

# அணு ஆற்றல்

டாக்டர் கே. எஸ். கிருஷ்ணன்

சுமார் நூறு ஆண்டுகளுக்கு முன் பூமியின் வயதைப்பற்றி ஒரு பெரிய விவாதம் நடந்தது விஞ்ஞானிகளுக்குள். பூமி மற்ற கோள்களுடன் சூரியனிடமிருந்து பிரிந்த போது பூமியினுடைய வெப்ப நிலையும் சூரியனுடைய வெப்ப நிலையும் ஒன்றாக யிருந்திருக்கவேண்டும். பிறகு பூமி குளிர்ந்திருக்க வேண்டும். பூமியின் மேல் பரப்புகள் வெகு விரைவாகவும் அதன் உட்புறம் வெகு நிதானமாகவும் குளிர்ந்து வந்திருக்க வேண்டும். இதற்குக் காரணம் உள்ளிருக்கும் வெப்பம் வெளிப்பாகங்களுக்குப் பரவி அங்கிருந்துதான் பூமியைவிட்டு வெளியேற முடியும். ஆனால் மண், பாறைபோன்ற பூமிப்பொருள்களோ வெப்பத்தை எளிதாகக் கடத்தும் இயல்புடையனவல்ல. ஆகையால்தான் இன்றைக்கும் பூமி வெப்பம் இழக்கத்தொடங்கி வெகு காலமாகியும், பூமியின் உட்பாகங்களின் வெப்ப நிலை உயர்ந்தே யிருக்கிறது. தரையிலிருந்து கீழே பூமிக்குள் செல்லச் செல்ல வெப்பநிலை அதிகரித்துக் காண்கிறது. இது ஆழமான சுரங்கங்களில் வேலை செய்து வருபவர்களுடைய பொது அனுபவம்.

சூரியனுடைய வெப்ப நிலையோ அன்றைக்கு எப்படி யிருந்ததோ சுமாராக அதே நிலையில்தான் இன்றைக்கும் இருக்கிறது என்று கொள்வதற்கு வலிமையான சான்றுகளுண்டு. வெப்ப நிலைமை மாறாமலிருப்பதற்குப் போதுமான காரணங்களுமுண்டு. அவைகளை இக்கட்டுரையின் பின் பாகங்களில் விவரிப்போம். ஆகையால் பூமி சூரியனை விட்டுப் பிரிந்த

நாளில் பூமியினுடைய வெப்ப நிலை எப்படியிருந்ததென்று தெரியும். அதனுடைய தற்கால நிலையும் தெரியும். நாம் இப்போழுது காண்கிற வெப்ப நிலைக்குப் பூமி குளிர் எத்தனைக் கோடி வருடங்கள் கழிந்திருக்க வேண்டுமென்று சுலபமாகக் கணக்கிடலாம். இப்படிக் கணக்கிடுவதற்குத் தேவையான செய்திகள் (1) சூரியனுடைய தற்கால வெப்ப நிலை என்ன? அதுவே பூமி சூரியனிடமிருந்து பிரிந்தபோது பூமியின் வெப்ப நிலையுமாகும். (2) பூமியின் தற்கால வெப்ப நிலை யென்ன? (3) பூமியின் உட்பிரதேசங்களிலிருந்து வெப்பம் வெளிப் பரவுவது எந்த அளவுக்கு? இம்மூன்று கேள்விகளுக்கும் நிச்சயமான பதில்கள் நமக்குத் தெரியும். ஆகையால் இவைகளைக் கொண்டு பூமியின் வயதை வெகு எளிதாகக் கணக்கிடலாம். இப்படி முதன்முதலாகக் கணக்கிட்டவர் லார்ட் கெல்வின். பூமியின் வயது சுமார் ஐம்பது கோடி வருடங்களுக்கு மேற்பட முடியாதென்பது அவர்கட்டிய முடிவு.

ஆனால் இந்த வயது நிர்ணயம் பூமிநூல் பயின்றவர்கள் ஒப்புக்கொள்ளத் தக்கதாக இல்லை. பூமியின் மேல் பரப்புகளில் நாளடைவில் எத்தனையோ மாறுதல்கள் ஏற்பட்டிருக்கின்றன. அவைகளேற்பட முன்னூறு நானூறு கோடி யாண்டுகளாவது வேண்டியிருக்கும். லார்ட் கெல்வின் கொடுத்த 50 கோடி யெங்கே! நமக்குத் தெரிந்த பூமியின் மாறுதல்களுக்குத் தேவையான 300 அல்லது 400 கோடிகளெங்கே! ஆதலால் பெரு விவாதம் நடந்தது.

தில்லித் தமிழ்ச் சங்க வெளியீடு 1954 சுடரினின்றும் எடுக்கப்பெற்றது.

இதனிடையில், சூரியனுடைய அளப்பரிய ஆற்றலுக்குக் காரணம் என்ன என்பதைப்பற்றியும் ஒரு விசாரணை நடந்துவந்தது. இந்தியா போன்ற தேசங்களில் நடுப்பகலில் கிடைக்கும் கதிரவன் ஆற்றல் சுமார் 3,4 குதிரை ஆற்றல் ஒரு சதுர கஜத்திற்கு, அதாவது 4,000 குதிரை வேகம். ஒரு ஏக்கருக்கு, ஒரு சதுரமைலில் 640 ஏக்கர். பூமியின் மொத்தப் பரப்போ சுமார் 20 கோடி சதுரமைல்கள். சூரியனிடமிருந்து நாலாப் பக்கங்களில் வெளிவரும் கிரணங்களில் பூமிக்குக் கிடைப்பது எத்தனையோ கோடியிலொரு பாகம். இதிலிருந்து கதிரவனுடைய ஆற்றல் எவ்வளவு அளப்பரியது என்று தெரியவரும்.

இவ்வளப்பரிய ஆற்றலுக்குக் காரணமென்ன? பூமியில் நமக்குத் தெரிந்த கரி, எண்ணெய்போன்ற எரிபொருள்கள் எரிந்து வருவது காரணமாக இருந்தால், ஏதோ சில ஆயிர ஆண்டுகளுக்குமேல் தாங்காது. ஆகையால் இம்மாதிரியான பொருள்கள் எரிந்து வருவது கதிரவனுடைய ஆற்றலுக்குக் காரணமாக முடியாது.

கதிரவனுடைய சுற்றளவு நாளடைவில் சுருங்கி வந்தால் அது ஏராளமான ஆற்றல் உற்பத்திக்குக் காரணமாகலாம் என ஹெல்ம் ஹோல்ட்ஸ் முதன் முதலாக எடுத்துக் காட்டினார். ஆனால், இதுவும் போதுமான காரணமாக மாட்டாது. கதிரவன் ஆதியில் எவ்வளவு பெரியதாயிருந்தாலும், நாம் இப்போது காண்கிற அளவுக்குச் சுருங்குவதால் கிடைக்கும் ஆற்றல் 20 கோடி ஆண்டுகளுக்குமேல் தாங்காது. ஆகையால் ஹெல்ம் ஹோல்ட்ஸ் எடுத்துக் காட்டிய காரணமும் கதிரவனுடைய அளப்பரிய ஆற்றலுக்கு இடங்கொடாது.

பூமி குளிர்ந்து வரும் வேகம் கெல்வின் கணக்கிட்ட அளவுக்கு மிகக் குறைவாக இருக்கவேண்டும். அதாவது பூமிக்குள்

தன்னிடையே சூடுண்டாவதற்கு ஏதோ காரணமிருக்கவேண்டும். கதிரவனுடைய அளப்பரிய ஆற்றலுக்கும் வேறு ஆதாரம் வேண்டும். இந்த இரு முடிவுகளுக்கும் சமாதானம் நமக்கு இப்பொழுது தெரியும், அணுவின் ஆற்றல்தான் இவ் விரண்டுக்கும் காரணம் என்று. ஆனால் பூமிக்குச் சூடுதரும் அணு ஆற்றல் ஒரு வகை. கதிரவனுடைய ஆற்றலுக்குக் காரணமாகும் அணு ஆற்றல் வேறு வகை. அணுவின் ஆற்றலை இரண்டு விதமாக நாம் பயன்படுத்திக்கொள்ளலாம் என்று சென்ற ஜம்பது ஆண்டுக் கால ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து நமக்குத் தெரியும். அவ்விரு வழிகளையும் முறையே அடியாகக்கொண்டு பூமியின் சூட்டுக்கும் கதிரவனின் அளப்பரிய ஆற்றலுக்கும் காரணங்கள் அமைந்திருக்கின்றன. அவ்விரண்டு வழிகளைப் பற்றியும் சற்று இங்கு ஆராய்வோம்.

ஜன்ஸ்டைனுடைய சார்புக் கொள்கை (Relativity) சித்தாந்தத்துக்கு அடிப்படையாக அமைந்தது பிண்ட ஆற்றல் சமத்துவம். பிண்டத்திற்கோ, ஆற்றலுக்கோ ஒரு நாளும் அழிவு கிடையாது என்பது வெகுநாளாக விஞ்ஞானிகளுக்குத் தெரியும். ஆனால் பிண்டத்தை ஆற்றலாக மாற்றலாம். அதேமாதிரி ஆற்றலைப் பிண்டமாக மாற்றலாமென்று நமக்குத் தெரிய வந்தது. ஜன்ஸ்டைனின் சித்தாந்தத்திலிருந்து வெளிப்பட்ட இரு வகையான இம்மாற்றங்கள் ஜன்ஸ்டைனுடைய சித்தாந்தத்திற்கு அடிப்படையாக அமைந்தது மட்டுமன்றி, நாம் இன்று ஆராய்ச்சிச் சாலைகளில் செய்து காட்டக்கூடியவையாகவும் உள. இப்படிப் பிண்டம் ஆற்றலாகவும், ஆற்றல் பிண்டமாகவும் மாறும் போது இம் மாறுதல் அளவுபட்டிருக்கும்.

அதாவது ஒரு கிராம் பொருளை முற்றிலும் ஆற்றலாக மாற்றமுடியுமானால் அதிலிருந்து சுமார்  $9 \times 10$  எர்க் ஆற்றல் கிடைக்கும். முற்றிலும் ஆற்றலாக மாற்ற

முடியுமானால் என்று சொன்னோம். பிண்டத்தை ஆற்றலாக மாற்றுவது எளிதல்ல. அதற்கு எத்தனையோ நிபந்தனைகள் உள்ளன.

அணுவில் அமைப்பு எப்படியென்றால் அதனுடைய பிண்டத்தின் பெரும் பாகம் அணுவின் நடுவே ஒரு சிறு இடத்தில் அடங்கியுள்ளது. அதைச் சுற்றி எலெக்ட்ரான் என்று சொல்லக்கூடிய மின்னணுக்கள் பறந்துகொண்டிருக்கும். ஆனால், இம் மின்னணுக்களின் பிண்டம் மிகக் குறைவானது. (Mars) அணுவின் சுருங்கிய நடுப்பகுதியின் பிண்டத்தில் மிகச் சிறு பகுதிதான் வெளிச் சுற்றும் மின்னணுக்களின் பிண்டம். யுரேனியம் அணுவை உதாரணமாக எடுத்துக்கொண்டால், அதன் மொத்த பிண்டத்தில் ஐயாயிரத்தில் ஒரு பாகம்தான் அதனுடைய மின்னணுக்களின் பிண்டம்.

அணுவின் பெரும்பான்மையான பிண்டம் அடங்கியுள்ள சுருங்கிய நடுப்பகுதிக்கு நியூக்ளியஸ் என்று பெயர். மற்ற அணுக்களின் பிண்டங்களை அளவிடுவதற்கு நீரக அணுவின் பிண்டத்தை அடிப்படையான அளவுகோலாகக் கொண்டால் அவ்வணுக்களின் பிண்டங்கள் படிப்படியாக ஒன்றிலிருந்து சுமார் இருநூற்று நாற்பதுவரை ஏறிவரும். இந்தக் கணக்கில் ஹீலியம் அணுவின் பிண்டம் 4, பிராணவாயு அணுவின் பிண்டம் 16, இரும்பு அணுவின் பிண்டம் 56, காரீயம் 208, ரசம் 200, தோரியம் 232, யுரேனியம் 238 என்று கணக்குக் கிடைக்கும். ஒரே அணுவுக்குப் பிண்டங்கள் வேறு வேறுகவும் இருக்கலாம். உதாரணமாகக் காரீய அணுவின் பிண்டம் பின்வரும் எண்களில் ஏதாவதொன்றாக இருக்கலாம். 204, 206, 207, 208 இவைகள் எல்லாவற்றையும் ஈய அணுவின் ஐசடோப்புகள் என்று கூறுவார்கள். பிண்டங்கள் வேறு வேறு இருந்தாலும்

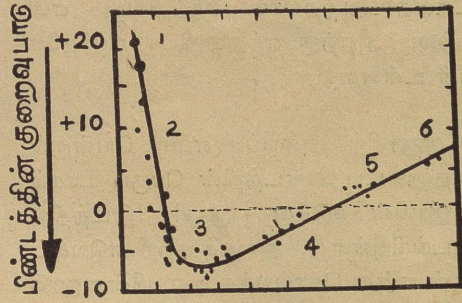
ஈய அணுவின் ஐசடோப்புகள் எல்லாம் ஈயத்தின் குணங்களுடையனவாகவே இருக்கும். அவைகளெல்லாம் ஈயமே. இதே மாதிரிதான் மற்ற அணுக்களின் பிண்டங்களும்.

ஆனால், இங்குக் குறிப்பாக நாம் சொல்லவேண்டுவது ஒன்றுண்டு. அதாவது அணுக்களில் பிண்ட அணுவைக் குறிப்பிடும் எண்களெல்லாம் முழு எண்கள். நாம் சாதாரணமாக ஆராய்ச்சிச் சாலையில் கையாளும் க்ளோரினை எடுத்தகொண்டு, மேலெழும் பார்த்தால் அதன் அணுவின் பிண்டத்தின் அளவு 35.45 என்று தெரியவரும். ஆனால், ஆழ்ந்து ஆராய்ந்தால் அதன் அணுக்கள் ஒரே மாதிரியானவையல்லவென்றும் 35 பிண்ட அளவுகொண்ட க்ளோரின் ஐசடோப்பும், 36, 37 கொண்ட ஐசடோப்பும் கலந்தவை என்றும் தெரியவரும். அவைகளைத் தனித் தனியாகப் பிரிக்கலாம். பிரித்து அளந்தால் பிண்ட அளவுகள் முழு எண்களாகவே தேறும்.

இப்படிப் பிண்ட அளவுகள் முழு எண்களாக அமைந்திருப்பதற்குக் காரணம் எல்லா அணுக்களின் நியூக்ளியசும், புரோட்டான், நியூட்ரான் என்ற இரண்டு பரமானுக்களால் ஆக்கப்பட்டிருப்பதுதான் புரோட்டானுக்கும் நியூட்ரானுக்கும் பிண்டத்தில் வேறுபாடில்லை. இவ்விரு பிண்டங்களின் அளவும் நீரக அணுவின் அளவாகவே இருக்கும். ஆனால், புரோட்டானில் மின்சாரமுண்டு; நியூட்ரானில் அது இல்லை.

பிண்டங்களின் அளவுகளெல்லாம் முழு எண்களாகக் காணப்படுகின்றன என்று சொன்னோம். ஒரு அணுவின் பிண்டத்தைக் குறிக்கும் எண் அந்த அணுவின் நியூக்ளியசில் மொத்தம் எத்தனை புரோட்டான்களும் நியூட்ரான்களும் கூடினவை என்பதைத் தெரியப்படுத்தும்.

இந்த எண் முழு எண்ணாகத்தானே இருக்கமுடியும். இந்த முடிவு பொதுவாக உண்மையானாலும் வெகு நுட்பமாக அணுக்களின் பிண்டங்களை அளந்து பார்த்தால் முழு எண்களிலிருந்து மிகச் சிறிது வேறுபடுகின்றன. வேறுபடுவதற்குக் காரணமுண்டு. அணு ஆற்றலைப் பயன்படுத்தும் முறையும் அதிலிருந்து ஒருவாறு தெரிந்துகொள்ளலாம்.



- (1) நீரகம் (2) ஹீலியம் (3) இரும்பு போன்ற அணுக்கள் (4) காரியம் (5) ரேடியம் (6) யுரேனியம்

பல புரோட்டான்களும் நியூட்ரான்களும் ஒன்றுக்கடி அணுவின் நியூக்ளியசில் சுருங்கிக் கிடக்கின்றன என்று சொன்னோம். இவைகள் தனித்தனியே எளிதில் பிரிக்க முடியாதபடி ஒன்றோடொன்றுக்கடி இணைந்திருப்பதற்குக் காரணங்களைப்பற்றி பல ஆண்டுகளாக ஆராய்ச்சிகள் நடந்து வருகின்றன. இன்னும் சந்தேகமற சமாதானம் கிடைத்ததாகச் சொல்ல முடியாது. ஆனால் எவ்வளவு இறுக அவைகளின் கூட்டுறவு என்று மாத்திரம் எளிதாகச் சொல்லலாம். கூட்டுறவு இறுக இறுக, பிணையின் வலிமையை ஓட்டி அந்த நியூக்ளியசின் பிண்டம் சற்றுக் குறைவுபடவேண்டும். இந்த வலுத்த பிணையின் ஆற்றலுக்கு ஆதாரம் வேண்டுமே. பிண்டத்தில் மிகச் சிறிய பாகம் ஆற்றலாக மாறியிருந்தால்ல்லவோ இப்பிணை நிகழக்கூடும். ஆகையால் இவ்வணுக்களின் பிண்டங்களை மிக நுட்பமாக அளந்து பார்த்தால், அணுவில் கூடியுள்ள புரோட்டான், நியூட்ரான்களுடைய பிண்டங்களின் மொத்தத்திற்குச் சற்று குறைவுபட்டுக் காணவேண்டும். இக்குறைவு எவ்வளவோ அவ்வளவாக இருக்கும் அந்த நியூக்ளியசில் அடங்கியுள்ள புரோட்டான் நியூட்ரான்களின் பிணைவலிமை. நியூட்ரான்களையும் புரோட்டான்களையும் தனித்தனியே நியூக்ளியசிலிருந்து பிரிக்க வேண்டுமானால் இந்த அளவுக்கு ஆற்றல் உபயோகிக்கவேண்டி யிருக்கும்.

நமக்குத் தெரிந்த அணுக்களில் புரோட்டான் நியூட்ரான் கூட்டுறவினால் ஏற்படும் பிண்டக் குறைவுகள் மேலே குறித்திருக்கும் சித்திரத்தில் வரையப்பட்டிருக்கின்றன. இந்தக் குறைபாடு அதிகமாகக் காணப்படுவது இரும்பு போன்ற அணுக்களில், ஒருபுறம் நீரகம் போன்ற அணுக்களும் யுரேனியம் போன்ற அணுக்களும் படத்தில் ஏறிக் காண்கின்றன.

இதிலிருந்து இரண்டு முக்கிய முடிவுகள் நாம் கொள்ளலாம். யுரேனியம் போன்ற அணுக்களை வேறு கனக்குறைவான அணுக்களாக மாறும்படி சிதைத்தால் ஏராளமான ஆற்றல் உண்டாகலாம். இதுவே அணுக் குண்டுகளின் நுணுக்கம். ஒரு சிறிய அளவிற்கு இது பூமிக்குள் இயற்கையாகவும் நடந்து வருகிறது. இதுவே நாம் மேலே சொன்ன பூமியின் சூட்டுக்குக் காரணம்.

அதேமாதிரி நீரகம் போன்ற அணுக்களை இணைத்து ஹீலியம் போன்ற அணுக்களாக மாற்ற முடியுமானால் அதுவும் ஏராளமான ஆற்றலுக்குக் காரணமாகும். இது நீரக அணுக் குண்டின் சக்திக்குக் காரணம். இயற்கையில் கதிர்வனுடைய அளப்பரிய ஆற்றலுக்கும் இதுவே காரணம்.