పదార్థాల వింత ప్రవర్తనలపై సాపేక్ష సిద్ధాంతము

*

శ్రీ చివుకుల అచ్యుతదేవ రాయలు

మన ఇంటికి వచ్చి సామాన్లు అందించే వాడికి మన ఇంటి లొకేషన్ షేర్ చేస్తే సరాసరి ఇంటికి వచ్చి పిలుస్తాడు. తెలియని ప్రదేశంలో చిక్కుకుని పోతే, మన చరదృశ్యవాణి కి మన ఇంటి గుర్తులు ఇస్తే, అదే దిశానిర్దేశం చేస్తుంది. ఈ తంతు వెనుక ఉపగ్రహాలు, తరంగ ప్రసారాలే గాక ఐన్ స్టిన్ సాపేక్ష సిద్ధాంతం కూడా ప్రముఖ పాత్ర వహిస్తుందని తెలుసా? సంపూర్ణ సూర్యగ్రహణాలకు భౌతిక శాస్త్రవేత్తలెందుకు అంత ప్రాముఖ్యత ఇస్తారు? వీటికి సమాధానం ఈవ్యాసంలో దొరుకుతుంది.

ఒక విషయం మనకు తెలిసింది అంటే దానికి సంబంధించిన సమాచారము మన దగ్గర ఉన్నట్లు. పదార్థం యొక్క రంగు, రుచి, వాసన మొదలయినవే గాక పొడవు, వెడల్పు, బరువులే గాక అది కదులుతున్నట్లయితే ఎంత దూరము ఎంత కాలంలో ప్రయాణిస్తున్నది మొదలయినవి లెక్కించే గలిగినప్పుడు ఆ పదార్థం గురించి మనకు మరింత తెలిసినట్లవుతుంది.

పదార్థాలు నిశ్చలంగా ఉన్నప్పటికంటే అమిత వేగంతో ప్రయాణిస్తున్నప్పుడు వాటిలో మార్పులను గుర్తిస్తాము. అవి పెద్ద ఆకారంలో ఉన్నప్పటి కంటే కణరూపంలో ఉన్నప్పుడు వాటి ప్రవర్తనలలో విపరీతమైన మార్పులను గమనిస్తాము. అంతేగాక అవి గ్రహాల వంటి అతి భారమైన వాటి సమీపానికి వచ్చినప్పుడు వాటి ఋజుమార్గ పయనము వక్రమార్గం లోకి మారటం గమనిస్తాం.

మొదటగా, పదార్థాలు కాంతివేగంతో పోల్చదగిన వేగంతో ప్రయాణిస్తున్నప్పుడు వాటిలోనూ వాటికి సంబంధించిన విషయాలలోనూ కలిగే మార్పులను తెలుసుకుందాము.

విశ్వంలో ప్రతీది చలన స్థితిలోనే ఉంటుంది. అది కూడా ఒక స్థిరవేగంతో. సూర్యుడు, గ్రహాలు, పాలపుంతలు, విశ్వ శకలాలు మొదలైనవన్నీ. విశ్వంలో ఘర్షణ, ప్రతిబలాలు ఉండవు కాబట్టి త్వరణం లేకుండా ఖగోళ పదార్థాల విశ్వాంతర యానాలు సాగుతాయి. భూమిమీద ఉన్న వస్తువులు భూమితోపాటు తిరుగుతాయి కాబట్టి, భూమికి వస్తువుకి సాపేక్ష వేగం (వేగాల తేడా) సున్న. భూమిమీద ఉన్న వస్తువులు స్థిరంగా ఉన్నట్లు కనిపిస్తుంది, వస్తువుకు ప్రత్యేకంగా వేగం కల్పించినట్లయితే వస్తువు కదులుతున్నట్లు కనిపిస్తుంది. నిశ్చలంగా వస్తువు ఉన్న చట్రమును, సమవేగంతో చలిస్తున్న వస్తువు చట్రాలను **జడత్వ చట్రాలు** అని అంటారు.

ప్రత్యేక సాపేక్ష సిద్ధాంతము (Special Theory of Relativity):

ఈ సిద్ధాంతము నిశ్చలంగా లేదా కొంత స్థిరవేగంతో చలించే వస్తువును దానికన్నా భిన్నమైన వేగంతో చలించే వస్తువుతో పోల్చితే, వాటి ప్రవర్తనలలో కనిపించే తేడాలను వివరిస్తుంది. ఈ సిద్ధాంతాన్ని 1905 సంవత్సరంలో ఐన్ స్టైన్ ప్రతిపాదించాడు. దీనిని ప్రత్యేక (special) సిద్ధాంతం అనటంలో ఐన్ స్టైన్ ఉద్దేశ్యం ఇది వర్తించేది స్థిర వేగంతో చలించే సందర్భాలకు మాత్రమే. 1915 లో అన్ని సందర్భాలకు వర్తించే సామాన్య (జనరల్) సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రతిపాదించాడు.

ప్రత్యేక సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారము:

1. విశ్వంలోని కొలతలన్నీ పోలికలే (సాపేక్ష కాలే). కచ్చితత్వం దేనికీ ఉండదు. అన్ని జడత్వచట్రాలలోనూ భౌతికసూత్రాలు సమానంగా వర్తిస్తాయి.

2. విశ్వంలో కాంతి వేగము (సెకనుకు మూడు లక్షల కిలోమీటర్లు) పరిశీలకులందరికీ ఒక్కటే. కాంతి వేగాన్ని మించి ఏది విశ్వంలో ప్రయాణించలేదు.

కాంతివేగంతో పోల్చదగిన వేగంతో ప్రయాణించే వస్తువులలో కలిగే మార్పులు:

కాలం నెమ్మదించేడము, పొడవు తగ్గడము, ద్రవ్యరాశి పెరగడము. వీటిని ప్రత్యేక సాపేక్ష సిద్ధాంతము నిరూపిస్తుంది. మరొకటి ద్రవ్యరాశి శక్తి తుల్యతను సాధించేడము.

స్థలసమయం (Spacetime):

స్థలము 3 మితులలో (x,y,z దిశలలో) కాలము ఒక మితితో (t దిశలో) అనగా 4 మితులలో (x,y,z,t) వస్తువు చలనాన్ని నిర్వచించాలి. స్థలము సమయము (కాలము) వేరువేరు కాదు. రెండు కలసి ఒకే వస్త్రము (Spacetime fabric) గా ఏర్పడినట్లుగా భావించాలి. ఎందుకంటే, ప్రతీ చలనం కాలంతో కూడి ఉంటుంది కాబట్టి ఇక్కడ కాంతివేగము (c) ఒక స్థిరాంకము. స్థలాన్ని కాలాన్ని కలుపుతుంది. కాలము దేని మీదా ఆధారపడని మూలరాశి. కాలంతోనే అన్ని క్రియలు ముడిపడి ఉంటాయి. కాంతి వేగము, కాలము ఒకటి కాదు.

రెండు జడత్వచట్రాల యొక్క సాపేక్ష వేగం (v) అయినప్పుడు వాటి మధ్య సంబంధం నెలకొలిపే కారకము, $r = 1 / \sqrt{(1 - v^2/c^2)}$. ఇది వస్తువేగానికి ఒక హద్దును నిర్ణయిస్తుంది.

కాలం నెమ్మదించేడము (Time Dilation):

వేగం పెరిగే కొద్దీ స్థిరవేగంలో ఉన్న వ్యక్తికి నిశ్చలంగా ఉన్న వ్యక్తి కన్నా కాలం నెమ్మదిగా గడుస్తుంది. స్థిరంగా ఉన్న వ్యక్తికి కాలం ప్రయాణిస్తున్న వ్యక్తి కన్నా త్వరగా గడుస్తుంది. ఇదే కవలల వైరుధ్యం (Twins paradox). బలమైన

గురుత్వాకర్షణ వలన కూడా సమయం నెమ్మదిగా గడుస్తుంది. బలహీనమైన గురుత్వాకర్షణలో సమయం వేగంగా గడుస్తుంది.

కదులుతున్న రైలు పెట్టెలో ఒకడు బంతిని నిలువుగా పైకి విసిరి పట్టుకోవడానికి ఒక సెకను కాలం పట్టిందనుకొందాము. రైలు వేగము మనిషికి బంతికి సమానము కాబట్టి బంతి నేరుగా అతని చేతిలోనే పడుతుంది.

ఈ ఘటనను బయటనుంచి కదలక స్థిరంగా నిలుచున్న వ్యక్తి గమనిస్తున్నాడు. ఇతనికి బంతి పైకి ఏటవాలుగా పోయి తిరిగి ఏటవాలుగా రైలుపెట్టెలోని మనిషి చేతికి చేరడం గమనిస్తాడు.

బంతి మనిషి చేయి వదిలిన తరువాత గాలిలో రైలు వేగంతో రైలుకు సమాంతరంగాను నిలువు (లంబము) గాను ఒకే సారి ప్రయాణించేడం వలన ఫలితంగా నిలువు అడ్డం గాక మధ్యస్థంగా ఏటవాలుగా కదులుతుంది. కొంత ఎత్తుకుపోయి తిరిగి ఏటవాలుగా మనిషి చేతికి చేరుతుంది.

బయట స్థిరంగా ఉన్న వ్యక్తికి బంతి 2 ఏటవాళ్ళ దూరం (సూటిగా పైకి పోయి క్రిందకు రావడానికి ప్రయాణించే దూరం కన్నా ఎక్కువ) ప్రయాణించేటానికి పట్టిన కాలం ఒక సెకను కన్నా ఎక్కువని గడియారం చూపుతుంది. రైలు పెట్టెలోని మనిషికి బంతి పైకి పోయి క్రిందకు రావడానికి ఒక సెకను అని గడియారము చూపుతుంది. అనగా స్థిర వేగంగా ప్రయాణించే చట్రంలోని వస్తువుకు కాలం నెమ్మదిగా (గడియారము) గడుస్తుంది. నిశ్చలచట్రంలో ఉన్న పరిశీలకునికి కాలం వేగంగా జరుగుతున్నట్లు తెలుస్తుంది (సాపేక్ష వేగాల వలన).

సామాన్య వేగాలతో చలిస్తున్న జడత్వ చట్రాల విషయంలో ఈ పరిణామాన్ని గుర్తించేలేము ఎందుకంటే మార్పు స్వల్పాతిస్వల్పం. కాంతి వేగానికి దగ్గరగా ఉండే వేగాల విషయంలో ఈ మార్పును స్పష్టంగా గమనించేగలము. దీన్నిబట్టి కాలానికి కాంతికి ఎంత దగ్గర సంబంధం ఉన్నదో తెలుస్తుంది.

నల్ల బిలాల (Black holes) కు గురుత్వాకర్షణ చాలా ఎక్కువ. వాటి దగ్గర వస్తువులు అతి వేగంగా చలిస్తాయి అందువలన కాలం వస్తువుకు చాలా నెమ్మదిగా గడుస్తుంది.

ఉపగ్రహాలు భూమివేగం కంటే గంటకు 14000 కి.మీ. ఎక్కువ వేగంతో కదులుతాయి (భూమి సూర్యుని చుట్టు తిరిగే వేగం గంటకు 107,000 కి.మీ.). ఈ కారణంగా కాలం రోజుకు 7 మైక్రో సెకనులు తగ్గుతుంది (కాల సంకోచం, ప్రత్యేక సాపేక్షకత). భూమి ఉపరితలం నుంచి 20,000 కి.మీ ఎత్తులో గురుత్వాకర్షణ తక్కువగా ఉంట్టుంది కాబట్టి, కాలం రోజుకు 45 మైక్రో సెకనులు పెరుగుతుంది (కాల వ్యాకోచం, సామాన్య సాపేక్షకత). అనగా ఉపగ్రహాలలో గడియారాలు రోజుకు 38 మైక్రో సెకనులు వేగంగా నడుస్తాయి. ఈ కారణంగా ఉపగ్రహాలు లో ఉంచేబడే GPS లలో ఈ 38 మైక్రో సెకనులు సర్దుబాటు చేయకపోతే 10 కి.మీ లోపం వస్తుంది.

పొడవు సంకోచము (Length Contraction):

ఒక వస్తువు పరశీలకుడికి సాపేక్షంగా కాంతివేగానికి దగ్గరగా ఉండే వేగంతో కదులుతున్నప్పుడు, ఆ కదిలే దిశలో దాని పొడవు తక్కువగా కనిపించేడాన్ని పొడవు సంకోచము (తగ్గుదల) అంటారు. కదిలే వస్తువు పొడవు దాని

విశ్రాంత స్థితిలో ఉన్న పొడవు కన్న తక్కువగా కొలవబడుతుంది. సాధారణ వేగాలలో ఆ తగ్గుదల అత్యల్పం కాబట్టి గుర్తింపబడదు.

కాంతివేగము సెకనుకు 3,00,000 కి. మీ. ఒక రైలు 3,00,000 కిలో మీటర్ల పొడవుండి కాంతివేగంతో ప్రయాణిస్తుంటే స్థిరంగా ఉన్న పరిశీలకుడికి ఒక సెకను కాలంలో మొత్తం రైలు అతనిని దాటిపోవడంతో అతనికి ఆ రైలు ఒక బిందువుకు కుంచించుకు పోయినట్లు కనిపిస్తుంది. (సరియైన ఉదాహరణ కానప్పటికి, వేగంగా కదిలే రైలు ప్లాట్ ఫారము మీద నిలబడిన వ్యక్తికి దాని పొడవు తగ్గినట్లు కనబడుతోంది).

అంతేగాక కాంతి వేగానికి దగ్గరగా ఉన్న వేగంతో కదిలే వస్తువుకు అది ప్రయాణించేవలసిన దూరము తగ్గుతుంది. కణ త్వరణకం (Particle accelerator) లో ఎలక్ట్రాన్లు, ప్రోటానులు మొదలగు విద్యుదావేశిత కణాల మీద విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని ప్రయోగించి వాటి వేగాన్ని కాంతి వేగానికి దగ్గరగా తెచ్చినప్పుడు అవి ప్రయాణించేవలసిన దూరంలో చాలా తగ్గుదల కన్పిస్తుంది. రెండు నక్షత్రాల మధ్య ఎడము (దూరము) వేగంగా రాకెట్టులో ప్రయాణించే వానికి తగ్గినట్లు అనిపిస్తుంది. వాటి మధ్య దూరము తక్కువగా కొలవబడుతుంది.

ద్రవ్యరాశి పెరుగుదల (Mass increase):

సామాన్య వేగాలలో వస్తువు ద్రవ్యరాశిలో మార్పు గోచరించేదు. దాని వేగం కాంతివేగంతో పోల్చదగినంతగా ఉన్నట్లయితే దాని ద్రవ్యరాశి పెరిగినట్లు తెలుస్తుంది. నిజానికి వస్తువులో అణువుల సంఖ్య మారదు. దాని స్థిరవేగం వలన దానికి లభించే ద్రవ్యవేగమే (ద్రవ్యరాశి x వేగము) దాని శక్తి. వేగం పెరగడం వలన దాని శక్తి పెరుగుతుంది. దానితోపాటు వస్తువుకు జడత్వం పెరిగి దాని వలన నిరోధకత ఎక్కువ అవుతుంది. అందువల్ల దాని వేగం మరింత పెంచేడం కష్టమౌతుంది. ఇంకో విధంగా చెప్పాలంటే నిరోధకతను ఎదుర్కొనడానికి శక్తి (ద్రవ్యవేగం) పెరగాలి కాబట్టి, వేగం స్థిరమవుట వలన ద్రవ్యవేగంలో ద్రవ్యరాశి పెరగాలి. కాంతి వేగాన్ని చేరేటప్పటికి దానికి అనంతమైన నిరోధకత ఎదురౌతుంది. అంతకు మించి దాని వేగం పెంచేడం అసాధ్యం. అక్కడ కాల సంకోచం గరిష్టం, కాలం ఆగి పోతుంది. సాపేక్ష ద్రవ్యరాశి గరిష్టం (అనంతం) అవుతుంది. అనగా కాంతివేగాన్ని మించి ఏ వస్తువు ప్రయాణించే లేదు.

జడత్వచట్రాలలో సాపేక్ష ద్రవ్యరాశి పెరుగుతుంది. కాంతివేగంలో 10వ వంతు వేగంతో ప్రయాణిస్తున్నప్పుడు వస్తువు సాపేక్ష ద్రవ్యరాశి తన స్థిర ద్రవ్యరాశి కన్నా 0.5 శాతము పెరుగుతుంది. కాంతివేగంతో కదిలితే వంద శాతము పెరుగుతుంది. 99% కాంతి వేగంతో ఉన్న ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి 7రెట్లు పెరుగుతుంది.

కాంతికణము (ఫోటాన్) యొక్క ద్రవ్యరాశి శూన్యము కాబట్టి దాని ద్రవ్యరాశి పెరగటానికి అవకాశముండదు.

ద్రవ్యరాశి - శక్తి తులనము (Mass Energy Balance) :

ద్రవ్యరాశి మరియు శక్తి వేరు వేరు కావు. వాటిని ఒకటిగానే చూడవచ్చు. వాటి మధ్య నిత్యత్వ నియమం వర్తిస్తుంది.

సూత్రము $E = mc^2$.

కొవ్వొత్తి వెలగడం కూడా దీని క్రిందకే వస్తుంది. రసాయనిక క్రియలలో శక్తి క్రింద మారే ద్రవ్యరాశి అత్యల్పం కాబట్టి శక్తి విడుదల (కాంతి) కూడా అల్పమే. ఈ పరమాణు విచ్ఛేదన క్రియలో తరుగు పడే ద్రవ్యరాశి గుర్తించే తగ్గంతగా ఉంటుంది. కాబట్టి చాలా హెచ్చు స్థాయిలో శక్తి వెలువడుతుంది. సూర్యునిలో ఇటువంటి చర్యల వలనే సూర్యునికి అంత-శక్తి వెలుగు వేడి రూపంలో.

విద్యుత్తు, అయస్కాంతముల ఉమ్మడి ప్రభావము గురించి, వేగంగా ప్రయాణించే వస్తువు ధర్మాల గురించి, ఎక్కడయితే సామాన్య యాంత్రిక శాస్త్రము విఫలమౌతుందో అక్కడి విషయాలను ఈ ప్రత్యేక సాపేక్ష సిద్ధాంతము వివరిస్తుంది.

ఏకకాల సాపేక్షకత (Relativity of Simultaneity):

వివిధ జడత్వచట్రాలలో ఉండే పరిశీలకుల పరిశీలనలు ఒక సంఘటన ఒకే సమయంలో జరిగినప్పటికి ఒకే విధంగా ఉండకపోవడం గురించి వివరిస్తుంది. వేగంగా రాకెట్టులో ప్రయాణించే వ్యక్తికి ముందు వైపు వెనుక వైపు కొంత దూరంలో రెండు కాంతి విస్ఫోటనాలు ఒకే సమయంలో జరిగినట్లయితే, అతను తన ముందు వైపు జరిగిన విస్ఫోటనం చిమ్మిన కాంతిని ముందుగా చూస్తాడు, కొద్ది సమయము తరువాత తన వెనుక జరిగిన విస్ఫోటనం చిమ్మిన కాంతిని గమనిస్తాడు. అతనికి ఈ రెండు విస్ఫోటనాలు వేర్వేరు సమయాలలో జరిగినట్లనిపిస్తుంది. కాని దూరంగా నిలుచున్న వ్యక్తి ఈ రెండు విస్ఫోటనాలు ఒకే సమయంలో జరిగినట్లు గమనిస్తాడు.

మరొక ఉదాహరణ. వేగంగా కదులుతున్న చట్రం మధ్యలో ఒక వ్యక్తి బల్బులను వెలిగించినట్లయితే, చట్రం రెండు చివరలకు ఒకే సమయంలో కాంతి చేరినట్లు అతను గమనిస్తాడు. కాంతి వేగం అన్ని చట్రాలలోను స్థిరం కాబట్టి. అదే సంఘటన నిశ్చల చట్రంలో ఉన్న పరిశీలకునికి కదిలే చట్రం వెనుకవైపు చివరకు కాంతి ముందుగా చేరినట్లుగానూ, చట్రం ముందువైపు చివరకు తరువాత చేరినట్లుగానూ గమనిస్తాడు, రెండు చట్రాల మధ్య ఉండే సాపేక్ష వేగం వలన.

సామాన్య సాపేక్ష సిద్ధాంతము (General Theory of Relativity):

ఈ సిద్ధాంతం విశ్వంలో అన్నీ ఏదో ఒకదాని చుట్టూ తిరగడానికి కారణం వివరిస్తుంది. సూటిగా కదిలే వస్తువు మార్గము దానికన్న బరువైన దాని దగ్గరకు వచ్చినప్పుడు వంకర అవుతుంది.

విశ్వమంతా స్థల సమయ వస్త్రంతో విస్తరించి ఉంది. ఒక గ్రహము ఆ వస్త్రం మీద ఉన్నట్లయితే అది ఒక లోతైన గుంటను ఏర్పరుస్తుంది. నాలుగు వైపులా సాగదీసి గట్టిగా పట్టుకున్న బట్ట మధ్యన బరువును ఉంచిన ఏర్పడే లోతు (పల్లము) మాదిరి. ఈ వర్ణన స్థల సమయాన్ని (అంతరిక్ష కాలాన్ని) రెండు మితులతో (x,y) అర్థం చేసుకోవటానికి మాత్రమే. నిజానికి ఇది నాలుగు మితులతో (x,y,z,t dimensions) కూడిన నిర్మాణం.

విశ్వంలో సూటిగా ప్రయాణిస్తున్న వస్తువు ఆ గుంటను సమీపించినప్పుడు దాని లోపలి అంచు వెంబడి వృత్తాకార మార్గంలో ప్రయాణిస్తుంది. ఈ వస్తువు ఆ గ్రహానికి ఉపగ్రహముగ ఏర్పడుతుంది. ఇదే ఆ గ్రహము యొక్క గురుత్వము. నిజానికి గ్రహానికి ఆకర్షణేమి ఉండదు. గ్రహానికి చాలా దగ్గరగా ఉండే వస్తువులు స్వేచ్ఛగా గ్రహముమీద

పడిపోతాయి. స్థలసమయ వస్త్రంతో భూమి చుట్టబడి ఉంటుంది, వాతావరణం భూమిని చేుట్టి ఉన్నట్లు. భూమికి చాల దగ్గరగా ఉండే వస్తువు స్థలకాల వక్రత భూకేంద్రం వైపు పోయే దాని మార్గము వెంబడి కదులుతూ సూటిగా (దీర్ఘమైన వక్రతలో కొద్దిదూరము దాదాపు సరళ రేఖ, భూమి సమీపంలో పరిస్థితి ఇదే) భూమిమీద పడుతుంది. స్థలకాల వక్రత మీద అతి తక్కువ సరళరేఖా మార్గములో భూకేంద్రము వైపు కదులుతూ భూతలంమీద పడుతుంది. అంతేకాని భూమి ఆకర్షించేడం లేదు.

ఐన్ స్టెన్ ఈ సిద్ధాంతాన్ని 1916 లో ప్రతిపాదించాడు. 1919 సూర్యగ్రహణ సందర్భంలో కాంతి చేంద్రుని సమీపంలో వక్రంగా ప్రయాణించేడాన్ని గమనించేడంతో ఈ సిద్ధాంతం నిరూపింపబడింది.

కాబట్టి గురుత్వము అంటే అంతరిక్ష కాల (స్థల సమయ) వక్రత. ఇది గ్రహాల వంటి బరువైన వాటి సమీపానికి వచ్చిన పదార్థాలను ప్రభావితం చేస్తుంది, తన మార్గంలోనికి త్రిప్పుకొంటుంది. కాలాన్ని నెమ్మదిగా నడిచేటట్లు చేస్తుంది.

భూగురుత్వ త్వరణము:

లిఫ్టు వేగంగా అకస్మాత్తుగా క్రిందకు కదలితే మనకు గాలిలో తేలినట్లనిపిస్తుంది. లిఫ్టు వేగంగా అకస్మాత్తుగా పైకి కదలితే మన కాళ్ళు బలంగా లిఫ్టు నేలకు తాకుతాయి, మనము క్రిందకు త్రోయబడినట్లు, లిఫ్టు నేల మనల్ని ఆపినట్లు. లిఫ్టు త్వరణమే అక్కడ మన త్వరణం.

రాకెట్టులో ప్రయాణించే వ్యోమగాములు రాకెట్టులో తేలుతూ ఉంటారు, దేన్నైనా పట్టుకొనకపోతే. రాకెట్టు త్వరణంలో ఉంటే (వేగం పెరుగుతూ ఉంటే) వ్యోమగాములు రాకెట్టులో క్రిందకు త్రోయబడి కుర్చీలను చేరుకుంటారు. ఆ త్వరణమే గురుత్వత్వరణం. భూమి విషయంలో 9.8 మీ/సె^{2}. ఆ త్వరణంతోనే వస్తువులు భూమి మీదకు స్వేచ్ఛగా పడుతాయని లెక్కకు వస్తుంది. లిఫ్టు, రాకెట్టు త్వరణంలో (వేగం పెరుగుతూ) ఉన్నాయి కాబట్టి అవి జడత్వం లేని చట్రాలు. నిశ్చలంగా ఉండిన పరిశీలకుల చట్రం జడత్వ చట్రం. ఇప్పుడు 4 మితుల స్థలసమయం వర్తించేదు, 3 మితుల కొలతలతో భూ గురుత్వ త్వరణం 9.8 మీ/సె^{2} అవుతుంది.

***

శ్రీ చివుకుల అచ్యుత దేవరాయలు గారు భౌతికశాస్త్రం లో M.Sc., Ph.D. (Fourier Optics). 2003 లో ప్రధాన భౌతికశాస్త్రాచార్యులుగా ప్రభుత్వ డిగ్రీ కళాశాల నుంచి పదవీ విరమణ. నివాసం ప్రధానంగా న్యూజెర్సీ, అమెరికా. తదుపరి హైదరాబాద్. అభిరుచులు. సాహిత్యం, చిత్రలేఖనం.