ప్రకృతిలో చతుర్విధ బలాల బలాబలాలు

వేమూరి వేంకటేశ్వరరావు

మన కళ్ళకి కనిపించే దృశ్యమానమైన జగత్తు కంటె కనపడని అదృశ్య జగత్తు మరొకటి ఉందని చాల మందికి ఒక నమ్మకం ఉంది. ఈ నమ్మకానికి ప్రేరణ కారణాలు అనేకం ఉండొచ్చు. కట్టు కథలు, పురాణాలతో ప్రమేయం లేకుండా శాస్త్రీయంగానే పోదాం. గోడ మీద పడే సూర్య కిరణవారానికి అడ్డుగా ఒక గాజు పట్టకని పెడితే, దాని ప్రభావం వల్ల గోడ మీద ఇంద్రధనుస్సుని పోలిన రంగురంగుల వర్ణమాల కనిపిస్తుందని మనం అంతా కుర్రతనంలోనే నేర్చుకున్నాం. అంతే కాకుండా మన కంటికి కనిపించే వర్ణమాల కంటె కనిపించని వర్ణమాల వ్యాప్తి చాలా ఎక్కువ అని కూడ మనలో చాల మంది నేర్చుకున్నాం. కనుక మన కంటికి కనిపించనిదీ, మన అనుభవానికి అతీతం అయినదీ మరో ప్రపంచం ఉంది. దాని ఉనికిని పరిశోధనా పరికరాలతోటీ, సిద్ధాంతాలతోటీ వెలికి లాగొచ్చు.

మరొక సందర్భం. మరొక అభివర్ణన. మన చుట్టూ ఉన్న ప్రపంచానికి పొడుగు, వెడల్పు, ఎత్తు, సమయం అని నాలుగు కొలతలు ఉన్నాయని, దీనినే స్థలకాల సమవాయం (space-time continuum) అంటారని, ఈ ఊహనం ఐయిన్‌స్టయిన్ సిద్ధాంతానికి ఆధారభూతమని ఈ రోజులలో కనీసం ఉన్నత పాఠశాల వరకు విద్య గరచిన పిల్లలకి కూడ తెలుసు. ఈ నాలుగు కొలతలు మన అనుభవానికి అందుబాటులో ఉన్నాయి. కాని, నిజానికి ఈ విశ్వాన్ని అభివర్ణించటానికి నాలుగు కొలతలు చాలవు, పదకొండు కొలతలు కావాలి అని కొందరు అధునాతనులు వాదిస్తున్నారు. వర్ణమాలలో కంటికి కనిపించని రంగులు ఉన్నట్లే, మన అనుభవానికి అందని కొలతలు ఉన్నాయని వీరంటున్నారు. ఈ ఊహనం (concept) క్షుణ్ణంగా అర్థం కావాలంటే మనం ఉన్నత పాఠశాలలో చదువుకున్న యూకిలిడ్ జ్యామితి (geometry) లోని భావాల కంటె చాల జటిలమైన భావాలు ఆకళింపుకి రావాలి. కాశీ మజిలీ కథలు చదివినట్లు జోరుగా చదివేస్తే అర్థం అవదు. ఈ ఆలోచనా సరళి అర్థం అయితే విశ్వ స్వరూపం అర్థం అయినట్లే. సినిమాలో ఫ్లేష్‌బేక్ లా కొంచెం వెనక్కి వెళ్ళి మళ్ళా ముందుకి వద్దాం.

ప్రకృతిలో నాలుగు ప్రాథమిక బలాలు (fundamental forces) ఉన్నాయని ఆధునిక భౌతిక శాస్త్రం చెబుతోంది. భగవంతుడు ఒక్కడే అయినప్పటికీ అతనికి సహస్ర నామాలు ఎలా ఉన్నాయో అలాగే విశ్వార్భవానికి మూలకారణమైన ఆదిశక్తి ఒక్కటే అయినప్పటికీ అది ఈ నాడు మనకి నాలుగు వివిధ బలాలుగా ద్యోతకమవుతున్నాదని విజ్ఞులు అభిప్రాయపడుతున్నారు. ఇవి అభిప్రాయాలు మాత్రమే; ప్రయోగాత్మకంగా నిరూపించబడ్డ సూత్రాలు కావు. కనుక వీటిని అభిప్రాయాలు అనో, లేదా సిద్ధాంతాలనో అనవచ్చు గాని, వీటికి ప్రామాణికమైన సాక్ష్యాధారాలు ఇంకా దొరక లేదు. ఈ నాలుగూ పరస్పరమూ పొంతన లేకుండా విడివిడిగా ఉన్న నాలుగు విభిన్న బలాలా లేక ఒకే ఆదిశక్తి వివిధ రూపాలలో మనకి కనిపిస్తోందా అన్న సమస్య ఇరవై ఒకటవ శతాబ్దపు సమస్యగా మిగిలింది.

ఈ నాలుగు ప్రాథమిక బలాల పేర్లూ ఇవి: గురుత్వాకర్షణ బలం, విద్యుదయస్కాంత బలం, బృహత్ సంకర్షక బలం, మరియు లఘు సంకర్షక బలం. వీటి గురించి ఇప్పుడు కొంచెం సావధానంగా చెబుతాను.

పదిహేడో శతాబ్దంలోనే నూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతాన్ని లేవదీశాడు. గురుత్వాకర్షణ బలం (gravitational force) విశ్వవ్యాప్తంగా ఉన్న బలం అని నూటన్ సూత్రీకరించేడు. ఈ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతంలో మనం అర్థం చేసుకోవలసిన అంశాలు రెండు. ఈ విశ్వంలో ప్రతీ వస్తువు ప్రతీ ఇతర వస్తువుని ఆకర్షిస్తోంది అన్నది మొదటి అంశం. రెండు వస్తువుల మధ్య ఉండే ఆకర్షణ బలం ఆ రెండు వస్తువుల గురుత్వం లేదా గరిమ (mass) మీదా, వాటి మధ్య ఉండే దూరం మీదా ఆధారపడి ఉంటుందన్నది రెండవ అంశం. వస్తువుల గరిమ ఎక్కువ అయిన కొద్దీ వాటి మధ్య ఆకర్షణ పెరుగుతుంది. వస్తువుల మధ్య దూరం పెరిగిన కొద్దీ వాటి మధ్య ఆకర్షణ తరుగుతుంది. నూటన్ ఈ గురుత్వాకర్షణ బలం యొక్క లక్షణాలని సూత్రబద్ధం చెయ్యటమే కాకుండా ఈ సూత్రాలు విశ్వవ్యాప్తంగా అమలులో ఉంటాయని ఉద్ఘాటించేడు.

మన పరిసరాలలో ఉన్న ప్రాథమిక బలాలన్నిటికన్న ఈ గురుత్వాకర్షణ బలం పైనం మనకి ముందుగా అర్థం అయింది. ఎందుకంటే దీని ప్రభావాన్ని మనం ప్రతిరోజూ అనుభవిస్తున్నాం కనుక. నూటన్ తర్వాత ఇరవైయ్యవ శతాబ్దపు ఆరంభంలో అయిన్‌స్టయిన్ ఈ సిద్ధాంతాన్ని కొద్దిగా సవరించి మెరుగులు దిద్దేడు. నూటన్ విశ్వంలో ఉన్న ఏ రెండు వస్తువులైనా ఎంత బలంతో ఆకర్షించుకుంటాయో లెక్క కట్టటానికి ఒక సూత్రం ఇచ్చేడు తప్ప ఆ రెండు వస్తువులు ఎందుకు, ఎలా ఆకర్షించుకుంటాయో చెప్పలేదు. అదేదో దైవ దత్తమైన లక్షణంలా ఒదిలేసేడు. అయిన్‌స్టయిన్ వచ్చి ఈ వెలితిని పూరించేడు. ఒక స్థలకాల సమవాయంలో గరిమ ఉన్న ఒక వస్తువుని ప్రవేశపెట్టినప్పుడు, తలగడ మీద బుర్ర పెట్టినప్పుడు తలగడ లొత్త పడ్డట్లు ఆ స్థలకాల సమవాయం లొత్త పడుతుందనిన్నీ, ఆ లొత్త చుట్టుపట్ల ఉన్న చిన్న చిన్న వస్తువులు ఆ లొత్త లోకి దొర్లినప్పుడు పెద్ద గరిమ గల వస్తువు చిన్న గరిమ గల వస్తువుని ఆకర్షించినట్లు మనకి భ్రాంతి కలుగుతుందనిన్నీ అయిన్‌స్టయిన్ చెప్పేరు. దీనినే సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం (General Theory of Relativity) అంటారు.

ఈ రెండు సిద్ధాంతాల మధ్య ఉన్న తేడాని చిన్న ఉదాహరణ ద్వారా వివరిస్తాను. గురుత్వాకర్షణ సూత్రానికి బద్ధమై భూమి సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతోంది కదా. ఇప్పుడు అకస్మాత్తుగా మంత్రం వేసినట్లు సూర్యుడు మాయం అయిపోయేడనుకుందాం. నూటన్ సిద్ధాంతం ప్రకారం సూర్యుడు ఇక లేడు అన్న విషయం భూమికి తక్షణం "తెలుస్తుంది"; వెంటనే భూమి తన గతి తప్పి విశ్వాంతరాళంలోకి ఎగిరిపోతుంది. ఇదే పరిస్థితిలో జరగబోయేదానిని అయిన్‌స్టయిన్ సిద్ధాంతం మరొక విధంగా చెబుతుంది. సూర్యుడు అంతర్ధానమైపోయాడన్న వార్త భూమి వరకు ఎలా వస్తుంది? సూర్యుడి నుండి మన వరకు వచ్చేది వెలుతురు. ఈ వెలుతురు మన వరకు రాలేదంటే ఇహ అక్కడ సూర్యుడు లేడన్న మాట. సూర్యుడి దగ్గర బయలుదేరిన కాంతి మన భూమి వరకు రావటానికి ఉరమరగా ఎనిమిది నిమిషాలు పడుతుంది. కనుక సూర్యుడు అంతర్ధానమైపోయిన తర్వాత మరొక ఎనిమిది నిమిషాల వరకు మనకి ఆ విషయం తెలియదు. తెలిసిన వెంటనే భూమి తన గతి తప్పి "ఎగిరి" పోతుంది.

ఇక్కడ గుర్తు పెట్టుకోవలసిన విషయం ఏమిటంటే సూర్యుడి నుండి మన వద్దకు వార్త మోసుకొచ్చినది కాంతి పుంజం.

గురుత్వాకర్షణ బలం తర్వాత చెప్పుకో దగ్గది విద్యుదయస్కాంత బలం (electromagnetic force). పందొమ్మిదవ శతాబ్దం మధ్య వరకూ విద్యుత్ తత్వం వేరు, అయస్కాంత తత్వం వేరు అని అనుకునేవారు. ఈ రెండూ వేర్వేరు కాదని క్రమేపీ ఎలా అర్థం అయిందో చెబుతాను.

పూర్వం పడవలలో సముద్రయానం చేసే రోజులలో పడవ సముద్రంలో ఎక్కడ ఉందో తెలుసుకోటానికి దిక్సూచి అనే

పరికరాన్ని వాడేవారు. ఈ దిక్సూచిలో అసిధార (knife edge) మీద విశృంఖలంగా తిరిగే సన్నని అయస్కాంతపు సూది ఒకటి ఉంటుంది. ఇది ఎల్లప్పుడూ ఉత్తర-దక్షిణ దిక్కులనే సూచిస్తూ ఉంటుంది. అయస్కాంతపు సూదికి ఈ లక్షణం ఎందుకు ఉందో మొదట్లో అర్థం కాకపోయినా ఈ లక్షణం సముద్రంలో పడవ ఎక్కడ ఉందో తెలుసుకోటానికి ఉపయోగపడింది. కాలక్రమేణా, మన భూగ్రహం కూడ ఒక పెద్ద అయస్కాంతంలా పనిచేస్తుందనీ, దిక్సూచిలో ఉన్న అయస్కాంతపు సూది ఎల్లప్పుడూ భూమి యొక్క అయస్కాంతపు ధ్రువాలవైపే మొగ్గుతుందనీ కనుక్కున్నారు. ఇలా మొగ్గటానికి కారణం అయస్కాంత బలం (magnetic force) అని ఉటంకించేరు.

ఈ అయస్కాంత బలం అయస్కాంతం చుట్టూ ఉన్న ప్రదేశమంతా ఆవహించి ఉంటుంది. ఇలా ప్రదేశం అంతటినీ ఏదైనా ఆవహించి ఉంటే దానిని శాస్త్రీయ పరిభాషలో క్షేత్రం (field) అంటారు. ఉదాహరణకి మడిలో వరి నారు నాటేమనుకుందాం. ఆ నారు మడి అంతటినీ ఆవరించి ఉండదు. నాగేటి చాలు వెంబడి, జానెడేసి దూరంలో ఒకొక్క మొక్క ఉంటుంది. కనుక ఆ నారుమడిని క్షేత్రం అనటానికి వీలు లేదు. కాని అదే మడిలో ఉన్న మట్టి మడి అంతటినీ ఆవరించి ఉంటుంది. మట్టి లేని స్థలం అంటూ ఉండదు. కనుక ఆ మడిలో మట్టిక్షేత్రం ఉంది, కాని నారుక్షేత్రం లేదు. ఒక అయస్కాంతం చుట్టూ ఉండే అయస్కాంతపు బలం ఇలాంటి క్షేత్రమే. ఖనుక దీనిని బల క్షేత్రం (force field), లేదా అయస్కాంత బల క్షేత్రం (magnetic force field), లేదా అయస్కాంత క్షేత్రం (magnetic field) అంటారు.

ప్రకృతిలో మరొక బలం ఉంది. మేఘావృతమైన ఆకాశంలో తళతళా మెరుపులు మెరిసినప్పుడు ఈ బలం మన కళ్ళకి కనబడుతుంది. మన ఇళ్ళల్లో దీపాలకీ, మరెన్నో నిత్యకృత్యాలకీ వాడుకునే విద్యుత్తు ఈ జాతిదే. విద్యుత్తుని అధ్యయనం చేసే మొదటి రోజులలోనే దీనికీ అయస్కాంత బలానికీ మధ్య ఏదో అవినాభావ సంబంధం ఉందని తెలిసిపోయింది. నిజానికి ఈ రెండూ విభిన్నమైన బలాలు కావనీ, ఒకే శక్తి యొక్క రెండు విభిన్న రూపాలనీ జేంస్ క్లార్క్ మేక్స్వెల్ సా. శ. 1880 దశకంలో ఉద్ఘాటించి ఈ రెండింటిని విద్యుదయస్కాంత బలం (electromagnetic force) అని పిలవాలని, ఇది కూడ ఒక క్షేత్రమే అనీ సూచించేడు. ఒక నాణేనికి బొమ్మ బొరుసు ఉన్నట్లే ఒకే బలం ఒక కోణం నుండి విద్యుత్ బలం లాగా మరొక కోణం నుండి అయస్కాంత బలం లాగా మనని భ్రమింపచేస్తుందని ఈ సిద్ధాంతం సారాంశం.

విద్యుత్ బలం, అయస్కాంత బలం ఒకటే అని నిరూపించటానికి చిన్న ఉదాహరణ. ఒక రాగి తీగలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తూన్నప్పుడు ఆ తీగ చుట్టూ అయస్కాంతపు లక్షణాలు కనిపిస్తాయి. ఈ విషయాన్నే పరిభాషలో `తీగ చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ప్రభవిస్తుంది' అంటారు. ఇదే విధంగా ఒక అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఒక తీగని కదిపితే ఆ తీగలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. ఈ రెండింటిలో ‘ఏది ముందు, ఏది తర్వాత?` అన్నది ‘గుడ్డు ముందా, పిల్ల ముందా?’ అన్న ప్రశ్న లాంటిదే. కనుక విద్యుత్ బలం, అయస్కాంత బలం అని విడివిడిగా అనటంలో అర్థం లేదు. అందుకనే ఈ ఉమ్మడి బలాన్ని విద్యుదయస్కాంత బలం అనీ, ఈ బలం ప్రభవిల్లే ప్రదేశాన్ని విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రం (electromagnetic field) అనీ అంటారు. ఇలా విద్యుత్ తత్వాన్నీ, అయస్కాంత తత్వాన్నీ సమాగమ పరచి ఒక తాటి మీదకి చేర్చిన ఘనత మేక్స్వెల్ కి దక్కింది.

ఇప్పటికి గురుత్వాకర్షణ బలం గురించీ, విద్యుదయస్కాంత బలం గురించీ కొంత అవగాహన వచ్చిందనే అనుకుంటున్నాను. ఇప్పుడు ఈ రెండు బలాల మధ్య ఉన్న పోలికలనీ, తేడాలనీ కొంచెం పరిశీలిద్దాం. మెదటి పోలిక. ఈ రెండు బలాల ప్రభావం చాల దూరం ప్రసరిస్తుంది. ఎక్కడో లక్షల మైళ్ళ దూరంలో ఉన్న సూర్య చంద్రుల గురుత్వాకర్షణ

ప్రభావం వల్లనే కదా సూర్యుడి చుట్టూ భూమి, భూమి చుట్టూ చంద్రుడు ప్రదక్షిణాలు చేస్తున్నాయి. నిజానికి ఈ గురుత్వాకర్షణ బలం ప్రభావం విశ్వంలో దిగద్దంతాల వరకు ప్రసరిస్తూనే ఉంటుంది. ఇదే విధంగా ఎక్కడో వేల మైళ్ళ దూరంలో ఉన్న మన భూమి యొక్క అయస్కాంత ధ్రువాల ప్రభావం పడవలోని దిక్సూచిలో ఉన్న అయస్కాంతపు సూది మీద పడుతోందని కూడ మనందరికీ తెలుసు. ఇంతటితో పోలిక అయిపోయింది.

ఇక తేడాలు. గురుత్వాకర్షణ బలం గురుత్వం ఉన్న ప్రతి వస్తువు మీదా పడుతుంది. ఉదాహరణకి భూమి యొక్క గురుత్వాకర్షణ నా మీద, మీ మీద, చెట్టు మీద ఉన్న పండు మీద, ఆకాశంలో ఉన్న చంద్రుడి మీద, విశ్వాంతరాళంలో పరిభ్రమిస్తూన్న తోకచుక్కల మీద, ఇలా అన్నిటి మీదా పడుతూనే ఉంటుంది. అలా పడ్డ ఆకర్షణ బలానికి ఆయా వస్తువులు యథోచితంగా స్పందిస్తాయి. కాని విద్యుదయస్కాంత బలం ప్రభావం ధన, రుణ ధ్రువాలు ఉన్న అయస్కాంతాల మీదా, ధన, రుణ ఆవేశాలు ఉన్న ప్రోటాను, ఎలక్ట్రాను వంటి పరమాణువుల మీదా మాత్రమే ఉంటుంది. ఉదాహరణకి ఏ విద్యుదావేశం లేని నూట్రానుల మీద విద్యుదయస్కాంత బలం ప్రభావం సున్న. చెవిటి వాడి ముందు శంఖంలా ఏ విద్యుదావేశం లేని పదార్ధాల మీద విద్యుదయస్కాంత బలానికి ఎటువంటి ప్రభావమూ లేదు.

మరొక తేడా. విద్యుదయస్కాంత బలం చాలా శక్తివంతమైన బలం. గురుత్వాకర్షణ చాలా నీరసమైన బలం. ఈ తేడాని సోదాహరణంగా వివరిస్తాను. ఒక గుండు సూదిని చేతిలోంచి జార విడిస్తే భూమి యొక్క గురుత్వాకర్షణ బలానికి అది భూమి మీద పడుతుంది. ఉరమరగా 25,000 మైళ్ళు వ్యాసం ఉన్న ఒక ఇనుము-రాయి తో చేసిన బంతి తన గరిమ బలాన్ని అంతటినీ కూడగట్టుకుని లాగితే సూది భూమి మీద పడింది. అదే సూదిని పైకి లేవనెత్తటానికి (అంటే గురుత్వాకర్షణ బలాన్ని అధిగమించటానికి) వేలెడంత పొడుగున్న చిన్న అయస్కాంతపు కడ్డీ చాలు. ఈ చిన్న ప్రయోగం తో గురుత్వాకర్షణ బలం కంటె విద్యుదయస్కాంత బలం ఎంత శక్తివంతమైనదో అర్థం అవుతుంది. గురుత్వాకర్షణ ఎంత నీరస మైనదో మరొక విధంగా కూడ చెబుతాను. విద్యుదయస్కాంత బలం గురుత్వాకర్షణ బలం కంటె మిలియన్ బిలియన్ బిలియన్ బిలియన్ బిలియన్ (10**42) రెట్లు బలమైనది.

మరొక తేడా. మేక్స్‌వెల్ ప్రవచించిన నాలుగు విద్యుదయస్కాంత సూత్రాలని స్థూల ప్రపంచం లోనే కాకుండా అణుగర్భపు లోతుల్లో ఉన్న సూక్ష్మాతి సూక్ష్మ ప్రపంచానికి కూడ అనువర్తింపచెయ్య వచ్చు. ఇలా అణుగర్భంలో అనువర్తించే ఏ ప్రక్రియ పేరుకైనా సరే 'క్వాంటం' అనే విశేషణం వాడతారు కనుక ఇలా అణుగర్భానికి అనువర్తింపచేసిన విద్యుదయస్కాంత శాస్త్రాన్ని ఇంగ్లీషులో 'క్వాంటం ఎలక్ట్రో డైనమిక్స్' (Quantum Electro Dynamics or QED) అంటారు. ఈ QED ఆధునిక భౌతిక శాస్త్రం నిర్మించిన సిద్ధాంత సౌధాలన్నిటిలోకీ ఎంతో రమ్యమైనదీ, బాగా విజయవంతం అయినదీను. కాని, ఇదే విధంగా గురుత్వాకర్షణ సూత్రాలని కూడా అణుగర్భంలోని సూక్ష్మ ప్రపంచానికి ఎలా అనువర్తింప చెయ్యాలో (quantization of gravitational field) ఇంకా ఎవ్వరికీ బోధ పడ లేదు. అంటే అణుగర్భంలో గురుత్వాకర్షణ సూత్రాలు ఎలా పని చేస్తాయో ఇంకా ఎవ్వరికీ అంతు పట్ట లేదు. ఈ ఇబ్బందికి కొంతవరకు కారణం ఊహించవచ్చు. గురుత్వాకర్షణ స్వతహాగా చాల నీరసమైన బలం. పెద్ద పెద్ద వస్తువుల సమక్షంలో తప్ప ఈ బల ప్రదర్శన అనుభవం లోకి రాదు. అణుగర్భంలో ఉన్న పరమాణు రేణువుల సమక్షంలో ఉండే గురుత్వాకర్షణ అతి స్వల్పం; అందుచేత కొలవటం కూడ కష్టమే. టూకీగా చెప్పాలంటే విద్యుదయస్కాంత సూత్రాలనీ, గురుత్వాకర్షణ సూత్రాలనీ అనుసంధించి ఒకే ఉమ్మడి సూత్రంతో రెండింటిని వర్ణించటం ఇంకా సాధ్య పడ లేదు.

పైన చెప్పిన ప్రాథమిక బలాలతో పాటు మరో రెండు ప్రాథమిక బలాలు ఉన్నాయని ఇరవైయవ శతాబ్దంలో అవగాహన

అయింది. ఈ రెండు బలాలూ మన దైనందిన జీవితాలలో తారస పడవు కనుక ఈ అవగాహన ఇంత ఆలశ్యంగా అయింది.

సా. శ. 1896 లో హెన్రీ బెక్విరల్ రేడియో ధార్మిక క్షీణత (radioactive decay) అనే ప్రకృతి లక్షణాన్ని గమనించేడు. కొన్ని పదార్థాలలోని నూట్రానులు బయటి బలాల ప్రమేయం ఏమీ లేకుండా తమంత తామే శిధిలమై పోయి ప్రోటానులు, ఎలక్ట్రానులు, నూట్రానులు గా మారిపోతాయని ఆయన గమనించేడు. మరొక బలం ప్రమేయం లేకుండా ఏదీ తనంత తాను మార్పు చెందదని నూటన్ ఎప్పుడో చెప్పేడు కదా. కనుక ఈ మార్పుకి ప్రేరణ కారణమైన బలం ఏదో అణుగర్భంలోనే దాగి ఉందని ఊహించి, దాని ఆచూకీ కట్టి, దానికి లఘు సంకర్షక బలం (weak interaction force or weak force or weak nuclear force) అని పేరు పెట్టేరు. ఇది ఉరమరగా విద్యుదయస్కాంత బలం లో వెయ్యో వంతు ఉంటుందని అంచనా.

ఇదే సందర్భంలో అణు గర్భంలో దాగి ఉన్న మరొక బలం యొక్క ఉనికిని కూడ కనుక్కున్నారు. దీనిని బృహత్ సంకర్షక బలం (strong interaction force or strong force or strong nuclear force) అంటారు. అణుగర్భంలో ఒక కణిక (nucleus) ఉంటుంది. దీని ఆకారాన్ని మన బూందీ లడ్డులా ఊహించుకోవచ్చు. బూందీ లడ్డులో చిన్న చిన్న పూసలు ఉంటాయి కదా. వీటిలో కొన్ని పచ్చవి, కొన్ని నల్లవి అనుకుందాం. పచ్చ వాటిని ప్రోటానులు గానూ, నల్ల వాటిని నూట్రానులు గానూ ఊహించుకుందాం. ఈ ప్రోటానులకి ధన విద్యుదావేశం ఉంటుంది. కనుక వాటి మధ్య వికర్షణ (repulsion) వల్ల ఇవి ఒకదాని పక్క మరొకటి ఉండలేవు. ఈ వికర్షణ బలానికి అవి నిజంగా చెల్లా చెదిరి పోవాలి. కాని అవన్నీ ఉండ కట్టుకుని ఎలా ఉండగలిగేయి? లడ్డుండలో అయితే ఉండ చితికి పోకుండా పాకం వాటిని బంధించి అట్టేపెడుతుంది. అణుగర్భంలో ఉన్న ప్రోటానులు చెదిరి పోకుండా వాటి మధ్య కూడ మన పాకబంధ బలం లాంటి బలం ఒకటి ఉంది. అదే బృహత్ సంకర్షక బలం. (క్వార్కుల ప్రస్తావన తీసుకు రాకుండా ఇక్కడ సిద్ధాంతాన్ని కొంచెం టూకీ చేసేను.) ఈ బృహత్ బలం యొక్క ప్రభావం అణుగర్భపు పరిధి దాటి బయట కనిపించదు. కనుక దీని నైజం అర్ధం చేసుకోవాలంటే క్వాంటం సూత్రాలని ఉపయోగించాలి. ఇది ఉరమరగా విద్యుదయస్కాంత బలం కంటె వంద రెట్లు ఉంటుందని అంచనా.

ఇంతటితో నాలుగు ప్రాథమిక బలాలనీ పరిచయం చెయ్యటం పూర్తి అయింది. ఆస్తులు పంచేసుకున్న అన్నదమ్ములలా ఈ నాలుగు ప్రకృతి బలాలు ఎవరి దారి వారిదే అన్నట్లు ప్రవర్తిస్తున్నాయి తప్ప ఒకే తల్లి పిల్లలలా ప్రవర్తించటం లేదు. ఉదాహరణకి, గురుత్వాకర్షణ బలం తన ప్రభావాన్ని గురుత్వం ఉన్న పదార్థాల మీదే చూపిస్తుంది. విద్యుదయస్కాంత బలం యొక్క ప్రభావం ఆవేశపూరితమైన పదార్థాలమీదే. బృహత్ బలం ప్రభావం అంతా ఒక్క హేడ్రాన్ జాతి (ఉ. ప్రోటానులు, నూట్రానులు) కణాల మీదే కాని లెప్టాన్ జాతి (ఉ. ఎలక్ట్రానులు, నూట్రినోలు) మీద కాదు. లఘు బలం ప్రభావ పరిమితి ఇంకా బాగా పరిమితం (ఉ. బీటా విచ్ఛిన్న కార్యక్రమం సందర్భంలో).

అంతే కాకుండా ఈయా బలాల ప్రభావ పరిధి కూడ విభిన్నమే. గురుత్వాకర్షణ బలం, విద్యుదయస్కాంత బలాల ప్రభావం చాల దూరం ప్రసరిస్తుందని చెప్పేను కదా. దూరం వెళుతూన్న కొద్దీ వీటి ప్రభావం తగ్గుతుంది కాని, అంత జోరుగా తగ్గదు. లఘు బలం, బృహత్ బలాల ప్రభావం అణు కేంద్రానికి పరిమితం; బయటికి రాగానే వాటి ప్రభావం ఏష్యం అయిపోతుంది. ఉదాహరణకి రెండు ప్రోటానులని దగ్గర దగ్గరగా, ఒక మిల్లీమీటరు దూరంలో పెట్టినా వాటి మీద బృహత్ బలం ప్రభావం కనిపించదు; కాని విపరీతమైన పీడనంతో వాటిని దగ్గరికి తొయ్యగలిగితే అప్పుడు ఇవి ఈ

బృహత్ బలం ప్రభావానికి గురి అయి అతుక్కుపోతాయి. అంతేగాని సాధారణ పరిస్థితులలో అవే ప్రోటానులు వికర్షణ బలాల ప్రభావం వల్ల దూరంగా జరిగి పోతాయి. అణు కేంద్రానికి బయట విద్యుదయస్కాంత బలం ఎంతో బలవంతమైనది అయితే అణు కేంద్రపు పరిధిలో బృహత్ బలం అత్యంత బలవత్తరమైనది; ఈ బలం ముందు విద్యుదయస్కాంత బలం వెలవెల పోతుంది.

బాహ్య లక్షణాలలో ఈ నాలుగు బలాల మధ్యా ఇంతింత తేడాలు ఉన్నా ఈ నాలుగు బలాలు ఒకే తల్లి నుండి పుట్టుంటాయని శాస్త్రవేత్తల నమ్మకం. విశ్వం ఆవిర్భవించినప్పుడే ఆ తల్లికి (ఆదిశక్తి?) కి ఈ నాలుగు పిల్ల బలాలూ పుట్టి ఉంటాయనిన్నీ ఆ పుట్టుక సమయంలో జంట కవలలా ఈ నాలుగు బలాల రూపు రేఖలూ ఒకేలా ఉండేవనీ, కాలక్రమేణా ఈ నాలుగు బలాలూ వేటి దారి అవి చూసుకోవటంతో మనకి అవి నాలుగు భిన్నమైన భంగిమలలో కనిపిస్తున్నాయనీ శాస్త్రవేత్తల నమ్మకం. ఈ నమ్మకాన్ని ఆధారం చేసుకుని అంచెలంచెలుగా ప్రగతి పథంలోకి పయనం ఎలా జరుగుతోందో చెబుతాను.

మొట్టమొదట అయస్కాంత బలాన్నీ విద్యుత్ బలాన్నీ ఒక తాటి మీదకి తీసుకొచ్చి దానికి విద్యుదయస్కాంత బలం అన్న వాడు మేక్స్‌వెల్ అని చెప్పేను కదా. తర్వాత అంచె అయిన్‌స్టయిన్ ప్రవచించిన ప్రత్యేక సాపేక్ష సిద్ధాంతం (Special Theory of Relativity) నీ, క్వాంటం సిద్ధాంతాన్నీ విద్యుదయస్కాంత శాస్త్రంతో అనుసంధించటం. ఈ కలయికతో వచ్చినది క్వాంటం ఎలక్ట్రో డైనమిక్స్ (Quantum Electro Dynamics or QED). దీనినే సాపేక్ష్య క్వాంటం క్షేత్ర సిద్ధాంతం (relativistic quantum field theory) అని కూడ అంటారు. ఈ పద్ధతి బాగా పనిచెయ్యటంతో 1960 దశకంలో ఇదే పద్ధతి ఉపయోగించి విద్యుదయస్కాంత బలం, లఘు సంకర్షక బలం నిజానికి ఒకటే అని స్టీవెన్ వైన్‌బర్గ్, అబ్దుస్ సలాం విడివిడిగా రుజువు చేసేరు. విద్యుత్ బలం, అయస్కాంత బలం కలిసి విద్యుదయస్కాంత బలం అయినట్లే, విద్యుదయస్కాంత బలాన్నీ, లఘు సంకర్షక బలాన్నీ కలపగా వచ్చిన దానిని విద్యుత్ లఘు బలం (elctroweak force) అన్నారు వారు. ఇదే పద్ధతిలో విద్యుదయస్కాంత బలాన్నీ బృహత్ బలంతో అనుసంధించగా వచ్చిన బలానికి, న్యాయంగా విద్యుత్ బృహత్ బలం (elctrostrong force) అని పేరు పెట్టాలి; కాని అలా జరగ లేదు – దానికి అర్థం పర్థం లేకుండా క్వాంటం క్రోమో డైనమిక్స్ (Quantum Chromo Dynamics or QCD) అని పేరు పెట్టేరు. ఈ దిశలో ఆఖరి అంచెగా విద్యుదయస్కాంత బలాన్నీ, లఘు బలాన్నీ, బృహత్ బలాన్ని అనుసంధించి దానికి ప్రామాణిక నమూనా (Standard Model) అని పేరుపెట్టేరు. ఈ ప్రామాణిక నమూనా లో చిన్న చిన్న లొసుగులు ఉన్నా చాల ఆదరణ పొందింది. ఈ నమూనాలో ఎలక్ట్రానులు, మ్యువానులు (వీటినే పూర్వం మ్యు-మీసానులు అనేవారు), నూట్రినోలు, క్వార్కులు, మొదలైనవి పదార్థం (matter) కి ముడి సరుకులు. వీటి మధ్య జరిగే సంకర్షణలు విద్యుదయస్కాంత, లఘు, బృహత్ బలాల మధ్యవర్తిత్వంలో జరుగుతాయి. ఇక్కడ ముఖ్యంగా గుర్తు పెట్టుకోవలసిన విషయం ఏమిటంటే ఈ Standard Model లో గురుత్వాకర్షణ కి పాత్ర లేదు.

ఈ ప్రామాణిక నమూనాలో విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రానికి చెందిన ప్రాథమిక రేణువు పేరు ఫోటాను (photon). అంటే విద్యుదయస్కాంత బలాన్ని సుక్ష్మాతిసూక్షమైన మోతాదులుగా విడగొట్టి పొట్లాలు కడితే ఒకొక్క పొట్లాన్ని ఒక ఫోటాను అంటారు. ఇదే విధంగా బృహత్ బలాన్ని చిన్న చిన్న పొట్లాలుగా విడగొట్టగా వచ్చిన పొట్లం పేరు గ్లువాన్ (gluon). ఇదే విధంగా లఘు బలాన్ని పొట్లాలుగా విడగొట్టినప్పుడు రెండు పొట్లాలు వస్తాయి. వాటిని వీక్ గేజ్ బోసానులు (weak gauge bosons) అంటారు.

నూటన్ రోజుల నుండీ వివరణ లేకుండా ఉండి పోయిన ఒక విషయాన్ని ప్రామాణిక నమూనా ఈ కిందివిధంగా వివరిస్తుంది. ఉదాహరణకి ఒక క్షేత్రంలో రెండు వస్తువులు A, B లు ఆకర్షించుకొంటున్నాయని అనుకుందాం. A కి ఆ ప్రాంతాలలో B ఉన్నాదన్న విషయం ఎలా తెలుస్తుంది? ఈ A, B ల మధ్య వాటి ఉనికిని తెలియచెయ్యటానికి వార్తాహరులు ఎవ్వరైనా ఉన్నారా? నూటన్ ఈ ప్రశ్నకి సమాధానం చెప్పకుండా తప్పించుకున్నాడు. ప్రామాణిక నమూనా ఈ జటిలమైన ప్రశ్నకి ఈ విధంగా సమాధానం చెబుతుంది. మన రెండు వస్తువులు, అనగా A, B లు, ఆ క్షేత్రానికి సంబంధించిన రేణువులతో, పెళ్ళిళ్ళలో వధూవరుల లా, బంతులాట ఆడుతున్నట్లు ఊహించుకోవాలి. ఈ బంతులాట విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రంలో జరిగితే అక్కడ బంతి ఫోటాను అన్న మాట. అప్పుడు ఇక్కడ ఆ ఫోటాను ఒక వార్తాహరిగా పనిచేస్తుందన్న మాట. బంతులాట ఆడే మూర్తులలో ఒకరిది (వరుడు) ధన విద్యుదావేశం, మరొకరిది (వధువు) ఋణ విద్యుదావేశం అయితే అప్పుడు ఆ బంతులు ఇద్దరిని దగ్గరగా జరగమని సందేశాన్ని ఇస్తాయన్న మాట. ఇద్దరిదీ ఒకే రకం ఆవేశం అయితే ఇద్దరిని దూరంగా జరగమని సందేశాన్ని ఇస్తాయి.

ఈ ప్రామాణిక నమూనాకి బయట ఉండి పోయినది గురుత్వాకర్షణ బలం. ఈ గురుత్వాకర్షణని కూడా మిగిలిన మూడింటితో కలిపి దానిని ఆదిశక్తి అని అభివర్ణించగలిగితే బాగుంటుందని శాస్త్రవేత్తలు కలలు కంటున్నారు. ఆ కలలు ఎప్పుడు నిజం అవుతాయో? ఆ కోరిక ఎప్పుడు తీరుతుందో? సాటిలేని రీతిగా మదిలో ఎప్పుడు హాయిగా ఉంటుందో? ఈ విషయాలు మరొక వ్యాసంలో!

Copyright© 2004-05 eemaaTa.com. Content can not be reproduced without the permission of the author and the eemaaTa magazine. Contact eemaaTa at submissions@eemaata.com