அணுவின்
விளக்கம்

ஜோதி மலர் 115
முதற் பதிப்பு 1961
உரிமை ஜோதி நிலையத்தாருக்கு

விலை ரூ. 4-00

Copyright 1947 By Selig Hecht

Jeevan Press, Madras-5—(458)

அணுவின் விளக்கம்

ஆசிரியர் :

டாக்டர். ஸெலிக் ஹெச்ட்

தமிழில் :

தி. ஜானகிராமன், பி. ஏ., எல். டி.

ஜோதி நிலையம்

சென்னை - 5

உள்ளுறை

		பக்கம்
	பதிப்புரை.	
	முன்னுரை.	
1.	எப்பகுதியிலும் ஒரே வித அமைப்புள்ள அணு ...	5
2.	அணுவின் சிக்கல் ...	33
3.	அணு அமைப்பின் தோற்றம் ...	59
4.	அணு அமைப்பு முழுமை பெறுகிறது ...	82
5.	சக்தியை விடுக்கும் அணுக்கள் ...	108
6	அணு குண்டுகள் சாத்தியமாகின்றன ...	136
7.	அணு குண்டு செய்ய முடியும் ...	155
8.	அணு குண்டுகள் செய்யப்படுகின்றன ...	174
9.	அணு குண்டுகளின் பெருக்கமும் வேறுபாடுகளும்	199
10.	ராக்ஷஸ குண்டுகள் ...	210
11.	அணு குண்டுகளை தடை செய்யும் முயற்சிகளில் தோல்வி ...	230
12.	அணு சக்தியின் தோற்றம் ...	248
	பின்னுரை ...	260

பதிப்புரை

விஞ்ஞானத்தில் தேர்ச்சியில்லாத, பரிச்சயமே இல்லாத சாதாரணமக்களுக்காக எழுதப்பட்ட புத்தகம் இது. பௌதீகம், ரசாயனம், கணிதம்—இவற்றைச் சிறிது கூடப் படித்திராத மக்களுக்கு என்றுகூடச் சொல்லலாம் உலகத்தில் நாம் காணும் சாதாரணப் பொருட்களின் இயல்புகளை மனிதன் அறிந்ததிலிருந்து, இன்று அணுவைத் தகர்த்து அணுசக்தியை வெளிப்படுத்தியது வரையில் சில முக்கியமான கட்டங்கள் உண்டு. அந்தக் கட்டங்கள் மிகச் சில. அவற்றில் காணும் மையத் தத்துவங்களும் எளியவை. ஆகவே சாரமாக, சுருக்கமாக யாருக்கும் அவற்றைச் சொல்ல முடியும். இந்த நூலை எழுதிய ஸெலிக் ஹெச்ட் இந்தக் கலையில் தேர்ந்தவர். நியூயார்க்கில் சமூக ஆராய்ச்சிப் பள்ளியைச் சேர்ந்த மாணவர்க்கு ஐந்தே சொற்பொழிவுகளில் இந்த வித்தையைச் செய்து காட்டியிருக்கிறார். இந்தப் புத்தகத்திலேயே உள்ள பொருளடக்கத்தை ஒரு தடவை பார்த்தாலே, என்னென்ன கட்டங்களை இவர் வர்ணித்திருக்கிறார் என்பது புரியும். அணுசக்திவரையில் உள்ள விஞ்ஞான வளர்ச்சியின் கதைச் சுருக்கத்தை இந்தப் பொருளடக்கத்தில் காணலாம். இப்புத்தகத்தை, நிதானமாக, சாவகாசமாக வாசிக்க வேண்டும் என்று ஆசிரியர் ஹெச்ட் சொல்கிறார். எந்த இடமாவது புரியாவிட்டால், சிரமப்பட வேண்டாம். பின்னர் அது தானுகவே புரிந்துவிடும். மேலே வாசித்துக் கொண்டு போய், புத்தகம் முழுசாக என்ன சொல்கிறது என்று மனதில் வாங்கிக் கொள்வதுதான் முக்கியம் மறுபடியும் படிக்கத் தோன்றினல், அந்தச் சபலத்தை ஆறப் போட்டுவிட வேண்டாம். கட்டாயமாக வாசிக்க வேண்டும். இரண்டாம் தடவை வாசிப்பதால் ஏற்படுகிற லாபத்திற்கும் மகிழ்ச்சிக்கும் அளவே கிடையாது.

பௌதீக அறிவின் வரலாற்றில், 70 ஆண்டுகட்குள் மகத்தான வியப்புகள் தோன்றியிருக்கின்றன. அவற்றை அப்படியே கூற இதை விடப் பத்து மடங்கு பெரிதான புஸ்தகம்எழுதலாம். இது சின்ன நூல். சாதாரண மக்களுக்கு அந்த வியப்புகள் எப்படிப்பட்டவை என்று காட்டுகிற முயற்சி. வைத்தியம், விவ

சாயம், பனிப்பாறை உடைப்பு, போக்குவரத்து. கோடிக் கணக்கான மக்களை ஒரே சமயத்தில் கொலை செய்கிற படுகோரம்— எல்லாவற்றிலும் அணுசக்தி வெற்றி பெற்றிருக்கிறது. எல்லையில்லாயில்லாமல் நல்லது செய்யலாம். எல்லையற்ற கொடுமையும் செய்யலாம். இத்தகைய அபூர்வமான ஒரு சக்தியைப் பற்றி மக்கள் சிந்திக்க வேண்டிய நிர்ப்பந்தம் ஏற்பட்டிருக்கிறது. அணுசக்தியால் ஏற்படும் பிரச்னைகள் எத்தனையோ, அவற்றை நன்கு அறிய, அடிப்படையான ஒரு சாதாரண அறிவு தேவை. அதைத்தான் இந்த நூல் அளிக்கிறது.

முன்னுரை

1945 ஜுலை 16-ம் தேதி அதிகாலையில் சில விஞ்ஞானி களும் ராணுவ அதிகாரிகளும் ஒரு விஞ்ஞானச் சோதனை செய்வதற்காக நியூமெக்ஸிகோவில் மனித நடமாட்டமே இல்லாத ஓர் இடத்தில் கூடினார்கள். 25 மைலுக்கு அப்பால் கோபுரம் ஒன்று இருந்தது. சிலர் கோபுரத்திலிருந்து 10 மைல் தூரத்தில் நின்றார்கள். கோபுரத்திலிருந்து 7 மைல் தூரத்தில் மரத்தாலும், மண்ணாலும் கட்டப்பட்ட ஒரு விடுதி இருந் தது. சோதனையைத் தூரத்திலிருந்து பார்ப்பதற்காக சிலர் அங்கு கூடியிருந்தார்கள். கோபுரத்திற்கு மிகமிக அருகே இருந்த மனிதர்கள் இவர்களே.

ஒரு குறிப்பிட்ட கணத்தில் யாரோ ஒருவர் ஒரு விசை யைத் தட்டவே அது தொடர்ச்சியாகப் பல இயந்திரங்களை இயக்கிற்று. முடிவில் ஒரு பிரம்மாண்ட ஜோதி எழுந்தது. அதைத் தொடர்ந்து பெரும் வெப்பமும் கிளம்பிற்று. சில விநாடிகளுக்குப் பின்பு இடியின் உறுமல்போல் உரக்கக் கேட்டது. வெடி நிகழ்ந்த இடத்திலிருந்து 10 மைல் தூரத் தில் ஒருவர் தரையில் குப்புறப் படுத்திருந்தார். அவர் தலையும் கீழே இருந்தது. கழுத்தைத் தவிர, அவர் உடல் முழுவதும் மூடி இருந்தது. வெடி ஏற்படும்பொழுது, தன் தோளுக்கு அருகில் பழுக்கப் பழுக்க காய்ச்சிய ஒரு இரும்புத் துண்டை வைத்ததுபோல் இருந்ததாம் அவருக்கு.

முதல் அணுகுண்டு வெடித்த கதை இதுதான்.

அடுத்த அணுகுண்டு ஹிரோஷிமாவிலும், அதன் பின்பு மூன்றாவது குண்டு நாகசாகியின்மீதும் சில வாரங்களுக்குப் பிறகு விழுந்தன. அது முதல் நீரிலும், காற்றிலும், பூமியிலும் டஜன் கணக்கில் சோதனை குண்டுகளை வெடித்தார்கள் அமெரிக்கர்கள். பசிபிக் கடலில் உள்ள எனிவெடாக் தீவிலும், பிகினி அடோலிலும், நெவாடாவிலும் இந்தச் சோதனைகள் நடந்தன. ரஷ்யாவில் மூன்று அணுகுண்டுகள் வெடித்ததாக தெரியவருகிறது. ஆஸ்டிரேலியாவில் மேற்குக் கரையில் ஒரு தீவில் 1952-ல் கிரேட் பிரிட்டன் தனது முதல் குண்டை வெடித்தது. தென் ஆஸ்டிரேலியாவில் ஒரு பாலைவனத்தில்

மீண்டும் இரண்டை பின்னர் வெடித்தனர். பூமிக்குமேல் வெடிக்கும் அணுகுண்டு எப்படித் தோன்றும் என்று நமக்குத் தெரியும். சுமார் 40,000 அடிக்கு நாய்க்குடை வடிவில் பிரம்மாண்டமான ஒரு மேகம் எழுகிறது. வீடுகள் முற்றிலும் எரிந்து இறைகின்றன. வெடி நடந்த இடத்திலிருந்து வெகு தூரத்திலுள்ள எஃகு கட்டிடங்கள் விநோதமாக முறுக்கி கோணலாக்கப்படுகின்றன. இதேபோல நீருக்கடியில் உண்டாகும் அணுவெடியும் ஒரு பயங்கரமான காட்சி. ஒரு மைல் அகலத்திற்கு ஒரு பெரிய நீர்த் தூண் வானில் எழும்புகிறது. அதிலுள்ள திவலைகள் பயங்கரமான கதிரியக்கம் உள்ளவை.

ஹிரோஷிமாவில் 50,000 மக்கள் உடனே கொல்லப்பட்டார்கள். எஞ்சி இருந்த மக்களில் ஒரு 50,000 மக்கள் சில காலம் கழித்து மாண்டார்கள். பல மாதங்கள் கழித்து மேலும் பல மக்கள் செத்துக்கொண்டே இருந்தனர், இந்த அணுகுண்டின் விளைவுகள் எத்தனை காலம் நீடிக்குமென்று திட்டமாக அறிய வழியில்லை. 1954 வாக்கில் ஹிரோஷிமா, நாகசாகி குண்டுவீச்சில் பிழைத்தோர்களின் ஆரோக்கியம் சரியான நிலைக்கு வந்துவிட்டாலும், அவர்களுடைய குழந்தைகள் சாதாரணமாகவே காணப்பட்டாலும், வருங்காலத்தில் நுண்ணிய பாரம்பர்ய மாறுதல்கள் உண்டாகாது என்று நிச்சயமாக சொல்வதற்கு இல்லை. கதிரியக்கத்தின் விளைவுகளால் மரணம் அடையாவிட்டாலும் பாதிக்கப்பட்டவர்கள் அதிகமாக இருந்தால் இந்த பாரம்பர்ய விபத்தானது, இன்னும் அதிகமாக இருக்கும். இனி உலக யுத்தம் வந்தால் இப்படியேதான் இருக்கும்.

1945-ல் ஏற்பட்ட இந்த நிகழ்ச்சிக்குப் பிறகு அணுகுண்டு பெரும் பீதியை விளைவித்திருக்கிறது. அணுகுண்டால் தங்கள் நாட்டிலும், அகில உலகத்திலும் என்னென்ன மாறுதல்கள் ஏற்படும் என்று மக்கள் தெரிந்துகொண்டிருக்கிறார்கள். எதிர் பாராத விதமாக இந்த வியப்புகள் மக்களைத் தாக்கிக் கொண்டிருக்கின்றன. எத்தனையோ கட்டுரைகளும், சர்ச்சைகளும், சிறு நூல்களும் அணுசக்தியைப் பற்றிய எவ்வளவோ அபத்தமான கருத்துக்களை நீக்கி உண்மையான பிரச்னைகளையும் அவற்றைத் தீர்க்கும் வழிகளையும் எடுத்துக்காட்டி

யிருக்கின்றன. இருந்தாலும் பல அசட்டுக் கருத்துக்கள் இன்னும் நீங்கியபாடில்லை. குறிப்பாக அணுசக்தியின் பிறப்பு, இயல்பு, மர்மங்கள் ஆகியவைபற்றி பல விஞேதமான அபிப்பிராயங்கள் உலவி வருகின்றன.

அணுசக்தி சம்பந்தமான சட்டங்கள் இயற்றப்படும் பொழுது எனக்குச் சில அனுபவங்கள் ஏற்பட்டன. பல்பொது மனிதர்களிடம் பேசும் வாய்ப்பு எனக்குக் கிடைத்தது. அணு சக்தியை விடுவிப்பதுபற்றி அநேகமாக யாருக்குமே ஒன்றும் தெரியவில்லை. அதாவது அடிப்படைக் கொள்கைகள்கூட தெரியவில்லை என்றே தோன்றிற்று. நன்ருகப் படித்த பொது மக்களும் இப்படித்தான். இருப்பினும், கற்பனைக்கு எட்டாத அழிவு சக்தி வாய்ந்த இந்த அணு ஆயுதத்தைப் பற்றி நாம் நிச்சயமான முடிவுகள் செய்யவேண்டிய தேவை இப்போது ஏற்பட்டிருக்கிறது. பொதுமக்களுக்கு இம் முடிவு களைத் தெரிவித்தாக வேண்டும். மூடு மந்திரத்திற்கு இட மில்லை.

ரகசியங்கள் என்று சொல்லும்பொழுது எத்தனையோ பேச்சுக்களைக் கேட்டு வருகிறோம். அணுசக்தியைப் பற்றியோ அணுகுண்டுகளைப் பற்றியோ மற்றவற்றிற்கு இல்லாத தனி ரகசியம் ஒன்றும் கிடையாது. ஆனல் காங்கிரஸில் வந்த மசோதாக்களில் ஒன்று அணுகுண்டின் ரகசியத்தை வெளியிடு வோருக்கும் மரண தண்டனை அளிக்கப்படவேண்டும் என்று சொல்லிற்று. இதற்குக் காரணம் முன்னல் எந்தவித வரலாறும் இல்லாமல் அணுசக்தி வெளியாக்கம் திடீரென்று நிகழ்ந்தது என்ற நினைப்புதான். பல மக்கள் இன்னும் இப்படியே நம்புகிறார்கள். இந்த நம்பிக்கையை பத்திரிகை கதைகளும் வளர்த்து வருகின்றன கண்டுபிடிப்போரோ, விஞ்ஞானியோ, பேராசிரியரோ விஞேதக் கருத்துகள் கொண்ட ஒரு அசாதாரண மனிதர் என்றும், அந்த விநோத கருத்துகள் எப்பொழுதாவது உண்மையாகவும் நடக்கின்றன என்றும் நாமெல்லாம் நினைத்துக்கொண்டிருக்கிறோம். அப்படி ஈடேறிய கருத்துகளில் அணுகுண்டும் ஒன்று ஆகும்.

மான்ஹாட்டன் பகுதியிலுள்ள விஞ்ஞானிகளுக்கு அசாதாரண மனிதர்கள் என்ற இத்தகைய புகழ் உண்டு. இப்படி ஒரு அசாதாரண புருஷர் ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீனின்

ஆதரவுடன் அணுகுண்டைப்பற்றிய தன் கருத்தை ரூஸ்வெல்ட்டிடம் சொன்னாராம். இதற்கு 200 கோடி டாலர் செலவாகும் என்று அவர் சொன்னவுடன் எதையும் ஆராய்ந்து எடைபோடும் ஆற்றலுள்ள ஜனாதிபதி இந்த பிரம் மாண்டமான சூதாட்டத்தில் இறங்கத் தீர்மானித்துவிட்டா ராம். அணுகுண்டு உற்பத்தியை மேற்பார்வையிட உடனே ஒரு தளபதியை நியமித்தாராம் அவர். அந்த தளபதி விஞ் ஞானிகளையும், இஞ்ஜினீயர்களையும் நியமித்து ஆராய்ச்சிக் கூடங்களையும் தொழிற்சாலைகளையும் கட்டி கடைசியில் ஒரு அணுகுண்டையும் உற்பத்தி செய்துவிட்டாராம். ஜப்பானியர் களுக்குத் தொல்லையும், அமெரிக்கத் தொழிலுக்கு பெரும் புகழும் ஏற்பட்டன. பொதுமக்கள் சொல்கிற கதை இது தான்.

இவ்வளவும் தவறு என்பதற்குப் பல காரணங்கள் உண்டு. அணுசக்தி ஒரு புதிய கருத்தல்ல. வருஷக்கணக்காக பல்லாயிரம் மக்கள் அதைப்பற்றி ஆராய்ச்சியும், விவாதமும் செய்திருக்கிறார்கள். அணு சம்பந்தமான சொற்கள்கூட வெகு காலமாக உபயோகப்பட்டு வந்துள்ளன. சுமார் ஐம்பது வருட காலம் விஞ்ஞானிகள் இந்தத் துறையில் செயலாற்றி, கணக்கற்ற கட்டுரைகள் எழுதியிருக்கிறார்கள். ஆகவே இந்த அணுத்துறைக்கு ஒரு ஒழுங்கான சரித்திரமும், வளர்ச்சியும் உண்டு. உலகம் முழுவதிலும் உள்ள பலபேருக்கு இது தெரியும். ''நீங்கள் ஜனாதிபதியிடம் சொன்ன அதே சமயத்தில் டென்மார்க், இங்கிலாந்து, பிரான்ஸ், ஜெர்மனி யில் உள்ள பல பேருக்கு அதே கருத்துகள் இருந்தன. அந்தக் கருத்துகளைச் செயலாற்றவும் அவர்கள் முற்பட்டார்கள்'' என்று அந்த அசாதாரண மனிதரிடம் சொன்னால் அவர் வருத்தப்பட மாட்டார்.

பத்திரிகைகளில் வந்துள்ள கருத்துகள் அபாயகர மானவை, தவறானவையும்கூட. ஏனெனில், 200 கோடி டாலர் இருந்தால் எதையும் வாங்கிவிடலாம் என்ற எண்ணத்தை அவை உண்டாக்குகின்றன. அணுசக்தியின் பயன்களையோ அணுகுண்டையோ 200 கோடி டாலருக்கு வாங்க முடியுமானால் 200 கோடி டாலர் செலவழித்து, புற்று நோயையும், இதய நோய் போன்ற மற்ற தீமைகளையும்

ஒழிக்க முடியும். பணத்தைத் திரட்டி, ஒரு நிர்வாகியைப் பிடித்து விஞ்ஞானிகளுக்குப் பணத்தைக் கொடுத்தால், எல்லாம் நடந்து விடுகிறது!

நாம் கவனிக்கலேண்டிய விஷயம் ஒன்று உண்டு. 1936-ல் உலகிலுள்ள அத்தனை பணத்தையும் செலவழித்திருந்தாலும் ஒரு அணுகுண்டு செய்திருக்க முடியாது. அணுசக்தி என்ன வென்று அப்பொழுது தெரிந்திருந்தது. அதன் இயல்பு களையும் பலர் 'புரிந்துகொண்டிருந்தனர். ஆராய்ச்சி சாலை களில் சிறுசிறு அளவில் அதை வெளிப்படுத்தியதும் உண்டு. சூரியனிலும், மற்ற வான் கோளங்களிலும் பெருத்த அளவில் அது எவ்வாறு வெளிப்படுகிறது என்பதையும் ஆராய்ந்திருந் தார்கள். ஆனால் பூமியில் பெரும் அளவில் அதை எப்படி உண்டாக்கலாம் என்ற முக்கியமான செய்தி 1936-ல் தெரிய வில்லை. அந்த சமயத்தில் ஒரு அணுகுண்டு செய்ய யாரும் 200 கோடி டாலர் செலவழித்திருக்க மாட்டார்கள். விஞ்ஞா னத்திற்கும், தொழிலுக்கும், மருத்துவத்திற்கும், பொது மக்களுக்கும் உள்ள தொடர்பை அறிந்துகொள்ள இதை முதலில் புரிந்துகொள்ள வேண்டும். முதலில் அறிவு தோன்றவேண்டும். பின்னர்தான் அதை நடை முறைக்குப் பயன்படுத்த முடியும். விஞ்ஞானம் வளர்ந்து கொண்டே வரும்பொழுது ஒரு கட்டத்தில், கொள்கை அளவில் மிக முக்கியமான அறிவு கிடைக்கிறது. அந்தக் கணம் வரும்வரையில் அந்த அறிவைப் பயன்படுத்த முடியாது. அந்த கணம் எப்பொழுது வரும் என்றும் யாரும் உத்தரவாதமாகச் சொல்லவும் முடியாது. அந்தக் கணம் வந்துவிட்டால் அந்த அறிவை நடைமுறைக்குப் பயன்படுத்து வதும் ஏறக்குறைய நிச்சயமாகிவிடுகிறது. பயன்படுத்த என்ன என்ன விசேஷ சாதனங்கள் தேவை என்பதை மட்டும் நிர்ணயம் செய்துகொள்ளத் தொடங்குகிறோம்.

1936-ல் நமக்குத் தெரியாத எந்த விஷயத்தையும் 1939-ல் நாம் தெரிந்துகொண்டோம்? 1935-ல் அணுகுண்டு செய்வதற்குத் தேவையான எந்த அறிவு கிடைக்காமல் நாம் விழித்தோமோ அந்த அறிவு 1939-ல் எப்படி கிடைத்தது? அதுதான் யுரேனியம் சிதைவையும் அதனுடன் தொடர் புள்ள நியூட்ரான் வீச்சையும் தெரிந்துகொண்ட அறிவு

தனியாகப் பார்த்தால் இந்த வார்த்தைகளெல்லாம் அர்த்த மற்றவை என்றே சொல்லவேண்டும். அதேபோல ஐஸடோப் ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாடு, ப்ரோட்டான், புளுட்டோனியம் போன்ற இப்பொழுது செய்தித் தாளில் காணும் சொற்க ளெல்லாம் அர்த்தமற்றவை.

இந்தச் சொற்கள் குறிக்கும் பொருட்களும், கருத்து களும் மன் ஹாட்டன் ஜில்லாவில் பிறந்துவிடவில்லை. எங்கிருந்தோ திடீரென்று குதிக்கவில்லை. மனிதவர்க்கத்தின் வரலாற்றில் மிகமிக கவர்ச்சியுள்ள அத்தியாயமான ஒரு விஞ்ஞானத்துறையின் ஆருத வளர்ச்சியில் எழுந்தவை இவை. ஐஸக்நியூட்டனின் உருவகத்தில் சொன்னால், அணு சக்தியால் ஒரு குண்டை உண்டாக்குவது அறிவுக் கடலில் ஐம்பது வருஷம் முன்னேயே அலை அடிக்கத் தொடங்கிய பௌதிக விஞ்ஞானத்தின் இன்றைய மோதல் என்றே சொல்லவேண்டும். அணுசக்தியைப் புரிந்துகொள்ளவேண்டு மானால் அந்த அலை வீச்சின் பிறப்பு, வழி, இயல்புகள் எல்லா வற்றையும் தெரிந்துகொள்ளத்தான் வேண்டும். அதாவது அணுவின் அமைப்பைப் புரிந்துகொள்ள வேண்டும்.

1

எப்பகுதியிலும் ஒரேவித அமைப்புள்ள அணு

1. ஏன் இந்த அணுக்கள் ?

அணுசக்தி, அணுகுண்டு என்றெல்லாம் பேசுகிறோம். இந்தப் புதிய இராட்சச சக்திகள் அணுவின் உள் அமைப்பிலிருந்து வருவதாக நமக்கு ஓரளவுக்குத் தெரியும். அதற்கு மேல் நாம் விசாரிப்பதில்லை. அணு என்று ஒன்று இருப்பதாக ஏன் வைத்துக்கொள்ள வேண்டும் என்று பொதுமக்களாகிய நாம் அறிய முற்படுவதில்லை. அதன் உட்புற இயக்கம் மிக மிகச் சிக்கலானது. இதைப் பற்றி நாம் அறிய முயல்வதில்லை.

பொருள் எத்தனையோ அணுக்களால் ஆனது என்று ஏன் சொல்கிறோம்? மேஜை, நாற்காலி, இரும்பு, சர்க்கரை இவை போன்ற பொருட்கள் தொடர்ச்சியான ஒரே பொருட்களாகத் தோன்றுகின்றன. நீரும்

அது அடங்கியுள்ள கண்ணுடிப்பாத்திரமும் தொடர்ச்சியாகவே தோன்றுகின்றன. இல்லாவிட்டால் கண்ணுடி வழியாக நீர் கசிந்து வெளியே வந்துவிடும்.

இப்படித்தொடர்ச்சியாகத்தோன்றுவது உண்மையல்ல, பொருள் என்பது அடிப்படைத் தொடர்ச்சி அற்றதுதான் என்று கி. மு. 400-லேயே டெமாக்ரிடஸ் சொன்னர். பொருள் மிக மிகச் சிறிய பகுதிகளால் ஆனது என்றும் அந்தப் பகுதிகளை அதற்கு மேல் சிறிதாக ஆக்க முடியாதென்றும் கூறினர் அவர். இந்தச் சிறிய பகுதிகளுக்கு அணுக்கள் என்று பெயர் வைத்தார் அவர். இத்தகைய விநோதமான கருத்து டெமாக்ரிடஸுக்கு ஏன் தோன்றியது ?

சாதாரண அனுபவமே இதற்கு விடை கூறும். உப்பை நீரில் போட்டால் கரைந்து மறைந்து விடுகிறது. இதே போல சர்க்கரையும் நூற்றுக்கணக்கான சாதாரணப் பொருட்களும் நீரிலோ, மற்ற திரவங்களிலோ கரைகின்றன. நீர் தொடர்ச்சியான ஒரு பொருளாக இருந்தால் உப்போ, சர்க்கரையோ இப்படி மறையாது. நீரில் கணக்கற்ற எத்தனையோ பொந்துகள் இருக்க வேண்டும். உப்பும், சர்க்கரையும் இந்தப் பொந்துகளில் புகுந்து மறையக் கூடிய சிறு துகள்களால் ஆகியிருக்க வேண்டும்.

இன்னொரு அனுபவத்தைப் பார்த்தால் இன்னும் நன்ருகப் புரியும். நீரில் சாயக்கட்டி ஒன்றை அடியில் போட்டால் நாம் கலக்காமலேயே மெள்ள மெள்ள சாயம் கரைந்து நீர் முழுவதும் பரவுகிறது. சீக்கிரமாகக் கரைய நாம் கலக்குகிருேம். நீரில் ஒரே மாதிரியாக சாயம் ஏறுகிறது. நீரும், சாயமும் ஒன்ருேடொன்று கலக்கக்கூடிய நுண்ணிய துகள்களால் ஆனவையாக இருக்கவேண்டும். நீர் துகள்களுக்கு இடையேயுள்ள இடை வெளிகளில் சாயத் துகள்கள் புகுந்து விட வேண்டும்.

இன்னொரு அநுபவம். ஒரு படி சாராயத்தோடு, ஒரு படி நீரைக் கலந்தால் இரண்டு படிகளுக்குக்குறை வான கலவை கிடைக்கிறது. சாராயத்தின் ஒரு பகுதி நீர் துகள்களின் இடையேயுள்ள வெளிகளிலும், நீரின் ஒரு பகுதி சாராயத்துகள்களின் இடையேயுள்ள வெளிகளிலும் புகுந்து கொள்கின்றன.

நீரிலோ மற்ற திரவங்களில் மட்டுமோ இது நேர் வதில்லை. காற்றிலும் திடப் பொருட்களிலும் இந்த நிகழ்ச்சியைக் காணலாம். இறைச்சியை வாட்டும் பொழுது ஏதோ ஒன்று காற்றில் கலந்து நம் நாசியை அடைகின்றது. காற்றிலும் துவாரங்கள் இருக்க வேண்டும்—அதாவது காற்றுத் துகள்கள் இல்லாத துவாரங்கள். அதனால் தான் இறைச்சியின் வாசனை வீசும் துகள்கள் நம்மை வந்து அடைய முடிகிறது.

ஒரு கட்டித் தங்கத்தையும், ஒரு கட்டி வெள்ளி யையும் நெருக்கமாகச் சேர்த்து பல மாதங்கள் வைத் திருந்து, பின்பு பிரித்துப் பார்த்தால் தங்கக் கட்டியில் சிறிது வெள்ளியையும், வெள்ளிக் கட்டியில் சிறிது தங்கத்தையும் காணமுடியும். தங்க வெள்ளித்துகள் தங்கள் எல்லையைக் கடந்து குடி புகுந்து விட்டன. வாயுக்கள் பிற வாயுக்களோடும் திடப் பொருட்கள் திரவங்களிலும் கலப்பதுபோல திடப் பொருட்களே திடப் பொருட்களோடு கலக்க முடியும்.

ஆகவே மேல் தோற்றம் உண்மை இல்லை. நம் கண்ணுக்குத் தெரிவது பொருளின் வெளிப்படை யான ஒரு தொடர்ச்சிதான். எல்லாப் பொருட்களிலும் மிக மிக திடமான பொருட்களில் கூட, எண்ணற்ற துவாரங்கள் உள்ளன. இந்த உண்மை அடிப்படை யானது. கடைசிச் சிறு துகள்கள் அணுக்கள் அவற் றால் ஆனது பொருள். இவ்வணுக்களுக்கு இடையே யுள்ள வெளிகள் தாம் இந்தத் துவாரங்கள் என்று சொல்லி நாம் விளக்குகிறோம்.

2. அணுக்களும் துகள்களும்

இப்படிப் பரவுதலும் ஒன்றினுள் ஒன்று புகுதலும் அணுக்கள் உண்டு என்று பாவித்துக்கொள்ள, தகுந்த காரணங்களாகும். இன்னும் சில காரணங்களும் உண்டு. அணுக்களின் இயல்பைப் பற்றி அதிகமாகத் தெரிந்து கொள்ள இவை உதவும். இந்தக் காரணங்கள் என்ன வென்று அறிய வேண்டுமாயின் பொருளின் பண்புகளைப் பற்றி சற்றுத் தெரிந்து கொள்வது நல்லது.

மரம், ரொட்டி, மொச்சை, பாலாடை, சர்க்கரை, உரோமம் இவை போன்ற சாதாரண பொருட்களையே எடுத்துக் கொள்வோம். இவை எரிந்தாலோ, கருகினாலோ, கரியோ அல்லது கார்பன் என்னும் பொருளோ வருகிறது. இந்தக் கார்பனைச் சுத்தப்படுத்தினால் ஒரு விஷயம் தெரிகிறது. எந்தப் பொருளிலிருந்து கிடைத்தாலும் எல்லாக் கார்பன்களும் ஒரே மாதிரியாகத்தான் இருக்கின்றன. இத்தனை நாளும் இந்தக் கார்பன் மரத்திலிருந்ததா, சர்க்கரையிலிருந்ததா அல்லது எரியும் நிகழ்ச்சியால் ஏற்பட்டதா—இந்தப் பிரச்னைகள் வெகு காலத்திற்கு முன்னால் தீர்மானிக்கப்பட்டவையாகும். முதலில், கார்பன் அங்கு இருந்தது என்பது மட்டும் நமக்குத் தெரியும். ஏனென்று பின்னால் பார்ப்போம்.

இந்தக் கார்பனை அமிலங்களுடனோ அமோனியா போன்ற காரங்களுடனோ, பென்ஸைன் அல்லது மற்ற பொருட்களுடனோ கொதிக்க வைத்து மாற்ற முயன்றால் கார்பனுக்கு ஒன்றும் நேர்வதில்லை. கார்பனாகவே திரும்பி வந்து விடுகிறது. கார்பனின் தோற்றத்தையோ, பண்புகளையோ மாற்றும்படி ஒன்றும் செய்ய முடியாது என்றே சொல்லலாம். கார்பன் கார்பனாகவே இருக்கிறது. காற்றில் அதை சூடாக்கி வாயு வடிவாக மறையச் செய்தாலும் அந்த வாயுவை மீண்டும் பிடித்து கார்பனை மீட்டு விடலாம். ஆக, வெண்

ணைய் முதல் சலவைக்கல் வரையில் உள்ள சிக்கலான பல பொருள்களில் இந்தக் கார்பன் புகுந்திருப்பதைக் காணலாம். இந்த எல்லாப் பொருட்களினின்றும் இதைப் பிரித்து எடுத்து விடமுடியும். அப்பொழுது அதன் சொந்த தோற்றத்தையும், குணங்களையும் காணமுடியும். அதைவிட இன்னும் எளிய பொருளாக அதை மாற்ற முடியாது. ஆகவே கார்பன் ஒரு மூலகம்.

இதே போல துத்தநாகம், செம்பு, தங்கம், கந்தகம், நீரகம், ஹீலியம், இரும்பு, பாதரஸம் போன்ற பல தனிமங்களை உலகிலுள்ள எண்ணற்ற சாமான்களிலிருந்து பிரித்து விடலாம். இத்தனிமம் ஒவ்வொன்றுக்கும் தனித்தனி குணங்கள் உண்டு. தனித்தன்மை உண்டு. ஒன்றுக்கொன்று வேறுபாடுகளும் உண்டு. ஒரு தனிமத்தை இன்னொரு தனிமமாக மாற்ற முடியாது. இரசாயனம் மூலமாக எவ்வளவு தீவிரமாக முயன்றாலும் கார்பனைத் தங்கமாகவோ, பாதரஸத்தைக் கந்தகமாகவோ ஈயத்தை வெள்ளியாகவோ மாற்ற முடியாது. 1940-ம் வருஷவாக்கில், உலகில் தனிமங்கள் மொத்தம் 92 என்று தெரிந்திருந்தன. இரசாயன தனிமங்கள் அல்லது சுருக்கமாக தனிமங்கள் என்று இவை அழைக்கப் படுகின்றன. அணுகுண்டு உருவானதன் விளைவாக அதிகப்படியாக ஏழு தனிமங்கள் கிடைத்துள்ளன. மனிதனால் செய்யப்பட்ட இரசாயன தனிமங்கள் இவை. இயற்கையில் இவற்றைக் காணமுடியாது.

உலகிலுள்ள எண்ணற்ற பொருட்களெல்லாம் இந்தத் தனிமங்கள் இரண்டோ, மூன்றோ, நான்கோ, ஐந்தோ சேர்ந்து ஆனவைதாம். கார்பன், ஹைட்ரஜன் ஆக்ஸிஜன் இம் மூன்றும் சேர்ந்தது சர்க்கரை. கால்சியம், கார்பன், ஆக்ஸிஜன் இம் மூன்றும் சேர்ந்தது சலவைக்கல். ஸிலிகானும், ஆக்ஸிஜனும்

சேர்ந்தது மணல். இங்ஙனம் 99 தனிமங்களும் வெவ்வேறு பொருட்களில் வெவ்வேறு வகையாக சேர்ந்திருப்பதைக் காண முடியும்.

இந்தத் தனிமங்களை மேலும் பிரிக்க முடியாது என்ற காரணத்தினாலும், பொருட்களெல்லாமே அணுக்களால் ஆனவை என்று பாவித்துக்கொண்டிருப்பதாலும், இந்தத் தனிமங்களில் அடங்கிய அணுக்களும் தனித்தன்மை கொண்டவை என்று நினைப்பது தவறல்ல. செம்பு, கார்பன், தங்கம், வெள்ளி, நீரகம், அலுமினியம் இந்தத் தனிமங்களின் அணுக்கள் பிரத்யேகமானவை என்று நாம் கொள்ளலாம். 99 தனிமங்களுக்கும் 99 வகையான அணுக்கள் உண்டு என்றுதான் கொள்ளவேண்டி இருக்கிறது. இந்தக் கொள்கை சரியா, இதன் விளைவுகள் என்ன என்ற தகவல்களைத்தான் இப்பொழுது ஆராயப் போகிறோம்.

இவ்வுலகிலுள்ள பொருட்களெல்லாம் இரசாயனத் தனிமங்களால் ஆனவை. பாறைகள், நாற்காலிகள், கம்பளிகள், விளக்குத் தகடுகள் போன்ற பொருட்கள் சலவைக்கல், மரம், இரும்பு, பருத்தி, உரோமம் முதலிய பலவற்றால் ஆனவை. இந்தப் பொருட்களில் சில சிக்கலான அமைப்புக் கொண்டவை. உதாரணமாக மரம் எல்லாப் பகுதிகளிலும் ஒரே மாதிரியாக இருப்பதில்லை. வன்மையும், மென்மையும் கொண்ட வெவ்வேறு வகை நார்கள் மாறி மாறி அதில் அமைந்திருக்கின்றன. இந்த அமைப்பின் தரத்தைப் பொறுத்தே வெவ்வேறு வகை மரங்கள் உருவாகின்றன. எந்தப் பகுதியிலும் ஒரே அமைப்புக் கொண்ட பொருளல்ல மரம். அந்த மாதிரி ஆக்கவும் முடியாது அதை. ஆனால் மரத்தின் சாரம் ஸெல்லுலோஸ் என்னும் பொருள். இதைச் சுத்தப்படுத்தி எல்லாப் பகுதிகளிலும் ஒரே மாதிரியாக இருக்கும்படிச் செய்ய

லாம். இவ்வாறு சுத்தப்படுத்தப்பட்ட ஒரே அமைப்புக் கொண்டவைகள் சுத்தப் பொருள்கள் எனப்படுகின்றன. இவற்றில் லக்ஷக்கணக்கானவைகள் உண்டு. உப்பு, சர்க்கரை, அலுமினியம், இரும்பு, கலோமெல், சோடா உப்பு, சுண்ணும்பு, பெனிஸிலின், வைரம், சாராயம், டி. டி. டி. (DDT) முதலிய பல பொருட்களை சுத்த வடிவுள்ளவைகளாகக் கொள்ளலாம்.

இந்தத் தூயப் பொருட்கள் பலவற்றை இரசாயன சோதனைக்கு உட்படுத்தினுல் அவற்றை இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். முதலாவதாக இரும்பு, அலுமினியம், கார்பன் போன்ற 99 தனிமங்கள். இரசாயன முறைகளால் இவற்றைப் பிரிக்க முடியாது. இரண்டாவதாக, மீதியுள்ள எத்தனையோ பொருட்கள் இவற்றை இரசாயன முறையில் பிரித்து 99 தனிமங்களில் சிலவற்றை அடையலாம். இத்தகைய தூய, ஆனால் பிரிக்கக் கூடிய பொருட்கள் தனிமங்களின் கூட்டால் ஆனவை. இவை இரசாயனக் கூட்டுப் பொருட்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இவை எப்படி அமைந்துள்ளன என்பதை இரும்பு, கந்தகம் இவைகளிலிருந்து அறியலாம். இரண்டும் தனிமங்கள் திடப்பொருள்கள். இரண்டையும் நன்முக அரைத்துக் கலந்த பிறகும் இரும்பு இரும்பாகவும், கந்தகம் கந்தகமாகவும்தான் இருக்கும். ஒரு மைக்ராஸ்கோப்பின் வழியாகப் பார்த்தால் இரண்டு பொருட்களின் துகள்கள் தனித் தனியாகவும் நிறத்தில் வேறுபட்டும் தெரியும். இந்தக் கலவையைச் சூடாக்கினுல் இரசாயன மாயம் நடக்கிறது. இரண்டு தனிப் பொருட்களும் மறைந்து இரண்டாலும் ஆன ஒரு புதிய பொருள் தோன்றுகிறது. இரும்பு ஸல்பைடு போன்ற இந்தப் பொருள் தோற்றத்திலும், செயலிலும் மாறுபடுகிறது. அது கரைவதில்கூட மாறுபாடு

உண்டு. இந்தப் பொருளில் எந்தப் பகுதியை எடுத்துப் பார்த்தாலும் ஒரே அமைப்புள்ளதாகவே இருக்கும். படிக வடிவில் இந்த இரும்பு ஸல்பைடு கிடைக்கிறது. போலிப் பொன் என்று இதற்குப் பெயர். ஏனெனில் தோற்றத்தில் பொன்னை ஒத்திருக்கும் இது.

இந்தக் கூட்டுப் பொருட்களின் அடிப்படை அமைப்பு என்ன? திரவங்களில் இவை கரைவதால் மிக மிகச் சிறிய துகள்களால்தான் இவை ஆகியிருக்க வேண்டும். •சர்க்கரை, உப்பு இரண்டையும் எடுத்துக் காட்டுகளாகச் சொல்லலாம். அதாவது கூட்டுப் பொருளின் உறுப்புகளான தனிமங்களின் அணுக் களால் ஆனவை இவற்றின் துகள்கள் என்று அர்த்தம். கந்தகத்தின் ஒரு அணுவும், இரும்பின் ஒரு அணுவும் சேர்ந்து இரும்பு ஸல்பைடு துகள்க ளாகின்றன. ஒரு கூட்டுப் பொருளின் மிகச் சிறிய அளவுதான் துகள் (Molecule) அல்லது கூறு.

99 தனிமங்களில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற் பட்ட தனிமங்களின் அணுக்களால் ஆனது துகள். இந்தக் கூட்டுப் பொருள்களை தனிமங்களாகப் பிரிக்க முடியும். அதனால் துகளிலுள்ள அணுக்களெல்லாம் தங்கள் தனித் தன்மையை பெரும்பாலும் குறையாமல் காத்துக்கொள்கின்றன என்று நினைக்கவேண்டியிருக் கிறது. கூட்டுப் பொருள் எத்தனை சிறியதாக இருந் தாலும் அதன் துகள் எத்தனை பெரியதாக இருந்தா லும் உறுப்புத்தனிமங்களைப் பிரித்து எடுக்க முடியும். அதாவது துகள்களை உறுப்புத் தனிமங்க ளாகப் பிரித்துவிடலாம்.

இந்த அணு, துகள் என்ற பேச்செல்லாம் வெறும் கொள்கைதான் என்றும்,எந்த மைக்ராஸ்கோப்பினுலும் இவற்றைப் பார்க்க முடிந்ததில்லை என்றும் சமீப காலம் வரையில் ஒரு நிலை இருந்து வந்தது. இன்றும் சாதாரண மைக்ராஸ்கோப்பினுல் அவ்வாறு பார்ப்பது

சாத்தியமில்லை. ஆனால் மின் அணு (Electron) மைக்ராஸ்கோப்பினால் காண முடியும். இந்தக் கருவிக்கு உதவுபவை ஒளிக்கிரணங்களல்ல, மின் அணு ஓட்டம். ஆயிரக் கணக்கான அணுக்கள் கொண்ட புரதம் போன்ற பொருட்களின் பெரிய துகள்களை இதனால் தெளிவாகக் காண முடிகிறது. சமீபத்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட ஒரு எளிய கருவியால் நூறு அணுக்களுக்கும் குறைவான துகள் உள்ள ப்தாலோ ஸயானிடன் என்ற சாயப் பொருளின் துகள் வடிவை காண முடிந்தது.

ஆனால் இந்தத் துகள்களை நேராகக் காண முடியும் என்ற நிலை ஏற்படுவதற்கு வெகு காலத்திற்கு முன்னமேயே இந்தத் துகள்கள் உண்மையாகவே இருக்கின்றனவா என்று விஞ்ஞானிகள் வாதம் செய்வதை நிறுத்திவிட்டார்கள். மனித மனத்தின் எண்ணங்களில்தான் இந்த அணுக்களும், துகள்களும் முதலில் உதித்தன. மொத்தமாக உள்ள சாதாரண பொருட்களின் இயக்கத்தை விளக்க இந்த எண்ணம் உபயோகமாக இருந்தது. பார்க்க முடியாத அணுக்களாலோ அல்லது துகள்களாலோ ஆனதுதான் பொருள் என்று பாவித்துக்கொண்டால் கண்ணில் தெரியும் பல நிகழ்ச்சிகளைப் புரிந்துகொள்ள முடியும் என்றுதான் இந்தக் கொள்கையை அமைத்துக் கொண்டதின் கருத்து. பொருளின் குணங்களையும் பல சாமான்கள் நடந்துகொள்ளும் விதங்களையும் பற்றி நம்முடைய அறிவு பெருகப் பெருக மேற் சொன்ன எளிய கருத்து சிறந்ததாகத் தோன்றியது. அதனால் அதிக உபயோகமும் கிடைத்தது.

மின்னணு (எலக்ட்ரான்) மைக்ராஸ்கோப் கண்டு பிடிப்பதற்கு வெகு காலத்திற்கு முன்னமேயே இந்தக் கொள்கை ஒரு நிச்சயக் கொள்கையாக அமைந்து விட்டது.

மூலகங்கள் உருமாரு; கூட்டுப் பொருள்கள் எந்தப் பகுதியிலும் ஒரே அமைப்பாக இருக்கும்; அவற்றை மீண்டும் மூலகங்களாக மாற்ற முடியும்— இத்தகைய உண்மைகளை விளக்கத்தான் அணுக் களும், துகள்களும் இருப்பதாக பாவித்துக்கொள் கிறோம். அணுக்களும், துகள்களும் நாம் நினைப்பது போல் இருக்க வேண்டுமானுல் சாதாரணப் பொருட் களின் சில குணங்களை நாம் முன்கூட்டியே சொல்வது சாத்யமாக இருக்க வேண்டும். இப்படிச் சொல்லுவது சரியாக நடந்தால் அணுக்களும் துகள்களும் இருப்ப தாக நாம் நம்புவதற்கு இன்னும் அதிக இடம் ஏற்படு கிறது. செய்தியும், விளக்கமும் இப்படி பரஸ்பர வளர்ச்சிக்குக் காரணமாக இருப்பதுதான் விஞ்ஞா னத்தின் சாரம். அணு அமைப்பைப் பற்றி இந்த வளர்ச்சி எளியதாகவும், தர்க்க ரீதியாகவும் சில சமயம் அதிசயமாகவும்] நிகழ்ந்திருக்கிறது. துகள் களின் புகைப்படத்தைக் கண்ணுல் கண்டபொழுது விஞ்ஞானிகளுக்கு மகிழ்ச்சியினுல் புல்லரித்தது. அவர் கள் நினைத்தாற்போலவே அவற்றின் உருவமும், அள வும் அமைந்திருந்தன. ஆனுல் அவர்கள் ஆச்சரியப் பட்டுவிடவில்லை.

3. அணுவின் நிறைகள்

18-ம் நூற்றுண்டு முடியும்போதுதான் தனிமங் களுக்கும், கூட்டுப் பொருட்களுக்கும் உள்ள வேற் றுமைகள் தெளிவுபட்டன. பிரெஞ்சுப் புரட்சியில் மாண்ட அந்தோயின் லவோஸியர் என்ற இரசாயன மேதாவி ஏறக்குறைய ஐம்பது தனிமங்களைப் பட்டி யல் போட்டுக் காட்டினுர். ஒரு பொருள் இன்னென்றுக மாறும்பொழுதும் தனிமங்கள் கூட்டுப் பொருட்க ளாகவும், கூட்டுப் பொருட்கள் தனிமங்களாகவும் மாறும்பொழுதும் பொருளின் மொத்த எடையில்

நஷ்டம் ஏற்படுவதில்லை என்ற அடிப்படையான உண்மையை ஆராய்ச்சி மூலம் அவர் நிலை நாட்டினூர். பொருள் மாருமல் இருப்பதின் தத்துவம் என்ன? பொருட்களை என்ன மாறுதலுக்கு உட்படுத்தினுலும், அம்மாறுதல்களுக்குப் பிறகு அவை எப்படித் தோன்றினுலும் ஆரம்பத்தில் இருந்த நிலைதான் எப்பொழுதும் இருக்கும். லவோஸியர் சொன்ன உதாரணத்தையே பார்ப்போம். ஒரு மெழுகுவர்த்தி எரியும்பொழுது அது மறைந்து அதன் இடத்தில் வாயுக்கள் ஏற்படுகின்றன. மெழுகுவர்த்தியைச் சுற்றியுள்ள காற்றும் மாறுகிறது. சுவாசிக்கத் தகுதியற்றதாக ஆகிவிடுகிறது அது. மெழுகுவர்த்தியின் சூடேறிய மெழுகு, சுற்றியுள்ள காற்றின் பிராணவாயுவுடன் கலந்து நீராவியும், கரியமிலவாயுவும் உண்டாவதாக லவோஸியர் அறிந்தார். இதை ஒரு சமன்பாடாக எழுத வேண்டுமானுல்,

மெழுகுவர்த்தி + சுற்றியுள்ள காற்று =

கரியமில வாயு + நீராவி என்று எழுதலாம். மறைந்த வர்த்தியையும் அதோடு கலந்த பிராணவாயுவையும் நிறுத்து, அவற்றின் எடை, புதிதாக உண்டான கரியமிலவாயு, நீராவி ஆகிய இரண்டின் எடைக்கும் சமமாக இருப்பதைக் கண்டார் லவோஸியர்.

இரசாயன இயக்கங்கள் நிகழும்பொழுது இவ்வாறு பொருள் காக்கப்படுகிறது. ஆரம்பப் பொருளோ முடிவில் கிடைக்கும் பொருளோ, வாயு, திடம், திரவம் என்று எப்படி இருந்தாலும் சரி, ஒரே ஒரு முக்கியமான விஷயத்தைக் கவனிக்க வேண்டும். இயக்கம் நிகழும்பொழுது உள்ளே புகும் அல்லது உண்டாகும் எதையும் பிடித்து அளந்து விட வேண்டும். அப்படிச் செய்தால் பொருள் நஷ்டப்படாது. சமன்பாடு சரியாகி விடும்.

இந்தப் பொருள் காப்பை • அணுக்கள்-துகள்கள் என்ற பாஷையில் சொல்லலாம். ஒரு பொருளின் திடத் தன்மை எல்லாம் அடங்கியுள்ளது. அணுக்கள் துகள் களாக மாற எந்த வகையில் சேர்ந்தாலும் இந்த திடத் தன்மை மாறுவதில்லை. இந்த உண்மையால் பொரு ளின் இயல்பைப் பற்றி பல புதிய செய்திகள் தெரிந் தன. அவற்றில் முக்கியமானது தனிமங்கள் கூடி கூட்டும் பொருளாகும்பொழுது ஒரு குறிப்பிட்ட விகி தத்தில்தான் சேர்கின்றன என்பது. உதாரணமாக கரியையோ, கார்பனையோ எரித்தால் எடையில் மூன்று பங்கு கார்பன் எட்டுபங்கு பிராண வாயுவுடன் கலக்கிறது. இவ்வாறு மூன்று அவுன்ஸ் கார்பன் எரியும்பொழுது சுற்றிலுள்ள காற்றிலிருந்து எட்டு அவுன்ஸ் பிராண வாயுவை எடுத்துக்கொள்கிறது. அதே போல காற்றிலுள்ள ஹைடிரஜன் (நீரகம்) நீரா வியாக மாறும்பொழுது, இந்த மாற்றத்தின்பொழுது செலவான பிராண வாயுவின் கனம் ஹைடிரஜனைப் போல எட்டு மடங்கு அதிகமாக இருக்கும். சர்க்கரை, நீர், கரியமில வாயு, சலவைக்கல், சல்படயஸின் இது போன்ற எந்த தூய இரசாயனப் பொருளைச் சோதித் துப் பார்த்தாலும் அவற்றிலுள்ள எடையில் குறிப் பிட்ட விகிதங்களுடன் தனிமங்கள் தான் அமைந் திருக்கும். 11 ராத்தல் கரியமில வாயுவிலிருந்து 3 ராத் தல் கார்பனும் 8 ராத்தல் ஆக்ஸிஜனும் எப்பொழுதும் பெறலாம். 9 ராத்தல் தண்ணீரிலிருந்து 1 ராத்தல் நீரகமும் 8 ராத்தல் பிராண வாயுவும் எப்பொழுதும் கிடைக்கும். இந்த விகிதக் கருத்து நமக்கு இப்பொழுது சர்வ சாதாரணமாகத் தோன்றுகிறது. ஆனால் 150 ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் வாழ்ந்து பார்ப்பது முக்கிய மாகும். அப்பொழுது லவாஸியருக்கும் மற்ற இர சாயனிகளுக்கும் தெரிந்தது ; மெழுகுவர்த்தி எரியும் காற்று, சுவாசிக்கத் தகுந்த காற்று பல வர்த்திகள்

எரிந்த பிறகு, வர்த்தி எரியவோ, சுவாசிக்கவோ தகுதி யற்றதாக மாறிவிடுகிறது என்பதுதான். சுதந்தர (சுற்றியுள்ள) காற்று கரியமில வாயுவாகி விட்டது. இரசாயனியின் பிரச்னை எப்படி இந்தக் கரியமில வாயு மெழுகுவர்த்தி எரியாமலும் உயிரினம் சுவாசிக்க முடியாமலும் இருக்கிறது என்பதைக் கண்டுபிடிப்பது தான். எரியும் மெழுகுவர்த்தி காற்றிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு பிராண வாயுவை இழுத்து ஒரு புதிய பொருளை அதாவது கரியமில வாயுவை வெளிப் படுத்துகிறது என்ற உண்மை அந்தக் காலத்தில் பெரிய கண்திறப்பாக இருந்தது.

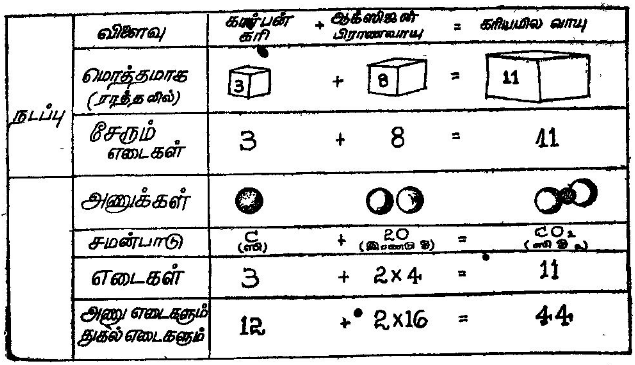
இந்த விகிதக் கருத்து தோன்றிய பிறகுதான் விஞ்ஞானம் என்ற முறையில் இரசாயனம்முன்னேறத் தொடங்கியது. இதனுலேயே அடுத்த பெரிய முன் னேற்றமும் சாத்தியமாயிற்று. 1808-ல் ஜான் டால்ட் டன் என்பவர் நவீன அணுக் கொள்கையை உருவாக் கினுர். டெமாக்ரிடஸ் கூறிய பழைய அணுக்கருத்து தத்துவ அடிப்படையில்தான் இருந்தது. ஆனுல் நடைமுறையில் பயனுள்ளதாக இல்லை. பொருள் என் பது தொடர்ச்சி அற்றதுஎன்றும், பிரிக்கமுடியாத பல அணுக்களால் ஆனது என்றும் கூறி இருந்தார் அவர். டால்ட்டன் இந்த இடத்தில் ஆரம்பித்து தெளி வாக விஞ்ஞான ரீதியாக நடைமுறைக்கு உபயோக மான ஒரு முன் கொள்கை உருவாக்கினுர்.

டால்ட்டன் சொன்னது இதுதான்: தனிமமானது அணுக்களால் ஆனதால் ஒரு தனிமத்தின் எல்லா அணுக்களும் ஒரே மாதிரியாக இருக்க வேண்டும். கார் பனின் அணுக்களெல்லாம் ஒரே மாதிரியாக இருக்கும். இதைப்போலவே ஹைட்ரஜன் இரும்பு முதலிய ஒவ் வொன்றின் அணுக்களும் ஒரே மாதிரியாகத்தான் இருக்கும். அடுத்து அவர் சொன்னது வெவ்வேறு தனிமங்களின் அணுக்கள் எடையில் வேறுபடும் என்

பது. ஆக்ஸிஜனின் அணு ஹைட்ரஜனின் அணுவை விடக் கனமானது. இரும்பின் அணு ஆக்ஸிஜன் அணு வைவிடக் கனமானது. இரண்டாகவோ மூன்ருகவோ அணுக்கள் வேறுவகை அணுக்களுடன் சேரும் பொழுது துகளுக்குள் அவை மாறுவதில்லை. ஒரு கூட்டுப் பொருளில் உள்ள ஒவ்வொரு துகளும் ஒரு குறிப்பிட்ட அணுக்கள் அடங்கியுள்ளது. ஆகவே ஒரு துகளின் எடை என்ன ? உறுப்பு அணுக்களின் நிறைகளின் கூட்டே ஆகும் அது. ஆகவே மூலகங் கள் சேரும் பொழுது ஏன் ஒரு குறிப்பிட்ட விகிதத் திலேயே சேருகின்றன என்பது இப்பொழுது நமக்குத் தெளிவாகிறது.

இது நடைமுறைக்கு உபயோகமான விஞ்ஞானக் கொள்கையாதலால் அதனுல் என்ன விளைகிறது என்று பார்ப்போம். கரியும், ஆக்ஸிஜனும் எடையில் முறையே 3:8 என்ற விகிதத்தில் சேர்கிறது என்று நமக்குத் தெரியும். முதல் படத்தில் இது கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. கரியமில வாயுவின் துகள் உருவாகும் பொழுது ஒரு கார்பன் அணு இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களுடன் சேர்வதாக வைத்துக் கொள்வோம். இப்பொழுது இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுவும் கார்பன் அணுவுடன் ஒப்பிடும்பொழுது 8 யூனிட் நிறைகொண் டிருக்கிறது. கார்பனின் நிறை 3 யூனிட். இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுக்கள் 8 யூனிட் நிறை கொண்டிருந் தால் ஒவ்வொரு அணுவும் 4 யூனிட் நிறையாகிறது. கார்பனின் நிறையோ 3 யூனிட். கார்பன், ஆக்ஸிஜன் நிறைகளை 3:4 அல்லது 6:8 அல்லது 12:16 என்றெல் லாம் எழுதலாம். ஏன் 12:16 என்று எழுத வேண்டும்? நீரைப்பற்றி ஆராயும் பொழுது தெரியும்.

தண்ணீர் எடையில் ஒரு பங்கு ஹைட்ரஜனும் 8 பங்கு ஆக்ஸிஜனும் கொண்டது. ஒரு நீர்த்துகளில் இரண்டு ஹைடிரஜன் அணுக்களோடு ஒரு ஆக்ஸிஜன்



படம் 1. கரி எரியும் போது

நிலக்கரி எரியும் பொழுது, கரியும் ஆக்ஸிஜனும் (பிராண வாயுவும்) சேர்கின்றன. அந்த சேர்க்கை எடைக் கணக்கில் குறிப்பிட்ட ஒரு விகிதத்தில் நிகழ்கிறது. சேரும் பொருட்களில் உள்ள அணுக்கள், அவற்றுள் எடைகள்—இவற்றைப் பொருத்திருக்கிறது அந்த விகிதம் என்று அணுக் கொள்கை கூறுகிறது. பொருளானது மொத்தையாக இருக்கையில் நடந்துகொள்ளும் விதத்தையும் பார்த்து, அவற்றின் அணுக்கள் என்ன இயல்புள்ளவை என்று நாம் அனுமானம் செய்கிறோம்.

அணு சேர்வதாக வைத்துக் கொள்வோம். இப்பொழுது இரண்டு ஹைட்ரஜ அணுக்களின் எடை ஒரு (1) யூனிட். அப்படியானல் ஒரு ஹைட்ரஜ அணுவின் நிறை ½ (அரை) யூனிட், இப்பொழுது ஹைட்ரஜன் ஆக்ஸிஜன், அணுக்களின் நிறை விகிதம் ½:8 அதாவது 1:16.

ஒரு ஆக்ஸிஜ வாயுவின் நிறை 16 யூனிட் என்று வைத்துக் கொள்வோம். இந்த விகிதங்களிலிருந்து ஹைடிரஜன் அணுவின் நிறை 1என்றும்,கார்பன் நிறை

12 என்றும் வருகிறது. இந்த நிறைகள் எப்படிக் கிடைத்தன. ஹைட்ரஜன், கார்பன், ஆக்ஸிஜன் இவைகள் கரியமில வாயுவாகவோ, தண்ணீராகவோ ஆக சேரும், குறிப்பிட்ட விகிதத்திலிருந்துதான். இது டால்ட்டனின் முன் கொள்கையின் ஒரு அம்சமாகும். வெவ்வேறு தனிமங்களின் அணுக்கள் எடையில் மாறுபடுகின்றன என்று அவர் சொன்னார். அதனால் நமக்கு ஒரு நடப்பும், ஒரு கொள்கையும் கிடைத்தன. நடப்பு என்ன ? தனிமங்கள் கூட்டுப் பொருளாக ஆவதற்குச் சேரும் பொழுது ஒரு குறிப்பிட்ட விகிதத்தில் தான் சேர்கின்றன என்பது நடப்பு. இந்த விகிதங்களுக்கு மொத்த எடை என்று பெயர். கொள்கை என்ன ? அணுக்களின் எடைத்தரம் தனிம அணுக்களின் எடைத்தரத்தைப் பொறுத்தது.

இந்தக் கருத்துக்களைச் சொல்லும்பொழுது மொத்த எடைக்கு முழு எண்களையே நான் உபயோகித்திருக்கிறேன். இதனால் சௌகரியம் மட்டுமல்ல. இந்த முறை ஏறக்குறைய சரியாகவே இருக்கிறது. ஏறக்குறைய என்பதைக் கவனிக்க வேண்டும். சுவாரஸ்யமான செய்தி அது.

டால்ட்டன் காலத்தில் பல தனிமங்களின் மொத்த நிறையை சரியாகக் கணக்கிட்டு விட்டார்கள் என்றே சொல்ல வேண்டும். ஆக்ஸிஜனுக்கு 16 யூனிட் என்ற எடையை வைத்துக் கொண்டதால் மற்ற தெரிந்த தனிமங்களின் அணு எடைகள் நிச்சயமாயின. எடை வரிசையில் அவற்றை ஒழுங்குபடுத்தினால் பயனுள்ளதாக இருக்கும். அந்தக் காலத்தில் தெரிந்த 12 முதல் தனிமங்களின் பட்டியல் இது:

ஹைடிரஜன்	H	1·01
லிதியம்	Li	6·94
பெரிலியம்	Be	9·02
போரன்	B	10·82

கார்பன்	C	12·01
நைட்ரஜன்	N	14·01
ஆக்ஸிஜன்	O	16·00
ப்ளோரின்	F	19·00
ஸோடியம்	Nq	23·00
மக்னீஷியம்	Mg	24·32
அலுமினியம்	Al	26·97
ஸிலிகான்	Si	28·06

இந்த வரிசையில் மக்னீஷியம் போரான் இரண்டைத் தவிர அணு நிறை கிட்டத்தட்ட முழு எண்கள். ஆனால் முற்றிலும் அப்படி இல்லை. 1 யூனிட் அணு எடையுள்ள ஹைடிரஜனின் எடையின் பன் மடங்குதான் என்று தோன்றுகிறது. அணு எடைப் பிரச்னையில் முழு எண்கள், மடங்குகள் என்ற இந்த வித்தை கவர்ச்சி நிறைந்த வித்தை. உண்மையில் இது உச்ச நிலையில் ஒரு காலத்தில் இருந்தது. டால்ட்டன் காலத்தில் வாழ்ந்த வில்லியம் ப்ரௌட் என்பவர் எல்லா தனிமங்களும் ஹைட்ரஜனாலேயே ஆனவை என்று கருதினார். ஆனால் இந்தக் கருத்தைக் கைவிடவேண்டியிருந்தது. ஏனெனில் அணு எடைகள் பெரும்பாலும் முழு எண்களாக இருப்பதில்லை. தசாம்சங்கள் அடங்கி இருந்தன. இந்தக் கதையை தொடர்ந்து பார்க்கும் பொழுது முழு எண்களில் ஏற்பட்ட இந்த ஊக்கம் ஒரு புதிய கருத்து வரும்பொழுதும், புதிய உண்மைகள் கிடைக்கும் பொழுதும் மீண்டும் மீண்டும் தோன்றுவதைப் பார்க்கலாம். பின்பு ஜாக்கிரதையாக அளந்து பார்க்கும்பொழுது எதிர்பார்த்த முழு எண்கள் கிடைப்பதில்லை. எதிர்பார்ப்பிற்கும், நடப்பிற்கும் உள்ள இந்த வித்தியாசம் அணு, துகள் இவற்றின் அமைப்பிலும் இயக்கத்திலும் புதிய நிகழ்ச்சிகள் தோன்றுமா என்று ஆராய நம்மைத் தூண்டுகிறது.

4. அணு வரிசை

டால்டனின் அணுக்கொள்கை 19-வது நூற்றுண்டின் தொடக்கத்தில் உருவாயிற்று. புதிய புதிய தனிமங்களைத் தேட அது இரசாயனிகளுக்கு ஊக்கம் அளித்தது. அந்நூற்றுண்டின் மத்தியில் 75 தனிமங்களைக் கண்டு அறிந்துவிட்டார்கள். அவற்றின் குணங்களும் சாதாரண இரசாயன அறிவாக ஆகிவிட்டன. முதலாவதாகத் தெரிந்தது தனிமங்கள் அணு எடையில் வேறுபட்டன என்பதும் அவற்றை ஒரு வரிசைப்படுத்திச் சொல்லலாம் என்ற அறிவும் தான்.

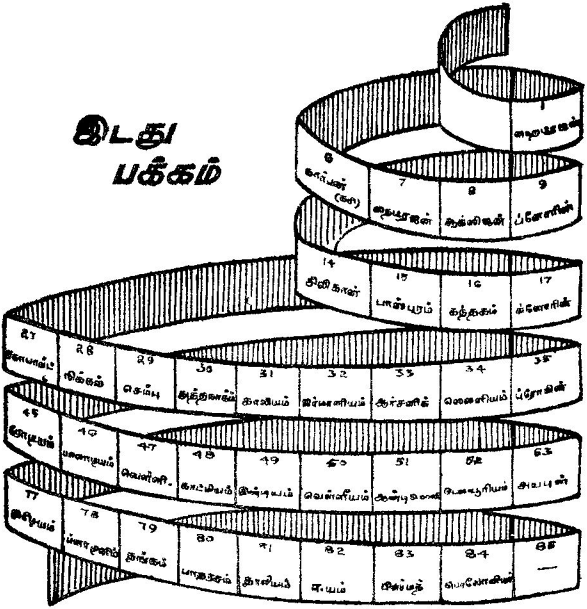
சில தனிமங்கள் வேறு சிலவற்றை ஒத்திருந்தன. இப்படி ஒத்திருந்த தனிமங்கள் மூன்று மூன்ருகவே காணப்பட்டன. இந்த மூவர்களில் மிகமிகப் பழையதும் மக்களுக்குப் பழக்கமானதுமான குழு செம்பு, வெள்ளி, தங்கம். இவற்றின் இடையேயுள்ள ஒற்றுமை பல நூற்ருண்டுகளாகவே தெரிந்திருந்தது. அவ்வளவாகத் தெரியாத இன்னொரு குழு லிதியம், ஸோடியம், பொட்டாசியம். இவற்றைச் சுத்தமாக்கியவுடன் மிருதுவாகவும், பளபளவென்றும் இருக்கும். ஆனால் திறந்து வைத்திருந்தால் சீக்கிரம் கருத்துவிடும். சுத்தமான வடிவில் தண்ணீர் பட்டால் இவை மிகக் கடுமையாக இயங்கும். ஆகவே மண்ணெண்ணெயில் ஊற வைத்திருக்க வேண்டும். மேலும் இந்த மூன்றையும் கூட்டுப் பொருட்களில் ஒன்றுக்குப் பதிலாக இன்னென்றை வைக்கலாம். இந்த மாறுதலின் விளைவாக வந்த கூட்டுப் பொருட்களும் அதே மாதிரியே இருக்கின்றன. இவ்வாறு ஸோடியம் குளோரைடு என்ற சாதாரண உப்பு வெள்ளைப் படிகமான தோற்றம் கொண்டது; உவர்க்கிறது; தண்ணீரில் சீக்கிரம் கரைந்துவிடுகிறது. இந்த மூன்று குணங்களும்

லிதியம் குளோரைடுக்கும், பொட்டாசியம் குளோரைடுக்கும் உண்டு.

19-வது நூற்றுண்டின் ஆரம்பத்தில் இவ்வாறு ஒத்துள்ள தனிமக் குழுக்கள் மூன்று மூன்ருகத்தான் காணப்பட்டன. ஆனுல் சில மூன்றுகள் தற்செயலானவைதான். ஏனெனில் அப்பொழுது எல்லா தனிமங்களும் தெரிந்திருக்கவில்லை. மேலும் மேலும் தனிமங்கள் கண்டுபிடிக்கப்படவே மூன்று மட்டுமின்றி 4, 5, 6 என்ற வகையில் ஒத்துள்ள பல தனிமங்களின் குழுக்கள் தோன்றின.

பல புதிர்கள் இப்பொழுது தோன்றின. 63·6, 107·9, 197·2 என்று வெவ்வேறு அணு நிறையுள்ள செம்பு, வெள்ளி, தங்கம் ஏன் ஒத்திருக்க வேண்டும்? 32·1, 35·5 என்று கிட்டத்தட்ட நெருங்கிய நிறையுள்ள கந்தகமும், குளோரினும் ஏன் வித்தியாசமாக இருக்க வேண்டும்? ஒன்று மஞ்சளான திடப்பொருளாகவும், இன்னென்று பச்சை வாயுவாகவும் ஏன் இருக்க வேண்டும்? இதைப் பற்றி பல ஊகங்களும் ஹேஷ்யங்களும் எழுந்தன. தனிமங்களை எத்தனையோ சோதனைகளுக்கு உள்ளாக்கிப் பார்த்தார்கள். 1569-ல் டிமிட்ரி மெண்டலஜேவ் என்ற ரஷ்ய இரசாயனி பீரியாடிக் பட்டியல் (Periodic Table) என்ற ஒரு புதிய முறையில் தனிமங்களை வரிசைப்படுத்திஞர்.

இதனுல் இரசாயன அறிவு அனைத்தையும் ஒழுங்குபடுத்த முடிந்தது மட்டுமின்றி அதுவரை கண்டுபிடிக்கப்படாத தனிமங்களின் இயல்புகளையும் முன்கூட்டியே சொல்லவும் முடிந்தது. அதிலிருந்து இந்த முறையை அடிப்படையாகக் கொண்டுதான் தனிமங்களைப் பற்றிய இரசாயன, பௌதீக அறிவெல்லாம் வளர்ந்தது. விளக்கமாகவும், தூண்டுதலாகவும் அந்த முறை விளங்கிற்று. நவீன அணு பௌதீக



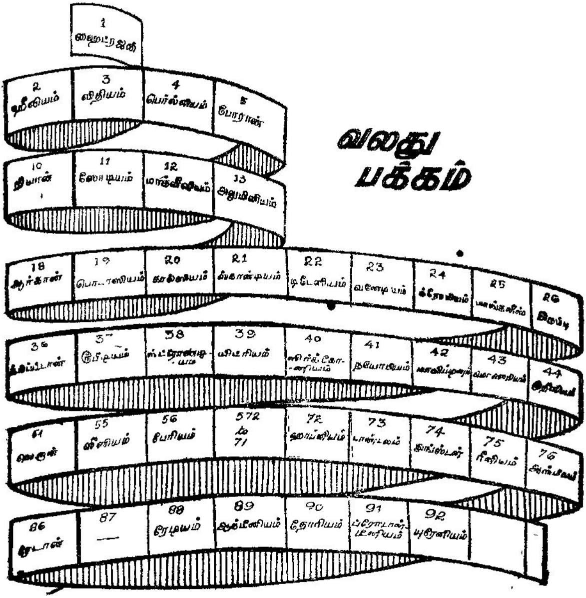
படம் 2. **பிரியாடிக் வரிசை**

92. மூலகங்களையும் (Elements) சுழலாக வளைத்துக் காட்டியிருக்கிறது. ஒரே மாதிரியான இயல்புகளுள்ள மூலகங்கள்

மும், இரசாயனமும்அந்த முறையை அடிப்படையாகக் கொண்டுதான் வளர்ந்தது.

இந்த பீரியாடிக் பட்டியலை எப்படி வரைவது? 99 தனிமங்களையும் அணு எடை வரிசையில் (அதாவது 1 லிருந்து 99 வரை) ஹைடிரஜனிலிருந்து ஆரம்பிக்க வேண்டும். பிறகு நாடாவின் ஒவ்வொரு வளையையும் கனக்கோடால் ஓரம் கட்டவேண்டும். முதல் வளைவில்

வலது பக்கம்



மேல் கீழாக ஒரே வரிசையில் வந்துவிடுகின்றன. உதாரணம் 6, 14, 32, 50, 82.

இரண்டு தனிமங்களும், இரண்டாம் வளைவில் எட்டும், மூன்றும் வளைவில் எட்டும் இருக்கும். 4-வது 5-வது வளைவுகளில் ஒவ்வொன்றிலும் 18 தனிமங்கள் இருக்கும். 6-வதில் 32 7-வதில் மீதி 13.

இந்த நாடாவை இப்பொழுது எடுத்து இறங்கும் சுருளாக அமைக்க வேண்டும். 2-ம் படத்தைப் பார்ப்போம். வலம், இடம் என்று தொடர்ச்சிக்காக இரண்

டாக வரையப்பட்டிருக்கிறது படம். ஹைட்ரஜன் இரண்டு தடவை குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. இதன் காரணம் பின்னால் தெரியவரும். 57 முதல் 71 வரை ஒரே இடத்தில் திணிக்கப்பட்டுள்ளன. 89-லிருந்து தொடங்குபவை கன தனிமங்கள். 93 முதல் 99 வரை செயற்கை தனிமங்கள்.

இந்தப் படத்தின் வளைவுகளில் 2, 8, 18 என்று இருப்பதிலும் ஒரு ஒழுங்கு இருக்கிறது. அவைகள் முறையே 1, 2, 3, 4 ஆகிய எண்களின் இரட்டிப்பின் இரு மடங்காகும். 1-ன் இரட்டிப்பு 1 தான். அதன் இரு மடங்கு 2. 2-ன் இரட்டிப்பு 4. அதன் இரு மடங்கு 8. 3-ன் இரட்டிப்பு 9. அதன் இரு மடங்கு 18. இதே போல $4 \times 4 \times 2 = 32$. இந்த எளிய எண் வரிசை மெண்டலஜேவுக்குத் தெரியவில்லை. நாம் இதைப் பற்றி, பின்னர் நன்றாகத் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

முதல் வளைவு ஹைட்ரஜனில் தொடங்கி ஹீலியம் என்ற ஜடவாயுவுடன் முடிகிறது. 2-ம் வளைவு மிருது உலோகமான லிதியம் என்பதில் தொடங்கி நியான் (விளக்குகளுக்குப் பயன்படும் வாயு) என்ற வேறொரு ஜடவாயுவுடன் முடிகிறது. 3-வது வளைவு லிதியத்தை ஒத்துள்ள ஸோடியம் என்ற உலோகத்தில் தொடங்கி மீண்டும் ஆர்கான் (இதுவும் விளக்குகளுக்குப் பயன் படுபவை) என்ற இன்னொரு ஜடவாயுவுடன் முடிகிறது. 4-வது வளைவு மிருது உலோகமான பொட்டாசியத்தில் தொடங்கி கிரிப்டான் என்ற வாயுவுடன் முடிகிறது. இந்தக் கிரிப்டானும், ஹீலியம், நியான், ஆர்கான்போல இன்னொரு ஜடவாயு. 5-வது வளைவின் தொடக்கத்திலுள்ள ருபீடியம் என்பது ஸோடியம், பொட்டாசியம் இவற்றைப்போல ஒரு மிருது உலோகம், அதன் முடிவிலுள்ள ஸெனான் என்பது நியான், ஹீலியத்தைப்போல ஒரு வாயு. சுருங்கச் சொன்னால் முதல் செங்குத்து வரிசையிலுள்ள தனிமங்களெல்

லாம் ஒரே மாதிரியானது. அதேபோல கடைசி செங்குத்து வரிசையிலுள்ள தனிமங்களும் ஒரே மாதிரியானவை.

இதைப் போலவே மற்ற செங்குத்து வரிசையிலுள்ள தனிமங்களும் ஒரே மாதிரியானவை. 29, 47, 79 என்ற எண்ணுள்ள செம்பு, வெள்ளி, தங்கமும், 30, 48, 80 ஆகிய எண்களுள்ள துத்தநாகம், காட்மியம், பாதரஸம் மூன்றும் இரசவாதிகளின் காலத்திலிருந்தே தெரிந்திருந்த குழுக்களாகும். முதல் படத்தின் கடைசி செங்குத்து வரிசையைப் பாருங்கள். (1, 9, 17, 35, 53) சாதாரண மக்களுக்குக்கூட முதல் மூன்றும் நெடியுள்ள வாயுக்கள் என்றும், சிறிது சூடேற்றினல் கூட அயடின் வாடை வீசும் வாயுவாக ஆகிவிடும் என்றும் தெரியும்.

ஹீலியத்தின் அடியிலுள்ள செங்குத்து வரிசை தான் மிகவும் கவனிக்கத் தகுந்தது. இவையெல்லாம் வாயுக்கள். மெண்டலஜேவ் காலத்தில் இவை இருப்பதாக யாருக்கும் தெரியாது. 1890-க்குப் பிறகுதான் ரேலே பிரபுவும், வில்லியம் ரேஸேயும் அவற்றைக் கண்டுபிடித்தார்கள். ரேடானைத் தவிர மற்ற ஐந்தும் (2, 10, 18, 36, 54) சாதாரண காற்றில்கூட நுண்ணிய அளவில் கிடைக்கின்றன. அவை வேறு தனிமங்களோடு கலக்காத காரணத்தால் உயர்ரக வாயுக்கள் (Noble gases) என்று அவற்றிற்குப் பெயர். தங்களுக்குத் தாங்களே போதுமென்ற திருப்தியில் அவை நடந்து கொள்கின்றன. அநேகமாக மற்ற தனிமங்களெல்லாம் பெரும்பாலும் மற்ற தனிமங்களுடன் கலந்து விடுகின்றன. இவை மட்டும் தனித்து நிற்கின்றன.

மெண்டலஜேவ் இந்தப் பட்டியலை முதலில் அமைத்தபொழுது சுமார் 75 தனிமங்கள்தான் தெரிந்திருந்தன. ஆகவே இப்பொழுது காணப்படும் ஒழுங்கைக்காண இயலவில்லை. காலி இடங்கள் பல இருந்

தன. அபாரமான கற்பனையும் படைப்பு சக்தியும் இருந்தால்தான் இந்தத் தனிமங்களை இப்படி ஒழுங்கான வரிசையாக அமைக்க முடியும். மெண்டலஜேவ் இதைச் செய்தார். இதோடு காலி இடங்களில் இருக்க வேண்டிய தனிமங்கள் என்ன என்றும் முன்கூட்டியே சொல்லவும் அவற்றின் எடை முதலிய அளவுகளைச் சொல்லவும் அவருக்குத் துணிவு இருந்தது. பின்னர் தனிமங்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபொழுது அவருடைய ஹேஷ்யங்கள் அப்படியே சரியாக இருந்தன.

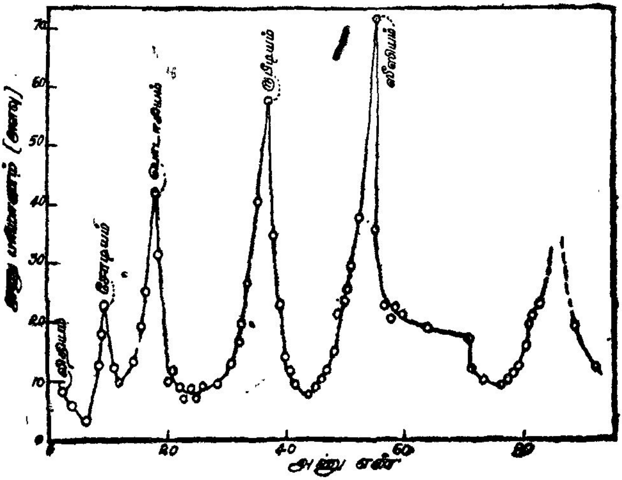
ஒரு உதாரணம். எண் 32-ஐப் பாருங்கள். செங்குத்து வரிசையில் இது ஸிலிகானுக்கும் வெள்ளீயத்துக்கும் மத்தியில் இருக்கிறது. ஜெர்மேனியம் என்று பெயர். இதைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு முன்பே அது இருக்க வேண்டுமென்று 1871-லேயே மெண்டலஜேவ் சொன்னார். ஆனால் அவர் வைத்த பெயர் "எகா ஸிலிகான்." அது நரை வெள்ளையாக இருக்குமென்றும் காற்றில் எரித்தால் வெள்ளை ஆக்ஸைடு ஒன்று அதிலிருந்து வெளிப்படும் என்றும், அமிலங்களாலோ, காரங்களாலோ அது பாதிக்கப்படாது என்றும் சொன்னார் அவர். அதன் அணு எடையைப் பற்றியும் அதன் அடர்த்தி, அணு அளவு, கொதிநிலை அனைத்தையும் அவர் சொல்லிவிட்டார். 15 ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு கிளமென்ஸ் விங்க்ளர் அந்தத் தனிமத்தைக் கண்டுபிடித்தபொழுது மெண்டலஜேவ் சொன்னது அவ்வளவும் சரியாக இருப்பதைக் கண்டார். தேச பக்தியால் விங்க்ளர் அந்தத் தனிமத்தை ஜெர்மனியம் என்று அழைத்தார்.

இப்படி முன் கூட்டிச் சொல்வது எப்பொழுதும் ஒரு மர்மமாகவே தோன்றுகிறது. இதைவிட மர்மமானது எடை முதலிய குணங்களை முன்கூட்டியே கணக்கிட்டுச் சொல்வதுதான். சில சமயம் இது மிகவும் எளிதாக இருக்கலாம். ஆனால் சில சமயம்

பழுத்த விஞ்ஞான அனுபவமுள்ள ஒருவர் தான் ஏதோ ஆவேசம் வந்ததுபோல் ஊகிக்கமுடியும்.

பிரஸ்தாப விஷயத்தில் தனிமங்கள் இயல்புகள் ஒரு ஒழுங்குக்கு உட்பட்டவை. ஒரே மாதிரியான குணங்கள் மாறி மாறி ஒழுங்காக வருகின்றன. இப்படி வருவதற்கு, அணு எடை வரிசையில் தனிமங்களை ஒழுங்குபடுத்த வேண்டும்.

ஒரு சிறிய உதாரணம் செங்குத்து வரிசையில் லிதியத்திற்கு கீழ் உள்ள தனிமங்களில் ஒன்று தெரியவில்லை என்று வைத்துக்கொள்வோம். அந்த வரிசையிலுள்ள மற்றவைகளெல்லாம் மிருது உலோகங்களானதால் அதுவும் மிருது உலோகம் என்று முன்கூட்டி சொல்லலாம். அதோடு, அது ஒரு கார உலோகமாக இருக்கவேண்டுமென்றும் இயற்கை வடிவில் அது சாதாரணமாகக் காணமுடியாது என்றும் சொல்லிவிடலாம். ஏனெனில் காற்றில் அது சுலபமாக மாறிவிடுகிறது. தண்ணீர் பட்டால் அது கடும் வளைவுகளுடன் இயங்குகிறது. இந்தக் குணங்கள் லிதியம், ஸோடியம், பொட்டாசியம், ருபீடியம், செஸீயம் எல்லாவற்றிற்கும் உண்டு. ஆகவே இந்த வரிசையில் ஒன்று தெரியாதிருந்தால் அதன் குணங்களை முன்கூட்டியே சொல்லிவிடலாம். இப்படித்தான் 87-வது தனிமமான பிரான்ஸியம் என்பதின் குணங்கள் சொல்லப்பட்டன. இப்பொழுது மூன்ருவது படத்தைப் பார்ப்போம். அணு அளவிற்கும், அணு எடைக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காண்பிக்கிறது. 6·94 கிராம் எடையுள்ள லிதியத்தின் அளவுதான் (இந்த அளவு என்பது ஒரு தனிமத்தால் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்ட இடம்)லிதியத்தின் அணு அளவு. பெரிலியத்தின் எடை 9·02. கிராம். கார்பனின் எடை 12·01 படத்தை நன்ருகப் பார்த்தால் தனிமங்கள் அணு எடையில் அதிகரிக்க அதிகரிக்க இந்த குணமானது சக்கரத்தைப்போல திரும்பித்திரும்பி வரு



படம் 3. அணு எண்

மூலகங்கள் கனமாக ஆக ஆக. அணு அளவும் (பரிமாணமும்) ஒரு ஒழுங்கான முறையில் அதிகப்படுவதையும், குறைவதையும் கவனிக்கவும். மிருதுவான (கார) ஆல்கலி உலோகங்கள் யாவும் உச்சத்தில் இருப்பதையும், மற்ற மூலகங்கள் நடுவேயும் கீழேயும் இருப்பதையும் கவனிக்க வேண்டும்.

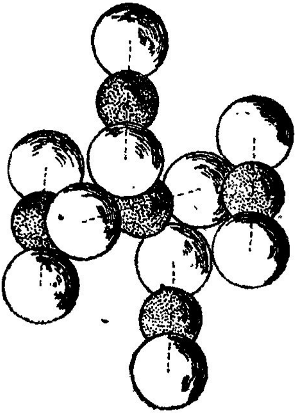
வதைப் பார்க்கலாம். ஒவ்வொரு சக்கரத்திலும் அதிகப்படியான அணு அளவு லிதியத்தின் கீழ் உள்ள உலோகங்களுக்கு இருக்கிறது. அவைகள் ஸோடியம், பொட்டாசியம், ருபீடியம், செஸீயம் ஆகியவை. மற்ற தனிமங்களின் மதிப்பை சரிவுகளிலும் அடித்தளங்களிலும் காண முடியும். ஆகவே தெரியாத ஒரு தனிமத்தின் அணு எடையை மதிப்பிட்டு விட்டால் அதன் அணு அளவையும் இந்த ரேகைப்படத்தில் அது உள்ள

இடத்தைப் பார்த்து சொல்லி விடலாம்.

மெண்டல ஜெவ் இந்தப் பட்டியலைத் தயாரித்த பொழுது அதில் பல இடங்கள் காலியாக இருந்தன ஒத்திருக்கும் பல தனிமங்களை ஒரே செங்குத்து வரிசையில் வைத்து இந்தப் பட்டியலைத் தயாரித்தார் அவர். தற்சமயம் காலி இடங்கள் எல்லாம் பூர்த்தியாகிவிட்டன. 1 முதல் 99 வரை உள்ள தனிமங்களை இப்பொழுது வரிசையாக அமைக்க முடிகிறது. அணு எடையைவிட இப்படி எண்கொடுத்து தனிமங்களை வரிசைப்படுத்துவது இன்னும் அதிகப் பயன்களைத் தந்திருக்கிறது. ஹைட்ரஜன் முதல், யுரேனியம் வரை உள்ள வரிசையில் ஒவ்வொரு தனிமத்திற்கும் ஒவ்வொரு இடம் உண்டு. இந்தப் பட்டியலைப் பார்த்தால் ஒரே குணங்களுள்ள தனிமங்கள் 2, 8, 18 அல்லது 32 தனிமங்களுக்கு இடையே ஒரு ஒழுங்கைப் பின்பற்றி வருவதைப் பார்க்கலாம்.

இந்த எண்களாலும், ஒழுங்காலும் என்ன பயன் ? அணுவின் உள் அமைப்பைத்தான் அவை குறிக்கின்றன. ஆனால் 19-வது நூற்றுண்டு முடியும்போதுகூட அணுவின் உள் அமைப்பு என்னவென்று யாருக்கும் தெரியாது. ஒரு இரசாயனியோ, பௌதீகளுே அணுவைப் பற்றி நினைக்கும்பொழுது அம்மானையைப்போல ஏதோ திடமான உருண்டை என்றும் கெட்டியாகவும் எங்கும் ஒரே மாதிரியாக இருக்குமென்றும் நினைப்பது வழக்கமாக இருந்தது.

இப்பொழுதுகூட அணுவைப் பற்றிய இந்தக் கருத்தினுல் இரசாயனத்தில் பல வேலைகளுக்கு உதவியாக இருக்கிறது. டி டி டி (D D T) பெனிஸிலின், ரப்பர் முதலிய பொருட்களை உருவாக்கும் சேதன இரசாயனி அணுவைப் பற்றி இப்படித்தான் நினைக்கிருர்.



படம் 4. மொத்தையான (திடமான) கரியமிலவாயு அல்லது பனிக்கட்டியின் படிகம்

புள்ளி யடித்தவை. கார்பன் (கரி) அணுக்கள் ஒவ்வொரு கார்பன் அணுவோடும் இரண்டு ஆக்ஸிஸன் (பிராணவாயு) அணுக்கள் இணைந்திருப்பதைக் கவனிக்கவும். இந்த மாதிரி ஒழுங்காக இணைந்த சேர்க்கைகள் கோடிக் கணக்காக ஒரு பெரிய பனிக்கட்டியில் இருக்கும்.

ஒரு கூட்டுப் பொருளின் படிக அமைப்பை விளக்கும்பொழுதெல்லாம் கணிஜ ஆராய்ச்சியாளரும் இந்தக் கருத்தைத்தான் உபயோகித்துக் கொள்கிறார். படம் 4. இரசாயன கூட்டுப் பொருட்களின் அமைப்பைதெளிவு படுத்த அடிக்கடி கையாளப்படும் சித்திரமாகும். திடமான கரியமிலவாயுவின் படம் அது. கரியமிலவாயுவின் துகளில் அணுக்கள் அமைந்திருக்கும் விதம் தான் அந்தக் கூட்டுப் பொருளின் குணங்களுக்கு காரணமாகிறது.

2

அணுவின் சிக்கல்

1. அணுவின் மேற்பரப்பு

19-வது நூற்றுண்டுக்கு முன்னமேயே அணு அம்மானையைப் போன்ற, ஆனல் நீண்டு சுருங்கக் கூடிய ஒரு பொருள் என்னும் கருத்து வெறும் கதை, ஆயினும் உபயோகமுள்ள கதை என்று விஞ்ஞானி கள் அறிந்திருந்தார்கள். இந்தக் கருத்து பொருளின் அமைப்பைப் பற்றி பல செய்திகளை விளக்கியது. ஆனல் அந்தக் கருத்தில் என்னமோ உண்மை இல்லை. இதற்குப் பலகாரணங்கள் இருந்தன. அவற்றை ஆராயும் பொழுது அணுவைப்பற்றிய அறிவை தெளிவுபடுத்தி பெருக்கக் கூடிய புதிய தகவல்கள் கிடைத்தன.

அணு அதன் எல்லாப் பகுதிகளிலும் ஒரே மாதிரி யாக இருக்கிறதா என்பதைப் பற்றி சந்தேகம் கிளம் பிற்று. இந்தச் சந்தேகத்திற்கு முக்கியமான காரணம் பல அணுக்கள் சேர்ந்து துகளாவதுதான். அம்மானை கள் ஒன்ருெடொன்று ஒட்டிக் கொள்வதில்லை. இரண் டாகவோ, மூன்ருகவோ நிரந்தரமாகக் கலப்பது இல்லை. ஆனால் அணுக்கள் அப்படிச் சேர்கின்றன. சேருவதால் ஒன்றுக்கொன்று அவற்றை இறுகப் பிணைக்க பிரத்யேக ஏற்பாடுகள் அவற்றின் மேல் பரப் பில் இருக்கவேண்டும். இரசாயனிகள் இந்த ஏற்பாடு களை பந்தம் என்று கூறுகிருர்கள். வெவ்வேறு தனி மங்களுக்கு உள்ள பந்தங்களின் எண்ணிக்கையிலும் ஒரு ஒழுங்கு இருப்பதை அவர்கள் கண்டார்கள்.

அணுபந்தம் என்பது ஒரு ஹைட்ரஜ அணு வையோ அதற்கு ஈடானதையோ பிடித்துக்கொள்ள ஒரு அணுவுக்குள்ள சக்தி என்று சொல்லலாம். உதா ரணமாக ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணு இரண்டு ஹைட்ரஜ அணுக்களை பிடித்துக்கொள்ள முடியும். (நீரில் உள் ளது போல—H_2O, ஹைட்ரஜன் 2. ஆக்ஸிஜன் 1.) அத ஞல் அதற்கு இரண்டு பந்தங்கள் உண்டு. ஒரு கார்பன் அணு மெதேனில் உள்ளதுபோல நான்கு ஹைட்ரஜ அணுக்களைப் பிடித்துக்கொள்ள முடியும் (CH_4). அத ஞல் அதற்கு நான்கு பந்தங்கள் உண்டு. மேலும் ஒவ் வொரு ஆக்ஸிஜன் அணுவுக்கும் இரண்டு பந்தங்கள் உள்ளதால், கார்பன், கரிமிலவாயுவில் உள்ளதுபோல. (CO_2) இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களைப் பிடித்துக் கொள்ள முடியும். ஒரு நைட்ரஜன் அணு மூன்று ஹைட்ரஜ அணுக்களை பிடித்துக்கொள்ள முடியும். உதாரணம் அமோனியா (NH_3) இந்த நைட்ரஜன் அணுவுக்கு மூன்று பந்தங்கள் உண்டு.

பீரியாடிக் பட்டியலில் ஒரே செங்குத்து வரிசை யில் உள்ள தனிமங்களுக்கெல்லாம் அணுபந்தங்கள்

ஒரே எண்ணிக்கையுள்ளதாகத்தான் இருக்கும். ஹைட்ரஜன், ஏகபந்தம், ஆக்ஸிஜன் இருபந்தம், நைட்ரஜன் முப்பந்தம், கார்பன் நாற்பந்தம்.

எல்லா இரசாயனக் கிரியையிலும் ஒரு இனத்துகள்கள் வேறு துகள்களாக மாறுகின்றன. உதாரணமாக மரம் எரியும் பொழுது ஸெல்லுலோஸின் சிக்கலான துகள் (இந்தத் துகளில் கார்பன், ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் ஆகியவை இருக்கின்றன.) காற்றிலுள்ள இன்னும் பல ஆக்ஸிஜன் அணுக்களுடன் சேர்ந்து நீர்த்துகள்களாகவும், கரியமில வாயுவாகவும் மாறுகிறது பந்தங்களின் உதவியால் துகள்களிலுள்ள அணுக்களை மாற்றி அமைத்து அணுச்சேர்க்கையையும் புதிதாக மாற்றி வேறு தினுசான துகள்களையும் தயார் செய்யலாம்.

சில பந்தங்கள் மற்ற பந்தங்களைவிட உறுதியானவை. உறுதியாக இருக்க இருக்க கூட்டுப்பொருட்களும் இன்னும் நிரந்தரமாக ஆகின்றன. பந்தங்கள் தளர்ச்சியாக இருந்தால் கூட்டுப் பொருள்கள் அவ்வளவு நிரந்தரமாக இருப்பதில்லை. சக்தி வெளிப்படும் போது அவை சிதைந்துவிடும். அணுக்கள் மற்ற அணுக்களோடு உள்ள தொடர்பை மாற்றிக் கொள்ளும்போது இந்த மாற்றத்திற்கு சக்தி தேவையாக இருக்கலாம். அல்லது இந்த மாற்றத்தின்பயனாக சக்தியும் வெளிப்படும். இது ஆரம்பப் பொருளுக்கும் கடைசியாக வரும் பொருளுக்கும் உள்ள உறுதியைப் பொறுத்தது. ஆகையால் சில இரசாயன கிரியைகள் நிகழும் பொழுது வெளியே இருந்து உஷ்ணமோ மின்சாரமோ தேவைப்படலாம். வேறு சில நிகழும் பொழுது அந்த நிகழ்ச்சியிலிருந்தே உஷ்ணமோ மின்சாரமோ வெளிப்படலாம்.

நாம் உபயோகிக்கும் எல்லா சக்தியும் சூரிய ஒளியிலிருந்துதான் வருகிறது. பச்சைத் தாவரங்கள் இந்த

ஒளியை உறிஞ்சி அதை சக்தியாக பயன்படுத்தி கார் பன், நீரகம், பிராணவாயு ஆகியவை அடங்கிய கூட்டுப் பொருள்களை தயார் செய்து கொள்கின்றன. கார் பன்-நீரகச் சேர்க்கைக்கு தளர்ந்த பந்தங்கள்தான் உண்டு. அதனால் அதற்கு சக்தி அதிகம். மண்ணெண்ணெய், சர்க்கரை, மாவுப் பொருள், மரம் முதலிய சொற்களில் இது காணப்படுகிறது. இவற்றை எரி பொருளாக பயன்படுத்தும் பொழுது கார்பன்-நீரகச் சேர்க்கை மறைந்து அதற்குப் பதிலாக இன்னும் உறுதியாக உள்ள கார்பன்—பிராணவாயுச் சேர்க்கை ஏற்படுகிறது. இதில் சக்தி குறைவு. அதே சமயம் ஒரு பிராணவாயு துகளில் இரண்டு பிராணவாயு அணுக்களைச் சேர்க்கும் தளர்ந்த பந்தங்கள் நீங்கி, அந்த இடத்தில் பிராணவாயு நீரக பந்தங்கள் வருகின்றன. இது நீடிக்கக் கூடியது. தண்ணீரில் இதைக் காணலாம். கிரியைக்கு முன்னும் பின்னும் உள்ள இந்த பந்தச் சேர்க்கைகளுக்கு இடையேயுள்ள சக்தி வித்தியாசம் நமக்கு உஷ்ணத்தையும் இயக்கும் சக்தியையும் தருகிறது.

டி. என் டி (T N T) போன்ற வெடிகள்கூட உறுப்பு தனிமங்கள் மாறி அமையும்பொழுதுவெளிப்படும்சக்தினால்தான் இயங்குகின்றன. டி. என். டி (T N T) வெடிக்கும் பொழுது அதன் பெரிய துகள் முதல் முதலில் கரியமிலவாயு, நீராவி, நைட்ரஜன்வாயு ஆகிய சிறு துகள்களாகப் பிரிகிறது. இந்த சிறு துகள்கள் முந்தைய துகளைவிட பந்தச் சேர்க்கையில் முறைவான சக்தியையே கொண்டவை. இந்த சக்தி வித்தியாசம் உஷ்ணமாக வெளிப்படுகிறது. இந்த உஷ்ணத்தினால் இந்த வாயுக்கள் விரிவு படுகின்றன. இந்தத் திடீர் விரிவைத் தான் வெடிப்பு என்று நாம் சொல்லுகிறோம்.

இந்தப் பந்தங்கள், இந்த மேல் அமைப்புகள் என்ன ? அணுக்களை ஒன்றோடொன்று மாட்டும் கொக்கியல்ல

இந்தப் பந்தம். அப்படி இருந்தால் ஆக்ரமிக்கக் கூடிய அணுக்களும் ஜடமான அணுக்களும் இருக்கவேண்டும். இதற்குச் சான்று இல்லை. தண்ணீரை எடுத்துக்கொள் வோம். இதில் ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணு இரண்டு ஹைடிரஜ அணுக்களைப் பிடித்துக் கொண்டிருக் கிறது என்று சொல்லுவதும், இரண்டு ஹைட்ரஜ அணுக்கள் தங்களிடையே ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவை பிடித்துக் கொண்டிருக்கிறது என்று சொல்வதும் சரிதான். தனிமங்கள் இயங்குவது அப்படி இருக்கிறது. அணுக்களிடையே பரஸ்பர ஏற்பாடு இருப்பதைத் இந்த பந்தங்கள் குறிக்கின்றன. இரண்டு அணுக்கள் தான் சேர்க்கப்பட்டால் ஒவ்வொரு அணுவும் தங் களைப் பிடித்துக் கொண்டிருக்கும் பந்தத்தைப் பாதிக் கிறது.

எப்படி பாதிக்கிறது? வெகுகாலம் வரையில் யாருக்கும் ஒன்றும் தெரியவில்லை. இந்த பந்தக் கருத் தின் உள் அர்த்தத்தைப் பற்றி கவலைப்படவில்லை. உண்மையில் இந்தப் பிரச்னைக்கு விடை சொன்னது இரசாயனமல்ல, மின்சாரம். விடை வந்தபொழுது எத்தனையோ புதிர்கள் வந்தன. அணு அமைப்பைத் தவிர இன்னும் எத்தனையோ நிகழ்ச்சிகளை நாம் புரிந்து கொள்ள வாய்ப்புக் கிடைத்தது. அவ்வளவுதான்.

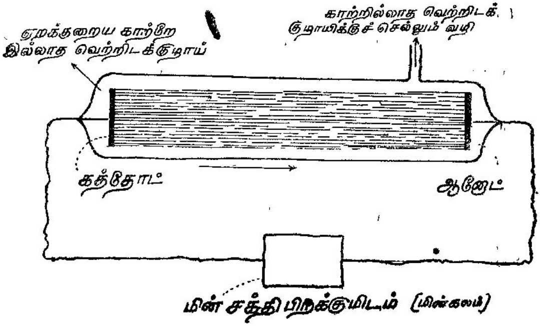
2. அணுவின் மேற்பரப்பிலிருந்து வரும் மின்னணுக்கள்

அம்பர் குச்சி ஒன்றைத் துணிமீதோ, கம்பளி மீதோ தேய்த்தால் அந்தக் குச்சியில் மின்சார ஓட்டம் ஏற்படுவதையும் துரும்பையோ, காகிதத்துண்டையோ அந்தக் குச்சி இழுப்பதையும் புராதன கிரேக்கர்களே அறிந்திருந்தார்கள். இதைபோலவே கண்ணாடிக் குச்சி யும், இன்னும் சில பொருட்களையும், பட்டு அல்லது கம் பளிமீது தேய்த்தால் மின்சாரம் ஏறுகிறது. சில

பொருட்கள் நேர் மின்சாரமும், வேறு சில எதிர் மின் சாரமும் கொள்கின்றன. அம்பர் குச்சியை எதிர் மின் சாரமுடையது என்று வைத்துக் கொண்டு பட்டோ அல்லது கம்பளியோ இழுக்கப்பட்டால் அவை நேர் மின்சார முடைய பொருட்கள் என்றும் அப்படி இல் லாது எப் பொருட்கள் உதறித் தள்ளப்படுகின் றனவோ அவை எதிர் மின்சாரம் என்றும் கொள்ள வேண்டும். அம்பருக்கு கிரேக்கச் சொல் எலக்ட்ரான்.

இதற்கு உராய்வு மின்சாரம் அல்லது நிலை மின்சா ரம் என்று பெயர். 18-ம் நூற்றுண்டும் லியூகி கால் வானியும் அலெஸ்ஸாண்ட்ரோ வோல்டா, கண்டு பிடித்த ஓட்ட மின்சாரத்திலிருந்து இது வேறுபட்டது என்று பல காலம் நினைத்து வந்தார்கள். நாம் அன் ருடம் சாதாரணமாகக் காண்பதுதான் ஓட்ட மின் சாரம். இரசாயன முறையில் மின் கலங்களில் அது எளிதில் செய்யப் படுகிறது. கம்பிகள் வழியாகப் பாய்கிறது. ஆனுல் 19-ம் நூற்றுண்டில் இவ்விரண்டு மின்சாரங்களும் ஒன்றுதான் என்று கண்டார்கள். இந்த அறிவு ஏற்படக் காரணமாயிருந்த சோதனை களில் மின்சாரத்தின் அடிப்படையான எலக்ட்ரான் என்னும் மின்னணு கண்டு பிடிக்கப்பட்டது.

ஒரு கண்ணுடிக் குழாயை எடுத்து இரண்டு பக்க மும் நன்ருக அடைத்து விட வேண்டும். அதற்கு முன் உள்ளே ஒவ்வொரு முனையிலும் ஒரு உலோகத்தகடு வைத்து இரண்டையும் கம்பிகள் மூலம் மின்சாரம் உற் பத்தி செய்யும் மின் கலத்தோடு இணைக்க வேண்டும். 5-ம் படத்தைப் பாருங்கள். மின்சாரம் இயங்கத் தொடங்கியதும் குழாயில் ஒன்றும் நேராது. சாதா ரணமாக குழாயிலுள்ள காற்று மின்சாரம் பாய்வதைத் தடுக்கிறது. ஆகவே குழாய் வழியாக மின்சாரம் போகாது. ஆனுல் குழாயிலுள்ள காற்றை முன்ன மேயே இழுத்து முழு சூன்யமாக ஆக்கிவிட்டால் மின்



படப் 5. கீஸ்லர் குழாய்

மேலே உள்ள குழாய் (1) கிட்டதட்ட காற்றே இல்லாத வெற்றிடக் குழாய், அதன் வழியாக மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சினுல் எதிர் மின் சக்தி கொண்ட மின்னணுக்கள் (எலக்ட்ரான்கள்) தாரையாக நேர் மின்சக்தி கொண்ட ஆனேடை நோக்கி ஓடுகின்றன. குழாயில் உள்ள மிகமிக லேசான ஆவியில் அப்போது (மின்சாரம் பரவும்போது) பலவித அழகிய வர்ணங்கள் தோன்றும்

சாரம் குழாயில் இரண்டு தகடுகளுக்கும் இடையேயுள்ள நீண்ட இடை வெளியில் வேகமாகப் பாயும்.

ஒரு தகட்டிலிருந்து இன்னொரு தகட்டிற்கு மின்சாரம் பாயும்போது ஒரு கோடியிலிருந்து இன்னொரு கோடிக்கு ஏதோ ஒன்று பாய்கிறது. துத்தநாக ஸல்பைடு பூசிய ஒரு சிறிய கண்ணுடிச் சில்லே இந்த மின்சாரம் ஓடும் இடைவெளிக்கு நடுவில் வைத்தால் துத்தநாக ஸல்பைடானது பொத்தானை அழுக்கிய கணமே ஒளி வீசத் தொடங்கும். ஒளிரும் இந்த சில்லே உற்றுக் கவனித்தால், அந்த சில்முழுவதிலும் ஒளி சின்னச் சின்னதாகக் கிளம்புவதைக் காணலாம். துத்துநாக ஸல்பைடின் துகள் தாக்கப் பட்டு பளிச்சிடுவது போல

வும் மறுகணம் இன்னொரு துகள் தாக்குண்டு எரிவது போலவும், இப்படி ஒன்றன் பின் ஒன்ருக நிகழ்வது போல் தெரிகின்றன. இந்த ஒளித் தெரிப்புகளெல்லாம் ஒரே அளவுள்ளவை. இதனுல்குழாயின் வழியாகப் பாயும் மின்சார ஓட்டம் ஒரே அளவுள்ள துணுக்குகளால் ஆனது என்று தெரிகிறது. இந்த ஒவ்வொரு துணுக்கும் ஒவ்வொரு துகள் துத்தநாக ஸல்பைடை தாக்கும் பொழுதும் ஒரு பொறி எழுகிறது.

குழாயின் வழியாக பாயும் ஓட்டம் எதிர் மின்சார துணுக்குகளால் ஆனது குழாயின் வெளிப்பக்கமாக ஒரு காந்தத்தைப் பிடித்து மின்சார ஓட்டத்தை வளைத்து இதை நிரூபிக்கலாம். குழாயில் ஓடும் ஓட்டம் குறுகலாக இருந்தால் துத்தநாக சல்பைடு சில்லில் புள்ளியைப் போன்ற ஒளி தெரியும். காந்தத்தை குழாய்க்கு அருகிலும் எட்டவும் மாற்றி மாற்றிக் கொண்டு போனுல் ஒளிப் புள்ளியும் அதற்கேற்ருர் போல இடம் மாறும். இந்த ஓட்டம் எதிர் மின்சாரம் உள்ளது என்று சொல்லிவிடலாம்.

ஜெ. ஜெ. தாம்ஸன் என்ற ஆங்கில பௌதிகர் தான் இதை முதலில் எடுத்துக் கூறிஇந்தத் துணுக்குகளை நிறுக்கவும் செய்தார். இது என்னமோ மர்மமாகத் தோன்றியது. ஆனுல் மர்மம் ஒன்றுமில்லை. உருளும் ஸெல்லுலாய்டு பந்துவரிசை ஒன்றை எளிதில் திசை மாற்றலாம். ஆனுல் ஓடும் மோட்டார் கார் வரிசையை அப்படி செய்ய முடியாது. ஓடும் பொருள் கனமாக இருந்தால் அதன் நேர்ப் போக்கை வளைப்பது கடினம். இலேசாக இருந்தால் சுலபம்.

சூனியக் குழாயிலுள்ள மின்சாரத் துணுக்குகளின் ஓட்டத்தை வளைக்க எவ்வளவு காந்த சக்தி தேவையாகிறதோ அதை அளந்து, அதன் உதவியால் இந்த துணுக்குகளின் திணிவையும் அளந்தார். இதுவரைத் தெரிந்த எல்லாப் பொருட்களையும் விட அவை இலே

சாக இருந்தன. பொருட்களில் மிகவும் இலேசானது ஹைட்ரஜன்தான் என்று அதுவரை அறிந்திருந்தார் கள். ஆனால் இந்த துணுக்கு ஒவ்வொன்றும் ஹைட் ரஜ அணுவில் $\frac{1}{1840}$ பங்கு எடைதான் இருந்தது.

இத்தனை இலேசான துணுக்கு மின்சாரத்தையும் ஏந்திச் செல்கிறது. அது மின் துணுக்குதான் என்று தாம்ஸனுக்குக் காண்பிக்க முடிந்தது. எலக்ட்ரான்கள் என்று அவற்றை அழைத்தார் அவர். அவைதான் மின்சார ஓட்டம் என்றும் நிரூபித்தார். மின்சாரம் என்பது மின்அணுக்கள். மின்சாரம் பாயும்பொழுது இந்தமின் அணுக்களும் நகர்கின்றன.

மின் அணுக்களெல்லாம் ஒரே மாதிரியானவை. 5-ம் படத்தில் இடது பக்கமுள்ள கத்தோடு என்ற உலோகத் தகட்டிலிருந்து வெளிப்பட்டு வலப்பக்கத்தி லுள்ள ஆனோடு என்ற தகட்டை நோக்கி மின் அணுக் கள் பாய்கின்றன. இந்தத் தகடுகள் எந்த உலோக மாக இருந்தாலும் அவற்றிலிருந்து வரும்மின் அணுக் கள் எல்லாம் ஒரே மாதிரி யானவைதான். ஒரே எடை உள்ளவைதான். எல்லாம் ஒரேவித மின்சார ஓட்ட முள்ளவை.

சூன்யக் குழாயில் மின்சார ஓட்டம் இல்லாத போது இந்த மின் அணுக்கள் எங்கிருக்கின்றன? இந் தக் கம்பிகள் இணைபடாத பொழுது மின் கலத்தில் எங்கு இருக்கின்றன? மின்சார நிலையத்தில் மின் சார உற்பத்தி இயந்திரம் இயங்காத பொழுது இந்த மின் அணுக்கள் எங்கு இருக்கின்றன? இந்தக் கேள்வி களுக்கு விடை தேடும் பொழுது அணுவின் அமைப் பிற்கு வருகிறோம். மின்சார ஓட்டம் ஏற்படும் பொழுது திடீரென்று இந்த மின் அணுக்கள் சிருஷ்டிக்கப்பட வில்லை. அவை எங்கேயாவது இருக்க வேண்டும். எங்கே என்பதுதான் கேள்வி.

சாதாரணப் பொருட்களிலேயே எலக்ட்ரான்கள்

இருக்கின்றன. உராய்வு மின்சாரத்தை எடுத்துக் கொண்டு கம்பளிமீது தேய்த்த அம்பர் குச்சி எதிர் மின்சாரம் கொள்கிறது. அதாவது குச்சியின் மேல் பரப்பில் மின் அணுக்கள் சேர்ந்து விட்டன. இந்த மின் அணுக்களை ஒரு கம்பி மூலம் கொணர்ந்து அளக்க முடியும். சூனியக் குழாயில் ஓடும் மின் அணுக் களும் மின்சார விளக்கில் காணும் மின்சக்தியும் இதே தான். கம்பளியிலிருந்து இந்த மின் அணுக்களைத் தேய்த்து எடுத்து விட்டது அம்பர் குச்சி. அதன் விளை வாக அம்பர் குச்சி எதிர் மின்சாரம் கொண்டதாகவும் கம்பளி நேர் மின்சாரம் கொண்டதாகவும் ஆயிற்று. இப்படிப் பல பொருட்களினின்றும் மின் அணுக்களைத் தேய்த்து எடுத்துவிடலாம் விரிப்பின் மீது விறுவிறு என்று நடக்கும் பொழுதெல்லாம் நாம் இதை செய்து கொண்டுதானிருக்கிறோம். விரிப்பிலிருந்து இழுக்கப் பட்ட மின் அணுக்கள் நம்முடைய உடலின் மேற் பரப்பில் சேர்கின்றன. நம்முடைய உடலிலிருந்து பூமிக்கு மின்னணுக்களை ஏந்திச் செல்லக் கூடிய உலோகம் எதையாவது நாம் தொட்டால் தொட்ட இடத்தின் வழியாக எலக்ட்ரான்கள் குதித்துப் பாய் கின்றன. இப்படி எலக்ட்ரான்கள் ஒரு முகமாகக் குவிவதைத்தான் ஷாக் அல்லது அதிர்ச்சியாக நாம் உணருகிறோம்.

கம்பளி, விரிப்புகள், செம்பு, தங்கம், பாலாடை, உப்பு, தண்ணீர் இவற்றிலிருந்தெல்லாம் மின்ன ணுக்களை இழுக்கலாம். ஒரு சூன்யக் குழாயிலுள்ள ஒரு கம்பியை நன்றாகச் சூடாக்கினாலே போதும். அந் தக் கம்பியிலிருந்து மின்னணுக்கள் வெளிப்படும். ரேடியோ செட்டிலுள்ள சூன்யக் குழாயில் இதுதான் நிகழ்கிறது. மின்னணுக்களில் சில ஒரு பொருளின் மேற் பரப்புக்கு அருகிலேயே இருக்கும். அதனால்தான் அவற்றை எளிதில் தேய்த்து எடுக்க முடிகிறது. எல்

லாப் பொருட்களும் அணுக்களால் ஆனதால் மின்ன ணுக்களில் சில அணுக்களின் அருகேயோ அல்லது மேற்பரப்பிலேயோ இருக்க வேண்டும். பொதுவாகப் பார்க்கப் போனால் எல்லாப் பொருள்களுமே மின்சார ரீதியாக நடுநிலையில் உள்ளவை. அப்படியேதான் அவற்றின் அணுக்களும். மேல் பரப்பிலுள்ள மின்ன ணுக்களை இழுத்து விட்டால் அந்தப் பொருளும் அத னில் உள்ள அணுக்களும் நேர் மின்சாரம் கொண் டவையாகி விடுகின்றன. மின்னணுக்களை வாங்கிக் கொள்ளும் பொருட்களோ எதிர்மின்சாரம் கொண்ட வையாகி விடுகின்றன. சாதாரண நிலையில் அணுக் கள் நேர்மின் சக்தி கொண்டாற் போலவும் எதிர்மின் சக்தியுள்ள எலக்ட்ரான்களுடன் சேர்ந்து இருப்பது போலவும் தோன்றுகின்றன. ஆகவே அணு என் பது எப் பகுதியிலும் ஒரே அமைப்புள்ள பந்தைப் போல ஒரு பொருளென்று கருதமுடியாது. அணு விற்கு ஒரு அமைப்பு உண்டு. இந்த அமைப்பின் மேல் பரப்பிற்காவது அணுக்கள் ஒன்றோடொன்று ஒட்டி மூலக்கூறாக ஆகும் தன்மையுடன் தொடர்பு உண்டு என்றுதான் சொல்ல வேண்டும்.

சென்ற பகுதியில் இரண்டு அணுக்கள் சேரும் பொழுது ஒவ்வொன்றும் அவற்றை சேர்க்கும் பந் தத்தை பாதிக்கிறது என்று பார்த்தோம். ஒவ்வொரு அணுவும் பந்தத்தைப் பாதிக்கும்படியாக என்ன செய்கிறது? ஒவ்வொரு அணுவும் இந்தப் பந்தத் திற்கு ஒரு மின்னணுவை (Electron) தருகிறது. அணுக்களைச் சேர்த்துப் பிடித்திருக்கும் இரசாயனபந் தம் இரண்டு மின்னணுக்களால் ஆனது. ஒவ்வொன் றும் ஒவ்வொரு அணுவிலிருந்து வருகிறது. இந்த மின்னணு ஜோடியை அந்த அணுக்கள் தங்களுக்குப் பொதுவாக வைத்துக் கொண்டிருக்கின்றன. இப் படியாக ஹைட்ரஜன் அல்லது ஸோடியத்தைப்

போன்ற ஒரு ஏக பந்த அணுவானது தன் மேற்பரப்பின் ஒரு மின்னணுவைத் தயாராக வைத்திருக்கிறது. இந்த மின்னணுவைத் தன்னோடு ஒத்து இயங்கக் கூடிய இன்னொரு அணுவுடன் பகிர்ந்துகொள்கிறது.

இதன் விளைவாக இரண்டு மின்னணுவுள்ள பந்தம் ஒன்று ஏற்படுகிறது. இந்த பந்தம்தான் அணுக்களைச் சேர்த்துப் பிடிக்கிறது. இரு பந்த மூலகங்களின் மேற்பரப்பில் இரண்டு மின்னணுக்கள் இருக்கும். இந்த மின்னணுக்களை இன்னொரு இரு பந்த அணுவோ அல்லது ஏக பந்தமுள்ள இரண்டு அணுக்களோ பகிர்ந்து கொள்ளும்.

தண்ணீருக்கு இந்த பந்தங்களில் சிலவற்றை கலைக்கும் சக்தி உண்டு. அணுக்களில் ஒன்று தன்னுடைய மின்னணுவைக் கைவிட்டு நேர் மின்சக்தி கொண்டதாக ஆகுமாறும், வேறு அணு அந்த மின்னணுவை வாங்கிக் கொண்டு எதிர் மின்சக்தி கொண்டதாக ஆகுமாறும் தண்ணீர் அந்த பந்தங்களைக் கலைக்கும். சாதாரண உப்புக்கு ஸோடியம் குளோரைடு என்று பெயர். இதை நாம் எப்பொழுதும் தின்று கொண்டே இருக்கிறோம். இதன் துகள் நடுநிலைமை கொண்டது. உப்பானது நீரில் கரையும்போது ஸோடியம் ஒரு மின்னணுவை இழக்கிறது. அப்பொழுது அந்த ஸோடியம் நேர் மின்னணுவாகக் கொண்டது. குளோரின் அந்த மின்னணுவை வாங்கிக் கொண்டு எதிர் மின்சக்தி கொண்டதாக ஆகிறது. இந்த உப்பு கரைந்த நீரில் மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சினால் நேர் மின் சக்தியை ஏற்றுக் கொண்ட ஸோடியம் கத்தோடு அல்லது எதிர் மின் துருவத்தில் எதிர் மின்சக்தியைப் பிடித்துக் கொண்டு நடுநிலைமை கொண்ட ஸோடியமாக ஆகிறது. இந்த ஸோடியம் அணு கத்தோடிலேயே தங்குகிறது. இப்படி பல ஸோடிய அணுக்களை கத்தோடில் தேக்குவதற்கு வேண்டிய மின்ன

ணுக்களை (அதாவது மின்சக்தி அளவை) நாம் அளக்க முடியும். இந்த மின்சக்தி அளவை ஒரு மின் சார பாரடே என்று கூறுவோம். செம்பு அணுக்களை இப்படித் தேக்க இரண்டு பாரடே அளவு மின்சாரம் வேண்டும். அதாவது ஒரு ஸோடியம் அணுவுக்கு வேண்டியதைப் போல் இரண்டு மடங்கு மின்னணுக் கள் செம்பு அணுவைத் தேய்க்க வேண்டி இருக்கிறது. செம்பானது இருபந்தமுள்ளது. ஸோடியம் ஒரு பந்த முள்ளது. அலுமினியம் மூன்று பந்தமுள்ளது. இந்த மாதிரி சக்தி ஏற்றப்பட்ட நிலைக்கு அயனம் செய்தல் என்று பெயர். கிரேக்க மொழியில் அயன் என்ருல் அலைவது என்று பொருள் இந்த சக்தி ஏற்றப்பட்ட அணுக்களும் ஒரு மின்புலத்தில் அலையக்கூடிய தன்மை வாய்ந்திருப்பதால் அவற்றிற்கு அயன்கள் என்று பெயர்.

ஆகவே அணு அம்மானை போன்றது என்ற கருத்து இப்பொழுது போய் விட்டது. மின்சார ரீதி யாக நடுநிலையுள்ள அமைப்பு என்றும் மேற்பரப்பில் எளிதில் நீக்கக் கூடிய மின்னணுக்கள் உள்ளது என்றும் இப்பொழுது அணுவைப் பற்றிக் கருது கிருேம். 19-வது நூற்ருண்டின் முடிவில் இந்தக் கருத்து நிச்சயமாக ஆகிவிட்டது. ஆனுல் அந்நூற் ருண்டில் கடைசி ஐந்து ஆண்டுகளில், இந்த எளிய அமைப்பில் வருங்கால மாறுதல்கள் பல மேகங்கள் தொலைவில் உறுமுவதுபோல் ஒலித்தன. இந்த உறு மல்கள் தான் எக்ஸ்ரேயும், மின்கதிர் இயக்கமும். இவையே கடைசியில் அணுகுண்டில் வந்து முடிந் தன.

3. அணுவுக்குள்ளிருந்து கதிர்கள்

மின்னணுக்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டதை விவரிக்கும்பொழுது தகடுகள் உள்ள, ஸீல் செய்த சூன்யக் கண்ணாடிக் குழாயில் என்ன நேர்கிறது என்று சொன்னேன். அந்த மாதிரி குழாய்கள் எளிதில் செய்ய முடியாது. உள்ளே உள்ள தகடுகளை, வெளியே தள்ளி மின்சாரம் உற்பத்தியாகும் இடத்தோடு கம்பிகள் மூலமாக இணைக்க வேண்டும். கம்பிகள் கண்ணாடிகள் மூலம் தான் செல்ல வேண்டும். கண்ணாடிக்கும் கம்பிக்கும் இடையேயுள்ள இடை வெளியில் காற்றுப் புகாமல் அடைப்பது கஷ்டம். ஜெர்மனியில் ஹென்றிச் கீஸ்லர் என்ற கண்ணாடி தொழில் நிபுணர் ஒருவர் இருந்தார். அவர் காற்றுப் புகாமல் கம்பி வரும் இடை வெளியை அடைக்கும் முறையை கண்டுபிடித்தார். அதனால் தான் இந்தக் குழாய்களுக்கு கீஸ்லர் குழாய்கள் என்று பெயர். இந்தக் குழாயில் தான் ஜே. ஜே. தாம்ஸன் மின்னணுக்களை கண்டுபிடித்து அவற்றின் மின்சக்தியையும், திணிவையும் அளந்தார். துத்தநாக ஸல்பைடு திரை ஒன்றை வைத்து அதன் மீது மின்னணுக்கள் தாக்குவதை இந்தக் கீஸ்லர் குழாயில் கண்ணெதிரிலேயே காணலாம். ஒவ்வொரு மின்னணு தாக்குதலையும் எண்ணக்கூட முடியும். துத்தநாக ஸல்பைடு துகள்கள் மீது ஒவ்வொரு மின்னணுவும் ஒரு ஒளிப் பொறியை எழுப்பும்போது இது சாத்தியமாகும்.

கீஸ்லர் குழாய்களில் காணும் இந்த நிகழ்ச்சி காலா சாலையின் ஆராய்ச்சி நிலையங்களில் மாணவர்கள் வேடிக்கை பார்க்க உதவியது. சென்ற நூற்றாண்டின் முடிவில் பல பேருக்கு அது தெரிந்திருந்தது. ஆனால் **1895** வரையில் மின்னணு ஓட்டத்தினால் (அந்தக் காலத்தில் அதற்கு கத்தோடு கிரணங்கள் என்று

பெயர்) குழாய்க்குள் ஏற்படும் விளைவின் மீது தான் எல்லோர் கவனமும் விழுந்திருந்தது. கண்ணாடியையோ அயனோடு தகட்டையோ அல்லது அதற்கருகிலுள்ள திரையையோ தான் எல்லோரும் பார்ப்பார்கள்.

1895-ல் ஜெர்மன் பௌதிகர் வில்ஹெல்ம் ரான்ட்ஜன் ஆனோடிலிருந்து ஏதோ ஒன்று புறப்பட்டு கண்ணாடியின் ஊடே வெளி வந்து அதைச் சுற்றிலும் இரைவதைக் கண்டார். கீஸ்லர் குழாயானது கறுப்பு காகிதத்தால் முழுவதும் சுற்றப்பட்டிருந்தபொழுதும் குழாய்க்கு வெளியே துத்தநாக ஸல்பைடு திரை ஒன்றை இருளில் பிடித்தால் அந்தத் திரை ஒளி கொண்டது. (மின்சாரம் பாயும் பொழுது) ஆனோடுக்கு அருகில் திரையைப் பிடித்தால் இந்த ஒளி மிகவும் அதிகமாயிருந்தது. ஆகவே ஆனோடிலிருந்து ஏதோ ஒன்று கிளம்புகிறதென்றும் கண்ணாடியையும், காகிதத்தையும் அது ஊடுருவிச் சென்று துத்தநாக ஸல்பைடை பாதிக்க முடியும் என்றும் ரான்ட்ஜன் முடிவு செய்தார்.

இப்படி வெளிப்பட்டவற்றைத் தான் அவர் எக்ஸ் ரேக்கள் என்று சொன்னார். ஒளிக்கதிர்கள் போல இருந்தன அவை. ஆனால் ஒளி இல்லை. அவற்றின் இயல்பு இன்னதென்று தெரியாததால் எக்ஸ் என்று பெயர் வைத்தார் அவர். அவற்றில் மின்னணுக்கள் இல்லை. ஏனெனில் மின்னணுக்கள் கண்ணாடி அல்லது காகிதத்தின் ஊடே போக முடியாது. இந்தக் கதிர்களோ இரண்டிலும் சுலபமாகச் செல்கின்றன.

இப்பொழுது இந்த எக்ஸ்ரேக்கள் ஒளிக் கதிர்களைப் போன்றவை என்றும் ஆனால், இன்னும் சிறிய அலை நீளமும் ஊடுருவும் ஆற்றலும் கொண்டவை என்றும் நமக்குத் தெரிந்திருக்கிறது. சாதாரண ஒளி அலை வரிசைகளால் ஆனது. எக்ஸ்ரேக்களும் அப்ப

டித்தான். வித்தியாசம் என்னவெனில் எக்ஸ்ரே அலை கள் மிக மிக சிறியவை. அலை நீளம் கீஸ்லர் குழாய் வழியாகப் போகும் மின்சார சக்தி அளவைப் பொறுத்திருக்கிறது

எக்ஸ்ரேயைப்பற்றி அதிகம் சொல்ல வேண்டிய தில்லை. இன்று எல்லோருக்குமே தெரிந்த விஷயம் அது. பௌதிகர்களின் விளையாட்டுக் கருவியாக இருந்த இந்தக் கிரணங்கள் இப்பொழுது நோயைக் கண்டு பிடிக்கவும் குணமாக்கவும் சிறந்த கருவிகளாக உதவுகின்றன. வேண்டிய உபயோகத்திற்குத் தகுந் தார்ப்போல எக்ஸ்ரே குழாய்களின் ரகம், அளவு, வடிவம், சக்தி எல்லாம் மாறுகின்றன. பல் வைத்தியர் சிறிய குழாயையும், புற்றுநோய் வைத்தியர் பெரும் சக்தி கொண்ட கருவிகளையும் உபயோகிக்கிறார்.

இந்த எக்ஸ்ரேக்கள் எப்படி உண்டாகின்றன. கீஸ்லர் குழாயில் மின்னணுக்கள் ஆனோடைத் தாக்கும்பொழுது அவை வெளிப்படுகின்றன. அவை எப்படி எங்கிருந்து உண்டாகின்றன ? பாயும் மின்னணுக்கள் ஆனோடு உலோகத்தின் அணுக்களைத் தாக்கும்பொழுது அந்த அணுக்களிலிருந்து அவை உண்டாகிறது. எப்படி ? ஏன் ? இந்தக் கேள்விகளுக்கு விடை கிடைக்கு முன்பு கதிர் இயக்கம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டதால் இதைவிட பெரிய மர்மம் ஒன்று விஞ்ஞான உலகத்தைக் குழப்பிற்று.

4. அணுவின் உள்ளிருந்து சக்தி

ரான்ட்ஜன் துத்தநாக ஸல்பைடு திரை மீது உண்டாகும் ஒளியைக் கொண்டு எக்ஸ்ரேயைக் கண்டுபிடித்தார். துத்தநாக ஸல்பைடைத் தவிர அதே போன்ற வேறு பல பொருட்களை ஹென்றி பெக்கரல் என்ற பௌதிகர் ஆராய்ச்சி செய்தார். அவருக்கு முன் அவர் தந்தையும் இந்தத் துறையில் பிரத்யேக

ஆராய்ச்சி நடத்தி இருந்தார்.

சில தாதுப் பொருள்களை வெளிச்சத்திலிருந்து திடீரென்று இருளில் கொண்டு வந்தால் தொடர்ந்து சிறிது நேரம் அவை ஒளிர்வதைக் காணலாம். இந்த விளைவை உண்டாக்குவதில் வெய்யிலுக்கு ஆற்றல் உண்டு என்று சோதனைகள் நிரூபித்தன. கண்ணுக்குத் தெரியாத அல்ட்ரா வயலட் (உயர் ஊதா) கிரணங்கள் தான் இந்த வேலையைச் செய்கின்றன என்றும் தெரிந்தது. உயர் ஊதா நிறமுள்ள கண்ணாடிக்குள் உள்ள மின்சார மற்குரி ஆவிச் சுடர் வெய்யிலைவிட இந்த சக்தி நிறைந்தது. தாதுப் பொருள்கள் கண்ணுக்குத் தெரியாத உயர் ஊதா ஒளியை உறிஞ்சி கண்ணுக்குத் தெரியும் சாதாரண ஒளியை உடனேயும் பின்னரும் வீசுகின்றன.

பெக்கரலுக்கு ஒரு சந்தேகம். சூரிய ஒளிபடும் பொழுது இந்த தாதுப் பொருள்கள் வீசும். சாதாரண கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒளியோடு வேறு கண்ணுக்குத் தெரியாத ஒளியையும், எக்ஸ்ரேயைவிட அதிக ஊடுருவும் சக்தி கொண்ட கிரணங்களையும் வீசாவா என்று சந்தேகப்பட்டார். ஆகையால் இந்த தாதுப் பொருட்களில் சிலவற்றை ஒரு தட்டில் நன்ருகச் சுற்றப்பட்ட புகைப்பட பிளேட்டுகள் மேல் வைத்து சூரிய ஒளி அவற்றின் மீது பாயும்படி செய்தார். கண்ணுக்குத் தெரியாத கிரணங்கள் உண்டானுல் பிளேட்டுகளைச் சுற்றியுள்ள கறுப்பு காகிதத்தையும் ஊடுருவி பிளேட்டை பாதிக்கும் என்பது அவர் கருத்து. அவர் நினைத்தது போலவே பிளேட் பாதிக்கத்தான் பட்டது.

க்தை இதோடு முடிந்து விடவில்லை. **1891**-ம் வருஷம் குளிர் காலத்தில் பாரிஸில் ஒவ்வொரு நாளும் சூரிய ஒளி இராது கறுப்புக் காகிதம் சுற்றிய புகைப்பட பிளேட்டின்மேல் தாதுப் பொருளை வைத்து சூரிய

ஒளி இல்லாததால் டிராயரில் வைத்து பூட்டி விட்டார். பலநாள் வரையில் வெய்யில் அடிக்கும்வழியாக இல்லை. ஆகையால் புகைப்பட பிளேட்டை வேறு எதற்கோ உபயோகப்படுத்தி விட்டார் அவர். ஆனால் அதைக் கழுவிப் பார்த்தபொழுது அது ஒரே யடியாக பனி பூத்திருந்தது. சூரிய ஒளியில் தாதுப் பொருளுக்கு அடியில் இருந்தால் எப்படி இருக்குமோ அதே போல இருந்தது அது. ஆகவே இருளில் கூட, சூரிய ஒளி இல்லாமலேயே, தாதுப் பொருள் சில கிரணங்களை விடுத்திருக்க வேண்டும். இந்தக் கிரணங்கள் காகிதத்தை ஊடுருவி புகைப் படப் பிளேட்டை பாதித்திருக்க வேண்டும்.

மேலும் ஆராய்ந்து பார்த்ததில் இன்னும் பல தாதுப் பொருள்களுக்கு இந்த அபூர்வமான இயல்பு தெரிந்தது. இன்னும் ஆராய்ச்சிகள் நடந்தபொழுது யுரேனியம் என்ற மூலகம் அடங்கிய தாதுப் பொருள்கள் தான் இம்மாதிரி கண்ணுக்குத் தெரியா ஊடுருவும் கதிர்களை விடுக்கக்கூடியவை என்றும் தாதுப் பொருளில் அடங்கிய யுரேனியத்தின் அளவுக்கு ஏற்ப புகைப் படப் பிளேட்டின் மேல் உண்டாகும் படலமும் மாறுபடும் என்றும் தெரிந்தது. யுரேனியம் அதிகமாக இருந்தால் படலமும் அதிகமாக இருக்கும். இந்தத் தாதுப் பொருட்களை ரேடியோ ஆக்டிவ் அல்லது கதிர் இயக்கம் உள்ளவை என்று பெக்கரல் சொன்னார். இந்த அசாதாரண கதிர் இயக்கத்தினால் அந்தப் பெயரை வைத்தார் அவர்.

பெக்கரலின் சகாக்களில் ஒருவர் பியரிகியூரி. இவரும், இவர் மனைவியும் இந்த நிகழ்ச்சியில் ஊக்கம் கொண்டு ஆராய்ந்தனர். எத்தனை முடியுமோ அத்தனை வகை தாதுப் பொருட்களில் ஆராய்ந்து ஊடுருவும் இந்தக் கதிர் இயக்கம் காணப்படுகிறதா என்று பார்க்குமாறு மேரிக்கு யோசனை சொன்னார் பெக்கரல்.

அப்படி ஆராயும்பொழுது யுரேனியத்தைத் தவிர தோரியம் என்ற இன்னொரு மூலகமும் கதிர் இயக்கம் கொண்டது என்றார் மேரி. மேரியும் அவர் கணவரும் தாதுப் பொருளில் எவ்வளவுக் கெவ்வளவு யுரேனியமோ, தோரியமோ இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு புகைப்பட பிளேட்டும் பாதிக்கப்படும் என்றும் கண்டார்கள். இதற்கு ஒரு விலக்கும் இருந்தது. இதுதான் கறுப்பு தாதுப் பொருளான பிட்ச் பிளெண்ட். இதில் யுரேனியம் இருந்தது. ஆனால் கதிர் இயக்கமோ மிகமிக அதிகமாக இருந்தது. ஆகவே யுரேனியம், தோரியம் இவற்றைத் தவிர வேறு ஏதாவது கதிர் இயக்க மூலகம் இந்தத் தாதுவில் இருக்குமோ என்று க்யூரி தம்பதிகள் சந்தேகப்பட்டார்கள். இந்தச் சந்தேகம் உண்மையானால் தெரியாத இந்த மூலகம் யுரேனியத்தைவிட எத்தனையோ மடங்கு சக்தியுள்ளதாக இருக்க வேண்டும். பிட்ச்பிளெண்டில் பெரும்பாலும் உள்ளது யுரேனியம்தான். இந்தத் தெரியாத கண்டு பிடிக்கப்படாத மூலகம் ஒருதுளி அளவுதான் இதில் இருக்க வேண்டும். இந்தத் துளிதான் இருளில் வைத்துள்ள புகைப்பட பிளேட்டை கறுக்கும்படி செய்யும் அளவுக்கு ஒரு அசாதாரண சக்தி பிட்ச்பிளெண்டுக்கு ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும்.

மீதிக் கதை நமக்குத் தெரியும். பல ஆண்டுகள் இந்தப் பிரச்னையை ஆராய்ந்து க்யூரி தம்பதிகள் இந்தப் புதிய மூலகத்தைக் கண்டு பிடித்தார்கள். அதுதான் ரேடியம்.

19-ம் நூற்றாண்டின் இறுதியில், ரேடியமும் கதிர் இயக்கமும் பௌதிகர்களின் மனதில் அதிகமாகப் பதியவில்லை. எஸ். பி. லேங்கி என்ற பௌதிகர் 1900-ம் வருஷம் ரேடியமும் கதிர் இயக்கமும் பலர்முன் னிலையில் காட்டப்பட்ட பொழுது மிகவும் துன்புற்றது போல் காணப்பட்டதாக ஹென்றி ஆடம்ஸ் என்பவர்

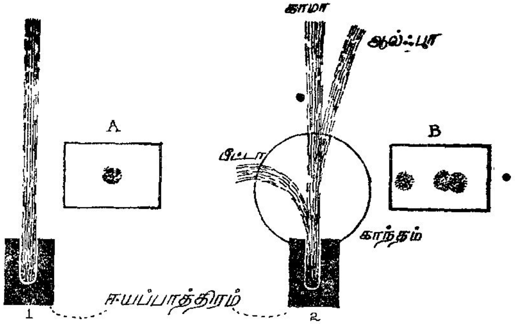
சொல்கிறார். வெளியே இருந்து எந்த சக்தியும் உதவியும் இல்லாமல் பிரமாதமான வல்லமையும் ஊடுருவும் சக்தியும் கொண்ட கிரணங்களை தாமாகவே விடுக்கும் மூலகங்கள் இதோ வந்துவிட்டன. இந்தக் கதிர்கள் எங்கிருந்து வருகின்றன? யுரேனியம், தோரியம், ரேடியம் ஆகியவற்றின் அணுக்களிலிருந்து வரவேண்டும். அப்படியானால் இந்த அணுக்களின் அமைப்பு என்ன ? முன்பெல்லாம் நினைத்தபடி எல்லாப் பகுதியிலும் ஒரே அமைப்புக் கொண்ட கோளங்கள் அல்ல அவை. இந்த வன்மையுள்ள கதிர்களை வீசிக்கொண்டு அதே சமயம் கவனிக்கும் அளவுக்கு மாறாமலும் உள்ள அமைப்புகள் இம் மூலகங்களுக்கு இருக்க வேண்டும்.

5. அணுவின் உள்ளிருந்து துணுக்குகள்

ரேடியமும் கதிர் இயக்கமும் நம்மை 20-வது நூற்றாண்டுக்கு கொண்டு வருகின்றன. ரேடியம், அதோடு சம்பந்தப்பட்ட கூட்டுப் பொருள்கள் ஆகியவை பற்றி இரசாயன ஆராய்ச்சிகள் செய்தவர்கள் பியரி க்யூரியும், மேரி க்யூரியும். இதற்காகத்தான் 1903-ல் அவர்களுக்கு நோபல் பரிசு அளித்தார்கள். ஆனால் நம்முடைய கதைக்கு கதிர் இயக்கத்தின் பௌதிக அம்சங்கள்தான் முக்கியமானவை. இதைப் பற்றி பலர் ஆராய்ச்சி செய்தார்கள். முக்கியமானவர் எர்னஸ்ட் ரூதர்போர்ட். இங்கிலாந்தில் மான்செஸ்டரிலும், பின்பு கேம்ப்பிரிட்ஜிலும் வேலை செய்தார் இவர்.

அடிப்படை நிகழ்ச்சி இதுதான். நன்றாக மூடிய புகைப்பட பிளேட்டை ரேடியத்துக்கு அருகில் பிடித்து பின்பு கழுவிப் பார்த்தால் ஒளி புகுந்த மாதிரி அது கறுத்து விடுகிறது. அதேபோல துத்தநாக ஸல்பைடு பூசிய கண்ணாடியை இருளில் ரேடியத்திற்கு அருகில் கொணர்ந்தால் ஒளி வீசியது. கடியார முகப்பில்

ஒளிரும் எண்கள் இந்தத் தத்துவத்தை பயன்படுத்தித்தான் தயாரிக்கப் படுகின்றன. ரேடியப் பூச்சு என்பது துத்தநாக ஸல்பைடும், துளி ரேடியமும் சேர்ந்த கலவை. இந்தத் துளி ரேடியம்தான் துத்தநாக ஸல்பைடை மினுங்கச் செய்கிறது. ரேடியம் விடுக்கும் கதிரை ஆராய இரண்டு சாதனங்கள் துத்தநாக ஸல்பைடு தகடும் புகைப்பட பிளேட்டும்.



படம் 6, ரேடியத்திலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்கள்

1-வது படத்தில், பாத்திரத்திலிருந்து வரும் எல்லா கதிர்களும் ஒரு கற்றையாக வெளிப்படுகின்றன. துத்தநாக ஸல்பைடு தகட்டில் (A) பிரகாசமான வட்டப் புள்ளியாக இது தெரியும். 2-வது படத்தில் ஒரு காந்தம் பாத்திரத்தின் அருகே வைக்கப்பட்டுள்ளது. இப்படி காந்தத்தை வைத்தவுடனே, கதிர்க்கற்றை மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிந்துவிடுகிறது. ஆல்பா வலது பக்கமும், பீட்டா இடது பக்கமும், வளைக்கப்படாத காமா நேராக மேல் நோக்கியும் செல்கின்றன. துத்தநாக ஸல்பெட் தகட்டில் (B) மூன்று ஒளிவட்டப் புள்ளிகளாக இவை தெரியும்.

6-வது படம் இதற்கான சோதனைகளை விளக்குகிறது. ரேடியத்தை கனமான ஈயப் பாத்திரத்தில்

வைக்க வேண்டும். ஏனெனில் அதன் காரணங்கள் ஆபத்து விளைவிக்கக் கூடியவை. ஒரு நீண்ட குறுக லான ஈயக் குழாய் அதில் ஒரு பக்கம் அடைத்திருக் கிறது. அதன் அடியில் ஒரு துளி ரேடியம் போடப் பட்டிருக்கிறது. குழாய் நீண்டு குறுகியிருக்கக் கார ணம் ரேடியம் விடுக்கும் கதிர் குழாயின் நீளம் முழுவ தும் ஒரு நேர்க் கோடாக வரவேண்டும் என்பதற்காகத் தான். திறப்பிலிருந்து பற்பல தூரங்களில் புகைப் படத் தகட்டை வைத்து இந்தக் கிரணத்தின் வடிவை யும் இயல்பையும் ஆராய முடியும். எங்கெந்த அள வுள்ள புள்ளிகள் தட்டின்மேல் விழுகின்றன என்று பார்த்து ஆராயலாம். துத்தநாக ஸல்பைடு திரையை உபயோகிப்பது இன்னும் சுலபம். ஈயக் குழாயின் வாயில் இதை வைத்தால் குழாயின் குறுக்களவிற்கு திரை ஒளிரும். மேலே கொண்டு செல்லச் செல்ல லேசாக இந்த ஒளிவட்டம் பெரிதாகிறது. இதிலிருந்து இந்தக் கிரணம் நேராகப் போகிறது என்றும், தூரம் செல்லச் செல்ல இலேசாக விரிகிறதென்றும் தெரி கிறது.

இந்தக் கிரணத்திற்குப் பக்கத்தில் நல்ல சக்தி யுள்ள ஒரு காந்தக் கட்டையைக் கொண்டு வந்தால் இந்த ஒளி வட்டமானது நன்ருக மங்குவது தெரியும். அதாவது கதிரின் போக்கு வளையவில்லை. ஆனுல் வன்மை குறைந்திருக்கிறது என்றுதான் அர்த்தம். குழாயின் வாயிக்கு அருகில் திரையைப் பிடித்தால் மூன்று வட்டங்கள் தெரியும். நடுவில் ஒன்று, அதன் இரு பக்கங்களிலும் ஒவ்வொன்று. காந்தத்தை எடுத்து விட்டால் திடீரென்று மூன்றும் சேர்ந்துவிடும். மறுபடி யும் காந்தத்தை அருகில் கொண்டு போனுல் மறுபடி யும் வட்டம் மூன்ருகப் பிரிகிறது. ஆகவே குறைந்தது மூன்று வகையான கிரணங்கள் ரேடியத்திலிருந்து வெளிப்படும். ஆல்பா, பீடா, காமா என்று இம் மூன்

றையும் அழைத்தார் ருதர் போர்ட்.

இந்தக் கிரணங்களைப் பற்றி மேலும் ஆராய்ச்சிகள் நடந்தன. ஆல்பா கிரணமானது காந்தத்தினுல் சற்று வளைக்கப்பட்டது. அது வளைக்கப்பட்ட விதத்திலிருந்து நேர் மின்சாரமுள்ளது என்று கண்டார்கள். மேலும் மிகவும் பலமான காந்தம்கூட அதை இலேசாகத்தான் வளைக்க முடிந்தது. ஆகவே அதிலுள்ள துகள்கள் மிகக் கனமாக இருக்க வேண்டும். இவற்றை ஆல்பா என்றுஅழைத்தார்கள்.

நடுக் கிரணம் வளைக்கப்படாமல் நேராகப் போயிற்று. அதற்கு அந்தப் பக்கம் உள்ளது பீடா கிரணம். அது எதிர் மின்சாரம் கொண்டது. ஆல்பா கிரணத்தைவிட அதிகமாக விளைந்தது. ஆகவே அதிலுள்ள எதிர் மின் சக்திகொண்ட துகள்கள் ஆல்பா துகள்களைவிட மிகவும் இலேசாக இருக்க வேண்டும். எதிர்மின் சக்தியுள்ள இந்தப் பீடா துகள்களை சுலபமாக அடையாளம் கண்டு பிடிக்க முடிந்தது. அவைகள்தான் மின்னணுக்கள். கீஸ்லர் சூன்யக் குழாயிலும், அம்பர் குச்சியிலும் காணப்படும் மின்னணுக்கள் இவையேதான். கடைசியாக நடுவில் வளையாமல் சென்ற காமா கிரணம் எக்ஸ்ரேக்கள் என்று தெரிந்தது. இவைகள் மின்சக்தி ஏறிய துகள்கள் இல்லை. ஆனுல் கீஸ்லர் குழாயில் ஆனேடிலிருந்து வெளிப்பட்டு கண்ணுடியை ஊடுருவிச் செல்லும் கிரணங்கள்தான் இவை.

ஆகவே ரேடியம் எடுத்த மூன்று பொருட்களில் இரண்டு பழைய நண்பர்களாக இருந்தன. மின்னணுக்களும் எக்ஸ்ரேக்களும், புதிதாக இருந்தவை ஆல்பா கிரணங்கள்தான். ருதர் போர்டும் மற்றவர்களும் இந்தத் துகள்களை நிறுத்து ஒரு ஹைட்ரஜன் அணுவைப் போல 4 மடங்கு கனமுள்ளவை என்று கண்டார்கள். அவை செல்லும் வேகம் ஒளியின் வேகத்தில்

பத்தில் ஒரு பங்கு. ஜட வாயுவான ஹூலியத்தின் அணு நிறை 4. அதாவது அதன் அணுவானது ஹைட்ரஜ அணுவைப்போல் 4 மடங்கு கனமானது என்று பொருள். ஆகவே அணு நிறையைக் கொண்டு அதை அடையாளம் கண்டு பிடிக்கலாம்.

ஆனல் ஹீலியம் என்பது என்ன? என்று 1900 ஆண்டு வரையில் சரியாக அறியப் படவில்லை என்பதையும் நாம் ஞாபகம் வைத்துக் கொள்ள வேண்டும். பின்னர்தான் ஆல்பா துகள் ஒரு அயனித்த ஹீலியம் அணு என்ருல் இரண்டு மின்னணுக்கள் கழிக்கப்பட்ட ஹீலியம் அணு என்று அர்த்தம்.

இந்த மூன்று கிரணங்களோடு இன்னெரு விஷயமும் காணப்பட்டது. ரேடியத்தைச் சுற்றியோ ரேடியம் அடங்கியுள்ள தாதுப் பொருள்களைச் சுற்றியோ உள்ள காற்று மின் கடத்தியாக ஆகிறது என்றும் கண்டார்கள். மின் கடத்தி என்ருல் ஒரு இடத்திலிருந்து இன்னெரு இடத்திற்கு மின்சாரத்தைப் போக விடும் பொருளுக்குப் பெயர். இந்த மின்சார ஓட்டம், இடையேயுள்ள அணுக்கள் அயனப் படுவதால் சாத்தியமாகிறது. ரேடியத்தைச் சுற்றியுள்ள காற்றை அயனப்படுத்தும்படியாக ஏதோ ஒன்று ரேடியத்திலிருந்து வெளிப்படுகிறது. இது மட்டுமின்றி ஓரளவு உஷ்ணமும் உண்டாகிறது. ஓயாமல் ரேடியம் இந்தப் பொருட்களை வெளிப்படுத்திக் கொண்டே இருக்கிறது. வெளியிலிருந்து எதுவும் இந்தக் கதிர் இயக்கத்தின் வேகத்தைப் பாதிக்கவே முடியாது. ஒளியோ, உஷ்ணமோ, மின்சாரமோ எதுவும் பாதிக்க முடியாது. ரேடியத்திலிருந்து இவை வெளிப்படும் பொழுது அசாதாரணமான சக்திகளும் வெளியாகின்றன. ஆல்பா துகள் வெகு வேகமாகப் பாய்கிறது. ஆகவே அதற்கு ஏராளமான சக்தி

இருக்க வேண்டும். மின்னணுக்களான பீடா துகள் களும் வெகு வேகமாகப் பாய்கின்றன. ஆல்பாவைவிட இது மிகமிகச் சிறியதாதலால் அவ்வளவு சக்தி இதில் இல்லை. ஆனால் இந்த சக்தியே மிகுந்தது என்றுதான் சொல்ல வேண்டும். இவற்றை அடுத்து எக்ஸ்ரேக் களும், உஷ்ணமும் வெளியாகின்றன.

இந்த நிகழ்ச்சி ஒவ்வொரு கணமும், ஒவ்வொரு நாளும் நிகழ்ந்துகொண்டே இருக்கிறது. இந்த மின்னணுக்களையும் ஆல்பா, காமா கதிர்களையும் உஷ்ணத்தையும் வெளியேற்றும் சக்தியானது எங்கி ருந்தோ வரவேண்டும். அதேபோல ஆல்பா கிரணங் களும் கதிர்களும் எங்கிருந்தோ வரத்தானே வேண் டும்? அணுவின் உள்ளே யிருந்துதான் அவை வரக் கூடும், மேற்பரப்பிலிருந்தல்ல. அணுக்கள் சேர்ந்த கூறுகளை மாற்றி அமைத்துவிட்டால் மட்டும் இப்பேர்ப்பட்ட பிரம்மாண்டமான சக்தியோ துகள் களோ வெளிப்படா. அதுவரையில் நமக்குத் தெரிந்த சக்திகளெல்லாம் கூட்டுப் பொருள்களின் கூறுகளி லுள்ள அணுபந்தங்கள் மாறுவதால் ஏற்படுகின்றன என்பதை மட்டும் தெரிந்து கொண்டிருந்தார்கள். அவைகள்தான் இரசாயன சக்திகள். நெருப்பு, விறகு, வெடிகள் இவற்றிற்குப் பயன்படும் சக்திகள்; ஆனால் கதிர் இயக்கம் என்பது முற்றிலும் வேறு. இரசாயன மாறுதல்களால் ஏற்படும் சக்திகளுக்கு முற்றிலும் வேறு பட்டவை. கதிர் இயக்கத்தினால் ஏற்படும் சக்திகள், இவற்றின் அளவே வேறு.

உதாரணமாக நுண்ணிய அளவு ரேடியத்தைப் பரிசோதித்துப் பார்த்ததில் ஒரு அவுன்ஸ் ரேடியம் தன்னால் முடிந்த எல்லா எக்ஸ்ரேக்களையும் ஆல்பா துகள்களையும், மின்னணுக்களையும் வெளியேற்றி னால் அந்த சக்தியானது 10 டன் நிலக்கரி தரும் சூட்டிற்குச் சமமாகும். 10 டன் நிலக்கரி என்பது

320,000 அவுன்ஸ். அதாவது நிலக்கரியைவிட 320,000 மடங்கு சக்தியை அளிக்கிறது ரேடியம்.

இந்த நூற்றாண்டின் தொடக்கத்திலேயே இந்தக் கணக்கெல்லாம் போட்டார்கள். மேலும் இந்தப் புதிய சக்தியை அணுசக்தி என்றே எப்பொழுதும் குறிப்பிட்டார்கள். இந்தக் கதையை நாம் நினைவில் வைத்துக் கொள்ளத்தான் வேண்டும். ஏனெனில் அணுசக்தி என்ற ஒரு பெரிய இரகசியத்தை நேற்று யாரோ அமெரிக்காவில் கண்டுபிடித்ததைப் போன்ற ஒரு தப்பு அபிப்ராயம் உலவுகிறது. அதற்கு மாற்று இந்தக் கதை. விஞ்ஞானங்களைப் பற்றிய வரையில் அணு சக்தி என்பது பழைய கதை.

3

அணு அமைப்பின் தோற்றம்

1. அணுவின் உட்கரு

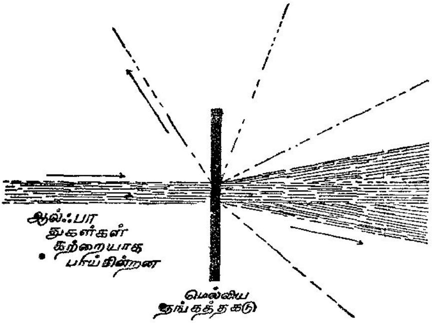
ரேடியோ எப்பொழுதும் ஆல்பா துகள்களை விடுத்துக் கொண்டே இருக்கிறது. அது ஆல்பா இரண்டு மின்னணுக்கள் கழிந்த ரேடியம். இந்த ஆல்பா துகள்கள் நீங்கிய பின்பு ரேடியத்தில் என்ன மிஞ்சியிருக்கிறது? ரேடியத்தைச் சுற்றி ஒரு அபூர்வ வாயு சேர்ந்திருப்பதைப் பார்த்த பொழுது இந்த கேள்விக்கு விடை கிடைத்தது. இந்த ஆவி என்னவென்று யாருக்கும் தெரியவில்லை. பின்னர் நியான், கிரிப்டானைப்போல (பீரியாடிக் பட்டியலில் கடைசி வரிசையிலுள்ள உயர்ந்த வாயுக்களின் குழுவைச் சேர்ந்த) ஒரு வாயு என்று தெரிந்தது. பின்னர் அதற்கு ரேடான் என்று பெயர் வைத்தார்கள்.

ரேடியத்தின் அணு நிறை சுமார் 226 என்று மேரிக்யூரி கண்டுபிடித்தார். ஒவ்வொரு ரேடிய அணுவும் ஒரு ஆல்பா துகளை விடுத்தால், (ஆல்பாவின் அணு நிறை 4), பின்பு ரேடியம் அந்த ரேடான் வாயுவாக மாறினால் அதன் அணு நிறை 222-ஆக இருக்க வேண்டும். பிரிட்டிஷ் இரசாயனி வில்லியம் ராம்ஸே சில காலம் சிரமப்பட்டு போதிய ரேடான் வாயுவை சேகரித்து அதன் அணு நிறை உண்மையாகவே 222 என்று கண்டுபிடித்தார். இதிலிருந்து என்ன தெரிகிறது? ஒன்று ரேடியத்திலிருந்து திடீரென்று ஹீலியம் உண்டாயிருக்க வேண்டும். அல்லது ஹீலியம் துகளில் எளிதில் உற்பத்தி செய்யக் கூடிய அமைப்பு ரேடியத்திற்கு இருக்க வேண்டும். எப்படி இருந்தாலும் ரேடியம் அணுவின் அமைப்பு சிக்கலானதுதான். இந்த அமைப்பை நிர்ணயித்த சோதனைகளைச் செய்தவர் ரூதர் போர்டு. ஆல்பா துகள் இந்த சோதனைகளில் மிகவும் உதவியாக இருந்தது. ஏனெனில் அது இரண்டு நேர்மின்சக்தியும் திணிவு 4-ம் கொண்டது. பிரம்மாண்டமான வேகத்தில் அதைப் பாயச் செய்ய முடியும். ரேடியத்திலிருந்து வரும் ஆல்பா துகள்கள் காற்றில் போகும் பொழுது (ஐந்தாறு) 5, 6 அங்குலம் போனவுடன் எதிர்ப்படுகிற கோடிக்கணக்கான அணுக்களோடு மோதி குலைகிறது. ரூதர்போர்டு இந்த ஆல்பா துகள்களை ஒரு மிக மெல்லிய தங்க ரேக்கின் மீது மோத விட்டார். துத்தநாக ஸல்பைடுத் திரையின் உதவி கொண்டு இந்தத் துகள்களின் போக்கிற்கு என்ன நேருகிறது என்றும் கண்டார்.

நிகழ்ந்தது மூன்று. ஏழாவது படத்தைப் பார்ப்போம். முதலாவதாக ஆல்பா துகள்களில் பெரும்பாலானவை தங்க ரேக்கை ஊடுருவிச் சென்றன. ஆல்பா சம்பந்தப்பட்ட வரையில் இந்த தங்க ரேக்கு ஒன்று

மில்லாத வெறும் வெளியாகத்தான் இருக்க வேண்டும். இரண்டாவதாக ஆல்பா துகள்களில் சில நேர்ப்பாதை யிலிருந்து சற்று வளைக்கப்பட்டது. மூன்ருவதாக ஒரு ஆல்பா துகள் எப்பொழுதாவது திரும்பி வந்தது. அல்லது தன் அளவில் உள்ள ஏதோ ஒன்ருேடு மோதுவது போல் சடாரென்று இந்த நேர்மோதல் அடிக்கடி நேர்வதில்லே. ஆகவே, இந்த தங்க ரேக் கானது பெரும்பாலும் காலி இடம் என்பதைத்தான் அழுத்திச் சொல்கிறது. ஆல்பா துகளானது ஒரு ஹீலியம் அணு என்பதையும் தங்கம் அணுக்கள் நெருக்கமாகச் சேர்ந்த ஒரு திடப் பொருள் என்பதை யும், தங்கம் மற்ற பல மூலகங்களேவிடக் கனமான அணு என்பதையும் யோசித்துப் பார்த்தால், இந்த தங்க ரேக்கில் உள்ள வெளியானது அதிகம் என்று தான் சொல்ல வேண்டும். தங்க அணுக்களின் இடையே உள்ள இடை வெளிகள் மிகச் சிறியவை என்பது மட்டுமல்ல. தங்க அணுவிற்குள்ளேயே ஏராளமான காலி இடம் இருக்கிறது என்றுதான் சொல்ல வேண்டும்.

இந்த உண்மையை ஒப்புக்கொண்டதும் அணு வைப்பற்றிய ஒரு சித்திரம் வரையவேண்டியிருந்தது' பழைய இரசாயன அறிவு மட்டுமின்றி புதிய கதிர் இயக்கச் செய்திகளேயும் விளக்கக்கூடியதாக இருக்க வேண்டும் அந்த சித்திரம். இந்த புதிய சித்திரத்தை அளித்தவர் ருதர்போர்டு. அணு இரண்டு பகுதிகள் கொண்டது என்று அவர் சொன்ஞர். மத்தியில் ஒரு நுண்ணிய கரு அணுவின் திணிவெல்லாம் இதிலே பெரும்பாலும் அடங்கி இருக்கிறது. இரண்டாவது பகுதி இந்தக் கருவைச் சுற்றியுள்ள பகுதி. இந்தப் பகுதியின் குறுக்களவு பதிஞயிரம் மடங்கு பெரியது. கருவைச் சுற்றியுள்ள இந்த வெளியில்தான் இந்த மின்னணுக்கள் உள்ளன. மின்னணுக்கள் எதிர்மின்



படம் 7. தங்கத் தகட்டின் ஊடே பாயும் ஆல்ஃபாதுகள்கள்

"பெரும்பாலான கதிர்கள் தகட்டினூடே நேராகச் செல்கின்றன, சில லேசாக வளைகின்றன. வேறுசில கடினமான ஏதோ ஒன்றின்மீது முட்டிக் கொண்டதுபோல நறுக்கென்று பாய்கின்றன:

சக்தி கொண்டவை. அணு மொத்தமாக நடுநிலைமை உள்ளதால் மையக் கருவானது நேர்மின்சாரம் கொண்டதாய் இருக்கவேண்டும்.

இப்படிப் பார்த்தால் ஆல்பா துகள் ஹிலியம் அணுவின் மையக் கரு என்று சொல்ல வேண்டி இருக்கிறது. ஏனெனில் ஹீலியத்தின் இரண்டு மின்னணுக்கள் கழிந்ததுதான் ஆல்பா துகள். அது மிகவும் நுண்ணியதாக இருப்பதால் தங்க ரேக்கைக் கடந்து செல்ல முடிகிறது. பெரும்பாலும் தங்க அணுவின்மையைக் கருவைச் சுற்றியுள்ள காலி இடத்தின் வழியாகப் போகிறது அது. எப்பொழுதாவது ஒரு ஆல்பா துகள் திரும்பி வருவதன் காரணமும் இதனுல் நமக்குப் புரிகிறது. ஒரு ஆல்பா துகளானது நேர் மின்சாரம் கொண்டது. தங்க அணுவின் உட்கருவும் நேர்மின்சாரம் கொண்டது. ஆகவே தங்க அணுவின்

மீது ஆல்பா மோதும்போது திரும்பி எதிர்திசையில் பாய்கிறது. இரண்டும் மிக நுண்ணியவை. எப்பொழுதாவது சந்திக்கின்றன. ஆனால் அந்த சந்திப்பு ஏற்படும்பொழுது விளைவு பிரமாதமாக இருக்கிறது. ஆல்பா துகள் மிகவும் இலேசானதால் பின்பக்கம் துள்ளித் திரும்புகிறது. கடைசியாக அணுக்களிலிருந்து எவ்வளவு சுலபமாக மின்னணுக்கள் பிரிக்கப்படுகின்றன என்பது இந்தப் புதிய அணுச் சித்திரம் விளக்குகிறது. மையக் கருவியைச் சுற்றியுள்ள பெரிய இடைவெளியில்தான் இருக்கின்றன. அவற்றில் சில மேல்பரப்பிற்கு வெகு அருகில் இருக்க வேண்டும். அதனால்தான் இரசாயன எதிர் விளைவுகளில் உண்டாகும் பந்தங்களைச் செய்ய இந்த மின்னணுக்கள் உபயோகமாக இருக்கின்றன. இந்த மேற்பரப்பு மின்னணுக்களை எளிதில் நீக்கிவிடக் கூடும்.

2. மின்சார ரீதியில் அணுவின் இடை நிலை

அணுவின் நுண்ணிய மையத்தைச் சுற்றியுள்ள இந்தப் பெரிய வெளியில் எத்தனை மின்னணுக்கள் இருக்கின்றன. ஹைட்ரஜன் மிகமிக இலேசான மூலகம். அதிலிருந்து ஒரு மின்னணுவை எளிதில் பிரிக்கலாம். மிச்சமிருப்பது ஒரு ஹைட்ரஜ அயன் ஆக இருக்கும். அது நேர்மின்சாரம் கொண்டது. இந்த ஒரு மின்னணுவுக்கு மேல் ஹைட்ரஜனிலிருந்து பிரிக்கவே முடியவில்லை.

ஒருக்கால் ஹைட்ரஜனில் ஒரே ஒரு மின்னணு தான் உள்ளது போலும். அப்படியே இருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். இப்பொழுது ஹைட்ரஜன் அணு (இதன் நிறை 1) இரண்டு சேர்ந்த ஒரு பொருள். முதலாவதாக ஒரு நேர்மின் சக்தியுள்ள ஒரு மையக் கரு; இதன் நிறை 1. இரண்டாவதாக ஒரு

மின்னணு. இதன் திணிவு 1/1840. அதனுடைய ஒரே எதிர் மின்சக்தியை மையக் கருவைச் சுற்றியுள்ள வெளியில் அலைந்துகொண்டிருக்கும்.

தனிம வரிசையில் ஹைட்ரஜனுக்கு அடுத்தது ஹீலியம். இதன் அணு நிறை 4. ஹீலியத்திலிருந்து ஒரு மின்னணுவைப் பிரிக்கலாம். இரண்டாவது மின்னணுவையும் பிரிப்பது கடினமல்ல. இந்த இரண்டும் கழிந்தது போக மிச்சமான ஆல்பா துகள் தான் ரேடியத்திலிருந்து ஒரு விநாடிக்கு 18000 மைல் வேகத்தில் சீறி வருகிறது. ஆராய்ச்சி சாலையில் துளி ஹீலியம் அடங்கிய கீஸ்லர் குழாயில் மின்சார சக்தியைப் பாய்ச்சினால் இதே துகள்களை உண்டாக்க முடியும். இதற்கு மேல் மின்னணுக்களைப் பிரிக்க முடியாததால் ஹீலியம் அணுவின் மையத்தைச் சுற்றிய இடைவெளியில் இரண்டே இரண்டு மின்னணுக்கள்தான் இருக்க வேண்டும். மையக் கருவில் இப்பொழுது திணிவு 4-ம் இரண்டு நேர்மின்சக்திகளும் இருக்கும். எதிர் மின்சக்திகளுக்கு ஈடு செய்யும் இவை.

மூன்றாவது தனிமமான லிதியத்தில் மூன்று மின்னணுக்கள் இருக்குமோ? அதே போல நாலாவது பெரிலியத்தில் 4 மின்னணுக்களும், ஐந்தாவது போரானில் 5 மின்னணுக்களும் இருக்குமோ? இப்படியே பார்த்துக்கொண்டு போனால் யுரேனியத்தில் 92 மின்னணுக்கள் இருக்கின்றன என்றே சொல்லலாம். மின்னணுக்கள் இம்மாதிரி எண்ணிக்கையில் வரவர பெருகுவதை நிரூபிக்கப் பல சான்றுகள் உள்ளன. அது வேடிக்கையான கதை. ஒரு துறையில் செய்யப்படும் வேலை இன்னொரு துறையில் அறிவை எப்படி வளப்படுத்துகிறது என்று இந்தக் கதையிலிருந்து தெரிந்து கொள்ளலாம்.

ஓர் இருட்டு அறையில் சூரிய கிரணம் பாயும்

போது அங்குள்ள தூசியின் உதவியால் கத்தரித்தாற் போல ஒளியைப் பார்க்க முடிகிறது. அறையில் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு தூசி இருக்கிறதோ அவ் வளவுக்கவ்வளவு தூசியும் சிதறுகிறது. தூசிப் படலம் அதிகமாக இருந்தால் நம்மால் அப்பால்கூடப் பார்க்க முடியவில்லை. பனிக் காலத்தில் ஒரு மோட் டார்க்காரின் வெளிச்சத்தில் இதைக் காண முடியும். பனியிலுள்ள சிறு நீர்த்துளிகள் தம் மேலே விழும் ஒளியை சிதற அடிக்கின்றன. பனி அதிகமாக இருந் தால் ஒளி அதிகமாகச் சிதறுகிறது. சிறிது ஒளிதான் முடுபனியை ஊடுருவுகிறது. அப்பொழுது எவ்வளவு சக்தியுள்ள ஒளியாக இருந்தாலும் பனியினூடே பார்க்க முடியாது. பனியினூடே நேராகச் செல்லும் ஒளியின் துணுக்கையும் பனித் துகள்களில் சிதறடிக்கப்பட்ட ஒளித் துகளையும் அளந்து பனியி லுள்ள நீர்த் திவலைகளை எவ்வளவென்று மதிப்பிட முடியும். காற்றிலுள்ள தூசித் துகளையும் கணக்கிட முடியும். காற்றிலோ நீரிலோ மேகம் போலத் தொங் கும் நுண்ணிய துகள்களைக் கணக்கிட இது சரியான முறை. இரசாயனத்தில் இதை அடிக்கடி கையாளு கிறார்கள். அணு மையத்தைச் சுற்றியுள்ள இடை வெளியில் அலையும் மின்னணுக்களை கணக்கிடவும் இது போன்ற ஒரு முறையைக் கையாளலாம். மையக் கருவைச் சுற்றி மின்னணுக்கள் சிறு துகள்கள் போல தொங்குவதாக வைத்துக்கொள்வோம். திடப் பொருட்களில் அணுக்கள் மிகமிக நெருக்கமாக உள்ளதால் மின்னணுக்கள் அப் பொருள் முழுவதும் தொடர்ச்சியாக வியாபித்துள்ளன. இங்குமங்கும் மையக்கரு இருக்கும். மின்னணுக்கள் குறைவாக இருந்தால் சிறிது ஒளிதான் அவற்றால் சிதறப்படும். பெரும்பாலான ஒளி அவற்றில் புகுந்துபோய்விடும். ஆனால் மின்னணுக்கள் அதிகமாக இருப்பின் ஒளியும்

அதிகமாகச் சிதறும். சிறிதுதான் பொருளின் ஊடே செல்லும்.

இந்த ஊடுருவல் சாதாரண ஒளி சக்தி கொண்டதல்ல. அதன் அலை மிகவும் பெரியது. ஒரு நுண்ணிய மின்னணுவைக் கடந்து சென்றுவிடும். ஒரு பெரிய கடல் அலை ஒரு மனிதனையோ, கட்டையையோ எளிதில் ஏறிக் கடப்பதுபோல. ஆகவே நமக்கு வேண்டியது சிறிய அலையுள்ள ஒளி. அத்தகையவைதான் எக்ஸ்ரேக்கள். எக்ஸ்ரேயின் அலை நீளம் சாதாரண ஒளியைவிட பதினாயிரம் மடங்கு சிறியது. எக்ஸ்ரே சிதறலை வெவ்வேறு தனிமங்களின் மீது பாய்ச்சி ஆராய்ந்தபொழுது முதலாவது தனிமத்திலிருந்து எல்லா தனிமங்களும் ஒவ்வொரு மின்னணு அதிகமாக இருப்பது போல் நடந்து கொண்டன. ஹைட்ரஜனிலிருந்து சமீபத்தில் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட செயற்கைத் தனிமங்கள் வரையில் இப்படித்தான். அணு எண், (அதாவது அணு வரிசை தனிமத்தின் இருப்பிடம்) என்பது அணுவின் மையக் கருவைச் சுற்றியுள்ள மின்னணுக்களின் தொகையைக் குறிக்கிறது. இந்த அணு எண்ணின்படி பீரியாடிக் பட்டியலில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில்தான் ஒரு தனிமம் இருக்கும். அந்தக் குறிப்பிட்ட இடம் என்றால் சில விசேஷ இரசாயன குணங்கள் அந்த தனிமத்திற்கு இருக்குமென்று அர்த்தம். ஆக ஒரு மூலகத்தின் இரசாயன பண்புக்குக் காரணம் அதன் மையக் கருவைச் சுற்றியுள்ள மின்னணுக்களில் தனிமத்தின் தொகையே என்று சொல்ல வேண்டியிருக்கிறது. இந்த விஷயம் மிகமிக முக்கியமானது.

மின்னணுக்கள் எதிர் மின்சக்தி கொண்டவை. ஆனால் அணு முழுவதும் நடுநிலைமையுள்ளது. ஆகவே மின்னணுக்களின் தொகைக்கு ஈடுகட்டக் கூடிய நேர் மின்சக்தியும் மையக் கருவிக்கும் இருக்கும். இதை

அப்படியே நம்ப வேண்டும் என்று சொல்லவில்லை. இதற்குப் பல சான்றுகள் இருக்கின்றன. ஒரே ஒரு வகையான சான்றை இப்பொழுது பார்ப்போம்.

ஒரு உலோக ரேக்கின் வழியாக ஆல்பா துகள்கள் பாயும்போது எப்படி அவை நடந்து கொள்கின்றன என்பது உலோகத்தின் மையத்திலுள்ள மின்சக்தியைப் பொறுத்திருக்கிறது. ஆல்பா துகள் நேர்மின் சக்தி ஏற்றப்பட்ட இன்னொரு அணு மையத்தில் வரும்போது ஆல்பா துகள் திரும்பித் துள்ளும். ஏன்? ஒரே வகை மின்சக்திகள் ஒன்றோடொன்று சேராது. இந்தத் தள்ளிக் கொள்ளும் வேகமானது உலோக மையத்திலுள்ள சக்தியைப் பொறுத்தது. அந்த நேர்மின் சக்தி அதிகமாக இருந்தால் ஆல்பாத்துகளை வேகமாகத் தள்ளும். குறைவாக இருந்தால் இலேசாகத் தள்ளும்.

ஆகவே உலோக ரேக்கின் வழியாகப் போகும் ஆல்பா துகள்கள் உலோகத்தின் மையக் கருவியிலுள்ள மின்சக்திக்கு ஏற்றவாறு சிதறடிக்கப்படும். உலோகத்தின் அணு எண் அதிகமாக ஆக சிதறும். ஆல்பா துகள்களும் அதிகமாகும். இந்தச் சிதறலின் அளவை கணக்கிட்டு கருவிலுள்ள மின்சக்தி அளவைக் கணக்கிட முடியும்.

பற்பல மூலகங்களை இப்படி மெல்லிய படலமாக எடுத்து அவற்றின்மீது இந்த சோதனைகளை நடத்திப் பார்த்தார்கள். ஆல்பா கிரணம் வெவ்வேறு படலங்களூடே பாயும்போது சிதறும் வகையைப் பார்த்தால் பீரியாடிக் பட்டியலிலுள்ளஒவ்வொரு மூலகமும்முந்தியதைக் காட்டிலும் ஒரு நேர் மின்சக்தி அதிகமாக உள்ளது போல் இருந்தது. மேலும் அணு எண் என்பது ஒரு தனிமத்திற்குள்ள மின்னணுக்களை மட்டுமின்றி, அதன் மையக் கருவியிலுள்ள நேர்மின் சக்தியின் எண்ணிக்கையும் குறிப்பாகத் தெரிகிறது. இரண்டு

எதிரிடையான மின்சக்திகள் ஒன்றுக்கொன்று ஈடுகட்டிக் கொள்வதால் அணு நடுநிலைஉள்ளதாக இருக்கிறது.

3. அணு மையத்திலுள்ள விவரங்கள்

அணுவில் ஒரு மையக்கரு. அந்த மையக் கருவை விடப் பல்லாயிரம் மடங்கு பெரிதான காலி இடத்தில் மின்னணுக்கள். அணு எண் (அதாவது பீரியாடிக் பட்டியலில் மூலகங்களின் வரிசைக் கிரமமான எண்) ஒரு அணுவுக்குள்ள மின்னணுவையும் அவற்றிற்கு ஈடுசெய்யும் மையக் கரு நேர் மின்சக்திகளையும் நிர்ணயிக்கிறது. அணு எடை என்பது மையக் கருவின் எடை என்றே சொல்லிவிடலாம். ஏனெனில் மின்னணுக்களின் நிறை மிகமிகச் சொற்பம்.

மின்னணுக்களைப்பற்றி நமக்குத் தெரியும். எதிர் மின்சக்தி யூனிட்டுகள் அவை. ஹைடிரஜன் அணுவைப் போல 1/1840 பங்குதான் அவற்றின் திணிவு. ஆனால் மையக் கரு என்பது என்ன ? நேர்மின் சக்தியும் பொருள் அடர்த்தியும் (திணிவு) அதில் எப்படி அமைந்துள்ளன. மீண்டும் ரூதர்போர்டு தான் தனது சோதனையினாலும், சிந்தனையினாலும் விடை கண்டு பிடித்தார்.

ரூதர் போர்டு பல பொருள்களின் மையக் கருவை ஆல்பாக்கிரணங்களைப் பாய்ச்சி பிளக்க முயன்றார். ரேடியத்திலிருந்து வேண்டிய ஆல்பாதுகள்களைப் பெற்றார் அவர். முதலில் ஹைடிரஜ வாயுவின் மீது இந்த சோதனை நடத்தினார் அவர். ஆல்பாதுகளுக்கும் ஹைட்ரஜ வாயுவிலுள்ள ஏதோ ஒன்றுக்கும் எப்பொழுதாவது ஏற்படும் மோதலைக் காண முயன்றார். தங்க ரேக்கில் போனதைவிட இன்னும் எளிதாக ஆல்பாத்துகள் இதில் போயிற்று. ஆனால் ஒரு ஆல்பாத்துகள் ஒரு ஹைட்ரஜ மையக் கருவைத் தாக்கிய

பொழுது அந்த ஹைட்ரஜ மையக் கருவைத் தள்ளிற்று. ஆல்பாதுகளானது நீரக மையக் கருவைவிட நாலு மடங்கு கனமானது. ஒரு விநாடிக்கு 18000 மைல் வேகத்தில் போகிறது, ஆகவே ஹைடிரஜ மையக் கருவைச் சந்திக்கும்பொழுது தாக்குதல் பலமாக இருக்கிறது. இவ்வளவு பலமான தாக்குதல் இருந்தாலும் நேர்மின்சக்தி கொண்டே ஒரு ஹைட்ரஜ மையக் கருவைத் தவிர வேறு ஒன்றும் வெளிப்படவில்லே.

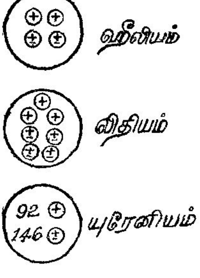
ரூதர் போர்டு பின்பு நைட்ரஜன் வாயுவை ஆல்பாத்துகள்களால் தாக்கினுர். இதில் மோதல்கள் அடிக்கடி நேர்ந்தன. ஆனுல் மோதலின் விளேவாக ஒரு ஹைடிரஜ மையக் கருதான் மீண்டும் வெளிப்பட்டது. ஸோடியம் ஆவியின்மீது ஆல்பாதுகள்களேப் பாய்ச்சியபொழுது இதேதான் நிகழ்ந்தது. இதைவிட வேருகவோ, சிறியதாகவோ எதுவும் வேறு தனிமங்களிலிருந்தும் இந்த சோதனேகளில் வரவில்லே. சுருங்கச் சொன்னுல் நேர்மின் சக்தி ஏற்றப்பட்ட இந்த ஹைட்ரஜ அயன் தான் மையக்கரு அமைப்பு என்றே தோன்றிற்று. முதல் முதலாக செயற்கையாக செய்யப்பட்ட தனிம மாற்றம் இதுதான். இவ்வாறு ரூதர் போர்டின் பரிசோதனே அணு இரசாயனத்தில் ஒரு புதிய சகாப்தத்தை ஆரம்பித்து வைத்தது. கதிர் இயக்கம் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட நாள் முதல் இத்தகைய தனிம மாற்றங்கள் இயற்கையிலேயே தாமாகவே நடந்து வருவதை விஞ்ஞானிகள் அறிந்திருந்தார்கள். இப்பொழுது முதல் முதலாக இதை செயற்கையாகச் செய்யமுடியும் என்ற நிலேமை ஏற்பட்டது. ஆனுல் இதற்கும் இயற்கையிலேயே கதிர் இயக்கமுள்ள பொருளிலிருந்தே இந்த சோதனேக்கு வேண்டிய சக்தியைப் பெற வேண்டியிருந்தது, அப்பொழுது தற்காலிக நிலே இது.

இந்த மின்சக்தி ஏற்றப்பட்ட ஹைட்ரஜ மையக் கரு சர்வ சாதாரணமாகக் காணப்பட்டதால் அதற்கு ஒரு பிரத்யேகப் பெயர் கொடுத்தார்கள். இதுதான் புரோட்டான். அதன் திணிவு (பொருளடர்த்தி) 1; நேர் மின்சக்தி 1. ஆல்பாதுகள்களால் தாக்கப்பட்ட மையக் கருக்களிலிருந்து வேறு ஒன்றுமே வெளிப் படாததால் எல்லா அணுக்களின் அமைப்பிற்கும் இது தான் ஆதாரமாகக் கருதப்பட்டது. இந்த சித்திரத்தி லிருந்து ஒரு கேள்வி எழுந்தது. ஹைடிரஜனின் அணு எண் 1. அதன் மையக் கரு 1 எடையும் நேர்மின்சக்தி 1-ம் கொண்ட ஒரே புரொட்டான் சுற்றிலும் ஒரு மின் னணு. ஆனால் ஹீலியத்தைப் பாருங்கள். அதன் அணு எண் 2 அதற்கு 2 மின்னணுக்கள். இவற்றிற்கு ஈடாக மையக் கருவில் இரண்டு நேர் மின்சக்திகள். 2 நேர் மின்சக்தி என்றால் 2 புரோட்டான். 2 புரோட்டா னின் எடை 2 அணு யூனிட்டுதான் இருக்கும். ஆனால் ஹீலியத்தின் அணு எடையோ 4. இந்த அதிகப்படி யான 2 எங்கிருந்து வந்தது ?

அடுத்து வரும் தனிமங்களின் விஷயத்திலும் இதே பிரச்னை எழுகிறது. மூன்றாவது தனிமமான லிதியம் 3 புரோட்டான்களும் 3 நேர்மின் சக்தியும் கொண்டவை. ஆனால் அதன் அணு நிறை 7. இந்த அதிகப்படியான 4 யூனிட்டிற்கு காரணம் என்ன? ஆறாவதான கார்பன் 6 புரோட்டான் கொண்டது. 6 புரோட்டானின் எடை 6 யூனிட்டுதான். ஆனால் கார் பனின் அணு எடையோ 12 ஆக இருக்கிறது. இப்ப டியே தொடர்ந்து பார்த்தால் ஹைடிரஜனை அடுத் துள்ள தனிமமெல்லாம் அணு எண்ணைப் போல இரண்டு மடங்கு அணு எடை உள்ளனவாக இருக்கின் றன. கன மூலகங்களிலோ 2 மடங்குக்கு மேல்பட்டே இருக்கிறது. வெள்ளியின் அணு எண் 47. ஆனால் அணு எடை 108. ஈயத்தின் எண் 82. எடை 207

யுரேனியத்தின் எண் 92. அணு எடை 238. மையக் கருவின் இந்த அதிகப்படி நிறைக்கு என்ன காரணம்?

சுமார் 20 வருஷங்களாக இந்தப் புதிருக்கு உண்மையான விடை யாருக்கும் தெரியவில்லை. இந்த எடைக் காலத்தில் மையக் கருவியிலிருந்து வெளித் தள்ளப்பட்ட துகள் புரோட்டான் என்றுதான் எல்லோரும் நம்பி வந்தார்கள். சிலர் ஒரு யோசனை சொன்னார்கள். மையக் கருவில் உள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை அணு எடைக்குச் சமமானது என்றும் ஆனால் அணு எண்ணின் தேவைக்கு மேற்பட்ட நேர் மின்சக்திகள் மையக் கருவிலேயே உள்ள அதே எண்ணிக்கையுள்ள மின்னணுக்களால் நடுநிலையாகச் செய்யப்பட்டு விடுகின்றன என்றும் அவர்கள் விளக்கம் கூறினார்கள்.



படம் 8. அணுவின் உட்கருக்கள் (உதாரணங்கள்)

1932-ம் ஆண்டுக்கு முன்னால் மூலகங்கள் வரையப்பட்டுள்ள விதத்தை இப்படம் காட்டுகிறது. + என்பது ப்ரோட்டான்கள். ± என்பது ப்ரோட்டன் எலக்ட்ரான் சேர்க்கை ஒவ்வொரு மூலகத்தின் அணு உட்கருவிலும் பல ப்ரோட்டன்களும் ப்ரோட்டான் — எலக்ட்ரான் சேர்க்கைகளும் அடங்கியுள்ளன. (எலக்ட்ரான்—மின்னணு)

எட்டாவது படத்தைப் பார்த்தால் இந்தக் கருத்தை விரிவாக ஆராயலாம். ஹீலியத்தில் 4 புரோட்டான்கள். திணிவு 4. ஆனால் அந்தப் புரோட்டான்களில் இரண்டு ஒவ்வொன்றும் ஒரு மின்னணுவோடு சேர்ந்து இரண்டு நடுநிலையுள்ள சேர்க்கைகளாக ஆகிவிடும். ஆகவே மையக் கருவிலுள்ளது இரண்டே நேர்மின்சக்திதான். லிதியம் 7 அணு எடையுள்ளது. அணு எண் 3. மையக் கருவில் 7 புரோட்டான்கள். இதில் 4 மையக் கருவிலுள்ள ஒவ்வொரு மின்னணுவினால் நடுநிலையாக்கப்படுகிறது. மிச்சமுள்ள நேர்மின்சக்தி 3 தான். இந்த மூன்றும் மையக் கருவுக்கு வெளியேயுள்ள 3 மின்னணுக்களால் நடுநிலையாக்கப்பட்டு விடுகிறது.

இப்படியே யுரேனியம் வரையிலும் சொல்லிக் கொண்டு போகலாம். யுரேனியத்தின் அணு எண் 92. அணு எடை 238. இதன் பொருள் என்னவெனில் மையக் கருவின் வெளியே 92 மின்னணுக்கள் என்று அர்த்தம். எதிர்மின்சக்தி கொண்ட இந்த 92-ம் அதன் இரசாயன இயல்புகளை நிர்ணயிக்கிறது. அதன் மையக் கருவில் 238 புரோட்டான்கள். இதில் 146 மையக் கருவிற்கு உள்ளேயே உள்ள ஒவ்வொரு மின்னணுவால் நடுநிலையாக்கப்பட்டு விடுகிறது. மிச்சமுள்ள நேர்மின்சக்தி 92. இவை வெளியேயுள்ள 92 எலக்ட்ரான்களுக்கு ஈடுகட்டுகின்றன.

இந்த விளக்கம் நல்லதாகத்தான் தோன்றியது. ஆனால் அதனால் ஒருவருக்கும் திருப்தி ஏற்படவில்லை. ஏனெனில் பல கேள்விகளுக்கு விடைகொடுக்கவில்லை. 1912-லிருந்து 1932 வரை இந்தப் பிரச்னை இதே நிலையில் இருந்தது. இடைக்காலத்தில் பல சம்பவங்கள் நிகழ்ந்தன. அணு அமைப்பின் வேறு சில அம்சங்களும் இவற்றால் வெளியாகின்றன.

4. சூரிய மண்டலம் போன்ற அணு

அணுவின் மையக் கருத்து நிலைபெற்றவுடன் இரண்டு வகை சோதனைகள் வளர்ந்தன. ஒன்று உட்கருவைச் சுற்றி மின்னணுக்கள் அமைந்திருப்பதைப் பற்றியது. இன்னொன்று கருவின் உட்புற ஆராய்ச்சி. பார்க்கப்போனால் அணுகுண்டின் வரலாறு உட்கருவைப் பற்றியதுதான். சூழ்ந்துள்ள மின்னணுக்களைப் பற்றிக் கவனிக்க வேண்டிய விஷயம் இது. இருந்தாலும் முழுமையை உத்தேசித்து இப்பொழுது மின்னணுக்களைப் பற்றியே கவனிப்போம். உட்கரு முழு அணு அல்ல. உட்கருவைச் சுற்றியுள்ள மின்னணுவைப் பற்றிய சோதனைகள் 1912 நீல்ஸ்போர் உருவாக்கிய கருத்துகளால் வளர்ந்தது. உட்கருவிற்கு ஒப்பிடும்போது மிகவும் பெரியது. ஹைட்ரஜ அணுவில் அதற்குள்ள ஒரே மின்னணுவானது அணுவின் வெளி விளிம்பிற்கு அருகிலிருக்கிறது. அதன் உட்கருவை ஒரு சாதாரணப் பந்தின் அளவிற்குப் பெரிதாக்கினால் அதன் மின்னணுவானது ஒரு நீளத் தெருவின் பல வீடுகளுக்கு அப்பாலுள்ள ஒரு சின்னப் புள்ளியாக இருக்கும். அணுவில் இந்தத் தூரம் மிகவும் குறைவு. ஒரு ஹைட்ரஜ அணுவின் குறுக்களவு ஒரு அங்குலத்தில் 20 கோடியில் ஒரு பங்கு. அதாவது 20 கோடி ஹைட்ரஜ அணுக்களை ஒரு அங்குல இடத்தில் அமுக்கிவைக்கலாம். ஆனால் இந்த உட்கருவோடும் மின்னணுவோடும் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் அணுவிலுள்ள காலி இடம் மிகமிகப் பெரியது.

இந்தக் காலி இடத்தில்தான் மின்னணுக்கள் இருக்கின்றன. ஆனால் அவைகள் தாறுமாறாக இரா. பீரியாடிக் பட்டியலில் இவ்வளவு ஒழுங்கு காணப்படும்பொழுது மின்னணுக்கள் ஒழுங்கின்றித் தாறுமாறாகக் குவிந்திரா. இந்த மின்னணுக்களின் இயல்பைப்

பொறுத்துத்தான் இரசாயனம் வளர்ந்திருக்கிறது. அணுக்கள் கூறுகளாகச் சேர்ந்துகொள்ள மின்னணுக்கள்தான் உதவுகின்றன. பீரியாடிக் பட்டியலில் ஒவ்வொரு தனிமம் தனக்கு முந்திய தனிமத்தை விட ஒரு மின்னணு அதிகமாகக் கொண்டது. ஆகவே மின்னணுக்கள் ஒரு ஒழுங்குடன்தான் அமைந்திருக்க வேண்டும்.

2-வது படமான பீரியாடிக் பட்டியலை இப்பொழுது பாருங்கள். லிதியத்திற்குக் கீழ் உள்ள செங்குத்து வரிசை மிருதுவான கார உலோகங்கள் (லிதியம், ஸோடியம், பொட்டாசியம், ருபீடியம், ஸெஸீயம், பிரான்ஸியம்) அடங்கியவை. ஹைட்ரஜன் இரண்டு வரிசைகளில் இருக்கக்கூடும். இந்த வரிசையிலேயே சேர்க்கலாம். இவையெல்லாம் ஒரு பந்தம் உள்ளவை. அதாவது மேற்பரப்பில் ஒரு மின்னணு இவற்றிற்கு உண்டு. இதை இன்னொரு மூலகத்தோடு பகிர்ந்துகொள்ள முடியும்.

நீரகத்திற்கு ஒரே ஒரு மின்னணுதான். அதனுல் அது ஒரு பந்தமுள்ளது. லிதியத்திற்கு மூன்று மின்னணுக்கள் உண்டு. இருந்தாலும் அவற்றில் ஒன்று மேற்பரப்பில் இருப்பதுபோல் நடந்து கொள்கிறது. இன்னொரு தனிமத்திற்கு அது கிடைக்கும். அதே போல ஸோடியத்திற்கு 11 மின்னணுக்கள். ஆனுல் பந்த இயக்கத்திற்கு ஒரு மின்னணு மேல் பரப்பில் இருக்கிறது. பொட்டாசியம் (19 மி. அ.) ருபீடியம் (37 மி. அ.) செஸியம் (55 மி. அ.) இவை எல்லாவற்றிலும் ஒவ்வொரு மின்னணு பந்த மின்னணுவாக மேல்பரப்பில் இருக்கிறது.

ஆகவே, மின்னணுக்கள் வரிசை வரிசையாக ஓட்டுக் கூடுகள் ஒன்றின்மேல் ஒன்ருக இருப்பது போல் அமைந்திருக்கும் என்று நினைக்க வேண்டியிருக்கிறது. பீரியாடிக் பட்டியலை சுற்றிக்கொண்டு கார

உலோகங்களில் வரிசைக்கு வரும்போதெல்லாம் ஒரு புதிய மின்னணுவோடு ஒரு மின்னணுவுடன் வருவதைக் காண்கிறோம். ஒரு புதிய மேலோட்டிலுள்ள இந்த ஒரு மின்னணுதான் மற்ற தனிமங்களுக்கு சுலபமாகக் கிடைக்கிறது. இரசாயன முறையில் இந்த தனிமங்கள் ஒத்திருப்பதற்கும் இந்த மின்னணுதான் காரணம்.

இந்த மின்னணு ஓட்டுக் கருத்துச் சரியாக இருந்தால், இந்த மிருதுவான கார உலோகங்களின் ஒன்றுக்கு முன்னால் இருக்கும் தனிமம் முழுமையும் நிரந்தரத் தன்மையும் உள்ள மின்னணு ஓடு கொண்டதாக இருக்க வேண்டும். எளிதில் பிரிக்க முடியாத மின்னணுக்களாக இருக்க வேண்டும் அவை. அப்படி இருந்தால் அந்தத் தனிமத்திற்குப் பந்த மின்னணுக்கள் இரா. ஆகவே, அது ஜடப்பொருளாக அதாவது மற்றப் பொருட்களோடு சேராத பொருட்களாக இருக்க வேண்டும்.

இப்பொழுது பீரியாடிக் பட்டியலைக் கவனியுங்கள். லிதியத்திற்கு முன்னால் ஹீலியம் இருக்கிறது. ஹீலியம் ஜடவாயு. ஸோடியத்திற்கு முன் நியான், பொட்டாசியத்திற்கு முன் ஆர்கான். ருபீடியத்திற்கு முன் கிரிப்டான். செஸியத்திற்கு முன் ஜெனான். இவற்றிலெல்லாம் வரிசையில் முந்தி இருப்பது உறுதியான ஜடவாயு. இரசாயன ரீதியாக சேராதவை. இவையெல்லாம் ஒரே செங்குத்து வரிசையில் இருக்கின்றன. மையக் கருவைச் சுற்றி முழு அல்லது உறுதியுள்ள மின்னணு ஓடுகளைத் தவிர வேறு ஒன்றும் அவற்றிற்கு இராது என்று தோன்றுகிறது.

இப்படியாகப் பூர்த்தியான முதல் மின்னணு ஓட்டில் இரண்டு மின்னணு இருக்கும். இது ஹீலியம் இரண்டாம் பூர்த்தியடைந்த ஓட்டில் எட்டு மின்னணு இருக்கும். முதலும் இரண்டாவதும் சேர்ந்து பத்து

மின்னணுவாகிறது. இது நியான். அதே போல மூன்ருவது ஓட்டில் எட்டு மின்னணு. மூன்றையும் சேர்த்தால் 18 மின்னணுக்கள். இது ஆர்கான். கிரிப்டான் 4 ஓடும் 36 மின்னணுக்களும் கொண்டது. ஜெனுன் 54 மின்னணுக்கள் கொண்டது. அதனுடைய 5-வது மேல் ஓட்டில் 8 மின்னணுக்கள்தான் இருக்கின்றன. ரேடானுக்கு 86 மின்னணு. மேல் ஓட்டில் 8 மின்னணு. மேற்சொன்ன எல்லாவற்றிலுமே மேல் ஓட்டில் 8 மின்னணுக்கள்தான் இருக்கின்றன. 9-ம் படத்தைப் பாருங்கள். இந்த (எட்டு) 8 என்பது ஒரு ஒழுங்குடன் காணப்படுகிறது.

இந்த மேல் ஓட்டுக் கருத்தினுல் பீரியாடிக் பட்டியலில் அணு அமைந்துள்ளதைப் பற்றி மிகவும் பயனுள்ள தகவல்கள் கிடைக்கிறது. ஹீலியம் வரிசையிலுள்ள தனிமங்கள் முடிந்த உறுதியான மின்னணு ஓடுகளைக் குறித்தால் லிதியம் வரிசையிலுள்ள தனிமங்கள் புதிய ஓட்டிலுள்ள முதல் மின்னணுவைக் குறிக்கிறது. அடுத்துள்ள பெரிலியம் வரிசையில் புதிய ஓட்டில் இரண்டு மின்னணுக்கள் இருக்கும். இந்த இரண்டு மின்னணுக்களும் பரிமாறிக்கொள்ளக் கூடியவை. அதாவது பெரிலியம் வரிசையிலுள்ள தனிமங்கள் இரண்டு பந்தங்கள் உள்ளவை என்று அர்த்தம். அவை அப்படித்தான் இருக்கின்றன. கால்சியம் ஆக்ஸிஜனேடு சேர்கிறது. ஆக்ஸிஜன் இரு பந்தங்கள் உள்ளது. இந்தச் சேர்க்கையினுல் சுண்ணும்பு அல்லது கால்சியம் ஆக்ஸைடு ஏற்படுகிறது. இதேபோல மக்னீஷியம், பேரியம், பெரிலியம், ஸ்டோரண்டியம், ரேடியம் இவைகளெல்லாம் ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவுடன் சேர்ந்து நிரந்தர ஆக்ஸைடுகளை உருவாக்குகின்றன.

இதே போல ஜடவாயுக்களுக்கு முன்வரும் தனிமங்களைப் பார்ப்போம். ப்ளோரின் நியானுக்கு முன்

ஞல் வருகிறது. நியானுக்கு முதல் ஒட்டில் இரண்டு மின்னணுக்களும், இரண்டாவதில் எட்டு மின்னணுக் களும். ஆகவே ஒன்பது மின்னணுக்கள் கொண்ட ப்ளோரினுக்கு முன் ஒட்டில் இரண்டு, இரண்டாவது ஒட்டில் 7 மின்னணுக்கள்தான் இருக்கின்றன. முழு மைக்குத் தேவையான ஒரு மின்னணுவைக் காணும். ப்ளோரினுக்கு ஒரு மின்னணுவை இன்னொரு தனிமத் துடன் பகிர்ந்து கொள்வது எளிதாக இருக்க வேண் டும். (அந்த தனிமமும் ஒரு மின்னணுவை தரக்கூடிய தாகவும் இருக்க வேண்டும்.) ஸோடியம், கால்சியம் (இவற்றிற்கு மேல் ஒட்டில் மின்னணுக்கள் ஒன்றும் இரண்டும்தான்.) இவற்றுடன் ப்ளோரின் எளிதாக கலந்துகொள்ளும். ப்ளோரின் வரிசையிலுள்ள எல்லா தனிமங்களுக்கும் இந்த இயல்பு உண்டு. குளோரின், புரோமின், அயோடின் எல்லாம் எளிதில் ஸோடியம், லிதியம், பொட்டாசியம் இவற்றுடன் கலந்து ஸோடி யம் குளோரைடு, லிதியம் குளோரைடு போன்ற பல உப்புகளாக மாறுகின்றன. ஏனெனில் இந்த ஒவ் வொரு தனிமமும் ஏகபந்தமுள்ளவை. இரு பந்தங் களுள்ள கால்சியம், மக்னீஷியம் இவற்றுடன் சேர்ந்து மக்னீஷியம் குளோரைடு என்ற பொருட்களாக மாறு கின்றன. இந்த மாறுதல் நமக்கு என்ன தெரிவிக் கின்றன? ப்ளோரின், குளோரின் இன்னும் அந்த வரிசையிலுள்ள தனிமங்களுக்கு மின்னணு ஓடுகள் முடிந்து நிரந்தரமாக இருப்பவை என்றும் அவற்றின் மேல் ஒட்டிலுள்ள ஒரு மின்னணு மட்டும் அப்படி இல்லை என்று தெரிகிறது. ஒரு மின்னணுவுள்ள நீர கத்திற்கும் இது உண்மை. ஹீலியத்திற்கு உள்ள இரண்டு மின்னணுவுள்ள ஒட்டைவிட ஹைட்ரஜ னிற்கு ஒன்று குறைவு என்றுதான் சொல்லவேண்டும்.

முன்னொரு இடத்தில் அணுக்களில் எப்படி மின் சார ஏற்றம் கொள்கின்றன (அதாவது அயன்களா

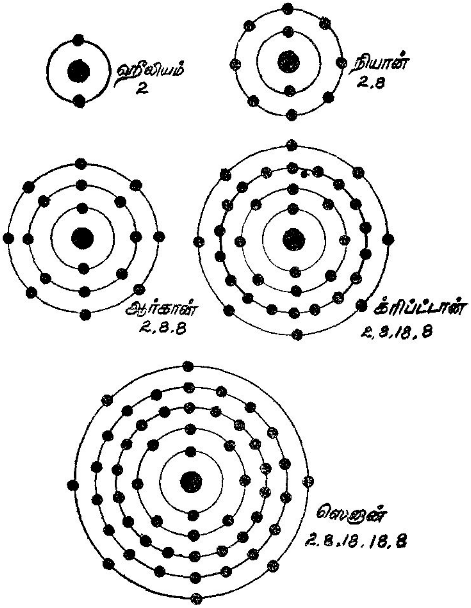
கின்றன. அயன்களாவது என்றால் ஒரு மின்சார களத்தில் அலையும் தன்மை உடையவை என்று பொருள்.) என்று பார்த்தோம். லிதியம், ஸோடியம் இன்னும் அதே பீரியாடிக் செங்குத்து வரிசையிலுள்ள கார உலோகங்கள் புதிய மேல் ஓட்டில் ஒரே ஒரு மின்னணு கொண்டிருப்பதால், இந்த மின்னணுவை எளிதில் நீக்கி தனிமத்தை மின்சார சமத்துவமில்லாமல் செய்துவிட முடியும். சாதாரணமாக மையக் கருவில் உள்ள நேர் மின்சக்தி மையக் கருவைச் சுற்றியுள்ள எதிர் மின்சக்தி கொண்ட மின்னணுக்களுக்கு சமமானதாக இருக்கும். இந்த மின்னணுவில் ஒன்றை நீக்கிவிட்டால் அணுவிற்கு கூடுதலாக ஒரு நேர் மின்சக்தி இருக்கும். நேர்மின் அயனாக அது மாறும். கார உலோகங்கள் இப்படித்தான் அயன்களாக மாறுகின்றன. லிதியம் அயன், ஸோடியம் அயன், பொட்டாசியம், அயன் முதலியவைகள் இப்படி ஒவ்வொரு கூடுதலான நேர் மின்சக்தியுடன் அயன்களாகின்றன.

பெரிலியம் வரிசையிலுள்ள தனிமங்கள் இருபந்தம் உள்ளவை. அவற்றின் இரண்டு மின்னணுக்களை எளிதில் நீக்கலாம். முன் உள்ள கார உலோகங்களில் உள்ள ஒரு மின்னணுவை நீக்குவதுபோல அவ்வளவு சுலபமில்லாவிட்டாலும், பொதுவாக சுலபம் என்றுதான் சொல்லவேண்டும். கால்சியம், மக்னீசயம் முதலியவைகள் இப்படித்தான் இரண்டு அதிகப்படியான நேர் மின்சக்தியுடன் அயன்களாகின்றன.

கடைசியாக போரான் வரிசையிலுள்ள தனிமங்களுக்கு மேல் ஓட்டில் மூன்று மின்னணுக்கள் இருக்கும். இவற்றை நீக்கினால் மூன்று நேர் மின்சக்தி அதிகம் கொண்ட அயன்கள் ஆகும். (அலுமினியம், ஸிரியம் முதலியன.)

இப்பொழுது ப்ளோரின், குளோரின் முதலியவை உள்ள செங்குத்து வரிசையை கவனியுங்கள். 8 மின்

ணணுக்கள் வேண்டிய மேல் ஓட்டில் இவைகளுக்கு ஒன்று குறைந்திருக்கிறது. அதாவது ஒரு மின்னணு எளிதில் உள்ளே நுழையலாம். அப்பொழுது மையக் கருவிலுள்ள நேர் மின்சக்தியைவிட ஒரு எண்ணிக்கை

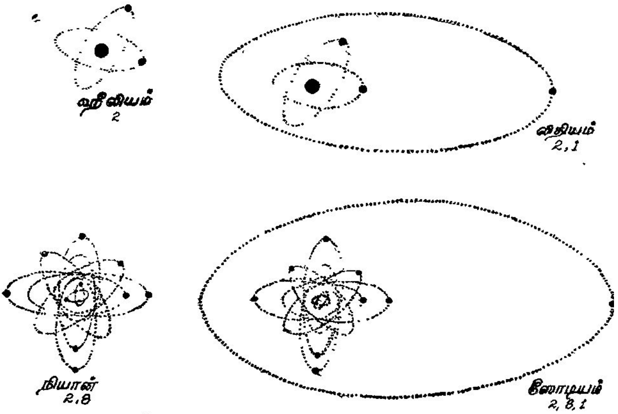


படம் 9. உயர்ரக வாயுக்களில் (gas) உள்ள மின்னணுக்கள் அமைப்புகள்

ஹீலியத்தில் இரண்டு மின்னணுக்கள் உண்டு. மற்ற உயர் ரக வாயுக்களுக்கு கடைசி ஓட்டில் எட்டு மின்னணுக்களும் உள் ஓடுகளில் ஏராளமான மின்னுக்களும் செறிந்திருக்கின்றன.

அதிகமாக உள்ள மின்னணுக்கள் கிடைக்கின்றன. அது எதிர் மின்சக்தி உள்ளதாக இருப்பதால் இந்த தனிமம் ஒரு எதிர் மின் அயனாக மாறிவிடும். இப்படியாக ப்ளோரின். குளோரின் அயடின் எல்லாம் ஒரு எதிர் மின்சக்தி கூடுதலாகி எதிர் மின் அயன்களாகின்றன.

9-ம் படத்தைப் பாருங்கள். மின்னணு ஓடுகள் வட்டங்களாகக் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. காகிதம் தட்டையாக இருப்பதால் இப்படிக் காண்பிக்கவேண்டியிருக்கிறது. உண்மையில் இந்த ஓடுகள் கோளங்களாகவும் முப்பரிமாணம் கொண்டும் இருக்கும். ஆனால், இது முற்றிலும் உண்மையல்ல. மின்னணுக்களின்



படம் 10. மின்னணுக்கள் சுழலும் பாதை வடிவம்

ஹீலியத்திலும், நியானிலும் மின்னுக்கள் செல்லும் எல்லா வட்டங்களும் ஒடுக்கமாக உள்ளன. லிதியம், ஸோடியம்—இவ்விரண்டிலும் எல்லாவற்றிற்கும் வெளியே புதிதாக ஒரு வட்டததில் ஒரு மின்னணு பாய்கிறது.

போக்கு சரிவட்டமாக இன்றி முட்டை வடிவில் இருக்கும். (Ellipses) 10-வது படம் இந்தக் கற்பனையைத் தான் சித்திரிக்கிறது.

மையக் கருவைச் சுற்றி உறைமேல் உறையாக மின்னணுக்கள் அமைந்துள்ளன என்ற கருத்து விஞ்ஞானத்திலேயே மிகமிக அழகிய கருத்துக்களில் ஒன்று. எல்லா மின்னணுக்களின் இடங்களும் சலனங்களும் இப்பொழுது சரியாகவே நிர்ணயிக்கப் பட்டுள்ளன. முக்கியமாக ஒளி நிறங்கள் சம்பந்தமான மின்னணுக்கள், தனிமங்களால் வெவ்வேறு நிலைகள் கிரகிக்கப்படும் மின்னணுக்கள்—இந்தத் துறைகளில் மகோன்னதமான சிந்தனையும், கற்பனையும்எழுந்திருக்கின்றன.

ஆனல் நாம் கவனிக்க வேண்டியது இதுவல்ல. மையக் கருவைப் பற்றித்தான் நாம் ஆராய வேண்டும்.

4

அணு அமைப்பு முழுமை பெறுகிறது

1. ஐஸடோப்புக்கள்—வெளியே ஒத்தும் வேறுபட்டும் உள்ள அணுக்கள்

அணுக்கள் புரோட்டான்களாலும் மின் அணுக்களாலும் ஆனவை. புரோட்டானின் நிறை 1. மின்னணுவின் நிறை 1/1840 அல்லது 0·00054 யூனிட். மின்னணு இவ்வளவு இலேசான எடையாக இருக்கும்போது ஏன் தனிமங்களின் அணு எடை முழு எண்களாகவோ அல்லது ஏறக்குறைய முழு எண்களாகவோ இல்லை. இந்தப் பிரச்னை மிகவும் பழையது. 19-வது நூற்றுண்டின் தொடக்கத்தில் டால்டன் அணுக் கொள்கையை எடுத்துரைத்ததும் ப்ரௌட் என்பவர் எல்லா அணுக்களும் ஹைடிரஜனுல் ஆனது என்று சொன்னுர்.

ஆனுல் தனிமங்களின் அணு எடை ஹைடிரஜனின் எடையின் வள்ளிசான மடங்குகளாக இல்லாததால் ப்ரௌட்டின் யோசனை மறுக்கப்பட்டது. 1900-க்கு முன் அணு எடைகள் 4-வது 5-வது தசாம்ச ஸ்தானங்கள்வரை சரியாகக் கணக்கிடப்பட்டுவிட்டன. நிச்சயமாக அவை முழு எண்களல்ல. ஹைடிரஜனின் பன் மடங்குகளும் அல்ல. ப்ரௌட்டின் கொள்கை மறுக்கப்பட்டு விட்டாலும் ஏறக்குறைய அதே மாதிரியான புரோட்டான் மின்னணு கொள்கையை நாம் ஏற்றுக் கொண்டிருக்கிருேம். இது சரியாக இருந்தால் அணு எடைகள் ஏன் முழு எண்களாக இல்லை என்ற கேள்வி எழுகிறது.

அதிர்ஷ்ட வசமாக இந்தக் கேள்வி ஆராய்ச்சியாளர்களை நீண்ட காலம் தொல்லைப் படுத்தவில்லை. ஏனெனில் அணு மையக் கரு கொண்டது என்ற ரூதர் போர்டின் கருத்து நிலைபெற்றுவிட்டது. அணு எடை முழு எண்ணுக இல்லாததற்குக் காரணம் தனிமங்கள் இரசாயன ரீதியில் பிரிக்கப்படும் பொழுதோ, சுத்தமாக்கப்படும் பொழுதோ ஒரே தனிமங்களாக இல்லாமல் கலவைகளாக இருப்பதுதான். இதைச் சற்று விவரமாகச் சொன்னுல்தான் புரியும்.

அமோனியம் என்ற தனிமத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். 1906-ல் போல்ட்உட் என்பவர் கண்டுபிடித்த புதிய தனிமம் இது. யுரேனியம் மிகுந்துள்ள பிட்ச் பிளெண்ட் என்ற கனிப்பொருளிலிருந்து பிரித்து எடுத்தார் அவர். இந்தக் கனிப் பொருளிலிருந்துதான் க்யூரி தம்பதிகளுக்கு ரேடியம் கிடைத்தது. அமோனியத்தின் இரசாயன குணங்கள் தோரியத்தைப் போலவே இருந்தன. அதே தோற்றம். அதே கரைவுகள். அதே கொதிநிலை. அதே நிறம்கூட. அணு எடை மட்டும் வேறுபட்டிருந்தது. அமோனியத்தின் அணு எடை 231·5. தோரியத்தின் அணு எடை 232·1.

இரு தனிமங்களையும் ஒப்பிட்டால் இரண்டும் இரசாயன ரீதியில் ஒத்திருந்ததுமன்றி ஒன்று என்றும் தோன்றிற்று. இரண்டையும் கலந்தால் பிரிக்க முடிய வில்லை. பிரிப்பது ஒரு இரசாயனக் கிரியை, கரைவு, கொதிநிலை அல்லது கலக்கும் ஆற்றல் முதலிய வேறு பாடுகளை பொறுத்தது. இரண்டு வெவ்வேறு பொருட் களை ஒரு கரைவில் கரைத்தால், இன்னொரு திரவத் தைச் சேர்ப்பது ஒரு பொருளை திடப்பொருளாகவிட்டு விடலாம். இன்னொரு பொருள் கரைந்தே இருக்கும். ஆனால் தோரீயமும் அமோனியமும் ஒரே இரசாயன குணங்கள் உள்ளவை. பிரிக்க முடியாது. ஆனால் இரண்டும் ஒரே பொருள் என்று சொல்வதற்கில்லை. ஏனெனில் அணு எடைகள் மாறுபடுகின்றன.

அணு எடை வித்தியாசம் 0·6 தான். மிகவும் சொற்பம். ஆயினும் பல தசாம்ச ஸ்தானங்களின் அளவுக்கு அணு எடைகளை தீர்மானிப்பது என்றால், இந்த 0·6 வேறுபாடே நிச்சயமான, உண்மையான வேறுபாடாகத்தான் இருக்கவேண்டும்.

இப்படி ஒரே இரசாயன இயல்புள்ள இரண்டு பொருட்களுக்கு வெவ்வேறு அணு எடை என்றால், இது ஒரு பெரிய புதிர்தான். ஆனால் இந்த விஷயத் தில் புதிர்கள் ஜோடி ஜோடியாக வந்தன. ரேடியம் தானாக ஆல்பாதுகள்கள், மின்னணுக்கள், காமாகதிர் கள் இவற்றை விடுக்கின்றன. மீதி இருப்பது ரேடான். ரேடானே கதிர் இயக்கம் உள்ளதுதான். ஆனால் சீக் கிரம் ரேடியம்—அ. ஆகவும் ரேடியம்—பி. ஆகவும் பிரி கிறது. ரேடியம் அ கதிர் இயக்கம் உள்ளது. ரேடியம் பி ஆனது ரேடியம் ஸி ஆக மீண்டும் சிதைகிறது. இப்படி பல மாற்றங்களுக்குப் பின்னர் மாறாத, ஈயம் போன்ற ஒரு பொருளாக முடிகிறது. ஈயம் மாதிரியே தோற்றம், நிறம் இரசாயன இயல்புகள் இன்னும் மற்ற குணங்களும், சாதாரண ஈயத்தோடு இதைக்

கலந்தால் கலவையைப் பிரிக்க முடியாது. ஆனுல் இரண்டும் பிறந்த இடம் வெவ்வேறு.

ஈயத்தில் இன்னெரு வகைஇருப்பது தான் புதிரை இன்னும் சிக்கலாக்குகிறது. தோரியம் என்ற தனிமம் 90-வது தனிமம். இதுவும் கதிர் இயக்கமுள்ளது. ரேடியத்தைப் போன்ற கதிர் இயக்க மாற்றங்கள் உள்ளது. இதுவும் இம்மாற்றங்களின் விளைவாக சாதாரண ஈயத்தைப் போன்ற ஒரு பொருளாக முடிகிறது.

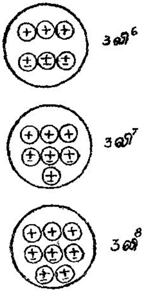
1910-ல் பிரடரிக்: ஸாடி என்பவர் இந்தப் புதிர்களின் பொருளைக் கண்டுபிடிக்க முயன்ருர். அசாத்தியமான தைரியத்துடன் இந்த மூன்று ஈயங்களும் அணு எடையில் வேறுபட்டிருக்குமென்றும், தோரியத்திலிருந்து வந்த ஈயம் சாதாரண ஈயத்தைவிட அதிக அணு எடை உள்ளதாகவும், ரேடியத்திலிருந்து வரும் ஈயம் சாதாரண ஈயத்தைவிட குறைந்த அணு எடை உள்ளதாக இருக்குமென்றும் ஹேஷ்யமாகச் சொன்ருர். அதே சமயம் காஸிமீர் பஜன்ஸ் என்பவர் இதே போல இன்னெரு ஹேஷ்யத்தை வெளியிட்டார். இரண்டும் சரியாக இருந்தன. சாதாரண ஈயத்தின் அணு எடை 207·2. தோரியத்தின் அணு எடை 207·9. ரேடிய ஈயத்தின் அணு எடை 206·1. ஒன்று சாதாரண ஈயத்தைவிட 0 7 அதிகமாகவும் இன்ஞென்று 1·1 குறைவாகவும் இருக்கிறது. அமெரிக்காவில் இருந்த தியோடோர் W. ரிச்சார்ட்ஸ் ஜெர்மனியிலிருந்த ஹோனிக்ஸ்மித் என்ற இருவரும் இவற்றை நிர்ணயித்தார்கள். அணு எடை நிர்ணயத்தில் இந்த இருவரும் பிரபல மேதாவிகள். இவர்களுடைய முடிவைப் புறக்கணிக்க முடியாது. ஒரே இரசாயன இயல்புள்ள தனிமங்கள் ஏன் இப்படி அணு எடையில் வேறுபடுகின்றன ?

ஸாடி இந்தப் பொருட்களை ஐஸடோப்புகள் என்று

சொன்ஞர். கிரேக்க மொழியில் ஐஸோ என்ருல் 'அதே' அல்லது 'ஒத்த' என்று அர்த்தம். டோபோஸ் என்ருல் இடம் என்று பொருள். ஐஸடோப் என்ருல் பீரியாடிக் பட்டியலில் ஒரே இடத்தில் உள்ள தனிமங்கள் என்று பொருள். இவைகளுக்கு அணு எண் ஒன்று தான். இரசாயன இயல்புகளும் ஒன்றுதான். அணு எடை மாறிஞலும் இவை மாரு.

ஒரு தனிமத்தின் இரசாயன இயல்புகள் மையக் கருவுக்கு வெளியேயுள்ள மின்னணுக்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தது என்று முன்னமேயே தெரிந்து கொண்டிருக்கிரேம். மின்னணுக்களின் எண்ணிக்கையும் மையக் கருவிலுள்ள நேர்மின்சக்தியின் தொகையும் சமமாக இருக்கும். ஆகையால் இரண்டு தனிமங்கள் இரசாயன முறையில் வெவ்வேறு என சொல்ல முடியாத நிலையில் இருந்தால் மையக் கருவிலுள்ள நேர் மின்சக்தி மின்னணுக்கள் அமைந்துள்ள வரிசை எல்லாம் இரண்டுக்கும் ஒன்ருக இருக்கும்.

ஆஞல் நேர் மின்சக்திக்கு தேவையான புரோட்டான்களைவிட வேறு ஏதோ அந்த மையக் கருவில் இருக்கிறது என்றும் தெரிந்து கொண்டோம். ஹிலியத்திற்கு இரண்டு புரோட்டான்கள். அதாவது நேர் மின்சக்தி. ஆஞல் அதன் எடை 4 ஆக இருப்பதால் இந்த அதிகப்படி 2 வேறு ஏதோ ஒன்று இருக்க வேண்டும். இந்த அதிகப்படியான 2-க்கு காரணம் மையக் கருவிலேயே உள்ள ஒவ்வொரு மின்னணுவால் அவைகள் ரத்து செய்யப்படுகின்றன என்றும் தற்காலிகமாக ஒரு சமாதானம் செய்து கொண்டோம். லிதியம் 7 அணு எடையும் 3 அணு எண்ணும் உள்ளது. அதன் மையக் கருவில் 7 புரோட்டான்கள். இதில் 4 மையக் கருவிலேயே உள்ள நான்கு மின்னணுக்களால் ரத்தாகின்றன. மீதி 3 நேர் மின்சக்தி.



படம் 11. லிதியம் ஐஸடோப்புகள்

மேலுள்ள மூன்று ஐஸடோப்புகளிலும் ப்ரோட்டன்களின் எண்ணிக்கை சமமாக உள்ளது. ஆகவே உட்கருவில் நேர்மின்சக்தி (பாஸிடிவ்)யின் எண்ணிக்கை 3 தான். மூன்று நேர்மின்சக்தியிருந்தால் 3 மின்னணுக்களும் இருக்கும். ஆகையால் மூன்று ஐஸடோப்புகளும் ரசாயன ரீதியில் ஒத்தேயிருக்கின்றன.

இப்பொழுது லிதியம் அணுவானது 11-வது படத்தில் காட்டியபடி வேறு விதமாக அமைந்துள்ளது என்று வைத்துக் கொள்வோம். மையக் கருவில் ஆறே புரோட்டான் என்றும், அதில் 3 அங்கேயேயுள்ள 3 மின்னணுக்களால் ரத்தாகிறது என்றும், வைத்துக் கொள்வோம். இன்னும் மையக் கருவில் 3 நேர் மின்சக்தி இருக்கிறது. இந்த அணுவிற்கு இரண்டு வட்டங்களில் அமைந்த 3 புறமின்னணுக்கள் உண்டு. இரசாயன இயல்புகளுக்கு காரணம் வெளியேயுள்ள மின்னணுக்கள் ஆதலால் இந்த அணுவும் இரசாயன ரீதியாக சாதாரண லிதியம் அணுவைப் போல் தான் இருக்கும். அதே அணு எண்ணை 3-ம் பீரியாடிக் பட்டியலில் அதே இடமும் தான் இருக்கும்.

அதன் அணு எடை மட்டும் சாதாரண லிதியத்தை விட ஒன்று குறைவாக இருக்கும். அதாவது 7-க்கு பதிலாக 6.

இதே போல மையக் கருவில் 8 புரோட்டான்கள். அதில் அங்கேயேயுள்ள 5 மின்னணுக்களால் ரத்தா கிறது என்று வைத்துக் கொள்வோம். இங்கு மையத் திலுள்ள நேர் மின்சக்தி 3-ம் வெளியே 2 வட்டங்க ளாக அமைந்த 3 மின்னணுக்களும் இருக்கும். இந்த அணுவிற்கும் லிதியத்தின் இரசாயன குணங்களெல் லாம் இருக்கும். அணு எண் 3. அதே இடம். ஆனல் அணு எடை மட்டும் 7-க்கு பதிலாக 8.

ஸாடியின் கருத்துப்படி இந்த மூன்றும் ஐஸடோப் புகள். அதாவது ஒரே இரசாயன இயல்பும் வெவ்வேறு அணு எடையும் உள்ள மூன்று லிதியம் ஐஸடோப்பு கள். இவ்வாறு ஸாடி அமோனியத்தையும் தோரீயத் தையும், மூன்று வகை ஈயங்களேயும் விளக்கினர். அயோனியமும், தோரியமும் ஐஸடோப்புகள். அவற் றின் அணு எண் 90. இரண்டுக்கும் ஒரே நேர் மின் சக்தி. மையத்திற்கு வெளியே ஒரே வகையாக அமைந்த ஒரே எண்ணிக்கையுள்ள மின்னணுக்கள். ஆனல் மையக் கருவில் ரத்தான புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை வேறுபட்டிருக்கும். இதனுல்தான் அணு எடை மாறுபடுகிறது. இதே போல ஈயம், ரேடிய—ஈயம், தோரீய—ஈயம் எல்லாம் ஐஸடோப்புகள். ஒரே அணு எண். ஆனல் ரத்தான புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை வித்தியாசப்படும்.

ஸாடியின் இந்தக் கருத்து அமோனியமும், தோரீயமும் அணு எடையில் மாறுபடுவதை விளக்குகிறது. ஆனல் இரண்டு எடைகளும் முழு எண்ணுக இல்லாத காரணம் என்ன ? ஸாடி இதற்கும் விடை சொன்னர். அமோனியமோ; தோரீயமோ சுத்தமான ஐஸடோப் பல்ல. ஒவ்வொன்றும் கலவை.

லிதியத்தை பரிசோதிப்பது எளிது. மூன்று வகை லிதியத்தைப்பற்றி நாம் பார்த்தோம். இரசாயன ரீதியில் இவைகள் ஒன்றே. சாதாரண லிதியத்தின் அணு எடை 7. இன்னொன்று 6. இன்னொன்று 8. இயற்கையில் காணப்படும் சாதாரண லிதியம் இந்த 3-ல் இரண்டின் கலவை என்று வைத்துக் கொள்வோம். சாதாரண லிதியமும், இலேசான லிதியமும் கலந்தது என்று வைத்துக் கொள்வோம். இவ்விரண்டையும் சம விகிதத்தில் கலந்தால் அணு எடை 6-க்கும், 7-க்கும் இடையிலோ அல்லது 6·5 ஆகவோ இருக்கும். உண்மையில் லிதியத்தில் அணு எடை 6·93. 7-க்கு மிக அருகில் இருக்கிறது இது. ஆகவே இந்த இலேசான ஐஸடோப்பானது இந்தக் கலவையில் ஒவ்வொரு 20 அணுவுக்கும் ஒன்ருக கிடைக்கும் என்று தோன்றுகிறது. இயற்கையில் காணப்படும் பெரும்பாலான தனிமங்கள் ஐஸடோப்புகளின் கலவை என்று வைத்துக் கொள்வோம். அப்பொழுது அணு எடை முழு எண்ணுக இல்லாமல் இருப்பது நமக்கு உபயோகமாக இருக்கும். இயற்கையாகக் கிடைக்கும் தனிமங்களில் வெவ்வேறு ஐஸடோப்புகள் எந்த விகிதத்தில் கலந்திருக்குமென்று தெரியும். இந்த ஊகம் சரியாகவே இருந்தது. ஆனல் 1910-ம் வருஷம் இது வெறும் ஊகமாகத்தான் இருந்தது.

இந்த அத்தியாயத்தை முடிக்கு முன்பு ஐஸடோப்புகளுக்கு எப்படி பெயர் வைப்பது என்று தெரிந்து கொள்வோம். லிதியத்தின் அணு எடை 3. அதன் சாதாரண ஐஸடோப்பிற்கு அணு எடை 7. இதை 3 Li என்று குறிப்பிடுவோம். முதல் மூன்று அணு எண். 7 அணு எடை 3 Li. இன்னொரு ஐஸடோப் 3 Li என்று குறிப்பிடுகிறோம். 3 Li என்பதை இதுவரை கண்டு பிடிக்கப்படவில்லை. ஐஸடோப்புகளைப்பற்றி சொல்லும்பொழுது அணு எடையைத்தான் குறிப்பிடு

கிறார்கள். எண் தெரிந்திருப்பதால் அதைக் குறிப்பிடுவதில்லை. விதியம்—6, விதியம்—7 அல்லது விதியம்—8 என்று சுருக்கமாகக் குறிப்பிடலாம்.

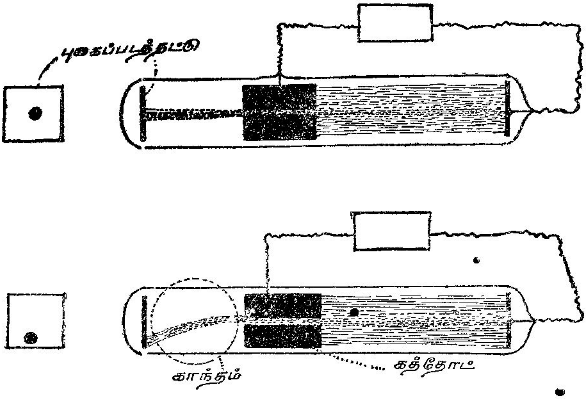
விரைவில் அநேக ஐஸடோப்புகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. ஆனால் ஸாடி கண்டு பிடித்த மாதிரி இல்லை.

2. ஐஸடோப் கொத்துகள்

மீண்டும் கீஸ்லர் குழாயைப்பற்றி நாம் கவனிப்போம். கீஸ்லர் குழாய் ஒரு கண்ணாடிக் குழாய். அதிலுள்ள காற்றெல்லாம் வெளியே இழுக்கப்பட்டு அது சூன்யமாகிவிடுகிறது. அதற்குள் உள்ள இரண்டு உலோகத் தகடுகளிடையே மின்சாரம் பாய்கிறது. ஒரு தகடு எதிர் மின்சக்தி கொண்டது. அதிலிருந்து நேர் மின்சக்தியுள்ள இன்னொரு தகட்டிற்கு மின்னணு சூன்ய வெளி வழியாகப் பாய்கிறது. எதிர் மின் தகடு கத்தோடு. நேர் மின் தகடு ஆனோடு.

குழாயிலுள்ள வாயு மூலம் மின்சாரம் பாயும் பொழுது வாயுவின் அணுக்களிலிருந்து எதிர் மின் சக்தியுள்ள மின்னணுக்களைப் பிரித்து கத்தோடிலிருந்து ஆனோடுக்கு மின்சக்தி கொண்டு செல்கிறது. அணுவில் மிஞ்சி இருப்பவை நேர்மின் அயன்கள். இந்த அயன்கள் எதிர் திசையில் பாயவேண்டும்—அதாவது ஆனோடிலிருந்து கத்தோடுக்கு. முதலில் இவை கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பொழுது நேர் மின் கிரணங்கள் என்று சொன்னார்கள். அவற்றை ஆராய்ந்த பிறகுதான் ஐஸடோப்புகளைப்பற்றி நம் அறிவு வளர்ந்தது.

இந்த நேர் மின் கிரணங்களை ஆராய ஜே. ஜே. தாம்ஸன் இதற்கு முன் இல்லாத ஒரு புதிய குழாயை அமைத்தார். நேர் மின் கிரணங்கள் 12-ம் படத்தில் காட்டியுள்ளது போல் வலமிருந்து இடம் போனால் அவற்றைப் பிடித்து அவை என்னவென்று கண்டு



படம் 12. நேர்மின் கதிர்கள் பாயும் விதம்

மேல் படம்: *கத்தோடில் உள்ள துவாரத்தின் வழியாகப் பாயும் நேர்மின் கதிர்கள் புகைப்படத் தட்டின் மீது பாய்ந்து அதன் நடுவே ஒரு வட்டமாகக் காணப்படுகின்றன.*

கீழ்ப்படம்: *நேர்மின் கதிர்கள் பாயும் வழியில் ஒரு காந்தத்தை வைத்தால் கதிர்கள் காந்தத்தின் சக்தியால் வளைந்து விடுகின்றன. புகைப்படத் தட்டில் கீழ் ஓரமாக அந்த வட்டப் புள்ளி இப்போது தெரிகிறது.*

பிடிப்பது நல்லதல்லவா ? ஆகையால் தாம்ஸன் ஒரு கனமான கத்தோடை உபயோகப்படுத்தினார். அதன் மத்தியில் ஒரு நீண்ட துவாரம் செய்தார். கத்தோடை நோக்கி வரும் நேர்மின் கிரணங்கள் துவாரத்தின் வழியாக நேராக வரும் என்பது அவருடைய எண்ணம். இதற்காக கத்தோடுக்குஇடப்பக்கம் குழாயை நீளமாக்கினார் அவர். அதன் கோடியில் புகைப்படத் தகடு ஒன்றையும் வைத்தார். நேர்மின் கிரணங்கள் புகைப்

படத் தகட்டைத் தாக்கி ஒரு சிறிய கறுப்புப் புள்ளியை அதன் மேல் விட்டுவிடும் என்று நம்பிஞர் அவர். அவர் நினைத்தபடியே நடந்தது.

ஆகவே நேர் மின் கிரணங்கள் உண்டு என்று ஆய்விட்டது. ஆனுல் அடுத்து நடந்தது இதைவிட ஆச்சரியமாக இருந்தது. இந்தக் கிரணங்கள் எலக்ட்ரான்கள் நீங்கிய வாயுவின் அணுக்களாக இருந்தால் அதாவது அயன்களாக இருந்தால் வாயு அணுக்களின் அடர்த்தி அவற்றிற்கு இருக்கும், இந்த அடர்த்தியை எப்படி அளப்பது என்று தாம்ஸனுக்குத் தெரிந்தது. பல ஆண்டுகளுக்கு முன் மின்னணுக்களின் அடர்த்தியை அளந்தார். அதே முறையைத்தான் இங்கும் அவர் பயன்படுத்திஞர். குழாய்க்கு அருகில் சக்தியுள்ள காந்தத்தைக்கொண்டு போனுல் நேர்மின் துகள்களை சற்று வளைக்க வேண்டும். புகைப்படத் தகட்டை நடுமையத்தில் தாக்குவதற்குப் பதிலாக காந்தத்தின் சலனத்திற்கு தக்கவாறு மையத்திற்கு மேலேயோ கீழேயோ சற்று ஒதுங்கிஞற் போல தாக்க வேண்டும். மேலும் இந்தக் கிரணங்கள் வளைக்கப்படுவது துகள்களின் அடர்த்தியைப் பொறுத்திருக்கிறது. கனமான துகள்கள் இலேசான துகள்களைவிட குறைவாக வளையும். நேர்மின் கிரணத்தில் பலவித அயன்கள் இருந்தால் புகைப்பட தகட்டில் நடு மையத்திலிருந்து வெவ்வேறு தூரங்களில் பல புள்ளிகள் இருக்கும்—அயன்களின் அடர்த்திக்கு தக்கவாறு.

இந்தக் கருவியில் தாம்ஸன் முதன் முதலில் பயன்படுத்தியது வாயு நியான். இந்த மாதிரி குழாய்களில் சிவப்பு வர்ணமுள்ள விளக்குகள் இப்பொழுது சர்வ சாதாரணமாகிவிட்டன. 1910-ல் இது அவ்வளவாக இல்லை. தாம்ஸன் பயன்படுத்தியது மிகவும் சுத்தப் படுத்தப்பட்ட நியான் வாயு. அதனுடைய நேர்மின் கிரணங்களைக் காந்தத்தால் வளைத்து குழாயின்

கோடியில் படம் பிடித்தபொழுது நடுமையத்திலிருந்து சிறிது தூரத்தில் அடர்த்தியான கரும் புள்ளி தெரிந்தது. அதன் அடர்த்தி 20. நியானின் அணு எடை 20-க்கு சிறிது அதிகம்.

இந்த கரும் புள்ளி மட்டுமின்றி மையத்திலிருந்து இன்னும் சற்றுத் தூரத்தில் இன்னொரு புள்ளி காணப்பட்டது: அது அவ்வளவு கருப்பாக இல்லை. அதன் அணு எடை சுமார் 4 இருக்கும். இது ஹீலியம் என்று தெளிவாகத் தெரிந்தது. பீரியாடிக் பட்டியலில் ஒரே செங்குத்து வரிசையில் உள்ள ஜடவாயுக்கள் நியானும் ஹீலியமும் என்று நமக்குத் தெரியும். நியானைப் போன்ற தனிமங்களிலிருந்து ஏன் எல்லா அந்நியப் பொருட்களையும் நீக்க முடியவில்லை என்று புரிந்து கொள்வது சுலபம். உண்மையில் புகைப்படத் தட்டில் இன்னொரு இடத்தில் வேருெரு புள்ளி ஒன்று தெரிந்தது. இதன் அணு எடை சுமார் 40 இருக்கும். ஆர்கானின் அணு எடை 39·9 பீரியாடிக் பட்டியலில் அதே செங்குத்து வரிசையிலுள்ள இன்னொரு ஜடவாயு ஆர்கான்.

அது வரையில் சரிதான் ஆனால் புகைப்பட தகட்டை இன்னும் உற்று ஆராய்ந்தபொழுது நியானுக்குப் பக்கத்தில் இன்னொரு இலேசான புள்ளி ஒன்று தெரிந்தது. இதன் அணு எடை சுமார் 22 இருக்கும். ஜே. ஜே. தாம்ஸன் தன் நியானைப் பலமுறை சுத்தி செய்தார். ஆனால் 20 அடர்த்தியுள்ள இடத்தில் நியான் தெரிந்தபொழுதெல்லாம் பக்கத்தில் அதாவது 22 எடையுள்ள நிழல் போன்ற இலேசான புள்ளி ஒன்றும் தெரிந்தது. அப்படியானால் இரசாயன சுத்தியால் மட்டும் பிரிக்க முடியாத இரண்டுவித நியான்கள் இருக்குமாம்—அதாவது அணு எடை 20-ம், 22-ம் கொண்ட நியான்? நியான்களில் இரண்டுவிதம் இருந்தால் மிகமிக சுத்தி படுத்தப்பட்ட நியான் வாயுகூட

20. *18* எடை இருப்பதற்குக் காரணம் அது இரண்டு நியான் ஐஸடோப்புகளின் கலவையாக இருக்கவேண்டும் என்பதே. இந்தக் கலவையில்—நியான் 22-ன் பங்கு மிகமிக சொற்பமாக இருக்கவேண்டும்.

இந்தக் குறிப்புகள் கிடைத்தது 1913-ம் வருஷம். ஜே. ஜே. தாம்ஸன் டைரக்டராக இருந்த கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக் கழகத்தின் கவன்டிஷ் ஆராய்ச்சிக்கூடத்தில் அங்குள்ள இளைஞர்களில் ஒருவரான W. ஆஸ்டன் என்ற இளைஞர் இந்த கருத்துகள் சரியாக இருக்கின்றனவா என்று நிச்சயிக்க வழி தேடினார். இரசாயன முறைகளால் இரண்டுவித நியான்களையும் பிரிக்கமுடியாவிட்டால் பௌதிக முறையிலாவது நாம் பிரிக்க வேண்டும். மையக் கருவில் உள்ள அடர்த்தியைப் பொருத்த ஒரு இயல்பை இதற்கு உபயோகப்படுத்த வேண்டும். மின்னணுக்களைப் பயன்படுத்துவது போதாது. உதாரணமாக நியானை திரவமாக்கி அதை மெள்ள மெள்ள காற்றில் கரையுமாறு செய்வோம். நியான் 22 அணுக்கள் நியான் 20 அணுக்களைவிட 10 சதவிகித கனம் அதிகம். இந்த கன் ஐஸடோப்புகளின் அணுக்கள் திரவத்திலிருந்து காற்றில் போகவும் வாயுவாக மாறவும் சற்று சிரமப்படும். இலேசான நியான் சீக்கிரம் காற்றில் கரைந்துவிடும். திரவ நியானில் பெரும்பாலும் இவ்விதம் கரைந்ததும் மிச்சத்தில் முன்னைவிட அதிக கன நியான் இருக்கும்.

ஆஸ்டன் இந்தக் கருத்தை சோதனைக்குள்ளாக்கிப் பார்த்தார். ஆனால் வித்தியாசம் தெரியவில்லை. ஆகவே இதே மாதிரி இன்னொரு முறையைக் கையாண்டு பார்த்தார். ஒரு பாத்திரத்திலிருந்து இன்னொரு பாத்திரத்திற்குப் பரவிவிடுவதுதான் இந்த முறை. இரண்டு பாத்திரங்களுக்குமிடையே சுட்ட களிமண்ணால் ஆன ஒரு தடுப்பு இருக்கும். இந்தக் களிமண் மிக நுண்ணிய துவாரங்கள் உள்ள ஒரு

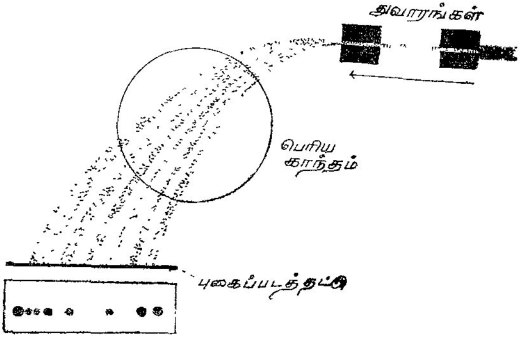
பொருள். இதன் வழியாக நியான் அணுக்கள் போக வேண்டும். கன நியான் ஐஸடோப் இலேசான நியா னைப்போல அவ்வளவு சீக்கிரம் போகாது. ஆகையால் தடுப்பு வழியாக போன நியானில் கன ஐஸடோப் குறைவாக இருக்கும். முதல் பாத்திரத்தில் மிஞ்சி யுள்ள வாயுவில் கன ஐஸடோப் அதிகமாக இருக்கும் என்று ஆஸ்டன் சொன்னார். இரண்டு பாத்திரங்களி லுமுள்ள வாயுக்களுக்கு இடையே அளக்கக் கூடிய வித்தியாசத்தைக் கண்டார் ஆஸ்டன். இதுவே அவர் கருத்து சரியாக இருக்கும் என்பதை உணர்த்தப் போதுமானது. ஆனால் பிரச்னை முடிவாகத் தீர இந்த சான்று மட்டும் போதவில்லை.

இந்த இரண்டு முறைகளையும் இங்கு சொன்ன தற்குக் காரணம் பிற்காலத்தில் இதே போன்ற முறை கள் வெற்றி கண்டதால் தான். பல காலம் கழித்து அணுகுண்டுக்கு வேண்டிய இந்த முறைகள் மிகவும் உபயோகமாக இருந்தன. ஆனால் ஆஸ்டன் முதன் முதலில் பரிசோதித்த பொழுது கணிசமான பலன் கிடைக்கவில்லை.

இது நடந்து 1914-ல், உலக யுத்தம் ஆரம்பிக்கு முன், இங்கிலாந்திலுள்ள இளைஞர்களில் பெரும்பா லோர் யுத்தத்தில் ஈடுபட்டார்கள். ஆராய்ச்சிச் சாலை களில் முன்னேற்றம் தேங்கிக் கிடந்தது. போருக்குப் பின் பிழைத்திருந்த ஆஸ்டன் 1919-ல் மீண்டும் இந்த வேலையை எடுத்துக்கொண்டார். ஆனால் இந்தத் தடவை அவர் பிரிக்கும் சோதனையை எடுக்கவில்லை. ஜே. ஜே. தாம்ஸனின் அடிச்சுவட்டைப் பின்பற்றினார்.

கீஸ்லர் குழாயை தாம்ஸன் செய்ததைவிட இன் னும் நீளமாக ஆக்கினார் ஆஸ்டன். கத்தோடில் செய்த ஒரு துவாரத்திற்குப் பதிலாக (இதன் வழியாக நேர் மின் அயன்கள் போகும்), ஆஸ்டன் இன்னொரு உலோ கத் தகட்டை ஒரு துவாரம் செய்து 13-வது படத்தில்

உள்ளது போல் சற்றுத் தள்ளினுற்போல வைத்தார். இந்த முறையில் முதல் துவாரத்தின் வழியாகப் போகும் நேர்மின் அயன்கள் சற்று தூரம் போன வுடன் விரியும். ஆனுல் 2-வது துவாரமானது முதல் துவாரத்திற்கும் 2-வது துவாரத்திற்கும் நடுவே நேர்க் கோடாக வந்த அயன்களைத்தான் உள்ளே அனுமதிக் கும். இதனுல் குழாயின் ஓரத்திலுள்ள புகைப்படத் தகட்டில் நறுக்காக ஒரு புள்ளி ஏற்படும். ஒரு பெரிய காந்தத்தை இந்த அயன் கிரணத்திற்கு அருகில் கொண்டுவந்தால் கிரணம் சற்று வளையும். இந்த வளைவு அயனின் அடர்த்தியைப் பொறுத்தது. இவ் வாறு புகைப்படத் தகட்டில் பல புள்ளிகள் பார்க்க லாம். இவற்றிற்கு இடையேயுள்ள இடைவெளி அயன்



படம் 13. ஐஸடோப்புகளைப் பிரிக்கும் மாஸ் ஸ்பெக்ட்ரோ மீட்டர்

கீஸ்லர் குழாயின் கத்தோட் உள்ள பகுதி இது. சற்றுப் பெரிதாக்கி மாற்றிக் காட்டப்பட்டுள்ளது. பெரிய காந்தம் வெவ்வேறு அடர்த்தியுள்ள துகள்களை வெவ்வேறு அளவில் வளைத்து விடுகிறது. லேசான துகள்கள் கனத் துகள்களைவிட அதிகமாக வளைக்கப்படுகின்றன.

களின் வெவ்வேறு அடர்த்திகளைப் பொறுத்தது. அயனின் அடர்த்தியானது மையக் கருவின் அடர்த்தி என்றே சொல்லலாம்; ஆதலால் இந்த முறையால் ஐஸடோப்புகளைப் பிரிக்கலாம்.

முதல் உலகப் போருக்கு முன்னமேயே கறுப்புப் புள்ளியான நியான் 20-ஐ அடுத்துள்ள நிழல் போன்ற புள்ளியான நியான் 22-ஐக் கண்டுவிட்டார். நியானின் ஐஸடோப்புகள் என்று அவற்றைப் புரிந்துகொண்டும் விட்டார். தன்னுடைய புதிய கருவியால் ஆஸ்டன் அநேகமாக எல்லாத் தனிமங்களுக்கும் எவ்வளவு சுத்தி செய்தாலும் இந்தப் பக்கப் புள்ளிகள் இருப்பதைக் கண்டார். இந்த வெவ்வேறு புள்ளிகளுக்கு ஏற்றவாறு அயன்களின் வெவ்வேறு எடைகளை நிர்ணயிப்பது சுலபமாக இருந்தது. ஆகவே விரைவில் பல தனிமங்களின் ஐஸடோப்புகளைக் கண்டார் ஆஸ்டன். இது மட்டுமின்றி ஒவ்வொரு தனிமத்திலும் ஐஸடோப்புகள் எவ்வளவு இருக்கும் என்பதையும் அவரால் காண முடிந்தது. ஏனெனில் புள்ளியின் கறுப்பு கப்பாகவோ, இலேசாகவோ இருப்பதற்குக் காரணம் தகட்டைத் தாக்கிய அயன்களின் எண்ணிக்கைதான். 13-ம் படத்தின் அடியிலுள்ள புள்ளிகளைப் பார்த்தால் புகைப் படத் தகடு எவ்வாறு காணப்படுகிறது என்று தெரியும்.

ஐக்கிய அமெரிக்காவில் கே. டி. பெயின் பிரிட்ஜ் என்பவர் பல தனிமங்களை ஆராய்ந்தார். இருவரும் எல்லாத் தனிமங்களையும் சோதித்துப் பார்த்தார்கள். ஒவ்வொரு தனிமத்திற்கும் ஒன்று முதல் 8 ஐஸடோப்புகள் இருந்தன. முதல் 92 தனிமங்களுக்கு மொத்தமாக சுமார் 250 ஐஸடோப்புகள் உண்டு. இதிலும் ஒரு ஒழுங்கு காணப்பட்டது. ஒற்றைப்படை அணு எண் உள்ள தனிமங்களுக்கு 3 ஐஸடோப்புகளுக்கு மேல் இருப்பதே இல்லை. இரட்டை எண்களுள்ள தனி

மங்களுக்கோ 8 ஐஸடோப் வரையில் இருந்தன. ஏன் என்று தெளிவாக இன்னும் தெரியவில்லே.

நம்முடைய முதல் கேள்வி என்ன? தனிமங் களின் அணு எண்கள் ஏன் முழு எண்களாக இல்லே என்பதுதான். இப்பொழுது சற்றுத் தைரியமாக இதற்கு விடை கூறலாம். தனிமங்கள் பெரும்பாலும் ஐஸ—கலந்திருப்பதால்தான். அவற்றின் அணு எடை பின்னமாக இருப்பது ஐஸடோப்புகள் கலந்துள்ள விகிதத்தைப் பொறுத்தது. ஒரு தனிமத்தின் அணு எடை கிட்டத்தட்ட முழு எண்ணுக இருந்தால் அது பெரும்பாலும் ஒரு ஐஸடோப் மிகுந்துள்ளது என்று அர்த்தம். புளோரின் (அணு எடை 19·00) ஸோடியம் (23·00) ஹீலியம் (4·00) இதற்கு உதாரணங்க ளாகும்.

3. ஒரு விசேஷ ஐஸடோப், கன ஹைட்ரஜன்

ஐஸடோப்புகள் நிறைந்திருப்பதால் ஒரு பிரச்னே நம்முன் எழுகிறது. ஆதியில் ஆக்ஸிஜனின் அணு எடை 16·000 என்று எதோ குருட்டாம்போக்கில் சொன் ஞர்கள். ஐஸடோப்புகளேப்பற்றி ஒன்றும் தெரியாத காலத்தில் இப்படிச் சொன்ஞல் பரவாயில்லே. ஆக்ஸி ஜனுக்கு ஐஸடோப்புகளே இல்லாமல் வெறும் $8O^{16}$ ஆக மட்டும் இருந்தால் கவலே இல்லே. ஆனல் ஆக்ஸி ஜனுக்கு O^{17}, O^{18} என இரு ஐஸடோப்புகள் உண்டு. O^{16} ஐநூறு இருந்தால் ஒரு O^{17}-ஞே, ஒரு O^{18}-ஞே காணப்படுகிறது. O^{16}-க்கு 16 000 என்று மதிப்புக் கொடுத்தால் மற்ற ஐஸடோப்புகளுக்கு மதிப்பு மூன்று பங்கு அதிகமாக இருக்கும். அதாவது 16·003 என்று இருக்கும்.

இந்த அற்ப வேறுபாட்டை ஞாபகம் வைத்துக் கொள்ள வேண்டிய அவசியமில்லே. மற்ற மூலகங்

களின் அணு எடையும் இதே பின்னமாக உயர்த்தியாக வேண்டும். ஆகவே குழப்பத்தைத் தவிர்ப்பதற்காக இயற்கை மதிப்பாக 16·000 என்ற பழைய மதிப்பை அப்படியே வைத்துக்கொண்டிருக்கிறுர். ஆனுல் இந்த வேறுபாடு மிக சொற்பமாக இருந்ததால் பல பேரை ஹைட்ரஜனைப் பற்றிச் சிந்திக்கத் தூண்டியது.

சுருங்கச் சொன்னுல் விஷயம் இதுதான். ஹைட்ரஜ அணு உண்மையில் ஒரே புரோட்டானும் ஒரே எலக்ட்ரானுமாக இருந்தால் சாதாரண நீரகத்தின் எடை அதிகமாகவே இருக்கிறது. அதாவது 16000-த்தில் 3 பங்கு. அல்லது 5000-த்தில் சுமார் 1 பங்கு. ஹைட்ரஜனின் அணு எடை 20 ஆண்டுகளுக்கு முன்னுலேயே மிகமிகச் சரியாக கணக்கிடப்பட்டுவிட்டது என்றும், 1·00778 அந்த அணு எடை என்றும் நாம் ஞாபகத்தில் வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். 0·02 சதவிகிதமான ஒரு பிழை பெரிய பிழை அல்ல. ஆகவே இந்த வேறுபாட்டிற்குக் காரணம் சொல்லவேண்டியிருந்தது.

ஹைட்ரஜனிற்கு ஒரு கன ஐஸடோப் இருந்தால் காரணத்தை விளக்க முடியும். ஆனுல், துரதிருஷ்டவசமாக ஆஸ்டனே, பெயின்பிரிட்ஜோ ஹைட்ரஜனிற்கு ஐஸடோப் கண்டுபிடிக்க முடியவில்லை. ஹைட்ரஜனை சுத்திசெய்து கீஸ்லர்க் குழாயில் பாய்ச்சிய பொழுது உரிய இடத்தில் ஒரே ஒரு புள்ளிதான் காணப்பட்டது. வேறென்றும் இல்லை.

ஹைட்ரஜனிற்கு ஒரு கன ஐஸடோப் இருக்கலாம். ஆனுல் மிகமிகச் சொற்பமாக இருந்தால் புகைப்படத் தகடுகளை பாதிக்கத் தவறலாம். கணக்குப் பார்த்த பொழுது நீரகத்திற்கு கன ஐஸடோப் இருந்தால் சாதாரண ஹைட்ரஜனில் 5000-த்தில் ஒரு பங்காக இருப்பது அணு எடையில் காணும் இந்த முரணுக்கு

காரணமாக இருக்கலாம் என்று தெரிந்தது. ஆனால் இதை எப்படி செய்து காட்ட முடியும். மிகமிக முன்னேற்றமடைந்த அளவுக் கருவியால்கூட இது இருப்பதாகக் கருத முடியவில்லையே.

இருக்கும் என்ற சாத்தியம் மட்டும் சுவராஸ்யமாக இருந்தது. சாதாரண ஹைட்ரஜ அணுவிற்கு ஒரு புரோட்டான், ஒரு மின்னணு, ஒரு அணு எடை. சந்தேகிக்கப்பட்ட இந்த ஐஸடோப் இருந்தால் அதற்கு இரண்டு புரோட்டான்கள் மையக் கருவில் இருக்க வேண்டும், அதில் ஒன்றை மையத்திலியே உள்ள ஒரு மின்னணு ரத்து செய்திருக்க வேண்டும். அப்படிச் செய்திருந்தால் மையத்தில் ஒரே ஒரு நேர் மின்சக்தியே மிஞ்சி இருக்க வேண்டும். இது வெளியேயுள்ள மின்னணுவால் ஈடுகட்டி யிருக்கப்பட வேண்டும். இந்த அணுவின் எடை இரண்டு. சாதாரண ஹைட்ரஜ அணுவைவிட இரண்டு மடங்கு கனம். உண்மையில் இது பெரிய வேறுபாடுதான். நியான் 20-க்கும் நியான் 22-க்கும் உள்ள வேறுபாடு 10 சதவிகிதம்தான். ஆஸ்டன் அதை பிரிக்கச் செய்த முயற்சிகள் வெற்றி அடையவில்லை மேலும் ப்ளோரின் ஐஸடோப்புகளை பிரிக்கச் செய்த முயற்சிகளுக்கும் வெற்றி அதிகம் கிடைக்கவில்லை. ஏனெனில் எடை வேறு மிகமிக சொற்பம். அதாவது ce 35, ce 37. இருந்தாலும் ஹைட்ரஜனைப் பற்றிய வரையில் சாதாரண ஹைட்ரஜனைவிட இரு மடங்கு கனமுள்ள ஒரு ஐஸடோப் இருக்கலாம். நியான் ஐஸடோப்புகளைப் பிரிக்க ஆஸ்டன் செய்த முயற்சிகளின் அடிப்படை சரியாக இருந்தால் ஹைட்ரஜனிற்கும் அவை பொருந்தத்தான் வேண்டும்.

இப்படித்தான் ஹாரல்ட்ஸி உரே என்பவர் நினைத்தார். திரவம் மெள்ள மெள்ள காற்றில் கரையச் செய்தால் சாதாரணமான இலேசு ஐஸடோப் காற்றில் கன

ஐஸடோப்பைவிட சீக்கிரத்தில் கரையும். இப்படிக் கரையும்பொழுது மிச்சமுள்ள திரவம் கன ஐஸடோப் பில் அதிகமாக இருக்கும். வரவர இது அதிகமாகி கடைசியில் புகைப்பட தகட்டிலும் இந்த கன ஐஸ டோப் தெரியும். உரே இவ்வாறு சிந்தனை செய்தார்.

இதைக் கேட்ட F. G. பிரிக்வெட் என்பவர் ஒரு காலன் திரவ நீரகம் தயாரித்தார். அதை மெள்ள மெள்ள காற்றில் கரைய விட்டார். கடைசியில் எஞ்சி யிருந்த ஒரு கிராம் நீரக திரவத்தை ($\frac{1}{28}$ அவுன்ஸ்) உரேக்கு அனுப்பி வைத்தார். கொலம்பியா பல்கலைக் கழகத்தில் உரேயும் G. M. மர்பி என்பரும் இதை சோதித்துப் பார்த்தார்கள். புகைப்படத் தகட்டின் மேல் நீரகபுள்ளி தெரிந்தது. அதோடு இது வரையில் கண்டிராத இன்னொரு புள்ளி இரண்டு அணு எடை உள்ள இடத்தில் தெரிந்தது. நீரகத்தின் கன ஐஸ டோப்பை தவிர ($1\ H^2$) வேறு எதாக இருக்க முடியும்?

இந்த அதிசய கண்டு பிடிப்பிற்காக 1934-ல் உரேக்கு நோபல் பரிசு அளித்தார்கள். அந்தக் காலத் தில் இந்தக் கன நீரக ஐஸடோப்பிற்கு ட்யுடீரியம் என்ற பிரத்தியேகப் பெயரும் D என்ற தனிச் சின்ன மும் அளித்தார்கள். சாதாரண நீரகத்தின் மையக் கரு புரோட்டான் என்று அழைக்கப்படுவது போல் ட்யுடீரியத்தின் மையக் கரு ட்யூடகான் என்று அழைக்கப்பட்டது.

நீரில் இரண்டு நீரக அணுக்களும் ஒரு பிராண வாயு அணுவும் உண்டு. ஆகவே நீரகத்திற்கு பதிலாக இரசாயன கிரியைகள் ட்யுடீரியத்தை உபயோகிக்க லாம். ஏனெனில் இரண்டும் ஐஸடோப்புகள்தான். அப்பொழுது என்ன ஆகும். D_2O என்ற கூட்டில் சாதாரண நீரகத்திற்குப் பதிலாக இரண்டு கன நீரகங் கள் இருக்கும். இந்த நீருக்கு கனநீர் என்று பெயர். சாதாரணமாகக் கிடைக்கும் தண்ணீரில் துளி அளவு

கன நீராக இருக்கும். சாதாரண நீரிலிருந்து இந்தக் கனநீரைப் பிரிப்பது ஒரு பிரச்னையாக இருக்கிறது. கன நீரைப் பிரிக்க வேண்டும். அல்லது சாதாரண நீரை கன நீரின் அளவுக்காவது கனப்படுத்தவேண்டும், கன நீரகத்தை கண்டு பிடித்த அதே முறையால்தான் கன நீரையும் தயாரித்தார்கள்.

இந்தக் கனநீர் அளவை நிறுத்து அளக்கலம்ா. சாதாரண தண்ணீர் துகளின் எடை 18. அதிலுள்ள ஒரு பிராணவாயு அணுவின் எடை 16. இரண்டு நீரக அணுக்களின் எடை ஒவ்வொன்றுக்கும் 1. கன நீர்த் துகளின் எடை 20 ஆக இருக்கும். ஏனெனில் கன நீரக அணுக்கள் இரண்டும் ஒவ்வொன்றும் எடை இரண்டு உள்ளதாக இருக்கும். அதாவது வேறுபாடு 20-ல் இரண்டு பங்கு. அல்லது பத்தில் 1. ஆராய்ச்சிசாலை யில் 10000-த்தில் 1-ஐ எளிதிற் நிறுக்க முடியும். ஆகவே 1000 பங்கு சாதாரண நீரில் ஒரு பங்கு கன, நீர் இருந்தால்கூட எளிதில் எடை போடலாம்.

இந்த எளிமை அணு அமைப்பைத் தவிர மற்றத் துறைகளிலும் உபயோகமாக இருந்தது. முக்கியமாக உடற்கூறு இயலில், சாதாரண நீரையும், கன நீரை யும் இரசாயன ரீதியில் அடையாளம் கண்டுபிடிக்க முடியாது. மனித சரீரம்கூட அவற்றை மனம்போன படி உபயோகிக்கிறது. சாதாரண நீரைநாம் குடித்தால் அது எத்தனை நேரம் நம் உடம்பில் எங்கு தங்குகிறது என்பதை சொல்ல முடியாது. ஆனால் கன நீரைக் குடித்தால் எந்தக் கணம் அது சிறு நீரில் போய் சேரு கிறது என்று அதன் எடையால் சொல்ல முடியும். ஏனெனில் இந்த சிறு நீரிலிருந்து தயாரிக்கப்பட்ட தண்ணீர் சாதாரண நீரைவிட கனமாக இருக்கும்.

பல கூட்டுப் பொருள்களில் சாதாரண நீரகத்திற் குப் பதிலாக கன நீரை உபயோகப்படுத்தலாம். உட லில் அவை போகிற போக்கையும் முன் சொன்னற்

போல கண்டுபிடிக்கலாம். உண்மையில் பல ஆராய்ச்சி யாளர்கள் கன நீரகத்தின் போக்கை மட்டுமின்றி, கன பிராண வாயு (O^{18}) இதர ஐஸடோப்புகள் இவற்றின் போக்கையும் கண்டார்கள். உடற்கூறு இயலில் ஒரு புதிய அத்தியாயமும் இப்பொழுது எழுதப்பட்டு வருகிறது.

அணு அமைப்பு ஆராய்ச்சியில் கன நீரகம் வெகு வாக உதவியிருக்கிறது. பின்னர் அணுசக்தியை வெளிப்படுத்துவதில் கனநீர் பெரும் பங்கு கொண்டி ருக்கிறது. கன நீரும், கன நீரகமும் கண்டுபிடிக்கப் பட்ட பிறகு ஐஸடோப்புகளுக்கான காரணங்களும் ஊர்ஜிதமாயின. அணு எடையும் இன்னும் அர்த்தம் கொண்டு விளங்கிற்று.

4. ஐஸடோப்புகளின் அடிப்படை நியூட்ரான்கள்

ஐஸடோப்புகள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டு அவற்றின் அமைப்பு விளக்கப்பட்டதும் ஒரு பிரச்னை தலை தூக் கிற்று. இதைநாம் முன்னமேயே முழுதும் சொல்லாமல் விட்டுவிட்டோம். மையக்கருவின் அடர்த்தி புரோட் டான்களுக்கு அதிகமாக இருக்கும் புதிர்தான் இது.

மீண்டும் ஒருமுறை பார்ப்போம். 3 அணு எண் ணும் 7 அணு எடையும் உள்ள லிதியத்திற்கு மையத் தில் 3 புரோட்டான்களும் வெளியே 3 மின்னணுக் களும் உண்டு. மையத்திலுள்ள 4 யூனிட்டுகளுக்கு கணக்குச் சொல்லியாக வேண்டும். இந்தக் கூடுதல் அடர்த்திக்கு 4 புரோட்டான்கள் காரணமென்றும் மையத்திற்கு உள்ளேயே உள்ள 4 மின்னணுக்களால் இந்த 4 புரோட்டான்களின் நேர்மின் சக்தி ரத்து செய்யப்படுகிறது என்றும் சமாதானம் செய்து கொண்டார்கள். இந்தக் கருத்தை ஒட்டித்தான் 8, 11-வது படங்கள் வரையப்பட்டன.

நீரகத்துக்கு அடுத்துள்ள எல்லா மூலகங்களுக்கும்

இந்தக் கூடுதல் அடர்த்தி உண்டு. கனமான அணுக்களில் அணு எண்ணிற்கும் நேர்மின் சக்திக்கும் பொறுப்பான புரோட்டான்களைவிட இந்தக் கூடுதல் அதிகமாகவே இருந்தது. யுரேனியத்திற்கு 92 புரோட்டான், 92 நேர் மின்சக்தி. ஆனால் கூடுதலாக 146 யூனிட் அடர்த்தி இருந்தது. இந்த 146-ம் புரோட்டான்கள் என்றும் இவற்றை மையத்திலேயேயுள்ள 146 மின்னணுக்கள் சரிக்கட்டி விடுகின்றன என்றும் சமாதானம் செய்துகொண்டார்கள்.

மையத்திற்குள் மின்னணு எப்படி இருக்கும்? ஏன்? நேர்மின் சக்திகளும் எதிர்மின் சக்திகளும் ஒன்றுக் கொன்று அழித்துக் கொள்ளவில்லை?—இப்படி எல்லாம் மிக ரசமாக விவாதங்கள் நடந்தன, அநேக பௌதீக விஞ்ஞானிகள் மையக் கருவை புரோட்டான்களாலும் ரேடியத்திலிருந்து வரும் ஆல்பாதுகள்களாலும் தாக்கி அதன் அமைப்பை ஆராயத் தொடங்கினார்கள்.

1930-ல் W. போதே என்பவரும், H. பெகர் என்பவரும் பெரிலியத்தின்மீது ஆல்பா துகள்களைப் பாய்ச்சினார்கள். மூலக வரிசையில் இது நான்காவது. ஒரு இலேசான உலோகம். அப்பொழுது பெரிலியத்திலிருந்து மிகுந்த ஊடுருவும் ஆற்றலுள்ள சில கிரணங்கள் வெளிப்பட்டன. இவை ரேடியத்திலிருந்து வருவது போன்ற காமா கிரணங்களாக இருக்குமோ என்று அவ்விருவரும் சந்தேகப்பட்டார்கள். ஆனால் அவர்கள் நினைத்தது தவறு என்று பின்பு தெரிந்தது.

பிரடரிக் ஜோலியோவும், அவர் மனைவி இரீன் க்யூரியும் (மேரி க்யூரியின் புதல்வி) 1932-ல் பெரிலியத்தை வைத்துக் கொண்டு அதே சோதனை செய்தார்கள். பெரிலியத்திலிருந்து வெளிப்பட்ட கிரணங்கள் ஒரு ஈயத் தடுப்பையே ஊடுருவிச் செல்வதைக் கண்டார்கள். சாதாரணமாக ஈயத்தடுப்பு காமா கிரணங்களை

உட்கிரகித்து விடும். இன்னொன்றும் அவர்கள் கண் டார்கள். பாரபின் தகட்டையோ அல்லது நீரகமுள்ள வேறு கூட்டுப் பொருளேயோ பெரிலியத்தைச் சுற்றி வைத்தால் பாரபனில் நுழைந்த கிரணங்கள் மிகவும் சக்தியுள்ள புரோட்டான்களேக் கக்குமாறு செய்தன. இந்த நிகழ்ச்சி அவர்களுக்குப் புரியவில்லே. மற்றவர் கள் அந்த ஆராய்ச்சியைத் தொடங்கினுர்கள்.

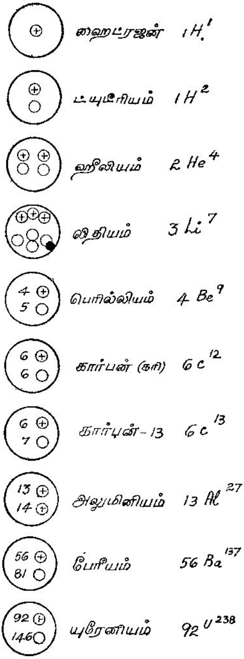
அதே வருஷம் ஜேம்ஸ் சாட்விக் என்பவர் இந்த சோதனே செய்தார். இந்தக் கிரணங்களே காந்தத் தால் வளைக்க முடியாது என்று கண்டார் அவர். அதாவது இந்தக் கிரணங்கள் நடு நிலேமை உள்ளவை என்று அர்த்தம். இந்த அம்சத்தில் அவை காமா கிர ணங்களேயும் எக்ஸ்ரேக்களேயும் ஒத்திருந்தன. ஆனுல் இந்தக் கிரணங்களின் வேகம் ஒளியின் வேகத்தில் **10**-ல் **1** பங்குதான் இருந்தது என்பதையும் கண்டார் சாட்விக். காமா கிரணங்களோ ஒளியின் வேகத்தி லேயே செல்பவை.

மேலும் இந்தக் கிரணங்களே நைட்ரஜன் மீது பாய்ச்சிய பொழுது எப்பொழுதாவது ஒரு நைட்ரஜன் அணுவை அது ஓங்கி அறைந்தது. காமா கிரணம் இப்படிச் செய்யாது. மின்னணுக்கள் போன்ற நுண்ணிய துகள்களேக்கூட அது தாண்டிக்கொண்டு போய்விடும். இதனுல் இந்தக் கிரணங்கள் துகள்க ளால் ஆனவை என்றும் அப்படித் துகள்களாக இருந் தால் அவை நடு நிலே உள்ள துகள்களாக இருக்க வேண்டும் என்றும் தெரிந்தது. காந்தத்தால் வளைக் கப்படாததால் இத்துகள்கள் நடுநிலே கொண்டவை.

இந்த நடுநிலேத்துகளின் அடர்த்தி• புரோட்டா னேப் போலவே **1** என்று கண்டார் சாட்விக். நியூட் ரான் என்று அதை அழைத்தார் அவர். அதற்காக **1935**-ல் அவருக்கு நோபல் பரிசு அளித்தார்கள்.

இந்த நியூட்ரான் கண்டு பிடிக்கப்பட்டதும் அணு

ஆராய்ச்சி வெகு வேகமாக முன்னேறிற்று. மையக் கருவிலுள்ள கூடுதலான அடர்த்தி நியூட்ரான்கள்



படம் 14. அணுக்களின் உட்கருக்கள்

சில முக்கியமான அணுக்களின் உட்கருவிலுள்ள ப்ரோட்டான் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை தரப்பட்டுள்ளது. இட வசதியை முன்னிட்டு, உட்கருக்கள் எல்லாம் ஒரே அளவில் வரையப்பட்டுள்ளன. உண்மையில் அவை ஒரே அளவுள்ளவை அல்ல. உள்ளே உள்ள துகள்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்து அளவுகள் வேறுபடும்.

தான் என்று தெரிந்தது. ஹீலியம் கருவில் 2 புரோட்டான்களும் 2 நியூட்ரான்களும் மையக் கருவிலேயே மின்னணுக்கள் இருக்கும் என்ற கொள்கைக்கு இப்பொழுது அவசியமில்லை. லிதியத்திற்கு 3 புரோட்டான்கள் 4 நியூட்ரான்கள். இப்படியே எல்லா தனிமங்களுக்கும் பார்த்துக் கொள்ளலாம்.

மையக் கருவிலுள்ள நேர்மின் சக்திக்குக் காரணம் முற்றிலும் புரோட்டான்கள்தான். அதன் அடர்த்தியும் அதனுல் அதன் அணு எடையும் புரோட்டான், நியூட்ரான் இவ்விரண்டின் அடர்த்தியால் ஆனவை. நீரகத்தைத் தவிர மற்ற மூலகங்களின் அணு எடை அணு எண்ணைப்போல் குறைந்த பட்சம் இரு மடங்கு இருப்பதால் ஒரு மையக் கருவில் எவ்வளவு புரோட்டான்கள் உண்டோ அத்தனை நியூட்ரான்கள் குறைந்த பட்சம் இருக்கும்.

14-ம் படத்தில் சில மூலகங்களின் மையக் கரு காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. அலுமினியத்தைப் பார்ப்போம். 13 புரோட்டான்களும் 14 நியூட்ரான்களும். பேரியத்திற்கு 56 புரோட்டான்களும் 81 நியூட்ரான்களும் யுரேனியத்திற்கோ 92 புரோட்டான்கள் 146 நியூட்ரான்கள் இந்த மூலகங்களும் அவற்றின் ஐஸடோப்புகளும் மிகவும் சுவாரஸ்யமானவை. படம் 14.

இதுதான் அணுஅமைப்பைப்பற்றிய தற்பொழுது உள்ள கருத்து. இந்த அணுவில் நம்ப முடியாத மகத்தான சக்தி ஒன்று இருப்பதாக ரேடியமும், கதிர் இயக்கமும் நமக்குக் காண்பித்தன. இந்தச் சக்தியை வெளிப்படுத்த அணுவைப் பிளந்தாக வேண்டும். எப்படி பிளக்க முடியும் என்பதுதான் இனிவரும் கதை.

5

சக்தியை விடுக்கும் அணுக்கள்

1. பொருளும் சக்தியும்

அடிப்படையாக இப்பொழுது மூன்று துகள்கள் நமக்குத் தெரியும். மின்னணு, புரோட்டான், எலக்ட்ரான். மையக் கருவிற்கு உள்ளும் வெளியேயும் இவை எப்படி அமைந்துள்ளன என்றும் நமக்குத் தெரியும். பீரியாடிக் பட்டியலில் அவை அமைந்துள்ள பட்டியலைப் பார்த்தாலும் எல்லாம் திருப்தியாக அழகாக இருக்கிறது.

ஆனால் பழையகேள்விகள் பலவற்றிற்கு இன்னும் விடை தெரியவில்லை. புதிய கேள்விகளும் எழுகின்றன. ரேடியத்தின் அணு எண் 88. அணு எடை 226. 88 புரோட்டான்களும் 138 நியூட்ரான்களும் உள்ள

மையக் கருவைச் சுற்றி 88 மின்னணுக்கள் வட்ட வரிசையாக இருக்கும். இந்த அமைப்பு பீரியாடிக் பட்டியலின் தேவைகளைப் பூர்த்தி செய்யவும் பௌதீக இரசாயன இயல்புகளை ஒட்டியும் உள்ளது. ஆனால் இந்த அமைப்பு ஏன் ஸ்திரமாக இல்லை. சதா சர்வ காலம் ஆல்பா, பீடா துகள்கள், காமா கிரணம், உஷ்ணம் இவற்றை வெளிவிட்டுக் கொண்டே இருப்பானேன். இவைகள் எங்கிருந்து வருகின்றன? இந்த சக்தி எங்கிருந்து வருகிறது.

நியூட்ரானை எடுத்துக் கொள்வோம். புரோட்டான், நியூட்ரான் இரண்டின் அடர்த்தியுமே 1. இவற்றிற்கு ஏதாவது தொடர்பு உண்டா? ஒரு புரோட்டானே ஒரு மின்னணுவை உள்ளேயே கிரகித்து நிரந்தரமாக நடுநிலை பெற்று விட்டதா? அல்லது இதற்கு மாறாக நடந்திருக்குமா? அதாவது அடிப்படைத் துகள் உண்மையில் நியூட்ரானாகவே இருக்குமா? இந்த நியூட்ரான் நேர்மின் சக்தி ஒரு யூனிட்டை கிரகித்து புரோட்டானாகி விட்டதா?

இந்தக் கடைசிக் கேள்வியைச் சற்று விளக்க வேண்டும். ஏனெனில் நேர்மின் சக்தி என்ற ஒரு புதிய கருத்தை அது கொண்டு வந்திருக்கிறது. 1932-க்கு முன் புரோட்டான்தான் நேர்மின் சக்தி யூனிட் என்று கருதப்பட்டு வந்தது. ஆனால் இந்தப் பெரிய அடர்த்திக்குச் சம்பந்தமில்லாமல் தனியான ஒரு நேர்மின் சக்தி இருக்கலாம். இதே அடர்த்தியுள்ள மின்னணுவுக்கு சமமாக நேர்மின் சக்தி யூனிட் ஒன்று இருக்கிறது என்று சந்தேகம் உண்டாயிற்று. 1931-ல் அது இருக்குமென்றே P. A. M. டிராக் என்பவர் ஹேஷ்யம் ஒன்று சொன்னார். 1932-ல் அது உண்மையாகவே இருப்பதை C. D. ஆண்டர்ஸன் என்பவர் சொன்னார். இதற்குப் பாஸிட்ரான் என்று பெயர். மின்னணுவைப் போன்ற சொற்பமான அடர்த்தி

அதற்கு உண்டு. அதன் சக்தி நேர்மின் சக்தி. ஆனால் இதை அதிகமாகக் காண முடியாது. மிகமிக குறுகிய காலம்தான் நீடிக்கிறது. ஏனெனில் அது ஏற்பட்ட வுடனேயே நடுநிலை செய்யப்பட்டுவிடுகிறது. புரோட்டான் என்பது தனக்குள்ளேயே ஒரு பாஸிட்ரானைப் பிடித்துக்கொண்ட ஒரு நியூட்ரானாக இருக்குமா? யாருக்கும் தெரியாது. அர்த்தமில்லாத கேள்வியாக இருக்கலாம். ஆனால் வேறு கேள்விகள் நினைவிற்கு வருகின்றன.

மையக் கருவியிலுள்ள நேர்மின் சக்தி என்பது என்ன? இவைகள் ஒன்றுக்கொன்று இவ்வளவு நெருங்கி வந்தும் சிதையாமல் இருக்கக் காரணம் என்ன? ஒரே வகை மின்சக்திகள் ஒன்றுக்கொன்று தள்ளிக்கொள்ளுமே. காந்தத்தில் எதிர்த் துருவங்கள் சேர்கின்றன. ஒரே வகை துருவங்களே விலகிக் கொள்கின்றன. ஆனால் உதாரணமாக ஹீலியம் கருவில் நேர்மின் சக்தியுள்ள இரண்டு புரோட்டான்கள் பிணைந்திருக்கின்றன. இந்தப் பிரச்னை நீரகத்தைத் தவிர மற்ற எல்லா மூலகங்களிலும் எழுகிறது.

நியூட்ரான்கள் ஏதாவது செய்கின்றனவா? ஒரு நேர்மின் சக்திக்கு மேலுள்ள முதல் தனிமம் ஹீலியம். அதற்கு 2 நியூட்ரான்கள். அணுக் கரு அமைப்பில் விந்தையானது என்னவெனில் மையக் கருவியிலுள்ள நியூட்ரான்கள் குறைந்த பக்ஷம் புரோட்டான்களுக்குச் சமமாகவும் பொதுவாக அவற்றைவிட அதிகமாகவே இருக்கின்றன. இந்தப் புரோட்டான்கள் விலகிக் கொள்ளாதவாறு செய்யும் பசைதான் இந்த நியூட்ரான்களா? அப்படியானால் இந்தப் பிணைக்கும் சக்தி எங்கிருந்து வருகிறது?

அணுக்கள் புரோட்டான், நியூட்ரான் மின்னணுக்களால் ஆனவை. அப்படியானால் ஒவ்வொரு சுத்த ஐஸடோப்பின் அணு எடையும் முழு எண்களாக

(நீரகத்தின் பன்மடங்குகளாக) இருக்குமென்று எதிர் பார்க்கலாம். ஹீலியம், கார்பன், நைட்ரஜன் போன்ற இலேசான தனிமங்களைப் பற்றிய வரையில் இது உண்மை. 2-வது தசாம்ச ஸ்தான வரிசையில் இவை சரியாகவே இருக்கின்றன. ஆனால் ஐஸடோப்புகளின் அடர்த்தியை மேலும் மேலும் கணக்காக நிர்ணயிக்கும் பொழுது இது சரியாக இல்லை. இலேசான தனிமங்களின் விஷயத்தில் கூட இது சரியில்லை. ஹீலியம் 4·0028 ஆகவும், கார்பன் 12·0036 ஆகவும் இருந்தன.

இந்தக் கணக்கெல்லாம் 16·0000 என்ற ஆக்ஸிஜன் கணக்கை அடிப்படையாகக் கொண்டது. ஆக்ஸிஜன் சற்று வேறுபட்டிருந்தால் மற்றவைகள் வேறுபட்டுவிடும் என்று தோன்றலாம். ஆனால் இது நடக்கவில்லை. ஐஸடோப்புகளில் சில இருக்கவேண்டியதை விட குறைந்த கனமுள்ளனவாகவே இருக்கின்றன. கணக்கில் எவ்வளவு செப்பிடு வித்தை செய்தாலும் முழு எண் வரவில்லை. நன்றாக சந்தர்ப்பங்களை ஆராய்ந்தால் சில முக்கிய விஷயங்கள் தெரியும்.

ஹீலியம் போன்ற இலேசான தனிமத்தையே எடுத்துக்கொள்வோம். 16·00000 அடர்த்தியுள்ள பிராணவாயுவோடு ஒப்பிடும்பொழுது ஹீலியத்தின் ஒரு புரோட்டான் 1·00758 அடர்த்தியாகவும், ஒரு நியூட்ரான் 1·00893 அடர்த்தியாகவும் தெரிகிறது. ஹீலியத்திற்கு உள்ளது 2 புரோட்டான்களும் 2 நியூட்ரான்களும்.

2 புரோட்டான்கள்	=	2·01516
2 நியூட்ரான்கள்	=	2·01786
மொத்தம்	=	4·03302
$_2$ ஹீலியம்[4]	=	4·00280
வித்தியாசம்	=	0·03022

இந்தக் கணக்கைப் பார்க்கும்பொழுது ஹீலியமும் பகுதிகளின் கூடுதலைவிடக் குறைவாக இருக்கிறது. ஆனால் கணக்கென்னமோ மிகமிக சரியாக எடுத்தது தான். ஹீலியத்தின் அமைப்பில் 0·03022 என்ற அடர்த்தி வேறுபாட்டுக்குக் காரணம் சொல்லியாக வேண்டும்.

அடர்த்தியில் நஷ்டம் ஏற்பட்டதாகச் சொல்ல முடியாது. ஒன்றும் நஷ்டமாவதில்லை. ஒவ்வொரு இரசாயன பௌதிக கிரியையிலும் பொருள் சக்தி இரண்டும் சரியாகவே சரிக்கட்டிக் கொள்கின்றன. அப்படியானால் வித்தியாசமேன்? ஐன்ஸ்டீன் 1905-ம் வருஷ வாக்கிலேயே இதைப் பற்றி யோசித்தார். அப்பொழுது அவர் சொன்னது சக்தி, பொருள் (அடர்த்தி) இரண்டும். ஒரு அடிப்படையான பிரபஞ்சப் பொருளின் இரண்டு அம்சங்கள் என்றும் இரண்டையும் ஒன்றாக மாற்ற முடியும் என்றும், சொன்னார் அவர். இரண்டுக்கும் உள்ள தொடர்பை விளக்க அவர் ஒரு சமன்பாட்டை எழுதினார். அதாவது E (சக்தி) = m (அடர்த்தி).

சக்தியை அளக்க எர்க் (Erg), காலரி (Calory) அல்லது கிலோவாட் மணி என்ற முறைகள் உண்டு. ஆனால் அடர்த்தியை கிராம் அல்லது ராத்தல் கணக்கில்தான் அளக்கிறார்கள். அடர்த்தியையும் சக்தியையும் சமமாக்க அடர்த்தி யூனிட்டை சக்தி யூனிட்டாக மாற்ற வேண்டும். ஒரு கிலோகிராம் என்பது 2·2 ராத்தல் ஒரு அங்குலம் 2½ செண்டி மீடர். கிராமில் சொல்லப்படும் அடர்த்தியை எர்கில் சொல்லப்படும் சக்தியாக மாற்ற ஐன்ஸ்டீன் ஒரு கணக்குச் சொன்னார். ஒளியின் வேகத்தின் சதுரத்தை ஒரு விநாடிக்கு எத்தனை செண்டிமீடர் என்று சொல்ல வேண்டும். ஒளியின் வேகத்தை C என்ற எழுத்தால் சொல்லலாம். அதாவது ஒரு விநாடிக்கு 30,000,000,000 செ. மீடர்

விகிதம் ஒளி செல்கிறது. அதாவது ஒரு விநாடிக்கு 186000 மைல். ஐன்ஸ்டீனின் சமன்பாட்டை உபயோகித்தால் $E = mc^2$ என்று ஆகிறது. உலகச் சரித்திரத்திலேயே இது முக்கியமான சமன்பாடு.

1905-ல் ஐன்ஸ்டீன் இந்தச் சமன்பாட்டை பரிசோதனை மூலம் எப்படி சரிபார்க்கிறது என்று சிந்தித்துப் பார்த்தார். கதிர் இயக்கத்தில் வெளிப்படும் அசாதாரணமான சக்திகளைச் சோதித்துப் பார்க்கலாம் என்று யோசனை சொன்னார் அவர். J. D. காக் ராப்ட் என்பவரும், E. T. S. வால்டன் என்பவரும் ரேடியத்தில் வரும் ஆல்பாத் துகள்களைக் கொண்டு ஐன்ஸ்டீனின் சமன்பாட்டை பரிசோதித்தார்கள். ஆனால் தன் கணக்கு 40 ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு பிரும்மாண்டமான அளவில் ஹிரோஷிமாவிலும், நாகஸாகியிலும்,பிகினியிலும் ருசுப்படுத்தப்படும் என்று ஐன்ஸ்டீன் எதிர்பார்த்தே இருக்க மாட்டார்.

முன் சொன்ன ஹீலியம் கணக்கில் நாம் கண்ட வித்தியாசம் 0·030. இந்தச் சிறிய அடர்த்தி மாறும்பொழுது வெளியாகும் சக்தியானது சமன்பாட்டை வைத்துக்கொண்டு பார்த்தால் பிரமிக்கத்தக்கதாக இருக்கும். 2 புரோட்டான், 2 நியூட்ரான் சேர்ந்து ஹீலியம் உருவாகும்பொழுது 0·030 யூனிட் அடர்த்தி நஷ்டமாகிறது. அதாவது $\frac{3}{4}$ சதவிகிதம். ஒரு கிராமில் இந்த நஷ்டம் 0·0075 கிராம். இதை C^2-ஆல் பெருக்கினால் 6500 கோடி கோடி எர்க் சக்தியாகிறது. சாதாரண யூனிட்டுகளாக இதைச் சொன்னால் 2 லக்ஷம் கிலோவாட் மணிகளாகும். 100 வாட் மின் சக்தியுள்ள 2 லக்ஷம் விளக்குகளை 10 மணி நேரம் எரிக்க 2 லக்ஷம் கிலோவாட் செலவாகிறது. இவ்வளவு பெரிய சக்தியும் ஒரு கிராம் ஹீலியத்தை உருவாக்க அரை கிராம் புரோட்டானும், அரை கிராம் நியூட்ரானும் சேரும்பொழுது ஏற்படும் சிறிய அடர்த்தி நஷ்டத்திலிருந்து வருகிறது.

2. அடர்த்தி ஆற்றலாக மாறுகிறது

பொருளில் $\frac{3}{4}$ சதவிகிதம் சக்தியாக மாறி புரோட்டான் நியூட்ரான்களிலிருந்து ஹீலியம் உருவாகும் சமயத்தில் அந்த சக்தி வெளிப்படும்பொழுது என்ன நேர்கிறது. ஒரு பெரும் பாறை மலையிலிருந்து சரிந்து பள்ளத்தாக்கில் விழுந்து அமைவதுபோல்தான் இது. கடைசி கட்டம் முதல் நிலையைவிட உறுதி அதிகமுள்ளது. மலைமீதுள்ள பாறை உறுதியான நிலையில் இல்லை. இடம் பெயர்ந்தால் மலையில் சரியும் அது. அப்படி சரியும்பொழுது உயரத்தின் காரணமாக பெரிய சக்தியை வெளிப்படுத்துகிறது அது பள்ளத்தாக்கில் வந்து அமைந்ததும் முன்னைப்போன்ற சக்தி அதற்கில்லை. ஆனால் ஸ்திரத்தன்மை இருக்கிறது. இனிமேல் அது கீழே சரிய முடியாது.

ஒரு தத்துவமாகச் சொல்லப்போனால் ஒரு திட்டத்திலிருந்து சக்தி ஏற்படும்பொழுது சக்தி வெளிப்படுவதற்கு முன் இருந்ததைவிடப் பின்னால் அதற்குச் ஸ்திரத் தன்மை அதிகம். வீட்டின் உச்சியிலிருந்து பந்து விழும்பொழுது சக்தியை வெளிப்படுத்துகிறது. பூமியின்மீது அமைந்ததும் கூரையில் இருந்ததைவிட அதற்கு ஸ்திரத்தன்மை அதிகம். மலையிலிருந்து விழும் தண்ணீர் கடலுக்குப் போகிறது. விழும்போது அதன் சக்தி மின்சாரம் உண்டாக்கப் பயன் படுகிறது. கடலில் உள்ள தண்ணீர் மலைமேல் இருந்ததைவிட இன்னும் ஸ்திர நிலையிலேயே இருக்கிறது.

இரசாயன மாற்றங்களிலும் இப்படித்தான். ஒரு இரசாயனக் கிரியையில் சக்தி வெளிப்பட்டால் முதலில் ஏற்படும் கூட்டுப் பொருளைவிட பின்னால் ஏற்படும் கூட்டுப் பொருள்கள் ஸ்திரமுள்ளவை. உதாரணமாக கார்பனுக்கும் ஹைட்ரஜனிற்கும் இடையேயுள்ள பிணைப்பு கார்பனுக்கும் ஆக்ஸிஜனுக்கும் உள்ள பிணைப்பைவிட அதிக சக்திகொண்டது. மண்ணெண்

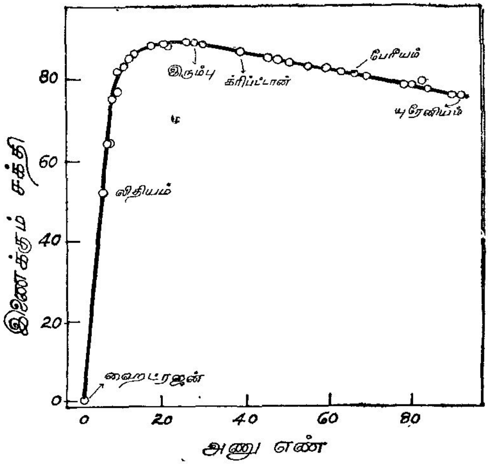
ணெய், மரம் TNT என்ற வெடி இவற்றில் கார்பன் ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகள் அதிகம். ஆகவே இவற்றிற்கு ஸ்திரத்தன்மை குறைவு. எளிதில் தீப்பிடிக்கும். அல்லது வெடிக்கும். அப்படி ஆகும்பொழுது குறைந்த சக்தியுள்ள கார்பன் ஆக்ஸிஜன் பிணைப்புகள் ஏற்படுகின்றன. சக்தி வெளிப்போந்ததும் கரியமிலவாயு போன்ற இறுதிக் கூட்டுப் பொருட்கள் ஸ்திரமாக இருக்கின்றன.

புரோட்டான், நியூட்ரானிலிருந்து ஹீலியம் வெளியாகும் சக்தியும் இப்படித்தான். நியூட்ரான் புரோட்டானைவிட ஹீலியம் மையக்கரு ஸ்திரத்தன்மை வாய்ந்தது நியூட்ரான்கள் வேறு தனிமங்களோடு சீக்கிரமாக இணைகின்றன. ஹீலியம் மையக் கருக்களோ (ஆல்பாதுகள்களே இவை) ஒன்றோடும் சேராமல் அல்லது பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்படாமல் பலகிரியைகளில் ஸ்திரமாக வளைந்து கொடுக்கும்.

ஒரு ஏற்பாடு ஸ்திரமாக இருக்கிறதா என்று மதிப்பிட ஒரு நிலையிலிருந்து இன்னொரு நிலைக்கு அதை மாற்றத் தேவையான சக்தியைக் கணக்கிடவேண்டும். பள்ளத்தாக்கில் இருந்த பாறைக்கு மலைமேலிருந்ததைவிட ஸ்திரத்தன்மை அதிகம். ஏனெனில் பள்ளத்திலிருந்து மீண்டும் பழைய நிலைக்கு கொண்டுபோக வேண்டுமென்றிருந்தால் ஏராளமான சக்தி தேவை. அதேபோல ஒரு ஹீலியம் மையக் கருவை புரோட்டான் நியூட்ரான்களாகப் பிரிக்க ஏராள சக்தி வேண்டும். அதனுல் ஹீலியம் அணு ஸ்திரமாக இருக்கிறது. இருந்தாலும் மிகவும் ஸ்திரமுள்ளது என்று சொல்ல முடியாது. மற்ற சில மூலகங்களோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும் பொழுது அதன் ஸ்திரத்தன்மை குறைவு என்றுதான் சொல்ல வேண்டும்.

புரோட்டான் நியூட்ரான்கள் மையக் கருவாக உருவாகும்பொழுது ஏற்படும் அடர்த்தி நஷ்டத்தை

கட்டுமானச் சேதம் என்பார்கள். (Packing loss) இதன் கருத்து என்னவெனில் புரோட்டான்களும், நியூட்ரான்களும் சுதந்திரமாக இருக்கும் நிலையைக்காட்டிலும் மையக் கருவில் இன்னும் நெருங்கிக்கட்டுண்டிருக்கின்றன. ஒருஅணு எடை யூனிட்டுக்கு ஏற்படும் கட்டு



படம் 15 **இணைக்கும் சக்தி** (Packing Factor)

ப்ரோட்டான்களும் நியூட்ரான்களும் அணு உட்கருவில் இணையும்போது துகள்கள் இறுக்கமாக ஒன்று சேர்வதின் விளைவாக, சிறிது அடர்த்தியை இழந்து விடுகின்றன. ஒவ்வொரு துகளிலும் ஏற்படும் இந்த நஷ்டம்தான் இணைக்கும் சக்தி. அந்த சக்தி, வெளிப்படும் சக்திக்கு சமமாகும். சில முக்ய மான மூலகங்களுக்கு மட்டும் இது காண்தக்கப்பட்டுள்ளது. $\frac{1}{100}$ அளவில் இந்த சக்தி இங்கே தரப்பட்டுள்ளது.

மான நஷ்டத்தை எப்படி கணக்கிடுவது ? கட்டுமான நஷ்டத்தை மையக் கருவிலுள்ள யூனிட் எண்ணிக்கையால் வகுக்கவேண்டும். இதற்கு கட்டுமான அம்சம் (Packing factor) என்று பெயர். மூலங்களுக்கு எத்தனைக் கெத்தனை கட்டுமான அம்சம் அதிகமாக இருக்கிறதோ அத்தனைக் கத்தனை அது உருவாகும்பொழுது அதிக சக்தி வெளிப்பட்டிருக்கும். இதனால் அதன் ஸ்திரத்தன்மையும் அதிகமாக இருக்கும். மையக் கருவில் புரோட்டான்களும் நியூட்ரான்களும் நெருக்கமாகக் கட்டுண்டிருக்கக் காரணம் இந்த அடர்த்தி நஷ்டமும் சக்தி வெளிப்பாடும் என்றுகூட நமக்குத் தோன்றும். இதனால் வெளியாகும் சக்தியானது மையக் கருவில் புரோட்டான்களையும் நியூட்ரான்களையும் கட்டிவைக்கும் சக்தி என்று சொல்லப்படுகிறது.

ஆஸ்டன் பற்பல ஐஸடோப்புகளின் அடர்த்திகளை அளந்த பொழுது எல்லா மூலகங்களுக்கும் அடர்த்தி நஷ்டம் வெவ்வேறாக இருப்பதைக் கண்டார். மூலகங்களின் இயல்புகளில் பற்பல ஒழுங்குகள் காணப்படுவதுபோல் இந்த அடர்த்தி நஷ்டத்திலும் ஒரு ஒழுங்கு காணப் படுகிறது. ஆஸ்டன் கண்ட இந்த ஒழுங்கு மிகவும் எளியது. ஆனால் பூமியில் வாழும் ஒவ்வொருவருக்கும் இந்த ஒழுங்கு அர்த்தம் நிறைந்தது. அணு சக்தியை வெளிப்படுத்தும் செயலுக்கே அடிப்படையானது இது.

15-வது படத்தை கவனியுங்கள். நீரகத்தின் அடர்த்தி நஷ்டம் O ஏனெனில் அதன்மையக் கருவிற்கு ஒரே ஒரு புரோட்டான்தான். மற்ற மூகலங்களுக்கு, மையக் கருவியிலுள்ள புரோட்டான், நியூட்ரான் நிறைகளின் மொத்தத்திலிருந்து அவற்றின் எடையைக் கழித்தால் போதும். இந்த அதிர்ச்சி நஷ்டத்தை கண்டுபிடிக்கலாம். மையக் கருவிலுள்ள புரோட்டான் நியூட்ரான் தொகையால் இதை வகுத்

தால் ஒவ்வொரு யூனிட்டுக்கும் உள்ள அடர்த்தி நஷ்டம் வரும். உதாரணமாக கிரிப்டான்–78-க்கு 36 புரோட்டான்களும், 42 நியூட்ரான்களும் மையக் கருவிற்கு உண்டு.

$36 \times 1{\cdot}0076$	=	$36{\cdot}2736$
$42 \times 1{\cdot}0089$	=	$42{\cdot}3738$
மொத்தம்	=	$78{\cdot}6474$
கிரிப்—78-ன் அணு எடை	=	$77{\cdot}9262$
அடர்த்தி நஷ்டம்	=	$0{\cdot}7212$

நீரகத்தோடு ஒப்பிட்டால் ஒரு யூனிட்டுக்கு ஏற்படும் அடர்த்தி நஷ்டம் 0·0091 அல்லது 10,000-த்தில் 91 பங்கு.

கிரிப்டான் 78-க்கு அதன் மையக் கரு அமைப்பில் உள்ள 78 புரோட்டான்கள், நியூட்ரான்களில் ஒவ்வொன்றுக்கும் 91/10,000 நஷ்டம் ஏற்படுகிறது. ஆக அது ஸ்திரமான மையக் கரு என்றுதான் சொல்ல வேண்டும்.

15-ம் படத்தைப் பார்த்தால் நீரகத்திற்கு அதிர்ச்சி நஷ்டம் குறைவாகவும் இரும்புக்கும், நிக்கலுக்கும் மிகவும் அதிகமாகவும் அங்கிருந்து மெதுவாகக் குறைகிறது. அதாவது பீரியாடிக் பட்டியலில் இலேசான மூலகங்களுக்கும் கன மூலகங்களுக்கும் அதிர்ச்சி நஷ்டம் குறைவாகவும் நடுத்தர மூலகங்களுக்கு அதிகமாகவும் இருக்கிறது. இரும்புக்குத்தான் மிகவும் அதிகம். ஆகவே அது மிகமிக ஸ்திரமான மூலகம். அதைவிட இலேசான அல்லது கனமான மூலகங்கள் ஸ்திரத்தன்மை குறைந்திருக்கின்றன.

மையக் கருவிலுள்ள புரோட்டான்களையும் நியூட்ரான்களையும் மாற்றி அமைத்து மூலகங்களை ஒன்றை இன்னொன்ருக மாற்ற முடிகிறது என்று வைத்துக் கொள்வோம். அப்பொழுது பீரியாடிக் பட்டியலில்

அடி, முனை எங்கு ஆரம்பித்து நடு மூலகங்களை நோக்கிப் போனாலும் நாம் சக்தியை வெளிப்படுத்த முடியும். ஏனெனில் ஸ்திரத்தன்மை குறைந்த மூலகங்களிலிருந்து அதிகமுள்ள மூலகங்களை நோக்கி போகிறோம். முதலில் நீரகத்தில் ஆரம்பித்தால் சிறிய அணுக்களை பெரிய அணுக்களாக ஆக்கலாம். யுரேனியத்தில் ஆரம்பித்தால் பெரிய அணுக்களை சிதைத்து சிறிய அணுக்களாக ஆக்கலாம். இரண்டு வழியிலும் கடைசியாக ஏற்படும் அடர்த்தி ஆரம்ப அடர்த்தியை விட குறைவாகவே இருக்கும். இதில் உண்டாகும் வித்தியாசம் சக்தியாக வெளியாகி இருக்கும். ஒரு சிறு துளி அடர்த்திகூட பிரமாண்டமான சக்தியாகும் என்று நாம் தெரிந்து கொண்டிருப்பதால் இந்த இரண்டு வழியிலும் ஏராளமான சத்தி கிடைக்கும்.

இந்த இரண்டு முறைகளுமே இப்பொழுது நடக்கின்றன. முதல் முறையால்தான் சூரிய - நட்சத்திரங்களின் பெரும் சக்தி உண்டாகிறது. 10-ம் அத்தியாயத்தில் ஹைடிரஜன் குண்டைப் பற்றிப் பேசும் பொழுது இதை விரிவாகக் காணலாம். இரண்டாவது முறைதான் பூமியில் நடக்கிறது - அதாவது கனமூலகங்களை இலேசான மூலகங்களாகச் சிதைப்பது. பல ஆண்டுகளாக கதிர் இயக்கம் ஒன்றுதான் இந்த நிகழ்ச்சிக்கு ஆதாரமென்று தெரிந்திருந்தது. ரேடியம் தானாக சிதைந்து ஹீலியம், ரேடான் இரண்டையும் விடுக்கிறது. ரேடியத்தின் அணு எடை 226. ஹீலியத்தின் அணு எடை 4. ரோடானுக்கு 222. ரேடியத்தின் பெரிய ஆனால் ஸ்திரமற்ற மையக் கரு ஹீலியம், ரேடான் என்ற சிறிய மையக் கருக்களை விடுக்கிறது. அடர்த்தி நஷ்டம் அதிகமாக இருப்பதால் அடர்த்தி குறைகிறது. சக்தி வெளிப்படுகிறது. இந்த சக்தி பிரம்மாண்டமானது.

வேறு பல மூலகங்கள் இயல்பாகவே கதிர் இயக்க

முள்ளவை. ஆனால் ரேடியத்தைப் போல அவ்வளவு இல்லை. எப்படியும் முறை ஒன்றுதான். சிறிய மையக் கருக்கள் புதிதாக ஏற்படுகின்றன. சக்தி வெளிப்படு கிறது. இயற்கையான கதிர் இயக்கம் முற்றிலும் தானாக ஏற்படுகிறது. ரேடியம் யுரேனியம், தோரியம், ஆக்டீனியம் ஆகிய மூலகங்கள். ஆல்பா, பீடா காமா கிரணங்களை விடுத்து தானாகச் சிதைவது மனிதன் செய்யும் காரியங்களால் அல்ல. ஆனால் 1939-லிருந்து கனமூலகத்திலிருந்து இலேசான மூலகங்களாக மாறுவ தால் ஏற்படும் அடர்த்தி நஷ்டத்தைப் பயன் படுத்தி சக்தியை வெளிப்படுத்த இன்னொரு முறையை மனிதன் கற்றுக் கொண்டிருக்கிறான். அந்த முறை என்ன வெனில் யுரேனியம் மையக் கருவை ஒரு குறிப்பிட்ட வழியில் சிதைப்பது. இந்தச் சிதைவால் உண்டாகும் மையக் கருக்கள் யுரேனியம் மையக் கருவைவிட இலே சாக இருக்கும். இதனால் ஏராளமான அளவில் சக்தி வெளிப்படும். அணுக்குண்டின் முறை இதுதான். இதை இஷ்டம்போல் செய்யலாம். மனிதனின் ஆற்ற லுக்குட்பட்டது இது.

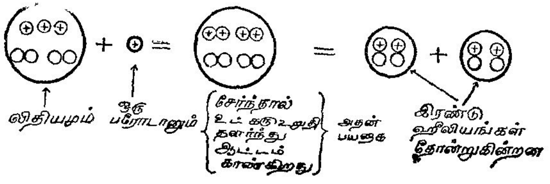
3. அணுச்சிதைவும், சக்தி வெளிப்பாடும்

இது வரை நடந்த ஆராய்ச்சிகளில் அணுகுண்டு செய்வதற்கு சக்தியை வெளிப்படுத்தும் பிரச்னையைப் பற்றி விஞ்ஞானிகள் கவலைப்படவே இல்லை. பொருளின் அமைப்பைத் தெரிந்துகொள்ளத்தான் பாடுபட்டார் கள். மையக் கருவை ஆராய்ந்து சேரக்கூடாத, ஒரே நேர் மின்சக்தியுள்ள புரோட்டான்கள் மையக் கரு வின் சூக்ஷமமான இடத்தில் சேர்ந்திருக்கும்விந்தையை அறிய முயன்றார்கள். நியூட்ரானையும் மையக் கருவில் அது செய்யும் வேலைகளையும் அறிய முயன்றார்கள். இப்படி முயலும் பொழுது அணுசக்தியை வெளிப் படுத்துவதைப் பற்றி சிந்திக்கும் வாய்ப்பு ஏற்பட்டது.

பொதுமக்களுக்கான பத்திரிகைகளில் சிலர் இந்த சக்தி வெளிப்பட்டால் என்னென்ன நடக்கலாம் என்று ஹேஷ்யமாக எழுதினார்கள். அல்லது அவர்கள் பேசி, அதை பத்திரிகை நிருபர்கள் எழுதிப் போட்டார்கள் என்றும் வைத்துக் கொள்ளலாம். அவர்கள் செய்த சோதனைகள் பொருளையும், சக்தியையும் பற்றிய அடிப்படையான கேள்விகளுக்கு விடை தரும் நோக்கத்துடன் அமைந்தவை. அவர்கள் செய்தது ஆல்பாதுகள்களாலும் புரோட்டான்களாலும், கனநீரகத்தாலும், 1932-க்குப் பிறகு நியூட்ரான்களாலும் பொருளைத் தாக்கி என்ன நேருமென்று கவனித்துத்தான்.

இந்த ஆராய்ச்சிகளால் மூன்றுவித விளைவுகள் ஏற்பட்டன முதலாவது காவண்டிஷ் ஆராய்ச்சி சாலையில் காக்கிராப்டனும், வால்டனும் நடத்தியது. புரோட்டான்களை சுமாரான வேகத்தில் கார உலோகமான லிதியத்தின் படலம் மீது பாய்ச்சினால் பெரும் வேகத்தில் போகும் ஆல்பாதுகள்கள் வெளிப்படுவதை அவர்கள் கண்டார்கள். ஒரு புரோட்டான் ஒரு லிதியம் மையக் கருவை தாக்கும் பொழுது இரண்டு ஆல்பாதுகள்கள் தோன்றின.

இந்த மாறுதல் மிகவும் எளியது. 16-ம் படத்



படம் 16. **லிதியம் சிதைவு**

ஒரு லிதியம் உட்கருவுடன் ஒரு ப்ரோட்டான் சேர்ந்தால் இரண்டு ஹீலியங்களாகப் பிரிந்து விடுகிறது. அப்போது சக்தி வெளிப்படுகிறது.

தைப் பார்க்கவும். புரோட்டான் ஒரு நீரக மையக்கரு. லிதியத்தில் 3 புரோட்டான்களும் 4 நியூட்ரான்களும் கொண்டமையக் கரு உண்டு ஆல்பாதுகள்தான் ஹீலியம் மையக் கரு இதில் இரண்டு புரோட்டான் களும் இரண்டு நியூட்ரான்களும் உண்டு. அவற்றின் மாறுதலை இப்படிக் காண்பிப்போம்.

$$3Li^{7}+{}_{1}H^{1}={}_{2}He^{4}+{}_{2}He^{4}$$

இந்த சமன் பாட்டை வாசிக்கும்பொழுது கீழேயுள்ள எண்களைக் கவனிப்போம். அதாவது 3 புரோட்டான் கள்+1 புரோட்டான்=4 புரோட்டான். பின்பு மேலே யுள்ள எண்களைக் கூட்டவும். அடர்த்தி 7+அடர்த்தி 1 = அடர்த்தி 8. முதலில் நேருவது என்ன வென்றால் லிதியம் மையக் கரு ஒரு புரோட்டானை எடுத்துக் கொண்டு 4 புரோட்களும் 4 நியூட்ரான்களுமாக ஆகி றது. இப்பொழுது அடர்த்தி 8 ஆகவும் நேர்மின் சக்தி 4 ஆகவும் ஆகும். இந்த மையக் கரு மிகவும் ஸ்திரமில்லாததால் இரண்டாகச் சிதைகிறது. அப் படிச் சிதையும் பொழுது இரண்டு ஹீலியம் மையக் கருக்கள்தோன்றும். ஒவ்வொன்றுக்கும் அடர்த்தி 4-ம் நேர்மின்சக்தி 2-ம் இருக்கும்.

உண்மையில் இந்த இரண்டு ஹீலியம் மையக் கருக்களும் பெரும் வேகத்தில் ஒன்றை விட்டு ஒன்று விலகுகின்றன. அப்பொழுது ஏராள சக்தி உண்டா கக் கூடும். உண்டாவதை இரண்டு வழிகளில் காண் பிக்கலாம். முதல் வழி லிதியம் அணுவை தாக்குவ தற்கு முன் புரோட்டானுக்கு எத்தனை சக்தி என்றும் இரண்டு ஆல்பாதுகள்களின் சக்தியை அவை உரு வான பின்பும் நிர்ணயிப்பது. துகள்கள் போகும் வேகத்தையும் சக்தியையும் வழக்கமான பௌதீக சமன் பாடுகளைக் கொண்டு கணக்கிட முடியும், இந்த இரண்டு வேகங்களுக்குமுள்ள வேறுபாடு இரண்டு ஆல்பாதுகள்கள் உருவாகும் போது வெளிப்பட்ட

ஏராள சக்திக்குச் சான்ருகும். ஒவ்வொரு தாக்குதலுக்கும்பிறகு ஒவ்வொரு லிதியம் அணுவுக்கு 1/27,2,00,000 எர்க் வீதம் இரண்டு ஆல்பாதுகள்கள் வெளிப் படுகின்றன.

சக்தி வெளிப்படுவதைக் காட்டுவதற்கு இன்ெனுரு வழியுண்டு. அதுதான் அடர்த்தி நஷ்டத்தைக் கணக்கிடுவது. லிதியத்தின் எடை 7.0165. புரோட்டானின் எடை 1·0076. இரண்டும் சேர்ந்து 8·0241. ஒரு ஆல்பாதுகளின் நிறை 4·0028. இரண்டின் நிறை 8·0056. ஆகவே லிதியம், நீரக மூலகங்களிலிருந்து இரண்டு ஹீலியம் மையக் கரு உண்டான பொழுது 0·0185 யூனிட் அடர்த்தி நஷ்டம் ஏற்படுகிறது. இதுதான் இரண்டு ஹீலியம் அணுக்களுக்கும் உள்ள சக்திக்குக் காரணம். ஐன்ஸ்டீனின் சமன்பாட்டை உபயோகித்து இது எவ்வளவு சக்தி என்பதைக் கணக்கிடலாம். நஷ்டமான 0·0185 யூனிட் அடர்த்தியின் எடை $3{\cdot}07 \times 10^{-26}$ கிராம்; இதை ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாடாக மாற்றிஞல் ஒவ்வொரு லிதியம் அணுவிற்கு 1/27, 600,000 எர்க் என்று வரும்.

இந்த இரண்டு வழிகளும் ஒத்தே இருக்கின்றன. சக்தியும், பொருளும் எப்படி முற்றிலும் சமமானவை என்பதை இது காட்டும். ஐன்ஸ்டீனின் சமன்பாட்டையும் இது ருசுப்படுத்துகிறது.

லிதியம்-புரோட்டான் கிரியையில் இரண்டு சம பாகங்களாக அதாவது இரண்டு ஹீலியம் மைக் கருக்களாக சிதைந்து விடுகிறது. தாவரப் பிராணி இயலில் ஒரு ஸெல் இரண்டாகப் பிரியும் பொழுது இரண்டு சமமான ஸெல்கள் உண்டாகின்றன. அதற்கு பிளவு என்று பெயர். இதைப் போலவே இந்த மையக் கரு சிதைவையும் அணுப் பிளவு அல்லது மையக் கரு பிளவு (Nuclear fission) என்று சொல்லலாம். உண்மையில் வெகு காலத்திற்குப் பின்னர்தான் இந்த

வார்த்தை உபயோகிக்கப்பட்டது. அதாவது 1939-ல் யுரேனியம் மையக்கரு இரண்டு ஏறக்குறைய சம பாகங்களாக பிளக்கப்பட்ட பொழுது.

இந்த சிதைவு மனிதனுல் செய்யப்பட்டதால் இஷ்டம்போல் அணுசக்தியை வெளிப்படுத்த இது ஒரு முறை என்று தோன்றலாம். ஆமாம், முறைதான். ஆனுல் மிகவும் உயர்ந்த முறை என்று சொல்ல முடியாது. ஏன் ? அணுவின் மற்ற பகுதிகளோடு ஒப்பிடும்பொழுது மையக் கரு மிக மிக சிறியது. மொத்த அணுவின் குறுக்களவில் மையக் கருவின் குறுக்களவு 10,000-த்தில் ஒரு பங்குதான். பரப்பு எப்பொழுதும் குறுக்களவுக்கு சதுரமாக இருக்கும். டயா மீட்டர் 2 குறுக்களவுகளின் விகிதம் 1:10000. ஆகவே இடைவெளியின் பரப்பு 1:10 கோடியாகவே இருக்கும். அதாவது ஒரு லிதியம் அணு வழியாகப் போகும் பொழுது அதன் மையக் கருவைத் தாக்க புரோட்டானுக்கு 10 கோடியில் ஒரு சந்தர்ப்பம்தான் கிடைக்கும். உண்மையில் பார்க்கப் போனுல் இந்த வாய்ப்பு இன்னும் குறைவாகவே இருக்கும். ஏனெனில் லிதியம் மையக் கருவும், தாக்கும் புரோட்டானும் நேர்மின் சக்தி கொண்டவை. ஆகவே ஒன்றிலிருந்து ஒன்று விலகிக் கொள்ள அணு வழியாகப் புரோட்டான் போகும்பொழுது மின்னணுக்களை தாக்கி வேகம் குறைகிறது. கடைசியாக சுமார் லக்ஷம் அணுக்கள் வழியாகப் போனதும் நின்று விடுகிறது. இவ்வாறு 10 கோடியில் லக்ஷம் வாய்ப்புகள் (அதாவது ஆயிரத்தில் ஒன்று) தான் லிதியம் கருவைத் தாக்க இந்த புரோட்டானுக்கு இருக்கிறது. வெளிப்படுத்தப்பட்ட சக்தி புதிதாக இருந்தாலும் ஆயிரத்தில் ஒன்றுதான் லிதியம் மையக் கருவைத் தாக்குவதால் புரோட்டான்களை நகர்த்த வேண்டிய அளவுக்கு அந்த சக்தி இராது. இந்த உறையினுல் இலாபம் அதிகம் இல்லை. சேதம்

அதிகம். அணு சக்தி இருக்கிறது. அதை வெளிப் படுத்தவும் முடியும். ஆனல் உபயோகமான காரியங் களுக்கு சக்தி கிடைக்காது.

4. செயற்கையாகச் செய்யப்பட்ட கதிர் இயக்க அணுக்கள்

முன்னே மூன்று வித விளைவுகளைப் பற்றிச் சொன்னேன். முதலாவது மிகவும் எளியது. இப் பொழுது விவரித்த விதியம் சிதைவைப் போல இரண் டாவது முறை இன்னும் சிக்கலானது. புரட்சிகர மானது.

13-வது மூலகமான அலுமினியத்தின் அணு எடை 27·13 புரோட்டான்களும், 14 நியூட்ரான்களும் கொண்ட மையக் கரு அதற்கு. வேறு ஐஸடோப்புகள் இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. ஆல்பாதுகள்களைக் கொண்டு அலுமினியத்தைத் தாக்கினல் நியூட்ரான் கள் வெளிப்பட்டு, 15 நேர்மின் சக்தியும் 30 அடர்த்தி யும் கொண்ட மையக்கரு உள்ள ஒரு புதிய பொருள் உண்டாகிறது. இதில் 15 புரோட்டான்களும் 15 நியூட்ரான்களும் இருக்க வேண்டும்.

$$_{13}Al^{27} + {}_{2}He^{4} = {}_{15}P^{30} + {}_{0}n^{1}$$

என்ற சமன்பாடு இதை விளக்குகிறது. நியூட்ரான் $_{0}n^{1}$ என்று எழுதப்பட்டிருப்பதற்குக் காரணம் நேர் மின் சக்தி இல்லாமல் அடர்த்தி மட்டும் இருப்பதனுல் தான்.

15 புரோட்டான்கள் மையக் கருவில் உள்ள பொருள் பீரியாடிக் பட்டியலில் 15-வது மூலகமான பாஸ்பரஸ். ஆனல் புதிதாக உண்டான இந்தப் பொருளின் அணு எடை 30. பாஸ்பரத்தின் அணு எடையோ 31. அதற்கும் ஐஸடோப்புகள் இருப்பதா கத் தெரியவில்லை. பிரடெரிக் ஜோலியோவும் அவர் மனைவி இரீன் கியூரியும் இந்தச் சோதனைகளைச் செய்

தார். இந்தப் புதிய பொருளை அவர்கள் இரசாயன சோதனைக்கு உட்படுத்திய பொழுது அது பாஸ்பரஸ் ஆகவே இருக்கக் கண்டார்கள். சாதாரண பாஸ் பரஸ்ஸை விட இது இலேசானது. இயற்கையில் இது கிடையாது. ஒரு புதிய செயற்கை ஐஸடோப் செய் யப்பட்டதாகவே தோன்றியது.

ஆனால் இதில் ஆச்சரியம் என்னவெனில் இரசா யன சோதனைகளும் அளவுகளும் நடக்கும்பொழுதே இந்தப் பொருள் மறைந்து கொண்டிருந்தது. கால் மணி நேரத்துக்குள் அங்கு பாஸ்பரஸே இல்லை. இதை விட ஆச்சரியம், அது மறையும் பொழுது கதிர் இயக் கம் உள்ளதாக இருந்தது. வழக்கமான காமா கிரணங் களையும், அவற்றோடு புதிதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பாஸிட்ரான் என்ற மாயத்துகளையும் வீசிற்று. எதிர் மின்சக்தியுள்ள மின்னணுவின் நேர் மின் ஜோடி இது என்பதும் ஆண்டர்ஸன் இதை 1932-இல் கண்டு பிடித் தார் என்பதும் முன்னமேயே சொல்லப்பட்டுள்ளன. மின்னணுவைப் போல அற்பமான அடர்த்திதான் அதற்கு. ஆனால் அதன் சக்தியோ நேர்மின் சக்தி. மின்னணுவை வழக்கமாக $—_{1}e^{0}$ என்ற அடையாளத் தால் குறிப்பிடுகிறார்கள். ஒரு எதிர்மின் சக்தி, அடர்த்தி, பூஜ்யம் என்று இதன் அர்த்தம். ஆகவே பாஸிட்ரானுக்கு $_{1}e^{0}$ என்று குறிப்பிடலாம். அதாவது நேர்மின் சக்தி 1, அடர்த்தி பூஜ்யம் என்று பொருள்.

கதிர் இயக்கமுள்ள பாஸ்பரஸ் மறைந்ததும் ஏற் பட்ட கடைசி பொருள் ஸிலிகான். இந்த ஸிலிகான் என்ற மூலகம்தான் பிராண வாயுவுடன் சேர்ந்து மண லின் முக்கிய பகுதியாக ஆகிறது. ஸிலிகான் என்பது $_{14}Si^{30}$. கதிர் இயக்க பாஸ்பரஸிலிருந்து அது ஏற்படு வதை இந்த சமன்பாட்டால் காண்பிக்கலாம்.

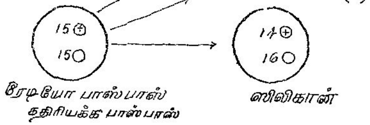
$$_{15}P^{30} = {}_{14}Si^{30} + {}_{1}e^{0}$$

இதில் கடைசியான, $_{1}e^{0}$ இந்தக் கிரியையில் வெளியே

தள்ளப்பட்ட பாஸிட்ரான்.

இந்த பாஸிட்ரான் எங்கிருந்து வருகிறது. 17-ம் படத்தைப் பாருங்கள். கதிர் இயக்க பாஸ்பரஸின் மையக் கருவில் 15 புரோட்டான்களும் 15 நியூட்ரான் களும் உண்டு. இது மிகவும் ஸ்திரமில்லாத சேர்க்கை. ஏனெனில் புரோட்டான்கள் அளவுக்குமேல் இருக்கின் றன. இதன் விளைவாக ஒரு பாஸிட்ரான் வெளியேறு கிறது. இந்தப் பாஸிட்ரானை புரோட்டானிலிருந்து வெளிப்படும் நேர் மின்சக்தி என்று கொள்ளலாம். ஒரு புரோட்டானின் நேர்மின் சக்தியை நீக்கிவிட்டால் எஞ்சியுள்ளது ஒரு நடுநிலையுள்ள துகள். அதாவது ஒரு நியூட்ரான். ஆகவே 15 புரோட்டான் 15 நியூட் ரான் உள்ள மையக்கரு 14 புரோட்டான் 16 நியூட் ரான் உள்ளதாக மாறுகிறது. இது ஸிலிகானின் ஐஸடோப் என்று ஆஸ்டன் சொல்லி இருக்கிறார்.

இந்த கண்டுபிடிப்பின் முக்கியத்துவம் ஒரு மூல கம் இன்னொரு மூலமாக மாற்றப்பட்டது அல்ல. ஏனெ னில் 1933-ம் வருஷ வாக்கிலேயே இந்த மாறுதல்கள் சகஜமாகி விட்டன. இதில் புரட்சிகரமான அம்சம்



படம் 17. **செயற்கைக் கதிரியக்கம்**

ஸ்திரமற்ற ஒரு பாஸ்பரஸ் உட்கரு, தானாகவே காமா கதிர்களையும் 1 பாஸிட்ரானையும் வெளியே வீசுகிறது இதன் பயனாக அது ஸிலிகான் என்னும் மூலகமாக மாறுகிறது. காமா கதிர்கள் இயற்கையான ரேடியத்திலிருந்து கிளம்பும் கதிர்கள்போல மிக்க வல்லமையுள்ள எக்ஸ்-ரே கதிர்களாகும்.

என்னவெனில் செயற்கையாக ரேடியோ பாஸ்பரஸ் என்ற கதிர் இயக்க மூலகம் செய்யப்பட்டதுதான். நமக்குத் தெரிந்தவரையில் இயற்கையில் ஒன்றும் கிடையாது.

ஒரு வருடத்திற்குள் எளிதில் கிடைக்கக்கூடிய மூலகங்களை யெல்லாம் இந்த சோதனைக்கு உட்படுத்தினார்கள். அநேகமாக எல்லாவற்றிலிருந்தும் கதிர் இயக்க ஐஸடோப்புகள் கிடைத்தன. இதில் வேடிக்கை என்னவெனில் இயற்கை கதிர் இயக்கத்தின் ஆதாரத்தைக் கண்டு பிடித்த கியூரி தம்பதிகளின் புதல்வியே செயற்கை கதிர் இயக்கத்தைக் கண்டு பிடித்தது தான். *1935*-ல் ஜோலியோ-கியூரி தம்பதிகளுக்கு இதற்காக நோபல் பரிசு அளித்தார்கள்.

அணு சக்தியைவிட இந்தக் கண்டுபிடிப்பு மனித வாழ்க்கையில் சிறப்புப் பெற்று விளங்கும், கன நீரக ஐஸடோப்பும், கன பிராண வாயு ஐஸடோப்பும் உடலில் ஒரு மூலகம் போகும் போக்கை காணப் பயன்படுத்தலாம் என்று முன்னமேயே சொன்னோம். நீரகத்தின் ஐஸடோப்பானதால் கன நீரகத்தை நீரிலும், புரதத்திலும், கொழுப்பிலும் நீரகத்திற்குப் பதிலாகக் கலந்து பிராணிகளுக்குக் கொடுக்கலாம். அடர்த்தி அதிகமாக இருப்பதால் இரத்தத்திலும், தசையிலும், சிறுநீரிலும் அது இருப்பது தெரியும். இவற்றைச் சோதித்துப் பார்த்தால் இந்த ஐஸடோப் அடங்கிய பொருள் உடலில் செல்லும் போக்கைக் கண்டுபிடிக்கலாம். குறிப்பிட்ட தசையை நீக்குவதற்காக ஒரு பிராணியைக் கொல்லும் அவசியம் கூட அடிக்கடி நேர்கிறது. மேலும் இது மிகவும் சிக்கல் நிறைந்த முறை.

கதிர் இயக்க ஐஸடோப்புகளை உபயோகித்தால் இந்த முறை மிகவும் எளிதாக ஆகிறது.

யுத்தத்திற்கு முன்னால் சாதாரண நீரகம் கனநீரகம் போன்ற மிக மிக இலேசான மூலகங்களின் ஐஸ

டோப்புகளை மிகவும் சிக்கலான முறைகளால்தான் செய்ய முடிந்தது. யுத்தத்திற்குப் பிறகு யுரேனியம் 235-யும், யுரேனியம்—238-யும் பிரிப்பதற்காக ஒக், டெஜ் என்னுமிடத்தில் கட்டப்பட்ட மின்காந்த பிரிவுக்கூடம் மூடப்பட்டது. அதில் இருந்த ராக்ஷஸ காந்தங்களை சாதாரண மூலகங்களின் ஐஸடோப்புகளைப் பிரிக்கப் பயன்படுத்தினுர்கள். பிராண வாயு—18,நைட்ரஜன்-15 போன்ற பல ஸ்திரமான ஐஸடோப்புகளை ஐக்கிய அமெரிக்க அணுசக்தி கமிஷனிடமிருந்து இப்போது சுமாரான விலைக்கே வாங்க முடியும். ஆயினும் இத்தகைய ஐஸடோப்புகளை வைத்துக்கொண்டு ஆராய்ச்சி நடத்தலாம். இந்த ஐஸடோப் சாம்பல்களை சோதிக்க மாஸ் ஸ்பெக்ட்ரோஸ்கோப் என்ற கருவி வேண்டும்.ஆனுல் மிக மிக மலிவான கருவிகள் என்று சொல்லப்படுபவைகளைக்கூட பல ஆராய்ச்சிசாலைகளால் வாங்க முடியவில்லை. எல்லாவற்றிற்கும் மேலாக நன்ருகச் சோதிக்க ஆராயப்பட்ட பொருளின் மாதிரிகள் வேண்டும். ஆனுல் ஒரு உயிர்ப் பொருளை அழிக்காமல் இது சாத்தியமாக இருப்பதில்லை.

ஆனுல் கதிர் இயக்க மூலகங்களை வைத்துக்கொண்டால் வேலை எவ்வளவு எளிதாக நடக்கிறது. முதலாவதாக கதிர் இயக்க ஐஸடோப் தான் இருப்பதை தன் கதிர் இயக்கத்தால் தெரிவித்து விடும். அது எந்த இடத்தில் இருந்தாலும் பாஸிட்ரான்களையும் காமா கிரணங்களையும் விடுத்துக் கொண்டே இருப்பதால் பௌதீக விஞ்ஞானிகள் செய்துள்ள நுண்ணிய சாதனங்களால் அதைக் கண்டுபிடிக்க

இரண்டாவதாக எந்த மூலகத்தையும் கதிர் இயக்க ஐஸடோப்பாகத் தயாரிக்க முடியும். எல்லா மூலகங்களுக்குமே இந்த முறை எளியது. மேலும் நிறைய இருக்கவேண்டும் என்பதற்காக கதிர் இயக்க ஐஸடோப்பைத் தனியாகப் பிரிக்கவேண்டாம். மூல

கங்களின் நியூட்ரான்களை வைத்துக் கொண்டோ அல்லது தீனிக்கு வேண்டிய இரசாயனங்களாலோ, பிராணி தாவரங்களுக்குள் செலுத்த வேண்டிய பொருட்களைக் கொண்டே செய்யலாம்.

கதிர் இயக்க ஐஸடோப்புகளை பயன்படுத்த இன்னொரு வழி இருக்கிறது. உடலில் சில அவயங்கள் சில குறிப்பிட்ட மூலகங்களை அதிகமாக விரும்பு கின்றன. உதாரணமாக கழுத்திலுள்ள தைராயிடு சுரப்பிக்கு அயடின் விருப்பம். எலும்புகளுக்கு பாஸ் பரஸ் விருப்பம். நம்முடைய அன்றாட உணவிலும், குடிதண்ணீரிலும் அயூடின் பெரும்பாலும் தைராயிடு சுரப்பிக்குப் போய் அது சுரக்கும் பொருளின் முக்கியப் பகுதியாக மாறுகிறது. இந்த அயடின் கதிர் இயக்க முள்ளதாக இருந்தால் தைராயிடு சுரப்பியில் கதிர் இயக்கம் நிறைந்திருக்கும். உடலில் உள்ள தசைகள் கதிர் இயக்கத்தால் பாதிக்கப்படுகின்றன. ஏனெனில் காமா கிரணங்கள் உயிர் அணுக்களை நாசம் செய்யக் கூடியவை. ஆனால் புற்றுநோய் அணுக்களோ சாதா ரண உயிர் அணுக்களைவிட காமா கிரணங்களால் மிகவும் பாதிக்கப்படுகின்றன. ஆகவே தைராயிடில் புற்றுநோய் அணுக்கள் இருந்தால் கதிர் இயக்கம் அவற்றைக் கொன்றுவிடும். சாதாரண தைராயிடு அணுக்களுக்கு தீங்கு செய்யாமல் புற்றுநோய் அணுக் களைமட்டும் கொல்லுமாறு கதிர் இயக்க பலத்தை ஒழுங்குபடுத்தலாம். இதேபோல கதிர் இயக்க பாஸ் பரஸ் எலும்பிலுள்ள புற்றுநோயை அழிக்கவல்லது.

தைராயிடு சுரப்பியில் ஏற்பட்ட நோய்களின் கரளைகளை கதிர் இயக்க அயடினுல் வெற்றிகரமாக சிகிச்சை செய்து வருகிருர்கள். லுகீனியா என்பது இரத்தத்தைப் பற்றிய ஒரு புற்றுநோய். இதை நீக்க வேறு கதிர் இயக்க மூலகங்கள் உதவி யிருக்கின்றன. கதிர் இயக்க பாஸ்பரஸால் மூளையிலும் மற்ற இடங்

களிலும் ஏற்பட்ட கரளைகளை எந்த இடத்தில் உள்ளது என்று சரியாகக் கண்டுபிடித்து இரண சிகிச்சை செய்ய முடிகிறது.

கதிர் இயக்க கொபால்ட் ரேடியத்தைப் போன்ற கதிர் வீச்சு உள்ளது. இதை மிகமிகக் குறைந்த செல விலும் பெரிய அளவிலும் (இயற்கை ரேடியத்தைவிட) செயற்கையாகத் தயாரிக்க முடியும். கனடியர்கள் ஒன்டேரியோ அணுசக்தி கூடத்தில் முதல் கொபால்ட் கதிர் வீச்சை உற்பத்தி செய்தார்கள். பின்பு ஓக்ரிட்ஜ் கூடத்தில் இது உற்பத்தியாயிற்று. புற்றுநோய்க்கு எதிராக கத்தியில்லாத மாபெரும் ஆயுதம் ரேடியம் சிகிச்சை. இது வரவரஎல்லோருக்கும் கிடைக்கக்கூடிய தாகவும் வல்லமை பெருகியும் வளர்ந்து வருகிறது.

கதிர் இயக்க மூலகங்களால் புற்றுநோயை மாய மாகக் குணப்படுத்துவது இன்னும் சாத்தியமாக வில்லை. அப்படி எதிர்பார்ப்பதும் முடியாது. தைரா யிடு சுரப்பி அயடினை அதிகமாக விரும்புவதென்பது தனிப்பட்ட விஷயம். பொதுவாக இரசாயன மூலகங் கள்—சில குறிப்பிட்ட அவயவங்களிலோ தசை களிலோ அதிமாகத் தேங்கும் தன்மையுள்ளவைகூட உடல் முழுவதும் ஓரேயடியாகப் பரவிவிடும். எங்கோ ஒரு கரளையை அழிக்கத் தேவைபடும் அளவுகூட உடலின் மற்ற பகுதிகளில் பெரும் ஆபத்தை விளை விக்கும்.

இருந்தாலும் மூலகங்களால் முடியாததைக் கூட்டுப் பொருட்களின் உதவியால் செய்யமுடியும். ஆரோக்கியமுள்ள தசைகளை விட்டுவிட்டு நோயுள்ள அணுக்களைமட்டும் பாதிக்கும் கூட்டுப் பொருள் இன் னும் இதுவரை தெரியவில்லை. தேடிக்கொண்டிருக் கிறார்கள். இந்த ஆராய்ச்சியில் எதிர்பாராத, உப யோகமுள்ள விளைவுகள் தோன்றலாம். அணு ஆராய்ச்சியில் பல அதிசயங்கள் தோன்றின. இதிலும்

ஏன் தோன்றக் கூடாது ?

சாதாரண மூலகங்களுக்குக்கூட கதிர் இயக்க ஐஸடோப்புகள் திடீர் என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டதால் நோய்களைக் கண்டுபிடிப்பதிலும் குணமாக்குவதிலும் புதிய வழிகள் தோன்றின. ஆனால் வைத்தியத்தைத் தவிர வேறு துறைகளிலும் பல புதிய சாதனைகள் தோன்றின. சாதாரண உடற்கூறு இயக்கங்களை ஆராய ஐஸடோப்புகள் பயன்படுகின்றன. உடலில் வெவ்வேறு பொருட்கள் எப்படிச் செல்கின்றன என்பதைப் பார்க்க இவை உபயோகப்படும். இரசாயன ரீதியில் அவை என்ன மாறுதல் அடைகின்றன என்பதையும் காணலாம். குறிப்பாக கதிர் இயக்க கார்பன் ஐஸடோப் (C-14) உயிரியல் ஆராய்ச்சியாளர்களுக்கு பெரும் வரப்பிரசாதமாக வந்திருக்கிறது. பிராண வாயுவுக்கும் நைட்ரஜனுக்கும் கதிர் இயக்க ஐஸடோப்புகள் இருக்கக்கூடாதா என்று அவர்கள் ஏங்குகிறார்கள். ஆனால் இவற்றிற்கு ஸ்திர ஐஸடோப்புகள்தான் உண்டு. கார்பன், நைட்ரஜன், பிராண வாயு இம்மூன்றோடு நீரகமும் உயிர்ப் பொருளில் ஒரு முக்கியப் பகுதியாகும். நீரகத்திற்கு கன நீரகம் என்ற ஸ்திர ஐஸடோப் (H-2) டிரிடியம் (H-3) என்ற செயற்கைக் கதிர் இயக்க ஐஸடோப்பும் உண்டு. ஆனால் கதிர் இயக்க கார்ப(C-14)னைப் போல இது ஆராய்ச்சி செய்யும் அளவுக்கு இன்னும் எளிதில் கிடைக்கவில்லை.

வைத்தியம், உயிரியல் இதோடு பௌதிகம், இரசாயனம், பொறிஇயல் இவற்றிலும் கதிர் இயக்க ட்ரேஸர்கள் பயன்படுகின்றன. இந்தப் புத்தகத்தில் இவற்றைப்பற்றி சொல்ல இடமில்லை. ஒரே ஒரு உதாரணம் மட்டும் சொல்லலாம். ஒரு குழாயில் மண்ணெண்ணெயில் ஒருவகை சிறிதுகாலம் போகலாம். பின்பு வேறு வகைகளிலும் போகலாம். ஒவ்வொரு தடவையும் இந்தத் திரவத்தின் அமைப்பு மாறிக்

கொண்டே இருந்தால் ஒருதுளி கதிர் இயக்க ஐஸடோப்பை செலுத்தினுல் போதும். அது கடைசியில் வந்து சேரும் இடத்தில் கீகர்மானி போன்ற கதிர் இயக்கத்தை அளக்கும் கருவியால் கண்டுபிடித்து விடலாம்.

ஓக்ரிட்ஜிலுள்ள அமெரிக்க அணுசக்திக் கூடம் 1947 ஜூலை மாதம் வைத்திய விஞ்ஞான, தொழில் நிபுணர்களுக்கு இயக்கஐஸடோப்புகளே விலேக்கு விற்கத் தொடங்கியது. பின்னர் கனேடிய பிரெஞ்சு பிரிட்டிஷ் அணுசக்தி கூடங்களும் விற்கலாயின. ரஷ்யாவிலும் இந்த விற்பனே நடப்பதாகத் தெரிகிறது.

இனி நாங்கள் எடுத்துக் கொண்ட வரலாற்றைக் கவனிப்போம்.

5. நியூட்ரான் பயனளிக்கிறது

மையக் கரு அமைப்பின் ஆராய்ச்சியில் மிகவும் பயனளித்தது நியூட்ரான், புரோட்டான், ட்யூடரான், ஆல்பாதுகள்கள் எல்லாம் நேர்மின் சக்தி யுள்ளவை. புரோட்டான் சாதாரண நீரகத்தின் மையக்கரு. ட்யூடரான் கனநீரகத்தின் மையக்கரு. ஆல்பாதுகள் ஹீலியத்தின் மையக் கரு. நேர் மின்சக்தியுள்ளதால் எந்த மூலகங்களின் மையக் கருக்களின்மீது இவை பாய்ச்சப்படுகிறதோ அவற்றுல் தள்ளப்படுகின்றன. பிரம்மாண்டமானவேகத்தில்சென்ருல்தான் இன்னெரு மையக்கருவை சென்று இவை தாக்கமுடியும். பல வருஷங்களாக மேலும் மேலும் வேகமாக அனுப்பும் கருவிகளே கண்டுபிடிப்பதிலேயே முனேந்திருந்தார்கள்.

நியூட்ரான் புரோட்டானேப்போல அதே அடர்த்தி கொண்டிருந்தும் மின்சக்தி இல்லாதது. ஆகையால் அது இன்னெரு அணுவின் நேர்மின் மையக் கருவால் தள்ளப்படாமல் அதோடு ஒட்டிக்கொள்ளும். 1932-ல்

சாட்விக் நியூட்ரான்களை கண்டுபிடித்ததும் ரோம் நகரத்தில் ஹென்ரிகோபர்மி என்பவர் மையக் கருவின் உள்ளே பாய்ச்ச இந்த நியூட்ரான்களை உபயோகப் படுத்தலாம் என்றூர் நியூயார்க் கொலம்பியா பல்கலைக் கழகத்தில் ஜார்ஜ் பெக்ராமும், ஜான் டன்னிங்கும் இதைப் பெரிய அளவில் செய்தார்கள்.

இதனுல் பல விளைவுகள் தோன்றின. அணுக்களிலிருந்து புதிய அணுக்கள் தோன்றின. பல அணுக்களுக்கு கதிர் இயக்க ஐஸ்டோப்புகள் தயாரிக்கப் பட்டன ஆனுல் இந்த ஆராய்ச்சியின் முக்கிய விளைவு நியூட்ரான்களின் வேகத்தைப்பற்றியது. ஆல்பா போன்ற வேறுதுகள்களை வெகு வேகமாக அனுப்பி பழக்கப்பட்டதால் நியூட்ரான்களை முதன் முதலில் வெகுவேகமாகப் பாய்ச்சினுர்கள்; ஆனுல் விரைவில் இது அனுவசியமென்றும் தவறு என்றும் தெரிய வந்தது. வேகமான நியூட்ரானைவிட மெள்ளச் செல்லும் நியூட்ரான்களே அதிகப் பயனளித்தன. உண்மையில் மிகமிகமெள்ளச்செல்லும் நியூட்ரான்களே மிக அதிகப் பலனை அளித்தன.

இந்த மெள்ளச் செல்லும் நியூட்ரான்கள் மையக் கருக்களை எளிதில் ஊடுருவுகின்றன. மையக் கருவும் இந்தப் புதிய நியூட்ரானும் சேர்ந்து ஸ்திரச் சேர்க்கையாக இருந்தால் நியூட்ரான் அந்த மையக் கருவிலேயே தங்கிவிடுகிறது. அந்த மூலகத்திற்கு ஒரு புதிய ஐஸடோப் தயாராகிவிடுகிறது. ஆனுல் இந்தச் சேர்க்கை ஸ்திரமில்லாமல் இருந்தால் அது சிதைந்து பாஸிட்ரான் அல்லது மின்னணுக்களையும் காமா கிரணங்களையும் விடுக்கிறது. வேறு மூலகத்தைச் சேர்ந்த ஒரு ஸ்திர ஐஸடோப் உண்டாகிறது. இல்லாவிடில் ஒரு கதிர் இயக்க மூலகமே உண்டாகலாம். இது பாஸிட்ரான்களையோ மின்னணுக்களையோ காமா கிரணங்களுடன் விடுக்கும்.

இந்த வேலைகளுக்கு நியூட்ரான்கள் வேகமில்லாமல் இருப்பதுதான் நல்லது. நியூட்ரான்களின் வேகத்தை பாரபின் அல்லது அதைப்போன்ற நீரகம் அல்லது கார்பன் அடங்கிய பொருட்களால் குறுக்கிட்டு தடுக்கலாம். இந்தத் தடுப்பில் உள்ள நீரகத்தில் இருக்கும் புரோட்டான்கள் மீது படும்பொழுது நியூட்ரான்களின் வேகம் குறைகிறது. நீரகமில்லாத வேறு தடுப்புகளாக இருந்தால் அங்குள்ள இலேசான, ஸ்திரமான மையக் கருக்களின்மீது பட்டு இவ்வேகம் குறையும். இம்மோதல்களால் அவற்றின் சக்திகள் தேய்ந்து விடுகின்றன.

இந்த மெள்ளச் செல்லும் நியூட்ரான்களால் பல காரியங்கள் செய்யப்பட்டுள்ளன. யுரேனியம் பீரியாடிக் பட்டியலில் உள்ள கடைசியியான மிகவும் கனமாக இயற்கை மூலகம். இதைவிட கனமான மூலகங்களில் செயற்கையில் செய்ய முடியுமா? மெள்ளச் செல்லும் நியூட்ரான்களால் யுரேனியம் சுடப்பட்டால் சில நியூட்ரான்கள் யுரேனியம் மையக்கருவில் சென்று தங்கலாம் என்று சொன்னார் பர்மி. சக்திகள் இலேசாக மாறி அமைந்து, பாஸிட்ரானோ, மின்னணுவோ வெளிப்பட்டு அதன் விளைவாக யுரேனியத்தைவிடக் கனமான ஒரு புதிய மூலகம் தோன்றலாம்.

பர்மி இதற்காகப் பல சோதனைகள் செய்தார். யுரேனியத்திலிருந்து மின்னணுக்கள் வெளிப்பட்டன. ஆனால் விளைவுகள் என்னமோ தெளிவாக இல்லை. இன்னும் சிலர் இந்த சோதனைகளை எடுத்து நடத்தினார்கள். ஆனால் ஐந்து வருஷகாலம் ஒன்றும் புரியவில்லை.

விஞ்ஞான வரலாற்றில் இத்தகைய தாமதங்கள் சகஜம். ஆனால் 1934-ல் உலக நிலை சரியாக இல்லை. தாமதத்திற்கு அதுவும் ஒரு காரணமாக இருந்திருக்கலாம். முதலில் ஜெர்மனி, பின்பு ஆஸ்திரியா அதற்

குப் பின்பு இத்தாலி. இந்த நாடுகளில் விஞ்ஞானிகளை இருக்கவொட்டாமல் செய்தார்கள். அயல்நாடுகளில் புகல்தேடும் நிர்ப்பந்தம் அவர்களுக்கு ஏற்பட்டது. கட்டாய வெளியேற்றம் ஸ்ருஷ்டிக்கும் சிந்தனைக்கும் முரணானது. மன அமைதி இல்லாவிடில் எதைத்தான் செய்யமுடியும். 1939-ம் வருஷவாக்கில் அமெரிக்கா, இங்கிலாந்து, பிரான்ஸ், டென்மார்க் இந்த நாடுகள் உலகப் புகழ்பெற்ற அணுவிஞ்ஞானிகளின் வாசஸ்தலங்களாயின.

6

அணுகுண்டுகள் சாத்தியமாகின்றன

1. யுரேனியம் சிதைகிறது

1939-ஜனவரியில் யுரேனியம் நியூட்ரான் சோதனைகளை விளக்கக்கூடிய குறிப்புகள் கிடைத்தன. ஜெர்மனியைச் சேர்ந்த ஆட்டோ ஹார்ன், ஸ்டேர்ஸ்மென் என்ற இரசாயனிகள் யுரேனியத்தின் மீது நியூட்ரான்களை மெதுவாகப் பாய்ச்சியதால் கிடைத்த பொருள்களைப்பற்றி இரசாயன ஆராய்ச்சி செய்திருந்தார்கள். அப்படிக் கிடைத்த பொருட்களில் பேரியமும் இருப்பதைக் கண்டு அவர்களுக்கு வியப்பாக இருந்தது.

யுரேனியத்திற்கு 92 புரோட்டான்களும் 146 நியூட்ரான்களும் உண்டு. பேரியம் 56 புரோட்டான்

களும் 82 ந்யூட்ரான்களும் உடையது. பீரியாடிக் பட்டியலில் யுரேனியம் பேரீயத்திலிருந்து வெகு தூரத்திலுள்ள பொருள். யுரேனியத்திலிருந்து பேரீயம் கிடைத்த தாகச் சொன்னால் நம்பத்தான் முடிய வில்லை. இதற்கு முன்னால் நடந்த எல்லாச் சோதனை களிலும் யுரேனியத்திலிருந்து ஒரு மின்னணுவோ பாஸிட்ரானோ வெளிப்பட்டு யுரேனியத்திற்கு அடுத்த அணு எடையுள்ள ஏதோ ஒரு மூலகத்தைத்தான் எதிர் பார்த்திருப்பார்கள். பேரீயம் இங்கு எப்படி வருகிறது?

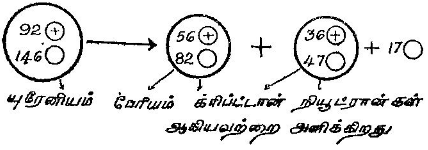
ஜெர்மனியிலிருந்து அகதிகளாக வந்த O. R. ப்ரிஷ், லிஸே, மீட்னர் இருவரும் கோபன்ஹேகனிலும், ஸ்டாக் ஹோமிலும் யுரேனியம், ந்யூட்ரானின் விளைவு களைப்பற்றி ஆராய்ச்சி செய்திருந்தார்கள். யுரேனியம் ஒரு ந்யூட்ரானை வாங்கிக்கொள்ளும்பொழுது ஏறக் குறைய இரண்டு சமபாகங்களாக சிதையுமோ என்று லிஸேக்கு ஒரு ஐயம் தோன்றியது. யுரேனியத்தின் அடர்த்தி சுமார் பாதி அளவுள்ள பேரியம் வருவதற்கு இதுதான் காரணமாக இருக்கவேண்டும். தன்னுடன் ஆராய்ச்சி செய்த ப்ரிஷிடம் இதைத் தெரிவித்தார் அவர். கோபன்ஹேகன் ஆராய்ச்சி சாலையில் டைரக்டராக இருந்த நீல்ஸ் போர் என்பவரிடம் இதைப்பற்றி கலந்து பேசினார்கள். சில நாட்களுக்கெல்லாம் ஐன்ஸ்டீனுடன் ஏதோ சில பிரச்னைகளைப்பற்றி ஆலோசிப் பதற்காக நீல்ஸ்போர் அமெரிக்காவிற்கு வந்தார். 1939-ஜனவரி 16-ம் தேதி யன்று பிரின்ஸ்டனிலும், கொலம்பியாவிலும் உள்ள நண்பர்களிடம் மீட்னரின் கருத்தைப்பற்றித் தெரிவித்தார்.

போர் கொண்டுவந்த செய்தி பலரை முனைந்து ஆராயத் தூண்டியது. கொலம்பியா பௌதீக பகுதி யில் வேலை செய்துவந்த எனக்கு அப்பொழுது அணு விஞ்ஞானிகளிடம் தொடர்பு இருந்து வந்தது. போர் வந்தபின் பல வாரங்களுக்கு சிந்தனை, வெளியே காட்

டிக் கொள்ளாத எழுச்சி எல்லாம் கிளர்ந்தன. எல்லோரும் சிந்தித்தார்கள். அசிரத்தையாக இருப்பதுபோல் பாவனை செய்தார்கள். இவ்வளவு எழுச்சி எதற்காக?

யுரேனியத்திற்கு 92 புரோட்டான்கள். அது சிதைந்து பேரியம் தோன்றுகிறது. பேரியத்திற்கு 56 புரோட்டான். மீதி 36 என்ன ஆயிற்று? பீரியாடிக் பட்டியலைப் பார்த்தால் அது கிரிப்டான் என்று விளங்கும். இப்பொழுது 15-ம் படத்தைப் பாருங்கள். பேரியம், கிரிப்டான் இரண்டும் அடர்த்தி நஷ்டம் அதிகமுள்ள மூலக் குழுவை சேர்ந்தவை. அதாவது யுரேனியத்திலிருந்து அவை உண்டாகும்பொழுது கடைசியாக வரும் அடர்த்தி முதல் அடர்த்தியைவிட குறைவாக இருக்கும். ஐன்ஸ்டீனின் சமன்பாட்டின் பிரகாரம் ஏராளமான சக்தியும் வெளிப்படும்.

இது ஒன்றும் புதிய கதையல்ல. எழுச்சிக்கு இதுவா காரணம்? லிதியம் ஒரு புரோட்டானை வாங்கி கொண்டால் 2 ஹீலியம் அணுக்களாக சிதைந்து அடர்த்தி நஷ்டம் காரணமாக ஏராள சக்தியை விடுக்கிறது என்று முன்னே நாம் பார்த்தோம். இத்தகைய பல மாற்றங்கள் நடந்தன. ஆனால் அவை பொது



படம் 18. யுரேனியம் சிதையும்போது
வெளியாகும் நியூட்ரான்கள்

ஒரு யுரேனியத்தின் மையக் கருவோடு ஒரு நியூட்ரான் சேர்ந்தால், யுரேனியம் இரண்டு பிரிவுகளாகப் பிரிகிறது. அப்போது அதிசயப்படும்படியான நியூட்ரான்கள் வெளிவந்து கின்றன. இந்த அடிப்படைத் தத்வத்தினுல் தான் அணு குண்டு செய்வது சாத்யமாயிற்று.

வான உபயோகத்திற்கு வரக்கூடியதல்ல என்றும் பார்த்தோம். இந்த சோதனைகளில் புரோட்டான் அல்லது நியூட்ரானின் செலவாகும் சக்தி அதிகம். எதிர் விளைவாக வெளிவரும் சக்தி குறைவு. புரோட்டானையோ, நியூட்ரானையோ நிறுத்திவிட்டால் இந்த இயக்கமும் நின்றுவிடும்.

இந்த இடத்தில் தான் இந்த எழுச்சி தோன்றியது. 18-ம் படத்தைப் பாருங்கள். யுரேனியம் 238-க்கு 146 நியூட்ரான்கள். இதோடு சிதைவை உண்டாக்கக் காரணமாக இருந்த ஒரு நியூட்ரானையும் சேர்த்துக் கொள்வோம். பேரியம்—138-க்கு 82 நியூட்ரான்கள். கிரிப்டான்—83-க்கு 47. இரண்டு சேர்ந்து 129 நியூட்ரான்கள். யுரேனியத்திலிருந்து இந்த இரண்டும் வந்தால் மீதி 18 நியூட்ரான்கள் எங்கே? இந்த நியூட்ரான்களில்சில பீடாகிரணங்களின் காரணமாக புரோட்டான்களாக மாறி இருந்தாலும் பல நியூட்ரான்கள் சுதந்திரமாக இருக்கக்கூடும் என்று தோன்றியது. இந்த சுதந்திர நியூட்ரான்களைக் கண்டுதான் எழுச்சி ஏற்பட்டது.

ஒரு நியூட்ரான் யுரேனியத்தில் பாய்ந்தால் யுரேனியம் பேரியம் கிரிப்டானாக சிதைந்து ஏராள சக்தியையும் அதோடு நியூட்ரான்களையும் வெளிப்படுத்துகிறது. இப்படி வெளிப்பட்ட நியூட்ரான்கள் வேறு யுரேனியம் அணுக்களால் கிரகிக்கப்படலாம். அப்போது அந்த யுரேனியம் அணுவும் பேரியம் கிரிப்டானாகச் சிதைந்து மேலும் சக்தியையும் நியூட்ரான்களையும் விடுவிக்கலாம். இப்படி இந்த இயக்கம் தொடர்ந்து நடக்கலாம்—எல்லா யுரேனியமும் பேரியம் கிரிப்டானாக மாறும்வரை இதன் விளைவாக உண்மையில் ஏராளமான சக்தி வெளிப்படும். ஆனால் செலவானதோ முதலில் பாய்ந்த, முதல் யுரேனிய அணுவை சிதைக்கத் தொடங்கிய முதல் நியூட்ரான், இந்த

நிகழ்ச்சிக்குப் பிறகுதான் பெருத்த அளவில் அணுசக்தியை வெளிப்படுத்தலாம் என்று முதல் முதலாகத் தோன்றிற்று.

ஆனுல் முதலில் செய்ய வேண்டிய காரியம் மீட்னரின் கருத்து சரியா என்று பார்ப்பது. நியூட்ரானை உள் வாங்கிய யுரேனியம் அணு உண்மையில் இரண்டாகப் பிளந்தால் பிரியும். இரண்டு துண்டுகளும் மா பெரும் சக்தியோடு தெறிக்கும். இந்தப் பெரிய சக்தியைக் கண்டுபிடிப்பது எளிது. ப்ரிஷ் அதை உடனே காணவும் கண்டார். பல நாடுகளில் இதே ஆராய்ச்சியை நட த்தினவர்களும் இதை •ஊர்ஜிதப்படுத்தினுர்கள். ஆக யுரேனியச் சிதைவு கைகூடும் காரியமாக ஆகிவிட்டது.

இரண்டாவது வேலை இந்த சிதைவின்பொழுது உண்மையில் நியூட்ரான்கள் வெளி வருகின்றனவா, என்று பார்ப்பது. 1939 மார்ச் 8-ம் தேதி ஹால்பான், ஜோலியோ, கோவார்ஸ்கி ஆகியோர் தாங்கள் ஆராய்ந்ததை பிரசுரத்திற்கு அனுப்பினுர்கள். அதன் பின்பு ஆண்டர்ஸன், பர்மி, ஹான்ஸ்டீன் ஆகிய மூவரும் சிலார்டு, ஸின் ஆகிய இருவரும் தாங்கள் கண்டவற்றைப் பிரசுரித்தார்கள். இம்மூன்று குழுவினரும் யுரேனியச் சிதைவில் நியூட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன என்று வெவ்வேறு மூலகங்களால் கண்டார்கள். அணுசக்தி தெருமுனைக்கு திரும்பிவிட்டது என்றுதான் தோன்றியது.

2. எந்த யுரேனியம் ஐஸடோப்?

1939 டிசம்பரில் L. A. டர்னர் என்பவர் நவீன பௌதீக விமர்சனம் என்ற பத்திரிகையில் அவ் வருஷம் நடந்த அணு ஆராய்ச்சியைப்பற்றி சுருக்கமாக எழுதும்போது சுமார் நூறு கட்டுரைகளை (சிதைவைப்பற்றி) சுருக்கி எழுதினுர். தோரியம், புரோட்

டோ ஆக்டீனியம் ஆகிய வேறு இரு மூலகங்களும் சிதைவதாகத் தெரிந்தது. ஆனால் யுரேனியத்தைப் போல இவற்றிற்கு மெதுவாகச் செல்லும் நியூட்ரான்கள் போதாது. விரைவு நியூட்ரான்கள் வேண்டும். இந்த மூன்றிலுமே சிதைவு ஏறக்குறைய இரண்டு சம பாகமாக நடக்கிறது. பிரிந்து வந்த மூலகங்கள் பீரியாடிக் பட்டியலின் நடுவிலுள்ள மூலகங்களின் ஐஸடோப்புகளாக இருந்தன. 34-வது செலனியத்திலிருந்து 57-வது லான்தனம் வரையில் அம்மூலகங்கள் காணப்பட்டன. அவற்றின் அடர்த்தி நஷ்டங்கள் ஏராளமாகவே இருந்தன. சக்தியும் ஏராளமாக வெளிப்பட்டது. இந்த, சிதைந்து வந்த பிரிவுகளும் கதிர் இயக்கம் உள்ளனவாக இருந்தன. ஆகவே அவை ஸ்திரமில்லாதவை. ஸ்திரப்படும் வரையில் மின்னணுக்களின் காமா கிரணங்களை வெளிப்படுத்தின.

யுரேனியம் சிதைவில் பிரிந்துவந்த இரண்டு துண்டுகளும் ஏறக்குறையத்தான் சமமானவை. அவற்றின் அடர்த்தி சுமார் 140-ம் 90-ம். பேரியம், கிரிப்டான் இவற்றோடு வேறு பல கதிர் இயக்க ஐஸடோப்புகளும் தோன்றின. எல்லாமே காமா கிரணங்களை வீசின.

1939-ல் கண்ட முக்கியமான உண்மை இதுதான். யுரேனியத்திற்கு இயற்கையில் மூன்று ஐஸடோப்புகள் உண்டு. மொத்த யுரேனியத்தில் 99·3 சதவிகிதம் 238 அடர்த்தி உள்ளது. இதை யு—238 என்று எழுதுவார்கள் 0·7 சதவிகிதம் இதைவிட இலேசான யு-235. அடுத்த யு-234 மிகமிக அபூர்வம். அதாவது 0·006 சதவிகிதம்தான் இருக்கும். இந்த மூன்று வகை யுரேனியமும் சிதையுமா ?

இந்தக் கேள்விக்கு விடை சொல்ல மூன்றையும் பிரித்து தனித்தனியாக சோதிக்க வேண்டி இருந்

தது. பிரிப்பது அவ்வளவு சுலபமல்ல. அடர்த்தியுள்ள வேறுபாடோ மிகமிகச் சொற்பம். அதாவது சுமார் 1 சதவிகிதம். ஆனால் சோதனை என்று வரும் பொழுது அளவு குறைவாக இருந்தால் போதும். ஆகவே A. O. நீர் என்பவர் தாம்ஸன், ஆஸ்டன் இவர்களுடைய முறையைச் சற்று மாற்றி இந்த ஐஸடோப்புகளைப் பிரித்தார்.

மாஸ்பெக்ட்ரோகிராப் என்ற கருவியில் யுரேனியம் நேர்மின் அயன்களாக மாற்றப்படுகிறது. கத்தோடிலுள்ள துளைகள் வழியாக இந்த அயன்கள் சென்று காந்தத்தின் சக்தியால் இலேசாக வளைகின்றன. இலேசான ஐஸடோப் கன ஐஸடோப்பைவிட அதிகமாக வளைகிறது. 13-ம் படத்தில் உள்ளது போல் புகைப்படத் தகட்டில் வெவ்வேறு இடங்களில் அவை தாக்குகின்றன. தாம்ஸனும், ஆஸ்டனும் செய்தது போல புகைப்படத் தகட்டின் மீது அவற்றைப் பாயவிடாமல் அவைகள் தேங்கக்கூடிய ஒரு பொருளை உபயோகித்தார், நீர் (Nier). பிறகு நியூட்ரான்களை வைத்துக் கொண்டு ஐஸடோப்புகளின் ஒவ்வொரு புள்ளியும் சோதிக்கப்பட்டு இருக்கிறது. அதன் விளைவாக யுரேனியம்—235 தான் சிதையும் என்று தெரிந்தது. யுரேனியம்—238. ஒரு நியூட்ரானை பிடித்துக் கொண்டது ஆனால் சிதையவில்லை. யுரேனியம் 234—ஐப்பற்றி, பேச்சே இல்லை. ஏனெனில் அதன் அளவு மிக மிக சொற்பம். மேலும் ஆராய்ந்த பொழுது யுரேனியம்—235 வேக நியூட்ரான்களைவிட தாமத நியூட்ரான்களே மிகவும் எளிதாகப் பிடித்துக் கொள்ளும் என்று தெரிந்தது. ஆகவே சிதைவிற்கு தாமத நியூட்ரான்களே சிறந்தவை; யு-238. வேக நியூட்ரான்களைத்தான் சீக்கிரமாகப் பிடித்துக் கொள்ளும். ஆனால் சிதையாது.

அணுசக்தி விடுவிப்பிற்கு இதை சுபச் செய்தி

என்று சொல்வதற்கில்லை. யு—235 சிதைய தாமத நியூட்ரான்கள் வேண்டும். அது சிதையும் போது வேக நியூட்ரான்கள் விடுபடுகின்றன. யு—238 வேக நியூட்ரான்களைப் பிடிக்கிறது. ஆனால் சிதைவதில்லை. தொடர்ச்சியாகக் கிரியை ஏற்பட வேண்டுமானால் யு—235-ஆல் விடுவிக்கப்பட்ட ஒரு நியூட்ரானாவது ஒரு யு—235 மையக் கருவால் கிரகிக்கப்பட வேண்டும். ஆனால் விடுவிக்கப்பட்ட வேக நியூட்ரான்கள் யு—238-ஆலேயே பிடித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. அதுதான் சிதையாதே-மேலும் இயற்கையில் யு—238, யு—235-ஐப் போல 140 மடங்கு அதிகமாக இருக்கிறது. ஆகவே யு—235 சிதைவில் வெளியான வேக நியூட்ரான்கள் யு—235-க்கு முன்னாலேயே யு—238-ஆல் விழுங்கப்பட்டு விடும். தொடர் கிரியை நடவாது. வேறு என்னதான் வழி ?

ஐஸடோப்புகளைப் பிரித்து யு—235-ஐ மட்டும் தனியாகச் சேர்த்துக் கொள்ள வேண்டும். அப்பொழுது அதன் சிதைவில் ஏற்பட்ட நியூட்ரான்களில் பிடித்துக்கொள்ள யு—238-ன் போட்டியே இராது. தொடர்கிரியை நடக்க நல்ல வாய்ப்பு உண்டு. ஆனால் இது எளிதான வழியல்ல. யு—235-ஐப் பிரிப்பது இலேசான காரியமில்லை. நியான்—20, 22; ஆக்ஸிஜன்—16, 18 முதலிய ஐஸடோப்புகளை பிரிப்பதைப் பற்றி படிக்கும் போது அதன் கஷ்டத்தையும் தெரிந்து கொண்டிருக்கும். யு—235, யு—238-க்கு உள்ள ஒரு சதவிகித வேறுபாடு இந்தப் பிரிவினையை இன்னும் கஷ்டமான பிரச்னையாக ஆக்குகிறது.

3. புதியதாக தயாரான சிதையக் கூடிய அணுக்கள்

வேக நியூட்ரான்களை கிரகிக்கும் யு—238 சிதையாமல் என்ன செய்கிறது ? ஒருவருக்கும் நிச்சயமாகத் தெரியவில்லை. ஆனால் சில ஊகங்கள் வெளிவந்தன.

யு-238 ஒரு நியூட்ராஜே உட்கிரகித்து அதை தன்னுள் தேக்கிக் கொண்டால் யு—239 என்ற புதிய ஐஸடோப் உண்டாகும். கொள்கைப்படி பார்த்தால் இது ஸ்திர மான ஏற்பாடல்ல. அடர்த்திகளும், நேர்மின் சக்தி களும் மாறி அமைந்து மையக் கரு ஒரு மின்னணுவை விடுவிக்கும். ஒரு எதிர் மின் சக்தி ஒருமையக் கருவை விட்டு வந்தால் அப்பொழுது ஒரு நியூட்ராஜே ஒரு மின்னணுவை விடுவித்து நேர் மின்சக்தியுள்ள புரோட்டாஞக மாறியிருக்கும். இதன் விளைவு என்ன? யு—238-ஐ விட ஒரு புரோட்டான் அதிகமும் ஒரு நியூட்ரான் குறைவாகவும் கொண்ட மையக் கரு தோன்றுகிறது. யுரேனியத்திற்கு 92 புரோட்டான் கள். ஆனுல் புதிய மையக் கருவிற்கு 93 புரோட்டான் கள். 93 புரோட்டான்களிலுள்ள மூலகம் யுரேனியத் திலிருந்து முற்றிலும் வேறுபட்டது. பீரியாடிக் பட் டியலில் யுரேனியத்தை அடுத்திருக்கும் அது.

இந்தப் புதிய மூலகத்திற்குப் பெயர் நெப்ட்யூனி யம். யுரேனஸ் என்ற கிரகத்தின் பெயரை யுரேனி யத்திற்கு வைத்தார்கள். யுரேனஸ்ஸுக்கு அப்பால் நெப்டியூன் என்ற கிரகம் இருப்பதால் அந்தப் பெயரை இந்தப் புதிய மூலகத்திற்கு வைத்தார்கள். 1934-ல் பர்மி ஊகித்த யுரேனியத்திற்கு அப்பாற்பட்ட மூலகங்களுள் இது ஒன்று.

நெப்டியூனியம் உண்டாகும் போது ஒரு மின் னணு மட்டுமின்றி கணிசமான அளவுக்கு சக்தி எக்ஸ்ரே அல்லது காமா கிரணங்கள் வடிவாக வெளிப் படுகின்றன. யு—239-யிலிருந்து நெப்டியூனியம் உண் டாவதை இப்படி எழுதலாம்.

$92u^{239} = {}_{93}NP^{237} + {-ie^{0}} +$ காமா கதிர்கள். இந்த இயக்கம் இதோடு நிற்காது. அணு அமைப்பு கொள் கைப்படி நெப்டியூனியம்—239 ஸ்திரமில்லாததாக இருக்க வேண்டும். விரைவில் அதன் மையக் கருவிலி

ருந்து ஒரு மின்னணுவும் வன்மையுள்ள எக்ஸ்ரேக்களும் வெளிவரும். மையக்கருவிலிருந்து ஒரு மின்னணு வெளிவருவது என்ருல் ஒரு நியூட்ரானே எதிர்மின் சக்தி கழிந்து புரோட்டாணுகி விடுகிறது என்று அர்த்தம். 93 புரோட்டான்களுள்ள நெப்டியூனியத்திலிருந்து 94 புரோட்டான்களுள்ள ஒரு புதிய மையக்கரு உண்டாகிறது. இது இன்னெரு புதிய மூலகம்.

தொடர்ச்சியாக இரண்டு மின்னணுக்கள் வெளியே வருவதால் அடர்த்தியில் அதிக நஷ்டமில்லை. ஆகவே அணு எடை இன்னும் 339 ஆகவே இருக்கிறது. ஆனுல் இந்தப் புதிய மூலகம் பீரியாடிக் பட்டியலில் 94-ம் இடத்தில் இருக்கும். சூரிய மண்டலத்தின் கோடியிலுள்ள புளூற்டோ பெயரையே புளூட்டோனியம் என்று அதற்கு வைத்தார்கள். அதன் சமன்பாடு.

$93NP^{239} = 94Pu^{299} + -e^{0} +$ காமா கதிர்கள்.

கடைசியாகச் செய்த ஊகம்தான் மிகவும் முக்கியமானது. புதிய மூலகமான புளூட்டோனியம் (639) சற்று ஸ்திரத் தன்மை வாய்ந்தது என்றும் தாமத நியூட்ரான்களே அதை அதிகமாக கிரகிக்குமென்றும் யு—235-ஐப் போல சிதையும் என்றும் ஊகித்திருந்தார்கள்.

இந்த ஊகங்கள் சரியானுல் யு—238 ஒரு நியூட்ரானைக் கிரகித்து அதிலிருந்து சிதையக் கூடிய லுடோனியம் கிடைக்கும். யு—238 அதிகமாக இருப்பதால் புளூட்டோனியமும் அதிகமாக கிடைக்கும். மேலும் புளூட்டோனியம் இரசாயன ரீதியில் யுரேனியத்திலிருந்து வேறு பட்ட மூலகமாதலால் அது அமைந்த பிறகு யுரேனியத்திலிருந்து அதைப் பிரிப்பதும் சுத்தி செய்வதும் சிரமமாக இராது.

தொடர்கிரியை ஐ ஆரம்பித்து வைக்கக் கூடிய புளூட்டோனியத்தைத் தயாரிக்க முடியும். பின்பு ஒரு

நியூட்ரானை பாய்ச்சினுல் ஒரு புளுட்டோனியம் மையக் கரு அதை உள் வாங்கி இரண்டாகப் பிரிந்து உஷ்ணம், காமா கிரணங்கள், பல நியூட்ரான்கள் ஆகியவற்றை வெளிவிடும். இந்த நியூட்ரான்கள் மேலும் மேலும் புளுட்டோனியம் மையக் கருக்களால் உறிஞ்சப்பட்டு அந்த மையக் கருக்கள் சிதைந்து கொண்டே போகும். இந்த தொடர்கிரியை நிகழ்ந்து கொண்டே போய்கடைசியில் அந்தப் புளுட்டோனியம் முழுவதும் சிதைந்து பிரம்மாண்ட சக்தியை வெளிப்படுத்தும். *1939*-ல் இது ஊகமாக இருந்தது.

4. அணுச்சிதைவை தொடர்ந்து நடத்த முடியுமா ?

இதுவரையில் நான் எழுதியதெல்லாம் எல்லோருக்கும் தெரிந்த செய்தியாகவே இருந்தது. பல நாடுகளில் உள்ள விஞ்ஞானிகளுக்கு இடையே சுயேச்சையாக இந்தக் கருத்துகள் பரிமாறிக் கொள்ளப் பட்டன. இந்த உற்சாகத்தின் விளைவாக விஞ்ஞானமும் முன்னேறியது.

*1939*ல் இந்த சுயேச்சை எல்லாம் முற்றுபெற்றது. அந்த ஆண்டு செப்டம்பர் மாதம் முதல் யுத்தம் தொடங்கியது. விஞ்ஞானிகள் தங்கள் ஆராய்ச்சிகளை விட்டு, வேண்டா வெறுப்பாக யுத்தப் பிரச்னைகளின் மீது தங்கள் கவனத்தைச் செலுத்தினுர்கள். யுரேனியம், புளுட்டோனியம் தொடர்கிரியையை இராணுவ வேலைகளுக்கு பயன்படுத்த இங்கிலாந்திலும், ஐக்கிய நாடுகளிலும் உள்ள சிலர் சிந்தனை செய்தார்கள்.

வெறும் கணக்கே பயங்கரமாக இருந்தது. யுரேனியத்தின் அடர்த்தி நஷ்டத்தையும் அதன் சிதைவிலிருந்து உண்டாகும் பேரியம், கிர்ப்டானின் அடர்த்தி நஷ்டத்தை வாசகர்கள் தெரிந்துகொண்டிருப்பார்கள். சிதைவில் உண்டான அடர்த்தி நஷ்டம்

பிரமாண்ட சக்தியாக (ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாடின்படி) வெளியே தள்ளப்படும் ஒரு இராத்தல் யு-235-க்கு எவ்வளவு சக்தி வெளிப்படும் என்று வாசகரே கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம். தொடர்க்கிரியை நிகழ்ந்து ஒரு இராத்தல் - 235 உள்ள எல்லா அணுக்களும் சிதைந்தால் 4 கோடி கோடி கோடி எர்க் சக்தி கிடைக்கும். 12,000,000 கிலோவாட் மணியூனிட் கிடைக்கும்.

இந்த சக்தியை அடக்கி மெள்ள மெள்ள விடுவித்தால் 10 மணி நேரத்திற்கு ஒரு கோடியே இருபது லக்ஷம் 100 வாட் சக்தியுள்ள பல்புகளை எரிக்கக் கூடிய மின்சாரம் கிடைக்கும்.

சீக்கிரமாக அதை விடுவித்தால் அதாவது ஒரு வினாடியில் விடுவித்துவிட்டால் 10,000 டன் TNT குண்டின் வெடி சக்தி கிடைக்கும். ஒரு டன்னில் 2,000 ராத்தல்கள் இருப்பதால் TNT ஐ-விட ஒரு ராத்தல் 20 லக்ஷம் மடங்கு அதிக சக்தியுள்ளது. ஒரு ராத்தல் யு-235. ஒரு ராத்தல் யு-235-ல் ஒரே சதவிகித அணுக்களே சிதைகின்றன என்று வைத்துக் கொண்டாலும் அப்பொழுதும் TNT-ஐவிட 2 லக்ஷ மடங்கு அதிக சக்தி உடையதாக இருக்கும். வெடி சக்தியில் ஒரு புதிய யுகம் தோன்றிவிட்டது. இந்தக் கணக்கைப் போட்டவர்களுக்கு தூக்கம்கூட வரவில்லை.

ஏட்டில் இந்தக் கணக்கெல்லாம் நன்றாகத்தான் இருக்கிறது. ஆனால் உண்மையில் இந்த தொடர் கிரியை யாரும் செய்து பார்த்ததில்லை. யு-235 ஒரு கிராமில் 10 கோடியில் ஒரு பங்கிற்குமேல் யாரும் பிரித்தெடுக்கவில்லை. இது ஒரு சிறு புள்ளி. எந்த யுரேனியம் ஐஸடோப் சிதைகிறது என்பதைக் கண்டு பிடிக்கத்தான் இது உதவும். ஒரு ராத்தல் யு-235 எங்கிருந்து கிடைக்கப் போகிறது.

அடிப்படையான உண்மை என்னவெனில் ஒரு யு-235 அணு வானது ஒரு தாமத நியூட்ரானை உட்

கிரகித்தால் சிதைந்து வேக நியூட்ரான்களை விடுக்கிறது. சாதாரண யுரேனியத்திலோ எத்தனையோ நிகழ முடியும். தொடர்கிரியை நிகழ இடம் இருக்கிறது. முதல் தேவை சிதைவு. ஒரு தாமத நியூட்ரானைப் பிடித்தால் யு-235 சிதையும். வேக நியூட்ரான்களைப் பிடித்தால் சிதையுமா ? சிதையக்கூடும். ஆனால் நமக்குத் தெரியாது. ஏனெனில் யு-235-ஐவிட யு-238 140 மடங்கு அதிகமாக இருக்கிறது. மேலும் சிதையாமல் யு-238 எல்லா நியூட்ரான்களையும் பிடித்துக் கொண்டு விடுகிறது.

யு-235 சிதைவில் உண்டான நியூட்ரான்களின் வேகத்தை குறைக்க முடியுமா? அப்படிக் குறைத்தால் மற்ற யு-235 அணுக்கள் அவற்றை சீக்கிரம் கிரகிக்காதா? தெரியவில்லை. ஆனால் அது எப்படிச் செய்யலாம் என்று பலர் யோசனை சொன்னார்கள். ஹீலியம், கார்பன், பெரிலியம், கனநீரகம் போன்ற இலேசான மூலகங்கள் எளிதில் நியூட்ரான்களைக் கவனிப்பதில்லை. அவற்றை எதிர்த்துப் பின்தள்ளி வேகத்தைக் குறைக்கின்றன. பர்மி, பெக்ராம், டன்னிங் முதலானவர் தாமத நியூட்ரான்களை உண்டு பண்ண இவற்றைத் தான் உபயோகித்தார்கள். இவற்றில் ஒன்றை யுரேனியத்துடன் கலந்து சிதைவிலிருந்து உண்டான வேக நியூட்ரான்களின் வேகத்தை தணித்து யு-235 பிடித்துக் கொள்ளக்கூடிய தாமத நியூட்ரான்களைத் தர முடியுமா ?

இந்த இரண்டாவது வழி சுத்தத்தைப் பொறுத்தது. அநேக பொருள்கள் நியூட்ரான்களை பிடித்துக் கொள்கின்றன. ஆனால் சிதைவதில்லை. யுரேனியத்தில் ஏதாவது அந்நியப் பொருட்கள் இருந்தால் வெளியான நியூட்ரான்களை அவை கிரகித்துக் கொண்டுவிடும். ஆகவே அது வீணாகிவிடும். ஆகவே யுரேனியம் மிகமிக சுத்தமாக இருக்க வேண்டும்.

நியூட்ரான்களின் வேகத்தை தணிக்க பயன்படுத்தும் மூலகங்களும் மிகவும் சுத்தமாக இருக்க வேண்டும். இது வெறும் வார்த்தையல்ல. 10 லக்ஷத்தில் ஒரு பங்கு அசுத்தமிருந்தால்கூட சிரமமாக இருக்கும். இந்த அளவுக்கு யுரேனியத்தையோ வேக தடுப்பு களையோ சுத்தப்படுத்த முடியுமா ?

மூன்ருவதாக கவனிக்கவேண்டிய விஷயம் நியூட் ரான் தப்பித்துக் கொள்ளுதல். யுரேனியம் ஒரு கட்டியை எடுத்து அதில் தாமத நியூட்ரானைப் பாய்ச்சிஞல் அது யு-235 அணுவைத் தாக்குகிறது. அந்த அணு சிதைந்து சில நியூட்ரான்களை விடுக் கிறது. யுரேனியக் கட்டி சிறியதாக இருந்தால் கட்டியின் மேற்பரப்பின் வழியாக வேறு யு-235 அணு உட்கிரக்கு முன் கட்டியின் மேற்பரப்பு வழியாகக் காற்றில் இந்த நியூட்ரான்கள் தப்பித்துவிடும். அப்படி தப்பித்துவிட்டால் இழந்தாற் போலத்தான். பிடிக்கப் பட்டதைவிட அதிக நியூட்ரான்கள் வெளியே தப்பித்துக்கொண்டால் தொடர்கிரியை நிகழாது.

5. அணுகுண்டின் நெருக்கடி அளவு

இதில் ஒரு வேடிக்கை. ஒரு யுரேனியம் துண்டில் நியுட்ரான்கள் நஷ்டமாவது மேல் பரப்பின் வழியாக. ஆனல் நியூட்ரான்களை உள் வாங்குவதோ பொருளின் அடர்த்தி.

சாதாரண ஜியோமிதி நமக்குச் சொல்லுவது, ஒரு கோளத்தின் பரிமாணம், அதன் ஆரத்தின் மும்மடங்கு, அதாவது ஆரம்×ஆரம்×ஆரம். கோளத்தின் மேற் பகுதி ஆரத்தின் சதுரத்திற்கு ஏற்ப வேறு படு கிறது. ஆகவே யுரேனியத்தின் அளவு பெருகப் பெருக அதன் மேற்பகுதி, பரிமாணத்தையோ, அடர்த் தியையோ போன்ற அளவுக்குப் பெருகாது. அதாவது அடர்த்தி பெருகப் பெருக, ஒவ்வொரு யூனிட் அடர்த்

திக்கும் மேற்பகுதி குறையும். நியூட்ரான்கள் வெளியே போவது மேற்பகுதி வழியாக. உள் வாங்குவது அடர்த்தி வழியாக. ஆகவே யுரேனியம் அளவு பெருகப் பெருக விடுவிக்கப்பட்ட நியூட்ரான்கள் உள்ளேயே தேங்கி இருக்க சந்தர்ப்பம் அதிகமாகும். அப்பொழுது யுரேனியம் - 235 அந்த நியூட்ரான்களின் சிதைவுக்காகப் பயன்படுத்திக்கொள்ள முடியும்.

அடுத்த கேள்வி என்ன? நியூட்ரான்கள் யாவும் மேற்பரப்பு வழியாக தப்பி விடாமல் பிடிபட வேண்டு மென்ருல் யுரேனியக் கட்டி எந்த அளவு பெரிதாக இருக்க வேண்டும் என்பதுதான். நியூட்ரான்கள் நஷ்டமாவதை விடத் தேங்குவது அதிகமாக எந்த அளவு யுரேனியத்தில் ஏற்படுகிறதோ அந்த அள வுக்குத்தான் நெருக்கடி அளவு என்று பெயர். இந்த அளவைவிட சிறியதான யுரேனியம் துண்டில்தொடர் கிரியை நிகழவே நிகழாது. இதை விட பெரிய துண் டானது மற்ற அம்சங்களெல்லாம் சரியாக இருந்தால் தொடர்கிரியை நிகழ இடம் கொடுக்கும்.

நெருக்கடி அளவு எது? இது யுரேனியத்தில் உள்ள நியூட்ரான்களின் வீச்சைப் பொறுத்தது. பிடி படுவதற்கு முன்ஞல் ஒரு நியூட்ரான் எவ்வளவு தூரம் போகும். இது குத்து மதிப்பாகத் தான் தெரிந்திருந் தது. ஆகவே நெருக்கடி அளவும் குத்து மதிப்பாகத் தான் தெரிந்திருந்தது. யு-235-ல் 2 முதல் 200 ராத்தல் வரையில் நெருக்கடி அளவு இருக்கலாம் என்று தான் தெரிந்திருந்தது.

யுரேனியத்தின் சிதைவைப் பற்றிய செய்திகளெல் லாம் 1/1,000,000 கிராம்எடையிலும்குறைந்தநுண்ணிய யுரேனிய துகள்களை சோதனை செய்து கிடைத்தது தான். (28 கிராம் 1 அவுன்ஸ் என்பது ஞாபகம் இருக்க வேண்டும்.) இதோடு ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் 2 முதல் 200 ராத்தல் எடையுள்ள யு-235-ன் நெருக்கடி அளவு

பெரும் ராக்ஷஸ அளவு. ஒரே இடத்தில் சிற்சில கிராம் யுரேனியத் திற்குமேல் அதிக அளவு யாரும் பார்த்த தில்லை. எஃகு, பாண்டங்கள் முதலிய தொழில்களில் அது பயன்படுகிறது. ஆனால் அது சேர்ந்த அளவு மிக மிக சொற்பம்.

பிட்ச் பிளெண்ட் என்ற கனிப்பொருளில் 40 முதல் 90 சத விகிதம் உள்ளது யுரேனியம். ஜெகஸ்லொவேக் கியா, கானடா, பெல்ஜியம் காங்கோ முதலிய இடங் களில் இந்த பிட்ச்-பிளெண்டு கிடைப்பதாகத் தெரிந் தது. யுரேனியம் குறைவாக உள்ள கனிஜங்கள் கொலராடோ மேட்டு வெளியிலும், ஆசிய ருஷ்யாவி லும் இன்னும் சில இடங்களிலும் கிடைப்பதாகத் தெரிந்தது. யு-235-ல் 200 ராத்தல் வேண்டுமானால் டன் கணக்கில் பிட்ச் பிளெண்டை எடுத்து இரசாயன சுத்திக்கு உட்படுத்த வேண்டும். அப்பொழுது தான் சுத்த யுரேனியம் கிடைக்கும். அதன் பிறகு யு-235-ஐ அதைவிட 140 மடங்கு அதிகமான யு-238-லிருந்து பிரிக்க வேண்டும். நியூட்ரான்களின் வேகத்தைத் தடுக்கும் பொருள்களைக் கொண்டு இதைச் செய்ய வேண்டும். இதற்கு டன் கணக்கில் சுத்தி செய்யப் பட்ட உலோகம் வேண்டும்.

நியூட்ரான்களின் வேகத்தை தணிப்பதிலும் இதே நிலை தான் இருந்தது. பெரிலியம், கனநீர், கார்பன் மூன்றும் நியூட்ரான்களின் வேகத்தைத் தடுப்பது. இவற்றிலும் டன் கணக்கில் இருந்தால்தான் தொடர் கிரியை நிகழ்கிறதா என்று சோதித்துப் பார்க்க முடியும்.

பெரிலியம் சாதாரண மூலகம். ஐக்கிய அமெரிக்க நாடுகளில் ஆண்டுதோறும் நூற்றுக்கணக்கான ராத் தல்கள் இது தயாரிக்கப்படுகிறது. ஆனால் அது சுத்த மாக இல்லை. தேவை இல்லாதது தான் இதற்குக் காரணம்.

கனநீர் சாதாரணமாகக் கிடைக்கும் சாதாரணத் தண்ணீரில் சுமார் 5000-த்தில் ஒரு பங்கு கனநீராக இருக்கும் என்று முன்பே தெரிந்து கொண்டோம். பல வழிகளில் கனநீரைச் சேகரிக்க முடியும். நார்வே நாட்டில் ஆண்டுதோறும் சில நூறு குவார்ட்ஸ்கனநீர் தயாரிக்கும் தொழிற்சாலை ஒன்று இருந்தது. அமெரிக்க ஐக்கிய நாட்டில் சில குவார்ட்டுகள் தான் தயாரிக்கப் படும் வழக்கம் உண்டு. அவை பெரும்பாலும் விஞ்ஞான காரியங்களுக்காகவே பயன்பட்டன.

கார்பன் நியூட்ரான்களின் வேகத்தை நன்ருகக் குறைக்கும். நூற்றுக்கணக்கான டன்கள் இதில் வருஷா வருஷம் உற்பத்தியாகிறது. இயந்திரங்கள் ஓடுவதற்கான வழவழப்பை அளிக்கும், கிராபைட் வடிவத்தில் அது தயாராகிறது. வேண்டிய அளவுக்கு அது சுத்தி செய்யப்படாவிட்டாலும் ஏராளமாக கிடைப்பதால் சுத்தி செய்ய வாய்ப்பு இருக்கிறது. கார்பனேயே நியூட்ரான்களின் வேகத்தைத் தணிக்க உபயோகிக்குமாறு சிலார்டும், பர்மியும் ஆதியிலேயே சொன்ஞர்கள்.

சுத்த யுரேனியமும் வேகத் தடுப்பையும் நெருக்கடி அளவுக்கு மேல் கிடைப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். அதாவது தொடர் கிரியை நிகழ்வது என்று வைத்துக் கொள்வோம். அப்பொழுது அது நம் கையில் அடங்கி நிற்காது. வெடித்து விடும். வெடிக்கா விட்டால் கூட ஏராளமான கதிர் இயக்கங்களேயும், எக்ஸ்ரேக்களேயும் உண்டாக்கி ஒரு பெரும் பிரதேச முழுவதையும் அழித்து மாதக் கணக்கில் வாழத் தகுதியற்றதாகச் செய்துவிடும். ஆகையால் நியூட்ரானே உள்வாங்கும் பொருட்கள் நமக்கு வேண்டும். அதாவது நியூட்ரான்களே உள்வாங்கி ஆனுல் அதிக மாறுதல்களும் அடையாத பொருள்கள் வேண்டும். இந்தப் பொருட்களே அடர்த்திக்குள் புகுத்தி

விட்டால் எதிர் விளைவுகளை ஒழுங்கு படுத்தலாம். அத்தகைய சில பொருட்களும் தெரிந்திருந்தன. அதில் ஒன்று காட்மியம். காட்மியம், துத்தநாகம், பாத ரஸம் மூன்றும் ஒரே குழுவைச் சார்ந்தவை. இதே போல இன்னும் பல பொருட்கள் இருப்பதாகத் தெரிந்தது. ஆனால் சோதித்துப் பார்க்கவில்லை, ஆகவே தொடர்கிரியை பரிக்ஷித்துப் பார்க்கு முன்னே செய்ய வேண்டிய வேலை ஏராளமாக இருந்தது.

7

அணுகுண்டு செய்ய முடியும்

1. மூலதனம் 200 கோடி டாலர்

1939 ஜனவரியில் யுரேனியத்தை சிதைக்க முடியும் என்று மீட்னர் சொன்னார். சில வாரங்களில் அவர் சொன்னதை சோதித்து உண்மை என்றும் கண்டார்கள். அடுத்து சில வாரங்களில் இதுவரை நாம் விவரித்த கணக்குகளும், கருத்துகளும் போடப்பட்டன. முக்கியமாக சிலார்டும், பர்மியும் கொலம்பியாவில் இந்த சோதனைகளை செய்தார்கள். இதன் இராணுவ உபயோகங்களும் தெளிவாகத் தெரிந்தன. கிலார்ட்டு, யுஜீன், விக்னர், எட்வர்ட் டெல்லர், விக்டர் வீஸ்காப், பர்னி முதலானோர் இதன் இராணுவ சக்தியை புரிந்து கொண்டார்கள். நாஸி, பாஸிச கொடுமையிலிருந்து அமெரிக்காவில் புகல் தேடித் தங்கிய

ஐரோப்பிய விஞ்ஞானிகளுக்கு தங்கள் ஐரோப்பாவில் போர் மேகங்கள் சூழ்வது தெரிந்திருந்தது. அமெரிக்காவிலெயே பிறந்த பல விஞ்ஞானிகளுக்கு 1939-ல் இதன் அரசியல் இராணுவ முக்கியத்துவத்தைப்பற்றி சிந்திக்கத் தோன்றவில்லை.

நீல்போரின் உதவியுடன் இந்த சிறு குழுவினர் முக்கியமான செய்திகளை பிரசுரிக்கக் கூடாது என்று தீர்மானம் செய்துகொண்டனர். ஜோலியோ இதை ஒப்பவில்லை. அமெரிக்க விஞ்ஞானிகள் இந்த தடையை ஒப்புக்கொள்ளு முன்னமே ஒரு சிறு கட்டுரை பிரசுரமாகி விட்டது. அதனுல் தான் ஜோலியோ மறுத்தார் போலும். 1939-ல் இதுவரை நான் சொன்ன சங்கதிகளெல்லாம் மளமளவென்று பிரசுரமாகின, முக்கியமாக சிதைவைப் பற்றிய செய்திகள் பிரசுரமாயின. 1944-ல் ஏப்ரல் மாதம் வரை இந்த தாமாக ஏற்றுக் கொண்ட தணிக்கை ஆரம்பமாகவில்லை. அதற்குப் பிறகு பல வருஷங்கள் இந்தத் தணிக்கை தொடர்ந்து வெற்றிகரமாகவே இருந்தது. இராணுவ ரகசிய கட்டுப்பாடுகள் தோன்றுவதற்கு வெகுநாட்களுக்கு முன்பு இது நடந்தது.

தொடர்கிரியை பிரச்னையை சமாளிக்க சாமான்கள் ஏராள அளவுக்கு வேண்டும். பல் கலைக் கழக ஆராய்ச்சி சாலைகளில் இது சாத்யமாக இராது. ஆனுல் ராணுவ பயன்களோ அதிகமாக இருப்பதால் அரசாங்கத்தின் உதவியை நாடுவது நியாயமான காரியந்தான்.

மார்ச் 1939-ல் பெக்ராம், பெர்மிக்கும் கடற்படை இலாகாவுக்கும் இடையே ஒரு மகா நாட்டை ஏற்பாடு செய்தார். கடல் படை அதிகாரிகள் மிகவும் ஊக்கம் காண்பித்தார்கள். அவ்வப்பொழுது தகவல்க்ள் தெரிவிக்குமாறும் கேட்டுக் கொண்டார்கள்.

தாமதம் வெகுவாக இருந்தது. பயன்களோ பல

உண்டு. ஆகவே சிலார்டும் விக்னரும் 1939 ஜூலை மாதம் ஐன்ஸ்டீனுடன் கலந்து பேசி ஜனாதிபதி ரூஸ் வெல்ட்டை அணுகி விண்ணப்பித்துக் கொள்வதாகத் தீர்மானித்தார்கள். ஐன்ஸ்டீனிடமிருந்து ஒரு கடிதத் தையும் சிலார்ட் இடமிருந்து ஒரு குறிப்பையும் எடுத் துக் கொண்டு அலெக்ஸாண்டர் ஸாக்ஸ் என்பவர் ஜனாதிபதியிடம் சென்று இந்த பிரச்னையைப் பற்றி யும், அதற்கு வேண்டிய பண உதவியின் அவசியத் தைப் பற்றியும் விளக்கிச் சொன்னார். உடனே இந்த விஷயத்தைக் கவனித்து ஆலோசனை கூற மூன்று பேர்கொண்ட ஒரு கமிட்டியை நியமித்தார் ஜனாதி பதி. அதில் ஒரு பொது அதிகாரியும், கடற்படை, தரைப் படையைச் சேர்ந்த ஒவ்வொரு தளவாட அதி காரியும் இருந்தார்கள்.

இந்த கமிட்டி பல தடவை கூடி சாட்சியங்களைக் கேட்டு சிபார்சுகள் செய்தது. கடைசியில் 1940-ல் பிப்ரவரி மாதம் 20-ம் தேதி கடற்படை, தரைப் படை இலாக்காக்களிலிருந்து முதன் முதலாக கொலம் பியாவிற்கு நிதி அளிக்கப்பட்டது. இந்த 6000 டால ரும் அவசியமான பொருட்களை வாங்குவதற்காக என்று குறிக்கப்பட்டது.

1940 ஏப்ரல் 28-ம் தேதி கமிட்டி மறுபடியும் கூடி முன்னேற்றத்தைப்பற்றி விசாரித்தது. இதற்குள்ளாக யுரேனியம் ஐஸடோப் மூன்றில் யு-235 தான் சிதையும் என்றும் வேக ந்யூட்ரான்களைவிட தாமத ந்யூட்ரான் களே பலனளிப்பவை என்றும் ஆராய்ச்சி காண்பித்து விட்டது. அதோடு கொலம்பியாவிலும் ந்யூட்ரான் களின் வேகத்தைத் தணிக்க கிராபைட் சிறந்தது என்று கண்டுவிட்டார்கள். எல்லாவற்றிற்கும் மேலாக ஜெர்மனியிலுள்ள பெரிய ஆராய்ச்சி ஸ்தாபனமான கெய்ஸர் வில்ஹெல்ம் கழகங்களின் பிரிவில்ஒரு பெரும் பகுதியை யுரேனிய ஆராய்ச்சிக்கு ஒதுக்கிவிட்டார்கள்

என்றும் பல விஞ்ஞானிகளுக்குத் தகவல் கிடைத்தது. 1940 ஜுன் மாதம் கூடிய ஒரு விசேஷ ஆலோசனைக் குழு தொடர் கிரியையை சிறு அளவில் சோதனையாக நடத்த 1,00,000 டாலர் பெறுமானமுள்ள யுரேனியமும்,கிராபைட்டும் வேண்டுமென்றும் அடிப்படையான அளவுகள் செய்ய 40,000 டாலர் வேண்டுமென்றும் அறிவித்தது.

இந்த சிபார்சுகளை செயலாற்றுவதற்கு முன்பு கமிட்டியே நின்றுவிட்டது. 1940 ஜூன் மாதம் ராணுவத்திற்கு சிவிலியன் விஞ்ஞான உதவி எப்படி கிடைக்கும் என்ற பிரச்னையை தேசிய தற்காப்பு ஆராய்ச்சி குழு என்று புதிதாக அமைக்கப்பட்ட ஒரு குழுவிடம் ஒப்படைத்தார்கள். புதிதாக மாற்றி அமைக்கப்பட்ட ஒரு யுரேனியம் கமிட்டியும் அதோடு வேலை செய்தது. இதில் இருந்தவர்கள் எல்லோரும் முற்றிலும் சிவிலிய விஞ்ஞானிகள். பணபலம் சுமாராக அதற்கு இருந்தது. தேசிய குழுவிற்கும், வெவ்வேறு ஆராய்ச்சி கழகங்களுக்கும் இடையே ஒப்பந்தங்கள் ஏற்படுத்தி வைத்தது அது.

1940 நவம்பர் மாதம் 8-ம் தேதி முதல்ஒப்பந்தம் கையெழுத்தாயிற்று. கொலம்பியா பல்கலைக் கழகத்திற்கு அளிக்கப்பட்டது இது. தொகை 40,000 டாலர். காலம் 1940 நவம்பர் 1 முதல் 1941 நவம்பர் 1 வரை. வேறு ஒப்பந்தங்களும் விரைவில் கையெழுத்து ஆயின. யுரேனியம் ஐஸடோப்புகளைப் பிரிக்க உரே கொலம்பியாவில் முயன்று கொண்டிருந்தார். வேறு ஒப்பந்தங்கள், பிரின்ஸ்டன்,கார்னல், சிகாகோமுதலிய பல்கலைக் கழகங்களுக்கும் ஆராய்ச்சி கழகங்களுக்கும் அளிக்கப்பட்டன. 1941 நவம்பருக்குள் இதைப் போன்ற 16 திட்டங்கள் எழுந்தன. அளிக்கப்பட்ட மொத்தத் தொகை 3 லட்சம் டாலர்.

பின்பு என்ன நடந்தது என்று நிர்வாக விஷயங்

களைக் கூறுவது அவ்வளவு முக்கியமல்ல. ஆனாலும் பொதுவாக தெரிந்து கொள்வது நல்லது. வெகு காலம் வரையில் இராணுவக்காரர்கள் இந்தத் திட்டங்களைக் கண்டு மயங்கிவிடவில்லை. ஏதோ நிதி அளிக்க ஒப்புக்கொண்டார்கள், அவ்வளவுதான். பிரச்னை முழுவதும் சிவிலியன் விஞ்ஞானிகள் கையில்தான் இருந்தது. இவர்களிலேயே இரண்டு வகையினர் இருந்தார்கள். ஒரு சிறு குழுவினர் ஊக்கமும், கற்பனையும் கொண்டு வெறியுடன் வேலை செய்தார்கள். தாமதங்களைக் கண்டு பொறுமினார்கள். இன்னொரு குழு பெரியது. அவர்களுக்கு இவ்வளவு எழுச்சி இல்லை. ஆனால் படிப்படியாக ஒவ்வொன்றையும் தீர்மானம் செய்துகொண்டு முன்னேற வேண்டும் என்று நினைத்தார்கள். செலவாகும் பணம் அதிகமாகவும், விளைவுகள் குறைவாகவும் இருக்கும் என்பது இவர்கள் கருத்து. உண்மையில் முதல் நாட்களில் யுரேனியத்தைவிட மற்ற ஆராய்ச்சிகளுக்குத்தான் முதன் முதலில் அதிகப் பணம் அளிக்கப்பட்டது. மற்ற ஆராய்ச்சிகள் விரைவில் நடந்தன. பயனும் தந்தன. ஆனால் அணு குண்டோ வெகு தொலைவில் இருந்தது.

அமெரிக்கர்களைப் போலவே பிரிட்டிஷாரும் சிந்தனை செய்து கொண்டிருந்தார்கள். யு-235 குண்டு ஒன்றை செய்ய முடியும் என்று சாட்விக் என்பவர் நிச்சயமாக நம்பினார். யு-238-லிருந்து யு-235-ஐ நியான் 20, 22-ஐ பிரிக்கும் முறையில் பிரிக்கவேண்டுமென்று பிரிட்டிஷ் விஞ்ஞானிகள் எல்லோருமே விரும்பினார்கள். மேலும் காக்கிராப்ட் பிலிட்டோனியம், கிடைக்கும் என்பதையும் சொல்லி இருந்தார். ஆனால் பிரிட்டிஷ்காரர்கள் இந்த யோசனையை செயல் அளவில் ஏற்க முடியவில்லை. ஏனெனில், அவர்களுக்கு இருந்த ஆள் கட்டு, சக்தி எல்லாம் மிக்வும் குறைவு. ஆகவே யு-235 சிதைவில் வெளியாகும் நியூட்ரான்களின் வேகத்தை

தணித்து சாதாரண யுரேனியத்தைக் கொண்டே தொடர் கிரியையை சாதிக்க வேண்டும் என்று பிரிட்டிஷ்காரர்கள் நினைத்தது இயற்கையே. வேக தடுப்பிற்காக கனநீரை சேகரிக்கக்கூட அவர்கள் தொடங்கி விட்டார்கள்.

1940, 41-ல் பிரிட்டிஷ் விஞ்ஞானிகளுக்கும், அமெரிக்க விஞ்ஞானிகளுக்குமிடையே தகவல்கள் பரிமாறிக் கொள்ளப்பட்டன. பொதுவாக, பிரிட்டிஷ் விஞ்ஞானிகள் அமெரிக்க தேசிய குழுவிற்கு ஆலோசனை அளித்த விஞ்ஞானிகளை விட அணுகுண்டு உற்பத்தியைப்பற்றி அதிக நம்பிக்கை கொண்டிருந்தார்கள்.

1941-ல் உரேயும், பெக்ராமும் பிரிட்டிஷ் யுரேனியம் நிலைமை எப்படி இருக்கிறதென்று நேரில் காண இங்கிலாந்து சென்றார்கள். திரும்பி வரும் பொழுது ஏராளத் தகவல்கள் கொண்டு வந்தார்கள். எல்லாவற்றையும் விட ஒரு அவசர துடிப்பு அவர்கள் சமர்ப்பித்த அறிக்கையில் தொனித்தது.

ஜனாதிபதி ரூஸ்வெல்ட்டுக்கும், உதவி ஜனாதிபதி வாலஸ்ஸுக்கும் இந்தத் தகவல்கள் சென்றதும் **1941** டிசம்பர் மாதம் யுரேனியம் திட்டத்தை விரிவு படுத்தவும் ஒரு பிரத்யேக நிதியிலிருந்து பணம் கொடுக்கவும் பிரிட்டிஷாரோடு சேர்ந்து செயலாற்றவும் தீர்மானம் செய்தார்கள். இது ஜப்பான் பெர்ல் துறைமுகத்தைத் தாக்கு முன்பு நடந்தது.

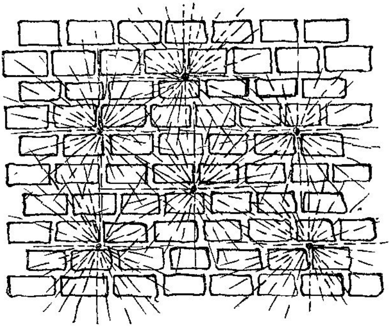
ஒரு மாறிய நிலை இப்பொழுது ஏற்பட்டது. **1940** லேயே சிலார்டு, பெர்மி, விக்னர் ஆகியோர் அணுகுண்டு சாத்தியமென்றே நம்பினார்கள். ஆனால் மற்றுமுள்ள பலர் இந்தப் பிரச்னையில் சிரத்தை காட்டவில்லை. பலர் அது சாத்தியமென்று நம்பவே இல்லை. **1941** முடிவதற்குள் இந்த விஷயம் பரவலாக விவாதம் செய்யப்பட்டு, நிர்வாகச் செல்வாக்குள்ள பல விஞ்ஞானிகளுக்கும் நன்கு பழக்கமாகி விட்டது.

யுரேனியத் திட்டம் தீவிரமாக மேற்கொள்ளப்பட வேண்டுமென்று அவர்கள் முடிவு செய்தார்கள்.

2 யுரேனியச் சிதைவு தானே நடக்குமா ?

1940—41-ல் யுரேனியச் சுத்தி நடந்து வந்தது. தொடர்க்கிரியை நிகழுமா என்று சோதிக்க சுத்தி செய்யப்பட்ட யுரேனியம் சேகரிக்கப்பட்டு வந்தது. கொலம்பியாவில் பெக்ராம் தலைமையில் இந்த வேலை நடந்து வந்தது. பெர்மியும், சிலார்டும் வேலையில் ஈடு பட்டிருந்தார்கள். 1941 முதல் பகுதி கிராபைட் வடி வத்தில் போதுமான அளவுக்கு மிகமிக சுத்தமான கார்பன் தயாரிக்கப்பட்டுவிட்டது. 3 அடி × 3 அடி × 8 அடி அளவிற்கு அந்தக் கார்பன் சேர்ந்திருந்தது. இந்தக் கார்பன் கட்டையின் அடியில் நியூட்ரான்களை வீசும் ஒரு பொருளை வைத்து, உள்ளே வெவ்வேறு இடங்களில் அளவுக் கருவிகள் வைத்து, கார்பன் வழி யாக நியூட்ரான்கள் போகும் போது என்ன நேர்கிறது என ஆராய்ந்தார்கள். இதன் விளைவாக பலகணி அடுக்கு என்ற ஒரு புதிய முக்கியமான கருத்து வளர்ந்தது.

பல கணி அடுக்கு என்பது கிராபைட் கட்டிகள் அடுக்கிய அடுக்கு. ஒவ்வொரு வரிசைக்கும் கட்டிக் கும் இடையே சிறுசிறு இடை வெளிகள் இருக்கும். சில குறிப்பிட்ட இடங்களில் சின்னச் சின்ன சாதாரண யுரேனிய துண்டுகள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த முறையில் சில நன்மைகள் உண்டு. யு—235 சிதை வினால் வீசப்படும் வேக நியூட்ரான்கள் சிறிய யுரேனி யக் கட்டிகளை எளிதில் கடந்து வரும். ஆனால் அடுத்த யுரேனியக் கட்டியை அடைவதற்கு முன் கிராபைட் கார்பன் வழியாக ஊடுருவி வர வேண்டும். அப் பொழுது அவற்றின் வேகம் குறைகிறது. வேகம் குறைந்தால் யு—235 அணுக்கள் அவற்றை உள்



படம் 19. பலகணி அடுக்கு

க்ராபைட் கட்டிகளுக்கு இடையே சிறு சிறு யுரேனியக் கட்டிகள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு யுரேனியம் 235 வெளி விடுகிற வேகமான நியூட்ரான்கள், இன்னொரு யுரேனியக் கட்டியை அடையுமுன் பல க்ராபைட் (கார்பன்) கட்டைகளைக் கடக்க வேண்டியிருக்கிறது. க்ராபைட் அவற்றின் வேகத்தைக் குறைத்துவிடும். நியூட்ரான்களின் வேகம் இப்படித் தடைப்படுவதால் தான், இன்னொரு யுரேனியக் கட்டியிலுள்ள யுரேனியம் 235 அவற்றை வாங்கிக் கொள்ள முடிகிறது.

வாங்கி சிதைய ஆரம்பிக்கும். இந்தக் கருத்தைத்தான் 19-வது படம் காட்டுகிறது.

1941 ஜுலை மாதம் கிராபைட் யுரேனிய பலகணி 8×8×8 கன அடி அளவுள்ளதாக வளர்ந்தது. அதில் 7 டன் சுத்தி செய்யப்பட்ட யுரேனியம் இருந்தது. கொலம்பியாவிலுள்ள ஷெர்மர்ஹார்ன் மண்டபத்தின் அடிதளத்தில் இது அமைக்கப்பட்டிருந்தது. இந்த அடுக்கின் கீழே ரேடியம் பெரிலியின் கலவை வைக்கப்பட்டிருந்தது. இது நியூட்ரான்களை வீசும் கலவை.

தொடர்க்கிரியை நிகழவேண்டுமானால் சூழ் நிலைகள் எல்லாம் சரியாக இருக்க வேண்டும். எல்லா அம்

சங்களும் சரியாக இருந்தால ஒவ்வொரு யு-235 அணு வும் சிதையும் பொழுது அது வீசும் நியூட்ரான்கள் ஒன்று கடைசியில் இன்னொரு யு-235 அணுவால் உள் வாங்கப் பட்டு சிதைவை உண்டாக்கும். இது தொடர்ந்து நிகழ்ந்தால் சிதையும் ஒவ்வொரு அணு வும் இன்னொரு சிதையும் அணுவை உண்டாக்கும். இந் நிகழ்ச்சி தொடர்ந்து நடக்கும்.

முதல் முதலாக 100 யு—235 அணுக்கள் இருப்ப தாக வைத்துக் கொள்வோம். வெளிக் கலவையி லிருந்து ஒவ்வொன்றும் ஒருநியூட்ரானைப் பெறுகிறது. எல்லாம் சரியாக இருந்து. இந்த 100 அணுக்கள் சிதைந்ததன் விளைவாக வேறு 100யு—235 அணுக்கள் ஒவ்வொரு தாமத நியூட்ரானைப் பெற்று சிதைந்தால் அவற்றிலிருந்து மீண்டும் நியூட்ரான்கள் உண்டாகும். இப்பொழுது தொடர்க் கிரியை தானுகவே நிகழும். முதல் 100 அணுக்களிலிருந்து வந்த நியூட்ரான்களில் 105 தப்பி யு—235 அணுக்களை அடைந்தால் 105 அணுக்கள் சிதையும். கணக்கிற்காக இதை 1·05 என்று வைத்துக் கொள்வோம். இப்பொழுது தொடர்க் கிரியையின் வேகம் மெள்ள மெள்ள அதிகரிக்கும். இப் படி இல்லாமல் முதல் 100 அணுக்களிலிருந்து 95நியூட் ரான்கள் மட்டும் தப்பி வந்தால் தொடர்க்கிரியை நிகழ் வது சிரமம். கணக்கு 0·95 ஆகும். தொடர்க்கிரியை சீக்கிரம் நின்றுவிடும்.

1941 செப்டம்பர் மாதத்தில் அடுக்கு சோதிக்கும் அளவுக்குவளர்ந்துவிட்டது. தொடர்க்கிரியை கணக்கு 0·87 என்று பெர்மி அறிவித்தார். அதாவது தொடர்க் கிரியை நீடிக்காது என்று அர்த்தம். ஆயினும் 1 லிருந்து இது வெகு தூரம் இல்லை. பொருட்களை இன்னும் சுத்தமாகவும் அடுக்கை இன்னும் பெரிதாக வும் பலகணி அடுக்கை இன்னும் திறம்படவும் வைத் தால் தொடர்க் கிரியை நீடிக்கச் செய்யலாம் என்றூர்

பெர்மி. ஆனால் கணக்கு 1—ஐத்தாண்டிப் போகுமா ? யாருக்கும் நிச்சயமாகத் தெரியவில்லே. ஒரு ஆண்டு கழித்துத்தான் இந்தக்கேள்விக்கு விடை கிடைத்தது.

3. அணுகுண்டுக்காகப் படைக்கப்பட்ட புதிய அணுக்கள்

கொலம்பியாவில் இந்த ஆராய்ச்சி நடக்கும் பொழுது மற்ற பல்கலேக் கழகங்களிலும் வேறு வழிகள் உண்டா என்று ஆராய்ச்சிகள் நடந்து வந்தன. இவற்றில் முக்கியமானது இ. ஓ. லாரென்ஸின் பொதுத் தலைமையிலும் இ. ஸெக்ரேயின் நிர்வாகத்திலும் கலிபோர்னியா பல்கலேக் கழகத்தில் நடந்த ஆராய்ச்சி தான். யு—238 வேக நியூட்ரான்களே கவனிக்கும்போது என்ன நேர்கிறது என்று இவர்கள் ஆராய்ந்தார்கள். கொள்கை நமக்குத் தெரியும். ஆனால் ஒரு நியூட்ரானே கிரகித்ததும் யு—238 ஒரு மின்னணுவை விடுத்து நெப்டியூனியம் ($_{93}NP^{239}$) என்ற தனிமமாக மாறும் என்பது உண்மைதான ? இந்தப் புதிய தனிமம் தன் மையக் கருவிலிருந்து இன்னெரு மின்னணுவை விடுத்து புளுட்டோனியம் ($_{34}Pu^{239}$) என்ற புதிய தனிமமாக மாறுமா ? அந்தப் புளுட்டோனியம் யு-235 ஐப் போலவே சிதையும் ஆற்றலுள்ளதா ?

நாம் இரண்டு விஷயங்களே இப்பொழுது கவனிக்க வேண்டும். சுத்தி செய்யப்பட்ட சாதாரண யுரேனியத்தில் 99·3 சதவிகிதம் யு—238 இருக்கிறது இந்தப் பெரும் அளவை முழுவதும் யு—235—ஐப் போல சிதையும் பொருளாக மாற்ற முடியுமானல், யு—235 ஐப் போல யு—238, 140 மடங்கு அதிகமாக இருப்பது பெரிய லாபமில்லேயா ? கவனிக்க வேண்டிய இன்னெரு விஷயம் இரசாயன ரீதியில் யுரேனியத்திலிருந்து வேறுபட்டது புளுட்டோனியம். புளுட்டோனியம் தோன்றிவிட்டால் மாருத யுரேனியத்திலிருந்து எளிய இரசாயன முறையால்அதைப் பிரித்து எடுக்க முடியும்.

1941 முடியு முன், யு—238 ஒரு நியூட்ரானை கிரகித்து நெப்டியூனியமாகவும் பின்பு புளுட்டோனியமாகவும் மாறுமென்றும் இந்தப் புளுட்டோனியம் யு—235-ஐப்போல தாமத நியூட்ரான்களால் சிதையு மென்றும் கலிபோர்னியாவில் முடிவு செய்து விட்டார்கள். 1/1,000,000 கிராம் யுரேனியத்தை வைத்துக் கொண்டு இந்த முடிவிற்கு வந்தார்கள்.

பத்து ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு இந்த ஆராய்ச்சிக்குப் பொறுப்பாக இருந்த எட்வின்மாட்டிஸின் மாட்மில்லனுக்கும், இரசாயனி கிளென்ஸிபோர்டுக்கும் நோபல் பரிசு அளித்தார்கள். ஸிபோர்டும் அவர் சகாக்களும் இடைக் காலத்தில் இதே முறையால் செயற்கைத் தனிமங்களான அமெரீஷியம் (95), கியூரியம் (96), கலிபோர்னியம் (97), பெர்க்லியம் (98) ஆகியவற்றைத் தயாரித்து விட்டார்கள். சில ஆண்டுகளுக்கு முன்பு சிதைவைக் கண்டு பிடித்ததற்காக ஆட்டோ ஹானுக்கு நோபல் பரிசு அளித்தார்கள்.

புளுட்டோனியத்தின் சிதைவை நிரூபித்துக் காண்பித்ததும் யுரேனியம் கமிட்டிக்கு இரண்டு வழிகள் கிடைத்தன. முதலாவது யு—238—லிருந்து யு—235—ஐப் பிரித்தெடுத்து ஒரு குண்டுக்கு வேண்டிய அளவு சேகரிப்பது. இரண்டாவது வழி யு—238—லிருந்து புளுட்டோனியம் செய்து அதை ஒரு குண்டுக்கு வேண்டிய அளவுக்குத் தயாரிப்பது.

நிலைமை சரியாக இருந்தால் இரண்டில் சிறந்த ஒரு வழியைப் பின்பற்றி இருப்பார்கள். ஆனால் நிலைமை அசாதாரணமாக இருந்ததால் இரண்டுவழிகளையும் ஆராய்ந்து அபிவிருத்தி செய்யவேண்டியிருந்தது. அடுத்த நான்கு ஆண்டுகளுக்கு இத்தகைய இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட வழிகள் கிடைத்தால் எல்லாவற்றையும் பின்பற்றித் தான் ஆக வேண்டும்.

4. குண்டு செய்ய இன்னும் மூன்று வழிகள்

ஆக, நம் கதை ஒரு வழியைப் பற்றிய கதையல்ல. பல வழிகள் ஆராயப்படும்பொழுது நாம் ஒவ்வொன்றையும் கவனிக்க வேண்டும். எல்லாவற்றையும் பற்றிய ஒரு முழுச் சித்திரம் நமக்கு எப்போதாவதுதான் கிடைக்கும்.

யு-238-லிருந்து யு-235 பிரிப்பதைக் கவனிப்போம். இவைகள் ஐஸடோப்புகள். இரசாயன வேறுபாடுகளைப் பொறுத்த வழிகளால் பிரிக்க முடியாது. பிரிக்க மூன்று வழிகள் உண்டு.

முதல் வழி காந்த முறை. இதற்கு மாஸ் ஸ்பெக்ட்ரோஸ்கோப் என்னும் கருவி தேவை. நியான் 20-யும் 22-யும் பிரிக்க கீஸ்லர் குழாயில் கத்தோடு பகுதியில் தாம்ஸன் செய்த முயற்சிகளில் நாம் ஞாபக மூட்டிக் கொள்ளவேண்டும். அதே போல ஆஸ்டன் இன்னும் பெரிய கருவியை உபயோகித்து கொத்து கொத்தாக ஐஸடோப்புகள் இருப்பதைக் காட்டியதையும் ஞாபகம் வைத்துக் கொள்ளவேண்டும். ஒரு தனிமத்தை அயனப்படுத்தி சக்தியுள்ள ஒரு காந்தத்தின் அருகே ஒரு அயன வரிசையைப் பாயும்படி செய்வது தான் இந்த வழியின் கருத்து. அடர்த்தியிலோ, மின்சக்தியிலோ ஏற்படும் வேறுபாட்டால் தனிமங்கள் பரந்து வெவ்வேறு புள்ளிகளாக புகைபடத்தின் தகட்டின் மேல் அவை சேரும். ஆராய்ச்சியாளருக்கு அப்பொழுது அளக்க வசதியாக இருக்கும்.

யுரேனியத்திற்கும் இதைச் செய்யலாம். ஒரு பாதி சூன்யமான இடத்தில் அதை ஆவியாக்கி அயனப்படுத்த முடியும். நேர்மின் அயன்கோடாக கத்தோடு துளைகள் வழியே அவை வரும்பொழுது ஒரு சக்தியுள்ள காந்தத்தால் இரண்டு (யு–235-ம் யு-238-ம்) ஓட்டங்களாக அதைப் பிரிக்க முடியும். பின்பு ஒரு புகைப்படத் தகட்டின்மீது விழுவதற்குப் பதிலாக யு-

235 கதிர் ஒரு துவாரத்தின் வழியே சென்று அப்பாலுள்ள ஒரு இடத்தில் சேர்கிறது. யு-238 வேறு இடத்தில் சேர்க்கப்படுகிறது.

கலிபோர்னியாவில் இந்த முறையில் தான் ஆராய்ந்தார்கள். 1941 டிசம்பர் மாதம், ஒவ்வொரு மணிக்கு யு-237-லிருந்து 1/1,000,000 கிராம் யு-235 கூடிய வரையில் சுத்தமாகப் பிரிக்கமுடியு மென்று அவர்கள் அறிவித்தார்கள். அப்படியானல் ஒரு ராத்தல் யு-235-ஐப் பிரித்தெடுக்க 450,000,000 மணியாகும். அதாவது 60,000 ஆண்டுகள்.

பெரிய அளவில் இதைச் செய்ய முடியுமா ? முடியலாம். ஆனல் அதற்காக விசேஷ இயந்திரங்களை அமைத்து எழுப்பியாக வேண்டும். அதற்கு முன் சிறிய அளவில் கட்டிச் சோதித்தாக வேண்டும். இதற்கு பணமும், மனிதர்களும் ஏராளமாகத் தேவையாகும். யுத்த காலமானதால் சாமான்கள், விஞ்ஞானிகள் இரண்டுக்குமே அப்பொழுது பஞ்சம்.

யு-238-லிருந்து யு-235-ஐப் பிரிக்க இரண்டாவது முறை மாற்றுமுறை. பாலை மத்தால்கடையும்பொழுது இலேசான ஆடை மேலே மிதக்கிறது. கனப் பகுதியான பால் கீழே நிற்கிறது. யுரேனியத்தை வாயு அல்லது திரவ வடிவத்தில் கடைந்து இலேசான யு-235 மேலும் கனமான யு-238 கீழேயும் வரும்படி செய்ய முடியுமா ?

1941 முடிவில் கொலம்பியாவில் உரேயின் தலைமையில் நடந்த சோதனையின் விளைவாக இது சாத்தியமென்று முடிவாயிற்று. காரல் கோஹன் என்பவர் இதைக் கணக்குப் போட்டுச் சொன்னர். 2 ராத்தல் யு–235-ஐ எடுக்க கடும் வேகமும் 3 அடி நீளமும் உள்ள 22,000 மத்துக்கள் ஒருநாள் முழுவதும் வேலை செய்தாக வேண்டும். மத்துக்களைத் தவிர யுரேனியத்தை திரவ அல்லது வாயுக் கூட்டுப் பொருளாக மாற்ற

தொழிற்சாலைகள் நிறுவப்பட வேண்டும். குழாய்கள் குளிர வைக்கும் சாதனங்கள் போன்ற பெரும் தொழில் இயந்திரங்களெல்லாம் தேவையாகும். ஏராளமான காலமும் மனிதர்களும் கோடிக்கணக்கில் டாலர்களும் அவசியம்.

மூன்ருவது முறை யு-235-யும் யு-238-யும் வாயு நிலையில் பரவச் செய்து பிரிப்பது. நியான் 20, 22-ஐப் பிரிக்க ஆஸ்டன் இந்த முறையைக் கையாண்டு வெற்றி பெற்ருர். பச்சை வாயுவான குளோரினின் ஐஸடோப்புகளைப் பிரிக்க இந்த முறை பின்னர் பயனுயிற்று.

இதன் முதல் படி ஒரு வாயுக் கூட்டாக யுரேனியத்தை மாற்றுவது. இந்தப்படி மிகவும் எளியது. யுரேனியமும், புளோரினும் இத்தகைய ஒரு வாயுதான். யுரேனியம் ஹெக்ஸா புளோரைடு என்று பெயர். இரகசியத்தை முன்னிட்டு யுரேனியத்தை பிரிட்டிஷ்காரர்கள் டியூப் அல்லாய் (டியூப் கலவை) என்று சொல்லி வந்தார்கள். அதனுல் இந்த வாயுவை அவர்கள் டியூப் அல்லாய் ஹெக்ஸா புளோரைடு என்று அழைத்தார்கள். இந்த வாயுவை ஒரு தகட்டில் பல சிறிய துவாரங்கள் செய்து அவை வழியே பீச்சினுல் யு-235 வாய்த்துகள்கள் யு-238-ஐ விட வேகமாகச் செல்லும். தடையைக் கடந்து சென்றவுடன் யு-235 அதிகமாக இருக்கும். இன்னும் அதிகமாக்க வேண்டுமாஞல் இரண்டாவது, மூன்ருவது தடைகளையும் வைக்கலாம். கடைசியாக யு-235 மிகவும் அதிகமாகவுள்ள வாயு கிடைக்கும்.

கொலம்பியாவில் நடந்த சோதனைகளின் 2 ராத்தல் யு-235-ஐ எடுக்க ஒன்றன் பின் ஒன்ருக 5000 தடைகள் பொறுத்தப்பட வேண்டுமென்று கணக்கிட்டார்கள். இந்தத் தடைகளின் பரப்பு மொத்தமாக பல ஏக்கர்களாகும். இந்தத் திட்டத்திற்கு 2 கோடி டாலர்கள் செலவாகும்.

வாஷிங்டனில் தர இலாகாவில் (Bureau of Standards) நான்காவது முறை ஒன்றை சோதித்துப் பார்த்தார்கள் வாயு முறையிலேயே இது சிறிது வேறுபட்ட முறை. கடற்படை ஆராய்ச்சிக் கூடத்தில் இந்த வேலை தொடர்ந்து நடந்தது. மாதிரியாக ஒரு ஸ்தாபனமும் கட்டப்பட்டது. ஆனால் பின்பு அதைக் கை விட்டு விட்டார்கள். எத்தனை முறைகள் சாத்தியம் என்பதை எடுத்துக் காட்டுவதற்காகவே இதைக் குறிப்பிட்டேன்.

5. பணம் வருகிறது

1941 முடியும் சமயம். கொலம்பியாவில் பலகணி அடுக்கில் *0·87* என்ற கணக்கைக் கண்டு விட்டார் பெர்மி. கலிபோர்னியாவில் புளூட்டோனியத்தின் சிதைவு இயல்புகள் நிரூபிக்கப்பட்டு விட்டன. சாதாரண யுரேனியமும் கிராபைட்டும் அடங்கிய பலகணி அடுக்கில் உள்ள யு-235-ல் தொடர்க்கிரியை நிகழ்ந்தால் அதிகப்படியான நியூட்ரான்களை யு-238-ஐ புளூட்டோனியம் யு-239 ஆக மாற்ற உபயோகிக்கலாம் என்று கலிபோர்னியா ஆராய்ச்சியாளர்கள் ஒரு யோசனை சொன்னார்கள். இந்த வழியில் பலகணி அடுக்கு தன் சொந்த சக்தியைக் கொண்டே புளூட்டோனியம் தயாரிக்கும். மொத்தத்தில் யு-235-ஐப் பிரிக்க மூன்று முறைகள் வெற்றி பெற்றுவிட்டன. சிறு அளவில் செய்த இச்சோதனைகளின் அடிப்படையில் பெருவாரியாக தயாரிக்கவும் திட்டம் போட்டார்கள்.

இந்தச் சமயத்தில்தான் உரேயும், பெக்ராமும் இங்கிலாந்திலிருந்து திரும்பி வந்து அங்குள்ள அவசர உணர்ச்சியையும் கொண்டுவந்தார்கள். ஜெர்மானியர் டென்மார்க்கையும், நார்வேயையும் வென்றுவிட்டார்கள். ஹாலந்தும், பெல்ஜியமும் விழுந்துவிட்டன.

பிரான்ஸ் முறியடிக்கப்பட்டுவிட்டது. டன்கர்க்கில் பிரசித்திபெற்ற வாபஸ் நடந்த சமயம்.

கனநீர் தயார் செய்வதற்காக இந்த உலகத்திலேயே பெரிய தொழிற்சாலை நார்வேயில்தான் இருந்தது. ஜெர்மானியர்கள் உடனே அதைக் கைப்பற்றிவிட்டார்கள். கனநீர் எதற்காக அவர்களுக்கு? யுரேனியம் தொடர்க் கிரியையில் நியூட்ரான்களின் வேகத்தைத் தணிக்கத்தானே. அமெரிக்காவிலும் கனநீரை இந்தக் காரியத்திற்குப் பயன்படுத்த நினைத்தது உண்டு. ஆனால் கிராபைட்டைத் தேர்ந்து எடுத்துவிட்டார்கள். ஆயினும் அவசியம் ஏற்பட்டால் என்ன செய்வது என்று உரே கனநீரையும் தயாரித்துக்கொண் டிருந்தார். பிரிட்டிஷ்காரரும், பிரெஞ்சுக்காரரும் கனநீரை உபயோகிக்கத் தீர்மானித்து விட்டார்கள். பாரிஸை விட்டுப் போவதற்கு முன்னால் ஜோலியோ அதுவரை பிரான்ஸில் சேர்ந்திருந்த கனநீரை இங்கிலாந்திற்கு அனுப்பிவிட்டார்.

இந்தச் சமயத்தில் போர்த்துறையில் விஞ்ஞான முயற்சிகள் ஒரேயடியாகப் பெருகிவிட்டன. தேசிய பாதுகாப்பு ஆராய்ச்சிக் கமிட்டி விஞ்ஞான ஆராய்ச்சி வளர்ச்சி நிலையம் என்ற புதிய பெயருடன் பெரிதாகி விட்டது. வான்னிவார் புஷ் அதற்குத் தலைமை தாங்கினார். அதில் எவ்வளவோ பகுதிகள் இருந்தன. இவைகள் எல்லாம் ராணுவம் அல்லாத ஸ்தாபனங்கள். விஞ்ஞானிகளே நிர்வகித்தவை. அவர்கள் அவ்வப்பொழுது பிரச்னைகளை கவனித்து அவற்றை ஆராய்ச்சி செய்வதற்காக பல்கலைக் கழகங்களுக்கும் ஆராய்ச்சி ஸ்தாபனங்களுக்கும் நிதிகள் ஒதுக்கினார்கள்.

1941 நவம்பரில் தேசியக் குழுவின் யுரேனியப் பகுதி புதிய நிலையத்தின் ஒரு பகுதியாகிவிட்டது. 1941 டிசம்பரில் ஒரு பெரும் திட்டம் தீர்மானமாயிற்று.

திட்டமிடும் விஞ்ஞானிகள் சபை ஒன்றும் மூன்று பேர் கொண்ட செயற்குழு ஒன்றும் அமைக்கப் பட்டன. இதோடு இந்த திட்டத்தின் பொறி இயல் பகுதிகளைக் கவனிக்கவும் சாமான்கள் வாங்கவும் மாதிரி ஸ்தாபனங்களையும் முழு அளவு ஸ்தாபனங் களையும் எழுப்பவும் ஒரு தனி திட்ட சபை ஒன்றையும் புஷ் நியமித்தார்.

அரசியல் கொள்கை விஞ்ஞானிகள் பொறி இயலாரிடம் இல்லை. அதை ஜனாதிபதி (ரூஸ்வெல்ட்), உதவி ஜனாதிபதி (H. A. வாலஸ்), போர் காரியதரிசி (H L. ஸ்டிம்ஸன்), சேனாதிபதி (G. C. மார்ஷல்), விஞ்ஞான நிலைய டைரக்டர் (வான்னிவார் புஷ்), தேசியக் குழுவின் டைரக்டர் (J. B. கொனன்டு) ஆகியோரைக்கொண்ட குழு கொள்கைகளை வகுக்க பொறுப்பாக இருந்தது. 1941 டிசம்பரில் இந்தக் குழுவினர் கூடி அடிப்படைபௌதீக அறிவையும் பொறி இயல் திட்டத்தையும் மாதிரி ஸ்தாபனங்கள் கட்டுவதையும் உடனடியாக விஞ்ஞான ஆராய்ச்சி வளர்ச்சி நிலையம் கவனிக்க வேண்டுமென்று தீர்மா னம் செய்தது. இதற்கெல்லாம் 50 லக்ஷம் டாலர் செலவாகும் என்று புஷ் மதிப்பிட்டார். முழு அளவில் தயாரிப்புத் தொடங்கும்போது ராணுவமே இந்தத் திட்டங்களை எடுத்து நடத்தலாமென்றும் இந்தப் பிரச்னையைப் பற்றி நன்ருகத் தெரிந்துகொள்ள ஒரு திறமையுள்ள இராணுவ அதிகாரியையே நியமிக் கலாம் என்றும் புஷ் மேலும் யோசனை கூறியிருந்தார்.

சம்பவங்கள் வேகமாக முன்னேறின. கலிபோர் னியாவைச் சேர்ந்த இ. ஒ. லாரென்ஸும், கொலம் பியாவைச் சேர்ந்த H. C. உரேயும் சிக்காகோவைச் சேர்ந்த A. H. காம்டனும் செயற்குழுத் தலைவர்க ளாகப் பெரும் திட்டங்களை நடத்தினர்கள். விஞ் ஞான பொறி இயல் விஷயங்களை 1943 இளவேனில்

வரை வி. ஆ. வ. நிலையமே கவனித்து வந்தது. அதன் பின்பு மன்ஹாட்டன் ஜில்லா அதிகாரம் இவற்றை எடுத்துக்கொண்டது

1942 ஆகஸ்ட் மாதம் பெரும் அளவில் உற்பத்தி தொடங்கும் நிலை வந்துவிட்டது. புஷ்ஷின் ஆலோசனையின் பேரில் இராணுவ இஞ்சினீயர் படையில் புதிதாக அமைக்கப்பட்ட ஒரு ஸ்தாபனம் இந்த உற்பத்தியை எடுத்துக்கொண்டது. இதற்கு மான்ஹாட்டம் திட்டம் என்று பெயர். இந்த ஸ்தாபனம் பின்பு விஞ்ஞான ஆராய்ச்சி, வளர்ச்சிப் பகுதிகளையும் எடுத்துக்கொண்டது. 1947-ல் இராணுவம் அல்லாத அணுசக்தி கமிஷன் இதற்குப் பதிலாக எல்லாவற்றையும் எடுத்துக் கொண்டுவிட்டது.

6. யுரேனியம் சிதைவு நீடிக்கிறது

இவ்வளவு வேலைகள் முடிந்த பிறகும் 1942 ஜனவரி மாதம் தொடர்க் கிரியை நிகழவில்லை. இதற்குக் காரணம் சாமான்களை சுத்தி செய்வதற்கும் அடுக்கை சிறந்த முறையில் அமைப்பதற்கும் காலமும் கருவிகளும் தேவையாக இருந்தன. திட்டத்தில் மீதி செய்ததெல்லாம், நெருக்கடி அளவுக்கு உலோகம் சேர்ந்து சரியாகவும் அமைக்கப்பட்டால் தொடர்க் கிரியை நிகழும் என்ற நம்பிக்கையில்தான் செய்யப்பட்டன.

இந்த மாறுதல்களுக்குப் பிறகு காம்டன் கொலம்பியாவில் வேலை செய்த பல விஞ்ஞானிகளை சிக்காகோ பல்கலைக் கழகத்திற்கு அழைத்துக்கொண்டார். பெர்மி, சிலார்டு, ஆண்டர்ஸன், ஸின் முதலிய மேதைகள் வந்தனர். சிக்காகோவில் அமைந்த புதிய இடம், உலோக ஆராய்ச்சிக் கூடம் என்று அழைக்கப்பட்டது. மெள்ள மெள்ள சிக்காகோ பல்கலைக் கழகத்தில் உள்ள பௌதீக இரசாயன ஆராய்ச்சிக் கூடங்

கள் எல்லாவற்றையும் வியாபித்து விரைவில் அவற்றைக் கடந்தும் விரிவடைந்தது இந்தப் புதிய கூடம்.

தொடர்க் கிரியையைத்தான் முக்கிய வேலையாக இவர்கள் கவனித்தார்கள். 1942-ம் ஆண்டு முழுவதும் கிராபைட்டும் யுரேனியமும் சேகரித்து சுத்தி செய்யப்பட்டன. இவற்றின் இயல்பை ஆராய பல கணி அடுக்குகள் பல அமைக்கப்பட்டன. ஆண்டு முடிவில் தானே நீடித்து தொடர்க் கிரியை நடக்கும் அளவுக்கு பலகணி அடுக்கு தயார் செய்ய சாமான்கள் கிடைத்து விட்டன.

சிக்காகோ பல்கலைக் கழகத்தில் இந்த அடுக்கு அமைக்கப்பட்டது. முன்போலவே கிராபைட் கட்டிகளுக்கு இடையே யுரேனியத் துண்டுகள் குறிப்பிட்ட தூரங்களில் பொறுத்தப்பட்டன. ஒரு முன்னெச்சரிக்கையும் செய்துகொண்டார்கள். உள்ளே செருகி வேண்டியபோது வெளியே இழுத்துக்கொள்ளக் கூடிய காட்மியம் கம்பிகள் அடுக்கின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் புகுத்தப்பட்டன. காட்மியம் நியூட்ரான்களை உள்ளே வாங்கும். ஒரு காட்மியம் தகடோ, கம்பியோ ஒரு இடத்திலிருந்து இன்னொரு இடத்திற்கு நியூட்ரான்கள் பாய்வதைத் தடுத்து தொடர்க் கிரியையின் வேகத்தை அடக்கி ஆள உதவும். இந்தக் கம்பிகளால் அடுக்கு இன்னும் நன்றாக வேலை செய்தது. 1942 டிசம்பர் 1-ம் தேதி எல்லாம் இயங்கத் தயாராக இருந்தன.

தற்செயலாக உலோக ஆராய்ச்சிக் கூடத்தின் முன்னேற்றத்தை மதிப்பிட சிக்காகோவிற்கு ஒரு குழு வந்து சேர்ந்தது. 1942 டிசம்பர் 2-ம் தேதியன்று அடுக்கை இயக்கி விட்டார்கள். அது தானே இயங்கிற்று. உலகச் சரித்திரத்திலேயே முதல் முதலாக, தானே நீடித்து நிகழும் அணுசக்தி தொடர்கிரியை மனிதர்களால் ஆரம்பித்து வைக்கப்பட்டது.

8

அணுகுண்டுகள் செய்யப்படுகின்றன

1. சிறு அளவில் புதிய அணுவான புளூட்டோனியத்தின் தயாரிப்பு

இந்த தொடர்க்கிரியை பலகணி அடுக்குகளால் இரண்டு பிரச்னைகள் ஒரே காலத்தில் தீர்க்கப்பட்டன. முதலாவதாக யு—235 தொடர்க் கிரியை சாத்தியம் என்பதை அது நிரூபித்தது. மையக் கருவில் ஏற்பட்ட அடர்த்தி நஷ்டத்திலிருந்து கிடைக்கும் அணு சக்தியை மெள்ள மெள்ள விடுவித்தால் தொழிலுக்கு அதைப் பயன்படுத்தலாம். வேகமாக விடுவித்தால் குண்டு செய்ய அது பயன்படும். இரண்டாவதாக யு—235-ஐப் போலவே சிதையும் புளூட்டோனியத்தை

அடுக்கிலேயே தயாரிக்கலாம் என்பதும் நிரூபிக்கப் பட்டது.

ஒரு பலகணி அடுக்கில் தொடர்கிரியை முற்றிலும் நிகழ்ந்தால், சிதைந்த ஒவ்வொரு யு—235 அணுவும் நியூட்ரான்களை உண்டாக்கும். இந்த நியூட்ரான் களில் ஒன்றுவது இன்னொரு யு—235 அணுவைத் தாக்கி அதைச் சிதையச் செய்யும். அப்பொழுது சிதைவு தொடர்ந்து நிகழத் தொடங்கும். ஆனால் நாம் முன்பு கண்டபடி ஒரு யு—235 அணு சிதையும் பொழுது பல நியூட்ரான்கள் வீசப்படுகின்றன. ஒன்று தொடர்க் கிரியைக்குப் பயன்படுகிறது. மற்ற நியூட் ரான்களுக்கு என்ன நேரிடுகிறது? இவைகள் யு—238-ஆல் உள்வாங்கப்படுகின்றன. அப்பொழுது யு—238 நெப்டியூனியமாகவும் இறுதியில் கதிர் இயக்கம் கொண்ட புளூட்டோனியமாகவும் மாறுகிறது. சுருங் கச் சொன்னால் அடுக்கு யு—238-ஐ புளூட்டோனியமாக மாற்றும் அணுத் தொழிற்சாலை என்று சொல்லலாம்.

இந்தக் கணத்திலிருந்து புளூட்டோனியம் உற் பத்தி ஒரு பொறி இயல் பிரச்னையாக மாறிவிட்டது. இந்த நிலையில் தான் மன்ஹாட்டன் ஜில்லா அதிகாரம் இந்த முயற்சியை எடுத்துக் கொண்டது. டுபாண்ட் கம்பெனியை அவர்கள் தூண்டியதின் பேரில் அக் கம் பெனி பெரும் அளவில் புளூட்டோனியம் தயாரிக்க ஒப் புக் கொண்டது. ஆனால் லாபம் இல்லாமலும் தனி உரிமை அக் கம்பெனிக்கு இல்லாமலும் தயாரிப்பு நடக்க வேண்டுமென்று ஒப்புக் கொள்ளப்பட்டது. டுபாண்ட் கம்பெனிக்கு இந்தத் துறை புதியதாதலால் (இது பெரும்பாலும் பௌதீக முயற்சி இரசாயன மல்ல.) சிக்காகோவிலுள்ள உலோக ஆராய்ச்சிக் கூடம் அடிப்படை ஆராய்ச்சியையும், வேலைகளையும் செய்ய வேண்டுமென்றும் டுபாண்ட் கம்பெனி, தன்னு டைய தொழில் பொறி இயல் அனுபவத்தைத் தர

வேண்டுமென்றும் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டது.

சோதனை அடுக்குகளில் வேலை நடக்கும் போது கூட உலோக ஆராய்ச்சிக்கூட உறுப்பினர்கள் குண்டுகளுக்கு வேண்டிய அளவுக்கு புளூட்டோனியம் தயார் செய்ய பெரும் தொழிற்சாலைகளைக் கட்டும் முறைகளைப்பற்றி பேசிக் கொண்டிருந்தார்கள். முதல் பூரண தொடர்க்கிரியை அடுக்கு அமைக்கப்படும் முன்னமேயே பூர்வாங்கமான திட்டங்கள் வரையப்பட்டன. இந்த முதல் அடுக்கும் குறைந்த பட்ச அளவில் தான் ஓடிற்று. வெளியாகும் உஷ்ணமும் கதிர் இயக்கமும் இலேசாக இருக்கவே இந்த ஏற்பாடு. இந்த மாதிரி இருந்தால் புளூட்டோனியம் ஒரு ராத்தல் செய்ய 300 ஆண்டுகளாகும். ஆகவே தொழில் திட்டங்கள்தான் உற்பத்தி வேகத்தைப் பெருக்க வேண்டும்.

இதனால் என்னென்ன நேருமென்று விளக்குவது நல்லது. அடுக்கிற்கு வெளியே இருந்து ஒரு தாமத நியூட்ரான் வந்து ஒரு யு—235 அணுவை தாக்கினால் அந்த அணு சிதைந்து நியூட்ரான்களில் வீசும். இந்த நியூட்ரான்களில் ஒன்றே ஒன்று யு—235 அணுவைத் தாக்கி அந்த அணு சிதைகிறது. அந்த அணுவிலிருந்து புறப்படும் நியூட்ரான்களில் மீண்டும் ஒன்றே ஒன்று ஒரு யு—235 அணுவைத் தாக்குகிறது. இப்படி ஒவ்வொரு நியூட்ரான் மட்டும் பயன்பட்டு தொடர்க்கிரியை நடந்தால் 1 என்று கணக்கிடுவார்கள். இதன்படி எந்த கணக்கிலும் ஒரே ஒரு யு—235 அணுதான் சிதையும். தொடர்க்கிரியை முழுதும் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக இந்த ஒரோர் அணுக்கள் சிதைவதால் தான் நிகழும்.

இதற்குப் பதிலாக 100 தாமத நியூட்ரான்களைக் கொண்டு நாம் ஆரம்பிப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். ஒவ்வொன்றும் ஒரு யு—235 அணுவை சிதை

யச் செய்கிறது என்று வைத்துக் கொள்வோம். இப்பொழுதும் தொடர்க்கிரியை தானுக நிகழும். ஆனால் 100 வரிசைகளாக நிகழும். இப்பொழுதும் கணக்கு 1 தான். புளோட்டோனியம் இன்னும் அதிகமாகத் தயாராகும். அதிக உஷ்ணமும், கதிர் இயக்கமும் உண்டாகும். அப்படியானல் 1 அல்லது 100 ஆரம்ப அணுக்களுக்குப் பதிலாக 1000 அல்லது 1,000,000,000 ஆரம்ப அணுக்களை வைத்துக் கொள்ளக் கூடாது? செய்யலாம். இதற்கு ஒரு வரம்பு கிடையாது. ஆனால் உண்டாகும் உஷ்ணத்தையும் கதிர் இயக்கத்தையும் தாங்க வேண்டாமா ?

உஷ்ணத்தையும் கதிர் இயக்கத்தையும் பரவாமல் தடுக்க மக்களும் நாகரிகமும் வாழும் இடங்களுக்கு வெகு தொலைவில் அணு ஸ்தாபனங்களை அமைக்க வேண்டும். ஆனால் அதே சமயம் மின் சக்தி கிடைக்கக்கூடிய இடமும் அருகே இருக்க வேண்டும். ஸ்தாபனத்தில் வேலை செய்யும் ஆட்களுக்கு வீடுகளும் அருகே இருக்க வேண்டும். மேலும் அடுக்குகளை குளிரச் செய்ய ஏராளமான குளிர்ந்த தண்ணீரும் தேவை.

முதல் அணு ஸ்தாபனம் டெனஸ்ஸி பள்ளத்தாக்கில் ஓக்ரிட்ஜில் நிறுவப்பட்டது. இதன் பெயர் க்ளிண்டென் இன்ஜினீயர் ஸ்தாபனம். இந்த இடம் வெகு தொலைவில் இருந்தாலும் பக்கத்தில் TVA சக்தி ஸ்தாபனங்கள் இருந்தன. 1943-ல் திட்டங்கள் முடிந்த பிறகு கட்டிட வேலைகள் ஆரம்பமாயின. தொடக்கத்திலேயே உற்பத்தி ஸ்தாபனங்களோடு ஆராய்ச்சி கூடங்களும் தோன்றிவிட்டன. பிரமிக்கச் செய்யும் பெரிய திட்டம் இது. புகைப்படங்களைப் பார்த்தால் தெரியும். ஆனால் பின்பு ஹான்போர்டில் எழுப்பப்பட்ட ஸ்தாபனங்களோடு ஒப்பிட்டால் இது மிகவும் சிறியது. இந்த ஸ்தாபனத்தின் நோக்கம், சிறிது புளுட்டோனியம் தயாரிப்பதும், யுரேனியத்தி

லிருந்து இராசயன ரீதியில் புளுட்டோனியத்தைப் பிரிக்க ஒரு சிறிய முன்னோடி ஸ்தாபனமாக இயங்கு வதும் தான்.

அடுக்கில் யு-238-லிருந்து புளுட்டோனியம் செய் யப்படுகிறது. மற்றப் பொருட்களிலிருந்து இரசாயன முறையில் புளுட்டோனியத்தைப் பிரிக்க சாதனங்கள் வேண்டும். புளுட்டோனியத்தைப்பற்றி இரசாயன அறிவு இருந்தால்தான் இது சாத்தியமாகும். உலோக ஆராய்ச்சிக்கூடம் இதிலும் ஈடுபட்டிருந்தது. இதுவே ஒரு சுவையான கதை. நுண்ணிய அளவில் புளுட் டோனியம் ஒரு இடத்தில் செய்யப்பட்டது. (முதலில் கலிபோர்னியா பல்கலைக்கழகத்திலும் பிறகு ஸான் லூயியில் உள்ள வாஷிங்டன் பல்கலைக் கழகத்திலும்) ஆனால் அதன் இயல்புகளை வேறு எங்கோ ஆராய வேண்டி இருந்தது. 1942 இறுதியில் 1/500,000,000 கிராம் எடையுள்ள புளுட்டோனியம் கூட்டு சுத்த மாகத் தயாரிக்கப்பட்டிருந்தது. நமக்கு இது வெறும் அபத்தமாகத் தோன்றலாம். ஆனால் நுண்ணிய ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்ட இரசாயனிகளுக்கு இது பெரிய அளவு. ஏனெனில் 1/1,000,000 கிராம் எடையை வைத் துக் கொண்டு அவர்கள் சோதனை செய்து விடுவார் கள்.

இப்படி நுண்ணிய அளவில் கிடைத்த விஞ்ஞான அறிவை பெரும் உற்பத்தி திட்டங்களாக எப்படி மாற்றுவது? கிளிண்டன் ஸ்தாபனத்து இரசாயனி களும், இன்ஜினீயர்களும் இதைத்தான் செய்து வந் தார்கள். மிகவும் அழகாகவே செய்தார்கள். அவர் களுடைய வேலை முறைகள் பின்னர் ஹான்போர்டு ஸ்தாபனத்திற்கு வழிகாட்டியாயிற்று. ஹான்போர்டு ஸ்தாபனத்தை பின்னர் எடுத்து நடத்தியவர்களுக்கு ஒரு பயிற்சி நிலையமாகவும் உதவிற்று இந்த கிளிண் டன் ஸ்தாபனம். வைத்திய ஆராய்ச்சி, சோதனைகள்

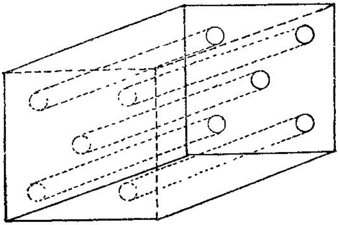
இன்னும் எத்தனையோ புதிதாக எழுந்த பிரச்னைகள் முதலிய பல காரியங்களுக்கு இந்த கிளிண்டன் ஸ்தாபனம் நிலைக்களனாக இயங்கியது.

2. பெரும் அளவில் புளூட்டோனியம் தயாரிப்பு

மத்திய வாஷிங்டனில் பாஸ்கோ நகருக்கு வடக்கே கொலம்பியா நதியின் மேற்குப் பக்கத்தில் கடைசி பெரிய புளூட்டோனியம் ஸ்தாபனமான ஹான் போர்டு இன்ஜினியர் ஸ்தாபனம் கட்டப்பட்டது. அருகே உள்ள கிராண்ட் கூலி அணைக்கட்டிலிருந்து அதற்கு மின்சக்தி கிடைத்தது. அதன் மருங்கிலுள்ள கொலம்பியா நதியின் நீரை அணு அடுக்குகளைக் குளிரச் செய்ய பாய்ச்சிக் கொள்ளலாம்.

இந்த ஹான்போர்டு ஸ்தாபனம் நவீன இன்ஜினியரின் கலையின் மகத்தான வெற்றி. 1943 ஏப்ரல் 6-ம் தேதி வேலை தொடங்கிற்று. 1944-ல் 60,000 மக்கள் குடியிருக்கும் இடம் தோன்றிவிட்டது. இந்த இராஜ்யத்தில் இதுதான் பெரிய நகரம். 1943 ஜூன் 7-ந் தேதி முதல் அடுக்கை எழுப்படித் தொடங்கினார்கள். 4 மாதங்களுக்குப் பிறகு அது இயங்கத் தொடங்கி விட்டது.

சிக்காகோ முறையினின்றும் புளூட்டோனியம் பெரும் அளவில் தயாரிக்க இங்கே எழுப்பப்பட்ட அடுக்குமுறை வேறுபட்டது. 21-ம் படத்தைப் பாருங்கள். இங்கு கிராபைட் ஒரே தொடர்ச்சியாக இருக்கும். இடையேயுள்ள குழாய்கள் வழியாக குளிர்ந்த நீர் ஓடிக் கொண்டிருக்கும். யுரேனியமும் இங்கு சிறு கட்டிகளாக இராது. சட்டங்களாகவோ அல்லது மொத்தக் கம்பிகளாகவோ இருக்கும். குழாய் போன்ற துவாரங்களில் அவற்றைச் செருகவும் எடுக்கவும் முடியும்.



படம் 21. ப்ளுட்டோனியம் செய்வதற்கான தொடர் அடுக்கு

இந்தப் படத்தில் பலகணி அடுக்கில் (படம் 19) உள்ளது போல க்ராபைட் கட்டி கட்டியாக இல்லை. ஒரே பாளமாக இருக்கிறது. அந்தப் பாளத்தின் ஊடே உள்ள குழாய் போன்ற துவாரங்களில் யுரேனியம் கம்பிகள் செருகப்பட்டிருக்கும். மாறுதல் அடைந்த யுரேனியம் 238-ஐ வெளியே எடுத்து ப்ளுட்டோனியத்தைப் பிரித்துக் கொள்ளலாம்

இந்த யுரேனியம் கம்பிகளை எளிதில் கையாளுவதற்காக டப்பாக்களில் அடைத்து வைத்திருப்பார்கள். சிக்காகோவில் யுரேனியத்தை எப்படி அடைத்து வைப்பது என்பதே பிரச்னையாக இருந்தது. யுரேனியத்தை அடைத்து வைக்கும் பாத்திரம் எந்தப் பொருளால் செய்யப்பட வேண்டுமென்றே பல மாதங்கள் ஆராய்ச்சி நடந்தது. அந்தப் பொருள் அரிக்கப்படாமலும், கதிர் இயக்கத்தால் பாதிக்கப்படாமலும் உஷ்ணத்தை எளிதில் கடத்தக் கூடியதாகவும் பெரும் அளவில் கிடைக்கக் கூடியதாகவும் இருக்கவேண்டும். அலுமினியம் தான் மிகவும் ஏற்ற பொருள் என்று கண்டார்கள்.

குளிரச் செய்யும் நீர் இன்னொரு பிரச்னை. இந்த நீரை அளவுக்கு மீறியும் உஷ்ணப்படுத்த முடியாது. ஏனெனில் அது நதிக்குத் திரும்பிப் போகும்போது தாவரங்களுக்கும், பிராணிகளுக்கும் அது வேண்டி

யிருக்கும். மேலும் இந்த நீர் கதிர் இயக்கத்தையும் ஓரளவு பெற்றிருக்கும். ஆகவே சிறிது காலம் வைத்திருந்து கதிர் இயக்கம் நீங்கியவுடன் தான் ஆற்றுக்குத் திருப்பி அனுப்ப வேண்டும்.

அடுக்கிலுள்ள யுரேனியம் ஓரளவு புளுட்டோனியமாக மாறியதும் அந்தக் கட்டைகளை வெளியே எடுத்து இரசாயன ரீதியில் புளுட்டோனியத்தைப் பிரிக்க வேறுஇடத்திற்குக் கொண்டு செல்லவேண்டும். எல்லா யுரேனியமும் புளுட்டோனியமாக மாறும் வரையில் காத்திருக்க முடியாது. ஏனெனில் சிதைவு நிகழும்பொழுது வேறு பல பொருட்கள் உண்டாகிச் சேர்ந்துவிடும். சிதைவினால் விளையும் பொருட்கள் மிகுந்த கதிர் இயக்கம் உள்ளவை. சாதாரண இரசாயன முறைகளால் கையாள முடியாது. தொழிலாளிகளுக்கும் இரசாயனப் பாத்திரங்களுக்கும் இடையே கனமான கான்க்ரீட் சுவர்கள் கட்டவேண்டும். பிரிப்பது, கரைப்பது, தேக்குவது, கழுவுவது எல்லாம் தாமாக இயங்கும் இயந்திரங்களால் செய்யப்பட வேண்டும். இந்த இயந்திரங்களின் விசையும் தூரத்திலிருந்து இயக்கவேண்டும்.

இந்த சிறு நூலில் விவரங்களை எல்லாம் சொல்ல முடியாது. இத்தகைய புதிய பிரச்னைகளை என்ஜினீயர்கள் திறமை, லாகவம், கற்பனை இவற்றுடன் சமாளிக்க வேண்டியிருந்தது. கதிர் இயக்கம், வேகம், அனுபவமின்மை போன்ற பல காரணங்களால் பிரச்னைகளும் நிறைய எழுந்தன. நம்முடைய காலத்தின் அசாதாரண, பிரம்மாண்டமானமுயற்சிகளில் இதுவும் ஒன்று. ஹான்போர்ட் கிளிண்டன் ஸ்தாபனங்களின் முழுக் கதையும் விவரமாக ஒருநாள் தெரியுமென்று நாம் நம்புவோமாக.

3. குண்டுக்கான யுரேனியம் போதிய அளவில் தயாரிக்கப்படுகிறது

புளுட்டோனியம் உற்பத்தியைப்பற்றி நாம் கவனித்தோம். 1943-இல் இதுதான் விரைவில் பயன் தரும் என்று தோன்றிற்று. ஆயினும் யுரேனியம் ஐஸடோப்பைப் பிரிக்கும் மற்ருெரு வழியும் புறக்கணிக்கப்படவில்லை. இதில் பல திட்டங்கள் ஈடுபட்டிருந்தன. வாயு முறை பெரும் அளவில் வெற்றி தந்தது.

இந்த முறை பல காலமாக கையாண்ட முறை. 1896-ல் ரேலே பிரபு வெவ்வேறு அணு எடையுள்ள இரண்டு வாயுக்களின் கலவையை துவாரங்கள் உள்ள தடை மூலம் பாய்ச்சி ஓர் அளவுக்கு பிரிக்க முடியும் என்று நிரூபித்தார். நியான் 20, 22-ஐப் பிரிக்க 1913-ல் ஆஸ்டன் இந்த முறையைத் தான் கையாண்டார்.

1940-இல் கொலம்பியாவில் ஜான்டன்னிங் என்பவர் இந்த முறையை பரிசீலனை செய்து, கடற்படை நிதியிலிருந்து உரே தந்த பண உதவியுடன் பூர்வாங்க சோதனைகள் செய்தார். 1941 ஜுலை மாதம் விஞ்ஞான வளர்ச்சி ஆராய்ச்சி நிலையத்திலிருந்து டன்னிங்கிற்கு புதிய நிதிகள் கிடைத்தன. 1943 மே மாதம் உரேயின் தலைமையின்கீழ் வந்தது இந்த ஆராய்ச்சி. 1945 மார்ச்சு மாதம் கார்பைடு அண்டு கார்பன் கெமிகல்ஸ் கார்ப்பரேஷன் என்ற ஸ்தாபனம் இந்தஆராய்ச்சிக் கூடத்தை எடுத்து நடத்த ஆரம்பித்தது.

இந்த வாயு முறையின் சாரம் என்னவெனில் வாயுவை திறம்பட பிரிக்க வேண்டுமாளுல் அது அநேக தடைகள் மூலம் செலுத்தப்பட வேண்டும். 99 சதவிகிதம் யு-235 வேண்டுமாளுல் 4000 தடைகள் மூலமாக வாயு செல்லவேண்டும். ஆளுல் இந்த முறை வெற்றிகரமாகஇருக்கிறதா என்று சோதிக்க இத்தனை தடைகள் தேவையில்லை. ஆகவே முன்னேடியாக

சிறிய ஸ்தாபனங்களை நிறுவி சோதனைகள் நடத்த லாம்.

இந்த வாயுவின் பெயர் யுரேனியம் ஹெக்ஸா குளோரைடு. இதை உற்பத்தி செய்ய குழாய்கள் அமைக்க வேண்டும். தடைகள் கண்டுபிடித்து சோதிக்க வேண்டும். தடைகளிலுள்ள ஒவ்வொரு துவாரமும் 4/10,000,000 அங்குல அளவுக்கு மேல் இருக்கக் கூடாது. இதுபோல கோடிக்கணக்கான துவாரங்கள் வேண்டும். வாயு செல்லும்போது அவை கள் பெரிதாகக் கூடாது. அடைத்துக் கொள்ளக் கூடாது. இந்த சாகஸ வேலையும் செய்யப்பட்டது தான் கவனிக்கத்தக்கது.

கடைசியில் 1943-ல் எல்லாப் பிரச்னைகளும் தீரும் அளவில் இருந்தன. பெரும் ஸ்தாபனங்களை நிறுவும் நிலையும் வந்தது. அந்த ஆண்டு ஜூன் மாதம் ஓக் ரிட்ஜில் வாயு முறைக்கு வேண்டிய சக்தியை அளிக் கும் நீராவி சக்தித் திட்டம் தொடங்கிற்று. மூன்று நான்கு மாதங்களுக்குப் பிறகு மற்ற கட்டிடங்களும் எழுந்தன. அந்த அந்தப் பகுதிகள் கட்டப்படும் பொழுதே வேலையும் தொடங்க முடியும் என்பதுதான் இந்த வாயு முறையின் சௌகரியம். 1944-ம் ஆண் டின் பாதியிலே அந்த ஸ்தாபனம் முழுவதுமே இயங் கிக் கொண்டிருந்தது.

சிக்காகோ அடுக்கைப் போலவோ ஹான்போர்டு ஸ்தாபனத்தைப் போலவோ இந்த வாயுமுறையில் அதிசயமான கட்டங்கள் ஒன்றும் ஏற்படவில்லை. 1940 முதல் 45 வரை துணிவுடனும் விடாமுயற்சியுடனும் அங்குள்ளவர்கள் செயலாற்றி வந்தனர். தீர்க்க முடி யாத பிரச்னைகளை எல்லாம் அதிசயமான திறமையுட னும் விஞ்ஞான லாகவத்துடனும் அவர்கள் சமாளித் தார்கள். 1945 முடிவுக்குள்ளேயே சிதைவுக்கான பொருளை கணிசமான பங்கு இந்த ஸ்தாபனம் உற்

பத்தி செய்தது என்று தெரிகிறது.

யுரேனிய வேலை நடந்த ஆதி நாட்களில் வாயு முறையும் மத்து முறையும்தான் பிரிக்கும் முறைகளில் சிறந்தவை எனக் கருதப்பட்டன. 1941-க்குப் பிறகு இரண்டு இடங்களில் மத்து முறையை தீவிரமாக ஆராய்ந்தார்கள். ஆனால் இந்த முறை பிரும்மாண்டமான என்ஜினீயரிங் பிரச்னைகளை எழுப்பிற்று. ஆகவே இதைக் கைவிட்டு விட்டார்கள்.

இன்னொரு முறை மின்காந்த முறை. J. J. தாம்ஸன் கையாண்ட பழைய கீஸ்லர் குழாய் முறை இது. இதைத்தான் தன்னுடைய மாஸ்ஸ்பெக்ட்ரோஸ்கோப் என்ற கருவியில் ஆஸ்டன் உபயோகித்தார். சக்தியுள்ள காந்தக் களத்தில் அயன்களின் கதிர் அயன்களின் அடர்த்திக்குத் தக்கவாறு பிரிக்கப்படும் முறை இது. 20-ம் படத்தைப் பார்ப்போம். 1939-ல் நியர் இந்த முறையைக் கையாண்டு மற்ற யுரேனியம் ஐஸடோப்புகளிலிருந்து யு-235-ஐ நுண்ணிய அணுவில் பிரித்து, எந்த ஐஸடோப் சிதையும் என்று கண்டு பிடிப்பதற்காக டன்னிங்கிடம் கொடுத்தார். நியரின் கருவி 24 மணிநேரம் வேலை செய்தால் 1/1,000,000கிராம் எடையுள்ள யு-235-ஐ பிரித்தெடுக்கும். பெரிய காந்தத்தை நல்ல சூழ்நிலையில் உபயோகித்தால் இன்னும் அதிக அளவு இதைப் பெருக்க முடியுமா, என்பதுதான் பிரச்னை.

காலிபோர்னியா பல்கலைக் கழகத்தில் பெரிய காந்தம் கொண்ட ஒரு கருவி இருந்தது. (ஸைகுளோட்டான் என்று இந்த சாதனத்தினால் தீவிரமான வேகம் கொண்ட புரோட்டான்களே பாய்ச்ச முடியும்.) இ. ஒ. லாரென்ஸின் பொதுத் தலைமையில் இந்த வேலை நடந்தது. இதற்காக ஒரு 37 அங்குல காந்தம் தயார் செய்யப்பட்டது. 1941 டிசம்பர் மாதம் அது இயங்கத் தொடங்கிற்று. 1942 ஜனவரியில் கணிசமான அள

வுக்கு அது ஐஸடோப்புகளைப் பிரித்தது. 1942 மார்ச்சு மாதம் அது மிகவும் முன்னேறி லாரென்ஸின் நம்பிக்கைகளை நனவாக்கும் நிலையிலிருந்தது.

ஒரு பெரிய ஆராய்ச்சித் திட்டத்தை வகுத்தார்கள். பல பௌதிகர்கள் இதில் ஈடுபட்டார்கள். பர்மிங்ஹாம் பல்கலைக் கழகத்திலிருந்து M. L. ஆலிபாண்ட் தலைமையில் ஒரு பிரிட்டிஷ் விஞ்ஞானிகளின் குழுவும் இதில் சேர்ந்து கொண்டது. 184 அங்குலம் துருவ குறுக்களவுள்ள ஒரு பெரும் காந்தம் பயன்படுத்தப் பட்டது. அதைச் சுற்றி ஆராய்ச்சிக் கூடங்களும், தொழிற் கூடங்களும் எழுந்தன. 1942 மே மாதம் அது உபயோகத்திற்குத் தயாராக இருந்தது.

பல மாத சோதனைக்குப் பிறகு இராணுவ அளவில் யு-235-ஐ உற்பத்தி செய்ய இதைப் போல பல ஸ்தாபனங்கள் வேண்டுமென்று தெரிந்தது. ஒரு நாள் ஒரு யூனிட் 1/100 கிராம் தயாரித்தால் ஒரு ராத்தல் தயாரிக்க 45,000 யூனிட்டுகள் வேண்டும். செலவும் காலமும் அதிகமாகும்.

1942 செப்டம்பரில் இது நடந்தது. அப்பொழுது தொடர்க்கிரியை நிகழவில்லை. புளுட்டோனியம் உற்பத்தியும் ஆரம்பமாகவில்லை. வாயு முறையும் பெரிய அளவிற்கு வளரவில்லை. ஆகவே இந்த மின் காந்த முறைதான் பலிக்கும் என்று அப்பொழுது தோன்றிற்று.

1942 முடிவில் ஒரு தீர்மானத்திற்கு வரவேண்டியிருந்தது. சிக்காகோவில் தானே முற்றிலும் நீடித்து நிகழும் தொடர்க்கிரியை நடைபெற்றுக் கொண்டிருந்தது. அப்பொழுது ஒக்ரிட்ஜிலுள்ள புளுட்டோனியம் ஸ்தாபனம் திட்ட அளவில்தான் இருந்தது. ஒக்ரிட்ஜிலேயே வாயு முறையே கையாளுவது என்று தீர்மானித்தார்கள். அங்கேயே ஒரு மின் காந்த ஸ்தாபனத்தையும் நிறுவுவது என்று தீர்மானித்தார்கள். இம்

மூன்றும் க்ளின்ச்நதிக்குப் பக்கத்தில் அமைந்துள்ளன. ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வொரு பள்ளத்தாக்கில் இருக்கிறது.

1943 மார்ச்சு மாதம் க்ளிண்டனின் முதல் ஸ்தாபனங்கள் உருவாயின. அந்த ஆண்டின் இறுதியில் அவை வேலை செய்யவும் தொடங்கின. கலிபோர்னியாவில் கண்ட அபிவிருத்திகளும் அவ்வப் பொழுது அங்கு கடைபிடிக்கப்பட்டன. 1944—1945 குளிர் காலத்தில் மின்காந்த ஸ்தாபனம் பெரும் அளவில் இயங்கிக் கொண்டிருந்தது. அணுகுண்டு உற்பத்தி செய்யும் அளவுக்கு போதிய தூய்மையுள்ள யு-235 அங்கு தயாரிக்கப் பட்டு வந்தது. யுத்தத்திற்குப் பிறகு செலவைக் கணக்கிட்டார்கள். மின்காந்த முறையைவிட வாயு முறையே மலிவானதுஎன்று தெரிந்தது. ஆகவே மின்காந்த முறையை நிறுத்திவிட்டார்கள். அந்த ஸ்தாபனமும் கலைக்கப்பட்டது. சாதாரண தனிமங்களிலிருந்து ஸ்திர ஐஸடோப்புகளைப் பிரிக்கும் பகுதியைத் தவிர ஏனைய பகுதிகளைக் கலைத்துவிட்டார்கள். வாயு முறையோ இன்னும் பெரிய அளவில் விரிவாக்கப்பட்டது.

4. அணுகுண்டு செய்யப்படுகிறது

யுத்த கால கதையின் முடிவுக்கு வருகிறோம். சிதையும் பொருள் மூன்று வெவ்வேறு இடங்களிலிருந்து மிக மிகப் பரிசுத்தமாகச் செய்யப்படுகிறது. ஹான்போர்டிலிருந்து கிடைக்கும் புளுட்டோனியம் 239. ஓக்ரிட்ஜில் வாயு முறையால் கிடைக்கும் யு-235. ஓக்ரிட்ஜிலேயே மின்காந்த பிரிவு முறையால் கிடைக்கும் யு-235. இப் பொருட்களிலிருந்து அணுகுண்டு செய்தாக வேண்டும்.

சிக்காகோவிலும் ஹான்போர்டிலும் இயங்கிய அடுக்குகளில் தொடர்க் கிரியையின் கணக்கு 1. ஒவ்

வொரு யு-235 அணு சிதையும் பொழுது பல நியூட்ரான்கள் வெளிப்படலாம் ஆனால் ஒன்றே ஒன்று தான் இன்னொரு யு-235-ஐ அடைந்து சிதைவை தொடர்ந்து நிகழ்த்துகிறது. இந்தத் தொடர் ஒன்ருகவோ, கோடியாகவோ இருக்கலாம். அது முதல் முதலில் இயக்கப்பட்ட யு-235அணுக்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தது. கனமான கான்க்ரீட் சுவர்களுக்குப் பின்னால் நின்று தொடர்க்கிரியைக் கணக்கு 1 ஆக இருக்கிறதா என்று கவனமாகப் பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும்.

அணுகுண்டு என்பது வேறு விஷயம். சுத்தமான புளூட்டோனியம்-239. அல்லது சுத்தமான யுரேனியம் 235 அதில் இருப்பதால் நியூட்ரான்களை உள்ளே வாங்க அதில் ஒன்றும் கிடையாது. அணுக்களே சிதைந்து இன்னும் நியூட்ரான்களை உண்டாக்குகின்றன. கட்டியிலுள்ள எல்லா நியூட்ரான்களும் சிதையும். ஒவ்வொரு சிதையும் அணுக்களிலிருந்தும் இரண்டே இரண்டு நியூட்ரான்கள்தான் தங்கியிருக்குமென்றும் அவை மற்ற அணுக்களால் உள்வாங்கப்படுகிறது என்றும் வைத்துக் கொள்வோம். அப்பொழுது கணக்கு இரண்டாக ஆகிறது. ஒவ்வொரு நியூட்ரானும் முதல் நியூட்ரான் சிதைத்ததைப் போல இருமடங்கு நியூட்ரான்களை சிதைக்கும். முதல் அணு இரண்டு திறமுள்ள நியூட்ரான்களை உண்டாக்குகிறது. இந்த இரண்டும் இரண்டு அணுக்களால் உள்வாங்கப்படும். இந்த இரண்டு அணுக்களும் சிதைந்து இரண்டும் ஒவ்வொரு நியூட்ரான்களை உண்டாக்கும். மொத்தம் நான்கு நியூட்ரான்கள் ஆகிறது. இந்த நாலில் ஒவ்வொன்றையும் ஒவ்வொரு அணுவும் உள்வாங்கி சிதைவதால் இப்பொழுது கிடைக்கும் நியூட்ரான்கள் எட்டாகின்றன. இப்படியாக சிதையும் அணுக்கள் 1, 2, 4, 8. 16, 32, 64, 128 என்ற வகையில் பெருகிக்

கொண்டே போகும்.

பிரும்மாண்டமாக இந்தப் பெருக்கம் நிகழ்கிறது. 10-வது படியில் 1024 ஆகும். 20-தாவது படியில் பத்து லக்ஷத்திற்கு மேற்படும். 30-வது படியில் நூறு கோடிக்கு மேற்படும். 60-வது படியில் பத்து கோடி × பத்து கோடி ஆகும். 90-தாவது படியில் பத்து கோடி × பத்து கோடி × பத்து கோடி ஆகும். ஒவ்வொருநியூட்ரான்படியும் 1/1,000,000 விஞடி நீடித்தால் 90 படிகளில் அதாவது ஒரு விநாடியில் ஒன்பது கோடியில் ஒரு பங்கில் பத்து கோடி × பத்து கோடி × பத்து கோடி அணுக்கள் சிதைந்துவிடும். ஒரு விஞடியின் நுண்ணிய பகுதிக்குள் அப்பொருள் முழுதும் சிதைந்து நாம் முன்னுல் பார்த்த சக்தியை வெளிப்படுத்தி இருக்கும். ஒரு சிறு இடத்திற்குள் ஏராளமான சக்தி திடீரென்று வெளிப்படுவது தான் வெடி என்று சொன்னுல், இது கட்டாயம் வெடியாகத்தான் இருக்க வேண்டும்.

நாம் முக்கியமாக இதில் கவனிக்க வேண்டியது நெருக்கடி அளவு. யு-235 அல்லது புளுட்டோனியம் 239 நெருக்கடி அளவிலும் சிறியதாக இருப்பின் தொடர்க் கணக்கு 1-ஐ எட்டுமளவுக்குப் போதிய நியூட்ரான்கள் உள்ளே தங்கி இரா. சிதைவு பாதியில் நின்றுவிடும். நெருக்கடி அளவிலும் பெரிதாக இருந்தால் தொடர்க் கணக்கு 1-க்கு மேல் சிறிது அதிகமாக இருந்தால்கூட முதல் அணு சிதைந்த உடனேயே அது வெடித்துவிடும். ஏனெனில் ஒவ்வொரு அணுச் சிதைவும் 1/1,000,000 விஞடிக்குள்ளேயே நிகழ்ந்து விடும். உண்மையில் காஸ்மிக் கதிர்களின் காரணமாக உதிரியாக நியூட்ரான்கள் எங்குமிருக்கும். ஆகவே நெருக்கடி அளவுக்குமேல் சிதையும் பொருளை சேர்த்து வைத்தாலே போதும். இந்த உதிரி நியூட்ரான்களில் ஒன்று புகுந்து பொருளை வெடிக்கச் செய்

யும். முதல் நியூட்ரான் வருவதற்கும், வெடி ஏற்படுவதற்கும் இடையே உள்ள நேரம் மிகமிக சொற்பம். பிரமிக்கச் செய்யக்கூடிய குறுகிய கால அளவு.

சுருங்கச் சொன்னால் புளுட்டோனியம்-239 அல்லது யு- 235-ஐ நெருக்கடி அளவுக்கு அதிகப்படும்படியாகச் சேர்த்து இயக்கம் தொடங்குவதற்காக சில நியூட்ரான்களை அளிக்கும் முயற்சிதான் அணுகுண்டு. யு-235. அல்லது புளுட்டோனியம்-239 நெருக்கடி அளவினும் சிறிதாக இருந்தால் நியூட்ரான்களைப் பாய்ச்சினாலும் வெடிக்காது. நெருக்கடி அளவிலும் சிறிதாக உள்ள ஒரு துண்டும் அதைவிட சிறிய இன்னொரு துண்டும் சிறிது தூரத்தில் விலக்கி வைக்கப்பட்டிருந்தால் கூட வெடிக்காது. ஆனால் அந்தச் சிறியதை பெரியதோடு சேர்த்துவிட்டால் நெருக்கடி அளவுக்கு மேற்பட்டுவிடும். இந்த இரண்டு துண்டுகளையும் மின் வேகத்தில் ஒன்று சேர்க்கக்கூடிய இயந்திரம் இருக்குமானால் அதுதான் அணுகுண்டாகும். உதாரணமாக சிறிய துண்டு ஒரு துப்பாக்கி ரவை வடிவில் இருக்கலாம். சற்றுத் தூரத்துக்கு அப்பால் உள்ள பெரிய துண்டில் ஒரு சிறு துவாரம் செய்யப்பட்டிருக்கிறது. அந்தத் துவாரத்தில் புகும்படியாக இந்த ரவையைத் தள்ளவேண்டும். அதற்கு முன்னாலேயே பெரிய துண்டிற்கு சில நியூட்ரான்கள் சேருமாறு ஒரு அமைப்பு இருக்கும். இப்பொழுது இந்த ரவை பெரிய துண்டைத் தாக்கி அதே கணத்தில் வெடி ஏற்பட்டுவிடும்.

நெருக்கடி அளவு என்பது என்ன? இரண்டு முதல் 200 ராத்தல் வரை என்று 1939-ல் சொல்லி வந்தார்கள். பிடிபடுவதற்கு முன்னால் ஒரு நியூட்ரான் எவ்வளவு தூரம் போகுமென்பதை அளந்தும், எவ்வளவு தூரத்தில் ஒரு நியூட்ரான் இருந்தால் ஒரு யுரேனியம் மையக்கரு அதை உள் வாங்க முடியும் என்பதைக்

கணக்கிட்டும் இப்படி மதிப்பீடு செய்து வந்தார்கள். இதெல்லாம் குத்துமதிப்பாகச் சொன்ன அளவு. ஜாக் கிரதையாகச் சரிபார்க்க வேண்டும். யு-235ஆே, புளுட்டோ—239ஆே கிடைத்து விட்டால் இந்தக் கணக்கும் சரியாகத் தெரிய வேண்டும். ஏனெனில் இப் பொருட்களை எப்படி சேகரித்து வைப்பது, எந்த அள வில் சேர்த்து வைப்பது, எந்தஎந்த தூரத்தில் விலக்கி வைப்பது என்ற சாதாரண முடிவுகளுக்குக்கூட இந் தக் கணக்கு அவசியம்.

ஆராய்ச்சி செய்ய வேண்டிய அத்தகைய பிரச்னை கள் நூற்றுக் கணக்கில் இருக்கின்றன. ஒரு குண்டு எவ்வளவு சக்தி உண்டாக்கும் ? அதை எங்கு வெடிக் கச் செய்வது ? வானிலா, நீரிலா, நிலம்மீதா ? வெடிக் கும் போது உண்டாகும் கதிர் இயக்க வாயுக்கள் என்ன ஆகும்? நெருக்கடி அளவைவிடசிறிய குண்டை, நியூட்ரான்களை அதனை நோக்கித் தள்ளும் ஒரு கரு வியை சுற்றிலும் வைத்து செய்ய முடியுமா ? நியூட் ரான்களை தள்ளக் கூடிய சிறந்த கருவிகள் அவை. தொடர்க்கிரியை நிகழ்ந்து முடிகிறவரை குண்டு சிதறு மல் எல்லா அணுக்களும் சிதைந்து முடியும் வரையில் இருக்குமா ? புளு—239 அல்லது யு-235 கிடைக்கிற கடைசி நிமிஷம் வரை இந்தக் கேள்விகள் காத்திரா. சிறிய குண்டுகளை சோதனைக்குத்தான் செய்ய முடி யுமா ? அணுகுண்டு சம்பந்தப்பட்ட வரையில் எல் லாம் முற்றிலும் இருக்க வேண்டும். இல்லா விட்டால் பயனே இல்லை. மிகவும் சரியான அளவு முறைகளை கொள்கையில் கண்டு பிடித்ததற்குச்சரியாகப் பொருத் துவதுதான் பிரச்னை.

1941-ல் இந்த விஷயங்களில் பல விவாதிக்கப் பட்டன. 1942-ல் விஸ்கான்ஸின் பல்கலைக் கழகத் தைச் சேர்ந்த கிரிஹறிப்ரெய்ட் இத்தகையபிரச்னைகளை ஆராய பல்வேறு ஸ்தாபனங்களில் சோதனை வடிவி

லும், கொள்கை வடிவிலும் பற்பல முயற்சிகளை ஆரம் பித்திருந்தார். கலிபோர்னியா பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த J. R. ஆபன்ஹீமர் கொள்கை ஆராய்ச்சிக் காக ஒரு குழுவை நிறுவி பல சோதனைகளை ஏற்படுத்தி தலைமை தாங்கி நடத்தினர். இவற்றிற்காகவே ஒரு தனி ஆராய்ச்சிக்கூடம் நிறுவ வேண்டிய அவசியமும் ஏற்பட்டது.

இரகசியம், பத்திரம் இரண்டையும் முன்னிட்டு புதிய மெக்ஸிகோவில் லாஸ்அலமோஸில் யாரும் இல்லாத ஒரு தனியான இடத்தில் இந்த ஆராய்ச்சிக் கூடம் நிறுவப்பட்டது. நிர்வாகியான ஆபன்ஹீமர் **1943** மார்ச்சு மாதம் வந்து சேர்ந்தார். கொள்கையி லும், சோதனையிலும் தேர்ந்த பௌதிகர்களை அங்கு கூட்டினர். மிக விரைவில் உலகத்திலேயே சாதனங் கள் மிகவும் நிறைந்த பௌதிக ஆராய்ச்சிக் கூடமாக அது வளர்ந்து விட்டது. ஹான்ஸ்பெதே, ஹென் றிகோ பெர்மி, டென்மார்க்கைச் சேர்ந்த நீல்ஸ்போர், கேம்பிரிட்ஜை சேர்ந்த ஜேம்ஸ் சாட்விக் (இவர் தன்னு டன் ஒரு பிரிட்டிஷ் விஞ்ஞானக் குழுவையே அழைத்து வந்து விட்டார்), இன்னும் எத்தனையோ விஞ்ஞானி களும் அங்கு வந்து சேவை செய்தனர்.

ஒரு பௌதிகக் கொள்கைப்பிரிவு, அணுவிஞ்ஞான சோதனைப் பிரிவு, இரசாயன, உலோக இயல் பிரிவு, யுத்த தளவாடப் பிரிவு, வெடி மருந்து பிரிவு, குண்டு கள் பிரிவு, ஒரு வளர்ச்சிப் பிரிவு இவைகளெல்லாம் புகழ்பெற்ற ஒவ்வொரு நிர்வாகியின் தலைமையில் அங்கு நடந்தன. அவர்கள் அங்கு என்ன செய்தார் கள் என்று இன்னும் மூடு மந்திரமாகவே இருக்கிறது. ஒன்றே ஒன்றுதான் தெரியும். அதாவது அவர்களு டைய உழைப்பின் விளைவாக அணுகுண்டுகள் தோன் றின. வெற்றிகரமான அணுகுண்டு.

5. இரகசியம் வெளியாகிறது

சோதனை செய்தால் ஒழிய எந்தக் கொள்கையை யும் ஏற்றுக் கொள்ள முடியாது. அணுகுண்டுவுக்கு ஆதாரமான கொள்கை எளிய ஆரம்பங்களிலிருந்து பெரிதாக வளர்ந்த ஒரு மாளிகை. நீரில் உப்புக் கரை யும் இடத்திலிருந்து அணுக்கொள்கை தொடங்கியது. பின்பு மின் அணுக்கள் முறை முறையாக மையக் கரு வைச் சுற்றி அமைந்திருப்பதைப் பார்த்தோம். மையக் கருவிற்குள் நியூட்ரான்களும், புரோட்டான்களும் கட் டும் சக்திகளால் ஏற்பட்ட மின் சக்திகள் இருப்பதை யும் பார்த்தோம்.

முதலில் பொருள்களின் விகிதத்தைப் பார்த் தோம். கிட்டத்தட்ட எல்லாம் முழு எண்களாக இருக் கும். அதை விளக்கப் பார்த்தோம். பின்பு அவைகள் முழு எண்களாக இல்லை என்று தெரிந்ததும் வேறு பாடுகளை விளக்க ஒரு கொள்கை அமைத்தோம். ஐஸ டோப்புகள் என்ற கொள்கை. இந்தப் புதுக் கொள் கைப்படி கூட வேறுபாடுகள் இருக்கவே அடர்த்தி நஷ்டம் என்று ஒன்றை உருவாக்கினோம். அதன் பிறகு வேகநியூட்ரான்கள், தாமதநியூட்ரான்கள், மையக் கருவின் சிதைவு முதலிய பலவற்றைப் பார்த் தோம். பின்பு கொள்கை ரீதியாக ஒரு அணுகுண்டு. இதை சிறு அளவில் செய்து காட்ட முடியாது. சின் னஞ் சின்ன அளவுகளில் வைக்கக் கூடிய ஒருபொருளை சில ராத்தல்கள் அளவு செய்வதற்காக ஆயிரக் கணக் கான மக்கள் வேலை செய்யும் தொழிற்சாலைகளை பல கோடி செலவில் கட்ட வேண்டு மென்று எதிர்பார்த் தோம்.

நம்ப முடியாத செய்தியாகத் தோன்றுகிறது. நம்ப முடியாததுதான். ஆனால் கொள்கையை வைத் துக் கொண்டு நாள்தோறும் ஆராய்ச்சிக் கூடத்தில் வேலை செய்யும் விஞ்ஞானிக்கு இந்த அதிசயம் சாதா

ரணப் பழக்கமாகி விடுகிறது. அதுவளர்வதைப் பார்த்தார் அவர். ஒன்றிரண்டு முன் கூட்டியே எதிர்பார்க்கிருர். பின்பு அவரோ அவர் சகாக்களோ அது சரியா; தவரு என்று சரிபார்க்கிருர். இந்த வளர்ச்சி வரவர ஒரு நிச்சயமாகி விடுகிறது. அதன் வளர்ச்சி பற்றி ஒன்றும் தெரியாத மனிதருக்கு இதெல்லாம் வெறும் கனவாகவோ, சுத்தப் பயித்தியக்காரத்தனமாகவோ காட்சி யளிக்கிறது.

அணுகுண்டு திட்டம் சாதாரண விஞ்ஞான சோதனையைப் போன்றதல்ல. பொதுவாக கொள்கை அளவில் முன் கூட்டிச் சொல்வதிலிருந்து சோதனைமூலம் சரிபார்க்கும் கட்டம் வெகு தூரத்தில் இரா. அதிக காலமும் பிடிக்காது. சிறிய அளவுசோதனைகளால் முயற்சி முன்னேறுகிறது. ஆனல் அணுகுண்டு சம்பந்தப்பட்ட வரையில் வகுத்த கொள்கையை நனவாக்க எத்தனையோ ஆயிரக்கணக்கான மக்கள்.ஏராளமானபணம், தொழிற்சாலைகள், நகரங்கள், இரகசியங்கள், தரைப் படை, கப்பற்படை, சர்க்காரிலும் விஞ்ஞானத்திலும் உயர்ந்த அந்தஸ்துள்ளவர்களின் ஆதரவு எல்லாம் தேவையாக இருந்தன. கடைசியில் நடக்கும் சோதனையோ உண்டு, இல்லை என்று நிச்சயம் செய்ய வேண்டிய சோதனை. அது வரையில ஒரு பயனும் இராது.

1945-ம் வருஷம் ஜூலை 16-ந் தேதி விடியற்காலையில் அலாமோகோர்டோ என்னுமிடத்தில் கூடிய விஞ்ஞானிகளுக்கும், இராணுவக்காரர்களுக்கும் இவ்வளவும் தெரியாது என்று யாரும் நினைக்க வேண்டாம். மனித சரித்திரத்தில் ஒரு புதுயுகத்தை ஆரம்பிக்கப் போகிருேம் என்று அந்த விஞ்ஞானிகளுக்குத் தெரியும். யுத்த காலம் முழுவதும் இந்தப் பிரச்னையோடு அவர்கள் மல்லுக்கு நின்றிருக்கிருர்கள். பொது மக்களின் மீது இந்தக் குண்டுகளை வீசக் கூடா

தென்று அதிகார பூர்வமாக அவர்கள் முறையிடவும் செய்திருக்கிறார்கள். இராணுவ, தொழில் முக்கியத் துவம்மட்டுமின்றி சமூக அரசியல் எதிரொலிகளும் அவர்களுக்குத் தெரிந்திருந்தன. ஒரு நாடகத்திற்கு மேலே என்ன, மேலே என்ன என்று ஆவலைக் கிளப்பு வதுதான் ஜீவ நாடி. எல்லா ஏற்பாடுகளும் சரியாகச் செய்யப்பட்டு தயாராக இருந்தன. வேதனை நிறைந்த சில கணங்களுள் கடைசி நிமிஷத்தில் உண்டான ஒரு சிறிய தொல்லை. இயந்திரத்தில் ஒரு சிறு பகுதி எங் கேயோ சிக்கிக் கொண்டிருந்தது. ராபர்ட் பாஷர் இந்த இணைப்பைச் செய்தவர். பொறுமையை இழக் காமல் சாந்தமாக இருந்தார் அவர். கடைசியில் எல் லாப் பகுதிகளையும் சரியாகச் சேர்த்து விட்டார். அதன் பிறகு எல்லாம் திட்டப்படி நடந்தன. வெடி நிகழ்ந்தது. பெரிய ஒளி, உஷ்ணம், ஓசை, கதிர் இயக்கம், தெறிப்புகள் எல்லாம் ஏற்பட்டன. இந்த இரகசியம் உலகத்தின் கண் முன் நின்றது. அணு குண்டு சாத்தியமாகி விட்டது.

அணுகுண்டின் இரகசியங்களைப் பற்றியும் எப் படி அவை காக்கப்பட்டன என்றும், ஏன் காக்கவேண் டும் என்றும் நாம் ஏராளமாகக் கேள்விப்பட்டிருக்கி றோம். இரகசியச் சுவர்களைத் தவிர்க்க ஒற்றர்கள் முனைந்தார்கள்; பலர் வெற்றியும் அடைந்தார்கள். அடிப்படை இரகசியங்களே இப்பொழுது கிடையாது. 1900-ம் ஆண்டிலேயே அணு சக்தி தெரிந்துவிட்டது. அதனுடைய ஆதாரமான சமன்பாடு 1905- லேயே இயற்றப்பட்டது. பொருள், சக்தி ஆகியவை பற்றி ஒவ்வொரு புது உண்மை கண்டு பிடிக்கப்பட்டபொழு தும் அணு அமைப்பிற்கும் இந்த சமன்பாட்டிற்கும் உள்ள பொருள் தொடர்பு அர்த்தமாயிற்று. ஒரே ஒரு இரகசியம் தான் இருந்தது. 1945 ஜூலை மாதம் அதுவும் வெளியாகி விட்டது. தொடர்க்கிரியை

சாத்தியம் என்பதும் அதனுல் குண்டு செய்ய முடியும் என்பதும் தான் இரகசியம். அலமோகோர்டோவில் வெடித்த வெடியின் பொருள் இதுதான்.

அதன் பிறகு வெளி நாடுகளுக்கும் இந்த இரகசியம் போய் விட்டது. சோவியத் ரஷ்யாவுக்கும், ஜெர்மனிக்கும் இது தெரியக் கூடாதென்று நினைத்தோம். ஆனுல் சோவியத் ரஷ்யாவின் ஏஜெண்டுகள் அதைக் கொண்டு போய் விட்டார்கள். ஜெர்மனியில் பிறந்த பௌதிகரான கிளாஸ் பக்ஸ் இவர்களில் ஒருவர். லாஸ் அலமோஸில் எல்லாம் தெரிந்த உட்குழுவைச் சேர்ந்தவர் இவர். அலமோ கோர்டோவும், ஹிரோஷிமோவும் சோவியத் ஆட்சியாளர்களுக்கு வியப்பளித்திராது என்பதுதான் இதன் அர்த்தம். அணுகுண்டு செய்ய நாம் செய்யும் பெரும் முயற்சியும் நமக்குக் கிட்டப் போகும் முயற்சியும் அவர்களுக்குத் தெரிந்திருந்தன. அவர்கள் நாட்டில் பாதியை பகைவர்கள் ஆக்ரமித்த போது தம் நாட்டு விஞ்ஞானிகளுக்கும் என்ஜினீயர்களுக்கும் அணு சக்தியைப் பற்றி கவலை இருக்க வேண்டுமென்று—இந்த இரகசிய தகவல்கள் இல்லாவிட்டால்-அவர்கள் எண்ணி யிருக்கவே மாட்டார்கள். இந்தத் தகவல்களினுலேயே அவர்களும் தாமதமின்றி அணு திட்டங்களை ஆரம்பித்திருக்க வேண்டும். இந்த இரகசிய தகவல்கள் மூலமாகவே எந்த முறைகள் சிறந்தனவென்றும் எவை தாமதமானவை என்றும் அவர்களுக்குச் சொல்லி யிருக்கிருேம். ஆகவே அவசிய பரிசோதனைகள் அவர்களுக்கு மிச்சம். சுருங்கச் சொன்னுல் ஒற்றர்களின் உதவியால் இரண்டு மூன்று ஆண்டுகளுக்கு முன்னமேயே அணு ஆயுதங்கள் ரஷ்யாவுக்குக் கிடைத்து விட்டன என்றே சொல்ல வேண்டும்.

இருப்பினும் ஹிரோஷிமா குண்டு வீச்சு நடந்த சில ஆண்டுகளுக்குள்ளாகவே சோவியத் யூனியனுல்

அணுகுண்டு செய்ய முடிந்தது. இந்த இரகசியங் களைத் திருடியதால் தான் என்று பலர் நினைக்கிறார் கள். இது வெறும் அபத்தம். யுரேனியம் சிதைவி லிருந்து அணு குண்டு வரை உள்ள ஒவ்வொரு படி யையும் செய்ய நாம் பல வழிகளைக் கண்டால் அதே போல வேறு பல விஞ்ஞானிகளுக்கும் முடியும். உண் மையில் அமெரிக்கரைவிட பிரிட்டிஷ்காரர்கள் 1941-ல் அதிகமாகவே அறிந்திருந்தார்கள். பிரிட்டன் ஜெர்ம னிக்கு அவ்வளவு அருகில் இல்லாமல் இருந்திருந்தால்- ஜெர்மனியின் விமானங்கள் பிரிட்டிஷ் நகரங்களையும் தொழில் ஸ்தாபனங்களையும் அழிக்காமல் இருந்திருந் தால்-பிரிட்டிஷ்காரர்கள் அணு குண்டு உற்பத்தியில் அமெரிக்காவை முந்தி இருப்பார்கள். யுத்தகளத்திற்கு வெகு தூரத்திலிருந்தது அமெரிக்கா. பிரிட்டிஷாரும் தங்களுடைய சிறந்தஅறிவாளிகளை அமெரிக்காவிற்கு அனுப்பினார்கள். கனடியர்களும் அவ்வாறே செய்தார் கள். டென்மார்க்கிலிருந்து நீல்ஸ்போர்டு கூட உத விக்கு வந்தார். ஜெர்மனி, ஆஸ்திரியா, இத்தாலி முதலிய பல நாட்டு அகதிகளான சிறந்த மேதாவிக ளும் அமெரிக்கா வந்தனர்.

இந்த மனிதர்களெல்லாம் அவசர அவசரமாக வேலை செய்தனர். ஜெர்மானியர் முந்திக் கொண்டுவிடு வார்களோ என்று சதா பயம் அவர்களுக்கு. தொடர்க் கிரியை நிகழுமா என்று கூட பலருக்குச் சந்தேகம். சமூக, அரசியல் நெருக்கடிகளும் ஏராளமாக இருந்தன. ஏதாவது இயற்கையில் கோளாறு ஏற்பட்டு தொடர்க் கிரியையே நிகழாமல் போய் விடுமோ என்று சிலர் பயந்தார்கள். ஆனால் காலம் செல்லச் செல்ல அல மோகோர்டோவில் புளுட்டோனியத்தையும் யுரேனி யத்தையும் வைத்துக் கொண்டு தொடர்க் கிரியை நிகழ்த்தலாம் என்று நிச்சயமாகி விட்டது.

இன்னும் எத்தனையோ இரகசியங்கள் இருக்கின்

றன. ஆனால் அவை அடிப்படை இரகசியம் என்று சொல்ல முடியாது. ஒருவருக்கொருவர் போட்டியிடும் மோட்டார்க்கார் உற்பத்தியாளர் காக்கும் இரகசியம் மாதிரித்தான் அவை. ஆனால் குறுகிய காலத்திலேயே திறமுள்ள இன்ஜினீயர்களும் கண்டு பிடிப்போரும் அதே மாதிரி கண்டு பிடித்து இன்னும் சிறந்தமுறைகளைக் கூட உருவாக்கலாம். அதற்காக இன்ஜினீயரிங் தொழிலில் திறமையோ, கற்பனையோ இல்லை என்று சொல்ல முடியாது. அமெரிக்கர்களுக்கும் இவை எல்லாம் தனி உரிமை அல்ல.

அணு குண்டு அமைப்பு வணிகயும் மற்ற எல்லா ஆயுதங்களைப் போலவும் இரகசியமாக வைத்திருக்கிறோம். அவ்வளவு தான். நீர் மூழ்கிக் கப்பல், டார்பிடோ, துப்பாக்கிகள் இவற்றின் அமைப்புகளை இரகசியமாக வைத்திருக்க வில்லையா? மற்ற நாடுகள் தான் வைத்திருக்க வில்லையா? நாகஸாகி, ஹிரோஷிமா குண்டுகளையும் இவ்வாறே இரகசியமாக வைத்திருக்க முயன்றோம். ஆனால் முடியவில்லை. எனிவெடா, நிவாடா ஆகிய இடங்களில் சமீபத்தில் சோதனை செய்த ஆயுதங்களின் அமைப்பை இரகசியமாக காக்க முயன்று வருவோம். இந்தத் தடவை இன்னும் ஜாக்கிரதையாகவும், வெற்றிகரமாகவும் பாதுகாக்க முயலுகிறோம். இது முக்கியமில்லை என்று சொல்ல முடியாது. ஆனால் அணு குண்டு இரகசியங்கள் காக்கப்படுவதின் முக்கியத்துவம் பொது மக்களின் மனதில் மிகைப்பட்டு நிற்கிறது. யுரேனியம் சிதைவு குண்டையோ அதைவிட பயங்கரமான கலவை (Fusion) குண்டைப் பற்றியோ அடிப்படை இரகசியங்கள் ஒன்றுமே கிடையாது.

9

அணுகுண்டுகளின் பெருக்கமும் வேறுபாடுகளும்

1. அணுசக்திக்குழு நிர்வாகத்தை மேற்கொள்ளுகிறது

ஹிரோஷிமா நாகஸாகி மீது அணுகுண்டுகள் வீசப்பட்ட சமயத்தில் அந்த இரண்டே இரண்டு குண்டுகள்தான் இருந்தன. ஆனால் இரண்டும் வெவ் வேறுவகைப்பட்டவை. ஹிரோஷிமாவில் வீசிய குண்டு யு-235-ஆல் ஆனது. ஒரு கட்டி யு-235-ஐ இன்னொரு யு-235 பந்தால் தாக்கும் முறை. இரண்டு பந்துகளும் சேர்ந்து நெருக்கடி அளவுக்கு மேல் பெரிதாகிவிட் டன. இது மிக மிக எளிய முறை. ஆகவே உபயோ

கத்திற்கு முன்னுல் பரிசோதித்துக்கூட பார்க்க வில்லை. அலமோகோர்டோவில் சில வாரங்களுக்கு முன் நடந்த சோதனையில் இதைவிடத் திறமையான அமைப்புள்ள குண்டு வெடிக்கப்பட்டது. நாகஸாகியில் வெடித்தது இதுதான். அடாமிக் அணுகுண்டுஒற்றர் கள் கோர்ட்டில் விசாரணை செய்யப்படும் பொழுது அதன் தத்துவம் வெளியாயிற்று. அந்தக் குண்டு உள் நோக்கி வெடிப்பது புளுட்டோனியப் பந்து ஒன்று அபார வெடி சக்திகளால் சூழ்ந்திருக்கும். இதன் பல ளுகை வெடியின் வேகமெல்லாம் உள்நோக்கியே பாயும். இந்த அமுக்கத்திஞல் சிதையும் அளவானது மிக மிக நெருக்கடியான நிலையை அடையும். நாகஸாகிக் குண்டு மிகவும் சக்தி வாய்ந்தது. அதாவது வெளியே சிதருமல் சிதையக்கூடிய பொருளின் அளவு இதில் மிகவும் அதிகம். ஆகவே குண்டின் அளவு சிறியதாக இருந்தாலும் ஹிரோஷிமா குண்டின் சக்தி இதற்கு இருந்தது.

தூரக்கிழக்கில் இந்த இரு குண்டுகளால் போர் முடிந்ததும் அமெரிக்காவில் அணு ஆயுதங்களின் உற்பத்தியும் வளர்ச்சியும் தொய்ய ஆரம்பித்தன. மன்ஹாட்டன் மாவட்ட ஆராய்ச்சி சாலைகளை விட்டு விட்டு விஞ்ஞானிகள் பலர் வேறு இடங்களுக்கு உத்தியோகம் வகிக்கச் சென்றுவிட்டார்கள். இந்த அணுகுண்டுத் திட்டம் வருங்காலத்தில் எப்படி இருக் கும் என்று நிச்சயமாகத் தெரியவில்லை. இரகசிய ஆயுத ஆராய்ச்சியில் அவசரம் இருந்தால் ஒழிய விஞ் ஞானிகள் ஈடுபட விரும்பவில்லை. அணுசக்தி அகில உலகக் கட்டுப்பாட்டில் வரும் என்றும் அணு ஆயு தங்கள் தடை செய்யப்படலாம் என்றும் ஒரு பக்கம் நம்பிக்கை வேறு. இந்தக் காரணங்களால் அணு சக்தி ஆராய்ச்சிக் கூடங்களில் வேலை 1946-ல் நின்று விட்டது.

இந்தக் காலத்தில் அணுசக்தி வேலையை அமெரிக்காவில் வருங்காலத்தில் எப்படி உருவாக்குவது என்று பெரும் விவாதம் கிளம்பிற்று. அமெரிக்க காங்கிரஸில் இரண்டு மசோதாக்கள் கொண்டுவரப் பட்டன. முதல் மசோதா அணு திட்டத்தை இராணுவமே தொடர்ந்து நிர்வகிக்க வேண்டுமென்று சொல்லிற்று. மேல் சபை அங்கத்தினர் ப்ரெயின் மாட்மோஹன் கொண்டுவந்த இரண்டாவது மசோதா இராணுவமல்லாத அதிகாரிகளே நிர்வகிக்க வேண்டுமென்று சொல்லிற்று. விஞ்ஞானிகளின் முயற்சியாலும், பொது ஜனக் கருத்தின் பலத்தாலும் இரண்டாவது மசோதாவே சட்டமாயிற்று. (1946 ஆகஸ்ட் 1.) சிதையும் பொருட்களின் உற்பத்தி உடைமை எல்லாவற்றையும் சர்க்காரின் தனி உரிமையாக்கிற்று அது. இராணுவ உபயோகத்திற்கு-வேறு உபயோகத்திற்குமல்லாத அணுசக்தி அபிவிருத்தி அணுசக்தி கமிஷன் என்ற குழுவிடம் ஒப்படைத்தது. இது ஜனாதிபதியாலேயே நேராக நியமிக்கப்படும். ஐந்து முழு நேர மெம்பர்கள் அதில் இருப்பார்கள். எல்லோரும் இராணுவத்தில் இல்லாதவர்கள். ஒரு புது நிர்வாகியும் இருப்பார் ஒரு பொது ஆலோசனைக் குழுவும் இதற்கு இருக்கும். இதைத் தவிர இன்னும் பல ஆலோசனைக் குழுக்களும் உண்டு. இந்தக் குழுவைக் கண்காணிக்க காங்கிரஸின் இரண்டு சபைகளும் சேர்ந்த ஒரு அணுசக்தி கமிட்டி நியமிக்கப்பட்டது. டெனஸி பள்ளத்தாக்கு திட்டத்தின் தலைவரான டேவிட்லிலின்தால் அணுசக்திக் கமிஷனின் முதல் தலைவரானார். லாஸ் அலமோஸ் ஆராய்ச்சி சாலையின் யுத்த காலத் தலைவர் ஆப்பன்ஹீமர் பொது ஆலோசனைக் குழுவின் தலைவரானார். அணுசக்தி சட்டத்தை வரைந்த ப்ரெயின் மாக்மோஹன் காங்கிரஸ் அணுசக்தி கமிட்டியின் தலைவரானார். மன்ஹாட்டன் ஜில்லா நிர்வாகத்தி

லிருந்து அணுசக்தி ஏற்பாட்டை அணுசக்தி கமிஷன் எடுத்துக்கொண்ட பொழுது (1947 ஜனவரி 1.) அகில உலக அணுசக்தி கட்டுப்பாட்டுக்கான பேச்சுவார்த்தைகள் தாமதப்பட்டுக் கொண்டே வந்தன. ஐக்கிய அமெரிக்க நாடுகளுக்கும் ஸோவியத் யூனியனுக்கும் இடையே நல்ல உறவு குறைந்து கொண்டே வந்தது. லாஸ் அலமோஸில் அணு ஆயுத ஆராய்ச்சி சாலையில் அவசரமான வேலை மீண்டும் துவக்க வேண்டிய அவசியம் ஏற்படும்போல் இருந்தது. அணுசக்திக் குழுவினர்களில் ஒருவரான டாக்டர் ராபர்ட் பாக் லாஸ்அலமோஸ் அணு ஆயுத சாலையை முதலில் பார்க்கப்போன பொழுது அங்கு பல இடங்கள் சூன்யமாக இருந்ததைக் கண்டார்.

2. புளுட்டோனியமும் யு-235-ம் மலிந்து குவிகின்றன

லிலியந்தாலும் அவருடைய சகாக்களும் மிகவும் உற்சாகத்துடன் வேலை தொடங்கிய காரணம் அமெரிக்காவிற்கும் உலகத்திற்கும் அணுசக்தி நிறைவான வாழ்க்கையைத் தரக்கூடும் என்று அவர்கள் நம்பியதுதான். ஆனல் சட்டம் அவர்களுக்கு வேறு கட்டளை இட்டிருந்தது. உலக நிலையிலும் இருள் சூழ்ந்திருந்தது. அணு ஆயுதத்திற்கே முதல் கவனம் செலுத்த வேண்டும் என்று சந்தர்ப்பங்கள் வற்புறுத்தின. இந்தக் கட்டளையை மகத்தான வெற்றியுடன் குழு நிறைவேற்றியது. லாஸ் அலமோஸ் ஆராய்ச்சி சாலையில் மீண்டும் உலகிலேயே சிறந்த நிபுணர்களும் சாதனங்களும் கொண்டவற்றில் நன்ருக வளர்ந்தது. கதிர் இயக்கத்தால் அழியும் தருவாயிலிருந்த ஹான்போர்டு புளுட்டோனியம் உற்பத்தி செய்யும் அணு உலைகள் பழுது பார்க்கப்பட்டு தீவிரமாக இயங்கின.

புளுட்டோனியம் உற்பத்தி வேகத்தை அதிகரிக்க

புது அடுக்குகள் சேர்க்கப்பட்டன. ப்ளுட்டோனி யத்தை இரசாயன ரீதியில் பிரிக்க ஒரு புதிய எளிய முறை கையாளப்பட்டது. ஜார்ஜியாவிலுள்ள ஸவாணு வில் ப்ளுட்டோனியம் தயாரிக்கும் ஒரு புதிய திட்டம் உருவாயிற்று. ஹான்போர்ட் திட்டம் இதற்கு உறை போடக் காணுது. இந்த சாவன்ணு திட்டத்தில் ட்ரிடியம் என்ற மிக கனமான ஹைட்ரஜன் தயாரிக்கப் பட்டது. இதிலிருந்து பிரும்மாண்ட சக்தியுள்ள ஆயு தங்களைச் செய்யலாம். இதைப் பற்றி வேறு இடத்தில் பார்ப்போம்.

ஓக்ரிட்ஜில் உள்ள மின்காந்த சாலை மூடப்பட் டது. வாயு முறையைவிட அதில் செலவு அதிகம். வாயு முறைத் திட்டங்கள் புதிதாக இரண்டு கெண்டகியிலுள்ள படுகாவிலும், ஓஹியோவிலுள்ள போர்ச்சுமத்திலும் கட்டப்பட்டன.

இந்தத் திட்டங்களால் பொதுப் பணம் கோடி கோடியாக செலவாயிற்று. புளுட்டோனியம், யு—235 இரண்டின் உற்பத்தியும் 1946-ல் இருந்ததைவிட பன் மடங்கு பெருகியது. செலவும் குறைந்தது. இன்று அழிக்கும் சக்திகளில் அணுசக்திதான் மிக மிக மலி வானது என்றும் சொல்லலாம். ஒரு ரூபாய் செலவழித் தால் சாதாரண வெடிகளைவிட பன்மடங்கு அழிக்கும் சக்தியுள்ள அணு ஆயுதங்களை வாங்கிவிடலாம்.

3. அணுகுண்டுகள், பெரியவையும் சிறியவையும்

அணு ஆயுதங்கள் பெருகப் பெருக அதில் பற்பல வகைகளைக் கண்டு பிடிப்பதில் லாஸ்அலமோஸ் ஆராய்ச்சி சாலை முனைந்தது. பி—36 என்ற ராக்ஷஸ விமானங்களில் ஹிரோஷிமாவுக்கும், நாகாஸாகிக்கும் கொண்டு செல்லப்பட்ட முதல் அணுகுண்டுகள் மிக மிக கனமானவை; வசமாகக் கையாள முடியாதவை. வரவர அணு வெடியைச் சுற்றியுள்ள இயந்திர அளவு

சுருங்கிற்று. ஒரு போர் விமானம் எளிதில் தூக்கு மளவுக்கு கனம் குறைக்கப்பட்டது. கடைசியில் பீரங்கிகளுக்குள் அதை வைக்க முடிந்தது. ஒரு சாதாரண இராணுவத் துப்பாக்கியில் கூட அது பொறுத்தப்பட்டது. ஆனால் இப்படி அளவைக் குறுக்கிக் கொண்டே போனால் வெடியின் திறமை குறையும். சிதையும் பொருளின் பெரும்பாகம் வீணாகும். அப்படி இருந்தும் வெடிக்கும் சிறு அளவுகூட பெரும் பீரங்கிகளால் புரிய முடியாத நாசத்தை விளைவிக்க வல்லது.

குண்டின் அளவு குறுகக் குறுக, உற்பத்தி பெருகப் பெருக ஒரு மாறுதல் உண்டாயிற்று. இனி அணு குண்டு ஒரு அபூர்வ ஆயுதமல்ல. பெரிய தொழில் நகரங்கள் மீது மட்டும் வீச வேண்டிய அபூர்வ ஆயுதமல்ல. நூற்றுக் கணக்கில் ஆயிரக்கணக்கில் சிறு அணு ஆயுதங்கள் வந்து விட்டன. இவற்றால் ஒரு பாலம், தளவாடக் கிடங்குகள், அல்லது அணி வகுத்து நிற்கும் துருப்புகள் போன்ற சிறு இலக்குகளைக் கூடத் தாக்க முடியும்.

இப்படி சிறு அணு ஆயுதங்கள் வந்து விட்டதால் ஒரு தவறான கருத்து உலவுகிறது. அதே அளவு வெடிப் பொருளை வைத்துக் கொண்டு குண்டுகள் அதிகமாகச் செய்ய முடியும் என்று பலர் நினைக்கிறார்கள். இது தவறு. எந்த சிறு ஆயுதத்திற்கும் நெருக்கடி அளவு இருந்துதான் ஆக வேண்டும். சிறிய ஆயுதம் என்றால் சிதையும் பொருள் குறைவாக இருக்குமென்று அர்த்தமில்லை. அதை வைக்குமிடம்தான் சிறியது. வெடிக்கும் விசையும் சிறியது இலேசானது. போர்க்களத்திலேயே கொண்டு உபயோகப்படுத்தலாம் என்று தான் அர்த்தம்.

சிறிய ஆயுதங்களோடு பெரும் அணு ஆயுதங்களும் செய்யப்பட்டன 1953 டிசம்பர் மாதம் ஐஸன்ஹோவர் ஹிரோஷிமா குண்டைவிட இருபத்து ஐந்துமடங்கு

சக்தியுள்ள (அதாவது நாலு லக்ஷம் டன் T N T-க்கு சமமான) அணுகுண்டுகள் செய்யப்பட்டு சோதனை செய்யப்பட்டதாக அறிவித்தார்.

இந்த மலிவு நிறைவு வகைகள் எல்லாவற்றையும் கண்டு பிரெயின் மக்மோஹன், அமெரிக்காவின் ஆயுத உற்பத்தியில் பெரும் அளவு அணு ஆயுதங்களாகவே இருக்க வேண்டுமென்றும் அப்படிச் செய்தால் தான் குறைந்த செலவில் பெருத்த இராணுவ சக்தி கிடைக்குமென்றும் சொன்னார். அமெரிக்க இராணுவத் திட்டக்காரர்களும் இந்தக் கருத்தைக் கொஞ்சம் கொஞ்சமாக மேற்கொண்டார்கள். அதன் விளைவாக எதிரிகளை இராக்ஷஸ முறையில் (அதாவது அணு ஆயுதங்களைக் கொண்டு) தாக்குவது தான் **1954**-ல் ஐக்கிய அமெரிக்க நாட்டில் அதிகார பூர்வமான கொள்கையாக மாறியது.

ஹிரோஷிமாவில் லக்ஷம் பேர் உயிரிழந்தார்கள். அதைவிட இருபத்தைந்து மடங்கு சக்தியுள்ள குண்டு என்றால் நினைக்கவே பயங்கரமாக இருக்கிறது. ஆனால் இந்த குண்டு கூட ஹைட்ரஜன் குண்டிற்கு முன்னால் வெறும் சிறகு என்றுதான் சொல்ல வேண்டும். இதை வேறு அத்தியாயத்தில் சொல்லலாம். ஏனெனில் அதன் தத்துவமே வேறு.

4. மற்ற நாடுகளும் அணுகுண்டு செய்கின்றன

ஹிரோஷிமாவும் நாகஸாகியும் அழிக்கப்பட்ட பொழுதும் ஸ்மித் அறிக்கை வெளியான உடனும் மற்றநாடுகளுக்கு அணுகுண்டு செய்ய எத்தனை காலம் பிடிக்குமென்று ஹேஷ்யங்கள் எழுந்தன. முக்கியமாக ஸோவியத் யூனியனைப்பற்றி பலபேர் ஊகிக்க ஆரம்பித்தார்கள். சிலர் பத்து வருஷமென்றும் சிலர் இருபது வருஷமென்றும் சொன்னார்கள். இவர்களெல்லாம் இராணுவ அரசியல் தலைவர்கள். ஆனால்

ஹான்ஸ்பெதே, ப்ரெடெரிக்ஸீட்ஸ் என்ற இரு பௌதீகர்களும், ஸோவியத்விஞ்ஞானிகளுக்கு ஐந்து ஆண்டுகளே போதுமென்று கணக்குச் சொன்னார்கள். ஹிரோஷிமாக்குப் பிறகு நான்கே ஆண்டுகளுக்குள் ரஷியாவில் முதல் அணுகுண்டு வெடித்தது. விஞ்ஞானிகள் கணக்கைவிட ஒரு வருஷம் குறைந்து விட்டது. ஸோவியத் இரகசிய ஏஜெண்டுகள் கொண்டு வந்து தகவல் தான் இதற்குக் காரணமாக இருக்க வேண்டும். அமெரிக்கா அனுபவித்த பல இடையூறுகளைத் தவிர்க்க இந்த தகவல்கள் உதவியிருக்கலாம். மேலும் இந்த தகவல்களின் தூண்டுதலால் ஹைட்ரஜன் குண்டு செய்வதிலும் ரஷியா மிக வேகமாக முனைந்திருக்க வேண்டும். அமெரிக்கா முதல் ஹைட்ரஜன் குண்டை வெடித்த ஒரே ஆண்டுக்குள்ளாகவே ஸோவியத் யூனியனிலும் அதே குண்டு வெடித்தது.

முதல் ரஷிய அணுகுண்டு சோதனை நடந்து நாலு ஆண்டுகள் கழித்து ரஷியாவில் முதல் ஹைட்ரஜன் குண்டு சோதனை நடந்தது. இந்த இடைக் காலத்தில் ரஷியாவில் இரண்டே இரண்டு அணுகுண்டு சோதனைகள் அதிகப்படியாக நடந்ததாக அமெரிக்கா அறிவித்தது. இது எப்படி அமெரிக்காவுக்குத் தெரியும்? திறந்த வெளியில் அணுகுண்டு ஒவ்வொரு தடவையும் வெடிக்கும் பொழுது அணுச் சிதைவினால் ஏற்பட்ட கதிர் இயக்க விளைவுகள் மேகங்கள் போல வாயு மண்டலத்தின் உயரத்தில் திரியும். இவற்றின் உதவியால் அணுகுண்டு வெடித்ததாகச் சொல்ல முடியும். இதே சமயத்தில் அமெரிக்க அணு சக்தி கமிஷன் சுமார் மூன்று டஜன் அணுகுண்டு சோதனைகள் நடத்தியது. முதலாவது பஸிபிக் கடலிலுள்ள பிகினி அடோலிலும் பின்பு நெவாடா சோதனை நிலத்திலும் மீண்டும் பஸிபிக்கிலுள்ள எனிவெடாக் அடோலிலும் இந்தச் சோதனைகள் நடத்தப்பட்டன.

ஸோவியத் யூனியனைவிட அளவிலும் வகையிலும் அதிகமான அணு ஆயுதங்களை அமெரிக்கா தயாரித்திருக்க வேண்டும் என்றே தோன்றுகிறது. ஆனால் சிற்சில ஆண்டுகளிலேயே ஸோவியத் யூனியன் அணு ஹைட்ரஜன் குண்டுகளைப் போதிய அளவுக்குத் தயாரித்து அமெரிக்க ஐக்கிய நாட்டிலும், மேற்கு ஐரோப்பாவிலும் உள்ள கப்பல் துறைகளையும்,இன்னும் பல முக்கியமான இலக்குகளையும் அழிக்கும் பலம் பெறும். இதில் கவனிக்க வேண்டியது ஒன்று இருக்கிறது. அணு குண்டுகள் இருந்தால் மட்டும் போதாது. அவற்றை வீசக் கூடிய திறமையும் இருக்கவேண்டும். இந்தத் துறையிலும் ஸோவியத் யூனியன் அமெரிக்காவைவிட பின் தங்கி இருப்பினும் வேகமாக முன்னேறிக் கொண்டு வருகிறது. ஐக்கிய நாடுகளுக்கு ஒரே ஒரு வசதி உண்டு. கிரீன்லாந்து முதல் லிபியா வரையிலும் ஒகினுவா முதல் அலாஸ்கா வரையிலும் விமான தளங்கள் வரிசையாக உண்டு. இவற்றிலிருந்து ஸோவியத் யூனியனை அதற்குத் தாக்கமுடியும். ஆனால் ஐக்கிய நாடுகளைத் தாக்க வேண்டுமானால் ஸோவியத் யூனியன் தன்னுடைய சொந்தத் தளங்களிலிருந்து தான் வடதுருவப் பகுதி மூலமாகத் தாக்கவேண்டும். ஐக்கிய நாடுகளுக்கு ஒரே ஒரு குறை மட்டும் உண்டு. அதன் இரு மருங்கிலும் கடற்கரை நீண்டு உள்ளது. ஆகவே திருட்டுத்தனமாக கடற்கரைக்கு அருகில் வரக்கூடிய நீர் மூழ்கிக் கப்பல்களிலிருந்தோ அல்லது வேறு சிறு கப்பல்களிலிருந்தோ முக்கிய அமெரிக்க நகரங்களை தாக்கமுடியும். மேலும் ஸோவியத் யூனியனுக்கு ஒரு அனுகூலம் உண்டு. அதன் ஜனத்தொகையோ தொழில்களோ அமெரிக்கா அல்லது மெற்கு ஐரோப்பாவில் உள்ளது போல முக்கிய பெரும் நகரங்களில் புகுந்திருப்பதில்லை. அதன் பொருளாதாரக் கொள்கை மத்திய அரசாங்கத்தால்

நிர்ணயம் செய்யப்படுகிறது. அங்குள்ள மக்கள் மீது சர்க்காருக்கு சர்வ வல்லமை உண்டு. ஆகவே அத்யா வசியமான தொழில் திட்டங்களை இஷ்டப்பட்ட இடத்தில் அது நிறுவி இருக்கிறது.

மேற்கு ஐரோப்பிய நாடுகள் தங்களிடம் பணம் இல்லாததால் சொந்தமாக அணு ஆயுதங்கள் செய்ய முடியாது என்றும் சர்வதேசக் கட்டுப்பாடு வந்தால் அமெரிக்காவிலும் ரஷ்யாவிலும்' அணு ஆயுதஉற்பத்தி நின்றுவிடும் என்றும் முதல்முதல் நினைத்தார்கள். ஆனால் இந்த நம்பிக்கை நாளடைவில் மறையத் தொடங்கியது. யுத்தத்தினால் குலைந்திருந்த பொருளாதாரமும் சீர்படவே பிரிட்டன் அணு குண்டுகள் செய்யப் போதுமான புளூட்டோனியத்தை தயார் செய்யத் தொடங்கிற்று. (முதல் முதல் அணு ஆயுதங்கள் செய்ய இறங்கும் ஒரு தேசத்திற்கு முக்கியமான பிரச்னை சிதையும் பொருளை பெரும் அளவுக்குத் தயாரிப்பது தான். குண்டுகளை இணைப்பதும், வெடிக்கும் விசையைப் பொருத்துவதும் அடுத்த பிரச்னைகளே. ஆகவே புதிய தேசங்களுக்கு இந்தத் துறையில் சிக்கல்கள் அதிகம்) பிரிட்டனில் கம்பர்லாந்திலுள்ள ஸெல்லா பீர்டில் ஹான்போர்டில் உள்ளதைப்போல புளூட்டோனியம் செய்யும் அடுக்குகள் கட்டப்பட்டன. உற்பத்தி பெருகவே அணுகுண்டு சோதனைகள் ஆரம்பமாயின. ஆஸ்திரேலியாவின் வடமேற்குக் கரைக்கு அப்பாலுள்ள மாண்டி பெல்லோ தீவில் 1952 அக்டோபர் 1-ம் தேதி முதல் சோதனை நிகழ்ந்தது. அடுத்த இரண்டு சோதனைகள் 1953 அக்டோபர் 15, 27-ம்தேதிகளில் தென் ஆஸ்திரேலியா பாலையிலுள்ள வூமரா பகுதியில் நடந்தன.

பிரான்ஸில் முதன்முதலில் ஆராய்ச்சிக்கான அணு உலைகளை தயாரித்தார்கள். ஆயுதங்கள் செய்யப் போவதில்லை என்றும் அறிவித்தார்கள். ஆனால் சமீ

பத்தில் புளூட்டோனியம் தயாரிக்கும் அடுக்குகள் கட்ட திட்டங்கள் உருவாகி உள்ளன. இதில் உற்பத்தி தொடங்கிவிட்டால் அணு குண்டும் செய்ய முனைந்து விடுவார்கள்.

ஒரு பெரிய யுத்தம் வரவேண்டும் அல்லது அணு ஆயுதங்களை உற்பத்தி செய்யக் கூடாது என்று ஒப்பந்தம் ஒன்று வரவேண்டும். இவை நடக்காவிட்டால் பத்து அல்லது இருபது ஆண்டுகளில், இந்த உலகத்தையே அழிக்கக்கூடிய அணு, ஹைட்ரஜன் ஆயுதங்களை வல்லரசுகள் சேகரித்துவிடும். பிறநாடுகள் மாதிரிக்காகவாவது அணு ஆயுதசாலைகளை நிறுவிக் கொண்டிருக்கும். இந்த ஆயுத பலத்தைக் கண்டு அச்சத்தினுல் ஏற்பட்ட சமாதானம் உருப்படியான சமாதானமாக நிலைக்குமா ? அணு ஆயுதங்கள் நம்மை எப்பொழுது அழிக்குமோ என்ற நிரந்தரமான அச்சத்துடனேயே மனித வர்க்கம் வாழவேண்டும். இதற்குப் பரிகாரம் ஒன்றே ஒன்றுதான். இஷ்டப்படி ஆயுதங்களைச் செய்து கொள்ளவும் வீசவும் வல்லமையுள்ள தேசங்களையே இல்லாமல் செய்துவிட வேண்டும். அகில உலக அதிகாரம் ஒன்றை ஸ்தாபித்து அதற்கு உலக முழுவதும் ஆயுதங்களில் பரிகரணம் செய்யக்கூடிய அதிகாரத்தை அளக்கவேண்டும்.

மூன்ருவது வழி ஒன்றும் இருக்கிறது. எல்லா தேசங்களும் தங்களுடைய சர்வ வல்லமையை புறக்கணித்து விடாமல் அதே சமயம். பரஸ்பர ஒப்பந்தத்தால் அணு ஆயுதங்களை நீக்கிவிட்டு நிரந்தர சமாதானத்துடன் . வாழலாம்—ஐக்கிய அமெரிக்காவும், கானடாவும் வாழ்வது போல. அகில உலக அரசைப் போல, இந்த வழி சிறந்ததா, இல்லையா என்று கவனிக்க வேண்டும். இந்த வழியில் எந்தத் தனி தேசமும் தன் அரசை கைப்பற்றுமாறும் அப்படிக் கைப்பற்றி அங்குள்ள இயந்திர வசதிகளை தன் சொந்த

நலங்களுக்குப் பயன்படுத்தவும் இன்னொரு தேசத்தை அனுமதிக்காது. உலகம் தன் வழியால்தான் கடைத்தேறும் என்று சொல்லி, எந்த ஒரு வழியையும் பிறர் மேல் திணிக்க முடியாது.

10

ராக்ஷஸ குண்டுகள்

நாம் இப்பொழுது ஒரு புதிய அணுகுண்டைப் பற்றி கவனிக்கப் போகிறோம். முதன் முதலில் மன்ஹாட்டன் திட்டவிஞ்ஞானிகள் இதைப்பெரும் குண்டு (Super Bomb) என்று இரகசியமாகச் சொல்லிக் கொண்டார்கள். ஆனால் இதனுடைய சரியான விஞ்ஞானப் பெயர் தெர்மோநியூக்ளியர் குண்டு என்பதுதான். இவற்றை சேர்க்கைக்குண்டு (Fusion Bomb) என்றும் சொல்வதுண்டு ஏனெனில் இதில் இரண்டு அணு மையக் கருக்கள் ஒன்று சேர்க்கப் படுகின்றன. சிதைவில் ஏற்படுவது போல ஒரு பெரிய மையக் கரு இரண்டாகப் பிளவுபடுவதில்லை, இந்தப் புதிய குண்டுகளின் முக்கிய வெடிப் பொருள் ஹைடிரஜன். அதாவது ஒரு

அரிய ஹைடிரஜன் ஐஸடோப். அதனுல் ஹைட்ரஜன் குண்டு அல்லது H. குண்டு என்று சாதாரணமாகச் சொல்வதுண்டு.

இதன் பௌதீக அடிப்படை என்ன ?

15-வது படத்தைத் தலைகீழாகப் பார்த்தால் ஒரு பள்ளத்தாக்கின் பகுதியைப் போல இருக்கிறது. ஒரு பக்கம் செங்குத்தாகவும் இன்னொரு பக்கம் சாதாரண சரிவுடனும் தோன்றுகிறது. புரோட்டான், நியூட்ரான்களின் ஸ்திரமான அமைப்பு பள்ளத்தாக்கின் அடியில் தென்படுகிறது. இவைகள் இரும்புக்கு அருகிலுள்ள தனிமங்கள் யுரேனியம் போன்ற கனத் தனிமங்களின் மையக் கருக்களும், ஹைட்ரஜன் போன்ற இலேசான தனிமங்களின் மையக் கருக்களும் ஸ்திரமான அமைப்பில்லாதவை. சாதாரண எடையுள்ள மையக் கருக்களாக அவற்றை மாற்றினுல், அப்பொழுது சக்தி வெளிப்படும். ஒரு பள்ளத்தாக்கின் ஓரத்திலிருந்து பள்ளத்தை நோக்கி ஓடிவரும் நீரை ஒரு சக்கரத்தைச் சுழற்ற பயன்படுத்தலாம். அதே போல்தான் இதுவும். இடது கரை சரிவதைத்தான் நாம் இதுவரை பார்த்தோம். அதாவது யுரேனியம் அல்லது தோரியம், பேரியம் அல்லது கிரிப்டான் இன்னும் வேறு நடுத்தர எடையுள்ள தனிமங்களாக சிதைவதைப் பார்த்தோம். இரசாயனத் தனிமங்களின் இயற்கை வரிசையில் அதிக கனமுள்ள பொருட்களே பெருவாரியாக அணுசக்தியை விடுவிக்க வசதி அளித்தன. மலை உச்சியிலுள்ள ஒரு பெரிய பாறையை தள்ளிவிட்டால் கடகடவென்று பல கற்கள் உருள ஆரம்பிக்கும். முதல் கல்லை உருட்ட செலவான சக்தி கோடிக்கணக்கில் பெருகிவிடுகிறது.

இத்தகைய அதிருஷ்டமோ அல்லது நாசமோ பீரியாடிக் பட்டியலின் இந்தக் கோடியிலுள்ள இலேசான தனிமங்களுக்கு இல்லை. அப்படியானுல் இலேசான

தனிமங்களை வைத்துக் கொண்டு அணு வெடிகள் செய்ய முடியாதா? முடியும் ஆனால் புளூட்டோனியம் அல்லது யு-235-ப் போல அவ்வளவு எளிதாகச் செய்ய முடியாது. சிதையும் பொருள் பந்து ஒன்றில் ஒரே நியூட்ரானை புகுத்தினாலே போதும். உடனே வெடி தொடங்கிவிடுகிறது. ஆனால் இலேசான தனிமங்களிலோ மையக்கரு சேர்க்கையால் தான் வெடி ஏற்படும். மிகமிக அதிகமான அளவுக்கு இந்த தனிமங்களை சூடாக்கினால் தான் இந்த சேர்க்கை நிகழும்.

எல்லாத் தொடர்க்கிரியைகளிலும் பொதுவாக ஒரு சம்பவம் நிகழ்கிறது. ஒரு துகள் மாறும்பொழுது இன்னும் பலவும் அதே மாதிரி ஆகின்றன. இதற்கு இரண்டு வழிகள் உண்டு. ஒன்று துகள் தொடர் இயக்கம். இன்னொன்று உஷ்ணத்தொடர் இயக்கம். முதல் நிகழ்ச்சியில் தொடர்க்கிரியை ஒரு துகளால் உண்டாகி அதன்விளைவாக இன்னும் பல துகள்கள்உண்டாகின்றன. இம்மாதிரி தொடர்ந்தே நிகழ்கின்றன. ஆனால் இரண்டாவது நிகழ்ச்சியில் தொடர்க்கிரியை சூடு செய்வதால் உண்டாகிறது. இந்தச் சூட்டினால் மேலும் சூடு உண்டாகிறது. இப்படியே தொடர்ந்து நிகழ்ந்து மையக்கருக்கள் சேர்வது சாத்தியமாகிறது.

அணு இரசாயனத்தில் தொடர்க்கிரியையில் இரண்டு வகைகள் உண்டு என்பதற்கு இந்தச் சிதைவு வெடியும், சேர்க்கை வெடியும் உதாரணங்கள். சாதாரண இரசாயனத்தில் இதைப் போன்ற நிகழ்ச்சிகள் உண்டு. அதை முன்னால் தெரிந்து கொண்டால் அணு குண்டுக்கும், ஹைட்ரஜன் குண்டுக்கும் உள்ள வேறுபாடுகளைச் சரியாகத் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

அநேகமாக பல இரசாயன வெடிகளில் உஷ்ணம் தொடர்ந்து பரவி எதிர் விளைவுகள் உண்டாக்குவது தான் சாதாரண முறையாகும். டைனமைட் என்ற வெடியிலும், மோட்டார் என்ஜினிலுள்ள எண்ணெய்

வெடிப்பிலும் இதுதான் நிகழ்கிறது. துகள் தொடர்க் கிரியை இரசாயனத்தில் மிகவும் அபூர்வம் என்றே சொல்ல வெண்டும். ஒரு நல்ல உதாரணம் குளோரின், ஹைடிரஜன் வாயுக்களின் கலவை ஒளிக்கிரணம் பட்டதும் நடந்துகொள்ளும் விதம். ஒளிக்கிரணமானது பச்சை வாயுவான ஒரு குளோரின் கூறுல் உள்வாங் கப்படுகிறது. உடனே கூறு இரண்டு குளோரின் அணுக்களாகப் பிரிகிறது.

(1)

குளோ$_2$ + ஒளி → குளோ + குளோ

குளோரின் அணுக்கள் ஹைட்ரஜன் கூறுகளோடு இவ்வாறு இணைகின்றன.

(2)

குளோ + ஹை$_2$ → ஹைகுளோ + ஹை + 0·05 எலக்ட்ரான்—வோல்ட்.

இதனுல் ஹைடிரஜன் குளோரைடு உண்டாகிறது. மீண்டும் குளோரின் கூறேடு இணைந்து இன்னெரு மாறுதல் உண்டாகிறது.

(3)

ஹை + குளோ$_2$ → ஹைகுளோ + குளோ + 1·93 எலக்ட்ரான்—வோல்ட்.

அதாவது ஹைட்ரஜன் குளோரைடும், ஒரு குளோரின் அணுவும் 2 எலக்ட்ரான் வோல்ட்டிற்கு போதுமான சக்தியும் உண்டாகின்றன. இப்படியே நிகழும் பொழுது குளோரின் முழுவதுமோ ஹைட்ரஜன் முழு வதுமோ (எது அளவில் குறைவாக உள்ளதோ அது) தீர்ந்துவிடுகிறது. இந்த இரசாயனத் தொடர்நிகழ்ச்சி யும் அணுத்தொடர் நிகழ்ச்சியும் ஒன்றுதான். ஒளிக் கிரணம் செய்யும் வேலையை சிதைவை ஆரம்பித்து வைக்கும் நியூட்ரான் செய்கிறது. ஹைட்ரஜன், குளோரின் அணுக்கள் சிதைவை தொடர்ந்து நிகழ்த்

தும் நியூட்ரான்களின் வேலையைச் செய்கின்றன.

சிதைவுக்கு மாருக இரசாயன தொடர் நிகழ்ச்சியோ (1, 2, 3 சமன் பாடுகளில் விளக்கப்பட்டவை.) நேராகச் செல்கிறது. கிளைக்கவில்லை. அதாவதுநிதானமாகச் செல்கிறதே ஒழிய பாறைச் சரிவைப் போல நேரம் ஆக ஆக அதிகப்படுவதில்லை. இதற்குக் காரணம் ஒரு நிகழ்ச்சியால் ஒரே ஒருதுகள்தான் உண்டாகிறது. அந்த ஒன்றுதான் தொடர்க் கிரியை நிகழ்த்துகிறது. அடுத்துவரும் ஒவ்வொரு படியிலும் ஒவ்வொரு துகள்தான் தொடர்க்கிரியையை ஏற்று நடத்துகிறது. ஆனால் அணுச் சிதைவிலோ படிக்குப்படி துகள்கள் அதிகமாகின்றன. ஒரு நிலைக்கு அடுத்த நிலை இரண்டு மூன்று மடங்கு வேகமுள்ளதாக இருக்கும். (அணு உலையில் இந்த சிதைவானது நியூட்ரான்களை உள் வாங்கும் படிகளால் மெதுவாக்கப் படுகிறது. ஆகவே தொடர்க் கிரியை கிளைக்காமல் நேராக நிகழ்கிறது.)

இந்த இரண்டு நிகழ்ச்சிகளிலும் தொடர்க்கிரியை நேர்மின் சக்தியோ எதிர் மின்சக்தியோ இல்லாத நியூட்ரல் துகள்களால் உண்டாகின்றன—அதாவது ஹைட்ரஜன் குளோரின் அணுக்கள் அல்லது நியூட்ரான்கள். ஆனால் சேர்க்கையினுல் ஏற்படும் நிகழ்ச்சியில் தொடர்க்கிரியை நிகழ்த்துவது நியூட்ரான்கள் அல்ல. நேர்மின் சக்தியுள்ள மையக்கருக்கள் தான் நேராகத் தொடர்புகொள்ள வேண்டும். ஆனுல் இவை ஒன்றுக்கொன்று சேராதவை. ஒன்றை ஒன்று உந்தித் தள்ளக் கூடியவை. இவை இரண்டையும் நெருக்கமாகக் கொண்டு வரவேணுமானுல் ஏராளமான வேகத்தை அவற்றிற்குக் கொடுக்க வேண்டும். அவற்றின் உந்தித் தள்ளக் கூடிய ஆற்றலை மிஞ்சி இருக்க வேண்டும் இந்த வேகம். இதனுல்தான் இலேசான

மையக் கருக்களுக்கிடையே கிரியை நிகழ்த்த தீவிர மான உஷ்ணம் வேண்டியிருக்கிறது. சேர்ந்துகொள் ளக் கூடிய மையக்கருக்கள் தாமாகவே சேரா. கடும் வேகத்துடன் ஒன்றின் மீது ஒன்றைப் பாய்ச்சினால் தான் சேர்வது சாத்தியமாகும்.

இருப்பினும் ஒளிக்கிரணத்தால் ஆரம்பித்து வைக் கப்பட்ட ஹைடிரஜன்—குளோரின் எதிர்விளைவானது பல சமயம் வெடியாக வந்து முடிகிறது. இது எப் பொழுது நிகழும் ? பாத்திரத்தின் அளவும் வடிவமும் அதிலுள்ள வாயுக்களின் அமுக்கமும், மூன்றாவது படி யில் உண்டாகும் சூடானது விரைவில் கடத்தப்பட முடியாத அளவுக்கு இருந்தால் வெடி உண்டாகும். வாயு அப்பொழுது சூடாகி விடுகிறது. ஒரு நிலையில் குளோரின் ஹைடிரஜன் கூறுகள் நேராகத் தொடர்பு கொள்ளுகின்றன.

(4) ஹை$_2$+குளோ$_2$→$_2$ ஹைகுளோ+ 1·88 எலக்ட் ரான்—வோல்ட்ஸ்.

இதனால் ஏற்படும் உஷ்ணமானது வாயுப் பகுதி யின் உஷ்ணத்தை இன்னும் அதிகரிக்கச் செய்கிறது. 2, 3, 4 எதிர் விளைவுகளை வேகமாக நடத்திக் கொண்டே செல்லும். இப்படியாக இந்த நேர்த் துகள் தொடர்க் கிரியையானது வெடியில் வந்து முடியும்.

உஷ்ண வெடிக்கு துகள் தொடர்க் கிரியையால் தான் ஆரம்பிக்கப்பட வேண்டுமென்று அவசியமாக இல்லை. சாதாரணமாக ஒரு பொறியினாலோ சுடரி னாலோ அல்லது உஷ்ணத்தை உண்டாக்கும் இரசா யன முறையாலோ (துப்பாக்கி ரவைப் பெட்டியின் அடி முனையிலுள்ள பாதரஸ பல்மினேட் சிதறுவது போல) உஷ்ண வெடிகளை உண்டாக்கலாம். (மேற் சொன்ன பாதரஸ பல்மினேட் மிகவும் ஸ்திரமில்லாத துப்பாக்கி குதிரையை இழுப்பது போன்ற சாதாரண அதிர்ச்சியாலேயே இந்தப் பொருள் சிதறிவிடும்.)

அணு பௌதீகத்திலும் உஷ்ண வெடிகள் சாத்திய மென்று 15-ம் படத்தில் காட்டிய அடர்த்தி நஷ்டம் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட பொழுதே சொல்லப்பட்டது. முக்கியமாக ஸ்திர மில்லாத இலேசான தனிமங்களின் விஷயத்தில் இது சாத்தியம் என்று அப்பொழுது சொன்னூர்கள். ஆனல் சிதைவுக்குண்டு ஏற்படுவதற்கு முன் சேர்க்கை குண்டுகளே செயற்கை முறையில் செய்வதைப் பற்றிக் கவனிக்கவில்லை. இதற்குக் காரணம் வேண்டுமானல் மீண்டும் இரசாயனத்தையே நாம் பார்க்க வேண்டும்.

நாம் வாழும் உலகம் ஸ்திரமில்லாதது. நம் உடல், மரம், நிலக்கரி இன்னும் பூமியின் மேலுள்ள எல்லா உயிர் பொருட்களும் எரியக் கூடியவை. அதாவது பிராண வாயுவோடும், தீ மின்சாரம் போன்ற ஏதாவது தூண்டுதலைக் கொடுத்தால் அவைகள் எரியக் கூடியவை. மூச்சுவிடுதலும் உயிர்ப் பொருட்கள் அழுகுவதும் மெதுவாக எரியும் நிகழ்ச்சிகளே. என்ஸைம் என்ற சில கூட்டுப் பொருட்களின் உதவியால் இவை நடக்கின்றன. இந்தப் பொருட்கள் பிராணிகளின் உடல்களிலேயே உண்டு. அல்லது பாக்டீரியா என்ற நுண் கிருமிகளால் சுரக்கப்படும்.

உயிர்ப் பொருள் எரிந்தால் சக்தி வெளிப்படும். கணப்பிற்குப் பிறகு எரிக்கும் பொழுது இதை நாம் அறிகிறோம். ஆனல் இந்தச் சக்தி வெளிப்பாட்டை ஆரம்பித்து வைக்க முதல் முதலாக வெளியே இருந்து ஒரு சக்தியை அளிக்க வேண்டும் தீக்குச்சியின் சுடரைப் போல. இந்த இரசாயன தூண்டுதல் மலைமேல் இருக்கிற பாறையைப் பெயர்த்து கீழே உருட்டத் தேவையான முயற்சியை ஒத்தது. ஒரு தடவை பெயர்த்து உருட்டி விட்டால் பாறை உருண்டு கொண்டே வேகத்தில் மிகுந்து கொண்டே செல்லும். (அல்லது பற்ற வைக்கப்படுமுன் உயிர்ப்பொருள்

அதே போல இரசாயனத்தில் ஒரு எதிர் விளைவை உண்டாக்க அணுக்களுக்கும், கூறுகளுக்கும் இடையேயுள்ள இணைப்பை அல்லது அவற்றின் மின் அணுக்களுக்கும் மையக் கருக்களுக்கும் உள்ள இணைப்பை வென்ருக வேண்டும். இந்த இணைப்பு அல்லது கவர்ச்சி தான் தடை. இந்தத் தடையை உபயோகிக்க நாம் உபயோகிக்கும் சக்திக்கும் தூண்டும் சக்தி என்று பெயர். சூடாக்கினுல் இந்தத் தூண்டும் சக்தி கிடைக்கும். சூடேற்றும் பொழுது அணுக்களும் கூறுகளும் வரிசை குலேந்து தாறுமாருக கிளர்ந்து எழுகின்றன. இன்னும் அதிக சக்தியுடன் ஒன்ருேடொன்று மோதிக் கொள்கின்றன. அல்லது கடுமையாக அதிர்கின்றன. மணிக்குப் பத்துமைல் போகும் இரண்டு மோட்டார்கள் மோதிக் கொண்டால் முன் பக்க பட்டங்கள் நசுங்குகின்றன. ஐம்பது மைல் வேகத்தில் வந்து மோதிக் கொண்டால் காரின் எஃகால் ஆன உடற் பகுதியே நொறுங்குகிறது. நன்ருக ஆணி போட்டு முடுக்கிய பகுதிகள்கூட குலேந்து விடுகின்றன. இதே மாதிரி தான் இரசாயனக் கூறுகளிலும். சூட்டின் அளவுக்கு ஏற்ப மாறும் 10° ஸெண்டி கிரேட் சூடேற்றினுல் இரசாயன கிரியைகளின் வேகம் இரண்டு மடங்காகிறது. 20° ஸெண்டி கிரேடில் அதாவது ஒரு அறையின் உஷ்ண அளவில் ஒரு இரசாயனக் கிரியை நிகழ்ந்து முற்றுப் பெற பத்து ஆண்டுகள் ஆகலாம். ஆனுல் 100° உஷ்ணம் கொடுத்தால் இரண்டே வாரத்தில் அது நிகழ்ந்து விடும். 200°-யில் அது இரண்டு நிமிஷங்களிலும் 300°-யில் சுமார் ஒரு வினுடியிலும் முடிந்துவிடும்.

ஒரு பொருளின் கூறின் சராசரி சக்தியானது உஷ்ணத்தைப் பொறுத்தது. இருப்பினும் அந்தச் சக்தியானது எல்லா துகள்களிலும் ஒரே சமமாகப் பரவவில்லே. பரவுவதற்கு ஒரு விதி உண்டு. அதன்படி குறிப்பிட்ட எந்த ஒரு கணத்திலும் சில கூறுகளுக்கு சக்தி மிக

வும் குறைவாகவும், சிலவற்றிற்கு சராசரியைவிட அதி கமாகவும் இருக்கும். மிக மிக வேகமுள்ள துகள்கள் தான் எதிர் விளைவுகளை ஆரம்பித்து வைக்கின்றன. உஷ்ணம் அதிகம் ஆக ஆக இந்த வேகத்துகள்களும் அதிகமாகும். எதிர் விளைவும் வேகமாக விளையும். 300° ஸெண்டிகிரேட் சூட்டின் சக்தி 0·06 மின்வோல்ட் டுகள். ஆனால் ஒரு மின் வோல்ட் தூண்டும் சக்தி யுள்ள எதிர் விளைவு அந்த சூட்டில் உண்டாகலாம். ஏனெனில் அதிகவேகமுள்ள கூறுகள் குறைவாக இருந்தாலும் போதுமானவையாக இருந்தால் அவற் றிற்குச் சாதாரண சக்தியைவிட 15 மடங்கு அதிக சக்தி உண்டு.

ஹைடிரஜன் குண்டு இயக்கத்திலும் இந்த உண்மை பொருந்தும். ஆனால் ஒரே ஒரு வித்தியாசம். இதற்கு வேண்டிய தூண்டும் சக்தியானது இரசாயன கிரியைகளுக்கு வேண்டியதைவிட லக்ஷக் கணக்கான மடங்கு அதிகமாக இருக்க வேண்டும். கோடிக்கணக் கான உஷ்ணம் இருந்தால்தான் இது சாத்தியமாகும். இதில் வியப்பொன்றுமில்லை. ஏனெனில் மையக் கருவி லுள்ள புரோட்டான்களும், நியூட்ரான்களும் இரசா யன கிரியைகளுக்கு வேண்டிய பந்த மின் அணுக்களை விடப் பன்மடங்கு பிணைந்திருக்கின்றன. மோதல் வேகம் மிகக் கடுமையாக இருந்தால் தான் அவற் றைப் பிரிக்க முடியும்.

சைகிளோடிரான், பீடாட்ரான் போன்ற அணு வைத் தகர்க்க இயந்திரங்களின் உதவியால் மையக் கருவின் மீது அணுத் துகள்களைப் பாய்ச்ச முடியும். ஆனால் மையக் கருவில் நீடித்து நிற்கும் வெடிப்பை உண்டாக்க இது போதாது. ஆனால் தனி மையக் கருக்களின் பாதையைப் பார்க்கச் செய்யும் முறை யால், ஒரு குறிப்பிட்ட மையக் கருவை தகர்க்க குறைந்த பக்ஷம் என்ன சக்தி தேவை என்று கண்டு

பிடிக்கலாம். ஹைட்ரஜன் குண்டுக்கான தூண்டும் சக்தி எவ்வளவு வேண்டு மென்று கண்டு பிடிப்பது இதனுல் சாத்தியமாகும். எந்த அளவு உஷ்ணத்தில் இந்த இயக்கம் ஆரம்பிக்கும் என்றும் முன் கூட்டி மதிப்பிட முடியும்.

இந்தத் தூண்டும் சக்தியை மதிப்புப் போடும் கணக்குகள் சூரிய சக்திக்கு ஆதாரம் எது என்று அறிய பயன்படுத்தப்பட்டன. சூரியனும் மற்ற நக்ஷத்திரங்களும் ஆகாசத்தில் கதிர்களை வீசி அனுப்பிக் கொண்டே இருப்பதால் ஓயாமல் பிரம்மாண்டமான அளவு சக்தியை இழந்து கொண்டிருக்கின்றன என்பது வெகு நாட்களாகவே தெரிந்த விஷயம் சூரியனைப்பற்றிய வரையில் இந்த சக்தி நஷ்டத்தை மதிப்பிட முடியும். பூமி கிரகிக்கும் சூரியனின் அளவு தெரிந்தால் அதன் கதிர் இயக்கத்திற்குக் காரணம் உஷ்ணம் மட்டுமாக இருந்தால் எந்த வேகத்தில் சூரியன் குளிர்ந்து கொண்டு வருகிறது என்பதைக் கணக்கிட முடியும். இதில் ஒன்றே ஒன்று கவனிக்க வேண்டும். பூமி படைக்கப்பட்ட சமயத்தில் சூரியனின் உஷ்ணம் எவ்வளவு தான் அதிகமாக இருந்திருப்பினும், பூமியின் கிரகிப்பனுல் சூரியன் இத்தனை நாட்களுக்குள் ஒரு குளிர்ந்த உயிரற்றப் பொருளாக ஆகியிருக்கவேண்டும்—உலையிலிருந்து எடுத்த இரும்புத் துண்டைப் போல. ஆனுல் அப்படி ஆகவில்லை. ஏதோ ஒரு மர்ம சக்தியின் காரணமாக சூரியனின் உஷ்ணமானது மீண்டும் மீண்டும் புதுப்பிக்கப்படுகிறதென்றே தோன்றுகிறது. இந்த மர்ம சக்தி எது? அது உஷ்ண (Thermo Nuclear) இயக்கமாகத்தான் இருக்க வேண்டும். சூரியனின் உட்புறச் சூடு சுமார் இரண்டு கோடி டிகிரி என்று தெரிகிறது. இந்தப் பெரும் உஷ்ணத் தால் அணு உஷ்ண இயக்கம் உண்டாகலாம். அணு இயக்கங்கள் இந்த அளவு சூட்டில்

உண்டாகி சூரியனின் உஷ்ணத்தைப் பாதுகாக்கும் என்று விஞ்ஞானிகள் கண்டு பிடித்திருக்கிறார்கள். இந்த கண்டு பிடிப்புகளில் முக்கியமானது ஹான்ஸ் பெதே கூறிய கார்பன் ஸைகின் என்பதாகும். இந்த ஸைகின் அதாவது சக்கரத்தில் கடைசி விளைவில் 4 ஹைடரஜன் மையக்கருக்கள் சேர்வதால் உண்டாவது $_1H^1$ நான்கு சேர்ந்து ஒரு $_2H^4$ ஆக ஆகிறது.

(5) 4_1ஹை^{1} → ஹி$_4$ + 2^1 இ^0 + 260 லக்ஷம் எலக்ட்ரான் வோல்ட்கள்.

நாலு ஹைடிரஜன் மையக் கருக்களின் 4 மின்சக்திகளைப் பாதுகாக்க இரண்டு பாஸிட்ரான்கள் ($_1$இ^0) வெளிப்பட்டாக வேண்டும். (96-ம் பக்கம் பார்க்கவும்.) இந்த இயக்கத்தில் வெளிப்படும் சக்தியை (260 லக்ஷம் எலக்ட்ரான் வோல்ட்) யுரேனியம் அணுச் சிதைவில் உண்டாகும் 22 கோடி எலக்ட்ரான் வோல்ட்டுக்கு ஒப்பிடலாம். ஹைட்ரஜன், குளோரின் வெடிப்பில் வெளிப்படும் இரண்டு எலக்ட்ரான் வோல்ட்டுக்கு குறைவான சக்தியோடும் ஒப்பிடலாம்

இரசாயனத்திலும் சில கல்யாணத் தரகர்கள் உண்டு. இவர்கள் தாங்கள் மாறுமல் பல கூட்டுப் பொருள்களை இயங்கச் செய்வார்கள். கடலிஸ்ட் என்ற இந்தப் பொருள்களால்தான் பல இயக்கங்கள் இரசாயனத்தில் நடக்கின்றன. இத்தகைய இரசாயன இயக்கங்களில் பல படிகள் தொடர்ச்சியாக இருக்கும். இந்தத் தூண்டும் பொருளானது ஒன்றில் போய் இன்னொன்றில் வெளிவரும். புதிய எதிர் விளைவுகள் ஏற்படக்கூடிய வழிகளை வகுத்துக் கொடுப்பதுதான் இந்தத் தூண்டும் பொருளின் வேலை. இந்த வழிகள் சுற்று வழியாக இருக்கலாம். ஆனால் இடைஞ்சல் இல்லாத வழியாக இருக்கும். ஆகவே தூண்டும் சக்தி குறைவாக இருந்தால் போதும். கால்பந்து விளையாட்டில் ஒரு கட்சியை சேர்ந்த பலர்ஒருவர் பின் ஒருவராக

பந்தை கடத்திக் கொண்டு போய் எதிர் கட்சியை ஏமாற்றி கடைசியில் 'கோல்' போடுவது போலத்தான். கடலிஸ்ட் பொருள் தூண்டிய இயக்கமும்.

அணு இரசாயனத்திலும் இந்தக் கொள்கை பொருந்துகிறது. பெதேயின் சக்கரத்தில் கார்பன் மையக் கருக்கள் அணு கடலிஸ்டுகளாக உதவுகின்றன.

அட்டவணை—1

		காலம்
6.	${}_{1}\text{ஹை}^{1} + {}_{6}\text{கார்}^{12} \rightarrow {}_{7}\text{நை}^{13}$	40,000 வருடம்
7.	${}_{7}\text{நை}^{13} \rightarrow {}_{6}\text{கார்}^{13} + {}_{1}\text{இ}^{0}$	10 நிமிஷம்
8.	${}^{6}\text{கா}^{13} + {}_{1}\text{ஹை}^{18} \rightarrow {}_{7}\text{நை}^{14}$	7000 வருடம்
9.	${}_{7}\text{நை}^{14} + {}_{1}\text{ஹை}^{1} \rightarrow {}_{8}\text{ஆ}^{15}$	10 லக்ஷம் ,,
10.	${}_{8}\text{ஆ}^{15} \rightarrow {}_{7}\text{நை}^{15} + {}_{1}\text{இ}^{0}$	2 நிமிஷம்
11.	${}_{7}\text{நை}^{15} + {}_{1}\text{ஹை}^{1} \rightarrow {}_{6}\text{கா}^{12} + {}_{2}\text{ஹீ}^{4}$	20 வருடம்
12.	கடைசி விளைவு $= 4\ {}_{1}\text{ஹை}^{1} \rightarrow {}_{2}\text{ஹீ}^{4} + 2\ {}_{1}\text{இ}^{0}$	

காலம் என்ற வரிசையில் குறிப்பிட்டிருப்பது சூரியனுக்கு மையத்திலுள்ள உஷ்ண நிலே. அடர்த்தி, இயங்கும் தனிமங்களின் கூட்டம் —இவற்றைப் பொறுத்தே குறிக்கப்பட்டுள்ளன. அதாவது 2 கோடி டிகிரி ஸெண்டிகிரேட், நீரைப்போல 100 மடங்கான அடர்த்தி எடையில் ஹைட்ரஜனில் $\frac{1}{3}$.

12-வது சமன்பாட்டை அடைய 6-லிருந்து 11 வரையிலுள்ள சமன்பாடுகள் சந்தேக முறையில் சேர்க்கப்பட்டு உள்ளன. இந்த சக்கரத்தில் பின்னுல் மீண்டும் உற்பத்தியாகும் மையக் கருக்கள் விடப்பட்டு உள்ளன. வலது பக்கமுள்ள வரிசையில் எதிர் விளைவுகள் பாதியளவுக்கு முடிய தேவையான காலம் சுமாராகக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. 6, 8, 9, 11 ஆகியவற்றின் இரண்டு மையக் கருக்கள் மோதிக் கொள்கின்றன. இவற்றின் காலமானது $\frac{1}{3}$ ஹைடிரஜனுக்கு

கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. 9-தாவது எதிர் விளைவுகள் ஒரு பெரிய தடையை உண்டாக்குகிறது. முழுச் சக்கரத்தின் காலமும் இங்கு நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. இந்தத் தடையின் காரணமாக சூரியனில் உள்ள ஒவ்வொரு கார்பன் மையக் கருவும் பல லக்ஷம் வருஷங்களுக்கு ஒருமுறை ஹைடிரஜன் ஹீலியமாக மாறும் சாதனையைச் சாதிக்கிறது. ஒவ்வொரு படியிலும் கார்பன் ஆனது வெகு காலம் கட்டுண்டு நிற்கிறது. சூரியனிலும் இந்த மையக் கருக்கள் மற்றவைகளைவிட மிகவும் குறைவு. ஆகவே சூரியனில் ஹைடிரஜன் ஹீலியமாக மாறுவது வேகம் தணிந்து நடைபெறுகிறது. இதே போல மனித உடலில் தைராயிடு சுரப்பியின் ஹார்மோன் குறைவாகவும் நம் உடலின் உஷ்ண அள்வு குறைவாகவும் இருப்பதால் நம்முடைய சுவாசம் நிதானமாகவும் குறைந்த அளவிலும் நிகழ்கிறது.

சூரிய சக்தி நிலைத்திருப்பதற்கு ஹைடிரஜன் மையக் கரு எரிந்து விடும் என்ற பெதே இயக்கம் மாத்திரம் காரணமல்ல. இரண்டாவது அட்டவணையைப் பார்த்தால் அதுவும் ஒரு முக்கியமான தொடர்ச்சி என்பது தெரியும்.

அட்டவணை—2

		காலம்
13.	$_{1}$ஹை^{1} + $_{1}$ஹை^{1} $\rightarrow$ $_{1}$ஹை^{2} + $_{1}$இ^{0}	= 10 வருஷம்
14.	$_{1}$ஹை^{2} + $_{1}$ஹை^{1} $\rightarrow$ $_{2}$ஹீ^{3}	= 2 செகண்டு
15.	$_{2}$ஹீ^{3} + $_{2}$ஹீ^{4} $\rightarrow$ $_{4}$பெரி^{7}	= 3 கோடி
16.	$_{4}$பெரி^{7} + $_{-1}$இ^{0} $\rightarrow$ $_{3}$லிதி^{7}	= 1 வருஷம்
17.	$_{3}$லிதி^{7} + $_{1}$ஹை^{1} $\rightarrow$ $2\,_{2}$ஹீ^{4}	= 1 நிமிஷம்
18.	கடைசி விளைவு = $4\,_{1}$ஹை^{1} + $_{-1}$இ^{0} $\rightarrow$ $_{2}$ஹீ^{4} + $_{1}$இ^{0}	

முதல் அட்டவணையைப் பார்க்கவும்.

இதில் முதல் படியான 13-லேயே பெரும் தடை உண்டாகின்றன. பெதே இயக்கத்தில் மிகமிகத்

தாமதமான படியைவிட இந்த 13-வது படி தாமதமாக இருக்கும். சூரியனில் கார்பனைவிட ஹைடிரஜன் அதிகமாக இருப்பதால் பெதே இயக்கத்தோடு இது நன்ருகப் போட்டியிட முடியும்.

ஹைடிரஜன் இணையும் இந்த இரு முறைகளுமே நம்முடைய நோக்கின்படி மிகமிகத் தாமதமாகிறது. சூரியனில் இருப்பதைவிட இன்னும் வசதியான நிலை பூமியின்மீது இப்பொழுது உண்டாக்கமுடியாது. அவ்வளவு உஷ்ணமும், அடர்த்தியும் இங்கு சாத்தியமில்லை. ஆகவே நடைமுறைக்கு இதெல்லாம் உபயோகப்படாது.

ஆயினும் தூண்டும் சக்தி குறைவாக உள்ள பல இணைப்புகள் உண்டு. அவற்றில் சில பூமியிலேயே கிடைக்கும் மையக் கருக்களைக் கொண்டது. வேறு சில சேர்க்கையாக செய்யக்கூடிய மையக் கருக்கள். முதல் உதாரணமாக இரண்டாவது அட்டவணையிலுள்ள 17-ம் படியை எடுத்துக்கொள்ளலாம். இதில் இயற்கையில் கிடைக்கக்கூடிய லிதியமும், ஹைடிரஜனும் சேர்ந்து இரண்டு ஹீலியம் மையக் கருக்களாக ஆகின்றன. சூரியனுடைய உஷ்ணத்தில் இந்த விளைவுக்கு ஒரே ஒரு நிமிஷம்தான் பிடிக்கிறது. இதை இன்னும் விரைவு படுத்தவும் முடியும். வேறு உதாரணங்கள் வேண்டுமாஞல் கன ஹைடிரஜன் ஐஸடோப்புகளை எடுத்துக் கொள்ளலாம். $_{1}D^{2}$ (டியுடீரியம்) $_{1}$ஹை^{3} இந்த இரண்டு ஐஸடோப்புகளும் கதிர் இயக்கத்தால் வெகு சீக்கிரத்தில் சிதையக் கூடியவை. ஆகவே அவற்றை செயற்கையாக சமாளிக்க வேண்டும். உதாரணமாக அரிதாகக் கிடைக்கும் $_{3}$லி^{6} என்ற லிதியம் ஐஸடோப்பின் மீது நியூட்ரானைப் பாய்ச்சலாம்.

19. $_{3}$லி^{6} $+$ $_{0}$நை^{1} $\rightarrow$ $_{1}$ஹை^{3} $+$ $_{2}$ஹீ^{4}

13-வது விளைவைப் போன்ற இணைப்புகளை எல்லா ஹைடிரஜன் ஐஸடோப்புகளையும் கொண்டு சாதிக்க

முடியும். டியுடரானை D என்றும் டிரிடியத்தை T என்றும் வைத்துக்கொண்டால் D+H, T+H, D+D, D+T T+T போன்ற பல சேர்க்கைகள் சாத்தியமாகும். ஐன்ஸ்டீனின் சமன்பாட்டை ($E=mc^2$) இந்த விளைவுகளில் ஏதாவது ஒன்றில் வெளியாகும் சக்தியை கணக்கிட முடியும். நாலு சாதாரண ஹைடிரஜன் அணுக்களின் இணைப்புக்கு வேண்டிய சக்திதான் இது. அதாவது இரண்டு கோடி எலக்ட்ரான் வோல்ட். 3-வது அட்டவணையைப் பார்ப்போம்.

இந்த வெவ்வேறு இணைப்புகளுக்குத் தேவையான தூண்டும் சக்தி மட்டும் ஒரே மாதிரியானதல்ல. புரோட்டான்களுக்கு அதிகமாகவும், டியுடரான்களுக்குக் குறைவாகவும் டியுடரான்களைவிட டிரிடியத்திற்கு இன்னும் குறைவாகவும் உள்ளன. ஆகவே வெடிக்கும் ஒரு இணைப்பை ஆரம்பித்து வைக்கக் கூடிய உஷ்ணமானது ஹைடிரஜனுக்கு அதிகமாகவும், டியுடீரியம் டிரிடியத்திற்கு அதைவிடக் குறைவாகவும் இருக்கின்றன. இதுதான் 3-வது அட்டவணையில் காட்டப்பட்டுள்ளது. கடைசி வரிசையில் சூரிய உஷ்ண அளவில் இந்த விளைவுகள் உண்டாகும் வேகம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை—3

	10 லக்ஷம் எலக்ட்ரான் வோல்ட்	காலம்
20. ஹை+ஹை → D+₁இ°	1·4	10" வருஷம்
21. D+ஹை → ஹீ³	5	0·5 செகண்டு
22. T+ஹை → ஹீ⁴	20	0·05 ,,
23. D+D → ஹீ³+நை	3·2	0·00003 ,,
24. D+D → T+ஹை	4	0·00003 ,,
25. T+D → ஹீ⁴+நை	17	0·0000012 ,,
26. T+T → ஹீ⁴+2 நை	11	சுமார் 0·000001 ,,

கடைசி வரிசையில் உள்ள எண்களைக் கவனித்தால் கன ஹைடிரஜன் ஐஸடோப்புகள் சம்பந்தப்பட்ட விளைவுகள்தான் வெடிப்புடன் நிகழ்கின்றன என்று தெரியும். அதாவது ஒரு விநாடியில் 10 லக்ஷம் அல்லது லக்ஷத்தில் ஒரு பங்கில் நடந்துவிடுகின்றன. அப்பொழுதும் இந்த ஹைடிரஜன் ஐஸடோப்புகளை திடீரென்று கிட்டத்தட்ட 1° செண்டிகிரேட் உஷ்ணத்திற்கு சுடவைத்தால்தான் இது நிகழும். அதுவும் மிக மிக நெருக்கமான (திரவ வடிவத்தைப் போல) நிலையில் இருந்தால்தான்.

அணுகுண்டு கண்டுபிடிப்பதற்கு முன்னால் பூமியின் மீது இவ்வளவு பெரிய உஷ்ண அளவை ஏற்படுத்துவது சாத்தியமாகும். ஆனால் அணுகுண்டு கண்டுபிடித்ததும் நிலைமை முற்றிலும் மாறிவிட்டது. நாகஸாகி அணுகுண்டில் உண்டான தீப்பந்தின் மைய்ப் பாகத்தில் சூட்டின் அளவு ஐந்து கோடி டிகிரி. அதை விட இன்னும் அதிக சக்தியுள்ள குண்டுகள் வந்துவிட்டன. அவை உண்டாக்கும் தீப்பந்துகளும் இன்னும் பெரியவை. அதிக சூடும் உள்ளவை.

25, 26 விளைவுகள் ஆரம்பித்து வைப்பது இன்னும் சுலபமானது. உஷ்ண அணு வெடிக்கு இது மிகவும் ஏற்றது என்று தோன்றலாம். ஆனும் அப்படியல்ல. காரணம் முன்பே சொல்லி இருக்கிறோம். யு-238-ல் ஒரு நியூட்ரானைச் சேர்த்து உண்டாக்கப்படும் ஒரு புளூட்டோனியம் அணு உண்டாக்கப்படும்பொழுது இருபத்திரண்டு கோடி எலக்ட்ரான் வோல்ட் வெடிக்கும் சக்தி உண்டாகிறது. ஆனால் ஒரு டிரிடியம் அணு உண்டாக(இதற்கும் ஒரே ஒரு நியூட்ரான்தான்தேவை) இரண்டு கோடி எலக்ட்ரான் வோல்டைவிடக் குறைவான சக்தி உண்டாகிறது. ஆகவே புளூட்டோனியம் செய்வதில் கிடைப்பதைவிட மிக மிகக் குறைவான சக்தி கிடைக்கும். ஹைட்ரஜன் குண்டுகளைச்

செய்வதில் வீண் செலவு அதிகம். ஆனால் நியூட்ரான்கள் செலவாவது இரண்டிலும் ஒன்றுதான். ஆனால் வேறு ஒரு வழி இருக்கிறது. 23-வது விளைவில் ட்ரிடியம் சம்பந்தப்படவில்லை. அப்படிச் சம்பந்தமில்லாத விளைவுகளை ட்ரிடியத்தை ஒரு இடை விசையாக உபயோகப்படுத்தி ஏற்படுத்தலாம். இந்த இடை விசையை ஆரம்பித்துவைக்க அணுகுண்டு வேண்டும். ட்ரிடியத்தைவிட டியுடீரியம் ஸ்திரமுள்ள ஹைட்ரஜன் ஐஸடோப் ஆகும். இயற்கை ஹைட்ரஜனிலிருந்து அதை வடிக்கட்டி பெரும் அளவில் எடுக்க முடியும். செலவும் குறையும். பல நாள் அதைச் சேமித்தும் வைக்கலாம். 1953-ல் எனிவெடாக்கில் வெடித்த ஹைட்ரஜன் குண்டில் புளுட்டோனியம் அல்லது யு-235-ல் உள்ள ஒரு அணுகுண்டு விசை இருந்திருக்க வேண்டும் இதில் ட்ரிடியம், டியுடீரியம் அல்லது அதைவிட ஸ்திரமுள்ள லிதியமும், லிதியம் ஹைட்ரைடு என்ற திடப் பொருளாக வைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

ஒரு ட்யுடீரியம் மையக் கருவும் ஒரு டிரிடியம் மையக் கருவும் இணைவதால் உண்டாகும் சக்தி யுரேனியம் மையக் கரு சிதைவதால் உண்டாகும் சக்தியில் சுமார் பதினாறில் ஒரு பங்குதான் இருக்கும். ஆனால் யுரேனியம் 50 மடங்கு கனமானது. ஆகவே ஒரு ராத்தல் D+T வெடியில் உண்டாகும் சக்தியானது ஒரு ராத்தல் புளுட்டோனியம் அல்லது யு-235-ல் கிடைப்பதைவிட மும்மடங்கு அதிகமானது. இதைவிட முக்கியமானது என்னவெனில் ஒரு குண்டில் வைக்கக்கூடிய சிதைவுப் பொருளின் அளவு நெருக்கடி அளவுக்கு வேண்டுமா, இல்லையா என்ற பிரச்னை எழவில்லை. ஆகவே அணுகுண்டை விட எத்தனையோ வித வெவ்வேறு சக்தி அளவுக்கு ஹைடிரஜன் குண்டைச் செய்ய முடியும். 1952-ல் எனிவெடாக்கில்

சோதனையாக வெடித்த அமெரிக்க ஹைட்ரஜன் குண்டு ஹிரோஷிமா அணுகுண்டைவிட 200 மடங்கு அதிக சக்தி வாய்ந்தது என்று சொல்லப்பட்டது. ஆனால் இந்த ஹைட்ரஜன் குண்டைவிட 10 மடங்கு சக்தி குறைவாகவோ அல்லது 100 மடங்கு அதிக மாகவோ உள்ள ஹைட்ரஜன் குண்டுகளைச் செய்ய முடியும். கொள்கை ரீதியில் இதற்கொன்றும் தடையே கிடையாது.

ஹைட்ரஜன் குண்டின் அளவுதான் பெரியது. தன் கணக்கில் ஹைட்ரஜனிலுள்ள குண்டுகளை இணைப்பதும் இடத்திற்கு இடம் தூக்கிச் செல்வதும் தான் அசாத்தியம். ஆனால் ஹைட்ரஜன் குண்டின் அழிக்கும் சக்தி அளவில்லாதது. யுத்தம் முடிந்ததும் இந்த மாதிரி ஒரு ஆயுதத்தைத் தயாரிக்க அணுசக்தி திட்டத்தார்கள் விரும்பவில்லை. ஆகவே 1945-50-க்கு இடையே இதைப் பற்றி யாரும் ஒன்றும் பேசவில்லை. ஹான்ஸ் திர்ரின் என்ற வியன்னு விஞ்ஞானி 1946-ல் இந்த ஆயுதத்தைப் பற்றிப் பகிரங்கமாக ஒரு புத்தகத் தில் சர்ச்சை செய்திருந்தார். 1950-ல் ஹைட்ரஜன் குண்டைப் பற்றி ஒரு டெலிவிஷன் காட்சியில் எட்வின் ஜான்ஸன் என்ற காங்கிரஸ் அங்கத்தினர் பேசினுர். கடைசியில் இந்த ஹைட்ரஜன் குண்டை ஆதரிக்கும் ஒரு கோஷ்டிக்கும் (இதன் தலைவர் எட்வர்ட் டெலர் என்ற பௌதிகர்) ஆதரிக்காத ஒரு விஞ்ஞானி கோஷ் டிக்கும் கடுமையான ஒரு விவாதம் நேர்ந்தது. ஹைட் ரஜன் குண்டை எதிர்த்தவர்கள் அணுகுண்டுகளைவிட இந்த குண்டு அதிக உபயோகம் உள்ளதாக இராது என்றும், அனுவசிய பீதியும் கொடுமையும்தான் அதிக மாகிறதென்றும் இந்த இரு ஆயுதங்களாலுமே பொது மக்களும் பொருளும்தான் அதிகச் சேதமாகின்றன என்றும் வாதாடினுர்கள். ஏனெனில் இந்த குண்டு களின் சக்தியோடு ஒப்பிடும்பொழுது இராணுவ இலக்

குகள் மிகவும் சிறியவை. ஆகவே ஒரு அணுகுண்டோ ஹைட்ரஜன் குண்டோ விழுந்தால் இராணுவம் அல்லாத பகுதிகள்தான் அதிகச் சேதமடைகின்றன.

ஆனால் ஸோவியத் யூனியன் தன்னுடைய முதல் அணு குண்டை வெடித்ததும் புதிய அணு ஆயுதங்கள் செய்ய வேண்டுமென்று வற்புறுத்திய கட்சி அமெரிக்காவில் ஓங்கிற்று. ஜனாதிபதி ட்ரூமனும் அவருடைய இராணுவ அரசியல் ஆலோசகர்களும் ஹைடிரஜன் குண்டு திட்டத்தார்களுக்கு பச்சைவிளக்குக் காண்பித்தார்கள். இரண்டே ஆண்டுகளுக்குள் எதிர்பார்த்ததற்கு மேல் வெற்றி கிடைத்தது. முதல் முதலாகப்பெரும் சக்தி உள்ள அணுகுண்டுகள் வெடிக்கப்பட்டதும் ஹைடிரஜன் குண்டை இயக்கக் கூடிய உஷ்ண அளவை உற்பத்தி செய்ய முடியும் என்று ருசு ஆயிற்று. இரண்டாவதாக 1951-ல் நடந்த எனிவெடாக் சோதனைகளில் சில ஹைடிரஜன் குண்டு சோதனைகளும் நிகழ்ந்தன. ஹைடிரஜன் குண்டுக்கு அணு குண்டு ஆரம்ப விசை சாத்தியமென்று இந்த சோதனைகளில் கண்டார்கள் போலும். 1942 நவம்பர் மாதம் 1-ம் தேதி ஒரு முழு ஹைடிரஜன் குண்டு அங்கு வெடிக்கப்பட்டது. ஹிரோஷிமா குண்டை விட 200 மடங்கு இது பெரியது. ஹைடிரஜன் குண்டு ஒரு சிறு தீவின்மீது ஒரு கட்டிடத்தில் வைக்கப்பட்டிருந்தது. குண்டு வெடித்ததும் இந்தத் தீவே மறைந்துவிட்டது.

இந்த ஹைடிரஜன் குண்டு உண்மையாகவே ஒரு குண்டா? அதாவது விமானம் அல்லது வேறு ஏதாவது வாகனம் மூலம் எதிரிகளின் நாட்டின் மீது கொண்டு சென்று தள்ளக் கூடிய குண்டுதானா என்று நமக்குத் தெரியாது. ஆனால் அணு குண்டும் இப்பொழுது ஒரு துப்பாக்கி வழியாக வீசப்படுவது போல 1952-ம் வருஷத்து ஹைடிரஜன் குண்டும் விமானத்திலிருந்து தள்ளக் கூடிய ஆயுதமாக அபிவிருத்தி

அடையலாம். 1954 பிப்ரவரி மாதம் ஹைடிரஜன் குண்டுகள் உண்மையாகவே இருப்பதை தயங்காமலே குறிப்பிட்டார் ஜனாதிபதி ஐஸன்ஹோவர். 1954 ஏப்ரல், மே மாதங்களில் மார்ஷல் தீவுகளில் நடந்த பல சோதனைகளில் ஹைடிரஜன் குண்டுகளும் பரிட்சாத்ரமாக வீசப்பட்டன என்று தெரிகிறது. பத்திரிகைகளில் வந்த சில செய்திகள் இந்த சோதனை குண்டுகளில் சில 17 அல்லது 40 மெகாடன் TNT சக்தி உள்ளன என்று அறிவித்தன.

வருங்காலப் போர்களில் 100 அல்லது 1000 குண்டுகள் வீசப்பட்டால் போர் நாடுகளின் நகரங்களெல்லாம் அடியோடு அழிக்கப்படலாம். வெடியிலிருந்து கிளம்பிய கதிர் இயக்கப் பொருட்கள் உடனடியாகப் பெருத்த சேதத்தை விளைவிப்பதோடு, கதிர் இயக்கத்தால் உயிர்ப் பொருள்களின் பல பாகங்கள் சேதப்பட்டு சந்ததிகளைக் கூட இந்த விளைவுகள் பாதிக்கும்.

அணு குண்டைப் போல ஹைடிரஜன் குண்டும் ஒரு தனி அமெரிக்க ரகசியமாக இல்லை. பொதுவாகத் தெரிந்த அணு விஞ்ஞானக் கருத்துக்களை அடிப்படையாகக் கொண்டே செய்யப்பட்டது. நாகஸாகி அணு குண்டைப் போல சில பொறி இயல் இரகசியங்கள் வேண்டுமானால் அமெரிக்கன் ஹைடிரஜன் குண்டு அமைப்பிலும் இருந்திருக்கலாம். ஆனால் மற்ற நாடுகளில் இன்ஜினீயர்களும், பௌதீகர்களும் இதேபோல திறமுள்ள குண்டுகளை தயாரிக்க முடியும் என்பதைப் பற்றி யாரும் சந்தேகப்பட வில்லை. இருந்தாலும் எனிவெடாக் சோதனை நடந்த ஒரு வருஷத்திற்குள்ளாக ஸோவியத் யூனியன் 1953 ஆகஸ்டு 12-ம் தேதி ஒரு ஹைடிரஜன் குண்டை வெடித்தது என்பதை சான்றுகளைக் கொண்டு அணு சக்தி கமிஷன் அறிந்த பொழுது பலர் அதிர்ச்சி அடையத்தான் செய்தார்கள்.

11

அணு குண்டுகளை தடை செய்யும் முயற்சிகளில் தோல்வி

பெரும்பாலான மக்களுக்கு அணுச் சிதைவோ, இணைப்போ எவ்வளவு பிரமிப்பை அளிக்கிறதோ அத்தகைய பிரமிப்பை இரசாயனம், உயிரியல், மின்னணு இயல் ஆகியவைகளும் அளிக்கின்றன. ஆனால் விஞ்ஞானிகள் சம்பந்தப்பட்ட வரையில் முழு அணுக்களோ, கூறுகளோ சுயேச்சை மின்னணுக்களோ சம்பந்தப்பட்ட நிகழ்ச்சிகளுக்கும், அணுக்களின் மையக் கருக்கள் சிதைந்தோ இணைந்தோ ஏற்படும் நிகழ்ச்சிகளுக்கும் மலை மடு வேறுபாடு உண்டு. 1942 டிசம்பர் 2-ம் தேதி சிகாகோவில் முதல் அணு உலை இயங்கியது விஞ்ஞானிகளைப் பொறுத்த வரையில் ஒரு சரித்திர முக்கியத்துவம் வாய்ந்த நிகழ்ச்சியாகும்.

நம்முடைய உடலைப் போல நம்மைச் சுற்றியுள்ள உலோகமும் ஒரு இரசாயன உலோகம். மனிதன் முதன் முதலில் தீயைக் கண்டுபிடித்தபொழுது அவன் பயன்படுத்தியது ஒரு இரசாயன சக்தி. எப்பொழுதாவது அதனால் ஆபத்து வந்தால் கூட நாளடைவில் அதை அடக்கி ஆள முடியும். ஆனால் அணுத் தீயை அவிழ்த்து விட்டால் ஒரு நாள் இந்தப் பூமியின் பரப்பிலிருந்து உயிரினமே அற்றுவிடக் கூடும். அணு சக்தியை ஒரு தனி நாட்டின் தனி உரிமையாக வைத்துக் கொள்ளும் முயற்சி யெல்லாம் தோற்றுவிட்டன. ஏனெனில் விஞ்ஞானம் உலகின் பல பாகங்களில் முன்னேறி வருகிறது. விஞ்ஞானத்திற்கு தேச எல்லைகளெல்லாம் கிடையாது. ஆகவே அணு சக்தியை அகில உலக கட்டுப்பாட்டில் கொண்டுவந்து அழிவு காரியங்களுக்கு அதைப் பயன் படுத்த முடியாமல் செய்தால் ஒழிய மனித வர்க்கத்தை அணுத் தீயின் கொடுமையினின்றும் காப்பாற்ற முடியாது.

மன் ஹாட்டன் ஆராய்ச்சி சாலைகளில் நடந்த முதல் விவாதங்களிலேயே அரசியலாரும் விஞ்ஞானிகளும் இந்த முடிவைக் கண்டார்கள். 1945 மார்ச்சு மாதம் ஜனாதிபதி ரூஸ்வெல்டுக்கு அனுப்பிய குறிப்பில் லியோசிலார்டு முதல் அணு குண்டைப் பற்றிச் சொன்னதாவது: "இந்த அணு குண்டுகள் வருங் காலத்தில் செய்யப்படக்கூடிய குண்டுகளைவிட சக்தி குறைந்தவையாக இருக்கலாம். ஆனால் ஜப்பான்மீது விழப் போகும் முதல் குண்டு பிரமிப்பை ஊட்டி நமக்கும் மற்ற நாடுகளுக்கும் இடையே பெரும் அணு ஆயுதப் போட்டியை ஆரம்பித்து வைக்கும்.

ஆனால் சில ஆண்டுகளுக்குள் நாம் ரஷ்யாவை விட வெகு தூரம் முன்னேறி இருப்போம். ஆனால் நாம் இப்படி முந்தி யிருந்தால் கூட யுத்தம் ஏற்பட்டால் நமக்கு இதனால் விசேஷ பாதுகாப்போ அல்லது

விசேஷ வசதியோ ஏற்பட்டு விடாது.

ஐக்கிய அமெரிக்க நாடுகளுக்கு ஒரு பெரிய குறை உண்டு. அதன் பெருவாரியான ஜனத்தொகையும், தொழில்களும் சில பெரிய நகரங்களிலேயே குவிந்து கிடக்கின்றன. இந்த நகரங்கள் அழிந்து போனால் நம்முடைய எதிர்ப்பு சக்தி அழிந்து விடும். ஆகவே நம்முடைய முக்கியமான பிரச்னை என்னவெனில் சிதைக்கக் கூடிய பொருட்களின் உற்பத்தியை கண் காணிக்கவும் அடக்கி ஆளவும் ஒரு ஏற்பாடு செய்ய முடியுமா என்பது தான். அரசியல் ரீதியிலோ இயந்திர ரீதியிலோ இந்தக்கட்டுப்பாடுகள் சாத்தியமாகுமா? இதைப் பற்றிய வரையில் நம்முடைய நிலைமையை எப்படி அபிவிருத்தி செய்வது ? இந்தப் பிரச்னைகளை உடனடியாக ஆராய்ந்து முடிவுக்கு வர வேண்டும்.

ரஷ்யர்களை பரஸ்பர கட்டுப்பாட்டுக்கு ஒப்புக் கொள்ளுமாறு செய்யலாம் ஆனால் நல்ல சமயத்தில் ரஷ்யாவை அணுகினால்தான் ரஷ்யாவின் சம்மதத்தைப் பெறலாம். அணு குண்டுகளின் சக்தியை நாம் நன்றாக நிரூபித்துக் காட்டிய உடனே ரஷியாவை இது சம்பந்தமாக அணுகலாம் என்று தோன்றுகிறது.''

அணுசக்தித் திட்டத்தின் சிகாகோ ஆராய்ச்சி சாலைகளில் இயங்கியது ஒரு குழு. இதற்கு சமூக, அரசியல் விளைவுகள் கமிட்டி என்று பெயர். இது 1945-ல் யுத்த காரியதரிசிக்கு ஒரு அறிக்கை சமர்ப்பித்த பொழுது மேலே லியோ சிலார்டு எடுத்து உரைத்துள்ளது போன்ற கருத்துக்களையே கூறியது. இந்த அறிக்கைக்கு ‘பிராங்க் அறிக்கை என்று பெயர். பிராங்க் என்ற நோபெல் பரிசு பெற்ற பௌதிகர் அதன் தலைவர். அந்த அறிக்கை சொன்னதாவது :—

''சமாதானத்திற்காக திறமையுள்ள அகில உலக ஸ்தாபனம் ஒன்று தேவை என்பதற்கு அணு ஆயுதங்கள் இருப்பதைப் போல் நாடுகளிடையே சண்டைமூளும்

பொழுது பலாத்காரத்தையே உபயோகிக்கக் கூடாது என்று கட்டாயப் படுத்தக் கூடிய ஒரு உலக ஸ்தாபனம் இல்லாவிட்டாலும்—அணு ஆயுதப் போட்டியைத் தடுக்கக் கூடிய பரஸ்பர ஒப்பந்தங்களால் அழிவுப் பாதையிலிருந்து நாடுகளை காப்பாற்ற முடியும்.

"அத்தகைய அகில உலக உடன்பாடு இல்லாவிட்டால் அணு ஆயுதப் போட்டி வளர்ந்து கொண்டே போகும். நாம் மூன்று, நான்கு வருடங்கள் முந்திக் கொண்டிருந்தாலும் நாளடைவில் அதாவது எட்டு அல்லது பத்து ஆண்டுகளில் நமக்கு சமமாக மற்ற நாடுகளும் வரமுடியும். அதற்குள் நம்முடைய தொழில்களையும், ஜனத்தொகையையும் வேறு இடங்களுக்கு மாற்றிக் கொள்ளலாம்."

அகில உலக கட்டுப் பாட்டிற்கு அந்த அறிக்கை இரண்டு வழிகளை சொல்லிற்று.

"பரஸ்பர நம்பிக்கையுடனும், விருப்பத்துடனும் நாடுகள் தங்கள் சர்வ வல்லமையின் ஒரு பகுதியை விட்டுக் கொடுக்க வேண்டும். எப்படியெனில் தேசிய பொருளாதாரத்தின் சில துறைகளை அகில உலக கட்டுப் பாட்டிற்கு விட சம்மதிக்க வேண்டும். அப்படி சம்மதித்ததும் இந்தக் கட்டுப்பாடு இரண்டு வழிகளை மேற் கொள்ளப்படலாம்.

"முதல் வழி மிகவும் எளியது. அணு ஆயுதத்திற்கான கச்சாப் பொருளை முக்கியமாக யுரேனியம் மண்ணில் கிடைக்கும் கலவையை பங்கீடு (Ration) செய்ய வேண்டும். வெவ்வேறு இடங்களில் கிடைக்கும் யுரேனியத்தை ஒவ்வொரு நாட்டிற்கும் பங்கீடு செய்து பிரிக்க வேண்டும். சிதையக் கூடிய ஐஸடோப்புகள் பெரு வாரியாக எந்த தேசத்திற்கும் சேர்ந்து விடாதவாறு இதனுல் செய்யமுடியும்.

"அப்படி வரம்பு கட்டுவதில் ஒரு குறையும் உண்டு. சமாதான காலத்திய ஆக்க வேலைகளுக்கு

அணுசக்தி கிடைக்காமல் போய்விடும்.

"இன்னொரு வகையாகவும் உடன்படிக்கைசெய்து கொள்ளலாம். இதற்கு அதிக நம்பிக்கையும் நல்லுணர்வும் வேண்டும். இந்த உடன்பாட்டின்படி உற்பத்திக்கு வரம்பு கட்டாமல் அனுமதிக்கலாம். ஆனல் யுரேனியம் கலந்த மண் அல்லது பாறை ஒவ்வொரு ராத்தலும் என்ன ஆயிற்று என்று சரியாகக் கணக்கு வைத்துக் கொள்ள வேண்டும்."

அந்தஅறிக்கை மேலும் தொடர்ந்து சொல்லிற்று:

"இந்தக் காரணங்களைக் கொண்டு ஜப்பான் மீது முன் கூட்டி தகவல் தராமல் அணு ஆயுதங்களை வீசுவது அறிவுள்ள காரியம் அல்ல, என்று நாங்கள் நம்புகிறோம். இந்தப் பெரும் அழிவுக் கருவியை ஐக்கிய அமெரிக்கா முதன் முதல் உபயோகித்தால் உலகத்தின் ஆதரவை இழக்கும்படியாக நேரும். ஆயுதப் போட்டி வளரும். வருங்காலத்தில் அத்தகைய ஆயுதங்களைக் கட்டுப்படுத்தக் கூடிய அகில உலக உடன்பாடும் சாத்தியமில்லாமல் போய்விடும்.

"அத்தகைய உலக உடன்பாட்டை நாளடைவிலாவது சாதிக்க ஒரு வழிஉண்டு. ஜனங்கள் இல்லாத ஒரு இடத்தை தேர்ந்தெடுத்து அங்கு இந்த அணுகுண்டை போட்டு உலகிற்குக் காட்டிஞல் உடன்பாட்டிற்குச் சாதகமாக ஒருஉணர்வையும், சூழ்நிலையையும் ஏற்படுத்த முடியும்."

அறிக்கையின் போக்கு இவ்வாறு இருந்தது ஆனல் அமெரிக்க அரசினரோ போரை வெல்லும் ஒரே பிரச்னையில் மூழ்னந்திருந்தார்கள். யுத்த காரியதரிசியான ஸ்டிம்ஸன் **1945** மார்ச் **15**-ம் தேதி ஜனதிபதி ரூஸ்வெல்ட்டுடன் பேசிக் கொண்டிருந்த பொழுது அணுசக்தி கட்டுப் பாட்டை பற்றிய இரண்டு அபிப்ராயங்களையும் பற்றி பேசினராம். முதல் அபிப்ராயம் இப்பொழுது அணு சக்தி வல்லமை உள்ளவர்களிடமே

அந்த ரகசியம் இருக்க வேண்டும் என்பது. இன்னொரு அபிப்ராயம் விஞ்ஞான சுதந்திரத்தின் அடிப்படையில் இந்த ரகசியங்களை அகில உலக கட்டுப்பாட்டுற்கு விட்டு விடுவது. அரசியல் தலைவர்கள் எவ்வளவு தவருக இந்த நிலைமையை உணர்ந்து கொண்டார்கள் என்பதை இது நன்கு காட்டுகிறது. என்னவோ அமெரிக்காதான் இந்த ரகசியத்தைக் காட்டும் சக்தி படைத்தது போலவும் மற்ற தேசங்களோடு அதைப் பகிர்ந்து கொள்வதாய் இருந்தால் அதன் காரணமாக விஞ்ஞான சுதந்திரம் காக்கப்பட வேண்டும் என்று அமெரிக்கா கவலைப் படுவது போலவும் அவர்கள் பேசினுர்கள்.

ட்ருமன் ஜனுதிபதி பதவிக்கு வந்ததும் இந்த பிரச்னையை ஆராய ஒரு குழுவை ஏற்படுத்தினுர். அதீன் தலைவர் யுத்த காரியதரிசி ஸ்டிம்ஸன், ஜேம்ஸ்விர்னஸ், ரால்ப் பார்டு, வில்லியம் க்லேடன், வேன்யு வார் புஷ், ஜேம்ஸ் கொனுன்ட் ஆகியோர் அதில் அங்கம் வகித்தார்கள்.

இந்தக் குழு தங்கள் விஞ்ஞான ஆலோசகர்களான காம்டன், பெர்மி, லாரன்ஸ், ஆப்பன்ஹீமர் முதலியோரைக் கலந்து 1945-ம் வருஷம் ஜுன் மாதம் முதல் தேதி ஒரு சிபார்சு செய்தது. கூடிய சீக்கிரம் ஜப்பான் மீது அணுகுண்டுகள் வீசப்படவேண்டும் என்றும் ராணுவ அமைப்புகள் மீதோ யுத்த ஸ்தாபனங்கள் மீதோ அவற்றை வீசவேண்டும் என்றும் இந்த ஆயுதத்தின் இயல்பைப்பற்றி முன்கூட்டி எதையும் தெரிவிக்கக் கூடாது என்றும் அந்த சிபார்சு சொல்லிற்று. (இந்த கடைசி ஷரத்தை மட்டும் பார்டு என்பவர் ஒப்புக் கொள்ளவில்லை.) இதன் பின்பு 1945 ஆகஸ்டு மாதம் ஹிரோஷிமாவிலும், நாகசாகிலும் என்ன நடந்தது என்பது நமக்குத் தெரியும்.

1945 செப்டம்பர் மாதம் 11-ம் தேதி ஸ்டிம்ஸன்,

அணுசக்தியின் வருங்காலத்தைப்பற்றி ஸோவியத் யூனியனுடன் நேரடியான பேச்சு வார்த்தை தொடங்கலாம் என்று சிபார்சு செய்தார். ஸோவியத் யூனியனை நம்பிக்கையும், கூட்டுறவும் கொண்ட மனப்பான்மையுடன் வலுவில் கூப்பிடாவிட்டால் ரஷ்யாவில் ஜுரவேகத்தில் அணு ஆயுதம் தயார் செய்யத் தொடங்கிவிடுவார்கள் என்று அவர் எச்சரித்தார். மேலும் அவர் சொன்னதாவது:

"ரஷ்யா குறைந்தபட்சம் 4 வருஷத்திலோ அல்லது அதிகபட்சம் 20 வருஷத்திலோ அணு ஆயுதங்களை தயார் செய்யும் என்பது முக்கிய விஷயமல்ல. ஆனால் அப்படி செய்ய முடியும்பொழுது அமைதியை விரும்பும் உலகநாடுகளிடையே அவர்கள் விரும்பி ஒத்துழைத்து கூட்டு முயற்சியில் ஈடுபடுமாறு செய்வதுதான் உலகிற்கும், நாகரிகத்திற்கும் முக்கியம். இந்தச் சமயத்தில் அவர்களை அணுகினால் நம் ரகசியங்களை அவர்கள் தெரிந்து கொண்டு அணு ஆயுதங்களைத் தயார் செய்யத் தொடங்கினாலும் தொடங்கலாம்.

"சுருங்கச் சொல்லப் போனால் ரஷ்யாவோடு நல்ல உறவு அமைத்துக்கொள்ளும் பிரச்னை இந்த அணு ஆயுதத்தின் பொறுப்பில்தான் இருக்கிறது.

"இந்த அணுகுண்டு ஒரு பெரும் புரட்சி மனிதன் இயற்கைச் சக்திகளை வெல்ல கண்டுபிடிக்கவிருக்கும் புரட்சி புதுமைகளில் முதல் படியாகும். மனிதனுக்கு அழிக்கும் சக்தி விஞ்ஞானத்தின் உதவியால் வளர்ந்து கொண்டே இருக்கிறது. தன்னை அடக்கிக் கொள்ளும் சக்தியும் அதாவது தர்ம சக்தியும் அவனுக்கு உண்டு. இந்த இரண்டுக்கும் இடையே போராட்டம் நடந்து வந்திருக்கிறது. அந்த போராட்டத்தின் சிகரம்தான் இந்த அணுகுண்டு. அப்படியானால் மனித முன்னேற்றத்துக்கு ரஷ்யர்களை இந்த விஷயமாக நாம் அணுகும் விதம் மிகமிக முக்யத்துவம் வாய்ந்

தது.”

மற்ற அமெரிக்கத் தலைவர்களுக்கு இந்த அவசர உணர்வு இல்லை. சில காலம் வரை என்ன செய்வதாக உத்தேசம் என்று அரசாங்கம் எதுவுமே சொல்ல வில்லை. அக்டோபர் 3-ம் தேதி அன்று ஜனாதிபதி ட்ருமன் முதலில் கிரேட் பிரிட்டன், கானடாவுடனும், பின்பு மற்ற நாடுகளுடனும் பேச்சு வார்த்தைகள் ஆரம்பிக்கப் போவதாக ஒரு அபிப்ராயம் தெரிவித் தார். நாகரீகம் பிழைக்க வேண்டுமானால், அணு ஆயு தங்களை தடைசெய்ய அகில உலக ஏற்பாடுகள் வர வேண்டும் என்றும், சமாதான காரியங்களுக்கும் நன்மை பயக்கக்கூடிய பணிகளுக்குமே அணுசக்தி யையும், மற்ற விஞ்ஞான அறிவையும் பயன்படுத்த வேண்டுமென்றும் அவர் சொன்னார். ஆனால் அக்டோ பர் மாதம் 27-ம் தேதி அன்று ஐக்கிய அமெரிக்கா எல்லா மனித வர்க்கத்தின் சார்பாகவும் அணு குண்டை ஒரு புனித ரகசியமாக தன்னிடமே வைத் துக் கொள்ள நினைக்கிறது என்றும் கூறினார்.

1944-ம் வருஷம் நவம்பர் மாதம் 15-ம் தேதி ஐக் கிய அமெரிக்கா, கிரேட் பிரிட்டன், கானடா ஆகிய சர்க்கார்களின் தலைவர்கள் அகில உலக அணுசக்தி கட்டுப்பாடுதான் தங்கள் நோக்கம் என்று அறிவித் தார்கள். ஸ்டிம்ஸன் சொன்னதற்கு மாறாக ஸோவி யத் யூனியனுடன் இந்த விஷயத்தைக் கலந்து ஆலோ சிப்பதற்குப் பதிலாகப் புதிதாக நிறுவப்பட்ட ஐக்கிய நாட்டு சபையுடன் (U. N O.) அவர்கள் இந்தப் பிரச் னையை ஒப்படைத்தார்கள். அமெரிக்கா, கிரேட் பிரிட் டனின் அயல்நாட்டு மந்திரிகளான பிர்னசும், பெவி னும் ஸோவியத் அயல்நாட்டு மந்திரிளான மால டோவை மாஸ்கோவில் சந்தித்து பேசினார்கள். சமா தான காரியங்களுக்குத்தான் அணுசக்தி உபயோகப் படவேண்டும். இதற்கு அகில உலக கட்டுப்பாடு அவ

சியம். இந்தக் கட்டுப்பாட்டைப்பற்றி ஆராய ஐ. நா. கமிட்டி ஒன்றை ஸ்தாபிக்க வேண்டும் என்று அவர்கள் சொன்ன திட்டத்திற்கு மாலடோ உடன்பட்டார்.

1946 ஜனவரி 3-ம் தேதி ஐ. நா. புது சபை ஏகமனதாக இந்த யோசனையை ஏற்றுக்கொண்டது. ஆனாலும் இந்தக் கமிட்டிக்கு ஆள் எடுக்க தேசங்கள் வெகுவாகக் காலம் கடத்தின. கடைசியில் கமிட்டியின் அங்கத்தினர்கள் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டபொழுது அமெரிக்க பிரதிநிதி பெர்னுட் பெருக்கைத் தவிர மீதி எல்லோரும் பந்தோபஸ்து சபையின் அங்கத்தினர்களாகவே இருந்தார்கள். பந்தோபஸ்து சபையே வேறு மேஜையின்முன் உட்கார்ந்து கொண்டதுபோல் இருந்தது.

"இந்தக் கட்டுப்பாட்டுக்கான பேச்சு வார்த்தைகள் முன்னேருததற்குக் காரணம் உண்டு. அந்தக் காலத்தில் தேசீய சர்க்கார்களெல்லாம், (முக்கியமாக ஸோவியத் அரசாங்கம்) கட்டுப்பாட்டு ஒப்பந்தம் அமைக்கும் பொறுப்பை அரசியல் பந்தங்கள் இல்லாத நிபுணர்களின் கையில் விடாமல் தங்கள் அரசியல் தூதர்களிடமே ஒப்படைக்கத் தீர்மானித்தனர்.

1946 ஜுன் 14- தேதி ஐ. நா. அணுசக்திக் கமிட்டி முதன் முதலாக கூடிற்று. ஐ. நா. கமிஷனுக்கு அமெரிக்கா சமர்ப்பிக்கக்கூடிய யோசனைகளை ஆராய்வதற்காக அரசாங்க இலாகா ஒரு கமிட்டியை(டீன்அசீஸன், வான்யுவார்புஷ், ஜேம்ஸ் கொனுன்ட், தளபதி லெஸ் விக்ரௌஸ், J. J. மக்ளாய்) இடைக்காலத்தில் நியமித்தது. இந்தக் கமிட்டி தங்களுக்கு ஆலோசனை கூற வேறொரு குழுவை நியமித்துக் கொண்டது. இந்தக் குழுவின் தலைவர் டேவிட் லில்லியன்தால். விஞ்ஞானிகளான ஆப்பன்ஹ்யூமரும், சார்லஸ் தாமஸூம், தொழில் அதிபர்களான செஸ்டர் பர்னுர்டும், ஹேரி வின்னேயும் இதில் அங்கம் வகித்தார்கள். இவர்கள்

அறிக்கை ஒன்றைத் தயாரித்தார்கள். அசீஸன்—லில்லியன்தால் அறிக்கை என்று இது புகழ்பெற்றது. அதன் சாராம்சமாவது, அகில உலக கட்டுப்பாடானது வெற்றிகரமாக நடக்க வேண்டுமானுல், கண்காணிப்பு போலீஸ் தோரணையில் இருக்கக் கூடாது, சமாதான காரியங்களுக்கு அணுசக்தியை அபிவிருத்தி செய்யும் கூட்டு முயற்சியாக இருக்கவேண்டும். ஐ. நா. கண்காணிப்பாளர்கள் தேசிய அல்லது தனிப்பட்ட அணுசக்தி ஸ்தாபனங்கள் சிதையும் பொருட்களை ஆயுதங்கள் செய்ய பயன்படுத்துகிருர்களா என்று ஆராய்வதைவிட உலக பிரதிநிதித்வம் கொண்ட ஐ. நா. ஸ்தாபனம் ஒன்று சிதையும் பொருள் உற்பத்தியை அகில உலக உரிமையாக ஏற்று நடத்த வேண்டும் என்றும்; ஆபத்து இல்லாத சிறு அளவு முயற்சிகளைத்தான் தேசங்கள் அல்லது தனியார்கள் மேற்கொள்ளலாம் என்றும் இந்த அறிக்கை கூறியது. ஐ. நா. அணுசக்தி ஸ்தாபனமானது அணுசக்தியை உலகெங்கும் விருத்தி செய்யப் பாடுபட வேண்டும். ஒவ்வொரு தேசத்தின் பொருளாதார தேவையை மனதில் கொண்டு இந்தப் பணி நடக்கவேண்டும் என்று அறிக்கை மேலும் சொல்லிற்று.

ஐ. நா. அணுசக்தி கமிஷனில் அங்கம் வகித்த அமெரிக்க பிரதிநிதிகள் இந்த திட்டத்தின் சாரங்களை ஏற்றுக் கொண்டார்கள். ஒரே ஒரு புதிய ஷரத்தையும் அவர்கள் சேர்த்தார்கள். இந்தக் கட்டுப்பாட்டு நிபந்தனைகளை எந்த தேசமாவது மீறினுல் வல்லரசுகளினுல் ரத்து அதிகாரத்தை பயன்படுத்தாமல் ஐ.நா. தேவையான நடவடிக்கை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும் என்பதுதான் அந்த ஷரத்து. இந்த அமெரிக்க பிரதிநிதிகளின் தலைவராக இருந்தவர் பருக். **1946** ஜூன் **14**-ம் தேதி ஐ. நா. அணுசக்தி ஸ்தாபனம் முதன் முதலாக தொடங்கப்பட்ட பொழுது பருக் இந்த திட்

டத்தைக் கொண்டு வந்தார்.

ஸோவியத் பிரதிநிதிகள் இந்த திட்டத்தை பூரணமாகவோ, பகுதியாகவோ ஏற்றுக் கொள்ளவில்லை. அவர்கள் கூறிய யோசனை வேறு. அணுகுண்டுகளின் உற்பத்தியும், உபயோகமும் உடனே சட்ட விரோதமாகச் செய்யப்பட வேண்டும் என்றும், இப்பொழுது உள்ள குண்டுகளெல்லாம் தொண்ணூறு நாட்களில் அழிக்கப்பட வேண்டும் என்றும் இந்த ஒப்பந்தத்தை மீறினால் அகில உலக குற்றமாக அதைக் கருத வேண்டும் என்றும் அவர்கள் சொன்னார்கள். இந்த ஒப்பந்தத்தை அமல் நடத்தும் முறைகளைப் பற்றி வருங்காலத்தில் பேச்சு வார்த்தைகள் நடத்தலாம். ஒப்பந்தத்தை மீறுபவர்களைத் தண்டிக்க பந்தோபஸ்து சபைக்கு அதிகாரம் வேண்டும். ஆனால் இந்த விஷயத்தில் பெரிய நாடுகளின் ரத்து அதிகாரத்தைப் பறிக்கக் கூடாது. இது தான் ரஷ்யா சொன்ன மாற்று யோசனை.

இப்படியாக ஆரம்பமே தகராராக இருந்தது. ஆனால் ஐ. நா. கமிட்டி இரண்டு ரஷ்ய பௌதிகர்களும் அடங்கிய ஒரு நிபுணர் குழுவிடம் இந்த விஷயத்தை ஒப்படைத்த பொழுது சிறிது நம்பிக்கை தோன்றிற்று. 1946 செப்டம்பர் 27-ம் தேதி, ஒரு திறமுள்ள கட்டுப்பாட்டு ஏற்பாட்டுக்கு என்னென்ன தேவை என்பதை இந்த குழு ஏகமனதாக குறித்துத் தந்தது. 1946 டிஸம்பர் 31-ம் தேதி பரூக் ஐ. நா. அணுசக்தி கமிஷனின் முதல் அறிக்கை ஒன்றை தயாரித்து பொது சபை முன் சமர்ப்பித்தார். அமெரிக்க திட்டத்தின் முக்கிய அம்சங்களும், நிபுணர் குழுவின் நடக்கக் கூடிய யோசனைகளும் கலந்த ஒரு சேர்க்கையாக இருந்தது இந்த அறிக்கை. எதிர்ப்பின்றி பத்து வோட்டுகளுடன் இது ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது. ஆனால் ஸோவியத் யூனியனும், போலந்தும் வோட்டு

அளிக்கவில்லை.

1947 பிப்ரவரி 18-ம் தேதி இந்த அறிக்கைக்கு ஸோவியத் பிரதிநிதி பல திருத்தங்களை கொண்டு வந்தார். அமெரிக்க திட்டத்தை நிராகரிக்கும் நிலையை கைவிட்டு பேச்சு வார்த்தை நடத்த ரஷ்யா முன் வந்ததே நம்பிக்கைக்கு அறிகுறியாக இருந்தது.

ஆனால் சில வாரங்களுக்கு பிறகு இந்த நம்பிக்கை பாழாயிற்று. 1947 மார்ச் 5-ம் தேதி ஸோவியத் பிரதிநிதி ஒரு கண்டனம் கொண்டு வந்தார். கட்டுப்பாடு திறம்பட நடப்பதற்காக ஒரு நிர்வாக அமைப்பை நிபுணர்கள் ஏற்றுக் கொண்டிருந்தார்கள். இந்த முறையை ரஷ்யா எதிர்த்தது. அணுசக்தி, தொழில் அபிவிருத்திக்கு முக்கியமாக—ஸோவியத் யூனியனில் பயன்படக் கூடாது— என்று அமெரிக்க தனி உரிமையாளர்கள் செய்யும் சதியே இது என்று ரஷ்யப் பிரதிநிதி வாதம் செய்தார்.

இதன் பயனாக ஐ. நா. வில் அணுசக்தி திட்டத்தைப்பற்றி நேரடியான பேச்சு வார்த்தைகளெல்லாம் முறிந்து விட்டன என்றே சொல்ல வேண்டும். இருப்பினும் பெரும்பான்மையோர் முயற்சியை கைவிட்டு விடவில்லை. அமெரிக்க திட்டத்தின் அடிப்படையில் ஒரு விவரமான ஏற்பாட்டை வகுத்தார்கள். தனி தேசங்களுக்கான பாதுகாப்புகளும் அதில் செய்யப்பட்டன. அப்படிச் செய்தால் நாளடைவிலாவது ஸோவியத் யூனியன் இதை ஏற்கும் என்று அவர்கள் எண்ணினார்கள். ஆனால் இந்த வேலை நிறுத்தப்பட்டது. 1947 செப்டம்பர் 11-ம் தேதி கமிட்டி இன்னொரு அறிக்கையை தயாரித்து ஏற்றுக் கொண்டது. ஸோவியத் யூனியன் இதற்கு எதிராக வோட்டு செய்தது. போலந்து வோட்டு எடுப்பில் கலந்து கொள்ளவில்லை. பத்து நாடுகள் சாதகமாக வோட்டு அளித்தன.

ஐ. நா. அணுசக்தி கமிஷனின் இந்த இரண்டா

வது அறிக்கை, அகில உலக கட்டுப்பாட்டைப் பற்றிய மிக மிக விஸ்தாரமான நடைமுறைக்கான அறிக்கை என்று சொல்ல வேண்டும். அசிஸன், லில்லியன்தால் அறிக்கையைவிட அது சிறந்தது என்றே சொல்ல வேண்டும். சிதையும் பொருட்கள் தேசீய சர்க்கார்கள் கைப்பற்றக் கூடிய அளவுக்கு சில இடங்களில் சேர்ந்து விடுவது மிகவும் ஆபத்தானது என்று அது எச்சரித்தது. பெரும் அளவுக்கு அணு வெடிகளை உற்பத்தி செய்யும் ஸ்தாபனங்கள் மிக மிக அவசியம் இருந்தால் ஒழிய அனுமதிக்கப்படக் கூடாது என்று கூறிற்று அது. ஐ. நா. அனுமதித்த சக்தி உற்பத்தி ஸ்தாபனங்களுக்கு மட்டுமே அணு எரி பொருள்கள் தரப்பட வேண்டும். அப்பொழுது கூட அந்த ஸ்தாபனங்கள் நிறுவ வேண்டிய இடம், அமைப்பு, முதலீடு இவற்றை யெல்லாம் ஐ.நா. அதிகாரிகள் நன்ருகத் தீர்மானம் செய்து ஆமோதித்து இருக்க வேண்டும். கட்டுப்பாட்டு குழு செய்த முடிவுகளுக்கு ஏற்பவும் அவர்கள் நிர்ணயித்துள்ள பங்கு விகிதத்தை அனுசரித்துமே தேசங்களிடையே அணு திட்ட பொருள்களும் வசதிகளும் பகிர்ந்து அளிக்கப்பட வேண்டும். ஏற்கனவே உள்ள அணு ஸ்தாபனங்களை கண்காணிக்கவும், கள்ள முயற்சிகளை கண்டு பிடிக்கவும் பாதுகாப்புகள் வரையப்பட்டன. இந்த கண்காணிப்பாளர்கள் பொருளாதார ஒற்றர்களாக மாறிவிடாமல் தடுக்கவும் ஏற்பாடுகள் செய்யப்பட்டிருந்தன. இந்த மாதிரி கண்காணிப்பு நடப்பதால் நாடுகளிடையே தகராறுகளும், சந்தேகங்களும் மூளலாம். இப்படி ஏற்படாமல் இருக்க ஒவ்வொரு வருஷமும், ஒவ்வொரு தேசத்தின் ஏதாவது ஒரு பகுதியிலாவது கண்காணிப்பு ஒழுங்காக நடக்க வேண்டும். அப்படி நடந்தால் அநாவசிய சந்தேகங்கள் தோன்ருது.

இந்த அறிக்கையோடு, ஸோவியத் பிரதிநிதிகள்

முதல் அறிக்கைக்குக் கொடுத்த திருத்தங்களைப் பற்றி காமாசோமாவென்று ஒரு விவாதமும் இத்துடன் நடந்து வந்தது. 1947 ஜூன் 11-ம் தேதி இன்னொரு முக்கிய சம்பவம் நிகழ்ந்தது. ஸோவியத் யூனியன் கட்டுப்பாட்டிற்கான தன் சொந்த யோசனையைத் தெரிவித்தது. அதில் ஒரு வருஷமாகவே எல்லோரும் எதிர்பார்த்த சில கருத்துக்கள் முதன் முதலாக சொல்லப்பட்டன.

ஸோவியத் திட்டத்தின் சாராம்சம் இதுதான். ஐ. நா. கட்டுப்பாட்டு கமிஷன் ஒன்று நியமிக்கப்பட வேண்டும். உலகத்தில் பல்வேறு நாடுகளில் நடக்கும் அணுசக்தி நடவடிக்கைகள் ஆயுத உற்பத்திக்குப் பயன்படாமல் இருக்குமாறு கண்காணிக்க அதற்கு உரிமை வேண்டும். பல தேசங்களில் நடக்கும் இயக்கங்களுக்கும், தனி நாடுகள் தயாரிக்கும் சிதையும் பொருட்களுக்கும் அளவு கட்டத் தேவையில்லை. (பல முறை ஒவ்வொரு நாட்டுக்கும் ஒரு குறிப்பிட்ட பங்கு என்ற முறைக்கு ஸோவியத் பிரதிநிதிகள் ஒப்புக் கொண்டிருந்தார்கள். ஆனால் விஷின்ஸ்கி இது தேசங்களின் பொருளாதார சர்வ வல்லமையில் தலையிடுகிறது என்று திட்டத்தை நிராகரித்துவிட்டார்.) ஸோவியத் திட்டத்தில் இரண்டு வகையான கண்காணிப்புகள் குறிப்பிடப்பட்டிருந்தன. முதலாவதாக அடிக்கடி நடக்கும் ஒழுங்கான கண்காணிப்பு. இரண்டாவதாக விசேஷ கண்காணிப்பு. ஒப்பந்தம் மீறப்பட்டதாக சந்தேகம் எழுந்தால் இந்த விசேஷ கண்காணிப்பு மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும். சில காலம் கழித்து முதல்விதக் கண்காணிப்பு அடிக்கடி நடக்க வேண்டும் என்பதற்குப் பதிலாக தொடர்ச்சியாக நடக்க வேண்டும் என்ற கோரிக்கைக்கு உடன்பட்டது ஸோவியத் யூனியன்.

அகில உலக கண்காணிப்பு கோஷ்டிகளுக்கு

எந்த நாட்டிற்கும் போக வர சுதந்திரம், சுயேச்சை வேண்டும் என்றும் அவற்றிலுள்ள அணுசக்தி ஸ்தா பனங்கள் எல்லாவற்றையும் போய்ப் பார்க்க சுயேச்சை வேண்டும் என்றும் ஸோவியத் திட்டம் கூறிற்று. விசேஷ கண்காணிப்பு உள்பட அன்றுடம் ஐ. நா. கட்டுப்பாட்டுக் கமிஷன் செய்யும் முடிவுகள் சாதாரண மெஜாரிடியிலேயே செய்யப்பட வேண்டும். ஆனுல் கட்டுப்பாட்டு ஒப்பந்தத்தை மீறுபவர்கள் மீது நடவடிக்கை எடுக்கும் உரிமை, ரத்து அதிகாரம் படைத்த பந்தோபஸ்து சபைக்கே அளிக்கப்பட வேண்டும் என்று வற்புறுத்தியது. 1946-47-ல் ஐ. நா. பெரும்பான்மையுடன் நிறைவேற்றிய நிர்வாக திட்டத் திற்கும், 1947-48-ல் ஸோவியத் கூறிய கண்காணிப்பு திட்டத்திற்கும் பிறகு உலக கட்டுப்பாட்டு நிலைமை யில் எந்தவித முன்னேற்றமும் ஏற்படவில்லை. 1948 மே 17-ம் தேதி அன்று பந்தோபஸ்து சபை முன் சமர்பித்த 3-வது அறிக்கையில் அணுசக்தி கமிஷன் தன் வேலைகளை நிறுத்திக்கொள்வதாக சிபார்சு செய்து கொண்டது. 1948 நவம்பர் 4-ம் தேதி மீண்டும் அது தன் வேலையை மறுபடியும் தொடங்க வேண்டும் என்று பொது அஸெம்பிளியின் தீர்மானம் ஒன்று கேட்டுக்கொண்டது. ஆனுல் 1949 ஜுலை 25ம்-தேதி மீண்டும் முட்டுகட்டை நகரவில்லை. ஸோவியத் யூனியனில் முதல் அணுகுண்டு சோதனை நடந்த சமயம் அது.

ஐக்கிய அமெரிக்கா வெகு நாள் வரை அணு ஆயுதங்களை மற்ற வழக்கமான ஆயுதங்களைப் போல் கருதக்கூடாது என்றும், அதற்குத் தனிப்பட்ட நட வடிக்கைகள் வேண்டும் என்றும் வற்புறுத்தி வந்தது. பிரச்னையின் புதுமை ஒரு புதிய வழியைக் காண இடம் கொடுக்கும் என்று எல்லோரும் நம்பினுர்கள். அதாவது அசீஸன் லில்லியன்தால் அறிக்கையில்

சொல்லப்பட்டது போன்ற ஒரு அகில உலக அபிவிருத்தி முயற்சியைப் போன்ற ஒரு வழி. இந்த யோசனை வெற்றி அடைந்தால் வேறு துறைகளில் உடன்பாடு ஏற்படலாம் என்றும் நம்பினார்கள். ஆனால் ஆரம்பத்திலிருந்தே, ஆயுதப்பரிஹார விவாதங்களில் அணு ஆயுதங்களைச் சேர்த்துக்கொள்ள வேண்டும் என்று ஸோவியத் யூனியன் வற்புறுத்தி வந்தது. ஆனால் ஐக்கிய அமெரிக்காவும், இதர மேற்கத்திய நாடுகளும் கடைசியில் அணு ஆயுதப் பிரச்னையை தனியாகத் தீர்க்கும் முயற்சி தோற்றுவிட்டது என்றும் ஆகவே ஐ. நா. அணுசக்தி கமிட்டி என்று ஒன்று தனியாக இல்லாமல் ஐ. நா.வின் சம்பிரதாய ஆயுதக் கமிட்டியுடன் அதை இணைத்துவிடலாம் என்றும் ஒரு தீர்மானம் கொண்டுவந்தது. உடனே ஸோவியத் யூனியன் தன் பழைய கொள்கையை விட்டுவிட்டு அணுசக்தி கமிஷன் தனியாகவே இருக்க வேண்டும் என்று மாற்றி சொல்லிற்று. ஆனால் வெற்றி பெறவில்லை. இந்தக் கூட்டு ஆயுதப் பரிஹாரண கமிட்டி இணைப்பிற்குப் பிறகு எந்த முன்னேற்றத்தையும் காணவில்லை.

1953 டிசம்பர் 8-ம் தேதி அமெரிக்காவும், ரஷ்யாவும் ஹைட்ரஜன் குண்டில் கண்ட வெற்றியைப் பார்த்து ஜனாதிபதி ஐஸன்ஹோவர் பொது அஸெம்பிளியின் முன் ஆற்றிய சொற்பொழிவில் இந்த முட்டுக்கட்டை நிலைமையைத் தீர்க்க முயன்றார். அவர் சொன்ன யோசனை இதுதான். அணு ஆயுதங்களையே ஒழித்துவிட வேண்டும் என்ற யோசனை இப்பொழுது அவசியம் இல்லை. அதற்குப் பதிலாக அணு ஆயுதப் போட்டியைத் தளர்த்தவாவது செய்யலாம். சிதையும் பொருட்களின் சேமிப்புக் கிடங்கு ஒன்றை ஏற்படுத்த வேண்டும் இதற்கு எல்லா நாடுகளும் தங்கள் தங்கள் பங்கை அளிக்க வேண்டும். ஒரு

ஐ. நா. ஸ்தாபனம் அணுசக்தியை அபிவிருத்தி செய்யும் அக்கரையுள்ள நாடுகளின் நன்மைக்காக இந்தக் கிடங்கை நிர்வாகம் செய்ய வேண்டும். இந்த யோசனையில் அசீஸன் லில்லியன்தால் அறிக்கை சொன்ன ஒத்துழைப்புக் கருத்து காணப்பட்டது. ஆனால் அதிலுள்ள ஆயுதக் கட்டுப்பாட்டு நோக்கம் இல்லை. இதனால் தனி உரிமைக் கருத்து கைவிடப் பட்டது போல் தோன்றியது. பிற்போக்கான நாடுகளுக்கு ஐ. நா. உதவும் திட்டமாக ஐஸன்ஹோவரின் யோசனை தோன்றியது. இந்த யோசனையின் முக்கிய நோக்கம் என்னவென்றில் அணுசக்தியினால் துன்பமும், இருளும்தான் வருங்காலத்தில் ஏற்படப் போகின்றன என்று மக்கள் மனதில் உலவிய பீதியை தவிர்ப்பது தான். அதாவது புறசாதனங்கள் வழியாக இன்றி மனதத்துவ முறையால் உலக சமாதானத்திற்கு சேவை செய்ய வேண்டும் என்பதே இதன் நோக்கம். இதை எழுதும்போது ஐஸன்ஹோவரின் யோசனைகளின் அடிப்படையில் ரஷ்யாவும், ஐக்கிய அமெரிக்காவும் பேச்சுவார்த்தைகள் தொடங்கிவிட்டன. ஆனால் அணு ஆயுத பரிஹரணத்திற்கு ஒரு ஷரத்து இல்லாமல் இந்த ஒத்துழைப்புத் திட்டத்தை ரஷ்யா ஏற்றுக் கொள்ளுமென்று தோன்றவில்லை.

அணு ஆயுத பரிஹரணம்தான் இப்பொழுதும் அமெரிக்க ஸோவியத் அயல் நாட்டு கொள்கைகளின் அதிகாரபூர்வமான நோக்கமாக இருந்து வருகிறது. (மேற்கு ஐரோப்பிய நாடுகளைப் பற்றி சொல்ல வேண்டியதில்லை. அணு யுத்தம் வந்தால் அந்த நாடுகள் முற்றிலும் அழிந்துவிடும் ஆகவே அவைகளும் இதே கொள்கைகளைத்தான் முக்கியமாகக் கடைப்பிடிக்கிறார்கள்.) இருந்தாலும் அத்தகைய ஆயுதப் பரிஹரணம் செயலாகும் என்ற நம்பிக்கை நாளாக நாளாகக் குறைந்துகொண்டே வருகிறது.

உலக அரசியல் நெருக்கடி காரணமாக கட்டுப்பாட்டு ஒப்பந்தம் சாத்தியமாகத் தோன்றவில்லை. அதோடு மற்றும் இரண்டு விஷயங்கள் பிரச்னையை மேலும் சிக்கலாக்கிவிட்டன. முதலாவதாக அமெரிக்காவின் ராணுவ திட்டமானது அணு ஆயுதங்களை ஒரு முக்கிய மான அம்சமாக மேற்கொண்டிருக்கிறது. 1954-க் குள் அமெரிக்காவின் நீண்டகால ராணுவத் திட்டம் அணு ஹைட்ரஜன் குண்டுகளைப் பிரதானமாகக் கொண்டு வரையப்பட்டன. இனி அணு ஆயுத பரி ஹரணத்தைப் பற்றி பேசவேண்டுமானால் இந்த முயற்சிகளெல்லாம் என்ன ஆவது என்று யோசிக்க வேண்டும். ரஷ்யாகூட இதேபோல தன் ராணுவத் திட்டத்தை மாற்றியுள்ளதோ என்னவோ. நிலைமை யைச் சிக்கலாக்கினது இன்னொரு விஷயம். பல நாடு களில் அணு வெடிகளும், அணு ஆயுதங்களும் ஏராள மாகச் சேர்ந்திருக்கின்றன. ஆகவே அணு ஆயுதப் பரிஹரணத்தைக் கண்காணிப்பது மிகவும் கடினம். இந்த ஆயுதங்கள் எங்கெங்கு ஒளித்துவைக்கப்பட் டுள்ளன என்று கண்டுபிடிப்பதும் சிரமம். ஆகவே கட்டாயத்தின் கீழ் அணு ஆயுத பரிஹரணம் செய் வது நடைமுறையில் சாத்தியம் என்று தோன்ற வில்லை. ஒப்பந்தம் செய்துகொள்ளும் எல்லா தேசங் களும் ஒன்றை ஒன்று முற்றிலும் நம்பினால்தான் உண்டு. 1946-ம் ஆண்டில் இந்த இரண்டு வல்லரசு நாடுகளுக்கிடையே நல்உறவு அமைய அணு ஆயுதப் பரிஹரணமே முதல் படி என்று நினைத்தோம். ஆனால் இப்பொழுதோ பரஸ்பர நம்பிக்கையும், நல்லெண்ண மும் இருந்தால்தான் அணு ஆயுத பரிஹரணமும் நடக்கக்கூடிய காரியம் என்ற நிலை வந்துவிட்டது. அணு ஆயுதங்களின் நாசத் தன்மையானது பரஸ்பர அவநம்பிக்கையையும், பயத்தையும் பெருக்கிக் கொண்டே வருகிறது. இது ஒரு பெரிய நச்சுச் சுழல். வெளியே போக வழிதான் தெரியவில்லை.

12

அணுசக்தியின் தோற்றம்

சாதாரண ரஸாயன வெடி, எரி பொருள்களுக்கும், சிதையும் பொருள்களுக்கும் என்னவேறுபாடு? சிதையும் பொருட்களில் சக்தியானது இடம், காலம்இரண்டு வகையிலும் ஒரேடியாகக் குவிந்து கிடக்கிறது. எரி பொருள் என்ற முறையில் மிகக் குறுகிய இடத்தில் அது குவிந்து கிடக்கிறது. வெடி என்ற முறையில் இடம் காலம் இரண்டிலுமே சிறு அளவில் பெரிவாரியாகக் குவிந்திருக்கிறது.

இந்த அசாதாரணமான தன்மையான நிலைமையில் மிகவும் லாபங்கள் உண்டு. யுத்தத்திற்கும், உயிரை அளிக்கவும் மட்டுமின்றி சிதையும் பொருட்கள் வருங்காலத்தில் எத்தனையோ வகைகளில் பயன் படலாம். அவற்றிற்கு இந்த தன்மை பயன்படும். அத்

தகைய உபயோகங்கள் கண்டுபிடிக்கப்படும் வரை சிதையும் பொருட்களை ஜாக்கிரதையாக சேமித்து வைக்க வேண்டும் என்றும் ரஸாயன எரிபொருட்களாலோ நீர் அருவியாலோ, சூரிய ஒளியாலோ செய்யக்கூடிய வேலைகளுக்கும் அணுசக்தியை வீணாக செலவழிக்கக் கூடாது என்பதும் பல பௌதிகர்களின் கருத்து. முக்கியமாக ஆஸ்டிரிய பௌதிகர், ஹான்ஸ் தீர்ரிங் இக்கருத்தை வற்புறுத்துகிறார். அவர் அபிப்ராயத்தில் தொழிலுக்கோ, உலோகக் கலவைகளை உருக்கவோ அணுசக்தியையும், அணு உஷ்ணத்தையும் பயன்படுத்துவது அரிய ஒரு பொருளை அநாவசியமாக வீணாக்குவதாகும். தலைமுறை தலைமுறையாக யுரேனியம் இந்த உபயோகங்களுக்கே பயன்பட்டால் காலக்கிரமத்தில் இந்த பூமியிலிருந்தே இந்த அரிய பொருள் வரண்டுவிடும்.

அணு எரிபொருளின் நடைமுறை பயன்களில் ஒன்றை ஒன்று நியாயமானது என்று சொல்லலாம். (1943-ல் மன்ஹாட்டனில் ஆராய்ச்சிசெய்த விஞ்ஞானிகள் அணு உலை கண்டு பிடிக்கப்பட்டதுமே இந்த உபயோகத்தைதான் குறிப்பிட்டார்கள்.)

தாமத நியூட்ரான்களைக் கொண்டு இயங்கும் ஒரு அணு நீர் மூழ்கி சக்தி திட்டம் பூர்த்தியாகி உள்ளது. நடுத்தர வேகமுள்ள நியூட்ரான்களைக் கொண்டு இயங்கும் இன்னொன்று ஐக்கிய அமெரிக்காவில் உருவாகி வருகிறது. நாட்டிலஸ், ஸீவுல்ப் என்ற இரண்டு நீர்மூழ்கி கப்பல்களில் இவை வைக்கப்படும். இன்னும் சில காலத்தில் பல நாடுகளில் கப்பல் படைகளில் அணு சக்தி இஞ்சின்கள் பெருவாரியர்கப் பயன்படும் என்றே தோன்றுகிறது. அணு எரிபொருளானது வரம்பில்லாத காலத்திற்கு நீடிக்கக்கூடியது. அதற்கு ஆக்ஸிஜனும் தேவையில்லை. ஆகவே அணுசக்தி நீர் மூழ்கிகள் எரிபொருளுக்காக காத்திராமல் உலகம்

முழுவதும் சுற்றலாம். நீர்மட்டத்திற்கு மேல் வரவும் தேவையில்லை. கப்பல் ஆட்களுக்கு நீருக்குள்ளேயே இருப்பது அலுப்பாக இருந்தால் மட்டும் வந்தால் போதும். இரண்டாவது உலக யுத்தத்தில் நாசங்கள் புரிந்த U படகுகளைவிட இந்த அணு மூழ்கிகள் ஆபத்தானவை. எதிர்க்க முடியாதவை. பீரங்கி அல்லது ராக்கெட் விசையைக்கொண்ட இந்த கப்பல்களால் கரை ஓர நகரங்களுக்கும், கப்பல் துறைகளுக்கும் பெரும் சேதம் உண்டாகலாம்.

அணு எரிபொருளின் இன்னொரு முக்கிய உபயோகம் வானில் பறப்பதும், பிரபஞ்ச வெளியில் பறப்பதும். பிரபஞ்ச வெளியில் பறப்பது இன்னும் விஞ்ஞான கதை வடிவில்தான் இருக்கிறது. வானில் பறப்பது எத்தனையோ ஆராய்ச்சிக்குப் பிறகும் இன்னும் திறம் பெறவில்லை. சாதாரண பிரயாணப் போக்குவரத்துக்கோ, ராணுவ விமான போக்குவரத்துக்கோ அணு விமானங்கள் பயன்படுவது சாத்தியமாக இராது. ஏனெனில் அத்தகைய விமானமானது நொறுங்கி விழுந்தால் அது வெறும் விபத்தாக மட்டும் இராது. கதிர் இயக்க பொருட்கள் நாலா பக்கமும் இறைந்து வீசும் பெரும் விபத்தாக முடியும்.

அணுசக்தியின் இன்னொரு உபயோகம் தொழிலுக்கு வேண்டிய சக்தியைப் பெறுவது. இதுகூட ஓரளவில் இடையூறு என்றே சொல்ல வேண்டும். ஏனெனில் சூட்டை பரப்புவதற்கான இயந்திரங்கள் பெரிதாக வேண்டும். எந்த இடங்களில் நிலக்கரியோ, எண்ணெயோ, மின்சாரசக்தியோ கிடைக்கவில்லையோ அந்த இடங்களில்தான் அணுசக்தியைப் பயன்படுத்தலாம்.

ஆனால் அமெரிக்காவில் மற்ற ரசாயன எரிபொருட்கள் நிறைய இருந்தும் தொழிலுக்கு அணுசக்தியை பயன்படுத்தி வருகிறார்கள். இதற்குக் காரணம் முற்

போக்காக இருக்க வேண்டும் என்ற ஒரே ஆசைதான். அணுசக்தியில் மற்ற நாடுகளுக்கு, முக்கியமாக ஸோவியத் யூனியனுக்கு பின் தங்க விரும்பவில்லை ஐக்கிய அமெரிக்கா. சக்தி குறைந்த ஆசிய அல்லது தென் அமெரிக்க நாடுகள் தங்கள் தொழில் முன்னேற்றத்திற்கு எந்த சக்தியை எதிர்பார்க்குமோ, அந்த சக்தியை வளர்க்கும் ஆற்றலை ஏனைய நாடுகளுக்கு அமெரிக்கா விட்டுக் கொடுக்கத் தயாராக இல்லை.

1945 தொழிலில் அணுசக்தி எவ்வாறு பயன்படும் என்று முதன் முதலாக சர்ச்சை செய்த பொழுது பெல்ஜிய காங்கோவிலும், கானடாவிலும் கிடைக்கக் கூடிய உயர்ந்தரக யுரேனியம் அதிகமாக இராது என்று மதிப்பிட்டிருந்தார்கள். ஆனல் இப்பொழுது யுரேனியம் அதிகமாக கிடைக்கும் என்ற புதிய மதிப்பீட்டின் காரணமாக அணுசக்தி கூடங்களை மேலும் மேலும் வளர்க்கும் ஆசை அதிகரித்திருக்கிறது. யுரேனியம் சேகரிக்கும் அமெரிக்க முயற்சிகள் இன்னும் அதிகமான நம்பிக்கையுடன் இயங்கி வருகின்றன. எத்தனை கிடைக்கும் என்பது ரகசியமாக இருந்தாலும் புதிய நம்பிக்கை ஏற்பட மூன்று சம்பவங்கள் நிகழ்ந்துள்ளன. முதலாவதாக கானடாவில் உள்ள சஸ்கெட்ச்வானில் அதபாஸ்கா ஏரிக்கு அருகிலும் ஆஸ்ட்ரேலியாவில் ரம்காட்டில் உள்ள ரேடியன் குன்றிலும் உயர்ந்தரக யுரேனியம் இருப்பதாகக் கண்டு பிடிக்கப் பட்டுள்ளது. இரண்டாவதாக கொலொராடோ பீடபூமியில் கார்னோடைட் போன்ற நடுத்தர கச்சாப் பொருள்களும், தென் ஆப்பிரிக்காவில் தங்க மண்ணில் கலந்துள்ள கீழ்ரக கச்சாப் பொருள்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. குறிப்பாக தென் ஆப்பிரிக்க யூனியன் இந்தக் கலவை மண்ணை ஏராளமாக சப்ளை செய்யும் என்று தோன்றுகிறது. சில பாஸ்பேட் பாறைகளில் சிறிது யுரேனியம் கிடைப்பதாக தோன்

றுகிறது. அணு சக்தி கமிஷனின் சார்பாக உலகில் உள்ள சக்திப் பொருட்களைப் பற்றி விபரமாக ஆராய்ந்த பாமர்பட்னு என்பவர், நிலக்கரி, எண்ணை யைவிட 50 மடங்கு அதிகமான சிதையும் பொருட்கள் கிடைக்கும் என்று 1953-ல் சொன்னபொழுது எல்லோ ருமே வியப்பில் ஆழ்ந்தனர்.

பட்னுமின் மதிப்பீட்டில் எல்லாவகை யுரேனிய மும் (யு-238 கூட) தோரியமும் இருந்தன. அவற்றை அவர் சேர்த்ததற்குக் காரணம்யு-238-லிருந்தும் தோரி யம் 232-லிருந்தும் புளூட்டோனியத்தையும் யு-233-ஐ யும் (சிதையக்கூடியவை இவை) பிரித்து எடுக்க முடி யும் என்பதுதான். இந்த பிரித்து எடுக்கும் முயற்சி வெற்றிகரமாக ஆகிவிட்டதால்தான் அணுசக்தியைப் பற்றி நீண்டகால நம்பிக்கைகள் ஏற்பட்டுள்ளன.

யு—238-லிருந்து பிலிட்டோனியமும், தோரியம் 232-லிருந்து யு—233-ம், தொடர்க் கிரியையில் செல வாகும் யு—235-ஐ விட அதிகமாக எடுக்கலாம். ஒரு யு—235 மையக் கரு சிதைந்தால் சராசரியாக 2·5 நியூட் ரான்கள் கிடைக்கின்றன. ஒரு பிலிட்டோனியம் மையக்கரு சிதைந்தால் மூன்று நியூட்ரான்கள் கிடைக் கின்றன. அணு உலையில் இந்த நியூட்ரான்களில் ஒன்று, தொடர்க்கிரியை முற்றிலும் நிகழ உதவும். மீதியுள்ள 1·5 அல்லது 2 நியூட்ரான்கள் யு—238 பிலிட் டோனியமாகவோ தோரியம் 232-ஐ யு—233 ஆகவோ மாற்றும் வேலைக்கு கிடைக்கும். இந்த எண் 1-ஐ விடப் பெரியது. ஆதலால் செலவாகும் ஒவ்வொரு மையக்கரு விற்கும் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட புதிய, சிதையக் கூடிய மையக் கருக்களை உண்டாக்க முடியும் அணு உலையி லிருந்து நியூட்ரான்கள் தப்புவதாலோ உலகின் மற்ற பகுதிகள் நியூட்ரான்களை கிரஹிப்பதாலோ ஏற்படும் நியூட்ரான் நஷ்டம் குறைவாக இருந்தால்தான் பிலிட் டோனியமோ யு—233யோ தயார் செய்வது சாத்திய

மாகும். 0·5 முதல் ஒரு நியூட்ரான் வரை ஒவ்வொரு சிதைவிற்கும் நஷ்டமாகாமல் இருந்தால்தான் போதிய அளவிற்கு பிலிட்டோனியத்தையோ யு—233-ஐ யோ ரசாயன முறையில் பிரிக்க முடியும். இவ்வளவு திறம் பட எல்லாம் இயங்கினுல்தான் போட்டதைவிட அதிக மான சிதையும் பொருள் கிடைக்கும். இந்த முயற்சி யின் ரஸாயன பகுதிதான் மிக மிக முக்கியமானது. போட்ட பொருளுக்கு நூற்றுக்குநூறு திரும்பி எடுக்க வேண்டிய அவசியம் இந்த முயற்சியில் முக்கியம். பரி சுத்தி செய்யும் வேலையில் துளி சதவிகிதம் நஷ்ட மாஞல் கூட முயற்சி வெற்றி அடையாது.

அணுசக்தி கமிஷன், ஒரு அணு உலையில் போட்ட சிதையும் பொருளை மேலும் மேலும் பெருகச் செய்ய முடியும் என்று அறிவித்தது. இந்தச் செய்தி நிரூபிக் கப்பட்டு விட்டது. இந்த முறை, அதாவது அணு உலையில் ஒரு சிதையும் பொருளை போட்டு புதிய சிதை பொருளை எடுப்பது, புதிய பொருளை பிரித்தெடுத்து அதை அதே அல்லது இன்னெரு உலையில் பயன்படுத் துவது இதெல்லாம் பொருளாதார முறையில் சமீபத் தில் நடக்குமா என்பது இன்னும் தெரியவில்லை. கொள்கை அளவில் எல்லா வகை யுரேனியத்தையும், தோரியத்தையும் அணு எரி பொருள்களாக மாற்ற லாம் என்பதுஉண்மையாகி விட்டது.

கடந்த ஆண்டுகளில் ஐக்கிய அமெரிக்க அணு சக்தி கமிஷன் அணுசக்தி உற்பத்தியில் தனியார் தொழில்கள் சிரத்தை எடுத்துக் கொள்ளுமா என்று தொழில் அதிபர்களை பல தடவை கேட்டிருக்கிறது. அவர்கள் எச்சரிக்கையுடனேயே பதில் சொன்ஞர்கள். போதிய தகவல்கள் இல்லை என்றும் தனியார் முயற் சிக்கு அப்பாற்பட்ட முதலீடு தேவையாக இருக்குமோ என்றும் தோல்விகள் அதிகமாக இருக்குமோ என்றும் அஞ்சுவதாக தொழில் அதிபர்கள் சொன்ஞர்கள்.

1952-லும்—53-லும் ஊக்கம் அதிகமாகக் காணப்பட்டது.பல தொழில் கம்பெனிகள் தொழிலுக்கான அணு சக்தியை தனியார் முயற்சியில் வளர்க்க பல திட்டங்கள் வகுத்துக் கொடுத்தன. இந்தத் திட்டங்களே இரண்டு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். ஒன்று ஒரேநோக்கமுள்ள அணுசக்தி நிலேயங்களே நிறுவும் திட்டங்கள். இந்த நிலேயங்களில் இயற்கையான யுரேனியமோ அல்லது சிதையக் கூடிய பகுதிகளே பெருக்கிய யுரேனியமோ ஐக்கிய அமெரிக்க சர்க்காரால் கடன் கொடுக்கப்படும் அல்லது விற்கப்படும். வியாபார முயற்சிகளுக்குத் தேவையான மின்சாரசக்தி உற்பத்தி செய்ய இவை தரப்படும். இதே அணு உலேகளில் புதிய சிதையும் பொருட்களே உற்பத்தி செய்ய இந்த நிலேயங்கள் முயலா. இத்தகைய ஒரு நோக்க சக்தி நிலேயங்கள் இரண்டு வகைகளாக உருவாகலாம். சாதாரண சக்திகள் கிடைக்காத இடங்களில் சிறிய நிலேயங்களே (இடம் விட்டு இடம் போகக் கூடியவை கூட) நிறுவுவது ஒரு வகை, பிரம்மாண்டமான மத்திய மின்சக்தி நிலேயங்களே நிறுவுவது இன்னொரு வகை

இவற்றிற்கு மாருக இரட்டை நோக்கம் கொண்ட நிலேயங்களும் பிரஸ்தாபிக்கப்பட்டன. ஒரே சமயத்தில் அணு சக்தியையும், புதிய சிதையும் பொருட்களேயும் உற்பத்தி செய்வதே இவற்றின் வேலே. இதன் கருத்து இதுதான். அணு எரி பொருட்களிலிருந்து மின்சக்தி உண்டாக்குவது மிகவும் செலவான காரியம். ஆனுல் அணு உலேயில் கிடைக்கும் புதிய சிதையும் பொருட்களே மீண்டும் அணுசக்தி கமிஷனுக்கே விற்றுவிட்டால் (ஒரு சமயம் ஆயுதங்கள் செய்யும் திட்டத்திற்கோ என்னவோ)இந்த அதிக செலவுக்கு ஈடு கட்டலாம்.

ஒரு நோக்க அணு சக்தி நிலேயங்களே தனியார்கள் நிறுவுவதற்கு எந்தவித ஆட்சேபமும் இருக்க

முடியாது. ஆனால் அணு சக்தியோடு அணு வெடி களையும் செய்வதை தனியாருக்கு அனுமதித்தால் சில முக்கியமான கேள்விகள் எழுகின்றன. பாதுகாப்பு பிரச்னை ஒரு பக்கம் இருக்கட்டும். தனியார்களின் கையில் அணு வெடி உற்பத்தியைத் தொடர்ச்சியாக விடுவது அறிவுள்ள காரியமா என்பதை யோசிக்க வேண்டும். அணு சக்தி கமிஷனுக்கு அப்பொழுது தலைவராக இருந்த கார்டன் டீன் என்பவர் ஒரு விஷயம் சொன்னார். எல்லாவிதமான ராணுவத் தேவை களுக்கும் அமெரிக்காவில் உள்ள அணு வெடிகள் போதுமென்றும் அப்படி இல்லாவிட்டால் சர்க்கார் நிலையங்களில் உற்பத்தியாகும் அல்லது ஆகப்போகும் வெடிகள், போதிய அளவுக்குக் கிடைத்து விடும் என் றும் சொன்னார் அவர். அப்படி இருந்தால் ராணுவ தேவைகளுக்கான பிலிட்டோனியம் அல்லது யு—233-வாங்க தனியார் கம்பெனிகளுடன் நீண்ட கால ஒப்பந் தம் செய்து கொள்ள ஐக்கிய அமெரிக்க சர்க்காரால் முடியாது. ராணுவ தேவைகளுக்கு இல்லாவிட்டாலும் இயற்கை யுரேனியத்தை வளப்படுத்தஉதவும் பொரு ளாகவோ அல்லது நேராக எரிபொருளாகவோ தொழில் அணு உலைகளில் பயன் படுத்தலாம். ஆனால் இதற்காக ராணுவ உபயோகத்திற்காக கொடுக்கப் படும் உயர்ந்த விலையைக் கொடுப்பது நியாயமல்ல. ஆகவே அணுசக்தி கமிஷன் இரட்டை நோக்க அணு உலைகளை நிறுவ தனியார்கள் சமர்ப்பித்த திட்டங் களை ஏற்றுக் கொள்ளவில்லை. ஆனால் ஒரு நோக்க அணுசக்தி நிலையத்தை நிறுவக்கூடிய வசதிகள் உள்ளதாக எந்தக் கம்பெனியும் இதுவரை முன் வர வில்லை. ஆகவே அணுசக்தி கமிஷன் தானே நட வடிக்கை எடுத்துக் கொண்டது. சர்க்கார் செலவில் ஒரு நோக்க அணுசக்தி உலையை நிர்மாணம் செய்வ தற்காக வெஸ்டிங் ஹவுஸ் என்ற ஸ்தாபனத்துடன்

ஒரு ஒப்பந்தம் செய்து கொண்டது. ஆனால் டுக்குஸ்னே லைட் கம்பெனி என்ற ஒரு தனிக் கம்பெனி ஒரு மின் சக்தி நிலையத்தை நிறுவ முன் வந்திருக்கிறது. இந்த அணு உலையில் உண்டாகும் உஷ்ணத்தை மின்சக்தி யாக மாற்ற இந்த மின் சக்தி நிலையம் இயங்கும்.

ஆகவே அணுசக்தி துறையை விட்டுவிட அமெ ரிக்க சர்க்காருக்கு நோக்கமில்லை என்றே தோன்று கிறது. ராணுவத் துறையில் மட்டுமின்றி நீண்டகால சக்தி வளர்ப்புத் திட்டத்திலும் அணுசக்தி அதற்குத் தேவை. ஆனால் இந்தத் துறைகளில் புதிய சோதனை கள் செய்வதும் சாத்தியமாக இல்லை. செலவு ஏராளம். விளைவுகளைப் பற்றி நிச்சயம் சொல்ல முடியாது. லாபத்தை கருதும் மிகப் பெரிய ஸ்தாபனம்கூட அடிப் படையான கேள்விகளுக்கு விடை தேட தங்களால் இயலாத பணத்தைச் செலவு செய்தாக வேண்டும்.

கிரேட் பிரிட்டன் போன்ற நாடுகளில் நிலக்கரி சப்ளை குறைந்து கொண்டு வருவதால் அதன் விலை ஏறிக் கொண்டே போகிறது. இந்தியாவில் பெருவாரி யான தொழில் திட்டங்களுக்கு போதிய சுரங்க வளம் இல்லை ஆகவே ஐக்கிய அமெரிக்காவைவிட இந்த நாடுகளில் தொழிலுக்கான அணுசக்தி வளர்ச்சியை மிகவும் ஆவலுடன் எதிர் பார்க்கிறார்கள்.

1953-ல் தங்கள் சர்க்காருக்குச் சொந்தமான அணு சக்தி திட்டத்தில் முன்னோடியாக சில முயற்சிகள் செய்து தனியார் அணுசக்தி தொழிலை வளர்க்கப் போவதாக பிரிட்டிஷார் அறிவித்தனர். முதலாவதாக வாயுக்களால் குளிரச் செய்யப்பட்ட முன்னோடி அணு உலைகளை கட்டுவதாக அவர்கள் திட்டம். இதில் ஒன்று இப்பொழுது நிறுவப்பட்டு வருகிறது. இவற்றிற்கு இயற்கையான அல்லது சற்று வளப் படுத்தப்பட்ட யுரேனியம் பயன்படுத்தப்படும். இந்த மாதிரி திட்டத்தைப் பார்த்து தனி முதலாளிகள்

அதே போன்ற ஆனால் பெரிய திட்டங்களை நிறுவலாம். பின்பு தாமத நியூட்ரான் அணு உலைகளில் உற்பத்தியான பிலிட்டோனியம் வேக நியூட்ரான்களால் இயங்கும் அணு உலைகளை (சக்தியையும், புதிய சிதையும் பொருட்களையும் உண்டாக்குபவை.) நிறுவ பயன்படுத்தப்படும்.

பெருவாரியாக தோரியம் உள்ள மோனஸைட் கிடைப்பதால் இந்தியா இவற்றை உபயோகித்து அணுசக்தித் தொழிலை வளர்க்க ஏராளமான பணத்தைச் செலவிட சித்தமாக இருப்பது போல் தோன்றுகிறது.

கொள்கை அளவில் அணுவிலிருந்து சக்தியை எடுப்பதும், மற்ற வகை உஷ்ணங்களை மின்சார அல்லது இயந்திர சக்தியாக மாற்றுவதும் ஒன்றுதான். ஆனால் நடைமுறையில் ஏராளமான பிரச்னைகள் எழுகின்றன. பாயிலருக்கும், கண்டன்சருக்கும் இடையே உஷ்ணத்தில் அதிக வேறுபாடு இருந்தால் உஷ்ண இஞ்ஜின் தான் திறமாக வேலை செய்யும். இயந்திர அமைப்புகள் பெரும் உஷ்ணத்தைத் தாங்கக்கூடிய பொருட்களால் ஆனவையாக இருக்கவேண்டும். அணு எஞ்சினிலோ இன்னொன்றும் தேவை. இயந்திர சாமான்கள் தகுந்த அணு இயல்பு உள்ளனவாக இருக்கவேண்டும். உதாரணமாக மிகவும் அரிய நியூட்ரான்களை அவை கிரஹித்துக் கொண்டுவிடக்கூடாது. இதற்காக புதிய உலோகங்களையும், மண் வகைகளையும் ஆராய்ந்து ஆகவேண்டும். ஸிர்க்கோனியம் என்பது இதற்கு ஏற்ற உலோகம் என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கிறது.

இரண்டாவது பிரச்னை என்னவெனில் அணு உலையில் காணப்படும் தீவிரமான கதிரியக்கம் இயந்திரங்கள் செய்யப்பட்ட உலோகம் இதை எதிர்த்து நிற்குமா ? இதற்கு ஒரு உதாரணம் சொல்லலாம். பிலிட்

டோனியம் தயாரிக்கும் அணு உலைகளில் நியூட்ரான்களின் வேகத் தடுப்பிகளாக பயன்படும் கிராபைட் நீண்டகால கதிரியக்கத்திற்குப் பிறகு உருவம்,பருமன், இயல்பு ஆகியவற்றில் மாறுதல்கள் உண்டாகின்றன. இதனால் ஹான்போர்டு பிலிட்டோனிய நிலையத்தின் அதிபர்கள் மிகவும் கவலைக்குள்ளாக இருக்கிறார்கள்.

மூன்றாவது பிரச்னை மக்களை கதிரியக்கத்தினின்றும் காப்பாற்றுவது. அணு உலை முழுவதையும் பல அடி கன காங்கிரீட்டால் மறைத்து வேலை செய்பவர்களைக் காக்கலாம். ஆனால் இந்த அணு உலையானது சக்தி உற்பத்தி சாதனமாக இயங்கும்பொழுது, சிதைவினால் ஏற்படும் உஷ்ணத்தை கிரகிக்க ஆவியோ நீரோ அணு உலை வழியாகச் செலுத்தப்படவேண்டும். அப்படி உஷ்ணத்தைக் கிரஹித்த ஆவியோ, நீரோ வெளியே கொண்டுவரப்பட்டு நீராவி இஞ்ஜினையோ, டெர்பைன் என்ற பள்ளச் சக்கரங்களையோ இயக்க வேண்டும். அணு உலை வழியாக இவை போகும் பொழுது கதிரியக்கமுள்ளனவாக ஆகிவிடுகின்றன. ஆகவே சக்தி நிலையத்தை இயக்க நேராக அதைப் பயன்படுத்துவது கடினம். ஆகவே அணு உலைக்கும், சக்தி நிலையத்திற்கும் இடையே ஒரு மூன்றாவது அமைப்பைப் பொருத்தவேண்டும். இதற்கு உஷ்ணமாற்றி என்று பெயர். அணு உலையிலிருந்து வரும் உஷ்ணமான கதிரியக்க நீரானது இந்த மாற்றியில் தன் உஷ்ணத்தை இன்னொரு திரவத்திற்கு மாற்றிவிடும். இந்த இன்னொரு திரவமானது தனிச் சுயேச்சைச் சுழலாகச் சுற்றிக் கொண்டிருக்கும். (22-ம் படத்தைப் பார்க்கவும்.)

முதல் குளிர்ச் சுழலிலுள்ள திரவமானது மிக உயர்ந்த உஷ்ண அளவிலும் பயன்படத்தக்கதாக இருக்கவேண்டும். அதே சமயம் தக்க அணு இயல்புகளும் அதற்கு இருக்கவேண்டும். சோடியம்.

பொட்டாசியம் கலவை போன்ற சில உலோகங்கள் இதற்கு ஏற்றவை. சில அணு உலைகளிலும், இப்பொழுது கட்டப்பட்டு வரும் இரண்டாவது நீர்மூழ்கி எஞ்சினிலும், வுடா மாகாணத்தில் ஆர்க்கோவிலுள்ள அணுசக்தி கமிஷனின் உலை சோதனை நிலையத்திலும் இந்தக் கலவைகள் இப்பொழுது உபயோகப்படுத்தப் படுகின்றன. கடைசியாகச் சொன்ன ஆர்க்கோ நிலையத்தில் ஒரு சிறு அளவு மின் சக்தியை அணு உலை முதல் முதலாக உற்பத்தி செய்தது. சிதையும் பொருட்களை புதிதாக உற்பத்தி செய்ய முடியும் என்பதையும் இது செய்து காட்டிற்று. ஹார்வல் என்னும் இடத்தில் பிரிட்டிஷ் அணுசக்தி நிலையத்தில் உள்ள சோதனை அணு உலையில்தான் முதல் முதலாக உபயோகமுள்ள உஷ்ணத்தைப் பெறலாம் என்று செய்து காட்டினார்கள். ஆராய்ச்சி சாலை கட்டிடங்கள் பலவற்றிற்கு உஷ்ணம் அளிக்கும் மத்திய நிலையத்தோடு இந்த அணு உலையை இணைத்து இதைச் செய்து காட்டினார்கள்.

பின்னுரை

யுஜீன் ரபினோவிட்ஜ்

அணுசக்தி எவ்வளவு தூரம் விருத்தி அடைந்துள்ளது என்று இதுவரை நாம் தெரிந்து கொண்டோம். சென்ற அத்தியாயம் வரை சொன்னது பெரும் சாதனை என்று சொல்வதைவிட ஒரு நல்ல ஆரம்பம், நம்பிக்கைகள் நிறைந்த ஆரம்பம் என்றே சொல்ல வேண்டும். எந்த அளவுக்கு வெவ்வேறு நாடுகளின் (நிலக்கரியும், தொழில் வளமும் நிறைந்த வட அமெரிக்கா முதல் இரண்டும் இல்லாத தென் அமெரிக்கா, தென்மேற்கு ஆசியாவரை) பொருளாதாரத்தை அணு சக்தி பாதிக்கும் என்று தெளிவாகச் சொல்ல பல வருஷங்கள் ஆகும். புதிய சிதையும் பொருட்களை உண்டாக்கலாம் என்பதை வைத்துக் கொண்டு பல முன்னேற்றங்கள் வரக்கூடும். புதிய புதிய வியப்பூட்டும் புதுமைகளும் கண்டுபிடிக்கப் படலாம். இதோடு ஹைடிரஜன் சக்தியை வாழ்க்கை உபயோகத்திற்கு இணைக்க முடியுமா என்பதையும் கவனிக்கவேண்டும். இது சமீப காலத்தில் அசாத்தியமாகத் தோன்றினாலும் நடக்காது என்று சொல்ல முடியாது.

வருங்கால தொழில் நிலைமையைப்பற்றி எத்தனையோ நம்பிக்கைகள் நம்முன் எழுகின்றன. ஆனால் அணுசக்தி உலகின் தெரியாத பாதைகளில் நாம் செல்லும்பொழுதெல்லாம் ஒரு பெரிய பயங்கரமான நிழல் நம் முன்னேற்றத்தைக் கண்டு வெறிக்கிறது. அது தான் அணு ஹைட்ரஜன் குண்டுகளால் ஏற்படப் போகும் யுத்தம்.

அணு சக்தி நிலையங்களும், அணு கப்பல்களும் விமானங்களும் வருங்காலத்தில் வரப்போகும் சங்கதிகள். ஆனால் அணு, ஹைட்ரஜன் குண்டுகளோ

நிகழ்ந்துவிட்ட பயங்கரமான உண்மைகள். ஒரு பெரும் வருங்காலப் போரில் இவை தாராளமாக வீசப் பட்டால் மனித வர்க்கம் இதுவரை நிறுவியுள்ள அணு விஞ்ஞானத் தொழில்கள் மட்டுமின்றி ஏற்கனவே உள்ள தொழில் நாகரிகம் அனைத்தும் அழிந்து விடும். நம்முடைய தொழில் ஸ்தாபனங்களை பெரிய நகரங்க ளிலிருந்து பெயர்த்து வேறு இடங்களுக்குக் கொண்டு போகலாம். ரேடார் முதலிய தூரதிருஷ்டி சாதனங் களை நம் கடற்கரைகளிலும், நகரங்களிலும் பொருத்த லாம். ஆனாலும் ஒரு அணு யுத்தம் என்றால் கோடிக் கணக்கான மக்கள் சாவார்கள். அதில் பங்கு கொண்ட நாடுகளில் எல்லையில்லாத நாசம் உண்டாகும். அதோடு கதிரியக்கத்தால் மனித வர்க்கமே பரம்பரை பரம்பரையாக பாதிக்கப்படும். பூமியிலுள்ள உயிரி னங்களே பாதிக்கப்படும். ஆகவே தலைவர்களுக்கும் பொது மக்களுக்கும் செல்வாக்குள்ள நாடுகளில் உள்ள மக்களுக்கும் ஒருபெரும் நெருக்கடி ஏற்பட்டிருக்கிறது. பழைய காலங்களில் வரிசை வரிசையாக யுத்தங்களும் இடைஇடையே சமாதான இடைவேளைகளும் வந்து கொண்டிருப்பது வழக்கம்தான். ஆனால் இப்பொழுது நிலைமை என்ன ? ஒன்று நிரந்தரமான சமாதானத்தில் வாழ வேண்டும் அல்லது உலகத் தற்கொலையில் ஈடு படவேண்டும். மனிதத் தொடர்பில் இப்படி ஒரு புது யுகத்தில் புகுவது முதல் மஹா யுத்தத்திற்கு முன் கடினமான காரியமாக இருந்திருக்கலாம். அந்தக் காலத்தில் நாடுகளில் அரசியல் லட்சியங்களும், ஸ்தா பனங்களும் இப்பொழுது இருப்பதை விட அநேகமாக ஒத்தே இருந்தன. இப்பொழுதோ அவைகள் நேர் எதிரிடையாக இருக்கின்றன. பல ஜனங்களுக்குப் பிடிக்காத ஒரு அரசியல் பொருளாதார திட்டத்தின் கீழ் உலகத்தை இணைக்கும் எண்ணம் கொண்ட வல்ல ரசுகள் ஓங்கி உள்ள இந்தக் காலத்தில், ஒரு புது யுகத்

தில் புகும் இடைக்காலமானது மிகவும் கஷ்டங்கள் நிறைந்ததாக இருக்கும். ஆனால் எவ்வளவு கஷ்டம் இருந்தாலும் நிலைமையை தைரியமாக, நேருக்கு நேராக சமாளிக்க முயலுவதே நல்லது. ஒன்றும் மோசம் போய் விடாது. அணு ஹைட்ரஜன் குண்டுகள் ஏற்படுவதற்கு முன் வாழ்ந்தது போலவே வாழலாம் என்று நினைப்பது அறிவீனம்.

1946-ல் இந்த புத்தகத்தின் முதல் பதிப்பை முடிக்கும் போது கீழ்க்கண்ட வார்த்தைகளுடன் முடித்தார் டாக்டர் ஹெச்ட். அவை இன்னும் உண்மையாகவே இருக்கின்றன.

"ஒரு பெரும் சீதனம் நமக்குக் கிடைத்திருக்கிறது. நம்முடைய நிலக்கரி, எண்ணை எல்லாம் தீர்ந்து போன பிறகும் கூட நமக்கு ஏராள சக்தி கிடைத்துக் கொண்டிருக்கும். கடைசியாக பார்க்கப்போனால் நிலக்கரி, எண்ணெய், நீர் ஆகிய சக்திகளெல்லாம் அணு சக்தி என்பதை மறக்கக் கூடாது. நீர்ச் சக்தி சூரிய உஷ்ணத்திலிருந்து வருகிறது. நிலக்கரியும், எண்ணெயும் ஒரு காலத்தில் சூரிய ஒளியின் உதவியால் வளர்ந்த தாவரராசிகளே. ஹைடிரஜன், ஹீலியமாக மாறும் அணு மாற்றத்தால்தான் நமக்கு சூரிய ஒளியும் உஷ்ணமும் கிடைக்கின்றன. சூரிய ஒளியிலிருந்து வெளிப்படும் அணு சக்தியை கிரகிக்க இப்பொழுது பசும் தாவரங்களை மட்டும் நம்பியிருக்க வேண்டியதில்லை. யுரேனியம் சிதைவினால் நாமே இதை வெளிப்படுத்த முடியும்.

ஆனால் இந்த ஹேஷ்யம் கற்பனைக் கனவு எல்லாம், போர் ஒழியாத வரையில் வீணான காரியங்களாகத்தான் முடியும். இப்பொழுது மனிதனின் விதி அவன் கையிலேயே இருக்கிறது. விஞ்ஞானத்திற்கும் அறிவைச் சேகரிக்கவும் அவன் எந்த நேர்மையை எந்த தைரியத்தை, எந்த புத்தி நுட்பத்தை கையாண்

டாஞே அவற்றை எல்லாம் அகில உலகத் தொடர்பிற்கும் பயன்படுத்திஞல் வருங்காலம் நிச்சயம் ஆனந்தமாக இருக்கும். அவனுக்கு இது முடியா விட்டால் புவியில் நரகம் தோன்றப் போகிறது என்பதை யாரும் காணலாம். எல்லாம் அழிந்து விடுமோ என்ற பயம், பாதி பிழைத்திருக்கின்ற பயங்கரம் அன்ருட வாழ்க்கையின் கோணல்கள்—இவை எல்லாம் இந்தப் புதிய ஆயுதங்கள் தரும் வருங்காலக் க்காட்சி. இவை எல்லாம் சேர்ந்தால் காஸ்டிக் கிளியோனி சொல்வது போல ஒரு சமூக துக்கத்தைத் தான் கொண்டு வரும். உலகம் முடிந்து விடும் என்ற பீதியானது பத்தாவது நூற்றுண்டில் ஆட்டிவைத்தது. அதைப் போல இந்தத் துக்கங்களெல்லாம் இந்த ஆயுதங்களால் வரத் தான் வரும்.

இந்த உலகத்தில் சமாதானம் நீடித்து இருக்க முடியும் என்ற ஒரு நம்பிக்கையும், பயமும் கெடு பிடியும் தீர்க்த நிலை—மத, நிற பேதமின்றி எல்லா மனிதர்களுக்கும் பிழைத்திருக்கவும் உயிர் வாழவும் உரிமை உண்டு என்ற அறம்—இவை எல்லாம் நிச்சயமாக இருந்தால் இவ்வுலகில் நிச்சயமாக அணு சக்தியை பயன் படுத்த முடியும்.

இந்த ஆசைகள் யாவும் சர்வ வல்லமையுள்ள, சர்வ சுதந்திரமுள்ள பலநாடுகள் உலகத்திலிருந்தால் கைகூடுமா என்பது ஐயத்திற்குரிய விஷயம் நாம் தொடர்ச்சியுள்ள—ஆஞல் எல்லைக்குட்பட்ட ஒரு கோளத்தின் மீது வசிக்கிருேம். இதில் ஓரிடத்திலிருந்து இன்ஞெரு இடத்திற்கு சில மணி நேரத்தில் செல்ல முடியும். இந்த நிலைமை பல தேசீய நாடுகள் நிறைந்த—ஒவ்வொருநாடும் தனக்கே உரிய பொருளாதாரத்தை பிறரை நம்பாமல் காக்க வேண்டுமென்று ஆசைப்படுகிற—இந்த நிலைமை நீடிக்க முடியும் என்ற கருத்து பத்தாம் பசலிக்கருத்துக்கள்தாம். தங்கள்

தங்கள் தேசத்திற்கு மேற்பட்ட ஒரு உலக அதிகாரத்திற்கு கீழ்ப்படிந்து எல்லா தேசங்களும் ஒரு ஸ்தாபனமாக சேர்ந்து 'கொண்டால் தான் நாகரீகம் பிழைக்க வழி உண்டு. அணுசக்தி தோற்றத்தால் இந்தப் புதிய ஏற்பாடு மிகவும் அவசியம் என்ற உணர்வு ஏற்பட்டாலே போதும். அதுவே நல்லதாகும். ஹிரோஷிமாவை மறந்துவிட்டு நாம் வேலையைத் தொடங்கலாம். வருங்காலம் இந்த அணுசக்தியை நல்ல சக்தியாகவே காணுமென்று நம்புகிறேன்.

முற்றும்