

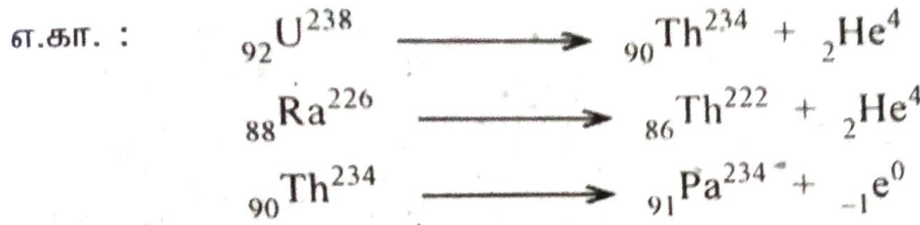
அலகு - II

அணுக்கரு வேதியியல் (Nuclear Chemistry)

2.1. இயற்கை கதிரியக்கம் (Natural Radioactivity) :

ஓர் அணுக்கரு எவ்விதத் தூண்டுதலின்மீது தன்னிச்சையாக வெளித்தூண்டுதலால் கட்டுப்படுத்த இயலாத முறையில் α , β மற்றும் γ கதிர்களை வெளியிடும் நிகழ்வு கதிரியக்கம் எனப்படுகிறது.

யுரேனியம், தோரியம், ரேடியம் மற்றும் பொலோனியம் போன்ற தனிமங்கள் மேற்கண்ட கதிரியக்கத் தன்மையை கொண்டுள்ளன. இந்நிகழ்வு இயற்கை கதிரியக்கம் எனப்படுகிறது.



கதிரியக்கச் சிதைவு வரிசை (Radioactive disintegration series)

உயர் அணு எண்கள் கொண்ட, இயற்கையில் கிடைக்கும் அநேகக்கதிரியக்கத் தனிமங்கள் இயற்கையில் பல கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகளாகக் கிடைக்கின்றன. கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகள் கிட்டத்தட்ட 40 உள்ளன. இவை அனைத்தும் குறிப்பிட்ட சிதைவுச் சங்கிலிகளில் அடுத்தடுத்து இடம் பெற்றுள்ளன. இவ்வாறு நான்கு சங்கிலிகள் (தொடர்கள் அல்லது கதிரியக்கக் குடும்பங்கள்) உள்ளன. இவை கதிரியக்க வரிசைகள் எனப்படுகின்றன. அவையாவன 1. யுரேனியம், 2. தோரியம், 3. ஆக்டீனியம் மற்றும் 4. நெப்ட்டுனியம் வரிசைகளாகும்.

முதல் மூன்று கதிரியக்க வரிசைகளும் அவற்றில் உள்ள முக்கியமான தனிமத்தைக் கொண்டு பெயரிடப்படுகின்றன. யுரேனியம் மற்றும் தோரியம் ஆகியவை அவற்றின் வரிசையில் நீண்ட அரை வாழ்காலம் கொண்டுள்ளன. எனவே அவ்வரிசைகளுக்கு இவற்றின் பெயர்கள் இடப்படுகின்றன. நீண்ட காலத்துக்கு முன்னர் ஆக்டீனியத்திலிருந்துதான் ஆக்டீனியம் வரிசை வருகிறது எனக்கருதப்பட்டது. ஆனால் இப்போது இவ்வரிசையின் மூலத்தனிமம் U^{235} என்றும் இதன் அரை வாழ்காலம் ஆக்டீனியத்தினுடையதைவிட அதிகம் என்றும் அறியப்பட்டுள்ளது. தோரியம் வரிசை $4n$ வரிசை என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது ஏனெனில் இவ்வரிசையில் உள்ள ஐசோட்டோப்புகளின் நிறை எண்கள் 4 ஆல் வகுபடக்கூடியவை. யுரேனியம் வரிசை $4n+2$ வரிசை எனப்படுகிறது. ஏனெனில் இதன் நிறை எண்ணை 4 ஆல் வகுக்கும்போது மீதி 2 கிடைக்கிறது. ஆக்டீனியம்

வரிசை $4n + 2$ வரிசை எனப்படுகிறது. ஏனெனில் இதன் நிறை எண்ணை 4 ஆல் வகுக்கும்போது மீதி 2 கிடைக்கிறது. ஆக்டீனியம் வரிசை $4n + 3$ வரிசை எனப்படுகிறது. ஏனெனில் இதன் நிறை எண்ணை 4 ஆல் வகுக்கும்போது மீதி 3 கிடைக்கிறது.

முதல் மூன்று வரிசைகளும் நெருக்கமான ஒற்றுமைகளைக் கொண்டுள்ளன. இவை சிதையக்கூடிய விதமும் ஒத்துள்ளது. இந்த மூன்று வரிசைகளில் ஒவ்வொரு வரிசையும் லெட்டின் நிலையான, வெவ்வேறு ஐசோட்டோப்புகளில் முடிகிறது.

இம்மூன்று கதிரியக்க வரிசைகளுக்கிடையேயும் நிறைய ஒற்றுமை இருந்தாலும் கூட அவை குறிப்பான தொடர்பு ஏதும் உடையவை அல்ல அதாவது ஒரு வரிசையில் உள்ள ஒரு ஐசோட்டோப்பு சிதைந்து மற்றொரு வரிசையில் உள்ள ஒரு ஐசோட்டோப்பைக் கொடுக்காது. இவ்வாறு ஒரு வரிசையிலிருந்து மற்றதிற்கு மாற்ற இயலாத தன்மை எதிர்பார்க்கக்கூடிய ஒன்றேயாகும். இது ஏனெனில் 4 எடை அலகுகள் கொண்ட α -துகள் இழக்கப்படுவதனாலேயே எடை இழப்பு ஏற்படும். மேலும் ஒவ்வொரு வரிசைக்கும் உரித்தான நிறை $4n, 4n + 2$ அல்லது $4n + 3$ ஆக உள்ளது.

ஒரு கதிரியக்க வரிசை எப்போதும் நேரான சங்கிலி கொண்டதல்ல. ஒவ்வொரு வரிசையிலும் கிளைச்சிதைவுகளும் உள்ளன. இந்நிலையில் ஒரு ஐசோட்டோப்பு இருவேறு வகைகளில் சிதைகிறது. இதனால் கிளை வினைப்பொருட்கள் கிடைக்கின்றன. இதில் ஒரு வினோதம் என்னவெனில் இந்த கிளை வினைப்பொருட்கள் சிதைந்து பெறப்படும் விளைப்பொருள் ஒன்றாகவே அமைகின்றது.

($4n + 1$) வரிசை - நெப்டூனியம் வரிசை : [($4n + 1$) Series]

மூன்று வரிசைகள் இயற்கை கதிரியக்க தனிமங்கள் உள்ளனவென்றும், ஒரு வரிசையிலுள்ள தனிமங்களின் நிறைகள் 4 ஆல் வகுபடக் கூடியதென்றும் இரண்டாவது மற்றும் மூன்றாவது வரிசைகளில் உள்ள தனிமங்களின் நிறைகளை நான்கால் வகுப்பதால் முறையே மீதி 2 அல்லது 3 கிடைக்கிறது என்றும் முன்னொ கண்டோம். ஆனால் தனிமங்களின் நிறைகளை 4ல் வகுப்பதனால் மீதி 1 ஐக் கொடுக்கக் கூடிய வரிசை காணப்படவில்லை. அதாவது ($4n + 1$) வரிசை காணப்படவில்லை. இயற்கையில் இவ்வரிசை காணப்படாததற்கான தக்க விளக்கமாவது, இவ்வரிசையில் இருக்கக்கூடிய எந்த ஒரு ஐசோட்டோப்பும் போதுமான அளவு அரைவாழ் காலத்தைக் கொண்டிருக்கவில்லை என்பதேயாகும்.

இவ்வரிசையினுடைய முதல் 5 ஐசோட்டோப்புகளும் இரண்டாவது உலகப்போரின் போது கண்டுபிடிக்கப்பட்டு ஆராயப்பட்டன.

($4n + 1$) வரிசையின் பெயர் அதில் உள்ள, நீண்ட அரைவாழ் காலம் கொண்ட தனிமமாகிய, நெப்டூனியத்திலிருந்து பெறப்படுகிறது. எனவே இது நெப்டூனியம் வரிசை எனப்படுகிறது. இவ்வரிசையில் உள்ள தனிமங்கள் அனைத்தும் மனிதனால்

ஆக்கப்பட்டவை. இது ஒரு செயற்கை வரிசை. இது இயற்கைக் கதிரியக்க வரிசையலிருந்து பல வகைகளில் வேறுபடுகிறது. வேறுபாடுகளாவன

1. இயற்கை கதிரியக்கத் தொடர்

i. தோரியம், 232

ii. யுரேனியம், 238

iii. யுரேனியம், 235

2. செயற்கை கதிரியக்கத் தொடர்

நெப்ளூனியம் 237

வ. எண்	தொடர்	வாய்பாடு	தாய்த் தனிமம்	உமிழப்பட்ட துகள்கள்		இறுதித் தனிமம்
				α	β	
1.	தோரியம்	$4n$	${}_{90}\text{Th}^{232}$	6	4	${}_{82}\text{Pb}^{208}$
2.	யுரேனியம் - I	$4n+2$	${}_{92}\text{U}^{238}$	8	6	${}_{82}\text{Pb}^{206}$
3.	யுரேனியம் - II	$4n+3$	${}_{92}\text{U}^{235}$	7	4	${}_{82}\text{Pb}^{207}$
4.	நெப்ளூனியம்	$4n+1$	${}_{93}\text{Ne}^{237}$	7	4	${}_{83}\text{Bi}^{209}$

- இவ்வரிசையில் கிடைக்கப் பெறும் முடிவான விளைபொருள் பிஸ்மத்தின் நிலையான ஐசோடோப்பு ${}_{83}\text{Bi}^{209}$ ஆகும். ஆனால் மூன்று இயற்கைக் கதிரியக்க வரிசைகளிலும் கிடைக்கும் விளைபொருள் நிலையான லெட் ஐசோட்டோப்புகள் ஆகும்.
- இந்த வரிசையில் உள்ளவற்றிலேயே இயற்கையில் கிடைக்கக்கூடிய ஒரே தனிமம் முடிவில் கிடைக்கும் விளை பொருளாகிய நிலையான ${}_{83}\text{Bi}^{209}$ ஆகும்.
- மூன்று இயற்கைக் கதிரியக்க வரிசைகளிலும் உள்ளது போன்று இதில் வாயுக்கள் எதுவும் வெளியிடப்படவில்லை.
- பிரான்ஸியம் (francium) மற்றும் ஆஸ்ட்டைன் (astatine) ஆகியவை சிதைவுச் சங்கிலியில் நேரடியாகவும் மற்றும் அடுத்தடுத்தும் கிடைக்கின்றன. ஆனால் இயற்கைக் கதிரியக்க வரிசையில் இத்தனிமங்கள் கிளைச் சங்கிலிச் சிதைவில் மிகச்சிறிதளவே தோன்றுகின்றன.
- இயற்கைக் கதிரியக்க வரிசைகளில் கிளைச் சங்கிலிச் சிதைவு அடிக்கடித் தோன்றுகிறது. ஆனால் நெப்ளூனியம் வரிசையில் அவ்வாறு தோன்றுவதில்லை.

தனிமம் C, β - துகளை வெளியிட்டு சேய்
அதாவது, தனிமம் முதல் தொகுதியில் இருந்து வலது
இரண்டாம் தொகுதியை அடைகிறது. தனிமம் A ஒரு α - துகளை
சேய் தனிமம் B யைக் கொடுக்கிறது. அதாவது தனிமம் மூன்றாம் தொகுதியில்
இருந்து இடது புறமாக நகர்ந்து முதல் தொகுதியை அடைகிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட தாய்த்தனிமம் எவ்வகையில் சிதைகிறது என்பதைக் தெரிந்து
சேய் தனிமத்தின் தன்மையைக் கணிக்க இவ்விதி உதவுகிறது.

i. (எ.கா) ${}_{84}^{215}\text{Po}$ α -வெளியீட்டிற்கு உள்ளாகிறது. இச்செய்தியிலிருந்து
இவ்வினையின் சேய் தனிமத்தின் தன்மையைக் கணிக்கலாம்.
தனிமத்தொகுதி இடப்பெயர்ச்சி விதியின்படி சேய் தனிமம் தனிம
அட்டவணையில் Poவுக்கு இடதுபுறம் இரண்டு இடங்கள் தள்ளி இருக்கும்.
அதாவது சேய் தனிமம் Pb ஆகும்.

ii. (எ.கா) ${}_{81}^{211}\text{Pb}$ β -வெளியீட்டிற்கு உள்ளாகிறது. எனவே சேய் தனிமம் தனிம
அட்டவணையில் Pbக்கு வலதுபுறம் ஒரு இடம் தள்ளி இருக்கும். அதாவது
சேய் தனிமம் Bi ஆகும்.

2.2. அணுக்கரு பிணை ஆற்றல்கள் [Nuclear Binding Energies] நிறைக்குறைபாடு (Mass defect) :

ஒரு புரோட்டானினுடைய நிறை 1.00758 நிறை அலகு என்றும், ஒரு நியூட்ரானின் நிறை 1.00893 நிறை அலகு என்றும் மற்றும் ஒரு எலக்ட்ரானின் நிறை 0.0005486 நிறை அலகு என்றும் துல்லியமாக நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளது. (இயற்பியல் அணு எடை அலகீட்டில் O^{16} ஆக்ஸிஜன் அணுவின் நிறையை திட்டமானதாகவும் துல்லியமாக 16.0000 அலகுகள் என்றும் கொண்டு கணக்கிடப்பட்டுள்ளது). ஆகவே அணுவில் உள்ள புரோட்டான்கள், நியூட்ரான்கள் மற்றும் எலக்ட்ரான்கள் ஆகியவற்றின் நிறையை நிர்ணயிக்கலாம். (எ.கா) ஹீலியம் அணு 2 எலக்ட்ரான்கள், புரோட்டான்கள் மற்றும் 2 நியூட்ரான்கள் ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ளது. ஆகவே இதன் நிறை.

$$(2 \times 0.0005486) + (2 \times 1.00758) + (2 \times 1.00893) = 4.03411$$

ஆனால் ஹீலியம் அணுவின் சரியான நிறை 4.00390 அலகுகளாகும்.

எதிர்பார்க்கப்படும் நிறைக்கும் அதன் சரியான நிறைக்குமான வேறுபாடு

$$4.03411 - 4.00390 = 0.03021 \text{ நிறை அலகு}$$

இந்த வேறுபாடே நிறைக்குறைபாடு எனப்படும்.

இவ்வாறு ஒரு தனிமத்தினுடைய ஒரு அணுவின் எதிர்பார்க்கப்படும் நிறை (புரோட்டான்கள் நியூட்ரான்கள் மற்றும் எலக்ட்ரான்கள் ஆகியவற்றின் சரியான நிறைகள் கொண்டு கணக்கிடப்பட்டது) மற்றும் அதன் உண்மையான நிறை ஆகியவற்றுக்கிடையேயான வேறுபாடு நிறைக்குறைபாடு எனப்படும்.

பிணை ஆற்றல்கள் (Binding Energies):

இவ்வாறு ஹீலியம் அணு அதன் அடிப்படைத் துகள்களிலிருந்து உருவாகும் போது 0.03021 நிறை அலகு நிறை ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது.

நமக்கு 1 நிறை அலகு = 1.661×10^{-24} g என்று தெரியும். எனவே $0.03021 \times 1.661 \times 10^{-24}$ g நிறை பொருண்மை ஆற்றலாக மாற்றப்பட்டிருக்கின்றது. இந்த ஆற்றலே பிணை ஆற்றல் எனப்படும். இது ஹீலியம் அணுக்கருவில் இரண்டு புரோட்டான்கள் மற்றும் இரண்டு நியூட்ரான்களை பிணைக்கப்பயன்படும் பிணை விசையாகும்.

ஐன்ஸ்டீனின் நிறை ஆற்றல் சமன்பாடு $E = mc^2$

$$E = mc^2$$

$$E = 0.03021 \times 1.661 \times 10^{-24} \times (3 \times 10^{10})^2$$

$$= 4.5119 \times 10^{-5} \text{ ஆற்றல்}$$

நமக்கு 1.60×10^{-6} ஆற்றல் = 1 MeV என்று தெரியும்

$$\begin{aligned} \therefore 4.5119 \times 10^{-5} \text{ ஆற்றல்} &= \frac{4.5119 \times 10^{-5}}{1.602 \times 10^{-6}} \\ &= 28.16 \text{ MeV} \end{aligned}$$

ஹீலியம் அணுவில் நான்கு துகள்கள் உள்ளமையால். He^4 ல் ஒரு நியூக்ளியானுக்கான பிணை ஆற்றல் தோராயமாக 7.0 MeV ($28.16 \div 4$)

[நிறை அலகு = 931 MeV எனக்கொண்டும் நாம் நேரடியாக இம்மதிப்பைக் கணக்கிட முடியும்.]

ஒரு குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கை புரோட்டான்களும் நியூட்ரான்களும் இணைந்து ஒரு அணுக்கருவைக் கொடுக்கும்போது வெளிப்படும் ஆற்றலை பிணை ஆற்றல் எனப்படும். இதையே ஒரு அணுக்கருவைச் சிதைத்து அதனுடைய நியூட்ரான்கள் மற்றும் புரோட்டான்களாகப் பிரிப்பதற்கு எவ்வளவு ஆற்றல் கொடுக்கப்பட வேண்டுமோ அதுவே அணுக்கரு பிணை ஆற்றல் என்று கூறலாம்.

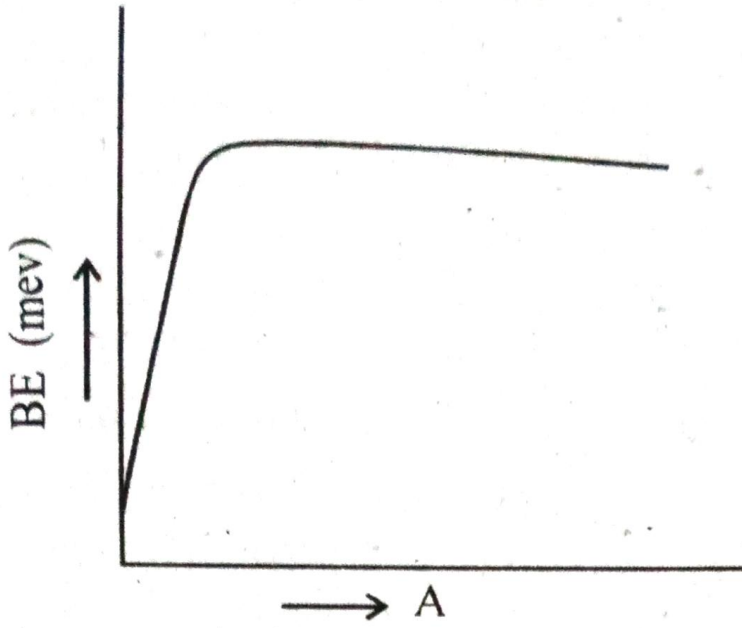
அணுக்கரு உருவாகும்போது இழக்கப்பட்ட பொருண்மையிலிருந்து இந்த வினை ஆற்றல் பெறப்பட்டுள்ளது. இந்த பொருண்மை ஆற்றலாக மாற்றப்படும் அந்த ஆற்றல் நியூக்ளியான்களை அணுக்கருவில் பிணைத்து வைக்கப் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

முக்கியத்துவம் :

அணுக்கருவின் ஒப்பு நிலைத்தன்மையின் அளவீடாகப் பிணை ஆற்றலைக் கொள்ளலாம்.

அணுநிறை அதிகரிப்பதைப் பொருத்து பிணை ஆற்றல்களும் அதிகரிக்கின்றன. மிக இலேசான தனிமங்களைத் தவிர ஏனைய தனிமங்களுக்கு இது அனேகமாக மாறாத மதிப்புடையதாகவே உள்ளது. ஒரு நியூக்ளியானுக்கான பிணை ஆற்றலுக்கும் நிறை எண்ணுக்கும் எதிராக ஒரு வரைபடம் போட்டால் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு வரைகோடு கிடைக்கிறது.

இந்த வரைபடத்திலிருந்து பின்வரும் முடிவுகளைப்பெறலாம்



BE = பிணை ஆற்றல்
A = நிறை எண்

1. 25 க்கும் 140க்கும் இடைப்பட்ட நிறை எண்ணில், ஒரு துகளுக்கான பிணை ஆற்றல் அநேகமாக மாறாததாக உள்ளது அது சுமார் 8.5 MeV / நியூக்ளியானாக உள்ளது.
2. மிகக்குறைந்த மற்றும் மிக / அதிகமான நிறை எண்களைக் கொண்டுள்ள அணுக்கருக்கள் குறைந்த பிணை ஆற்றலைக் கொண்டுள்ளன. ஆகவே இந்த அணுக்கருக்கள் குறைந்த நிலைத் தன்மை கொண்டவை.
3. மிகக்குறைந்த நிறை எண்களைக் கொண்ட அணுக்கருகளில் குறிப்பிடத்தக்க அளவு ஒழுங்கின்மை உள்ளது. அதாவது வரைகோடு திடீரென்று உயருகின்றது.

பண்பியல் முடிவுகள் சிலவற்றையும் நாம் பெறலாம்.

1. 8.5 MeV / நியூக்ளியான் என்ற மதிப்பு மிகப்பல அணுக்கருக்களில் காணப்படும் மதிப்பாகத் தோன்றுகிறது. இம்மதிப்பு பிணை ஆற்றல் விசைகள் பூரிதம் பெற்றதைக் குறிப்பிடுகிறது.
2. இலேசான அணுக்கருவில் துவங்கி நிறையை அதிகரித்துக் கொண்டே சென்றால், பரப்பு, கன அளவு வீதம் குறைவதால், ஒரு நியூக்ளியானுக்கான சராசரி பிணை ஆற்றலும் அதிகரிக்கிறது இந்த விளைவை நீர்மங்களின் பரப்பு இழுவிசையோடு ஒப்பிடலாம்.
3. உயர்ந்த அணுநிறை கொண்ட கருக்களில் ஒரு துகளுக்கான பிணை ஆற்றல் குறைவாக உள்ளது. மிக அதிக எண்ணிக்கையில் உள்ள புரோட்டான்களுக்கிடையே எதிர்ப்புவிசை அதிகமாக இருப்பதனால், இவ்வாறு குறைவாக உள்ளது. எனவே இவை சராசரி நிறைகளைக் கொண்டுள்ளன.

கணக்கு :

ஹீலியம் அணுக்கருவில் இரண்டு புரோட்டான்களும் மற்றும் இரண்டு நியூட்ரான்களும் உள்ளன. இதன் மொத்த எடை 4.0319 அணுநிறை அலகாகும் ஆனால் அதன் சரியான நிறை 4.0015 அணு நிறை அலகு எனக்காணப்பட்டுள்ளது ஒரு நியூக்ளியானுக்கான பிணை ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

$$\begin{aligned}
 \text{எதிர்பார்க்கப்படும் நிறை} &= 4.0319 \text{ அ.நி.அ. (a.m.u)} \\
 \text{சரியான நிறை} &= 4.0015 \text{ அ.நி.அ.} \\
 \% \text{ நிறை குறைபாடு} &= 4.0319 - 4.0015 \text{ அ.நி.அ.} \\
 &= 0.0304 \text{ அ.நி.அ.} \\
 1 \text{ அ.நி.அ. (a.m.u)} &= 931 \text{ MeV} \\
 \% 0.0304 \text{ அ.நி.அ.} &= \frac{931}{1} \times 0.0304 \\
 &= 28.3 \text{ MeV}
 \end{aligned}$$

ஹீலியம் அணுவில் நான்கு துகள்கள் உள்ளனவாகையால் ஒரு நியூக்ளியானுக்கான பிணை ஆற்றல்

$$\begin{aligned}
 &= \frac{28.3}{4} \\
 &= 7.075 \text{ MeV}
 \end{aligned}$$

கணக்கு : 0.005 கி நிறை அழிக்கப்படும்போது வெளிப்படும் ஆற்றலை MeVல் கணக்கிடுக.

தீர்வு :

$$\begin{aligned}
 \text{நமக்கு } 1.661 \times 10^{-24} \text{ கி} &= 1 \text{ அ.நி.அ. என்று தெரியும்} \\
 &= 931 \text{ MeV} \\
 \% 0.005 \text{ கி} &= \frac{931}{1.66 \times 10^{-24}} \times 0.005 \\
 &= 2.802 \times 10^{24} \text{ MeV}
 \end{aligned}$$

கணக்கு : Ni^{64} - ஐசோடோப்பின் நிறை 63.9481 amu ஆனால் அதன் ஒரு கருத்துகளின் பிணைப்பு ஆற்றலைக் கணக்கிடுக. நியூட்ரானின் நிறை 1.008 amu ஆகவும் மற்றும் புரோட்டானின் நிறை 1.0078 amu ஆகவும் கொள் (1 amu = 931 MeV)

$$\begin{aligned}
\text{Ni}^{64}\text{ன் அணுஎடை} &= 63.9481 \\
\text{அணுஎண்} &= 28 \\
\text{புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை} &= 28 \\
\text{நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை} &= 63.9481 - 28 \\
\text{கணக்கிடப்பட்ட அணுஎடை} &= 35.9481 = 36 \\
&= (28 \times 1.0078) + (36 \times 1.0087) \\
&= 28.21 + 36.31 \\
&= 64.52
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{உண்மையான அணுஎடை} &= 63.9481 \\
\text{நிறைக் குறைவு} &= 64.52 - 63.9481 \\
&= 0.5719 \text{ amu}
\end{aligned}$$

1. அ.நி.அ

0.5719 அ.நி.அ

$$\text{அணுக்கருவின் பிணை ஆற்றல்} = 931 \text{ MeV என்பது தெரியும்}$$

ஃ ஒரு நியூக்ளியானுக்கான

பிணை ஆற்றல்

$$\begin{aligned}
&= 931 \times 0.5719 \\
&= 532.4389 \text{ MeV} \\
&= 532.4389 \div 64 \\
&= 8.337 \text{ MeV}
\end{aligned}$$

விடை : Ni^{64} ல் ஒரு நியூக்ளியானுக்கான பிணை ஆற்றல்

$$= 8.337 \text{ MeV}$$

பயிற்சி :

அலுமினிய ஐசோடோப் $^{27}\text{Al}_{13}$ ன் நிகை 26.9815 amu ஆகும். புரோட்டானின் நிறை 1.0081 amu ஆகவும் நியூட்ரானின் நிறை 1.0090 ஆகவும் கொண்டு அலுமினியம் கருவின் ஒரு நியூக்ளியானின் பிணைப்பு ஆற்றலைக் கணக்கிடுக (1 அ.நி.அ = 931 MeV)

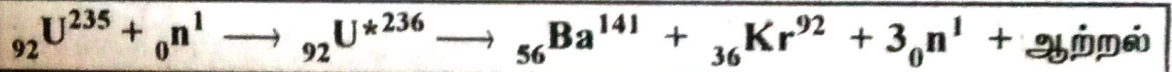
(விடை : 8.222 MeV)

2.3. அணுக்கருப் பிளப்பு (Nuclear fission)

வரையறை :

ஆற்றல் வெளியீட்டோடு அணுக்கருவை கிட்டத்தட்ட சம பகுதிகளாக பிரித்தலை அணுக்கரு பிளப்பு எனப்படும்.

விளக்கம் : இதுவும் ஒருவகையான சிதைவு, எடுத்துக்காட்டாக மெதுவாக இயங்கும் நியூட்ரான் கொண்டு யுரேனியம் 235 தாக்கப்படுமானால், யுரேனியம் அணுக்கருவால் முதலில் ஒரு நியூட்ரான் பிடிக்கப்படுகிறது. பின்னர் முழு அணுக்கருவும் பிளந்து இரண்டு அணுக்கருகளாகிறது. ஒரு பேரியம் கருவும் ஒரு கிரிப்டான் கருவும் கிடைக்கின்றன. இம்முறையில் 3 உபரியான நியூட்ரான்கள் வெளியிடப்படுகின்றன. இவ்விதச் செயல் முறையே அணுக்கருப்பிளப்பு எனப்படும். வெளியான நியூட்ரான்களில் சில ஏனைய யுரேனியம் அணுக்கருக்களைத் தாக்குகின்றன. இவ்வாறு ஒரு சங்கிலித் தொடர்வினை உண்டாகிறது. மற்ற நியூட்ரான்கள் அழிக்கப்பட்டு ஆற்றலாக மாற்றப்படுகின்றன.



அணுக்கருப் பிளப்பின் முக்கியத்துவம் (Importance of nuclear fission)

பிளப்பு வினைகளில் நிறை இழப்பு ஏற்படுகிறது. இது ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. சாதாரண வழிகளில் கிடைக்கப்பெறும் ஆற்றலைவிட அணுக்கருப்பிளப்பில் உண்டாகும் ஆற்றல் மிக மிக அதிகம். எடுத்துக்காட்டாக மெதுவாக இயங்கும் நியூட்ரான்கள் கொண்டு தாக்கப்படும்போது ${}_{92}\text{U}^{235}$ தனிமம் பிளப்பு வினைக்கு உள்ளாகி ஒரு கிராம் யுரேனியம் 235க்கு 0.2 அலகு நிறை அழிக்கப்படுகிறது. ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டின்படி ($E = mc^2$) இது $0.2 \times [3 \times 10^{10}]^2$ எர்க்குகளாகிறது. இது அறுபது லட்சம் குதிரைத் திறன் மணிகளுக்குச் (horse power hours) சமமாகும்.

அணுக்கருப்பிளப்பின் போது உண்டாகும் மிக அதிகமான ஆற்றல் இரண்டு முக்கியமான வகைகளில் பயன்படுத்தப்படலாம்.

- அழிவுக்குப் பயன்படும் அணுகுண்டு (atom bomb) போன்றவற்றைத் தயாரிக்க பயன்படுகிறது..
- மின் உற்பத்தி போன்ற ஆக்கத்திற்குப் பயன்படும் அணுக்கரு உலைகளில் பயன்படுகிறது.

அதிவேக நியூட்ரான் சங்கிலித் தொடரின் அடிப்படையில் அணுகுண்டு செயல்படுகிறது. இதனை நிகழ்த்த, பிளப்பு அடையும் பொருள்களில் (U^{235} அல்லது Pu^{239}) இரு துண்டுகள் ஒன்றோடொன்று நெருங்கிய தொடர்பு கொள்ளாமாறு செய்யப்படுகிறது. இந்த இரு துண்டுகளும் தனித்தனியே வைக்கப்படும்போது நிலையாக இருக்கும். ஆனால் அவை ஒன்றோடொன்று நெருக்கப்படும் போது அவை தீவிரமாக வெடிக்கின்றன.

கட்டுப்படுத்தப்பட்ட பிளப்பு வினை (Controlled fission reaction)

ஒரு கட்டுப்படுத்தப்படாத சங்கிலித்தொடர் வினையின் அடிப்படையில் அணுகுண்டு செயல்படுகிறது. ஆரம்பமாகிய சிறிது நேரத்திற்குள் இந்த சங்கிலித் தொடர் வினை கட்டுப்படுத்தப்படுமானால் ஒரு நிலையான நிலை (steady state) உண்டாகிறது. இவ்வாறு ஒரு நிலையான நிலை உண்டாகும் போது, உண்டாக்கப்படும் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் பயன்படுத்தப்படும் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் கிட்டத்தட்ட சமமாகின்றன. ஆகவே வெளிப்படும் ஆற்றல் ஒரு மாறாத அளவை அடைகிறது. இத்தகைய வினையே கட்டுப்படுத்தப்பட்ட பிளப்பு வினை எனப்படுகிறது.

இது எவ்வாறு நிகழ்த்தப்படுகிறது? : கட்டுப்படுத்தப்பட்ட பிளப்பு வினைகள் அணுக்கரு உலைகளில் நிகழ்த்தப்படுகின்றன. அணுக்கரு உலைகளில் U^{235} அல்லது Pu^{239} போன்ற பிளப்புக்குள்ளாகும் பொருள்கள் (இவை அணுக்கரு உலை எரிமங்கள் nuclear fuels எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன) கனடீர் அல்லது கிராஃபைட்டு போன்ற தனிப்பான்களுடன் கலந்து வைக்கப்படுகின்றன. பிளப்பின் போது உருவாகும் நியூட்ரான்கள் இந்தத் தனிப்பான்களை ஊடுறுவிச் செல்லும் போது அவற்றின் ஆற்றலில் சிறிதளவை இழக்கின்றன. இதனால் அவை மெதுவாக நகரத் துவங்குகின்றன. இவ்வாறு பிளப்பு வினைகள் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன.

பயன்கள் :

இச்செயல்முறை கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளைத் தயாரிக்கவும் மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யவும் பயனாகிறது.

இந்தியாவில் உள்ள அணு ஆற்றல் திட்டங்கள்

அணு ஆய்வு மற்றும் அணுக்கரு கொண்டு மின் விசை உற்பத்தி ஆகியவற்றில் கடந்த சில ஆண்டுகளில் இந்தியா குறிப்பிடத்தக்க அளவு முன்னேற்றமடைந்துள்ளது. நமது நாட்டில் நடைபெறும் அணு ஆற்றல் செயல்பாடுகள் அனைத்தும் 1948ம் ஆண்டு அமைக்கப்பட்ட அணு ஆற்றல் பொறுப்பாண்மைக் குழு (Atomic Energy Commission) மற்றும் 1954ம் ஆண்டு அமைக்கப்பட்ட அணு ஆற்றல் துறை (Department of Atomic Energy) ஆகியவற்றால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன.

மகாராஷ்டிரத்தில் பம்பாய் அருகில் உள்ள டாரம்பேயில் அமைந்திருக்கும் பாபா அணு ஆய்வு மையம் (Bhabha Atomic Research Centre - BARC) அணு ஆற்றலின் பயன்பாடுபற்றி பெருமளவில் ஆய்வு மேற்கொண்டுள்ளதோடு ஆக்கப்பணிகளையும் செய்கிறது. தற்போது BARC நான்கு ஆய்வு அணுக்கரு உலைகளைக் கொண்டுள்ளது.

அணு ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி மின்விசை உற்பத்தி செய்ய இந்தியா துவங்கியுள்ளது. 1963ஆம் ஆண்டு மகாராஷ்டிரத்தில் தாராபூர் என்ற இடத்தில் 430M W சக்தி கொண்ட அணுமின்விசை நிலையத்தை (atomic power station) இந்தியா அமைந்துள்ளது. இரண்டாவது மின்விசை நிலையம் ராஜஸ்தானில் உள்ள ராமபிரதாப்சாகரிலும் மூன்றாவது தமிழ்நாட்டில் உள்ள கல்பாக்கத்திலும் அமைக்கப்பட்டுக் கொண்டிருக்கின்றன. நான்காவது அணுக்கரு மின்விசை நிலையம் உத்திரபிரதேசத்தில் நரோரா (Narora) என்னுமிடத்தில் அமைக்கும் பணி நடைபெற்றுக் கொண்டுள்ளது.

இந்தியாவில் பயனாகும் அணுக்கரு உலை எரிமங்கள்

அணுக்கரு உலையில், அணுக்கரு ஆற்றலைத் தயாரிக்கப் பயனாகும் அணுக்கரு உலை எரிமங்களில் முக்கியமானவை 0.715% U^{235} உள்ள இயற்கையில் கிடைக்கும் யுரேனியம் அல்லது U^{235} செறிவு மிகுக்கப்பட்ட யுரேனியம்; மற்றும் பகுதியளவு U^{235} ஆக மாற்றத்தக்க Th^{232} மற்றும் U^{238} மற்றும் U^{238} -லிருந்து பெறப்பட்ட Pu^{239} ஆகியவை.

ப்பிட்ச் பிளெண்டிலிருந்து யுரேனியம் பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது. இந்த ப்பிட்ச் பிளெண்டு இந்தியாவில் கிடைப்பதில்லை. ஆனால் கார்னோட்டைட்டு எனப்படும் கனிமத்தில் யுரேனியம் உள்ளது. இக்கனிமம் பீஹாரில் காணப்படுகிறது. பீஹாரில் உள்ள பாட்டின் (Bhatin) மற்றும் உ.பி.யிலுள்ள லலித்பூர் ஆகிய இடங்களில் யுரேனியக் கனிமத்தின் செறிவுமிக்க படிவுகள் சமீபத்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. திருவாங்கூரில் காணப்படும் மோனாசைட்டு மண் P மற்றும் Th ஆகியவற்றிற்கான முக்கிய மூலமாகும். புளூட்டோனியம் இயற்கையில் காணப்படுவதில்லை. இது P லிருந்து தயாரிக்கப்படுகிறது. மஹாராஷ்டிர மாநிலத்திலுள்ள பம்பாயில் ட்ரம்போ (Trombay) என்னுமிடத்தில் பெரிய புளூட்டோனியம் ஆலை ஒன்றுள்ளது. வருடம் ஒன்றிற்கு சுமார் 90 கி.கி புளூட்டோனியம் இந்தியா தயாரிக்கிறது.

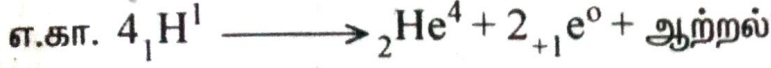
இந்தியாவிலுள்ள கனநீர் (heavy water) ஆலைகள்

பஞ்சாபிலுள்ள நங்கல் உரத்தொழிற் சாலையில் கனநீர் பெருமளவில் தயாரிக்கப்பட்டு அணு ஆற்றல் பொறுப்பாண்மைக் குழுவிற்கு வழங்கப்படுகிறது. மேலும் சூர்கேலா, ட்டிராம்பே, நாம்ரூப், நெய்வேலி, நஹார்கதியா ஆகிய இடங்களில் கூடுதலாக கனநீர் ஆலைகள் நிறுவப்பட்டு வருகின்றன.

அணுக்கரு இணைப்பு (Nuclear Fusion)

வரையறை :

இரண்டு இலேசான அணுக்கருக்களைச் சேர்த்து அல்லது இணைத்து ஒரு நிலையான கனமான அணுக்கருவையும் ஆற்றல் வெளியீட்டையும் பெறக்கூடிய முறையே அணுக்கரு இணைப்பாகும்.



விளக்கம் :

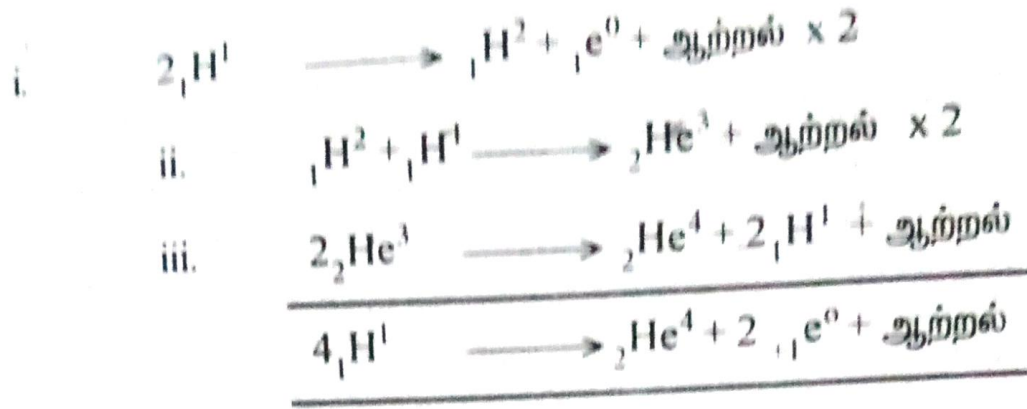
நாம் ஹீலியம் அணுக்கரு உண்டாவதை எடுத்துக் கொள்வோம். இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களும் (அதாவது இரண்டு புரோட்டான்கள் மற்றும் இரண்டு எலக்ட்ரான்கள்) இரண்டு நியூட்ரான்களும் இணைவதால் இது உண்டாகிறது. இரண்டு இலேசான தனிமங்கள் சேர்ந்து ஒரு கனமான அணுக்கரு உண்டாகும் போது ஏற்படும் எடையிழப்பினால் இவ்வினையிலும் கூட மிக அதிக அளவு ஆற்றல் வெளிவிடப்படுகிறது.

அணுக்கரு இணைப்பின் முக்கியத்துவம் :

நன்கு முடுக்கிவிடப்பட்ட புரோட்டான்கள் மற்றும் டியூட்டிரான்கள் போன்றவற்றை இலேசான தனிமங்களின் அணுக்கருகளின் மீது விழச் செய்தால் அணுக்கரு இணைப்பு நடைபெறுகிறது. இவ்வினைகள் மிக உயர்ந்த வெப்ப நிலைகளிலேயே குறிப்பிடத்தக்க வேகத்துடன் நடைபெறுகின்றன. விண்மீன்களின் மையத்தில் அமையக்கூடிய மில்லியன் டிகிரி வெப்பநிலை அளவில்தான் இவ்வினை நடைபெறுகிறது. ஆகையால் இவ்வகை வினைகள் **வெப்ப அணுக்கரு வினைகள்** என்றழைக்கப்படுகின்றன. ஒரு அணுக்கரு இணைப்பு வினை துவக்கப்பட்டவுடன், வெளிப்படும் ஆற்றல் அவ்வினையைத் தொடர்ந்து நடைபெறச் செய்ய போதுமானதாக உள்ளது.

சூரியனின் ஆற்றல் (Stellar energy)

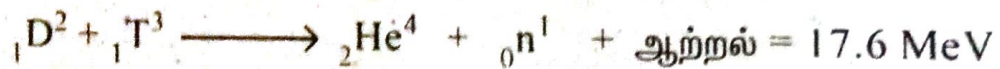
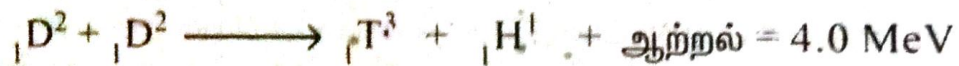
சூரியன் மற்றும் விண்மீன்களின் ஆற்றல் ஸ்டீலார் ஆற்றல் எனப்படுகிறது. சூரியனிலும், விண்மீன்களிலும் அணுக்கரு இணைப்பு வினை நடப்பதாக கருதப்படுகிறது. இதனால் அளவற்ற ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. இவ்வினையை நான்கு புரோட்டான்கள் இணைந்து ஒரு ஹீலியம் உட்கருவையும், இரண்டு பாசிஸ்ரான்களையும் உருவாக்கி அளவற்ற ஆற்றலை வெளியிடுகின்றது. இவ்வினை ஒரே படியில் நிகழாமல் கீழ்க்கண்ட படிகளில் நிகழ்வதாக கருதப்படுகிறது. இவ்வினை தொடர்ந்து நிகழ்வதால் அளவற்ற ஆற்றல் தொடர்ந்து வெளிப்படுகின்றது.



மேற்கண்ட வினையில் 26.7 meV ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. இது வியப்படையும் வகையில் மிகப்பெரிய அளவாகும்.

ஹைட்ரஜன் குண்டு: (Hydrogen bomb)

ஹைட்ரஜனின் ஐசோட்டோப்புகளாகிய டியூட்டீரியம் மற்றும் ட்ரிட்டியம் ஆகியவற்றின் அணுக்கருக்களிடையே நடைபெறும் வெப்ப அணுக்கரு வினைகளை ஆற்றலைப் பெறப் பயன்படுத்தப்படலாம். வெப்பநிலை மட்டும் மிக அதிகமாக இருக்குமானால், இவ்வினைகள் அதிவிரைவாக நடைபெற்று மிக அதிகமான ஆற்றலைக் கொடுக்கின்றன. வெப்ப அணுக்கரு வினைகளிலிருந்து பெறப்படும் ஆற்றல் வெப்ப அணுக்கரு ஆற்றல் எனப்படுகிறது. இவ்வினைகளை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.



எல்லோராலும் நன்கறியப்பட்ட ஹைட்ரஜனின் குண்டு என்பதில் இந்த இணைப்பு வினைகளே கணக்கற்ற அளவு ஆற்றலை வெளியிடுகின்றன. ஆனால் மேற்கண்ட அணுக்கரு வினைகள் மிக உயர்ந்த வெப்ப நிலைகளில் மட்டுமே நடைபெறும். ஆகையால் தக்க அளவு தேவையான உயர் வெப்ப நிலையைக் கொடுக்கக் கூடிய புற அமைப்பு ஒன்று தேவை. ஹைட்ரஜன் குண்டு தயாரிப்பின்போது தக்க அளவு டியூட்டீரியம் அல்லது ட்ரிட்டியம் அல்லது இரண்டின் கலவை ஒரு அணு குண்டோடு இணைக்கப்படுகிறது. தேவையான உயர் வெப்ப நிலையை அணு குண்டு கொடுக்கிறது. ஒரு அணுக்குண்டை விட ஹைட்ரஜன் குண்டு பன் மடங்கு வீரியம் மிக்கது. அணுக்கரு உலையில் ஆக்க வேலைகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் வகையில் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட அளவு ஆற்றலை அணுக்கரு பிளப்பு மூலம் மனித இனத்தால் இன்று பெற முடிகிறது. இதே போன்று வருங்காலத்தில் மனித சமுதாயத்தின் முன்னேற்றத்திற்காக கட்டுப்படுத்தப்பட்ட அணுக்கரு இணைப்பு மூலம் தேவையான அளவு ஆற்றலை பெற இயலுமென்று நம்புவோம்.

அணுக்கருப்பிளப்பையும் அணுக்கரு இணைப்பையும் ஒப்பிடுதல் ஒற்றுமைகள் : இரண்டுமே ஏராளமான ஆற்றலை வெளிவிடுகின்றன.

வேற்றுமைகள் :

1. பிளப்பு என்பது கனமான அணுக்கருகளை உடைத்து இலேசான அணுக்கருக்களைப் பெறும் செயல்முறை. இணைப்பு என்பது இரு இலேசான அணுக்கருக்களைப் பிணைப்பது ஒரு கனமான அணுக்கருவைப் பெறும் செயல்முறையாகும்.
2. பிளப்புச் செயல் முறையின் இடையிணைப்புப் பொருள்கள் நியூட்ரான்கள் ஒரு இணைப்புச் செயல்முறையின் இடையிணைப்புப் பொருள்கள் புரோட்டான்கள்.
3. அணுக்கரு பிளவு வெப்ப நியூட்ரான்கள் மூலம் நடைபெறுகின்றது. இங்கு வெப்பம் என்னும் அடைமொழி அறை வெப்பநிலையைக் குறிக்கிறது.

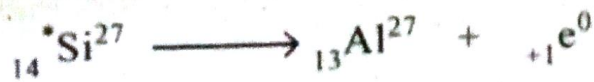
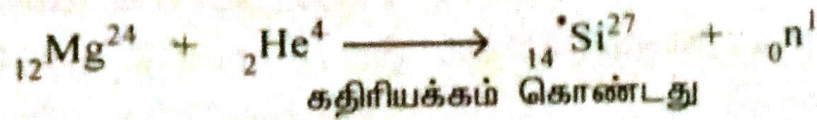
இணைப்பு வெப்பத் துகள்கள் மூலம் நடைபெறுகிறது. இங்கு வெப்பம் என்னும் அடைமொழி கெல்வின் வெப்ப நிலை அலகில் லட்சக்கணக்கான டிகிரிகளைக் குறிக்கிறது.

செயற்கைக் கதிரியக்கம் (Artificial Radioactivity)

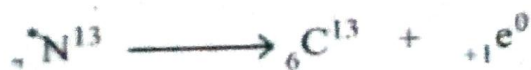
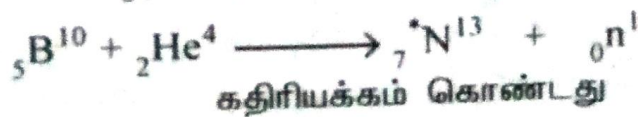
வரையறை : செயற்கைக் கதிரியக்கம் அல்லது தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கம் என்பது ஒரு தெரிந்த தனிமத்தினுடைய புதிய கதிரியக்க ஐசோட்டோப்பைத் தயாரிக்கும் முறையாகும்.

எ.கா.

1. α -துகள்களினால் மெக்னீசியம் தாக்கப்படும்போது சிலிக்கனின் கதிரியக்கம் கொண்ட ஐசோட்டோப்பு நமக்கு கிடைக்கிறது. இது சிதைந்து ${}_{13}^{27}\text{Al}$ ஐயும் ஒரு பாஸிட்ரானை (${}_{+1}e^0$) யும் கொடுக்கிறது.



2. α -துகள்கள் கொண்டு போரான் தாக்கப்படும்போது நைட்ரஜனின் கதிரியக்கம் கொண்ட ஐசோட்டோப்பு கிடைக்கிறது. இது சிதைந்து கார்பனின் நிலையான ஐசோட்டோப்பு ${}_{6}^{13}\text{C}$ ஐயும் ஒரு பாஸிட்ரானையும் கொடுக்கிறது.



இவ்வாறு பல்வேறு தனிமங்களைப் புரோட்டான்கள், டிரியூட்டிரான்கள் நியூட்ரான்கள் மற்றும் ஆல்பா துகள்கள் கொண்டு தாக்கி அவற்றினுடைய கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகளைப் பெற முடியும். செயற்கை முறையில் தயாரிக்கப்பட்ட கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகள் சிதையும்போது எலக்ட்ரான்கள் அல்லது பாஸிட்ரான்களை மட்டுமே வெளிவிடுகின்றன.

யூரேனியம் கடந்த தனிமங்கள் (Transuranium elements)

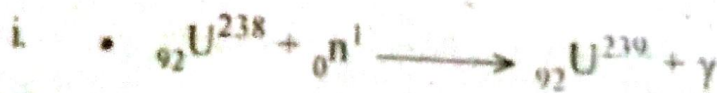
தனிம வரிசை அட்டவணையில் யூரேனியத்திற்கு பின்பு அணு எண் 93 முதல் 105 வரை உள்ள 13 தனிமங்கள் யூரேனியம் கடந்த தனிமங்கள் எனப்படுகின்றன. இவையாவும் செயற்கை தனிம மாற்றும் முறையில் தயாரிக்கப்பட்டவை. இவையாவும் கதிரிக்க தன்மை உடையவை.

எடுத்துக்காட்டு	${}_{93}\text{Np}^{239}$	நிப்ரோனியம்	: Np
	${}_{94}\text{Pu}^{233}$	புளூட்டோனியம்	: Pu
	${}_{98}\text{Cf}^{244}$	கலிபோர்னியம்	: Cf
	${}_{99}\text{Es}^{247}$	ஐன்ஸ்டீனியம்	: Es
	${}_{102}\text{No}^{252}$	நொபீலியம்	: No

நிப்ரோனியம் : Np

தயாரித்தல்

யூரேனியம் 238-ஐ மெதுவாக நகரும் நியூட்ரான் கொண்டு தாக்கிய பொழுது யூரேனியம் 239 கிடைக்கிறது. இது β -துகளை உமிழ்ந்து நிப்ரோனியம் தனிமத்தைக் கொடுக்கிறது.



இதுவரை சுமார் 20 நிப்ரோனியம் ஐசோடோப்புகள் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன. நிப்ரோனியம் 239 தனிமத்தின் அரை ஆயுள்காலம் 2 - 3 நாட்கள்.

புளூட்டோனியம் : Pu

தயாரித்தல்

1. யுரேனியம் 238-ஐ 40 MeV ஆற்றல் கொண்ட ஹீலியம் கொண்டு தாக்கிய போது புளூட்டோனியம் கிடைக்கின்றது.



2. நிப்ரோனியம் 239 தனிமம் β - துகளை உமிழ்ந்து புளூட்டோனியத்தை கொடுக்கின்றது.



புளூட்டோனியத்தின் அரை ஆயுள் காலம் 24,400 ஆண்டுகள். அணுகுண்டு மற்றும் அணுக்கரு ஆற்றல் உற்பத்தியில் இது பெரிதும் பயன்படுகிறது.

கலிபோர்னியம் : Cf

தயாரித்தல்

கூரியம் 242 தனிமத்தினை 35 MeV ஆற்றல் கொண்ட ஹீலியம் கொண்டு தாக்கிய பொழுது கலிபோர்னியம் உண்டாகிறது.



இதுவும் ஒரு கதிரியக்க தனிமம் ஆகும்.

ஐன்ஸ்டீனியம் : Es

தயாரித்தல்

யுரேனியம் 239 அணுவை முடுக்கப்பட்ட நைட்ரஜன் அணுகுண்டு தாக்கிய பொழுது ஐன்ஸ்டீனியம் கிடைக்கின்றது.



நொபீலியம் : No

தயாரித்தல்

கூரியம் 246 அணுவை முடுக்கப்பட்ட ${}^6\text{C}^{12}$ அணு கொண்டு தாக்கிய பொழுது நொபீலியம் கிடைக்கின்றது.



இது α - துகளை உமிழும் தன்மை கொண்டது. இதன் அரை ஆயுள் காலம் 10 - 12 நிமிடங்கள் ஆகும்.

2.4. கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகளின் பயன்பாடுகள் (Uses of Radio isotopes)

ஏனைய ஐசோட்டோப்புகளிலிருந்து குறிப்பிட்ட ஐசோட்டோப்புகளை அவற்றின் 'கதிரியக்க பண்பு' கொண்டும் 'அசாதாரண நிறைகள்' கொண்டு கண்டுபிடிக்க முடியும். இப்பண்புகளில் ஏதாவது ஒன்றைக் கொண்டு வெவ்வேறு செயல்முறைகளில் தனிமம் செல்லக் கூடிய தடத்தைக் கண்டறியலாம். இவ்வாறு பயன்படும் ஐசோட்டோப்புகள் தடம் அறி ஐசோட்டோப்புகள் (isotopic tracers) எனப்படும். இவ்வாறு தடம் அறி ஐசோட்டோப்பைக் கொண்டு அடையாளமிடப்பட்ட (labelled) தனிமம் தடம் அறியும் தனிமம் (tracer element) எனப்படும்.

ஐசோட்டோப்புகளைத்தடம் அறியும் தனிமங்களாகப் பயன்படுத்துவதில் உள்ள பொதுத் தத்துவங்கள் : ஒரு தனிமம் அதனுடைய இயல்பான ஐசோட்டோப்புகளின் இயையை மாற்றி அடையாளமிடப்படலாம். நிலையான ஐசோட்டோப்புகள் தடம் அறியப் பயன்படும் தனிமங்களாக உபயோகிக்கப்படுகின்றன. ஆனால் இவ்வகையான ஐசோட்டோப்புகள் மிககுறைந்த எண்ணிக்கையே உள்ளன. ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன், கார்பன், நைட்ரஜன் மற்றும் சல்பர் ஆகியவற்றின் ஐசோட்டோப்புகள் நிலையானவை. இவை தடம் அறியும் ஆய்வில் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

கதிரியக்கம் கொண்ட ஐசோட்டோப்பைப் பயன்படுத்துவதா அல்லது கதிரியக்கமற்ற ஐசோட்டோப்பைப் பயன்படுத்துவதா என்பது நிகழ்த்தப்படும் ஆய்வைப் பொருத்தது. இவ்விருவகைகளினுடைய சிறப்புகள் மற்றும் குறைகள் பின்வருமாறு.

கதிரியக்கமுள்ள ஐசோடோப்பு	கதிரியக்கமற்ற ஐசோடோப்பு
1. கண்டுபிடித்தலும் பண்பறி அளவில் நிர்ணயித்தலும் மிக எளிது.	கண்டுபிடித்தலும் பண்பறி அளவில் நிர்ணயித்தலும் மிகக் கடினம்.
2. இவைமிகக் குறைந்த நேரமே இருக்கின்றன. (அரைவாழ்காலம் மிக்குறைவு)	இவை நீண்ட நேரம் இருக்கின்றன
3. பல தனிமங்களுக்கு ஐசோட்டோப்புகள் உண்டு	பல தனிமங்களுக்கு கதிரியக்க மற்ற ஐசோட்டோப்புகள் கிடைப்பதில்லை
4. இதனைப் பயன்படுத்துபவருக்கும் இது ஏற்றப்படும் பொருளுக்கும் கேடு விளைவிக்கக் கூடியது.	இவை எவ்வித கேடும் விளைவிக்காது
5. இவை ஒரு குறிப்பிட்ட வரிசையில் மாற்றங்களுக்கு உள்ளாகின்றன.	இவை குறிப்பிட்ட வரிசையில் மாற்றங்களுக்கு உள்ளாவதில்லை

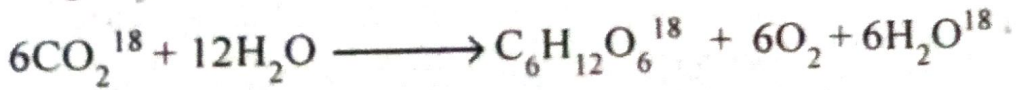
தடம் அறியப் பயன்படுத்துவதற்கு தக்க ஐசோட்டோப்பை நாம் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். மிகக் குறைந்த வாழ்காலம் அல்லது மிக அதிகமான வாழ்காலம் கொண்ட கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகள் பொதுவாக தடம் அறியப் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. கதிரியக்கத் தனிமங்களிலிருந்து வெளிவரும் கதிர்வீச்சு பின்வரும் முறைகளில் ஏதாவது ஒன்றின்மூலம் கண்டுபிடிக்கப்படலாம்.

1. ஒளிப்பட அளவீடுமுறை
2. எலக்ட்ரோஸ்கோப் (Electroscope) முறை
3. அயனியாக்கும் அறை (ionisation chamber) முறை
4. கீகர்-முல்லர் (Geiger muller) குழாய் முறை
5. ஒளிப்பொறி எண்ணிக்கை முறை (scintillation counters method).

1. வினைகளின் வினைவழியை நிர்ணயிப்பதில் பயன்

a. ஒளிச்சேர்க்கை வினை (photosynthesis) :

ஒளிச்சேர்க்கையில், பச்சைத் தாவரங்கள் மீது சூரிய ஒளி விழும்போது CO_2 மற்றும் H_2O ஆகியவற்றை அவை ஏற்று அவற்றை சர்க்கரை மற்றும் ஸ்ட்டார்ச் ஆக மாற்றுகின்றன. ஆயினும், அதே நேரத்தில் தாவரங்கள் ஆக்ஸிஜனை வெளிவிடுகின்றன. இவ்வாறு வெளியிடப்படும் ஆக்ஸிஜன் CO_2 லிருந்து வருகிறதா அல்லது H_2O லிருந்து வருகிறதா அல்லது இரண்டிலுமிருந்து வருகிறதா என்பதை O^{18} கதிரியக்க ஐசோட்டோப்பைக் கொண்டு கண்டறியலாம். CO_2 னுடைய ஆக்ஸிஜன் அணு O^{18} கொண்டு அடையாள மிடப்பட்டது. வெளி வந்த ஆக்ஸிஜனில் O^{18} ஐசோட்டோப்பு இல்லை என்று காணப்பட்டது. எனவே வெளியான ஆக்ஸிஜன் CO_2^{18} லிருந்து வெளிவிரவில்லை என்றும் H_2O லிருந்து வெளிவருகிறது என்றும் உறுதியாகிறது. ஆகையால் ஒளிச்சேர்க்கையில் நிகழும் வினை பின்வருமாறு உள்ளது.



b. எஸ்ட்டரை நீராற்பகுப்பு வினை: (Hydrolysis of ester)

எஸ்ட்டர் நீராற்பகுப்பு வினையின் வினைவழியை நிலையான O^{18} ஐசோட்டோப்பை அடையாளமிட்ட அணுவாக கொண்டு நிர்ணயிக்கலாம். கன ஆக்ஸிஜன் ஊட்டப்பட்ட நீர் கொண்டு எஸ்ட்டர் நீராற்பகுப்பு செய்யப்படும் வினை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.



இதிலிருந்து அடையாளமிடப்பட்ட ஆக்ஸிஜன் அமிலத்தில் உள்ளதென்பது அறிகிறோம். ஆகவே OR தொகுதிக்குப் பதிலாக OH தொகுதி பதிலீடு செய்யப்பட்டுள்ளன.

2. பகுப்பாய்வு வேதியியலில் பயன் (analytical chemistry)

a. தடம் அறியும் முறையைப் பயன்படுத்தி $PbSO_4$ போன்ற அரிதில் கரைபடா உப்புகளின் (நீரில்) கரைதிறனை நிர்ணயிக்கலாம். ஒரு எடை தெரிந்த அளவு கதிரியக்க லெட் தெரிந்த விகிதத்தில் சாதாரண லெட்டுடன் கலக்கப்படுகிறது. கதிரியக்க லெட் மற்றும் சாதாரண லெட் ஆகிய இரண்டையும் கொண்ட அக்கலவை முழு அளவும் நீர்த்த HNO_3 ல் கரைக்கப்படுகிறது. இக்கரைசலில் நீர்த்த H_2SO_4 சேர்க்கப்படுகிறது. $PbSO_4$ வீழ்படிவாகிறது. இது வடிக்கட்டப்படுகிறது. கரைசலின் கதிரியக்கம் அளவிடப்படுகிறது. இது கரைசலில் உள்ள கதிரியக்க லெட்டின் அளவைக் கொடுக்கிறது. ஆரம்பத்தில் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட இரண்டு லெட்களின் விகிதத்திலிருந்து கரைசலில் உள்ள சாதாரண லெட்டின் எடை நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. இதே போன்று நீரில் $AgCl$ ன் கரைதிறனையும் நிர்ணயிக்கலாம்.

b. தடம் அறியும் உத்திகளைப் பயன்படுத்தி தயோசல்பேட்டு அயனியிலுள்ள இரு சல்பர் அணுக்களும் சமமானவை அல்ல எனக் காட்டலாம்.

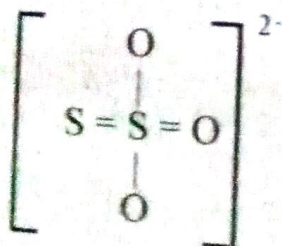
அடையாளமிடப்பட்ட சல்பேட்டு அயனியின் முன்னிலையில் சல்பர் குடுப்படுத்தப்படும்போது பின்வரும் வினையின்படி தயோ சல்பேட்டு அயனி உருவாகிறது.



அடையாளமிடப்பட்ட சல்பர் அணுவைக் கொண்ட இந்த தயோசல்பேட்டு ஒரு அமிலக் கரைசலுடன் வினைப்படுத்தப்படுமாயின் அது பின்வருமாறு சிதைகிறது.



இது அடையாளமிடப்பட்ட சல்பரின் பிணைப்பு, தயோ சல்பேட்டு உருவானபோதோ, சிதைந்தபோதோ பாதிக்கப்படவில்லை எனக்காட்டுகிறது. இவ்வாறாக தயோ சல்பேட்டின் அமைப்பு பின்வருமாறு :



இது தயோ சல்பேட்டு அயனியிலுள்ள இரு சல்பர் அணுக்களும் வேதியியல் நோக்கில் சமமானவை அல்ல எனக் காட்டுகிறது.

3. மருத்துவத்தில் பயன்கள் (Medicinal uses)

மருத்துவத்தில் கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகளின் பயன் இரூ வகையானது.

i. நோய்களைக் கண்டறிதல்

ii. சில நோய்களுக்குச் சிகிச்சை அளித்தல்

I. நோய்களைக் கண்டறிதல் : (Diagnosis)

இரத்தச் சிவப்பணு குறைவினால் தோன்றும் நோய்களை ^{59}Fe கொண்டு கண்டறியலாம். இரத்தத்தில் உள்ள கொலஸ்டீராலின் (cholesterol) அளவை ^{12}C கொண்டு நிர்ணயிக்கலாம். கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகளை பயன்படுத்திக் கல்லீரல், சிறுநீரகங்கள் போன்றவைகளின் செயற்பாட்டையும் வேறு பல நோய்களையும் கண்டறியலாம்.

II. கதிரியக்க சிகிச்சைக்கு : (Radio therapy)

1. சில இரத்தம் தொடர்பான நோய்களை குணப்படுத்த கதிரியக்க பாஸ்பரஸ் பாஸ்பேட்டாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

2. தைராய்டு கர்ப்பியினால் கதிரியக்க அயோடின் மற்றும் நிலைமான அயோடின் ஆகியவை முன்னூரிமையுடன் உறிஞ்சப்படுகின்றன. இடபண்பினைக் கொண்டு தைராய்டு கர்ப்பியில் ஏற்படும் திசுக்களின் அசாதாரண வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்தலாம். இது அசாதாரண உடல் வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்துகிறது.

3. மூளையில் ஏற்படும் கட்டிகளின் (tumors) இருப்பிடத்தை அறிய கதிரியக்க அயோடின் பயன்படுகிறது. மேலும் அவற்றின் வளர்ச்சி அளவையும் கண்டறியவும், குணப்படுத்தவும் பயன்படுகிறது.

4. முற்றிய புற்று நோய்களைக் குணப்படுத்த கதிரியக்க கோபால்ட் ^{22}Co பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதன் செயல்திறன் ரேடியத்தினுடையதைவிட மிகவும் அதிகமாகும்.

5. இரத்த ஓட்டத்தைச் சரி செய்யவும் இருதயம் வேலை செய்வதை சரி செய்யவும் ^{24}Na பயன்படுகிறது.

4. விவசாயத்தில் பயன்கள்

உரங்களுடன் ^{32}P சேர்க்கப்படுகிறது. தாவரங்கள் பாஸ்பரஸை உறிஞ்சக் கூடிய வேகம் மற்றும் முறை ஆகியவை இதன் மூலம் கண்டறியப்படுகின்றன. இத்தகைய ஆய்விலிருந்து தாவரங்களில் உள்ள பாஸ்பரஸில் எவ்வளவு சதவீதம் பூமியிலிருந்து ஏற்கப்பட்டுள்ளது என்றும் எவ்வளவு உரங்களிலிருந்து பெறப்பட்டுள்ளது என்றும் நிர்ணயிக்கலாம்.

5. தொழில் துறையில் பயன்கள்

எஃகு தயாரிப்பில் கதிரியக்க பாஸ்பரஸ் பயன்படுகிறது. பாஸ்பரஸ் மிக முற்றிலும் நீக்கப்பட்டு விட்டதா இல்லையா என்று அறிய சிதில கதிரியக்க பாஸ்பரஸ் சேர்க்கப்படுகிறது. உருகிய எஃகில் கதிரியக்கம் மறையும் போது பாஸ்பரஸ் முழுதும் நீக்கப்பட்டு விட்டது என்று முடிவு செய்கிறோம்.

பொறிகளினுடைய தேய்மானங்களை, பிஸ்டனின் வளையங்களை கதிரியக், உலோகங்களால் செய்து கண்டறியலாம். பொறிகளின் எண்ணெயில் கதிரியக், தோன்றுமானால் பிஸ்டனின் தேய்மானம் துவங்கிவிட்டது என்று பொருள்.

6. அறிவியல் ஆய்வில் பயன்

வினைகளின் வேகம், அணைவுச் சேர்மங்கள், வினைவேக மாற்றம் மற்றும் ஏனைய ஆய்வுச்செயற்பாடுகளைக் கண்டறிய தடம் அறியும் ஐசோட்டோப்புகள் பயன்படுகின்றன.

7. பாறைகளின் வயதை நிர்ணயித்தல் - பூமியின் வயது

சில கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகள் சிதையக்கூடிய வேகத்தைப் பற்றிய அளவு பல்வேறு பாறைப் படிவுகளின் வயதை நிர்ணயிக்கப் பயன்படுகிறது. பல்வேறு ஆண்டுகளுக்கு முன் உருவான U^{238} கொண்ட பாறையை எடுத்துக் கொள்வோம். பின்வரும் சமன்பாட்டைக் கொண்டு இந்தப் பாறையின் வயதை நிர்ணயிக்கலாம்.

$$t = \frac{2.303 T}{0.693} \log \left(1 + \frac{Pb^{206}}{U^{238}} \right)$$

இங்கு t = பாறையின் வயது

T = U^{238} ன் அரைவாழ் காலம்

(4.5×10^9 ஆண்டுகள் என்று தெரியும்)

Pb^{206} = மாதிரியிலுள்ள Pb^{206} ன் அளவு - மோல்களில் U^{238} மாதிரியில் உள்ள U^{238} ன் அளவு—மோல்களில்

கணக்கு

ஒரு குறிப்பிட்ட பாறை மாதிரியில் Pb^{206} ன் நிறைக்கு U^{238} ன் நிறைக்கும் உள்ள விகிதம் 0.5 துவக்கத்தில் பாறையில் லெட் இல்லாததாகக் கொண்டு அதன் வயதை நிர்ணயிக்கவும். U^{238} ன் அரைவாழ் காலம் 4.5×10^9 ஆண்டுகள்

தீர்வு :

பாறையின் வயது

$$t = \frac{2.303 T}{0.693} \log \left(1 + \frac{Pb^{206}}{U^{238}} \right)$$

$$T = 4.5 \times 10^9 \text{ Years}$$

$$\frac{Pb^{206}}{U^{238}} = 0.5$$

$$t = \frac{2.303 \times 4.5 \times 10^9}{0.693} \log (1 + 0.5) \text{ ஆண்டுகள்}$$

$$= \frac{2.303 \times 4.5 \times 10^9}{0.693} \log 1.5 \text{ ஆண்டுகள்}$$

$$= \frac{2.303 \times 4.5 \times 10^9}{0.693} \times 0.1761 \text{ ஆண்டுகள்}$$

$$= 2.63 \times 10^9 \text{ ஆண்டுகள்}$$

பயிற்சி

யுரேனியம் தாதுவின் ஒரு மாதிரியில் 11.9 கிராம் U^{238} ம் 10.3 கிராம் Pb^{206} ம் இருக்கின்றன. தாதுவின் வயதைக் கணக்கிடுக. யுரேனியத்தின் அரைவாழ்காலம் 4.5×10^9 ஆண்டுகள்

(விடை : 4.5×10^9 ஆண்டுகள். குறிப்பு U^{238} மற்றும் Pb^{206} ஆகியவற்றின் அளவுகள் கிராம்களில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

இந்த எடைகளை அதனதன் நிறை எண்களால் வகுத்து மோல்களாக மாற்றவும். பின்னர் Pb^{206}/U^{238} கணக்கிடவும். T கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

$$t = \frac{2.303 T}{0.693} \log \left(1 + \frac{Pb^{206}}{U^{238}} \right)$$

8 ஐசோட்டோப்பு நீர்த்தல் முறை (Isotopic dilution method)

இது நுண்ணளவு பகுப்பில் (trace analysis) கதிரியக்கமறி முறைக்கான (radiometric method) எடுத்துக்காட்டு ஆகும். பொதுவான, வழக்கமான முறைகள் மூலம் பிரிப்பதற்கும் அளவு நிர்ணயிப்பதற்கும் கடினமாக உள்ள, மிகவும் நெருக்கமான தொடர்புடைய சேர்மங்களின் கலவையிலுள்ள (கதிரியக்கமுடைய அல்லது கதிரியக்கமில்லாத) ஒரு கூற்றின் அளவை நிர்ணயிக்க இம்முறை உதவுகிறது.

இம்முறையில் பின்வரும் படிகள் உள்ளன

அளவு நிர்ணயம் செய்யப்படவேண்டிய, கதிரியக்கம் இல்லாத தரப்பட்ட சேர்மம் ஒன்றின் நிறை m என்க. இதற்கு கதிரியக்க ஐசோட்டோப்பு கொண்டு அடையாளமிடப்பட்ட இதே சேர்மம் n அளவு சேர்க்கப்படுகிறது. சேர்க்கப்பட்ட சேர்மத்தின் கதிரியக்கம் S^1 ஆக இருக்கட்டும். அவையிரண்டும் நன்கு கலக்கப்படுகின்றன. ஏதேனும் ஒரு தக்க முறை கொண்டு அந்தச் சேர்மம் தூய நிலையில் தனியாகப் பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது. இப்போது பெறப்பட்ட சேர்மத்தின்

கதிரியக்கம் அளக்கப்படுகிறது. அதை S என்க. மொத்தக் கதிரியக்கம் மாறாததாயால் n பின்வருமாறு கணக்கிடப்படுகிறது.

$$m = m' \left[\frac{S'}{S} - 1 \right]$$

இவ்வாறாக m' , S' மற்றும் S ஆகியவற்றைத் தெரிந்து m -ஐக் கணக்கிடலாம்.

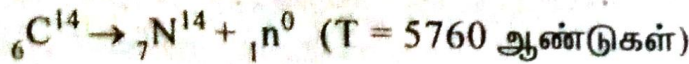
பயன்கள் :

1. இம்முறையில் Zn, Cu, Hg மற்றும் ஏனைய நேர்மின் அயனிகள் அளவு நிர்ணயம் செய்யப்பட்டுள்ளன.
2. N^{15} கொண்டு அடையாளமிடப்பட்ட அமினோ அமிலங்களைத் தடமறிவானாகப் பயன்படுத்தி உடலுக்கு வெளியே புரோட்டீன்களை நீராற்பகுத்துப் பெறப்பட்ட அமினோ அமிலங்களின் கலவையை ஆய்வதற்கு இம்முறை பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

9. C-14 கால அளவீடு (dating)

ஒரு மரத் துண்டின் வயது அல்லது அழிந்து பட்ட விலங்கின் காலம் ஆகியவற்றை C-14 கால அளவீடு முறை கொண்டு நிர்ணயிக்கலாம். இம்முறையில் C^{14}/C^{12} விகிதத்தை நிர்ணயித்து காலம் அளவிடப்படுகிறது.

வளிமண்டலத்திலிருந்து தாவரங்கள் CO_2 வை ஏற்கின்றன. வளிமண்டலத்தில் உள்ள CO_2 வில் சிறிதளவு கதிரியக்க C^{14} ம் உள்ளது. தாவரம் உயிருடன் இருக்கும்போது ${}_6C^{14}$ பின்வருமாறு சிதைகிறது.



ஆனால் இந்த இழப்பு வளிமண்டலத்திலிருந்து C^{14} ஐ ஏற்று ஈடு செய்யப்படுகிறது. ஆகவே C^{14}/C^{12} என்ற விகிதம் எப்போதும் மாறாததாக உள்ளது. ஆனால் தாவரம் அழியும்போது ${}_6C^{14}$ தொடர்ந்து சிதைகிறது. ஆனால் இழப்பு ஈடுசெய்யப்படுவதில்லை. ஆகவே C^{14}/C^{12} தொடர்ந்து குறைகிறது. இவ்வாறு C^{14}/C^{12} ஐ அளவிட்டு, மேலும் Tயின் மதிப்பைத் தெரிந்து, தாவரத்தின் வயது (பின்வரும் வாய்பாடு கொண்டு கணக்கிடப்படலாம்.

$$t = \frac{2.303 T}{0.693} \log \left[1 + \frac{\text{புதிய மரத்துண்டில் உள்ள } C^{14} \text{ன் அளவு}}{\text{உயிரிழந்த மரத்துண்டில் உள்ள } C^{14} \text{ன் அளவு}} \right]$$