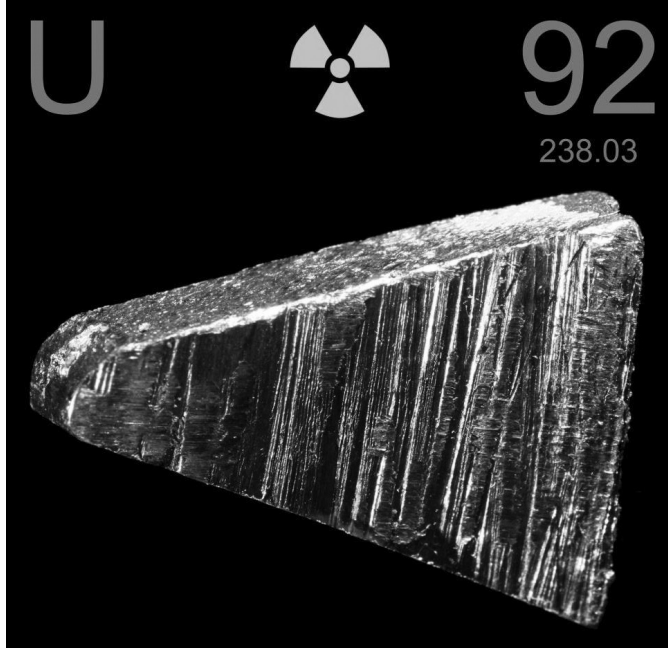


அணுசக்தி அறிவோம் தெளிவோம் ஐசக் அஸிமோவ்

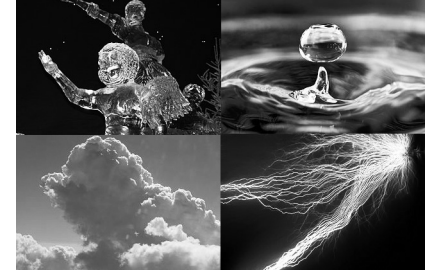


தமிழில்

.....
இ.ஹேமபிரபா
பூ.கொ.சரவணன்
நா.இரா.கௌதம்
சூ.அருண்குமார்
வ.விஷ்ணு

1. எலக்ட்ரான்கள்

விஞ்ஞானிகள் 1800-களில் மிகச்சிறிய பருப்பொருள் என்று அணுவையே எண்ணிக்கொண்டு இருந்தார்கள். ஒவ்வொரு அணுவும் தரமான நுண்ணோக்கியால் பார்த்தால் மட்டுமே தெரியக்கூடிய அளவுக்கு மிக சிறியதாக இருந்தது. நூற்றுக்கும் மேற்பட்ட அணு வகைகள் இருந்தன. ஒரு அணு அதே பண்புள்ள இன்னொரு அணுவோடு சேரும்போது ஒரு தனிமம் கிடைக்கிறது. இரும்பு இரும்பு அணுக்களால் ஆனது. கந்தகத்தில் கந்தக அணுக்கள் உள்ளன. ஆக்ஸிஜன் ஆக்ஸிஜன் அணுக்களால் ஆனது. இரும்பு, கந்தகம் மற்றும் ஆக்ஸிஜன் ஆகியவை தனிமங்களுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள்.



பருப்பொருளின் நான்கு முக்கிய அடிப்படைக் காரணிகள்

மின்சாரம் என்பது தனிமத்தில் சேராது என்று தெரிந்தது. அது திட மற்றும் திரவப்பொருள்களின் வழியாக பாய்கிற ஒன்று. அது கம்பிகளின் வழியாக பாய்ந்து ஒளிர மற்றும் இயந்திரங்களை இயங்க வைக்க முடியும். அறிவியல் அறிஞர்கள் மின்சாரம் எதனால் ஆனது என்று யோசித்துக்கொண்டு இருந்தார்கள். மின்சாரம் அணுக்களால் ஆனதில்லை என்று தெரிந்தது. பின் அது எதனால் ஆனது என்று குழம்பினார்கள்.

கம்பிகளின் வழியாக ஓடிக்கொண்டு இருந்த மின்சாரத்தை எடுத்து ஆய்வு செய்தால் அதை சுலபமாக ஆய்வு செய்யமுடியும் என்று தோன்றியது. காற்றில் மின்சாரத்தை பாய்ச்சினால் ஒரு வெளிச்சமான பொறி ஏற்பட்டது. ஆனால், பொறிகள் வெகுநேரம் நீடிப்பதில்லை

என்பதால் ஆய்வு செய்வது கடினமாக இருந்தது. கூடவே, மின்சாரப்பொறிகளில் வெவ்வேறு அணுக்கள் கலந்திருக்கும் என்பதும் அதை தவிர்க்க இன்னொரு காரணம்.

மின்சாரத்தை எதுவுமே இல்லாத ஏன் காற்று கூட இல்லாத வெற்றிடத்தில் செலுத்த முயல்வோம். அப்படி செய்ய ஒரு குழாயில் இருக்கும் காற்றை முழுவதும் பம்பு செய்து வெளியேற்ற வேண்டும்.

மேலும் இரண்டு உலோக தட்டுகள் இரு வேறு இடங்களில் அந்த குழாயில் இருக்க வேண்டும். இப்படி இருவேறு இடங்களில் தட்டுகளை வைப்பதன் மூலம் மின்சாரத்தை இன்னொரு இடத்துக்கு செலுத்த முடியும்.

இப்படிப்பட்ட வெற்றிடக் குழாய்களை 1955-ல் ஜெர்மன் கண்டுபிடிப்பாளர் ஹென்ரிச் ஜெய்ஸ்லர் உருவாக்கினார். விஞ்ஞானிகள் வெவ்வேறு மின்சார அலைகளை வெற்றிடத்தில் செலுத்தி ஆய்வுகள் செய்தார்கள். அப்படி அவர்கள் சோதித்தபோது நேரான கோட்டில் அது பயணிப்பதை கண்டார்கள். அதை கதிர்வீச்சு என்று அழைத்தார்கள். மெலிதான ஒளிர்வுகள் மூலம் கதிர்வீச்சுகளை உணர முடிந்தது. கண்ணாடியின் மீது அந்த கதிர்வீச்சு மோதியபோது இன்னும் பிரகாசமாக ஒளிர்ந்தது.

1876-ல் ஜெர்மானிய விஞ்ஞானி யுகன் கோல்ட்ஸ்லீன் இந்த கதிர்கள் கேதோட் என அழைக்கப்பட்ட தட்டில் இருந்து எழும்புவதை கண்டறிந்தார். அதை அவர் கேதோட் கதிர்கள் என்று அழைத்தார்.

சிலர் கேதோட் கதிர்களை ஒரு வகையான ஒளி என்று நம்பினார்கள். ஒளியும் குறிப்பிட்ட நீளம் கொண்ட குட்டி குட்டி அலைகளால் ஆனது. கேதோட் அலைகளும் இதே மாதிரியான குட்டி குட்டி அலைகளால் ஆனது. ஆனால் அவற்றின் நீளம் சற்றே மாறுபடுகிறது.

அதே சமயம் வெற்றிட குழாய் அருகில் காந்தத்தை கொண்டு வந்தால் கேதோட் அலைகளின் பாதை வளைந்து செல்கிறது. ஒளியானது அப்படி நடந்து கொள்வதில்லை. காந்தம் இருந்தாலும் இல்லை என்றாலும் ஒளி வளைவதில்லை.

ஜீன் பாப்டிஸ்ட் பெர்ரின் என்கிற பிரெஞ்சு விஞ்ஞானி 1895-ல் கேதோட் அலைகள் மின்னேற்றம் கொண்டிருப்பதாக காண்பித்தார். அதனாலேயே அது காந்தம் அருகில் வந்த பொழுது வளைகிறது என்று அவர் முடிவு செய்தார். குட்டி குட்டி கருப்பொருள்கள் மின்னேற்றம் தாங்கி பயணிக்க முடியும், அது ஒளியால் முடியாது. ஆகவே கேதோட் அலைகள் மின்னேற்றம் கொண்ட துகள்களால் ஆனது என்று பெர்ரின் முடிவு செய்தார்.

1897-ல் ஆங்கில விஞ்ஞானி ஜோசப் ஜான் தாம்சன் இந்த கேதோட் அலைகளின் வளைந்த பாதை பற்றி படித்தார். காந்த இழுப்பின் ஆற்றல், எவ்வளவு தூரம் வளைகிறது ஆகியவற்றைக் கொண்டு அந்த குட்டி துகள்களின் அளவை அவர் கணக்கிட முடிந்தது. அவரே ஆச்சரியப்படும் வகையில் கேதோட் அலை கதிர்கள் அணுவை விட சிறியதாக 1/1800 என்கிற அளவில் இருந்தன என்பது அவரின் ஆய்வில் தெரிந்தது.

அவை அணுவை விட சிறியதாக இருந்ததால் அவர் அவற்றை துணை அணுத்துகள்கள் என்று அழைத்தார். அவற்றை தாம்சன் மின்சாரத்தை தாங்கி பயணித்ததால் எலெக்ட்ரான்கள் என்று அழைத்தார். அறிவியல் அறிஞர்களுக்கு இரண்டு வகையான துகள்கள் இருப்பது தெரிந்தது. மிகச்சிறிய அணுக்கள் மற்றும் அதைவிட சிறிய மின்சாரத்தால் ஆன எலெக்ட்ரான்கள். இவை இரண்டுக்கும் ஏதேனும் தொடர்பு இருக்கிறதா? இதற்கான

பதில் தொடர்ந்து நடந்த கேதோட் கதிர்கள் பற்றிய ஆய்வுகளில் தெரிய வந்தது.

1895-ல் ஜெர்மானிய விஞ்ஞானி வில்ஹெம் கொன்ராட் ரான்ட்ஜன் கேதோட் கதிர்கள் பொருளைத்தாக்குகிற போது ஒரு புதுவகையான கதிர்வீச்சு உருவாவதை கண்டார். இந்த புது கதிர்வீச்சு புகைப்பட தட்டுக்களை கருமையாக்குவதும் சில வேதிப்பொருட்களை ஒளிர வைப்பதையும் கண்டார். அந்தப் பொருட்கள் அல்லது புகைப்படத்தட்டை அட்டைக்கு அல்லது மரக்கட்டைக்கு பின்னால் வைத்தாலும் அவற்றை இந்த கதிர்கள் ஒளிர வைப்பதை கண்டார். அந்தக் கதிர்வீச்சுகள் திடப்பொருள்களை கடந்து பயணிக்கிறது என்று அவருக்கு புரிந்தது.

ரான்ட்ஜனுக்கு அந்த கதிர்வீச்சு என்ன பண்பு கொண்டது என்று தெரியவில்லை. ஆகவே, அதை எக்ஸ் என்று தெரியாத ஒன்றை குறிக்க பயன்படும் கணித குறியீட்டின் நினைவாக எக்ஸ் கதிர்கள் என்று அழைத்தார். பின்னர் எக்ஸ் கதிர்கள் ஒளியை விட குறைவான நீளம் கொண்ட ஒரே மாதிரி கதிர்களால் ஆனது என்று தெரிந்தது.

அவருக்கு பின்னர் பலரும் எக்ஸ் - கதிர்களை வேறெங்கேனும் கண்டறிய முடியுமா என்கிற தேடலில் இறங்கினார்கள்.

அந்தோனி ஹென்றி பெக்கோரல் எனும் பிரெஞ்சு விஞ்ஞானி யூரேனியம் என்கிற அணுக்கள் கொண்ட தனிமத்தில் பணியாற்றிக்கொண்டு இருந்தார். அதன் மீது சூரிய ஒளி பட்டால் அது ஒளிர்வதை கண்டார். அந்த ஒளிர்வலுக்கு சூரிய ஒளி காரணமோ என அவர் யோசித்தார்.

அந்த தனிமத்தை வெயிலில் வைத்தார். பின்னர் அதை கறுப்புத்தாளில் சுற்றி புகைப்படத்தட்டுக்கு அருகில்

இருட்டில் வைத்தார். அது இயல்பான வெளிச்சத்தால் ஒளிர்ந்து இருந்தால் கறுப்புத்தாளை தாண்டி அது புகாது. மேலும் புகைப்படத்தட்டு பாதிக்கப்படாது. அது எக்ஸ்-கதிர்கள் கொண்டிருக்கும் என்றால் தாளை கடந்து புகைப்படத்தட்டில் மாற்றங்களை உண்டு செய்து அவற்றை கருப்பாக்கும் என்று காத்திருந்தார்.

தட்டு கருமையாக ஆகியிருந்தது. பெக்கோரல் எக்ஸ்-கதிர்கள் தான் இந்த மாற்றத்துக்கு காரணம் என்று எண்ணினார். அடுத்த நாள் அதை உறுதி செய்துகொள்ள அவர் விரும்பினார். ஆனால், அடுத்த நாள் மேகமூட்டமாக போய் விட்டது. மேலும் பல நாட்களுக்கு அதுவே தொடர்ந்தது. அவர் அந்த தனிமத்தை கறுப்புத்தாளில் சுற்றி சூரிய ஒளிக்காக பல நாட்கள் காத்திருக்க ஆரம்பித்தார்.

சூரியன் வராமல் போகவே சலித்துப்போய் புகைப்பட தட்டில் முதல் நாள் ஏற்பட்ட மாற்றத்தின் அடையாளங்கள் கொஞ்சமாவது இருக்கிறதா என்று பார்ப்போம் என்று அதை பெரிதாக்கி பார்த்தார். தட்டு மேலும் கருப்பாகி இருந்தது. சூரிய வெளிச்சம் இல்லாமலே அந்த தனிமம் கதிர்வீச்சை வெளிப்படுத்திக்கொண்டு இருந்தது. மேலும் ஆய்வுகள் அந்த தனிமம் எப்போதும் கதிர்வீச்சை வெளியிட்டுக்கொண்டு இருந்தது என்பதை அறிய செய்தது.

போலிஷ்-பிரெஞ்சு விஞ்ஞானியான மேரி க்யூரி 1898-ல் யூரேனியம் அணுவே இந்த கதிர்வீச்சுக்கு காரணம் என்பதை நிரூபித்தார். அவர் யூரேனியத்தை கதிர்வீச்சுள்ள தனிமம் என்று அழைத்தார். அதே போல தோரியத்தின் அணுக்களும் கதிர்வீச்சு தன்மை கொண்டிருப்பதையும் அவர் காட்டினார்.

இந்த இரண்டு தனிமங்களும் மூன்று வகையான கதிர்வீச்சுக்களை தந்தன. காந்தம் இருந்தபோது சில

கதிர்வீச்சுகள் ஒரு திசையில் சென்றன. இன்னொன்று வேறொரு திசையில் இன்னமும் பெரிதாக விலகி பயணித்தது. இன்னும் ஒரு வகை கதிர்வீச்சு தனிமத்தை சுற்றியே காந்தம் இல்லாதது போல் விலகாமல் நேராக வெளிப்பட்டது.

நியூசிலாந்து விஞ்ஞானி எர்னெஸ்ட் ரூதர்போர்ட் இந்த மூன்று கதிர்வீச்சுகளையும் கிரேக்கத்தின் முதல் மூன்று எழுத்துக்களால் பெயரிட்டார். முதல் திசையில் பயணித்த கதிர்களை ஆல்பா கதிர்கள் என்றும், இன்னொரு திசையில் விலகியவற்றை பீட்டா கதிர்கள் என்றும், நேராக பயணித்தவற்றை காமா கதிர்கள் என்றும் அவர் அழைத்தார்.

காமா கதிர்கள் வளையாமல் பயணித்ததால் அவை எக்ஸ்-கதிர்களை ஒத்திருக்க வேண்டும் என்று நினைத்தார்கள். காமா கதிர்கள் எக்ஸ் கதிர்கள் போலவே இருந்தன என்பது உண்மை. அதே சமயம் அவை எக்ஸ் கதிர்களை விட நீளம் குறைவானதாக இருந்தன.

பீட்டா கதிர்கள் காந்தத்துக்கு அருகில் வளைவதால் அவற்றை மின்னேற்றம் மிகுந்த பீட்டா துகள்களால் ஆனது என்று கருதினர். பாதை மிகவும் வளைந்து தோன்ற காரணம் பீட்டா துகள்கள் மிகவும் குறைவான எடை கொண்டிருந்ததே ஆகும். பெக்கோரல் 1900-ல் பீட்டா கதிர்கள் எலெக்ட்ரான்களால் ஆனது. ஆகவே அவை எடை குறைவானதாக இருக்கிறது என்று நிரூபித்தார்.

இப்பொழுது இன்னமும் குழப்பமாக இருந்தது. எலெக்ட்ரான்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபோது அவை மின்சாரத்தின் துகள்கள் என்று தோன்றியது. இப்பொழுது அவை தோரியம் மற்றும் யுரேனியம் அணுக்கள் ஆகியவற்றில் இருந்து வருவது போல தெரிந்தது.

ஆனால், அணுக்களில் மின்சாரம் இருப்பது என்று அறியப்படவில்லை. பின் எலெக்ட்ரான்கள் அங்கே என்ன செய்து கொண்டிருக்கின்றன ?

அப்போதைக்கு தெரிந்த வரையில் யுரேனியம் மற்றும் தோரியம் மிகுந்த எடை மிகுந்த அணுக்கள். ஏதோ ஒன்று அவற்றை மற்றவற்றில் இருந்து தனிமைப்படுத்தியும், சிறப்பாக்கியும் காட்டியது.

1899-ல் தாம்சன் புற ஊதாக்கதிர்களோடு பணியாற்றிக்கொண்டு இருந்தார். இவை ஒளியை விட சற்றே குறைவான நீளம் கொண்டவை. உலோக தனிமங்களின் மேற்பகுதியில் புற ஊதாக்கதிர் எப்படிப்பட்ட தாக்கத்தை உண்டாக்குகிறது என்று அவர் ஆய்வு செய்தார்.

எந்த வகையான ஒளி அலையாக இருந்தாலும் அதன் நீளம் குறைவாக இருக்கிற பொழுது அதன் ஆற்றல் அதிகமாக இருக்கும். சாதாரண ஒளியை விட அதிக வலிமையோடு உலோகங்களின் மேற்பரப்பை புற ஊதாக்கதிர்கள் தாக்கின.

சாதாரண ஒளி உலோக மேற்பரப்பில் ஒளிர்கிறபோது பெரிதாக எந்த மாற்றமும் நிகழவில்லை. அதே சமயம் புற ஊதாக்கதிர்கள் உலோகத்தை தாக்கும்போது சிலவற்றை அது உலோகத்தை விட்டு வெளியேற்றியது. தாம்சன் அப்படி வெளியே தள்ளப்பட்டவை எலெக்ட்ரான்கள் என்று கண்டறிந்தார். இதை அவர் ஒளிமின் விளைவு (Photo Electric Effect) என்று அழைத்தார். Photo என்கிற கிரேக்க சொல்லுக்கு ஒளி என்று பொருள். ஒளிமின் விளைவை மேலும் கவனித்த பொழுது எந்த கருப்பொருளில் இருந்தும் எலெக்ட்ரான்களை பலமாக மோதினால் வெளியேற்ற முடியும் என்று தோன்றியது.

எல்லாப் பொருட்களும் அணுக்களால் ஆனவை என்று தெரியும். எலெக்ட்ரான்களும் அதே போன்ற

பொருட்களில் இருந்து வருவதால் அவையும் அணுவில் இருந்தே வந்திருக்க வேண்டும். ஆகவே, அணுவை விட சிறிய எலெக்ட்ரான்கள் அதனுள் இருந்தது.

இவ்வாறே மின்சாரம் பாய்கிறது. எலெக்ட்ரான்கள் அணுவை விட்டு வெளியேற்றப்பட்டு பொருளின் வழியாக அனுப்பப்படுகின்றன. ஆகவே, பொருளுக்கும் மின்சாரத்துக்கும் இடையே தொடர்பு உள்ளது.

தாம்சன் தான் முதன்முதலில் அணு எப்படி இருக்கும் என்று அறிய முற்பட்டார். அவர் எலெக்ட்ரான்களை கண்டறிந்த பின்னர் அவை அணுவானது எப்படி கேக்கில் முந்திரி பருப்புகள் சொருகப்பட்டு இருக்குமோ அதே போல எலெக்ட்ரான்கள் அமைந்திருக்கின்றன என்று எண்ணினார்.

அது சுவையான எண்ணம். ஆனால் தவறானது.

2. அணு உட்கரு

தாம்சனின் திட்டத்தில் இருந்த ஒரு சிக்கல் அவர் ஆல்பா கதிர்களை கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளவில்லை என்பதாகும். ஆல்பா கதிர்களின் பாதை காந்தம் இருக்கிற பொழுது சற்றே வளைந்து சென்றது. ஆகவே, இவற்றில் பறக்கிற மின்னேற்றம் கொண்ட துகள்கள் இருப்பது தெரிந்தது. இப்படி காந்தத்தால் குறைந்த அளவே விலக்கப்பட்டதால் எலெக்ட்ரான்களில் இருக்கும் மின்னேற்றத்தை விட மிகக்குறைவான மின்னேற்றத்தை ஆல்பா துகள்கள் கொண்டிருந்தனவா என்கிற கேள்வி எழும்பியது.

இல்லை என்கிற பதிலே கவனமான ஆய்வுக்கு பின்னர் தெரிந்தது. ஆல்பா துகளில் எலெக்ட்ரானை போல இரு மடங்கு மின்னேற்றம் இருந்தது. அதே சமயம் எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்றத்துக்கு எதிரான பண்புகளைக் கொண்டதாகவும் இருந்தது. எனவே எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்றம் -1 என்றும், ஆல்பா துகளின் மின்னேற்றம் அதைப்போல இரு மடங்கு இருந்ததால் +2 என்றும் குறிக்கப்பட்டது.

ஆல்பா துகள் எலெக்ட்ரானை விட அதிக மின்னேற்றம் கொண்டிருந்ததாலும் ஏன் அது எலெக்ட்ரானை விட அதிகமான விலகலுக்கு காந்தத்தால் உள்ளாகவில்லை என்கிற கேள்வி எழுந்தது. ஆல்பா துகள் எலெக்ட்ரானை விட அதிக எடையுள்ளதாக இருக்க வேண்டும் என்று புரிந்தது. அந்த அதிக எடை அதை நேரான பாதையில் இழுப்பதற்கு தடையாக இருந்தது. உண்மையில் ஆல்பா துகள் எலெக்ட்ரான் போல 7,000 மடங்கு அதிக நிறை கொண்டதாக இருந்தது.

இது ஆல்பா துகளை ஹைட்ரஜன் அணுவைப் போல நான்கு மடங்கு நிறை கொண்டதாக ஆக்கியது. ஆக, ஆல்பா துகள் ஹீலியம் அணு அளவுக்கே நிறை கொண்டதாக இருந்தது.

அணு அளவுக்கு நிறை கொண்டதாக ஆல்பா துகள்கள் இருக்கலாம். ஆனால், இயல்பான பொருளின் வழியாக எந்த சிக்கலும் இல்லாமல் ஆல்பா துகள்கள் பயணித்ததால் அவை அணுவை விட அளவில் சிறியவையாக இருக்க வேண்டும்.

1906-ல் ரூதர்போர்ட் ஒரு மூடிய குடுவையில் ஆல்பா துகள்களை கைப்பற்றினார். தொடர்ந்து முயன்றபோது நிறைய ஆல்பா துகள்கள் சேர்ந்ததை அவர் உணர்ந்தார். அவை ஹீலியமாக மாறியதையும் கண்டார் அதற்கு முன் குடுவையில் இல்லாத ஹீலியம், ஆல்பா கதிர்கள் இணைவதால் ஏற்பட்டன என்பதை அவர் கண்டார்.

ஆல்பா துகள்கள் ஹீலியமாக மாறிய பின்னர் அவை துணை அணுத்துகள்களாக இல்லை. அவை அணுவாக மாறியிருந்தன. ஆனாலும், அவற்றின் நிறை மாறவில்லை. உண்மையில் எலெக்ட்ரான்கள் சேர்ந்திருந்தன. ஆனால், எலெக்ட்ரான்கள் சேர்ந்தாலும் அவற்றின் நிறை மிகக்குறைவு என்பதால் பெரிய மாற்றம் நிகழவில்லை.

இன்னொரு வகையான ஆய்வில் ரூதர்போர்ட் ஈடுபட்டார். அவர் ஆல்பா கதிர்களை கதிர்வீச்சு தனிமங்களில் இருந்து மெல்லிய தங்க இழை தாளின் மீது செலுத்தினார். ஆல்பா கதிர்கள் எந்த சிக்கலும் இல்லாமல் கடந்து வெளியேறின. தங்க தாளுக்கு அடுத்து வைக்கப்பட்டு இருந்த புகைப்படத்தட்டை இயல்பாக அவை எந்த திசையில் தாக்குமோ அப்படியே இப்பொழுதும் தாக்கி கருமையாக ஆக்கின.

எப்பொழுதாவது சில ஆல்பா துகள்கள் மட்டும் கொஞ்சம் குதித்து வேறொரு பகுதியை தாக்கி பெரிதும் கருமையாக்கின.

ஆகவே, ரூதர்போர்ட் 1909-ல் அணுக்கள் ஏகப்பட்ட வெற்றிடத்தை கொண்டிருக்கின்றன என்றும் அவை எலெக்ட்ரான் மேகங்களால் ஆகியிருக்கின்றன. அவை

எடையற்றதாக இருப்பதால் அவற்றின் ஊடாக ஆல்பா துகள் சூலபமாக கடந்து சென்றன என்றார்.

எனினும் அணுவின் மையத்தில் சிறிய ஆனால், அதிக நிறை கொண்ட அணு உட்கரு இருந்தது. அவை மிகச் சிறியதாக இருந்ததால் ஆல்பா துகள்கள் ரூதர்போர்ட் ஆய்வில் அவற்றை பெரும்பாலும் தொடவே இல்லை. அரிதாக அவை அதை தொட்டதும் அவை குதித்து வேறு பாதையில் பயணித்தது. இப்படி ஏற்பட்ட மிகக்குறைவான விலகலின் மூலம் அணு உட்கரு மிகச்சிறியது என்றும் அது ஒரு அணுவில் ஒரு லட்சம் அணு உட்கருக்களை பரப்புக்கிற அளவுக்கு சிறியது என்றும் ரூதர்போர்ட் கண்டறிந்தார்.

ஆல்பா துகள் ஹீலியம் அணுவின் உட்கருவைப்போன்றே பண்புகளைக் கொண்டிருந்தது. அது ஓரிரு எலெக்ட்ரான்களை வெளியில் பெற்று விட்டால் அது சாதாரண ஹீலியம் அணுவாக மாறிவிடுகிறது.

வெவ்வேறு வகையான அணுக்கள் எப்படி வெவ்வேறு அளவிலான மின்னேற்றம் கொண்டிருக்கின்றன என்பது முதன் முதலில் ஆங்கிலேயே அறிவியல் அறிஞரான ஹென்றி ஜெபிரிஸ் மோஸ்லே அவர்களால் 1914-ல் காட்டப்பட்டது. உதாரணமாக ஹைட்ரஜன் உட்கருவில் +1 என்கிற மின்னேற்றம் உள்ளது. அதன் உட்கருவுக்கு வெளியே ஒரு எலெக்ட்ரான் -1 என்கிற மின்னேற்றம் கொண்டுள்ளது. இரண்டும் ஒன்றை ஒன்று சரி செய்து கொள்வதால் அணுவுக்கு ஒட்டுமொத்தமாக எந்த மின்னேற்றமும் இல்லை.

இது போலவே ஹீலியத்தில் உட்கருவில் +2 மின்னேற்றமும், இரண்டு எலெக்ட்ரான்களில் -2 மின்னேற்றமும் சமமாக உள்ளன. இது போலவே கார்பனின் உட்கருவில் +6 மின்னேற்றமும் வெளியே ஆறு எலெக்ட்ரான்களும் அமைந்திருக்கும். ஆக்ஸிஜனின் உட்கருவில் +8 மின்னேற்றமும், வெளியே எட்டு எலெக்ட்ரான்களும் உள்ளன.

அதே போல இரும்பு உட்கருவில் +26 மின்னேற்றமும் வெளியே 26 எலெக்ட்ரான்களும் இருக்கும் (-26). யூரேனியத்தின் உட்கருவில் +92 மின்னேற்றமும் வெளியே 92 எலெக்ட்ரான்களும் (-92) இருக்கின்றன.

உட்கருவின் மின்னேற்ற அளவையே அணு எண்பார்கள். ஆகவே ஹைட்ரஜன், ஹீலியம், கார்பன், ஆக்ஸிஜன், இரும்பு, யுரேனியம் முறையே 1,2,8,26,92 ஆகியவற்றை அணு எண்ணாக கொண்டிருக்கின்றன. இதுவரை 105 தனிமங்கள் வெவ்வேறு அணு எண்களோடு கண்டறியப்பட்டுள்ளன.

1914 வாக்கில் அணுக்கருவில் எலெக்ட்ரான் மேகங்கள் இருப்பது புலப்பட்டது. அதே சமயம் அணு உட்கரு இத்தனை சிறியதாக இருப்பதால் அது ஒரே ஒரு துகளாக இருக்கலாமா என்று ஐயமும் எழுந்தது.

ஆனால், யுரேனியம் அணுவின் உட்கரு ஆல்பா துகளை தந்தது. அது ஹீலியம் உட்கருவாகும். இதே போல வெவ்வேறு உட்கருக்கள் வெவ்வேறு சிறு பகுதிகளை தந்தன. ஆகவே அணு உட்கருவில் இன்னமும் சிறிய பகுதிகள் இருக்கின்றன என்று உறுதியானது.

ஹைட்ரஜனை மிகச்சிறிய உட்கருவான +1 மின்னேற்றத்தை எலெக்ட்ரானின் அளவோடு கொண்டிருந்தது. ரூதர்போர்ட் இதைவிட சிறிய மின்னேற்றம் இருக்க முடியாது என்று முடிவு செய்து ஹைட்ரஜன் உட்கருவுக்கு புரோட்டான் என்று பெயர் சூட்டினார்.

ஒவ்வொரு அணுக்கருவிலும் புரோட்டான்கள் இருக்கும் என எதிர்பார்க்கப்பட்டது. ஒவ்வொன்றிலும் ஒரு நேர் மின்னேற்றம் இருக்கும் என்றும் எண்ணப்பட்டது.

ஆகவே ஹீலியம், கார்பன், இரும்பு, யுரேனியம் உட்கருக்களில் முறையே 2,8,26,92 புரோட்டான்கள் இருக்கும் என்று எண்ணப்பட்டது.

ஆனால், இந்த பரிந்துரை எல்லா தகவல்களோடும் ஒத்துப்போகவில்லை. ஹீலியத்தின் மின்னேற்றம் +2 ஆக இருந்தது. ஆகவே, அதில் இரண்டு புரோட்டான்கள் இருக்க வேண்டும். அவை மட்டும் இருந்தால் ஹீலியத்தின் நிறை ஹைட்ரஜனின் நிறையைப்போல இருமடங்காக இருக்க வேண்டும். ஆனால், அதுவோ நான்கு மடங்காக உள்ளது. அதே போல ஹீலியத்தில் 92 புரோட்டான்கள் இருந்தாலும் அதன் நிறை ஹைட்ரஜனின் நிறையைப்போல 238 மடங்கு அதிகமாக இருந்தது.

இந்த கூடுதல் நிறை ஏன் இருக்கிறது என்பதை கண்டறிய விஞ்ஞானிகள் தொடர்ந்து முயன்றார்கள். 1932-ல் இங்கிலாந்து அறிவியல் அறிஞர் ஜேம்ஸ் சாட்விக் இதற்கு பதில் கண்டறிந்தார்.

விஞ்ஞானிகள் புரோட்டான் மற்றும் எலெக்ட்ரான் அலைகளை கண்டறியும் முறைகளை உருவாக்கினார்கள். அவை இந்த துகள்களின் மின்னேற்றத்தை கொண்டு சிறிய நீர்த்துளிகளை மேக அறைகள் என்கிற சிறப்பு கருவியில் உருவாக்கி அவற்றின் பாதையை காண்பித்தனர்.

ஆனால், ஆல்பா துகள்கள் பெரில்லியம் அணு உட்கருவை தாக்கிய பொழுது எழுந்த கதிர்வீச்சு எந்த நீர் துளிகளும் உருவாகவில்லை, அதே சமயம் ஏதோ ஒன்று வெளியேறுகிறது என்பது அதற்கு அடுத்து இருந்த பாராபினில் இருந்து புரோட்டான்கள் தள்ளப்பட்டதால் புரிந்தது. அந்த கதிர்வீச்சு உண்டாக காரணமானது எலெக்ட்ரானை விட பெரிதாக இருந்தால் மட்டுமே புரோட்டானை வெளியே தள்ள முடியும். அதே சமயம் அது எந்த மின்னேற்றதையும் கொண்டிருக்கவில்லை. ஆகவே, அது நியூட்ரான் என்கிற இன்னொரு துகள் என்றார் சாட்விக். இவை புரோட்டான் அளவு எடையும் அதே சமயம் எந்த மின்னேற்றமும் இல்லாமல் அமைந்திருந்தன.

இந்த கண்டுபிடிப்பு அணு உட்கரு பற்றிய சிக்கலை தீர்த்தது. அணு உட்கருவில் புரோட்டான் மற்றும்

நியூட்ரான் இரண்டும் இருந்தன. ஹீலியம் உட்கருவில் இரண்டு புரோட்டான் மற்றும் இரண்டு நியூட்ரான்கள் இருந்தன. அது அதற்கு +2 என்கிற மின்னேற்றம் தந்தது. அதே சமயம் ஹைட்ரஜனை விட நிறை நான்கு மடங்கு அதிகமாக இருந்தது.

இந்த உண்மை ஹைட்ரஜன் என்கிற ஒற்றை புரோட்டான் மட்டும் கொண்ட உட்கருவைக்கொண்டிருந்த அணுவைத்தவிர மற்ற எல்லாவற்றுக்கும் பொருந்தியது. யூரேனியம், 92 புரோட்டான்களையும் மற்றும் 146 நியூட்ரான்களையும் கொண்டிருந்தது. ஆகவே அதன் மின்னேற்றம் மற்றும் அதன் நிறை புரோட்டானின் நிறையைப் போல பல மடங்கு இருந்தது.

ஒவ்வொரு அணு உட்கருவும் ஒரே வகையான புரோட்டான்களே கொண்டிருந்தன. ஆனால், சமயங்களில் அவற்றின் நியூட்ரான் எண்ணிக்கைகள் மாறுபடுகிறது. யூரேனியம் அணு உட்கருவில் சில சமயம் 92 புரோட்டான்கள் மற்றும் 143 நியூட்ரான்கள் அமைந்திருந்தன. இப்பொழுதும் மின்னேற்றம் அதுவே தான். ஆனால், நிறை ஆனது 92 + 143 அல்லது 235 என்று இருந்தது.

ஒரே அளவான புரோட்டான்கள் மற்றும் வெவ்வேறு நியூட்ரான் எண்ணிக்கைகள் கொண்ட தனிமங்களை ஐசோடோப்கள் என்று அழைத்தார்கள். 92 புரோட்டான்கள் மற்றும் 146 நியூட்ரான்கள் கொண்ட யூரேனியத்தை “Uranium-238” என்றும் மற்றும் 92 புரோட்டான்கள் மற்றும் 143 நியூட்ரான்களை “Uranium-235” என்றும் அழைத்தார்கள்.

ஐசோடோப்கள் ஒரே அளவில் இருக்க வேண்டும் என்று அவசியமில்லை. ஒன்று அதிகமாகவும் இன்னொன்று அரிதிலும் அரிதாகவும் கிடைக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக ஒவ்வொரு ஆயிரம் யூரேனிய அணுக்களுக்கு 993 Uranium-238 ஆகவும், வெறும் ஏழு யூரேனிய அணுக்களுக்கு மட்டும் “Uranium-235” ஆக உள்ளது.

3. அணு ஆற்றல்

யூரேனியம் மாதிரியான கதிர்வீச்சு பண்பு கொண்ட தனிமங்கள் உருவாக்கும் கதிர்வீச்சுக்கள் அதிக ஆற்றல் கொண்டிருந்தன. காமா கதிர்கள் ஒளியை விட மிக அதிக ஆற்றல் கொண்டவையாக இருந்தன. ஆல்பா மற்றும் பீட்டா துகள்கள் நொடிக்கு பல மைல் வேகத்தில் பயணிப்பதால் அவை அதிக ஆற்றல் கொண்டவையாகவும் இருக்கின்றன.

முதன்முதலில் கதிர்வீச்சு தன்மை கொண்ட தனிமங்களின் ஆற்றலை நிர்ணயிக்க முயன்றவர் மேரி க்யூரியின் கணவரான பியரி க்யூரி அவர்கள் தான். அவர் ரேடியம் என்கிற தனிமத்தின் ஆற்றலை தானும் தன் மனைவியும் கண்டுபிடித்ததை மூன்று வருடங்கள் கழித்துதான் உறுதியாகத் தீர்மானித்தார்.

மிகச்சிறிய அளவு ரேடியம் மட்டுமே இருந்தது. அதே சமயம் அவற்றின் ஒரு அவுன்ஸ் அளவை ஒரே இடத்தில் வைத்தால் அவை தரும் ஆற்றல் ஒரு மணிநேரத்துக்கு நான்காயிரம் கலோரிகள் என்கிற அளவில் இருந்தது.

இது குறைந்த ஆற்றல் போல தோன்றலாம். ஒரு அவுன்ஸ் பெட்ரோலை எரித்தால் அது 3,25,000 கலோரிகள் (கிட்டத்தட்ட எண்பது மடங்கு அதிக ஆற்றல்) உருவாக்கப்பட்டது. ஆனால், அது ஒருமுறை மட்டுமே அப்படி ஆற்றலைத் தந்தது. ரேடியமோ தொடர்ந்து ஆற்றலை தந்துகொண்டு இருந்தது.

அடுத்த ஒரு மணிநேரத்தில் அது ஆயிரம் கலோரி ஆற்றலை தந்தது. இன்னுமொரு மணிநேரத்தில் அதே அளவு ஆற்றலைத் தந்தது. 80 மணிநேரத்துக்கு பின்னர் பெட்ரோல் தரும் அதே அளவு ஆற்றலைத் தந்தது.

800 மணிநேரத்துக்கு பின்னர் பத்து மடங்கு அதிக ஆற்றலையும் 8000 மணிநேரத்துக்கு பின்னர் நூறு மடங்கு அதிக ஆற்றலையும் தந்தது.

உண்மையில் ரேடியம் தரும் ஆற்றல் காலத்தோடு குறைந்து கொண்டே வருகிறது. அதே சமயம் அதன் ஆற்றல் ஆரம்பத்தின் பாதியை அடைய 1,620 வருடங்கள் ஆகிறது. அப்படி ரேடியம் கதிர்வீச்சு தருவதை நிறுத்துவதற்குள் அது பெட்ரோலை போல 2.5 லட்சம் மடங்கு ஆற்றலை தந்திருக்கும்.

இவ்வளவு ஆற்றல் எங்கிருந்து வந்தது? 1840-களில் அறிவியல் அறிஞர்கள் ஆற்றல் எங்கிருந்து வருகிறதோ அதுவே கதிர்வீச்சுக்கான ஆற்றல் என்பதில் உறுதியாக இருந்தார்கள்.

வேதிப்பொருட்கள் இணைகிற பொழுது ஏற்படுகிற ஆற்றல் பற்றி அவர்கள் தெளிவாக அறிந்திருந்தார்கள். எடுத்துக்காட்டாக மரக்கட்டை அல்லது நிலக்கரி அல்லது பெட்ரோல் எரிகிற பொழுது கார்பன், ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் காற்றில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் அணுக்களோடு கலந்து எரிந்து ஆற்றலை உற்பத்தி செய்தன. இப்படி ஏற்படும் இணைவை வேதி வினை என்றும் அதில் உண்டாகும் ஆற்றலை வேதி ஆற்றல் என்றும் அழைத்தார்கள்.

எப்படி அணு கட்டமைக்கப்பட்டு இருக்கிறது என்பதை அவர்கள் ஓரளவுக்கு உணர்ந்த பொழுது வேதி வினைகளின் போது எலெக்ட்ரான்கள் இடம் மாறுவதை அவர்கள் கண்டார்கள். சில எலெக்ட்ரான் கட்டமைப்பு அதிக ஆற்றலை அணு கட்டமைப்பில் தேக்கி வைத்திருந்தது. இன்னும் சிலவற்றில் அது குறைவாக இருந்தது. அதிக ஆற்றல் நிலைகளில் இருந்து குறைந்த ஆற்றல் நிலைகள் நோக்கி நகர்கையில் ஆற்றல் வேறுபாடு ஒளி, வெப்பம் அல்லது வேறு வகையான ஆற்றலாக வெளிப்பட்டது.

இது எலெக்ட்ரானின் தன்மை மட்டுமே. புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்கள் நிலை என்ன? சில புரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரான் அமைப்பில் மிக அதிக ஆற்றல் கட்டி வைக்கப்பட்டு இருந்தது. சிலவற்றில் குறைவாக இருந்தது. இந்த அதிக ஆற்றல் நிலையில் இருந்து குறைந்த ஆற்றல் நிலை நோக்கி பயணிக்கையில் குறை நீள கதிர்வீச்சுகள் அல்லது அதிவேக துகள்கள் வெளிப்பட்டன.

கதிர்வீச்சில் புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்கள் யுரேனியம், தோரியம் மற்றும் ரேடியம் அணு உட்கருக்களில் மாற்றியமைக்கப்பட்டு குறைந்த ஆற்றலை மட்டும் தேக்கி வைக்கிற அளவுக்கு மாறுகின்றன. இதையே அணு வினை என்றும், அதிலிருந்து வெளிப்படும் கூடுதல் ஆற்றல் உட்கரு ஆற்றல் அல்லது அணு ஆற்றல் எனப்பட்டது.

எலெக்ட்ரான்களை விட இந்த இரண்டு துகள்களும் அதிக நிறை கொண்டவை. மேலும் அருகருகே இருப்பதால் அவை எலெக்ட்ரான்களை விட அருகருகேவும் இன்னமும் நெருக்கமாகவும் இணைக்கப்பட்டு உள்ளன. இதனால் தான் பெட்ரோலை எரிக்கிறபோது கிடைக்கிற ஆற்றலை விட மிக அதிக ஆற்றல் கதிர்வீச்சு தன்மையுள்ள தனிமத்தில் இருந்து கிடைக்கிறது.

அதே போல சிறிய தனிமத்தின் உட்கருவை பெரிய தனிமத்தின் உட்கருவை கொண்டு தாக்குகையில் ஆற்றல் வேறுபாடு கதிர்வீச்சு மற்றும் துகள்களாக வெளிப்படும்.

நூறு ஆண்டுகளுக்கு மேலாக விஞ்ஞானிகளை கேள்விக்குள்ளாக்கி கொண்டிருந்த செயல் சூரியன் பல்லாயிரம் வருடங்களாக ஆற்றலை வெளிப்படுத்தி கொண்டே இருக்கிறது. அந்த ஆற்றலின் மூலம் என்ன? இதற்கு ஏற்கும்படியான பதில் முதலில் வரவில்லை.

வானியல் வல்லுனர்கள் சூரியன் பெரும்பாலும் ஹைட்ரஜனால் ஆனது என்பதை கண்டார்கள். 1938-ல்

ஜெர்மன்-அமெரிக்க அறிஞரான ஹான்ஸ் அல்ப்ரேச்ட் பெத்தே நான்கு ஹைட்ரஜன் உட்கருக்கள் இணைந்து ஒரு ஹீலியம் அணு உட்கருவாக மாற முடியும் என்றும் அதன் மூலம் ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது என்றும் நிரூபித்தார். இதன் மூலம் சூரியனில் தொடர்ந்து ஆற்றல் அணு சக்தியின் மூலம் வெளிப்பட்டுக்கொண்டே இருக்கிறது என்று புலப்பட்டது.

அறிவியல் அறிஞர்கள் அணு சக்தியை பற்றியும், அணு உட்கருவில் எத்தகைய ஆற்றல் பொதிந்து இருக்கிறது என்பதையும் உணர்ந்து கொண்டார்கள். இதை மக்கள் பயன்படுத்துமாறு எப்படி மாற்றுவது எனவும் யோசித்தார்கள். எலெக்ட்ரான்களை நகர்த்தி வேதி ஆற்றலை பெற்றுக்கொண்டு இருந்த மக்கள், புரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரான்களை மாற்றி அணு ஆற்றலை பெறலாமா என்று அவர்கள் முயற்சிக்க முடிவு செய்தார்கள்.

சக்தி மனிதனால் பயன்படுத்தப்படுகிறபோது அது ஆற்றல் என அறியப்படுகிறது. மனிதன் எப்படி அணு ஆற்றலை பயன்படுத்திக்கொள்வான் என்கிற கேள்வி எழுந்தது.

எக்கச்சக்க அணு ஆற்றல் இருந்தாலும் அது வெளிவர வெகுகாலம் ஆனது.

மிக சாதாரண கதிர்வீச்சு தனிமங்களான யுரேனியம் மற்றும் தோரியத்தின் ஆற்றல் வெளிவர பல கோடி ஆண்டுகள் ஆகின.

ஆற்றலை வேகமாக வெளியே கொண்டுவருவது அத்தனை சுலபமில்லை. பேப்பரை எரிக்கும் வேதிவினையில் அதை வேகப்படுத்த கரடுமுரடான பகுதியில் தீக்குச்சியை உரசி பற்ற வைக்கும்போது பொறி

வேகமாக எழுகிறது. அதனோடு நைட்ரோகிளிசரின் சேர்கிற பொழுது வெடிப்பு உண்டாகிறது.

எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்புறத்தில் இருக்கின்றன. ஆகவே, அவற்றை வெப்பம் மற்றும் வேறு ஏதேனும் தாக்குதல்கள் மூலம் மாற்றியமைக்க முடிகிறது.

அதே சமயம் உட்கரு அணுவின் மையத்தில் மறைந்திருக்கிறது. அதை சுலபமாக அடைய முடியாது. யுரேனியத்தின் கதிர்வீச்சை நீங்கள் வெப்பம் அல்லது தாக்குதல் அல்லது வேறு வேதிவினைகளாலோ மாற்றிவிட முடியாது. அது தன்னுடைய அணு ஆற்றலை மிக மிக பொறுமையாக வெளிப்படுத்திக்கொண்டே இருக்கிறது.

ஏதேனும் ஒன்று அணுவின் ஊடாக பயணித்து எலெக்ட்ரான்களை கடந்து அணு உட்கருவை தாக்குமா என்று காத்திருந்தார்கள்.

அப்போதைக்கு அறிவியல் அறிஞர்களுக்கு தெரிந்திருந்தது எல்லாம் துணை அணுத்துகள்கள் தான். அதிலும் செயல்திறன் அதிகம் கொண்டதும், கதிர்வீச்சு தனிமங்கள் வெளியிடுவதும் ஆன ஆல்பா துகள் என்று எல்லாருக்கும் தெரியும். அது எலெக்ட்ரானே இல்லாதது போல அணு உட்கருவில் பயணிக்கிற அளவுக்கு நிறை கொண்டிருந்தது.

அணு உட்கருவை ஆல்பா துகள் தாக்கினால் என்னவாகும்?

4. அணு வினைகள்

அணு உட்கருவை முதன்முதலில் திட்டமிட்டு ஆல்பா துகள்களால் தாக்கியவர் ரூதர்போர்ட். அவர் 1919-ல் ஆல்பா துகள்களை நைட்ரஜன் வாயு இருக்கும் கலனுக்குள் வேகமாக செலுத்தினார். எப்பொழுதாவது வேகமாக நகரும் புரோட்டான்களை அவர் காண நேர்ந்தது. அவை எங்கிருந்து வந்தன?

ஆல்பா துகள் எப்பொழுதாவது ஒருமுறை நைட்ரஜன் உட்கருவை தாக்கியது. அப்பொழுது அது ஒரு புரோட்டானை வெளியேற்றியது. அதே சமயம் அது நைட்ரஜன் உட்கருவில் கலந்து விட்டது. இதனால் நைட்ரஜன் உட்கரு ஆக்ஸிஜன் உட்கருவாக எட்டு புரோட்டான்களோடு மாறியது.

இதுவே மனிதனால் செய்யப்பட்ட முதல் அணு வினையாகும். இதுவே ஒரு தனிமம், முதல் முறையாக இன்னொரு தனிமமாக மாற்றப்பட்ட நிகழ்வாகும். இதே போல் ரூதர்போர்டால் அணு வினைகளை மற்ற தனிமங்களோடு ஆல்பா துகள்களால் தாக்கினாலும் உண்டு பண்ண முடியும் என நிரூபித்தார்.

கதிர்வீச்சு தனிமங்களால் உருவாக்கப்பட்ட ஆல்பா துகள்கள் குறைந்த அளவு ஆற்றலே கொண்டிருந்தன. அவை உட்கருவை குறிப்பிட்ட அளவு விசையோடு தாக்கி குறைந்த அணு வினைகளையே உற்பத்தி செய்தன.

துணை அணுத்துகளை வேகமாக பயணிக்க செய்யும் வழிகள் சார்ந்து அறிவியல் அறிஞர்கள் இயங்க ஆரம்பித்தார்கள். அதன் மூலம் அவற்றை வேகமாக பயணிக்க வைத்து இன்னமும் ஆற்றலோடு இடிக்குமாறு செய்ய முயன்றார்கள்.

ஹைட்ரஜனை சூடுபடுத்தினால் அவர்களால் ஒரு எலெக்ட்ரான் அணுவை நீக்கி, ஒரே ஒரு புரோட்டானை மட்டும் பெற முடிந்தது. அந்த புரோட்டானை ஒரு காந்தத்தின் கட்டுப்பாட்டுக்கு கொண்டு வர முடிந்தது.

ஒரு ஒழுங்காக அமைக்கப்பட்ட காந்தத்தால் புரோட்டானை இழுக்க முடிந்தது. அதன் மூலம் அது இன்னமும் வேகமாக நகர்த்தப்பட்டது. இப்படி தொடர்ந்து ஆற்றல் ஏற்றப்பட்டுக்கொண்டே இருந்ததால் அது போதுமான ஆற்றல் பெற்று கருவியை விட்டு வெளியேறி அணு உட்கருவை தாக்கி புரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரான் அமைப்பை மாற்றியமைத்தது.

இப்படியொரு அணு உடைப்பானை முதன்முதலில் உருவாக்கியவர்கள் ஆங்கில விஞ்ஞானி ஜான் டக்ளஸ் காக்கராப்ட் மற்றும் ஐரிஷ் விஞ்ஞானி எர்னெஸ்ட் தாமஸ் சின்டன் வால்டன். அதை 1929-ல் உருவாக்கிய அவர்களை இரண்டு வருடங்கள் கழித்து அதை எளிய தனிமமான லித்தியத்தை உடைக்க பயன்படுத்திக்கொண்டார்கள்.

மற்ற அறிவியல் அறிஞர்களும் அணு உடைப்பான்களை உருவாக்கினார்கள். அதில் மிகவும் வெற்றிகரமானது எர்னெஸ்ட் ஆர்லாண்டோ லாரன்ஸ் அமெரிக்காவில் உருவாக்கிய சைக்ளோட்ரான் (1930).

இப்படி உருவாக்கப்பட்ட சைக்ளோட்ரான் புரோட்டானை காந்தத்தை கொண்டு மெதுவாக விரிவடையும் வட்டத்தில் நுழைத்தது. புரோட்டான்கள் மிகவும் வேகமாக நகர ஆரம்பித்து ஒரு கட்டத்தில் அவை வட்ட பாதையை விட்டு வெளியேறி வந்தபோது அவை அதீத ஆற்றலைக் கொண்டிருந்தன.

1930-களில் விஞ்ஞானிகள் வெவ்வேறு உட்கருக்களை ஆற்றல் மிகுந்த புரோட்டான்களால் தாக்கினார்கள். அவை வெவ்வேறு அணு வினைகளை உற்பத்தி செய்தன. அவை

புரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரான்களை அணு உட்கருவில் மாற்றியமைத்தன. இதன் மூலம் அணு உட்கருவின் கட்டமைப்பு எப்படி இருக்கிறது என்று உணர முடிந்தது.

விஞ்ஞானிகள் அணு உட்கரு பற்றி நிறைய தெரிந்து கொண்டிருந்தாலும் அவர்களால் எப்படி அணு சக்தியை பயன்படுத்துவது என அறிய முடியவில்லை. அவர்கள் உருவாக்கிய அணு வினைகள் மிகக்குறைந்த ஆற்றலையே உற்பத்தி செய்தன. அதே சமயம் ப்ரோட்டான்களை வேகப்படுத்த அதிகமான ஆற்றலை பயன்படுத்த வேண்டியிருந்தது. அவை பெரும்பாலும் எதையும் இடிக்காமல் கடந்து சென்றன. சில அணு மட்டுமே உட்கருவை தாக்கின. இவ்வாறு எக்கச்சக்க மின் மற்றும் காந்த ஆற்றலை கொண்டு மிக சிறிய அளவு அணு ஆற்றல் உற்பத்தி செய்யப்பட்டது.

ரூதர்போர்ட் தன்னுடைய இறுதிக்காலம் வரை மக்கள் அணு சக்தியை எப்படி பயன்படுத்துவது என்று எப்பொழுதும் அறிய மாட்டார்கள் என்று உறுதியாக நம்பினார். பயன்படுத்துகிற ஆற்றலை விட குறைவான ஆற்றலை தங்களுக்கு கிடைக்கும் என்றும் அவர் உறுதியாக நம்பினார்.

ஆல்பா துகள்கள் மற்றும் ப்ரோட்டான்கள் இரண்டுமே நேர் மின்னேற்றம் கொண்டிருந்தன. அணு உட்கருவில் நேர் மின்னேற்றம் இருந்தது. ஆகவே ஆல்பா துகள் அதனுள் செல்லும் பொழுது அது விலகலுக்கு உள்ளானது. ப்ரோட்டான் மற்றும் ஆல்பா துகள் தங்களை மாறி மாறி விலக்கிக்கொண்டன. ஆல்பா துகள் அல்லது ப்ரோட்டான் அணு உட்கருவை அடைந்தால் அவை பெரும்பாலும் விலக்கவே பட்டன. அதனால், ஏற்படும் மோதல்கள் குறைவாகவே நிகழ்ந்தது.

நியூட்ரானை கொண்டு என்ன செய்யலாம் என்று யோசித்தார்கள். அது எந்த மின்னேற்றமும்

கொண்டிருக்கவில்லை. மேலும் அது அணு உட்கருவால் விலக்கவும் படாது. அதே சமயம் அணு வினையை கொண்டு வருகிற அளவுக்கு நியூட்ரான் ஆற்றல் கொண்டிருக்குமா என்கிற சந்தேகமும் எழுந்தது.

ப்ரோட்டான் நேர் மின்னேற்றம் கொண்டிருந்தது. ஆகவே, அதை காந்தத்தை கொண்டு ஈர்த்து வேகமாக நகரவைக்க முடிந்தது. எந்த வகையான மின்னேற்றமும் கொண்டிருக்காத நியூட்ரானை எப்படி வேகமாக நகர்த்துவது என்கிற வினாவும் எழுந்தது.

1934-ல் இத்தாலிய அறிவியல் அறிஞர் என்ரிக் கோ பெர்மி நியூட்ரான்கள் வேகமாக நகரவேண்டும் என்று அவசியமில்லை என்று முடிவு செய்தார். அவை குறைந்த வேகத்தில் குறைந்த ஆற்றலோடு அணு உட்கருவை தாக்கினாலே போதும் என்றார். அவை சரியான திசையில் பயணித்தால் அணு உட்கருவை சந்தித்து அவற்றை உருக்க முடியும். அணு உட்கருவின் நேர் மின்னேற்றம் அதை விலக்காது. அந்த ஒரு நியூட்ரான் ப்ரோட்டான்-நியூட்ரான் கட்டமைப்பைத் தான் மாற்றியமைக்கும்.

அவர் வெவ்வேறு அணு உட்கருக்களை நியூட்ரான்கள் கொண்டு இடித்து பார்த்தார். அணு உட்கரு நியூட்ரான்களை உள்வாங்கிக் கொண்டு புரோட்டானாக மாற்ற முயன்றது. இதனால் ஒரு புரோட்டான் கூடுதலாக சேர்ந்து ஒரு அணு எண் உள்ள தனிமமாக அது மாற்றியது.

பெர்மி, ரோடியம் என்கிற அணு எண் 45 கொண்ட தனிமத்தை தாக்கிய பொழுது அது 46 அணு எண் கொண்ட பாலாடியம் ஆக மாற்றியது. அதே போல அணு எண் 49 கொண்ட இன்டியத்தை நியூட்ரான் கொண்டு தாக்கிய போது அது அணு எண் 50 கொண்ட தகரமாக அது மாறியிருந்தது.

அப்போதைக்கு தெரிந்திருந்த அதிகபட்ச அணு எண் 92. பெர்மி அந்த அணு எடையைக்கொண்ட யுரேனியத்தை

நியூட்ரான் கொண்டு தாக்கினால் அது 93 அணு எண் கொண்ட தனிமமாக மாறுமா என்று யோசித்தார். அப்படியொரு தனிமம் இயற்கையில் இருக்கவில்லை. அது நிகழ்ந்தால் அது ஒரு புது தனிமமாக உருவாகிவிடும்.

பெர்மி யூரேனியத்தை மெதுவான நியூட்ரான்கள் கொண்டு தாக்கினார். இதனால் உருவான கதிர்வீச்சுகளை அவர் சோதித்து பார்த்தார். அதில் உருவான ஆற்றலைக்கொண்டு அறிவியல் அறிஞர்கள் இந்த அணு உட்கருக்கள் உருவாகின என்று சொன்ன முடிவுகளோடு அது ஒத்துப்போகிறதா என்கிற சந்தேகம் பெர்மிக்கு உண்டானது.

அவர் தான் 93 அணு எண் கொண்ட தனிமத்தை உருவாக்கி இருக்கலாம். ஆனால், அது தானா என்பதை கதிர்வீச்சை கொண்டு மேலும் உறுதியாக ஆராய இந்த சிக்கலை வேறு சிலரும் எதிர்கொண்டார்கள். அப்படி இருவர் ஜெர்மன் அறிஞர் ஆட்டோஹான் மற்றும் அவரின் ஆஸ்திரிய இணை மெய்ட்னர் எனும் பெண் விஞ்ஞானி.

யுரேனியம் துகள்களை பெறாவிட்டால் அது அவற்றை இழக்கலாம். அது ஒருவேளை இரண்டு ஆல்பா கதிர்களை இழந்திருந்தால் (அதாவது நான்கு புரோட்டான்கள்) அப்படியால் அது ரேடியமாக மாறியிருக்கும். ரேடியம் (அணு எண் 88) மிகக்குறைந்த அளவிலேயே காணப்படும். அது இருந்தாலும் தங்களால் அதை கண்டறிய முடியுமா என்கிற கேள்வி எழுந்தது.

ஒரு வழி பேரியம் என்கிற தனிமத்தை பயன்படுத்துவது. அதன் அணு எண் 56ன் வேதிப்பண்புகள் ரேடியத்தை ஒத்திருந்தன. பேரியத்துக்கு ஏதேனும் நிகழ்ந்தால் அது ரேடியத்திற்கும் நிகழும்.

ஹான் மற்றும் மெய்ட்னர் 1938-ல் யுரேனியம் மற்றும் பேரியம் ஆகியவற்றை கலந்தார்கள். அவர்கள் இந்த கலவையை எப்பொழுது எடுத்தாலும் அதில் பேரியம்

மற்றும் ரேடியம் கலந்தே இருக்கும். இப்படி ரேடியத்திற்கு உண்டாகும் கதிர்வீச்சை தாங்கள் எடுக்கக் முடியும் என்று எண்ணினார்கள்.

பேரியம் வெளிவந்தபோது கதிர்வீச்சும் வெளிவந்தது. தங்களின் கோட்பாடு சரியென்று அவர்கள் நம்பினார்கள். ரேடியம் யுரேனியத்தில் இருந்து உருவாகிறது என்று அவர்கள் உறுதியாக நம்பினார்கள். அவர்கள் ரேடியம் மற்றும் பேரியத்தை வேதி முறைகளின் மூலம் பிரிக்க முயன்றார்கள். என்ன செய்தாலும் பேரியத்தில் ஏற்பட்டிருந்த கதிர்வீச்சு நீங்கவேயில்லை.

அந்த சமயம் சில நிகழ்வுகள் அவர்களின் வேலையை பாதித்தன. ஹிட்லர் ஜெர்மனியை ஆண்டு கொண்டிருந்தார். அவர் யூதர்களை தன் பகுதிகளை விட்டு வெளியேற்றிக்கொண்டு இருந்தார். அப்படி வெளியேற மறுத்தால் அவர்களை கொன்று கொண்டிருந்தார். லிசே மெய்ட்னரும் ஒரு யூதர். மேலும் அவர் ஆஸ்திரியராகவும் இருந்ததனால் அவருக்கு சிலகாலம் சிக்கல் இல்லாமல் இருந்தது. ஆனால், மார்ச் 1938-ல் ஹிட்லரின் படைகள் ஆஸ்திரியா நாட்டுக்குள் நுழைந்து நாட்டைக் கைப்பற்றியது. மெய்ட்னர் தன் நாட்டை விட்டு ஸ்வீடன் சென்றார்.

ஸ்வீடனில் தான் ஹானுடன் இணைந்து வேலை பார்த்த சூழலில் மேலும் யோசித்தார். அவர் பேரியத்தில் உண்மையில் ரேடியம் இருந்ததா என்று சந்தேகிக்க ஆரம்பித்தார். பேரியம் பேரியம் அன்றி வேறெதுவும் இல்லை.

நியூட்ரான்கள் ரேடியத்தை தாக்கிய பொழுது கதிர்வீச்சு கொண்ட தனித்த வகையான பேரியம் உண்டாகியது அவ்வளவே! இந்த புதுவகை பேரியம் சாதாரண பேரியத்தோடு கலந்திருந்தது. ஆகவே, இவை இரண்டையும் பிரிக்க முடியவில்லை.

ஆனால், எப்படி அணு எண் 56 கொண்ட தனிமம், அணு எண் 92 கொண்ட தனிமத்தில் இருந்து உருவாக முடிந்தது? அணு உட்கருவில் இருந்து அது வரை பிரிந்து வந்ததாக அறியப்பட்ட மிகப்பெரிய துகள் அணு எண் இரண்டு கொண்ட ஆல்பா துகளே! பதினெட்டு ஆல்பா துகள்கள் யுரேனியம் அணுவில் இருந்து பிரிந்து சென்று பேரியம் உருவாக செய்திருக்கலாம். ஆனால், அது உருவானதற்கான எந்த அறிகுறியும் தென்படவில்லை.

பேரியம் ஒரே ஒரு படியில் உருவானதா என்று மெய்நீர் ஆச்சரியப்பட்டார். நியூட்ரான் யுரேனிய அணுக்கருவை இரண்டாக பிரிந்து சிறிய அணு உட்கருக்களை உருவாக்கி இருக்கலாம் என்று எண்ணினார். இதை அவர் யுரேனிய பிரிவு என்று பெயரிட்டு அழைத்தார். அதில் பேரியமுடன் சிறிய அணு உட்கருக்கள் உருவாயின.

அவரின் உறவினர் ஆட்டோ ராபர்ட் ப்ரிஸ் அவர்களோடு இணைந்து யுரேனியப் பிரிவு பற்றிய தன்னுடைய சிந்தனைகளை எழுதினார். அது வெளியாவதற்கு முன்னரே அதைப்பற்றி டேனிஷ் அறிவியல் அறிஞர் நீல்ஸ் போர் அவர்களுடன் அதைப்பற்றி விவாதித்தார்.

நீல்ஸ் போர் அமெரிக்காவுக்கு பயணித்து அணு உட்கரு, அணு வினைகள் பற்றிய கூட்டத்தில் கலந்து கொண்டார். அதில் இந்த மெய்நீரின் கருத்துக்களைப் பற்றி சொன்னார். தங்களின் ஆய்வகங்களில் அதை சோதித்துப் பார்க்க அவர்கள் முடிவு செய்தார்கள்.

அவர்கள் யுரேனியம் நியூட்ரான்களால் தாக்கப்பட்ட போது அணுப்பிரிவு நிகழ்ந்து அது வெவ்வேறு பகுதிகளாக உடைந்து எக்கச்சக்க ஆற்றல் வெளியாவதை கண்டார்கள். மெய்நீர் சொன்னது உண்மை என்று புலப்பட்டது.

5. அணு உலைகள்

யுரேனியப் பிளவைப்பற்றி கேள்விப்பட்ட ஹங்கேரிய விஞ்ஞானி லியோ ஜிலாஹார்ட் யுரேனிய அணுக்கள் பிளக்கிறபோது இரண்டு முதல் மூன்று நியூட்ரான்கள் உருவாவதை கண்டார்.

ஒரு உடைகிற யுரேனிய அணு இரண்டு நியூட்ரான்களை உருவாக்குகிறது என்றால் அவை இன்னும் தனித்தனியாக ஒவ்வொரு யுரேனிய அணுக்களையும் தாக்கும். அங்கே உருவாகும் நான்கு நியூட்ரான்கள் இன்னமும் நான்கு அணுக்களை தாக்கும். அது எட்டு நியூட்ரான்களை உருவாக்கும் என்று போய்க்கொண்டே இருக்கும்.

இப்படி இந்த பிரிவு தொடர்ந்து பெரிய எண்ணிக்கையில் போய்க்கொண்டு இருப்பதால் அது ஒரு சங்கிலித் தொடர் போல் போய்க்கொண்டே இருந்தது. அதை தொடர் வினை என்கிறார்கள்.

ஒரு தீக்குச்சியை கொண்டு ஒரு தாளை எரிக்கிற பொழுது அந்த தீ தாளின் வெவ்வேறு பகுதிகளுக்கு பரவுகிறது. தாளிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்ப ஆற்றலானது தீக்குச்சியின் வெப்ப ஆற்றலை விட அதிகமாக இருக்கும்.

அதுபோல ஒவ்வொரு யுரேனிய அணுவும் பிளக்கிற போது சிறிய அளவில் ஆற்றல் முதலில் வெளிப்படும். தொடர்ந்து இந்த நிகழ்வு நடைபெறும் பொழுது ஆற்றல் சேர்ந்து கொண்டே இருக்கும். அப்படி ஆற்றல் அடுக்கிக்கொண்டே போகையில் முதல் நியூட்ரான் கொண்டிருந்த ஆற்றலை விட பல மடங்கு ஆற்றல் உருவாகி இருக்கும். இந்த யுரேனியம் அணு பிளவில் அணு சக்தி உள்ளது. இந்த வினையானது வேதிவினையை விட பல மடங்கு அதிக வேகம் மற்றும் ஆற்றல் கொண்டது.

யுரேனியப் பிளவின் அணு சக்தியை மக்கள் பயன்படுத்த முடியும் என்கிற எண்ணத்தை தந்தது. அணுவை பிளக்கவே முடியாது என்று ரூதர்போர்ட் சந்தேகப்பட்டதை பொய்யாக்கினார்கள்.

ஆனால், பிளவின் ஆற்றல் ஆபத்தானது. ஜில்ஹார்ட் குறிப்பிட்ட அளவு யுரேனியப் பிளவுக்கு உள்ளாகிறபோது அது உண்டாக்குகிற ஆற்றல் வெடிப்பை உண்டாக்கும் என்றார். இயல்பான வேதி வெடிப்பொருட்களை போல பல மடங்கு அதிக ஆற்றல் கொண்ட வெடிப்பை யுரேனியம் மிகச்சிறிய அளவிலேயே உண்டாக்கும் என்று புரிந்தது.

இந்த எண்ணம் அவரை கிளர்ச்சியுற செய்தது. அவர் ஐரோப்பாவை விட்டு ஹிட்லரின் கொலைகளால் வெளியேறினார். ஹிட்லர் சீக்கிரம் போரை துவங்கி விடுவார் என்று அவர் உணர்ந்திருந்தார். ஜெர்மானிய விஞ்ஞானிகள் இப்படியொரு அணு குண்டு திட்டத்தில் ஈடுபட்டால் என்னவாகும்? (அதை கி-பாம் திட்டம் என்றும் அழைத்தார்கள்)

ஹிட்லர் கையில் அந்த ஆயுதம் சிக்கினால் அவர் அதை போரில் வெல்ல பயன்படுத்திக் கொள்வார். உலகம் அதற்கு பின்னர் வன்முறை மற்றும் நியாயமற்ற அரசாங்கத்தின் கீழ் சிக்கியிருக்கும். ஜில்ஹார்ட் அமெரிக்கா முதலில் அணுகுண்டை தயாரிக்க வேண்டும் என்று விரும்பினார்.

உலகின் மிகப்புகழ் பெற்ற விஞ்ஞானியான ஜன்ஸ் டினும் ஜெர்மனியை விட்டு அமெரிக்கா வந்து சேர்ந்திருந்தார்.

ஜில்ஹார்ட் மற்றும் பலர் அவரை அமெரிக்க அதிபர் பிராங்க்லின் ரூஸ்வெல்ட் அவர்களுக்கு போரின் சூழலை விளக்கி கடிதம் எழுத சொன்னார்கள். அந்த கடிதம் ஆகஸ்ட் 2, 1939 அன்று உலகப்போருக்கு ஒரு மாதம் முன்னர் எழுதப்பட்டது.

டிசம்பர் 6, 1941 அன்று ரூஸ்வெல்ட் அணுகுண்டு தயாரிக்கும் மிகப்பெரிய திட்டத்துக்கு அனுமதி கொடுத்தார். அடுத்த நாள் பியர்ல் ஹார்பர் ஜப்பானால் தாக்கப்பட்டது. அதற்கு பின்னர் அமெரிக்காவும் உலகப்போரில் இணைந்து இருந்தது.

அமெரிக்கா மற்றும் பல்வேறு நாடுகளை சேர்ந்த அறிவியல் வல்லுனர்கள் யுரேனியத்தை சேகரித்து அதைக்கொண்டு தொடர் விளைவை உண்டாக்க முயன்றார்கள். கட்டுப்பாட்டை மீறாத தொடர் விளைவை சாதிக்கவே அவர்கள் விரும்பினார்கள். காட்மியம் நியூட்ரான்களை உறிஞ்சும் பண்பு கொண்டதாக இருந்தது அதைக்கொண்டு நிறைய யுரேனியம் அணுக்கள் பெரிய தொடர் விளைவை உண்டாக்காமல் இருப்பது உறுதி செய்யப்பட்டது.

மேலும் நியூட்ரான்கள் யுரேனியம்-238 ஐ பிளக்கவில்லை என்பதும் இன்னொரு அறிய ஐசோடோப்பான யுரேனியம் -235 தான் பிளவுக்கு உள்ளானது என்றும் புரிந்தது. அதை தயாரிக்கும் மற்றும் பிரித்தெடுக்கும் முறைகளை கண்டறிந்தார்கள்.

பெர்மி சில ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் பெரிய உட்கரு கொண்ட தனிமங்களை உண்டாக்க மேற்கொண்ட முயற்சிகளின் மாதிரியில் புது தனிமங்கள் எழுந்தன. அணு எண் 93 நெப்டியூனியம் என்றும் அதற்கு அடுத்த அணு எண் கொண்ட தனிமம் ப்ளூட்டோனியம் என்றும் அறியப்பட்டது. ப்ளூட்டோனியமும் அணுப்பிளவுக்கு உள்ளாகும் என்று தெரிந்தது.

பெர்மி இத்தாலியை விட்டு அமெரிக்காவுக்குச் சென்று அணுப் பிளவு தொடர் விளைவை நடைமுறைப்படுத்த உழைத்த விஞ்ஞானிகளின் குழுவுக்குத் தலைவர் ஆனார்.

டிசம்பர் 2, 1942-ல் சிகாகோவில் அவர்கள் உலகின் முதல் அணு உலையை உண்டாக்கி சாதித்தார்கள். அதிலிருந்து ஆற்றல் உருவாக்கப்பட்டது. அதில் தொடர் வினை கட்டுப்பாட்டில் இருந்தது.

ராபர்ட் ஓபன்ஹீய்மர் தலைமையிலான குழு அடுத்த சில ஆண்டுகள் யுரேனியம்-235 மற்றும் ப்ளூட்டோனியம் ஆகியவற்றை சேகரிக்கும் பணியில் ஈடுபட்டனர். முதல் அணுகுண்டு ஜூலை 16, 1945 அன்று நியூ மெக்ஸிகோவில் வெடிக்க வைத்து சோதனை செய்தார்கள். அதில் இருந்து வெளிப்பட்ட ஆற்றல் மிரட்சியை உண்டு செய்தது.

இரண்டு குண்டுகள் மேலும் உருவாக்கப்பட்டன. ஜெர்மனி சரணடைந்து இருந்தாலும் ஜப்பான் போரிட்டுக்கொண்டு இருந்தது. முதல் குண்டு ஹிரோஷிமாவில் ஆகஸ்ட் 6, 1945 அன்றும் இரண்டு நாட்கள் இடைவெளியில் அடுத்த குண்டு நாகசாகியிலும் வீசப்பட்டது. அதோடு ஜப்பான் சரணடைந்தது. இரண்டாம் உலகப்போர் முடிவுக்கு வந்தது .

உண்மையில் அணுப்பிளவை குண்டுகளில் மட்டுமே பயன்படுத்த வேண்டும் என்றில்லை. அவற்றைக்கொண்டு கட்டுப்பாடான வினைகளை சாதித்தால் பல்வேறு அணு உலைகளை உருவாக்க முடியும் என்பதும் உண்மையே. சிகாகோவில் உருவாக்கியதை விட சிறப்பான செயல்திறன் கொண்ட அணு உலைகளை உண்டாக்க விஞ்ஞானிகள் முயன்றார்கள்.

1954-ல் அமெரிக்க USS நாடிலஸ் என்கிற நீர்மூழ்கி கப்பல் உருவாக்கப்பட்டது. அதிலேயே அணு உலை இருந்தது. அதைக்கொண்டு கப்பலுக்கு தேவையான ஆற்றலை அது உற்பத்தி செய்தது. சாதாரண நீர்மூழ்கி கப்பல்கள் தங்கள் ஆற்றல்கலன்களை மீண்டும் ஆற்றல் ஏற்றம் செய்து கொள்ள மேற்பகுதிக்கு வர வேண்டும். ஆனால்,

அணுசக்தியால் இயங்கும் நீர்மூழ்கி கப்பல்கள் அப்படி வர வேண்டிய அவசியம் இல்லை அமைதிக்காலத்திலும் இப்படிப்பட்ட கப்பல்கள் உருவாக்கப்பட்டன. அடுத்து சிறிய அளவில் ஒரு அணுசக்தி நீர்மூழ்கி கப்பலை சோவியத் யூனியன் 1954-ல் உருவாக்கியது. அதை விட பெரிய கப்பலொன்றை இங்கிலாந்தும் உருவாக்கியது. நான்கு வருடங்கள் கழித்து அமெரிக்கா இன்னமும் பெரிய கப்பலை உருவாக்கியது.

அணு ஆற்றல் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட ஆரம்ப காலங்களில் அதுவே உலகின் ஆற்றல் தேவைக்கு தீர்வாக இருக்கும் என்று எண்ணப்பட்டது. ஆனால் உலகில் குறைந்த அளவு யுரேனியம்-235 உள்ளது. அது முழுக்க பயன்படுத்தப்பட்டு விட்டால் அணு ஆற்றல் முடிவுக்கு வந்துவிடுமா?

ஆனால், விஞ்ஞானிகள் அணு உலையில் இயல்பான யுரேனியம் மற்றும் தோரியத்தை சுற்றி வைப்பதன் மூலம் அவற்றை நியூட்ரான் தாக்குவதன் மூலம் பிளவுக்கு ஏற்ற உட்கருவை கொண்டவையாக அவை மாறுவதை கண்டார்கள். இந்த வகையில் அணு உலையில் பயன்படுத்தப்பட்டதை விட அதிக எரிபொருளை உண்டாக்க முடியும். இந்த வகையான ப்ரீடர் உலை எல்லா யுரேனியம் மற்றும் தோரியத்துக்கும் பயன்படுத்தக்கூடியது. இவற்றைக்கொண்டு பல்லாயிரம் வருடங்கள் ஆற்றல் பற்றாக்குறை பற்றிய கவலையில்லாமல் இருக்கலாம்.

ஆனால், அதில் ஆபத்தும் உள்ளது. ப்ரீடர் உலைகள் ப்ளூட்டோனியத்தை பயன்படுத்துகின்றன. இது கதிர்வீச்சு தரும் தனிமங்களை உண்டாக்குகிறது அவை பல்லாயிரம் வருடங்களுக்கு ஆபத்தை தரவல்லவை. இவற்றை எப்படி ஒழுங்காக வெளியேற்றம் செய்வது என்பது புரியாத வரை அணு உலையில் ஏற்படும் விபத்துக்களைப் பற்றி கணக்கில் கொள்ள வேண்டியிருக்கிறது.

1970-களில் மக்கள் அணு சக்தி பாதுகாப்பானதா என்கிற சந்தேகத்துக்கு வந்திருந்தார்கள். இன்னொரு வகையான அணு ஆற்றல் இருந்தது. பட்டியலின் இன்னொரு முனையில் உள்ள ஹைட்ரஜன் உட்கருக்களை இணைத்து அதிலிருந்து ஹீலியத்தை சூரியனில் நிகழ்வதை போல உருவாக்கினால் என்ன என்று தோன்றியது.

இப்படி சிறிய உட்கருக்களை இணைத்து அதன் மூலம் பெரிய உட்கருவை உண்டாக்குவதை அணு பிணைவு என்றார்கள். அணுப்பிளவை விட அதிக ஆற்றலை அணுப்பிணைவு குறைந்த எடையில் தந்தது. அணுப்பிணைவில் வெளிப்படும் கதிர்வீச்சும் அணுப்பிளவை விட குறைவானதாகவே இருந்தது.

ஹைட்ரஜன் உட்கருக்களை இணைய வைப்பது சுலபமான காரியமாக இருக்கவில்லை. அதற்கு பல லட்சம் டிகிரி அளவுக்கு வெப்பநிலை உயர்த்தப்பட வேண்டியிருந்தது.

இப்படிப்பட்ட அதிகமான வெப்பநிலையை பெற ஒரு வழி பிளவு குண்டுகளை பயன்படுத்துவது தான். பிளவு குண்டை வெடிக்க வைத்து அதிலிருந்து எழும் வெப்பத்தை கொண்டு ஹைட்ரஜன் உட்கருக்களை இணைய வைத்து பிளவால் உருவான ஆற்றலை விட பலமடங்கு பெரிய ஆற்றலை உருவாக்க இயலும். இப்படி உண்டாகும் குண்டை ஹைட்ரஜன் குண்டு என்பார்கள். அதை அணுப்பிணைவு குண்டு என்றும் அழைப்பார்கள். இப்படி ஒரு அணுப்பிணைவு குண்டு முதன்முதலில் பசிபிக் பெருங்கடலின் மார்ஷால் தீவுகளில் அமெரிக்காவால் 1952-ல் வெடிக்க வைக்கப்பட்டது.

அணுகுண்டுகளை விட பல மடங்கு ஆற்றல் கொண்ட அணுப்பிணைவு குண்டுகளை 1945-க்கு பின் இருந்தே ஏராளமாக தயாரித்துக்கொண்டே இருக்கிறார்கள். ஆனால்,

அதிர்ஷ்டவசமாக அவற்றை எந்த போரிலும் இதுவரை பயன்படுத்தியிருக்கவில்லை.

ஆனால், கட்டுப்படுத்தப்பட்ட அணுப்பிணைவு சாத்தியமா? ஹைட்ரஜனை சில லட்சம் டிகிரிகளுக்கு வெப்பப்படுத்தி குறைந்த அளவில் அவற்றை இணைய வைக்க முடியுமா? வெடிக்காமல் அவற்றால் ஆற்றலை தர முடியுமா?

அமெரிக்கா மற்றும் எண்ணற்ற நாடுகளில் பல வருடங்களாக விஞ்ஞானிகள் இதற்காக முயன்று கொண்டு இருக்கிறார்கள். ஆனால், இன்னமும் முன்னேற்றம் மட்டுமே கண்டிருக்கிறார்களே தவிர வெற்றி பெறவில்லை.

பிணைவை சாத்தியப்படுத்த அவர்கள் ஒரு தனித்த வகை ஹைட்ரஜனான ட்யூட்ரியத்தை பயன்படுத்துகிறார்கள். அதில் இயல்பான ஹைட்ரஜன் அணு ஒரு புரோட்டான் மட்டும் கொண்டிருப்பதற்கு மாறாக ஒரு புரோட்டான் மற்றும் ஒரு நியூட்ரான் கொண்டிருக்கும்.

ட்யூட்ரியம் உட்கருவை மிக அதிகமான வெப்பநிலைக்கு சூடுபடுத்தி அவற்றை சக்தி வாய்ந்த காந்த கருவிகளுக்கு நடுவில் வைப்பார்கள். ஆனாலும், இன்னமும் அவற்றைக்கொண்டு பிணைவை சாதிப்பது கனவாகவே இருக்கிறது.

அதை ஒருநாள் விஞ்ஞானிகள் சாதித்தால் மிகப்பெரிய அணு ஆற்றல் பயன்பாட்டுக்கு தயாராக இருக்கும். அது பிணைவை விட பல மடங்கு பாதுகாப்பானதாக இருக்கும்.

நாம் ஒரு நூற்றாண்டைக் கடந்து வந்திருக்கிறோம். அப்பொழுது கேதோட் கதிர்கள் என்ன என்று யோசித்துக் கொண்டிருந்தோம். இப்பொழுது ஒரு மினி சூரியனை உருவாக்கும் முயற்சியில் ஈடுபட்டுக்கொண்டிருக்கிறோம்.