కాలం కథ

స్టీఫెన్ హాకింగ్

తెలుగు : ఎ. గాంధీ

కార్ల్ సగాన్ ముందుమాటతో

స్టీఫెన్ హాకింగ్

కాలం కథ

(బిగ్‌బాంగ్ నుంచి బ్లాక్‌హోల్స్ దాకా)

పరిచయం: చుక్కా రామయ్య

తెలుగు: ఎ. గాంధి

పీకాక్ క్లాసిక్స్

హైదరాబాద్

kaalam katha,
Telugu version of Stephen Hawking's ***A Brief History of Time***
published by **Peacock Classics,** Publication wing of the **People's Trust**

Cover Design: Chandra
Graphics: Suri

Publicatoin No: 7
©: People's Trust
Copies: 1000
Price: Rs. 90

First Published in 2004, Hyderabad, Andhra Predesh, India
Second Print: 2004

D.T.P: A. V. Ramana
Printed at Sai Tirumala Printers

<u>For Copies</u>
Visaalandhra . Prajasakthi . Navodaya . Disha . Mythry . Mani
and all other major book shops. You can also contact
the FOUNDATION MEMBERS of the Trust.

People's Trust Regd. Office:
G14, Pragathi Enclave, Bhagyanagar Colony, Kukkatpally,
Hyderabad-500072; Phs: 2306 3729, Editor: 98499 40791

అనువాదకుని మాట

సరళంగా చెప్పడం ఏమంత సులభం కాదు. అత్యంత క్లిష్టమయిన శాస్త్రీయ విషయాలను ఎంతో సులభంగా చెప్పడంలో స్టీఫెన్ హాకింగ్ సఫలమయాడు. ఖగోళ శాస్త్రంలో హాకింగ్ సాధించిన విజయమంతా ఒక ఎత్తు. ***A BRIEF HISTORY OF TIME***తో ఆయన సాధించింది మరో ఎత్తు. అది ఒక classic. ఒక వజ్రం. శాస్త్ర విషయాల్లో ప్రాథమిక పరిజ్ఞానం ఉన్న పాఠకుల అవగాహనను అది ఎన్నో రెట్లు పెంచింది. ఈ గ్రంథాన్ని ***కాలం కథ*** పేరుతో తెలుగు పాఠకులకు అందించాలని చాన్నాళ్ల క్రితం ***పీకాక్ క్లాసిక్స్*** నిర్ణయమైతే తీసుకుంది. కాని ఆ పనిని నిర్వహించడమే ఎంతో కష్టమయింది. సులభంగా చెప్పడమన్నది ఆషామాషీ వ్యవహారం కాదని ముందే విన్నవించాను. ఇంగ్లీషులో సుబోధకంగా ఉన్న ఈ గొప్ప పుస్తకాన్ని 'కుప్పుసామయ్యర్ మేడ్ డిఫికల్ట్' అన్నట్టుగా చేయగూడదు కదా. అలాగని సులభంగా చెప్పే పేరుతో శాస్త్రీయ విషయాల వివరణలో పాటించాల్సిన కచ్చితత్వాన్నీ బలిపెట్టరాదు. అనువాదం సాగుతున్నంత కాలమూ సారళ్యమూ కచ్చితత్వమూ నాతో దోబూచులాడాయి. ఒకటి చేతికి చిక్కితే రెండోది తప్పించుకొనేది. రెంటినీ ఏకకాలంలో పట్టుకోడానికి నేను పడిన తిప్పలు అన్నీ ఇన్నీ కావు.

పుస్తకం చివరిలో నేను తెలుగులో వాడిన సమానార్థకాలను ఇచ్చాను. ఒక్కోసారి అతి చిన్న పదాలు సైతం అనువాదానికి లొంగకుండా మొండికేశాయి. ఉదాహరణకి body అన్న పదాన్ని చూడండి. వస్తువు, గోళం, శరీరం– వీటిలో ఏదీ సరిగ్గా సరిపోదు. elementary particleని మూలకణం అనీ particleని కణం అనీ dimensionని విస్తృతి అనీ చేశాను. ఇవి మూడూ సంతృప్తికరంగా ఉన్నాయనుకోను.

space and timeని స్థల కాలాలనీ spacetimeని స్థలకాలం అనీ చేశాను. విషయ పరిజ్ఞానం ఉన్న మిత్రులు ఒకిరిద్దరు ఈ తెలుగు పదాలకు అభ్యంతరం చెప్పారు. కాని ఇవి సరయిన పదాలే అనుకుంటున్నాను. స్థల కాలాలు (space and time) అన్నది తాత్విక పరిభాషలో అందరి ఆమోదం పొందిన పదమే. spacetime అన్నది మాత్రం పూర్తిగా ఆధునిక పదం. ఖగోళ శాస్త్ర పదం. ఈ పుస్తకంలో నేను కొత్తగా ప్రయోగించిన, నాకు నచ్చిన పదాలు కూడా ఎన్నో ఉన్నాయి. అయితే వాటి గురించి ముందే 'హెచ్చరించి' బెదిరించాల్సిన అవసరం ఉందనుకోను.

కాలం కథకి ముందుమాట రాయమని చుక్కా రామయ్య గారిని అభ్యర్థించాను. రామయ్య గారు సుప్రసిద్ధులు. చుక్కా రామయ్య అంటే తెలియని వారుంటారేమోగాని

ఐ.ఐ.టి రామయ్య అంటే తెలియని వారుండరు. ఆయన నా మాటను మన్నించి ముందుమాట రాసిచ్చారు. అంతే కాదు. పుస్తకాన్ని ఆసాంతం శ్రద్ధగా చదివి ఎన్నో విలువయిన సూచనలు చేశారు. ఖగోళ శాస్త్రాన్ని బాగా అధ్యయనం చేసిన మరొక వ్యక్తికి కూడా పుస్తకాన్ని చూపించమన్నది, వాటిలో ఒకటి. ఆ సలహా మేరకు ***కాలం కథని*** ***A BRIEF HISTORY OF TIME***తో సరిచూడమని నా మిత్రుడు మర్ల విజయకుమారుగారిని కోరాను. వారిద్దరూ సరిచూడగా ఇంకా తప్పులు మిగిలుంటే అవి పూర్తిగా నావి. ***కాలం కథ***తో పాటు స్టీఫెన్ హాకింగుదే మరో పుస్తకం, ***BLACK HOLES AND BABY UNIVERSES,*** ***కాలబిలాలూ పిల్లవిశ్వాలూ*** అన్న పేరుతో వెలుగు చూస్తోంది. అది వ్యాసాల సంపుటి. దానిలో విజయకుమారు గారు నా సహ అనువాదకుడు.

ఒక్క మాట. ***కాలం కథ*** అనువాదంలో నేను సైన్సు పాఠ్య గ్రంథాలను ఆదర్శంగా తీసుకోలేదు. వాటిల్లో వాక్యాలు తెలుగు వాక్యాలని అంగీకరించడానికి నేను సిద్ధంగా లేను. పాఠ్యగ్రంథకర్తలు ప్రయోగించిన పదాలన్నీ నిశ్చల నిశ్చితాలనీ అవి అత్యంత ప్రామాణికాలనీ నమ్మడానికి కూడా నేను సిద్ధంగా లేను. ఇంత సూటిగా చెప్పాల్సి వస్తున్నందుకు నన్ను పాఠ్యగ్రంథ రచయితలు మన్నించాలి. మహీధర నళినీ మోహనరావు గారిలాంటివారు తెలుగులో సహజమైన భాషలో సైన్సు పుస్తకాలను అందించలేదని కాదు. అయితే ప్రపంచ ప్రసిద్ధమైన సైన్సు గ్రంథాలు చక్కటి సహజమైన తెలుగులో వెలుగు చూడలేదన్నది నిజం. ఆ లోటు పూడ్చడానికి సాగిన ప్రయత్నాలు కూడా పెద్దగా కనిపించవు. అటువంటి ప్రయత్నానికి ప్రస్తుత పాఠ్య గ్రంథాలలో ప్రయోగిస్తున్న భాష బొత్తిగా పనికిరాదన్నదే నా విశ్వాసం.

అనువాద గ్రంథాలు చదువుతున్నప్పుడు సైతం పదాలు పాఠకుడిని పంటి కింద రాళ్లలా బాధించరాదు. అనువాదకుడు తెలుగు వాక్యం రాయాలి. తాను ప్రయోగించే పదాలు వాక్యంలో ఒదుగుతున్నాయో లేదో చూసుకోవాలి. ఇదీ నేను నమ్మిన సూత్రం. ఈ సూత్రాన్ని పాటించడంలో ఏ మేరకు సఫలమయ్యానో మీరే చెప్పాలి. మీకు ***కాలం కథ*** అనువాదం నచ్చితే ఆ విషయం నాకు రాయకపోయినా ఫర్వాలేదు. నచ్చకపోతే మాత్రం ఎందుకు నచ్చలేదో ఇ-మెయిల్ ద్వారానో మెయిల్ ద్వారానో తప్పక తెలియజేయండి.

ఎ. గాంధి

పరిచయం

మనిషి యొక్క జ్ఞాన తృష్ణ అపారమైనది. ఈ చరాచర జగత్తు గురించి, విశ్వం యొక్క పుట్టు పూర్వోత్తరాల గురించి తెలుసుకోవాలను ఆసక్తి ప్రతి ఒక్కరికీ ఉంటుంది. రోదసి, భూగోళం తదితర ఖగోళ అంశాలపై ప్రపంచ వ్యాప్తంగా దాదాపు అన్ని భాషల్లో పుస్తకాలు వెలువడ్డాయి. ప్రత్యేకించి ఆంగ్ల భాషలో అనేక పుస్తకాలు కలవు. అయితే అవి చాలా వరకు మంచి శాస్త్ర పరిజ్ఞానం కలిగిన పాఠకులకు మాత్రమే అర్థమయ్యేలా ఉన్నాయి. సాధారణ పాఠకుడిని దృష్టిలో పెట్టుకొని రాసిన పుస్తకాలు చాలా అరుదు. ప్రత్యేకించి తెలుగు భాషలో అటువంటి పుస్తకాల కొరత మరీ ఎక్కువగా ఉంది.

ప్రపంచ ప్రఖ్యాత వైజ్ఞానిక శాస్త్రవేత్త, రచయిత స్టీఫెన్ హాకింగ్ పేరుతో కాలం గురించి, విశ్వం యొక్క పుట్టు పూర్వోత్తరాల గురించి రాసిన పుస్తకం అందరి మన్ననలు పొందింది. రికార్డు స్థాయిలో అమ్ముడయింది. బిగ్‌బాంగ్ నుంచి బ్లాక్ హోల్స్ దాకా క్లిష్టమైన అంశాలన్నింటినీ సాధారణ పాఠకుడికి అర్థమయేలా సరళమైన భాషలో రాసిన పుస్తకమిది.

అటువంటి పుస్తకాన్ని *'కాలం కథ'* పేరుతో శ్రీ అన్నపనేని గాంధి తెలుగు భాషలో అనువదించటం ఆనందదాయకం. ***A BRIEF HISTORY OF TIME***ను చదివి, అర్థం చేసుకోవటానికి ఆంగ్ల భాష అడ్డొచ్చే తెలుగు పాఠకులకు చాలా సంతోషాన్ని కలిగించే విషయమిది. ఈ విశ్వం ఎక్కడి నుంచి వచ్చింది? విశ్వానికి సరిహద్దులు ఉన్నాయా? దీనికి అంతమనేది ఉందా? కాలం పుట్టు పూర్వోత్తరాలేమిటి? ఇటువంటి అంశాలను గూర్చి ఆసక్తికరంగా వివరించిన ఈ పుస్తకం ప్రతి ఒక్కరూ చదవదగ్గది.

ఒక భాషలో రాసిన పుస్తకంను మరో భాషలోకి అనువదించటమనేది చాలా శ్రమతో కూడిన పని. ప్రత్యేకించి శాస్త్రీయ గ్రంధాలను అనువదించుటకు మరింత శ్రమపడాల్సి ఉంటుంది. శాస్త్రీయ విషయాలను సాధారణ పాఠకుడిని దృష్టిలో ఉంచుకొని రాసిన పుస్తకంను తెలుగు భాషలోకి సమర్ధవంతంగా అనువదించిన శ్రీ అన్నపనేని గాంధి అభినందనీయులు.

చుక్కా రామయ్య

కృతజ్ఞతలు

హార్వర్డ్ విశ్వవిద్యాలయంలో నేను లోయబ్ లెక్చర్స్ ఇచ్చిన తర్వాత స్థలకాలాల గురించి సరళమైన భాషలో ఒక గ్రంథం రాయాలని నిర్ణయించుకున్నాను. తొలి విశ్వం గురించి, బ్లాక్ హోల్స్ గురించి తెలియజేసే గ్రంథాలు ఇప్పటికే చాలా ఉన్నాయి. వాటిలో చాలా మంచి గ్రంథాలు కూడా ఉన్నాయి. మొదటి మూడు నిమిషాలు అనే పేరుతో స్టీవెన్ వెయిన్‌బెర్గ్ రాసిన గ్రంథం ఈ కోవలోకే వస్తుంది. వీటిలో చాలా ఘోరమైన పుస్తకాలు కూడా ఉన్నాయి. నేను వాటి పేర్లు చెప్పను. విశ్వం ఎక్కడ నుంచి వచ్చింది? అది ఎలా, ఎందుకు ప్రారంభమైంది? దానికి అంతం అంటూ ఉందా? ఉంటే, ఎలా? ఇటువంటి ప్రశ్నలు నన్ను వేధించాయి. అంతరిక్ష శాస్త్రాన్ని, క్వాంటమ్ సిద్ధాంతాన్ని నేను పరిశోధించాలనుకోవడానికి ఈ ప్రశ్నలే కారణం. వీటిలో దేనికీ ఈ గ్రంథాలు సమాధానం చెప్పలేదు. ఇవన్నీ మనలో ఆసక్తిని రేకెత్తించే ప్రశ్నలే. అయితే ఆధునిక శాస్త్రం మరీ సాంకేతికంగా తయారైంది. ఈ విషయాలను వివరించే గణిత శాస్త్రంలో పట్టు సంపాదించడం అన్నది కేవలం కొద్దిమంది నిపుణులకు మాత్రమే సాధ్యం. విశ్వం పుట్టుక గురించి, దాని భవిత గురించి శాస్త్ర విజ్ఞానంతో పరిచయం లేని సామాన్య ప్రజానీకానికి సైతం అర్థమయ్యేలా చెప్పవచ్చు. ఇందుకోసం గణిత శాస్త్ర ప్రస్తావన అక్కర్లేదు. ఈ పుస్తకంలో నా ప్రయత్నం అదే. ఈ పనిలో నేను సఫలమయ్యానో లేదో పాఠకుడే చెప్పాలి.

నేను ఈ గ్రంథంలో ఒక్క సమీకరణం ప్రయోగిస్తే చాలు, అమ్మకాలు సగానికి పడిపోతాయి, అని ఎవరో అన్నారు. కనుక ఇందులో ఎటువంటి సమీకరణాలనూ ఉపయోగించకూడదని నిర్ణయించుకున్నాను. చివరిలో మాత్రం $E=mc^2$ అనే ఐన్‌స్టీన్ సుప్రసిద్ధ సమీకరణాన్ని నేను వాడాను. దీనివల్ల నా పాఠకుల్లో సగం మంది బెదిరిపోరనే ఆశిస్తున్నాను.

ALS అనే జబ్బు నాకు వచ్చింది. దీనినే **Motor Neuron** అని కూడా అంటారు. ఈ దురదృష్టం మినహా, దాదాపు మిగిలిన అన్ని అంశాలలోనూ నేను అదృష్టవంతుడినే. నా భార్య జేన్, నా పిల్లలు రాబర్ట్, లూసీ, టిమ్మీలు నాకందించిన సహకారం వల్లనే దాదాపుగా ఇబ్బందులు లేని జీవితాన్ని నేను కొనసాగించగలిగాను. కనుకనే నా వృత్తిలో నేను సఫలమయ్యాను. నా బుర్రంతా నిండి ఉన్నది భౌతిక

శాస్త్రమే. దానిని నేను ఎంచుకోవడం కూడా నా అదృష్టమే. కనుక నా జబ్బు నాకు పెద్ద ఆటంకం కాలేదు. అంతేకాదు. శాస్త్ర రంగంలో నా సహచరులంతా నాకు ఎంతో సహాయకారులుగా ఉన్నారు.

నా పనిలో మొదటిది 'క్లాసికల్' దశ. అప్పుడు నా ప్రధాన సహచరులు రోజర్ పెన్‌రోజ్, రాబర్ట్ జెరోక్, బ్రాండన్ కార్టర్, జార్జ్ ఎల్లీస్‌లు. వారు నాకిచ్చిన తోడ్పాటుకీ మేమంతా కలసి చేసిన కృషికీ వారికి నా కృతజ్ఞతలు. *ది లార్జ్ స్కేల్ స్ట్రక్చర్ ఆఫ్ స్పేస్‌టైమ్* (స్థలకాల బృహద్రూప నిర్మాణం) అనే గ్రంథాన్ని నేను ఎల్లీస్‌తో కలసి 1973లో రాశాను. నా మొదటి దశ కృషి సారాంశమంతా ఈ గ్రంథంలో ఉంది. ఈ పుస్తకం చదవమని నేను *కాలం కథ* పాఠకులకి సూచించను. ఎందుకంటే, ఆ పుస్తకం పూర్తిగా సాంకేతిక పదజాలంతో నిండి ఉంటుంది. అది ఏమాత్రం సులభ గ్రాహ్యం కాదు.

నా కృషిలో రెండో దశ 'క్వాంటమ్' దశ. అది 1974 నుంచి ప్రారంభమైంది. అప్పటి నుంచి నా ప్రధాన సహచరులు గ్యారీ గిబ్బన్స్, డాన్ పేజ్, జిమ్ హార్టిల్. నేను వారికి ఎంతో రుణపడి ఉన్నాను. నా రీసెర్చి విద్యార్థులు నాకు ఎంతో సహాయం చేశారు. భౌతికంగానూ, సైద్ధాంతికంగానూ కూడా. వారికి నా కృతజ్ఞతలు. నేను వెనకబడిపోకుండా వారితో పాటు నిత్య పరిశోధనలో ఉండాల్సి రావడం నాకు గొప్ప ప్రేరణ. ఒక మూలన మురిగిపోకుండా నన్ను అది కాపాడిందని నేను అనుకుంటాను.

ఈ గ్రంథ రచనలో బ్రియాన్ విట్ నాకు ఎంతో సాయం చేశాడు. అతడు నా విద్యార్థుల్లో ఒకరు. 1985లో నాకు న్యుమోనియా వచ్చింది. అప్పటికి నేను పుస్తకం తొలి చిత్తు కాపీ రాశాను. తర్వాత నాకు ట్రాకియోస్టమీ ఆపరేషన్ జరిగింది. దానితో నా మాట పడిపోయింది. నా భావాలను వ్యక్తం చేయడం దాదాపు అసాధ్యమైపోయింది. పుస్తకాన్ని ఇక నేను పూర్తిచేయలేనేమో అనుకున్నాను. అయితే, పుస్తకాన్ని తిరిగి రాయడంలో బ్రియాన్ నాకు ఎంతో సాయం చేశాడు. అంతేకాదు. *లివింగ్ సెంటర్* పద్ధతిని ఉపయోగించి నేను నా భావాలను వ్యక్తం చేయడానికి అలవాటుపడేలా కూడా అతను సాయం చేశాడు. *లివింగ్ సెంటర్‌*ని వర్డ్స్ ప్లస్ కంపెనీకి చెందిన వాల్ట్ వల్టోజ్ నాకు బహూకరించారు. ఈ సంస్థ కాలిపోర్నియాలో సన్నీవేల్‌లో ఉంది. దీని సాయంతో నేను పుస్తకాలు, పత్రాలు రాయగలను. స్పీచ్ ప్లస్ అనే సంస్థ నాకు స్పీచ్ సింథసైజర్‌ని బహూకరించింది. ఈ సంస్థ కూడా కాలిపోర్నియాలో సన్నీవేల్‌లోనే

ఉంది. సింథసైజర్ సాయంతో నేను ఇప్పుడు మాట్లాడగలను. నా వీల్‌చైర్ పైన సింథసైజర్‌ని, ఒక పర్సనల్ కంప్యూటర్‌ని అమర్చిన వ్యక్తి డేవిడ్ మేసన్. వీటన్నింటి వల్ల నా జీవితం పూర్తిగా మారిపోయింది. నిజానికి నా కంఠం పోవడానికి ముందుకంటే ఇప్పుడు మరింత బాగా నేను నా భావాలను వ్యక్తం చేయగలను.

ఈ గ్రంథం ప్రచురించడానికి ముందు అనేకమంది నా తొలి రాత ప్రతులను చూశారు. పుస్తకాన్ని మరింత మెరుగులు దిద్దడానికి వారు సూచనలు చేశారు. వారిలో పీటర్ గుజ్జారిడీ ముఖ్యుడు. బాంటమ్ బుక్స్ సంస్థలో నా పుస్తకానికి సంపాదకుడు ఆయనే. ఆయన పేజీలకు పేజీలు వ్యాఖ్యానాలు రాశాడు. నేను సరిగా వ్యక్తం చేయలేదని ఆయన భావించిన అంశాలన్నింటి గురించి వివరాలు అడిగాడు. నా పుస్తకంలో మార్పులు చేయాల్సిన అంశాల గురించి చాంతాడంత జాబితాను ఏకరువు పెట్టాడు. మొదట నాకు ఇదంతా చికాకు పుట్టించిన మాట నిజం. ఆయన నా ముక్కుని నేల రాయించాడు. అయినా ఆయన పద్ధతే సబబు. సరైనది. అందువల్లనే ఇది మరింత మెరుగైన పుస్తకంగా తయారైంది.

నా అసిస్టెంట్లు కోలిన్ విలియమ్స్, డేవిడ్ థామస్, రేమాండ్ లాఫ్లామ్‌లకు నా కృతజ్ఞతలు. నా సెక్రటరీలు జుడీ ఫెలా, ఆన్‌రాల్ఫ్, చెరిల్ బిల్లింగ్టన్, స్యూ మాసీలకూ, నా నర్సుల బృందానికీ నా కృతజ్ఞతలు. గాన్ విల్లీ అండ్ కెయిస్ కాలేజ్, సైన్స్ అండ్ ఇంజనీరింగ్ రీసెర్చ్ కౌన్సిల్, లెవర్ హుల్మే, మెకర్థర్, నుఫీల్డ్, రాల్ఫ్ స్మిత్ ఫౌండేషన్- ఈ సంస్థలన్నీ నా పరిశోధనకు, నా వైద్య ఖర్చులకు అవసరమైన సాయాన్ని అందించాయి. ఆ సాయం లేకుండా నా కృషిలో ఏదీ సాధ్యపడి ఉండేది కాదు. అందుకే వారికి నా కృతజ్ఞతలు.

-స్టీఫెన్ హాకింగ్,
1987 అక్టోబర్ 20.

ముందుమాట

ప్రపంచం గురించి దాదాపు ఏమీ తెలియకుండానే మనం రోజువారీ పనుల్లో పడిపోతూ ఉంటాం. భూమిమీద ప్రాణరాసికి ఆధారమైన సూర్యకాంతి ఎలా తయారవుతోంది? భూమికి మనల్నందరినీ ఏ శక్తి అతికించి ఉంచుతోంది? అలా కాకుండా ఉంటే మనం ఎప్పుడో విశ్వాంతరాళంలోకి విసిరివేయబడి ఉండేవాళ్లం గదా. మన దేహాలు అణు నిర్మితాలు. అణువుల స్థిరత్వం మీదే మౌలికంగా మనం ఆధారపడి ఉన్నాం. ఆ అణువులను ఏ శక్తి నిలబెట్టి ఉంచుతోంది? ప్రకృతి ఇప్పుడున్న పద్ధతిలోనే ఎందుకు ఉంది? విశ్వం ఎక్కడ నుంచి వచ్చింది? అది ఎప్పుడూ అక్కడే ఉందా? కాలం ఏదో ఒక రోజున వెనకకు కూడా ప్రవహిస్తుందా? అప్పుడు కార్యాలను కారణాలు అనుసరిస్తాయా? మనుషులు తెలుసుకోగలిగిన దానికి అంతిమ పరిమితులు ఏమైనా ఉన్నాయా? ఈ ప్రశ్నల గురించి మనలో చాలా తక్కువ మంది సమయం వెచ్చిస్తారు. పిల్లలు ఇందుకు మినహాయింపు. అయితే ప్రధానమైన ప్రశ్నలను అడగడానికి తగినంతగా వారికి విషయం తెలియదు. నేను కొంతమంది పిల్లలను కలిశాను. బ్లాక్ హోల్ అంటే ఎలా ఉంటుందని వారు అడిగారు. పదార్థంలో అన్నింటి కంటే చిన్నదేమిటి అని అడిగారు. మనకు గతమే ఎందుకు గుర్తుంటుంది? భవిష్యత్తు ఎందుకు గుర్తుండదు? ఇంతకుముందు విశ్వం కల్లోలంగా ఎందుకు ఉండింది? ఇప్పుడు కొంత క్రమ పద్ధతిలో ఉన్నట్టు కనిపిస్తుంది. అది ఎలా జరిగింది? అసలు విశ్వం ఎందుకు ఉంది? ఇవన్నీ తెలుసుకోవాలన్న కుతూహలాన్ని ఆ పిల్లలు ప్రదర్శించారు.

ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానంగా తల్లిదండ్రులు, ఉపాధ్యాయులు భుజాలెగరేస్తారు. మన సమాజంలో అది మామూలే. లేదంటే అస్పష్టంగా ఉండే మత భావాలను గుర్తుచేసుకుని ఏదో చెప్పడానికి ప్రయత్నిస్తారు. ఈ ప్రశ్నలు విన్నప్పుడు కొంతమందికి చాలా చికాకుగా ఉంటుంది. ఎందుకంటే, ఇవి మానవ అవగాహన పరిమితులను అంతగా బయటపెట్టేస్తాయి, మరి.

అయితే ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానాలను వెతకడంలోనే తత్వశాస్త్రమూ, విజ్ఞాన శాస్త్రమూ పురోగమించాయి. పెద్దవాళ్లలో సైతం అనేకమంది ఇప్పుడు ఇటువంటి ప్రశ్నలను అడుగుతున్నారు. అన్వేషిస్తున్నారు. అప్పుడప్పుడూ వారికి లభిస్తున్న సమాధానాలు అత్యంత ఆశ్చర్యకరంగా ఉంటున్నాయి. మనం ఇటు అణువులకు,

అటు నక్షత్రాలకు నడుమ సమదూరంలో ఉన్నాం. మన పరిశోధనా పరిధులు విస్తరిస్తూనే ఉన్నాయి. విశ్వంలో అతి చిన్న దానినీ అతి పెద్ద దానినీ ఆలింగనం చేసుకోవడమే మన లక్ష్యం.

అంగారక గ్రహంలో వైకింగ్ అంతరిక్ష నౌక కాలుపెట్టడానికి సుమారు రెండేళ్లకు ముందు సంగతి ఇది. 1974 వసంత కాలంలో నేను ఇంగ్లండులో ఒక సమావేశానికి హాజరయ్యాను. అది లండన్‌కి చెందిన రాయల్ సొసైటీ వారి ఆధ్వర్యంలో జరిగింది. ఇతర గ్రహాలలో జీవం ఉందో లేదో ఎలా పసిగట్టాలి అన్న విషయంపైన మాట్లాడడానికి నేను ఆ సమావేశానికి వెళ్లాను. విరామ సమయంలో నేను ఒక విషయం గమనించాను. మా సమావేశం జరుగుతున్న హాలుకి పక్క హాలులో చాలా పెద్ద సమావేశం మరోటి జరుగుతోంది. ఏమిటో చూద్దామన్న ఆసక్తితో నేను ఆ హాలులో ప్రవేశించాను. ఒక సాంప్రదాయకమైన ఉత్సవం జరుగుతోంది అక్కడ. కొత్తగా ఆ ఏడాది రాయల్ సొసైటీ కొంతమందికి ఫెలోషిప్ ప్రదానం చేస్తోంది. ఆ సందర్భంగా జరుగుతున్న ఉత్సవమది. రాయల్ సొసైటీ అన్నది భూగోళంలో అత్యంత ప్రాచీనమైన పండిత సంస్థలలో ఒకటి. ముందు వరసలో ఒక యువకుడు వీల్‌ఛైర్‌లో కూర్చొని ఉన్నాడు. ఆయన ఒక పుస్తకంలో నెమ్మదిగా తన సంతకం చేస్తున్నాడు. ఐజాక్ న్యూటన్ సంతకం కూడా ఆ పుస్తకం తొలి పేజీల్లో ఎక్కడో ఉంది. ఆయన సంతకం చేయడం పూర్తికాగానే అక్కడకు హాజరైన సభ్యుల కరతాళ ధ్వనులతో హాలు మార్మోగిపోయింది. అప్పటికే స్టీఫెన్ హాకింగ్ సుప్రసిద్ధుడు.

హాకింగ్ ఇప్పుడు కేంబ్రిడ్జి విశ్వవిద్యాలయంలో గణిత శాస్త్ర ప్రొఫెసర్. ఆ పదవిని ఒకప్పుడు న్యూటన్ అలంకరించాడు. ఆ తర్వాత పి.ఎ.ఎం.డిరాక్ దానిని స్వీకరించాడు. వీరిద్దరూ అత్యంత సుప్రసిద్ధులైన పరిశోధకులు. ఒకరు విశ్వంలో అతి పెద్ద దానిని పరిశోధించారు. మరొకరు అతి చిన్న దానిని పరిశోధించారు. హాకింగ్ వారికి అర్హుడైన వారసుడు. శాస్త్ర విషయాల పరిజ్ఞానం పెద్దగా లేని పాఠకుల కోసం హాకింగ్ రాసిన మొదటి గ్రంథమిది. ఇది పాఠకులకు ఎన్నో వరాలు ఇస్తుంది. రచయిత ఇందులో ఎన్నో అంశాలను క్లుప్తంగా పరిచయం చేశాడు. అవి రేకెత్తించే ఆసక్తితో పాటు ఆయన మస్తిష్కం పని చేస్తున్న తీరు కూడా పాఠకుల్లో ఎంతో ఆసక్తిని కలిగిస్తుంది. భౌతిక శాస్త్రం, ఖగోళ శాస్త్రం, అంతరిక్ష శాస్త్రాలను ఈ గ్రంథం సులభ శైలిలో వెల్లడించింది. సాహసం అన్నదాని పరిధులను కూడా అది మనకు తెలియ జేస్తుంది.

ఇది భగవంతుని గురించిన గ్రంథం కూడా... బహుశా దేవుడు లేకపోవడాన్ని గురించి చెప్పిన పుస్తకం. ఈ పేజీల నిండా దేవుడు అన్న పదం ఉంటుంది. విశ్వాన్ని సృష్టించడంలో దేవుడికి ఇంకా వేరే అవకాశాలు ఉన్నాయా అన్న ఐన్‌స్టీన్ సుప్రసిద్ధ ప్రశ్నకు హాకింగ్ సమాధానం చెప్పడానికి ప్రయత్నించాడు. దేవుడి మస్తిష్కాన్ని అర్థం చేసుకోవడానికి హాకింగ్ ఇక్కడ ప్రయత్నిస్తున్నాడు. ఆ విషయాన్ని ఆయన స్పష్టంగానే ప్రకటించాడు. అందుకే ఆయన నిర్ధారణ అనూహ్యంగా కనిపిస్తుంది. తన కృషి ఫలితంగానే ఆయన ఈ నిర్ధారణకు వచ్చాడు. కనీసం ఇప్పటి వరకూ ఆయన నిర్ధారణ ఇది: అదేమంటే, విశ్వానికి సరిహద్దులు, అంచులు లేవు. కాల ప్రవాహంలో ఆదీ లేదు, అంతమూ లేదు. సృష్టికర్త చేయదానికంటూ ఏమీ లేనే లేదు.

-కార్ల్ సగాన్,
కార్నెల్ విశ్వవిద్యాలయం,
ఇథాకా, న్యూయార్క్

1

మనకు తెలిసిన విశ్వం

ఒకానొక సుప్రసిద్ధ శాస్త్రవేత్త ఒకసారి ఖగోళ శాస్త్రంపైన ప్రసంగించాడు. ఆ శాస్త్రవేత్త బెర్ట్రండ్ రస్సెల్ అని కొందరు అంటారు. భూమి సూర్యుని చుట్టూ ఎలా తిరుగుతుందో ఆయన చెప్పాడు. పాలపుంత అనే నక్షత్ర మండల కేంద్ర బిందువు చుట్టూ సూర్యుడు ఎలా పరిభ్రమిస్తాడో వర్ణించాడు. ప్రసంగం పూర్తయింది. హాలు చివరిలో కూర్చున్న ఒక ముసలావిడ లేచి నిలబడి ఇలా అంది: 'మీరు చెప్పిందంతా చెత్త. భూమి ఒక చదునైన ప్లేటు లాగా బల్ల పరుపుగా ఉంటుంది. అది ఒక పెద్ద తాబేలు వీపు మీద ఉంటుంది'. శాస్త్రవేత్త తన ఆధిక్యతను సూచించే చిరునవ్వుతో ఇలా అడిగాడు: 'మరి ఆ తాబేలు దేని మీద నిలబడింది?' వెంటనే ఆ ముసలావిడ ఇలా అంది: 'నువ్వు చాలా తెలివైన కుర్రాడివే. కాని, కింద వరకూ ఒక దాని కింద ఒకటి అన్నీ తాబేళ్లే!'

మన విశ్వాన్ని ఒక అనంతమైన తాబేళ్ల గోపురంగా ఊహించడం హాస్యాస్పదమని చాలామంది అనుకుంటారు. అయితే అంతకంటే మనకు బాగా తెలుసని ఎందుకనుకోవాలి? అసలు విశ్వం గురించి మనకు ఏమి తెలుసు? ఎలా తెలుసు? విశ్వం ఎక్కడ నుంచి వచ్చింది? ఎక్కడకు పోతోంది? విశ్వం అనే దానికి ఒక ఆరంభం ఉందా? ఉంటే, అంతకుముందు ఏమి జరిగింది? కాలం అనే దాని స్వభావం ఏమిటి? అది ఎప్పటికైనా అంతం అవుతుందా?

ఇటీవల కాలంలో భౌతిక శాస్త్రంలో అద్భుతమైన కొత్త సాంకేతిక పరిణామాలు వచ్చాయి. ఒక మేరకు, వాటి వల్ల ఎన్నో గొప్ప ఆవిష్కరణలు సాధ్యమయ్యాయి. ఎంతో కాలంగా మనను నిలదీస్తున్న ఈ ప్రశ్నలలో కొన్నిటికి అవి సమాధానం చెప్పాయి. సూర్యుడి చుట్టూ భూమి తిరగడం అన్నది ఎంత స్పష్టంగా ఉందో ఈ సమాధానాలు కూడా కొంత కాలానికి అంతే స్పష్టంగా కనిపించవచ్చు. లేదా తాబేళ్ల గోపురంలాగా హాస్యాస్పదంగానూ కనిపించవచ్చు. దానిని కాలమే తేలుస్తుంది, కాలానికి అర్థం ఏదైనప్పటికీ.

క్రీస్తు పూర్వం 340 లోనే గ్రీకు తత్వవేత్త అరిస్టాటిల్ భూమి గుండ్రంగా ఉందని భావించాడు. అది బల్లపరుపుగా లేదని ఆయన చెప్పాడు. ఆన్ ది హెవెన్స్ అనే తన

గ్రంథంలో ఆయన ఈ విషయం తెలియజేశాడు. దానిని సమర్థిస్తూ ఆయన రెండు వాదనలను మన ముందుంచాడు. సూర్యుడికి, చంద్రుడికి మధ్య భూమి రావడం వల్ల చంద్ర గ్రహణం ఏర్పడుతుందని ఆయన గ్రహించాడు. చంద్రునిపైన భూమి నీడ ఎప్పుడూ గుండ్రంగా ఉండడాన్ని కూడా ఆయన గమనించాడు. భూమి వృత్తాకారంలో ఉంటేనే అది సాధ్యపడుతుంది. భూమి బల్లపరుపుగా ఉన్నట్టయితే, సూర్యుడు సరిగా భూమి కేంద్ర బిందువుకి అడుగున ఉన్నప్పుడు మాత్రమే చంద్రునిపై భూమి నీడ గుండ్రంగా ఉండే అవకాశం ఉంది. లేదంటే అది ఒక వైపు సాగుతుంది. లేదా దీర్ఘ వృత్తాకారంలో ఉండాలి. ఇది మొదటి వాదన.

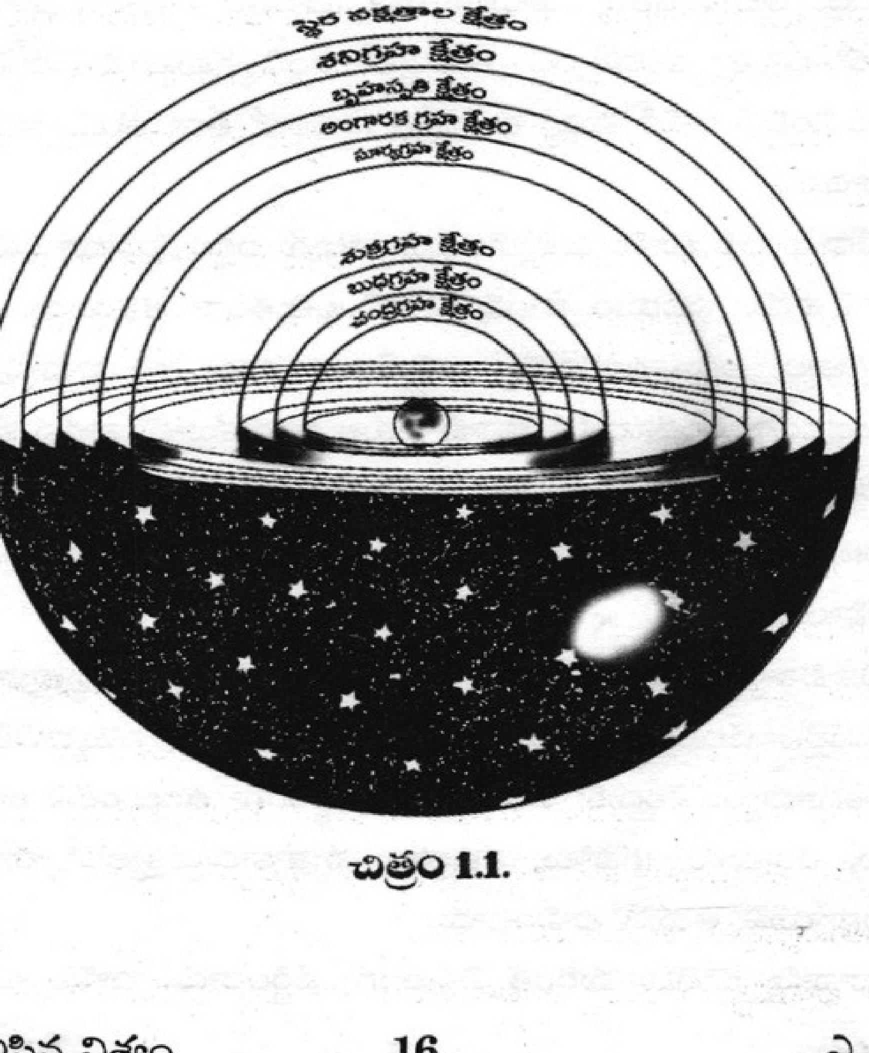
ధ్రువ తార ఉత్తర ప్రాంతంలో ఉండి చూసినప్పటి కంటే దక్షిణ ప్రాంతంలో ఉండి చూసినప్పుడు ఆకాశంలో దిగువన ఉన్నట్టు కనిపిస్తుంది. ఇది గ్రీకులు తమ పర్యాటనలలో గ్రహించిన అంశం. ధ్రువ తార ఉత్తర ధ్రువంపైన ఉంటుంది. కనుక ఉత్తర ధ్రువం దగ్గర నిలబడి చూస్తే అది సరిగా ఆకాశంలో నెత్తి మీద ఉన్నట్టు కనిపిస్తుంది. అదే నక్షత్రం భూమధ్య రేఖా ప్రాంతం నుంచి గమనిస్తే ఆకాశం అంచులలో ఉన్నట్టు కనిపిస్తుంది. ఈజిప్టులో ఉండి గమనించిన దానికీ, గ్రీసులో ఉండి గమనించిన దానికీ మధ్య ఈ నక్షత్ర స్థానంలో తేడా ఉంది. ఇది అరిస్టాటిల్ రెండో వాదన.

ఈ తేడాను బట్టి భూమి చుట్టుకొలతను నాలుగు లక్షల స్టేడియా అని అరిస్టాటిల్ అంచనా వేశాడు. స్టేడియం పొడవు ఎంతో ఖచ్చితంగా తెలియదు. అది రెండు వందల గజాలు అయి ఉండవచ్చు. ఇప్పటి అంచనాకు అది దాదాపు రెట్టింపు. భూమి గుండ్రంగా ఉందనడానికి ఆనాటి గ్రీకుల దగ్గర మూడో వాదన కూడా ఉంది. సముద్రంలో నౌక ఎక్కడో దూరాన ఉన్నపుడు, తెర చాప మాత్రమే ముందుగా కనిపిస్తుంది. ఆ తర్వాతనే నౌక కనిపిస్తుంది. భూమి గుండ్రంగా ఉంటేనే అది సాధ్యమని వారు గ్రహించారు.

భూమి విశ్వానికి కేంద్ర బిందువని అరిస్టాటిల్ నమ్మాడు. వృత్తాకార చలనమే అసలు సిసలైన చలనమని కూడా ఆయన నమ్మాడు. ఈ నమ్మకానికి కారణాలు మాత్రం అనూహ్యం. ఎందుకో ఆయన భూమి స్థిరంగా ఉంటుందని అనుకున్నాడు. సూర్యుడు, చంద్రుడు, గ్రహాలు, నక్షత్రాలు వృత్తాకార కక్ష్యలలో భూమి చుట్టూ తిరుగుతున్నాయని ఆయన భావించాడు.

ఈ భావాన్ని టోలెమీ మరింత విపులంగా వర్ణించాడు. దానిని ఒక సంపూర్ణ

అంతరిక్ష నమూనాగా ఆయన రూపొందించాడు. ఆయన క్రీస్తు శకం రెండో శతాబ్దంలో జీవించాడు. ఈ నమూనా ప్రకారం కేంద్ర స్థానంలో భూమి ఉంటుంది. దాని చుట్టూ ఎనిమిది పరిధులుంటాయి. వీటిలో చంద్రుడు, సూర్యుడు, నక్షత్రాలు, ఐదు గ్రహాలు పరిభ్రమిస్తూ ఉంటాయి. అవి మెర్క్యురీ, శుక్రుడు, అంగారకుడు, బృహస్పతి, శని. అప్పటికి ఈ గ్రహాలే తెలుసు. దీని ప్రకారం గ్రహాలు చిన్న ఆవృత్తాలలో పరిభ్రమిస్తాయి. ఆకాశంలో అవి పయనించే మార్గాలు సంక్లిష్టం. వాటి పథాలకు అనుగుణంగా ఈ చిత్రం ఉంటుంది. అన్నింటికంటే వెలుపల ఉన్న పరిధిలో స్థిర నక్షత్రాలు అనబడేవి ఉంటాయి. అవి ఒకదానికి సంబంధించి మరొకటి స్థిరమైన స్థానాల్లో ఉంటాయి. అవి అన్నీ కలసి ఆకాశంలో పరిభ్రమిస్తాయి. ఈ చివరి పరిధికి ఆవల ఏముందో ఎప్పుడూ టోలెమీ స్పష్టం చేయలేదు. మనిషి గమనించగలిగిన విశ్వంలో అది భాగం కాదన్నది మాత్రం ఖాయం.



చిత్రం 1.1.

ఆకాశంలో గ్రహాల స్థానాలను దాదాపు ఖచ్చితంగా ఊహించడానికి తగిన నమూనాను టోలెమీ సమకూర్చాడు. ఈ స్థానాలను సరిగా అంచనా కట్టడానికి వీలుగా చంద్రుడు పయనించిన మార్గం గురించి టోలెమీ మరో ఊహ కూడా చేశాడు. మిగిలిన సందర్భాల కంటే చంద్రుడు అప్పుడప్పుడూ భూమికి రెట్టింపు సన్నిహితంగా వస్తాడన్నదే ఆ ఊహ. దాని ప్రకారం చంద్రుడు కొన్ని సందర్భాల్లో రెట్టింపు పరిమాణంలో కనిపించాలి మరి! టోలెమీ ఈ పొరపాటును గుర్తించాడు. అయినా ఆయన నమూనాని సార్వత్రికంగా అని చెప్పలేముకాని, దాదాపు అందరూ ఆమోదించారు. ఈ నమూనాను సరైన విశ్వ చిత్రంగా చర్చి స్వీకరించింది. ఆ వర్ణన *ఆది గ్రంథా*నికి అనుగుణంగా ఉందని చర్చి భావించింది. ఆ నమూనాలో, స్థిర నక్షత్రాలుండే చివరి పరిధికి ఆవల స్వర్గ నరకాలకు కావాల్సినంత అవకాశం ఉంది, మరి.

దీనికంటే మరింత సరళమైన నమూనా 1514లో నికలస్ కోపెర్నికస్ ప్రతిపాదించాడు. ఆయన పోలిష్ క్రైస్తవ పూజారి. మొదట, కోపెర్నికస్ దానిని మారుపేరుతో ప్రతిపాదించాడు. చర్చి తనను మత వ్యతిరేకి అని ముద్ర వేస్తుందనే భయంతో కావచ్చును. ఆయన భావం ప్రకారం సూర్యుడు కేంద్ర స్థానంలో ఉంటాడు, స్థిరంగా. భూమి, ఇతర గ్రహాలు సూర్యుని చుట్టూ వృత్తాకార కక్ష్యలలో తిరుగుతాయి. ఈ భావనను ఇతర పరిశోధకులు సీరియస్‌గా పట్టించుకోవడానికి సరిగా శతాబ్ద కాలం పట్టింది.

కోపెర్నికస్ ఊహించిన కక్ష్యలు ఆ తర్వాత చేసిన పరిశీలనకు పూర్తిగా సరితూగ లేదు. అయినప్పటికీ జొహాన్నెస్ కెప్లర్, గెలీలియో గెలీలీ అనే ఇద్దరు శాస్త్రవేత్తలు కోపెర్నికస్ సిద్ధాంతాన్ని వేర్వేరుగా, బహిరంగంగా సమర్థించారు. కెప్లర్ జర్మన్ దేశస్థుడు. గెలీలియో ఇటలీ వాసి. అరిస్టాటిల్, టోలెమీల సిద్ధాంతానికి 1609లో మొట్టమొదటిసారి చావుదెబ్బ తగిలింది. ఆ ఏడాదే గెలీలియో రాత్రిపూట ఆకాశాన్ని టెలిస్కోప్‌తో పరిశీలించడం ప్రారంభించాడు. టెలిస్కోప్ అప్పుడే కొత్తగా కనుగొన్నారు. ఆయన బృహస్పతిని గమనించాడు. దాని చుట్టూ కక్ష్యలలో అనేక ఉప గ్రహాలు (చందమామలు) పరిభ్రమిస్తున్నట్టుగా ఆయన గ్రహించాడు. కనుక అరిస్టాటిల్, టోలెమీలు ఊహించినట్టుగా విశ్వంలో ప్రతిదీ భూమి చుట్టూ పరిభ్రమించనక్కర్లేదని అర్థమైంది. (అయితే కేంద్ర స్థానంలో భూమి స్థిరంగా ఉందని, జూపిటర్ ఉప గ్రహాలు జూపిటర్ చుట్టూ తిరుగుతున్నట్టు కనిపిస్తూనే అత్యంత క్లిష్టమైన పథాలలో

భూమి చుట్టూ తిరుగుతున్నాయని, నమ్మడానికి ఇంకా ఆస్కారం మిగిలే ఉంది. ఏమైనప్పటికీ, కోపెర్నికస్ సిద్ధాంతం దానికంటే బాగా సరళం). కోపెర్నికస్ సిద్ధాంతంలో కెప్లర్ మార్పులు చేశాడు. గ్రహాలు వృత్తాకారాల్లో కాకుండా దీర్ఘ వృత్తాకారాల్లో తిరుగుతున్నాయని ఆయన సూచించాడు. (వృత్తాన్ని సాగలాగితే దీర్ఘ వృత్తాకారం అవుతుంది) ఇప్పుడు చివరికి సిద్ధాంత పరంగా చేసిన ఊహలు, పరిశీలించిన అంశాలతో సరితూగాయి.

దీర్ఘ వృత్తాకార కక్ష్యలు అన్న ప్రతిపాదన కెప్లర్ దృష్టిలో కేవలం తాత్కాలిక ప్రతిపాదన మాత్రమే. నిజానికి ఆ ప్రతిపాదనను ఆయన చాలా అయిష్టంగానే చేశాడు. ఎందుకంటే వృత్తాకార పరిభ్రమణమే అసలైన చలనమని ఆయన కూడా నమ్మాడు. దీర్ఘవృత్తాకార చలనం అసమగ్రమని ఆయన భావించాడు. దీర్ఘవృత్తాకార కక్ష్యలు పరిశీలించిన అంశాలతో సరితూగుతున్నాయి. ఈ విషయాన్ని ఆయన అనుకోకుండా కనుగొన్నాడు. సూర్యుని చుట్టూ గ్రహాలు పరిభ్రమించేలా చేసేది అయస్కాంత శక్తులే అన్నది ఆయన అవగాహన. దీర్ఘవృత్తాకార చలనం అనే తన ప్రతిపాదనకీ తన ఈ అవగాహనకీ మధ్య మాత్రం ఆయన రాజీ కుదర్చలేకపోయాడు.

ఈ సమస్యకు చాలా తర్వాత కాలంలో మాత్రమే వివరణ లభించింది. సర్ ఐజాక్ న్యూటన్ 1687లో తన గ్రంథాన్ని ప్రచురించాడు. దాని పేరు ఫిలాసఫియే *నేచురలిస్ ప్రిన్సిపియా మాథమాటికా*. భౌతిక శాస్త్రాల్లో ప్రచురించిన గ్రంథాలు అన్నింటిలోకీ ఇది బహుశా అత్యంత ప్రధానమైనది. స్థల కాలాలలో bodies ఎలా చలనంలో ఉంటాయో తెలిపే తన సిద్ధాంతాన్ని న్యూటన్ ఈ గ్రంథంలో ప్రతిపాదించాడు. అంతేకాదు. ఈ చలనాలను విశ్లేషించడానికి అవసరమైన సంక్లిష్ట గణిత శాస్త్రాన్ని కూడా ఆయన అభివృద్ధి చేశాడు. దానితోపాటు విశ్వ గురుత్వాకర్షణా నియమాన్ని న్యూటన్ ప్రతిపాదించాడు. ఈ నియమం ప్రకారం విశ్వంలో ప్రతి body ఇతర body ని ఆకర్షిస్తుంది. అన్నిటితోనూ ఆకర్షించబడుతుంది. ఆ body పరిమాణం ఎంత ఎక్కువగా ఉంటే ఆకర్షణ అంత ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఆ bodies మధ్య దూరం ఎంత తక్కువగా ఉంటే ఆకర్షణ అంత ఎక్కువగా ఉంటుంది. వస్తువులు నేలపై పడేలా చేసే శక్తి ఇదే. (న్యూటన్ తలపై పడిన ఒక ఆపిల్ పండు ఆయనకు ప్రేరణ ఇచ్చింది అన్న కథ నిజం కాకపోవచ్చు. 'తాను ఆలోచనలో మునిగి ఉన్నప్పుడు' గురుత్వాకర్షణ అన్న భావన తనకు స్ఫురించిందని, సరిగా అదే సమయంలో 'ఒక ఆపిల్ పడిందని' న్యూటన్ పేర్కొన్నాడు. ఆయన అంతకుమించి

ఏమీ చెప్పలేదు. గురుత్వాకర్షణ కారణంగానే చంద్రుడు భూమి చుట్టూ దీర్ఘవృత్తాకారంలో కదులుతున్నాడని ఆయన రుజువు చేశాడు. అదే కారణం వల్ల భూమి, ఇతర గ్రహాలు సూర్యుడి చుట్టూ దీర్ఘవృత్తాకార పథంలో పరిభ్రమిస్తున్నాయని కూడా ఆయన చూపించాడు.

భూమి చుట్టూ టోలెమీ ఊహించిన ఆకాశ గోళ పరిధుల్ని కోపెర్నికస్ ప్రతిపాదించిన నమూనా వదిలించుకుంది. అంతేకాదు. విశ్వానికి ఒక సహజమైన సరిహద్దు ఉందన్న భావనను కూడా అది వదిలించుకుంది. ఆకాశంలో భూమి తన కక్ష్య మీద తాను తిరగడం వల్ల అవి కూడా పరిభ్రమించినట్టు కనిపించడం తప్ప స్థిర నక్షత్రాలు' తమ స్థానాలను మార్చుకుంటున్నట్టు కనిపించవు. కనుక స్థిర నక్షత్రాలు కూడా మన సూర్యుడి లాంటివే అని ఊహించడం సాధ్యమైంది. కాకుంటే, అవి బాగా దూరంలో ఉన్నాయి.

న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతం ప్రకారం నక్షత్రాలు ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుకుంటాయి. కనుక అవి చలనరహితంగా ఉండజాలవు. ఏదోఒక బిందువు దగ్గర ఆ నక్షత్రాలన్నీ పతనంకావా మరి? ఈ విషయాన్ని న్యూటన్ స్వయంగా గ్రహించాడు. ఆయన 1691లో రిచర్డ్ బెంట్లీ అనే ఆనాటి మరో సుప్రసిద్ధ మేధావికి ఆయన ఒక లేఖ రాశాడు. ఒక పరిమిత అంతరిక్ష ప్రాంతంలో పరిమిత సంఖ్య గల నక్షత్రాలు ఉండి ఉంటే పరస్పర గురుత్వాకర్షణ వల్ల అవి ఒక బిందువు దగ్గర పడిపోయి ఉండే మాట నిజమేనని న్యూటన్ అంగీకరించాడు. అయితే అనంతమైన అంతరిక్షమంతటా అనంతంగా ఉన్న నక్షత్రాలు దాదాపు ఒకే తీరున విభజితమై ఉన్నాయి, కాబట్టి అవి అలా పడిపోవు, ఎందుకంటే వాటికి ఒక కేంద్ర బిందువు అంటూ ఏదీ లేదు గదా, అని ఆయన వాదించాడు.

అనంతం గురించి మాట్లాడుతున్నప్పుడు మనం ఎటువంటి పొరపాట్లు చేస్తామో చెప్పడానికి ఈ వాదన ఒక ఉదాహరణ. ఒక అనంత విశ్వంలో ప్రతి బిందువు కేంద్ర బిందువే అవుతుంది. ఎందుకంటే ప్రతి బిందువుకి అటూ ఇటూ కూడా అనంత సంఖ్యలో నక్షత్రాలుంటాయి. ఈ విషయంలో, అనంతమైన పరిస్థితిని గాక అంతమున్న నిర్దిష్ట పరిస్థితినే పరిగణించాలి. అనుసరించాల్సిన సరైన వైఖరి ఇదే. ఈ సంగతిని కొంతకాలం తర్వాత మాత్రమే గ్రహించారు. అనంతం కాని అటువంటి పరిస్థితిలో నక్షత్రాలు ఒకదాని మీద ఒకటి పడిపోతాయి. అటువంటప్పుడు ఈ పరిమిత ప్రాంతానికి వెలుపల మరిన్ని నక్షత్రాలను దాదాపు ఒకే రకంగా జమ

చేయడం వల్ల పరిస్థితిలో మార్పు ఎలా వస్తుందన్న ప్రశ్న ఎదురవుతుంది. తొలి పరిమిత నక్షత్రాల పరిస్థితిలో ఈ అదనపు అసంఖ్యాక నక్షత్రాలు రమారమి ఎటువంటి మార్పునూ కలిగించవు. కనుక న్యూటన్ నియమం ప్రకారం, అంతే వేగంగా నక్షత్రాలు పడిపోతాయి. ఎన్ని నక్షత్రాలనైనా కలుపుకోండి. అవన్నీ ఒకదాని మీద ఒకటి పడిపోక మాత్రం తప్పదు. కనుక గురుత్వాకర్షణ అన్నది ఎప్పుడూ ఆకర్షణే అయితే, అనంతమూ, స్థిరమూ అయిన విశ్వం నమూనా అసాధ్యం. ఆ సంగతి మనకిప్పుడు తెలుసు.

20వ శతాబ్దానికి ముందు విశ్వం విస్తరిస్తోందని గానీ కుంచించుకు పోతోందని గానీ ఎవరూ సూచించలేదు. అప్పటి ఆలోచనా రంగంలో ఉన్న సాధారణ వాతావరణం గురించి ఇప్పుడు గుర్తు చేసుకోవడం ఆసక్తిదాయకంగా ఉంటుంది. *విశ్వం దాదాపు పరిణామ రహితం. అది నిరంతరాయంగా అస్తిత్వంలో ఉంది. లేదా గతంలో ఒక నిర్ణీత సమయంలో విశ్వం సృష్టించబడింది. దాదాపు ఇప్పుడు మనం గమనిస్తున్న రూపంలోనే అది సృష్టించబడింది.* ఇవే, ఇంతకుముందు సర్వే సర్వత్రా ఆమోదించిన భావనలు. దీనికి కొంత కారణం, శాశ్వత సత్యాలను నమ్మే ప్రజల మనస్తత్వం కావచ్చు. తాము వృద్ధులై, చనిపోయినప్పటికీ విశ్వం మాత్రం శాశ్వతంగానూ పరిణామ రహితంగానూ ఉంటుందన్న భావన నుంచి వారు పొందిన ఊరట కూడా దీనికి మరికొంత కారణం కావచ్చు.

న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతం ప్రకారం విశ్వం స్థిరంగా ఉండజాలదని కొందరు గ్రహించారు. వారు సైతం విశ్వం విస్తరిస్తోందని సూచించాలని అనుకోలేదు. దానికి బదులు న్యూటన్ సిద్ధాంతాన్ని సంస్కరించడానికి వారు ప్రయత్నించారు. బాగా దూరం పోయినకొద్దీ గురుత్వాకర్షణ శక్తి వికర్షణ శక్తిగా మారుతుందని వారు తేల్చారు. దీనివల్ల గ్రహాల కదలిక గురించిన వారి లెక్కలు మాత్రం ఏమీ మారలేదు. అయితే, అంతరిక్షంలో అనంత సంఖ్యలో ఉన్న నక్షత్రాల పంపిణీ అవి సమతా స్థితిలో ఉండేలాగానే జరుగుతుందని వారు ఊహించారు. అటువంటి సమతా స్థితి అస్థిరంగా ఉంటుందని మనం ఇప్పుడు భావిస్తున్నాం. అంతరిక్షంలో ఏదో ఒక ప్రాంతంలో నక్షత్రాలు కొద్దిగా దగ్గరైతే చాలు. వాటి మధ్య ఉన్న ఆకర్షణా శక్తులు బలోపేతమై వికర్షణ శక్తులపైన ఆధిక్యతను సంపాదిస్తాయి. అంటే నక్షత్రాలు ఒకదాని మీద ఒకటి పడిపోవడం ప్రారంభమవుతుంది. మరో వైపు నక్షత్రాలు ఒకదానికొకటి కొంచెం దూరంగా జరిగితే చాలు. వికర్షణ శక్తుల ఆధిక్యత పెరుగుతుంది. అవి

నక్షత్రాలను మరింత దూరంగా నడిపిస్తాయి.

స్థిర అనంత విశ్వం అన్న భావనకు మరో అభ్యంతరం కూడా ఉంది. దీనిని లేవనెత్తిన వాడు హెన్రిక్ ఓల్బెర్స్ అంటారు. ఆయన జర్మన్ తత్వశాస్త్రవేత్త. 1823లో ఆయన తన సిద్ధాంతాన్ని రాశాడు. నిజానికి ఇదే సమస్యను న్యూటన్ సమకాలీకులు చాలామంది లేవనెత్తారు. స్థిర అనంత విశ్వానికి వ్యతిరేకంగా నిలకడైన వాదనలను ప్రవేశపెట్టిన మొదటి వ్యక్తి ఓల్బెర్స్ కాదు. అయితే ఓల్బెర్స్ వాదనలనే మొట్టమొదటిగా ఎక్కువమంది గమనించారు. ఒక అనంత స్థిర విశ్వం ఉంది అనుకుంటే ప్రతి దృష్టి రేఖ ఒక నక్షత్ర ఉపరి భాగాన్ని తాకాల్సి ఉంటుంది. అదే ఈ భావనలోని క్లిష్టత. ఆ రకంగా మొత్తం ఆకాశమంతా రాత్రిపూట సైతం సూర్యునిలా ప్రకాశవంతంగా ఉండి ఉండాలి. దూరంగా ఉన్న నక్షత్రాల నుంచి వచ్చే కాంతి మందగిస్తుందని ఓల్బెర్స్ అంటాడు. ఎందుకంటే మధ్యలో ఉన్న పదార్థం కాంతిలో కొంత భాగాన్ని తనలో ఇముడ్చుకుంటుంది అంటాడాయన. అదే జరిగి ఉంటే మధ్యలో ఉన్న పదార్థం వేడెక్కి అంతిమంగా నక్షత్రాలంతగా ప్రకాశవంతం కావాలి గదా. రాత్రి పూట ఆకాశమంతా సూర్యుడి ఉపరితలం ఉన్నంత ప్రకాశవంతంగా ఉంటుంది అన్న నిర్ధారణ నుంచి తప్పించుకోవాలంటే, నక్షత్రాలు అనాదిగా నిరంతరాయంగా లేవని ఊహించాల్సి వస్తుంది. అవి గతంలో ఒకానొక నిర్దిష్ట సమయంలోనే ప్రకాశించడం మొదలయ్యాయని అనుకోవాల్సి వస్తుంది. ఆ ఊహ ప్రకారం మధ్యలో ఉన్న పదార్థం ఇంకా పూర్తిగా వేడెక్కి ఉండకపోవచ్చు. లేదంటే అతి దూరంగా ఉన్న నక్షత్రాల వెలుగు మనను ఇంకా చేరి ఉండకపోవచ్చు. అయితే అసలు మొదట నక్షత్రాలను వెలిగేలా చేసినదేది అన్న ప్రశ్నకు మనం తిరిగి రావాల్సి ఉంటుంది.

దీనికి చాలా ముందే విశ్వారంభం గురించి చర్చ జరిగింది. తొలి దశలో అంతరిక్ష శాస్త్రాల ప్రకారమూ యూదు, క్రైస్తవ, ముస్లిం మతసంప్రదాయాల ప్రకారమూ గతంలో విశ్వం ఒకానొక నిర్దిష్ట సమయంలో ప్రారంభమైంది. అది మరీ దూరం కూడా కాదు. విశ్వ అస్తిత్వాన్ని వివరించడానికి ఏదోఒక 'ప్రథమ కారణం' అవసరమన్న తలంపే అటువంటి ప్రారంభం అవసరమన్న వాదనకు దారితీస్తుంది. (విశ్వం లోపల ఒక సంఘటనకు అంతకుముందు జరిగిన మరో సంఘటన కారణమని మనం ఎప్పుడూ వివరించ ప్రయత్నిస్తాం. అలాగే విశ్వం అస్తిత్వానికి సైతం కారణం చూపాలంటే దానికి ఏదో ఒక ప్రారంభం ఉండక తప్పదనుకోవడం సహజమే.) *ది సిటీ ఆఫ్ గాడ్* అన్న తన గ్రంథంలో సెయింట్ అగస్టీన్ మరో వాదన చేశాడు:

నాగరికత పురోగమిస్తోంది; ఈ పని ఎవరు చేశారో ఆ సాంకేతిక పరిజ్ఞానాన్ని ఎవరు అభివృద్ధి చేశారో మనం గుర్తుపెట్టుకుంటాం; ఆ రకంగా మనిషి, మనిషితో పాటు బహుశా విశ్వమూ మరీ ఎక్కువ కాలంగా ఇక్కడ ఉండి ఉండకపోవచ్చు అంటాడు, అగస్టీన్. బుక్ ఆఫ్ జెనిసిస్ (క్రైస్తవ మత గ్రంథం- అను.) ప్రకారం, క్రీస్తు పూర్వం 5000 ఏళ్లనాడు విశ్వం సృష్టించబడింది. దీనినే అగస్టీన్ కూడా ఆమోదించాడు. (చివరి మంచు యుగం క్రీస్తు పూర్వం 10వేల సంవత్సరాల నాడే అంతమైంది. నాగరికత ప్రారంభమైంది నిజంగా అప్పుడేనని పురావస్తు శాస్త్రజ్ఞులు మనకు తెలియజేస్తారు. దీనికీ, అగస్టీన్ ఊహించిన సమయానికీ మధ్య పెద్ద దూరం లేదన్నది ఆసక్తిదాయకం.)

మరో వైపున సృష్టి జరిగింది అన్న భావాన్ని అరిస్టాటిల్, ఇతర గ్రీకు తత్వవేత్తలు ఇష్టపడలేదు. మితిమీరిన దేవుడి జోక్యం వారికి నచ్చలేదు. కనుక మానవ జాతి, దానితోపాటు దాని చుట్టూ ఉన్న ప్రపంచమూ నిరంతరాయంగా అస్తిత్వంలో ఉన్నాయి, ఉంటాయి అని వారు నమ్మారు. ఇంతకుముందు పేర్కొన్న ప్రగతి గురించిన వాదాన్ని ప్రాచీనులు పరిగణించారు. కొన్ని యుగాలకొకసారి అప్పుడప్పుడూ వచ్చే వరదలు, ఘోర విపత్తులు మానవ జాతిని పదే పదే మళ్లీ నాగరికత తొలి దినాలకు నెట్టాయి, అంటారు వారు.

కాలంరీత్యా విశ్వానికి ఒక ప్రారంభం అంటూ ఉందా? స్థలంరీత్యా అది పరిమితమా? అన్న ప్రశ్నలను ఇమాన్యుయల్ కాంట్ తన గ్రంథంలో విస్తృతంగా పరిశీలించాడు. దాని పేరు *క్రిటిక్ ఆఫ్ ప్యూర్ రీజన్.* (విశుద్ధ తర్క విమర్శ). ఈ గ్రంథం 1781లో ప్రచురితమయింది. ఆయన ఒక తత్వశాస్త్రవేత్త. ఈ ప్రశ్నలను ఆయన విశుద్ధ తర్కానికి చెందిన యాంటీనామీలు అన్నాడు. (అంటే వైరుధ్యాలు) విశ్వానికి ప్రారంభం ఉందనే సిద్ధాంతాన్ని నమ్మడానికి వీలైన బలమైన వాదనలున్నాయని ఆయన అన్నాడు. అలాగే విశ్వం నిరంతరాయంగా అస్తిత్వంలో ఉందన్న విరుద్ధ సిద్ధాంతానికి కూడా సమంగా బలమైన వాదనలున్నాయి అంటాడాయన. మొదటి సిద్ధాంతం విషయంలో ఆయన వాదన ఏమంటే విశ్వానికి ప్రారంభం లేకుంటే ఒక సంఘటనకు ముందు అనంతమైన కాల వ్యవధి ఉంటుంది. అయితే దానిని ఆయన అసంబద్ధమని భావించాడు. దాని విరుద్ధ సిద్ధాంతం విషయంలో ఆయన వాదన ఇలా ఉంది: విశ్వానికి గనుక ప్రారంభం ఉండి ఉంటే దానికి ముందు ఒక అనంత కాల వ్యవధి ఉండి ఉండాలి. కనుక విశ్వం ఏదో ఒక

నిర్దిష్ట సమయంలో ఎందుకు ప్రారంభం కావాలి? సిద్ధాంతానికి, దాని విరుద్ధ సిద్ధాంతానికి ఆయన చేసిన వాదన నిజానికి ఒకటే. విశ్వం శాశ్వతంగా అస్తిత్వంలో ఉన్నా లేకున్నా సమయం మాత్రం వెనక వైపుకి అనంతంగా కొనసాగుతూనే ఉంటుందని ఆయన పైకి చెప్పలేదు. కాని నమ్మాడు. ఈ నమ్మకం పైనే ఈ రెండు వాదనలూ ఆధారపడి ఉన్నాయి. విశ్వారంభానికి ముందు కాలం అన్న భావనకు అర్థం ఏమీ లేదు అన్నది మనం గమనిస్తాం. ఈ విషయాన్ని మొట్టమొదట చెప్పిన వాడు సెయింట్ అగస్టిన్. విశ్వాన్ని సృష్టించడానికి ముందు దేవుడు ఏమి చేస్తున్నాడు అని అగస్టిన్‌ని అడిగారు. అగస్టిన్ దానికి సమాధానం చెప్పలేదు: బహుశా అటువంటి ప్రశ్నలు అడిగిన వారి కోసం ఆయన నరకాన్ని సిద్ధం చేస్తూ ఉండి ఉండవచ్చు. దానికి బదులు అగస్టిన్ ఏమన్నాడంటే, భగవంతుడు సృష్టించిన విశ్వ ధర్మాలలో కాలం ఒకటి. విశ్వారంభానికి ముందు కాలం లేదు పొమ్మన్నాడాయన.

స్థిరమైన, పరిణామ రహిత విశ్వాన్ని అందరూ నమ్మిన కాలం ఒకటి ఉంది. అప్పుడు దానికి ప్రారంభం ఉందా లేదా అన్న ప్రశ్న అధిభౌతికవాదానికో దైవవాదానికో సంబంధించిన ప్రశ్న అని నమ్మారు. విశ్వం నిరంతరాయంగా అస్తిత్వంలో ఉంది అన్న సిద్ధాంతాన్ని తీసుకోవచ్చు. విశ్వం నిరంతరాయంగా ఉందేమో అనిపించేటట్టుగా, ఒకానొక నిర్దిష్ట సమయంలో అది చలనంలో పెట్టబడింది అనే సిద్ధాంతాన్నయినా స్వీకరించవచ్చు. ఈ రెంటిలో దేనితోనైనా మనం గమనిస్తున్న విశ్వాన్ని సమంగా వివరించవచ్చు.

1929లో ఎడ్విన్ హబుల్ ఒక పరిశీలన చేశాడు. ఇది ఒక కీలకమైన మలుపు: *మీరు ఎటు నుంచి చూసినా దూరంగా ఉన్న గెలాక్సీలు మననుంచి మరింత దూరంగా వెళ్లిపోతున్నాయి. మరో రకంగా చెప్పాలంటే, విశ్వం విస్తరిస్తోంది. అంటే దాని అర్థం ఇంతకుముందు కాలంలో* objects *అన్నీ ఒకదానికొకటి సన్నిహితంగా ఉన్నాయన్నమాట. నిజానికి వెయ్యి కోట్ల లేదా రెండు వేల కోట్ల సంవత్సరాల ముందు అవన్నీ సరిగా ఒకే బిందువులో ఉన్నాయి. కనుక విశ్వ సాంద్రత అప్పుడు అనంతం,* అన్నాడాయన. ఈ ఆవిష్కరణ విశ్వారంభం అన్న ప్రశ్నను అంతిమంగా శాస్త్ర రంగంలోకి తీసుకొచ్చింది.

విశ్వం సూక్ష్మాతిసూక్ష్మంగా, అనంతమైన సాంద్రతతో ఉండిన కాలం ఒకటి ఉందని హబుల్ పరిశోధన సూచించింది. ఆ కాలాన్నే బిగ్‌బాంగ్ అంటారు. అటువంటి పరిస్థితులలో సకల శాస్త్ర నియమాలూ, భవిష్యత్తుని ఊహించే సకల శక్తిస్తోమతులూ

పటాపంచలవుతాయి. ఈ కాలానికి ముందే ఏమైనా సంఘటనలు ఉండి ఉంటే ప్రస్తుత కాలంలో జరుగుతున్న దానిని అవి ఏ రకంగానూ ప్రభావితం చేయలేవు. వాటికి పరిశీలనా పర్యవసానాలు కూడా ఉండవు. కనుక వాటి అస్తిత్వాన్ని మనం పట్టించుకోనక్కర్లేదు. బిగ్‌బాంగ్ సమయంలో కాలం ప్రారంభమైంది అనవచ్చు. ఏ అర్థంలో? అంతకుముందు కాలానికి నిర్వచనం లేదు అన్న అర్థంలో. *కాలంలో ప్రారంభం* అన్న ఈ భావనకు ఇంతకుముందు పరిశీలించిన భావాలకు చాలా తేడా ఉంది. పరిణామ రహిత విశ్వంలో కాలారంభం అంటే అర్థం, విశ్వానికి అవల ఉన్న ఏదో ఒక శక్తి విశ్వంపై దానిని రుద్దాల్సి ఉంటుంది. ఇక్కడ, ఆరంభానికి ఒక భౌతిక ఆవశ్యకత అంటూ ఏమీ లేదు. అటువంటప్పుడు, గతంలో ఏ సమయంలోనైనా దేవుడు విశ్వాన్ని సృష్టించినట్టుగా అక్షరాలా ఊహించుకోవచ్చు. అలాకాక, విశ్వం విస్తరిస్తూ ఉందీ అంటే మాత్రం విశ్వారంభానికి భౌతిక కారణాలు ఉండి ఉండాలి. అయితే, బిగ్ బాంగ్ సమయంలో దేవుడు విశ్వాన్ని సృష్టించాడని కూడా ఊహించుకోవడానికి ఇంకా ఆస్కారం మిగిలే ఉంది. లేదంటే, ఇంతకుముందు ఒక బిగ్‌బాంగ్ ఉండింది. ఆ తర్వాతనే సృష్టి జరిగిందని కూడా ఊహించుకోవచ్చు. కాని బిగ్‌బాంగ్‌కి ముందే భగవంతుడు విశ్వాన్ని సృష్టించాడనడం మాత్రం అర్థరహితం అవుతుంది. విస్తరిస్తున్న విశ్వం సృష్టికర్తను పూర్తిగా నెట్టేయదు. ఆయన తన పనిని ఎప్పుడు చేసి ఉంటాడు అన్న అంశం మీద మాత్రం కొన్ని పరిమితులు విధిస్తుంది!

విశ్వ స్వభావం గురించి మాట్లాడాలన్నా, దానికి ఆదీ అంతమూ ఉన్నాయా లాంటి ప్రశ్నలను చర్చించాలన్నా ముందు ఒక శాస్త్రీయ సిద్ధాంతం అంటే ఏమిటో స్పష్టంగా తెలుసుకోవాలి. నేను ఒక సరళమైన అభిప్రాయాన్ని చెప్తాను. ఒక సిద్ధాంతం అంటే విశ్వానికి ఒక నమూనా. లేదా విశ్వంలో ఒక భాగానికి నమూనా గావచ్చు. మన పరిశీలనలకూ, ఆ నమూనాలోని వివిధ పరిమాణాలకూ నడుమ పొంతన ఉండాలి. ఆ పొంతనకు సంబంధించిన సూత్రాల వ్యవస్థే సిద్ధాంతం. అది మన మస్తిష్కంలోనే ఉంటుంది. దానికి ఇక ఏ ఇతర వాస్తవికత ఉండదు, వాస్తవికత అన్నదాని అర్థం ఏదైనప్పటికీ. ఒక సిద్ధాంతం రెండు షరతులు పూర్తి చేస్తే దానిని మంచి సిద్ధాంతం అనవచ్చు. ఒక నమూనా ఆధారంగా అనేక పరిశీలనలను అది ఖచ్చితంగా వర్ణించగలగాలి. ఆ నమూనాలో చిత్తానుసారం ప్రవేశపెట్టిన అంశాలు ఎంత తక్కువ ఉంటే అంత మంచిది. భవిష్యత్తు పరిశీలనా ఫలితాల గురించి కూడా అది నిర్దిష్టంగా ఊహించగలగాలి. ఉదాహరణకు అరిస్టాటిల్ సిద్ధాంతాన్ని

తీసుకుందాం. ప్రతిదీ నాలుగు మూలకాలతో తయారైందని ఆయన చెప్పాడు. అవి భూమి, గాలి, నిప్పు, నీరు. ఇది చాలా సాదా సూత్రీకరణే. దీనిని సిద్ధాంతం అనవచ్చును. కాని ఇది భవిష్యత్తుకు సంబంధించి ఇంతకుమించి ఏమీ నిర్దిష్టంగా ఊహించలేదు. మరో వైపున న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతాన్ని తీసుకుందాం. అది ఇంతకంటే మరింత సాదా నమూనాపై ఆధారపడింది. దాని ప్రకారం గోళాలు తదితరాలు పరస్పరం ఆకర్షించుకుంటాయి. ఈ ఆకర్షణ వాటి ద్రవ్యరాశికి అనులోమంగా ఉంటుంది. అంతేకాదు. వాటి మధ్య ఉన్న దూరానికి వర్గం కట్టండి. ఆ వర్గానికి ఈ ఆకర్షణ విలోమంగా ఉంటుంది. న్యూటన్ సిద్ధాంతం సూర్యుడు, చంద్రుడు, నక్షత్రాలు, గ్రహాల చలనాన్ని దాదాపు ఖచ్చితంగా ఊహించింది.

ఏ భౌతిక సిద్ధాంతమైనా ఎప్పుడూ తాత్కాలిక సిద్ధాంతమే అవుతుంది. ఎందుకంటే అది ఒక ప్రతిపాదన మాత్రమే. దానిని మనం పూర్తిగా ఎప్పటికీ రుజువు చేయలేం. ప్రయోగ ఫలితాలు ఒక సిద్ధాంతంతో ఎన్నిసార్లు ఏకీభవించినప్పటికీ ఈ సారి ప్రయోగం సిద్ధాంతానికి విరుద్ధంగా ఉండదన్న హామీ ఏమీ లేదు. పైగా సిద్ధాంతం చేసిన ఊహలతో విభేదించే ఒక్క పరిశోధనా ఫలితం చాలు, ఆ సిద్ధాంతం తప్పు అని రుజువు చేయడానికి. శాస్త్ర రంగంలో తాత్వికుడైన కార్ల్ పోపర్ ఇలా నొక్కి చెప్పాడు: *ఒక మంచి సిద్ధాంతం భవిష్యత్తు గురించిన అనేక ఊహలు చేయాలి. అంచనాలు వేయాలి. ఆ ఊహలను పరిశీలన ద్వారా తప్పు అని రుజువు చేయడానికి సూత్రరీత్యా వీలు ఉండాలి. అప్పుడే అది మంచి సిద్ధాంతం అవుతుంది* అంటాడు పోపర్. కొత్త ప్రయోగాల ఫలితాలు సిద్ధాంత ఊహలతో ఏకీభవించిన ప్రతిసారీ సిద్ధాంతం బతుకుతుంది. దాని ఎడల మన నమ్మకం పెరుగుతుంది. అయితే కొత్త పరిశీలన సిద్ధాంతంతో 0విభేదించగానే దానిని మనం వదిలేయాల్సి ఉంటుంది. లేదా మార్చుకోవాల్సి ఉంటుంది. కనీసం అలా జరుగుతుందని ఊహించవచ్చు. అయితే ఆ పరిశీలనలు కొనసాగించిన వ్యక్తి శక్తిసామర్థ్యాలను నిలదీయడానికి, ప్రశ్నించడానికీ ఎప్పుడూ ఆస్కారం ఉండనే ఉంది.

ఆచరణలో తరచుగా జరిగేది ఏమంటే, ఒక పాత సిద్ధాంతాన్ని విస్తృతం చేయడం ద్వారా ఒక కొత్త సిద్ధాంతం ఆవిష్కరించబడుతుంది. ఉదాహరణకు మెర్క్యురీ గ్రహాన్ని ఖచ్చితంగా పరిశీలించడం వల్ల ఒక సంగతి వెల్లడైంది. న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతం ఊహించిన దానికీ ఆ గ్రహం చలనానికీ మధ్య కొద్దిపాటి తేడా ఉందని తెలిసింది. ఐన్‌స్టీన్ సాపేక్ష సిద్ధాంతం న్యూటన్ సిద్ధాంతం కంటే కొద్దిగా భిన్నమైన

అంచనాలు వేసింది. ఐన్‌స్టీన్ అంచనాలు మాత్రం పరిశీలనలతో బాగా సరితూగాయి. పరిశీలనలకూ న్యూటన్ అంచనాలకూ కొద్దిపాటి తేడా ఉంది. దానిని బట్టి కొత్త సిద్ధాంతం సరైనదని రుజువైంది. అయితే ఆచరణలో మనం ఇప్పటికీ చాలావరకూ న్యూటన్ సిద్ధాంతాన్నే ఉపయోగిస్తూ ఉంటాం. మన రోజువారీ లెక్కల దృష్టితో చూస్తే దానికీ సాపేక్ష సిద్ధాంతానికీ అంచనాల విషయంలో అతి కొద్ది తేడా మాత్రమే ఉంది. పైగా ఐన్‌స్టీన్ సిద్ధాంతం కంటే న్యూటన్ సిద్ధాంతాన్ని ప్రయోగించడం చాలా సులభం.

మొత్తంగా విశ్వాన్ని వర్ణించే ఏకైక సిద్ధాంతాన్ని సమకూర్చడమే శాస్త్రం అంతిమ లక్ష్యం. అత్యధిక శాస్త్రజ్ఞులు ఈ సమస్యను రెండు భాగాలుగా చేసి దానిపై పనిచేస్తున్నారు. మొదటిది. కాలంతో పాటు విశ్వం కూడా ఎలా మారుతోందో తెలియజేసే నియమాలున్నాయి. ఒకానొక సమయంలో విశ్వం ఎలా ఉందో మనకు తెలిస్తే ఆ తర్వాత అది ఎలా ఉండబోతోందో ఆ నియమాలు మనకు తెలియజేస్తాయి. రెండోది. విశ్వం తొలి దశ. శాస్త్రం అన్నది మొదటి అంశానికే పరిమితం కావాలన్నది కొందరి అభిప్రాయం. విశ్వం తొలి దశ అన్నది అధిభౌతికవాదానికో మతానికో సంబంధించిన వ్యవహారమని వారి ఉద్దేశం. దేవుడు సర్వ శక్తి సమన్వితుడు, ఆయన విశ్వాన్ని తన చిత్తానుసారం ప్రారంభించి ఉంటాడని వారంటారు. కావచ్చు. అలాంటప్పుడు, విశ్వం పూర్తిగా నియమరహితంగా పరిణమించేలా ఆయన చేసి ఉండవచ్చు. కాని విశ్వం కొన్ని నిర్దిష్ట నియమాల ప్రకారం క్రమ పద్ధతిలో పరిణమించే విధంగా ఆయన దానిని సృష్టించాడేమో అనిపిస్తుంది. కనుక విశ్వం తొలి దశను శాసించే నియమాలు కూడా ఉండే ఉంటాయనుకోవడం న్యాయమే కదా.

విశ్వాన్ని అంతటినీ ఒక్కదెబ్బతో వివరించే సిద్ధాంతాన్ని కనుక్కోవడం చాలా కష్టమని అర్థమైంది. దానికి బదులు సమస్యను చిన్న చిన్న ముక్కలుగా విడగొట్టి వాటికి తగిన అనేక పాక్షిక సిద్ధాంతాలను మనం కనుగొంటున్నాం. వీటిలో ప్రతి ఒకటీ కొన్ని నిర్దిష్ట, పరిమిత పరిశీలనలను వర్ణిస్తాయి. వాటి గురించి మాత్రమే అంచనాలు వేస్తాయి. ఇతర పరిశీలనలనూ పరిమాణాలనూ అవి అప్పటికి పూర్తిగా నిర్లక్ష్యం చేస్తాయి. లేదా వాటిని కొన్ని సంఖ్యలతో సూచిస్తాయి. ఈ ధోరణి పూర్తిగా పొరపాటు అనడానికి ఆస్కారం ఉంది. విశ్వంలో మౌలికంగా ప్రతిదీ ప్రతి ఇతర అంశం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. అలాంటప్పుడు సమస్యకున్న విడి విడి భాగాలను పరిశోధించడం ద్వారా సంపూర్ణ పరిష్కారానికి చేరువ కావడమన్నది అసాధ్యమేనేమో.

అయినప్పటికీ గతంలో మనం ప్రగతి సాధించిన విధానమదే మరి. దీనికి కూడా సరైన ఉదాహరణ న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతమే. రెండు వస్తువుల మధ్య గురుత్వాకర్షణ శక్తి అన్నది వాటి ద్రవ్యరాశిపైన ఆధారపడి ఉంటుంది అని అది చెప్పింది. అంతేకాదు. అవి ఏ పదార్థంతో చేయబడ్డాయి అన్న దానితో ప్రమేయం లేదని కూడా న్యూటన్ సిద్ధాంతం చెప్పింది. కాబట్టి సూర్యుడూ తదితర గ్రహాల కక్ష్యలను అంచనా కట్టాలంటే సూర్యుడిలోనూ, ఇతర గ్రహాలలోనూ ఏ పదార్థం ఉంది, వాటి రూప నిర్మాణం ఏమిటి అన్న విషయాలను తెలిపే సిద్ధాంతం అవసరం లేదు.

సార్వత్రిక సాపేక్ష సిద్ధాంతం. క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం. ఈ రెండూ పాక్షిక సిద్ధాంతాలు. నిజమే. అయితే ఈ రెంటి పదజాలంతోనే శాస్త్రజ్ఞులు ఇవాళ విశ్వాన్ని వర్ణిస్తున్నారు. ఈ శతాబ్దపు (20వ శతాబ్దం–అను.) ప్రథమార్ధభాగంలో మానవ మేధ సాధించిన మహా విజయాలివి. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం విశ్వంలో గురుత్వాకర్షణ శక్తి గురించి వర్ణిస్తుంది. భారీ ప్రమాణాల్లో ఉన్న విశ్వ రూపాన్ని దర్శిస్తుంది. కొన్ని మైళ్లు మొదలుకుని 10 వేల కోట్ల కోట్ల కోట్ల మైళ్ల వరకూ తన దృష్టిని సారిస్తుంది. (1పక్కన 24 సున్నాలు). ఇది ఇప్పటి వరకూ చూడగలిగిన విశ్వం. క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ అతి సూక్ష్మ ప్రపంచంలో పరిణామాలను అధ్యయనం చేస్తుంది. ఒక అంగుళంలో లక్ష కోట్లవ వంతుండే సూక్ష్మాతిసూక్ష్మ అంశాలతో అది వ్యవహరిస్తుంది. దురదృష్టవశాత్తూ ఈ రెండు సిద్ధాంతాలకు ఒకదానితో ఒకటి పొంతన లేదు. అందుకే ఏకకాలంలో ఈ రెండు సిద్ధాంతాలూ సరైనవే కావడానికి అవకాశం లేదంటారు, కొందరు. ఈ రెంటినీ మేళవించే ఒక కొత్త సిద్ధాంతం కోసం కృషి సాగుతోంది. దాని పేరే గురుత్వాకర్షణ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం. భౌతిక శాస్త్రంలో అదే ఈనాటి ప్రధాన కృషి. ఈ గ్రంథంలో కూడా ప్రధాన అంశం అదే. మనకి ఇప్పటికి ఇంకా ఆ సిద్ధాంతం పూర్తిగా అందుబాటులో లేదు. అటువంటి సిద్ధాంతాన్ని కనుగొనడానికి బహుశా ఇంకా చాలాకాలం పట్టవచ్చు. కాని ఆ సిద్ధాంతానికి ఉండాల్సిన ధర్మాలలో అనేక ధర్మాలు మనకి ఇప్పటికే తెలుసు. ఒక గురుత్వాకర్షణ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం అన్నది చేయాల్సిన ఊహలను గురించి, వేయాల్సిన అంచనాలను గురించి, మనకు ఇప్పటికే చాలా విషయాలు తెలుసు. రాబోయే అధ్యాయలలో ఈ విషయాన్ని మనం గమనిస్తాం.

విశ్వం నియమ రహితం కాదు. నిర్దిష్ట నియమాలతో అది శాసించబడుతోంది.

దీనిని మీరు నమ్మితే ఈ పాక్షిక సిద్ధాంతాలను అంతిమంగా ఒక సంపూర్ణ ఐక్య సిద్ధాంతంలో మేళవించాల్సి ఉంటుందని కూడా నమ్ముతారు. ఆ సిద్ధాంతం విశ్వంలో ప్రతి దానినీ వివరిస్తుంది. అయితే అటువంటి సంపూర్ణ ఐక్య సిద్ధాంతాన్ని అన్వేషించడంలోనే ఒక మౌలికమైన వైరుధ్యం ఉంది. శాస్త్రీయ సిద్ధాంతాల గురించి ఇంతకుముందు పేర్కొన్న భావాల ప్రకారం మనం హేతుబద్ధ జీవులం. మనం కోరుకున్న విధంగా విశ్వాన్ని స్వేచ్ఛగా పరిశీలించగలం. చూసిన విషయాలను బట్టి తార్కిక నిర్ధారణలు చేయగలం. ఈ ధోరణితో ఆలోచిస్తే, మన విశ్వాన్ని శాసిస్తున్న నియమాల వైపు, వాటికి సన్నిహితంగా మనం నిరంతరాయంగా పయనించగలం అనుకోవడం సబబే అవుతుంది. ఒక సంపూర్ణ ఐక్య సిద్ధాంతం నిజంగా ఉందనుకుందాం. అప్పుడు ఆ సిద్ధాంతం మన కార్యకలాపాలను నిర్ణయిస్తుందని ఊహించవచ్చు. అంటే ఆ సిద్ధాంతమే దాని కోసం మనం సాగించే పరిశోధనా ఫలితాన్ని నిర్ణయిస్తుందన్న మాట. సాక్ష్యాధారాలను బట్టి మనం సరైన నిర్ధారణలకే వచ్చేలా అది ఎందుకు నిర్ణయించాలి? మనం పొరపాటు నిర్ధారణలకు వచ్చేలా అది నిర్ణయించవచ్చు కదా? అసలు ఏ నిర్ధారణకూ రాలేని విధంగా కూడా నిర్ణయించవచ్చు కదా? ఈ సమస్యకు నేను ఇవ్వగలిగిన సమాధానం, *సహజ ఎంపిక* అనే డార్విన్ సూత్రంపై ఆధారపడింది. స్వయం పునరుత్పత్తి కొనసాగించే జీవులను తీసుకుందాం. వేర్వేరు జీవుల జన్యు పదార్థమూ వాటి పెరుగుదల తీరూ వేర్వేరుగా ఉంటాయి. ఈ తేడాల వల్ల కొన్ని జీవులు తమ చుట్టూ ఉన్న ప్రపంచం గురించి మిగతా జీవుల కంటే సరైన నిర్ధారణలకు రాగలుగుతాయి. వాటి ప్రకారం వ్యవహరించ గలుగుతాయి. ఈ జీవులు మనగలగడానికి, పునరుత్పత్తి కొనసాగించడానికి ఎక్కువ అవకాశం ఉంది. కనుక క్రమంగా వాటి నడవడిక తీరు, వాటి ఆలోచనా తీరు ప్రాబల్యం వహిస్తాయి. మేధాశక్తి, శాస్త్రీయ ఆవిష్కరణ అని మనం అంటున్నవి ఏమి చేశాయి? గతంలో అవి ఖాయంగా మనుగడకి తోడ్పడ్డాయి. ఈ సూత్రం ఇకముందు కూడా వర్తిస్తుందా? ఏమో, అంత స్పష్టంగా చెప్పలేం: మన సైద్ధాంతిక ఆవిష్కరణలు మనందరినీ నాశనం చేసినా చేయవచ్చు. పోనీ, అలా చేయకపోయినా మన మనుగడ అవకాశాలను ఒక సంపూర్ణ ఐక్య సిద్ధాంతం అన్నది ఏ రకంగానూ మార్చలేకపోవచ్చు కూడా. విశ్వం ఒక క్రమం ప్రకారం పరిణమించిందా? అలా అయితే, ఒక సంపూర్ణ ఐక్య సిద్ధాంత అన్వేషణ విషయంలో కూడా *సహజ ఎంపిక* మనకు ఇచ్చిన తార్కిక శక్తి స్తోమతులు వర్తిస్తాయని మనం భావించవచ్చు. కనుక

అది పొరపాటు నిర్ధారణలకు దారితీయదని కూడా ఆశించవచ్చు.

అత్యంత క్లిష్టమైన పరిస్థితులలో తప్ప మిగిలిన పరిస్థితులన్నింటిలోనూ మనకు ఇప్పటికే అందుబాటులో ఉన్న పాక్షిక సిద్ధాంతాలు ఖచ్చితమైన లెక్కలు కట్టడానికి సరిపోతాయి. కనుక ఆచరణలో, విశ్వానికి సంబంధించిన ఒక అంతిమ సిద్ధాంతం కోసం అన్వేషణ ఎందుకు అన్న ప్రశ్న తలెత్తుతుంది. నిజానికి, సాపేక్ష సిద్ధాంతానికి, క్వాంటమ్ సిద్ధాంతానికి కూడా వ్యతిరేకంగా ఈ ప్రశ్నను లేవనెత్తి ఉండవచ్చు. కాని ఈ సిద్ధాంతాలే మనకి అణు శక్తినీ, మైక్రో ఎలక్ట్రానిక్స్ విప్లవాన్ని అందించాయి మరి. ఒక సంపూర్ణ ఐక్య సిద్ధాంత ఆవిష్కరణ అన్నది మన మానవ జాతి మనుగడకు తోడ్పడక పోవచ్చు గాక. మన జీవిత విధానాన్ని అది మార్చక పోవచ్చు గాక. అయినా నాగరికత తొలి దినాల నుంచీ కూడా మనుషులెన్నడూ ఆయా సంఘటనలను దేనికది సంబంధం లేనివిగానూ వివరణకు వీలుగాని విషయాలుగానూ పరిగణించి ఊరుకోలేదు. ప్రపంచంలో అంతర్నిహితంగా ఉండే క్రమాన్ని అర్థం చేసుకోవాలని వారు తహతహలాడారు. మనం ఇక్కడ ఎందుకున్నాం? ఎక్కడ నుంచి వచ్చాం? ఇలాంటి ప్రశ్నలకు జవాబు కోసం ఇవాళ ఇంకా మనం వెంపర్లాడుతున్నాం. మనం కొనసాగిస్తున్న అన్వేషణకు జ్ఞానం ఎడల మానవ జాతికి ఉన్న గాఢానురాగమే కారణమూ, సమాధానమూ కూడా. మనం నివసిస్తున్న ఈ విశ్వాన్ని సంపూర్ణంగా వివరించడమే మన లక్ష్యం. అందులో వీసం కూడా తేడా లేదు.

2

స్థల కాలాలు

వస్తువుల (bodies) చలనం గురించిన మన ప్రస్తుత భావాలు గెలీలియో, న్యూటన్ కాలంనాటివి. దానికి ముందు ప్రజలు అరిస్టాటిల్ చెప్పిన దానిని నమ్మారు. విరామ స్థితి అన్నది bodiesకి సహజ స్థితి అని ఆయన చెప్పాడు. ఒక బాహ్య శక్తో ప్రేరణో ఉంటే తప్ప అది చలించదు అని ఆయన నమ్మాడు. దాని ప్రకారం బరువును బట్టి భూమ్యాకర్షణ ఉంటుంది గనుక ఒక బరువైన వస్తువు తేలికైన వస్తువు కంటే వేగంగా కింద పడాలి.

విశ్వాన్ని శాసించే నియమాలన్నింటినీ విశుద్ధమైన ఆలోచన ద్వారా కనుగొనవచ్చని

కూడా అరిస్టాటిల్ సంప్రదాయం నమ్మింది. దేనినీ పరిశీలనలో పరీక్షించాల్సిన అవసరం లేదన్నమాట. గెలీలియో రంగంపైకి వచ్చేటంతవరకూ భిన్న భారాలున్న వస్తువులు భిన్న వేగాలతో కింద పడుతున్నాయా లేదా అన్నది ఎవరూ పట్టించుకోలేదు. పీసా గోపురంపై నుంచి రకరకాల బరువులున్న వస్తువులను కింద పడేయడం ద్వారా అరిస్టాటిల్ నమ్మకాన్ని తప్పు అని గెలీలియో రుజువు చేశాడంటారు. ఈ కథ ఖాయంగా అసత్యమనవచ్చు. అయితే దాదాపు అటువంటి పనే గెలీలియో చేశాడు. వివిధ రకాల బరువులున్న బంతులను చదునుగా ఏటవాలుగా ఉన్న ఎత్తయిన సాధనంపైనుంచి దొర్లించాడు. బరువైన వస్తువులు తిన్నగా నిటారుగా కింద పడడం లాంటిదే ఇది కూడా. అయితే ఏటవాలు సాధనంపైన వేగాలు కొంచెం తక్కువగా ఉంటాయి గనుక పరిశీలన మరింత సులభం అవుతుంది. వస్తువుల బరువులతో ప్రమేయం లేకుండా ప్రతి వస్తువూ తన వేగాన్ని ఒకే తీరున పెంచుకుంది. ఈ విషయాన్ని గెలీలియో లెక్కలు వేసి కనుగొన్నాడు. ఉదాహరణకు ప్రతి 10 మీటర్లకు ఒక మీటరు చొప్పున కిందకు వాలే ఒక ఏటవాలు సాధనంపైన ఒక బంతిని మీరు వదిలిపెట్టారనుకుందాం. అది ఒక సెకను తర్వాత సెకనుకి ఒక మీటరు చొప్పున రెండో సెకను తర్వాత సెకనుకి రెండ మీటర్ల చొప్పున, ఇదే విధంగా వేగాన్ని పెంచుకుంటూ పోతుంది. బంతి బరువుతో దీనికి ప్రమేయం లేదు. అయితే ఒక పక్షి ఈక కంటే ఒక సీసం గుండు వేగంగా పడుతుంది. దానికి కారణం పక్షి ఈక వేగం గాలి ప్రతిఘటన వల్ల మాత్రమే మందగించింది. రెండు రకాల బరువులున్న సీసపు గుళ్లను ప్రయోగించవచ్చు. వాటిపై పెద్దగా గాలి ప్రతిఘటనా ప్రభావం ఉండదు. రెండు గుళ్లూ ఒకే వేగంతో కింద పడతాయి.

న్యూటన్ చలన నియమాలకు గెలీలియో కొలతలే పునాది. గెలీలియో ప్రయోగాలు చూద్దాం. ఒక వస్తువు ఏటవాలు బల్లపైనుంచి కింద పడుతున్నప్పుడు ఒక శక్తి ప్రభావం (దాని బరువు ప్రభావం) దాని మీద ఎప్పుడూ ఉంది. ఆ కారణంగా అది నిరంతరాయంగా వేగాన్ని పుంజుకుంది. దీనిని బట్టి ఒక విషయం రుజువైంది. ఒక బాహ్య శక్తి ప్రేరణతో ఒక వస్తువు చలనంలో ఉంటుంది అన్నది ఇంతకుముందు ఆలోచన. ఇప్పుడు ఒక శక్తి వస్తువు చలనంలో వేగంపైన ప్రభావం కలిగిస్తుందని రుజువైంది. అంతేకాదు. ఒక వస్తువుపైన బాహ్య శక్తి ప్రేరణ లేనప్పుడు కూడా ఆ వస్తువు సరళ రేఖలో ఒకే వేగంతో కదులుతూనే ఉంటుంది అని కూడా తెలిసింది. న్యూటన్ 1687లో ప్రచురించిన తన *ప్రిన్సిపియా మాథమాటికాలో* ఈ విషయాన్ని

స్పష్టంగా ప్రకటించాడు. ఇదే న్యూటన్ మొదటి నియమం. ఒక వస్తువుపైన బాహ్యశక్తి పనిచేసినప్పుడు ఏమవుతుంది అన్న విషయాన్ని ఆయన రెండో నియమం చెబుతుంది. దీని ప్రకారం ఆ వస్తువు తన వేగాన్ని వృద్ధి చేసుకుంటుంది. లేదా మార్చుకుంటుంది. ఈ వృద్ధి బాహ్య శక్తికి అనుగుణంగా ఉంటుంది. ఉదాహరణకు, శక్తి రెండింతలు ఉంటే వేగవృద్ధి కూడా రెండింతలుంటుంది. అయితే ఆ వస్తువు ద్రవ్యరాశి (లేదా పదార్థ పరిమాణం) ఎంత ఎక్కువ ఉంటే దాని వేగవృద్ధి అంత తక్కువ ఉంటుంది. ఒకే శక్తి రెట్టింపు ద్రవ్యరాశి గల వస్తువుపైన పనిచేస్తున్నప్పుడు సగం వేగవృద్ధిని మాత్రమే సాధిస్తుంది. కారు ఇక్కడ మంచి ఉదాహరణ. ఇంజన్ ఎంత శక్తిమంతమైతే అంత ఎక్కువగా వేగంలో వృద్ధి ఉంటుంది. అదే ఇంజన్ ఉన్నప్పటికీ కారు ఎంత బరువుగా ఉంటే వేగవృద్ధి అంత తక్కువ ఉంటుంది.

ఈ నియమాలతోపాటు న్యూటన్ మరో నియమాన్ని కూడా కనుగొన్నాడు. ఇది గురుత్వాకర్షణ నియమం. దీని ప్రకారం విశ్వంలో ప్రతి వస్తువూ ప్రతి ఇతర వస్తువునీ ఆకర్షిస్తుంది. ఈ ఆకర్షణశక్తి ఆయా వస్తువుల ద్రవ్యరాశిని బట్టి ఉంటుంది. అది అనులోమంగా ఉంటుంది. రెండు bodiesలో ఒకదాని బరువు (A బరువు) రెట్టింపు అయితే వాటి మధ్య ఉండే ఆకర్షణ కూడా రెట్టింపు అవుతుంది. ఇది ఊహించగలిగిందే. రెండు వస్తువులతో కలిపి ఒక కొత్త వస్తువుని చేశామనుకుందాం. దానిలో ఇప్పుడు ఆ రెండు వస్తువుల తొలి ద్రవ్యరాశులు ఇమిడి ఉంటాయి. అవి రెండూ కూడా వస్తువు Bని తమ తొలి శక్తితో ఆకర్షిస్తాయి. కనుక A, Bల మధ్య మొదట ఉన్న శక్తి ఇప్పుడు రెట్టింపు అవుతుంది. ఒక వస్తువులో ద్రవ్యరాశి రెట్టింపు అయిందనుకుందాం. మరో వస్తువులో ద్రవ్యరాశి మూడింతలు అయిందనుకుందాం. అప్పుడు ఆ రెండు వస్తువుల మధ్య ఆకర్షణ శక్తి ఆరు రెట్లు పెరుగుతుంది. అన్ని రకాల వస్తువులు ఒకే రేటుతో ఎందుకు పడుతున్నాయో ఇప్పుడు అర్థం చేసుకోవచ్చు. రెండు రెట్లు బరువున్న వస్తువుని గురుత్వాకర్షణ రెండురెట్ల బలంతో కిందకు గుంజుతుంది. అయితే ఆ వస్తువు ద్రవ్యరాశి కూడా రెట్టింపు ఉంటుంది గదా. దాని వల్ల వేగ వృద్ధి సగానికి పడిపోతుంది. ఈ రెండు ప్రభావాలు ఒకదానినొకటి రద్దు చేసుకుంటాయి. కనుకనే వేగ వృద్ధి అన్ని సందర్భాల్లోనూ ఒకే రకంగా ఉంటుంది. ఇదే న్యూటన్ రెండో నియమం.

న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ నియమం మరో అంశాన్ని కూడా తెలియజేస్తుంది. ఆయా వస్తువులు ఎంత దూరంగా ఉంటే దాని ఆకర్షణశక్తి అంత తక్కువ ఉంటుంది.

ఒక నక్షత్రపు గురుత్వాకర్షణ అన్నది దానికి సగం దూరంలో ఉన్న అదే లాంటి నక్షత్రపు గురుత్వాకర్షణ శక్తిలో సరిగా పావు వంతే ఉంటుంది. గురుత్వాకర్షణ నియమం చెప్పే మరో అంశం ఇది. భూమి, చంద్రుడు, ఇతర గ్రహాల కక్ష్యలను ఈ నియమం ఎంతో ఖచ్చితంగా అంచనా వేస్తుంది. ఒక నక్షత్రపు గురుత్వాకర్షణ శక్తి అన్నది ఆ నక్షత్రం ఎంత దూరంలో ఉంటే అంతే వేగంగా పడిపోయేటట్టయితే గ్రహాల కక్ష్యలు దీర్ఘవృత్తాకారంలో ఉండేవి కావు. అవి వృత్తాకారంలో సూర్యుడిలో చొచ్చుకుపోయేవి. అలాగాక, నక్షత్రాల ఆకర్షణ వాటి దూరాన్ని బట్టి మందగించడం అన్నది ఇప్పటికంటే మరింత నెమ్మదిగా జరిగి ఉంటే, భూమ్యాకర్షణ శక్తి కంటే బహు దూరంగా ఉన్న నక్షత్రాల గురుత్వాకర్షణ మనపై ఎక్కువ ప్రబలంగా ఉండి ఉండేది.

అరిస్టాటిల్ భావాలకూ గెలీలియో, న్యూటన్‌ల భావాలకూ మధ్య చాలా తేడా ఉంది. అరిస్టాటిల్ విరామస్థితిని నమ్మాడు. ఏదో ఒక బాహ్య శక్తో, ప్రేరణో లేనిమేరకు ఏ వస్తువైనా విరామ స్థితిలోనే ఉంటుందని ఆయన భావించాడు. ముఖ్యంగా భూమి విరామ స్థితిలో ఉంటుందని ఆయన నమ్మాడు. న్యూటన్ నియమాల ప్రకారం విరామానికి ఏకప్రమాణం ఏదీ లేదు. A, B అనే రెండు వస్తువులను తీసుకుందాం. A విరామ స్థితిలో ఉండగా, దానికి సంబంధించి నంతవరకూ B ఒక స్థిరమైన వేగంతో కదులుతోందని చెప్పవచ్చు. లేదా A విరామంలో ఉందనుకోవచ్చు. దానికి సంబంధించి B స్థిరమైన వేగంతో చలనంలో ఉన్నట్టు చెప్పవచ్చు. సూర్యుడి చుట్టూ భూమి పరిభ్రమణాన్ని కాసేపు పక్కన ఉంచుదాం. భూమి విరామస్థితిలో ఉందనీ దానిపైన ఉత్తర దిశగా పయనిస్తున్న ఒక రైలు 90 మైళ్ల వేగంతో చలనంలో ఉందనీ అనుకోవచ్చు. రైలు విరామ స్థితిలో ఉందనీ భూమి మాత్రం దక్షిణ దిశగా గంటకు 90 మైళ్ల వేగంతో పయనిస్తోందని కూడా దీనిని భావించవచ్చు. రైలులో చలనంలో ఉన్న వస్తువులపై ప్రయోగం చేసి చూస్తే న్యూటన్ నియమాలన్నీ రుజువవుతాయి. ఉదాహరణకు రైలులో పింగ్ పాంగ్ ఆడుతున్నారని అనుకుందాం. రైలు మార్గం మీద ఒక టేబుల్ ఉంచి ఆడినప్పుడు ఆ బంతికి న్యూటన్ నియమాలు వర్తిస్తాయి గదా. అదే విధంగా రైలులో బంతి విషయంలో కూడా ఆ నియమాలు యధాతథంగా వర్తిస్తాయి. కాబట్టి కదులుతున్నది రైలా, భూమా అన్న సంగతిని ఏ రకంగానూ చెప్పలేం.

విరామానికీ పరమ ప్రమాణం ఏదీ లేదు. అంటే, వేర్వేరు కాలాల్లో జరిగిన

రెండు సంఘటనలు స్థలంలో ఒకే స్థానంలో జరిగాయా అన్న దానిని నిర్ధారించలేం. ఉదాహరణకు మన పింగ్ పాంగ్ బంతి పైకీ కిందకీ ఎగురుతూ రైలులో బల్ల మీద ఒకే స్థానాన్ని ఒక సెకను తేడాతో రెండుసార్లు తాకవచ్చు. ట్రాక్‌పై నిలబడి దీనిని ఎవరైనా చూస్తున్నారని అనుకుందాం. ఆ వ్యక్తి దృష్టిలో మొదట బంతి తాకిన చోటుకి, రెండోసారి తాకిన చోటుకి మధ్య 40 మీటర్ల దూరం ఉన్నట్టు కనిపిస్తుంది. ఎందుకంటే బంతి రెండోసారి తాకే లోగా రైలు అంత దూరం ప్రయాణించి ఉంటుంది. సంపూర్ణ విరామం అన్నది ఏదీ లేదు. అంటే, ఒక సంఘటనకి స్థలంలో సాపేక్ష స్థానమే తప్ప నిరపేక్ష స్థానం అంటూ ఏదీ ఉండదు. కాని అలా ఉంటుందని అరిస్టాటిల్ నమ్మాడు. సంఘటనల స్థానాలు, వాటి మధ్య దూరాలు రైలులో ఉన్న మనిషికి, రైలు బయట ఉండి చూసే మనిషికి వేర్వేరుగా కనిపిస్తాయి. ఈ రెంటిలో ఏదో ఒకటి మేలని చెప్పలేం. వీటిలో ఒకటే సరైనదనీ చెప్పలేం.

ఇలా నిరపేక్ష స్థానమూ నిరపేక్ష స్థలమూ ఏదీ లేని స్థితిని చూసి న్యూటన్ చాలా వ్యథ చెందాడు. ఎందుకంటే ఆయన కనుగొన్న నియమాలు ఆయన భావనలకు విరుద్ధంగా ఉన్నాయి. నిరపేక్ష భగవంతుడు అన్న భావనను ఆయన బాగా నమ్మాడు. నిజానికి నిరపేక్ష స్థలం అన్నది ఏదీ లేదన్నది ఆయన నియమాల అంతరార్థం. కాని దానిని ఆమోదించలేకపోయాడు. నిరపేక్ష స్థలం ఉందనే ఆయన నమ్మాడు. ఇది ఆయన కనుగొన్న నియమాలకు విరుద్ధం. చాలామంది ఆయనను ఈ హేతు విరుద్ధమైన నమ్మకం కలిగి ఉన్నందుకు తీవ్రంగా విమర్శించారు కూడా. వారిలో బిషప్ బర్కిలీ ప్రముఖుడు. బర్కిలీ ఒక తత్వవేత్త. ఆయన తత్వం ప్రకారం మొత్తం భౌతిక వస్తువులూ స్థలకాలాలూ అన్నీ భ్రమ. సుప్రసిద్ధుడైన డాక్టర్ జాన్సన్‌కి బర్కిలీ అభిప్రాయం గురించి ఎవరో చెప్పారు. ఆయన నేల మీద ఉన్న ఒక బండ రాయిమీద బలంగా కాలితో రాస్తూ ఇలా అరిచాడట: *'ఇదిగో ఆ సిద్ధాంతాన్ని నేను ఇలా తిరస్కరిస్తున్నాను'.*

అరిస్టాటిలూ న్యూటనూ నిరపేక్ష కాలం అన్న దానిని నమ్మారు. అంటే రెండు సంఘటనల మధ్య ఉన్న కాలాన్ని స్పష్టంగా కొలవవచ్చునని వారు భావించారు. ఎవరు కొలిచినా ఆ కాలం ఒకలాగే ఉంటుందని వారనుకున్నారు. కాకుంటే అలా కొలిచేవాళ్లు మంచి గడియారాన్ని ఉపయోగించాలి, అంతే. వారి ఈ కాలానికి స్థలంతో ఏమాత్రం ప్రమేయం లేదు. కాలం పూర్తిగా వేరు. దీనినే అత్యధిక ప్రజలు వ్యవహారిక జ్ఞానంగా స్వీకరిస్తారు. అయితే స్థలకాలాల గురించి మన భావాలను

మార్చుకోవాల్సి ఉంది. ఆపిల్ పండ్లూ సాపేక్షంగా నెమ్మదిగా పయనించే గ్రహాలూ తదితరాల విషయంలో మన వ్యవహార జ్ఞానం సరిపోతుంది. పనికొస్తుంది. అయితే కాంతివేగంతోనో, దాదాపు అంతటి వేగంతోనే పయనించే వస్తువుల విషయంలో అది ఏమాత్రం పనిచేయదు.

కాంతి వేగం అనంతం కాదు. నిర్దిష్టం. అయినప్పటికీ అది అమితమైన వేగంతో పయనిస్తుంది. దీనిని మొట్టమొదట 1676లో కనుగొన్నవాడు ఓలె క్రిస్టెన్‌సన్ రోమర్. ఆయన డేనిష్ ఖగోళ శాస్త్రవేత్త. బృహస్పతి చుట్టూ దాని ఉపగ్రహాలు స్థిరమైన వేగంతో పయనించి ఉంటే అవి తమ పరిభ్రమణానికి తీసుకొనే కాలం ఒకేలా ఉండాలి. అయితే బృహస్పతి గ్రహం వెనకకు వెళ్లే దాని చందమామలు ఎప్పుడూ ఒకే దూరంలో లేవని ఆయన పరిశీలించాడు. భూమి, బృహస్పతి సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతాయి. వాటి మధ్య దూరాలు వేరు. బృహస్పతి ఉపగ్రహాల గ్రహణాలను రోమర్ గమనించాడు. మనం బృహస్పతికి మరింత దూరం జరిగినప్పుడు బృహస్పతి ఉపగ్రహాల నుంచి మనకు చేరే కాంతి ఎక్కువ వ్యవధి పట్టిందని ఆయన పరిశీలించాడు. భూమికీ బృహస్పతికీ మధ్య దూరంలో వస్తున్న తేడాలను ఆయన కొలిచాడు. అయితే అవి మరీ ఖచ్చితంగా లేవు. అందుకే కాంతి వేగం సెకనుకి 1,40,000 మైళ్లు అని లెక్కకట్టాడు. ఇప్పటి లెక్క ప్రకారం కాంతి వేగం 1,86,000 మైళ్లు. ఏమైనప్పటికీ రోమర్ కాంతి వేగం నిర్దిష్టం అని చెప్పడమే గాక అది ఎంతో కొలిచి చూపించాడు. పైగా న్యూటన్ తన *ప్రిన్సిఫియా మాథమాటికాను* ప్రచురించడానికి పదకొండేళ్ల ముందే ఈ విజయాన్ని ఆయన సాధించాడు. ఇది ఆయన సాధించిన ఘన విజయం.

విద్యుత్తునూ అయస్కాంత శక్తులనూ వర్ణించడానికి ఉపయోగించిన పాక్షిక సిద్ధాంతాలను మేళవించడంలో బ్రిటిష్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త జేమ్స్ క్లర్క్ మేక్సవెల్ సఫలమయ్యాడు. ఇది 1865లో. అంతవరకూ కాంతి ప్రసరణ గురించిన సరైన సిద్ధాంతం లేదు. విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రంలో తరంగాల వంటివి ఉంటాయని మేక్సవెల్ తన సమీకరణాల ద్వారా అంచనా కట్టాడు. ఈ తరంగాలకు నిర్దిష్టమైన వేగం ఉంటుందని ఆయన భావించాడు. ఇవి ఒక కొలనులో తరంగాల్లాగానే ఉంటాయని ఆయన అన్నాడు. ఈ తరంగాల పొడవు (ఒక తరంగం శిఖర భాగానికి మరో తరంగం శిఖర భాగానికి మధ్య దూరం) ఒక మీటరు ఉండవచ్చు. అంతకంటే ఎక్కువ కూడా ఉండవచ్చు. వాటినే మనం ఇప్పుడు రేడియో తరంగాలంటున్నాం.

అంతకంటే తక్కువ పొడవు ఉన్న తరంగాలు మైక్రోవేవ్స్. ఇవి కొన్ని సెంటీమీటర్ల పొడవు ఉంటాయి. ఇంకా ఇన్‌ఫ్రారెడ్‌వేవ్స్ ఉన్నాయి. ఇవి సెంటీమీటరులో 10 వేలవ వంతు కంటే తక్కువ పొడవుంటాయి. మనకు కనిపించే కాంతి వేవ్‌లెంగ్త్ (తరంగం పొడవు) సెంటీమీటరులో నాలుగు కోట్లవ వంతుకి, ఎనిమిది కోట్లవ వంతుకి మధ్యలో ఉంటుంది. ఇంతకంటే చిన్న వేవ్‌లెంగ్తులు కూడా ఉంటాయి. అవి అల్ట్రావయోలెట్ కిరణాలు, ఎక్స్ కిరణాలు, గామా కిరణాలు.

రేడియోవేవ్స్ లేదా కాంతి తరంగాలు నిర్దిష్ట వేగంతో పయనిస్తాయని మేక్స్‌వెల్ సిద్ధాంతం చెబుతుంది. నిరపేక్ష విరామం అన్న భావాన్ని న్యూటన్ సిద్ధాంతం వదిలించుకుంది. కాంతి ఒక నిర్దిష్ట వేగంతో పయనిస్తుంది. అయితే దేనితో పోల్చి ఆ నిర్దిష్ట వేగాన్ని అంచనా వేయాలన్నదే ప్రశ్న. కనుక ప్రతిచోటా ఆఖరికి 'ఖాళీ' స్థలంలో సైతం 'ఈదర్' అనే పదార్థం ఉంటుంది అని ఊహించారు. సౌండ్‌వేవ్స్ (శబ్ద తరంగాలు) గాలిగుండా పయనించినట్టే లైట్‌వేవ్స్ (కాంతి తరంగాలు) 'ఈదర్' అనే పదార్థంగుండా పయనిస్తాయనుకొన్నారు. కనుక కాంతి వేగాన్ని ఈదర్‌తో పోల్చి చెప్పాల్సి ఉంది. దీనిని బట్టి ఈదర్‌తో పోల్చినప్పుడు విభిన్న పరిశీలకులు కాంతి అన్నది తమ వైపుకి విభిన్న వేగాలతో వస్తున్నట్టు గమనించాల్సి ఉంది. ఈదర్‌కు సంబంధించినంతవరకూ కాంతి వేగం స్థిరంగా ఉంటుంది. ఇది సిద్ధాంతం. దాని ప్రకారం భూమి తన కక్ష్యపైన సూర్యుడి చుట్టూ ఈదర్ గుండా తిరుగుతున్నప్పుడు అదే దిశగా కాంతి వేగాన్ని కొలవాలనీ దానికి విరుద్ధ దిశలో (అంటే అప్పుడు మనం కాంతిమూలంవైపు పయనించడం లేదు) ఉన్న కాంతి వేగం కంటే ఎక్కువ వేగంగా ఉంటుందనీ ఆ సిద్ధాంతం ఊహించింది.

1887లో ఆల్బర్ట్ మైకేల్‌సన్, (ఈయన భౌతిక శాస్త్రంలో నోబుల్ బహుమతి గ్రహించిన మొట్టమొదటి అమెరికన్ పౌరుడు) ఎడ్వర్డ్ మోర్లీ అనే శాస్త్రవేత్తలు క్లీవ్‌లాండ్‌లో ఉన్న కేస్ స్కూల్ ఆఫ్ అప్లయిడ్ సైన్స్‌లో చాలా జాగ్రత్తగా ప్రయోగాలు నిర్వహించారు. భూమి చలనానికి అనుకూలమైన దిశలో కాంతి వేగాన్ని వారు కొలిచారు. దానిని భూమి చలనానికి లంబకోణ దిశగా ఉన్న కాంతి వేగంతో పోల్చి చూశారు. ఆశ్చర్యం! ఆ రెండూ సరిగా ఒకేలా ఉన్నాయి!

1887 నుంచి 1905 వరకూ ఈ అంశంపైన డచ్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త హెండ్రిక్ లోరెంజ్ ఎన్నో ప్రయోగాలు చేశాడు. ఈదర్ గుండా వెళుతున్నప్పుడు వస్తువులు కుంచించుకుపోతాయని, గడియారాల వేగాలు మందగిస్తాయని వగైరా వగైరా

కారణాల వల్ల మైకేల్ సన్, మోర్లీ ప్రయోగంలో కాంతి వేగం ఒకటిగానే వచ్చిందని నిరూపించడానికి ఆయన శ్రమపడ్డాడు. అయితే 1905లో ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్ ప్రతిపాదన రానే వచ్చింది. అప్పటి వరకూ ఆయన స్విస్ పేటెంట్ ఆఫీస్‌లో ఒక మామూలు గుమాస్తా. ఆయన సిద్ధాంతం ప్రకారం మొత్తంగా ఈదర్ అన్న భావనే అవసరం లేదు. కాకుంటే నిరపేక్ష కాలం అన్న దానిని వదులుకోవడానికి సిద్ధంగా ఉండాలి. ఇలాంటి విషయాన్నే మరి కొన్ని వారాల తర్వాత ఒక ప్రఖ్యాత ఫ్రెంచి గణిత శాస్త్రవేత్త హెన్రీ పాయిన్‌కేర్ కూడా ప్రకటించాడు. పాయిన్‌కేర్ ఈ సమస్యను గణిత శాస్త్ర సమస్యగా పరిగణించాడు. కనుక ఐన్‌స్టీన్ వాదనలు పాయిన్‌కేర్ వాదనల కంటే భౌతిక శాస్త్రానికి సన్నిహితంగా ఉంటాయి. కొత్త సిద్ధాంతాన్ని కనుగొన్న ప్రతిష్ట సాధారణంగా ఐన్‌స్టీన్‌కే మనం ఇస్తూ ఉంటాం. అందులో ఒక ముఖ్యమైన భాగానికి మాత్రం పాయిన్‌కేర్ పేరును మనం జోడిస్తూ ఉంటాం.

సాపేక్ష సిద్ధాంతపు మౌలిక సూత్రం ఏమంటే పరిశీలకులు ఏయే వేగాలలో ఎటు పయనిస్తున్నప్పటికీ శాస్త్ర నియమాలన్నీ అందరికీ సమంగా వర్తిస్తాయి. ఈ భావం మేక్స్‌వెల్ సిద్ధాంతాన్ని, కాంతి వేగాన్ని తనలో కలుపుకోవడానికి వీలుగా విస్తరించింది. ఈ సరళమైన భావం ఎన్నో ఘనమైన పర్యవసానాలకు దారితీసింది. బహుశా వీటిలో అందరికీ తెలిసిన సూత్రం ద్రవ్యరాశిని, శక్తిని సమ తులనంలో పెట్టడం. $E=mc^2$ అనే ఐన్‌స్టీన్ ప్రఖ్యాత సమీకరణం ఈ అంశాన్నే తెలియజేస్తుంది. (E అంటే ఎనర్జీ. అనగా శక్తి. m అంటే మాస్. అనగా ద్రవ్యరాశి. c అనగా కాంతివేగం) కాంతి కంటే వేగంగా మరేదీ పయనించలేదన్న నిర్ధారణ మరో ప్రధాన పర్యవసానం. శక్తి, ద్రవ్యరాశుల సమీకరణ అర్థమేమిటి? ఒక వస్తువు చలనం వల్ల దాని శక్తి పెరిగినప్పుడు దాని ద్రవ్యరాశి కూడా పెరుగుతుంది. మరో రకంగా కూడా దీనిని చెప్పవచ్చు. శక్తి పెరిగినకొద్దీ తన వేగాన్ని పెంచుకోవడం దానికి మరింత కష్టమవుతుంది. ఉదాహరణకు ఒక వస్తువు వేగం కాంతి వేగంలో పదోవంతు ఉందనుకుందాం. దాని ద్రవ్యరాశి మాత్రం 0.5 శాతం పెరుగుతుంది. కాంతి వేగంలో అది 90 శాతం ఉన్నప్పుడు ఆ వస్తువు తొలి ద్రవ్యరాశికి రెట్టింపు కంటే ఎక్కువ ఉంటుంది. ఒక వస్తువు కాంతి వేగాన్ని సమీపిస్తున్న కొద్దీ దాని ద్రవ్యరాశి అతి త్వరితంగా పెరిగిపోతుంది. అది మరింత వేగాన్ని పుంజుకోవాలంటే మరింత ఎక్కువ శక్తిని గ్రహించాలి. అది కాంతి వేగాన్ని ఎప్పటికీ చేరుకోలేదు. ఎందుకంటే అప్పటికి దాని ద్రవ్యరాశి అనంతంగా మారాలి. ద్రవ్యరాశి, శక్తుల సమత్వం వల్ల

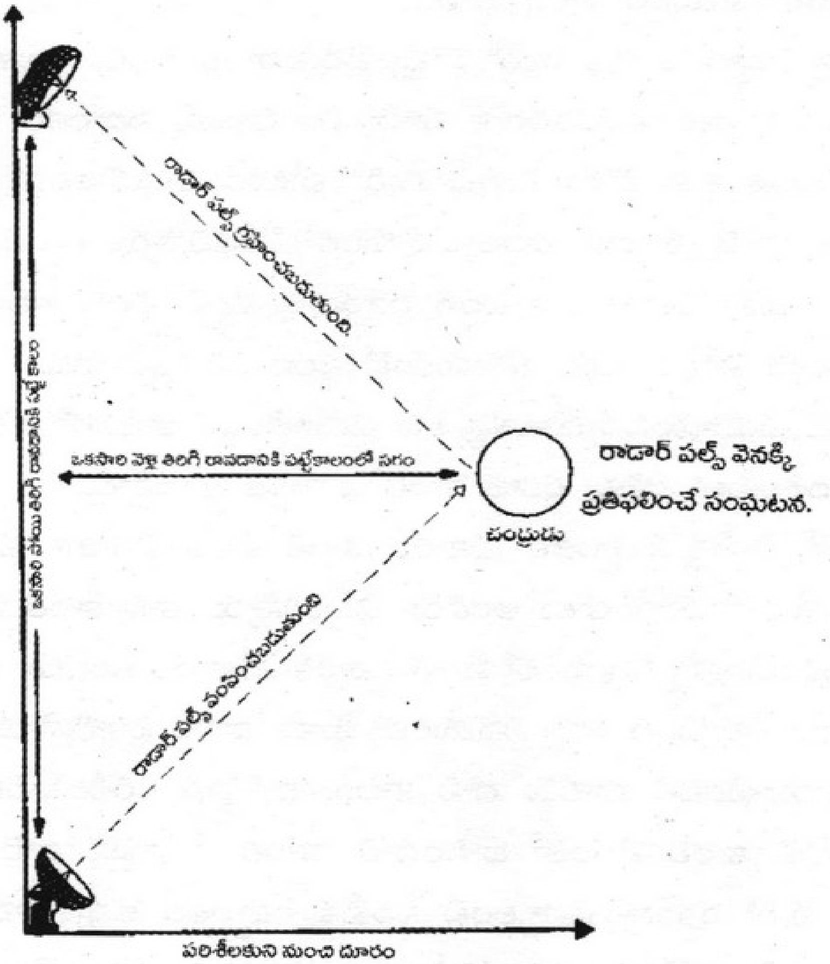
దాని ద్రవ్యరాశి అనంతంగా ఉండాలంటే ఒక అనంతమైన శక్తి మొత్తాన్ని అది గ్రహించి ఉండాలి. ఆ కారణంగా ఏ సాధారణ వస్తువయినా కాంతి వేగం కంటే తక్కువ వేగంతో మాత్రమే పయనించగలదు. ఈ సాపేక్షతకు అది పరిమితం గాక తప్పదు. కాంతి లేదా అంతర్నిహితంగా ద్రవ్యరాశి లేని ఇతర వేవ్స్ మాత్రమే కాంతివేగంతో పయనించగలుగుతాయి.

సాపేక్ష సిద్ధాంతం వల్ల మరో గొప్ప పర్యవసానం ఉంది. స్థలకాలాల ఎడల మన భావాలను అది విప్లవకరంగా మార్చింది. న్యూటన్ సిద్ధాంతం ప్రకారం ఒక కాంతి పుంజం ఒక చోటు నుంచి మరో చోటుకి పయనించినప్పుడు విభిన్న పరిశీలకులు దాని ప్రయాణ కాలం విషయంలో ఏకీభవిస్తారు. (ఎందుకంటే కాలం నిరపేక్షం గనుక) అయితే అది ఎంత దూరం ప్రయాణించింది అన్న విషయంలో మాత్రం వారు ఏకీభవించరు. (ఎందుకంటే స్థలం నిరపేక్షం గాదు). కాంతి వేగం అన్నది అది ప్రయాణించిన దూరాన్ని అది ప్రయాణించిన కాలంతో భాగిస్తే వస్తుంది. విభిన్న పరిశీలకులు విభిన్న రకాల కాంతి వేగాలను కొలుస్తారు.

అయితే సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం కాంతి ఎంత వేగంగా ప్రయాణిస్తుంది అన్న విషయంలో పరిశీలకులు అందరూ ఏకీభవిస్తారు. కాని కాంతి ఎంత దూరం ప్రయాణించింది అన్న విషయంలో మాత్రం వారికి ఏకీభావం ఉండదు. అది అందుకు ఎంత కాలం తీసుకుంది అన్న విషయంలో కూడా వారికి ఏకాభిప్రాయం ఉండదు. (కాంతి ప్రయాణించిన దూరమే దాని కాలం. దానిపైన పరిశీలకులకు ఏకీభావం లేదు. దానిని కాంతి వేగంతో భాగించాలి. కాంతి వేగంపైన వారికి ఏకీభావం ఉంది.) మరో రకంగా చెప్పాలంటే నిరపేక్ష సిద్ధాంతం అన్న భావనకు సాపేక్ష సిద్ధాంతం స్వస్తి పలికింది. ప్రతి పరిశీలకుడు తన వెంట ఉన్న గడియారం రికార్డు చేసిన విధంగా తన సొంత కాలమానాన్ని పరిగ్రహించాలన్నట్టుగా ఇది కనిపిస్తుంది. విభిన్న పరిశీలకులు తీసుకెళ్లిన ఒకేలాంటి గడియారాలు ఒకదానితో ఒకటి ఖచ్చితంగా ఏకీభవించాలని లేదు.

ప్రతి పరిశీలకుడు రాడార్ ఉపయోగించవచ్చు. కాంతి కణాలనో రేడియో తరంగాలనో పంపించడం ద్వారా ఒక సంఘటన ఎప్పుడు, ఎలా జరిగిందో చెప్పవచ్చు. కాంతి పుంజంలో ఒక భాగం సంఘటన నుంచి బయలుదేరివెళ్లి తిరిగి వెనక్కి ప్రసరిస్తుంది. ఆ ప్రతిఫలనానికి పట్టిన కాలాన్ని పరిశీలించవచ్చు. కాంతి పుంజం పంపించిన క్షణం నుంచి అది వెనక్కి ప్రతిఫలించిన క్షణం వరకూ పట్టిన కాలంలో

సగం లెక్కిస్తే అది సంఘటనకు పట్టిన కాలం అవుతుంది. ఇలా కాంతి పుంజం ఒకసారి చుట్టి రావడానికి పట్టే కాలంలో సగాన్ని కాంతి వేగంతో గుణిస్తే ఆ సంఘటన దూరం తెలుస్తుంది. (ఈ అర్థంలో చూస్తే ఒక నిర్దిష్ట సమయంలో, ఒక నిర్దిష్ట స్థలంలో జరిగే దానిని సంఘటన అంటాం.)



చిత్రం: 2.1.

కాలాన్ని నిలువుగా కొలుస్తారు. పరిశీలకుని నుంచి దూరాన్ని అడ్డంగా కొలుస్తారు.
స్థలకాలాల గుండా పోయే పరిశీలకుని పథం ఎడమ వైపున ఉన్న రేఖగా చూపించబడింది.
పథం నుంచి సంఘటనకూ, సంఘటన నుంచి వెనక్కి కాంతి పథానికీ చేరే కిరణాలను కర్ణాలుగా చూపించడం జరిగింది.

ఈ పద్ధతిని ఉపయోగించి ఒకరికొకరు సాపేక్షంగా పయనించే పరిశీలకులు ఒకే సంఘటనకు వేర్వేరు స్థానాలను, వేర్వేరు కాలాలను ఆపాదిస్తారు. ఇందులో ఒక ప్రత్యేక పరిశీలకుని లెక్కలు మిగతా పరిశీలకుల కొలతల కంటే ఎక్కువ ఖచ్చితమని చెప్పలేం. ఈ కొలతలన్నీ ఒకదానికొకటి సాపేక్షం. ప్రతి పరిశీలకుడూ ఒక

సంఘటనకు మరో పరిశీలకుడు ఏ స్థానాన్ని, ఏ కాలాన్ని ఆపాదించాడో చెప్పగలడు. అయితే ఆ మరో పరిశీలకుని సాపేక్ష వేగం మాత్రం అతనికి తెలిసి ఉండాలి.

దూరాన్ని ఖచ్చితంగా కొలవడం కోసం ఇటీవల కాలంలో మనం ఈ పద్ధతినే ఉపయోగిస్తున్నాం. ఎందుకంటే పొడవు కంటే కాలాన్ని మనం మరింత ఖచ్చితంగా కొలవగలం. అందువల్ల 0.00000000 333 564 0952 సెకన్లలో కాంతి పయనించిన దూరమే ఒక మీటరుగా లెక్కించారు. ఇదే మీటరు నిర్వచనం. (ఇది మీటరుకు ఒక చారిత్రక నిర్వచనం. పారిస్‌లో ఉంచిన ఒక ప్రత్యేక ప్లాటినం కడ్డీపై గల రెండు స్థానాల మధ్యగల దూరం ఇది.) దీనిని సీజియం గడియారంతో కొలిచారు. అలాగే ఇంతకంటే సులువైన కొలమానాన్ని కూడా వాడవచ్చు. దాని పేరు కాంతి సెకను. దాని నిర్వచనం: ఒక సెకనులో కాంతి పయనించే దూరమే కాంతి సెకను. సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం దూరాన్ని మనం ఇప్పుడు కాలంతోనూ కాంతి వేగంతోనూ కొలుస్తాం. కనుక ప్రతి పరిశీలకుడూ కాలాన్ని కొలిచినప్పుడు దాని వేగం ఒకటేనని గ్రహిస్తాడు. (0.0000000033335640952 సెకన్లకు ఒక మీటరు) ఇక్కడ ఈదర్ అన్న భావాన్ని పరిచయం చేయాల్సిన అవసరం లేదు. ఈదర్‌ను ఎటూ పసిగట్టడం సాధ్యం కాదు. ఈ విషయం మైకేల్‌సన్, మోర్లీ ప్రయోగంలో రుజువైంది. సాపేక్ష సిద్ధాంతం స్థల కాలాల విషయంలో మన భావాలను మౌలికంగా మార్చుకునేలా చేసింది. కాలం అన్నది స్థలంతో పూర్తిగా సంబంధం లేని ప్రత్యేక విషయం కాదని మనం ఆమోదించేలా చేసింది. కాలం అనేది స్థలంతో కలిసి ***స్థలకాలం*** అవుతుంది.

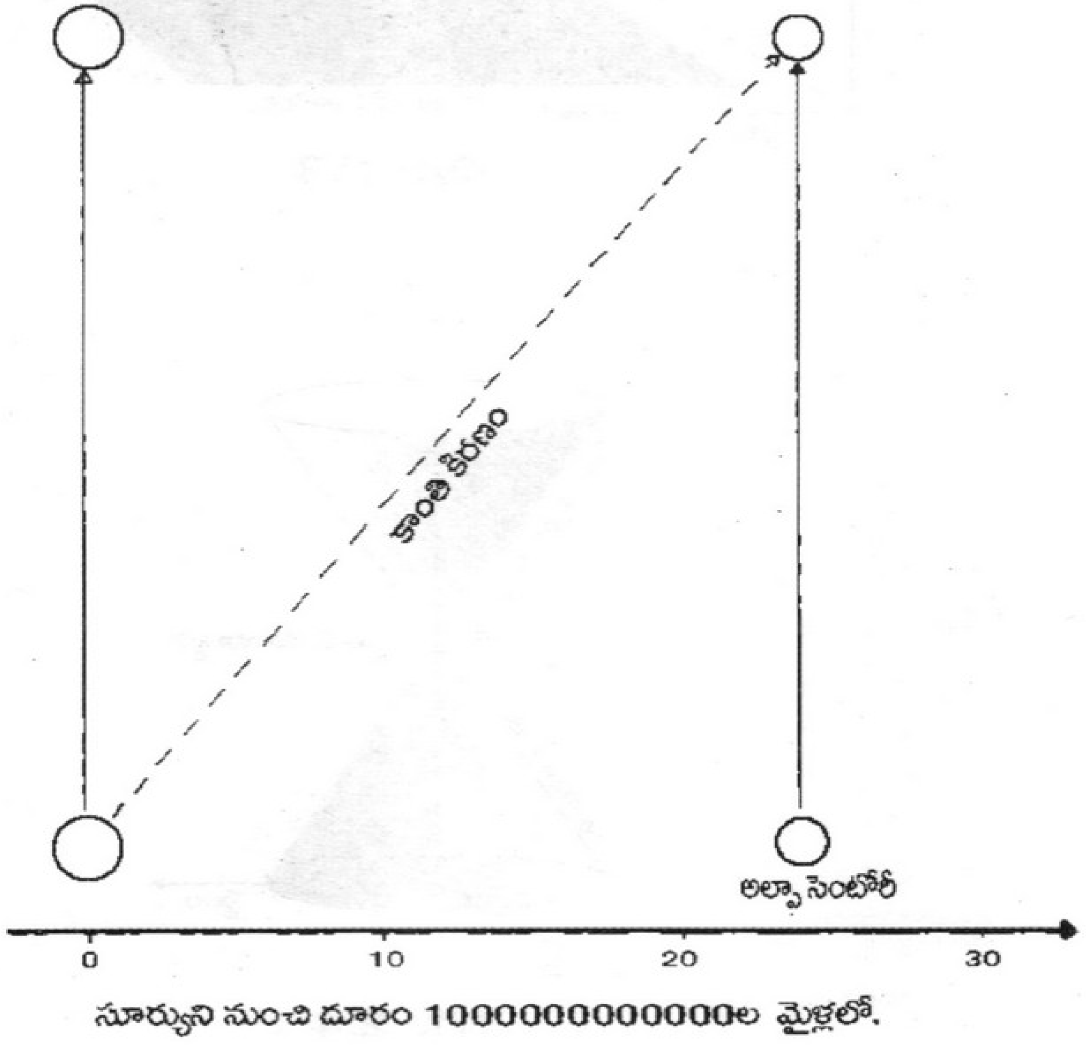
స్థలంలో ఏ పాయింట్‌నైనా మూడు అంకెలతో గానీ సంఖ్యాబిందువులతో గానీ వర్ణించవచ్చునని అనుభవం చెబుతుంది. ఉదాహరణకు ఒక గదిలో ఒక పాయింట్‌ని ఇలా చెప్పవచ్చు. ఒక గోడ నుంచి ఏడు అడుగులు మరో గోడ నుంచి మూడు అడుగులు నేల పై నుంచి ఐదు అడుగుల దూరంలో ఉందని చెప్పవచ్చు. లేదా ఒక పాయింట్ ఫలానా రేఖాంశంలోనూ ఫలానా అక్షాంశంలోనూ ఉందనీ సముద్రపు మట్టం నుంచి ఇంత ఎత్తులో ఉందనీ సూచించవచ్చు. ఈ రకంగా తగిన సంఖ్యలను ఏ మూడింటినైనా వాడవచ్చు. అయితే అవి ఒక పరిమిత స్థాయిలో మాత్రమే చెల్లుబాటవుతాయి. చంద్రుని స్థానం గురించి చెప్పాలంటే పిక్కాడిల్లీ సర్కస్ నుంచి ఉత్తరంగా ఇన్ని మైళ్ల దూరంలోనూ పశ్చిమ దిశగా ఇన్ని మైళ్ల దూరంలోనూ సముద్ర మట్టం నుంచి ఇన్ని మైళ్ల ఎత్తులోనూ ఉందని చెప్పలేం. దానికి బదులు చంద్రుని స్థానాన్ని సూర్యుడి నుంచి దాని దూరాన్ని బట్టీ, గ్రహాల కక్ష్యల ఉపరితలం నుంచి

దాని దూరాన్ని బట్టీ సూర్యుడినీ చంద్రుడినీ కలిపే రేఖకూ సూర్యుడినీ దాని దగ్గరలోనే ఉన్న ఆల్ఫా సెంటౌరీ నక్షత్రాన్ని కలిపే సరళరేఖకూ మధ్య గల కోణాన్ని బట్టి గ్రహించవచ్చు. మన గెలాక్సీలో సూర్యుడి స్థానాన్ని వర్ణించడం కోసంగానీ లేదా స్థానిక గెలాక్సీల బృందంలో మన గెలాక్సీ స్థానాన్ని వర్ణించడంలోగానీ ఈ సంఖ్యలు మనకు పనికి రాకపోవచ్చు. మొత్తంమీద ఒకదానిని మరొకటి పునరావృతం చేసుకునే అతుకుల సంపుటి సాయంతో మొత్తం విశ్వాన్ని వర్ణించవచ్చు. ప్రతి అతుకునీ వర్ణించడంలో మాత్రం రకరకాల స్వభావాలు గల మూడేసి సంఖ్యలను ఉపయోగించవచ్చు.

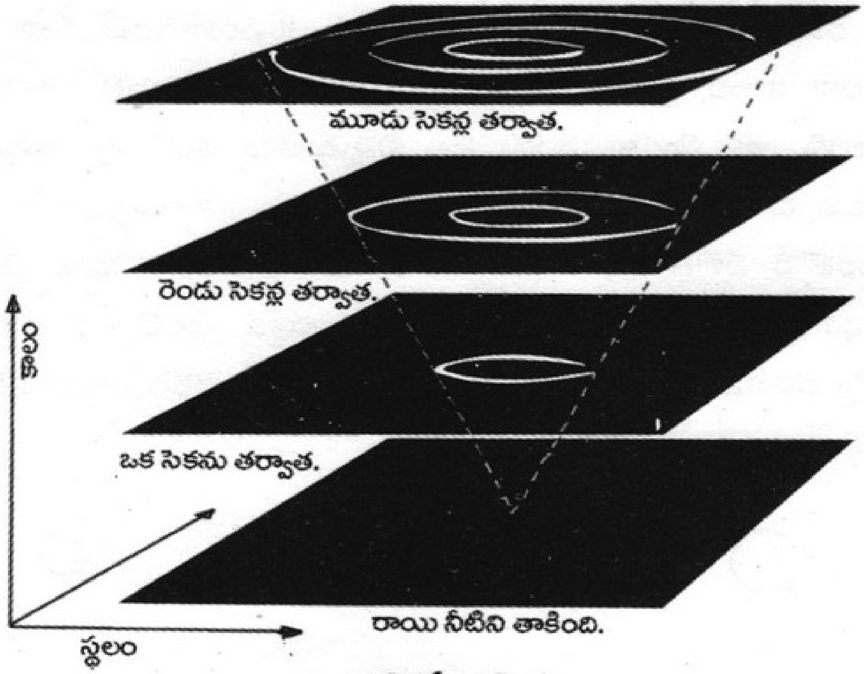
స్థలంలో ఒక నిర్దిష్టమైన పాయింట్‌లోనూ ఒక నిర్దిష్ట కాలంలోనూ జరిగేదే సంఘటన. కనుక దానిని నిర్దిష్టంగా చెప్పాలంటే నాలుగు అంకెలో సంఖ్యాబిందువులో కావాలి. అయితే వాటిని ఎంచుకోవడంలో ఎవరి ఇష్టం వారిది. బాగా నిర్వచించబడిన స్థల సంబంధిత సంఖ్యాబిందువులను మూడింటిని ఉపయోగించుకోవచ్చు. వాటితోపాటు ఒక కాల కొలమానాన్ని ఉపయోగించవచ్చు. సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం స్థల సంఖ్యలకూ కాల సంఖ్యలకూ మధ్య భేదమేమీ లేదు. రెండు స్థల సంఖ్యాబిందువుల మధ్య నిజమైన భేదమేదీ లేనట్టే ఇది కూడా. కావాలనుకుంటే ఎప్పటికప్పుడు కొత్త సంఖ్యలను కూడా వాడుకోవచ్చు. పాత సంఖ్యను రెండో స్థల సంఖ్యతో కలిపి కొత్తగా మొదటి సంఖ్యను ఎంచుకోవచ్చు. ఉదాహరణకు భూమి మీద ఒక పాయింట్‌ను కొలవడానికి పిక్కాడిల్లీ నుంచి ఉత్తర దిశగా ఫలానా దూరంలోనూ పశ్చిమ దిశగా ఫలానా దూరంలోనూ ఉందని చెప్పవచ్చు. అదే విధంగా పిక్కాడిల్లీ నుంచి ఈశాన్యంగా ఫలానా దూరంలోనూ, పిక్కాడిల్లీ నుంచి వాయవ్యంగా ఫలానా దూరంలోనూ ఉందని కూడా చెప్పవచ్చు. అదే రకంగా సాపేక్షంగా చూస్తే ఒక కొత్త సంఖ్యను కూడా ఉపయోగించి ఒక పాయింట్‌ని నిర్ణయించవచ్చు. అదేమంటే, పిక్కాడిల్లీకి ఉత్తర దిశగా (కాంతి సెకన్లలో) దూరంతో (సెకన్లలో) పాత కాలాన్ని కలిపి నిర్ణయించవచ్చు.

ఒక సంఘటన స్థానాన్ని స్థలకాలం అని పిలవబడే నాలుగు విస్తృతులు (dimensions) గల స్థలంలో గుదిగుచ్చి చెప్పడానికి ఇది సహాయకారిగా ఉంటుంది. నాలుగు విస్తృతులు గల స్థలాన్ని ఊహించడం అసాధ్యం. వ్యక్తిగతంగా నాకు మూడు విస్తృతులు గల స్థలాన్ని ఊహించడమే కష్టం. అయితే రెండు విస్తృతులు గల స్థలాల బొమ్మలు గీయడమయితే తేలికే. భూమి ఉపరితలం ఒక ఉదాహరణ. భూమి ఉపరితలం రెండు విస్తృతులలో ఉంటుంది. ఎందుకంటే దానిపైన ఏ పాయింట్‌నైనా

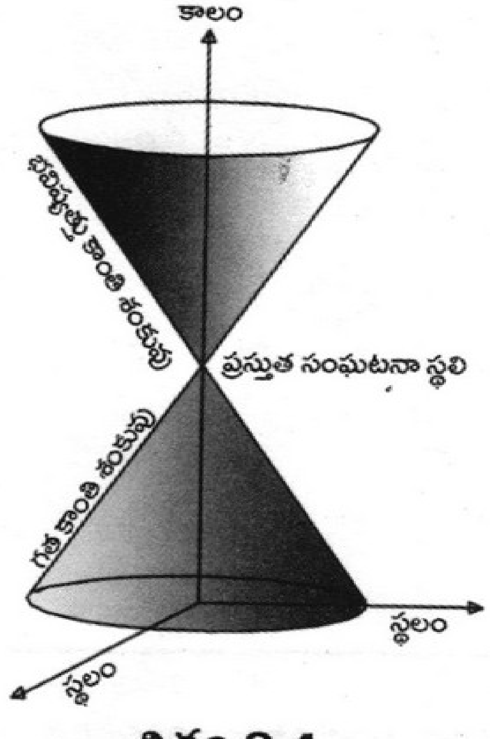
అక్షాంశ రేఖాంశాలతో సూచించవచ్చు. నేను ఉపయోగించే రేఖా చిత్రాలలో సాధారణంగా కాలం పైకి నిలువుగా పెరుగుతుంది. స్థల విస్తృతి మాత్రం అడ్డంగా పెరుగుతుంది. ఇక మిగతా రెండు స్థల విస్తృతులను వదిలేస్తూ ఉంటాను. లేదా వాటిలో ఒక దానిని ద్రుగ్మండలం (చూడగలిగిన మేర)గా చూపిస్తాను. సూర్యుడు, ఆల్ఫా సెంటౌరీ నక్షత్ర పథాలను స్థలకాల రేఖా చిత్రంలో ఎడమ వైపున, కుడి వైపున రెండు నిలువు గీతలతో సూచిస్తాను. సూర్యుడి నుంచి ఒక కాంతి కిరణం ఒక కర్ణాన్ని అనుసరించి పయనిస్తుంది. ఆల్ఫాసెంటౌరీని చేరడానికి దానికి నాలుగేళ్లు పడుతుంది.



చిత్రం 2.2.



చిత్రం 2.3



చిత్రం 2.4

కాంతిమూల వేగంతో ప్రమేయం లేకుండా కాంతివేగం ఎక్కడైనా ఒకటిగానే ఉంటుందని మేక్స్‌వెల్ సమీకరణాలు రుజువు చేశాయని చూశాం. ఖచ్చితమైన

కొలతల ప్రకారం ఇది రుజువయింది. ఒక నిర్దిష్ట కాలంలో, స్థలంలో ఒక నిర్దిష్ట పాయింట్ దగ్గర కాంతి పుంజం విడుదలైతే కాలం గడుస్తున్న కొద్దీ అది ఒక కాంతి ఆవృతంగా వ్యాపిస్తుంది. ఆవృతం పరిమాణం, స్థానం కాంతిమూలపు వేగంతో ప్రమేయం లేకుండా ఉంటాయి. సెకనులో పదిలక్షవ వంతులో కాంతి మూడు వందల మీటర్ల అర్థ వ్యాసంతో ఒక ఆవృతాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. 20 లక్షో వంతు సెకన్లో దాని అర్థ వ్యాసం 6 వందల మీటర్లు ఉంటుంది. అది ఇలాగే పెరుగుతూ ఉంటుంది. ఒక కొలనులో రాయి వేసినప్పుడు అలలు వ్యాపించినట్టుగానే ఇక్కడ కూడా జరుగుతుంది. ఈ గుండ్రటి అలలు కాలం జరుగుతున్నకొద్దీ మరింత మరింత పెద్దవిగా మారి వ్యాపిస్తాయి. రెండు విస్తృతులు గల కొలను ఉపరితలాన్ని మూడు విస్తృతులు గల నమూనాగా ఊహించండి. దానికి కాల విస్తృతిని కలపండి. విస్తృతమవుతున్న అలల ఆవృతం ఒక శంకువు (cone)గా ఏర్పడుతుంది. రాయి నీళ్లను తాకిన చోటును కాలంగా చిత్రించండి.

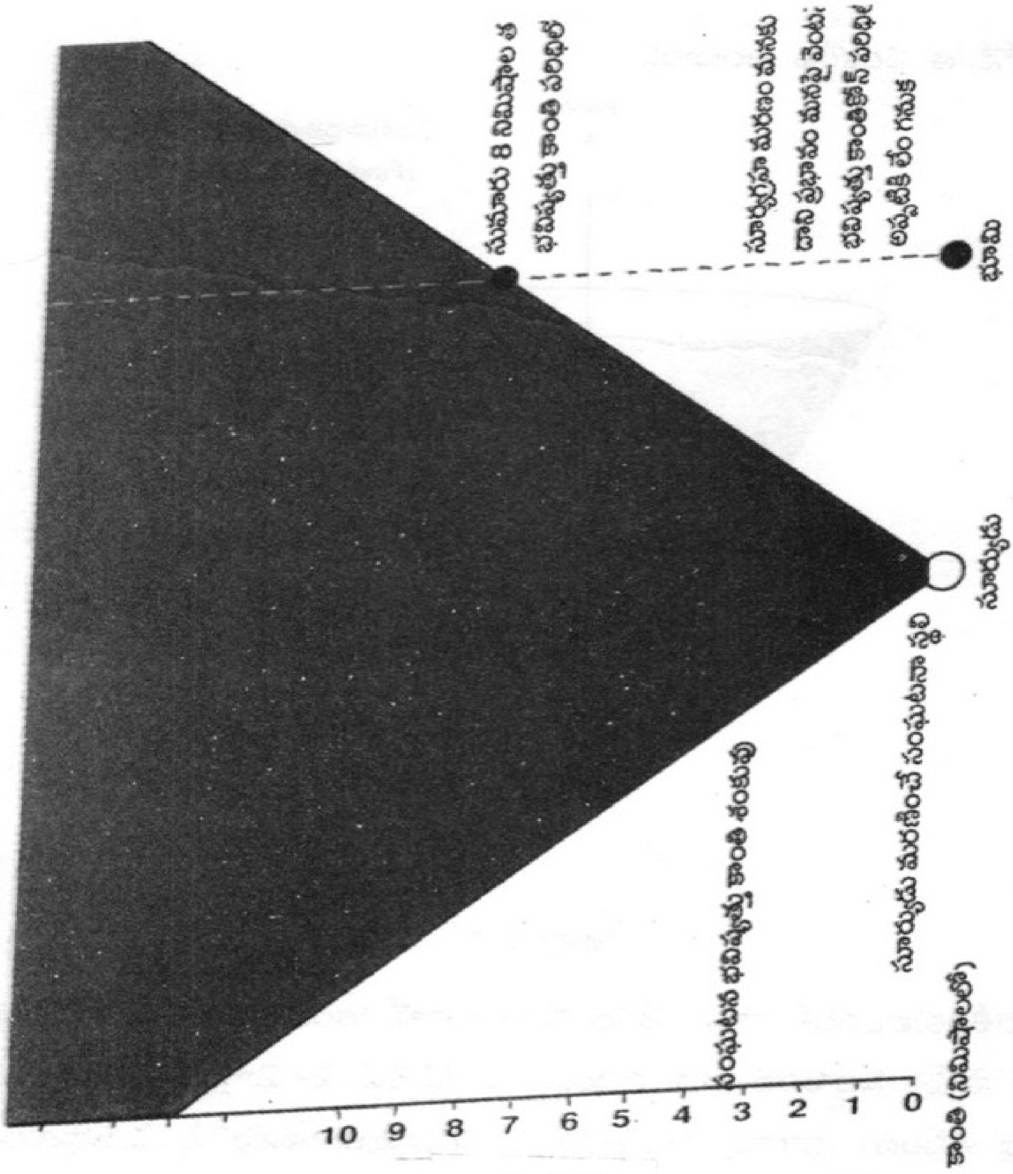
అదే రకంగా ఒక సంఘటన నుంచి వ్యాపిస్తున్న కాంతి నాలుగు విస్తృతులు గల స్థలకాలంలో మూడు విస్తృతులు గల శంకువుని రూపొందిస్తుంది. ఇది సంఘటనకు సంబంధించిన భవిష్యత్తు కాంతి శంకువు. అదే విధంగా మరో శంకువుని గీయగలం. ఇది గత కాంతి శంకువు. ఇది కాంతి కణం ఎక్కడ నుంచి బయలుదేరిందో ఆ గత సంఘటనలను సూచిస్తుంది.

సంఘటన pని తీసుకుందాం. దీని గత కాంతి శంకువూ భవిష్యత్తు కాంతి శంకువూ కలసి స్థలకాలాన్ని మూడు ప్రాంతాలుగా విడగొడతాయి. సంఘటన నిరపేక్ష భవిష్యత్తు అన్నది భవిష్యత్తు కాంతి శంకువు లోపల ఉంటుంది. p దగ్గర జరిగే దానితో ప్రభావితమవడానికి అవకాశమున్న సకల సంఘటనల సంపుటి అది. p దగ్గర నుంచి వచ్చే సంకేతాలు కాంతి శంకువుకి బయట ఉన్న సంఘటనలను తాకలేవు. ఎందుకంటే కాంతి కంటే వేగంగా మరేదీ పయనించలేదు. కనుక p దగ్గర జరిగేదేదీ వీటిపై ఎటువంటి ప్రభావమూ చూపలేదు. p సంపూర్ణ గతం అన్నది గత కాంతి శంకువులో అంతర్భాగం. అది p ని చేరుకోగలిగిన సకల సంఘటనల సంపుటి. ఈ సంపుటి నుంచి పయనించే సంకేతాలు కాంతివేగం కంటే తక్కువగానో లేదా దానికి సమానంగానో ఉంటాయి. p గత కాంతి శంకువు లోపల ప్రాంతంలో ప్రతి చోటా ఒక నిర్దిష్ట సమయంలో ఏమి జరుగుతోందో తెలిస్తే p దగ్గర ఏమి జరగబోతోందో ఊహించవచ్చు. వేరే చోటు అన్నది స్థలకాలంలో

ఒక ప్రాంతం. అది p గత కాంతి శంకువు పరిధిలో గానీ భవిష్యత్తు కాంతి శంకువు పరిధిలో గానీ ఉండదు. వేరే చోట జరిగే సంఘటనలు p దగ్గర జరిగే సంఘటనలను ప్రభావితం చేయలేవు. వాటి వల్ల ప్రభావితమూ కావు. ఉదాహరణకు ఈ క్షణమే సూర్యుడు ప్రకాశించడం మానేశాడనుకుందాం. అది తక్షణమే భూమి మీద విషయాలను ప్రభావితం చేయలేదు.

చిత్రం 2.5

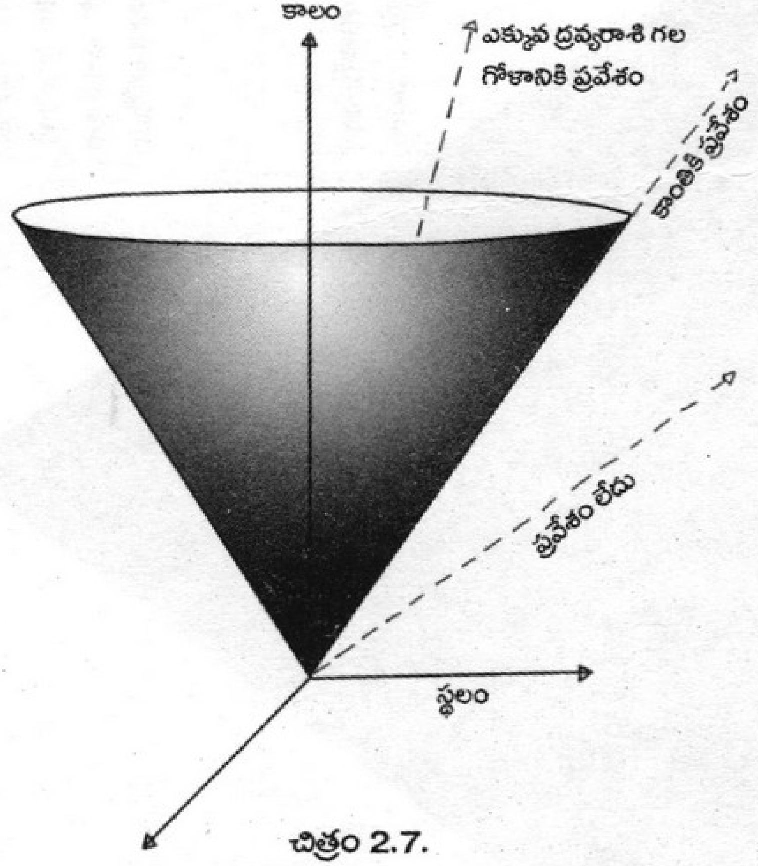
ఆ సంగతి మనకు 8 నిమిషాల తర్వాత మాత్రమే తెలుస్తుంది. అది సూర్యుని కాంతి భూమిని చేరడానికి పట్టే కాలం. అప్పుడు మాత్రమే భూమిపై జరిగే సంఘటనలు సూర్యుడు ఆరిపోయిన సంఘటనకి చెందిన భవిష్యత్తు కాంతి శంకువులో ఉంటాయి. అదే విధంగా మనకు ఎంతో దూరంగా ఉన్న విశ్వంలో ఈ క్షణం ఏమి జరుగుతుందో తెలియదు. ఇప్పుడు మనం చూస్తున్న కాంతి గెలాక్సీలను వదలి లక్షల సంవత్సరాలు అయింది. మనం చూసిన అత్యంత సుదూర గోళం నుంచి కాంతి బయలుదేరి సుమారు 8 వందల కోట్ల సంవత్సరాలయింది. ఆ రకంగా విశ్వాన్ని మనం ఇప్పుడు చూస్తున్నామూ అంటే దాని గత పరిస్థితినే ఇప్పుడు చూస్తున్నాం అన్నమాట.



చిత్రం 2.6.

ఐన్‌స్టీన్‌గానీ పాయిన్‌కేర్‌గానీ గురుత్వాకర్షణ ప్రభావాలను పట్టించుకోలేదు. ఇది 1905 నాటి మాట. అలా పట్టించుకోకుండా ఉండాలంటే ప్రత్యేక సాపేక్ష సిద్ధాంతం ఆసరా తీసుకోవాల్సి ఉంటుంది. స్థలకాలంలో జరిగే ప్రతి సంఘటనకూ మనం ఒక కాంతి శంకువు (స్థలకాలంలో ఒక సంఘటన నుంచి ప్రసరించే సకల కాంతి పథాల సంపుటి)ని నిర్మించవచ్చు. ఏ దిశలోనైనా ఏ సంఘటన దగ్గరయినా కాంతి వేగం ఒకటిగానే ఉంటుంది. కనుక కాంతి శంకువులన్నీ ఒకేలా ఉంటాయి. ఒకే దిశను సూచిస్తాయి. ఈ సిద్ధాంతం మరో విషయం చెబుతుంది. కాంతి కంటే వేగంగా పయనించేదేదీ లేదు. అంటే స్థలకాలాల గుండా ఏ వస్తువు పయనించే మార్గాన్నయినా ఒక సరళరేఖ సూచిస్తుంది. ప్రతి సంఘటనకీ సంబంధించిన కాంతి శంకువు

పరిధిలోనే ఆ సరళరేఖ ఉంటుంది.



చిత్రం 2.7.

పరిశీలకులందరికీ కాంతి వేగం సమానంగానే ఉంటుందని వివరించడంలో ప్రత్యేక సాపేక్ష సిద్ధాంతం బాగా సఫలమైంది. (మైకేల్‌సన్, మోర్లీ ప్రయోగం దీనిని రుజువు చేసింది). దాదాపు కాంతి వేగంతో వస్తువులు పయనిస్తే ఏమవుతుందో కూడా ఈ సిద్ధాంతం వర్ణించింది. అయితే న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతం విశ్వంలో bodies ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుకుంటాయనీ ఈ ఆకర్షణ వాటి మధ్య దూరాన్ని బట్టి ఉంటుందనీ అంటుంది. ఈ విషయంలో *ప్రత్యేక సాపేక్ష సిద్ధాంతానికీ* న్యూటన్ సిద్ధాంతానికీ పొంతన లేదు. ఒక body దాని స్థానం నుంచి కదిలించితే తక్షణమే మిగిలినవాటిపై పని చేస్తున్న శక్తి మారుతుందని న్యూటన్ సిద్ధాంతం అంటుంది. లేదంటే కాంతి వేగంతోనో అంతకంటే తక్కువగానో గాక గురుత్వాకర్షణ ప్రభావాలు అనంత వేగంతో పయనించాల్సి ఉంటుందని ప్రత్యేక సాపేక్ష సిద్ధాంతం చెబుతుంది. 1908కీ 1914కీ మధ్య కాలంలో ఐన్‌స్టీన్ ఎన్నో ప్రయోగాలు చేశాడు. తన ప్రత్యేక సాపేక్ష సిద్ధాంతానికి తగిన గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతాన్ని ఒకదానిని రూపొందించడానికి ఆయన ప్రయత్నించాడు. అందులో ఆయన సఫలం కాలేదు.

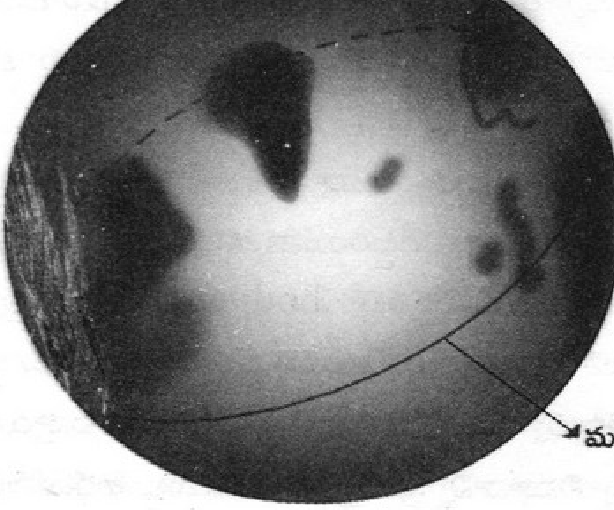
ఆఖరికి ఆయన 1915లో తన సుప్రసిద్ధ సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించాడు. అదే **సామాన్య సాపేక్ష సిద్ధాంతం**.

ఐన్‌స్టీన్ ఒక విప్లవాత్మకమైన సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించాడు: *గురుత్వాకర్షణ శక్తి ఇతర శక్తులలాంటిది కాదు. స్థలకాలం అన్నది ఇంతకుముందు ఊహించినట్టుగా బల్లపరుపుగా లేదన్న వాస్తవానికి అది ఒక పర్యవసానం. అందులో ఉన్న ద్రవ్యరాశి, శక్తి పంపిణీ కారణంగా అది ఒంపు తిరిగి ఉంది. దీని పర్యవసానమే గురుత్వాకర్షణ. భూమి లాంటి* bodies *గురుత్వాకర్షణ వల్ల ఒంపు తిరిగిన కక్ష్యలలో తిరుగుతున్నాయనుకోవడం సరికాదు. దానికి బదులు ఒంపు తిరిగిన స్థలంలో అవి అత్యంత సమీపంలో ఉన్న వస్తువుని సరళ మార్గంలో అనుసరిస్తాయి. ఈ ఒంపుతిరిగిన స్థలాన్ని జియోడేసిక్ అంటారు. జియోడేసిక్ అంటే రెండు సమీప బిందువుల మధ్య అతి చిన్న (లేదా అతి పెద్ద) మార్గం. ఉదాహరణకు భూమి ఉపరితలం రెండు విస్తృతులు కలిగిన ఒంపు తిరిగిన స్థలం. భూమిపైన జియోడేసిక్ అంటే ఒక మహావృతం అని అర్థం. అది భూమి పైన రెండు బిందువులను కలిపే, అత్యంత తక్కువ దూరం కలిగిన మార్గం.*

ఏ రెండు విమానాశ్రయాల మధ్యనయినా జియోడేసిక్ అనేది అత్యంత తక్కువ దూరం కలిగిన మార్గం. కనుక ఏ నావిగేటరయినా ఆ మార్గం గుండా పయనించమని పైలట్‌కి చెబుతాడు. సామాన్య సాపేక్షతలో bodies నాలుగు విస్తృతులు కలిగిన స్థలకాలంలో సరళరేఖలలో పయనిస్తాయి. అయితే మూడు విస్తృతులు కలిగిన స్థలంలో అవి ఒంపు తిరిగిన మార్గాల్లో పయనించినట్టుగా మనకు కనిపిస్తాయి. (ఒక పర్వత ప్రాంతంలో ఎగురుతున్న విమానాన్ని చూస్తే ఈ విషయం అర్థమవుతుంది. మూడు విస్తృతులు గల స్థలంలో ఆ విమానం సరళ రేఖలో పయనించినప్పటికీ దాని నీడ మాత్రం రెండు విస్తృతులు గలిగిన నేలపైన ఒక ఒంపు తిరిగిన మార్గాన్ని అనుసరించడం మనం గమనిస్తాం.)

నాలుగు విస్తృతులు గల స్థలకాలంలో రుజుమార్గంలో పయనిస్తున్నప్పటికీ మూడు విస్తృతులు గలిగిన స్థలంలో ఒక వృత్తాకార కక్ష్యలో తిరుగుతున్నట్టుగా భూమి మనకు కనిపిస్తుంది. సూర్యుని ద్రవ్యరాశి స్థలకాలాన్ని అలా ఒంపు తిప్పడమే దానికి కారణం. నిజానికి గ్రహ కక్ష్యల విషయంలో సామాన్య సాపేక్ష సిద్ధాంతపు అంచనాలూ న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతం ఊహించిన లెక్కలూ దాదాపు ఒక్కటే. అయితే సూర్యునికి అత్యంత సమీపంలో ఉన్న బుధ గ్రహం విషయంలో ఐన్‌స్టీన్ సాపేక్ష సిద్ధాంతం

ఖచ్చితంగా ఉంది. ఈ గ్రహం సూర్యునికి దగ్గరగా ఉండడం వల్ల అత్యధిక గురుత్వాకర్షణ ప్రభావానికి లోనవుతుంది. కనుక దాని కక్ష్య మిగిలిన వాటి కంటే ఎక్కువ సాగింది. బుధ గ్రహం పొడవాటి అక్షం సూర్యుని చుట్టూ పది వేల సంవత్సరాలకు ఒక డిగ్రీ వేగం చొప్పున తిరుగుతుందని సామాన్య సాపేక్ష సిద్ధాంతం అంచనా వేసింది. దీని ప్రభావం స్వల్పమే. అయినప్పటికీ 1915కి ముందే ఈ అంశాన్ని పరిశీలించడం జరిగింది. ఐన్‌స్టీన్ సిద్ధాంతానికి లభించిన మొట్టమొదటి ధృవీకరణలలో ఇదొకటి. ఇతర గ్రహాల కక్ష్యలకీ న్యూటన్ అంచనాలకూ మధ్య కనిపిస్తున్న స్వల్పమైన తేడాలను కూడా ఇటీవల రాడార్ కొలవగలుగుతోంది. సామాన్య సాపేక్ష సిద్ధాంతం ఖచ్చితమైన సిద్ధాంతమని మరిన్ని రుజువులు దొరుకుతున్నాయి.

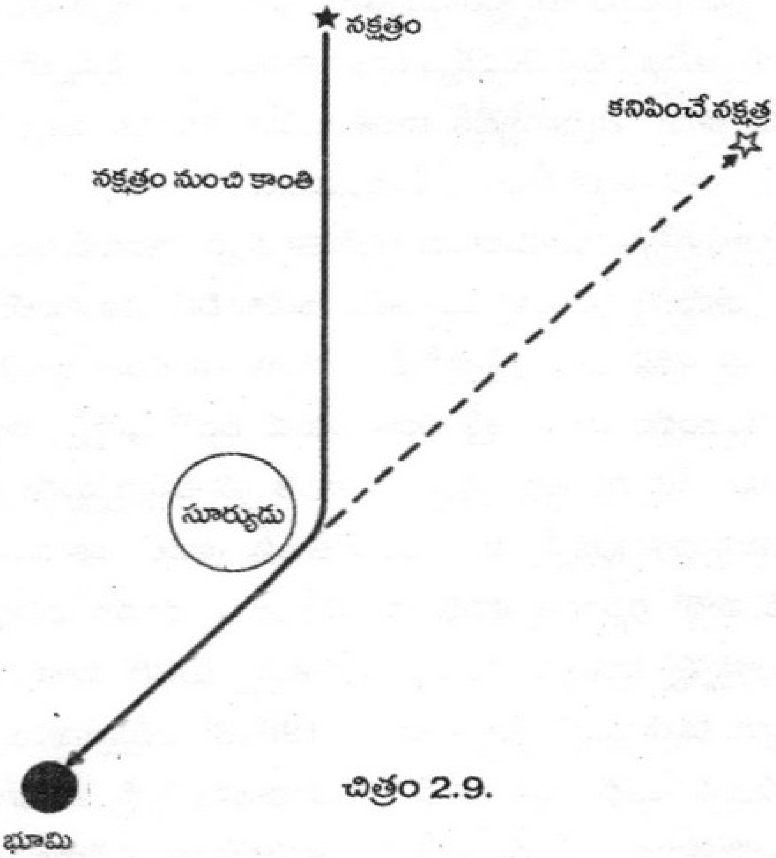


చిత్రం 2.8.

కాంతి కిరణాలుసైతం స్థలకాలంలో జియోడేసిక్ మార్గాలను అనుసరిస్తాయి. స్థలం అన్నది ఒంపు తిరిగి ఉన్నదీ అంటే అర్థం స్థలంలో కాంతి సరళ మార్గంలో పయనించినట్టుగా కనిపించదు. దీనినిబట్టి గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రాల వల్ల కాంతి వంగుతుందని సామాన్య సాపేక్ష సిద్ధాంతం అంచనా వేసింది. ఉదాహరణకు సూర్యుని ద్రవ్యరాశి కారణంగా, సూర్యుని దగ్గర బిందువుల కాంతి కొద్దిగా లోపల వైపుకు వంగి ఉంటాయని సాపేక్ష సిద్ధాంతం ఊహిస్తుంది. దీని అర్థమేమంటే సుదూరంగా ఉన్న నక్షత్రపు కాంతి సూర్యుని దగ్గర నుంచి పయనించాల్సి వస్తే అది అక్కడ ఒంపు

తిరుగుతుంది. అక్కడ చిన్న కోణం ఏర్పడుతుంది. భూమిపై ఉండి పరిశీలించే వ్యక్తికి ఆ నక్షత్రం అది ఉన్నచోటగాక మరో స్థానంలో ఉన్నట్టుగా కనిపిస్తుంది.

ఆ నక్షత్రం నుంచి ప్రసరించిన కాంతి శంకువు ఎప్పుడూ సూర్యుని దగ్గర నుంచి పోతూ ఉంటే ఆ కాంతి సూర్యుని దగ్గర ఒంపు తిరిగిందో లేదో చెప్పలేం. ఆ నక్షత్రం మనకు కనిపించే చోటునే ఉందో లేదో కూడా చెప్పలేం. అయితే భూమి సూర్యుని చుట్టూ పరిభ్రమిస్తుంది గనుక విభిన్న నక్షత్రాలు సూర్యుని వెనుక నుంచి పయనిస్తున్నట్టూ వాటి కాంతి సూర్యుని దగ్గర ఒంపు తిరుగుతున్నట్టూ మనకు కనిపిస్తుంది. కనుక మిగిలిన నక్షత్రాలకు సాపేక్షంగా ఆ నక్షత్రాలు మనకు కనిపించే తమ స్థానాలను మార్చుకుంటుంటాయి.



చిత్రం 2.9.

సూర్యుడి నుంచి వచ్చే కాంతి కారణంగా, సూర్యునికి సమీపంలో ఆకాశంలో కనిపించే నక్షత్రాలను పరిశీలించడం దాదాపు అసాధ్యంగా ఉంటుంది. అయితే సూర్య గ్రహణం సందర్భంలో సూర్యుని కాంతిని చంద్రుడు అడ్డుకుంటాడు. అప్పుడు మాత్రం ఆ నక్షత్రాలను పరిశీలించగలం. కాంతి ఒంపు తిరుగుతుందని ఐన్‌స్టీన్ చేసిన ఊహను తక్షణమే 1915లోనే రుజువు చేయడం సాధ్యపడలేదు. అప్పుడు

మొదటి ప్రపంచ యుద్ధం జరుగుతూ ఉంది. 1919లోగానీ అది కుదరలేదు. ఒక బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్తల బృందం పశ్చిమాఫ్రికా నుంచి సూర్య గ్రహణాన్ని పరిశీలించింది. సరిగ్గా సిద్ధాంతం ఊహించినట్టుగానే సూర్యుని దగ్గర కాంతి ఒంపు తిరిగిందని ఆ సమయంలో వారు రుజువు చేశారు. ఒక జర్మన్ సిద్ధాంతాన్ని ఈ రకంగా బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్తల బృందం రుజువు చేయడాన్ని అప్పుడు అందరూ శ్లాఘించారు. యుద్ధం అయిపోయిన తర్వాత రెండు దేశాల మధ్య రాజీ కుదర్చడానికి తోడ్పడే గొప్ప చర్యగా దానిని అభివర్ణించారు. అయితే అప్పుడు వారు తీసిన ఫోటోలను తర్వాత క్షుణ్ణంగా పరీక్షించారు. వారు కొలిచి రుజువు చేయాలనుకుంటున్న ప్రభావం కంటే పెద్ద పొరపాట్లను ఆ శాస్త్రవేత్తలు చేసినట్టుగా రుజువైంది. వారి లెక్కలు సిద్ధాంతంతో సరితూగడం అన్నది కేవలం అదృష్టం మాత్రమే. వారికి కావాల్సిన ఫలితం ముందే తెలిసి ఆ ఫలితాన్ని అన్వేషించిన సందర్భం కూడా కావచ్చు ఇది. సైన్సులో ఇటువంటివి అసామాన్యమేమీ కాదు. ఏమైనప్పటికీ కాంతి ఒంపు తిరగడం అన్న సిద్ధాంతాన్ని తర్వాత జరిగిన అనేక ప్రయోగాలు ధృవీకరించాయి.

అధిక ద్రవ్యరాశి గలిగిన భూమిలాంటి bodies దగ్గర కాలం మరింత నెమ్మదిగా పయనిస్తుంది. సామాన్య సాపేక్ష సిద్ధాంతం ఊహించిన అంశాలలో ఇదొకటి. ఎందుకంటే కాంతి శక్తికీ కాంతి ఫ్రీక్వెన్సీకీ (సెకనుకి ప్రసరించే కాంతి తరంగాల సంఖ్య) మధ్య సంబంధం ఉంది. శక్తి ఎంత ఎక్కువ ఉంటే ఫ్రీక్వెన్సీ అంత ఎక్కువ ఉంటుంది. భూమి గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రంలో కాంతి ప్రసరిస్తున్నప్పుడు దాని శక్తిని కోల్పోతుంది. కనుక దాని ఫ్రీక్వెన్సీ కూడా పడిపోతుంది. (అంటే, ఒక కాంతి తరంగం ఉపరి భాగానికీ మరో తరంగం ఉపరి భాగానికీ మధ్య దూరం పెరిగిపోతుంది.) పైన ఉండి చూస్తున్న మనిషికి కింద జరుగుతున్న ప్రతిదీ చాలా ఆలస్యంగా జరుగుతున్నట్టుగా కనిపిస్తుంది. ఈ ఊహను 1962లో పరీక్షించారు. ఒక నీటి గోపురానికి అడుగున ఒకటీ, పైన ఒకటీ గడియారాలను పెట్టి కొలిచారు. రెండు గడియారాలు ఖచ్చితంగా ఆడే గడియారాలే. అడుగునున్న గడియారం పైనున్న గడియారం కంటే నెమ్మదిగా నడిచినట్టు రుజువైంది. ఆ రకంగా సామాన్య సాపేక్ష సిద్ధాంతానికి మరో ధృవీకరణ లభించింది. ఉపగ్రహాల సంకేతాలపై ఆధారపడి నిర్మించిన ఖచ్చితమైన నావిగేషన్ వ్యవస్థలు రంగంలోకి వచ్చాయి. కనుక భూమిపైన వేర్వేరు ఎత్తులలో ఉంచిన గడియారాల వేగానికి ఇప్పుడు ఆచరణలో ఎంతో ప్రాధాన్యం ఉంది. సామాన్య సాపేక్ష సిద్ధాంతం వేసిన అంచనాలను పట్టించుకోకపోతే

ఇప్పటి మన అంచనాలలో మైళ్లకు మైళ్లు తేడాలు వస్తాయి.

స్థలంలో ఒక *నిరపేక్ష స్థానం* ఉంటుందన్న భావనకు న్యూటన్ చలన నియమాలు స్వస్తి పలికాయి. సాపేక్ష సిద్ధాంతం *నిరపేక్ష* కాలాన్ని వదలించుకుంది. ఇద్దరు కవలలను ఊహించండి. వారిలో ఒకరు ఒక పర్వత శిఖరంపైన నివసించడానికి వెళ్లాడనుకుందాం. ఒకరు కిందే ఉన్నాడు. మొదటి వ్యక్తి రెండో వ్యక్తి కంటే త్వరగా వృద్ధుడవుతాడు. వారిద్దరూ మళ్లీ కలసినప్పుడు వారి మధ్య వయస్సులలో తేడా వస్తుంది. ఈ సందర్భంలో వయస్సులలో వచ్చే తేడా స్వల్పంగానే ఉంటుంది. అయితే ఈ కవలలో ఒకరు కాంతి వేగంతో పయనించే ఒక అంతరిక్ష నౌకపై దీర్ఘకాలం పాటు ఉన్నాడనుకుందాం. అతడు తిరిగి వచ్చినప్పుడు భూమిపైనున్న వ్యక్తి కంటే చాలా చిన్నవాడిగా ఉంటాడు. దీనినే కవలల వైచిత్రి (twins paradox) అంటారు. అయితే నిరపేక్ష కాలం అన్న భావనను స్వీకరించినప్పుడు మాత్రమే ఇది విచిత్రంగా ఉంటుంది. సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం ఏకైక నిర్దిష్ట నిరపేక్ష కాలమంటూ ఏదీ లేదు. ప్రతి వ్యక్తికీ తన సొంత వ్యక్తిగత కాలమానం వర్తిస్తుంది. ఆ వ్యక్తి ఎక్కడున్నాడు, ఎటువైపు చలనంలో ఉన్నాడు అన్న అంశాలను బట్టి అది ఉంటుంది.

1915కి ముందు స్థల కాలాలను ఒక స్థిరమైన వేదికగా భావించారు. దానిపైన ఎన్నో సంఘటనలు జరుగుతాయి. కాని ఆ సంఘటనల ప్రభావం స్థల కాలాలపై ఉండదని నమ్మారు. ప్రత్యేక సాపేక్ష సిద్ధాంతానికి కూడా ఇదే వర్తిస్తుంది. bodies *చలనంలోనే ఉన్నాయి. శక్తులు ఆకర్షించాయి, వికర్షించాయి. కాని స్థల కాలాలు మాత్రం యధావిధిగా, ప్రభావరహితంగా కొనసాగాయి* అని అందరూ నమ్మారు. స్థలకాలాలు నిరంతరాయంగా కొనసాగాయనుకోవడం ఆనాడు సహజమే.

సామాన్య సాపేక్ష సిద్ధాంత ఆవిష్కరణతో పరిస్థితి మారిపోయింది. స్థలకాలాలు సైతం ఇప్పుడు చలనశీల పరిమాణాలే. ఒక body కదిలితే లేదా ఒక శక్తి తన ప్రభావాన్ని నెరపితే అది స్థలకాలాల ఒంపులను ప్రభావితం చేస్తుంది. దానికి ప్రతిగా స్థలకాలం bodies కదలికను శక్తుల కార్యాలను ప్రభావితం చేస్తుంది. స్థలకాలాలు అన్నవి విశ్వంలో జరిగే ప్రతి దానినీ ప్రభావితం చేయడం మాత్రమే కాదు దానివల్ల అవి ప్రభావితమవుతాయి కూడా. స్థలకాలాల భావనలు లేకుండా విశ్వంలో జరిగే సంఘటనల గురించి మనం ఇప్పుడు మాట్లాడుకోలేం. అలాగే విశ్వ పరిమితులకు ఆవల స్థలకాలాల గురించి మాట్లాడుకోవడం కూడా ఇప్పుడు అర్థరహితమయింది. కారణం, సామాన్య సాపేక్ష సిద్ధాంతమే.

రాబోయే దశాబ్దాలలో స్థలకాలాల గురించిన ఈ కొత్త అవగాహన, విశ్వం గురించిన మన దృక్పథాన్ని విప్లవాత్మకం చేయబోతోంది. ఒక పరిణామ రహిత విశ్వం ఉండిందనీ తప్పకుండా ఉంటూనే ఉంటుందనీ మానవ జాతి నమ్మింది. ఇది పాత భావన. ఈ భావాన్ని ఇప్పటి కొత్త భావన శాశ్వతంగా తొలగించింది. విశ్వం చలనశీలం. అది విస్తరిస్తోంది. ఒక నిర్దిష్ట కాలంలో అది ప్రారంభమైనట్టుగా కనిపిస్తోంది. భవిష్యత్తులో ఒక నిర్దిష్ట కాలంలో అది అంతమైపోవచ్చు. ఇదే ఆ కొత్త భావన. దీని తర్వాత అధ్యాయంలో ఈ విప్లవకరమైన అంశం గురించి చర్చిద్దాం. సైద్ధాంతిక భౌతిక శాస్త్రంలో నేను ఈ అంశాన్నే నా పరిశోధనలో ప్రారంభ స్థానంగా తీసుకున్నాను. ఐన్‌స్టీన్ సామాన్య సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం విశ్వానికి ఆదీ అంతమూ ఉన్నాయని రోజర్ పెన్‌రోజ్, నేనూ రుజువు చేశాం.

3

విస్తరిస్తున్న విశ్వం

ఆకాశాన్ని రాత్రిపూట గమనించండి. వెన్నెల లేని నిర్మలమైన రాత్రులలో అత్యంత ప్రకాశవంతంగా కనిపించే గ్రహాలు శుక్రుడు, అంగారకుడు, బృహస్పతి, శని. అసంఖ్యాకమైన ఇతర నక్షత్రాలు కూడా కనిపిస్తాయి. అవి సరిగా మన సూర్యుడి లాంటివే. కాకుంటే మనకు చాలా దూరంలో ఉన్నాయి. భూమి సూర్యుని చుట్టూ పరిభ్రమిస్తున్నప్పుడు ఈ స్థిర నక్షత్రాల్లో కొన్ని ఒకదానికొకటి సంబంధించి స్వల్పంగా తమ స్థానాలను మార్చుకుంటున్నట్టు కనిపిస్తుంది. నిజానికి అవి ఏమాత్రం స్థిర నక్షత్రాలు కావు. సాపేక్షంగా అవి మనకు దగ్గరలో ఉన్న నక్షత్రాలన్నమాట! సూర్యుని చుట్టూ భూమి తిరుగుతున్నప్పుడు మరింత దూర తీరాల్లో ఉన్న నక్షత్రాల నేపథ్యంలో మనం ఈత నక్షత్రాలను పరిశీలిస్తాం. విభిన్న స్థానాల నుంచి మనం వీటిని పరిశీలిస్తాం. మనకూ ఈ నక్షత్రాలకూ మధ్య దూరాన్ని కొలవడానికిది వీలు కల్పిస్తుంది. అవి మనకు ఎంత దగ్గరగా ఉంటే అంత ఎక్కువగా అవి కదులుతున్నట్టు మనకు కనిపిస్తుంది. మనకు అత్యంత సమీపంలో ఉన్న నక్షత్రం పేరు ప్రాక్సిమా సెంటారీ. మనకది నాలుగు కాంతి సంవత్సరాల దూరంలో ఉంది. దాని నుంచి వెలువడే కాంతి మనను చేరడానికి నాలుగేళ్లు పడుతుంది. అంటే భూమికీ దానికీ

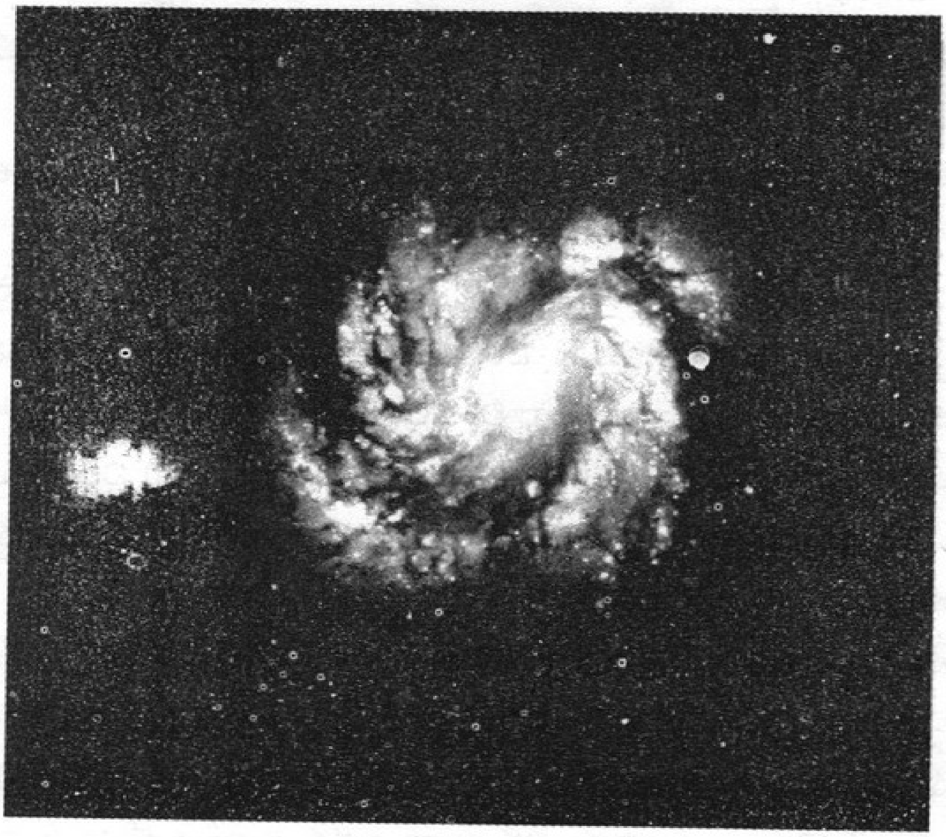
మధ్య దూరం 23 లక్షల కోట్ల మైళ్లు. మన కంటికి కనిపించే నక్షత్రాలలో అత్యధికం కొన్ని వందల కాంతి సంవత్సరాల దూరంలో ఉన్నాయి. పోలిక కోసం చూద్దాం. మన సూర్యుడు మనకు కేవలం 8 కాంతి నిమిషాల దూరంలో ఉన్నాడు. అంతే! మన కంటికి కనిపించే నక్షత్రాలు రాత్రిపూట ఆకాశమంతటా విస్తరించినట్టు ఉంటాయి. కాని దాదాపు అవన్నీ మనం పాలపుంత అని పిలిచే ఒకే బాటలో కేంద్రీకరించి ఉన్నాయి. కంటికి కనిపించే నక్షత్రాలలో అత్యధికం ఒకే ఒక డిస్క్ లాంటి ఆకారంలో ఉంటే తప్ప పాలపుంత రూపంలో ఉండజాలవని 1750లోనే కొంతమంది ఖగోళ శాస్త్రవేత్తలు సూచించారు. ఇప్పుడు మనం శంఖాకార గెలాక్సీ అని పిలుస్తున్నది దానికి ఒక ఉదాహరణ. కొన్ని దశాబ్దాల తర్వాత మాత్రమే సర్ విలియం హెర్షెల్ అనే ఖగోళ శాస్త్రవేత్త ఈ భావాన్ని ధృవీకరించాడు. అందుకోసం ఆయన చాలా ఓపిగ్గా అసంఖ్యాకమైన నక్షత్రాల స్థానాలను, దూరాలను లెక్కించి వాటి జాబితా తయారు చేశాడు. అయినప్పటికీ 20వ శతాబ్దపు తొలి సంవత్సరాలలో మాత్రమే ఈ భావం పూర్తిగా సర్వత్రా ఆమోదించబడింది.

విశ్వంలో ఉన్నది కేవలం మన గెలాక్సీ మాత్రమే కాదని అమెరికా ఖగోళ శాస్త్రవేత్త ఎడ్విన్ హబుల్ 1924లో రుజువు చేశాడు. మన ఆధునిక విశ్వచిత్రం అప్పటి నుంచే ప్రారంభమైంది. విశ్వంలో అనేక ఇతర గెలాక్సీలున్నాయి. వాటి మధ్య విస్తారమైన ఖాళీ స్థలం ఉంది. దీనిని రుజువు చేయాలంటే ఈ ఇతర గెలాక్సీలకూ మనకూ మధ్య ఉన్న దూరాన్ని అతడు నిర్ధారించాల్సి వచ్చింది. సమీపంలో ఉన్న నక్షత్రాలలాగా కాక మిగిలినవన్నీ నిజంగానే స్థిరంగా ఉన్నట్టు కనిపించాయి. అవి ఎంతో దూరంగా ఉండటమే అందుకు కారణం. కనుక వాటి దూరాలను కొలవడానికి పరోక్ష పద్ధతులను ఉపయోగించక ఆయనకు తప్పలేదు. ఒక నక్షత్రంలో కనిపించే కాంతిశక్తి రెండు అంశాలపైన ఆధారపడి ఉంటుంది: ఒకటి. ఆ నక్షత్రం ఎంత కాంతిని ప్రసరిస్తోంది? రెండు. మనకది ఎంత దూరంలో ఉంది? దగ్గరలో ఉన్న నక్షత్రాల్లో కనిపించే వెలుగుని, మన నుంచి వాటి దూరాన్ని మనం కొలవగలం. ఆ రకంగా వాటి కాంతి శక్తిని మనం తెలుసుకోగలం. ఇందుకు విరుద్ధంగా ఇతర గెలాక్సీలలో ఉన్న నక్షత్రాల కాంతి శక్తి మనకు తెలిస్తే కనిపించే వాటి వెలుగును బట్టి ఆ నక్షత్రాలు ఎంత దూరంలో ఉన్నాయో లెక్కకట్టవచ్చు. కొన్ని రకాల నక్షత్రాలు మనం లెక్కలు కట్టడానికి వీలైనంత దూరంలో ఉన్నప్పుడు వాటి కాంతిశక్తి ఒకేలా ఉందని హబుల్ గమనించాడు. దానినిబట్టి మరో గెలాక్సీలో అటువంటి నక్షత్రం కనిపించినప్పుడు వాటి కాంతి శక్తి

కూడా అంతే సమానంగా ఉంటుందని ఆయన వాదించాడు. దానిని బట్టి ఆ గెలాక్సీ ఎంత దూరంలో ఉందో లెక్కకట్టవచ్చును అన్నాడాయన. ఒకే గెలాక్సీలో ఉన్న అనేక నక్షత్రాల విషయంలో లెక్కలు కట్టి చూడగా అవి ఒకే దూరాలను సూచిస్తే మన అంచనాలను మనం నమ్మవచ్చుననీ అప్పుడు వాటిపైన మనం ఆధారపడవచ్చుననీ ఆయన అన్నాడు.

ఈ రకంగా ఎడ్విన్ హబుల్ 9 వేర్వేరు గెలాక్సీల దూరాలను కొలిచాడు. ఆధునిక టెలిస్కోప్‌లను ఉపయోగించి మనం చూడగలిగిన గెలాక్సీలు 10 వేల కోట్లు. వాటిలో మన గెలాక్సీ ఒకటి. ప్రతి గెలాక్సీలోనూ మళ్లీ 10 వేల కోట్ల నక్షత్రాలున్నాయి.

విస్తరిస్తున్న విశ్వం



చిత్రం 3.1.

మనం నివసిస్తున్న గెలాక్సీ విస్తృతి లక్ష కాంతి సంవత్సరాలు. అది నెమ్మదిగా పరిభ్రమిస్తోంది. దాని శంఖాకారపు బాహువుల్లోని నక్షత్రాలు దాని కేంద్రకం చుట్టూ

కోట్లాది సంవత్సరాలకొకసారి పరిభ్రమిస్తాయి. మన సూర్యుడు ఈ శంఖాకారపు బాహువుల లోపలి అంచు దగ్గర ఉన్న ఒక సాధారణమైన, సగటు పరిమాణం గల, పసుపు పచ్చని నక్షత్రం. ఒకనాడు మనం విశ్వానికి భూమే కేంద్రమని భావించాం. ఇప్పుడు అటువంటి స్థితిని దాటి వచ్చాం. అంటే అరిస్టాటిల్, టోలెమీల కాలాన్ని దాటి మనం చాలా దూరమే వచ్చాం.

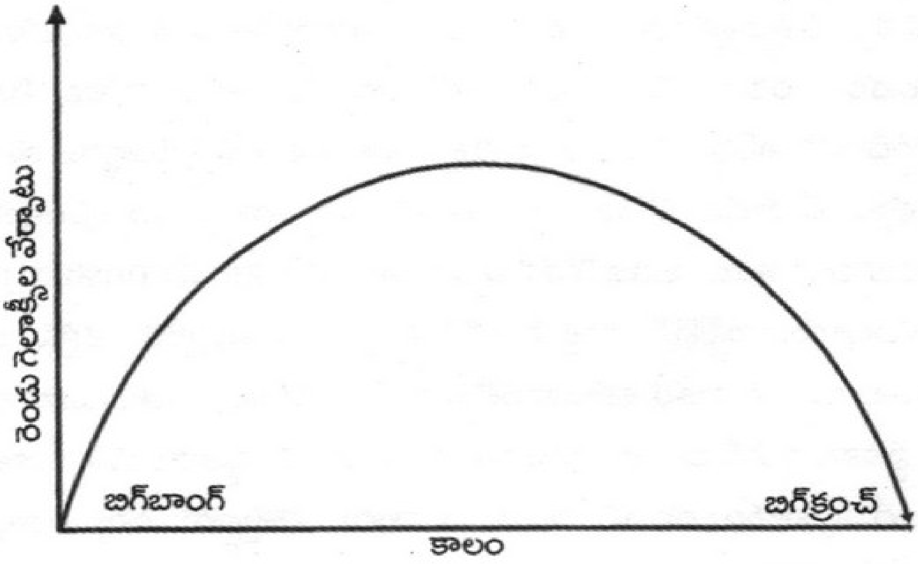
నక్షత్రాలు ఎక్కడో ఎంతో దూరాన ఉన్నాయి. అందుకే అవి మనకు కాంతి బిందువులలాగా కనిపిస్తాయి. అందుకే వాటి పరిమాణాన్నిగానీ రూపాన్నిగానీ గ్రహించలేం. అటువంటప్పుడు ఏ నక్షత్రం ఎటువంటిదో ఎలా చెప్పగలం? అనేకానేక నక్షత్రాలకు మనం గమనించగలిగిన ఒకే ఒక ఉమ్మడి స్వభావం ఉంది. అదే వాటి కాంతి రంగు. పట్టకం ద్వారా సూర్యుని కాంతి ప్రసరిస్తే ఆ కాంతి ఇంద్రధనుస్సులో లాగా విడి విడి రంగులుగా విడిపోతుంది. (వర్ణ చిత్రం) ఒక టెలిస్కోప్‌ను ఒక విడి నక్షత్రం వైపుకో గెలాక్సీ వైపుకో సారించి చూస్తే ఆ నక్షత్రం నుంచి లేదా ఆ గెలాక్సీ నుంచి వచ్చే కాంతి వర్ణచిత్రాన్ని మనం గమనించవచ్చు. విభిన్న నక్షత్రాలకు విభిన్న వర్ణచిత్రాలుంటాయి. ఎర్రగా జ్వలిస్తున్న గోళంలో నుంచి ప్రసరించే కాంతిలో విభిన్న రంగుల సాపేక్ష వెలుగు అన్నది సరిగా ఒకే తీరున ఉంటుంది. (నిజానికి ఎర్రగా జ్వలిస్తున్న అపారదర్శక వస్తువు ప్రసరించే కాంతికి ఒక స్వాభావికమైన వర్ణచిత్రం ఉంటుంది. అది దాని ఉష్ణోగ్రతపై ఆధారపడి ఉంటుంది. ఆ రకంగా అది ఒక ఉష్ణోగ్రతా వర్ణచిత్రం. అంటే ఒక నక్షత్రపు కాంతి సృష్టించే వర్ణచిత్రాన్ని బట్టి దాని ఉష్ణోగ్రతను చెప్పవచ్చు.) అంతేకాదు. కొన్ని ప్రత్యేక రంగులు కొన్ని నక్షత్రాల వర్ణచిత్రాలలో కనిపించడం లేదు. ఒక్కో నక్షత్రంలో ఒక్కో రకంగా రంగులు లోపిస్తున్నాయి. దానిని బట్టి ఒకానొక నక్షత్రంలో ఏయే మూలకాలు ఉన్నాయో చెప్పవచ్చు.

1920లలో, ఇతర గెలాక్సీలలో నక్షత్రాల వర్ణచిత్రాలను ఖగోళ శాస్త్రజ్ఞులు పరిశీలిస్తున్నప్పుడు వారు ఒక చిత్రమైన సంగతిని గమనించారు. మన గెలాక్సీలోని నక్షత్రాల లాగానే మనకు బాగా దూరంగా ఉన్న గెలాక్సీలోని నక్షత్రాలలో కూడా లోపిస్తున్న రంగుల స్వభావం ఒకే తీరున ఉంది. అయితే వాటి వర్ణచిత్రాలలో ఎరుపు వైపుకి సాపేక్షంగా ఒకే మోతాదులో మొగ్గు కనిపిస్తోంది. దీని అర్థం ఏమిటి? ఇది అర్థం కావాలంటే ముందు మనకు డాప్లర్ ప్రభావం (doppler's effect) అంటే ఏమిటో తెలియాలి. మన కంటికి కనిపించే కాంతిలో, విద్యుదయస్కాంత

క్షేత్రంలో, ఎగుడుదిగుళ్లు లేదా తరంగాలు ఉంటాయని మనం గమనించాం. కాంతి ఫ్రీక్వెన్సీ (ఒక సెకనులో తరంగాల సంఖ్య) చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఒక సెకనులో నాలుగు కోట్ల కోట్ల నుంచి ఏడు కోట్ల కోట్ల వరకూ తరంగాలుంటాయి. విభిన్న కాంతి ఫ్రీక్వెన్సీలను మనిషి కళ్లు విభిన్నమైన రంగులుగా గమనిస్తాయి. అతి తక్కువ ఫ్రీక్వెన్సీ ఉంటే అది వర్ణచిత్రంలో ఎరుపు వైపు కనిపిస్తుంది. అతి ఎక్కువ ఫ్రీక్వెన్సీ ఉన్నప్పుడు నీలం వైపు చూపిస్తుంది. మనకు స్థిరమైన దూరంలో ఉన్న ఒక నక్షత్రాన్ని ఊహించుకుందాం. ఒక స్థిరమైన ఫ్రీక్వెన్సీతో అది కాంతి తరంగాలను పంపుతోందని అనుకుందాం. వాటి ఫ్రీక్వెన్సీ ప్రారంభ స్థానంలో ఎంత ఉంటుందో మనకు చేరినప్పుడు కూడా అంతే ఉండాలన్నది స్పష్టం. ఎందుకంటే గెలాక్సీకున్న గురుత్వాకర్షణ శక్తి దాని ఫ్రీక్వెన్సీని మార్చగలిగినంత ప్రమాణంలో ఉండదు. ఇప్పుడు ఆ నక్షత్రం మన వైపుకి కదులుతోందని అనుకుందాం. అప్పుడది పంపించే కాంతి తరంగాలు మనను చేరడానికి పట్టే సమయం అంతకుముందు ఆ నక్షత్రం స్థిరంగా ఉన్నప్పుడు కంటే తగ్గుతుంది కదా. అంటే దాని అర్థం మనని చేరుతున్న రెండు తరంగ శిఖరాల మధ్య వ్యవధి తక్కువ కావాలి. అంటే ప్రతి సెకనుకి ఇప్పుడు మనను చేరే కాంతి తరంగాల సంఖ్య, ఆ నక్షత్రం స్థిరంగా ఉన్నప్పటి కంటే ఎక్కువగా ఉండాలి. అదే విధంగా ఆ నక్షత్రం మననుంచి దూరంగా జరిగిపోతోంది అనుకుందాం. అప్పుడు మనను చేరే దాని తరంగాల ఫ్రీక్వెన్సీ తగ్గిపోతుంది. అంటే మననుంచి దూరంగా పోతున్న నక్షత్రాల కాంతి వర్ణచిత్రాలలో ఎరుపు వైపు మొగ్గు కనిపిస్తుంది. మన వైపు వస్తున్న నక్షత్రాల కాంతి వర్ణ చిత్రంలో నీలం వైపు మొగ్గు కనబడుతుంది. ఫ్రీక్వెన్సీకీ వేగానికీ మధ్య ఉన్న ఈ సంబంధాన్నే డాప్లర్ ప్రభావం అంటారు. ఇది ప్రతిరోజూ మన అనుభవంలో ఉన్నదే. రోడ్డు మీద పోతున్న కారుమోత వినండి. కారు దగ్గరకొస్తున్న కొద్దీ శబ్దం పెద్దగా వినిపిస్తుంది. అంటే శబ్ద తరంగాల ఫ్రీక్వెన్సీ పెరిగిందని అర్థం. కారు మనకు దూరంగా వెళ్లిపోతున్నప్పుడు దాని ధ్వని కూడా తగ్గిపోతుంది. కాంతి తరంగాలు లేదా రేడియో తరంగాల ప్రవర్తన కూడా ఇలాగే ఉంటుంది. నిజానికి డాప్లర్ ప్రభావాన్ని తమ విధి నిర్వహణలో పోలీసులు నిత్యం ఉపయోగించుకుంటారు. ప్రయాణిస్తున్న వాహనాలు ప్రతిఫలించే రేడియో తరంగాల ఫ్రీక్వెన్సీని బట్టి వాటి వేగాలను వారు కొలుస్తుంటారు.

ఇంకా ఇతర గెలాక్సీలు ఉన్నాయని రుజువు చేసిన తర్వాతి సంవత్సరాలలో హబుల్ ఆ గెలాక్సీల వర్ణచిత్రాలను బట్టి వాటి దూరాలను అంచనా వేశాడు. వాటి

జాబితా తయారుచేశాడు. గెలాక్సీలు చెదురుమదురుగా అన్ని వైపులకు కదులుతుంటాయని ఎక్కువమంది ఊహించారు. కనుక గెలాక్సీల వర్ణచిత్రాలలో ఎరుపు రంగు వైపు మొగ్గు చూపినవి ఎన్ని ఉంటాయో దాదాపు నీలం వైపు మొగ్గు చూపేవి కూడా అన్నే ఉంటాయని ఆయన అనుకున్నాడు. ఆశ్చర్యం! అత్యధిక గెలాక్సీలు ఎరుపు వైపు మొగ్గు చూపాయి. అంటే దాదాపు గెలాక్సీలన్నీ మన నుంచి దూరంగా తరలిపోతున్నాయి. అంతకంటే ఆశ్చర్యకరమైన విషయాన్ని హబుల్ 1929లో ప్రచురించాడు: *ఒక గెలాక్సీ వర్ణచిత్రంలో ఎరుపు వైపు మొగ్గు చూపడం అన్నది కూడా చెదురుమదురుగా లేదు. సరిగా గెలాక్సీ మన నుంచి ఎంత దూరంలో ఉందో అదే అనుపాతంలో ఎరుపు వైపు మొగ్గు కనిపించింది. మరోలా చెప్పాలంటే ఒక గెలాక్సీ మనకు ఎంత దూరంలో ఉంటే అంతే వేగంతో మన నుంచి దూరంగా కదులుతోంది! అంతకుముందు ప్రతి ఒక్కరూ విశ్వం స్థిరంగా ఉందని ఊహించుకున్నారు. కాని అది అలా లేదు. విస్తరిస్తోంది. గెలాక్సీల నడుమ దూరం నిరంతరాయంగా పెరుగుతోంది.*



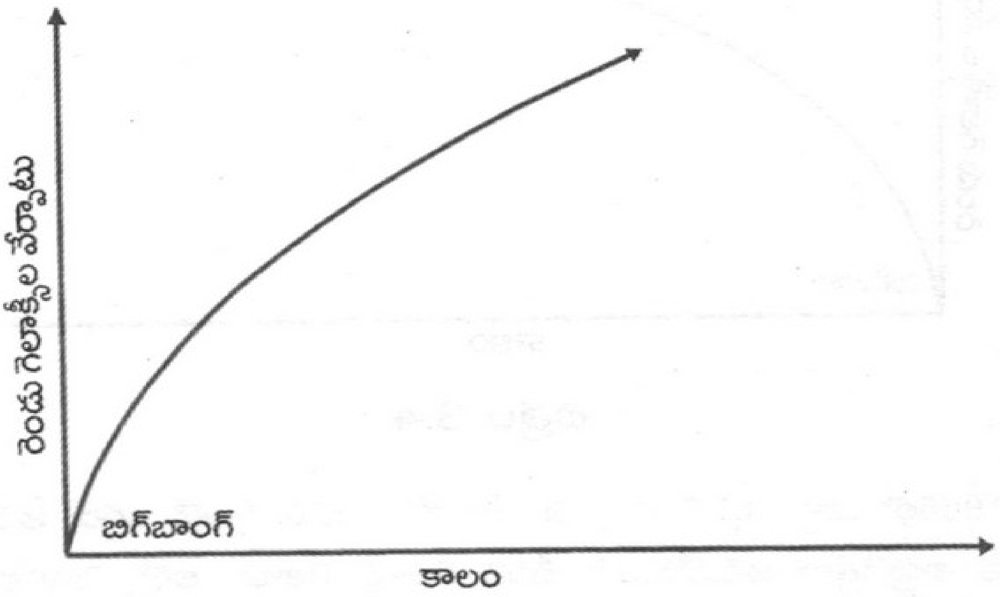
చిత్రం 3.2

విశ్వం విస్తరిస్తోందన్న ఆవిష్కరణ 20వ శతాబ్దంలో జరిగిన మహా మేధో విప్లవం. వెనకకు తిరిగి చూస్తే, ఇంతకుముందు ఈ విషయాన్ని ఎవరూ ఎందుకు ఆలోచించలేదా అని ఆశ్చర్యం కలగడం సహజం. విశ్వం నిశ్చలంగా ఉండి ఉంటే గురుత్వాకర్షణ ప్రభావం వల్ల అది కుంచించుకుపోవడం మొదలవుతుందని న్యూటన్ తదితరులు గ్రహించి ఉండాల్సింది. విశ్వం విస్తరిస్తోందని అనుకుందాం. అయితే

అది బాగా నెమ్మదిగా విస్తరిస్తూ ఉంటే గురుత్వాకర్షణ శక్తి అలా విస్తరించడాన్ని ఏదో ఒక దశలో ఆపుతుంది. అప్పుడు విశ్వం మళ్లీ కుంచించుకుపోవడం ప్రారంభం అవుతుంది. అయితే దాని విస్తరణ వేగం ఒకానొక క్లిష్టమైన రేటుని దాటగలిగితేనే ఆ విస్తరణను ఆపే శక్తి గురుత్వాకర్షణశక్తికి ఉండదు. అప్పుడు మాత్రమే విశ్వం నిరంతరాయంగా విస్తరిస్తూనే ఉంటుంది. రాకెట్‌ని భూమినుంచి అంతరిక్షంలోకి ప్రయోగించినప్పుడు ఏమి జరుగుతుందో, ఇదీ అలాంటిదే. ఆ రాకెట్‌కి అవసరమైన దాని కంటే తక్కువ వేగం ఉంటే గురుత్వాకర్షణ శక్తి దానిని ఏదోఒక దశలో ఆపేస్తుంది. అక్కడ నుంచి రాకెట్ కిందకు పడిపోవడం ప్రారంభమవుతుంది. అలా కాకుండా ఒకానొక వేగాన్ని (సుమారు సెకనుకి 7 మైళ్లు) ఆ రాకెట్ అధిగమించగలిగితేనే దానిని వెనకకు లాగేంత శక్తి గురుత్వాకర్షణకు ఉండదు. అప్పుడే ఆ రాకెట్ భూమిని వదిలి పోగలుగుతుంది. న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతాన్ని అనుసరించి విస్తరించే విశ్వాన్ని ముందే ఊహించి ఉండవచ్చు. 19వ శతాబ్దంలోనో 18వ శతాబ్దంలోనో ఊహించి ఉండవచ్చు. 17వ శతాబ్దం చివరిలో సైతం ఆ అవకాశం ఉండింది. కాని నిశ్చల విశ్వంపైన ఉన్న నమ్మకం ఎంత బలంగా ఉందంటే అది 20వ శతాబ్దపు ప్రారంభం వరకూ నిలిచే ఉంది. 1915లో సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్ని రూపొందించిన ఐన్‌స్టీన్ సైతం విశ్వం నిశ్చలంగా ఉంటుందని నమ్మాడు. ఈ నమ్మకాన్ని సుసాధ్యం చేయడం కోసం ఆయన తన సిద్ధాంతాన్ని సంస్కరించాడు. దాని సమీకరణాలలో ఆయన ఒక ఖగోళ నిత్యం (cosmological constant) అన్నదాన్ని ప్రవేశపెట్టాడు. ఐన్‌స్టీన్ కొత్తగా 'గురుత్వాకర్షణ వ్యతిరేక' శక్తిని ఒకదానిని ప్రవేశపెట్టాడు. ఇది ఇతర శక్తులలాంటిది కాదు. దీనికి ఒక ప్రత్యేక మూలాధారమేమీ లేదు. స్థలకాలంలోనే ఇది అంతర్నిహితంగా ఉంటుంది. స్థలకాలానికి సహజ సిద్ధంగా విస్తరించే స్వభావం ఉందని ఆయన అన్నాడు. విశ్వంలో ఉన్న పదార్థమంతటి ఆకర్షణను ఇది పరిహరించి సమతూకాన్ని సాధిస్తుందని ఆయన భావించాడు. ఆ రకంగా సైద్ధాంతికంగా ఒక నిశ్చల విశ్వాన్ని ఆయన సాధించాడు. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్ని సంపూర్ణంగా మార్పులు లేకుండా స్వీకరించిన వ్యక్తి ఒకే ఒకరు ఉన్నారనిపిస్తుంది. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం నిశ్చలం కాని విశ్వాన్ని ఊహించింది. అయితే దానిని కనుగొన్న ఐన్‌స్టీన్‌తో సహా ఇతర భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు అనేకమంది ఆ సిద్ధాంత నిర్ధారణను తప్పించుకునే మార్గాల కోసం అన్వేషించారు. కాగా రష్యన్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త, గణిత శాస్త్రవేత్త అలెగ్జాండర్ ఫ్రీడ్‌మాన్ మాత్రం ఆ సిద్ధాంతాన్ని

యధాతథంగా వివరించడానికి పూనుకున్నాడు.

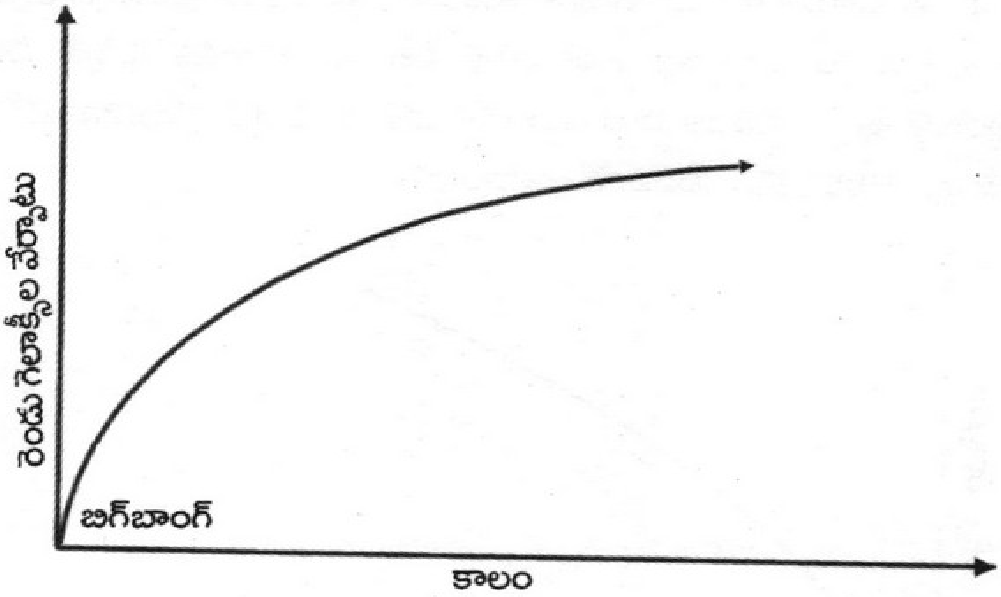
విశ్వం గురించి ఫ్రీడ్‌మాన్ సరళమైన రెండు ఊహలు చేశాడు: విశ్వం ఏ వైపు నుంచి చూసినా ఒకే తీరుగా ఉంటుంది. భూమిపై నుంచి మాత్రమే గాక విశ్వంలో ఎక్కడ నుంచి చూసినా అది ఒకే తీరుగా ఉంటుంది. ఇవి రెండూ ఫ్రీడ్‌మాన్ భావాలు. వీటిని బట్టి విశ్వం నిశ్చలంగా ఉండడానికి వీలులేదు. నిజానికి ఎడ్విన్ హబుల్ ఆవిష్కరణకి అనేక సంవత్సరాల ముందే, హబుల్ ఏదైతే కనుగొన్నాడో అదే విషయాన్ని, 1922 లోనే ఫ్రీడ్‌మాన్ ఊహించాడు.



చిత్రం 3.3

ప్రతి దిశలోనూ విశ్వం ఒకే రకంగా కనిపిస్తుంది అన్నది వాస్తవంలో నిజం కాజాలదని మనకనిపించవచ్చు. రాత్రివేళ ఆకాశంలో మన గెలాక్సీలోని తారలు పాలపుంత అనే ఒక కాంతి పుంజాన్ని ఏర్పరుస్తాయని మనం ఇంతకుముందు గమనించాం. అయితే సుదూరంగా ఉన్న గెలాక్సీలను పరిశీలించినప్పుడు అవి దాదాపు ఒకే సంఖ్యలో ఉన్నట్టు అనిపిస్తుంది. ఆ రకంగా ప్రతి దిశలోనూ విశ్వం అన్నది రమారమిగా ఒకే రకంగా ఉన్నట్టు కనిపిస్తుంది. అయితే ఇది గెలాక్సీల మధ్య ఉండే భారీ దూరాలను బట్టి భారీ ప్రమాణాల దృష్టితో చూసినప్పుడే సాధ్యం. స్వల్ప ప్రమాణాలలో ఉన్న తేడా పాడాలను ఇక్కడ పట్టించుకోరాదు. చాలా కాలం వరకూ నిజమైన విశ్వాన్ని దాదాపుగా ఒకే తీరుగా ఉంటుందని వర్ణించిన ఫ్రీడ్‌మాన్ ఊహను ఈ దృష్టి నుంచి మాత్రమే సమర్థించడం జరిగింది. అయితే ఇటీవల కాలంలో

అదృష్టవశాత్తూ ఒక యాధృచ్ఛికమైన ఘటన ఫ్రీడ్‌మాన్ ఊహను రుజువు చేసింది. ఆయన ఊహ మన విశ్వాన్ని చాలా ఖచ్చితంగా వర్ణించిందని రుజువైంది.



చిత్రం 3.4

1965లో న్యూ జెర్సీలో ఉన్న బెల్ టెలిఫోన్ లేబొరేటరీలలో ఇద్దరు అమెరికా భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు అనుకోకుండా దీనిని రుజువు చేశారు. అర్నో పెంజియాస్. రాబర్ట్ విల్సన్. వీరిద్దరూ ఒక అతి సున్నితమైన మైక్రోవేవ్ డిటెక్టర్‌ని పరిశీలిస్తున్నారు. (మైక్రోవేవ్స్ కూడా కాంతి తరంగాల వంటివే. అయితే వీటి ఫ్రీక్వెన్సీ సెకనుకి వెయ్యి కోట్ల తరంగాలు మాత్రమే ఉంటుంది) తమ డిటెక్టర్ పట్టుకోవాల్సిన ధ్వని కంటే ఎక్కువగా పట్టుకుంటోందని గమనించిన పెంజియాస్, విల్సన్‌లు కంగారుపడ్డారు. ఆ ధ్వని ఏదో ఒక నిర్దిష్ట దిశ నుంచి రావడం లేదు. డిటెక్టర్‌లో ముందు వారు పక్షుల కూతలేమోనని చూశారు. ఇలాంటివే వేరే లోపాల గురించి వెతికారు. తర్వాత ఇవేమీ కాదని నిర్ధారణకు వచ్చారు. డిటెక్టర్‌ని తిన్నగా నిలబెట్టినప్పటి కంటే వేరే ఏ విధంగా ఉంచినప్పటికి వాతావరణంలో ఉన్న ధ్వనిని అది బలంగా తీసుకుంటుంది. ఎందుకంటే, కాంతి కిరణాలు నిటారుగా పైనుంచి స్వీకరించినప్పటి కంటే అంచుల దగ్గర స్వీకరించినప్పుడు వాతావరణంలో ఎక్కువగా పయనిస్తాయి. డిటెక్టర్‌ని తిన్నగా నిలబెట్టకుండా ఏ దిశగా ఉంచినప్పటికీ అదనపు ధ్వనిని అది స్వీకరించింది. ఆ ధ్వని ఒకే మోతాదులో ఉంది. కనుక మన వాతావరణానికి ఆవల నుంచి మాత్రమే

ఆ ధ్వని వచ్చి ఉండాలి. రాత్రి, పగలు, సంవత్సరం పొడుగునా భూమి తన అక్షంపైన తిరుగుతున్నప్పటికీ సూర్యుని చుట్టూ పరిభ్రమిస్తున్నప్పటికీ ఈ ధ్వని మాత్రం ఒకే స్థాయిలో ఉంది. దీనిని బట్టి ఈ రేడియేషన్ సౌర కుటుంబానికి అవల నుంచి వచ్చి ఉండాలి. మన గెలాక్సీకి సైతం అవల నుంచి ఇది వచ్చి ఉండాలి. అలా కాకుంటే భూమి చలనం వల్ల డిటెక్టర్‌ని విభిన్న దిశలుగా ఉంచడం వల్ల ఆ ధ్వని రకరకాలుగా ఉండేది. నిజానికి ఆ రేడియేషన్ మనం పరిశీలించగలిగిన విశ్వంలో అత్యధిక భాగం గుండా పయనించి ఉండాలి. ఎందుకంటే అది విభిన్న దశలలో ఎటు చూసినా ఒకే తీరుగా ఉంది. విశ్వం కూడా ఏ దిశగా చూసినా ఒకటిగానే ఉండి ఉండాలి. అయితే ఇది భారీ ప్రమాణాలకి మాత్రమే వర్తిస్తుంది. మనం ఏ వైపుకి చూసినా ఈ ధ్వనిలో తేడా 10 వేలలో ఒకటి కంటే ఎప్పుడూ ఎక్కువ లేదు. ఆ రకంగా ఫ్రీడ్‌మాన్ మొదటి ఊహ ఖచ్చితంగా ఉందని పెంజియాస్, విల్సన్‌లు అనుకోకుండా ధృవీకరించారు.

దాదాపు అదే సమయంలో అక్కడకు దగ్గరలోనే ఉన్న ప్రిన్స్‌టన్ విశ్వవిద్యాలయంలో మరో ఇద్దరు అమెరికన్ భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు కూడా మైక్రోవేవ్స్‌ను అధ్యయనం చేస్తున్నారు. వారి పేర్లు బాబ్ డికే. జిమ్ పీబుల్స్. అలెగ్జాండర్ ఫ్రీడ్‌మాన్ దగ్గర ఒకప్పుడు విద్యార్థిగా ఉన్న జార్జి గామో ఇచ్చిన సలహాపైన వారిద్దరూ పరిశోధన నిర్వహిస్తున్నారు. తొలి విశ్వం అమితమైన వేడితో అతి చిక్కగా ఉండి ఉంటుందని అది అప్పుడు తెల్లని మంటతో జ్వలించి ఉంటుందని వారు ఊహించారు. తొలి విశ్వపు జ్వాలలను మనం ఇప్పుడు కూడా చూసే అవకాశం ఉందని డికే, పీబుల్స్ వాదించారు. ఎందుకంటే, సుదూర ప్రాంతాల నుంచి కాంతి మనను ఇప్పుడే చేరుతూ ఉండవచ్చు అన్నది వారి భావం. అయితే విశ్వం విస్తరిస్తూ ఉండడం వల్ల ఈ కాంతి ఎరుపు వైపుకి మొగ్గు చూపి ఉంటుంది. కనుక అవి మనకు ఇప్పుడు మైక్రోవేవ్ రేడియేషన్ లాగా కనిపిస్తుంది. డికే, పీబుల్స్ ఈ రేడియేషన్‌ని గమనించడానికి సన్నద్ధం అవుతున్నారు. సరిగా అదే సమయంలో పెంజియాస్, విల్సన్‌లు వారి పరిశోధనల గురించి విన్నారు. వారు పరిశోధిస్తున్న అంశాన్ని తాము అప్పటికే కనిపెట్టామని వారు గ్రహించారు. 1978లో ఈ ఆవిష్కరణకి గాను పెంజియాస్, విల్సన్‌లకు నోబుల్ బహుమతి లభించింది. (ఇది డికే, పీబుల్స్‌కి ఎంతో కష్టంగా తోచి ఉండవచ్చు. గామో సంగతి ఇక చెప్పనక్కర్లేదు.)

విశ్వం ఎటు నుంచి చూసినా ఒకేలా కనిపిస్తుందన్న సంగతి రుజువైంది. దీనివల్ల

విశ్వంలో మనమున్న స్థానానికి ఏదో ఒక ప్రత్యేకత ఉన్నట్టుగా మొదట అనిపిస్తుంది. ముఖ్యంగా మన నుంచి గెలాక్సీలన్నీ దూరంగా వెళ్లిపోతున్నట్టు గమనిస్తే మనం విశ్వానికి కేంద్రంలో ఉన్నట్టుగా అనిపించవచ్చు. అయితే దీనికి మరో వివరణ కూడా ఇవ్వవచ్చు: విశ్వం ఇక్కడ నుంచి మాత్రమే కాదు, ఇతర ఏ గెలాక్సీ నుంచి, ఏ దిశగా చూసినా ఒకేలా కనిపిస్తుంది. ఇది ఫ్రీడ్‌మాన్ రెండో ఊహ అని మనకు తెలుసు. ఈ ఊహకు అనుకూలంగాగానీ వ్యతిరేకంగాగానీ శాస్త్రీయమైన సాక్ష్యం ఏదీ మన దగ్గర లేదు. వినయం కారణంగా మాత్రమే దానిని మనం నమ్మగలం: మన చుట్టూ ఉన్న విశ్వం ఏ దిశలో చూసినా ఒకేలా ఉంటూనే విశ్వంలో వేరే స్థానాల నుంచి చూసినప్పుడు ఒకేలా ఉండకుండా ఉంటే మనకు అద్భుతంగా ఉంటుంది! ఫ్రీడ్‌మాన్ నమూనా ప్రకారం గెలాక్సీలన్నీ నేరుగా ఒకదానికొకటి దూరంగా జరిగిపోతున్నాయి. ఒక బెలూన్‌పైన అనేక మచ్చలను చిత్రించి దానిని ఊదుతూ ఉంటే ఎలా ఉంటుందో విశ్వం పరిస్థితి కూడా అలాగే ఉంటుంది. బెలూన్ విస్తరించిన కొద్దీ ఏ రెండు మచ్చల మధ్య దూరమైనా పెరుగుతూనే ఉంటుంది. అప్పుడు ఏ ఒక్క మచ్చనీ ఆ విస్తరణకు కేంద్ర బిందువని చెప్పలేం. మచ్చలు ఒకదానికొకటి ఎంత దూరంగా ఉంటే అంత వేగంగా అవి విడిపోతూ ఉంటాయి. అదే రకంగా ఫ్రీడ్‌మాన్ నమూనాలో దూరంగా జరిగిపోతున్న గెలాక్సీల వేగం వాటి మధ్య దూరానికి అనులోమంగా ఉంటుంది. ఒక గెలాక్సీ వర్ణచిత్రం ఎరుపు వైపు చూపే మొగ్గు, మన నుంచి అది ఉన్న దూరానికి అనులోమంగా ఉంటుంది. ఇదే విషయాన్ని హబుల్ కనుగొన్నాడు. ఫ్రీడ్‌మాన్ నమూనా ఇంత విజయవంతం అయినప్పటికీ హబుల్ పరిశీలనలు దానిని రుజువు చేసినప్పటికీ ఆయన కృషి మాత్రం పశ్చిమ దేశాలలో చాలాకాలంపాటు తెలియకుండా ఉండిపోయింది. 1935లో ఫ్రీడ్‌మాన్ నమూనా లాంటి నమూనాలనే అమెరికా భౌతిక శాస్త్రవేత్త హవార్డ్ రాబర్ట్‌సన్, బ్రిటిష్ గణిత శాస్త్రవేత్త ఆర్థర్ వాకర్ కనుగొన్నారు. అంతవరకూ ఫ్రీడ్‌మాన్ కృషి దాదాపు అనామకంగా ఉంది. విశ్వం ఒకే తీరుగా విస్తరిస్తోందన్న హబుల్ ఆవిష్కరణకి ప్రతిస్పందనగా వీరిరువురూ తమ కృషి కొనసాగించారు.

ఫ్రీడ్‌మాన్ ఒకే ఒక నమూనాను కనుగొన్నాడు. కాని ఆయన చేసిన రెండు ఊహలకు సరితూగే మూడు భిన్నమైన నమూనాలున్నాయి. మొదటి నమూనా ప్రకారం (దీనిని ఫ్రీడ్‌మానే కనుగొన్నాడు) విశ్వం బాగా నెమ్మదిగా విస్తరిస్తోంది. విభిన్న గెలాక్సీల మధ్య ఉన్న గురుత్వాకర్షణ కారణంగా ఈ విస్తరణ క్రమక్రమంగా తగ్గిపోతుంది.

చివరికి ఆగిపోతుంది. అప్పుడు గెలాక్సీలు ఒకదానికొకటి దగ్గరగా చేరడం మొదలవుతుంది. విశ్వం కుంచించుకుపోతుంది. అది సున్నా దగ్గర ప్రారంభిస్తుంది. సాధ్యమైనంత ఎక్కువగా విస్తరిస్తుంది. మళ్లీ సున్నా స్థాయికి కుంచించుకుపోతుంది. రెండో తరహా నమూనా ప్రకారం విశ్వం ఎంత వేగంగా విస్తరిస్తోందంటే గురుత్వాకర్షణ శక్తి దానిని ఎప్పటికీ ఆపలేదు. అయితే అది ఆ వేగాన్ని కొంత తగ్గిస్తుంది. ఇది కూడా సున్నా దగ్గరే ప్రారంభమవుతుంది. దీనిలో గెలాక్సీలు క్రమంగా ఒక స్థిరమైన వేగంతో ఒకదానికొకటి దూరంగా జరిగిపోతూ ఉంటాయి. ఇక మిగిలింది మూడో నమూనా. ఈ నమూనా ప్రకారం విశ్వం తిరిగి కుంచించుకుపోవడాన్ని తప్పించుకునే స్థాయి మేరకు అవసరమైన వేగంతో విస్తరిస్తుంది. ఈ సందర్భంలో గెలాక్సీల మధ్య విభజన అన్నది కూడా సున్నా దగ్గరే ప్రారంభమవుతుంది. అది నిరంతరాయంగా విస్తరిస్తుంది. అయితే గెలాక్సీలు ఒకదాని నుంచి ఒకటి దూరంగా జరిగిపోతున్న వేగం మాత్రం క్రమంగా తగ్గిపోతుంటుంది. అయితే అది ఎప్పటికీ సున్నా స్థాయిని చేరదు.

ఫ్రీడ్‌మాన్ నమూనాలలో మొదటి దానికి ఒక విలక్షణమైన స్వభావం ఉంది. అది ఏమంటే, విశ్వం అనంతమూ కాదు. దానికి సరిహద్దులూ లేవు. గురుత్వాకర్షణ బలంగా ఉండడం వల్ల స్థలం అన్నది తన చుట్టూ తాను వంగి ఉంటుంది. అది ఒక రకంగా భూమి ఉపరితలంలాగా ఉంటుంది. భూమిపైన ఒకే దిశగా ఎవరైనా ప్రయాణం కొనసాగిస్తే దాటలేని అవరోధంగానీ లేదా అక్కడ నుంచి పడిపోయేలా చేసే అంచుగానీ ఆ వ్యక్తికి తారసపడవు. ఆ వ్యక్తి ఎక్కడ బయలుదేరాడో ఆఖరికి అదే స్థానానికి చేరుకుంటాడు. ఫ్రీడ్‌మాన్ మొదటి నమూనా ప్రకారం అంతరిక్షం సరిగా ఇలాగే ఉంది. అయితే భూమి ఉపరితలానికి సంబంధించినంత వరకూ రెండు విస్తృతులు వర్తిస్తాయి. కాని ఈ నమూనా విషయంలో మూడు విస్తృతులు ఉంటాయి. నాలుగో విస్తృతి కాలం కూడా ఇక్కడ అనంతం కాదు. ఆదీ అంతమూ ఉన్న ఒక సరళరేఖ లాంటిది ఇది. సాధారణ సాపేక్షకతను, క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌కి సంబంధించిన అస్థిరతా సూత్రంతో మేళవిస్తే స్థలకాలాలు అనంతం కాకుండానే వాటికి అంచులూ సరిహద్దులూ ఉండనక్కర్లేదని తెలుస్తుంది.

విశ్వం చుట్టూ తిరుగుతూ ఎవరైనా బయలుదేరిన చోటుకే చేరుకోవచ్చునన్నది మంచి సైన్స్ కథ అయితే కావచ్చును గానీ దానికి ఏమంత ఆచరణ యోగ్యత ఉండదు. ఎందుకంటే దాని చుట్టూ తిరిగి వచ్చేసరికి విశ్వం మళ్లీ సున్నా పరిమాణానికి

చేరుకుంటుందని రుజువు చేయవచ్చు. విశ్వం అంతం కాకముందే నువ్వు బయలుదేరిన చోటుకి చేరుకోవాలంటే కాంతి కంటే వేగంగా పయనించాలి. అది వీలుపడదు!

ఫ్రీడ్‌మాన్ మొదటి నమూనాలో విశ్వం విస్తరిస్తుంది. మళ్లీ కుంచించుకు పోతుంది. దానిలో స్థలం అన్నది భూమి ఉపరితలంలాగానే తన చుట్టూ తాను వంగుతుంది. ఆ రకంగా అది అనంతం కాదు. నిర్దిష్టం. ఆయన రెండో నమూనా నిరంతరాయంగా విస్తరిస్తుంది. అంతరిక్షం మరో వైపుకి ఒక గుర్రపు జీను ఉపరితలంలా వంగుతుంది. ఈ సందర్భంలో మాత్రం స్థలం అన్నది అనంతం. ఇక మూడో నమూనా ప్రకారం, సరిగా సరిపడా అవసరమైన కీలకమైన వేగంతోనే విశ్వం విస్తరిస్తోంది. ఇక్కడ అంతరిక్షం బల్లపరుపుగా ఉంటుంది. (కనుక ఇది కూడా అనంతమే).

అయితే ఫ్రీడ్‌మాన్ నమూనాలలో ఏ నమూనా విశ్వాన్ని సరిగా వర్ణిస్తోంది? విశ్వం ఎప్పుడో ఒకప్పుడు విస్తరించడం ఆపి కుంచించుకుపోవడం మొదలవుతుందా? లేదా అది నిరంతరాయంగా విస్తరిస్తూనే ఉంటుందా? ఈ ప్రశ్నకు సమాధానం చెప్పాలంటే ప్రస్తుతం విశ్వం ఎంత వేగంతో విస్తరిస్తోందో తెలుసుకోవాలి. దానితో పాటు దాని ప్రస్తుత సగటు సాంద్రతను కూడా తెలుసుకోవాలి. విస్తరణవేగపు రేటుని బట్టి దాని కీలక విలువ ఆధారపడి ఉంటుంది. సాంద్రత ఈ కీలక విలువ కంటే తక్కువ ఉంటే గురుత్వాకర్షణ అన్నది విస్తరణను ఆపలేదు. అందుకు దాని బలం చాలదు. సాంద్రత కీలక విలువ కంటే ఎక్కువుంటే గురుత్వాకర్షణ భవిష్యత్తులో ఏదో ఒకనాడు విస్తరణను ఆపగలుగుతుంది. విశ్వం పున:పతనమయ్యేలా చేస్తుంది.

మన నుంచి దూరంగా కదలిపోతున్న ఇతర గెలాక్సీల వేగాలను కొలవడం ద్వారా డాప్లర్ ప్రభావాన్ని ప్రయోగించి ప్రస్తుత విస్తరణరేటుని నిర్ణయించవచ్చు. దీనిని చాలా ఖచ్చితంగా చేయవచ్చు. అయితే గెలాక్సీల దూరం ఖచ్చితంగా తెలియదు. ఎందుకంటే వాటిని మనం పరోక్షంగా మాత్రమే కొలిచాం. మనకు తెలిసిందల్లా ఏమంటే ప్రతి వంద కోట్ల సంవత్సరాలకు ఐదు నుంచి పది శాతం వరకూ విశ్వం విస్తరిస్తోంది. అంతేకాదు. ప్రస్తుత విశ్వపు సాంద్రత గురించిన మన అస్థిరత్వం మరింత ఎక్కువగా ఉంది. మన గెలాక్సీలోనూ మనం చూడగలిగే ఇతర గెలాక్సీలలోనూ ఉండే నక్షత్రాల ద్రవ్యరాశులన్నింటినీ కలిపి కూడితే కూడా అది విశ్వ విస్తరణను ఆపడానికి అవసరమైన ద్రవ్యరాశిలో ఒక్క శాతం కూడా కాదు. విశ్వ విస్తరణ రేటు తక్కువలో తక్కువగా అంచనా వేసినప్పటికీ ఇదే వర్తిస్తుంది. అయితే మన గెలాక్సీలోనూ ఇతర గెలాక్సీలలోనూ పెద్ద మొత్తంలో 'అదృశ్య పదార్థం'

ఒకటి ఉండి ఉండాలి. దానిని మనం నేరుగా చూడలేం. అయితే గెలాక్సీలలోని నక్షత్రాల కక్ష్యలపైన దాని గురుత్వాకర్షణ ప్రభావాన్ని బట్టి అటువంటి పదార్థం ఉండి ఉండాలని మనకు తెలుసు. అంతేకాదు. చాలా గెలాక్సీలు బృందాలుగా కనిపించాయి. గెలాక్సీల మధ్య ఈ బృందాలలో మరికొంత అదృశ్య పదార్థం ఉండి ఉంటుందని ఊహించవచ్చు. గెలాక్సీల చలనంపైన దాని ప్రభావం కారణంగా ఈ విషయాన్ని ఊహించవచ్చు. ఈ అదృశ్య పదార్థాన్నంతటినీ కూడగట్టాం అనుకుందాం. అప్పుడు కూడా విస్తరణని ఆపడానికి సరిపోయేంత ద్రవ్యరాశిలో మనకు పది శాతం మాత్రమే లభిస్తుంది. అయినప్పటికీ విశ్వ వ్యాప్తంగా ఏక రూపంగా విస్తరించిన మనకు తెలియని మరో పదార్థం ఉండజాలదని చెప్పలేం. దానిని మనం ఇంతవరకూ పసిగట్టి ఉండకపోవచ్చు. విస్తరణను ఆపడానికి తగినంత కీలక విలువ స్థాయికి సగటు విశ్వ సాంద్రతను పెంచడానికి అది తోడ్పడవచ్చు. ప్రస్తుత సాక్ష్యాన్ని బట్టి మాత్రం విశ్వం బహుశా నిరంతరాయంగా విస్తరిస్తోంది. ఒకవేళ విశ్వం ఏకబిందు స్థాయికి కుంచించుకుపోయినా కనీసం మరో వెయ్యి కోట్ల సంవత్సరాల వరకూ అలాంటిది ఏమీ జరగదు. ఎందుకంటే, కనీసం వెయ్యి కోట్ల సంవత్సరాలుగా అది విస్తరిస్తూనే ఉంది మరి. కనుక దానిని గురించి మనం ఇప్పుడు అనవసరంగా వ్యధ చెందనవసరం లేదు. ఆ సమయానికి సూర్య కుటుంబాన్ని దాటి ఎక్కడనో వలసలు ఏర్పర్చుకోకపోతే మానవ జాతి మన సూర్యుడితో సహా అంతం కావడం తథ్యం.

ఫ్రీడ్‌మాన్ నమూనాలన్నింటికీ ఒక ఉమ్మడి అంశం ఉంది. అదేమంటే వెయ్యి లేదా రెండు వేల కోట్ల సంవత్సరాల క్రితం మన ఇరుగు పొరుగు గెలాక్సీల మధ్య దూరం సున్నా అయిఉండాలి. ఆ సమయాన్ని మనం బిగ్‌బాంగ్ అంటున్నాం. అప్పుడు విశ్వ సాంద్రత, స్థలకాలపు వంపు (Curvature) అనంతం అయి ఉండాలి. అనంత సంఖ్యలతో గణిత శాస్త్రం వ్యవహరించలేదు. అంటే దాని అర్థం ఏమిటి? సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం ఊహించేదేమంటే సిద్ధాంతం కూడా ఒకానొక విశ్వ స్థానంలో నిర్వీర్యమైపోతుంది. అటువంటి స్థానాన్ని గణిత శాస్త్రజ్ఞులు ఏకబిందుత్వం (Singularity) అంటున్నారు. నిజానికి మన శాస్త్రీయ సిద్ధాంతాలన్నీ స్థలకాలం చదునుగానూ దాదాపు బల్లపరుపుగానూ ఉంటుందనే ఊహపై ఆధారపడి రూపొందించినవే. కనుక అవన్నీ కాలబిలపు ఏకబిందుత్వం దగ్గర పటాపంచలై పోతాయి. అక్కడ స్థలకాలం వంపు అనంతం. అంటే దాని అర్థం ఏమంటే బిగ్‌బాంగ్‌కు ముందు ఏవైనా సంఘటనలు ఉన్నప్పటికీ తర్వాత ఏమి జరుగుతుందో

నిర్ణయించడానికి వాటిని ఎవరూ ఉపయోగించుకోలేరు. ఎందుకంటే భవిష్యత్తు గురించిన ఊహలన్నీ బిగ్‌బాంగ్ దగ్గర నిర్వీర్యమైపోతాయి. అలాగే బిగ్‌బ్యాంగ్ తర్వాత జరిగింది మాత్రమే మనకు తెలిస్తే అంతకుముందు ఏమి జరిగిందో నిర్ణయించలేం. మనకు సంబంధించినంత వరకూ బిగ్‌బాంగ్‌కు ముందు జరిగిన సంఘటనలకు ఎటువంటి పర్యవసానాలు ఉండవు. కాబట్టి మన నమూనా నుంచి వాటిని తొలగించి బిగ్‌బాంగ్ దగ్గరే కాలం కూడా ప్రారంభమైందని చెప్పాల్సి ఉంది.

కాలానికి ఆది అన్నది ఉందన్న భావన చాలామందికి నచ్చదు. ఎందుకంటే బహుశా ఈ భావన దేవుడి జోక్యాన్ని సూచిస్తుంది. (మరో వైపు కేథలిక్ చర్చి బిగ్‌బాంగ్ నమూనాను చేజిక్కించుకుంది. పైగా ఈ నమూనా బైబిల్‌కి అనుకూలంగా ఉందని 1951లో అధికారికంగా ప్రకటించింది.) బిగ్‌బాంగ్ ఒకటి ఉంది అన్న నిర్ధారణను తప్పించడానికి ఎన్నో ప్రయత్నాలు జరిగాయి. నిశ్చలస్థితి సిద్ధాంతం (Steady state Theory) అన్న దానికి ఒక దశలో అఖండమైన మద్దతు లభించింది. ఈ సిద్ధాంతం 1948లో వచ్చింది. దీనిని సూచించిన వారు నాజీ ఆక్రమిత ఆస్ట్రియా నుంచి వలస వచ్చిన ఇద్దరు కాందిశీకులు. వారి పేర్లు హెర్మన్ బోండీ, థామస్ గోల్డ్. వీరితో ఫ్రెడ్ హోయ్‌లే అనే బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త కూడా కలిశాడు. యుద్ధ కాలంలో ఆయన వారితో కలసి రాడార్‌ను అభివృద్ధి చేయడంలో కృషి చేశాడు. వారి నిర్ధారణగివి: *గెలాక్సీలు ఒకదాని నుంచి ఒకటి వేరై దూరం జరుగుతున్న కొద్దీ అవి వదలిన ఖాళీలో ఎప్పటికప్పుడు కొత్త గెలాక్సీలు కొత్త పదార్థం నుంచి ఏర్పడుతున్నాయి. ఈ పదార్థం ఎప్పటికప్పుడు నిత్య నూతనంగా సృష్టించబడుతోంది. కనుక విశ్వం అన్ని సందర్భాల్లోనూ అంతరిక్షంలో అన్ని స్థానాలలోనూ దాదాపు ఒకే రకంగా కనిపిస్తుంది.* ఈ నిశ్చల స్థితి సిద్ధాంతం చెప్పిన నిత్య నూతన పదార్థ సృష్టికి అవకాశం ఉండాలంటే సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్ని కొద్దిగా సంస్కరించాల్సి ఉంది. అయితే ఈ పదార్థ సృష్టి అన్నది ఏడాదికి ఒక ఘన కిలోమీటరుకి ఒక కణం చొప్పున మాత్రమే జరుగుతుందని అది చెప్పింది. ప్రయోగ రీత్యా ఎటువంటి వైరుధ్యాలు ఎదురుకాక పోవడానికి కారణం పదార్థ సృష్టి ఇంత తక్కువ స్థాయిలో జరుగుతుందనడమే. ఒకటో అధ్యాయంలో నేను చెప్పిన అర్థంలో చూస్తే ఈ నిశ్చల స్థితి సిద్ధాంతం ఒక మంచి శాస్త్రీయ సిద్ధాంతం. ఎందుకంటే ఈ సిద్ధాంతం సరళంగా ఉంది. అంతేగాక పరిశీలన ద్వారా పరీక్షించడానికి వీలైన కొన్ని నిర్దిష్టమైన అంచనాలను అది చేసింది. వీటిలో ఒక అంచనా ఏమంటే ఒక నిర్దిష్ట అంతరిక్ష

పరిమాణంలో గెలాక్సీల సంఖ్య గానీ లేదా అలాంటివి ఏమైనా గానీ విశ్వంలో మనం ఎక్కడ చూసినా ఎప్పుడు చూసినా ఒకేలా ఉండాలి. 1950లలోనూ 1960ల తొలి సంవత్సరాలలోనూ కేంబ్రిడ్జిలో మార్టిన్ రైల్ నాయకత్వాన ఒక ఖగోళ శాస్త్ర బృందం బాహ్య అంతరిక్షం నుంచి మనకు వస్తున్న రేడియో తరంగ కేంద్రాలపైన సర్వే జరిపింది. (మార్టిన్ రైల్ యుద్ధ సమయంలో రాడార్ పైన బోండీ, హోయ్‌లే, గోల్డ్‌లతో పాటు పనిచేసినవాడే.) ఈ రేడియో తరంగాలలో అత్యధికం మన గెలాక్సీకి ఆవల నుంచి వస్తున్నాయని కేంబ్రిడ్జి బృందం నిరూపించింది. (నిజానికి వీటిలో చాలావరకూ ఇతర గెలాక్సీలకు సంబంధించినవని గుర్తించడం జరిగింది.) వీటిలో బలమైన కేంద్రాల కంటే బలహీనమైన కేంద్రాలు ఎక్కువ ఉన్నాయని కూడా రుజువైంది. బలహీనమైన కేంద్రాలు మరింత ఎక్కువ దూరంలో ఉండి ఉంటాయని, బలమైన కేంద్రాలు సమీపంలో ఉంటాయని వారు భాష్యం చెప్పారు. దగ్గరగా ఉన్న కేంద్రాలను పరిశీలిస్తే ఒక నిర్దిష్ట అంతరిక్ష పరిమాణంలో ఉమ్మడి కేంద్రాలు తక్కువ ఉన్నట్టు కనిపించాయి. విశ్వంలో రేడియో తరంగ కేంద్రాలు తక్కువగా ఉన్న ఒక మహా ప్రాంతంలో మనం ఉన్నామని దీని అర్థం కావచ్చు. గతంలో రేడియో తరంగాలు వాటి కేంద్రాలను వదలి మన వైపు రావడం ప్రారంభించిన తొలి దశలో ఆ కేంద్రాల సంఖ్య ఇప్పటికంటే ఎక్కువగా ఉందని కూడా దాని అర్థం కావచ్చు. ఈ వివరణలలో ఏదైనా నిశ్చల స్థితి సిద్ధాంత అంచనాలకు విరుద్ధంగానే ఉంది. అంతేగాక 1965లో పెంజియాస్, విల్సన్ మైక్రోవేవ్ రేడియేషన్‌ని కనుగొన్నారు. ఈ ఆవిష్కరణ ప్రకారం విశ్వం గతంలో ఇంతకంటే ఎక్కువ సాంద్రత కలిగి ఉంది. వీటన్నిటి కారణంగా నిశ్చల స్థితి సిద్ధాంతాన్ని వదిలేయక తప్పలేదు.

బిగ్‌బాంగ్ ఒకటి ఉందని, కనుక కాలానికి ఆరంభం అనేది ఉందన్న నిర్ధారణలను తప్పించుకునేందుకు 1963లో మరో ప్రయత్నం జరిగింది. ఈ ప్రయత్నం చేసిన వారు ఇద్దరు రష్యన్ శాస్త్రవేత్తలు. ఎవ్‌గెనీ లిఫ్‌షిట్జ్. ఐజాక్ ఖలాత్నికోవ్. బిగ్‌బాంగ్ అనేది కేవలం ఫ్రీడ్‌మాన్ నమూనాలకు మాత్రమే వర్తిస్తూ ఉండవచ్చునని వారు సూచించారు. ఆ నమూనాలు వాస్తవ విశ్వానికి ఊహా చిత్రాలు మాత్రమే గదా. బహుశా నిజమైన విశ్వాన్ని చిత్రించే నమూనాలన్నింటిలోనూ కేవలం ఫ్రీడ్‌మాన్ నమూనాలు మాత్రమే బిగ్‌బాంగ్ ఏకబిందుత్వాన్ని కలిగి ఉండవచ్చు అని వారు అన్నారు: *ఫ్రీడ్‌మాన్ నమూనాలలో గెలాక్సీలన్నీ ఒకదాని నుంచి ఒకటి దూరంగా నేరుగా కదలిపోతాయి.* *కనుక అవి గతంలో ఒకప్పుడు అన్నీ ఒకే చోట ఉండి*

ఉంటాయన్న నిర్ధారణలో ఆశ్చర్యం లేదు. కాని నిజమైన విశ్వంలో గెలాక్సీలు నేరుగా ఒకదాని నుంచి ఒకటి దూరంగా కదలడం మాత్రమే కాదు. అవి కొంత పక్కలకు కూడా జరుగుతున్నాయి. కనుక వాస్తవంలో అవన్నీ సరిగా ఒకేచోట ఉండాల్సిన అవసరం లేదు. కాకుంటే అవి బాగా సన్నిహితంగా ఉండి ఉండవచ్చును. బహుశా ప్రస్తుతం విస్తరిస్తున్న విశ్వం అన్నది బిగ్‌బాంగ్ ఏకబిందుత్వ పర్యవసానం మాత్రమే కాకపోవచ్చు. విశ్వం సంకోచిస్తున్న తొలి దశ పర్యవసానం కావచ్చు. విశ్వం పతనం అయినపుడు దానిలోని కణాలన్నీ ఒకదానితో ఒకటి ఢీకొని ఉండకపోవచ్చు. అవి ఒకదాని నుంచి ఒకటి దూరంగా వేగంగా దూసుకుపోయి ఉండవచ్చు. అదే ఈనాటి విస్తరిస్తున్న విశ్వాన్ని సృష్టించి ఉండవచ్చు. కనుక నిజమైన విశ్వం బిగ్‌బాంగ్‌తోనే మొదలైందని ఎలా చెప్పగలం? ఇదీ వారి వాదన. లిఫ్‌షిట్జ్ ఖలాత్నికోవ్‌లు ఫ్రీడ్‌మాన్ నమూనాల్లాంటి వాటిని క్షుణ్ణంగా పరిశీలించారు. నిజమైన విశ్వంలో వివిధ గెలాక్సీలకు ఉన్న చెదురుమదురు లక్షణాలను ప్రత్యేక వేగాలను వారు పరిగణనలోకి తీసుకుని లెక్కలు గట్టారు. గెలాక్సీలు ఎప్పుడూ నేరుగా జకదాని నుంచి ఒకటి దూరంగా జరగకపోయినప్పటికీ ఆ నమూనాలు బిగ్‌బాంగ్‌తో ప్రారంభం కావచ్చునని వారి ప్రయోగాలు సూచించాయి. అయినా గెలాక్సీలన్నీ సవ్యమైన మార్గంలోనే కదులుతూ ఉండే కొన్ని నిర్దిష్టమైన అసాధారణ నమూనాల ప్రకారం మాత్రమే బిగ్‌బాంగ్ ఏకబిందుత్వం సాధ్యమవుతుందని వారు వాదించారు. బిగ్‌బాంగ్ ఏకబిందుత్వం ఉన్న ఫ్రీడ్‌మాన్ తరహా నమూనాలకంటే, బిగ్‌బాంగ్ ఏకబిందుత్వంలేని ఫ్రీడ్‌మాన్ తరహా నమూనాలు అసంఖ్యాకంగా ఉన్నాయని మొదట వారు వాదించారు. అయితే ఏకబిందుత్వం ఉన్న ఫ్రీడ్‌మాన్ తరహా నమూనాలే సర్వ సాధారణంగా ఉన్నాయన్న సంగతిని వారు తర్వాత కాలంలో గ్రహించారు. గెలాక్సీలు ఏదో ఒక ప్రత్యేక తరహాలో కదలాల్సిన అవసరం లేకుండానే ఏకబిందుత్వ సూత్రాన్ని రుజువు చేశాయి. కనుక వారిరువురూ 1970లో తమ వాదనను ఉపసంహరించుకున్నారు.

లిఫ్‌షిట్జ్, ఖలాత్నికోవ్‌ల కృషి ఎంతో విలువైనది. ఎందుకంటే సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం గనుక సరైనదే అయితే విశ్వానికి ఒక ఆరంభం అన్నది అనగా ఒక ఏకబిందుత్వం ఒక బిగ్‌బాంగ్ ఉండడం సాధ్యమని అది రుజువు చేసింది. అయితే మౌలిక సమస్యను అది పరిష్కరించలేదు: సాధారణ సాపేక్షకత అన్నది విశ్వానికి ఒక బిగ్‌బాంగ్ అన్నది ఉండాలని, కాలానికి ఒక ఆరంభం ఉండాలని అంటుందా? దీనికి సమాధానం 1965లో పూర్తిగా అనుకోని దిశ నుంచి వచ్చింది. సమాధానం

ఇచ్చిన వ్యక్తి బ్రిటిష్ గణిత శాస్త్రవేత్త, భౌతిక శాస్త్రవేత్త రోజర్ పెన్‌రోజ్. గురుత్వాకర్షణ అన్నది ఎప్పుడూ ఆకర్షిస్తూనే ఉంటుంది అన్న వాస్తవాన్ని సాధారణ సాపేక్షకతతో ఆయన మేళవించాడు. సాధారణ సాపేక్షకతలో కాంతి శంకువులు ప్రవర్తించే తీరును బట్టి, తన సొంత గురుత్వాకర్షణ వల్లనే పతనమవుతున్న నక్షత్రాన్ని గురించి ఆయన ఒక నిర్ధారణ చేశాడు. అదేమంటే ఆ నక్షత్రం చివరికి ఏకబిందు పరిమాణానికి కుంచించుకుపోయే ఉపరితలం గల ప్రాంతంలో చిక్కుకుపోతుందని ఆయన రుజువు చేశాడు. ఒక ప్రాంతపు ఉపరితలం సున్నా స్థాయికి కుంచించుకుపోతే ఆ ప్రాంతపు పరిమాణం కూడా సున్నాకి పడిపోతుంది. నక్షత్రంలోని పదార్ధమంతా ఆ రకంగా సున్నా పరిమాణం గల ప్రాంతంలో నొక్కేయబడుతుంది. కనుక ఆ పదార్ధపు సాంద్రత, అక్కడి స్థలకాలపు వంపు అనంతంగా మారతాయి. మరోలా చెప్పాలంటే కాలబిలం అనబడే ఒక స్థలకాలపు ప్రాంతంలో ఏకబిందుత్వాన్ని ఇక్కడ గమనించవచ్చు.

మొదటి చూపుకి పెన్‌రోజ్ సాధించిన ఫలితం నక్షత్రాలకే వర్తిస్తుంది అన్నట్టు కనిపిస్తుంది. మొత్తం విశ్వానికి గతంలో ఒకప్పుడు బిగ్‌బాంగ్ ఏకబిందుత్వం అన్నది ఉందా లేదా అన్న సంగతిని పెన్‌రోజ్ సిద్ధాంతం ప్రస్తావించలేదు అనిపిస్తుంది. పెన్‌రోజ్ తన సిద్ధాంతాన్ని ప్రచురించినప్పుడు నేనొక రీసెర్చి విద్యార్థిని. నా పి. హెచ్‌డి థీసిస్‌ని పూర్తి చేయడానికి తగిన సమస్యను ఎంచుకోవడంలో నేనింకా అప్పటికి సతమతం అవుతున్నాను. దానికి రెండేళ్ల ముందు నాకు మోటార్ న్యూరాన్ అనే జబ్బు వచ్చినట్టు నిర్ధారించారు. కేవలం ఒకటి రెండేళ్లు మాత్రమే బతుకుతానని తేల్చారు. ఆ పరిస్థితుల్లో నా పి. హెచ్‌డి కోసం పనిచేయడంలో నాకేమాత్రం అర్థం కనిపించలేదు. అంతకాలం నేను బతికి ఉంటానని అనిపించలేదు. అయితే రెండేళ్లు గడచిపోయాయి. నా పరిస్థితి అంత ఘోరంగా ఏమీ లేదు. నిజానికి నా విషయంలో పరిస్థితులు చాలా సజావుగా ఉన్నాయి. జేన్‌వైల్డ్ అనే ఒక చక్కటి అమ్మాయితో నాకు పెళ్లి సంబంధం కుదిరింది. అయితే నేను పెళ్లి చేసుకోవాలంటే నాకొక ఉద్యోగం కావాలి. ఉద్యోగం దొరకాలంటే నేను పి. హెచ్‌డి చేయాలి. 1965లోనే నేను పెన్‌రోజ్ సిద్ధాంతాన్ని చదివాను. ఏ Body అయినా తన గురుత్వాకర్షణకు తానే లోనై పతనం అవుతున్నప్పుడు అది చివరికి ఒక ఏకబిందుత్వాన్ని రూపొందిస్తుంది అన్నదే ఆయన సిద్ధాంతం. పెన్‌రోజ్ సిద్ధాంతంలో కాలం దిశను తిరగేస్తే పతనం అన్నది విస్తరణగా మారుతుంది. అప్పుడు కూడా ఆయన సిద్ధాంత నిర్ధారణలు వర్తిస్తాయని నేను గ్రహించాను. పెన్‌రోజ్ సిద్ధాంతం ప్రకారం పతనం అవుతున్న ఏ నక్షత్రమయినా

ఏకబిందుత్వంగా అంతం అవుతుంది. కాలాన్ని తిరగేసి చూద్దాం. ఈ వాదన ప్రకారం ఫ్రీడ్‌మాన్ తరహా విస్తరిస్తున్న విశ్వం ఏకబిందుత్వంతోనే ప్రారంభం అయి ఉండాలి. సాంకేతికంగా, పెన్‌రోజ్ సిద్ధాంతానికి విశ్వం అనంతం అయి ఉండాలి. కనుక విశ్వం తిరిగి పతనం కాకుండా తప్పించుకోవడానికి అవసరమైనంత వేగంగా విస్తరిస్తూ ఉంటేనే ఏకబిందుత్వం ఉండాలని రుజువు చేయడానికి నేను ఆ సిద్ధాంతాన్ని ఉపయోగించుకున్నాను. (ఎందుకంటే అటువంటి ఫ్రీడ్‌మాన్ నమూనాలు మాత్రమే స్థలంలో అనంతం.)

తర్వాత కొన్నేళ్ల వరకూ ఏకబిందుత్వం తప్పక సంభవించి ఉండాలని రుజువు చేసిన సిద్ధాంతాల నుంచి ఇటువంటి అనేక సాంకేతిక షరతులను తొలగించుకోవడం కోసం నేను కొత్త గణిత శాస్త్ర టెక్నిక్‌లను అభివృద్ధి చేశాను. 1970లో పెన్‌రోజ్, నేనూ సంయుక్తంగా ఒక పత్రాన్ని ప్రచురించాం. ఇది తుది ఫలితం. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం సరైనదే అయిన మేరకు, విశ్వంలో మనం చూస్తున్న పదార్థం అంతా ఉండి ఉంటే తప్పనిసరిగా బిగ్‌బాంగ్ ఏకబిందుత్వం ఉండి ఉండాలని మేము రుజువు చేశాం. మా సిద్ధాంతానికి చాలా వ్యతిరేకత ఎదురైంది. కొంతవరకూ రష్యన్ శాస్త్రవేత్తల నుంచి అది ఎదురైంది. శాస్త్రీయ నిశ్చితవాదంలో (scientific determinism) వారికున్న మార్క్సిస్ట్ నమ్మకం నుంచి ఇది ఎదురైంది. (నిశ్చితవాదానికీ తమకూ ఏ సంబంధమూ లేదని మార్క్సిస్టులంటున్నారు. –అను.) ఐన్‌స్టీన్ సిద్ధాంతంలో ఉన్న అందాన్ని ఏకబిందుత్వ భావం చెదరగొడుతోందని కొందరు నమ్మారు. వారు కూడా మా సిద్ధాంతాన్ని వ్యతిరేకించారు. అయితే ఒక గణిత శాస్త్ర సిద్ధాంతంతో ఎవరైనా ఏం వాదించగలరు? చివరికి మా సిద్ధాంతానికి సర్వ జన ఆమోదం లభించింది. ఇవాళ దాదాపు ప్రతి ఒక్కరూ విశ్వం ఒక బిగ్‌బాంగ్ ఏకబిందుత్వంతోనే ప్రారంభం అయిందని నమ్ముతున్నారు. చిత్రమేమంటే ఇప్పుడు నేను నా మనసు మార్చుకున్నాను. విశ్వారంభంలో ఏకబిందుత్వమేదీ లేదని ఇతర భౌతిక శాస్త్రవేత్తలకు నచ్చజెప్పడానికి నేను ప్రయత్నిస్తున్నాను. క్వాంటమ్ ప్రభావాలను పరిగణనలోకి తీసుకుంటే ఏకబిందుత్వ సిద్ధాంతం మాయమవుతుంది. ఈ సంగతిని మనం తర్వాత పేజీల్లో గమనిస్తాం.

విశ్వం గురించి వేలాది సంవత్సరాలుగా ఏర్పర్చుకున్న మానవుని అభిప్రాయాలు 50 ఏళ్ల కంటే తక్కువ కాలంలో ఎలా మారిపోయాయో ఈ అధ్యాయంలో మనం గమనించాం. విశ్వం విస్తరిస్తోందన్న హబుల్ ఆవిష్కరణ, విస్తారమైన మహా విశ్వంలో

మన భూమి అత్యల్పం అన్న అవగాహన కేవలం ఆరంభ స్థానాలు మాత్రమే. ప్రయోగాల ద్వారానూ సైద్ధాంతిక సాక్ష్యాల ద్వారానూ విశ్వానికి కాలంలో ఒక ఆరంభం అన్నది ఉందన్న విషయం బలపడుతూ వచ్చింది. 1970లో దీనిని ఐన్‌స్టీన్ సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్ని ఆధారం చేసుకుని, పెన్‌రోజ్, నేనూ రుజువు చేశాం. సాధారణ సాపేక్షకత అన్నది కేవలం ఒక అసంపూర్ణ సిద్ధాంతం అన్నది ఆ రుజువు నిరూపించింది. విశ్వం ఎలా ప్రారంభమైందో అది మనకు తెలియజెప్పదు. ఎందుకంటే తనతో సహా భౌతిక సిద్ధాంతాలన్నీ విశ్వారంభంలో పతనమైపోతాయని అది అంటుంది. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం తనను తాను పాక్షిక సిద్ధాంతంగానే పరిగణించుకుంటుంది. కనుక ఏకబిందుత్వ సిద్ధాంతాలు నిజంగా ఏమి చెబుతాయి? తొలి విశ్వం చాలా చిన్నదిగా ఉంటుందని అవి చెబుతాయి. అటువంటప్పుడు 20వ శతాబ్దపు మరో మహా పాక్షిక సిద్ధాంతాన్ని ఇక్కడ మనం నిర్లక్ష్యం చేయజాలం. ఎందుకంటే ఆ సిద్ధాంతం సూక్ష్మ స్థాయిలో పరిణామాలను పరిశీలిస్తుంది. విశ్వాన్ని అర్థం చేసుకునేందుకై మేము 1970ల తొలి దినాల్లో మా అన్వేషణను అసాధారణమైన విస్తృత ప్రమాణాలతో వ్యవహరించే సిద్ధాంత రంగం నుంచి అసాధారణమైన సూక్ష్మ ప్రమాణాలతో వ్యవహరించే సిద్ధాంత రంగానికి మార్చుకోక తప్పలేదు. ఆ సిద్ధాంతమే క్వాంటమ్ మెకానిక్స్. దీని గురించే తర్వాత అధ్యాయంలో విశదీకరిస్తాను. ఆ తర్వాతనే ఈ రెండు మహా పాక్షిక సిద్ధాంతాలను ఒకే క్వాంటమ్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతంగా మేళవించడానికి సాగుతున్న కృషి గురించి వివరిస్తాను.

4

అనిశ్చితా సూత్రం

శాస్త్రీయ సిద్ధాంతాలు, ముఖ్యంగా న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతం విజయవంతం కావడంతో 19వ శతాబ్దపు ప్రారంభంలో నిశ్చితవాద ధోరణులు పెరిగాయి. ఫ్రెంచి శాస్త్రవేత్త ఎం.డి.లాప్లేస్ ఈ ధోరణిలో అగ్రగణ్యుడు. విశ్వం అన్నది పూర్తిగా నిశ్చల నిశ్చితంగా వ్యవహరిస్తుంది అని ఆయన వాదించాడు. కాబట్టి విశ్వంలో జరిగే ప్రతిదానినీ ముందే ఊహించడానికి తోడ్పడే శాస్త్రీయ నియమాలు ఉండి ఉండాలని లాప్లేస్ సూచించాడు. మనకు ఒక సందర్భంలో విశ్వ పరిస్థితుల

గురించి సంపూర్ణంగా తెలిస్తే మిగతా సందర్భాలన్నింటినీ ఊహించవచ్చు అంటాడు ఆయన. ఉదాహరణకు సూర్య గ్రహం తదితర గ్రహాల స్థానాలు, వేగాలు ఒకసారి మనం తెలుసుకుంటే మిగిలిన ఏ సందర్భంలోనైనా సూర్య కుటుంబం స్థానాలను, వేగాలను న్యూటన్ సూత్రాలను ఉపయోగించి అంచనా కట్టవచ్చు అంటాడాయన. ఈ సందర్భంలో నిశ్చితవాదం బాగానే వర్తిస్తుంది. అయితే లాప్లేస్ ఇంకా చాలా ముందుకు పోయాడు. మానవ ప్రవర్తనతో సహా ప్రతిదానినీ శాసించే ఇలాంటి నిశ్చిత నియమాలు ఉన్నాయని అంటాడాయన.

ఈ శాస్త్రీయ నిశ్చితవాదాన్ని చాలామంది ప్రతిఘటించారు. ప్రపంచంలో జోక్యం చేసుకోవడానికి దేవుడికున్న స్వేచ్ఛను ఇది అరికడుతుందని వారి ఉద్దేశం. ఈ శతాబ్దం తొలి సంవత్సరాల వరకూ కూడా నిశ్చితవాదమే శాస్త్రంలో ప్రామాణిక వాదంగా చలామణి అయ్యింది. ఒక నక్షత్రం లాంటి వేడి వస్తువు అనంత స్థాయిలో శక్తిని ప్రసరిస్తుందని బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్తలు లార్డ్ రేలీ, సర్ జేమ్స్ జీన్స్ సూచించారు. ఆ తర్వాతనే నిశ్చిత వాదాన్ని వదలుకోవాల్సిన పరిస్థితులు ఏర్పడ్డాయి. ఆనాటికి మనం నమ్మిన నియమాల ప్రకారం ఒక వేడి గోళం విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను (రేడియో తరంగాలు, కనిపించే కాంతి లేదా ఎక్స్ కిరణాలు) అన్ని ఫ్రీక్వెన్సీలలోనూ సమానంగా పంపించాలి. ఉదాహరణకు ఒక వేడి వస్తువు సెకనుకి లక్షా రెండు లక్షల కోట్ల తరంగాలు గల ఫ్రీక్వెన్సీలు మొదలుకుని రెండు మూడు లక్షల కోట్ల తరంగాలు గల ఫ్రీక్వెన్సీల వరకూ ఒకే మొత్తం శక్తిని ప్రసరించాల్సి ఉంటుంది. ఇప్పుడు ఒక సెకనుకి ప్రసరించే తరంగాల సంఖ్య అపరిమితం కాబట్టి అక్కడ ఉత్పత్తి అయిన శక్తి అనంతం కావాలి.

ఇది స్పష్టంగా ఒక హాస్యాస్పదమైన నిర్ధారణ. జర్మన్ శాస్త్రవేత్త మాక్స్ ప్లాంక్ 1900వ సంవత్సరంలో ఇలా సూచించాడు: *కాంతి, ఎక్స్ కిరణాలు తదితర తరంగాలు అనియతంగా ప్రసరించవు. క్వాంటా అనబడే ప్యాకెట్‌లలో అవి ప్రసరిస్తాయి. అంతేకాదు. ప్రతి క్వాంటమ్‌కి ఒక నిర్దిష్ట మొత్తంలో శక్తి ఉంటుంది. తరంగాల ఫ్రీక్వెన్సీ పెరిగిన కొద్దీ దాని శక్తి కూడా పెరుగుతుంది. ఎక్కువ ఫ్రీక్వెన్సీలో ఒక క్వాంటమ్‌ని ప్రసరించడానికి అందుబాటులో ఉన్న శక్తి కంటే ఎక్కువ అవసరం అవుతుంది. కనుక ఎక్కువ ఫ్రీక్వెన్సీలు ఉన్నప్పుడు రేడియేషన్ తగ్గుతుంది. ఆ రకంగా ఒక వస్తువు కోల్పోయిన శక్తి ఎప్పుడూ అనంతం కాదు.* నిశ్చితవాదాన్ని పక్కన పెట్టడం కోసం ప్లాంక్ చేసిన ఈ క్వాంటమ్ ప్రతిపాదన తోడ్పడుతుంది.

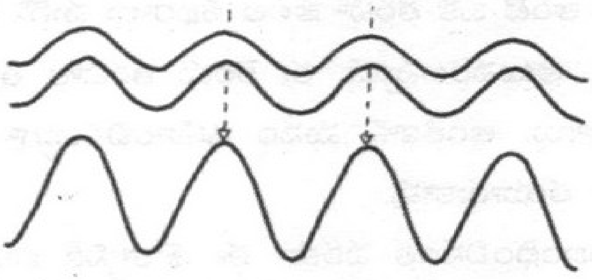
వేడి వస్తువుల నుంచి ప్రసరించే రేడియేషన్ రేటుని ఈ ప్రతిపాదన వివరించింది. మరో జర్మన్ శాస్త్రవేత్త వెర్నెర్ హైజెన్‌బర్గ్ తన సుప్రసిద్ధ అనిశ్చితా సూత్రాన్ని 1926లో ప్రతిపాదించాడు. అంతవరకూ నిశ్చితవాదాన్ని పక్కన పెట్టడంలో ప్లాంక్ ప్రతిపాదన ప్రాముఖ్యాన్ని ఎవరూ పూర్తిగా గ్రహించలేదు. *అనిశ్చితా సూత్రం ఏమంటుందంటే ఒక కణం భవిష్యత్తు స్థానాన్ని, వేగాన్ని లెక్కించాలంటే దాని ఇప్పటి స్థానాన్ని, వేగాన్ని సరిగా కొలవాల్సి ఉంటుంది. అలా చేయాలంటే ఆ కణం పైన కాంతిని ప్రసరింపజేయాలి. కాంతి తరంగాలలో కొన్నింటిని ఆ కణం చెల్లాచెదురు చేస్తుంది. దీని వల్ల దాని స్థానం తెలుస్తుంది. అయితే కాంతి తరంగ శిఖరాల మధ్య దూరం కంటే ఖచ్చితంగా ఒక కణ స్థానాన్ని ఎవరూ నిర్ధారించలేరు.* కనుక ఒక కణం స్థానాన్ని ఖచ్చితంగా కొలవడం కోసం తక్కువ వేవ్‌లెంగ్త్‌ని ఉపయోగించాల్సి ఉంటుంది. అయితే ప్లాంక్ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం ప్రకారం ఎవరూ ఇష్టమొచ్చినంత పరిమాణంలో కాంతిని వాడజాలరు. కనీసం ఒక క్వాంటమ్ కాంతిని వినియోగించాల్సి ఉంటుంది. ఈ క్వాంటమ్ ఆ కణ స్థానాన్ని భగ్నం చేస్తుంది. దాని వేగాన్ని మారుస్తుంది. కనుక దాని స్థానాన్ని, వేగాన్ని అంచనా వేయడం అసాధ్యం అవుతుంది. అంతేగాక కణ స్థానాన్ని ఎంత ఖచ్చితంగా కొలవాలనుకుంటే అంత చిన్న వేవ్ లెంగ్త్‌ని ఉపయోగించాలి. ఆ రకంగా ఒక క్వాంటమ్ శక్తి అంత ఎక్కువగా ఉంటుంది. కనుక ఒక కణం వేగం ఎక్కువ శక్తి వల్ల భగ్నం అవుతుంది. మరోలా చెప్పాలంటే ఒక కణం స్థానాన్ని ఎంత ఖచ్చితంగా కొలవాలని ప్రయత్నిస్తే దాని వేగాన్ని అంత తక్కువ ఖచ్చితంగా అంచనా వేయగలుగుతాం. ఖచ్చితమైన వేగం కావాలనుకుంటే అంతే తక్కువ సరైన స్థానం లభిస్తుంది. కణ కాలాల స్థానాలలో అనిశ్చితి, దాని వేగ కాలాల్లో అనిశ్చితి ఒక నిర్దిష్ట పరిమాణం కంటే తక్కువగా ఉండాలి. దీనినే ప్లాంక్ నిత్యం (Plank's constant) అంటాడు, హైజెన్ బర్గ్. హైజెన్ బర్గ్ ఆవిష్కరించిన ఈ అనిశ్చితా సూత్రం తప్పించుకునే వీలులేని ప్రపంచపు మౌలిక ధర్మం.

మనం ప్రపంచాన్ని ఎలా చూడాలి? ఇక్కడ అనిశ్చితా సూత్రానికి ఎంతో ప్రాధాన్యం ఉంది. ఆ ప్రాధాన్యాన్ని ఈ 50 ఏళ్లగా చాలామంది తత్వవేత్తలు పూర్తి స్థాయిలో గ్రహించనే లేదు. ఈ సిద్ధాంతం ఎన్నో వాదవివాదాలకు గురైంది. పరమ నిశ్చితంగా ఉండే ఒక విశ్వం నమూనాను ఆవిష్కరించగల ఒక శాస్త్రీయ సిద్ధాంతాన్ని గురించి లాప్లేస్ కన్న కలలను ఈ అనిశ్చితా సూత్రం అంతం చేసేసింది. ఇప్పటి విశ్వాన్ని ఖచ్చితంగా కొలవలేని పరిస్థితులలో భవిష్యత్తు సంఘటనలను ఖచ్చితంగా ఎలా

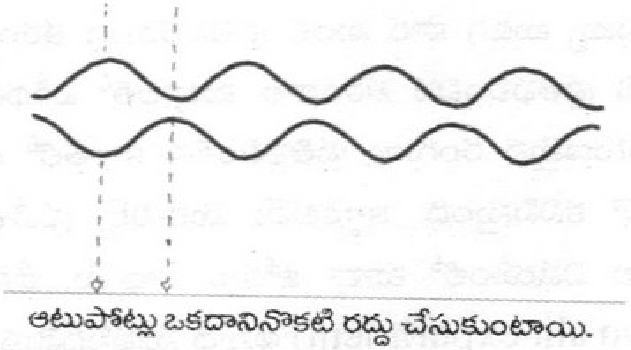
చెప్పగలం అన్నది అనిశ్చితా సూత్రం లేవనెత్తిన ప్రశ్న. ప్రస్తుత విశ్వ పరిస్థితులను పాడుచేయకుండానే వాటిని పరిశీలించగలిగిన ఒక మౌలిక ప్రాకృతిక శక్తి కోసం సంఘటనలను పూర్తిగా నిశ్చయించే నియమాలు ఉన్నాయని ఇప్పటికీ ఊహించడానికి అవకాశం లేకపోలేదు. అయితే మనం మామూలు మనుషులం. అందుకని అటువంటి విశ్వ నమూనాల ఎడల మనకు ఆసక్తి లేదు. ఒక్కమ్స్ రేజర్ అనబడే పొదుపు సూత్రాన్ని మనం ఇక్కడ పాటిస్తే బాగుంటుందనిపిస్తుంది. పరిశీలనకు సాధ్యం కాని సిద్ధాంత అంశాలన్నింటినీ నరికేయమనే ఆ సూత్రం చెప్పేది. ఈ ధోరణితోనే 1920లలో హైజెన్ బర్గ్, ఎర్విన్ ష్రోడింగర్, పాల్ డిరాక్ అనే శాస్త్రవేత్తలు భౌతిక శాస్త్రాన్ని మరో నూతన శాస్త్రంగా తిరిగి రూపొందించారు. ఆ శాస్త్రం పేరే క్వాంటమ్ మెకానిక్స్. ఈ శాస్త్రం అనిశ్చితా సూత్రంపైనే ఆధారపడింది. ఈ సిద్ధాంతం ప్రకారం కణాలకు ప్రత్యేకమైన, చక్కగా నిర్వచించబడిన, పరిశీలించ వీలులేని స్థానాలు, వేగాలు ఉండవు. దానికి బదులు కణాలకు ఒక క్వాంటమ్ స్థితి ఉంటుంది. ఇందులో స్థానం, వేగం మిళితమై ఉంటాయి.

సాధారణంగా క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ ఒక పరిశీలనలో ఒక నిర్దిష్ట ఏకైక ఫలితాన్ని ఊహించదు. దానికి బదులు అనేక విభిన్న ఫలితాల అవకాశాలను గురించి అది చెబుతుంది. వీటిలో ప్రతి ఫలితమూ ఏ తీరున ఉండవచ్చో చెబుతుంది. అంటే ఒకే తీరున ప్రారంభమైన ఒకేలాంటి అనేక వ్యవస్థలను కొలిచి చూస్తే వాటి ఫలితం కొన్నిటి విషయంలో A అని వస్తుంది. మరికొన్నిటి విషయంలో B అని వస్తుంది. అలాగే మరికొన్ని ఇతర విషయాల్లో కూడా జరుగుతుంది. ఇక్కడ ఎన్నిసార్లు ఫలితం A అని వస్తుందో ఎన్నిసార్లు B అని వస్తుందో సుమారుగా మాత్రమే చెప్పగలం. అంతేకాని ఒక విడి కొలమానానికి నిర్దిష్ట ఫలితాన్ని చెప్పలేం. ఆ రకంగా క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ తప్పించుకోవడానికి వీలులేని విధంగా సైన్స్‌లో అనూహ్యతను లేదా చెదురుమదురు తత్వాన్ని ప్రవేశపెట్టింది. ఐన్‌స్టీన్ ఈ భావాలను అభివృద్ధి చేయడంలో గొప్ప పాత్ర నిర్వహించినప్పటికీ ఈ అనిశ్చితా సూత్రానికి తన అభ్యంతరాన్ని తీవ్రంగా తెలియజేశాడు. క్వాంటమ్ సిద్ధాంతానికి ఆయన చేసిన సేవకు ఐన్‌స్టీన్‌కు నోబుల్ బహుమతి లభించింది. అయినప్పటికీ యాదృచ్ఛికతే విశ్వాన్ని శాసిస్తుంది అన్న సూత్రాన్ని ఐన్‌స్టీన్ ఎప్పుడూ ఆమోదించలేదు. 'దేవుడు పాచికలాడడు' అన్న ఐన్‌స్టీన్ సుప్రసిద్ధ ప్రకటనను బట్టి ఆయన భావాలను గ్రహించవచ్చు. అయితే మిగిలిన శాస్త్రవేత్తలు చాలామంది క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌ను ఆమోదించారు. ఎందుకంటే అది

ప్రయోగాలలో ఖచ్చితమైన ఫలితాలిచ్చింది. నిజానికిది ఎంతో విజయవంతమైన సిద్ధాంతం. ఆధునిక శాస్త్ర సాంకేతిక రంగాలతో ఇది మిళితమై పోయింది. టెలివిజన్, కంప్యూటర్స్ లాంటి ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలలో అత్యవసరమైన ఇంటిగ్రేటెడ్ సర్క్యూట్స్ లోనూ, ట్రాన్సిస్టర్స్‌లోనూ ఈ సూత్రం బాగా వర్తిస్తుంది. ఆధునిక రసాయనిక శాస్త్రానికీ జీవ శాస్త్రానికీ ఇది పునాదిగా ఉంది. భౌతిక శాస్త్రాలలో క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌లో ఇంకా సరిగా ఇమడని అంశాలు కొన్ని మాత్రమే ఉన్నాయి. అవి విశ్వానికి సంబంధించిన గురుత్వాకర్షణ, భారీ రూప నిర్మాణం.



ఆటుపోట్లు ఒకదానినొకటి బలోపేతం చేసుకుంటాయి.



ఆటుపోట్లు ఒకదానినొకటి రద్దు చేసుకుంటాయి.

చిత్రం 4.1

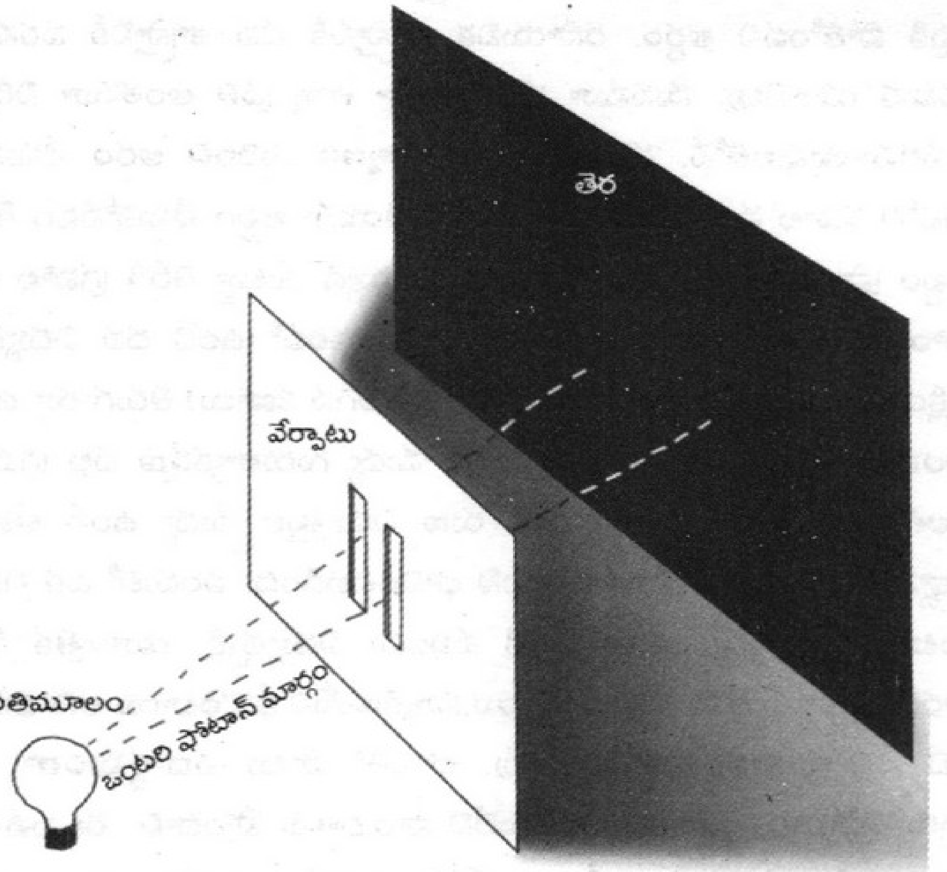
కాంతి తరంగమయమే అయినప్పటికీ ప్లాంక్ క్వాంటమ్ ప్రతిపాదన ప్రకారం కొన్ని రకాలుగా కాంతి కణ నిర్మితం కూడా అన్నట్టుగా ప్రవర్తిస్తుంది. క్వాంటాలలో లేదా ప్యాకెట్‌లలో మాత్రమే కాంతి ప్రసరిస్తుంది. ఇముడ్చుకోబడుతుంది. హైజెన్ బర్గ్ అనిశ్చితా సూత్రం కూడా ఇదే చెబుతుంది. కొన్ని విషయాలలో కణాలు తరంగాలులా ప్రవర్తిస్తాయి. వాటికి ఒక నిర్దిష్ట స్థానం అంటూ ఉండదు. అవి 'అలికినట్టుగా' కనిపిస్తాయి. వాటి పంపిణీని సుమారుగానే గుర్తించవచ్చు. క్వాంటమ్

మెకానిక్స్ సిద్ధాంతం పూర్తిగా ఒక కొత్త తరహా గణితంపైన ఆధారపడి ఉంది. వాస్తవ ప్రపంచాన్ని కణాలుగానూ తరంగాలుగానూ వర్ణించే సిద్ధాంతం కాదది. కొన్ని ప్రపంచ పరిశీలనలను మాత్రమే ఆ పదాలలో వర్ణించవచ్చు. కనుక క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌లో తరంగాలకు, కణాలకు మధ్య ఒక ద్వంద్వత్వం ఉంది. కొన్ని సందర్భాలలో కణాలను తరంగాలుగా చూడడం మంచిది. మరికొన్ని సందర్భాలలో తరంగాలను కణాలుగా భావించడం మంచిది. దీనివల్ల తలెత్తే ప్రధాన పర్యవసానం ఏమంటే రెండు రకాల తరంగాలకు లేదా కణాలకు మధ్య జోక్యం అనబడే దానిని గమనించవచ్చు. అంటే ఒక తరహా అలల శిఖరాలు మరో తరహా అలల మట్టాలతో ఏకీభవించవచ్చు. అటువంటప్పుడు ఈ రెండు తరహాల తరంగాలు ఒకదానినొకటి రద్దు చేసుకుంటాయి. అంతేకాని మనం ఊహించినట్టుగా రెండూ కలసి మరింత బలమైన అలగా తయారుకావు.

కాంతికి సంబంధించినంత వరకూ ఈ జోక్యానికి బాగా తెలిసిన ఉదాహరణ సబ్బు బుడగలలో కనిపించే రంగులు. నీటి బుడగ రెండు పొరలపైన పడిన కాంతి ప్రతిఫలించడం వల్ల ఈ రంగులు ఏర్పడతాయి. తెల్లని కాంతిలో వేర్వేరు పొడవులున్న కాంతి తరంగాలుంటాయి. అంటే రంగులుంటాయి. కొన్ని రకాల తరంగ పొడవులలో ఒక వైపు ఉన్న సబ్బు బుడగ పొర నుంచి ప్రతిఫలించిన తరంగాల శిఖరాలు మరో వైపు పొర నుంచి ప్రతిఫలించిన తరంగాల మట్టాలతో ఏకీభవిస్తాయి. ఈ తరంగ పొడవులకు అనుగుణమైన రంగులు ప్రతిఫలించిన కాంతిలో ఉండవు. అందుకే ఆ కాంతి రంగులలో కనిపిస్తుంది. క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ ప్రవేశపెట్టిన ద్వంద్వత్వం కారణంగా కణాల విషయంలో కూడా జోక్యం సాధ్యమే. దీనికి ***రెండు కంతల ప్రయోగం*** (Two slit experiment) అన్నది సుప్రసిద్ధమైన ఉదాహరణ.

సమాంతరంగా ఉన్న రెండు సన్నటి కంతలున్న దళసరి అట్టను తీసుకోండి. దానికి ఒకవైపున ఒక నిర్దిష్ట రంగు (నిర్దిష్ట తరంగ పొడవు) గల కాంతిని ప్రసరించే వస్తువును ఉంచండి. కాంతి మొత్తంగా ఆ అట్టను తాకుతుంది. అయితే కొద్ది మొత్తం కంతల ద్వారా బయటకు పోతుంది. అట్టకు ఆవల మరో తెరను ఉంచండి. రెండు కంతల నుంచి కాంతి ప్రసరిస్తుంది. తెరపై అన్ని భాగాలు కాంతి తరంగాలను స్వీకరిస్తాయి. అయితే సాధారణంగా కాంతి తన మూలం నుంచి రెండు కంతల ద్వారా తెరపైకి ప్రసరించే దూరం విభిన్నంగా ఉంటుంది. దీని అర్థం ఏమంటే కంతల నుంచి తెరపైకి వచ్చే తరంగాలన్నీ ఒకటిగానే ఉండవు. కొన్ని చోట్ల తరంగాలు

ఒకదానినొకటి రద్దు చేసుకుంటాయి కూడా. మరికొన్ని చోట్ల ఒకదానినొకటి మరింత బలోపేతం చేసుకుంటాయి. దీని ఫలితంగా కాంతితో పాటు నీలి నీడలు కూడా ప్రతిఫలిస్తాయి.



చిత్రం 4.2

విశేషమేమంటే, ఇక్కడ కాంతికి మూలాధారంగా ఉన్న వస్తువును తీసేసి ఎలక్ట్రాన్స్ లాంటి కణాలకు ఆధారంగా ఉండే వస్తువును ఉంచినప్పటికీ తెరపైన అదేలాంటి నీలి నీడలు కనిపిస్తాయి. (అంటే, వాటి తరంగాలకు ఒక నిర్దిష్టమైన పొడవు ఉందన్న మాట) ఒకే కంత గనుక ఉంటే నీలి నీడలు కానరావనీ తెర అంతటా ఎలక్ట్రాన్లు ఏక రూపంగా పంపిణీ అవుతాయనీ అటువంటప్పుడు మరో కంత ఉంటే తెరపై ప్రసరించే ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య పెరుగుతుందనీ ఎవరైనా భావించవచ్చు. కాని జోక్యం కారణంగా నిజానికి కొన్ని చోట్ల ఈ సంఖ్య తగ్గుతుంది కూడా. ఎలక్ట్రాన్లను కంతల ద్వారా ఒకటొకటిగా పంపిస్తే అవి ప్రతిదీ ఏదో ఒక కంత ద్వారానే తెరను చేరుకుంటాయని

మనం అనుకోవచ్చు. అక్కడ కేవలం ఒకే కంత ఉందన్నట్టుగా అవి ప్రవర్తిస్తాయని తెరపైన ఏక రూపంగా వాటి పంపిణీ జరుగుతుందని మనం అనుకోవడానికి అవకాశం ఉంది. అయితే వాస్తవంలో ఎలక్ట్రాన్లను ఒకటొకటిగా పంపించినప్పటికీ నీలి నీడలు కనిపిస్తూనే ఉంటాయి. అంటే ప్రతి ఎలక్ట్రాన్ ఏక కాలంలో రెండు కంతల నుంచి తెరపైకి పోతోందని అర్థం. రసాయనిక శాస్త్రానికీ జీవ శాస్త్రానికీ పరమాణువులు ప్రాథమిక యూనిట్లు. మనమూ మన చుట్టూ ఉన్న ప్రతి అంశమూ నిర్మించబడేది ఈ పరమాణువులతోనే. పరమాణువుల నిర్మాణం గురించి అర్థం చేసుకోవాలంటే వాటిలోని కణాల మధ్య ఈ జోక్యం అనే ప్రక్రియను అర్థం చేసుకోవడం కీలకం. ఈ శతాబ్దం ప్రారంభంలో పరమాణువులను సూర్యుడి చుట్టూ తిరిగే గ్రహాల లాంటివని ఊహించడం జరిగింది. పరమాణువులలో కేంద్రంలో ఉండే ధన విద్యుత్ కలిగిన న్యూక్లియస్ చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్లు (రుణ విద్యుత్ కలిగిన కణాలు) తిరుగుతూ ఉంటాయని భావించారు. సూర్యునికి, ఇతర గ్రహాలకి మధ్య గురుత్వాకర్షణ వల్ల గ్రహాలు తమ కక్ష్యలలో తిరుగుతున్నట్టుగానే ధన, రుణ విద్యుత్తుల మధ్య ఉండే ఆకర్షణ వల్ల ఎలక్ట్రాన్లు తమ కక్ష్యలలోనే ఉంటాయని భావించబడింది. ఇందులో ఒక చిక్కు ఉంది. క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ ఆవిర్భావానికి ముందు విద్యుచ్ఛక్తి, యాంత్రిక నియమాల ప్రకారం ఎలక్ట్రాన్లు తమ శక్తిని కోల్పోయి న్యూక్లియస్‌ని ఢీకొంటాయి అని ఊహించారు. అంటే దీని ప్రకారం పరమాణువు, దానితో పాటు పదార్థమంతా శీఘ్రంగా కుప్పకూలిపోవాలి. పైగా అవి అంతులేని సాంద్రతను పొందాలి. ఈ సమస్యకు ఒక పాక్షిక పరిష్కారాన్ని 1913లో ఒక డేనిష్ శాస్త్రవేత్త సూచించాడు. ఆయన పేరు నీల్స్‌బోర్. ఎలక్ట్రాన్లు అన్నవి న్యూక్లియస్‌నుంచి ఏదో ఒక దూరంలో గాక కొన్ని నిర్దిష్టమైన దూరాల్లో మాత్రమే న్యూక్లియస్ చుట్టూ పరిభ్రమిస్తాయని ఆయన సూచించాడు. దీనిని బట్టి తమ నిర్దిష్ట కక్ష్యలలో అతి తక్కువ దూరాలతోనూ శక్తితోనూ పరిభ్రమించడం తప్ప అంతకంటే వేరే దూరాలలో ఎలక్ట్రాన్లు పరిభ్రమించవు. ఈ నిర్దిష్ట దూరాలలో ఒకటి రెండు ఎలక్ట్రాన్లు మాత్రమే పరిభ్రమించగలుగుతాయని భావిస్తే పరమాణువు కుప్పకూలిపోయే సమస్య పరిష్కారమవుతుంది. ఈ నమూనా అత్యంత సాదా పరమాణువయిన హైడ్రోజన్ పరమాణువును బాగానే వివరించింది. హైడ్రోజన్ పరమాణువులో ఒక్క ఎలక్ట్రాన్ మాత్రమే పరిభ్రమిస్తుంది. అయితే ఈ ప్రక్రియను మరింత సంక్లిష్టమైన పరమాణువుకి ఎలా వర్తింపజేయాలో స్పష్టంగా తెలియదు. అంతేగాక పరిమితమైన కక్ష్యలు మాత్రమే ఉంటాయని ఊహించడం

ఇష్టానుసారం చేసిన ఊహాగానం మాత్రమే. క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ అనే కొత్త సిద్ధాంతం ఈ ఇబ్బందిని తొలగించింది. ఒక న్యూక్లియస్ చుట్టూ తిరిగే ఎలక్ట్రాన్‌ని ఒక తరంగంగా ఊహించవచ్చునని ఆ సిద్ధాంతం వ్యక్తం చేసింది. ఆ తరంగం పొడవు దాని వేగంపైన ఆధారపడి ఉంటుంది. కొన్ని కక్ష్యల విషయంలో, కక్ష్య పొడవు సంపూర్ణ సంఖ్య గల ఎలక్ట్రాన్ తరంగం పొడవుకు అనుగుణంగా ఉంటుంది. దాని భిన్నానికి అనుగుణంగా ఉండదు. ఈ కక్ష్యలలో తరంగ శిఖరం తిరిగిన ప్రతిసారీ ఒకే స్థానంలో ఉంటుంది. కనుక తరంగాలు కలుస్తాయి. ఈ కక్ష్యలు బోర్ చెప్పిన కక్ష్యలకు అనుగుణంగా ఉంటాయి. అయితే కొన్ని కక్ష్యల పొడవు సంపూర్ణ సంఖ్య గల తరంగం పొడవుకు అనుగుణంగా లేకపోవచ్చు. అటువంటప్పుడు ఎలక్ట్రాన్లు కక్ష్యలలో తిరుగుతున్నప్పుడు తరంగ శిఖరాలను తరంగ మట్టాలు రద్దు చేస్తాయి. అయితే ఈ కక్ష్యలు ఉండజాలవు.

అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త రిచర్డ్ ఫేన్‌మాన్ పరిచయం చేసిన ***కణాల చరిత్రలు*** అనే సిద్ధాంతం ప్రకారం తరంగం లేదా కణం అనే ద్వంద్వత్వాన్ని చక్కగా ఊహించవచ్చు. దీని ప్రకారం కణానికి స్థలకాలంలో ఒకే చరిత్ర లేదా ఒకే పథం ఉండదు. క్వాంటమేతర సిద్ధాంతంలోనే అలా ఉంటుంది. దానికి బదులు A నుంచి B కి సాధ్యమైన అన్ని మార్గాలలోనూ కణం చేరుకుంటుంది. ప్రతి పథానికీ జంట సంఖ్యలుంటాయి. ఒకటి తరంగ పరిమాణాన్ని చెబుతుంది. మరొకటి ఆవృతంలో (అది తరంగ శిఖరమైనా కావచ్చు లేదా మట్టమైనా కావచ్చు) స్థానాన్ని తెలియజేస్తుంది. A నుంచి B కి పోవడానికి ఉన్న అవకాశాలన్నింటినీ అన్ని మార్గాలలోనూ తరంగాలను జమ చేయడం ద్వారా కనుగొనవచ్చు. సాధారణంగా పక్కనున్న మార్గాలను పోల్చి చూస్తే ఒక ఆవృతంలోని దశల మధ్యా స్థానాల మధ్యా చాలా తేడాలుంటాయి. అంటే ఈ మార్గాలకు సంబంధించిన అలలు దాదాపుగా ఒకదానినొకటి రద్దు చేసుకుంటాయి. అయితే పక్కనున్న మరికొన్ని మార్గాల విషయంలో ఈ స్థానాల మధ్య పెద్ద అంతరం ఉండదు. ఈ మార్గాలలోని తరంగాలు రద్దయిపోవు. అటువంటి మార్గాలు బోర్ అనుమతించిన కక్ష్యలకు అనుగుణంగా ఉంటాయి.

ఈ భావాల సాయంతో నిర్దిష్ట గణిత రూపంలో మరింత సంక్లిష్టమైన పరమాణువులలోనూ అణువులలో సైతం సూటిగా అంచనా కట్టడం సాపేక్షంగా తేలిక. అణువులు పరమాణు నిర్మితాలు. ఈ పరమాణువులు ఒకటి కంటే ఎక్కువ న్యూక్లియస్‌ల చుట్టూ తిరిగే కక్ష్యలలోని ఎలక్ట్రాన్ల చేత కలిసి ఉండే పరమాణువులు

అణువులను ఏర్పరుస్తాయి. రసాయన శాస్త్రంలోనూ, జీవ శాస్త్రంలోనూ అణు నిర్మాణమూ అణువుల మధ్య సాగే ప్రతిస్పందనలూ ప్రధాన అంశం. కనుక అనిశ్చితా సూత్రం ఏర్పరచిన పరిమితుల్లో దాదాపు మన చుట్టూ ఉన్న ప్రతిదానినీ సూత్రరీత్యా ఊహించగలగడానికి క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ అవకాశం ఇస్తుంది. (అయితే ఆచరణలో కొన్ని ఎలక్ట్రాన్లకు మాత్రమే గాక అంతకుమించి ఉండే వ్యవస్థలకు అవసరమైన అంచనాలు అత్యంత సంక్లిష్టం. అవి మనవల్ల కాదు.). ఐన్‌స్టీన్ సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం భారీ ప్రమాణాలతో ఉండే విశ్వానికి వర్తిస్తుంది. దానినే క్లాసికల్ సిద్ధాంతం అంటారు. ఇతర సిద్ధాంతాలతో తనకు పొంతన ఉండాలంటే అది క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ చెప్పే అనిశ్చితా సూత్రాన్ని పరిగణనలోకి తీసుకోవాలి. కాని అది అలా చేయలేదు. అయినా ఈ సిద్ధాంతం ఆధారంగా మనం పరిశీలించే అంశాలలో తేడా ఏమీ రాలేదు. దానికి కారణం మనకు అనుభవంలో ఉన్న గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రాలన్నీ బలహీనమైనవి కావడమే. అయితే కనీసం రెండు పరిస్థితులలో మాత్రం గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రం అత్యంత బలోపేతమవుతుంది. ఇంతకుముందు మనం చర్చించిన ఏకబిందుత్వ సిద్ధాంతాలు దీనిని మనకు తెలియజేస్తాయి. అవి: ఒకటి, కాలబిలాలు (black holes). రెండోది, బిగ్‌బాంగ్. అటువంటి బలోపేతమైన క్షేత్రాలలో క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ ప్రభావాలు చాలా ప్రధానం. పరమాణువులు పతనమై అనంతమైన సాంద్రతకు లోనవుతాయని సూచించడం ద్వారా క్వాంటమేతర క్లాసికల్ మెకానిక్స్ తన సొంత పతనాన్ని ముందే ఊహించింది. అలాగే, ఒక అర్థంలో సాధారణ సాపేక్ష క్లాసికల్ సిద్ధాంతం అనంతమైన సాంద్రత ఉండే స్థానాలను ఊహించింది. ఆ రకంగా అది తన పతనాన్ని కూడా ముందే ఊహించింది. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్ని క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌తో మేళవించే ఒక సంపూర్ణమైన ఖచ్చితమైన సిద్ధాంతం మనకు ఇంతవరకూ లభించలేదు. అయితే ఆ సిద్ధాంతానికి ఉండాల్సిన అనేక లక్షణాల గురించి మనకు ఇప్పటికే తెలుసు. కాలబిలాల విషయంలోనూ బిగ్‌బాంగ్ విషయంలోనూ ఈ నూతన సిద్ధాంతం వల్ల ఎటువంటి పర్యవసానాలు ఉంటాయో తర్వాత అధ్యాయాల్లో విశదీకరిస్తాను. ప్రస్తుతానికి ఇతర ప్రకృతి శక్తుల గురించిన మన అవగాహనను ఒక ఏకైక, సమైక్య క్వాంటమ్ సిద్ధాంతంగా మలచడానికి సాగుతున్న కృషిని ప్రస్తావిస్తాను.

5

ప్రాథమిక కణాలూ ప్రకృతి శక్తులూ

విశ్వంలో ఉన్న పదార్థం అంతా నాలుగు ప్రాథమిక మూలకాలతో తయారైందని అరిస్టాటిల్ నమ్మాడు. అవి: భూమి. గాలి. నిప్పు. నీరు. ఈ మూలకాలపైన రెండు శక్తులు పనిచేస్తాయి. ఒకటి, గురుత్వాకర్షణ. భూమికి నీటికి సంబంధించి మునిగే లక్షణాన్ని ఇది సమకూరుస్తుంది. రెండోది, చాపల్యం (levity). గాలికి, నిప్పుకి సంబంధించి పైకి లేచే లక్షణాన్ని ఇది సమకూరుస్తుంది. విశ్వంలోని సకల అంశాలనూ ఇలా పదార్థంగానూ శక్తులుగానూ విభజించడం అన్నది నేటికీ వాడుకలో ఉంది.

పదార్థం అన్నదానిని ఎంత చిన్న చిన్న ముక్కలుగా విడగొట్టినప్పటికీ అది కొనసాగుతూనే ఉంటుందని అరిస్టాటిల్ నమ్మాడు. దానికి పరిమితి అంటూ లేదనీ, విడదీయలేని ఆఖరి కణమంటూ ఏదీ లేదనీ ఆయన నమ్మాడు. అయితే డెమోక్రాటిస్ లాంటి గ్రీకు తత్వవేత్తలు కొందరు పదార్థం అనేది కణాలతో కూడుకున్నదని నమ్మారు. రకరకాల పరమాణువులతో (ఆటమ్‌లతో) ప్రతిదీ నిర్మితమవుతుందని వారు అన్నారు. (ఆటమ్ అనే పదానికి గ్రీకు భాషలో అవిభాజితం అని అర్థం ఉంది). శతాబ్దాల తరబడి ఈ వాదన కొనసాగింది. ఇరువైపులా నమ్మకం తప్ప సాక్ష్యాలు లేవు. 1803లో బ్రిటిష్ రసాయన శాస్త్రవేత్త, భౌతిక శాస్త్రవేత్త జాన్ డాల్టన్ తన ప్రతిపాదన చేశాడు. *కొన్ని పరమాణువులు ఒక బృందంగా కలసి ఒక అణువుగా ఏర్పడతాయి. రసాయనిక సంయోగాలు ఎప్పుడూ కొన్ని నిర్దిష్ట అనుపాతాలలో జరగడానికి కారణం ఇదే,* అని ఆయన అన్నాడు. అయితే రెండు ధోరణుల మధ్య వాదన అంతమైపోలేదు. ఈ శతాబ్దపు ప్రారంభం వరకూ పరమాణు వాదులకు అనుకూలంగా అది ఇంకా పరిష్కారం కాలేదు. దీనికి అవసరమైన అత్యంత ప్రధానమైన భౌతిక సాక్ష్యాలలో ఒకదానిని ఐన్‌స్టీన్ సమకూర్చాడు. 1905లో ఆయన ప్రత్యేక సాపేక్షకతపైన తన సుప్రసిద్ధ పత్రాన్ని సమర్పించాడు. దానికి ఒక వారం ముందు బ్రౌనియన్ చలనం అనే దాని గురించి సూచించాడు. ఒక ద్రవంలో కలసిన దుమ్ము రేణువుల చలనం చెదురుమదురుగానూ, అపక్రమంగానూ ఉండడానికి కారణాన్ని ఆయన వెల్లడించాడు. ద్రవంలో ఉన్న పరమాణువులు దుమ్ము రేణువులతో ఢీకొనడాన్ని ఆయన వివరించాడు.

ఈ సమయానికి పరమాణువులు అన్నవి అవిభాజ్యాలు కాదనే అనుమానం ఉంది.

దీనికి అనేక సంవత్సరాల ముందే కేంబ్రిడ్జికి చెందిన ట్రినిటీ కాలేజీలో ఫెలో అయిన జె.జె.థామ్సన్ ఎలక్ట్రాన్ అనబడే పదార్థం ఉందని కనుగొన్నాడు. దాని ద్రవ్యరాశి అత్యంత తేలికైన పరమాణువు కంటే వెయ్యి రెట్లు తక్కువ. ఆయన తన పరిశోధనలో ఒక ఆధునిక టెలివిజన్ పిక్చర్ ట్యూబ్ లాంటి పరికరాన్ని వాడాడు. ఎర్రగా కాల్చిన ఒక లోహపు ఫిలమెంట్ ఎలక్ట్రాన్లను విడుదల చేసింది. ఇవి రుణ విద్యుత్తు కలిగి ఉండడం వల్ల ఒక విద్యుత్తు క్షేత్రాన్ని ఉపయోగించి ఆయన భాస్వరం పూత కలిగిన తెరపైకి ఎలక్ట్రాన్లను త్వరితంగా పంపించగలిగాడు. ఎలక్ట్రాన్లు తెరను తాకగానే మెరుపులు వచ్చాయి. ఈ ఎలక్ట్రాన్లు పరమాణువుల నుంచే వస్తున్నాయన్న సంగతి అర్థమైంది. బ్రిటిష్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త ఎర్నెస్ట్ రూథర్‌ఫర్డ్ చిట్టచివరికి 1911లో పరమాణువులకు అంతర్గత నిర్మాణం ఉందని నిరూపించాడు. దానిలో ధన విద్యుత్తు కలిగిన అత్యంత సూక్ష్మమైన న్యూక్లియస్ ఉంటుందనీ దాని చుట్టూ అనేక ఎలక్ట్రాన్లు తిరుగుతూ ఉంటాయనీ ఆయన అన్నాడు. ఆల్ఫా కణాలు ధన విద్యుత్తు కలిగిన కణాలు. రేడియోధార్మిక పరమాణువుల నుంచి వచ్చే ఆల్ఫా కణాలు పరమాణువులతో ఢీకొన్నప్పుడు పక్కకు తిరుగుతాయి. దీనిని విశ్లేషించడం ద్వారా ఆయన తన నిర్ధారణలకు చేరుకోగలిగాడు.

మొదట పరమాణువులోని న్యూక్లియస్ ఎలక్ట్రాన్లతోనూ ధన విద్యుత్తు కలిగిన ప్రోటాన్లు అనబడే వాటితోనూ నిర్మితం అవుతుందని భావించారు.(ప్రోటాన్ అంటే గ్రీకు భాషలో మొదటిది అని అర్థం) అదే పదార్థానికి ప్రాథమిక అంశమని వారు నమ్మారు. అయితే 1932లో కేంబ్రిడ్జి విశ్వవిద్యాలయంలో రూథర్‌ఫర్డ్‌కి సహచరుడైన జేమ్స్‌చాడ్విక్ మరో అంశాన్ని కనుగొన్నాడు. న్యూక్లియస్‌లో న్యూట్రాన్ అనే మరో కణం ఉంటుందని ఆయన కనుగొన్నాడు. అది ద్రవ్యరాశిలో ప్రోటాన్‌తో సమానం. దానిలో ఏ విద్యుత్తూ లేదు. ఈ ఆవిష్కరణకిగాను చాడ్విక్‌కి నోబుల్ బహుమతి లభించింది. కేంబ్రిడ్జిలో గాన్‌విల్లీ అండ్ కీస్ కాలేజీలో ఆయన మాస్టర్‌గా ఎన్నికయ్యాడు. (అదే కాలేజీలో నేనిప్పుడు ఫెలోగా ఉన్నాను). తర్వాత కాలంలో తన ఫెలోలతో విభేదాల వల్ల తన మాస్టర్ పదవికి ఆయన రాజీనామా ఇచ్చాడు. యుద్ధం తర్వాత కొంతమంది యువ శాస్త్రవేత్తలు విశ్వవిద్యాలయానికి తిరిగి వచ్చారు. అప్పుడు తీవ్రమైన వాగ్వివాదాలు చోటుచేసుకున్నాయి. కాలేజీ పదవుల నుంచి చాలామంది పాత శాస్త్రవేత్తలను కొత్త శాస్త్రవేత్తలు తమ ఓటు ద్వారా బయటకు పంపించారు. ఇదంతా నేను చేరడానికి ముందే జరిగిపోయింది. 1965 చివరిలో నేను చేరాను.

ఆ సమయంలోనే దాదాపు అటువంటి భేదాభిప్రాయాల కారణంగానే మరో నోబుల్ బహుమతి గ్రహీత సర్ నెవిల్‌మాట్ కూడా తన మాస్టర్ పదవికి రాజీనామా ఇచ్చాడు.

మరో 20 ఏళ్లపాటు ప్రోటాన్లూ న్యూట్రాన్లూ అత్యంత ప్రాథమికమైన పదార్థకణాలని నమ్మారు. అయితే ప్రయోగాలలో ప్రోటాన్లు ప్రోటాన్లతోనూ లేదా ఎలక్ట్రాన్లతోనూ అత్యంత వేగంగా ఢీకొన్నప్పుడు అవి మరింత చిన్న పదార్థాలతో నిర్మించబడ్డాయని తెలిసింది. ఈ సూక్ష్మ కణాలను క్వార్క్లు అని కాల్టెక్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త ముర్రే గెల్మాన్ పిలిచాడు. వాటిపైన ఆయన చేసిన కృషికి 1969లో ఆయనకు నోబుల్ బహుమతి లభించింది. జేమ్స్ జాయిస్ గ్రంథంలోని ఒక వింత ఉల్లేఖన నుంచి ఈ పదాన్ని తీసుకోవడం జరిగింది. అదేమంటే 'హాజరైతే మూడు క్వార్క్‌లు'. దీనిని క్వార్ట్ అని పలకాలట. కాని ఇది క్వార్క్ అనే రాయడం వల్ల అలాగే పలకడం అలవాటైంది.

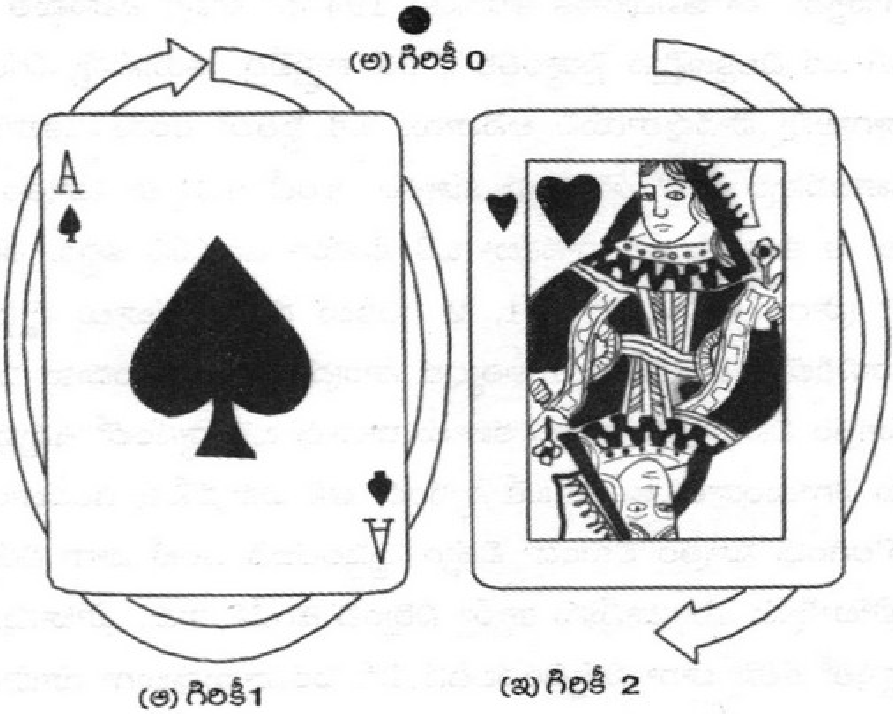
అనేక రకాలైన క్వార్క్‌లున్నాయి. ఇందులో కనీసం ఆరు 'పరిమళాలు' (flavors) ఉన్నాయి. అవి: పైన (up). కింద (down). వింత (strange). మోహిత (charmed). అడుగు (bottom). శిఖరం (top). ప్రతి పరిమళంలోనూ మూడు 'రంగులు' ఉంటాయి. అవి: ఎరుపు. ఆకుపచ్చ. నీలం. (ఈ పేర్లకు నిజమైన అర్థం లేదు. ఇవి కేవలం చిహ్నాలు మాత్రమే. మనకు కనిపించే కాంతి తరంగం పొడవు కంటే కూడా ఈ క్వార్క్‌లు చిన్నవిగా ఉంటాయి. కనుక మామూలు అర్థంలో వీటికి రంగులేమీ ఉండవు. ఆధునిక భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు తాము కనుగొన్న కొత్త కణాలకు మరింత ఊహాత్మకమైన పేర్లు పెడుతున్నారనిపిస్తుంది. వీరిప్పుడు గ్రీకు భాషకే పరిమితం కావడం లేదు కూడా.) ఒక ప్రోటాన్ లేదా న్యూట్రాన్‌లో ఈ మూడు రకాల క్వార్క్‌లుంటాయి. ప్రోటాన్‌లో రెండు పై క్వార్క్‌లు ఉంటాయి. ఒకటి కింద క్వార్క్ ఉంటుంది. న్యూట్రాన్‌లో ఒకటి పై క్వార్క్ ఉంటుంది. రెండు కింద క్వార్క్‌లు ఉంటాయి. ఇతర క్వార్క్‌లతో (వింత, మోహిత, అడుగు, శిఖరం అనే క్వార్క్‌లతో) తయారైన కణాలను మనం సృష్టించవచ్చు. అయితే వీటికి చాలా ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి ఉంటుంది. చాలా వేగంగా ప్రోటాన్లగానూ, న్యూట్రాన్లగానూ అవి అంతమవుతాయి.

పరమాణువులూ వాటి అంతర్భాగాలైన ప్రోటాన్లూ న్యూట్రాన్లూ అవిభాజ్యాలు కావని మనకిప్పుడు తెలుసు. మరి, ప్రతిదీ నిర్మితంగావడానికి తోడ్పడే నిజమైన మూలకణాలు (elemetary particles) ఏవి అన్నదే ప్రశ్న. ఒక పరమాణువు కంటే ఒక కాంతి తరంగం పెద్దది. కాబట్టి మామూలు పద్ధతులలో పరమాణు భాగాలను మనం చూడగలమని ఆశించలేం. మరింత చిన్న తరంగ పొడవున్నదానిని మనం

ఉపయోగించాల్సి ఉంది. కణాలన్నీ అలలే అని క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ చెబుతుంది. అలాగే ఒక అలపొడవు ఎంత తక్కువ ఉంటే ఆ కణం శక్తి అంత ఎక్కువ ఉంటుందని కూడా అది చెప్పింది. ఇది మనం ఇంతకుముందు అధ్యాయంలో చూశాం. మనం పరిశీలించాల్సిన కణం ఎంత శక్తి గలది అన్నదానిని బట్టి మన సమాధానం ఆధారపడి ఉంటుంది. అప్పుడు ఎంత తక్కువ పొడవున్న తరంగ ప్రమాణంతో మనం దానిని పరిశీలించాలో తెలుస్తుంది. కణశక్తిని సాధారణంగా ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట్స్‌లో కొలుస్తారు. (థామ్సన్ ఎలక్ట్రాన్లపై నిర్వహించిన తన ప్రయోగాలలో ఎలక్ట్రాన్లు విడిపోవడాన్ని మరింత వేగవంతం చేయడం కోసం విద్యుత్తు క్షేత్రాన్ని ఉపయోగించాడని మనం ఇంతకు ముందు చూశాం. విద్యుత్తు క్షేత్రం నుంచి ఒక ఎలక్ట్రాన్ పొందే శక్తిని ఒక ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట్ అంటారు.) 19వ శతాబ్దంలో మంటలలో కాల్చడం లాంటి రసాయనిక ప్రతిచర్యల ద్వారా తక్కువ శక్తి గలిగిన కొన్ని ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట్స్‌ను సృష్టించడం ప్రజలకు తెలుసు. అప్పటికి వారికి తెలిసిన కణ శక్తులు అవే. రూథర్‌ఫర్డ్ ప్రయోగంలో ఆల్ఫా కణాలకు కోట్లాది ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట్స్ శక్తి ఉందని రుజువైంది. ఇటీవల విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రాలను ఉపయోగించి మొదట కోట్లాది ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట్స్ శక్తి గలిగిన కణాలను, ఆ తర్వాత వేల కోట్ల ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట్స్ శక్తి గలిగిన కణాలను ఉత్పత్తి చేయడం ఎలాగో తెలుసుకొన్నారు. 20 సంవత్సరాల నాడు 'ప్రాథమికం' అని మనం భావించిన కణాలు నిజానికి మరింత చిన్న కణాలతో నిర్మితమయ్యాయని మనకిప్పుడు తెలుసు. మరింత ఎక్కువ శక్తులను మనం పరిశీలించిన కొద్దీ మరింత సూక్ష్మ కణాల నుంచి ఈ శక్తి లభిస్తుందని తెలుస్తుందా? ఇది ఖాయంగా సాధ్యమే. అయితే ప్రకృతిని నిర్మించడానికి తోడ్పడే ఆఖరి సూక్ష్మాతి సూక్ష్మ కణాల గురించి తెలుసుకున్నామనీ లేదా తెలుసుకోవడానికి అతి చేరువలో ఉన్నామనీ భావించడానికీ అలా మనం నమ్మడానికీ కొన్ని సైద్ధాంతిక కారణాలున్నాయి.

ఇంతకుముందు అధ్యాయంలో అల కణ (wave-particle) ద్వంద్వత్వం గురించి చర్చించాం. దీనిని ఆధారం చేసుకుని కాంతి, గురుత్వాకర్షణలతో సహా విశ్వంలో ప్రతిదానినీ కణ నిర్మితంగా వర్ణించవచ్చు. ఈ కణాలకు గిరికీ (spin) అనే ధర్మం ఉంది. చిన్న శిఖరాలు గల కణాలను ఒక అక్షం చుట్టూ ఊహించవచ్చు. గిరికీ గురించి ఊహించడంలో ఇదొక పద్ధతి. అయితే ఈ ఊహ తప్పుదారి పట్టించవచ్చు. ఎందుకంటే కణాలకు చక్కగా నిర్వచించబడిన అక్షం ఏదీ లేదని

క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ చెబుతుంది. ఒక కణపు గిరికీ మనకు నిజంగా తెలియజేసేది ఏమంటే విభిన్న దిశల నుంచి ఆ కణం ఎలా కనిపిస్తుంది అన్నది మాత్రమే. సున్నా గిరికీగల (spin 0) కణం ఒక బిందువులా కనిపిస్తుంది. అది ఎటు వైపు నుంచి చూసినా అలాగే కనిపిస్తుంది.



చిత్రం 5.1

గిరికీ 1కి (spin 1కి) చెందిన కణం ఒక బాణంలా ఉంటుంది. అది విభిన్న దిశల నుంచి వివిధ రకాలుగా కనిపిస్తుంది. దానిని ఒకసారి పూర్తిగా (360 డిగ్రీలు) తిప్పితే తప్ప అది ఖచ్చితంగా మొదటిదానిలాగా కనిపించదు.

గిరికీ 2కి (spin 2కి) చెందిన కణం రెండు మొనలున్న బాణంలా కనిపిస్తుంది. దీనిని సగం తిప్పితే చాలు. (180 డిగ్రీలు) మొదటి దానిలాగానే కనిపిస్తుంది. అదేవిధంగా మరింత ఉన్నతమైన *గి. కీ* కణాలు సంపూర్ణ ఆవృతంలో కొన్ని డిగ్రీలు తిప్పితే చాలు. మొదట ఉన్నట్టే కనిపిస్తాయి. ఇదంతా నేరుగానే ఉంది. కొన్ని కణాలు మాత్రం పూర్తిగా 360 డిగ్రీలు తిప్పినప్పటికీ మళ్లీ అవి తమ ప్రథమ స్థానంలో ఉన్నట్టు కనిపించవు. వాటిని రెండు సార్లు తిప్పితేనే మొదట ఉన్నట్టుగా కనిపిస్తాయి. ఇదే విశేషం. అటువంటి కణాలకు సగం గిరికీ (spin 1/2) ఉంది అంటారు.

విశ్వంలో ఉన్న కణాలన్నింటినీ రెండు బృందాలుగా విభజించవచ్చు: సగం గిరికీ కలిగిన కణాలు. 0, 1, 2 గిరికీలు కలిగిన కణాలు. మొదటివి విశ్వంలోని పదార్థాన్ని నిర్మిస్తాయి. రెండోవి పదార్థకణాలకు మధ్య ఉండే శక్తులను సృష్టిస్తాయి. పదార్థకణాలు *పాలీ తొలగింపు సూత్రాన్ని* (pauli's exclusion principle) పాటిస్తాయి. ఆస్ట్రియన్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త ఉల్ఫ్‌గాంగ్ పాలీ 1925లో దీనిని కనుగొన్నాడు. ఈ ఆవిష్కరణకి ఆయనకు 1945లో నోబెల్ బహుమతి లభించింది. ఆయన ఒక విలక్షణమైన సైద్ధాంతిక భౌతిక శాస్త్రవేత్త. ఆయనున్న నగరంలో సైతం ప్రయోగాలన్నీ పాడవుతాయని అనేవారు. ఒకే స్థితిలో రెండు ఒకేలాంటి కణాలు ఉండజాలవన్నదే *పాలీ తొలగింపు సూత్రం.* అంటే అనిశ్చితా సూత్రం పరిమితుల లోపల, ఆ కణాలకు ఒకే స్థానమూ ఒకే వేగమూ ఉండవని అర్థం. ఈ సూత్రానికి ఎంతో ప్రాధాన్యం ఉంది. 0, 1, 2 గిరికీలు కలిగిన కణాలు సృష్టించే శక్తుల ప్రభావానికిలోనై పదార్థకణాలు అత్యధిక సాంద్రతా స్థితికి ఎందుకు పతనం కావో ఈ సూత్రం వివరిస్తుంది. పదార్థ కణాలు దాదాపు ఒకే స్థానంలో ఉన్నప్పుడు వాటికి వేర్వేరు వేగాలుండాలి. అంటే, ఒకే స్థానంలో అవి ఎక్కువసేపు ఉండజాలవన్నమాట. ఈ తొలగింపు సూత్రం లేకుండా విశ్వం సృష్టించబడి ఉంటే బాగా నిర్వచించబడిన విడి ప్రోటాన్స్‌ను, న్యూట్రాన్స్‌ను క్వార్క్లు నిర్మించి ఉండేవి కావు. ప్రోటాన్లు, న్యూట్రాన్లు ఎలక్ట్రాన్లతో కలిసి బాగా నిర్వచించబడిన విడి పరమాణువులుగా రూపొంది ఉండేవి కూడా కాదు. అవన్నీ పతనమై దాదాపు ఒకేలాంటి చిక్కటి 'సూపు' గా రూపొంది ఉండేవి.

1928 నాటి వరకూ ఎలక్ట్రాన్ల గురించి సగం గిరికీ కలిగిన కణాల గురించి సరైన అవగాహన లేదు. పాల్ డెరాక్ తన సిద్ధాంతాన్ని 1928లో ప్రతిపాదించాడు. (కేంబ్రిడ్జి విశ్వవిద్యాలయంలో గణిత శాస్త్ర విభాగంలో లుకేసియన్ ప్రొఫెసర్‌గా ఎన్నుకోబడ్డాడు. ఇదే స్థానాన్ని న్యూటన్ కూడా అలంకరించాడు. ఇప్పుడు నేను అదే స్థానంలో ఉన్నాను.) డిరాక్ సిద్ధాంతం క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌కి వర్తిస్తుంది. ప్రత్యేక సాపేక్ష సిద్ధాంతానికీ వర్తిస్తుంది. ఈ తరహాలో ఇదే మొదటి సిద్ధాంతం. ఎలక్ట్రాన్‌కి సగం గిరికీ ఎందుకుందో గణిత శాస్త్ర పరంగా ఈ సిద్ధాంతం వివరించింది. ఒక ఆవృతంలో అది తన మొదటి స్థానంలో ఉన్నట్టు ఎందుకు కనిపించదో, అలాగే రెండు ఆవృతాల తర్వాత మాత్రమే అది తన తొలి స్థానంలో ఉన్నట్టు ఎందుకు కనిపిస్తుందో కూడా వివరించింది. ఎలక్ట్రాన్‌కి ఒక భాగస్వామి కూడా ఉండాలని

అది అంచనా వేసింది. దాని పేరు యాంటీ ఎలక్ట్రాన్ లేదా పాజిట్రాన్. 1932లో పాజిట్రాన్‌ని కనుగొన్నారు. దానితో డిరాక్ సిద్ధాంతం ధృవపడింది. 1933లో ఆయనకు నోబుల్ బహుమతి లభించడానికి అదే కారణం. ప్రతి కణానికి ఒక విరుద్ధ కణం ఉంటుందనీ అది దాని వల్ల అంతం అవుతుందనీ మనకిప్పుడు తెలుసు. (శక్తిని మోసే కణాల విషయంలో కణాలూ తద్విరుద్ధ కణాలూ ఒకటే.) మొత్తంగా విరుద్ధ కణాలతో తయారైన పూర్తి విరుద్ధ ప్రపంచాలు ఉండవచ్చు. విరుద్ధ ప్రజలూ ఉండవచ్చు. మీరు మీ విరుద్ధ పార్శ్వాన్ని కలిసినప్పుడు మాత్రం కరచాలనం చేయకండి. అలా చేస్తే ఒక మెరుపు మెరుస్తుంది. ఆ మెరుపులో మీ ఇద్దరూ మాయమైపోతారు. మన చుట్టూ విరుద్ధ కణాలకంటే కణాలే ఎందుకు ఎక్కువ ఉన్నాయన్న ప్రశ్న చాలా ముఖ్యం. దానికి నేను తర్వాత అధ్యాయంలో సమాధానం చెబుతాను.

క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ ప్రకారం పదార్థకణాల మధ్య శక్తులనూ చర్యాపచర్యలనూ మొత్తంగా 0, 1, 2 గిరికీలు గల కణాలు నిర్వహిస్తాయి. ఒక ఎలక్ట్రాన్ లేదా ఒక క్వార్క్ లాంటి పదార్థకణం శక్తిని కలిగి ఉండే కణాన్ని విడుదల చేస్తుంది. ఈ చర్య వల్ల ఆ పదార్థకణ వేగం మారిపోతుంది. శక్తిని కలిగిన కణం మరో పదార్థకణాన్ని ఢీకొంటుంది. దానిలో ఇమిడిపోతుంది. దీని వల్ల రెండో పదార్థకణ వేగం మారిపోతుంది. రెండు పదార్థకణాల మధ్యనే శక్తి ఉందన్నట్టుగా కనిపిస్తుంది.

తొలగింపు సూత్రాన్ని శక్తికణం పాటించదు. ఇది దాని ముఖ్యమైన లక్షణం. అంటే మార్పిడి చేయగలిగిన సంఖ్యకు ఇక్కడ పరిమితి అంటూ ఏమీ లేదు. కనుక ఒక బలమైన శక్తిని అవి సృష్టించగలవు. అయితే శక్తికణాలకు ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి ఉంటే ఎక్కువ దూరం ఉన్నప్పుడు అవి ఉత్పత్తి కావడం, మారడం కష్టమవుతుంది. అప్పుడవి తక్కువ దూరంలో మాత్రమే పనిచేస్తాయి. మరో వైపున శక్తికణాలకు తమ సొంత ద్రవ్యరాశి లేకపోతేనే అవి ఎక్కువ దూరాలలో పనిచేయగలవు. పదార్థకణాల మధ్య మార్పిడి జరిగిన శక్తి కణాలను *సాక్షాత్‌కణాలు* (virtual particles) అంటారు. ఇవి వాస్తవ కణాలకంటే భిన్నంగా ఉంటాయి. కణాల డిటెక్టర్‌తో వాస్తవ కణాలను నేరుగా పసిగట్టినట్టుగా వాటిని పసిగట్టడం సాధ్యం కాదు. అవి ఉన్నాయని మనకు తెలుసు. ఎందుకంటే కొలవడానికి వీలైన ప్రభావాన్ని అవి నెరపుతాయి. పదార్థకణాల మధ్య అవి శక్తులను సృష్టిస్తాయి. 0, 1, 2 లాంటి గిరికీగల కణాలు కొన్ని సందర్భాలలో వాస్తవ కణాలుగా కూడా ఉంటాయి. అప్పుడు వాటిని నేరుగా పసిగట్టవచ్చు. క్లాసికల్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త తరంగాలు అని పిలిచే

విధంగా అవి మనకు కాంతి తరంగాలుగానూ లేదా గురుత్వాకర్షణ తరంగాలుగానూ కనిపిస్తాయి. పదార్ధకణాలు ఒకదానితో ఒకటి అంతశ్చర్య (interaction)లో ఉన్నప్పుడు కొన్నిసార్లు అవి విడుదల అవుతాయి. అప్పుడు అవి సాక్షాత్ శక్తికణాలను విడుదల చేస్తాయి. (ఉదాహరణకు రెండు ఎలక్ట్రాన్ల మధ్య విద్యుత్తు వికర్షణశక్తికి కారణం సాక్షాత్ ఫ్రోటాన్ల మార్పిడే. వీటిని నేరుగా పసిగట్టలేం. అయితే ఒక ఎలక్ట్రాన్‌ను మరో ఎలక్ట్రాన్ దాటిపోతే అప్పుడు వాస్తవ ఫ్రోటాన్లు విడుదలవుతాయి. వాటిని మనం కాంతి తరంగాలుగా పసిగడతాం.) శక్తికణాలను నాలుగు తరగతులుగా విభజించవచ్చు. ఈ విభజన వాటి బలాబలాలను బట్టీ అవి ఏ కణాలతో అంతశ్చర్యలో ఉంటాయో, దానిని బట్టీ ఆధారపడి ఉంటుంది. అయితే ఈ విభజన మనిషి చేసిన విభజన మాత్రమే అని గుర్తుపెట్టుకోవాలి. పాక్షిక సిద్ధాంతాలను నిర్మించడానికి ఇది వెసులుబాటు కలిగిస్తుంది. అంతేకాని అంతకంటే లోతైన విషయాలకు ఇది అనుగుణంగా ఉండకపోవచ్చు. ఈ నాలుగు శక్తులను ఒకే శక్తిలో ఉండే విభిన్న అంశాలుగా వివరించే ఒక సమైక్య సిద్ధాంతం కనుగొనగలమని చాలామంది భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు ఆశిస్తున్నారు. ఇది ఈనాటి భౌతిక శాస్త్ర ప్రధాన లక్ష్యమని కూడా చాలామంది అంటారు. ఇటీవల ఈ నాలుగు తరగతులలోనూ మూడింటిని ఐక్యం చేసే ప్రయత్నం విజయవంతంగా జరిగింది. ఈ అధ్యాయంలో నేను వాటిని వివరిస్తాను. నాలుగో అంశం గురుత్వాకర్షణ. సమైక్యపర్చడంలో ఈ అంశం మిగిలిపోయింది. దానిని గురించి కూడా నేను తర్వాత చర్చిస్తాను.

మొదటిది గురుత్వాకర్షణ శక్తి. ఈ శక్తి సార్వత్రికం. ప్రతి కణమూ దాని ద్రవ్యరాశిని బట్టీ శక్తిని బట్టీ గురుత్వాకర్షణ శక్తికి గురవుతుంది. గురుత్వాకర్షణ అన్నది దీర్ఘ ప్రమాణాలలో చూస్తే మిగిలిన నాలుగు శక్తుల కంటే అత్యంత బలహీనమైనది. దానికి రెండు లక్షణాలున్నాయి. మొదటిది, భారీ దూరాలలో సైతం అది పని చేస్తుంది. రెండోది, అది ఎప్పుడూ ఆకర్షణ శక్తి గానే ఉంటుంది. అది చాలా దుర్బలం. ఈ రెండు లక్షణాలు లేకుంటే మనం దానిని గుర్తించగలిగి ఉండేవాళ్లమే కాదు. అయితే భూమి, సూర్యుడు లాంటి రెండు పెద్ద గోళాల విడి కణాల మధ్య ఉండే బలహీనమైన గురుత్వాకర్షణ శక్తులే అన్నీ కలసి ఒక గణనీయమైన ఉత్పత్తిని చేయగలవు. మిగిలిన మూడు శక్తులూ తక్కువ దూరాలలో పనిచేస్తాయి. కొన్నిసార్లు ఇవి ఆకర్షిస్తాయి, కొన్నిసార్లు వికర్షిస్తాయి. కనుక ఈ రెండూ ఒకదానినొకటి రద్దు చేసుకుంటాయి. క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ ప్రకారం గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రాన్ని గమనిస్తే రెండు పదార్ధకణాల

మధ్య శక్తి గ్రావిటాన్ అనే 2 గిరికీలు గల కణంలో ఉంటుంది. దానికి తన సొంత ద్రవ్యరాశి ఉండదు. కనుక అది కలిగి ఉండే శక్తి భారీ దూరాలకు సంబంధించినది. సూర్యుడికీ భూమికీ మధ్య ఉండే గురుత్వాకర్షణ శక్తి ఈ రెంటికీ సంబంధించిన గ్రావిటాన్ల మధ్య మార్పిడి వల్ల జరుగుతోందని అంటారు. ఇలా మార్పిడి జరిగే కణాలు సాక్షాత్కణాలు మాత్రమే. అయినప్పటికీ వాటి ప్రభావాన్ని కొలవొచ్చు. సూర్యుడి చుట్టూ భూమి తిరిగేలా చేస్తున్నవవే. క్లాసికల్ భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు గురుత్వాకర్షణ తరంగాలు అని పిలిచేవే వాస్తవ గ్రావిటాన్లు. అవి ఎంత దుర్బలమంటే, వాటిని పసిగట్టడం చాలా కష్టం. ఇంతవరకూ వాటిని పరిశీలించడం జరగలేదు.

దీని తర్వాత రెండోది విద్యుదయస్కాంత శక్తి. ఎలక్ట్రాన్లు, క్వార్కులులాంటి విద్యుత్తు ప్రేరిత కణాలతో ఇది అంతశ్చర్యలో ఉంటుంది. అయితే గ్రావిటాన్ల లాంటి విద్యుత్ ప్రేరితంకాని కణాలతో ఇది చర్యాపచర్యలు నెరపదు. గురుత్వాకర్షణ శక్తి కంటే ఇది ఎంతో బలమైనది. రెండు ఎలక్ట్రాన్ల మధ్య గురుత్వాకర్షణ శక్తి కంటే విద్యుదయస్కాంతశక్తి ఒక మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ రెట్లు ఎక్కువ. (ఒకటి పక్కన నలభై సున్నాలు) అయితే విద్యుచ్ఛక్తిలో రెండు రకాలున్నాయి. ధన విద్యుత్తు, రుణ విద్యుత్తు. రెండు ధన విద్యుత్తుల మధ్య ఉండేది వికర్షణ. రెండు రుణ విద్యుత్తుల మధ్య కూడా వికర్షణే ఉంటుంది. ఒక ధన విద్యుత్తు, ఒక రుణ విద్యుత్తు మధ్య మాత్రం ఆకర్షణ ఉంటుంది. భూమి లేదా సూర్యుడిలాంటి పెద్ద గోళాలలో దాదాపు సమాన సంఖ్యలో ధన, రుణ విద్యుత్తులు ఉంటాయి. కనుక ఆకర్షణ, వికర్షణ శక్తులు రెండూ దాదాపుగా ఒకదానినొకటి రద్దు చేసుకుంటాయి. ఇక మిగిలే విద్యుదయస్కాంతశక్తి అతి పరిమితంగా ఉంటుంది. అణువులు, పరమాణువుల సూక్ష్మ ప్రమాణాల స్థాయిలో మాత్రం విద్యుదయస్కాంత శక్తుల ప్రాబల్యం ఉంటుంది. గురుత్వాకర్షణశక్తి సూర్యుడి చుట్టూ భూమి తిరిగేలా చేస్తుంది. అలాగే న్యూక్లియస్‌లో రుణ విద్యుత్తు కలిగిన ఎలక్ట్రాన్ల మధ్యనూ ధన విద్యుత్తు కలిగిన ప్రోటాన్ల మధ్యనూ ఉండే ఆకర్షణ పరమాణువులోని న్యూక్లియస్ చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్లు తిరిగేలా చేస్తుంది. ఫోటాన్లు అనబడే గిరికీ 1గల ద్రవ్యరాశి లేని కణాలు, సాక్షాత్ కణాలు భారీ సంఖ్యలో మార్పిడికి లోనవడం వల్ల విద్యుదయస్కాంత ఆకర్షణ పుడుతుంది. ఇక్కడ మార్పిడికి లోనవుతున్న ఫోటాన్లు కేవలం సాక్షాత్కణాలు మాత్రమే. అయితే పరమాణువులో ఒక కక్ష్య నుంచి న్యూక్లియస్‌కు మరింత దగ్గరగా ఉన్న మరో కక్ష్యకు ఎలక్ట్రాన్ మారినప్పుడు శక్తి

విడుదలవుతుంది. ఒక వాస్తవ ఫోటాన్ కూడా విడుదలవుతుంది. ఫోటాన్ అల పొడవు తగినంత ఉంటే మనిషి కంటికి కనిపిస్తుంది. అలా లేనప్పుడు ఫోటోగ్రాఫిక్ ఫిల్మ్ లాంటి ఫోటాన్ డిటెక్టర్‌తో పరిశీలించవచ్చును. వాస్తవ ఫోటాన్ ఒక పరమాణువుని ఢీకొంటే న్యూక్లియస్‌కి దగ్గరగా ఉన్న కక్ష్య నుంచి ఒక ఎలక్ట్రాన్‌ని న్యూక్లియస్‌కి మరింత దూరంగా ఉన్న కక్ష్యలోకి తీసుకెళుతుంది. ఈ రెండో కక్ష్య ఫోటాన్ శక్తిని వినియోగించుకుంటుంది. అది దానిని తనలో ఇముడ్చుకుంటుంది.

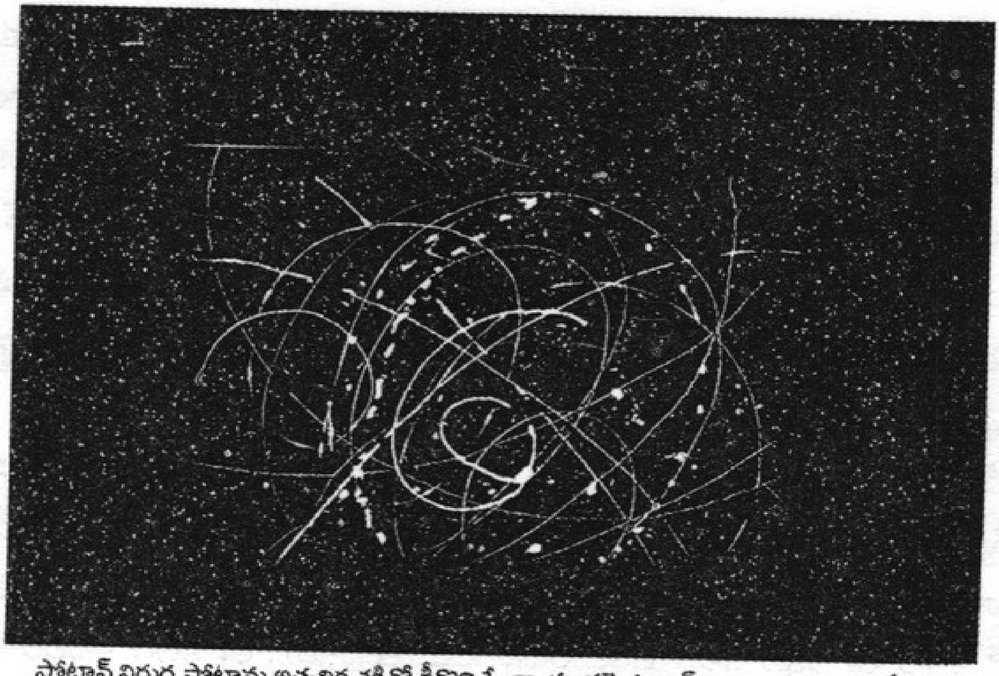
మూడోది దుర్బల పరమాణు శక్తి. రేడియోధార్మికతను సృష్టించేదిదే. అది సగం గిరికీగల పదార్థకణాలన్నింటిపైన పని చేస్తుంది. 0, 1, 2 గిరికీలుగల ఫోటాన్, గ్రావిటాన్ లాంటి కణాలపై మాత్రం అది పనిచేయదు. లండన్‌లో ఇంపీరియల్ కాలేజీలో అబ్దుల్ సలాం అనే శాస్త్రవేత్త, హార్వర్డ్ విశ్వవిద్యాలయంలో స్టీవెన్ వెయిన్‌బెర్గ్ అనే శాస్త్రవేత్త ఇద్దరూ 1967లో ఒకే సిద్ధాంతాన్ని ప్రవేశపెట్టారు. వందేళ్ల క్రితం విద్యుచ్ఛక్తిని, అయస్కాంత శక్తిని మాక్స్‌వెల్ సమైక్యం చేసినట్టుగానే వీరిరువురూ కూడా విద్యుదయస్కాంత శక్తితో పరమాణు శక్తిని సమైక్యం చేశారు. అంతవరకూ దుర్బల పరమాణు శక్తి అన్నది అందరికీ స్పష్టం కాలేదు. ఫోటాన్‌తో పాటు 1గిరికీగల కణాలు మరో మూడున్నాయని వారు సూచించారు. వాటి పేర్లు సమిష్టిగా **massive vector bosons.** అవి దుర్బల శక్తిని కలిగి ఉంటాయి. వాటిని W^+ (దీనిని డబ్ల్యు ప్లస్ అనాలి), W^-(డబ్ల్యు మైనస్), Z^0 (జెడ్ నాట్) అంటారు. వీటిలో ప్రతిదానికీ సుమారు 100 **GeV** ద్రవ్యరాశి ఉంటుంది. (GeV. అంటే గిగా ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట్. వంద కోట్ల ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట్‌లు.) వెయిన్ బెర్గ్, సలాం సిద్ధాంతం యాదృచ్ఛికంగా సమతుల్యాన్ని భగ్నం చేసే ధర్మాన్ని ప్రదర్శిస్తుంది. తక్కువ శక్తులలో ఉన్నప్పుడు విభిన్న కణాలుగా కనిపించేవి విభిన్న కణాలు కావనీ విభిన్న స్థితులలో ఉన్న ఒకే కణమనీ ఈ సిద్ధాంతం తెలియజేస్తుంది. అత్యధిక శక్తి ఉన్న చోట ఈ కణాలన్నీ ఒకేలా ప్రవర్తిస్తాయి. ఈ కణాలు రౌలట్ చక్రంలో రౌలట్ బంతిలా ప్రవర్తిస్తాయి. అత్యధిక శక్తులున్నప్పుడు (చక్రం వేగంగా తిరుగుతున్నప్పుడు) బంతి ఒకే తీరుగా ప్రవర్తిస్తుంది. అది గుండ్రంగా తిరుగుతూ ఉంటుంది. చక్రం నెమ్మది కాగానే బంతిలో ఉన్న శక్తి కూడా తగ్గుతుంది. ఆఖరికి అది 37 ఖానాలలో ఏదో ఒకదానిలోకి చేరుతుంది. మరోలా చెప్పాలంటే తక్కువ శక్తి ఉన్నప్పుడు ఒక బంతి 37 స్థితులలో ఏదోఒక స్థితిలో ఉంటుంది. ఏ కారణం చేతనైనా మనం బంతిని కేవలం తక్కువ శక్తి ఉన్నప్పుడు మాత్రమే చూడగలిగితే మనం బంతికి 37 రకాల స్థితులు ఉన్నట్టుగా

ఊహించుకుంటాం.

వెయిన్ బెర్గ్, సలాం సిద్ధాంతంలో 100 GeVల కంటే ఎక్కువుంటే ఫోటానూ 3 కొత్త కణాలూ ఒకేలాగా ప్రవర్తిస్తాయి. చాలా సందర్భాలలో తక్కువ కణ శక్తులే ఉంటాయి. అటువంటి సందర్భంలో ఈ ఏకత్వం భగ్నమవుతుంది. W^+ W^- Z^0లు పెద్ద ద్రవ్యరాశులను సమకూర్చుకుంటాయి. ఆ రకంగా వాటిలో ఉన్న శక్తి తక్కువ దూరాలలోనే వర్తిస్తుంది. సలాం, వెయిన్‌బెర్గ్‌లు ఈ సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించినప్పుడు వారి మాటను చాలా తక్కువమంది నమ్మారు. కణాలను వేగవంతం చేసే పరికరాలకు అప్పటికి వంద GeV లను దాటగలిగిన శక్తి లేదు. తర్వాత పదేళ్ల కాలంలో తక్కువ కణ శక్తులలో అనేక ప్రయోగాలు జరిగాయి. వాటిలో వచ్చిన ఫలితాలు సలాం, వెయిన్‌బెర్గ్‌ల సిద్ధాంతాన్ని ధృవీకరించాయి. ఆ తర్వాత 1979లో వారిరువురికీ భౌతిక శాస్త్రంలో నోబుల్ బహుమతి లభించింది. హార్వర్డ్ విశ్వవిద్యాలయంలోనే పనిచేసే షెల్డన్ గ్లాషోలతో కలిపి వారికిది లభించింది. వీరిరువురూ విద్యుదయస్కాంత శక్తి గురించి, దుర్బల పరమాణు శక్తుల గురించి ఒకే రకమైన సమైక్య సిద్ధాంతాలను ప్రతిపాదించారు. ఇంతకుముందు ఫోటాన్‌లో ఉంటాయని ఊహించినట్టుగానే అవే ద్రవ్యరాశులతోనూ ఇతర ధర్మాలతోనూ మూడు అధిక ద్రవ్యరాశి గల భాగస్వామ్య కణాలను 1983లో యూరపు పరమాణు కేంద్రంలో (సెర్న్‌లో) కనుగొన్నారు. దాని వల్ల నోబుల్ కమిటీ పొరపాటు నిర్ధారణ చేసిందనే అపప్రద నుంచి తప్పించుకుంది. 1984లో కార్లో రబ్బియాకి సైమన్ వాండర్ మీర్‌తో కలిపి నోబుల్ బహుమతి లభించింది. కార్లో రబ్బియా అనేక వందలమంది భౌతిక శాస్త్రవేత్తలకు నాయకత్వం వహించి కృషి చేశాడు. ఈ బృందం ఈ ఆవిష్కరణ చేసింది. సైమన్ వాండర్ మీర్ ఈ ప్రయోగంలో ఉపయోగించిన విరుద్ధ పదార్థాన్ని నిల్వ చేసే పరికరాన్ని అభివృద్ధి చేశాడు. (మీరు ఆపాటికే శిఖరాగ్ర దశలో ఉంటే తప్ప ప్రయోగ భౌతిక శాస్త్రంలో స్పష్టమైన ప్రత్యేక స్థానాన్ని సాధించడం అన్నది చాలా కష్టమైన వ్యవహారం.)

వీటిలో నాలుగోది, బలోపేతమైన పరమాణు శక్తి. ప్రోటాన్లు, న్యూట్రాన్లలో క్వార్క్‌లను కలిపి ఉంచే శక్తి ఇది. ఒక పరమాణు కేంద్రంలో అంటే న్యూక్లియస్‌లో ప్రోటాన్లనూ న్యూట్రాన్లనూ కలిపి ఉంచే శక్తి కూడా ఇదే. గ్లువాన్ అనే 1గిరికీగల మరో కణం ఈ శక్తిని కలిగి ఉంటుందని నమ్ముతున్నారు. ఈ కణం కేవలం తనతో తానుగాక క్వార్క్‌లతో మాత్రమే అంతశ్చర్యలో ఉంటుంది. బలమైన పరమాణు శక్తికి మరో వింత ధర్మం కూడా ఉంది. దానిని confinement అంటారు. కణాలను

ఇది ఎప్పుడూ సమ్మేళనాలుగా కలిపి ఉంచుతుంది. ఈ సమ్మేళనాలకు రంగు ఉండదు. విడి క్వార్క్‌లకు రంగు ఉంటుంది. (ఎరుపు, ఆకుపచ్చ, నీలం) కనుక తనంత తానుగా విడి క్వార్క్ అన్నది పరిశీలనకు దొరకదు. దానికి బదులుగా ఒక ఎర్ర క్వార్క్‌ని ఆకుపచ్చ, నీలం క్వార్క్‌లతో గ్లువాన్ 'తాడు'తో కలపాల్సి ఉంటుంది. అప్పుడు ఎరుపు, ఆకుపచ్చ, నీలం కలిసి తెలుపు అవుతాయి. ఈ మూడు క్వార్క్‌లు కలసి ప్రోటానూ కావచ్చు న్యూట్రానూ కావచ్చు. మరో అవకాశం కూడా ఉంది. ఒక క్వార్క్, విరుద్ధ క్వార్క్ కలసి ఉండొచ్చు. (అంటే ఎరుపు + విరుద్ధ ఎరుపు = తెలుపు. ఆకుపచ్చ + విరుద్ధ ఆకుపచ్చ = తెలుపు. నీలం + విరుద్ధ నీలం = తెలుపు). అలాంటి కణ సమ్మేళనాలను మెసాన్స్ అంటారు. ఇవి అస్థిరం. ఎందుకంటే క్వార్క్‌లు, విరుద్ధ క్వార్క్‌లు ఒకదానినొకటి అంతం చేసుకుంటాయి. అప్పుడు ఎలక్ట్రాన్లు, ఇతర కణాలు పుడతాయి. అదే విధంగా తనంత తానుగా విడిగా ఒక గ్లువాన్ ఉండడాన్ని confinement నిరోధిస్తుంది. ఎందుకంటే గ్లువాన్‌లకు కూడా రంగులు ఉన్నాయి. అందుచేత గ్లువాన్‌ల సమ్మేళనాలు మాత్రమే పరిశీలనలో లభ్యమవుతాయి. సమ్మేళనం రంగు మాత్రం తెలుపు. అటువంటి సమ్మేళనం ఒక అస్థిర పదార్థాన్ని రూపొందిస్తుంది. దాని పేరు గ్లూబాల్.



ప్రోటాన్ విరుద్ధ ప్రోటాన్లు అత్యధిక శక్తితో ఢీకొని స్వేచ్ఛాయుతమైన క్వార్క్‌ల జంటను ఉత్పత్తి చేస్తాయి.

చిత్రం 5.2.

ఒక విడి క్వార్క్‌ని లేదా గ్లువాన్‌ని పరిశీలించకుండా confinement నిరోధిస్తుంది. ఈ వాస్తవం ఈ మొత్తం సిద్ధాంతాన్ని అధిభౌతికంగా మారుస్తోంది. బలమైన పరమాణు శక్తికి మరో ధర్మం కూడా ఉంది. అదేమంటే asymptotic స్వేచ్ఛ. ఇది క్వార్క్‌లు, గ్లువాన్‌లు అనే భావనను బాగా నిర్వచిస్తుంది. శక్తి మామూలుగా ఉన్నప్పుడు బలమైన పరమాణుశక్తి అనేది నిజంగానే బలోపేతంగా ఉంటుంది. అది క్వార్క్‌లను గట్టిగా బంధించి ఉంచుతుంది. శక్తి అత్యున్నత స్థాయిలో ఉన్నప్పుడు మాత్రం బలమైన శక్తి దుర్బలంగా మారుతుంది. క్వార్క్‌లు, గ్లువాన్‌లు దాదాపుగా స్వేచ్ఛా కణాలలాగా ప్రవర్తిస్తాయి. ఈ సంగతిని కణాలను వేగవంతం చేసే భారీ పరికరాలలో చేసిన ప్రయోగాలు రుజువు చేశాయి. (దీనిలో అత్యధిక శక్తి కలిగిన ప్రోటాన్ విరుద్ధ ప్రోటాన్‌తో ఢీకొంటోంది. ఇక్కడ అనేక స్వేచ్ఛా క్వార్క్‌లు కనిపిస్తాయి. అనేక కాంతి పథాలు కూడా కనిపిస్తాయి.)

విద్యుదయస్కాంతశక్తినీ దుర్బల పరమాణుశక్తినీ సమైక్యం చేయడంలో విజయం లభించడంతో ఈ రెండు శక్తులనూ బలోపేతమైన పరమాణు శక్తితో కలిపి ఒక *మహా సమైక్య సిద్ధాంతం* (grand unified theory లేదా GUT) గా మలచాలన్న ప్రయత్నాలు జరిగాయి. అయితే ఈ పేరు అత్యుక్తి అని చెప్పవచ్చు. దీని పర్యవసానంగా వచ్చిన సిద్ధాంతాలలో అంత వైభవమేమీ లేదు. పైగా గురుత్వాకర్షణ శక్తిని కూడా అవి కలపలేదు కనుక అవి పూర్తిగా సమైక్యం కూడా కాదు. వాటిలో ఉన్న అనేక గీటురాళ్లను ఈ సిద్ధాంతాలు ముందే ఖచ్చితంగా అంచనా వేయలేదు. ఎప్పటికప్పుడు ప్రయోగానికి అనుగుణంగా వాటిని ఎంచుకోవాల్సి ఉంది. కనుక అవి సంపూర్ణ సిద్ధాంతాలు కూడా కాదు. అయినప్పటికీ ఒక సంపూర్ణ సమైక్య సిద్ధాంతాన్ని కనుగొనే దిశగా ఇవి ఒక ముందడుగు కావచ్చు. GUT మౌలిక భావన ఇది: బలమైన పరమాణుశక్తి అధిక శక్తుల దగ్గర దుర్బలం అవుతుంది. ఈ విషయాన్ని ఇంతకుముందే చూశాము. మరో వైపున అధిక శక్తుల దగ్గర asymptoticalగా స్వేచ్ఛగా లేని విద్యుదయస్కాంతశక్తీ బలహీనమైన పరమాణుశక్తీ బలోపేతమవుతాయి. మహా సమైక్య శక్తి అన్న స్థాయిలో శక్తి అత్యధికంగా ఉంటుంది. అప్పుడు ఈ మూడు శక్తులకు సమానమైన బలం ఉంటుందనీ, ఒకే శక్తిలో ఈ మూడూ మూడు అంశాలనీ ఈ సిద్ధాంతం చెబుతుంది. ఈ స్థాయిలో క్వార్క్‌లు, ఎలక్ట్రాన్లు లాంటి విభిన్నమైన సగం గిరికీగల పదార్థ కణాలన్నీ తప్పనిసరిగా ఒకేలా ఉంటాయని కూడా ఈ సిద్ధాంతం చెబుతుంది. ఆ రకంగా ఇది మరో సమైక్యతను సాధిస్తుందని

చెబుతుంది.

మహా సమైక్య శక్తి విలువ ఎంతో మనకు బాగా తెలియదు. అయితే అది కనీసం పది కోట్ల కోట్ల GeV ఉంటుంది. ఇప్పుడు మనకు అందుబాటులో ఉన్న కణాలను వేగవంతం చేసే పరికరాలు ఒక వంద GeV ల దగ్గర కణాలను ఢీకొనేలా చేస్తాయి. ఈ శక్తిని కొన్ని వేల GeV లకు పెంచాలన్నది ప్రస్తుత ప్రణాళికల లక్ష్యం. మహా సమైక్య శక్తి స్థాయిలో కణాలను వేగవంతం చేసే ఒక యంత్రాన్ని తయారుచేయడం అంటే అది సౌర కుటుంబమంత పెద్దగా ఉండాల్సి ఉంది. అంటే ప్రస్తుత ఆర్థిక వాతావరణాన్ని బట్టి అటువంటి అవకాశం లేదనే చెప్పవచ్చు. కనుక ప్రయోగశాలల్లో మహా సమైక్య సిద్ధాంతాలను నేరుగా పరీక్షించడం అన్నది అసాధ్యం. అయితే విద్యుదయస్కాంతశక్తి విషయంలోనూ దుర్బల సమైక్య సిద్ధాంతం విషయంలోనూ ఉన్నట్టుగానే తక్కువ శక్తి స్థాయిలో ఈ సిద్ధాంత పర్యవసానాలను పరీక్షించవచ్చు.

సాధారణ పదార్థంలో ఎక్కువ భాగం ప్రోటాన్లే ఉంటాయి. ఇవి వాటంతటవే యాదృచ్ఛికంగా విరుద్ధ ఎలక్ట్రాన్ల లాంటి తేలిక కణాలుగా క్షీణిస్తాయి అన్న అంచనా చాలా ఆసక్తిదాయకం. మహాసమైక్యశక్తి స్థాయిలో ఒక క్వార్క్‌కీ, ఒక విరుద్ధ ఎలక్ట్రాన్‌కీ మధ్య నిజమైన తేడా ఏదీ ఉండదు. దీనినిబట్టే పైఅంచనా సాధ్యమైంది. ప్రోటాన్లో సాధారణంగా ఉండే మూడు క్వార్క్‌లకు విరుద్ధ ఎలక్ట్రాన్లుగా మారేంత శక్తి ఉండదు. అయితే ఎప్పుడన్నా ఆ మూడింటిలో ఒకటి తగినంత బలాన్ని పుంజుకుని పరివర్తన చెందవచ్చు. ప్రోటాన్ లోపల క్వార్క్‌లకుండే శక్తిని ఖచ్చితంగా నిర్ధారించడం సాధ్యం కాదన్న అనిశ్చితా సూత్రాన్ని బట్టి ఈ సంగతిని మనం గ్రహించవచ్చు. కనుక ప్రోటాన్లు క్షీణిస్తాయి. అయితే ఒక క్వార్క్ ఇలా తగినంత బలాన్ని పుంజుకోవడానికి ఉన్న అవకాశం అత్యల్పం. అది అలా జరగాలంటే ఒక మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ సంవత్సరాల పాటు ఎదురు చూడాల్సి ఉంటుంది. (1 పక్కన 30 సున్నాలు) ఇది బిగ్‌బాంగ్ నాటి కాలం కంటే ఇంకా ఎక్కువ. బిగ్‌బాంగ్ జరిగి కేవలం ఇప్పటికి వెయ్యి కోట్ల సంవత్సరాలు మాత్రమే అయ్యింది. (1 పక్కన 10 సున్నాలు) ఆ రకంగా ప్రోటాన్లు యాదృచ్ఛికంగా క్షీణించే అంశాన్ని ప్రయోగాలలో పరీక్షించడం అన్నది అసాధ్యం. అయితే పెద్ద సంఖ్యలో ప్రోటాన్లుండేలా పెద్ద మొత్తంలో పదార్థాన్ని తీసుకుని ప్రయోగం చేస్తే ప్రోటాన్ క్షీణతను గమనించే అవకాశాలు మెరుగుపడతాయని ఎవరైనా అనుకోవచ్చు. (ఎవరైనా ఒక ఏడాది పాటు

1 పక్కన 30 సున్నాలు ఉండే సంఖ్యలో ప్రోటాన్లను పరిశీలిస్తే అతి సామాన్య GUT సిద్ధాంతం ప్రకారం ఒక ప్రోటాన్ క్షీణించడాన్ని గమనించవచ్చు మరి.)

అటువంటి ప్రయోగాలు అనేకం జరిగాయి. ప్రోటాన్‌గానీ న్యూట్రాన్‌గానీ క్షీణించడాన్ని గమనించలేకపోయారు. ఒక ప్రయోగంలో 8 వేల టన్నుల నీటిని ఉపయోగించారు. దీనిని ఓహియోలో మోర్టన్ ఉప్పు గనిలో నిర్వహించారు. (ఎందుకంటే కాశ్మిక్ కిరణాల వల్ల జరిగే ఇతర సంఘటనలను ప్రోటాన్ క్షీణతగా గందరగోళ పడడానికి వీలులేకుండా ఇక్కడ ప్రయోగం జరిగింది.) ఈ ప్రయోగంలో ప్రోటాన్ క్షీణతను గమనించలేకపోయారు. కనుక ఒక ప్రోటాన్ జీవితం 10 మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ (1 పక్కన 31 సున్నాలు) సంవత్సరాల కంటే ఎక్కువ అయి ఉండాలి. అతి సాధారణ మహా సమైక్య సిద్ధాంతం ఊహించిన ప్రోటాన్ జీవితం కంటే ఇది ఎక్కువ. వేరే సిద్ధాంతాలు ఊహించిన జీవిత కాలాలు మరింత ఎక్కువగా ఉన్నాయి. అంటే ఇంత కంటే భారీ స్థాయిలో పదార్థాన్ని తీసుకుని సూక్ష్మ పరిశీలనలు జరిపే ప్రయోగాలు అవసరమన్నమాట.

ప్రోటాన్ యాదృచ్ఛిక క్షీణతను గమనించడం చాలా కష్టం. మన అస్తిత్వం అన్నది ఒక విరుద్ధ క్రమ పర్యవసానం అయి ఉండొచ్చు. ఇంకా సాదాగా చెప్పాలంటే క్వార్క్‌లు, విరుద్ధ క్వార్క్‌లు లేని తొలి పరిస్థితి నుంచి ప్రోటాన్లు లేదా క్వార్క్‌లు ఉత్పత్తి అయిన క్రమ పర్యవసానం కావచ్చు. విశ్వ ప్రారంభాన్ని ఇలా ఊహించడం అతి సహజం. భూమి మీద పదార్థం ప్రధానంగా ప్రోటాన్లతోనూ న్యూట్రాన్లతోనూ కూడుకుని ఉంది. ప్రోటాన్లూ న్యూట్రాన్లూ క్వార్క్‌లతో తయారవుతాయి. కణాలను వేగవంతం చేసే పెద్ద పెద్ద యంత్రాలలో భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు ఉత్పత్తి చేసినవి తప్ప విరుద్ధ క్వార్క్‌ల నుంచి తయారైన విరుద్ధ ప్రోటాన్లూ విరుద్ధ న్యూట్రాన్లూ భూమిపైన లేవు. కాశ్మిక్ కణాల సాక్ష్యాన్నిబట్టి చూస్తే మన గెలాక్సీలో సైతం అటువంటివి లేవు. అత్యధికశక్తి దగ్గర కణాల మధ్య జరిగే ఘర్షణలో కొద్దిపాటి సంఖ్యలో కణాలూ విరుద్ధ కణాలూ మాత్రం ఉన్నాయి. మన గెలాక్సీలో విరుద్ధ పదార్థమున్న విస్తారమైన ప్రాంతాలు ఉండి ఉంటే పదార్థానికీ విరుద్ధ పదార్థానికీ మధ్య సరిహద్దులలో కణాలు విరుద్ధ కణాలతో ఢీకొంటాయి. అప్పుడవి ఒకదానినొకటి రద్దు చేసుకోవడం ద్వారా అత్యధిక స్థాయిలో రేడియేషన్‌ను సృష్టిస్తాయి. అటువంటిదేమీ మనకు కనిపించలేదు. కనుక మన గెలాక్సీలో విరుద్ధ పదార్థం లేదు.

ఇతర గెలాక్సీలలో పదార్థం ప్రోటాన్లూ న్యూట్రాన్లతో నిండి ఉందో విరుద్ధ ప్రోటాన్లూ

విరుద్ధ న్యూట్రాన్లతో నిండి ఉందో తెలుసుకోవడానికి కావాల్సిన ప్రత్యక్ష సాక్ష్యమేమీ లేదు. అవైనా ఉండాలి లేదా ఇవైనా ఉండాలి. ఒకే గెలాక్సీలో రెండూ ఉండడానికి వీల్లేదు. అలా ఉండి ఉంటే ఒకదానినొకటి రద్దు చేసుకోవడం వల్ల పెద్ద స్థాయిలో రేడియేషన్ జనించాలి. అటువంటిదేమీ మనకు కనిపించలేదు. కనుక గెలాక్సీలన్నింటిలోనూ విరుద్ధ క్వార్క్‌లకంటే క్వార్క్‌లు ఉండడానికే అవకాశం ఎక్కువ ఉంది. కొన్ని గెలాక్సీలలో పదార్థమూ మరికొన్ని గెలాక్సీలలో విరుద్ధ పదార్థమూ ఉండడం అసంబద్ధంలా కనిపిస్తుంది.

విరుద్ధ క్వార్క్‌ల కంటే క్వార్క్‌లు ఎక్కువ ఎందుకు ఉండి ఉంటాయి? అవి రెండూ సమానంగా ఎందుకు లేవు? అవి అలా సమానంగా లేకపోవడం మన అదృష్టం. అవి రెండూ సమానంగా ఉండి ఉంటే తొలి విశ్వంలో అవి రెండూ ఒకదానినొకటి సంహరించుకుని ఉండేవి. మిగిలిన విశ్వంలో రేడియేషన్ తప్ప మరో పదార్థం ఏదీ ఉండేది కాదు. అటువంటి పరిస్థితులలో గెలాక్సీలూ నక్షత్రాలూ గ్రహాలూ ఉండి ఉండేవి కావు. మానవ జీవితం అసలే అభివృద్ధి అయ్యేది కాదు. తొలి విశ్వంలో రెండూ సమానంగానే ఉండి ఉన్నప్పటికీ ప్రస్తుత విశ్వంలో విరుద్ధ క్వార్క్‌ల కంటే క్వార్క్‌లు ఉండడానికి గల కారణాన్ని మహా సమైక్య సిద్ధాంతాలు వివరిస్తాయేమో. అత్యధికశక్తి దగ్గర క్వార్క్‌లు విరుద్ధ ఎలక్ట్రాన్లుగా మారతాయని ఈ సిద్ధాంతం అంటుంది. విరుద్ధ క్వార్క్‌లు ఎలక్ట్రాన్లుగానూ ఎలక్ట్రాన్లు, విరుద్ధ ఎలక్ట్రాన్లు విరుద్ధ క్వార్క్‌లుగానూ, క్వార్క్‌లుగానూ మారతాయని కూడా ఆ సిద్ధాంతం చెబుతుంది. తిరగేసిన క్రమం ఇది. తొలి విశ్వంలో అత్యధికంగా వేడి ఉండి ఉంటుంది. అప్పుడు కణ శక్తులు కూడా అత్యధికంగా ఉండి ఉంటాయి. అప్పుడు ఈ పరివర్తనలు సాధ్యమై ఉంటాయి. అయితే విరుద్ధ క్వార్క్‌ల కంటే క్వార్క్‌లు ఎందుకు ఎక్కువ ఉండి ఉండాలి? దానికి కారణం ఏమంటే కణాలకూ విరుద్ధ కణాలకు వర్తించే భౌతిక నియమాలు ఒకటి కాదు.

1956 నాటి వరకూ C,P,T అనబడే మూడు విడి విడి symmetries కి వర్తించే నియమాలన్నీ ఒకటేనని నమ్మారు. C అంటే కణాలకూ విరుద్ధ కణాలకూ ఒకటే నియమాలు అని అర్థం. P అంటే ఏ పరిస్థితికైనా దానికీ అద్దంలో దాని ప్రతిబింబానికీ వర్తించే భౌతిక నియమాల ఒకటే అని అర్థం. T అంటే కణాల, విరుద్ధ కణాల చలనాల దిశను తిరగేసినప్పుడు కూడా ఒకే భౌతిక నియమాలు వర్తిస్తాయని అర్థం. అంటే ఒక వ్యవస్థ వెనకకు నడిస్తే దాని తొలి దశకు చేరుకుంటుందని అర్థం.

1956లో ఇద్దరు అమెరికా భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు ఇందుకు భిన్నమైన నిర్ధారణలకు వచ్చారు. వారి పేర్లు చుంగ్ దావ్ లీ, చెన్ నింగ్ యాంగ్. P నియమాన్ని దుర్బల శక్తి అనుసరించదని వారు సూచించారు. మరో రకంగా చెప్పాలంటే దుర్బల శక్తి విశ్వాన్ని ఒక రకంగా అభివృద్ధి చేస్తుంది. అద్దంలో విశ్వ ప్రతిబింబం మరో రకంగా అభివృద్ధి చెందుతుంది. వారితో కలసి పనిచేసిన చియెన్ షియుంగ్ వూ అనే శాస్త్రవేత్త అదే ఏడాది తన పరిశోధనల ద్వారా వారిరువురి ఊహలను రుజువు చేసింది. అయస్కాంత క్షేత్రంలో రేడియో ధార్మిక పరమాణువులలోని న్యూక్లియస్‌లను వరసగా పేర్చడం ద్వారా ఆమె ఈ ఫలితాన్ని సాధించింది. ఈ ప్రయోగంలో న్యూక్లియస్‌లన్నీ ఒకేసారి ఒకే దిశలో తిరిగేలా చేసింది. ఒక దిశలో అవి వేరే దిశలో కంటే ఎక్కువ ఎలక్ట్రాన్లను వదిలేస్తున్నాయని ఆమె రుజువు చేసింది. ఆ మరుసటి సంవత్సరం లీ, యాంగ్‌లకు నోబుల్ బహుమతి లభించింది. దుర్బల శక్తి C నియమాన్ని కూడా పాటించదని తెలిసింది. అంటే విరుద్ధ కణాలు ఉన్న విశ్వం మన విశ్వం కంటే భిన్నంగా వ్యవహరిస్తుందని రుజువైంది. ఏమైనప్పటికీ దుర్బల శక్తి C, Pలను కలిపినప్పుడు ఆ రెండింటి నియమాన్ని మాత్రం పాటిస్తుంది. ప్రతి కణమూ దాని విరుద్ధ కణంతో మార్పిడి చేసుకుంటే విశ్వం అద్దంలో దాని ప్రతిబింబం అభివృద్ధి చెందినట్టుగానే అభివృద్ధి చెందుతుంది. అయితే 1964లో మరో ఇద్దరు భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు ఈ నిర్ధారణ కూడా తప్పు అని తేల్చారు. వారి పేర్లు జె.డబ్ల్యు క్రోనిన్, వాల్ ఫిచ్. K - మెసాన్స్ అనే కణాలు క్షీణిస్తున్నప్పుడు C, P నియమాలు కూడా పాటించడం జరగదని వారు కనుగొన్నారు. 1980లో ఈ కృషికి గాను క్రోనిన్, ఫిచ్‌లకు నోబెల్ బహుమతి లభించింది. (విశ్వం మనం ఊహించినంత సరళంగా లేదని రుజువు చేసినందుకు గాను అత్యధిక బహుమానాలు లభించాయి.)

క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌నూ సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్నీ పాటించే సిద్ధాంతం ఏదైనా ఉమ్మడి C,P,T నియమాలను కూడా పాటించాలి అనే సిద్ధాంతం గణితంలో ఒకటి ఉంది. అంటే విశ్వంలోని కణాలను తీసేసి వాటి స్థానంలో విరుద్ధ కణాలను నింపినప్పటికీ అద్దంలో దాని ప్రతిబింబాన్ని గమనించినప్పటికీ దాని కాల దిశను తారుమారు చేసినప్పటికీ విశ్వం ఒకేలా పవర్తిస్తుంది అని ఈ సిద్ధాంతం చెబుతుంది. అయితే విశ్వంలోని కణాలను తొలగించి విరుద్ధ కణాలతో నింపి దాని ప్రతిబింబాన్ని స్వీకరించి దాని కాల దిశను తారుమారు చేయకుండా ఉంటే విశ్వం ఒకేలా ప్రవర్తించదు. కనుక భౌతిక నియమాలు కాల దిశను తారుమారు చేసినప్పుడు మారిపోతాయి.

అవి T నియమాన్ని పాటించవు.

కనుక తొలి విశ్వం ఖాయంగా T నియమాన్ని పాటించదు. కాలం గడుస్తున్న కొద్దీ విశ్వం విస్తరిస్తోంది. కాలం వెనకకు మళ్లితే విశ్వం సంకోచించాల్సి ఉంటుంది. T నియమాన్ని పాటించని శక్తులు ఉన్నాయి. విశ్వం విస్తరిస్తున్నప్పుడు విరుద్ధ ఎలక్ట్రాన్లు క్వార్క్‌లుగా మారేటట్టుగా ఈ శక్తులు చేస్తాయి. అంతేకాని ఎలక్ట్రాన్లు విరుద్ధ క్వార్క్‌లుగా మారేలా ఇవి చేయవు. విశ్వం విస్తరిస్తున్నకొద్దీ చల్లబడుతుంది. అప్పుడు క్వార్క్‌లు, విరుద్ధ క్వార్క్‌లు పరస్పరం సంహరించుకుంటాయి. అయితే విరుద్ధ క్వార్క్‌ల కంటే క్వార్క్‌లు ఎక్కువ ఉన్నాయి కనుక పరస్పరం ఢీకొనగా మిగిలిన క్వార్క్‌లు ఉండిపోతాయి. ఈ క్వార్క్‌లే ఇప్పుడు మనం చూడగలిగిన పదార్థాన్ని చేశాయి. మనం కూడా వాటితోనే నిర్మించబడ్డాం. ఆ రకంగా మన అస్తిత్వమే మహా సమైక్య సిద్ధాంతాలకు ధృవీకరణ అని భావించవచ్చు. అయితే ఇది గుణాత్మకమైనది మాత్రమే. పరస్పర సంహరణ తర్వాత క్వార్క్‌లు ఎంత సంఖ్యలో మిగులుతాయి? లేదా మిగిలేది క్వార్క్‌లా, విరుద్ధ క్వార్క్‌లా, (అవి క్వార్క్‌లు గాక విరుద్ధ క్వార్క్‌లయి ఉంటే మనం క్వార్క్‌లను విరుద్ధ క్వార్క్‌లని, విరుద్ధ క్వార్క్‌లను క్వార్క్‌లని పిలిచి ఉండేవాళ్లం.) అన్న అంశాన్ని మనం ఊహించలేం. మన అనిశ్చితి ఆ స్థాయిలో ఉంది.

మహా సమైక్య సిద్ధాంతం గురుత్వాకర్షణ శక్తిని తనలో కలుపుకోలేక పోయింది. అయితే మనం అతి సూక్ష్మ కణాలతోనూ పరమాణువులతోనూ వ్యవహరిస్తున్నప్పుడు గురుత్వాకర్షణ శక్తిని పట్టించుకోకపోయినా ఫర్వాలేదు. ఎందు కంటే ఆ స్థాయిలో దాని ప్రభావం అత్యల్పం. గురుత్వాకర్షణ శక్తి అన్నది భారీ దూరాలలో పనిచేస్తుంది. పైగా ఎప్పుడూ అది ఆకర్షణ శక్తే. కనుక దాని ప్రభావాలన్నీ ఒకదానికొకటి జమకూడి గణనీయంగా మారతాయి. తగినంత మొత్తంలో పాదార్థిక కణాలను తీసుకుని పరిగణిస్తే ఇతర శక్తులన్నింటికంటే గురుత్వాకర్షణ శక్తుల ప్రాబల్యమే అత్యధికంగా ఉంటుంది. అందుచేతనే విశ్వ పరిణామ క్రమాన్ని నిర్ణయించేది గురుత్వాకర్షణ శక్తి మాత్రమే. నక్షత్రాలలాంటి పరిమాణంలో ఉన్న వస్తువుల విషయంలో సైతం గురుత్వాకర్షణశక్తి తన ఆకర్షణబలంతో ఇతర శక్తులన్నింటిపైన ఆధిక్యత సాధించవచ్చు. ఆ రకంగా ఆ నక్షత్రం పతనమై పోయేలా చేయనూవచ్చు. నక్షత్రాలు అలా పతనం కావడం వల్ల ఏర్పడే బ్లాక్ హోల్స్ గురించీ, వాటి చుట్టూ ఏర్పడే అతి తీవ్రమైన గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రాల గురించీ 1970లలో నేను కృషి చేశాను. క్వాంటమ్ మెకానిక్స్, సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం ఒకదానినొకటి ఎలా ప్రభావితం చేసుకోగలవో

మొట్టమొదటిసారిగా నా ఈ కృషి సూచించింది. గురుత్వాకర్షణ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం భవిష్యత్తు రూపురేఖా విలాసాలను చూచాయగా ప్రదర్శించింది.

6

కాలబిలాలు

బ్లాక్‌హోల్ అన్న పదం ఈ మధ్యనే పుట్టింది. అమెరికా శాస్త్రవేత్త జాన్ వీలర్ 1969లో ఒక భావాన్ని వివరించడం కోసం ఈ పదాన్ని సృష్టించాడు. ఈ భావం కనీసం 200 ఏళ్లనాటిది. ఆ సమయంలో కాంతి గురించి రెండు సిద్ధాంతాలున్నాయి. ఒక దానిని న్యూటన్ సమర్థించాడు. కాంతి కణాలతో నిండి ఉంటుందని ఆ సిద్ధాంతం చెబుతుంది. రెండో సిద్ధాంతం కాంతి తరంగాలతో నిండి ఉంటుందని చెబుతుంది. నిజానికి రెండు సిద్ధాంతాలూ సరైనవేనని మనకిప్పుడు తెలుసు. తరంగ కణ ద్వంద్వత్వాన్ని ప్రతిపాదించిన క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ ప్రకారం కాంతిని తరంగంగానూ భావించవచ్చు. కణంగానూ భావించవచ్చు. కాంతి తరంగాలమయం అని చెప్పే సిద్ధాంతంలో గురుత్వాకర్షణకి కాంతి ఎలా లోనవుతుందో స్పష్టంగా లేదు. కాంతి కణమయం అయితే మాత్రం ఫిరంగి గుళ్లు, రాకెట్లు, గ్రహాల మాదిరిగానే అది కూడా గురుత్వాకర్షణకి లోనవుతుందని ఊహించవచ్చు. కాంతి కణాలు అనంత వేగంతో పయనిస్తాయని మొదట ప్రజలు భావించారు. కనుక వాటి వేగాన్ని గురుత్వాకర్షణ తగ్గించలేదని వారు అనుకున్నారు. అయితే తర్వాత కాంతి ఒక నిర్దిష్ట వేగంతో పయనిస్తుందని రోయెమెర్ కనుగొన్నాడు. కనుక కాంతిపైన గురుత్వాకర్షణకు ప్రభావం ఉంటుందని తేలింది.

ఈ ప్రాతిపదిక మీద జాన్ మిచెల్ అనే ఒక కేంబ్రిడ్జి మహా పండితుడు philosophical Transactions of the Royal Society of Londonలో 1783లో తన పత్రాన్ని సమర్పించాడు. ఒక నక్షత్రం తగినంత స్థాయిలో ద్రవ్యరాశినీ సాంద్రతనూ కలిగి ఉంటే అది తన కాంతిని బయటకు పోనివ్వనంతటి బలమైన గురుత్వాకర్షణ శక్తిని కలిగి ఉంటుంది అని ఆయన తన పత్రంలో పేర్కొన్నాడు. ఆ నక్షత్ర ఉపరితలం నుంచి వెలువడిన ఏ కాంతి అయినా ఎంతో దూరం పోక ముందే ఆ నక్షత్రపు గురుత్వాకర్షణశక్తి దానిని వెనక్కి లాగుతుందని ఆయన చెప్పాడు. ఇటువంటి నక్షత్రాలు

చాలా పెద్ద సంఖ్యలో ఉండి ఉండవచ్చునని మిచెల్ సూచించాడు. అటువంటి నక్షత్రాల నుంచి వెలువడే కాంతి మనను చేరదు కాబట్టి వాటిని మనం చూడలేం. కాని ఆ నక్షత్రాల గురుత్వాకర్షణ శక్తి ప్రభావం మనపై ఉంటుంది. వాటినే మనమిప్పుడు కాలబిలాలంటున్నాం. అవి కాలబిలాలే మరి: అంతరిక్షంలో నల్లటి శూన్యాలు. కొన్ని సంవత్సరాల తర్వాత దాదాపు అటువంటి సూచననే ఫ్రెంచి శాస్త్రవేత్త మార్క్విస్ డి లాప్లేస్ సూచించాడు. బహుశా మిచెల్‌తో ప్రమేయం లేకుండానే ఆయన ఈ ప్రతిపాదన చేసి ఉంటాడు. ఆసక్తిదాయకమైన విషయం ఏమంటే లాప్లేస్ తన గ్రంథం The System of the Worldలో మొదటి రెండు కూర్పులలో మాత్రమే ఈ ప్రతిపాదనను ఉంచాడు. తర్వాత కూర్పులలో దీనిని తొలగించాడు. బహుశా తర్వాత ఆయన దీనిని ఒక పిచ్చి ఊహగా పరిగణించి ఉండొచ్చు. (కాంతి కణమయం అనే సిద్ధాంతం కూడా 19వ శతాబ్దంలో తెరమరుగున పడింది. తరంగ సిద్ధాంతంతో దేనినైనా వివరించ వచ్చుననే విశ్వాసం ప్రబలింది. అయితే తరంగ సిద్ధాంతం ప్రకారం కాంతిని గురుత్వాకర్షణ శక్తి ప్రభావితం చేస్తుందా లేదా అన్నది అంత స్పష్టంగా లేదు)

నిజానికి కాంతి వేగం నిర్ణీతం గనుక కాంతిని న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతంలో ఫిరంగి గుళ్లలా పరిగణించడం సరైనది కాదు. (పైకి పేల్చిన ఒక ఫిరంగి గుండు గురుత్వాకర్షణ వల్ల క్రమంగా వేగం తగ్గి చివరికి ఆగి మళ్లీ వెనకకు పడుతుంది. అటువంటప్పుడు న్యూటన్ చెప్పిన గురుత్వాకర్షణ కాంతినెలా ప్రభావితం చేస్తుంది?) 1915లో ఐన్‌స్టీన్ తన సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించే వరకూ గురుత్వాకర్షణ శక్తి కాంతిని ఎలా ప్రభావితం చేస్తుందో తెలియజెప్పే సిద్ధాంతం ఏదీ రాలేదు. అయినప్పటికీ దానికి చాలా ముందే అత్యధిక ద్రవ్యరాశి గలిగిన నక్షత్రాల గురించిన సిద్ధాంతపు అంత:సారాన్ని అర్థం చేసుకున్నారు.

ఒక బ్లాక్ హోల్ ఎలా ఏర్పడుతుందో అర్థం చేసుకోవాలంటే మనం ముందు ఒక నక్షత్రపు జీవిత చక్రాన్ని అర్థం చేసుకోవాలి. ఒక పెద్ద మొత్తంలో వాయువు (చాలావరకు హైడ్రోజన్) తన సొంత గురుత్వాకర్షణ వల్ల తనలో తాను పతనం అవడం ప్రారంభించినప్పుడు ఒక నక్షత్రం రూపొందుతుంది. అది సంకోచించడంవల్ల ఆ వాయువులోని పరమాణువులు ఒకదానినొకటి ఢీకొంటాయి. అది రానురాను మరింత వేగంగానూ తరచుగానూ జరుగుతుంది. వాయువు వేడెక్కుతుంది. చివరికి ఆ వాయువు ఎంత వేడిగా మారుతుందంటే హైడ్రోజన్ పరమాణువులు ఒకదానితో

ఒకటి ఢీకొన్నప్పుడు ఒకదానినొకటి తొలగించవు. ఐక్యమై హీలియంగా మారతాయి. ఈ ప్రతి చర్యలో విడుదలైన వేడి అదుపులో ఉంచబడిన హైడ్రోజన్ బాంబు పేలుడు లాంటిది. అప్పుడు దాని వల్ల నక్షత్రం కాంతిని విరజిమ్ముతుంది. ఈ అదనపు వేడివల్ల వాయువుపై ఒత్తిడి కూడా పెరుగుతుంది. గురుత్వాకర్షణతో సమతూకం వచ్చేంత వరకూ ఈ వేడి పెరుగుతుంది. అప్పుడు వాయువు సంకోచించడం ఆగిపోతుంది. ఇది ఒక బెలూన్ లాంటిది. బెలూన్‌లోని గాలి ఒత్తిడి బెలూన్‌ని వ్యాకోచింపజేయడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. బెలూన్ రబ్బర్‌లోని టెన్షన్ బెలూన్‌ని సంకోచింపజేయడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. బెలూన్‌లోని గాలికీ బెలూన్ రబ్బర్‌కీ ఏదో ఒక దశలో సమతూకం వస్తుంది. గురుత్వాకర్షణ, పరమాణు ప్రతిచర్యలవల్ల పుట్టే వేడి సమతూకంలో ఉన్నంతవరకూ నక్షత్రాలు కూడా అదేవిధంగా చాలా కాలం పాటు స్థిరంగా ఉంటాయి. అయితే ఏదో ఒకనాటికి ఆ నక్షత్రంలో హైడ్రోజనూ దానితో పాటు ఇతర పరమాణు ఇంధనాలూ అంతమైపోతాయి. వింత ఏమంటే ఒక నక్షత్రం ఎంత ఎక్కువ ఇంధనంతో పుడితే అంత త్వరగా అంతమై పోతుంది... ఎందుకంటే నక్షత్రం ఎంత పెద్దగా ఉంటే తన గురుత్వాకర్షణతో సమతూకం సాధించేందుకు అంత వేడి కావాల్సి వస్తోంది. అది ఎంత వేడిగా ఉంటే తన ఇంధనాన్ని అంత వేగంగా వాడేస్తుంది. మన సూర్యుడిలో మరో 500 కోట్ల సంవత్సరాలకు సరిపడా ఇంధనం ఉంది. అంతకంటే బాగా పెద్ద నక్షత్రాలలో ఉన్న ఇంధనాన్ని ఆ నక్షత్రాలు వంద కోట్ల సంవత్సరాలలోనే తగలేయ వచ్చు. ఇది విశ్వం వయసు కంటే తక్కువ. ఒక నక్షత్రంలో ఇంధనం అంతమైపోతే అది చల్లబడిపోవడం మొదలవుతుంది. అప్పుడది సంకోచిస్తుంది. అప్పుడు ఆ నక్షత్రం ఏమవుతుందన్న విషయాన్ని మొట్టమొదట 1920ల చివరి సంవత్సరాలలో మాత్రమే గ్రహించడం జరిగింది.

1928లో సుబ్రహ్మణ్యం చంద్రశేఖర్ అనే గ్రాడ్యుయేట్ విద్యార్థి ఇంగ్లండులో కేంబ్రిడ్జి విశ్వవిద్యాలయంలో బ్రిటిష్ ఖగోళ శాస్త్రవేత్త సర్ ఆర్థర్ ఎడ్డింగ్టన్ దగ్గర తన విద్యాభ్యాసాన్ని కొనసాగించడానికై బయలుదేరాడు. ఎడ్డింగ్టన్ సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంత బోధనలో సుప్రసిద్ధుడు. (ఇది 1920ల తొలి సంవత్సరాలనాటి మాట. ప్రపంచంలో సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్ని అర్థం చేసుకున్న వారు ముగ్గురే ముగ్గురు ఉన్నారని తాను విన్నానని ఒక జర్నలిస్టు ఎడ్డింగ్టన్‌తో అన్నాడట. దానికి 'ఆ మూడో వ్యక్తి ఎవరా అని నేను ఆలోచిస్తున్నాను' అని ఎడ్డింగ్టన్ బదులు చెప్పాడట) చంద్రశేఖర్

ఇండియా నుంచి ఇంగ్లండుకి చేసిన తన సముద్ర యానంలోనే ఒక సమస్యను పరిష్కరించాడు. ఒక పెద్ద నక్షత్రం తన ఇంథనాన్ని అంతటినీ వాడేసిన తర్వాత కూడా తన గురుత్వాకర్షణకు వ్యతిరేకంగా తనను తాను నిలబెట్టుకోగలదనే నిర్ధారణకు ఆయన చేరుకున్నాడు. ఎలాగంటే ఆ నక్షత్రం బాగా చిన్నదైనప్పుడు దాని పదార్థ కణాలు ఒకదానికొకటి బాగా దగ్గర అవుతాయి. పౌలీ తొలగింపు సూత్రం ప్రకారం అవి వేర్వేరు వేగాలను కలిగి ఉంటాయి. దాని వల్ల అవి ఒకదానికొకటి దూరంగా పోవడానికి ప్రయత్నిస్తాయి. దాని వల్ల నక్షత్రం వ్యాకోచిస్తుంది. ఒక నక్షత్రం దాని గురుత్వాకర్షణకీ తొలగింపు సూత్రం కారణంగా దానిలో తలెత్తిన వికర్షణకీ మధ్య సమతూకం సాధించడం ద్వారా ఒక స్థిరమైన వ్యాసార్ధంతో తనను తాను నిలిపి ఉంచుకోగలదు. తొలి దశలో ఒక నక్షత్రపు గురుత్వాకర్షణ దాని వేడితో సమతూకాన్ని సాధించినట్టుగానే ఇది కూడా జరుగుతుంది.

తొలగింపు సూత్రం అందించగలిగిన వికర్షణ శక్తికి ఒక పరిమితి ఉందని చంద్రశేఖర్ గ్రహించాడు. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం ఒక నక్షత్రంలో పదార్థకణాల వేగాలలో ఉండే అత్యధిక తేడా కాంతివేగాన్ని మించి ఉండదు. అంటే ఒక నక్షత్రం తగినంత సాంద్రతను సమకూర్చుకున్నప్పుడు తొలగింపు సూత్రం కారణంగా తలెత్తే వికర్షణ, గురుత్వాకర్షణ కంటే తక్కువవుంటుంది. సూర్యుడికి ఒకటిన్నర రెట్ల కంటే ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి గలిగిన శీతల నక్షత్రం తన సొంత గురుత్వాకర్షణకి తట్టుకుని నిలబడలేదని చంద్రశేఖర్ అంచనా కట్టాడు. (ఈ ద్రవ్యరాశినే ఇప్పుడు చంద్రశేఖర్ పరిమితి అంటున్నాం.) దాదాపు ఇదే సమయంలో ఇటువంటి ఆవిష్కరణనే రష్యన్ శాస్త్రవేత్త లెవ్ దవిడోవిచ్ లాండో చేశాడు.

అధిక ద్రవ్యరాశి గలిగిన నక్షత్రాల అంతిమ దశ విషయంలో ఈ సిద్ధాంతానికి ఎంతో ప్రాధాన్యం ఉంది. చంద్రశేఖర్ పరిమితి కంటే తక్కువ ద్రవ్యరాశి గలిగిన నక్షత్రం చివరికి సంకోచించడం మాని ఒక *తెల్ల మరుగుజ్జు* (White Dwarf)గా రూపొందవచ్చు. అది బహుశా కేవలం కొన్ని వేల మైళ్ల అర్థ వ్యాసాన్ని కలిగి ఉండవచ్చు. ఒక ఘన అంగుళంలో వందలాది టన్నుల సాంద్రత ఉండవచ్చు. పదార్థంలో ఎలక్ట్రాన్ల మధ్య వికర్షణ కారణంగా తొలగింపు సూత్రం ప్రకారం ఒక *తెల్ల మరుగుజ్జు* నక్షత్రం నిలబడగలుగుతుంది. ఇటువంటి నక్షత్రాలను పెద్ద సంఖ్యలో మనం గమనించవచ్చు. సిరియస్ చుట్టూ తిరిగే అత్యంత కాంతివంతమైన నక్షత్రాన్ని రాత్రి వేళలలో మనం గమనిస్తాం. ప్రప్రథమంగా తెల్ల మరుగుజ్జుగా గుర్తించిన

నక్షత్రాలలో అది ఒకటి.

ఒక నక్షత్రపు అంతిమ దశ మరోలా ఉండవచ్చని లాండో సూచించాడు. వాటి ద్రవ్యరాశికి కూడా గరిష్ట పరిమితి ఉంటుంది. సూర్యుడికి రెట్టింపో రెండు రెట్లో ంఎక్కువ ద్రవ్యరాశి గలిగిన నక్షత్రాలు చివరికి తెల్ల మరుగుజ్జుల కంటే ఇంకా చిన్న పరిమాణానికి చేరుకోవచ్చు. అక్కడ స్థిరపడవచ్చు. ఈ నక్షత్రాలు ఎలక్ట్రాన్ల మధ్య గాక న్యూట్రాన్లు ప్రోటాన్లు మధ్య తొలగింపు సూత్ర వికర్షణ కారణంగా తమను తాము నిలుపుకుంటాయి. అందుకని వాటిని న్యూట్రాన్ నక్షత్రాలంటారు. వాటి వ్యాసార్థం సుమారు పది మైళ్ళుంటుంది. సాంద్రత మాత్రం ఒక ఘన అంగుళానికి కోట్లాది టన్నులుంటుంది. లాండో ఈ ఊహ చేసిన కాలంలో న్యూట్రాన్ నక్షత్రాలను గమనించే అవకాశమే లేదు. చాలా తర్వాత కాలంలో మాత్రమే వాటి ఉనికిని గమనించడం జరిగింది.

చంద్రశేఖర్ పరిమితికి మించి ద్రవ్యరాశి గలిగిన నక్షత్రాల విషయంలో మరో పెద్ద సమస్య ఉంది. వాటి ఇంధనం అయిపోతున్న చివరి దశలో ఈ సమస్య తలెత్తుతుంది. కొన్ని సందర్భాలలో ఈ నక్షత్రాలు పేలిపోవచ్చు. తమ ద్రవ్యరాశిలో కొంత భాగాన్ని నెట్టివేసి చంద్రశేఖర్ పరిమితికి లోపు తమ ద్రవ్యరాశిని తగ్గించుకోనూ వచ్చు. ఆ రకంగా సర్వనాశకమైన ఆ గురుత్వాకర్షణ పతనాన్ని తప్పించుకోవచ్చు. అది ఎంత పెద్ద నక్షత్రమైనా ప్రతి సందర్భంలోనూ ఇలాగే జరుగుతుందని నమ్మలేం. దాని బరువు తగ్గించుకోవాలని ఆ నక్షత్రానికి ఎలా తెలుస్తుంది? పతనాన్ని నివారించడానికి ప్రతి నక్షత్రమూ తగినంత ద్రవ్యరాశిని వదిలించుకుందని అనుకుందాం. ఒక తెల్ల మరుగుజ్జుకో లేదా న్యూట్రాన్ నక్షత్రానికో మనం చంద్రశేఖర్ పరిమితిని మించి అదనంగా ద్రవ్యరాశిని జమ చేశామని అనుకుందాం. అప్పుడు ఏమవుతుంది? అది అనంత సాంద్రతకు పతనం అవుతుందా? అటువంటి నిర్ధారణ పట్ల ఎడ్డింగ్టన్ దిగ్భ్రాంతి వ్యక్తం చేశాడు. చంద్రశేఖర్ పరిమితిని నమ్మడానికి అతను తిరస్కరించాడు. ఒక నక్షత్రం ఒక బిందువు స్థాయికి పతనం కావడం అన్నది అసాధ్యమని ఆయన భావించాడు. ఆ వేళ అత్యధిక శాస్త్రవేత్తల దృక్పథం ఇదే. ఐన్‌స్టీన్ సైతం నక్షత్రాలు బిందు పరిమాణానికి కుంచించుకు పోవని ఒక పత్రంలో రాశాడు. ఇంతమంది శాస్త్రవేత్తల వ్యతిరేకత కారణంగానూ ముఖ్యంగా నక్షత్రాల రూప నిర్మాణం విషయంలో ప్రత్యేక నిపుణుడూ తన మాజీ గురువూ అయిన ఎడ్డింగ్టన్ విముఖత్వం కారణంగానూ చంద్రశేఖర్ ఈ అంశంపై తన అధ్యయనాన్ని ఆపేశాడు.

ఖగోళ శాస్త్రంలో వేరే అంశాలను ఆయన స్వీకరించాడు. నక్షత్ర సమూహాల చలనాలను ఆయన పరిశోధించాడు. 1983లో ఆయనకు నోబెల్ బహుమతి లభించింది. అందులో కొంతమేరకైనా శీతల నక్షత్రాల పరిమిత ద్రవ్యరాశిపైన తన తొలి దినాలలో ఆయన చేసిన కృషికి గాను లభించింది.

చంద్రశేఖర్ పరిమితికి మించిన స్థాయిలో ద్రవ్యరాశి గలిగిన నక్షత్రం పతనం కాకుండా తొలగింపు సూత్రం నిరోధించలేదని చంద్రశేఖర్ నిరూపించాడు. అయితే అటువంటి నక్షత్రం చివరికి ఏమవుతుందన్నది మాత్రం మొట్టమొదట పరిష్కరించిన వ్యక్తి ఒక యువ అమెరికా శాస్త్రవేత్త రాబర్ట్ ఓపెన్‌హీమర్. ఇది 1939లో. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్ని అనుసరించి ఆయన తన నిర్ధారణలకు చేరుకున్నాడు. అయితే ఆనాటికి ఉన్న టెలిస్కోప్‌ల ద్వారా పసిగట్టగలిగిన పరిశీలనా పర్యవసానాలు ఏవీ ఉండబోవని ఆయన సూచించాడు. అప్పుడే రెండో ప్రపంచ యుద్ధం వచ్చింది. దానితో ఓపెన్‌హీమర్ ఆటంబాంబు ప్రాజెక్ట్‌లో నిమగ్నమయ్యాడు. యుద్ధం అయిపోయిన తర్వాత గురుత్వాకర్షణ పతనం అన్న సమస్య మరుగున పడిపోయింది. పరమాణు స్థాయిలోనూ దాని న్యూక్లియస్ స్థాయిలోనూ ఏమి జరుగుతుందన్న జిజ్ఞాసే ఆనాటి శాస్త్రవేత్తలందరినీ పట్టుకుంది. మళ్లీ 1960లలో మాత్రమే ఖగోళ శాస్త్ర, అంతరిక్ష శాస్త్ర అంశాలలో ఆసక్తి జనించింది. భారీ ప్రమాణాంశాలలో మళ్లీ శాస్త్రవేత్తలు నిమగ్నమయ్యారు. ఖగోళ పరిశీలనల సంఖ్య, స్థాయి పెరిగాయి. దానికి కొత్త సాంకేతిక పరిజ్ఞానం తోడ్పడింది. ఓపెన్‌హీమర్ కృషి పునరావిష్కరించబడింది. అనేకమంది శాస్త్రవేత్తలు దానిని మరింత విస్తృతం చేశారు.

ఓపెన్‌హీమర్ కృషివల్ల మనకు లభించే చిత్రం ఇది: *ఒక నక్షత్ర గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రం స్థలకాలంలో కాంతి కిరణాల మార్గాలను మార్చుతుంది. ఆ నక్షత్ర క్షేత్రం లేకుంటే కాంతి కిరణాల మార్గం వేరుగా ఉండేది. లైట్ కోన్స్ (కాంతి శంకువులు) వాటి కొనల నుంచి వెలువడే కాంతి మెరుపులను స్థలకాలాల్లో సూచిస్తాయి. ఆ లైట్ కోన్స్ నక్షత్ర ఉపరితలానికి దగ్గర లోపలికి కొద్దిగా వంగుతాయి. సూర్య గ్రహణం సందర్భంలో దూరానున్న నక్షత్రాల నుంచి వచ్చే కాంతి వంగినట్టుగా గమనించవచ్చు. నక్షత్రం సంకోచించినప్పుడు దాని ఉపరితలంపైన గురుత్వాకర్షణ శక్తి మరింత బలోపేతం అవుతుంది. అప్పుడు కాంతి శంకువులు మరింతగా లోపలకు వంగుతాయి. దీని వల్ల ఆ నక్షత్రం నుంచి కాంతి బయటకు వెలువడడం మరింత కష్టమవుతుంది. దూరంగా ఉన్న పరిశీలకునికి ఆ కాంతి మరింత కాంతి హీనంగానూ, మరింత*

ఎర్రగానూ కనిపిస్తుంది. చివరికి ఆ నక్షత్రం ఒక కీలకమైన వ్యాసార్ధానికి కుంచించుకుపోయినప్పుడు ఉపరితలంపైన గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రం ఎంత బలోపేతంగా మారుతుందంటే కాంతి శంకువులు బాగా లోపలకు వంగిపోయి కాంతి ఇక ఏమాత్రం బయటకు పోలేదు.

సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం కాంతి కన్నా వేగంగా ఏదీ ప్రయాణించలేదు. కనుక కాంతే బయటకు రాలేకపోతే ఇక మరేదీ బయటకు రాలేదు. ప్రతిదానినీ గురుత్వాకర్షణశక్తి వెనక్కి లాగేస్తుంది. కనుక ఒక స్థలకాల ప్రాంతంలో కొన్ని సంఘటనలు జరుగుతాయి. కాని దూరాన ఉన్న పరిశీలకునికి వాటిలో ఏదీ చేరదు. ఈ ప్రాంతాన్నే మనం ఇప్పుడు కాలబిలం అంటున్నాం. దాని సరిహద్దుని *సంఘటనా క్షితిజం* (event horizon) అంటున్నాం. కాలబిలం నుంచి బయటకు తప్పించుకుపోలేకపోయిన కాంతి కిరణాల మార్గాలతో ఇది ఏకీభవిస్తుంది.

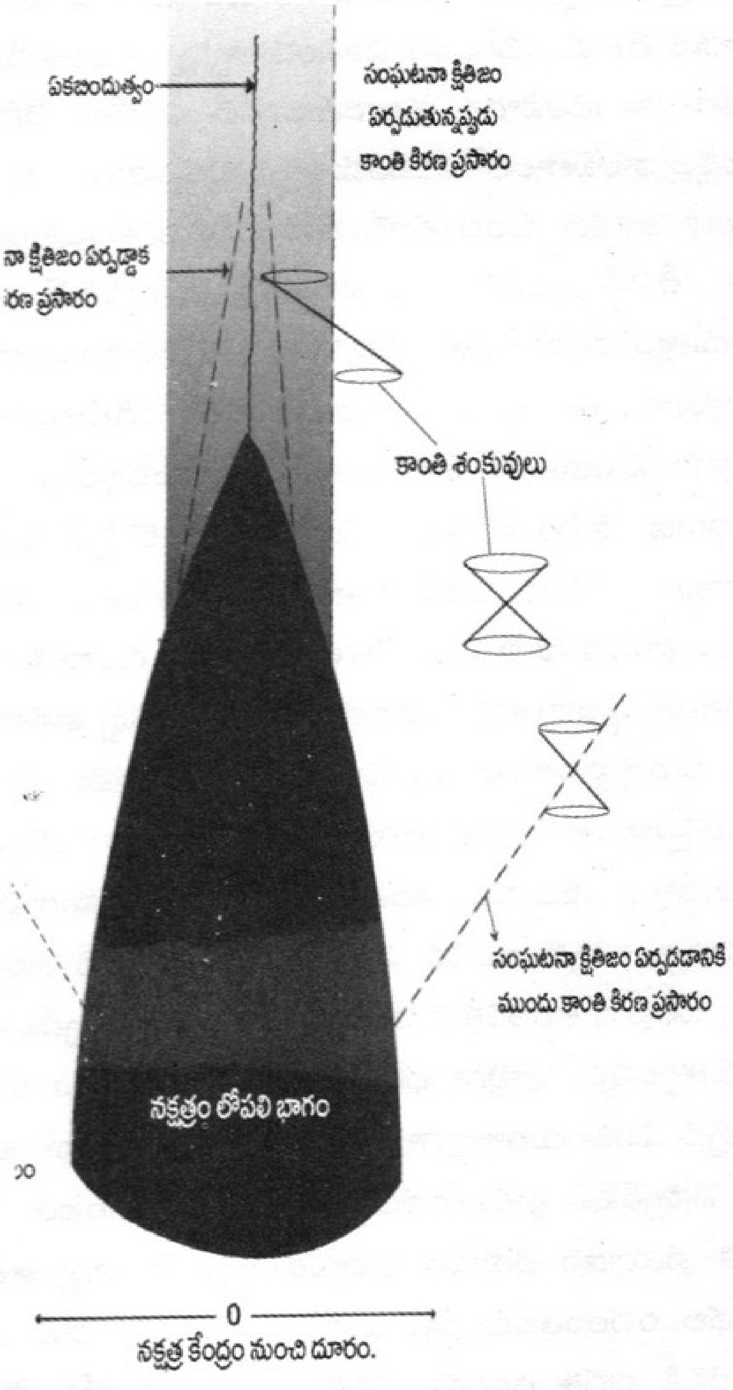
ఒక నక్షత్రం పతనమై కాలబిలంగా రూపొందడాన్ని గమనిస్తున్న మీరు ఏమి చూడగలరో అర్థం చేసుకోవాలంటే సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం నిరపేక్ష కాలం అన్నదేదీ లేదన్న సంగతిని గుర్తుంచుకోవాలి. ప్రతి పరిశీలకునికీ తన సొంత కాలమానం ఉంటుంది. నక్షత్రం మీద ఉన్న వ్యక్తికి ఒక కాలం ఉంటుంది. దూరం నుంచి గమనిస్తున్న వ్యక్తికి ఆ నక్షత్రపు గురుత్వాకర్షణక్షేత్రం కారణంగా మరో కాలం ఉంటుంది. ఒక నిర్భయుడైన వ్యోమగామి పతనమై పోతున్న నక్షత్రపు ఉపరితలంపైన ఉన్నాడనుకుందాం. అక్కడ నుంచి తన గడియారాన్నిబట్టి ప్రతి సెకనుకీ ఒకసారి ఆ నక్షత్రం చుట్టూ పరిభ్రమిస్తున్న తన వ్యోమ నౌకకు సిగ్నల్స్ పంపిస్తున్నాడనుకుందాం. అతని గడియారం ప్రకారం పదకొండు గంటలకు కీలకమైన వ్యాసార్థం కంటే తక్కువకు ఆ నక్షత్రం కుంచించుకుపోయిందనుకుందాం. అప్పుడు గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రం బాగా బలోపేతం అవుతుంది. ఆ నక్షత్రం నుంచి ఇక ఏదీ తప్పించుకుని పోలేదు. వ్యోమగామి సిగ్నల్స్ కూడా అతని వ్యోమనౌకను చేరలేవు. పదకొండు గంటలు కావడానికి ముందు వ్యోమ నౌకలో ఉండి గమనిస్తున్న అతని సహచరులు ఒక సిగ్నల్‌కీ మరో సిగ్నల్‌కీ మధ్య విరామ సమయం క్రమంగా పెరిగిపోతున్నట్టు గ్రహిస్తారు. అయితే ఈ ప్రభావం 10 గంటల 59 నిమిషాల 59 సెకన్ల వరకూ చాలా స్వల్పంగా ఉంటుంది. 11 గంటలకి రావాల్సిన సిగ్నల్ కోసం మాత్రం వారు ఎప్పటికీ వేచి ఉండాల్సిందే. వ్యోమగామి గడియారం ప్రకారం 10:59:59కీ 11:00 గంటలకీ మధ్యన ఆ నక్షత్ర ఉపరితలం నుంచి వెలువడిన కాంతి తరంగాలు వ్యోమ నౌక నుంచి చూసే

వారి దృష్టిలో ఒక అనంత కాల వ్యవధిలో విస్తరిస్తాయి. వ్యోమనౌక నుంచి పరిశీలిస్తున్న వారికి ఆ నక్షత్రం నుంచి ఒకదాని తర్వాత ఒకటి వెలువడే తరంగాల మధ్య విరామం రాను రాను పెరిగిపోతూ ఉంటుంది. కనుక ఆ నక్షత్రపు కాంతి క్రమంగా మరింత ఎర్రబారుతుంది. రాను రాను మరింత కాంతి హీనంగా మారుతుంది. అంతిమంగా ఆ నక్షత్రం వ్యోమనౌక నుంచి కనిపించకుండా పోతుంది. ఇక అక్కడ అంతరిక్షంలో మిగిలేది కేవలం ఒక కాలబిలం. అయితే ఆ వ్యోమనౌకపైన ఆ నక్షత్రం అదే గురుత్వాకర్షణ శక్తిని కలిగి ఉంటుంది. కనుక వ్యోమనౌక కాలంబిలం చుట్టూ తిరుగుతూనే ఉంటుంది.

ఈ దృశ్యం పూర్తిగా వాస్తవికం కాదు. ఇందులో ఒక చిక్కుంది. నక్షత్రానికి నువ్వు ఎంత దూరంగా ఉంటే నీపైన గురుత్వాకర్షణ అంత బలహీనంగా ఉంటుంది. కనుక మన వ్యోమగామి, మన గుండెలు తీసిన బంటు తల మీద కంటే అతని పాదాల మీద గురుత్వాకర్షణ శక్తి అధికంగా ఉంటుంది. ఆ నక్షత్రం కీలకమైన వ్యాసార్థానికి కుంచించుకుపోయి సంఘటనా పరిధి ఏర్పడక ముందే ఈ శక్తుల మధ్య ఉన్న తేడా మన వ్యోమగామిని నూడుల్స్‌లాగా సాగలాగుతుంది. అతన్ని చీల్చిపారేస్తుంది.

విశ్వంలో గెలాక్సీల కేంద్ర ప్రాంతాలను తీసుకొందాం. అంతటి భారీ ప్రమాణాలలో ఉండే bodies కూడా గురుత్వాకర్షణ పతనానికి గురై కాలబిలాలని సృష్టిస్తాయని నేను నమ్ముతున్నాను. వీటిలో ఒకదానిపై ఉన్న వ్యోమగామి కాలబిలం రూపొందక ముందే రెండుగా చీలిపోడు. నిజానికి కీలకమైన వ్యాసార్థానికి చేరుకున్నప్పుడు ప్రత్యేకంగా అతనికేమీ తెలియదు. ఇక వెనకకు తిరిగి రాలేని స్థానాన్ని దాటి తనకి తెలియకుండానే ముందుకు వెళ్లిపోతాడు. అయితే ఇక్కడ కూడా ఈ ప్రాంతం పతనం కావడం కొనసాగిస్తుంది. కొన్ని గంటలలోనే అతని తలపైన, కాళ్లపైన ఉండే గురుత్వాకర్షణ శక్తుల మధ్య తేడా పెరిగి అప్పుడు అతను పీలికలుగాక తప్పదు.

సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం ఒక కాలబిలంలో అనంతమైన సాంద్రతతోనూ, స్థలకాలపు వంపుతోనూ, ఒక ఏకబిందుత్వం ఉండి తీరాలని 1965కీ 1970కీ మధ్య రోజర్ పెన్‌రోజ్, నేనూ నిరూపించాం. కాలారంభంలో బిగ్‌బాంగ్ లాంటిదే ఇది కూడా. అయితే ఇక్కడ పతనమై పోతున్న నక్షత్రానికీ మన వ్యోమగామికీ మాత్రమే ఇది కాలాంతం. ఈ ఏకబిందుత్వం దగ్గర సకల శాస్త్ర నియమాలూ అసంగతమవుతాయి. భవిష్యత్తును ఊహించగలిగిన మన సామర్థ్యమూ



చిత్రం 6.1.

కుప్పకూలిపోతుంది. అయితే భవిష్యత్తును ఊహించడంలో ఈ వైఫల్యం వల్ల కాలబిలానికి బాహ్యంగా ఉన్న పరిశీలకుడు ఏమాత్రం ప్రభావితం కాడు. ఎందుకంటే ఈ ఏకబిందుత్వం నుంచి కాంతిగానీ ఏ రకమైన సిగ్నల్‌గానీ అతన్ని చేరదు. ఈ

గణనీయమైన వాస్తవాన్ని గమనించిన రోజర్ పెన్‌రోజ్ అంతరిక్ష సెన్సార్‌షిప్ అనే ప్రతిపాదన చేశాడు. 'దిగంబర ఏకబిందుత్వాన్ని భగవంతుడు ఏవగించుకుంటాడ'న్న సామెతగా ఈ ప్రతిపాదన ప్రచారమయింది. మరోలా చెప్పాలంటే గురుత్వాకర్షణ పతనంవల్ల కాలబిలాలలో ఏకబిందుత్వాలు ఏర్పడతాయి. అక్కడ సంఘటనా క్షితిజం కారణంగా బయట నుంచి చూసేవారికి ఏమీ కనిపించకుండా దాచేయబడుతుంది, చక్కగా. దీనినే బలహీనమైన అంతరిక్ష సెన్సార్‌షిప్ ప్రతిపాదన అంటారు. ఏకబిందుత్వం దగ్గర తలెత్తే పరిణామాల పర్యవసానం కాలబిలానికి బయట ఉన్న పరిశీలకులను తాకదు. పాపం కాలబిలంలో పడిపోయిన మన నష్టజాతకుడైన వ్యోమగామి విషయంలో మాత్రం అదేమీ సాయపడలేదు.

సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంత సమీకరణాలలో కొన్నిటి నిర్ధారణల ప్రకారం మన వ్యోమగామి దిగంబర ఏకబిందుత్వాన్ని చూడగలడు. అతడు ఏకబిందుత్వాన్ని గుద్దుకోకుండా ఒక సూదిబెజ్జం ("wormhole") గుండా విశ్వంలో మరో ప్రాంతానికి జారుకోవచ్చు. స్థలకాలాల్లో ప్రయాణించడానికిది గొప్ప అవకాశాలను ప్రసాదిస్తుంది. అయితే దురదృష్టవశాత్తూ ఈ నిర్ధారణలన్నీ అస్థిరమే. వ్యోమగామి అప్పుడక్కడ ఉండడంసైతం ఆ నిర్ధారణలనూ పరిణామాలనూ భగ్నం చేస్తుంది. కనుక ఏకబిందుత్వాన్ని గుద్దుకుని అంతమైపోయేదాకా వ్యోమగామి దానిని చూడలేడు. ఏకబిందుత్వం అన్నది అతనికి ఎప్పుడూ భవిష్యత్తులోనే ఉంటుంది తప్ప గతంలో ఉండదు. బలమైన అంతరిక్ష సెన్సార్‌షిప్ ప్రతిపాదన చెప్పేదేమంటే వాస్తవ పరిస్థితిలో ఏకబిందుత్వాలన్నవి పూర్తిగా భవిష్యత్తులోనైనా ఉంటాయి (గురుత్వాకర్షణ పతనం వల్ల ఏర్పడే ఏకబిందుత్వాల్లాగా). పూర్తిగా గతంలోనైనా ఉంటాయి. (బిగ్‌బాంగ్ లాగా). సెన్సార్‌షిప్ ప్రతిపాదనలో ఏదో ఒకటి దిగంబర ఏకబిందుత్వాల దగ్గర గతంలోకి ప్రయాణం చేయడం సాధ్యపడుతుందేమో అన్న ఆశ కలగడం సహజం. సైన్స్ కథల రచయితలకు ఇది బాగానే ఉంటుంది. కాని ఇది సాధ్యపడితే ఇక ఎవరికీ దేనికీ భద్రత ఉండదు. ఎవరో ఒకరు గతంలోకి పోయి నువ్వు గర్భంలో పడక ముందే నీ తల్లినీ తండ్రినీ చంపేయవచ్చు, మరి.

కాలంబిలం చుట్టూ సంఘటనా క్షితిజం వన్‌వే పొరలా ప్రవర్తిస్తుంది. అది స్థలకాల ప్రాంతపు సరిహద్దు. దాని నుంచి ఏదీ బయటకు పోలేదు. ఆ సంగతి తెలియని మన వ్యోమగామి లాంటి వస్తువులు సంఘటనా క్షితిజం గుండా కాలబిలం లోకి పడిపోవచ్చు. కాలబిలం నుంచి మాత్రం ఏదీ బయటకు సంఘటనా క్షితిజం

గుండా రాదు. (కాంతి స్థలకాలంలో సంఘటనా పరిధి అన్నది ఒక మార్గమని అది బ్లాక్‌హోల్ నుంచి తప్పించుకుపోవడానికి ప్రయత్నిస్తోందని గమనించాలి. ఏదీ కాంతి కంటే వేగంగా పయనించలేదని కూడా గుర్తించాలి.) *'ఇందులో ప్రవేశించావా ఇక నీ ఆశలన్నీ వదులుకో'* నరక ద్వారాన్ని గురించి కవి డాంటే అన్న మాటలివి. సంఘటనా క్షితిజానికీ ఇదే వర్తిస్తుంది. ఏదైనా ఎవరైనా సంఘటనా క్షితిజంగుండా లోపల పడిపోతే వెంటనే అనంతమైన సాంద్రతకూ కాలాంతానికీ చేరుకోక తప్పదు.

సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం కదులుతున్న భారీ వస్తువులు గురుత్వాకర్షణ తరంగాలను విడుదల చేస్తాయి. ఈ తరంగాలు స్థలపు *వంపులో* కాంతివేగంతో పయనిస్తాయి. ఇవీ విద్యుదయస్కాంతక్షేత్ర కాంతి తరంగాలలాంటివే. అయితే వీటిని పసిగట్టడం మరింత కష్టం. కాంతి లాగానే శక్తిని విడుదలచేసే వస్తువు నుంచి ఇవి ప్రసారమవుతాయి. కనుక భారీ గోళాల వ్యవస్థ చివరికి ఒక నిశ్చల స్థితికి చేరుకుంటుందని ఊహించవచ్చు. ఎందుకంటే గురుత్వాకర్షణ తరంగాల విడుదల కారణంగా ఏ చలనంలోనైనా శక్తి బయటకు పోతుంది. (ఇది ఒక బెండుని నీటిలో పడేయడం లాంటిదే. మొదట అది పైకీ కిందకీ ఊగుతుంది. చివరికి తరంగాలు దాని శక్తినంతటినీ తీసేసిన తర్వాత అది ఒక నిశ్చల స్థితిని చేరుకుంటుంది.) ఉదాహరణకు భూమి తన కక్ష్యలో తాను సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగుతూ గురుత్వాకర్షణ తరంగాలను సృష్టిస్తుంది. ఆ రకంగా అది శక్తిని కోల్పోతూ ఉంటుంది. కనుక దాని కక్ష్యలో మార్పు వస్తుంది. అది రాను రాను సూర్యుడికి దగ్గరవుతుంది. చివరికి సూర్యుడిని ఢీకొంటుంది. ఆఖరికి ఒక నిశ్చల స్థితిని చేరుకుంటుంది. అయితే భూమి, సూర్యుని ప్రమేయంగా కోల్పోయే శక్తి అత్యల్పం. ఆ శక్తితో ఒక చిన్న ఎలక్ట్రిక్ హీటర్‌ని నడిపించవచ్చు. అంతే. ఈ లెక్కన భూమి సూర్యుడిని ఢీకొనాలంటే కనీసం వెయ్యి మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ సంవత్సరాలు పడుతుంది. కనుక తక్షణమే మనం దాని గురించి ఆందోళన పడాల్సిందేమీ లేదు. భూమి తన కక్ష్యను మార్చుకోవడం అన్నది అతి స్వల్పంగా జరుగుతోంది. అందువల్ల పరిశీలన బహు కష్టం. అయితే PSR 1913+16 (PSR అంటే pulsar. ఇది ఒక ప్రత్యేక తరహా న్యూట్రాన్ నక్షత్రం. రేడియో తరంగాల pulsesను క్రమబద్ధంగా విడుదల చేస్తుంది.) అనే పద్ధతితో గత కొన్నేళ్ళుగా పరిశోధనలో భూమికక్ష్య లో వస్తున్న అత్యల్పమైన మార్పునుసైతం గమనించారు. ఈ పద్ధతిలో రెండు న్యూట్రాన్ నక్షత్రాలు ఒకదానిచుట్టూ ఒకటి తిరుగుతూ ఉంటాయి. గురుత్వాకర్షణ తరంగాల విడుదల కారణంగా అవి

శక్తిని కోల్పోతూ ఉండడంవల్ల ఒకదానిచుట్టూ ఒకటి తిరుగుతూ ఉంటాయి.

ఒక నక్షత్రం కాలబిలంగా మారడానికి ముందు గురుత్వాకర్షణ పతనం జరుగుతూ ఉన్నప్పుడు ఆ నక్షత్రం శక్తికోల్పోయే వేగం అత్యధికంగా ఉంటుంది. కనుక అది నిశ్చల స్థితికి చేరుకోవడానికి ఎంతో సమయం పట్టదు. ఈ అంతిమ స్థితి ఎలా ఉంటుంది? కేవలం దాని ద్రవ్యరాశి, దాని భ్రమణ వేగం మాత్రమే గాదు. ఆ నక్షత్రం ఏయే పదార్థాలతో నిండి ఉందో దానినిబట్టి అనగా దాని సంకీర్ణ స్వభావాన్నిబట్టి ఇది ఆధారపడి ఉంటుందని ఊహించే అవకాశం ఉంది. ఆ నక్షత్రంలో ఉన్న వివిధ పదార్థాల విభిన్న సాంద్రతలూ దానిలోని వాయువుల సంక్లిష్ట చలనాలూ వగైరాలను బట్టి ఇది ఆధారపడి ఉంటుందని ఊహించడానికి అవకాశం ఉంది. కాలబిలాలుగా మారే నక్షత్రాల ప్రత్యేక స్వభావాలనుబట్టి కాలబిలాల స్వభావాలుంటాయని కూడా ఊహించడం సాధ్యమే. కాని ఇదే నిజమైతే సాధారణ రూపంలో కాలబిలాల గురించి ఊహాగానం చేయడం చాలా కష్టమవుతుంది.

1967లో వెర్నర్ ఇజ్రాయెల్ చేసిన పరిశోధనల వల్ల కాలబిలాలపై జరుగుతున్న పరిశోధనలు విప్లవాత్మకంగా మారాయి. ఇజ్రాయెల్ ఒక కెనడా శాస్త్రవేత్త. (ఆయన బెర్లిన్‌లో పుట్టాడు. దక్షిణాఫ్రికాలో పెరిగాడు. ఐర్లాండ్‌లో తన డాక్టరేట్ పట్టాను పుచ్చుకున్నాడు.) సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం పరిభ్రమించని కాలబిలాలు అత్యంత సరళంగా ఉంటాయని ఇజ్రాయెల్ పేర్కొన్నాడు. అవి పూర్తిగా గుండ్రంగా ఉంటాయి. వాటి పరిమాణం కేవలం వాటి ద్రవ్యరాశిపైన ఆధారపడి ఉంటుంది. సమాన ద్రవ్యరాశులు గలిగిన ఏ రెండు గోళాలైనా సర్వ సమానంగా ఉంటాయి. 1917 నుంచి తెలిసిన ఐన్‌స్టీన్ సమీకరణ ఒకటి ఉంది. దాని సాయంతో దీనిని రుజువు చేయవచ్చు. ఈ సమీకరణ పరిష్కారాన్ని కార్ల్ స్వార్జ్ చైల్డ్ కనుగొన్నాడు. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం కనుగొన్న కొద్దికాలంలోనే ఈ సూత్రాన్ని ఆయన కనుగొన్నాడు. కాలబిలాలు పూర్తిగా వృత్తాకారంలో ఉంటాయి గనుక అవి పూర్తిగా వృత్తాకారంలో ఉన్న గోళాల నుంచే రూపొందుతాయని మొదట ఇజ్రాయెల్‌తో సహా అనేకమంది శాస్త్రవేత్తలు వాదించారు. దానినిబట్టి పూర్తిగా వృత్తాకారంలోలేని వాస్తవ నక్షత్రం ఏదైనా పతనమైతే అది కాలబిలంగా మారదు. కేవలం ఒక దిగంబర ఏకబిందుత్వంగా మాత్రమే మారుతుంది.

అయితే ఇజ్రాయెల్ సాధించిన ఫలితానికి మరో భాష్యం కూడా ఉంది. దానిని రోజర్ పెన్‌రోజ్, జాన్ వీలర్ ప్రచారం చేశారు. వారి వాదన ఏమంటే ఒక నక్షత్రం

పతనం అవుతున్నప్పుడు అతి వేగంగా ఉండే దాని చలనాల కారణంగా అది గురుత్వాకర్షణ తరంగాలను విడుదల చేస్తుంది. దాని వల్ల ఆ గోళం రాను రాను వృత్తాకారాన్ని ధరిస్తుంది. అది ఆఖరికి నిశ్చల స్థితికి చేరుకునేలోగా పూర్తిగా వృత్తాకారాన్ని పొందుతుంది. ఈ అభిప్రాయం ప్రకారం పరిభ్రమించని నక్షత్రపు ఆకారమూ అంతర్గత రూప నిర్మాణమూ ఎంత సంకీర్ణంగా ఉన్నప్పటికీ పూర్తిగా వృత్తాకారంగా ఉన్న కాలబిలంగా మారుతుంది. దాని పరిమాణం దాని ద్రవ్యరాశిపైనే ఆధారపడుతుంది. మిగతా అంచనాలన్నీ ఈ అభిప్రాయాన్ని బలపర్చాయి. ఈ అభిప్రాయానికి సర్వే సర్వత్రా ఆమోదముద్ర లభించింది.

పరిభ్రమించని గోళాలు కాలబిలాలుగా రూపొందడం గురించి మాత్రమే ఇజ్రాయెల్ పరిశోధన వెల్లడిస్తుంది. 1963లో రాయ్ కెర్ అనే న్యూజిలాండ్ దేశస్తుడు సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంత సమీకరణాల నుంచి వచ్చిన ఫలితాల సాయంతో పరిభ్రమించే బ్లాక్‌హోల్స్‌ని వివరించాడు. 'కెర్' వర్ణించిన ఈ కాలబిలాలు స్థిరవేగంతో పరిభ్రమిస్తాయి. వాటి పరిమాణమూ ఆకారమూ కేవలం వాటి ద్రవ్యరాశిపైనా పరిభ్రమణ వేగంపైనా ఆధారపడి ఉంటాయి. పరిభ్రమణ వేగం సున్నా అయితే ఆ కాలబిలం పూర్తిగా గుండ్రంగా ఉంటుంది. అప్పుడు ఇది స్క్వార్జ్ చైల్డ్ పరిష్కారానికి సమానంగా ఉంటుంది. భ్రమణ వేగం సున్నా కాకుంటే కాలబిలం దాని మధ్య రేఖ దగ్గర బయటకు ఉబ్బుతుంది. (భూమి లేదా సూర్యుడు వాటి భ్రమణం కారణంగా వాటి మధ్య రేఖల దగ్గర అలాగే ఉబ్బుతాయి.) అవి ఎంత వేగంగా భ్రమణంలో ఉంటే అంత ఎక్కువగా ఉబ్బుతాయి. కనుక పరిభ్రమిస్తున్న ఏ body అయినా పతనమై కాలబిలంగా మారితే అది కెర్ వర్ణించినట్టుగా చివరికి నిశ్చల స్థితికి చేరుకుంటుంది. ఈ అంశాన్ని చేర్చడం ద్వారా ఇజ్రాయెల్ ప్రతిపాదనకు పరిభ్రమించే bodiesని కూడా చేర్చి దానిని మరింత విస్తృతం చేయవచ్చు.

1970లో నా సహ ఉద్యోగి, కేంబ్రిడ్జి విశ్వవిద్యాలయంలో తోటి రీసెర్చి విద్యార్థి అయిన బ్రాండన్ కార్టర్ ఈ ఊహని నిజం చేసే దిశగా తన తొలి అడుగు వేశాడు. నిశ్చలంగా పరిభ్రమిస్తున్న కాలబిలం అక్షం ఒక తిరుగుతున్న శిఖరంలా symmetry లాగా ఉంటే దాని పరిమాణమూ ఆకారమూ కేవలం దాని ద్రవ్యరాశిపైనా భ్రమణ వేగంపైనా ఆధారపడి ఉంటుందని ఆయన రుజువు చేశాడు. 1971లో నిశ్చలంగా పరిభ్రమిస్తున్న ఏ కాలబిలానికయినా అటువంటి symmetrical అక్షం ఉంటుందని నేను రుజువు చేశాను. 1973లో చివరికి లండన్‌లోని కింగ్స్ కాలేజీకి

చెందిన డేవిడ్ రాబిన్‌సన్ కార్టర్ పరిశోధనా ఫలితాలను, నా పరిశోధనా ఫలితాలను ఉపయోగించి ఈ ఊహ సరైనదేనని రుజువు చేశాడు. అటువంటి కాలబిలం కెర్ సూచించిన కాలబిలం లాగానే ఉంటుంది. కనుక గురుత్వాకర్షణ పతనం చివరికి ఒక కాలబిలం పరిభ్రమించే స్థితిలో స్థిరపడవచ్చు. కాని అది తరంగాలను మాత్రం విడుదల చేయదు. అంతేకాదు. దాని పరిమాణమూ ఆకారమూ దాని ద్రవ్యరాశిపైన, భ్రమణవేగంపైన మాత్రమే ఆధారపడి ఉంటాయి. అంతేకాని ఆ నక్షత్రంలోని పదార్థాల స్వభావాన్నిబట్టి కాదు. 'కాలబిలానికి జుత్తు ఉండదు' అన్న సూత్రంతో ఈ నిర్ధారణను వ్యక్తం చేస్తున్నారు. ఈ 'జుత్తులేని' సూత్రానికి ఆచరణలో ఎంతో ప్రాధాన్యం ఉంది. కాలబిలంలో ఉండే వైవిధ్యాన్ని ఇది పరిమితం చేస్తుంది. దానివల్ల కాలబిలం నమూనాలను పరిశీలించడానికీ ఆ పరిశీలనతో నమూనాలపై అంచనాలు వేయడానికీ ఆస్కారం పెరుగుతుంది. పతనమైన నక్షత్రం కాలబిలంగా రూపొందినప్పుడు తన సమాచారంలో అత్యధిక భాగాన్ని అది కోల్పోతుంది. కాలబిలంగా ఏర్పడిన తర్వాత దాని ద్రవ్యరాశినీ భ్రమణ వేగాన్నీ మాత్రమే కొలవడానికి మనకు అవకాశం ఉంది. దీని ప్రాధాన్యాన్ని మనం తర్వాతి అధ్యాయంలో చూద్దాం.

పరిశీలనల్లో సరైనదని రుజువు కాకముందే ఒక గణిత శాస్త్ర నమూనాగా సూక్ష్మాతి సూక్ష్మమైన వివరాలతో అభివృద్ధి చేసిన సిద్ధాంతాలు శాస్త్ర చరిత్రలో బహు అరుదు. అయితే కాలబిలాలకి సంబంధించిన సిద్ధాంతాలు అటువంటి అరుదైన సిద్ధాంతాలే. కాలబిలాలను వ్యతిరేకించే వారు ఈ పరిస్థితినే తమ ప్రధాన వాదనగా ప్రయోగిస్తున్నారు. *సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతమే ఒక సందేహాస్పద సిద్ధాంతం. దానిపై ఆధారపడి చేసిన నిర్ధారణలే కాలబిలాలకు సాక్ష్యాధారాలు. అటువంటప్పుడు కాలబిలాలున్నాయని ఎలా నమ్మాలి* అన్నది వారి వాదన. అయితే కాలిఫోర్నియాలోని పాలోమార్ అబ్జర్వేటరీలో మార్టెన్ ష్మిట్ అనే ఖగోళ శాస్త్రవేత్త 1963లో ఒక నక్షత్రపు రంగులలోని ఎరుపు మొగ్గుని కొలిచాడు. 3C 273 అనబడే రేడియో తరంగాల మూలాధార దిశగా ఉన్న నక్షత్రం ఇది. (3C 273 అంటే కేంబ్రిడ్జి రేడియో తరంగ మూలాధారాల మూడో కేటలాగులో 273 సంఖ్య గల మూలాధారం అని అర్థం.) ఈ మొగ్గు గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రం వల్ల కాదని ఆయన గ్రహించాడు. ఎందుకంటే ఎరుపు వైపు మొగ్గు చాలా పెద్ద స్థాయిలో ఉంది. గురుత్వాకర్షణక్షేత్రం వల్లే అయి ఉంటే ఆ నక్షత్రం మనకు చాలా దగ్గరగా ఉండి ఉండేది. అలాంటప్పుడు సూర్య కుటుంబంలోని గ్రహాల కక్ష్యలన్నింటినీ అది భగ్నంచేసి ఉండేది. ఈ ఎరుపు మొగ్గు

విశ్వం విస్తరించడాన్ని సూచిస్తుంది. అంటే ఈ నక్షత్రం మనకు సుదూరంగా ఉందని అర్థం. అంత దూరం నుంచి మనకు కనిపిస్తోందంటే అది చాలా కాంతివంతంగా ఉండి ఉండాలి. అంటే భారీ స్థాయిలో శక్తిని విడుదల చేస్తూ ఉండి ఉండాలి. అంత భారీ స్థాయిలో శక్తి ఉత్పత్తి జరుగుతోంది అంటే అర్థం ఏదో ఒక నక్షత్రంకాక మొత్తంగా ఒక గెలాక్సీ కేంద్ర ప్రాంతమే గురుత్వాకర్షణ పతనానికి లోనవుతూ ఉండవచ్చునని శాస్త్రవేత్తలు భావిస్తున్నారు. ఇలాంటివే అనేక పాక్షిక నక్షత్ర మండలాలు లేదా Quasars ని కనుగొనడం జరిగింది. వాటన్నింటి రంగులలోనూ ఎరుపు వైపు మొగ్గు ఉంది. అయితే అవి చాలా దూరంలో ఉండడంవల్ల అవి కాలబిలాలో కాదో నిర్ధారించి చెప్పడం కష్టం.

1967లో కాలబిలాలు ఉన్నాయనడానికి సంబంధించిన మరో ప్రోత్సాహం లభించింది. ఆ ఏడాది కేంబ్రిడ్జి విశ్వవిద్యాలయంలో జోసిలిన్ బెల్ అనే రీసెర్చి విద్యార్థిని రాత్రిపూట ఆకాశంలో క్రమంగా రేడియో తరంగాల pulses విడుదల చేస్తున్న నక్షత్రాలను కనుగొంది. మొదట ఆమె, ఆమె సూపర్‌వైజర్ ఆంటోనీ హెవిష్ గెలాక్సీలో వేరే ప్రాణులతో సంబంధం దొరికిందని సంతోషించారు. ఒక సెమినార్‌లో వారు తమ ఆవిష్కరణను ప్రకటించారు కూడా. దానికి నేను కూడా హాజరయ్యాను. LGM 1-4 ని కనుక్కోవాల్సి ఉందని వారు చెప్పారు. LGM అంటే మొదటి నాలుగు మూలాధారాలను కనుగొనాలని వారు అనడం నాకు ఇంకా గుర్తుంది. LGM అంటే little green men. అయినా చివరికి మిగిలిన వారితో పాటు వారిరువురూ కూడా అంతకంటే తక్కువ కాల్పనిక నిర్ధారణలకు రాక తప్పలేదు. pulsars అని పేరు పెట్టిన వస్తువులు పరిభ్రమిస్తున్న న్యూట్రాన్ నక్షత్రాలని తేలింది. వాటి అయస్కాంత క్షేత్రాలకూ వాటి చుట్టూ ఉన్న పదార్థాలకూ మధ్య సంక్లిష్టమైన చర్యాపచర్యలు జరగడంవల్ల అవి రేడియో తరంగాలని విడుదల చేస్తున్నాయని తేలింది. అంతరిక్షయానం గురించి రాసే రచయితలకు ఇది దుర్వార్త. కాని కాలబిలాలున్నాయని ఆ సమయంలో నమ్మిన మాలాంటి కొద్దిమందికి మాత్రం అది శుభ వార్త. న్యూట్రాన్ నక్షత్రాలు ఉన్నాయనడానికి అది మొదటి సానుకూల సాక్ష్యం. ఒక న్యూట్రాన్ నక్షత్ర వ్యాసార్థం సుమారు పది మైళ్లుంటుంది. ఒక నక్షత్రం కాలబిలంగా మారడానికి అవసరమైన కీలకమైన వ్యాసార్థానికి ఇది కొన్ని రెట్లు మాత్రమే. ఒక నక్షత్రం ఇంత చిన్న పరిమాణానికి పతనమైందని తెలుసు కాబట్టి వేరే నక్షత్రాలు అంతకంటే తక్కువ పరిమాణానికి పతనమై కాలబిలాలుగా మారవచ్చునని ఊహించడం నిర్హేతుకం కాదు.

కాలబిలం కాంతిని ప్రసరించదు. కనుక అది ఉందని ఎలా పసిగట్టాలి? బొగ్గుల కొట్టంలో నల్లపిల్లిని వెతకడం లాంటిదే ఇది. అదృష్టవశాత్తూ ఒక మార్గం ఉంది. 1783లో జాన్ మిచెల్ ఒక మాట చెప్పాడు. కాలబిలం తన సమీపంలో ఉన్న వస్తువులపైన గురుత్వాకర్షణ శక్తిని నెరపుతుంది. రెండు నక్షత్రాలు ఒకదాని గురుత్వాకర్షణతో మరొకటి ఆకర్షించబడి ఒకదానిచుట్టూ మరొకటి పరిభ్రమించే నక్షత్రాల జంటలను ఖగోళ శాస్త్రవేత్తలు గమనించారు. ఆ జంటలలో కొన్ని సందర్భాలలో ఒక నక్షత్రమే కనిపించింది. అది కనిపించని తన మిత్రుని చుట్టూ పరిభ్రమిస్తోంది. ఈ కనిపించని నక్షతమే కాలబిలం అని వెంటనే నిర్ధారించలేం. ఎందుకంటే అది కనిపించనంత మసకగా ఉండి ఉండవచ్చు. Cygnus X-1 లాంటి కొన్ని వ్యవస్థల నుంచి ఎక్స్‌రేలు విడుదల అవుతున్నాయి.

ఈ పరిణామానికి కారణమేమంటే కనిపించే నక్షత్రపు ఉపరితలంపైఉండే పదార్థం పేలిపోయింది. అది కనిపించని నక్షత్రం దిశగా పడుతున్నప్పుడు దాని చలనం ఆవృతంలో ఉంటుంది. (బాత్ టబ్‌లో నీరు తోడేస్తున్నప్పుడు అలాగే జరుగుతుంది.) అప్పుడది అమితంగా వేడెక్కుతుంది. ఎక్స్‌రేలను విడుదల చేస్తుంది. ఈ ప్రక్రియ కొనసాగాలంటే కనిపించని నక్షత్రం తెల్ల మరుగుజ్జు లాగానో న్యూట్రాన్ నక్షత్రం లాగానో కాలబిలం లాగానో చిన్నదిగా ఉండి ఉండాలి. కనిపించే నక్షత్ర కక్ష్యనుబట్టి కనిపించని నక్షత్రపు కనీస ద్రవ్యరాశిని కనిపెట్టవచ్చు. Cygnus X-1 విషయంలో చూస్తే దాని ద్రవ్యరాశి సూర్యునికి ఆరు రెట్లుంది. చంద్రశేఖర్ పరిమితి ప్రకారం చూస్తే అది అంత ఎక్కువ ద్రవ్యరాశితో తెల్ల మరుగుజ్జు కావడానికి వీల్లేదు. న్యూట్రాన్ నక్షత్రం కూడా కాజాలదు. కనుక అది కాలబిలమే అయి ఉండాలి.

Cygnus X-1 ని కాలబిలంగా కాక మరో రకంగా వివరించడానికి వీలైన ఇతర నమూనాలు కూడా ఉన్నాయి. అయితే ఆ భాష్యాలన్నీ వాస్తవానికి చాలా దూరంగా ఉన్నాయి. కాలబిలమన్న భాష్యమే వాస్తవంలో పరిశీలనలకు సహజమైన సరైన వివరణ అని చెప్పవచ్చు. అయినప్పటికీ కాలిఫోర్నియా విశ్వవిద్యాలయంలో ఇనిస్టిట్యూట్ ఆఫ్ టెక్నాలజీకి చెందిన కిప్‌థార్న్‌తో నేను ఒక పందెం కట్టాను. అదేమంటే Cygnus x-1 కాలబిలం కాదని నేనన్నాను. ఇది నాకు ఒకలాంటి ఇన్సూరెన్స్ పాలసీ లాంటిది. కాలబిలాలపైన నేను బోల్డంత కృషి చేశాను. కాలబిలాలు లేవని రుజువైతే నా కృషి అంతా వృధా అవుతుంది. అటువంటప్పుడు నేను పందెం

గెలిచానన్న సంతృప్తి మిగులుతుంది. అప్పుడు నాకు *ప్రైవేట్ ఐ* అనే పత్రిక నాలుగేళ్ల పాటు ఉచితంగా లభిస్తుంది. నేను ఓడిపోతే, అనగా కాలబిలాలున్నాయని రుజువైతే కిప్‌కి నేను పెంటహౌస్ పత్రికను ఏడాది పాటు పంపించాలి. ఈ పందెం మేము 1975లో కాశాం. అప్పుడు Cygnus కాలబిలం కావడానికి 80 శాతం అవకాశం ఉందని అనుకున్నాం. ఇప్పుడు 95 శాతం అది కాలబిలమేనని భావిస్తున్నాం. అయితే పందెం మాత్రం ఇంకా ఎటూ తేలలేదు.

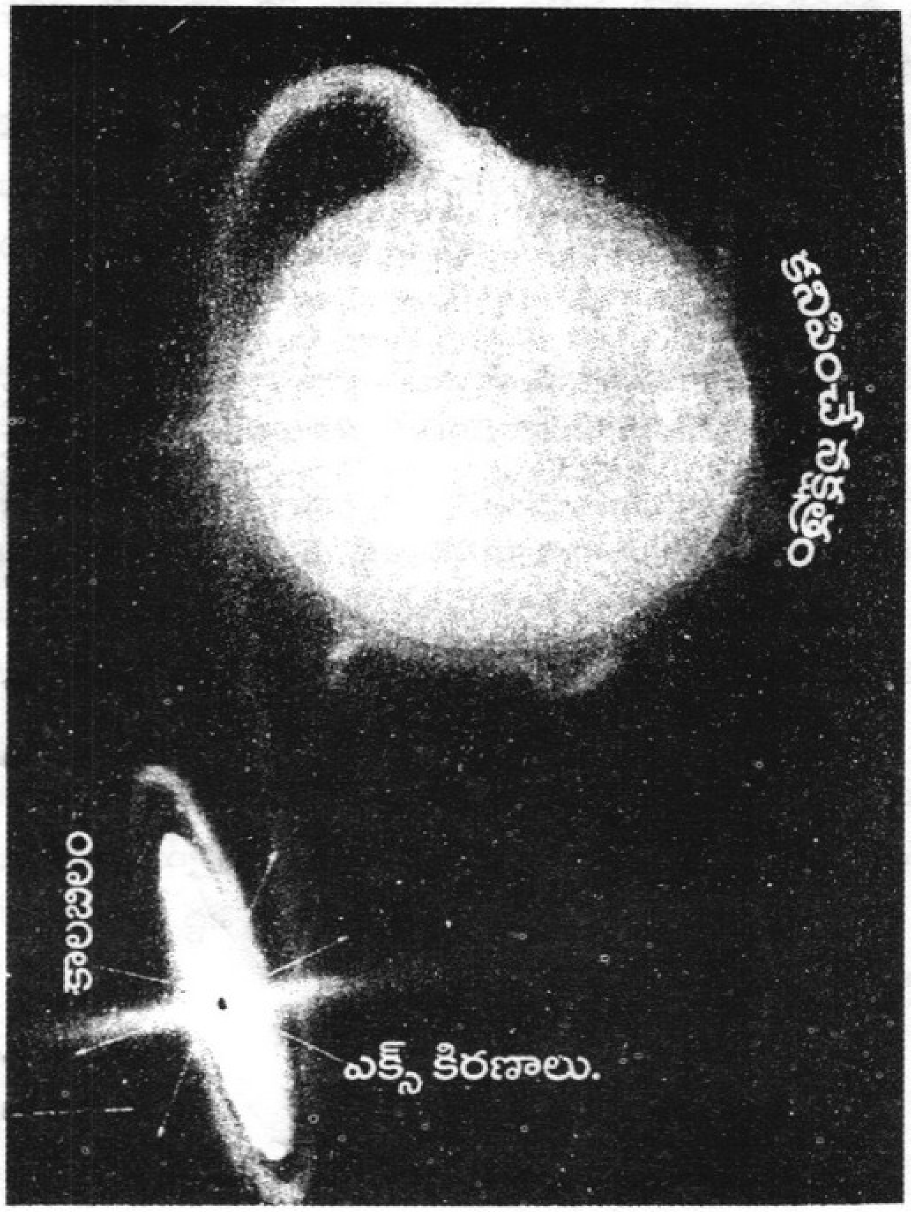
ఫోటోగ్రాఫ్‌లో కేంద్రానికి దగ్గరలోని కాంతివంతమైన నక్షత్రం పేరు సైగ్నస్ ఎక్స్1. అక్కడ ఒక కాలబిలమూ ఒక సామాన్య నక్షత్రమూ ఒకదాని చుట్టూ ఒకటి తిరుగుతున్నాయనుకుంటున్నారు.
చిత్రం 6.2.

మన గెలాక్సీలోనూ మన పొరుగునున్న మరో రెండు గెలాక్సీలలోనూ Cygnus లాంటి వ్యవస్థలలో కాలబిలాలున్నాయని చెప్పడానికి ఆధారాలు కనిపిస్తున్నాయి. కాలబిలాల సంఖ్య చాలా ఎక్కువగానే ఉంది. సుదీర్ఘ విశ్వ చరిత్రలో అనేక నక్షత్రాలు తమ పరమాణు ఇంధనాన్ని అంతటినీ మండించి పతనమైపోయి ఉండవచ్చు. కనిపించే నక్షత్రాల కంటే కూడా ఎక్కువ సంఖ్యలో ఇవి ఉండి ఉండవచ్చు. కనిపించే నక్షత్రాలే కేవలం మన గెలాక్సీలోనే సుమారు పది వేల కోట్లుంటాయి. మన గెలాక్సీ ఈ వేగంతో పరిభ్రమించడానికి కారణం పెద్ద సంఖ్యలో ఉన్న ఈ కాలబిలాలు

అదనంగా సృష్టిస్తున్న గురుత్వాకర్షణే. ఎందుకంటే కనిపించే నక్షత్రాల ద్రవ్యరాశి మాత్రమే ఇంతటి గురుత్వాకర్షణశక్తిని సృష్టించలేదు. సూర్యుడికి లక్ష రెట్లు పెద్దదైన ద్రవ్యరాశితో మన గెలాక్సీ కేంద్ర ప్రాంతంలో ఒక కాలబిలం ఉందని చెప్పడానికి మనకు కొంత సాక్ష్యం ఉంది. దీనికి దగ్గరగా వచ్చే నక్షత్రాలు చీలిపోక తప్పదు. నక్షత్రంలో కాలబిలానికి దగ్గరగా ఉన్న భాగానికీ అంతకంటే దూరంగా ఉన్న భాగానికీ మధ్య గురుత్వాకర్షణలలో ఉండే తేడా దీనికి కారణం. ఆ నక్షత్రాల అవశేషాలు, దానిలోని వాయువులు కాలబిలంలో పతనమవుతాయి. Cygnus X-1లో లాగానే వాయువు లోలోపల ఆవృతంలో పరిభ్రమిస్తుంది. వేడెక్కుతుంది. అయితే Cygnus X-1 లో వేడెక్కినంతగా వేడెక్కదు. కనుక ఎక్స్‌రేలను ప్రసరించదు. రేడియో తరంగాలనూ ఇన్‌ఫ్రా రెడ్ కిరణాలనూ అది ప్రసరిస్తుంది. ఈ కిరణాలు బాగా ఒత్తుగా ఉంటాయి. వీటిని పాలపుంత (galactic) కేంద్రంలో గమనించారు.

ఇటువంటి కాలబిలాలూ ఇంతకంటే ఎన్నో రెట్ల పెద్ద కాలబిలాలూ Quasars కేంద్రాలలో ఉంటాయని భావిస్తున్నారు. ఇవి సూర్యుడి కంటే పది కోట్లరెట్ల ద్రవ్యరాశి కలిగి ఉంటాయి. అటువంటి భారీ ప్రమాణంలో ఉండే కాలబిలాల్లో పడిపోయే పదార్థమే అవి విడుదల చేస్తున్న భారీ శక్తికి కారణాలు. ఆ పదార్థం కాలబిలంలో సుడులు తిరుగుతూ పడిపోతుంది. ఆ కాలబిలం కూడా అదే దిశగా పరిభ్రమించేలా చేస్తుంది. ఆ సందర్భంలో భూమి లాగానే కాలబిలం కూడా ఒక అయస్కాంతక్షేత్రాన్ని సృష్టించుకుంటుంది. దాని లోపల పడిపోయే పదార్థం కారణంగా అత్యధిక శక్తి కలిగిన కణాలు పుడతాయి. కాలబిలపు అయస్కాంతశక్తి ఎంత బలంగా ఉంటుందంటే అది ఈ కణాలను జెట్‌లలాగా తన పరిభ్రమణ అక్షంతో పాటు బయటకు ఉత్తర దక్షిణ ధృవాల దిశలో నెడుతుంది. అనేక పాలపుంతలలోనూ, Quasars లోనూ ఈ జెట్‌లను పరిశీలించారు.

సూర్యుని ద్రవ్యరాశి కంటే తక్కువ ద్రవ్యరాశి గల కాలబిలాలు కూడా ఉండవచ్చు. అవి చంద్రశేఖర్ పరిమితి కంటే తక్కువ ఉండడం వల్ల కాలబిలాలుగా మారడానికి గురుత్వాకర్షణపతనం కారణం కాదు. ఈ పరిమితిలో ద్రవ్యరాశి కలిగిన నక్షత్రాలు వాటి పరమాణు ఇంధనం అంతమైపోయాక కూడా గురుత్వాకర్షణశక్తికి వ్యతిరేకంగా తమను తాము నిలబెట్టుకోగలుగుతాయి. అపారమైన బాహ్య ఒత్తిడుల కారణంగా పదార్థం అత్యంత సాంద్రతర స్థితికి ఒత్తబడితే మాత్రమే తక్కువ ద్రవ్యరాశితో ఉన్న నక్షత్రాలు కాలబిలాలుగా మారవచ్చు. అటువంటి పరిస్థితులు భారీ హైడ్రోజన్ బాంబు



చిత్రం 6.3

పేలడంవల్ల తలెత్తవచ్చు. మొత్తం ప్రపంచంలోని సముద్రాల భార జలం అంతా ఉపయోగించి హైడ్రోజన్ బాంబు తయారుచేస్తే అది కేంద్రకం దగ్గర పదార్థాన్ని ఎంతగా ఒత్తుతుందంటే దాని నుంచి ఒక కాలబిలం తయారు చేయవచ్చు అని భౌతిక శాస్త్రవేత్త జాన్ వీలర్ అంచనా వేశాడు. (దానిని గమనించడానికి మాత్రం

ఎవరూ మిగిలి ఉండరు, మరి.) మరింత ఆచరణాత్మకమైన పరిష్కారం ఏమంటే విశ్వం తొలి దశలో బ్రహ్మాండమైన వేడీ ఒత్తిడీ ఉన్నప్పుడు అటువంటి కాలబిలాలు ఏర్పడి ఉండవచ్చు. తొలి విశ్వం సున్నితంగా, ఏక రూపంగా ఉండి ఉండదు. అప్పుడు సగటు సాంద్రత కంటే అధికంగా ఉన్న ప్రాంతం అమితమైన ఒత్తిడికి లోనై కాలబిలంగా ఏర్పడడానికి అవకాశం ఉండింది. విశ్వం ఆనాడు కూడా అపక్రమంగానే ఉండి ఉంటుంది. అలాకాకుంటే రకరకాలుగా నక్షత్రాలుగానూ పాలపుంతలుగానూ ఇంత వైవిధ్యభరితంగా ఉండడానికి బదులు ప్రస్తుత విశ్వం పూర్తిగా ఏకరూపంగా ఉండి ఉండేది.

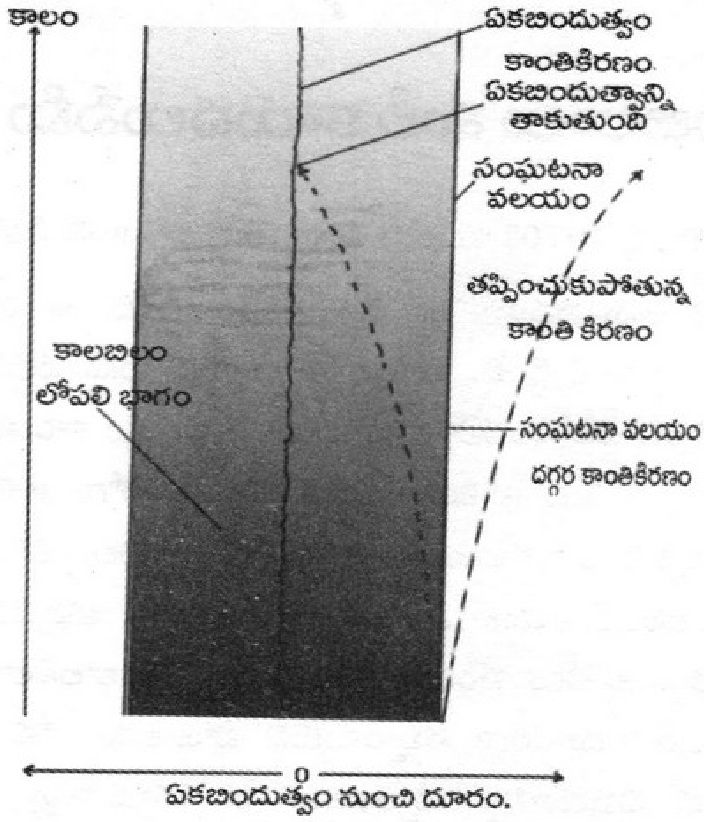
నక్షత్రాలనూ పాలపుంతలనూ ఏర్పర్చిన అపక్రమ పరిస్థితులే అసంఖ్యాకమైన తొలి కాలబిలాలని కూడా రూపొందించి ఉంటాయా అన్న ప్రశ్నకు సమాధానం కావాలంటే తొలి విశ్వం నాటి పరిస్థితులను అధ్యయనం చేయాలి. ఇప్పుడు తొలి కాలబిలాలు ఎన్ని ఉన్నాయి అన్నదానిని బట్టి తొలినాటి విశ్వం గురించి మనం చాలా తెలుసుకోవచ్చు. వంద కోట్ల టన్నుల ద్రవ్యరాశితో (ఒక పెద్ద పర్వతమంత) ఉన్న తొలి కాలబిలాలను, మనకు కనిపించే ఇతర గోళాలపైన వాటి గురుత్వాకర్షణ శక్తిని బట్టి కనుగొనవచ్చు. విశ్వం విస్తరించడాన్ని బట్టి కూడా కనుగొనవచ్చు. కాలబిలాలన్నవి పూర్తిగా కారు నలుపు కాదన్న సంగతిని మనం తర్వాతి అధ్యాయంలో చూస్తాం. ఒక వేడి వస్తువు లాగానే అవి కూడా ప్రకాశిస్తాయి. అవి ఎంత చిన్నగా ఉంటే అంత ఎక్కువగా ప్రకాశిస్తాయి. వింత ఏమంటే పెద్ద కాలబిలాల కంటే చిన్న కాలబిలాలను కనుగొనడమే తేలిక.

7

కాలబిలాలు మరీ కారునలుపేమీ కాదు

నా పరిశోధన 1970కి ముందు ప్రధానంగా బిగ్‌బాంగ్ ఏకబిందుత్వం అన్నది ఉందా? లేదా? అన్న సమస్య పైన కేంద్రీకరించబడింది. ఆ ఏడాది నవంబర్‌లో మా అమ్మాయి లూసీ పుట్టింది. ఆ తర్వాత ఆ రాత్రి నేను పడుకోబోయే ముందు కాలబిలాల గురించి ఆలోచించసాగాను. నా అంగ వైకల్యం కారణంగా నేను పడకపై చేరడం అన్నది ఒక పెద్ద ప్రక్రియ. కనుక నాకు ఈలోగా ఆలోచించుకోవడానికి కావాల్సినంత వ్యవధి దొరుకుతుంది. స్థలకాలంలో కాలబిలం లోపల ఏ బిందువులు ఉంటాయి? కాలబిలం బయట ఏ బిందువులుంటాయి? అప్పటికి ఈ విషయంలో ఖచ్చితమైన నిర్వచనం లేదు. సంఘటనల వ్యవస్థగా నేను కాలబిలాన్ని నిర్వచించాను. దాని నుంచి ఏదీ దూరంగా తప్పించుకుని పోజాలదు. నేను అప్పటికే రోజర్ పెన్‌రోజ్‌తో ఈ విషయాన్ని చర్చించాను. ఆ నిర్వచనాన్ని ఇప్పుడు సర్వత్రా ఆమోదిస్తున్నారు. కాలబిలం సరిహద్దుని నేను సంఘటనా క్షితజంగా నిర్వచించాను. కాలబిలం నుంచి బయటకు పోవడానికి విఫలమైన కాంతి కిరణాల పథం ఈ క్షితిజాన్ని ఏర్పరుస్తుందని అర్థం. అవి ఎప్పటికీ అంచుపైనే తారాడుతుంటాయి.

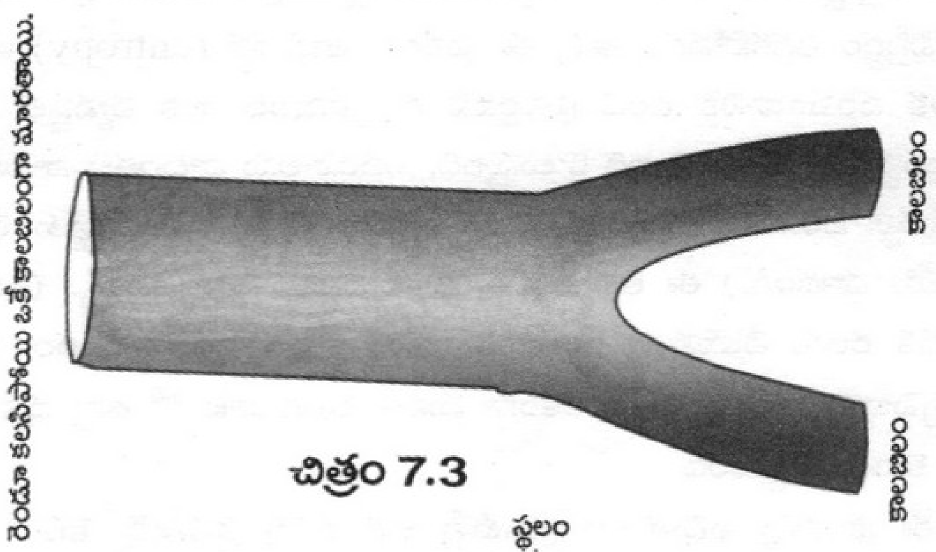
ఇది పోలీసు నుంచి తప్పించుకుని పారిపోవడం లాంటిదే. పోలీసు కంటే ఇక్కడ ఒక్క అడుగు ముందు ఉండవచ్చు. కాని పూర్తిగా తప్పించుకోవడం మాత్రం అసాధ్యం. ఈ కాంతి కిరణాల మార్గాలు ఎప్పటికీ ఒకదానితో ఒకటి కలవవు. ఈ సంగతి నాకు హఠాత్తుగా అర్థమైంది. కాంతి కిరణాలు అలా కలిస్తే చివరికవి ఒకదానిలో ఒకటి దూరతాయి. పోలీసు నుంచి మీరు తప్పించుకుని పారిపోతూ మీ లాగే ఎదురుగా పారిపోయి వస్తున్న మరో వ్యక్తిని ఢీకొట్టడం లాంటిదిది. అప్పుడు మీ ఇద్దరూ దొరికిపోతారు. (ఈ సందర్భంలో కాలబిలంలో పడిపోతారు.) ఈ కాంతి కిరణాలను కాలబిలం మింగేసి ఉంటే అవి కాలబిలం సరిహద్దుపైన ఉండి ఉండేవి కావు. కనుక సంఘటనా క్షితిజంలోని కాంతి కిరణాలు ఎప్పుడూ సమాంతరంగా కదులుతూ ఉండాలి. లేదా ఒకదానికొకటి దూరంగానైనా జరుగుతూ ఉండాలి. సంఘటనా క్షితిజం అంటే కాలబిలం సరిహద్దు. జరగబోయే వినాశనానికి ఒక నీడ



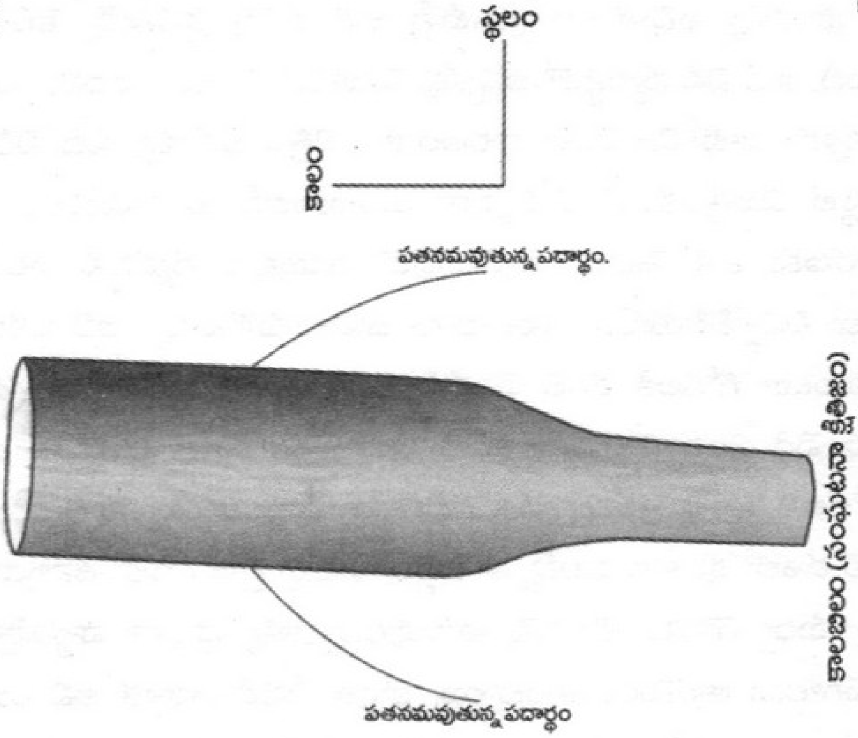
చిత్రం 7.1

అంచులాగా కూడా దీనిని ఊహించవచ్చు. చాలా దూరాన ఉన్న సూర్యుని లాంటి ఒక మూలాధారపు నీడని గమనిస్తే అంచులో ఉన్న కాంతి కిరణాలు ఒకదానినొకటి తాకడం లేదని గుర్తిస్తారు. సంఘటనా క్షితిజాన్ని ఏర్పర్చే కాంతి కిరణాలే కాలబిలం సరిహద్దుని రూపొందిస్తున్న కాంతి కిరణాలు. ఇవి ఎప్పటికీ ఒకదానినొకటి సమీపించవు. సంఘటనా క్షితిజ విస్తీర్ణం ఒకేలా ఉండవచ్చు. పెరగనూవచ్చు. కాని ఎన్నటికీ తరగదు. ఎందుకంటే, అలా తరిగితే కాలబిలం సరిహద్దులోని కొన్ని కాంతి కిరణాలయినా ఒకదానినొకటి సమీపిస్తూ ఉండాలి. నిజానికి కాలబిలంలో పదార్థంగానీ రేడియేషన్‌గానీ పడినప్పుడల్లా దాని విస్తీర్ణం పెరుగుతుంది. రెండు కాలబిలాలు ఢీకొంటేనో ఒకటిగా కలిసిపోతేనో ఏర్పడిన కాలబిలం విస్తీర్ణం ఆ రెండు కాలబిలాల విస్తీర్ణాల మొత్తంతో సమానంగా ఉంటుంది. లేదా అంతకంటే ఎక్కువుంటుంది.

సంఘటనా క్షితిజ విస్తీర్ణత ఎప్పుడూ తగ్గదు. ఈ లక్షణం కాలబిలాల ప్రవర్తనపైన కొన్ని పరిమితులు విధించింది. ఈ నా ఆవిష్కరణ నన్ను బాగా ఉద్విగ్నతకు లోనుచేసింది. ఆ రాత్రి నాకు సరిగా నిద్ర పట్టలేదు. తెల్లవారగానే నేను రోజర్



చిత్రం 7.3



చిత్రం 7.2

పెన్‌రోజ్‌తో ఫోన్‌లో మాట్లాడాను. ఆయన నాతో ఏకీభవించాడు. నిజానికి కాలబిలం విస్తీర్ణానికి ఉన్న ఈ లక్షణం గురించి ఆయనకు ముందే తెలుసనుకుంటాను. అయితే కాలబిలానికి సంబంధించిన మరో నిర్వచనాన్ని ఆయన ఉపయోగిస్తున్నాడు. ఈ రెండు నిర్వచనాలకూ స్వల్పంగా తేడా ఉంది. కాలబిలం కాలంతో పాటు మారని స్థితికి చేరుకున్నాక, రెండు నిర్వచనాలలోనూ కాలబిలం సరిహద్దులు ఒకటే కనుక

వాటి విస్తీర్ణాలు కూడా ఒకటే అన్న విషయాన్ని మాత్రం ఆయన గ్రహించలేదు.

విస్తీర్ణం తగ్గకపోవడం అన్న ఈ ప్రవర్తన అవ్యవస్థ (entropy) అనబడే ఒక భౌతిక పరిమాణానికి ఉండే ప్రవర్తనని గుర్తుచేస్తుంది. ఒక వ్యవస్థలో ఏ మేరకు అవ్యవస్థ ఉందన్నదానిని ఇది కొలుస్తుంది. విషయాలను వాటంతట వాటిని వదిలేస్తే అవ్యవస్థ పెరుగుతుందన్నది వ్యవహార జ్ఞానం. (ఇంటిని మరమ్మతు చేయకుండా వదిలేసి చూడండి.) ఈ అవ్యవస్థ నుంచి వ్యవస్థను సృష్టించవచ్చు. (ఉదాహరణకు ఇంటికి రంగు వేయవచ్చు.) అయితే దానికి కొంత కృషి అవసరం. కొంత శక్తి ఖర్చుపెట్టాల్సి ఉంటుంది. ఆ రకంగా మనకు అందుబాటులో ఉన్న వ్యవస్థీకృతమైన శక్తి కొంత తగ్గుతుంది.

ఈ భావాన్ని ఖచ్చితంగా ప్రకటిస్తే అది థర్మో డైనమిక్స్ రెండో నియమం అవుతుంది. ఒక విడి వ్యవస్థలో అవ్యవస్థ పెరుగుతూనే ఉంటుందనీ, రెండు వ్యవస్థలు కలసినప్పుడు వాటి మేళవింపు కారణంగా తలెత్తిన అవ్యవస్థ విడి విడిగా రెండింటి అవ్యవస్థల మొత్తంకంటే ఎక్కువగా ఉంటుందనీ ఆ నియమం చెబుతుంది. ఉదాహరణకు ఒక పెట్టెలో వాయువులో అణువుల వ్యవస్థని పరిశీలిద్దాం. ఈ అణువులు చిన్న బిలియర్డ్ బంతులులాగా ఊహించుకోవచ్చు. ఇవి ఒకదానితో ఒకటి ఢీకొట్టుకుంటూ గోడలకి తగిలి వెనకకు వస్తూ ముందుకు వెళుతూ ఉంటాయి. ఆ వాయువు వేడి ఎంత ఎక్కువగా ఉంటే వాటి వేగం అంత ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఆ పెట్టె గోడలని అంతే తరచుగానూ గట్టిగానూ ఢీకొంటాయి. మధ్యలో గోడ కట్టడం వల్ల తొలి దశలో ఈ అణువులన్నీ ఆ పెట్టెలో ఎడమ వైపు గదిలో ఉన్నాయనుకుందాం. అప్పుడు మధ్య గోడను తొలగిస్తే అణువులన్నీ అన్ని వైపులా వ్యాపిస్తాయి. పెట్టెలో రెండు సగాలను ఆక్రమించుకుంటాయి. కొంత సేపటి తర్వాత అవి యాదృచ్ఛికంగా అరుదుగా అన్నీ కుడి వైపో, అన్నీ ఎడమ వైపో ఉంటే ఉండవచ్చు. కాని సర్వ సాధారణంగా జరిగేదేమంటే రెండు సగాలలోనూ దాదాపు చెరి సమానంగా ఈ అణువులు వ్యాపిస్తాయని చెప్పవచ్చు. ఒక సగంలో ఈ అణువులన్నీ ఉన్నప్పటి కంటే ఇప్పుడు రెండు సగాలలోనూ వ్యాపించినప్పుడు మరింత అవ్యవస్థ ఉందని అర్థం. ఉదాహరణకు రెండు పెట్టెలున్నాయనుకుందాం. ఒకదానిలో ఆక్సిజన్ అణువులున్నాయి. రెండో దానిలో నైట్రోజన్ అణువులున్నాయి. ఆ రెండు పెట్టెలనూ కలిపి రెండింటి మధ్య ఉన్న గోడలను తొలగిస్తే ఆక్సిజన్ అణువులు, నైట్రోజన్ అణువులు కలవడం మొదలవుతుంది. కొంతసేపటి తర్వాత రెండు పెట్టెల నిండా

ఆక్సిజన్, నైట్రోజన్ అణువులు దాదాపు ఏకరూపంగా విస్తరించడం అన్నది సహజం. ఇది అస్తవ్యస్థ స్థితి. రెండు విడి విడి పెట్టెలు ఉన్నప్పటి కంటే ఈ పరిస్థితి మరింత అవ్యవస్థమని చెప్పవచ్చు.

థర్మో డైనమిక్స్‌కి ఉన్న ఈ రెండో నియమానికి ఇతర శాస్త్ర నియమాల కంటే భిన్నమైన స్థానం ఉంది. న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ నియమానికున్న స్థానంలాంటిదే ఇది కూడా. ఇది అత్యధిక సందర్భాలలో వర్తిస్తుందే తప్ప అన్ని సందర్భాలలోనూ వర్తించకపోవచ్చు. వాయువులోని అణువులన్నీ కట్టకట్టుకుని పెట్టెలోని ఒక పార్శ్వంలోనే ఉండడం అన్నది కోట్లలో ఒకసారి అరుదుగా జరగవచ్చు. అయినా అలా జరగడానికి అవకాశం ఉంది కదా. అయితే మనకు దగ్గరలో ఒక కాలబిలం ఉండి ఉంటే ఈ రెండో నియమాన్ని ఉల్లంఘించడం తేలికేననిపిస్తుంది. ఒక పెట్టెలో పెట్టిన వాయువులాగా పూర్తిగా అవ్యవస్థమైన పదార్థాన్ని కాలబిలంలోకి విసిరి వేయండి. కాలబిలం బయట ఉన్న పదార్థంలోని అవ్యవస్థ తగ్గుతుంది. అయితే కాలబిలంలో ఉన్న అవ్యవస్థతోసహా మొత్తంగా అవ్యవస్థ తగ్గదు కదా అని ఎవరైనా అనవచ్చు. కాలబిలం లోపల తొంగిచూసే అవకాశం మనకు లేదు. కాలబిలంలోని పదార్థంలో ఎంత అవ్యవస్థ ఉందో మనం గమనించలేం. కాలబిలానికి సంబంధించిన ఏదో ఒక ధర్మాన్ని బట్టి దానిలో ఉన్న అవ్యవస్థను దానికి బాహ్యంగా ఉన్నవారు చెప్పగలిగితే బాగానే ఉంటుంది. అవ్యవస్థతో కూడిన పదార్థం పడినప్పుడల్లా కాలబిలంలో అవ్యవస్థ పెరుగుతోందని చెప్పగలిగితే బాగానే ఉంటుంది. సంఘటనా క్షితిజ విస్తీర్ణమే కాలబిలపు అవ్యవస్థకు కొలమానం అని ప్రిన్స్టన్ విశ్వవిద్యాలయంలో రీసెర్చి చేస్తున్న జాకబ్ డెకెన్‌స్టీన్ అనే విద్యార్థి సూచించాడు. కాలబిలంలో పదార్థం పడినప్పుడల్లా సంఘటనా వలయం విస్తీర్ణం పెరుగుతుందన్న అవిష్కరణను ఆయన ఉపయోగించుకున్నాడు. అవ్యవస్థను కలిగి ఉన్న పదార్థం కాలబిలంలో పడితే దాని సంఘటనా వలయం విస్తీర్ణం పెరుగుతుంది. కనుక దీనిని బట్టి కాలబిలానికి ఆవల ఉన్న పదార్థపు అవ్యవస్థా సంఘటనా వలయపు వైశాల్యపు అవ్యవస్థా కలిపి చూస్తే ఆ మొత్తం ఎప్పటికీ తగ్గదు.

థర్మో డైనమిక్స్ రెండో నియమాన్ని ఉల్లంఘనకు గురి కాకుండా ఈ సూచన చాలా సందర్భాల్లో నిరోధిస్తున్నట్టుగా కనిపిస్తుంది. అయితే ఇందులో ఒక ఘోరమైన పొరపాటు ఉంది. ఒక కాలబిలానికి అవ్యవస్థ ఉంటే దానికి ఉష్ణోగ్రత కూడా ఉండి ఉండాలి. ఒక నిర్దిష్ట ఉష్ణోగ్రత కలిగిన వస్తువు ఏదైనా ఏదో ఒక వేగంతో రేడియేషన్‌ని

ప్రసరిస్తుంది. ఏ వస్తువునైనా మంటలో పడేసి ఎర్రగా కాలిస్తే అది రేడియేషన్‌ని ప్రసరిస్తుందన్నది అనుభవంలో అందరికీ తెలిసిందే. అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత ఉన్న వస్తువు కూడా రేడియేషన్‌ని విడుదల చేస్తుంది. కాకుంటే అది మరీ స్వల్పంగా ఉండడం వల్ల దానిని గమనించడం సులభం కాకపోవచ్చు. ఈ రెండో నియమం ఉల్లంఘించబడకుండా ఉండాలంటే రేడియేషన్ అవసరం. కనుక కాలబిలాలు రేడియేషన్‌ని ప్రసరించాల్సి ఉంటుంది. కాని వాటి నిర్వచనం ప్రకారం కాలబిలాలు దేనినీ ప్రసరించరాదు. కనుక కాలబిలపు సంఘటనా క్షితిజ విస్తీర్ణాన్ని దాని అవ్యవస్థగా పరిగణించరాదేమో అనిపించింది. 1972లో బ్రాండన్ కార్టర్‌తోనూ ఒక అమెరికన్ సహచరుడు జిమ్ బార్డీన్‌తోనూ కలిసి నేనొక పత్రాన్ని సమర్పించాను. సంఘటనా క్షితిజపు విస్తీర్ణానికీ దాని అవ్యవస్థకూ చాలా పోలికలున్నప్పటికీ పైనచెప్పిన ఈ ఇబ్బంది ఉందన్న సంగతిని మేము ఆ పత్రంలో పేర్కొన్నాం. సంఘటనా క్షితిజ విస్తీర్ణపు పెరుగుదల గురించిన నా ఆవిష్కరణను బెకెన్‌స్టీన్ దుర్వినియోగం చేశాడని నేను ఆనాడు భావించాను. ఈ పత్రం రాయడానికి కొంత కారణం అతనిపై అప్పటికి నాకున్న చికాకు కూడా అని నేను ఒప్పుకుంటాను. చివరికి అతను చెప్పింది సరిగానే ఉందని రుజువైంది. అయితే అతడు ఊహించని తరహాలో మాత్రమే అది రుజువైంది.

1973 సెప్టెంబర్‌లో నేను మాస్కో వెళ్లాను. అక్కడ యాకోవ్ జెల్డోవిచ్, అలెగ్జాండర్ స్తారోబినిస్కీలతో కాలబిలాల గురించి చర్చించాను. వారిరువురూ సుప్రసిద్ధులైన సోవియట్ నిపుణులు. క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ అనిశ్చితా సూత్రం ప్రకారం పరిభ్రమించే కాలబిలాలు కణాలను సృష్టిస్తాయనీ ప్రసరిస్తాయనీ వారు నాకు నచ్చజెప్పగలిగారు. భౌతిక అంశాల ప్రాతిపదికపైన నేను వారి వాదనలను నమ్మాను. అయితే కణాల ప్రసరణలను వారు అంచనా కట్టిన గణిత శాస్త్ర పద్ధతి మాత్రం నాకు నచ్చలేదు. కనుక నేను మరింత మెరుగైన గణిత శాస్త్ర పద్ధతిని కనుగొనడానికి ప్రయత్నించాను. 1970 నవంబర్ చివరిలో ఆక్స్‌ఫర్డ్‌లో జరిగిన ఒక అనధికార సెమినార్‌లో నేను ఈ విషయాన్ని వివరించాను. ఎన్ని కణాలు విడుదల అవుతాయో తెలుసుకోవడానికి తోడ్పడే లెక్కలను అప్పటికి నేను వేయలేదు. పరిభ్రమిస్తున్న కాలబిలాల నుంచి జెల్డోవిచ్, స్తారోబినిస్కీలు ఊహించినంతే రేడియేషన్ విడుదల అవుతుందని నేనూ అనుకున్నాను. అయితే నేను సరిగా లెక్కలు వేసినప్పుడు ఒక ఆశ్చర్యకరమైన విషయం తెలిసింది. పరిభ్రమించని బ్లాక్‌హోల్స్ సైతం కణాలను సృష్టించి ఒక నిర్దిష్టమైన వేగంతో ప్రసరిస్తాయని తెలిసింది. ఈ విషయం నన్ను కొంత చికాకుపర్చింది కూడా.

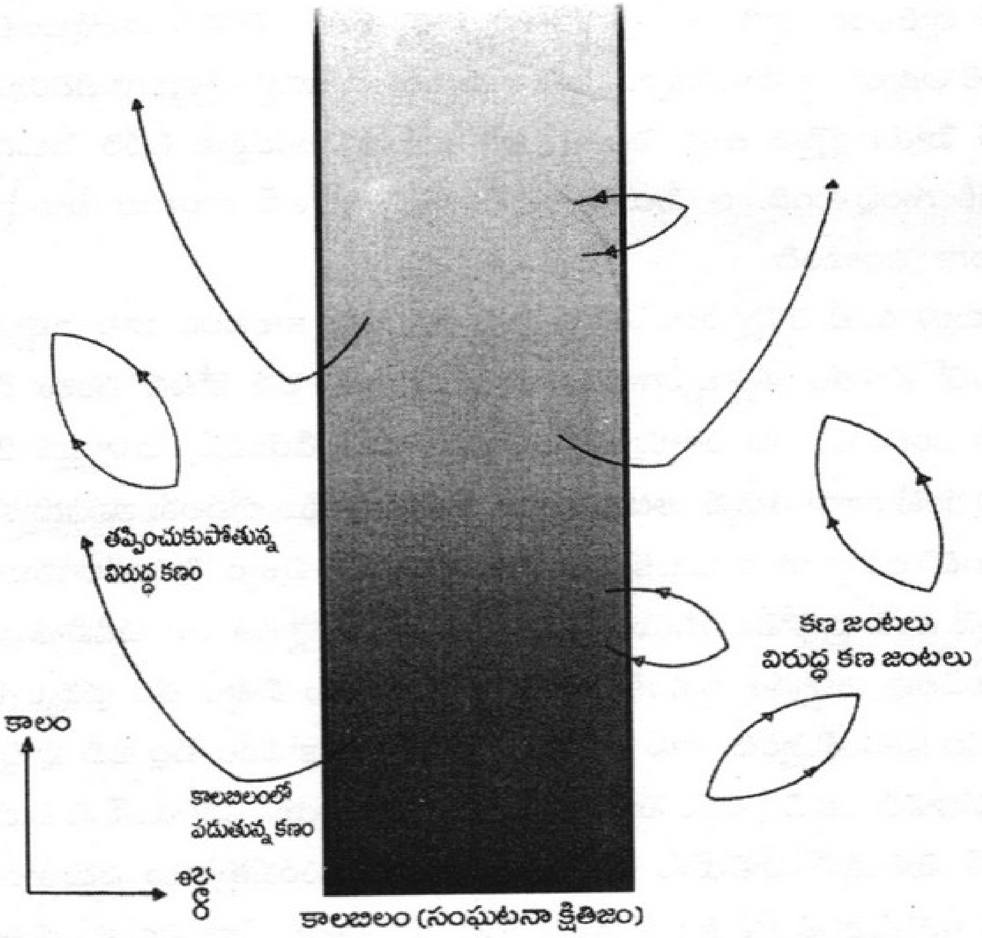
నేను అనుసరించిన పద్ధతులలో ఏదో ఒకటి తప్పు అయి ఉండవచ్చుననిపించింది. ఈ విషయం బెకెన్‌స్టీన్‌కి తెలిసిపోతుందేమో అని కూడా నేను భయపడ్డాను. ఎందుకంటే కాలబిలపు అవ్యవస్థ గురించిన తన భావాలను సమర్థించుకోవడానికి దీనిని మరో సాక్ష్యంగా ఉపయోగించుకోవచ్చునని అనిపించింది. అప్పటికి నాకది ఇంకా గిట్టలేదు. అయినా ఆలోచించిన కొద్దీ నేను ప్రయోగించిన పద్ధతులన్నీ సరైనవేనని అనిపించింది. ఆఖరికి నన్ను పూర్తిగా ఆమోదింపజేసిన అంశం ఏమంటే విడుదలయిన కణాల వర్ణచిత్రం ఒక వేడి వస్తువు విడుదల చేసే కణాల వర్ణచిత్రంలాగానే ఉంది. కాలబిలం సరిగా రెండో నియమం ఉల్లంఘనకు గురికాకుండా నిరోధించడానికి వీలైన ఖచ్చితమైన వేగంతో కణాలను విడుదల చేస్తుంది. ఇక అప్పటి నుంచి అనేక విభిన్న రూపాలలో ఇతర శాస్త్రవేత్తలు కూడా ఈ లెక్కలను చేశారు. కాలబిలం కూడా ఒక వేడి వస్తువు లాగానే కణాలనూ రేడియేషనునీ విడుదల చేస్తుందన్న విషయాన్ని వారంతా ధృవీకరించారు. కాలబిలం ఉష్ణోగ్రత దాని ద్రవ్యరాశిపైనే ఆధారపడి ఉంటుంది. ద్రవ్యరాశి ఎంత ఎక్కువుంటే ఉష్ణోగ్రత అంత తక్కువుంటుంది.

ఒక కాలబిలపు సంఘటనా క్షితిజం నుంచి ఏదీ తప్పించుకుని బయటకు పోలేదని మనకు తెలుసు. అటువంటప్పుడు అది కణాలను ప్రసరించడం ఎలా సాధ్యం? ఇక్కడ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం మనకు చెప్పేది ఏమంటే ఈ కణాలు కాలబిలం లోపల నుంచి రావు. కాలబిలపు సంఘటనా వలయానికి కొంచెం ఆవల ఉన్న 'ఖాళీ' స్థలం నుంచి ఈ కణాలు వస్తాయి. ఈ సంగతిని మనం ఈ రకంగా అర్థం చేసుకోవచ్చు: మనం 'ఖాళీ' స్థలమని ఆలోచించేది పూర్తిగా ఖాళీ కాదు. అదే నిజమైతే గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రమూ, విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రమూ సరిగా సున్నా అయి ఉండాలి. ఒక క్షేత్రం విలువా, కాలంతో పాటు మారే దాని చలనం రేటూ అన్నవి ఒక కణం స్థానంతోనూ వేగవృద్ధితోనూ సమానం. అనిశ్చితా సూత్రం ప్రకారం ఈ పరిమాణాలలో ఒకదాని గురించి ఎంత ఖచ్చితంగా తెలిస్తే మరో దాని గురించి అంతే తక్కువ ఖచ్చితంగా తెలుస్తుంది. కనుక ఖాళీ స్థలంలో క్షేత్రాన్ని సున్నాగా పరిగణించలేం. అలా సున్నాగా పరిగణిస్తే అప్పుడు క్షేత్రానికి ఖచ్చితమైన విలువ (సున్నా), ఖచ్చితమైన చలనం రేటు (ఇది కూడా సున్నాయే) ఉంటాయి. కాని, క్షేత్రం విలువలో కనీస అనిశ్చితి ఉండాలి. లేదా క్వాంటమ్ ఎగుడుదిగుళ్లు ఉండాలి. ఈ ఎగుడుదిగుళ్లను కాంతి కణాల జంటగానో గురుత్వాకర్షణ కణ ద్వయాలుగానో ఊహించుకోవచ్చు. అవి ఒకసారి రెండూ కలసి కనిపిస్తాయి. వేరైపోతాయి. మళ్లీ కలిసి వస్తాయి. ఒక

దానినొకటి సంహరించుకుంటాయి. సూర్యుడి నుంచి గురుత్వాకర్షణ శక్తిని తీసుకుపోయే కణాలలాగానే ఈ కణాలు కూడా సాక్షాత్‌కణాలు. వాటిని ప్రత్యక్షంగా గమనించడం సాధ్యం కాదు. పరమాణువుల కక్ష్యలలో ఎలక్ట్రాన్ శక్తిలో స్వల్పమైన మార్పుల లాంటి పరోక్ష ప్రభావాలను మాత్రం కొలవవచ్చు. ఇవి సైద్ధాంతిక ఊహాగానాలు సరిగానే ఉన్నాయని చాలావరకూ రుజువు చేస్తున్నాయి. అనిశ్చితా సూత్రం కూడా ఎలక్ట్రాన్స్ లేదా క్వార్క్స్ లాంటి పదార్థ సాక్షాత్‌కణాల జంటల లాంటివి ఉంటాయని అంచనా వేస్తుంది. ఈ సందర్భంలో ఈ జంటలో ఒకటి కణం, కాగా మరొకటి విరుద్ధ కణం. (కాంతి, గురుత్వాకర్షణల విరుద్ధ కణాలు కణాల లాంటివే)

శూన్యం నుంచి శక్తిని సృష్టించలేం. కనుక కణమూ విరుద్ధ కణమూ అనే జంటలో ఒకటి సానుకూల శక్తిని కలిగి ఉంటుంది. రెండోది, ప్రతికూల శక్తిని కలిగి ఉంటుంది. ప్రతికూల శక్తి కలిగిన కణం తక్కువ కాలం బతుకుతుంది. అది సాక్షాత్‌కణం. సాధారణ పరిస్థితులలో వాస్తవ కణాలు ఎప్పుడూ సానుకూల శక్తినే కలిగి ఉంటాయి. కనుక ప్రతికూల కణం దాని భాగస్వామితో సహా అంతం అవుతుంది. ఒక భారీ ద్రవ్యరాశి కలిగిన వస్తువుకు దగ్గరలో ఉన్న వాస్తవ కణం తక్కువ శక్తిని కలిగి ఉంటుంది. దూరంగా ఉన్న కణం ఎక్కువ శక్తిని కలిగి ఉంటుంది. ఎందుకంటే ఆ వస్తువు గురుత్వాకర్షణని తట్టుకుని దూరంగా వెళ్లాలంటే ఎక్కువ శక్తి అవసరం అవుతుంది. సాధారణంగా ఒక కణ శక్తి సానుకూలంగానే ఉంటుంది. కాని ఒక కాలబిలం లోపల గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రం ఎంత బలంగా ఉంటుందంటే వాస్తవ కణం సైతం అక్కడ ప్రతికూల శక్తిని కలిగి ఉండవచ్చు. ప్రతికూల శక్తి కలిగిన సాక్షాత్‌కణం కాలబిలంలో పడి వాస్తవ కణంగానో విరుద్ధ కణంగానో మారడానికి అవకాశం ఉంది. ఈ సందర్భంలో అది దాని జంటతో కలిసి అంతమైపోనక్కర్లేదు. దానితోపాటున్న భాగస్వామి కూడా అదే బ్లాక్‌హోల్‌లో పడిపోవచ్చు. లేదా సానుకూల శక్తిని కలిగి ఉండడం వల్ల ఒక వాస్తవ కణంగానో విరుద్ధ కణంగానో ఆ కాలబిలం పరిసరాల నుంచి తప్పించుకుని పోవచ్చు.

దూరంగా ఉన్న ఒక పరిశీలకునికి ఆ కణం కాలబిలం నుంచి విడుదల అయినట్టుగా కనిపిస్తుంది. కాలబిలం ఎంత చిన్నదైతే ప్రతికూల శక్తి కలిగిన కణం వాస్తవ కణంగా మారడానికిముందు ప్రయాణించాల్సిన దూరం అంత తక్కువ ఉంటుంది. ఆ రకంగా కణాల విడుదల వేగమూ ఆ కాలబిలపు ప్రత్యక్ష ఉష్ణోగ్రతా అంత ఎక్కువగా ఉంటుంది.



చిత్రం 7.4.

కాలబిలం నుంచి బయటకు పోయే రేడియేషన్‌లో ఉండే సానుకూల శక్తికీ కాలబిలంలో ప్రవేశించే ప్రతికూల శక్తికీ సమతూకం ఉంటుంది. $E= mc^2$ అనే ఐన్‌స్టీన్ సమీకరణ ప్రకారం ద్రవ్యరాశికి శక్తి అనులోమంగా ఉంటుంది. (**E** అంటే శక్తి, **m** అంటే ద్రవ్యరాశి. **c** అంటే వేగం.) ప్రతికూలశక్తి కాలబిలంలో ప్రవేశిస్తే దాని ద్రవ్యరాశి తగ్గుతుంది. కాలబిలం తన ద్రవ్యరాశిని కోల్పోతూ ఉంటే దాని సంఘటనా క్షితిజం రాను రాను చిన్నదవుతుంది. బ్లాక్‌హోల్ అవ్యవస్థ తగ్గుతుంది. అయితే కాలబిలపు అవ్యవస్థలో ఈ తరుగుదలని మించి కాలబిలం బయటకు పంపిస్తున్న రేడియేషన్‌లో అవ్యవస్థ ఉంటుంది. కనుక రెండో నియమం ఎప్పుడూ ఉల్లంఘనకు గురికాదు.

అంతేకాదు. కాలబిలపు ద్రవ్యరాశి ఎంత తక్కువ ఉంటే దాని ఉష్ణోగ్రత అంత తక్కువ ఉంటుంది. కాలబిలం తన ద్రవ్యరాశిని కోల్పోతున్నకొద్దీ దాని ఉష్ణోగ్రతా

అది విడుదల చేసే దాని కణాల వేగమూ పెరుగుతుంది. కనుక ఆ సందర్భంలో మరింత త్వరితంగా అది తన ద్రవ్యరాశిని కోల్పోతుంది. చివరికి కాలబిలంలోని ద్రవ్యరాశి అత్యల్పంగా మారినప్పుడు ఏమి జరుగుతుంది అన్నది స్పష్టంగా తెలియదు. అత్యంత హేతుబద్ధమైన ఊహ ఏమంటే అది ఒక భయంకరమైన చివరి పేలుడుకీ విడుదలకీ గురవుతుంది. ఆ పేలుడు లక్షోపలక్షల హైడ్రోజన్ బాంబుల పేలుడుతో సమానంగా ఉంటుంది.

సూర్యుని కంటే కొన్ని రెట్లు ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి ఉన్న కాలబిలం దాని ఉష్ణోగ్రత విషయంలో మాత్రం అత్యల్పంగా ఉంటుంది. సున్నాకి పైన కోటవ వంతు డిగ్రీ మాత్రమే ఉంటుంది. ఇది విశ్వాన్ని నింపిన మైక్రో వేవ్ రేడియేషన్ (సున్నాపైన 2.7 డిగ్రీలు.) కంటే కూడా తక్కువ. అటువంటి కాలబిలాలు తాము లోపలకు ఇముడ్చుకునే దాని కంటే తక్కువగా బయటకు విడుదల చేస్తాయి. విశ్వం నిరంతరాయంగా విస్తరిస్తూనే ఉంటే మైక్రోవేవ్ రేడియేషన్ వల్ల ఏర్పడే దాని ఉష్ణోగ్రత బాగా పడిపోతుంది. అది కాలబిలపు ఉష్ణోగ్రత స్థాయికి పడిపోవచ్చు. అప్పుడు విశ్వం తన ద్రవ్యరాశిని కోల్పోవడం ప్రారంభిస్తుంది. దాని ఉష్ణోగ్రత అతి స్వల్పం కావడం వల్ల అది పూర్తిగా ఆవిరైపోవడానికి ఒక మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ సంవత్సరాలు పడుతుంది. (1పక్కన 62 సున్నాలు) విశ్వం వయసు కంటే ఇది చాలా చాలా ఎక్కువ. (విశ్వం వయసు మహా అయితే 1లేదా 2పక్కన 10 సున్నాలు ఉంటుంది.) ఆరో అధ్యాయంలో మనం చెప్పుకున్నట్టుగా విశ్వం తొలి దశలో ఏర్పడిన తొలి కాలబిలాలు కూడా ఉంటే ఉండవచ్చు. వీటి ద్రవ్యరాశి తక్కువే ఉంటుంది. విశ్వం తొలి దశలలోని అస్తవ్యస్త పతనం కారణంగా ఇవి ఏర్పడి ఉండవచ్చు. వీటి ఉష్ణోగ్రత మాత్రం ఎక్కువే ఉంటుంది. ఇవి రేడియేషన్‌ని పెద్ద స్థాయిలోనే విడుదల చేస్తూ ఉండవచ్చు. ఒక వంద కోట్ల టన్నుల తొలి ద్రవ్యరాశితో ఉండే తొలి కాలబిలపు జీవిత కాలం సుమారు విశ్వం వయసుతో సమానంగా ఉంటుంది. ఇంతకంటే తక్కువ తొలి ద్రవ్యరాశి కలిగిన తొలి కాలబిలాలు ఈ పాటికే పూర్తిగా ఇగిరిపోయి ఉంటాయి. అంతకంటే ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి కలిగిన తొలి కాలబిలాలు మాత్రం ఇంకా ఇప్పటికీ ఎక్స్‌రేల రూపంలోనూ గామా కిరణాల రూపంలోనూ రేడియేషన్‌ని విడుదల చేస్తూనే ఉంటాయి. ఎక్స్‌రేలు, గామా కిరణాలు కూడా కాంతి తరంగాల లాంటివే. వాటి తరంగం పొడవు బాగా తక్కువుంటుంది. అటువంటి బిలాలను కారునలుపు అనడం

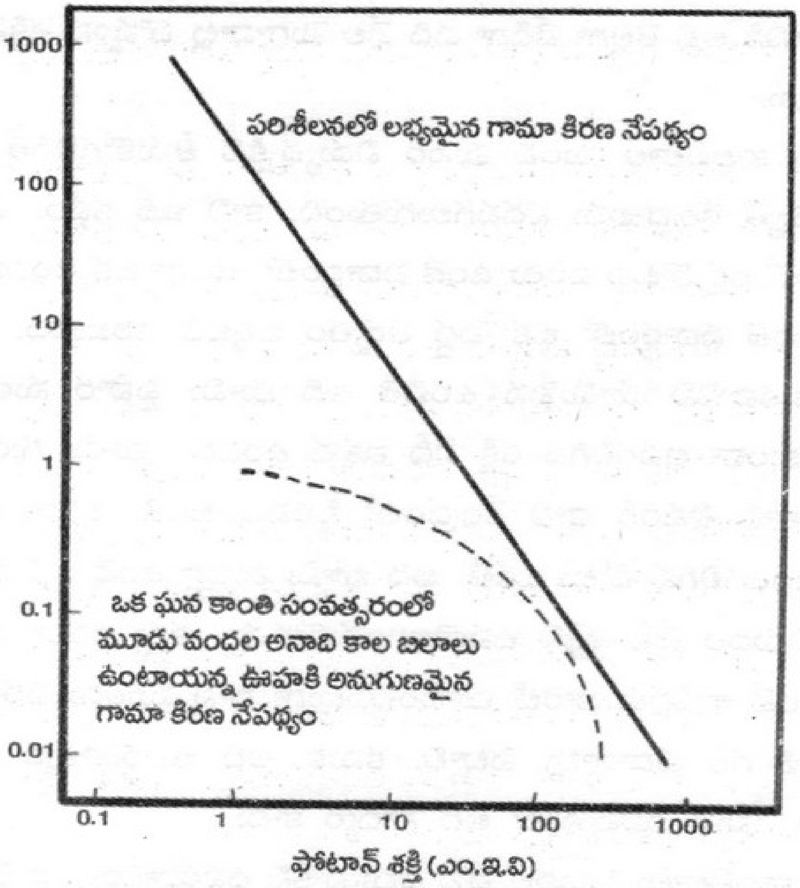
సరికాదు. నిజానికి అవి తెల్లగా వేడిగా పది వేల మెగావాట్ల చొప్పున శక్తిని విడుదల చేస్తూ ఉంటాయి.

అటువంటి కాలబిలాల నుంచి మనం విద్యుచ్ఛక్తిని తీసుకోగలిగితే ఒక్కొక్కటి పది పెద్ద విద్యుత్ కేంద్రాలను నడపగలుగుతుంది. కాని ఇది కష్టం. ఎందుకంటే ఒక అంగుళంలో లక్ష కోట్లవ వంతు ఉండే పదార్థంలో, అనగా ఒక పరమాణువులోని న్యూక్లియస్ అంత పదార్థంలో ఒక పెద్ద పర్వతం ఒత్తబడి ఉంటుంది. అటువంటి కాలబిలాల్లో ఒకదానిని భూమిపైన ఉంచితే అది భూమి పైపొర నుంచి భూమి కేంద్రాన్ని చేరకుండా ఆపగలిగిన శక్తి ఏదీ ఇక్కడ ఉండదు. భూమి గుండా అటూ ఇటూ ఊగిసలాడి చివరికి దాని కేంద్రంలో స్థిరపడుతుంది. కనుక అటువంటి కాలబిలాన్ని ఉంచగలిగిన చోటు ఒకటే. అది భూమి చుట్టూ ఉండే ఒక కక్ష్య. అక్కడ నుంచి అది విడుదల చేసే శక్తిని ఉపయోగించుకోవచ్చు. కక్ష్య వరకూ కాలబిలాన్ని తీసుకురావాలంటే గాడిదకు కారెట్ చూపించినట్టుగా దాని ముందు పర్వతం అంత పెద్ద ద్రవ్యరాశి గల పదార్థాన్ని పెట్టాలి. కనుక, ఇది ఆచరణాత్మక ప్రతిపాదన కాదు. కనీసం సమీప భవిష్యత్తులో అది సాధ్యం కాదు.

మనం ఆ కాలబిలాలు విడుదల చేసే విద్యుచ్ఛక్తిని ఉపయోగించుకో లేకపోవచ్చు. కనీసం వాటిని మనం పరిశీలించగలమా? దాదాపు వాటి జీవిత కాలమంతటా ఈ తొలి కాలబిలాలు విడుదల చేసే గామా కిరణాల కోసం మనం అన్వేషించవచ్చు. వీటిలో చాలా వరకూ మనకు చాలా దూరంలో ఉన్నాయి కనుక వాటి నుంచి విడుదలయ్యే రేడియేషన్ బలహీనంగా మాత్రమే ఉంటుంది. అవి విడుదల చేసే రేడియేషన్ మొత్తాన్ని మనం పసిగట్టవచ్చునేమో! అటువంటి గామా కిరణాల నేపథ్యాన్ని మనం పరిశీలిస్తూనే ఉంటాం.

విభిన్న ఫ్రీక్వెన్సీల (ఒక సెకనుకి ప్రసరించే తరంగాలు) దగ్గర విభిన్న రకాల తీవ్రతలతో గామా కిరణాలు విడుదలవుతాయి. ఈ నేపథ్యాన్ని తొలి కాలబిలాలు గాక మరేవైనా వేరే అంశాలు సృష్టించి ఉండవచ్చు కూడా. ఒక ఘన కాంతి సంవత్సరంలో సగటున మూడు వందల తొలి కాలబిలాలు ఉండి ఉంటే అవి విడుదల చేసే గామా కిరణాల ఫ్రీక్వెన్సీని బట్టి వాటి తీవ్రత ఎలా మారుతుందో ఆ గీత సూచిస్తుంది. ఈ పరిమితికి ఒక అర్థం ఉంటుంది. అదేమంటే తొలి కాలబిలాలన్నీ కలిసినా విశ్వంలోని మొత్తం పదార్థంలో అవి పది లక్షలవ వంతు కూడా ఉండవు.

తొలి కాలబిలాలు ఇంత అరుదైనప్పుడు మనకు దగ్గరలోనే గామా కిరణాలను



చిత్రం 7.5

వెదజల్లుతున్న ఒక విడి కాలబిలం మన పరిశీలనకు వీలుగా దొరకడం చాలా కష్టం. అయితే ఒక విషయం గమనించాలి. గురుత్వాకర్షణ శక్తి కారణంగా తొలి కాలబిలాలు ఏ పదార్థం చేతనైనా ఆకర్షించబడతాయి. కనుక గెలాక్సీలలోనూ వాటికి దగ్గరలోనూ తొలి కాలబిలాలు ఉండడం సహజమే. గామా కిరణాల నేపథ్యాన్నిబట్టి ఒక ఘన కాంతి సంవత్సరంలో మూడు వందలకు మించి తొలి బ్లాక్‌హోల్స్ ఉండజాలవని మనకు తెలుసు. అయినప్పటికీ మన సొంత గెలాక్సీలో అవి ఎన్ని ఉన్నాయి అన్న సంగతి మనకేమాత్రం తెలియదు. ఇంతకంటే పది లక్షల రెట్లు అవి ఎక్కువ ఉండి ఉంటే మనకు అత్యంత దగ్గరలో ఉన్న కాలబిలం సగటున ఒక వంద కోట్ల కిలోమీటర్ల దూరంలో దొరికి ఉండేది. అంటే ప్లూటో ఉన్నంత దూరంలో అన్న మాట. అదే మనకు అన్నిటికంటే ఎక్కువ దూరంలో ఉన్న మనకు తెలిసిన గ్రహం. ఇంత దూరంలో సైతం ఒక కాలబిలం స్థిరంగా విడుదల చేసే గామా కిరణాలను గమనించడం చాలా కష్టం. అది పది వేల మెగావాట్ల శక్తిని విడుదల చేసినప్పటికీ దానిని పసిగట్టడం కష్టమే. ఒక తొలి కాలబిలాన్ని పరిశీలించాలంటే ఒకే దిశగా

ఒక పరిమిత కాల వ్యవధిలో సుమారు ఒక వారంలో విడుదలవుతున్న అనేక గామా కిరణాల క్వాంటాలను పసిగట్టాల్సి ఉంటుంది. లేకుంటే అవన్నీ నేపథ్యంలో భాగాలై పోతాయి. ప్లాంక్ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం ప్రకారం ప్రతి గామా కిరణపు క్వాంటమ్‌కి అత్యధిక శక్తి ఉంటుంది. ఎందుకంటే గామా కిరణాల ఫ్రీక్వెన్సీ అత్యధికంగా ఉంటుంది. ప్లూటో అంత దూరం నుంచి వచ్చే అతికొద్ది గామా కిరణాలను గమనించాలన్నప్పటికీ ఇంత వరకూ మనకు అందుబాటులో ఉన్న వాటన్నిటికంటే పెద్దదైన గామా కిరణాల డిటెక్టర్‌ని తయారుచేసుకోవాలి. అంతేగాదు. గామా కిరణాలు భూమి వాతావరణంలోకి ప్రవేశించలేవు. కనుక ఆ డిటెక్టర్‌ని అంతరిక్షంలో ఉంచాల్సి ఉంటుంది.

ప్లూటో అంత దూరంలో ఉన్న ఒక కాలబిలం తన జీవిత చరమాంకానికి చేరుకుని ఉంటే అది పేలిపోయినప్పుడు దాని చివరి విడుదలను పసిగట్టడం తేలికే. అలా కాకుండా ఒక కాలబిలం వెయ్యో రెండువేలో కోట్ల సంవత్సరాల నుంచి రేడియేషన్‌ని విడుదల చేస్తూ ఉంటే మాత్రం అది మరికొన్ని ఏళ్లల్లోనే తన చరమాంకాన్ని చేరుకోవడం అన్నది దాదాపు దుర్లభం. కనుక మీ రీసెర్చ్‌గ్రాంట్ అయిపోయేలోగానే కాలబిలం చివరి పేలుడిని మీరు గమనించగలగాలంటే మరో మార్గం వెతకాలి. అదేమంటే ఒక కాంతి సంవత్సరం దూరంలో ఏ పేలుడినయినా పసిగట్టే విధానాన్ని కనుక్కోవాలి. ఈ సందర్భంలో కూడా ఈ పేలుడు వల్ల విడుదలయ్యే గామా కిరణాలను పసిగట్టడానికి అనువైన డిటెక్టర్ కావాలి. ఈ విషయంలో క్వాంటాలన్నీ ఒకే దిశగా రావాల్సిన అవసరం ఏమీ లేదు. స్వల్ప కాల వ్యవధిలోనే అవన్నీ వచ్చాయని చూపిస్తే చాలు, అవి ఒకే పేలుడు నుంచి విడుదలయ్యాయని గ్రహించవచ్చు.

మొత్తం భూమి వాతావరణం కూడా తొలి కాలబిలాలను పసిగట్టగలిగిన గామా కిరణాల డిటెక్టర్ లాంటిదే. (నిజానికి, అంత పెద్ద డిటెక్టర్‌ని మనం తయారుచేయలేం కూడా) మన వాతావరణంలోని పరమాణువులను అత్యంత శక్తి గలిగిన గామా కిరణాల క్వాంటమ్‌లు ఢీకొన్నప్పుడు ఎలక్ట్రాన్లు, పాజిట్రాన్ల (విరుద్ధ ఎలక్ట్రాన్లు) జంటలు ఏర్పడతాయి. ఆ పరమాణువులు వేరే పరమాణువులను ఢీకొన్నప్పుడు అవి మరిన్ని ఎలక్ట్రాన్ల, పాజిట్రాన్ల జంటలను సృష్టిస్తాయి. అప్పుడు ఎలక్ట్రాన్ వర్షం కురుస్తుంది. ఫలితంగా ఒకలాంటి కాంతి కనిపిస్తుంది. దానిని సెరెన్‌కోవ్ రేడియేషన్ అంటారు. రాత్రివేళల్లో ఆకాశంలో కాంతి పుంజాలను అన్వేషించడం ద్వారా గామా కిరణాల పేలుళ్లను గమనించవచ్చు. ఇటువంటివే మెరుపులు, సూర్య కాంతి ప్రతిఫలనాలు.. లాంటి ఇతర ప్రక్రియలను కూడా చూడవచ్చు. వేర్వేరు ప్రాంతాలలో ఒకేసారి కాంతి

పుంజాలను పరిశీలించడం ద్వారా గామా కిరణాల పేలుళ్లను వేరుచేసి గమనించవచ్చు. ఇటువంటి అన్వేషణని డూబ్లిన్‌లో ఇద్దరు శాస్త్రవేత్తలు కొనసాగించారు. వారు నీల్ పోర్టర్, ట్రెవర్ వీక్స్. ఆరిజోనాలో టెలిస్కోప్‌లను ఉపయోగించి వారు తమ అన్వేషణను కొనసాగించారు. వారు చాలా కాంతి పుంజాలను గమనించారు. అయితే వాటిలో ఏదీ తొలి కాలబిలాల పేలుడువల్ల విడుదలయిన గామా కిరణాల ప్రభావమని రుజువు కాలేదు.

తొలి కాలబిలాల కోసం సాగుతున్న ఈ అన్వేషణ విఫలమైనప్పటికీ విశ్వం తొలి దశల గురించి ఎంతో ముఖ్యమైన సమాచారాన్ని ఈ అధ్యయనం మనకు అందించవచ్చుననిపిస్తుంది. తొలి విశ్వం అస్తవ్యస్తంగానూ అవ్యవస్థంగానూ ఉండి ఉంటేనో ఆవేళ్టి పదార్థపు ఒత్తిడి బాగా తక్కువగా ఉండి ఉంటేనో గామా కిరణాల నేపథ్యం విధించిన పరిమితినిమించి తొలి కాలబిలాలు ఉండి ఉండేవి. తొలి విశ్వం అత్యధిక ఒత్తిడితో ఏకరూపంగానూ, సాఫీగానూ ఉంటే మాత్రమే పరిశీలనార్హమైన తొలి కాలబిలాల సంఖ్య ఇంత పరిమితంగా ఉటుంది.

* * *

కాలబిలాల నుంచి రేడియేషన్ వెలువడుతుందన్నది ఈ శతాబ్దపు గొప్ప సిద్ధాంతాలైన సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతమూ క్వాంటమ్ మెకానిక్సూ ఈ రెంటిపైనా ఆధారపడిన ఊహాగానానికి మొదటి ఉదాహరణ. తొలిదశలో ఈ ఊహాగానం చాలా వ్యతిరేకతను ఎదుర్కొంది. ఒక కాలబిలం దేనినైనా ఎలా విడుదల చేస్తుందన్న దృక్పథం బాగా నాటుకుపోయింది. ఆక్స్‌ఫర్డ్ దగ్గరలో రూథర్‌ఫర్డ్, ఏపిల్‌టన్ లేబొరేటరీలో జరిగిన ఒక సభలో నా అంచనాలను మొట్టమొదట అక్కడ వెల్లడించాను. సర్వే సర్వత్రా అపనమ్మకం ఎదురైంది. నా ఉపన్యాసం చివరిలో లండన్ కింగ్స్ కాలేజీకి చెందిన జాన్ జీ టేలర్ మాట్లాడాడు. ఆ విభాగానికి ఆయనే సభాధ్యక్షుడు. ఆయన నా అంచనాలను చెత్త అని కొట్టిపారేశాడు. ఆ మేరకు ఆయన ఒక పత్రాన్ని కూడా సమర్పించాడు. అయితే చిట్టచివరికి జాన్ టేలర్‌తో సహా అత్యధికులు వేడి గోళాలన్నిటి లాగానే బ్లాక్‌హోల్స్ కూడా రేడియేషన్‌ని విడుదల చేస్తాయనే నిర్ధారణకు వచ్చారు. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతమూ, క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌ల గురించి మన భావాలు సరైనవైతే ఈ నిర్ధారణ కూడా సరైనదే. ఇప్పటికీ తొలి కాలబిలాన్ని దేనినీ మనం

పసిగట్టలేదు. అటువంటి దానిని గమనించగలిగితే అది గామా కిరణాలను, ఎక్స్‌రేలను అపారంగా విడుదల చేస్తూ ఉంటుందనే నిర్ధారణకు దాదాపు అందరూ చేరుకున్నారు. గురుత్వాకర్షణ పతనం అన్నది మేము ఒకప్పుడు భావించినట్టుగా తిరుగులేనిదేమీ కాదని కాలబిలాల్లో రేడియేషన్ ఉండడం అన్నది సూచిస్తోంది. ఒక కాలబిలంలో ఒక వ్యోమగామి పడిపోతే దాని ద్రవ్యరాశి పెరుగుతుంది. అయితే ఆ పెరుగుదలకు సమానమైన ద్రవ్యరాశిని రేడియేషన్ రూపంలో ఆ కాలబిలం తిరిగి విశ్వానికి అందించేస్తుంది. ఆ రకంగా మన వ్యోమగామి ఒక తరహాలో 'రీసైకిల్' అవుతాడు. ఇది ఒక దీనమైన తరహా అమరత్వం. ఎందుకంటే కాలబిలం లోపల వ్యోమగామి చీలికలు పీలికలు అవుతాడు గనుక కాలం గురించిన వ్యక్తిగత భావన మన వ్యోమగామి విషయంలో దాదాపు అంతమైపోతుంది. కాలబిలం విడుదల చేసే కణాలు సైతం వ్యోమగామి కణాల కంటే భిన్నంగా ఉంటాయి. అతని ద్రవ్యరాశీ శక్తీ అన్న లక్షణాలు మాత్రమే యధాతథంగా ఉంటాయి. రేడియేషన్ విడుదల గురించిన నా అంచనాలూ లెక్కలూ సరిగా ఉండాలంటే కాలబిలం ద్రవ్యరాశి కనీసం గ్రాములో ఒక భాగం కంటే ఎక్కువుండాలి. ఒక కాలబిలం జీవిత చరమాంకంలో అంతకంటే తక్కువ ద్రవ్యరాశికి పడిపోతే మాత్రం నా లెక్కలన్నీ నిష్ఫలం అవుతాయి. ఆ దశలో అవి వర్తించవు. అప్పుడు తలెత్తే ఫలితం ఏమంటే కాలబిలం బహుశా మాయమైపోతుంది. లేదంటే మన ప్రాంతపు విశ్వం నుంచి కనుమరుగవుతుంది. దానితో పాటు మన వ్యోమగామినీ ఏదైనా ఏకబిందుత్వం ఉండి ఉంటే దానినీ తనతో తీసుకుపోతుంది. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం ఊహించిన ఏకబిందుత్వాలని క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ తొలగిస్తుందనడానికి ఇది మొదటి సూచన. క్వాంటమ్ గురుత్వాకర్షణలో ఏకబిందుత్వాలుంటాయా అన్న ప్రశ్నలకు 1974లో నేనూ మిగతా శాస్త్రజ్ఞులూ అనుసరిస్తున్న పద్ధతులు సమాధానం చెప్పగలిగిన స్థాయిలో లేవు. 1975 నుంచి నేను రిచర్డ్ ఫేన్‌మాన్ ఆవిష్కరించిన *స్థాన చరిత్రల సంకలనం* (sum over histories) భావనపై ఆధారపడి క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ ఎడల మరింత శక్తిమంతమైన వైఖరిని స్వీకరించాను. విశ్వం పుట్టుక, భవిష్యత్తుల గురించి దానిలో పడిన వ్యోమగామి లాంటి అంశాల గురించి తలెత్తే ప్రశ్నలకు ఈ భావన సూచించే సమాధానాలను రాబోయే రెండు అధ్యాయాల్లో నేను వివరించాను. మన అంచనాలన్నిటిలోనూ ఖచ్చితత్వానికి అనిశ్చితా సూత్రం కొన్ని పరిమితులను విధిస్తుంది. అయినప్పటికీ ఒక స్థలకాల ఏకబిందుత్వం దగ్గర ఈ మౌలిక అనూహ్యతను అది తొలగిస్తుందేమో!

8

విశ్వం పుట్టుక, దాని భవితవ్యం

ఐన్‌స్టీన్ సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం స్థలకాలం అన్నది బిగ్‌బాంగ్ ఏకబిందుత్వం దగ్గర ప్రారంభమైంది. అది (మొత్తం విశ్వం పున:పతనమైతే) బిగ్ క్రంచ్ (బిగ్‌బాంగ్‌కి వ్యతిరేక దశ-అను.) ఏకబిందుత్వం దగ్గర అంతమవుతుంది. ఒక నక్షత్రం లాంటి స్థానిక ప్రాంతం పతనమైతే కాలబిలంలోపల ఏకబిందుత్వం దగ్గర అది అంతమవుతుంది. కాలబిలంలో పడిన ఏ పదార్థమైనా దాని ఏకబిందుత్వం దగ్గర నాశనం కాక తప్పదు. దాని ద్రవ్యరాశికి ఉండే గురుత్వాకర్షణ శక్తికి మాత్రమే బాహ్య ప్రభావం ఉంటుంది. మరో వైపున క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ ప్రభావాలను పరిగణనలోకి తీసుకుంటే ఆ పదార్థపు ద్రవ్యరాశీ శక్తీ చివరికి మిగిలిన విశ్వానికి తిరిగి వచ్చి తీరుతాయి. కాలబిలం దాని ఏకబిందుత్వంతో సహా ఇగిరిపోక తప్పదు. అంతిమంగా అది మాయమై పోతుంది. క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌కి బిగ్‌బాంగ్‌పైన, బిగ్‌క్రంచ్‌పైన అంతే నాటకీయమైన ప్రభావం ఉంటుందా? విశ్వం తొలిదశలోనూ, మలిదశలోనూ గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రాలు మహా బలంగా ఉంటాయి. అటువంటప్పుడు క్వాంటమ్ ప్రభావాలను నిర్లక్ష్యం చేయలేం. అప్పుడు నిజంగా ఏమి జరుగుతుంది? నిజంగా విశ్వానికి ఆదీ అంతమూ ఉన్నాయా? ఉంటే అవి ఎలా ఉంటాయి?

1970లలో నేను ప్రధానంగా కాలబిలాల అధ్యయనంలోనే మునిగి ఉన్నాను. 1981లో నేను అంతరిక్షశాస్త్రంపై జరిగిన ఒక సదస్సుకి హాజరయ్యాను. దీనిని వాటికన్‌లో జెస్యూట్లు నిర్వహించారు. ఆ సదస్సు తర్వాత విశ్వం పుట్టుక గురించీ దాని భవితవ్యం గురించీ నా అధ్యయనాన్ని తిరిగి కొనసాగించాలన్న ఆసక్తి నాలో మళ్లీ మేల్కొంది. శాస్త్ర విషయాల్లో తన శాసనాన్ని విధించడం ద్వారా కేథలిక్కు చర్చి గెలిలియో విషయంలో ఘోరమైన పొరపాటు చేసింది. భూమి చుట్టూ సూర్యుడు తిరుగుతున్నాడని ఆవేళ అది ప్రకటించింది. శతాబ్దాల తర్వాత ఇప్పుడు మళ్లీ అంతరిక్షశాస్త్రంపైన తనకు సలహా చెప్పేందుకు అనేకమంది నిపుణులను ఆహ్వానించాలని నిర్ణయించుకుంది. సదస్సు పూర్తయ్యింది. దానిలో పాల్గొన్న సదస్యులకు పోప్ దర్శన భాగ్యం లభించింది. బిగ్‌బాంగ్ తర్వాత జరిగిన విశ్వ

పరిణామాన్ని అధ్యయనం చేయడంలో తప్పు లేదని ఆయన శలవిచ్చారు. కాని మేము బిగ్‌బాంగ్‌ని మాత్రం అధ్యయనం చేయరాదన్నారు. ఎందుకంటే అది సృష్టి జరిగిన క్షణం. కనుక అది భగవత్కార్యం. కనుక ఎవరూ దానిని తాకరాదన్నది తాత్పర్యం. సదస్సులో నేను ఏ విషయంపైన మాట్లాడానో పోప్‌గారికి తెలియనందుకు సంతోషించాను. స్థలకాలం అన్నది అనంతం కాకపోవచ్చుననీ దానికి సరిహద్దు లేకపోవచ్చుననీ నేను ఆవేళ మాట్లాడాను. అంటే దానికి ఒక ప్రారంభం అంటూ లేదనీ ఒక సృష్టిక్షణమన్నది లేదనీ అర్థం. గెలీలియోలో నన్ను నేను చూసుకుంటాను. దానికి ఒక కారణం ఏమంటే ఆయన చనిపోయాక మూడు వందల సంవత్సరాల తర్వాత సరిగా అదే రోజున నేను పుట్టాను. అయితే చర్చి పుణ్యమా అని ఆయనకి ఆవేళ జరిగిందే నాకూ జరగాలని మాత్రం నేను అనుకోలేదు.

క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ విశ్వం పుట్టుకనూ దాని భవితవ్యాన్నీ ఎలా ప్రభావితం చేస్తాయో మిగతా శాస్త్రవేత్తలూ నేనూ వివరించాలంటే, 'వేడి బిగ్‌బాంగ్ నమూనా' అనబడే దాని ప్రకారం సర్వత్రా ఆమోదించబడిన విశ్వం చరిత్రను గురించి తెలుసుకోవాలి. ఫ్రీడ్‌మాన్ నమూనానుబట్టి వెనక్కి బిగ్‌బాంగ్ నాటివరకూ విశ్వం వివరించబడుతుంది. అటువంటి నమూనాల ప్రకారం చూస్తే విశ్వం వ్యాకోచించిన కొద్దీ రేడియేషనూ పదార్థమూ చల్లబడతాయి. (విశ్వ పరిమాణం రెట్టింపు అయితే దాని ఉష్ణోగ్రత సగానికి పడిపోతుంది.) ఉష్ణోగ్రత అనేది కణాల సగటు శక్తికీ వేగానికీ కొలమానమే. కాబట్టి విశ్వం చల్లబడడం అనేది అందులోని పదార్థంపైన చాలా ప్రధానమైన ప్రభావాన్ని కలిగిస్తుంది. అత్యధిక ఉష్ణోగ్రత ఉన్నప్పుడు కణాలు ఎంత వేగంగా పయనిస్తాయంటే పరమాణు శక్తులవలనా విద్యుదయస్కాంత శక్తులవలనా పరస్పరం కలిగే ఆకర్షణ నుంచి అవి అప్పుడు తప్పించుకుని పోగలవు. ఉష్ణోగ్రత తగ్గిపోయినప్పుడు కణాలు పరస్పరం ఆకర్షించుకుని ఒకచోటుకి చేరతాయి. అంతేకాదు. విశ్వ కణాలలోని రకాలు కూడా ఉష్ణోగ్రతపైనే ఆధారపడతాయి. అత్యధిక ఉష్ణోగ్రతలున్నప్పుడు కణాలలో అత్యధిక శక్తి ఉంటుంది. అవి ఒకదానినొకటి ఢీకొన్నప్పుడు విభిన్న కణాలు లేదా విరుద్ధ కణాలు పుడతాయి. వీటిలో కొన్ని కణాలు విరుద్ధ కణాలను ఢీకొన్నప్పుడు నశిస్తాయి. అయితే అవి నాశనమైన వాటికంటే ఎక్కువ సంఖ్యలో శీఘ్రంగా పుడతాయి. తక్కువ ఉష్ణోగ్రత ఉన్నప్పుడు ఇందుకు విరుద్ధంగా జరుగుతుంది. కణాలలో తక్కువ శక్తి ఉంటుంది. కణాల, విరుద్ధ కణాల జంటలు తక్కువ పుడతాయి, ఎక్కువ నశిస్తాయి.

బిగ్‌బాంగ్ దగ్గర విశ్వం పరిమాణం సున్నా అని భావించబడుతోంది. కనుక అప్పుడు దాని ఉష్ణోగ్రత అనంతంగా ఉంటుంది. విశ్వం విస్తరిస్తున్న కొద్దీ రేడియేషన్ తగ్గుతుంది. బిగ్‌బాంగ్ అనంతరం ఒక సెకను తర్వాత ఉష్ణోగ్రత వెయ్యి కోట్ల డిగ్రీలకు పడిపోయి ఉంటుంది. సూర్యుని కేంద్ర భాగంలో ఉష్ణోగ్రతకంటే ఇది వెయ్యి రెట్లు ఎక్కువ. ఈ స్థాయిలో ఉష్ణోగ్రతలు హైడ్రోజన్ బాంబు పేలుళ్లలోనే సాధ్యం. ఈ సమయంలో విశ్వంలో ఎక్కువగా ఫోటాన్లు, ఎలక్ట్రాన్లు, న్యూట్రినోలు, (ఇవి అతి తేలిక పదార్థాలు. దుర్బల శక్తి, గురుత్వాకర్షణ మాత్రమే వీటిని ప్రభావితం చేస్తాయి.) విరుద్ధ న్యూట్రినోలు కొన్ని ప్రోటాన్లతోనూ, న్యూట్రాన్లతోనూ కలిసి ఉంటాయి. విశ్వం విస్తరిస్తూనే ఉండి ఉంటుంది. ఉష్ణోగ్రత పడిపోతూనే ఉండి ఉంటుంది. ఎలక్ట్రాన్ల విరుద్ధఎలక్ట్రాన్ల జంటలు ఒకదానినొకటి ఢీకొనడం వల్ల పుట్టే వాటి కంటే గిట్టేవి ఎక్కువ అయ్యే కీలక దశను అది చేరుకుని ఉంటుంది. అత్యధిక ఎలక్ట్రాన్లూ విరుద్ధఎలక్ట్రాన్లూ ఒకదానితో ఒకటి ఢీకొని అంతమై ఉంటాయి. ఆ క్రమంలో అవి ఫోటాన్లను ఉత్పత్తిచేశాయి. కొద్ది ఎలక్ట్రాన్లు మాత్రమే మిగిలి ఉంటాయి. న్యూట్రినోలూ విరుద్ధన్యూట్రినోలూ మాత్రం ఒకదానినొకటి సంహరించుకుని ఉండవు. ఎందుకంటే ఇవి తమలో తాము జరుపుకునే అంతశ్చర్యలోనయినా ఇతర కణాలతో జరిపే చర్యాపచర్యలోనయినా చాలా బలహీనంగా మాత్రమే పాల్గొనగలవు. కనుక ఇవి ఇవాల్టికీ ఉండే ఉంటాయి. వాటిని మనం ఇప్పుడు గమనించ గలిగితే తొలి విశ్వం అతి ఉగ్రంగా అతి వేడిగా ఉండి ఉంటుందన్న మన చిత్రం రుజువు కావడానికి సాక్ష్యం దొరుకుతుంది. దురదృష్టవశాత్తూ వాటి శక్తి మనం వాటిని పసిగట్టలేనంత బలహీనంగా ఉంటుంది. అయితే న్యూట్రినోలు ద్రవ్యరాశి లేనివి కాదనీ కొద్దిపాటి ద్రవ్యరాశిని అవి కలిగి ఉంటాయనీ 1981నాటి రష్యన్ ప్రయోగమొకటి సూచించింది. అయితే అది ధృవీకరించబడలేదు. అదే నిజమైతే వాటిని మనం పరోక్షంగా పసిగట్టగలుగుతాం. 'అదృశ్య పదార్థానికి' (dark matter) అది ఒక రూపమై ఉంటుంది. విస్తరించే విశ్వాన్ని ఆపి అది పున:పతనం చెందేలా చేయగలిగేటంతటి గురుత్వాకర్షణశక్తి దీనికుంటుందన్న ఊహను మనం ఇంతకుముందు పరిశీలించాం.

బిగ్‌బాంగ్ జరిగిన వంద సెకన్ల తర్వాత విశ్వం ఉష్ణోగ్రత వందకోట్ల డిగ్రీలకు పడిపోయి ఉంటుంది. అతి వేడిగా ఉండే నక్షత్రాల ఉష్ణోగ్రత ఇది. ఈ స్థాయి ఉష్ణోగ్రతకుండే బలమైన పరమాణుశక్తి ఆకర్షణను దాటి పోవడానికి కావాల్సినంత శక్తి ప్రోటాన్లకూ న్యూట్రాన్లకూ ఉండదు. అవి ఒకదానితో ఒకటి మిళితమై డ్యుటేరియం

(బరువైన హైడ్రోజన్) పరమాణువులలోని న్యూక్లియస్‌లుగా రూపొంది ఉంటాయి. వాటిలో ఒక ప్రోటాను, ఒక న్యూట్రాను ఉంటాయి. డ్యుటేరియం న్యూక్లియస్‌లు మరిన్ని ప్రోటాన్లతోనూ న్యూట్రాన్లతోనూ కలసి హీలియం న్యూక్లియస్‌లుగా మారతాయి. వీటిలో రెండు ప్రోటాన్లూ రెండు న్యూట్రాన్లూ ఉంటాయి. వాటితో పాటు లిథియం, బెరీలియం లాంటి భారీ మూలకాలు కూడా కొద్దిగా ఉంటాయి. వేడి బిగ్‌బాంగ్ నమూనాలో సుమారు నాలుగో వంతు ప్రోటాన్లూ న్యూట్రాన్లూ హీలియం న్యూక్లియస్‌లుగా మారి ఉంటాయని అంచనా వేయవచ్చు. దీనితో పాటు కొద్దిపాటి భారీ హైడ్రోజన్ తదితర మూలకాలుంటాయి. మిగిలిన న్యూట్రాన్లు ప్రోటాన్లుగా క్షీణించి ఉంటాయి. ప్రోటాన్లంటే సాధారణ హైడ్రోజన్ పరమాణువులలో న్యూక్లియస్‌లు.

తొలి విశ్వానికి సంబంధించిన ఈ చిత్రాన్ని మొట్టమొదటిసారిగా 1948లో జార్జ్ గామో అనే శాస్త్రవేత్త తన విద్యార్థి రాల్ఫ్ ఆల్ఫర్‌తో కలసి ప్రచురించాడు. ఇది ఒక సుప్రసిద్ధ పత్రం. గామో మంచి హాస్య ప్రియుడు. ఆయన తన విద్యార్థితో కలసి ప్రచురించబోయే పత్రంలో హాన్స్‌బెతే అనే శాస్త్రవేత్తకు నచ్చజెప్పి ఆయన పేరుకూడా ప్రచురించాడు. ముగ్గురి పేర్లూ వరసగా 'ఆల్ఫర్, బెతే, గామో' అని ప్రచురించారు. గ్రీకు భాషలోని మొదటి మూడు అక్షరాలు ఆల్ఫా, బేటా, గామాలను స్ఫురింపజేసే విధంగా పేర్లను గామో అమర్చాడు. విశ్వారంభానికి ఇలా పేర్లు పెట్టడం మరింత సందర్భోచితంగా ఉంది. ఈ పత్రంలో వారు విశ్వం తొలిదశలనుంచి నేటివరకూ ఫోటాన్ల రూపంలో రేడియేషన్ కొనసాగుతూ ఉంటుందనే అద్భుతమైన అంచనాను ప్రకటించారు. అయితే ఇప్పటి దాని ఉష్ణోగ్రత సున్నా డిగ్రీలకుపైన (లేదా మైనస్ 273 డిగ్రీలకుపైన) కొద్ది డిగ్రీలు మాత్రమే ఉంది. ఈ రేడియేషన్నే 1965లో పెంజియాస్, విల్సన్‌లు కనుగొన్నారు. ఆల్ఫర్, బెతే, గామోలు తమ పత్రాన్ని సమర్పించినప్పుడు ప్రోటాన్లలోనూ న్యూట్రాన్లలోనూ జరిగే పరమాణు ప్రతిచర్యల గురించి బొత్తిగా తెలియదు. తొలి విశ్వంలో ఏయే మూలకాలు ఏయే పాళ్లలో ఉన్నాయో తెలియజేసిన అనేక ఇతర పత్రాలు అపసవ్యంగా ఉన్నాయి. అలాకాక, వీరి అంచనాలు మాత్రం మనం ప్రస్తుతం పరిశీలిస్తున్న విశ్వ చిత్రానికి దగ్గరగా ఉన్నాయి. విశ్వంలో ఇంత హీలియం ఎందుకుందో ఈ విధంగా తప్ప మరో రకంగా వివరించలేం కూడా. కనుక మన దగ్గర ఇప్పుడు సరైన విశ్వ చిత్రమే ఉందని ధైర్యంగా చెప్పగలం. కనీసం బిగ్‌బాంగ్ జరిగిన ఒక సెకను తర్వాతి విశ్వం గురించిన వివరాలను మనం విశదీకరించగలం.

బిగ్‌బాంగ్ తర్వాత కొన్ని గంటలలోనే హీలియం తదితర మూలకాల ఉత్పత్తి ఆగిపోయి ఉంటుంది. దాని తర్వాత సుమారు పది లక్షల సంవత్సరాల పాటు విశ్వం విస్తరిస్తూనే ఉండి ఉండాలి. అంతకుమించి పెద్దగా ఏమీ జరిగి ఉండక పోవచ్చు. చివరికి ఉష్ణోగ్రత కొన్ని వేల డిగ్రీలకు పడిపోయినప్పుడు ఎలక్ట్రాన్లూ న్యూక్లియస్‌లూ తమ మధ్య ఉన్న విద్యుదయస్కాంత ఆకర్షణను దాటి తప్పించుకుని పోయేటంత శక్తి వాటిలో కొరవడినప్పుడు అవి పరమాణువులుగా మిళితం కావడం ప్రారంభమై ఉండవచ్చు. విశ్వం మొత్తంగా విస్తరిస్తూనే చల్లబడుతూనే ఉండి ఉంటుంది. అయితే సగటు కంటే కొద్దిగా ఎక్కువ సాంద్రత ఉన్న ప్రాంతాలలో గురుత్వాకర్షణ అదనంగా ఉండడంవల్ల విశ్వం విస్తరించడం అన్నది కొంత మందగించి ఉండవచ్చు. కొన్ని ప్రాంతాలలో చివరికి విస్తరణ ఆగిపోయి అవి పున:పతనం చెందడానికి కారణమై ఉండవచ్చు. ఆ ప్రాంతాలు పతనం చెందడంవల్ల వాటికి బాహ్యంగా ఉన్న పదార్థపు గురుత్వాకర్షణ కారణంగా ఈ ప్రాంతాలు కొద్దిగా పరిభ్రమించడం మొదలుపెట్టి ఉండవచ్చు. పతనం అవుతున్న ప్రాంతం చిన్నదవుతున్న కొద్దీ దాని భ్రమణ వేగం మరింత త్వరితం అవుతుంది. చివరికి ఆ ప్రాంతం తగినంత చిన్నది కాగానే అది గురుత్వాకర్షణతో సమతూకం సాధించేటంత వేగంతో పరిభ్రమిస్తూ ఉండవచ్చు. ఈ రకంగానే డిస్క్‌లాంటి పరిభ్రమించే పాలపుంతలు పుట్టాయి. పరిభ్రమణాన్ని సంతరించుకోని ఇతర ప్రాంతాలు అండాకార పాలపుంతలుగా మారాయి. వీటిలో ఈ ప్రాంతం పతనం కావడం ఆగిపోతుంది. ఎందుకంటే పాలపుంతలోని విడి విడి భాగాలు దాని కేంద్రం చుట్టూ స్థిరంగా పరిభ్రమిస్తూ ఉంటాయి. మొత్తంగా పాలపుంత మాత్రం పరిభ్రమించదు.

కాలం గడిచిన కొద్దీ పాలపుంతలలోని హైడ్రోజన్, హీలియం వాయువులు విడిపోయి చిన్న మేఘాలుగా ఏర్పడతాయి. తమ గురుత్వాకర్షణ వల్లనే అవి పతనమవుతాయి. అవి సంకోచిస్తున్న కొద్దీ వాటిలోని అణువులు ఒకదానితో ఒకటి ఢీకొంటాయి. దానివల్ల వాయువు ఉష్ణోగ్రత పెరుగుతుంది. చివరికి ఆ ఉష్ణోగ్రత ఒక దశకు చేరుకున్న తర్వాత పరమాణు సమ్మేళన ప్రతిచర్యలు జరుగుతాయి. వీటివల్ల హైడ్రోజన్ మరింత హీలియంగా మారుతుంది. దానినుంచి పుట్టిన వేడివల్ల ఒత్తిడి పెరుగుతుంది. ఒత్తిడి కారణంగా ఆ మేఘాలు మరింత సంకోచించకుండా ఆగుతాయి. ఆ స్థితిలో అవి స్థిరంగా చాలాకాలం పాటు మన సూర్యునిలాంటి నక్షత్రాల్లాగా ఉండిపోతాయి. వాటిలోని హైడ్రోజన్‌ని హీలియంగా మండిస్తూనే

ఉంటాయి. దానివల్ల పుట్టే వేడినీ కాంతినీ ప్రసరిస్తాయి. అంతకంటే, ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి కలిగిన నక్షత్రాలు మరింత బలోపేతమైన తమ గురుత్వాకర్షణతో సమతూకం సాధించడం కోసం మరింత వేడిగా ఉండాల్సి వస్తుంది. దానివల్ల వాటిలో పరమాణు సమ్మేళన ప్రతిచర్యలు మరింత శీఘ్రంగా కొనసాగుతాయి. దానివల్ల వాటిలోని హైడ్రోజన్ త్వరితంగా సుమారు పది కోట్ల సంవత్సరాల లోనే మండిపోవచ్చు. అప్పుడవి కొద్దిగా సంకోచిస్తాయి. అవి మరింత వేడెక్కిన తర్వాత దానిలోని హీలియంని కార్బన్, ఆక్సిజన్‌లాంటి భారీ మూలకాలుగా మార్చడం ప్రారంభమవుతుంది. దీనివల్ల మరింత శక్తి జనించదు. కనుక కాలబిలాలను వర్ణించిన అధ్యాయంలో చర్చించిన విధంగా ఒక సంక్షోభం తలెత్తుతుంది. ఆ తర్వాత ఏమి జరుగుతుందన్నది స్పష్టంగా తెలియదు. అయితే ఆ నక్షత్రపు కేంద్ర ప్రాంతాలు పతనమై అది సాంద్రస్థితికి చేరుకుని న్యూట్రాన్ నక్షత్రంగానో కాలబిలంగానో రూపొందే అవకాశం ఉంది. ఆ నక్షత్రపు బాహ్య ప్రాంతాలు సూపర్‌నోవా అనే ఒక భయంకరమైన విస్ఫోటనంలో పేలిపోవచ్చు. అప్పుడు పాలపుంతలోని ఇతర నక్షత్రాలన్నిటికంటే కూడా ఈ సూపర్ నోవా ప్రకాశవంతంగా ఉంటుంది. ఆ నక్షత్ర జీవితంలో చరమదశలో ఉత్పత్తయిన భారీ మూలకాలు పాలపుంతలోని వాయువులో వచ్చిచేరతాయి. అవి తర్వాతి తరం నక్షత్రాలకు కొద్దిపాటి ముడి పదార్థాన్ని అందిస్తాయి. మన సూర్యుడు రెండో తరం లేదా మూడో తరం నక్షత్రం. సుమారు ఐదు వందల కోట్ల సంవత్సరాల క్రితం తయారయ్యాడు. అంతకుముందు సూపర్‌నోవాల శిథిలాలతో సహా పరిభ్రమిస్తున్న వాయుమేఘం నుంచి సూర్యుడు పుట్టాడు. మన సూర్యునిలో సుమారు రెండు శాతం భారీ మూలకాలున్నాయి. ఆ మేఘంలోని వాయువులో అత్యధిక భాగం సూర్యుడిని రూపొందించడానికి తోడ్పడింది. మిగతా భాగంలో కొంత పేలిపోయింది. అందులో పోగైన భారీ మూలకాలలోని అతి కొద్ది భాగం సూర్యుని చుట్టూ పరిభ్రమించే భూమి లాంటి గ్రహాలను రూపొందించింది.

తొలి దశలో భూమి బాగా వేడిగా ఉండింది. వాతావరణం అన్నది దానిలో ఆనాటికి లేదు. కాలక్రమంలో అది చల్లబడింది. రాళ్ల నుంచి వెలువడిన వాయువుల కారణంగా క్రమంగా వాతావరణం ఏర్పడింది. తొలి వాతావరణం మనం బతకగలిగిన వాతావరణం కాదు. అందులో ఆక్సిజన్ లేదు. హైడ్రోజన్‌సల్ఫయిడ్‌లాంటి (కుళ్లిన కోడిగుడ్లకు ఆ వాసన ఇచ్చేది ఈ వాయువే) అనేక ఇతర వాయువులున్నాయి. అవన్నీ మనకు విష వాయువులే. అటువంటి పరిస్థితులలో మనగలిగిన ఆదిమ

జీవులు కూడా ఉన్నాయి. అవన్నీ సముద్రాలలో అభివృద్ధి చెందాయన్న భావన ఉంది. పరమాణువులు యాధృచ్ఛికంగా మిళితమై మహాణువులుగా రూపొంది ఉండవచ్చు. మహాణువుల రూప నిర్మాణం పెద్దది. అవి సముద్రంలోని ఇతర పరమాణువులను కూడగట్టి తమలాంటి రూప నిర్మాణాలను రూపొందించుకుని ఉండవచ్చు. అవి పునరుత్పత్తి ద్వారా అనేక రెట్లు పెరిగి ఉండవచ్చు. ఆ పునరుత్పత్తి క్రమంలో ఎన్నో పొరపాట్లు కూడా ఉండవచ్చు. ఈ పొరపాట్ల కారణంగా కొత్తగా ఏర్పడిన మహాణువు తనను తాను పునరుత్పత్తి చేసుకోలేక చివరికి అంతమై ఉండవచ్చు. అలాగే కొన్ని రకాల పొరపాట్ల కారణంగా కొన్ని మహాణువులు తమని తాము మరో తరహాలో పునరుత్పత్తి చేసుకుని ఉండవచ్చు. ఆ రకంగా అవి మరింత మెరుగైన పరిస్థితిలో ఉండి తొలి దశలోని మహాణువులను తొలగించి ఉండవచ్చు. ఈ రకంగా పరిణామ క్రమం ప్రారంభమై ఉండి ఉండవచ్చు. అది మరింత సంకీర్ణమైన స్వయం పునరుత్పత్తి శక్తి కలిగిన జీవులకు దారితీసి ఉండవచ్చు. మొదటి ఆదిమ జీవులు హైడ్రోజన్ సల్ఫయిడ్‌తోసహా అనేక రకాల పదార్థాలను ఆరగించి ఆక్సిజన్‌ను విడుదల చేశాయి. వాతావరణంలో ఈనాడున్న పొందిక క్రమంగా వచ్చి ఉంటుంది. చేపలు, పాకే జంతువులు, పాలిచ్చే జంతువులు, అంతిమంగా మానవ జాతి ఆవిర్భవించడానికి ఈ వాతావరణం తోడ్పడింది.

మహా వేడిగా ఉన్న తొలి విశ్వం విస్తరిస్తున్న కొద్దీ చల్లబడిందన్న ఈ చిత్రం మన పరిశీలనల ఆధారంతో రుజువైంది. అయితే అనేక ప్రధానమైన ప్రశ్నలకు మాత్రం ఇంతవరకూ సమాధానం లేదు.

1. తొలి విశ్వం అంత వేడిగా ఎందుకుంది?

2. భారీ ప్రమాణాలలో విశ్వం ఎందుకు అంత ఏకరూపంగా ఉంది? అంతరిక్షంలో ఏ స్థానం నుంచి చూసినా అది అన్ని దిశలలోనూ ఒకే లాగా ఎందుకు ఉంది? ముఖ్యంగా మనం విభిన్న దిశలలో పరిశీలిస్తున్నప్పుడు మైక్రోవేవ్ బాక్‌రౌండ్ రేడియేషన్ ఉష్ణోగ్రత దాదాపుగా ఒకేలా ఎందుకుంది? ఒక పరీక్షా కేంద్రంలో అనేకమంది విద్యార్థులను ఒకే ప్రశ్న అడగడం లాంటిదిది. వారంతా సరిగా ఒకే లాంటి సమాధానం ఇచ్చారనుకుందాం. అంటే వారందరూ కూడబలుక్కొని రాశారని అర్థం. ఇంతకుముందు చెప్పిన నమూనాలో బిగ్‌బాంగ్ నుంచి ఇప్పటి వరకూ ఒక దూర ప్రాంతం నుంచి మరో దూర ప్రాంతానికి పయనించేటంత వ్యవధి కాంతికి లేదు. తొలి విశ్వంలో ఆ ప్రాంతాలు దగ్గరగా ఉన్నప్పటికీ ఇది సాధ్యం కాదు.

సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం ఒక ప్రాంతంనుంచి మరో ప్రాంతానికి కాంతి పయనించలేకపోతే మరే సమాచారమూ పయనించలేదు. కనుక తొలి విశ్వంలో విభిన్న ప్రాంతాలు ఒకేలాంటి వాతావరణాలను కలిగి ఉండడానికి అవకాశం లేదు. ఒకే ఉష్ణోగ్రతతో అవి ప్రారంభించి ఉండడానికి ఇంకా వివరణకు నోచుకోని కారణం ఏదైనా ఉండి ఉండాలి.

3. పున:పతనం చెందుతున్న నమూనాల నుంచి నిరంతరాయంగా విస్తరిస్తున్న నమూనాలను వేరుచేసే కీలకమైన విస్తరణ రేటుకి దాదాపు సమానమైన రేటుతో విశ్వం ఎందుకు ప్రారంభమైంది? ఇప్పటికీ వెయ్యి కోట్ల సంవత్సరాల తర్వాత కూడా దాదాపు అదే రేటుతో విస్తరించడానికి కారణం ఏమిటి? బిగ్‌బాంగ్ జరిగిన సెకను తర్వాత విశ్వ విస్తరణ రేటు వెయ్యి కోట్ల కోట్లవ వంతు తగ్గినా విశ్వం దాని ప్రస్తుత పరిమాణానికి చేరకముందే ఎన్నడో పున:పతనమై ఉండేది.

4. భారీ ప్రమాణాలలో విశ్వం ఒకే రకంగా ఉన్నప్పటికీ స్థానికంగా దానిలో నక్షత్రాలూ పాలపుంతలలాంటి అనేక భేదాలున్నాయి. తొలివిశ్వంలోని ఓ ప్రాంతానికీ మరో ప్రాంతానికీ సాంద్రతలో ఉన్న తేడాల కారణంగా ఈ భేదాలు తలెత్తాయని భావించబడుతోంది. మరి, సాంద్రతలో ఈ ఎగుడుదిగుళ్లకు కారణం ఏమిటి?

సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం తనంత తానుగా ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానాలు చెప్పలేదు. ఎందుకంటే బిగ్‌బాంగ్ ఏకబిందుత్వం దగ్గర విశ్వం అనంత సాంద్రతతో ప్రారంభమైందని అది అంటుంది. ఏకబిందుత్వం దగ్గర సాపేక్ష సిద్ధాంతంగానీ ఇతర భౌతిక నియమాలేవైనాగానీ నిష్ఫలమవుతాయి. ఏకబిందుత్వం నుంచి ఏమి తలెత్తుతుందో ఎవరూ ఊహించలేరు. కనుక ఇంతకుముందు చెప్పినట్టుగా సిద్ధాంతం నుంచి బిగ్‌బాంగ్‌నీ దానికి ముందు జరిగిన సంఘటనలనూ తొలగించ వచ్చు. ఎందుకంటే మనం ఇప్పుడు పరిశీలిస్తున్న అంశాలపైన ఏ రకంగానూ వాటి ప్రభావం ఉండదు. స్థలకాలానికి ఒక సరిహద్దు ఉంది. బిగ్‌బాంగ్ ప్రారంభమే అది. విశ్వస్థితి ఆ సమయంలో ఎలా ఉందో తెలిస్తే కాలక్రమంలో ఎలా అభివృద్ధి చెందబోతోందో అస్థిరతా సూత్రంపరిధిలో విశదీకరించగలిగిన కొన్ని నియమాలను శాస్త్రం కనుగొన్నదని అనిపిస్తుంది. ఈ నియమాలను మొదట భగవంతుడే ఆదేశించాడేమో తెలియదు కాని ఇక అప్పటి నుంచి మాత్రం విశ్వాన్ని ఆ నియమాల ప్రకారమే పరిణమించేలా వదిలేశాడనిపిస్తుంది. అందులో ఇప్పుడాయన జోక్యం లేదు. మరి, ఆయన తొలి విశ్వాన్ని ఎలా రూపొందించాడు? కాలారంభంలో 'సరిహద్దు పరిస్థితులు' ఏమిటి?

ఒక సమాధానం చెప్పవచ్చు. మనకు అర్థం కావడానికి వీల్లేని కారణాలతో భగవంతుడు తొలి విశ్వాన్ని రూపొందించాడనవచ్చు. సర్వశక్తిమంతుడికి ఇది సాధ్యమైన పనే. అయితే అర్థం కావడానికి వీల్లేని విధంగా ప్రారంభించిన వాడు మనం అర్థం చేసుకోవడానికి వీలైన నియమాల ప్రకారం అది పరిణమించేలా ఎందుకు చేశాడు? సంఘటనలు నియమ రహితంగా జరగవని మొత్తంగా శాస్త్ర చరిత్ర తెలియజేస్తోంది. అంతర్నిహితంగా ఒక నిర్దిష్ట క్రమాన్ని అవి అనుసరిస్తాయని అది చెబుతుంది. ఈ విషయాన్ని క్రమంగా ప్రతి ఒక్కరూ గుర్తిస్తున్నారు. ఆ సంఘటనలు దైవ ప్రేరితాలు కావచ్చును. కాకపోవచ్చును. ఈ క్రమం కేవలం నియమాలకు మాత్రమే గాక తొలివిశ్వాన్ని గురించి చెప్పే స్థలకాల సరిహద్దుల దగ్గర పరిస్థితుల విషయంలో కూడా వర్తిస్తుందనుకోవడం సహజమే. విభిన్నమైన తొలిపరిస్థితులతో కూడిన నియమబద్ధమైన అనేక విశ్వనమూనాలు ఉండవచ్చు. మన విశ్వానికి ప్రాతినిధ్యం వహించే ఒక తొలిస్థితినీ ఒక తొలినమూనానూ పరిగ్రహించే సూత్రమేదైనా ఉండి ఉండవచ్చు.

అస్తవ్యస్త సరిహద్దు పరిస్థితులనబడే సిద్ధాంతం అటువంటి అవకాశాలలో ఒకటి. విశ్వం అన్నది స్థలంరీత్యా అనంతమైనా అయి ఉంటుంది. లేదా అనంత విశ్వాలైనా ఉండి ఉంటాయన్నది దీని అంతరార్థం. ఈ సిద్ధాంతం ప్రకారం బిగ్‌బాంగ్ జరిగిన తర్వాత ఒక ప్రత్యేక అంతరిక్ష ప్రాంతాన్ని నిర్దిష్ట లక్షణాలతో కనుగొనడానికి ఎంత అవకాశం ఉందో అందుకు భిన్నమైన లక్షణాలతో కనుగొనడానికి కూడా అంతే అవకాశం ఉంది. విశ్వం తొలి దశను కేవలం అనిర్దిష్టంగా పరిగ్రహించడం జరుగుతుంది. దీని అర్థం ఏమంటే తొలివిశ్వం చాలా అస్తవ్యస్తంగానూ, అపసవ్యంగానూ ఉండి ఉంటుంది. తొలివిశ్వం నమూనాలలో అస్తవ్యస్తంగా క్రమరహితంగా ఉండేవే ఎక్కువ. (ప్రతిదీ సంభావ్యమే అయినప్పుడు విశ్వం అస్తవ్యస్తంగానూ క్రమరహితంగానూ ప్రారంభం కావడానికే అవకాశం ఎక్కువ ఉంది. ఎందుకంటే ఆ నమూనాలే ఎక్కువ ఉన్నాయి.) భారీ ప్రమాణాలలో సాఫీగానూ క్రమబద్ధంగానూ కనిపించే ఈనాటి విశ్వం అటువంటి అస్తవ్యస్థ పరిస్థితుల నుండి ఎలా తలెత్తిందో గ్రహించడం కష్టం. సాంద్రతలలో ఇలా ఎన్నో ఎగుడుదిగుళ్లున్నాయి. ఆ కారణంగా అటువంటి నమూనా సూచించేదేమంటే గామాకిరణాల నేపథ్య పరిశీలనలు విధించిన గరిష్ట పరిమితిని దాటి మరిన్ని తొలి కాలబిలాలు రూపొందాల్సి ఉంది.

స్థలంరీత్యా విశ్వం అనంతమైనదైనా అనంత విశ్వాలు అస్థిత్వంలో ఉన్నా ఎక్కడో కొన్ని భారీ ప్రాంతాలు సాఫీగానూ ఏకరూపంగానూ ప్రారంభమైనవి ఉండి ఉండాలి. ఒక పెద్ద కోతుల మంద వచ్చి అనేక టైప్‌రైటర్ల పైన టపటప కొట్టాయనుకుందాం. అప్పుడు అవి సృష్టించేది అత్యధిక భాగం చెత్తే అనడంలో సందేహం లేదు. అయితే యాదృచ్ఛికంగా అవి ఒక షేక్స్‌పియర్ పద్యచరణాన్ని టైప్ చేసినా చేయవచ్చు. ఇది కూడా అటువంటిదే. విశ్వం విషయంలో కూడా అటువంటిదే జరిగి ఉండవచ్చు. మనం నివసిస్తున్న విశ్వ ప్రాంతం యాదృచ్ఛికంగా సాఫీగా ఏకరూపంగా ఉన్న ప్రాంతమై ఉండవచ్చు. మొదటిసారి చూస్తే ఇది అంత సాధ్యమయ్యే వ్యవహారంలా కనిపించదు. ఎందుకంటే అటువంటి సాఫీగా ఏకరూపంగా ఉన్న మన ప్రాంతంచుట్టూ అస్తవ్యస్థంగా అపక్రమంగా ఉండే ప్రాంతాలు అత్యధికంగా ఉండి ఉండాలి. అయితే సాఫీగా ఉన్న ప్రాంతాలలోనే పాలపుంతలూ నక్షత్రాలూ రూపొందాయేమో. అక్కడే మనలాంటి స్వయం పునరుత్పత్తిశక్తి కలిగిన సంకీర్ణ జీవులు పుట్టి ఈ విశ్వం సాఫీగా ఎందుకు ఉందన్న ప్రశ్నలు వేయడానికి అనువైన పరిస్థితులున్నాయేమో. *మానవ సూత్రం* (anthropic principle) అనబడే దానిని వర్తింపజేయడానికి ఇది ఒక ఉదాహరణ. 'మనం విశ్వాన్ని ఉన్నది ఉన్నట్టుగా చూడడానికి కారణం మనం అస్థిత్వంలో ఉండడమే' అన్నదే ఈ మానవ సూత్రం.

ఈ సూత్రానికి రెండు రూపాలున్నాయి. ఒకటి, బలోపేతం. రెండోది, దుర్బలం. దుర్బల మానవ సూత్రం ప్రకారం స్థలకాలాల్లో అనంతమైన విశ్వంలో పరిమితమైన స్థలకాలాలు గలిగిన కొన్ని ప్రాంతాలలో మాత్రమే తెలివైన జీవులు అభివృద్ధి కావడానికి తగిన పరిస్థితులుంటాయి. కనుక తమ ప్రాంతంలో తమ అస్థిత్వానికి తగిన పరిస్థితులను విశ్వం కలిపిస్తోందన్న విషయాన్ని చూసి ఈ ప్రాంతాలలోని తెలివైన జీవులు ఆశ్చర్యపోరాదని ఈ సూత్రం అంటుంది. ఒక ధనవంతుడు ధనిక ప్రాంతంలో నివసిస్తూ దరిద్రాన్ని ఎప్పుడూ చూడకుండా ఉండడం లాంటిదన్న మాట ఇది.

బిగ్‌బాంగ్ అన్నది వెయ్యి కోట్ల సంవత్సరాల క్రితం ఎందుకు సంభవించిందో 'వివరించడం' దుర్బల మానవ సూత్ర ప్రయోజకత్వానికి ఒక ఉదాహరణ. తెలివైన జీవులు పరిణామం చెందడానికి వెయ్యి కోట్ల సంవత్సరాలు పట్టింది. ఇంతకుముందే వివరించినట్టుగా మొదట తొలి తరం నక్షత్రాలు ఏర్పడాలి. ఈ నక్షత్రాలు తొలి హైడ్రోజన్, హీలియంలను కార్బన్, ఆక్సిజన్ మూలకాలుగా మార్చాయి. వాటిలో నుంచే మనం పుట్టాం. ఆ నక్షత్రాలు తర్వాత సూపర్‌నోవాలుగా పేలిపోయాయి.

వాటి శిథిలాలు ఇతర నక్షత్రాలనూ గ్రహాలనూ రూపొందించడానికి తోడ్పడ్డాయి. వాటిలో మన సూర్య కుటుంబం ఒకటి. సూర్య కుటుంబం వయస్సు సుమారు ఐదు వందల కోట్ల సంవత్సరాలు. మొదటి వంద లేదా రెండు వందల కోట్ల సంవత్సరాల పాటు భూమి అతి వేడిగా ఉంది. సంక్లిష్టమైన జీవి ఏదీ అభివృద్ధి చెందడానికి ఆ వాతావరణంలో అవకాశం లేదు. సుమారు మిగిలిన మూడు వందల కోట్ల సంవత్సరాలలో ఇప్పటికి మనకి తెలిసిన జీవ పరిణామం అంతా జరిగింది. అతి సరళమైన జీవి నుంచి బిగ్‌బాంగ్ వరకూ కాలాన్ని వెనక్కి కొలవగలిగిన జీవుల వరకూ ఈ పరిణామం కొనసాగింది.

దుర్బల మానవ సూత్రం ఉపయోగంతో ఎవరూ విభేదించరు. అయితే కొంతమంది మరీ ముందుకు పోయి ఈ సూత్రానికి మరింత బలాన్ని చేకూర్చాలని అనుకుంటున్నారు. ఈ బలమైన మానవ సూత్రం ప్రకారం వేర్వేరు విశ్వాలున్నాయి. లేదా ఒకే విశ్వంలో వేర్వేరు ప్రాంతాలున్నాయి. ఈ ప్రాంతాలలో ప్రతిదీ తన సొంత తొలి స్థలకాల రూపురేఖలను (configuration) కలిగి ఉంటుంది. బహుశా ప్రతిదానికీ తన సొంత శాస్త్ర నియమాలుండి ఉంటాయి. అత్యధిక విశ్వాలలో సంక్లిష్ట జీవులు అభివృద్ధి చెందడానికి వీలైన పరిస్థితులుండవు. మన విశ్వంలాంటివి కొద్దిగానే ఉంటాయి. వాటిలో మాత్రమే మేధాశక్తి కలిగిన జీవులు అభివృద్ధి చెందుతాయి. విశ్వం ఇప్పుడు మనం చూస్తున్న పద్ధతిలో ఎందుకుంది అన్నది ప్రశ్న. దానికి సమాధానం సరళం: అది భిన్నంగా ఉండి ఉంటే మనం ఇక్కడ ఉండం.

ఇప్పుడు మనకు తెలిసిన తరహాలో శాస్త్ర నియమాలలో కొన్ని మౌలిక సంఖ్యలు ఉన్నాయి. ఉదాహరణకు ఎలక్ట్రాన్‌లో ఉండే విద్యుత్ చార్జ్ ఒకటి. అలాగే ప్రోటాన్‌కీ ఎలక్ట్రాన్‌కీ మధ్య ఉండే నిష్పత్తి మరోటి. సిద్ధాంతం ద్వారా వీటిని మనం అంచనా వేయలేం. కనీసం ఇప్పటి పరిస్థితులలో అది సాధ్యం కాదు. వాటిని పరిశీలన ద్వారా మాత్రమే కనుగొనాల్సి ఉంటుంది. వీటన్నింటినీ ఊహించగలిగిన విధంగా ఏదో ఒక రోజున ఒక సంపూర్ణ సమైక్య సిద్ధాంతాన్ని మనం కనుక్కుంటే కనుక్కోవచ్చు. అయితే ఆ సూత్రాలన్నీ లేదా వాటిలో కొన్ని విశ్వానికీ విశ్వానికీ మారిపోవచ్చు. ఒకే విశ్వంలోసైతం అవి వేర్వేరుగా ఉండవచ్చు. ఇక్కడ ఒక అద్భుతమైన విషయం ఏమంటే ఈ సంఖ్యల విలువలు తమలో తాము చక్కగా సర్దుకున్నాయి. అందువల్లనే జీవి ఆవిర్భవించి అభివృద్ధి చెందడం సాధ్యమైంది. ఉదాహరణకి ఎలక్ట్రాన్‌లో ఉండే విద్యుత్ చార్జ్ ఏమాత్రం భిన్నంగా ఉన్నప్పటికీ తొలి నక్షత్రాలు హైడ్రోజన్,

హీలియంలను మండించి ఉండేవి కావు. లేదా అవి పేలిపోయి ఉండేవీ కావు. అయితే సైన్స్ కథా రచయితలుసైతం కలలో కూడా కానలేని మేధాశక్తి కలిగిన జీవ రూపాలుంటే ఉండవచ్చు. సూర్యునిలాంటి నక్షత్రపు వెలుగు వాటికి అవసరం కూడా లేకపోవచ్చు. తొలినక్షత్రాలు పేలిపోయినప్పుడు అంతరిక్షంలోకి నెట్టబడిన నక్షత్రాలలో తయారైన భారీ రసాయన మూలకాలు ఆ జీవులకు అవసరం లేకపోవచ్చు. ఏమైనప్పటికీ ఈ సంఖ్యల విలువలలో సాపేక్షంగా మేధాశక్తి కలిగిన జీవుల అభివృద్ధికి అవకాశమిచ్చే వేరే అవకాశాలు మాత్రం దాదాపు లేవన్నది స్పష్టంగా కనిపిస్తూనే ఉంది. వీటిలో అత్యధిక సంఖ్యా విలువలు విశ్వాలు రూపొందడానికి అవకాశం కల్పిస్తాయి. ఆ విశ్వాలు చాలా అందంగా ఉంటే ఉండవచ్చు. కాని వాటిని చూసి చకితులయ్యే జీవులు మాత్రం ఉండవు. ఆ జీవులకు వాటిలో అవకాశం లేదు. ఇది దైవ సృష్టికి నిదర్శనమా? శాస్త్ర నియమాల ఎంపికా? బలమైన మానవ సూత్రానికి రుజువా? దీనిని ఎలాగైనా తీసుకోవచ్చు.

మనం ఇంతవరకూ గమనించిన విశ్వానికి వివరణగా బలమైన మానవ సూత్రానికి అనేక అభ్యంతరాలు ఎదురవుతాయి. మొదటిది ఈ విభిన్నమైన విశ్వాలు ఉంటాయన్నది ఏ అర్థంలో? అవి నిజంగానే వేర్వేరు విశ్వాలయి ఉంటే వేరే విశ్వంలో ఏమి జరుగుతోంది అన్న దానికి మన విశ్వంపైన గమనించగలిగిన పర్యవసానాలు ఏమీ ఉండవు. కనుక మనం ఇక్కడ పొదుపు సూత్రాన్ని పాటించి సిద్ధాంత పరిధి నుంచి వాటన్నింటినీ తొలగించాలి. అలా కాదంటే ఒకే విశ్వంలో అవన్నీ విభిన్న ప్రాంతాలు మాత్రమే అనాల్సి వస్తుంది. అటువంటప్పుడు శాస్త్ర నియమాలు ప్రతి ప్రాంతానికీ ఒకే విధంగా వర్తిస్తాయి.* అలా కాకుంటే ఒక ప్రాంతం నుంచి మరో ప్రాంతానికి నిరంతరాయంగా పయనించడం సాధ్యం కాదు. ఈ సందర్భంలో ప్రాంతాల మధ్య ఒకే ఒక భేదం ఉంటుంది. అదేమంటే, వాటి తొలి రూపు రేఖలు భిన్నంగా ఉండి ఉంటాయి. కనుక బలమైన మానవ సూత్రం అనుకున్నది ఇక్కడ దుర్బల మానవ సూత్రంగా కుదించబడింది.

బలమైన మానవ సూత్రానికి రెండో అభ్యంతరం ఏమంటే అది మొత్తంగా శాస్త్ర చరిత్ర అనే ప్రవాహానికి ఎదురు ఈదుతోంది. మనం టోలెమీ, అతని ముందు తరాలవారి భూకేంద్ర అంతరిక్ష శాస్త్రం మొదలుకుని కోపర్నికస్, గెలీలియోల సూర్య కేంద్ర అంతరిక్ష శాస్త్రం గుండా ప్రస్తుత విశ్వచిత్రానికి చేరుకున్నాం. భూమి ఒక మధ్య తరహా పరిమాణం కలిగిన గ్రహం. అది సూర్యుని చుట్టూ పరిభ్రమిస్తుంది.

సూర్యుడు ఓ సగటు నక్షత్రం. మన పాలపుంత ఓ సాధారణ వృత్తాకారపు పాలపుంత. దాని శివార్లలో సూర్య కుటుంబం ఉంది. మన పాలపుంతసైతం మనం గమనించగలిగిన విశ్వంలో సుమారు లక్ష కోట్ల పాలపుంతలలో ఒకటి. అయినా ఈ మహావిశ్వ రూపనిర్మాణం అంతా మన కోసమే ఉందని బలమైన మానవ కేంద్ర సిద్ధాంతం అంటుంది. దీనిని నమ్మడం చాలా కష్టం. మన అస్థిత్వానికి మొదటి షరతు మన సూర్య కుటుంబం. సూర్య కుటుంబం ఉండాలంటే మన పాలపుంత ఉండి ఉండాలి. వీటిని సృష్టించిన తొలి తరం నక్షత్రాలుండి ఉండాలి. అవి భారీ మూలకాలను సృష్టించి ఉండాలి. ఇదంతా మన కోసమే అయి ఉంటే ఆ మిగతా పాలపుంతలన్నీ ఉండాల్సిన అవసరమేదీ లేదు. భారీ ప్రమాణాలలో ఏ దిశ నుంచి చూసినా ఏకరూపంగా, ఒకే రకంగా విశ్వం ఉండాల్సిన అవసరం అంతకంటే లేదు.

ఇప్పుడు మనం గమనిస్తున్న విశ్వంలాంటి దానిని రూపొందించడానికి అనేక విభిన్న రూపురేఖలు కలిగిన తొలివిశ్వాలు పరిణమించి ఉంటాయని చూపించగలిగితే కనీసం దుర్బల మానవ కేంద్ర సూత్రాన్ని మనం ఆనందంగా పరిగణించవచ్చు. అదే నిజమైతే, ఒకలాంటి సగటు తొలి పరిస్థితుల నుండి అభివృద్ధి చెందిన విశ్వంలో ఏకరూపంగానూ, సాఫీగానూ ఉండే అనేక ప్రాంతాలు ఉండి ఉండాలి. మేధాశక్తి కలిగిన జీవుల పరిణామానికి ఆ పరిస్థితులు అనువుగా ఉండి ఉండాలి. అలా కాకుండా విశ్వం తన తొలి పరిస్థితిని అత్యంత శ్రద్ధగా, జాగ్రత్తగా ఎంచుకుని ఉండి ఉండాలి. ఇప్పుడు మనం మనచుట్టూ చూస్తున్న లాంటి పరిస్థితులకు అది దారి తీసి ఉండాలి. అటువంటప్పుడు దానిలో జీవి పుట్టడానికి అనువైన ప్రాంతం ఒకటి కూడా ఉండదు. పైన వివరించిన వేడి బిగ్‌బాంగ్ నమూనాలో తొలివిశ్వంలో ఒక ప్రాంతం నుంచి మరో ప్రాంతానికి వేడి ప్రవహించడానికి కావాల్సినంత వ్యవధి లేదు. అంటే ఇప్పుడు మనం ఏ దిశలో చూసినా మైక్రోవేవ్ నేపథ్యంలో ఒకే ఉష్ణోగ్రత ఉంది గనుక తొలి విశ్వంలో ప్రతిచోటా ఒకే ఉష్ణోగ్రత ఉండి ఉండాలి. పున:పతనాన్ని నివారించడానికి తగిన కీలకమైన రేటుకి విశ్వ విస్తరణ రేటు అత్యంత సన్నిహితంగా ఉంది గనుక తొలి విశ్వం విస్తరించిన రేటు కూడా చాలా ఖచ్చితంగా ఎంచుకుని ఉండాలి. అంటే వేడి బిగ్‌బాంగ్ నమూనా తిరిగి కాలారంభం వరకూ సరైనదే అయివుంటే తొలివిశ్వం తన స్థితిని నిజానికి ఎంతో జాగ్రత్తగా ఎంచుకుని ఉండాలి. దేవుడు మనలాంటి జీవులను సృష్టించే ఉద్దేశంతోనే విశ్వాన్ని ఇలా సృష్టించాడని అంటే తప్ప, సరిగా ఈ విధంగానే విశ్వం ఎందుకు ప్రారంభమైందో వివరించడం చాలా కష్టం.

ప్రస్తుత విశ్వంగా పరిణమించడానికి అనువైన అనేక భిన్నమైన రూపురేఖలు కలిగిన తొలి విశ్వాలకు వీలు కల్పించే ఒక నమూనాను కనుగొనడానికి అలన్ గుత్ అనే శాస్త్రవేత్త ప్రయత్నించాడు. మెసాచుసెట్స్‌లో ఇనిస్టిట్యూట్ ఆఫ్ టెక్నాలజీలో ఆయన పనిచేస్తాడు. తొలి విశ్వం అతి వేగంగా విస్తరించిన ఒక దశను గడిచి ఉంటుందని ఆయన సూచించాడు. ఆ విస్తరణను ఆయన 'వాపు' (inflationary) అన్నాడు. దాని అర్థం ఏమంటే ఇప్పుడు విశ్వం క్రమంగా తగ్గుతున్న రేటులో విస్తరిస్తోంది. అలాగాక ఒకప్పుడు విశ్వం పెరుగుతున్న రేటులో విస్తరించిందని ఆయన సూచించాడు. గుత్ ఊహ ప్రకారం ఒక్క సెకనులో విశ్వ వ్యాసార్థం ఒక మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ రెట్లు (1 పక్కన 30 సున్నాలు) పెరిగింది.

గుత్ సూచన ప్రకారం కూడా విశ్వం బిగ్‌బాంగ్ నుంచే ప్రారంభమైంది. అతి వేడిగా అస్తవ్యస్తంగా ప్రారంభమైంది. అతి ఉష్ణోగ్రతల కారణంగా విశ్వంలోని కణాలు అతి వేగంగా అత్యధిక శక్తితో పయనించి ఉంటాయి. అటువంటి అత్యధిక ఉష్ణోగ్రతలలో బలమైన, బలహీనమైన పరమాణుశక్తులూ విద్యుదయస్కాంతశక్తీ ఒకే శక్తిగా సమైక్యం అవుతాయని ఇంతకుముందు మనం గమనించాం. విశ్వం విస్తరించిన కొద్దీ చల్లబడుతుంది. కణాలలో శక్తి తగ్గుతుంది. చివరికి దశ మారుతుంది. వివిధ శక్తుల మధ్య ఉన్న *సర్వ సమ పొందిక* (symmetry) భగ్నమవుతుంది. నీటిని చల్లబర్చడం ద్వారా గడ్డ కట్టించడాన్ని ఒక దశ నుంచి మరో దశకు పరివర్తన చెందడానికి ఉదాహరణగా గ్రహించవచ్చు. ద్రవ రూపంలో ఉన్న నీటికి ఒక పొందిక ఉంటుంది. ఏ దిశలో చూసినా, ఏ స్థానం నుంచి చూసినా అది ఒకే పొందిక కలిగి ఉంటుంది. అయితే గడ్డ కట్టినప్పుడు ఐస్ ముక్కలు ఏర్పడతాయి. అవి విభిన్న స్థానాలను, దిశలను స్వీకరిస్తాయి. ఆ రకంగా నీటి పొందిక దెబ్బ తింటుంది.

నీటి విషయంలో సున్నా సెంటీగ్రేడ్‌కి నీటిని అతిగా చల్లబర్చి కూడా దానిని గడ్డ కట్టకుండా చూడవచ్చు. విశ్వం కూడా ఇదే విధంగా ప్రవర్తించి ఉండవచ్చని గుత్ సూచించాడు. ఉష్ణోగ్రత కీలక విలువకంటే పడిపోయినప్పటికీ వివిధ శక్తుల మధ్య ఉండిన పొందిక భగ్నం కాకపోయి ఉండవచ్చు. ఇలా జరిగి ఉంటే పొందిక భగ్నమైనప్పటి కంటే విశ్వం అస్థిరంగా ఉండి ఉంటుంది. అది మరింత ఎక్కువ శక్తిని కలిగి ఉండి ఉంటుంది. ఈ అదనపు ప్రత్యేక శక్తికి గురుత్వాకర్షణ వ్యతిరేక ప్రభావం ఉందని చూపించవచ్చు. ఒక స్థిరమైన విశ్వ నమూనాని రూపొందించడానికి

ప్రయత్నిస్తూ తన సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతంలో ఐన్‌స్టీన్ ప్రవేశ పెట్టిన *ఖగోళ నిత్యం* (cosmological constant) లాగే ఇది కూడా వ్యవహరించి ఉంటుంది. సరిగా వేడి బిగ్‌బాంగ్ నమూనాలో లాగానే విశ్వం అప్పటికే విస్తరిస్తూ ఉండడం వల్ల ఈ *ఖగోళ నిత్యపు* వికర్షణ ప్రభావం విశ్వాన్ని నిరంతరాయంగా వృద్ధి చెందుతున్న రేటులో విస్తరించేలా చేసి ఉంటుంది. సగటు కంటే ఎక్కువ పదార్థ కణాలున్న ప్రాంతాల్లో సైతం పదార్థ గురుత్వాకర్షణ శక్తికి దీటుగా *ఖగోళ నిత్యపు* వికర్షణ తన ప్రభావాన్ని చూపి ఉంటుంది. ఆ రకంగా ఈ ప్రాంతాలుసైతం నిరంతరాయంగా పెరిగే రేటుతో విస్తరిస్తాయి. అవి విస్తరించిన కొద్దీ పదార్థ కణాలు ఒకదానికొకటి మరింత దూరంగా జరుగుతాయి. అటువంటప్పుడు ఇక పదార్థ కణాలు ఏమాత్రంలేని అత్యంత శీతల స్థితిలో, విస్తరిస్తున్న విశ్వం మనకు తారసపడుతుంది. ఏవైనా అపక్రమ అంశాలున్నప్పటికీ ఈ విస్తరణ వల్ల అవి సాఫీగా మారిపోతాయి. బెలూన్‌పై ముడతలు ఉన్నప్పటికీ దానిని ఊదినప్పుడు అవి సాఫీగా మారిపోవడంలాంటిదే ఇది కూడా. కనుక ఆ రకంగా అనేక విభిన్నమైన ఏకరూపంగాని తొలి దశల నుంచి ప్రస్తుతం సాఫీగా ఏకరూపంగా ఉన్న స్థితికి విశ్వం పరిణమించి ఉండవచ్చు.

పదార్థ గురుత్వాకర్షణచేత విశ్వ విస్తరణ మరింత నెమ్మది కావడానికి బదులు *ఖగోళనిత్యం* వల్ల ఈ విస్తరణ వేగం పెరిగే వీలుందని అనుకుందాం. అటువంటి తొలి విశ్వంలో కాంతి ఒక ప్రాంతం నుంచి మరో ప్రాంతానికి పోగలిగినంత వ్యవధి ఉంటుంది. ఇంతకుముందు ఒక ప్రశ్న లేవనెత్తాం. తొలివిశ్వంలో విభిన్న ప్రాంతాలు ఒకే లక్షణాలను ఎందుకు కలిగి ఉన్నాయి? ఆ ప్రశ్నకు ఈ పరిస్థితి సమాధానాన్ని అందిస్తుంది. అంతేకాదు. విశ్వంలో శక్తి సాంద్రతనుబట్టి విశ్వ విస్తరణ అన్నది కీలక రేటుకి అతి సన్నిహితంగా ఉండాల్సి ఉంటుంది. ఇంకా ఇప్పటికీ విశ్వ విస్తరణ రేటు కీలకరేటుకి సన్నిహితంగా ఎందుకుందో ఇది వివరిస్తుంది. విశ్వం తొలి దశలో అతి జాగ్రత్తగా తన విస్తరణ రేటుని ఎంచుకోవాల్సిన అవసరం తప్పిపోతుంది.

విశ్వంలో ఇంత పదార్థం ఎందుకుందో కూడా ఈ వాపు సిద్ధాంతం వివరించగలిగింది. విశ్వంలో మనం గమనించగలిగిన ప్రాంతంలో సుమారు 10 మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ కణాలుంటాయి. (1 పక్కన 80 సున్నాలు) అవన్నీ ఎక్కడ నుంచి వచ్చాయి? క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం ప్రకారం కణాలన్నవి కణాలు లేదా విరుద్ధ కణాల జంటల రూపంలో శక్తి నుంచి

సృష్టించబడతాయి. మరి, ఆ శక్తి ఎక్కడ నుంచి వచ్చింది అన్న ప్రశ్న తలెత్తుతుంది. దానికి సమాధానం ఏమంటే విశ్వంలోని మొత్తం శక్తి సరిగా సున్నా. అయితే పదార్థం తనను తాను గురుత్వాకర్షణతో ఆకర్షించుకుంటుంది. ఒకదానికొకటి దూరంగా ఉన్న రెండు పదార్థాంశాలకంటే దగ్గరగా ఉన్నవి తక్కువ శక్తి కలిగి ఉంటాయి. ఎందుకంటే ఆ రెంటినీ దగ్గరకు కలపడానికి ప్రయత్నించే గురుత్వాకర్షణశక్తికి వ్యతిరేకంగా ఆ రెంటినీ విడదీయడానికి ఎక్కువ శక్తి ఖర్చు అవుతుంది. ఆ రకంగా ఒక అర్థంలో గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రానికి ప్రతికూల శక్తి ఉంది. సుమారుగా ఏకరూపంగా ఉండే విశ్వం విషయంలో ఈ ప్రతికూల గురుత్వాకర్షణశక్తి అన్నది పదార్థపు సానుకూల శక్తిని రద్దు చేస్తుంది. కనుక మొత్తం విశ్వం శక్తి సున్నా.

ఇక, సున్నాకి రెట్టింపు కూడా సున్నాయే. కనుక విశ్వంలోని సానుకూల పదార్థ శక్తినీ ప్రతికూల గురుత్వాకర్షణ శక్తినీ రెట్టింపు చేసినా మొత్తం శక్తి యధాతథంగా సున్నా మాత్రమే ఉంటుంది. సాధారణ విశ్వ విస్తరణలో ఇది జరగదు. దానిలో విశ్వం పెద్దది అవుతున్నకొద్దీ పదార్థశక్తి సాంద్రత తగ్గుతుంది. అది విశ్వపు వాపు విస్తరణలోనే సాధ్యం. ఎందుకంటే విశ్వం విస్తరిస్తున్నప్పుడు అతిగా చల్లబడిన దశలో శక్తి సాంద్రత దీనిలో స్థిరంగా ఉంటుంది. విశ్వం దాని పరిమాణంలో రెట్టింపు అయితే సానుకూల పదార్థ శక్తీ ప్రతికూల గురుత్వాకర్షణశక్తీ రెండూ ఇందులో రెట్టింపు అవుతాయి. కనుక మొత్తం శక్తి సున్నాగానే ఉంటుంది. వాపు విస్తరణ దశలో విశ్వం తన పరిమాణాన్ని పెద్ద స్థాయిలో పెంచుకుంటుంది. కనుక కణాలను తయారుచేయడానికి అవసరమైన మొత్తం శక్తి చాలా ఎక్కువగా లభ్యమవుతుంది. దాని గురించి గుత్ ఇలా అన్నాడు. *'ఉచిత భోజనం అన్నదేదీ ఉండదంటారు. కాని విశ్వమే చిట్టచివరి ఉచిత భోజనం'.*

ఇప్పుడు విశ్వం వాపు విస్తరణకి గురికావడం లేదు. కనుక ఒక పెద్ద ప్రతిభావంతమైన ఖగోళనిత్యాన్ని రద్దు చేసే యంత్రాంగం ఏదో ఒకటి ఉండి ఉంటుంది. పెరిగిపోయే విస్తరణ రేటుని గురుత్వాకర్షణచేత తగ్గించే యంత్రాంగం ఏదో అవసరం. వేగవృద్ధి కలిగిన తొలి విస్తరణ రేటు నుంచి గురుత్వాకర్షణతో మందగించిన నేటి విస్తరణ రేటుకి మార్చిన యంత్రాంగమేదో ఉండి ఉంటుంది. అతిగా చల్లపర్చిన నీరు చివరికి గడ్డ కడుతుంది. అలాగే వాపు విస్తరణలో చివరికి భిన్న శక్తుల మధ్య ఉండిన పొందిక భగ్నమవుతుందని ఊహించవచ్చు. భగ్నం కాని పొందిక స్థితిలో ఉండిన అదనపు శక్తి విడుదల అవుతుంది. అది విశ్వాన్ని మళ్లీ

వేడెక్కిస్తుంది. భిన్న శక్తుల మధ్య పొందికకు కావాల్సిన కీలక ఉష్ణోగ్రతకు కొంచెం దిగువవరకూ ఉష్ణోగ్రత వేడెక్కుతుంది. ఆ తర్వాత విశ్వం వేడి బిగ్‌బాంగ్ నమూనాలో లాగానే విస్తరిస్తూనే ఉంటుంది. చల్లబడుతూనే ఉంటుంది. విశ్వం సరిగా కీలకరేటులో ఎందుకు విస్తరిస్తోందో ఇప్పుడు ఓ వివరణ దొరికింది. అంతేకాదు. విశ్వంలో విభిన్న ప్రాంతాలు ఒకే ఉష్ణోగ్రతతో ఉండడానికిగల కారణమేమిటో కూడా తెలిసింది.

గుత్ చేసిన తొలి ప్రతిపాదనలో *దశాపరివర్తనం* (phase transition) అన్నది హఠాత్తుగా జరుగుతుంది. అతిశీతల జలంలో హఠాత్తుగా స్ఫటికాలు కనిపించినట్టే ఇది కూడా జరుగుతుంది. అంటే, మరుగుతున్న నీటి చుట్టూ ఉండే ఆవిరిలో బుడగల లాగానే, భగ్నమైన కొత్త దశ పొందికకి చెందిన *'బుడగలు'* పాత దశలోనే రూపొంది ఉంటాయి. ఈ బుడగలు విస్తరించి ఒకదానితో ఒకటి కలుసుకుంటాయి. మొత్తం విశ్వం కొత్త దశలోకి పరివర్తనం చెందేవరకూ ఇది ఇలా జరుగుతుంది. అయితే ఇక్కడ ఒక చిక్కుంది. నేనూ, నాతో పాటు మిగిలిన శాస్త్రవేత్తలూ దీనిని ఎత్తి చూపించాం. విశ్వ విస్తరణ ఎంత వేగంగా ఉందంటే ఈ బుడగలు కాంతి వేగంతో పెరిగినప్పటికీ అవి ఒకదానికొకటి దూరంగా జరుగుతాయే తప్ప ఒకదానితో ఒకటి కలవలేవు. విశ్వం ఏకరూపంగా ఉండదు. కొన్ని ప్రాంతాల్లో భిన్న శక్తుల మధ్య ఇంకా పొందిక ఉండనే ఉంటుంది. అటువంటి విశ్వ నమూనాకీ మనం గమనించే విశ్వానికీ బొత్తిగా పొంతన ఉండదు.

1981లో నేను మాస్కోలో క్వాంటమ్ గురుత్వాకర్షణపై జరిగిన సభకి వెళ్లాను. దాని తర్వాత నేను వాపు నమూనా గురించి దాని సమస్యల గురించి ఒక సదస్సు నిర్వహించాను. మాస్కోలోని స్టెర్న్‌బర్గ్ ఖగోళ సంస్థలో ఈ సదస్సు జరిగింది. దీనికి ముందు నా లెక్చర్లను నా కోసం వేరే వాళ్లు చదివేవారు. ఎందుకంటే నా కంఠం చాలామందికి అర్థం కాదు. అయితే ఈ సదస్సు సందర్భంగా లెక్చరు తయారుచేసేంత వ్యవధి నాకు దొరకలేదు. కనుక నా లెక్చరు నేనే ఇవ్వాల్సి వచ్చింది. నా విద్యార్థుల్లో ఒక గ్రాడ్యుయేట్ అక్కడ నా మాటలను తిరిగి పలికాడు. అది విజయవంతమైంది. నా శ్రోతలతో అది నాకు మరింత సన్నిహిత సంబంధాన్ని చేకూర్చింది. శ్రోతలలో ఆంద్రేయ్ లిందే అనే యువ రష్యన్ కూడా ఉన్నాడు. ఆయన మాస్కోలోని లెబెదేవ్ విద్యా సంస్థలో ఉన్నాడు. బుడగలు ఒకదానితో ఒకటి కలవలేకపోతున్న సమస్యను తొలగించవచ్చునని ఆయన అన్నాడు. ఒకే బుడగ మన ప్రాంతపు విశ్వాన్ని మొత్తంగా

ఇముడ్చుకునేంత పెద్దదిగా ఉంటే సమస్య పరిష్కారం అవుతుందని ఆయన అన్నాడు. ఈ బుడగలో భిన్న శక్తుల మధ్య ఉండే పొందిక, భగ్నమయ్యే పొందికగా మారడం అన్నది అతి నెమ్మదిగా జరగాల్సి ఉంది. ఇది మహా సమైక్య సిద్ధాంతాల ప్రకారం సుసాధ్యమే. నెమ్మదిగా పొందిక భగ్నం అవడం అన్న లిందే భావన చాలా బాగుండేది. అయితే ఆ సమయంలో అతని బుడగలు విశ్వం కంటే పెద్దవిగా ఉండాల్సి ఉంటుందని నేను తర్వాత గ్రహించాను. దానికి బదులుగా నేను మరో ప్రతిపాదన చేశాను. దాని ప్రకారం పొందిక నెమ్మదిగానే భగ్నం అవుతుంది. కాని కేవలం బుడగలో మాత్రమే గాక ఏకకాలంలో అన్ని చోట్లా భగ్నం అవుతుంది. అది ఇప్పటి విశ్వానికి దారితీస్తుంది. ఇప్పుడు మనం పరిశీలిస్తున్న విశ్వం ఏకరూపం. ఈ భావం నన్ను బాగా ఉత్తేజితుడ్ని చేసింది. నేను దీనిని నా విద్యార్థుల్లో ఒకరైన అయాన్ మాస్‌తో చర్చించాను. తర్వాత ఒక శాస్త్రీయ పత్రిక లిందే రాసిన పత్రాన్ని ఒకదానిని నాకు పంపింది. ఆ పత్రం ప్రచురణార్హం అవునో కాదో అడిగింది. లిందే స్నేహితుడిగా నేను కొంత ఇబ్బందిపడ్డాను. విశ్వం కంటే పెద్దగా బుడగ ఉండడం అన్న సమస్య దానిలో ఉందని నేను ఆ పత్రిక వారికి వివరించాను. అయితే పత్రాన్ని ప్రచురించమని ఆ పత్రికకు నేను రాశాను. దానిలో ఈ లోపం ఉన్నప్పటికీ భిన్న శక్తుల మధ్య పొందిక నెమ్మదిగా భగ్నమవడం అన్న మౌలిక భావన చాలా బాగుంది అని నేను రాశాను. పైగా మళ్లీ దానిని సరిచేసి లిందే పత్రికకు తిరిగి పంపించాలంటే అనేక నెలలు పడతాయి. పశ్చిమ ప్రపంచానికి లిందే ఏమి పంపించినా అది సోవియట్ సెన్సార్‌షిప్‌కు గురవుతుంది. శాస్త్రీయ పత్రాల విషయంలో వారి సెన్సార్‌షిప్ త్వరితంగానూ పనిచేయదు. నేర్పుతోనూ పనిచేయదు. నేను అయాన్ మాస్‌తో కలసి ఒక చిన్న పత్రాన్ని అదే పత్రికకు సమర్పించాను. దానిలో మేము విశ్వమంత బుడగ అనే సమస్యను ప్రస్తావించాము. దానినెలా పరిష్కరించవచ్చో కూడా సూచించాము.

మాస్కో నుంచి తిరిగి రాగానే ఆ మరునటి రోజునే ఫిలడెల్ఫియాకి ప్రయాణమయ్యాను. ఫ్రాంక్లిన్ విద్యా సంస్థ నుంచి నేను ఒక మెడల్‌ని స్వీకరించాల్సి ఉంది. నా సెక్రటరీ జుడీ ఫెల్లా తన ముగ్ధ మనోహర వ్యక్తిత్వంతో తనకీ నాకూ కంకార్డ్ విమానంలో తమ పబ్లిసిటిలో భాగంగా ఉచితంగా సీట్లు ఇచ్చేలా బ్రిటిష్ ఎయిర్‌వేస్‌ని ఒప్పించింది. కాని ఆ రోజు భారీ వర్షం కురిసింది. విమానాశ్రయానికి వెళ్లకముందే మార్గమధ్యంలోనే నేను ఆగిపోవాల్సి వచ్చింది. అయినా చివరిలో నేను పిలడెల్ఫియా వెళ్లాను. నా మెడల్‌ని స్వీకరించాను. ఆ తర్వాత పిలడెల్ఫియాలో డ్రెక్సెల్

విశ్వవిద్యాలయంవారు విశ్వ విస్తరణ అంశంపై సదస్సు నిర్వహించమని అడిగారు. నేను మాస్కోలో లాగే అదే సదస్సుని ఇక్కడ కూడా నిర్వహించాను. విశ్వ విస్తరణ సమస్యలను పేర్కొన్నాను.

కొన్ని నెలల తర్వాత పెన్సిల్వేనియా విశ్వవిద్యాలయానికి చెందిన పాల్ స్టీన్‌హార్ట్, ఆండ్రియాస్ ఆల్బ్రెక్ట్ అనే శాస్త్రవేత్తలు దాదాపుగా లిండే ప్రతిపాదించిన భావాన్నే స్వతంత్రంగా ప్రతిపాదించారు. 'కొత్త వాపు నమూనా' అనబడే ప్రతిపాదనకు లిండేతో పాటు వీరి పేర్లు కూడా జోడించబడ్డాయి. పొందిక నెమ్మదిగా భగ్నం కావడమే దీనిలో మౌలిక భావన. (పాత వాపు నమూనా అన్నది గుత్ చేసిన తొలి మౌలిక సూచన. దీనిలో బుడగలు ఏర్పడడంతో పాటు పొందిక వేగంగా భగ్నమవుతుంది.)

విశ్వం ఇప్పుడున్నట్టుగా ఎందుకుందో వివరించడానికి కొత్త వాపు నమూనా ఒక మంచి ప్రయత్నమని చెప్పవచ్చు. అయితే మైక్రోవేవ్ నేపథ్యంలో మనం పరిశీలించిన రేడియేషన్‌లోని ఉష్ణోగ్రతలోకంటే ఈ సిద్ధాంతపు అంచనాలలోని ఉష్ణోగ్రతలో వైవిధ్యం చాలా ఎక్కువుంది. కనీసం దాని తొలి రూపంలో పరిస్థితి ఇది. ఈ విషయాన్ని నేనూ ఇతర శాస్త్రవేత్తలూ రుజువు చేశాం. తర్వాత జరిగిన కృషి కూడా ఒక సందేహాన్ని లేవనెత్తింది. బాగా తొలి విశ్వంలో ఈ సిద్ధాంతం పేర్కొన్న *దశాపరివర్తనం* అన్న దానిపైన సందేహాలు ఎక్కువ వ్యక్తమయ్యాయి. నా వ్యక్తిగత అభిప్రాయం ప్రకారం కొత్త వాపు నమూనా అన్నది ఒక శాస్త్రీయ సిద్ధాంతంగా అంతరించింది. అయితే చాలామంది శాస్త్రవేత్తలు దాని చావు వార్తను ఇంకా విన్నట్టు లేదు. ఇంకా అది సుసాధ్యమైన సిద్ధాంతమే అన్నట్టుగా వారు దానిపై పత్రాలు సమర్పిస్తూనే ఉన్నారు. *చిందరవందర వాపు నమూనా* (chaotic inflationary model) అనే మరింత మెరుగైన నమూనాను 1983లో లిండే పరిచయం చేశాడు. దీనిలో దశాపరివర్తనం ఉండదు. అతిగా చల్లబడడం అన్నది కూడా ఉండదు. దానికి బదులు సున్నా గిరికీ క్షేత్రం ఉంటుంది. క్వాంటమ్ ఎగుడుదిగుళ్ల కారణంగా తొలి విశ్వంలో కొన్ని ప్రాంతాలలో భారీ విలువలుంటాయి. ఆ ప్రాంతాలలోని క్షేత్రశక్తి ఖగోళనిత్యంలాగా ప్రవర్తిస్తుంది. దానికి గురుత్వ వికర్షణ ఉంటుంది. ఆ రకంగా ఆ ప్రాంతాలు వాపు విస్తరణకి గురవుతాయి. అవి విస్తరిస్తున్న కొద్దీ వాటిలోని క్షేత్రశక్తి నెమ్మదిగా తగ్గుతుంది. క్రమంగా వాపు విస్తరణ వేడి బిగ్‌బాంగ్ నమూనాకి చెందిన విస్తరణగా మారేంత వరకూ ఈ క్రమం కొనసాగుతుంది. వీటిలో ఒక ప్రాంతం మనం ఇప్పుడు గమనిస్తున్న పరిశీలనార్హమైన విశ్వంగా మారుతుంది. ఇంతకుముందు

చెప్పిన వాపు నమూనాలో ఉండే సానుకూల అంశాలన్నీ ఈ నమూనాలో కూడా ఉన్నాయి. పైగా ఇది దశాపరివర్తనం అన్న సందేహాస్పదమైన భావనపైన ఆధారపడదు. అంతేకాదు. మనం పరిశీలించిన మైక్రోవేవ్ బాక్‌గ్రౌండ్‌కి చెందిన ఉష్ణోగ్రతలో ఎగుడుదిగుళ్లు దీనిలో సరైన ప్రమాణాలలో ఉంటాయి.

ప్రస్తుతం విశ్వం ఉన్న స్థితికి చేరాలంటే తొలి దశలో ఒకేలాంటి రూపురేఖలున్న విశ్వం ఉండనక్కర్లేదు. వేరే రూపురేఖలున్న తొలి విశ్వాలు అనేకం ఇప్పటి స్థితికి చేరడానికి అవకాశం ఉంది. వాపు నమూనాలపై జరిగిన కృషి ఈ విషయాన్ని రుజువు చేస్తుంది. దీనినిబట్టి తొలివిశ్వం అన్నది ఈనాడు మనం గమనిస్తున్న స్థితికి చేరడానికి ఎంతో జాగరూకతతో ఒకే ఒక నిర్దిష్ట రూపంలో ఉండాల్సిన అవసరం లేదు. ఆ రకంగా ఈ విషయానికి ప్రాధాన్యం ఉంది. కనుక కావాలనుకుంటే మనం దుర్బల మానవ కేంద్ర సూత్రాన్ని అనుసరించి ఈనాటి విశ్వం ఇలా ఎందుకు కనిపిస్తోందో వివరించవచ్చు. అయితే తొలి విశ్వం ఏ రూపురేఖలు కలిగి ఉన్నప్పటికీ అంతిమంగా నేడు మనం గమనిస్తున్న స్థితికి చేరి తీరుతుందని చెప్పలేం. ఈ విషయాన్ని ఒకలా రుజువు చేయవచ్చు. విశ్వాన్ని నేడున్న స్థితిలో కాకుండా మరింత చిందరవందరగానూ క్రమరహితంగానూ ఉన్నట్టు ఊహించవచ్చు. శాస్త్ర నియమాలను ఉపయోగించి ఈ పరిస్థితి నుంచి వెనకకు పరిణమించేలా లెక్కలు కట్టవచ్చు. అంతిమంగా తొలి విశ్వపు రూపురేఖలను అంచనా వేయవచ్చు. కనుక విశ్వం మనం ఇప్పుడు చూస్తున్న రూపంలో పరిణమించకుండా మరింత అస్తవ్యస్తంగా పరిణమించడానికి దారితీసే వేరే రూపురేఖలున్న తొలి విశ్వం సాధ్యమన్న సంగతి రుజువవుతుంది. ఇక్కడ కూడా అనేక రూపురేఖలకు అవకాశం ఉంది. సాధారణ క్లాసికల్ సాపేక్ష సిద్ధాంతపు ఏకబిందు సిద్ధాంతాల ప్రకారం ఒక బిగ్‌బాంగ్ ఏకబిందుత్వం ఉండడానికి అవకాశం ఉంది. శాస్త్ర నియమాల ప్రకారం అటువంటి విశ్వాన్ని పరిణమించేలా చేస్తే అంతిమంగా మీరు ప్రారంభించిన క్రమరహితమైన, చిందరవందర విశ్వానికి అది దారితీస్తుంది. కనుక మనం ఇప్పుడు గమనిస్తున్న విశ్వానికి దారితీయని తొలి రూపురేఖలు కూడా ఉండడానికి అవకాశం ఉంది. మనం ఇప్పుడు పరిశీలిస్తున్న విశ్వానికి అత్యంత భిన్నమైన విశ్వానికి దారితీసే విధంగా తొలి విశ్వపు రూపురేఖలు ఎందుకు లేవో వాపు నమూనాసైతం చెప్పలేదు. మరి, దీని వివరణ కోసం మనం మానవ కేంద్ర సూత్రాన్ని ఆశ్రయించాలా? లేకుంటే ఇదంతా అదృష్టమని భావించాలా? ఈ పరిష్కారం అత్యంత నిరాశాజనకం. విశ్వానికి

అంతర్లీనంగా ఉండే క్రమాన్నంతటినీ అర్థం చేసుకోగలమన్న మన ఆశలకిది వ్యతిరేకం.

విశ్వం ఎలా ప్రారంభమై ఉంటుందో అర్థం చేసుకోవాలంటే కాలారంభానికి వర్తించే నియమాలు అవసరం. సాధారణ క్లాసికల్ సాపేక్ష సిద్ధాంతం సరిగానే ఉంది అనుకుంటే రోజర్ పెన్‌రోజ్, నేనూ రుజువు చేసిన ఏకబిందు సిద్ధాంతాల ప్రకారం కాలారంభంలో ఒక అనంతమైన సాంద్రత గల బిందువు ఉంటుంది. ఒక అనంతమైన స్థలకాలపు వంపు ఉంటుంది. అటువంటి బిందువు దగ్గర మనకు తెలిసిన శాస్త్ర నియమాలన్నీ పటాపంచలవుతాయి. ఏకబిందుత్వం దగ్గర వేరే కొత్త నియమాలు ఉండి ఉంటాయని ఎవరైనా భావించవచ్చు. అయితే అటువంటి ధూర్త బిందువుల దగ్గర ఆ నియమాలను రూపొందించడంసైతం అత్యంత కష్టదాయకం. ఆ నియమాలు ఎలా ఉంటాయో పరిశీలనల ద్వారా తెలిపే మార్గదర్శి ఎవరూ ఉండరు. ఏకబిందు సిద్ధాంతాలు నిజంగా సూచించేదేమంటే అప్పుడు గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రం బాగా బలోపేతం అవుతుంది. కనుక క్వాంటమ్ గురుత్వాకర్షణ ప్రభావాలకు ఎంతో ప్రాధాన్యం ఉంటుంది. ఆ దశలో క్లాసికల్ సిద్ధాంతం విశ్వాన్ని వర్ణించడంలో ప్రభావరహితమవుతుంది. కనుక ఇక్కడ విశ్వం తొలి దశలను వర్ణించడానికి గురుత్వాకర్షణ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతమే పనికొస్తుంది. క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం ప్రకారం కాలారంభంతోసహా ప్రతిచోటా సాధారణ శాస్త్ర నియమాలు వర్తిస్తాయి. ఏకబిందుత్వాల కోసం కొత్త శాస్త్రనియమాలను ఆవిష్కరించాల్సిన అవసరం లేదు. క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం ప్రకారం అసలు ఏకబిందుత్వాల అవసరమే లేదు.

క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌నీ గురుత్వాకర్షణనీ నిక్కచ్చిగా సంపూర్ణంగా మేళవించిన సిద్ధాంతమేదీ మనకు ఇప్పటికీ అందుబాటులో లేదు. అటువంటి సమైక్య సిద్ధాంతానికి ఉండాల్సిన లక్షణాలను గురించి మాత్రం మనకు చాలావరకూ ఇప్పటికే ఖాయంగా తెలుసు. వాటిలో ఒక అంశం ఫేన్‌మాన్ ప్రతిపాదన. స్థాన చరిత్రల మొత్తాన్ని పరిగణనలోకి తీసుకోవడంద్వారా క్వాంటమ్ సిద్ధాంతాన్ని రూపొందించవచ్చునని ఫేన్‌మాన్ ప్రతిపాదించాడు. దానిలో ఒక కణానికి క్లాసికల్ సిద్ధాంతంలో లాగా ఒకే చరిత్ర ఉండదు. అంటే ఒకే స్థానం ఉండదు. స్థలకాలంలో సాధ్యమైన ప్రతి మార్గాన్నీ అది అనుసరిస్తుంది. ఈ కణ చరిత్రలతోపాటు రెండు అంకెలుంటాయి. ఒకటి తరంగ పరిమాణాన్ని సూచిస్తుంది. రెండోది, వలయంలో లేదా దాని దశలో (in the cycle or its phase) దాని స్థానాన్ని సూచిస్తుంది. ఒక ప్రత్యేక బిందువు గుండా కణం ప్రయాణించడం సుసాధ్యమని తెలుసుకోవడానికి గాను ఆ బిందువు

గుండా ప్రయాణించే ప్రతి చరిత్రతో పాటు ఉండే తరంగాలను కలుపుతారు. ఈ మొత్తాలన్నింటినీ పరిగణించాలంటే సాంకేతికంగా చాలా పెద్ద చిక్కు సమస్యగా మారుతుంది. దాని నుంచి తప్పించుకోవడానికి ఒక వింత పద్ధతిని అనుసరించాల్సి ఉంటుంది. మీకూ నాకూ అనుభవం ద్వారా తెలిసిన *'వాస్తవ'కాలంలో* ('real' time) ఉండే తరంగాలను గాక *ఊహాకాలం* (imaginary time) అనబడే దానిలో ఉండే తరంగాలను కణ చరిత్రలకు జోడించాల్సి ఉంటుంది. ఇక్కడ ఊహాకాలం అన్నది సైన్స్ కథలా కనిపించవచ్చు. నిజానికి ఇది చక్కగా నిర్వచించబడిన ఒక గణిత శాస్త్ర భావన. మనం ఏదైనా ఒక సాధారణ (లేదా 'వాస్తవ') అంకెను తీసుకుని దానిని దానితోనే గుణిస్తే వచ్చే అంకె ధనాత్మకంగానే ఉంటుంది. (ఉదాహరణకి, రెండుని రెండు పెట్టి గుణిస్తే నాలుగు అవుతుంది. మైనస్ రెండుని మైనస్ రెండుతో గుణించినప్పటికీ నాలుగే వస్తుంది.) అయితే ప్రత్యేక తరహా అంకెలు కూడా ఉన్నాయి. వీటినే ఊహా సంఖ్యలు అంటాం. ఈ అంకెలను వాటితోనే గుణిస్తే ఋణాత్మక అంకెలు వస్తాయి. ఉదాహరణకి, i అనే దానితో దానినే గుణిస్తే మైనస్ ఒకటి (-1) వస్తుంది. 2i అన్నదానితో దానినే గుణిస్తే మైనస్ నాలుగు (-4) వస్తుంది. ఫేన్‌మాన్ చెప్పిన స్థాన చరిత్రల సమూహంతో వ్యవహరిస్తున్నప్పుడు సాంకేతికపరమైన చిక్కులలో పడకుండా ఉండాలంటే *వాస్తవ సంఖ్యలను* గాక *ఊహాసంఖ్యలను* ఉపయోగించి కాలాన్ని కొలవాల్సి ఉంటుంది. స్థలకాలంపైన దీనికి ఒక ఆసక్తిదాయకమైన ప్రభావం ఉంటుంది. ఈ స్థలకాలంలో సంఘటనలకు ఊహాజనితమైన కాల విలువలు ఉంటాయి. వీటిని యూక్లిడియన్ కాల విలువలు అనవచ్చు. యూక్లిడ్ ఒక గ్రీకు తత్వవేత్త. ఆయన రెండు విస్తృతులు కలిగిన ఉపరి తలాలుండే రేఖా గణితాన్ని కనుగొన్నాడు. ఇప్పుడు మనం యూక్లిడియన్ స్థలకాలం అంటున్నది కూడా అటువంటిదే. కాకుంటే మనమంటున్నదానికి రెండు విస్తృతులు గాక నాలుగు విస్తృతులుంటాయి. అంతే. యూక్లిడియన్ స్థలకాలంలో కాల దిశకు, స్థల దిశలకు తేడా ఏమీ లేదు. వాస్తవ స్థలకాలంలో మాత్రం కాలదిశకూ స్థలదిశలకూ తేడా ఉంటుంది. ఇక్కడ సంఘటనలకు సాధారణ వాస్తవ కాల విలువలు ఉంటాయి. దీనిలో అన్ని బిందువుల దగ్గరా *కాలదిశ* (time direction) కాంతిశంకువు పరిధిలోనే ఉంటుంది. స్థలదిశలు మాత్రం కాంతిశంకువుకి ఆవల ఉంటాయి. ఏమైనప్పటికీ వాస్తవ స్థలకాల సమాధానాలను లెక్కకట్టేటప్పుడు రోజు వారీ క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌కు సంబంధించినంత వరకూ మనం ప్రయోగిస్తున్న ఊహా కాలాన్నీ యూక్లిడియన్

స్థలకాలాన్నీ కేవలం ఒక గణిత సాధనంగా మాత్రమే పరిగణించాలి.

సమైక్య సిద్ధాంతంలో తప్పనిసరిగా ఉండాల్సిన రెండో లక్షణం ఐన్‌స్టీన్ సిద్ధాంతం. ఏ అంతిమ సిద్ధాంతంలోనైనా ఇది ఉంటుందని మేము నమ్ముతున్నాం. గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రానికి వంపు తిరిగిన స్థలకాలం ప్రాతినిధ్యం వహిస్తుందని ఐన్‌స్టీన్ అన్నాడు. వంపు తిరిగిన స్థలంలో కణాలు అతిసమీపంలో ఉన్న వస్తువుని రుజు మార్గంలో అనుసరించడానికి ప్రయత్నిస్తాయి. స్థలకాలం బల్లపరుపుగా లేదు. కనుక వాటి మార్గాలు వంగినట్టు కనిపిస్తాయి. అది గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రంవల్ల జరిగిందా అన్నట్టుగా అనిపిస్తుంది. ఫేన్‌మాన్ స్థాన చరిత్రల సమూహాన్ని ఐన్‌స్టీన్ గురుత్వాకర్షణ దృక్పథంతో మేళవించాలి. అప్పుడు స్థాన చరిత్ర అన్నది మొత్తం విశ్వ చరిత్రకు ప్రాతినిధ్యం వహించే సంపూర్ణంగా వంపు తిరిగిన స్థలకాలం లాంటిదే అని తెలుస్తుంది. స్థానచరిత్రల సమూహంతో వ్యవహరించేటప్పుడు ఎదురయ్యే సాంకేతిక ఇబ్బందులను తొలగించుకోవాలంటే వంపు తిరిగిన స్థలకాలాలను యూక్లిడియన్ స్థలకాలాలుగా పరిగ్రహించాలి. అంటే కాలం ఊహాజనితం. అది స్థల దిశలతో వేరు చేయడానికి వీలులేని విధంగా ఉంటుంది. ఖచ్చితమైన లక్షణాలతో వాస్తవ స్థలకాలాన్ని లెక్క కట్టడం కోసం అంటే ఒకే అంశాన్ని ప్రతి బిందువు దగ్గరా ప్రతి దిశలోనూ గమనించడం కోసం అదే ధర్మం కలిగిన కణ చరిత్రలన్నింటినీ వాటితో పాటు ఉండే తరంగాలనూ జమ చేయాలి.

సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం అనేక భిన్నమైన వంపు తిరిగిన స్థలకాలాలు సాధ్యం. ప్రతిదీ ఒక విభిన్నమైన తొలి విశ్వపు పరిస్థితికి అనుగుణంగా ఉంటుంది. మనకు తొలివిశ్వం గురించి తెలిసి ఉంటే దాని మొత్తం చరిత్ర తెలుసుకోవచ్చు. అదే విధంగా గురుత్వాకర్షణ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతంలో కూడా విశ్వానికి అనేక భిన్నమైన క్వాంటమ్ దశలు సాధ్యం. కణ చరిత్రల మొత్తంలో వంపు తిరిగిన యూక్లిడియన్ స్థలకాలాలు తొలిదశలో ఎలా ప్రవర్తించాయో తెలిస్తే చాలు. విశ్వపు క్వాంటమ్ దశను మనం తెలుసుకోవచ్చు.

క్లాసికల్ సాపేక్ష సిద్ధాంతం వాస్తవ స్థలకాలంపైన ఆధారపడి ఉంటుంది. దాని ప్రకారం విశ్వం రెండే రెండు విధాలుగా ప్రవర్తిస్తుంది. విశ్వం అనంత కాలంలో ఉండనైనా ఉంటుంది. లేదా గతంలో ఒకానొక సమయంలో ఏక బిందువు దగ్గర ప్రారంభమై ఉంటుంది. గురుత్వాకర్షణ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం ప్రకారం మరో మూడో అవకాశం కూడా ఉంది. యూక్లిడియన్ స్థలకాలాలను ఉపయోగిస్తున్నాం గనుక

స్థలకాలం అన్నది దాని విస్తృతిరీత్యా *పరిమితం* కావడానికి అవకాశం ఉంది. అదే సమయంలో సరిహద్దులనూ అంచులనూ ఏర్పర్చే ఏకబిందువులన్నవి దానిలో ఉండకపోవచ్చు. ఎందుకంటే యూక్లిడియన్ స్థలకాలాల్లో కాలదిశ, స్థలదిశలూ అవిభాజ్యాలు. అవి వేర్వేరు కాదు. ఇక్కడ స్థలకాలం అన్నది భూమి ఉపరితలం లాగానే ఉంటుంది. కాకుంటే మరో రెండు విస్తృతులు అదనంగా ఉంటాయి. భూమి ఉపరితలం విస్తృతిరీత్యా పరిమితమే. కాని దానికి సరిహద్దుకానీ అంచులు కానీ లేవు. మీరు సూర్యాస్తమయం దిశగా ప్రయాణించినా ఏదో ఒక అంచు దగ్గర కిందకు పడిపోరు. ఒక ఏక బింద వునీ చేరుకోరు. (ఈ విషయం నాకు తెలుసు. ఎందుకంటే నేను లోకాన్ని చుట్టి వచ్చాను)

యూక్లిడియన్ స్థలకాలం అనంతమైన ఊహాకాలానికి వెనకకు సాగినా ఊహాకాలంలో ఒక ఏక బిందుత్వం దగ్గర అది ప్రారంభమైనా విశ్వపు తొలి దశను గురించి పేర్కొనడంలో క్లాసికల్ సిద్ధాంతం విషయంలో లాగానే మనకు చిక్కులు ఎదురవుతాయి. విశ్వం ఎలా ప్రారంభమైందో దేవుడికే తెలియాలి. అది ఇలా ప్రారంభం కాలేదు, ఇలాగే ప్రారంభమైంది అని చెప్పడానికి కావాల్సిన ఆధారాలేమీ చూపలేం. అయితే గురుత్వాకర్షణ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం ఒక నూతన అవకాశాన్ని తీసుకొచ్చింది. స్థలకాలానికి సరిహద్దు లేదు అంటుంది. కనుక సరిహద్దు దగ్గర ప్రవర్తన ఎలా ఉంటుందన్న విషయాన్ని వివరించాల్సిన పని లేదు. సకల శాస్త్ర నియమాలూ నిష్ఫలమయ్యేచోటు ఏక బిందుత్వం. కాని ఏక బిందుత్వమే లేదు. స్థలకాలపు అంచు అంటూ ఏదీ లేదు. కనుక స్థలకాలపు సరిహద్దు పరిస్థితులకు వర్తించే కొత్త శాస్త్ర నియమాన్ని సృష్టించమని భగవంతుడిని ప్రార్థించనక్కర్లేదు. '*విశ్వపు సరిహద్దు పరిస్థితి ఏమంటే దానికి సరిహద్దు అనేదే లేదు*' అని ఇప్పుడు స్పష్టంగా చెప్పవచ్చు. విశ్వం సంపూర్ణంగా స్వయం సమృద్ధం. దానికి బాహ్యంగా ఉన్నదేదీ దానిపై ఎటువంటి ప్రభావం కలిగించలేదు. విశ్వం సృష్టించబడదు, నాశనం చేయబడదు. అది *ఉంటుంది.* అంతే.

నేను ఇంతకుముందు వాటికన్ నగరంలో ఒక కాన్ఫరెన్స్‌కి హాజరయ్యానని చెప్పాను. అక్కడ స్థలకాల ఉపరితలం పరిమాణంలో పరిమితమే అయినా దానికి సరిహద్దూ ఉండదు, అంచూ ఉండదని ప్రతిపాదించాను. నేను సమర్పించిన పత్రం గణిత శాస్త్రానికి సంబంధించినది. కనుక ఆవేళ్టకి ఆ ప్రతిపాదన పర్యవసానాలు దేవుని పాత్ర విషయంలో ఎలా ఉంటాయన్నది ఎవరూ పెద్దగా గుర్తించలేదు. (నిజానికి

నాకు కూడా అంత స్పష్టంగా అర్థం కాలేదు.) వాటికన్‌లో కాన్ఫరెన్స్ జరిగిన నాటికి సరిహద్దు లేకపోవడమన్న ఈ భావనను ఉపయోగించి విశ్వానికి సంబంధించి ఎలా అంచనా కట్టాలో నాకూ స్పష్టంగా తెలియదు. అయితే ఆ తర్వాత వేసవిలో కాలిఫోర్నియా విశ్వవిద్యాలయంలో శాంతాబార్బరాతో గడిపాను. నా సహచరుడూ మిత్రుడూ జిమ్ హార్టిల్ నా ప్రతిపాదనపైన నాతో పాటు కృషి చేశాడు. స్థలకాలానికి సరిహద్దు లేకపోతే విశ్వం ఎటువంటి పరిస్థితులను సంతృప్తి పర్చాలి అన్న అంశాన్ని మేము పరిశోధించాం. నేను కేంబ్రిడ్జికి తిరిగి వచ్చాక జూలియన్ లట్రెల్, జొనాథన్ హల్లీవెల్ అనే నా రీసెర్చి విద్యార్థులిద్దరితో కలసి నేను ఈ కృషిని కొనసాగించాను.

స్థలకాలాలు పరిమితమే కాని వాటికి సరిహద్దులు లేవన్న భావం కేవలం ఒక *ప్రతిపాదన* అన్న సంగతిని నేనిక్కడ నొక్కి చెప్పదల్చుకున్నాను. ఇది మరో సూత్రం నుంచి పరిగ్రహించిన భావం కాదు. మిగిలిన శాస్త్రీయ సిద్ధాంతాల లాగానే ఇది కూడా సౌందర్య కారణాలతోనో అధిభౌతిక కారణాలతోనో ప్రతిపాదించబడి ఉండవచ్చు. పరిశీలనలతో ఏకీభవించే అంచనాలను ఈ ఊహ కట్టగలుగుతుందా అన్నదే అసలు ప్రశ్న. క్వాంటమ్ గురుత్వాకర్షణ విషయంలో దీనిని నిర్ధారించడం కష్టం. దానికి రెండు కారణాలున్నాయి. అటువంటి సిద్ధాంతానికి ఉండాల్సిన లక్షణాల గురించి మనకిప్పటికే చాలావరకూ స్థూలంగా తెలిసినప్పటికీ, సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్నీ క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌నీ విజయవంతంగా మేళవించే సిద్ధాంతం ఇంతవరకూ మనకు తెలియదు. ఈ అంశాన్ని నేను తర్వాత అధ్యాయంలో వివరిస్తాను. రెండో కారణం ఏమంటే మొత్తం విశ్వాన్ని వివరించే నమూనా ఏదైనా గణిత శాస్త్ర పరంగా అత్యంత సంక్లిష్టంగా ఉంటుంది. సరైన అంచనాలు కట్టడం ఎంతో కష్టమైన వ్యవహారం. కనుక ఈ క్రమాన్నంతటినీ సరళం చేయాల్సి ఉంది. అలా చేసినప్పటికీ విశ్వం గురించిన అంచనాలు దుర్లభంగానే ఉంటాయి.

స్థాన చరిత్రల మొత్తంలో ప్రతి చరిత్ర కేవలం స్థలకాలాన్ని మాత్రమేకాక దానిలో ఉన్న ప్రతి అంశాన్ని వివరిస్తుంది. విశ్వ చరిత్రను పరిశీలించగలిగిన మానవుల లాంటి అత్యంత సంక్లిష్టమైన జీవులతో సహా అన్ని అంశాలనూ అది వివరించగలదు. *మానవ సూత్రానికి* అనుగుణంగా ఇది బహుశా మరో పాయింట్‌ని అందించవచ్చు. అన్ని రకాల చరిత్రలూ సాధ్యమైనప్పుడు ఆ చరిత్రలలో ఒకదానిలో మనం ఉన్నంతవరకూ విశ్వం ఇప్పుడున్నట్టుగానే ఎందుకుందో వివరించడానికి ఈ మానవ కేంద్ర సూత్రాన్ని ఉపయోగించవచ్చు. ఇతర చరిత్రలలో మనం లేము. వాటికి ఏ

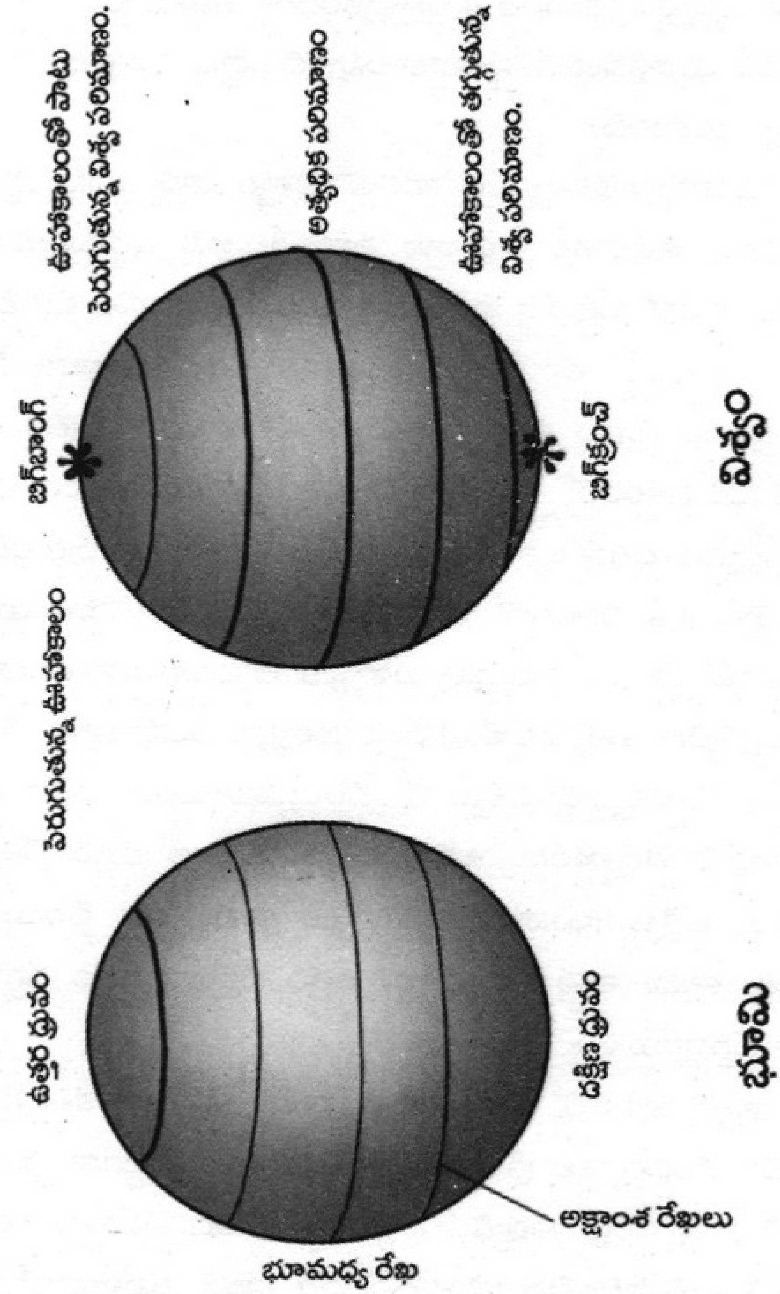
అర్థం కల్పించాలన్నది స్పష్టంగా లేదు. స్థాన చరిత్రల మొత్తాన్ని ఉపయోగించి మన విశ్వం సుసాధ్యమైన అనేక విశ్వాలలో ఒకటని మాత్రమేగాక అత్యంత సుసాధ్యమైన విశ్వాలలో ఒకటని ఎవరైనా రుజువు చేయగలిగితే గురుత్వాకర్షణ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతపు ఈ దృక్పథం మరింత సంతృప్తికరంగా ఉంటుంది. ఇలా చేయాలంటే సరిహద్దులు లేని యూక్లిడియన్ స్థలకాలాలన్నింటి స్థాన చరిత్రల మొత్తాన్ని మనం పరిగణించాల్సి ఉంటుంది.

విశ్వానికి సరిహద్దులులేవన్న ప్రతిపాదనలో విశ్వం సాధ్యమైనన్ని స్థాన చరిత్రలను అనుసరించడమన్న అవకాశం అత్యల్పం మాత్రమే అని అర్థమవుతుంది. అయితే ఒక ప్రత్యేక తరహా స్థాన చరిత్రల కుటుంబం ఉండడమన్నదానికి మిగిలిన వాటికంటే ఎక్కువ అవకాశం ఉంది. ఈ చరిత్రలను భూమి ఉపరితలంలాగా చిత్రించవచ్చు. ఇక్కడ ఉత్తర ధ్రువం నుంచి ఉన్న దూరాన్ని ఊహా కాలంగా చిత్రించవచ్చు. ఉత్తర ధ్రువం నుంచి ఒకే దూరంలో ఉన్న వృత్తాన్ని విశ్వ స్థల పరిమాణంగా చిత్రించవచ్చు. విశ్వం ఉత్తర ధృవం దగ్గర ఒక ఏక బిందువులా ప్రారంభమవుతుంది. దక్షిణానికి కదులుతున్న కొద్దీ ఒకే దూరంలో ఉన్న వృత్తాలు పెద్దవిగా మారుతూ ఉంటాయి. ఇవి ఊహాకాలంతో పాటు విస్తరిస్తున్న విశ్వానికి అనుగుణంగా ఉంటాయి.

విశ్వ భూమధ్యరేఖ (విశ్వమధ్యరేఖ) దగ్గర అత్యధిక పరిమాణాన్ని చేరుకుంటుంది. ఊహాకాలం పెరుగుతున్నకొద్దీ విశ్వం కుంచించుకుపోతుంది. దక్షిణ ధ్రువం దగ్గర అది ఏకబిందువుని చేరుతుంది. ఉత్తర, దక్షిణ ధ్రువాల దగ్గర విశ్వ పరిమాణం సున్నా. ఉత్తర, దక్షిణ ధ్రువాలు ఏకత్వాలు కానట్టే ఈ బిందువులు కూడా ఏకబిందుత్వాలు కాదు. శాస్త్ర నియమాలు ఉత్తర దక్షిణ ధృవాల దగ్గర వర్తించినట్టే అక్కడ కూడా వర్తిస్తాయి.

అయితే వాస్తవ కాలంలో విశ్వ చరిత్ర చాలా భిన్నంగా కనిపిస్తుంది. వెయ్యో రెండువేలో కోట్ల సంవత్సరాల క్రితం విశ్వ పరిమాణం కనిష్టంగా ఉండి ఉంటుంది. ఊహాకాలంలో విశ్వ చరిత్ర అత్యధిక వ్యాసార్థానికి ఇది సమానం. తర్వాత వాస్తవ కాలాల్లో లిందే ప్రతిపాదించిన *చిందరవందర వాపు* నమూనాలో లాగా విశ్వం విస్తరించి ఉంటుంది. (సరైన స్థితిలోనే విశ్వం సృష్టించబడి ఉంటుందని ఇప్పుడు ఊహించాల్సిన అవసరం లేదు.) విశ్వం అతి భారీ పరిమాణానికి విస్తరిస్తుంది. చివరికి అది వాస్తవ కాలంలో ఏకబిందుత్వంలా కనిపించే దానిలో పతనమవుతుంది. ఆ రకంగా ఒక అర్థంలో మన అందరం వినాశనానికి గురికాక తప్పదు. కాలబిలాల

నుంచి మనం తప్పించుకున్నప్పటికీ వినాశనం తప్పదు. విశ్వాన్ని ఊహాకాలంలో చిత్రిస్తే తప్ప ఏకబిందుత్వాల నుంచి మనం తప్పించుకోలేం.



చిత్రం 8.1

విశ్వం నిజంగానే అటువంటి క్వాంటమ్ స్థితిలో ఉండి ఉంటే ఊహాకాలంలో

విశ్వ చరిత్రలో ఏకబిందుత్వాలుండవు. దీనినిబట్టి ఇటీవల నేను చేసిన కృషి ఇంతకుముందు నేను సాధించిన ఫలితాలన్నింటినీ పూర్తిగా వమ్ము చేస్తున్నట్టు అనిపిస్తుంది. అయితే ఇంతకుముందే సూచించినట్టుగా ఏకబిందుత్వ సిద్ధాంతాలకి నిజమైన ప్రాధాన్యం ఉంది. గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రం ఎంత బలంగా ఉంటుందంటే క్వాంటమ్ గురుత్వాకర్షణ ప్రభావాలను నిర్లక్ష్యం చేయలేమని అది రుజువు చేసింది. దాని తర్వాత విశ్వం ఊహాకాలంలో పరిమితమే అయినా దానికి ఏకబిందుత్వాలూ ఎల్లలూ లేవన్న భావానికి అది దారితీసింది. మనం నివసిస్తున్న వాస్తవ కాలానికి వెనకకు మళ్లితే ఇప్పటికీ ఏకబిందుత్వాలు కనిపిస్తాయి. కాలబిలంలో పడిపోయిన మన వ్యోమగామి పాపం దుర్భరమైన అంతానికి గురికాక తప్పదు. అతడు జీవించింది ఊహాకాలంలో అయి ఉంటే అతడు ఏకబిందుత్వాలకు బలయేవాడు కాదు.

దీనంతటినిబట్టీ ఊహాకాలం అనబడేది వాస్తవ కాలంగానూ, మనం వాస్తవ కాలం అంటున్నది కేవలం మన ఊహగానూ అనిపించవచ్చు. వాస్తవ కాలంలో ఏకబిందుత్వాల దగ్గర విశ్వానికి ఆరంభమూ అంతమూ ఉన్నాయి. ఈ ఏకబిందుత్వాలు స్థలకాలానికి ఎల్లలను ఏర్పరుస్తాయి. అక్కడ సకల శాస్త్ర నియమాలు భగ్నమైపోతాయి. ఊహాకాలంలో మాత్రం ఏకబిందుత్వాలూ సరిహద్దులూ ఉండవు. కనుక మనం ఊహాకాలం అంటున్నది నిజానికి మరింత మౌలికమేనేమో! మనం వాస్తవకాలం అంటున్నది విశ్వం గురించిన మన ఊహను వర్ణించడానికి మనం సృష్టించుకున్న మనకు తోడ్పడే భావమేనేమో! మొదటి అధ్యాయంలో నేను వర్ణించిన దాని ప్రకారం శాస్త్రీయ సిద్ధాంతం అన్నది కేవలం ఒక గణిత శాస్త్ర నమూనా. మన పరిశీలనలను వర్ణించడానికి మనమే దానిని తయారుచేస్తాం. అది కేవలం మన మస్తిష్కాలలో మాత్రమే ఉంటుంది. కనుక 'వాస్తవ' కాలం వాస్తవమా, 'ఊహా' కాలం వాస్తవమా అని అడగడం అర్థరహితం. ఏది మరింత ప్రయోజనకరమైన వివరణన్నదే ప్రధానం.

పిల్లలు లేవన్న ప్రతిపాదనతోపాటు *స్థాన చరిత్రల మొత్తం* అన్న సిద్ధాంతాన్ని కూడా ప్రయోగించవచ్చు. ఏయే విశ్వధర్మాలు కలసికట్టుగా ఉంటాయో వీటితో కనుగొనవచ్చు. ఉదాహరణకి విశ్వ సాంద్రత ప్రస్తుత విలువతో సమానంగా ఉన్నప్పుడు అన్ని దిశలలోనూ విశ్వం దాదాపు ఒకే రేటుతో విస్తరించడానికి గల అవకాశాలను లెక్కకట్టవచ్చు. ఇంతవరకూ అనేక సరళమైన నమూనాలను పరిశీలించడం జరిగింది. వాటినిబట్టి ఇలాంటి అవకాశాలు ఎక్కువగానే ఉన్నాయి. అంటే ఎల్లలు లేవన్న

ప్రతిపాదన ఒక అంచనాకు దారితీస్తుంది. ప్రతిదిశలోనూ విశ్వ విస్తరణ రేటు దాదాపు ఒకేలాగా ఉండడం అన్నది సుసాధ్యమే అని అది తెలియజేస్తుంది. మైక్రోవేవ్ (సూక్ష్మతరంగాల) నేపథ్యంలోని రేడియేషన్ పరిశీలనలకు ఇది అనుగుణంగానే ఉంది. ఈ పరిశీలనవల్ల అన్ని దిశలలోనూ ఈ రేడియేషన్ ఒకే తీవ్రతతో ఉందని తెలిసింది. విశ్వం కొన్ని దిశలలోకంటే ఇతర దిశలలో ఎక్కువ వేగంగా విస్తరిస్తూ ఉంటే అలా ఎక్కువ వేగంగా విస్తరించే దిశలలో రేడియేషన్ తీవ్రత అదనంగా ఎరుపు వైపు మొగ్గు చూపడం ద్వారా తగ్గుతుంది.

ఎల్లలు లేవన్న ప్రతిపాదనపై ఇప్పుడు మరింత కృషి జరుగుతోంది. దీనిలో ప్రత్యేకంగా ఒక ఆసక్తిదాయకమైన సమస్య ఏమంటే తొలి విశ్వంలో ఏకరూప సాంద్రత లేదు. వివిధ ప్రాంతాలలోని సాంద్రతాస్థాయిల మధ్య తేడాలున్నాయి. ఈ తేడాల కారణంగానే గెలాక్సీలు పుట్టాయి. తర్వాత నక్షత్రాలు పుట్టాయి. చివరికి మనం పుట్టాం. అనిశ్చితా సూత్రం సూచించేదేమంటే తొలివిశ్వం పూర్తిగా ఏకరూపంగా ఉండి ఉండదు. కణాల స్థానాలలోనూ వేగాలలోనూ ఎగుడుదిగుళ్లూ అనిశ్చితాంశాలూ ఉంటాయి. విశ్వానికి ఎల్లలులేవన్న సూత్రాన్ని ఉపయోగిస్తే అనిశ్చితా సూత్రం పరిధిలో విశ్వం ఏకరూపంగాని స్థితిలో ప్రారంభమై ఉంటుంది. కాని ఆ రూపభేదాలు అత్యల్పంగా ఉంటాయి. ఆ తర్వాత వాపు నమూనాలలోలాగా విశ్వం అతి వేగంగా విస్తరణకి గురై ఉంటుంది. ఏకరూపంగాని ఈ తొలిదశలో రూపభేదాలు బాగా పెరిగి ఉంటాయి. ఈ దశలో మనం ఇప్పుడు గమనిస్తున్న రూపనిర్మాణాల పుట్టుకను వివరించేటంత పెద్దవిగా మారి ఉంటాయి. విస్తరిస్తున్న విశ్వంలో ఒకచోటుకీ మరోచోటుకీ పదార్థ సాంద్రతలో స్వల్పంగా తేడాలుంటాయి. గురుత్వాకర్షణవల్ల సాంద్రతర ప్రాంతాల విస్తరణ కొంత మందగించి ఉంటుంది. అక్కడవి సంకోచించడం మొదలై ఉంటుంది. ఇది పాలపుంతలకూ నక్షత్రాలకూ చివరకు అత్యల్ప పరిమాణం గల మనలాంటి జీవుల ఆవిర్భావానికి దారితీసి ఉంటుంది. ఆ రకంగా విశ్వంలో మనం గమనిస్తున్న అత్యంత క్లిష్టమైన రూపనిర్మాణాలను సైతం విశ్వానికి ఎల్లలులేని పరిస్థితిని క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌లోని అనిశ్చితా సూత్రంతో మేళవించి వివరించవచ్చు.

స్థలకాలాలు పరిమితం. వాటికి ఎల్లలు లేవు. ఈ ప్రతిపాదనకు అనేక తీవ్ర పర్యవసానాలు ఉన్నాయి. విశ్వ వ్యవహారాలలో దేవుని పాత్రను వివరించడంలో దానికి ఒక పరిపుష్టమైన పరమార్థం ఉంది. సంఘటనలను వివరించడంలో శాస్త్రీయ సిద్ధాంతాలు విజయవంతమయ్యాయి. దానితో విశ్వం కొన్ని నిర్దిష్ట నియమాలకు

లోనై పరిణమించేలా దేవుడు అనుమతిస్తాడనీ ఈ నియమాలను ఉల్లంఘించే విధంగా ఆయన విశ్వ వ్యవహారాలలో జోక్యం చేసుకోడనీ చాలామంది నమ్మసాగారు. అయితే ఈ నియమాలు విశ్వారంభంలో ఎలా ఉందో చెప్పవు. కాల గమనాన్ని రద్దుచేసి విశ్వాన్ని ఎలా ప్రారంభించాలి, ప్రారంభంలో అదెలా ఉండాలి అన్నది దేవుడి ఇష్టం. అది ఆయనకే వదిలేయ బడింది. విశ్వానికి ఒక ఆరంభం అంటూ ఒకటి ఉన్నంత వరకూ దానికి ఒక సృష్టికర్త కూడా ఉన్నాడని భావించడానికి అవకాశం ఉండింది. అలాగాక విశ్వం అన్నది నిజంగా సంపూర్ణంగా సర్వసమృద్ధంగా ఉండి ఉంటే, దానికి ఎల్లలూ అంచులూ లేకుంటే ఏమవుతుంది? అప్పుడు దానికి ఆదీ అంతమూ ఉండవు. అది **ఉంటుంది.** అంతే. అటువంటప్పుడు సృష్టికర్తకు చోటేది?

9

కాలబాణం

కాల స్వభావాన్ని గురించి మన అభిప్రాయాలు ఎలా మారుతూ వచ్చాయో ఇంతకుముందు అధ్యాయాల్లో గమనించాం. ఈ శతాబ్దపు ప్రారంభంవరకూ ఒక నిరపేక్ష కాలాన్ని ప్రజలు నమ్మారు. అంటే ప్రతి సంఘటననూ విలక్షణంగా 'కాలం' అనబడే ఒక సంఖ్యతో సూచించవచ్చునని నమ్మారు రెండు సంఘటనల మధ్య విరామం అన్నది ఏ గడియారంలోనైనా ఒకేలా ఉంటుందని వారనుకున్నారు. ప్రతి పరిశీలకునికీ అతడెలా కదులుతున్నప్పటికీ కాంతివేగం ఒకటేనన్న ఆవిష్కరణ సాపేక్ష సిద్ధాంతానికి దారితీసింది. ఒక విలక్షణమైన, నిరపేక్షమైన కాలం ఒకటి ఉంటుందన్న భావనను సాపేక్ష సిద్ధాంతంవల్ల వదులుకోక తప్పలేదు. దానికి బదులుగా ప్రతి పరిశీలకునికీ తన సొంత గడియారం ప్రకారం సొంత కాలమానం ఉంటుందన్నది రుజువైంది. విభిన్న పరిశీలకుల కాలమానాలు ఏకీభవించనక్కర్లేదు. అవి విభిన్నంగా ఉండవచ్చు. కాలాన్ని కొలిచే పరిశీలకుడినిబట్టి మారుతుంది. కాలమన్నది ఆ రకంగా సాపేక్షంగా ఒక వ్యక్తిగత భావనగా మారింది.

గురుత్వాకర్షణని, క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌ని సమైక్యం చేయాలనుకున్నవారు 'ఊహా' కాలాన్ని ప్రవేశపెట్టాల్సి ఉంటుంది. ఊహాకాలం అన్నది స్థలదిశల నుంచి వేరు చేయడానికి వీలులేనిది. ఉత్తరానికి వెళ్లవచ్చు. దక్షిణానికి వెళ్లవచ్చు. గుండ్రంగా తిరగవచ్చు. ఊహాకాలంలో ముందుకీ వెళ్లవచ్చు. వెనక్కీ మళ్లవచ్చు. తన చుట్టూ

తాను తిరగవచ్చు. ఊహాకాలంలో ముందుకు వెళ్లడానికీ వెనకకు మళ్లడానికీ మధ్య ప్రధానమైన తేడా ఏదీ లేదు. వాస్తవ కాలంలో మాత్రం ముందు దిశకీ వెనక దిశకీ మధ్య చాలా పెద్ద తేడా ఉంది. ఇది మనందరికీ తెలుసు. గతానికీ భవిష్యత్తుకీ మధ్య ఈ తేడా ఎక్కడ నుంచి వస్తుంది. మనకు గతమే ఎందుకు గుర్తు ఉంటుంది? భవిష్యత్తు ఎందుకు గుర్తురాదు?

శాస్త్ర నియమాలు గతానికీ భవిష్యత్తుకీ మధ్య తేడా చూడవు. C,P,T అనే చర్యల మేళవింపులో శాస్త్ర నియమాలు మారవు. ఇంతకుముందు అధ్యాయాల్లో ఈ అంశాన్ని గమనించాం. (C అంటే కణాలు విరుద్ధ కణాలుగా మారడం. P అంటే అద్దంలో లాంటి ప్రతిబింబం. అంటే కుడి ఎడమలు తారుమారవుతాయి. T అంటే కణాలన్నింటి చలనదిశను తిరగేయడం. అంటే వెనక వైపు చలనాన్ని కొనసాగించడం.) తమంత తాముగా C, Pల చర్యల మేళవింపులో సాధారణ పరిస్థితులన్నింటిలోనూ పదార్థ ప్రవర్తనను శాసించే శాస్త్ర నియమాలు మారవు. మరోలా చెప్పాలంటే మరో గ్రహంలో ఉన్న ప్రాణులు ఈ గ్రహంలోని ప్రాణులకు అద్దంలోని ప్రతిబింబాలుగానూ, విరుద్ధ పదార్థాలుగానూ ఉంటే జీవితం ఈ గ్రహంలో లాగానే ఉంటుంది. తేడా ఏమీ ఉండదు.

C, P ల మేళవింపులోనూ C,P,T ల మేళవింపులోనూ శాస్త్ర నియమాలు మారలేదనుకోండి. అటువంటప్పుడు T చర్యలలో కూడా అవి మారవు. సాధారణ జీవితంలో మాత్రం ముందు దిశకూ వెనక దిశకూ మధ్య చాలా తేడా ఉంది. బల్ల మీద ఉన్న ఒక నీటి కప్పు ముక్కలుగా పగిలి నేలపై పడిందనుకుందాం. దీనిని మనం ఫిల్మ్ తీయవచ్చు. ఆ ఫిల్మ్‌ని ముందుకీ నడపొచ్చు. వెనక్కీ నడపొచ్చు. వెనక్కి నడిపితే నేలమీద ఉన్న ముక్కలన్నీ బల్ల మీదకు ఎగిరి వచ్చి ఒకే కప్పుగా తిరిగి ఏర్పడతాయి. దానిని చూసి ఫిల్మ్‌ని వెనక్కి నడిపారని చెప్పేయవచ్చు. ఎందుకంటే ఆ ప్రవర్తన మనకి నిజ జీవితంలో ఎప్పుడూ తారసపడదు. అదే నిజమైతే పింగాణి సామాగ్రి తయారుచేసే వారంతా దివాళా తీస్తారు.

నేలమీదున్న పగిలిన కప్పుముక్కలన్నీ మళ్లీ టేబుల్‌పైకి వెళ్లి కప్పుగా మారడాన్ని మనం చూడం. థర్మో డైనమిక్స్ రెండో నియమం అలా జరగడానికి వీలులేదంటుంది. మూసిన ఏ వ్యవస్థలోనైనా కాలంతోపాటు అవ్యవస్థ కూడా పెరుగుతూనే ఉంటుందని ఆ నియమం చెబుతుంది. ఇది మర్ఫీ నియమానికి మరో రూపం మాత్రమే. ప్రతిదీ పొరపాటుకు దారితీస్తుంది అన్నదే ఆ నియమం. బల్లపైన ఉన్న కప్పు సువ్యవస్థకు

చిహ్నం. నేల మీద పడిన పగిలిన కప్పు అవ్యవస్థకి చిహ్నం. గతంలోని బల్లపై ఉన్న కప్పు నుంచి భవిష్యత్తులోని నేలపై ఉన్న కప్పు ముక్కలకు మనం వెళ్లగలం. అయితే వెనకకు మాత్రం వెళ్లలేం.

కాలంతో పాటు అవ్యవస్థ పెరగడం అన్నది కాలబాణం (arrow of time) అనేదానికి ఒక ఉదాహరణ. కాలబాణం గతం నుంచి భవిష్యత్తుని వేరుచేస్తుంది. కాలానికి అది ఒక దిశను అందిస్తుంది. కనీసం మూడు వేర్వేరు కాల బాణాలున్నాయి. మొదటిది, థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం. అవ్యవస్థ పెరిగే కాలదిశ ఇది. రెండోది, మానసిక కాలబాణం. ఈ దిశగానే కాలం గడుస్తుంది. ఈ దిశలో మనకు గతం గుర్తుంటుంది. భవిష్యత్తు మాత్రం గుర్తుండదు. చివరిది, అంతరిక్ష కాలబాణం. ఈ కాలదిశలో విశ్వం విస్తరిస్తుందితప్ప సంకోచించదు.

ఈ మూడు కాలబాణాలూ ఒకే దిశవైపు సూచించడానికిగల కారణం ఏమిటి? విశ్వానికి ఎల్లలు లేవన్న పరిస్థితిని దుర్బల మానవ కేంద్ర సూత్రంతో కలిపితే దాని వివరణ దొరుకుతుంది. ఈ అధ్యాయంలో దాన్ని పరిశీలిద్దాం. అసలు చక్కగా నిర్వచించిన కాలబాణం అన్నది ఎందుకుండాలో కూడా వివరిస్తాను. మానసిక కాలబాణం అన్నది థర్మో డైనమిక్ కాల బాణాన్నిబట్టి ఉంటుందని నేనంటాను. ఈ రెండు కాలబాణాలూ తప్పనిసరిగా ఒకే దిశను సూచిస్తాయని కూడా అంటాను. విశ్వానికి ఎల్లలు లేవన్న సూత్రాన్ని ఆమోదిస్తే బాగా నిర్వచించబడిన థర్మో డైనమిక్, అంతరిక్ష కాలబాణాలు రెండూ మొత్తం విశ్వచరిత్ర అంతటిలోనూ ఒకే దిశను సూచించవని అర్థమవుతుంది. అయితే అవి ఒకే దిశలో ఉన్నప్పుడు మాత్రమే మనలాంటి ఆలోచన గలిగిన జీవులు మనగలగడం సాధ్యమని నేనంటాను. అంతేకాదు. విశ్వం విస్తరిస్తున్న దిశలోనే అవ్యవస్థ కూడా ఎందుకు పెరుగుతుందని ప్రశ్నించే మనలాంటి జీవులు మనగలగాలంటే ఈ రెండు కాల బాణాలూ ఒకే దిశను సూచించాలి.

నేను మొదట థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం గురించి చర్చిస్తాను. థర్మో డైనమిక్స్ రెండో నియమం అన్నది సువ్యవస్థాస్థితుల కంటే అవ్యవస్థాస్థితులే చాలా ఎక్కువ ఉంటాయన్న వాస్తవం నుంచి తలెత్తుతుంది. ఉదాహరణకి ఒక పెట్టెలో కొన్ని జిగ్సా ముక్కలను తీసుకుందాం. ఈ ముక్కలన్నీ కలిపి ఒకే ఒకసారి సంపూర్ణ చిత్రాన్ని అందించగలుగుతాయి. కాని అవి అవ్యవస్థంగా, ఏ చిత్రాన్నీ ఏర్పర్చని దశలే అత్యధికంగా ఉంటాయి.

సువ్యవస్థాస్థితులు అతి పరిమితంగా ఉంటాయి. ఒక వ్యవస్థ అలాంటి అతి పరిమితమైన స్థితులలో ఒకదానిలో ప్రారంభమైందనుకుందాం. కాలం గడిచిన కొద్దీ ఆ వ్యవస్థ శాస్త్ర నియమాల ప్రకారం పరిణమిస్తుంది. దాని స్థితి మారుతూ ఉంటుంది. తర్వాత ఒకానొక సమయంలో పరిశీలిస్తే ఆ వ్యవస్థ సువ్యవస్థంగా ఉండడం కంటే అవ్యవస్థంగా ఉండడానికే ఎక్కువ అవకాశం ఉంది. ఎందుకంటే అవ్యవస్థంగా ఉండే స్థితులే అత్యధికం గనుక. తొలి దశలో ఒక వ్యవస్థ సువ్యవస్థంగా ఉండి ఉంటే కాలం గడిచిన కొద్దీ అవ్యవస్థ పెరుగుతూనే ఉంటుంది.

జిగ్సా ముక్కలు ఒక పెట్టెలో ఒక చిత్రాన్ని ఏర్పర్చే విధంగా సువ్యవస్థమైన ఏర్పాటుతో ప్రారంభమయ్యాయనుకుందాం. మీరు పెట్టెని అటూ ఇటూ ఊపితే ఆ ముక్కలు వేరే ఏర్పాటుని స్వీకరిస్తాయి. అప్పుడు ఏర్పడే చిత్రం సక్రమంగా ఉండకపోవచ్చు. ఆ ఏర్పాటు అవ్యవస్థంకావడానికే అవకాశం ఎక్కువ. దీనికి కారణం అవ్యవస్థ ఏర్పడే అవకాశాలే అత్యధికం గనుక. వీటిలో కొన్ని ముక్కలు చిత్రంలో కొన్ని భాగాలను సరిగానే రూపొందించినప్పటికీ పెట్టెను కదుల్చుతున్నకొద్దీ అవి చెల్లాచెదురవుతాయి. ఆ స్థితిలో అవి సక్రమమైన చిత్రాన్ని రూపొందించలేవు. కనుక సువ్యవస్థంగా ప్రారంభమైన జిగ్సా ముక్కలు అవ్యవస్థంగా మారతాయి. కాలం గడుస్తున్నకొద్దీ ఈ అవ్యవస్థ పెరుగుతూనే ఉంటుంది.

విశ్వం సువ్యవస్థంగా ప్రారంభమైనా, అవ్యవస్థంగా ప్రారంభమైనా చివరికి సువ్యవస్థంగా ముగియాలని దేవుడు నిర్ణయించుకున్నాడనుకుందాం. తొలి దశలలో విశ్వం బహుశా అవ్యవస్థాస్థితిలోనే ఉంటుంది. అయితే ఇక్కడ అవ్యవస్థ కాలంతో పాటు తగ్గాలి. అటువంటప్పుడు నేలపై ఉన్న కప్పుముక్కలు బల్లపైకి ఎగిరి మళ్లీ కప్పుగా ఏర్పడాలి. అటువంటి ప్రక్రియను గమనించగల మనుషులున్నారనే అనుకుందాం. విశ్వంలో అవ్యవస్థ తగ్గుతున్న క్రమంలో వారేమి గమనిస్తారు? వారి మానసిక కాలబాణం వెనకవైపుకి ప్రయాణిస్తుంది. అంటే వారు భవిష్యత్తులో సంఘటనలు గుర్తుంచుకుంటారు. గతంలో సంఘటనలు గుర్తుంచుకోలేరు. కప్పు పగిలినప్పుడు అది బల్లపై ఉందన్న సంగతిని గుర్తుంచుకుంటారు. కాని అది మళ్లీ బల్లపైకి వచ్చినప్పుడు నేలమీద ముక్కలుగా ఉందన్న సంగతిని గుర్తుంచుకోలేరు.

మానవ మస్తిష్కం ఎలా పనిచేస్తుందో మనకు తెలియదు. కనుక మానవ జ్ఞాపకం గురించి మాట్లాడడం కష్టమే. కంప్యూటర్ జ్ఞాపకం గురించి మాత్రం మనకు తెలుసు. కనుక కంప్యూటర్ల విషయంలో మానసిక కాలబాణం అన్నది ఎలా వర్తిస్తుందో నేను

చర్చిస్తాను. ఈ కాలబాణం మానవులకు వర్తించినట్టే కంప్యూటర్లకూ వర్తిస్తుంది అనడం సబబే కదా. అలా కాకుంటే, రేపటి ధరలను గుర్తుంచుకునే కంప్యూటర్‌ని సంపాదించి, దాని సాయంతో ఎవరైనా స్టాక్ ఎక్స్ఛేంజ్‌లో దంచుకోవచ్చు, మరి!

కంప్యూటర్ జ్ఞాపకం అన్నది మౌలికంగా ఒక సాధనం. దానిలో రెండు స్థితులలో దేనిలోనైనా ఉండే అంశాలుంటాయి. దీనికి సాధారణమైన ఉదాహరణ ఒక అబకస్ (పూసల పలక). ఇది అత్యంత సరళమైన రూపంలో అనేక వైర్లను కలిగి ఉంటుంది. ప్రతి వైరులోనూ ఒక పూస ఉంటుంది. అది రెండు స్థానాలలోనూ దేనిలోనైనా ఉండవచ్చు. కంప్యూటర్ జ్ఞాపకంలో ఒక విషయాన్ని రికార్డ్ చేయడానికి ముందు దాని జ్ఞాపకం అవ్యవస్థాస్థితిలోనైనా ఉంటుంది. సువ్యవస్థాస్థితిలోనైనా ఉంటుంది. ఇక్కడ అవ్యవస్థాస్థితిలో ఉందని అనుకుందాం. (పూసల పలకలో పూసలు దాని వైర్లలో ఎడమ దానిలోనో, కుడి దానిలోనో ఉంటాయి.) కనుక ఈ జ్ఞాపకం అవ్యవస్థాస్థితి నుంచి సువ్యవస్థాస్థితికి చేరింది. ఈ జ్ఞాపకం సరైన స్థితిలోనే ఉందని ధృవీకరించుకోవడానికి కొంత శక్తిని ఉపయోగించాల్సి ఉంటుంది. (కంప్యూటర్‌ని ప్రారంభించడం ద్వారా గానీ లేదా పూసల పలకలోని కదిలించడం ద్వారా గానీ ఇది జరగవచ్చు.) ఈ శక్తి వేడిగా మారి విశ్వంలో కలుస్తుంది. ఆ రకంగా అది విశ్వంలో అవ్యవస్థని పెంచుతుంది. జ్ఞాపకంలో ఇది సువ్యవస్థని పెంచిన దానికంటే విశ్వంలో పెంచిన అవ్యవస్థ ఎప్పుడూ ఎక్కువగానే ఉంటుందని రుజువు చేయవచ్చు. కంప్యూటర్‌లోని కూలింగ్ ఫ్యాన్ వేడిని బయటకు పంపిస్తుంది. కనుక కంప్యూటర్ ఒక విషయాన్ని తన జ్ఞాపకంలో రికార్డ్ చేసుకున్నప్పుడల్లా విశ్వంలోని అవ్యవస్థ పెరుగుతుంది. కంప్యూటర్ గతాన్ని గుర్తుంచుకునే కాలదిశలోనే అవ్యవస్థ కూడా పెరుగుతుంది.

కనుక కాలదిశ గురించీ మానసిక కాలబాణం గురించీ మన వ్యక్తిగత అవగాహనను మన మస్తిష్కంలోని థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం నిర్ణయిస్తుంది. కంప్యూటర్ లాగానే అవ్యవస్థ పెరిగే క్రమంలోనే మనం గుర్తుంచుకోవాలి. దీనితో థర్మో డైనమిక్స్ రెండో నియమం అప్రధానం అవుతుంది. కాలంతోపాటు అవ్యవస్థ పెరుగుతుంది. ఎందుకంటే అవ్యవస్థ పెరిగే దిశలోనే మనం కాలాన్ని కొలుస్తున్నాం గనుక. అంతకంటే వేరే నిర్వచనం లేదు.

అయితే అసలు థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం అన్నది ఎందుకుండాలి? వేరేలా చెప్పాలంటే ఒక చివర అనగా గతం అనబడే ఒక చివర విశ్వం సువ్యవస్థంగా

ఎందుకు ఉండాలి? అవ్యవస్థా స్థితులే అత్యధికం అయినప్పుడు అన్ని కాలాల్లోనూ విశ్వం సంపూర్ణంగా అవ్యవస్థంగా ఎందుకు లేదు? అవ్యవస్థ పెరిగే కాలదిశ విశ్వం వ్యాకోచించే కాలదిశ ఒకటే ఎందుకు కావాలి?

విశ్వం ఎలా ప్రారంభమై ఉంటుందో క్లాసికల్ సాపేక్ష సిద్ధాంతం చెప్పలేదు. ఎందుకంటే బిగ్‌బాంగ్ ఏకబిందుత్వం దగ్గర సకల శాస్త్ర నియమాలూ భగ్నమవుతాయి. విశ్వం చాలా సాఫీగా, సువ్యవస్థంగా ప్రారంభమై ఉండవచ్చు. ఇది ఇప్పుడు మనం గమనిస్తున్న విధంగా, చక్కగా నిర్వచించబడిన థర్మో డైనమిక్, అంతరిక్ష కాలబాణాలకు దారితీసి ఉండవచ్చు. లేదా విశ్వం చిందరవందరగానూ, అవ్యవస్థాస్థితిలోనూ ప్రారంభమై ఉండవచ్చు. అలా జరిగి ఉంటే అవి ఈపాటికి సంపూర్ణ అవ్యవస్థాస్థితిలో ఉండి ఉండాలి. ఆ పరిస్థితిలో అవ్యవస్థ కాలంతో పాటు పెరగదు. అది నిలకడగానైనా ఉండాలి. సంకోచించనైనా సంకోచించాలి. నిలకడగా ఉంటే బాగా నిర్వచించబడిన థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం అన్నది ఉండదు. సంకోచిస్తూ ఉంటే థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం అన్నది అంతరిక్ష కాలబాణానికి వ్యతిరేక దిశను సూచించాలి. మనం పరిశీలిస్తున్న దానితో ఈ రెంటిలో ఏదీ ఏకీభవించదు. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం తన పతనాన్ని తానే ఊహించిందని మనం గమనించాం. స్థలకాలపు వంపు బాగా పెద్దదైనప్పుడు క్వాంటమ్ గురుత్వాకర్షణ ప్రభావాలు ప్రధానమవుతాయి. అప్పుడు సాధారణ క్లాసికల్ సాపేక్ష సిద్ధాంతం విశ్వాన్ని సక్రమంగా వర్ణించలేదు. విశ్వం ఎలా ప్రారంభమైందో అర్థం చేసుకోవాలంటే గురుత్వాకర్షణ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతాన్ని ఉపయోగించాలి. విశ్వం స్థితిని ప్రత్యేకంగా పేర్కొనాలంటే గతంలో స్థలకాలం సరిహద్దు దగ్గర విశ్వ స్థానచరిత్రలు ఎలా ప్రవర్తించాయో చెప్పాలి. ఇది గురుత్వాకర్షణ క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం ప్రకారం కూడా అవసరమేనని ఇంతకు ముందు అధ్యాయంలో తెలుసుకున్నాం. ఇలా మనకు తెలియని, మనం తెలుసుకోలేని విషయాన్ని వివరించాల్సిన ఇబ్బంది నుంచి తప్పించుకోవాలంటే స్థానచరిత్రలు ఎల్లలులేని స్థితిని సమర్థించాల్సి ఉంది. విశ్వం విస్తృతిరీత్యా పరిమితం. అయితే దానికి ఎల్లలుగానీ అంచులుగానీ ఏకబిందుత్వాలుగానీ లేవని చూపాల్సి ఉంది. అటువంటప్పుడు కాలారంభం అన్నది సవ్యమైన సాఫీగా ఉన్న స్థలకాల బిందువయి ఉంటుంది. విశ్వం తన విస్తరణను సాఫీగానూ సువ్యవస్థా స్థితిలోనే ప్రారంభించి ఉంటుంది. అయితే అది పూర్తిగా ఏకరూపంగా ఉండి ఉండదు. అలా ఉంటే క్వాంటమ్ సిద్ధాంతపు అనిశ్చితా సూత్రాన్ని ఉల్లంఘించినట్టు అవుతుంది. కణ సాంద్రతలోనూ కణాల

వేగాలలోనూ కొద్దిగా ఎగుడుదిగుళ్లు ఉండి ఉంటాయి. విశ్వానికి ఎల్లలు లేవన్న పరిస్థితిని బట్టి ఈ ఎగుడుదిగుళ్లు అనిశ్చితా సూత్రం పరిధిలో అత్యల్పంగా మాత్రమే ఉండి ఉంటాయి. విశ్వం 'వాపు' విస్తరణ కాలంతో ప్రారంభించి ఉంటుంది. చాలా భారీ స్థాయిలో అది తన పరిమాణాన్ని పెంచుకుని ఉంటుంది. ఈ విస్తరణ కాలంలో సాంద్రతలోని ఎగుడుదిగుళ్లు మొదట అత్యల్పంగా ఉండి తర్వాత పెరగడం మొదలై ఉంటుంది. సగటు సాంద్రతకంటే కొద్దిగా అధిక సాంద్రత ఉన్న ప్రాంతాల విస్తరణ కొంత మందగించి ఉంటుంది. దీనికి కారణం అక్కడి అదనపు ద్రవ్యరాశికున్న గురుత్వాకర్షణ శక్తి. ఆ ప్రాంతాలు విస్తరించడంమాని పతనమై పాలపుంతలుగా నక్షత్రాలగా మనలాంటి జీవులుగా మారతాయి. విశ్వం సాఫీగా, సువ్యవస్థంగానే ప్రారంభించి ఉంటుంది. కాలం గడిచిన కొద్దీ చిందర వందరగానూ అవ్యవస్థంగానూ మారుతుంది. థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం ఎందుకుందో ఈ పరిస్థితి తెలియజేస్తుంది.

విశ్వం విస్తరించడంమాని సంకోచించడం ప్రారంభిస్తే ఏమవుతుంది? థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం వెనకకు మళ్లుతుందా? అవ్యవస్థ కాలంతో పాటు తగ్గుతుందా? విశ్వం విస్తరించే దశ నుంచి సంకోచించే దశకు పరివర్తన జరుగుతున్న కాలంలో బతికి ఉండే మనుషులు సైన్స్ కథలలోని చిత్ర విచిత్రాలను అనుభవిస్తారు. నేలపై ఉన్న కప్పు ముక్కలన్నీ మళ్లీ కలసి బల్లపైకి గెంతి కప్పుగా మారడాన్ని వారు గమనిస్తారా? రేపటి ధరలను వారు గుర్తుంచుకోగలుగుతారా? దానిని బట్టి స్టాక్ మార్కెట్‌లో అదృష్ట జాతకులవుతారా? విశ్వం పతనమైతే ఏమవుతుందని ఆదుర్దాపడడం ఒక రకంగా పండితచర్చ అవుతుంది. విశ్వం మరో వెయ్యికోట్ల సంవత్సరాలవరకూ కుంచించుకు పోవడం మొదలుకాదు. ఏం జరుగుతుందో అంతగా తెలుసుకోవాలంటే మరింత శీఘ్రమైన మార్గం ఉంది. కాలబిలంలో దూకడమే ఆ మార్గం. మొత్తం విశ్వం చివరి పతనావస్థలు ఒక నక్షత్రం పతనమై కాలబిలంగా ఏర్పడడంలాంటివే. విశ్వం కుంచించుకుపోతున్న దశలో అవ్యవస్థ తగ్గేటట్టయితే కాలబిలంలోసైతం అవ్యవస్థ తగ్గుతుందని భావించ వచ్చు. అంతకుముందు కాలబిలంలో పడిన వ్యోమగామి రౌలట్ దగ్గర తాను పందెం కాయకముందే తన బంతి ఏ ఖానాలోకి పోతుందో ముందే ఊహించగలుగుతాడేమో. ఆ రకంగా అదృష్ట జాతకుడు అవుతాడేమో. (అయితే దురదృష్టవశాత్తూ అతడు సేమ్యాగా (స్పగేటీగా) మారడానికి ముందు ఆడడానికి ఎంతో వ్యవధి ఉండదు. థర్మో డైనమిక్ బాణం వెనకకు మళ్లిందన్న సంగతిని మనకు తెలియజేసే వ్యవధిసైతం అతనికుండదు.

కాలబిలపు సంఘటనా క్షితిజం వెనక అతడు చిక్కుకున్నాడుగనుక తాను గెలుచుకున్న డబ్బులను బ్యాంక్‌లో వేయడానికి కూడా అవకాశం లేదు.)

విశ్వం పున:పతనమైనప్పుడు అవ్యవస్థ తగ్గుతుందని మొదట నేను నమ్మాను. ఎందుకంటే విశ్వం చిన్నదిగా మారినప్పుడు మళ్లీ అది సాఫీగానూ, సువ్యవస్థంగానూ ఉండే స్థితికి తిరిగి రావాల్సి ఉంటుందనుకున్నాను. దీనినిబట్టి సంకోచదశ వ్యాకోచ దశకు సరిగ్గా వ్యతిరేక కాలదిశలో ఉండాలి. సంకోచదశలో ఉన్న ప్రజలు తమ జీవితాలను వెనకకు కొనసాగిస్తారు. వారు పుట్టక ముందే చనిపోతారు. విశ్వం కుంచించుకుపోతున్న కొద్దీ వారి వయసు మరింత తగ్గుతూ ఉంటుంది.

ఈ భావం చాలా ఆకర్షణీయంగా ఉంది. ఎందుకంటే దీని ప్రకారం వ్యాకోచ సంకోచ దశలమధ్య చక్కని పొందిక ఉంది. అయితే విశ్వం గురించిన ఇతర భావాలతో ప్రమేయంలేకుండా దానంతటది ఈ సూత్రం నిలబడలేదు. ఇక్కడ ప్రశ్న ఏమంటే అటువంటి పరిస్థితికి ఎల్లలులేని విశ్వంతో పొంతన ఉంటుందా? లేదా? ఎల్లలులేని పరిస్థితంటే సంకోచ దశలో అవ్యవస్థ తగ్గుతుందేమో అనుకున్నాను. ఇది పొరపాటు. భూమి ఉపరితలంతో పోల్చి ఆలోచించడంవల్ల ఒక మేరకు ఈ పొరపాటు జరిగింది. విశ్వారంభాన్ని ఉత్తరధ్రువంతో ప్రారంభమైనట్టు ఊహిస్తే దక్షిణధ్రువం కూడా ఉత్తరధ్రువంలాంటిదే అవుతుంది. విశ్వాంతం కూడా విశ్వారంభంలాగానే కనిపిస్తుంది. అయితే ఉత్తరధ్రువమూ దక్షిణధ్రువమూ విశ్వారంభానికీ విశ్వాంతానికీ అనుగుణంగా ఉండడం ఊహా కాలంలోనే సాధ్యం. వాస్తవ కాలంలో విశ్వారంభమూ విశ్వాంతమూ ఒకదానికొకటి పూర్తిగా భిన్నమైనవి. నా పొరపాటుకు మరో కారణం కూడా ఉంది. నేనొక సాదా విశ్వ నమూనాను తీసుకుని కృషి చేశాను. దానిలో విస్తరణదశకాలం వెనకకు మళ్లుతున్న దశే విశ్వపతనదశలా కనిపించింది. పెన్‌స్టేట్ విశ్వవిద్యాలయంలో పనిచేసే డాన్‌పేజ్ అనే నా సహచరుడొకాయన ఈ పొరపాటును ఎత్తి చూపించాడు. ఎల్లలులేని పరిస్థితికీ నా భావానికీ పొంతనలేదని నాకు చూపించాడు. విశ్వ సంకోచదశ, వ్యాకోచదశకు సరిగా కాలబాణ తిరోముఖ ప్రయాణంకాదని ఆయన రుజువుచేశాడు. అంతేకాదు. నా విద్యార్థుల్లో ఒకరైన రేమాండ్ లాఫ్లేమ్ కూడా ఒక కొత్త సంక్లిష్ట నమూనాతో పనిచేశాడు. దాని ప్రకారం విశ్వ పతనం వేరు. విశ్వ విస్తరణ వేరు. నా పొరపాటు నాకర్థమైంది. విశ్వానికి ఎల్లలు లేవన్న పరిస్థితి ప్రకారం సంకోచ దశలోసైతం అవ్యవస్థ పెరుగుతుంది. థర్మో డైనమిక్ కాలబాణమూ మానసిక కాలబాణమూ విశ్వసంకోచదశలోగానీ కాలబిలంలోగానీ తిరోగమనం సాగించవు.

ఇటువంటి పొరపాటు జరిగిందని తెలుసుకున్నప్పుడు ఏమి చేయాలి? తాము తప్పు చేశామన్న సంగతిని కొంతమంది ఎన్నటికీ ఒప్పుకోరు. తమ కేసును వాదించడం కోసం పరస్పరవిరుద్ధమైన నిత్యనూతన వాదనలను చేస్తూనే ఉంటారు. కాలబిలం సిద్ధాంతాన్ని వ్యతిరేకించే పనిలో ఎడ్డింగ్టన్ ఈ పనే చేశాడు. మరికొంతమంది తామెన్నడూ పొరపాటు అభిప్రాయాలను సమర్థించలేదని చెబుతారు. ఒకవేళ అలా చేసినప్పటికీ ఆ సిద్ధాంతం నిలకడగాలేదని చెప్పడానికే తామలాచేశామని కూడా చెప్పుకుంటారు. ఈ తిరుగుడుకంటే సూటిగా తప్పుచేసినట్టుగా రాతపూర్వకంగా అచ్చులో ఒప్పుకోవడం చాలా మెరుగని నాకనిపిస్తుంది. ఇందులో గందరగోళం ఏమీ లేదు. దీనికి మంచి ఉదాహరణ: స్థిరవిశ్వం నమూనాను సమర్థించడానికై ఖగోళనిత్యమనే సూత్రాన్ని ఐన్‌స్టీన్ ప్రవేశపెట్టాడు. అయితే తర్వాత ఆయన తన జీవితంలో తాను చేసిన అతి పెద్ద పొరపాటని బహిరంగంగా ప్రకటించాడు.

కాలబాణానికి తిరిగి వద్దాం. ఇక్కడ ఒక ప్రశ్న మిగిలే ఉంది. థర్మో డైనమిక్ ఖగోళ కాలబాణాలు ఒకే దిశను ఎందుకు సూచిస్తాయి? విశ్వం విస్తరిస్తున్న కాలదిశలోనే అవ్యవస్థ ఎందుకు పెరుగుతుంది? ఎల్లలులేని విశ్వం అన్న ప్రతిపాదన ప్రకారం విశ్వం వ్యాకోచించి మళ్లీ సంకోచిస్తుంది. అయితే మనం విస్తరణ దశలోనే మనగలుగుతాం. సంకోచ దశలో మనలేం. ఎందుచేత?

విశ్వం విస్తరిస్తున్న దిశలోనే అవ్యవస్థ కూడా ఎందుకు పెరుగుతోంది? దుర్బల మానవ సూత్రం ప్రాతిపదికపై దీనికి సమాధానం చెప్పవచ్చు. విశ్వం సంకోచిస్తున్న దశలో పరిస్థితులు ఇటువంటి ప్రశ్నలువేసే తెలివైన జీవులు బతకడానికి అనుగుణంగా ఉండవు. ఎల్లలులేని విశ్వం అన్న ప్రతిపాదన ప్రకారం విశ్వం తొలి దశలలో వాపు విస్తరణ ఉంటుంది. అప్పుడు పున:పతనాన్ని తప్పించుకోవడానికవసరమైన కీలకరేటుకి అత్యంత సన్నిహితమైన రేటులో విశ్వం విస్తరిస్తుంది. అందుకని చాలా కాలం వరకూ అది పున:పతనం చెందదు. అప్పటికి నక్షత్రాలన్నీ మండిపోయి ఉంటాయి. వాటిలోని ప్రోటాన్లూ న్యూట్రాన్లూ కాంతి కణాలుగానూ రేడియేషన్‌గానూ క్షీణించి ఉంటాయి. విశ్వం పూర్తి అవ్యవస్థతా స్థితిలో పడిపోతుంది. అప్పుడు బలమైన థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం ఉండదు. అప్పటికే పూర్తి అవ్యవస్థ ఉండడం కారణంగా అవ్యవస్థ మరింత పెరగడం అన్నది ఉండదు. అయితే తెలివైన ప్రాణులు బతికి బట్టకట్టాలంటే బలమైన థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం అవసరం. మనుషులు బతకాలంటే ఆహారం తీసుకోవాలి. అది వ్యవస్థాత్మక శక్తి. తర్వాత దానిని వేడిగా మార్చాలి. ఇది అవ్యవస్థాత్మక శక్తి.

అందుకే విశ్వం సంకోచిస్తున్న దశలో తెలివైన ప్రాణులు బతకలేవు. థర్మో డైనమిక్ కాలబాణమూ ఖగోళ కాలబాణమూ ఒకే దిశను సూచిస్తున్నట్టుగా మనం గమనించడానికి కారణం ఇదే. విశ్వ విస్తరణ అన్నది అవ్యవస్థను పెంచుతున్నదని అర్థంకాదు. విశ్వానికి ఎల్లలు లేవన్న పరిస్థితే అవ్యవస్థ పెరగడానికి దోహదం చేస్తుంది. ఆ దశలోనే తెలివైన ప్రాణికి అనువైన స్థితిగతులను అది సృష్టిస్తుంది.

శాస్త్ర నియమాలు పురోముఖ కాలదిశనూ తిరోముఖ కాలదిశనూ వేరుచేసి చూడవు. అయితే గతాన్నీ భవితనీ వేరుచేసి చూపే మూడు కాలబాణాలున్నాయి. అవి: మొదటిది, థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం. అవ్యవస్థ స్థితి పెరిగే కాలదిశ ఇది. రెండోది, మానసిక కాలబాణం. ఈ కాలదిశలో మనం గతాన్నే గుర్తుంచుకుంటాం. భవితను కాదు. మూడోది, ఖగోళ కాలబాణం. ఈ కాలదిశలో విశ్వం విస్తరిస్తుందే తప్ప సంకోచించదు. మానసిక బాణం అత్యవసరంగా థర్మో డైనమిక్ బాణంలాంటిదే అని నేను ఇంతకుముందు చెప్పాను. ఈ రెండూ ఒకే దిశవైపు సూచిస్తాయి. విశ్వానికి ఎల్లలులేవన్న ప్రతిపాదన చక్కగా నిర్వచించబడిన థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం అస్థిత్వాన్ని ఊహిస్తుంది. ఎందుకంటే విశ్వం అన్నది సువ్యవస్థాస్థితిలో సాఫీగా ప్రారంభమై ఉంటుంది. థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం ఖగోళబాణంతో ఏకీభవిస్తున్నట్టు మనం గమనించడానికి కారణం విశ్వ వ్యాకోచదశలోనే తెలివైన జీవులు మనగలుగుతాయి. సంకోచదశ వాటి మనుగడకు అనుగుణం కాదు. ఎందుకంటే ఆ దశలో బలమైన థర్మో డైనమిక్ కాలబాణం ఉండదు.

పెరిగిపోతున్న విశ్వ అవ్యవస్థలో ఒక మూల మానవ జాతి తన విశ్వ అవగాహనలో సాధించిన ప్రగతి ద్వారా ఒక సువ్యవస్థా కేంద్రాన్ని స్థాపించుకుంది. ఈ గ్రంథంలోని ప్రతి మాటనూ మీరు గుర్తుంచుకుని ఉంటే మీ జ్ఞాపక శక్తి ఇరవై లక్షల సమాచార శకలాలను నమోదు చేసుకుంటుంది. దానివల్ల మీ మస్తిష్కంలో సువ్యవస్థ ఇరవై లక్షల యూనిట్లు పెరిగి ఉంటుంది. అయితే మీరు ఈ పుస్తకం చదువుతున్నప్పుడు కనీసం ఆహార రూపంలోని వెయ్యి కేలరీల వ్యవస్థాత్మక శక్తిని గ్రహించి, మీ చుట్టూ ఉన్న గాలికి మీ శక్తిని, చెమటను మీరు ఉష్ణ రూపంలో బదిలీ చేయడం ద్వారా దానిని అవ్యవస్థాత్మక శక్తిగా మార్చి ఉంటారు. దీనివల్ల విశ్వంలో అవ్యవస్థ ఇరవై మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ యూనిట్లు పెరుగుతుంది. మీ మస్తిష్కంలో సువ్యవస్థ ఏర్పడిన దానికంటే పది మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ రెట్ల అవ్యవస్థ విశ్వంలో పెరిగింది. అది కూడా మీరు ఈ పుస్తకంలోని ప్రతి అక్షరమూ గుర్తుంచుకుని

ఉంటే మాత్రమే. నేను ఇంతకుముందు చెప్పిన పాక్షిక సిద్ధాంతాలను మేళవించి విశ్వంలోని ప్రతిదానినీ వివరించగలిగిన ఒక సంపూర్ణ సమైక్య సిద్ధాంతాన్ని ఆవిష్కరించడానికి ఎటువంటి కృషి జరుగుతోందో నేను తర్వాతి అధ్యాయంలో వివరిస్తాను.

10

భౌతికశాస్త్ర ఏకీకరణ

విశ్వంలోని ప్రతి అంశానికీ వర్తించే ఒక సంపూర్ణ సమైక్య సిద్ధాంతాన్ని ఒక్కసారిగా రూపొందించడమంటే చాలా కష్టం. ఈ విషయాన్ని నేను మొదటి అధ్యాయంలో వివరించాను. పరిమితమైన అంశాలనూ సంఘటనలనూ వివరించగల పాక్షిక సిద్ధాంతాలను అవిష్కరించుకుంటూనే మనం ఇంతవరకూ ప్రగతి సాధించాం. ఈ సందర్భంగా మనం అధ్యయనం చేస్తున్న అంశాలుగాక మిగతా అంశాలనూ ప్రభావాలనూ వదిలేయనన్నా వదిలేశాం లేదా కొన్ని సంఖ్యలద్వారా వాటిని ఉజ్జాయింపుగా స్వీకరించాం. (ఉదాహరణకి, పరమాణువులోని కేంద్రకం అంతర్గత నిర్మాణాన్ని తెలుసుకోకుండానే పరమాణువుల మధ్య జరిగే చర్యాపచర్యలను అంచనా కట్టడానికి రసాయన శాస్త్రం తోడ్పడుతుంది.) అంతిమంగా ఈ సకల పాక్షిక సిద్ధాంతాలనూ ఉజ్జాయింపులనూ కలిపే ఒక నికరమైన, సంపూర్ణ, సమైక్య సిద్ధాంతాన్ని కనుగొనగలమని ఆశించడం సహజమే. అప్పుడు కొన్ని సిద్ధాంత సంఖ్యల విలువలను ఉజ్జాయింపుగా ఎంచుకుని వాస్తవాలతో వాటిని సర్దాల్సిన అవసరం ఉండదు. భౌతిక శాస్త్రాన్ని సమైక్యం చేయడానికి సాగుతున్న ఈ అన్వేషణనే 'భౌతికశాస్త్ర ఏకీకరణ' అంటారు. అటువంటి ఒక సమైక్య సిద్ధాంత అన్వేషణలోనే దాదాపు తన చివరి సంవత్సరాలన్నింటినీ ఐన్‌స్టీన్ ధారబోశాడు. అయితే అప్పటికి కాలం ఇంకా అందుకు తగినంతగా పరిణితి చెందలేదు. అప్పటికి గురుత్వాకర్షణ పాక్షిక సిద్ధాంతం ఉంది. విద్యుదయస్కాంతశక్తి గురించిన పాక్షిక సిద్ధాంతం ఉంది. కాని పరమాణు శక్తుల గురించి అప్పటికి తెలిసింది చాలా తక్కువ. పైగా ఐన్‌స్టీన్ క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌ని వాస్తవమని నమ్మనే లేదు. ఆ సిద్ధాంత అభివృద్ధిలో ఆయన ఎంతో ప్రధానమైన పాత్ర నిర్వహించాడు. అయినప్పటికీ దానిని ఆయన నమ్మలేదు. నిజానికి మనం

నివసిస్తున్న విశ్వంలో అనిశ్చితా సూత్రం అన్నది ఒక మౌలిక ధర్మం అనిపిస్తుంది. కనుక ఈ సూత్రాన్ని ఒక విజయవంతమైన సమైక్య సిద్ధాంతంలో తప్పనిసరిగా చేర్చాల్సి ఉంటుంది.

ఇప్పుడు మనకు విశ్వం గురించి అప్పటికంటే చాలా ఎక్కువ విషయాలు తెలుసు. కనుక అటువంటి సమైక్య సిద్ధాంతాన్ని కనుగొనడానికున్న అవకాశాలు అప్పటి కంటే ఇప్పుడు ఎంతో ఎక్కువ. దీనిని నేను ముందు ముందు వివరిస్తాను. అయితే ఇక్కడ అతి విశ్వాసం మంచిది కాదు. ఇంతకుముందు కూడా మనకు నకిలీ ఉషోదయాలు తెలుసు. ఉదాహరణకి ఈ శతాబ్ద ఆరంభంలో అటువంటిదే జరిగింది. సాగే గుణమూ ఒక మాధ్యమం నుంచి మరో మాధ్యమానికి వేడి బదిలీ అయ్యే లక్షణమూ వగైరా పదార్థ లక్షణాలనుబట్టి విశ్వంలోని ప్రతిదానినీ వివరించవచ్చునని ఈ శతాబ్దపు ప్రారంభంలో భావించారు. ఆ తర్వాత పరమాణు నిర్మాణాన్ని కనుగొనడం జరిగింది. అస్థిరతా సూత్రం ఆవిష్కరించబడింది. ఈ రెండు ఆవిష్కరణలూ అటువంటి ఆశలకు ముగింపు పలికాయి. మళ్లీ 1928లో అటువంటి ఊహను మాక్స్‌బోర్న్ వ్యక్తం చేశాడు. ఆయన ఒక భౌతిక శాస్త్రవేత్త. నోబెల్ బహుమతి గ్రహీత. గ్యోటింజన్ విశ్వవిద్యాలయంలో ఒక సందర్శకుల బృందానికి ఆయన ఆనాడు ఇలా చెప్పాడు: *'మనకు తెలిసిన రూపంలో భౌతికశాస్త్రం మరో ఆరు నెలల్లో అంతం కాబోతోంది.'* అప్పటికి కొద్దికాలం క్రితమే ఎలక్ట్రాన్‌ను శాసించే సమీకరణాన్ని డిరాక్ కనుగొన్నాడు. దాని ప్రాతిపదికపైనే బోర్న్ అలా వ్యాఖ్యానించాడు. ప్రోటాన్‌కు కూడా అటువంటి సమీకరణమే వర్తిస్తుందని అప్పుడు నమ్మారు. అప్పటికి తెలిసిన మరో కణం అదొక్కటే. అదే భౌతికశాస్త్రానికి అంతమని భావించారు. బోర్న్ ప్రదర్శించిన ఆనాటి మితిమీరిన విశ్వాసానికి అదే కారణం. అయితే ఆ తర్వాత న్యూట్రాన్‌ను కనుగొన్నారు. ఇతర పరమాణు శక్తులను కనుగొన్నారు. ఇవి కూడా అటువంటి ఆశల నెత్తి మీద బలంగా మోదాయి. నేనే ఈ విషయాన్ని ఇప్పుడు మీకు చెప్పాను. అయినా సమైక్య సిద్ధాంత అన్వేషణలో మనం ఆశలు వదులుకోనక్కర్లేదని భావిస్తాను. అంతిమ ప్రకృతినియమాల అన్వేషణలో మనం చివరిదశకు వచ్చామని నేనింకా ఆశిస్తూనే ఉన్నాను.

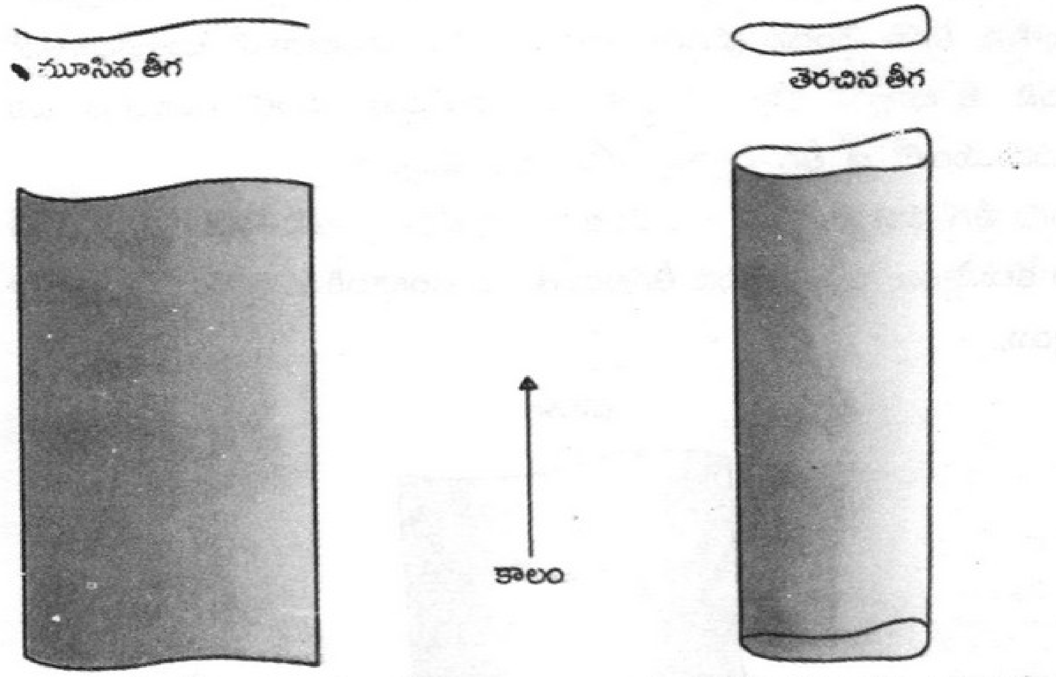
గురుత్వాకర్షణ పాక్షిక సిద్ధాంతమైన సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్నీ దుర్బలశక్తులనూ బలోపేతశక్తులనూ విద్యుదయస్కాంతశక్తులనూ శాసించే పాక్షిక సిద్ధాంతాలను నేను ఇంతకుముందు అధ్యాయాల్లో వివరించాను. చివరి మూడు సిద్ధాంతాలనూ మిళితంచేసి మహా సమైక్య సిద్ధాంతాలుగా రూపొందించారు. అవి

సంపూర్ణంగా సంతృప్తికరంగా మేళవించారని చెప్పలేం. ఎందుకంటే వాటిలో గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతం లేదు. పైగా వాటిలోని అనేక విభిన్న కణాల సాపేక్ష ద్రవ్యరాశుల పరిమాణాలను ఈ సిద్ధాంతంతో అంచనావేయడం సాధ్యంకాదు. వాటిని పరిశీలనలకు అనుగుణంగా సర్దాల్సి ఉంటుంది. గురుత్వాకర్షణను ఇతర శక్తులతో కలిపి సమైక్య సిద్ధాంతాన్ని కనుగొనడంలో ఎదురవుతున్న ప్రధానమైన ఇబ్బంది ఏమంటే సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌కి చెందిన అనిశ్చితా సూత్రాన్ని దరిచేర నివ్వదు. మిగిలిన పాక్షిక సిద్ధాంతాలన్నీ తప్పనిసరిగా క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌పైన ఆధారపడి ఉన్నాయి. కనుక మొట్టమొదటి అత్యవసర చర్య ఏమంటే సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతంతో అనిశ్చితా సూత్రాన్ని మేళవించడమే. ఈ మేళవింపు అనేక అద్భుతమైన పర్యవసానాలకు దారితీస్తుందని మనం ఇంతకుముందే గమనించాం. కాలబిలం కారునలుపు కాదని దీనివల్లే తెలిసింది. విశ్వానికి ఏకబిందుత్వంలేదనీ అది స్వయం సమృద్ధమనీ దానికి సరిహద్దు లేదనీ దీనివల్లే తెలిసింది. ఒక చిక్కు ఏమంటే, అనిశ్చితా సూత్రం ప్రకారం 'ఖాళీ' స్థలం కూడా సాక్షాత్‌కణాల జంటలతోనూ, విరుద్ధ కణాల జంటలతోనూ నిండి ఉంటుంది. ఈ అంశాన్ని మనం 7వ అధ్యాయంలో చూశాం. ఈ జంటలు అనంతమైన శక్తిని కలిగి ఉంటాయి. ఐన్‌స్టీన్ సుప్రసిద్ధ సమీకరణం $E=mc^2$ ప్రకారం అవి అనంతమైన ద్రవ్యరాశిని కూడా కలిగి ఉంటాయి. ఆ రకంగా వాటి గురుత్వాకర్షణ విశ్వాన్ని అనంతమైన చిన్న పరిమాణానికి వంచుతుంది.

ఇతర పాక్షిక సిద్ధాంతాలలో కూడా ఇటువంటివే అసంబద్ధం అనిపించే అనంతాలు ఉంటాయి. అయితే వీటన్నింటిలోనూ పున:సాధారణీకరణ అనే ప్రక్రియ ద్వారా ఈ అనంతాలు ఒకదానినొకటి రద్దు చేసుకుంటాయి. ఇతర అనంతాలను ప్రవేశపెట్టడంద్వారా ఈ అనంతాలను రద్దుచేయడమే పున:సాధారణీకరణ. ఈ టెక్నిక్ ఒక గణిత శాస్త్ర చిట్కా మాత్రమే. అయితే ఇది ఆచరణలో పనిచేస్తున్నట్టే కనిపిస్తుంది. ఈ చిట్కా సాయంతో వేసిన అంచనాలు పరిశీలనలతో అసాధారణ స్థాయిలో ఏకీభవించాయి. ఒక సమైక్య సిద్ధాంతాన్ని రూపొందించే దృష్టితో చూసినప్పుడు పున:సాధారణీకరణలో ఒక తీవ్రమైన లోపం ఉంది. అదేమంటే, ఆయా శక్తుల ద్రవ్యరాశుల వాస్తవ విలువలనూ వాటి బలాబలాలనూ సిద్ధాంతాన్ని అనుసరించి అంచనా వేయలేం. వాటిని పరిశీలనలకు అనుగుణంగా ఉండేలా ఎంపిక చేసుకోవాల్సి ఉంటుంది.

సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతంలో అనిశ్చితా సూత్రాన్ని చేర్చాలంటే రెండే రెండు పరిమాణాలను సర్దాల్సి ఉంటుంది. ఒకటి, గురుత్వాకర్షణ బలం. రెండు, ఖగోళనిత్యం విలువ. అయితే అనంతాలన్నింటినీ తొలగించడానికి వీటిని సర్దడం మాత్రమే సరిపోదు. స్థలకాలపువంపులాంటి కొన్ని పరిమాణాలు నిజంగానే అనంతం అని చెప్పే సిద్ధాంతం సాపేక్ష సిద్ధాంతం. అయినప్పటికీ ఈ పరిమాణాలను పరిశీలించి, కొలిచి ఇవి పూర్తిగా పరిమితం మాత్రమే అని చెప్పాలి. ఇందులో ఉన్న చిక్కు ఇదే. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్ని అస్థిరతా సూత్రంతో మేళవించడంవల్ల ఎదురయ్యే చిక్కుని మొదటే ఊహించారు. వివరంగా లెక్కలు కట్టి 1972లో దానిని ధృవీకరించారు కూడా. నాలుగేళ్ల తర్వాత ఆ సమస్యకు విరుగుడుగా *'పరమ గురుత్వాకర్షణ'* (supergravity) అన్న సూత్రాన్ని ప్రతిపాదించారు. దాని ప్రకారం గురుత్వాకర్షణ శక్తిని కలిగి ఉండే గ్రావిటాన్ అనబడే గిరికీ-2 కణాన్ని **3/2, 1, 1/2, 0** గిరికీలుగల కణాలతో కలపాలి. ఒక అర్థంలో ఈ కణాలన్నింటినీ *'పరమకణం'లో* (superparticle) లో విభిన్న అంశాలుగా పరిగణించవచ్చు. **3/2, 1/2** గిరికీలుగల పదార్థకణాలు ఆ విధంగా 0, 1, 2 గిరికీలుగల శక్తికణాలతో సమైక్యం అవుతాయి. **3/2, 1/2** గిరికీలుగల సాక్షాత్కణాల లేదా విరుద్ధకణాల జంటలు ప్రతికూలశక్తిని కలిగి ఉంటాయి. 2, 1, 0 గిరికీలుగల కణాలు సానుకూలశక్తిని కలిగి ఉంటాయి. రెండూ ఒకదానినొకటి రద్దు చేసుకుంటాయి. దీనివల్ల వీటిలో అత్యధిక అనంతాలు రద్దయిపోతాయి. అయినా కొన్ని అనంతాలు ఇంకా మిగిలే ఉంటాయనే అనుమానం ఉంది. రద్దు కాకుండా ఇంకా ఏమైనా అనంతాలు మిగిలి ఉంటాయా ఉండవా అని లెక్కలు వేయడానికి మాత్రం ఎవరూ సిద్ధపడడం లేదు. ఎందుకంటే ఆ లెక్కలు వేయడానికి చాలాకాలం పడుతుంది. కంప్యూటర్‌తో పనిచేసినప్పటికీ కనీసం నాలుగేళ్లు పడుతుంది. ఈ నాలుగేళ్ల కాలంలోనూ కనీసం ఒక్క తప్పయినా జరగవచ్చు. ఇంకా ఎక్కువ తప్పులు కూడా జరగవచ్చు. వచ్చిన ఫలితాలు సరిగా ఉన్నాయో లేదో తెలియాలంటే మరొకరు అంతేకాలం, అంతే శ్రమతో, అంతే పట్టుదలతో లెక్కలుకట్టి మొదటి ఫలితాలు సరైనవని రుజువు చేయాల్సి ఉంటుంది. ఇదంతా అంత తేలిగ్గా జరిగే వ్యవహారమేమీ కాదు.

ఈ సమస్యలకుతోడు పరమ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతాలలోని కణాలు పరిశీలనలో కనిపించే కణాలతో సరితూగడం లేదు. ఇంతకుముందు శాస్త్రవేత్తలలో అత్యధికులు భౌతికశాస్త్ర ఏకీకరణ అన్న సమస్యకు పరమ గురుత్వాకర్షణే సమాధానం అని



తెరిచిన తీగతో ఏర్పడిన ప్రపంచ షీటు — మూసిన తీగతో ఏర్పడిన ప్రపంచ షీటు

చిత్రం 10.1 — చిత్రం 10.2

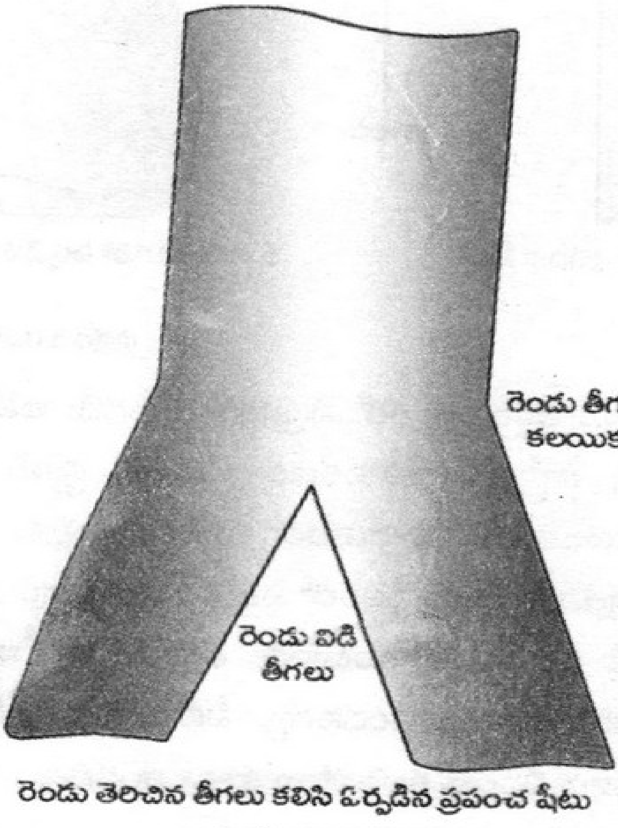
నమ్మారు. గురుత్వాకర్షణని ఇతర శక్తులతో సమైక్యం చేయడమే అత్యుత్తమ పద్ధతని వారికనిపించింది. ఇక, శాస్త్రీయ వాతావరణం 1984లో స్ట్రింగ్ సిద్ధాంతాలకు అనుగుణంగా మారిపోయింది. ఈ సిద్ధాంతాలలో మౌలిక వస్తువులు కణాలు కాదు. *తీగలు* (strings) మాత్రమే. కణాలు స్థలంలో ఏకబిందువును ఆక్రమిస్తాయి. తీగలు అలాకాదు. వాటికి ఒకే ఒక విస్తృతి ఉంటుంది. అది పొడవు. ఇవి అనంతంగా సన్నగా ఉంటాయి. వీటికి చివరలు ఉండవచ్చు. వీటిని తెరచిన తీగలు (open strings) అంటారు. వాటి చివరలు కలిసిపోయి కూడా ఉండవచ్చు. వాటిని మూసిన తీగలు (closed strings) అంటారు.

ఒక కణం ప్రతిక్షణం ఒక స్థలబిందువును ఆక్రమిస్తుంది. ఆ రకంగా ఆ కణ చరిత్రను స్థలకాలంలో ఒక రేఖగా సూచించవచ్చు. దీనిని *ప్రపంచ రేఖ* ('world-line') అంటారు. ఒక తీగ ప్రతిక్షణం ఒక స్థలరేఖను ఆక్రమిస్తుంది. కనుక స్థలకాలంలో దాని చరిత్ర రెండు విస్తృతులు కలిగి ఉంటుంది. దానిని *ప్రపంచ షీటు* (world-sheet) అంటారు. అటువంటి ప్రపంచ షీటుపైన ఏ బిందువునైనా రెండు సంఖ్యలతో వర్ణించవచ్చు. ఒకటి, కాలాన్ని సూచిస్తుంది. రెండోది, తీగపైన ఆ బిందువు స్థానాన్ని

సూచిస్తుంది. ఒక తెరచిన తీగకి సంబంధించిన ప్రపంచ షీటు ఒక పీలిక (strip). దాని అంచులు తీగల చివరల స్థలకాలం గుండా పోయే మార్గాలను సూచిస్తాయి.

మూసిన తీగకి చెందిన ప్రపంచ షీట్ ఒక సిలిండర్‌లాగానో ట్యూబ్‌లాగానో ఉంటుంది. ఆ ట్యూబ్‌ని కోసి ఒక ముక్క తీస్తే అది వృత్తాకారంలో ఉంటుంది. ఒక నిర్దిష్ట సమయంలో ఆ తీగ స్థానాన్ని అది తెలియజేస్తుంది.

రెండు తీగ ముక్కలు కలసి ఒకే ముక్కగా ఏర్పడవచ్చు. అవి తెరచిన తీగలయితే చివరల కలుస్తాయి. అవి మూసిన తీగలయితే ఒక పంట్లాంకి ఉన్న రెండు కాళ్లలాగా కలుస్తాయి.



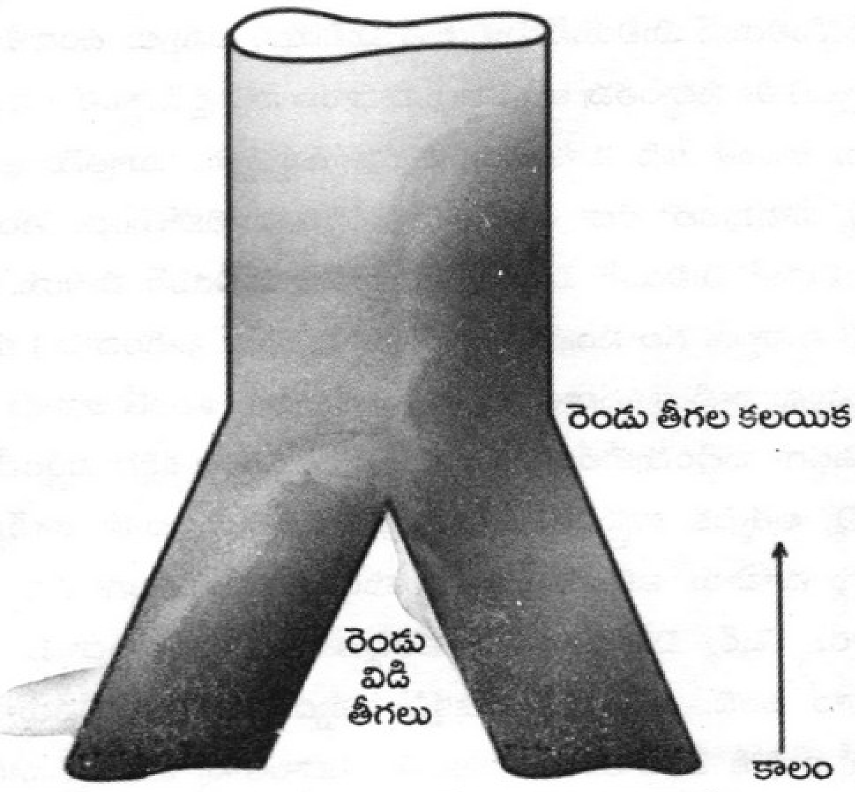
రెండు తెరిచిన తీగలు కలిసి ఏర్పడిన ప్రపంచ షీటు

చిత్రం 10.3

అదే రకంగా ఒకే తీగ రెండుగా విడిపోవచ్చు కూడా. తీగ సిద్ధాంతాలలో ఇంతకుముందు కణాలని భావించినవాటిని తీగ వెంబడి పైనుంచి కిందకు పయనించే అలలుగా ఊహిస్తున్నారు. కదలాడే గాలివటం తాడులో కదిలే తరంగాలుగా ఊహిస్తున్నారు. ఒక కణాన్ని మరో కణం విడుదల చేయడంగానీ ఇముడ్చుకోవడంగానీ ఈ తీగలు విభజించబడడం, కలవడంలాంటిదే. ఉదాహరణకి, కణ సిద్ధాంతాల

ప్రకారం, భూమిపై సూర్యునికున్న గురుత్వాకర్షణశక్తికి కారణం సూర్యునిలోని ఒక కణం గ్రావిటాన్‌ని విడుదల చేయగా దానిని భూమిలోని మరో కణం ఇముడ్చుకోవడమే.

తీగ సిద్ధాంతం ప్రకారం, ఈ ప్రక్రియ H ఆకారం కలిగిన ట్యూబు లేదా పైపు తరహాలో ఉంటుంది. (తీగ సిద్ధాంతం ఒక రకంగా ప్లంబింగ్ లాంటిదే.) H లోని నిలువు రేఖలు సూర్యుడిలోనూ చంద్రుడిలోనూ ఉండే కణాలకు అనుగుణంగా ఉంటుంది. అడ్డంగా ఉన్న రేఖ ఈ రెంటి మధ్య పయనించే గ్రావిటాన్‌కి అనుగుణంగా ఉంటుంది.



రెండు మూసిన తీగల కలయికతో ఏర్పడిన ప్రపంచ షీటు

చిత్రం 10.4

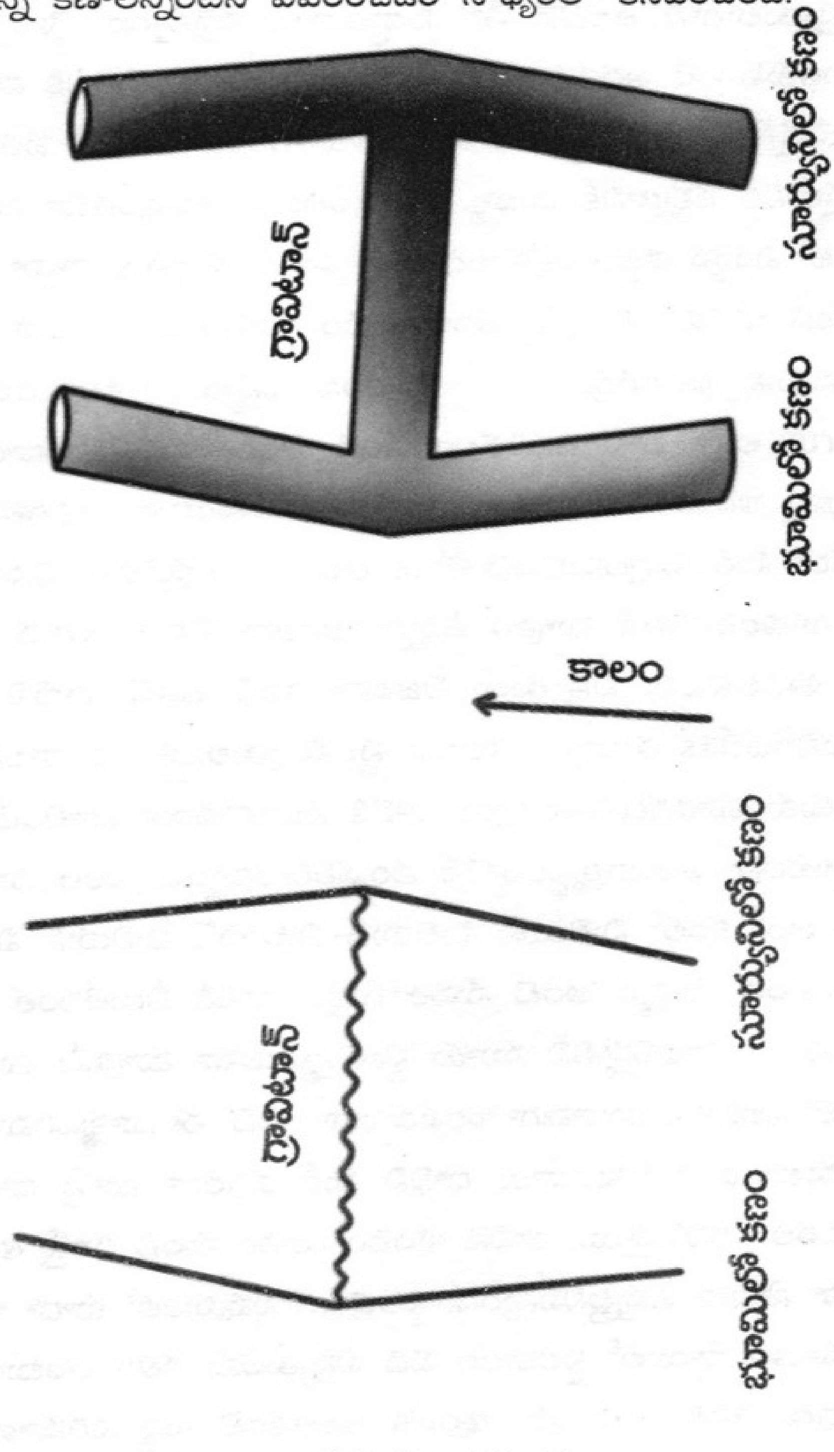
తీగ సిద్ధాంతానికి ఒక ఆసక్తిదాయకమైన చరిత్ర ఉంది. 1960ల చివరి సంవత్సరాలలో ఈ సిద్ధాంతాన్ని కనుగొన్నారు. ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్‌లాంటి కణాలను ఒక తీగపైన అలలుగా పరిగణించవచ్చన్నది దాని భావన. కణాల మధ్య ఉండే బలమైన శక్తులు సాలెగూడులోలాగా వివిధ తీగల మధ్య ఉండే తీగ ముక్కలకు

అనుగుణంగా ఉంటాయి అన్నది దాని భావన. ఈ బలమైన శక్తుల గురించి వర్ణించడానికి ప్రయత్నించిన సిద్ధాంతమే ఈ తీగల సిద్ధాంతం. కణాలమధ్య బలోపేతశక్తి విలువ పరిశీలనలకు అనుగుణంగా ఉండాలంటే ఈ తీగలు పది టన్నుల బలం కలిగిన రబ్బరు బ్యాండుల లాంటివై ఉండాలి.

1974లో పారిస్‌కి చెందిన జోయెల్ షెర్క్, కాలిఫోర్నియా ఇనిస్టిట్యూట్ ఆఫ్ టెక్నాలజీకి చెందిన జాన్ స్క్వార్జ్ తమ శాస్త్రీయ పత్రాన్ని ప్రచురించారు. తీగ సిద్ధాంతం గురుత్వాకర్షణ శక్తిని వర్ణించగలదని దానిలో వారు రుజువు చేశారు. అయితే ఆ తీగలోని టెన్షన్ చాలా అధికంగా ఉండాలి. సుమారు అది ఒక వెయ్యి మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ టన్నులు ఉండాలి. (1 పక్కన 39 సున్నాలు) తీగ సిద్ధాంతపు అంచనాలు సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతపు అంచనాలలాగే ఉంటాయి. అయితే అది మామూలు పొడవు ఉన్నప్పుడు మాత్రమే జరుగుతుంది. మరీ చిన్న పొడవులలో లేదా దూరాలలో పరిస్థితి మారిపోతుంది. సెంటీమీటరులో వెయ్యి మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ వంతు (1 పక్కన 33 సున్నాలు గల సంఖ్యతో ఒక సెంటీమీటరుని భాగించాలి.) కంటే తక్కువ పొడవున్నప్పుడు వాటి అంచనాలు భిన్నంగా ఉంటాయి. అయితే ఆనాడు వారి కృషిని ఎవరూ పెద్దగా పట్టించుకోలేదు. ఎందుకంటే, బలమైన శక్తిని వర్ణించే తొలి తీగ సిద్ధాంతాన్ని అత్యధిక శాస్త్రవేత్తలు అప్పటికే వదిలేశారు. వారు క్వార్క్, గ్లువాన్స్ వైపు మొగ్గు చూపారు. ఇవి పరిశీలనలకు మరింత అనుగుణంగా ఉన్నాయని వారు భావించారు. షెర్క్ విషాదకరమైన పరిస్థితులలో మరణించాడు. (ఆయనకి మధుమేహం ఉంది. ఇన్సులిన్ ఇన్‌జెక్షన్ ఇవ్వడానికి పక్కన ఎవరూ లేనప్పుడు ఆయన కోమాలోకి వెళ్లిపోయాడు.) ఇక తీగ సిద్ధాంతాన్ని బలపర్చే వారిలో స్క్వార్జ్ ఒక్కడే మిగిలి ఉన్నాడు. తీగలోని టెన్షన్ మరింత అధికంగా ఉంటుందని ఆయన ప్రతిపాదించాడు.

1984లో తీగ సిద్ధాంతంలో శాస్త్రవేత్తలకు మళ్లీ ఆసక్తి కలిగింది. దానికి రెండు కారణాలు ఉన్నాయనిపిస్తుంది. ఒకటి, పరమ గురుత్వాకర్షణ పరిమితమనిగానీ లేదా మనం గమనిస్తున్న లాంటి కణాలను అది వివరించగలుగుతుందనిగానీ రుజువు చేయడంలో పెద్దగా ఏమీ ప్రగతి సాధించబడలేదు. రెండోది, లండన్‌లోని క్వీన్‌మేరీ కాలేజీకి చెందిన మైక్‌గ్రీన్‌తో కలసి జాన్‌స్క్వార్జ్ తీగ సిద్ధాంతంపైన ఒక పత్రాన్ని ప్రచురించాడు. మన పరిశీలనలో కనిపించిన విధంగా కొన్ని కణాలలోని పురచేతి

ధోరణిని తీగ సిద్ధాంతం వివరించగలుగుతుందని ఆ పత్రం నిరూపించింది. కారణాలు ఏమైనప్పటికీ అనేకమంది శాస్త్రవేత్తలు మళ్లీ తీగ సిద్ధాంతంపై కృషి చేయడం ప్రారంభించారు. దానిలోనే ఒక కొత్త తరహా సిద్ధాంతాన్ని వారు అభివృద్ధి చేశారు. దానిపేరు *బహుళ తీగల సిద్ధాంతం* (heterotic-string). ఈ సిద్ధాంతం సాయంతో మనం పరిశీలిస్తున్న కణాలన్నింటినీ వివరించడం సాధ్యంలా కనిపించింది.



చిత్రాలు 10.5, 10.6

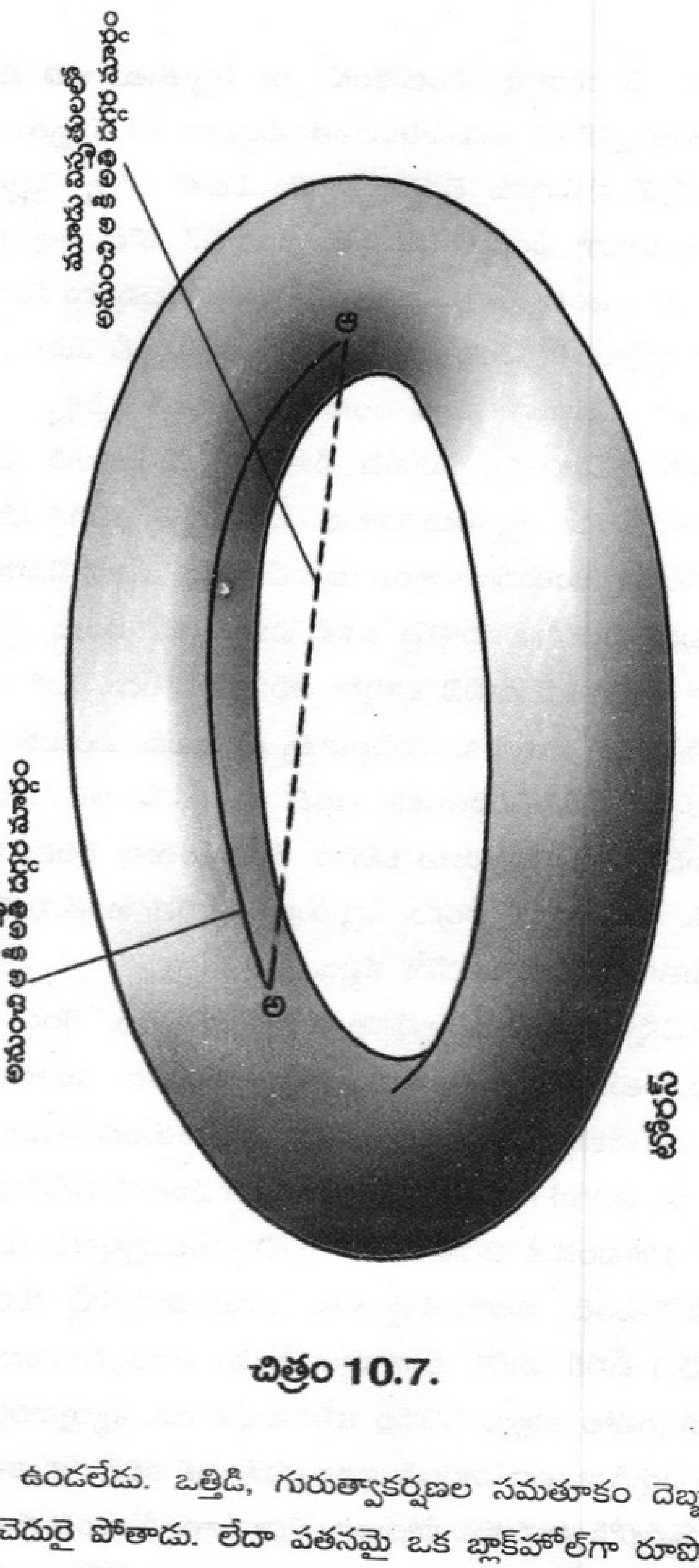
తీగ సిద్ధాంతాలు కూడా అనంతాలకు దారితీస్తాయి. అయితే బహుళ తీగ వ్యవస్థలో ఈ అనంతాలన్నీ రద్దయిపోతాయని నమ్మకం. (ఇది ఇంకా ఖాయంగా తేలలేదు.) తీగ సిద్ధాంతాలకి ఇంతకుమించిన పెద్ద సమస్య ఒకటుంది. స్థలకాలానికి నాలుగు విస్తృతులుంటాయని మనకు తెలుసు. కాని, స్థలకాలానికి పది విస్తృతులుగానీ 26 విస్తృతులుగానీ ఉంటేనే తీగ సిద్ధాంతాలు వర్తిస్తాయి. సైన్స్ కథలలో అయితే ఇంతకుముందే అదనపు విస్తృతులను ఊహించారు. నిజానికి వారికవి అత్యవసరం. సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం ఎవరూ కాంతికంటే వేగంగా పయనించలేరు. కనుక నక్షత్రానికీ నక్షత్రానికీ మధ్యా పాలపుంతకూ పాలపుంతకూ మధ్యా ప్రయాణానికి చాలా ఎక్కువ కాలం పట్టేస్తుంది మరి. మరిన్ని విస్తృతుల ద్వారా అడ్డదారిలో త్వరగా పయనించవచ్చున్నది సైన్స్ కథల భావం. దానిని ఈ విధంగా ఊహించుకోవచ్చు: మనమున్న అంతరిక్షం లేదా స్థలం రెండు విస్తృతులనే కలిగి ఉందనుకుందాం. ఒక torus లాగా దాని ఉపరితలం వంపు తిరిగి ఉందనుకుందాం. దానిలో లోపలి వైపున్న అంచులో మీరు ఒకవైపున్నారని అనుకుందాం. అవతలివైపు ఒక బిందువు దగ్గరకి మీరు వెళ్లాలనుకుంటే లోపల అంచును చుట్టివెళ్లాలి. మీరు మూడో విస్తృతిలో ప్రయాణించగలిగితే మాత్రం తిన్నగా అడ్డంగా వెళ్లగలుగుతారు.

ఈ అదనపు విస్తృతులు నిజంగా ఉండి ఉంటే వాటిని మనం ఎందుకు గమనించలేకపోతున్నాం? మూడు స్థలవిస్తృతులనూ ఒక కాలవిస్తృతినీ మాత్రమే ఎందుకు చూడగలుగుతున్నాం? దానికి సమాధానంగా సూచించేది ఏమంటే ఇతర విస్తృతులన్నీ అతిసూక్ష్మస్థలంలోనే వంపుతిరిగున్నాయి. ఎంత సూక్ష్మపరిమాణమంటే ఒక అంగుళంలో మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్ మిలియన్‌వ వంతు. ఇది ఎంత సూక్ష్మం అంటే మనం గుర్తించడానికి వీలులేనంత సూక్ష్మపరిమాణం. మనం ఒక కాలవిస్తృతినీ మూడు స్థలవిస్తృతులనూ మాత్రమే చూడగలుగుతున్నాం. దీనిలో స్థలకాలం దాదాపుగా బల్లపరుపుగా ఉంది. ఈ సూక్ష్మపరిమాణం ఒక నారింజ పండులా ఉందనుకుందాం. దానిని మరీ దగ్గరగా చూస్తే దానిలోని వంపులూ ముడతలూ కనిపిస్తాయి. దానినే కొంచెం దూరం నుంచి చూస్తే అవేమీ కనిపించవు. అంతా సాఫీగా ఉన్నట్టనిపిస్తుంది. స్థలకాలం విషయంలో కూడా అంతే. అతి సూక్ష్మ పరిమాణం స్థాయిలో స్థలకాలం పది విస్తృతులను కలిగి ఉంటుంది, అత్యధికంగా వంపులు తిరిగి ఉంటుంది. అయితే అంతకంటే పెద్ద పరిమాణాల్లో ఆ వంపునీ అదనపు విస్తృతులనూ మనం చూడం. ఈ చిత్రంగనుక వాస్తవం అయితే అంతరిక్ష

యాత్రికులకు ఇది దుర్వార్తే. ఎందుకంటే, ఈ విస్తృతులు అతి సూక్ష్మపరిమాణం కలిగినవి. అంతరిక్షనౌకని అనుమతించేంత పెద్దవిగా ఈ విస్తృతులుండవు. అంతే కాదు. ఇది మరో సమస్యను లేవనెత్తుతుంది. వీటిలో కొన్ని విస్తృతులు మాత్రమే అతిసూక్ష్మ బంతులుగా ఎందుకు వంపులు తిరగాలి? తొలి విశ్వంలో విస్తృతులన్నీ అతిగా వంపుతిరిగి ఉంటాయన్నది ఒక ఊహ. అటువంటప్పుడు మిగతా విస్తృతులన్నీ బిగుతుగా సూక్ష్మస్థాయిలో వంపులుతిరగగా ఒక కాలవిస్తృతీ మూడు స్థలవిస్తృతులూ ఎందుకు సాఫీగా చదునుగా మారి ఉంటాయన్నది మరో ప్రశ్న.

దీనికి ఒక సమాధానం మానవ సూత్రం. మనలాంటి సంక్లిష్ట జీవులు మనగలగాలంటే రెండు విస్తృతులు చాలవు. ఒక విస్తృతి కలిగిన భూమిపైన రెండు విస్తృతులు కలిగిన జంతువులున్నాయి అనుకుందాం. ఒకదానినొకటి దాటాలంటే అటువంటి పరిస్థితులలో ఒకదానిపై ఒకటి ఎక్కాల్సిందే. రెండు విస్తృతులు కలిగిన జీవి దేనినైనా తింటే అది దానిని పూర్తిగా అరిగించుకోలేదు. మిగిలిన అవశేషాలను అది తిన్నవేపు నుంచే బయటకు పంపించాల్సి ఉంటుంది. ఎందుకంటే వాటి దేహాల గుండా ఒక మార్గం చివరికంటా ఉంటే ఆ జీవిని అది రెండు సగాలుగా విడగొడుతుంది. రెండు విస్తృతులు కలిగిన మన జంతువు రెండు విడి ముక్కలుగా పడిపోతుంది. అంతేకాదు. రెండు విస్తృతులు కలిగిన జంతువులో రక్త ప్రసరణ ఎలా జరుగుతుందో ఊహించడమే కష్టం.

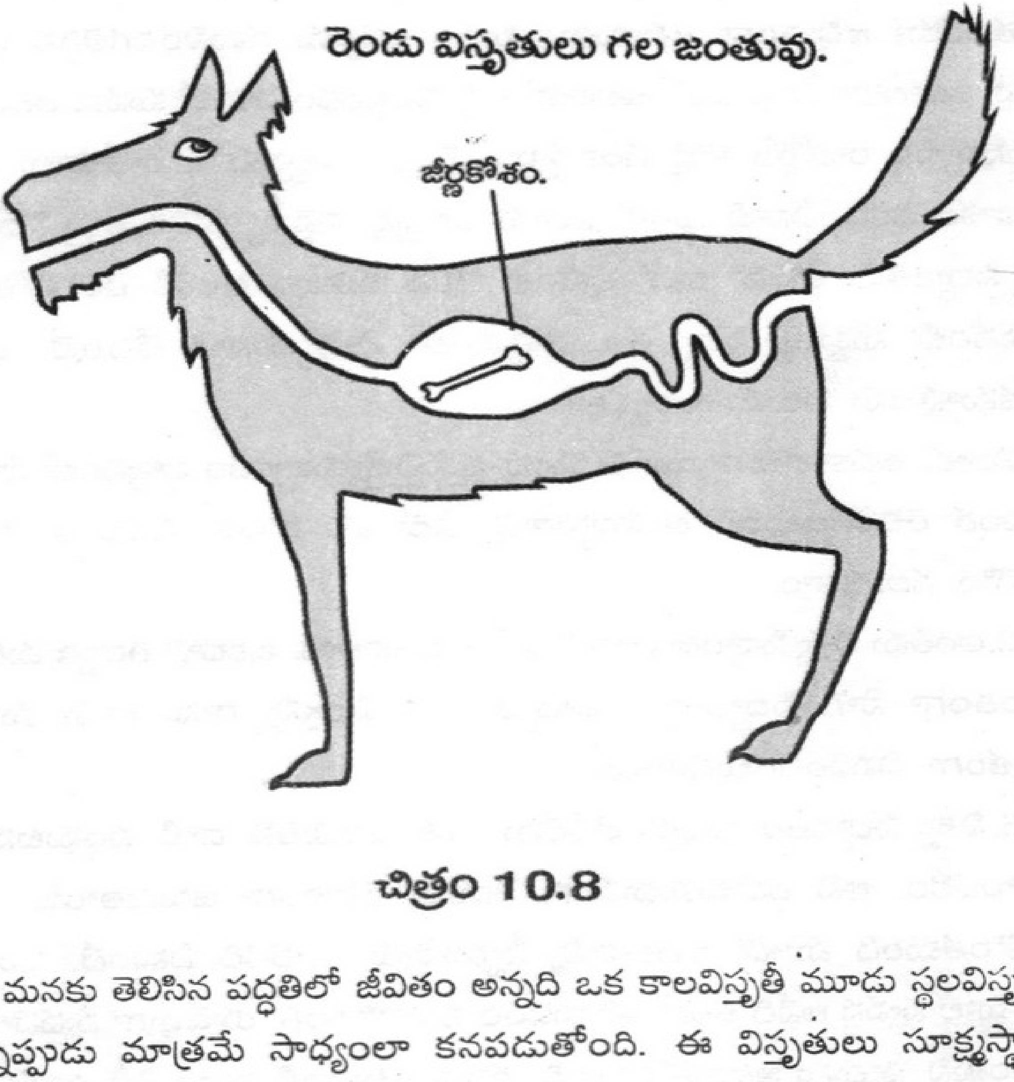
మూడు విస్తృతులకంటే ఎక్కువున్నా సమస్యలున్నాయి. రెండు శరీరాల మధ్య దూరం పెరుగుతున్నకొద్దీ గురుత్వాకర్షణశక్తి తగ్గుతుంది. మూడు విస్తృతులకంటే విస్తృతులు పెరిగినకొద్దీ ఇది మరింత వేగంగా తగ్గుతుంది. (మూడు విస్తృతులలో దూరం రెట్టింపు పెరిగితే గురుత్వాకర్షణశక్తి నాలుగోవంతుకు పడిపోతుంది. విస్తృతులు నాలుగుంటే **1/8** వంతుకి పడిపోతుంది. 5 విస్తృతులున్నప్పుడు గురుత్వాకర్షణ శక్తి 1/16కి పడిపోతుంది. ఇలాగే విస్తృతులు పెరుగుతున్నకొద్దీ గురుత్వాకర్షణ శక్తి తగ్గిపోతుంది.) దీనికి మరో ప్రాధాన్యం ఉంది. సూర్యుని చుట్టూ తిరుగుతున్న భూమిలాంటి గ్రహాల కక్ష్యలు దీనివల్ల అస్థిరమవుతాయి. వృత్తాకారకక్ష్య నుంచి చిన్న అవాంతరం ఏర్పడినా (ఉదాహరణకి, ఇతర గ్రహాలవల్ల కలిగే గురుత్వాకర్షణలాంటిది.) భూమి సూర్యుడిలోకి దూసుకుని పోతుంది. లేదా సూర్యుడి నుంచి దూరంగా పోతుంది. మనం గడ్డకట్టుకు పోతాం. లేదా మండి పోతాం. నిజానికి మూడుకంటే మించిన స్థలవిస్తృతులు ఉన్నప్పుడు గురుత్వాకర్షణలో వచ్చే మార్పుల కారణంగా సూర్యుడు



చిత్రం 10.7.

కూడా స్థిరంగా ఉండలేదు. ఒత్తిడి, గురుత్వాకర్షణల సమతూకం దెబ్బతింటుంది. సూర్యుడు చెల్లాచెదురై పోతాడు. లేదా పతనమై ఒక బ్లాక్‌హోల్‌గా రూపొందుతాడు. భూమికి అవసరమైన వేడినీ కాంతినీ ఇస్తున్న మూలాధారం సూర్యుడే. ఆ మూలాధారం

పోతుంది. సూక్ష్మప్రమాణాల స్థాయిలో కూడా పరమాణు కేంద్రకం చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్లు తిరిగేలా చేసే విద్యుత్ శక్తులు కూడా గురుత్వాకర్షణశక్తుల లాగానే ప్రవర్తిస్తాయి. ఆ రకంగా పరమాణువు నుంచి ఎలక్ట్రాన్లు మొత్తంగా తప్పుకుంటాయి. లేదా పరమాణు కేంద్రకంలో కూరుకుపోతాయి. వీటిలో ఏది జరిగినా మనకు తెలిసిన పద్ధతిలో పరమాణువులు ఉండజాలవు.



చిత్రం 10.8

మనకు తెలిసిన పద్ధతిలో జీవితం అన్నది ఒక కాలవిస్తృతీ మూడు స్థలవిస్తృతులూ ఉన్నప్పుడు మాత్రమే సాధ్యంలా కనపడుతోంది. ఈ విస్తృతులు సూక్ష్మస్థాయిలో వంపులు తిరగకుండా ఉండాల్సి ఉంది. ఇక్కడ దుర్బల సూత్రం వర్తిస్తుంది. అయితే ఒక కాలవిస్తృతీ మూడు స్థలవిస్తృతులూ కలిగిన విశ్వ మండలాలు ఉండవచ్చునని తీగ సిద్ధాంతం అంగీకరిస్తుందని రుజువు చేయగలిగితేనే ఇది సాధ్యం. తీగ సిద్ధాంతం దీనిని అనుమతించినట్టే కనిపిస్తుంది. వేరే విశ్వాలో (దాని అర్థం ఏమైనప్పటికీ) విశ్వమండలాలో ఉండి ఉండవచ్చు. వాటిలో విస్తృతులు సూక్ష్మస్థాయిలో వంపులుతిరిగి ఉండవచ్చు. లేదా నాలుగు కంటే ఎక్కువ విస్తృతులు దాదాపు బల్లపరుపుగా ఉంటే

ఉండవచ్చు. కాని అక్కడ మాత్రం విభిన్న సంఖ్యలు గల విస్తృతులను గమనించగలిగిన, ఆలోచన చేయగలిగిన జీవులు మాత్రం ఉండవు. స్థలకాలానికి విస్తృతుల సంఖ్య అన్న ఈ సమస్య ఉంది. దానితోపాటు తీగ సిద్ధాంతం అంతిమ సమైక్య భౌతికశాస్త్ర సిద్ధాంతం అని గుర్తించడానికి ముందే పరిష్కరించాల్సిన ఇతర సమస్యలు అనేకం ఉన్నాయి. అనంతాలన్నీ ఒకదానినొకటి రద్దు చేసుకుంటాయా లేదా అన్నది ఇంతవరకూ ఖచ్చితంగా తెలియదు. మనం ఇప్పుడు గమనించగలిగిన ప్రత్యేక తరహా కణాలకూ తీగపై ఉండే అలలకూ ఉన్న సంబంధం ఏమిటో మనకు తెలియదు. ఏమైనప్పటికీ రాబోయే కొద్ది సంవత్సరాలలో ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానాలు దొరికే అవకాశం ఉంది. ఏనాటి నుంచో ఎదురు చూస్తున్న సమైక్య భౌతిక శాస్త్ర సిద్ధాంతం తీగ సిద్ధాంతమే అవునో కాదో బహుశా 20వ శతాబ్దం ఆఖరికి తెలిసిపోతుంది. అటువంటి సమైక్య సిద్ధాంతం వాస్తవంలో సాధ్యమేనా? లేదంటే, మనం ఎండమావులను తరుముతున్నామా?

మూడు అవకాశాలున్నాయి: 1. సంపూర్ణ సమైక్య సిద్ధాంతం వాస్తవంలో సాధ్యం. తగినంత తెలివితేటలుంటే ఆ సిద్ధాంతాన్ని ఏదో ఒక రోజున మనం తప్పకుండా కనుగొన గలుగుతాం.

2. అంతిమ విశ్వ సిద్ధాంతం అన్నది ఏదీ ఉండజాలదు. ఒకదాని తర్వాత మరొకటి అనంతంగా సాగే సిద్ధాంతాలు సాధ్యం. అవి విశ్వాన్ని రాను రాను మరింత ఖచ్చితంగా వివరించగలుగుతాయి.

3. విశ్వ సిద్ధాంతం అన్నది లేనేలేదు. ఒక పరిమితిని దాటి సంఘటనలను ఊహించలేం. అవి చెదురుమదురుగా, నియమ రహితంగా జరుగుతాయి.

కొంతమంది మూడో అవకాశాన్ని స్వీకరిస్తారు. వారనేది ఏమంటే, సంపూర్ణ నియమాల వ్యవస్థ అనేది ఉంటే అది ప్రపంచ వ్యవహారాలతో యధేచ్ఛగా వ్యవహరించే భగవంతుని స్వేచ్ఛను ఆటంకపరుస్తుంది. కనుక అటువంటి వ్యవస్థ ఏదీ ఉండదన్నది వారి వాదన. తను మోయలేని బరువు కలిగిన రాయిని దేవుడు తయారు చేస్తాడంటారా అన్నది ఒక పాత వింత ప్రశ్న. ఈ దృక్పథం కూడా అలాంటిదే. అయితే భగవంతుడు ఎప్పటికప్పుడు తన మనసు మార్చుకుంటూ ఉంటాడన్నది ఒక పొరపాటు ఆలోచనకు ఉదాహరణ మాత్రమే అని సెయింట్ ఆగస్టీన్ పేర్కొన్నాడు. దేవుడిని ఒక కాల పరిధిలో ఊహించడం అన్న దానికి ఆయన అభ్యంతరం చెప్పాడు. దేవుడు సృష్టించిన విశ్వంలో కాలం అన్నది ఒక ధర్మం మాత్రమే. కాబట్టి దానిని సృష్టించినప్పుడు ఆయన ఏం

కావాలనుకున్నాడో ఆయనకు తెలిసే ఉండాలి మరి.

క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ రంగంపైకి వచ్చిన తర్వాత సంఘటనలను సంపూర్ణంగా, ఖచ్చితంగా ఊహించలేం అన్నది గుర్తించాల్సి వచ్చింది. ఎప్పుడూ ఏదో ఒక మేరకు అనిశ్చితి ఉంటుంది. ఈ అనిశ్చితినే దేవుని జోక్యంగా భాష్యం చెప్పాలనుకుంటే చెప్పవచ్చు. అయితే అది ఒక వింత తరహా జోక్యమయి ఉండాలి. ఈ జోక్యానికి ఒక పరమార్థం ఏమీ ఉన్నట్టు కనిపించదు. అటువంటిది ఏదైనా ఉన్నా అది నియమ రహితం కాజాలదు. శాస్త్ర లక్ష్యాలను పునర్నిర్వచించడం ద్వారా ఆధునికకాలంలో మూడో అవకాశాన్ని మనం ప్రభావశీలంగా తొలగించగలిగాం. మన లక్ష్యం ఒక నియమాల వ్యవస్థను రూపొందిస్తుంది. అస్థిరతా సూత్రం నిర్దేశించిన పరిమితి మేరకు అది సంఘటనలను ఊహించగలుగుతుంది.

రెండో అవకాశం ఏమంటే రాను రాను మరింత మెరుగైన సిద్ధాంతాలు అనంతంగా వరసగా వస్తాయి అంటుంది. ఇది ఇంతవరకూ మనకున్న అనుభవానికి అనుగుణంగా ఉంది. అనేక సందర్భాల్లో మన కొలమానాల ఖచ్చితత్వాన్ని పెంచగలిగాం. కొత్త తరహా పరిశీలనలను చేయగలిగాం. అంతకుముందున్న సిద్ధాంతానికి తెలియని కొత్త పరిణామాలను ఎప్పటికప్పుడు కనుగొనగలిగాం. వీటిని వివరించడం కోసం మరింత పురోగామి సిద్ధాంతాన్ని అభివృద్ధి చేయాల్సివచ్చింది. సుమారు వంద GeVల దుర్బల విద్యుత్‌సమైక్య శక్తులకీ సుమారు పదికోట్ల కోట్ల GeVల మహా సమైక్య శక్తికీ మధ్య పెద్దగా చెప్పుకోదగిన కొత్త విషయమేమీ తలెత్తదనీ ఇప్పుడు ప్రస్తావిస్తున్న మహా సమైక్య సిద్ధాంతాలనబడేవి పొరపాటనీ అనడంలో ఆశ్చర్యమేమీ లేదు. క్వార్క్‌నీ ఎలక్ట్రాన్లనీ ఇప్పుడు 'మౌలిక కణాల'ని భావిస్తున్నారు. కాని ఇంతకంటే ప్రాథమికమైన అనేక కొత్త రూపనిర్మాణ పొరలను ఇకముందు కనుగొంటే కనుగొనవచ్చున్నది ఈ వాదం సారాంశం.

అయితే 'పెట్టెల్లో పెట్టెలు' అనే ఈ వరసకూ ఈ అభివృద్ధి పరంపరకూ గురుత్వాకర్షణ అన్నది పరిమితి విధిస్తుందనినిపిస్తుంది. ప్లాంక్ శక్తికి మించిన శక్తి ఒక కణంలో ఉంటే దాని ద్రవ్యరాశి ఎంతగా కేంద్రీకరించబడుతుందీ అంటే అది మిగతా విశ్వం నుంచి వేరుబడి ఒక చిన్న కాలబిలంగా రూపొందుతుంది. (ప్లాంక్‌శక్తి అంటే ఒక లక్ష కోట్ల కోట్ల కోట్ల GeV. అంటే 1 పక్కన 19 సున్నాలు.) కాబట్టి మనం రాను రాను మరింత అత్యధిక శక్తులను పరిగణనలోకి తీసుకోక తప్పదు. రాను రాను మరింత మెరుగైన సిద్ధాంతాలనబడే వరసక్రమానికి అప్పుడు ఏదోఒక

పరిమితి ఉటుందనిపిస్తుంది. కనుక ఏదో ఒక ఆఖరి విశ్వసిద్ధాంతం అంటూ ఉండి ఉండాలి. అయితే వంద GeVలతో పోలిస్తే ప్లాంక్‌శక్తి అన్నది ఎంతో దూరాన ఉన్నది. వంద GeVలే మనం ఇప్పటికి ప్రయోగశాలలో ఉత్పత్తిచేయగలిగిన అత్యధిక శక్తి. సమీప భవిష్యత్తులో అంతకుమించిన శక్తిగలిగిన కణాలను వేగవంతంచేసే పరికరాలను కనుగొనగలిగే అవకాశం లేదు. విశ్వం తొలిదశలలో అటువంటి పెద్ద స్థాయిలో శక్తులు ఉద్భవించి ఉంటాయి. తొలివిశ్వాన్ని అధ్యయనం చేయడం ద్వారానూ నికరమైన గణిత శాస్త్ర అంచనాల ద్వారానూ ఒక సంపూర్ణమైన సమైక్య సిద్ధాంతాన్ని మనలో కొంతమంది జీవితకాలంలోనే కనుగొనడం సుసాధ్యమని నాకనిపిస్తుంది. అయితే ముందుగా మనని మనం సర్వనాశనం చేసుకోకుండా ఉండాలి మరి.

అంతిమ విశ్వ సిద్ధాంతం అనే దానిని మనం కనుగొన్నామంటే అర్థం ఏమిటి? సరైన సిద్ధాంతాన్నే మనం కనుగొన్నామో లేదో మనకెప్పటికీ తెలియదు. ఈ సిద్ధాంతాలను రుజువు చేయడం ఎప్పటికీ సాధ్యం కాదు. ఈ విషయాన్ని నేను మొదటి అధ్యాయంలో వివరించాను. ఆ సిద్ధాంతం గణితశాస్త్రపరంగా నికరంగా ఉంటే, పరిశీలనలతో తులతూగే సరైన అంచనాలను అందించగలిగితే ఆ సిద్ధాంతమే సరైన సిద్ధాంతమని మనం ధైర్యంగా ఉండడం సబబే అవుతుంది. విశ్వాన్ని అర్థం చేసుకోవడంలో మానవ జాతి చేసిన మేధోపరమైన పోరాట చరిత్రలో ఒక సుదీర్ఘమైన, వైభవోపేతమైన అధ్యాయం ముగుస్తుంది. అది విశ్వాన్ని శాసించే నియమాల విషయంలో సామాన్య మానవుని అవగాహనను విప్లవీకరిస్తుంది. న్యూటన్ కాలంలో ఒక విద్యావంతునికి అప్పటికున్న మొత్తం మానవ జ్ఞాన సంపదను రేఖామాత్రంగానైనా గ్రహించడానికి అవకాశం ఉండింది. అయితే అప్పటి నుంచి ఇప్పటికి శాస్త్రాభివృద్ధి ఎంత వేగంగా జరిగిందంటే అటువంటి అవగాహన ఇప్పుడు దాదాపు అసాధ్యం. ఎందుకంటే పరిశీలనకు అనుగుణంగా సిద్ధాంతాలు ఎప్పటికప్పుడు మారిపోతున్నాయి. సామాన్య ప్రజలు అర్థం చేసుకోవడానికి వీలుగా అవి సరళంగానూ లేవు. సక్రమంగా జీర్ణమూ కావడం లేదు. శాస్త్ర విషయాలు అర్థం కావాలంటే నువ్వొక ప్రత్యేక నిపుణుడివి కావాల్సిన అవసరం ఏర్పడింది. అప్పటికీ శాస్త్రీయ సిద్ధాంతాల్లో ఒక చిన్న భాగాన్ని మాత్రమే సక్రమంగా అర్థంచేసుకోగలవు. శాస్త్రీయ ప్రగతి అమితమైన వేగంతో ఉరకలు వేస్తోంది. పాఠశాలల్లోనూ విశ్వ విద్యాలయాల్లోనూ నేర్చుకునే శాస్త్రాలు ఏదో ఒక మేరకు కాలంచెల్లినవే అవుతున్నాయి. కేవలం కొద్దిమంది మాత్రమే అమిత వేగంగా విస్తరిస్తున్న జ్ఞాన పొలిమేరలతోపాటు పరుగు పందెంలో పాల్గొన

గలుగుతున్నారు. దాని కోసం వారు తమ మొత్తం జీవిత కాలాన్ని శాస్త్ర రంగంలో ఒక చిన్న పరిధిలో ప్రత్యేక అధ్యయనానికి అంకితం చేయాల్సి వస్తోంది. ఇక మిగతా ప్రజల మాటకొస్తే ఆయా రంగాల్లో కొనసాగుతున్న పురోగమనం గురించిగానీ అవి సృష్టిస్తున్న ఉద్వేగం గురించిగానీ వారికి బొత్తిగా తెలియదనే చెప్పాలి. ఎడ్డింగ్టన్ మాటను మనం నమ్మాల్సి వస్తే, 70 సంవత్సరాల క్రితం సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్ని అర్థం చేసుకున్న వ్యక్తులు ప్రపంచంలో ఇద్దరే ఇద్దరున్నారు. ఇప్పుడు వేలాదిమంది యూనివర్శిటీ విద్యార్థులూ లక్షలాదిమంది ప్రజలూ ఆ సిద్ధాంతాన్ని గ్రహించగలుగుతున్నారు. ఒక సంపూర్ణ సమైక్య సిద్ధాంతాన్ని మనం కనుగొనగలిగితే కొద్దికాలం తర్వాత కనీసం రేఖామాత్రంగానైనా దానిని పాఠశాలల్లో సరళంగా అర్థం చేసుకోవడానికి వీలుగా బోధించడం సాధ్యమవుతుంది. అప్పుడు అందరమూ విశ్వాన్ని శాసించే నియమాలను అర్థం చేసుకోగలుగుతాం. మన ఉనికికి కారణమయిన నియమాలను కూడా గ్రహించగలుగుతాం.

ఒకవేళ మనం ఒక సంపూర్ణమైన సమైక్య సిద్ధాంతాన్ని కనుగొన్నప్పటికీ సాధారణ రూపంలో జరగబోయే సంఘటనలను అన్నింటినీ ఊహించగలుగుతామని కాదు. అలా ఊహించలేకపోవడానికి రెండు కారణాలున్నాయి. మొదటిది, అంచనా వేయగలిగిన మన శక్తికి క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌కి చెందిన అనిశ్చితా సూత్రం పరిమితి విధిస్తుంది. దానిని పరిష్కరించడానికి మనం చేయగలిగిందంటూ ఏమీ లేదు. అయితే ఆచరణలో ఈ మొదటి పరిమితి రెండో పరిమితికంటే మనల్ని తక్కువగా ఆటంకపరుస్తుంది. కొన్ని సరళమైన పరిస్థితులలో తప్ప ఆ సిద్ధాంత సమీకరణాలను ఖచ్చితంగా పరిష్కరించలేని వాస్తవం నుంచి ఇది తలెత్తుతుంది. (న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతంలోని మూడు వస్తువుల చలనాన్నిసైతం మనం ఖచ్చితంగా పరిష్కరించలేం. వస్తువులు పెరిగినకొద్దీ సిద్ధాంత సంక్లిష్టత పెరిగినకొద్దీ ఈ ఇబ్బంది కూడా పెరుగుతుంది.) అత్యంత అసాధారణ పరిస్థితులలోతప్ప మిగతా సందర్భాలలో పదార్థ ప్రవర్తనను శాసించే నియమాల గురించి మనకు ఇప్పటికే తెలుసు. రసాయన శాస్త్రంలోనూ జీవ శాస్త్రంలోనూ వర్తించే మౌలిక నియమాలన్నీ దాదాపుగా మనకన్నీ తెలుసు. అయినప్పటికీ అవి పరిష్కారం అయిపోయిన సమస్యలని మనం భావించడం లేదు. గణిత శాస్త్ర సమీకరణాల సాయంతో మానవ ప్రవర్తనను అంచనా వేయడంలో మనకింతవరకూ ఏమాత్రం విజయం లభించలేదు. కాబట్టి ఒక సంపూర్ణ మౌలిక నియమాల వ్యవస్థ లభించినప్పటికీ రానున్న కాలంలో చేయాల్సిందెంతో మిగిలే

ఉంటుంది. మరింత మెరుగైన ఉజ్జాయింపు పద్ధతులను అభివృద్ధి చేయాల్సిన అవసరం అన్నది మానవుని మేధోశక్తికే ఒక సవాలు. అత్యంత సంక్లిష్టమైన వాస్తవిక పరిస్థితులలో తలెత్తే ఫలితాలను గురించి ఉపయోగకరమైన అంచనాలను చేయగలగడం కూడా ఒక సవాలే. కనుక ఒక నికరమైన, సంపూర్ణ, సమైక్య సిద్ధాంతం కేవలం మొదటి అడుగు మాత్రమే. మనచుట్టూ జరిగే సంఘటనలనూ మన సొంత ఉనికినీ సంపూర్ణంగా అర్థం చేసుకోవడమే మన అసలు లక్ష్యం.

11

ముగింపు

ఓ విడ్డూరపు ప్రపంచంలో మనం ఉన్నామనిపిస్తుంది. మన చుట్టూ ఉన్న దాని అర్థం ఏమిటో తెలుసుకోవాలనిపిస్తుంది. విశ్వం స్వభావం ఏమిటి? దానిలో మన స్థానమేమిటి? అది ఎక్కడ నుంచి వచ్చింది? మనం ఎక్కడ నుంచి వచ్చాం? విశ్వం ఇప్పుడున్నట్టుగా ఎందుకుంది? ఈ ప్రశ్నలన్నింటినీ అడగాలనిపిస్తుంది.

ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానం చెప్పాలంటే మనం ఒక *'ప్రపంచ చిత్రాన్ని'* స్వీకరించాల్సి ఉంటుంది. బల్లపరుపు భూమిని అనంత సంఖ్యలో ఉన్న తాబేళ్ల గోపురం నిలబెడుతున్నట్టు ఊహించేది కూడా ఒక ప్రపంచ చిత్రమే. మహాతీగల సిద్ధాంతమూ అటువంటి చిత్రమే. రెండూ విశ్వ సిద్ధాంతాలే. కాకుంటే రెండో సిద్ధాంతం మొదటి దానికంటే గణితశాస్త్రపరమైంది. పైగా అంతకంటే ఖచ్చితమైనది. రెండు సిద్ధాంతాలకూ పరిశీలనల సాక్ష్యం లేదు. ఒక మహాకాయం కలిగిన తాబేలు భూమిని మోస్తున్నట్టు ఎవరూ గమనించలేదు. అలాగే ఒక మహాతీగనీ ఎవరూ గమనించలేదు, మరి. అయితే తాబేలు సిద్ధాంతం ఒక మంచి శాస్త్రీయ సిద్ధాంతం కాజాలదు. ఎందుకంటే మనుషులు ప్రపంచపు అంచు నుండి కింద పడగలరని అది ఊహిస్తుంది. కాకుంటే బెర్ముడా ట్రయాంగిల్‌లో అదృశ్యం అయిపోయారని భావిస్తున్నవారిని భూమి అంచు నుంచి కింద పడిన వారిగా భావిస్తే తప్ప అనుభవానికీ దీనికీ ఎక్కడా పొంతన లేదు.

విశ్వాన్ని సైద్ధాంతికంగా వివరించడానికి చాలా తొలిదినాలలోనే మానవజాతి ఎన్నో ప్రయత్నాలు చేసింది. మానవ ఉద్వేగాలతో కూడిన ఆత్మలు సంఘటనలనూ

ప్రకృతి పరిణామాలను శాసిస్తున్నాయని వారానాడు భావించారు. ఆ ఆత్మలు మనుషుల లాగానే ప్రవర్తిస్తాయని వారు నమ్మారు. ఆ ప్రవర్తనను ఏమాత్రం ముందు ఊహించడానికి వీలుండదని వారు నమ్మారు. ఈ ఆత్మలు నదులు, పర్వతాల లాంటి ప్రకృతిసిద్ధమైన అన్ని అంశాలలోనూ మాత్రమేగాక సూర్యుడూ చంద్రుడూ లాంటి అంతరిక్ష గ్రహాలలోసైతం ఉంటాయని వారు నమ్మారు. భూమి ఫలదాయకత పెరగాలన్నా రుతువులు సక్రమంగా కరుణించాలన్నా ఈ ఆత్మలను ప్రసన్నం చేసుకోవాలి. వాటి ఆశీర్వాదాన్ని పొందాలి. అయితే క్రమంగా ఒక విషయం వారికి అర్థమై ఉంటుంది. కొన్ని నియమాలను వారు గమనించి ఉంటారు. సూర్యునికి ఎటువంటి బలి తర్పణాలు జరిగినా జరగకున్నా తూర్పున ఉదయిస్తాడనీ పశ్చిమాన అస్తమిస్తాడనీ వారు గ్రహించారు. ఆకాశంలో సూర్యచంద్రులూ ఇతర గ్రహాలూ ఒకేలాంటి పథాలలో పయనిస్తారు. ఖచ్చితమైన అంచనాతో ఈ పథాలను ముందే ఊహించవచ్చునని క్రమంగా వారు గ్రహించారు. సూర్యుడూ చంద్రుడూ దేవతలే కావచ్చు కాని వారు కొన్ని కఠినమైన నియమాలను పాటిస్తారని గమనించారు. సూర్యుడు జోషువా కోసం ఆగాడులాంటి కథలను పక్కన పెడితే ఈ సూత్రానికి మినహాయింపులంటూ ఏమీ లేవు.

మొదట ఈ క్రమాలనూ నియమాలనూ ఖగోళ శాస్త్రంలోనూ ఇతర కొన్ని ప్రత్యేక పరిస్థితులలోనూ గుర్తించారు. నాగరికత అభివృద్ధి చెందుతున్నకొద్దీ మరిన్ని నియమాలనూ క్రమాలనూ వారు కనుగొన్నారు. గత మూడు వందల ఏళ్ల కాలంలో ఎన్నో ఆవిష్కరణలు జరిగాయి. ఈ నియమాల విజయ పరంపర కారణంగా 19వ శతాబ్దపు ప్రారంభంలో లాప్లేస్ శాస్త్రీయ విధివాదాన్ని ప్రతిపాదించాడు. అంటే ఏదో ఒక సందర్భంగా విశ్వం రూపురేఖలు మనకు తెలిస్తే దాని తర్వాత విశ్వ పరిణామాన్ని ఖచ్చితంగా నిర్ణయించే నియమాల వ్యవస్థ ఒకటి ఉండి తీరుతుందని ఆయన సూచించాడు.

లాప్లేస్ శాస్త్రీయ విధివాదం రెండు రకాలుగా అసంపూర్ణం. ఆ నియమాలను ఎలా ఎంచుకోవాలో అది సూచించలేదు. తొలివిశ్వపు రూపురేఖలు ఏమిటో కూడా అది పేర్కొనలేదు. వీటిని ఆ సిద్ధాంతం దేవుడికి వదిలేసింది. విశ్వం ఎలా ప్రారంభమైంది, అది ఏ నియమాలకు లోబడి ఉంటుంది, అన్న విషయాలను దేవుడు ఎంచుకుంటాడు అని ఆయన సూచించాడు. ఒకసారి విశ్వారంభం అయిన తర్వాత దేవుడు ఇక విశ్వ వ్యవహారాలలో జోక్యంచేసుకోడు. అంటే 19వ శతాబ్దపు శాస్త్రం

తానర్థం చేసుకోలేని చోట్లకే దేవుడిని పరిమితం చేయడం జరిగిందన్న మాట! లాప్లేస్ శాస్త్రీయ విధివాదం రుజువు కావడానికి అవకాశంలేదని మనకిప్పుడు తెలుసు. కనీసం ఆయన మనసులో ఉన్న రూపంలో అది రుజువు కాజాలదు. ఒక కణం స్థానమూ, దాని వేగమూలాంటి కొన్ని నిర్దిష్ట పరిణామాల జంటలను సంపూర్ణమైన ఖచ్చితత్వంతో ఊహించడం సాధ్యం కాదని క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ అనిశ్చితా సూత్రం తెలియజేస్తుంది.

క్వాంటమ్ సిద్ధాంతాల ప్రకారం కణాలకు బాగా నిర్వచించబడిన స్థానాలుకానీ వేగాలుకానీ ఉండవు. కణాలను తరంగాలు సూచిస్తాయి. ఈ సిద్ధాంతాలు ఒక రకంగా విధివాదాన్ని పోలి ఉంటాయి. అవి కాలంతో పాటు తరంగ పరిణామాన్ని తెలిపే నియమాలను మనకు అందిస్తాయి. ఆ రకంగా ఒక సందర్భంలో తరంగం గురించి తెలుసుకుంటే ఇతర సందర్భాలలో అది ఎలా ఉంటుందో ఊహించవచ్చు. తరంగకణాల స్థానాలూ వేగాలూ అన్న అర్థంలో గ్రహించడానికి ప్రయత్నించినప్పుడు మాత్రమే అవి ఏమాత్రం ఊహించడానికి వీలులేని నియమరహిత అంశాలుగా మారిపోతాయి. అది బహుశా మన పొరపాటు కూడా అయి ఉండవచ్చు. బహుశా కణ స్థానాలూ వేగాలూ అన్నవి లేకపోయి కూడా ఉండవచ్చు. తరంగాలు మాత్రమే ఉండి ఉండవచ్చు. స్థానాలూ వేగాలూ అన్నవి మనం ముందుగానే పెట్టుకున్న అసంబద్ధ భావాలై ఉండవచ్చు. వాటి ప్రకారం తరంగాలను సర్దడానికి మనం వృధాగా ప్రయత్నిస్తూ ఉండవచ్చు. ఈ రెంటికీ పొంతన లేకపోవడం అన్నదే ముందుగా ఊహించలేని పరిస్థితికి అసలు కారణం కావచ్చు.

ఆచరణలో మనం శాస్త్ర కర్తవ్యాన్ని పునర్నిర్వచించాం. అనిశ్చితా సూత్రం నిర్దేశించిన పరిమితులమేరకు సంఘటనలను ఊహించడానికి వీలుకల్పించే నియమాలను కనుగొనడమే శాస్త్ర లక్ష్యమని పేర్కొన్నాం. అయితే ఒక ప్రశ్న మిగిలే ఉంటుంది. విశ్వం తొలిదశ నియమాలు ఎలాంటివి? అవి అలా ఎందుకున్నాయి?

గురుత్వాకర్షణను శాసించే నియమాలకు ఈ గ్రంథంలో నేను ప్రత్యేక ప్రాధాన్యాన్ని ఇచ్చాను. ఎందుకంటే నాలుగు రకాల శక్తులలోనూ గురుత్వాకర్షణ అన్నది అత్యంత బలహీనమైనదే అయినప్పటికీ భారీ ప్రమాణాలలో విశ్వ రూపనిర్మాణాన్ని రూపొందించేది గురుత్వాకర్షణ మాత్రమే. ఇటీవలివరకూ, కాలంలో విశ్వం పరిణామరహితం అని నమ్మారు. అయితే ఈ భావన గురుత్వాకర్షణ నియమాలకు విరుద్ధం. గురుత్వాకర్షణ అన్నది ఎప్పుడూ ఆకర్షణే అన్నప్పుడు విశ్వం సంకోచించనైనా సంకోచించాలి లేదా వ్యాకోచించనైనా వ్యాకోచించాలి. సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం

ప్రకారం గతంలో బిగ్‌బాంగ్ సమయంలో ఒక అనంత సాంద్రతాస్థితి ఒకటి ఉండి ఉండాలి. అదే కాలానికి ఆరంభమై ఉంటుంది. ***కాలారంభం.*** అదే విధంగా మొత్తం విశ్వం పున:పతనమైతే భవిష్యత్తులో మరో అనంత సాంద్రతాస్థితి ఒకటి ఉంటుంది. ఆ స్థితినే బిగ్‌క్రంచ్ అంటారు. అది కాలానికి అంతం. ***కాలాంతం.*** ఒకవేళ మొత్తం విశ్వం పున:పతనం కాకున్నా స్థానిక మండలాల్లో ఏకబిందుత్వాలు సాధ్యం. స్థానిక మండలాలు పతనమై కాలబిలాలు ఏర్పడతాయి. కాలబిలంలో పడిన ఎవరికైనా ఈ ఏకబిందుత్వాలు కాలాంతంతో సమానం. బిగ్‌బాంగ్ తదితర ఏకబిందుత్వాల దగ్గర నియమాలన్నీ భగ్నమైపోతాయి. కాబట్టి విశ్వారంభాన్ని ఎంచుకోడానికి భగవంతుడికి ఇంకా స్వాతంత్రం పూర్తిగా మిగిలే ఉంది.

క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌ని సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతంతో మేళవిస్తే ఇంతకుముందులేని అవకాశం ఒకటి మనకు లభిస్తుంది. స్థలకాలాలు కలిసి ఏకబిందుత్వాలుగానీ ఎల్లలుగానీ లేకుండా నాలుగు విస్తృతులుగల ఒక పరిమిత అంతరిక్షాన్ని రూపొందించవచ్చు. ఇది కూడా భూమి ఉపరితలంలాగానే ఉండవచ్చు. కాకుంటే ఇక్కడ విస్తృతులు ఎక్కువ. ఈ భావం విశ్వంలో ఇంతకుముందు పరిశీలించిన అనేక అంశాలను వివరించగలుగుతుంది. స్థూలస్థాయిలో విశ్వం ఏకరూపంగా ఉంది. ఉదాహరణకి పాలపుంతలు, నక్షత్రాలు. సూక్ష్మస్థాయిలో బహుళ రూపంగా ఉంది. మనుషులుసైతం ఈ పరిశీలనలకు ఉదాహరణలే. మనం పరిశీలించిన కాలబాణాన్ని కూడా ఈ సిద్ధాంతం వివరించ గలుగుతుంది. అయితే విశ్వం పూర్తిగా స్వయంసిద్ధమయితే సమైక్య సిద్ధాంతం సంపూర్ణంగా వివరించినట్టుగా దానిలో ఏకబిందుత్వాలకూ ఎల్లలకూ చోటుండదు. అటువంటి పరిస్థితి వాస్తవమైతే సృష్టికర్తగా భగవంతుని పాత్రపై దాని తీవ్రమైన ప్రభావం ఉంటుంది.

ఒక సందర్భంలో ఐన్‌స్టీన్ ఇలా ప్రశ్నించాడు: 'విశ్వ సృష్టిలో దేవుడికున్న స్వాతంత్ర్యం ఎంత?' విశ్వానికి ఎల్లలులేవన్న ప్రతిపాదన నిజమైతే తొలివిశ్వ పరిస్థితులను ఎంచుకోవడానికి దేవుడికి ఏమాత్రం స్వాతంత్రం లేదని అర్థమవుతుంది. అయితే విశ్వం లోబడి ఉండే నియమాలను ఎంచుకునే స్వేచ్ఛ ఇంకా ఆయనకు ఉండనే ఉంది. ఇదేమంత గొప్ప స్వేచ్ఛ కాదు. సంపూర్ణ సమైక్య సిద్ధాంతం ఒకటే ఉండి ఉండవచ్చు. లేదా బహుళ తీగల సిద్ధాంతంలాగా ఒక పరిమిత సంఖ్యలో ఉండి ఉండవచ్చు. ఆ సిద్ధాంతాలు నికరంగానూ, స్వయం సిద్ధంగానూ ఉంటాయి. విశ్వ నియమాలను పరిశోధించగలిగిన, దేవుని స్వభావాన్ని ప్రశ్నించగలిగిన మానవుల

లాంటి అత్యంత సంక్లిష్టమైన జీవుల అస్థిత్వానికి ఈ సిద్ధాంతాలు వీలు కల్పిస్తాయి.

ఒకే ఒక సమైక్య సిద్ధాంతం సాధ్యమనుకుందాం. అలా అయితే అది కొన్ని సూత్రాల, సమీకరణల వ్యవస్థ మాత్రమే. ఈ సమీకరణలకి ప్రాణంపోసేది ఏది? ఆ నియమాలు విశ్వాన్ని వివరించేలా చేసేది ఏది? ఒక గణిత నమూనాను నిర్మించడం అన్నది మామూలుగా శాస్త్రంచేసే పని. అయితే ఈ నమూనా వివరించడానికి పూనుకున్న విశ్వం అనేది అసలెందుకు ఉండాలి? అసలు అస్థిత్వంలో ఉండాల్సినంత బాధ విశ్వానికి ఎందుకు పట్టినట్టు? విశ్వం తన అస్థిత్వానికి తానే కారణం అని వివరించగలిగిన స్థాయిలో సమైక్య సిద్ధాంతం ఉంటుందా? లేదా విశ్వ సృష్టికి ఒక సృష్టికర్త అవసరం ఉందా? అలా ఉంటే, విశ్వంపైన ఆయనకు ఇంకా వేరే ప్రభావం ఏదైనా ఉందా? ఇంతకీ సృష్టికర్తను ఎవరు సృష్టించారు? ఇలాంటి ప్రశ్నలకు మాత్రం సమైక్య సిద్ధాంతం సమాధానం చెప్పజాలదు. ఇప్పటివరకూ అత్యధిక శాస్త్రవేత్తలు విశ్వం అంటే *ఏమిటో* వివరించే కొత్త సిద్ధాంతాల అభివృద్ధిలో తలమునకలై ఉన్నారు. కాని ఇప్పుడు వారు *ఎందుకు* అన్న ప్రశ్న అడగాల్సి ఉంది. *ఎందుకు* అని అడగాల్సిన వారు, నిజానికి, తాత్వికులు. కాని, వారు శాస్త్రీయ సిద్ధాంతాల ప్రగతివేగాన్ని అందుకోలేకపోయారు. 18వ శతాబ్దంవరకూ సైన్సుతోసహా మానవ జ్ఞాన సంపద మొత్తం తమ పరిధిలోనే ఉందని వారు భావించారు. విశ్వానికి ఆదీ అంతమూ ఉన్నాయా లాంటి ప్రశ్నలను వారు తప్పించారు. 19, 20 శతాబ్దాలలో సైన్స్ మరీ సాంకేతికంగానూ గణిత మయంగానూ మారిపోయింది. కొద్దిమంది నిపుణులకుతప్ప తత్వవేత్తలతోసహా మిగిలిన వారందరికీ అది అందుబాటులో లేకుండా పోయింది. తాత్వికులు వారి అన్వేషణా పరిధిని బాగా కుదించుకోవాల్సి వచ్చింది. 'భాషా విశ్లేషణే ఇప్పటికీ తత్వశాస్త్రం పరిశీలించగల ఏకైక అంశం' అని 20వ శతాబ్దపు సుప్రసిద్ధ తత్వవేత్త విట్‌జెన్‌స్టీన్ అన్నాడు. అరిస్టాటిల్ నుంచి కాంట్ వరకూ దివ్యంగా నడిచిన సమున్నత తాత్విక సంప్రదాయానికి ఎంత పతనం!

సంపూర్ణ సమైక్య సిద్ధాంతాన్ని మనం ఆవిష్కరించగలిగితే ఏదో కొద్దిమంది శాస్త్రవేత్తలు మాత్రమేగాక కాలక్రమేణా ప్రతి ఒక్కరూ దానిని స్థూలంగానైనా అర్థం చేసుకోగలుగుతారు. అప్పుడు తాత్వికులూ శాస్త్రవేత్తలూ సాధారణ ప్రజలూ సైతం మనమూ విశ్వమూ ఎందుకున్నాం అన్న ప్రశ్నను చర్చించగలుగుతారు. దానికి మనం సమాధానం కనుగొనగలిగితే, మానవ తార్కిక శక్తికి అది అత్యుత్తమ ఘన విజయం అవుతుంది - ఇక అప్పుడు మనకు దేవుడి మస్తిష్కం గురించి తెలిసిపోతుంది.

ముగింపు

ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్

అణుబాంబు రాజకీయాలతో ఐన్‌స్టీన్‌కున్న సంబంధం అందరికీ తెలిసిందే. అణుబాంబు తయారుచేయాలన్న విజ్ఞప్తితో అమెరికా అధ్యక్షుడు రూజ్‌వెల్ట్‌కి రాసిన లేఖలో ఐన్‌స్టీన్ కూడా సంతకం చేశాడు. ఆ తర్వాతనే అమెరికా దీనిని సీరియస్‌గా పరిగణించింది. యుద్ధం ముగిసింది. తర్వాత అణు యుద్ధాన్ని నివారించడానికి సాగిన కృషిలో ఆయన చురుగ్గా పాల్గొన్నాడు. రాజకీయ ప్రపంచంలో శాస్త్రవేత్త ఐన్‌స్టీన్ నిర్వహించిన కార్యకలాపాల్లో ఇవి కొన్ని మాత్రమే. నిజానికి ఆయన సొంత మాటల్లోనే చెప్పాలంటే ఐన్‌స్టీన్ జీవితం 'రాజకీయాలకీ సమీకరణాలకీ మధ్య విభజితమైంది'. మొదటి ప్రపంచయుద్ధ కాలంలో ఆయన బెర్లిన్‌లో ప్రొఫెసర్‌గా ఉన్నారు. అప్పుడే ఆయన తొలి రాజకీయ కార్యకలాపాలు ప్రారంభమయ్యాయి. ప్రపంచయుద్ధం జరిగితే అపారంగా ప్రాణ నష్టం జరుగుతుందనీ మానవ జీవితాలు వృధా అయిపోతాయనీ ఆయన నమ్మాడు. అందుకే ఐన్‌స్టీన్ యుద్ధ వ్యతిరేక ప్రదర్శనల్లో పాల్గొన్నారు. సహాయ నిరాకరణోద్యమాన్ని ఆయన బోధించాడు. సైన్యంలో చేరడానికి నిరాకరించాల్సిందిగా ఆయన ప్రజలకు విజ్ఞప్తి చేశారు. ఆయన చేస్తున్న ఈ పనులు ఆయన సహచరులకు బొత్తిగా గిట్టలేదు. యుద్ధం తర్వాత వివిధ దేశాల మధ్య శాంతి సామరస్యాలకోసమూ అంతర్జాతీయ సంబంధాలను మెరుగుపర్చడంకోసమూ ఆయన తన శక్తియుక్తులన్నింటినీ ఉపయోగించాడు. ఈ చర్య కూడా ప్రజామోదానికి నోచుకోలేదు. ఆయన రాజకీయాల కారణంగా శాస్త్రీయ అంశాలపై ఉపన్యాసాలు ఇవ్వడానికిసైతం అమెరికా సందర్శించడం కష్టమైపోయింది.

ఐన్‌స్టీన్ స్వీకరించిన రెండో లక్ష్యం యూదు మతం. పుట్టుకతో ఆయన యూదుడే అయినప్పటికీ భగవంతుని విషయంలో బైబిల్ ఇచ్చిన నిర్వచనాన్ని ఆయన తిరస్కరించాడు. అయితే మొదటి ప్రపంచ యుద్ధం ముందూ ఆ తర్వాతా యూదు మత వ్యతిరేక ఉద్యమం పెరిగిపోయింది. ఆయన ఆ పరిస్థితుల్లో యూదుమతంతో మమేకంకాక తప్పలేదు. బహిరంగంగా ఆయన యూదు మతాన్ని సమర్థించాడు. దానివల్ల మరోసారి ఆయనకి చెడ్డ పేరు వచ్చింది. అయినా ఆయన తన మనసులోని మాట చెప్పకుండా ఉండలేదు. ఆయన సిద్ధాంతాలపై ఎంతోమంది దాడి చేశారు. ఐన్‌స్టీన్ వ్యతిరేక సంస్థ ఒకటి వెలిసింది. ఐన్‌స్టీన్‌ని హత్య చేయడానికి పురికొల్పిన ఒక మనిషికి శిక్ష కూడా పడింది. (అయితే ఆ మనిషికి విధించిన జరిమానా కేవలం

ఆరు డాలర్లు.). అయినా ఐన్‌స్టీన్‌కి నదురూబెదురూ లేదు. *'ఐన్‌స్టీన్‌కి వ్యతిరేకంగా నూరుగురు రచయితలు'* అనే గ్రంథం వెలువడింది. *'నేను నిజంగానే పొరపాటు చేసి ఉంటే ఒక్కరు సరిపోయి ఉండేవారు'* అని ఐన్‌స్టీన్ తిప్పికొట్టాడు.

1933లో హిట్లర్ అధికారానికి వచ్చాడు. అప్పుడు ఐన్‌స్టీన్ అమెరికాలో ఉన్నాడు. తాను జర్మనీ తిరిగి వెళ్లనని ఆయన ఆనాడే ప్రకటించాడు. నాజీ మిలీషియా దళాలు ఆయన ఇంటిపై దాడిచేసి ఆయన బ్యాంక్ ఖాతాను లాక్కున్నారు. అప్పుడు ఒక బెర్లిన్ వార్తాపత్రిక పెట్టిన శీర్షిక ఇది: *'ఐన్‌స్టీన్ నుంచి ఒక శుభ వార్త. ఆయన జర్మనీ తిరిగి రాబోవడం లేదు'.* నాజీ ప్రమాదం ముంచుకురావడంతో తన శాంతివాదాన్ని ఐన్‌స్టీన్ విడనాడాడు. జర్మన్ శాస్త్రవేత్తలు నాజీలకోసం ఒక అణుబాంబును తయారుచేస్తారని ఆయన భయపడ్డాడు. కనుక వెంటనే అమెరికా తన సొంత బాంబును తయారుచేయాలని ఆయన కోరాడు. యుద్ధం చివరి దశకు వచ్చింది. ఇంకా అమెరికా అప్పటికి తన బాంబుని ప్రయోగించలేదు. ఆయన అణు బాంబుని ప్రయోగించరాదని ముందే హెచ్చరించాడు. అణుయుద్ధ ప్రమాదాల గురించి బహిరంగంగా ఆయన ఎన్నో హెచ్చరికలు చేశాడు. అణ్వాయుధాలపై అంతర్జాతీయ అజమాయిషీ ఉండాలని పదే పదే ప్రతిపాదించాడు.

ఐన్‌స్టీన్ తన జీవిత పర్యంతం శాంతి కోసం కృషి చేస్తూనే ఉన్నాడు. అయితే ఆ కృషికి లభించిన ఫలితం మాత్రం దాదాపు శూన్యం. తన కృషి వలన ఆయన సంపాదించుకున్న మిత్రులు కూడా దాదాపు ఎవరూ లేనట్టే. యూదుమత వాదాన్ని ఆయన బహిరంగంగా సమర్థించినందుకుగాను 1952లో ఇజ్రాయెల్‌కి అధ్యక్షుడిగా ఉండాల్సిందిగా ఆయనని కోరారు. తనకు రాజకీయాలు పెద్దగా తెలియవని ప్రకటించి ఆయన దానిని తిరస్కరించాడు. నిజానికి అసలు కారణం వేరే ఉండి ఉండవచ్చు. ఆయన మాటల్లోనే చెప్పాలంటే, *'నాకు సమీకరణాలే ప్రధానం. రాజకీయాలు తాత్కాలికం. సమీకరణాలు మాత్రం శాశ్వతం'.*

గెలీలియో గెలీలీ

ఆధునిక విజ్ఞాన శాస్త్రం పుట్టుకకి మిగతా వారందరికంటే ప్రధానమైన బాధ్యుడు గెలీలియో గెలీలీ మాత్రమే. కాథలిక్ చర్చితో ఆయన వివాదంమొత్తం ఆయన తాత్త్వికతకు కేంద్రబిందువు అని చెప్పవచ్చు. ప్రపంచపు పనితీరుని మానవుడు అర్థం చేసుకోగలడని వాదించిన వారిలో ఆయన ప్రథమ స్థానంలో ఉంటాడు. వాస్తవ ప్రపంచాన్ని పరిశీలించడంద్వారా అది సాధ్యపడుతుందని కూడా ఆయన స్పష్టం చేశాడు.

గెలీలియో కోపర్నికస్ సిద్ధాంతాన్ని నమ్మాడు. (దాని ప్రకారం గ్రహాలు సూర్యుని చుట్టూ తిరుగుతాయి.) ఈ సిద్ధాంతాన్ని రుజువు చేయడానికి తగినంత ఆధారం దొరకగానే ఆయన దానిని బహిరంగంగా సమర్థించడం మొదలుపెట్టాడు. కోపర్నికస్ సిద్ధాంతాన్ని గురించి ఆయన ఇటాలియన్ భాషలో అందరికీ అర్థమయ్యేలా రాశాడు. (శాస్త్ర సంబంధమైన అంశాలను అంతకుముందు లాటిన్‌లో రాయడం ఒక ఆనవాయితీ). ఆయన అభిప్రాయాలను విశ్వవిద్యాలయాల బయట విద్యావంతులైన ప్రజలు బాగా ఆదరించారు. అంతవరకూ అరిస్టాటిల్ సిద్ధాంతాన్ని (భూకేంద్ర సిద్ధాంతం-అను.) ప్రచారం చేసిన ప్రొఫెసర్లకు ఇది చాలా బాధాకరంగా తయారైంది. వాళ్లందరూ ఏకమై కోపర్నికస్ సిద్ధాంతాన్ని నిషేధించాల్సిందిగా కాథలిక్ చర్చిని వేడుకున్నారు.

గెలీలియో వారి వైఖరికి బాగా వ్యధ చెందాడు. చర్చి అధికారులతో మాట్లాడడానికి ఆయన రోమ్ వెళ్లాడు. బైబిల్ లక్ష్యం, శాస్త్రీయ సిద్ధాంతాల గురించి వివరించడం కాదని ఆయన మొత్తుకున్నాడు. వ్యవహార జ్ఞానానికి ఎప్పుడైనా బైబిల్ వ్యతిరేకంగా ఉందంటే, అది సంకేతాత్మకం మాత్రమేనని ఆయన వాదించాడు. కాని చర్చి మాత్రం ఇది ఒక కుంభకోణంగా మారుతుందని భయపడింది. ప్రొటెస్టంట్ వాదానికి వ్యతిరేకంగా తాను చేస్తున్న పోరాటం దీనివల్ల బలహీనపడుతుందని భావించింది. కనుక చర్చి దమననీతికి పాల్పడింది. కోపర్నికస్ సిద్ధాంతం *'అసత్యమని, పొరపాటని'* 1616లో ప్రకటించింది. ఆ సిద్ధాంతాన్ని *'సమర్థించరాదు, నమ్మరాదు'* అని గెలీలియోని అది శాసించింది. గెలీలియో తలవంచాడు.

గెలీలియోకి చిరకాల మిత్రుడైన వ్యక్తి 1623లో పోప్ అయ్యాడు. వెంటనే 1616 నాటి చర్చి ఆదేశాలను రద్దు చేయించడానికి గెలీలియో ప్రయత్నించాడు. ఫలితం

లేకపోయింది. అయితే ఆయన తన గ్రంథం రాయడానికి అనుమతిని మాత్రం సంపాదించాడు. దానిలో అరిస్టాటిల్ సిద్ధాంతాన్ని, కోపర్నికస్ సిద్ధాంతాన్ని గెలీలియో చర్చించవచ్చు. దానికి కూడా చర్చి రెండు షరతులు విధించింది. గెలీలియో ఈ సిద్ధాంతాల్లో దేని పక్షమూ వహించరాదు. ఇది మొదటి షరతు. *'ప్రపంచం ఎలా పనిచేస్తోంది అన్నది మనిషి నిర్ణయించలేడు; ఎందుకంటే మనిషి ఊహించడానికి వీలులేని విధంగా భగవంతుడు ప్రపంచంతో పనిచేయిస్తాడు; కనుక మనిషి సర్వ శక్తిమంతుడైన భగవంతుని కార్యకలాపాలపైన ఆంక్షలు విధించరాదు.'* ఈ నిర్ధారణకు గెలీలియో వచ్చి తీరాలి. ఇది రెండో షరతు.

గెలీలియో రాసిన గ్రంథం పేరు: రెండు ప్రధాన ప్రపంచ వ్యవస్థల (విశ్వ వ్యవస్థల-అను.) గురించిన సంభాషణ. 1632లో ఈ గ్రంథం పూర్తయింది. అదే సంవత్సరం సెన్సార్ అధికారుల పూర్తి మద్దతుతో అది ప్రచురించబడింది. దానిని ఒక సాహిత్య, తాత్విక కళా ఖండంగా యూరపు పాఠక లోకం గుర్తించి వెంటనే ఆదరించింది. ఈ గ్రంథం కోపర్నికస్ సిద్ధాంతానికి అనుగుణంగా ఉందని ప్రజలు భావిస్తున్నారని పోప్‌కి అర్థమైంది. దాని ప్రచురణను అనుమతించినందుకు ఆయన పశ్చాత్తాప పడ్డాడు. సెన్సార్ అధికారుల అధికారిక మద్దతు ఆ గ్రంథానికి ఉన్నప్పటికీ 1616 చర్చి ఆదేశాన్ని గెలీలియో అతిక్రమించాడని పోప్ వాదించాడు. చర్చి న్యాయ స్థానం ముందు గెలీలియో దోషిగా నిలబడ్డాడు. గెలీలియో జీవిత పర్యంతం గృహ నిర్బంధంలో ఉండాలని చర్చి శాసించింది. కోపర్నికస్ వాదాన్ని గెలీలియో బహిరంగంగా విడనాడాలని ఆదేశించింది. రెండోసారీ గెలీలియో తలవంచాడు.

గెలీలియో చివరి వరకూ విశ్వాస పాత్రుడైన కాథలిక్‌గానే ఉన్నాడు. కాని సైన్స్‌కి ఉన్న స్వాతంత్ర్యాన్ని అతడు బలంగా నమ్మాడు. ఆ నమ్మకాన్ని మాత్రం ఎవరూ అణచలేకపోయారు. 1642లో ఆయన మరణించాడు. దానికి నాలుగేళ్ల ముందు ఆయన రాసిన రెండో గ్రంథం రాతప్రతిని దొంగచాటుగా హాలెండ్‌లోని ఒక ప్రచురణ కర్తకు పంపించగలిగాడు. అప్పటికింకా ఆయన గృహ నిర్బంధంలోనే ఉన్నాడు. ఆ గ్రంథం పేరు: రెండు కొత్త శాస్త్రాలు. ఆయన దానిలో మళ్లీ కోపర్నికస్‌ని సమర్థించాడు. అంతకంటే ముఖ్యమైన విషయమేమంటే, ఆధునిక భౌతికశాస్త్రం ఈ గ్రంథంతోనే పుట్టింది.

ఐజాక్ న్యూటన్

ఐజాక్ న్యూటన్ ఆహ్లాదకరమైన మనిషి ఎంతమాత్రమూ కాదు. ఇత ర శాస్త్రవేత్తలతో ఆయన సంబంధాలు ఘోరం. ఆయన తన జీవితంలో చివరి భాగాన్ని అంతా తగాదాలలోనే గడిపాడు. *ప్రిన్సిపియా మాథమాటికా* అనే గ్రంథాన్ని ప్రచురించిన తర్వాత న్యూటన్ బాగా సుప్రసిద్ధుడయ్యాడు. నిజానికి ఆ గ్రంథం భౌతిక శాస్త్రంలో ఇంతవరకూ రాసిన గ్రంథాలన్నింటిలోకి ప్రభావశీలమైంది. రాయల్ సొసైటీకి అధ్యక్షుడిగా ఆయన నియమితుడయ్యాడు. నైట్ బిరుదుని గ్రహించిన మొట్టమొదటి శాస్త్రవేత్త ఆయన.

రాయల్ సొసైటీకి చెందిన ఖగోళ శాస్త్రవేత్త జాన్ ఫ్లాంస్టీడ్‌తో న్యూటన్ తగాదాపడ్డాడు. *ప్రిన్సిపియా మాథమాటికా* రాస్తున్నప్పుడు దానికి ఎంతో అవసరమైన గణాంక సమాచారాన్ని ఒక దశవరకూ ఫ్లాం స్టీడే న్యూటన్‌కి సరఫరా చేశాడు. ఏమైందో గానీ ఆయన సమాచారాన్ని సరఫరా చేయడం మానుకున్నాడు. తిరస్కారాన్ని అంత తేలిగ్గా తీసుకునే మనిషి గాదు న్యూటన్. రాయల్ అబ్జర్వేటరీ పాలక వర్గంలో న్యూటనే స్వయంగా నియుక్తుడయ్యాడు. వెంటనే ఫ్లాం స్టీడ్ అంతవరకూ చేసిన మొత్తం కృషిని అధికారులు లాక్కునేలా చేశాడు. పైగా దానిని ఎడ్మండ్ హాలీ పేరుతో ప్రచురించడానికి ప్రయత్నించాడు. ఫ్లాం స్టీడ్‌కి అంతకుముందే హాలీ ఘోరమైన శత్రువు. ఫ్లాం స్టీడ్ సరైన తరుణంలో కోర్టుకెక్కాడు. ఆయన కోర్టు కేసు గెలిచాడు. ఎత్తుకు పోయిన పుస్తకాన్ని వేరేవాళ్లకు ఇవ్వకుండా అడ్డుకోగలిగాడు. న్యూటన్‌కి పిచ్చి కోపం వచ్చింది. ఫ్లాం స్టీడ్‌పైన పగ తీర్చుకోవడం మొదలుపెట్టాడు. *ప్రిన్సిపియా మాథమాటికా* మలి ప్రచురణలలో ఫ్లాం స్టీడ్ ప్రస్తావనే లేకుండా చేశాడు.

జర్మన్ తత్వవేత్త గాట్ ఫ్రీడ్ లీబ్నిజ్‌తో ఇంతకంటే ఘోరమైన వివాదంలో ఆయన చిక్కుకున్నాడు. కాలిక్యులస్ అనే ఒక గణిత శాస్త్ర శాఖను లీబ్నిజ్, న్యూటన్‌లు ఎవరికి వారే స్వతంత్రంగా అభివృద్ధి చేశారు. ఆధునిక భౌతిక శాస్త్రానికి ఇది పునాది లాంటిది. మనకిప్పుడు తెలిసిందేమంటే, కాలిక్యులస్‌ని లీబ్నిజ్ కంటే ముందుగానే న్యూటన్ కనుగొన్నాడు. అయితే లీబ్నిజ్ తన గ్రంథాన్ని ప్రచురించిన తర్వాత మాత్రమే న్యూటన్ తన గ్రంథాన్ని ప్రచురించాడు. ఈ విషయంలో ఎవరు ప్రథములు అన్న వివాదం చెలరేగింది. శాస్త్రవేత్తలు కొంతమంది న్యూటన్‌ని సమర్థించగా మరికొంత మంది లీబ్నిజ్‌ని సమర్థించారు. అయితే ఇక్కడ ఒక తిరకాసుంది. న్యూటన్‌కి

అనుకూలంగా రాసిన లేఖలన్నీ ఒకరే రాశారు. వాటిని రాసింది న్యూటనే. తన సొంత దస్తూరీతోనే ఆయన వాటిని రాశాడు. తన మిత్రుల పేర్లతో ప్రచురింప జేశాడు. వివాదం చిలికి చిలికి గాలివాన అయింది. వివాదాన్ని పరిష్కరించాల్సిందిగా లీబ్నిజ్ రాయల్ సొసైటీకి విజ్ఞప్తి చేశాడు. ఇది ఆయన చేసిన ఘోరమైన పొరపాటు. రాయల్ సొసైటీకి అధ్యక్షుడు న్యూటనే. వెంటనే ఆయన కేసుని దర్యాప్తు చేయడం కోసం అధ్యక్షుడు న్యూటన్ ఒక *'నిష్పక్షపాతమైన'* కమిటీని నియమించాడు. ఆ కమిటీలో ఉన్న వారంతా న్యూటన్ మిత్రులే. అంతటితో న్యూటన్ ఆగలేదు. కమిటీ రిపోర్టుని తనే స్వయంగా రాశాడు కూడా. ఆ రిపోర్టుని రాయల్ సొసైటీ ప్రచురించేలా చేశాడు. సహజంగానే ఆ నివేదిక లీబ్నిజ్‌పై గ్రంథచౌర్య నేరాన్ని ఆరోపించింది. అప్పటికీ న్యూటన్‌కి తృప్తి కలగలేదు. రాయల్ సొసైటీ సొంత పత్రికలో ఆ నివేదికని స్వయంగా న్యూటనే సమీక్షించాడు. కొంతకాలానికి లీబ్నిజ్ మరణించాడు. *'లీబ్నిజ్ గుండె పగిలి చచ్చేలా'* చేసినందుకు తనకు ఎంతో సంతృప్తిగా ఉందని అప్పుడు న్యూటన్ వ్యాఖ్యానించాడంటారు.

ఈ రెండు వివాదాలలో మునిగి తేలుతున్నప్పుడే న్యూటన్ కేంబ్రిడ్జినీ అకాడమీనీ వదిలేశాడు. కేంబ్రిడ్జిలో కాథలిక్ వ్యతిరేక రాజకీయాల్లో ఆయన క్రియాశీలంగా పనిచేశాడు. పార్లమెంట్‌లో కూడా ఆయన అదే క్రియాశీల పాత్రను నిర్వహించాడు. ఆ పాత్రను గుర్తించి ప్రభుత్వం ఆయనకు నాణాల ముద్రణా కార్యాలయంలో వార్డెన్ పదవిని ఇచ్చింది. ఆయన తన దొంక తిరుగుడునీ వంచనా శిల్పాన్నీ అంతులేని కసినీ ఇక్కడ కూడా విజయవంతంగా ప్రయోగించాడు. అదీ, సామాజికంగా ఆమోదయోగ్యమైన పద్ధతుల్లో. దొంగ నోట్ల ముద్రణకి వ్యతిరేకంగా ఆయన ఏకంగా ఒక ప్రచార ఉద్యమాన్ని నడిపాడు. అనేకమందిని ఉరికంబానికి ఎక్కించాడు.

పదజాలం

absolute zero: కనిష్ట ఉష్ణోగ్రత: కనిష్ట ఉష్ణోగ్రత దగ్గర ఉష్ణశక్తి బొత్తిగా ఉండదు.

acceleration: వేగవృద్ధిరేటు: ఒక వస్తువు వేగం ఏ రేటున వృద్ధి చెందుతుందో ఇది తెలియజేస్తుంది.

anthropic principle: మానవకేంద్ర సూత్రం: విశ్వాన్ని అది ఉన్న తీరులో మనం చూస్తున్నాం. ఎందుకంటే అది అలా లేకుంటే దానిని గమనించడానికి మనం ఇక్కడ ఉండేవాళ్లం కాదు గదా. మన కోసమే అది అలా ఉంది అని చెప్పే సిద్ధాంతం.

antiparticle: విరుద్ధకణం: అన్ని రకాల పదార్థ కణాలకూ వాటికి తులతూగే విరుద్ధకణాలు కూడా ఉంటాయి. ఒక కణం తన విరుద్ధకణంతో ఢీకొంటే రెండూ ఖతం అవుతాయి. కేవలం శక్తి మాత్రమే మిగులుతుంది.

atom: పరమాణువు: సామాన్య పదార్థంలో ఇది ఒక ప్రాథమిక యూనిట్. పరమాణువులో న్యూక్లియస్ (కేంద్రకం) ఉంటుంది. (దానిలో ప్రోటాన్లు, న్యూట్రాన్లు ఉంటాయి.) కేంద్రకం చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్లు తమ కక్ష్యలలో పరిభ్రమిస్తాయి.

big bang: బిగ్ బాంగ్: విశ్వారంభంలో ఏకబిందుత్వం.

big crunch: బిగ్ క్రంచ్: విశ్వాంతంలో ఏకబిందుత్వం.

black hole: కాలబిలం: ఇది ఒక స్థలకాల ప్రాంతం. దీని నుంచి ఏదీ బయటకు పోజాలదు. కాంతి కూడా బయటకి తప్పించుకుని పోలేదు. ఎందుకంటే దాని గురుత్వాకర్షణకి అపరిమితమైన బలం ఉంటుంది.

Chandrasekhar limit: చంద్రశేఖర్ పరిమితి: ఒక స్థిరమైన శీతల నక్షత్రానికి ఉండే గరిష్ట ద్రవ్యరాశి. ఈ పరిమితిని దాటి అంతకంటే ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి గలిగిన నక్షత్రం కాలబిలంగా మారిపోతుంది.

conservation of energy: శక్తి నిత్యత్వం: ఇది ఒక శాస్త్రీయ నియమం. శక్తిగానీ దానికి సమానమైన ద్రవ్యరాశిగానీ సృష్టించబడదు, నాశనం చేయబడదు అని ఈ నియమం చెబుతుంది.

coordinates: స్థాన సంఖ్యలు: స్థల కాలాల్లో ఒక బిందువు స్థానాన్ని తెలియజేసే సంఖ్యలు:

cosmological constant: ఖగోళనిత్యం: ఐన్‌స్టీన్ ఉపయోగించిన ఒక

గణిత శాస్త్ర సాధనం ఇది. స్థలకాలానికి అంతర్నిహితంగా విస్తరించే స్వభావం ఉందని చెప్పడానికి ఆయన ఈ సాధనాన్ని ఉపయోగించాడు.

cosmology: విశ్వ శాస్త్రం: విశ్వాన్ని మొత్తంగా అధ్యయనం చేసే శాస్త్రం.

electric charge: విద్యుచ్ఛార్జి: విద్యుదావేశం. ఇది కణధర్మం. ఒక కణం అదేలాంటి చార్జి (ఆవేశం) కలిగిన మరో కణాన్ని వికర్షిస్తుంది. దానికి విరుద్ధమైన చార్జి కలిగిన మరో కణాన్ని ఆకర్షిస్తుంది.

electromagnetic force: విద్యుదయస్కాంత శక్తి: విద్యుచ్ఛార్జి కలిగిన కణాల మధ్య విద్యుదయస్కాంత శక్తి తలెత్తుతుంది. నాలుగు ప్రాథమిక శక్తులలోనూ ఇది రెండో బలమైన శక్తి.

electron: ఎలక్ట్రాన్: రుణ విద్యుచ్ఛార్జి కలిగిన కణం ఇది. ఇది పరమాణు కేంద్రకం చుట్టూ పరిభ్రమిస్తుంది.

electroweak unification energy: దుర్బల విద్యుత్ సమైక్య శక్తి: సుమారు వంద **GeV**లు దాటితే విద్యుదయస్కాంతశక్తికీ దుర్బల విద్యుచ్ఛక్తికీ తేడా మాయమవుతుంది.

elementary particle: మూలకణం: దీనిని ఇక ఇంతకుమించి విభజించడం సాధ్యం కాదని నమ్మినదానినే మూలకణం అంటారు.

event: సంఘటన: స్థలకాలంలో ఒక బిందువు. నిర్దిష్టమైన స్థలంలో నిర్దిష్టమైన సమయంలో ఉండే ఒక బిందువు ఇది.

event horizon: సంఘటనా పరిధి: కాలబిలం సరిహద్దు.

exclusion principle: తొలగింపు సూత్రం: **1/2** గిరికీ కలిగిన రెండు సారూప్య కణాలు (అనిశ్చితా సూత్రం నిర్దేశించిన పరిమితుల లోపల) ఒకే స్థానాన్నీ వేగాన్నీ కలిగి ఉండలేవు.

field: క్షేత్రం: స్థలకాలాల్లో ప్రతిచోటా ఉంటుంది. ఇది కణానికి భిన్నం. కణం ఒక సమయంలో ఒకే బిందువు దగ్గర ఉంటుంది.

frequency: ఫ్రీక్వెన్సీ: తరంగానికి సంబంధించినంతవరకూ ఒక తరంగం సెకనుకి ఎన్ని ఆవృతాలను చేస్తుందో తెలిపే సంఖ్య.

gamma rays: గామా కిరణాలు: ఇవి విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు. వీటి పొడవు అతి కురచగా ఉంటుంది. రేడియోధార్మికత క్షీణిస్తున్నప్పుడుగానీ మూలకణాలు ఢీకొంటున్నప్పుడుగానీ ఇవి పుడతాయి.

general relativity: సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం: ఇది ఐన్‌స్టీన్ సిద్ధాంతం. ఒక పరిశీలకుడు ఎటువైపు ఎలా చలిస్తున్నాడు అన్న దానితో ప్రమేయం లేదు. పరిశీలకులందరి విషయంలోనూ శాస్త్ర నియమాలు ఒకే రకంగా వర్తిస్తాయి అని ఈ సిద్ధాంతం చెబుతుంది. నాలుగు విస్తృతులుగల స్థలకాలపు వంపుని ఈ సిద్ధాంతం పరిగణనలోకి తీసుకుంటుంది. ఆ దృష్టితోనే గురుత్వాకర్షణను వివరిస్తుంది.

geodesic: వంపుదారి: రెండు బిందువుల మధ్య అతి తక్కువ (లేదా అతి ఎక్కువ) దూరం గల మార్గం.

grand unification energy: మహాసమైక్యశక్తి: మహాసమైక్యశక్తిని దాటిన శక్తి. విద్యుదయస్కాంత శక్తి, బల శక్తి, దుర్బల శక్తి. వీటిని ఒకదాని నుంచి మరోదానిని వేరుచేసి చూడలేం.

grand unified theory (GUT): మహాసమైక్య సిద్ధాంతం: ఈ సిద్ధాంతం విద్యుదయస్కాంతశక్తినీ బల శక్తినీ దుర్బలశక్తినీ సమైక్యం చేస్తుంది.

imaginary time: ఊహాకాలం: ఊహాసంఖ్యలను ఉపయోగించి కొలిచిన కాలం.

light cone: కాంతికోన్: కాంతి శంకువు. ఒక సంఘటన ద్వారా పోయే కాంతి కిరణాలు ఏ దిశలలో ప్రసరించడానికి అవకాశం ఉందో సూచించే స్థలకాలంలో ఒక ఉపరితలం ఇది.

light-second (light-year): కాంతిసెకను (కాంతి సంవత్సరం): ఒక సెకనులో (ఏడాదిలో) కాంతి ప్రయాణించే దూరం.

magnetic field: అయస్కాంత క్షేత్రం: ఈ క్షేత్రం అయస్కాంత శక్తులకు ప్రాతినిధ్యం వహిస్తుంది. ఇప్పుడు విద్యుత్ క్షేత్రంతో పాటు అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని కూడా కలిపి విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రం అంటున్నాం.

mass: ద్రవ్యరాశి: ఒక వస్తువు **(body)**లోని పదార్థ పరిమాణం. వేగవృద్ధికి ప్రతిఘటనగా దాని జడస్థితి.

microwave background radiation: మైక్రోవేవ్ నేపథ్య రేడియేషన్: తొలివిశ్వపు మహోగ్ర ఉష్ణం నుంచి వచ్చే రేడియేషన్. అది ఇప్పుడు ఎరుపు రంగువైపు మొగ్గు చూపుతోంది. ఇప్పుడది కాంతిలాగా కనిపించదు. సూక్ష్మతరంగాల (మైక్రోవేవ్స్) లా కనిపిస్తుంది. అంటే కొన్ని సెంటీమీటర్ల పొడవున్న రేడియో తరంగాలులా కనిపిస్తుంది.

naked singularity: దిగంబర ఏకబిందుత్వం: ఇది ఒక స్థలకాల ఏకబిందుత్వం. కాని దీనిచుట్టూ కాలబిలం ఉండదు. అంటే కాలబిలం ఆచ్ఛాదనలేని ఏకబిందుత్వం.

neutrino: న్యూట్రినో: ఇది అత్యంత తేలికైన (బహుశా ద్రవ్యరాశి లేని) మూలకణం. దుర్బల శక్తి వల్లనూ గురుత్వాకర్షణ వల్లనూ మాత్రమే ఇది ప్రభావితం అవుతుంది.

neutron: న్యూట్రాన్: ఈ కణంలో విద్యుచ్ఛార్జి ఉండదు. ఇది కూడా ప్రోటాన్ లాంటిదే. అత్యధిక పరమాణువుల్లోని పరమాణు కేంద్రకాల్లో దాదాపు సగం కణాలు దీనిలోనే ఉంటాయి.

neutron star: న్యూట్రాన్ తార: ఇది ఒక శీతల నక్షత్రం. తొలగింపు సూత్రంపైన ఇది ఆధారపడి ఉంటుంది. న్యూట్రాన్ల మధ్య వికర్షణ కారణంగా ఇది మనగలుగుతుంది.

no boundary condition: ఎల్లలులేని స్థితి: విశ్వం పరిమితమేగానీ (ఊహాకాలంలో) దానికి ఎల్లలు లేవు అన్న భావన.

nuclear fusion: పరమాణు సమ్మేళనం: రెండు పరమాణు కేంద్రకాలు ఢీకొని సమ్మిళితమై మరింత బరువైన ఒకే కేంద్రకంగా మారే ప్రక్రియ.

nucleus: పరమాణు కేంద్రకం: పరమాణువులోని కేంద్ర భాగం ఇది. దీనిలో ప్రోటాన్లు, న్యూట్రాన్లు కలిసి ఉంటాయి. బలశక్తి ఈ రెంటినీ కలిపి ఉంచుతుంది.

particle accelerator: కణత్వరణ యంత్రం: విద్యుదయస్కాంతాలను ఉపయోగించి విద్యుదావేశం కలిగిన, కదులుతున్న కణాలకు మరింత శక్తినిచ్చి త్వరితం చేసే యంత్రం.

phase: దశ: ఒక నిర్దిష్ట సమయంలో ఒక తరంగం దాని ఆవృతంలో ఉన్న స్థానం. అది ఆటులో ఉందో పోటులో ఉందో రెంటికీ మధ్యలో ఉందో తెలిపే కొలమానం.

photon: ఫోటాన్: ఇది ఒక కాంతి క్వాంటం.

Planck's quantum principle: ప్లాంక్ క్వాంటం సూత్రం: కాంతిగానీ (లేదా సంప్రదాయకంగా పేర్కొనిన ఇతర తరంగాలుగానీ) కొన్ని ప్రత్యేకమైన క్వాంటాల ద్వారా మాత్రమే ప్రసారమవుతాయి, లేదా ఇముడ్చుకోబడతాయి అనే భావన. క్వాంటమ్‌ల శక్తి వాటి ఫ్రీక్వెన్సీకి అనులోమంగా ఉంటుంది.

positron: పాజిట్రాన్: ధన విద్యుత్తు కలిగిన విరుద్ధ ఎలక్ట్రాన్ కణం.

primordial black hole: తొలినాటి కాలబిలం: తొలినాటి విశ్వంలో రూపొందిన కాలబిలం.

proportional: అనులోమం: aకి b అనులోమంగా ఉందీ అంటే అర్థం bని ఏదైనా సంఖ్యతో గుణిస్తే aని కూడా గుణించినట్టే అవుతుంది. a, bకి విలోమం **(inversely proportional)**గా ఉందీ అంటే అర్థం bని ఒక సంఖ్యతో గుణించినప్పుడు అదే సంఖ్య aని భాగిస్తుంది.

proton: ప్రోటాన్: అత్యధిక పరమాణు కేంద్రకాల్లో దాదాపు సగం కణాలు ప్రోటాన్లోనే ఉంటాయి. ఇవి ధనావేశం కలిగిన కణాలు.

quantum: క్వాంటం: ఇది ఒక కనిపించని యూనిట్. దీని నుంచి తరంగాలు ప్రసారమవుతాయి. ఇముడ్చుకోబడతాయి.

quantum mechanics: క్వాంటం మెకానిక్స్: ప్లాంక్ క్వాంటమ్ సూత్రాన్ని, హైసన్‌బర్గ్ అస్థిరతా సూత్రాన్ని మేళవించగా వచ్చిన సిద్ధాంతం ఇది.

quark: క్వార్క్: విద్యుదావేశం కలిగిన ఒక మూలకణం. బలశక్తి ప్రభావం దీనిపై ఉంటుంది. ప్రోటాన్లు, న్యూట్రాన్లలో ప్రతి దానిలోనూ మూడు క్వార్కులుంటాయి.

radar: రాడార్: రేడియో తరంగాల సాయంతో ఆయా వస్తువుల స్థానాన్ని కనుగొనే యంత్రం.

radioactivity: రేడియోధార్మికత: ఒక రకం పరమాణు కేంద్రకం మరో కేంద్రకంలో హఠాత్తుగా విచ్ఛిన్నం కావడం.

red shift: ఎరుపు మొగ్గు: మన నుంచి దూరంగా కదలిపోతున్న నక్షత్రం నుంచి వస్తున్న కాంతి ఎర్రగా మారడం. ఇది డాప్లర్ ఎఫెక్ట్‌వల్ల జరుగుతుంది.

singularity: ఏకబిందుత్వం: స్థలకాలంలో ఇది ఒక బిందువు. దీని దగ్గర స్థలకాలపు వంపు అనంతంగా మారుతుంది.

singularity theorem: ఏకబిందుత్వ గణితసిద్ధాంతం: కొన్ని పరిస్థితులలో ఏకబిందుత్వం ఉండి తీరాలని రుజువు చేసే గణిత సిద్ధాంతం. ఈ సిద్ధాంతం ఏకబిందుత్వం నుంచే విశ్వం ప్రారంభమై ఉంటుందని చెబుతుంది.

space-time: స్థలకాలం: ఇది నాలుగు విస్తృతులు గలిగిన స్థలం. సంఘటనలే దాని బిందువులు.

spatial dimension: స్థల విస్తృతి: కాలం తప్ప మిగిలిన మూడు

విస్తృతులలోనూ ఏదైనా ఒక విస్తృతి.

special relativity: ప్రత్యేక సాపేక్ష సిద్ధాంతం: స్వేచ్ఛగా కదలాడుతున్న పరిశీలకుల విషయంలో శాస్త్ర నియమాలన్నీ ఒకేలా వర్తిస్తాయన్న భావన. ఆయా పరిశీలకుల వేగాలతో ఇక్కడ ప్రమేయం లేదు.

spectrum: వర్ణచిత్రం: ఒక విద్యుదయస్కాంత తరంగాన్ని దానిలోని విడి ఫ్రీక్వెన్సీలుగా విడదీయడం.

spin: గిరికీ: మూలకణాలలో అంతర్గతంగా ఉండే ధర్మం. గిరికీ అన్న రోజు వారీ భావనతో దీనికి సంబంధం ఉంటుంది. అయితే రెండూ సర్వ సమానాలు కాదు.

stationary state: నిశ్చలస్థితి: కాలంతో పాటు మారని స్థితి. ఒకే వేగంతో తిరుగుతున్న ఒక వలయం నిశ్చలస్థితిలో ఉన్నట్టే ఉంటుంది. నిజానికి అది నిశ్చలస్థితిలో లేకపోయినప్పటికీ ఎల్లప్పుడూ అది ఒకేరకంగా కనిపిస్తుంది.

strong force: బలశక్తి: నాలుగు ప్రాథమిక శక్తులలోనూ ఇది అత్యంత బలోపేతమైన శక్తి. దీని ప్రభావం సూక్ష్మాతిసూక్ష్మ అంశాలపైన ఎక్కువ ఉంటుంది. ప్రోటాన్లూ న్యూట్రాన్లలో ఇది క్వార్క్‌లను కలిపి ఉంచుతుంది. ప్రోటాన్లనూ న్యూట్రాన్లనూ కూడా కలిపి ఉంచుతుంది. ఆ రకంగా పరమాణువు ఏర్పడడానికి తోడ్పడుతుంది.

uncertainty principle: అనిశ్చితా సూత్రం: ఒక కణం స్థానం గురించీ వేగం గురించీ ఖచ్చితంగా చెప్పలేం. ఏక కాలంలో రెంటి గురించీ చెప్పలేం. ఈ రెంటిలో ఒక దాని గురించి ఎంత ఎక్కువ ఖచ్చితంగా తెలిస్తే రెండో దాని గురించి అంత తక్కువ ఖచ్చితంగా తెలుస్తుంది.

virtual particle: సాక్షాత్కణం: క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌లో సాక్షాత్కణాన్ని ప్రత్యక్షంగా పసికట్టడం సాధ్యం కాదు. అయితే అది అస్థిత్వంలో లేదనడానికి లేదు. దాని అస్థిత్వాన్ని కొలిచి రుజువు చేశారు.

wave length: తరంగం పొడవు: ఒక కాంతి తరంగపు ఆటుపోట్లలో రెండు ఆటులకు గానీ రెండు పోటులకు గానీ మధ్య ఉండే దూరం.

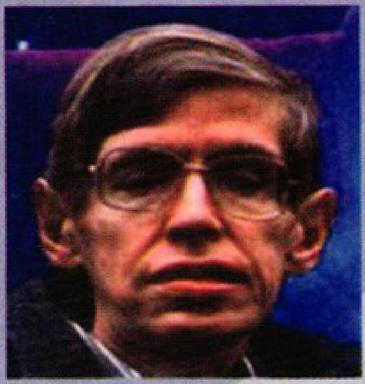
wave/particle duality: తరంగ కణ ద్వంద్వత్వం: క్వాంటమ్ మెకానిక్స్‌లో తరంగానికీ కణానికీ భేదం లేదన్న ఒక భావన. కొన్ని సందర్భాల్లో కణాలు తరంగాలుగానూ తరంగాలు కణాలుగానూ ప్రవర్తిస్తాయని క్వాంటమ్ మెకానిక్స్ చెబుతుంది.

weak force: దుర్బలశక్తి: నాలుగు ప్రాథమిక శక్తులలోనూ ఇది రెండో బలహీనమైన శక్తి. ఇది సూక్ష్మ ప్రపంచంలోనే తన ప్రభావం చూపుతుంది. పదార్థ కణాలన్నిటిపైన దీని ప్రభావం ఉంటుంది. శక్తి కణాలపైన మాత్రం దీని ప్రభావం ఉండదు.

weight: బరువు: ఒక **body**పైన గురుత్వాకర్షణ ప్రయోగించిన శక్తి. అది ద్రవ్యరాశికి అనులోమంగా ఉంటుంది. కాని ద్రవ్యరాశి, బరువు ఒకటి కాదు.

white dwarf: తెల్ల మరుగుజ్జు: ఇది ఒక స్థిర, శీతల నక్షత్రం. ఎలక్ట్రాన్ల మధ్య వికర్షణ వల్ల, తొలగింపు సూత్రం కారణంగా ఇది నిలబడుతుంది.

సమాప్తం



కాలం కథ

కాలానికి ఆరంభం ఉందా? మరి అంతమో! కాలం వెనుకకి ఎందుకు నడవదు? మనకు గతమే జ్ఞాపకముంటుంది. భవిష్యత్తు ఎందుకు గుర్తుండదు? పసిపిల్లడి కుతూహలాన్నీ మహామేధావి అన్వేషణనీ కలగలిపితే స్టీఫెన్ హాకింగ్ అవుతాడు. *కాలం కథ (A Brief History of Time)*లో పాఠకుడిని విశ్వ విహారానికి తీసుకెళతాడు, హాకింగ్. ప్రయాణానికి మీరు సిద్ధమేనా?

అరిస్టాటిల్‌తో మొదలుపెట్టి ఐన్‌స్టీన్ వరకూ శాస్త్రవేత్తలు ప్రతిపాదించిన సిద్ధాంతాల రేఖాచిత్రణ మీకు ఈ గ్రంథంలో లభిస్తుంది. సాపేక్ష సిద్ధాంతం, క్వాంటమ్ మెకానిక్స్, స్ట్రింగ్ సిద్ధాంతాలలాంటి క్లిష్టమైన అంశాల సులభ వివరణ లభిస్తుంది. తెలుసుకోవాలనే తపన ఉన్న ప్రతి వ్యక్తీ ప్రతి విద్యార్థీ చదివి తీరాల్సిన పుస్తకం ఇది.

PEACOCK CLASSICS