E = mc^2

என்ற சமன்பாட்டைப் பற்றி அறிந்திருப்போம். அல்லது கேள்விப்பட்டிருப்போம். அறிவியலில் தலைசிறந்த விஞ்ஞானியான ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீனின் சமன்பாடு இது என்பதையும் அறிந்திருப்போம். இதில் E என்பது சக்தி (Energy) என்றும் m என்பது நிறை (mass) என்றும் c என்பது ஒளியின் வேகம் என்னும் மாறிலியாகும்.

அதாவது ஒரு பொருளின் ஒட்டு மொத்த சக்தியானது, அப்பொருளின் நிறையையும், ஒரு வெற்றிடத்தில் மாறாத ஒளியின் வேகத்தின் வர்க்கத்தையும் பெருக்குவதால் வரும் தொகைக்கும் சமமாக இருக்கும் என்பதே இச்சமன்பாட்டின் பொருள். சக்தி என்பது பொருளின் நிறையுடன் தொடர்புடையது என்பதில் யாருக்கும் யாதொரு ஐயமும் இருக்காது. ஆனால், அதை ஏன் ஒளியின் வேகத்தின் வர்க்கத்தோடு பெருக்க வேண்டும்? ஒளியின் வேகத்துக்கும் பொருளின் சக்திக்கும் அப்படி என்ன தொடர்பு இருக்கின்றது? இந்தத் தொடர்பை அறிந்ததால் தான் பலப்பல ஜாலங்கள் நிகழ்த்த முடிந்தது. இயற்கையின் பல்வேறு சூக்குமங்களையும் அறிந்து கொள்ள முடிந்தது.

இத்தொடர்பு ஒரே பதிவில் விளக்கக் கூடியது அல்ல. ☺ கீழே கொடுத்திருக்கும் தொடுப்பில் ஐன்ஸ்டீனே சொல்வது போல் இது நம்மைப் போலச் சராசரி மனங்களுக்குப் புரிபடுவது சற்றுக் கடினம் தான்.

http://www.aip.org/history/einstein/voice1.htm

இருந்தும் முயல்வோம். முதலில் ஒளியின் வேகம் மாறிலி என்பதை எப்படிக் கண்டறிந்தார்கள் என்பதைக் காணலாம்.

அந்நாளைய விஞ்ஞானிகளால் ஒலியின் வேகத்தை எளிதில் கண்டறிய முடிந்தது. ஆனால் ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிவது அத்தனை சுலபமாக இல்லை. காரணம் ஒளியின் பிரம்மாண்டமான வேகம் தான்.

துப்பாக்கியிலிருந்து தோட்டா விடுபடும் போது ஏற்படும் ஒளி உடனே கண்ணுக்கு வந்து சேருவதும், அதே நேரம் ஒலி மிக அதிக நேரம் எடுத்துக் கொள்வதும் தான் அந்தக் காலச் சோதனை.

17 ம் நூற்றாண்டில் கலிலியோவும் அவரது உதவியாளரும் ஒரு மைல் தொலைவுள்ள இரு மலைகளின் மேல் நின்று கொண்டனர். கலிலியோ ஒரு மூடப்பட்ட விளக்கு கையில்

வைத்திருந்தார். அவர் விளக்கைத் திறந்ததும், எதிர் மலையில் இருப்பவர் அந்த விளக்கொளி கண்ணுக்குத் தெர்ந்ததும் அவர் கையிலிருக்கும் விளக்கைக் காட்டுவார். அப்போது இவருக்குத் தெரியும் நேரத்தைக் குறித்துக் கொள்வார்.

ஆனால், ஒளி மிக அதிக வேகத்தில் செல்வதால் ஒரு மைல் தூரத்திற்கு 1 செகண்டுக்கும் குறைவான நேரத்திற்குள் சென்று விடுவதால் கலிலியோவால் எந்த ஒரு வித்தியாசத்தையும் உணரமுடியவில்லை.

அவரது காலத்தில் ஒளி மட்டும் எந்த இடத்துக்கும் நேர இடைவெளி இன்றி பயணம் செய்யும் என்ற நம்பிக்கை இருந்தது. என்ன தான் கலிலியோவின் சோதனையும் அதை நிரூபிப்பது போல இருந்தாலும், அவரால் அதை நம்ப முடியவில்லை. எப்படியும் ஒளியின் வேகம் நிச்சயம் முடிவிலி அல்ல. அதற்கென்று ஒரு வேகம் இருந்து தான் ஆக வேண்டும் என்பதில் நம்பிக்கையாய் இருந்தார்.

பின் எப்படித் தான் ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிந்தார்கள்?

ஒளியின் வேகத்தை எப்போது எப்படிக் கண்டறிந்தனர் என்று காண்போம்.

ஆயிரம் பிறை கண்டவர்கள், 60 ஆண்டுகள் பூமியில் வாழ்ந்ததால் தாம் பிறந்த போது புவி இருந்த கோணத்தில் மீண்டும் இருப்பவர்கள் என்றெல்லாம் நாம் பெருமை கொள்கின்றோம்.

அதே போல டானிஷ் நாட்டில் 1676 வாக்கில் விஞ்ஞானி ஒருவர் (Ole Christensen Rømer) பலமுறை வியாழன் கிரகத்தின் நிலவான ஐயோவின் கிரகணத்தைக் கண்டிருக்கின்றார். (140 முறைக்கும் மேல்). அதாவது வியாழன் கிரகத்துக்குப் பின்னால் ஐயோ நிலவு செல்வதும், அதன் பின்னர் மீண்டும் வெளிப்படுவதும் தான் அவர் பல முறை கண்டது. வியாழனின் தூரம், சுழற்சி வேகம், ஐயோ நிலவின் தூரம் என்று அனைத்தையும் கண்டறிந்ததால் இப்போது நிலவு மறைந்து விடும், இதோ நிலவு மீண்டும் தெரிந்து விடும் என்று சொல்லும் அளவுக்கு அவரால் கணக்கிட முடிந்தது.

இருந்த போதிலும், குறிப்பிட்ட காலத்தில் அவரது கணக்குகள் தவற ஆரம்பித்தன. அவர் நினைத்த நேரத்தில் நிலவு வெளியே வரவில்லை! ஒருவேளை தன் கணக்கு தான் தவறோ என்று பல முறைகள் சிந்தித்துப் பின்னர் தான் ஒளியின் வேகமே தனது கணக்கு தவறுவதற்குக் காரணம் என்று கண்டறிந்தார்.

அதாவது வியாழன் புவிக்கு அருகில் வருகையில் ஐயோ நிலவு விரைவாக வெளிப்படும். அதே சமயம் வியாழன் புவியை விட்டு வெகு தூரம் சென்ற பின் நிலவு தாமதமாக வெளிப்படும். மீண்டும் வேகம் கூடும். பின்னர் குறையும். இப்படியே சென்று கொண்டிருந்ததால், இடையில் வேறு ஏதோ ஒன்றைத் தான் தவற விடுவதாக அறிந்து கொண்ட ரோமர் அது ஒளியின் வேகம் என்பதையும் கண்டறிந்து தன் மூத்த அறிவியலாரான காசினியிடம் கூற 22 ஆகஸ்டு 1676 ல் காசினி கீழ்க்கண்டவாறு அறிவித்தார்:

"This second inequality appears to be due to light taking some time to reach us from the satellite; light seems to take about ten to eleven minutes [to cross] a distance equal to the half-diameter of the

terrestrial orbit."

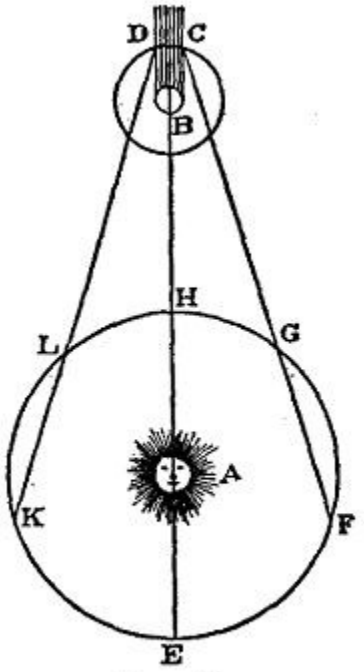


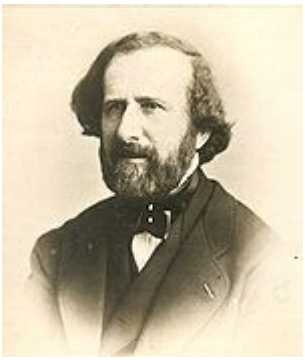
FIG. 70.

மேலே கண்ட படத்தில் புவி F என்னும் புள்ளியில் ஆரம்பித்து G என்னும் புள்ளிக்குச் செல்லும் போது D என்ற புள்ளியிலிருந்து ஐயோ நிலவு C என்னும் புள்ளிக்குச் சென்று மீளும் நேரமும், புவி L என்னும் புள்ளியிலிருந்து K என்னும் புள்ளிக்குச் செல்லும் போது நிலவு வெளிப்படும் நேரமும் மிகவும் வித்தியாசப்பட்டன. இத்தனைக்கும் புவி வியாழன் இரண்டுக்கும் இடையேயான தூரம் அப்போது ஒன்றாகவே இருக்கின்றன. ஆனால், முதல் முறையில் புவியும் வியாழனும் நெருங்க ஆரம்பிக்கின்றன. இரண்டாம் முறையில் இரண்டும் விலக ஆரம்பிக்கின்றன.

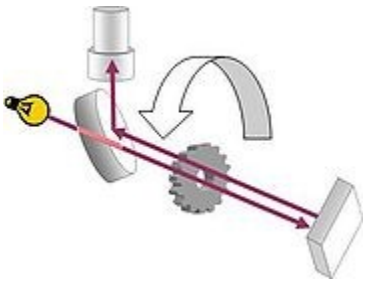
இவ்வித்தியாசத்தைக் கொண்டு, ஒளியின் வேகம் சராசரியாக நொடிக்கு 220000 கிமீ ஆக இருக்கும் என்று கணித்தார் அவர். 26 சதவீதம் தவறு என்றாலும் கூட 1676 ல் இதைக் கண்டறிந்ததே பெரிய விஷயம் தானே?

இதன் மூலம் ஒளியின் வேகம் முடிவிலி அல்ல. ஆனால் மாறிலி என்ற முடிவுக்கு வர முடிந்தது. இன்னும் துல்லியமாக ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிந்த விதத்தை அடுத்துக் காண்போம்.

இனி வெற்றிடத்தில் ஒளியின் மிகச் சரியான மாறாத வேகமான ஒரு விநாடிக்கு 29,97,92,458 (ஆம் முப்பது கோடிக்குச் சற்றுக் குறைவு) மீட்டர்கள் என்பதை எப்படிக் கண்டறிந்தார்கள் என்று அறியலாம்.



1849 ல் Fizeau என்னும் மேலே கண்ட பிரெஞ்சு விஞ்ஞானி கீழே கண்ட ஒரு கருவியைத் தயாரித்தார்.



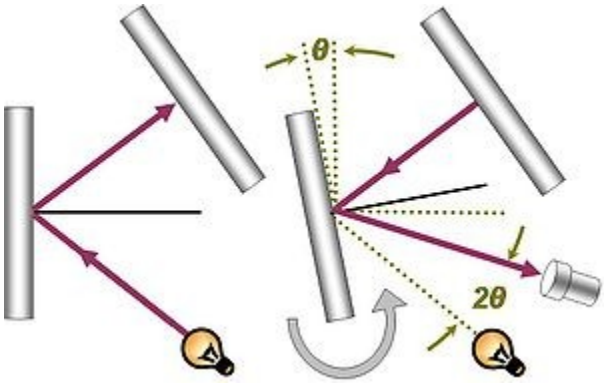
படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் இரண்டு கண்ணாடிகள் 8 கி.மீ. தூர இடைவெளியில் வைக்கப்பட்டன. நடுவில் ஒரு சுழலும் பல்சக்கரம் வைக்கப்பட்டது. ஒரு கண்ணாடி சற்றே கோணலாக வைக்கப்பட்டது. கோணலாக வைக்கப்பட்டிருக்கும் கண்ணாடி அருகிலிருந்து ஒளி புறப்பட்டு அடுத்த கண்ணாடிக்குச் சென்று மீண்டும் முதல் கண்ணாடியில் பிரதிபலிக்க வைக்கப்பட்டது. இப்போது பல்சக்கரத்தைச் சுழல விடும் போது, ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தில், ஒளி மீண்டும் கண்ணாடியில் பிரதிபலிக்காமல் பல் சக்கரத்தில் பல்லில் பிரதிபலிப்பதால் மறுபுறம் பிரதிபலிக்காது. அந்த வேகத்தையும் பல்சக்கரத்திலுள்ள பற்களின் எண்ணிக்கையையும் கொண்டு ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிட முடிந்தது. அவ்வாறு கணக்கிட்டு ஒளியின் வேகம் ஒரு விநாடிக்கு 3,15,000 கி.மீ. என்று அறிவித்தார் Fizeau.

இருப்பினும் அது சரியானதல்ல.

1862 ல் Léon Foucault என்னும் பிரெஞ்சு விஞ்ஞானி கீழ்க்கண்ட சோதனையை உருவாக்கினார்.

இரண்டு பிரதிபலிக்கும் கண்ணாடிகள் இப்பரிசோதனைக்குத் தேவை. அதில் ஒன்று குறிப்பிட்ட வேகத்தில் சுழல்கின்றது. மற்றொன்று வெகுதூரத்தில் நிலையாக (35 கி.மீ.) வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இப்போது சுழலும் கண்ணாடி மேல் ஒளி பிரதிபலிக்க வைக்கப்படுகின்றது. அவ்வொளி மற்றொரு கண்ணாடியில் பிரதிபலித்து மீண்டும் முதல் கண்ணாடிக்கு வருகின்றது. ஆனால் அதற்குள் சுழலும் கண்ணாடி ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்திற்குச் சுழன்று விடும்! ஆக, மீண்டும் ஒளி புறப்பட்ட இடத்திலிருந்து மிகச் சிறிய கோண அளவு விலக நேரிடும். இவ்விலகலையும், சுழலும் கண்ணாடியின் வேகத்தினால் ஏற்படும் கோண விலகலையும் கருத்தில் கொண்டால் ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிய இயலும். இதன் படி அவர் ஒளியின் வேகத்தை 298000 விநாடிக்கு கி.மீ. என்று வரையறுத்தார்.

இப்போது படத்தைப் பாருங்கள். (நன்றி விக்கிபீடியா)



இவ்வாறு ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிந்தவர்கள் Fizeau (1849) மற்றும் Léon Foucault (1862) ஆகிய பிரெஞ்சு விஞ்ஞானிகள் ஆவர்.

இப்போது இந்த ஒளியின் வேகமே மீட்டர் என்னும் பன்னாட்டு அளவையின் வரையறையாக இருக்கின்றது. அதாவது ஒரு மீட்டர் என்பது ஒளி 1/ 29,97,92,458 விநாடியில் செல்லும் தூரம் ஆகும்!

இனி, நிறைக்கும் சக்திக்கும் கொண்ட தொடர்புகளின் வரலாறும், அதில் ஒளியின் வேகத்தைப் புகுத்திய ஐன்ஸ்டீனின் தத்துவங்களும் பற்றிப் புரிந்து கொள்ள முயற்சிக்கலாம்.

இனி வெளியையும், காலத்தையும், காலவெளியையும் அறிந்து கொள்ள முயல்வோம்.

வெளி (space) என்பது இடத்தைக் குறிக்கின்றது. வெளியானது முப்பரிமாணங்களைக் கொண்டதாகக் கருதப்படுகின்றது. அதாவது நீளம் (length), அகலம் (width), உயரம் (height) என்றோ அல்லது அகலம் (width), உயரம் (height), ஆழம் (depth) என்றோ அறியப்படுகின்றது. வெளி அல்லது இடமே அந்தரத்தில் பொருட்களைத் தன்னிடத்தே கொள்ளவும், அப்பொருட்கள் தங்கு தடையின்றி நகர்ந்து செல்லவும், அதன் காரணமாக ஏற்படும் பல்வேறு நிகழ்வுகளுக்கும் ஏதுவாக இருக்கின்றது. வெளி என்பது முடிவற்றது அல்லது முடிவுடையது என்று பெரிய தர்க்கம் நிகழ்ந்திருக்கின்றது. பிரபஞ்சப் பெருவெடிப்பின் போதே வெளியும் தோன்றியது அல்லது வெளி என்பது எப்போதும் இருக்கின்றது என்றும் கருத்துகள் இருக்கின்றன.

காலம் என்பது நேரத்தைக் குறிக்கின்றது. காலம் ஒரு பரிமாணமுடையதாகக் கொள்ளப் படுகின்றது. காலமும் பிரபஞ்சப் பெருவெடிப்பின் போது தோன்றியதே என்பதே அறிவியல் முடிவாக இருக்கின்றது. பெருவெடிப்புக் கொள்கையை ஆதரிக்காதவர்களும், அலைக் கொள்கையை ஆதரிப்பவர்களும் காலமும், வெளியும் எப்போதும் இருப்பதாகவே கொள்கின்றனர்.

வெளியின் முப்பரிமாணங்களையும் கணிதரீதியாக நேர்கோடுகளின் மூலம் விளக்க இயலும். இனி இந்த வெளியில் பொருட்களால் ஏற்படும் தாக்கங்களையும், நிகழ்வுகளையும் குறித்து வைக்க காலம் என்னும் நான்காம் நேர் கோட்டின் உதவியையும் நாட வேண்டியிருக்கின்றது.

இங்கே தான் காலவெளியின் (space time) முக்கியத்துவத்தை உணர ஆரம்பித்தனர் விஞ்ஞானிகள். காலம் வேறு வெளி வேறு என்று பிரிக்காமல் காலவெளி என்ற நான்கு பரிமாணம் உடைய ஒன்றை நமக்கு இயற்கை தந்திருக்கின்றது என்பது தான் ஐன்ஸ்டீனின் பொதுச் சார்பியல் விதியின் முக்கிய அம்சமாகும்.

இனி காலவெளியைப் பற்றி மேலும் அறிந்து கொள்ளலாம்...

காலவெளி.

ஒருநிமிடம் கண்களை மூடிக் கொண்டு காலவெளி என்றால் அப்படி என்னவாகத் தான் இருக்கும் என்று கற்பனையில் ஆழ்ந்து பாருங்கள்.

காலவெளியின் அறிவியல் வரையறையைப் பார்த்தோமேயானால், "காலவெளி என்பது காலம் அல்லது வெளி என்னும் தனித்தன்மை இல்லாத, இடைவெளி ஏதுமில்லாமல் தொடர்ந்து பரந்து விரிந்த ஒரே தொகுப்பு" என்று கூறுகின்றார்கள்.

எவ்வாறு பூமியின் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தை அட்ச ரேகை மற்றும் தீர்க்க ரேகை ஆகிய இரு புள்ளிகள் மூலம் சுட்டிக் காட்ட முடிகின்றதோ, அதே போன்று காலவெளியில் நிகழும் நிகழ்வுகளையும் 3+1 பரிமாணங்களின் மூலம் குறிப்பிட்டுச் சுட்டிக் காட்ட இயலும். அதாவது, ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் இந்தப் பொருள் இந்த வடிவத்தில் காலவெளியில் இருக்கின்றது. அடுத்த விநாடியில் இந்தப் புள்ளியில் இந்த வடிவத்தில் இருக்கின்றது என்று குறிப்பிட இயலுகின்றது. இதன் மூலமாகவே இன்னும் எவ்வளவு நாளில் மீண்டும் செவ்வாய் கிரகம் நமக்கு அருகில் வரும் என்று கணிக்க முடியும். அதுமட்டுமல்ல, நாம் அனுப்பும் விண்கலங்கள் மிகச் சரியாக குறிப்பிட்ட கோள்களில் சென்று இறங்கவும் இந்தக் காலவெளிக் குறியீடுகள் உதவுகின்றன.

ஆக, பொருட்களின் வடிவத்தைப் பொருத்து முப்பரிமாணம், மற்றும் நிகழ்வுகளின் காலத்தைப் பொருத்து மற்றொரு பரிமாணம் என்று நான்கு பரிமாணங்கள் கொள்கின்றது காலவெளி. இதன் மூலம் ஒரு நிகழ்வானது "எங்கே, எப்போது" நிகழ்ந்தது என்று அறிந்து கொள்ள முடிகின்றது என்று கண்டோம்.

காலவெளியின் நான்கு பரிமாணங்களையே கற்பனை செய்து பார்க்க இத்தனை கடினமாக இருக்கும் போது, இன்னும் துகள்களையும் அதன் சக்தியையும் வேறு வழியில் விளக்க முயலும் இழைக் கொள்கையிலோ (string theory) 10 அல்லது 26 பரிமாணங்களைக் கற்பனை செய்ய முடியும் என்று நினைத்துப் பார்க்கவே முடியவில்லை!

காலவெளியில் நிகழும் நிகழ்வுகளைப் பற்றி விளக்க முனையும் போது அதைக் காட்சி என்று சொல்லலாம். காட்சி என்று சொல்லும் போதே காண்பார் (observer) என்ற ஒருவரையும் கற்பனை செய்ய வேண்டியிருக்கின்றது. காண்பார் ஒருவர் இருக்கின்றார் என்றால் அவர் இருந்து காணும் காலவெளியையும், நிகழ்வு நிகழும் காலவெளியையும் வேற்றுமைப் படுத்தவும், தொடர்பு படுத்தவும் வேண்டியிருக்கின்றது.

அதாவது, காண்பாருக்கும் நிகழ்வுக்கும் தொடர்பில்லை. ஆனால், காண்பார் தானும் காணும்

அந்த இடத்தில், அந்த நேரத்தில் இருந்து காணும் போது தான் நிகழ்வு குறிப்பிட்ட நேரத்தில், குறிப்பிட்ட இடத்தில் நடப்பது போல் தோன்றும்! இவ்வாறு காண்பார் காணும் இட/நேரம் எனப்படும் காலவெளியைப் பதிவுச் சட்டம் (Frame of reference) என்கின்றார்கள்.

காலவெளியில் நிகழ்வுகளைக் குறிப்பிடும் போது இந்தப் பதிவுச் சட்டம் மிக முக்கியமானதாகும். இப்போது பதிவுச் சட்டம் ஏன் முக்கியமானது என்பதை ஒரு எடுத்துக்காட்டுடன் காணலாம்.

ஒரு கிழக்கு மேற்கான சாலையில் கிழக்கிலிருந்து மேற்காக ஒரு வண்டி செல்கின்றது என்று வைத்துக் கொள்வோம். சாலையின் வடக்குப் பகுதியிலிருந்து பார்க்கும் ஒருவரைக் கேட்டால் வண்டி இடப்புறத்திலிருந்து வலப்புறமாகச் சென்றது என்பார். அதே நிகழ்வைச் சாலையின் தெற்குப் பகுதியிலிருந்து பார்க்கும் ஒருவரைக் கேட்டால் வண்டி வலப்புறத்திலிருந்து இடப்புறமாகச் சென்றது என்பார்.

ஆகக் காண்போரின் இடத்தைப் பொருத்துக் காணும் காட்சியின் பரிமாணம் மாறுகின்றது. இந்த இடத்தைத் தான் பதிவுச்சட்டம் என்கின்றோம். அண்டவெளியில் நிகழ்வுகளும், காண்பாரும் நகர்ந்து கொண்டே இருப்பதால், பதிவுச்சட்டமும் நகருகின்றது!

இந்தப் பதிவுச்சட்டம் காரணமாக, ஒரு பதிவுச்சட்டத்திலிருக்கும் ஒருவருக்கு எதிர்காலமாக இருக்கும் ஒரு நிகழ்வு காலவெளியில் தள்ளி இருக்கும் இன்னொருவருக்கு கடந்தகாலமாக இருக்கக் கூடும்!

இதனாலேயே, எப்போதோ நிகழ்ந்த க்வாசர் பிரகாசத்தையும் இத்தனை ஆண்டுகள் கழித்து நம்மால் காண முடிகின்றது.

ஒளியின் வேகத்துக்கும் இந்தப் பதிவுச்சட்டங்களுக்கும் என்ன தொடர்பு என்பதை அடுத்துக் காணலாம்.

பதிவுச் சட்டங்கள் குறித்துக் கண்டோம்.

ஒளியின் வேகத்திற்கும் பதிவுச்சட்டங்களுக்கும் இருக்கும் தொடர்பைக் காணும் முன்பு, மற்ற பொருட்களுக்கும், பதிவுச்சட்டங்களுக்கும் இருக்கும் தொடர்பை முதலில் காணலாம்.

ஒருவர் ஓடும் ரயிலுக்குள் இருக்கின்றார். மற்றொருவர் ரயில் நடைமேடையில் இருக்கின்றார் என்று வைத்துக் கொள்வோம். ஓடும் ரயிலுக்குள் இருப்பவரின் பதிவுச்சட்டம் நகர்ந்து கொண்டிருக்கின்றது. நடைமேடையில் இருப்பவரின் பதிவுச்சட்டம் நகராமல் நிலையாக இருக்கின்றது. (இருவரின் பதிவுச்சட்டங்களையும் கொண்டிருக்கும் புவி என்னும் பதிவுச்சட்டம் ஒரு வேகத்தில் சூரியன் என்னும் பதிவுச்சட்டத்தைச் சுற்ற அந்தப் பதிவுச்சட்டம் பால்வெளி என்னும் மையப்பதிவுச்சட்டத்தைச் சுற்றுகின்றது. அது வேறு விஷயம்!) ரயில் நடைமேடையை நோக்கி 80 கி.மீ. வேகத்தில் நெருங்கிக் கொண்டிருக்கின்றது என்று வைத்துக் கொள்வோம்.

இப்போது ரயிலுக்குள் இருப்பவர் தன் கையில் இருக்கும் ஒரு அம்பை முன் நோக்கி 10 கி.மீ. வேகத்தில் எய்கின்றார் என்று வைத்துக் கொள்வோம். ரயிலுக்குள் இருப்பவரைப்

பொருத்தவரை அம்பின் வேகம் 10 கி.மீ. ஆகும். ஆனால் நடைமேடையில் இருந்து இதைப் பார்ப்பவருக்கோ ஏற்கனவே ரயில் 80 கி.மீ. வேகத்தில் வருவதால்,அம்பின் வேகம் 90 கி.மீ. ஆகும் (பதிவுச்சட்டமான ரயிலின் வேகத்தையும் சேர்த்து). அப்படியில்லாமல், இல்லையில்லை, அம்பின் வேகம் நடைமேடையில் இருப்பவருக்கும் 10 கி.மீ. தான் என்றால், ரயில் அவரைப் பொருத்தவரை அம்பை விட அதிக வேகத்தில் வருவதால் அம்பை முந்த வேண்டும். அம்பு பிந்தி எய்தவரின் முகத்திலேயே மோத வேண்டும். 🙂 இவையெல்லாம் நடக்காததால், நகரும் பதிவுச்சட்டங்களில் நிறையுள்ள பொருட்களைப் பொருத்தவரை, காண்போருக்கும் நிகழ்வுக்கும் வெவ்வேறு வேகம் இருக்கக் கூடும் என்பது புலனாகின்றது. இதில் தவறேதும் இல்லை! அது தான் சரியும் கூட.

இனி, ரயிலுக்குள் இருப்பவர் தன் கையில் இருக்கும் ஒரு ஊதுவானைக் கொண்டு முன்னோக்கி சத்தம் எழுப்புகின்றார் என்று வைத்துக் கொள்வோம். சப்த அலைகளைப் பொருத்தவரை காற்றில் அதிக பட்ச வேகம் என்ற ஒன்று இருக்கின்றது. அது மணிக்கு 1236 கி.மீ. ஆகும். ரயிலில் இருந்தாலும் சரி, இல்லாவிட்டாலும் சரி அதற்கு மேல் ஒலியால் செல்ல இயலாது. எனவே, நடைமேடையில் இருப்பவரைப் பொருத்தவரை ஊதுவானில் இருந்து வெளியான ஒலியின் வேகம் ஒலியின் வேகமே (1236 கி.மீ. / மணி) ஆகும். ஆனால், ரயிலில் இருப்பவரைப் பொருத்தவரை ஒலியின் வேகத்திலிருந்து ரயிலின் வேகத்தைக் கழித்த வேகமாகும். அதாவது 1236-80 (1156 கி.மீ/மணி). ஒருவேளை ரயில் சப்த அலைகளின் வேகமான மணிக்கு 1236 கி.மீ. வேகத்தைக் கடக்க முடியுமானால், அவர் உருவாக்கிய ஒலிக்கு முன்னரே அவரால் பயணித்து விட முடியும்! தற்போதைய அதிவேக ஜெட் விமானங்கள் இதை நிகழ்த்திக் காட்டியிருக்கின்றன. ஆக, நகரும் பதிவுச்சட்டங்களில் அலைகளைப் பொருத்தவரை காண்போருக்கும் நிகழ்வுக்கும் வெவ்வேறு வேகம் இருக்கக் கூடும். இதிலும் தவறேதும் இல்லை.

ஆனால், ஒளியைப் பொருத்தவரை இது எப்படி இருக்கின்றது? என்பது தான் இப்போதைய கேள்விக்குறி. ஒளியை நிறையில்லா போட்டான் துகள் எனவும் கொள்ளலாம். அலையின் பண்புகளையும் பெற்றிருக்கின்றது.

மேற்கண்ட சோதனையில், அம்பு அல்லது ஊதும் ஒலிக்குப் பதிலாக ஒளிக் கற்றையை ரயிலில் இருப்பவர் அனுப்புவதாகக் கொண்டு கணக்கிடும் போது, என்ன ஒரு ஆச்சரியம்! ஒளியின் வேகமானது, காண்போருக்கும் சரி, ரயிலில் இருப்போருக்கும் சரி, ஒரே வேகத்தையே காட்டியது!

ஒளியைத் துகளாகக் கொண்டால் நடைமேடையில் இருப்பவருக்கு ஒளி அதிக வேகத்தில் வருவதாகத் தோன்ற வேண்டும்!

ஒளியை அலையாகக் கொண்டால், ரயிலில் இருப்பவருக்கு ஒளி குறைந்த வேகத்தில் செல்வதாகத் தோன்ற வேண்டும்! அதாவது ஒளியின் வேகத்தை ரயில் மிஞ்ச முடிந்தால் (ஒலியின் வேகத்தை மிஞ்சுவது போல), ஒளிக்கு முன்பே அதைப் பாய்ச்சும் டார்ச் பயணித்து விட்டதாக ஆகிவிடும்!

ஒளியோ, துகள் மற்றும் அலைகளின் பண்பை ஒருங்கே பெற்றிருப்பதால், வேகம் அதிகரிக்கவும்

செய்யாமல், குறையவும் செய்யாமல் பதிவுச்சட்டங்களைச் சாராமல் மாறிலியாக இருக்கின்றது. என்னே இயற்கையின் விந்தை!

ஆக, பதிவுச்சட்டங்களுக்கும் ஒளிக்கும் உள்ள தொடர்பு என்னவென்றால், ஒளியின் வேகம் மட்டுமே பொருட்கள்/துகள்கள் அல்லது அலைகளைப் போலன்றி பதிவுச் சட்டங்களைச் சாராமல், காண்பாருக்கும் நிகழ்த்துவாருக்கும் ஒரே வேகத்தைக் காட்டுகின்றது.

இது எப்படிச் சாத்தியமாகும்? இயற்கை விதிகளுக்கே முரண்பாடாக இருக்கின்றதே? என்பது போன்ற கேள்விகள் எழ வாய்ப்பிருக்கின்றது.

ஐன்ஸ்டீனின் சிறப்புச் சார்பு விதியின் மூலம் இதை எளிதில் விளக்க இயலும்.

தொடர்ந்து காண்போம்...

மற்ற பொருட்களின் வேக மாறுதல்களால் ஏற்படும் விளைவை ஒளியின் வேகம் மறைத்து விடும் என்பது தான் தங்கள் கருத்து என்று கருதுகின்றேன். உண்மை அதுவல்ல.

எந்தப் பதிவுச் சட்டத்திலிருந்து ஒளி புறப்படுகின்றதோ அந்தப் பதிவுச் சட்டத்தைப் பொருத்தவரை ஒளியின் வேகம் எதுவோ, அதுவே இன்னொரு பதிவுச்சட்டத்தில் வேகமாக எதிரே வருபவருக்கும், இன்னுமொரு பதிவுச்சட்டத்தில் வேகமாகக் குறுக்கே வருபவருக்கும் இருக்கின்றது என்பதால் பதிவுச்சட்டத்தைச் சார்ந்திராமல் அதிலிருந்து விடுபட்ட ஒன்றாக ஒளியைக் காண முடிகின்றது. அது எப்படி ஒளியின் வேகம் நகரும் பதிவுச்சட்டத்தின் வேகத்தால் பாதிக்கப்படாமல் இருக்கின்றது?

நிலையாக நிற்பவராக இருந்தாலும் சரி, ஒளி வரும் பாதைக்கு எதிரே படுவேகத்தில் வருபவராக இருந்தாலும் சரி, ஒளி செல்லும் பாதையிலேயே படுவேகத்தில் செல்பவராக இருந்தாலும் சரி, அவரவர்களுக்கு அந்த ஒளியின் வேகமானது மாறிலியாக ஒரே வேகத்தில் செல்வதாகவே தோன்றுகின்றது என்பது தான் விந்தையே!

இனி ஐன்ஸ்டீனின் சிறப்புச் சார்பு விதியைக் காண்போம். ஒளியின் வேகமானது நிலையாகக் காண்போர் அல்லது ஒளி புறப்படும் நகரும் சட்டங்களினால் மாறுவதில்லை. அது எப்போதும் ஒரு மாறிலியாகவே இருக்கின்றது என்பதே ஐன்ஸ்டீனின் சிறப்புச் சார்பு விதியாகும்.

"Special relativity incorporates the principle that the speed of light is the same for all inertial observers regardless of the state of motion of the source."

இந்த முடிவுக்கு ஐன்ஸ்டீன் எப்படி வந்தார்?

வேகத்தைக் குறிக்கும் அளவு தொலைவு/நேரம் ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக 100 கி.மீ தூரம் / 1 மணி நேரம் என்று கொள்ளலாம். இப்போது ஒளியின் வேகம் வெற்றிடத்தில் 299,792,458 மீட்டர்கள் / விநாடி என்று பலமுறை நிரூபிக்கப்பட்டு விட்டது.

வேகத்தை அளக்கும் போது இரண்டு விடயங்கள் கணக்கில் கொள்ள வேண்டியிருக்கின்றது.

அதாவது தொலைவு மற்றும் நேரம்.

ஐன்ஸ்டீன் கண்களை மூடி யோசித்துக் கொண்டிருக்கின்றார்.

வேகம் = தொலைவு / நேரம்

ஒளியின் வேகம் மாறிலி. வண்டியில் செல்பவர் எவ்வளவு தூரம் ஒளி செல்வதாகக் காண்கின்றாரோ அதே அளவு தூரத்திற்கே தான் நிலையாக நின்று பார்ப்பவரும் ஒளி செல்வதாகக் காண்பார்.

துகளோ அல்லது அலையோ அனுப்பும் போது தொலைவு/நேரத்திற்குத் தகுந்தாற் போல் வேகம் மாறிக் கொள்கின்றது. ஆனால் ஒளியைப் பொருத்தவரை இந்தச் சமன்பாட்டில் வேகமும் மாறவில்லை, தொலைவும் மாறவில்லை. அப்படியானால் நகரும் பதிவுச்சட்டத்தினால் ஏற்படும் மாற்றம் தான் என்ன?

வேகமும் மாறவில்லை, தொலைவும் மாறவில்லை.
வேகமும் மாறவில்லை, தொலைவும் மாறவில்லை.
வேகமும் மாறவில்லை, தொலைவும் மாறவில்லை.

ஹூம்... ஒரு வேளை, ஒரு வேளை, ஒரு வேளை நேரம்... ச்சே...ச்சே... இருக்காது... இருக்க முடியாது.... ஏன் முடியாது.... ஒரு வேளை... ஏன் இருக்கக் கூடாது? நேரம் ஏன் மாறக் கூடாது!? நேரம் மாறக் கூடாது என்று விதியிருக்கின்றதா என்ன? அட! நமக்கு ஏன் இத்தனை நாட்களாகத் தோன்றவில்லை இது?

ஐன்ஸ்டீன் துள்ளிக் குதிக்கின்றார்!

ஒளியின் வேகத்தைச் சரி செய்வதற்குத் தக்கவாறு நேரம் சுருங்கிக் கொள்ளுமோ? சரி தான்.

ஆஹா! பதிவுச்சட்டத்தின் வெளியிலிருந்து காண்பவரைப் பொருத்தவரை, பதிவுச்சட்டத்தின் உள்ளிருப்பவரின் காலம் மெதுவாகச் செல்கின்றது (time dilation)! அவ்வாறு மெதுவாகச் செல்வதன் விகிதம் அவரது பதிவுச்சட்டத்தின் வேகத்தைப் பொருத்தது! பதிவுச்சட்டத்தின் வேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, வெளியிலிருந்து காண்பவருக்கு உள்ளிருப்போரின் காலம் இன்னும் மெதுவாகச் செல்வதாகத் தோற்றமளிக்கின்றது. காலமே ஒளியின் வேகத்தைச் சமன்செய்யும் வஸ்துவாகச் செயல்படுகின்றது! இன்னும் எத்தனை காலம் தான் ஏமாற்ற முடியும் காலத்தால்?

அதிவேகமாக நகரும் பதிவுச்சட்டத்தில் இருப்போர், அவ்வாறு நகராத பதிவுச்சட்டத்தில் இருப்போரின் காலத்தோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும் போது தங்களது காலம் மிக மெதுவாகச் செல்வதாக உணர்வர். அது மட்டுமில்லை. வேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க வெளியிலிருந்து பார்ப்பவருக்கு வண்டியின் உள்ளிருப்பவர் சுருங்கிக் காணப்படுவார்! வண்டியின் உள்ளிருப்பவருக்கு வண்டியின் வெளியிருப்பவர் சுருங்கிக் காணப்படுவார்!

இது வேடிக்கையன்று. பலமுறை நிரூபிக்கப்பட்ட ஒன்றாகி விட்டது.

முத்தமிழ்மன்றம்

சிறப்புச் சார்பு விதியின் மூலம் பலரது கற்பனைக் கோட்டைகளைத் தவிடு பொடியாக்கிய ஐன்ஸ்டீன், தனது பொதுச் சார்பு விதியின் மூலம் இது ஏன் நிகழ்கின்றது என்றும் கண்டுபிடித்தார்.

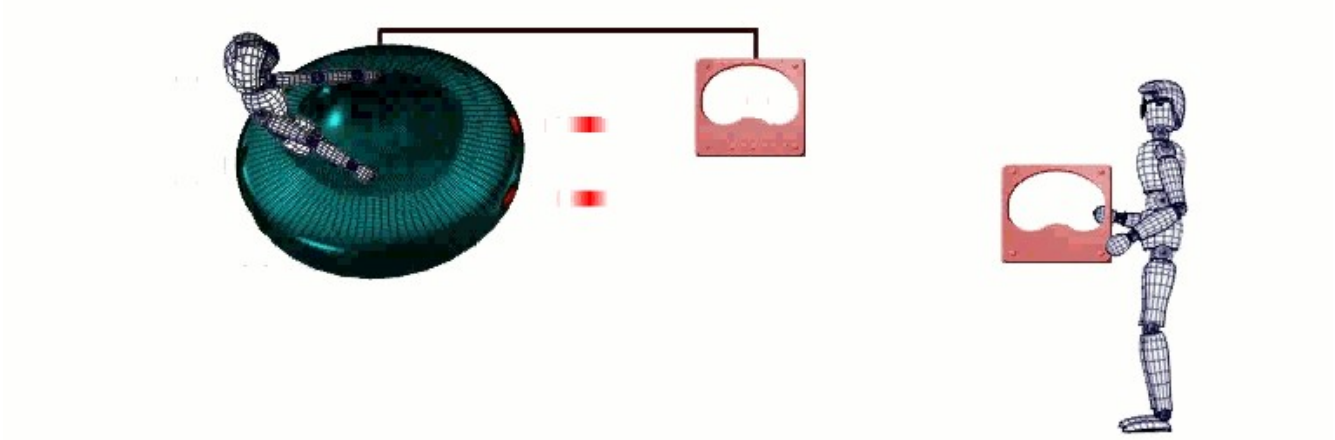
இது ஏன் சிறப்புச் சார்பு விதியெனப்படுகின்றது? இதனால் ஏற்படும் விளைவுகள் தான் என்ன? தொடர்ந்து எடுத்துக்காட்டுகளுடன் காண்போம்.

ஐன்ஸ்டீன் இந்த விதியைச் சிறப்புச் சார்பு விதியென்று அழைக்கக் காரணம் இருக்கின்றது.

இந்த விதி பதிவுச் சட்டங்கள் அதிவேகத்தில் பயணிக்கும் போது இன்னொரு பதிவுச்சட்டத்திலிருந்து பார்ப்பவருக்கு மட்டுமே பொருந்துவதால் இதைச் சிறப்புச் சார்பு விதி என்றழைத்தார் ஐன்ஸ்டீன். ஒவ்வொரு பதிவுச்சட்டத்தில் இருப்போருக்கும் அவர்கள் எத்தனை வேகத்தில் சென்றாலும் காலம் சுருங்குவது போன்று அவர்களால் உணர முடிவதில்லை. ஆனால் அவர்களை விட மிக மிக வேகம் குறைந்த பதிவுச்சட்டத்தில் இருந்து பார்ப்பவருக்குத் தான் வேகமாகச் செல்பவரின் கால அளவு, மெதுவாகச் செல்பவரின் கால அளவை விடக் குறைவாக நகர்ந்திருப்பதை உணர முடிகின்றது.

இப்போது காலம் எவ்வாறு சுருங்குகின்றது என்பதை ஒரு எடுத்துக்காட்டுடன் காணலாம். இந்த அசைபடத்தைக் காணுங்கள். (1.2 MB)

http://www.diamondcrackers.com/giri/mantram/lightspeed.gif



ராமுவும் சோமுவும் நண்பர்கள். ராமு ஒரு விண்வெளி வாகனத்தில் v என்னும் வேகத்தில் சோமுவை நோக்கி வந்து கொண்டிருக்கின்றான். ராமு தனது வாகனத்தின் விளக்கைப் போடுகின்றான். ராமு சோமுவிடம் இருந்து வரும் ஒளியின் வேகத்தைத் தனது கருவி மூலம் அளக்கின்றான். சோமுவும் தனது வாகனத்திலிருக்கும் கருவி மூலம் ஒளியின் வேகத்தை (அதாவது c)அளக்கின்றான்.

நாம் ஏற்கனவே பார்த்தபடி,

ரத்தினகிரி

ஒளி துகளாக இருந்தால் சோமுவுக்கு c+v என்ற வேகத்திலும், ராமுவுக்கு c என்ற வேகத்திலும் செல்வதாகத் தோன்றும்.
ஒளி அலையாக இருந்தால் சோமுவுக்கு c என்ற வேகத்திலும், ராமுவுக்கு c-v என்ற வேகத்திலும் செல்வதாகத் தோன்றும்.

இயற்கையின் நம்மால் விளங்கிக் கொள்ள இயலாத விந்தையின் காரணமாக, ராமுவுக்கும் சரி, சோமுவுக்கும் சரி அவரவர்கள் கடிகாரம் மற்றும் கருவிகளில் காணும் போது ஒளியின் வேகம் மாறவே இல்லை. இருவருக்குமே c என்ற அளவையே காட்டுகின்றது. இது தான் பிரச்னை. இதை விளக்க முனைவது அல்லது இதை வரையறுப்பது தான் ஐன்ஸ்டீனின் சிறப்புச் சார்பு விதி.

ஒளி அலையாக இருப்பதாலேயே சோமுவுக்கு c என்ற வேகம் செல்வதாகத் தோன்றுகின்றது என்று கொள்வோம். அப்படியானால் ராமுவுக்கு ஒளியின் வேகம் அவனது வேகத்துக்குத் தகுந்த வாறு குறைவாகக் காட்ட வேண்டும். அவ்வாறு காட்டாததாலும், ஒளியின் வேகமும், ஒளி செல்லும் தூரமும், ராமுவுக்குச் சமமாக இருப்பதால், சோமுவைப் பொருத்தவரை ராமுவின் காலம் சற்றே தளர்ந்து (ப்ரேக் போட்டு!) மெதுவாகச் சென்று ஒளியின் வேகம் குறையவிடாமல் காத்துக் கொள்கின்றது.

அல்லது ஒளி துகளாக இருப்பதாலேயே ராமுவுக்கு c என்ற வேகம் செல்வதாகத் தோன்றுகின்றது என்று கொள்வோம். அப்படியானால் சோமுவுக்கு ஒளியின் வேகம் ராமு அனுப்பியதைக் காட்டிலும் அதிக வேகத்தில் வருவது போல் தோன்றி c+v என்ற வேகத்தைக் காட்டாததாலும், ஒளியின் வேகமும், அது செல்லும் தூரமும் சோமுவுக்கும் சமமாக இருப்பதால், ராமுவைப் பொருத்தவரை சோமுவின் காலம் குடுகுடுவென்று வேகமாகச் சென்று ஒளியின் வேகத்தை அதிகரித்து விடாமல் பார்த்துக் கொள்கின்றது!

ஏனெனில், வேகம் = தூரம் / காலம். இதில் வேகம் மாறவில்லை, தூரம் மாறவில்லை. எனில், இருவருக்குமிடையே மாறுவது காலம், காலம், காலமே என்னும் ஆணித்தரமான புரட்சிகரமான முடிவை எடுத்தாக வேண்டியிருக்கின்றது. ஆக, பதிவுச்சட்டத்தின் வேகத்துக்குத் தக்கவாறு காலமானது தன்னைத் தானே சுருக்கிக் கொண்டு ஒளியின் வேகத்தை விட எதுவும் மிஞ்ச விடாமலும், ஒளியின் வேகத்தை வேறு எதுவும் மட்டுப்படுத்த முடியாமலும் சமன் செய்து கொண்டிருக்கின்றது. இதன் மூலம், வேகத்தை அதிகரிப்பதன் மூலம் காலத்தை மெதுவாகவும், வேகத்தைக் குறைப்பதன் மூலம் காலத்தை வேகமாகவும் ஓட வைக்க இயலும்!

ஆக, நீங்கள் எப்போது, எங்கே, எவ்வளவு வேகத்தில் சென்று ஒளியின் வேகத்தை அளந்து பார்த்தாலும் ஒளியின் வேகம் மாறவே மாறாது. வேகத்துக்குத் தக்கபடி காலம் மாறுகின்றது. நம்பமுடியாவிட்டாலும் அது தான் உண்மை.

சோமுவின் பார்வையில், ராமுவின் கடிகாரம் மெதுவாக ஓடுவதாகத் தோன்றும். ராமுவின் பார்வையில் சோமுவின் கடிகாரம் மெதுவாக ஓடுவதாகத் தோன்றும். இவ்வளவு தான் ஐன்ஸ்டீனின் விதி! காலத்தின் விளையாட்டை அசகாயசூரராக மாறிக் கைகளில் ஐன்ஸ்டீன் பிடித்தது பலரை உலுக்கி எடுத்தது.

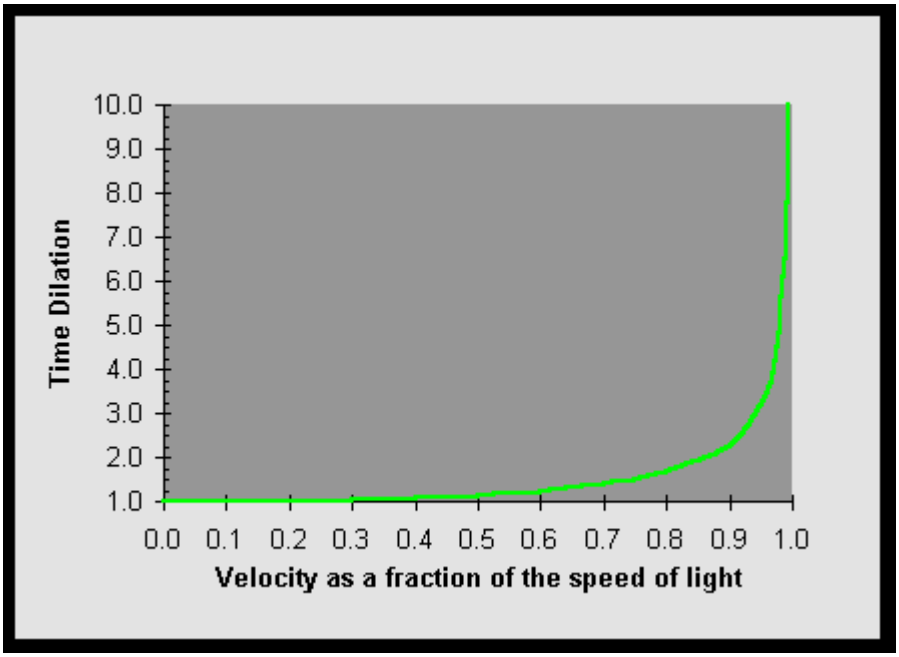
இதன் விளைவு என்னென்ன அனர்த்தங்களை உருவாக்கியது என்று காண்போம்! அது மட்டுமின்றி, ஒளியின் வேகத்தில் சென்றால் நம்மால் என்றும் இளமையாக மாற இயலுமா? போன்ற கேள்விகளுக்கான விடையையும் காணலாம்!

நன்றி: http://www.phys.unsw.edu.au/einsteinlig ... _logic.htm

சரி. அதிவேகத்தில் செல்வதால் காலம் சுருங்குகின்றது (என்றே வைத்துக் கொள்வோம்!). அதனால் நமக்கு என்ன பயன்?

அதிகமான பயன் ஏதும் இல்லை (தற்போதைக்கு) என்பதே பதிலாக இருக்கின்றது. அதற்கான காரணங்கள் இரண்டு.

1. நாம் குறிப்பிடும் அதிவேகம் என்பது சாதாரண வேகம் அல்ல. மிக மிக அதிக வேகமாகும்.



மேலே காட்டியிருக்கும் படம் காலம் சுருங்குவதைக் காட்டும் படமாகும். x அச்சு வேகத்தையும், y அச்சு காலச் சுருக்கத்தையும் காட்டுகின்றது. X அச்சில் 1 என்பது ஒளியின் வேகமாகும். y அச்சில் 1 என்பது காண்பவரின் காலமாகும்.

x அச்சில் 0.2 என்றால் ஒளியின் வேகத்தில் 20% வேகத்தில் செல்வதாகப் பொருள்.

y அச்சில் 2 என்பது மெதுவாகச் செல்பவர் காணும் காலத்தின் மடங்கு ஆகும். அதாவது வேகமாகச் செல்பவர் கடிகாரத்தில் அரை நொடி என்பது மெதுவாகச் செல்பவர் (காண்போர்) கடிகாரத்தில் ஒரு நொடி என்று பொருள்.

இப்போது இந்தப் படத்தை உற்று நோக்கினால், 0.3 வேகம் வரை மிகப் பெரிய மாற்றம் ஏதுமில்லை என்பது புலப்படும். அதாவது நாம் செல்லும் வாகனத்தின் வேகம் ஒரு நொடிக்கு

ஒரு லட்சம் கி.மீ. என்று செல்லும் வரை (கொஞ்சம் கண்ணைக் கசக்கிப் பார்த்துக் கொள்ளுங்கள்) காலச் சுருக்கம் தென்படுவதில்லை.

0.8 அதாவது ஒளியின் 80% வேகத்தில் (அதாவது நொடிக்கு 240000 கி.மீ.) செல்லும் போது 1.6 என்று ஆகின்றது. அதாவது வேகமாகச் செல்பவருக்கு 1 நொடி என்பது காண்போருக்கு 1.6 நொடி. 60% காலம் சுருங்கி விடுகின்றது.

அதே சமயத்தில் 90%க்கு மேல் வேகமாகச் செல்லச் செல்ல காலம் சுருங்குவது மிக அதிகமான வேகத்தில் நடைபெறுகின்றது! ஒளியின் வேகத்தில் 99.97% வேகத்தில் சென்றால் காலம் 40 மடங்காகச் சுருங்குகின்றது. அதாவது வேகமாகச் செல்பவருக்கு 1 நாள் = மெதுவாகச் செல்பவருக்கு 40 நாள்.

ஒளியின் 99.9 999 999 999 999 999 999 995 % வேகத்தில் செல்லும் ஒருவருக்கோ காலச்சுருக்கம் 100000000000 ஆகின்றது. அதாவது பிக் பேங்க் எனப்படும் பெருவெடிப்பு மெதுவாகச் செல்லும் நம்மைப் பொருத்தவரை 13 பில்லியன் ஆண்டுகள் என்றால், அவரைப் பொருத்தவரை அது ஒரே மாதம் தான்! இவ்வளவு ஏன்? புவியின் மீது சில சமயங்களில் வந்து விழும் துகள்களின் வேகம் இதே வேகத்தில் தான் இருக்கின்றது. அப்படியானால் அவைகளைப் பொருத்தவரை ஒரு மாதப் பயணமாக வந்திருப்பது நமக்கு பில்லியன் ஆண்டுகள் பயணமாக வந்திருப்பதாகத் தோன்றுகின்றது.

ஆக, காலத்துக்கும் வேகத்துக்கும் இருக்கும் தொடர்பை அறிவியல் பூர்வமாகக் கண்டறிந்தவர் ஐன்ஸ்டீன் என்பதை ஒத்துக் கொள்ளத் தான் வேண்டும்!

இனி ஒளியின் வேகத்தில் சென்றால் என்னாகும் என்று காண்போம்!

ஒளியின் வேகத்தில் சென்றால் காலம் நின்று விடும்! ஒளியைப் பொருத்தவரை இறந்த காலம், எதிர்காலம் என்பது இல்லை. நிகழ்காலம் மட்டுமே உண்டு! அதை மேற்கண்ட படத்திலேயே காணலாம். ஒளியின் வேகத்துக்கு நிகராகச் செல்லும் போது காண்போரைப் பொருத்தவரை வேகமாகச் செல்பவரின் காலம் 1/0 ஆகின்றது. அதாவது முடிவிலி.

சாலையில் எப்படி நாம் வண்டியில் வேகமாகச் செல்வதற்குச் சில விதிமுறைகள் இருக்கின்றனவோ அதே போல் ஒளியின் வேகத்தில் செல்வதற்கும் முக்கியமான ஒரு விதிமுறை உண்டு. ஒளியின் வேகத்தில் செல்வதற்கு நாம் முதலில் நிறையற்றவராக இருத்தல் வேண்டும். (போட்டான் துகளுக்கு நிறை இல்லை! எனவே ஒளிக்கு நிறை இல்லை)

இனி நாம் நம்மை ஒரு போட்டான் துகளாகக் கருதிக் கொள்வோம். நம்மை ஒருவர் டார்ச்சின் மூலமாக ஒரு கி.மீ. தூரத்திலிருக்கும் மலை மீது அடிக்கின்றார் என்று வைத்துக் கொண்டால், நம்மைப் பொருத்தவரை (அதாவது ஒளியைப் பொருத்தவரை) காலம் என்பது 0 விநாடிகள் ஆகும். நமது ஒரு நுனி டார்ச் விளக்காகவும், மறுநுனி மலை என்றும் தோன்றும்! இடைப்பட்ட காலம் எல்லாம் சுருங்கி ஒன்றுமில்லாததாகி விடும்! இதே நிகழ்வை ஒரு தொலைதூர உடுமண்டலத்திலிருந்து வரும் ஒளி என்று கொண்டாலும், ஒளியைப் பொருத்தவரை ஒரு நுனி உடுமண்டலம், மறுநுனி புவி. அவ்வளவே! இடையில் காலமாவது ஒன்றாவது! இடைப்பட்ட தூரத்தில் நிகழ்பவை அனைத்தும் ஒரு புகைப்படம் எடுத்ததைப் போல் ஒளிக்குத் தோன்றும்.

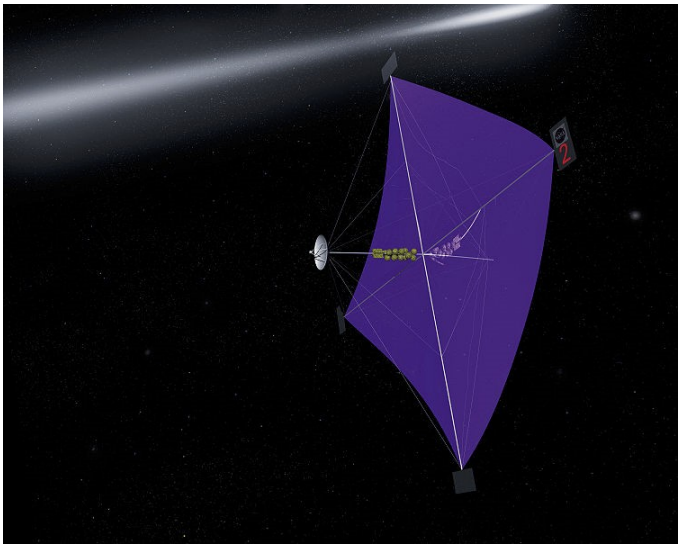
ஆனால் நமக்கோ அதுவே பல ஒளியாண்டுகள் என்று தோன்றுகின்றது!

அப்படியானால் நிறையுள்ள நம்மால் ஒளியின் வேகத்தில் சென்று காலத்தை நிறுத்தி வைக்கச் சாத்தியமில்லையா? என்ற கேள்வி கேட்டால், நிச்சயம் சாத்தியமில்லை என்றே பதில் வருகின்றது.

காலச் சுருக்கத்தால் அதிகப் பலனில்லாமைக்கு இரண்டாவது காரணத்தைச் சற்றே பொறுத்துக் காணலாம்.

காலம், வேகம், தூரம் என்றே பேசிக் கொண்டிருந்த நாம், தற்போது நிறையையும் சேர்த்துப் பேச ஆரம்பித்திருக்கின்றோம் அல்லவா?! அப்படியானால் அடுத்ததாக ஐன்ஸ்டீனின் பொதுச் சார்பு விதியையும் அதிமுக்கியமான நிறைக்கும் சக்திக்கும் இருக்கும் தொடர்பையும் காணலாம் தானே?

காலச்சுருக்கத்தினை நமக்குச் சாதகமாகப் பயன்படுத்த முடியாமைக்கு முதல் காரணமாக அதிவேக சாத்தியமின்மையைக் குறிப்பிட்டோம். தற்போதைய கருவிகளால் இது சாத்தியமில்லாததாக இருந்தாலும், சூரியப் புயலைப் பயன்படுத்தி அதிவேகமாக நகரும் சூரியப் பாய்மரங்கள் (solar sail) போன்றவை எதிர்காலத்தில் உருவாகும் போது அதிவேகமும் சாத்தியமாக வாய்ப்பிருக்கின்றது.



இப்போது இன்னொரு காரணத்தைக் காண்போம்.

காலச் சுருக்கத்தை பதிவுச்சட்டத்தினுள் இருப்பவர்கள் உணர முடியாது. காலச்சுருக்கம் என்பது ஒப்பீட்டுச் சுருக்கமாகும். அதாவது மெதுவாகச் செல்லும் பதிவுச்சட்டத்தைக் காட்டிலும், வேகமாகச் செல்லும் பதிவுச்சட்டத்தினுள் காலம் மெதுவாக நகர்கின்றது. ஆக, காலச்சுருக்கத்தை உணர்வதற்கு இரண்டு பதிவுச்சட்டங்கள் தேவைப்படுகின்றது.

காலத்தைச் சுருக்குகின்றோம் பேர்வழி என்று மொத்த உலகத்தையே அதிவேகத்தில் சுழல விட்டோமேயானால், அதனால் யாதொரு பலனும் விளையப்போவதில்லை! ஏனெனில்

முத்தமிழ்மன்றம்

உலகத்தினுள் இருப்பவர்களுக்கு இந்தக் காலச்சுருக்கத்தை உணரவே இயலாது! அவர்களைப் பொருத்தவரையில் காலம் முன்பு போலவே செல்வதாகவே தோன்றும். வெளியிலிருப்போருக்கே புவியின் காலம் சுருங்கியதாகத் தோன்றும்.

இதனால் விளையும் கொடுமையையும் பார்ப்போம். 25 வயதான இரட்டையர்களில் ஒருவரை அவரது மனைவியோடு ஒளியின் வேகத்தோடு ஒப்பிடும் அளவுக்கு அதிவேகமாகச் செல்லும் ஒரு விண்கலத்தில் அனுப்பி வைக்கின்றோம் என்று வைத்துக் கொள்வோம். அந்த விண்கலத்திலேயே அவர் குடும்பம் நடத்தி ஒரு மகனையும் பெற்று வளர்க்கின்றார் என்று வைத்துக் கொள்வோம். அவரது காலத்தில் 20 ஆண்டுகள் கழித்து (அதாவது 45 வயதில்) 20 வயது வாலிபனோடு உலகத்துக்குத் திரும்புகின்றார் என்றும் வைத்துக் கொள்வோம். இப்போது புவியில் இருக்கும் அவரது இரட்டையருக்கு வயது 85 ஆகி, அவருக்குப் பேரனே 21 வயதில் இருக்கக் கூடும்! உடன் பிறந்தவர் மகன் போலக் காணப்படுவார்.

இதிலிருந்து தெரிவது என்ன? காலச்சுருக்கத்தின் பலனை ஒருவர் அனுபவிக்க வேண்டுமானால், இன்னொருவர் அதற்குச் சமமாகப் பின்னாளில் வருந்த நேரிடும்!

அவ்வாறு திரும்பி வராமல் விண்கலத்திலேயே முதலாமவர் காலத்தைக் கழித்து அங்கேயே இறந்தார் என்றால், இருவராலுமே காலச்சுருக்கத்தினை உணர்ந்திருக்கவே இயலாது.

சரி. அப்படியானால் காலச்சுருக்கத்துக்குப் பலனே கிடையாதா? என்றால் நிச்சயம் இருக்கின்றது. இன்றைய செயற்கைக் கோள் மூலம் நாம் செல்லும் இடத்தை நிர்ணயிக்கும் புவியிடக் கணிப்பானில் (Global Positioning System) மிகவும் உதவியாக இருக்கின்றது.

அதைப் பற்றிப் பிறிதொரு சமயம் விளக்கமாகக் காணலாம். ஏனெனில் அதில் பொதுச் சார்பு விதியும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

காலச் சுருக்கமானது தொலைதூர உடுமண்டலப் பயணங்களையும் சாத்தியமாக்கச் செய்யும். எடுத்துக்காட்டாக, கீழே இருக்கும் சாத்தியக் கதை(!)யைப் படியுங்கள். இது விஞ்ஞான பூர்வமாக முழுக்க முழுக்க சாத்தியமே ஆகும்.

சமீபத்தில் ஒரு புவிக்கு வந்த ஒரு துகளின் வேகத்தைக் கணக்கிட்டுப் பார்த்ததில் அசந்து போய் விட்டார்கள். அத்துகள் கிளம்பிய இடத்திலிருந்து ஒளியையும் அத்துகளையும் சேர்த்து அனுப்பியிருந்தால், ஒளியைக் காட்டிலும் அத்துகள் மில்லிமீட்டர் தூரமே வித்தியாசப்பட்டது. அத்தனை அதிவேகத்தில் அத்துகள் விசிறியடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது.

அதாவது ஒளியின் வேகத்தை 1 என்று வைத்துக் கொண்டால் துகளின் வேகம் 0.99999999999999999999999951 ஆகும். இனி கதையைப் பார்ப்போம். 😉

இத்துகள் 2000 ஒளியாண்டுகள் தூரத்திலிருந்து வந்திருக்கின்றது. அத்துகளைப் பொருத்தவரை (அதாவது துகளின் பதிவுச்சட்டத்தில்) அது 3.5 நிமிடங்களில் வந்து சேர்ந்திருக்கின்றது.

இன்று 08-04-2010 மணி இரவு 8.00.00.

ரத்தினகிரி

இப்போது நீங்கள் அத்துகள் கிளம்பிய இடத்தை ஒரு தொலைநோக்கியின் மூலம் காண்கின்றீர்கள். நீங்கள் தொலைநோக்கியில் காண்பது (உங்கள் பதிவுச்சட்டத்தில்) 2000 ஆண்டுகளுக்கு முந்தைய நட்சத்திரம்.

இப்போது அது எப்படி இருக்கின்றது என்று காண நினைக்கின்றீர்கள். அதில் தவறேதுமில்லை. உங்கள் வாகனத்தை எடுக்கின்றீர்கள். உடனே கிளம்புகின்றீர்கள். அதுவும் எந்த வேகத்தில்? நாம் முன்பு ஒரு துகள் கண்டோமே, அந்த வேகத்தில். அடுத்த 3.5 நிமிடத்தில் அதாவது 08-04-2010, 8.03.30 நேரத்தில் அந்த நட்சத்திரத்தில் இருக்கின்றீர்கள்.

இப்போது உங்கள் வண்டியைத் திருப்பி அதன் அதிசக்தி வாய்ந்த முகப்பு விளக்கைப் போடுகின்றீர்கள். அதே சமயத்தில் ஒளியின் வேகத்தைக் காட்டிலும் வேகமாகத் தகவலனுப்பும் உங்கள் தொலைபேசியின் மூலம் புவியைத் தொடர்பு கொள்கின்றீர்கள். முகப்பு விளக்கும் நீங்களும் தெரிகின்றீர்களா என்று அவர்களிடம் கேட்கின்றீர்கள். புவியிலிருந்து தொலைநோக்கியில் காண்பவர்கள் "ஆஹா பேஷாகத் தெரிகின்றீர்களே!" என்கின்றார்கள்.

"சரி. நேரம் என்னப்பா அங்கே?" என்கின்றீர்கள்.

"நேரம் சரியாக இரவு 8.03.30 என்கின்றார்கள்." நீங்களும் ஆச்சரியப்படுகின்றீர்கள். ஆனால் என்ன, புவியிலிருப்பவர்களின் நாட்காட்டி 08-04-4010 என்று காட்டிக் கொண்டிருக்கும். 😉

ஆக, அதிவேகப் பயணம் சாத்தியமானால், பால்வெளிவீதி தாண்டியும் நம்மால் செல்ல இயலும்.

இத்துடன் காலச்சுருக்கத்தைச் சுருக்கிக் கொண்டு பொதுச்சார்பு விதிக்குப் பயணப்படலாமா?

தமிழில் "ஆடு மேய்த்த மாதிரியும் ஆயிற்று. அண்ணனுக்குப் பெண் பார்த்த மாதிரியும் ஆயிற்று" என்று ஒரு பழமொழி உண்டு.

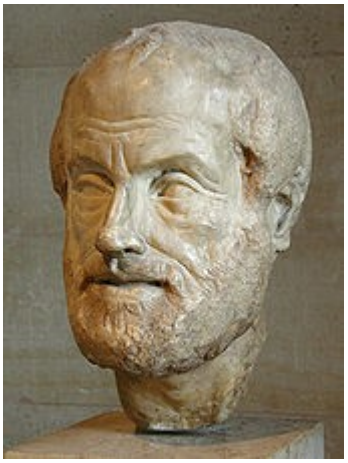
"உங்கள் கண்டுபிடிப்பின் மூலம் மிக உயர்ந்த சிகரத்தை எட்டி இருக்கின்றீர்கள். இது எப்படி சாத்தியமாயிற்று?" என்று சர் ஐசக் நியுட்டனிடம் (1643‍‍- 1727) கேள்வி கேட்கப்பட்டது. அதற்கு அவர் அளித்த பதில் இது தான். "நான் சிகரத்தில் நிற்கின்றேன் என்றால் நான் அரிஸ்டாட்டில், கலிலியோ போன்ற பல மேதைகளின் தலை மேல் ஏறி நிற்கின்றேன். அது தான் காரணம்", என்றார். இதே நியூட்டனின் மேல் ஏறி நின்று ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் சிகரத்தின் உயரத்தை இன்னும் கொஞ்சம் இல்லையில்லை பல மடங்கு அதிகரிப்பார் என்று அப்போது அவர் நினைத்துப் பார்த்திருப்பாரா இல்லையா என்று தெரியவில்லை.

அது தான் எத்தனை உண்மை? ஒருவருக்கொருவர் முரண்பட்ட கருத்துகளைக் கூறுவது போல் தோன்றினாலும், அவர்கள் வாழ்ந்த காலத்தின் நம்பிக்கைகள், அவற்றை அவர்கள் தகர்த்தெறிந்த விதம், அதற்காக அவர்கள் சந்தித்த பிரச்னைகள், அவர்கள் காலத்தில் அவர்களுக்குக் கிடைத்த கருவிகள் என்று பார்த்தால் ஒவ்வொருவரின் கண்டுபிடிப்பும் முந்தையவர்களின் கண்டுபிடிப்பைத் தகர்க்காமல், அதை மேம்படுத்தும் விதத்தில் இருந்தது என்று தான் கூறவேண்டும்.

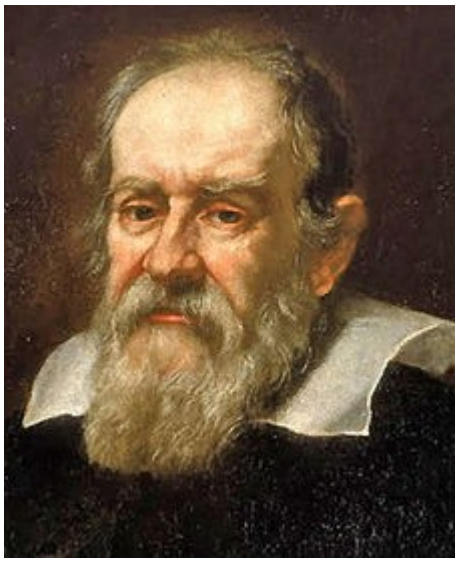
இத்தனைக்கும் இவர்கள் அனைவரும் நாம் தினம் தினம் பயன்படுத்தும் பொருட்கள், காணும்

நிகழ்வுகளில் இருந்து தங்கள் கண்டுபிடிப்பை நிகழ்த்தியது தான் ஆச்சரியம். உலகத்தில் ஆப்பிள் தோன்றிய காலத்திலிருந்து அது கீழே தான் விழுகின்றது. நியூட்டனுக்கு மட்டும் அப்படி என்ன அதன் மேல் ஒரு ஆர்வம்? ஐன்ஸ்டீனை அதே போல் செய்தது எது?

எடுத்துக்காட்டாக,



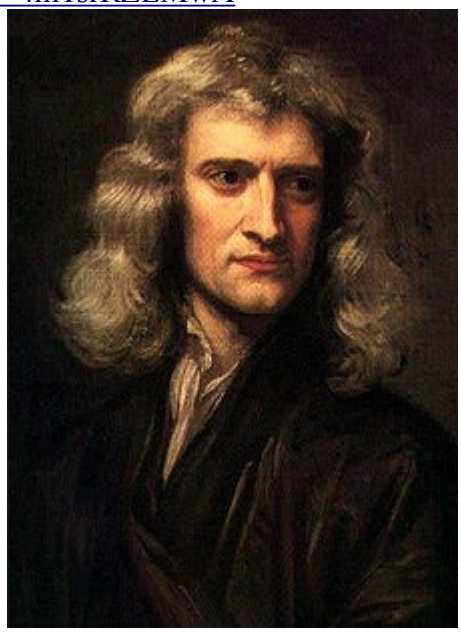
அரிஸ்டாட்டில், இரு பொருட்கள் கீழே விழும் போது எடை அதிகமான பொருள் முதலிலும், அதை விட எடை குறைவான பொருள் இரண்டாவதாகவும் விழும். எனவே பொருளின் வேகத்திற்கும், அதன் எடைக்கும் நேரடித் தொடர்புண்டு, என்றார்.



நவீன விண்ணியலின் புரட்சித்தலைவர் கலிலியோ வந்தார். அவர் அரிஸ்டாட்டில் கூறுவதை மறுப்பது போல் தோன்றும். ஆனால் அதை அந்தக் கண்ணோட்டத்தில் காணக் கூடாது. அவர், "அரிஸ்டாட்டில் கூறுவதில் தவறேயில்லை. ஆனால், அவர் கூறுவதில் ஒன்றை மட்டும் கணக்கில் கொள்ளவில்லை. அது தான் காற்று மற்றும் மற்ற பொருட்களின் தடை. எடை அதிகமான பொருள் காற்றைக் கிழித்துச் செல்வது போல எடை குறைவான பொருள் காற்றைக்

கிழித்துச் செல்ல இயலுவதில்லை. எனவே எந்தவித தடையும் இல்லாத பட்சத்தில் பொருட்களின் வேகத்துக்கும் எடைக்கும் தொடர்பில்லை" என்றார். வெற்றிடம் என்ற ஒன்று நேரில் இல்லாத போது அதில் இவ்வாறு தான் இருக்க முடியும் என்று ஆணித்தரமாக அவரைக் கூற வைத்தது எது?

அவர் கூறியதைப் பல ஆண்டுகள் கழித்து ஆகஸ்டு 1971 ல் அப்போல்லோ 15 சந்திரப் பயணத்தின் போது டேவிட் ஸ்காட் ஒரு சுத்தியையும் ஒரு இறகையும் ஒரே நேரத்தில் கீழே போட்டு நிரூபித்த போது உலகம் ஒரு கணம் கண்ணிமைக்க மறந்திருக்கும் தானே?
http://www.youtube.com/watch?v=4mTsrRZEMwA



அவருக்கு அடுத்து வந்தார் நியூட்டன். எல்லோரும் பொருட்கள் கீழே விழுவதைப் பற்றியும் அதன் வேகத்தைப் பற்றியும் அதிசயித்துக் கொண்டிருந்த போது, இவரோ, அப்பொருள் எதனால் கீழே விழ வேண்டும் என்பதைப் பற்றி யோசிக்க ஆரம்பித்திருந்தார்.

நிறை அதிகமான பொருட்கள் நிறை குறைவான பொருட்களை ஈர்க்கின்றன என்றார்! அதை மட்டும் அவர் கூறவில்லை. எத்தனை வேகத்தில் ஈர்க்கும் என்றும் கூறினார். கலிலியோவின் தத்துவத்தை சமன்பாடுகளின் மூலம் நிரூபித்தார். நிறை குறைவான பொருளுக்கும் அதிகமான பொருளுக்கும் ஏன் வேகம் வித்தியாசப்படாது என்பதை முடுக்க விதிகளின் மூலம் நிரூபிக்க முடிந்தது.

ஒரு பொருளை அதன் இயல்பான வேகத்திலிருந்து மாற்ற அதன் மேல் விசையைப் பிரயோகிக்க வேண்டியிருக்கின்றது. அவ்விசை அப்பொருளின் நிறையுடன் நேரடித் தொடர்பு கொண்டிருக்கும் என்பது தான் அவரது முடுக்க விசைச் சமன்பாடு. அதாவது நிறை அதிகமான பொருளை நகர்த்த நிறை குறைவான பொருளைக் காட்டிலும் அதிக விசை/அழுத்தம் தேவை.

விசை = நிறை * முடுக்கம் (Force = Mass * Acceleration)

என்ற அவரது சமன்பாட்டின் மூலம், ஒரே வேகத்தில் செல்லும் பொருட்களின் விசை/நிறையின்

விகிதம் எப்போதும் ஒன்றே என்பது எத்தனை எளிதாகின்றது?

வி = நி * மு
நி * மு = வி
மு = வி/நி

இப்போது சுத்தியல் மற்றும் கோழி இறகின் முடுக்கம் ஒரே போல் இருக்கும் போது (அதாவது இரண்டும் ஒரே சமயத்தில் விழும் போது) அவற்றின் விசை/நிறையின் விகிதம் எப்போதும் சமமாகத் தானே இருக்க முடியும்? இதற்கான காரணம் என்னவாக இருக்கும்? முடுக்கம் இரண்டிற்கும் சமமானதாக இருக்கின்றது என்றால் இம்முடுக்கத்தின் காரணம் இவையிரண்டையும் தாண்டி இன்னொன்றாகத் தானே இருக்க இயலும்? அந்தக் காரணம் தான் புவி.

புவியின் அதிபயங்கர நிறை இவ்விரண்டையும் இழுக்கின்றது. நிறை அதிகமுள்ள பொருள் வேகமாக விழப் பார்க்கின்றது. ஆனால் அதன் நிறையே அவ்வாறு விழ இயலாமல் தடுக்கின்றது. அதாவது நிறை அதிகமான பொருளை வேகமாக இழுக்க வேண்டுமானால் அதிக விசை தேவை. அவ்விசை புவிக்கு இல்லை! நிறையையும் விசையையும் சமன் செய்யும் விஷயமாக முடுக்கம் இருக்கின்றது. அதற்குக் காரணம் புவியின் நிறை என்ற அற்புதமான கண்டுபிடிப்பை நிகழ்த்தினார் நியூட்டன்.

புவியின் நிறையைக் காட்டிலும் குறைவான நிறையுள்ள பொருள் என்றால் இன்னும் மெதுவான வேகத்தில் விழும் என்பதும் கண்டறியப்பட்டது.

அதைப் போலவே ஒரு பொருளின் எடைக்கும் நிறைக்கும் உள்ள வேறுபாடும் உணரப்பட்டது. நிறை என்பது பொருளின் தன்மையாகும். அப்பொருளை உருவாக்கும் அடிப்படைத் துகள்களே நிறையை நிர்ணயிக்கின்றன. ஒரு பொருளின் மொத்தத் துகள்களின் நிறையே அப்பொருளின் நிறை என்று அறியப்படுகின்றது.

ஒரு பொருளின் எடை என்பது அப்பொருளை நிறை ஈர்ப்பு விசையால் இழுக்கத் தேவையான விசையைக் குறிக்கின்றது. அதிகமான நிறை உள்ள பொருளை இழுக்க நிறைய விசை தேவை தானே? எனவே தான் நிறை அதிகமான பொருள் அதிக எடை கொண்டிருக்கின்றது. ஆனால், எடை என்பது ஒவ்வொரு கோளுக்கும் வித்தியாசப்படும். எவ்வளவு ஏன்? வெற்றிடத்தில் எந்த ஒரு பொருளுக்கும் எடையே கிடையாது. நிறை தான் உண்டு. எடையில்லாமையினாலேயே கோள்கள் அந்தரத்தில் சுழல்கின்றன. ஒன்றை ஒன்று ஈர்த்துக் கொண்டு பவனி வருகின்றன.

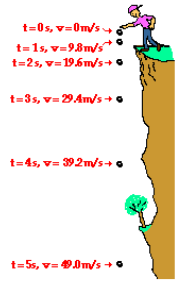
இப்போது முடுக்கம் என்றால் என்னவென்று காண்போம். முடுக்கம் என்பது வேகமாற்றம் என்று கொள்ளலாம். அதாவது நிலையான வேகம் அல்ல. வேகம் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்வது.

எடுத்துக்காட்டாக புவியின் நிறையீர்ப்பு முடுக்க வீதம் 9.8 மீட்டர்/விநாடி^2. இதன் பொருள் என்ன?

அதாவது எந்த ஒரு தடையுமின்றி விழும் ஒரு பொருள் (free falling object) புவியின் மையத்தை

நோக்கி வேகமாகச் செல்கின்றது. அவ்வேகமானது அதிகரித்துக் கொண்டே இருக்கின்றது. நேரம் அதிகமாக அதிகமாக வேகமும் அதிகமாகின்றது. அவ்வேக வீதமே 9.8 மீட்டர்/ விநாடி.

ஒரு பொருளை எவரெஸ்ட் சிகரத்திலிருந்து கீழே போடுகின்றோம் என்று வைத்துக் கொள்வோம். அதன் 8898 மீ. உயரத்தினின்று அப்பொருள் 0 மீட்டர் வரவேண்டுமென்றால் எவ்வளவு நேரமாகும்?



0 விநாடியில் 0 வேகம். முதல் விநாடியில் அப்பொருள் 9.8 மீட்டர் கடந்திருக்கும். அடுத்த விநாடியில் 19.6 மீட்டர் (அதாவது 9.8 + 9.8) கடந்து விடும். ஆக, இந்த இரண்டு விநாடியில் அது கடந்த வேகம் 29.4 மீட்டர்! அடுத்த விநாடியில் அதன் வேகம் இன்னும் அதிகரித்து 19.6+9.8 = 29.4 மீட்டர்/விநாடி வேகமாகி விடும். அப்போது அது கடந்திருக்கும் தூரம் 29.4 + 29.4 = 58.8 மீட்டர். இப்படி மூன்று விநாடிக்குள் 58.8 மீட்டர் கடந்து விடும்! முதலில் சாதாரணமாகத் தோன்றும் இந்த வேகம், இலக்கை நெருங்க நெருங்க தறிகெட்டுப் பறக்க ஆரம்பித்து விடுகின்றது. எனவே தான் அதிக உயரத்தில் இருந்து விழும் போது அதிக பாதிப்பு ஏற்படுகின்றது. அதுவும் அதிக நிறை கொண்ட பொருளுக்கு அதிக பாதிப்பு ஏற்படும். அதற்குக் காரணம் அதன் இருப்பு நிறையைக் (rest mass) காட்டிலும், அதன் வேகம் காரணமாக அதன் நகர் நிறை (inertial mass) அதிகமாக இருப்பதே ஆகும்.

நியூட்டனின் விதியைக் கூர்ந்து நோக்கினால் அது கணிதத்தில் நாம் காணும் பெருக்குத் தொடர் (Geometric progression) என்று உணரலாம். அதை வைத்து எத்தனை விநாடியில் அப்பொருள் எவ்வளவு தூரத்தில் இருக்கும் என்று கண்டறிய கீழ்க்கண்ட சூத்திரம் உபயோகமாகின்றது.

தூரம் = 1/2 * முடுக்கவீதம் * (நேரம் * நேரம்) (s = 1/2 g t^2)

இதை வைத்து எவரெஸ்ட் சிகரத்திலிருந்து போட்ட பொருள் தரையை வந்தடைய 42.61 விநாடிகளே ஆகும் என்று கணக்கிட முடிகின்றது! அப்பொருள் ஒரு மனிதனாக இருக்கும் பட்சத்தில் அவரது இந்த 42.61 விநாடிப் பயணம் எப்படி இருக்கும் என்று சொல்லித் தெரியவேண்டியதில்லை! பயண முடிவும் தான்! 🙂 அவ்வாறு அவர் பயணிக்கும் போது 42.61 வது விநாடியில் அவரது வேகம் 417.61 மீட்டர் / விநாடி (அதாவது 42.61 * 9.8) ஆக இருக்கும்! அதாவது மணிக்கு 1503 கி.மீ.!

சரி. விஷயத்துக்கு வருவோம். ஒரு பொருள் விழும் போது அதன் வேகத்தை இன்னும் அதிகரிக்க அதிக விசை செலுத்த வேண்டும். இதற்குக் காரணம் வேகம் அதிகமாகும் போது அதன் நிறை இருப்பு நிறை + நகர் நிறை ஆகின்றது. எனவே தான் மெதுவாகச் செல்லும் ஒரு ரயிலைக் காட்டிலும் வேகமாகச் செல்லும் ரயிலை நிறுத்த அதிக விசை செலவளிக்க

வேண்டியிருக்கின்றது. ரயில் வேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க அதன் நிறை அதிகமாகிக் கொண்டே செல்லும். மீண்டும் நிற்கும் போது இருப்பு நிறையையே கொண்டிருக்கும். ஆக, வேகம் குறையும் போது நிறை குறைகின்றது என்பதும் பொருளாகின்றது. அவ்வாறு குறைவது நகர் நிறையேயன்றி இருப்பு நிறையல்ல.

நிறையீர்ப்பு விசை எப்பாடு பட்டாயினும் வேகமாக விழும் பொருளின் முடுக்க வீதத்தை நிலைநாட்டப்பார்ப்பதால் (9.8 மீ/விநாடி^2 என்ற வேகவீதத்தைப் புவி விட்டுக் கொடுக்காததால்) நிறை அதிகமான பொருளின் நகர் நிறை நிறை குறைவான பொருளைக் காட்டிலும் அதிகமாகிக் கொண்டே வரும். கீழே பொத்தென்று விழும் போது நியூட்டனின் விதியான ஒவ்வொரு செயலுக்கும் அதற்குச் சமமான எதிர்ச்செயல் நிகழும் என்பது நடைபெறுகின்றது. நிலையாக இருக்கும் தரை மீது நிறை அதிகமான பொருள் (இருப்பு நிறை + நகர் நிறை) மோதும் போது அதே விசையைத் தரை திருப்பி அப்பொருள் மீது எதிரொலிக்கின்றது. பலன் அதிகமான பாதிப்பு ஏற்படுகின்றது.

இதை நாம் தினம் காணும் நிகழ்வுடன் ஒத்து நோக்கலாம். நமது சாலைகளில் வேகத்தடையைக் கண்டிருப்போம். வேகத்தடைக்கு அருகில் சாலையில் இருக்கும் குண்டுகுழிகளைக் காட்டிலும், வேகத்தடை அருகிலில்லாச் சாலையில் குண்டுகுழிகள் குறைந்திருப்பதைக் காண இயலும். காரணம் நகர்ந்து கொண்டிருக்கும் வண்டி திடீரென்று நிறுத்த வேண்டுமானால் அதிக விசை பிரயோகிக்க வேண்டும். அப்போது அதன் மொத்த எடையும் சாலையின் மேல் தான் விழும். 10 டன் எடையை ஏற்றி வரும் சரக்கு வாகனம், வேகம் அதிகரிக்கும் போது 30 டன் ஆக இருக்கக் கூடும்! சாலை அந்த மொத்த எடையையும் தாங்க வேண்டும் தானே? வேகத்தடையின் அருகில் வரும் போது திடீரென வேகம் குறைக்க இன்னும் அதிக விசையைப் பிரயோகிக்க வேண்டியிருக்கின்றது. அப்போது நிறை சடாரென்று அதிகமாகிப் பின் குறைகின்றது. இம்மாற்றத்தால் சாலையும், வாகனமும் பாதிப்புக்குள்ளாகின்றது.

அதாவது 10 கி.மீ. வேகத்தில் செல்லும் ஒரு வாகனம் ஒரு சுவற்றின் மீது மோதினால் 5 மீட்டர் தூரத்திற்குப் பொருட்கள் சிதறும் என்றால், அதே வாகனம் 30 கி.மீ. வேகத்தில் (அதாவது மூன்று மடங்கு வேகத்தில்) செல்லும் போது மோதினால் பொருட்கள் மூன்று மடங்கு தூரமான 15 மீட்டர் தூரம் (3 * 5) சென்று விழுவதில்லை. மாறாக 9 மடங்கு தூரமான 45 மீட்டர் (3^2 * 5) தூரத்திற்குச் சிதறடிக்கப்படுகின்றன! எனவே தான் மிதவேகம் மிகநன்று என்று எழுதவேண்டியிருக்கின்றது!

இப்போது ஏன் ஆடு மேய்த்த பழமொழியைக் குறிப்பிட்டேன் என்று தெரிகின்றதா? ஐன்ஸ்டீனின் சார்பு விதிகளைப் பற்றிப் படிக்க ஆரம்பித்தால் அரிஸ்டாட்டில், கலிலியோ, நியூட்டன் போன்றவர்கள் இயற்பியலில் விளக்கிய பல தத்துவங்களைப் பற்றியும் புரிந்து கொள்ளலாம் என்பதால் தான். 😉

அது 1895. எல்லோரும் பொருட்களின் முடுக்கத்தைப் பற்றி அதிசயித்துப் பார்த்து அந்த விதிகளைப் பயன்படுத்திப் பல கருவிகள், வாகனங்கள் தயாரித்து அறிவியல் பல்பரிமாணம் பெற்றுக் கொண்டிருந்த நேரம். யாரேனும் நியூட்டனின் விதிகள் தவறு என்று சொன்னால் அவர்களைப் பார்த்து அனைவரும் சிரித்திருப்பார்கள்.

வாலிபர் ஐன்ஸ்டீனுக்கு வயது 16. ஓரளவுக்கு கால்குலஸ் கணிதமும், நியூட்டனின் இயற்பியல் முடுக்க விதிகளும் அறிந்து கொண்ட நேரம். ஐன்ஸ்டீன் ஒரு வேகப் பிரியர் எனலாம். அதுவும் சாதாரண வேகமெல்லாம் இல்லை. எடுத்ததுமே ஒளியின் வேகம் தான் அவருக்கு வரும்!

அவரது கற்பனைக் குதிரையைத் தட்டி விட்டார். அவர் சந்தித்த பலரிடமும் அவர் கேட்ட கேள்வி இது தான்.

"நான் ஒளியின் வேகத்தில் வானத்தில் சூப்பர்மேன் போல் பறந்து கொண்டிருக்கின்றேன் (அது சூப்பர்மேன் சித்திரக் கதைகள் வந்திருந்த சமயம்!). என் கைகளை நீட்டி அதில் ஒரு கண்ணாடியை வைத்திருக்கின்றேன். அதில் என் முகம் தெரியுமா தெரியாதா?"

இது தான் அவர் கேட்ட கேள்வி. அவர் முகத்தில் படும் ஒளி பிரதிபலித்து கண்ணாடிக்குச் சென்று அங்கிருந்து பிரதிபலித்து மீண்டும் அவர் கண்ணை அடைந்தால் தானே அவரது முகம் கண்ணாடியில் அவருக்குத் தெரிய முடியும்? அவரோ ஏற்கனவே ஒளியின் வேகத்தில் பறந்து கொண்டிருக்கின்றாரே?!

அவரைச் சமாதானப்படுத்தும் அளவுக்கு பல அறிவியல் அறிஞர்கள் உட்பட யாருக்கும் பதில் தெரியவில்லை. அவரைப் பார்த்துச் சிரித்தவர்களும் உண்டு. அதன் பின் அவரும் அந்தக் கேள்வியைக் கேட்கவில்லை.

வெளியே யாரிடமும் அவர் கேட்கவில்லையே தவிர, அவருக்குள்ளேயே கேட்டுக் கொண்டே இருந்தார். ஒருநாள் இரண்டு நாள் இல்லை. பத்து வருடங்கள்! ஆம், பத்து வருடங்களாக இந்தக் கேள்வியை அவருக்குள் கேட்காத நாளே இல்லை. அவரது உள்ளுணர்வும் ஆர்வமுமே அவருக்குப் பதிலைக் கொண்டு வந்து தந்தது.

1905 ல் உலகுக்கு சிறப்புச் சார்புவிதியையும் கொண்டு வந்து தந்தது. ஒளியின் வேகம் தான் எல்லை. அவ்வேகத்துக்கு யாரும் எதுவும் செல்ல முடியாது என்று எந்த நிரூபணமும் இன்றி இப்படித் தான் இருந்தாக வேண்டும் என்று தன் மீது நம்பிக்கை வைத்து அவர் அறிவித்ததற்கு அவர் பத்தாண்டுகளாக விடாமல் தனக்குள் கேட்டுக் கொண்ட கேள்விகள் தான் காரணம்.

அவர் கூறியதை நிரூபிக்கவே பலர் பல சோதனைகள் செய்ய வேண்டியிருந்தது. ஆனால் எந்த வித நிரூபணமும், சாட்சியும், தடயங்களும் இன்றி இப்படித் தான் என்று அடித்துச் சொன்னார் ஐன்ஸ்டீன்! காரணம் மனதுக்குள்ளேயே பலப்பல சோதனைகள் செய்து பார்த்திருக்கவேண்டும். அதன் முடிவுகளை வெறும் மூன்று பக்க அறிவியல் கட்டுரையாக அவர் வெளியிட்ட போது அதில் எந்தப் புத்தகத்தைப் பற்றிய குறிப்பும் இருக்கவில்லை! அனைத்தும் அவரது சொந்தச் சரக்கு!

பூசலார் நாயனார் எப்படி உள்ளத்துக்குள் சிவாலயம் கட்டி அதற்குக் குடமுழுக்காற்றினாரோ அதே போல் இவர் உள்ளத்துக்குள் அண்டத்தின் சோதனைகளை ஆற்றி சாதனைகளைப் படைத்திருக்கின்றார்.

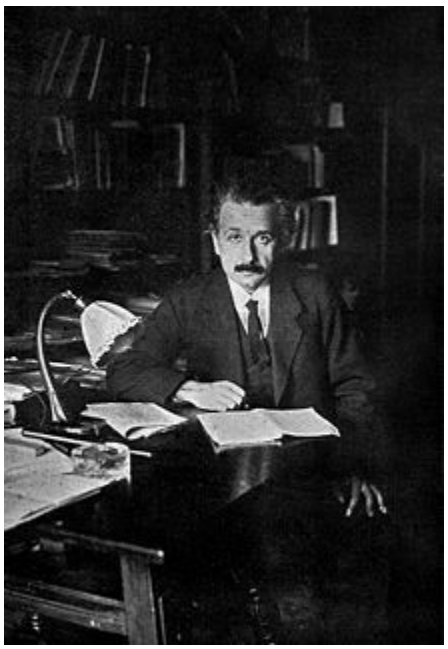
சரி இப்போது வேகத்துக்கு வருவோம். ஐன்ஸ்டீன் யோசிக்கின்றார்.

ஒளியின் வேகம் ஒரு மாறிலி. அது தான் வேகத்தின் எல்லைக் கோடு என்று சொல்லியாகி விட்டது.

ஆனால், நியூட்டன் வேறு மாதிரிச் சொல்கின்றாரே? அதாவது ஒரு பொருளின் நிறையின் காரணமாக இழுபடும் பொருளின் வேகம் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்கின்றது. அது தான் முடுக்கவீதம் என்றும் சொல்கின்றாரே?

வேகம் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லுமானால் ஒரு கட்டத்தில் அது ஒளியின் வேகத்தை எட்ட வேண்டுமே!? நியூட்டனின் வேகத்துக்கும் ஒரு கயிறு இருந்தாக வேண்டுமே? அது எது?! என்ற கேள்வி அவருக்குள் எழுந்தது.

இக்கேள்வியின் பதில் சிறப்புச்சார்பு விதியின் கேள்விகளுக்குப் பதிலாய் அமைந்தது சிலிர்க்கவைக்கும் ஆச்சரியமாக அவருக்கு இருந்திருக்கும்! ஆம்! அவர் சிறப்புச் சார்பு விதிகளின் மூலம் இயற்கையைக் கேட்ட கேள்விகளுக்குத் தகுந்த பதிலாக பொதுச்சார்பு விதிகள் அமைந்தது! கேள்வியைக் கேட்டவரும் அவரே. பதிலைச் சொன்னதும் அவரே! ஆனால் கேள்விக்கும் பதிலுக்கும் இடையே 10 ஆண்டுகள் காத்திருக்க வேண்டியிருந்தது!



1905ீ முதல் 1915. ஐன்ஸ்டீனின் சமநிலைத் தத்துவம், பொதுச்சார்பு, சக்தி நிறை சமன்பாடு ஆகியவற்றால் அறிவியலில் மிகச் சிறந்த காலம் எனலாம்.

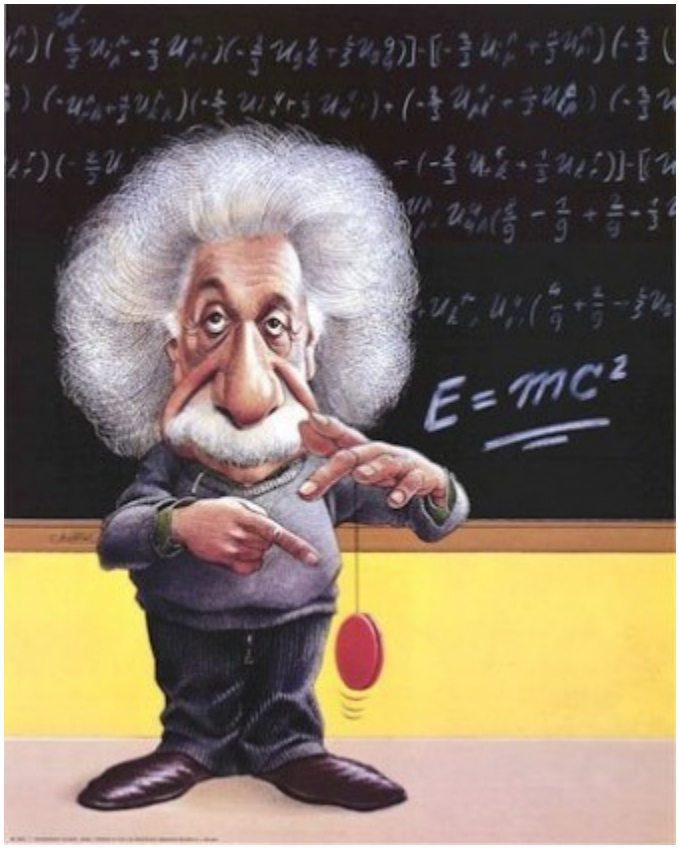
ஒவ்வொன்றாய் நாம் காணலாம்.

முதலில் சக்தி நிறை சமன்பாடு

சக்தி நிறைச் சமன்பாடு: (E=mc^2)

ஒரு பொருளின் நிறையும், அதிலிருக்கும் சக்தியும் பார்வைக்கு வெவ்வேறாகத் தெரிந்தாலும் இரண்டும் ஒன்றே என்பதே ஐன்ஸ்டீனின் முடிவு. இதுவே சக்தி நிறைச் சமன்பாடு.

முத்தமிழ்மன்றம்



கோழி எந்த நிறமாயிருந்தால் என்ன? அதன் குழம்பு ருசியாக இருக்கின்றதா? என்று ஒரு பழமொழி உண்டு. ஐயா ஐன்ஸ்டீன் அவர்களே, "நீங்கள் சிறப்புச் சார்பு விதி, பொதுச் சார்பு விதி என்று எதை வேண்டுமானாலும் சொல்லிக் கொள்ளுங்கள். அதனால் எங்களுக்கு என்ன நன்மை?" என்று கேட்டவர்களுக்கு சக்தி நிறைச் சமன்பாட்டைத் தட்டில் வைத்துத் தந்தார் ஐன்ஸ்டீன்.

நியூட்டனின் முடுக்க விதிகளில் ஐன்ஸ்டீனுக்கு எழுந்த கேள்வியே மேற்படி சமன்பாடு வரக்காரணமாயிற்று. நிறையீர்ப்பு விசைகாரணமாக ஒரு பொருள் முடுக்கம் பெறுமாயின், அதன் வேகம் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லுமாயின், அது ஒளியின் வேகத்தை எட்டி விடுமா?

இப்படிக் கேள்வி கேட்ட ஐன்ஸ்டீன் பொருளின் இருப்பு நிறையுடன், வேகம் காரணமாக அதில் சேரும் நகர்நிறையையும் கணக்குப் பார்க்க ஆரம்பித்தார். ஏற்கனவே நாம் பார்த்தது போல் நகர்நிறை வேகத்தின் வர்க்க மடங்கில் அதிகரித்தது. அதாவது இப்போது இருக்கும் வேகத்தை விட நான்கு மடங்கு வேகத்தில் சென்றால் (4 * 4) பதினாறு மடங்கு நிறையும் அதிகரித்தது, பதினாறு மடங்கு சக்தியும் தேவைப்பட்டது.

குறிப்பிட்ட வேகம் செல்லச் செல்ல, செலவளிக்கும் சக்தி அனைத்தும் நிறையை அதிகரிக்கவே பயன்பட ஆரம்பித்ததே அன்றி, வேகத்தை அதிகரிப்பது மிகக் கடினமானதாக ஆகிவிடுகின்றது. வேகத்தின் எல்லையில் அதாவது ஒளியின் வேகத்தில் நிறை எல்லையற்றதாகின்றது. சக்தியும் எல்லையற்றதாகின்றது. செலவிடும் சக்தி அனைத்தும் நிறையாகவே மாறுகின்றது. எனவே வேகம் அதிகரிக்கவே முடிவதில்லை. இதைத் தான் ஐன்ஸ்டீன் கண்டறிந்தார்.

ரத்தினகிரி

இப்போது சற்றே மாற்றி யோசித்தார் ஐன்ஸ்டீன். சக்தி செலவளிப்பது நிறையாக மாறுமென்றால், நிறையைச் செலவளித்தால் அது சக்தியாக மாறுமன்றோ?! ஒரு சமன்பாட்டின் எந்தப்புறமிருந்து பார்த்தாலும் இருபுறமும் சமமாக இருத்தல் அவசியம். அப்போது தானே அது சமன்பாடாகின்றது? ஆக சக்தியால் நிறையை உருவாக்க இயலுமென்றால், நிறையாலும் சக்தி உருவாக்க இயலும்.

சக்தியும் நிறையும் ஒன்றே. பார்வைக்கு வெவ்வேறாகத் தெரிந்தாலும் இரண்டும் ஒன்றே. தேவைப்பட்டால், நிறை சக்தியாகவும் மாறும். சக்தி நிறையாகவும் மாறும் என்பதை உணர்ந்த ஐன்ஸ்டீன், "அப்படியானால் நிறையால் உருவாக்க முடியும் சக்தியின் அளவு என்ன?" என்று பதில் கண்ட போது நிச்சயம் வாய்பிளந்து தான் போயிருப்பார்!

ஒரு பொருளின் நிறையால் உருவாக்க முடிகின்ற சக்தியின் அளவு தான் இந்த சக்தி = நிறை * ஒளி வேகத்தின் வர்க்கம் எனப்படும் சக்தி நிறைச் சமன்பாடு ஆகும்.

இந்தச் சமன்பாட்டைப் பார்த்ததும் பலருக்கு சக்தி = நிறை என்று புரிந்து கொள்வதில் கடினம் இருப்பதில்லை. ஆனால் அதில் ஏன் ஒளியின் வேகம் வரவேண்டும்? அதுவும் ஒளியின் வேகத்தையே ஒளியின் வேகத்துடன் பெருக்கும் வர்க்கமாக ஏன் வரவேண்டும்? ஏன் கனமாக இருக்கக் கூடாது (c^3)? போன்ற கேள்விகள் எழும்.

இப்போது நீங்கள் ஒருவரிடம் ஒரு நிமிடம் என்றால் என்ன? என்று கேட்டால், அவர் அதற்கு 60 மீட்டர் என்று சொன்னால் எப்படி இருக்கும்? 10 அடி நீளமும் 20 அடி அகலமும் உடைய ஒரு அறையின் பரப்பளவு என்ன என்று கேட்டால் அதற்கு 200 அடி என்றா பதில் சொல்வோம்? 200 சதுர அடி என்று சொல்கின்றோம் தானே?

ஆக, மனிதர்களாகிய நாம் வகுத்துக் கொண்ட கணக்குகளில் நமக்கு நாமே சில விதிகளை வைத்திருக்கின்றோம். ஒவ்வொரு அளவையையும் ஒவ்வொரு வார்த்தைகளால் குறிப்பிடுகின்றோம். முகத்தல் அளவையைச் சொல்லும் வார்த்தையால் நேர அளவைச் சொல்வதில்லை. நீட்டல் அளவையைச் சொல்லும் வார்த்தையால் வேக அளவைச் சொல்வதில்லை.

இப்போது சக்தியின் அளவை என்ன? சக்தியின் அளவை ஜூல் ஆகும். இந்த ஜூல் என்றால் என்ன? அதை எப்படிக் குறிப்பது?

1 ஜூல் என்பது 1 கிலோ நிறையுள்ள ஒரு பொருளை ஒரு விநாடி நேரத்தில் ஒரு மீட்டர் தூரத்துக்கு நகர்த்தத் தேவைப்படும் சக்தியாகும். அதாவது உங்கள் 1 மீட்டர் நீளமுள்ள மேசையில் ஒரு கிலோ நிறையுள்ள ஒரு புத்தகத்தை ஒரு முனையிலிருந்து இன்னொரு முனைக்கு ஒரு நொடியில் நகர்த்தினீர்களேயானால் நீங்கள் 1 ஜூல் அளவு சக்தியைச் செலவளித்திருக்கின்றீர்கள் என்று பொருள். உலகில் சக்தி வீணடிக்கப்படுவதில்லை. ஒரு பொருளிலிலிருந்து இன்னொரு பொருளுக்கு மாறலாம். ஒரு வகையிலிருந்து இன்னொரு வகைக்கு மாறலாம். நிறையாக மாறலாம். அவ்வளவே. சக்தியை அளக்க, அது ஒன்றிலிருந்து இன்னொன்றாக மாறும் போது தான் அளக்க இயலும்!

இப்போது ஜூல் அளவை எப்படி குறிப்பிடப்படுகின்றது?

1J = 1 kg*(m/s)^2 1 ஜூல் = 1 கி.கி. * 1 மீ^2/ 1 வி^2

அதாவது 1 கி.கி. பொருளை 1 மீட்டர் 1 விநாடியில் நகர்த்தத் தேவைப்படும் முடுக்கத்தின் அளவே 1 ஜூல் சக்தி. நாம் முன்பே பார்த்தவாறு சக்தியோ நிறையோ மடங்குகளில் அதிகரிப்பதில்லை! வேகத்தின் வர்க்கங்களில் அதிகரிக்கின்றது. இங்கு m/s அதாவது 1 விநாடிக்கு 1 மீட்டர் என்பது வேகத்தின் அளவு.

இதன் பொருள், ஒரு கிலோ புத்தகத்தை ஒரு விநாடியில் ஒரு மீட்டர் நகர்த்த எவ்வளவு சக்தி தேவையோ அதை விட ஒன்பது மடங்கு அதிகமான சக்தி அதே புத்தகத்தை ஒரு விநாடிக்கு மூன்று மீட்டர் என்ற வேகத்தில் நகர்த்தத் தேவை. ஏனெனில் இடையில் நகர்நிறை, வேகத்தின் வீதத்திலேயே அதிகரித்துச் சக்தியை அதிகம் செலவிடச் செய்கின்றது.

ஆக, ஜூல் அல்லது சக்தி என்றாலே அதை நிறை * வேகத்தின் வர்க்கத்தில் தான் அளப்பார்கள். அளக்க வேண்டும்! வேறு ஏதேனும் அளவையில் சொன்னால் 1 மீட்டர் என்பது 100 மில்லி லிட்டர் என்று சொல்வது போலாகும்! வகையீட்டு நுண்கணிதத்தின் (Differential Calculas) மூலம் கிடைத்ததே இந்த ஜூல். அதாவது முன்பு ஒரு பொருள் இருந்த இடத்திற்கும், இப்போது இருக்கும் இடத்திற்கும் இடையே இருக்கும் தூரத்தை வகையிட்டு (differentiate), அதற்கு ஆகும் நேரத்தையும் வகையிட்டு (differentiate), இவ்விரண்டுக்கும் இருக்கும் நுண்ணிய தொடர்பை நிறையோடு தொடர்புபடுத்தினால் கிடைப்பது சக்தி = நிறை * வேகத்தின் வர்க்கம்.

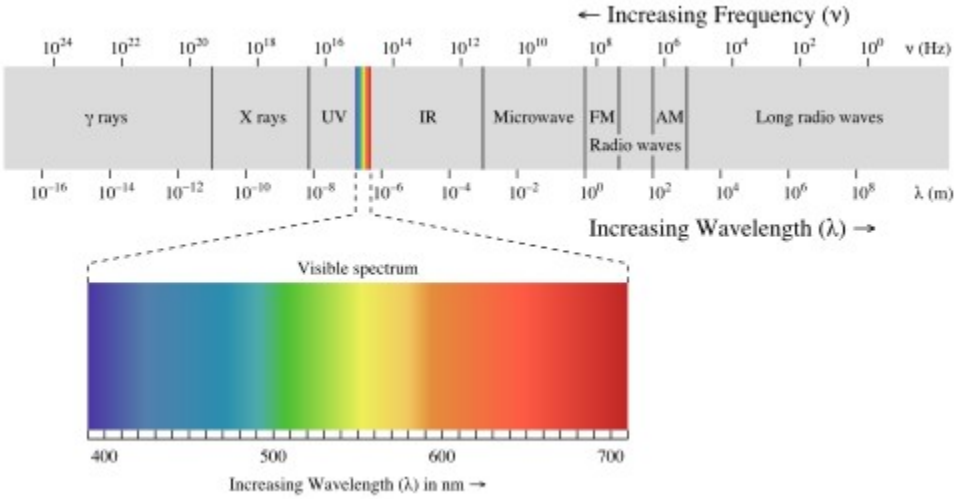
சரி. இனி ஒளியின் வேகம் ஏன் இதில் வந்தது என்று பார்க்கலாம்!

ஒளி அந்த வேகத்தில் செல்வதால் ஒளி வேகம் என்று பெயர் வந்தது. மற்றபடி அது ஒளியின் வேகம் மட்டும் அல்ல. சக்தியின் வேகமும் அதுவே! எந்த ஒரு பொருளின் வேகத்தின் எல்லையும் அதுவே.

இனி சக்தியின் வேகம் ஏன் ஒளியின் வேகம்? என்று காண்போம்.

"EM radiation carries energy and momentum that may be imparted to matter with which it interacts." இந்த வரியைக் கவனியுங்கள். மின்காந்தக்கதிர் (Electromagnetic radiation) ஒரு துகளுடன் வினைபுரியும் போது அதில் இருக்கும் சக்தியையும் முடுக்கத்தையும் சுமக்கின்றது. இதையே துகளிலிருந்து சக்தியும், முடுக்கமும் வெளிப்படுமானால் அது மின்காந்தக்கதிராக மாறுகின்றது என்று சொல்லலாம். இந்த மின்காந்தக்கதிர்வீச்சு என்பது புதிதாக வேறொன்றும் இல்லை. நாம் ஏற்கனவே அறிந்தது தான். ஒரே மின்காந்தக்கதிரை அதன் அலைநீளத்தை வைத்துப் பல பெயரிட்டு அழைக்கின்றோம். அவை முறையே வானொலி அலைகள் (radio waves), நுண்ணலைகள் (microwaves), டெரா அதிர்வலைகள் (terahertz radiation), அகச்சிவப்பு அலைகள் (infrared radiation), ஒளி அலைகள் (visible light), புறஊதா அலைகள் (ultraviolet radiation), எக்ஸ்-கதிர்கள் (X-rays) மற்றும் காமா கதிர்கள் (gamma rays).

முத்தமிழ்மன்றம்



இவ்வரிசையில் நம் கண்களுக்குத் தெரியும் ஒளி அலைகளும் இருப்பதைக் காணுங்கள். ஒலியில் இத்தனை டெசிபல் இருந்தால் தான் நம் காதுகளுக்குக் கேட்கும் என்பதைப் போல, ஒளிஅலைகளும் ஒரு குறிப்பிட்ட அலைவரிசைக்கு முன்னும் பின்னும் ஒளிந்து கொள்ளும். எனவே தான் அதற்கு ஒளி என்று பெயர் வந்திருக்குமோ?!

ஆக, மின்காந்த அலைகளின் வேகம் என்பது ஒளியின் வேகம் ஆகும். ஆக, சக்தியின் வேகமும் ஒளியின் வேகமாகின்றது. எப்படி ஒளியைப் பொருத்தவரை காலம் என்பது இல்லையோ அதே போன்று சக்தியைப் பொருத்தவரையும் காலம் என்பது இல்லை. ஏனென்றால், ஒளி சக்தியின் அம்சம்.

எனவே தான் உருப்படியான நிறையுள்ள ஒரு பொருளை உருத்தெரியாமல் பூஜ்ஜியமாக்கும் போது அதில் பொதிந்திருக்கும் சக்தியானது ஒளி வேகத்தில் முடுக்கம் பெறுகின்றது.

ஆக சக்தியின் அளவு = பொருளின் நிறை * ஒளியின் வேகத்தின் வர்க்கம் ஆகின்றது.

இது ஐன்ஸ்டீனின் வார்த்தைகளில் அவர் விளக்கிய விதமாகும். அவர் ஜெர்மன் மொழியில் எழுதியதை ஆங்கிலத்தில் மொழி பெயர்த்திருக்கின்றார்கள். புரிந்தால் எனக்கும் சொல்லுங்கள். இயற்பியல் வல்லுநர்களுக்கு எளிதாய்ப் புரியும் என்றே நினைக்கின்றேன்.

http://www.fourmilab.ch/etexts/einstein/E_mc2/e_mc2.pdf

இந்தக் கட்டுரையில் ஐன்ஸ்டீன் E க்குப் பதிலாக L ஐ பயன்படுத்துகின்றார். அதுமட்டுமின்றி அவர் நேரடியாக சக்தியைக் கணக்கிடவில்லை. நகராமல் நிலையாக இருக்கும் ஒரு பொருளில் (Matter at rest) இருந்து L அளவு சக்தியை கதிர்வீச்சாகச் செலவளிக்க அப்பொருள் m அளவு நிறையைச் செலவிட வேண்டும் என்கின்றார். அதற்கான சமன்பாடு,

m = L/c^2

ரத்தினகிரி

இதில் L க்குப் பதிலாக சக்திக்கு வழக்கமாக இடும் பெயரான E ஐ இட்டு, அதை நாம் கணக்கிடுமாறு செய்தால் புகழ்பெற்ற E = mc^2 என்ற சமன்பாடு வந்து விடும். இக்கட்டுரையில் ஐன்ஸ்டீன் பயன்படுத்தும் சோதனையை அடுத்துக் காணலாம்.

1905 ம் ஆண்டில் தன் ஆய்வுக்கட்டுரையில் சக்தி நிறைச் சமன்பாட்டிற்கு ஐன்ஸ்டீன் பயன்படுத்திய எடுத்துக்காட்டுச் சோதனையை விளக்கமாகக் காண்போம்.

இந்தப் படத்தைச் சற்றே உற்று நோக்குங்கள்.

நியூட்டனின் தொட்டில் என்றழைக்கப்படும் சோதனை இது. தொட்டில் போன்ற ஒரு அமைப்பு. அதில் சம இடைவெளி விட்டு, சம அளவுள்ள கயிறுகளால் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு கட்டப்பட்ட சம எடை மற்றும் அளவுகள் கொண்ட ஐந்து குண்டுகள் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கின்றன. ஒவ்வொரு குண்டும் தன்னருகே இருக்கும் குண்டுகளைத் தொடும் வண்ணம் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இப்போது ஒரு கடைசியில் இருக்கும் குண்டைத் தூக்கி விசையுடன் கீழே விட்டால், அந்த அசைவினால் ஏற்படும் அதிர்ச்சி மற்ற குண்டுகள் மூலமாகக் கடைசி குண்டைச் சென்றடைந்து அந்தக் குண்டு ஆட ஆரம்பிக்கின்றது. இடையிலிருக்கும் மூன்று குண்டுகளும் அசையாமல் நிற்பது போல் தோற்றமளிக்கின்றன! இந்த அசைபடத்தில் காட்டியுள்ளவாறு எப்போதும் நிற்கவே நிற்காத தொட்டிலைச் செய்ய முடியாது தான்.

காரணங்கள் பல. குண்டுகள் காற்றைக் கிழித்துச் செல்ல வேண்டியிருப்பதால் கொஞ்சம் கொஞ்சமாக வேகம் குறைய ஆரம்பிக்கின்றது. தேய்மானமும் குறைந்த அளவில் நிகழும். வெளியிடும் சப்தத்தின் மூலமாகவும் சக்தி வீணாகும். ஒருகட்டத்தில் குண்டுகள் நின்று விடும். ஆனால், நிற்பதற்கு முன்னர் இடையிலிருக்கும் மூன்று குண்டுகளும் சற்றே அசைகின்றன!

இப்போது இரண்டு குண்டுகளைச் சேர்த்து ஆட்டி விட்டால், நடுவே இருக்கும் ஒரு குண்டு மட்டும் நிற்கும். அந்தப்பக்கமும் இரண்டு குண்டுகள் ஆட ஆரம்பிக்கின்றன. ☺ சரிசமமாக இல்லாதவாறு மூன்று குண்டுகளை ஆட்டும் போது என்ன நிகழும்? அசைபடத்தைப் பாருங்கள். அதிசயிப்பீர்கள்.

http://www.youtube.com/watch?v=fWSgm5aMsbU

இதற்குக் காரணம் யாது? நியூட்டனின் விதி குறிப்பிடுவது இது தான். வெளியிலிருந்து யாதொரு சக்தியும் பாதிக்காத வரை ஒரு பொருளின் முடுக்கமும், சக்தியும் தொடர்ந்து பாதுகாக்கப்படும். (Conservation of momentum and energy).

இதையும் தனது சிறப்புச் சார்பு விதியையும் சேர்த்தவுடன் ஐன்ஸ்டீனுக்கு சக்தி நிறைச் சமன்பாடு வந்துவிட்டது!

சிறப்புச்சார்பு விதிகளின் மூலம் ஐன்ஸ்டீன் நிலைநாட்டியது என்ன என்று பார்ப்போம். பதிவுச்சட்டங்களின் வேகத்தைப் பொருத்து காலம் மாறுகின்றது என்பதே சிறப்புச் சார்பு விதி. சரிதானே?

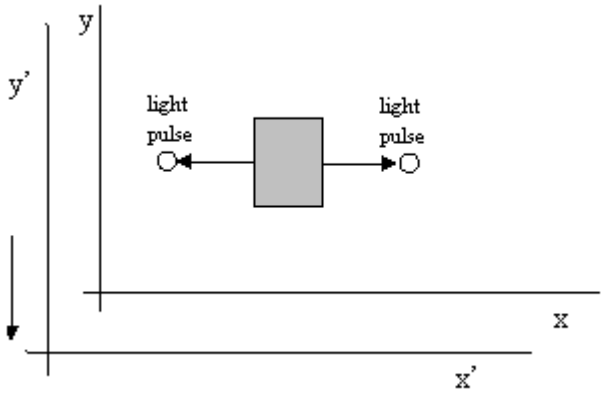
பதிவுச்சட்டத்தினுள் இருப்பவர் தனது முடுக்கத்தை உணர்வதில்லை. பதிவுச்சட்டத்திற்கு வெளியிலிருந்து பார்ப்பவர்க்கு மட்டுமே அதை உணர இயலும்.

இப்போது ஐன்ஸ்டீனின் கணக்குகளைத் தவிர்த்து அவரது எடுத்துக்காட்டைக் காண்போம். இதனை எண்ணச் சோதனை முறை (Thought Experiment) என்கின்றனர். ஐன்ஸ்டீனின் சோதனைக்குள் நுழையுமுன்னர் ஒளி சக்தி கொண்டது என்பதை முன் கூட்டியே நிரூபித்திருக்கின்றனர் என்பதை நாம் புரிந்து கொள்ள வேண்டும்.

தனது சோதனை ஆரம்பத்தில் ஐன்ஸ்டீன் இரண்டு பதிவுச்சட்டங்களைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்கின்றார். (x,y,z) (முப்பரிமாண இடக் குறிப்பு) என்னுமிடத்தில் இருக்கும் ஒரு விமானம் L சக்தி கொண்ட ஒளியை x அச்சில் பாய்ச்சுகின்றது என்று வைத்துக் கொள்வோம். இப்போது இந்த விமானத்தை விட v அளவு வேகமாக x அச்சிலேயே செல்லும் இன்னொரு விமானம் (a,b,c) என்னுமிடத்தில் இந்த ஒளியைக் கண்ணுறுகின்றது. இருவருக்கும் ஒளி செல்லும் வேகம் ஒன்றாயினும், கால அளவு வெவ்வேறு என்பது தான் சிறப்புச் சார்பு விதி. இந்த விதியின் மூலம் வேகமாகச் செல்லும் விமானத்திலிருந்து இந்த ஒளிக்கற்றையின் சக்தி அளவு என்னவென்று முதல் சமன்பாட்டில் அறிகின்றார் ஐன்ஸ்டீன்.

அதாவது (x,y,z) ல் இருக்கும் விமானம் L அளவு சக்தி என்று நிர்ணயித்தால் அதே சக்தியை (a,b,c) ல் இருக்கும் விமானம் L' அளவு சக்தி என்று நிர்ணயம் செய்கின்றது. சக்தி என்பது ஏற்கனவே நிறை * வேகத்தின் வர்க்க அளவு என்று பார்த்தோம் தானே? அதே போன்றதொரு சமன்பாடே இங்கும் இருக்கின்றது. இந்த முதல் சமன்பாட்டை அப்படியே நிறுத்தி விட்டுத் தனது சோதனையை ஆரம்பிக்கின்றார் ஐன்ஸ்டீன்.

இப்போது மேலே சொன்னது போலவே இரண்டு விஷயங்கள் இரண்டு இடத்தில் ((x,y,z) மற்றும் (a,b,c)) இருக்கின்றன. ஒரே ஒரு வித்தியாசம் என்னவெனில் (x,y,z)ல் இருப்பது ஒரு விமானம் அல்ல. வெளியில் எந்த ஒரு விசையுமின்றி நிலையாய் நிற்கும் ஒரு பெட்டி என்று வைத்துக் கொள்ளலாம். அது (x,y,z) என்னுமிடத்திலேயே நிலையாக நிற்கின்றது. இந்தப் பெட்டியின் சக்தியை E0 என்று வைத்துக் கொள்கின்றார் ஐன்ஸ்டீன். இதே பொருளின் சக்தியை v என்ற வேகத்தில் மேற்சொன்னது போலக் கடக்கும் (a,b,c) விமானம் அளக்கின்றது என்று வைத்துக் கொள்வோம். அதன் அளவு H0 என்று வைத்துக் கொள்கின்றார்.



துப்பாக்கியிலிருந்து தோட்டா வெளியேறும் போது துப்பாக்கி தன்னை நிலைநிறுத்திக் கொள்வதற்காக சற்றே பின்னால் நகர்கின்றது தானே? இதற்குக் காரணம் நியூட்டனின் எந்த ஒரு செயலுக்கும் எதிர்ச்செயல் ஒன்றிருக்கும் என்பது நமக்குத் தெரியும். நியூட்டனின் தொட்டிலும் அந்த வகையிலேயே ஆடுகின்றது என்பதையும் கண்டோம்.
இப்போது ஐன்ஸ்டீன் நிலையாக நிற்கும் பெட்டியிலிருந்து படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு இரு புறமும் 1/2L சக்தி கொண்ட ஒளிக்கற்றையைப் பாய்ச்சுகின்றார்.

ஒருபுறம் மட்டும் ஒளிக்கற்றையைப் பாய்ச்சினால் எப்படித் துப்பாக்கியிலிருந்து தோட்டா கிளம்பியதால் துப்பாக்கி பின்னால் நகர்கின்றதோ அதே போன்று இங்கும் ஒளிக்கற்றையைப் பாய்ச்சியவுடன் பெட்டி எதிர்த்திசையில் நகரவேண்டியிருக்கும். இப்போது சம அளவிலான சக்தியுடைய ஒளியை இருபுறமும் பாய்ச்சுவதால், முன்பு போலவே பெட்டி நிலையாக நிற்கும் தானே?

இப்போது நிலையாக நிற்கும் (x,y,z) மற்றும் v வேகத்தில் செல்லும் (a,b,c) ஆகிய இரண்டு இடங்களிலிருந்து பெட்டியின் சக்தியை அளந்து இச்சக்தியின் அளவுகளை E1 மற்றும் H1 என்று குறிக்கின்றார் ஐன்ஸ்டீன்.

E0 = E1 + 1/2L + 1/2L என்பது (x,y,z) பெட்டியில் இருப்பவர்கள் அளப்பது. இதே சக்தியை நகர்ந்து (a,b,c) இடத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும் பெட்டியில் இருப்பவர்கள் வித்தியாசமாக உணர்வாகள். அவர்கள் காணும் சக்தி வேறுபடுகின்றது. இதை முதலில் ஏற்கனவே கண்ட சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்தி அளக்கின்றார் ஐன்ஸ்டீன்.

இப்போது (E0-H0) - (E1-H1) என்பது ஒரே சக்தி இழப்பை வெவ்வேறு பதிவுச்சட்டத்திலிருப்பவர்கள் அளப்பதில் இருக்கும் வேறுபாடு என்று உணரலாம். அதாவது ஒளிக்கற்றை வெளியிடுவதற்கு முன் இரண்டு அளவைகளுக்கும் இருக்கும் வித்தியாசமும், ஒளிக்கற்றை வெளியிட்ட பின் இரண்டு அளவைகளுக்கும் உள்ள வித்தியாசமும் ஒரே போல் இல்லை என்பது தான் நிலைநாட்டப்படுகின்றது.

மேலும் நிலையான இந்தப் பெட்டியை இனி நகரவைக்கத் தேவையான நகர்சக்தியின் (Kinetic Energy) அளவு ஒளி விடுவதற்கு முன்னும் பின்னும் வித்தியாசப்படுகின்றது. அதையும்

நியூட்டனின் விதிப்படி கண்டறியும் ஐன்ஸ்டீன், வெளிவிட்ட ஒளியின் சக்தி அளவையும், அந்தப் பெட்டியினை நகரவைக்கத் தேவைப்படும் சக்தியையும் சமன்பாடு மூலம் சமமாக்குகின்றார்.

ஏற்கனவே கண்டறிந்த சமன்பாட்டுடன், நியூட்டனின் நகர்சக்திக்கான சமன்பாட்டையும் இணைத்தவுடன் சமன்பாட்டில் மாறிகள் ஒன்றுக்கொன்று அடிக்கப்பட்டு, கடைசியில் இரண்டே இரண்டு மாறிகள் மிஞ்சுகின்றன.

அது தான், நிலையான ஒரு பொருளிலிலிருந்து L அளவுள்ள சக்தி வெளியாகுமானால், அது L/(c^2) அளவு நிறையை இழக்கும்! ஒரு எண்ணை மிகப் பெரிய எண்ணால் வகுக்கும் போது அது இன்னும் மிகச் சிறியதாகின்றது தானே? இங்கே இழக்கின்ற நிறையின் அளவு c^2 என்னும் மிகப் பெரிய எண்ணால் வகுக்கப்படும் போது மிகச் சிறியதாகின்றது. இதையே திருப்பிப் பார்த்தால், மிகச் சிறிய நிறையை இழப்பதன் மூலம் மிதமிஞ்சிய அளப்பரிய சக்தியைப் பெறலாம் என்று புலனாகின்றது.

இந்த எண்ணச் சோதனை கொண்டு E=mc^2 என்று நிரூபித்தாலும், ஐன்ஸ்டீனே தன் வாழ்நாளில் இன்னும் பல எண்ணச் சோதனை முறைகளில் இதை நிரூபித்தார்.

சிறப்புச் சார்பு விதிகள், சக்தி நிறைச் சமன்பாடு ஆகியவற்றோடு ஐன்ஸ்டீனின் தேடல்கள் முடிவடைந்து விடவில்லை. இயற்பியலை ஒரு கை பார்த்து விடுவது என்ற முடிவோடு களமிறங்கி இருப்பார் போலும்!

அது 1907.

இன்னமும் காப்புரிமை நிறுவன அலுவலகத்தில் தனது வேலையை விட்டு விடாமல் பணியாற்றி வந்த ஐன்ஸ்டீன் தனது வாழ்க்கையிலேயே மிகவும் சந்தோசமான எண்ணம் என்று குறிப்பிட்ட எண்ணம் சிறப்புச் சார்பு விதிகளோ அல்லது சக்தி நிறைச் சமன்பாடோ அல்ல.

அந்த அலுவலகத்தில் அப்போது அவருக்கு உதித்த சமநிலைத் தத்துவமே (Principle of equivalence) ஆகும். நியூட்டனின் விசைச் சமன்பாட்டையும் தனது சிறப்புச் சார்பு விதியையும் பயன்படுத்தி ஐன்ஸ்டீன் சக்தி நிறைச் சமன்பாட்டை உருவாக்கினார் என்று ஏற்கனவே கண்டோம். இப்போது நியூட்டனின் நிறையீர்ப்பு விசையையும் தனது சிறப்புச் சார்பு விதியையும் பயன்படுத்தி சமநிலைத் தத்துவத்தைக் கண்டறிந்தார் ஐன்ஸ்டீன் என்னும் அதிசய மனிதர்.

ஐன்ஸ்டீன் யோசிக்கின்றார்...

சக்தியும் நிறையும் ஒன்று என்று கூறியாகிவிட்டது. சக்திக்குக் காரணமும் காரியமும் வேகம், வேகம், அதிவேகம் என்றும் கூறியாகிவிட்டது. இப்போது நிறைக்கு என்று ஒரு பொதுவான அம்சம் இருப்பதாக நியூட்டன் கூறுகின்றாரே? அதற்குப் பெயர் நிறையீர்ப்பு விசை என்கின்றாரே? அதற்கும் சக்திக்கும் அதாவது வேகத்துக்கும் ஏதாவது தொடர்பிருக்குமோ?

இப்படியே அவரது சிந்தனைகள் ஓடியதில், சக்தியும் நிறையும் ஒன்றென்றால், ஏன் வேகமும்

முத்தமிழ்மன்றம்

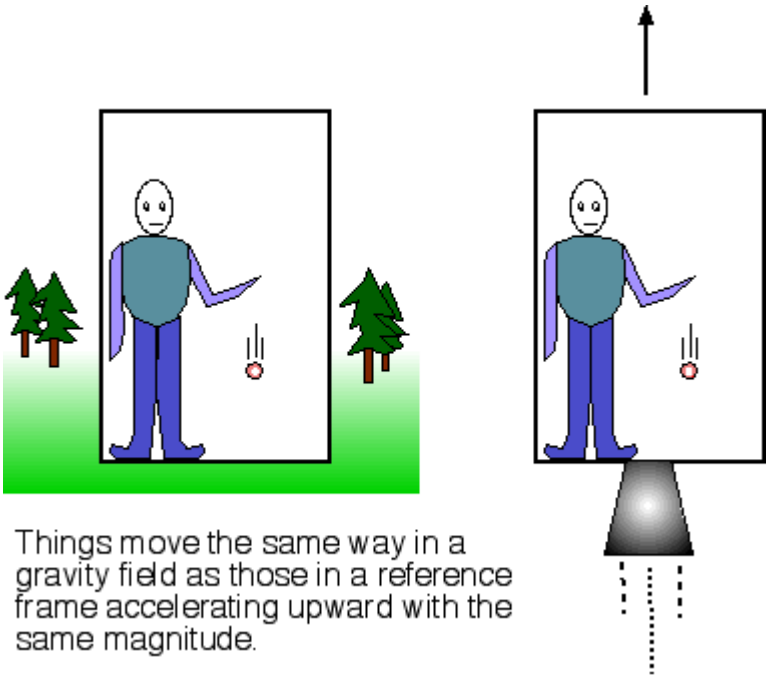
நிறையீர்ப்புவிசையும் ஒன்றாக முடியாது?

துள்ளி எழுகின்றார் ஐன்ஸ்டீன்.

தனது நிறையால் ஒரு கோள் எந்த ஒரு தடையுமில்லாமல் கீழே விழும் ஒரு பொருளை (free falling object) ஒரு குறிப்பிட்ட முடுக்க வீதத்தில் இழுப்பதையே நிறையீர்ப்பு விசை என்கின்றோம். புவியில் அந்த முடுக்கவீதம் (acceleration) விநாடிக்கு 9.8 மீ. என்றும் கண்டோம்.

இப்போது ஐன்ஸ்டீன், ஒரு ராக்கெட்டைக் கற்பனை செய்தார். அந்த ராக்கெட்டானது வெட்டவெளியில் விநாடிக்கு 9.8 மீ. என்ற வீதத்தில் தனது வேகத்தை அதிகரிப்பதாகக் கொண்டார். இப்போது ராக்கெட்டின் உள்ளே இருப்பவர் எப்படி உணர்வார் என்று கற்பனை செய்தார்!

வெட்டவெளியில் எந்த நிறையீர்ப்பு விசையும் கிடையாது என்பதை நாம் உணர்ந்திருக்கின்றோம். விண்கலங்களில் அந்தரத்தில் பொருட்களும் மனிதர்களும் மிதப்பதைக் கண்டிருக்கின்றோம். ஆனால், விநாடிக்கு 9.8 மீ என்ற வீதத்தில் வேகத்தை அதிகரிக்கும் ராக்கெட்டில் இருக்கும் பொருட்கள் அப்படியே இருக்கின்றன, ராக்கெட்டோ 9.8 மீ. என்ற வீதத்தில் வேகமாக முடுக்கம் பெறுகின்றது. ஆக, அந்த ராக்கெட்டில் இருப்பவர்களுக்கும் புவியிலிருப்பது போன்றே நிறை ஈர்ப்பு விசை உணரப்படும்.



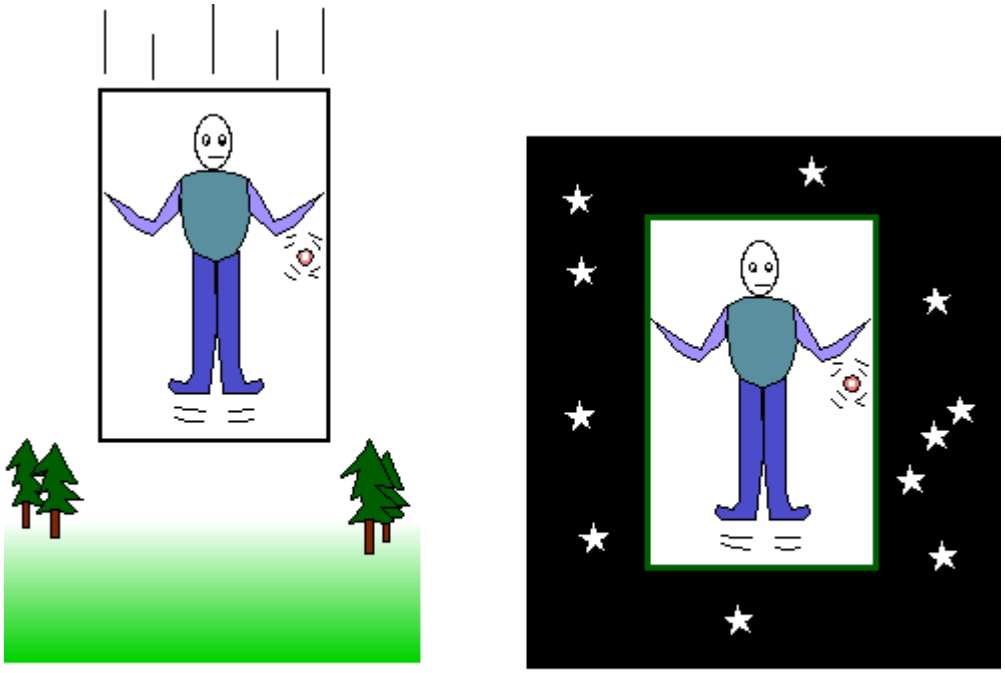
அதாவது புவியில் பொருட்கள் புவியை நோக்கி ஈர்க்கப்படுகின்றன. (9.8 மீ. வேக அதிகரிப்பில்). ஆனால், ராக்கெட்டிலோ ராக்கெட்டின் அடிப்பகுதி 9.8 மீ. வேக அதிகரிப்பில் பொருளை நோக்கி வருகின்றது. இரண்டும் ஒன்று தானே?!

ரத்தினகிரி

ஆக, விநாடிக்கு 9.8 மீ. என்ற வீதத்தில் வேகத்தை அதிகரிக்கும் ராக்கெட்டில் இருப்பவர்கள் புவிக்குச் சமமான நிறையீர்ப்பை உணர்வார்கள் என்று கண்டறிந்தார்! புவியில் நிலையாய் இருப்பதுவும் ஒன்று தான். வெட்ட வெளியில் 9.8 மீ. ஒரு விநாடி என்ற வேக அதிகரிப்பில் செல்வதும் ஒன்று தான்.

அதையே மாற்றி யோசித்தால்,

புவியில் எந்தத் தடையுமின்றி கீழே விழுவதும் ஒன்று தான். விண்வெளியில் எடையற்ற தன்மையும் ஒன்று தான். ஆக, புவியில் வெட்டவெளியின் எடையற்ற தன்மையை உணர, நாம் 9.8 மீ/ விநாடி என்ற வேக வீதத்தில் கீழே விழ வேண்டும். இதுவும் நிரூபிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இதன்படியே விண்வெளி வீரர்களுக்குப் பயிற்சியும் அளிக்கப்படுகின்றது.



Things falling freely in a gravity field all accelerate by the same amount, so they move the same way as if they were in a region of zero gravity — ``weightlessness''!

மின் தூக்கி வேகமாகக் கீழே இறங்கும் போது நாம் சற்றே எடையற்ற தன்மையை உணர்கின்றோம் தானே?

இந்தக் கண்டுபிடிப்பே ஐன்ஸ்டீனின் பொதுச்சார்பு விதியின் வித்தாக அமைந்தது.

நன்றி: http://www.astronomynotes.com/relativity/s3.htm

சிறப்புச் சார்பு விதிகளை 1905 ம் ஆண்டில் வெளியிட்ட ஐன்ஸ்டீன், 1915 ல் தனது பொதுச்சார்பு விதிகளை வெளியிட்டார்.

அதற்குக் காரணமாய் அமைந்தது சமநிலைத் தத்துவம் என்று முன்பே குறிப்பிட்டேன் தானே? இனி பொதுச்சார்பு விதிகளைக் காண்போம். சிறப்புச் சார்பு விதிளை மையமாகக் கொண்டு

சக்தி <-> நிறை

வேகம் <-> நிறையீர்ப்பு

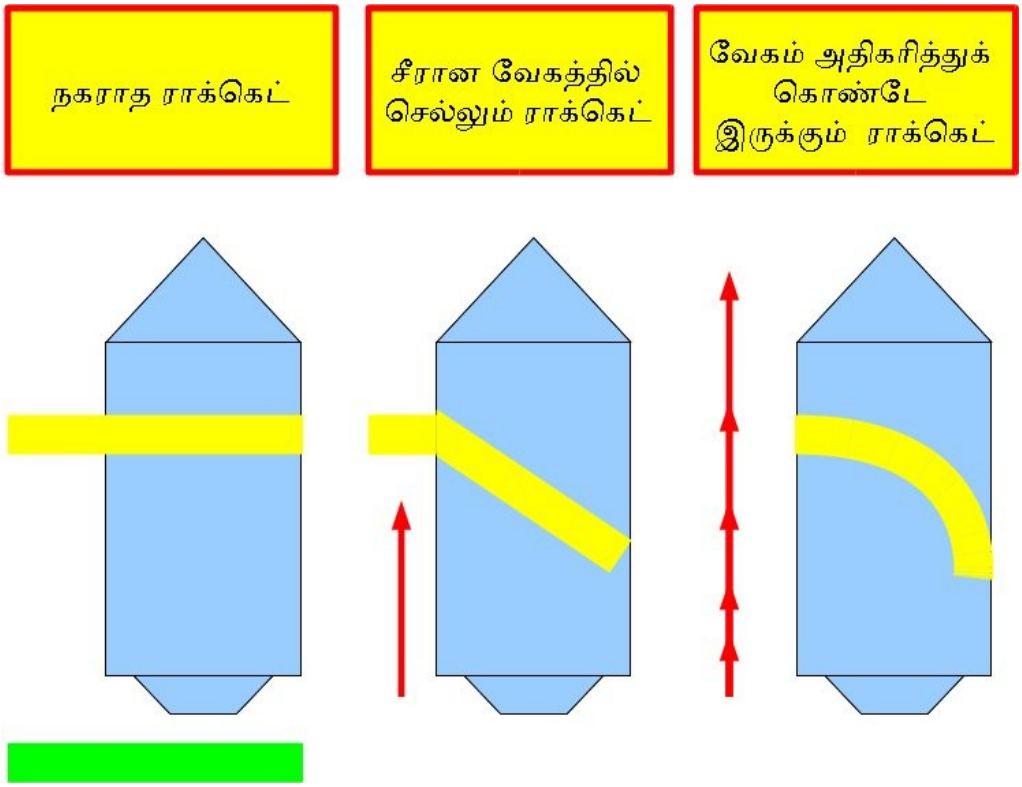
என்று ஒவ்வொன்றாய் தொடர்புபடுத்திக் கொண்டே வந்தார் ஐன்ஸ்டீன்.

என்ன தான் காலம் சுருங்குகின்றது என்று சொல்லிவிட்டாலும், ஏன் அப்படி சுருங்கவேண்டும்? என்ற கேள்விக்கான விடை அவருக்கு வந்து சேரவில்லை. அக்கேள்வியையே தூண்டிலாக மாற்றிச் சிறப்புச் சார்பு விதிகளையே புழுவாகக் கோர்த்து, மனக்குளத்தில் மீன் பிடித்தார் ஐன்ஸ்டீன். ஒரு நாளல்ல, இரு நாட்களல்ல. பத்து ஆண்டுகள்!

அந்தப் பத்தாண்டுகளில் அவர் பல எண்ணச்சோதனைகளை மனக்கண்ணில் ஓடவிட்டுக் கொண்டே இருந்தார். ஒரு சோதனையில், வேகத்தின் காரணமாய் ஒளியின் பாதையில் நிகழும் ஜாலங்கள் தெரியவந்தது. அது மட்டுமல்ல, ஒளியின் வேகம் ஏன் ஒரே போல் காணக்கிடைக்கின்றது என்றும் தெரியவந்தது.

அதிவேகமாகச் செல்லும் ஒரு கண்ணாடி ராக்கெட்டைக் கற்பனை செய்தார் ஐன்ஸ்டீன். வெளியிலிருந்து ஒரு ஒளிக்கற்றையை அந்த ராக்கெட்டின் மேல் பாய்ச்சினால் என்ன நிகழும் என்று எண்ணிப் பார்த்தார்.

முத்தமிழ்மன்றம்



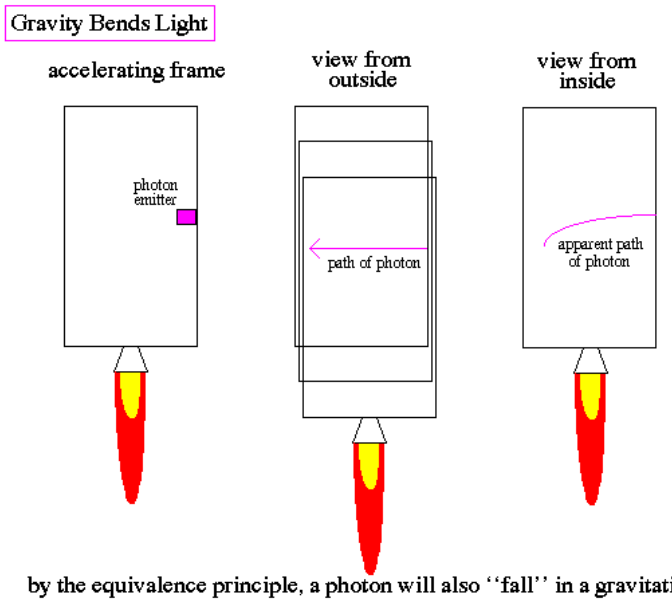
1. நிலையாக நிற்கும் ஒரு ராக்கெட்டின் மேல் பாய்ச்சும் போது வெளியிலிருப்பவர்க்கும் சரி, உள்ளே இருப்பவருக்கும் சரி ஒரே நேர்கோட்டில் ஒளி பயணிப்பதாகத் தெரிகின்றது.

2. ஒரே சீரான வேகத்தில் நகரும் ராக்கெட்டில் பாய்ச்சும் போது, வெளியிலிருந்து பார்ப்பவருக்கு நேராகச் செல்வதாகத் தோன்றும் ஒளிக்கற்றை, உள்ளே இருப்பவருக்கோ குறுக்குவாட்டில் நகர்வதாகத் தோன்றுகின்றது. ஒளி ஒரு புறத்தினின்று இன்னொரு புறத்திற்குச் செல்வதற்குள் ராக்கெட் கொஞ்ச தூரம் நகர்ந்து விடுகின்றது. அதாவது ஒளி அதிக தூரத்தைக் கடப்பதாகத் தோன்றுகின்றது. வேகமாகச் செல்வதால் காலம் சுருங்குகின்றது. அதே நேரம் ஒளி அதிக தூரம் கடப்பதாகத் தோன்றுகின்றது. எனவே ஒளியின் வேகம் அவரைப் பொருத்தவரை மாறுவதில்லை. வெளியிலிருப்பவர் ஒளி நேர்கோட்டில் செல்வதாகவும், ராக்கெட் அவரைக் கடந்து செல்வதாகவுமே உணர்வார். எனவே அவரைப் பொருத்தவரையும் ஒளியின் வேகம் மாறவில்லை!

3. வேகத்தை ஒரு சீரான வீதத்தில் அதிகரித்துக் கொண்டே நகரும் ஒரு ராக்கெட்டில் எப்படித் தோன்றும்? என்பது தான் ஐன்ஸ்டீனின் முக்கியமான அடுத்தகட்ட ஆராய்ச்சி. வேகம் அதிகரித்துக் கொண்டே இருக்கும் ராக்கெட்டின் வெளியிலிருந்து பார்ப்பவருக்கு வழக்கம் போல் ஒளி நேர்கோட்டில் செல்வதாகத் தோன்றும். ஆனால், உள்ளிருந்து பார்ப்பவருகோ ஒளி வளைந்து செல்வதாகத் தோன்றும்! ஏனெனில் ஒளிக்கற்றையை அவர் வெவ்வேறு வேகத்தில் சென்று கொண்டே காண்கின்றார். அவரைப் பொருத்தவரை ஒளி வளைவான பாதையில் செல்வதாகத் தோன்றும். வெவ்வேறு வேகத்தில் செல்வதால் வெவ்வேறு காலச்சுருக்கத்தை அவர் உணர்கின்றார். எனவே ஒளியின் வேகம் அவருக்கும் மாறுவதில்லை.

ரத்தினகிரி

வேகத்தின் காரணமாக, ஒளியின் வேகம் ஏன் மாறுவதில்லை என்பதை உணர்ந்த ஐன்ஸ்டீன், வேகம் ஒளியின் பாதையை வளைத்துக் காட்டும் என்ற முக்கியமான விளைவைக் கண்டறிந்தார்.



by the equivalence principle, a photon will also ''fall'' in a gravitational field

இப்போது, வேகம் ஒளியின் பாதையை வளைக்கும் என்றால், நாம் ஏற்கனவே சமநிலைத் தத்துவத்தில் கண்டறிந்தவாறு, வேகத்தின் சமநிலையான நிறையீர்ப்பு விசையும் ஒளியின் பாதையை வளைக்கவேண்டுமே?! என்ற கேள்வியையும் எழுப்பினார்.

அப்போது தான், அவருக்கு வேகம், சக்தி, நிறை, நிறையீர்ப்பு விசை இவற்றிற்கான பொதுவான தொடர்பு அறியவந்தது. பொதுச்சார்பு விதி குறிப்பிடுவது என்ன?

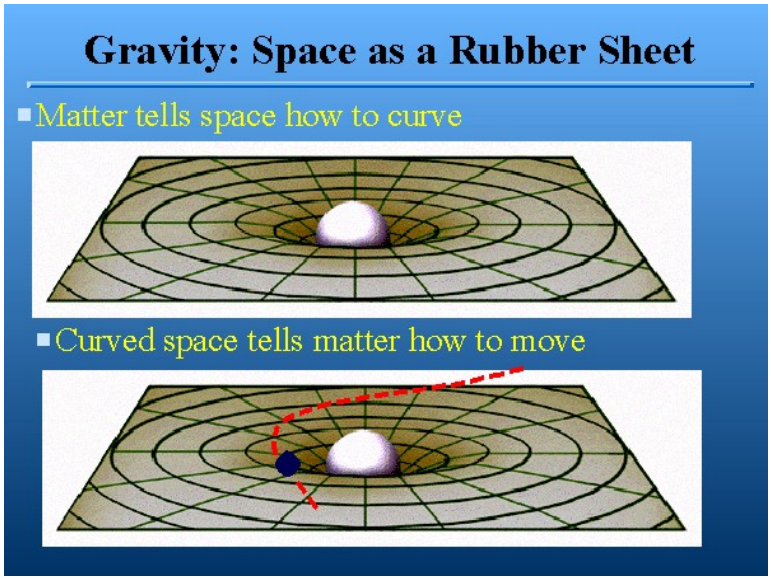
நியூட்டன் கண்டறிந்த நிறையீர்ப்பு விசை உண்மையில் ஒரு விசையே அல்ல! நிறையினால் காலவெளியில் ஏற்படும் (வி)வளைவே நிறையீர்ப்புவிசையாக உணரப்படுகின்றது என்ற சித்தாந்தத்தைக் கொண்டு வந்தார். எத்தனை புரட்சிகளை இயற்பியலில் ஐன்ஸ்டீன் புகுத்தியிருக்கின்றார் என்று கண்டால் அவர் ஏன் சென்ற நூற்றாண்டின் தலைசிறந்த மனிதர் என்று போற்றப்படுகின்றார் என்பதை உணர இயலும். வித்தியாசமான கேள்விகளைக் கேட்டு அதற்கான விடையைக் கண்டறிவதன் மூலம் புதிய பல விஷயங்களைக் கண்டறியலாம் என்ற கண்ணோட்டத்தை ஐன்ஸ்டீன் தன் வாழ்நாளில் பலமுறை கடைப்பிடித்து அதில் வெற்றியும் கண்டிருப்பது தெரியவருகின்றது.

ஐன்ஸ்டீன் மொத்த வெட்டவெளிப்பரப்பையும் ஒரு பெரிய போர்வை என்று கற்பனை செய்தார். இப்போர்வையானது நான்கு புறமும் இழுத்துக் கட்டப்பட்டிருக்கின்றது என்று வைத்துக் கொள்வோம்.

இப்போது ஒரு 10 கிலோ எடையுள்ள ஒரு இரும்புக் குண்டை அந்தப் போர்வையின் நடுவில்

போட்டால் அது எப்படி இருக்கும்? அந்தக் குண்டு தன்னாலியன்றவரை போர்வையின் பரப்பை வளைக்கும் தானே? இப்போது 1 கிலோ இரும்புக் குண்டு ஒன்றை போர்வையின் ஒருமுனையிலிருந்து இன்னொரு முனைக்கு விசையுடன் உருட்டி விட்டால் என்னாகும்? நேராகச் செல்லும் குண்டு, 10 கிலோ குண்டின் அருகே வரும் போது மட்டும் அதன் பாதையை வளைத்து (அதாவது போர்வையின் பரப்பிலேயே உருண்டு) அடுத்த பக்கத்திற்குச் செல்லும் தானே? இதைத் தான் ஐன்ஸ்டீன் குறிப்பிட்டார். நிறை அதிகமுள்ள பொருட்கள் தனக்கருகே இருக்கும் காலவெளியை இழுக்கின்றன என்றார். இங்கு தான் நாம் முதன்முதலில் பார்த்த காலவெளியைப் பற்றிக் குறிப்பிடுகின்றார் ஐன்ஸ்டீன். ஏற்கனவே காலவெளி என்பது நான்கு பரிமாணம் உடையது என்றும், காலம் வேறு வெளி வேறு என்று பிரிக்க இயலாமல் இயைந்திருப்பது என்றும் கண்டோம்.

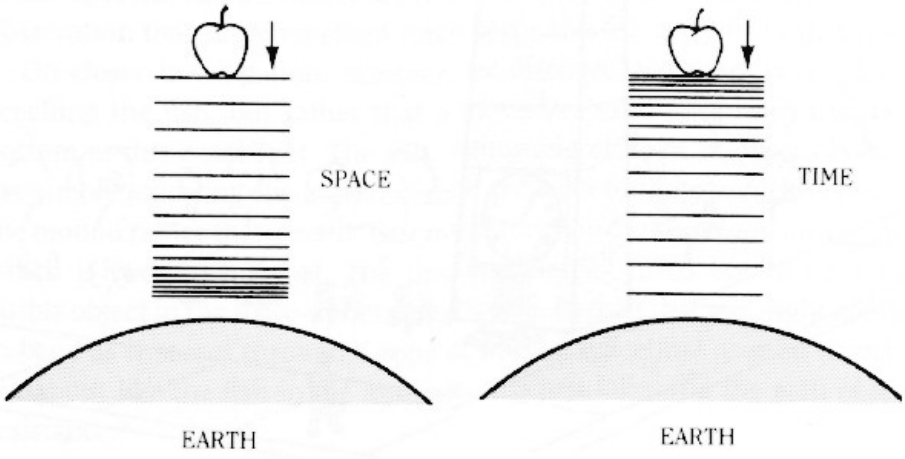
நிறையுள்ள ஒரு பொருளானது தனக்கருகே இருக்கும் காலத்தையும் வெளியையும் சேர்த்தே சுருக்குகின்றது. வேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க அங்கே நிறையும் அதிகரிக்கின்றது என்று ஏற்கனவே கண்டோம். எனவே தான் அதிவேகத்திலும் காலமும் வெளியும் சுருங்குகின்றன. அப்பாடி, காலச்சுருக்கத்திற்கான விடை ஒருவழியாகக் கண்டறிந்து விட்டார் ஐன்ஸ்டீன்.



ஒரு பொருளின் நிறையே அதனருகிலிருக்கும் காலவெளியை எவ்வாறு, எவ்வளவு வளைக்க வேண்டும் என்று நிர்ணயிக்கின்றது. இந்த வளைந்த காலவெளியே மற்ற பொருட்கள் அதனருகில் எவ்வாறு செல்லவேண்டும் என்று பாதைகாட்டுகின்றது. அந்தப் பொருட்களைப் பொருத்தவரை அவை நேர்கோட்டில் செல்கின்றன! அவை செல்லும் வெளியே பக்கத்திலிருக்கும் பொருளின் நிறையால் வளைந்திருக்கின்றது. எனவே அவை நேர்கோட்டில் சென்றாலும் கூட வளைவான பாதையில் செல்வதாகவே பொருள்.

நிறையீர்ப்புவிசை என்ற ஒன்றே கிடையாதென்றால், நியூட்டனின் புவி ஈர்ப்பு முடுக்கவீதமான 9.8 மீ/விநாடி என்பது பொய்யா? என்ற கேள்வி எழும்.

காலவெளியை ஒன்றாகக் கொண்டால், காலம் மற்றும் வெளியில் நிறையால் ஏற்படும் விளைவை இந்தப்படம் காட்டுகின்றது.



Space contracts near mass and dilates away from it.

Time dilates near mass and contracts away from it.

நிறைக்கு அருகில் வர வர வெளியானது சுருங்குகின்றது. காலமும் தான். அவ்வாறு காலவெளி சுருங்குவது ஒரே வீதத்தில் அதிகரிக்கின்றது. அதாவது நிறையுள்ள பொருளுக்கு அருகில் வர வர காலவெளி அதிகமான சுருக்கத்தை அடைகின்றது. எனவே நிறை அதிகமுள்ள பொருளுக்கு அருகில் ஒரே வேகத்தில் செல்லும் பொருளானது வரும் போது அதன் வேகம் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்வதாகத் தோன்றும் (வெளியானது சுருங்கிக் கொண்டே செல்வதால்!) பொருள் செல்வது ஒரே வேகத்தில் தான். ஆனால் அது செல்லவேண்டிய இடம் சுருங்கி விடுவதால், வேகம் அதிகரிப்பதாகத் தோன்றும்.

ஐன்ஸ்டீன் வரும் வரை எல்லோரும் இக்கரையிலிருந்தே இக்கரையைப் பார்த்துக் கொண்டிருந்தனர். ஐன்ஸ்டீனோ அக்கரைக்குச் சென்று இக்கரையை நோட்டம் விட்டார். அவ்வளவு தான் வித்தியாசம் எனலாம்.

இந்தப்படம் சற்றே நகைச்சுவையாகத் தோன்றும். இருப்பினும் அதுவே உண்மை!

Einstein managed to fit a square peg into a round hole by modifying both the peg and the hole! His general theory of relativity resolved conflicts between Newton's theory of gravity and the special theory of relativity.

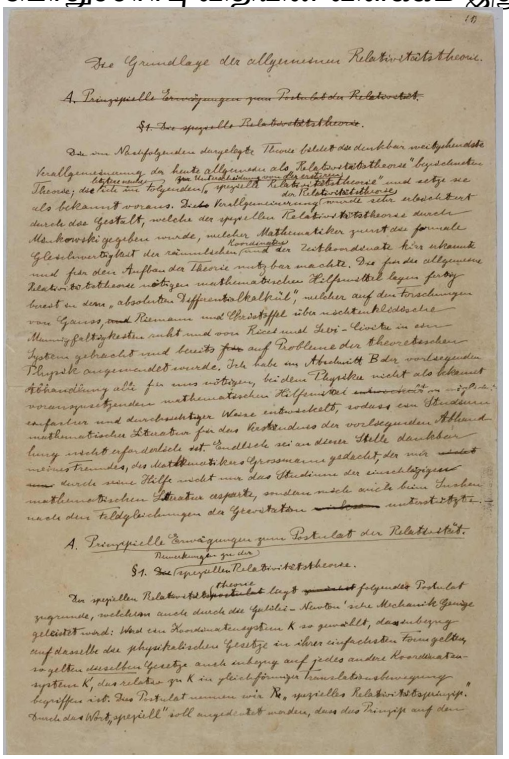
சிறப்புச்சார்பு விதியென்ற வட்ட வடிவ ஓட்டையை இயற்பியலில் 1905 ல் கண்டறிந்தார்

ஐன்ஸ்டீன். அவரே பின்னர் ஆராய்ச்சி செய்து நிறையீர்ப்பு என்னும் கனசதுரக் கட்டை கொண்டு கட்டையையும் வளைத்து, சிறப்புச் சார்பு விதியெனும் வட்ட வடிவ ஒட்டையையும் வடிவம் மாற்றிக் கனகச்சிதமாக அடைத்து விட்டார்! அதையே பொதுச் சார்பு விதியாக அறிகின்றோம்.

கேள்வியும் அவரே கேட்டு, அதற்குப் பத்தாண்டுகள் கழித்துப் பதிலும் அவரே தந்தது மொத்த அறிவியலுலகத்தையும் வியக்க வைத்தது என்பதைச் சொல்லவும் வேண்டுமோ?

நன்றி: http://abyss.uoregon.edu/~js/ast122/lectures/lec20.html

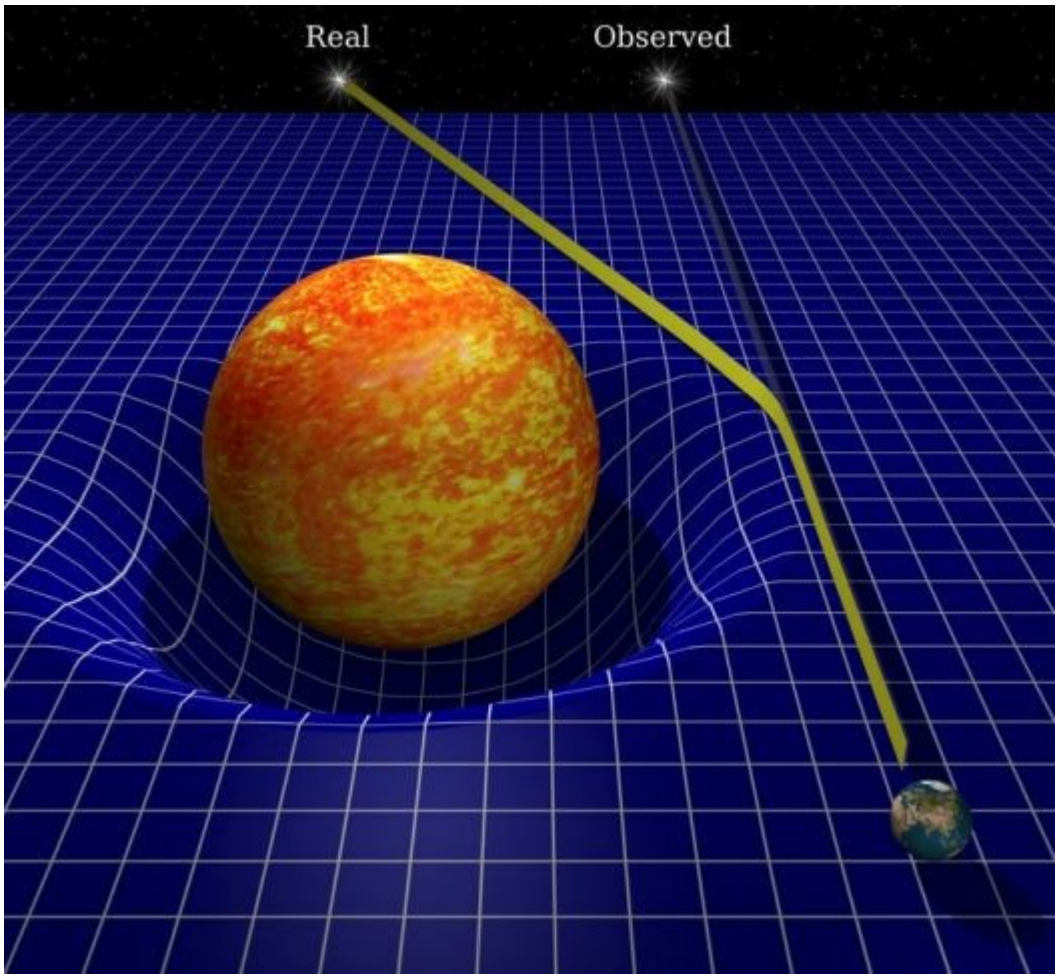
ஐன்ஸ்டீனின் கையெழுத்தில் பொதுச்சார்பு விதியின் விளக்கம் இது. 1915 ல் எழுதப்பட்டது.



நிறையீர்ப்பு விசையால் ஒளியை வளைக்க முடிகின்றது. அல்லது ஒளி நேர் பாதையில் செல்லாமல் வளைவான பாதையில் செல்கின்றது என்று எந்த ஒரு முடிவுக்கு வந்தாலும் விளையும் அனர்த்தங்கள் பலப்பல.

அண்டவெளியெங்கும் நிறையீர்ப்பு விசையால் வழியில் குண்டும் குழியுமாகப் பாதை போட்டு வைக்க கடவுள் என்ன தமிழ்நாட்டில் சாலை போடும் ஒப்பந்தகாரரா என்ன? என்று அனைவரும் ஆச்சரியமாக இந்தப் பொது சார்பு விதியைப் பார்த்தனர்.

1915 ல் வெளியிட்ட பொதுச்சார்பு விதி 1919 ல் நிகழ்ந்த ஒரு சூரிய கிரகணத்தின் போது நிரூபணமான போது ஐன்ஸ்டீனுக்கும், பொதுச்சார்பு விதிக்கும் உலகளாவிய புகழும், அங்கீகாரமும் கிடைத்தன. சாதாரணமாக வானில் ஓரிடத்தில் தெரியும் நட்சத்திரம், சூரிய கிரகணத்தின் போது அதே இடத்தில் தெரியாமல் வேறிடத்தில் தெரிந்தது!



ஒரு உடுமண்டலத்தின் பின்னால் இருக்கும் பிரகாசமான ஒரு க்வாசரிலிருந்து வரும் ஒளி பிளவுபட்டு நான்காகத் தெரிவதற்கும் நிறையீர்ப்பு ஆடியே காரணமாகும்.

வெகுதொலைவில் இருக்கும் உடுமண்டலத்திற்கு முன்னால் ஒரு கருந்துளை நகர்ந்து சென்றால் அதன் நிறையீர்ப்பு விசையால் ஒளி படும் பாட்டை இந்த அசைபடத்தின் மூலம் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

நிறை அதிகமுள்ள பொருட்கள் நிறை குறைவான பொருளை ஈர்ப்பதில் தவறில்லை. ஆனால், நிறையில்லாத ஒளியையும் அது ஈர்த்து விடுமா என்ற கேள்வி எழலாம். ஒளிக்கு சக்தி உண்டு என்று ஏற்கனவே பார்த்தோம். சக்திக்கும் நிறைக்கும் சமன்பாட்டை ஏற்கனவே ஐன்ஸ்டீன் நிரூபித்திருக்கின்றார். அப்படியானால், ஒளிக்கு நிறை இல்லை என்று சொல்வது சரியில்லை என்றாகின்றதே? ஆம், ஒளிக்கு இருப்பு நிறையென்ற ஒன்று கிடையாது. ஆனால் எந்த ஒரு துகளும் வேகமாகச் செல்லும் போது அது நிறையைப் பெறுகின்றது என்று கண்டிருக்கின்றோம் அல்லவா? ஒளி அல்லது போட்டான் துகள் அந்த வேகத்தில் செல்வதால் அதன் நகர்நிறை காரணமாக அதில் சக்தி மிச்சமாகின்றது. போட்டான் துகளுக்கு இருப்பு நிறையே கிடையாது. அதாவது போட்டான் துகளை நிறுத்தி வைத்துப் பார்க்கவே இயலாது. அதன் இயல்பே நகர்நிறையுடன், உண்டான சக்தியுடன் இந்த வேகத்தில் செல்வது தான்.

அதற்கு நிறை இருப்பதால், நிறை அதிகமான பொருட்களின் அருகே வரும் போது அதனால் ஈர்க்கப்படுகின்றது. ஆயினும் அந்த நிறை அதிகமான பொருட்களிலிருந்து விலகுவேகத்தை விட (escape velocity) அதிகமாக ஒளியின் வேகம் இருப்பதால் அதிலிருந்து தப்பித்து வெளியே வந்து விடுகின்றது. அவ்வாறு வெளியே வர இயலாத நிறை குறைந்த பொருட்கள் விலக முடியாமல் குழிக்குள் விழுந்து மாட்டிக் கொள்கின்றன.

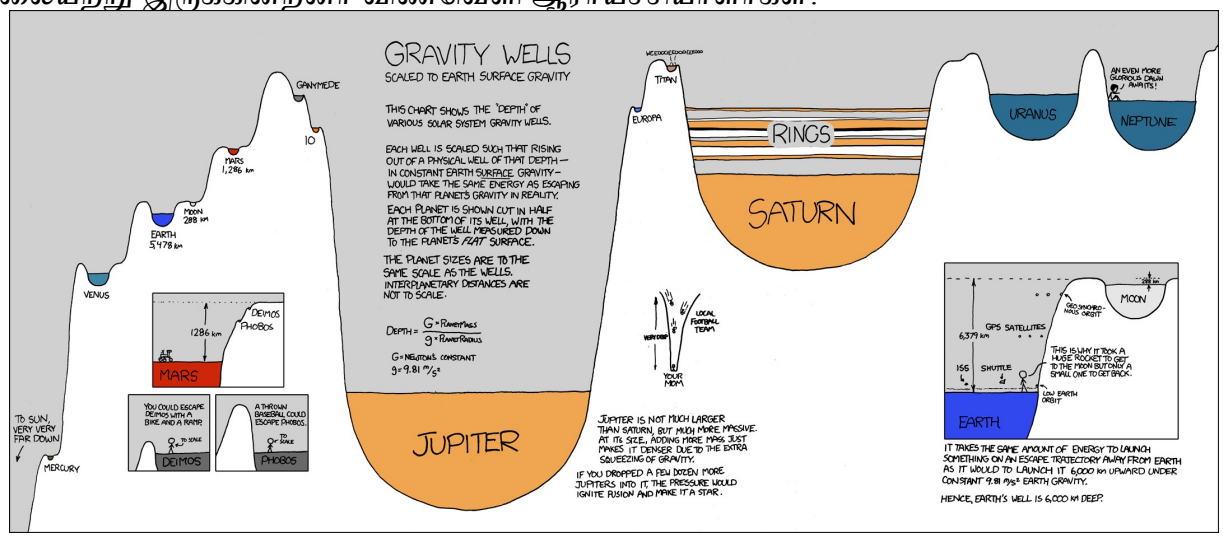
நிறைகளுக்கேற்ப ஏற்படும் குழிவை ஈர்ப்பு விசைக் கிணறுகள் என்பார்கள். இந்தப் படத்தில் சூரியக் குடும்பத்தின் கோள்களின் ஈர்ப்பு விசைக் கிணறுகளைக் காணலாம். அதாவது அந்தக் கோள்களிலிருந்து வெளியேற எவ்வளவு அதிக வேகத்தில், எவ்வளவு அதிக உயரத்திற்கு வரவேண்டும் என்பது படத்தில் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றது. கூர்ந்து கவனித்தால் புவியின் ஆழம் எவ்வளவு குறைவு என்பது தெரியவரும்! ஆயினும் இதிலிருந்து வெளியேறவே 6379 கி.மீ. உயரத்திற்குப் பறக்க வேண்டியிருக்கின்றது. நிறை அதிகமாக இருக்கும் ஜூபீடர் கிணறை நினைத்தால் உள்ளே விழுந்தால் மீளவே வந்ததைக் காட்டிலும் மிகப் பெரிய ராக்கெட் செய்ய வேண்டியிருக்கும்! சந்திரனின் விலகு விசை குறைவாக இருப்பதாலேயே நம்மால் அங்கிருந்து மீள முடிகின்றது.

இந்தக் கிணற்றின் விளிம்பையே விளைவு அடிவானம் (Event Horizon) என்கின்றார்கள். அதாவது நிறையுள்ள பொருள் தன்னருகே எந்தத் தொலைவில் வரும் பொருளை ஈர்க்குமோ அதுவே அந்தப் பொருளின் விளைவு அடிவானம் ஆகின்றது.

சூரியனின் ஆழமோ கண்ணுக்கே தெரியாத அளவு இடதுபுறம் கீழே இருக்கின்றது! இத்தனை

முத்தமிழ்மன்றம்

குண்டு குழிகள் சாலையில் இருந்தாலும், இடையே சீரான வெட்டவெளி இருப்பதால் கொஞ்சம் கவலையற்று இருக்கின்றனர் விண்வெளி ஆராய்ச்சியாளர்கள்!



செவ்வாயிலாவது மனிதர்களை இறக்க இயலும். வியாழனில் இறங்கி விட்டு அவர்கள் திரும்ப மிகவும் சிரமப்படவேண்டியிருக்கும்.

செவ்வாயில் விலகுவிசை 5 கி.மீ./விநாடியே ஆகும். அதுவே வியாழனிலோ 59.5 கி.மீ. / விநாடி ஆகும்! புவியின் விலகுவிசையான 11.2 கிமீ/விநாடியுடன் ஒப்பிடும் போது வியாழனின் நிறையீர்ப்பு விசை ஐந்து மடங்குக்கும் மேல் என்பது தெரியும்.

உண்மையில் எடுத்தவுடன் இந்த வேகத்தை எந்த ராக்கெட்டும் எட்ட இயலாது. ஆனால் கொஞ்சம் கொஞ்சமாக வேகத்தைக் கூட்டிக் கொண்டே செல்ல வேண்டும். குறிப்பிட்ட உயரத்திற்கு மேல் செல்லச் செல்ல நாம் ஏற்கனவே பார்த்தது போல நிறையீர்ப்பின் வீச்சு குறைய ஆரம்பிக்கும். அப்போது குறைவான விசையிலேயே நிறைய வேகத்தைப் பெற இயலும். புவியை விட்டு வெளியேறினாலும், சூரியனின் ஈர்ப்பு விசையிலிருந்து தப்ப இயலாது! புவியை விட்டு வெளியேறியவுடன் சூரியனைச் சுற்ற ஆரம்பித்து விடும்! அதிலிருந்து வெளியேற 617.5 கி.மீ. / விநாடி செல்ல வேண்டும்!

ஒவ்வொரு கோளும் விலகுவிசையும் இங்கேகாணலாம்.

அண்டவெளியின் துகளிலும் துகளான (!?) நமது சூரியனின் கிணறே இப்படி இருக்குமென்றால், சூரியனைப் போன்ற பல நட்சத்திரங்களைத் தன் நிறையீர்ப்பு விசையால் ஈர்த்து வைத்திருக்கும் பால்வெளி வீதியின் மையத்தில் நிறை எவ்வளவு இருக்க வேண்டும்?

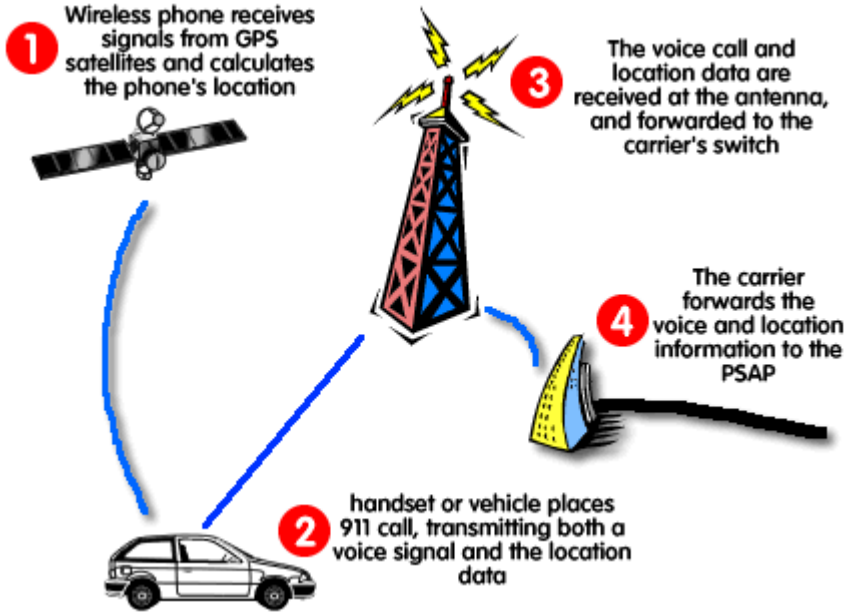
நமது போர்வை எடுத்துக்காட்டை மீண்டும் காண்போம். ஒரு பந்தைப் போர்வையில் போட்டால் அது வளைவை ஏற்படுத்துகின்றது என்று கண்டோம். இப்போது ஒரு ஊசியான கடப்பாறை கொண்டு போர்வையின் நடுவே விசையோடு அழுத்தினால், குழியின் ஆழமும் அதிகரிக்கும், அதைச் சுற்றியிருக்கும் வட்டத்தின் அளவும் சிறியதாக இருக்கும் அல்லவா?

ரத்தினகிரி

அவ்வாறு நிறை மிக மிக அதிகமான, அதே சமயத்தில் அளவு மிக மிகக் குறைவாக இருக்கும் ஒரு பொருளைக் கற்பனை செய்தால், அதன் ஈர்ப்பு விசை ஆழத்தை விட்டு ஒளியும் மீள முடியாமல் போகின்றது. உள்ளே விழுந்த ஒளி வளைந்து அதன் மையத்தை நோக்கியே செல்வதால் அதனருகே வரும் ஒளியையே அது கபளீகரம் செய்து விடும். ஒளியே தப்பிக்க இயலாதென்றால் மற்ற பொருட்கள் எல்லாம் எம்மாத்திரம்? அவ்வகையான பொருளையே கருந்துளை என்கின்றனர்.

விளக்கடித்துப் பார்த்தாலும் கண்ணுக்குத் தெரியாத கருந்துளையைத் தனது பொதுச்சார்பு விதியின் மூலம் கண்டுபிடித்துத் தந்திருக்கின்றார் ஐன்ஸ்டீன்.

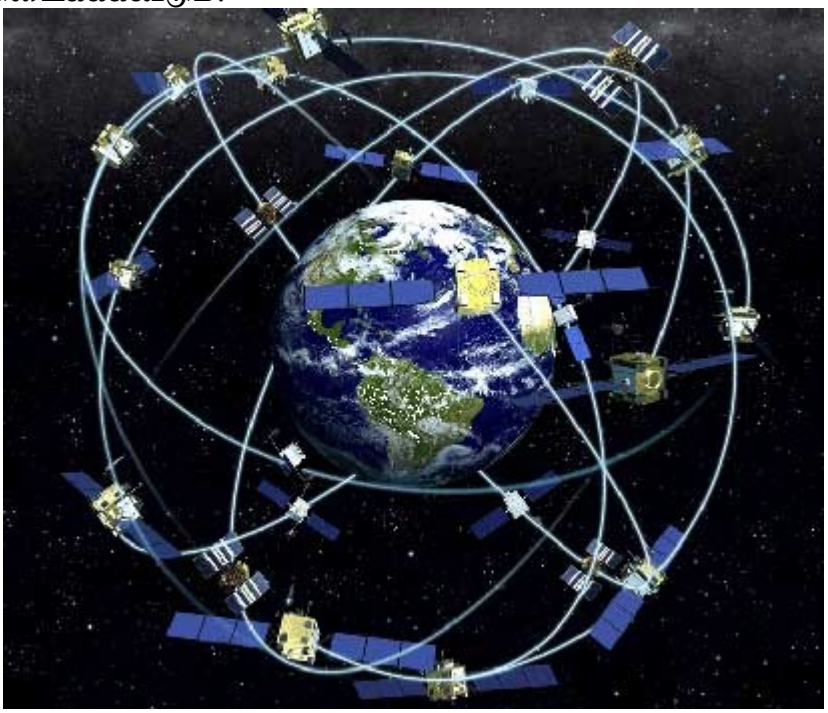
இப்போது சார்பு விதிகளைப் பயன்படுத்தி நாம் தினம் உபயோகிக்கும் ஒரு சாதனம் எப்படி இயங்குகின்றது எவ்வளவு உபயோகமாக இருக்கின்றது என்று அறிந்து கொள்வோம்.



4000 ரூபாய் அளவில் தற்போது விற்கப்படும் ஜிபிஎஸ் எனப்படும் உலகளாவிய இடங்காட்டும் கருவி இன்னும் சில காலத்தில் அனைத்து வாகனங்களிலும் பொருத்தப்படும். நாம் இப்போது எங்கே இருக்கின்றோம் என்பதை 5 மீட்டர் அளவுத் துல்லியத்தில் அறிவிக்கின்றது இக்கருவி. அதைக் கொண்டு நாம் செல்லும் திசை, வேகம், இடம் ஆகியவற்றை எளிதில் அறிந்து கொள்ளலாம். நாம் செல்லப் போகும் இடத்தின் தூரம், இன்னும் எவ்வளவு நேரத்தில் சென்றடையலாம் போன்ற தகவல்களையும் இதன் மூலம் எளிதில் பெற முடியும். மிகப் பெரிய நிறுவனங்கள் தங்கள் வாகனங்கள் அனைத்தையும் கணினி மூலம் கண்காணிக்கவும் இக்கருவி உபயோகப்படும்.

முத்தமிழ்மன்றம்

இக்கருவி தடையின்றி இயங்குவதற்காக மொத்தம் 24 செயற்கைக் கோள்கள் நிறுவப்பட்டுள்ளன. இவை தரையிலிருந்து 20000 கி.மீ. உயரத்தில் மணிக்கு 14000 கி.மீ. என்ற வேகத்தில் புவியைச் சுற்றி வருகின்றன. 12 மணி நேரத்தில் ஒரு முறை புவியைச் சுற்றும் இவை புவியின் எவ்விடத்திலிருந்து பார்த்தாலும் குறைந்த பட்சம் 4 செயற்கைக் கோள்கள் தெரியுமாறு கோணத்தில் சுற்றி வருகின்றன. என்னிடமிருக்கும் கருவியில் 8 செயற்கைக் கோள்கள் வரை சமிக்ஞை கிடைக்கின்றது. அதிகபட்சமாக 12 செயற்கைக்கோள்களின் பார்வையும் சிலசமயங்களில் கிடைக்கக்கூடும்!



இச்செயற்கைக் கோள்களில் இருக்கும் அணுக் கடிகாரங்கள் 1 நேனோவிநாடி துல்லியமாகத் துடித்துக் கொண்டிருக்கின்றன. (1/10^9) விநாடிகள். ஜிபிஎஸ் கருவி மிகத் துல்லியமாகக் காட்ட செயற்கைக் கோள்களில் இருக்கும் அணுக்கடிகாரங்கள் 20 நேனோவிநாடிகள் துல்லியமாகக் கணக்கிட வேண்டியிருக்கின்றது.

இப்போது சிறப்புச் சார்பு விதிகளின் காரணமாக, நம்மை விட வேகமாகச் சுற்றும் செயற்கைக்கோளின் காலம் சுருங்குகின்றது. செயற்கைக் கோள் அப்படி ஒன்றும் அதிகமான வேகத்தில் செல்லாததால் (அடப்பாவிகளா! 14000 கி.மீ. வேகம் அதிக வேகமில்லையா?!)

ரத்தினகிரி

முத்தமிழ்மன்றம்

அதிகமில்லை, ஒரு நாளைக்கு 7 மைக்ரோ விநாடிகள் என்ற அளவில் புவியின் காலம் அதிகமாக ஓடுகின்றது!

பொதுச்சார்பு விதிகளின் காரணமாக நிறை அதிகமாக இருக்கும் பொருளின் அருகே காலவெளி அதிகம் வளைந்திருக்கும் என்பதையும் நாம் அறிவோம்! அவ்வாறு நிறை அதிகமாக அதிகமாக அங்கும் காலம் சுருங்குகின்றது. ஆக, புவியை விட்டு 20000 கி.மீ. விலகிவிடுவதால், புவியில் காலம் சுருங்கவும், செயற்கைக் கோளில் காலம் அதிகமாகவும் இருக்கின்றது. அதன் அளவு ஒரு நாளைக்கு 45 மைக்ரோ விநாடிகள் ஆகும்!

ஒரு மைக்ரோ விநாடி என்பது ஒரு விநாடியில் 10,00,000 பங்கில் ஒன்றாகும்! நேனோ விநாடியோ ஒரு விநாடியில் 100,00,00,000 பங்கில் ஒன்றாகும்! 1000 நேனோ விநாடிகள் சேர்ந்தது ஒரு மைக்ரோ விநாடி. நமக்கோ 20 நேனோ விநாடிகளில் துல்லியம் தேவை. ஒரு நாளைக்கு 7 மைக்ரோ விநாடிகள் குறைந்து 45 மைக்ரோ விநாடிகள் அதிகரிப்பது என்பது நேனோவிநாடிகளில் பார்க்கும் போது 38000 நேனோ விநாடிகள் ஆகின்றது. இது நமது 20 நேனோ விநாடிகளை விட மிகவும் அதிகமாதலால், பொது மற்றும் சிறப்புச் சார்பு விதிகளை அனுசரிக்கவில்லையெனில் ஜிபிஎஸ் தொழில்நுட்பமே தவறாக இயங்கும்! ஒரு நாளொன்றுக்கு 10 கிமீ. இட அளவினைத் தவறாகக் காட்ட ஆரம்பித்து விடும்! அப்புறம் அதன் பயனில்லாது போய்விடும்.

எனவே தான், தினமும் 38 மைக்ரோ விநாடிகள் (45 ‒ 7) குறைவாக ஓடுமாறு செயற்கைக் கோள்களின் கடிகாரங்கள் வடிவமைக்கப்படுகின்றன! இங்கிருந்து அனுப்பும் போதே கடிகாரத்தில் நேர அளவைப் பின்னுக்குத் தள்ளி அனுப்பி வைக்கப்படுகின்றன.

எனவே சிறப்பு மற்றும் பொதுச்சார்புத் தத்துவங்கள் நமது அன்றாட வாழ்வில் பயனளிக்கின்றன என்பதில் ஐயமேதுமில்லை. இனி, காலப்பயணம் ஒன்றை மேற்கொண்டு ஐன்ஸ்டீன், சக்திச் சமன்பாடு குறித்த இக்கட்டுரையை நிறைவு செய்வோம்!

ரத்தினகிரி

கால்நடையாகவே அல்லது கால்நடைகளின் மேல் சவாரி செய்தே பல இடங்களுக்கும் சென்று வந்த மனிதன், சக்கரத்தைக் கண்டறிந்த பின்னர், வண்டிகளை உருவாக்கிச் சொகுசுப் பயணம் செய்ய ஆரம்பித்தான். வாழ்க்கை முழுமையும் பிரயாணம் செய்வதிலேயே ஆர்வமாக இருப்பவர்களை நாம் காண்கின்றோம். வெளியூர்ப்பயணம், வெளி மாநிலப்பயணமாக மாறிப் பின்னர் வெளிநாட்டுப் பயணமாகவும் மாறியது.

இவ்வாறு உலகம் முழுதும் சுற்றி முடித்த மனிதன் வானத்தை நோக்கினான். நிலவுக்குப் பயணம் செய்தான். அத்தோடு அவனது விண்வெளிப்பயணத்தின் எல்லைக் கோடு விரியவில்லை. காரணம் என்ன? தாய்ப்பூமியின் மீது அத்தனை பற்றா? அப்படிச் சொல்ல இயலாது.

விண்வெளி என்பது ஒரு மிகப்பெரிய பாலைவனம். பாலைவனத்திலாவது கானல் நீர் காணக் கிடைக்கும். இங்கோ வெட்டவெளியைத் தவிர ஏதும் கிடையாது. புவியையும் நிலவையும் விட்டுப் பறந்தால் அடுத்து செவ்வாய் சென்றால் தான் அடுத்த கிரகமே வந்து சேரும்! அதுவரை கண்ணுக்கெட்டிய தூரம் மட்டும் இருட்டு இருட்டு கும்மிருட்டு மட்டுமே!

அவ்வளவு தூரத்தைக் குறைந்த காலத்தில் கடக்கும் அளவுக்கு வாகனத்தையும் இன்னும் மனிதன் கண்டறியவில்லை. வீடு தாண்டி அடுத்த வீடு செல்லும் போது ஏற்படும் பயத்தையும் போக்கவில்லை. ஆயினும் ஆசைக்கோர் குறைவில்லை.

புராணங்களில் வாயுவேகம், மனோவேகம் என்றெல்லாம் வேகத்திற்கு அளவீடு வைப்பார்கள். மனதின் வேகத்தை அளக்க முடியுமா என்ன? மனத்தினால் நான் அமெரிக்காவில் இருப்பதாக நினைத்தாலே அது மனோவேகம் தானே?

வேகம் தூரத்தையும் காலத்தையும் வெல்ல உதவும் ஊடகம் என்பதை மனிதன் கண்டறிந்த பின்னர், அதுவும் ஐன்ஸ்டீன் அதிவேகத்தில் காலம் சுருங்குகின்றது என்று கண்டறிந்த பின்னர், மனிதனின் அயல்கிரகப் பிரயாண ஆசை அயல் உடுமண்டலங்களுக்குச் செல்லும் ஆசையாக மாறிவிட்டது! இது ஆசையா, பேராசையா, நிராசையா? என்ற கேள்வியைக் கேட்டால் நிராசையோ, பேராசையோ அல்ல. வெறும் ஆசை தான் என்று சொல்ல முடியும். எனவே அதை அடையவும் முடியும்.

எவ்வாறு என்று தான் இப்போது பார்க்கவிருக்கின்றோம்.

புவியில் உயிர்கள் உருவான காலந்தொட்டே மொத்த உயிரினங்களும் புவியைச் சார்ந்தே பரிணாம வளர்ச்சி பெற்றிருக்கின்றன. எனவே புவியின் நிறையீர்ப்பு விசைக்குத் தகுந்தவாறே புவியிலிருக்கும் அத்தனை உயிரினங்களுக்கும் உடலமைப்பு இருக்கின்றது. அதிவேகத்தில் செல்லும் போது மனித உடலில் ஏற்படும் மாற்றங்களையும் ஆராய்ச்சி செய்து திருப்தி அடைந்தால் மட்டுமே மனிதன் ஆழ்வெளிப் பயணத்திற்குத் தயாராக இயலும்.

புவியின் ஈர்ப்பு விசை நொடிக்கு 9.8 மீ/சதுர விநாடி என்ற அளவீட்டை நாம் ஏற்கனவே அறிந்திருக்கின்றோம். அதே வேக வீதத்தில் விண்வெளி வாகனம் செலுத்தப்படுமானால், உள்ளிருக்கும் மனிதருக்கு புவியிலிருப்பது போன்றே தோன்றும், வேறெந்த வித்தியாசமும் காண இயலாது என்றும் அறிந்திருக்கின்றோம். எனவே இந்த 9.8 மீ/சதுர விநாடி என்னும் வேக

முத்தமிழ்மன்றம்

வீதத்தில் வாகனங்கள் செல்ல முடியுமா என்று முதலில் காணவேண்டும்.

இப்போது ஆழ்வெளிப் பயண வாகனங்கள் தட்டையாகப் படுக்கை வசத்தில் பறப்பதாகவே வடிவமைக்கப்பட வேண்டும்! நீளமாக வடிவமைக்கப்பட்டால் விண்வெளி வீரர்களால் அடிப்பகுதியிலிருந்து மேல்பகுதிக்குச் செல்வது கடினமாகிவிடும்! அதற்கென்று உள்ளே மின் தூக்கி வசதிகள் செய்யப்படவேண்டியிருக்கும்! தட்டையாக வடிவமைக்கப்பட்டு உயரம் குறைவாக இருந்தால், ஒரு வீட்டில் இருப்பது போன்றே தோற்றமளிக்கும். எனவே தான் இவைகளைப் பறக்கும் தட்டுக்கள் என்கின்றனர். இத்தட்டுக்கள் ஜிவ்வென்று மேலே கிளம்பிப் பறத்தல் அவசியமாகும். அப்போது தான் தரையில் ஈர்ப்பு விசையை உணரமுடியும். அதாவது விண்வெளி வாகனத்தின் தரைப்பகுதியில் பிரயாணிகள் ஒட்டிக் கொண்டு விடுவார்கள். இந்த 9.8 மீ வேகவீதத்திற்கு மேல் (இதை 1G என்கின்றனர்) சென்றால் காலை நகர்த்துவது கடினமாகிவிடும். ஏனெனில் ஈர்ப்பு விசை அதிகமாகத் தோன்றும். அதே சமயம் 9.8 மீ வேகத்துக்குக் குறைவாகச் சென்றாலோ எடையற்ற தன்மையை மனிதர்கள் உணர ஆரம்பிப்பார்கள். அந்தரத்தில் மிதக்கவும் ஆரம்பிப்பார்கள். எனவே தான் இந்த 9.8 மீ வேக வீதத்தைக் கடைப்பிடித்தே ஆக வேண்டிய கட்டாயம் விண்வெளி வாகனங்களுக்கு ஏற்படுகின்றது.

மிகச் சாதாரணமாகத் தோன்றும் இந்த 9.8 மீ வேகம்/ சதுரவிநாடி, நேரம் செல்லச் செல்ல விஸ்வரூபம் எடுக்க ஆரம்பிக்கும். 9.8 மீ/விநாடி என்பது 35.28 கி.மீ/ மணி நேரத்திற்குச் சமமாகும். ஒவ்வொரு விநாடியும் வாகனத்தின் வேகம் 35.28 கி.மீ. வேகம் அதிகரிக்க வேண்டும்! அதாவது முதல் விநாடியில் 35.28 என்றால் அடுத்த விநாடியில் 70.56 அதற்கடுத்த விநாடியில் 105.84 என்ற முடுக்கம் ஏற்படவேண்டும். அதாவது ஒரே வேகத்தில் ஆக்ஸிலேட்டரை முறுக்கிக் கொண்டே இருத்தல் வேண்டும் என்று புரிகின்றது தானே? வாகனம் கிளம்பிய 6 வது நிமிடத்தில் 12700.8 கி.மீ. வேகத்தை எட்டி விடும்! இப்படியே வாகனத்தைச் செலுத்த வேண்டுமாயின், அதிக எரிபொருள் தேவைப்படும்!

இதை விட அதிக வேகவீதத்தை எட்டலாம் என்று முயற்சி செய்யலாம் என்று பார்த்தால், வெறுமனே 1.1 விநாடிக்கு 25 G வேகவீதத்திற்கு அதிகமாக முடுக்கத்தை ஏற்படுத்தினால் மனிதரின் முகம் போகும் போக்கை நீங்கள் பார்க்கவேண்டுமே!

ரத்தினகிரி

ஆயினும், ஒருவர் முகத்தில் பளாரென்று அறையும் போது 1G யை விட அதிக வேகத்தில் தான் கை செல்கின்றதாம். ஆனால் ஒரு விநாடிக்குள்ளாகவே இது போன்ற நிலைக்குச் சென்று அடிவாங்கியவர் மீண்டு விடுகின்றார். :)

ஆக, 9.8 மீ நிலைமுடுக்கவீதமே (Uniform Acceleration) விண்வெளி ஓடத்திற்குச் சரியான வேகம் என்று முடிவு கட்டியாகிவிட்டது. இனி அதை எப்படி நடைமுறைப்படுத்துவது என்று காணவேண்டும்.

இரண்டு வகைகளில் இந்த வேகத்தை நாம் பயணம் முழுதும் கடைப்பிடிக்க முடியும். இடையில் எரிபொருள் நிரப்ப கிட்டங்கி எதுவும் கிடையாது என்பதை நாம் நினைவில் கொள்ள வேண்டும். எனவே முதலிலேயே தேவையான எரிபொருளைக் கையோடு கொண்டு செல்வது ஒரு வகை. இன்னொரு வகை, நாம் செல்லும் வழியில் இருக்கும் துகள்கள், வாயுவிலிருந்து சக்தியை உறிஞ்சிக் கொள்வது!

முதலாவது எளிதானது. இரண்டாவது வகையில் எரிபொருளும் வாகனத்தின் வேகத்தில் வரும்போது தான் அதை நாம் வெளியிலிருந்து உள்வாங்க இயலும்! எனவே வெளியிலிருந்து சக்தியை உறிஞ்சிச் செயல்படுவது கடினமானதாகின்றது.

சரி என்ன எரிபொருள் உபயோகிக்கலாம்? பெட்ரோலா? திரவ ஆக்ஸிஜனா போன்ற கேள்வியெல்லாம் நினைத்துக் கூடக் காண இயலாது. இங்கும் நமக்கு ஐன்ஸ்டீன் தான் உதவுகின்றார். ஆம்! நீங்கள் யூகிப்பது சரி! அணுசக்தி தான்! அணு சக்தியில் இயங்கும் விண்வெளி ஓடங்களில் குறைந்த எடையுள்ள எரிபொருளைக் கொண்டு சென்றால் போதும்! குறுகிய நிறையிலிருந்து அதிக சக்தியைப் பெற்று வாகனத்தைச் செலுத்த வேண்டியது தான்! இது போக, போகும் வழியில் பக்கத்தில் ஏதேனும் ஒரு கருந்துளை இருக்குமானால், கொஞ்சம் ஜாக்கிரதையாக அந்தச் சுழலின் அருகே (உள்ளே விழுந்து விடாமல்) சென்றால் அதுவே நம்மைச் சுழற்றி விசிறியடித்து விடும்! அது பக்கத்திலிருக்கும் உடுமண்டலம் செல்வதற்கான விசையைத் தந்து விடும்! உள்ளே இருப்பவர்கள் கொஞ்சம் கெட்டியாகப் பிடித்துக் கொள்வது நல்லது!

எவ்வளவு எரிபொருள் தேவை என்பது நமது பயணம் எப்படிப்பட்டது என்பதைப் பொருத்தது. அதாவது பக்கத்தில் இருக்கும் ஒரு நட்சத்திரத்திற்குச் சென்று அதைச் சுற்றி அப்படியே திரும்புவதென்றால் எரிபொருள் குறைவாகவே போதும். அதுவே அந்த நட்சத்திரத்தில் இருக்கும் ஒரு கிரகத்தில் இறங்கிச் சுற்றிப் பார்த்து விட்டுக் கிளம்ப வேண்டுமென்றால் பல மடங்கு அதிக எரிபொருள் தேவை. ஏனெனில் பாதித்தூரம் வேகத்தை அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லும் நாம், பாதித்தூரத்தில் இருந்து வண்டியைச் சடாரெனத் திருப்பிச் செல்ல வேண்டும்! அப்போது கொஞ்சம் கொஞ்சமாக வேகம் குறைந்து கொண்டே வரும்! அப்போது தான் கிரகத்துக்குப் பக்கத்தில் வரும் போது வாகனத்தை நிறுத்த இயலும்!

வேகம் சரி, தூரமும் சரி. காலம்? காலத்தைப் பற்றிக் கவலை கொள்ளவேண்டியதில்லை. ஏனெனில் நாம் செல்லும் வேகம் ஓரிரு நாட்களிலேயே உச்சத்தை நோக்கிச் செல்லும். ஒளியின் வேகத்தை நெருங்க ஆரம்பித்த பின்னர் காலம் சுருங்கிவிடுமே!

இப்போது ஒரு அட்டவணையைக் காண்போம்!

ஆண்டுகள் வாகனத்தில் காலம்	ஆண்டுகள் பூமியில் காலம்	ஒளியாண்டு செல்லும் தூரம்	ஒளியின் வேகத்துடன் ஒப்பீட்டு வேகம்
1	1.19	0.56	0.770000000000
2	3.75	2.9	0.970000000000
5	83.7	82.7	0.999930000000
8	1840	1839	0.999999800000
12	113243	113242	0.999999999996

அட்டவணையிலிருக்கும் விவரப்படி, ஒரு ஆண்டுக்கு 1G வேகத்திலேயே சென்றோமேயானால் நாம் செல்லும் தூரம் 0.56 ஒளியாண்டுகள் தூரமாகும். அதற்குள் புவியில் 1.19 ஆண்டுகள் கடந்திருக்கும்! அப்போது ஒளியின் வேகத்தில் 77% எட்டியிருப்போம்!

இதே வேக வீதத்தில் 12 ஆண்டுகள் சென்றால், 113242 ஒளியாண்டுகள் தூரத்தைக் கடந்திருப்போம்! புவியிலோ 113243 ஆண்டுகள் அதற்குள் கடந்திருக்கும்! என்ன? தலை சுற்றுகின்றது தானே?!

சரி, இதெல்லாம் ரொம்பத் தூரம். எனவே விட்டுவிடலாம். பக்கத்திலிருக்கும் செவ்வாய்க்குச் சுற்றுப்பயணம் மேற்கொண்டால் இரண்டே நாட்களில் சென்று வந்து விடலாம் என்பது ஆறுதலளிக்கின்றதா? கூடிய விரைவில் கோடைச் சுற்றுலாப் பயணம் செவ்வாய்க்கு என்று அறிவிக்கக் கூடும்! அதுவே செவ்வாயில் இறங்கி மீண்டும் வருவதென்றால் ஐந்து நாட்கள் ஆகுமாம்!

நமக்குப் பக்கத்தில் (4.3 ஒளியாண்டுகள் தூரம்) இருக்கும் நட்சத்திரத்துக்குச் சென்று வர 3.6 ஆண்டுகள் ஆகும். 27 ஒ.ஆ. தூரத்தில் இருக்கும் வேகாவுக்குச் சென்று வர 6.6 ஆண்டுகள். 30000 ஒ. ஆ. தூரத்திலிருக்கும் நமது பால்வெளி வீதியின் மையத்திற்குச் சென்று வர 20 ஆண்டுகள். 20 லட்சம் ஒ.ஆ. தூரத்திலிருக்கும் ஆண்ட்ரோமீடா உடுமண்டலத்திற்குச் சென்று வர 28 ஆண்டுகள் என்று பிரயாணக் கணக்குப் போட்டு வைத்திருக்கின்றனர்.

கொண்டு செல்லும் ஒவ்வொரு கிலோவுக்கும் (ஆட்கள், விண்வெளி வாகனம், எஞ்சின், எரிபொருள் எல்லாம் சேர்த்து எடைபோடவேண்டும்) எவ்வளவு தேவை என்பதும் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. பக்கத்திலிருக்கும் நட்சத்திரத்துக்குச் சென்று வர ஒரு கிலோவுக்கு 38 கிலோ நிறையுள்ள எரிபொருள் தேவை. 100% சக்தியைப் பெறுவதாகக் கணக்குப் போடப்பட்டுள்ளது. உண்மையில் அதை விடச் சற்றுக் குறைவாகத் தான் பெற இயலும்! வேகா சென்று வர 889 கிலோவும், பால்வெளிவீதி மையத்துக்கு 955000 டன் எரிபொருளும், ஆண்ட்ரோமீடா செல்ல 4.2 ஆயிரம் மில்லியன் டன் எரிபொருளும் தேவையாம். இது அனைத்தும் 1 கிலோ பொருளைக் கொண்டு செல்ல என்பது குறிப்பிடத் தக்கது!

இதுவே இறங்கிச் சுற்றிப் பார்த்து விட்டுத் திரும்ப வேண்டுமென்றால் பலமடங்கு அதிகரித்து விடும்! இதெல்லாம் போதாது என்று, நம் மீது மோதும் ஒவ்வொரு துகளும் ஒளியின் வேகத்தை

ஒட்டி மோதுவதால் (நாம் ஒளிவேகத்துக்கு அருகில் செல்வதால்) சிறு துகள் கூட பாறாங்கல் மோதுவது போல் மோதும்! அதிலிருந்து தப்பிப்பதே பெரும்பாடாகிவிடும்! அதுமட்டுமின்றி, விண்வெளி வாகனத்துக்குள்ளேயே பல விநோதமான சம்பவங்கள் நிகழக் கூடும். அதாவது உங்கள் காலுக்கு மெதுவாக வயதாகும். தலைக்கோ வேகமாக வயதாகும்!

சரி, எப்படியாவது இந்தப் பிரச்னைகளைக் களைந்து காலவெளிப் பயணம் செல்ல முடிகின்றது என்று வைத்துக் கொள்வோம். ஆயிரம் மில்லியன் ஒளியாண்டுகளுக்கும் அப்பால் செல்ல வேண்டுமென்றால் இந்தப் பிரபஞ்சம் விரியும் வேகத்தையும் கணக்கெடுக்க வேண்டுமாம்! இத்தனை விவரங்களையும் படிக்கும் போது நாம் எத்தனை சிறியவர்கள் என்று நமக்குள் வியப்பு மேலிடுகின்றது தானே? ஆயினும் மனிதன் இதையெல்லாம் உணரும் அறிவைப் பெற்றிருக்கின்றான் என்பதே ஒரு மிகப் பெரிய சாதனை தானே?

ஐன்ஸ்டீனிலிருந்து அப்துல்கலாம் வரை அறிவியல் அறிஞர்கள் கனவுகளுக்கும் கற்பனைக்கும் கொடுக்கும் முக்கியத்துவத்தை நினைத்தால் ஆச்சரியமாக இருக்கின்றது. பெருங்கடலாம் அண்டத்தின் அற்புதங்கள் அனைத்தையும் நாம் கண்டு விட நமக்கு ஆயுள் போதாது. ஆயினும் அடுத்தடுத்த தலைமுறைகள் அதைக் கண்டுகளிக்கும் விதமாக ஒவ்வொரு விஞ்ஞானியும் பாதை வகுத்து உந்துசக்தியாய்த் திகழ்ந்து அவர்களே நிலைமுடுக்கவீதமாக மனித குலத்திற்கு அமைந்திருக்கின்றார்கள் என்பதை நினைக்கும் போது பெருமையாக இருக்கின்றது.

நன்றி: http://www.xs4all.nl/~johanw/PhysFAQ/Re ... ocket.html