KTEJ 2025 02 (1): 85 - 96

Kolumpu Tamil E-Journal (KTEJ)

Volume 02, Issue II, 2025

நவீன பௌதிகவியலும் பகுத்தறிவும் - ஒரு மெய்யியல் பகுப்பாய்வு

Modern Physics and Rationality: A Philosophical Analysis

[1]மோகன் புஸ்பா மற்றும் [2]எம். எல். இஸ்ஸதீன்

[1,2]சமூக விஞ்ஞானங்கள் துறை, இலங்கை தென்கிழக்கு பல்கலைக்கழகம்.

mohanpushpa27@gmail.com

ஆய்வுச் சுருக்கம்

மெய்யியலின் அடிப்படை பிரிவுகளுள் ஒன்றான அறிவாராய்ச்சியியல் அறிவு பற்றிய அனைத்து ஆய்வுகளிலும் பங்கெடுத்துக் கொள்கின்றது. அதனடிப்படையில் நவீன பௌதிகவியல் முன்வைப்புகள் எதிர்கொண்டுள்ள பகுத்தறிவுசார் சிக்கல்களை இவ்வாய்வு கருப்பொருளாக கொண்டுள்ளது. பிரபஞ்சத்தை முழுமையாக புரிந்துக்கொள்ள முயலும் இப்பௌதிகவியலின் தேடல் இயற்கை மெய்யியல் என்ற பெயருடன் ஆரம்பமானது. இது 17ம் நூற்றாண்டிற்கு பின்னர் பௌதிகவியல் எனும் அடையாளத்தை பெற்றுக்கொண்டது. தொடர்ச்சியான முன்னேற்றங்களை கண்டுவந்த இத்துறை கடந்த நூற்றாண்டு முதல் நவீன பௌதிகவியல் எனும் பெயருடன் தனதாய்வு பயணத்தை தொடர்ந்துக்கொண்டிருக்கின்றது. 20ம் நூற்றாண்டிற்கு முற்பட்ட பௌதிக உலகம் குறித்த முன்வைப்புகள் வழமையான பகுத்தறிவுடன் சிக்கலின்றி நகர நவீன பௌதிகவியல் முன்வைத்திருக்கும் கோட்பாடுகளும் அதுசார் விளக்கங்களும் அதிலிருந்து வேறுபட்டு அமைந்துள்ளன. அவற்றை அடைந்துக்கொள்வதில் பொதுவான பகுத்தறிவு பல்வேறு சிரமங்களை எதிர்கொண்டுள்ளது. இச்சிக்கல்நிலையை தெளிவுபடுத்தும் முகமாக இரண்டாம் நிலை தரவுகளை அடிப்படையாகக்கொண்டு மெய்யியல் தளத்திலிருந்து இவ்வாய்வு முன்னெடுக்கப்பட்டுள்ளது.

திறவுச்சொற்கள்: *குவாண்டம், நவீன பௌதிகவியல், பௌதிகம், பகுத்தறிவு, மெய்யியல்*

Abstract

The study contributes to the field of research concerning epistemology, which is one of the fundamental divisions of philosophy. Consequently, the current study addresses the rational challenges posed by the propositions of Modern Physics. This pursuit to fully understand the universe, which began as 'Natural Philosophy,' acquired the identity of 'Physics' in the 17th century. Having seen continuous progress, this field has continued its independent trajectory under the name 'Modern Physics' since the 20th century. While propositions regarding the physical world before the 20th century moved seamlessly without conflict with ordinary rationality, the doctrines and related explanations presented by Modern Physics diverge significantly from these. General rationality has encountered various difficulties in grasping these concepts. To clarify this complicated situation, this study is being conducted from a philosophical perspective based on secondary data.

Key Words: *General rationality, Modern Physics, Physics, Philosophy, Quantum*

1. அறிமுகம்

விஞ்ஞானங்கள் அனைத்தினதும் தாய் (Mother of all sciences) எனப்படும் மெய்யியல் அறிவியலினதும் (Science) அடிப்படையாகும். இதனை உண்மைகளை ஆராய்ந்தறியும் துறை எனலாம். இயற்கையை உற்றுநோக்கி, ஆராய்ந்து, பகுத்தறிந்து பெறப்படும் முறையான அறிவை அறிவியல் என்பதில் தவறில்லை. 18ம் நூற்றாண்டின் இறுதிவரை இயற்கை மெய்யியல் (Natural Philosophy) எனப்பட்ட இத்துறை 19ஆம் நூற்றாண்டில் அறிவியல் என பெயர்மாற்றம் பெறுகின்றது. இது இயற்கை நிகழ்வுகளை விளக்குவதற்கான முறைமைகளை கொண்டமைந்தது. இவ்வறிவியல் பல பிரிவுகளாக வளர்ச்சி பெற்றுள்ள போதிலும் அவை அனைத்தினதும் அடிப்படை பௌதிகவியலாகும்.

பௌதிகவியலை குறிக்கும் Physics எனும் சொல் குரளளை எனும் கிரேக்க சொல்லிலிருந்து பெறப்பட்டதுடன் அதன் ஆய்வுகளும் கிரேக்கத்திலிருந்தே ஆரம்பமாகின என்பதை அறியமுடிகின்றது. மரபார்ந்த பௌதிகவியல், நவீன பௌதிகவியல் என பாகுபடுத்தப்படுகின்ற இத்துறையானது பகுத்துப்பார்த்தல் மற்றும் தொகுத்துப்பார்த்தல் என்னும் இரு அணுகுமுறைகளினூடாக வளர்ச்சியடைந்துள்ளது. ஒரு பொருளை மிக நுண்ணிய துகள்களாக பகுத்து அது தொடர்பில் தெளிவுபடுத்தல் பகுத்து பார்த்தலாகின்ற அதேநேரம் சாதாரண ஒரு பொருளிலிருந்து அதைவிட பெரிய அமைப்புகள் பற்றியதான தேடலே தொகுத்து பார்த்தலாகும். குவாண்டம் கொள்கையை பகுத்துப்பார்த்தலுக்கும் வானியற்பியலை தொகுத்துப்பார்த்தலுக்கும் சான்றாக கூறலாம். இவ்வணுகுமுறைகளினூடாகவே புறவுலகம்சார் உண்மைகளையும் பிரபஞ்ச இரகசியங்களையும் இப்பௌதிகவியல் வெளிக்கொண்டுவந்தது எனலாம்.

அனுபவ அறிவை அடிப்படையாகக் கொண்ட அறிவியலானது பெரிய பொருட்களை தொகுத்துப் பார்த்தலின்போது காணாத சிக்கல்களை மிக திண்ணிய துகள்களை பகுத்து ஆய்வுக்குட்படுத்துகையில் எதிர்க்கொண்டது. குறிப்பாக குவாண்டம் கொள்கை பாரம்பரிய முறையியலிலிருந்து மாறுபட்ட தன்மையை பல இடங்களில் வெளிக்காட்டுகின்றது. அதனை பின்வருமாறு நிரூபணம் செய்யலாம். மரபார்ந்த பௌதிகவியலின்படி துகளொன்றின் இருப்பு, அதன் அசைவு என்பவற்றை சரியாக கணிக்க முடியும். ஆயினும் நவீன பௌதிகவியலின் அடிப்படை கோட்பாடுகளில் ஒன்றான ஹெய்சன்பேர்க்கின் நிச்சயமற்ற கொள்கையானது (Heisenberg's Uncertainty Principle) துகளொன்றின் அமைவிடம் மற்றும் உந்தம் என்பவற்றை துல்லியமாக அறிய முடியாது என்கின்றது. இதனூடாக பொருளொன்றின் இருப்பு தொடர்பான உறுதியற்ற நிலைப்பாடு சுட்டிக்காட்டப்படுகின்றது (Balasubramaniyan, 1997).

அதேபோன்று பாரம்பரிய பௌதிகவியலானது பௌதிகப்பொருட்கள் வரையறுக்கப்பட்ட பண்புகளைக் கொண்டுள்ளன என கருதுகின்றது. ஆயினும் ஐன்ஸ்டீனினது ஒளியின் இருமைப்பண்பு (Duality of Light) தொடர்பான விளக்கமானது இவ்வரையறையை உடைத்தெறிந்து, ஒளியானது அலை மற்றும் துகள் ஆகிய இரு பண்புகளைப் பெற்றுள்ளதாக விபரிக்கின்றது. இதனை தொடர்ந்து டி பிராக்லியின் (De Broglie) பருப்பொருளின் அலை – துகள் இருமைப்பண்பு (Wave - Particle Duality of Matter) குறித்தான ஆய்வானது ஒரு பொருள் ஒரே நேரத்தில் இருவேறு நிலைகளில் இருக்க முடியுமென்கின்றது (Balasubramaniyan, 1997).

குவாண்டம் கொள்கையை தெளிவுபடுத்துகின்ற அம்சங்களில் ஒன்றான குவாண்டம் பின்னலானது (Quantum Entanglement) ஒன்றுடனொன்று பிணைக்கப்பட்ட இரு துகள்களை பிரித்தெடுத்து பிரபஞ்சத்தின் இருவேறு மூலைகளில் வைக்கின்ற போதும் ஒரு துகளில் ஏற்படும் மாற்றம் அதே தருணத்தில் மற்ற துகளை பாதிப்பதாக கூறுகின்றது (Rajan, 2011). குவாண்டம் கொள்கையின் விசித்திரமான விளக்கங்களில் குவாண்டம் சுரங்கம் (Quantum Tunnelling) என்பதும் மிக முக்கியமானதாகும். ஒரு அணுத்துகளின் பயணப்பாதையில் தடையொன்றை எதிர்கொள்ளும்போது அது அலை போல அத்தடையை ஊடுருவ முயற்சிக்கும் என்பதே இதன் அர்த்தமாகும். குறித்த துகள் அத்தடையை முழுமையாக ஊடுருவி மறுபுறம் தோன்றும் எனவும் கூறப்படுகின்றது.

நவீன பௌதிகவியலின் மற்றுமொரு முதன்மையான கோட்பாடாகிய ஸ்ரோடிங்கரது பூனைக் கோட்பாடு (Schrodinger's Cat Theory) ஒரு செயல் குறித்ததொரு சந்தர்ப்பத்தில் நிகழ்கின்றதும், நிகழாததுமான நிலைப்பாட்டை எடுத்துக்கூறுகின்றது. இது 'Super Position' எனும் எண்ணக்கருவினூடாக விளக்கப்பட்டுள்ளது. இவ் எண்ணக்கருவினை பிரதிபலிக்கின்ற பல்லுலக கோட்பாட்டில் (Multiverse Theory) நாம் வாழும் உலகிற்கு இணையான பல உலகங்கள் காணப்படுவதாகவும் எமது உலகில் நடைபெறும் ஒரு செயலுக்கு எதிரான செயல் மற்றொரு உலகத்தில் இடம்பெறுவதாகவும் கூறப்பட்டுள்ளது (Rajan, 2011).

மேற்கூறியவற்றின்படி, சுமார் 2500 வருட வரலாற்றையுடைய மெய்யியலிலிருந்து வளர்ந்த துறையே பௌதிகவியலாகும். அதன் முதற் கட்டமான மரபார்ந்த பௌதிகவியல் எவ்வித பிரச்சினைகளுமின்றி நகர்ந்ததுடன் நவீன பௌதிகவியலில் பெரும்பான்மையாக பேசப்படுகின்ற விடயங்கள் மரபுசார் மற்றும் பகுத்தறிவுசார் நிலைப்பாட்டிற்கு மாற்றமானதாகும். ஆகவே அது குறித்தான தேடலாக இவ்வாய்வு அமையப்பெற்றுள்ளது.

2. நவீன பௌதிகவியலும் அவற்றின் உள்ளடக்கங்களும்

19ம் நூற்றாண்டிலிருந்து இன்றுவரையான பௌதிகம்சார் தேடல்கள் அனைத்தும் நவீன பௌதிகவியல் எல்லைக்குள் அடங்குகின்றன. இக்காலப்பகுதிக்கு ஐன்டீனினது சார்பியல் கோட்பாடு (Relativity Theory), மெக்ஸ் பிளான்கின் குவாண்டம் கோட்பாடு (Quantum Theory) என்பன தலைமை வகிக்கிப்பதுடன் இவை பிரபஞ்சத்தின் இயல்பை தத்தமது பாணியில் விளக்குகின்றன. சார்பியல் கோட்பாடு மண், கற்கள், பொருட்கள், கோள்கள், பிரபஞ்சம் என்றவாறு பெரிதினும் பெரிது என்ற அளவில் பயணிக்கின்ற அதேசமயம், குவாண்டம் கோட்பாடு அணு, அணுத்துகள்கள் என்றவாறு சிறிதினும் சிறிது என்ற அளவில் தமது ஆய்வுக்களத்தை விஸ்தரித்துள்ளது. இவை இரண்டும் எமது அன்றாட பௌதிக அடிப்படை, தர்க்க ரீதியான அறிவியல் புரிதல் என்பவற்றில் சிக்கல் நிலையை ஏற்படுத்தியுள்ளன. எவ்வாறானபோதிலும் பிரபஞ்சத்தைப் பற்றிய நவீன கால விளக்கத்தை பெற இவ்விரண்டு கோட்பாடுகளும் அவசியமானவையாகும்.

கடந்த நூற்றாண்டில் அறிவியலை ஆட்டம் காண செய்த மிக முக்கிய கோட்பாடுகளில் சார்பியல் கோட்பாடும் ஒன்றாகும். மைக்கல்சன், மார்லி, ஜெரால்ட், ரோலண்ட்ஸ் ஆகியோரது கொள்கைகளை முதற்கோளாகக்கொண்டு அறிவியல் கிளர்ச்சியை தூண்டும் வகையில் ஐன்ஸ்டீன் சார்பியல் கோட்பாட்டை முன்மொழிந்தார். 1905ம் ஆண்டின் சிறப்பு சார்பியல் கோட்பாடு, 1915ம் ஆண்டின் பொது சார்பியல் கோட்பாடு ஆகிய இரண்டையும் உள்ளடக்கிய தொகுப்பே இதுவாகும். ஒளிப்பற்றிய கருத்துக்கள் இக்கோட்பாட்டின் மூலவேராகும். இச்சார்பு கொள்கை காலம், வெளி, ஈர்ப்பு விசை, ஒளி ஆகியவற்றை பற்றிய நமது புரிதல் கட்டமைப்பை முழுமையாக மாற்றியமைத்தது. இவற்றை புரிந்துகொள்வது சற்று கடினமானதாகும். இவரால் வகுக்கப்பட்ட $E = mc^2$ என்ற ஆற்றல் நிறை சமன்பாடு, குறைந்த நிறையை கொண்டு மிகக்கூடிய அளவிலான ஆற்றலை உருவாக்க முடியும் என்பதை விளக்கியுள்ளமை குறிப்பிடத்தக்கது. எவ்வாறானபோதிலும் இக்கோட்பாடு பிரபஞ்சத்தின் தோற்றம், விரிவாக்கம் குறித்த அறிவிற்கும் பல புதிய தொழில்நுட்பங்களின் வளர்ச்சிக்கும் வழிவகுத்துள்ளது (Pichchai, 1997).

1905ம் ஆண்டில் முன்மொழியப்பட்ட இக்கோட்பாடு இயக்கம், ஒளி, காலம் வெளி பற்றிய சிந்தனைகளை முன்னிறுத்துகின்றது. அவ்வகையில் யாதேனுமொன்றின் இயக்கமானது இன்னுமொன்றை சார்ந்துள்ளது. இதன்படி அனைத்து அசைவுகளும் சார்புடையதாகும். அவதானிக்கும் நபர், அவதானிக்கும் பொருள் சார்ந்து வேகம் மாறுபடுகின்றது என்பதுடன் ஒளியின் வேகத்திற்கு நெருக்கமான வேகத்தில் நகரும் பொருட்களை கையாளுவதில் இச்சிறப்பு சார்பியல் கோட்பாடு தவிர்க்கமுடியாதது. ஒளியின் வேகமானது எந்தவொரு நபருக்கும் எந்தவொரு சந்தர்ப்பத்திலும் ஒரே மதிப்பாகவே அமையும் என்பதனூடாக அவ்வேகத்தின் மாறாத தன்மை வலியுறுத்தப்படுகின்றது. அதேசமயம் காலவெளி ஒவ்வொரு நபருக்கும் ஒரே மாதிரியாக அமையாது என்பதனூடாக காலவெளியின் மாறும் தன்மை விளக்கப்படுகின்றது. ஒரு பொருளின் அசைவு இருவேறு நபர்களிடையே வேறுபட்டதாக அமைதல், ஒளியினது வேகத்தின்

மாறாத்தன்மை, காலவெளி வளைவடைதல் என்பன நம்முடைய அன்றாட அனுபவத்துக்கு மாற்றமான தோற்றப்பாடுகளாகும்.

கால விரிவாக்கம், நீளச் சுருக்கம் என்பன இக்கொள்கையின் மையக்கருக்களாகும். கால விரிவாக்கம், வேகமாக நகரும் ஒரு பொருளின் நேரம் மெதுவாக செல்லுமெனவும் நீளச் சுருக்கம், வேகமாக நகரும் ஒரு பொருளின் நீளம் சுருங்குமெனவும் தெளிவுபடுத்துகின்றது. ஓரிடத்தில் நிலையாக நிற்கின்ற நபரின் பார்வைக்கு நகர்கின்ற பொருளின் நேரம் மெதுவாக செல்கின்றது. அதாவது வேகமாக நகரும் விண்கலத்தில் உள்ள கடிகாரம் பூமியில் உள்ள கடிகாரத்தை விட மெதுவாக சுழலும். நீளச் சுருக்கம் என்ற கருத்தாக்கத்தை நோக்கும்போது பொருட்கள் இயக்கத்தின் திசையில் குறுகியதாக தோன்றும் என விபரிக்கப்படுகின்றது. இதனாலேயே அதிக வேகத்தில் நகரும் ஒரு விமானம் பூமியிலிருந்து அவதானிக்கின்ற நபருக்கு குறுகியதாக தோன்றுகின்றது. (Pichchai, 1997).

மேலும் பொருள் ஆற்றலாகவும், ஆற்றல் பொருளாகவும் ஒன்றுக்கொன்று மாறக்கூடியவை என்பது ஐன்டீனினது $E = mc^2$ சமன்பாட்டில் தெளிவுப்படுத்தப்படுகின்றது. அணு தொடர்பான ஆய்வுகளில் நிரூபிக்கப்படுவது போல, ஒரு சிறிய அளவு நிறையை (mass) மிகப்பெரிய அளவிலான ஆற்றலாக மாற்ற முடியும் என்பது இச்சமன்பாட்டினால் அடையபெற்றதொரு உண்மையாகும். இது பௌதிக உலகிலும் அணுக்களின் இராச்சியத்திலும் விடை தெரியாமல் திணறிக்கொண்டிருந்த அணுசக்தி, பெருவெடிப்பு கோட்பாடு, கருந்துளைகள் போன்ற பல்வேறு தோற்றப்பாடுகளை விளக்க துணை நின்றது (Pichchai, 1997).

சிறப்பு சார்பியல் கோட்பாட்டிலிருந்த குறைபாடுகளை நிவர்த்திக்கும் முகமாக 1915ம் ஆண்டில் உருவாக்கப்பட்டதே பொது சார்பியல் கொள்கையாகும். இது நியூட்டனது ஈர்ப்பு விசை கருத்தாக்கத்தை மாற்றியமைத்து அதனை காலவெளியின் வளைவு (Space - time curvature) என விவரிக்கின்றது. இதன் பொருள் நட்சத்திரங்கள், கிரகங்கள் போன்ற பெரிய பொருட்கள் காலவெளியை வளைக்கின்றன என்பதாகும். ஐன்ஸ்டீனின் இத்தத்துவத்தின்படி, ஈர்ப்புவிசை என்பது ஒரு விசை அல்ல. மாறாக பெரிய பொருட்கள் காலவெளியை வளைக்க அவ்வளைவே நாம் ஈர்ப்புவிசை என்று அனுபவிக்கும் விளைவை ஏற்படுத்துகின்றது. காலவெளியில் ஒரு கிரகத்தால் வளைவு ஏற்பட ஏனைய பொருட்கள் அக்கிரகத்தை நோக்கி ஈர்க்கப்படுகின்றன. உதாரணமாக சூரியனை கோள்கள், நட்சத்திரங்கள் அனைத்தும் சுற்றி வருகின்றமையை கூறலாம். இதனூடாக பெரிய பொருட்களின் நிறையினால் காலவெளி வளைவடைகின்றது என்பதை அறியக்கூடியதாக உள்ளது. ஒளி கூட காலவெளியின் வளைவில் செல்லும் போது வளைந்து செல்லும் என ஐன்ஸ்டீன் விளக்கம் தருகின்றார். இங்கு பிரபஞ்சக்கூறுகள் காலவெளியை வளைக்க மற்ற பொருட்கள் அவ்வளைவை நோக்கி ஈர்க்கப்படுகின்றன என்றவாறு நியூட்டனது ஈர்ப்புவிசை கருத்தாடலுக்கு மாறுபட்ட வியாக்கியானம் தரப்படுகின்றது. காலம் மற்றும் வெளி என்பவை தனித்தனியானவையல்ல. அவை ஒன்றோடொன்று இணைந்த ஒரு தொகுப்பு என்பது இப்பொது சார்பியல் கோட்பாட்டின் விளக்கமாகும்.

சார்பியல் கோட்பாட்டுக்கு நிகராக அணுக்களின் இராச்சியத்தை பிரதிநிதித்துவப்படுத்தும் வகையில் மெக்ஸ் பிளான்க் (Max Plank) என்பரால் உருவாக்கப்பட்டதே குவாண்டம் கோட்பாடாகும். கார்ல் ஏர்ண்ஸ்ட் லுட்விக் மெக்ஸ் பிளான்க் (1858-1947) ஜேர்மனியை சேர்ந்த 20ம் நூற்றாண்டின் மிக முக்கிய பௌதிகவியலாளராவார். இவர் குவாண்டம் கோட்பாட்டின் தந்தையெனவும் போற்றப்படுகின்றார். 17ம் நூற்றாண்டு தொடக்கம் 20ம் நூற்றாண்டு வரை நியூட்டனது விதிகளே பொருட்கள், இயக்கம் தொடர்பான விளக்கத்தை தந்து கொண்டிருந்தன. எனினும் திண்ணிய பொருட்கள் தொடர்பான ஆய்வுகளில் நியூட்டனது இவ்விதிகள் தடுமாறின. ஆகவே நுண்ணிய மூலக்கூறுகளின் செயல்பாடுகளை விளக்க ஒரு கோட்பாடு தேவைப்பட ஸ்ரோடிங்கர், ஹெய்சன்பேர்க், மெக்ஸ் பிளாங்க், நீல்ஸ்போர், பால்டிராக் போன்ற பலரின் பங்களிப்போடு பூரணவுருப்பெற்றதே குவாண்டம் பௌதிகவியல் ஆகும் (Ritnik, 1976).

குவாண்டம் கோட்பாடு அணுக்களின் மர்மங்களை அவிழ்த்துவிடும் கோட்பாடாகும். இது அணு மற்றும் அணுக்கருவின் அடிப்படை துகள்கள் எவ்வாறு செயல்படுகின்றன என்பதை

விளக்குவதுடன் நமது அன்றாட வாழ்வில் நாம் காணும் பொருட்களின் நடத்தையை விட மிகவும் வித்தியாசமான ஒரு உலகத்தை நமக்கு அறிமுகப்படுத்துகின்றது. இது ஒளி மற்றும் பருப்பொருளின் இருமைத்தன்மை, குவாண்டம் பின்னல், குவாண்டம் நேரடுக்குமை, குவாண்டம் டனலிங், நிச்சயமற்ற தன்மை, பல்லுலக கோட்பாடு போன்ற பல குழப்பகரமான விடயங்களை முன்வைக்கின்றது.

2.1 ஒளியின் தன்மை பற்றிய கோட்பாடுகள்

17ஆம் நூற்றாண்டின் பிற்பகுதியில் ஒளியின் தன்மை குறித்த விவாதம் இடம்பெற்றது. ஒளியின் தன்மையை ஹைஜென்ஸ் அலையெனக்கூற, நியூட்டன் துகள் என்றும் ஐன்ஸ்டீன் அலை மற்றும் துகளென்றும் ஜேம்ஸ் கிளார்க் மேக்ஸ்வெல் வெற்றிடத்தில் பயணிக்கும் ஒரு மின்காந்த அலை (Electromagnetic Wave) என்றும் மெக்ஸ் பிளான்க் குவாண்டம் பகுதிகளென்றும் வரையறை செய்துள்ளனர். மேலும் பிளான்க் எலக்ட்ரான் போன்ற துகள்களை அலைக்கட்டுகள் (Wave Packets) என்றார். ஒளி "குவாண்டம்" எனப்படும் வரையறுக்கப்பட்ட ஆற்றல் பக்கட்டுக்களால் ஆனதுடன் அது ஒளியின் அதிர்வெண் (Frequency), வேகம் (Velocity) என்பவற்றை பொறுத்தது என்றும் கூறியுள்ளார். இது தொடர்பிலான பல நூற்றுக்கணக்கான பரிசோதனைகள் முன்னெடுக்கப்பட்டதுடன் அவற்றுக்கான வெவ்வேறு கோட்பாடுகளும் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன (Barman, n.d).

ஒளியினுடைய தன்மை பற்றிய ஆய்வில் ஒளியின் அலைக் கோட்பாடு முக்கியமான இடத்தைப் பிடித்துள்ளது. நெதர்லாந்தை சேர்ந்த கணித, வானியல் மற்றும் பௌதிகவியல் அறிஞரான கிறிஸ்டியன் ஹைஜென்ஸ் (Christiaan Huygens) என்பவராலேயே அலைக் கொள்கை (Wave Theory of Light) முன்மொழியப்பட்டது (Balasubramaniyan, 1997). ஒளி ஒரு ஊடகத்திலிருந்து மற்றொரு ஊடகத்திற்கு செல்லும்போது அதன் பாதை விலகுவதை ஒளிவிலகல் என்போம். இது ஒளி ஒரு அலை என்பதற்கான சான்றாகும். அதேபோல் ஒரு சிறிய துளை வழியாக ஒளி செல்லும்போது அதன் பாதை வளைந்து செல்லும். ஒளி அலைகள் ஒன்றுடன் ஒன்று சேரும்போது அவற்றின் தீவிரம் அதிகரிக்கவோ அல்லது குறையவோ செய்யும். இதனூடாகவும் ஒளி ஒரு அலை என்பதனை நாம் அறியமுடியும். மேலும் ஒளியானது அடர்ந்த ஊடகத்தை விட ஐதான ஊடகத்தில் வேகமாக செல்லும். ஒளியின் அலைக்கோட்பாடு பல நிகழ்வுகளுக்கு விளக்கமளிப்பதுடன் ஒளியியல், வானியல் போன்ற துறைகளில் பெரும் முன்னேற்றத்திற்கு வழிவகுத்துள்ளது. ஹைஜென்ஸின் கோட்பாட்டை ஆதரிக்கும் வகையில் 1801 ஆம் ஆண்டு தோமஸ் யங்கின் (Thomas Young) இரட்டைப் பிளவு பரிசோதனை (Double Slit Experiment), அகஸ்டின் ஜீன் ப்ரெஸ்னலின் (Augustin Jean Fresnel) சோதனையும் அமைந்தன. ஆயினும் மெக்ஸ் பிளாங்கின் விதியால் அலை கோட்பாடு சவாலுக்கு உட்படுத்தப்பட்டமையும் குறிப்பிடத்தக்கது (Ritnik, 1976).

துகள் கொள்கை, ஒளியின் தன்மை பற்றிய ஆய்வின் மற்றுமொரு முக்கிய கோட்பாடாகும். இக்கோட்பாட்டின்படி, ஒளி அலையல்ல மாறாக மிகச் சிறிய, ஆற்றல் நிறைந்த துகள்களால் ஆனதாகும். இத்துகள்கள் '∴போட்டான்கள்' (Photons) எனப்படும். இதனை உறுதிப்படுத்த பலர் ஆய்வுகளை மேற்கொண்ட போதிலும் நியூட்டன் முதன்மையானவராவார். ஒளியின் அலைக்கொள்கைக்கு மாற்றமான வகையில் நியூட்டனால் உருவாக்கப்பட்டதே கார்பஸ்கியூலர் கோட்பாடு (Carpuscular Theory) எனும் துகள் கோட்பாடாகும். நியூட்டன் 1704இல் தனது ஆய்வு கட்டுரையான ஒளியியலில் (Optics) ஒளியின் நுண்துகள் கோட்பாட்டை முன்மொழிந்தார். இதில் ஒளியானது கார்பஸ்கில்ஸ் (Carpuscles) எனப்படும் நுண்ணிய துகள்களால் ஆனதெனவும் நாம் ஒளிக்கற்றையை நேர்கோட்டில் காண ஒளியின் அதிகரித்த வேகமே காரணமாகுமெனவும் ஒளி துருவப்படுத்தப்படலாம் (polarized) எனவும் கண்டறிந்தார். சூரியன் போன்ற ஒளிரும் மூலங்களிலிருந்து கார்பஸ்கியூல்கள் வெளிப்படுகின்றனவென்றும் மெழுகுவர்த்தி, மின்விளக்கு போன்றவற்றை இதற்கு உதாரணமாக கூறமுடியும் என்றார். ஒவ்வொரு கார்பஸ்கியூல் துகள் நகரும் போதும் அதனுடன் இயக்க ஆற்றலும் கொண்டு செல்லப்படுகின்றது. அவை அதிக வேகத்தில் பயணிக்கின்றன. இந்த கார்பஸ்கியூல் அல்லது துகள்கள் கண்ணின் விழித்திரையில்

விழும்போது அவை பொருளின் உருவத்தை உருவாக்குகின்றன. இவை வெவ்வேறு அளவுகளில் இருக்கலாம் வெவ்வேறு வண்ணங்களையும் கொண்டிருக்கலாம். நியூட்டனது கோட்பாட்டின்படி ஒரு பொருள் துகள் பண்புகளைக் கொண்டதாக இருக்கும். வெற்று கண்களால் நாம் காணும் பொருட்கள் அலை பண்பை பெற்றவை அல்ல என வலியுறுத்தப்படுகின்றது (Nyambuya et al., 2017).

பத்தொன்பதாம், இருபதாம் நூற்றாண்டுகளுக்கு முற்பகுதியில் ஒளியானது அலையாக செயற்படுவதாகவும் பிற்பகுதியில் துகளாக செயற்படுவதாகவும் கண்டறியப்பட்டது. இலத்திரன்கள் குறித்த ஆரம்பகால சோதனைகளில் ஒளி துகள் போல இயங்குவதாகவும் பின் அலைகளாக இயங்குவதாகவும் கண்டறியப்பட்டது. இதன் பின் இருமைப்பண்பு தொடர்பான கருத்து எழுந்தது. டிப்ராய் என்பவர் அலை - துகள் இருமைப் பண்பு தொடர்பில் முதலாவது கோட்பாட்டை முன்வைத்தார். அதாவது அணுவின் மூலக்கூறுகள் சிலவேளைகளில் அலை பண்பையும் சில வேளைகளில் துகள் பண்பையும் வெளிப்படுத்தும். அலைகள் துகள் பண்பை வெளிப்படுத்துகின்ற அதே சமயம் துகள்கள் அலை பண்புகளை வெளிப்படுத்தும் என்பதை அலை - துகள் இருமை கோட்பாடு கூறுகின்றது. இது மரபார்ந்த இயந்திரவியல் (Classical Mechanics) அல்லது நியூட்டனுடைய பௌதிகவியல் சிந்தனைகளிலிருந்து வேறுபட்டது.

2.3 பருப்பொருளின் இருமைப்பண்பு (Dual Nature of Matter)

பொருளின் இருமைத்தன்மை என்பது குவாண்டம் பௌதிகவியலின் ஒரு முக்கியமான கருத்தாக்கமாகும். இது ஒரு பொருள் அல்லது துகள் ஒரே நேரத்தில் துகள் (particle) மற்றும் அலை (Wave) போன்ற இரண்டு வெவ்வேறு தன்மைகளைக் கொண்டிருக்கும் என்று விளக்குகின்றது. இந்த பருப்பொருட்கள் அலைகளாக செயற்படுவதை டேவிசன், ஜே.ஜே. தொம்சன் ஆகியோர் தனது சோதனைகள் ஊடாக விளக்கினர். லூயிஸ் டி பிராக்லி (Louis de Broglie) என்பவர் 20ஆம் நூற்றாண்டின் மிக முக்கியமான பௌதிகவியலாளர்களில் ஒருவர். இவர் பொருளின் அலைத்தன்மையை கண்டறிந்ததற்காக 1929ஆம் ஆண்டில் பௌதிகவியலுக்கான நோபல் பரிசைப் பெற்றார். அவர் முன்மொழிந்த பொருளின் இரட்டைத்தன்மை கோட்பாடு, குவாண்டம் பௌதிகவியலில் ஒரு புரட்சியை ஏற்படுத்தியது. இக்கோட்பாடு 1923ஆம் ஆண்டு அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. சிறிய பொருட்களில் அலை பண்பினை அவதானிக்க முடியும் என்றதுடன் சில நிபந்தனைகளின் கீழ் பருப்பொருள் துகள் அலைகளாகவும் இயங்குகின்றன என விளக்கினார். மரபார்ந்த பார்வையின்படி ஒரு துகளது ஆற்றல் முதலான பண்புகள் காலம் மற்றும் வெளியில் குவிந்திருக்கும். ஆயினும் நவீன பார்வை அதற்கு எதிர்மாறாக ஒரு அலை காலம் மற்றும் வெளியில் பெரும் பகுதியில் பரவியுள்ளதாக கூறுகின்றது (Balasubramaniyan, 1997).

பிராக்லியின் கூற்றுப்படி, ஒளி மட்டுமல்ல அனைத்து பொருட்களும் அலை மற்றும் துகள் தன்மைகளை கொண்டுள்ளன. இலத்திரன் போன்ற சிறிய துகள் கூட அலை போல நடந்து கொள்ளுமென்றதுடன் இவரது சிந்தனை இலத்திரன் நுண்ணோக்கியின் வளர்ச்சிக்கும் வழிவகுத்தது. இதனை பயன்படுத்தி மிகச் சிறிய பொருட்களையும் தெளிவாக காண முடியும். இது அணுக்கள் மற்றும் துணை அணுத்துகள்களின் அசைவையும் புரிந்துகொள்ள துணைப்புரிகின்றது.

2.4 நிச்சயமற்றக் கொள்கை (Uncertainity Principle)

புறஉலகம் பற்றிய எமது புரிதலை மாற்றியமைத்த கருத்தாக்கங்களில் நிச்சயமற்றக்கொள்கையும் ஒன்றாகும். இக்கொள்கை 1901 – 1976 காலப்பகுதியில் வாழ்ந்த வெர்னர் கார்ல் ஹெய்சன்பெர்க் (Werner Karl Heisenberg) எனும் ஜேர்மனிய பௌதிகவியலாளரால் முன்மொழியப்பட்டது. 1927ம் ஆண்டு முன்வைக்கப்பட்ட இக்கோட்பாடு அலை - துகள் இரட்டைத்தன்மையை சான்றுபடுத்தி பொருளொன்றின் நிலை, வேகம் என்பவற்றை சரியாக அளவிடவோ, கணக்கிடவோ முடியாது எனும் கருத்தை நிலைநிறுத்துகின்றது. குறித்ததொரு நேரத்தில் குறித்த ஒரு பொருளின் ஆற்றலையும்

அமைவிடத்தையும் துல்லியமாக அளவிட முடியாது என்பதே இதன் சாராம்சமாகும். அதாவது ஒரு துகளின் நிலையை அளவிட்டால், அதன் உந்தத்தை துல்லியமாக அளவிட முடியாது. அதேசமயம் ஒரு துகளின் உந்தத்தை அளவிட்டால், அதன் நிலையை துல்லியமாக அளவிட முடியாது. இதனையே ஹெய்சன்பேர்கின் $h/(4\pi)$ எனும் சமன்பாடு நிறுவுகின்றது. மரபார்ந்த பௌதிகவியலால் விளக்க முடியாத பல விடயங்களை இவ்வறுதியின்மை கொள்கையை கொண்டு விளக்க முடியும் என்றும் கூறப்படுகின்றது (Balasubramaniyan, 1997).

2.5 குவாண்டம் பௌதிகவியல் (Quantum Physics)

குவாண்டம் பௌதியவியலின் மிக முக்கியமான முன்வைப்புகளில் குவாண்டம் பின்னலும் ஒன்றாகும். குவாண்டம் பிணைப்பில் துணை அணுத்துகள்கள் ஒன்றுடனொன்று நெருக்கமாக இணைக்கப்பட்டதாக இருக்கும். துகள்கள் வெகு தொலைவில் இருப்பினும் யாதேனுமொரு துகளில் தூண்டல் இடம்பெற்ற உடனே மற்ற துகளும் துலங்கலை காட்டும். இதன்படி துகள் ஒன்றின் தன்மை மற்றொன்றின் தன்மையிலிருந்து வேறுபட்டதாக இருக்கும். இது எமது அன்றாட வாழ்க்கை அனுபவத்திலிருந்து மாறுபட்ட நிகழ்வாகும். அதாவது போட்டோன துகள்களான ஒளி வெற்றிடத்தில் பயணிக்கும் வேகத்தை வேறு எதனாலும் மிஞ்ச முடியாது. அவ்வேகமே அண்டத்தினுடைய அதியுயர் வேகமுமாகும். இது ஒருபுறமிருக்க குவாண்டம் பின்னலின்படி இணைத்துகள்கள் இரண்டினை வெவ்வேறு இடங்களில் வைத்தால் ஒரு பொருளில் ஏற்படும் மாற்றம் அதே கணத்தில் மற்ற பொருளிலும் ஏற்படுகின்றது. இம்மாற்றம் ஏற்படுவதற்காக எடுத்துக்கொண்ட நேரம் பூச்சியமாகும். ஒளியின் வேகத்தை விட தகவல் வேகமாக பயணிக்க முடியாதென ஐன்ஸ்டீன் ஏற்கனவே குறிப்பிட்டு இருந்தமையும் இங்கு சுட்டிக்காட்டுத்தக்கது. ஐன்ஸ்டீன் இதனை தூரத்து பயமுறுத்தும் செயல் (Spooky action at a distance) எனக்கூறி நிராகரித்தார். இது பல ஐயங்களை கொண்டிருந்தாலும் குவாண்டம் கணினிகள், குவாண்டம் தொலைநோக்கிகள் போன்ற பல தொழினுட்பங்களுக்கு ஆதாரமாக உள்ளது (Rajan, 2011).

இது அணு அளவில் நிகழும் ஒரு விசித்திரமான நிகழ்வாகும். நாம் பொதுவாக பார்க்கும் உலகில் ஒரு பொருள் ஒரு தடையை தாண்டிச் செல்ல வேண்டுமெனில் அது தடையை விட அதிக ஆற்றல் பெற்றிருக்க வேண்டும். ஆனால் குவாண்டம் உலகிற்கு இந்த விதி பொருந்தாது. ஒரு அணுத்துகள் எத்தகைய தடையையும் தாண்டி செல்கின்றது. டனலிங் என்பது அணுவினது அலை தன்மையின் விளைவினால் ஏற்படும் நிகழ்வாகும். இது அணுக்கரு இணைவுக்கு இன்றியமையாததாகும். குவாண்டம் டனலிங் பல பௌதிகவியல் நிகழ்வுகளை விளக்கவும் பயன்படுகின்றது. குவாண்டம் துகள்கள் அலை, துகளாகிய இரு பண்புகளையும் கொண்டுள்ளன. ஒரு துகள் ஒரு தடைப்பகுதியை நோக்கி செல்லும்போது, அது அலை போல அந்த தடையை ஊடுருவ முயற்சிக்கும். துகள் அந்த தடையை முழுமையாக ஊடுருவி தடைப்பகுதியின் மறுபுறம் தோன்றும். இதனை ஒரு பாறையை தாண்டிச் செல்லும் ஒரு பந்துடன் ஒப்பிடலாம். பொதுவாக ஒரு பந்து சிறு பாறையொன்றை தாண்டுவதற்கு தேவையான ஆற்றல் இல்லையென்றால் அப்பந்தினால் அசைய முடியாது. ஆனால் குவாண்டம் துகள் ஒரு அலை போல இருப்பதால் அது பாறைக்குள்ளே சென்று மறுபுறம் வெளிவரும் (Chris, 2023).

எட்விர்ன் ஸ்ரோடிங்கர் (Erwin Schrodinger) 1887-1961 காலப்பகுதியில் வியன்னாவில் வாழ்ந்தார். குவாண்டம் கோட்பாட்டிற்கு இவராற்றிய பங்களிப்பினால் 1933இல் நோபல் பரிசுபெற்றார். இவரது பூனை பரிசோதனை (Cat Experiment) என்பது குவாண்டம் பௌதிகவியலில் ஒரு புகழ்பெற்ற சிந்தனை பரிசோதனை ஆகும். இப்பரிசோதனையில் ஒரு பூனை, நச்சுப்பொருள் அடங்கிய போத்தல், ஒரு கதிரியக்கப் பொருள் மற்றும் ஒரு கதிர்வீச்சு கருவி என்பன உள்ளன. பூனையடங்கிய பெட்டியினுள் கதிரியக்கப்பொருள் சிதைந்தால், அது கதிர்வீச்சு கருவியை செயல்படுத்தி, நச்சுப்பொருளடங்கிய போத்தலை உடைக்கும். இதனால் பூனை இறந்துவிடும். கதிரியக்கப் பொருள் சிதைந்ததா இல்லையா என்பதை நாம் பெட்டியை திறக்கும் வரை தெரிந்துகொள்ள முடியாது. குவாண்டம் பௌதிகவியலின்படி, கதிரியக்கப் பொருள் ஒரே நேரத்தில் சிதைந்த நிலை மற்றும் சிதைந்திராத நிலை ஆகிய இரண்டு

நிலைகளில் இருக்கும். இதன் பொருள் ஒரே நேரத்தில் பூனையும் உயிருடனும், இறந்தும் இருக்கும் என்பதாகும். ஆனால் பெட்டியை திறந்த பிறகே பூனை உயிருடன் இருக்கிறதா அல்லது இறந்துவிட்டதா என்பதை நாம் பார்க்க முடியும் (Balasubramaniyan, 1997). இப்பரிசோதனையினூடாக ஒரு பொருள் ஒரே நேரத்தில் இரண்டு நிலைகளில் இருக்க முடியுமென புலப்படுத்தப்படுகின்றது. நாம் ஒன்றை அளவீடு செய்வது அல்லது பரிசீலிப்பது அப்பொருளின் நிலையை மாற்றிவிடும். இச்சிந்தனை பரிசோதனை ஒரு விசித்திரமான தன்மையை எளிமையாக விளக்க முயற்சிப்பதுடன் இது இன்றுவரை அறிவியலாளர்களுக்கும் புதிராக உள்ளது.

குவாண்டம் உலக விளக்கங்களில் குவாண்டம் நேரடக்குமை அல்லது சுப்பர் பொசிசன், ஒரு துகள் ஒரே நேரத்தில் இரு நிலைகளில் இருப்பதை சுட்டிநிற்கின்றது. இது நமது அன்றாட உள்ளுணர்வையும் அனுபவத்தையும் மீறிய நிலையாகும். ஒரு குவாண்டம் துகள் அளவிடப்படும் வரை ஒரே நேரத்தில் பல நிலைகளில் இருக்க முடியும் என்பதே இதன் பொருளாகும். ஸ்ரோடிங்கரது பூனைக்கோட்பாட்டில் பூனை இறந்தும் இறக்காமலும் இருக்கும் எனும் நிலைப்பாட்டை சுப்பர்பொசிசனுக்கு ஆதாரமாக காட்டலாம்.

பல்லுலகம் அல்லது பல்லண்ட கோட்பாட்டினுடைய வேர்கள் குவாண்டம் பௌதிகவியலில் உள்ளன. 1950களில் எழுந்த இந்த கோட்பாடு குவாண்டம் பௌதிகவியலின் சில விசித்திரமான விளைவுகளை விளக்க முயற்சிக்கின்றது. ஒரு துகள் ஒரே நேரத்தில் பல நிலைகளில் இருக்க முடியும் என்ற கருத்தை முன்னிறுத்தியே பல்லுலகம் தொடர்பான கருத்துக்கள் மேலெழுந்தனவெனலாம். ஒவ்வொரு குவாண்டம் நிகழ்வும் பிரபஞ்சத்தை பிரித்து, ஒவ்வொரு விளைவுக்கும் ஒவ்வொரு பிரபஞ்சத்தை உருவாக்குகின்றது. இதனடிப்படையில் நமது பிரபஞ்சத்தை ஒத்ததும் சிறிய மாறுபாடுகளுடனுமான பல பிரபஞ்சங்கள் இருக்கலாம் என நம்பப்படுகின்றது. குறிப்பாக 1957 இல் ஹியூ ஹெவர்ட் என்பவர் தனது முதுமாணி பட்ட ஆய்வு முடிவாக எமது அனுபவ உலகிற்கு அப்பாற்பட்ட வகையில் பல உலகங்கள் உண்டென்பதை முன்வைத்தார் (Rajan, 2011).

சுமார் 13.8 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு எமது பிரபஞ்சத்தை உருவாக்கிய பெருவெடிப்பு ஏற்பட்டதாக கூறப்படுகின்றது. இப்பெருவெடிப்பு ஒருமுறை மாத்திரம் தான் நிகழ்ந்தது என்பதற்கான ஆதாரங்கள் இன்மையால் அது மீண்டும் மீண்டும் எண்ணற்ற முறைகள் நடந்திருக்கலாம் என நம்பப்படுகின்றது. ஏதோ ஒரு பெருவெடிப்பு நமது பிரபஞ்சத்தை உருவாக்கியது போன்று ஒவ்வொரு முறையும் ஏனைய பிரபஞ்சங்கள் உருவாகி இருக்கலாம். அவ்வாறாயின் அவற்றின் எண்ணிக்கை முடிவிலியாக இருக்கும் என்றவாறு பல்லுலகம் தொடர்பான முன்வைப்புகள் நியாயப்படுத்தப்படுகின்றன. இந்த கோட்பாடு இன்னும் முழுமையாக நிரூபிக்கப்படவில்லை என்றாலும் இது பற்றிய ஆய்வுகள் தொடர்ந்தும் இடம்பெற்றுக்கொண்டிருக்கின்றன. இக்கோட்பாடு நம் பிரபஞ்சத்தின் உண்மைத்தன்மை பற்றிய புதிய கேள்விகளை எழுப்பியுள்ளது. இது இன்னும் ஒரு கோட்பாடாகவே இருந்தாலும் பலரது ஆர்வத்தையும் தூண்டியுள்ளது (Victor, 2016).

3. பகுப்பாய்வு

உயிர்கள் அனைத்தும் பௌதிகவுலகை சார்ந்துள்ளன. அவ்வுயிர்கள் உணவு, உடை, உறையுள், சுவாசம், அறிவு போன்ற அத்தனைக்காகவும் புறவுலகோடு பின்னிப்பிணைந்துள்ளன. மனிதன் தனது தேவைகளை நிறைவேற்றிக்கொள்ளும் நோக்கில் ஐம்பொறிகளின் உதவியோடு புறவுலகம் குறித்த அறிவை பெற்றுக்கொள்கின்றான். அவ்வறிவின் விளைவாகவே மெய்யியல் முதற்கொண்டு அறிவியல் துறைகள் அத்தனையும் வளர்ச்சி பெற்றன. குறிப்பாக நாம் வாழும் இவ்வுலகம் குறித்த ஆழமான ஆய்வுகள் பௌதிகவியலினால் முன்னெடுக்கப்பட்டுள்ளது. இது முன்னேற்றகரமான பாதையில் பயணித்துக் கொண்டிருக்கின்ற போதிலும் அதன் முன்வைப்புகள் மனிதனது பகுத்தறிவிற்கு எட்டியதா என்பது ஆராயப்பட வேண்டியவொன்றாகும்.

பகுத்தறிவை சவாலுக்கு உட்படுத்தும் நவீன பௌதிகவியலின் பயணம் சார்பியல் கொள்கையிலிருந்தே ஆரம்பமாகின்றது. இக்கோட்பாடு இயக்கம், ஒளி, காலம், வெளி பற்றிய மாறுபட்ட கருத்துக்களை முன்வைத்துள்ளது. அதாவது யாதேனுமொன்றின் இயக்கமானது

இன்னுமொன்றை சார்ந்துள்ளது என்பதே இங்கு தெளிவுபடுத்தப்படுகின்றது. இதன்படி அனைத்து அசைவுகளும் சார்புடையதாகும். அவதானிக்கும் நபர், அவதானிக்கும் பொருள் சார்ந்து வேகம் மாறுபடுகின்றது. அதாவது நியூட்டனின்படி வேகம் மாறாதது. எச்சூழ்நிலையிலும் அதன் மதிப்பு மாறாது என்பதை ஒரே சந்தர்ப்பத்தில் வெவ்வேறு நபர்களிடையே வேகம் வேறுபடலாம் என்ற சிந்தனை மாற்றியமைத்துள்ளது. மேலும் மரபார்ந்த பௌதிகவியலின்படி ஒருபொருளின் மீது விசையொன்றினை பிரயோகிக்கும்போது அது சீரான வேகத்தில் இயங்கும் இல்லையெனில் ஓய்வாக இருக்கும். ஆயினும் ஐன்ஸ்டீன் ஒரு பொருள் ஓய்வில் இருக்கும் போதும் அது ஆற்றல் பெற்றிருக்கும் என கூறியுள்ளார். இது நாம் அன்றாடம் காணும் உலகில் நிலையாக இருக்கும் பொருள் ஆற்றலற்றது என்ற எண்ணப்பாங்கிற்கு மாற்றமானதாக அமைந்துள்ளது. ஆகவே இவ்விளக்கமானது ஏற்கனவே நாம் இயக்கம் குறித்து கொண்டுள்ள நிலைப்பாட்டை கேள்விற்குட்படுத்துகின்றது.

மேலும் வேகத்தை போன்றே காலமும் அனைவருக்கும் பொதுவானது அல்ல. அது ஒவ்வொருவரது இயக்கத்தையும் சார்ந்துள்ளது என்பது சார்பியலின் விளக்கமாகும். இதற்கான காரணம் காலவெளி வளைவடைதலாகும். எம்மை பொறுத்தவரையில் காலம் என்பது அனைவருக்கும் பொதுவானது. ஆயினும் சார்பியல் கோட்பாடு காலம் கூட வளைவடையும் என விளக்குகின்றது. இது காலம் பற்றி நாம் ஏற்கனவே கொண்டிருக்கும் நிலைபாட்டிலிருந்து வேறுபட்டதாகும்.

நாம் காணும் உலகின் அடிப்படை அம்சங்களில் ஒன்றான '∴போட்டான்கள் ஒளி நொடிக்கு சுமார் 300000 km வேகத்தில் பயணிக்கின்றது. இதுவே பிரபஞ்சத்தின் உச்சபட்ச வேகம் எனவும் கூறப்படுகின்றது. சார்பியல் கொள்கை வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம் மாறிலி என்கின்றது. அதாவது மேலே நாம் கூறியபடி அவதானிப்பவர், அவதானிக்கப்படும் பொருள் என்பவற்றுக்கு வேகம் மாறுகின்ற நிலைப்பாடு ஒளிக்கு பொருந்துவதில்லை. அத்தகைய ஒளியின் வேகத்தில் ஒரு பொருள் நகர்ந்தால் அதன் எடை அதிகரிப்பதுடன் நேரம் மெதுவாக செல்லும். ஒளியின் வேகத்தை நெருங்க நெருங்க ஒரு பொருள் எல்லையின்றி விரிவடைந்துக் கொண்டே செல்லும். அதனது நிறை அளவிட முடியாததாக மாறும். ஒளியின் வேகத்தில் பயணிக்கும் நபருக்கு காலம் என்பதே இருக்காது. வேகமாக நகரும் பொருளின் நீளம் குறையும், ஒரே நேரத்தில் நடக்கும் இரு நிகழ்வுகள் இரு வேறு நபர்களிடத்தில் வேறுபட்ட நேரத்தை காட்டும், வேகமாக பயணம் செய்பவரின் காலம் மெதுவாக நகரும், வேகமாக செல்லும் பொருளின் நிறை அதிகரிக்கும் போன்றவை எமது பகுத்தறிவிற்கு புதியதும், குழப்பகரமானதுமான கருத்துக்களாகும்.

பூமி சூரியனை சுற்றி வரவும், சந்திரன் பூமியை சுற்றி வரவும் காரணம் சூரியன் மற்றும் பூமியின் ஈர்ப்பு விசையாகும் என நியூட்டன் விளக்கினார். நியூட்டனது ஈர்ப்புவிசைக்கு வியாக்கியானமளிக்கும் பொதுசார்பியல் கோட்பாடு காலவெளியின் வளைவே இதற்கு காரணமென்கின்றது. இவ்வளைவு ஒளியின் பாதையை கூட வளைக்கின்றது. ஒவ்வொரு பொருளும் தனது நிறைக்கேற்ப தன்னை சுற்றியுள்ள காலவெளியை வளைக்கின்றது. ஒளிக்கூட அதிக நிறையுள்ள பொருளின் அருகே செல்லும்போது வளைந்து செல்லும். இவ்வாறே பிரபஞ்சத்தின் ஒவ்வொரு பொருளும் வளைவினால் ஈர்க்கப்படுகின்றது. இது நீண்ட காலமாக நாம் நம்பி வந்த ஈர்ப்புவிசை தொடர்பான கருத்துக்களுக்கு மாற்றமானது.

சார்பியல் கோட்பாட்டினையடுத்து எம்மை முழுமையாக குழப்பத்திற்குள் தள்ளும் குவாண்டம் கொள்கை குறித்து ஆராய்வோமாயின் ஒரு மதில் சுவர் சீமெந்து கற்களை கொண்டு கட்டப்பட்டிருப்பதைப்போன்று ஒவ்வொரு பொருளும் அணுக்களால் கட்டமைந்துள்ளது. நியூத்திரன், புரோத்திரன் கருவிலிருக்க அவற்றை சுற்றி இலத்திரன் வட்டப்பாதையில் செல்கின்றது. இது நீல்ஸ்போரின் கட்டமைப்பென்பதையும் நாம் இங்கு நினைவுகூற வேண்டும். இக்கட்டமைப்பில் ஒன்றுசேரும் அணுக்களின் தன்மையை பொறுத்து ஒவ்வொரு தனித்துவமான பொருட்களும் உருவமைந்துள்ளன. பொருளொன்றின் நிறம், வடிவம், தன்மை என்பன போன்ற அனைத்து பண்புகளும் அணுக்களின் தன்மையினாலேயே தீர்மானிக்கப்படுகின்றது. மனிதனும் இதற்கு விதிவிலக்கானவனல்ல. அணுக்கள் வெற்றிடத்தில் பரவியுள்ள நிலையில் உலகில் உள்ள மொத்த அணுக்களின் வெற்றிடத்தை நீக்கினால் இவ்வுலகம் மிக நுண்ணிய அளவிற்கு சுருங்கிவிடும் என்பது அணுவியலாளர்களின் கருத்தாகும்.

நிரந்தரமான உண்மைகளை அடைய அறிவியல் விதிகள் அறுதியானவையாக இருக்க வேண்டும். உதாரணமாக நியூட்டனது விதிகள் இன்றளவிலும் உலகப் பொருட்களது எதிர்கால அசைவுகளை துல்லியமாக கணிக்க பக்கபலமாய் நிற்கின்றன. அவ்விதிகளினூடாக அடுத்த நூற்றாண்டில் இடம்பெற இருக்கும் சூரிய கிரகணம், சந்திர கிரகணம் என்பவற்றைக்கூட இந்த நொடியில் துல்லியமாக கணிப்பிடமுடியும். ஒரு பொருளின் தற்போதைய இருப்பிடம், திசைவேகம், அதன் மீது செலுத்தப்படும் விசை என்பவற்றை கொண்டே அதன் எதிர்கால இருப்பிடம் சரியாக கணிக்கப்படுகின்றது. சாதாரணமாக நாம் விளையாடும் ஒரு பந்து குறித்த விசையில் வீசப்படும் போது அது எங்கே சென்று விழும் என்பதை இலகுவாக அனுமானிக்கலாம். ஆயினும் குவாண்டம் உலகில் அறுதியிட்டு சொல்வதற்கு அப்படியேதுமில்லை என கூறப்படுகின்றது. அங்கு அத்தனையும் நிகழ்தகவின் அடிப்படையிலேயே அமையபெற்றுள்ளது. இதற்கான காரணம் ஒரு அணு மூலக்கூறு எப்போது, எங்கே இருக்கும் என அறுதியிட்டு கூறமுடியாமையாகும். ஒருவேளை நாம் அணுவொன்றின் இருப்பிடத்தை கணிக்க முயன்றால் திசைவேகத்தையும் திசைவேகத்தை கணிக்க முயன்றால் இருப்பிடத்தையும் மாற்றிக் கொண்டேயிருக்கும்.

அணுக்கள் தொடர்ச்சியாக அழிவடைந்துக்கொண்டும் புதிதாக உருவாகிக்கொண்டும் இருக்கும் என்பது அணுவியல் ஆய்வாளர்களின் சிந்தனையாகும். ஆகவே பிரபஞ்சத்திலுள்ள எந்தவொன்றும் நிலையானதல்ல என்பது இங்கு புலனாகின்றது. அணுக்களின் இருப்பிடத்தை கண்டறிவது மட்டுமன்றி அவை செயற்படும் விதங்களும் மர்மமானவையாகும். அணுக்கள் நாம் அவதானிக்கும்போது ஒரு வகையிலும் அவதானிக்காதபோது இன்னொரு வகையிலும் செயற்படுகின்றன என்பதை இரட்டைப் பிளவு பரிசோதனை கண்டறிந்தது. அதாவது ஆய்வு செய்யும் போது குறித்த பொருளின் ஒளி எமது கண் அல்லது வேறு அவதானிப்புக் கருவிகளை வந்தடைவதால் அவ்வாறான மாற்றம் ஏற்படுவதாக இதற்கு விளக்கமும் தரப்படுகின்றது. இம்முடிவானது புரிந்துக்கொள்ள கடினமானதாகும்.

அடுத்ததாக குவாண்டம் பின்னலில் ஒரு அணுத்துகள் சோடியானது ஒன்றுடன் ஒன்று பிணைக்கப்பட்டு இருக்கும். அவ்வணுத்துகளுக்கு ஸ்பின் (Spin) எனும் பண்பு உண்டு. ஸ்பின் என்பது இரு வகையான சாத்தியங்களை குறிக்கும். அதாவது அவை மேல் அல்லது கீழ், வலது அல்லது இடது என்றவாறான எதிர்மறை சாத்தியப்பாடுகளாகும். எவ்வளவு தொலைவில் இருப்பினும் பிணைக்கப்பட்ட இரு அணுத்துகள்களில் ஒன்று வலது பக்கம் திரும்பினால் மற்றையது இடது பக்கம் திரும்பும். எடுத்துக்காட்டாக, பிணைக்கப்பட்ட மூலக்கூறுகளை கொண்டு இரு நாணயங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. ஒரு நாணயத்தை எமது வீட்டின் ஒரு அறையிலும் இன்னொரு நாணயத்தை உலகில் ஏதோ ஒரு மூலையிலும் வைத்து சுழற்றும் போது எமக்கு தலை கிடைக்குமாயின் அங்கு நிச்சயமாக பூ கிடைக்கும். இதிலுள்ள சிக்கல் யாதெனில் ஒளியை விஞ்சிய வேகத்தில் தகவல் எவ்வாறு கடத்தப்படுகின்றது என்பதுதான். ஒளியின் வேகத்தில் தகவல் கடத்தப்பட்டால் கூட ஓரிரண்டு நொடிகள் எடுக்கும். ஆயினும் பூச்சிய நேரத்தில் இடம்பெறும் இச்செயற்பாடு அறிவியலாளர்களையே குழப்பத்திற்குள் தள்ளியுள்ளது.

மேற்கூறப்பட்டதையே சுப்பர்பொசிசன் என்ற எண்ணக்கருவின் ஊடாக விளக்கும்போது கண்ணாடி போத்தலொன்றை தூக்கி எறிந்தால் அது உடைந்திருக்கவேண்டும் அல்லது உடையாத நிலையில் இருக்க வேண்டும். எனினும் ஒரே நேரத்தில் உடைந்தும் உடையாமலும் இருக்கும் நிலைப்பாட்டை புரிந்து கொள்வதற்கான இயலுமை எமக்கு இல்லையென்றே கூறவேண்டும். அதேபோல் ஒரு கதவு மூடி இருக்கலாம், திறந்திருக்கலாம் அல்லது அரைப்பகுதி திறந்தும் அரைப்பகுதி மூடியும் இருக்கலாம். ஆயினும் ஒரே சந்தர்ப்பத்தில் ஒரு கதவு முழுமையாக மூடியும் முழுமையாக திறந்தும் இருப்பதாக கற்பனை செய்யவும் முடியாமலுள்ளது.இவ்விரு சாத்திய நிலைப்பாடே குவாண்டம் சுப்பர்பொசிசன் ஆகும்.

குவாண்டம் பின்னல், குவாண்டம் சுப்பர் பொசிசன் என்பவற்றோடு இணைந்த மற்றுமொரு முக்கிய அம்சம் குவாண்டம் டனலிங் ஆகும். ஒரு பாதையில் வேகமாக பயணித்துக் கொண்டிருக்கின்ற காரொன்று பாறையொன்றில் மோத அதன் பயணப்பாதையில் தடையேற்படும். எனவே அக்காரினால் நகர முடியாது. அதேபோன்று ஆற்றில் கட்டப்படும் அணைக்கட்டை தாண்டி நீர்

செல்ல முடியாது. ஆனால் அணுக்கள் எத்தகைய தடைகளையும் தாண்டி செல்லக்கூடிய ஆற்றல் பெற்றுள்ளன என்பதையே குவாண்டம் டனலிங் வலியுறுத்துகின்றது. இரும்புச்சுவர் ஒன்றின் ஒருபுறமிருந்து அணுத்துகள்களை செலுத்தினால் அவை இலகுவாக சுவரை கடந்து மறுபுறம் சென்றுவிடும் திறன் கொண்டவை. இந்நிலைப்பாட்டினிடத்தில் எமது அறிவு முழுமையான சிக்கல்நிலையை எதிர்கொள்கின்றது.

மேலும், அறிவியல் கோட்பாடு ஒன்றின் அடிப்படைத் தன்மை யதார்த்தத்தை (Real) பிரதிபலிப்பதாகும். ஆனால் அதை அணுக்களின் உலகில் காணமுடிவதில்லை. குவாண்டம் கொள்கையின்படி ஒரு அணுத்துகள் ஒரே நேரத்தில் பல இடங்களில் இருக்க முடியும். இதனை அன்றாட வாழ்க்கை செயற்பாடுகளுடன் பொருத்திப் பார்ப்போமாயின் மேசையின் மீது ஒரு பந்து உள்ளது. அதே பந்து மேசைக்கு கீழும் கட்டிலின் மீதும் உள்ளது என்பதை ஏற்க முடியாது. மேலும் யதார்த்தத்திற்கு மாற்றமானதாக குவாண்டம் உலகில் ஒரு அணுத்துகளை யாதேனும் ஒரு முறையில் அளவிடும் சந்தர்ப்பத்தில் அல்லது குறித்த தருணத்தில் மாத்திரமே அது இருப்பில் உள்ளதாக கூறப்படுகின்றது. அளவிட முன் அது எங்கு இருந்தது அளவிட்ட பின் எங்கு இருக்கும் என்பதை அறிய முடியாது என்ற குழப்பகர விளக்கத்தையும் அணுவியல் ஆய்வாளர்கள் முன்வைக்கின்றனர்.

அனுபவ அறிவு புறவயத்தன்மையை முழுமையாக நம்பியுள்ளது. புறவயமாக நோக்க முடியாத ஒன்றை ஆய்விற்குட்படுத்தவும் முடியாது. ஒரு பொருளாயின் அதற்கென்று ஒரு மதிப்பு இருக்க வேண்டும். பிரபஞ்சக்கூறுகள் வடிவம், நிறம், நிறை, தன்மை என்றவாறான பண்புகளை கொண்டிருப்பதாலேயே அவற்றை நாம் அடையாளம் காண்கின்றோம். கதிரை, மேசை, போத்தல், பந்து என்பவற்றுக்கெல்லாம் புறவயமான பண்புகள் உண்டு. குவாண்டம் துகள்களுக்கு பண்புகள் இல்லை. என்று கூறப்படுகின்றது. ஒரு துகளின் பண்பை மதிப்பிடும்போதே அப்பண்பு உருவாக்கப்படுகின்றது என்பது இதனூடாக புலப்படுத்தப்படுகின்றது. எந்த பண்பையும் பெறாத ஒரு பொருளை எமது அனுபவவுலகில் அடையாளம் காண முடியுமா என்பது சந்தேகமானதாகும்.

ஒளியின் தன்மை பற்றிய பரிசோதனைகளின் பிரகாரம் ஒளிப்பற்றிய அலைக்கொள்கை ஒளி அலை போன்று பயணிப்பதாகவும் துகள்கொள்கை ஒளி துகள் போன்ற தன்மையுடன் பயணிப்பதாகவும் வலியுறுத்த ஒளியின் இருமைப் பண்பை விபரிக்கும் கொள்கை ஒளி சிலவேளைகளில் அலையாகவும் சிலவேளைகளில் துகளாகவும் நகர்வதாக கூறுகின்றது. பொதுவாகவே எமது அனுபவம் ஒளியின் அலை பண்பை ஏற்றாலும் துகள் பண்பை ஏற்பதில்லை. பிற்பட்ட ஆய்வுகளில் ஒளி மட்டுமன்றி பருப்பொருட்களும் அலை - துகள் இருமைப் பண்பை வெளிப்படுத்துவதாகவும் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. நீர், காற்று, ஒலி என்பன அலைப்பண்புடையன என்பதை காட்டிலும் கற்கள், மரக்கட்டைகள் போன்றன அலை பண்புடையன என்பது பகுத்தறிவிலிருந்து மாறுபட்ட புதிய விளக்கங்களாகும்..

நாம் வாழும் இந்தக்காலப்பகுதியில் எமது உலகையொத்த இன்னும் பல உலகங்கள் உள்ளன என்பது ஹியூ ஹெவர்ட் எனும் அறிஞரது விளக்கமாகும். ஏற்கனவே நாம் விளக்கிய ஸ்ரோடிங்கரின் பூனைக் கோட்பாட்டில் பூனை இறந்தும் இறக்காமலும் உள்ள நிலை குறித்து அறிந்துள்ளோம். ஒருவேளை பெட்டியை திறக்கும்போது பூனை இறந்திருந்தால் இன்னொரு உலகத்தில் அப்பூனை உயிரோடு இருக்கும் என ஹெவர்ட் தெளிவுபடுத்தினார். அதாவது இவ்வுலகில் நடக்கின்ற ஒரு நிகழ்விற்கு எதிர்மறையான நிகழ்வு இன்னொரு உலகில் நடக்கின்றது. உதாரணமாக ஓட்டப் பந்தயமொன்றில் கலந்துகொண்ட விமல் என்ற நபர் போட்டியில் தோல்வியடைகின்றார். அதே நிகழ்வு வேறொரு உலகிலும் நடக்கின்றது. ஆனால் விமல் அங்கு வெற்றியடைகின்றார் என்றவாறு பல்லுலக கோட்பாட்டிற்கு ஹெவர்ட் விளக்கமளிக்கின்றார். இது தவிர பெருவெடிப்பின் மூலமே இப்பிரபஞ்சம் உருவானது என்பதை நம்பினால் பெருவெடிப்பு ஒருமுறைதான் நடந்தது என்பதையும் நம்ப வேண்டிய அவசியமில்லை. பல முறை வெடிப்புக்கள் உருவாகி பல உலகங்கள் தோன்றியிருக்கலாம் என்பது சில அறிவியலாளர்களது ஐயமாகும். இதுவரை சோதனைபூர்வமாக இவை நிருபிக்கப்படாவிட்டாலும் இது தொடர்பான ஆய்வுகள் முன்னெடுக்கப்பட்ட வண்ணம் உள்ளமையும் குறிப்பிடத்தக்கது.

4. முடிவுரை

பௌதிக உலகு குறித்த ஆய்வுகள் நேரடியாக எமது புலன்களுக்கு அகப்படும் உலக அம்சங்களை தொகுத்து நோக்கும்போது எதிர்கொள்ளாத நெருக்கடிகளை நவீன காலம் மிக நுண்ணிய அம்சங்களை பகுத்து பார்க்கும்போது எதிர்கொண்டுள்ளது. மனிதன் உலகம் தொடர்பான புரிதலுக்காக பகுத்தறிவையே முற்றுமுழுதாக நம்பியிருக்கும் நிலையில் நவீனகால விளக்கங்கள் இப்பகுத்தறிவினால் அடையப்பட முடியாதவையாக மாறியுள்ளன. மேற்கூறப்பட்ட விடயங்கள் பௌதிகவியலின் முன்னேற்றத்தை காட்டுகின்ற போதிலும் இவை மரபார்ந்த சிந்தனைகளிலிருந்து வேறுபட்ட புதுவகை விளக்கங்களேயாகும். மரபார்ந்த பௌதிகவியலினது ஆணிவேரை இது அசைவிற்குட்படுத்தி உள்ளது. இன்னது இன்னது தான் என்ற வரையறைகளை தகர்த்தெறிவதுடன் அவை பொதுப்படையான பகுத்தறிவைக் கொண்டு புரிந்து கொள்ள முடியாதவையாகும். நாளுக்கு நாள் முன்னேறிக் கொண்டிருக்கும் பௌதிகவியல் அல்லது அறிவியலின் புதிய விளக்கங்களையும், கண்டுபிடிப்புகளையும் சாதாரண மனிதன் முழுமையாக புரிந்து கொள்ள வேண்டுமாயின் அவனது பகுத்தறிவு எந்தளவிற்கு மேம்படுத்தப்பட வேண்டும் என்பதை இங்கு உணர முடிகின்றது.

உசாத்துணைகள்

Barman, M. (n.d). *Wave nature of light*. Department of physics. JN College. Boko.

Chris, F. (2023, Feb 13). Quantum entanglement isn't all that spooky after all. https://www.scientificamerican.com/article/quantum-entanglement-isnt-all-that-

Nyambuya, G. G., Dube, A., & Mososi, G. (Sep 2017). *Salvaging newton's 313 years old corpuscular theory of light*. National university of science and technology. Zimbabwe.

Victor, A.B. (2016). *The Multiverse: our universe may be one of many physicists say.* University of Amsterdam.

பாலசுப்ரமணியன், கோ. (1997). *அணுக்கரு இயற்பியல்.* தமிழ்நாட்டு பாடநூல் நிறுவனம். தமிழ்நாடு.

பிச்சை, ஆர். (1997). *சார்பியலும் குவாண்டம் விசையியலும்.* தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம். தமிழ்நாடு.

பிரபு, ரா. (2017, யுரபரளவ 05). குவாண்டம் எனும் கடல்.https://prabhuyourfriend.blogspot.com/2017/08/1.html

ராஜன், ப. கு. (2011). *புரட்சியில் பகுத்தறிவு: மார்க்சிய தத்துவமும் நவீன அறிவியலும்.* பாரதி புத்தகாலயம். அண்ணாசாலை.

ரைட்னிக், வி. (1976). *குவாண்டம் எந்திரவியலின் தொடக்கப்படிகள்.* (த. கமலக்கண்ணன், மொ.பெ). தமிழ்நாட்டு பாடநூல் நிறுவனம். தமிழ்நாடு.