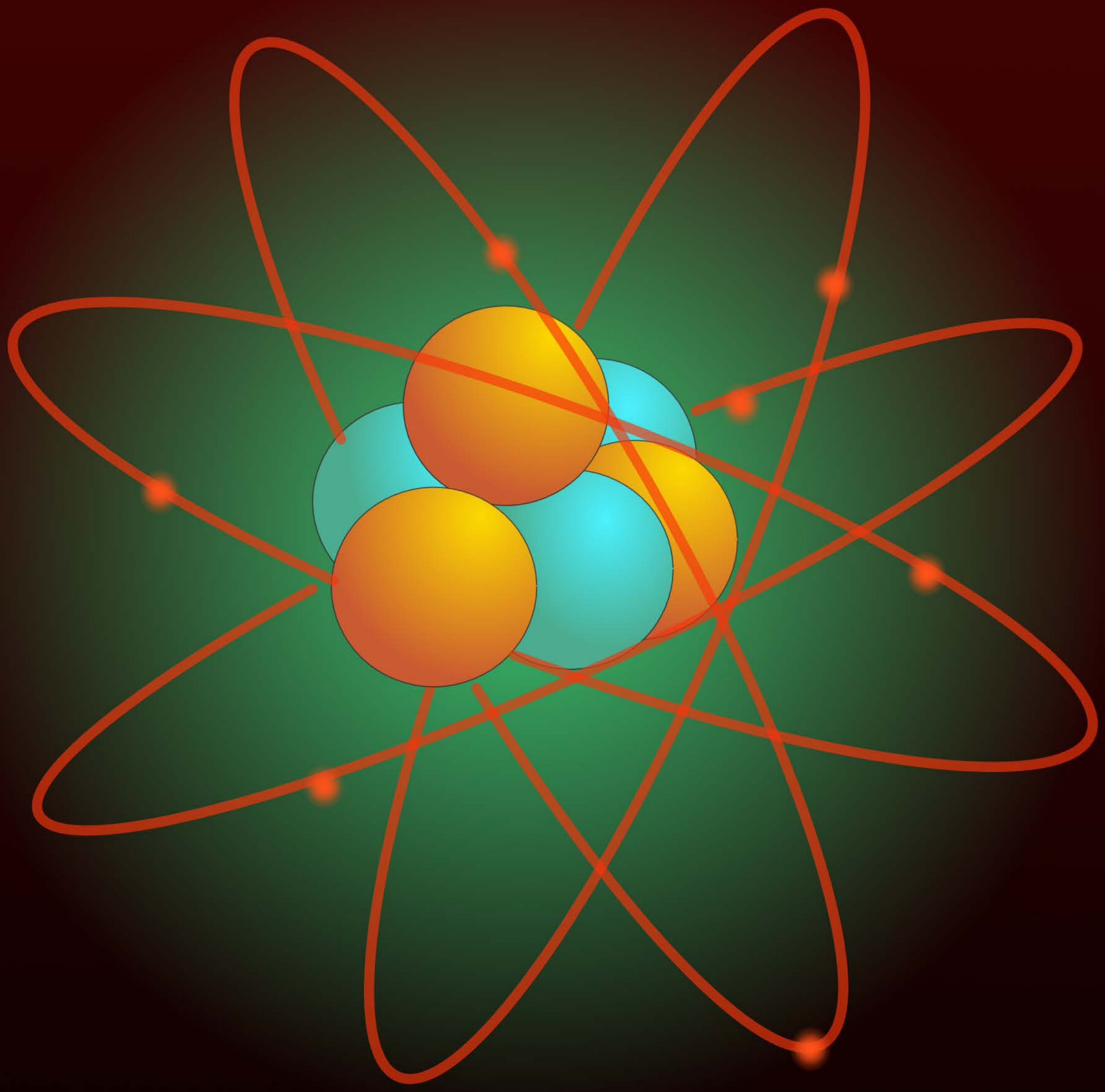
గుళిక రసాయనం

(క్వాంటం కెమిస్ట్రీ)



వేమూరి వేంకటేశ్వరరావు

విషయసూచిక

తొలిపలుకు 4

1. మెండలియెవ్ మేడ 9

2. కొత్త మూలకాలకి వేట! 21

3. మోల్ అంటే ఏమిటి? 28

4. అణువుల భారాలని తూకం వెయ్యడం ఎలా? 36

5. అణు వాదంలో రసగుళికలు 42

6. ఆవర్తన పట్టిక 51

7. భౌతిక శాస్త్రంలో వచ్చిన పెను మార్పులు 59

8. అణు యుగంలో గుళిక భావాలు 63

9. గుళిక వాదం ఆవిష్కరణ 68

10. బోర్ ప్రతిపాదించిన నమూనా 75

11. గణిత పరంగా బోర్ నమూనా 80

12. బోర్ నమూనాకి అభ్యంతరాలు 96

13. సోమర్ఫెల్డ్ నమూనా 104

14. గతి, విగతి, కోశం, శక్తి స్థానం – వీటి మధ్య తేడాలు 114

15. ఆవర్తన పట్టిక, ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసాలు 121

16. రేణువులా? తరంగాలా? 135

17. అనిర్ధారిత సూత్రం 142

18. ష్రోడింగర్ సమీకరణం 150

19. ష్రోడింగర్ పిల్లి.. 158

20. రసాయన బంధం 164

21. క్రోడిక 180

22. కొలతలు, కొలమానాలు, లెక్కింపు పద్ధతులు 183

23. మెదడుకి మేత: జవాబులు 193

24. సాంకేతిక పదాలకి అర్థాలు 201

25. వేమూరి వేంకటేశ్వరరావు తెలుగు పుస్తకాలు 212

వేమూరి వేంకటేశ్వరరావు జీవిత సంగ్రహం 213

1. మెండలియెవ్ మేడ

అవి భారతదేశం అంధకార యుగంలో మగ్గుతూన్న రోజులు. బ్రిటిష్ వాళ్ల పట్టు పెరగడంతో మొగల్ సామ్రాజ్యం అంతిమ ఘట్టం చేరుకుంటోంది. సిపాయిల తిరుగుబాటు, ప్రప్రథమ భారత స్వాతంత్ర సమరానికి ఉద్యాపన మరొక 23 సంవత్సరాలలో జరగబోతోంది. ఇదే సమయంలో, రష్యాలో ఒక భాగమైన సైబీరియాలో, డిమిత్రీ ఇవనొవిచ్ మెండలియెవ్ (1834–1907) అనే పిల్లాడు పుట్టేడు. అతని తండ్రికి కలిగిన కుచేల సంతానంలో ఈ కుర్రాడు కడసారం. తండ్రి గుడ్డితనం వల్ల కొంత, పిన్న వయస్సులోనే మరణించడం వల్ల కొంత కారణంగా సంసారాన్ని పెంచి, పోషించే బాధ్యత ఆ తల్లి మీద పడింది.

అందరిలోకీ చురుగ్గా చదువుకుంటూన్న డిమిత్రీకి పెద్ద చదువులు చెప్పించాలనే పట్టుదలతో ఆ తల్లి మూలని పడి, బూజులు పడుతూన్న వారి సొంత గాజు కర్మాగారాన్ని పునరుద్ధరించి అందులో పని చెయ్యడం మొదలు పెట్టింది. విధి వశాత్తు ఆ కర్మాగారం అగ్ని ప్రమాదంలో కాలి బూడిద అయిపోయింది. ఎన్ని కష్టాలు పడైనా సరే డిమిత్రీకి మంచి అవకాశాలు కల్పించాలనే పట్టుదలతో ఆమె సంసారాన్నంతటినీ సైబీరియాలో వదిలేసి, కుర్రాడిని తనతో పాటు గుర్రం ఎక్కించుకుని, యురల్ పర్వతాలు దాటుకుని, 1400 మైళ్ల దూరంలో ఉన్న మాస్కో నగరానికి తీసుకెళ్లి "చాకు లాంటి

కుర్రాడు, కాలేజీలో చేర్చుకోండి" అని అక్కడ అధికారులతో మొర పెట్టుకుంది. వాళ్లు ఖాళీలు లేవు పొమ్మన్నారు.

చేసేది లేక అక్కడ నుండి మరొక 400 మైళ్లు ఆ గుర్రం మీదే ప్రయాణం చేసి సెయింట్ పీటర్స్ బర్గ్ అనే ఊరు వెళ్లింది ఆ తల్లి. అక్కడ ఉన్న విశ్వవిద్యాలయంలోనే ఆ కుర్రాడి తండ్రి చదువుకున్నాడు కనుక వారు కనికరించి ఇతనిని చేర్చుకున్నారు. ఈ లోకంలో తన పని పూర్తి అయిపోయిందంటూ ఆ మాతృమూర్తి స్వర్గస్తురాలయింది. తన కోసం తల్లి పడ్డ కష్టాలు కళ్ళారా చూసినవాడు కావున ఆ కుర్రాడు ఎంతో బుద్ధిగా, ఎంతో శ్రద్ధగా, ఎంతో ఏకాగ్రతతో చదువుకుని అందరి మెప్పు పొందేడు. అందుకనే కాబోలు రష్యా చరిత్రలోనే అగ్రగణ్యుడైన శాస్త్రవేత్తగా డిమిట్రీ మెండలియెవ్ పేరు ప్రతిష్ఠలు తెచ్చుకున్నాడు.

మెండలియెవ్ అప్పుడప్పుడే ఉదయించి, సద్యోజాతంగా ప్రకాశిస్తూన్న రసాయన శాస్త్రం అధ్యయనం చేసేడు. ఆ రోజుల్లో (1860) దరిదాపు 60 రసాయన మూలకాల (chemical elements) ఉనికి శాస్త్ర వేత్తలకి తెలుసు. ఈ 60 మూలకాల పేర్లని ఏదో ఒక వరసలో అమర్చి రాసుకోవాలి కదా. కొందరు అకారాది క్రమంలో రాసుకున్నారు. కొందరు ఆ మూలకాల అణు భారాలు (atomic masses) ఒక ఆరోహణ క్రమంలో వచ్చేలా రాసుకున్నారు. మరికొందరు ఆ మూలకాల ధర్మాలలో పోలికలు ఉన్నవాటిని గుంపులు గుంపులుగా రాసుకున్నారు. ఉదాహరణకి లిథియం, సోడియం,

3. మోల్ అంటే ఏమిటి?

రసాయన శాస్త్రంలో "మోల్" అనే భావం చాలా కీలకమైనది. ఈ మాట అర్థం కాక విద్యార్థులు చాల తికమక పడుతూ ఉంటారు.

నా చిన్నతనంలో బజారుకి వెళ్లి సరుకులు కొన్నప్పుడు కొన్ని కొలమానాలు వాడేవాడిని. డజను అరటి పళ్లు, వంద మామిడి పళ్లు, కుంచం బియ్యం, శేరు పాలు, వీశ వంకాయలు, బుట్టెడు రేగు పళ్లు, ఇలా ఉండేవి ఆ రోజుల్లో కొలమానాలు. ఇంట్లో వంట వండేటప్పుడు చేరెడు బియ్యం, చిటికెడు పసుపు, ఇందుపగింజంత ఇంగువ, అంటూ మరొక రకం కొలమానం వాడేవారు. అదే విధంగా రసాయన శాస్త్రంలో అణువులు (atoms) ఎన్ని ఉన్నాయో కొలవడానికి "మోల్" అనే కొలమానం వాడతారు.

డజను అంటే 12 వస్తువులు, జత అంటే 2 వస్తువులు, పుంజీ అంటే 4 వస్తువులు, అయినట్లే మోల్ అంటే 602,000,000,000,000,000,000,000 వస్తువులు లేదా 602 హెక్సిలియను వస్తువులు. ఇది మన ఊహకి అందనంత పెద్ద సంఖ్య. ఉదాహరణకి ఒక మోలు చింతపిక్కలని పోగు పోసి, ఉండలా కడితే ఆ ఉండ మన భూమి అంత పెద్ద గోళం అవుతుంది. మరొక ఉదాహరణ. ఒక మోలు గారెలు వరసగా ఒకదాని మీద మరొకటి దండలా పేర్చుకుంటూ పోతే ఇక్కడ నుండి సూర్యుడి వరకు, తిరిగి వెనక్కి భూమి వరకు, తిరిగి సూర్యుడి వరకు, అలా 200,000,000,000 (200 బిలియను) సార్లు తిరగొచ్చు.

పై ఉదాహరణని బట్టి తెలిసిందేమిటిట? ఏ ఎండకి ఆ గొడుగు పట్టాలి. మనం రోజువారీ కార్యక్రమాల్లో కిలోలు, లీటర్లు వాడతాం. మందులు కొలిచేటప్పుడు గ్రాములు వాడతాం. బస్సు బరువుని గ్రాములలో చెబితే ఏమి సబబుగా ఉంటుంది? టన్నులలో చెప్పాలి. పూర్వపు రోజులలో, పంటకొచ్చిన ధాన్యాన్ని గిద్దలలో కొలిచేవాళ్లమా? లేదే, గరిసెలలో కొలిచేవాళ్లం. మా ఊరు నుండి ఢిల్లీ ఎంత దూరం అంటే మిల్లీమీటర్లలో చెబుతామా? చెప్పం, కిలోమీటర్లలో చెబుతాం. అదే విధంగా ఒక జాడీలో చారెడు గంధకం గుండ వేసి ఆ గుండలో ఎన్ని అణువులు ఉన్నాయి అని అడిగితే దానికి సమాధానం "ఏ 2 మోలులో ఉంటాయి" అని సమాధానం చెబితే సబబుగా ఉంటుంది. "రెండు మోలుల అణువులు" అని అనకుండా 1,204,000,000,000,000,000,000,000 అణువులు అంటే ఏమి సబబుగా ఉంటుంది? ఇండియా నుండి అమెరికా ఎంత దూరం అంటే 22,000 కిలో మీటర్లు అనకుండా 22,000,000,000 మిల్లీమీటర్లు అన్నట్లు ఉంటుంది.

కనుక, జత అంటే 2, పుంజీ అంటే 4, డజను అంటే 12, మోలు అంటే 602,000,000,000, 000,000,000,000. రసాయన శాస్త్రంలో ఈ కొలమానం తరచు వాడుకలోకి వస్తూ ఉంటుంది కనుక దీనికి ఆచార్య అవగాడ్రో గౌరవార్థం "అవగాడ్రో సంఖ్య" అని పేరు పెట్టేరు.

బాగానే ఉందయ్యా! జాడీలో వేసిన చారెడు గంధకం గుండలో 1,204,000,000,000, 000,000,000,000 అణువులు ఉన్నాయో లేదో లెక్కపెట్టి తేల్చడం ఎలా? దీనికి చిన్న ఉపమానం

4. అణువుల భారాలని తూకం వెయ్యడం ఎలా?

కర్బనం-12 అణు భారం 12 గ్రాములు అని చెప్పుకున్నాం కదా! అనగా, ఒక కర్బనం అణువు బరువు 12 గ్రాములా? ఎవ్వరైనా వింటే నవ్విపోతారు.

ఒక అంతర్జాతీయ ఒప్పందం ప్రకారం కర్బనం-12 (అనగా 6 ప్రోటానులు, 6 నూట్రానులు ఉన్న కర్బనం) అణు భారం 12.000 అని ఒప్పుకున్నారు. అనగా ఒక మోలు ప్రాప్తికి కర్బనం-12 అణువులని తూకం వేసి చూస్తే 12.000 గ్రాములు ఉంటుంది అని అర్థం. ఉంటుందో ఉండదో నాకు తెలియదు కానీ "ఉంటుంది" అని అంతర్జాతీయ ఒప్పందం. "మోలు ప్రాప్తికి" అంటే 602 000 000 000 000 000 000 000 = 6.02×10^{23} రేణువులు (ఇక్కడ అణువులు) అని తాత్పర్యం. ఈ సంఖ్య ఎక్కడ నుండి వచ్చింది?

డాల్టన్ సమకాలీకుడైన అవగాడ్రో ఇటలీలో, టూరిన్ నగరంలో, టూరిన్ విశ్వవిద్యాలయంలో ఆచార్యుడు. ఆయన ఏమన్నాడంటే "తాపోగ్రత (temperature), పీడనం (pressure) స్థిరంగా ఉన్నప్పుడు, సమానమైన ఉరువు (volume) గలిగిన వివిధ వాయువులలో సమానమైన "రేణువులు" (అణువులు కావచ్చు, బణువులు కావచ్చు) ఉంటాయి అన్నారు. అనగా, తాపోగ్రత, పీడనం ఒకటే అయినప్పుడు ఒక లీటరు ఉదజని (H) లో ఉన్న అణువులు, ఒక లీటరు ఆమ్లజని (O_2) లో ఉన్న

బణువులు, ఒక లీటరు మెథేన్ (CH_4) లో ఉన్న బణువులు, సరిసమానం అని అర్థం. (Equal volumes of gases, at the same temperature and pressure, contain equal numbers of molecules.) అలా అయన అన్నారు కనుక అయన గౌరవార్థం ఆ సంఖ్య కి అవగాడ్రో సంఖ్య అని పేరు పెట్టేరు కానీ ఆ సంఖ్య విలువ ఎంతో అయన చెప్పలేదు.

అవగాడ్రో సంఖ్య విలువని ఇంగ్లండులో మైకేల్ ఫేరడే ప్రయోగం చేసి కనుక్కున్నాడు. అయన చేసిన ప్రయోగం పేరు విద్యుత్ నిక్షేపణం (electrodeposition). ఈ ప్రయోగంలో విద్యుత్ ప్రవాహం సహాయంతో 108 గ్రాముల వెండిని (అనగా, ఒక మోలు వెండిని) తూకం వేసి విద్యుత్తు సహాయంతో ఒక పళ్లెం మీద పూత పూస్తారు. ఇలా పూత పూయడానికి ఎంత విద్యుత్తు ("కరెంటు") ఖర్చు అవుతుందో కొలుస్తారు. ఇక్కడ జరిగిన ప్రక్రియని ఈ దిగువ చూపిన సమీకరణం ద్వారా వెల్లడి చెయ్యవచ్చు.

$$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag^0$$

ఇక్కడ Ag^+ అంటే ధనావేశంతో ఉన్న ఒక వెండి అయాన్. అదే విధంగా e^- అంటే ఋణావేశంతో ఉన్న ఒక ఎలక్ట్రాను. ఈ రెండింటిని సంయోగపరిస్తే తటస్థంగా ఉన్న వెండి మూలకపు అణువు (Ag^0) వస్తుంది అని ఈ సమీకరణం చెబుతోంది. అనగా ఎన్ని ఎలక్ట్రానులు (లేదా, ఎన్ని కూలుంబుల ఆవేశం లేదా ఛార్జి) ఖర్చు అవుతున్నాయో కొలవగలిగితే అన్ని వెండి అణువులు, సమీకరణంలో, కుడి వైపు నిక్షేపం చెందుతున్నాయని అర్థం అవుతోంది కదా. ఫేరడే ప్రయోగం ద్వారా ఒక మోలు వెండిని

5. అణు వాదంలో రసగుళికలు

1. అణువు అంటే ఏమిటి?

గ్రీకు భాషలో "అ" అనే పూర్వప్రత్యయం 'కానిది' అనే అర్థాన్ని ఇస్తుంది; సంస్కృతంలో అశుభ్రం అంటే 'శుభ్రం కానిది' అయినట్లు. గ్రీకు భాషలో "తోమోస్" అంటే 'కత్తిరించు' అనే అర్థం వస్తుంది. ఇప్పుడు "అ" అనే పూర్వప్రత్యయాన్ని "తోమోస్" తో సంధించగా వచ్చిన మాట "అతోమోస్" అంటే కత్తిరించడానికి వీలు కానిది లేదా అవిభాజ్యం. ఇందులోంచి వచ్చిన "ఏటం" (atom) అంటే విభజించడానికి వీలు పడనంత చిన్న పదార్థం.

గ్రీకు, సంస్కృతం జ్ఞాతి భాషలు. సంస్కృతంలో ఈ రెండు మాటలని పోలిన మాట "ఆత్మ." ఈ ఆత్మ స్వభావం ఎటువంటిదో ఋగ్వేదంలో వచ్చే నారాయణ సూక్తం ఇలా చెబుతుంది:

"నీవారశూకవత్తన్వీ పీతా భాస్వత్యణూపమా | తస్యా"ః శిఖాయా మధ్యే పరమాత్మా వ్యవస్థితః"

అంటే, ఆత్మ అణు ప్రమాణంలో, మన హృదయ పీఠంలో వ్యవస్థితమై ఉంటుందని చెబుతోంది. ఈ వేద మంత్రాన్ని బట్టి అణువు అనే మాట వేదంలో ఉండడమే కాకుండా ఆత్మకి అణువుకి ఏదో అవినాభావ సంబంధం ఉన్నట్లు అనిపిస్తోంది కదా!

భగవద్గీత ఏమంటోంది?

“నైనం ఛిన్దన్తి శస్త్రాణి, నైనం దహతి పావకా”

అనగా, (అణుప్రమాణంలో ఉన్న) ఈ ఆత్మని కత్తితో కొయ్యలేము, మంటలో వేసి కాల్చలేము.

ఆధునిక శాస్త్రంలో “ఏటం” అన్న ఇంగ్లీషు మాటకి డాల్టన్ ఇచ్చిన నిర్వచనం కూడ ఇదే కనుక అణుప్రమాణంలో ఉన్న ఆత్మకి అణువుకి మధ్య ఉన్న పోలికని బట్టి “ఏటం” కి అణువు సమానార్థకమైన తెలుగు మాట అని మనం నిర్ధారించవచ్చు.

పోతే వాడుకలో చూద్దాం. మీరు ఎప్పుడైనా “పరమాణు బాంబు” అనే ప్రయోగం విన్నారా? Atom Bomb అంటే అణు బాంబే! మీరు ఎక్కడైనా “పరమాణు శక్తి” అనే ప్రయోగం చూసేరా? “అణు శక్తి” అంటే Atomic Energy. వాడుకలో మనం అణువుకీ, పరమాణువుకి మధ్య తేడాని గమనించడం లేదని మనవి చేసుకుంటున్నాను. ప్రాచీన కాలం నుండి మన సంప్రదాయంలో అణువు అంటే atom! పరమాణువు అంటే అణువులో అంతర్భాగం.

7. భౌతిక శాస్త్రంలో వచ్చిన పెను మార్పులు

రూథర్^ఫర్డ్ ప్రతిపాదించిన నమూనాని బోర్ ఎలా సవరించేడో తెలుసుకునే ముందు కొద్దిగా ఆ సవరణ వెనక ఉన్న చారిత్రాత్మక నేపథ్యం చూద్దాం.

సనాతన భౌతిక శాస్త్రంలో వచ్చిన పెద్ద మళుపులకి కారణభూతమైనవి ప్రయోగాలు. ఈ ప్రయోగాలే సిద్ధాంత సౌధాలకి పునాదులు. కనుక వీటి గురించి అవగాహన అత్యవసరం.

మనలో చాలామంది ఆకాశంలో ఇంద్రధనుస్సు (rainbow) చూసే ఉంటారు. వాతావరణంలోని నీటి తుంపరల మీద సూర్యరశ్మి పడ్డప్పుడు, ఆ నీటి తుంపరలు పట్టకం (prism) వలె ప్రవర్తించి సూర్యకిరణాలలోని రంగులని విడగొట్టగా మనకి సప్తవర్ణాలతో ఇంద్రధనుస్సు కనబడుతుంది. ఈ ఇంద్రధనుస్సునే భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు వర్ణమాల (spectrum) అని పిలుస్తారు. (లాటిన్ లో specter అంటే దృశ్యం, కనబడేది, దయ్యం, వగైరా అర్థాలు ఉన్నాయి. ఇందులోంచే spectator అనే మాట కూడా పుట్టింది.) ఈ వర్ణమాలలో కంటికి కనిపించే రంగులన్నీ, అవిచ్ఛిన్నంగా, ఒక రంగు నుండి మరొక రంగులోకి మారుతూ కనిపిస్తాయి కనుక దీనిని "అవిచ్ఛిన్న వర్ణమాల (continuous spectrum) అంటారు. ఇటువంటి అవిచ్ఛిన్న వర్ణమాల ఎలా ఉంటుందో చూడాలనిపిస్తే ఒకసారి ఆకాశంలో ఇంద్రధనుస్సు కనిపించినప్పుడు చూడండి. లేకపోతే ఈ దిగువ బొమ్మ చూడండి.

8. అణు యుగంలో గుళిక భావాలు

నల్లటి ఇనప కడ్డీని వేడి చేస్తే ముందు ఎర్రగాను, ఇంకా వేడి చేస్తే తెల్లగాను అవుతుంది. ఇది మనందరికీ తెలిసిన విషయమే. కానీ “చల్లగా ఉన్నప్పుడు నల్లగా ఉన్న కడ్డీ వేడెక్కుతున్నకొద్దీ ఎందుకు రంగు మారుతుంది?” ఈ రకం ప్రశ్న మనలాంటి సామాన్యులు అడగరు. కానీ జెర్మనీలో మాక్స్ ప్లాంక్ అడిగేరు. ప్రయోగాలు చేసి చూసేడు. మంటలో ఉన్న శక్తి (energy) “ఒక నదీ ప్రవాహంలా” కొలిమి నుండి కడ్డీ లోకి ప్రహిస్తుంది అని అనుకున్నంతసేపూ ఆయనకి సంతృప్తికరమైన సమాధానం దొరకలేదు. కాని, వేడి కొలిమి నుండి కడ్డీ లోకి “వాన చినుకులులా, బొట్లు బొట్లుగా,” ప్రవహిస్తోంది అని అనుకుంటే ప్రయోగానికి, సిద్ధాంతానికి మధ్య పొత్తు కుదురుతోంది. ప్రత్యక్ష ప్రమాణానిదే పైచేయి కనుక – అయిష్టంగానే – శక్తి ధారలా ప్రవహించదు, బొట్లు బొట్లు గానే ప్రవహిస్తుంది అని, సా. శ 1900 నాటికి అందరూ ఒప్పుకోక తప్పలేదు. అనగా ఉష్ణ శక్తి నిజ స్వరూపం బొట్లు, బొట్లుగా, గుళికలలా, ఉంటుంది (heat energy is quantized).

సనాతన భౌతిక శాస్త్రానికి కొరకరాని కొయ్యలా తయారయిన మరొక ప్రయోగం తేజోవిద్యుత్ ప్రభావం (photoelectric effect). ఈ రోజుల్లో ఎన్నో ఉపకరణాలు ఈ తేజోవిద్యుత్ ప్రభావం మీద అధారపడి పని చేస్తున్నాయి కనుక ప్రాయోగికంగా ఇది ముఖ్యమైన అంశం.

విద్యుదయస్కాంత వికిరణం (electromagnetic radiation) కొన్ని పదార్థాల (ఇవి లోహాలు (metals) కావచ్చు, ఘన రూపంలో ఉన్న అలోహాలు (non-metals) కావచ్చు, ద్రవాలు కావచ్చు, లేదా వాయువులు కావచ్చు) మీద పడ్డప్పుడు ఆ పదార్థాలు అలా పతనమవుతూన్న వికిరణం లోని శక్తిని పీల్చుకొని, కొన్ని ఎలక్ట్రానులని విడుదల చేస్తాయన్న గమనిక ఈ ప్రభావం యొక్క లక్షణం.

మామూలు భాషలో చెప్పుకోవాలంటే కాంతి కొన్ని లోహాల మీద పడ్డప్పుడు ఎలక్ట్రానులు ఒక ప్రవాహంలా పుట్టుకొస్తాయి. ఈ ఎలక్ట్రాను ప్రవాహమే విద్యుత్ ప్రవాహం. ప్రవాహాన్ని ఇంగ్లీషులో "కరెంట్" (current) అని అంటారు కనుక ఇక్కడ ఇలా పుట్టుకొచ్చిన ప్రవాహాన్ని "ఫోటోఎలక్ట్రిక్ కరెంట్" (photoelectric current) అని అంటారు. దీనిని మనం కావలిస్తే "తేజోవిద్యుత్తు" ప్రవాహం అని తెలుగులో అనొచ్చు. ఈ సందర్భంలో మనకి కొరుకు పడని సమశ్య ఏమిటని అడుగుతున్నారా? ఈ తేజో ఎలక్ట్రానులలో ఉన్న శక్తి ఆ పదార్థం మీద పతనమయే విద్యుదయస్కాంత తరంగాల తీవ్రత (intensity) మీద కాకుండా ఆ కెరటాల తరచుదనం (frequency) మీద ఆధారపడి ఉంటుందని ప్రయోగం ద్వారా తెలిసింది. అంతే కాదు. పతనమయే తరంగాల తరచుదనం ఎక్కువ అయే కొద్దీ విడుదల అయే "తేజో ఎలక్ట్రాను"ల జోరు పెరుగుతుంది; అంటే, ఎక్కువ కరెంటు ప్రవహిస్తుంది. ఇది ప్రయోగం చెయ్యగా తెలిసిన విషయం. సనాతన భౌతిక శాస్త్రం ఎందుకు ఇలా జరుగుతోందో వివరించి చెప్పలేక పోయింది.

End of Preview.

Rest of the book can be read @

http://kinige.com/book/Gulika+Rasayanam

* * *