப் பின்வருமாறு காட்டலாம்



விடுவிக்கப்பட்ட சக்தி 26.2 MeV ஆகும். இதற்கமைய சூரியனில் நிகழும் கரு உருகல் செயல்முறையின் ஒரு வட்டத்தின் போது 25 MeV அளவு சக்தி விடுவிக்கப்படுகின்றமை தெளிவாகின்றது. சூரியனின் தற்போதைய வயது அண்ணளவாக 5×10^6 ஆண்டுகள் ஆகும். மேலும் ஐந்து பில்லியன் ஆண்டுகளுக்குப் போதுமான அளவு ஐதரசன் சூரியனில் உள்ளது என மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது. இறுதியில் ஐதரசன் கருக்களின் கரு உருகல் தாக்கம் நின்றுவிடுவதோடு சூரியன் குளிர்ச்சியடையத் தொடங்கும். பின்னர் அய சர்ப்பு காரணமாகச் சுருங்கத் தொடங்குவதோடு சூரியனின் உட்புற வெப்பநிலை அதிகரிக்கும். இறுதியில் சூரியனைச் சூழவுள்ள புறக்கவசம் விரிவடைவதோடு அது ஒரு செவ்விராட்சகனாக (red giant) மாறும்.

6.9 கட்டுப்பாட்டின் கீழ் வெப்பக் கருத்தாக்கங்கள் நிகழாதல்

இவ்வாறான தாங்கியொன்றினை இயக்குவதற்காக 10^8 K வரையான மிக உயர்வான வெப்பநிலை தேவை. இவ்வெப்பநிலையின் கீழ் இலேசான கருக்களைக் கொண்ட பிளாசுமா (plasma) எனும் அயன் கலவையினால் கூலோம் தடுப்பை (coulomb barrier) ஊடுருவிச் சென்று ஒன்று சேரும் ஆற்றல் உண்டு. மிக உயர்வான வெப்பநிலையில், திரிதீரீயம் முற்றுமுழுதாக அயனாக்கமடைந்து நடுநிலையான பிளாசுமா தோன்றும். நிண்மப் பொருள்களால் ஆக்கும் பாத்திரங்களால் (containers) மேற்படி தேவைகளைப் பூர்த்தி செய்ய முடியாது. தோரைட்டுக் காந்த அறையினுள் (Tokamak of Toroidal

Magnetic Chamber) இக்கருத் தாக்கங்களை பரீட்சார்த்தமான நடத்தப்பட்டு வருகின்றன. எதிர்கால உலகில் வலுசக்தி தேவைக்காக நியூத்ரீயம் வாயுவை எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தக்கூடிய சாத்தியப்பாடு உள்ளது. கடல்நீரில் உள்ள கடின நீரை மின்பகுப்புச் செய்வதால் நியூத்ரீயம் வாயுவைப் பெறலாம்.

6.10 கருப்பிளவையும் கரு உருகலையும் ஒப்பிட்டு நோக்குதல்

- இந்த இரண்டு கருச் செயன்முறைகளும் மிகமிகப் பெரிய இரண்டு சக்தி முதல்களாகும்.
- இந்த இரண்டு செயன்முறைகளும் ஐன்ஸ்டீன் இனது திணிவு - சக்தி தொடர்புக்கு அமைவானது.
- பிளவுச் செயன்முறையின்போது குறித்த எரிபடைக்காகப் பயன்படுத்தப்படுவது ஒரு நியூத்ரீன் ஆகும். உருகல் செயன்முறையின்போது இலேசான இரண்டு கருக்கள் கூலேசம் மின் தள்ளுதல்களை (Coulomb electrostatic repulsion) வீழ்சி ஏன்வரையொன்று நெருங்கும் வெப்பநிலையை 10^8 K அளவுக்கு உயர்த்துவதால் இதற்குத் தேவையான சக்தியை வழங்கலாம்.
- கருப்பிளவின்போது திணிவு கூடிய கருவொன்று இலேசான இரண்டு அல்லது மூன்று கருக்களாக உடையும். கரு உருகலின்போது இலேசான இரண்டு கருக்கள் அல்லது அதிலும் மேற்பட்டதாகக் கருக்கள் ஒன்றுசேர்வதால் திணிவு கூடிய ஒரு கரு தோன்றும்.
- கரு உருகலின்போது அலகுத் திணிவு மூலம் விடுவிக்கப்படும் சக்தியானது பிளவின்போது அலகுத் திணிவு மூலம் விடுவிக்கப்படும் சக்தியைவிட மிக அதிகமானது.

உதாரணமாக கரு உருகலை அடிப்படையாகக் கொண்ட ஐதரசன் குண்டொன்றினால் ஏற்படுத்தப்படும் அழிவு விளைவுகளின் அளவானது கருப்பிளவை அடிப்படையாகக் கொண்ட அணுக்குண்டொன்றினால் ஏற்படுத்தப்படும் அழிவு விளைவுகளை விட மிக அதிகமாகும்.

- கருப்பிளவு மூலம் கிடைக்கும் விளைவுகள் கதிர்ந்தொழிப்பாடு உடையவையாவதோடு அவை சூழல் மாசடைதலுக்கு ஏதுவாகும். எனினும் உருகல் செயன்முறையின்போது தோன்றும் விளைவுகள் கதிர்ந்தொழிப்பாடு கொண்டவை அல்ல. எனவே தீவிர பயக்க மாட்டாது.
- பிளவுச் சங்கிலித் தாக்கங்களைக் கட்டுப்படுத்தலாம் எனினும் வெப்பக்கரு உருகல் தாக்கங்களைக் கட்டப்படுத்துவது இலகுவானதல்ல.

தீர்த்த பிரச்சினைகள்

1. கரு உருகல் நடைபெறுவது

- a) இரண்டு அல்லது மூன்று பாரம் குறைந்த கருக்களுக்கிடையில் மாத்திரம்
- b) இரண்டு பாரம் கூடிய கருக்களுக்கிடையில் மாத்திரம்

c) இரண்டு பாரம் குறைந்த கருக்களுக்கிடையிலும் இரண்டு பாரம் கூடிய கருக்களுக்கு இடையிலும் மாத்திரம்.

d) கதிர்ப்பு தேய்வை எதிர்க்கின்ற உறுதியான கருக்களில் மாத்திரம்

e) மேற்கூறிய எதுவும் அல்ல.

2. தாய்க் கரு ஒன்றிற்குரிய பிணைப்புச் சக்தி E_1 இது மகி் கருவிற்கு E_2 எனின்

a) $E_1 = 2E_2$ b) $E_2 = 2E_1$ c) $E_1 > E_2$ d) $E_2 > E_1$ e) $E_1 = E_2$

3. இலிதியம் மூலகத்தில் ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$ ஆகிய உறுதியான இரண்டு சமதானிகளின் சதவீதங்கள் முறையே 7.5% உம் 92.5% உம் ஆகும். அச்சமதானிகளின் திணிவுகள் முறையே 6.0152 u உம் 7.01600 u உம் ஆகும். இலியத்தின் அணுத்திணிவைக் காண்க.

$$\text{இலியத்தின் அணுத்திணிவு} = \frac{6.01572 \times 7.5}{100} + \frac{7.01600 \times 92.5}{100}$$

$$= 6.914 \text{ u}$$

4. போரன் மூலகத்தின் உறுதியான இரண்டு சமதானிகள் ${}^{10}\text{B}$ உம் ${}^{11}\text{B}$ உம் ஆகும். அவற்றின் திணிவுகள் முறையே 10.01294 u உம் 11.00931 u ஆயின், ஒவ்வொரு சமதானியும் அடங்கியுள்ள அளவுகளைச் சதவீதத்தில் தருக. (போரன் மூலகத்தின் அணுத்திணிவு = 10.811 u)

${}^{10}\text{B}$ சதவீதம் $x\%$ எனக் கருதுவோம்

அப்போது ${}^{11}\text{B}$ சதவீதம் $(100 - x)\%$

$$10.811 \text{ u} = \frac{10.01294x}{100} + \frac{10.00931(100-x)}{100}$$

$$= \frac{492.857 \text{ MeV}}{56}$$

$$\therefore x = 19.9\%$$

$${}^{11}\text{B} \text{ சதவீதம் } 100 - 19.9 = 80.1\%$$

5. நைதரசன் கருவின் ${}^{14}\text{N}$ பிணைப்புச் சக்தியை MeVகளில் பெறுக. அக்கருவின் திணிவு 14.00307 u பிணைப்புச் சக்தி என்பது திணிவு அலகுகளில் தரப்படுகின்ற திணிவு குறைவு ஆகும்.

$$\text{திணிவு குறைவு} = (7 \times 1.007825 + 7 \times 1.008665 - 14.00307) = 0.11236 \text{ U}$$

$$\text{எனவே பிணைப்புச் சக்தி} = 0.11236 \times 931.5 \text{ MeV}$$

$$= 104.7 \text{ MeV}$$

6. $^{56}_{26}\text{Fe}$ கருவினது ஒரு நியூக்லியியேற்றுக்கான பிணைப்புச் சக்தியை கீழே தரப்பட்டுள்ள தரவுகளைப் பயன்படுத்திக் கணிக்கുക. இக்கருவின் தனிவு 55.9349 ஆகும்.

$$Z = 26, N = 30, A = 56$$

$$\begin{aligned} \text{தனிவு வழு} &= Zm_p + (A-Z)m_n - M \\ &= 26 \times 1.007825 + 30 \times 1.008685 - 55.934939 \\ &= 0.529 \text{ U} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{பிணைப்புச் சக்தி} &= 0.5291 \times 931.5 \text{ MeV} \\ &= 492.857 \text{ MeV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{நியூக்லியியோன் ஒன்றின் பிணைப்புச் சக்தி} &= \frac{492.857}{56} \text{ MeV} \\ &= 8.8 \text{ MeV} \end{aligned}$$

7. உருகல் செயன்முறையின்போது சூரியனின் அகணியில் உள்ள ஐதரசன் 1 kg இனால் விடுவிக்கப்படும் சக்தியையும், கரு பிளவு தாக்கியினுள் ஒரு கிரோகிராம் (1 kg) ^{235}U பிளவின்போது விடுவிக்கப்படும் சக்தியையும் வெவ்வேறாகத் துணிந்து ஒப்பிடுக.

- (a) சூரியனின் உட்புறத்தே ^1_1H கருக்கள் நான்கு இணைவதால் ^4_2He கருவொன்று தோன்றுவதால் ஒரு நிகழ்வுக்கக்காக) வெளிவிடப்படும் சக்தி 26 MeV ஆகும்.

1 kg ஐதரசன் மூலம் விடுவிக்கப்படும் சக்தி

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{26}{4} \times 6 \times 10^{23} \times 10^3 \\ &= 39 \times 10^{26} \text{ MeV} \end{aligned}$$

- (b) யுரேனியம் அணுவொன்றின் பிளவின்போது விடுவிக்கப்படும் சக்தி = 200 MeV

$$\begin{aligned} \text{1 kg யுரேனியம் பிளவின்போது விடுவிக்கப்படும் சக்தி } E_2 &= \frac{6 \times 10^{23} \times 10^3 \times 200}{235} \\ &= 5.1 \times 10^{26} \text{ MeV} \end{aligned}$$

$$E_1 = 39 \times 10^{26} \text{ MeV}$$

$$E_1 = \frac{39 \times 10^{26}}{5.1 \times 10^{26}}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{39 \times 10^{26}}{5.1 \times 10^{26}}$$

$$= 7.65$$

உருகலின்போது விடுவிக்கப்படும் சக்தியானது பிளவின்போது விடுவிக்கப்படும் சக்தியின் ஏறத்தாழ எட்டு மடங்கு ஆகும்.

ஏழாம் அத்தியாயம்

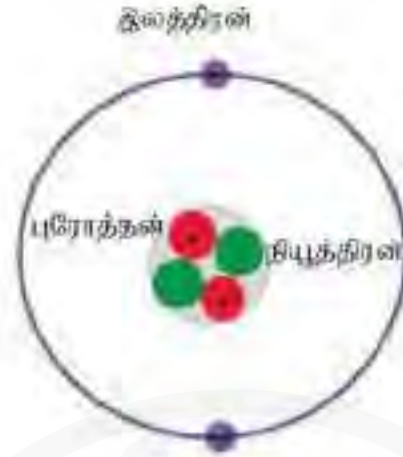
சட்பொருளின் அடிப்படைக் கூறுகளும் அவற்றின் இடைத்தாக்கங்களும் Fundamental Constituents of Matter and Their Interactions

7.1 அறிமுகம்

உலகில் உள்ள சட்பொருள்கள் அடிப்படையான ஆக்க அலகுகளால் ஆனவை என்பதை முற்காலத்தில் வாழ்ந்த மக்களும் கூட அறிந்திருந்தனர். பண்டைய சீன நம்பிக்கையொன்றின்படி புவி (மண்), மரம், உலோகங்கள் நீர் ஆகியன பௌதிக அகிலத்தின் (physical universe) அடிப்படையான கூறுகளாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டிருந்தன. பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் இறுதிப் பகுதியில் சகல சட்பொருள்களும் அணுக்களால் ஆனவை எனக் கருதப்பட்டது. சகல மூலகங்களினதும் அடிப்படையான அமைப்பை விளக்குவதற்காக இந்தக் கருத்து வழிகாட்டியாக அமைந்தது. அக்காலப்பகுதியில் நடத்தப்பட்ட பரிசோதனைகள் மூலம் அணுவின் அமைப்பு தொடர்பான பல விடயங்கள் கண்டறியப்பட்டன. சகல அணுக்களும், புரோத்தன்களைக் கொண்ட கருவினாலானது எனவும், அதனைப்பற்றி வெவ்வேறு ஒழுக்குகளில் இலத்திரன்கள் கற்றியாவது உள்ளன எனவும் அல்விடயங்கள் மூலம் முடிவு செய்யப்பட்டது. அணுவின் பருமனுடன் ஒப்பிடும்போது கரு மிகச்சிறியது என்பது உறுதியாக உள்ளது. அணுவினது திணிவுக்கும் புரோத்தனினது திணிவுக்கும் இடையிலான பொருத்தப்பாடினமையை (discrepancy) விளக்குவதற்காக அக்காலத்தில் வாழ்ந்த விஞ்ஞானிகளால், நியூத்திரன் எனும் மற்றொரு உய அணுத்துணிக்கையை அறிமுகஞ்செய்ய நேரிட்டது. 1932 ஆம் ஆண்டில் சட்விக் (Chadwick) எனும் விஞ்ஞானியினால் நியூத்திரன் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பின்னர் அணுவின் ஆக்க அலகுகளாக புரோத்தன், இலத்திரன், நியூத்திரன் ஆகியன கருதப்பட்டன. அதற்கமைய, ஒர் உதாரணமாக, ஈலியம் அணுவின் அமைப்பை நோக்குவோம்.

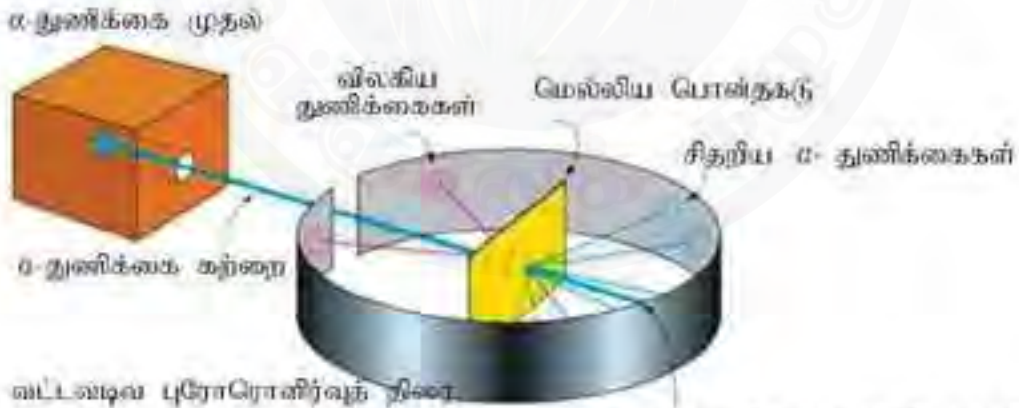
7.2 அணுவின் அமைப்பு

இலத்திரன்கள், கருவைச் சூழவுள்ள ஒழுக்குகளில் உள்ளன. அணுவினது கருவினுள் புரோத்தன்களும் நியூத்திரன்களும் உள்ளன.



உ.ந. 7.1 எலீயம் அணுவின் அமைப்பு

7.2.1 கைகர், மாஸ்டன் புரீனோதனை 1911 ஆம் ஆண்டில் இரதர்பர்ட் மற்றும் அவரது உதவியாளர்களான கைகர், மாஸ்டன் (Geiger and Marsden) ஆகியோர் மிக மெல்லிய பொன்தகடொன்றின் மீது α துணிக்கைக் கற்றையொன்றினை எறித்து அவநானித்தனர். பொன்னிலையில் மேழிய பின்னர் α துணிக்கைகள் அலையும் திசையை அவநானியதற்காக சிவ்ஞசல்பைட்டு உணர்யொன்று பொன்தகட்டு அமைப்பைச் சூழ அசைக்கப்பட்டது.



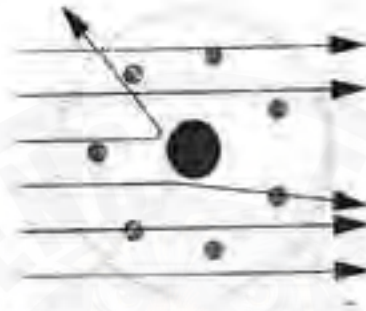
பெரும்பாலவு துணிக்கைகள் விலகுவதில்லை

7.2 பொன்தகட்டினால் α -துணிக்கைகள் சிதறுதல்

α துணிக்கைகளின் பெரும்பகுதி எவ்வித விலகலுக்கும் உள்லாகாது பொன்னிலைக்கு ஊடாகச் செல்கின்றன. என்பதையும், சில துணிக்கைகள் சிதறிய கோணத்தில் வெப்பவேறு திசைகளில் விலகுகின்றன என்பதையும் அரிதாக α துணிக்கையானது 90° இலும் பெரிய கோணத்தில் விலகுகின்றது என்பதையும் அவர்கள் கண்டறிந்தனர்.

இயல்புநிலைகளைப் பகுப்பாய்வு செய்த இரதர்பர்ட் அணுவில் அதிக அளவில் வெறும் வெளி உள்ளது எனவும் அணுவின் திணிவின் பெரும்பகுதி சதவிதமானது அதன் அகணியில் மிகச் சிறிய நேரேசத்துக்கு வரையறைப்பட்டுள்ளது எனவும் அந்த அகணி நேரேற்றமுடையது எனவும் முடிவு செய்தார். அவர் அன்வகணியை கரு எனக் குறிப்பிட்டார்.

இரதர்பர்ட் இதை பகுப்பாய்வின்படி, துணிக்கைகள் செல்லும் விதத்தை உரு 7.3 இல் காட்டியுள்ளதற்க்கினங்க விளக்கிக்கொள்ளலாம்.



உரு - 7.3 சிறிய துணிக்கைகள் செல்லும் விதம்

மேற்படி விளக்கத்தின்படி, பெரும்பாலான துணிக்கைகள் வெறும் வெளியின் ஊடாகத் தடங்கலின்றிச் செல்கின்றன. கருவுக்கு அண்மையில் செல்லும் சில துணிக்கைகள் சற்று விலகுவதோடு மிகச் சிறு தொகைத் துணிக்கைகள் கருவுக்கு நேராக வந்து பெரிய கோணங்களை அமைத்து விலகிச் செல்லும்.

துணைகளுக்கு ஒரு நூற்றாண்டுக்கு முன்னர் நடத்தப்பட்ட சைசர் மார்ஸ்டன் பரிசோதனையின் பின்னர் இன்னமும் கரு மற்றும் அடிப்படையான துணிக்கைகள் தொடர்பாக நடத்தப்படும் பெரும்பாலான பரிசோதனைகள் மேற்படி பரிசோதனையைப் போன்றதாகவே உள்ளன. அதாவது α துணிக்கைகளை அல்லது வேறு வேகமான துணிக்கைக் கற்றைகள் யாதேனும் இலகுவாகவே மேலதவிப்படுகிறது.

சைசர் - மார்ஸ்டன் பரிசோதனைக்காக α துணிக்கைகள் இயற்கையான கதிர்த் தொழிற்பாட்டு மூலமொன்றிலிருந்தே பெறப்படும். அந்த α துணிக்கைகளின் சக்தி ஏறத்தாழ 5 MeV ஆக இருந்தது. நேரேற்றமுள்ள α துணிக்கைகளின் அச்சத்தியானது பொன்விலையில் உள்ள அணுக்கினினுள் புகுவதற்குப் போதுமானதுபினும் கூட, அவை கருவை அண்டிக்கும் போது கருவில் உள்ள நேர் ஏற்றம் காரணமாக மிக இலகுவாகத் தள்ளப்பட்டுவிடும்.

இயற்கையான கதிர்த்தொழிற்பாட்டு முதல்களிலிருந்து கிடைக்கும் துணிக்கைகளை விடக் கூடுதலான சக்தியைக் கொண்ட துணிக்கைகளைப் பயன்படுத்த முடியுமெனின், அத்துணிக்கைகள் கருவை நெருங்கிச் செல்ல அல்லது கருவில் போதி அக்கருவை உடைக்கக்கூட முடியும் என்பதை விஞ்ஞானிகள் விளங்கிக் கொண்டனர். β - துணிக்கைகள், புரோத்தன்கள், இலத்திரன்கள் போன்ற ஏற்றம் கொண்ட

துணிக்கைகளை மின்புலமொன்றினைப் பயன்படுத்தி ஆர்முடுக்குவதே அவ்வாறாக அதிக சக்தியைக் கொண்ட துணிக்கைகளைப் பெறக்கூடிய ஒரு முறையாகும். மற்றைய முறை அண்டக் கதிர்களைப் பயன்படுத்தலாம்.

7.3 அண்டக் கதிர்கள்

அண்ட வெளியிலிருந்து புவியை நோக்கி வரும் அதிக சக்தி கொண்ட ஒருவகைக் கதிர்களே அண்டக் கதிர்கள் எனப்படுகின்றன. விக்டர் ஹெஸ் எனும் விஞ்ஞானியினால் 1912 இல் அண்டக் கதிர்கள் முதன் முதலாகக் கண்டறியப்பட்டன. அவர் வானில் வெவ்வேறு உயரங்களுக்கு அனுப்பப்பட்ட வாயு பஜான்கள் மூலம் வளிமண்டலத்தின் கடல்மட்டத்திலிருந்து மிக உயரத்துக்கு செல்லும் போது அவன் செறிவு அதிகரிக்கின்றமை அவதானிக்கப்பட்டது. சூரிய கிரகணம் நிகழ்ந்த வண்ணமுள்ள ஒரு சந்தர்ப்பத்தில் நடத்தப்பட்ட அளவீடுகளின்படி, இதற்கான காரணம் சூரியனில் இருந்து வரும் கதிர்கள் அல்ல என்பதை அவர் கண்டறிந்தார்.

அண்டக் கதிர்களில் பெருமளவுக்கு அடங்கியிருப்பவை புரோத்தன்கள் ஆகும் என்பதையும் அவற்றுக்கு மேலதிகமாக போட்டன்கள் α துணிக்கைகள், இலத்திரன்கள் மற்றும் இலித்தியம், மெர்லியம், போரன், கார்பன், ஓட்சிசன் போன்ற கருக்களும் அடங்கியுள்ளமை கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இத்துணிக்கைகளின் சக்தி 10^{20} eV போன்ற மிகப் பெரிய பெறுமானம் வரை பரந்த வீச்சில் பரம்பிக் காணப்படும் என்பதும் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

புவியினது வளிமண்டலத்தில் புகும் அண்டக்கதிர்கள் ஏறத்தாழ அனைத்துமே வளிமண்டலத்தில் மேற்பகுதியில் உள்ள கருக்களுடன் மோதி பியோன் (π), கேயோன் (K) போன்ற உறுதியற்ற துணிக்கைகளைத் தோற்றுவிப்பதோடு அத்துணிக்கைகள் பின்னர் தேய்வடைந்து வெளிவிடப்படும் மியோன் (μ) எனப்படும் துணிக்கைகளும், மோதுகையின்போது உற்பத்தியாகும் இலத்திரன்கள், பொசித்திரன்கள், போன்ற துணிக்கைகளுமே இறுதியில் கடல் மட்டத்தை வந்தடையும்.

கூந்த நூற்றாண்டின் முதல் அரைபகுதியில் அடிப்படைத் துணிக்கைகள் தொடர்பாகக் கண்டறியப்பட்டவற்றுள் பெரும்பாலானவை மேற்படி அண்டக் கதிர்களுக்கும் வேறு பொருள்களுக்கும் இடையிலான மோதுகை பற்றிய கற்கைகள் மூலமே கண்டறியப்பட்டன. ஏற்றம்பெற்ற துணிக்கைகளை உணரக்கூடிய உணர்ிகளை , பஜான்கள் மூலம் மேலே அனுப்புவதன் மூலம் அல்லது கடல் மட்டத்திலிருந்து மிக உயரமான மலை உச்சிகள் போன்ற இடங்களில் வைப்பதன் மூலமே இவ்வாறான பெரும்பாலான பரிசோதனைகள் நடத்தப்படும்.

எனினும் அடிப்படைத் துணிக்கைகள் பற்றிய கற்கைக்காக அண்டக் கதிர்களைப் பயன்படுத்துவது எளிதானதல்ல. அண்டக்கதிர்கள் தேய்வடைந்த பின்னர் கிடைக்கும் துணிக்கைகள் மாத்திரம் கடல் மட்டத்தை அடைகின்றமையே இதற்கான காரணமாகும். உணரிக்கு ஊடாக ஒரு செக்கனில் செல்லும் அண்டக் கதிர்களின்

எண்ணிக்கை மிகக் குறைவாக இருந்தல், ஆராய்ச்சிக்குத் தேவையானவாறு அவற்றின் சக்தியையோ துணிக்கை வகையையோ கட்டுப்படுத்த முடியாமை ஆகியன மற்றும் இரண்டு காரணங்களாகும். எனவே, தற்காலத்தில் ஆராய்ச்சிக்காக ஆர்முடுக்கிகளே பெருமளவுக்குப் பயன்படுகின்றன.

7.4 துணிக்கை ஆர்முடுக்கிகள்

ஏற்றம் கொண்ட துணிக்கைகளை ஆர்முடுக்குவதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் உபகரணங்கள் துணிக்கை ஆர்முடுக்கிகள் என அழைக்கப்படும். ஆர்முடுக்கிக்கான ஓர் எளிய உதாரணமாக கதோட்டுக் கதிர்க் குழாயைக் குறிப்பிடலாம். கதோட்டுக் கதிர்க்குழாயில் உள்ள இறை வெப்பமேறும் போது உற்பத்தியாகும் இலத்திரன்கள் கதோட்டில் இருந்து அனோட்டு வரையில் கதோட்டுக் கதிர்த் தரையாகச் செல்வதற்கான காரணம் அவ்விலத்திரன்கள் கதோட்டுக்கும் அனோட்டுக்கும் இடையே உள்ள மின் புலத்தின் மூலம் ஆர்முடுக்கப்படுவதாகும். எனினும் கதோட்டுக் கதிர்க்குழாயினால் 5 MeV போன்ற பாரிய சக்தி கொண்ட இலத்திரன் கற்றையொன்றினை உற்பத்தி செய்யமுடியாது. இலத்திரனொன்றுக்கு 5 MeV சக்தியை வழங்குவதற்கு, 5×10^6 V அழுத்த வித்தியாசத்தை வழங்க வேண்டும். அவ்வாறானதோர் அழுத்த வித்தியாசத்தை உற்பத்தி செய்வது மிகக் கடினமானதோடு, கதோட்டுக் கதிர்க்குழாயின் மின்வாய்களுக்கு இடையே உள்ள சிறிய தூரத்தில் மின் இறக்கம் நிகழாதவாறு அவ்வாறானதொரு அழுத்த வித்தியாசத்தைப் பேணிவருவது கடினமாகும்.

எனவே விஞ்ஞானிகள் ஏற்றம் கொண்ட துணிக்கைகளுக்குத் தேவையான ஆர்முடுகலை வழங்குவதற்காக வேறு பல்வேறு முறைகளைப் பயன்படுத்தினர். பெரிய அழுத்த வித்தியாசத்தைப் பிறப்பிப்பதற்காக நேரோட்ட அழுத்த வித்தியாசத்துக்குப் பதிலாக ஆடலோட்டத்தைப் பயன்படுத்தினால் ஓர் இலத்திரனிற்கு குறுக்காக பெரிய அழுத்த வித்தியாசத்தைப் பிரயோகிப்பதற்குப் பதிலாக துணிக்கைகளின் பயணப்பாதை வழியே மின்வாய்ச் சோடிகள் பலவற்றினை வைப்பதன் மூலம் படிமுறை படிமுறையாக ஆர்முடுக்குதல் ஆகியன இவ்வெல்லா முறைகளிலும் உள்ள இரண்டு பொது இயல்புகளாகும்.

பிரச்சினை

1 keV இயக்கச்சக்தி கொண்ட புரோத்தன் ஒன்றினது கதையை கணிக்க. (புரோத்தன் ஒன்றின் திணிவு 1.67×10^{-27} kg எனக் கருதுக).

தீர்வு

v கதியில் செல்லும் துணிக்கையொன்றின் சக்தி E இற்கான சமன்பாடு $E = \frac{1}{2}mv^2$ ஆகும். அதற்கமைய E சக்திகொண்ட துணிக்கையின் கதி,

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

இனம் தரப்படும். இச்சமன்பாட்டில் பெறுமானங்களைப் பிரதியிடு செய்வதால்

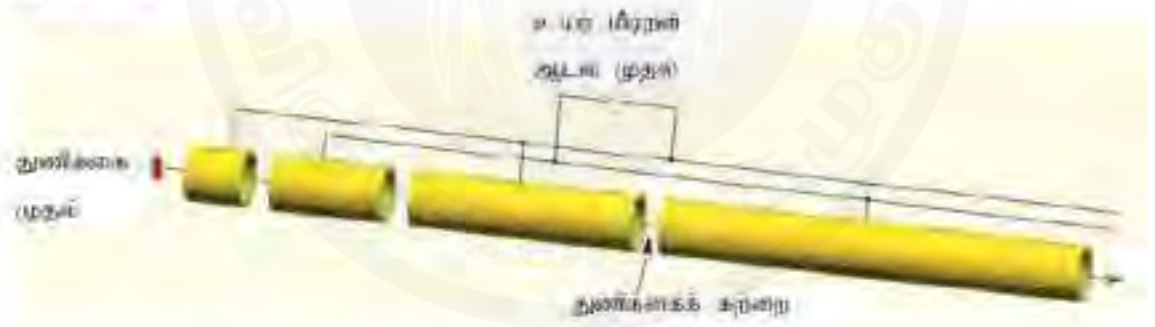
$$v = \sqrt{\frac{2 \times 10^7 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.67 \times 10^{-27}}}$$

$$= 4.38 \times 10^6 \text{ m s}^{-1}$$

நவீன ஆர்முடுக்கிகளால் உற்பத்தி செய்யப்படும் புரோத்தன் கற்றைகளில் GeV மற்றும் TeV அளவு சக்தி கொண்ட புரோத்தன்கள் அடங்கியுள்ளன. அவ்வாறான புரோத்தன்களுடன் ஒப்பிடும்போது 1 keV என்பது மிகச்சிறிதானதாயினும் அவ்வியக்கச் சக்தி அடங்கியுள்ள புரோத்தனின் வேகம் மிக உயர்வானது என்பதை நீங்கள் காணலாம். துணிக்கைகளின் சக்தி GeV அல்லது TeV அளவு வரை உயரும்போது அவற்றின் வேகம் ஒளியின் வேகத்தை அண்மிக்கும். துணிக்கையின் வேகமானது ஒளியின் வேகத்தை அண்மிக்கும் போது தொடர்பில் விதியின்படி அவற்றின் திணிவும் உயரும். எனவே அவ்வாறான துணிக்கைகளின் வேகத்தைக் கணிப்பதற்காக மேற்படி சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த முடியாது.

7.4.1 ஏகபரிமாண ஆர்முடுக்கிகள்

தற்போது உலகில் வெவ்வேறு இடங்களில் காணப்படும் துணிக்கை ஆர்முடுக்கிகளை, ஏகபரிமாண ஆர்முடுக்கிகள் மற்றும் வட்டவடிவ ஆர்முடுக்கிகள் என இரண்டு வகையாகப் பிரிக்கலாம்.



உரு 7.4 ஏகபரிமாண ஆர்முடுக்கியொன்று

ஏகபரிமாண ஆர்முடுக்கியொன்று ஆக்கப்பட்டுள்ள விதம் உரு 7.4 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதன் மின்வாய்களாகப் பயன்படுபவை ஒரு தொகுதிக் கடத்திக் குழாய்கள் ஆகும். ஒவ்வொரு இரண்டு குழாய்களுக்கும் இடையே உயர் மீறன் முதலொன்றில் இருந்து பெற்ற ஆடல் அழுத்த வித்தியாசமொன்று பிரயோகிக்கப்பட்டுள்ளது. கடத்திக் குழாய்கள் காரணமாக அவற்றில் உள்ளே நின்றபடி காணப்படுவதில்லை. ஆர்முடுக்குவதற்குத் தேவையான துணிக்கைகள் குழாய்த் தொகுதியின் ஓர் அந்தத்தின் ஊடாகப் புகுத்தப்படும். அத்துணிக்கைகள் நேரேற்றமுடையவைபெயின், அத்துணிக்கைகள் குழாய்களிரண்டுக்கும் இடையே இருக்கும்போது மற்றும் அந்த இரண்டு குழாய்களுக்கும் இடையே மின்புலத்தின் திசையானது துணிக்கைகள் செல்லும் திசையில் காணப்படுமாயின்

மாத்திரமே ஆர்முடுகல் நிகழும். மின்புலம் எதிர்த்திசையில் காணப்படும் காலத்தின், துணிக்கைகள் குழாயினுள் செல்லும். துணிக்கைகள் மறையேற்றமுடையவையெனின் இயக்கத்திசைக்கு எதிர்த்திசையில் மின்புலம் உள்ள போதே ஆர்முடுகல் நிகழும். துணிக்கையின் ஏற்றம் நேராக அல்லது மறையாக அப்படியாக இருப்பினும் ஆடல் அழுத்த வித்தியாசத்தின் ஒரு பாதியில் மாத்திரமே ஆர்முடுகல் நிகழாமாதலால் துணிக்கைக் கற்றையானது தொடர்ச்சியான பாய்ச்சலாகவன்றி துணிக்கைக் கொத்துக்களாகவே செல்லும்.

தீர்த்த பிரச்சினை

1 keV இயக்கச் சக்தி கொண்ட புரோத்தனொன்று உரு 7.4 இல் காட்டப்பட்டுள்ள ஏகபரிமாண ஆர்முடுக்கியின் முதலாவது குழாயினுள் புகுவதாகக் கருதுவோம்.

- இந்த புரோத்தன் 1 μs காலத்தின் பின்னர், குழாயிலிருந்து வெளியே வருகின்றதாயின் குழாயின் நீளம் யாது?
- அக்குழாய்க்கும் இரண்டாம் குழாய்க்கும் இடையேயான அழுத்த வித்தியாசம் 3000 V எனின் இரண்டாம் குழாயினுள் புகும்போது அப்புரோத்தனின் சக்தி எவ்வளவு?
- அப்புரோத்தன் மேலும் 1 μs காலத்துக்கு இரண்டாம் குழாயினுள் செல்வதற்கெனின், இரண்டாம் குழாயின் நீளம் எவ்வளவாக இருத்தல் வேண்டும்.

தீர்வு

- 1 keV இயக்கச் சக்தி கொண்ட புரோத்தனொன்றின் வேகம் 4.38×10^7 என்பதை முன்னைய பிரச்சினையில் நாம் கண்டறிந்தோம். அதற்கமைய 1 μs காலத்தில் அது செல்லும் தூரம் $4.38 \times 10^7 \times 10^{-6} = 0.438$ m ஆகும். எனவே குழாயின் நீளம் 43.8 cm ஆகல் வேண்டும்.
- குழாய்களிரண்டுக்கும் இடையிலான அழுத்த வித்தியாசம் 3000 V ஆயின், புரோத்தன் ஏற்றம் +1 ஆதலால், அது பெறும் சக்தி 3000 eV ஆகும். அது ஏற்கனவே உள்ள சக்தியுடன் சேர்வதால் புதிய சக்தி 4000 eV (4 keV) ஆகும்.

(iii) இனி புரோத்தனின் வேகம்

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 4 \times 10^4 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.67 \times 10^{-27}}} \quad [v = \sqrt{\frac{2E}{m}} \text{ இலிருந்து}]$$

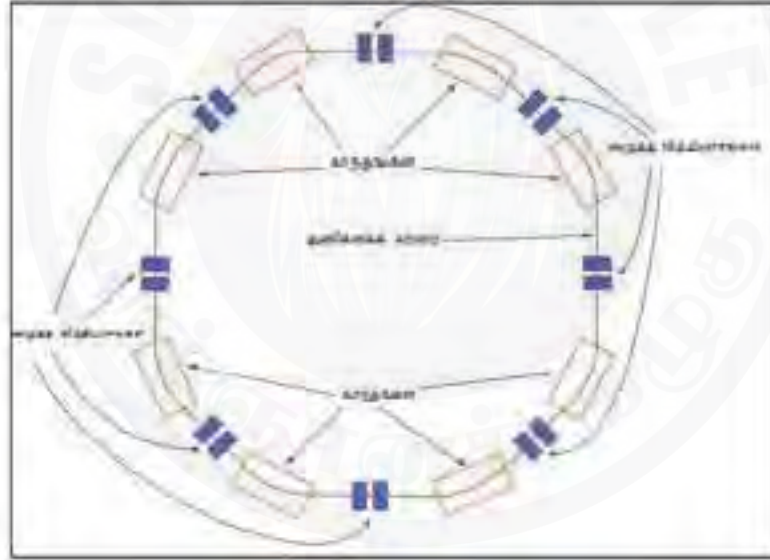
$$= 8.75 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

எனவே அடுத்த 1 μs காலத்தில் அது செல்லும் தூரம் $8.75 \times 10^7 \times 10^{-6} = 0.875$ m ஆகும். அதாவது இரண்டாம் குழாயின் நீளம் 87.5 cm ஆகல் வேண்டும். ஆடல் அழுத்த வித்தியாசத்தின் ஒரு பாதியில் துணிக்கைகள் குழாயினுள் இருப்பதற்கெனின், ஒவ்வொரு குழாயும் அதற்கு முந்திய குழாயைவிட நீளம் கடிமையாகவே இருத்தல் வேண்டும் என்பதையும் இக்கணித்தல் மூலம் காணமுடிகின்றது.



உரு 7.5 வட்டாணப் புகழரியான ஆர்முருக்கி

உரு 7.5 இல் காட்டப்பட்ட ஆர்முருக்கியின் இன் நீளம் 3.2 km ஆகும். இது உலகில் உள்ள மிக நீளமான புகழரியான ஆர்முருக்கி ஆகும்.



உரு 7.6 வட்டாணப் புகழரியான ஆர்முருக்கியின் அமைப்பு

வட்டாணப் புகழரியான ஆர்முருக்கியொன்று ஆக்கப்பட்டுள்ள விதம் உரு 7.6 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. துணிக்கைகளின் பாதையில் வைக்கப்பட்ட மின்வாய்களுக்கு இடையே பிரயோகிக்கும் அழுத்த வித்தியாசத்தின் மூலமே இங்கு ஆர்முருக்கிப் பெறப்படுகின்றது. பயணப் பாதையில் வைக்கப்பட்ட காந்தத் தொகுதிகள் மூலம் துணிக்கைகள் வட்டப் பாதையில் செலுத்தப்படும். ஒவ்வொரு காந்தத்தினாலும் துணிக்கையின் பயணப்பாதை சிபிய கோணத்தில் திருப்பப்படும். இரண்டு காந்தங்களுக்கு இடையிலான தூரத்தில் துணிக்கைகள் நேர்கோட்டுப் பாதையில் செல்லும். எனவே துணிக்கைகளின் பாதை ஓர் இலட்சிய வட்டம் அன்று. துணிக்கைகள் ஒரே பாதையில் மீண்டும் மீண்டும் செல்வதே

மிகவும் முக்கியமானது. அவ்வாறாக செல்லும் ஒவ்வொரு சுற்றில்போதும் துணிக்கை அடிமுடிவும். மிகச்சிறிய இயக்கச் சக்தியுடன் அடிமுடிக்கும் துணிக்கையொன்று அதிக சுற்றுகளை பயணித்த சேன் மிகப் பெருமளவு சக்தியைப் பெறும்.

தீர்த்த பிரச்சினை

காந்தப்புலமொன்றினுள் பிரவேசிக்கும் புரோத்தனொன்றின் பயணப்பாதை கீழே படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. புரோத்தன் ஒளியின் வேகத்தின் சரிபாதி வேகத்தில் பயணிக்கின்றதாயின், காந்தப்புலம் 0.1 T உம், காந்தப்புலம் இருக்கும் பிரதேசம் நீளம் 1 m உம் ஆயின் புரோத்தன் திரும்பும் கோணத்தைக் கணிக்கുക.



காந்தப்புல அடர்த்தி B ஆக உள்ள காந்தப்புலத்திற்குக் செங்குத்துத்திசையில் v வேகத்தில் பயணிக்கும் q ஏற்றமொன்றின் மீது தொழிற்படும் மீசையின் பருமன் $F = qvB$ ஆவதோடு, அதன் திசை பிளேமிங்கின் ஆக்கை விதியினால் தரப்படுகிறது. அவ்விசை எப்போதும் ஏற்றத்தின் பயணத்திசைக்குச் செங்குத்தாகையில் ஏற்றத்தின் பாதை, ஒரு வட்டவில் ஆகும்.

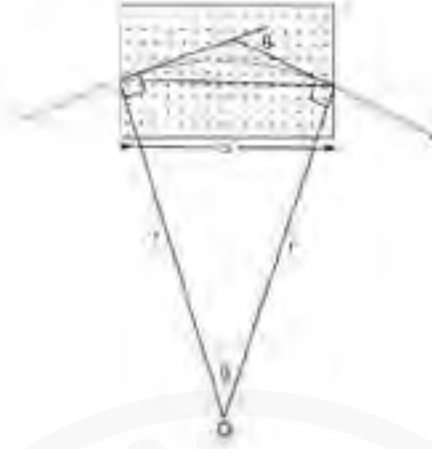
அவ்வட்டத்தின் ஆரை r ஆயின் வட்டமையத்தின் திசையில் ஏற்றத்தின் ஆர்முடுகல் v^2/r ஆவதோடு, நியூற்றன் விதியைப் பிரயோகிப்பதால் $qvB = m \frac{v^2}{r}$ எனக் கிடைக்கின்றது. அதற்கமைய ஆரை $r = \frac{mv}{qB}$ மூலம் தரப்படும்.

புரோத்தனொன்றின் வேகம் $1.5 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ஆவதோடு திணிவு $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ உம் ஏற்றம் $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ உம் ஆகும். காந்தப்புலம் 0.1 T ஆகும். இப்பெறுமானங்களைப் பிரதியீடு செய்வதால்

$$r = \frac{1.67 \times 10^{-27} \times 1.5 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.1}$$

$$= 15.65 \text{ m}$$

இனி கேத்திரகணிதத்தைப் பயன்படுத்தி, புரோத்தன் திரும்பும் கோணத்தைத் தண்டுவதற்காகப் பின்வரும் விளக்கப்படத்தைக் கருதுவோம்.



காந்தப்புலத்தில் துணிக்கை பயனிலும் பாதை ஒரு விற்புதி ஆகும். அவ்விற்புதியில் துணிக்கை கோணம் θ , அவ்விற்புதி மூலம் வாயம் O இல் எதிரமைக்கும் கோணத்துக்குச் சமமாகும். எனவே

$$\begin{aligned} \theta &= 2 \sin^{-1} \left(\frac{r}{R} \right) \\ &= 2 \sin^{-1} \left(\frac{1}{2 \times 15.05} \right) \\ &= 3.66^\circ \end{aligned}$$

தற்போது உலகில் உள்ள மிகப்பெரிய வட்டவடிவ ஆர்முடுக்கி கவிட்சர்லாந்து நாட்டில் ஜெனீவா நகரத்துக்கு அண்மையில் தாயிக்கப்பட்டுள்ள கரு ஆராய்ச்சி தொடர்பான ஐரோப்பிய நிலையத்தில் (CERN) உள்ள Large Hadron Collider (LHC) வடிவம் ஆர்முடுக்கியாகும். அது நிலைமட்டத்திலிருந்து ஏறத்தாழ 100 மீற்றர் ஆழத்தில் உள்ள ஒரு கால்கத்திலுள் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் பரிதி 26.7 கி.மீ. ஆகும். அதில் டூன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசையில் பயனில்கும் 14 TeV சக்தி கொண்ட குரண்டு கற்றைகள் உற்புதி செய்யப்படும். இந்த கற்றைகள் சில க்டங்களில் மோதவிடப்படுவதோடு அம்மோதகைகளின் போது உற்புதியாகும் துணிக்கைகள் வெவ்வேறு உணரிகளைப் பயன்படுத்திக் கற்றாய்வுக்கு உட்படுத்தப்படும்.



உருவ. 7.7 LHC ஆர்முடுக்கில் பயன்படும் உணரிப்பொன்று

அவ்வாறான சிக்கலான உணரிப்பொன்று உரு 7.7 இல் காட்டப்பட்டள்ளது. இந்த குரண்டு புரோத்தன் கற்றைகளிலிருந்தும் வரும் புரோத்தன்கள் ஒவ்வொன்றும் மோதும் இடம் சூழப்படும் வகையில் பொருத்தமான உபகரணங்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இங்கு நிகழும் மோதுகையளிப்போது உற்பத்தியாகும் வெவ்வேறு துணிக்கைகளின் சக்தி, பரிமாணம், திணிவு, ஏற்றம் போன்ற இயல்புகளை அளக்கக்கூடியவாறான பெருந்தொகையான உபகரணங்களை சூந்த உணரி கொண்டிருக்கிறது. உருவில் காட்டப்பட்டுள்ள CMS எனப்படும் உணரிப்பின் விட்டம் ஏறத்தாழ 15m ஆவதோடு அதன் திணிவு ஏறத்தாழ 15 தொன் ஆகும்.

இவ்வாறான உணரிகளை நிர்மாணித்தல், இயக்குதல், அதனைப் பயன்படுத்திப்பெறும் தரவுகளைப் பகுத்தாய்வுதல் போன்றவற்றுக்கு பெருந்தொகைப் பணமும் உடலுழைப்பும் தேவையாதலால் பல நாடுகளைச் சேர்ந்த ஆயிரக்கணக்கான விஞ்ஞானிகளாலேயே இவ்வாறான ஆராய்ச்சிகள் நடத்தப்படும். அப்படைத் துணிக்கைகள் தொடர்பான ஆராய்ச்சிக்காகப் பயன்படும் இவ்வாறான ஆர்முடுக்கிகள் கவிட்சர்லாந்தில் மட்டுமின்றி உலகின் மேலும் பல நாடுகளிலும் தாயிக்கப்பட்டுள்ளன.

7.5 அடிப்படைத் துணிக்கைகள்

விஞ்ஞானத்தின் வரலாற்றை நோக்குகையில், உட்பொருளை ஆக்கியுள்ள அடிப்படைத்துணிக்கைகள் தொடர்பான எண்ணக்கரு அம்வப்போது மாற்றமடைந்துள்ள மையாக காண முடிகின்றது. மோல்டர்னின் அணுக்கொள்கையில் அணுவானது மேலும் உடைக்க முடியாத அடிப்படைத் துணிக்கையாகும் எனக் கூறப்படுகின்றது. எனினும் அணுவானது இலத்திரன்களாலும் கருவினாலும் ஆனது என்பதை இருபதாம் நூற்றாண்டின் ஆரம்பத்தில் விஞ்ஞானிகள் விளக்கினர். கருவானது புரோத்தன்களாலும் நியூட்ரன்களாலும் உருவாகியுள்ளது என்பது மீளும் கண்டறியப்பட்டது. இது தொடர்பாக நடத்தப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளின் பெறுபெறுகளின்மேல் நியூட்ரனும் புரோத்தனும்

மேலும் அடிப்படையான துணிக்கை வகைகளால் தொடர்புற்றுள்ளது என்பது தற்போது ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. அடிப்படைத் துணிக்கைகள் உரு 7.8 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்ஙனம் ஒவ்வொரு துணிக்கைக்கும் முற்றிலும் எதிரான துணிக்கை காணப்படும்.

பேர்மியன்			போசன்
குவார்க் u up $2.4 \text{ MeV}/c^2$ $2/3$	c charm $1.27 \text{ GeV}/c^2$ $2/3$	t top $171 \text{ GeV}/c^2$ $2/3$	γ photon 0 0
d down $4.8 \text{ MeV}/c^2$ $-1/3$	s strange $104 \text{ MeV}/c^2$ $-1/3$	b bottom $4.2 \text{ GeV}/c^2$ $-1/3$	g gluon 0 0
e electron $0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1	μ muon $106 \text{ MeV}/c^2$ -1	τ tau $1.78 \text{ GeV}/c^2$ -1	Z^0 Z boson $91.2 \text{ GeV}/c^2$ 0
ν_e electron neutrino $< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0	ν_μ muon neutrino $< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0	ν_τ tau neutrino $< 15 \text{ MeV}/c^2$ 0	W^\pm W boson $80.4 \text{ GeV}/c^2$ ± 1
லெப்ரன்			

உரு : 7.8 அடிப்படைத்துணிக்கைகள்

இந்த துணிக்கைகள் அடிப்படையான நான்கு வகைகளில் ஒன்றுடனொன்று இடைத் தொழிற்பாட்டைக் காட்டும். புவியீர்ப்பு விசை (gravitational force), மின்காந்த விசை (electromagnetic force), வலிமையான கரு விசை (strong nuclear force) நலிவான கரு விசை (weak nuclear force) ஆகியனவே அந்நான்கு வகைகளுமாகும்.

சகல உட்பொருள்களும் பேர்மியன்கள் (fermions) எனப்படும் துணிக்கை வகையினாலேயே உருவாகியுள்ளன. போசன்கள் (bosons) எனப்படும் துணிக்கைகள் அடிப்படையிலேயே இடைத்தாக்கங்களில் மத்தியஸ்தம் செய்யும் துணிக்கைகளாகத் தொழிற்படும். உதாரணமாக இரண்டு நிலைமின் ஏற்றங்களுக்கு இடையே போட்டன்களைப் பரிமாறிக்கொள்வதன் மூலமே அவற்றிற்கு இடையே கவர்ச்சி விசையோ தள்ளுவிசையோ ஏற்படுத்தப்படும். வலிமையான கரு விசைக்காகத் மத்தியஸ்த துணிக்கையாக குளுஒன் (gluon) தொழிற்படும். வலிமை குறைந்த கரு விசைக்காக மத்தியஸ்த துணிக்கைகளாக போசன் (Boson) γ உம் Z உம் தொழிற்படும்.

போமியோன் வகைகள் இரண்டு உள்ளன. லெப்ரன் (lepton) குவார்க் (quark) ஆகியனவே அவையாகும். இலத்திரன்கள் போமியன் வகையைச் சேர்ந்தது. மூன்று குவார்க்கல் சேர்வதால் புரோத்தனும் நியூத்திரனும் தோன்றியுள்ளன. குவார்க் துணிக்கையின் ஏற்றமானது இலத்திரனின் ஏற்றத்தின் $1/3$ அல்லது $2/3$ ஆக இருந்தல் அதன் சிறப்பியல்பாகும்.

+2/3 ஏற்றங்கொண்ட u குவார்க் துணிக்கைகள் இரண்டும் -1/3 ஏற்றங்கொண்ட d குவார்க் துணிக்கையொன்றும் சேர்வதாலேயே புரோத்தன் தோன்றியுள்ளது. அதற்கமைய புரோத்தனின் ஏற்றம் +1 ஆகும்.

u குவார்க் துணிக்கை ஒன்றும் d குவார்க் துணிக்கைகள் இரண்டும் சேர்வதால் நியூத்திரன் தோன்றியுள்ளது. எனவே நியூத்திரனின் ஏற்றம் பூச்சியம் ஆகும். அதற்கமைய நாம் அகிலத்தில் காணும் பெருமளவு உட்பொருள் u மற்றும் d குவார்க் மற்றும் இலத்திரன்களாலேயே உருவாகியுள்ளது. ஏனைய சகல அடிப்படைத் துணிக்கைகளையும் அகிலக் கதிர்களுக்கும் உயர்ச்சுத்தி துணிக்கைகளுக்கும் துடையிலான மோதுகை போன்றவற்றில் மாத்திரமே காணலாம்.

இவை தவிர ஏனைய குவார்க் அல்லது எதிர்குவார்க் ஒன்று சேர்வதால் வெவ்வேறு துணிக்கைகள் பெருந்தொகையாகத் தோன்றியுள்ளன. குவார்க் எப்போதும் மூன்று குவார்க் அல்லது எதிர் குவார்க் எனும் பிணைந்த கூட்டுத்துணிக்கைகளாகவே காணப்படும். அவ்வாறான தனித்தனியாக இருக்கும் குவார்க் எண்ணிக்கைகள் தீது வரையில் பரிசோதனை ரீதியில் அவநாணிக்கப்படவில்லை.

7.6 அடிப்படை விசைகள்

மேற்குறிப்பிட்ட நாம் அறிந்தள்ள வகையில் இயற்கையில் இடைத் தொழிற்பாடுகள் நிகழும் அடிப்படையான நான்கு விசைகள் உள்ளன. அவற்றுள் எமக்கு மிகப்பரிச்சயமான விசை புவியீர்ப்பு விசை ஆகும். என்னும் அது மற்றைய மூன்று விசைகளையும் விட நலிவான ஒரு விசையாகும். நீங்கள் நன்கு அறிந்துள்ளதிற்கிணங்க, திணிவுகளுக்கு இடையிலேயே புவியீர்ப்பு விசைகள் தோன்றும். யாதும் திணிவு காரணமாக ஏற்படும் புவியீர்ப்பு விசையானது முடிவில்லி வரையில் பரம்பும்.

மின்காந்த விசையானது மின்னேற்றங்களிலேயே தங்கியிருக்கும். ஒய்வில் இருக்கும் ஏற்றங்களுக்கு இடையே நிலையின் விசைகள் தோன்றுவதோடு அசையும் ஏற்றங்கள் காரணமாக காந்த விசைகள் தோன்றும். எனவே நாம், நிலையின் விசைகளையும் காந்த விசைகளையும் மின்காந்த விசை எனப்படும் ஒரே விசையின் இரண்டு வடிவங்களாகவே கருதுகின்றோம். மின்காந்த விசையும் முடிவில்லி வரையில் பரம்பும் விசையாகும்.

வலிமையான கரு விசை என்பது கருவிணுள் புரோத்தன்களையும் நியூத்திரன்களையும் ஒன்றுடனொன்று பிணைத்து வைக்கும் விசையாகும். புரோத்தன்கள் இரண்டுக்கும் இடையேயும் இரண்டு நியூத்திரன்களுக்கு இடையேயும் அல்லது ஒரு புரோத்தனுக்கும் ஒரு நியூத்திரனுக்கும் இடையேயும் வலிமைமிக்க கரு விசைகள் ஒரேவிதமாகத் தொழிற்படும். அடிப்படையான நான்கு விசைகளுள் மிகவும் வலிமை கொண்ட விசை கரு விசையாகும். எனவே கருவிணுள் பல புரோத்தன்கள் இருக்கும்போது புரோத்தன்களுக்கு இடையே உள்ள மின் தள்ளலை முறியடித்து புரோத்தன்களைக் கருவுடன் இணக்கமாகப்

பிணைந்து வைப்பதற்கு வலிமைமிக்க கருவிசைக்கு ஆற்றல் உண்டு. என்னும் விசையின் வீச்சு மிகச் சிறியது.

அநாவது அத்துணிக்கைகள் கருவிசை விட்டத்தின் ஏறத்தாழ 10^{11} m அளவுடையதாக அல்லது அதிலும் குறைவானதாக இருக்கும் போது மாத்திரமே புரோத்தனுக்கும் நியூத்திரனுக்கும் இடையில் வலிமையான கரு விசை தோன்றும்.

நலிவான கரு விசையானது புலியீர்ப்பு விசையை விடவும் வலிமையானதாயினும் மற்றைய இரண்டு விசைகளையும் மிகவும் நலிவானது. அதன் வீச்சும் 10^{-12} m அளவுக்குச் சிறியது. அதன் நலிவுபாடு காரணமாக அவ்விசையின் செல்வாக்கை நாம் எளிதில் காணமுடிவதில்லை. கதிர்த் தொழிற்பாட்டில் காணப்படும் பீற்றா தேய்வானது நலிவான கரு விசை காரணமாக நிகழும் ஓர் தோற்றப்பாடாகக் இனங்காணப்பட்டுள்ளது. அது ஒரு நலிவான விசையாயினும் கூட சூரியனின் தொழிற்பாட்டுக்கு பீற்றா தேய்வு மிக முக்கியமானதாகையால், எமது இரும்புக்கு நலிவான கரு விசை அத்தியாவசியமானதொரு விசையாகும்.

அட்டவணை : 7.1 அடிப்படை விசைகளின் ஒப்பீடு

விசை	சார் வலிமை	எதன் மீது தொழிற்படும்	வீச்சு	விசை பிரயோகிக்கப்படும் சந்தர்ப்பங்கள்
வலிமையான விசை	1	சுவார்க்	10^{-11} m	கருவிசையினுள்ளே புரோத்தன்களையும் நியூத்திரான்களையும் ஒன்றாகப் பேணவைத்திருத்தல்
மின்காந்த விசை	$\frac{1}{100}$	மின்னேற்றங்கள்	முடிவிலி	அணுக்களை ஒன்றாகப் பேணவைத்திருத்தல்
நலிவான விசை	10^{-4}	லெப்ரன், சுவார்க்	10^{-12} m	கதிர்த் தொழிற்பாட்டு தேய்வு
புலியீர்ப்பு விசை	10^{-19}	சகல திணிவுகளும்	முடிவிலி	சூரியற்றுத் தொகுதியை ஒன்றாகப் பேணவைத்திருத்தல்

பயிற்சிகள்

1. அடிப்படைத் துணிக்கைகள் எனக் கருதப்படுவது யாது?
2. குவார்க்களுக்குப் பின்ன ஏற்றங்கள் (fractional charges) உண்டு. நியூத்திரன் ஆனது மூன்று குவார்க்களால் ஆனது. அது ஏற்றமெதனையும் காட்டுவதில்லை. விளக்குக.
3. பின்வரும் துணிக்கைகளுள் எவை அடிப்படைத் துணிக்கைகளாகக் கருதப்படும்?
இலத்திரன், புரோத்தன், நியூத்திரன், குவார்க்
4. (a) புரோத்தன் (b) நியூத்திரன் ஆகிய ஒவ்வொன்றுக்காகவும் குவார்க் கட்டமைப்பை எழுதுக.
5. பின்வரும் சந்தர்ப்பங்களுக்கான மொத்த ஏற்றத்தை எழுதுக.
மூன்று u குவார்க், மூன்று d குவார்க்



உசாத்துணை நூல்கள்

திசாநாயக்க எல். (2009) உட்பொருளும் கதிர்ப்பும் - ஆறாம் பதிப்பு, சந்துனி ஒவ்வொரு பீரிண்டர்ஸ், பேராதனை.

Breithaupt, J. (2001). *Key Science: Physics-Third Edition*. Nelson-Thornes Ltd, Cheltenham, UK.

Breithaupt, J. (2003). *Understanding Physics For Advanced Level - Fourth Edition*. Nelson Throne, Cheltenham, UK.

Bruno, R. (1993). *Cosmic Rays – Tenth Edition*. McGraw-Hill, University of Bologna, USA.

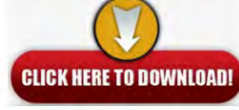
Cutnell, J. D., Kenneth, W. J. (2009). *Introduction to Physics – Sixth Edition*. John Wiley & Sons, Southern Illinois University, Carbondale, USA.

Muncaster, R. (1993). *A-level Physics-Fourth Edition*. Stanley Thornes (Publishers) Ltd, Cheltenham, UK.

சட்ப்பொருளும் கதிர்ப்பும் தொடர்பாகப் பயன்படும் அடிப்படை மாறிலிகள்

	குறியீடு	அலகு
அவகாதரோ மாறிலி	L	$= 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
முல்வாயு மாறிலி	R	$= 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
போல்குமான மாறிலி	k	$= 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
ஸ்டெபான் மாறிலி	σ	$= 5.670 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
புவியீர்ப்பு மாறிலி	G	$= 6.672 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
கயாதீன வெளியின் அனுமதித்திறன்	ϵ_0	$= 8.854 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம்	c	$= 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
பிளாங்கின் மாறிலி	h	$= 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$
இலத்திரனின் ஏற்றம்	e	$= 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
இலத்திரனின் தன்னேற்றம்	e/m	$= 1.759 \times 10^{11} \text{ C kg}^{-1}$
இலத்திரனின் திணிவு	m_e	$= 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
புரோத்தனின் திணிவு	m_p	$= 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
நியூட்ரனின் திணிவு	m_n	$= 1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
அணுத்திணிவு அலகு	1 u	$= 1.661 \times 10^{-27} \text{ kg}$
கயாதீன வெளியின் உட்புகவிடுமியல்பு	μ_0	$= 4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$

பௌதீகவியல் வளநூல்
(தனித்தனி அலகுகளாக பிரிக்கப்பட்டுள்ளது)
(UNIT WISE – TAMIL MEDIUM)



இரசாயனவியல் வளநூல்
(தனித்தனி அலகுகளாக பிரிக்கப்பட்டுள்ளது)
(UNIT WISE – TAMIL MEDIUM)



உயிரியல் வளநூல்
(TAMIL MEDIUM)



இன்றும் பல பயனுள்ள தகவல்களைப் Telegram இல் பெற்றுக் கொள்ள எமது Channel இல் இணைந்திருங்கள்



/ **ScienceEagle**

CLICK HERE TO JOIN

எமது Updates களை உடனுக்குடன் உங்கள் வாட்ஸ்அப் இல் (Broadcast Service) ஊடாக பெற்றுக்கொள்ள இன்றே செயற்படுததுங்கள்



072-5161322

CLICK HERE

www.ScienceEagle.com

இலங்கையின் உயர்தர கணித விஞ்ஞான பிரிவிற்கான தனித்துவமான இணையதளம்