

# பூமியின் வயதென்ன?

\*

கரியமாணிக்கம்  
டாக்டர் ஸ்ரீ கிருஷ்ணன்,  
எப்.ஆர்.எஸ்.

\*

கலைமகள் காரியாலயம்,  
மயிலாப்பூர், சென்னை

1941

## பூமியின் வயதென்ன?

கரியமாணிக்கம் ஸ்ரீ. கிருஷ்ணன், எப். ஆர். எஸ்.

ரோஜாப்பூக்களைப்பற்றி ஒரு கதை சொல்லுவதுண்டு. ஒரு பூந்தோட்டத்திலுள்ள ரோஜாப்பூக்கள் தங்களுக்குள் பேசிக்கொண்டிருக்கையில், தங்கள் தோட்டக்காரன் வயதைப்பற்றி ஒரு கேள்வி எழுந்ததாம். "நமக்கு ஞாபகம் தெரிந்த நாள்முதல் அடிக்கடி அவனைப் பார்த்து வந்திருக்கிறோம். அவன் தோற்றத்தில் மாறுதல் சிறிதேனும் நாம் காணவில்லை. ஆகையால் அவன் இப்பொழுது எப்படி இருக்கிறானோ அப்படியேதான் அனாதிகாலமாக இருந்திருக்கவேண்டும்" என்று முடிவு கட்டினவாம்.

பூமியின் வயதைப்பற்றி அநேகர் நினைப்பதும் இப்படித்தான். பூமி சாஸ்திர (Geology) நிபுணர்களும், நூறு வருஷங்களுக்குமுன் இதே மாதிரியான அபிப்பிராயந்தான் கொண்டிருந்தனர். பூமி இப்பொழுது இருக்கிறதுபோலவே எண்ணிறந்த கோடி வருஷங்களாக இருந்திருக்க வேண்டுமென்று எண்ணினர்.

'பூமியின் பழமை அளவுகட்ட முடியாததன்று; அதன் வயதை வரையறுக்க முடியும்' என்று தெரிந்துகொண்டது சென்ற நூறு வருஷங்களுக்குள்ளேதான். இதற்குக் காரணம், பிரபல பௌதிக சாஸ்திர (Physics) அறிஞராயிருந்த கேல்வின் பிரபு (Lord Kelvin) செய்த ஓர் ஆராய்ச்சிதான். அவ்வாராய்ச்சியின் பயனாக, "பூமியின் வயதை நிர்ணயிக்க எளிதான வழி ஒன்று உண்டு. அவ்வழியினாலே, பூமியின் வயது இரண்டுகோடி வருஷங்களுக்கு மேற்பட்டதென்றும், நாலுகோடி வருஷங்களுக்கு உட்பட்டதென்றும் மதிப்பிடலாம். இந்த மதிப்பீட்டில் என்ன தவறு இருந்தாலும், மேல் எல்லை பத்துக்கோடி வருஷங்களுக்கு மேற்படவே முடியாது" என்ற கருத்தை முடிந்த முடிவாகச் சுமார் நூறு வருஷங்களுக்குமுன் கெல்வின் பிரபு வெளியிட்டார்.

வெகுகாலத்துக்குமுன் ஏதோ ஒரு சமயத்தில் சூரியனிடமிருந்து ஒரு சிறு பாகம் விலகிப் பல தனியுருவங்களாகப் பிரிந்தது என்றும், அவ்வருவங்களே பூமியும் மற்றக் கிரகங்களும்\* என்றும் நம்புவதற்குப் போதுமான சான்று உண்டு. சூரியனிடமிருந்து பிரிந்த காலத்தில் பூமியின்

இக்கட்டுரையின் முற்பாகம் டாக்டர் ரோடியோ நிலயத்திலிருந்து ஆங்கிலத்தில் நிகழ்த்திய ஒரு பேச்சையும், பிற்பாகம் கல்கத்தா பாரதி தமிழ்ச் சங்கத்தில் நிகழ்த்திய ஒரு பேச்சையும் ஒட்டி எழுதியவை.

\* சந்திரனைத் தவிர.

உள்ளும் புறமும் மிகவும் உயர்ந்த உஷ்ணநிலை (Temperature)யில் இருந்திருக்கவேண்டும். பிரிந்து கொஞ்சகாலத்திற்குள்ளாகவே, வெளிப்பாகங்கள் வெப்பத்தை இழந்து, இப்பொழுது இருக்கும் குறைவான உஷ்ணநிலையை அடைந்திருக்கவேண்டும். ஆனால் உட்பாகங்களின் உஷ்ணநிலையோ வெகு நிதானமாகவே தணிந்தவரும். இதற்குக் காரணம் உள்ளிருக்கும் வெப்பம் (Heat) வெளிப்பாகங்களுக்குப் பரவி அங்கிருந்து தான் பூமியை விட்டு வெளியேறமுடியும். மண்ணும், பாறையும், பூமிக்குள் பெரும்பான்மையாயுள்ள மற்றைப் பொருள்களும் வெப்பத்தை எளிதிலே கடத்தும் இயல்புடையன அல்ல. ஆகையால், இன்றைக்கும், பூமி வெப்பம் இழக்கத் தொடங்கி எத்தனையோ காலமாகியும், பூமியின் உட்பாகங்களின் உஷ்ணநிலை உயர்ந்தே இருக்கிறது. தரையிலிருந்து கீழே பூமிக்குள் போகப் போக உஷ்ணநிலை அதிகரித்துக்கொண்டே போகிறதென்பது ஆழமான சுரங்கங்களில் வேலை செய்கிறவர்களுடைய அனுபவம்.

பூமியில் பெரும்பான்மையாயுள்ள வஸ்துக்கள் வெப்பத்தைக் கடத்துவது எவ்வளவு குறைவானது என்பதை மதிப்பிடமுடியும். பூமி சூரியனை விட்டுப் பிரிந்தகாலத்தில் அதன் உஷ்ணநிலை எவ்வளவு என்றும் மதிப்பிட முடியும். ஆகையால் பூமியின் உட்பாகங்களின் உஷ்ணநிலை நாம் இப்பொழுது காண்கிற அளவுக்குக் குறைய வேண்டுமானால் பூமி சூரிய ஆரம்பித்து எவ்வளவு காலம் சென்றிருக்கவேண்டும் என்று கணக்கிடலாம். இதுவே பூமியின் வயதாகும். பூமியின் வயதை இரண்டு கோடி வருஷங்களுக்கு மேற்பட்டதென்றும், நாலுகோடி வருஷங்களுக்கு உட்பட்டதென்றும், கெல்வின் கணக்கிட்டது இவ்வாறுகத்தான்.

ஆனால் பூமியின் வயதைப்பற்றிய மேற்கண்ட முடிவு பூமி சாஸ்திர அறிஞர் ஒப்புக்கொள்ளத் தக்கதாயில்லை. பூமி பிறந்த காலம்—அதாவது சூரியனிலிருந்து தனியாகப் பிரிந்த காலம்—முதற்கொண்டு மகத்தான இயற்கைச் சம்பவங்கள் எத்தனையோ பூமியில் நிகழ்ந்திருக்கின்றன. அந்தச் சம்பவங்களில் இவை இவை இத்தனை இத்தனை கோடி வருஷங்களுக்கு முன் நடந்தன என்று நம்மால் நிச்சயித்துக் கூறமுடியாவிட்டாலும், ஓரளவு மதிப்பிட்டுச் சொல்ல முடியும். இதன்பின் இது நடந்தது என்று அவைகளின் காலக்கிரமத்தை நிச்சயமாகச் சொல்லலாம். இம்முறையினால், பூமியின் வெளிப்பிரதேசங்கள் மண்ணும் பாறையுமாக உறைந்தது பூமியின் வாழ்க்கையில் மிக இளம் பிராயத்திலே என்று தெரியவருகிறது. ஜீவராசிகள் யாதொன்றும் இல்லாமலே இருந்ததுதான் பூமியின் வாழ்க்கையில் பெரும்பாகமாகும். அதாவது வெகு காலத்துக்குப் பின்புதான் பூமியில் ஜீவராசிகள் உதித்திருக்கின்றன. முதல் முதலில் புல் புழுக்களும், பின் ஊர்வனவும், அதன் பின்னரே மனித இனம் உட்பட்ட முதுகெலும்புள்ள பிராணிகளும் உண்டாயின. இந்தக் கிரமப்படி நாம் இப்பொழுது காண்பவையும், மற்றும் ஊகித்து அறியக்கூடியவையுமான ஜீவராசிகளெல்லாம் பூமியில் தோன்றவதற்குமட்டுமே எத்தனையோ கோடி வருஷங்கள்

ஆகியிருக்கவேண்டும். அந்தக் காலத்தை எவ்வளவு குறைத்து மதிப்பிட்டாலும், ஐம்பது கோடி வருஷங்களுக்குக் குறைய முடியாதென்று பூமி சாஸ்திர அறிஞர் கருதினர். பூமியின் வாழ்வில் ஜீவராசி ஏறக்குறையத் தோன்றுவதற்கு முந்தின பகுதியோ இதனினும் நீண்டது. ஆகவே சமர் நூறு அல்லது நூற்றைம்பது கோடி வருஷங்களுக்குக் குறைந்த எந்த வயதும் அவர்கள் ஒப்புக்கொள்ளத் தக்கதாயில்லை.

நூறு அல்லது நூற்றைம்பது கோடி எங்கே? கெல்வின் அளித்த இரண்டு அல்லது பத்துக் கோடிதான் எங்கே? கெல்வின் போட்ட கணக்கிலோ பிழை தெரியவில்லை. பூமி சூரியனிடமிருந்து பிரிந்த காலத்திலிருந்த உஷ்ண நிலையைக் கொண்டும், பூமியின் உட்புறத்திலும் வெளிப்புறத்திலும் இப்பொழுது இருக்கிற உஷ்ண நிலையைக்கொண்டும், பூமியிலுள்ள வஸ்துக்கள் வெப்பத்தைக் கடத்தும் அளவைக்கொண்டும் பூமியின் வயதை நிர்ணயிப்பதில் என்ன குறை கூறமுடியும்? எனினும், இப்படி நிர்ணயித்த வயது ஒப்பத் தக்கதாக இல்லை. ஆகவே இது ஒரு பெரிய விவாதத்திற்கு இடமாயிற்று. பிரபல ஜீவ சாஸ்திர (Biology) அறிஞரான ஹக்ஸ்லி (Huxley)யே பூமி சாஸ்திரக் கஷ்டையை மேற்கொண்டு வாதாடினார். இந்த விவாதத்தில், கணிதசாஸ்திர முறைப்படி பிறர் மறுக்கமுடியாதென்று தோன்றும் வகையில், கெல்வின் இட்ட வழக்கு ஒரு புறம்; பிரமாண பூர்வமாய் நிரூபிக்க முடியாவிட்டாலும், ஜீவ சாஸ்திரங்களில் நெடுநாள் பழகியதன் பயனாக வந்த திடமான நம்பிக்கை மற்றொரு புறம். எதை ஏற்பது?

கணக்குமுறையிலோ பிழையில்லை; ஆனால் முடிவோ ஒப்பக்கூடாததாக இருக்கிறது. இப்படி இருந்தால், அக்கணக்கிடுவதற்கு அடிப்படையாய் அமைந்த விஷயங்களில் ஏதோ தவறு இருக்கிறதென்றுதான் அனுமானிக்கவேண்டும். கணிதத்தை ஒரு மாவரைக்கும் இயந்திரத்திற்கு ஒப்பிடலாம். இயந்திரத்தில் இட்ட அரிசியிலிருந்து அரிசிமாவும், கேழ்வரகிலிருந்து கேழ்வரகு மாவும் வெளிவருவதுபோலவே, கணக்கின் வழியாக, உண்மையான மூலப்பொருளிலிருந்து உண்மையான முடிவும், தவறான மூலப்பொருளிலிருந்து தவறான முடிவும் வலித்திக்கும். இதுதான் ஹக்ஸ்லியின் வழக்கு.

ஹக்ஸ்லி ஊகித்தபடியே, பூமியின் வயதைக் கணக்கிடுவதற்குக் கெல்வின் ஆதாரமாய்க் கொண்ட விஷயங்களில் ஒரு பெரிய தவறு புகுந்தே இருந்தது. ஆனால் அந்தத் தவறு வெளிப்பட்டது இந்த விவாதம் தொடங்கி நூற்றைம்பது வருஷங்களுக்குப் பின்புதான். இந்த விவாதம் நடந்த நாளில் ஒருவரும் அறிந்திருக்கமுடியாத அபூர்வ குணங்களையுடைய சில தத்துவங்கள் (Elements) பூமியில் இருந்துவருகின்றன. இந்தத் தத்துவங்களுக்கு மற்றத் தத்துவங்களைப் போலல்லாமல், தாமாகவே வேறு தத்துவங்களாகப் பரிணமிக்கும் (Transformation) இயல்பு உண்டு. இப்படிப் பரிணமிக்கும்போது, மின்னணுப் (Electron) போன்றனவும்

ஆனால் அதைக்காட்டிலும் மிகக் கனமுள்ளனவுமாகிய சில அணுக்களும் உடன்பிறக்கின்றன. பிறக்கும்போதே அதிவேகத்துடன் இவ்வணுக்கள் வெளிவருவதால் சுற்றியுள்ள பொருள்களைச் சூடுபடுத்தவும், பிரகாசிக்க வைக்கவும் சக்தியுண்டு. இம்மாதிரி தாமழிய மாறி, அம்மாறுதலினால் உண்டாகும் அணுக்களின் மூலமாய் அருகில் இருக்கும் பண்டங்களைப் பிரகாசிக்கவைக்கும் தத்துவங்களைத் தேஜஸ்கர தத்துவங்கள் (Radioactive elements) என்னலாம்.

கெல்வின் பூமியின் வயதை மதிப்பிட்ட முறை, பூமி சூரியனை விட்டுப் பிரிந்தகாலத்தில் தனக்குக் கிடைத்த வெப்பமே பூமியில் பின்பெல்லாம் இருந்துவந்த வெப்பத்திற்கு மூலாதாரமென்பதையும், அவ்வெப்பம் கொஞ்சங் கொஞ்சமாகப் பூமியை விட்டு வெளியேறுவதனால் குறைவுபட்டு வருவதைத் தவிர, வேறு புதிதாகப் பூமியில் வெப்பம் உண்டாவதற்கு ஏது இல்லையென்பதையும் அடிப்படையாகக் கொண்டது. இவை ஒப்பத் தக்கனவல்ல. ஏனெனில், பூமியிலுள்ள பொருள்களில் தேஜஸ்கர தத்துவங்களுக்கூட இருக்கின்றன; இத்தத்துவங்கள் மிகுதியான வெப்ப முண்டாவதற்குக் காரணமாகின்றன. பூமியின் மேற்புறத்துள்ள அளவுக்கே உட்புறத்திலும் தேஜஸ்கர தத்துவங்கள் இருப்பதாகக் கொண்டு, கெல்வின் காட்டிய வழிப்படியே புதிதாகக் கணக்குப் போட்டுப் பார்த்தால், பூமியின் வயது பூமிசாஸ்திரவாதிகள் கேட்கிற அளவுக்கு மேலேயும் போகும். ஆனால் பூமியின் உட்பாகங்களில் தேஜஸ்கர தத்துவங்கள் எவ்வளவு இருக்கின்றன என்று நிர்ணயித்துச் சொல்லமுடியாதாகையால், கெல்வின் காட்டிய வழியைக்கொண்டு, பூமியின் வயதைப் பத்துக்கோடிக்கு மிக விஞ்சியிருக்கவேண்டுமென்று சொல்லமுடியுமே தவிர எவ்வளவு என்று நிச்சயித்துக் கூறமுடியாது.

தேஜஸ்கர தத்துவங்கள் பூமியினுள்ளிருந்து அதைச் சூடுபடுத்தி வருவது காரணமாக, பூமியின் வயதை மதிப்பிடுவதற்குக் கெல்வின் வகுத்த வழி தடைப்பட்டதென்று சொன்னோம். இந்தத் தத்துவங்களின் வேறு சில குணங்களே பூமியின் வயதைச் சரியாக நிர்ணயிப்பதற்கு ஏற்ற புது வழிகளையும் சூன்றன. இத்தத்துவங்களில் ஒன்றான யுரேனியம் (Uranium) என்று வழங்கப்படும் தத்துவம், படிப்படியே வெவ்வேறு தத்துவங்களாகப் பரிணமித்துக் கடைசியில் ஈயம் (காரீயம்-Lead) ஆக மாறுகிறது. ஆனால் யுரேனியம் ஈயமாக மாறும் மாற்றம் வெகு நிதானமாகவே நிகழும்; தண்ணீரில் தங்கம் கரைவதற்கும், எறும்பு ஊர்ந்து மலை தேய்வதற்குக்கூட அதனை ஒப்பிடலாம். இவ்வளவு நிதானமாக நடைபெறும் மாற்றத்தை நேரில் அளவிடமுடியாதாயினும், வேறு வழியாக ஆராய்ச்சிச்சாலை (Laboratory) யில் அறிந்துகொள்ள முடியும். அவ்வாறாக யுரேனியத்தில் நூற்றில் ஒரு பாகம் ஈயமாக மாற ஆறரைக்கோடி வருஷங்களாகுமென்று தெரியவருகிறது.

பூமியில் அநேக பிரதேசங்களில் யுரேனியம் அடங்கியுள்ள கற்கள் அகப்படுகின்றன. இக்கற்களில் ஈயமும் காணப்படுகின்றது. இந்த

ஈயம் சாதாரண ஈயத்தைக்காட்டிலும் செறிவு (Density) குறைந்திருப்பதோடு, யுரேனியம் மாறவதால் உண்டாகும் ஈயம் எவ்வளவு செறிவுடன் இருக்கவேண்டுமோ அதே செறிவுடன் இருப்பதும் குறிப்பிடத்தக்கது. இதிலிருந்து யுரேனியத்துடன் கலந்து அகப்படும் ஈயம், ஆதியில் யுரேனியமாயிருந்து, பின்பு ஈயமாக மேலே சொன்னபடி மாறியிருக்கவேண்டுமென்று ஊகிக்கலாம்.

ஆகையால், யுரேனியம் அடங்கியுள்ள கல் ஒன்றைப் பரிசோதித்து, அதில் இப்பொழுது ஈயம் எவ்வளவு இருக்கிறது, யுரேனியம் எவ்வளவு மிஞ்சிக் கிடக்கிறது என்பதைக் கணக்கிட்டால், ஆதியில் ஈயமே இல்லாதபோது யுரேனியம் எவ்வளவு இருந்திருக்கவேண்டுமென்பதையும், அதில் எவ்வளவு பாகம் நாளடைவில் ஈயமாக மாறியிருக்கிறது என்பதையும் எளிதில் அறியலாம். நூற்றில் ஒரு பாகம் ஈயமாக மாற ஆறரைக்கோடி வருஷங்கள் செல்லுமானால், அந்தக் கல்லில் யுரேனியம் புகுந்தபின் இன்றுவரை, நாம் காண்கின்ற அளவுக்கு ஈயமாக மாற எத்தனை கோடி வருஷங்கள் சென்றிருக்கவேண்டுமென்பதைக் கணக்கிடலாம்.

பூமியில் அநேக பிரதேசங்களிலிருந்து எடுத்த யுரேனியம் அடங்கியுள்ள கற்களை இப்படிப் பரிசோதித்துக் கணக்குப் பார்த்தால், சற்றேறக்குறைய நூற்றைம்பது கோடிவரை மதிப்புக் கிடைக்கிறது. பூமி பிறந்து சிறிது காலத்திற்கெல்லாம் வெளிப்பிரதேசங்கள் கற்களாக உறைந்திருக்கவேண்டுமென்றுமேலே சொன்னோம். அவற்றினுள் யுரேனியம்புகுந்தது அவைகள் உறைந்ததற்குமுன். ஆகவே, பூமியின் வயது மேற்கண்ட நூற்றைம்பது கோடி வருஷங்களுக்குச் சிறிது அதிகம் என்று முடிவு கொள்ளலாம்.

யுரேனியக்கற்களின் வயதை நாம் இன்னும் ஒரு முறையிலும் கணக்கிடலாம். ஒரு யுரேனிய அணுவை (Uranium atom) எடுத்துக்கொள்வோம். அது காலக்கிரமத்தில் முறையே வெவ்வேறு அணுக்களாகப் பரிணமித்துக் கடைசியில் ஈய அணுவாக மாறுகிறது. இப்படி மாறும்போது ஹீலியம் (Helium) என வழங்கப்படும் வாயுவின் அணுக்கள் சிலவும் உடன்பிறக்கின்றன. இப்படி உற்பத்தியான ஹீலியவாயுவெல்லாம் கல்லினுள்ளே அடங்கிக் கிடக்குமானால், எப்படி அக்கல்லில் இருக்கும் ஈயத்தின் அளவையும் யுரேனியத்தின் அளவையும் வைத்துக்கொண்டு அக்கல்லின் வயதை மதிப்பிட்டோமோ, அதேமாதிரியாக அக்கல்லினுட்கிடக்கும் ஹீலியவாயுவின் அளவையும் யுரேனியத்தின் அளவையும் கொண்டு அவ்வயதை மதிப்பிடலாம். இவ்வாறாக, மிகப் பழமையான, யுரேனியம் அடங்கியுள்ள கற்களின் வயதை நூற்றிருபது கோடி வருஷங்கள் வரை மதிப்பிட்டிருக்கிறார்கள். ஹீலியம் வாயுப் பொருளாகையால் கல்லிலிருந்து கொஞ்சம் வெளியேறியிருக்கும். ஆகையால் இம்மாதிரி நூற்றிருபது கோடி என்று இடம் மதிப்பிற்கும், வாயுவைப்போலன்றிச் சிறிதும் சேதமின்றி, அக்கல்லிலேயே தங்கிவரும் ஈயத்தின் அளவைக்கொண்டு கிடைத்த காற்பங்கு அதிகமான மதிப்பிற்கும் முரண்பாடில்லை.

யுரேனிய அணுவானது படிப்படியே வெவ்வேறு அணுக்களாகப் பரிணமிக்கும்போது ஹீலிய அணுக்களும் உடன் பிறப்பதாகச் சொன்னோம். அவைகளே  $\alpha$ -கணுக்கள் ( $\alpha$ -Particles) என வழங்கப்படும் அணுக்கள். பிறக்கும்போதே அவைகள் வெகு வேகத்துடன் வெளிக்கிளம்புவதால், சுற்றிலுமுள்ள பொருள்களைச் சூடுபடுத்தவும், பிரகாசிக்க வைக்கவும் கூடும் என்று முன்னமே சொன்னோம்.  $\alpha$ -கணுக்கள் வேறு சில காரியங்களும் செய்கின்றன.

யுரேனியம் அதிகமாய் அகப்படும் பூப்பிரதேசத்திலிருந்து கிடைத்த ஒளிபுகும் பண்டம் (Transparent substance) ஒன்றை, உதாரணமாக அப்பிரகத்தகடு (Mica sheet) ஒன்றை\*, எடுத்துக்கொள்வோம். அத்தகட்டினுள் சிறியதொரு யுரேனியக் கல்துணுக்குக் சிக்கிக்கிடக்கலாம். யுரேனியம் காலக்கிரமத்தில் படிப்படியே வெவ்வேறு தத்துவங்களாகப் பரிணமிக்கவே அதிலிருந்து  $\alpha$ -கணுக்களும் வெளிவந்திருக்கும். அவைகள் வெளிவரும் வேகத்துக்குத் தக்கபடி அப்பிரகத்தில் சிறிதுதூரம் சென்று நிற்கும். இப்படி அப்பிரகத்தில்  $\alpha$ -கணுக்கள் சென்ற இடமெல்லாம், புகைப்படத்தில் (Photographic plate) ஒளி பட்ட இடம் கறத்திருப்பது போலவே, கறத்திருக்கும். (இந்நிறம் முழுக்கறப்பில்லாவிட்டாலும், சொல்லெளிமை கருதி, இதனைக் கறப்பென்றே இங்கு விவகரிப்போம்.) ஆகவே அப்பிரகத் தகட்டினுள் சிக்கிக்கிடக்கும் யுரேனியக் கல்துணுக்கைச் சுற்றி ஒரு வட்டப் பிரதேசம் கறத்திருக்க வேண்டும்.

யுரேனியமாகத் தொடங்கி இறுதியில் ஈயமாக மாறும்வரை எட்டுத் தடவைகள்  $\alpha$ -கணுக்கள் வெளிவருகின்றன. ஒவ்வொரு தடவையும் வெளிக்கிளம்பும் வேகம் வேறு வேறாக இருக்கும். அவ்வவ்வேகங்களுக்கு ஏற்ப, முறையே வெவ்வேறு கருவட்டங்கள் அதே யுரேனியக் கல்துணுக்கை மத்தியாகக் கொண்டு உண்டாயிருக்கவேண்டும். மேலும், மேற் சொன்ன  $\alpha$ -கணுக்களின் எட்டுவகை வேகங்களும் நமக்கு ஆராய்ச்சிமூலம் தெரியுமாதலால், இந்தக் கருவட்டங்களின் விட்டங்கள் எவ்வளவாக இருக்க வேண்டுமென்பதும் தெரியும்.

தென்னிந்தியாவிலும், வேறு பல இடங்களிலும் அகப்படும் அப்பிரகத்தகடுகளில் யுரேனியக் கல்துணுக்குகள் சில சிக்கிக்கிடப்பதும், அவைகள் ஒவ்வொன்றையும் சுற்றிப் பல கறத்த வட்டங்கள் இருப்பதும், அவைகளின் விட்டங்கள் நாம் மேலே சொன்ன அளவோடு ஒத்திருப்பதும் ஆகிய இவையெல்லாம் பூதக்கண்ணாடி (Microscope)யின் மூலம் இந்த அப்பிரகத்தகடுகளைப் பரீக்ஷித்தவர்களுக்கு வெளிப்படை. இதிலிருந்து இக்கருவட்டங்கள் தங்கள் மத்தியிற்கிடந்த யுரேனியக் கல்துணுக்கிலிருந்து வெளிவந்த  $\alpha$ -கணுக்களின் காரியமென்று திடமாகக் கூறலாம்.

\* அப்பிரகத்தில் ஒளிபுகா வகைகளும் உண்டு. அவைகளே காக்கைப்போள் என்று வழங்கப்படுவன.

இந்த வட்டங்கள் எவ்வளவு கறுத்திருக்கின்றன என்பது மத்தியிலிருந்து வந்த யுரேனியத்தின் பரிமாணத்தையும், அந்த யுரேனியம் அப்பிரகத்தகட்டினுள் புகுந்தது முதல் இன்றவரை சென்ற காலத்தையும் பொறுத்தது. இவ்வட்டங்களின் மத்தியில் இப்பொழுது மின்சிக்கிடக்கும் யுரேனியத்தின் பரிமாணத்தை நாம் அளந்து தெரிந்துகொள்ளலாமா தலால், நாம் இப்பொழுது காணும் அளவுக்கு வட்டங்கள் கறுப்பாவதற்கு எத்தனை காலம் வேண்டியிருக்குமென்பதை நிர்ணயித்துச் சொல்லலாம். யுரேனியம் அடங்கியுள்ள அப்பிரகம் போன்ற பண்டங்களின் வயதை இவ்வாறாகக் கணக்கிட்டால், முன்போலவே நூற்றைம்பது கோடிவரையில் மதிப்புக்கிடைக்கிறது.

பூமியின் வயதுக்கு மேலெல்லையும் இட முடியும். தத்துவங்களில் சிலவற்றைப்பற்றி மேலே சொன்னோம். ஏதேனும் ஒரு தத்துவத்தை எடுத்து, அதன் உஷ்ண நிலையைப் படிப்படியாக அதிகப்படுத்தினால், அது ஆவியாக மாறிப் பின் அந்த ஆவி ஒளி பரப்பும். அவ்வொளியை நிறம் பிரித்துக்காட்டும் கண்ணாடியின் மூலம் பார்வையிட்டால் நிறங்களின் அணி வகுப்பு அல்லது அடுக்கு ஒன்றைக் காணலாம். இவ்விதம் தோன்றும் நிற அடுக்கு (Spectrum) அந்தத் தத்துவத்திற்குரிய சிறப்பியல்பாயிருக்கும்; அதாவது, ஒவ்வொரு தத்துவத்திற்கும் ஒரு தனி நிற அடுக்கு உண்டு. ஆகவே ஒரு பதார்த்தத்தை அது ஆவியாக மாறி ஒளிபரப்பும் அளவுக்குச் சூடேற்றி, வெளியே பரவும் ஒளியை நிறப்பரீகசூ பண்ணினால், அந்தப் பதார்த்தத்தில் என்ன தத்துவங்கள் அடங்கியுள்ளன என்பதை எளிதாகக் கண்டு பிடிக்கலாம். இம்மாதிரிப் பரீகசூயினால், பல கோடி மைல்களுக்கு அப்பால் உள்ள நகூத்திரங்களிலும் என்ன என்ன தத்துவங்கள் இருக்கின்றனவென்று சொல்லமுடியும். இப்படியாக, நம் பூமியில் அகப்படும் தொண்ணூற்றிரண்டு தத்துவங்களுள், ஹைட்ரஜன் (Hydrogen), ஹீலியம் (Helium) போன்ற சிற்சில தத்துவங்களே நம் கண்ணுக்குத் தென்படும் நகூத்திரங்களில் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. பூமியில் அகப்படாத தத்துவமொன்றும் அவற்றில் இல்லை என்றும் தெரியவருகிறது.

ஒவ்வொரு தத்துவத்திற்கும் ஒரு தனி நிறஅடுக்கு உண்டு என்று சொன்னோம். ஆனால் வெகு தூரத்துக்கு அப்பால் இருக்கிற, சழிவடிவ முள்ள நகூத்திர புஞ்சங்களில் (Spiral nebulae; galaxies) ஏதேனுமொன்றின் ஒளியை மேலே சொன்னபடி நிறப்பரீகசூ பண்ணினால், அதன் நிற அடுக்கு நமக்குத் தெரிந்த சில தத்துவங்களின் நிற அடுக்குகளைப் பொதுவாக ஒத்திருந்தபோதிலும், அதன் அங்கங்களெல்லாம் சிவப்பு முனைப்பக்கமாகச் சற்று இடம் விலகிக் காணப்படுகின்றன.

ஒளிக்கு அலையின் தன்மை உண்டு. அதுபற்றி ஒளியின் ஒவ்வொரு நிறத்திற்கும் ஒர் அலை எண் (Wave-number per second; frequency) உண்டு. அவ்வொளியை நாம் பார்க்கும்போது, ஒரு விநாடியில் எத்தனை

அலைகள் நம் கண்ணுக்குள் புகும் என்பதை இந்த எண் காட்டும். இதே மாதிரி ஒலியின் அலையெண் ஒரு வினாடிக்கு எத்தனை அலைகள் நம் காதுக்குள் புகுகின்றன என்பதைக் காட்டும். ஒலியின் அலையெண் அதன் சுருதியைக் குறிப்பிடுகிறது. ஒலியின் அலையெண் அதன் நிறத்தைக் குறிப்பிடுகிறது. செந்நிறத்திற்கு இந்த எண் குறைவாகவும், ஊதாநிறத்திற்கு அதைப்போல் சமார் ஒன்றேழுக்கால் மடங்கு அதிகமாகவும் இருக்கும். ஆகையால் ஒரு நிற அடுக்கின் அங்கங்களெல்லாம் சிவப்புப்பக்கமாக விலகி இருப்பதை இன்னும் ஒருவகையாகவும் கூறலாம்; அதாவது இவ்வங்கங்களின் அலையெண்கள் குறைவுபட்டிருக்கின்றன என்றுதான்.

குறைவுபட்டிருப்பதற்குக் காரணம் பின்வருமாறு: எப்படி ஒரு புகை வண்டி ஊதுவதால் ஏற்படும் ஒலி, அவ்வண்டி நம்மைக் கிட்டிவரும்போது உயர் சுருதியிலும் விலகிச் செல்லும்போது தாழ்சுருதியிலும் நமக்குக் கேட்குமோ, அதுபோலவே ஒரு நகூத்திர புஞ்சம் நம்மை விட்டு விரைந்து விலகிப் போய்க்கொண்டிருந்தால் அதன் நிற அடுக்கின் அங்கங்கள் சிவப்பு முனைப்புறமாக நகர்ந்திருக்கும். அதாவது, அவ்வங்கங்களின் அலையெண்கள் குறைவுபட்டிருக்கும். எவ்வளவு குறைவுபட்டிருக்குமென்பது அந்நகூத்திர புஞ்சம் நம்மினின்று விலகி ஓடும் வேகத்தைப் பொறுத்தது. ஒளியானது, வெட்டத்தில், அதாவது வாயுவும் இல்லாத ஆகாயத்தில், எந்த வேகத்துடன் பரவுகிறதோ,\* அதில் நூற்றில் ஒரு பாகம் ஒரு நகூத்திர புஞ்சம் நம்மிடமிருந்து விலகிச் செல்லும் வேகமென்று வைத்துக்கொள்வோம். அதன் நிற அடுக்கின் அங்கங்களுடைய அலையெண்கள் குறைவுபடுவது நூற்றில் ஒரு பாகமாகவே இருக்கும். லைத மனத்தில் வைத்துக் கொண்டால் ஒரு நகூத்திரபுஞ்சத்தின் நிறப்பீகை மூலமாக அந்நகூத்திரபுஞ்சம் என்ன வேகத்துடன் நம் திக்கிலிருந்து விலகிச் செல்கிறது என்று தெரிந்துகொள்ளலாம்.

வெகு தூரத்துக்கு அப்பால் இருக்கும் சுழிவடிவமுள்ள நகூத்திர புஞ்சங்களைப் பெரிய தூரதரிசினியின் (Telescope) மூலம் பார்த்து, மேற்சொன்னபடி நிறப் பீகை பண்ணி, அவைகள் நம்மின்றும் விலகியோடும் வேகங்களைக் கணக்கிட்டால் வெகு நேரத்தியான முடிவொன்று கிடைக்கிறது. பூமியிலிருந்து நகூத்திரபுஞ்சங்களின் தூரம் அதிகப்பட அதிகப்பட அதற்குத் தக்கபடி அவை பூமியை விட்டு விலகிச் செல்லும் வேகமும் அதிகரித்துக்கொண்டே போகிறது. பூமியிலிருந்து ஒரு நகூத்திரபுஞ்சத்தின் தூரம் எவ்வளவோ, அதில் சமார் இருநூறு கோடியில் ஒரு பாகம் அந்நகூத்திரபுஞ்சம் இப்பொழுது ஒரு வருஷத்தில் நம்மின்றும் விலகிச் செல்லும் தூரம். அதாவது, இப்பொழுது ஒரு வருஷத்தில் தூரம் இருநூறுகோடி மைலுக்கு ஒரு மைல் வீதம் அதிகரிக்கும்.

\* வெட்டத்தில் (Vacuum) ஒளிபரவும் வேகம் வினாடிக்கு லக்ஷத்து என்பது தாரூயிரம் மைல்.

‘ஒரு நக்சத்திரபுஞ்சத்தின் தூரம் ஒரு வருஷத்தில் அதிகரிப்பது இருநூறு கோடியில் ஒரு பாகந்தானே? ஆகையால் அந்நக்சத்திர புஞ்சம் நம்மின்றும் விலகிச் செல்லும் வேகம் குறைவுபட்டிருக்குமோ?’ என்று எண்ணலாகாது. ஏனெனில், நக்சத்திர புஞ்சங்களின் தூரங்களோ மைல் கணக்கில் எண்ணுதற்கரியன. ஒளி பரவுவது ஒரு விடியில் லக்சத்து எண்பத்தாறாயிரம் மைல். இவ்வளவு வேகத்துடன் செல்லும் ஒளியுங்கூட நக்சத்திர புஞ்சங்கள் சிலவற்றிலிருந்து புறப்பட்டு நம்மை எட்ட அநேக கோடி வருஷங்களாகும். வழி நடப்பவன் தூரத்தை, ‘நாலு நாழிகைவழி, பத்து நாழிகை வழி’ என்று கணக்கிடுவது போலே, நக்சத்திர புஞ்சங்களின் தூரங்களை ஒளிபரவும் காலத்தை இட்டுக் கணக்கிடுவதே சௌகரியமானது. இத்தனை ஒளி-வருஷ தூரம் (Light-years) என்று தூரத்தைக் குறிப்பிடலாம். நூறு அங்குல வீட்டமுள்ள மிகப் பெரிய தூரதரிசினியின் மூலம் பார்த்தால் ஐம்பது கோடி, அறுபது கோடி ஒளி-வருஷங்களுக்கப்பால்கூட நக்சத்திர புஞ்சங்கள் தென்படுகின்றன. நக்சத்திர புஞ்சங்கள் நம்மின்றும் விலகிச் செல்லும் வேகத்தைப்பற்றி முன் சொல்லப்பட்டதிலிருந்து, ஐம்பது கோடி ஒளி-வருஷ தூரத்திலுள்ள ஒரு நக்சத்திர புஞ்சம் நம்மை விட்டுச் செல்லும் வேகம், ஒளி பரவும் வேகத்தில் கால் பாகம் என்று தெரியவரும். அதாவது வினாடிக்கு நாற்பத்தாறாயிரத்து ஐந்து மைல் வேகம். இந்த வேகத்தைக் குறைவென்று எப்படிச் சொல்வது?

ஒரு நக்சத்திர புஞ்சத்தின் தூரம் இப்போது ஒரு வருஷத்தில் இருநூறு கோடியில் ஒரு பாகம் அதிகரிக்கிறது என்று சொன்னோம். இதிலிருந்து ஒரு பெரிய விஷயத்தை நாம் ஊகித்தறியலாம். பிரபஞ்சத்தில்—அதாவது நக்சத்திர புஞ்சங்களனைத்தையும் அடக்கியுள்ள விசுவத்தில் (Universe)—ஏதேனும் இரண்டு நக்சத்திரபுஞ்சங்களை எடுத்துக் கொண்டால், அவ்விரண்டிற்கும் இடையிலுள்ள தூரம் நாளடைவில் அதிகரித்துக்கொண்டே வரும். தற்காலம் ஒரு வருஷத்தில் அதிகரிப்பது இப்பொழுதுள்ள தூரத்தில் இருநூறு கோடியில் ஒரு பாகம். பிரபஞ்சத்தில் எந்த இரண்டு நக்சத்திர புஞ்சங்களை எடுத்துக்கொண்டாலும் அவற்றுக்கிடையிலுள்ள தூரம் இதேமாதிரிப் பெருகிவருமாதலால், பிரபஞ்சமே பெருகி வருகிறதென்று சொல்லலாம்.

நக்சத்திர புஞ்சங்களில் ஒவ்வொன்றும் எந்த வேகத்துடன் நம்மை விட்டு இப்பொழுது ஒகிறதோ அதே வேகத்துடனேயே ஆதிமுதல் அகன்று சென்று கொண்டிருந்ததாகவும், பின்னும் சென்று கொண்டிருக்குமென்றும் வைத்துக்கொள்வோம்.\* அப்படியானால், இன்றையிலிருந்து இருநூறு கோடிவருஷங்களுக்குப் பிறகு, ஒரு நக்சத்திர புஞ்சத்திற்கும்

\* இப்படி நினைப்பது தவறாகாது. காரணம் இல்லாமல் வேகம் மாறுபடாதென்பதே இயற்கை விதி. நக்சத்திரபுஞ்சங்களின் வேகம் மாறுவதற்குக் காரணமில்லை.

மற்றொரு நகூத்திர புஞ்சத்திற்கும் இடையிலுள்ள தூரம் இப்பொழுது இருப்பதைப்போல் இரண்டு மடங்காக இருக்கவேண்டும்.

அதேமாதிரி இருநூறு கோடி வருஷங்களுக்குமுன் அவ்விரண்டு நகூத்திர புஞ்சங்களும் மிகவும் நெருங்கி இருந்திருக்கவேண்டும். எந்த இரண்டு நகூத்திர புஞ்சங்களை எடுத்துக்கொண்டாலும் இதே முடிவு கிடைக்குமாதலால், சுமார் இருநூறு கோடி வருஷங்களுக்குமுன் சகல நகூத்திர புஞ்சங்களும் இப்பொழுது பரவியிருப்பது போலல்லாமல் மிகவும் நெருங்கி, ஒன்றை விட்டொன்று விலகிச் செல்லும் சலனமற்று இருந்திருக்கவேண்டும்.

எக்காரணம் பற்றியோ சுமார் இருநூறு கோடி வருஷங்களுக்கு முன்\* மேற் சொன்னபடி நெருங்கி, ஒன்றை விட்டு ஒன்று அகன்று செல்லும் சலனமற்று இருந்த நகூத்திர புஞ்சங்களெல்லாம் திடீரென்று வெவ்வேறு வேகங்களுடன் விலக ஆரம்பித்து, முறையே அதே வேகங்களுடன் இன்றைக்கும் ஓடிவருகின்றன. ஒவ்வொரு நகூத்திரபுஞ்சமும் அன்று முதல் இன்றுவரை ஓடிச் சென்றுள்ள மொத்த தூரம், அதன் வேகத்துக்குத் தகுந்தபடியாக இருக்கும். அதாவது, வெகு வேகத்துடன் விலகிச் சென்றுவரும் நகூத்திரபுஞ்சங்கள் இப்பொழுது நம்மிடமிருந்து வெகு தூரத்துக்கப்பாலும், குறைவான வேகத்துடன் விலகிச் சென்று வரும் புஞ்சங்கள் அவ்வேகத்துக்குத் தகுந்தபடி குறைவான தூரத்திலும் இருக்கும். நகூத்திரபுஞ்சங்களின் நிறப்பரீகையிலிருந்து தூரத்துக்கேற்ற வேகம் இருப்பதாகக் கண்டதற்கு இதுவே அடியாகும். தூரத்துக்கேற்ற வேகம் என்று சொல்வதைக் காட்டிலும், வேகத்துக்கேற்ற தூரம் என்று சொல்வதே பொருந்தும்.

பொதுவாக, சலனமற்று இருக்கும் பிரபஞ்சத்திற்கு ஸ்தைர்யம் (Stability) இல்லையென்று நிரூபிக்க இடமுண்டு. ஆகையால் மேற் சொன்னபடி இருநூறு கோடி வருஷங்களுக்குமுன் பிரபஞ்சம் பெருக ஆரம்பித்ததற்குக் காரணம் சொல்ல முடியாவிட்டாலும், அம்மாதிரியான சலனம் உண்டாவதே இயல்பாகும்.

இப்படியாக, பூமியின் வயதோ இந்த இருநூறு கோடிவருஷங்களுக்கு மேற்பட முடியாது.

ஆகவே இவ்விதம் ஒரு முடிவிற்கே வரும் பல பிரமாணங்களாலும் பூமியின் வயதை நூற்றைம்பது கோடி வருஷங்களுக்குச் சிறிது அதிகமென்றும் இருநூறு கோடி வருஷங்களுக்கு உட்பட்டதென்றும் முடிவு கொள்ளலாம்.

இதே முடிவை ஸ்திரப்படுத்தும் வேறு பிரமாணங்களும் உண்டு. ஆனால் இங்கே எடுத்துக்காட்டிய பிரமாணங்களின் வன்மை அவற்றுக்கு இல்லை.

\* இப்பொழுது நடந்துவரும் வருஷத்தைச் சிடுஷ்டி அப்தம் நூற்றுத் தொண்ணூற்றைந்து கோடியே ஐம்பத்தெட்டு லக்ஷத்து எண்பத்தையாயிரத்து நாற்பத்தோராம் வருஷம் என்று நம் பஞ்சாங்கங்கள் கூறுவது இங்கே குறிப்பிடத்தக்கது!

