கதிரியக்கம்

ஆர். குருநாதன்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க. வெ.) வரிசை எண்—711

கதிரியக்கம்

ஆசிரியர்
ஆர். குருநாதன், எம். ஏ.,
வேதியியல் பேராசிரியர்,
கோவை மருத்துவக் கல்லூரி,
கோயம்புத்தூர்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition — June, 1976

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 711

© Government of Tamilnadu

RADIOACTIVITY

R. GURUNATHAN

Price Rs. 6-90

Published by the Tamilnadu Textbook Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

Printed out of the Paper allotted by the Government of India.

Printed by

Kandeepam Printers,
3128-C, Anna Nagar,
Madras-600 040.

பதிப்புரை

கதிரியக்கம் என்ற இந் நூல், தமிழ் நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் **711** ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான **35** நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை **746** நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு, கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் 'மாநில மொழியில் பல்கலைக் கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்'தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

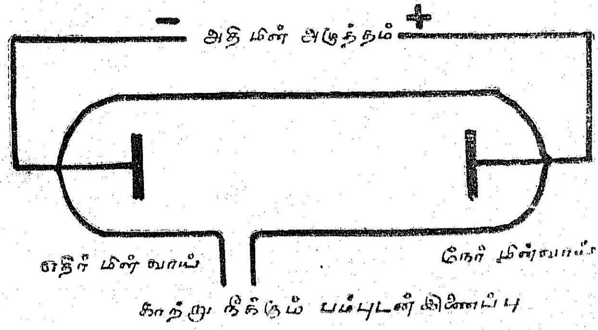
மேலாண்மை இயக்குநர்
தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்.

பொருளடக்கம்

			பக்கம்
1.	அடிப்படைத் துகள்கள்	...	1
2.	அணுவின் அமைப்பு	...	11
3.	எக்ஸ் கதிர்கள்	...	29
4.	ஆற்றலும் கதிர்வீச்சும்	...	35
5.	இயல்பான கதிரியக்கம்	...	42
6.	கதிர்வீச்சைக் கண்டறிதல்	...	50
7.	கதிரியக்க வரிசைகள்	...	64
8.	ஐசோடோப்புகள்	...	73
9.	ஐசோடோப்புகளைத் தனிப்படுத்தல்	...	85
10.	கதிரியக்கச் சிதைவு	...	95
11.	அணுக்கரு கதிர்வீச்சுகள்	...	107
12.	அணுத் துகள்களின் மோதல்களும் அணுக்கரு சிதைவுறுதலும்	...	122
13.	துகள் முடுக்கிகள்	...	131
14.	செயற்கை முறையில் தனிம மாற்றம்	...	145
15.	செயற்கையான கதிரியக்கம் அல்லது தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கம்	...	153
16.	செயற்கைத் தனிமங்கள்	...	163
17.	அணுக்கரு ஆற்றலும் அணுக்கருவின் நிலைப்புத் தன்மையும்	...	170
18.	அணுக்கரு பிளவும் அணுக்கரு இணைப்பும்	...	182
19.	அணு ஆற்றலை வெளிப்படுத்தல்	...	190
20.	ஆக்கப்பணிக்கு அணு ஆற்றல்	...	195
21.	கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளின் பயன்கள்	...	207
22.	கதிர் வீச்சின் தீய விளைவுகளும், பாதுகாப்பு வழங்கலும்	...	231
23.	காஸ்மிக் கதிர்கள்	...	239
	பிற்சேர்க்கை	...	248
	மேற்கோள் நூற்பட்டியல்	...	250
	கலைச் சொற்கள்	...	251

1. அடிப்படைத் துகள்கள்

அணுவைப் பகுக்க முடியாது என்பது டால்டனின் கருத்து. பொருள்களைப் பகுத்துக் கொண்டேபோனால் முடிவில் பெறப்படுவது அணுதான். எனவே, அணு அமைப்பைக் கொண்டிருக்கவில்லை என்று டால்டன் கருதினார். டால்டனின் கருத்துகள் வெளியான ஒருசில ஆண்டுகளுக்குப்பின் மைக்கேல் ஃபாரடே என்பார் அணுக்கள் மின்னியல்புகளைக் கொண்டிருத்தலைச் சுட்டிக்



படம் 1

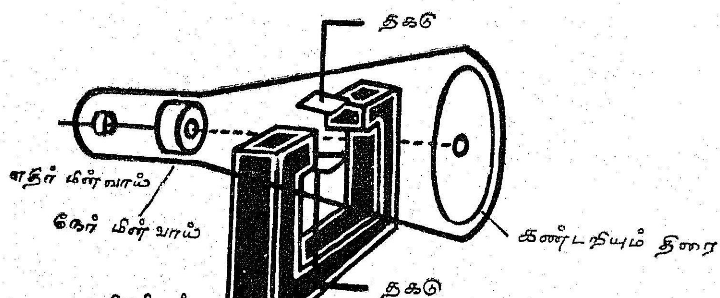
காட்டினார். அதன் பின் நிகழ்த்தப்பட்ட பல சோதனைகளின் முடிவாக அணு எலெக்ட்ரான், புரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரான்களைக் கொண்ட ஓர் அமைப்பை உடையது என்று நிரூபிக்கப் பட்டது. இந்த அத்தியாத்தில் சில அடிப்படைத் துகள்கள்பற்றிய விவரங்களைக் காண்போம்.

கேதோடு கதிர்கள் (cathode rays) மேலே படத்தில் ஒரு மின்னிறக்கக் (discharge) குழாயின் அமைப்புக் காட்டப் பட்டுள்ளது.

இது இரண்டு ஓரங்களிலும் இரண்டு உலோகத் தகடுகள் பொருத்தப்பட்ட கண்ணாடிக் குழாயாலானது. உலோகத் தகடு

களை அதிக மின்னழுத்தச் சாதனத்தின் மின்வாய்களுடன் இணைக்கவேண்டும். குழாயில் காற்றின் அழுத்தம் 0·01 மி.மீ. இருக்கும்படி செய்து சுமார் 10,000 வோல்ட் மின்னழுத்தங் கொடுத்தால் குழாயின் கேதோடிலிருந்து கண்ணுக்குப் புலனாகாத கதிர்கள் செல்கின்றன. இவை கண்ணாடிமேல் படும் இடங்களில் கண்ணாடி ஒளிர்கிறது. இவைகளைத்தாம் கேதோடு கதிர்கள் என்கிறோம்.

கேதோடு கதிர்களின் இயல்புகள்: கேதோடு கதிர்கள் எலெக்ட்ரான் துகள்களைக் கொண்டிருக்கின்றன. குழாயில் இருக்கும் காற்றின் அழுத்தம் குறைவாக இருக்கும் நிலையில் கேதோடிலிருந்து பறிக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள்தாம் இப்படிக் கேதோடு கதிர்களாகச் செல்கின்றன. இவை நேர்கோட்டில் செல்கின்றன. இத் துகள்கள் உந்தம் (momentum) மற்றும் ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கின்றன. இவை காந்தப்புலத்தாலும் மின் புலத்தாலும் செல்லும் பாதையிலிருந்து விலக்கமடைகின்றன. கேதோடு கதிர்களை மின்புலம், மற்றும் காந்தப்புலத்திற்கு உட்படுத்தி அவற்றின் திசைவேகத்தைக் கண்டறியலாம். துகள்களின் மின்னேற்றத்திற்கும் நிறைக்கும் உள்ள விகிதத்தை நிர்ணயிக்கலாம். அம்மாதிரியான சோதனைக்குப் பயன்படுத்தப்படும் சாதனத்தின் அமைப்புப் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 2

எதிர்மின்வாயிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் (கேதோடு கதிர்கள்) வெளிப்படுகின்றன. இவை வலப்பக்கம் நோக்கி முடுக்கப்படுகின்றன. நேர்மின் வாயிலுள்ள துளைவழியாகச் சென்று குறுகிய கற்றையாக வெளிப்படுகின்றன. அடுத்து, குழாயின் முன் பகுதியிலுள்ள கண்டறியும் திரையின்மீது படுகின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் காந்தப்புலம் வழியாகச் செல்லும்போது அவற்றின்

பாதையிலிருந்து விலகிச் செல்கின்றன. எலெக்ட்ரான்களின் பாதைக்கு மேலும் கீழும் இருக்கும் தகடுகளுக்கு மின்னேற்றங் கொடுத்து, காந்தப்புலத்தின் விளைவை ஈடுகட்டலாம். காந்தப் புலத்தின் திறனையும், தகடுகளுக்கு இடையே கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தையுங்கொண்டு காந்தப்புலம் மட்டும் இருக்கும் போது உண்டாகும் பாதை விலகல் அளவையும், மின்புலம் மட்டும் இருக்கும்போது பாதை விலகல் அளவையும் வைத்து எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்றத்திற்கும் நிறைக்கும் உள்ள விகிதத்தைக் கணக்கிடலாம். பாதை விலகல் அளவு துகளின் மின்னேற்றத்தைப் பொறுத்தது. துகளின்மீது அதிக மின்னேற் றம் இருந்தால் அது அதிகப்படியாக ஈர்க்கப்பட்டு (அல்லது எதிர்த்துத் தள்ளப்பட்டு) அதிகம் விலகிச் செல்கிறது. பாதை விலகல் துகளின் நிறைக்கு எதிர்விகிதச் சமமாக இருக்கிறது. இயக்கத்திலிருக்கும் துகளின் நிறை அதிகரிப்புக்கு ஏற்றவாறு அதன் பாதையிலிருந்து விலகச் செய்தல் கடினமாகிறது.

மின்னிறக்கக் குழாயில் எந்தப்பொருளை எதிர்மின் வாயாகப் பயன்படுத்தினாலும் கேதோடு கதிர்கள் ஒத்த இயல்புகளையே கொண்டிருக்கின்றன.

எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்றத்திற்கும் நிறைக்கும் உள்ள விகிதம் $-1{\cdot}76 \times 10^8$ கூலம்கள்/கிராம்.

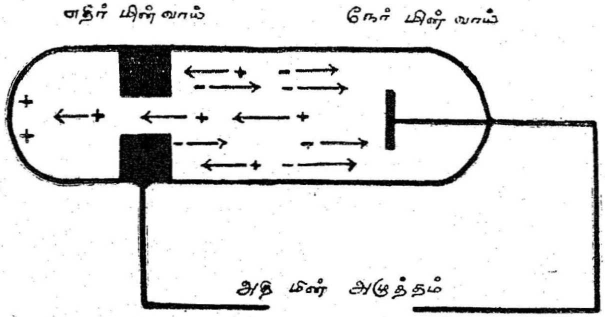
கேதோடு கதிர்கள் ஒளியின் வேகத்தில் ஐந்தில் ஒரு பங்கு வேகத்துடன் செல்கின்றன.

மில்லிக்கனின் எண்ணெய்ச் சொட்டுச் சோதனையிலிருந்து எலெக்ட்ரான் $-1{\cdot}6019 \times 10^{-19}$ கூலம் மின்னேற்றத்தைக் கொண் டிருக்கிறது என்பது நிரூபிக்கப்பட்டது. குறைந்தபட்சம் இருக்கக் கூடிய மின்சாரத்தின் அளவு இதுவே. மின்னேற்றங்கொண்ட துகள்கள் இந்த அளவின் மடங்கான மின்னேற்றத்தையே கொண் டிருக்கின்றன.

எலெக்ட்ரானின் நிறை $9{\cdot}109 \times 10^{-28}$ கிராம். இது ஹைட் ரஜன் அணுவின் நிறையில் $\frac{1}{1840}$ பங்காகும். எலெக்ட்ரான் $2{\cdot}8 \times 10^{-13}$ செ.மீ. ஆரத்தைக் கொண்டுள்ளது.

எப்படியெல்லாம் எலெக்ட்ரான்கள் பெறப்பட்டாலும் எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் ஒத்த இயல்புகளையே கொண்டிருக்கின்றன. எனவே, அணுக்களின் ஒரு பகுதியாக எலெக்ட்ரான்கள் இருக் கின்றன என்பது தெளிவாகிறது.

நேர்மின்கதிர்கள் (postive rays) 1886-ல் கோல்டு ஸ்டீன் (Gold Stein) ஒரு பிரத்தியேக மின்னிறக்கக் குழாயை உருவாக்கினார். அதன் படம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



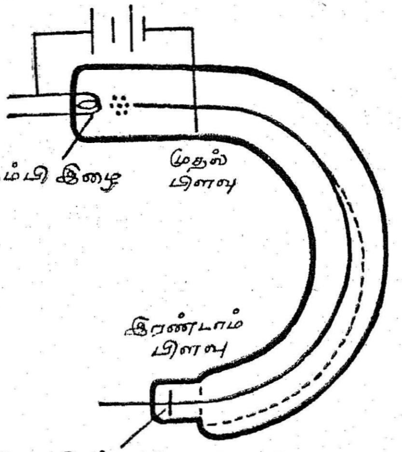
படம் 3

இங்குத் துளை போடப்பட்ட உலோகத் துண்டு எதிர்மின் வாயாகச் செயல்படுகிறது. மின்னிறக்கம் நிகழும்போது எதிர் மின் வாயிலுள்ள துளை வழியாக ஒருவகைக் கதிர்கள் வெளிப்படுகின்றன. இவற்றை கோல்டு ஸ்டீன், புழைக் கதிர்கள் (canal rays) என்று குறிப்பிட்டார். 1896-ல் வீயென் (Wien) என்பார் இவை மின்புலத்தால் பாதையிலிருந்து விலகிச் செல்வதை வைத்து நேர்மின் கதிர்கள் எனக் கண்டார்.

நேர்மின் கதிர்கள் உண்டாக்கப்படுவது எவ்வாறு என்று பார்ப்போம். எதிர்மின் வாயிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயை நோக்கிச் செல்கின்றன. அப்போது மின்னிறக்கக் குழாயிலிருக்கும் காற்று மூலக்கூறுகளுடன் கேதோடு கதிர்கள் மோதுகின்றன. கேதோடு கதிர்கள் போதிய ஆற்றலைக் கொண்டிருந்தால் அவை மின்னேற்றமில்லாத காற்றுத் துகள்களிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களைப் பறிக்கின்றன. இம்மாதிரி எலெக்ட்ரான் நீக்கத்தால் நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட துகள்கள் எதிர்மின்வாயை நோக்கிச்செல்கின்றன. அப்போது சில நேர்மின் துகள்கள்எலெக்ட்ரான்களை ஏற்று நடுநிலையான நிலைக்கு வருகின்றன. அவ்வப்போது நேர்மின்னேற்றத் துகள்கள் எதிர்மின் வாயிலுள்ள துளையின்வழியாக வெளிப்படலாம். அவைதாம் குழாயின் இடப்பக்கம்நோக்கிச் செல்கின்றன. இந்தத் துகள்கள் அதிக நிறை கொண்டவை. குழாயில் எடுத்துக் கொள்ளப்படும் வாயுவின் நிறையை ஒத்த நிறையை நேர்மின் துகள் கொண்டிருக்கிறது.

நேர்மின் கதிர்களைப்பற்றிய விவரங்களை அறிய, ஆய்விற்குப் பயன்படும் கருவியின் படம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இதனை நிறைமாலை மானி (Mass Spectrometer) என்கிறோம். இதனைக் கொண்டு நேர்மின் துகள்களின் மின்னேற்றத்திற்கும் நிறைக்கும் உள்ள விகிதத்தை நிர்ணயிக்கலாம்.

சூடான கம்பி இழையிலிருந்து வரும் எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்டு, அதற்கு அருகிலுள்ள மின்னேற்றமில்லாத துகள்களைத்



படம் 4

தாக்கி நேர்மின் துகள்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. முதலில் அவை முதல் பிளவை (slit) நோக்கி முடுக்கப்படுகின்றன. பிளவிலிருந்து வெளிப்படும் அந்த நேர்மின் கற்றை காந்தப் புலத்திற்கு (படத்தில் காந்தப்புலம் காட்டப்படவில்லை) உட்படுகிறது. மின்னேற்றத்திற்கும் நிறைக்கும் உள்ள விகிதம் ஒரே மாதிரி இருக்கும் துகள்கள் ஒரே வளைவுப் பாதையில் செல்கின்றன. வெவ்வேறு வாயுக்களிலிருந்து நேர்மின் கதிர்களை உண்டாக்கினல் மின்னேற்றத்திற்கும் நிறைக்கும் உள்ள விகிதம் மாறுவதைப் பார்க்கிறோம்.

நேர்மின் துகள்களின் மின்னேற்றத்திற்கும் நிறைக்கும் உள்ள விகிதத்திலிருந்து அவற்றின் மின்னேற்றத்தைத் தெரிந்த நிலையில் துகள்களின் நிறையைக் கணக்கிடலாம். மின்னேற்றமில்லாத துகளிலிருந்து எலெக்ட்ரான் நீக்கப்படுவதால் துகள்கள் நேர் மின்னேற்றத்தைப் பெறுகின்றன என்று பார்த்தோம். ஓர் அணுவிலிருந்து ஒரே ஓர் எலெக்ட்ரானை நீக்கிவிட்டால் அந்தத் துகளின் நேர்மின்னேற்றத்தின் அளவு எலெக்ட்ரானின் மின்

னேற்ற அளவுக்குச் சமமாக ஆனால் எதிர்மாருக (opposite) இருக்கவேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு ஹைட்ரஜன் அணுவிலிருந்து ஓர் எலெக்ட்ரானை நீக்கிவிட்டால் வரப்பெறும் நேர்மின் துகள் (புரோட்டான்) $+1\cdot60 \times 10^{-19}$ கூலம் மின்னேற்றங் கொண்டிருக்கிறது. புரோட்டானின் எடை $1\cdot67 \times 10^{-24}$ கிராம். இது எலெக்ட்ரானின் எடையைப் போல் 1840 மடங்காகும். மின்னேற்றமில்லாத ஹீலியம் அணுவிலிருந்து இரண்டு எலெக்ட்ரான்களை நீக்கிவிட்டால் கிடைக்கின்ற நேர்மின்துகள் (a-துகள்) $+ 3\cdot20 \times 10^{-19}$ கூலம் மின்னேற்றங் கொண்டது. இதன் நிறை $6\cdot6 \times 10^{-24}$ கிராம்.

நேர்மின் கதிர்கள்பற்றிய ஆய்விலிருந்துதான் அணுவின் அடிப்படைத் துகள்களுள் ஒன்ருன புரோட்டானைப்பற்றிய உண்மைகள் தெரியவந்தன.

பாசிட்ரான் 1930-ல் டிராக் (A. M. Dirac) என்பார் நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட எலெக்ட்ரான்கள் இருக்க வேண்டுமென்று நம்பினுர். காஸ்மிக் கதிர் ஆய்வின்போது ஆண்டெர்ஸன் (Anderson) என்பார் பாசிட்ரான்கள் (நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட எலெக்ட்ரான்கள்) இருப்பதை நிரூபித்துக் காட்டினுர். அவை நேர் மின்னேற்றத்தையும் எலெக்ட்ரானின் ஒத்த நிறையையும் பெற்றிருப்பதும் சுட்டிக் காட்டப்பட்டது.

ஆன்ட்டி புரோட்டான் (Anti proton) இயற்கையில் சமமான ஆனால் எதிர்மாருன (opposite) மின்னேற்றங்கொண்ட துகள் ஜோடிகள் இருக்க வேண்டுமென நம்பப்பட்டது. எலெக்ட்ரான்-பாசிட்ரான் இணை காணப்படுவது இதற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டு. ஆன்ட்டி புரோட்டான்கள் எனப்படும் எதிர்மின்னேற்றங் கொண்ட புரோட்டான்கள் மட்டுமல்ல, நியூட்ரானுக்கு இணையாக ஆன்ட்டி நியூட்ரானும் (Anti neutron), நியூட்ரினேவுக்கு ஜோடியாக ஆன்ட்டி நியூட்ரினேவும் (Anti neutrino) இருக்க வேண்டுமென நம்பப்பட்டது.

1955-ல் ஆன்ட்டி புரோட்டான் இருப்பது நிரூபிக்கப்பட்டது. பிவெட்ரான் (Bevetron) எனப்படும் முடுக்கியால் (Accelerator) பில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகளுக்குமேல் ஆற்றலைக் கூட்டலாம். 6·2 Bev-க்கு முடுக்கப்பட்ட புரோட்டான் எறிதுகள் தாமிர இலக்கைத் தாக்கப் பயன்படுத்தப்பட்டது. புரோட்டான் தாமிரத்தின் நியூட்ரான்மீது படும்போது புரோட்டான் மற்றும் ஆன்ட்டி புரோட்டான் ஆகிய துகள்கள் உண்டாக்கப்பட்டன. அம்மாதிரியான மோதலில் ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டின் ($E=mc^2$) படி புரோட்டானின் ஆற்றலில் ஒரு பகுதி நிறையாக மாற்றப்

பட்டது. மீதம் இருக்கும் ஆற்றல் ஏற்கெனவே இருக்கிற அல்லது புதிதாக உண்டாக்கப்பட்ட துகள்களுக்கு இயக்கங் கொடுக்கப் பயன்படுகிறது. இச் சோதனையில் ஓர் ஆன்ட்டி புரோட்டானை உண்டாக்க 1 Bev ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது என்பது தெரிகிறது.

ஆன்ட்டி புரோட்டான் புரோட்டானுக்குச் சமமான நிறையைக் கொண்டது.

நியூட்ரினோ: கதிரியக்க அணுக்கருவிலிருந்து β-கதிர் விடப்படும்போது நியூட்ரான் துகள் புரோட்டான், எலெக்ட்ரான் மற்றும் நியூட்ரினோ துகள்களாக மாற்றப்படுகிறது. நியூட்ரான் $\rightarrow$ புரேட்டான் + எலெக்ட்ரான் + நியூட்ரினோ. இந்த மாற்றத்தின் போது புரோட்டான் அணுக்கருவிலேயே இருக்கிறது. எலெக்ட்ரானும் நியூட்ரினோவும் வெளிப்படுகின்றன. 1956-ல்தான் நியூட்ரினோக்கள் இருப்பது நிரூபிக்கப்பட்டது

நியூட்ரான்: 1920-ல் ருதர்ஃபோர்டு (Rutherford) புரோட்டானின் நிறைக்குச் சமமான நிறைகொண்ட மின்னேற்றமில்லாத துகள் இருக்கவேண்டுமென்று கூறினர். 1932-ல் ஜேம்ஸ் சாட்விக் (James Chadwick) என்பவர் நியூட்ரான்களைக் கண்டு பிடித்தார். பொலோனியத்திலிருந்து பெறப்பட்ட X-கதிர்களைப் பெரிலியத்தின் மீது விழச்செய்யும் போது அந் நிகழ்ச்சியைத் தொடர்ந்து மிக ஊடுருவும் இயல்பு வாய்ந்த கதிர்வீச்சு பெறப்பட்டது. இந்த இரண்டாம்நிலைக் கதிர்வீச்சின் பாதையில் பாரஃபினை வைத்ததால் புரோட்டான்கள்வெளித்தள்ளப்பட்டன. இந்தப் புரோட்டான்கள் வேகங்கொண்டவை. நிகழும் வினை கீழே காட்டப்பட்டுள்ள சமன்பாட்டால் குறிக்கப்படுகிறது.

$$_4Be^9 + {}_2He^4 \rightarrow {}_6C^{12} + {}_0n^1$$

வெளிப்படும் நியூட்ரான்கள் பாரஃபினிலிருந்து புரோட்டான்களை வெளித் தள்ளுகின்றன.

நியூட்ரான் மின்னேற்றமில்லாதது. அதன் நிறை 1·00893 அலகுகள். இதன் பாதிச் சிதைவு காலம் 20 நிமிடங்கள். தன்னிச்சையாகச் சிதைந்து கீழே காட்டப்பட்டுள்ள சமன்பாட்டின்படி புரோட்டான், எலெக்ட்ரான் மற்றும் நியூட்ரினோவாக மாறுகிறது.

நியூட்ரான் $\rightarrow$ புரோட்டான் + எலெக்ட்ரான் + நியூட்ரினோ

நியூட்ரான் நீர்த்திவலை அறையில் அயனிகளை உண்டாக்குவதில்லை. ஆனல், மின்புலத்தில் வைக்கப்படும்போது ஒரு சிறிய காந்தத்தைப்போல் செயல்படுகிறது. நியூட்ரான் காந்தத் திருப்பு திறன் (Magnetic moment) கொண்டிருக்கிறது. இதிலிருந்து

நியூட்ரான் மின்னேற்றங் கொண்ட ஓர் அமைப்பை உடையதாக இருப்பதும் ஆனால், ஒட்டுமொத்தமாகப் பார்க்கும்போது மின்னேற்றமில்லாதது என்பதும் புலனாகிறது.

ஆன்ட்டி நியூட்ரான் : *1954-ல்* ஆன்ட்டி நியூட்ரான் (Anti neutron) கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. புரோட்டானும் ஆன்ட்டி புரோட்டானும் ஒன்றை ஒன்று நெருங்கும்போது அழிந்து படுகின்றன (annihilation). ஆனால், அழிக்கப்படாத வகையில் ஒன்றுக்கு ஒன்று நெருக்கமான தூரத்தில் இருக்கும்போது நேர்மின்னேற்றப் புரோட்டானிலிருந்து மின்னேற்றம் எதிர்மின்னேற்ற ஆன்ட்டி புரோட்டானுக்கு மாற்றப்படுகிறது. அல்லது மின்னேற்றம் ஆன்ட்டி புரோட்டானிலிருந்து புரோட்டானுக்கு மாற்றப்படுவதாகவும் சொல்லலாம்.

புரோட்டான் + ஆன்ட்டி புரோட்டான்
⇌ நியூட்ரான் + ஆன்ட்டி நியூட்ரான்

இந்த நிகழ்ச்சியில் புரோட்டான் நியூட்ரானாகவும், ஆன்ட்டி புரோட்டான் ஆன்ட்டி நியூட்ரானாகவும் மாற்றப்படுகின்றன. ஆன்ட்டி நியூட்ரான் நியூட்ரானிலிருந்து எவ்வாறு மாறுபடுகிறது? மின்னேற்றமற்றதாயினும் நியூட்ரான் சிறு காந்தத்தின் தன்மைகளைக் கொண்டதாயிருக்கிறது. நியூட்ரானின் மையத்தில் ஒரு வகைமின்னேற்றம் இருக்கிறது. இது எதிரிடையான மின்னேற்றங் கொண்ட வெளிப்பகுதியால் சூழப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்ளலாம். ஆன்ட்டி நியூட்ரானில் இந்த மின்னேற்றங்களின் அமைப்பு இதற்கு மாறிய திசையில் இருக்கும். ஒரே திசையில் சுழன்று கொண்டிருந்தபோதிலும் நியூட்ரான் ஆன்ட்டி புரோட்டான் இரண்டும் வெவ்வேறு திசைப்படுத்தப்பட்ட காந்தப் புலங்களை உண்டாக்குகின்றன.

μ-துகள்கள் அல்லது ம்யுவான்கள் : *1936-லிருந்து 1937* வரை ஆண்டெர்ஸன், நெடர்மேயர் (Neddermeyer), ஸ்ட்ரீட் (Street) மற்றும் ஸ்டீவன்சன் (Stevenson) ஆகியோர் காஸ்மிக் கதிர்களில் எலெக்ட்ரானைவிடக் கனமான ஆனால் புரோட்டானைவிட இலேசான மின்னேற்றங் கொண்ட துகள்கள் இருப்பதைக் கண்டறிந்தனர். அத் துகள்களின் நிறை எலெக்ட்ரான் நிறையைப் போல் 207 மடங்கு. இவை μ-துகள்கள் அல்லது ம்யுவான்கள் (Muons) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட மற்றும் எதிர்மின்னேற்றங் கொண்ட ம்யுவான்கள் இருக்கின்றன. இவற்றின் மின்னேற்றம் எலெக்ட்ரானின் அல்லது பாசிட்ரானின் மின்னேற்றத்திற்குச் சமம்.

எதிர் மின்னேற்றங் கொண்ட ம்யுவான் ஓர் அணுவில், புரோட்டானுடன் வினைபடும்போது, புரோட்டான் நியூட்ரானாக மாற்றப்படுகிறது. அப்போது ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. 2×10^{-6} வினாடி நேரத்திற்குள் மேற்சொன்ன வினை நிகழாவிட்டால், எதிர்மின்னேற்றங் கொண்ட ம்யுவான் தன்னிச்சையாகச் சிதைவுறுகிறது. அப்போது ஓர் எலெக்ட்ரானும் எடையில்லாத துகள்களான நியூட்ரினோ ஆன்ட்டி நியூட்ரினோ ஆகியவைகளும் அத்துடன் ஆற்றலும் உண்டாகின்றன.

$\mu^- \rightarrow e^- +$ நியூட்ரினோ + ஆன்ட்டி நியூட்ரினோ + ஆற்றல்
$\mu^+ \rightarrow e^+ +$ நியூட்ரினோ + ஆன்ட்டி நியூட்ரினோ + ஆற்றல்

நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட ம்யுவான் பொருளோடு வினைபடுவதில்லை. அதுவும் $2 \cdot 2 \times 10^{-6}$ வினாடியில் மேலே காட்டியபடி சிதைவுறுகிறது. எதிர்மின்னேற்றங் கொண்ட ம்யுவான் சாதாரணமாகப் பொருள்களில் காணப்படுவதுதான் நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட ம்யுவான் ஆன்ட்டித் துகளாகும்.

பைமெசான்கள் அல்லது பையான்கள் (Pimesons or pions)

1947-ல் பவல் (Powell) மற்றும் ஆக்கியாலினி (Occhialini) ஆகியோர் காஸ்மிக் கதிரில் எலெக்ட்ரானுக்கும் புரோட்டானுக்கும் இடைப்பட்ட நிறைகொண்ட இன்னொரு வகைத் துகள்களைக் கண்டுபிடித்தனர். அத் துகள்கள் பைமெசான்கள் (π-Mesons) அல்லது பையான்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இவை சோதனைக் கூடங்களிலும் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இவை நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட பையான்கள், எதிர்மின்னேற்றங்கொண்ட பையான்கள் மற்றும் நடுநிலைப் பையான்கள் என மூவகையாம். எதிர் மின்னேற்றங்கொண்ட பையான்கள் நேர் மின்னேற்றங் கொண்ட மற்றும் எதிர்மின்னேற்றங்கொண்ட பையான்கள் எலெக்ட்ரானைப் போல் 273·2 மடங்கு நிறை கொண்டவை. மின்னேற்றமில்லாத பையான்கள் எலெக்ட்ரானைப்போல் 264·3 மடங்கு நிறை கொண்டவை. எதிர்மின்னேற்றங் கொண்ட பைமெசான் புரோட்டானோடு தடையின்றிவினைபடுகிறது. அப்போதுநியூட்ரானுடன்ஆற்றலும் அல்லது நியூட்ரானும் மின்னேற்றமில்லாத பையானும் உண்டாகின்றன.

$\pi^- + p \longrightarrow n + v$ அல்லது $\pi^- + p \longrightarrow n + \pi^0$
π^- = எதிர் மின்னேற்றங் கொண்ட பையான்
p = புரோட்டான்
v = ஆற்றல்
π^0 = மின்னேற்றமில்லாத பையான்.

புரோட்டானால் பிடிக்கப்படாவிட்டால் எதிர் மின்னேற்றங் கொண்ட பையான் ம்யுவானாகவும், நியூட்ரினோவாகவும் மற்றும் ஆற்றலாகவும் மாறுகிறது.

$\pi^- \rightarrow \mu^-$ + ஆன்ட்டி நியூட்ரினோ + ஆற்றல்

நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட பையானும் அவ்வாறே சிதைவுறுகிறது.

$\pi^+ \rightarrow \mu^+$ + நியூட்ரினோ + ஆற்றல்

எதிர்மின்னேற்றங் கொண்ட பையான்கள் நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட பையான்கள் ஆகியவற்றின் சராசரி ஆயுள் $2 \cdot 6 \times 10^{-6}$ வினாடி. மின்னேற்றமில்லாத பைமெசானின் ஆயுட்காலம் 10^{-18} வினாடிகள். அது உண்டான மாத்திரத்தில் தன்னிச்சையாகச் சிதைந்துவிடுகிறது. அப்போது ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது.

அடிப்படைத் துகள்கள் எல்லாவற்றிலும் மிக முக்கியமானவை மூன்று. அவை எதிர்மின்னேற்றங் கொண்ட எலெக்ட்ரான்கள், நேர் மின்னேற்றங் கொண்ட புரோட்டான்கள், மற்றும் நியூட்ரான்கள் ஆகியவைகளாம். பாசிட்ரான், ஆன்ட்டி புரோட்டான் மற்றும் ஆன்ட்டி நியூட்ரான் ஆகிய மற்றத் துகள்களெல்லாம் மிக வேகமாகச் சிதைவுறுகின்றன.

வினாக்கள்

1. கேதோடு கதிர்களின் இயல்புகளை விவரி.

2. புழைக்கதிர்கள் யாவை? அவை ஏன் அவ்வாறு அழைக்கப்படுகின்றன?

3 நியூட்ரான் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட விவரத்தை எழுது.

4 சிறு குறிப்புகள் வரைக :
(அ) பாசிட்ரான்; (ஆ) நியூட்ரினோ.

5. நியூட்ரானுக்கும், ஆன்ட்டி நியூட்ரானுக்கும் உள்ள வேறுபாடு யாது?

6. ம்யுவான்கள் மற்றும் பைமெசான்களைப்பற்றி விளக்கி எழுதுக.

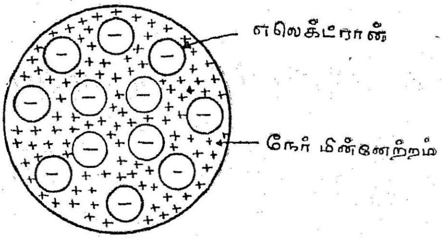
2. அணுவின் அமைப்பு

கேதோடு கதிர்கள், நேர்மின் கதிர்கள் ஆகியவைபற்றி விரிவான ஆய்வுகள் நடத்தப்பட்டதைத் தொடர்ந்து பல முக்கியக் கண்டுபிடிப்புகள் நிகழ்ந்தன. 1895-ல் ஜெர்மனியில் ராஞ்சன் (Rontgen) என்பார் X-கதிர்களைக் கண்டறிந்தார். கேதோடு கதிர்கள் கண்ணாடிமீது பட்ட இடத்திலிருந்து புதுக் கதிர்கள் வெளிவருவதை அவர் கண்டார். அவற்றிற்கு X-கதிர்கள் என்று பெயரிட்டார். அவை பொருள்களை ஊடுருவிச் செல்லும் தன்மை கொண்டிருப்பதும், ஒளிப்படத் தகட்டைப் பாதிக்கும்படியான இயல்பைப் பெற்றிருப்பதும் தெரியவந்தது.

1896-ல் பிரான்சு நாட்டு விஞ்ஞானி ஹென்றி பிக்குயிரல் (Henry Becquerel) யுரேனியம் தாதுக்கள் ஒரு வகைக் கதிர்களை விடுவதைக் கண்டறிந்தார். இக் கதிர்களும் X-கதிர்களைப் போன்றே திண்மப் பொருள்களை ஊடுருவ வல்லவை. நிழற்படத் தகட்டை ஒளியைப் போலவே பாதிப்பவை. பின்னர் விரிவான ஆராய்ச்சியின் முடிவாகக் கதிரியக்கக் கதிர்கள் α-கதிர்கள், β-கதிர்கள் மற்றும் γ-கதிர்களைக் கொண்டவை என்பது தெளிவாயிற்று. α-கதிர்கள் நேர்மின்னேற்றங் கொண்டவை. இரட்டை நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட ஹீலியம் அணுக் கருக்களே இவை. β-துகள்கள் அதிவேக எலெக்ட்ரான்கள். γ-கதிர்கள் கடின X-கதிர்களை ஒத்தவை. இவைபற்றிய விரிவான விவரங்களைப் பிறிதோர் அத்தியாயத்தில் காண்க.

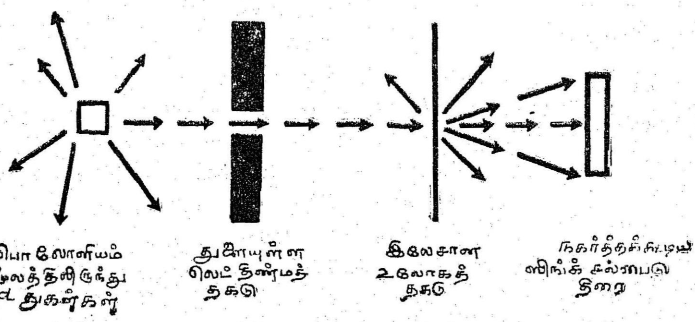
அணு எதிர்மின்னேற்றங் கொண்ட எலெக்ட்ரான்களையும், நேர் மின்னேற்றங் கொண்ட இன்னொரு பகுதியையும் பெற்றிருக்கிறதென்றால், இவை எவ்வாறு அமைந்துள்ளன? 1898-ல் ஜெ. ஜெ. தாம்ஸன் (J. J. Thomson) அணுவின் அமைப்புபற்றிய ஒரு கருத்தை வெளியிட்டார். அக் கருத்துப்படி அணு, நேர்மின்னேற்றக் கோளத்தில் எதிர் மின்னேற்ற எலெக்ட்ரான்கள் பதிக்கப்பட்டிருக்கிற ஓர் அமைப்பைக் கொண்டிருக்கிறது. அம்மாதிரியான அமைப்பு அடுத்தபக்கத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அணுவின் எடை முழுவதுமே நேர்மின்னேற்றப் பகுதியில் இருக்கவேண்டும்.

காரணம் நேர் மின்னேற்றங் கொண்ட துணுக்குகள் (fragments) எலெக்ட்ரான்களைவிடப் பன்மடங்கு கனமிக்கவை.



படம் 5

1911-ல் ருதர்ஃபோர்டு α-துகள்களை இலேசான உலோகத் தகடுகள்மீது விழச்செய்து என்ன நிகழ்கிறதென்று அறிய விரும்பினர்.



படம் 6

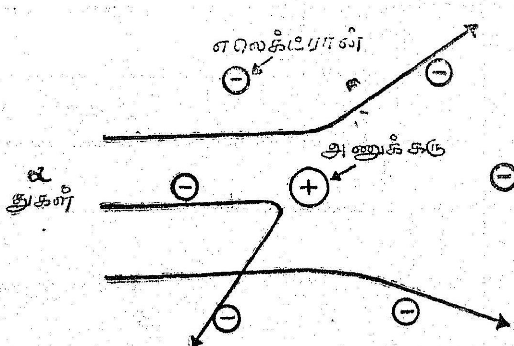
தாம்ஸன் கருத்துப்படி ஓர் உலோகம் எதிர்மின்னேற்றங் கொண்ட எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்ட நேர்மின் கோளங்களின் தொகுப்பாகும். α-துகள்கள் ஆற்றல் மிகக் கொண்டவை. எனவே உலோகத் தகட்டின் ஊடே எளிதாகச் செல்லவேண்டும். உலோகம் முழுவதும் நேர்மின்னேற்றமும், நிறையும் சீராக விரவியிருப்பதால் α-துகள்கள் நேராகவே செல்லவேண்டும்.

படத்தில் ருதர்ஃபோர்டு செய்த சோதனையின் விவரம் காட்டப்பட்டுள்ளது. கதிரியக்கத் தனிமமான பொலோனியத்திலிருந்து α-துகள்கள் வருகின்றன. அவை திண்ணிய லெட் தகட்டால் தடுக்கப்பட்டு ஒரு கற்றை மட்டும், அதிலுள்ள துளை வழியாக வெளிப்படுகிறது. α-துகள்களின் பாதையில் ஓர் இலேசான தங்கத்தகடு வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. தகட்டை ஊடுருவிச்செல்லும் α-துகளைக்கண்டறிய ஒரு ஸிங்க் சல்ஃபைடு பூசப்பட்ட திரை பயன்

படுத்தப்படுகிறது. திரைமீது α-துகள்கள் படும்போதெல்லாம் பொறிச்சிதறல்கள் உண்டாகின்றன.

நாம் எதிர்பார்க்கும்படியே 99 சதம் α-துகள்கள் உலோக அணுவின் ஊடே நேராகச் செல்கின்றன. சில α- துகள்கள் அவற்றின் பாதையிலிருந்து விலகிச்செல்கின்றன. ஒருசில அவற்றின் பாதையிலேயே திருப்பியனுப்பப்படுகின்றன. அணு அமைப்பைப் பற்றிய தாம்ஸனின் கருத்து இந்தக் காட்சிப் பதிவீட்டிற்கு உடன்பாடாக இல்லை. நிறையும் நேர்மின்னேற்றமும் உலோக முழுதும் சமச் சீராக விரவியிருந்தால் அதிக α- துகள்கள் எதிர்த்துத் தள்ளும் விசைக்கு உட்பட்டிருக்கமாட்டா. எனவே, நேர்மின்னேற்றமும் நிறையும் உலோகத்தகட்டின் மிகச்சிறிய பகுதிகளில் இருந்தாகவேண்டும். கிட்டத்தட்ட எல்லா α-துகள்களுமே விலக்கமடையாமல் சென்றாலும் அவ்வப்போது ஒன்றிரண்டு நேர்மின்னேற்றம் செறிந்துள்ள பகுதிக்கு நெருக்கமாக வரும்போது ஒரே மாதிரியான மின்னேற்றம் பெற்றிருப்பதால் ஒன்றைஒன்று எதிர்த்துத்தள்ள α-துகள் பாதையிலிருந்து விலக்கமடைந்து செல்கின்றன.

ருதர்ஃபோர்டு, அணு ஒரு மையத்தை அல்லது மையக் கருவைக் (Nucleus) கொண்டிருக்கவேண்டுமென்றும், அந்த அணுக் கருவில் கிட்டத்தட்ட அணுவின் முழு நிறையும், மொத்த நேர்மின்னேற்றங்களும் பொதிந்திருக்க வேண்டுமென்றும் சொன்னார். இக் கருத்தின்படி α-துகள்களைச் சிதறடிக்கும் சோதனையை விளக்குவது எளிதாகிறது.

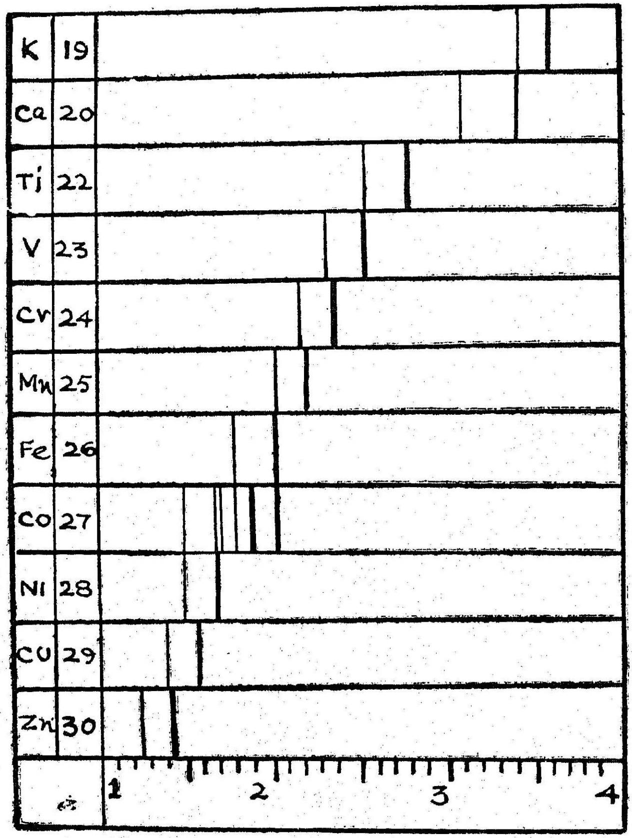


படம் 7

அணுக் கரு மிக நுண்ணளவானதால் α-துகள்களின் மிகச் சிலவான அணுக் கருவை நெருங்கி வருகின்றன. அப்போது அவை அதிகமாகப் பாதை விலக்கம் அடைகின்றன.

ருதர்ஃபோர்டின் சோதனைகளிலிருந்து அணுக் கருவின் விட்டம் 10^{-13} செ.மீ. எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. அணுவின் விட்டம் இதைவிட 100,000 மடங்குகளாம். எனவே, அணுவில் மிக நுண்ணளவுப் பருமனில்தான் அணுக்கரு அமைந்திருக்கிறது. அணுவின் மொத்தப் பருமனிலும் கிட்டத்தட்ட எலெக்ட்ரான்கள் தாம் இருக்கின்றன எனலாம்.

1919-ல் அணுக்கருவில் புரோட்டான்கள் இருப்பது நிரூபிக்கப்பட்டது. நைட்ரஜனில் α-துகள்களின் தொலைவைப்பற்றிய ஆய்வின்போது α-துகள்களின் பாதைகளின் முடிவில் புதிய



படம் 8

துகள் பாதைகள் இருப்பதை ருதர்ஃபோர்டு கண்டார். α-துகள் நைட்ரஜன்மீது மோதி ஆக்ஸிஜனையும் புரோட்டானையும் உண்டாக்குகிறது. புதிய துகள் பாதை புரோட்டானுடையது. எனவே, அணுக்கருவில் புரேட்டான்கள் இருப்பது உறுதியாயிற்று.

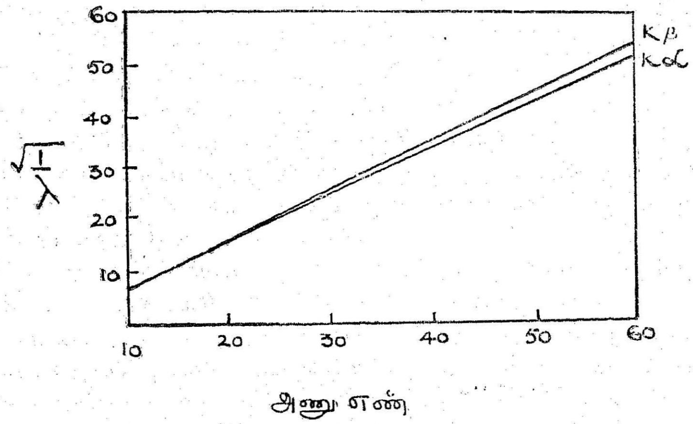
ஓர் அணுக்கருவில் எத்தனை புரோட்டான்கள் இருக்கின்றன என்பதை எப்படி அறிந்துகொள்வது ? 1913-ல் ஹென்றி மோஸ்லி (Henry Mosley) செய்த சோதனையின் முடிவாக இதற்கு விடை கிடைத்தது. வெவ்வேறு உலோகத்தனிமங்களை எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்டு தாக்கும்போது வெளிப்படும் X-கதிர்களின் ஆற்றலை மோஸ்லி ஆராய்ந்தார். அப்படி வெளிப்படும் X-கதிர்கள் குறிப்பட்ட அலைவு நீளங்களைக் கொண்டிருப்பதும் X-கதிர்க் குழாயில் இலக்காக (Target) பயன்படுத்தப்படும் உலோகத்தைப் பொறுத்திருப்பதும் தெரியவந்தது. ஒரு தனிமத்திலிருந்து பெறப்படும் X-கதிர்களை அத் தனிமத்தின் சிறப்பு(Characteristic) X–கதிர்கள் என்கிறோம். வெவ்வேறு தனிமங்களிலிருந்து பெறப்பட்ட சிறப்பு X–கதிர்களின் அலைநீளத்தை மோஸ்லி நிர்ணயித்தார். தனிம வரிசை அட்டவணையில் தனிமங்களின் பண்புகள் சீராக மாறுவதற்கேற்ப, தனிமங்களின் சிறப்பு X-கதிர்களின் அலைநீளங்களும் சீராக மாறுவதை மோஸ்லி கண்டார். சில தனிமங்களின் சிறப்பு X- கதிர்களின் அலைவு நீளங்கள் ஒரு ஒழுங்குக்கு உட்பட்டு மாறுவதை முன்பக்கப் படம் காட்டுகிறது.

அடுத்து மோஸ்லி வெவ்வெறு தனிமங்களின் அணு எடையையும், அவற்றிலிருந்து பெறப்படும் சிறப்பு X-கதிர்களின் அலைநீளத்தின் இருமடி மூலத்தையும் (square root) இணைத்து வரைபடம் வரைந்தார். வரைபடத்தில் செவ்வொழுங்கற்ற (irregularities) நிலை இருப்பதைக் கண்டார். பின்னர் அணு எண் என்கிற, தனிமங்களின் இன்னொரு பண்பையும் சிறப்பு X-கதிர்களின் அலைநீளத்தின் இருமடி மூலத்தையும் இணைத்து வரைபடம் வரைந்தபோது நேர்கோடு கிடைத்தது. படத்தில் அலுமினியத்திலிருந்து ஸிங்க் வரை உள்ள தனிமங்களின் சிறப்பு X-கதிர்களின் X-கதிர் நிறநிரலில் காணப்படும். K_α மற்றும் K_β ஆகிய வரிகளின் அலைநீளங்களை அவ்வத் தனிமங்களின் அணு எண்களுடன் இணைத்துப்பெறப்பட்ட வரைபடம் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இதிலிருந்து நாம் தனிமங்களின் தனிப் பண்புகளை அணு எண்கள்தாம் நிர்ணயிக்கின்றன என்பதைத் தெரிந்து கொள்கிறோம். அணுவின் அடிப்படைப் பண்பு அணுஎண்ணே தவிர அணு எடை அல்ல.

தனிமங்களின் அணுக்கருக்களின் மொத்த நேர்மின்னேற்றம் படிப்படியாக அதிகரிக்கிறது. அணுக்கருவின் மொத்த நேர்மின்னேற்றந்தான் அணு எண். அணுக் கருவைச் சுற்றி இருக்கிற புறமைய (extra nuclear) எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை இந்த மொத்த நேர்மின்னேற்றங்களுக்குச் சமம். எனவேதான்

அணுவை, ஒட்டுமொத்தமாகப் பார்க்கும்போது மின்னேற்ற மற்றதாக இருக்கிறது. அணு எண்ணை Z என்ற குறியீட்டால்



படம் 9

குறிக்கிறோம். ஆர்பிட்டல் (orbital) எலெக்ட்ரான்களின் மொத்த எண்ணிக்கையையும் இது குறிக்கிறது.

சிறப்பு X-கதிரின் அதிர்வு எண் ν என இருந்தால்

$$\sqrt{\nu} = c\,(z-b)$$

Z—அணு எண்

c, b—மாறிலிகள் (X-கதிர்த் தொகுதி (K, L, M)ஐப் பொறுத்தவை இவை)

எனவே, ஒரு தனிமத்தின் சிறப்பு X-கதிரின் அதிர்வு எண்ணை நிர்ணயித்து, மேலே கொடுக்கப்பட்ட சமன்பாட்டிலிருந்து அதன் அணு எண்ணை (Z) நிர்ணயிக்கலாம்.

ஒரு தனிமத்தின் அணு எண் தெரிந்தால் அத் தனிமத்தின் அணுக்கருவில் இருக்கிற புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை தெரிந்துவிடுகிறது.

ஹைட்ரஜன் அணுவின் மையக் கரு ஒரு நேர்மின்னேற்றங் கொண்டது. எனவே, இதில் ஒரு புறமைய (extra nuclear) எலெக்ட்ரான் இருக்கிறது. ஹீலியம் அணுக்கருவில் இரண்டு நேர் மின்னேற்றங்கள் இருக்கின்றன. இந்த அணுவில் இரண்டு புரோட்டான்களும் இரண்டு புறமைய எலெக்ட்ரான்களும் இருக்கின்றன. லித்தியம் அணுக்கருவில் மொத்தம் மூன்று நேர்மின்னேற்றங்கள் இருக்கின்றன. இந்த அணுவில் மொத்தம் மூன்று புரோட்டான்களும் மூன்று புறமைய எலெக்ட்ரான்களும் இருக்கின்றன. தனிம வரிசைப்பாட்டு அட்டவணையில் ஒரு தனிமத்தி

லிருந்து அதன் அண்மையிலுள்ள அடுத்த தனிமத்திற்கு போகும் போது அணுக்கரு நேர்மின்னேற்றம் ஒரு அலகு அதிகரிக்கிறது.

ருதர்ஃபோர்டு, புரோட்டானும், ஒரு நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட ஹைட்ரஜனும் ஒன்றே என்று நிருபித்தார். எனவே ஹைட்ரஜன் அணு ஒரு எலெக்ட்ரானைவிட்டு புரோட்டானாகிறது. α-துகள், இரண்டு எலெக்ட்ரான்களும் இல்லாத ஹீலியத்தின் அணுக்கரு எனலாம்.

அணுவின் அமைப்பு இரண்டு பகுதிகளைக் கொண்டது. ஒரு பகுதி அணுவின், கிட்டதட்ட எல்லா நிறையையும் நேர்மின் னேற்றத்தையும் கொண்ட அணுமையக் கரு. இன்னொரு பகுதி கிட்டத்தட்ட அணுவின் முழு பருமனிலும் வியாபித்திருக்கும் ஆர்பிட்டல் எலெக்ட்ரான்களின் வரிசைப்பாடு.

1932-ல் நியூட்ரான் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. அணுக்கருவில் புரோட்டான்களும் நியூட்ரான்களும் இருக்கின்றன, என்ற கருத்தை ஹெய்ஸன் பெர்க் (Heisenberg) வெளியிட்டார். அணுமையக்கருவின் நேர்மின்னேற்றத்திற்கு ஏற்ப புரோட்டான் எண்ணிக்கை இருக்கவேண்டும். அணுக்கருவின் மொத்த நேர் மின்னேற்றமே அதன் அணு எண்ணாகும். அணுக்கருவின் ஒருபகுதி நிறைக்கு புரோட்டான்கள் காரணமாக இருக்கின்றன. அணுவின் மீதம் நிறைக்கு காரணமாக இருப்பவை நியூட்ரான்களே அணுக் கருவின் எடை, அதில் இருக்கிற நியூட்ரான் புரோட்டான்களின் மொத்த எண்ணிக்கைக்குச்சமம். அணுக்கருவில் காணப்படுகிற நியூட்ரான் மற்றும் புரோட்டான்களை நியூக்ளியான்கள் என்கி ரோம். புரோட்டான் எடை ஒரு அணுஎடை அலகில் (Atomic mass units) ஒரு அலகாகும். நியூட்ரானும் தோராயமாக இதே எடையைக் கொண்டிருக்கிறது.

ஒரு அணுவின் நிறைஎண் (அணு எடை) A ஆகவும் அதன் அணுஎண் Z ஆகவும் இருந்தால் அதன் அணுக்கருவில் A-நியூக்ளி யான்கள் இருக்கின்றன. அவற்றில் Z-புரோட்டான்கள், மீதம் (A-Z) நியூட்ரான்கள். A-என்பது அணு எடையைக் குறிப்பதல்ல. அணு எடைக்கு நெருங்கிய முழு எண்ணைக் குறிக்கிறது. நியூட்ரான் கள் மற்றும் புரோட்டான்களின் மொத்த எண்ணிக்கையைக் குறிக்கும் இந்த எண்ணைத்தான் நிறை எண் (Mass Number) என்கிறோம்.

சாதாரண ஹைட்ரஜனின் நிறை எண் ஒன்று. அதன் அணு எண்ணும் ஒன்றே. எனவே அதன் அணுக்கருவில் ஒரு புரோட் டான் மட்டும் இருக்கிறது. ஹீலியத்தின் நிறைஎண் 4, அணு எண் 2. இதன் அணுக்கருவில் இரண்டு புரோட்டான்களும் இரண்டு நியூட்

ரான்களும் இருக்கின்றன. கார்பன் அணுவிற்கு A = 12, Z = 6 எனவே இதன் அணுக் கருவில் 6 புரோட்டான்கள் இருக்கின்றன.

குறைவான அணு எடை கொண்ட தனிமங்களில் Z, A-ன் அளவில் பாதியாகும். இத் தனிமங்களிலிருக்கும் நியூட்ரான்கள் மற்றும் புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை கிட்டதட்ட சமமாகும். அணு எடை அதிகரிக்க அதிகரிக்க Z, A-ல் பாதியை விடக்குறைவாகும். எனவே (A-Z) Z-ஐ விட அதிகம் நிலைத்த இயல்புடைய தனிமங்களில் நியூட்ரான்கள், புரோட்டான்களைவிட அதிகமாக இருக்கின்றன. யுரேனியத்தில் 92 புரோட்டான்களும் 146 நியூட்ரான்களும் இருக்கின்றன.

அணுக்கரு புறவெளி எலெக்ட்ரான்கள்: நியூட்ரான்களும் புரோட்டான்களும் அணுக்கருவில் அமைந்திருக்கின்ற என்று பார்த்தோம். அணுவில் இருக்கின்ற எலெக்ட்ரான்கள் எப்படி அமைந்திருக்கின்றன என்று பார்ப்போம். எலெக்ட்ரான்களின் அமைப்பு பற்றிய விவரங்கள் தனிமங்களின் அணு நிற நிரலிலிருந்து (atomic spectra) பெறப்பட்டவையே. கதிரவனைச் சுற்றி கோள்கள் இயங்கிக் கொண்டிருப்பதுபோல அணுக்கருவை எலெக்ட்ரான்கள் சுற்றி வருகின்றன என்ற கருத்தை ருதர்ஃபோர்டு வெளியிட்டார். உள்நோக்கி செயல்படும் ஈர்ப்புவிசை வெளி நோக்கி செயல்படும் மைய விலக்கு விசையும் (centrifugal force) சமமாக இருப்பதால் அணு நிலைப்புத் தன்மை பெறுகிறது. ஆனால் கோள்களைப் போலல்லாமல் எலெக்ட்ரான்கள் மின்னேற்றங் கொண்டவை. மின்காந்த கொள்கைப்படி இயக்கத்திலிருக்கும் மின்னேற்றங் கொண்ட எலெக்ட்ரான் தொடர்ந்து ஆற்றலை கதிர்வீசி விடும். அப்படியாயின் ஆர்பிட்டின் (orbit) ஆரம் குறைந்து கொண்டே போகும். எலெக்ட்ரான் சுருள் பாதையில் சென்று முடிவில் அணுக்கருவில் போய் விழும். அணு நிற நிரலையும் இயங்கும் எலெக்ட்ரான்விடும் ஆற்றலையும் தொடர்பு படுத்தினால் இந்த ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் பாதையின் ஆரம் குறையக் குறைய, குறைந்து கொண்டேபோகும் அணு நிற நிரல் சில குறிப்பிட்ட வரிகளைக் கொண்டிருப்பதற்குப் பதிலாக எல்லா அலை நீளங்களையும் கொண்டதாக இருக்கும்.

*1913*ல் நீல்ஸ் போர் (Niels Bohr) அணுவைப்பற்றி புரட்சிகரமான கருத்துகளை வெளியிட்டார். அவர் வெளியிட்ட கருத்துகளாவன, அணுமையக் கருவைச் சுற்றி பல நிலையான சுற்றுப் பாதைகள் இருக்கின்றன. ஒரு நிலையான சுற்றுப்பாதையில் எலெக்ட்ரான்கள் சுற்றிக்கொண்டிருக்கும் போது அது ஆற்றலை கதிர் வீசுவதில்லை. ஒவ்வொரு நிலையான சுற்றுப்பாதையும்

இன்னொரு பாதையிலிருந்து வேறுபடுகிறது. அதிக ஆற்றல் நிலையிலிருந்த எலெக்ட்ரான் ஆற்றல் குறைவான நிலைக்கு செல்லும் போது ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. அதிக ஆற்றல் கொண்ட நிலையில் அணுவின் ஆற்றல் E_2 என்றும் குறைவாக கொண்ட நிலையில் அதன் ஆற்றல் E_1 என்றும் கொண்டால் எலெக்ட்ரான் அதிக ஆற்றல் நிலையிலிருந்து குறைவான ஆற்றல் நிலைக்குச் செல்லும் போது $(E_2 - E_1)$ ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. பிளாங்கின் குவான்டம் கொள்கைப்படி

$$E_2 - E_1 = h\nu$$

h = பிளாங்கி மாறிலி

ν = அதிர்வு எண்

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{hc}{E_2 - E_1}$$

λ = அலைநீளம், C = ஒளியின் வேகம்

ஒரு நிலைத்த சுற்றுப் பாதையிலிருந்து இன்னொரு நிலைத்த சுற்றுப்பாதைக்கு எலெக்ட்ரான் செல்லும் போது, நிறமாலைவரி (line) தோன்றுகிறது. அதன் அதிர்வெண் அல்லது அலைநீளம் மேலே காட்டியபடி பெறப்படுகிறது. அணுக்கருவைச்சுற்றி பல நிலையான சுற்றுப்பாதைகள் இருக்கின்றன. எனவே இம்மாதிரியான பலவித, எலெக்ட்ரான் இடப்பெயர்வுகளுக்கேற்ப நிற நிரலில் பலவரித் தொகுதிகள் காணப்படுகின்றன.

அதிவெப்பத்திற்கு சூடாக்கும் போதும் மின்னிறக்கம் செய்யும் போதும், அடிநிலை(ground state)யில் இருக்கிற எலெக்ட்ரான்கள் ஆற்றலை வாங்கிக்கொண்டு அதிஆற்றல் நிலைக்குச் செல்கின்றன. இதனைத்தான் அணுக்களின் கிளர்வுற்ற (excited) நிலை என்கிறோம். அடுத்து எலெக்ட்ரான் தன்னிச்சையாக அதிஆற்றல் நிலையிலிருந்து குறைவான ஆற்றல் நிலைக்குச் செல்கையில் ஒரு திட்டமான அளவு ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. இம்மாதிரியான ஒவ்வொரு நிலைத்திரிவும்(transition) நிறமாலையில் ஒருவரி(line)யைக் கொடுக்கும். வெளிச்சுற்று பாதையிலுள்ள ஒன்றிரண்டு எலெக்ட்ரான்களே இம்மாதிரியான நிலைத்திரிவுகளுக்கு உட்படுகின்றன. இவைமட்டுமே அணு நிறமாலை வரிகளுடன் சம்பந்தப்பட்டவையாய் இருக்கின்றன. அடுத்தடுத்துள்ள எலெக்ட்ரான் சுற்றுப் பாதைகளுக்குகிடையேயுள்ள ஆற்றல் வேறுபாடுகளைக் கணக்கிடல் முடியும். மேலும் சம்பந்தப்பட்ட கதிர்வீசு ஆற்றலின் அலைநீளத்தையும் கணக்கிடலாம்.

எலெக்ட்ரான்கள் வட்டச் சுற்றுப் பாதையில் செல்கின்றன. எலெக்ட்ரான்களின் கோண உந்தம் (angular momentum) m v r ஆகும்.

m— எலெக்ட்ரான் நிறை
v — திசை வேகம்
r — சுற்றுப்பாதையின் ஆரம்

கோண உந்தம் $\frac{h}{2\pi}$ ன் 1, 2, 3 .... n மடங்காகத் தான் இருக்க முடியும் என்ற அடிப்படையில் போர் ஹைட்ரஜன் அணுவில் இருக்கக்கூடிய சுற்றுப் பாதைகளின் ஆற்றலைக் கணக்கிட்டார். அவற்றைக் கொண்டு ஹைட்ரஜன் நிறமாலையிலிருக்கும் வரிகளின் அதிர்வு எண்களையும், அலை நீளங்களையும் கணக்கிட்டார். இவை சோதனையில் பெறப்பட்ட வரிகளின் நீளத்தோடு முழுதும் ஒத்திருப்பது போரின் (Bohr) புரட்சிக் கருத்துக்களுக்கு ஒரு வெற்றியாகும்.

குவான்டம் எண்கள் : அணு நிறமாலை ஆய்விலிருந்து பெறப்பட்ட முடிவுகளாவன: எலெக்ட்ரான்கள் பல ஆற்றல் மட்டங்களைக் கொண்டிருக்கின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு ஆற்றல் மட்டத்திலிருந்து இன்னொன்றுக்கு செல்கையில் ஆற்றலை ஏற்கின்றன, அல்லது வெளிவிடுகின்றன. அணுவில் ஒரு எலெக்ட்ரானின் ஆற்றல் மட்டத்தைக் குறிப்பிட நான்கு குவான்டம் எண்கள் தேவைப்படுகின்றன.

அடிப்படை குவான்டம் எண் (Prinicipal quantum Number): அடிப்படை குவான்டம் எண்ணை n என்ற எழுத்தால் குறிக்கிறோம். 'போர்' கொள்கையை கணித இயலாக $mvr = n\frac{h}{2\pi}$ என்று எழுதலாம் [mvr—கோண உந்தம் h—பிளாங்கின் மாறிலி] இதில் n, அடிப்படை குவான்டம் என்னைக் குறிக்கும். n = 1, 2, 3 .... n.n, எலெக்ட்ரான சுற்றுப் பாதையின் பேரச்சை (Major axis) குறிப்பதாகும். வட்ட சுற்றுப் பாதைகளில் n பிணைப்பாற்றலையும் எலெக்ட்ரானுக்கும் அணுக் கருவுக்கும் உள்ள தூரத்தையும் குறிப்பதாக இருக்கிறது. இந்த குவான்டம் எண் எலெக்ட்ரான் சுற்றுப் பாதையின் உருவளவை (size) குறிப்பதாகும். முதல் ஆற்றல் மட்டத்திற்கு n = 1, இரண்டாம் ஆற்றல் மட்டத்திற்கு n = 2 n = 3 என்பது, மூன்ருவது ஆற்றல்மட்டம் n = 1 ஆக இருக்கும் மட்டத்தை K ஷெல் எனவும் அதேபோல் n = 2, 3, 4.....என இருக்கும் மட்டங்களை முறையே L, M, N, O ஷெல்கள் எனவும் குறிப்பிடுகிறோம்.

திசைக் குவாண்டம் எண் (azimuthal quantum Number): போரின் கருத்துபபடி எலெக்ட்ரான்களின் சுற்றுப்பாதை வட்டமாக இருக்க வேண்டும். 1916-ல் சோமர் ஃபெல்டு (Sommer feld) திசை குவான்டம் எண்ணைப் பற்றி சொல்லி எலெக்ட்ரான் பாதை நீள் வட்டமாகவும் (ellipses) இருக்கலாம் என்றார். இந்த எண்ணும் கோண உந்தத்துடன் (mvr) சம்பந்தப்பட்டதாக இருக்கிறது. ஒவ்வொரு அடிப்படை குவான்டம் எண்ணுக்கும் ஏற்றவாறு ஒரு சில திசைக்குவான்டம் எண்களே இருக்க முடியும். திசைக் குவான்டம் எண் l என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது இது பூஜ்யத்திலிருந்து ஒன்று ஒன்றாக $(n = 1)$ வரை இருக்கலாம். n-ன் மதிப்பு 3-ஆக இருந்தால் l-ன் மதிப்பு 0, 1, 2 என்றுதான் இருக்க முடியும். அதிகப்படியான ஆற்றல் மட்டங்கள் எலெக்ட்ரான்களுக்கு இருப்பதை திசைக் குவான்டம் எண்களைக் கொண்டு விளக்க முடிகிறது. இந்த அடிப்படையில் ஹைட்ரஜன் நிறநிரலின் வரிகளை எல்லாம் காரணங்காட்டி விளக்க முடிகிறது. திசைக் குவான்டம் எண் எலெக்ட்ரான் சுற்றுப் பாதையின் வடிவத்தை (Shape) குறிப்பதாக இருக்கிறது.

திசைக் குவான்டம் எண்களைப் பொறுத்து இருக்கிற உப ஆற்றல் மட்டங்களை துணை மட்டங்கள் (sub shell) என்கிறோம். அடிப்படை குவான்டம் எண் n-என்றால் n, துணை ஆற்றல் மட்டங்கள் இருக்கின்றன. $n = 4$ என்றால் நான்கு உப ஆற்றல் மட்டங்கள் இருக்கின்றன. எலெக்ட்ரான்களின் திசைக் குவான்டம் எண் $l = 0, 1, 2, 3, \ldots$ என இருந்தால் அவற்றை முறையே s, p, d, t...... எலெக்ட்ரான்கள் என்கிறோம். s-ஆர்பிட்டல் எலெக்ட்ரான்கள் p, d மற்றும் t எலெக்ட்ரான்களைவிட குறைவான ஆற்றல் நிலையில் இருக்கின்றன. எனவே s-எலெக்ட்ரான்கள் அணுக்கருவால் அதிகம் இறுக்கமாய் கவர்ச்சி விசையில் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

காந்த குவான்டம் எண்: காந்த குவான்டம் எண் நிரப்பிடத்தில் (space) எலெக்ட்ரான் சுற்றுப்பாதையின் திசை அமைவை (orientation) காட்டுகிறது. காந்த குவான்டம் எண் திசைக் குவான்டம் எண்ணைப் பொறுத்து $+l$-லிருந்து உள்பட $-l$-வரை மொத்தம் $(2l+1)$ முழு எண் மதிப்புகளை ஏற்கலாம். $l = 3$ என்றால் எலெக்ட்ரானின் காந்த குவான்டம் எண் $3, 2, 1, 0, -1, -2, -3$ என்ற மதிப்புகளை ஏற்கும். காந்தப் புலத்தில் நிற நிரலை இவை விளக்குகின்றன.

சுழற்சி குவான்டம் எண் (Spin quantum number): அணு நிறநிரல் வரிகளில் இரண்டு, மூன்று அல்லது அதற்கு அதிகமாக வரித் தொகுதிகள் இருப்பதை விளக்க இன்னொரு குவான்டம்

எண் தேவைப்படுகிறது. அதுதான் சுழற்சி குவான்டம் எண் எலெக்ட்ரான் அதன் அச்சைச் சுற்றி சுழலுகிறது. எலெக்ட்ரான் சுற்றுப் பாதையில் செல்லுவதாலும் அதன் அச்சைச் சுற்றி சுழல் வதாலும் காந்தப் புலம் உண்டாக்கப் படுவதாகச் சொல்லலாம். எலெக்ட்ரான் சுழற்சி இரண்டு திசைகளில் மட்டுமே நிகழலாம். சுழற்சி குவான்டம் எண்கள் $+\frac{1}{2}$ அல்லது $-\frac{1}{2}$ என இரண்டு மதிப்புகளை மட்டுமே ஏற்கின்றன.

எலெக்ட்ரானுக்கு நான்கு குவான்டம் எண்களைக் கொடுப்பதன் மூலம் ஒரே சமயத்தில் எலெக்ட்ரானின் இருப்பிடமும் கோண உந்தமும் தெரிந்திருக்கின்றன என்றுகிறது. ஆனல் ஐயப்பாட்டுக் கொள்கைப் (Uncertainty principle) படி இது சாத்தியமில்லை. எலெக்ட்ரானைப் போன்ற நுண் துகள்கள் பற்றிய ஆய்வில் அலையியக்கவியல் (Wave Mechanics) கொள்கையைக் கையாளவேண்டும். அப்போதுகூட எலெக்ட்ரானுக்கு நான்கு குவான்டம் எண்களைக் கொடுத்தல் எந்த விதத்திலும் முரண்பாடாக இல்லை என்பதைப் பார்க்கிறோம்.

எலெக்ட்ரான்களை ஆற்றல் மட்டங்களில் பங்கிட்டு வைத்தல்: இனி அணுவில் எலெக்ட்ரான்கள் எப்படி ஒரு ஒழுங்குக்கு உட்பட்டு வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்பதைப் பார்ப்போம். போர், ருதர்ஃபோர்டு மற்றும் தாம்ஸன் ஆகியோர் வெளி ஷெல்லில் (outer most shell) இருக்கிற எலெக்ட்ரான்கள்தான் தனிமங்களின் வேதியியல் மற்றும் அணு நிறநிரல் தன்மைகளுடன் சம்பந்தப்பட்டவையாயிருக்கின்றன என்பதை எடுத்துச் சொன்ஞர்கள். எனவேதான் அணுக்கருவைச் சுற்றி எலெக்ட்ரான்கள் வரிசைப்படுத்தி வைக்கப்பட்டிருக்கும் விகிதத்தைப்பற்றிதெரிந்து கொள்ள வேண்டியதாகிறது.

எலெக்ட்ரான்கள் அமைந்திருக்கும் முறையைப் பற்றி அறிய, 1925-இல் பௌலி (Pauli) வெளியிட்ட ஒதுக்குதல் கொள்கை (Exclusion principle) பெரிதும் துணைபுரிகிறது. அதன் கோட்பாடு வருமாறு: ஒரு அணுவில் இருக்கின்ற எந்த இரண்டு எலெக்ட்ரான்களின் நான்கு குவான்டம் எண்களும் ஒரே மாதிரி இருக்க முடியாது. நான்கு குவான்டம் எண்களால் குறிக்கப் படுகிற ஒரு ஆற்றல் நிலையில் ஒரே ஒரு எலெக்ட்ரான் மட்டும் தான் இருக்க முடியும்.

இந்த எளிய கொள்கையைக் கொண்டும், அனுமதிக்கப்படும் நான்கு குவான்டம் எண்களான n, l, m மற்றும் s ஆகியவற்றின் மதிப்புகளிலிருந்தும் குவான்டம் தொகுதிகளில் இருக்கிற எலெக்ட்ரான்கள் எண்ணிக்கையைப் பெறலாம். எடுத்துக் காட்

டாக ஒரு குவான்டம் தொகுதியின் அடிப்படை குவான்டம் எண் n,—ன் மதிப்பு 1–என்றால் இதற்கு பொருந்தக்கூடிய l m மற்றும் s–ன் மதிப்புகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

n	1	1
l	0	0
m	0	0
s	$+\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$

எனவே முதல் குவான்டம் தொகுதியல் இரண்டு எலெக்ட்ரான்கள் மட்டுமே இருக்கலாம்.

இரண்டாவது (n = 2) குவான்டம் தொகுதியில் கீழே காட்டியபடி எட்டு எலெக்ட்ரான்கள் இருக்கலாம்.

n	2	2	2	2	2	2	2	2
l	0	0	1	1	1	1	1	1
m	0	0	−1	−1	0	0	+1	+1
s	$+\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$

இங்கு எந்த இரண்டு எலெக்ட்ரான்களுக்கும் நான்கு குவான்டம் எண்களும் ஒரேமாதிரி இல்லாதிருப்பது கவனிக்கத் தக்கது

இம்மாதிரியே குவான்டம் தொகுதிகள் n = 3, 4, 5 ஆகியவற்றில் அதிக பட்சம் இருக்கக்கூடிய எலெக்ட்ரான்களையும் கணக்கிட லாம். அடுத்தடுத்து வரும் குவான்டம் தொகுதிகளில் இருக்கிற எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை 2, 8, 18, 32 மற்றும் 50 இவற்றை 2×1^2, 2×2^2, 2×3^2, 2×4^2 மற்றும் 2×5^2 என்று எழுதலாம்.

குவான்டம் தொகுதி எலெக்ட்ரான்கள் அமைவு

	s	p	d	f	g	
l =	0	1	2	3	4	மொத்த எலெக்ட்ரான்கள்
n = 1	2	—	—	—	—	2
2	2	6	—	—	—	8
3	2	6	10	—	—	18
4	2	6	10	14	—	32
5	2	6	10	14	18	50

எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் மட்டங்களும் தனிமவரிசைப் பாட்டு அட்டவணையும் ஒரு தனிமத்தின் பண்புகள் அதன் வெளி ஷெல்லில் (outer most orbit) இருக்கிற எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தது என்று பார்த்தோம். ஒரு குறிப்பிட்ட அணு எண் கொண்ட அணுக் கருவுடன் ஒவ்வொன்றாக எலெக்ட்ரானைச் சேர்த்து அணுவை உண்டாக்குவதாக வைத்துக்

கொள்வோம். ஒவ்வொரு எலெக்ட்ரானும் இருக்கின்றன, குறைந்த பட்ச ஆற்றல் மட்டங்களையே சென்றடைகின்றன. ஹைட்ரஜனில் ($Z = 1$), எலெக்ட்ரான் K ஷெல்லைச் சென்றடைகிறது. ஹீலியத்தின் அணுக்கரு இரண்டு புரோட்டான்களைக் கொண்டது. எனவே சேர்க்கப்படும் இரண்டு எலெக்ட்ரான்களும் K-ஷெல்லை சென்றடைகின்றன. லித்தியத்திற்கு $Z = 3$ இதில் மூன்றாவது எலெக்ட்ரான் L-ஷெல்லை சென்றடைகிறது. கீழே படத்தில் அணு எண் ஏறு வரிசையில் முதல் 18 தனிமங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் வெவ்வேறு ஆற்றல் மட்டங்களில் இருக்கிற எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை காட்டப்பட்டிருக்கிறது.

அணு எண்	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
தனிமம்	H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை																		
K	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L			1	2	3	4	5	6	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8
M		↑								↑	1	2	3	4	5	6	7	8 ↑

K-ஷெல் அதிகபட்சம் 2-எலெக்ட்ரான்களைத்தான் கொள்ளும். ஹீலியத்தில் K-ஷெல் பூர்த்தியான அமைப்பைப் பெறுகிறது. அடுத்து லித்தியத்திலிருந்து நியான்வரை எலெக்ட்ரான்கள் L–ஷெல்லை சென்றடைவது தொடர்கிறது. ஹீலியத்தில் இருந்தமாதிரியான நிலை நியானிலும் இருக்கக் காண்கிறோம். K-ஷெல்லில் 2-எலெக்ட்ரான்களும் L-ஷெல்லில் 8-எலெக்ட்ரான்களுமாக இருக்கும் நிலையில், எலெக்ட்ரான் இருக்கிற ஷெல்கள் முற்றும் பூர்த்தி செய்யப்பட்டிருக்கின்றன. மற்றவை முழுவதும் காலியாக இருக்கின்றன. நியான் ஒரு மந்த வாயு.

எட்டுத்தனிமங்கள் இடைவெளிக்குப் பின் மந்தத்தன்மை கொண்ட தனிமம் வருகிறது. அடுத்த 8–தனிமங்களில் எலெக்ட்ரான்கள் M–ஷெல்லைச் சென்றடைகின்றன. படிப்படியாக ஒன்றில் ஆரம்பித்து எட்டு எலெக்ட்ரான்கள் M–ஷெல்லை நிரப்புகின்றன. M-ஷெல் இன்னும் 10 அதிக எலெக்ட்ரான்

களைக் கொள்ளும். ஆனால் கடைசி ஷெல்லில் இருக்கும் 8-எலெக்ட்ரான்கள் பூர்த்தி செய்யப்பட்ட நிலையைப் பெற்றது போல் இருக்கிறது. எனவே ஆர்கான் மற்ற மந்த வாயுக்களின் இயல்பைக் கொண்டுள்ளது

லித்தியத்தில் கடைசி ஷெல்லில் (outer most) ஒரு எலெக்ட்ரான் இருக்கிறது. சோடியத்தின் கடைசி ஷெல்லிலும் ஒரே எலெக்ட்ரான்தான் இருக்கிறது. எனவே லித்தியமும் சோடியமும் ஒரேமாதிரியான இயல்புகளைக் கொண்டிருக்கின்றன. அதே மாதிரி பெரிலியமும் மக்னீசியமும் ஒத்தப் பண்புகளைக் கொண்டிருப்பதற்குக் காரணம் அவற்றின் கடைசி ஷெல்லில் இருக்கிற, எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒரே மாதிரி இருப்பது தான். தனிம வரிசை அட்டவணையில் ஒத்த பண்புகளைக் கொண்ட தனிமங்கள் ஒன்றன் கீழ் ஒன்று வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

தனிம அட்டவணையில் முதல்வரிசையில் இரண்டு தனிமங்கள் இருக்கின்றன. K-ஷெல்லின் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை இரண்டாக இருக்க வேண்டியதை வலியுறுத்துவதாக இது இருக்கிறது.

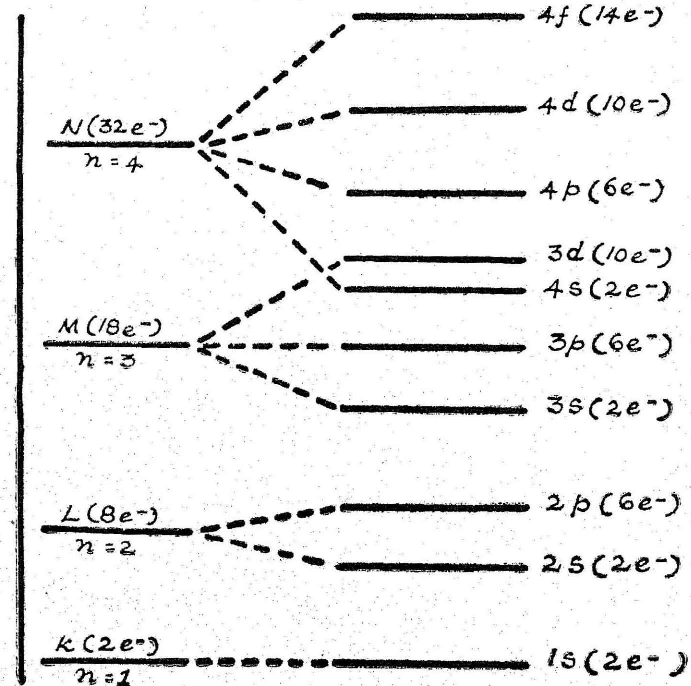
2- வது வரிசையில் 8- தனிமங்கள் இருக்கின்றன. படிப்படியாக எலெக்ட்ரான்கள் L-ஷெல்லை சென்றடைந்து அதிகபட்சம் 8-எலெக்ட்ரான்களுடன் பூர்த்தியடையவதை இது காட்டுகிறது. இங்கு கடைசி ஷெல் L, எனவே எலெக்ட்ரான்கள் இந்த ஷெல்லை சென்றடைவதற்கேற்ப இந்தவரிசையில் பண்புகள் மாறுகின்றன

மூன்றுவது வரிசையில் சோடியத்திலிருந்து ஆர்கான் வரை 8 தனிமங்கள் இருக்கின்றன. அட்டவணையில் கடைசி ஷெல்லில் ஒரு எலெக்ட்ரான் கொண்ட சோடியம் லித்தியத்திற்குக் கீழ் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது மக்னீசியம் 2-ம் தொகுதியில் பெரிலியத்திற்குக் கீழே வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. அலுமினியம் போரானுக்குக் கீழே 3-ம் தொகுதியிலும், சிலிக்கான் கார்பனுக்குக் கீழே 4-ம் தொகுதியிலும், பாஸ்ஃபரஸ் 5-ம் தொகுதியில் நைட்ரஜனுக்கு கீழேயும், சல்ஃபர் 6-ம் தொகுதியில் ஆக்ஸிஜனுக்குக் கீழேயும், குளோரின் ஃபுளோரினுக்குச் கீழே 7-ம் தொகுதியிலும்,O- தொகுதியில் நியானுக்குக் கீழே ஆர்கானும் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

4-வது வரிசையில் 18-தனிமங்கள் இருக்கின்றன. இவற்றில் K, Ca, மற்றும் Ga, Ge, As, Se, Br, Kr ஆகியவற்றில் எலெக்ட்ரான் கடைசி ஷெல் (outermost shell) அதாவது 4-வது ஷெல்லை சென்றடைகிறது. இவற்றிற்கு இடையில் இருக்கிற Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn ஆகிய தனிமங்களில் கடைசி

ஷெல்லில் இரண்டு எலெக்ட்ரான்களுக்கு அதிகம் இல்லை. இந்தத் தனிமங்கள் எலெக்ட்ரான்கள் படிப்படியாக ஈற்றயல் (Penultimate) ஷெல்லைச் சென்றடைகின்றன. இம்மாதிரியான தனிமங்கள் 5-வது மற்றும் 6-வது வரிசைகளில் இருக்கின்றன. ஒரே தொகுதியில் இருக்கிற 4-ம் வரிசை தனிமங்களான பொட்டாசியமும் தாமிரமும்(copper) கடைசி ஷெல்லில் ஒரே ஒரு எலெக்ட்ரானைக் கொண்டிருப்பதால் சில வகைகளில் ஒத்திருப்பதையும் ஈற்றயல் ஷெல்லில் (Penultimate) கொண்டுள்ள எலெக்ட்ரான் எண்ணிக்கையில் மாறுபடுவதால் சில வகையில் மாறுபட்ட தன்மையைக் கொண்டிருப்பதையும் பார்க்கிறோம்.

ஒவ்வொரு குவான்டம் தொகுதியிலும் பல உப ஆற்றல் மட்டங்கள் இருக்கின்றன. ஒரு முதன்மை ஆற்றல் மட்டத்தில், அம்மட்டத்தின் அடிப்படை குவான்டம் எண்கள் எத்தனையோ



படம் 10.

அத்தனை உப ஷெல்கள் இருக்கின்றன. K ஷெல்லில் (n-1) ஒரே ஒரு ஆற்றல் மட்டம் மட்டுமே இருக்கிறது. L - ஷெல்லில்

(n = 2) இரண்டு உபஷெல்கள் இருக்கின்றன. இவை ஆற்றல் அளவில் சிறிது மாறுபாடுகின்றன. M-ஷெல்லில் 3-உபஷெல்களும் N-ஷெல்லில் 4-உபஷெல்களும் இருக்கின்றன. இந்த உபஷெல்களை s,p,d,f என்று குறிப்பிடுகிறோம். முன்பக்கப் படத்தில் ஆற்றல் மட்ட படம் காட்டப்பட்டுள்ளது. எலெக்ட்ரான்கள் படிப்படியாக நிரப்பப்படும் வரிசையும் காட்டப் பட்டுள்ளது.

இதன்படி 18-வது தனிமமான ஆர்கானில் 1s-ல் இரண்டு எலெக்ட்ரான்களும், 2s-ல் இரண்டு எலெக்ட்ரான்களும் இருக்கின்றன. 3s-ல் இரண்டும், மற்றும் 3p –ல் ஆறும் இருக்கின்றன. ($1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$) அடுத்த தனிமமான பொட்டாசியத்தில் 19–வது எலெக்ட்ரான் 4s–ஷெல்லை சென்றடைகிறது. இதில் 3–வது ஷெல் இன்னும் முழுவதும் நிரப்பப்படாதது கவனிக்கத்தக்கது. 20-வது தனிமம் கால்சியத்தில் இன்னொரு எலெக்ட்ரான் 4s-ஆற்றல் மட்டத்தைச் சென்று அடைகிறது 21–வது தனிமமான ஸ்காண்டியத்தில் 21-வது எலெக்ட்ரான் 3d-ஷெல்லை சென்றடைகிறது அடுத்த எட்டு தனிமங்களிலும் 3–வது உபஷெல்லை நிரப்புதல் தொடர்கிறய. 4s-உபஷெல் நிரப்பப்பட்ட நிலையில் எலெக்ட்ரான் 3d-ஷெல்லை சென்றடைவதால் ஸ்காண்டியத்திலிருந்து ஸிங்க் வரையிலான தனிமங்களில் இவற்றின் வேதியியல் பண்புகள் ஒரு குறிப்பிட்ட வகையாக பாதிக்கப்படுவதைக் காண்கிறோம். ஆறுவது வரிசையில் 57-வதிலிருந்து 71-வரை உள்ள தனிமங்களில் எலெக்ட்ரான்கள் கடைசியிலிருந்து மூன்றுவது ஷெல்லில் சென்று சேர்கின்றன. லாந்தனைடுகள் அல்லது அருமண் தனிமங்கள் என்று சொல்லபடுகிற இவற்றில் அணுவின் உள்ளே நிகழும் இந்த மாற்றங்கள் எலெக்ட்ரான்கள் அக ஈற்றயல் ஷெல்லில் (shell next to the penultimate shell) சென்று சேர்தல், அவற்றின் வேதிப் பண்புகளை அதிகம் பாதிப்பதில்லை.

மேலே விவரித்தபடி தனிமங்களின் எலெக்ட்ரான் அமைப்பைப் பெறலாம். ஒரு தனிமத்திலிருக்கும் எலெக்ட்ரான்கள் வெவ்வேறு ஆற்றல் மட்டங்களில் இருப்பதை சுருக்கமாகக் குறிக்கலாம். எடுத்துக் காட்டாக பொட்டாசியத்தின் (Z = 19) எலெக்ட்ரான்களின் அமைப்பை $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^1$ என்று குறிக்கிறோம் இதிலிருந்து 4s- உபஷெல்லில் ஒரு எலெக்ட்ரான் இருக்கிறதென்றும், 1s, 2s, 3s உபஷெல்களில் இரண்டிரண்டு எலெக்ட்ரான்கள் இருக்கின்றன என்பதையும் 2p மற்றும் 3p உபஷெல்களில் ஒவ்வொன்றிலும் ஆறு எலெக்ட்ரான்கள் இருப்பதையும் தெரிந்து கொள்கிறோம்.

வினாக்கள்

1. ருதர்ஃபோர்டின் α-துகள் சிதறல் (Scattering of α-particles) சோதனையை எழுது. இதன் முக்கியத்துவம் என்ன?

2. அணு அமைப்பைப்பற்றிய தாம்ஸன் கருத்து என்ன? இது சரியானதல்ல ஏன்?

3. தனிமங்களின் சிறப்பு X-கதிர்கள் என்றால் என்ன?

4. தனிமத்தின் சிறப்பியல்புகளை நிர்ணயிப்பது தனிமத்தின் அணு எண்ணே எப்படி?

5 அணுக்கருவின் நேர்மின்னேற்றத்தை எவ்வாறு நிர்ணயிப்பது?

6. ருதர்ஃபோர்டின் அணு நிலையானதல்ல. ஏன்?

7. நீல்ஸ் போரின் கருது கோள்கள் (assumption) யாவை?

8. நான்கு குவான்டம் எண்கள் யாவை ஒவ்வொன்றை பற்றியும் விளக்கி எழுது.

9. பௌலியின் ஒதுக்குதல் கொள்கை யாது?

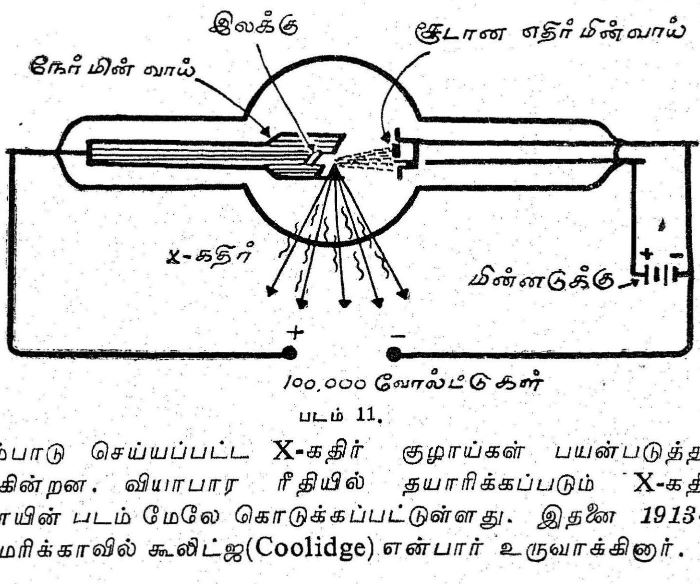
10. எலெக்ட்ரான் அமைப்பைக் கொண்டு தனிம வரிசை அட்டவணையில் காணப்படும் முறைமைகளை விளக்கு?

11 ஒரு தனிமத்தின் அணு எண் 21, அத்தனிமத்திலிருக்கும் எலெக்ட்ரான்கள் பங்கீட்டு வைக்கப்பட்டிருக்கும் முறைமையை எழுது.

3. எக்ஸ் கதிர்கள்

1893ல்- ஜெர்மானிய பௌதிக அறிஞர் ராஞ்சன் (Rontgen) என்பார் எக்ஸ்கதிர்களைக் கண்டுபிடித்தார். ஒரு சோதனையின் போது ராஞ்சன் மின்னிறக்கக் குழாயை கறுப்பு அட்டைப் பெட்டியில் வைத்துமூடி இருட்டறையில் சோதனை நிகழ்த்தினர். சோதனைக் கருவியின் அருகே பேரியம் பிளாட்டினோசையனைடு பூசப்பட்ட தாள் இருந்தது. மின்னிறக்கம் நிகழும் போது அந்தத் தாள் பளிச்சென்று ஒளிர்வதைக்கண்டார். மின்னிறக்கக் குழாயிலிருந்து வெளிப்பட்ட ஒருவகைக் கதிர் பேரியம் பிளாட்டினோசயனைடு பூசப்பட்ட தாளை ஒளிரச்செய்கிறது என்று ராஞ்சன் நம்பினர். அக்கதிர்களை X-கதிர்கள் என்று அழைத்தார்.

X-கதிர் குழாய்களில், எதிர்மின்வாயிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்டு இலக்கு நேர்மின்வாயைத்தாக்கி X-கதிர்கள் பெறப்படுகின்றன. தற்போது எல்லாவகையிலும்



படம் 11.

மேம்பாடு செய்யப்பட்ட X-கதிர் குழாய்கள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. வியாபார ரீதியில் தயாரிக்கப்படும் X-கதிர் குழாயின் படம் மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இதனை 1913-ல் அமெரிக்காவில் கூலிட்ஜ(Coolidge) என்பார் உருவாக்கினர்.

எதிர்மின்வாயில் நடுவில் டங்ஸ்டன் இழைவைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மின்னடுக்கைக் கொண்டு இது ஒளிரச்செய்யப்படுகிறது அடுத்து 100,000 வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்தங் கொடுத்து மின்னிறக்கம் செய்யும்போது டங்ஸ்டன் இழையிலிருந்து அபரிதமான எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்பட்டு அவை ஆன்ட்டி கேதோடைத்(anti cathode) தாக்கும் போது X-கதிர்கள் பெறப்படுகின்றன அபரித எலெக்ட்ரான்களின் வன்மையான தாக்குதலுக்கும் உட்படும் நேர்மின்வாய் உருகிவிடக்கூடும். இதைத் தவிர்க்க, நேர்மின் வாயாக பயன்படுத்தப்படும் தாமிரத்தின் பரப்பில் அதிக உருகுநிலை கொண்ட டங்ஸ்டன் அல்லது மாலிப்டினம் போன்ற உலோகங்கள் பதித்துவைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. தூண்டு மின்சுருளைப் (Induction coil) பயன் படுத்தி, நேர்மின்வாய், எதிர்மின்வாய் ஆகியவற்றிற்கு இடையே அதிக மின்னழுத்தங் கொடுக்கப்படுகிறது.

X-கதிர்கள் திண்மப் பொருள்களை ஊடுருவும் இயல்பைப் பெற்றிருக்கின்றன இவை பேரியம் பிளாட்டினோசயனைடு போன்ற பொருள்களை ஒளிரச் செய்கின்றன, அணுக்களை அயனிகளாக்குகின்றன. X-கதிர்கள் நிழற்படத் தகடை (ஒளியைப்போன்றே) பாதிப்பு அடையச்செய்கின்றன.

X-கதிர்களின் ஊடுருவும் தன்மை X-கதிர் குழாயில் நேர்மின்வாய் களுக்கிடையே கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தைப் பொருத்ததாகும். அதிக ஊடுருவும் தன்மை கொண்ட X-கதிர்களை X-கதிர்கள் (Hard X-Rays) என்றும் குறைவாகஊடுருவும் தன்மை கொணட X-கதிர்களை மென்மையான X-கதிர்கள் என்றும் அழைக்கிறோம்.

ஆணி உட்செலுத்தப்பட்ட மரத்தின் வழி அல்லது காசு கொண்ட பணப்பை வழியே X-கதிர்கள் செல்லும்போது ஒளிரும் திரையில் ஆணியின் பிம்பமும், காசின் பிம்பமும் உண்டாகின்றன. உடல் பகுதியின் சதைவழியே X-கதிர் ஊடுருவும். எலும்பை ஊடுருவ முடிவதில்லை. தாள், மரம், சதை போன்றவை தனிம அட்டவணையின் ஆரம்பத்திலிருக்கிற தனிமங்களால் ஆனவை. இவற்றை X-கதிர்கள் ஊடுருவுகின்றன. பித்தளை, எஃகு, எலும்பு, தங்கம் போன்ற பொருள்கள் கன தனிமங்களாலானவை இவை X-கதிர்களைக் கிரகிக்கின்றன. இவற்றை X-கதிர் ஊடுருவ முடியாது.

எலும்பில் அதிகப் படியாக கால்சியம் இருக்கிறது. இது X-கதிரை உட்கிரகிக்கும். ஆனால் சதைப்பகுதிகள் ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் கார்பன் மற்றும் நைட்ரஜன் ஆகியதனிமங்

களானவை. இவை X-கதிர்களைக் கிரகிப்பதில்லை. எனவே தான் எலும்புப் பகுதிகளை X-கதிர் படம் எடுத்தல் சாத்தியமாகிறது.

X-கதிர், திண்ம, திரவ, வாயுப் பொருள்களின் ஊடே செல்கையில் அணுக்களையும் மூலக் கூறுகளையும் அயனிகளாக்குகின்றன. அணுக்களும் மூலக் கூறுகளும் அயனியாக்கப்படுவதன் மூலமே X-கதிர்களின் ஊடுருவும் ஆற்றல் ஒரு வரம்புக்குள் இருக்கிறது. கனமான தனிமங்கள் இலேசான தனிமங்களைவிட அதிக எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்டிருப்பதால் X-கதிர்களின் பாதையில் அதிக எலெக்ட்ரான்கள் இருப்பதால் அவை நிறுத்தப்படுகின்றன.

X-கதிர்களைப் பயன்படுத்தி துப்பாக்கிக் குண்டுபட்ட நபரின் உடலில் எந்தப்பகுதியில் துப்பாக்கிக்குண்டு இருக்கிறதென்பதைக் கண்டறியலாம். X-கதிர் படமெடுத்து எலும்பு முறிந்த பகுதியைக் கண்டுகொள்ளலாம். மூட்டை முடிச்சுகளில் கடத்தப்படும் தங்கத்தைப்பற்றி தெரிந்து கொள்ளலாம். சிப்பியில் முத்து இருக்கிறதா என்பதை உறுதிப்படுத்தலாம்.

விலங்கினங்களின் ஒருசில வகை திசுக்களை X-கதிர்கள் விரைவாகச் சிதைக்கின்றன. இந்த அடிப்படையில் தோல் வியாதிகளைக் குணப்படுத்தவும் X-கதிர்கள் பயன்படுகின்றன. புற்றுநோய் சிகிச்சையிலும் X-கதிர்கள் பயன்படுத்தப்பகின்றன. பொறியியல் துறையிலும் X-கதிர்கள் பயன் மிக்கவைதான். வரர்ப் படங்களிலும் பற்ற வைத்தப்பகுதிகளிலும் இருக்கும் குறைபாடுகளைக் கண்டறியவும் X-கதிர்கள் பயன்படுட்தப்படுகின்றன.

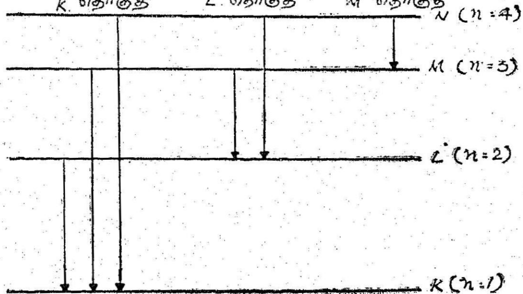
X-கதிர்கள் மின்காந்த அலைகளே. X-கதிர் நிறமாலை வரைவி (X-ray spectro graph) யைக் கொண்டு X-கதிர்களின் அலை நீளத்தை நிர்ணயிக்கலாம். X-கதிர்கள் லெட் திரைகளிலிருக்கும் குறுகிய பிளவுகள் வழியாக சென்று அடுத்து ஒருபடிகத்தின் பக்க பரப்பில் (face) படுகின்றன. படிகத்தை முன்னும் பின்னும் சுழற்றலாம் (முன் பக்கத்தின் மையப்புள்ளியை மையமாக வைத்து சுழற்றப்படுகிறது) படிகத்தின் முன் பரப்பில் படும் X-கதிர்கள் படிகத்தைச் சுழற்றுவதற்கேற்ப ஒரு நிழற்படத் தகட்டின் ஒரு கோடியிலிருந்து இன்னொரு கோடிவரை படும்படி பிரதி பலிக்கப்படுகின்றன. இம்மாதிரியாக X-கதிர்களைப் படவைத்து பின்னர் நிழற்படதட்டு உரு விளங்கச் (develop) செய்யப்படுகிறது. அப்போது படத்தில் பல வரிகளும் பட்டைகளும் (Bands) காணப்படுகின்றன. இந்தப் படத்தைத்தான்

X-கதிர் நிற நிரல் வரிகள் என்கிறோம். அவற்றின் இருப்பிடங்களைக் கொண்டு X-கதிர்களின் அலை நீளங்களைக் கணக்கிடலாம்.

சிறப்பு X-கதிர்கள் : ஒரு தனிமத்திலிருந்து இன்னொரு தனிமத்திற்குச் செல்லும்போது K, L, M முதலியவற்றில் ஏதாவது ஒரு வகை X-கதிரின் அலைநீளம் (அல்லது அதிர்வு எண்) அணு எண் அதிகரிக்க அதிகரிக்க ஒரு ஒழுங்குக்கு உட்பட்டு மாறிச் செல்வதைப் பார்க்கிறோம். தனிமங்களின் கடைசி சுற்றுப் பாதையில் இருக்கிற எலெக்ட்ரான் ஒரு ஆற்றல் நிலையிலிருந்து இன்னொரு ஆற்றல் நிலைக்கு மாற்றப்படுவதால் வருவதே ஒளி நிறநிரல் X-கதிர் நிறநிரல் இன்னொரு காரணம் பற்றியது.

ஒளி நிறநிரல் உண்டாக்கப்பட தேவையானதைவிட மிக அதிகமான ஆற்றலை ஒரு அணு ஏற்கும்போது உள்ளே இருக்கும் குவான்டம் தொகுதி (Inner quantum group) யிலிருந்து ஒன்று அல்லது இரண்டு எலெக்ட்ரான்கள் மிகஅதிக ஆற்றல் நிலைக்கு உயர்த்தப்படலாம் அல்லது அணுவிலிருந்தே நீக்கவும் படலாம். அம் மாதிரி உண்டாக்கப்பட்ட காலியிடத்தை நிரப்புவதற்கு மேல் ஆற்றல் மட்டத்திலிருந்து குறைந்த ஆற்றல் மட்டத்திற்கு எலெக்ட்ரான் வரும். அப்போது தனிமத்தின் சிறப்பு X-கதிர் வெளிப்படும்.

அணு ஆற்றலை ஏற்கும்போது n = 1 தொகுதியிலிருந்து எலெக்ட்ரான் நீக்கப்பட்டால் (அல்லது அதி ஆற்றல் மட்டத்திற்கு உயர்த்தப் பட்டால்) இன்னொரு எலெக்ட்ரான் அந்தக் காலியிடத்திற்கு வரும்போது K-கதிர் வெளிப்படுகிறது. அம்

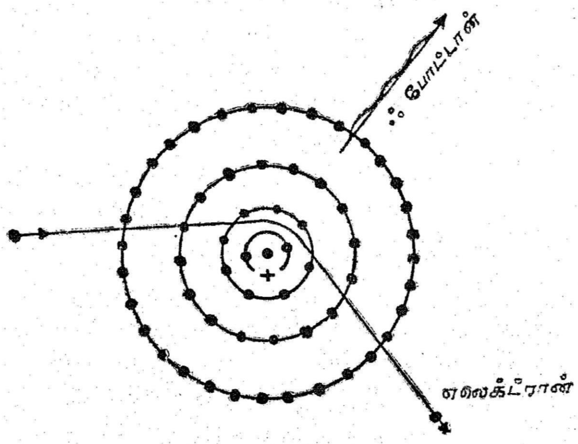


படம் 12.

மாதிரியே ஆற்றலை அணு ஏற்கும்போது n = 2 என்ற குவான்டம் தொகுதியிலிருந்து அதி ஆற்றல் மட்டத்திற்கு மாற்றப்பட்டால்

அந்த காலி இடத்திற்கு எலெக்ட்ரான் செல்லும் போது L-தொகுதி X-கதிர்கள் விடப்படுகின்றன. M-வரிசை X-கதிர்கள் n = 3 என்ற குவான்டம் தொகுதியிலிருந்து எலெக்ட்ரான் நீக்கப்படுவதால் அந்த இடம் நிரப்பப்படும்போது வெளிப்படுவதாம். படத்தில் வெவ்வெறு தொகுதிகள் வரும் விதம் காட்டப்பட்டிருக்கிறது.

அடுத்தடுத்துவரும் தனிமங்களின் K-தொகுதி சிறப்பு X-கதிர்களை எடுத்துக் கொண்டால் X-கதிர் விடப்படுவதற்குக் காரணமாக இருப்பது ஒரே மாதிரியான எலெக்ட்ரான் மாற்றமே. ஒவ்வொரு தனிமத்திலும் அதி ஆற்றல் நிலையிலிருந்து எலெக்ட்ரான் K-ஷெல்லுக்கு வருகிறது. ஆனால் அணு எண் அதிகரிக்க சம்பந்தப்பட்ட ஆற்றல் அளவில் சிறிது வேறுபாடு இருக்கிறது. எனவே சிறப்பு X-கதிரின் அலை நீளம் படிப் படியாக தனிமத்திற்குத் தனிமம் மாறுகிறது.



படம் 13

K-தொகுதி X-கதிர்களைப் பெற குறைந்த அளவு 58,200 ev– ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. L-தொகுதி X-கதிரை உண்டாக்க குறைவான ஆற்றலும், M-தொகுதி X-கதிரை உண்டாக்க இன்னும் குறைவான ஆற்றலும் போதும். K-தொகுதி X-கதிரின் அலைநீளம் L-தொகுதி X-கதிரின் அலைநீளத்தைவிடக் குறைவு. M-தொகுதி X-கதிரின் அலை நீளம் L-தொகுதி X-கதிரின் அலை நீளத்தைவிட அதிகம். K தொகுதி X-கதிர் அதிக ஊடுருவும் ஆற்றல் கொண்டது. L-தொகுதியின் ஊடுருவும் தன்மை K-தொகுதி X–கதிரின் ஊடுருவு திறனைவிட குறைந்தது. M-தொகுதி X-கதிர்களுக்கு ஊடுருவும் திறன் இன்னும் குறைவு.

பிரெம்ஸ்ட்ராலாங் (Bremsstrahlung) என்ற ஒரு இயற்பாட்டினாலும் X-கதிர் வெளிவிடப்படுகிறது. X-கதிர் குழாயின் இலக்கு அணுக்களின் அணுக்கருக்களை நெருங்கி அதிவேக எலெக்ட்ரான் செல்லும் போது அதன் வேகம் மட்டுப்படுத்தப் படுவதன் காரணமாக X-கதிர் வெளிப்படுகிறது. முன் பக்கப் படத்தில் இம்மாதிரியான நிகழ்ச்சி காட்டப்பட்டுள்ளது.

எலெக்ட்ரான் அணுக்கருவை ஒட்டியபடி செல்லும்போது அது பாதையிலிருந்து விலக்கமுறுகிறது. அப்போது ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. உள்ளே வரும் எலெக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றலில் ஒருபகுதி $h\nu$ ஆக வெளிப்படுகிறது. எலெக்ட்ரான் முன்னர் கொண்டிருப்பதைவிட ($h\nu$) குறைவான இயக்க ஆற்றலுடன் செல்கிறது.

X-கதிர் குழாயில் எலெக்ட்ரான் 1Kev-லிருந்து 1Mev வரை ஆற்றல் கொண்டதாய் இருக்கிறது. இவையெல்லாம் ஆற்றலாக மாற்றப்பட்டால் 10^{-7}லிருந்து 10^{-10} செ.மீ அலை நீளங்கொண்ட X-கதிர் வரும். வெவ்வேறு எலெக்ட்ரான்கள் வெவ்வேறு அளவில் ஆற்றலை இழப்பதால் X-கதிர்கள் பல அலை நீளங்களைக் கொண்ட தொடர்களாக X-கதிர் நிற நிரலில் காணப்படுகின்றன.

வினாக்கள்

1. X-கதிர் கண்டு பிடிப்பைப் பற்றி எழுது.
2. X-கதிர் குழாயின் அமைப்பை படத்துடன் விளக்குக.
3. X-கதிர்களின் பண்புகள் யாவை?
4. X-கதிர்களின் பயன்கள் யாவை?
5. மரம், காகிதம், தசை ஆகியவற்றை ஊடுருவும் X-கதிர் லெட், எஃகு ஆகியவற்றை ஊடுருவது இல்லை ஏன்?
6. X-கதிர்கள் எப்படி உண்டாகின்றன?
7. 'பிரெம்ஸ் ட்ராலாங்' இயற்பாட்டை விளக்குக.

4. ஆற்றலும் கதிர்வீச்சும்

வினை செய்ய தேவையான ஒன்றை ஆற்றல் என்கிறோம். ஒரு பொருள் அல்லது துகளுக்கு, எதிர்க்கும் விசைக்கு எதிராக இயக்கம் கொடுக்க முடியுமானால் வேலை செய்யப்பட்டதாகச் சொல்கிறோம். எனவே ஆற்றலைக் கொண்டு ஒரு பொருளுக்கு இயக்கத்தைக் கொடுக்கலாம். இம்மாதிரி ஆற்றல் செலவழிக்கப் படும்போது அது வெப்பமாக மாற்றப்படுகிறது.

ஆற்றல் பல வடிவங்களில் இருக்கலாம். ஆற்றலின் ஒரு வடிவத்தை இன்னொன்றாக மாற்ற முடியும். வேலை செய்வதற்கு எல்லா வகையான ஆற்றல்களையும் பயன்படுத்தலாம். நிலக்கரி அல்லது எண்ணை ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கிறது. இவற்றை ஆக் ஸிஜனுடன் சேர்த்து எரித்து வெப்பமாக மாற்றலாம். இந்த வெப்ப ஆற்றலைக் கொண்டு நீராவியைப் பெறலாம். நீராவியில் குளிர்நீரில் மூலக் கூறுகள் கொண்டிருக்கும் ஆற்றலை விட அதிக ஆற்றல் இருக்கிறது. டர்பைன் அல்லது நீராவி யந்திரத்தை நீராவியைக் கொண்டு இயக்கி நீராவியிலுள்ள ஆற்றலை யந்திர ஆற்றலாக மாற்றலாம். இந்த யந்திர ஆற்றலைக் கொண்டு கப்பலை இயக்கலாம், அல்லது இரயிலை ஓட்டலாம். அல்லது இந்த யந்திர ஆற்றலைக் கொண்டு டைனமோவை இயக்கி மின் னாற்றலை உண்டாக்கலாம், இந்த மின்னாற்றலை மின் மோட்டாரில் யந்திர ஆற்றலாக மாற்றலாம்.

அணு ஆற்றல், விவரிக்கப்பட்ட இந்த ஆற்றல்களிலிருந்து மாறு பட்டதல்ல. எண்ணெய்யை எரிக்கும்போது ஆற்றல் வெளிவிடப் படுகிறது. எண்ணெய் கார்பன் மற்றும் ஹைட்ரஜன் கொண்ட சேர்மம்எண்ணெய்யை எரிக்கும்போதுகார்பன்-டை-யாக்ஸைடும் நீரும் உண்டாகின்றன. இந்த வினையில் ஈடுபடும் ஹைட்ரஜன் கார்பன் மற்றும் ஆக்ஸிஜன் ஆகியவை இருக்கிற நிலைகள் மாற்றி யமைக்கப்படுவதன் காரணமாக ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. அணுவின் மையக்கரு மாற்றியமைக்கப் படுவதன் காரணமாக அணு ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. அணு ஆற்றலை வெளிப்படுத்திய வுடன் அதனை வினை செய்ய பயன்படுத்தலாம்.

குறுகிய புறவெளி (space) யில் அதிகமான ஆற்றலை கண நேரத்தில் உண்டுபண்ணினால் அதனை வெடித்தல் (explosion) என்கிறோம். அக எரி எஞ்சின்களில் (Internal combustion

engines) கேசொலின் ஆவி மற்றும் ஆக்ஸிஜன் ஆகிய இரண்டின் கலவைகளில் பொறி உண்டாக்கி தீப்பற்ற வைத்தால் திடுமென ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. கேசொலீனை (gasoline) திறந்த வெளியில் எரித்தால் ஆற்றல் மெதுவாக வெளிப்படுகிறது. இந்த வெப்ப ஆற்றலைக் கொண்டு நீராவியைப் பெறலாம். இவ்வாறு பெறப்படும் நீராவியால் நீராவி என்ஜின்களை ஓட்டலாம். அவ்வாறுதான் அணு ஆற்றலும், அணுகுண்டு வெடிப்பின்போது திடுமென அபரிமித ஆற்றலை வெளிப்படுத்தலாம். அணு ஆற்றலை படிப்படியாக மெதுவாக வெளிப்படுத்தி பயனுள்ள வினையைச் செய்யவும் பயன்படுத்தலாம்.

ஆற்றல் இயக்க ஆற்றல் (Kinetic energy) அல்லது நிலை பாற்றல் (Potential energy) வடிவில் இருக்கலாம். நிலையாற்றலை எளிதாக இயக்க ஆற்றலாக மாற்றலாம், எரிபொருள்களும், சில அணுக்களும் நிலையாற்றலைக் கொண்டிருக்கின்றன. தகுந்த முறையில் இந்த ஆற்றலை இயக்க ஆற்றலாக மாற்றலாம்.

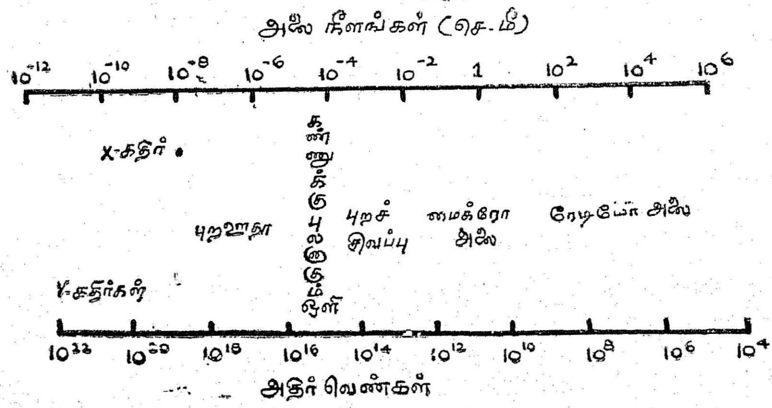
கதிர் வீச்சு (Radiation): ஆற்றல் ஒரு இடத்திலிருந்து வெற்றிடவெளியில் இன்னொரு இடத்திற்கு மாற்றப்படுகிறது. நமக்கு பழக்கப்பட்ட இரண்டு கதிர் வீச்சுகளாவன: ஒளி கதிர் வீச்சு மற்றும் ரேடியோ அலைகள் ஆகியவை. கதிரவனிலிருந்து ஆற்றலில் ஒரு பகுதி ஒளியாக நம்மை வந்தடைகிறது. பூமியை வந்தடையும் இந்த ஆற்றலை பச்சைத் தாவர இனங்கள் ஏற்று சர்க்கரைப் பொருள்களையும், மாவுப்பொருள்களையும் தயாரிக்கின்றன. ஆற்றல் நிலையாற்றலாக சேர்த்துவைக்கப்படுகிறது. ஒளி ஆற்றல் மண்டலவளியை வெதுவெதுப்பாக்கி வெப்பநிலையை அதிகரிக்கிறது. அதாவது ஒளியாற்றல் இயக்க ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. நம் கண்ணுக்குத் தெரியாத கதிர்வீச்சுகள் இருக்கின்றன. அந்த வகையைச் சேர்ந்தவைதான் ரேடியோ அலைகள், புறஊதா (ultra violet) கதிர்கள், X–கதிர்கள் மற்றும் காமாக் கதிர்கள் ஆகியவை.

கதிர்வீச்சு அலை இயக்கத்தோடு, (wave motion) பாய்ந்து செல்கிறது ஒளியின் அலை நீளம் (wave length) λ என்றும் அதன் அதிர்வு எண் என்றும், அதன் வேகம் C என்றும் கொண்டார்.

$v = \frac{C}{\lambda}$ $\lambda = \frac{C}{v}$ என்று அறிகிறோம். ஒளிரின் வேகம் விநாடிக்கு 3×10^{10} செ.மீ ஆகும். வெண்மையான ஒளி, சிவப்பு, ஆரஞ்சு, மஞ்சள், பச்சை, நீலம், ஊதா ஆகிய நிறங்களின் தொகுப்பாகும். இவற்றில் சிவப்பு அதிக அலை நீளத்தையும் ($7{\cdot}60 \times 10^{-5}$ செ.மீ) ஊதா குறைவான அலை

நீளத்தையும் ($3{\cdot}85 \times 10^{-5}$ செ.மீ). கொண்டிருக்கின்றன. மற்ற நிறங்களின் அலை நீளங்கள் இவற்றிற்கு இடைப்பட்டவையாகும். அலை நீளத்தை ஆங்ஸ்ட்ராம் (Angstrom) அலகிலும் சொல்லுகிறோம். ஆங்ஸ்ட்ராம் Å என்பது 10^{-8} செ.மீ. இந்த அலகில் சொன்னால் கண்ணுக்குப் புலனாகும் ஒளியின் அலை நீளம் 7600 Å-லிருந்து 3850 Å வரை இருக்கும்.

கண்ணுக்குப் புலனாகும் ஒளியை விட அதிக அலைநீளங் கொண்ட, மற்றும் குறைவான அலைநீளம் கொண்ட கதிர் வீச்சுகளும் இருக்கின்றன. ஒரு பக்கத்தில் மைக்ரோ அலைகள் மற்றும் ரேடியோ அலைகள் இன்னொரு பக்கம் காமாக்கதிர்கள் மற்றும் X–கதிர்கள் ஆகியவை கண்ணுக்குப் புலனாகாத அலைகள். இவை எல்லாமே ஒளியின் வேகத்தில் செல்பவை. ஒன்றிலிருந்து மற்றது அலைநீளத்தில்தான் மாறுபடுகிறது. இவை மின் காந்த அலைகளாம். கீழே படத்தில் வெவ்வேறு வகை கதிர்வீச்சுகளின் அலைநீளங்களும், அதிர் வெண்களும் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 14.

இந்த எல்லா மின்காந்த கதிர் வீச்சுகளும் ஒளியின் வேகத்தைக் கொண்டுள்ளன. இவை எல்லாமே பிரதிபலிக்கப்படுகின்றன. விளிம்பு விளைவுக்கு (diflraction) உட்படுகின்றன. மற்றும் குறுக்கீட்டு விளைவுகளுக்கு (Interference)உள்ளாகின்றன. மேக்ஸ் பிளாங்கின் (Max plank) கருத்துப்படி ஒரு பொருள் (Body) ஆற்றல் குவான்டம் என்று சொல்லப்படுகிற ஒரு குறிப்பிட்ட அளவின் முழு எண் மடங்குகளாகவே, கதிர்வீச்சாக உட்கிரகிக்கிறது அல்லது வெளிவிடுகிறது. குவான்டத்தின் மதிப்பு கதிர்வீச்சின் அதிர்வு எண்ணைப் பொறுத்தது. ஒரு குழுமத்தின் (Body) ஆற்றல் தொடர்ச்சியாக மாறுவதில்லை அந்தக் குழுமம் ஒரு குறிப்பிட்ட முழு எண்ணளவு குவான்டத்தைக் கொண்டிருக்

கிறது. ஆற்றலை ஏற்பதும் இழப்பதும் அம்மாதிரியான குவான்டங்கள் அளவாகவே இருக்கவேண்டும். ஒரு குழுமம் (**Body**) ஒரு குவான்டம், இரண்டு குவான்டங்கள், மூன்று குவான்டங்கள், நான்கு குவான்டங்கள் என்றவாறுதான் ஆற்றலை கிரகிப்பதும் வெளிவிடுவதும் முடியும் $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, $1\frac{3}{4}$ குவான்டங்கள் என்றபடி ஆற்றலை ஏற்பதும் இழப்பதும் முடியாது. இதனைத்தான் குவான்டம் கொள்கை (quantum theory) என்கிறோம்.

ஒரு கதிர்வீச்சின் அதிர்வு எண் ν என்றால் ஆற்றல் குவான்டம் (E) கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள சமன்பாட்டால் கொடுக்கப் படுகிறது.

$E = h\nu$ h = பிளாங்கி மாறிலி

காமாக் கதிரின் குவான்டம் ரேடியோ அலையின் குவான்டத்தைவிட அதிகமானது.

$\gamma = \frac{C}{\lambda}$ எனவே $E = h \times \frac{C}{\lambda}$ என்று

காமாக்கதிரின் குவான்டத்தை கீழே காட்டியவாறு கணக்கிடலாம்.

$h = 6{\cdot}626 \times 10^{-27}$ எர்க்-வினாடிகள்

$c = 3 \times 10^{10}$ செ.மீ. / வினாடி

$\lambda = 10^{-10}$ செ.மீ.

எனவே $E = \frac{6{\cdot}626 \times 10^{-27} \times 3 \times 10^{10}}{10^{-10}}$

$= 1.9878 \times 10^{-6}$ எர்க்குகள்.

அணுவைப் பற்றிய ஆய்வில் ஆற்றல் அலகாக எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டைப் பயன்படுத்துகிறோம். ஒரு எலெக்ட்ரான் வோல்ட் (ev) — 1.602×10^{-12} எர்க்குக்குச் சமம் ஆற்றல் அலகுகளாக கிலோ எலெக்ட்ரான் வோல்ட் (**Kev**) மற்றும் மில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்ட் (**Mev**) ஆகியவை பழக்கத்தில் இருக்கின்றன.

1 Kev $= 1{\cdot}602 \times 10^{-9}$ எர்க்

1 Mev $= 1\ 602 \times 10^{-6}$ எர்க்

எனவே குவான்டத்தை Mev-களிலும் சொல்லலாம். காமாக் கதிரின் குவான்டம்

$$E = \frac{1{\cdot}9878 \times 10^{-6}}{1{\cdot}602 \times 10^{-6}} = 1{\cdot}23 \text{ Mev.}$$

ஐன்ஸ்டீனின் கருத்துப்படி ஒரு பொருளின் ஆற்றல் அதன் நிறையைப் பொறுத்தது. ஒரு பொருளின் ஆற்றலில் E அளவு மாற்றம் நிகழ்ந்தால் அதன் நிறையளவு $\frac{E}{c^2}$ என்று மாறவேண்டும்.

இந்தப் பொதுப்படையான தொடர்பைத் தான் $E = mc^2$ என்று எழுதுகிறோம். இதன்படி நிறை m, ஆற்றல் E-க்குச் சமம். இந்த சமன்பாடு ஐன்ஸ்டீன் ஆற்றல்-நிறை சமன்பாடு என்கிறோம். அணு ஆற்றல் பற்றிய ஆய்வு இந்த அடிப்படையைக் கொண்டது.

நிறையையும் ஆற்றலையும் ஒன்றை இன்னொன்றாக மாற்றல் $E=mc^2$ ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு நிறை அழிக்கப்படும்போது (மாற்றப்படும்போது) பெறப்படும் ஆற்றல் எவ்வளவு என்பதை மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி கணக்கிடலாம். m-ஐ கிராம்களிலும், C-ஒளியின் வேகத்தை விநாடிக்கு இத்தனை செ.மீ என்றும் சொன்னால் E எர்க்குகளில் பெறப்படுகிறது.

$$E \text{ (எர்க்குகள்)} = m \text{ (கிராம்கள்)} \times [3\times 10^{10} \text{ செ.மீ}]^2$$
$$= m \text{ (கிராம்கள்)} \times 9\times 10^{20}$$

சிலபோது ஆற்றலை வெப்ப அலகான கலோரியில் (Calories) சொல்லுகிறோம். ஒரு கலோரி, 4.2×10^7 எர்க்குகளுக்குச் சமம். எனவே

$$E \text{ (கலோரிகள்)} = m\times 2\ 14\times 10^{13}$$

100 கிராம் எரிபொருளை எரிக்கும்போது 1 மில்லியன் கலோரிகள் வெப்பம் வெளிப்படுவதாக இருக்கட்டும். மேலே கொடுக்கப்பட்ட சமன்பாட்டைக் கொண்டு மொத்த நிறைமாற்றம் என்னவென்று கணக்கிட முடியும்.

$$10^6 \text{ (கலோரிகள்)} = m \times 2{\cdot}14\times 10^{13}$$
$$m = 4{\cdot}656 \times 10^{-8} \text{ கிராம்}$$

வெளிப்பட்ட வெப்ப ஆற்றலுக்கு சமமான நிறை 4.656×10^{-8} கி. இந்த நுண்ணளவு நிறை மாற்றத்தை நுட்பமான தராசில் கூட கண்டறிய முடியாது. எனவேதான் வேதிமாற்றங்களில் நிறை ஆற்றல் விளைவுகளைத் தெரிந்து கொள்ள முடிவதில்லை.

அணு ஆற்றல் பற்றி சொல்லும் போது மில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்டுகள் (Mev) அலகைப் பயன் படுத்துகிறோம்.

$$1\text{Mev} = 1{\cdot}602 \times 10^{-6} \text{ எர்க்}$$

எனவே

$$E \text{ (மில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகளில்)} = \frac{m \text{ (கிராம்கள்)} \times 9\cdot 10^{20}}{1.602 \times 10^{-6}}$$

$$\text{,,} \quad = m \text{ (கிராம்கள்)} \times 5.62 \times 10^{26}$$

அணுவின் உள்ளே நிகழும் மாற்றங்களைப்பற்றி சொல்லும் போது, நிறைய அணு நிறை அலகில் (Atomic mass units) சொல்லுகிறோம். இதனை சுருக்கமாக amu என்கிறோம். எலெக்ட்ரானின் நிறை.000549 amu புரோட்டானின் நிறை 1·007277 amu ஒரு துகளின் நிறையை கிராமில் பெறுவதற்கு அணு நிறைஅலகில் (amu)நிறையை அவோகாட்ரோ எண்ணால் வகுக்க வேண்டும்.

$$1 \text{amu} = \frac{1}{6{\cdot}023 \times 10^{23}} = 1{\cdot}6604 \times 10^{-24} \text{ கிராம்}$$

எனவே

$$E = m \times 5.62 \times 10^{26} \text{ என்பதை}$$
$$E = m\,(\text{amu}) \times 5{\cdot}62 \times 10^{26} \times 1{\cdot}66 \times 10^{-24}$$
$$E\,(\text{Mev}) = m\,(\text{amu}) \times 931.$$

ஒரு அணு நிறை அலகு (amu) 931 Mev- ஆற்றலுக்குச் சமம். இந்நூலில் பின் வரும் அத்தியாயங்களில் மாற்றம் உறும் அணு நிறைகளின் amu – அலகுகளை 931-ஆல் பெருக்கி வெளிப்படும் ஆற்றல் அளவை Mev-ல் பெறுவது காட்டப்பட்டுள்ளது.

நிறைக்கும் ஆற்றலுக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காட்டும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி பாசிட்ரான்-எலெக்ட்ரான் இணை ஒன்றையொன்று அழித்துக் கொள்ளும்போது, வெளிப்படும் ஆற்றலின் அளவையும், எலெக்ட்ரான்-பாசிட்ரான் இணையை உண்டாக்க தேவைப்படும் ஆற்றலின் அளவையும் கணக்கிடலாம்.

எலெக்ட்ரானின் நிறை $9{\cdot}11 \times 10^{-28}$கி. பாசிட்ரானின் நிறையும் இதுவே. இவை இரண்டும் அழிக்கப்படும்போது $18{\cdot}22 \times 10^{-28}$ கிராம் நிறை இழக்கப் படுகிறது. $E = mc^2$ என்ற சமன்பாட்டைக் கொண்டு $E = 18{\cdot}22 \times 10^{28} \times 5{\cdot}62 \times 10^{26}$

$$= 1{\cdot}02 \text{Mev}$$

ஒரு பாசிட்ரானும் ஒரு எலெக்ட்ரானும் அழிக்கப்படும்போது மொத்தம் 1·02 Mev ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. இந்த ஆற்றல் இரண்டு மூன்று காமாக் கதிர்களாக வெளிப்படுகிறது.

இதிலிருந்து எலெக்ட்ரான்–பாசிட்ரான் இணையை உண்டாக்கவும் 1·02 Mev ஆற்றல் தேவைபடுகிறதென்பது தெரிகிறது காமாக்கதிரின் ஆற்றல் 1·02 Mev- ஐ விட அதிகமாயிருந்தால் தான் எலெக்ட்ரான்-பாசிட்ரான் இணையை உண்டாக்க முடியும். தோரியம் -C'' (தாலியம்) –லிருந்து வரும் காமாக் கதிர் 2·62 Mev ஆற்றலைக் கொண்டது. இந்த ஆற்றல் எலெக்ட்ரான்–பாசிட்ரான்

இணையை உண்டாக்க வல்லது. இந்த ஆற்றலில் 1·02 Mev எலெக்ட்ரான்-பாசிட்ரான் இணையை உண்டாக்கப் போதுமானது. மீதி (2·62-1·02) 1·60 Mev-ஐ எலெக்ட்ரானும் பாசிட்ரானும் எடுத்துக் கொள்கின்றன.

வினாக்கள்

1) ஆற்றலின் பல வடிவங்கள் யாவை?
2) 'வெடித்தல்' (explosicn) என்றால் என்ன?
3) கதிர்வீச்சைப் பற்றி எழுது.
4) குவான்டம் கொள்கையைப்பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.
5) சிவப்பு ஒளியின் ஆற்றல் குவான்டத்தைக் கணக்கிடுக.
6) நிறை அழிக்கப்படும்போது அதற்கு சமமான ஆற்றல் வெளிப்படுவதை கணக்கீட்டின் மூலம் விளக்குக.
7) எலெக்ட்ரான் -பாசிட்ரான் இணை அழிக்கப்படும் போது 1·02 Mev ஆற்றல் வெளிப்படுவதேன்?
8) 2.8 Mev- ஆற்றல் கொண்ட காமாக் கதிர் எலெக்ட்ரான் பாசிட்ரான் இணையை உண்டாக்க முடியுமா?
9) 0.0302 amu- நிறை அழிக்கப்படும் போது Mev-ல் எவ்வளவு ஆற்றல் வெளிப்படும்?

5. இயல்பான கதிரியக்கம்

தன்னிச்சையாக அணுக்கரு சிதைவுறுவதை கதிரியக்கம் என்கிறோம். 1896-ல் ஹென்றி பிக்குயிரல் (Henry Becquerel) என்பார் கதிரியக்கத்தைக் கண்டறிந்தார். தனிம வரிசை அட்டவணையில் காணப்படும் நிறைமிகு தனிமங்கள் கதிரியக்க தன்மை கொண்டுள்ளன. பொதுவாக 83-வது தனிமத்திலிருந்து எல்லாத் தனிமங்களுமே இந்த இயல்பைப் பெற்றிருப்பதைக் காண்கிறோம்.

X-கதிர்களின் கண்டு பிடிப்பை தொடர்ந்து பிக்குயிரல் அவற்றில் அக்கறைக் காட்டினார். கேதோடு (cathode) கதிர்கள் பட்ட இடங்கள் ஒளிர்ந்தன. அங்கிருந்து X-கதிர்கள் வருகின்றன என்று நம்பப்பட்டது. பிக்குயிரலின் தந்தையார் சூரிய ஒளியில் காட்டியபின் சில பொருள்கள் பலவண்ண ஒளிகாட்டும் (fluorescence) பாங்கினைப் பெற்றிருப்பதைக் கண்டார். பிக்குயிரலுக்கு அவருடைய தந்தையாரிடமிருந்து பொட்டாசியம் யுரானில் சல்ஃபேட் கிடைத்தது. யுரேனியம் உப்புகள் ஒளிர்வதற்கும் X-கதிர்களுக்கும் ஏதாவது தொடர்பு இருக்குமா என்று அறிவதில் அவர் முனைந்தார் ஒளிப்படத் தகட்டை கறுப்புத்தாளில் சுற்றி, பின் அதன்மீது மேற் சொன்ன உப்பின் ஒரு படிகத்தை அதன்மீது வைத்தார். அவைகளை அப்படியே சூரிய ஒளியில் காட்டியபின் நிழற்படத் தகட்டை உரு விளக்கப்படுத்தியபோது (develope) அது பாதிக்கப்பட்டிருப்பதைக் கண்டார். பொட்டாசியம் யுரானில் உப்பிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்கள் தாளை ஊடுருவிச் சென்று நிழற்படத் தகட்டை பாதிக்கச் செய்தது. அதுமட்டுமல்ல, அக்கதிர்கள் அலுமினிய, தாமிரத் தகடுகளையும் ஊடுருவி நிழற்பட தகட்டை பாதிக்கும் தன்மை கொண்டவை என்பதும் தெரியவந்தது. யுரேனியம் உப்புகளை சூரிய ஒளியில் காட்டினால் தான் அக்கதிர்கள் விடப்படும் என்று பிக்குயிரல் நம்பினார்.

பிக்குயிரல் யுரேனியம் உப்புகளை சூரிய ஒளியில் காட்டிய பின்னரே மேற் சொன்ன சோதனைகளை நிகழ்த்தினார். ஆனால், ஒரு சோதனையின் போது மேகம் சூரியனை நெடு நேரம் மறைத்து இருந்தது. அப்படியிருந்தும் அதாவது சூரியஒளி படாத நிலை

யிலும் யுரேனியம் உப்பிலிருந்து வெளிப்பட்ட கதிர்கள் ஒளிப் படத் தகட்டை பாதிப்பதை பிக்குயிரல் கண்டார். யுரேனியம் உப்பு எப்போதும் கதிரியக்கம் கொண்டிருக்க வேண்டுமென்பது உறுதியாயிற்று. 1898-ல் மேரிக்யூரி அம்மையார் யுரேனியம் கதிர் விடும் தன்மைக்கு கதிரியக்கம் (radio activity) என்ற பெயரைக் கொடுத்தார்.

க்யூரி அம்மையார் பல பொருள்களை ஆராய்ந்து, எல்லா யுரேனியம் சேர்மங்களுமே கதிரியக்கம் கொண்டுள்ளன. என்பதை கண்டறிந்தார். ஸ்மித் (G C Schmidt) என்பாரும் இதே உண்மையைக் கண்டறிந்தார். மற்றும் கதிரியக்கத் தன்மை கொண்ட யுரேனியம், தோரியம் ஆகிய தனிமங்கள் நிறைமிகக் கொண்டவை என்பதனையும் அவர் சுட்டிக்காட்டினார்.

க்யூரி அம்மையார் பல்வேறு யுரேனியத் தாதுக்களின் கதிரியக்கத்தையும் அவை வாயுக்களை அயனிகளாக்கும் திறத்தை யும் ஆராய்ந்தார். யுரேனியத் தாதுக்களான பிட்சு பிளெண்ட் (pitch Blende) மற்றும் சால்க்கோலைட் (chalcolite) ஆகியவை யுரேனியத்தை விட அதிக கதிரியக்கத்தன்மை கொண்டிருப் பதைக் கண்டார். யுரேனியத்தை விட அதிக கதிரியக்கத் தன்மை கொண்ட ஒரு தனிமம் இத்தாதுக்களில் இருக்க வேண்டு மென்று நம்பினர். அத்தனிமத்தைத் தனிப்படுத்த க்யூரி அம்மை யாரும் அவருடைய கணவரும் ஈடுபட்டனர்.

பிட்சுபிளெண்டை அவர்கள் அமிலங்களில் கரைத்தார்கள். பெறப்பட்ட கரைசலுடன் ஹைட்ரஜன் சல்ஃபைடு சேர்க்கப் பட்டது. காரீயம் (lead), பிஸ்மத், தாமிரம், ஆர்சினிக், ஆன்டிமனி ஆகியவற்றுடன் கதிரியக்கம் மிக்க கொண்ட ஒரு தனிமமும் வீழ்படிவில் இருந்தது. யுரேனியமும் தோரியமும் கரைசலில் இருந்தன. வீழ்ப்படிவுடன் அம்மோனியம் சல்ஃபைடு சேர்த்து ஆர்சினிக்கும் ஆன்டிமனியும் நீக்கப்பட்டன. மீதம் எஞ்சியப் பகுதி நைட்ரிக் அமிலத்தில் கரைக்கப்பட்டது. கரைசலிலிருந்து காரீயம் அதன் சல்ஃபேட்டாக நீக்கப்பட்டது. அம்மோனியா சேர்த்து பிஸ்மத் அதன் ஹைட்ராக்ஸைடாக வீழ்ப்படிவாக்கப் பட்டது. கதிரியக்கம் மிகக் கொண்ட அந்த தனிமம் பிஸ்மத் துடனேயே இருந்தது. அவை பின்னர் சல்ஃபைடுகளாக மாற்றப்பட்டன. அடுத்து அவை, காற்று நீக்கப்பட்ட குழாயில் 700°C-க்கு சூடாக்கப்பட்டன. குழாயின் குளிர்ந்த பகுதியில் அப்பொருள் படிந்திருந்தது. திரும்பத் திரும்ப இம் மாதிரி

செய்து அத் தனிமம் தனிப்படுத்தப்பட்டது. க்யூரி தம் தாய் நாட்டின் நினைவாக அத் தனிமத்திற்கு பொலோனியம் என்று பெயரிட்டார்.

பிட்சுபிளெண்டில், யுரேனியம் மற்றும் பொலோனியத்தைக் காட்டிலும் இன்னும் அதிக கதிரியக்கத் திறன் கொண்ட இன்னொரு தனிமம் இருப்பதையும் க்யூரி தம்பதியர் கண்டனர் அது பேரியத்தை ஒத்ததாக இருப்பதை அறிந்தனர். ஹைட்ரஜன் சல்ஃபைடு, அமோனியம் சல்ஃபைடு அல்லது அமோனியா ஆகிய வினை பொருள்களால் அதனை வீழ்ப்படிவாக்க முடியவில்லை. அத் தனிமத்தின் சல்ஃபேட் நீரிலோ, அமிலத்திலோ கரைவதில்லை. அதன் கார்பனேட் நீரில் கரைவதில்லை.

அதன் குளோரைடு நீரில் நன்கு கரையும். ஆனால் அடர் ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்திலோ, ஆல்கஹாலிலோ கரைவ தில்லை. பிட்சு பிளெண்டிலிருந்து குளோரைடாகப் பெறப்பட்ட வீழ்ப்படிவில் பேரியத்துடன், அதையொத்த பண்புகளைக் கொண்ட, அத்துடன் மிக்க கதிரியக்கம் கொண்ட ஒரு புதுத் தனிமமும் அதில் இருந்தது. பேரியம் மற்றும் அந்த தனிமத்தின் குளோரைடு கலவையை நீரில் கரைத்து ஆல்கஹால் சேர்த்தால் வீழ்ப்படிவு கிடைக்கிறது. அம்மாதிரி பெறப்படும் வீழ்ப்படிவு மிகக் கதிரியக்கம் தன்மையைப் பெற்றிருக்கிறது. அந்த வீழ்ப்படிவை அடுத்து நீரில் கரைத்து, பின் ஆல்கஹால் சேர்த்தால் மீண்டும் வீழ்ப்படிவு வருகிறது. இம்மாதிரி திரும்பத் திரும்பச் செய்து, ஒரு கட்டத்தில் யுரேனியத்தைவிட 900 மடங்கு கதிரியக்கத் தன்மை கொண்ட பொருளை க்யூரி தம்பதியர் பெற்றனர். அதில் ஒரு புதுத் தனிமம் இருக்கவேண்டுமென்று கருதப்பட்டது. அது மிகக் கதிரியக்கத் தன்மை கொண்டது என்றும் எண்ணப்பட்டது. அதற்கு ரேடியம் என்று பெயரிட்டனர். பேரியத்துடன் ரேடியம் இருப்பதனை நிறமாலைமானி கொண்டு உறுதிப்படுத்தினர்.

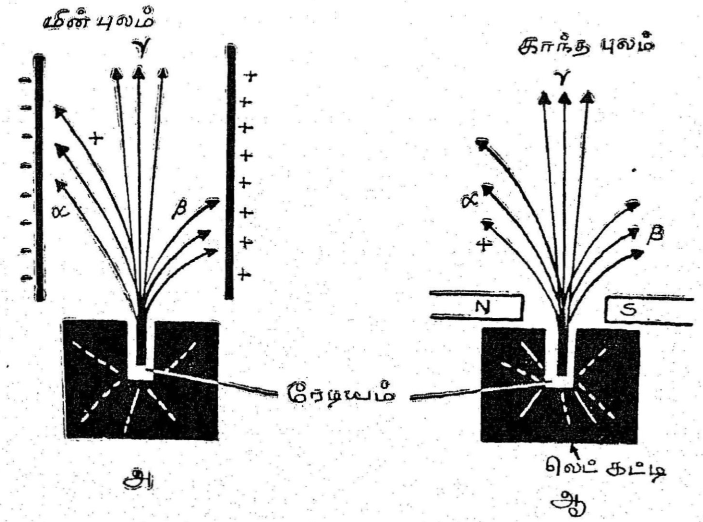
க்யூரி தம்பதியர், யுரேனியம் பிரித்தெடுக்கப்பட்ட பின்னர் மிஞ்சிய பிச்சு பிளெண்ட் தாது ஒரு டன்னிலிருந்து ஆரம்பித்து, பழம் கொட்டகையில், பல துன்பங்களுக்கிடையில் அயராது உழைத்து $\frac{1}{10}$ கிராம் ரேடியத்தைத் தயாரித்தனர். இது க்யூரி தம்பதியரின் அயராத உழைப்பிற்கும், விஞ்ஞானத்திற்கும் கிடைத்த மாபெரும் வெற்றியாகும்.

1899-ல் டெபையர்ன் (A. Debierne) என்பார் ஆக்டினியம் என்ற இன்னும் ஒரு கதிரியக்கத் தனிமத்தைத் தனிப்படுத்தினர். 901-ல் ஜெர்மனியில் கீசல் (Giesel) என்பாரும் இத்தனிமத்தைக்

கண்டுபிடித்தார். 1900-ல் தோரியம், யுரேனியம், பொலோனியம், ரேடியம் மற்றும் ஆக்ட்டினியம் ஆகிய கதிரியக்கத் தனிமங்கள் பற்றிய விவரங்கள் தெரிந்திருந்தன. 1904-ல் ருதர்ஃபோர்டும், பிரிடெரிக்சாடி (Frederick Soddy) யும் கதிரியக்கத் தன்மை கொண்ட 20 தனிமங்களைப் பற்றிய விவரங்களைத் தந்தனர். 1912-ல் கதிரியக்கத் தனிமங்களின் எண்ணிக்கை 30 ஆயிற்று. தற்போது இயல்நிகழ்வான கதிரியக்கத் தன்மை கொண்ட 42 தனிமங்கள் இருக்கின்றன. இவை எல்லாமே அதிக அணு எடை கொண்டவையாம். அதோடு அணு எடை குறைவாகக் கொண்ட பொட்டாசியம், ருபீடியம், சமேரியம், லுட்டீசியம், ரீனியம் போன்ற சில தனிமங்களும் அவற்றின் இயல்பான நிலைகளில் ஓரளவுக்கு கதிரியக்கத் தன்மையைக் கொண்டுள்ளன.

கதிரியக்கக் கதிர்களின் இயல்பை அறிய ருதர்ஃபோர்டு பல சோதனைகளைச் செய்தார். அவரும், அவருடைய துணையாளர்களும் இக்கதிர்கள் மூவகைக் கதிர்களைக் கொண்டவை என்று நிரூபித்தனர்.

கதிரியக்கக் கதிர்களைப் பற்றி அறிய கீழே விவரிக்கப்பட்டுள்ள சோதனையை நிகழ்த்தலாம்.



படம்: 15

ஒரு காரீய பாளத்தில் இடப்பட்டுள்ள ஆழமான துளையின் அடியில் சோதனைப் பொருளான ரேடியம் வைக்கப்படுகிறது. இதனால் பாளத்தின் மேற்பகுதியிலிருந்து மட்டும் கீற்றுக்கதிர் வெளிப்படுகிறது. காரீய சுவற்றுப் பகுதியை அடையும் கதிர்கள்

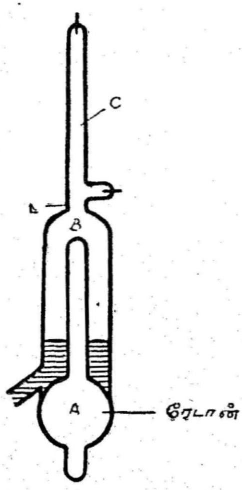
புறப்பரப்பை அடையுமுன் கிரகிக்கப்படுகின்றன. வெளிப்படும் கீற்றுக்கதிரை இணையாக வைக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு தகடுகளின் நடுவே செல்லும்படி செய்யவேண்டும். தகடுகளுக்கு மின்னேற்றங் கொடுக்கும்போது, ஒருவகைக்கதிர்கள் இடப்பக்கமும், இன்னொரு வகை வலப்பக்கமும் வளைக்கப்படுகின்றன. மூன்றும் வகைக் கதிர்கள் இந்த மின்புலத்தால் பாதிக்கப்படாமல் நேராகவே செல்கின்றன. [தகடுகளுக்கு மின்னேற்றங்கொடுக்காத நிலையில் துளைக்கு நேர் மேலே ஒருநிழற்படத்தகட்டை வைத்து, பின்னர் அதனை உருவிளக்கஞ்செய்து பார்க்கும் போது ஒரு இடத்தில் நிழற்படத்தகடு கதிர்களால் பாதிக்கப் படுவது தெரிகிறது, அடுத்து தகடுகளுக்கு மின்னேற்றங் கொடுத்த பின்னர் துளைக்கு நேர்மேலே நிழற்படத் தகட்டை வைத்து பின் எடுத்து உருவிளக்கஞ்செய்யும் போது நிழற்படத்தகடு, மூன்று இடங்களில் பாதிக்கப்பட்டிருப்பது தெரிகிறது. முன்னர் போலவே துளைக்கு நேராக மேலே ஒரு இடத்திலும் அதற்கு இடதுபக்கம் ஒரு இடத்திலும் வலதுபக்கம் ஒரு இடத்திலும் ஆக மூன்று இடங்களில் நிழற்படத்தகடு பாதிக்கப்பட்டிருக்கிறது. மின் புலம் கீற்றுக்கதிரை மூவகைக் கதிர்களாகப் பிரிக்கிறது.]

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போல காந்தப் புலமும் மேற்கண்ட விளைவையே கொடுக்கின்றது. இடப்பக்கம் விலகிச் செல்லும் கதிர்கள் நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட α-துகள்களைக் கொண்டிருக்கின்றன. இவை α-கதிர்கள் என்று வழங்கப்படுகின்றன. வலப்பக்கம் விலகிச் செல்லும் கதிர்கள் எதிர்மின்னேற்றங் கொண்ட β-துகள்களைக் கொண்டிருக்கின்றன. இவற்றை β-கதிர்கள் என்கிறோம். மின்புலத்தாலும் காந்தப் புலத்தாலும் விலகாமல் நேராகச் செல்லும் கதிர்கள் மின்னேற்றமில்லாதவை, இவற்றை γ-கதிர்கள் அல்லது ஃபோட்டான்கள் என்கிறோம்.

ருதர்ஃபோர்டு பல்வேறு சோதனைகள் நிகழ்த்தி α-கதிர் நேர்மின்னேற்றம் இரண்டு கொண்ட ஹீலிய அணுக்கரு என்று நிரூபித்தார். அதாவது ஹீலியம் அணுவிலிருந்து இரண்டு எலெக்ட்ரான்களை நீக்கிவிட்டால் வருவதே இத்துகள். α-துகள் ஹைட்ரஜன் அணுக்கருவைப் போன்று இருமடங்கு நேர் மின்னேற்றமும் நான்கு மடங்கு அணு எடையும் கொண்டது.

α-துகள்கள் ஹீலியம் அணுக்கருக்களே என்று நிரூபித்தவர்கள் ருதர்ஃபோர்டு மற்றும் ராய்ட்ஸ் (Royds) ஆகியோராவர். இவர்கள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்ற ஒரு அமைப்பை இச்சோதனைக்கு பயன்படுத்தினர்கள். A-என்ற இலேசான சுவர் கொண்ட கண்ணாடிக் குழாயில் ரேடான் வாயு எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இது கெட்டியான சுவர் கொண்ட மற்றும்

மெர்க்குரியைக் கொண்டுள்ள இன்னொரு குழாயில் பதிய வைத்து, காற்றுப் புகாமல் பொருத்தப்படுகிறது. வெளிக் குழாயின் மேற் பகுதியில் இரண்டு மின்வாய்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. வெளிக்குழாயின் B, C-பகுதியிலிருந்து காற்று நீக்கப்பட்டு, படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ளதுபோல் மெர்க்குரி நிரப்பப்படுகிறது. ரேடான் வெளிவிடும் α-துகள் கண்ணடிச் சுவர்வழி B- பகுதியை அடைகிறது. அங்கு எலெக்ட்ரான்களை ஏற்று ஹீலியமாக மாறுகிறது. ஆறு நாட்களுக்குப்பின் மெர்க்குரியை L-மட்டத்திற்கு கொண்டு வந்து ஹீலியம் வாயு C-பகுதிக்குக் கொண்டு வரப் படுகிறது. அடுத்து மின் வாய்களுக்கிடையே அதிக மின்னழுத்தம் பாய்ச்சும்போது மின்னிறக்கம் நிகழ்கிறது. வெளிப்படும் ஒளியை நிற நிரல் காட்டியில் (spectroscope) ஆய்ந்து பார்க்கு போது பெறப்படும் நிற நிரல் வரிகள் ஹீலியத்தினுடையது என்று தெரியவருகிறது.



படம் 16.

β-கதிர்கள் அதிவேக எலெக்ட்ரான்களே. β-துகளின் நிறை ஹைட்ரஜன் நிறையில் $\frac{1}{1836}$ பங்கு ஆகும்.

γ-கதிர்கள் மின்விளைவும் காந்தவிளைவும் (electro magnetic) ஒருங்கே கொண்ட அலைகள் அவை X-கதிர்கள் மற்றும் ஒளி ஆகியவற்றை விட அதிக வேகத்தில் செல்கின்றன. இவற்றின் அதிர்வு எண் (frequency) X-கதிர்களின் அதிர்வு எண்ணைவிட அதிகம். α-கதிர்களின் வேகம் ஒளியின் வேகத்தில் $\frac{1}{10}$ லிருந்து $\frac{1}{100}$ பங்கு ஆகும். ஆனால் β-துகள் α-துகளைவிட அதிவேகங்

கொண்டவை. சில சமயம் ஒளி வேகத்தில் 99 சதம் வேகத்துடன் β-துகள்கள் செல்கின்றன.

பிக்குயிரல் கதிர்கள் (Bequerel rays) வாயு, திரவ, திண்மப் பொருள்கள் வழி ஊடுருவிச் செல்கையில் தொடர்ந்து சென்று கொண்டே இருப்பதில்லை. அவை செல்லும் வழியில் அணுக்களை அயனிக்கச் செய்துகொண்டே போல முடிவில் ஓய்ந்து விடுகின்றன. கதிரியக்கப் பொருள்களிலிருந்து அதிவேகத்துடன் இக்கதிர்கள் இவற்றின் பாதையிலிருக்கும் எலெக்ட்ரான்களுடன் மோதி எலெக்ட்ரான்களை நீக்கி, அணுக்களை அயனிக்கச் செய்கின்றன. எனவே இக்கதிர்களை அயனியாக்கும் காரகிகள் (Ionising agents) எனலாம். β-துகள்களை விட α-துகள்கள் அயனியாக்கும் திறன் அதிகம் கொண்டவை. β-துகள்கள் γ-கதிர்களைவிட அயனியாக்கும் திறனை அதிகமாகக் கொண்டிருக்கின்றன. ஒரேபொருளில் ஊடுருவிச் செல்கையில் γ-கதிர் ஒரே ஒரு அணுவை அயனியாக்குகிறது என்றால் β-துகள்கள் 100 அயனிகளை உண்டாக்குகின்றன. ஆனால், α-துகள்கள் 10,000 அயனிகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

α-துகள், இரண்டு எலெக்ட்ரான்களையும் விட்டுவிட்ட ஹீலியம் அணு என்று பார்த்தோம் α-துகள் இரண்டு எலெக்ட்ரான்களை ஏற்கும்போது மின்னேற்றமில்லாத ஹீலியம் அணுவாக மாறும். α-துகள்கள் பொருள்களின் ஊடே விரைந்து செல்லும்போது எலெக்ட்ரான்களை ஏற்றும், பின்னர் இழந்து கொண்டும் செல்கின்றன. இறுதியாக, பயணமுடிவில் ஏற்கும் எலெக்ட்ரான்களை விட்டுவிடாமல் பிடித்து வைத்து இயல்பான ஹீலியம் அணுக்களாக மாறுகின்றன.

ஒவ்வொரு மோதலின் போதும் கதிரியக்கக் கதிர்கள் அவை ஆரம்பத்தில் பெற்றிருக்கிற ஆற்றலில் ஒருபகுதியை இழந்து கொண்டே போகின்றன. ஓய்ந்த நிலைக்கு வருமுன்னர் α, β-துகள்கள் பல ஆயிரம் தடவை அணுக்களுடன் மோதுகின்றன. ஒவ்வொரு மோதலின்போதும் அவற்றின் இயக்க ஆற்றலில் ஒரு பகுதி செலவழிகிறது. அவற்றுடன் மோதும் அணுக்கள் அயனியாக்கப்படுவதுடன் கொஞ்சம் இயக்க ஆற்றலையும் வாங்கிக் கொள்கின்றன. α-துகள்கள் மிக அதிகமான அணுக்களை அயனிக்கச் செய்வதால் குறைந்த அளவு தூரத்தையே கடக்கின்றன. α-துகள் 0.002 செ.மீ குறைவாகத் தடிப்பு கொண்ட அலுமினியத் தகட்டை மட்டுமே ஊடுருவவல்லவை. இதை விட இன்னும் அதிக தடிப்பு கொண்ட அலுமினியத் தகடே β-துகளை நிறுத்த வல்லது. α, β மற்றும் γ-கதிர்களின் ஊடுருவும் தன்மை

அவற்றின் அயனியாக்கும் தன்மைக்கு எதிர்விகிதச் சமமாக இருக்கின்றன.

	α-கதிர்	β-கதிர்	γ-கதிர்
ஒப்பு ஊடுருவும் திறன்	1	100	10,000
ஒப்பு அயனியாக்கும் திறன்	10,000	100	1

கீழே அட்டவணையில் α, β, ν கதிர்களின் இயல்புகளும் தோராயமான ஊடுருவும் திறனும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

கதிர்	இயல்பு	தோராயமாக ஊடுருவு தன்மை
α	ஹீலியம் அணுக்கரு $^4_2He^{++}$	0·002 செ.மீ அலுமினியத் தகடு 3 – 4 செ.மீ காற்று
β	அதிவேக எலெக்ரான்கள் -1°C	0.5 செ·மீ அலுமினியம்
ν	மின் விளைவும் காந்த விளைவும் ஒருங்கே கொண்ட அலைகள் அலைநீளம் 0·05 Å	25 செ·மீ இரும்பு 8 செ·மீ காரீயம்

விளுக்கள்

1) கதிரியக்கக் கண்டு பிடிப்பை விவரிக்க.

2) ரேடியம், பொலோனியம், ஆக்டினியம் இவற்றைக்கண்டு பிடித்தவர்கள் யாவர்?

3) கதிரியக்கக்கதிர் பற்றி சிறுகுறிப்பு வரைக.

4) அயனியாக்குந்திறன், ஊடுருவுந்திறன் ஆகியவற்றை விளக்கி எழுதுக.

5) α-துகள் பொருள்களை ஊடுருவும்போது அதன்வேகம் மட்டுப்படுத்தப்படுவதேன்?

6. கதிர்வீச்சைக் கண்டறிதல்

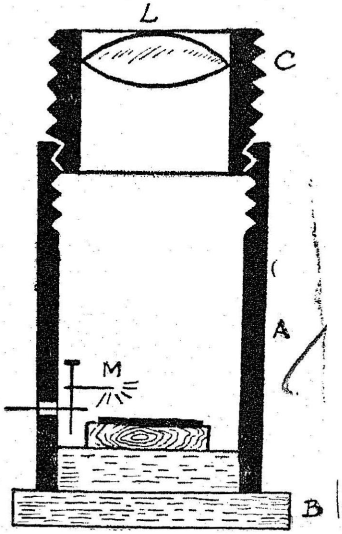
கதிரியக்கக் கதிர்களை கண்டறியவும், அளவை நிர்ணயிக்கவும் கையாளப்படும் முறைகள் பல. அவற்றுள் சில இங்கே விவரிக்கப் படுகின்றன.

ஸ்பின்தாரிஸ்கோப் (Spintharis cope) : தனித்தனி α-துகள்களை கண்டறியும் வகையைக் கண்டுபிடித்தவர் குருக்ஸ் (crookes) என்பார்தான். பல்வேறு வண்ணங்காட்டும் (fluore scent) பொருள்கள் மீது α-துகள்கள் படும்போது அவை ஒளிர் வதைப்பற்றி குருக்ஸ் ஆராய்ந்தார். α-துகள்கள் அல்லது எலெக்ட்ரான்கள் படும்போது வில்லிமைட் (Willemite) ஒளிர் கிறது. α-துகள் படும்போது கூட வில்லிமை ஒளிர்வதை குருக்ஸ் கண்டார்.

மிகக்குறைவான ஒளியைக்கூட காணக்கூடிய ஆற்றலை நம் கண்கள் பெற்றிருக்கின்றன. நெடுநேரம் இருட்டிலிருந்து பழக்கப் பட்டுவிட்டால் ஒரு தனிப்பட்ட α-துகள் உண்டாக்கும். பொறிச் சிதறலைக் (flashes of light) கண்ணால் பார்க்க முடியும் என்று குருக்ஸ் கருதினார். பல்வண்ணங்காட்டும் திரைமீது α-கதிர் (beam) படும்படி செய்தால் பலன் கிட்டாது. தனித்தனி ஆல்ஃபா துகள்கள் படும்படி செய்து பார்க்கவேண்டும். ரேடியம் மெதுவாக கதிரியக்கச் சிதைவுறுகிறது. என்றாலும் ஒரு கன மில்லிமீட்டர் $\frac{1}{20}$ பங்கு பருமனைக் கொண்ட ஒரு மில்லிகிராம் ரேடியம் ஒரு வினாடிக்கு 40,000.000 α-துகள்கள் வெளிவிடுகிறது. அப்படியானால் α-துகள்களைக் கண்டறிவது எங்ஙனம்?

குருக்ஸ் உருவாக்கிய ஸ்பின்தாரிஸ் கோப்பில் தனித்தனி α-துகளைக் கண்டறியலாம். அதன் அமைப்பு கீழே படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. மிக நுண்ணளவு, ஒரு α-துகள் விடும் பொருளை ஒரு கம்பியின் முனையில் (M) எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இதற்கு முன்னர் ரேடியம் சேர்மம் வைக்கப் பட்டி ருந்த ஒரு குழாயின் உட்சுவரில் கம்பி முனையைத் தொட்டுவிட்டு பின்னர் அதனைப் பயன்படுத்தினாலே போதும்.

A-என்ற உலோகக் குழாயில் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் கம்பி முனை வைக்கப்பட வேண்டும். குழாயின் கீழ்ப்பகுதி



படம் 17:

வில்லிமைட் திரை இணைக்கப்பட்ட பகுதியால் (B)மூடப்படுகிறது. குழாயின் மேல் பகுதியில் L என்ற குவி லென்சு கொண்ட C-என்ற பகுதியுடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கிறது. இப்பகுதியை கீழே இறக்கவும், மேலே உயர்த்தவும் திருகுபுரி இருக்கிறது.

இருட்டில் இக்கருவியின் உள்ளே பார்த்தால் விந்தைக் காட்சி தென்படுகிறது. வில்லிமைட் திரையில் ஆங்காங்கே மஞ்சள், பச்சை வண்ண பொறிச் சிதறல் தோன்றி மறைகிறது. இருட்டில் வானத்தைப் பார்த்தால் காணப்படும் ஒரு தோற்றத்தையே இங்கு காண்கிறோம். ஒரு வேறுபாடு ஸ்பின்தாரிஸ் கோப்பில் காணப்படும் காட்சி வினாடிக்கு வினாடி மாறுகிறது.

ஒவ்வொரு α-துகளும் திரையில் பட்டதன் விளைவாக வருவதுதான் ஸ்பின்தாரிஸ்கோப்பில் காணப்படும் ஒவ்வொரு பொறிச் சிதறலும் திரைக்கும் α-துகள் மூலத்திற்கும் (source) உள்ள தூரத்தை அதிகரித்தும் குறுகிய பரப்பில் கவனஞ் செலுத்தியும் திரை மீதுபடும் α-துகள்களை எண்ணுதல் இயலும்.

பொறிச் சிதறல் எண்கருவி (Scintillation Counter): பொறிச் சிதறல் எண்கருவியைக் கொண்டு அதிஆற்றல் கொண்ட கதிரியக்கக் கதிர்களைக் கண்டறியலாம். ஸிங்க்சல்ஃபைடு(ZnS)

பேரியம் பிளாட்டினோ சயனைடு மற்றும் வைரம் ஆகியவற்றின் மீது கதிரியக்கக் கதிர் விழும்போது பொறிச் சிதறல் நிகழ்கிறது. ஒவ்வொரு துகளும் ஒரு ஒளிப்பொறியை (flash) கொடுக்கிறது. இந்த ஒளிப்பொறியை நேராகவே பார்க்கலாம். அல்லது ஒளி மின் பெருக்கி குழாயைக் கொண்டு பெருக்கம் அடையச் செய்து கண்டறியலாம்,

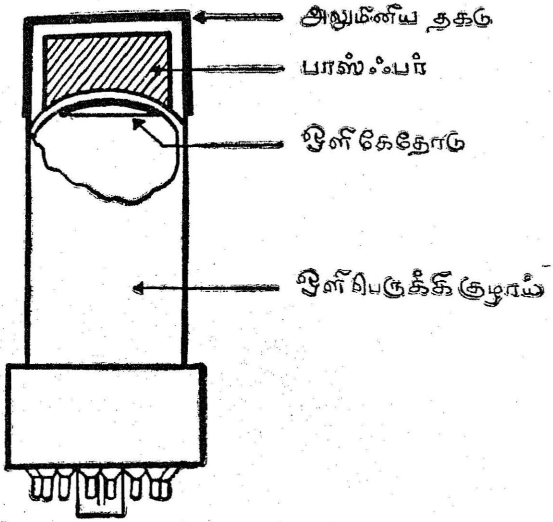
வேகமாக நகரும் துகள் அதன் பாதையில் அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளுடன் மோதும்போது எலெக்ட்ரான்கள் கிளர்வு கொள் நிலைக்கு உயர்த்தப்படுகின்றன. அவை மீண்டும் இயல்பான நிலைக்குத் திரும்பும்போது ஒளியை வெளிவிடுகின்றன. பல படிகங்களிலிருந்து ஏற்படும் ஒளிச் சிதறல் நீலம் அல்லது கறு நீலமாகும். இன்னும் வேறு பொருள்களிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி புற ஊதா (ultra violet) மற்றும் புறச் சிவப்பு ஆகும்.

முதன் முதலில் 1908 ஜெர்மனியில் ரிஜெனர் (E.Regener) என்பவர் தான் α-துகள் படும்படி செய்த வைரத்திலிருந்து வரும் ஒளிப் பொறியைக் கூர்ந்து கவனித்து α–துகள்களை எண்ணினார். அதே காலத்தில் ருதர்ஃபோர்டும் கெய்கரும் ரேடியம் C-லிருந்து வெளிப்படும் α-கதிர்களை ஸிங்கு ஸல்ஃபைடு மீது விழச் செய்து பொறிச் சிதறலை எண்ணினர். இந்தத் தொகை மின்சார்ந்த அயனியாக்கும் எண் கருவியில் பெறப்பட்ட துடிப்புகளின் எண்ணிக்கைக்கு சமமாக இருந்தது. எனவே α-துகள்களை கணக்கிட பொறிச் சிதறல் முறை ஏற்றது என்று உறுதி செய்யப் பட்டது.

இம்முறையில் விஞ்ஞானிகள் அக்கறை காட்டியதற்கு இரண்டு காரணங்கள் உண்டு. திண்ம நிலையிலும் கரைசலிலும் சில கரிமச் சேர்மங்களும் கனிமப் பொருள்களும் கதிரியக்கக் கதிர்கள் படும்படி செய்தால் ஒளிப் பொறிகளைக் கொடுக்கின்றன. எனவே பாஸ்ஃபர்ஸ் என்று சொல்லப்படுகிற ஒளிப் பொறி விடும் பொருள் களை அதிக அளவில் பயன் படுத்துதல் இயலும். அடுத்த கார ணம் ஒளி மின் கேதோடு (photo electric cathode) மற்றும் எலெக்ட்ரான் பெருக்கி (electron multiplier) யின் கண்டுபிடிப்பு மங்கலான ஒளிப் பொறியின் ஒளி கேதோடிலிருந்து ஒளிமின் விளைவால் (photo electric effect) எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படு கின்றன. அடுத்தடுத்து எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அதி கரிக்கப்பட்டு மின்துடிப்பு உண்டாக்கப்படுகிறது. இதனை பதிவு செய்ய இயலும்.

1947-ல் ஜெர்மனியில் கால்மன் (H. Kallmann) ஒரு பெரிய பளிங்கு போன்ற நாப்தலீன் படிகத்தை ஒளிமின் பெருக்கியுடன்

(photo multiplier) பாஸ்ஃபராகப் பயன்படுத்தினர். சாதனத்தின் அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளியின் பெருக்க



படம் 18

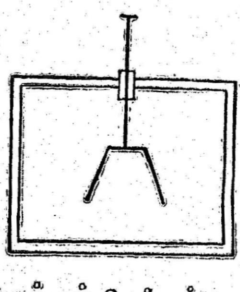
மடையச் செய்யும் குழாயின் கேதோடுக்கு அருகே ஒளி புகாத இலேசான சுவர் கொண்ட அலுமினியத் தகட்டில் பாஸ்ஃபரை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். அலுமினியம் ஒளிச் சிதறல்களை பிரதிபலிக்கிறது. கதிரியக்கக்கதிர் பாஸ்ஃபரை அடையும்போது ஒளிச் சிதறல் உண்டாகிறது. இது ஒளியின் கேதோடு மீது படுகிறது. இதனால் எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப் படுகின்றன. இவை படிப்படியாக பெருக்கமடையச் செய்யப்பட்டு மின்துடிப்பு பதிவு செய்யப்படுகிறது.

அந்த்ரஸீன் (Anthracene) மற்றும் ட்ரான்ஸ் ஸ்டில்பீனையும் (Trans Stilbene) பாஸ்ஃபராகப் பயன்படுத்தலாம். திரவ பாஸ்ஃபரும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. டொலுவீன் ஸைலீன் போன்ற கரைப்பான்களில் டைஃபீனைல் ஆக்ஸஸோல் (Diphenyl oxazole) அல்லது டெர்ஃபீனைல் (Terphenyl) போன்ற கரை பொருள்களைக் கரைத்தும் பாஸ்ஃபராக பயன்படுத்தலாம். கதிரியக்கத்திலிருந்து கரைப்பான் முதலில் ஆற்றலை வாங்கி கரை பொருளுக்கு மாற்றி அவை ஒளிச் சிதறல்களை விடச் செய்கின்றது. இன்னொரு வகை பாஸ்ஃபர்கள் பிளாஸ்டிக் பொருள்களாலானவை. கனிமப் பொருள்களும் (inorganic substances) பாஸ்ஃபராகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவற்றுடன் சிறிதளவு

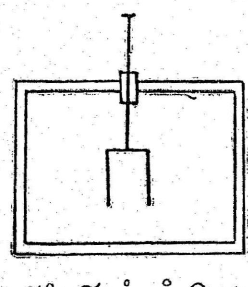
இன்னொரு பொருளும் சேர்க்கப்படுகிறது. காமாக் கதிருக்கு ஏற்ற பாஸ்ஃபர் 0·1 சதம் தாலியம் (Thalium) கொண்ட சோடிய அயோடைடு ஆகும்; ஆனால் சோடியம் அயோடைடு நீரை வாங்கும் தன்மை கொண்டது. சிறிதளவு தாலியம் கொண்ட சீஸியம் அயோடைடை இதற்குப் பதிலாக பயன்படுத்தலாம். நுண்ணளவு யூரோப்பியம்கொண்ட கால்சியம் அயோடைடுவை யுங்கூட பாஸ்ஃபராகப் பயன்படுத்தலாம். வெள்ளியை தூண்டு பொருளாகக் கொண்ட ஸிங்க் சல்ஃபைடு ஒரு சிறந்த பாஸ்ஃபராகும்.

1954-லிருந்து வாயுக்களையும் ஒளிச் சிதறல் கொடுக்கும் பொருள்களாக பயன்படுத்தப்படும் சோதனைகள் நிகழ்த்தப்பட்டு வருகின்றன. கதிரியக்கம் படும்படி செய்தால் ஆர்கான், கிரிப்ட்டான் ஆகிய வாயுக்கள் நிற நிரலில் புற ஊதாப் பகுதியில் ஒளிச் சிதறல்களைக் கொடுக்கின்றன. இவற்றை, அலை நீளத்தை மாற்றும் பொருள்களைக் கொண்டு காணும் ஒளியாக மாற்றலாம். ஸெனானை திரவ, திண்ம நிலையிலும் பயன்படுத்தலாம்.

எலெக்ட்ராஸ்கோப்: கதிரியக்கக் கதிர்களை கண்டறிய பயன்படும் எலெக்ட்ராஸ்கோப்பின் அமைப்பு படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ளது. ஒரு செங்குத்தான உலோகத் தண்டின்மேல் பகுதியில் ஒரு உலோகத் தகடு அல்லது கோளம் இருக்கிறது. இதன் கீழ்ப்பகுதியில் செங்குத்தாகத் தொங்கிக்கொண்டிருக்கும் நீள சதுர வடிவமான இரண்டு தங்கத் தகடுகள் (இலைகள்) இருக்கின்றன. தங்கத் தகடுகள் ஒரு பெட்டியின் உள்ளே இருக்குமாறு மின் அரிதிற் கடத்தும் பொருள் உலோகத் தண்டை தாங்கி



மின்னேற்றஞ் செய்யப்பட்ட நிலை



மின்னிறக்கம் செய்யப்பட்ட நிலை

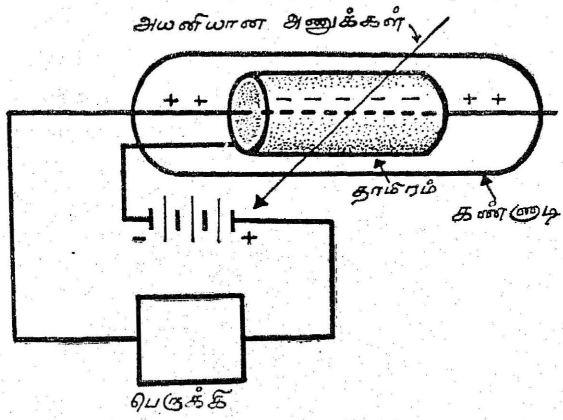
படம் 19

நிற்கிறது. உலோகத் தட்டு அல்லது கோளத்திற்கு மின்னேற்றங் கொடுத்தால் தங்கத் தகடுகளும் மின்னேற்றத்தை ஏற்கின்றன. அவை ஒரே மாதிரியான மின்னேற்றங்கொண்டிருப்பதால் எதிர்

எதிரே தள்ளப்படுகின்றன. அந்த நிலையில் அவை படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல் Vயைப்போல் விரிகின்றன.

கதிரியக்கப் பொருளை மின்னேற்றங் கொடுக்கப்பட்ட எலெக்ட்ராஸ் கோப் பக்கத்தில் வைத்தால், கதிரியக்கக் கதிர்கள் காற்றை அயனிக்கச் செய்கின்றன. எனவே எலெக்ட்ராஸ் கோப்புக்கு அண்மையிலிருக்கும் காற்று மின் கடத்தும் இயல்பைப் பெறுவதால் தங்கத் தகடுகளின் மேலிருக்கும் மின்னேற்றங் கசிந்து வெளியேறுவதால் ஆரம்பத்தில் இருந்தது போன்ற செங்குத்து நிலைக்கு தங்கத் தகடுகள் வருகின்றன. பிக்குயிரல் யுரேனியம் உப்புகளை மின்னேற்றங் கொடுக்கப்பட்ட எலெக்ட்ராஸ்கோப்பின் அருகே வைத்து மின்னிறக்கம் நிகழ்வதைக் கண்டார்.

கெய்கர்-முல்லர் கணிப்பான் (geiker muller counter): இது மிக எளிய அமைப்பைக் கொண்ட ஒரு மின்கருவி. இதன் அமைப்பைக் கீழே படத்தில் காண்க.



படம் 20

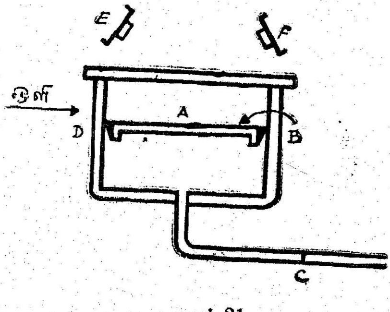
இருபுறமும் திறந்த 1-லிருந்து 25 அங்குலம்வரை நீளமுள்ள ஒரு தாமிர குழல் வடிவ உருளை ஒரு இலேசான சுவர் கொண்ட கண்ணாடிக் குழாயில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. தாமிர உருளையின் மையத்தில் ஒரு டங்ஸ்டன் இழை கம்பி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. கண்ணாடிக் குழலை பகுதி வெற்றிடமாக்கி (5லிருந்து 10 செ.மீ மெர்க்குரி அழுத்தத்திற்குக் குறைவாக) தாமிர உருளையை எதிர் மின்வாயாகவும் டங்ஸ்டன் கம்பியை நேர்மின் வாயாகவும் கொண்டு சுமார் 1000 வோல்ட் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது. கெய்கர் முல்லர் குழாய் வழி, கதிரியக்கப்

பொருளிலிருந்து அதிவேக துகள்கள் அல்லது காஸ்மிக் கதிர் விழும்போது காற்றிலுள்ள அணுக்கள் அயனிக்கப்படுகின்றன. அப்போது நீக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட கம்பி இழையை நோக்கிச் செல்கின்றன.. அப்படி அவை வேகமாகச் செல்கையில் அவைகளும் அயனிகளை உண்டாக்கிச் செல்கின்றன. எனவே இன்னும் அதிக எலெக்ட்ரான்களை உண்டாக்குகின்றன.

அடுத்தடுத்து இம்மாதிரி மின்னேற்றப் பெருக்கம் நிகழ்கையில் கம்பி இழையை நோக்கி மித மிஞ்சிய எலெக்ட்ரான்கள் கவரப்பட்டு வெளிச் சுற்றில் மின் பாய்கிறது. இந்த மின்சாரத்தை அதிக பெருச்கம் அடையச் செய்து வானொலி ஒலிபெருக்கியை இயக்கச் செய்யலாம்.

கெய்கர்-முல்லர் குழாயின் உந்து விசை ஆற்றலைக் கொண்டு ஒரு எண்ணுங் கருவியைச் செயல்படச் செய்யலாம். ஒவ்வொரு கதிரியக்கக் கதிர் அல்லது காஸ்மிக் கதிர் கெய்கர்-முல்லர் குழாய் வழி செல்வதையும் எண்ணி விடலாம்.

நீர்த்திவலை தொகுதி அறை முறை: *1896*-ல் **C. T. R** வில்ஸன் (Wilson) என்பவர் X-கதிரை, தூசு துகள்களற்ற ஈரப் பசையால் பூரிதமாக்கப்பட்ட (saturated) காற்றின் மீது படும்படி செய்து, பின்னர் காற்றை விரிவடையச் செய்யும் போது, உண்டாக்கப்பட்ட அயனிகள் மீது நீர்த்திவலைகள் படிந்து பனிப் படலம் உண்டாகிறது என்பதைக் கண்டார். கதிரியக்கக் கதிர்களும், ஒளிமின் செயல் விளைவால் வரும் எலெக்ட்ரான்களும் கூட இம்மாதிரி பனிப்படலங் கொடுக்கின்றன. இந்த கண்டு பிடிப்புக்காக அவருக்கு நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது.



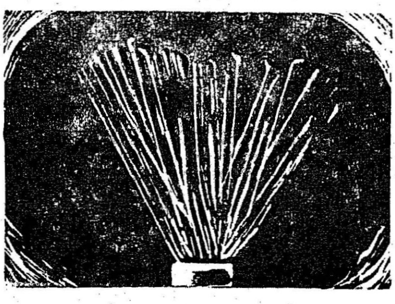
படம் 21

1911-ல் வில்ஸன் அயனிகளை உண்டாக்கும் ஒரு துகளின் பாதையைக்கூட பார்க்கமுடியும் என்பதை நிரூபித்துக் காட்டி

ஞர். அதற்காக அவர் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்ற ஒரு சாதனத்தைக் கையாண்டார்.

A-என்று சுட்டிக் காட்டப்பட்டுள்ள பகுதியில் ஈரப்பசை யால் பூரிதமாக்கப்பட்ட (saturated) காற்று இருக்கிறது. வால்வு C-யை இயக்கி பிஸ்டன் B-க்கு கீழே உள்ள காற்றின் அழுத் தத்தை திடுமென குறைத்தால் பிஸ்டன் B-திடுமென கீழே நகர் கிறது. A-ல் இருக்கும் காற்று விரிவடைகிறது. அப்படி காற்றை விரிவடையச் செய்யும்போது, செய்த உடன் அல்லது செய்யும் முன் காற்றின்மீது அயனிகளை உண்டாக்கும் துகளை விழச்செய் தால் அதன் பாதையில் உண்டாக்கப்படும் அயனிகள் நீர்த்திவலை கள் படிய காரணமாக அமைகின்றன. பாதையில் நெருக்கமாக நீர்த்திவலைகள் படிந்து ஒரு கோடுபோல நீர்த்திவலைத் தடம் உண்டாகிறது. D-மூலம் அப்பகுதியில் ஒளி விழச் செய்தால் கறுமைப் பின்னணியில் வெண்மையான கோடு தெரிகிறது. ஒன்றுக் கொன்று செங்குத்துவாக்கில் EF-காமராக்களைக் கொண்டு பாதையைப் படமெடுக்கலாம்.

இம்மாதிரி நீர்த்திவலை அறையில் எடுக்கப்பட்ட α-துகள் களின் பாதைகளின் அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது

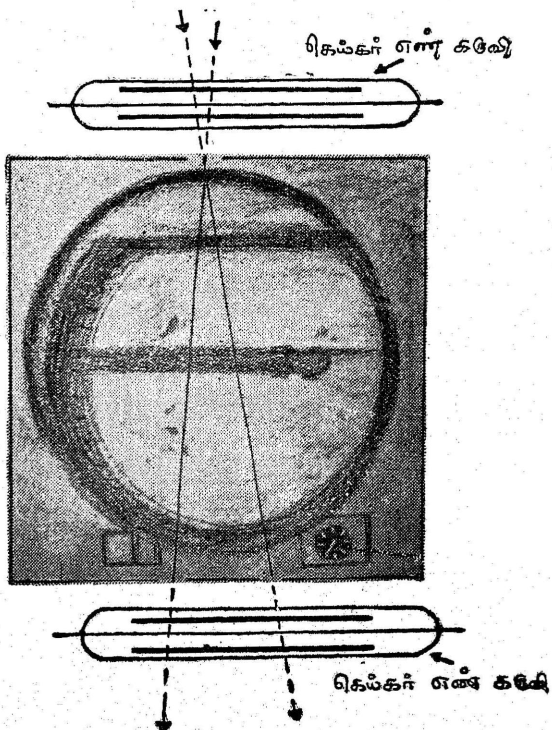


படம் 22

α-துகள்கள் நேர்க்கோட்டிலேயே செல்கின்றன. அவற்றின் வேகம் மட்டுப்படுத்தப்பட்டு, பாதையின் முடிவில் அவை நேர்ப் பாதையிலிருந்து விலகலாம். இதற்குக் காரணம் α-துகள்கள் ஆக்ஸிஜன் நைட்ரஜன் அணுக்களின் மீது மோதுவதுதான்.

வில்ஸனின் நீர்த்திவலை அறைமுறை இன்னும் மேம்படுத்தப் பட்டு விட்டது. காஸ்மிக் கதிர் ஆய்வில் இது பயன் படுத்தப் படுகிறது. இதன் அமைப்பைக் கீழே படத்தில் காண்க. அறை யின் மேலும் கீழும் இரண்டு கெய்கர் கணிப்பான் வைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. இரண்டின் வழியாகவும் அயனியாக்கும் துகள்

செல்லும் போது எண்கருவியிலிருந்து திடுமென மின்சாரம் பாய்ந்து காமராவின் ஒளித்தடுக்குத்திரை தானாகவே திறந்து மூடுகிறது. நீர்த்திவலை அறையில் காற்று விரிவடைகிறது. ஒளி பாய்ச்சப்படுகிறது. இதனால் துகளின் பாதையில் வெளிச்சம்பட்டு படமெடுக்கப்படுகிறது.



படம் 23

நீர்த்திவலை அறையில்நீருக்குப் பதிலாக எத்தில் ஆல்கஹால், புரோபைல் ஆல்கஹால் அல்லது நீர், ஆல்கஹால் இரண்டின் கலவை ஆகியவற்றையும் பயன் படுத்தலாம். காற்றுக்குப்பதிலாக ஆர்கான் வாயுவைப் பயன்படுத்தலாம்.

α—துகள் குறைவாகவே ஊடுருவும் தன்மை பெற்றிருப்பதால் அவற்றின் பாதையைப் பார்க்க வேண்டுமானால் α-கதிர் விடு பொருள்களை அறையின் உள்ளேயே வைக்க வேண்டும். β-கதிர்விடும் பொருள்களை வெளியில் வைத்தாலே போதும். பல கணிவழியாக கதிர்களை விழச்செய்தால் போதும். X-கதிர்கள் மற்றும் காமாக் கதிர்கள் ஆகியவை எலெக்ட்ரான்களை விடுவிப்

பதால், அவைகளும் அயனிகளை உண்டாக்குகின்றன. என்றாலும் இவற்றின் பாதைகள் மங்கலானவை

குறைகடத்திகள் கதிரியக்கக் கதிர்களை கண்டுணர்விகள் (semiconductior detectors): *1959*-ல் மேம்படுத்தப்பட்ட குறை கடத்தி என் கருவி பழக்கத்திற்கு வந்தது. அயனியாக்கும் துகள்களைக் கண்டறியவும் எண்ணிக்கையை அறிந்து கொள்ளவும் மற்றும் அவற்றின் ஆற்றல் அளவை துல்லியமாக அறியவும் இக் கருவி பெரிதும் பயன்படுகிறது. இதனை உருவில் மிகச் சிறியதாக உருவாக்க முடியும். கதிரியக்கப் பொருள்களின் கதிரியக்கம் உடல் பகுதிகளை எப்படி பாதிக்கிறது என்பதை அறிய உடற் பகுதியிலேயே இதனை செருகி தைத்து விடலாம். உயிர் மருத்துவ (Bio Medical) ஆராய்ச்சியில் இது பெரிதும் பயன்படுகிறது.

குறை கடத்திகள், திடப்பொருள்கள் கடத்திகள் மற்றும் அரிதிற்கடத்திகள் இரண்டிற்கும் இடைப்பட்ட கடத்து திறனை கொண்டவை. உலோகங்கள் மின்சாரத்தை எளிதில் கடத்துவன. அரிதிற் கடத்திகளுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள் கண்ணாடி, பிளாஸ்டிக் ஆகியவை. மின்னேற்ற துகள்கள் அல்லது ஃபோட்டான்கள் படும்போது குறை கடத்திகளின் கடத்து திறன் அதிகரிக்கிறது. குறை கடத்திகளை தன்னியல்பு (Intrinisic) குறை கடத்திகள் மற்றும் வேற்றுப் பொருள் கொண்ட குறை கடத்திகள் (Impurity semi conductor) என இரு வகைப்படும். வேற்றுப் பொருள், கொண்ட குறை கடத்தி தான் அதிகமாகப் பயன் படுத்தப்படுகிறது.

தன்னியல்பு குறை கடத்திக்கு எடுத்துக் காட்டுகள் சில்வர் குளோரைடு ($AgCl$) காட்மியம் சல்ஃபைடு மற்றும் வைரம் ஆகியவை. இவை இயற்கையாகக் காணப்படும் நிலையிலும் சோதனைச் சாலையில் தயாரிக்கப்பட்ட நிலையிலும் குறை கடத்தும் தன்மையைக் கொண்டுள்ள சில தூய்மையான பொருள்களின் படிகங்களுடன் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வேற்றுப் பொருள்களைச் சேர்ப்பதன் மூலம் வேற்றுப்பொருள் கொண்ட குறை கடத்திகள் தயாரிக்கப் படுகின்றன. சிலிக்கான், ஜெர்மனியம் போன்ற தனிமங்கள் அரிதிற் கடத்திகள் அல்லது சிறிதளவு கடத்திகள் எனலாம். இவற்றுடன் வேற்றுப் பொருள்களைச் சேர்த்து குறை கடத்திகளாக்கலாம். சிலிக்கான் போன்ற தனிமத்துடன் ஆர்சினிக் சேர்த்து பெறப்படும் குறை கடத்தியை n-வகை (n-type) குறை கடத்தி என்கிறோம். ஜெர்மானியம் சிலிக்கான் போன்ற தனிமங்களுடன் இணைதிறன் (valency) மூன்று கொண்ட போரான்.

அலுமினியம் போன்ற தனிமங்களை மாசுகளாகச் சேர்த்து பெறப் படும் படிகங்களை p-வகை (p-type) குறை கடத்தி என்கிறோம்.

அணுக்கரு கதிரியக்கத்தைக் கண்டறிய முதலில் சில்வர் குளோரைடு குறை கடத்திதான் பயன்படுத்தப்பட்டது. இரண்டு மின்வாய்களுக்கிடையே குறைகடத்தியை வைத்து, மின் கலத்தைக் கொண்டு மின் வாய்களுக்கிடையே மின்னழுத்தம் கொடுக்கப் படுகிறது. அயனியாக்கும் துகள் குறை கடத்தியின் மீது படும்போது மின் துடிப்பு உண்டாகிறது. இதனை பெருக்கமடையச் செய்து எண்ணுதல் சாத்தியம். சில்வர் குளோரைடை சாதாரண வெப்பநிலையில் பயன்படுத்தும் போது அயனியாக்கும் துகள் படாத போதுங்கூட தாறுமாறான அலைவுகளும் துடிப்புகளும் இருக்கக் காண்கிறோம். காற்றுத்திரவத்தில் (liquid air) சில்வர் குளோரைடைக் குளிரச் செய்து இந்த ஒலியை மட்டுப்படுத்தலாம். காட்மியம்சல்ஃபைடு மற்றும் வைரங்களைக்கூட சில்வர் குளோரைடுக்குப் பதிலாகப் பயன்படுத்தலாம். அப்போது பின்னணி இரைச்சல் (Back ground noise) குறைவாக இருக்கிறது.

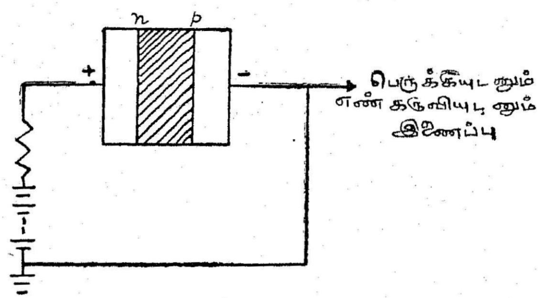
சாதாரண நிலையில் தன்னியல்பான குறை கடத்தியின் கடத்துத்திறன் மிகவும் குறைவு. அதன் மீது அணுக்கரு கதிர்வீச்சு படும்போது இணைதிறன் மட்டத்திலிருந்து (Valency Band) எலெக்ட்ரான்கள் ஆற்றலை ஏற்று கடத்து மட்டத்தைச் (couductance Band) சென்றடைகின்றன இம்மாதிரி எலெக்ட்ரான்கள் மாற்றப்படும்போது நேர்மின்னேற்ற மின் துளைகள் (Holes) ஏற்படுகின்றன. மின்னழுத்தங் கொடுக்கும்போது எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயை நோக்கியும் மின் துளைகள் எதிர் மின்வாயை நோக்கியும் நகர்கின்றன. இதன் விளைவாக, கதிர் வீச்சால் கடத்துமட்டத்திற்கு மாற்றப்பட்ட எலெக்ட்ரான் எண்ணிக்கைக்கு சமமான மின் துடிப்புகள் உண்டாக்கப் படுகின்றன.

3ev ஆற்றல் கதிர்வீச்சே பாதிக் கடத்தியில் எலெக்ட்ரான்-மின் துளை இணையை உண்டாக்கப் போதுமானது. ஆனால் வாயுவில் அயனி இணைகளை உண்டாக்க 34ev ஆற்றல் கதிர் வீச்சு தேவை.

ஜெர்மானியம் கதிரியக்க உணர்வியில் (detector) வெளிப்படும் துடிப்பு α-துகளின் ஆற்றலுக்கு நேர்விகிதச்சமமாகும். சிலிக்கான் கண்டறியும் அமைப்புகளை அறை வெப்பநிலையில் பயன் படுத்தலாம்.

குறை கடத்திகள், விரவிய சந்திபபு கண்டறியும் அமைப்பில் (Diffused junction detector) p- வகை சிலிக்கான் (அல்லது ஜெர்மானியம்) படிகத்தின் பரப்பில் n-வகை உண்டாக்கப்படு கிறது. கணிசமாக அதிக வெப்ப நிலையில் பாஸ்ஃபரஸை விரவச் செய்து இம்மாதிரி செய்யலாம்.

இன்னொருவகை பரப்புத்தடை சந்திப்பு கொண்ட அமைப் பாகும் (Surface barrier junction type) d-வகை சிலிக்கான் படிகத்தை காற்றில் வைத்திருந்து அதன் பரப்பு ஆக்ஸிஜனேற்றப் பட்டு P-வகையாகச் செயல்படுகிறது. இந்தப் பரப்பில் தங்கம் இலேசாக படியவைக்கப்படுகிறது. இதனால் கம்பியால் மின் தொடர்பை ஏற்படுத்துவது சாத்தியமாகிறது.



படம் 24

இம் மாதிரி தயாரிக்கப்பட்ட பகுதி கடத்தியின் n-பக்கத்தை நேர்மின் வாயுடனும் p-பக்கத்தை படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் எதிர்மின் வாயுடனும் இணைப்புண்டாக்குகிறோம். n-பகுதி யிலிருந்து p-பகுதிக்கு எலெக்ட்ரான்கள் செல்வதால் அந்தப் பகுதியில் எலெக்ட்ரான்கள் குறைவாக இருக்கின்றன.

அயனியாக்கும் துகள் இந்தப் பகுதியில் படும்போது ஆற்றலை ஏற்று பல எலெக்ட்ரான்கள் கடத்து மட்டத்திற்குச் செல்கின்றன. அதற்கேற்ப மின் துளைகளும் உண்டாக்கப்படு கின்றன. கொடுககப்பட்ட மின்னழுத்தக் காரணமாக எலெக்ட் ரான்களும் மின்துளைகளும் முறையே நேர்மின் வாயையும் எதிர் மின் வாயையும் சென்றடைகின்றன. இதனால் மின்துடிப்பு உண்டாகிறது. இதனைப் பெருக்கமடையச் செய்து பதிவு செய்ய லாம்.

குமிழ்க் கலம் (Bubble chamber): *1952*-ல் கிலேசர் (D. A. glaser) என்பார் மீச்சூடாக்கப்பட்ட (super heated) திரவத்தை பயன்படுத்தி அயனிகளாக்கும் பாதைகளைக் கண்டறியலாம் என்ற கருத்தை வெளியிட்டார். இந்த அடிப்படை

யில் உருவாக்கப்பட்ட அமைப்பை நான் குமிழ்க் கலம் என்கிறோம். துகள் பாதையில் அடுத்தடுத்து நெருக்கமாக குமிழ்கள் இருக்கின்றன.

பொதுவாக ஒரு திரவம் கொதி நிலையை அடைந்தவுடன் ஆவியை வெளிவிட்டுக் கொதிக்கிறது. கொள்கலம் மிகவும் தூய்மையாக இருந்தால், பரப்பு மழுமழு என்றிருந்தால் கொதி நிலைக்கு அதிகமான வெப்பநிலையிலும் திரவத்தை கொதிக்காமல் மீச்சூடாக்கப்பட்ட திரவத்தின் மீது கதிரியக்கக் கதிர்கள் படும்படி செய்தால் உண்டாக்கப்படும் அயனிகள் சிறுசிறு குமிழ்கள் உண்டாக கருக்களாய் (Nucleus) அமைகின்றன. அந்த குமிழ்கள் $\frac{1}{100}$ செ·மீ. இடைவெளிகளில் அமைந்திருக்கின்றன. எனவே தொடர்ச்சியான பாதை கிடைக்கிறது. இந்தப் பாதைகளை நிழற்படமெடுக்கலாம்.

குமிழ் கலங்களில் பொதுவாக பயன்படுத்தப்படும் திரவம் ஈதர். ஆனால் திரவ ஹைட்ரஜன், டியூட்டீரியம், ஹீலியம், புரோப்பேன் (propane) ஆகியவற்றையும் பயன்படுத்தலாம்.

திரவத்திற்கு அழுத்தங் கொடுத்து அதன் கொதிநிலைக்கு அதிகமாக சூடாக்கப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக புரோப்பேன் ஒரு மண்டலவளி அழுத்தத்தில் -42°-ல் கொதிக்கிறது. ஆனால் அதற்கு 21-மண்டலவளி அழுத்தங் கொடுத்து 58°-க்கு சூடாக்கி திடுமென அழுத்தத்தைக் குறைத்து விட்டால் திரவம் மீச்சூடாக்கப்பட்டதாகிறது. இந்த நிலையில்தான் அதன்மேல் அயனியாக்கும் கதிர்வீச்சு படும்போது கதிர்வீச்சின் பாதை குமிழ்கள் உண்டாகின்றன. அப்படி கதிர்வீச்சுபடா விட்டால் திரவம் கொதிக்கத் தொடங்குகிறது. திரவம் முனைப்பாக இருக்கும் கால அளவு மிகக் குறைவாகும். துகள் பாதைகள் உண்டாக்கப்பட்டாலும் படாவிட்டாலும் அந்தத் திரவத்தை அடுத்து பயன்படுத்து முன் அழுத்தங் கொடுக்கவேண்டும். உண்டாக்கப்பட்ட அயனி இணைகளை மின்புலங் கொண்டு நீக்கிவிட்டு அதற்கப்புறம் தான் அழுத்தங் கொடுக்க வேண்டும். குமிழ்க்கலம் கண்ணாடியால் செய்யப்பட்டது. அதன் நீளம் ஒன்று அல்லது இரண்டு அங்குலங்கள்தான். ஆனால் தற்போது 72 அங்குலங்கள் நீளங்கொண்ட 520 லிட்டர்கள் திரவ ஹைட்ரஜனைக் கொள்ளும் குமிழ்கலங்கள் உருவாக்கப்பட்டு பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன. துருப்பிடிக்காத எஃகாலும் குமிழ் கலத்தை உருவாக்கலாம்.

வினாக்கள்

1. ஸ்பின்தாரிஸ் கோப்பைக் கொண்டு α-கதிர்களை எவ்வாறு கண்டறியலாம்?

2. பொறி சிதறல் எண் கருவியை விவரி. அதில் பாஸ்ஃபராகப் பயன்படுத்தப்படும் பொருள்கள் யாவை?

3. கெய்கர்-முல்லர் எண்கருவி செயல்படும் முறையை விளக்குக. கதிரியக்கக் கதிரைக் கண்டறிய அது எவ்வாறு பயன்படுத்தப் படுகிறது?

4. வில்ஸனின் நீர்த்திவலைத் தொகுதி அறை முறையை விவரித்து எழுதுக.

5. பாதிக்கடத்திகள் யாவை, இவைகளைப் பயன்படுத்தி கதிரியக்கக் கதிர்களை அறிவது எவ்வாறு?

6. குமிழ்கலத்தில் பயன்படுத்தப்படும் திரவங்கள் யாவை, குமிழ்கலத்தைக் கொண்டு கதிர்வீச்சை கண்டறிவது எவ்வாறு?

7. கதிரியக்க வரிசைகள்

அணுக்கரு சிதைவுறும் போது α, β அல்லது γ-கதிர்கள் வெளிப்படுகின்றன. ரேடியம் அணுக்கரு α-துகளை இழந்து சிதைவுறும்போது அதன் அணுக்கரு இரண்டு நேர்மின்னேற்றத்தை இழக்கிறது. அணுக்கருவின் நேர்மின்னேற்றந் தான் அதன் வேதி இயல்புகளை நிர்ணயிக்கிறது. எனவே α-துகள் விடப்படும் போது ஒரு புதுத்தனிமம் உண்டாகிறது. ரேடியம் கதிரியக்கச் சிதைவு உறும்போது ரேடான் என்ற புதுத்தனிமம் கிடைக்கிறது. இதனையே தனிம மாற்றம் (Transmutation) என்கிறோம். α-துகளை அணுக்கரு விடும்போது அது இரண்டு நேர்மின்னேற்றத்தையும் நான்கு அலகுகள் அணு எடையையும் இழக்கிறது.

தனிமங்களின் அணு மையக்கருவை பொதுப்படையாக ஒரு குறியீட்டால் குறிக்கிறோம். எடுத்துக்காட்டாக ரேடியத்தின் அணுக் கருவை $_{88}Ra^{226}$ என்று குறிக்கிறோம். குறியீட்டின் இட தோரம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ள எண் அதன் அணு எண்ணையும், வலதோரம் மேலே உள்ள எண் அதன் அணு எடையையும் குறிக்கின்றன. ரேடியம் கதிரியக்கச் சிதைவு உறுவதை $_{88}Ra^{226} \rightarrow {}_{86}Rn^{222} + {}_{2}He^{4}$ என்று குறிக்கிறோம்.

ரேடியம் B-ன் அணுக்கரு β-துகளை வெளிவிடும்போது அது ரேடியம்C-யாக மாறுகிறது அணுக்கருவின் மின்னேற்றம் ஒரு அலகு கூடுகிறது. β-துகளின் எடை புரோட்டான் எடையில் $\frac{1}{1836}$ பங்குதான். எனவே β-துகள் விடப்படும்போது அணு எடையில் கணிசமான மாற்றம் ஏதும் நிகழ்வதில்லை.

ரேடியம் B, ரேடியம் C-யாக மாற்றம் உறுவதை கீழே காட்டியவாறு குறிக்கிறோம்.

$$_{82}Ra\text{-}B^{214} \rightarrow {}_{83}Ra-c^{214} + {}_{-1}e^{0} + \gamma \text{ கதிர்}$$

பொதுவாக, β-துகள் வெளிவிடப்படும் போது கூடவே γ-கதிரும் விடப்படுகிறது.

கதிரியக்க வரிசைகள்: இயற்கையாக கதிரியக்கத் தன்மை கொண்ட 42 தனிமங்கள் இருக்கின்றன. இவை எல்லாமே அதிக அணு எடை கொண்டவைகளாக இருக்கின்றன. ஒரு அணு α,

அல்லது β-துகளை விட்டு சிதைவுறும்போது வரும் புதுத்தனிமமும் கதிரியக்கத் தன்மை கொண்டிருக்கிறது. அதுவும் α அல்லது β-துகளை விட்டு இன்னொரு புதுத் தனிமமாக மாறுகிறது. இவ்வாறு ஒன்றை அடுத்து இன்னொரு தனிமம் உண்டாவது தொடர்ந்து ஒரு வரிசைத் தனிமங்கள் உண்டாகின்றன. இறுதியாக நிலைத்த, கதிரியக்கத் தன்மையற்ற ஒரு தனிமத்தில் இது முடிகிறது. இயற்கையாகவே கதிரியக்கத் தன்மையும், அணு எடை அதிகமாகவும் கொண்ட எல்லாத் தனிமங்களுமே அடுத்தடுத்து கதிரியக்கச் சிதைவுற்று முடிவாக லெட்டில் போய் முடிகின்றன.

தனிம வரிசைப்பாட்டு அட்டவணையில் இருக்கிற, இயற்கையாகவே கதிரியக்கங் கொண்ட மற்றும் அணு எடை அதிகமாகக் கொண்ட கதிரியக்கத் தனிமங்களை மூன்று வரிசைகளாகப் பிரிக்கிறோம். அவை தோரியம் தொகுதி, யுரேனியம் தொகுதி மற்றும் ஆக்ட்டினியம் தொகுதி என்பவைகளாம். ஒவ்வொரு தொகுதியையும் அதிலிருக்கிற மிக அதிகமான ஆயுள்காலங் கொண்ட தனிமத்தின் பெயரால் அழைக்கிறோம். யுரேனியம், தோரியம் வரிசைகளில் இவையே முன்னோடித் தனிமங்களாக இருக்கின்றன. ஆனால், ஆக்ட்டினியம் வரிசையில் அப்படி இல்லை. சரியாக சொல்லவேண்டுமென்றால் ஆக்ட்டினியம் தொகுதியை ஆக்ட்டினோ யுரேனியம் தொகுதி என்றுதான் சொல்லவேண்டும். சில ஆசிரியர்கள் அதை அப்படியும் குறிக்கிறார்கள்.

பின்வரும் பக்கங்களில் தோரியம், யுரேனியம் மற்றும் ஆக்ட்டினியம் வரிசைகள் அட்டவணை வடிவில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அவ்வத் தொகுதியிலிருக்கும் ஒவ்வொரு தனிமமும் என்ன துகளை வெளிவிடும், அத்தனிமத்தின் பாதிச் சிதைவு காலமென்ன, போன்ற விவரங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. தனிமங்களுக்கு ஆரம்ப காலத்தில் வழங்கப்பட்ட பழைய பெயர்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

இந்தக் கட்டத்தில், வரிசைகளில் காணப்படுகின்ற கிளைத் தொடர்களைப் பற்றி குறிப்பிட்டாகவேண்டும். ஒவ்வொரு தொடரிலும் குறைந்தபட்சம் ஒரு முறையாவது கிளைத்தொடர் காணப்படுகிறது. தோரியம்-C போன்ற சில தனிமங்கள் இரண்டு வகையாக சிதைவுறுகின்றன. ஒரு வகைச் சிதைவில் α-துகளும் இன்னொரு வகையில் β-துகளும் வெளிப்படுகின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட விகிதத்திலேயே இந்த சிதைவு நிகழ்கிறது. தோரியம் C-ல் இருக்கும் 33·7 சதம் அணுக்கள் α-துகள்களை விடடு தோரியம் C^1 ஆகின்றன. 66·3 சதம் அணுக்கள் β-துகள்களைவிட்டு

தோரிய வரிசை, 4n

முன்னர் வழங்கப்பட்ட பெயர்கள்	தனிமத்தின் பெயர்	குறியீடு	வெளிப்படும் துகள்கள்	பாதிச் சிதைவு காலம்
தோரியம் ↓	தோரியம்	$_{90}Th^{232}$	α	1.39×10^{10} ஆ
மிஸோதோரியம்-I ↓	ரேடியம்	$_{88}Ra^{228}$	β	6.7 ஆ
மிஸோதோரியம்-II	ஆக்ட்டினியம்	$_{89}Ac^{228}$	β, α	6.13 ம
ரேடியோ தோரியம்	தோரியம்	$_{90}Th^{228}$	α	1.91 ஆ
பிரான்சியம்	பிரான்சியம்	$_{87}Fr^{224}$	... ...	?
தோரியம்-X ↓	ரேடியம்	$_{88}Ra^{224}$	α	3.64 நா
தோரான் ↓	ரேடான்	$_{86}Rn^{220}$	α	52 வி
தோரியம்-A ↓	பொலோனியம்	$_{84}Po^{216}$	α, β	0.16 வி
தோரியம்-B	லெட்	$_{82}Pb^{212}$	β	10.6 ம
ஆஸ்ட்டடின்	ஆஸ்ட்டடின்	$_{85}At^{216}$	α	54 விக்கு குறைவான நேரம்
தோரியம்-C ↓	பிஸ்மத்	$_{83}Bi^{212}$	β, α	60.5 நி
33.7 66.3 தோரியம்-C'	பொலோனியம்	$_{84}Po^{212}$	α	3×10^{-7} வி
தோரியம்-C''	தாலியம்	$_{81}Tl^{208}$	β	3.1 நி.
தோரியம்-D	லெட்	$_{82}Pb^{208}$	நிலைத்த இயல்பு கொண்டது.	

ஆ = ஆண்டுகள்
வி = விநாடிகள்
நி = நிமிடங்கள்
ம = மணிகள்

யுரேனிய வரிசை, 4n+2

முன்னர் வழங்கப்பட்ட பெயர்கள்	தனிமத்தின் பெயர்	குறியீடு	வெளிப்படும் துகள்	பாதிச் சிதைவு காலம்
யுரேனியம்-I	யுரேனியம்	$_{92}u^{238}$	α	4.51×10^{9} ஆ
யுரேனியம்-X$_1$	தோரியம்	$_{90}Th^{234}$	β	24.1 நா
யுரேனியம்-X$_2$	புரொட்டாக்டினியம்	$_{91}Po^{234}$	β	1.18 நி
யுரேனியம்-II	யுரேனியம்	$_{92}u^{234}$	α	2.48×10^{5} ஆ
அயோனியம்	தோரியம்	$_{90}Th^{230}$	α	8.0×10^{4} ஆ
ரேடியம்	ரேடியம்	$_{88}Ra^{226}$	α	1.62×10^{3} ஆ
ரேடான்	ரேடான்	$_{86}Rn^{222}$	α	3.82 நா
ரேடியம்-A	பொலோனியம்	$_{84}Po^{218}$	α, β	3.05 நி
ரேடியம்-B	லெட்	$_{82}Pb^{214}$	β	26.8 நி
ஆஸ்ட்டட்டின்	ஆஸ்ட்டட்டின்	$_{85}At^{218}$	α	2 வி
ரேடியம்-C (·04%)	பிஸ்மத்	$_{83}Bi^{214}$	β, α	19.7 நி
ரேடியம-C'	பொலோனியம்	$_{84}Po^{214}$	α	16×10^{-4} வி
ரேடியம்-C''	தாலியம்	$_{81}Tl^{210}$	β	1.32 நி
ரேடியம்-D	லெட்	$_{82}Pb^{210}$	β	19.4 ஆ
ரேடியம்-E	பிஸ்மத்	$_{83}Bi^{210}$	β	5.0 நா
ரேடியம்-F	பொலோனியம்	$_{84}Po^{210}$	α	138.4 நா
ரேடியம்-G	லெட்	$_{82}Pb^{206}$	நிலைத்தன்மை கொண்டது	

ஆ = ஆண்டுகள்

வி = விநாடி

நி = நிமிடங்கள்

நா = நாட்கள்

ஆக்ட்டினியம் வரிசை (4n+3)

முன்னர் வழங்கப்பட்ட பெயர்கள்	தனிமத்தின் பெயர்	குறியீடு	வெளிப்படும் துகள்	பாதிச் சிதைவு காலம்
ஆக்ட்டினோ யுரேனியம் ↓	யுரேனியம்	$_{92}U^{235}$	α	$7 \cdot 13 \times ^{8}$ ஆ
யுரேனியம்-Y ↓	தோரியம்	$_{90}Th^{231}$	β	25·6 ம
புரொட்டாக்டினியம் ↓	புரொட்டாக்டினியம்	$_{91}Pa^{231}$	α	$3 \cdot 43 \times 10^{4}$ ஆ
ஆக்ட்டினியம் 99% ↓	ஆக்ட்டினியம்	$_{89}Ac^{227}$	β & α	21·8 ஆ
ரேடியோ ஆக்ட்டினியம்	தோரியம்	$_{90}Th^{227}$	α	18·4 நா
ஆக்ட்டினியம்-K	பிரான்சியம்	$_{87}Fr^{223}$	β	21-நி
ஆக்ட்டினியம்-X ↓	ரேடியம்	$_{88}Ra^{223}$	α	11·7-நா
ஆக்ட்டினான் ↓	ரேடான்	$_{86}Rn^{219}$	α	3 92 வி
ஆக்ட்டினியம்-A ↓	பொலோனியம்	$_{84}Po^{215}$	β	$1 \cdot 83 \times 10^{-3}$ வி
ஆக்ட்டினியம்–B ↓	லெட்	$_{82}Pb^{211}$	β	36·1நி
ஆக்ட்டினியம்-C 99.7% ↓ .3%	பிஸ்மத்	$_{83}Bi^{211}$	α & β	2·16 நி
ஆக்ட்டினியம் C″	தாலியம்	$_{81}Tl^{207}$	β	4·8 நி
ஆக்ட்டினியம் C′	பொலோனியம்	$_{84}Po^{211}$	α	0.53 வி
ஆக்ட்டினியம்-D	லெட்	$_{82}Pb^{207}$	நிலைத் தன்மை கொண்டது	

ஆ = ஆண்டுகள்
ம = மணிகள்
நி = நிமிடங்கள்
வி = விநாடிகள்
நா = நாட்கள்

நெப்டூனியம் வரிசை (4n+1)

தனிமத்தின் பெயர்	குறியீடு	வெளிப்படும் துகள்கள்	பாதிச் சிதைவு காலம்
புளூட்டோனியம் ↓	$_{94}Pu^{241}$	β	132 ஆ
அமெரிசியம் ↓	$_{93}Am^{241}$	α	462 ஆ
நெப்ட்யூனியம் ↓	$_{93}Np^{237}$	α	$2{\cdot}20\times10^{6}$ ஆ
புரொட்டாக்டினியம் ↓	$_{91}Pa^{233}$	β	27·4 நா
யுரேனியம் ↓	$_{92}U^{233}$	α	$1{\cdot}62\times10^{5}$ ஆ
தோரியம் ↓	$_{90}Th^{229}$	α	$7{\cdot}34\times10^{3}$ ஆ
ரேடியம் ↓	$_{88}Ra^{225}$	β	14·8 நா
ஆக்ட்டினியம் ↓	$_{89}Ac^{225}$	α	10·0 நா
பிரான்சியம் ↓	$_{87}Fr^{221}$	α	4·8 நி
ஆஸ்ட்டட்டின் ↓	$_{85}At^{217}$	α	$1\ 8\times10^{-2}$ வி
பிஸ்மத் ↓	$_{83}Bi^{213}$	β & α	. 47 நி
பொலோனியம் ↓	$_{84}Po^{213}$	α	$4{\cdot}2\times10^{-6}$ நி
தாலியம் ↓	$_{81}Tl^{209}$	β	2·2 நி
லெட் ↓	$_{86}Pb^{209}$	β	3·32
பிஸ்மத்	$_{83}Bi^{209}$	நிலைத்த இயல்பு கொண்டது	

ஆ = ஆண்டுகள்

நா = நாட்கள்

நி = நிமிடங்கள்

வி = விநாடிகள்

தோரியம் C″ ஆகின்றன. அடுத்து தோரியம் -C′ மற்றும் தோரியம்-C″ ஆகிய இரண்டுமே தோரியம்-D என்ற ஒரே வழி உருவான தனிமத்தைக் கொடுக்கின்றன.

தோரியத்தின் அணுஎடை 232 அதாவது 4 × 58. α-துகள் விடும் நிகழ்ச்சியில் அணுஎடை 4-அலகுகள் குறைகின்றன.

β-துகள் இழக்கப்படும்போது எடை மாற்றம் நிகழ்வதில்லை என்றே சொல்லலாம். எனவே தோரியம் தொகுதியிலுள்ள எல்லாத் தனிமங்களின் அணு எடைகளுமே நான்கால் வகுபடும். அவற்றை 4n என்று குறிக்கலாம். n-ன் மதிப்பு ஒரு முழு எண்ணாகும். அதேபோல் யுரேனியம் தொகுதிச் சேர்மங்களின் அணு எடைகள் (4n + 2) எனவும், ஆக்டினியம் தொகுதிச் சேர்மங்களின் அணு எடைகளை (4n + 3) என்றும் குறிக்கலாம்.

ஒரு வரிசையில் காணப்படும் தனிமம் சிதைந்து இன்னொரு தொகுதியில் இருக்கும் தனிமத்தை கொடுப்பதென்பது சாத்தியமில்லை.

நெப்ட்யூனியம் வரிசை 4n, (4n+2), (4n+3) ஆகிய தொகுதிகள் அறிமுகமானபின் அணு எடைகளை (4n+1) என்று குறிக்கும்படியாக இருக்கும் ஒரு தொகுதி இருக்கவேண்டுமென்று நம்பப்பட்டது. அவ்வாறே நெப்ட்யூனியம் தொகுதி கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதனை (4n+1) தொகுதி என்கிறோம்.

நெப்ட்யூனியம் வரிசை பலவகையில் இயற்கையான கதிரியக்கத் தொகுதிகளிலிருந்து மாறுபடுகிறது.

நெப்ட்யூனியம் வரிசையில் இருக்கிற ஒரே ஒரு தனிமம் மட்டுந்தான் கணிசமான அளவில் இயற்கையில் காணப்படுகிறது. அந்தத் தனிமம் பிஸ்மத்தின் நிலைத்த ஐசோடோப்பான $_{83}Bi^{209}$ ஆகும். இது இத்தொகுதியின் முடிவு நிலை விளை பொருளாகக் காணப்படுகிறது.

தொகுதி	வரிசையில் அதிக அளவு பாதிச் சிதைவு காலங் கொண்ட தனிமம்	பாதிச் சிதைவு காலம்	
4n	$_{90}Th^{232}$	$1 \cdot 3 \times 10^{10}$	ஆண்டுகள்
4n + 1	$_{93}Np^{237}$	$2 \cdot 5 \times 10^{6}$	”
4n + 2	$_{92}u^{238}$	$4 \cdot 5 \times 10^{9}$	”
4n + 3	$_{92}u^{235}$	7×10^{8}	”
பூமி	...	5×10^{9}	”

நெப்ட்யூனியம் வரிசை தனிமங்கள் இயற்கையில் காணப்படாததன் காரணம் என்ன? ஒவ்வொரு கதிரியக்கத் தொகுதியிலும் பாதிச் சிதைவு காலம் அதிகபட்சம் இருக்கிற தனிமங்களை

எடுத்துக் கொள்வோம். அம்மாதிரியான தனிமங்களும் அவற்றின் பாதிச் சிதைவு காலங்களும், பூமியின் தோராய வயதும் மேலே அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

பாதிச் சிதைவு காலங்களை ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் $_{93}Np^{237}$ மற்றவைகளைக் காட்டிலும் குறைவான பாதிச் சிதைவு காலத்தையே கொண்டிருக்கிறது. எனவே இத்தொகுதி தனிமங்கள் ஒரு காலத்தில் இருந்திருக்கவேண்டும். படிப்படியாக அவை பிஸ்மத்தாக சிதைவுற்றிருக்கவேண்டும். இயற்கையில் காணப்படும் பிஸ்மத்தில் ஒரு பகுதி இப்படி இத்தொகுதி தனிமங்கள் சிதைவுற்றதால் வந்தது தான் எனலாம்.

புளூட்டோனியம் இயற்கையில் காணப்படுவது கண்டறியப் பட்டிருக்கிறது. 4 மில்லியன் டன்கள் பிச்சுபிளெண்டு தாதுவிலிருந்து ஒரு அவுன்சு புளூட்டோனியம் பெறப்படுகிறது. இதில் 99-சதம் $_{94}Pu^{239}$-ன் ஐசோடோப்பு தான். இது(4n+1)தொகுதியைச் சேர்ந்ததல்ல. இதன் பாதிச் சிதைவு காலம் 24,000 ஆண்டுகளாம். எனவே இது அண்மையில் தான் உண்டாக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும் என்று நம்பப்படுகிறது. U^{238}, நியூட்ரான் தாக்குதலுக்கு உள்ளாகி இது உண்டாகியிருக்க வேண்டும். யுரேனியம் தன்னிச்சையாக பிளவு படும்போது நியூட்ரான் வெளிப்பட்டிருக்கலாம், காணப்படும் புளூட்டோனியத்தின் அளவு அதிகமாயிருப்பதால் இம்மாதிரி உண்டாகும் நியூட்ரான் மட்டும் புளூட்டோனியம் உற்பத்திக்கு காரணமாக இருக்க முடியாது. யுரேனியத்திற்கு அப்பாலுள்ள தனிமங்கள் ஒரு புதுவகையாக சிதைவுற்று நியூட்ரான்கள் வெளிப்பட்டிருக்கலாம். மேலும் காஸ்மிக் கதிர்களின் தாக்குதலின் (Bombardment) காரணமாகவும் நியூட்ரான்கள் உண்டாயிருக்கலாம்.

(4n+1) வரிசையின் முடிவுநிலை தனிமம் நிலைத்த பிஸ்மத்தாகும். மற்ற தொகுதிகளில் முடிவுநிலை விளைபொருள் தனிமம் லெட் ஆகும்.

இந்த வரிசையில் இடைத்தனிமமாக மந்தவாயு இருப்பதில்லை. மற்ற மூன்று தொகுதிகளிலும் தனிம எண் 86-ஐக் குறிக்கும் தோரான், ரேடான், மற்றும் ஆக்ட்டினன் ஆகியவைகள் இருக்கின்றன.

(4n+1) நேர் தொடரில் 85, 87-வது தனிமங்களின் ஐசோடோப்புகள்காணப்படுகின்றன. மற்றத்தொகுதிகளில் நேர்த் தொடரில் இவை காணப்படுவதில்லை ஆஸ்ட்டட்டின் மற்றும் பிரான்சியம் ஆகிய தனிமங்கள் இயற்கையில் காணப்படாததன் காரணம் இங்கு புலனாகிறது.

(4n+1) வரிசையில் காணப்படும் $_{92}U^{233}$—யைஅணுஆற்றலைப் பெறப் பயன்படுத்தலாம். இந்த அணு நியூட்ரானல் அணுப் பிளவுக்கு உள்ளாகும் போது சங்கிலித் தொடர்வினை உண்டாகிறது. தோரியம்-232 நியூட்ரானைப் பிடித்து யுரேனியம்-233 ஆக மாறுகிறது. இயற்கையில் காணப்படும் $_{90}Th^{232}$—ஐக்- கொண்டு $_{92}U^{233}$-யைத் தயாரித்து அதனை அணு எரி பொருளாகப் பயன் படுத்தலாம். தோரியத்தை அப்படியே அணு உலையில் எரி பொருளாகப் பயன் படுத்தமுடியாது.

வினாக்கள்

1. பொருணிலை மாற்றம் பற்றி சிறுகுறிப்பு வரைக.

2. தோரியம் கதிரியக்கத் தொகுதியை விளக்கி எழுதுக.

3. ரேடான்-222α-துகளை விடும்போது நிகழும் அணுக்கரு வினையை எழுதுக.

4. (4n+1) வரிசைத் தனிமங்கள் யாவை?

5. நெப்ட்யூனியம் வரிசைக்கும் மற்ற வரிசைகளுக்கும் உள்ள வேறு பாடுகள் யாவை?

6. கதிரியக்கத் தொடர்களில் காணப்படும் கிளைத் தொடர்களைப் பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.

7. இயற்கையில் $_{94}pu^{239}$- காணப்படுவதை எவ்வாறு விளக்க முடியும்?

8. ஆஸ்ட்டட்டின், மற்றும் பிரான்சியம் இயற்கையில் காணப் படுவதில்லை ஏன்?

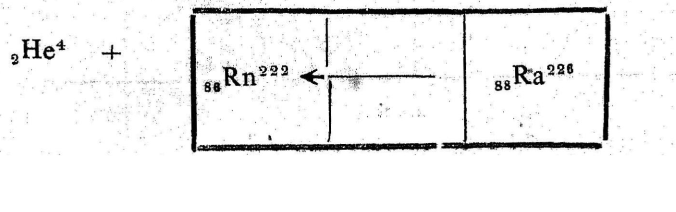
8. ஐசோடோப்புகள்

1912-ல் 30 கதிரியக்கத் தனிமங்களைப் பற்றியே அறிமுகமாகியிருந்தது. அவற்றின் பண்புகளை எல்லாம் ஆராய்ந்தபோது அவை எல்லாமே தனிம வரிசைப்பாட்டு அட்டவணையில் 12 இடங்களிலேயே இருக்கவேண்டுமென்பது தெரியவந்தது. கதிரியக்கத் தன்மையில் மாறுபட்டிருப்பினும் சில தனிமங்களை தனிப்படுத்துவது பிரச்சினையாக இருந்தது. அயோனியம், ரேடியோ தோரியம், தோரியம் ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று ஒத்திருந்தன. அதுபோலவே ரேடியம் மற்றும் மீஸோ தோரியம்-1 ஆகியவைகளும் ஒத்திருந்தன. இந்த உண்மையை சாடி (Soddy) என்பார் சுட்டிக்காட்டினார். மற்றும் மூன்று கதிரியக்கத் தொகுதிகளிலும் வெளிப்படு வாயுக்கள் (emanation) எல்லா வகையிலும் ஒன்றை ஒன்று ஒத்திருந்தன.

1913-ல் A. ஃபிலெக் (A. Fleck) என்பார் ரேடியம் B, ரேடியம் D, தோரியம் B, மற்றும் ஆக்டினியம்-D எல்லாமே லெட்-ஐ ஒத்திருத்தலையும் அதிலிருந்து தனிப்படுத்த முடியாத நிலை கொண்டிருப்பதையும் சுட்டிக்காட்டினார். மற்றும் C, ரேடியம் E, தோரியம் C, ஆக்டினியம் C எல்லாமே பிஸ்மத்தின் பண்புகளை கொண்டிருப்பதும் தெரியவந்தது.

தனிமத் தொகுதி இடப்பெயர்ச்சி விதியைக் (group displacement law) கண்டறிந்தவர் சாடியாவர். (Soddy) அவ்விதிப்படி ஒரு தனிமம் α துகளை விடும்போது வழி உருவான தனிமம் அதன் முன்னோடித்தனிமம் தனிம வரிசைப்பாட்டு அட்டவணையில் காணப்படும் இடத்திலிருந்து (period) இடதுபக்கம் இரண்டு தொகுதிகள் தள்ளிக் காணப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு: ரேடியம் α துகளைவிட்டு ரேடானாக மாறுகிறது. மூலத்தனிமம் 2-ம் தொகுதியில் இருக்கிறது. α-துகளை

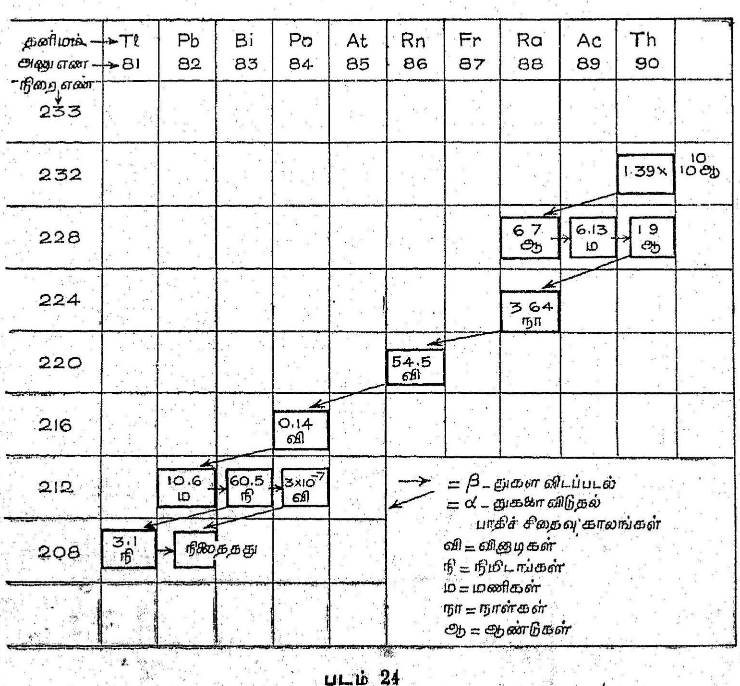


அது விடும்போது வழிஉருவான (daughter) தனிமமான ரேடான் ; 0-தொகுதியில் காணப்படும் ஒன்றாகும்.

ஒருதனிமம் β துகளை விடும்போது வழிஉருவான தனிமம், தனிம வரிசைப்பாட்டு அட்டவணையில் முன்னோடித் தனிமம் இருக்கும் இடத்திலிருந்து வலதுபக்கம் ஒருதொகுதி தள்ளி காணப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, லெட், β-துகளைவிட்டு பிஸ்மத்தாக மாறுவதைச் சொல்லலாம்.

IV-தொகுதி	V-ம் தொகுதி
$_{82}Pb^{214}$ →	Bi

α-மற்றும் β-துகள்களை தனிமங்கள் வெளி விடும் போது அவை தனிம வரிசைப்பாட்டு அட்டவணையில் இடப்பெயர்ச்சி அடைவது கீழே தோரியம் தொகுதியைக்கொண்டு விளக்கப்பட்டிருக்கிறது. α-கதிர்விடப்படும் மாற்றத்தை இடதோரம் கீழ்



படம் 24

நோக்கிச் சரிந்த அம்பு குறியாலும் β-கதிர்வீச்சு மாற்றத்தை வல தோரம் கிடைநிலை அம்புக் குறியாலும் காட்டுகிறோம்.

இந்த அட்டவணையில், செங்குத்தாக ஒன்றின் கீழ் ஒன்றாக இருக்கும் தனிமங்களின் அணு எண் ஒன்றேயாம், தனிம வரிசைப் பாட்டு அட்டவணையில் இவை யாவற்றிற்கும் உரிய இடம் ஒன்றே யாகும். இம்மாதிரியாக தனிம வரிசைப்பாட்டு அட்டவணையில் ஒரே இடத்தில் இருக்கிற தனிமங்களை 1913-ல் சாடி ஐசோ டோப்புகள் என்ற சிறப்புப் பெயரால் அழைத்தார். அணு எண் 84-கொண்டது. எனவே 84-வது இடத்தில் வைக்கப்படவேண்டிய ரேடியம் A, ரேடியம் C^1, ரேடியம் F, ஆக்டினியம் A, ஆக்டினியம் C^1, தோரியம் A, தோரியம் C^1 ஆகிய எல்லாமே ஒரே தனிமத்தின் ஐசோடோப்புகள் தான். α-துகள், அணுவின் மையக் கருவிலிருந்து வெளிப்படும்போது அணு எண்ணில் இரண்டு அலகுகள் குறைகின்றன. β-துகள் வெளிவிடப்படும்போது அணு எண் ஒரு அலகு கூடுகிறது. அணு எண் அணுக்கருவின் மொத்த நேர்மின்னேற்றமாகும்.

அணுவின் அணுஎடை A எனவும், அதன் அணுஎடை Z எனவும் கொண்டால் அவ்வணுக்கருவில் (A – Z) நியூட்ரான்களும் Z புரோட்டான்களும் இருக்கின்றன. அணுக்கருவின் மொத்த நேர்மின்னேற்றம் Z – ஆகும். அணு எடை அல்லது பொருணிலை எண் (Mass number) அணுக்கருவிலுள்ள மொத்தத் துகள்களின் (நியூட்ரான்கள் மற்றும் புரோட்டான்கள்) எண்ணிக்கையைக் கொடுக்கிறது.

ஒரு கதிரியக்கத் தனிமத்தின் அணுஎடை A எனவும் அதன் அணு எண் Z ஆகவும் இருந்தால் அது α-துகளை விடுவதால் வரும் புதுத்தனிமத்தின் நியூட்ரான்கள் (A – Z-2) ஆகவும் புரோட்டான்கள் (Z-2) ஆகவும் இருக்கும். அதன் அணு எடை எண் (A-Z-2) + (Z-2) = (A-4) ஆகும். அதனுடைய அணு எண் (Z-2) என்றிருக்கும். எனவே தான் தனிமத் தொகுதி இடப் பெயர்ச்சிப்படி α-துகள் விடப்படுவதால் அணு எண்ணில் இரண்டு எண்ணிக்கை குறைகிறது.

β-துகள் விடப்படும்போது ஒரு நியூட்ரான் புரோட்டானாகவும், எலெக்ட்ரானாகவும் (மற்றும் நியூட்ரினோவாகவும்) மாறுகிறது. அந்த எலெக்ட்ரானே β துகளாக வெளித்தள்ளப்படுகிறது β-துகள் கதிர் வீச்சின் போது அணுக்கருவில் ஒரு நியூட்ரான் குறைந்து ஒரு புரோட்டான் கூடுகிறது எனலாம். அணுவில் A-Z நியூட்ரான்களும் Z புரோட்டான்களும் இருந்தால் β-துகள் வெளிவிடப்படும்போது வரும் புதுத்தனிமம்

(A-Z-1) நியூட்ரான்களையும் (Z+1) புரோட்டான்களையும் கொண்டிருக்கிறது. எனவே அணுஎடை (பொருணிலை எண்) மாறுபடுவதில்லை. (A-Z-1 + Z+1) அதாவது பொருணிலை எண் A-ஆகவே இருக்கிறது. ஆனால் அணுஎண் (Z+1) ஆக அதிகரிக்கிறது.

கதிரியக்க நிகழ்ச்சியில் முதலில் α-துகளும், இரண்டு β-துகள்களும் விடப்படுமானால் அப்போது உண்டாகும் தனிமம் ஆரம்பத் தனிமத்தின் ஐசோடோப்பாகும். எடுத்துக்காட்டாக யுரேனியத்தில் ஆரம்பித்தால் அது முதலில் α-துகளைவிட்டு கீழே காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல் தோரியம் அணுவாகிறது. அடுத்து இப்படி உண்டான தோரியம் β-துகளை விட்டு புரொட்டாக்டினியமாக மாறுகிறது. புரொட்டாக்டினியமும் β-துகளை விடுகிறது. அப்போது அது யுரேனியமாக மாறுவதையும் ஆனால் அணு எடையில் ஆரம்ப யுரேனியத்திலிருந்து மாறுபட்டிருப்பதையும் பார்க்கிறோம்.

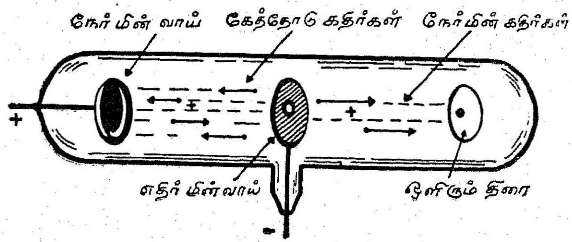
$$_{92}U^{238} \xrightarrow{\alpha} {}_{90}Th^{234} \xrightarrow{\beta} {}_{91}Pa^{234} \xrightarrow{\beta} {}_{92}U^{234}$$

இந்த மூன்று கதிரியக்க மாற்றங்களின் முடிவாக அணுக்கருவிலிருந்து நான்கு நியூட்ரான்கள் மட்டும் இழக்கப்படுகின்றன. அணுக்கருவின் நேர்மின்னேற்றத்தில் மாற்றம் ஏதுமில்லை எனவே ஐசோடோப்புகள் அவற்றின் அணுக்கருக்களில் இருக்கின்ற நியூட்ரான்கள் எண்ணிக்கையில்தான் மாறுபடுகிறது என்பது தெளிவாகிறது. ஒரு தனிமத்தின் எல்லா ஐசோடோப்புகளுமே ஒரே அணு எண்ணைக் கொண்டிருக்கின்றன.

கதிரியக்கச் செயல் அணுக் கருவைச் சார்ந்த நிகழ்ச்சி கதிரியக்கம் அணுவின் நியூட்ரான்கள் மற்றும் புரோட்டான்கள் ஆகியவற்றின் கூட்டுத்தொகையைப் பொறுத்தது. எனவே வெவ்வேறு அணுஎடை கொண்ட ஒரே தனிமத்தின் ஐசோடோப்புகள் மாறுபட்ட கதிரியக்கத் தன்மை கொண்டுள்ளன.

நேர்மின் கதிர்கள் பகுப்பாய்வு: 1886- E. கோல்டுஸ்டீன் (E. Goldstein) என்பார் புது மாதிரியான மின்னிறக்கக் குழாயைப் பயன்படுத்தினர். அதில் எதிர்மின்வாய் துகளைக் கொண்டதாயிருந்தது. குறைந்த வாயு அழுத்தத்தில் மின்னிறக்கம் பாய்ச்சியபோது எதிர்மின் வாயின் துளைகளின் வழியாக, கேதோடு கதிர்களுக்கு எதிர்த் திசையில் ஒரு வகைக் கதிர்கள் சென்றன. இவற்றை புழைக் கதிர்கள் (Canal rays) என்று கோல்டுஸ்டீன் அழைத்தார். மின்புலத்தாலும் காந்தப் புலத்

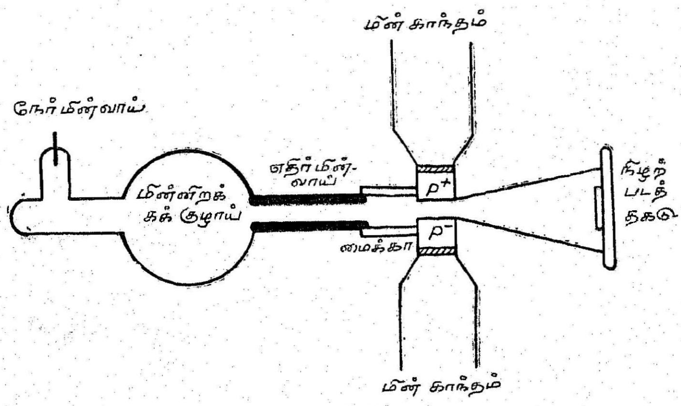
தாலும் அவை விலகிச் சென்றன. அம்மாதிரி விலக்கமடையும் திசை எலெக்ட்ரான் மின், காந்தப்புலன்களில் விலகிச் செல்லும் திசைக்கு எதிர்த் திசையாக இருந்தது. எனவே அக்கதிர்களில் நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட துகள்கள் இருக்கவேண்டுமென்று நம்பப்பட்டது. 1907-ல் J. J. தாம்ஸன் (J. J. Thomson) இக்கதிர்களை நேர்மின் கதிர்கள் என்றழைத்தார்.



படம் 25

நேர்மின் கதிர்களின் தன்மை மின்னிறக்கக் குழாயில் இருக்கும் வாயுவின் தன்மையைப் பொறுத்தது. ஹைட்ரஜன் வாயுவை மின்னிறக்கக் குழாயில் எடுத்துக் கொள்ளும் போது பெறப்படும் நேர்மின் கதிர்கள் புரோட்டான்களாம்.

நேர்மின் கதிரில் இருக்கிற அணுக்களின் எடைகளைக் கண்டறிய தாம்ஸன் ஒரு கருவியை உருவாக்கினர். அதன் படம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

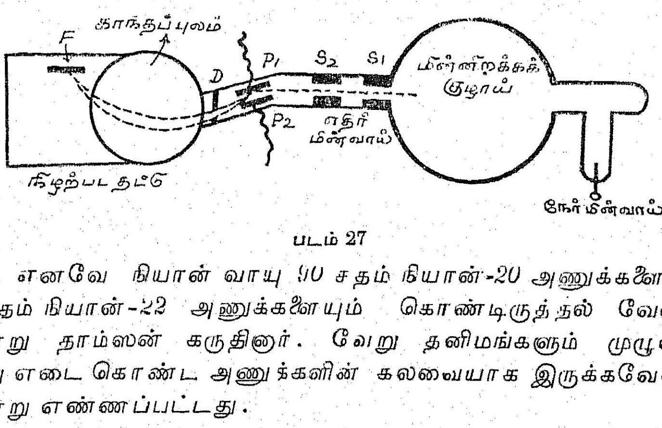


படம் 26

இதனை தாம்ஸனின் பொருணிலை நிறமாலை வரைவி (Thomson's Mass spectrograph) என்கிறோம். இந்தக் கருவியிலிருந்து முதலில் காற்றை நீக்கிவிட்டு சோதனைக்குரிய வாயுவை சிறிது அதில் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். மின்னிறக்கம் பாய்ச்சும்

போது நேர்மின் கதிர்கள் வெளிப்படுகின்றன. அவை எதிர்மின் வாயிலுள்ள துளைவழியே வெளியேறுகின்றன. அடுத்து அக்கதிர்கள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக (parallel) இருக்கும் மின் மற்றும் காந்தப் புலன்களின் வழியே செல்கின்றன. பின்னர் அவை நிழற்படத் தகட்டை உருவிளக்கம் செய்தால் சாய்மாலை வட்டங் (parabola) கள் கிடைக்கின்றன. மின்னேற்றத்திற்கும் பொருண்மைக்கும் உள்ள விகிதம் ஒரே மாதிரியாக இருக்கிற அணுக்களோ மூலக்கூறுகளோ ஒவ்வொரு தொகுதியும் ஒரு சாய்மாலை வட்டத்தைக் கொடுக்கிறது. இம்முறையில் பெறப்படும் முடிவுகளை உணர்ந்து விளக்குதல் அவ்வளவு எளிதல்ல. மேலும் எடுத்துக் கொள்ளப்படும் வாயுவும் தூய்மையானதாக இருத்தல் வேண்டும்.

1912-ல் தாம்ஸன் நியான் வாயுவைக் கொண்டு செய்த சோதனையில் இரண்டு பரவளையங்களைப் பெற்றார். அவற்றில் ஒன்று அணு எடை-20 கொண்ட நியானுக்குரியது; மற்றது அணு எடை, 22 கொண்ட நியானுக்கு உரியது. நியானின் அணு எடை



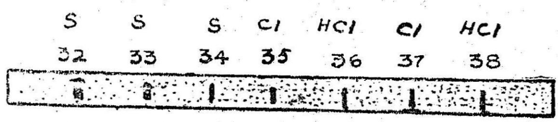
படம் 27

20.2. எனவே நியான் வாயு 90 சதம் நியான்-20 அணுக்களையும், 10 சதம் நியான்-22 அணுக்களையும் கொண்டிருத்தல் வேண்டுமென்று தாம்ஸன் கருதினார். வேறு தனிமங்களும் முழு எண் அணு எடை கொண்ட அணுக்களின் கலவையாக இருக்கவேண்டுமென்று எண்ணப்பட்டது.

ஆஸ்டனின் பொருண்மை நிறமாலை வரைவி (Aston's Mass spectrograph) தாம்ஸனின் முறையை மேம்படுத்தி ஆஸ்டன் புது பொருண்மை நிறமாலை வரைவியை உருவாக்கினார். 1922-ல் இந்தக் கருவியை உருவாக்கியதற்காக நோபெல் பரிசு அவருக்கு வழங்கப்பட்டது.

மேலே ஆஸ்டன் நிறமாலை வரைவியின் படம் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது.

நேர்மின் கதிர் எதிர்மின் வாயிலுள்ள துளை வழியாக வெளியேறுகிறது. S_1, S_2 என்று குறிக்கப்பட்டிருக்கும் பிளப்புகள் (Slits) வழியாகச் செல்லும்போது சீரான கதிர் (beam) கற்றைக் கிடைக்கிறது. அக்கதிர் அடுத்து மின்புலம் வழியாக செல்லும் போது விரிந்து செல்கிறது. இதில் ஒரு பகுதிமட்டும் D-வழியாகச் சென்று ஆற்றல் வாய்ந்த காந்தப் புலம் வழி செல்கையில் மின்னேற்றத் திற்கும் பொருணிலைக்கும் உள்ள விகிதம் ஒரே மாதிரி கொண்ட, அந்தக் கதிரிலிருக்கும் துகள்கள் நிழற்படத் தகட்டில் ஒரே புள்ளியில் சென்று குவிகின்றன. e/m-விகிதம் ஒரே மாதிரி கொண்ட துகள்களும் வெவ்வெறு வேகத்தோடு செல்வதால் நிழற்படத் தகட்டில் ஒரு வரியில் அவை படிகின்றன. எனவே நேர்மின் கதிரில் இருக்கிற $\frac{e}{m}$ ஒரே மாதிரியாகக் கொண்ட அணுக்களுக்கெல்லாம் ஒரு வரி என்றபடி நிழற்படத் தகட்டில் வரிகள் (lines) காணப்படுகின்றன. இந்தக் கருவியைக் கொண்டு, ஆஸ்டன் கந்தகம் நிறை எண்கள் 32, 33, 34 கொண்ட மூன்று ஐசோடோப்புகளையும், குளோரின் நிறை எண்கள் 35, 37 கொண்ட இரண்டு ஐசோடோப்புகளையும் கண்டறிந்தார்.

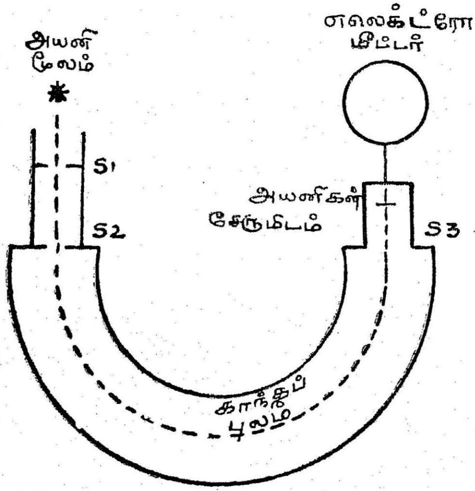


படம் 28

டெம்ஸ்ட்டர் நிறமாலைமானி (Dempster Spectrometer)
டெம்ஸ்ட்டர் (பொருணிலை) நிறமாலை மானியின் படம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

இம்முறையில் சோதனைத்தனிமம் முதலில் ஆவியாக்கப்படுகிறது. சூடாக்கப்பட்ட கம்பிஇழையிலிருந்து வரும் எலெக்ட்ரான்கள் அந்த தனிம அணுக்களைத் தாக்கும் போது நேர்மின்னேற்ற அயனிகள் உண்டாகின்றன. அவ்வாறு உண்டான அயனிகளில் ஒரு பகுதி S_1 என்ற பிளவு வழியாக செல்கின்றன S_1 மற்றும் S_2க் களுக்கிடையே மின்புலத்தால் அயனிகள் முடுக்கிவிடப் படுகின்றன. கிட்டத்தட்ட எல்லா துகள்களும் ஒரேமாதிரியான இயக்க ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கின்றன. எனவே இலேசான அயனிகள் கனமான அயனிகளை விட குறைவான உந்தம் (Momentum) கொண்டிருக்கும். அடுத்து அயனிகள் S_2-பிளவின் வழியாக காந்தப்புலத்தை அடையும்போது அவை அரைவட்டப்பாதையில் செல்கின்றன. இசைவான (Suitable) நிறை கொண்ட துகள்கள் மட்டும் S_3-வழியாகச் சென்று ஒரு தகட்டை அடைகின்றன.

அந்தத் தகடு ஒரு எலெக்ட்ரா மீட்டருடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. அயனிகள் தகட்டைச் சென்றடையும் போது எலெக்ட்ரா மீட்டரில், பாயும் மின்சாரத்தை அளக்கலாம்.

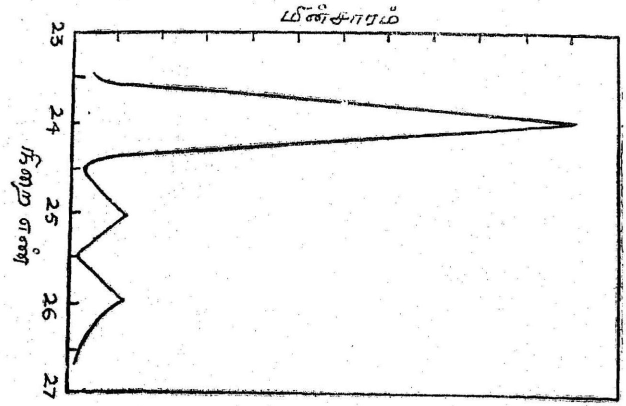


படம் 29

மின் காந்தப் புலத்தை தக்கவாறு மாற்றி அமைப்பதன் மூலம் ஒவ்வொரு ஐசோடோப்பும் S_3-பிளவு வழி சென்று அதன் காரணமாக எலெக்ட்ரா மீட்டரில் பாயும் மின்சாரத்தை அளக்கலாம். காந்தப்புலத்தை மாற்றாமல் அப்படியே வைத்துக் கொண்டு மின்னழுத்தம் (மின்புலம்) மட்டும் மாற்றப்படுகிறது. அப்போது எலெக்ட்ரா மீட்டரில் காட்டப்படும் அயனி மின்சாரம் (ionic-current) அளக்கப்படுகிறது. மின்புலத்தையும் எலெக்ட்ராமீட்டர் மின்சாரத்தையும் இணைத்து வரை படம் வரைந்தால் அடுத்தபக்க படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்ற வரைபடம் கிடைக்கிறது. வரைபடத்தில் ஒவ்வொரு முகடும் (peak) ஒரு ஐசோடோப்பைக் குறிக்கிறது. தனிப்பட்ட உச்சநிலை முகடுகளை ஒப்பிட்டுப் பார்த்து ஐசோடோப்புகளின் மலினங்களைக் (abundance) கண்டறியலாம்.

1920-ல் டெம்ஸ்ட்டர் மக்னீசியத்தைக் கொண்டு சோதனை நிகழ்த்தி அது நிறை எண்கள் 24, 25 மற்றும் 26 கொண்ட ஐசோடோப்புகளை கொண்டிருக்கிறதென்பதை நிரூபித்தார். நிறமாலைமானியில் அவர் பெற்ற வரைபடத்தின் அமைப்பு இங்கு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

முழு எண் விகிதி : ஆஸ்டன், நியான் நிறை எண்கள் 20 மற்றும் 22 கொண்ட ஐசோடோப்புகளைக் கொண்டிருப்பதை நிரூபித்தார். இவை பத்துக்கு ஒன்று என்ற விகிதத்தில் காணப்படுவதால் நியானின் அணு எடை 20·2 குளோரினின் அணு எடை 35·457 நிறை நிரலில் (Mass spectrum) இதுவும் இரண்டு வரிகளைத் தந்தது. அவை நிறை எண்கள் 35 மற்றும் 37 கொண்ட ஐசோடோப்புகளுக்கு உரியவை. பின்ன அணு எடை (fractional-atomic weight) கொண்ட அணுக்கள் இருப்பதற்குரிய அறிகுறி ஏதும் காணப்படவில்லை.



படம் 30

ஆஸ்டன் 19–க்கு மேற்பட்ட தனிமங்களை ஆராய்ந்தார். அவற்றில் 9-தனிமங்கள் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட ஐசோடோப்புகளைக் கொண்டிருந்ததைக் கண்டார். ஹீலியம் கார்பன், நைட்ரஜன், புளோரின் மற்றும் பாஸ்ஃபரஸ் போன்ற அணு எடை கிட்டதட்ட முழு எண்ணுகவே கொண்ட தனிமங்கள் ஐசடோப்புகளைக் கொண்டிருக்காத தன்மையை சுட்டிக் காட்டினர்.

இந்த முடிவுகளிலிருந்து அவர் முழு எண் விதியை எடுத்தியம்பினர். ப்ரவுட்டின் (Prout) கொள்கையின் மறு பதிப்பாகவே இதனைக் கருதலாம்.

முழு எண் விதிப்படி எல்லாத் தனிமங்களுமே கிட்டத்தட்ட முழு எண் நிறைகளைக் கொண்டிருக்கின்றன. தோராயமாக முழு எண் நிறைகளைக் கொண்ட இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட ஐசோடோப்புகள் இருப்பதன் காரணமாகவே தனிமங்கள் பின்ன

அணு எடைகளைக் கொண்டிருக்கின்றன. ஒரு தனிமத்தின் ஐசோடோப்புகள் ஒரு குறிப்பிட்ட விகிதத்திலேயே காணப்படுகின்றன.

தனிமங்களின் ஐசோடோப்புகள் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு தனிமத்தின் ஐசோடோப்புகளும் அத்தனிமத்தில் அவை காணப்படும் மலின (abundance) கிரமமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளன.

அணு எண்	தனிமம்	அணு எடை	ஐசோடோப்புகள்
1	ஹைட்ரஜன்	1·008	1,2,3
2	ஹீலியம்	4·003	4,3
3	லித்தியம்	6·943	7,6
4	பெரிலியம்	9·02	9
5	போரான்	10·82	11,10
6	கார்பன்	12·010	12,13
7	நைட்ரஜன்	14·008	14,15
8	ஆக்ஸிஜன்	16·00	16,18,17
9	புளோரின்	19	19
10	நியான்	20·183	20,22,21
11	சோடியம்	22·997	23
12	மக்னீசியம்	24·32	24,25,26
13	அலுமினியம்	26·97	27
14	சிலிக்கான்	28·06	28,29,30
15	பாஸ்ஃபரஸ்	31·02	31
16	கந்தகம்	32·066	32,34,33
17	குளோரின்	35·457	35,37
18	ஆர்கான்	39·944	40,36,38
19	பொட்டாசியம்	39·096	39,41,40
20	கால்சியம்	40·08	40,42,43,46,48
21	ஸ்காண்டியம்	45·10	45
22	டைட்டானியம்	47·90	48,46,47,49,50
23	வெனேடியம்	50·95	51
24	குரோமியம்	52·01	52,53,50,54
25	மாங்கனீசு	54·93	55
26	இரும்பு	55·84	56,54,57,58
27	கோபால்ட்	58·94	59,57
28	நிக்கல்	58·69	58,60,62,61,64
29	தாமிரம்	63·54	63,65
30	ஸிங்க்	65·39	64,66,68,67,70
31	காலியம்	69·72	69,71
32	ஜெர்மானியம்	72·60	74,72,70,73,76
33	ஆர்சினிக்	74·91	75
34	செலினியம்	78·96	80,78,76,82,77,74
35	புரோமின்	79·916	79,81,

அணு எண்	தனிமம்	அணு எடை	ஐசோடோப்புகள்
36	கிரிப்ட்டான்	83·7	84,86,82,83,80,78
37	ருபீடியம்	85·48	85,87
38	ஸ்ட்ரான்சியம்	87·63	88,86,87,84
39	இட்டிரியம்	88·92	89
40	சிர்க்கோனியம்	91·22	90,92,94,91,96
41	நியோபியம்	93·3	93
42	மாலிப்டினம்	95·95	98,96 95,92,94, 100,97
43	டெக்னீசியம்	—	—
44	ருத்தீனியம்	101·7	102,101,104,100, 99,96,98
45	ரோடியம்	102.91	103,101
46	பல்லேடியம்	106·7	106,108,105,110, 104,102
47	சில்வர்	107·88	107,109
48	காட்மியம்	112·41	114,112,111,110, 113,116,106,108
49	இன்டியம்	114·76	115,113
50	வெள்ளீயம் (டின்)	118·70	120,118,116,119, 117,126,122, 112,114,115
51	ஆன்டிமனி	121·76	121,123
52	டெல்லூரியம்	127·61	130,128,126,125, 124,122,123,120
53	அயோடின்	126·92	127
54	ஸெனன்	131·3	132,129'131,134 136,130,128, 124,126
55	சீசியம்	132·91	133
56	பேரியம்	137·36	138,137,136,135, 134,130,132
57	லாந்தனம்	138·92	139
58	சீரியம்	140·13	140,142,136,138
59	பிரேசியோடிமியம்	140·92	141
60	நியோடிமியம்	144·27	142,144,146,143, 140,148,150
61	புரொமித்தியம்	—	—
62	சமேரியம்	150·34	152,154,147,149, 148,150,144
63	யூரோப்பியம்	152·0	153,151
64	கடோலினியம்	156·9	156,158,155,157 160,154,152
65	டெர்பியம்	159·2	159

அணு எண்	தனிமம்	அணு எடை	ஐசோடோப்புகள்
66	டிஸ்ப்புரோஸியம்	162·46	164,162,163 161,160,158
67	ஹோல்மியம்	163·5	165
68	எர்பியம்	167·2	166,168,167 170,164,162,
69	தூலியம்	169·4	169
70	இட்டர்பியம்	173·04	174,172,173,176 171,170,168
71	லுட்டீசியம்	175·0	175,176
72	ஹாஃப்னியம்	178·6	180,178,177 179,176,174
73	டான்டலம்	180·88	181
74	டங்ஸ்ட்டன்	183·92	184,186,182, 183,180
75	ரீனியம்	186·31	187, 185
76	ஆஸ்மியம்	190·2	192,190,189,188 187,186,184
77	இரிடியம்	193·1	193,194
78	பிளாட்டினம்	195·23	195,194,196,198 192
79	தங்கம்	197·2	197
80	மெர்க்குரி	200·61	202,200,199,201, 198,204,196

அணு எண்	தனிமம்	அணு எடை	நிலைத்த ஐசோடோப்புகள்	கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள்
81	தாலியம்	204·39	205,203	207,208,210
82	லெட்	207·21	208,206, 207,204	210,211,213,214
83	பிஸ்மத்	209·00	209	210,211,213,214
84	பொலோனியம்	210	—	210,211,212,214 215,216,218
85	ஆஸ்ட்டட்டின்	—		
86	ரேடான்	222		222,219,220
87	பிரான்சியம்	—	—	
88	ரேடியம்	226·05		226,223,224
89	ஆக்ட்டினியம்	?		227,228
90	தோரியம்	232·12	232	232,227,228,230, 234
91	புரொட்டோ ஆக்ட்டினியம்	?		231,234
92	யுரேனியம்	238·07	—	238,235,234

9. ஐசோடோப்புகளைத் தனிப்படுத்தல்

தாம்ஸன் நியான் தனிமத்தை பரவளைய முறையில் ஆராய்ந்தார். அதிலிருந்து ஐசோடோப்புகளைத் தனிப்படுத்தல் சாத்தியம் என்று நம்பப்பட்டது. அவர் நியான் வாயுவை மீண்டும் மீண்டும் விரவல் (diffusion) நிகழ்ச்சிக்கு உட்படுத்தி அதன் ஐசோடோப்புகளை ஓரளவுக்குத் தனிப்படுத்தினர். யுரேனியம்-235, அணு ஆற்றலை வெளிப்படுத்த பயன்படுத்தக் கூடியது என்று தெரியவந்தபோது அறிவியலார் ஐசோடோப்புகளைத் தனிப்படுத்தும் முறைகளைக் கண்டறிவதில் அக்கறைக் காட்டினர். ஐசோடோப்புகளைத் தனிப்படுத்தக் கையாளப்படும் முறைகள் இங்கே விவரிக்கப்படுகின்றன.

விரவல் (Diffusion) முறை

வெப்பநிலை மாருமல் இருக்கின்ற நிலையில் இலேசான வாயு கனமான வாயுவைவிடவேகமாகநகருகிறது. கிரஹாமின்(Graham) விரவல் விதிப்படி, ஒரு வாயுவின் விரவல் வேகம் அவ்வாயுவின் அடர்வின் வர்க்க மூலத்திற்குஎதிர் விகிதத்தில் இருக்கிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் எல்லா மூலக்கூறுகளின் சராசரி இயக்க ஆற்றலுமே $\frac{1}{2}$ mv. இரண்டு வாயுக்களை எடுத்துக் கொள்வோம். ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் அவ்வாயுக்களின் மூலக்கூறு எடைகள் முறையே m_1 மற்றும் m_2 எனவும் அவற்றின் திசை வேகங்கள் v_1 மற்றும் v_2 ஆகவும் இருப்பதாகக்கொள்வோம். அந்த மூலக்கூறுகளின் சராசரி இயக்க ஆற்றல்கள் சமம். எனவே,

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

இதிலிருந்து

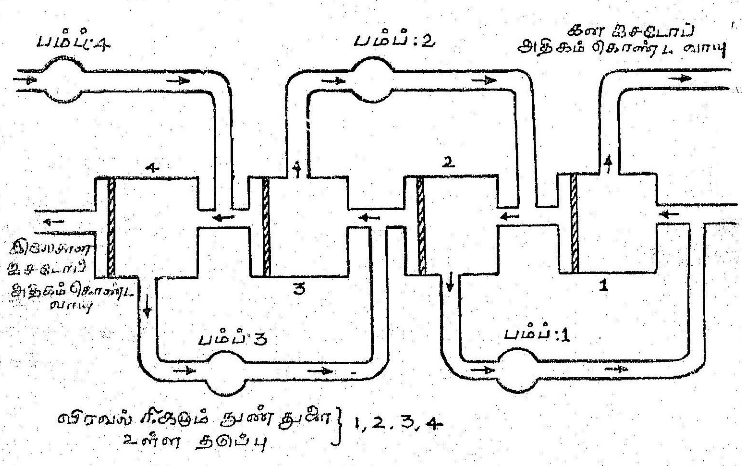
$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$$ என்ற தொடர்பைப் பெறுகிறோம்.

கிரஹாமின் விரவல் விதியை கணக்கியலாக இப்படிச் சொல்லலாம். அதாவது விரவல் வேகம் வாயுவின் மூலக்கூறு எடையின் வர்க்க மூலத்திற்கு எதிர் விகிதத்தில் இருக்கிறது. நுண்துளைகள் மலிந்த தடுப்புச் சுவர் வழியாக குறைவான மூலக்கூறு எடைக் கொண்ட வாயு அதிக மூலக்கூறு எடைக் கொண்ட வாயுவைவிட

வேகமாக விரவிச் செல்கிறது. இந்த அடிப்படையில் ஐசோடோப்புகளைத் தனிப்படுத்தலாம்.

1913-ல் ஆஸ்டன் இந்த முறையில் நியானின் ஐசோடோப்புகளை ஓரளவுக்குத் தனிப்படுத்தினர். *1916*-லிருந்து *1921* வரை சிகாகோ பல்கலைக் கழகத்தில் **W.D.** ஹாக்கின்ஸ் (**W.D. Harkins**) இந்த அடிப்படையில் Hcl வாயுவை ஓரளவுக்கு cl^{35}, மற்றும் cl^{37} ஐசோடோப்புகளைக் கொண்ட இரண்டு பகுதிகளாகத் தனிப்படுத்தினர்.

1932-ல் ஹெர்ட்ஸ் (G. Hertz) விரவல் முறையில் ஐசோடோப்புகளைத் தனிப்படுத்தல் முறையினை மேம்படுத்தினர். பல தடுப்புச் சுவர்களையும் பம்புகளையும் தொடர் இணைப்பில் வைத்து தனிப்படுத்தலில் தகைத் திறத்தை மேம்படுத்தினர். பம்ப் செய்யும் அமைப்புகளையும், விரவல் அமைப்புகளையும் தகுந்தவாறு அமைத்து குறைவான அழுத்த நிலையில் விரவல் நிகழச் செய்து ஒரு பக்கத்தில் கன ஐசோடோப்பையும் இன்னொரு கோடியில் இலேசான ஐசோடோப்பையும் பெறலாம்.



படம் 31

ஹெட்ர்ஸ் முறையில் சிலபோது 50 பம்புகள் கொண்ட அமைப்பை கையாளுவது உண்டு. படத்தில் தொடர் அமைப்பின் ஒரு பகுதியான நான்கு யூனிட்டுகள் (ஒருமங்கள்) மட்டும் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஆரம்பத்தில் வாயு அமைப்பின் வலதோரத்தில் உட் புகுகிறது. பம்ப்பின் அமைப்புபடி வாயுவில் ஒரு பகுதி மட்டும் நுண்துளைகள் மலிந்த முதல் தடுப்புச் சுவர்வழி விரவல் உறுகிறது. பாதி வாயு திருப்பி அனுப்பப்பட்டு உட்

புகும் வாயுவுடன் கலந்து விடுகிறது. விரவிச்செல்லும் வாயுவில் இலேசான ஐசோடோப்பின் அளவு அதிகரிக்கிறது. இஃது 2-ம் தடுப்புச்சுவரை அடைகிறது. இங்கும் பாதி வாயு மட்டுமே விரவலுக்கு உள்ளாகிறது. மீதம் திருப்பி அனுப்பப்பட்டு 2-ம் தடுப்புச்சுவர் வழி ஊடுருவ வரும் வாயுவுடன் கலக்கிறது. 2-ம் தடுப்புச்சுவர் நுண் துகளைகள் வழிவிரவிச் செல்லும் வாயுவில் ஒரு பாதிமட்டுமே 3-ம் தடுப்புச் சுவரில் விரவிச் செல்லுகிறது. மறுபாதி திருப்பியனுப்பப்படுகிறது. இம்மாதிரியே இந்நிகழ்ச்சி தொடருகிறது. ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் விரவிச் செல்லும் வாயுவில் படிப்படியாக இலேசான ஐசோடோப்பு அதிகரிக்கிறது. முடிவில் ஒரு பக்கத்தில் தூய்மைப் பெருக்கம் செய்யப்பட்ட இலேசான ஐசோடோப்பும் மறுமுனையில் கிட்டத்தட்ட தனிப் படுத்தப்பட்ட கன ஐசோடோப்பும் சேர்கின்றன.

யுரேனியம்-235 மற்றும் யுரேனியம்-238 (u^{238}) ஆகிய இரண்டு ஐசோடோப்புகளும் யுரேனியத்தில் காணப்படுகின்றன. இவ்விரண்டில் u^{235}- ஐசோடோப்புதான் அணு ஆற்றலை வெளிப்படுத்த தேவைப்படுவது. யுரேனியம் முதலில் uF_6-ஆக மாற்றப்படுகிறது. இது 50°C-ல் விரவலுக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. அப்போது ஹெர்ட்ஸ் விரவல் அமைப்பின் ஒரு முனையில் யுரேனியம்-235 கொண்ட uF_6-ம் மறுமுனையில் யுரேனியம்-238 கொண்ட uF_6-ம் சென்றடைகின்றன. பின்னர் uF_6-லிருந்து யுரேனிய ஐசோடோப்புகள் பெறப்படுகின்றன.

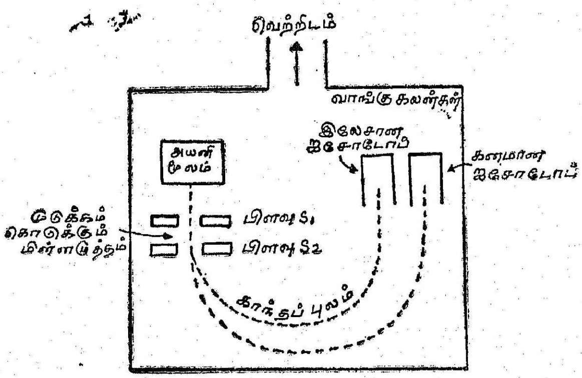
மின்காந்த முறை

நிறை நிறமாலை வரைவியின் அடிப்படையில்தான் மின் காந்த முறையில் ஐசோடோப்புகளைத் தனிப்படுத்துகிறோம். ஆரம்பகாலத்தில் u^{-235} ஐசோடோப்பைத் தனிப்படுத்தவே இம் முறை கையாளப்பட்டது. தற்போது 60க்கு மேற்பட்ட தனிமங்களின் ஐசோடோப்புகளை இம்முறையில் தனிப் படுத்துகிறார்கள்.

யுரேனியம்-235 மற்றும் யுரேனியம்-238 ஐசோடோப்புகளைத் தனிபடுத்தும் முறையில் யுரேனிய உப்பு முதலில் ஆவியாக்கப்பட்டு மின்வில் சுடர் (Electric arc) வழியாக செலுத்தப்படுகிறது. அப்போது நேர்மின்னயனிகள் உண்டாகின்றன. அவை மின் புலத்தால் முடுக்கப்பட்டு பிளவுகள் வழியாகச் சென்று ஒரு அயனிக் கற்றை (ionic beam) யாக மாறுகிறது. அடுத்து மிக ஆற்றல் வாய்ந்த காந்தப் புலத்தை அந்த அயனிக் கற்றை அடைகிறது. இலேசான ஐசோடோப்பின் அயனிகள் கனமான ஐசோடோப்பின் அயனிகளைவிட வேகமாகச் செல்கின்றன காந்தப் புலத்தில் அவை வெவ்வேறு வளைவுப் பாதையில் செல்கின்றன

காந்தப் புலத்தில் அதிக பாதை வளைவுக்கு உள்ளாகின்றவை இலேசான ஐசோடோப்புகளே. வாங்கு கலன்களை சரியான இடத்தில் வைத்து ஐசோடோப்புகளை சேகரிக்கலாம். இந்த விளைவுகளெல்லாமே வெற்றிடத்தில் நிகழ்த்தப்பட வேண்டும்.

படத்தில் கையாளப்படும் சாதனத்தின் அமைப்பு காட்டப் பட்டிருக்கிறது.



படம் 32

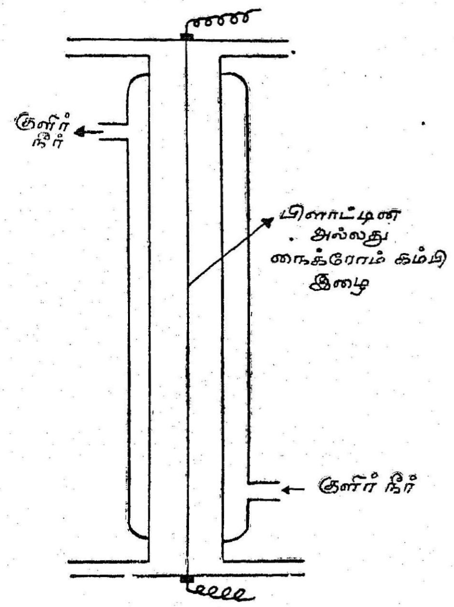
வெப்ப விரவல் முறை : (Thermal diffusion method)

சுமார் 3-மீட்டர் நீளமும், 1-சென்டிமீட்டர் விட்டமும் கொண்ட கண்ணாடிக் குழாயின் வெளிச்சுவர் குளிர்ந்த நீரால் குளிரச் செய்யப்படுகிறது. குழாயின் மைய அச்சில் படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ளது போல் பிளாட்டின அல்லது நைக்ரோம் கம்பி இழை இருக்கிறது. அந்த இழை மின்சாரத்தால் 600°-Cக்கு சூடாக்கப் படுகிறது. இம்முறையில் பயன்படுத்தப்படும் அமைப்பைப் படத்தில் காண்க. குழாயில் தனிமம் எடுத்துக் கொள்ளப்படு கிறது குழாயின் மையப் பகுதி, சுவர் பகுதி இரண்டையும் மாறு பட்ட வெப்பநிலைகளில் வைக்கும் போதுவெப்ப விரவல் காரண மாக இலேசான ஐசோடோப்புகள் சூடான கம்பி இழையைச் சுற்றி இருக்கின்றன. வெப்ப சலனங் (convection) காரணமாக இவை குழாயின் மேற்பகுதியைச் சென்றடைகின்றன. கன ஐசோ டோப்புகள் குளிர்ந்த பரப்பில் சென்றடைந்து வெப்ப சலனங் காரணமாக குழாயின் அடிப்பகுதியைச் சென்றடைகின்றன. பின்னர் இலேசான மற்றும் கன ஐசோடோப்புகள் அவ் வற்றிற்கு உரிய கலன்களில் சேகரிக்கப்படுகின்றன (படம் 33).

காய்ச்சி வடித்தல் முறை

ஒருதிரவம் ஆவியாகும் போது ஆவியாகும் வேகம் அதன் மூலக்

கூறு எடையும் வர்க்கமூலத்திற்கு எதிர்விகிதத்தில் இருக்கிறது. திரவப் பரப்பு நுண்துளையுள்ள இடைத்திரையாக (Diaphragm) செயல் படுகிறதெனலாம். எனவே, ஐசோடோப்புகள் ஆவியாகும்

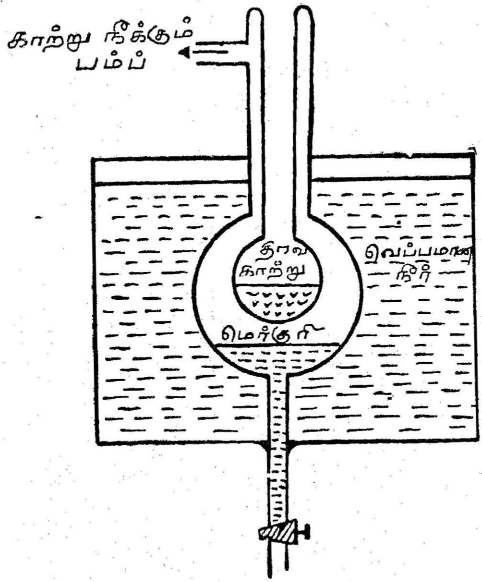


படம் 33

வேகத்தில் மாறுபடுவதைக் கொண்டு அவற்றைத் தனிப்படுத்தலாம். அடுத்த பக்கப்படத்தில் இம்முறை விளக்கப்படுகிறது.

40—60° C-ல் மெர்க்குரி ஆவியாக்கப் படுகிறது. உள்கலத்தில் காற்றுத் திரவம் (liquid air) இருக்கிறது. உள்கலம் வெளிக் கலத்திலிருக்கும் மெர்க்குரி பரப்பிலிருந்து, 1-லிருந்து 2செ.மீ வரையிலான தூரத்தில் இருக்கிறது. [பரப்பிலிருந்து வெளியேறும் மெர்க்குரியின் சராசரி கட்டில்லாவழி (meen free Path)க்கு இது சமமாகும்]. இந்தநிலையில் மோதல்கள் ஏதும் நிகழ்வதில்லை. ஆவியாகி மேல் நோக்கிச் செல்லும் எல்லா மெர்க்குரி அணுக்களுமே குளிர்ந்தப் பரப்பில் திண்மப்பொருளாக படிந்து விடுகின்றன. நான்கில் ஒருபகுதி மெர்க்குரி ஆவியானவுடன் ஆவியாகிப் படிந்த மெர்க்குரியும், மீதம் இருக்கும் மெர்க்குரியும், தனிப்படுத்தப்படுகின்றன. இப்மாதிரி பல முறை பின்னப் பகுத்தலுக்கு உட்படுத்தி இறுதியாகப் பெறப்படுகிற ஆவிப்படிவில்

அதிகப்படியான இலேசான ஐசோடோப்பும், மிஞ்சிய திரவத்தில் அதிகப்படியான கன ஐசோடோப்பும் இருக்கின்றன. குளோரின் பொட்டாசியம் ஆகியவற்றின் ஐசோடோப்புகளையும் இம்முறையில் தனிப்படுத்தலாம்.



படம் 34.

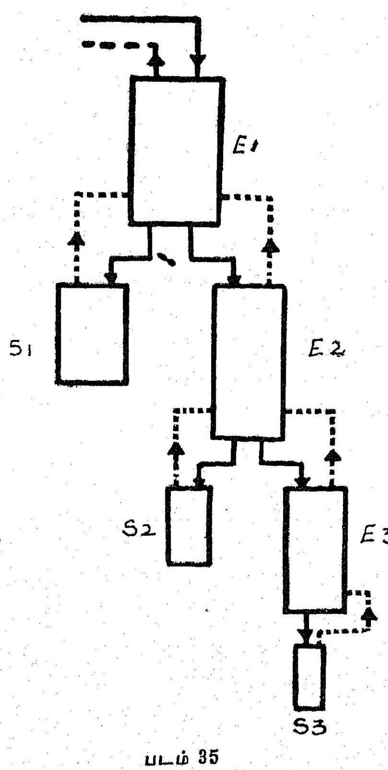
வேதியியல் பரிமாற்று முறை

ஐசோடோப்பிக் சேர்மங்களுக்கிடையே (Isotopic compounds) அவற்றின் வேதியியல் தன்மையில் சிறிது வேறுபாடுகள் இருக்கின்றன. இலேசான தனிமங்களின் சேர்மங்களில் இந்த வேறுபாடுகள் ஓரளவுக்கு அதிகமாக இருக்கின்றன எனலாம். இந்த அடிப்படையில் ஐசோடோப்புகளைத் தனிப்படுத்தல் இயலும். இம்முறையில் ஹைட்ரஜனையும் கனஹைட்ரஜனையும் தனிப்படுத்தலாம். கார்பன், நைட்ரஜன், கந்தகம் ஆகியவற்றின் ஐசோடோப்புகளைத் தனிப்படுத்தவும் இந்த முறை கையாளப் படுகிறது.

கார்பன் டை யாக்ஸைடு வாயுவிற்கும் பை-கா-ர்பனேட்டு அயனிக்கும் இடையே நிகழும் பரிமாற்று வினையை எடுத்துக் கொள்வோம்.

$$C^{13}O_2 + HC^{12}O_3^- \rightleftharpoons C^{12}O_2 + HC^{13}O_3^-$$

இந்த வினையின் சமநிலை மாறிலி (K) = 1·012 $HC^{12}O_3^-$ மற்றும் $C^{12}O_2$ ஆகியவற்றின் அடர்வு C^{13}ஐ கொண்டவைகளைவிட அதிகம் எனவே, இவை கிட்டதட்ட மாறிலிகள் என்றே கொள்ளலாம். எனவே, $\frac{1 + C^{13}O^-}{C^{13}O_2}$ என்ற விகிதம் 1·012க்கு சமம். எனவே, பைகார்பனேட்டு கரைசலில் கார்பன் டை யாக்ஸைடில், இருப்பதைவிட 1·2 சதம் அதிகம் C^{13} ஐசோடோப்பு இருக்கிறது.



படம் 35

கீழே சில எடுத்துக்காட்டு ஐசோடோப்பு பரிமாற்று வினைகளும் அவற்றின் சமநிலை மாறிலிகளும் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

$HC^{12}N + (C^{13}N)^- \rightleftharpoons HC^{13}N + (C^{12}N)^-$ K = 1·026
(வாயு) (கரைசல்) (வாயு) (கரைசல்)

$S^{34}O_2 + (HS^{32}O^3)- \rightleftharpoons S^{32}O_2 + (HS^{34}O_3)^-$ K = 1·019
(வாயு) (கரைசல்) (வாயு) (கரைசல்)

$N^{15}H_3 + (N^{14}H_4)^+ \rightleftharpoons N^{14}H_3 + (N^{15}H_4)^+$ K = 1.031
(வாயு) (கரைசல்) (வாயு) (கரைசல்)

பல கட்ட (Muti stage) பரிமாற்று முறையைப் பயன்படுத்தி இம்முறையில் ஐசோடோப்புகள் தனிப்படுத்தப்படுகின்றன. இம்முறையில் பயன்படுத்தப்படும் சாதனத்தின் அமைப்பை முன் பக்கப்படத்தில் காண்க. அமோனியா-அமோனியம் அயனிபரிமாற்று முறையில் N^{15}-ஐத் தயாரிப்பதாகக் கொள்வோம் E_1என்ற திணிக்கப்பட்ட அடுக்கின் (column) மேல் பகுதியில் அமோனியம் நைட்ரேட்டு கரைசல் மேலே விடப்படுகிறது. இதில் $\frac{9}{10}$ பங்கு திரவம் S_1 என்ற கலத்தை அடைகிறது. அங்கு அது சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடுடன் வினையுற்று அமோனிய வாயுவாக மாற்றப்படுகிறது. இந்த அமோனியா வாயு E_1 ல் மேல் நோக்கிச் செல்கிறது. E_1ல் கீழ்நோக்கிச் செல்லும் $\frac{1}{01}$ பங்கு கரைசல் E_2-அடுக்கை அடைகிறது. இதில்செல்லும் $\frac{9}{10}$ பங்கு கரைசல் S_2 என்ற கலத்தை அடைந்து அங்கு அமோனியாவாக மாற்றப்படுகிறது. அந்த வாயு E_2-ல் மேல்நோக்கிச் செல்கிறது. E_2-வழியாகச் செல்லும் கரைசல் $\frac{1}{10}$ பங்கு E_3- அடுக்கை அடைகிறது. E_3-ன் வழியாக கீழே இறங்கும் இது S_3 கலத்தை அடையும்போது எல்லாமே அமோனியாவாக மாற்றப்படுகிறது. இம்முறையில் படிப்படியாக தூய்மைப்பெருக்கம் செயயப்படுகிறது. E_3-லிருந்து 72·8 சதம் N^{15} கொண்ட அமோனியம் நைட்ரேட்டு கரைசலைப் பெறலாம் சாதாரண ஹைட்ரஜனில் N^{15}. ·38 சதமே இருக்கிறது.

ஹைட்ரஜன் சயனைடு வாயுவுக்கும் சோடியம் சையனைடு கரைசலுக்கும் பரிமாற்று வினை நடத்தி தூய்மைப் பெருக்கம் செய்யப்பட்ட C^{13} ஐப் பெறலாம். கந்தகத்தில் S^{32}-95·00% S^{33}—0·74%, S^{34}—4·2%, S^{36}—0·16%, என்றபடி ஐசோடோப்புகள் இருக்கின்றன. SO_2 வாயுவுக்கும், சோடியம் பைசல்ஃபைட் கரைசலுக்கும் பரிமாற்று வினை நிகழச் செய்து கன ஐசோடோப்பை அதிகரிக்கலாம்.

$$S^{34}O_2 + HS^{32}O_4^- \rightleftharpoons S^{32}O_2 + HS^{34}SO_4^-$$

(வாயு) (கரைசல்) (வாயு) (கரைசல்)

நைட்ரஜன்-15ஐ தூய்மைப் பெருக்கம் செய்யும் அதே முறையில் கந்தகம்-34ஐயும் தூய்மைப்பெருக்கம் செய்யலாம். 25 சதத்திற்கு மேல் S^{34} கொண்ட கந்தகத்தை இவ்வாறு தயாரிக்கலாம்.

மின்னாற் பகுப்பு முறை

ஹைட்ரஜனின் ஐசோடோப்புகளைத் தனிப் படுத்த மட்டும் இம்முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஹைட்ரஜனில் சாதாரண ஹைட்ரஜன் (H^1) மற்றும் டியூட்டீரியம் (Deuterium) அல்லது கன

ஹைட்ரஜன் (H^2) ஆகிய ஐசோடோப்புகள் இருக்கின்றன. ஒரே தனிமத்தின் ஐசோடோப்பு பிரத்தியேக பெயரைக் கொண்டிருப்பது கனஹைட்ரஜன் மட்டுந்தான். ஹைட்ரஜனில் 99·984 சதம் சாதாரண ஹைட்ரஜனும் 0·0159 சதம் கனஹைட்ரஜனும் இருக்கின்றன.

1932-ல் மின்னாற் பகுப்புமுறையில்தான் கனஹைட்ரஜன் ஓரளவுக்கு தூய்மைப்பெருக்கம் செய்யப்பட்டது. அமில அல்லது காரநீர்க்கரைசல்களை மின்னாற் பகுக்கும் போது முதலில் இலேசான ஹைட்ரஜனை வெளிவருகிறது. எஞ்சிய கரைசலுல் கனஹைட்ரஜன் அதிக அளவில் இருக்கிறது. 1933-ல் **G. N.** லூயிஸ் (G N. Leuis) தொழிற் கூடங்களில் மின்பகுப்பு செல்களிலிருந்து பெறப்பட்ட நீரை தொடர்ந்து மின்னாற்பகுத்து முடிவில் $\frac{1}{10}$ க. செ.மீ மிஞ்சிய நீரைப் பெற்றார். அதில் கிட்டதட்ட கனஹைட்ரஜன் மட்டுமே இருந்தது.

ஒரு கன சென்டி மீட்டர் கனநீரை தயாரிக்க 30,000 ஆம்பியர் மணி (ampere-hour) மின்சாரம் தேவைப்படுகிறது. மின்சாரம் மலிவாக இருக்கிற நார்வே போன்ற நாடுகளில் தான் கனநீரை மலிவாகத் தயாரிக்கலாம்.

முதல் 0·5M சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடில் ஆரம்பித்து அதன் பருமனளவு $\frac{1}{10}$ பங்கு ஆகும் வரை தொடர்ந்து மின்னாற் பகுக்க வேண்டும். இப்படிபெற்ற காரக்கரைசலை கார்பன் டையாக்ஸைடு கொண்டு நடுநிலையாக்க வேண்டும். அதனைக் காய்ச்சி வடித்து பெறப்படும் நீர் அதிகம் கனஹைட்ரஜனைக் கொண்டிருக்கிறது. அடுத்து அந்த நீரைக் கொண்டு மீண்டும் ·1M சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடைத் தயாரித்து முன்னர் விவரித்தப்படியே தொடரப்படுகிறது. இவ்வாறு அடுத்தடுத்து தொடரப்படும் 7–நிலைகளுக்குப்பின் தூய்மையான டியூட்டீரியம் ஆக்ஸைடு அதாவது கன நீர் பெறப்படுகிறது.

மின்னாற்பகுப்பு நிலைகள்	மின்னாற்பகுக்கப் பட்ட கரைசலின் பருமன் லிட்டரில்	எச்சக் கரைசலின் அளவு	டியூட்டீரியத்தின் சதம்
1	2300	0·998	0·03
2	340	0·999	0·5
3	52	1·001	2·5
4	10	1·007	8·0
5	2	1·031	30·0
6	0·42	1·098	93·0
7	0·08	1·104	99·0

அடுத்தடுத்து மின்னாற்பகுப்பு நிகழ்த்தும்போது ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் டியூட்டீரியத்தின் அளவு அதிகரிப்பதைக் காட்டும் அட்டவணையை மேலே காண்க.

வினாக்கள்

1. தனிமத் தொகுதி இடப்பெயர்ச்சி விதியை விளக்குக.

2. ஐசோடோப்பு என்றால் என்ன? ஐசோடோப்புகளுக்கும் ஐசோபார்களுக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள் யாவை?

3. ஆஸ்டனின் நிறை நிறமாலை வரைவியை விவரித்து எழுதுக.

4. டெம்ஸ்டரின் நிறை நிறமாலைமானி செயல்படும் முறையை விளக்குக.

5. முழு எண் விதி பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.

6. ஐசோடோப்புகளை விரவல் முறையில் எவ்வாறு தனிப்படுத்தலாம்?

7. யுரேனியம் ஐசோடோப்புகளை மின்காந்த முறையில் எவ்வாறு தனிப்படுத்துகிறார்கள்?

8. வெப்பச் சலன விரவல் முறையை விளக்கி எழுதுக.

9. வேதியியல் பரிமாற்று முறையில் நைட்ரஜன் 15 ஐத் தனிப்படுத்தும் முறையை விவரித்து எழுதுக.

10. கனநீரை மின்னாற் பகுப்பு முறையில் தயாரிக்கும் வகையை எழுதுக.

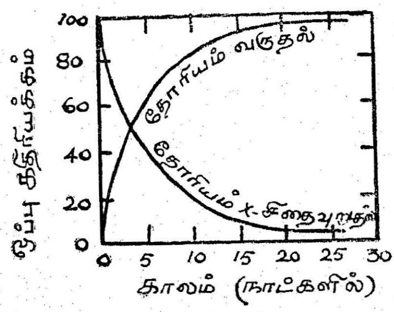
10. கதிரியக்கச் சிதைவு

வில்லியம் குருக்ஸ் (william Crooks) என்பார் கதிரியக்கம் பற்றி பல ஆய்விகள் நிகழ்த்தியவர். குருக்ஸ் யுரேனியம் நைட்ரேட்டு கரைசலுடன் அமோனியம் கார்பனேட்டு சேர்த்து வீழ்ப்படிவைப் பெற்றார், இந்த வீழ்ப்படிவை மீண்டும் ஓரளவு கரைத்த பின் சிறிது வீழ்ப்படிவு எஞ்சிற்று. நிழற்படத் தகட்டைக் கொண்டு ஆய்ந்தபோது அது அபரிமிதமாகக் கதிரியக்கங் கொண்டிருத்தலைக் கண்டார். கரைசலை ஆவியாக்கி கிடைக்கப் பெற்ற பொருளில் எல்லா யுரேனியமும் இருந்தபோதும் அதன் கதிரியக்கம் கணிசமான அளவு இல்லை என்பதைக் கண்டார். எனவே யுரேனியத்தின் கதிரியக்கத் தனமைக்குக் காரணம் அதனுடன் சேர்ந்திருக்கும் இன்னொரு பொருள் என்ற முடிவை குருக்ஸ் வெளியிட்டார். இக்கருத்து க்யூரி, பிக்குயிரல் ஆகியோரின் கருத்துக்கு மாறானது ஆகும். யுரேனியத்துடன்சேர்ந்து இருப்பதாகக் கருதப்பட்ட அத்தனிமத்தை யுரேனியம்-X என்று குருக்ஸ் அழைத்தார்.

பிக்குயிரல் யுரேனியம் உப்புடன் முதலில் பேரியம் குளோரைடைச் சேர்த்து பின் அக்கலவையுடன் கந்தக அமிலம் சேர்த்து பேரியத்தை அதன் சல்ஃபேட்டாக வீழ்ப்படிவாக்கினர். அம்மாதிரி பெறப்பட்ட பேரியம் சல்ஃபேட் கிட்டதட்ட எல்லா கதிரியக்கத்தையுமே கொண்டிருந்தது. ஆனால் அதில் யுரேனியம் ஏதுமில்லை இந்தச் சோதனையின் முடிவு குருக்ஸின் கருத்துக்கு ஒத்துவருவதாயிற்று. என்றாலும் யுரேனியத்துடன் இன்னொரு பொருள் இருப்பதால்தான் அது கதிரியக்கம் கொண்டிருக்கிறது என்பதில் பிக்குயிரலுக்கு உடன்பாடு இல்லை. 1901-ல் அவர் யுரேனியம் உப்பிலிருந்து, கதிரியக்கத்தன்மை யாவையும் பேரியம் சல்ஃபேட்டில் நீக்கினர். பேரியம் சல்ஃபேட்டையும், யுரேனியம் உப்பையும் அப்படியே 18-மாதங்கள் வைத்திருந்தார். அதற்கு பின்னர் யுரேனியம் சேர்மம் மீண்டும் கதிரியக்கத் தன்மையைப் பெற்றிருத்தலையும் பேரியம் சல்ஃபேட் கதிரியக்கச் செயலை கிட்டதட்ட இழந்துவிட்ட நிலையையும் கண்டார். இச்சோதனையின் முடிவாக யுரேனியம் ஒரு சிறப்பான தன்மையைக் கொண்டிருக்கவேண்டுமென்ற முடிவுக்கு வந்தார்.

கிட்டதட்ட இதேமாதிரியான சோதனையை 1902-ல் ருதர்-போர்டும், சாடி (Soddy)யும் நிகழ்த்தினார்கள். நீரில் தோரியம் நைட்ரேட்டைக் கரைத்து, அமோனியா சேர்த்து அது தோரியம் ஹைட்ராக்ஸைடு வீழ்ப்படிவாகப் பிரிக்கப்பட்டது. வடிநீர்மம் **(filtrate)** ஆவியாக்கப்பட்டு சிறிது திண்மம் பெறப்பட்டது. இதனை தோரியம் X-என்று அழைத்தார்கள். முதலில் தோரியத்திலிருந்த எல்லாக் கதிரியக்கமுமே இதில் இருந்தது. ஆனால் தோரியம் ஹைட்ராக்ஸைடு மிகக்குறைவான கதிரியக்கத்தன்மை கொண்டிருந்தது. ஆனால் ஒரு சில நாட்களுக்குப்பின் தோரியம் X-கதிரியக்கத்தன்மையை இழந்து வருவதையும் தோரியம் கதிரியக்கத்தன்மையை மீண்டும் பெற்றுவருவதையும் கண்டனர். இந்த நிகழ்ச்சி கீழே படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

யுரேனியம் மற்றும் யுரேனியம் X- ஆகியவையும் மேலே விவரித்தபடியே செயல்படுவதும் நிரூபிக்கப்பட்டது. ஆனால் ஒரு வேறுபாடு யுரேனியம் மீண்டும் கணிசமான அளவு கதிரியக்கம் பெற கிட்டதட்ட ஆறுமாதங்கள் பிடிக்கின்றன.



படம் 36

யுரேனியம், யுரேனியம் X-உடனும், தோரியம், தோரியம் X-உடனும் சேர்ந்திருப்பது உறுதியாயிற்று. இவைகள் மாறுபட்ட வேதியியல் மற்றும் கதிரியக்கத் தன்மைகளைக் கொண்டிருக்கின்றன. இங்கு சிறப்பாக கவனிக்க வேண்டியது, தனிப்படுத்தப் பட்ட பின்னர், தோரியத்திலிருந்து ஒரு மாதத்திற்குப் பின்னும், யுரேனியத்திலிருந்து ஆறு மாதங்களுக்குப் பின்னரும் கதிரியக்கம் மிகக் கொண்ட பகுதி உண்டுபண்ணப்படுகிறது என்பதுதான். மீண்டும் தோரியம்-**X,** அல்லது யுரேனியம்-**X,** ஆகியவற்றை தனிப்படுத்திவிடலாம். பின்னரும் அதே கால இடைவெளிகளுக்குப் பின்னர் தோரியம் மற்றும் யுரேனியம் ஆகியவை கதிரியக்கத் தன்மையைப் பெறுகின்றன.

ரேடியம் அல்லது தோரியம் அருகில் வைக்கப்பட்ட பொருள்களில் கதிரியக்கம் தூண்டப்படுவதை 1899-ல் க்யூரி தம்பதியர் கண்டறிந்தனர். தோரியத்தின் கதிரியக்கம் காற்று வீச்சால் பாதிக்கப்படுவதை ஓவனஸ் (R. B. Owens) கண்டார். 1900-ல் ருதர்ஃபோடு இந்நிகழ்ச்சிகளுக்கான விளக்கம் தந்தார். தோரியம் தொடர்ந்து கதிரியக்க வாயுவை விடுகிறது. அப்படி வெளிப்படும் வாயுவின் கதிரியக்கம் வேகமாகச் சிதைகிறது. அப்போது அருகே உள்ள பொருள்களில் கதிரியக்கம் தூண்டப்படுகிறது.

ரேடியத்திலிருந்து கதிரியக்கச் சிதைவில் வாயு வெளிப்படுவதும் நிரூபிக்கப்பட்டது. ஆக்டினி சிதைவுறும் போது வாயுவை வெளிவிடுகிறது. இம்மாதிரி வரும் வாயுக்களும், பொதுவான வாயுக்களைப் போன்றே இருக்கின்றன. தாழ்ந்த வெப்பநிலையில் இவற்றையும் திரவமாக்கலாம். அப்போது கூட கதிரியக்கத்தன்மை அப்படியே இருக்கிறது. அவ்வாயுககள் கதிரியக்கச் சிதைவுக்கு உள்ளாகும் போது அருகே உள்ள பொருள்கள் அல்லது கலத்தில் கதிரியக்கத்தன்மை தூண்டப்படுகிறது.

கதிரியக்கச் சிதைவுக் கொள்கை (Theory of radio active Disintegration): 1902-ல் ருதர்ஃபோர்டு மற்றும் சாடி ஆகிய இருவரும் கதிரியக்கச் சிதைவு பற்றிய கொள்கையை வெளியிட்டனர். கதிரியக்கத் தனிமங்களின் அணுக்கள் தன்னிச்சையாக α-அல்லது β-கதிர்களை விட்டு சிதைந்து விடுகின்றன. அப்போது புதுத் தனிமங்களின் அணுக்கள் உண்டாகின்றன. ருதர்ஃபோர்டும் சாடியும் இக்கருத்தை கீழே விவரித்தவாறு வெளியிட்டனர். 'மின்னேற்றங்கொண்ட துகளை வெளிப்படுத்தி அணுக்கரு சிதையும்போது மூலத்தனிமத்தைவிட எடைக் குறைவான ஒரு புதுத் தனிமம் உண்டாகிறது. இதன் வேதியியல் பௌதிக இயல்புகள் மூலத் தனிமத்திலிருந்து முற்றிலும் மாறுபட்டதாக இருக்கின்றன. இச் சிதைவு ஆரம்பத்திலிருந்து அளக்கக்கூடிய வேகத்துடன் அடுத்தடுத்து நிகழ்கிறது.'

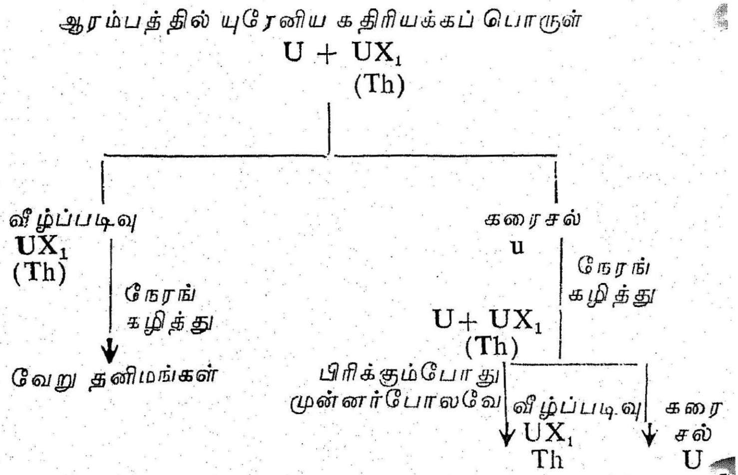
இந்த அடிப்படையில் மேலே விவரித்த நிகழ்ச்சிகளை எளிதாக விளக்கலாம். யுரேனியம் குறைவான கதிரியக்கம் கொண்டது, இது கதிரியக்கச் சிதைவுக்கு உட்பட்டு மிக்கக் கதிரியக்கங் கொண்ட யுரேனியம்-X என்ற புதுத் தனிமம் வருகிறது. இதன் வேதியியல் தன்மை இதன் மூலத் தனிமமான யுரேனியத்திலிருந்து முற்றிலும் மாறுபட்டது. அமோனியம் கார்பனேட்டை யுரேனியம் நைட்ரேட்டுக் கரைசலுடன் சேர்க்கும்போது யுரேனியம்-X வீழ்ப்படிவாக்கப் படுகிறது. ஆனால் யுரேனியம் கரைசலி

லேயே தங்கிவிடுகிறது. எனவே கரைசல் கதிரியக்க தன்மை குறைவாகக் கொண்டதாக இருக்கிறது. திண்மம் மிகையாக கதிரியக்கம் கொண்டிருக்கிறது. காலம் ஆக ஆக வீழ்ப்படிவில் இருக்கும் யுரேனியம்-X சிதைந்து மட்டான கதிரியக்கத் தன்மையை கொண்ட ஒரு விளைபொருள் வருகிறது. எனவே தான் யுரேனியம் X-ன் கதிரியக்கத்தன்மை படிப்படியாகக் குறைகிறது. இந்தச் சிதைவை கீழே காட்டியபடி குறிக்கலாம்.

யுரேனியம் $\longrightarrow$	யுரேனியம்-X $\longrightarrow$	விளைபொருள்
(மட்டான கதிரியக்கம் கொண்டது)	(மிகையான கதிரியக்கம் கொண்டது)	(மட்டான கதிரியக்கம் கொண்டது)

கரைசலில் இருக்கும் யுரேனியம் தொடர்ந்து சிதைந்து கொண்டிருக்கிறது. அப்போது யுரேனியம்-X-ன் அளவு அதிகரிக்கிறது. சமநிலை கட்டம் வரும்வரை இது நீடிக்கிறது. அப்போது யுரேனியம்-X சிதைவுறும் அதே வேகத்தில் யுரேனியமும் சிதைகிறது. அந்த கட்டத்தில் யுரேனியம்-X அளவு மாறாது இருக்கிறது. யுரேனியம்-X சிதைவுறும்போது வரும் தனிமம் கதிரியக்கத் தன்மையற்றது போல் தோன்றுகிறது ஆனால் அதனை நெடுங்காலம் வைத்திருந்தால் கதிரியக்கத் தன்மையைப் பெறலாம்.

தற்போது இந்த நிகழ்ச்சியைப் பற்றிய விவரங்கள் தெரிந்த நிலையில் இதனை கீழே காட்டியவாறு குறிக்காலம்.



ரேடியம், தோரியம், ஆக்டினியம் ஆகியவை சிதைவுறும்போது முன்னர் விவரிக்கப்பட்ட வெளிப்படு வாயுக்கள் (emanation) உண்டாகின்றன. மிகக் குறுகிய காலத்தில் இவையும் சிதைவுறுகின்றன. அப்போது உண்டாகும் விளைபொருள்கள்

திண்மப் பொருளாம். சுற்றியுள்ள பொருள்களின்மீது அது படிகிறது. அப்போது கதிரியக்கம் தூண்டப்படுகிறது. இதனையே க்யூரிக் தம்பதியர் ஆய்ந்தனர்.

கதிரியக்கம் பற்றி பிக்குயிரல், பியரி, க்யூரி ஆகியோர் கண்ட பொதுமைப்பாடுகள் வருமாறு: தாழ்ந்த அல்லது உயர்ந்த வெப்பநிலை கதிரியக்கத்தைப் பாதிப்பதில்லை; அல்லது வேறு எந்த பௌதிக முறையாலும் கதிரியக்க வேகத்தை மாற்ற இயலாது. வேதிவினைகள் வெப்பநிலைகளாலும், சிலபோது அழுத்தங்களாலும் பாதிக்கப்படுகின்றன. கதிரியக்க மாறு பாட்டை விளக்கும்படியாக ருதர் ஃபோர்டும் சாடியும் விவரித்தது வருமாறு: 'கதிரியக்கத்தின்போது புது வகைப் பொருள் உண்டாவதால் இது அணுவைச் சார்ந்த நிகழ்ச்சியாகும். இந்த மாற்றங்கள் அணுவினுள்ளே நிகழும் மாற்றங்களால் விளைபவை கதிரியக்க வேகம் எந்த நிலைகளாலும் பாதிக்கப்படுவதில்லை. எனவே, இம்மாற்றங்கள் வேதியியல் மாற்றங்களிலிருந்து முற்றிலும் மாறுபட்டவையாகும். எனவே அணுவினுள் நிகழும் மாற்றத்தின் புறத் தோற்றமே கதிரியக்கச் செயல்.'

கதிரியக்கத் தனிமங்கள் (Radio clements) நிலைந்த தன்மை யற்றவை இவற்றின் அணுக்கள் ஒரு திட்டமான வேகத்துடன் தன்னிச்சையாக சிதைந்து கொண்டே இருக்கின்றன, இயற்கையில் காணப்படும் ஐம்பது அல்லது அதற்கு அதிகமான தனிமங்களும் இன்னும் பல செயற்கைத் தனிமங்களும் இம்மாதிரி சிதைவுறுகின்றன.

கதிரியக்க மாறிலிகள்: ஒரு கதிரியக்கத் தனிமத்தை தனிப் படுத்தியபின் (பிரித்து வேறு படுத்தியபின்) அதன் சிதைவு வேகத்தை அளந்தறிந்து அத்தனிமத்தை (detect) கண்டறிகிறோம். ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவில் சிதைவுறுகின்ற சிதைவுறும் அணுக்களின் எண்ணிக்கை கதிரியக்கத் தனிம அணுக்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர் விகிதச் சமமாக இருக்கின்றது. தொடர்ந்து கதிரியக்கச் சிதைவு நிகழும்போது தனிமத்தின் அணுக்களின் எண்ணிக்கை குறைந்து கொண்டே போவதால் சிதைவுறு வேகமும் குறைந்து கொண்டே போகிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் கதிரியக்கத் தனிமத்தின் N-அணுக்கள் இருப்பதாகக் கொள்வோம். dt என்ற மிகச் சிறிய கால அளவில் சிதைவுறும் அணுக்களின் எண்ணிக்கை 'd N' ஆக இருக்கட்டும். சிதைவு வேகம் $\frac{dN}{dt}$ எனக் குறிக்கப்படுகிறது. முன்னர் விவரித்தபடி சிதைவு விகிதம் அந்தக் கட்டத்தில் இருக்

கிற அணுக்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர்விகிதச் சமமாக இருப்ப தால் $-\frac{dN}{dt} = \mu N$ என்று எழுதுகிறோம்.

இதில் λ - என்பது சிதைவு மாறிலி (disintegration constant) யாகும். நேரம் ஆக ஆக அணுக்களின் எண்ணிக்கை குறைந்து கொண்டே போவதால் $\frac{dN}{dt}$ ஒரு எதிர் மறையளவாகும். ஒவ்வொரு கதிரியக்கத் தனிமமும் ஒரு சிறப்பான சிதைவு மாறிலியைப் பெற் றிருக்கிறது. λ, தனிமத்தின் இயல்பை மட்டுமே பொறுத்தது; மற்ற பௌதிக நிலைகளையோ அல்லது வேதியியல் சேர்க்கை நிலையையோ பொறுத்ததல்ல. வெப்ப நிலை அல்லது அழுத்த மாற்றம் இதனைப் பாதிப்பதில்லை.

மேலே கொடுக்கப்பட்ட சமன்பாட்டை $\frac{dN}{N} = -\lambda\, dt$ என்று எழுதலாம்.

இச்சமன்பாட்டை தொகைக்காணல் (Integration) செய்யும் போது

$ln\left(\frac{Nt}{No}\right) = -\lambda t$ என்ற சமன்பாட்டைப் பெறுகிறோம்

இதனையே

$Nt = Noe^{-\lambda t}$ என்று எழுதுகிறோம்.

No = ஆரம்பத்தில் கதிரியக்க தனிமத்தின் அணுக்களின் எண்ணிக்கை

Nt = கால இடைவெளி t-க்கு பின்னர் இருக்கும் அணுக் களின் எண்ணிக்கை

lN = அடி e-ன் லாகரித்தம் (lograthm to the basee) சமன் பாட்டை அடி 10-ன் லாகரித்தமாக மாற்றினால்

$\log \frac{Nt}{No} = -0{\cdot}4343\lambda t$ என்றாகிறது

இதனைக்

$\log Nt = \log No - 0{\cdot}4343\lambda t$ என்று எழுதலாம்.

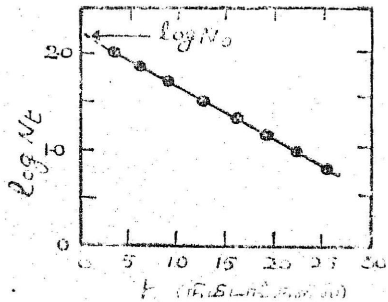
Nt-ன் லாகரித்தத்தையும் கால அளவுகளையும் இணைத்து வரை படம் வரைந்தால் நேர்க்கோடு கிடைக்கிறது.

இந்தக் கோட்டின் சரிவு (slope) $-0{\cdot}4343\lambda$ க்குச் சமம். எனவே இதிலிருந்து λ -ன் மதிப்பைப் பெறலாம்.

$\frac{dN}{N}$ என்பது குறிப்பிட்ட கால அளவில் சிதைவுறும் அணுக் களின் பின்னத்தைக் கொடுக்கிறது. $-\frac{dN}{Ndt}$, ஒரு அலகு கால அளவில் சிதைவுறும் அணுக்களின் பின்னத்தைக் காட்டுகிறது இது λ -வுக்குச் சமமாகிறது. எனவே கதிரியக்க மாறிலி, ஒரு

அலகு கால இடைவெளியில் சிதைவுறும் அணுக்களுக்கும், மொத்த அணுக்களுக்கும் உள்ள விகிதமாகும்.

அணுக்கள் சராசரி ஆயுள் காலம் கொண்டிருப்பதாகக் கொள்ளலாம் λ என்ற பின்னத்தை சராசரி ஆயுள்காலத்தால் பெருக்கினால் 'ஒன்று' வரவேண்டும். எனவே $\frac{1}{\lambda}$ என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட கதிரியக்கத் தனிமத்தின் சராசரி ஆயுள் காலத்தைக் குறிக்கிறது. இயல்பான கதிரியக்கத் தனிமங்களின்



படம் 37

சராசரி ஆயுள்காலம் 10^{-6} வினாடியிலிருந்து 10^{10} ஆண்டுகளாக இருப்பதை அறிகிறோம்.

கதிரியக்கச் சமநிலை (Radio active equilibrium): ஒரு கதிரியக்கத் தனிமம் சராசரி ஆயுள் காலம் அதிகம் கொண்டதாயும் அது சிதைவுறும்போது வரும் புதுத்தனிமம் அதிலிருந்து தனிப்படுத்தப்படாமலும் இருந்தால் ஒரு கால வரையறைக்குப்பின் சமநிலை கட்டம் வருகிறது. புதுத் தனிமம் அது உண்டாக்கப்படும் வேகத்திலேயே சிதைவுறுகிறது. சிதைவுறு விகிதம் $\lambda_1 N_1$ ஆகும் (N_1-மூலதனிம அணுக்களின் எண்ணிக்கை λ_1- அத்தனிமத்தின் சிதைவுறு மாறிலி) மூலத்தனிமத்தின் ஒவ்வொரு அணுவிலிருந்தும் ஒரு புதுத் தனிம அணு வருவதால் $\lambda_1 N_1$ என்பது புதுத்தனிமம் மூலத்தனிமத்திலிருந்து உண்டாகும் விகிதத்தையும் இது குறிக்கிறது. இது போலவே $\lambda_2 N_2$ என்பது புதுத்தனிமத்தின் சிதைவுறு விகிதத்தைக் கொடுக்கிறது (λ_2-புதுத்தனிமத்தின் சிதைவுறு மாறிலி; N_2-புதுத்தனிமத்தின் அணுக்களின் எண்ணிக்கை சமநிலை கட்டத்தில் ஒரு புதுத்தனிமம் உண்டாக்கப்படும் விகிதம் அது சிதைவுறும் விகிதத்திற்குச் சமம். எனவே

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2$$

புதுத்தனிமமும் சிதைவுறுவதாயின் இன்னொரு புதுத்தனிமத்திற்கு இது மூலத்தனிமமாக அமையும். அப்போது நிலைத்த சமநிலை (Secular equilibrium) கட்டத்தில்

$_2N_2 = _3 \quad N_3$

$_3$-மூன்ருவது தனிமத்தின் சிதைவு மாறிலி
N_3-அதன் அணுக்களின் எண்ணிக்கை

அடுத்தடுத்து பல சிதைவுகள் நிகழ்வதால் $\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \lambda_3 N_3 = \lambda_4 N_4 = \ldots$ என்று குறிக்கிலே சமநிலைக்கட்டத்தில் இருக்கிற அணுக்களின் எண்ணிக்கை $N_1, N_2, N_3 \ldots$ ஆகியவைக் குறிக்கின்றன. $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \ldots$ முதலியன அவ்வத் தனிமங்களின் சிதைவு மாறிலிகளைக் குறிக்கின்றன.

ஒரு குறிப்பிட்ட கதிரியக்கத் தொகுதியில் ஏதாவது இரண்டு தனிமங்களை எடுத்துக் கொண்டால், (அத்தனிமங்கள் அடுத்தடுத்து இருக்கும் தனிம இணையாக இருக்க வேண்டுமென்பதில்லை,) அவற்றை A, B என்று குறிப்பிட்டால்

$\lambda_A N_A = \lambda_B N_B$ என்பது இவற்றிற்குப் பொருந்தும்

இதனையே $\dfrac{N_A}{N_B} = \dfrac{B}{A}$ என்று எழுதலாம்

$\dfrac{\lambda B}{\lambda A}$ = ஒரு மாறிலியாகும். எனவே ஒரு கதிரியக்கத் தொகுதியில் இருக்கும் இரண்டு தனிமங்களின் அளவுகளுக்கு உள்ள விகிதம், சமநிலை கட்டத்தில் மாருதா ஒன்ருகும்.

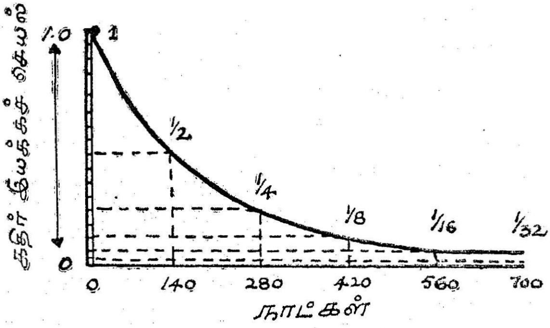
இந்த முடிவைக் கொண்டு பலபுதிர்களை விளக்க முடிகிறது. ஒரு தனிமம் சிதைவதால் வரும் விளைபொருள் ரேடியம் என்று கருதப்பட்டது. யுரேனியம் தாதுக்களில் ரேடியம் காணப்படுவது அறியப்பட்டது. யுரேனியத்தை மூலமாகக் கொண்ட தொகுதியில் ரேடியம் இருக்க வேண்டுமென ருதர்ஃபோர்டு நம்பினர். அப்படியாயின் யுரேனியத்தாதுக்களில் ரேடியத்தின் அளவுக்கும், யுரேனியத்தின் அளவுக்கும் உள்ள விகிதம் மாருத ஒன்ருக இருக்க வேண்டும் அல்லவா. யுரேனியமும் ரேடியமும் ஒரே கதிரியக்கத் தொகுதியைச் சேர்ந்தவை என்று விஞ்ஞானிகள் உறுதிபடுத்தினர். எல்லா யுரேனியத்தாதுக்களிலும் 2—8.மில்லியன்பகுதி யுரேனியத்திற்கு 1பங்கு ரேடியம் என்றிருப்பது உறுதி செய்யப்பட்டது.

கதிரியக்கத் தனிமத்தின் பாதிச் சிதைவு காலம்(Half life period)

கதிரியக்கச் சிதை மாறிலியைப் பற்றி பார்த்தோம். 1904-ல் ருதர்ஃபோர்டு இன்னொரு மாறிலியை அறிமுகப்படுத்தினர். ஒரு கதிரியக்கத் தனிமத்தின் இன்னொரு சிறப்பான இயல்பு அதன் பாதிச் சிதைவு காலமாகும். ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு ஒரு கதிரியக்கத் தனிமம் அதன் அளவில் பாதியாகச் சிதைய ஆகும் கால அளவே அதன் பாதிச் சிதைவு காலமாம். ரேடியத்தின் பாதிச்

சிதைவுகாலம் 1600 ஆண்டுகளாம். ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு ரேடியம் ரேடானாக சிதைவுற்று அளவில் பாதியாக 1600 ஆண்டுகள் பிடிக்கின்றன. இன்னும் 1600 ஆண்டுகளில் ஆரம்பத்தில் இருந்த அளவில் கால் பகுதியாக மாறுகிறது.

கதிரியக்கத் தனிமம் ஒரு குறிப்பிட்ட காலஅளவில் எவ்வளவு சிதைவுற்றிருக்கிறது என்பதை அளந்து கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது போன்ற வரைபடம் வரையலாம்.



படம் 38

வரைப் படத்தில் பொலோனியம் பற்றிய விவரங்கள் பெறப் படுகின்றன. 140 நாட்களில் அதன் கதிரியக்கம் ஆரம்பத்தில் இருந்ததைவிட பாதியாகக் குறைகிறது. இன்னும் 140 நாட்களில் 2-ம் நிலையில் இருந்த அளவில் பாதியாகிறது. ஒரு வினாடியில் வெளிவிடப்படும் கதிர்களை அல்லது ஒரு வினாடியில் வெளிப்படும் கதிர்கள் உண்டாக்கும் அயனிகளின் எண்ணிக்கையே கதிரியக்கச் செயல் (radio activity) என்கிறோம்.

தனிமத்தின் பாதி சிதைவு காலத்தை T-என்ற எழுத்தால் குறிக்கிறோம்.

$$\log \frac{Nt}{No} = -\,0{\cdot}4343\ \lambda t$$

என்ற சமன்பாட்டை முன்னரே விளக்கினோம்.

T (பாதிச் சிதைவு காலம்) கால அளவுக்குப்பின் Nt என்பது ஆரம்ப நிலையில் இருக்கிற No-ல் பாதியாக இருக்கும். எனவே $Nt = \frac{1}{2}No$ மற்றும் t க்கு பதிலாக பாதிச் சிதைவு காலமான T யைப் பயன்படுத்துகிறோம் எனவே மேலே காட்டிய சமன்பாட்டை $\log \frac{1}{2}\ \frac{No}{No} = -0{\cdot}4343\ \lambda T$ என்று எழுதலாம்

எனவே $\log \frac{1}{2} = -0{\cdot}4343\ \lambda T$

$$\log 2 = +0{\cdot}4343\ \lambda T$$

$$T = \frac{0{\cdot}693}{\lambda}$$

கதிரியக்க சிதைவு மாறிலி தெரிந்தால் பாதி சிதைவு காலத்தைக் கணக்கிடலாம் $\frac{1}{\lambda}$ என்பது சாரசரி ஆயுள் காலத்தைக் குறிப்பது. எனவே பாதி சிதைவு காலம் சராசரி ஆயுள் காலத்தைப் போல· 693 மடங்காகும்.

$\frac{N_A}{N_B} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A}$ என்று முன்னர் பார்த்தோம்.

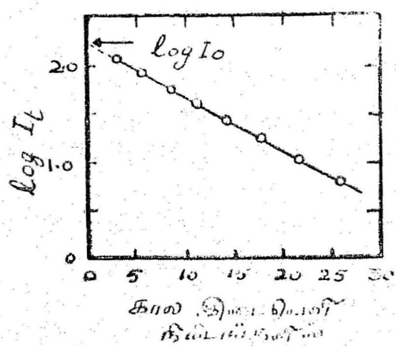
மற்றும் $T_A = \frac{0{\cdot}693}{\lambda_A}$ $\quad T_B = \frac{0{\cdot}693}{\lambda_B}$

எனவே

$$\frac{N_A}{N_B} = \frac{T_A}{T_B}$$ $\left\{ \begin{array}{l} T_A = \text{A-ன் பாதிச் சிதைவு காலம்} \\ T_B = \text{B-ன் பாதிச் சிதைவு காலம்} \end{array} \right.$

ஒரு குறிப்பிட்ட கதிரியக்கத் தொகுதியில் $\frac{N_A}{N_B}$ விகிதத்தை நிர்ணயித்து A அல்லது B-ன் பாதிச் சிதைவு காலம் தெரிந்த நிலையில் மற்றதன் பாதிச் சிதைவு காலத்தைக் கணக்கிடலாம்.

சிதைவு மாறிலியையும் பாதிச் சிதைவு காலத்தையும் நிர்ணயித்தல்: கதிரியக்கத் தனிமம் அதன் அணுக் கருவிலிருந்து ஒரு α–துகள் அல்லது β-துகளை விட்டுச் சிதைவுறுகிறது. வெளிவிடப்படும் α-துகள்கள் அல்லது β-துகள்களை எண்ணி சிதைவுறு விகிதத்தைக் கணக்கிடலாம்.



படம் 39

மிக அதிகமான அல்லது குறைவான பாதிச் சிதைவு காலத்தை நிர்ணயிக்க:

$\log Nt = \log No - 0{\cdot}4343\,\lambda t$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன் படுத்துகிறோம். Nt மற்றும் Noக்கு பதிலாக It மற்றும் Io என்ற சங்கேதங்களையும் பயன்படுத்துகிறோம். ஒரு கட்டத்தில் துகள்கள் வெளிப்படும் வேகம் அப்போது இருக்கிற அணுக்

களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தது. துகள்கள் விடப்படும் விகிதத்தை t கால இடைவெளிக்குப்பின் எண் கருவி கொண்டு நிர்ணயிக்கலாம். இதனையே It என்கிறோம். எனவே மேலே கொடுக்கப்பட்ட சமன்பாட்டிற்குப் பதில் $\log I_t = \log I_o - 0{\cdot}4343\lambda t$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தலாம்.

I_o = ஆரம்பத்தில் கதிரியக்க செயல்திறன் இது தெரிந்திருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை. வெவ்வேறு கால இடைவெளிகளுக்குப் பின் பல It-களை நிர்ணயிக்கலாம். பின்னர் $\log I_t$ மற்றும் கால இடைவெளிகளை இணைத்து வரை படம் வரைந்தால் நேர்க் கோடு கிடைக்கிறது இந்த நேர்க் கோட்டின் சரிவிலிருந்து (slope) பாதிச் சிதைவு காலம் மற்றும் கதிரியக்கச் சிதைவு மாறிலி ஆகியவற்றை நிர்ணயிக்கலாம்.

வினாக்கள்

1. கதிரியக்கச் சிதைவு பற்றிய கொள்கைகளை விளக்கி எழுதுக.

2. கதிரியக்க மாறிலிகள்; பாதி சிதைவு காலம் இவற்றைப் பற்றி சிறு குறிப்புகள் வரைக.

3 எல்லா யுரேனியத் தாதுக்களிலும் ரேடியத்தின் அளவுக்கும் யுரேனியத்தின் அளவுக்கும் உள்ள விகிதம்மாறாது இருப்பதேன்?

4. ஒரு யுரேனியம் தாதுவில் யுரேனியம்-ரேடியம் இவற்றுக்குள்ள விகிதம் $2{\cdot}8 \times 10^6$ ரேடியத்தின் பாதிச் சிதைவு காலம் 1620 ஆண்டுகள். யுரேனியத்தின் பாதிச் சிதைவு காலத்தைக் கணக்கிடுக. (விடை $4{\cdot}9 \times 10^9$ ஆண்டுகள்)

5. ஒரு கதிரியக்கப் பொருளின் கதிரியக்கம் ஒரு எண் கருவியால் பதிவு செய்யப்படுகிறது. ஆரம்பத்தில் ஒரு நிமிடத்திற்கு 4750 துகள்கள் வெளிப்படுகின்றன. ஐந்து நிமிடங்கள் கழித்து நிமிடத்திற்கு 2700 துகள்கள் வெளிப்படுகின்றன. அப்பொருளின் கதிரியக்கச் சிதைவு மாறிலியையும் பாதிச் சிதைவு காலத்தையும் கணக்கிடுக. (விடை $\lambda = 0{\cdot}1131$ நிமிடம். $T = 6{\cdot}1$ நிமிடங்கள்)

6. ஒரு கதிரியக்கப் பொருளின் பாதிச் சிதைவு காலம் மற்றும் கதிரியக்கச் சிதைவு மாறிலியை எவ்வாறு நிர்ணயிக்கலாம்?

7. ஒரு கதிரியக்கத் தொகுதியில் இருக்கும் A, B என்ற இரு தனிமங்களுக்கு $\frac{N_A}{N_B} = \frac{T_A}{T_B}$ என்ற சமன்பாட்டைப் பெறுவது எப்படி?

8. கதிரியக்கச் சமநிலை என்றால் என்ன?

9. யுரேனியம் உப்புடன், பேரியம் குளோரைடைச் சேர்த்து பின்னர் கந்தக அமிலத்தால் பேரியத்தை வீழ்ப்படிவாக்கி பிரித்த பின் யுரேனியம் உப்பு மெதுவாக கதிரியக்கம் ஏற்பதையும், பேரியம் சல்பேட் கதிரியக்கத் தன்மையை மெதுவாக இழப்பதற்கும் காரணம் கூறுக.

11. அணுக்கரு கதிர்வீச்சுகள்

இந்த அத்தியாயத்தில் அணுக்கரு கதிர்வீச்சுகளின் தன்மைகள் விளக்கப்படுகின்றன.

ஆல்ஃபா துகள்களின் தன்மைகள்: பொலோனியம் தனிமத்திலிருந்து வெளிப்படும் α-துகள்களின் பாதைகளை வில்ஸன் நீர்த்திவலை அறை முறையில் படம் பிடித்தால் பாதைகளின் நீளங்கள் எல்லாத் துகள்களுக்கும் ஒரேமாதிரி இருப்பது தெரிகிறது எனவே ஒரு குறிப்பிட்ட தனிமத்திலிருந்து வெளிப்படும் எல்லா α-துகள்களும் ஒரே தொலைவைக் (Range) கொண்டிருக்கின்றன.

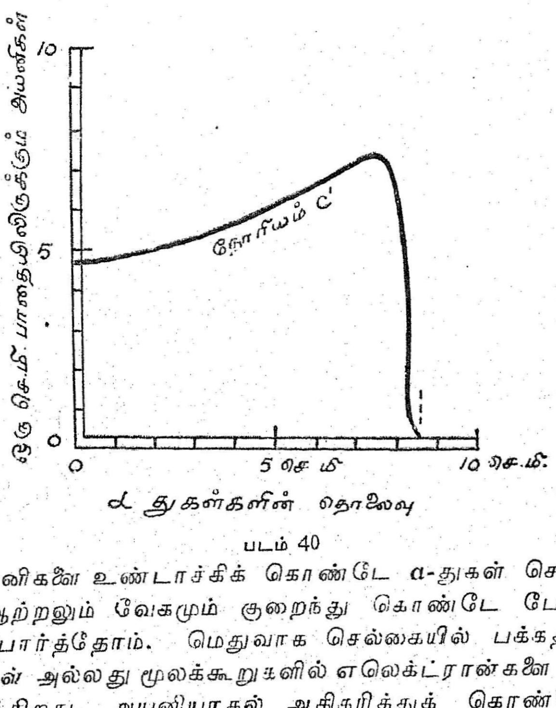
α-துகளின் பாதையில் அயனியாதல் நிகழுகிறது, இதற்காக α-துகளிலிருந்து ஆற்றல் செலவாகிறது. எனவே பாதையின் முடிவில் α துகளின் ஆற்றலும் வேகமும் வெகுவாக குறைந்துவிடுகின்றன. இந்தக் கட்டத்தில் α-துகளுடன் (அதாவது He^{++} அயனிகளுடன்) முதலில் ஒரு எலெக்ட்ரான் சேர்ந்து He^{+} ஆகிறது. அத்துடன் அடுத்து இன்னொரு எலெக்ட்ரான் சேர்ந்து நடுநிலையான He ஆகிறது. இதற்கு அயனியாக்கும் திறனில்லை.

15°C- வெப்ப நிலையிலும் ஒரு மண்டல வளி அழுத்தத்திலும் ஒரு தனிமத்திலிருந்து வெளிப்படும் α-துகள் காற்றில் அயனிகளை உண்டாக்கிக் கொண்டு எவ்வளவு தூரம் பயணஞ் செய்கிறதோ அதுவே அதன் தொலைவு ஆகும். குறைந்த அழுத்தத்தில் ஒரு க செ.மீ-ல் இருக்கும் காற்றுத் துகள்களின் எண்ணிக்கை மிகக் குறைவு. அந்த நிலையில் α-துகள் ஓய்ந்து விடும் நிலைக்கு வருமுன் அதிகத்தூரத்தைக் கடக்கும் சில கதிரியக்கப் பொருள்கள் α-துகள்களை அதி வேகத்துடன் வெளித் தள்ளுகின்றன. ஆரம்ப வேகம் அதிகமாக இருந்தால் தொலைவும் அதிகமாகவே இருக்கும். தோரியம்-C'-லிருந்து வரும் α-துகளின் தொலைவு 8·62செ.மீ. ஆனல் ரேடியத்திலிருந்து வெளிப்படும் α-துகளின் தொலைவு 3·39 செ.மீ.

வில்ஸன் நீர்த்திவலை அறை முறையிலும் மற்றும் பாதையில் உண்டாக்கப்படும் அயனிகளின் எண்ணிக்கையைக் கொண்டும் α-துகள்களின் தொலைவை நிர்ணயிக்கலாம்.

வெவ்வேறு தொலைவு கொண்ட இரண்டு α-துகள்களை வில்ஸனின் நீர்த்திவலை நிழற்படத்தைப் பார்த்து அறிந்து கொள்ளலாம். தோரியம்-C மற்றும் தோரியம்-C' இவற்றின் கலவையிலிருந்து வெளிப்படும் α-துகள்களின் பாதைகளைப் படம் பிடித்தால் இரண்டு வகையான பாதைகள் கிடைக்கின்றன. 4·79 செ.மீ. தொலைவு கொண்ட பாதை தோரியம்-C-லிருந்து வந்த α-துகளினால் உண்டானது. 8·62 செ.மீ. தொலைவு கொண்ட நீளமான பாதைக்கு காரணமாக இருப்பது தோரியம்C'-லிருந்து வரும் α-துகளாம்

α-துகளின் பாதையில் உண்டாக்கப்படும் அயனிகளை அளந்தறிந்தும் தொலைவைக் கண்டறியலாம். α-துகளின் பாதையின் முடிவில் 1 செ.மீ. பாதையில் உண்டாக்கப்பட்ட அயனிகளின் எண்ணிக்கை உச்ச நிலையை அடைந்து பின்னர் பூஜ்ய நிலைக்கு வருகிறது. இது கீழே வரைபடத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. வரைபடத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள உச்சநிலையை பிராக் ஹம்ப் (Bragg Hump) என்கிறோம்.



படம் 40

அயனிகளை உண்டாக்கிக் கொண்டே α-துகள் செல்கையில் அதன் ஆற்றலும் வேகமும் குறைந்து கொண்டே போகின்றன என்று பார்த்தோம். மெதுவாக செல்கையில் பக்கத்திலுள்ள அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளில் எலெக்ட்ரான்களை நீக்குவது அதிகரிக்கிறது. அயனியாதல் அதிகரித்துக் கொண்டேபோய் முடிவில் எலெக்ட்ரான்கள் α-துகள்களுடன் சேர்ந்து நடுநிலை

யான He-அணுக்களாகின்றன. அந்த நிலையில் வேறு அணுக்களை அயனிகளாக்க முடியாமல் போகிறது.

கீழே சில தனிமங்களிலிருந்து வெளிப்படும் α-துகள்களின் தொலைவுகளும் அத் தனிமங்களின் பாதிச் சிதைவு காலங்களும் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. தொலைவுகள் 2·8 செ.மீ. லிருந்து 8·6 செ.மீ. வரை மாறுகின்றன. மிகக் குறுகிய பாதிச் சிதைவு காலங் கொண்ட தனிமத்திலிருந்து வெளிப்படும் α-துகள் அதிக தொலைவைக்கொண்டிருப்பது கவனிக்கத்தக்கது.

கதிரியக்கத் தனிமம்	குறியீடு	தொலைவு	பாதிச் சிதைவு காலம்
தோரியம்	th^{232}	2·8 செ.மீ.	$1·39 \times 10^{10}$ ஆ
ரேடியம்	Ra^{226}	3·3 ,,	1620 ஆ
ரேடியோ தோரியம்	th^{228}	3·9 ,,	1·9 ஆ
ரேடியம்-A	Po^{218}	4·6 ,,	3·0 நி
ரேடியம்-C'	Po^{214}	6·9 ,,	$1·6 \times 10^{-4}$ வி
தோரியம்-C'	Po^{212}	8 6 ,,	$3·0 \times 10^{-7}$ வி

α-துகள்கள் ஒரு சில தாள்களை (paper) ஊடுருவ முடிவதில்லை. மெல்லிய ஒரு அலுமினிய தகட்டைக்கூட கடக்க முடிவதில்லை. ஆனல் காற்றில் அவை பல சென்டிமீட்டர்கள் தூரம் செல்கின்றன.

ஒரு ஊடகத்தின் வழி α-துகள் செல்கையில் அது நிறுத்தப் படுகிறது. ஊடகத்தின் நிறுத்துத் திறன் (Stopping power) என்பது தாவது, α-துகள் ஒரு ஊடகத்தில் செல்கையில் ஒரு அலகு (unit) தூரத்தில் அது இழக்கும் ஆற்றல் வீதமாகும். நடை முறையில் ஒப்பு நிறுத்து திறனை (relative Stopping power) பே பயன் படுத்துகிறோம்.

$$\text{ஒப்புநிறுத்துத்திறன்} = \frac{\text{காற்றில் } \alpha\text{-துகளின் தொலைவு}}{\text{பொருளில் } \alpha\text{-துகளின் தொலைவு}}$$

காற்றிலும், பொருளிலும் ஒரு கதிரியக்கப் பொருளிருந்து வெளிப் படும் α-துகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். சில பொருள்களின் ஒப்பு நிறுத்துத்திறன்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

தங்கம்	தாமிரம்	அலுமினியம்	மைக்கா
4900	3905	1700	2000

கதிர்வீச்சைக் கிரகித்தல் அல்லது நிறுத்துவது பற்றி சொல்லும் போது நாம் இன்னொரு அளவையும் கையாளுகி றோம். பொருளின் தடிப்பை (செ.மீ.ல்) அதன் அடர்வால் (க.செ.மீக்கு எத்தனை கிராம்) பெருக்கி வரும் தொகையே அந்த அளவு (quantity). எனவே ஒரு அலகு பரப்புக்கு எவ்வளவு நிறை

என்று வருகிறது. அதாவது ஒரு சதுர சென்டி மீட்டருக்கு எத்தனை கிராம்கள் என்ற அளவு கிடைக்கிறது. இது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு தடிப்புக்கு சமானமாகும். இதனை தடிப்பு-அடர்வு (Thickness density) அல்லது சமான தடிப்பு (equivalent thickness) என்றும் சொல்கிறோம். α-துகளைப் பொறுத்த வரை தொலைவை கிராம்-செ.மீ. என்றால் மிகச் சிறிய அளவாக இருக்கிறது. எனவே அம்மாதிரிப் பெறப்படும் அளவை 1000-ஆல் பெருக்கி ச.செ.மீட்டருக்கு இத்தனை மில்லிகிராம்கள் சமான தடிப்பளவு என்று சொல்லுகிறோம்.

கணக்கியலாக சமானத்தடிப்பளவை கீழ்கண்டவாறு வரையறுக்கலம்.

$$\left\{\begin{matrix}\text{சமான தடிப்} \\ \text{பளவு} \\ \text{மி.கி/ செ.மீ}^2\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\text{உண்மையான} \\ \text{தடிப்பளவு} \\ \text{செ.மீ.}\end{matrix}\right\} \times \left\{\begin{matrix}\text{அடர்வு} \times 1000 \\ \text{கி/செ.மீ}^3 \\ \end{matrix}\right\}$$

சமான அளவு தொலைவு (equivalent range) ஒரு சதுர சென்டி மீட்டருக்கு இத்தனை மில்லிகிராம்கள் என்று சமான அளவு தொலைவைச் சொல்லுகிறோர். ஒரு ஊடகத்தில் α- துகளின் தொலைவை ஊடகத்தின் அடர்வாலும் 1000-லும் பெருக்கினால் இந்த சமமான அளவு தொலைவைப் பெறலாம்.

ஒரு செ.மீ. காற்றின் நிறுத்துத் திறனுக்கு சமானமாக இருக்கும் கீழே காட்டியவாறு கணித இயலாகச் சொல்லலாம்

1 செ.மீ. காற்றுக்கு சமானமாக மில்லிகிராம்/செ.மீ^{3}.-ல் தடிப்பு

$$= \frac{\text{அடர்வு} \times 1000}{\text{ஒப்பு நிறுத்துத்திறன்}}$$

கீழே முன்பு நிறுத்துத் திறன் கொடுக்கப்பட்ட சில பொருள்களின் சமான தடிப்புகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன

தங்கம்	தாமிரம்	அலுமினியம்	மைக்கா
3·95	2·35	1·59	14 மி.கி/செ.மீ

அதாவது ஒரு சதுர சென்டி மீட்டர் பரப்பளவும் 2·35 மில்லி கிராம் எடையுங் கொண்ட தாமிரம் α-துகளின் வேகத்தைக் குறைப்பதில் ஒரு சென்டி மீட்டர் காற்றுக்குச் சமமாகிறது.

தனிமத்தின் சமான தடிப்பு அதன் நிறை எண்ணின் வர்க்க மூலத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கிறதெனலாம். α-துகளை கிரகிப்பதில் ஒரு சென்டிமீட்டர் சமானமான, மி கி/செ.மீ. 2-ல் சொல்லப்படும் தடிப்பு தோராயமாக $0·30A^{\frac{1}{2}}$. இதில் A தனிமத்தின் நிறை எண்ணைக் குறிக்கிறது.

பொருள்களிலிருந்து வெளிப்படும் ஆரம்ப கட்டத்தில் α-துகள்களின் திசைவேகம் $1{\cdot}4\times10^9$ செ·மீ-லிருந்து $2{\cdot}2\times10^9$ செ.மீ. வரை இருக்கிறது. அவற்றின் ஆற்றல் 4 Mev-லிருந்து 10 Mev-வரை இருக்கிறது

கெய்கர்-நட்டால் விதி: நீடித்த ஆயுள் காலங் கொண்ட கதிரியக்கத் தனிமங்களிலிருந்து வெளிப்படும α-துகள்கள் குறுகிய தொலைவைக் கொண்டிருக்கின்றன. குறுகிய ஆயுள் காலங் கொண்ட கதிரியக்கத் தனிமங்களிலிருந்து வெளிப்படும் α-துகள்கள் நீண்ட தொலைவைக் கொண்டிருக்கின்றன. 1911-ல் **கெய்கர்** (Geiger) மற்றும் நட்டால் (Nuttal) ஆகியோர் கதிரியக்கத் தனிமங்களின் ஆயுள் காலத்தையும் அவற்றின் தொலைவுகளை தொடர்பு படுத்தினார்கள். அவர்கள் log **R** ஐயும் log λ-வையும் இணைத்து வரைப்படம் வரைந்தார்கள். அப்போது ஒவ்வொரு கதிரியக்கத் தொகுதிக்கும் நேர்க்கோடு கிடைத்தது. கெய்கர்-நட்டால் விதியினை கணக்கியலாக,

$\log\lambda = A\log R + B$ என்று குறிக்கிறோம். இச்சமன்பாட்டில்

λ = கதிரியக்கச் சிதைவு மாறிலி.

R = λ-துகளின் தொலைவு.

A = நேர்க் கோட்டின் சரிவு (Slope) (ஒவ்வொரு கதிரியக்கத் தொகுதிக்கும் ஒரு மாறாத ஒன்று).

B = மாறிலி.

கெய்கர்-நட்டால் விதியினை இன்னொரு வகையாகவும் இயம்பலாம். கதிரியக்க மாறிலிக்கும் பாதிச் சிதைவு காலத்திற்கும் உள்ள தொடர்பைக் கொண்டும், தொலைவுக்கும் ஆற்றலுக்கும் உள்ள தொடர்பைப் பயன்படுத்தியும் இந்தச் சமன்பாடு பெறப் படுகிறது.

கதிரியக்க மாறிலியின் லாகரித்தம் (log α) மற்றும் λ-துகள்களின் ஆற்றலின் லாகரித்தம் இரண்டையும் இணைத்தோ அல்லது பாதிச் சிதைவு காலத்தின் லாகரித்தம் (logT) மற்றும் தொலைவின் லாகரித்தம் (logR) இரண்டையும் இணைத்தோ வரைபடம் வரைந்தால் நேர்கோடுகள் கிடைக்கின்றன. எனவே

$\log\lambda = \frac{3}{2}A\log E_0 + B_1$ என்றும் கெய்கர்-நட்டால் விதியினை எழுதலாம்

இதில் λ = கதிரியக்கச் சிதைவு மாறிலி.

E_0 = α-துகளின் ஆரம்ப ஆற்றல்.

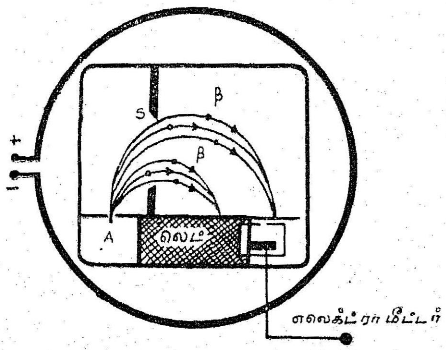
A = $\frac{3}{2}$A நேர்க்கோட்டின் சரிவு.

B_1 = ஒவ்வொரு கதிரியக்கத் தொகுதி தனிமங்களுக்கெல்லாம் மாறாத (மாறிலி) ஒன்று.

பீட்டாத் துகள்களின் பண்புகள்

பீட்டாக் கதிர்கள் எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்டிருக்கின்றன. அவை எதிர்மின்னேற்றங் கொண்டவை. α-கதிர் வெளிவிடப் படும்போதும் சரி β கதிர் வெளிவிடப்படும்போதும் சரி, அந் நிகழ்ச்சிகளைத் தொடர்ந்து காமாக் கதிர்கள் வெளிப்படுதலும் உண்டு. கதிரியக்கத்தின் போது வெளிப்படும் α-கதிர்களுக்கும் β-கதிர்களுக்கும் ஒரு முக்கிய வேறுபாடு உண்டு. ஒரே மூலத் தைக் (Source) கொண்ட எல்லா α-துகள்களுமே கிட்டத்தட்ட ஒரே அளவான ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கின்றன. ஆனல் ஒரே கதிரியக்கத் தனிமத்திலிருந்து வெளிப்படும் எல்லா பீட்டாத் துகள்களும் ஒரேமாதிரியான ஆற்றலைப் பெற்றிருப்பதில்லை.

β-கதிர் நிறமாலை வரைவி கீழே படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள இக்கருவியைக் கொண்டு ஒரு கதிரியக்கத் தனிமம் வெளிவிடும் β-துகள்களின் வேகங்களை நிர்ணயிக்கலாம்.



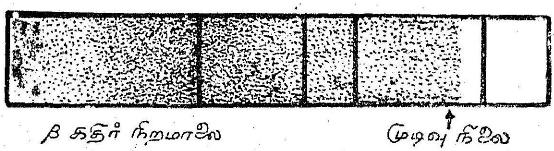
படம் 41

கருவியில், A-என்று சுட்டிக் காட்டப்பட்டுள்ள இடத்தில் கதிரியக்கப் பொருள் வைக்கப்படுகிறது. அப்பொருளிலிருந்து வெளிப்படும் β-கதிர் S-என்ற பிளவின் வழியாக வெளிப்படு கிறது. இந்த அமைப்பு முழுதும் ஒரே சீரான காந்தப் புலத் தில் வைக்கப்பட்டிருப்பதால் β-துகள்கள் வட்டப் பாதையில் செல்கின்றன. அடுத்து அவை ஒரு நிழற்படத் தகட்டில் சென்று குவிகின்றன. நிழற்படத்தகட்டை உருப்பெருக்கம் செய்து பார்த் தால் கீழே படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்ற நிறநிரல் (Spectrum) கிடைக்கிறது. நிறநிரல், கறுமையான பின்னணியில் வரிகளைக் கொண்டதாயிருக்கிறது.

இருண்ட பின்னணி, β-துகள்கள் பல்வேறு திசைவேகங்களைக் கொண்டிருப்பதைக் காட்டுகிறது சில எலெக்ட்ரான் தொகுதிகள்

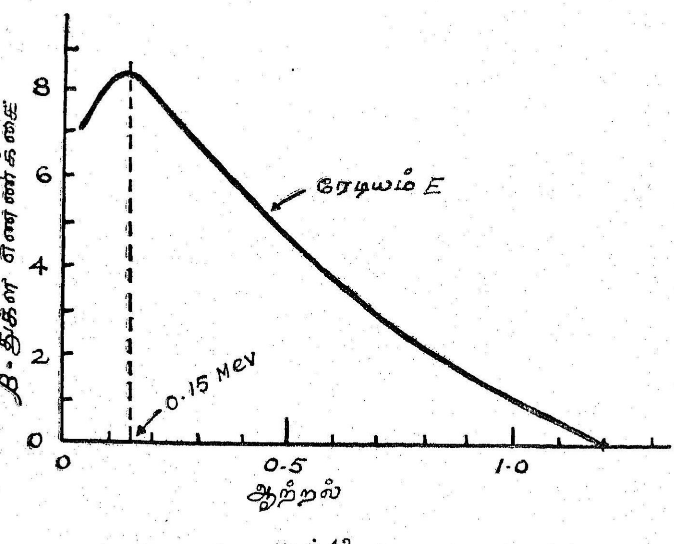
தனித்தனியான (discrete). ஆனால் ஒரு குறிப்பிட்ட திசை வேகத்தைக்கொண்டிருப்பதை வரிகள் காட்டுகின்றன.

இன்னொரு வகையான β-கதிர் நிறமாலை வரைவியில் காந்தப் புலம் வழியே செல்லும் β-துகள்கள் அயனியாதல் அறையில் (Ioinsation chamber) சென்றடையும் படியான அமைப்பு உள்ளது. படிப்படியாக, தொடர்ந்து காந்தப் புலத்தின் ஆற்றலை



படம் 42

மாற்றி வெவ்வெறு துகள்களின் வேகங்களை நிர்ணயிக்கலாம். (கம்பிச் சுருளில் செல்லும் மின்னளவை மாற்றிக் காந்த புலத்தின் திறனை மாற்றலாம்). வெவ்வேறு காந்தப் புலங்களின் திறன்களுக்கும், எலெக்ட்ரோ மீட்டரில் பாயும் மின்சாரங்கள் அளக்கப்படுகின்றன.



படம் 43

எலக்ட்ரோமீட்டரில் அளக்கப்படும் அயனி மின்சாரம் (Ionic current), β-துகள்களின் எண்ணிக்கையாகவும், மின்சுருளில் செலுத்தப்படும் மின்சாரத்தை β-துகள்களின் ஆற்றலாகவும் கொண்டு இரண்டையும் இணைத்து வரைபடம் வரைந்தால் மேலே காட்டப் பட்டுள்ளது போன்றிருப்பதைப் பார்க்கிறோம்.

ரேடியம்-E($_{83}Bi)^{210}$ யைக் கொண்டு நிகழ்த்தப்பட்ட சோதனையின் முடிவுகள் தான் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன.

அதிகமான β-துகள்கள் 0.15 Mev ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கின்றன. β-துகள்கள் கொண்டிருக்கும் அதிகபட்ச ஆற்றல் 1·17 Mev. இதனை முடிவு நிலை ஆற்றல் என்று சொல்லுகிறோம். β-கதிர் நிற நிரலில் முடிவாகக் காணப்படுவதாலேயே இப்பெயர்.

பவுலி (pauli) யின் கருத்துப்படி ஒரே ஐசோடோப்பின் அணுக் கருக்கள் β-துகள்களை வெளிவிடும்போது ஒரே அளவான ஆற்றலையே வெளிவிடுகின்றன. படத்தில் முடிவுநிலை ஆற்றல் (end-point energy) என்று குறிப்பிட்டது இந்த ஆற்றலைத்தான். சில β-துகள்கள் மட்டும் மற்றவைகளைக் காட்டிலும் குறைவான ஆற்றலைக் கொண்டிருப்பதன் காரணத்தை பவுலி கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கினார். β-துகள் வெளிப்படும்போது கூடவே மாறுபடும் ஆற்றல் கொண்ட இன்னொரு துணைத்துகளும் வெளிவிடப்படுகிறது. β-துகள் எதிர்மின்னேற்றங் கொண்டது. ஆனால் நியூட்ரினோ (Neutrino) என்று அழைக்கப்படும் அந்த துணைத்துகள் மின்னேற்றமற்றது; ஃபோட்டானைப் போன்றது; அமைந்திரு நிலை (Rest) யில் நிறையற்றது; ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கிறது; ஒளியின் வேகத்தில் செல்லக் கூடியது. $_{83}Bi^{210}$–லிருந்து β-துகள் வெளிப்படுவதை கீழே காட்டியவாறு குறிக்கலாம்.

$$_{83}Bi^{210} \rightarrow {}_{84}Po^{210} + \beta^{-} + \gamma$$

γ-நியூட்ரினோவைக் குறிக்கிறது. பவுலியின் கருத்துப்படி (உச்சநிலை) அதிகப் பட்ச (முடிவுநிலை ஆற்றல் என்று குறிக்கப்படுவதை) ஆற்றலை β-துகள்களும், நியூட்ரினோக்களும் பகிர்ந்து கொள்கின்றன. அதிக பட்ச அளவு ஆற்றலில் ஒரு பகுதியை β-துகள் எடுத்துக் கொள்கிறது. மீதத்தை நியூட்ரினோ எடுத்துக் கொள்கிறது.

ஒளியின் வேகத்தில் 25-லிருந்து 99சதம் வேகத்தை β-துகள்கள் கொண்டிருக்கின்றன.

சிலபோது ஒரே சமயத்தில் இரண்டு β-துகள் விடப்படுகின்றன. டெல்லூரியம் -130 ஒரே சமயத்தில் இரண்டு β-துகள்களை விட்டு ஸெனன்-130 ஆகிறது.

β-கதிர் விடும் தனிமத்தின் கதிரியக்க மாறிலியையும் β-துகள்களின் முடிவுநிலை ஆற்றலையும் தொடர்பு படுத்த பல முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. 1933-ல் சார்ஜென்ட் (Sargent) என்பார். வெவ்வேறு கதிரியக்கத் தனிமங்களின் கதிரியக்க மாறிலிகளின் λ-ன் லாகரித்தங்களையும், முடிவுநிலை ஆற்றலான E_{max}களின் லாக

ரித்தங்களையும் தொடர்பு படுத்தி வரை படம் வரைந்து இரண்டு நேர்க்கோடுகளைப் பெற்றார். இந்த, கிட்டதட்ட இணையாக இருக்கும் கோடுகளை சார்ஜென்ட் கோடுகள் என்கிறோம். இந்தக் கோடுகள்,

$\lambda = kE^{5}_{max}$ என்ற சமன்பாட்டிற்கு ஒத்து வருகின்றன.

β-துகள்களின் தொலைவு

நீர்த்திவலை அறை நிழற்படத்தில் β- துகளின் பாதை தெளிவாகத் தெரிவதில்லை β-துகள்கள் அவற்றின் பாதையில் குறைவான அயனிகளையே உண்டாக்கிச் செல்கின்றன. மேலும் அவற்றின் பாதைகள் நேராக இருப்பதில்லை. காரணம் அவை அடிக்கடி சிதறலுக்கு (scattering) உட்படுவதுதான். காற்றில் β-துகள்கள் பல சென்டிமீட்டர்கள் நீளமுள்ள பாதைகளைக் கொண்டிருக்கின்றன. பொதுவாக β-துகள்களின் தொலைவை சமானத் தடிப்பு (eqiuvalent thickness) என்ற அளவாகச் சொல்லுகிறோம். β-துகள் காற்றில் செல்கையில் அதன்மீது 1 செ.மீ காற்று உண்டாக்கும் விளைவுக்கு சமானமான விளைவை உண்டாக்கக் கூடிய 1 ச.செ மீ.பரப்பளவுள்ள அலுமினியத்தின் எடை மில்லிகிராமில் எவ்வளவோ அதுதான் சமான தடிப்பு ஆகும்.

நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட β-துகள்களின் பண்புகள்: இயற்கையில் காணப்படும் கதிரியக்கத் தனிமங்கள் எல்லாமே α-அல்லது β-கதிரை விடுபவையாகவே இருக்கின்றன. ஆனால் சோதனைச் சாலையில் தயாரிக்கப்பட்ட பல கதிரியக்கத் தனிமங்கள் நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட β-துகள்களை வெளிவிடுகின்றன. நேர்மின்னேற்றம் கொண்ட β-கதிர்களை பாசிட்ரான்கள்(positron) என்கிறோம். அணுக்கருவில் அதிகமான நியூட்ரான்களைக் கொண்ட தனிமங்கள் எதிர்மின்னேற்ற β-துகள்களை விடுகின்றன. அணுக்கருவில் அதிக அளவில் புரோட்டான்களைக் கொண்ட அணுக்கள் நேர் மின்னேற்றங்கொண்ட β-துகள்களை வெளிவிடுகின்றன. பாசிட்ரான் விடப்படும்போது ஒரு புரோட்டான் நியூட்ரானாகவும் பாசிட்ரானாகவும் மாறுகிறது. நியூட்ரான் அணுக்கருவிலேயே இருக்கிறது. ஆனால் நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட பாசிட்ரான் வெளிப்படுகிறது. எதிர்மின்னேற்றங் கொண்ட β-துகளைப் பற்றி சொன்ன அனைத்துமே பாசிட்ரானுக்கும் பொருந்துவனவாகும்.

நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட β-துகளும் தொடர்ச்சியான ஆற்றல் பங்கீட்டைப் பெற்றிருக்கின்றன. புரோட்டான் நியூட்ரானாக மாறி பாசிட்ரானாக வெளிப்படுவதை கீழே காட்டியவாறு குறிக்கிறோம்.

	புரோட்டான் ⟶	நியூட்ரான் +	பாசிட்ரான் +	நியூட்ரினோ
நிறை	1	1	0	0
மின்னேற்றம்	+1	0	+1	0

காமாக் கதிர்களின் இயல்புகள்

காமாக் கதிர்கள், X-கதிர்களைப் போன்றவை என்று முன்னரே பார்த்தோம். காமாக் கதிர்கள் X-கதிர்களை விட குறைந்த அலை நீளத்தைக் கொண்டிருக்கின்றன. அதிக அலைநீளம் கொண்ட காமாக் கதிர்களையும், X-கதிர்களையும் வேறுபடுத்தி அறிவதென்பது முடியாது.

அணுக் கருவிலிருந்து கதிர்வீச்சு நிகழும்போது காமாக் கதிர்கள் என்கிறோம். ஒரு ஆற்றல் மட்டத்தில் இருந்து இன்னொரு ஆற்றல் மட்டத்திற்கு எலெட்க்ரான்கள் செல்லும் போது X-கதிர்கள் வெளிப்படுகின்றன. அணுக்கரு ஆற்றல் (nuclear energy lenth) படிகளுக்கு இடையே நிகழும் மாற்றங்களின் விளைவாக வருவன காமாக் கதிர்களாம். ஆற்றல் வெளிப்பட்ட மாத்திரத்தில் வெளிப்படும் கதிர்வீச்சின் தன்மை அதன் அதிர்வு எண் அல்லது அலைநீளம் அல்லது ஆற்றல் குவான்டத்தைப் (energy quantum) பொறுத்தது எனலாம். அப்படி பார்க்கும்போது X-கதிரும், γ-கதிரும் ஒன்றை மற்றொன்று ஒத்திருக்கின்றது எனலாம். α-கதிர் அல்லது β-கதிர் விடப்படும் பல கதிரியக்கநிகழ்ச்சிகளில் காமாக் கதிர்விடப்படுகின்றது.

X-கதிர்களைப் போன்றே γ-கதிர்களும் அதிக ஊடுருவும் தன்மை கொண்டவை. அவற்றின் ஆற்றல் மிக்கத் தொலைவு (effective range) அவற்றின் ஆற்றலைப் பொறுத்தது. பல சென்டிமீட்டர்கள் கனமுள்ள உலோகத்தைக் கூட காமாக்கதிர்கள் ஊடுருவும் தன்மையைக் கொண்டுள்ளன.

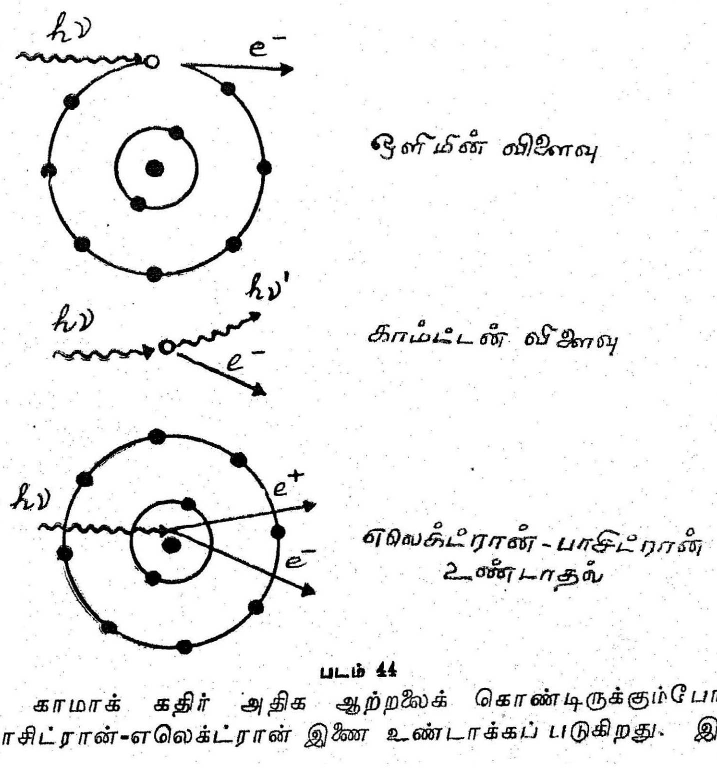
காமாக்கதிர்கள் பொருள்களின் மீது பல விளைவுகளை உண்டு பண்ணுகின்றன. அவற்றுள் மூன்று விளைவுகள் முக்கியமானவை.

முதல் விளைவு, குறைந்த ஆற்றல் கொண்ட காமாக் கதிர்களுக்கும், அதிக அணு எண் கொண்ட கிரகிக்கும் பொருள்களுக்கும் பொருந்துவது. அந்த விளைவுதான் ஒளிமின் விளைவு (photo electric effect) எனப்படுவது. காமாக் கதிர் வீச்சு அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகள் மீது படும்போது எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. காமாக் கதிரின் ஆற்றல் E-என்று கொள்வோம். எலெக்ட்ரான் அணுவில் இருக்கத் தேவையான கட்டுப் பிணைப்பாற்றல் (Binding energy) p-என்று கொள்வோம். ஒளிமின் விளைவின் போது எலெக்ட்ரானை விடுவிக்க p-ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. மீதம் இருக்கும் (E-p) ஆற்றல்

விடுவிக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரானால் இயக்க ஆற்றலாக (Kinetic energy) எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது.

அடுத்தது காம்ட்டன் விளைவு (compton effcct) காமாக் கதிரை கிரகிக்கும் (absorber) பொருளின் அணு எண் குறைவாகவும், காமாக்கதிரின் ஆற்றல் மிகக்குறைவாகவோ, மிக அதிகமாகவோ இல்லாத போது நிகழ்வது இந்த விளைவு.

தனித்த அல்லது இறுக்கமாகப் பிணைக்கப்படாத எலெக்ட்ரான்மீது காமாக் கதிர் ஃபோட்டான் படும்போது அந்த எலெக்ட்ரான் ஆற்றலில் ஒரு பகுதியை மட்டும் எடுத்துக் கொள்கிறது. எலெக்ட்ரான் மீது மோதுவதற்கு முன்னரும் பின்னரும் காமாக் கதிரின் திசைகளுக் கிடையிலுள்ள கோணத்தைச் சிதறல் கோணம் (Scattering angle) என்கிறோம். எலெக்ட்ரான் ஏற்றுக் கொள்கிற ஆற்றல் கோணத்தைப் பொறுத்தது. ஒரு ஊடகத்தின் வழி காமாக் கதிர்கள் செல்கையில் பல காம்ப்டன் விளைவுகளின் முடிவாக காமாக் கதிரின் ஆற்றலெல்லாம் இழக்கப்படும் நிலை வருகிறது.



படம் 44

காமாக் கதிர் அதிக ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கும்போது பாசிட்ரான்-எலெக்ட்ரான் இணை உண்டாக்கப்படுகிறது. இந்த

விளைவை உண்டாக்க குறைந்தது 1·02 Mev-ஆற்றல் தேவைப் படுவதால் இதற்குக் குறைவான ஆற்றலை காமாக் கதிர் கொண்டிருக்கும்போது பாசிட்ரான்-எலெக்ட்ரான் இணை உண்டாக்கப் படுவதில்லை. இந்த குறைந்த அளவைவிட அதிகமான ஆற்றலை காமாக்கதிர்கள் பெற்றிருக்கும்போது எலெக்ட்ரான்-பாசிட்ரான் இணை உண்டாக்கப்படல் அதிகரிக்கிறது. கிரகிக்கும் பொருளின் அணு எண்ணின் வர்க்கம் (Square of Atomic Number) அதிகரிக்க அதிகரிக்க எலெக்ட்ரான்-பாசிட்ரான் இணை உண்டாக்கப் படுதலும் அதிகரிக்கிறது. ரேடியம் C″-யிலிருந்து வெளிப்படும் காமாக் கதிர் 2·62 Mev-ஆற்றல் கொண்டது. இக்கதிர் லெட் (Lead) டின் ஊடே செல்லும்போது எலெக்ட்ரான் இணை உண்டாக்கப்படுவதாலேயே ஆற்றல் இழக்கப்படுகிறது.

காமாக் கதிர் பொருள்களின் ஊடே செல்கையில் ஒளி மின் விளைவு மற்றும், இணை உண்டாக்கப்படல் காரணமாக முழு ஆற்றலையும் இழக்கிறது. ஆனால் காம்ப்டன் விளைவின்போது காமாக் கதிரின் ஒரு பகுதி ஆற்றல் மட்டுமே இழக்கப்படுகிறது. அப்போது எலெக்ட்ரான்கள் கணிசமான அளவு ஆற்றலை ஏற்கின்றன. அம் மாதிரியான எலெக்ட்ரான்களும், எலெக்ட்ரான்-பாசிட்ரான் இணைகளும் கணிசமான அளவு ஆற்றலைக் கொண்டிருப்பதால் இவை அயனியாதல் நிகழ்ச்சிக்கு காரணமாகின்றன. இம் மாதிரியாக இந்த இரண்டாம் நிலை(Secondary) எலெக்ட்ரான்கள் வாயுக்களிலும், என் கருவியின் சுவர் பகுதிகளிலிருந்தும் அயனிகளை உண்டாக்குவதால் காமக் கதிர்களைக் கண்டறிதல் சாத்தியமாகிறது.

ஒரே அதிர்வு எண் கொண்ட காமாக் கதிர்கள் ஒரு பொருளின் ஊடே ஊடுருவிச் செல்லும்போது காமாக் கதிரின் செறிவின் லாகரித்தத்தையும், மற்றும் கிரகிக்கும் பொருளின் தடிப்பு (Thickness) ஆகிய இரண்டையும் இணைத்து வரை படம் வரையும்போது நேர்க்கோடு கிடைக்கிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட மூலத்திலிருந்து விடப்படும் காமாக் கதிரின் செறிவு (Intersities) Io என்றும் அது x-தடிப்பு கொண்ட ஊடகத்தின் வழியாக சென்றபின் செறிவு I என்றும் கொண்டால்

$I = Io\, e^{-\mu_x}$ என்ற சமன்பாட்டால் Io மற்றும் I ஆகிய இரண்டையும் தொடர்பு படுத்தலாம்.

e = நேச்சுரல் லாகரித்தத்தின் அடி

μ = கிரகிக்கும் பொருளின் நீட்சி கொய்மைக் குணகம் (linies altenation coefficient)

μ, காமாக் கதிரின் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்தது.

வெவ்வேறு தடிப்புகள் கொண்ட பொருளின் ஊடே காமாக் கதிரைச் செலுத்தியபின் I-ன் மதிப்பை எண்கருவி கொண்டு அளந்து மேலே கொடுக்கப்பட்ட சமன் பாட்டிலிருந்து μ-வைக் கணக்கிடலாம். x-ஐ சென்டி மீட்டரில் சொன்னால் μவை செ மீ$^{-1}$ என்று சொல்லவேண்டும். நொய்மைக் குணகம் (alternation coefficient) காமாக் கதிரின் ஆற்றலைப் பொறுத்தது.

நொய்மைக் குணகத்திற்குப் பதிலாக பாதி அளவு தடிப்பு (Half value Thickness) என்ற அளவையையும் பயன்படுத்து கிறோம். காமாக் கதிரின் செறிவை ஆரம்பத்தில் இருந்ததில் பாதியாக்கத் தேவைப்படும் கிரகிக்கும் பொருளின் (absorber தடிப்பையே பாதி அளவு தடிப்பு என்கிறோம்.

இந்த அளவையும் நொய்மைக் குணகத்தோடு சம்பந்தப் பட்டதாகும். முன்னால் கொடுக்கப்பட்ட சமன்பாட்டை

$$\log \frac{I}{I_o} = -0{\cdot}4343\ \mu x$$ என்று எழுதலாம்.

காமாக் கதிரின் செறிவை ஊடகப் பொருள் பாதியாகக் குறைப்பதாகக் கொண்டால் $\frac{I}{I_o} = \frac{1}{2}$. அந்த நிலையில் x என்பது பாதி அளவு தடிப்பாகிறது. $x_{\frac{1}{2}}$ என்று இதனை குறிக்கிறோம்.

$$\log \tfrac{1}{2} = -0{\cdot}4343\ \mu x_{\frac{1}{2}}$$

எனவே,

$$x_{\frac{1}{2}} = \frac{0{\cdot}693}{\mu}$$

எனவே நீட்சி நொய்மைக் குணகம் μ-தெரிந்திருந்தால் சென்டிமீட்டரில், பாதி அளவான தடிப்பைப் பெறலாம்.

இன்னொரு பயனுள்ள அளவை நிறைநொய்மைக் குணகமாகும் μ-வை ஊடகப் பொருளின் அடர்வால் வகுத்துப் பெறப்படுவதே இது. காமாக் கதிரின் ஆற்றல் குறைவாக இருந்தால் நிறை நொய் மைக் குணகம் கிரகிக்கும் பொருளின் இயல்பைப் பொறுத்தி ருப்பதில்லை.

பாதி அள்வு தடிப்பை அடர்வால் பெருக்கவரும் அளவையை நிறை பாதி அளவு தடிப்பு என்கிறோம். இந்த அளவையையும் காமாக் கதிரை கிரகிக்கும் பொருளின் இயல்பைச் சார்ந்ததல்ல. பொருள்களின் அடர்வு அதிகரிக்க அதிரிக்க, கதிர்வீச்சின் செறி வைக் குறைக்கத் தேவைப்படும் தடிப்பு குறைவுதான். எனவே தான் காமாக் கதிர் அல்லது X- கதிர்களிலிருந்து நம்மைக் காத்துக்கொள்ள பயன்படுத்தப்படும் கவசங்களை இரும்பு, லெட் கனமான தனிமங்களால் செய்கிறோம்.

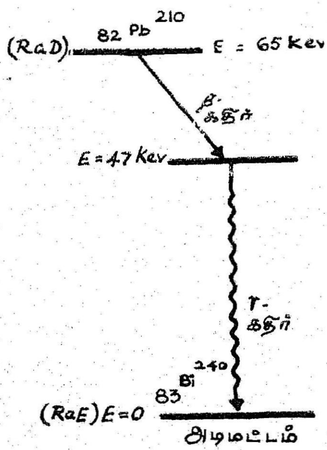
1Mev ஆற்றல் காமாக் கதிர் லெட்டின் ஊடே செல்கையில் நொய்மை அடைவதை எடுத்துக்கொள்வோம். இங்கு நொய்மைக் குணகம் μ, 0·77 செ. மீ$^{-1}$. எனவே பாதி அளவான தடிப்பு $= \frac{0.693}{0.77} = 0{\cdot}90$ செ.மீ 1Mev ஆற்றல் காமாக் கதிர் 0·90 செ·மீ தடிப்பு கொண்ட லெட்டின் வழியாகச் செல்கையில் அதன் செறிவு பாதியாகக் குறைகிறது. லெட்டின் அடர்வு 11.3கிராம். /க.செ. மீ எனவே நிறை நொய்மைக் குணகம்.

$$= \frac{0{\cdot}77}{11{\cdot}3} = 0{\cdot}068 \text{ செ. மீ}^2/\text{கிராம்}$$

நிறை பாதி அளவான தடிப்பு $= 0.90 \times 11{\cdot}3 = 10{\cdot}2$கிராம்/ செ· மீ^{2}

வெவ்வேறு பொருள்கள் எல்லாமே 1Mev ஆற்றல் காமாக் கதிரைப் பொறுத்தவரை நிறை நொய்மைக் குணகங்கள் கிட்டதட்ட 0.068செ· மீ^{2}/கிராம் என்றும் நிறைபாதி அளவான தடிப்பு 10·2கிராம்/செ·மீ^{2} எனவும் கொண்டிருக்கின்றன.

கதிரியக்கச் சிதைவின் போது α-அல்லது β-கதிர் வெளிவிடப்பட்டால் கதிரியக்கச் சிதைவைத் தொடர்ந்து காமாக்கதிர்கள் வெளிப்படுகின்றன. கதிரியக்கச் சிதைவின் போது, வரும் புதுத்தனிமத்தின் அணுக்கரு கிளர்வுற்ற நிலையில் இருக்கிறது. அது கொண்டிருக்கும் அதிகப்படியான ஆற்றல் காமாக் கதிராக வெளிவிடப்படுகிறது. கீழேயுள்ள படம் இதனை விளக்குகிறது.



படம் 45

காமாக் கதிர் வெளிப்படும்போது அது அதன் பாதையில் அணுவிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களைச் சந்திக்க நேரிடலாம். எலெக்ட்ரானுக்கு அருகே செல்கையில் காமாக் கதிர் கிரகிக்கப்

பட்டு ஒளி மின் விளைவு நிகழலாம். அதனைத் தொடர்ந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன. இதன் விளைவாக ஃபோட்டானின் ஆற்றல் எலெக்ட்ரானுக்கு மாற்றப்படுகிறது. இதனைத்தான், காமாக் கதிர் உள்ளிடை மாற்றம் உறுகிறதென்று சொல்லுகிறோம்.

வினாக்கள்

1. α-துகள்களின் தன்மைகளை விவரிக்க.

2. ஒப்பு நிறுத்துத் திறனை வரையறுக்க.

3. சமான அளவு தொலைவு என்றால் என்ன?

4. செய்கர்-நட்டால் விதியை விளக்குக.

5. பீட்டாக் கதிரின் தன்மைகள் யாவை?

6. பீட்டாக் கதிர் நிறமாலை வரைவியை விவரி

7. பீட்டாத் துகள்கள் வெவ்வேறு ஆற்றல்களைக் கொண்டிருப்பதன் காரணம் என்ன?

8. சார்ஜென்ட் கோடுகள் எனப்படுபவை யாவை? அவற்றிற்கு பொருந்தும் சமன்பாடு யாது?

9. பாசிட்ரான் விடப்படும்போது அணுக்கரு உறும் மாற்றம் யாது?

10. காமாக் கதிர்கள் அவற்றின் பாதைகளில் உண்டாக்கும் மூன்று முக்கிய விளைவுகளை விவரிக்க.

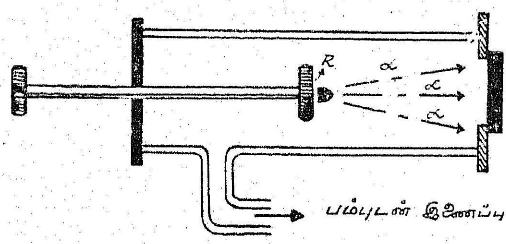
11. நொய்மைக் குணகம், நிறை பாதி அளவாள தடிப்பு, நிறை நொய்மைக் குணகம் ஆகியவை பற்றி சிறு குறிப்புகள் வரைக.

12. காமாக் கதிர்கள் எவ்வாறு உண்டாகின்றன?

12. அணுத்துகள்களின் மோதல்களும் அணுக்கரு சிதைவுறுதலும்

இரசவாதிகள் (alchemists) மலிவான உலோகங்களை மதிப்பு வாய்ந்த தங்கம் போன்ற உயர் உலோகங்களாக மாற்ற பெருமுயற்சிகள் செய்தனர் இம்முயற்சியில் அவர்கள் வெற்றி பெறவில்லை என்றாலும் அவர்களின் முயற்சியின் முடிவாக பல கண்டுபிடிப்புகள் நிகழ்ந்தன. தனிமங்களின் தனித்தன்மை பற்றியும், அவற்றை அழிக்க இயலாது என்ற கருத்தும் மக்களிடையே தோன்றியபின், ஒரு காலகட்டத்தில் ஒரு தனிமத்தை இன்னொரு தனிமமாக மாற்றும் முயற்சி ஓரளவுக்கு கைவிடப்பட்டு விட்டதென்றே கூறலாம்.

அணுவின் அமைப்பு பற்றி புதுக்கருத்துகள் தோன்றின. எல்லாப் பொருள்களும் ஒரே மாதிரியான அடிப்படைத் துகள்களைக் கொண்டிருப்பது தெரியவந்தது. தனிம மாற்றத்தைப் பற்றிய மறு சிந்தனை உருவாக இக்கருத்துகள் காரணமாய் அமைந்தன.



படம் 46

ஒரு தனிமத்தை இன்னொன்றாக மாற்ற பல முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன அந்த முயற்சியில் வெற்றி கண்டவர் ருதர்ஃபோர்டு (**Rutherford**) என்பார்தான். அவர் மலிவான காரீயம், இரும்பு போன்ற தனிமங்களை தங்கமாக மாற்றவில்லை என்றாலும் அவரின் கண்டு பிடிப்பு, நவீன ரசவாத நிகழ்ச்சிகளின் முன்னோடியாய் இருந்தது குறிப்பிடத்தக்கது.

முன் பக்கத்தில் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள சாதனத்தைப் பயன் படுத்தி அணுத்துகள்களுக்கிடையே நிகழும் மோதல்விளைவு களைப்பற்றி ருதர்ஃபோர்டு ஆராய்ந்தார்.

இக்கருவி நீண்ட கண்ணாடி குழாயைக் கொண்டது. இதில் **R** என்னுமிடத்தில் கதிரியக்கப் பொருளை வைத்து, பின்னர் குழாயிலுள்ள காற்றை நீக்கிவிட வேண்டும். அடுத்து குழாயில் ஒரு குறிப்பிட்ட வாயுவை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். கதிரியக்கப் பொருளிலிருந்து வெளிப்படும் a-துகள் வாயுவின் வழியாகப் பயணஞ் செய்து, மறு கோடியிலுள்ள இலேசான அலுமினியத் தாள் வழி சென்று அதற்கு அடுத்து இருக்கும் ஒளிர் திரை (flourescent screen) மீது படும்போது, பொறிச் சிதறல் உண்டாவதைக் காணலாம்.

இந்த அமைப்பில் வெவ்வேறு வாயுக்களை எடுத்துக்கொண்டு சோதனைகளை நிகழ்த்தலாம். ஆக்ஸிஜன் அல்லது கார்பன்-டை ஆக்ஸைடைக் கொண்டு சோதனைகள் நிகழ்த்தப்பட்டபோது வாயுக்களின் நிறுத்துத் திறனுக்கேற்ப பொறிச் சிதறல் எண்ணிக்கை குறைந்தது. ஈரப்பசை இல்லாத காற்றைக் கொண்டு நிகழ்த்திய சோதனையில் சற்றும் எதிர்பார்க்காத விளைவுகள் ஏற்பட்டன பொறிச் சிதறல் எண்ணிக்கை, குறைவதற்குப் பதில் அதிகரித்தது. a-துகள் ஹைட்ரஜனில் செல்கையில் நிகழும் ஹைட்ரஜன் பொறிச் சிதறல்களை ஒத்த பொலிவுடைய (brightness) பொறிச் சிதறல்கள் தென்பட்டன.

மீண்டும் இச்சோதனைகள் நிகழ்த்தப்பட்டன. இவ்விளைவுக்கு காரணமாய் இருப்பது நைட்ரஜன் என்று நிரூபிக்கப்பட்டது. நைட்ரஜன் அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளுடன் a-துகள் வினையுற்று, ஹைட்ரஜனிலிருந்து பெறப்பட்டது போன்ற ஆற்றல் மிக்க துகள்கள் வெளிப்படுகின்றன. இவை மின்னேற்றங் கொண்ட ஹைட்ரஜன்கள் என நம்பப்பட்டது.

தொடர்ந்து நிகழ்த்தப்பட்ட சோதனைகளின் முடிவாக செயற்கை முறையில் ஒரு அணு இன்னொரு தனிமத்தின் அணுவாக மாற்றப்பட்ட விந்தை நிரூபிக்கப்பட்டது. 3,00,000 a-துகள்களில் ஒரே ஒரு துகள் மட்டும் நைட்ரஜனிலிருந்து நீண்ட தொலைவு மிக்க துகளை வெளிப்படுத்தியது. இதிலிருந்து, அணுமாற்றம் மிகச் சிறிய அளவிலேயே நிகழ்ந்துள்ளது என்பது தெரிகிறது. என்றாலும் நவீன ரசவாதவித்தைக்கு (Modern alchemy) இங்கே வித்திடப்பட்டது என்பது திண்ணம்.

ருதர்ஃபோர்டும், சாட்விக்கும் (Chadwick) பல சோதனைகள் நிகழ்த்தி a-துகள் நைட்ரஜன் மீது பட்டு ஏற்படும்

வினையில் வருவது நீண்ட தொலைவு கொண்ட புரோட்டான்களே என்று நிரூபித்தனர். α-துகள்கள் கொண்டு தாக்கும்போது (கார்பன், ஆக்ஸிஜன் மற்றும் பெரிலியம் தவிர) போரானிலிருந்து பொட்டாசியம் வரையுள்ள தனிமங்கள் புரோட்டான்களை வெளி விடுகின்றன. அந்தப் புரோட்டான்கள் அதிக ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கின்றன. அணுக்கரு சிதைவிலிருந்து இவை வெளிப்பட்டிருக்க வேண்டுமென்பது திண்ணம்.

இம்மாதிரியான அணுக்கரு சிதைவு பற்றி விளக்கம் தந்தவர் ருதர்ஃபோர்டே. பயணத்தின் ஆரம்பத்தில் α-துகளின் வேகம் அதிகமாயிருக்கும். அப்போது அது நைட்ரஜன் மீது நேராக (எதிரெதிரே) (Head on) மோதும்போது, நைட்ரஜனால் பிடிக்கப் படுகிறது. இந்நிகழ்ச்சியைத் தொடர்ந்து உடனே அணுக்கரு சிதைவு நிகழ்கிறது. அப்போது அதிவேகம் கொண்ட புரோட்டான் வெளிவிடப்படுகிறது.

இந்த நிகழ்ச்சியை கீழே காட்டியவாறு எழுதலாம் :

$$_2He^4 + {_7N^{14}} = [_9F^{18}] = {_8O^{17}} + {_1H^1}$$

+2, மின்னேற்றமும், நிறை 4-ம் கொண்ட α-துகள் +7 மின்னேற்றமும், நிறை 14-ம் கொண்ட நைட்ரஜன்மீது மோதும் போது நிறை 18-ம், மின்னேற்றம் + 9ம் கொண்ட ஒரு துகள் கிடைக்கிறது. இது ஃபுளோரின் அணுக்கருவாகும். நிறை 18 கொண்ட ஃபுளோரின் அணு நிலைத்த தன்மையற்றது. எனவே அது சிதைந்து விடுகிறது. இந்நிகழ்ச்சியில் + மின்னேற்றமும் நிறை 1-ம் கொண்ட புரோட்டான் வெளிப்படுகிறது. மீதம் இருப்பது + 8 மின்னேற்றமும், நிறை 17-ம் கொண்ட ஆக்ஸிஜன் அணுமையக் கரு. இது இயற்கையில் காணப்படும் ஆக்ஸிஜன் ஐசோடோப்புதான்.

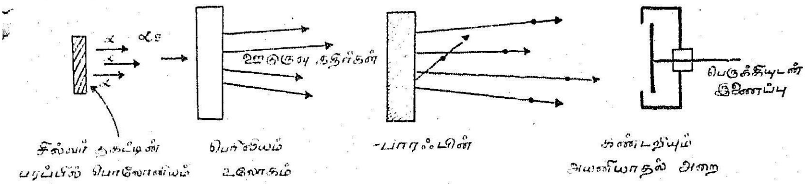
இந்த அணுக் கரு சிதைவு நிகழ்ச்சியில் ஹீலியம் மற்றும் நைட்ரஜன் ஆகிய இரண்டு நிலைத்த ஐசோடோப்புகளில் ஆரம்பித்து அவற்றிலிருந்து இரண்டு புதிய, நிலைத்த அணுக்கருக்களான ஹைட்ரஜன் மற்றும் ஆக்ஸிஜன் ஆகியவைப் பெறப்படுகின்றன. $_9F^{18}$ அணுக்கரு கண நேரங் கூட நிலைத்திருப்பதல்ல. எனவே சமன்பாட்டில் அதனைக் காட்டுவதில்லை. மேலே விவரிக்கப்பட்ட இந்தவினையை,

$_2He^4 + {_7N^{14}} \longrightarrow {_8O^{17}} + {_1H^1}$ என்று எழுதுகிறோம்.

அணுக்கரு வினை சமன்பாடுகளையும் சாதாரண வேதி வினை சமன்பாடுகளைப் போன்றே சமன்படுத்துதல் (Balancing) வேண்

டும். சமன்பாட்டின் இரு பக்கங்களிலும் மொத்த மின்னேற்றங்களும், நிறை எண்களும் சமமாக இருத்தல் வேண்டும்.

1932-ல் சாட்விக் (Chadwick) நியூட்ரான்களைக் கண்டறிந்தார். அவரின் இந்த கண்டுபிடிப்புக்காக *1935*-ல் நோபெல் பரிசு வழங்கப்பட்டது. அவர் நிகழ்த்திய சோதனை கீழே விவரிக்கப்படுகிறது.



படம் 47

α-துகள்களைக் கொண்டு பெரிலியத்தைத் தாக்கும்போது பெரிலியத்திலிருந்து, ஊடுருவும் தன்மை மிகக் கொண்ட துகள்கள் வெளிப்படுகின்றன. இத் துகள்களை பாரஃபின் மீது விழச் செய்தால் அங்கிருந்து அதிவேகங் கொண்ட புரோட்டான்கள் வெளிப்படுகின்றன. சாட்விக், பல சோதனைகளைச் செய்து பெரிலியத்திலிருந்து வெளிப்படும் துகள்கள் மின்னேற்றம் அற்றவை என்பதையும், அவை புரோட்டான்களையொத்த நிறையைக் கொண்டிருத்தலையும் நிரூபித்தார். அத் துகள்கள் நியூட்ரான்கள் என்று அழைக்கப்பட்டன. இந்த அணுக்கரு சிதைவு மாற்றத்தை கீழே கொடுக்கப்பட்ட சமன்பாட்டால் குறிக்கிறோம்.

$$ {}_2He^4 + {}_4Be^9 \longrightarrow {}_6C^{12} + {}_0n^1 $$

α-துகள் (${}_2He^4$) பெரிலியத்துடன் மோதி அதனுடன் இணைகிறது. அடுத்து அணுக்கருச் சிதைவு நிகழ்ந்து மிக வேகங் கொண்ட நியூட்ரான் வெளிவிடப்படுகிறது. +6 மின்னேற்றமும் நிறை 12-ம் கொண்ட அணுக்கருவைக் கொண்ட துகள் எஞ்சுகிறது. இது நிலைத்த தன்மை உடையது.

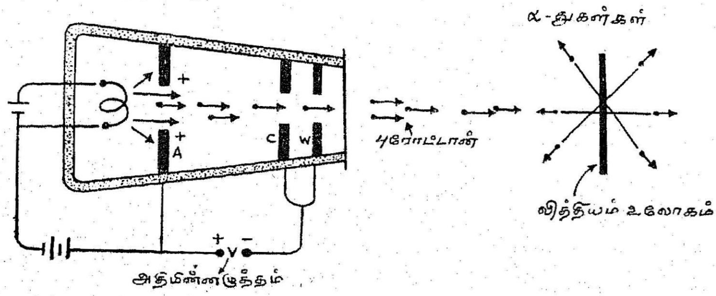
பெரிலியத்திலிருந்து வெளிப்படும் நியூட்ரான்கள் பாரஃபின் கட்டியைத் தாக்கும்போது அதிலிருக்கும், ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் மீது மீட்சி மோதல் (Elastic collision) உற்று ஹைட்ரஜன் (புரோட்டான்கள்) அயனிகளை வெளித் தள்ளுகின்றன. கிட்டத்தட்ட ஒரே நிறை கொண்ட துகள்கள் ஒன்று மற்றொன்றின்மீது வேகமாகப்படும் ஒன்றன் முழு வேகமுமே இன்னொன்றுக்கு மாற்றப்படுகிறது. எனவே நியூட்ரான் நிறுத்தப்பட்டு புரோட்டான்

வேகமாக வெளியே தள்ளப்படுகிறது. மின்னேற்றங் கொண்ட தன்மையினுல் புரோட்டானை வில்ஸன் நீர்த்திவலை அறையில் கண்டறியலாம். நியூட்ரானை அவ்வாறு காண இயலாது.

நியூட்ரான் துகள்கள் அதிக ஊடுருவும் தன்மை கொண்டிருக்கக் காரணம், அணுக்களால் நியூட்ரான்களின் வேகம் அதிகமாகக் குறைக்கப்படுவதில்லை. புரோட்டான், எலெக்ட்ரான் அல்லது α-துகள் மின்னேற்றங் கொண்டிருப்பதால் அணுக்களை அயனிகளாக்குகின்றன. மின்னேற்றமில்லாத நியூட்ரான் அணுக்களை அயனிக்கச் செய்ய இயலாது.

α-துகள்களைத் தவிர வேறு துகள்களைக் கொண்டும் அணுக்கரு சிதைவுகளை நிகழ்த்தலாம் என்று ருதர்ஃபோர்டு நம்பினுர். அவருடைய துணையாளர்களான, **காக்கிராப்ட் (Cockroft)** மற்றும் **வால்ட்டன் (Walton)** ஆகியோர் 1932-ல் ஓரளவுக்குக் குறைவான வோல்ட்டுகளைக் கொண்டே முடுக்கப்பட்ட புரோட்டான்களைக் கொண்டு லித்தியம் உலோகத்தைத் தாக்கி அணுக்கருச் சிதைவை உண்டு பண்ணிஞர்கள்.

அவர்கள் கையாண்ட சாதனத்தின் அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 48

சூடான கம்பி இழையிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் A- என்ற பகுதியிலுள்ள ஹைட்ரஜன் மீதுபடும் போது அவை அயனிகளாகின்றன. இந்த புரோட்டரான்கள் குழாயின் மறுகோடிக்கு 1,50,000 வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் முடுக்கப்படுகின்றன. C-வழியேயும் அடுத்து W-என்ற பலகணி வழியேயும் வெளியேறும்போது புரோட்டான் கற்றையாக (beam) வெளி வருகிறது. இந்தப் புரோட்டான்களைக் கொண்டு லித்தியம் உலோகத்தைத் தாக்கி அணுக்கருச் சிதைவை உண்டு பண்ணலாம். அப்போது எட்டு சென்டிமீட்டர்கள் தொலைவு (range) கொண்ட α-துகள்கள் வெளிப்படுகின்றன. இவற்றின் ஆற்றல்

8·5 Mev ஆகும். தாக்கப் பயன்படும் புரோட்டான்கள் 0·15 Mev ஆற்றல் கொண்டவை. எனவே இந்த தனிம மாற்றத்தில் பெரிய அளவில் ஆற்றல் மாற்றமும் நடைபெறுகிறது. இந்தத் தனிம மாற்று வினை கீழே கொடுக்கப்பட்ட சமன்பாட்டால் குறிக்கப் படுகிறது.

$$ {}_1H^1 + {}_3Li^7 \longrightarrow {}_2He^4 + {}_2He^4 $$

அணுக்கரு மாற்ற வினைகளில் நியூக்ளியான்கள் (Nucleons) மாற்றியமைக்கப் படுகின்றன வேதி வினைகளின் போது முழு அணுக்கள் அவை இருக்கும் நிலைகள் மாற்றியமைக்கப் படுகின்றன. அணுக்கரு மாற்றங்களின் போது மிக அதிக அளவில் ஆற்றல் மாற்றங்கள் நிகழுகின்றன. வேதிவினைகளில் ஒரு சில எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகள் (electron volts) ஆற்றல் மாற்றமே நிகழுகின்றன. ஆனால் அணுக்கரு மாற்று வினைகளின் போது உண்டாகும் ஆற்றல் மாற்றங்கள் பல மில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகளாக இருக்கின்றன. அணுக்கரு மாற்றுவினையின் போது ஏற்படும் ஒட்டுமொத்தமான ஆற்றல் மாற்றத்தை அணுக்கரு வினையாற்றல் என்கிறோம். இதனை 'Q' என்ற குறியீட்டால் குறிக்கிறோம். பொதுவாக அணுக்கரு மாற்று வினையின் 'Q' என்று இதனைக் குறிப்பிடுகிறோம். நிகழும் மாற்றத்தைப் பொறுத்து 'Q' நேரளவாகவோ (positive) அல்லது எதிர் மறையளவாகவோ (negative) இருக்கலாம்.

ஐன்ஸ்டீன் கொள்கைப்படி $E = mc^2$. எனவே அணுக்கரு மாற்றங்களில் ஆற்றலும், நிறை மாற்றமும் சமப்படுத்தப் படவேண்டும். அணுக்கரு வினையின் போது ஆற்றல் வெளிப்பட்டால் 'Q' நேரளவாகும். அப்போது நிறை குறையும். விளை பொருள்களின் மொத்த நிறை வினைபடு அணுக்கருக்களின் மொத்த நிறையை விட குறைவாக இருக்கும். வெளிப்படும் ஆற்றல் நிறை குறைவாக இருக்கும் அளவுக்கு சமமாக இருக்கும். ஆற்றல் எடுத்துக் கொள்ளப்படும் போது 'Q' எதிர்மறையளவாக (negative) இருக்கும். அப்போது விளை பொருள்களின் மொத்த நிறை வினைபொருள்களின் மொத்த நிறையைவிட அதிகமாயிருக்கும். லித்தியமும் புரோட்டானும் வினையுறுவதைக் கீழே காட்டியவாறு குறிக்கலாம்.

$$ {}_1H^1 + {}_3Li^7 + E_1 = {}_2He^4 + {}_2He^4 + E_2 $$

இச்சமன் பாட்டில்

E_1 = புரோட்டானின் இயக்க ஆற்றல்

E_2 = α-துகள்களின் மொத்த இயக்க ஆற்றல். இவ்வினையில் வரும் α-துகள்களின் தொலைவு 8. செ.மீ. ஒவ்வொரு துகளும் 8·6Mev ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கிறது. எனவே இரண்டு

α–துகள்களும் மொத்தம் 17·2 Mev-ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கின்றன. இம்மாதிரியான ஒவ்வொரு அணுமையக் கருமாற்ற நிகழ்ச்சியிலும் 17·2Mev ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. இவ்வினையின் 'Q' + 17·2 Mev மொத்த நிறையில் ஒரு பகுதி மறைவதன் மூலமே இவ்வளவு ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது.

நிறை இழப்பை கீழே காட்டியவாறு கணக்கிடலாம் :

வினை பொருள்களின் நிறை	வினை பொருள்களின் நிறை
$_1H^2$ = 1·0078 mu	$_2He^4$ = 4·0026 mu
$_3Li^7$ = 7·0160 mu	$_2He^4$ = 4·0026 mu
E_1 = 0·00016 ($E_1 = \frac{0·15 Mev}{931}$)	8·0052 mu
8·02396 mu	

அணு நிறை இழப்பு 8·02396 mu
−8·0052 mu
·01876 mu

இந்த அணுக்கரு மாற்று வினையின்போது 0·01876 mu (mu = நிறை அலகு) மறைகிறது. இதனை 931-ஆல் பெருக்கினால் 17·4 Mev கிடைக்கிறது. இவ்வினையின்போது இவ்வளவு ஆற்றல் வெளிப்படவேண்டும். நடைமுறையில் வெளிப்படும் 17.2 Mev ஆற்றல் கிட்டத்தட்ட இதற்கு சமமாக இருப்பது கருதற்பாலது.

ரேடியம் C^1-லிருந்து வெளிப்படும் α–துகள் நைட்ரஜனுடன் மோதி ஏற்படும் வினையை எடுத்துக் கொள்வோம். அதனை கீழே காட்டியபடி குறிக்கலாம்.

$$_2He^4 + {_7N^{14}} + E_1 = {_8O^{17}} + {_1H^1} + E_2$$

E_1 = ஹீலியத்தின் இயக்க ஆற்றல் $E_1 = \frac{7·7 \text{ Mev}}{931} = ·00827$

வினைபடு அணுக்கருக்களின் நிறைகள்		வினை பொருள்களின் நிறைகள்
	$_2He^4$ = 4·0026 mu	$_8O^{17}$ = 16·9991 mu
	$_7N^{14}$ = 14·0031 mu	
	E_1 = 0·0082 mu	$_1H^1$ = 1·0078 mu
மொத்தம்	18·0139 mu	மொத்தம் 18·0069 mu

இவ் வினையில் அணுநிறை இழப்பு ⟶ 18·0139
− 18·0069
0070 mu

அணுநிறை இழப்பு ·007 muஐ 931ஆல் பெருக்க, 6·517 Mev கிடைக்கிறது. இவ் வினையில் வெளிப்படும் ஆற்றலின் அளவு இது

தான். இந்த ஆற்றல் ஆக்ஸிஜன் மற்றும் புரோட்டான்களால் பகிர்ந்து கொள்ளப்படுகிறது. இரண்டு துகள்களின் இயக்க ஆற்றல் அவற்றின் நிறைகளுக்கு எதிர் விகிதச் சமமாக இருக்கின்றன. இதன்படி 6·517 Mev ஆற்றல் இரண்டு துகள்களால் பகிர்ந்துகொள்ளப்படுகிறது. O^{17}-க்கு 0·367 Mevஐ யும், புரோட்டான் 6·15 Mev-களையும் எடுத்துக்கொள்கின்றன. ஆக்ஸிஜன் மற்றும் புரோட்டான் ஆகியவற்றின் மொத்த இயக்க ஆற்றலைத்தான் சமன்பாட்டில் E_2 குறிக்கிறது. 6·15 Mev-ஆற்றல் கொண்ட புரோட்டானின் தொலைவு காற்றில் 49 செ.மீ. ஆகும். சோதனை மூலம் அளக்கப்பட்ட தொலைவு 48 செ.மீ. அதன் ஆற்றல் 6Mev-களாம். கணக்கீட்டிலிருந்து பெறப்படும் மதிப்புக்கு இவை நெருங்கி வருகின்றன.

தனிம அட்டவணையில் பொட்டாசியம் வரை இருக்கிற தனிமங்களை α-துகள் கொண்டு தாக்கும்போது புரோட்டான்களை விடுகின்றன. ஆனால் கனமான தனிமங்களைத் தாக்கும் போது α-துகள்கள் சிதறிச் செல்கின்றன. α-துகள் Z-மின்னேற்றங் கொண்ட அணு d தூரத்தில் இருக்கும் போது $\frac{2Ze^2}{d}$, எதிர்த்துத் தள்ளும் விசைக்கு (repulsive force) உள்ளாகிறது. அணு எண் அதிகரித்துக் கொண்டு போகும்போது இந்த விசையும் அதிகரிக்கிறது. எனவே தான் இலேசான தனிம அணுக்கருவை நெருங்கக் கூடிய அளவு ஆற்றலைக் கொண்ட α-துகள் கனமான அணுக்கருவால் எதிர்த்துத் தள்ளப்படுகிறது. கனமான தனிமத்தின் அணுமையக் கருவை நெருங்க α-துகள் 20-லிருந்து 30 Mev-ஆற்றலைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். 1928-ல் காமோ (Gamow) மின்னேற்றங் கொண்ட வேறு துகள்களையும் எறித்துகள்களாகப் பயன்படுத்தும் சாத்தியக் கூறுகளை வெளியிட்டார். ஒரு அலகு மின்னேற்றமும், நிறை ஒரு அலகும் கொண்டது புரோட்டான். ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு ஆற்றலைப் பெற்ற நிலையில், α-துகளை விட புரோட்டான் அணுக்கருவை நெருங்க அதிக வாய்ப்பைப் பெற்றுள்ளது. அணுக்கரு மாற்று விளைகளில் இவை பயன்படுத்தப்படுவதை அடுத்த அத்தியாயத்தில் காண்க.

வினாக்கள்

1. α-துகள் கொண்டு நைட்ரஜனை தாக்கும் சோதனையை விவரிக்க.

2. நியூட்ரான் கண்டுபிடிப்பை விளக்குக.

3. காக்கிராப்ட்-வால்ட்டன் சோதனையை விளக்கி எழுதுக.

4. தனிய மாற்று வினைகளில் ஆற்றல் அழியாமையை எடுத்துக்காட்டுடன் விவரிக்க.

5. கனமான தனிமங்களை α-துகள்கள் கொண்டு தாக்கும் போது α-துகள் சிதறுவது ஏன்?

6. வேதிவினைக்கும், தனிம மாற்று வினைக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள் யாவை?

13. துகள் முடுக்கிகள்

எறிபொருள்களாக (Projectile) பயன்படுத்தப்படும் துகள்கள் போதுமான ஆற்றலைக் கொண்டிருந்தால் தான் அணுக்கரு வினைகளை நிகழ்த்த முடியும். மின்னேற்றத் துகள்கள் அணுக்கருவின் எதிர்த்துத் தள்ளும் விசையை வெல்லக் கூடிய போதுமான ஆற்றலைக் கொண்டிருந்தால் தான் அணுக்கருவை நெருங்க இயலும்.

துகள் முடுக்கிகளைக் (particle accelerators) கொண்டு புது அணுத் துகள்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன, காஸ்மிக் கதிர்களின் ஆற்றலுக்கு இணையான ஆற்றலைக் கொண்ட துகள்களை, துகள் முடுக்கிகளைக் கொண்டு உண்டாக்கலாம். அம்மாதிரியான துகள்கள் வினைபடும் விதத்தை சோதனைக் கூடத்தில் கட்டுப்பாட்டுக்குள் நிகழும்படி செய்யலாம். காஸ்மிக் கதிர்கள் எப்படி ம்யுவான்களையும், மெசான்களையும் உண்டாக்குகின்றன என்பதை சோதனைக் கூடத்தில் அறிந்துகொள்ள துகள் முடுக்கிகள் பெரிதும் துணைபுரிகின்றன.

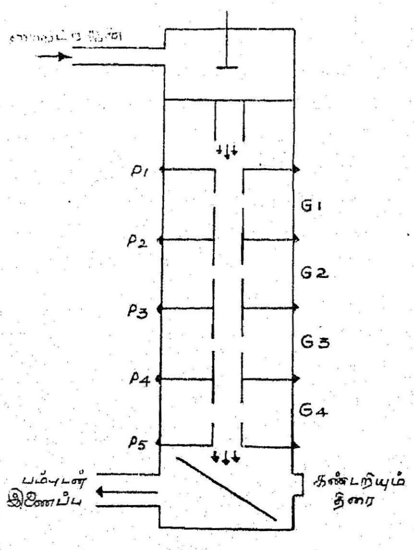
கணக்கீட்டுப்படி, ஆன்ட்டி புரோட்டான்கள், ஆன்ட்டி நியூடரான்கள் ஆகியவற்றை உண்டாக்க 5—6 பில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்டுகள் ஆற்றல் கொண்ட புரோட்டான்கள் தேவை. இவ்வளவு ஆற்றல் கொண்ட புரோட்டான்களை துகள் முடுக்கிகளிலிருந்துதான் பெறமுடியும்.

அணுக்கரு அமைப்பு, அணு ஆற்றல் பற்றியெல்லாம் விரிவாகத் தெரிந்து கொள்ளவும் துகள் முடுக்கிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. துகள்களை முடுக்கிவிட அல்லது விரைவூக்கங் கொடுக்க பயன்படுத்தப்படும் சாதனங்கள் பல. அவற்றுள் ஒரு சில கீழே விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

காக் க்ராப்ட் - வால்ட்டன் துகள் முடுக்கி

ஈர்ப்புப் புலத்தில் (graditional field), பொருள்களுக்கு விரைவூக்கங் கொடுப்பதைப் போன்று மின் புலத்தில் மின்னேற்றத் துகள்களுக்கு விரைவூக்கங் கொடுக்கலாம். எவ்வளவு உயரத்திலிருந்து ஒரு பொருள் கீழே விழுகிறது என்பதைப் பொறுத்து அப் பொருள் ஆற்றலைப் பெறுகிறது. அதுபோன்றே மின்னேற்றத் துகளும் மின் புலத்தில் அது விழும்போது, எவ்வளவு மின்

னழுத்த மாறுபாட்டிலிருந்து (potential difference) விழுகிறது. என்பதைப் பொறுத்து அந்துகள் முடுக்கப் படுகிறது. ஒரு மின்னேற்றத் துகள் மின்புலத்தின் ஊடே செல்லும்போது, துகளின் மின்னேற்றம் மற்றும் மின்புலத்துக்கு காரணமான மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகிய இரண்டின் பெருக்குத் தொகைக்கு சமமான இயக்க ஆற்றலைப் பெறுகிறது. எனவே எலெக்ட்ரான் களுக்கோ புரோட்டான்களுக்கோ பலநூறாயிரம் எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகள் ஆற்றல் கொடுக்க வேண்டுமானால் இவ்வளவு மின்னழுத்தங் கொண்ட மின்புலத்தை முதலில் உண்டாக்க வேண்டும். பின்னர் இந்த மின்புலத்தில் நேர்மின்னேற்ற அயனிகளை உட் செலுத்த வேண்டும். அப்படி உட்செலுத்தப் பட்ட புரோட்டான்கள் எளிதாக, தன்னிச் சையாக (freely) மின் புலத்தில் விழுந்தால் தான் இயக்க ஆற்றலைப் பெறமுடியும்



படம் 49

α-துகள்கள் அல்லது புரோட்டான்கள் காற்றில் செல்கையில் காற்றிலிருக்கும் துகள்களோடு மோதல்கள் உற்று ஆற்றலை இழக் கின்றன. மின்புலத்தில் காற்று இருந்தால் புரோட்டான்களுக்கு விரைவூக்கங் கொடுப்பது கடினம். எனவே புரோட்டான்களின் பாதையிலிருக்கிற மூலக் கூறுகள் நீக்கப்படல் வேண்டும். அதா வது வெற்றிடத்தில் மின்புலத்தை உண்டாக்க வேண்டும். நேர்த் திசை (Direct) மின்னழுத்தங் கொடுத்து மின்புலத்தை உண்டாக்க வேண்டும்.

காக்க்ராப்ட் மற்றும் வால்ட்டன் ஆகியோர் மேலே விவரிக்கப் பட்ட விவரங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு காக்கிராப்ட்-வால்ட்டன் துகள்முடுக்கியை உருவாக்கினர்.

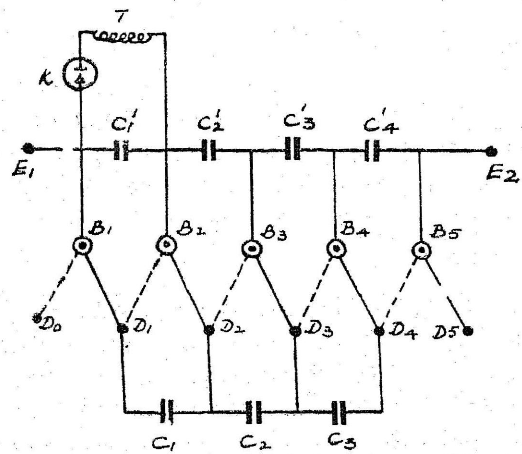
இந்த சாதனத்தின் அமைப்பு மேலே முன் பக்கப் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

குழாயில் காற்றை நீக்கி, மின்வாய்களுக்கிடையே, 6,00,000 லிருந்து 8,00,000 வோல்ட்டுகள் வரை மின்னழுத்தம் கொடுக்கப் படுகிறது. இரண்டு மின்வாய்களைப் பயன்படுத்துவதற்குப் பதிலாக 5 ஜோடிகள் (pain) மின்வாய்கள் பயன்படுத்தப் படு கின்றன.

முதல் மின்வாய்க்கும், இரண்டாம் மின் வாய்க்கும் இடையே 200 கிலோ வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்தங் கொடுக்கப்படுகிறது. அதே மின்னழுத்தம் 2-வது மின் வாய்க்கும் 3-வது மின்வாய்க்கும் இடையேயும், 3-வது, நான்காவது இரண்டனுக்கிடையேயும் மற்றும் நான்காவது, ஐந்தாவது மின்வாய்களுக் கிடையேயும் கொடுக்கப் படுகிறது. இந்த எல்லா மின்புலங்களும் ஒரே திசை யைக் கொண்டவையாய் இருந்தால், முதலாவது மற்றும் ஐந்தா வது மின்வாய்களுக்கிடையே 8,00,000 வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்த வேறுபாடு நிலவுகிறது.

விரைவூக்கங் கொடுக்கப்படும் அயனி ஒரு மின் புலத்திலி ருந்து இன்னொன்றுக்கு எளிதாகச் செல்லும்படியான அமைப்பு இருக்கவேண்டும். இதற்காக மின் வாய்களின் நடுவே திறந்த (opening) இருக்கவேண்டும். கொடுக்கப்பட்டுள்ள படத்தில் p_1, p_2, p_3, p_4 மற்றும் p_5 ஆகியவை மின் வாய்களைக் குறிக் கின்றன. ஒன்றுக்கொன்று அண்மையில் இருக்கும் இரண்டு மின் வாய்களுக்கிடையே 2,00,000 எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகள் மின் னழுத்தங் கொடுக்கப்படுகிறது. G_1, G_2, G_3 மற்றும் G_4 ஆகியவை கண்ணாடி குழாய்கள். பிரத்தியேக முறையில் குழாயின் உள்ளே வெற்றிடம் இருக்கும்படி பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும். மின்னிறக்கச் சாதனத்தில் உண்டாக்கப்படும் புரோட்டான்கள் p_1-மின் வாயிலுள்ள திறந்தவழியில் கீழே செல் கிறது. புரோட்டான்கள் மின்வாய்களின் வழியாகச் செல்லும் போது முதல்மின்வாய், கடைசி மின் வாய் இரண்டனுக்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கேற்ப எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகளில் ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. இவ்வாறு முடுக்கப் பெற்ற துகள்கள் சோதனைப் பொருளைக் கொண்ட இலக்கைத் (p) தாக்குகின்றன,

மாறுத மின்னழுத்தத்தை உண்டாக்க கீழே விவரிக்கப்பட்ட முறை கையாளப்படுகிறது. இங்கே படத்தில் பயன்படுத்தப் படும் சாதனத்தின் அமைப்பைக் காண்க.



படம் 50

200கிலோ வோல்ட்டுகள் கொடுக்கும் T-என்ற மின் மாற்றி (Transformer) இருப்பதாகக் கொள்வோம்.

K-என்ற திருத்தியைச் (rectifiaer) கொண்டு $C^1{}_1$ என்ற மின் தேக்கி (condensers) 200 கிலோவோல்ட்டுகளுக்கு மின்னேற்றப் படுகிறது. துணை மின்தேக்கிகளான $C_2{}^1$, $C^1{}_3$, $C^1{}_4$, ஆகியவை $C_1{}^1$-உடன் தொடர் இணைப்பில் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவை ஒவ்வொன்றுமே 200 kv-களுக்குகாக உருவாக்கப்பட்டவை. $C_1{}^1$, $C_2{}^1$, $C_3{}^1$, மற்றும் $C^1{}_4$ ஆகிய மின் தேக்கிகளை $C_1C_2C_3$ ஆகிய மின் தேக்கிகள் தொகுதியுடன் சுவிட்சு (Switch) யால் இணைக்க லாம். சொடுக்கிக்கு இரண்டு நிலைகள் இருக்கின்றன.

முதல் நிலையில் B_1-என்ற முற்று (vermind) D_1-உடன் இணைக் கப்படுகிறது. அதேபோல B_2, D_2-உடனும் B_3, D_3-உடனும், B_4, D_4-உடனும், B_5, D_5-உடனும், இணைக்கப்படுகின்றன. இரண் டாம் நிலையில் B_1, Do-உடனும் B_2, D_1-உடனும், B_3, D_2-உடனும், B_4, D_3 உடனும், B_5, D_4 உடனும் இணைக்கப்படுகின்றன. சொடுக்கியின் முதல் நிலையில் இருக்கும் இணைப்பு நிலையை தடித்த கோட்டாலும் இரண்டாம் நிலையில் இணைப்பு நிலையை புள்ளியிட்ட கோடும் காட்டுகின்றன.

இம்மாதிரியான அமைப்பால் E_1மற்றும் E_2களுக்கு 800கிலோ வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை உருவாக்க முடிகிறது

மற்றும் இரண்டிரண்டு மின்வாய்களுக்கிடையே 200 வோல்ட்டுகள் என மின்னழுத்தங் கொடுக்கவும் ஏதுவாகிறது.

வான் டெ கிராஃப் இயக்கி (Van de graff generator)

இந்த அமைப்பு இரண்டு உண்மைகளை அடிப்படையாகக் கொண்டது. மின் கடத்தும் உள்ளீடில்லாத கோளம் (sphere) மின்னழுத்தம் எப்படியிருந்தாலும் எவ்வளவு மின்னேற்றத்தை (Charges) வேண்டுமானாலும் ஏற்கிறது. எனவே கோளத்திற்கு தொடர்ந்து மின்னேற்றங் கொடுத்து மின்னழுத்தத்தை பன் மடங்காக்கலாம். பொருள்களின் கூர்முனைப் பகுதியில் மின்னிறக்கம் நிகழ்கிறது.

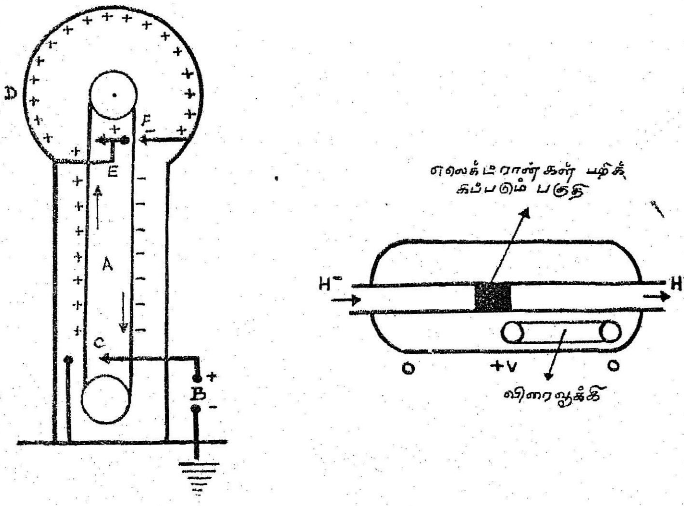
இந்த சாதனத்தில் காகிதம், பட்டு,ரேயான் போன்ற மின் கடத்தாத பொருளாலான பட்டை (Belt) இருக்கிறது. இதன் அகலம் ஒரு அடி. இது இரண்டு கப்பிகள் மேல் வேகமாகச் சுற்றி வருகிறது. இதன் வேகம் மணிக்கு 60 மைல்கள் வரை இருக்கும். B-ல் 5000லிருந்து 20000 வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது. எதிர்மின்வாய் உருண்டையான பகுதியுடனும், நேர்மின்வாய் சீப்பு போன்ற முனைகள் கொண்ட கடத்தியுடனும் இணைக்கப்படுகின்றன. இயங்கு பட்டை C-யைக் கடக்கும்போது சீப்பு முனைகளிலிருந்து நேர்மின்னேற்றங்கள் பட்டைக்குத் தாவுகின்றன. அங்கிருந்து பெரிய உலோகக் கோளத்திற்கு மின்னேற்றம் மாற்றப்படுகிறது. கரோனா தொப்பி (Corona cap) என்று சொல்லப்படுகின்ற இந்தக் கோளம் மின்கடத்தாப் பொருள்களால் தாங்கி வைக்கப்படுகிறது. E-என்ற பகுதியில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும், கோளத்தோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கும் முனைத் தொகுதிகள் மின்னேற்றத்தை வாங்கி கோளத்திற்கு மாற்றுகின்றன.

மேம்படுத்தப்பட்ட இக் கருவியில் முனைகளைக் கொண்ட கடத்திகள் (F) கோளத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவை E-என்ற முனைத் தொகுதிகளின் உருண்டையாக்கப்பட்ட பகுதியின் நேர் எதிரே வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. F-ல் மின்னிறக்கம் (discharge) நிகழ்ந்து எலெக்ட்ரான்கள் கீழ்நோக்கி படத்தில் காட்டபபட்டுள்ளது போல் எடுத்துச் செல்லப்பட்டு C-பகுதியில் நீக்கப்படுகின்றன.

இயக்கி செயல்படும்போது கரோனா தொப்பியின் மின்னழுத்தம் பெருகிக் கொண்டு போகிறது. ஒரு நிலையைக் கடந்தவுடன் மின்னேற்றக் கசிவு வேகமாக நிகழத் தொடங்குகிறது. இந்த அமைப்பு முழுவதையும் காற்றுப் புகாத எஃகு அறையில் அமைத்து மின் கசிவைத் தடுக்கலாம். இந்த அமைப்பினுள் நைட்ரஜன்-கார்பன் டை யாக்ஸைடு கலவையை சுமார் 15

மண்டல வளி அழுத்தத்தில் எடுத்துக் கொண்டு இயக்கி செயல் படுத்தப்படுகிறது.

இந்த வகை இயக்கியின் அமைப்பு படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ளது. கிடக்கையானப் பகுதியின் வலதோரம் கீழே வான்-டெ-கிராஃப் முடுக்கி இருக்கிறது. அதன் நேர்மின்னேற்ற முடிவு முனை (terminal) V+-ஆல் குறிக்கப்படுகிறது. இந்த அமைப்பின் இரண்டு கோடிகளும் நிலத் தொடர்புபடுத்தப்படு கின்றன. எனவே இவை பூஜ்யம் மின்னழுத்தத்தில் இருக்கின்றன. இந்த அமைப்பின் நடுவில் நெடுக விரைவூக்கக் குழாய் இருக் கிறது. இடது கோடியிலிருந்து நடுப்பகுதி வரை மின்னழுத்தம்



படம் 51

O-விலிருந்து +V வோல்ட்டுகளாக உயருகிறது. பின்னர் நடுப் பகுதியிலிருந்து வலது கோடி வரை +V-விருந்து O-வாகக் குறைகிறது.

விரைவூக்கக் குழாயின் இடதோரத்தில் H^- அயனிகளை உண்டாக்கும் அமைப்பு உள்ளது. H^- அயனிகள் முதலில் நடுப் பகுதி வரைச் செல்லுகையில் V-எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகளுக்கு முடுக்கப்படுகின்றன, அடுத்து H^- அயனிகள் பறித்தெடுத்து இழக்கச் செய்யும் பகுதியில் (stripping canal) செல்லும்போது அவை ஹைட்ரஜன் அயனிகளாக (H^+) மாறுகின்றன. இவை நடுப்பகுதியிலிருந்து வலது கோடி வரைச் செல்லும்போது மீண்டும் V-எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகள் அதிக ஆற்றலை பெறுகின்றன.

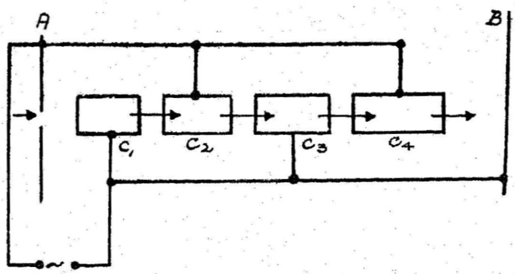
வான்-டெ-கிராப்ஃ இயக்கியைக் கொண்டு விரைவூக்கங் கொடுக்கப்பட்ட புரோட்டான்களையும் எலெக்ட்ரான்களையும் பெறலாம். இந்த சாதனத்தைக் கொண்டு 20 Mev அல்லது 30 Mev ஆற்றல் கொண்ட புரோட்டான்களைப் பெறலாம். 10 Mev அல்லது 20Mev ஆற்றல் கொண்ட எலெக்ட்ரான்களைப் பெறலாம்.

நேர்கோட்டுப் போக்கு முடுக்கி (Linear accelerator)

இம்மாதிரியான முடுக்கியை முதன் முதலில் உருவாக்கிய வர்கள் **லாரிட்சன்** (Luritsen) மற்றும் **ஸ்லோன்** (Sloane) ஆகியோராவர். மாறு திசை மின்னழுத்தங் கொண்டு துகள்களை முடுக்கவது எங்ஙனம்? துகள்கள் நகரும் திசையும் மின்னோட்டத்தின் திசையும் ஒன்றாக இருக்கும்போது துகள்கள் முடுக்கப் படுகின்றன. மின் விசையின் திசை மாறும் அடுத்த கட்டத்தில் துகள்களின் இயக்கத்தை எதிர்க்கும் வண்ணம் மின்விசை செயல் படுகிறது. எனவே துகள்களின் வேகம் குறைக்கப்படுகிறது. எனவே முதலில் துகள்கள் முடுக்கபட்டு அதே கால அளவில் வேகக் குறைப்பும் செய்யப்பட்டால் முன்னேக்கிச் செல்லும் துகள்கள் எப்படி முடுக்கப்பட முடியும்?

மாறு திசை மின்னோட்டங் கொண்டு துகள்களை முடுக்க ஒரு வழி கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.

கீழே படத்தில், நேர் போக்கில் துகள்களை மாறுதிசை மின்னோட்டங் கொண்டு முடுக்கும் அடிப்படைக் கருத்துகள் விளக்கப் படுகின்றன.



படம் 52

A, B, ஆகிய இரண்டு மின் வாய்களுக்கும் இடையே மாறு திசை மின்புலத்தை உண்டாக்குவதாக வைத்துக் கொள்வோம். இந்த இரண்டு மின்வாய்களுக்கிடைய C_1, C_2, C_3, C_4 ... என்று குறிக்கப்பட்ட பல குழாய்கள் வைக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். இந்த குழாய்கள் மின் வாய்களாகச் செயல்படுகின்றன. இந்த குழாய்களின் உள்ளே மின்புலம் காணப்படுவதில்லை. இந்த குழாய்களுக்கிடையே மின்னழுத்தங் கொடுத்தால் மின்

புலம் குழாய்களுக்கு இடைப்பட்ட இடவெளியில் மட்டுமே நிலவுகிறது. குழாய்களின் உள்பகுதியில் மின்புலமே இருப்பதில்லை; எனவே இக்குழாயினுள் பயணஞ் செய்யும்போது துகள்கள் தம் மிச்சையாகவே பயணஞ் செய்கின்றன.

A-யிலிருந்து B-யை நோக்கி செல்லும் துகள் குழாய்களுக்கு இடைப்பட்ட இடவெளியில்தான் மின்புலத்திற்கு உட்படுகின்றது. குழாயினுள் இருக்கும்போது தன்னிச்சையாகவே நகர்கிறது.

குழாய்களின் நீளங்களை மாற்றி அமைத்து துகள் குழாய்களின் உள்ளே இருக்கும் கால அளவையும், எனவே மின்புலத்திற்கு உட்படாதிருக்கும் கால அளவையும் மாற்றலாம். படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் மின்வாய்கள் A-யும் B-யும் மற்றும் குழாய்கள் C_1, C_2, C_3, C_4 ஆகியவைகளும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

ஆரம்பத்தில் B-யை விட A அதிக மின்னலத்தத்தில் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். நேரமாறிலி (Time constant) மின்னழுத்தம் கொடுக்கும் போது A-லிருந்து C_1-க்குச் செல்லும் நேர்மின்னேற்றத் துகள் மின் புலத்தால் முடுக்கப்படுகிறது. ஆனல் C_1-லிருந்து C_2-க்கு செல்லும்போது வேகம் குறைக்கப்படும்; C_2-விலிருந்து C_3-க்கு போகும்போது முடுக்கப்படும்; C_3-யிருந்து C_4-க்கு செல்கையில் வேகங் குறைக்கப்படும். மின்வாய்களுக்கும் இடையே தகுந்த மாறுதிசை மின்னழுத்தங் கொடுப்பதன் மூலம் மேலே விவரித்த நிகழ்ச்சியையே மாற்றலாம்.

A-லிருந்து B-க்கு மின்புலத்திசை இருக்கிற கட்டத்தில் நேர்மின்னேற்றத்துகள் மின்வாய் A-லிருந்து வெளிப்படுவதாகக் கொள்வோம். (A, B-யைவிட அதிக மின்னழுத்தத்தில் இருக்கிறது). மின் விசையால் துகள் A-லிருந்து B-யை நோக்கி முடுக்கப்பட்டு அதிகரித்த வேகத்துடன் செல்கிறது. C_1-ஐ அடையும் போது துகள் eV_O-க்குச் சமமான ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கும் (e-துகளின் மின்னேற்றம் V_O-Aக்கும் C_1-க்கும் இடையேயுள்ள அதிகபட்ச மின்னழுத்தம்) C_1-குழாயினுள் செல்லும்போது துகளை மின்புலம் பாதிப்பதில்லை. குழியினுள்ளே துகள் மாருத வேகத்துடன் செல்கிறது. C_1-குழாயினுள் துகள் இயங்கிக் கொண்டிருக்கும்போது மின்புலம் மாறுகிறது. A-க்கும் C_1-க்கும் இடையில் மின்புலம் பூஜ்யத்திற்கு குறைந்தபின் திசைமாறி A-யைவிட அதிக மின்னழுத்தத்தில் C_1-இருக்கிறது. C_1-க்கும் A-யுக்கும் இடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு உச்ச வரம்பில் இருக்கும் கட்டத்தில் இயங்கும் துகள் குழா (C_1) யினுள்ளிருந்து வெளியில் வரும்படி C_1-குழாயின் நீளம் தேர்ந்தெடுக்கப்பட

வேண்டும். C_1-ஐ அடுத்து C_2-குழாய் இருக்கிறது. C_2-குழாய் A-வோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. எனவே A மற்றும் C_2 ஆகிய வற்றின் மின்னழுத்தம் ஒன்றேயாம்.

துகள் C_1-க்கும் C_2-க்கும் இடைப்பட்ட இடை வெளியை அடையும் போது மின்வாய் B-ன் மின்னழுத்தம் A-யைவிட அதிகம். C_1-லிருந்து C_2வரை துகள் மேலும் முடுக்கப் படுகிறது. eV_0-க்குச் சமமான அதிகப்படியான ஆற்றலை துகள் பெறுகிறது. அது மீண்டும் மின்புலத்திற்கு உட்படாமல் C_2- குழாயினுள் பயணஞ் செய்கிறது. அத்துகள் இப்போது அதிகப்படியாக $2eV_0$ ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கிறது.

குழாய் C_2-வினுள்ளே துகள் இருக்கும் போது குழாய்களுக் கும் மின்வாய்களுக்கும் இடையேயுள்ள மின்புலம் மாறுகிறது, மின்னழுத்த மாறுபாட்டின் குறியீடு (sign) மாறுகிறது. C_2 மற்றும் C_4 குழாய்களின் மின்னழுத்தம் மின்வாய்கள் Bமற்றும் C_3 ஆகிய வைகளைவிட அதிகம்.

A-யுக்கும் B-க்கும் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு உச்ச கட்டத்தை அடையும் போது C_2 குழாயிலிருந்து துகள் வெளியில் வரும்படியாக அதன் நீளத்தை ஏற்றவாறு அமைக்க வேண்டும். C_2-வை அடுத்து C_3 இருக்கிறது. C_3, B-யைப் போன்ற மின்னழுத் தங்கொண்டிருக்கிறது. துகள் மீண்டும் C_2-க்கும் C_3க்கும் இடை யில்செல்கையில் வேகங்கூட்டப்படுகிறது; [C_3-மின்வாயை விட C_2 மின்வாயின் மின்னழுத்தம் அதிகம்] இதே மாதிரி C_3-லிருந்து C_4-க்கும் C_4-லிருந்து B-க்கும் செல்கையில் அடுத்தடுத்து துகள் முடுக்கப்படுகிறது. B-யை நெருங்கும்போது துகளின் ஆற்றல் $5eV_0$க்குச் சமம். A-லிருந்து B-வரை துகள் ஐந்து முறைகள் முடுக்கப்படுகிறது.

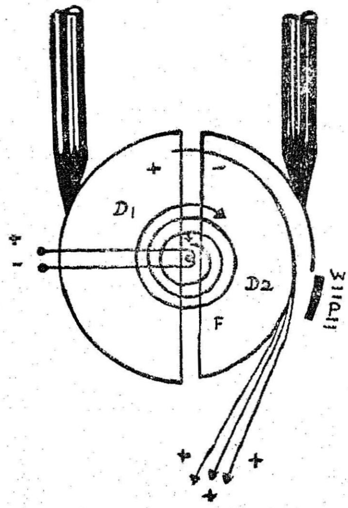
ஒவ்வொரு குழாயையுங் கடக்க துகள் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் சமமானது இந்த கால அளவு மின்னழுத்தம் மாறுபடும் கால அளவில் பாதியாகும். எனவே துகளின் வேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க குழாயின் நீளமும் ஒரு நியதிக்கு உட்பட்டு அதிகரிக்கப் படவேண்டும். துகளின் ஆற்றலின் இருமடி மூலத்திற்கு (Square root)) நேர் விகிதச் சமமாக அதன் வேகம் இருக்கிறது மற்றும் ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் ஆற்றல் ஒரே அளவாக அதிகரிக்கிறது. $l_1, l_2, \ldots l_4$ என்பன, 1, 2,......3,4-வது குழாய்களின் நீளங்கள் என்றால் $l_1 : l_2 : l_3 : l_4 \ldots = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : \sqrt{4}$ என்ற நியதிப்படி குழாய் களின் நீளங்கள் அமைய வேண்டும்.

இம் மாதிரியான குழாய்களின் எண்ணிக்கை n என்றால் A-லிருந்து B-வரை பயணஞ் செய்கையில் துகள் ஏற்கும் ஆற்றல் $(n+1)\,eV_0$ ஆகும்.

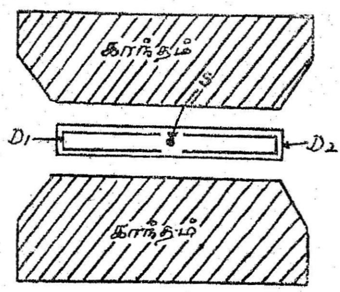
இம் மாதிரி முறையில் 1,26,000 eV ஆற்றல் கொண்ட மெர்க்குரி அயனிகள் பெறப்பட்டன. மேம்படுத்தப்பட்ட நேர் போக்கு முடுக்கிகளைக் கொண்டு 100 Mev புரோட்டான்கள் பெறப்படுகின்றன.

சைக்லோட்ரான் (Cyclotron)

1932-ஆம் ஆண்டு லாரன்ஸ் மற்றும் லிவிங்ஸ்டன் (Livingston) ஆகியோர் சைக்லோட்ரானை உருவாக்கினர். சைக்லோட்ரானின் அமைப்பு கீழே படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 53 A



படம் 53 B

சைக்லோட்ரான் இரண்டு அரை வட்ட பெட்டிகளைக் கொண்டது. இவை D-யைப்போல உருவ அமைப்பைப் பெற்றிருப்பதால் D-கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. படத்தில் இவை D_1 மற்றும் D_2 என்று குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இவைகள் ஒரு மூடிய அறையினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவ்வறையில் குறைந்த அழுத்தத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட வாயு இருக்கிறது. இந்த அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்று ஆற்றல் மிக்க காந்தத் துருவங்களுக்கிடையே வைக்கப்பட்டுள்ளது. D-களுக்கிடை வினாடிக்கு 10லிருந்து 20 மில்லியன் சைக்கிள்களுடைய ரேடியோ அலைவு எண் மாறுதிசை மின்னழுத்தம் கொடுக்கபடுகிறது. D-கள் மின் வாய்களைப்போல் செயல்படுகின்றன. S-என்ற இடத்திலிருந்து மின்சாரத்தால் சூடாக்கப்பட்ட கம்பியிழையிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. இவை அங்கே இருக்கிற ஹைட்ரஜன் (டியூட்டீரியம் அல்லது ஹீலியம் வாயுவை

யும் எடுத்துக்கொள்ளலாம்) வாயுவை அயனிகளாக்குகின்றன. S-என்ற புள்ளியிலிருந்து இந்த நேர் மின்னேற்றத் துகள்கள் உண்டாவதாகக் கொள்ளலாம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் D_1 நேர்மின்வாயாகவும் D_2 எதிர் மின் வாயாகவும் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். S-லிருந்து வரும் நேர்மின்னேறிய அயனி D_2-வை நோக்கி ஈர்க்கப்படும் மின்புலத்திற்கு செங்குத்துத் திசையில் காந்தப்புலம் இருப்பதால் அந்தத் துகள் D_2-வின் உள்ளே வட்டப்பாதையில் செல்லும் ஒரு D-யின் உள்ளே இருக்கும் வரைக்கும் துகளின் வேகம் மாறாத தாகும். D_2-வில் அரைவட்ட பாதையை முடித்து D-களுக்கிடை யிலுள்ள இடைவெளியைச் சென்றடையும்போது துகள், கொடுக் கப்படும் மின்னழுத்த விசைக்கு உட்படுகிறது. இந்த கட்டத்தில் மின்னழுத்தத்தின் குறியீடு (Sign) மாறினால் D_1-எதிர் மின்வாயா கிறது; D_2-நேர்மின் வாயாகிறது; D_1ஐ நோக்கி அயனி முடுக்கப் படுகிறது. அயனி வேகமாக செல்கிறது. அதன் பாதை அதிக ஆரம் (radius) உடையதாக இருக்கிறது.

இப்படி மின்னழுத்த திசை குறிப்பிட்ட கால இடைவெளி களுக்குப்பின் மாறி கொண்டே இருப்பதால் துகள்(புரோட்டான்) மேன் மேலும் வேகம் அடைந்து செல்கிறது. கடைசியாக W-வின் வழியாகச் செல்கின்றன. W-வைக் கடக்கும்போது எல்லா புரோட்டான்களும் P-என்ற தகட்டால் ஈர்க்கப்பட்டு பின்னர் நேரான பாதையில் செல்கின்றன. இம்மாதிரியாக புரோட்டான் கற்றை பெறப்படுகிறது. எந்தப் பொருளை புரோட்டான்களின் தாக்குதலுக்கு உள்ளாக்கப் படவேண்டுமோ அது இந்தக் கற்றை யின் பாதையில் வைக்கப்பட்டு ஆராயப்படுகிறது.

துகள்களின் வேகங்கள் வெவ்வேறாக இருப்பினும் ஒரு துகள் D-களுள் ஒரு சுற்று சுற்றி வர ஆகும் நேரம் மாறாததாகிறது. இந்த அடிப்படையில் தான் சைக்லோட்ரான் செயல்படுகிறது. அயனியின் இயல்பைப் பொறுத்தும் காந்தப் புலத்தின் ஆற்றலைப் பொறுத்தும் ஒவ்வொரு முறையும் துகள்கள் D-களுக்கிடைய வரும்போது அவைகள் முடுக்கப்படும்படி மாறுதிசை மின்னோட் டத்தின் அதிர்வெண் சரியானதாக தேர்ந்தெடுக்கப்படல் வேண்டும்.

இரண்டு D-களுக்குமிடையே கொடுக்கப்படும் மாறு திசை மின்னோட்ட அழுத்தம் 200,000 வோல்ட்டுகள் என்றால் ஒவ் வொரு அரைத் திருப்பத்திலும் துகள் 200,000 வோல்ட்களுக்கு சமமான ஆற்றலைப் பெறுகிறது. ஒரு புரோட்டான் W-என்ற இடத்திலிருந்து வெளிப்படு முன்னர் 25 சுற்றுகளைப் பூர்த்தி செய்

திருந்தால் $25 \times 2 = 50$ கட்டங்களில் அதன் விசை அதிகரிக்கப் படுகிறது. எனவே W-என்ற இடத்திலிருந்து வெளிப்படும் முன் $200{,}000 \times 25 \times 2 = 10{,}000{,}000$ வோல்ட்டுகளுக்கு சமமான வேகத்துடன் வெளிப்படும். $\frac{1}{50}$ பகுதி மின்னழுத்தத்தில் ஆரம்பித்து படிப்படியாக முடுக்கி முடிவில் 10 Mev ஆற்றலைக் கொண்ட புரோட்டான் கற்றையைப் பெறமுடிகிறது.

அறையினுள் ஹைட்ரஜனுக்குப்பதில் டியூட்டீரியத்தை எடுத்துக் கொண்டு காந்தப் புலத்தின் ஆற்றலை இரு மடங்குகளாக்கி அதி ஆற்றல் டியூட்டிரான்களைப் பெறலாம். அவை 20 Mev-ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கின்றன. இம்மாதிரியே 40 Mev ஆற்றல் α-துகள்களைப் பெறலாம்.

சைக்லோட்ரான்களை 60 அங்குல 37-அங்குல, சைக்லோட்ரான்கள் என்று சொல்லுகிறோம். 60 அங்குலம் அல்லது 37 அங்குலம் என்பது காந்தத் துருவத்தின் விட்டத்தைக் குறிப்பதாகும்.

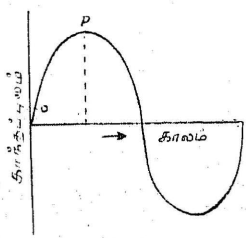
பீட்டாட்ரான் (Betatron): பீட்டாட்ரானைக் கொண்டு மிகை ஆற்றல் எலெக்ட்ரான்களையும், மிக ஊடுருவும் தன்மை வாய்ந்த X-கதிர்களையும் பெறலாம்.

பீட்டாட்ரான்கள் மின் மாற்றியின் (Transformer) அடிப்படையில் செயல்படுகிறது. முதன்மைச் சுருளில் (primary coil) பாயும் மாறுதிசை மின்னோட்டம் துணைச் சுருளில்(secondary coil) அதிகமான அல்லது குறைவான மின்னழுத்தங்கொண்ட மின்சாரத்தைக் கொடுக்கிறது. ஆரம்பத்தில் முதல்நிலை மாறுதிசை மின்னோட்டம் கால வரையில் மாற்றம் உறு (Time variable) காந்தப் புலத்தை உண்டாக்குகிறது. இதன் காரணமாக இரண்டாம் நிலைச் சுருளில் அலைவு கொண்ட மின்சாரம் அதாவது அலைவு கொண்ட (oscillatory) எலெக்ட்ரான்கள் உண்டாகின்றன.

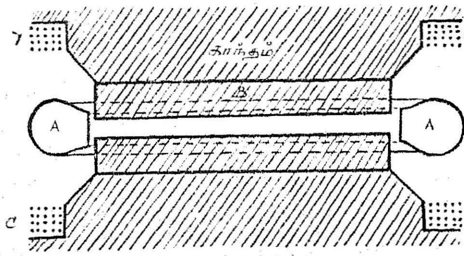
பீட்டாட்ரானில் (secondary coil) இரண்டாம் நிலைச்சுற்றாக, வளையவடிவங் கொண்ட, வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கண்ணாடி அல்லது பிங்கான் குழாய் இருக்கிறது. இதனை அதனுடைய தோற்றங் காரணமாக 'டவ்நட்' (Doughnut) என்கிறோம். பிரத்தியேக அமைப்பைக் கொண்ட காந்தத் துருவங்களுக்கிடையில் இது வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மாறுதிசை மின் துடிப்பைக் கம்பிச்சுருள்களில் செலுத்தி இந்த காந்தங்களுக்கு ஆற்றல் கொடுக்கப்படுகிறது. ஆற்றல் மிக்க காந்தப்புலம் டஃப்நட்டின் நடுவில் உண்டாக்கப்படுகிறது.

சூடாக்கப்பட்ட கம்பி இழையிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. அவை மின்புலத்தில் விரைவூக்கங் கொடுக்கப்படுகின்றன.

காந்தத்திற்கு ஆற்றல் நல்கும் மாறு திசை மின்னோட்டத்தின் ஒரு சுற்றை எடுத்துக் கொண்டால், நேரம் ஆக ஆக காந்தப் புலத்தின் ஆற்றல் மாறுவதைக் கீழே காட்டியவாறு குறிக்கலாம்.



படம் 54 (a)



படம் 54 (b)

புள்ளி O-விலிருந்து காந்தப்புல ஆற்றல் அதிகரிக்கும்போது டஃப்நட்டில் எலெக்ட்ரான்களை உள்ளே விடவேண்டும். இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் அதிகரிக்கத் தொடங்கும்போது காந்தப் புலத்தின் ஆற்றல் மாறிக்கொண்டே போவதால், அதிகரிக்கும் காந்தப்புலம் மாறாத ஆரங்கொண்ட வட்டப் பாதையில் எலெக்ட்ரான்கள் செல்ல காரணமாய் இருக்கிறது. P-என்ற புள்ளியால் குறிக்கப்பட்ட அளவை காந்தப்புலம் எட்டியவுடன் அதன்பின்னர் அதிகரிப்பதில்லை. பின்னர் குறைந்து கொண்டே போகிறது.

இந்தக் கட்டத்தில் துணைச் சுருளில் மின்பாய்ச்சி திடீரென காந்தப்புலம் மாற்றப்படுகிறது. இதன் விளைவாக அதி ஆற்றல் எலெக்ட்ரான்கள் அவற்றின் பாதையிலிருந்து தள்ளப்பட்டு இலக்கின் மீது படும்படி செய்யப்படுகின்றன. அங்கிருந்து X-கதிர்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன.

இந்த சாதனத்தைக் கொண்டு 100 Mev ஆற்றல் எலெக்ட்ரான்களைப் பெறலாம். பல அடிகள் கனமுள்ள இரும்பைக் கூட ஊடுருவக் கூடிய X-கதிர்களைப் பெறலாம். 300 Mev-ஆற்றல் எலெக்ட்ரான்களை கொடுக்கக் கூடிய பீட்டாட்ரான்கள் கூட உருவாக்கப்பட்டுள்ளன.

சிங்ரோ-சைக்லோட்ரானைக் கொண்டு 300 Mev-ஆற்றலைக் கொண்டு டியூட்ரான்களைப் பெறலாம். சிங்ரோட்ரான்களை

Synchrotron) 300 Mev-எலெக்ட்ரான்களையும் 300 Mev-ஆற்றல் கொண்ட X-கதிர்களையும் பெறலாம்.

வினாக்கள்

1. துகள் முடுக்கிகளின் முக்கியத்துவங்களை எழுதுக.

2. காக்-க்ராப்ட்-வால்ட்டன் துகள் முடுக்கியை விவரித்து எழுதுக.

3. வான்டெ கிராஃப் இயக்கியைக் கொண்டு துகள்களை முடுக்குவது எவ்வாறு?

4. நேர்போக்கு முடுக்கியைப்பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.

5. சைக்லோட்ரானைக் கொண்டு மிகை ஆற்றல் α-துகள்களை எவ்வாறு பெறுவது?

6. சைக்லோட்ரான் எந்த அடிப்படையில் செயல் படுகிறது?

7. பீட்டாட்ரானைக் கொண்டு எவ்வாறு அதி ஆற்றல் X-கதிர்களை உண்டாக்குவது?

14. செயற்கை முறையில் தனிம மாற்றம்

செயற்கை முறையில் ஒரு தனிமம் இன்னொரு தனிமமாக மாற்றப்படுவதுபற்றி முன்னரே பார்த்தோம். இந்த அத்தியாத்தில் தனிம மாற்று வினைகள் வகைப்படுத்திக் காட்டப்பட்டுள்ளன.

50Mev-க்குக் குறைவாக ஆற்றல் கொண்ட துகள்களைக் கொண்டு அணுக்கருக்களைத் தாக்கும்போது, அத் துகள்கள் அணுக்கருவுடன் இணைந்து கூட்டு அணுக்கரு (Compound Nucleus) இடைநிலையாக வருகிறது. அந்தக் கூட்டணுக் கருதான் பின்னர்ச் சிதைவுறுகிறது.

அணுக்கருவுடன் இணைவதற்குமுன் துகள், எதிர்த்துத் தள்ளும் விசையைக் கடந்து அதனை நெருங்கவேண்டும். சமமான அளவு ஆற்றலைக் கொண்ட α-துகள், புரோட்டான் ஆகிய இரண்டில் அணுக்கருவை நெருங்கப் புரோட்டான்தான் அதிக வாய்ப்பைக் கொண்டுள்ளது. கணிசமான அளவு ஆற்றலைக் கொண்டிருந்தால் மட்டுமே α-துகள் அணுக்கரு மாற்றத்தை உண்டாக்கக்கூடும். டாயிட்ரான்களைப் (Deutrons) பயன்படுத்தியும் நல்ல விளைவுகளை உண்டாக்கலாம். காரணம் இவை புரோட்டான்களுக்கும் α-துகள்களுக்கும் இடைப்பட்ட நிறையைக் கொண்டிருப்பதும் மற்றும் ஓர் அலகு அணுக்கரு மின்னேற்றங் கொண்டிருப்பதுந்தான்.

α-துகள் அணுக்கருவுடன் இணைவுறும்போது உண்டாகும் கூட்டணுக் கருவிலுள்ள நியூக்ளியான்கள் அதிவேகமாக, அதிகப்படியான ஆற்றலைப் பகிர்ந்துகொள்கின்றன. இம் மாதிரி பகிர்ந்து கொள்ளல் தொடர்ந்து நிகழ்ந்து ஒரு கட்டத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட நியூக்ளியான், போதுமான அளவு ஆற்றலைப் பெற்ற நிலையில் வெளிப்படுகிறது. கூட்டு அணுக்கருவின் ஆயுள் காலம் 10^{-14} விநாடிக்கும் குறைவே.

(அ) புரோட்டான் ஏற்படுத்தும் தனிம மாற்று வினைகள் : இவ் வினைகளிலெல்லாம் எறிபொருள் (Projectile) 50Mev-க்குக் குறைவான ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கிறது. இடைநிலைப் பொருளாகக் கூட்டு அணுக்கரு உண்டாகிறது. புரோட்டானை எறிபொருளாகக் கொண்டு தாக்கும்போது பல இலேசான தனிமங்கள் காமாக்

கதிரை வெளிவிடுகின்றன. இம் மாதிரி வினைகளை (p, γ) வகை என்கிறோம். இவ் வினைக்கு எடுத்துக்காட்டு

$$_{13}Al^{27} + {_1}H^1 \rightarrow {_{14}}Si^{28} + \gamma$$

என்ற வினையாகும். இவ்வினையை $Al^{27}(p,\gamma) Si^{28}$ என்றும் எழுதுவதுண்டு. வினைபொருள் தனிமம் இலக்குத்(Target)தனிமத்தைவிட ஓர் அலகு அதிக நிறையையும் ஓர் அலகு அதிக அணு எண்ணையும் கொண்டிருப்பதைக் காணலாம். இம்மாதிரியான வேறு வினைகள்

$$Li^7 (p, \gamma) Be^8$$
$$N^{14} (p, \gamma) O^{15}$$
$$F^{19} (p, \gamma) Ne^{20}$$
$$Cr^{50} (p, \gamma) Mn^{51}$$

லித்தியத்தைப் புரோட்டான் கொண்டு தாக்கும்போது உண்டாகும் காமாக் கதிர்கள் அதிக ஆற்றலைக் (17 Mev) கொண்டிருக்கின்றன. இந்தக் காமாக் கதிர்கள் சோதனைகளுக்காகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

புரோட்டான்கள் போதுமான அளவு ஆற்றலைப் பெற்றிருந்தால் (p, n) வகை வினை நிகழும். பொதுவாக இலேசான தனிமங்களே இவ் வினைக்கு உட்படுகின்றன. கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினை இவ்வகையானது.

$$_{11}Na^{23} + {_1}H^1 \rightarrow {_{12}}Mg^{23} + {_0}n^1$$

இம்மாதிரி வினையில் வரும் அணுக்கரு ஓர் அலகு அதிக அணு எண்ணைப் பெற்றிருக்கிறது.

எறிபொருளான புரோட்டான் 20 Mev-க்கு அதிகமாக ஆற்றலைப் பெற்றிருந்தால் உண்டாகும் கூட்டணுக்கரு மிகக் கிளர்வுற்ற நிலையைப் பெறுகிறது. அப்போது இரண்டு அல்லது அதற்கும் அதிகமாக நியூட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. இம்மாதிரியான வினைகளுக்கு எடுத்துக் காட்டுகள்,

$Cu^{63}(p, 2n) Zn^{62}$ மற்றும்
$Sr^{88}(p, 3n) Y^{86}$ ஆகியவையாம்.

எறி பொருள் 50 Mev-க்கு அதிகமான ஆற்றலைப் பெற்றிருந்தால் மூன்றுக்கும் அதிகமான நியூட்ரான்கள்கூட வெளிப்படலாம்.

(p,α) மற்றும் (p,d) வகை அணுக்கரு மாற்றல் வினைகள் சாத்தியமாக மிகை ஆற்றல் கொண்ட புரோட்டான்களைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும். பெரும்பாலும் இலேசான தனிமங்களே இம்மாதிரி வினைகளுக்கு உட்படுகின்றன. அம்மாதிரியான வினைகளுள் சில பின் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

$$_{7}N^{14} + {}_{1}H^{1} \rightarrow {}_{6}C^{11} + {}_{2}He^{4}$$
$$_{3}Li^{7} + {}_{1}H^{1} \rightarrow {}_{2}He^{4} + {}_{2}He^{4}$$
$$_{4}Be^{9} + {}_{1}H^{1} \rightarrow {}_{4}Be^{8} + {}_{1}H^{2}$$

(ஆ) டாயிட்ரான்கள் உண்டாக்கும் தனிம மாற்றங்கள் : டாயிட்ரானை நியூட்ரானுகவும் புரோட்டானுகவும் சிதைவுறச் செய்ய 2 Mev-களே போதும். இக் காரணத்தாலேயே இவை சிறந்த எறிபொருள்களாகச் செயல்படுகின்றன. சைக்லோட்ரான் கொண்டு முடுக்கப்பட்ட டாயிட்ரான்களைப் பயன்படுத்தி (d,p) வினைகளை நிகழ்த்தலாம். டாயிட்ரான் ஆற்றல் அதிகரிக்க அதிகரிக்க அதன் செயல்திறனும் அதிகரிக்கிறது. காரணம், நியூட்ரானும் புரோட்டானும் டாயிட்ரானில் கட்டிறுக்க மில்லாதது போல் செயல்படுவதுதான். ஓர் அணுக்கருவை டாயிட்ரான் நெருங்கும்போது எதிர்த்துத் தள்ளும் விசை காரணமாக, புரோட்டான் தள்ளப்படுகிறது. ஆனல், நியூட்ரான் எந்த விதத்திலும் பாதிக்கப்படுவதில்லை. டாயிட்ரான் 2 Mev-க்கு அதிகமான ஆற்றலைக் கொண்டிருந்தால் புரோட்டான் பகுதி பிரிந்து தள்ளப்படுகிறது. நியூட்ரான் இலக்கு (Target) அணுக்கருவுடன் இணைகிறது.

(d,p) வகை அணுக்கரு வினைகள் சாதாரணமாக நிகழக் கூடியவை. டாயிட்ரான் குறைவான ஆற்றலைக் கொண்டிருந்தால் மேலே விவரித்தபடி வினை நிகழ்கிறது. டாயிட்ரான் அதிக ஆற்றலைக் கொண்டிருந்தால் முதலில் அது இலக்கு அணுக்கருவுடன் இணைந்து அதைத் தொடர்ந்து புரோட்டான் தள்ளப்படுகிறது. அணு எண் சிறியதாகவோ பெரியதாகவோ, அல்லது இடைப்பட்டதாகவோ கொண்ட எல்லாத் தனிமங்களுமே இம் மாதிரியான வினைக்கு உட்படுகின்றன. வருபொருளான தனிமம் இலக்குத் தனிமத்தின் ஐசோடோப்பாக இருக்கக் காண்கிறோம். கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினைகளில் டாயிட்ரானை $_{1}D^{2}$ என்று குறிக்கிறோம்.

$$_{3}Li^{7} + {}_{1}D^{2} \rightarrow {}_{3}Li^{8} + {}_{1}H^{1}$$
$$_{48}Cd^{114} + {}_{1}D^{2} \rightarrow {}_{48}Cd^{115} + {}_{1}H^{1}$$
$$_{83}Bi^{209} + {}_{1}D^{2} \rightarrow {}_{83}Bi^{210} + {}_{1}H^{1}$$

Bi^{210} ஐசோடோப்பைத்தான் ரேடியம் -E என்று சொல்கிறோம்.

திண்மச் சேர்ம வடிவில் இருக்கும் டாயிட்ரானை, முடுக்கப்பட்ட டாயிட்ரானைக் கொண்டு தாக்கும்போது, புரோட்டான் விடப்படுகிறது. ஹைட்ரஜனின் இன்னொரு ஐசோடோப்பான ட்ரைட்டியம் உண்டாகிறது.

$$_{1}D^{2} + {}_{1}D^{2} \rightarrow {}_{1}T^{3} + {}_{1}H^{1}$$

ட்ரைட்டியம் நிலேத்த தன்மையற்றது; கதிரியக்கம் கொண்டது; இயற்கையில் நுண்ணளவிலேயே காணப்படுகிறது.

சிறிய அணு எடை கொண்ட தனிமங்களே இலக்காகக் கொண்டால் (d, n) வகை வினைகள் நிகழ்கின்றன. டாயிட்ரான் அணுக் கருவில் பாய்ந்தபின் நியூட்ரான் வெளித் தள்ளப்படுகிறது. டாயிட்ரான்-டாயிட்ரான் வினையின்போது (d, n) வகை வினையும் நிகழலாம்.

$$_1D^2 + {}_1D^2 \rightarrow {}_2He^3 + {}_0n^1$$

இவ் வினையில் வினைபொருள் ஹீலியத்தின் ஐசோடோப். முடுக்கப்பட்ட டாயிட்ரான், ட்ரைட்டியத்துடன் வினையுறும் போது நிகழ்வதும் (d,n) வகை வினைதான்.

$$_1D^2 + {}_1T^3 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1$$

14Mev- ஆற்றல் கொண்ட நியூட்ரான் வெளிப்படுவதே இவ் வினையின சிறப்பு.

மிதமான ஆற்றல் கொண்ட டாயிட்ரான்களின் வேறு சில (d,n) வினைகளாவன:

$$_3Li^6 + {}_1D^2 \rightarrow {}_4Be^7 + {}_0n^1$$
$$_{52}Te^{130} + {}_1D^2 \rightarrow {}_{53}I^{131} + {}_0n^1$$
$$_{83}Bi^{209} + {}_1D^2 \rightarrow {}_{84}Po^{210} + {}_0n^1$$

கடைசி வினையில் உண்டாகும் தனிமம் இயற்கையில் காணப்படும் பொலோனியமே. இதனை ரேடியம் -F என்று குறிப்பிடுகிறோம்.

ஓரளவு அதிக ஆற்றல் கொண்ட டாயிட்ரான்களுக்கும், குறைவான அணு எடை கொண்ட தனிமங்களுக்கு மிடையே நிகழ்வது (d,a) வகை வினைகளாம். இவ்வகை வினைகளைக் கீழே காண்க:

$$_{20}Cd^{40} + {}_1D^2 \rightarrow {}_{19}K^{38} + {}_2He^4$$
$$_{12}Mg^{24} + {}_1D^2 \rightarrow {}_{11}Na^{22} + {}_2He^4$$
$$_{28}Ni^{60} + {}_1D^2 \rightarrow {}_{27}Co^{58} + {}_2He^4$$

(d, t) வகை வினைகள் எளிதாக நடைபெறுவதில்லை. இவ் வகை வினைக்கு எடுத்துக்காட்டு கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

$$_3Li^7 + {}_1D^2 \rightarrow {}_3Li^6 + {}_1T^3$$

எறிபொருளான டாயிட்ரான்களின் ஆற்றல் 20 Mev-க்கு அதிகமாக இருந்தால் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேலும் துகள்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன. அப்போது $(d, 2n)$, $(d, 3n)$, $(d, 2p)$ மற்றும் $(d, p\,a)$ வகை வினைகள் நிகழ்கின்றன.

(இ) நிறை-3 கொண்ட துகள்கள் உண்டாக்கும் வினைகள் : சில அணுக்கரு வினைகளில் ட்ரைட்டியம் மற்றும் ஹீலியத்தின் ஐசோடோப் He^3 ஆகியவையும் எறிபொருளாகப் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. (t, p) வகைக்கு எடுத்துக்காட்டு

$${}_{27}Co^{59} + {}_{1}T^{3} \rightarrow {}_{27}Co^{61} + {}_{1}H^{1}$$ என்ற வினையாம்.

மிதமான ஆற்றல் கொண்ட ட்ரைட்டான்களை எறிபொருளாக் கும்போது இலக்கு அணுக்கரு ட்ரைட்டானிலிருக்கும் புரோட் டான்களை எதிர்த்துத் தள்ளுகிறது. அப்போது நியூட்ரான்கள் அணுக்கருவுடன் இணைகின்றன. இதைத்தான் ஓப்பன் ஹீமர்-ஃபிலிப்ஸ் (Oppen heimer-Philips mechanism) கொள்கை (வினைவழி) என்கிறோம். இந்த அடிப்படையில் நிகழும் இன்னும் சில வினைகள் வருமாறு:

(t, d) வகை

$${}_{3}Li^{6} + {}_{1}T^{3} \rightarrow {}_{3}Li^{7} + {}_{1}D^{2}$$

இங்கு ட்ரைட்டானின் ஒரே ஒரு நியூட்ரான் மட்டும் இலக்கு அணுக்கருவுடன் இணைகிறது. மற்றொன்று எதிர்த்துத் தள்ளப் படும் புரோட்டானுடன் டாயிட்ரானாக வெளிப்படுகிறது.

$${}_{29}Cu^{63} + {}_{1}T^{3} \rightarrow {}_{29}Cu^{64} + {}_{1}D^{2}$$ என்ற வினையும் (t, d) வகையைச் சேர்ந்ததே.

He^3-அயனிகளை எறிபொருள் துகளாகப் பயன்படுத்தி இலக்குத் தனிமங்களைத் தாக்கி அணுக்கரு மாற்றங்களை நிகழ்த்த லாம். இம்மாதிரியான வினைகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

(He^3, p) வகை.

$${}_{1}D^{2} + {}_{2}He^{3} \rightarrow {}_{2}He^{4} + {}_{1}H^{1}$$
$${}_{2}He^{3} + {}_{2}He^{3} \rightarrow {}_{3}Li^{5} + {}_{1}H^{1}$$

(ஈ) α-துகள்கள் உண்டாக்கும் அணுக்கரு வினைகள்: ருதர் ஃபோர்டு, முதன் முதலில் கதிரியக்கப் பொருள்களிலிருந்து வரும் α-துகள்களைக் கொண்டு நைட்ரஜனைத் தாக்கித் தனிம மாற்றம் உண்டாக்கியதைப்பற்றி முன்னரே பார்த்தோம். இந்த வினை (α, p) வகை வினையாம். இவ் வினையைக் குறிக்கும் சமன் பாடு கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

$${}_{7}N^{14} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{8}O^{17} + {}_{1}H^{1}$$

நியூட்ரான் கண்டுபிடிப்பில், சாட்விக் நிகழ்த்தியதும் ஒரு (α, n) வினையேயாம். அதனை,

$${}_{4}Be^{9} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{6}C^{12} + {}_{0}n^{1}$$

என்று எழுதுகிறோம். சோதனைச் சாலையில் நியூட்ரான்களைப் பெறுவதற்கு இந்த வினை உதவுகிறது. α-துகளின் அணுக்கரு $+2$

மின்னேற்றங் கொண்டிருப்பதால் இலக்கு அணுக்கருவை நெருங்குவது எளிதல்ல. எனவே, அணுக்கரு வினைக்குப் பயன் படுத்தப்படும் α-துகள்கள் அதிக ஆற்றலைக் கொண்டிருத்தல் வேண்டும். இயற்கையான கதிரியக்கத் தனிமங்களிலிருந்து வரும் α-துகள்கள் பொதுவாக (α,p), (α,n) வகை வினைகளையே கொடுக்கின்றன. இவ்வகை வினைகளுக்கு இன்னும் சில எடுத்துக் காட்டுகள் வருமாறு:

$$_{9}F^{19} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{10}Ne^{22} + {}_{1}H^{1}$$
$$_{6}C^{12} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{8}O^{15} + {}_{0}n^{1}$$

ஆற்றல் மிக்க α-துகள்களைக் கொண்டு யுரேனியம் போன்ற கனமான தனிமங்களைத் தாக்கும்போது (α, n) வினையே நிகழ்கிறது.

$$_{92}U^{238} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{94}Pu^{241} + {}_{0}n^{1}$$
$$_{94}Pu^{239} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{96}Cm^{242} + {}_{0}n^{1}$$

(உ) காமாக்கதிர் தூண்டும் அணுக்கரு வினைகள்: தோரியம் C-லிருந்து வரும் காமாக் கதிர் 2·62 Mev ஆற்றல் கொண்டது. இதனைப் பயன்படுத்தி டாயிட்ரியம் அணுக்கரு புரோட்டாளுகவும் நியூட்ராளுகவும் சிதைக்கப்பட்டது.

$$_{1}D^{2} + \gamma \rightarrow {}_{1}H^{1} + {}_{0}n^{1}$$

டாயிட்ரியத்தின் பிணைப்பாற்றல் 2 Mev-க்குச் சற்று அதிகம். எனவேதான், இந்த γ-கதிர் டாயிட்ரியத்தைச் சிதைக்கும் ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கிறது. இதே γ-கதிர் பெரிலியத்திலும் இதே மாதிரியான விளைவை உண்டுபண்ணுகிறது.

$$_{4}Be^{9} + \gamma \rightarrow {}_{4}Be^{8} + {}_{0}n^{1}$$

ஆற்றல் மிக்க கதிர்வீச்சால் நிகழும் இம்மாதிரியான வினைகளை ஒளிச் சிதைவு (Photo-disintegration) அல்லது ஒளி அணுக் கரு வினைகள் (Photo-nuclear reaction) என்கிரேம்.

8Mev-க்கு அதிகமான ஆற்றலைக் கொண்ட γ-கதிரைக் கொண்டு பொதுவாக எல்லாத் தனிமங்களிலிருந்தும் நியூட்ரானை வெளித்தள்ள முடியும். 17Mev- ஆற்றல் கொண்ட γ-கதிர் (γ,n) வகை வினையைக் கொடுக்கிறது. γ-கதிரின் ஆற்றல் நியூட்ரானை வெளியேற்றப் போதுமானதாக இல்லாவிட்டால் அணுக்கரு கிளர்வுற்ற நிலையை எய்துகிறது. பின்னர் அதிகப்படியான ஆற்றல் கதிர்வீச்சாக வெளிப்படுகிறது. X-கதிர் கொண்டும் (γ,n), (γ,p) வகை வினைகளை நிகழ்த்தலாம்.

(ஊ) நியூட்ரான் தூண்டும் அணுக்கரு வினைகள்: நியூட்ரான் மின்னேற்றம் அற்றது. எனவே, அது அணுக்கருவை நெருங்கும்

போது எதிர்த்துத் தள்ளப்படுவதில்லை. நியூட்ரான் அணுக் கருவை நெருங்கும்போது கவர்ச்சி விசை செயல்படத் தொடங்கி அது அணுக்கருவால் பிடிக்கப்படுகிறது. சில இலேசான தனிமங் களைத் தவிர மற்றெல்லாத் தனிமங்களுமே ஒரு நியூட்ரானை ஏற்கும் போது அவற்றின் அணுக்கள் அதிகப்படியாக 8 Mev ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கின்றன. எனவே, அவை கிளர்வுற்ற நிலையில் இருக் கின்றன. எனவே மின்னேற்றங்கொண்ட துகள்களையோ அல்லது γ-கதிர்களையோ விட்டு அவை நிலைத்த தன்மை பெறுகின்றன.

ஹைட்ரஜனை நியூட்ரான் கொண்டு தாக்கும்போது (n,γ) வினை நிகழ்கிறது.

$${}_1H^1 + {}_0n^1 \rightarrow {}_1D^2 + \gamma$$

மெதுவாக இயங்கும் நியூட்ரான்கள் நீர் அல்லது பாரஃபின் வழிச் செல்கையில் இந்த வினைதான் நிகழ்கிறது.

நியூட்ரான் பிடிக்கப்படுதலைத் தொடர்ந்து γ-கதிர் வெளிப் பட்ட பின்னர் அணுக்கருவில் நியூட்ரானுக்கும் புரோட்டானுக்கும் உள்ள விகிதம் அதிகரிக்கிறது. எனவே (n, γ) வினையில் வரும் விளைபொருள் தனிமம் கதிரியக்கத் தன்மை கொண்டதாக இருக் கும். இம்மாதிரியான வினையின் அடிப்படையில்தான் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளைத் தயாரிக்கிறோம். இப்படிப் பெறப்படும் கதிரியக்க அணுக்கரு β-துகளை வெளிவிட வல்லது. நூற்றுக்கு மேற்பட்ட இம்மாதிரியான வினைகளில் சில கீழே கொடுக்கப் பட்டுள்ளன.

$${}_{18}A^{40} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{18}A^{41} + \gamma \text{ அடுத்து } {}_{18}A^{41} \rightarrow {}_{19}K^{41} + \beta$$
$${}_{47}Ag^{107} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{47}Ag^{108} + \gamma \text{ அடுத்து } {}_{47}Ag^{108} \rightarrow {}_{48}Cd^{108} + \beta$$

நியூட்ரான் பிடித்தல் வினையில் அதிக ஆயுள்கொண்ட புளுட் டோனியம் தயாரிப்புக் குறிப்பிடத்தக்கது. U^{238} (Thermal) நியூட் ரான்களைப் பிடித்து (n,γ) வினைக்கு உட்படுகிறது.

$${}_{92}U^{238} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{92}U^{239} + \gamma$$

U^{239}-ன் பாதிச் சிதைவு காலம் 23·5நிமிடங்கள். இது β-துகளை விடுகிறது.

$${}_{92}U^{239} \rightarrow {}_{93}Np^{239} + {}_{-1}e^0$$

இவ் வினையில் விளைபொருள் தனிமம் நெப்டுனியம். இதன் பாதிச் சிதைவு காலம் 2·35 நாள்கள். அது சிதையும்போது புளுட் டோனியம் கிடைக்கிறது.

$${}_{93}Np^{239} \rightarrow {}_{94}Pu^{239} + {}_{-1}\beta^0$$

புளுட்டோனியத்தின் பாதிச் சிதைவு காலம் 24,000 ஆண்டு களாம்.

நியூட்ரான் தூண்டு வினைகளில் மின்னேற்றங் கொண்ட துகள்கள் வெளிவிடப்படுவதும் உண்டு. அம்மாதிரியான வினைகளில் சில கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

$$_{17}Cl^{35} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{16}S^{35} + {}_1H^1$$
$$_{13}Al^{27} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{11}Na^{24} + {}_2He^4$$

S^{35} மற்றும் Na^{24} ஆகியவை கதிரியக்கத்தன்மை கொண்டவை.

நியூட்ரான் தூண்டு வினைகளில் நியூட்ரான்கள் வெளிப்படும் வினைகளுக்கும் சில எடுத்துக்காட்டுகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

$$_{37}Rb^{85} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{37}Rb^{84} + 2{}_0n^1$$
$$_{19}K^{39} + {}_0u^1 \rightarrow {}_{19}K^{38} + 2{}_0n^1$$

Rb^{84} மற்றும் K^{38} ஆகியவை கதிரியக்கத் தன்மை கொண்டுள்ளன.

வினாக்கள்

1 அணுக்கரு வினை என்றால் என்ன? புரோட்டான் உண்டாக்கும் அணுக்கரு வினைகளை விவரிக்க.

2. டாயிட்ரான் தூண்டும் அணுக்கரு வினைகள் யாவை?

3. α-துகளை எறி பொருளாகப் பயன்படுத்துவதில் உள்ள தொல்லைகள் யாவை?

5. அணுக்கரு வினைகளுக்கு ஏற்ற எறிபொருள் நியூட்ரான் தான்- ஏன்?

5. நியூட்ரான் பிடித்தல் வினைகளை எழுதுக.

6. 'கூட்டணுக்கரு' பற்றி எழுதுக.

7. ஒளி அணுக்கரு வினை என்றால் என்ன? அம்மாதிரியான வினைகள் யாவை?

8. ஓப்பன்ஹீமர்-ஃபிலிப்ஸ் கொள்கை யாது?

9. யுரேனியம்-239ஐப் புளுட்டோனியமாக மாற்றுவது எப்படி?

15. செயற்கையான கதிரியக்கம் அல்லது தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கம்

1934-ல் ஜோலியட் க்யூரியும் அவர்தம் கணவர் ஜோலியட்டும் செயற்கைக் கதிரியக்கத்தைக் கண்டுபிடித்தனர். பொலோனியத்திலிருந்து பெற்ற α*-துகள்களைக் கொண்டு அலுமினியத்தைத் தாக்கினர். வெளிப்படும் நியூட்ரான்களைபாரஃபின் கட்டியின்மேல் விழச்செய்து அங்கிருந்து வெளிப்படும் புரோட்டான்களின் ஆற்றலை அளந்து அதிலிருந்து நியூட்ரான்களின் ஆற்றலைக் கணக்கிட்டனர்.* α*–துகளின் ஆதாரத்தை (மூலத்தை-source) நீக்கிவிட்ட பின்னர்க்கூட ஊடுருவும் கதிர்வீச்சு தொடர்ந்து விடப்படுவதை அவர்கள் கண்டனர். மேலும் ஆராய்ந்து, அக் கதிர்வீச்சு நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட எலெக்ட்ரான்கள் என்பதும் அவை அலுமினியத்திலிருந்து வெளிப்படுகின்றன என்பதும் நிரூபிக்கப்பட்டது.*

போரான் (Boron), *மக்னீசியம் ஆகிய தனிமங்களை* α*-துகள்கள் கொண்டு தாக்கினாலும் மேலே விவரித்தது போன்ற வினைவே ஏற்பட்டது. அலுமினியம், போரான், மக்னீசியம் ஆகிய தனிமங்களை* α*-துகள்களால் தாக்கும்போது புதுக் கதிரியக்கத் தனிமங்கள் உண்டாகின்றன. இவை பாசிட்ரான்களை வெளிவிடுகின்றன.*

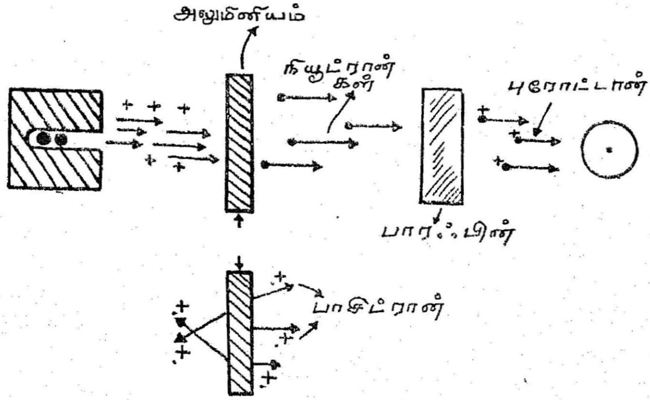
அலுமினியத்தை α*-துகளால் தாக்கும்போது* α*-துகள் பிடிக்கப்படுகிறது. அப்போது உண்டாகும் கூட்டு அணுக்கரு நியூட்ரானை விட்டுச் சிதைவுறுகிறது.*

$$_{13}Al^{27} + _2He^4 \rightarrow \ _{15}P^{30} + _0n^1$$

புதிதாக இப்படி உண்டாக்கப்படும் P^{30} *ஐசோடோப்பு இயற்கையில் காணப்படுவதில்லை. இது நிலைத்த தன்மை உடையதன்று; கதிரியக்கத் தன்மை கொண்டது. எனவே, அது தன்னிச்சையாகச் சிதைவுறுகையில் பாசிட்ரானை விட்டு நிலைத்த சிலிக்கானாக மாற்றம் உறுகிறது. பின் படத்தில் இந்த வினை விளக்கப்படுகிறது.*

$$_{15}P^{30} \rightarrow \ _{14}Si^{30} + \ _{+1}e^0$$

P^{30}-ன் பாதிச் சிதைவு காலம் 2·5 நிமிடங்கள். β-துகள் வெளிப்படும்போது நிகழ்வது போலவே பாசிட்ரான் விடப்படும்



படம் 55

போதும் நியூட்ரினோ விடப்படுகிறது. சமன்பாட்டில் பொதுவாக இந்த நிகழ்ச்சியைக் காட்டுவதில்லை.

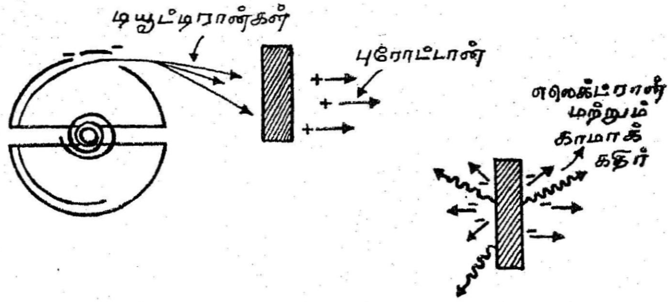
மேலே விவரிக்கப்பட்ட வழிமுறையில் (Mechanism) வினை நடைபெறுகிறது என்பதைச் சோதனை மூலம் நிரூபிக்கலாம். அலுமினியத் தகட்டை α-துகள் தாக்குதலுக்கு உட்படுத்திய பின்னர் அது. ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தில் கரைக்கப்படுகிறது. வெளிப்படும் ஹைட்ரஜன் பாசிட்ரானை வெளிவிடும் தன்மையைக் கொண்டுள்ளது. வினையில் உண்டான கதிரியக்க பாஸ்ஃபரஸ் PH_3-யாக ஹைட்ரஜனில் இருக்கிறது எனலாம்.

இன்னொரு முறையில் α-கதிர்வீச்சுக்கு உட்படுத்தப்பட்ட அலுமினியம், ஹைட்ரோகுளோரிக் மற்றும் நைட்ரிக் அமிலம் ஆகிய திரவக் கலவையில் கரைக்கப்படுகிறது. இதனுடன் சிறிது சோடியம் பாஸ்ஃபேட்டு ஊர்திச்சேர்மமாகச்(carrier)சேர்க்கப்படுகிறது. அக் கலவையுடன் ஸிர்க்கோனியம் உப்பைச் சேர்த்தால் வீழ்படிவாக வரும் ஸிர்க்கோனியம் பாஸ்ஃபேட்டு பாசிட்ரான் விடும் கதிரியக்கம் பெற்றிருப்பதைக் காண்கிறோம். எனவே, α-துகளுக்கும் அலுமினியத்திற்கும் நிகழ்வது ஒரு (α,n) வினையாகும். வினைபொருள் தனிமமான பாஸ்ஃபரஸ் பாசிட்ரானை விட்டுச் சிதைவுறுகிறது.

செயற்கை முறையில் கதிரியக்கம் தூண்டப்படும் தனிமங்களைக் கதிரியக்கம் என்ற அடைமொழியுடன் அழைக்கிறோம். கதிரியக்க

பாஸ்ஃபரஸ், கதிரியக்கச் சோடியம், கதிரியக்க நைட்ரஜன் ஆகிய பெயர்கள் இப்படி வந்தவைதாம்.

சைக்லோட்ரானில் முடுக்கப்பட்ட 2Mev-டாயிட்ரானைக் கொண்டு லாரன்ஸ் சோடியம் இலக்கைத் தாக்கினார். அப்போது சோடியம் கதிரியக்கத் தன்மையைப் பெற்றது. தாக்குதல் தொடர்ந்து நடக்கும்போது புரோட்டான்கள் விடப்பட்டன. பின்னர் சோடியத்தை டாயிட்டிரான் தாக்குதலிலிருந்து நீக்கிப் பார்த்தபோதுகூட எலெக்ட்ரான்களும் γ-கதிர்களும் வெளிப்படுவது தெரியவந்தது. இந்த நிகழ்ச்சியைக் கீழேகொடுக்கப்பட்ட படம் விளக்குகிறது.



படம் 56

முதலில் நிகழும் வினை

$${}_{11}Na^{23} + {}_{1}H^{2} \rightarrow {}_{11}Na^{24} + {}_{1}H^{1}$$ ஆகும்.

அடுத்து, சோடியம் கதிரியக்கச் சிதைவுறுகிறது.

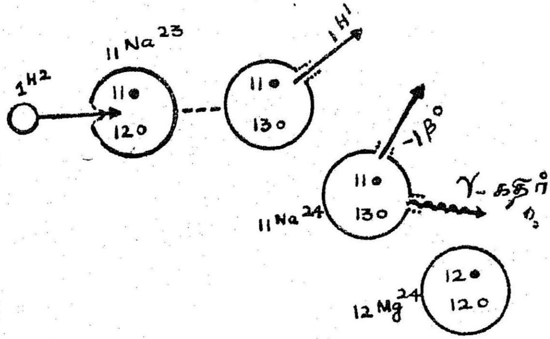
$${}_{11}Na^{24} \rightarrow {}_{12}Mg^{24} + {}_{-1}e^{0} + \gamma$$

Na^{24}ஐக் கதிரியக்கச் சோடியம் என்கிறோம். இதன் பாதிச் சிதைவுகாலம் 15 மணிகள். இது இயற்கையில் காணப்படுவதில்லை.

அணுக்கருச் சிதைவின் முதல்படி அடுத்த பக்கப் படத்தில் மேல்பகுதியிலும் அடுத்து நிகழும் கதிரியக்கச் சிதைவு கீழ்ப் பகுதியிலும் காட்டப்பட்டுள்ளன.

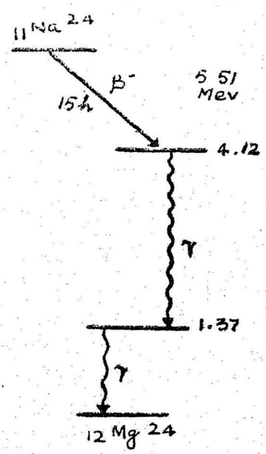
கதிரியக்கச்சோடியத்தின் ஆற்றல்மட்டப் படம் அடுத்த பக்கத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. Na^{24}-எலெக்ட்ரானை விடும்போது அணுக்கரு மின்னேற்றம் ஓர் அலகு அதிகரிக்கிறது. அப்போது கிளர்வுநிலை கொண்ட மக்னீசியம் உண்டாகிறது. அடுத்தடுத்து இரண்டு அணுக்கரு நிலைமாற்றங்கள் (Nuclear Transition) நிகழ்ந்து 2·75 Mev மற்றும் 1·37 Mev காமாக் கதிர்கள் விடப்பட்டு நிலைத்த மக்னீசிய அணுக்கரு வருகிறது. இதனையே இந்தப் படம் விளக்குகிறது.

குளோரின், அலுமினியம் போன்ற தனிமங்களை நியூட்ராணை எறிபொருளாகக் கொண்டு தாக்கும்போது வரும் தனிமங்கள்



படம் 57

செயற்கையான கதிரியக்கங் கொண்டிருக்கின்றன. நிகழும் அணுக்கரு மாற்று வினைகள் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 58

$$_{17}Cl^{35} + _{0}n^{1} \rightarrow _{16}S^{35} + _{1}H^{1}$$

S^{35}, அடுத்து எலெக்ட்ராணை விட்டுச் சிதைவுறுகிறது.

$$_{16}S^{35} \rightarrow _{17}Cl^{35} + _{-1}e^{0}$$

இதேபோல்

$$_{13}Al^{27} + _{0}n^{1} \rightarrow _{11}Na^{24} + _{2}He^{4}$$

Na^{24}-கதிரியக்கம் கொண்டது. இது β-கதிரைவிட்டுச் சிதைவுறுகிறது.

$$_{11}Na^{24} \rightarrow _{12}Mg^{24} + _{-1}e^{0}$$

ருபீடியம், பொட்டாசியம் ஆகிய தனிமங்களை நியூட்ரான்களைக் கொண்டு தாக்கினால் $(n, 2n)$ வினை நிகழ்கிறது. உண்டாக்கும் ஐசோடோப்புகள் கீழே காட்டியது போன்று கதிரியக்கச் சிதைவுறுகின்றன.

$${}_{37}Rb^{85} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{37}Rb^{84} + 2{}_{0}n^{1}$$

பின் $${}_{37}Rb^{84} \rightarrow {}_{38}Sr^{84} + {}_{-1}e^{0}$$

அதேபோல் முதலில்,

$${}_{19}K^{39} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{19}K^{38} + 2{}_{0}n^{1}$$

அடுத்து,

$${}_{19}K^{38} \rightarrow {}_{18}A^{38} + {}_{+1}e^{0}$$

செயற்கையான கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பாசிட்ரான்களை வெளிவிட்டுச் சிதைவதுதான் முதலில் கண்டறியப்பட்டது. அணு எண் 83-க்குக் குறைவாகக்கொண்ட சில தனிமங்கள் α-துகள்களை விடுவதுகூட நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. பல செயற்கையான கதிரியக்கத் தனிமங்கள் β-துகள்களை விட்டும் சிதைவுறுகின்றன.

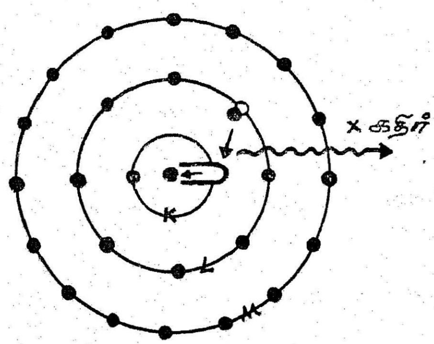
270-க்கு மேற்பட்ட நிலைத்த தன்மையுடைய ஐசோடோப்புகள் இருக்கின்றன. இவற்றில் நியூட்ரானுக்கும் புரோட்டானுக்கும் உள்ள விகிதம் ஒரு திட்டமான அளவாக இருக்கிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட ஐசோடோப்பில் நியூட்ரான்–புரோட்டான் விகிதம் அந்த அளவுக்கு அதிகமாக இருந்தால் அந்த அணுக்கரு நிலைத்த தன்மை உடையதன்று. அதில் இருக்கும் ஒரு நியூட்ரான் புரோட்டானாக மாற்றப்பட்டால் அது நிலைத்த தன்மையைப் பெறும். ஒரு β-துகளை வெளிவிடும்போது, நியூட்ரான்-புரோட்டான் விகிதம் குறைகிறது. எனவேதான், அதிகப்படியான நியூட்ரான்களைக் கொண்ட அணுக்கரு β-துகளை விட்டுச் சிதைகிறது. சாதாரண ஐசோடோப்புகளைவிட அதிக நிறை எண்ணைக் கொண்ட அணுக்கருக்களே β–துகள்களை விடுகின்றன. C^{14}, N^{15}, O^{19}, Al^{28}, Cl^{38} மற்றும் Fe^{59} ஆகிய அணுக்கருக்கள் இம்மாதிரி β-துகள்களை விடுகின்றன.

நிலைத்த தன்மைக்கு தேவைப்பட்டதைவிட நியூட்ரான்-புரோட்டான் விகிதம் குறைவாக இருந்தால் அணுக்கருவில் புரோட்டான் நியூட்ரானாக மாற்றப்படுகிறது. இது மூன்று விதமாக நிகழலாம். ஒன்று பாசிட்ரான் வெளிப்படல், இரண்டு α-துகள் வெளிப்படல், மூன்று எலெக்ட்ரானைப்பிடித்தல். நிலைத்த ஐசோடோப்புகளைவிடக் குறைவான நிறை எண்களைக் கொண்ட அணுக்கருக்கள் பாசிட்ரானை விடுகின்றன. இவ்வகைத் தனிம ஐசோடோப்புகள் C^{11}, N^{13}, O^{15}, Al^{26} Cl^{33}, Fe^{53} ஆகியவைகளாம்.

தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கம் கொண்ட $_{62}Sm^{147}$, α-துகளை விடுகிறது. 1949-ல் Au^{79} மற்றும் Hg^{80} ஆகியவை செயற்கை முறையில் தயாரிக்கப்பட்ட ஐசோடோப்புகள் α—துகள்விட்டுச் சிதைவுறுகின்றன. செயற்கை முறையில் கதிரியக்கம் தூண்டப் பட்ட அருமண் (rare earth) உலோகங்களின் கிட்டத் தட்ட 20-அணுக்கருக்கள் α-கதிரை விட்டுக் கதிரியக்கச் சிதைவுறுகின்றன.

செயற்கையான அணுக்கருக்கள் எலெக்ட்ரான் ஆர்பிட்டல் களில் (orbitals) இருக்கிற எலெக்ட்ரான்களைப் பிடித்து அதன் விளைவாக நியூட்ரான்—புரோட்டான் விகிதத்தை அதிகரிக்கச் செய்து நிலைத்த தன்மைக்கு வருகின்றன. அப்படி பிடிக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான் புரோட்டானுடன் சேர்ந்து அதனை நியூட்ரானாக மாற்றுகிறது.

அணுக்கரு K-அடுக்கிலிருக்கும் ஓர் எலெக்ட்ரானைப் பிடித்துக்கொள்கிறது. இதனால் அணுக்கருவினுள்ளே ஒரு நேர் மின்னேற்றம் நடுநிலையாக்கப் படுகிறது. அணுக்கருவுக்கு வெளியே L அல்லது M அடுக்கிலிருந்து எலெக்ட்ரான் K- குவான்டம் மட்டத்திற்குத் தாவுகிறது. இதைத் தொடர்ந்து தனிச் சிறப்பு (Characteristic) X-கதிர்கள் வெளிப்படுகின்றன. இதனைக் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள படம் விளக்குகிறது.



படம் 59

Be^7, Ga^{65} ஆகியவை நிலைத்த தன்மையற்ற அணுக்கருக்கள். இவை K-எலெக்ட்ரானைப் பிடித்து நிலைத்த இயல்பைப் பெறுகின்றன.

$$_4Be^7 + _{-1}e^0 \rightarrow _3Li^7$$
$$_{31}Ga^{65} + _{-1}e^0 \rightarrow _{30}Zn^{65}$$

மேலே விவரித்த இயற்பாட்டை மண்டல எலெக்ட்ரானைப் பிடித்துச் சிதைவுறல் என்கிறோம். பொதுவாக K-குவான்டம்

மட்டத்தில் இருக்கிற எலெக்ட்ரான்தான் பிடிக்கப்படுகிறது. எனவே, இந்த நிகழ்ச்சியை *K*-எலெக்ட்ரான் பிடித்தல் அல்லது *K*–பிடித்தல் (capture) என்கிறோம்.

K–எலெக்ட்ரான் பிடிக்கப்படுவதைத் தொடர்ந்து உயர்ந்த ஆற்றல் மட்டத்தில் இருக்கும் எலெக்ட்ரான் *K*-குவான்டம் மட்டத்திற்குச்செல்வதால் X–கதிர்கள்வெளிப்படுகின்றன. அம்மாதிரி வெளிப்படும்X-கதிர்களைக் கண்டறிவதன் மூலம் *K*-எலெக்ட்ரான் பிடித்தலைக் கண்டறியலாம். அந்த X-கதிர் விளைபொருள் தனிமத்தின் சிறப்பு X-கதிராக இருப்பது குறிப்பிடத்தக்கது. எடுத்துக்காட்டாக V^{49}_ ஐசோடோப்பின் பாதிச் சிதைவு காலம் 330நாள்கள். இது *K*-எலெக்ட்ரானைப் பிடித்துச்சிதைவுறுவதைத் தொடர்ந்து சிறப்பு X-கதிர்கள் வெனேடியத்திற்கு முன்னால் இருக்கும் தனிமமான டைட்டேனியத்திற்கு உரியது. இம்மாதிரியாக, கதிரியக்கத் தனிமம் சிதைந்து கொண்டு போகப்போக X-கதிரின் செறிவு (Intensity) குறைந்து கொண்டே போகிறது.

செயற்கையான கதிரியக்கம் கொண்ட தனிமங்கள் ஐசோமெரிக் நிலைத்திரிவு (Isomeric transition) உற்றுச் சிதைகின்றன. ஒரே அணு எண்ணையும் அணு நிறைஎண்ணையும் கொண்ட அணுக்கருக்கள் இருக்கின்றன.இவற்றை ஐசோபாரிக் ஐசோடோப்புகள் (Isobaric Isotopes) என்கிறோம். இவை தற்போது அணுக்கரு ஐசோமெர்கள் (Nuclear Isomers) என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

1921-ல் ஜெர்மானியக் கதிரியக்க வேதியியலாரான **ஓ. ஹான்** (O. Hahn) என்பார்தாம் இந்த இயற்பாட்டை முதன் முதலில் கண்டுபிடித்தார். யுரேனியம்-Z, யுரேனியம்-X_2 ஆகிய இரண்டும் ஐசோடோப்புகளாகவும் அதோடு இரண்டுமே ஒரே நிறை எண்ணைக் கொண்டிருப்பதையும் சுட்டிக் காட்டினார்.

1935-ல் செயற்கையான கதிரியக்கங் கொண்ட புரோமின் ஐசோடோப்புஇரண்டு ஐசோமெரிச நிலைகளில் இருப்பது தெரிய வந்தது. இவை ஐசோமெரிச நிலைத்திரிவு (transition) உற்றுக் கதிரியக்கச் சிதைவு நிகழ்வதும் அறியப்பட்டது. பொதுவாக ஐசோமெரிச இணைகள் (pairs) மட்டும்தான் காணப்படுகின்றன. ஆனால்,சிலபோது தனிமங்களில் மும்மை ஐசோமெரிசமும் (Triple Isomerism) காணப்படுவதுண்டு.

புரோமின் கொண்ட இலக்கை மெதுவாக இயங்கும் நியூட்ரான்களைக் கொண்டு தாக்கும்போது வரும் விளைபொருள் மூன்று வெவ்வேறு பாதிச் சிதைவு காலங்களைக்கொண்டிருப்பது அறியப்பட்டது. மூன்று சிதைவிலுமே β-துகள் வெளிப்படுவதும் அறியப்பட்டது. புரோமினின் அந்த மூன்று பாதிச் சிதைவுகாலங்கள்

17·6 நிமிடங்கள், 4·5 மணிகள் மற்றும் 35·3 மணிகள் என்றிருக்கின்றன. இது எதிர்பாராத முடிவாய் இருக்கிறது. புரோமினில் புரோமின்-79 மற்றும் புரோமின்-81 ஆகிய ஐசோடோப்புகள் இருக்கின்றன. எனவே, நியூட்ரானைக் கொண்டு தாக்கும்போது Br^{80} மற்றும் Br^{82} ஐசோடோப்புகள் உண்டாகின்றன.

$$_{35}Br^{79} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{35}Br^{80} + \gamma$$
$$_{35}Br^{81} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{35}Br^{82} + \gamma$$

எனவே புரோமின்-80 மற்றும் புரோமின்-82 ஐசோடோப்புகள் மூன்று வகையாகச் சிதைகின்றன. எனவே, இவற்றில் ஓர் ஐசோடோப் இரண்டு வகையாகச் சிதைவுறுகிறது என்றாகிறது. இந்த இரண்டில் எந்த ஐசோடோப்பு இம்மாதிரி சிதைவுறுகிறதென்பதைப்பின்வருமாறு உறுதிப்படுத்தலாம். காமாக் கதிர்கள் புரோமினோடு வினைபடும்போது (γ, n) வினை கீழே காட்டியபடி நிகழ்கிறது.

$$_{35}Br^{79} + \gamma \rightarrow {}_{35}Br^{78} + {}_{0}n^{1}$$
$$_{35}Br^{81} + \gamma \rightarrow {}_{35}Br^{80} + {}_{0}n^{1}$$

இப்படி உண்டாகும் Br^{78} மற்றும் Br^{80} இரண்டும் 6·4 நிமிடங்கள், 17·6 நிமிடங்கள் மற்றும் 4·5 மணிகள் என மூன்று பாதிச் சிதைவு காலங்களைக் கொண்டிருக்கின்றன. (n, γ) மற்றும் (γ, n) ஆகிய இரண்டு வகையான வினைகளிலும் Br^{80} உண்டாகிறது. பாதிச் சிதைவு காலங்கள் 17·6 நிமிடங்கள் மற்றும் 4·5 மணிகள் கொண்ட ஐசோடோப்பு இரு வகைகளிலும் உண்டாகிறது என்பது தெரிகிறது. எனவே, அம்மாதிரியான ஐசோடோப்பு புரோமின்-80 என்பதும் உறுதியாகிறது.

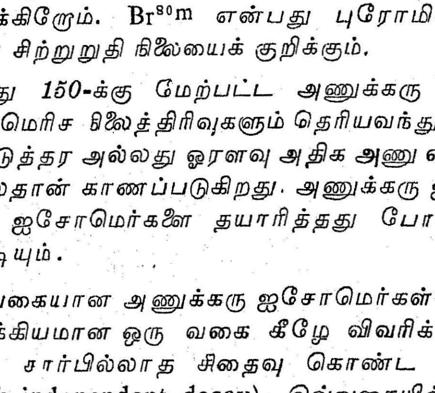
புரோமின்-80 அணுக்கரு ஐசோமெரிச இயற்பாட்டைக் கொண்டிருக்கிறது. இரண்டு ஐசோமெர்களும் வெவ்வேறு பாதிச் சிதைவு காலங்களைக் கொண்டிருக்கின்றன. இந்த இரண்டு அணுக்கரு ஐசோமெர்களையும் தனிப்படுத்துதல் சாத்தியமே. ஒன்றன் பாதிச் சிதைவு காலம் 17·6 நிமிடங்கள். மற்றது 4·5 மணிகள், பாதிச் சிதைவு காலங் கொண்டிருக்கிறது.

அணுக்கரு, ஆற்றல் நிலைகளில் மாறுபட்டிருப்பதாலேயே இரண்டு அணுக்கரு ஐசோமெர்கள் சாத்தியமாகிறது. ஓர் ஐசோமெர் அடிமட்ட ஆற்றல் நிலையில் (ground state) இருக்கும் அணுக்கருவைக் குறிக்கிறது. இன்னொன்று கிளர்வுற்ற (excited) நிலையில் இருக்கிற அதே அணுக்கருவைக் குறிக்கிறது. அதிக ஆற்றல் நிலையிலிருந்து குறைந்த ஆற்றல் நிலைக்கு 10^{-13} வினாடிக்கும் குறைவான நேரத்தில் நிலைத்திரிவு (Transition) நிகழ்கிறது. கிளர்வுற்ற நிலை மிகக் குறுகிய கால அளவில் மட்டுமே இருக்க முடியும். நிலைத்திரிவு நிகழக்கூடாத ஒன்றாக இருப்பின் அதி

ஆற்றல் நிலையை சிற்றுறுதியான (Metastable) நிலை என்கிறோம். இப்படி இருக்கிற அணுக்கரு ஐசோமெர் கணிசமான அளவு பாதிச் சிதைவு காலங் கொண்டிருக்கும். சிற்றுறுதியான நிலையில் இருக்கிற ஐசோமெரை, அடிமட்ட ஆற்றல் நிலையில் இருக்கிற ஐசோமெரிலிருந்து வேறுபடுத்திக்காட்ட, சிற்றுறுதிநிலை கொண்ட நியூக்ளைடை அதன் குறியீட்டுக்கு மேல் m-என்ற எழுத்தைக் காட்டிக் குறிக்கிறோம். Br^{80m} என்பது புரோமின் அணுக்கரு ஐசோமெரின் சிற்றுறுதி நிலையைக் குறிக்கும்.

தற்போது 150-க்கு மேற்பட்ட அணுக்கரு ஐசோமெரிசங்களும், ஐசோமெரிச நிலைத்திரிவுகளும் தெரியவந்துள்ளன. இந்த இயற்பாடு நடுத்தர அல்லது ஓரளவு அதிக அணு எடை கொண்ட அணுக்களிலேதான் காணப்படுகிறது. அணுக்கரு ஐசோமெர்களை புரோமினின் ஐசோமெர்களை தயாரித்தது போன்ற முறையில் தயாரிக்க முடியும்.

மூன்று வகையான அணுக்கரு ஐசோமெர்கள் இருக்கின்றன. அவற்றில் முக்கியமான ஒரு வகை கீழே விவரிக்கப்பட்டுள்ளது இந்த வகை சார்பில்லாத சிதைவு கொண்ட ஐசோமெர்கள் (Isomers with independent decay) இவ்வகையில் ஒவ்வொரு ஐசோமெரும் சார்பில்லாது சிதைவுறுகின்றது. ஒவ்வொன்



படம் 60

றுக்கும் ஒரு சிறப்பான பாதிச் சிதைவு காலம் உண்டு. ஐசோமெரிச நிலையிலிருந்து அதாவது சிற்றுறுதியான நிலையிலிருந்து இன்னொரு ஐசோமெரிச அல்லது அடிமட்ட நிலைக்குச் செல்வது நிகழக்கூடாத ஒன்றாகும். அப்படியான நிலைத்திரிவு மிக நுண்ணளவில்தான் சாத்தியம். மேலே படத்தில் இந்த நிலைத் திரிவுகள் காட்டப்பட்டுள்ளன.

T_1 மற்றும் T_2 என்பன அணுக்கரு ஐசோமெர்களின் பாதிச் சிதைவு காலங்களைக் குறிக்கின்றன. இங்கு இரண்டு ஐசோமெர்கள் சிதைவுறுவதன் முடிவாக ஒரே ஆற்றல்மட்ட விளை பொருள் அணுக்கரு வருகிறது. இவற்றில் ஏதாவதொரு சிதைவிலோ அல்லது இரண்டிலுமோ சிதைவு விளைபொருள் கிளர்வுற்ற நிலையிலும் வரலாம். தற்சார்பாக சிதைவுறும் அணுக்கரு ஐசோமெரிச இயற்பாட்டின் எடுத்துக்காட்டுகள் கீழே கொடுக்கப் பட்டுள்ளன.

Zn^{71} (β^- *4·1 மணிகள்*, β^- *2·4 நிமிடங்கள்*)
Mo^{91} (β^-*65 வினாடிகள்*, β^- *15 5 நிமிடங்கள்*)
Ag^{106} (EC *8·3 நாட்கள்*, β^+ *24 நிமிடங்கள்*)

வினாக்கள்

1. தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கம் என்றால் என்ன? எடுத்துக் காட்டுடன் விளக்குக.

2. α-துகள் கொண்டு அலுமினியத்தைத் தாக்கும்போது கதிரியக்க பாஸ்ஃபரஸ் உண்டாவதை எவ்வாறு நிரூபிப்பாய்?

3. கதிரியக்க சோடியம் தயாரிக்கும் முறையாது?

4. செயற்கையான கதிரியக்கத் தனிமங்கள் எப்போது பாசிட்ரானை வெளி விடுகின்றன?

5. 'K-எலெக்ட்ரானைப் பிடித்தல்'-இந்த இயற்பாட்டை விளக்குக.

6. அணுக்கரு ஐசோமெரிசம் என்றால் என்ன?

7. புரோமின்-80-ன் அணுக்கரு ஐசோமெர்களை எவ்வாறு தயாரிக்கலாம்?

8. சார்பில்லாத சிதைவுறும் அணுக்கரு ஐசோமெர்களை விவரிக்க.

16. செயற்கைத் தனிமங்கள்

யுரேனியத்திற்கு அப்பாலுள்ள தனிமங்கள் : *92-க்கு அதிகமான அணு எண் கொண்ட தனிமங்களை யுரேனியத்திற்கு அப்பாலுள்ள* (Trans uranic) *தனிமங்கள் என்கிறோம். இவ்வகையில் முதல் தனிமம் நெப்ட்யூனியம் 1939-ல் மக்மில்லன்* (McMillen) *மற்றும் ஆபெல்சன் ஆகியோர் இதனைக் கண்டுபிடித்தனர். யுரேனியத்தை நியூட்ரான்களால் தாக்கும் போது யுரேனியம் -238 நியூட்ரானைப் பிடித்து யுரேனியம் -239 ஆக மாறுகிறது. அப்போது காமாக் கதிர் வெளிப்படுகிறது. அடுத்து* u^{239}, *β-துகளை வெளிவிட்டு நெப்ட்யூனியமாக மாறுகிறது.*

$$_{92}U^{238} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{92}U^{239} + \gamma$$
$$_{92}U^{239} \rightarrow {}_{93}Np^{239} + {}_{-1}e^{0}$$

நெப்ட்யூனியம் அருமண் உலோகங்களை ஒத்த பண்புகளைக் கொண்டிருக்கிறது. யுரேனியத்தைப் போலவே, (III), (IV), (V) *மற்றும்* (VI) *ஆக நான்கு ஆக்ஸிஜனேற்ற* (oxidised) *நிலைகளில் காணப்படுகிறது. 1940-ல் நெப்ட்யூனியத்தின் இன்னொரு ஐசடோப்பான* Np^{238}*ஐ சீபோர்* (Sea borg)*மற்றும் அவருடைய துணையாளர்கள் கண்டு பிடித்தார்கள். யுரேனியம் ஆக்ஸைடை டாயிட்டிரான் கொண்டு தாக்கி இது பெறப்பட்டது.*

$$_{92}U^{238} + {}_{1}D^{2} \rightarrow {}_{93}Np^{238} + 2\,{}_{0}n^{1}$$

நெப்ட்யூனியத்தின் பத்துக்கு மேற்பட்ட ஐசோடோப்புகள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளன, நெப்ட்யூனியம்-237 மட்டும் α-துகளை விடக் கூடியது. மற்ற எல்லா ஐசோடோப்புகளுமே β-துகள்களை விடுபவை.

புளுட்டோனியம்

1940-ம் ஆண்டு **கென்னடி, மில்லன், சீபோர், சாகர்** (Segre) *மற்றும்* **வால்** (Wahl) *ஆகிய விஞ்ஞானிகள் புளுட்டோனியம் தனிமத்தைக் கண்டறிந்தனர். நெப்ட்யூனியம்-239, β-துகள் விட்டு புளுட்டோனியமாக மாறுகிறது.*

$$_{93}Np^{239} \rightarrow {}_{94}Pu^{239} + {}_{-1}e^{0} + \gamma$$

Pu^{239}, ஆல்ஃபாத் துகளை விடக் கூடியது. இதன் பாதிச் சிதைவு காலங் 24, 360 ஆண்டுகள். Pu^{239}, இயற்கையில் காணப் படுகிறது. பிச்சு பிளெண்டு மற்றும் கார்னோடைட் (carnotite) தாதுக்களில் புளுட்டோனியம் மிக நுண்ணிய அளவில் காணப்படு கிறது. தன்னிச்சையாக நிகழும் அணுக்கரு பிளவில் வெளிப்படும் நியூட்ரான்களை, யுரேனியம்-238 பிடிப்பதன் விளைவாகவோ α-துகள் இலேசான தனிமங்களுடன் (α, n) வினைக்கு காரணமாயிருந்து உண்டாகும் நியூட்ரான்களை யுரேனியம்-238 பிடித்தோ புளுட் டோனியமாக மாறியிருக்கலாம். புளுட்டோனியத்தின் 15 ஐசோடோப்புகள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன.

அமெரீசியம்

சீபோர், ஜேம்ஸ் மற்றும் மார்கன் ஆகியோர் 1944-ல் அணு எண்-95 கொண்ட தனிமத்தைத் கண்டறிந்தார்கள், இத்தனிமம் அமெரீசியம் என்று அழைக்கப்பட்டது. 40 Mev, ஆற்றல் கொண்ட α-துகளால் யுரேனியம் 239-ஐ தாக்கும்போது pu^{241} கிடைக்கிறது.

$$_{92}u^{238} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{94}Pu^{241} + {}_{0}n^{1}$$

Pu^{241}, β துகளைவிட்டுச் சிதைவுற்று அமெரீசியமாக மாறுகிறது.

$$_{94}Pu^{241} \rightarrow {}_{95}Am^{241} + {}_{-1}e^{0}$$

க்யூரியம்

1944-ல் சீபோர், ஜேம்ஸ் மற்றும் கயார்சோ (Ghiorso) ஆகியோர் அணு எண் 96-கொண்ட புதுத் தனிமத்தைக் கண்டறிந்தனர். கதிரியக்கத் தனிமங்களைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியில் முதலில் ஈடுபட்ட க்யூரி தம்பதியரின் நினைவாக இத்தனிமத்திற்கு க்யூரியம் என்று பெயரிடப்பட்டது. புளுட்டோனியம்-239-ஐ α-துகள் கொண்டு தாக்கும் போது நிகழும் வினையில் க்யூரியம் உண்டாகிறது.

$$_{94}Pu^{239} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{96}Cm^{242} + {}_{0}n^{1}$$

க்யூரியத்தின் 13 ஐசோடோப்புகள் தெரிய வந்துள்ளன.

பெர்க்கீலியம்

1949-ல் தாம்ஸன், கையார்சோ மற்றும் சீபோர் ஆகியோர் 97-வது தனிமமான பெர்க்கீலியத்தைக் கண்டறிந்தார்கள். 35 Mev-ஆற்றல் α-துகள் கொண்டு அமெரீசியம்-241-ஐத்தாக்கி பெர்க்கிலியம் பெறப்பட்டது.

$$_{95}Am^{241} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{97}Bk^{243} + 2{}_{0}n^{1}$$

பெர்க்கிலி நகரத்தில் இத்தனிமம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அந்த நகரத்தின் பெயரே இதற்கு இடப்பட்டது. பெர்க்கிலியத்தில் எட்டு ஐசோடோப்புகள் இருக்கின்றன. பெர்க்கீலியம்

243-ன் பாதிச்சிதைவு காலம் 4·5 மணிகள். பெர்க்கீலியம்-249, β-துகள் விடுவது. கணிசமான அளவில் இது தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் பாதிச் சிதைவுகாலம் 314 நாட்கள்.

கலிஃபோர்னியம்

இந்தத் தனிமம் 1950-ம் ஆண்டில் உண்டாக்கப்பட்டது. இதனைக் கண்டுபிடித்தவர்கள், தாம்ஸன், ஸ்ட்ரீட் (Street) கையார்சோ மற்றும் சீபோர் ஆகியோராவர். எந்த மாநிலத்தில் எந்தப் பல்கலைக்கழகத்தில் இத்தனிமம் கண்டு பிடிக்கப்பட்டதோ அந்தப் பெயரே இதற்கு இடப்பட்டது. க்யூரியம்-242-ஐ 35 Mev ஆல்ஃபா துகள்கொண்டு தாக்கி இதனைப் பெறலாம்.

$$_{96}Cm^{242} + {}_2He^4 \rightarrow {}_{98}Cf^{244} + 2{}_0n^1$$

இதன் பாதிச் சிதைவு காலம் 45 நிமிடங்களே. குறைவான ஆற்றல் கொண்ட α-துகள் கொண்டு Cm^{242}-ஐத் தாக்கும்போது கலிஃபோர்னியம்-246 கிடைக்கிறது. இதன் பாதிச் சிதைவு காலம் 35·7 மணிகள். கலிஃபோர்னியத்தின் 11 ஐசடோப்புகள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. யுரேனியம்-238-ஐ கார்பன் அல்லது நைட்ரஜன் போன்ற கன அயனிகளைக் கொண்டு தாக்கியும் கலிஃபோர்னியத்தைப் பெறலாம். கலிஃபோர்னியம்-254 பாதிச் சிதைவு காலம் 60 நாட்கள். இது அணுக்கரு பிளவுக்கு உள்ளாகிச் சிதைகிறது. சில விண்மீன்களில் மிக அதிகமான பேரொளி தோன்றி பின் மறைகிறது. அந்தப் பேரொளி மறையும் காலம் 60நாட்களாம். எனவே இந்த விண்மீன்களில் கலிபோர்னியம்-254 இருக்கவேண்டுமென்று நம்பப்படுகிறது.

கலிஃபோர்னியம்-246, மற்றும் கலிஃபோர்னியம்-244 ஆகிய ஐசோடோப்புகளை உண்டாக்கும் வினைகள் கீழே கொடுக்கப் பட்டுள்ளன.

$$_{92}U^{238} + {}_6Cf^{12} \rightarrow {}_{98}Cf^{246} + 4{}_0n^1$$
$$_{92}U^{238} + {}_6C^{12} \rightarrow {}_{98}Cf^{244} + 6{}_0n^1$$

ஐன்ஸ்டீனியம்

1952-ல் பசிபிக் கடலில் ஒரு தீவில் சோதனை அணுகுண்டு வெடிக்கப்பட்டது. கதிரியக்கப் புகைப்படலம் சுமார் 10மைல் உயரம் சென்றது. அதிலிருந்து, சோதனைக்காக சேகரிக்கப்பட்ட பொருளில் 17 நியூட்ரான்களைப் பிடித்தும் பிளவுபடாமல் யுரேனியம் இருந்தது. இந்த மிகக் கனமான ஐசடோப்பு அடுத்தடுத்து எலெக்ட்ரானை (β-துகளை) விட்டு அணுக்கரு நேர்மின்னேற்றத்தை அதிகரித்துச் செல்கிறது. அம்மாதிரி தொடருகையில் ஐன்ஸ்டீனியமும் ஃபெர்மியமும் வருகின்றன. 16 விஞ்ஞானிகளின் கூட்டு முயற்சியால் இத்தனிமங்கள் கண்டறியப்பட்டன.

தனிமம் 99-க்கு, உலக புகழ் அறிவியலார் ஐன்ஸ்டீனுடைய நினைவாக ஐன்ஸ்டீனியம் என்று பெயரிடப்பட்டது. யுரேனியம்-238ன் அணுக்கருவை நைட்ரஜன் அணுக்கரு கொண்டு தாக்கும் போது Es^{247} கிடைக்கிறது. இதன் பாதிச் சிதைவு காலம் 7·3 நிமிடங்களாம். இது α-துகளை விடுகிறது.

$${}_{92}U^{238} + {}_{7}N^{14} \rightarrow {}_{99}Es^{247} + 5{}_{0}n^{1}$$

ஐன்ஸ்டீனியத்தின் 10 ஐசோடோப்புகள் தெரியவந்துள்ளன.

பெர்மியம்

இத்தாலிய நாட்டு அறிவியல் அறிஞர் ஃபெர்மி நியூட்ரான் தாக்குதல் மூலம் தனிமங்களை உண்டாக்க முனைந்தவராவர். அவரின் நினைவாக 100-வது தனிமம் ஃபெர்மியம் என்று அழைக்கப் பட்டது. ஃபெர்மியத்தின் பத்து ஐசோடோப்புகள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றுள் சில, யுரேனியம்-238 அணுக் கருவை ஆக்ஸிஜன் அயனிகள் கொண்டு தாக்கி பெறப்பட்டன.

$${}_{92}U^{238} + {}_{8}O^{16} \rightarrow {}_{100}Fm^{250} + 4{}_{0}n^{1}$$

மெண்டலீவியம்

மெண்டலீஃப் என்பார் முதன் முதலில் தனிமங்களை வரிசைப் படுத்தி, கண்டுபிடிக்கப்படாத தனிமங்களின் இயல்புகளை முன் கூட்டியே சொன்னவர். 101-வது தனிமம் அவருடைய நினைவாக மெண்டலீவியம் என்று பெயரிடப்பட்டது. 1955-ல் கையார்சோ ஹார்வே (Harvey), சாப்பின்(Chappin), தாம்ஸன் மற்றும் சீபோர் ஆகியோர் இதனைக் கண்டறிந்தார்கள். ஐன்ஸ்டீனியம்-253ஐ சைக்லோட்ரானில் முடுக்கப்பட்ட α-துகள்கள் கொண்டு தாக்கி அதனைப் பெறலாம்.

$${}_{99}Es^{253} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{101}M^{256} + {}_{0}n^{1}$$

நொபீலியம்

1957-ல் ஸ்டாக்ஹோமில் நோபெல் பௌதிக நிறுவனத்தால் இந்தத் தனிமம் உண்டாக்கப்பட்டது. கார்பன் -13 அயனிகளைக் கொண்டு க்யூரியத்தைத் தாக்கி இது பெறப்பட்டது. அப்படி பெறப்படும் நொபீலியத்தின் இந்த ஐசடோப்பு α-துகளை விடுவதாகும்.

$${}_{96}Cm^{242} + {}_{6}C^{13} \rightarrow {}_{102}No^{253} + 2{}_{0}n^{1}$$

இம்மாதிரி வினையில் இத்தனிமத்தின் 50 அணுக்களே உண் டாக்கப்பட்டன, என்றாலுங்கூட இத்தனிமம் உண்டாக்கப் பட்டது திட்டவட்டமாக நிரூபிக்கப்பட்டாகிவிட்டது.

லாரன்ஸியம்

1965-ல் 103-வது தனிமத்தை கையார்சோ, சிக்கிலாண்டு (Sikkeland), லார்ஸ் (Larsh) மற்றும் லாட்டிமார் (Latimer) ஆகியோர் கண்டுபிடித்தனர். சைகல்லோட்ரானைக் கண்டுபிடித்த லாரன்ஸ் என்பார் அணுக்கரு அறிவியலுக்கு ஆற்றிய பணியின் மகத்துவத்தை நினைவூட்டும் வகையாக இதற்கு லாரன்ஸியம் என்று பெயரிடப்பட்டது. போரான் -10, 11 அயனிகளைக் கொண்டு நிறை எண்கள் 249, 250, 251 மற்றும் 252 கொண்ட கலிஃபோர்னியத்தின் ஐசோடோப்புகளைத் தாக்கி லாரன்ஸியம் பெறப்பட்டது. அதன் அணு எடை 257 என நிர்ணயிக்கப்பட்டது.

$${}_{98}Cf^{250} + {}_{5}B^{11} \rightarrow {}_{103}Lw^{257} + 4\ {}_{0}n^{1}$$

லாரன்ஸியம்-257ன் பாதிச்சிதைவு காலம் 8 வினாடிகள்.

குர்ச்சடோவியம்

1965-ல் ரஷ்யாவில் ஃபிலிரோவ் என்பாரும் அவருடைய துணையாளர்களும் 104-வது தனிமத்தைக் கண்டுபிடித்ததாக வெளியிட்டனர். நியான் 22 அயனிகளைக் கொண்டு புளூட்டோனியத்தைத் தாக்கி இது பெறப்பட்டது.

$${}_{94}Pu^{242} + {}_{10}Ne^{22} \rightarrow {}_{104}Kv^{260} + 4\ {}_{0}n^{1}$$

பெறப்பட்ட தனிமத்தின் நிறை எண் 260. 0·3 வினாடியில் அணுப்பிளவுற்றுச் சிதைவது. ரஷ்ய விஞ்ஞானி குர்ச்சடோவ் (Kurchatov) என்பாரின் நினைவாக குர்ச்சடோவியம் என்று இத் தனிமம் அழைக்கப்படுகிறது.

சர்ச்சைக்குரிய தனிமங்கள்

அணு எண்கள் 43, 61,85 மற்றும் 87 கொண்ட தனிமங்கள் இயற்கையில் மிக துண்ணளவிலேயே காணப்படுகின்றன. அணுக் கருச் சிதைவு தொடர் வினைகளில் இவை குறுகிய ஆயுள் கொண்ட இடை நிலைப் பொருள்களாக வருகின்றன.

டெக்னீஷியம்

1937-ல் இத்தனிமம் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. முதன் முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட செயற்கைத்தனிமம் இதுவே. இதனைக் கண்டு பிடித்தவர்கள் பெர்ரியர் (Perrier) மற்றும் சாகர் (Segre) ஆகியோர்.

மாலிப்டினம்-96ஐ அதிவேக டாயிட்ரான்கள் கொண்டு தாக்கி Tc^{97} ஐசோடோப்பு பெறப்பட்டது. இதன் பாதிச்சிதைவு காலம் 88-நாட்கள்.

$${}_{42}Mo^{96} + {}_{1}D^{2} \rightarrow {}_{43}Tc^{97} + {}_{0}n^{1}$$

1939–ல் சீபோரும், சாகரும் இந்தத் தனிமத்தின் நிலைத்த, பயன் மிக்க ஐசோடோப்பைத் தயாரித்தனர். மெதுவாக இயங்கும். நியூட்ரான்கள் Mo^{98}-உடன் வினையுறும் போது வரும் $Mo,^{99}$ β-துகள் விட்டு சிதைவுற்று Tc^{99}-மாறுகிறது.

$$_{42}Mo^{98} + {_0}n^1 \rightarrow {_{42}}Mo^{99}$$

அடுத்து

$$_{42}Mo^{99} \rightarrow {_{43}}Tc^{99} + {_{-1}}e^0$$

யுரேனியம் அணுக்கரு பிளவுபடும்போது வரும் விளைபொருள்களிலும் டெக்னீஷியம் காணப்படுகிறது.

புரொமித்தியம்

1926-ல் இந்தத் தனிமம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதற்கு முதலில் இலினியம் என்று பெயரிடப்பட்டது. 1924-லேயே இத் தனிமத்தை கண்டுபிடித்து விட்டதாக இத்தாலி நாட்டு விஞ்ஞானிகள் பிரகடனம் செய்தார்கள். அதற்கு ஃப்ளாரன்சியம் என்ற பெயரிடப்பட்டுவிட்டதாக அறிவித்தனர். 1938-லிருந்து 1942-வரை நிகழ்ந்த ஆய்வுகளில், அணுக்கரு வினைகளில் இத் தனிமம் உண்டாக்கப்பட்டதாக நம்பப்பட்டது. இத்தனிமத்திற்கு சைக்லோனியம் என்ற பெயரும் கொடுக்கப்பட்டது. 1947-ல் மாரின்ஸ்கி (Marinsky), கிளெண்டினின் (Glendenin) மற்றும் கோரியெல் (Coryele) ஆகியோர் 61-ம் தனிமமான இதன் ஐசோடோப்புகளைக் கண்டறிந்தனர். யுரேனிய அணுக்கரு பிளவில் வரும் விளைப்பொருளிலும் இது காணப்படுகிறது. இந்த விஞ்ஞானிகளே இந்தத் தனிமத்திற்கு புரொமித்தியம் என்ற பெயரைச் சூட்டினர். கிரேக்க புராணக் கதையில் புரொமெத்தீயஸ் என்ற வீரன் மனித நன்மைக்காக உம்பருலகத்திலிருந்து தீயைக் கவர்ந்து வந்ததாகச் சொல்லப்படுகிறது. இந்த வீரனின் பெயரே 61–வது தனிமத்திற்கு இடப்பட்டது.

இத்தனிமத்தின் 10 ஐசோடோப்புகள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. Pm^{147}-ன் பாதிச் சிதைவுகாலம் 3·7 ஆண்டுகளாம் Pm^{148}-ன் பாதிச் சிதைவுகாலம் 47 மணிகள். யுரேனிய அணுக்கரு பிளவு விளை பொருள்களிலிருந்து இது பெறப்படுகிறது. நியோடிமியத்தை நியூட்ரான் தாக்குதலுக்கு உட்படுத்தியும் இதனைப் பெறலாம்.

$$_{60}Nd^{144} + {_0}n^1 \rightarrow {_{60}}Nd^{145}$$

அடுத்து

$$_{60}Nd^{145} \rightarrow {_{61}}Pm^{145} + {_{-1}}e^0$$

ஆஸ்டட்டின்

இது ஹேலஜன் தொகுதிச் சேர்மம். இயற்கையில் மிக நுண்ணளவே காணப்படுகிறது. 85-ம் தனிமமான இதற்கு அலபாமின்

என்ற பெயர் முதலில் இடப்பட்டது. 1940-ல் தான் இதனை கார்ஸன் (Corson), மெக்கன்ஸி மற்றும் சாகர் ஆகியோர் கண்டு பிடித்தனர். சைக்லோட்ரானிலிருந்து பெறப்பட்ட அதிக ஆற்றல் α-துகள்களைக் கொண்டு பிஸ்மத் தனிமத்தைத் தாக்கி இது பெறப்பட்டது. இது நிலைத்தத் தன்மையற்றது, என்ற பொருள் பட இதற்கு ஆஸ்ட்டட்டின் என்று பெயரிடப்பட்டது.

$$_{82}Bi^{209} + {}_2He^4 \rightarrow {}_{85}At^{211} + 2{}_0n^1$$

இத்தனிமத்தின் 18 ஐசோடோப்புகள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன.

At^{210}ன் ஐசோடோப்பின் பாதிச் சிதைவு காலம் 7·5 மணிகள். இதுவே ஆஸ்ட்டட்டின் தனிமத்தின், நீண்ட ஆயுள் கொண்ட ஐசோடோப்பு, இது α துகளை விடக்கூடியது. இது மற்ற ஹேலஜன்களை ஒத்த இயல்புகளைக் கொண்டது.

ஃபிரான்சியம்

1930-ல் அல்லிசன் (Allison) என்பார் இத்தனிமத்தைக் கண்டறிந்தார். முதலில் இதற்கு வர்ஜீனியம் என்ற பெயரைச் சூட்டினர். 1939-ல் பிரான்சில் M. பெர்சி (M. Percy) என்பார் ஆக்ட்டினியம்-227 இரண்டு வகையாக கதிரியக்கச் சிதைவுறுகிறதென்பதைக் கண்டார். ஒரு வகைச் சிதைவில் ஃபிரான்சியம் நுண்ணளவில் உண்டாகிறது.

$$_{89}Ac^{227}\ 1{\cdot}2\% \rightarrow {}_{87}Fr^{227} + {}_2\alpha^4$$

ஃபிரான்சியத்தின் ஐசோடோப்புகளில் ஒன்றுமட்டும், பாதிச் சிதைவுகாலம் 21 நிமிடங்கள், கொண்டது. மற்றவை நிலைத்த இயல்பற்றவை.

வினாக்கள்

1. செயற்கைத் தனிமங்கள் என்றால் என்ன?
2. நெப்ட்யூனியத்தைத் தயாரிப்பது எப்படி?
3. யுரேனியம் 238-ஐ புளூட்டோனியம்-239 ஆக மாற்றுவது எங்ஙனம்? இதன் முக்கியத்துவம் என்ன?
4. ஐன்ஸ்டீனியம், ஃபெர்மியம் மற்றும் மெண்டலீவியம் ஆகியவற்றின் பெயர்க்காரணங்களை எழுதுக.
5. 103-வது தனிமம் உண்டாக்கப்படுவது எவ்வாறு?
6. சர்ச்சைக் குரிய தனிமங்கள் யாவை?
7. புரோமித்தியத்திற்கு இடப்பட்ட வேறு பெயர்கள் யாவை?
8. டெக்னீஷியம், ஆஸ்ட்டட்டின் ஆகிய தனிமங்களை எவ்வாறு உண்டாக்கலாம்?

17. அணுக்கரு ஆற்றலும் அணுக்கருவின் நிலைப்புத் தன்மையும்

அணுக்கரு பற்றி நாம் அறிய முற்படும்போது, நியூக்லியான்களை (Nucleons) பிணைக்கும் ஆற்றல் பற்றி அறிந்துகொள்வது அவசியம். அணு நிறைகள் முழு எண்களிலிருந்து சிறிதளவு மாறுபடுகின்றன. இந்த மாறுபட்டுச் செல்லும் அளவை ஆஸ்டன் என்பார் ஒவ்வொரு நியூக்லைடுக்கும் **பொதிவுப் பின்னம்** என்ற அளவால் விவரித்தார்.

$$\text{பொதிவுப் பின்னம் (Packing Fraction)} = \frac{\text{அணுநிறை} - \text{நிறைஎண்}}{\text{நிறை எண்}} \times 10{,}000$$

இந்தச் சமன்பாட்டில்

அணுநிறை—நியூக்லைடின் உண்மை நிறை (அணுநிறை அலகில்)

நிறை எண் — அணுநிறைக்கு நெருங்கிய முழு எண்

(அணுநிறை — நிறை எண்) — என்பதனை நிறை வழு (Mass defect) என்று சொல்கிறோம். எனவே,

$$\text{பொதிவுப் பின்னம்} = \frac{\text{நிறை வழு}}{\text{நிறை எண்}} \times 10{,}000$$

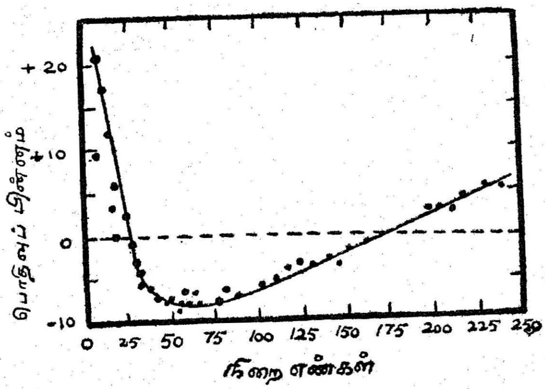
சமன்பாட்டின் வலது பக்கத்து கோவையின் முதற்பகுதி சிறிய எண்ணாக, இருப்பதால் அதனை 10,000–ஆல் பெருக்கிக் கொள்கிறோம்.

தனிமங்களின் பொதிவுப் பின்னங்களை அவற்றின் நிறைகளோடு இணைத்து வரைபடம் வரைந்தால், பெறப்படும் வரைபடத்தின் படம் அடுத்தப் பக்கத்தில் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

He^4, C^{12}, O^{16} நியூக்லைடுகளைத் தவிர மற்ற எல்லாத் தனிமங்களுக்குமே பொதிவுப்பின்னங்கள் வரை கோட்டின் மேல் அல்லது அதன் அருகே அமைகின்றன. குறைவான அணு எண் கொண்ட தனிமங்களுக்கு பொதிவுப் பின்னம் அதிகமாக இருக்கிறது. நிறை எண் அதிகரிக்க அதிகரிக்க பொதிவுப் பின்னமும் வெகுவாக

குறைந்து கொண்டே போகிறது. குறைந்தபட்ச நிலைக்கு வந்து அடுத்து படிப்படியாக அதிகரிக்கிறது.

பொதிவுப் பின்னம் எதிர்மறை அளவானதாக (negative) இருந்தால் நெருங்கிய முழுஎண் நிறை எண்ணைவிட அணுநிறை குறைவாக இருக்கும். எனவே இந்த அணுக்கரு உண்டாகும் போது ஓரளவு நிறை ஆற்றலாக மாற்றப்பட்டுவிட்டது, என்று கிறது. இந்த அளவு ஆற்றலை வழங்கினால்தான் அந்த அணுக் கருவை பிளக்க இயலும். எனவே பொதிவுப் பின்னம் எதிர் மறையளவாக (Negative) இருந்தால் அந்த அணுக்கரு நிலைத்த இயல்பைக் கொண்டது எனலாம். நேரளவான (positive)



படம் 61

பொதிவுப் பின்னம் அணுக்கரு நிலைத்த இயல்பற்றது என்பதைக் காட்டுகிறது. வரைபடத்தின்படி இடைநிலைத் தனிமங்கள் எதிர் மறையளவான பொதிவுப் பின்னங்களைக் கொண்டிருக்கின்றன. எனவேதான் நிலைத்த இயல்பைக் கொண்டிருக்கின்றன. பொதிவுப்பின்னம் சீராக அதிகரித்து நேரளவாக மாறுகிறது. நேரளவான பொதிவுப் பின்னங்கொண்ட தனிமங்கள் நிலைத்த தன்மை அற்றவை. எனவேதான் கதிரியக்கத் தன்மை கொண் டுள்ளன.

இணைப்பாற்றல் (Binding force): டாயிட்ரான் அணுக்கரு வில் ஒரு புரோட்டானும் ஒரு நியூட்ரானும் இருக்கின்றன. தனித் தனியான ஒரு புரோட்டான், ஒரு நியூட்ரான் இவற்றின் மொத்த நிறையை ஒரு டாயிட்ரானின் நிறையோடு ஒப்பிட்டுப்பார்த்தால் டாயிட்ரானின் நிறை குறைவாக இருப்பது தெரிகிறது.

நியூட்ராடரான் நிறை $_0n^1$ = 1·00866 a.m.u.
ஹைட்ரஜன் நிறை $_1H^1$ = 1·00782 a.m.u.
(ஒரு புரோட்டான் +
ஒரு எலெக்ட்ரான் நிறை)

மொத்த நிறை = 2.01648 a·m.u.
டாயிட்ரான் நிறை = 2·01410 a.m.u.

டாயிட்ரானின் நிறை அது கொண்டுள்ள துகள்களின் நிறையை விட (2·01648-2·01410) = 00238 அலகுகள் குறைவாக இருக்கிறது.

ஒரு புரோட்டானும் ஒரு நியூட்ரானும் டியூட்டீரியம் அணுக் கருவாகப் பிணைக்கப்படும்போது ·00238 நிறை அழிக்கப்பட்டு விட்டது எனலாம். இந்த நிறை 2·22 Mev–ஆற்றலுக்குச் சமம் இந்த அளவு ஆற்றல் புதிதாக உண்டாக்கப்பட்ட அணுக்கருவி லிருந்து கதிர்வீச்சாக வெளிப்படுகிறது. டாயிட்ரானுள்ள துகள்களை பிரிக்க வேண்டுமானால் 2 Mev–க்கு அதிகமான ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. 2·22 Mev அல்லது அதற்கு அதிகமான ஆற் றல் கொண்ட காமாக் கதிர் கொண்டு ஒளிமின் விளைவால் (photo electric effect) டியூட்டீரியம் அணுக்கருவை நியூட்ரான் மற்றும் புரோட்டானாக மாற்றலாம். 2 Mev-ஐ விட குறைவான ஆற்றல் கொண்ட காமாக் கதிர் இந்த விளைவை உண்டாக்க முடியாது.

அடுத்து ஹீலியம் அணுக்கருவை எடுத்துக் கொள்வோம். இதில் 2 நியூட்ரான்கள், 2 புரோட்டான்கள் ஆக நான்கு நியூக்லி யான்கள் இருக்கின்றன. இந்த நான்கு துகள்களும் பிணைக்கப் பட்டு உண்டாகும் ஹீலியம் அணுவின் நிறையை, நான்கு துகள் களின் மொத்த நிறையுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் ஹீலியத்தின் நிறை குறைவாக இருப்பதைக் காண்கிறோம்.

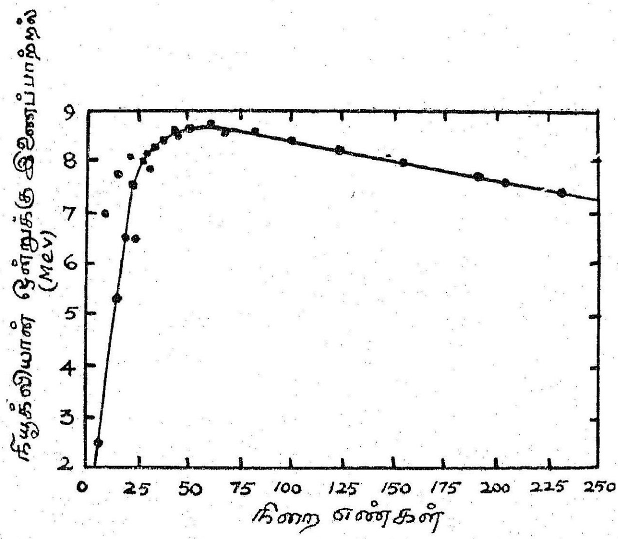
$2\,{}_0n^1 + 2\,{}_1H^1$ = 4·032980 a. m. u.
He^4 = 4·002604 a. m. u.
நிறை மாறுபடும் அளவு = 0·030376 a. m. u.

இரண்டு நியூட்ரான்களும் இரண்டு புரோட்டான்களும் பிணைப்புற்று ஹீலியம் அணு உண்டாகும்போது ·030376 a.m.u. நிறை அழிக்கப்படுகிறது. இதற்கு சமான அளவு ஆற்றல்
= ·030376 × 931 Mev
= 28·3 Mev

He^4, நான்கு துகள்களைக் கொண்டிருப்பதால் ஒரு துகளுக்கு சுமார் 7 Mev பிணைப்பாற்றல் என்றபடி இருப்பதைப் பார்க் கிறோம். இது டியூட்டீரியத்தின் பிணைப்பாற்றலை விட அதிகம் He^4-அணுக்கருவை அதிலிருக்கும் துகள்களாகப் பிரிக்க 28·3 Mev-க்கு அதிகமான ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது.

தனிம வரிசை அட்டவணையிலுள்ள எல்லா தனிமங்களின் நியூக்லைடுகளுக்குமே (Nuclides) மேலே விவரித்தபடி இணைப்பாற்றலைக் கணக்கிடலாம். ஒவ்வொரு நியூக்லைடிலும் ஒரு நியூக்லியானுக்கு எவ்வளவு இணைப்பாற்றல் என்பதனையும், நியூக்லைடின் நிறை எண்ணையும் (Mass Number) இணைத்து வரையப்பட்ட வரைபடத்தின் படம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

He^4, C^{12}, O^{16} தவிர மற்ற எல்லா தனிமங்களுக்கும் பிணைப்பாற்றல் ஒரேவரை கோட்டின்மேல் அமைகின்றன. D^2 He^3



படம் 62

போன்ற இலேசான நியூக்லைடுகளின் இணைப்பாற்றல் மிகவும் குறைவாக இருக்கிறது. ஆனால் பொதுவாக எல்லா தனிமங்களுக்குமே அவற்றின் ஒரு நியூக்லியானுக்குள்ள இணைப்பாற்றல் கிட்டதட்ட 8 Mev-க்கு நெருங்கியதாக இருக்கிறது.

படத்தில் காட்டியபடி, ஒரு நியூக்லியானுக்கு, அதிகபட்சம் இருக்கக்கூடிய இணைப்பாற்றல் 8·5Mev ஆம். நிறை எண்கள் 40-லிருந்து 120-வரை கொண்ட தனிமங்களின் இணைப்பாற்றல் இந்த அளவை நெருங்குகிறது. நிறை எண்கள் அதிகமாகக் கொண்ட தனிமங்களில் ஒரு நியூக்லியானுக்குள்ள பிணைப்பாற்றல் 7·6Mev, அளவுக்குக் குறைகிறது. அதிக அணு நிறை கொண்ட தனிமங்களின் அணுக்கருக்கள் பிளவுண்டு ஆற்றல் வெளிப்படுவதற்குக் காரணம் இதுவே.

வேதிவினைகளில் சம்பந்தப்பட்ட எலெக்ட்ரான்களின் பிணைப் பாற்றல் ஒரு சில எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகளே ஆனால் அணுக் கருவின் பிணைப்பாற்றல் பல மில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டு களாம். எனவேதான் எரித்தல் போன்ற வேதி வினைகளில் பெறக் கூடிய ஆற்றலை விட, அதே அளவு பொருளை அணுக்கரு மாற்றங் களுக்கு உட்படுத்தும்போது பல இலட்சமடங்கு ஆற்றலைப் பெறுகிறோம்.

இலேசான மற்றும் கனமான தனிமங்கள் ஆகிய இருவகை யுமே β-துகள்களை விடுகின்றன. ஆனால் இலேசான தனிமங்கள் α-துகள்களை வெளிவிடுவதில்லை. இணைப்பாற்றலைக் கணக்கிட்டு இதற்கான காரணத்தைக் கண்டுகொள்ளலாம். 2 நியூட்ரான்கள் மற்றும் 2 புரோட்டான்கள் சேர்ந்து α-துகளாக மாறும்போது 28·2 Mev ஆற்றல் வெளிவிடப்படுகிறது. எனவே ஒரு அணுக் கருவிலிருந்து 2-நியூட்ரான்கள் மற்றும் 2-புரோட்டான்களை நீக்க 28·2 Mev-ஐ விட குறைவான ஆற்றல் தேவைப்பட்டால் α-துகள் விடப்படும் கதிரியக்கம் நிகழ்தல் சாத்தியம். α-துகள் 5 Mev-ஆற்றலைக் கொண்டிருந்தால்தான் கதிரியக்கச் சிதைவைக் கண்ட றிதல் இயலும். எனவே α-துகள் விடப்படுவது கண்டறியும் படிக்கு இருக்கவேண்டுமானால் அணுக்கருவிலிருந்து இரண்டு நியூட்ரான்கள் மற்றும் இரண்டு புரோட்டான்களை நீக்க 23Mev (28–5)-ஐ விடக் குறைவாக இருந்தால் போதும்.

பிஸ்மத்-209ன் மொத்த பிணைப்பாற்றல் 1640Mev [யுரேனியம் 238ன் மொத்த பிணைப்பாற்றல் 1802 Mev. இந்தத் தனிம இடை யிட்டால் கூடுதலான் நியூக்லியான்கள் 238–209 = 29. கூடுதலான பிணைப்பாற்றல் 1802–1640 = 162 Mev. எனவே, சராசரி கூடுதல் பிணைப்பாற்றல் ஒரு நியூக்லியானுக்கு $\frac{162}{29} = 5{\cdot}6$ Mev.

எனவே, ஒரு அணுக்கருவிலிருந்து இரண்டு புரோட்டான்களையும் இரணடு நியூட்ரான்களையும் நீக்க தேவைப்படும் ஆற்றல் 22Mev. α-துகள் விடப்படுவதற்கு தேவைபபடும் அதிகபட்சத்தைவிட இது குறைவாக இருக்கிறது. நிறை எண்கள் 210-க்கு அதிக மாகக் கொண்ட தனிமங்கள் α–துகள் விடுந்தன்மை கொண்டிருப் பதற்குக் காரணம் இதுவே.

பிஸ்மத்தைவிட குறைவான அணு எண் கொண்ட தனிமங் களில் ஒரு கூடுதல் நியூக்லியானுக்கு 6 Mev, பிணைப்பாற்றல் இருக்கிறது. எனவே, இத் தனிமங்கள் α-துகள்களை வெளிவிடுவ தில்லை.

நியூக்லியான்களிடையே நிலவும் கவர்ச்சி விசை: நியூக்லி யான்களின் விசை, நுண் தொலைவு (short range) விசையாம்.

இவ்விசை 10^{-13} செ.மீ தொலைவில் செயல்படுகின்றது. அணுக் கருவின் இணைப்பாற்றல் தோராயமாக, (அணுக்கருவில் இருக் கும்) நியூக்லியான்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர்விகிதச் சமமாகும். ஒவ்வொரு நியூக்லியானும் அதன் அருகிலுள்ள நியூக்லியான்களை ஈர்க்கிறது. மற்ற (ஒரு குறிப்பிட்ட நியூக்லியானின் அருகில் இல்லாத) நியூக்லியான்களிடம் கவர்ச்சி விசை கொண்டிருப்ப தில்லை. இதைத்தான் தெவிட்டிய இயல்பு (saturation character) என்கிறோம். ஒரு அணுக்கருவை திரவச் சொட்டுடன் (drop) ஒப்பிடலாம். ஒரு சொட்டுத் திரவத்திலுள்ள ஒவ்வொரு மூலக் கூறும் அதன் அண்மையிலுள்ள மூலக்கூறுகளைக் கவர்கின்றன. தூரத்தே உள்ள மூலக்கூறுகளுடன் கவர்ச்சி விசைக்கு உட்படுவ தில்லை. ஒரு திரவச் சொட்டின் பருமனும் ஆற்றலும் அதிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கைக்கு நேர்விகிதச் சமமாக இருக் கின்றன. அதேபோன்று ஒரு அணுக்கருவின் பிணைப்பாற்றலும், அதன் பருமனும் நியூக்லியான்களின் எண்ணிக்கையோடு சம்பந்தப் பட்டிருக்கின்றன.

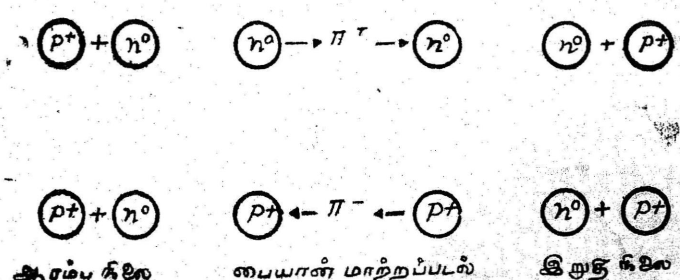
அணுக்கருவில் புரோட்டான்-புரோட்டான் (p-p), நியூட் ரான்-நியூட்ரான் (n-p), மற்றும் புரோட்டான்-நியூட்ரான் கவர்ச்சி விசை நிலவுகிறது. இவைதான் நியூக்லியான்களைக் கட்டுக் கோப்பில் வைத்திருக்கின்றன என்பது கருத்து. டியூட்டீரியத் திலும், ஹீலியத்திலும் அம்மாதிரி விசைகள் நிலவுவதை கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள படங்கள் காட்டுகின்றன.

படம் 63

நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட, எதிர்மின்னேற்றங் கொண்ட மற்றும் மின்னேற்றமில்லாத நிலைகளில் பையான்கள் (அல்லது π மெசான்கள்)இருத்தலை அறிகிறோம். இவற்றின் நிறைகள்,எலெக்ட் ரானின் எடையைப் போல் 270 மடங்குகளாகும். இவை 10- விநாடி நேரத்திற்குள் ம்யூவானாக (muon) மாறுகின்றன. மெசான் புலக் கொள்கைப் (Meson field) படி ஒவ்வொரு நியூக்லியானைச்

சூழ்ந்தும் மெசான் (Meson) புலம் (Field) இருக்கிறது. ஒரு நியூக்லியானிலிருந்து இன்னொன்றுக்கு பையான் (Pion) மாற்றப்படுவதன் மூலம் இரண்டு நியூக்லியான் கிடையே கவர்ச்சி விசை நிலவுகிறது. நியூட்ரான்களும், புரோட்டான்களும் தொடர்ந்து நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட எதிர்மின்னேற்றங்கொண்ட, மற்றும் மின்னேற்றமில்லாத பையான்களை வெளிவிட்டுக் கொண்டும், கிரகித்துக் கொண்டும் இருக்கின்றன. மெசான்கள் கண நேரங் கூடநிலைத்து இருப்பதில்லை. எனவே அவற்றை சித்தாந்தநிலையான (Virtual) மெசான்கள் என்கிறோம்.

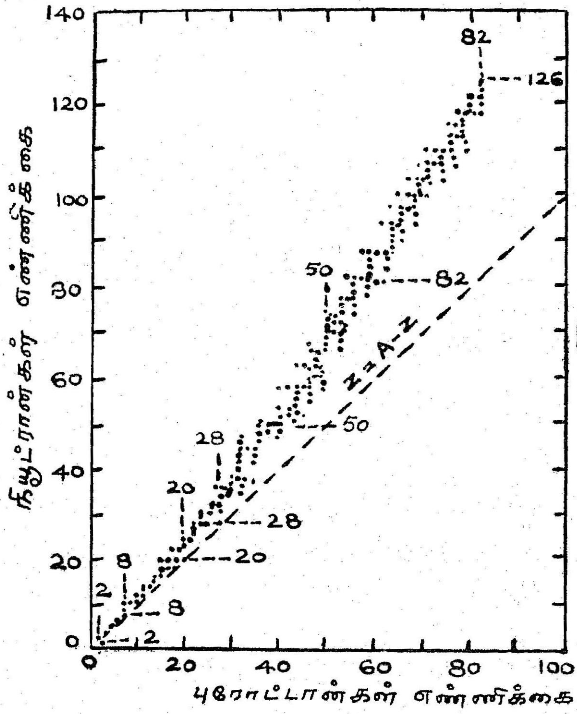
ஒவ்வொரு நியூக்லியானும் இந்த சித்தாந்த நிலையான பையான்களால் சூழப்பட்டிருக்கின்றன. இவையே நியூக்லியான்களின் பிணைப்பு விசைக்கு காரணமாக அமைகின்றன. இரண்டு நியூக்லியான்கள் $1{\cdot}5 \times 10^{-13}$ செ.மீ. தூரத்தில் இருக்கும்போது பைமெசான் (பையான்) ஒருதுகளிலிருந்து இன்னொரு துகளுக்கு மாறுகிறது. அப்போது அந்தத் துகள்களுக்கு (நியூக்லியான்களுக்கு) இடையே கவர்ச்சி விசை நிலவுகிறது. மின்னேற்றமில்லாத பையான் ஒரு துகளிலிருந்து இன்னொன்றுக்கு மாற்றப்படுவதே நியூட்ரான்-நியூட்ரான், புரோட்டான்-புரோட்டான்



படம் 64

கவர்ச்சி விசைகளுக்குக் காரணமாய் அமைகிறது. நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட பையான் புரோட்டானிலிருந்து நியூட்ரானுக்கு மாற்றப்படுவதே அவற்றுக்கிடையே நிலவும் கவர்ச்சி விசைக்கு காரணம் அம்மாதிரியான நிகழ்ச்சியில் புரோட்டான் நியூட்ரானாக மாறும். எதிர்மின்னேற்றங் கொண்ட பையான் (Pion) நியூட்ரானிலிருந்து புரோட்டானுக்கு மாற்றப்படுவதன் மூலமும் இந்த நிகழ்ச்சியின் போது நியூட்ரான் புரோட்டானாக மாறும். ஆரம்பத்திலும் மொத்த மாற்றங்களின் முடிவிலும் இருக்கிற நியூட்ரான்-புரோட்டான் எண்ணிக்கை மாறாத ஒன்றாக இருக்கிறது. மேலே படத்தில் இந்த நிகழ்ச்சிகள் காட்டப்பட்டுள்ளன.

அணுக்கருவின் நிலைப்புத் தன்மை: பல்வேறு நியூக்ளைடுகளின் ஆக்க அமைவுகளை ஆய்வோமானால் அணுக்கருவின் நிலைப்புத் தன்மைக்கான காரணங்கள் புலப்படுகின்றன. தனிமங்களின் புரோட்டான்கள் எண்ணிக்கையையும், நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கையையும் இணைந்து வரையப்பட்ட படம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 65

நிறை எண் அதிகரிக்கும்போது, நியூட்ரானுக்கும் புரோட்டானுக்கும் உள்ள விகிதத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்தைக் கருதுவதாகக் கொள்வோம். படத்தில் 45° கோணத்தில் ஒரு கோடு போடப்பட்டுள்ளது. இந்தக் கோட்டிற்கு அண்மையில் அமைந்திருக்கும் புள்ளிகள், சம்பந்தப்பட்ட நியூக்ளைடுகளில் நியூட்ரான்களும் புரோட்டான்களும் சம அளவில் இருப்பதைக் குறிக்கின்றன. 20-க்குக் குறைவான நிறை எண் கொண்ட தனிமங்கள் சமஅளவில் நியூட்ரான்களையும் புரோன்களையும் கொண்டிருக்கின்றன.

20-க்கு அதிகமான நிறை எண் கொண்ட தனிமங்களில் நியூட்ரானுக்கும் புரோட்டானுக்கும் உள்ள விகிதம் ஒன்றுக்கும்

அதிகமாகும். அதாவது அணுக்கரு நிலைத்த தன்மையைப் பெற வேண்டி அதிலுள்ள நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. லெட்-208 மற்றும் பிஸ்மத்-209 ஆகிய கனமான அணுக்கருக்களில் நியூட்ரானுக்கும் புரோட்டானுக்கும் உள்ள விகிதம் 1·5-ஐ விட சற்று அதிகமாகும்.

தனிமங்களின் மிகுதியாகக் காணப்படும் ஐசோடோப்புகள் படத்தில், நிலைத்ததன்மை இடைவெளிக்கு நடுப்பகுதியில் காணப்படுகின்றன. இந்த இடைவெளிக்கு அப்பால் உள்ள நியூக்லைடுகள் கதிரியக்கத் தன்மை கொண்டிருக்கின்றன. அவை β-துகள்களையோ, பாசிட்ரான்களையோ விடுகின்றன. அல்லது மண்டல எலெக்ட்ரான்களைப் பிடிக்கின்றன. அவ்வாறு செய்வதால் நியூட்ரான் புரோட்டான் விகிதம் நிலைத்தத் தன்மைக்கு ஏற்றபடி மாற்றியமைக்கப்படுகிறது.

பொதுவாக இரட்டைபடை எண்ணிக்கை புரோட்டான்களையும் நியூட்ரான்களையும் கொண்ட நியூக்லைடுகள்தான் ஏராளமாகக் காணப்படுகின்றன. ஒற்றைப்படை எண்ணிக்கை புரோட்டான்களையும், இரட்டைப்படை எண்ணிக்கை நியூட்ரான்களையும் கொண்ட நியூக்லைடுகள் ஓரளவுக்குக் காணப்படுகின்றன. அதே போலதான் இரட்டைப்படை எண்ணிக்கை புரோட்டான்களையும் ஒற்றைப்படை எண்ணிக்கை நியூட்ரான்களையும் கொண்ட நியூக்லைடுகளும் ஒற்றைப் படை எண்ணிக்கை புரோட்டான்களும், ஒற்றைப்படை எண்ணிக்கை நியூட்ரான்களும் காணப்படுவது மிகவும் அபூர்வம்.

கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள அட்டவணையிலிருந்து இந்த உண்மைகள் புலனாகின்றன.

நிலைத்த நியூக்லைடுகள்

புரோட்டான்கள் எண்ணிக்கை	நியூட்ரான்கள் எண்ணிக்கை	அறிமுகமான நிலைத்த நியூக்லைடுகள்
இரட்டைப்படை	இரட்டைப்படை	165
இரட்டைப்படை	ஒற்றைப்படை	55
ஒற்றைப்படை	இரட்டைப்படை	50
ஒற்றைப்படை	ஒற்றைப்படை	4

O^{16}, Mg^{24}, Si^{28}, Ca^{40}, Ti^{48}, Fe^{56} ஆகிய நியூக்லைடுகள் இரட்டைப் படை எண்ணிக்கை கொண்ட புரோட்டரான்களையும் நியூட்ரான்களையும் கொண்டிருக்கின்றன. எனவே இவை மிகவும்

நிலைத்ததன்மை கொண்டவை. எனவேதான் நிலத்தின் மேற்பரப் புப்பகுதியின் 80 சதம் இத்தனிமங்களால் ஆக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஒரு தனிமம் சம அளவு நியூட்ரான்களையும் புரோட்டான்களையும் கொணடும் மொத்த நியூட்ரான்-புரோட்டான் எண்ணிக்கை நான் கால் வகுபடுவதாகவும் இருந்தால் அந்த நியூக்ளியு மிகவும் நிலைத்ததன்மை கொண்டதாகும். He^4, O^{16}, Mg^{24}, Si^{28} மற்றும் Ca^{40} ஆகிய நியூக்ளியுகள் இந்த வகையைச் சேர்ந்தவை.

ஒற்றைப்படை எண் கொண்ட புரோட்டான்களையும், ஒற் றைப்படை எண்ணிக்கையுள்ள நியூட்ரான்களையும் கொண்ட நிலைத்த நான்கு நியூக்ளியுகள்,

$_1D^2$, $_3Li^6$: $_5B^{10}$, $_7N^{14}$ ஆகியவை மட்டுந்தான்.

புதிர் எண்கள் : நியூக்ளியுகள் ஒரு குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கை யுள்ளபுரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்களைக் கொண்டிருந்தால் மிகவும் நிலைத்த இயல்பைக் கொண்டிருக்கின்றன. அம்மாதிரி யான எண்களைத்தான் புதிர் எண்கள் (Magic Numbers) என் கிறோம். இவை நிலைப்படி எண்கள் (Shell Numbers) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. 2, 8, 20, 50, 82, 126 நியூக்லியான்களைக் கொண்ட அணுக்கரு பூர்த்தி செய்யப்பட்ட அணுக்கரு நிலைப்படி களைக் (Shells) கொண்டதாகக் கருதுகிறோம்.

20 மற்றும் 50 புரோட்டான்களையோ அல்லது 20, 50 மற்றும் 82 நியூட்ரான்களையோ கொண்ட ஐசோடோப்புகள் அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன. அணு எண் 50 கொண்ட டின் (வெள்ளீயம்) 10 ஐசோடோப்புகளைக் கொண்டுள்ளது.

$_8O^{16}$, $_{20}Ca^{40}$, $_{38}Sr^{88}$, $_{39}Y^{89}$, $_{40}Zr^{90}$, $_{50}Sn^{118}$, $_{56}Ba^{138}$ $_{57}La^{139}$ $_{58}Ce^{140}$, $_{82}Pb^{208}$ ஆகிய தனிமங்கள் புதிர் எண், எண்ணிக்கைக் கொண்ட நியூட்ரான்களையோ புரோட்டான்களையோ அல்லது இரண்டையுமோ கொண்டிருக்கின்றன. எனவேதான், பிரபஞ்சத் தில் (universe) இந்தத் தனிமங்கள் அவற்றை ஒத்த நிறை கொண்ட நியூக்ளியுகளைவிட மிகையாகக் காணப்படுகின்றன.

தனிமங்களின் ஆர்பிட்டல் எலெக்ட்ரான்களின் அமைப்பைக் கொண்டு அவற்றின் வேதியியல் பண்புகளை விளக்குகிறோம். அதேமாதிரி நியூக்லியான்களும் ஒரு நியதிக்கு உட்பட்டு வரிசைப் படுத்தி வைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டுமென்று நம்பப்பட்டது. இயற்கையில் இரட்டைப்படை எண்ணிக்கையுள்ள நியூக்லி யான்களைக் கொண்ட தனிமங்களே அதிகமாகக் காணப்படு கின்றன. இரண்டிரண்டாக இணைக்கப்பட்ட நியூக்லியான்களைக்

கொண்ட அணுக்கரு நிலைப்புத் தன்மைப் பெறுகிறது. இரண்டிரண்டாக சேர்க்கப்பட்ட (Paired) நியூக்லியான்கள் அடுக்கடுக்காக வைக்கப் பட்டிருக்கின்றன.

2, 10, 18, 36, 54 அல்லது 86 எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்ட தனிமங்கள் நிலைத்தத் தன்மை கொண்டவை. இவைதான் மந்த வாயுக்கள். இவற்றைவிட ஒரு எலெக்ட்ரான் அதிகமாக அல்லது குறைவாகக் கொண்ட தனிமங்கள் வினைபடுவதில் தீவிரங் கொண்டவை. அத்தனிமங்கள், கடைசி எலெக்ட்ரான் மட்டத்தில் நிலைத்த அமைப்பைப் பெற முயல்வதே இதற்குக் காரணம். ஒரே வகையான 2, 8, 20, 50, 82 அல்லது 126 நியூக்லியான்களைக் கொண்ட அணுக்கருவும் நிலைத்த இயல்பைக் கொண்டது. அணுக்கருவில் ஆற்றல் மட்டங்களைபூர்த்தி செய்ய இவை போதுமானவை.

இக்கருத்து உடன்பாடாக இருக்கிற சில உண்மைகளாவன.

1. புதிர் எண்கள் எண்ணிக்கை கொண்ட நியூக்லியான்களைக் கொண்ட அணுக்கருவின் பிணைப்பாற்றல், அந்த அணுக்கருவின் அண்மையிலுள்ள தனிமங்களின் பிணைப்பாற்றலைவிட அதிகம்.

2. மொத்த நியூக்லியான்களின் எண்ணிக்கை புதிர் எண்களாகக் கொண்ட தனிமங்கள்தான் இயற்கையில் அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன.

3. மொத்த நியூக்லியான்களின் எண்ணிக்கை புதிர் எண்களை விட ஒன்றிரணடு அதிகமானுல் அவற்றின் நிலைப்புத் தன்மை குறைவு. அம்மாதிரியான அணுக்கருக்கள் நியூட்ரான்களை வெளிவிட்டு புதிர் எண்கள் எண்ணிக்கைக்கொண்ட நியூக்லியான்களைப் பெறுகின்றன.

4. கதிரியக்கத் தனிமங்கள், α-துகள் விடும்போது, புதிர் எண்கள் எண்ணிக்கைக் கொண்ட அமைப்பைப் பெறமுடிகிறது

எலெக்ட்ரான்கள் ஆர்பிட்டல்களை · படிப்படியாக நிரப்புவது போலவே அணுக்கருவின் ஆற்றல் மட்டங்கள் நியூட்ரான் புரோட்டான்களால் நிரப்பப்படுகின்றன. இங்கும் ஆர்பிட்டல்களை $S=0$ $p=1$, $d=2$, $f=3$, $g=4$, $h=5$, $i=6$ எனக்குறிக்கிருேம். நியூட்ரான்களும் புரோட்டான்களும் கூடபௌலியின் ஒதுக்குதல் தத்துவத்திற்கு(Pauli's exclusion principles)உட்படுகின்றன.s-ஆர்பிட்டல் இரண்டுநியூக்லியான்களைக்கொள்ளும். p-ஆர்பிட்டல்கள் ஆறுநியூக்லியான்களைக் கொள்ளும். கீழே அட்டவணையில் நியூக்லியான்கள் அணுக்கருக்களில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் பாங்கு காட்டப்பட்டிருக்கிறது.

நியூக்லியான்கள் எண்ணிக்கை	நியூக்லியான்களின் பங்கீட்டு வைப்பு
2	$1s^2$
8	$1s^2\ 2p^6$
20	$1s^2\ 2p^6\ 2s^2\ 3d^{10}$
50	$1s^2\ 2p^6\ 3d^{10}\ 4f^{14}\ 5g^{18}$
82	$1s^2\ 2p^6\ 3d^{10}\ 4f^{14}\ 5g^{18}\ 6h^{22} 4d^{10}$
126	$1s^2\ 2p^6\ 3d^{10}\ 4f^{14}\ 5g^{18}\ 6h^{22}$ $7i^{26}\ 5f^{14}\ 3p^6\ 4p^6\ 2s^2$

வினாக்கள்

1. பொதிவுப் பின்னம் என்றால் என்ன?

2. இணைப்பாற்றல் பற்றி விளக்கி எழுதுக.

3. நியானின் இணைப்பாற்றலைக் கணக்கிடுக.

4. இலேசான தனிமங்கள் α–துகளை வெறிவிடுவதில்லை ஏன்?

5. அணுக்கருவில் நியூக்லியான்கள் எந்த விசையால் கட்டுக் கோப்பில் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன?

6. அணுக்கருவின் நிலைத்த இயல்புக்கும் நியூட்ரான்–புரோட்டான் விகிதத்திற்கும் உள்ள தொடர்பை விவரி?

7. நிலத்தின் புறப்பரப்புப் பகுதியில் O^{16}, Mg^{24}, Si^{28}, Ca^{40}, Ti^{48}, Fe^{56} ஆகிய நியூக்லைடுகள் அதிகமாகக் காணப்படுவதின் காரணம் என்ன?

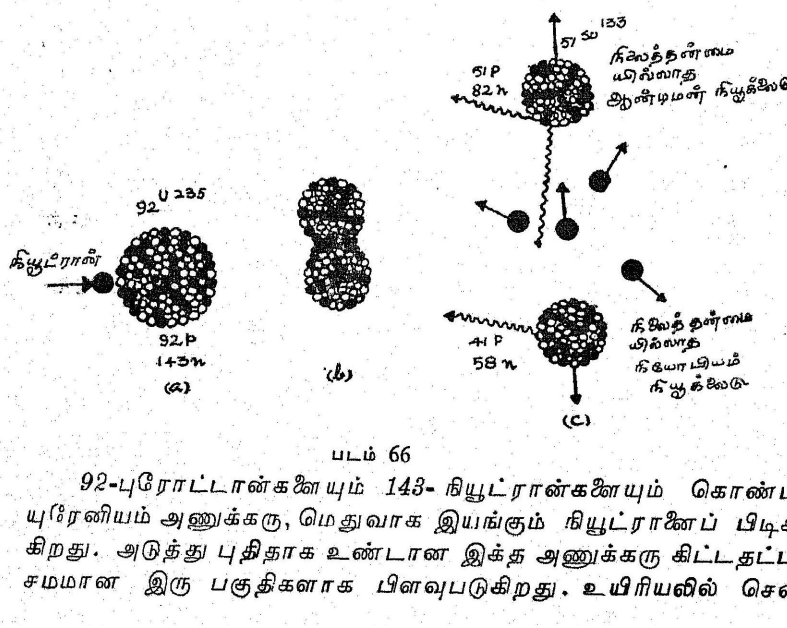
8. புதிர் எண்கள் யாவை?

9. நியூக்லியான்கள், அணுக்கருவில் ஆற்றல் மட்டங்களில் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்பதை எவ்வாறு உறுதிபடுத்துவாய்?

10. புதிர் எண்கள் எண்ணிக்கை கொண்ட நியூட்ரான்களை ஆற்றல் மட்டங்களில் பங்கீட்டு வைத்துக்காட்டு.

18. அணுக்கரு பிளவும் அணுக்கரு இணைப்பும்

1939-ம் ஆண்டில் ஜெர்மனியில் ஆட்டோ ஹான் (Otto Hahn) என்பவரும் அவருடைய துணையாளர்களான லிசே மீட்மெர் (Lise Meitmer) மற்றும் ஸ்ட்ராஸ்மேன் (Strassman) ஆகியோர் ஒரு புது நிகழ்ச்சியைக் கண்டறிந்தார்கள். யுரேனிய உலோகத்தை நியூட்ரான்கள் கொண்டு தாக்கியபின் உண்டான தனிமங்களை பிரத்தியேக முறையில் தனிப்படுத்தினர்கள். அந்த கதிரியக்கத் தனிமங்கள் தனிம வரிசை அட்டவணையில் நடுப்பகுதியில் காணப் படும் தனிமங்களில் சில என்பது அவர்களுக்கு வியப்பைத் தந்தது. யுரேனியம் அணுக்கரு ஒரு நியூட்ரானைப் பிடித்து பின்னர் கிட்டதட்ட சமமான துணுக்குகளாக (fragments) பகுகிறது. இந்த நிகழ்ச்சியை கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள படம் காட்டுகிறது.

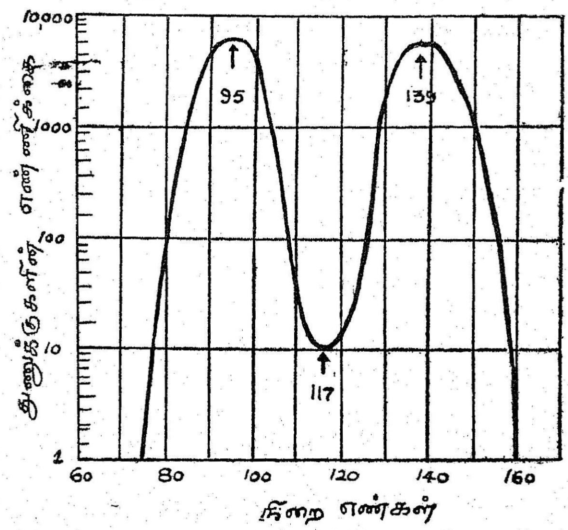


படம் 66

92-புரோட்டான்களையும் *143*- நியூட்ரான்களையும் கொண்ட யுரேனியம் அணுக்கரு, மெதுவாக இயங்கும் நியூட்ரானைப் பிடிக் கிறது. அடுத்து புதிதாக உண்டான இக்த அணுக்கரு கிட்டதட்ட சமமான இரு பகுதிகளாக பிளவுபடுகிறது. உயிரியலில் செல்

பகு படுவதை ஒத்திருப்பதால் இதனை அணுக்கரு பிளவு (Nuclear fission) என்கிறோம். அணுக்கரு ஒரு திரவச் சொட்டை ஒத்திருக்கிறதென்பதை முன்னமே பார்த்தோம். திரவச் சொட்டு இரண்டாக பகுப்படும்போது சிறு திரவத் துளிகள் சிதறுவதைப் போன்று அணுக்கரு பிளவின்போது நியூட்ரான்களும், காமாக் கதிர்களும் சிதறுகின்றன. அணுக்கரு பிளவுபடும்போது அதிக அளவில் ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. எனவே துணுக்குகள் எதிர் எதிர் திசையில் அதி வேகத்துடன் செல்கின்றன.

படத்தில் யுரேனியம் அணுக்கரு ஆன்டிமணி மற்றும் நியோபியமாக பிளவுபடுவதாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. தனிம அட்டவணையின் நடுப்பகுதியில் காணப்படும் தனிமங்களில் ஏதாவது



படம் 67

இரண்டு தனிமங்கள் அணுக்கரு பிளவின்போது வரலாம். இரண்டு துணுக்குகளின் நிறைகள் சிறிதளவே வேறுபடுகின்றன. யுரேனியம் அணு பிளவுபடும்போது ஒன்றிலிருந்து ஐந்து நியூட்ரான்கள் வரை வெளிப்படுகின்றன.

அணுக்கரு பிளவு விளைபொருள்களின் நிறை எண்களையும் பிளவு பலன்களையும் இணைத்து வரையப்பட்ட படம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. பிளவு பலன் (Fission yield), மொத்தத்தில் அந்த குறிப்பிட்டதனிமம் எத்தனை சதம் என்பதேயாம். பிளவு பலன் 10^{-4} சதத்திலிருந்து 8 சதம் வரை இருக்கக் காண்கிறோம். பிளவு பலன்களின் லாகரித்த அலகுகள்தான் வரைபடம் வரைய கையாளப்படுகின்றன.

பிளவு பலன் வரைக்கோட்டை கவனித்தால் கீழ்க்கண்ட உண்மைகள் தெரிய வருகின்றன.

நிறை எண் 75-லிருந்து 90 வரை வரைகோடு செங்குத்தாகச் செல்கிறது. அதை போல் நிறை எண் 145-லிருந்து 160 வரை செங்குத்தாக சரிகிறது. இரண்டு துணுக்குகளின், இருக்கக் கூடிய நிறை எண்கள் 95-லிருந்து 139-வரையாம். யுரேனியம்-235 நியூக்ளிடு பிளவுபடும்போது மாறுபட்ட 210 நியூக்ளிடுகள் கண்டறியப்படுகின்றன எனலாம்.

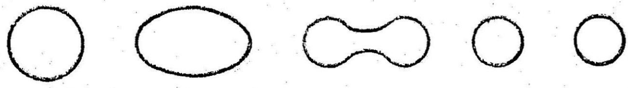
பிளவுச் சோதனைகளில் நிறை எண்கள் 72-லிருந்து நிறை எண் 161 வரை கொண்ட துணுக்குகள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. இந்த இடைவெளியில் 36, தனிமங்கள் இருக்கின்றன. பிளவு படும் யுரேனியம்–235-ல் 97 சதம், இருவகை விளை பொருள்களைக் கொடுக்கிறது. ஒரு வகை நிறை எண்கள் 80-லிருந்து 104-வரை கொண்ட இலேசான தனிமங்கள் இன்னொரு வகை நிறை எண் 130-லிருந்து 149-வரைக் கொண்ட கன துணுக்குகள் 0·01 சதம் அணுக்கருக்கள் மட்டுமே நிறை எண் 117 அல்லது 118 கொண்ட துணுக்குகளாக பிளவுபடுவதை வரைபடம் காட்டுகிறது.

நிறை எண்கள் 72-லிருந்து 161 வரை மொத்தம் 90 நிறை எண்கள் இருக்கின்றன. எனவே பிளவு நிகழ்வதன் விளைவாக மொத்தம் 90 துணுக்குகள் வரலாம். அதாவது யுரேனியம் நியூக்ளிடு மாறுபட்ட 45 வகைகளாக பிளவுபடவல்லது. இப்படி 45-வகைகளான பிளவுகளின் போதும் ஏற்படும் நிறை இழப்பும் எனவே வெளிப்படும் ஆற்றலும் ஒரேமாதிரி இருப்பதில்லை. என்றாலும் வேறுபாட்டளவு அதிகமில்லை எனலாம்.

படத்தில் நிறை எண் 117-ஐ குறிக்கும் புள்ளி வழியே Y-அச்சுக்கு இணையாக ஒரு கோடு வரைந்தால் அக்கோடு வரை கோட்டை ஒன்றுக்கொன்று உரு மற்றும் கண்ணாடி பிம்பம் என தொடர்புடைய இரண்டு பகுதிகளாகப் பிரிக்கும். படத்தில் இட தோர முகட்டின் வெளிப் பகுதியிலுள்ள புள்ளிகளால் குறிக்கப் படுவது நிறை குறைவான விளை பொருள்களாம். வலதோர முகட்டின் வெளிப் பகுதியில் ஒத்த புள்ளிகளால் குறிக்கப்படுவது நிறைமிகை விளைபொருள்களாகும். இரு வகையுமே அணுக்கரு பிளவின்போது துணுக்குகளாக வருகின்றன. எடுத்துக் காட்டாக நிறை எண் 81 கொண்ட துணுக்கும் நிறைஎண் 153 கொண்ட துணுக்கும் 0·15 சதம் பலனில் ஒரே சமயத்தில் உண்டாகின்றன. அதே போல் நிறை எண்கள் 103 மற்றும் 131 கொண்ட நியூக்ளிடுகள் 3·5 சதம் பலனில் (yield) உண்டாக்கப்படுகின்றன.

பொதுவாக அணுப் பிளவு துகள்கள் நிலைத்த தன்மை கொண்டவை அல்ல. அவை அதிகப்படியான நியூட்ரான்களைக் கொண்டிருப்பதால் அடுத்தடுத்து β-துகளை விட்டு நியூட்ரான்கள் புரோட்டான்களாக மாற்றப்படுவதன் மூலம் நிலைத்த தன்மைக்கு வருகின்றன.

அணுக்கருப் பிளவின் போது நியூட்ரான்கள் விடப்படுகின்றன என்று பார்த்தோம். இவற்றில் 99 சதம் அணுக்கருப் பிளவைத் தொடர்ந்து உடனுக்குடன் வெளிப்படுகின்றன எனலாம். இவை உடனடியான (prompt) அல்லது இரண்டாம் நிலை நியூட்ரான்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. நூறில் ஒரு நியூட்ரான் ஒரு வினாடிக்கு மேல் காலந்தாழ்த்து வெளிப்படுகிறது. இம்மாதிரியான நியூட்ரான்களை காலந்தாழ்த்து வரும் (delayed) நியூட்ரான்கள் என்கிறோம். யுரேனியம்-235 அணுக்கரு பிளவின் போது சராசரி ஒரு பிளவுக்கு 2·43 நியூட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. புளுட்டோனியம் 239 பிளவின்போது சராசரி 2·9 நியூட்ரான்களும், யுரேனியம் -233 பிளவில் சராசரி 2·50 நியூட்ரான்களும் வெளிப்படுகின்றன.



அ ஆ இ ஈ

படம் 68

U^{233}, U^{235} மற்றும் Pu^{239} ஆகிய அணுக்கருக்களின் ஆற்றல் எவ்வளவாக இருந்தாலும் நியூட்ரான் தாக்கும்போது அணுக்கரு பிளவுக்கு உள்ளாகின்றன. இந்த அணுக்கருக்களில் இருக்கிற நியூட்ரான் எண்ணிக்கை ஒற்றைப்படையாகும் அல்லது புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை ஒற்றைப் படையாகும். அல்லது நியூட்ரான்கள் புரோட்டான்கள் இரண்டின் எண்ணிக்கையுமோ ஒற்றைப்படை எண்ணிக்கையாக இருக்கலாம். இந்த மூன்று நியூக்ளைடுகள் மட்டுந்தான் அணுப்பிள உலைகளில் பயன்படுத்த ஏற்றவைகளாக இருக்கின்றன.

ஒரு அணுக்கரு பிளவுபடுவதை ஒரு திரவச் சொட்டு இரண்டு சிறிய சொட்டுகளாக பகுபடுவதற்கு ஒப்பிடலாம். திரவச் சொட்டு முதலில் உருண்டையாக இருக்கிறது. (அ) அடுத்து, கொடுக்கப்பட்ட போதுமான விசை காரணமாக நீள்கிறது (ஆ) பின்னர் (இ)ல் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்ற நிலைக்கு வந்து இறுதியாக இரண்டு சொட்டுகளாகப் (ஈ) படுகிறது.

இலக்கு அணுக்கரு நியூட்ரானைப் பிடித்து உண்டாகும் கூட்டணுக்கரு கொண்டுள்ள அதிகப்படியான ஆற்றலின் காரணமாக அதிர்வுக்கு உள்ளாகி திரவச் சொட்டுபோல் பிளவு படுகிறது.

இயற்கையில் காணப்படும் யுரேனியம் மூன்று ஐசோடோப்புகளைக் கொண்டது. அவற்றில் யுரேனியம்–235, யுரேனியம்-233 ஆகியவை, நியூட்ரானின் ஆற்றல் எவ்வளவாக இருந்தபோதிலும் அணுப் பிளவுக்கு உட்படுபவை. அவ்வாறேதான் புளூட்டோனியம்-239 ஐசோடோப்பும்.

யுரேனியம் 235-அணுப்பிளவுக்கு உள்ளாகும்போது வெளிப்படும் ஆற்றல் அளவை கீழே காட்டியபடி கணக்கிடலாம்.

யுரேனியம்–235ன் அணுநிறை 235·0439. தனிம வரிசை அட்டவணையில் நடுப்பகுதியில் காணப்படும் தனிமங்களின் சராசரி நிறை வழு (Mass defect) –0·094. பிளவு விளைபொருள்களின் நிறை எண்கள் 101 மற்றும் 132 எனக் கொள்வோம். இந்த நிகழ்ச்சியில் உடனடியாக மூன்று நியுட்ரான்கள் விடப்படுவதாகக் வைத்துக்கொள்வோம். பிளவு வினை நிகழ்வதற்கு முன்னரும் பின்னரும் கீழே காட்டியபடி நிறையைக் கணக்கிடலாம்.

அணுப்பிளவுக்கு முன்		அணுப்பிளவுக்குப் பின்	
u^{235}	= 235·0439	2 துணுக்குகள்	= 232·8120
n	= 1·0087	3 n	= 3 0261
	236·0526		235·8381

எனவே இந்த பிளவு வினையில் நிகழும் அணு நிறை இழப்பு 2145 amu ஆகும். இதனை 931-ஆல் பெருக்கினால் 200 Mev வருகிறது. இதுதான் வெளிப்படும் ஆற்றல்.

அணுப்பிளவில் வரும் இரண்டு துணுக்குகள் 171 Mev ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கின்றன. மூன்று நியூட்ரான்களின் ஆற்றல் 6 (Mev). இவற்றோடு காமாக்கதிரின் ஆற்றல் 23Mev–ஐயும் சேர்த்தால் 200 Mev என்றாகிறது.

அணுக்கரு இணைப்பு

குறைவான அணு நிறை கொண்ட அணுநிகருக்கள் அணுக்கரு இணைப்பு (Fission) வினைக்கு உட்படுகின்றன. ஒரு அணுக்கருவுக்கு விரைவூக்கங் கொடுத்து இன்னொரு அணுக்கருவோடு இணைவுறச் செய்யலாம் இதைத் தொடர்ந்து ஆற்றல் வெளிப்படும். அணு இணைப்பு வினையின்போது வெளிப்படும். ஆற்றல் இணைப்பு வினைக்குத் தேவைப்படும் ஆற்றலைவிட அதிகமாக இருந்தால்தான் வினை தொடர்ந்து நிகழும்.

கதிரவன் தொடர்ந்துஒளியையும் வெப்பத்தையும் வெளி விடுகிறது. கதிரவனில் தொடர்ந்து அணுக்கரு இணைப்பு வினைகள் நிகழ்வதாலேயே இது சாத்தியமாகிறது. கதிரவனின் மையப் பகுதியில் வெப்பநிலை 20 மில்லியன் டிகிரிளாம். இந்த வெப்ப நிலை அணுக்கரு வினைகள் நிகழச் சாதகமானவை. அதன் விளை வாக வெளிப்படும் ஆற்றல் ஒளியாகவும் வெப்பமாகவும் நம்மை வந்தடைகின்றன.

புரோட்டான் கார்பன்-12-உடன் வினையுற்று இணைந்து, அணுக்கரு இணையாற்றல் வெளிப்படுகிறது.

$$_6C^{12} + {}_1H^1 \rightarrow {}_7N^{13} + \text{ஆற்றல்}$$

N^{13} கதிரியக்க தன்மை கொண்டது. இது பாசிட்ரானை விடு கிறது. நைட்ரஜன்-13 பாசிட்ரானை விட்டு சிதைவுற்று கார்பன்-13 ஆகிறது.

$$_7N^{13} \rightarrow {}_6C^{13} + {}_{+1}e^0$$

C^{13}-அணுக்கரு இன்னொரு புரோட்டானுடன் இணைப்பு உறுகிறது. அப்போது இன்னும் அதிகமாக ஆற்றல் வெளிப் படுகிறது.

$$_6C^{13} + {}_1H^1 \rightarrow {}_7N^{14} + \text{ஆற்றல்}$$

N^{14} அணுக்கரு இன்னொரு புரோட்டானுடன் அணுக்கரு இணைப்புறுகிறது.

$$_7N^{14} + {}_1H^1 \rightarrow {}_8O^{15} + \text{ஆற்றல்}$$

ஆக்ஸிஜன் பாசிட்ரானை விட்டு சிதைவுறுகிறது.

$$_8O^{15} \rightarrow {}_7N^{15} + {}_{+1}e^0$$

இறுதியாக N^{15} அணுக்கரு நான்காவது புரோட்டானுடன் இணைந்து C^{12} அணுக்கரு உண்டாகிறது.

$$_7N^{15} + {}_1H^1 \rightarrow {}_6C^{12} + {}_2He^4$$

மேலே குறிப்பிட்ட ஆறு வினைகளையும் கூட்டினால் மொத்த வினை

$4\,{}_1H^1 \rightarrow {}_2He^4 + 2\,{}_{+1}e^0 +$ ஆற்றல் என்றாகிறது. இதில் விடப்படும் ஆற்றலை கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

$4\,{}_1H^1 = 4{\cdot}03130$

$2He^4 = 4{\cdot}0026$

$2\,{}_{+1}e^1 = {\cdot}0011$

$4{\cdot}03130$ $\qquad$ $4{\cdot}0037$

நிறை இழப்பு $4{\cdot}03130$

$-4{\cdot}00370$

${\cdot}0276$ amu

5. அணுக்கரு இணைப்பு என்றால் என்ன?

6. கதிரவனில் நிகழும் அணுக்கரு வினைகள் யாவை?

7. பூமியில் நாம் எந்த இணைப்பு வினைகளை நிகழ்த்தலாம்?

8. நான்கு புரோட்டான்கள் இணைப்பு உற்று ஒரு ஹீலியம் மற்றும் இரண்டு பாசிட்ரான்கள் உண்டாகும்போது வெளிப்படும் ஆற்றலைக் கணக்கிடு.

19. அணு ஆற்றலை வெளிப்படுத்தல்

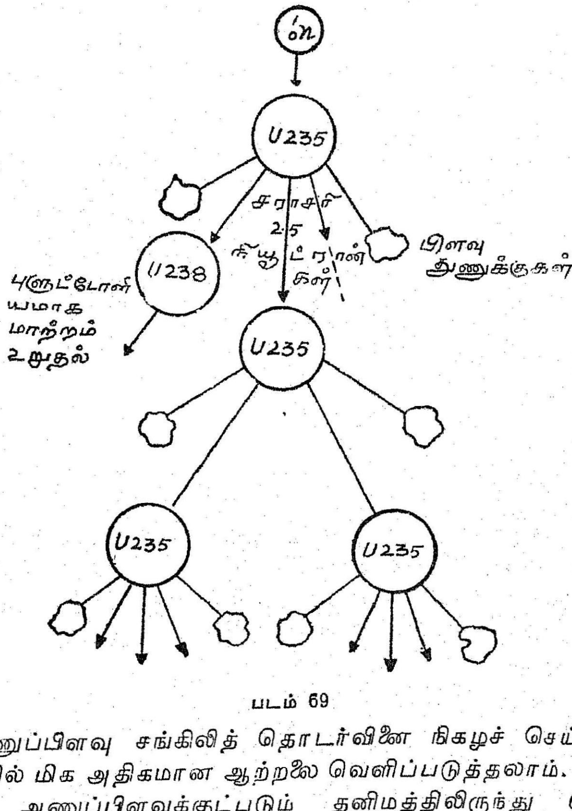
1939-ல் அணுக்கரு பிளவு(Nuclear fission)கண்டுபிடிப்பைத் பைத் தொடர்ந்து அணுவில் பொதிந்து கிடக்கும். அபரிமிதமான ஆற்றலை வெளிப்படுத்தல் சாத்தியமே என்று நம்பப்பட்டது. ·03ev- ஆற்றல் கொண்ட நியூட்ரான்களைக் கொண்டு யுரேனியம் -235 அணுவைப் பிளக்கும் போது 200 Mev-ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. ஆரம்பத்தில் வினைபடு துகள்கள் கொண்டிருந்ததைவிட பல கோடி மடங்கு ஆற்றல் உண்டாக்கப்படுகிறது.

அணுப்பிளவு நிகழ்ச்சியில் நியூட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. இவை வேறு யுரேனியம் -235 அணுக்கருக்களை பிளவுபடச் செய்கின்றன. அப்போது இன்னும் அதிகமாக நியூட்ரான்கள் உண்டாகின்றன. அவை இன்னும் பல யுரேனியம் -235 அணுக்கருக்கள் பிளவுபடக் காரணமாக அமைகின்றன. ஒரே ஒரு நியூட்ரான் அணுப்பிளவைத் தொடங்கி கிளைத்துச் செல்லும் சங்கிலித்தொடர் அணுப்பிளவுக்கு (Chain fission) காரணமாகிறது.

ஒரு யுரேனியம் அணு பிளவுபடும்போது இரண்டு நியூட்ரான்கள் உண்டாவதாகக் கொள்வோம். ஒவ்வொரு நியூட்ரானும் அணுக்கரு பிளவை உண்டாக்கினால் நான்கு நியூட்ரான்களை உண்டாக்குகின்றன. இவை நான்கு யுரேனியம்-235-ல் அணுக்கரு பிளவை உண்டாக்க இயலும். இதனால் எட்டு நியூட்ரான்கள் கிடைக்கின்றன. இவ்வாறு தொடர்வினை நிகழ்ந்து முடிவில், அணுக்கரு பிளவுக்குட்படுகிற எல்லா அணுக்களுமே பிளக்கப்படலாம். அடுத்த பக்கத்திலுள்ள படம் இந்த அணுக்கரு சங்கிலித்தொடர் வினையைக் காட்டுகிறது.

அணுக்கரு வினைகளுக்கும் அணுக்கரு பிளவுபடுதல் வினைக்கும் ஒரு முக்கிய வேறுபாடு உண்டு. அணுக்கரு வினைகளில் ஒரு துகள் ஒரே ஒரு அணுக்கருவைத்தான் மாற்றமுறச் செய்யும். ஆனால் ஒரே ஒரு நியூட்ரான் இருக்கிற எல்லா யுரேனியம்-235 அணுக்கருக்களையுமே பிளவுபடச் செய்யலாம். எனவேதான் அணுக்கரு பிளவின்போது அபரிமிதமான ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. 1 கிராம் யுரேனியம்-235 அல்லது புளூட்டோனியம்-239

முழுதும் அணுப்பிளவுக்கு உள்ளாக்கப்பட்டால் ஒரு நாளைக்கு கிட்டத்தட்ட 1000 கிலோவாட் (Kilo watt) அல்லது மில்லியன் வாட் (மெகாவாட்) ஆற்றல் கிடைக்கிறது. ஒரு நாளைக்கு மூன்று டன்கள் நிலக்கரியையோ அல்லது 600 காலன்கள் எரி எண்ணெயையோ (Fuel oil) எரித்தால்தான் இவ்வளவு ஆற்றலைப் பெற முடியும்.



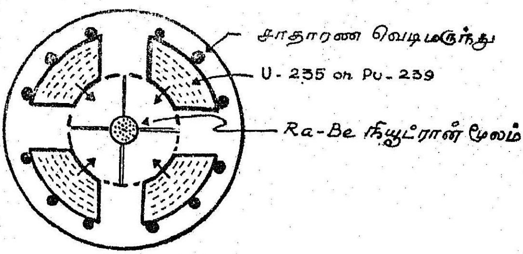
படம் 69

அணுப்பிளவு சங்கிலித் தொடர்வினை நிகழச் செய்து கண நேரத்தில் மிக அதிகமான ஆற்றலை வெளிப்படுத்தலாம். 1 கிலோ கிராம் அணுப்பிளவுக்குட்படும் தனிமத்திலிருந்து $6{\cdot}7 \times 10^{20}$ எர்க்களைப் (ergs) பெறலாம். இது $1{\cdot}6 \times 10^{13}$ கலோரிகளுக்குச் சமம். ஒரு டன் டி. என். டி. (T. N. T) வெடிக்கும்போது 10^{9} கலோரிகள் பெறப்படுகின்றன. 1 கிலோ கிராம் அணுக்கரு பிளவுறு (fissile) பொருளிலிருந்து 16,000 டன்கள் டி. என். டி. யிலிருந்து பெறக்கூடிய ஆற்றலைப் பெறலாம்.

யுரேனியத்தின் மொத்த நிறை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்கு குறைவானதாக இருந்தால் அணுக்கரு பிளவில் வெளிப்படும் நியூட்ரான்களில் பெரும் பகுதி புறப்பரப்பு வழி வெளியேறுகின்

றன. எனவே சங்கிலித் தொடர்வினை தொடர்ந்து நிகழமுடியாது. பிளவுபடு பொருளின் மொத்த பருமன் அதிகரிக்க அதிகரிக்க நியூட்ரான் வெளியேற்றமும் மட்டுப்படுத்தப் படுகிறது. எனவே ஒரு குறைந்தபட்ச அளவு நிறை கொண்டதாக இருந்தால்தான் பிளவுபடு பொருளில் சங்கிலித் தொடர்வினை தொடர்தலும், முடிவில் வெடித்து அபரிமிதமான ஆற்றல் வெளிப்படுதலும் இயலும். அந்த நிறையளவைத்தான் மாறுபடுநிலை (Critical) நிறை (Mass) என்கிறோம். யுரேனியம்-235-ன் நிறை 1 கிலோ கிராமிலிருந்து 100 கிலோ கிராம்கள் வரை இருந்தால்தான் அணுப் பிளவுக்கு உட்பட்டு வெடிக்கும்.

அணுகுண்டின் (Atom bomb) ஒரு அமைப்பு கீழே காட்டப் பட்டுள்ளது.



படம் 70

யுரேனியம்–235 இரண்டு அல்லது அதற்கு அதிகமாக தனித் தனி பகுதிகளாக வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இவற்றிற்கு இடையிலுள்ள தூரம் மிகக் குறைவானதே. ஒவ்வொரு துணுக்கும் அதிக புறப்பரப்பைக் கொண்டிருப்பதால் நியூட்ரான்கள் எளிதில் வெளியேறிவிடுகின்றன. சங்கிலித் தொடர்வினை தொடர்வதில்லை. திடீரென்று தனித்தனி கட்டிகளுக்குப் பின்னால் இருக்கும் டி.என்.டி. வெடிமருந்து வெடிக்கும்போது, இவை நடுப்பகுதிக்கு மிகுந்த விசையோடு செல்கின்றன. அப்போது யுரேனியத்தின் மொத்த நிறை நிலைமாறு நிறைக்கு(Critical Mass) அதிகமாயிருக் கிறது. ரேடியம்—பெரிலியம் ஆதாரத்திலிருந்து வெளிப்படும் நியூட்ரான்கள் அணுப் பிளவு சங்கிலித் தொடரை ஆரம்பித்து, வினைகள் கணநேரத்தில் பல்கிப் பெருகி முடிவில் பயங்கரமாக அணுகுண்டு வெடிக்கிறது.

அணுகுண்டில் யுரேனியத்திற்கு பதிலாக புளுட்டோனியம்-239-ஐப் பயன்படுத்தலாம்.

1945-ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்ட் திங்கள் நாகசாகி, ஹிரோஷிமா என்ற நகரங்களின் மேல் அணுகுண்டு போடப்பட்டது. இது

20 கிலோ டன்கள் டி.என்.டி.யின் ஆற்றலைக் கொண்டது. அந்தக் குண்டு வீச்சின் நாச வேலைகளைப் பற்றியெல்லாம் அறிந்த பின்னரே அணுவின் ஆற்றல் பற்றி மக்கள் புரிந்து கொண்டனர்.

அணு குண்டுச் சோதனை விண்வெளியில் மிக உயரத்தில் நிகழ்த்தப்பட்டால் அணுப்பிளவு பொருள்கள் மிக உயரத்திற்கே சென்று விடுகின்றன. சோதனைப்பகுதியில் இவை விழுவதில்லை. பூமியில் அணுகுண்டு சோதனை நிகழ்த்தினால் மண்ணும் சேர்ந்து புகைப்படலத்துடன் மேலே செல்கிறது. பூமி கதிரியக்கத்தால் மாசு படுத்தப் படுகிறது கழிவுக் கூளங்கள், காற்றால் அண்டை யிலுள்ள பகுதிகளுக்கு எடுத்துச் செல்லப் படுகின்றன. இம் மாதிரி மாசுபடுத்தப் பட்ட பொருள்கள் தரையில் படிவதைத்தான் கதிரியக்கப் படிவு (Radio active fall out) என்கிறோம். இந்தக் கதிரியக்கப் படிவுப் பொருள்களிலிருந்து அணுப்பிளவு பொருள் கள் காற்றில் அதிக தொலைவு கொண்ட பீட்டா மற்றும் காமாக் கதிர்களை வெளி விடுகின்றன. இவை மிகப் பயங்கரத்தன்மை வாய்ந்தவை.

ஹைட்ரஜன் குண்டு: சிலவிண்மீன்களில் அணுக்கரு இணைப்பு வினைகள் நிகழ்வதைப்பற்றி முன்னரே குறிப்பிட்டோம். இந்த வினைகள் அங்கு நிலவும் மிக உயர்ந்த வெப்பநிலையிலும், மிக அதிகமான அழுத்த நிலையிலுமே நிகழக் கூடியவை. கதிரவனின் மையப்பகுதியின் வெப்பநிலை 20மில்லியன் டிகிரிகள். அங்கு நில வும் அழுத்தம் ஒரு சதுர சென்டி மீட்டருக்கு நூறுமில்லியன் டன் களாகும். அந்தச் சூழ்நிலையில் புரோட்டான்கள் α-துகள்களாக இணைக்கப்படுகின்றன. அப்போது அதிக அளவில் ஆற்றல் வெளிப் படுகிறது. அணுக்கரு இணைப்புக்கு பயன் படுத்தக் கூடிய எல்லா பொருள்களுமே நிலப்பரப்பில் கிடைக்கின்றன. ஆனால் இணைப்பு வினை நிகழத் தேவையான பல மில்லியன் டிகிரிகள் வெப்ப நிலையை எப்படி உண்டாக்குவது?

அணுக்கரு பிளவைப் பயன்படுத்தும் அணு குண்டை வெடித்து அதிக வெப்பநிலையை உண்டாக்கலாம். யுரேனியம்-235 கொண்ட அணு குண்டு வெடிக்கும் போது அதன் மையப் பகுதியில். கணநேரத்தில் கதிரவனின் மையப்பகுதியில் நிலவும் வெப்ப நிலையும் ஒரு சதுர சென்டிமீட்டருக்கு நூறு மில்லியன்டன்கள் அழுத்தமும் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இந்தச் சாதகமான சூழலில் வெப்ப அணுக்கரு வினைகள் நிகழ்கின்றன.

$$ {}_1D^2 + {}_1H^1 \rightarrow {}_2He^3 + \text{ஆற்றல்} $$
$$ {}_1D^2 + {}_1D^2 \rightarrow {}_1T^3 + {}_1H^1 $$
$$ {}_1T^3 + {}_1H^1 \rightarrow {}_2He^4 + \text{ஆற்றல்} $$
$$ {}_1T^3 + {}_1D^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1 $$

ஹைட்ரஜன் குண்டு வலிவான வெளிச் சுவரைக் கொண்டது. இதனுள்ளே ஒரு சாதாரண அணு குண்டும் மற்றும் டியூட்டீரியமும் ட்ரைட்டியமும் கொண்ட கலம் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. முதலில் அணுகுண்டு வெடித்து உண்டாக்கப்படும் சாதகமான சூழலில் அணுக்கரு இணைப்பு வினைகள் நிகழ்கின்றன. அதாவது ஹைட்ரஜன் குண்டு வெடிக்கிறது.

ஹைட்ரஜன் குண்டில் பயன்படுத்தப்படும் ஹைட்ரஜன் ஐசோடோப்பான ட்ரைட்டியம் கீழே குறிக்கப்பட்டவாறு தயாரிக்கப் படுகிறது.

$$_3Li^6 + {}_0n^1 \rightarrow {}_2He^4 + {}_1T^3$$
$$_1D^2 + {}_0n^1 \rightarrow {}_1T^3$$
$$_4Be^9 + {}_1D^2 \rightarrow {}_1T^2 + 2\,{}_2He^4$$
$$_1D^2 + {}_1D^2 \rightarrow {}_1T^2 + {}_1H^1$$

ட்ரைட்டியத்தின் பாதிச் சிதைவு காலம் 12 ஆண்டுகளாகும்.

ஹைட்ரஜன் குண்டு அணுகுண்டை விட ஆற்றல் மிக்கது. அணுப்பிளவுபடு பொருள்களின் நிலைமாறு நிலை நிறையால் அதன் ஆற்றல் ஓர் எல்லைக்குட்பட்டதாகும். அணு குண்டில் பயன்படுத்தப் படும் யுரேனியம் அல்லது புளுட்டோனியம் வரம்புக்குள்தான் இருக்க முடியும். ஆனால் ஹைட்ரஜன் குண்டு எவ்வளவு பருமனைக் கொண்டதாக வேண்டுமானாலும் இருக்கலாம். எனவேதான் ஹைட்ரஜன் குண்டிலிருந்து அளவு கடந்த ஆற்றலைப் பெற முடிகிறது.

வினாக்கள்

1. அணுக்கரு பிளவு சங்கிலித் தொடர்வினை என்றால் என்ன?

2. அணுக்கரு வினைகளுக்கும் அணுக்கரு பிளவு வினைகளுக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள் யாவை?

3. அணு குண்டைப் பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.

4. கதிரியக்க வீழ்ப்படிவுகள் ஏன் தீமை பயப்பவை?

5. ஹைட்ரஜன் குண்டு எவ்வாறு வெடிக்கப் படுகிறது. அது சாதாரண அணு குண்டை விட ஏன் ஆற்றல் மிக்கது?

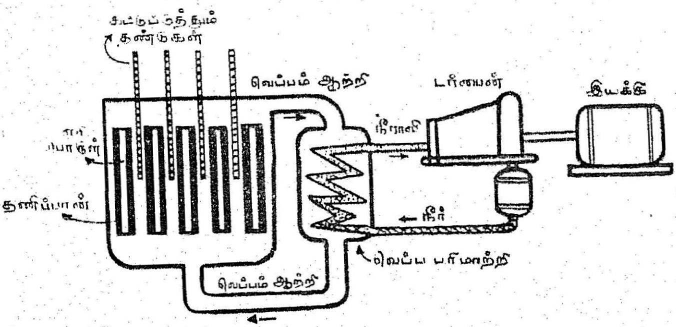
6. ட்ரைட்டியம் எவ்வாறு தயாரிக்கப்படுகிறது.

20. ஆக்கப்பணிக்கு அணு ஆற்றல்

அணுகுண்டை வெடிப்பதன் மூலம் அணுவிலிருந்து அபரிமிதமான ஆற்றலை வெளிப்படுத்துவது பற்றி பார்த்தோம். இப்படி திடீரென்று வெளிப்படுத்தப்படும் ஆற்றல் மனிதகுல அழிவிற்கு அல்லவா காரணமாக இருக்கிறது.

அணுக்கருப் பிளவு, மற்றும் அணுக்கரு இணைப்பு வினைகளை கட்டுப்படுத்தக்கூடிய விதத்தில் நிகழச் செய்து பெறப்படும் ஆற்றலை ஆக்கப்பணிக்குப் பயன்படுத்தலாம். அணுக்கருப் பிளவை கட்டுப்படுத்தக்கூடிய விதத்தில் நிகழ்த்தக்கூடிய சாதனத்தை அணுஉலை (Atomic reaction) என்கிறோம். இது ஒரு வகை உலை. இதில் பயன்படுத்தப்படும் எரிபொருள் யுரேனியம். இதிலிருந்து பயன்படுத்தக்கூடிய விதத்தில் ஆற்றலைப் பெறுகிறோம். மற்றும் நியூட்ரான்களையும் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளையும் கூட அணு உலைகளிலிருந்து பெறுகிறோம்.

கீழே படத்தில் ஒரு அணுஉலையின் படம் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆற்றலைப் பெற பயன்படுத்தப்படும் அணுஉலையிலுள்ள எல்லா அம்சங்களுமே காட்டப்பட்டுள்ளன. நியூட்ரான்களின் ஆற்றலைப் பொறுத்து மிதவேக, அதிவேக, இடைநிலை வேக என மூவகை அணுஉலைகள் இருக்கின்றன.

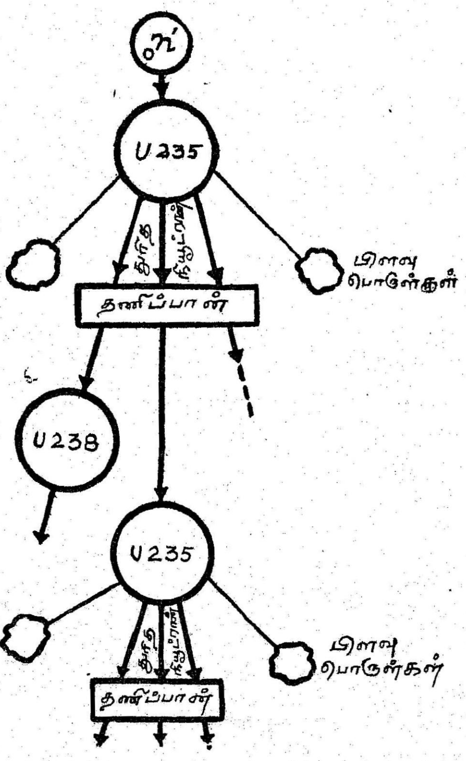


படம் 71

அணு உலையில் பயன்படுத்தப்படும் எரிபொருள் யுரேனியம்-235, புளுட்டோனியம்-239 அல்லது யுரேனியம்-235 ஆகிய

வற்றைக்கூட எரிபொருளாக பயன்படுத்தலாம். இயற்கையில் காணப்படும் யுரேனியத்தில் யுரேனியம்-235, 0·71 சதம்தான் இருக்கிறது. யுரேனியம்–238-ஐ புளுட்டோனியம்-239 ஆக்கியும் தோரியம் 232-ஐ யுரேனியம்-233 ஆக்கியும் அணு உலைகளில் பயன்படுத்தலாம். நம் நாட்டில் தோரியம் அதிக அளவில் கிடைக்கிறது. கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினைகள்படி தோரியத்தை யுரேனியம்-233 ஆக மாற்றலாம்.

$$_{90}Th^{232} + {_0}n^1 \rightarrow {_{90}}Th^{233}$$
$$_{90}Th^{233} \rightarrow {_{91}}Pa^{233} + \beta$$
$$_{91}Pa^{233} \rightarrow {_{92}}U^{233} + \beta$$

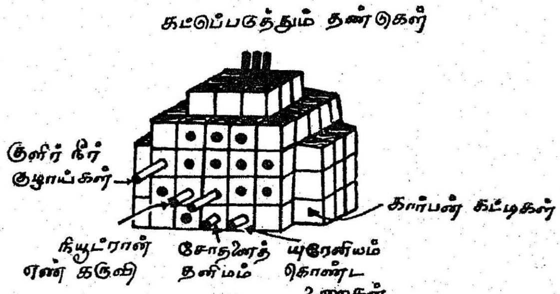


படம் 72

யுரேனியம் எரிபொருளை திடப்பொருள் நிலையிலோ, திரவ நிலையிலோ எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தலாம். திட நிலையில் யுரேனியம் உலோகத்தை இன்னொரு உலோகத்தின் உறையில் இட்டு பயன்படுத்துகிறோம்.

தூய்மையான யுரேனியத்தில் மட்டும் சங்கிலித் தொடர்வினை நிகழ முடியாது. யுரேனியத்தைச் சுற்றி தணிப்பான் (Moderator) பொருள் வைக்கப்படுகிறது. யுரேனியம்-235 அணுப்பிளவில் வெளிப்படும் 2Mev நியூட்ரான்கள் தணிப்பான் பொருளுடன் மோதலுற்று 0·025 Mev ஆற்றலுக்கு குறைக்கப்படுகின்றன. அப்போது நியூட்ரான் வேகம் விநாடிக்கு 2200 மைல்கள். இந்த வேகத்தில்தான் அது அணுக்கருப் பிளவை உண்டுபண்ண முடியும். அணு உலைகளில் பயன்படுத்தப்படும் தணிப்பான்களில் சில கிராஃபைட், நீர், கனநீர் ஆகியவைகளாம். முன்பக்கப் படத்தில் அணுக்கரு பிளவில் வெளிப்படும் நியூட்ரான்களின் வேகம் தணிப்பான்களால் மட்டுப்படுத்தப்பட்டு சங்கிலித் தொடர்வினைகளை நிகழ்த்துவது காட்டப்பட்டுள்ளது.

1942-ல் முதன் முதல் உருவாக்கப்பட்ட அணு உலையின் அமைப்பு கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது. சிறுசிறு கிராஃபைட் கட்டிகள் ஒன்றன்மேல் ஒன்ருக அடுக்கப்பட்டு பெரிய ஒரே முழுமையான அமைப்பைக் கொண்டதாக இருக்கிறது. கார்பன்



படம் 73

கட்டிகள் நீண்ட உருளை வடிவ துளைகளைக் கொண்டிருக்கின்றன. யுரேனியம் தண்டுகளை இன்னொரு உலோகத்தின் உறையில் இட்டு துளைகளில் செருகி வைக்கவேண்டும். உலோக பொதி காப்புக்காக (eladding material) அலுமினியம், மக்னீசியம் மற்றும் ஸிர்க்கோனியம் ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தலாம். உலோக பொதிகாப்புப் பொருள்கள் யுரேனியத்தை நீர், காற்று மற்றப் பொருள்களுடன் வேதிவினையுருமலிருக்க உதவுகின்றன.

உரிய இடங்களில் சிற்சில துளைகளில் வினையைக் கட்டுப் பாட்டுக்குள் வைக்கும் தண்டுகள் (control rods) வைக்கப்படு கினறன. கட்டுப்படுத்தும் தண்டுகள் போரான் (Boron) அல்லது காட்மியத்தாலானவை. இவற்றை அணு உலையில் செருகியவுடன்

இவை அபரிமித நியூட்ரான்களைப் பிடித்துக் கொள்கின்றன. வினை மட்டும்படுத்தப்படுகிறது அல்லது நிறுத்தப்படுகிறது.

கார்பன் கட்டிகளிலுள்ள துளைகளில் சோதனைத் தனிமத்தைச் செருகி அதனை நியூட்ரான் தாக்குதலுக்கு உட்படுத்தி கதிரியக்கம் ஊட்டலாம். சோதனைத் தனிமத்தை எட்ட இருந்தபடியே துளைகளில் செருகவோ பின் எடுத்துவிடவோ முடியும்.

அணு உலையில் உண்டாக்கப்படும் அபரிமிதமான வெப்பத்தை கார்பன் கட்டிகளின் துளைகள் வழியே நீரைச் செலுத்தித் தணிக்கலாம். வெப்பம் குறைப்பான்களாக (Coolants) நீர், கனநீர், சோடியம் உலோகம் ஆகியவற்றில் ஏதாவதொன்றைப் பயன்படுத்தலாம்.

அணு உலையில் இன்னொரு முக்கிய பகுதி காப்புக்கவசப் பகுதி. அணு உலையிலிருந்து வெளிப்படும் காமாக் கதிர்கள், நியூட்ரான்கள் ஆகியவற்றை வெளிப்படாமல் இது தடுத்து நிறுத்துகிறது. அணுஉலையின் வெளிப்பகுதி இரண்டு தடுப்புச் சுவர்களாலானது. முதல்சுவர் இரும்புஅல்லதுஎஃகாலானது இதன் தடிப்பு சில அங்குலங்களாம். இதைச் சுற்றி ஒரு மீட்டர் அகல இடைவெளியில் நீர் இருக்கிறது. அதையடுத்து சுமார் 3மீட்டர் கணத்திற்கு கான்கிரீட் சுவர் இருக்கிறது.

அணு உலையைக் கொண்டு மின்சார உற்பத்தி: அணு உலையில் சோடியம் உலோகம் வெப்ப மாற்றியாகப் பயன் படுத்தப்படுகிறது. திரவ சோடியம் காப்புக் கவசம் கொண்ட அணு உலையின் உள்பகுதிவரை சென்று பின்னர் வெப்ப பரிமாற்று அமைப்பின் வழி செல்கிறது. வெப்பமான திரவம் வெப்ப பரிமாற்று அமைப்பு (Heat exchanger) வழி செல்லும் போது நீர் நீராவியாக்கப் பயன் படுகிறது. இந்த நீராவியைக் கொண்டு டர்பைனை இயக்கலாம். அது மின் இயற்றியை (electric generatort) இயக்கி மின்சார உற்பத்தியைத் துவக்குகிறது. இந்த மின்சாரத்தைக் கொண்டு நகரங்களை ஒளிமயமாக்கவோ. தொழிற்சாலையில் உற்பத்தியைப் பெருக்கவோ, கப்பலை ஓட்டவோ, நீர் மூழ்கிக்கப்பலை செலுத்தவோ ஆகாய விமானங்களைப் பறக்க வைக்கவோ முடியும்.

நீர்நிலையில் மிதக்கும் அணு உலை (Swimming Pool reactor): இந்த அணு உலையில் 20-லிருந்து 90 சதம் வரை தூய்மைப் பெருக்கம் செய்யப்பட்ட யுரேனியம் -235 அலுமினியத்துடன் கலக்கப்பட்டு எரிபொருளாக எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இதற்கு 5-லிருந்து 7 ராத்தல் எடை யுரேனியம்–235 தேவைப்படுகிறது. செங்குத்தாக எரிபொருள் தனிமத்தைக் கொண்ட உள் மையப்

பகுதி (core) நகர்த்தக் கூடிய பாலத்திலிருந்து தொங்கவிடப்படுகிறது. இந்த அமைப்பு 20 அடி ஆழ நீர்த் தொட்டியின் அடிப் பகுதிக்குச் சற்றுமேல் வைக்கப்படுகிறது. எனவே தான் இந்த அணு உலைக்கு இந்தப் பெயர். இதில் நீர் தணிபபானாகவும், நியூட்ரான்களை திருப்பியனுப்பும் பொருளாகவும், வெப்பம் ஆற்றியாகவும் செயல்படுகிறது. உள் மையப் பகுதியை நம் விருப்பம் போல் வேண்டிய உயரத்திற்கு நகர்த்தலாம்.

சில அணு உலைகளைக் கொண்டு யுரேனியம் 238-லிருந்து புளுட்டோனியம்-239 மட்டுமே தயாரிக்கப் படுகிறது. அம்மாதிரி அணுஉலைகளில் கனநீரை தணிப்பானை பயன்படுத்தினால் தான் நல்ல பலன் கிடைக்கிறது.

கப்பல்களில் அணு உலைகளைப் பொருத்தி அவைகள் ஓட்டப் படுகின்றன. அணு உலைப் பகுதி ஒரு சிறு பகுதியைத்தான் அடைத்துக் கொள்ளும். இதில் இன்னொரு நன்மை உண்டு. இவ்வகைக் கப்பலை, எரிப்பொருளைப் புதுப்பிக்காமலேயே நெடு நாட்கள் ஓட்டிச் செல்லாம். அமெரிக்காவில் என்டெர் பிரைஸ் (Enterprise) லாங் பீச் (Long Beech) பேன் பிரிட்ஜ் (Ban Bridge) ஆகிய கப்பல்கள் அணு ஆற்றலால் இயக்கப்படுபவை. பனிக் கட்டியை உடைத்து ஊடே வழி உண்டாக்கிக் கொணடு செல்லும், ரஷ்யாவின் லெனின் என்ற கப்பலும் அணு ஆற்றலால் இயங்குவதுதான்.

ராக்கெட்டுகளை இயக்கவும் அணு ஆற்றல் பயன்படுத்தப் படுகிறது.

பெருகி வரும் மக்கள் தொகை ஒரு பிரச்சினைதான். போதுமான தூய்மையான நீர்வசதி கிடைப்பதே இல்லை. இப் பிரச்சினையைச் சமாளிக்க நம் கருத்தை கடல் பக்கம் திருப்ப வேண்டியிருக்கிறது. அணு உலைகளிலிருந்து அபரிமிதமான வெப்ப ஆற்றல் கிடைக்கிறது. இதைக் கொண்டு க்ஷண நேரத்தில் காய்ச்சி வடித்தல் (Flash distillation) முறையில் தூய்மையான நீரைப் பெறலாம்.

அணு உலைகளிலிருந்து கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளை மலிவாகத் தயாரிக்கலாம். அணு உலை செயல்பட்டுக் கொண்டிருக்கும்போது மிகுந்த அபாயம் விளைக்கும் கதிரியக்கத் துகள்களும் கதிர்வீச்சும் வெளிப்படுகின்றன. அணுப்பிளவின் போது எண்ணிலடங்கா நியூட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. ஒரு சதுர சென்டி மீட்டர் பரப்பின் வழி இப்படியும் அப்படியும் ஒரு விநாடிக்கு 60,000,000 மில்லியன் நியூட்ரான்கள் செல்கின்றன. அணு உலையின் காப்புச் சுவற்றிலிருக்கும் பிரத்தியேக நுழைவுகள் வழி வேண்டிய ஆழத்திற்கு உள்ளே தனிமங்களை

கொண்டு செல்லலாம். அணு உலை செயல்படும்போது தனிமம் நியூட்ரான்களின் ஆற்றல்மிக்க தாக்குதலுக்கு உள்ளாகி கதிரியக்கத் தன்மையைப் பெறுகிறது. இம்மாதிரி செய்யும்போது கோபால்ட் கதிரியக்கக் கோபால்ட்டாக மாறுகிறது. நைட்ரஜன் கதிரியக்க நைட்ரஜனாக மாறுகிறது. இவ்வகை முறையில் தான் பல்வேறு தனிமங்களின் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் தயாரிக்கப் படுகின்றன.

அணுக்கரு இணைவு வினைகளைக் கட்டுப்படுத்தும் பாங்கில் நிகழ்த்துதல் : ஹைட்ரஜனின் ஐசோடோப்புகளான டியூட்ரியம் மற்றும் டிரைட்டியம் ஆகியவை சம்பந்தப்பட்ட இணைவு வினைகளைப் பயன்படுத்தி ஆற்றலைப் பெறுதல் சாத்தியமே.

$$_1D^2 + {}_1D^2 \rightarrow {}_2He^3 + {}_0n^1 + 3{\cdot}2 \text{ Mev}$$
$$_1D^2 + {}_1D^2 \rightarrow {}_1T^3 + {}_1H^1 + 4{\cdot}0 \text{ Mev}$$
$$_1T^2 + {}_1D^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1 + 17{\cdot}6 \text{Mev}$$

இந்த இணைவு வினைகளுள் மூன்றாவது வினைதான் அதிவேகமாக நிகழ்வது. இந்த வினையைக் கட்டுப்படுத்தும் பாங்கில் நிகழ்த்துவதில்தான் அறிவியலார் அக்கறைக் காட்டி வருகின்றார்கள்.

இயற்கையில் காணப்படும் நீரில் 6500 அணுக்கள் சாதாரண ஹைட்ரஜனுக்கு ஒரு டியூட்டீரியம் காணப்படுகிறது. மேற் சொன்ன வினைகளைக் கட்டுப்படுத்தும் விதத்தில் நிகழ்த்தக்கூடுமானால், எப்போதும் தீர்ந்துபோகாத அளவில் ஆற்றலுக்கான ஆதாரம் இருப்பதாகக்கொள்ளலாம். ஒரு காலன் நீரிலிருந்து பெறக்கூடிய ஆற்றலின் அளவு 300 காலன்கள் காசொலினிலிருந்து (Gasoline) பெறக்கூடிய ஆற்றலுக்குச் சமம். உலகின் நீரின் அளவு 10^{20} காலன்களாம். இவ்வளவு நீரிலிருந்து பெறக்கூடிய டியூட்டீரியத்தை இணைவு வினைக்கு உட்படுத்தக்கூடுமானால் அப்படி பெறக்கூடிய ஆற்றல் பல மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குப் போதுமானதாகும்.

அணுக்கரு இணைவு வினைக்கு தேவைப்படும் டியூட்டீரியத்தை இலகுவில் பெறலாம். நீரிலிருந்து அதனைத் தயாரிக்க அதிகம் செலவாவதில்லை. ஒரு ராத்தல் கன நீரின் (டாயிட்டிரியம் ஆக்ஸைடு) விலை சுமார் ரூ 200 ஆகும். எனவே மலிவான அணு எரிபொருளைப் பயன்படுத்தி ஆற்றலைப் பெறுவதற்கான சாத்தியக் கூறுகள் ஆராயப்படுகின்றன.

பல மில்லியன் டிகிரிகள் வெப்ப நிலையில்தான் அணுக்கரு இணைப்பு வினையை நிகழ்த்த முடியும். அபபடி நிகழும் அணுக்கரு இணைப்பு தொடர்ந்து நிகழ்ந்தால்தான், பயன் படுத்தக் கூடிய

விதத்தில் ஆற்றலை வெளிப்படுத்த முடியும். டியூட்ரியத்தை அல்லது டியூட்ரியம்-ட்ரைட்டியம் கலவையை அணுக்கரு இணைப்பு வினை நிகழத்தேவைப்படும் வெப்ப நிலைக்கு உயர்த்தியபின் கணிசமான வேகத்தில் அணுக்கரு இணைவு நிகழ்ந்தால் தான் வெளிப்படும் ஆற்றல் வெப்ப நிலையை தொடர்ந்து அப்படியே வைத்திருக்க முடியும். மேலும் உயர்ந்த வெப்ப நிலையில் கதிர் வீச்சாக இழக்கப்படும் (escaping radiaction) ஆற்றல் அளவும் அதிகரிக்கிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையில் வினை தொடர்து நிகழ்வது சாத்தியம். ஃபெர்மி (Fermi) இந்த வெப்ப நிலையைத் தான் மீச்சிறு இணைப்பு வெப்பநிலை (Ideal or critical ignition) temperature) என்கிறோம்.

H, He^3, T மற்றும் He^4 அயனிகள் கொண்டுள்ள ஆற்றல் தான் அணுக்கரு இணைப்புக்குப் பயன்படுவதாக இருக்கிறது. நியூட்ரான்கள் ஆற்றலை எடுத்துக் கொண்டு வெளியேறுகின்றன.

அணுக்கரு இணைப்பு நிகழக் கூடிய வெப்பநிலையில் பல்வேறு வாயுக்கள் பிளாஸ்மா (plasma) நிலையில் தான் இருக்கின்றன. பிளாஸ்மா அணுக்கருக்களையும், எலெக்ட்ரான்களையும் கொண்டிருக்கிறது. வேகமாக இயங்கும் எலெக்ட்ரான்களை பிளாஸ்மாவில் இருக்கும் நேர்மின்னேற்றத் துகள்கள் விலக்கமடையச் செய்வதால் தான் 'பிரெம்ஸ்ட்ரலாங்' இயற்பாட்டின் காரணமாக ஆற்றல் கதிர் வீசப்படுகிறது. அப்படி வெளிப்படும் ஆற்றல் குறைவான அலைநீளங் கொண்ட X- கதிர்களாம். இவற்றை வினை நிகழும் அமைப்புக்கு வெளியே கிரகிக்க முடியும்.

அணுக்கரு இணைப்பு வினைகள் நிகழும் வெப்ப நிலையை கிலோ எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகளில் சொல்லுகிறோம். சொல்லப் போனால் இது ஆற்றல் அலகே. இது kt க்குச்சமம். k என்பது போல்ட்ஸ்மன் மாறிலி (Boltzmanns Constant) k= ஒரு டிகிரிக்கு $8{\cdot}01\times10^{-5}$ ev அல்லது $8{\cdot}01\times10^{-8}$ Kev. எனவே,

$$1\ \text{Kev} = \frac{1}{8{\cdot}01\times10^{-8}} = 1{\cdot}25\times10^{7}$$ கெல்வின் டிகிரிகளாம்.

டியூட்ரியம்-ட்ரைட்டியம் அணு இணைப்புவினைக்கு சாதகமான வெப்பநிலை 50 மில்லியன் டிகிரிகள் டியூட்ரியம்-டியூட்ரியம் அணுக்கரு இணைப்பு வினைக்குச் சாதகமான வெப்பநிலை 400 மில்லியன் டிகிரிகளாம்.

லாசன் (Lawson) கருத்துப்படி ஒரு கனசென்டிமீட்டரில் இருக்கிற வினைபடுகிற அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கை n எனவும் அணுக்கரு இணைவு நிகழும் கால அளவு t விநாடிகளாகவும் இருந்தால் டியூட்ரியம-ட்ரைட்டியம் வினைக்கு nt-ன் மதிப்பு குறைந்த

பட்சம் 6×10^{13} எனவும் டியூட்ரியம்-டியூட்ரியம் வினைக்கு 2×10^{15} எனவும் இருத்தல் வேண்டும். t என்பது அதிவெப்பநிலை பிளாஸ்மாவை கட்டுப் படுத்தி வைக்க (Confined) தேவைப்படும் கால அளவாகும்.

மிக வெப்பமான பிளாஸ்மாவை எப்படி கட்டுப்படுத்தி வைப்பது? மில்லியன் டிகிரிகள் வெப்பநிலையை எந்த பொருள் தான் தாங்கி நிற்க முடியும்! பிளாமஸ்மாவின் அடர்த்தி குறைவு தான். வெப்பநிலை மிக அதிகமாக இருப்பினும் மொத்த ஆற்றலைக்கருதும்போது கொள் கலத்தைப் பழுதாக்கப் போது மானதாக இல்லை எனலாம். வினை நிகழ் கலத்தின் சுவர்பகுதியை பிளாஸ்மாவில் இருக்கும் துகள்கள் நெருங்காமல் இருக்க வகை செய்யவேண்டும். அணுகருக்களும் எலெக்ட்ரான்களும் சுவர்ப் பகுதியுடன் மோதினால் அவை ஆற்றலை இழக்க நேரிடும். பிளாஸ்மா குளிர்ந்துவரும் அணுக்கரு இணைப்பு நிகழமுடியாது. மேலும் சுவர்ப்பகுதி பொருள்கள் ஆவியாகி பிளாஸ்மாவை அடைய ஏதுவாகும்.

மின்னேற்றங் கொண்ட துகள்கள் காந்தப்புல விசைக் கோடுகளைக் கடக்க இயலாது. இந்த அடிப்படையில்தான் பிளாஸ்மா தகுந்த காந்தப்புலத்தில் கட்டுப்படுத்தி வைக்கப் படுகிறது. கொள்கை ரீதியில் பிளாஸ்மாவை கட்டுப்படுத்தி வைக்கமுடியும். என்றாலும் நடைமுறையில் பல பிரச்சினைகள் இருக்கின்றன. அந்த பிரச்சினைகளுக்கு முடிவு கட்டினாலன்றி கட்டுப்படுத்தி அணுக்கரு இணைப்பை உண்டுபண்ணுவது எளிதல்ல.

பிளாஸ்மாவைச் சூழ்ந்து காந்தப்புலம் இருந்தால், காந்தப் புலம் பிளாஸ்மாவின் மேல் $\frac{B^2}{8\pi}$க்குச் சமமான உள்நோக்கிய அழுத்தத்தைக் கொடுக்கிறது. (B-காந்தப் புலத்தின் திறனைக் குறிக்கிறது) இந்த அழுத்தத்தை எதிர்த்து பிளாஸ்மாவில் இருக்கிற துகள்களின் இயக்கங் காரணமாக வெளிநோக்கி அழுத்தம் செயல்படுகிறது. இந்த இரண்டு விசைகளும் சமப் படுத்தப்பட்ட நிலையில்தான் பிளாஸ்மா கட்டுப்படுத்தி வைக்க முடியும்.

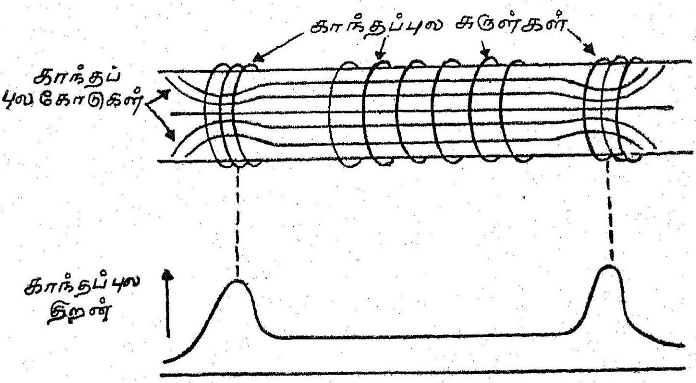
நடைமுறையில் அணுக்கரு இணைப்பிலிருந்து ஆற்றலைப்பெற (10லிருந்து 100 Kev-வெப்ப நிலையில் செயல்படும்) பிளாஸ்மாவில் ஒரு கன சென்டிமீட்டரில் 10^{15}லிருந்து 10^{17} அணுக்கருக்கள் இருக் கலாம். இந்த அடர்வு மிகக் குறைவானதுதான். சாதாரண வெப்பநிலை அழுத்த நிலைகளில் ஒரு க.செ.மீ. வாயுவில் இருக்கும்

துகள்களின் எண்ணிக்கை 3×10^{19}. ஆனல் அணுக்கரு இணைப்பு வெப்ப நிலையில் பல நூறு மண்டலவளி அழுத்தம் பிளாஸ்மாவில் உண்டாக்கப்படுகிறது.

அணுக்கரு இணைப்பு வினையின் சாத்தியக் கூறுகளை அறிய ரஷ்யா, அமெரிக்கா, இங்கிலாந்து மேற்குஜெர்மனி, பிரான்சு, ஜப்பான், நெதர்லாந்து, ஸ்வீடன் மற்றும் ஸ்விட்சர்லாந்து ஆகிய நாடுகளில் முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன.

காந்தக் கண்ணுடி அமைப்பு : காந்தக் கண்ணுடி அமைப்பில் பிளாஸ்மா திறந்த குழாயில் காந்தப்புலத்தால் கட்டுப்படுத்தி வைக்கப்படுகிறது. தகுந்த ஏற்பாட்டால் பிளாஸ்மா திறந்த முனைவழியே வெளியேறுவதும் குழாயின் ஆரத்திசையில் வெளி யேறுவதும் தடுக்கப்படுகிறது.

இந்த அமைப்பில் நேரான குழாயைச் சுற்றி காந்தச் சுருள் வரிந்து சுற்றி வைக்கப்பட்டிருக்கிற பாங்கினைப் பொறுத்து காந்தப்புலம் நடுவில் இருப்பதைவிட ஓரத்தில் வலிமை மிகுந்த தாக இருக்கிறது.



படம் 74

சுருள் இருக்கக் கூடிய அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள் ளது. காந்த வலிமை மாறுபடும் முறைமையும் படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ளது. ஓரத்தில் இருக்கும் வலிமையான காந்தப்புலம்தான் காந்தக் கண்ணுடியாகச் செயல்படுகிறது. மின்னேற்றங் கொண்ட துகள் காந்தக் கண்ணுடியால் திருப்பியனுப்பப்படுகிறது. (பிரதி பலிக்கப்படுகிறது) எனலாம். இம்மாதிரிதான் குழாயின் முனை களிலிருந்து துகள்கள் வெளியேறுவது தடுக்கப்படுகிறது.

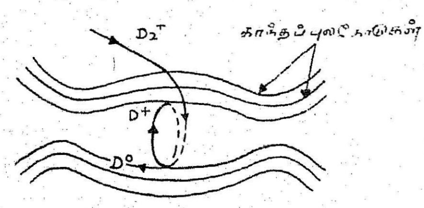
பிளாஸ்மாவை உட்செலுத்துதல் *ஆரத்திசையில்:* (radial dircetion) *காந்தப் புலத்தைக் கடந்து ஆற்றல் கொண்ட மின்னேற்றத் துகளை உட் செலுத்துவதில் சிக்கல் இருக்கிறது. ஆனல் அதி ஆற்றல் கொண்ட, மின்னேற்றமில்லாத துகள்களை எளிதாக உட்செலுத்திவிடலாம். அவை காந்தப்புலப் பகுதியை அடைந்தவுடன் அயனிகளாகின்றன. இம்மாதிரியாக அதி ஆற்றல் கொண்ட பிளாஸ்மா உண்டாக்கப்படுகிறது.*

*மின்னேற்றமில்லாத துகள்கள் முடுக்குவது இயலாது. எனவே அவற்றுக்கு மறைமுகவழியில் விரைவூக்கங் கொடுக்க வேண்டும். முதலில் டியூட்ரியம் அயனிகள் 20*Kev-*க்கு முடுக்கப்படுகின்றன. இவற்றை மின்னேற்றமில்லாத டியூட்ரியம் வாயு கொண்ட அறையில் செலுத்தும்போது மின்னேற்ற மாற்றம் நிகழ்கிறது. அதி ஆற்றல்* D^+ *அயனிகள் அவற்றின் மின்னேற்றத்தை குறைவான ஆற்றல் கொண்ட மின்னேற்றமில்லாத* D^0 *அணுக்களுக்கு மாற்றுகின்றன.*

D^+ (அதி ஆற்றல்) + D^0 (குறைவான ஆற்றல்) $\rightarrow$ D^0 (அதிஆற்றல்) + D^+ (குறைவான ஆற்றல்)

இப்படித்தான் காந்தப்புலத்தைக் கடந்து செல்லக்கூடிய அதிஆற்றல் கொண்ட மின்னேற்றமில்லாத துகள்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன.

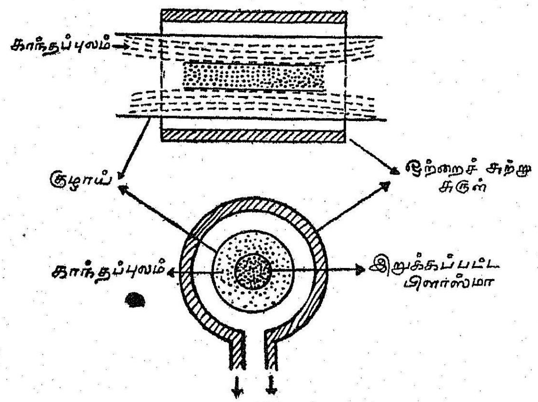
இன்னெரு வகையில் 600 Kev *ஆற்றல் டியூட்ரியம் மூலக்கூறு அயனி* (D_2^+) *உண்டாக்கப்படுகிறது. இவை காக் க்ராப்ட்-வால்ட்டன் துகள் முடிக்கியில் விரைவூக்கங் கொடுக்கப்பட்டவை*



படம் 75

அதி ஆற்றல் டியூட்ரியம் மூலக்கூறு அயனி காந்தப்புலத்தில், $D_2^+ \rightarrow D^0 + D^+$ *என பிரிகையுறுகின்றது.* D^+ *அயனிகள் மட்டும் காந்தப் புலத்தால் கட்டுப்படுத்தி வைக்கப்படுகின்றன.* D^0 *துகள்கள் வெளியேறி விடுகின்றன. டியூட்ரியம் மூலக்கூறு அயனியை பிரிகையுறச் செய்ய மின்வில் சுடர் பயன்படுத்தப்படுகிறது.*

பிளாஸ்மாவை கட்டுப்படுத்தி வைக்கவும், சூடாக்கவும் அதி வேக காந்த இறுக்குதல் முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதனை தீட்டா பிஞ்ச் (Theta pinch) என்று சொல்கிறோம். தீட்டா பிஞ்ச் மிகக் குறுகிய கால அளவில் துடிப்பாக (pulse) செயல் படுகிறது.



படம் 76

இந்த அமைப்பில் இரு பக்கமும் திறந்த குழாய் இருக்கிறது. இதில் குறைவான அழுத்தத்தில் டியூட்ரியம் இருக்கிறது. இந்தக் குழாயைச் சுற்றி ஒற்றைச் சுற்று சுருள் சூழ்ந்திருக்கிறது. ஆரம்ப காலத்தில் 4 அங்குல நீளங்கொண்ட குழாயும், சுருளும் (coil) பயன்படுத்தப்பட்டன. மிகக் குறுகிய கால அளவில் 10 மில்லியன் ஆம்பியர்கள் அலைவுமின் சுருள்வழியாகப் பாய்ச்சப் படுகிறது. இதனால் ஆற்றல் மிக்க அலைவு காந்தப்புலம் உண்டாக்கப்படுகிறது.

டியூட்ரியம் வாயுவை முதல் பாதிச் சுற்றில் அலைவு காந்தப் புலம் அயனியாக்குகிறது. இது வேகமாக இறுக்கப்பட்டு சூடாக் கப்படுகிறது. சில காந்தப்புல விசை கோடுகள் பிளாஸ்மாவிற்கு இடையே பிடிபடுகின்றன. இரண்டாவது பாதிச் சுற்றில் காந்தப் புல திசை மாறுகிறது. எதிர்மாறாக திசைப்படுத்தப்பட்ட காந்தப்புலங்கள் ஒன்றையொன்று அழித்துக்கொள்ளும்போது அதிக அளவு ஆற்றல் வெளிப்பட்டு டியூட்ரியம் பிளாஸ்மா சூடேற்றப்படுகிறது. இம்மாதிரி 1·3 Kev (15·6 மில்லியன் கெல்வின் டிகிரிகள்) வெப்பநிலை உருவாக்கப்படுகிறது. மேம் படுத்தப்பட்ட இச்சாதனத்தைக் கொண்டு பிளாஸ்மாவின் வெப்ப நிலை 5 Kev (60 மில்லியன் கெல்வின் டிகிரிகளாக) உயர்த்தப்படு கிறது. இது அணுக்கரு இணைப்பு நிகழச் சாதகமான சூழ்நிலை தான். இந்தத் திசையில் ஆராய்ச்சி இன்னும் தொடர்கிறது.

அறிவியல் மேதைகள் நிச்சயம் வெற்றி பெறுவார்கள் என்று நம்பலாம்.

வினாக்கள்

1. சிறு குறிப்புகள் வரைக:
(அ) தணிப்பான்கள் (ஆ) வெப்பம் ஆற்றிகள் (இ) கட்டுப் பாட்டுக்குள் வைக்கும் பொருள்கள்.

2. அணு உலை என்றால் என்ன? அதில் பயன்படுத்துவதற் கேற்ற எரிபொருள்கள் யாவை?

3. தோரியத்தை எவ்வாறு அணுக்கரு பிளவுறும் யுரே னியம்-233 ஆக மாற்றலாம்.

4. இனப்பெருக்கி அணு உலை (Breeder reactor) என்றால் என்ன?

5. நீர் நிலையில் மிதக்கும் அணு உலையைப் பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.

6 அணு உலையிலிருந்து கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளை எவ்வாறு பெறுவது?

7. அணுக்கரு இணைப்பு வினையின் முக்கியத்துவத்தை விளக்குக.

8. அணுக்கரு இணைவு வினையை நிகழ்த்துவதிலுள்ள சிக்கல்கள் யாவை?

9. பிளாஸ்மா என்றால் என்ன? அதனை கட்டுப்படுத்தி வைக்கும் முறைகள் யாவை?

10. காந்தக் கண்ணடி அமைப்பு எவ்வாறு செயல்படுகிறது?

11. பிளாஸ்மாவை காந்தப்புலத்தினுள் எப்படி செலுத்து வது?

12. தீட்டா பிஞ்ச் முறையில் அணுக்கரு இணைப்புக்கு சாதக மான சூழ்நிலையை எவ்வாறு உருவாக்குவது?

21. கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளின் பயன்கள்

ஒரு சில தவிர எல்லாத் தனிமங்களுமே ஐசோடோப்புகளைக் கொண்டிருக்கின்றன. ஒரு தனிமத்தில் இருக்கிற ஐசோப்புகள் ஒரு குறிப்பிட்ட விகிதத்திலேயே காணப்படுகின்றன. அந்த தனிமத்தை பௌதிக வேதியியல் மாற்றங்களுக்கு உட்படுத்தினலுங்கூட அந்த விகிதம் மாறுவதில்லை. ஒரு ஐசோடோப்பு அதனை வேறு ஐசோடோப்புகளிலிருந்து வேறுபடுத்தி அறியும் படியாக ஒரு சிறப்பான பண்பைப் பெற்றிருந்தால் அதனை அடையாளங் கண்டு கொள்ளும் படிக்கு இருக்கிற அத்தனிமம் பல தொடர்வேதி, பௌதிக மாற்றங்கள் உறும்போது அது இருக்கும் நிலைகளைக் கண்டறியலாம்.

ஒரு ஐசோடோப்பின் கதிரியக்கத் தன்மையைக் கொண்டு தனிமம் உறும் தொடர் மாற்றங்களைத் தொடர்தல் சாத்தியம். கெய்கர்-முல்லர் எண் கருவியைக் கொண்டு கதிரியக்கத்தைக் கண்டறியலாம். இவ்வாறு தடம் அறிய பயன்படுத்தப்படும் ஐசோடோப்புக்கு தடமறி ஐசோடோப்பு என்று பெயர். எந்தத் தனிமத்தின் வினை மாற்றங்களைத் தொடருவதற்காக கதிரியக்க ஐசோடோப்பைப் பயன்படுத்துகிருேமோ அத்தனிமத்தைத்தான் தடமறி தனிமம் (Tracer element) என்கிருேம்.

இயற்கையில் காணப்படும் கார்பனில் 1·1சதம் கதிரியக்கக் கார்பன் இருக்கிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட சேர்மத்தில் கதிரியக்கக் கார்பனைச் சேர்த்து இந்த விகிதத்தை அதிகரித்தால் கார்பன் லேபிள் (Label) செய்யப்பட்டதாகச் சொல்கிருேம். தடம் (சுவடு) அறி முறையில் (Tracer Technique) ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன், கார்பன் மற்றும் சல்ஃபர் ஆகியவற்றின் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன.

தற்போது ஆயிரத்துக்கு மேற்பட்ட கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பல் வேறு வகைகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவற்றை (1) இயற்கையான கதிரியக்கத் தொகுதிகளில் உண்டாகும் கதிரியக்கத் தனிமங்களாகப் பெறலாம். (2) சைக்லோட்ரான் போன்ற

துகள் முடுக்கிகளினால் விரைவூக்கங் கொடுக்கப்பட்ட எறித் துகளைக் கொண்டு தனிமங்களைத் தாக்கி தயாரிக்கலாம். (3) அணு உலைகளில் தனிமங்களை நியூட்ரான்களின் தாக்குதலுக்கு உட்படுத்தி கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளைத் தோற்றுவிக்கலாம். (4) அணு உலை சாம்பலிலிருந்தும் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பெறப்படுகின்றன.

பொதுவாக எல்லா செயற்கை கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளுமே β-துகள் விடுபவை. இவை தொடர்ந்து கதிரியக்கச் சிதைவுறுகின்றன. எனவே இவற்றின் செறிவு குறைந்து கொண்டே போகின்றன. ஒரு கதிரியக்க ஐசோடோப்பைப் பயன்படுத்த முனையுமுன் அதன் பாதிச் சிதைவு காலத்தைக் கருத்திற் கொள்ள வேண்டும். ஒரு கதிரியக்க ஐசோடோப்பு அதன் பாதிச் சிதைவு காலத்தைப் போன்று பத்து மடங்கு கால அளவில் செயல் திறங்கொண்டு விளங்குகிறது.

தடமறித் தனிமங்களாகப் பயன் படுத்தப்படும் சில ஐசோடோப்புகளின் பாதிச் சிதைவு காலங்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

ஐசோடோப்பு	பாதிச்சிதைவு காலம்
H^{3}	12 ஆண்டுகள்
C^{11}	21 நிமிடங்கள்
C^{14}	5,700 ஆண்டுகள்
N^{13}	9·9 நிமிடங்கள்
O^{15}	125 வினாடிகள்
Na^{24}	148 மணிகள்
P^{32}	14·3 நாட்கள்
S^{32}	87·1 நாட்கள்
Ca^{45}	182 நாட்கள்
Fe^{59}	46 நாட்கள்
Co^{60}	5·3 ஆண்டுகள்
I^{131}	8·0 நாட்கள்

குறுகிய அல்லது நீண்ட பாதிச் சிதைவு காலங்கொண்ட கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் சோதனைக்கு ஏற்றவை அல்ல. குறுகிய பாதிச் சிதைவு காலங் கொண்ட ஐசோடோப்புகள் விரைவாகச் சிதைவுறுவதால் கால வரம்பு போதுமானதாக இல்லை. நீண்டப்பாதிச் சிதைவு காலங் கொண்ட ஐசோடோப்புகள் வலுவற்ற கதிரியக்கம் விடுவதால் அவற்றைக் கண்டறிதல் எளிதல்ல.

நியம அளவு செயல் திறன்-க்யூரி அலகு: தடம் அறிமுறையின் நுட்பத்தை கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள கணக்கீட்டிலிருந்து தெரிந்து கொள்ளலாம்.

ஒரு கதிரியக்கத் தனிமத்தின் கதிரியக்கச் சிதைவு வேகம் $-\frac{dN}{dt} = \lambda N$ என்ற சமன்பாட்டின் படி λN ஆகும். λ என்பது கதிரியக்க சிதைவு மாறிலி. தனிமத்தின் அணுக்களின் எண்ணிக்கை N ஆகும். இந்தச் சிதைவின் போது ஒரு துகள் (β-துகள்) வெளிப்பட்டால் N அணுக்களிலிருந்து அம்மாதிரி துகள்கள் வெளிப்படும் வேகமும் λN பிரிதோர் அத்தியாயத்தில் பார்த்த படி

$$\lambda = \frac{0 \cdot 693}{T} \qquad T = \text{பாதிச் சிதைவு காலம்}$$

துகள்கள் வெளிப்படும் வேகம்

$$= \frac{0 \cdot 693}{T} N$$

T–யை விநாடியில் சொன்னால் N அணுக்களிலிருந்து ஒரு விநாடிக்கு எத்தனைத் துகள்கள் வெளிப்படுகின்றன என்பதை

$$\frac{0 \cdot 693}{T} N \text{ குறிக்கும்.}$$

ஒரு கதிரியக்கத் தனிமம் குறைந்தபட்சம் விநாடிக்கு 4 துகள்களை விட்டால்தான் அதனைக் கண்டறிய இயலும்.

$$\frac{0 \cdot 693}{T} = 4$$

$$N = \frac{4T}{0 \cdot 693} = 6T \text{ அணுக்கள்.}$$

பாதிச் சிதைவு காலம் T கொண்ட அணுக்கள் 6T இருந்தால் தான் கதிரியக்கத்தைப் பதிவு செய்ய இயலும். மேலே பெற்ற முடிவை தனிமத்தின் நிறை A-யால் பெருக்கி அவொகாட்ரோ எண்ணால் வகுத்தால் ஐசோடோப்பின் எடை கிராமில் கிடைக்கும்.

எனவே கண்டறியக்கூடிய அளவில் கதிரியக்கங் கொண்டிருக்க குறைந்தபட்சம் TA 10^{-23} கிராம் பொருளாவது இருக்க வேண்டும்.

கார்பன்-14-ன் பாதிச் சிதைவு காலம் 5730 ஆண்டுகள். விநாடியில் சொன்னால் இது $1 \cdot 8 \times 10^{11}$ ஆகும். நிறை எண் 14. எனவே கண்டறியக்கூடிய அளவில் கதிரியக்கங் கொண்டிருக்க குறைந்தபட்சம் இருக்கவேண்டிய அளவு

$$1 \cdot 8 \times 10^{11} \times 14 \times 10^{-23} = \text{கிட்டத்தட்ட } 2 \times 10^{-11} \text{ கி.}$$

பாஸ்ஃபரஸ்-32-ன் பாதிச் சிதைவு காலம் 14·3 நாட்கள். இதன் நிறை எண் 32. எனவே இருக்கவேண்டிய குறைந்த பட்ச அளவு பாஸ்ஃபரஸ் $1{\cdot}3 \times 10^6 \times 32 \times 10^{-23} = 4 \times 10^{-16}$ கி. இவ்வளவாவது இருந்தால்தான் அதன் கதிரியக்கத்தை அளக்க முடியும். எனவே தடமறி முறையில் நாம் மிக நுண்ணளவு கதிரியக்க ஐசோடோப்பையே பயன் படுத்துகிறோம்.

நியமக் கதிரியக்கம் (Specific activity) என்பதனை நடைமுறையில் பயன்படுத்துகிறோம். ஒரு அலகு எடை கதிரியக்கப் பொருள் சிதைவுறும் வேகத்தை இது குறிக்கிறது. அதாவது மின்னேற்றங் கொண்ட துகள்கள் விடப்படும் வேகத்தையும் இது குறிக்கிறது. கதிரியக்கச் சிதைவைக் கண்டறிதல் இப்படி விடுபடும் துகள்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்ததாம்.

கதிரியக்கம் பற்றி படிக்கும்போது க்யூரி என்ற அலகைப் பற்றி தெரிந்திருக்க வேண்டுவது அவசியம். ஒரு விநாடிக்கு $3{\cdot}7 \times 10^{10}$ கதிரியக்கச் சிதைவைக் கொடுக்கக் கூடிய பொருளின் அளவைத்தான் க்யூரி என்கிறோம். மில்லி க்யூரி, மைக்ரோ க்யூரி என்ற அலகுகளும் நடைமுறையில் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. க்யூரியில் ஆயிரத்தில் ஒருபங்கு மில்லி க்யூரியாம். க்யூரியில் மில்லியனில் ஒரு பங்கு மைக்ரோ க்யூரி. விநாடிக்கு $3{\cdot}7 \times 10^7$ கதிரியக்கச் சிதைவைக் கொடுக்கும் கதிரியக்கப் பொருளின் அளவே மில்லி க்யூரியாம். மைக்ரோ க்யூரி அளவுள்ள பொருள் விநாடிக்கு $3{\cdot}7 \times 10^4$ கதிரியக்கச் சிதைவைக் கொடுக்கிறது.

ஒரு கிராம் அல்லது ஒரு மில்லி கிராம் கதிரியக்கப் பொருள் எத்தனை க்யூரிகள் அல்லது மில்லி க்யூரிகளைக் கொடுக்கிறது என்பதே அதன் நியம அளவு செயல் திறனாகும். ஒரு கிராம் அல்லது ஒரு மில்லிகிராம் என்பது கதிரியக்க மற்றும் நிலைத்த ஐசோடோப்புகளின் மொத்த எடையே. இந்த அடிப்படையில் தனி ரேடியத்தின் நியம செயல் திறன் ஒரு க்யூரியாகும்.

நியம அளவு செயல் திறனைப் பயன் படுத்துவதைக் கீழ்க் கண்ட மேற்கோளால் விளக்கலாம். மருத்துவத்தில் பெருவாரியாக பயன்படுத்தப்படும் பாஸ்ஃபரஸ்-32 ன் நியம அளவு செயல் திறன் கிராமுக்கு 50 மில்லி க்யூரிகளாம். எனவே ஒரு கிராம் பாஸ்ஃபரஸிலிருந்து விநாடிக்கு $50 \times 3{\cdot}7 \times 10^7 = 1{\cdot}85 \times 10^9$ கதிரியக்கச் சிதைவுகள் நிகழ்கின்றன. அதாவது ஒரு விநாடிக்கு $1{\cdot}85 \times 10^9$ β-துகள்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. விநாடிக்கு 4 துகள்கள் விடப்பட்டாலே பதிவுசெய்யலாம். எனவே தடம் அறி முறைக்கு பாஸ்ஃபரஸ் ஏற்றதாயிருக்கிறது.

ஒரு பொருளின் நியம அளவு செயல்திறனை கீழே காட்டிய வாறு கணக்கிடலாம்.

துகள்கள் விடப்படும் வேகம் $= \frac{0{\cdot}693}{T} N$

N = 1 கிராமில் இருக்கிற கதிரியக்க நியூக்லைடுகள்.

எனவே N-க்குப் பதில் $\frac{6{\cdot}02 \times 10^{23}}{A}$ போட்டால்

துகள் விடப்படும் வேகம் $\frac{0{\cdot}693 \times 6{\cdot}02 \times 10^{23}}{TA}$

$3{\cdot}70 \times 10^{10}$ ஆல் வகுத்தால் (Tயை வினாடியில் சொன்னால்) ஒரு கிராமுக்கு நியம அளவு செயல்திறன் க்யூரியில் கிடைக்கிறது. அதாவது தூய்மையான நியூக்லைடின் நியம அளவு செயல்திறன் கிராமுக்கு $\frac{1{\cdot}3 \times 10^{13}}{TA}$ க்யூரிகள்

பாஸ்ஃபரஸ் 32-ஐ எடுத்துக் கொண்டால் A-ன் மதிப்பு 32 ஆகும். இதன் பாதிச் சிதைவு காலம் (T) $1{\cdot}3 \times 10^{6}$ வினாடிகள். எனவே பாஸ்ஃபரஸ் 32-ன் நியம அளவு கதிரியக்கம்

$$\frac{1{\cdot}3 \times 10^{13}}{1{\cdot}3 \times 10^{6} \times 32} = \text{கிராமுக்கு } 2{\cdot}7 \times 10^{5} \text{ க்யூரிகள்}$$

பகுப்பறிதலில் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளை பயன் படுத்துதல்

மிகக் குறைவாகக் கரையும் உப்புகளின் கரைதிறனை நிர்ணயித்தல்: லெட் குரோமேட்டின் கரைதிறனைக் கண்டறியும் முறை வருமாறு: ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு லெட் நைட்ரேட்டுடன் கதிரியக்க லெட் (Pb^{212}) கொண்ட லெட் நைட்ரேட்டும் சேர்க்கப் படுகிறது. அந்தக் கலவையின் கதிரியக்கத் தன்மை அளக்கப் படுகிறது. எனவே ஒரு மில்லிகிராம் லெட்டில் இருக்கிற கதிரியக்கத் தன்மை தெரிகிறது. லெட் நைட்ரேட்டை நீரில் கரைத்து, பின்னர் லெட், லெட் குரோமேட்டாகவீழ்ப்படிவாக்கப் படுகிறது. இந்த லெட் குரோமேட்டிலிருந்து நீரில் அதனுடைய தெவிட்டிய (Saturated) கரைசல் தயாரிக்கப்படுகிறது. இக் கரைசல் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் சமநிலை (equilibrium) வரும்வரை வைத்திருந்து, ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு கரைசலை எடுத்துக் கொண்டு ஆவியாக்கவேண்டும். பெறப்படும் திண்ம லெட் குரோமேட்டின் கதிரியக்கத்தை அளந்து அதிலிருந்து மொத்த எடை கணக்கிடப்படுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு தெவிட்டிய கரைசலில் இருக்கிற லெட், குரோமேட்டின் அளவை. எனவே அதன் கரைதிறனைக் கணக்கிடலாம்.

ஒரு கரைசலில் மிக நுண்ணளவே இருக்கிற ஒரு பொருளின் அளவை நிர்ணயித்தல்: கரைசலில் மிக நுண்ணளவே இருக்கிற மக்னீசியத்தின் அளவை நிர்ணயிப்பதாகக் கொள்வோம். தெரிந்த அளவு பாஸ்ஃபரஸ்-32 கொண்ட டை சோடியம் ஹைட்ரஜன் பாஸ்ஃபேட் கரைசலைத் தயாரித்துக் கொள்ள வேண்டும். போதுமான அளவு இந்தக் கரைசலை மக்னீசியங் கொண்ட கரைசலுடன் சேர்த்து மக்னீசியம் $Mg [Na_2 Po_4]_2$ ஆக வீழ்ப்படிவாக்கப் படுகிறது. இந்த வீழ்ப்படிவைத் தனிப்படுத்தி அதன் கதிரியக்கச் செயல் அளக்கப்படுகிறது. அதிலிருந்து வீழ்படிவில் இருக்கிற மொத்த பாஸ்ஃபரத்தைக் கணக்கிடலாம். எனவே மக்னீசியத்தின் அளவையும் நிர்ணயிக்கலாம்.

பருமனறி பகுப்பில் ஐசோடோப் விளாவுதல் (Isotopic dilution) பயன் படுத்தப்படுகிறது. இம்முறையைக் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள எடுத்துக் காட்டு விளக்குகிறது. நம் உடலில் இருக்கும் நீரின் பருமனை எப்படி நிர்ணயிப்பது? கதிரியக்க ட்ரைட்டியம் கொண்ட ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுநீர் ஊசி மூலம் உடலில் செலுத்தப்படுகிறது. கிட்டத்தட்ட ஒருமணி நேரத்தில் இந்நீர் உடலின் எல்லாப்பகுதியிலும் சீராகக் கலந்திருக்கும். அதன்பின் கொஞ்சம் குருதியை வெளியில் எடுத்து அதிலிருந்து சீரத்தைப் பிரித்து எடுத்து அதிலிருக்கும் கதிரியக்கத் தன்மை அளக்கப்படுகிறது. செறிவு மாற்றத்திலிருந்து உடலின் நீரின் மொத்தப் பருமனைக் கணக்கிடலாம். ஐசோடோப்பின் செறிவு ஆயிரத்தில் ஒரு பங்காகக் குறைந்திருந்தால் உடல்நீரின் மொத்த பருமன் முதலில் உடலில் செலுத்தப்பட்ட நீரின் பருமனை போல் ஆயிரம் மடங்காகும்.

பென்ஸீனில் நீரின் கரைதிறன் மிகக் குறைவே. சாதாரண பௌதிக வேதியியல் முறைகளில் இதனை நிர்ணயிக்க முடியாது. கதிரியக்க ட்ரைட்டியங் கொண்ட ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு நீரை திட்டமான அளவு நீருடன் சேர்த்தால் அக்கலவை ஒரு திட்டமான அளவு கதிரியக்கங் கொண்டிருக்கிறது. பென்ஸீனுடன் இக்கலவையைச் சேர்த்து அதில் கரையும் நுண்ணளவு நீரின் அளவைக்கூட நிர்ணயித்து விடலாம்.

கிளர்வூட்டிப் பகுத்தல் (Activation analysis) : நியூட்ரான் கொண்டு தாக்கும்போது ஒரு தனிமத்திலிருக்கும் ஒன்று அல்லது அதற்கும் மேற்பட்ட ஐசோடோப்புகள் கதிரியக்கம் பெறுகின்றன. நியூட்ரானுக்குப் பதில் விரைவூக்கங் கொடுக்கப்பட்ட மின்னேற்றங் கொண்ட துகள்கள் அல்லது X-கதிர்களையும் பயன் படுத்தலாம். அம்மாதிரி கதிரியக்கம் ஊட்டப்பட்ட பொருளை

அதன் கதிரியக்கத்தைக் கொண்டு அடையாளங் காணல் இயலும். தெரிந்த அளவு தனிமத்தைக் கொண்டிருக்கிற பொருளை இதனுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்க வேண்டும். சோதனைப் பொருளைப் போலவே அதனையும் முழுதொத்த சூழலில் (Identical condition) கதிரியக்கம் பின் சோதனைப் பொருளுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவேண்டும்.

பாறைகள், மண்வகைகள், மணல் ஆகியவையும் கிளர்வு பெறச் செய்தபின் பகுத்தறியப் படுகின்றன. அவற்றில் நுண்ணளவில் இருக்கும் தனிமங்கள் கண்டறியப்படுகின்றன.

குற்றவியல் துறையிலும் இம்முறை பயன் படுத்தப்படுகிறது. அபினி, கஞ்சா போன்ற பொருள்கள் அவைப் பயிரிடப் படும் மண்ணின் அமைப்பைப் பொறுத்து சில நுண்ணளவு பிரத்தியேக மான தனிமங்களைக் கொண்டிருக்கின்றன. எனவே இப்பொருள் களைக் கிளர்வூட்டிப் பகுத்து அவை எந்த நாட்டிலிருந்து கடத்தப் பட்டவை என்பதனை உறுதிப் படுத்தலாம்.

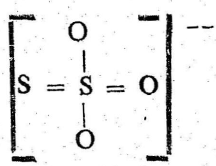
மனித முடியில் (hair) நுண்ணளவில் சில தனிமங்கள் காணப் படுகின்றன. இருக்கிற இத்தனிமங்களின் அளவு நபருக்கு நபர் வேறுபடுகிறது. முடியின் ஆக்க அமைவு (composition) ஒவ் வொருவருக்கும் ஒவ்வொரு மாதிரி இருக்கிறது. இரண்டு நபர் களின் கைநாட்டுப்பதிவு (finger prints) ஒத்திருப்பதை நாம் காண முடியாது. முடியின் ஆக்க அமைவும் அதுபோலத்தான். அமெரிக்கா, கனடா எல்லையில் ஒரு இளம் பெண் கொல்லப்பட்டு கிடந்தாள். கொலை செய்தவர் பற்றிய தகவல் கிடைக்கவில்லை. ஆனால் கொல்லப்பட்டு கிடந்த அவளின் கைவிரல்களுக் கிடையே இரண்டொரு முடிகள் சிக்கியிருந்தன. இந்த முடிகளை நியூட்ரான் களின் தாக்குதல்களுக்கு உட்படுத்தி அவை விடும் காமாக் கதிர்கள் ஆராயப்பட்டன. அவளுடைய முன்னாள் காதலனின் தலையிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட முடிகளும் நியூட்ரான்களின் தாக்கு தலுக்கு உள்ளாக்கப்பட்டன. அவை விட்ட காமாக் கதிர்கள், பெண்ணின் கையில்சிக்கியிருந்த முடிகள் விட்ட காமாக் கதிர்களை ஒத்திருந்தன. கொலையாளி அந்த முன்னாள் காதலனே என்று உறுதி படுத்தப்பட்டது. இம்மாதிரி இன்னும்பல வகைகளில் கிளர்வூட்டிப் பகுத்தல் முறை பயன்பட்டு வருகிறது.

வேதியியலில்

சேர்மங்களின் அமைப்பை உறுதிப்படுத்தவும் கதிரியக்கத் தனிமங்களைப் பயன்படுத்துகிறோம். தயோசல்ஃபேட் அயனியின் அமைப்பை உறுதிப்படுத்தும் முறை வருமாறு: சல்ஃபர் தூளை கதிரியக்க சல்ஃபர் கொண்ட சல்ஃபைட்டுடன் சேர்த்து வெப்ப மாக்கும்போது தயோசல்ஃபேட் அயனி உண்டாக்கப்படுகிறது.

$$S + {}^{*}SO_3^{--} \rightleftharpoons S_2{}^{*}O_3^{--}$$

கதிரியக்க சல்ஃபர் கொண்ட தயோசல்ஃபேட்டுடன் நீர்த்த அமிலங்களைச் சேர்த்தால் அது சல்ஃபராகவும் சல்ஃபைட் அயனியாகவும் பிரிகிறது. கதிரியக்க சல்ஃபர் சல்ஃபைட் அயனியிலேயே இணைந்து நிற்கிறது. கதிரியக்க சல்ஃபர் இணைந்திருக்கும் நிலை தயோ சல்ஃபேட்டை உண்டாக்கும்போதும் அதன் பிரிகையின் போதும் பாதிக்கப்படாமல் இருக்கிறது. எனவே தயோ சல்ஃபேட்டில் இரண்டு சல்ஃபர் அணுக்களும் ஒரேமாதிரியாக பிணைக்கப்பட்டில்லை என்பது தெரிகிறது. ஒரே மாதிரி பிணைந்திருக்குமானல் பிரிகையின் போதுவரும் சல்ஃபரில் கதிரியக்கம் இருந்திருக்க வேண்டும். தயோ சல்ஃபேட்டில் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல் இரண்டு சல்ஃபர் அணுக்களும் மாறுபட்டு அமைந்திருக்கின்றன.



இம்மாதிரியே Pb_2O_3-ல் இருக்கிற இரண்டு லெட் அணுக்களும் வைக்கப்பட்டிருக்கும் முறையில் மாறுபட்டிருக்கின்றன என்பதை தடமறி முறையில் நிரூபிக்கலாம்.

வினை வழிமுறையை உறுதிப்படுத்தல் கரிம வேதியியலில் வினை வழி முறைகளை அறிய கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

ஆக்ஸிஜனின் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் வேகமாக கதிரியக்கச் சிதைவுறுகின்றன. எனவே தடமறி தனிம முறையில் நிலைத்த ஐசோடோப்பான O^{18} தான் பயன்படுத்தப்படுகிறது. எஸ்ட்டர்கள் நீராற் பகுக்கப்படும் வினைவழியைக் கண்டறியும் முறை இங்கே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. எஸ்ட்டருடன் O^{18}-கொண்ட நீர் சேர்த்து நீரால் பகுக்கப்படுகிறது.

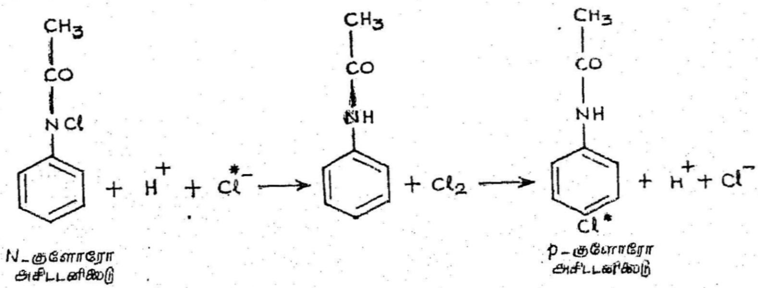
$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OR^1 + H-\overset{**}{O}-H \rightleftharpoons R-C{\overset{\,/\!/O}{\underset{\setminus \overset{*}{O}H}{}}} + R^1OH$$

உண்டாக்கப்படும் அமிலத்தில்தான் O^{18} இருக்கிறது. எனவே $-OR^1$ தொகுதியை $-O^{*}H$ தொகுதி பதிலீடு செய்வது இதிலிருந்து தெரிகிறது.

N-குளோரோ அசிட்டனிலைடு ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்தில் p-குளோரோ அசிட்டனிலைடாக மாற்றம் உறுவது இரண்டு வகைகளாக நிகழ்வதாகக்கொள்ளலாம்.

ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தின் குளோரின் சம்பந்தப் படாத மூலக்கூறு உட்சார்ந்த (Intramolecular) வழிமுறை ஒன்று.

இன்னொரு வகை வழிமுறை மூலக்கூறுகள் இடைப்பட்ட ஒன்று. இதன்படி வினை கீழ்க்கண்டவாறு நிகழ்வதாகக் கொள்ளலாம்.



படம் 76 A

கதிரியக்கக் குளோரின் கொண்ட ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்தை பயன்படுத்தினால், வருகின்ற p-குளோரோ அசிட்டனிலைடு கதிரியக்கத் தன்மையைக் கொண்டிருக்கிறது. எனவே ஹைட்ரோ குளோரிக் அமில குளோரின் வளையத்தில் (ring) பதிவீடு செய்யப்படுகிறது. எனவே இந்த வழிமுறையிலே தான் வினை நிகழ்கிறதெனலாம்.

நிலவியலில்

நிலத்துக் கடியில் பெட்ரோலியம் காணப்படுகிறதா என்பதை உறுதிப்படுத்த செய்து பார்க்கப்படும் சோதனை வருமாறு:

ஒரு சோதனைக் கிணற்றின் கீழ் துரித நியூட்ரான்களை உண்டாக்கும் சாதனமும் காமாக் கதிர்களை அளந்தறியும் சாதனமும் இறக்கி விடப் படுகின்றன. விடப்படும் நியூட்ரான்கள் சுற்றியுள்ள பாறைகளின் ஊடே செல்கின்றன, வேகம் மட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. பாறையின் அணுக்களால் நியூட்ரான்கள் உட்கிரகிக்கப் பட்டு காமாக்கதிர்கள் வெளிப்படுகின்றன. வெவ்வேறு வகைப் பாறைகள் வேவ்வேறு அளவில் நியூட்ரான்களின் வேகத்தை மட்டுப்படுத்துகின்றன. எனவே வெளிப்படும் காமாக் கதிர்களின் செறிவில் வேறுபாடுகள் இருக்கக் காண்கிறோம். பெட்ரோலியம் கொண்ட பாறையின் வழி நியூட்ரான்கள் செல்கையில் அவற்றின் வேகம் அதிகப் படியாக மட்டுப்படுத்தப்படுகிறது என்ற முடிவிலிருந்து எண்ணெயுள்ள பகுதியைக் கண்டறிதல் இயலும்.

நிலத்துக்கடியில் நீர்ப்பகுதி, எண்ணெய்ப்பகுதி இவற்றுக்கு இடைப்பட்ட தூரத்தை நிர்ணயிக்கவும் இம்முறை கையாளப் படுகிறது. நியூட்ரான் தாக்குதலால் நீரில் இருக்கும் சோடியம் கதிரியக்கத் தன்மைப்பெறுகிறது. பெட்ரோலியத்தில் சோடியம் இல்லை. எனவே அதிலிருந்து கதிரியக்கம் வெளிப்படாது. எனவே இத்தன்மையைக் கொண்டு இடைவெளியைக் கண்டு கொள்ள லாம்.

தொல்பொருள் ஆராய்ச்சியில்

யுரேனியம், ரேடியம், ரேடான் போன்ற தனிமங்கள் இயற் கையாகவே கதிரியக்கத் தன்மை கொண்டவை. கதிரியக்கத் தன்மை ஒரு நியதிக்கு உட்பட்டு நிகழ்வதைக் காண்கிறோம். ஒவ் வொரு தனிமமும் சிறப்பான பாதிச் சிதைவு காலத்தைக் கொண்டிருக்கிறது. ஒரு கதிரியக்கத் தனிமம் அதன் அளவில் பாதியாகச் சிதைய எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம்தான் பாதிச் சிதைவு காலம். ரேடியத்தின் பாதிச் சிதைவு காலம் 1590 ஆண்டு கள். கதிரியக்கக் கார்பனின் பாதிச் சிதைவு காலம் 5730 ஆண்டுகள்.

மனித ஆற்றலால் கதிரியக்க வேகத்தை மாற்ற முடியாது. கதிரியக்கப் பொருள்களைப் பழுக்கக் காய்ச்சினாலும், அதிக அழுத் தத்திற்கு உட்படுத்தினாலும், அவை வழி மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சி னாலும் சரி, கதிரியக்க வேகம் மாறுவதில்லை.

இயற்கையிலேயே கதிரியக்கக் கார்பன் காணப்படுகிறது. காஸ்மிக் கதிர்கள் மண்டலவளியின் மேற்பரப்பில் இருக்கும் நைட்ரஜன் மீது விழும்போது கதிரியக்கக் கார்பன் உண்டாகிறது. காற்றிலிருக்கும் கதிரியக்கக் கார்பனின் அளவு மாறுமல் இருக் கிறது. கதிரியக்கக் கார்பன் ஆக்ஸிஜனுடன் சேர்ந்து கதிரியக்கக் கார்பன்-டை-யாக்ஸைடைக் கொடுக்கிறது. தாவர இனங்கள் சாதாரண கார்பன் டை யாக்ஸைடுடன் இதனையும் ஏற்று வளர் கின்றன. இம்மாதிரியாக கதிரியக்க கார்பன் அணுக்கள் தாவரங் களைச் சென்றடைகின்றன. பின்னர் தாவரங்களிலிருந்து விலங் கினங்களைச் சென்றடைகின்றன.

தாவரங்களும், விலங்கினங்களும் உயிருடன் உள்ளவரை (உணவு உட்கொண்டிருக்கும் வரை) அவற்றிலிருக்கும் கதிரியக் கக் கார்பனுக்கும் சாதாரண கார்பனுக்கும் உள்ள விகிதம் நிலை யானதாக இருக்கிறது. எந்த ஒரு தாவரம் அல்லது விலங்கி னத்தை எடுத்துக் கொண்டாலும் அதன் ஒரு கிராம் கார்பனில் 50,000 மில்லியன் கதிரியக்கக் கார்பன் அணுக்கள் இருக்கின்றன.

தாவரமோ, விலங்கினமோ இறந்துபட்ட உடன் வெளியுல கத்திலிருந்து கதிரியக்கக் கார்பனை ஏற்பது அதோடு நின்று

விடுகிறது. இந்த கட்டத்தில் தான் அணுக்கடியாரத்தின் வேலை தொடங்குகிறது. நிலைத்த இயல்பற்ற கார்பன் (கதிரியக்கக் கார்பன்) சிதைவுறுவதால் அதன் அளவு குறைந்து கொண்டே போகிறது.

5730 ஆண்டுகளில் பாதியாகவும்

11460 ஆண்டுகளில் கால்பகுதியாகவும்

17190 ஆண்டுகளில் $\frac{1}{8}$ பகுதியாகவும் குறைந்து கொண்டே போகிறது. இந்த சிறப்பான தன்மையிலிருந்து மிகத்துல்லிய மாக ஒரு விலங்கினம் அல்லது தாவரம் எவ்வளவு ஆண்டுகளுக்கு முன் இறந்துபட்டது என்று கூறிவிடலாம். வரலாற்று அறிஞர் களுக்கும் தொல் பொருள் ஆராய்ச்சியாளர்களுக்கும் இம்முறை பெரிதும் பயன்பட்டு வருகிறது.

எகிப்தில் கல்லறை ஒன்றிலிருந்து ஒரு மரத்துண்டின் காலம் கீழ்க்கண்டவாறு உறுதிபடுத்தப்பட்டது. அந்த மரத்துண்டின் ஒரு கிராம் கார்பனில் இருக்கும் கதிரியக்கக் கார்பனின் எண் ணிக்கை நிர்ணயிக்கப்பட்டது. புதிதாக வெட்டப்பட்ட மரத்தின் ஒரு கிராம் கார்பனில் இருக்கிற கதிரியக்கக் கார்பனோடு ஒப்பிட் டுப் பார்த்து அம்மரத் துண்டின் வயது 3620 ஆண்டுகள் என்று கணக்கிட்டார்கள். இம்மாதிரியே பனியில் புதையுண்ட ஒரு விலங்கினம் 12000 ஆண்டுகளுக்கு முன் இறந்துபட்டிருக்க வேண் டும் என்று முடிவு செய்யப்பட்டது.

விலங்கினம், அல்லது தாவரத்தின் ஒரு பகுதியை எரித்து கரியாக்கி அதில் ஒரு கிராமை எண்கருவி இருக்கிற பாத்திரத் தில் வைத்து கதிரியக்கச் சிதைவைப் பதிவு செய்யலாம். புதிதாக வெட்டப்பட்ட தாவரம் அல்லது விலங்கினத்தின் 1-கிராம் கார் பனில் இருக்கும் கதிரியக்கத்துடன் ஒப்பிட்டு, காலத்தை நிர்ண யிக்கலாம்

கனிமங்களின் (Minerals) வயதை நிர்ணயித்தல்

யுரேனியம் அல்லது தோரியம் கொண்ட தாதுக்களில் இருக் கும் ஹீலியம் வாயுவின் அளவை நிர்ணயித்து கனிமத்தின் வயதைக் கணக்கிடலாம். ஹீலியம் α-துகள்களிலிருந்து வந்திருக்க வேண்டும். அப்படி உண்டான ஹீலியம் கனிமத்தைப் போலவே அமைப்பைக் கொண்ட கருங்கல் பாறை இடுக்குகளில் பிடித்து வைக்கப்படுகிறது. அந்த ஹீலியத்தின் அளவைக் கண்டறிந்து அது உண்டாக்கப்பட்ட காலத்தை நிர்ணயிக்கலாம்.

எடுத்துக் காட்டாக, ஒரு ஆண்டில் ஒரு கிராம் யுரேனியம், கதிரியக்கச் சிதைவுப் பொருள்களுடனும் கிட்டதட்ட 10^{-7} க.செ. மீ. ஹீலியம் வாயுவுடனும் சமநிலையில் (equilibrium) இருக்க

வல்லது. ஒரு கிராம் தோரியத்திலிருந்து இதில் $\frac{1}{3}$ பங்கு ஹீலியம் மட்டும் கிடைக்கிறது. எனவே தோரியத்தின் எடையில் $\frac{1}{3}$ பங்குக்கு சமான அளவில் யுரேனியம் இருப்பதாகக் கொள்ளலாம்.

கனிமத்தில் இருக்கின்ற ஹீலியத்தின் அளவையும், அதிலிருக்கும் யுரேனியம் தோரியம் ஆகியவற்றின் அளவுகளையும் நிர்ணயிக்க வேண்டும். ஒரு கிராம் தாதுவில் இருக்கிற யுரேனியத்தின் சமான அளவு (u + 0·3Th) என்றால் கனிமத்தின்

வயது $= \frac{10^7 \times}{u + 0 \cdot 3Th}$ (1கிராம் கனிமத்தில் கனசென்டி மீட்டரில் ஹீலியம்)

தொழில் துறையில்

தொழிற் துறையில் ஆராய்ச்சிக்கும் தர கட்டுப்பாட்டிற்கும் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, என்ஜினில் பிஸ்டன் வளையங்களின் தேய்மானத்தைப் பற்றிய ஆய்வு நிகழ்த்தப்படும் முறையைக் கீழே காண்க. பிஸ்டன் வளையங்களை நியூட்ரான்களின் தாக்குதலுக்கு உள்ளாக்கி கதிரியக்கத் தன்மை ஊட்டப்படுகிறது. உள்தகன என்ஜினின் சிலிண்டரில் இந்த வளையம் பொருத்தப்படுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட மசகெண்ணெய் (Lubricating oil)யைப் பயன்படுத்தி என்ஜின் இயல்பாக இயக்கப்படுகிறது. மசகெண்ணெய்யால் நீக்கப்படும் கதிரியக்கத் தன்மையைக் கொண்டு பிஸ்டன் வளையம் தேய்மான வேகம் அறியப்படுகிறது. எனவே மசகெண்ணெய்யின் தரத்தை, பிஸ்டன் வளையங்களின் தரத்தை இம்மாதிரிச் சோதனைகளிலிருந்து மேம்படுத்த இயலும்.

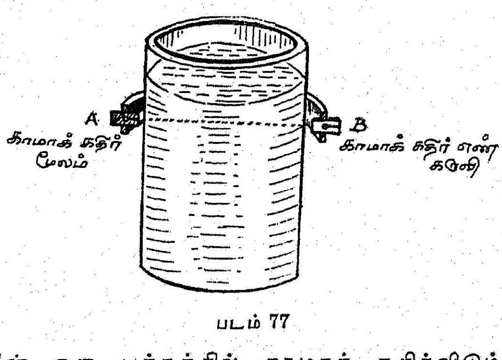
தூளான இரும்பு தாதை (Iron ore) அப்படியே ஊதுஉலையில் (Blast Furnace) பயன்படுத்த இயலுமா? அல்லது அது ஊதுஉலை அனற்காற்றில் பறந்துவிடுமா? இதற்கு விடை காணக் கதிரியக்கம் பயன்படுகிறது. சிறிதளவு தூளான இரும்புத் தாது (Iron ore) நியூட்ரான்களின் தாக்குதலுக்கு உள்ளாக்கப்பட்டு கதிரியக்கத் தன்மை பெறுகிறது. இதனை அதிக அளவு தூள் நிலையிலுள்ள தாதுவோடு கலந்து ஊதுலையில் இட்டு இரும்பாக்கி அப்படி பெறப்படும் வார்ப்பிரும்பு, கசடு (Slag) உலையின் மேற்பகுதியிலிருந்து வெளிப்படும் தூசி ஆகியவற்றில் கதிரியக்கத் தன்மை நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. தாதுவில் 60 சதம் வார்ப்பிரும்பு வடிவத்தில் இருக்கிறது. எனவே தூள் நிலையில் இரும்புத் தாதுவைப் பயன்படுத்தினால் ஏற்படும் இழப்பு கணிசமானது என்பது தெரிகிறது.

மூடிய எண்ணெய்த் தொட்டியில் எண்ணெய் மட்டத்தை வெளியிலிருந்தபடியே கண்டறியவும் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பயன்

படுத்தப்படுகின்றன. எண்ணெய் பரப்பில் கதிரியக்க ஐசோடோப்பு கொண்ட ஒரு மிதப்பு மிதந்துகொண்டிருக்கும். அதிலிருந்து வெளிப்படும் கதிரியக்கத்தை வெளியிலிருந்தபடியே எண் கருவி கொண்டு பதிவு செய்வதன் மூலம் எண்ணெயின் மட்டத்தைக் கண்டுகொள்ளலாம்.

எண்ணெய்களை எடுத்துச் செல்ல பல நூறு மைல்கள் நீளம் எண்ணெய்க் குழாய் அமைக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு வகை எண்ணெய்க்கும் ஒரு குழாய் என்று அமைத்துக்கொள்வது சாத்தியமில்லை. ஒரே குழாய் வழி அடுத்தடுத்து மண்ணெண்ணெய், மசகெண்ணெய் பெட்ரோல் மற்றும் சுத்திகரிக்கப்படாத எண்ணெய் ஆகிய எல்லாமே எடுத்துச்செல்லப்படுகின்றன. ஒருவகை எண்ணெய்யை அடுத்து இன்னொருவகை பம்ப் செய்யப்படுகிறது. இவை இரண்டின் சந்திப்பில் கதிரியக்க பிஸ்மத் இடப்படுகிறது. இரண்டு மாறுபட்ட எண்ணெய்களின் சந்திப்பில் இருந்தபடி பிஸ்மத் பல மைல்கள் பயணம் செய்கிறது. மறுகோடியில் எண் கருவியுடன் ஒருவர் காத்திருப்பார். எண்ணெய்களின் சந்திப்பு மறுகோடியை அடையும்போது கதிரியக்கம் குழாயின் ஊடே வெளிவந்து எண் கருவியால் பதிவாக்கப்படும். எனவே உரிய வால்வைத் திருப்பி இரண்டாவதாக வரும் எண்ணெய்யை இன்னொரு தொட்டியில் சேகரிக்கலாம்.

ஊது உலைகளில் (Blast Furnace) இடப்பட்ட இரும்புத் தாது, சுண்ணாம்புக்கல், கல்கரி (Coke) ஆகியவற்றின் மட்டத்தைக் கண்டறியவுங் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பயன்படுகின்றன.

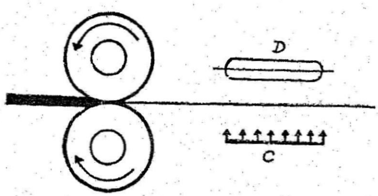


படம் 77

உலையின் ஒரு பக்கத்தில் காமாக் கதிர்விடும் கதிரியக்க ஐசோடோப்பை (கோபால்ட்-60) வைத்து இன்னொரு பக்கத்தில் படத்தில் காட்டியபடி கெய்கர் முல்லர் எண்கருவியை வைத்தால் **AB** மட்டத்திற்கு கீழே ஊது உலையினுள்ளே இடப்பட்ட பொருள் சென்றால், காமாக் கதிர் ஒரு பக்கத்திலிருந்து இன்னொரு பக்கத்

துக்கு எளிதாக ஊடுருவிச் சென்று பதிவு செய்யப்படுகிறது. AB-மட்டத்திற்குமேல் பொருள் இருந்தால் காமாக் கதிர்கள் கிரகிக்கப்பட்டு எண் கருவியை அடைய முடியாமல் போகும். AB மட்டத்திற்கு, உள்ளே இடப்பட்டப் பொருள்கள் வரவில்லை என்றால் தானியங்கி செயல்பட்டு அந்த மட்டத்திற்கு நிரப்பப்படுகிறது.

உற்பத்தித்துறையில் தரக்கட்டுப்பாட்டிற்கும் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கதிரியக்கக் கதிர்வீச்சு கிரகிக்கப்படுவது கதிர்வீச்சை மட்டும் பொறுத்ததல்ல. கிரகிக்கும் ஊடகத்தின் இயைபு (composition) அடர்வு மற்றும் தடிப்பு ஆகியவற்றையும் பொறுத்தது. கதிர்வீச்சைக் கிரகிப்பது பொருளின் தடிப்பைப் பொறுத்தது என்ற அடிப்படையில் உலோகத் தகடுகள் போன்றவற்றின் தடிப்பு சீராக அமைய கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளைப் பயன்படுத்துகிறோம். உலோகத் தகடுகளில் தடிப்பு குறைவாக இருப்பதால் சிறிது அழுத்த வேறுபாடுகள் இருந்தால்கூட அவற்றின் தடிப்புகள் மாறிவிடலாம். Ca^{45}, Tl^{206} மற்றும் Sr^{89} போன்ற ஐசோடோப்புகள் β-துகள்கள் விடுபவை. இந்த ஐசோடோப்புகளிலிருந்து (C) வெளிப்படும் β-துகள்களை ஒரு குறிப்பிட்ட தடிப்புள்ள உலோகத் தகடு கிரகித்து விடுவதாக வைத்துக் கொள்வோம். உலோகத் தகட்டின் தடிப்பு குறையுமானால் β-துகள்களைக் கிரகிப்பது பாதிக்கப்படுகிறது. இதனை எண் கருவி (D) காட்டிவிடும்.



படம் 78

அது மட்டுமல்ல உலோகத் தகட்டைத் தொடாமலேயே அதனுடைய தடிப்பை நிர்ணயிக்க முடியும்.

சில சமயங்களில் ஒரு பொருளுக்குக் கொடுக்கப்படும் பூச்சின் (coating) தடிப்பு ஒரே சீராக இருக்க வேண்டியுள்ளது. செயற்கைப் பட்டு தயாரிப்பில் நூல் இழையின்மேல் சோடியம் ஒலியேட் என்ற பொருளைக் கொண்டு பூச்சு கொடுக்க வேண்டியுள்ளது. பூச்சு ஒரே சீராக இருந்தாலன்றி நிறம் சீராக இருக்காது. அப்படிப்பட்ட இழைகளை ஒதுக்கித் தள்ள வேண்டி வரும். சோடியம் ஒலியேட்டுடன் கதிரியக்க சோடியம் கொண்ட கலவைச்

சேர்க்கப்படுகிறது. வெளிப்படும் இழையின் அருகே எண் கருவி வைக்கப்படுகிறது. நியம நிலையிலிருந்து பூச்சின் தடிப்பு மாறுவதை எண் கருவி காட்டிவிடும். இதைத் தொடர்ந்து தானியங்கி செயல்பட்டு சோடியம் ஒலியேட்டின் ஊடே செல்லும் வேகம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. பூச்சின் (Coating) தடிப்பு தேவைக்கு அதிகமானால் இழையின் வேகம் அதிகரிக்கப்படும். எனவே இலேசான பூச்சு கொடுக்க ஏதுவாகும்.

அணு மின்கல தயாரிப்பு

நம்மைச் சுற்றியுள்ள பல திறப்பட்ட பொருள்களில் குறை கடத்திகள் (Semi Conductor) எனப்படுபவை பல இருக்கின்றன. மின்சாரத்தைக் கடத்தும் மின் கடத்திகள் மின்சாரத்தைக் கடத்தாத அரிதிற் கடத்திகள் ஆகிய இரண்டிற்கும் இடைப்பட்டவை இவை. இவை உலோகங்களை விட மிகக் குறைவாகவே மின்சாரத்தைக் கடத்துகின்றன. இம்மாதிரியான பொருள்களில் சில் சிலிக்கான், செலினியம், ஜெர்மானியம், போரான், ஆர்சினிக் ஆகியவைகளாம். சில உலோக ஆக்ஸைடுகளும், சல்ஃபைடுகளும் தனிமப்பொருள்களும், உலோகக் கலவைகளும் கூட குறைகடத்திகளாக இருக்கின்றன.

மின்சாரம் உலோகக் கம்பியில் செல்லும் போது எலக்ட்ரான்கள் ஒரு திசையில் செல்கின்றன. நிலைமையைப் பொறுத்து குறை கடத்திகளில் எலெக்ட்ரான்கள் இருக்கலாம் அல்லது இல்லாமலும் இருக்கலாம். தாழ்ந்த வெப்ப நிலையில் குறை கடத்திகளில் எலெக்ட்ரான்கள் இருப்பதில்லை. அப்போது அவை மின்சாரத்தைக் கடத்துவதில்லை. ஆனால் குறைகடத்திகளை வெப்பமாக்கினால் அவற்றில் எலெக்ட்ரான்கள் உண்டாகின்றன. அப்போது மின்சாரத்தைக் கடத்தும் இயல்பைப் பெறுகின்றன. குறை கடத்திகளின் மீது ஒளி பட்டாலும் கதிரியக்கக்கதிர்களை விழச்செய்தாலும் அவை மின் கடத்தும் தன்மையைப் பெறுகின்றன. இந்த அடிப்படையில்தான் அணுமின் கலன்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன.

ஒரு குறை கடத்தி தகட்டின் மீது ஸ்ட்ரான்ஷியம்-90 ஐசோடோப்புகள் படியவைக்கப்படுகின்றன. அம்மாதிரி செய்யும் போது ஒரு திசைப்படுத்தப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் தோன்றுகின்றன. Sr^{90} அணு உலையிலிருந்து பெறப்படும்ஒருபொருள். இது β-துகளை விடுவதால் தீமைப் பயப்பதில்லை. கதிரியக்க ஸ்ட்ரான்ஷியத்திலிருந்து வெளிப்படும் அதிவேக β-துகள்கள் குறை கடத்திகளிலிருந்து ஒரு திசைப்படுத்தப்பட்ட மிக அதிகமான எலெக்ட்ரான்களை உண்டாக்குகின்றன.

பல அணு மின்கலங்களை இணைத்து மின் அடுக்கை உண்டாக்கி அதிக மின்சாரத்தைப் பெறலாம். அணு மின்கலங்கள் மிகச் சிறியவை, இலேசானவை. நன்ருக உழைப்பவை, எந்த ஒரு பகுதியையும் புதுப்பிக்காமலேயே பல ஆண்டுகள் இவற்றை பயன்படுத்தலாம்.

வேளாண்மையில்

பெருகிவரும் மக்கள் தொகையைச் சமாளிக்க நாம் பசுமைப் புரட்சியில் மிகுந்த அக்கறை காட்டியே ஆக வேண்டும். இதற்காக நாம் அறிவியலின் துணையை நாடுகிருேம்.

கதிரியக்க கோபால்ட் கொண்டு கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்ட சோளம் 15சதம் அதிக மகசூலைத் தருகிறது. கேரட் விதைகளை கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தி 25 சதம் அதிக மகசூல் பெறப்படுகிறது. கதிரியக்கப் பொருள்களின் கரைசல்களால் ஈரமாக்கி விதைகள் கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தப் படுகின்றன. அப்படி செய்யும்போது செடியின் மரபியல் தன்மையே மாறுகிறது. பயிரின் இலை, மலர், தண்டு இவற்றின் அமைப்புகள் மாற்றம் அடைகின்றன. அதிவிரைவில் அறுவடைக்கு வருகிறது. நோயால் பாதிக்கப்படாத இயல்பைப் பெறுகிறது.

கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்ட முள்ளங்கி, பட்டாணி, கேரட், வெள்ளரி, தக்காளி ஆகிய பயிர்களில் செல்பகுப்பு வேகமாக நிகழ்வது தெரியவந்திருக்கிறது. எனவேதான் இப்பயிர்களின் வளர்ச்சியும் துரிதப்படுத்தப்படுகிறது.

கதிரியக்கக் கதிர்களைப் பயன்படுத்தும் இன்னெரு முறை வருமாறு: செடி வளரும் மண்ணிலேயே நுண் எருவாக (Micro fertilizer) கதிரியக்கப் பொருள் இடப்படுகிறது. கோதுமை மற்றும் காய்கறிகள் ஆகியவற்றின் மக்சூலை இம்மாதிரியான நுண் எருக்கள் இரட்டிப்பாக்கின. ஆப்பிள், திராட்சை ஆகியவற்றின் மகசூலும் அதிகரித்தது.

பயிர்களுக்கு எந்தப் பருவத்தில் உரம் இடவேண்டும்? தடம் அறி தனிமங்களைப் பயன் படுத்தி இவ்வினவிற்கு விடையைக் கண்டறியலாம். இந்த ஆய்வுக்குப் பயன்படும் தடம் அறி தனிமம் பாஸ்ஃபரஸ் -32 ஆகும். சூப்பர் பாஸ்ஃபேட் உரத்துடன் கதிரியக்க பாஸ்ஃபரஸ் கொண்ட பாஸ்ஃபேட் சேர்க்கப்படுகிறது. இந்த உரம் ஒரு குறிப்பிட்ட பயிர் இருக்கிற சோதனை வயலில் இடப்படுகிறது. எவ்வளவு ஆழத்தில் உரமிட்டால் நல்ல பலன் கிடைக்கும் என்பதை அறிய வெவ்வேறு ஆழத்தில் ஆங்காங்கே கதிரியக்க பாஸஃபரஸ் கொண்ட உரம் இடப்படுகிறது. எண்

கருவியைக் கொண்டு எந்தப்பயிரில் முதன் முதலில் கதிரியக்கம் இலையை வந்தடைகிறது என்பது அறியப்படுகிறது.

வேர்கள் உரத்தைத் தொட்டால்தான் கதிரியக்க அணுக்கள் பயிரைச் சென்றடையும். வேர்கள் உரம் வரை செல்லாவிட்டால் இலைகளின் அருகே வைக்கப்பட்ட எண்கருவியில் கதிரியக்கம் பதிவு செய்யப்படமாட்டாது. கதிரியக்கப் பாஸ்ஃபரஸோடு சூப்பர் பாஸ்ஃபேட் பயிரைச் சென்றடையும் போது இலையின் அருகே வைக்கப்பட்ட எண்கருவி கதிரியக்கத்தைப் பதிவு செய்யும்.

இம்மாதிரி சோதனைகளிலிருந்து பெறப்பட்ட முடிவு, பழ மரங்களின் மீது பாஸ்ஃபேட் கரைசல்களைத் தெளிப்பதில் பயனில்லை. 30லிருந்து 35 செ.மீ ஆழத்தில் குழிகளில் உரத்தை இட்டால் நல்ல பலன் கிடைக்கிறது. இம்மாதிரியான சோதனைகளின் பயனாகப் பெறப்படும்முடிவுகளாவன, பருத்தி விதைகளை நடும் போதே அவற்றுடன் உரம் இடல் நலம். சிறுதானியப் பயிர்களுக்கு வயல் முழுதும் உரத்தைப் பரப்புதல் விரையம். ஆங்காங்கே குழிகளில் உரத்தை இட்டால் நல்ல பலன் கிடைக்கிறது.

பயிர் மண்ணிலிருந்து எவ்வளவு பாஸ்ஃபரஸை எப்போது எடுத்துக் கொள்கிறது, இடப்படும் உரத்திலிருந்து எவ்வளவு பாஸ்ஃபரஸை எடுத்துக் கொள்கிறது என்பதைக் கண்டறியவும் P^{32}-தடமறித்தனிமம் பயன்படுகிறது. சோதனையிலிருந்து பெறப்பட்ட முடிவுகளாவன: கோதுமைப் பயிர் முதல் மூன்று வாரங்களில் தேவைப்படும் பாஸ்ஃபரஸ் அனைத்தையும் உரத்திலிருந்து எடுத்துக் கொள்கிறது. அதற்குப் பின் மண்ணிலிருந்து எடுத்துக் கொள்ளும் பாஸ்ஃபரஸின் அளவு அதிகரிக்கிறது. இரண்டு மாதங்களுக்குப் பின் அப்பயிர் மண்ணிலிருக்கும் பாஸ்ஃபரஸைக் கொண்டே வளருகிறது. இதே மாதிரிதான் சோளமும், எனவே இப்பயிர்களுக்கு இளம் பருவத்தில்மட்டும் சூப்பர் பாஸ்ஃபேட் உரம் இட்டால் போதும். ஆனால் உருளைக் கிழங்கு உரத்திலிருந்தும் மண்ணிலிருந்தும் பாஸ்பரஸை எடுத்துக்கொண்டே வளருகிறது. மொட்டுவிடும் சமயத்தில் பருத்தி இலைகள்மீது உரத்தைத் தெளிப்பது நல்ல பலனைத் தருகிறது. இலையின் மீது தெளிக்கப்பட்ட கதிரியக்கப் பாஸ்ஃபரஸ் சில மணி நேரத்தில் தண்டிலும், செடியின் வேரிலும் காணப்பட்டது.

பயிர்களுக்கும், கால்நடைகளுக்கும் நாசம் விளைவிக்கும் பூச்சிகளின் இனவிருத்தியை மட்டுப் படுத்தவும் கதிரியக்கம் பயன் படுகிறது. சோதனைக் கூடங்களில் நாசம் செய்யும் பூச்சி

இனத்தின் ஏராளமான ஆண் வர்க்கங்களை கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தி மலட்டுத் தன்மை உண்டாக்கப்படுகிறது. பின்னர் இவை வெளியில் விடப்படுகின்றன. இயல்பான பெண் பூச்சிகளுடன் கூடி இணைந்தாலும் இனப்பெருக்கம் நிகழ்வதில்லை.

உணவுப் பண்டங்களைப் பதனப் படுத்தல்

வழக்கமாக பாஸ்ட்ரைஸ் செய்தும் டின்களில் அடைத்தும் (Canning), குளிர் பதனஞ் செய்தும் உணவுப் பண்டங்கள் பாதுகாக்கப் படுகின்றன. கதிரியக்கங் கொண்டு உணவுப்பண்டங்களைப் பதனஞ் செய்யும் சாத்தியக் கூறுகள் ஆராயப்பட்டு வருகின்றன.

பொதுவாக எந்தப் பண்டமாயினும் அதிலிருக்கும் எல்லா வகையான பாக்டீரியாக்களையும் அழிக்க 2-லிருந்து 5 மில்லியன் ராடுகள் (Rad) போதும். கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தப்படும் 1 கிராம் பொருள் 100 எர்க்குகள் (ergs) ஆற்றலை உட்கிரகித்தால் கதிரியக்கத்தின் அலகு ஒரு ராடு ஆகும். பண்டங்களை மேற்சொன்ன அளவில் பத்தில் ஒரு பங்கு கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தினால் ப்ராஸ்ட்ரைஸ் செய்யப்படுகிறது. கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தி உணவுப் பண்டங்களை நெடுநாள் பாதுகாக்கலாம். இறைச்சி, கோழி இறைச்சி, மீன், பழவகைகள் ஆகியவற்றை கோபால்ட்-60 கொண்டு கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தி பதனப் படுத்தலாம். ஆனால் ஒரு சிக்கல். பண்டங்களின் மணம், சுவை, தோற்றம், அமைப்பு எல்லாமே கெடுகிறது. ஆனால் இறைச்சி, கோழி இறைச்சி ஆகியவற்றை -40°லிருந்து -80°Cல் கதிரியக்கதித்திற்கு உட்படுத்தினால் மேற்சொன்ன தீய விளைவுகள் இருப்பதில்லை. மீன்கள் 3 இலட்சம் ராடுகள் கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்டு அதிக நாட்கள் கெடாமல் வைக்கப்படுகின்றன.

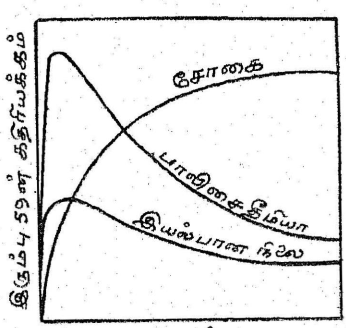
உருளைக்கிழங்கு மற்றும் பல காய்கறிகளைப் பாதுகாக்கவும் கதிரியக்கம் பயன்படுகிறது. உருளைக்கிழங்கை அதிக நாட்கள் வைத்திருந்தால் அது முளைவிட்டுவிடுகிறது. அதன் சுவை மாறுகிறது. அதிலிருந்து வைட்டமின்-C மற்றும் ஸ்டார்ச் அளவும் குறைகின்றன. உருளைக்கிழங்கு கிடங்குகளில் கதிரியக்க கோபால்ட் கொண்ட அலுமினியக் குழாய்கள் வைக்கப்படுகின்றன. வெளிப்படும் கதிரியக்கம் உருளைக்கிழங்கைப் பாதுகாக்கிறது. கிழங்கு புத்தம் புதிதாக இருக்கிறது. அதன் சுவை கெடுவதில்லை. கிழங்கு எந்த விதத்திலும் ஊட்டச்சத்தை இழப்பதில்லை.

மருத்துவத்தில்

மருத்துவத்தில், நோய்க் குறிகளைக் கண்டறிய கதிரியக்கத் தனிமங்கள் உதவுகின்றன. கதிரியக்க சோடியத்தைக் கொண்டு குருதிக் குழாயில் அடைப்பு இருக்கிறதா என்பதையும், எந்த இடத்தில் இருக்கிறதென்றதையும் கண்டுபிடித்து விடலாம்.

நோயாளியின் முழங்கைக்குக் கீழே சோடியம்–24 கொண்ட சோடியம் குளோரைடு ஊசி மூலம் உள்ளே செலுத்தப்படுகிறது. காமாக் கதிர் எண் கருவி ஒன்று அந்த நபரின் பாதத்திற்குப் பக்கத்தில் வைக்கப்படுகிறது. குருதி யோட்டம் இயல்பாக இருந்தால் கதிரியக்கத் தன்மை பாதத்தைச் சென்றடைவது உடனே காட்டப்படுகிறது. கதிரியக்கத் தன்மை விரைவாக உயர்ந்து உச்சக்கட்டத்தை எட்டுகிறது. குருதிக் குழாயில் அடைப்பு ஏதேனும் இருந்தால் குருதி பாதத்தைச் சென்றடைய நேரம் பிடிக்கிறது. எனவே கதிரியக்கத் தன்மை மெதுவாக அதிகரிக்கிறது. எண் கருவியை வெவ்வேறு பகுதிக்கு நகர்த்தி அடைப்புள்ள பகுதி எதுஎன்று கண்டறியலாம். அடுத்து உரிய சிகிச்சை அளிக்கலாம்.

இரும்பு-59-ஐ உடலில் செலுத்தினால் உடனே அது எலும்பு மச்சை (Bone Marrow) மண்ணீரல் (Spleen) கல்லீரல் (liver) ஆகிய உறுப்புகளைச் சென்றடைகின்றது; பின்னர் இவ்வுறுப்புகள் ஒவ்வொன்றிலும் இரும்பு கிரகிக்கப்பட்டு பின்னர் விடப்படுதல் ஒரு ஒழுங்குக்கு உட்பட்டதாக இருக்கக் காண்கிறோம். ஆனால் சோகையின் (anemia) போதும், பாலிஸைத்தீமியாவின் போதும் இந்த ஒழுங்கு மாறுகிறது. கீழே படத்தில் ஆரோக்கிய நிலையிலும் சோகையின் போதும், பாலிஸை தீமியாவின் போதும் மணணீரல்



படம் 79

உட் செலுத்தப்படும் இரும்பை ஏற்று பின்னர் இழக்கும் விதம் காட்டப்பட்டுள்ளது.

கதிரியக்க இரும்பை உடலில் செலுத்தியபின் மேலே குறிப்பிட்ட உறுப்புகளில் ஒன்று உள்ளப்பகுதியில் காமா எண் கருவியை வைத்து அந்த உறுப்பு கதிரியக்க ஐசோடோப்பை உட்கிரகித்துப் பின்னர் அதனை இழக்கும் ஒழுங்கினை படம் வரைந்து பார்த்து நோய் என்ன என்று உறுதிப்படுத்தலாம்.

வைட்டமின் B_{12}, சிக்கலான அமைப்புக் கொண்ட கரிமச் சேர்மம். கல்லீரலில் சேமித்து வைக்கப்பட்டு அங்கிருந்து குருதியில் விடப்படுகிறது. கோபால்ட்-60 கொண்ட வைட்டமினை தயாரிக்கப்படும் வேகமும் அது இழக்கப்படும் வேகமும் கண்டறியப்படுகின்றன. அதிலிருந்து மூன்றுவிதமான தன்மைகளை அறிகிறோம். (1) இயல்பாக கல்லீரலில் சேமித்து வைக்கப்பட்டு அங்கிருந்து குருதியில் விடப்படுவது (2) சிறுகுடலிலிருந்து வைட்டமின் B_{12} உட்கிரகிக்க முடியாத நிலை (3) பெர்னீஷியஸ் சோகை (Pernicious anemia) எனும் நோயில் குருதியில் குறைவான வைட்டமின் இருப்பது.

கல்லீரல், சிறு நீரகங்கள் (Kidneys) மண்ணீரல் ஆகியவை இயல்பான நிலையிலும் பாதிக்கப்பட்ட நிலையிலும் எவ்வாறு செயல்படுகின்றன என்பதைக் கண்டறிய கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பயன்படுகின்றன. கல்லீரலைப் பற்றி ஆராய அயோடின்-131 கொண்ட ரோஸ் பெங்கால் (Rose Bengal) சாயம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. சிறுநீரகம் பற்றிய ஆய்வுக்கு அயோடின்-131 கொண்ட ஹிப்பூரான் (Hippuran) பயன்படுத்தப்படுகிறது. மண்ணீரல் பற்றிய ஆய்விற்கு குரோமியம்-15 கொண்ட குருதிச் செல்கள் பயன்படுகின்றன. கணையம் (Pancreas) பற்றி அறிய செலீனியம்-75 கொண்ட செலினியோ மித்தியோனைன் பயன்படுகிறது.

மூளைச் சம்பந்தமான புற்று நோயில் பாதிக்கப்பட்ட பகுதியைச் சுட்டிக் காட்டல் கடினக் கதிரியக்க ஐசோடோபுகளைக் கொண்ட சிலபொருள்கள் புற்று நோயால் பாதிக்கப்பட்ட பகுதியைச் சென்றடைகின்றன. அப்பொருள்கள் அயோடின்-131 கொண்ட ஆல்புமின் பெர்க்குரி-203 கொண்ட நியோஹைட்ரின் காலியம் 68 கொண்ட **EDTA** இவற்றை உடலில் செலுத்தினல் மூளையில் பாதிக்கப்பட்ட இடத்தைச் சென்று அடைகின்றன. அங்கிருந்து கதிரியக்கம் வெளிப்படுவதால் நிழற்படம் எடுத்து பாதிக்கப்பட்ட இடத்தைக் கண்டறியலாம்.

நோய் தீர்க்கும் பணியிலும் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் முன்னிற்கின்றன. புற்றுநோய் சிகிச்சையில் முதலில் X-கதிர்கள் பயன்படுத்தப்பட்டன, பின்னர் ஆற்றல் மிக்க புரோட்டான்களைப்

பயன் படுத்தினர்கள். அடுத்து ரேடியத்திலிருந்து α-கதிர்கள் பயன்படுத்தப்பட்டன.

தற்போது செயற்கைக் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளைப் பயன்படுத்துகிறோம். இவை ரேடியத்தைவிட மிக மலிவானவை. புற்றுநோய் சிகிச்சையில் கோபால்ட்-60 பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் ஒரு வசதி என்னவென்றால் உடல்பகுதியில் செருகும் வண்ணம் கோபால்ட்டை இழையாகவோ வில்லையாகவோ, ஊசியாகவோ ஆக்கி பின்னர் அதற்கு கதிரியக்கம் கொடுக்கலாம். எனவே உடற்பகுதியில் செருகி வைக்க வசதியாயிருக்கும் கோபால்ட் 60-ன் பாதிச் சிதைவு காலம் 5·26 ஆண்டுகள். கோபால்ட் ஊசிகளை அல்லது வில்லைகளை தங்கத்தால் மூடி புற்று நோய்ப் பகுதியில் வைத்து தைத்து விடுதலும் உண்டு. உடல் பகுதியில் வைத்து தைக்க ஏற்ற கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் தங்கம்-198, இட்ரியம்-90. இட்ரியம் அதன் ஆக்ஸைடு Y_2O_3–ஆக பயன்படுத்தப் படுகிறது. இதனை உடல் திரவங்கள் பாதிப்பதில்லை. Y-90, β துகள் விடுவது ஊடுருவுந்தன்மை குறைவு. எனவே புற்று நோய்ப பகுதிக்கு அண்மையிலுள்ள நல்ல திசுக்கள் பாதிக்கப் படுவதில்லை.

சில தனிமங்கள் உடலின் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியை மட்டும் சென்றடைகின்றன என்ற அடிப்படையில் நோய் தீர்க்க கதிரியக்கத் தனிமங்களைப் பயன்படுத்தலாம். தைராய்டு சுரப்பி மிதமிஞ்சி செயல்படுதல் அல்லது படுத்து இருக்கிற நிலையை ஹைப்பர் தைராய்டிஸம் (Hyper Thyroidism) என்கிறோம். அயோடின்-131 கொண்ட உணவை உட்கொள்ளும்போது அயோடின் தைராய்டு சுரப்பியைச் சென்றடைகிறது. அயோடின்-131 விடும் கதிர்கள் தைராடின் செயற்பாட்டை மட்டுப்படுத்துகிறது. அயோடின்–131ன் பாதிச் சிதைவுகாலம் 8·06 நாட்கள். அயோடின்-132ன் பாதிச் சிதைவு காலம் 2·33 மணிகள். ஹைப்பர் தைராய்டு சிகிச்சைக்கு இதுவே ஏற்றது. ஏனென்றால் தைராய்டு சுரப்பிலிருந்து கதிரியக்க அயோடின் குருதியில் தைராக்ஸினை விடப்பட்டால் தீய விளைவுகள் உண்டாகும். அயோடின்-132 குறைவான பாதிச் சிதைவு காலங் கொண்டிருப்பதால் விரைவாக சிதைவுறும்.

நியாயமாக் இருக்கவேண்டிய அளவுக்கு அதிகமாக குருதியில் சிவப்பணுக்கள் இருந்தால் அந்த நிலையை பாலிஸைத்தீமியா என்கிறோம். இந்நோய் சிகிச்சைக்கு பாஸ்ஃபரஸ்-32 பயன்படுத்தப்படுகிறது. பாஸ்ஃபரஸ்-32 கொண்ட சோடியம் பாஸ்ஃபேட்டை உடலில் செலுத்தும்போது பாஸ்ஃபரஸ்–32

எலும்பு மச்சைகளைச் சென்றடைகிறது. அங்கு சிவப்பணுக்களின் உற்பத்தி நடக்கிறது. பாஸ்ஃபரஸ்-32 விடும் கதிரிக்கம் சிவப் பணுக்க்ளின் உற்பத்தியைக் குறைத்து சீரான நிலைக்கு கொண்டு வருகிறது.

மூளை சம்பந்தமான புற்றுநோய் சிகிச்சைக்கு மூளைப் பகுதியிலேயே α-துகளை விடும் தனிமத்தை உண்டாக்கி சிகிச்சை அளிக்கப்படுகிறது. போரான்-10 கொண்ட போரான் சேர்மத்தை நோயாளியின் நாளத்தில் (Vein) ஊசி மூலம் ஏற்றினால் மூளையின் புற்றுநோய்ப் பகுதி போரானைக் கிரகிக்கிறது. ஆரோக்கிய நிலையிலுள்ள செல்கள் போரானைக் கிரகிப்பதில்லை. அடுத்து நோயாளியின் தலைப்பகுதி சுமார் 20 நிமிடங்கள் நியூட்ரான்களின் தாக்குதலுக்கு உட்படுத்துகிறார்கள். நியூட்ரான்கள் தலையை ஊடுருவிச் சென்று B^{10}_ உடன் அணுக்கரு வினையுற்று லித்தியம் அயனிகளும் α-துகள்களும் உண்டாகின்றன. இவை இயல்பு கடந்த செல்களை அழித்துவிடுகின்றன. மூளையின் மற்றப் பகுதி ஏதும் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

குருதி புற்றுநோய் எனப்படும் லுக்கீமியா நோயில் வெள்ளணுக்கள் மிதம் மிஞ்சி உற்பத்தியாகின்றன. லுக்கீமியா சிகிச்சையில் வெளிப்புறத்தில் குருதியை கதிரியக்கத்திற்கு உட்படுத்தல் என்ற முறை (Extra corporeal irradiation) சோதனைச் செய்யப்பட்டு வருகிறது. ஒரு பிளாஸ்டிக் குழாய் நோயாளியின் முன்னங்கைப் பகுதியில் உடல்பகுதிக்கு வெளியே தமனி சிரை குழாய்களை இணைக்கிறது. எனவே இந்தக் குழாயின் வழியாக குருதியோட்டம் நடக்கிறது. பிளாஸ்டிக் குழாயின் ஒரு பகுதியை கோபால்ட்-60 அல்லது சீஸியம்-137 கொண்ட சாதனத்தைச் சுற்றி வைக்கப் படுகிறது. சாதனத்தில் பலகணி வழியாக வெளிப்படும் காமாக் கதிர்கள் குழாயின் வழியாகச் செல்லும் குருதியின்மீது பட, வெள்ளணுக்களின் எண்ணிக்கை குறைகிறது. சிவப்பணுக்களை இந்த கதிரியக்கம் பாதிப்பதில்லை. இச்சிகிச்சை சிலமணி நேரங்கள் கொடுக்கப்பட வேண்டும்.

மருத்துவத் துறையில் புதுப்புது மருந்துகள் கண்டுபிடிக்கப் படுகின்றன. பல மருந்துப் பொருள்களைக் கொண்டு சோதனைகள் நிகழ்த்தி எந்த மருந்து ஏற்றது, நம் உடலில் சோதனை மருந்து என்னென்ன மாற்றங்கள் உறுகிறது என்று அறிய கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளைப் பயன் படுத்துகிறோம்.

எடுத்துக்காட்டாக குருதி அழுத்த நோய் சிகிச்சைக்கு ஒரு மருந்தைக் கொண்டு சோதனை நிகழ்த்துவதாக வைத்துக் கொள்வோம். முதலில் நோயாளி கதிரியக்க ஸெனன் கொண்ட காற்றைச்

சுவாசிக்கச் செய்கிறோம். ஸெனன் அணுக்கள் நுரையீரலை அடைந்து பின் குருதியில் கலந்து அடுத்து உடலின் பல்வேறு பகுதிகளுக்குப் பயணஞ் செய்கிறது. எண் கருவியைக் கொண்டு நுரையீரலிலிருந்து கால் விரல்களைச் சென்றடைய ஸெனன் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் என்னவென்று அறிந்து கொள்ளலாம். பின்னர் நோயாளிக்கு சோதனை மருந்து தரப்படுகிறது. அதன் பின் காற்று ஸெனன் கலவையை மீண்டும் நுகரச் செய்து ஸெனன் நுரையீரலில் இருந்து கல்லீரல் வரைச்சென்றடையத் தேவைப்படும் நேரம் கண்டறியப்படுகிறது. மருந்து நல்ல விளைவைக் கொடுத்தால் இந்தக் கால அளவு குறைந்திருக்கும்.

மருத்துவ மனைகளில் வெப்பமாக்கியே பல பொருள்கள் நோய் நுண்ம ஒழிப்பு (Sterilisation) செய்யப்படுகின்றன. கோபால்ட்-60 லிருந்து வெளிப்படும் காமாக்கதிர்களைக் கொண்டு காயங்களுக்கான கட்டுப் பொருள்களும் (dressings) விசைப்பீற்று மருந்து ஊசிகளும் (Syringe) அறுவை மருத்துவத் தையல் பொருள்களும் (Surgical sutures) நோய் நுண்ம தீர்வாக்கம் செய்யப்படுகின்றன.

வினாக்கள்

1. கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் எவ்வாறு பெறப்படுகின்றன?

2. தடம் அறிமுறை என்றால் என்ன?

3. கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளை தடம் அறித் தனிமங்களாக பயன்படுத்த வேண்டுமானால் அவை எப்படிப்பட்டதாக இருக்க வேண்டும்?

4. நியம அளவு கதிரியக்கம் என்றால் என்ன?

5. க்யூரி, மில்லி க்யூரி, மைக்ரோக்யூரி ஆகியவற்றை விளக்குக.

6. ஐசோடோப்புகள் விளாவுதல் முறை என்றால் என்ன?

7. குறைவாகக் கரையும் உப்பின் கரைதிறனை நிர்ணயிப்பது எங்ஙனம்?

8. கிளர்வூட்டிப் பகுத்தல் முறையை விளக்கி எழுது.

9. சோடியம் தயோ சல்ஃபேட்டில் இரண்டு சல்ஃபர் அணுக்களும் சமமாக அமையவில்லை என்பதை எவ்வாறு நிரூபிப்பாய்?

10. N-குளோரோ அசிட்டனிலைடு ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்தில் பாராகுளோரோ அசிட்டனிலை பாகமாற்றம் அடைதல் எந்த வினைவழியில் நடக்கிறதென்னபதை எவ்வாறு உறுதிப்படுத்துவது?

11. கார்பன்-14 கொண்டு பொருள்களின் ஆயுளைக் கணிப்பது எங்ஙனம்?

12. கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளைக் கொண்டு குறைகடத்தி களிலிருந்து மின்சாரம் பெறுவது எவ்வாறு?

13. கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் வேளாண்மையில் எவ் வாறு பயன்படுத்தப்படுகின்றன?

14. உணவுப்பண்டங்களைப் பாதுகாக்க கதிரியக்கம் எவ்வாறு பயன்படுகிறது?

15. கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளைப் பயன்படுத்தி நோய் இன்னதென்று அறியும் முறையை விவரி?

16. நோய் சிகிச்சையில் கதிரியக்கம் எவ்வாறு பயன் படுத்தப்படுகிறது?

17. மருத்துவத்தில் கதிரியக்க ஸெனுனின் பயனை விளக்குக

22. கதிர் வீச்சின் தீயவிளைவுகளும் பாதுகாப்பு வழங்கலும்

எக்ஸ்கதிர் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட ஒரு சில மாதங்களுக்குள்ளே, எக்ஸ்கதிர் சம்பந்தப்பட்ட சோதனையில் ஈடுபட்டவர்களின் தோல் பகுதிகள் பாதிக்கப்பட்டன. X-கதிர் தீப்புண்கள், X-கதிர் தோல் அழற்சி (dermatitis) போன்ற நோய்களெல்லாம் சர்வ சாதாரணமாயின.

அதுபோலவே ரேடியத்தின் கதிர்வீச்சும் தீய விளைவுகளை உண்டுபண்ணின. பியரி க்யூரி வேண்டுமென்றே நெடுநேரம் ரேடியத்தின் கதிர்வீச்சில் கையைக்காட்டி கை எப்படி தீப்புண்ணால் பாதிக்கப்பட்டது போல் ஆகிறதென்பதைக் கண்டார்.

இந்த அனுபவங்களிலிருந்து அதிகப்படியாக X-கதிரோ அல்லது கதிரியக்கக் கதிரோ உடல் பகுதிமேல் படும்போது ஏற்படும் பயங்கர விளைவுகளைப் பற்றி தெரிய வந்தது. இவற்றிலிருந்து பாதுகாப்பு வழங்க முறையான முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன.

முன்பெல்லாம் X-கதிர்களைப் பயன்படுத்துவதிலும் ரேடியத்தைக் கையாள்வதிலும் பயற்சி பெற்றவர்கள்தான் ஈடுபட்டிருந்தார்கள். ஆனால் ஆற்றலை ஆக்கப் பணிக்குப் பயன்படுத்தும் திட்டங்களிலும், இடையூறு மிக்க கதிர்வீச்சுகள் சம்பந்தப்பட்ட பணிகளிலும் ஈடுபடுவர்களின் எண்ணிக்கை மிகவும் அதிகரித்துள்ளது. அணு உலைச்சாம்பல் மட்டும் 3 ராத்தல் ரேடியத்தைவிட பல ஆயிரமடங்கு கதிர்வீச்சைக் கொண்டிருக்கிறது. எனவேதான் கதிர்வீச்சிலிருந்து காப்பது பற்றி அதிகக் கவனஞ் செலுத்த வேண்டியுள்ளது. கதிரியக்க ஐசோடோப்புக்களிலிருந்து அணு உலைச்சாம்பல்கள் வரை கதிரியக்கப் பொருள்களைக் கையாள்வதில் தகுந்த கதனத்துடன் இருக்க வேண்டியுள்ளது. எந்த அளவு கதிர்வீச்சுக்கு உள்ளானால் தீங்கில்லை? மற்றும் கதிர்வீச்சு இருப்பதைக் கணடறிவது, அது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவைவிட அதிகமாகும் போது எச்சரிக்க முனைவது ஆகியவை பற்றியெல்லாம் நன்கு தெரிந்திருக்க வேண்டும். தற்போது கதிர்வீச்

சின் செறிவு எவ்வளவாக இருந்த போதிலும் பயமில்லாமல் கையாள வகை கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது.

துகள் முடுக்கிகள், அணு உலைகள் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் ஆகிய எல்லாமே கதிரியக்கக் கதிர் வீச்சுக்கு ஆதாரமாக இருக்கின்றன. ஆல்ஃபா துகள்களும் பீட்டாத் துகள்களும், துகள் முடுக்கிகளிலிருந்து பெறப்படும் அதி ஆற்றல் புரோட்டான்களும், வேறு அணுக்கருக்களும், எலெக்ட்ரான்களும், அணு உலையிலிருந்து வரும் நியூட்ரான்களுமே உயிரனங்களை பாதிக்கும் படியாக இருக்கின்றன. α-துகள்களின் ஊடுருவும் தன்மைகுறைவு. எனவே இது அதிகத் தீங்கு விளைப்பதில்லை. காமாக் கதிர்கள் நியூட்ரான்கள், மற்றும் அதி வேகத்துக்கு முடுக்கப்பட்ட வேறு துகள்கள் ஆகிய எல்லாமே உடல் பகுதியினுள் அதிகம் ஊடுருவிச் செல்கின்றன. இம்மாதிரியான கதிர்வீச்சிலிருந்து நம்மைக் காத்துக் கொள்வது அவசியம். β-துகள் ஒரு சில மில்லிமீட்டர்கள் தூரமே உடலினுள் ஊடுருவுகிறது. ஆனால் β-துகள்கள் தோலின் மீது பட்ட இடங்களிலெல்லாம் தீப்புண்கள் உண்டாகின்றன.

கதிர்வீச்சு உடல் பகுதியினுள் செல்லும்போது அயனிகளை உண்டு பண்ணுகிறது. அல்லது உடல் பகுதிகளிலிருக்கும் அணுக்களின் எலெக்ட்ரான்களைக் கிளர்வுறச் செய்கின்றது. அதாவது எலெக்ட்ரான்கள் நீக்கப் படுகின்றன அல்லது அதிக ஆற்றல் மட்டத்திற்கு உயர்த்தப்படுகின்றன. α-துகள், β-துகள், மற்றும் காமாக் கதிர் ஆகியவை நேரிடையாகவே அயனிகளை உண்டாக்குகின்றன. நியூட்ரான்கள் மறை முகமாக அயனிகளை உண்டாக்குகின்றன.

உயிரினங்களை கதிர் வீச்சு எப்படி பாதிக்கிறது? கதிர்வீச்சு முதலில்நீர் அல்லது வேறு பொருள்களுடன்வினைபட்டு தனிஅணுகளையோ, தனி உறுப்புகளையோ (radical) அல்லது கிளர்வுற்ற மூலக்கூறு அமைப்புகளையோ உண்டாக்குகிறது. அடுத்து கிளர்வுற்ற மூலக்கூறுகள்உயிர் செல்களில் இருக்கும் மூலக்கூறுகளுடன் இரண்டாம் நிலைவினைகள் உறுகின்றன. இதன் விளைவாக அத்தியாவசிய(essential)என்ஸைம்களின் செயல்கள் மட்டுப்படுத்தப் படுகின்றன. DNA மற்றும் RNA நியூக்லிக் அமிலங்களின் இயங்கு முறைகள் (behaviour) மாற்றப்படுகின்றன. எனவே செல்களின் மாற்றங்கள் தென்படுகின்றன. நியூட்ரான்கள் (n,p) வினையின் அமினோஅமிலத்தின் இருக்கிற நைட்ரஜன்-14-ஐ கார்பன்-11-ஆக மாற்றுகின்றன. இம்மாதிரியான மாற்றம் என்ஸைம் அல்லது நியூக்லிக் அமிலத்தைச் செயலிழக்கச் செய்கிறது.

குரோமோசோம்களை கதிர்வீச்சுகள் உடைக்கின்றன. செல் கரு அல்லது செல் முழுதுமோ முன்னர் இருந்ததைவிட அதிகப் பருமனைக் கொண்டிருக்கிறது. சைட்டோபிளாஸத்தின் பாகியல் (Viscosity) அதிகரிக்கிறது. எனவே செல் அழிந்துபட நேரிடுகிறது. இதனால் செல் பகுப்பு காலந் தாழ்ந்து நிகழ்கிறது.

உடல் பகுதியை கதிர்வீச்சு இரு வகைகளில் பாதிக்கிறது. கதிரியக்க கதிர்வீச்சுக்கு உள்ளான நபர் அதன் தீய விளைவுகளை நேரிடையாக அனுபவிக்கிறார். மரபியல் விளைவுகள் என்று சொல்லப்படுகிற இன்னொரு வகையான பாதிப்பில் கதிர்வீச்சுக்கு உள்ளான நபரிடம் கதிர்வீச்சு விளைவுகள் தெரிவதில்லை. அவருடைய சந்ததியார்கள்தான் இந்தப் பாதிப்புக்கு உள்ளாகிறார்கள்.

கதிரியக்கக் கதிர்வீச்சுக்கு உள்ளானவர்கள் அருவருப்படைகிறார்கள்; பின்னர் வாந்தி எடுக்கிறார்கள். அதிகமாக கதிர்வீச்சுக்கு உள்ளானால் பசியெடுப்பதில்லை; எடை குறைகிறது; இதயம் வேகமாகத் துடிக்கிறது. மேலும் வயிற்றுப்போக்கு ஏற்படுகிறது; ஈறில் (Gum) குருதி கசிகிறது; முடி (Hair) உதிர்கிறது. கடுமையான கதிர்வீச்சுக்கு உள்ளானவர்கள் இறந்துபடுவதும் உண்டு.

கதிர் வீச்சு உண்டு பண்ணும் தென்படாத விளைவுகளும் உண்டு. குருதியின் ஆக்க அமைவே மாற்றப்படுகிறது. வெள்ளணுக்களின் மொத்த எண்ணிக்கை முதலில் அதிகரிக்கிறது. சில வாரங்களுக்குப்பின் குறைகிறது. இந்த நிலையில் நோய் எளிதாகத் தொற்றுகிறது. குடல் பாதை, கண்களின் லென்சுகள், இனப்பெருக்க உறுப்புகள் எல்லாமே பாதிக்கப் படுகின்றன. தோல், நுரையீரல், கல்லீரல் ஆகிய உறுப்புகளையும் கதிர் வீச்சு பாதிக்கிறது.

சில மாதங்கள் அல்லது சில ஆண்டுகள் கழித்து கதிர்வீச்சுக்கு உள்ளான நபரிடத்தில் சில மாற்றங்கள் காணப்படுகின்றன. குருதி புற்று நோய் வருகிறது. கண்படலம் உண்டாகிறது. ஏன் ஆயுள்காலமே குறைக்கப்படுகிறது. கதிரியக்க கால்சியம், ஸ்ட்ரான்ஷியம், பேரியம் மற்றும் ரேடியம் ஆகியவை எலும்புப் பகுதியைச் சென்றடைந்து, எலும்பு மச்சையில் (Bone Marrow) சிவப்பணுக்கள் உண்டாக்கப்படுவது மட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.

கதிர்வீச்சு அலகுகள்

கதிர்வீச்சு அளவைச் சொல்ல பல அலகுகள் பழக்கத்தில் உள்ளன. முதன் முதலில் ராண்ட்ஜன் (Rontgen) என்ற அலகு

பழக்கத்திற்கு வந்தது. X-கதிர் மற்றும் γ-கதிர் ஆகியவற்றின் கதிர்வீச்சைச் சொல்ல இந்த அலகு புகுத்தப்பட்டது. 0°C வெப்ப நிலையில் நியம (Standard) மண்டலவளி அழுத்தத்தில் ஈரப்பசை யற்ற 1 க.செ.மீ. காற்றில் அயனிகள் உண்டாக்கப்படுவதன் காரணமாக ஒருஅலகு நிலை மின்னை (one unit electrostatic current) உண்டாக்கத் தேவைப்படும் X–கதிர் அல்லது காமாக் கதிரின் கதிர்வீச்சின் அளவே ஒரு ராண்ட்ஜன். ஒரு ராண்ட்ஜன் (1R) கதிர்வீச்சு $1{\cdot}61\times10^{12}$ அயனி இணைகளை உண்டாக்குகிறது. இவ்வளவு அயனிகளை உண்டாக்க 88 எர்க்குகள் தேவைப்படு கின்றன. இது $5{\cdot}48\times10^{13}$ev ஆற்றலுக்குச் சமமாகும்.

1953-ல் ஒரு புது அலகு பழக்கத்திற்கு கொண்டுவரப்பட்டது. அந்த அலகை ராடு (Rad) என்கிறோம். ஒரு கிராம் கிரகிக்கும் பொருளில் கதிர்வீச்சு கிரகிக்கப்படும்போது 100 எர்க்குகள் ஆற்றலை வெளிப்படுத்த தேவையான அயனியாக்கும் கதிர் வீச்சின் அளவே ஒரு ராடு ஆகும்.

ரெம் (Rem) என்ற இன்னொரு அலகும் பழக்கத்தில் இருக் கிறது. ஒரு ராடு X-கதிர் அல்லது காமாக் கதிருக்கு சமான மான தீய விளைவுகளை உண்டாக்கத் தேவைப்படும் கதிர்வீச்சு தான் ஒரு ரெம்.

கதிர்வீச்சு அளவு குறைவாக இருந்தால் நம் உடல் விரைவிலேயே நலம் பெற்றுவிடும். கதிர்வீச்சால் அழிக்கப்படும் செல்களுக்குப் பதிலாக புது செல்கள் உண்டாக்கப்பட்டு விடுகின் றன. நாம் தொடர்ந்து காஸ்மிக் கதிர்களின் கதிர்வீச்சுக்கு உள்ளாக்கப்படுகிறோம். மேலும் பூமியில் காணப்படும் பொட்டா சியம்-40, ரேடியம் ஆகியவற்றின் கதிர்வீச்சுக்கும் நாம் உள்ளா கிறோம். நம் உடலில் இருக்கும் கார்பன்-14 மற்றும் பொட்டா சியம்-40 ஆகியவை தொடர்ந்து கதிர்வீச்சை வெளிவிடுகின்றன. எனவே நம் உடல் ஒரு வரம்புக்குட்பட்ட அளவு கதிர்வீச்சுக்கு பழக்கப்பட்டதுதான்.

பொதுவாக கதிரியக்கச் சம்பந்தப்பட்ட வேலைகளில் ஈடு பட்டிருப்பவர்கள் 5× (ஆண்டுகளில் வயது–18) ரெம்களுக்கு அதிகப்படியாக மொத்த குவிக்கப்பட்ட (accumulated) கதிர் வீச்சுக்கு உட்படுத்தப்பட்டால் தீங்கு விளையும். உடற்பகுதிகள் ஏற்கும் கதிர்வீச்சை கண்காணித்து வர எண் கருவிகள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. பொதுவாக குறைகடத்தி கதிரியக்க உணர்விகள்தான் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஒரு மில்லிமீட்டருக் கும் குறைவான உருவளவு கொண்ட இக்கருவியை எளிதாக உடற்பகுதியில் செருகி உடல் பகுதியில்படும் கதிர்வீச்சைப் பதிவு செய்யலாம்.

கதிர் வீச்சிலிருந்து பாதுகாப்பு வழங்கல்: அணு உலைகளை இயக்கவும், துகள் முடுக்கிகளைச் செயல்படுத்தவும், கதிரியக்கப் பொருள்களைக் கையாளவும் நாளெல்லாம் பலர் ஈடுபடுகின்றனர். கதிர்வீச்சு அணுக முடியாமல்கதிர் வீச்சுக்கு ஆதாரமான அமைப்புகள் அல்லது பொருள்களுக்கும், சம்பந்தம்பட்ட நபர்களுக்கும் இடைப்பட்ட தூரத்தை அதிகரிக்க வேண்டும். மேலும் கதிர் வீச்சை கிரகிக்கக்கூடிய பொருள்களையும் கவசங்களையும் பயன் படுத்த வேண்டும். கதிர் வீச்சுக்குக் காரணமான அமைப்பைச் சுற்றி கதிர் வீச்சு வெளிப்படாமல் கவசம் அமைக்க வேண்டும். கதிர் வீச்சு சம்பந்தமான வேலையில் ஈடுபடும் நபர்களும் காப்புக் கவசங்களை அணிந்து கொள்ளவேண்டும்.

α- கதிர் வீச்சைப் பொறுத்தவரை இரப்பர் உறைகள் போதுமான பாதுகாப்பை வழங்குகின்றன. கதிரியக்கப் பொருள்கள் இருக்கிற இடத்தில் உணவுப் பண்டங்களை தயாரிப்பதோ சாப்பிடுவதோ கூடாது. வேலை செய்யும் இடத்திலிருந்து செல்லுமுன் கைகளை நன்ருக கழுவி விடவேண்டும். கைகளிலும் கால்பகுதியிலும் கதிரியக்கம் இருக்கிறதா என்று கண்காணிக்க வேண்டும். கதிரியக்கச் சம்பந்த பணிகளில் ஈடுபட்டிருப்பவர்கள் நகங்களை வளரவிடாமல் பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும். தோலில் சிருய்ப்புகள் ஏற்படாமல் பார்த்துக் கொள்ளவேண்டும்.

கதிர்வீச்சு வெளியாக ஆதாரமாயிருக்கிற அமைப்பு அல்லது பொருளுக்கு கதிர் வீச்சு வெளிப்படாமல் கவசம் அமைக்கிறோம். பொருளின் அடர்த்தி அதிகரிக்க அதிகரிக்க β-துகள்களைக் கிரகிக்ககூடிய பொருளின் தடிப்பு குறைகிறதெனலாம். மிக அதிக அணு எண்ணைக் கொண்ட பொருள்களைப் பயன்படுத்தலும் ஏற்றதல்ல. அணு எண் அதிகரிக்க அதிகரிக்க β-துகள்களின் வேகங்களை மட்டுப்படுத்தும் போக்கில் 'பிரெம்ஸ்ட்ரலாங்' இயற்பாட்டின் காரணமாக அதிக ஊடுருவும் தன்மை கொண்ட எக்ஸ் கதிர்கள் வெளிப்படுகின்றன. β-துகள்களை நிறுத்த அலுமினியம் போதுமானது. சில போது பிளாஸ்டிக் பொருள்களும் கண்ணாடியுங்கூட β-துகள்களை நிறுத்தும் பொருள்களாக பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

நியூட்ரான்களும், காமாகதிர்களும் மிகவும் ஊடுருவும் தன்மை கொண்டிருப்பதால் இவற்றைக் கிரகிப்பது மிகவும் கடினம். அணு உலைகளில் இவை மிதமிஞ்சி உண்டாக்கப்படுகின்றன. தீர்ந்து போன அணு எரிபொருள் பயங்கரத்தன்மை கொண்ட காமாக் கதிரை வெளிவிடுவதால் அதனை எட்ட இருந்தே அப்புறப்படுத்த வேண்டியுள்ளது, கையாள வேண்டியுள்ளது. காமாக் கதிரைத்

தடுக்க லெட் ஏற்ற பொருளாகும். ஆனால் காமாக் கதிர் வீச்சுடன் நியூட்ரான்களும் வெளிபபடுமானல் லெட் மட்டும் போதாது. மேலும் லெட்டின் விலையும் அதிகம். மெதுவாக இயங்கும் நியூட்ரான்கள் தான் எளிதாகப் பிடிக்கப்படுகின்றன. எனவே நியூட்ரான்களின் வேகத்தை முதலில் மட்டுப்படுத்தி பின்னர் கிரகிக்க வேண்டும் 1 Mev க்கு அதிக ஆற்றலை கொண்ட நியூட்ரான்கள் ஓரளவுக்கு, அதிக நிறை எண் கொண்ட தனிமத்தின் மீது மீட்சியில்லாத மோதுகை (inelastic collision) உறும் போது நியூட்ரான்களின் ஆற்றல் 0·1 Mev க்கு குறைவாக குறைக்கப்படுகிறது. குறைவான நிறை எண்கள் கொண்ட தனிமங்களே இதற்கு ஏற்றவை. நீராக இருக்கிற ஹைட்ரஜன் இதற்கு ஏற்றது. நீரின் ஹைட்ரஜன் மற்றும் வேறு அணுக்கருக்களும் (n, γ) வினையுறுவதன் மூலமும் நியூட்ரான்கள் பிடிக்கப் படுகின்றன.

அணு உலைகளிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்வீச்சுகளுக்கு தடுப்புச் சுவாரக கான்கிரீட்டைப் பயன்படுத்துகிறோம். இது மலிவான மற்றும் வசதியான ஒரு கட்டுமானப் பொருள். கான்கிரீட்டில் ஹைட்ரஜன், கால்சியம் சிலிக்கான் ஆகிய தனிமங்கள் இருக்கின்றன. இவை நியூட்ரான்களின் வேகங்களை மட்டுப்படுத்துகின்றன. பின்னர் பிடிக்கப்படுகின்றன. இவை காமாக்கதிரை நொய்மையடையச் செய்கின்றன. அணு உலைகளிலிருந்து வெளிப்படும் நியூட்ரான்கள் மற்றும் காமாக்கதிர்களை தடுத்து நிறுத்த 8 அடி தடிப்புள்ள கான்கிரீட் கவசம் போதுமானது. இந்த கான்கிரீட் பிரத்தியேகமாக தயாரிக்கப்படுகிறது. இதன் தயாரிப்பில் லிமொனைட் போன்ற இரும்பு கனிமங்கள், பெரைட்ஸ ($BaSo_4$) கனிமம் ஆகியவை சேர்க்சப்படுகின்றன. பேரியம், இரும்பு கன தனிமங்கள் நியூட்ரான்களின் வேகங்களை மட்டுப்படுத்துகின்றன. காமாக்கதிர்களை நொய்மையடையச் செய்கின்றன. சில போது போரான் சேர்மம் கவசப்பொருள்களுடன் சேர்க்கப்படுகிறது. போரான்-10 (n, γ) வினையுறுவதன் மூலம் நியூட்ரான் கிரகிக்கப்படுகிறது. இப்படி வெளிப்படும் குறைவான ஆற்றல் கொண்ட காமாக்கதிர்கள் எளிதாக நொய்மையடைகின்றன.

அணு உலை பொதுவாக கோளவடிவங் கொண்ட எஃகால் மூடப்பட்டிருக்கிறது. வெளிப்படும் கதிரியக்கக் கதிர்களை கிரகிக்கக் கூடியவாறு இந்த கோளம் அமைக்கப்படுகிறது. பொதுவாக குடியிருப்பு பகுதிகளிலிருந்து வெகு தொலைவிலேதான் அணு உலைகள் அமைக்கப்படுகின்றன.

கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் வேதியியல் மற்றும் உயிர்வேதியியல் ஆய்வு கூடங்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. 1 க்யூரிக்கு

அதிகமான கதிரியக்கச் சம்பந்தப்பட்ட ஆய்வுகளை பிரத்தியேக கான்கிரீட் தனி அறையில் நிகழ்த்த வேண்டும். சோதனைப் பொருளின் கதிரியக்கம் ஒரு மைக்ரோ க்யூரிக்கு குறைவானதாக இருந்தால் சாதாரண சோதனைச் சாலையிலேயே இதனைக் கையாளலாம்.

அணு உலைகளிலிருந்து வெளிப்புறஞ்செல்கிற கதிரியக்க கழிவுப் பொருள்களையும் தகுந்தமுறையில் ஒழித்துக் கட்ட வேண்டும். நீரையும் நிலத்தையும் இவை கதிரியக்க மாசுக்கு உள்ளாக்குகின்றன.

கதிரியக்கக் கழிவு பொருள்கள் திரவ, திண்ம, வாயுநிலைகளி லெல்லாம் இருக்கலாம். அணு உலைக்கும் காப்புக் கவசத்திற்கும் இடைப்பட்ட பகுதியிலிருக்கும் காற்று நியூட்ரான்களின் தாக்கு தல்களுக்கு உட்படுத்தப்பட்டு கதிரியக்கத் தன்மையைம் பெற லாம். அப்போது கதிரியக்கக் கார்பன்-14, நைட்ரஜன்–16 ஆக்ஸிஜன்–19 மற்றும் ஆர்கான்-41 ஆகியவை உண்டாக்கப்படு கின்றன. பாதிச்சிதைவு காலம் 110 நிமிடங்கள் கொண்ட ஆர் கான்-41 தான் இவற்றில் தீங்கிழைப்பது. மற்றவையெல்லாமே விரைவில் சிதைவுறுகின்றன. உயர்வான புகைக்கூம்பு வழியாக காற்றில் கலக்க செய்து நம்மைக் காத்துக் கொள்ளலாம்.

தீர்ந்துபோன அணு உலை எரிபொருளிலிருந்து கிரிப்ட்டான், ஸெனன். மற்றும் அயோடின் ஆகியவை மிக அதிகமாக கதிரி யக்கத்தன்மை கொண்டுள்ளன. இவை காற்றில் விளாவப்பட்டு காற்றில் விடப்படுகின்றன. சிலபோது கதிரியக்க அயோடின் கொண்ட வாயுவை சில்வர் நைட்ரேட் கொண்ட அமைப்பின் வழியாகச் செலுத்தி அயோடின் பிடிக்கப்படுகிறது. கதிரியக்க கிரிப்டான், ஸெனன் ஆகியவை கார்பன் அல்லது சிலிக்கா ஜெல்லின்மேல் கிரகிக்கப்படுகின்றன. அப்படி கிடைக்கும் கதிர் யக்கத் திண்மத்தை புதைத்து விடவேண்டும். யுரேனியத்தை அதன் கனிமங்களிலிருந்து தயாரிப்பதிலும், தீர்ந்துபோன அணு எரிபொருளிலிருந்து கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளைப் பெறும் முறைகளிலும் பெரு அளவில் கதிரியக்க நீர் உண்டாக்கப்படு கிறது. இம்மாதிரியான நீரை நீரில்லாத கிணறுகளிலோ, ஆழக் குழிகளிலோ விட்டு ஒழிக்கலாம். மண் வழியாக நீர் மெதுவாக இறங்கும்போது கதிரியக்கம் கிரகிக்கப்படுகிறது. நீரின் கதிரி யாகம் ஓரளவுக்கு அதிகமாயிருந்தால் அயனி பரிமாற்று முறையில் அல்லது வீழ்ப்படிவாக்கல் முறையில் கதிரியக்கம் பொருளை நீக்கமுடியும் கதிரியக்கங் கொண்ட திண்மப் பொருள்களை நீர் நிலைகள் இருக்கும் இடங்களிலிருந்து எட்டிய

தூரத்தில் புதைத்துவிட வேண்டும். மரம், துணி, தாள் போன்ற கதிரியக்க மாசு கொண்ட பொருள்களைப் பிரத்தியேக முறையில் புகை வெளிப்படாமல் எரித்து பின்னர் புதைத்து விடவேண்டும்.

வினாக்கள்

1. கதிர்வீச்சுகளின் ஆதாரங்கள் யாவை?
2. கதிர்வீச்சு உடல்பகுதியில் ஏற்படும் விளைவுகள் யாவை
3. உயிரனங்களை கதிர்வீச்சு எவ்வாறு பாதிக்கிறது?
4. கதிர்வீச்சுக்கு உள்ளானவர்கள் எம்மாதிரியான பாதிப்புக்கு உள்ளாகிறார்கள்?
5. ராடு (Rad) ராண்ட்ஜன் (Rontgen) மற்றும் ரெம் ஆகிய அலகுகளை வரையறு.
6. அதிகபட்சம் எவ்வளவு கதிர்வீச்சு தீங்கிழைப்பதில்லை?
7. கதிர்வீச்சிலிருந்து பாதுகாத்துக் கொள்வது எப்படி?
8. கதிர்யக்க கழிவுப்பொருள்களை ஒழித்துக்கட்டுவது எங்ஙனம்?

23. காஸ்மிக் கதிர்கள்

கதிரியக்கக் கதிர்கள் எலெக்ட்ராஸ்கோப்புகளை நெருங்க முடியாமல் இருக்க தகுந்த முன்னேற்பாடுகள் செய்யப்பட்ட போதிலுங்கூட அவை மின்னிறக்கம் செய்யப்படுகின்றன. பூமிக்கு வெளியிலிருந்து வரும் ஒரு வகைப் புதிர் கதிர்கள் எலெக்ட்ராஸ் கோப்பினுள் நுழைந்து அதிலிருக்கும் காற்றை அனியகளாக்குவ தனாலேயே இது நிகழ்கிறது.

4500 மீட்டர்கள் உயரத்தில் எலெக்ட்ராஸ்கோப்புகளை கொண்டு சென்றால்கூட அங்கேயும் மின்னிறக்கம் அதிகமாக நிகழ் கிறது. ஆஸ்ட்ரியாவில் ஹெஸ்(V. F. Hess) என்பார் 1911-லிருந்து 1913 வரையிலும், ஜெர்மனியில் 1913-லிருந்து 1914 வரையில் கோலார்ஸ்ட்டர் (W. Kolhorster) என்பாரும் இதுபற்றி விரிவாக ஆராய்ந்தனர். இவர்கள் பலூனில் 9000 மீட்டர்கள் உயரச் சென்று சோதனைகள் நிகழ்த்தினார்கள். அதிக உயரத்தில் எலெக்ட்ராஸ்கோப்பின் மின்னிறக்கமும் அதிகரிப்பது உறுதி படுத்தப்பட்டது.

மிக ஊடுருவும் தன்மை கொண்ட இக்கதிர்கள் பற்றிய விரிவான சோதனைகள் 1922-ல் தொடரப்பட்டன. மில்லிகன் (Millikan) என்பார் ஆளில்லாத பலூன்களில் கதிர்வீச்சைப் பதிவு செய்யும் கருவிகளை வைத்து 15,500 மீட்டர்கள் உயரம் வரைச் செல்லும்படி செய்து சோதனைகளைச் செய்தார். மலை களின் உச்சியில் சோதனைகள் நிகழ்த்தப்பட்டன. மலையின் மேல் ஏரிகளின் தண்ணீருக்குக் கீழே சோதனைகள் செய்யப்பட்டன. அங்கெல்லாம் அதிக ஊடுருவும்தன்மை கொண்ட கதிர்கள்காணப் ப்பட்டன. 1925-ல் தான் நில உலகிலிருந்து அப்பாற்பட்ட இடத் திலிருந்து வரும் இக்கதிர்களுக்கு மில்லிகன் காஸ்மிக் கதிர்கள் என்று பெயரிட்டார்.

காஸ்மிக் கதிர்களைப் பற்றி ஆராய (அ) கெய்கர்—முல்லர் எண்கருவி (ஆ) வில்ஸனின் நீர்த்திவலை அறை (இ) அயனியாதல் அறை (ஈ) பொறிச் சிதறல் எண்கருவி (உ) எலெக்ட்ராஸ்கோப் ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தலாம்.

எந்தத்திசையில் காஸ்மிக்கதிர் செறிவு மிக்கதாக இருக்கிற தென்பதை அறிய காஸ்மிக்கதிர் டெலெஸ்கோப் பயன் படுததப் படுகிறது. காஸ்மிக்கதிர் டெலெஸ்கோப் இரண்டு கெய்கர்-முல்லர் எண் கருவிகளைக் கொண்டது. இவற்றை கிடக்கையாக ஒன்றன் கீழ் ஒன்று இருக்கும்படி அமைத்து ஒத்தியல்கிற (Con-cident) சுற்ருல் இணைக்கப் படுகின்றன. இவ்விரண்டு குழாய் களிலும் ஒரே சமயத்தில் மின்னிறக்கம் நிகழ்ந்தால்தான் இணைக் கப்பட்ட சுற்றில் மின்சாரம் பாயும்.

இரண்டு கெய்கர் குழாய்கள் ஒன்றன் மேல் ஒன்று இருக்கும் போது ஒரு காஸ்மிக்கதிர் இரண்டு குழாய்களின் வழியாகவும் செல்லும்போதுதான் மின்சாரம் பாய காரணமாக அமையும். ஒரு துகள் ஒரு குழாயின் வழியாகமட்டும் செல்லுமாயின் இது பதிவு செய்யப்படமாட்டாது. டெலெஸ்கோப்பை கடல் மட்டத் தில் கிடக்கையாக வைத்துப்பார்த்தால் மிகச்சில எண்ணிக்கை களே (counts) பெறப்படுகின்றன. ஆனால் செங்குத்தாக வைத் தால் பதிவுசெய்யப்படும் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. இதனால் காஸ்மிக் கதிர் மேலே இருந்து வருகிற தென்பது தெளிவு. டெலெஸ்கோப்பை வெவ்வேறு திசைகளில் சாய்த்து வைத்து அவ்வத் திசைகளிலிருந்து வரும் துகள்களின் எண்ணிக்கையைக் கணககிடலாம்.

காஸ்மிக்கதிர் ஆய்வில் சிலபோது இரண்டு கெய்கர் எண் கருவிகளுக்கிடையில் வில்ஸன் நீர்த்திவலை அறைவைக்கப்படு கிறது.கெய்கர் எண்கருவிகளின் ஒத்தியல்கிற சுற்றுதுணை ஆற்றல் அமைவுடன் (Relay) இணைக்கப்படுகிறது. அயனியாக்கும் துகள் கெய்கர் குழாய்களிலும், நீர்த்திவலை அறை வழியேயும் செல்லும் போது துணையாற்றல் அமைவு நீர்த்திவலை அறையிலுள்ள காற்றை விரிவடையச் செய்கிறது. காஸ்மிக்கதிர் அதன் பாதை யில் உண்டாக்கும் அயனிகள்மீது நீர்த்திவலை படிகிறது. அந்தக் பாதையை நிழற்படம் எடுக்கலாம்.

சோதனைகளிலிருந்து பெறப்பட்ட முடிவுகளாவன. மண்டல வளியில் 12 லிருந்து 15 மைல் உயரம் வரை காஸ்மிக்கதிர் செறிவு உயர்ந்து கொண்டே போகிறது; பின் செறிவு குறைகிறது. இந்த அதிக பட்ச உயரம் அந்தந்தப் பகுதியின் காந்த லாட்டிட்டி யூடைப் (Magnetic lattitude)பொறுத்தது.

காஸ்மிக் கதிர்கள் மின்னேற்றங் கொண்ட துகள்களைக் கொண்டவை. அப்படியாயின் அவை பூமியை நெருங்கும் போது பூமியின் காந்தப்புலத்தால் விலகிச் செல்லவேண்டும் அல்லவா? ஜியோ மேக்னெட்டிக் பூமத்திய ரேகையை நெருங்கும் போது

காஸ்மிக் கதிர்கள் அதிகம் விலகிச் செல்கின்றன. துருவங்களுக்கு அண்மையிலுள்ள பகுதிகளை நோக்கிச் செல்லும் போது இவை அதிகமாக பாதிக்கப்படுவதில்லை. அதிகம் விலகிச் செல்வது மில்லை.

நம் வெளிமண்டலத்தை அடையும் காஸ்மிக் கதிர்களை முதல் நிலை (Primary) காஸ்மிக் கதிர்கள் என்கிறோம். இவை நேர்மின் னேற்றங் கொண்டவை. இவற்றில் 89 சதம் புரோட்டான்கள், மீதம் 11சதத்தில் $\frac{3}{10}$ பகுதி α-துகள்கள். $\frac{1}{10}$ பங்கு கார்பன், நைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் போன்ற கன அணுக்கருக்களைக் கொண்டவை.

மண்டலவளியை அதிக ஆற்றல் கொண்ட முதல்நிலை காஸ்மிக் கதிர் துகள் அடையும் போது இன்னொரு அணுக்கருவுடன் மோது கிறது. அப்போது அந்த அணுக்கரு சிறுசிறு அணுக்கரு துகள் களாக உடைக்கபடுகிறது. உண்டாகும் துணுக்குகள் நியூட்ரான் கள், புரோட்டான்கள், மற்றும் ஆன்ட்டி புரோட்டான்கள, ஆன்ட்டி நியூட்ரான்சள், பையான்கள் (பை-மெசான்கள், கேயன்கள் (Kaons) அல்லது K-மெசான்கள் ஆகியவைகளாம். இந்தத் துகள்கள் முதல் நிலைத்துகளின் ஒரு பகுதி ஆற்றலை எடுத்துக் கொள்கின்றன. இவை அடுத்து மற்ற அணுக்கருக்களுடன் மோதலுறுகின்றன. அப்போது துரிதத்துகள்கள் உண்டாகின்றன. முதல் நிலைத்துகள்களைத் தவிர மற்ற கதிர்களை இரண்டாம் நிலை (Secondary) காஸ்மிக்கதிர்கள் என்கிறோம்.

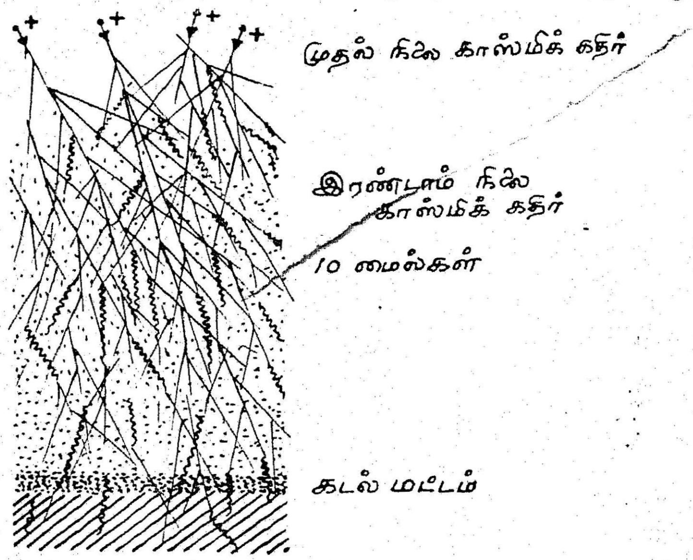
காஸ்மிக் கதிர் மோதல் மாற்றங்களின் விளைவாக அதிக அதிர்வெண்ணைக் கொண்ட காமாக் கதிர்கள் உண்டாக்கப் படு கின்றன. இவற்றின் ஊடுருவும் தன்மை அதிகம். இந்த ஃபோட் டான்கள் கூட இரண்டாம் நிலை காஸ்மிக் கதிர்களைச் சார்ந்தவை.

15-மைல் உயரத்தில் மண்டல வளியை அடைந்த முதல் நிலைக் காஸ்மிக கதிர்களைவிட கிட்டத்தட்ட 12 மடங்கு அதிகமாக இரண் டாம்நிலை காஸ்மிக் கதிர்கள் காணப்படுகின்றன. இந்த மட்டத் தில் (level) கிடையான திசையில் கூட செங்குத்துத் திசையில் காணப்படும் அளவுக்கு காஸ்மிக் கதிர்கள் தென்படுகின்றன.

உயரம் குறையக் குறைய மோதல்கள் காரணமாக இரண் டாம்நிலை காஸ்மிக் கதிர்கள் நிறுத்தப்பட்டு அதனால் மொத்த காஸ்மிக் கதிர் செறிவு குறைவாக இருக்கிறது. அடுத்தடுத்து நிகழும் மோதல்கள் காரணமாக ஆற்றல் இழக்கப்பட்டு படிப் படியாக காற்று மூலக்கூறுகளின் வெப்ப இயக்கமாக ஆற்றல் கிரகிக்கப்பட்டு கடல் மட்டத்தை அடையும்போது மீதம் இருக்கிற கதிர்கள் ஒரு சில அதிவேக இரண்டாம்நிலை மற்றும் முதல்நிலைக் கதிர்களைக் கொண்டிருக்கின்றன. கடல் மட்டத்தில்

கூட இவற்றில் ஒரு சில கதிர்கள் பல நூறு அடிகள் அல்லது பல ஆயிரம் அடிகள் மண்ணையும் நீரையும் ஊடுருவும் ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கின்றன.

கீழே உள்ள படத்தில் முதல்நிலை காஸ்மிக் கதிர்கள் இரண்டாம்நிலை காஸ்மிக் கதிர்களை உண்டாக்குவது காட்டப்பட்டுள்ளது.



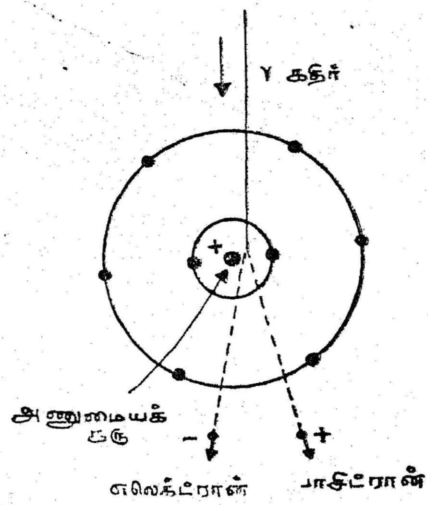
படம் 80

1932-ல் காஸ்மிக கதிர்களின் பாதைகளைப் படம்பிடிக்கும் போது ஆன்டெர்ஸன் பாசிட்ரானைக் கண்டுபிடித்தார். பாசிட்ரான் எலெக்ட்ரானின் நிறையைக் கொண்டிருக்கிறது. நேர்மின்னேற்றம் உடையது.

அதிக ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டான் அதாவது அதிக அதிர்வு கொண்ட காமாக்கதிர் அணுவின் அணுக்கருவுக்கு அண்மையில் வரும்போது அணுக்கருவின் மின்புலம் காரணமாக காமாக்கதிர் அழிக்கப்பட்டு அதற்குப் பதிலாக எலெக்ட்ரான்-பாசிட்ரான் ஜோடி உண்டாக்கப்படுகிறது. இவை இரண்டும் சமமான நிறையைக் கொண்டவை. ஒன்று நேர்மின்னேற்றமும் மற்றது எதிர்மின்னேற்றமும் கொண்டது. இவை உண்டாக்கப்படும் விதம் அடுத்த பக்கப் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

பாசிட்ரான் குறைவான ஆயுட்காலத்தைக் கொண்டது. ஒரு பாசிட்ரான் எலெக்ட்ரானைச் சந்தித்த மாத்திரத்தில் இரண்டும் அழிக்கப்படுகின்றன. பாசிட்ரான் எலெக்ட்ரானை அழிப்பதால் எதிர்த்துகள் (**Anti particle**) என்று அழைக்கப்படுகிறது. பாசிட்

ரானும் எலெக்ட்ரானும் ஒன்றை ஒன்று நெருங்கும்போது அவற்றின் சுழற்சி (Spin) அச்சு இணையாக இருக்கும்படிக்கு இணைகின்றன. அவ்வாறு இருக்கிற ஜோடியை பாசிட்ரோனியம் (Positronium) என்கிறோம். பாசிட்ரோனியத்தின் ஆயுட்காலம் மிகக் குறைவு. இரண்டு துகள்களும் அழியும்போது காமாக் கதிர் வெளிப்படுகிறது. இரண்டு துகள்களின் சுழற்சி அச்சு இணையாக இருந்தால் மூன்று காமக் கதிர்கள் உண்டாகின்றன. எதிர் எதிராக இருந்தால் இரண்டு காமாக் கதிர்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன.

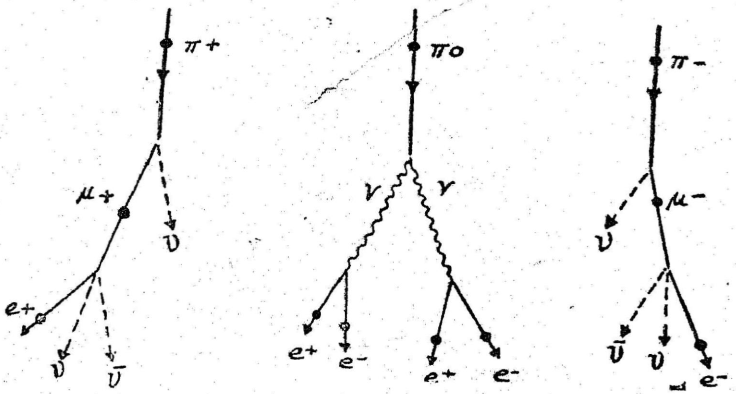


படம் 81

இரண்டாம் நிலை காஸ்மிக் கதிர்களைப் பொறுத்தவரை அவை நேர்மின்னேற்றங் கொண்ட, எதிர் மின்னேற்றங் கொண்ட மற்றும் மின்னேற்றமில்லாத பையான்கள் (Pions) முக்கியமானவை. மின்னேற்றமில்லாத பையானின் ஆயுட் காலம் 10^{-16} விநாடிகள் உண்டாக்கப்பட்ட உடனேயே இரண்டு காமாக் கதிர்களாகச் சிதைகிறது. இந்தப் ஃபோட்டான்கள் ஒரு அணுக்கருவைச் சந்திக்கும்போது எலெக்ட்ரான் - பாசிட்ரான் ஜோடியை உண்டாக்குகிறது. இவை அணுக்கருக்களை நெருங்கிச் செல்லும் போது காமாக் கதிர்விட்டு வேகம் குறைகிறது. அந்த காமாக் கதிர்கள் இன்னும் அதிகமாக எலெக்ட்ரான் - பாசிட்ரான் ஜோடியை உண்டாக்கலாம். இம்மாதிரி ஒரு மின்னேற்றமில்லாத பையான் ஒரு சங்கிலித் தொடரைத் தொடங்கி பல பாசிட்ரான்கள் மற்றும் எலெக்ட்ரான்களை உண்டாக்குகின்றன.

மின்னேற்றங் கொண்ட பையான்கள் $2{\cdot}5 \times 10^{-8}$ விநாடி ஆயுட்காலம் கொண்டவை. இவை ஒளியின் வேகத்தைக் கொண்டிருக்கின்றன. இவை அணுக்கருவுடன் மோதி இன்னும் அதிகமான பையான்களை உண்டாக்குகின்றன. பையான்கள் (π மெசான்கள்) சிதையும்போது M-துகள் என்று சொல்லப்படும் ம்யுவான்களையும் நியூட்ரினேவையும் உண்டாக்குகின்றன. மின்னேற்றங் கொண்ட ம்யுவான் (Muon) எலெக்ட்ரானுகவும் இரண்டு நியூட்ரினேக்காளாகவும் சிதைவுறுகிறது.

கீழேயுள்ள படத்தில் π மெசான்கள் (பையான்கள்) சிதைவுறும் நிகழ்ச்சி காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 82

விநாடிக்கு 2×10^{18} காஸ்மிக் துகள்கள் பூமியை வந்தடைகின்றன. விநாடிக்கு மொத்தம் 2×10^{28}ev-ஆற்றல் இவற்றிலிருந்து பெறப்படுகிறது. இது 3×10^{6} கிலோ வாட்டுகள் ஆற்றலுக்குச் சமம்.

கதிரவன் பிளாஸ்மாவை வெளிவிட்டுக் கொண்டே இருக்கிறது. இந்த பிளாஸ்மா ஹைட்ரஜன் அயனிகளையும் எலெக்ட்ரான்களையும் கொண்டிருக்கிறது. இந்த பிளாஸ்மா கதிரவனிலிருந்து 350 கிலோமீட்டரிலிருந்து 750 கிலோமீட்டர் வரை வேகத்தில் செல்கிறது. இது கதிரவன் காற்று (Solar wind) என்று அழைக்கப்படுகிறது. பிளாஸ்மாவில் கொஞ்சம் ஹீலியம் அணுக்கருக்களும் கன அணுக்கருக்கள் சிறிதும் இருக்கின்றன. இத்துகள்கள் 10 Mev-லிருந்து 30 Gev வரை (Gev $= 10^{9}$ ev) ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கின்றன. இவற்றை கதிரவன் காஸ்மிக் கதிர்கள் என்கிறோம். கதிரவன் அல்லாமல் வானிலுள்ள பால் மண்டலத்தினுடைய (Galactic) காஸ்மிக் கதிர் எனப்படுபவை பால் மண்டலத்திலிருந்து வருபவை. கதிரவனிடமிருந்து வரும்

காஸ்மிக் கதிர் சராசரி 100 Mev ஆற்றலைக் கொண்டது. பால் மண்டலக் காஸ்மிக் கதிர்கள் 10 Gev ஆற்றலைக் கொண்டது.

காஸ்மிக் கதிர் ஆய்விலிருந்து அவை கீழ்க்கண்ட ஆக்க அமைவை (composition) கொண்டிருப்பது கண்டறியப்பட்டது.

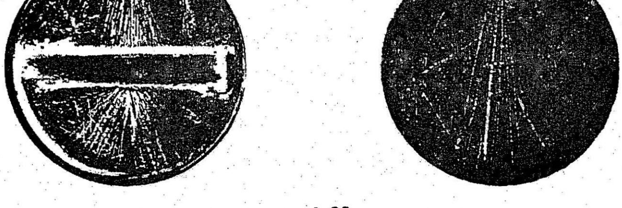
முதல் நிலை காஸ்மிக் கதிர்கள்

அயனி		சத அளவு
ஹைட்ரஜன்	...	89
ஹீலியம்	...	9
லித்தியம், பெரிலியம், போரான்	...	0·5
கார்பன், நைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன்	...	0·5
நியான், மக்னீசியம், சிலிக்கான்	...	0·1
இரும்பு	...	0·03

இரண்டாம் நிலை காஸ்மிக் கதிர்கள்

μ–மெசான்கள்	70 %
	29 %
	1 %

காஸ்மிக் கதிர் பொழிவுகள் : காஸ்மிக் கதிர்களைப்பற்றிய ஆய்வின் போது சில சமயம் காஸ்மிக் கதிர் பொழிவுகள் காணப் படுகின்றன. நீர்த்திவலை அறையில் ஒரு பாதை இருப்பதற்குப் பதில் ஆறுக்குமேல் பல நூறு பாதைகள் காணப்படுகின்றன. மேலும், இவை ஓர் எல்லைக்குட்பட்ட பகுதியிலிருந்து வருவது தெரிகிறது. லெட் அல்லது நீர்த்திவலை அறைச் சுவர் ஆகிய வற்றின் ஒரு பகுதியிலிருந்து இவை உண்டாகின்றன.

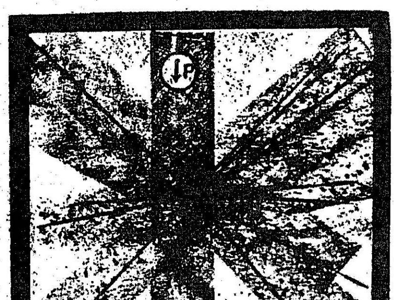


படம் 83

ஒவ்வொரு பொழிவும் அதி ஆற்றல் கொண்ட ஒரே ஒரு கதி ரால் உண்டாக்கப்படுபவை. அணுக்கள் நெருக்கமாக அமைந்த ஒரு திண்மக் கட்டியை அதி ஆற்றல் உடைய ஒரு மின்னேற்றங்

கொண்ட துகள் அடையும்போது பல்கிப் பெருகும் மோதல்களை உறுகின்றன. கணநேரத்தில் 1 அல்லது 2 செ.மீ. தூர லெட்டில் பல லெட் அணுக்களுடன் மோதல்கள் ஏற்படுகின்றன. எனவே, பல இரண்டாம் நிலை கதிர்கள் உற்பத்தியாகின்றன. இவற்றையே காஸ்மிக் கதிர் பொழிவுகள் என்கிறோம்.

காஸ்மிக் கதிர் நட்சத்திரம் (Cosmic ray star): காஸ்மிக் கதிர் ஆய்வில் சில சமயங்களில் நீர்த்திவலை அறை நிழற்படங்களில் பல பாதைகள் ஒரு புள்ளியில் சந்திப்பது காணப்பட்டது. இது ஒரு நட்சத்திர வடிவத்தில் இருந்தது. இம்மாதிரியான நட்சத்திரங்கள் நிழற்படத்தட்டின் எமல்ஷன்களிலும் (emulsions) கண்டறியப் பட்டது. திண்மப்பொருள்களின் ஊடே செல்லும்போது எதிர் மின்னேற்றங் கொண்ட π மெசான்களின் வேகம் மட்டுப்படுத்தப் படுகிறது. அணுக்கருவை நெருங்கும் போது அதன் நேர் மின் னேற்றத்தால் கவர்ச்சி விசைக்கு உள்ளாகி பிடிக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாக மெசானின் நிறை ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. அதனால் அந்த அணுக்கரு மிகக் கிளர்ச்சியுற்ற நிலையை அடை கிறது. இதனால் அணுக்கரு சிதைவுறுகிறது அல்லது வெடிக்கிறது. அப்போது பல அயனியாக்கும் திறன் கொண்ட பலத்துகள்கள் வெளிப்படுகின்றன. அத் துகள்கள் புரோட்டான்கள், டியூட்ரான் கள், α-துகள்கள் ஆகியவற்றைக் கொண்டவை. நிழற்பட எமல் ஷனில் இம்மாதிரி நட்சத்திரங்களை உண்டாக்குபவை சில்வர் அல்லது புரோமினை இருக்கலாம் அல்லது படத்தாளிலிருக்கிற கார்பன் அல்லது நைட்ரஜனைகவும் இருக்கலாம்.



படம் 84

நீர்த் திவலை அறையில் உண்டாக்கப்படும் இம்மாதிரியான நட்சத்திரங்கள் அறையில் இருக்கிற ஆக்ஸிஜன் அல்லது நைட் ரஜன் அணுக்கள் சிதைக்கப்படுவதால் உண்டாகின்றன.

வினாக்கள்

1. காஸ்மிக் கதிர்களின் கண்டுபிடிப்பைப் பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.

2. காஸ்மிக் கதிர்களைக் கண்டறிய பயன்படுத்தப்படும் கருவிகள் யாவை?

3. காஸ்மிக் கதிர் டெலெஸ்கோப்பைப் பற்றி விவரி.

4. காஸ்மிக் கதிர்களை பூமியின் காந்தப்புலம் எப்படி பாதிக்கிறது?

5. முதல்நிலை காஸ்மிக் கதிர்கள் யாவை? அவற்றில் இருக்கும் துகள்கள் யாவை?

6. இரண்டாம் நிலை காஸ்மிக் கதிர்கள் என்றால் என்ன?

7. 15 மைல் உயரத்தில் காஸ்மிக் கதிர்கள் மண்டலவெளியை அடைந்த காஸ்மிக் கதிர்களின் அளவைவிட அதிகமாக இருப்பதும் கீழே போகப் போக செறிவு குறைந்து விடுவதற்கும் காரணம் என்ன?

8. பாசிட்ரானைக் கண்டுபிடித்தவர் யார்? பாசிட்ரான் உண்டாவதை விவரி.

9. மெசான்கள் சிதைவுறுவதைப் பற்றி குறிப்பு வரைக.

10. கதிரவனிடமிருந்து வரும் காஸ்மிக் கதிர், பால் மண்டலத்து காஸ்மிக் கதிர் இவற்றுக்குள்ள வேறுபாடு என்ன?

11. காஸ்மிக் கதிர் பொழிவுகள் என்றால் என்ன?

12. காஸ்மிக் கதிர் நட்சத்திரம் உண்டாக்கப்படுவதை விளக்கி எழுதுக.

பிற்சேர்க்கை

சில முக்கியமான பௌதிக மாறிலிகள்

எலெக்ட்ரான் மின்னேற்றம்	$= 4 \cdot 8029 \times 10^{-10}$ நிலை மின்னலகு
	$= 1 \cdot 601 \times 10^{-19}$ கூலம்கள்
எலெக்ட்ரான் நிறை	$= 9 \cdot 108 \times 10^{-28}$ கி.
அவொகாட்ரோ எண்	$= 6 \cdot 023 \times 10^{23}$.
அணு எடை நிறை அலகு	$= 1 \cdot 660 \times 10^{-24}$ கி.
பிளாங்கின் மாறிலி	$= 6 \cdot 625 \times 10^{-27}$ எர்க் விநாடி
போல்ட்ஸ்மன் மாறிலி	$= 1 \cdot 3804 \times 10^{-16}$ எர்க்/டிகிரி/மூலக்கூறு
ஒளியின் வேகம்	$= 2 \cdot 9979 \times 10^{10}$ செ.மீ.
ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு	$= 10^{-8}$ செ.மீ.
எலெக்ட்ரான் வோல்ட்	$= 1 \cdot 9878 \times 10^{-12}$ எர்க்
மில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்ட்	$= 1 \cdot 9878 \times 10^{-6}$ எர்க்
கிலோ எலெக்ட்ரான் வோல்ட்	$= 1 \cdot 16 \times 10^{7}$ கெல்வின் டிகிரிகள்

தனிம வரிசை அட்டவணை

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII	VIII	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	O
1 H 1.0079																1 H 1.0079	2 He 4.0026
3 Li 6.941	4 Be 9.0218											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.9984	10 Ne 20 179
11 Na 22 9898	12 Mg 24.305											13 Al 26.9815	14 Si 28.086	15 P 30.9738	16 S 32 06	17 Cl 35 453	18 Ar 39.948
19 K 39.098	20 Ca 40.08	21 Sc 44.9559	22 Ti 47.90	23 V 50.944	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9380	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.71	29 Cu 63.546	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80
37 Rb 85.467	38 Sr 87.62	39 Y 88.909	40 Zr 91.22	41 Nb 92.9064	42 Mo 95.94	43 Tc 98.9062	44 Ru 101.07	45 Rh 102.9055	46 Pd 106.4	47 Ag 107.868	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.9045	54 Xe 131.30
55 Cs 132.9054	56 Ba 137.34	57 La 138.9155	72 Hf 178.49	73 Ta 180.9479	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.22	78 Pt 195.09	79 Au 196.9665	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.2	83 Bi 208.9804	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra 226.0254	89 Ac (227)															

58 Ce 140.12	59 Pr 140.9077	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.9254	66 Dy 162.50	67 Ho 164.9304	68 Er 167.26	69 Tm 168.9342	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
90 Th 232.0388	91 Pa 231.0359	92 U 238.029	93 Np 237.0482	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (255)	103 Lr (256)

மேற்கோள் நூற்பட்டியல்

1. 'Source Book on Atomic Energy'—*Samuel Glasstone.*

2. 'The Atomic Nucleus'—*Korsunsky.*

3. 'Introduction to Atomic and Nuclear Physics'—*Harvey White.*

4. 'Fundamentals of Inorganic Chemistry'—*Esmarch S. Gilreath.*

5. 'In the World of Isotope'—*Mezentrev.*

கலைச்சொற்கள்

A

Abundance	—	மலினம்
Accelerator	—	முடுக்கி
Accumulation	—	திரள்
Accuracy	—	துல்லியம்
Action	—	வினை, செயல்
Activation energy	—	செயலூக்க ஆற்றல்
Alpha (α)	—	ஆல்ஃபா(α)
Alpha disintegration	—	ஆல்ஃபா சிதைவு
Alpha particle	—	ஆல்ஃபா துகள்
Alpha rays	—	ஆல்ஃபாக் கதிர்கள்
Alpha ray emission	—	ஆல்ஃபாக் கதிர் வெளியீடு
Alpha ray range	—	ஆல்ஃபாக் கதிர் தொலைவு
Alpha ray scattering	—	ஆல்ஃபாக் கதிர் சிதறல்
Alpha ray spectra	—	ஆல்ஃபாக் கதிர் மாலை
Alternating current	—	மாறுதிசை மின்னோட்டம்
Ampere	—	ஆம்பியர்
Aplifier	—	பெருக்கி
Anion	—	எதிர் அயனி
Annihilation	—	அழிவு
Anode	—	நேர்மின் வாய்
Anode rays	—	நேர்மின் கதிர்கள்
Anomaly	—	முரண்பாடு
Anti-cathode	—	மாற்று எதிர் மின்வாய்
Anti-nutrino	—	ஆன்ட்டி நியூட்ரினோ
Anti-particle	—	ஆன்ட்டித் துகள்கள் அல்லது எதிர்த் துகள்கள்
Anti-proton	—	ஆன்ட்டி புரோட்டான்
Aperture	—	துளை
Apparatus	—	ஆய்கருவி
Approximation	—	தோராயம்
Arc	—	வில்

Arc spectra — மின்வில் நிறமாலை
Artificial disintegration — செயற்கைச் சிதைவு
Assumption — கருது கோள்
Atom — அணு
Atomic energy — அணு ஆற்றல்
Atomic Model — அணு மாதிரி அமைப்பு
Atomic Number — அணு எண்
Atomic reactor — அணு உலை
Atomic spectra — அணு நிற மாலை
Atomic structure — அணு அமைப்பு
Atomic weight — அணு எடை
Atmospheric pressure — மண்டலவளி அழுத்தம்
Attenuation — நொய்மையாதல்
Attraction — ஈர்ப்பு
Audio frequency — செவியுணர் அதிர்வெண்
Average — சராசரி
Avogadro number — அவொகாட்ரோ எண்
Axis — அச்சு
Axis of rotation — சுழற்சி அச்சு
Azimuthal quantum number — திசைக் கோண குவான்டம் எண்

B

Bad conductor — அரிதிற்கடத்தி
Balloon — பலூன்
Band spectrum — பட்டை நிறமாலை
Barrier — தடுப்பு, தடை
Battery — மின்கல அடுக்கு, பாட்டரி
Beam of light — ஒளிக்கற்றை
Bending — வளைவு
Beta (β) — பீட்டா(β)
Beta particle — பீட்டாத் துகள்
Betatron — பீட்டாட்ரான்
Bevetron — பிவெட்ரான்
Binding energy — பிணைப்பாற்றல்
Body — பொருள்
Biophysics — உயிரியல் பௌதீகம்
Boiling — கொதித்தல்
Boiling point — கொதிநிலை
Boltzman constant — போல்ட்ஸ்மன் மாறிலி

Black body radiation — கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு
Bombardment — வன்தாக்கு
Bremsstrahlung — பிரெம்ஸ்ட்ராலாங்
Branching process — கிளைபடு முறை
Brightness — பொலிவு
Bubble — குமிழ்
Bubble chamber — குமிழ்க்கலம்

C

Canal rays — புழைக் கதிர்கள்
Cascade shower — தொடர் பொழிவு
Centigrade — சென்டிகிரேடு
Centimeter gram — சென்டி மீட்டர் கிராம்
Centrifugal force — மையவிலக்கு விசை
Characteristic X-rays — சிறப்பு X-கதிர்கள்
Charge — மின்னேற்றம், மின்னூட்டம்
Charge distribution — மின்னேற்றப் பகிர்வு
Chemical reaction — வேதியியல் வினை
Chimney — புகைப் போக்கி
Circular orbit — வட்டச் சுற்றுப்பாதை
Circular motion — வட்ட இயக்கம்
Circular conductor — வட்டக் கடத்தி
Circuit — சுற்று
Classification — வகைப்படுத்தல்
Closed circuit — முற்றுச் சுற்று
Cloud chamber — நீர்த் திவலை அறை, முகிற்கலம்
Coil — சுருள்
Coincidence — ஒன்றிப்பு
Compression — இறுகுதல்
Compton effect — காம்ப்டன் விளைவு
Concentration — செறிவு
Condenser — மின் தேக்கி
Conductor — கடத்தி
Conservation — அழிவின்மை
Conservation of energy — ஆற்றலின் அழிவின்மை
Constant — மாறிலி
Constituent — ஆக்கக் கூறு
Coolant — குளிர்விப்பான்; வெப்பம்ஆற்றி

Core — உள்ளகம்
Cosmic ray — காஸ்மிக் கதிர்
Cosmic ray showers — காஸ்மிக் கதிர் பொழிவுகள்
Coulomb — கூலும்
Counter — கணிப்பான், எண்கருவி
Critical — மாறுநிலையான
Criystal — படிகம்
Crystallography — படிகவியல்
Cyclotron — சைக்லோட்ரான்
Cycle — சுற்று

D

Decay — சிதைவு
Deflection — விலக்கம்
Define — வரையறு
Degree — டிகிரி
Density — அடர்த்தி, செறிவு
Detector — பகுப்பான், கண்டுணரும் அமைப்பு
Deviation — திசைமாற்றம்
Diaphragm — இடைத்திரை
Diffusion — விரவல், விளாவல்
Direct current — நேர்த்திசை மின்னோட்டம்
Discharge of electricity — மின்னிறக்கம்
Discharge tube — மின்னிறக்கக் குழாய்
Disintegration — சிதைவு
Dissociation — பிரிகை

E

Elastic collision — மீட்சி மோதுகை
Elastic scattering — மீட்சியல் சிதறல்
Electric charge — மின்னேற்றம்
Electric field — மின்புலம்
Electric force — மின் விசை
Electric generator — மின் இயக்கி
Electrometer — எலெக்ட்ரோ மீட்டர்
Electrode — மின் வாய்
Electron — எலெக்ட்ரான்
Electron volt — எலெக்ட்ரான் வோல்ட்

Electro static unit	—	நிலைமின் அலகு
Electron capture	—	எலெக்ட்ரான் பிடிப்பு
Electron Multiplier	—	எலெக்ட்ரான் பெருக்கி
Electron pair	—	எலெக்ட்ரான் ஜோடி
Element	—	தனிமம்
Elementary particle	—	அடிப்படைத் துகள்
Elliptic orbit	—	நீள்வட்டச் சுற்றுப் பாதை
Emanations	—	வெளிப்படுபவைகள்
Empirical law	—	அனுபவ விதி
Energy	—	ஆற்றல்
Energy level	—	ஆற்றல் மட்டம்
Equation	—	சமன்பாடு
Equilibrium	—	சமநிலை
Equipment	—	சாதனம்
Erg	—	எர்க்
Excitation	—	கிளர்வு
Extra nuclear	—	அணுக்கருக்கு வெளியே உள்ள

F

Flash	—	ஒளித்தெறிப்பு
Fluorescence	—	ஒளிர்தல், பல்வண்ண ஒளி காட்டும்
Force	—	விசை
Frequency	—	அதிர்வு எண்
Fundmental particle	—	அடிப்படைத் துகள்
Furnace	—	உலை

G

Gamma ray	—	காமாக் கதிர்
Good conductor	—	எளிதிற் கடத்தி, நற்கடத்தி
Graph	—	வரைபடம்
Gravitational force	—	ஈர்ப்பு விசை
Ground state	—	அடிநிலை

H

Half life period	—	பாதிச் சிதைவு காலம், அரை ஆயுள்
Heavy hydrogen	—	கன ஹைட்ரஜன்
Hole	—	மின் துளை
Horizontal	—	கிடைமட்டம்

I

Image — பிம்பம்
Impurity — வேற்றுப் பொருள்
Inactive — செயலிலா
Induced — தூண்டப்பட்ட
Induction coil — தூண்டு மின் சுருள்
Inelastic collision — மீட்சியிலா மோதல்
Inert gas — மந்தவாயு
Infra red — புறச் சிவப்பு
Instrument — கருவி
Intramolecular — மூலக்கூறு உட்சார்ந்த
Intensity — செறிவு
Inter molecular — மூலக்கூறுகள் இடைப்பட்ட
Intrinsic — உள்ளார்ந்த
Integral multiple — முழு எண் மடங்கு
Integration — தொகு ஆக்கம்
Ion — அயனி
Ion pairs — அயனி இணைகள்
Ionisation — அயனியாக்கம்
Ionisation chamber — அயனிக் கலம்
Irradiation — கதிர்வீச்சுக்குட்படுத்தல்
Isotope — ஐசோடோப்

K

Kilogram — கிலோ கிராம்
Kilometer — கிலோ மீட்டர்
Kinetic energy — இயக்க ஆற்றல்

L

Laboratory — சோதனைக் கூடம்
Lattitude effect — குறுக்குக் கோட்டு விளைவு
Layer — அடுக்கு
Leakage — கசிவு
Lens — வில்லை, லென்சு
Line of force — விசைக்கோடு
Line spectra — வரி நிறமாலைகள்
Liquid air — காற்றுத் திரவம்
Logarithm — லாகரித்தம்
Lubricant — மசகு அல்லது உய்வுப்பொருள்

M

Magnet	—	காந்தம்
Magnetic effect	—	காந்த விளைவு
Magnetic equator	—	காந்த மையக் கோடு
Magnetic field	—	காந்தப்புலம்
Magnetic Meridian	—	காந்தத் துருவத்தளம்
Magnetic quantum Number	—	காந்தக் குவான்டம் எண்
Major axis	—	பேரச்சு
Mass defect	—	நிறை குறைபாடு
Mass energy equivalence	—	நிறை-ஆற்றல், தொடர்பு சமம்
Mass energy relationship	—	நிறை ஆற்றல் தொடர்பு
Mass Number	—	நிறை எண்
Mass spectra	—	நிறை மாலை
Mass spectro graph	—	நிறைமாலை வரைவி
Mass spectrometer	—	நிறைமாலை மானி
Mass unit	—	நிறை அலகு
Maximum	—	பெருமம், அதிகபட்சம்
Medium	—	ஊடகம்
Meson	—	மெசான்
Metastable	—	சிற்றுறுதியான்
Milky way	—	பால் வழி
Minimum	—	சிறுமம், குறைந்தபட்ச (அளவு)
Minor axis	—	சிற்றச்சு
Moderator	—	தணிப்பான்
Moisture	—	ஈரம்
Molecule	—	மூலக்கூறு
Multiplier	—	பெருக்கி

N

Natural radioactivity	—	இயல் நிகழ்வான கதிரியக்கம்
Negative	—	எதிர்
Neutrino	—	நியூட்ரினோ
Neutron	—	நியூட்ரான்
Non-conductor	—	கடத்தாப் பொருள்
Normal state	—	இயல்பு நிலை
Nuclear atom Model	—	கரு அணு அமைப்பு
Nuclear pile	—	அணு உலை
Nuclear reactor	—	அணு உலை

Nucleon — நியூக்கிலியான்
Nucleus — அணுக்கரு
Nuclide — நியூக்லைடு

O

Orbit — சுற்றுப்பாதை
Ordinate — குத்தாயம்
Origin — ஆதாரம், தோற்றுவாய்
Orientation in space — நிரப்பிடத்தில் திசை அமைவு
Oscillation — அலைவு

P

Packing fraction — பொதிவுப் பின்னம்
Parabola — பரவளையம்
Particle — துகள்
Penetrating power — ஊடுருவும் திறன்
Penultimate — ஈற்றயல்
Periodic table — தனிம அட்டவணை
Photo electric effect — ஒளிமின் விளைவு
Photo electron — ஒளி எலெக்ட்ரான்
Photographic plate — ஒளிப்படத் தட்டு, நிழற்படத் தட்டு
Precaution — முன்னெச்சரிக்கை
Piston — உந்துதண்டு, பிஸ்டன்
Plasma — பிளாஸ்மா
Porous pot — நுண்துளைப் பாண்டம்
Positive ray — நேர்மின் கதிர்கள்
Positron — பாசிட்ரான்
Potential — மின் அழுத்தம்
Pouli exclusion principle — பௌலியின் ஒதுக்குதல் கொள்கை
Power — திறன்
Practical unit — நடைமுறை அலகு
Primary — முதன்நிலை
Proton — புரோட்டான்
Pump — பம்பு

Q

Qualitative — பண்பியலான
Quantitative — அளவியலான
Quantum — குவான்டம்

Quantum condition	—	குவான்டம் நிபந்தனை
Quantum Number	—	குவான்டம் எண்
Quantum Theory	—	குவான்டம் கொள்கை

R

Radium	—	ரேடியம்
Radiant energy	—	கதிர்வீச்சாற்றல்
Radiation	—	வீசுகதிர், கதிர்வீச்சு
Radio active	—	கதிரியக்க
Radio active decay	—	கதிரியக்கச் சிதைவு
Radio active series	—	கதிரியக்க வரிசை
Radio activity	—	கதிரியக்கம்
Radius	—	ஆரம்
Radon	—	ரேடான்
Rays	—	கதிர்கள்
Reactor	—	அணு உலை
Rectifier	—	திருத்தி
Rest mass	—	அமைந்திரு நிறை

S

Saturation	—	தெவிட்டல்
Shell	—	ஷெல்
Shield	—	காப்புக் கவசம்
Slit	—	பிளவு
Solid	—	திடப்பொருள்
Spin	—	தற்சுழற்சி
Super heated	—	மீச்சூடாக்கப்பட்ட

T

Transmutation	—	அணுமாற்றம், தனிம மாற்றம்
Tracer Technique	—	தடம் அறியும் முறை

V

Varying current	—	மாறுபடு மின்னோட்டம்
Viscosity	—	பாகியல்
Visible	—	கட்புலனாகும்
Volt	—	வோல்ட்
Volume	—	பருமன்