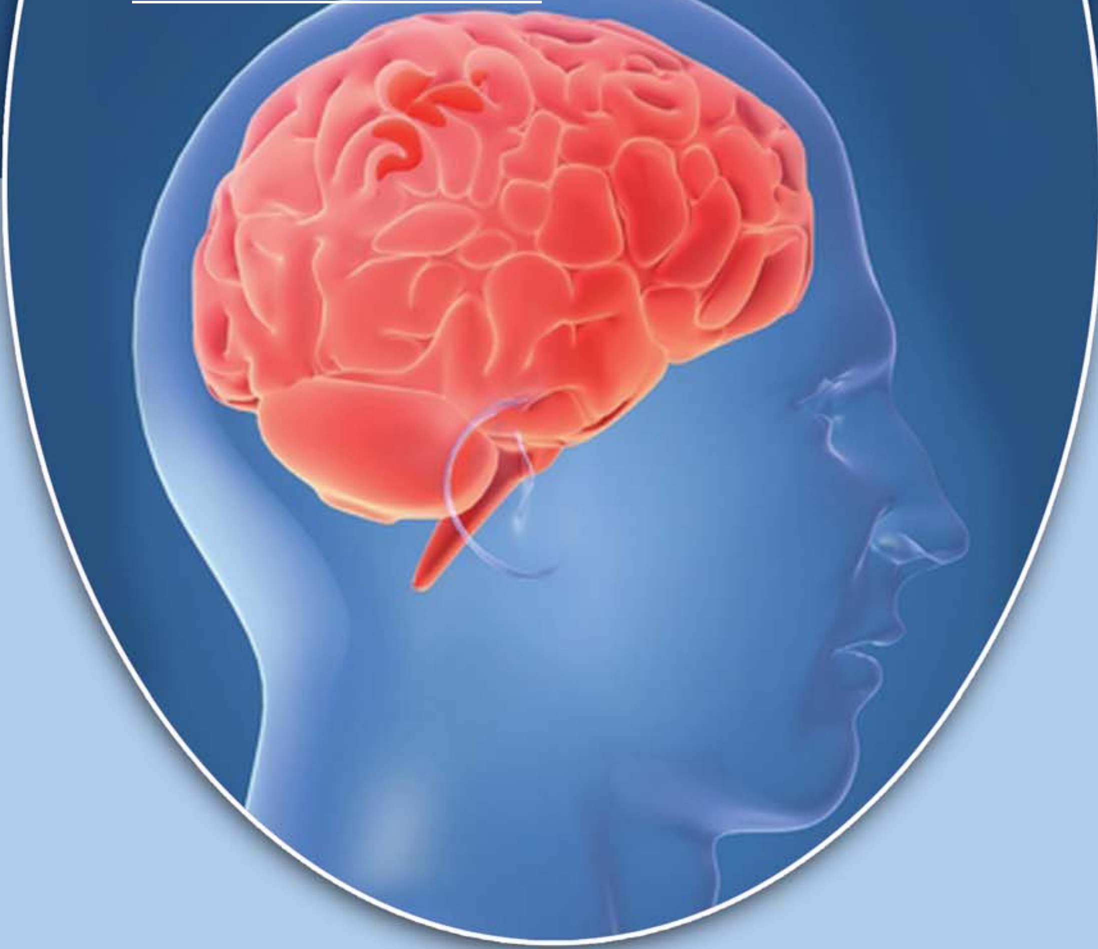
ఎలా తెలుసుకున్నాం? - 29



మెదడు

ఐజాక్ అసిమోవ్

అనువాదం

డా॥ వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి

జన విజ్ఞాన వేదిక

మంచి పుస్తకం

ఎలా తెలుసుకున్నాం - 29

మెదడు

ఐజాక్ అసిమోవ్

అనువాదం : డా॥ వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి

జన విజ్ఞాన వేదిక **మంచి పుస్తకం**

How Did We Find Out About The Brain? by Isaac Asimov

ఎలా తెలుసుకున్నాం? - 29

మెదడు

రచయిత : ఐజాక్ అసిమోవ్

అనువాదం : డా|| వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి

ప్రచురణ : నవంబరు, 2009

ప్రతుల సంఖ్య : 2000

వెల : రూ. 18/-

ISBN : 978-93-80153-17-9

ప్రచురణ, ప్రతులకు :

జన విజ్ఞాన వేదిక

జి. మాల్యాద్రి, కన్వీనర్, ప్రచురణల విభాగం

162, విజయలక్ష్మీనగర్

నెల్లూరు - 524 004

ఫోన్ : 94405 03061

మంచి పుస్తకం

12-13-450, వీధి నెం.1

తార్నాక, సికింద్రాబాదు 500 017

ఫోన్ : 94907 46614.

email : info@manchipustakam.in

website : www.manchipustakam.in

కంపోజింగ్, లే అవుట్ : పద్మ

ముఖచిత్ర డిజైన్ : అంకుష్ గ్రాఫిక్స్ & డిజైనర్స్

ముద్రణ : దక్కన్ ప్రెస్,
1-9-1126/బి,
అజామాబాద్, హైదరాబాదు,
ఫోన్: 040-64543411

విషయ సూచిక

1.	మెదడు...	. . .	03
2.	మెదడుతో వచ్చిన చిక్కు	. . .	11
3.	మెదడు కణాలు	. . .	20
4.	నాడీ సంకేతం	. . .	25
5.	పార్శ్వాలు - నిద్ర	. . .	38

మెదడు

మన తలలో 1.35 కిలోల బరువు ఉండే ఒక సుతిమెత్తని మాంసపు ముద్ద ఒకటి ఉంది. దాని ఉపరితలం అంతా ముడుతలు పడి ఒక పెద్ద వాల్నట్‌లా ఉంటుంది. అదే మెదడు.

అది రోజంతా ఏమీ చేస్తున్నట్లు ఉండదు. ఊరికే కూర్చున్నట్లు ఉంటుంది. కాని అది చాలా ముఖ్యమైన అవయవమే అయ్యుంటుంది. అది గట్టి కపాలపు ఎముకల గదిలో భద్రపరిచి ఉంటుంది. శరీరంలో మరే ఇతర అంగానికి అంత గొప్ప రక్షణ లేదు.

ఉదాహరణకి గుండె కూడా శరీరంలో ఒక ముఖ్యమైన అంగమే. రొమ్మును కాపాడే పక్క ఎముకల వరస గుండెని కూడా కాపాడతాయి. అయితే ఈ పక్క ఎముకల మధ్య సందులు ఉంటాయి. ఈ సందుల్లోనుంచి కత్తిని పోనిచ్చి గుండెకి గాయం చేస్తే క్షణాల్లో మనిషి చనిపోతాడు. కాని కపాలంలో అలాంటి సందులేవీ లేవు.

శరీరం సజీవంగా ఉండాలంటే ఆక్సిజన్ కావాలని మనకి తెలుసు. ఆ ఆక్సిజన్ గాల్లో ఉంటుంది. మనం శ్వాస తీసుకున్నప్పుడు ఆక్సిజన్ మన శరీరంలోకి ప్రవేశిస్తుంది. ఆక్సిజన్ మన శరీరంలోని ఆహారంతో కలిసి మనకి శక్తిని ఇస్తుంది.

పని చేసే కండరాలు ఎంతో శక్తిని వాడుకుంటాయి. అందుకే వాటికి చాలా ఆక్సిజన్ కావాలి.

మన కండరాలతో మనం చురుగ్గా పని చేస్తూ, బరువులు ఎత్తడం, కట్టెలు కొట్టడం వంటివి చేస్తున్నప్పుడు ఆయాసం వస్తుంది. రొప్పుతాం. అప్పుడు ఇంకా బలంగా ఊపిరి తీసుకుంటాం. అదనపు శక్తి కోసం అదనపు ఆక్సిజన్ కావాలిగా మరి!

అయితే మనం పీల్చుకునే ఆక్సిజన్‌లో ఇంచుమించు నాలుగో వంతు

మెదడు వాడేస్తుంది. ఊరికే కిమ్మనకుండా కూర్చుని ఉన్నా అంత శక్తిని వాడేస్తోంది ఈ అవయవం. అంటే మెదడు నిజంగా ఏదో ముఖ్యమైన వ్యవహారాన్నే నడిపిస్తోంది అన్నమాట.

ఒక్కొక్కసారి శ్వాసకి ఏదైనా అడ్డు తగిలినప్పుడు ఊపిరి తీసుకోవడం కష్టం అవుతుంది. శరీరంలో మిగతా అవయవాలు ఆక్సిజన్ లేకుండా కొంతకాలం మనగలవు. కాని మెదడు ఆక్సిజన్ లేకుండా కొద్ది నిముషాలు మాత్రమే ఉండగలదు. అలా కొద్ది నిముషాలు గడిచాయంటే ఇక మెదడు చేస్తున్న పని ఆపేస్తుంది. అప్పుడిక ప్రాణాలు పోవడం ఖాయం.

మెదడుకి ఆక్సిజన్ ఎంత అవసరమో ప్రాచీనులకి తెలియదు. అసలు ఆక్సిజన్ అంటే ఏమిటో కూడా వాళ్ళకి తెలియదు. అయితే వాళ్ళకి ఒక విషయం బాగా తెలుసు. ఒక మనిషిని నెత్తిమీద గట్టిగా మొత్తితే కాసేపు దిమ్మతిరిగిపోయినట్లు ఉంటుంది. ఆ తరవాత అతడి ప్రవర్తనలో మార్పులు కనిపిస్తాయి. అతడి ఆలోచనలలో, చేష్టలలో ఏదో తేడా కనిపిస్తుంది.

కాబట్టి మనిషి ఆలోచనలకి, అనుభూతులకి ఆధారభూతంగా ఉండే అవయవం మెదడేనని ఎంతో మంది ప్రాచీన పండితులు అనుకునేవారు. అలాంటి పండితులలో ప్లేటో (427–347 క్రీ.పూ.) ఒకడు.

ప్రాచీన పాశ్చాత్య లోకంలో గొప్ప పరపతి ఉన్న తాత్వికులలో ప్లేటో శిష్యుడైన అరిస్టాటిల్ (384–322 క్రీ.పూ.) ఒకడు. భావాలకి, భావావేశాలకి కేంద్రం హృదయం అని ఇతడు నమ్మేవాడు. అవును మరి, మనం ఉద్వేగపడినప్పుడు గుండె వేగంగా కొట్టుకుంటుంది. ప్రశాంతంగా ఉన్నప్పుడు గుండె కూడా నెమ్మదిస్తుంది. భావాలకి, అనుభూతులకి ఆధారం గుండె అయితే ఇక మెదడు ఏం చేస్తున్నట్టు?

హృదయంలో వేడెక్కిన రక్తం మెదడుని చేరి చల్లబడుతుందని అరిస్టాటిల్ ఊహించాడు.

మెదడు పని రక్తాన్ని చల్లార్చడమే అయితే దానికంత కఠినమైన కపాలపు

రక్షణ ఎందుకు? ఛాతీ మీద తగిలిన దెబ్బ కన్నా నెత్తి మీద తగిలిన దెబ్బ వల్ల మనకి స్పృహ కోల్పోయే ఆస్కారం ఎక్కువ. ఎందుచేత? జంతువులలో కన్నా మనిషి శరీరం కన్నా పెద్దవే అయినా వాటి మెదడు పరిమాణం తక్కువే. బృహత్కాయాలు గల ఏనుగులకి, తిమింగలాలకి మాత్రం మనిషి మెదడు కన్నా పెద్ద మెదళ్ళు ఉంటాయి.

ఈ సమాచారం దృష్ట్యా మెదడు విషయంలో అరిస్టాటిల్ సిద్ధాంతం సరైనదా లేదా అని చాలా మందికి సందేహం కలగసాగింది.

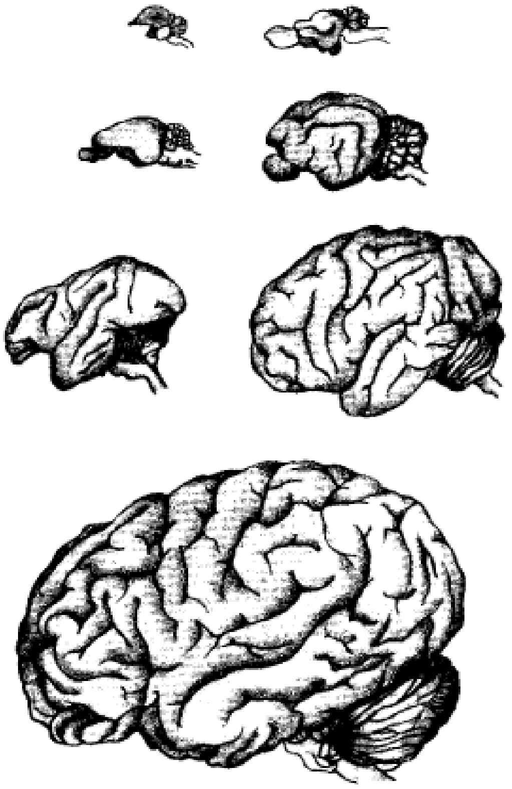
రమారమి క్రీ.పూ. 290 కాలంలో హీరోఫైలస్ (క్రీ.పూ. 335-280) అనే గ్రీకు వైద్యుడు మొట్టమొదటిసారిగా తన విద్యార్థుల ముందు శవాలని పరిచ్ఛేదించి ప్రదర్శించడం మొదలుపెట్టాడు. దీన్నే ఇప్పుడు మనం డిసెక్షన్ అంటున్నాం.

ఆ విధంగా దేహంలో వివిధ అంగాలని అధ్యయనం చెయ్యడానికి విద్యార్థులకు వీలవుతుంది. అలాంటి అధ్యయనాన్నే శరీరశాస్త్రం అంటారు.

మెదడును హీరోఫైలస్ చాలా క్షుణ్ణంగా పరిచ్ఛేదించి, పరిశీలించి ఒక నిర్ణయానికి వచ్చాడు. ప్లేటోలాగే ఇతడు కూడా మెదడే ఆలోచనకి, అనుభూతికి ఆధారం అని భావించాడు. మెదడుని శరీరంతో కలుపుతూ సన్నని తీగల్లాంటివి ఉండడం కూడా ఇతడు గమనించాడు. వీటికి నాడులు అని పేరు పెట్టాడు.

ఈ నాడులలో కొన్ని కండరాల వరకు, మరి కొన్ని కన్నుల వరకు, చెవుల వరకు విస్తరించి ఉండడం గమనించాడు హీరోఫైలస్. అంటే కొన్ని నాడులు కండరాలని అదిలించి మనిషిని కదిలిస్తాయని, మరి కొన్ని నాడులు మనం చూసే దృశ్యాలని, వినే శబ్దాలని మెదడుకి చేరవేస్తాయని అర్థం చేసుకున్నాడు.

హీరోఫైలస్ నడిచిన బాటలోనే నడిచిన మరో గ్రీకు వైద్యుడు ఉన్నాడు. ఇతడి పేరు ఎరసిస్ట్రాటస్ (క్రీ.పూ. 304-250). ఇతడు కూడా మెదడుని



వివిధ పరిమాణాల్లో మెదడులు

చాలా క్షుణ్ణంగా అధ్యయనం చేశాడు. మెదడు ఉపరితలం మీద ముడతలని విశదంగా వర్ణించిన వారిలో ఇతడు మొదటివాడు. జంతువుల మెదళ్ళ మీద కన్నా మనిషి మెదడు మీద ముడతలు ఎక్కువ అని ఇతడు గమనించాడు. బహుశ అందుకే మనిషికి జంతువు కన్నా తెలివితేటలు ఎక్కువేమోనని కూడా ఇతడు అభిప్రాయపడ్డాడు.

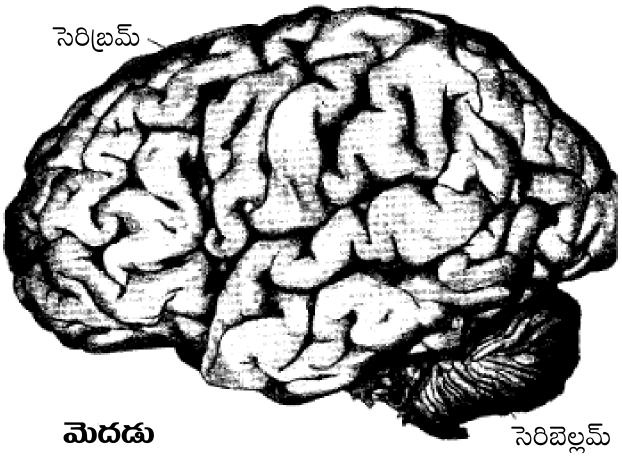
మెదడులో రెండు భాగాలు ఉన్నాయని ఇతడు గుర్తించాడు. ముందుకి ప్రస్ఫుటంగా కనిపించే పెద్ద భాగాన్నే మనం సెరిబ్రమ్ (ఈ పదానికి లాటిన్‌లో మెదడు అని అర్థం) అంటాం. వెనకగా, కొంచెం కిందగా ఉండే భాగానికే

సెరిబెల్లమ్ (ఈ పదానికి లాటిన్‌లో చిన్న మెదడు అని అర్థం) అని పేరు.

మెదడుని కప్పే పొరలని, మెదడులోని ఖాళీలని కూడా ఇతడు అధ్యయనం చేశాడు.

హీరోఫైలస్, ఎరసిస్ట్రాటస్‌ల కృషి అంతా ఈజిప్ట్‌లోని అలెగ్జాండ్రియా నగరంలో జరిగింది. ఆ రోజుల్లో ఆ మహానగరం విజ్ఞానానికి పుట్టినిల్లు. అయితే శవ పరిచ్ఛేద కార్యక్రమాలు మాత్రం ఈజిప్ట్ ప్రజలకి రుచించలేదు. అది వారి మతానికి విరుద్ధం. ఆ కారణం వల్ల ఈ ఇద్దరు పురోగాములు అంత గొప్ప ప్రారంభాన్ని అందించినా చాలా కాలంపాటు ఆ బాటలో ఇంకెవ్వరూ నడవలేకపోయారు.

రోమన్ సామ్రాజ్యం మహోన్నత దశలో ఉన్న రోజులు అవి. ఆ రోజుల్లోనే గొప్ప పేరున్న మరో గ్రీకు వైద్యుడు గాలెన్ (క్రీ.శ. 130-200) ఉండేవాడు. మానవ కళేబరాలని పరిచ్ఛేదించకూడదనే నిషేధం ఇతడి మీద కూడా ఉండేది. అందుకే ఇతడు మానవ కళేబరాలకి బదులు జంతు దేహాలని పరిచ్ఛేదించేవాడు. ఈ పద్ధతి వల్ల ఇతగాడు ఎన్నో సందర్భాల్లో పొరబడ్డాడు. కుక్కలు, పందులు మొదలైన జంతువుల అంగాలకీ మనిషిలోని అంగాలకీ మధ్య ఎన్నో తేడాలు ఉన్నాయి.



మెదడు

ఇతగాడు మెదడులో మరోభాగం గురించి కూడా కొన్ని అధ్యయనాలు చేశాడు. సెరిబెల్లమ్‌కి అడుగున మెదడు నుంచి తోకలాంటి ఒక భాగం కిందకి దిగుతూ కనిపిస్తుంది. అలా దిగే భాగంలో మొదటి భాగాన్ని మెడుల్లా అబ్లాంగేటా అంటారు. బారెడు పొడవున ఈ తోక ఇంకా కిందకి దిగుతుంది. దీన్నే వెన్నుపాము అంటాం. మెత్తని ఈ వెన్నుపాముకి రక్షణగా ఎముకలతో నిర్మితమైన ఒర లాంటిది ఉంటుంది. అదే వెన్నుపూస. మెదడు నుండి పుట్టుకొచ్చినట్టే ఈ వెన్నుపాము నుండి కూడా నాడులు పుట్టుకొస్తూ కనిపిస్తాయి.

జంతువుల వెన్నుపాముని ఛేదిస్తే ఏం జరుగుతుందో గాలెన్ అధ్యయనం చేశాడు. వెన్నుపాముని బాగా పైభాగంలో మెదడుకి దగ్గరగా కోస్తే జీవి వెంటనే చనిపోతుంది. ఇంకా కిందగా కోస్తూ వస్తే ఒక్కొక్క స్థాయిలో కొన్ని ప్రత్యేకమైన కండరాలు చచ్చుబడి పోవడం కనిపిస్తుంది. దీన్ని బట్టి వెన్నుపాము నుండి వచ్చే నాడులు కండరాలని అదిలిస్తాయని తేలింది.

దురదృష్టవశాత్తు రోమన్ల హయాంలోనే సైన్సుకి గడ్డు రోజులు మొదలయ్యాయి. రోమన్ సామ్రాజ్య పతనం తరువాత విజ్ఞానానికి కూడా ఆయువు చెల్లినట్టు అయ్యింది. గాలెన్ తరవాత మరో వెయ్యేళ్ళ తరవాత గాని శాస్త్రవేత్తలు మళ్ళీ మానవ, జంతు దేహాల పరిచ్ఛేదాల జోలికి పోలేదు.

1316లో మాండినో ద లూత్సీ (1275–1326) అనే ఇటాలియన్ వైద్యుడు శరీర శాస్త్రం మీద సమగ్రంగా ఒక పుస్తకం రాశాడు. ప్రపంచ చరిత్రలో శరీర శాస్త్రం మీద ప్రత్యేకించి రాసిన పుస్తకాల్లో ఇదే మొదటిదేమో. అయితే ఆ పుస్తకంలో అన్నీ తప్పుల తడకలే. ఇతగాడు స్వానుభవాన్ని నమ్ముకోకుండా గాలెన్ చెప్పిందే వేదం అని నమ్మాడు. ఏదేమైనా ఇదో గొప్ప ప్రారంభం అనే అనుకోవాలి.

జగద్విఖ్యాతి గల ఇటాలియన్ కళాకారుడు లియొనార్డో డా వించీ (1452-1519) తన కళని మరింత సజీవం చేసుకోవాలని ఎన్నో శవపరిచ్ఛేదాలని గావించి, కళని విజ్ఞానంతో అద్భుతంగా మేళవించాడు. ఆ ప్రయత్నంలో కనీసం 30 మానవ కళేబరాలని పరిచ్ఛేదించి పరీక్షించాడు. గాలెన్ భావాలలో పొరబాట్లని ఎత్తి చూపిన ప్రథముడు ఇతడే.

అయితే లియొనార్డో తన ఆవిష్కరణల గురించి వెల్లడి చెయ్యకుండా తన వద్దే గుప్తంగా దాచుకున్నాడు. ఆ కారణం వల్ల అతడు రాసుకున్న సంగతులన్నీ అతడి మరణానంతరం ఎంతో కాలానికి గానీ ఇతరులకి తెలియలేదు.

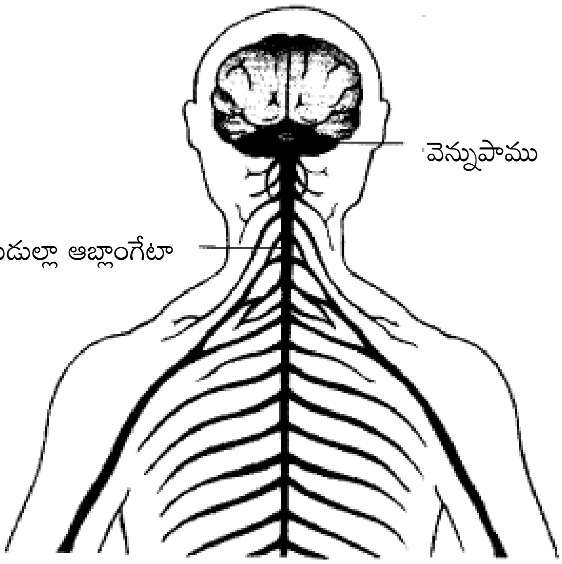
ఆధునిక శరీర శాస్త్రానికి నిజంగా పునాదులు వేసినవాడు బెల్జియన్ శాస్త్రవేత్త ఆండ్రియాస్ వెసేలియస్ (1514-1564). లియొనార్డో లాగానే వెసేలియస్ కూడా ఎన్నో మృత కళేబరాలని పరిచ్ఛేదించి చూశాడు. అయితే ఇతడు తన ఆవిష్కరణల గురించి అందరికీ తెలిసేలా ప్రచురించాడు. 1543లో ఇతడు సైన్సు లోకంలో శిరోధార్యం అనదగ్గ ఒక పుస్తకాన్ని ప్రచురించాడు. దాని పేరు "మానవ శరీర నిర్మాణం". ఆ రోజుల్లో అత్యుత్తమ కళాకారులు ఆ పుస్తకానికి కావలసిన బొమ్మలు వేశారు. అప్పటికే అచ్చు పరిశ్రమ ఉంది. కాబట్టి ఆ పుస్తకం అచ్చయ్యి యూరప్ అంతా వ్యాపించింది. నిర్దోషంగా, అద్భుతంగా రూపొందింది ఆ పుస్తకం. గాలెన్ చేసిన తప్పులని సరిదిద్ది ఒప్పులని చెప్పింది ఆ పుస్తకం.

వెసేలియస్ మెదడుని పరీక్షించి దాన్ని చాలా కచ్చితంగా వర్ణించాడు. గాలెన్ వెన్నుపాము మీద చేసిన ప్రయోగాలు ఇతడు కూడా చేసి చూశాడు. మెదడు, వెన్నుపాము, వాటి నుండి పుట్టుకొచ్చే నాడులు - ఇవన్నీ కలిసి నాడీమండలం అవుతాయని అతడు గుర్తించాడు.

వెసేలియస్ కాలం తరువాత మనుషులు మానవ శరీరాలని ధైర్యంగా పరిచ్ఛేదం చెయ్యడం మొదలుపెట్టారు. వివిధ అంగాల గురించి వివరంగా

తెలుసుకోసాగారు. ఎంతోమంది శరీర శాస్త్రవేత్తలు వివిధ నాడుల గతులని అనుసరిస్తూ అవి ఎక్కడెక్కడికి పోతున్నాయో పరిశీలించారు.

ఆల్బ్రెక్ట్ వాన్ హేలర్ (1708–1777) అనే స్విస్ జీవశాస్త్రవేత్త కండరాలు ప్రేరణలకి స్పందిస్తాయని నిరూపించాడు. అంటే వాటిని తాకితే అవి సంకోచిస్తాయన్న మాట. అంతేకాక కండరాన్ని చేరే నాడిని తాకినా ఆ కండరం స్పందిస్తుంది. అసలు కండరాన్ని తాకడం కన్నా నాడిని తాకితే కండరం మరింత తేలికగా స్పందిస్తుంది. ఆ విధంగా (నాడులు సంధించి ఉన్న) మెదడు మనిషి కదలికలని కలుగచేస్తోందని హేలర్ అధ్యయనాలతో తేటతెల్లం అయ్యింది.



మెదడు, వెన్నుపాముల కలయిక

అంతేకాక శరీరంలోని నాడులన్నిటి ఆరంభం మెదడులో గాని, వెన్నుపాములో గాని ఉంటుందని నిరూపించాడు హేలర్. మెదడు, వెన్నుపాము కలిసే ఉంటాయి కాబట్టి అవన్నీ ఒక సమగ్రమైన నాడీమండలంలో భాగాలని తేలింది.

2. మెదడుతో వచ్చిన చిక్కు

మెదడు, వెన్నుపాము మనిషిలోని భావాలని, భావావేశాలని శాసిస్తున్నాయని తేలాక మెదడు సక్రమంగా పని చెయ్యనప్పుడు మనిషి ప్రవర్తన ఎలా మారుతుంది అన్న ప్రశ్న తలెత్తింది. మెదడుకి గాయం అయినా, రోగం సోకినా ఏం జరుగుతుంది?

మెదడు మరీ ఎక్కువసేపు పని చెయ్యకుండా ఉండిపోతే మనిషి స్పృహ కోల్పోతాడు. దీనినే స్ట్రోక్ లేదా అపోప్లెక్సీ (గ్రీకు భాషలో ఈ మాటకి అర్థం 'దెబ్బ కొట్టడం') అంటారు. మెదడు గురించి ఏమీ తెలియని వారికి మరి స్ట్రోక్ వాతపడ్డ మనిషి ఏ అదృశ్య శక్తో, ఏ దేవతో, దెయ్యమో కొట్టిన దెబ్బకి కుప్పకూలినట్టు కనిపించిందేమో.

స్ట్రోక్ వల్ల మరణం సంభవించవచ్చు. లేక మనిషి సజీవంగా ఉన్నా శరీరంలో ఒక భాగం చలనం లేకుండా చచ్చుబడిపోనూవచ్చు. మెదడులో చిన్న చిన్న రక్తనాళాలు పూడుకుపోవడమో, తెగిపోవడమో స్ట్రోక్‌కి కారణం అని ఇప్పుడు మనకి తెలుసు. రక్తనాళాలు దెబ్బతిన్నప్పుడు మెదడులో ఆ ప్రాంతంలో ఆక్సిజన్ అందక మెదడు పని చెయ్యడం ఆగిపోతుంది.

మెదడులో మరీ అంత విపరీతంగా కనిపించని సమస్యలు కూడా తలెత్తవచ్చు. మనిషిలో అప్రయత్నమైన కదలికలు పుట్టవచ్చు. మనిషి హఠాత్తుగా కిందపడి, నురగలు కక్కుతూ, విలవిలలాడవచ్చు. అవతలి వారికి కనిపించని దృశ్యాలు కనిపించవచ్చు (వాస్తవంలో లేని విషయాలని చూడడాన్ని, వినడాన్ని విభ్రాంతి అంటారు).

ప్రాచీన కాలంలో ఇలా విభ్రాంతిని అనుభూతి చెందేవాళ్ళు నిజంగా మరేదో అదృశ్య లోకంలోకి తొంగి చూస్తున్నారని అనుకునేవారు. ఏ దేవతల నుండో సందేశాలని అందుకుంటున్నారని అనుకునేవారు. బహుశ దేవతలు ఆ శరీరాన్ని ఆవహించి దాన్ని పూర్తిగా స్వాధీనం చేసుకున్నారని అనుకునేవారు.

అకస్మాత్తుగా కిందపడి విచిత్రంగా ప్రవర్తించి, అంతలోనే మామూలుగా అయిపోయే వ్యక్తుల విషయంలో ఇలాంటి నమ్మకాలు మరీ నిజంగా అనిపించాయి. అలాంటి అవస్థనే "కింద పడే రోగం" అన్నారు. వైద్య పరిభాషలో ఆ రోగం పేరు ఎపీలెప్సీ (గ్రీకులో ఈ మాటకి అర్థం ఆవాహన). ఈ రోగంలో దేవతలు మనిషిని ఆవహించి తాత్కాలికంగా స్వాధీనం చేసుకున్నట్టు అనిపించింది.

గ్రీకులు ఎపిలెప్సీని 'పవిత్రమైన వాధి'గా వ్యవహరించేవారు. ఆ జబ్బు సోకిన వారిని ఆరాధనా భావంతో చూసేవారు. వారికి భవిష్యత్తు కూడా తెలుస్తుందని నమ్మి వారిని భవిష్యత్తు తెలిసిన ప్రవక్తలుగా పరిగణించేవారు.

ఈ ధోరణి ఇంకా విస్తరించి కాస్త విచిత్రంగా ప్రవర్తించే వారిని, అదే పనిగా అవే మాటలు మాట్లాడుతూ ఉండేవారిని కూడా అదే విధంగా ఆరాధనా భావంతో పరిగణించేవారు. తరువాత కాలంలో అలాంటి వాళ్ళని పిచ్చివాళ్ళని, ఉన్మాదులని అన్నారు. అలాంటి వాళ్ళను దేవతలు ఆవేశించిన వారు అని నమ్మేవారు.

ఎపిలెప్సీతో గాని, ఉన్మాదంతో గాని బాధపడుతున్న వారి విషయంలో దేవతల ప్రమేయం ఉందని నమ్మినంత కాలం తమ చుట్టూ ఉన్న వాళ్ళు వారిని గౌరవాదరాలతో చూసేవారు. కాని కాలక్రమేణా అది దేవత ప్రభావం కాదని, దెయ్యం ప్రభావం అని మనుషులు నమ్మసాగారు. పిచ్చివారిని, ఎపిలెప్సీ ఉన్న వారిని దెయ్యాలు పట్టి పీడిస్తుంటాయని ఊహించుకున్నారు. అలాంటి రోగులకు తిరిగి మానసిక స్వస్థత చేకూర్చాలంటే ఆ దెయ్యాలని బయటికి తరిమెయ్యాల్సిందే!

కొన్నిసార్లు ఈ దెయ్యాలని తరిమేసే కార్యక్రమాలు చాలా క్రూరంగా, అమానుషంగా ఉండేవి. పిచ్చివారిని కొట్టి, గొలుసులతో కట్టి నానా విధాలుగా చిత్రహింసలు పెట్టేవారు. ఇక ఉన్మాదుల శరణాలయాలలో పరిస్థితులు

మరీ ఘోరంగా ఉండేవి. అక్కడ వారు పడే యాతనలు చూసి నవ్వుకోడానికి వెళ్ళే 'మామూలు' మనుషులూ ఉండేవారు.

మానసిక వ్యాధులు అనే వాటిలో దేవతల, దెయ్యాల ప్రమేయం లేకపోవచ్చుని నమ్మిన వారు కూడా ఉన్నారు. శతాబ్దాల మానవ చరిత్రలో ప్రతి దశలోనూ పిచ్చివారు కేవలం ఆరోగ్యం దెబ్బతిన్నవారని, వారిని చిత్రహింస పెట్టక, కరుణతో చేరదీయాలని నమ్మిన వైద్యులు ఉంటూనే ఉన్నారు. గ్రీకు వైద్యుడు హిప్పోక్రటిస్ (క్రీ.పూ. 460-370), అతడి అనుచరులు ఎపిలెప్సీ కూడా ఒక రోగమని, తక్కిన రోగాలలాగానే దాన్ని

హిప్పోక్రటిస్

కూడా నయంచేసే ప్రయత్నాలు చెయ్యాలని బోధించారు. దానికి ప్రకృతి సిద్ధమైన కారణాలు ఉన్నాయని, దానికి విరుగుడు ప్రార్థనలు, చిత్రహింసలు కావని, మందులతో దాన్ని నయం చెయ్యొచ్చని వాళ్ళూ బోధించారు.

ఇలాంటి నమ్మకాలనే చాటిన సొరానస్ (క్రీ.శ. 1, 2వ శతాబ్దాల నాటి వ్యక్తి) అనే మరో గ్రీకు వైద్యుడు కూడా ఉన్నాడు. ఇతగాడు రోమన్ల కాలంలో జీవించాడు.

కాని అలాంటి సౌమ్యమైన హితవు చాలామంది చెవికి ఎక్కలేదు. 'దెయ్యం ఆవహించింది' అనే సిద్ధాంతాన్నే ప్రజలు నమ్ముతూ వచ్చారు.

1789- ఫ్రెంచ్ విప్లవ జ్వాలలు దేశమంతా దావానలంలా పాకుతున్న రోజులు అవి. ఫ్రెంచ్ ప్రజలు తిరుగుబాటు చేసి అవినీతిమయమైన, అసమర్థమైన ఫ్రెంచ్ ప్రభుత్వాన్ని గద్దె దింపారు. ఆ విప్లవాల ప్రభావం శాస్త్రీయ రంగాల మీద కూడా ప్రసరించింది. కొత్త కొత్త పరిణామాలు, ప్రమాణాలు, కాలమానాలు రూపుదిద్దుకుంటున్న సంధి కాలం అది.

ఉన్మాదుల చికిత్సా పద్ధతుల్లో కూడా కొత్త ధోరణులు మొదలయ్యాయి. హిప్పోక్రటిస్, సొరానస్‌ల సాంప్రదాయాన్ని అనుసరిస్తూ మానసిక రుగ్మతలని అధ్యయనం చేసి, ఉన్మాదులకి మరింత సున్నితమైన చికిత్సలు రూపొందించాలని నమ్మే ఒక ఫ్రెంచ్ వైద్యుడు ఉన్నాడు. అతడి పేరు ఫిలిప్ పీనెల్ (1745-1826).

ఫిలిప్ పీనెల్

1793లో పీనెల్‌ని ఒక పెద్ద ఉన్మాద శరణాలయానికి అధికారిగా నియమించారు. అందులో ఏళ్ళ తరబడి గొలుసులతో కట్టేయబడ్డ రోగులు ఎందరో చాలా దీనావస్థలో ఉన్నారు. పీనెల్ వారి గొలుసులు విప్పించేశాడు. ఒక్కొక్క రోగి మీద ప్రత్యేక శ్రద్ధ చూపిస్తూ వారి బాగోగులు కనిపెట్టుకుంటూ ఉండేవాడు. ఇలాంటి సున్నితమైన పద్ధతుల వల్ల రోగులు బాగా కోలుకున్నారు.

ఉన్మాదుల చికిత్సలో ఆ విధంగా పీనెల్ ఒక విప్లవాన్ని సృష్టించాడు.

ఉన్మాదులతో సున్నితంగా, సాదరంగా వ్యవహరించే పద్ధతి మెల్లగా దేశదేశాలకి పాకింది. ఇంగ్లండ్, జర్మనీ, అమెరికా సంయుక్త రాష్ట్రాలు వంటి ఎన్నో దేశాలు ఆ పద్ధతులని స్వీకరించాయి. 1800 చివరికల్లా పాత కిరాతక పద్ధతులన్నీ నాగరిక ప్రపంచం నుండి మాయమైపోయాయి.

అంతా బాగానే ఉంది కాని అసలు మానసిక రుగ్మతలని నయం చేసేదెలా? మెదడు సక్రమంగా పనిచేయని పరిస్థితిలో దాన్ని సరిగ్గా పనిచేయించడమెలా?

మెదడు మీద సత్ప్రభావాన్ని చూపించగలిగే అంశాలు ఎన్నో ఉన్నాయి.

మన చుట్టూ చూసే ప్రపంచం నుండి నానారకాల దృశ్యాలు, శబ్దాలు, వాసనలు, రుచులు, స్పర్శలు, మాత్రమే కాక రకరకాల ఆలోచనలు కూడా మెదడుని చేరతాయి. వీటిలో మెదడుకి కాస్త శాంతి నిచ్చి, ఉపశమనాన్ని కలగచేసేవి ఎన్నో ఉంటాయి. దేనివల్లనయినా కాస్తంత స్వాంతన దొరుకుతుందని ఎవరైనా ప్రగాఢంగా నమ్మితే దాని వల్ల వాళ్ళకి నిజంగానే మేలు కలగవచ్చు.

మెదడుతో సంబంధం లేని అవయవంలో ఏదైనా దెబ్బ తిన్నా మెదడు ప్రభావం ఆ అవయవం మీద కనిపించవచ్చు. ఆ ప్రభావం వల్ల రోగం ఉపశమించవచ్చు లేదా ప్రకోపించవచ్చు కూడా.

ఉదాహరణకి ఒక మనిషికి ఏదో సమస్య ఉందని అనుకుందాం. అప్పుడా మిత్రుడు రోగి చెవిలో ఏవో విచిత్రమైన శబ్దాలు ఊదడం, చేతులతో ఏవో చేష్టలు చెయ్యడం, రకరకాలుగా స్పృజించడం వంటి పనులేవో చేశాడని అనుకుందాం. రోగికి ఈ ప్రక్రియల మీద, వాటిని ప్రయోగిస్తున్న వ్యక్తి మీద నమ్మకం ఉంటే అతడి పరిస్థితిలో ఎంతో కొంత మార్పు కనిపిస్తుంది.

కాలక్రమేణా మనుషులకి శరీరం గురించి, శరీర ధర్మాల గురించి ఎన్నో తెలిసొచ్చాయి. కేవలం నమ్మకం మీద పని చేసే చికిత్సల కంటే మరింత వైజ్ఞానికమైన చికిత్సల కోసం అన్వేషణ మొదలుపెట్టారు.

1700లో శాస్త్రవేత్తలు అయస్కాంతాల గురించి, విద్యుత్తు ప్రవహించే తీరు గురించి ఎన్నో అధ్యయనాలు చేశారు. అయస్కాంతాలే కాక విద్యుదీకృత వస్తువులు కూడా ఇతర వస్తువులని ఆకర్షిస్తాయని నిరూపితమయ్యింది. ఈ సాధనాలని ఉపయోగించి దేహంలోని రోగాలని ఆకర్షించి బయటకి పారదోలవచ్చని కొందరు అభిప్రాయపడ్డారు.

1774లో ఆస్ట్రియాలోని వియన్నాలో పని చేసే జర్మన్ వైద్యుడు ఫ్రాన్జ్ ఆంటాన్ మెస్మర్ (1734–1815) సరిగ్గా అదే ప్రయత్నించి చూశాడు. తన రోగుల శరీరాల మీదగా అయస్కాంతాలని పోనిస్తూ లోపల ఉన్న రోగాలని ఆకర్షించడానికి ప్రయత్నించాడు. ఈ ప్రయత్నాలు కొన్నిసార్లు సత్ఫలితాలు ఇచ్చినట్టు అనిపించింది. మెస్మరిసమ్ అన్న పేరు గల ఈ ప్రక్రియకి ఆ రోజుల్లో చాలా పలుకుబడి వచ్చింది. అయితే అయ స్కాంతానికి రోగం మీద పెద్దగా ప్రభావం ఉండదు. కాబట్టి ఇది కూడా నమ్మకం మీద ఆధారపడే ఒక విధమైన చికిత్సే అనుకోవాలి.

ఫ్రాన్జ్ ఆంటాన్ మెస్మర్

అయస్కాంతాలని పక్కనబెట్టి రోగి శరీరం మీద వట్టి చేతులని పోనిచ్చినా కొన్నిసార్లు ఫలితం కనిపించేదని మెస్మర్ గమనించాడు. అయితే ఈ పద్ధతిలో చాలా మంది విషయంలో ఏ మార్పూ

కలగ లేదు. వట్టిమాటలు చెప్పి ప్రజలని మోసం చేస్తున్నారని చాలా మంది మెస్మర్ గురించి పోలీసులకి ఫిర్యాదు చేశారు. ఆ కారణం వల్ల 1778లో మెస్మర్ వియన్నా వదిలి వెళ్ళిపోవలసి వచ్చింది.

పారిస్‌లో కొంతకాలం మెస్మర్ వ్యవహారం బాగానే నడిచింది. కాని కొంతకాలం తరువాత ముందు జరిగినట్టే జరిగింది. 1785లో మెస్మర్ పారిస్ నగరాన్ని కూడా వదిలి వెళ్ళిపోవలసి వచ్చింది.

అయితే మెస్మర్ బొత్తిగా మోసగాడు కాడు. మితిమీరిన ఉత్సాహంతో తన పద్ధతులతో ఎలాంటి రోగాన్నయినా నయం చెయ్యగలనని అనుకోవడమే అతడు చేసిన పొరబాటు. మెస్మర్ తరువాత ఆ మెస్మరిసాన్ని అభ్యసించిన వాళ్ళూ లేకపోలేదు.

1841లో జేమ్స్ బ్రెయిడ్ అనే స్కాటిష్ వైద్యుడు (1785–1860) మెస్మరిసమ్ మీద ఒక ప్రదర్శన కూడా ఇచ్చాడు. అందులో ఏదో ప్రభావం ఉండి ఉండొచ్చని అతడి నమ్మకం. ఆ పద్ధతివల్ల రోగాలు నయం అవుతున్న సందర్భాలలో ఆ పద్ధతులు మెదడు మీద ప్రభావం చూపిస్తున్నాయేమోనని అతడి ఆలోచన.

మనసు ఒక ప్రత్యేక లక్షణాన్ని బ్రెయిడ్ కనుక్కున్నాడు. అవిశేషంగా, అదేపనిగా కలిగే ఒక అనుభూతి మీద రోగిని తన మనసు లగ్నం చెయ్యమన్నప్పుడు కాసేపయ్యాక రోగి మనసు అలసట చెందుతుంది. ఆ అంశం మీద ధ్యాస సన్నగిల్లుతుంది. చుట్టూ ఉన్న అంశాల మీద ధ్యాస సన్నగిల్లి, రోగి ఒక విధమైన నిద్రావస్థలోకి జారుకుంటాడు. ఈ పద్ధతికి బ్రెయిడ్ హిప్నాటిజమ్ అని పేరు పెట్టాడు. ఇది గ్రీకు భాషలో నిద్ర అన్న అర్థం గల పదం నుండి వచ్చింది.

అయితే హిప్నాటిజమ్ వల్ల కలిగేది నిజమైన నిద్ర కాదు. ఎందుకంటే హిప్నాటిజమ్‌లో ఉన్న వ్యక్తికి అవతలి వారు అంటున్న మాటలు వినిపిస్తాయి. సచేతనమైన మనస్సుని నిద్రపుచ్చినప్పుడు, అడుగున ఉన్న అచేతనమైన

మనస్సు బయటి నుండి వచ్చే సూచనలని శ్రద్ధగా ఆలకిస్తుంది. సచేతనమైన మనస్సు కన్నా అచేతనమైన మనస్సు ఆ సూచనలని మరింత గాఢంగా నమ్ముతుంది.

కాబట్టి మెదడు మీద ప్రభావం చూబించి రోగాన్ని నయం చేయగలిగినప్పుడు, హిప్నాటిజమ్‌కి లోనయిన మనిషికి ఇచ్చే సూచనలకి వ్యక్తి మీద మరింత గాఢమైన ప్రభావం ఉంటుంది. మానసిక రోగాలని నయం చెయ్యడానికి వైద్యులు హిప్నాటిజమ్‌ని ఒక సాధనంగా వాడసాగారు.

అలాంటి వారిలో ఆస్ట్రియాకి చెందిన జోసెఫ్ బ్రాయర్ (1842 –1925) కూడా ఉన్నాడు. 1880లో అతడు ఒక విచిత్రమైన విషయం గుర్తించాడు. హిప్నాటిజమ్‌కి లోనయిన వ్యక్తికి మామూలు స్థితిలో జ్ఞాపకం రాని ఎన్నో విషయాలు జ్ఞాపకం రావడం అతడు గుర్తించాడు. ఆ జ్ఞాపకాలు మనసులో అచేతనమైన పొరలలో మరుగుపడి ఉన్నాయి. రోగిని ఇబ్బంది పెట్టే, బాధపెట్టే జ్ఞాపకాలు కాబట్టి అవి మామూలు స్థితిలో బయటికి రావడం లేదని అతడు గ్రహించాడు.

ఈ అచేతనమైన జ్ఞాపకాలు, ఆలోచనలు రోగి మీద అనుకోని ప్రభావాన్ని చూబించి, విచిత్రమైన రీతుల్లో అతడి ప్రవర్తనని మారుస్తున్నాయి. రోగి హిప్నాటిక్ స్థితిలో ఉన్నప్పుడు ఆ ఆలోచనలని, జ్ఞాపకాలని అతడి చేత వ్యక్తం చేయిస్తే, తిరిగి మామూలు స్థితికి వచ్చాక కూడా ఆ భావాలని, ఆలోచనలని గుర్తు పెట్టుకోమని చెబితే, రోగికి తన విచిత్రమైన ప్రవర్తనకి కారణం అర్థమై తన పద్ధతిని మానుకుంటాడని బ్రాయర్ అభిప్రాయం.

బ్రాయర్ ఈ సంగతులు అన్నీ సిగ్మండ్ ఫ్రాయిడ్ (1856–1939) అనే మరో ఆస్ట్రియన్ వైద్యుడితో చర్చించాడు. 1887లో ఫ్రాయిడ్ ఈ హిప్నాటిజమ్ పద్ధతిని తన రోగుల మీద ప్రయత్నించి అది బాగా పనిచేస్తోందని గుర్తించాడు. అయితే తరవాత 1890లలో హిప్నాటిజమ్ ప్రమేయం లేకుండా కూడా మంచి ఫలితాలు సాధించవచ్చని కనుక్కున్నాడు ఫ్రాయిడ్. రోగిని

ఊరికే తనకి నచ్చిన విషయాల గురించి స్వేచ్ఛగా మాట్లాడనిచ్చేవాడు. ఈ పద్ధతిలో ఒక జ్ఞాపకం మరో జ్ఞాపకాన్ని గుర్తు చేసి క్రమంగా మనసు పొరలలో దాగి ఉన్న జ్ఞాపకాలు ఒక్కటొక్కటిగా బయటపడతాయి. ఈ పద్ధతికి free association (స్వేచ్ఛాయుత అనుసంధానం) అని పేరు.

గుప్త జ్ఞాపకాలు కలలలో, సచేతనమైన మనసు తన పాలన నుండి తప్పుకున్న సమయంలో కూడా వెలికి రావచ్చని ఫ్రాయిడ్ ఆలోచించాడు. అందుకే కలలని గుర్తుంచుకోవడం ముఖ్యమని కలలని విశ్లేషిస్తే వ్యక్తి గురించి ఎన్నో అమూల్యమైన విషయాలు తెలుసుకోవచ్చని ఫ్రాయిడ్ అభిప్రాయపడ్డాడు. ఫ్రాయిడ్ రూపొందించిన పద్ధతులకి psychoanalysis (మనోవిశ్లేషణ) అని పేరు. మనోవ్యాధుల చికిత్సలో ఇతడి కృషికి గొప్ప ప్రభావం ఉండేది. అతని తరువాత ఎంతో మంది మనోవిశ్లేషణా నిపుణులు పలు రకాల మనోవిశ్లేషణా పద్ధతులని రూపొందించారు.

ఎంత సున్నితంగా చికిత్స చేసినా మనోవ్యాధులు ఉన్న వ్యక్తులు కొన్నిసార్లు విపరీతంగా, ప్రమాదకరంగా స్పందించడం కనిపిస్తుంటుంది. అలాంటి రోగులని ఊరికే కట్టి పడేయడం, లేకుంటే నిద్రపుచ్చే శక్తివంతమైన మందులు ఇవ్వడం వంటివి చేస్తుంటారు.

1952లో ట్రాంక్విలైజర్స్ అనే ఒక కొత్త రకమైన మందులని కనుక్కున్నారు. ఈ మందులు మనిషిని శాంతింపచేసి నిద్రపుచ్చుతాయి. అలాంటి మందుల వల్ల దుడుకుగా, ఆవేశంగా ప్రవర్తించే రోగులతో వ్యవహరించడం మరింత తేలిక అయ్యింది.

3. మెదడు కణాలు

1700 నాటికి మెదడు స్థూల నిర్మాణం గురించి చాలా విషయాలు తెలిశాయి. కాని కంటికి కనిపించని సూక్ష్మ వివరాల మాటేమిటి? వీటి అధ్యయనం కోసం సూక్ష్మదర్శినిని వినియోగించాల్సి ఉంటుంది.

1665లో రాబర్ట్ హూక్ (1635–1703) అనే ఇంగ్లీషు శాస్త్రవేత్త ఒక సన్నని బిరడా పొరని తన సూక్ష్మదర్శినిలో పెట్టి పరిశీలించాడు. బిరడా చెట్టు బెరడు నుండి ఇది వస్తుంది. అంటే అందులో ఉండేది మృతపదార్థం. చూడడానికి బిరడా ఘనపదార్థంలాగా కనిపిస్తుంది కాని సూక్ష్మదర్శినిలో చూస్తే అందులో చిన్న చిన్న చతురస్రాకారపు రంధ్రాలు కనిపించాయి. ఈ రంధ్రాలని హూక్ కణాలు (cells) అన్నాడు. చిన్న చిన్న గదులని మనం cells అంటాం.

జీవపరదార్థాన్ని సూక్ష్మదర్శినిలో చూసి పరిశీలించిన ఇతర శాస్త్రవేత్తలు కూడా ఉన్నారు. మొక్కల ధాతువుని పరీక్షించిన జర్మన్ జీవశాస్త్రవేత్త మథయాస్ జాకొబ్ ష్లైడెన్ (1804–1881) మొక్కల ధాతువు సన్నని పరిచ్ఛేదాలలో సూక్ష్మమైన విభాగాలు ఉన్నట్లు గుర్తించాడు. ఇవి కూడా హూక్ చూసిన కణాలలాగానే ఉన్నాయి. అయితే వీటిలో ఏదో చిక్కని ద్రవం నిండి ఉంది. కచ్చితంగా చెప్పాలంటే cells అన్న పదం ఖాళీ వస్తువులకే వర్తించాలి. కాని ష్లైడెన్ మొక్కలలో కనిపించిన ఈ నిర్మాణాలని కూడా cells అనే పిలిచాడు. జీవధాతులు చచ్చిపోయి బెరడుగా మారినప్పుడు ఏర్పడ్డ ఖాళీ రంధ్రాలనే హూక్ చూసాడు.

మొక్కలలోని జీవపదార్థం అంతా చిన్న చిన్న కణాలతో నిర్మితం అయ్యుంటుందని, వాటిని సూక్ష్మదర్శినిలో మాత్రమే చూడగలం అని 1838 కల్లా ష్లైడెన్ ఒక నిర్ణయానికి వచ్చాడు.

థియొడోర్ ష్వాన్ (1810–1882) అనే మరో జర్మన్ జీవశాస్త్రవేత్త

జంతు ధాతువు పరిచ్ఛేదాలని పరీక్షించాడు. ఈ ధాతువులో కూడా చిన్న చిన్న సూక్ష్మ విభాగాలు ఉన్నాయని గుర్తించాడు. 1839లో అతడు జంతువులలో కూడా కంటికి కనిపించనంత సూక్ష్మమైన కణాలు ఉన్నాయన్న నిర్ణయానికి వచ్చాడు.

ష్లైడెన్, ష్వాన్‌ల కృషి ఫలితంగా కణ సిద్ధాంతానికి పునాదులు ఏర్పడ్డాయి. జీవపదార్థం అంతా కణాలతో నిర్మితం అయ్యుంటుందని ఆ సిద్ధాంతం చెపుతుంది. కొన్ని అతి సూక్ష్మమైన మొక్కలు, జంతువులు నిజానికి ఏకకణ జీవాలు. కాని మనిషిలో మాత్రం కోట్ల కొద్దీ కణాలు ఉంటాయి.

కణ సిద్ధాంతమే నిజం అయితే మరి మెదడులో కూడా కణాలు ఉండాలి.

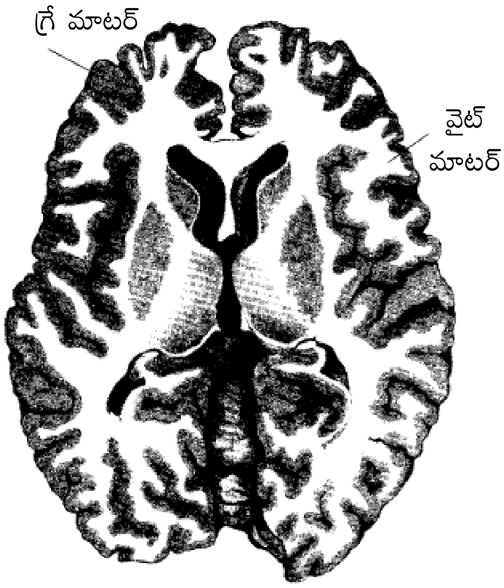
కణ సిద్ధాంతానికి పునాదులు పడుతున్న దశలో 1938లో రాబర్ట్ రేమాక్ (1815–1865) అనే పోలిష్ వైద్యుడు సూక్ష్మదర్శినిలో నాడులని పరీక్షిస్తూ కొన్ని ముఖ్యమైన పరిశోధనలు చేశాడు. నాడులు డొల్లగా లేవని మొట్టమొదట నిరూపించినవాడు ఇతడే. ప్రాచీన గ్రీకులు నాడులు డొల్లగా ఉంటాయని నమ్మేవారు.

సూక్ష్మదర్శినిలో కూడా చూడలేనంత సన్నగా ఉండే కొన్ని నాడీ తీగల చుట్టూ ఒక విధమైన కొవ్వుపదార్థం కప్పి ఉంటుందని అతడు గుర్తించాడు. ఆ కొవ్వు పదార్థానికే మయెలిన్ తొడుగు అని పేరు.

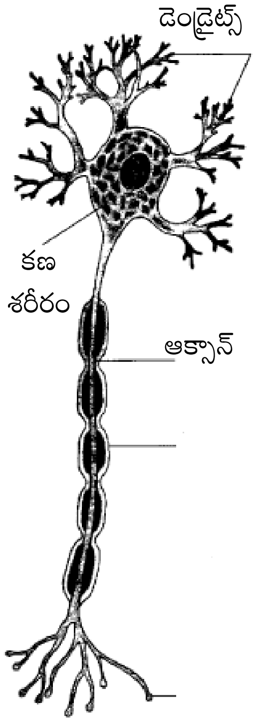
మయెలిన్ తొడుగు ఉన్న నాడులు చూడడానికి కొద్దిగా తెల్లగా ఉంటాయి. ఆ తొడుగు లేని నాడులు కాస్త చిక్కని రంగులో ఉంటాయి. కాబట్టి మెదడులో తెల్లని నాడులున్న పదార్థాన్ని వైట్ మాటర్ అని, చిక్కని రంగున్న నాడులున్న పదార్థాన్ని గ్రే మాటర్ అని అంటారు. మెదడు ఉపరితలం మీద ఉండేది గ్రే మాటర్, అంతరంగంలో ఉండేది వైట్ మాటర్. అందుకు విరుద్ధంగా వెన్నుపాములో వైట్ మాటర్ బయట, గ్రే మాటర్ లోపల ఉంటాయి.

అదే కాలంలో చెక్ దేశపు జీవశాస్త్రవేత్త జాన్ ఎవాంజెలిస్టా పూర్కిన్యే (1787–1869) కూడా కొన్ని ముఖ్యమైన ఆవిష్కరణలు చేస్తున్నాడు. 1837లో అతడు ప్రత్యేక నాడీ కణాల రూపురేఖలని వర్ణించాడు. కణాల లోపల ఉండే పదార్థాన్ని ఉద్దేశిస్తూ ప్రోటోప్లాజమ్ అన్న పదాన్ని మొట్టమొదట వాడింది అతడే.

బాగా (చాలా) పెద్ద పరిమాణంలో ఉండే నాడీ కణాలని కలిపి ఉంచే పదార్థం ఒకటుంది. దాని పేరే న్యూరోగ్లయా (గ్రీకు భాషలో దీని అర్థం నాడీ కణాలని కలిపి ఉంచే జిగురు అని). 1854లో రడల్ఫ్ కార్ల్ విర్చౌ (1821–1902) అనే జర్మన్ వైద్యుడు న్యూరోగ్లయా పదార్థంలో నాడీ తీగల



మెదడు అడ్డుకోత



నాడీ కణం

కన్నా చిన్నవైన గ్లయల్ కణాలు ఉంటాయని నిరూపించాడు. మనిషి మెదడులో నూరు కోట్ల నాడీ కణాలు, అందుకు పది నుండి యాభై రెట్లకి పైగా గ్లయా కణాలు ఉంటాయని అంచనా.

నాడీ కణాలకి కచ్చితమైన ఆకృతి ఏమీ ఉండదని పూర్కిన్యే నిరూపించాడు. అందులోనుంచి పొడుచుకొచ్చే తీగలు చెట్టు కొమ్మల్లా శాఖోపశాఖలుగా విస్తరించడం కనిపిస్తుంది. ఈ శాఖలకే డెండ్రైట్స్ (అంటే గ్రీకు భాషలో చెట్టు అని అర్థం) అని పేరు.

ఇవి కాకుండా సన్నని పొడవైన తీగలు కూడా ఉంటాయి. వీటికి ఆక్సాన్ అని పేరు. ఈ ఆక్సాన్ల చుట్టు మయెలిన్ తొడుగు ఉంటుంది. అంటే గ్రే మాటర్‌లో ఎక్కువగా నాడీ కణాలు, గ్లయల్ కణాలు మాత్రమే ఉంటాయి. వైట్ మాటర్‌లో ఎక్కువగా ఆక్సాన్లు మాత్రమే ఉంటాయి.

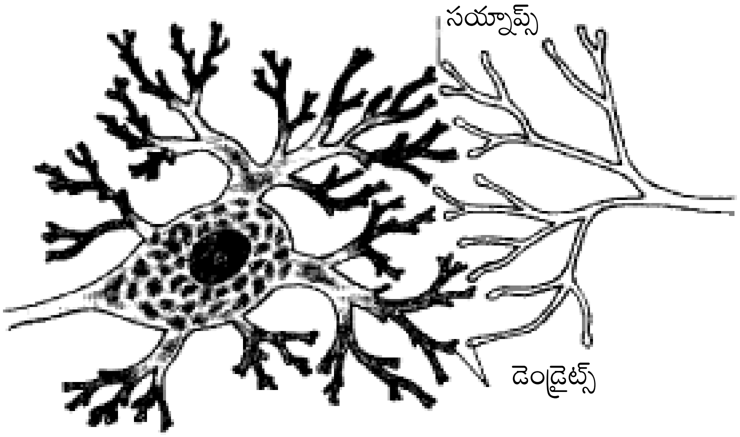
1849లో రడొల్ఫ్ ఆల్బర్ట్ ఫాన్ కోయిలికర్ (1817–1905) అనే స్విస్ జీవశాస్త్రవేత్త కొన్ని ఆక్సాన్లు నాడీ కణాలతో అనుసంధానమై ఉన్నాయని నిరూపించాడు.

అలాగే 1891లో హెన్రిక్ విల్‌హెల్మ్ ఫాన్ వాల్డేయర్-హార్జ్ (1836–1921) అనే జర్మన్ జీవశాస్త్రవేత్త ఆక్సాన్లు అన్నీ నాడీ కణాలతో కలపబడి ఉన్నాయని నిరూపించాడు. డెండ్రయిట్లు, ఆక్సాన్లు తగిలించి ఉన్న నాడీ కణాలకి న్యూరాన్లు అని పేరు పెట్టాడు.

ఒక న్యూరాన్ పొడవైన ఆక్సాన్‌తోనూ ఇతర న్యూరాన్ల డెండ్రయిట్లతోనూ సంధించబడి ఉంటుందని, కాబట్టి నాడీ మండలం అంతా కోటానుకోట్ల న్యూరాన్ల బృహత్తర జాలం అని అతడు భావించాడు. ఈ భావననే న్యూరాన్ సిద్ధాంతం అంటారు.

1873లో ఇటాలియన్ జీవశాస్త్రవేత్త కామిల్లో గాల్జీ (1843–1926) కొన్ని ప్రత్యేక రసాయనాలని ఉపయోగించి కణాలకి రంగు పట్టించే (staining) పద్ధతిని కనిపెట్టాడు. ఈ పద్ధతులతో కణాలలో కొన్ని ప్రత్యేక కణాంగాలలోకి

మాత్రమే రంగు ఎక్కేట్టు చెయ్యొచ్చు. ఈ పద్ధతుల సహాయంతో ఇతర శాస్త్రవేత్తలు గుర్తించలేకపోయిన కణాలలో ఎన్నో ముఖ్యమైన అంశాలని చూడగలిగాడు గాల్జీ. ఇలాంటి నిశితమైన పరిశీలనల సహాయంతో ఒక న్యూరాన్ ఆక్సాన్లలో మరో న్యూరాన్ డెండ్రయిట్లు ఉండవని ఇతడు నిరూపించాడు. డెండ్రయిట్లకి, ఆక్సాన్లకి మధ్య సన్నని ఎడం ఉంది. ఆ



సయ్నాప్స్

ఎడాన్నే సయ్నాప్స్ (ఈ గ్రీకు పదానికి అర్థం సంయోగం) అంటారు.

తరువాత స్పానిష్ జీవశాస్త్రవేత్త సాంటియాగో రేమాన్ ఈ కాహాల్ (1852–1964) గాల్జీ స్టెయినింగ్ పద్ధతులకి మెరుగులు దిద్దాడు. మరింత ఉత్తమమైన పద్ధతులతో వాల్డేయర్–హార్డ్ ప్రతిపాదించిన న్యూరాన్ సిద్ధాంతం సరైనదేనని నిరూపించాడు.

4. నాడీ సంకేతం

1826లో జర్మన్ జీవశాస్త్రవేత్త యోహానెస్ పీటర్ ముల్లర్ (1801–1858) ప్రత్యేక నాడులు ప్రత్యేక క్రియలని మాత్రమే చేస్తాయని నిరూపించాడు. ఉదాహరణకి కంటిని మెదడుతో సంధించే నాడి ఛక్షు నాడి. ఒక కాంతి పుంజం కంట్లోకి ప్రవేశించినప్పుడు, కంటి నుండి బయలుదేరే సంకేతాలు మెదడుని చేరి అక్కడ ఏదో కాంతిని చూసిన అనుభూతిని కలిగిస్తాయి.

అయితే ఒక్క కాంతి మాత్రమే కాదు. ఛక్షు నాడిని మరే ఇతర శక్తి ఉత్తేజింపచేసినా మెదడుకి కాంతిని చూసిన అనుభూతి కలుగుతుంది. అందుకే కంటి మీద దెబ్బ తగిలినప్పుడు తాత్కాలికంగా 'నక్షత్రాలు' కనిపిస్తాయి!

కాని అలాంటి ఉత్తేజాలు నాడి ద్వారా ఎలా ప్రసారం అవుతాయి?

1800ల కల్లా లోహపు తీగల్లో విద్యుత్తు ప్రసారమయ్యే తీరు గురించి బాగా తెలిసిపోయింది. నాడీ తీగల ద్వారా ప్రసారం అయ్యేది కూడా ఒక విధమైన విద్యుత్తేనేమో!

తీగల్లో విద్యుత్తు ప్రసారం అవుతున్నప్పుడు ఆ తీగల చుట్టూ విద్యుత్తుకి ప్రవేశాన్నివ్వని సిల్కు, రబ్బరు వంటి పదార్థాలతో చేసిన తొడుగుని ఇంజినీర్లు తొడుగుతారు. అలాంటి తీగకి విద్యున్నిరోధకత ఏర్పడుతుంది. అలాంటి విద్యున్నిరోధకత వల్ల తీగలోని కరెంటు అపసవ్యంగా పరికరంలో మరో భాగంలోకి ప్రవహించి షార్ట్ సర్క్యూట్ కాకుండా నివారిస్తుంది. ఆక్సాన్లు కూడా కరెంటు తీగల్లాంటివే. వాటి మీద ఉండే మయెలిన్ తొడుగు ఒక విధమైన విద్యున్నిరోధక పదార్థమే. దీంతో నాడీ సంకేతాలు విద్యుత్తు సంకేతాలు అన్న భావన బలపడింది.

నాడీ తీగలలో కరెంటు జాడ కనిపెట్టలేకపోయాడు ముల్లర్. కాని నాడులలో విద్యుత్తుకి సంబంధించినది ఏదో ఉందని అతడి ప్రగాఢ నమ్మకం. ఒక కొసలో కలిగిన ఉత్తేజాన్ని అవతలి కొసకి మోసుకుపోయే నాడీ సంకేతం ఏదో ఉంది. ఆ నాడీ సంకేతం వేగాన్ని నిర్ధారణ చెయ్యాలని ఎన్నో ప్రయత్నాలు చేశాడు. కాని ఏవీ పనిచెయ్యక చివరికి విసుగుపుట్టి 1830లలో ఆ ప్రయత్నాన్ని విరమించుకున్నాడు. ఆ నాడీ సంకేతం ఎంత వేగంగా కదులుతోందంటే, అంత తక్కువ దూరాల్లో ఆ వేగాన్ని కొలవడం ఇంచుమించు అసంభవం అని అతడు నిశ్చయించుకున్నాడు.

కాని అక్కడే పొరబడ్డాడు. 1852లో ముల్లర్ ఇంకా జీవించి ఉండగానే అతడి శిష్యుడు, జర్మన్ జీవశాస్త్రవేత్త హర్మన్ లుడ్విగ్ ఫాన్ హెల్మ్ హోల్జ్ (1821–1894) ఆ వేగాన్ని కొలిచాడు.

హెల్మ్ హోల్జ్ ఒక కప్ప కండరానికి తగిలించి ఉన్న నాడిని ఉత్తేజింపచేశాడు. నాడిని ఉత్తేజింపచేసినప్పుడు కండరం చలించింది. ఈసారి కండరానికి దగ్గరగా నాడి మీద ఒక స్థానాన్ని ఉత్తేజింపచేశాడు హెల్మ్

హర్మన్ లుడ్విగ్ ఫాన్ హెల్మ్ హోల్జ్

హోల్జ్. ఈసారి ఉత్తేజింపచేసిన వెంటనే కండరం కదిలింది. అప్పుడు కండరానికి దూరంగా ఉన్న స్థానం నుండి ఉత్తేజాన్ని ఇచ్చాడు. ఈసారి మాత్రం కొంత వ్యవధి తరవాత కండరం స్పందించింది.

హెల్మ్ హోల్జ్ ఆ వ్యవధిని కొలిచి నాడీ సంకేత వేగాన్ని కొలిచాడు. కప్ప నాడిలో నాడీ సంకేత వేగం సెకనుకి సుమారు 66 అడుగులు – అంటే ఇంచుమించు గంటకి 45 మైళ్ళు – అని అంచనా వేశాడు. మనిషిలో నాడీ సంకేతం మరి కాస్త వేగంగా (గంటకి 70 మైళ్ళు) ప్రయాణిస్తుంది.

ఇంతలో ఎమిల్ దుబ్వా రేమాన్ (1818–1896) అనే మరో జర్మన్ జీవశాస్త్రవేత్త అతి సూక్ష్మమైన విద్యుత్తు ప్రవాహాలని గుర్తించగల పరికరాన్ని రూపొందించాడు. 1845లో అతగాడు నాడులలో నిజంగానే విద్యుత్తు ఆవేశాలు ఉన్నాయని నిరూపించాడు.

విద్యుత్తు తీగలలో ప్రవహించే విద్యుత్తు, నాడులలో ప్రవహించే విద్యుత్తు ఒక్కలా ప్రవర్తించవు. విద్యుత్తు తీగలలో ప్రవహించే విద్యుత్తు, నాడులలో ప్రవహించే విద్యుత్తు కన్నా 2500 రెట్లు అధిక వేగంతో ప్రవహిస్తుంది. విద్యుత్తు తీగల్లో ప్రవహించే విద్యుత్తుకి మూలం ఒక బ్యాటరీ గాని, జనరేటర్ గాని అవుతుంది. కాని నాడుల విషయంలో ప్రత్యేకమైన బ్యాటరీలు ఉండవు. వాటికవే బ్యాటరీలు. నాడిలో ఒక భాగంలో విద్యుదావేశం పోగవుతుంది. ఆ తరవాత దానికి పక్క భాగంలో పోగవుతుంది. ఇలా అంచెలంచెలుగా పోగవుతూ విద్యుదావేశం నాడికి ఒక కొస నుండి మరో కొసకి చేరుతుంది. అయితే అలా విద్యుదావేశం పోగయ్యే వ్యవహారం నెమ్మదిగా జరుగుతుంది. కాబట్టి విద్యుత్తు తీగల కన్నా నాడీ తీగలలో విద్యుత్తు ఇంకా నెమ్మదిగా ప్రవహిస్తుంది.

1902లో ఇంగ్లీషు జీవశాస్త్రవేత్త ఫ్రాన్సిస్ గాచ్ (1835–1902) నాడీ సంకేతాల గురించి మరో ముఖ్యమైన విషయం కనుక్కున్నాడు. ఉత్తేజితమైన నాడి ద్వారా ఒకసారి నాడీ సంకేతం ప్రసారం అయ్యాక, మళ్ళీ కాసేపటివరకు ఆ నాడిని ఉత్తేజితం చెయ్యడానికి వీలుపడదు.

విద్యుదావేశాన్ని పోగుచెయ్యడం అంత తేలికైన పని కాదు మరి!

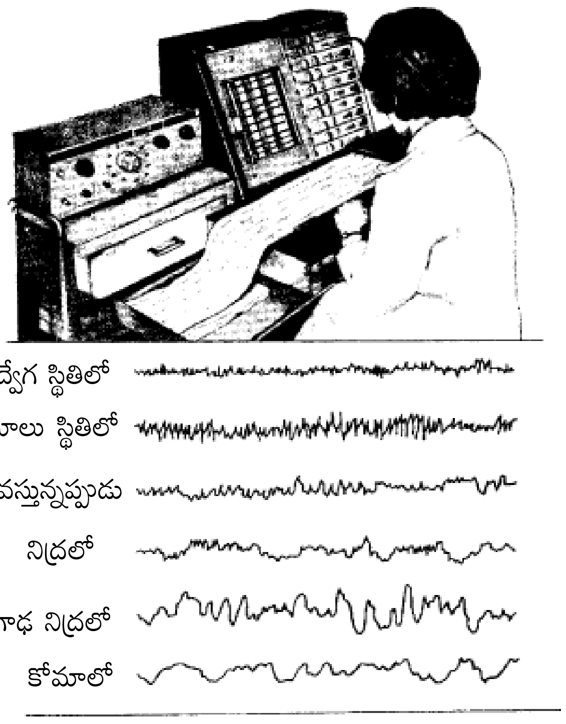
1909లో ఇంగ్లీషు జీవశాస్త్రవేత్త కెయిత్ లూకాస్ (1879-1910) నాడీ స్పందన గురించి మరో ముఖ్యమైన విషయాన్ని కనుక్కున్నాడు. ఒక నాడిని కొంచెం సున్నితంగా ఉత్తేజపరిస్తే దానికి తగిలించి ఉన్న కండరపు తీగలో ఏ స్పందనా ఉండకపోవచ్చు. కాని ఉత్తేజం స్థాయిని క్రమంగా పెంచుతూ పోతే ఒక ప్రత్యేక స్థాయివద్ద ఉన్నట్లుండి కండరపు తీగ పూర్తి బలంతో కొట్టుకుంటుంది. అంటే స్పందనలో రెండే రకాలు ఉన్నాయన్నమాట. ఉంటే నూటికి నూరు శాతం స్పందన ఉంటుంది, లేకుంటే స్పందనే ఉండదు. దీనినే 'ఉంటే అన్నీ - లేకుంటే సున్నా' స్పందన అంటారు.

అయితే మామూలుగా మనం మన చేతి కండరాన్ని సున్నితంగా గాని, బలంగా గాని మనకి కావలసిన స్థాయిలో బిగుసుకునేట్లు చెయ్యొచ్చు. దానికి కారణం కండరంలో కోటానుకోట్ల కండరపు తీగలు ఉంటాయి. ప్రత్యేక కండరపు తీగ స్పందన 'ఉంటే అన్నీ - లేకుంటే సున్నా' తీరులోనే ఉంటుంది. కాని కొద్దిపాటి తీగలు మాత్రమే స్పందిస్తే కండరం సున్నితంగా సంకోచిస్తుంది. చాలా తీగలు స్పందిస్తే కండరం మొత్తం బలంగా కొట్టుకుంటుంది.

నాడీ సంకేతాలని మరింత సున్నితంగా కొలిచే పద్ధతులను శాస్త్రవేత్తలు రూపొందించారు. ఈ ప్రయత్నంలో గొప్ప విజయాన్ని సాధించిన ఇద్దరు ఇంగ్లీషు జీవశాస్త్రవేత్తలు ఉన్నారు; వాళ్ళు - అలాన్ లాయిడ్ హాడ్జికిన్ (1914-1998), ఆండ్రూ ఫీల్డింగ్ హక్స్లే (1917-). వీళ్ళిద్దరూ లావుపాటి ఆక్సాన్లు ఉన్న స్క్విడ్ అనే సముద్ర జీవి మీద పరిశోధనలు చెయ్యసాగారు. సన్నని ఎలక్ట్రోడ్లు ఆక్సాన్‌లోకి పోనిచ్చి అందులో ప్రసారమయ్యే నాడీ సంకేతాన్ని కొలిచారు. విద్యుదావేశం గల పరమాణువులు (అయాన్లు) ఆక్సాన్ లోపలికి, బయటికి కదులుతూ విద్యుత్తు సంకేతాన్ని ఎలా కలుగచేస్తాయో అంతా విపులంగా 1952లో వీళ్ళిద్దరూ వర్ణించారు.

1924లో హన్స్ బెర్గర్ (1873–1941) అనే జర్మన్ వైద్యుడు మెదడులో విద్యుత్తు చలనాలని కొలిచే ఒక చక్కని పరికరాన్ని తయారు చేశాడు. ఈ పద్ధతిలో తల మీద విద్యుత్తు తీగలు అంటిస్తారు. మెదడులో విద్యుత్తు తరంగాలు అటు ఇటు ప్రసారం అవుతుంటే వాటి ఆనవాళ్ళుగా బయట తలకి అంటించిన తీగల్లో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. ఆ చలనాలన్నీ కాగితం మీద ముద్రితమవుతాయి.

అలా కాగితం మీద ముద్రితమైన రేఖల రూపురేఖలు వ్యక్తి మనోస్థితి బట్టి మారతాయి. కళ్ళు తెరుచుకుని ఉంటే ఒకలా, మూసుకుంటే ఒకలా, మెలకువలో ఒకలా, నిద్రలో మరోలా – ఇలా మారుతూ ఉంటాయి. ఆ రేఖలలో కనిపించే ప్రతి చిన్న పరిణామానికి అర్థం వెతకడం కష్టం కావచ్చు.



ఎలక్ట్రో ఎన్సెఫలోగ్రఫీ

కాని మెదడులో ఏదైనా పెద్ద దోషం ఉన్నప్పుడు (ఉదాహరణకి ఒక వ్రణం ఉన్నప్పుడు, లేదా ఫిట్స్ వచ్చినప్పుడు) ఆ రేఖలలో ప్రస్ఫుటమైన తేడాలు కనిపిస్తాయి.

అలా మెదడులో విద్యుత్తు తరంగాలని కొలిచే పద్ధతినే ఎలక్ట్రో ఎన్సెఫలోగ్రఫీ (ఈ.ఈ.జీ.) అంటారు (ఆ గ్రీకు మాటకి మెదడులో విద్యుత్తు చలనాల రచన అని అర్థం).

విద్యుత్తు సంకేతం న్యూరాన్లో ఒక కొస నుండి మరో కొసకి ప్రసరించవచ్చు. అంటే ఒక కొసలో ఉన్న డెండ్రయిట్‌లో బయలుదేరి నాడీ కణదేహం ద్వారా ముందుకి సాగి, ఆక్సాన్ ద్వారా ప్రసారమై ఆక్సాన్ కొసకి చేరుకోవచ్చు. ఆక్సాన్ కొసలో సంకేతం సైనాప్స్‌ని చేరుతుంది. ఒక న్యూరాన్ ఆక్సాన్ కొసకి, అవతలి న్యూరాన్ డెండ్రయిట్ కొసకి మధ్య చిన్న ఎడం ఉంటుంది. మరి విద్యుత్తు సంకేతం ఆ ఎడాన్ని ఎలా దాటుతుంది?

నాడీ సంకేతం ఫలితంగా ఆక్సాన్ కొస వద్ద నుండి ఏదో రసాయనం విడుదల అవుతుందని ఎంతో మంది జీవశాస్త్రవేత్తలు నమ్మేవారు. అలా విడుదలైన రసాయనం సైనాప్స్‌ని దాటుకుని అవతలి పక్క ఉన్న డెండ్రయిట్‌లో విద్యుత్తు సంకేతాన్ని కలగచేస్తుందని అనుకున్నారు. కాని ఈ విషయాన్ని నిరూపించడం ఎలా?

1921లో ఒక రోజు ఆటో లూయీ (1873–1961) అనే జర్మన్–అమెరికన్ జీవశాస్త్రవేత్త ఈ సమస్య మీదే పనిచేస్తున్నాడు. ఆ రోజు అర్ధరాత్రి వరకు పని చేసి అలసటతో నిద్రలోకి జారుకున్నాడు. తెల్లవారి మూడు గంటలకి ఎందుకో హఠాత్తుగా తెలివొచ్చింది. ఏదో కొత్త ప్రయోగం చెయ్యడానికి పథకం అంతా లీలగా మనసులో మెదులుతోంది. ఆలస్యం చేస్తే కల చెదిరిపోతుందేమోనని భయపడి వెంటనే దగ్గర్లోనే ఉన్న ఒకే కాగితం తీసుకుని ప్రయోగం పథకం అంతా వివరంగా రాసుకుని తిరిగి నిద్రలోకి జారుకున్నాడు. మర్నాడు ఉదయం లేచాక అర్ధరాత్రి తను

ఊహించిన ప్రయోగం గురించి ససేమిరా గుర్తుకి రాలేదు. కాగితం మీద కెలికిన రాతలేవీ బోధపడలేదు.

మర్నాడు కూడా అలాగే తెల్లారి మూడు గంటలకి తెలివొచ్చింది. ఈసారి ప్రయోగం స్పష్టంగా జ్ఞాపకం వచ్చింది. ఈసారి నిర్లక్ష్యం చేస్తే మరచిపోతానేమోనని వెంటనే ప్రయోగశాలకి వెళ్ళి పనికి ఉపక్రమించాడు.

ఒక కప్ప గుండెని బయటకి తీసి, అది కొట్టుకుంటూ ఉండేలా చేసే ఒక రసాయన మిశ్రమంలో ఉంచాడు. ఈ గుండెకి ఒక నాడి సంధించి ఉంది. నాడిని ఉత్తేజపరిస్తే గుండె కొట్టుకునే వేగం తగ్గిపోతుంది. అలాగే నాడిని ఉత్తేజపరిస్తే గుండె నెమ్మదించింది.

ఇప్పుడు ఆ గుండె చుట్టూ ఉన్న రసాయన మిశ్రమాన్ని తీసి మరో కప్ప గుండె ఉన్న మరో తొట్టెలో పోశాడు. ఇప్పుడీ రెండవ గుండె నెమ్మదించింది. రెండవ గుండె నాడిని ఉత్తేజపరచకపోయినా అది నెమ్మదించింది. అంటే మొదటి గుండె నాడిని ఉత్తేజపరిచినప్పుడు ఆ నాడి నుండి విడుదలైన ఏదో రసాయనం ఆ గుండె చుట్టూ ఉన్న రసాయన మిశ్రమంలో కలిసి ఉంటుంది. మొదటి తొట్టెలో ఉన్న మిశ్రమాన్ని రెండవ తొట్టెకి మార్చినప్పుడు ఆ రసాయనం రెండవ గుండె మీద ప్రభావం చూబించింది. అంటే నాడి నుండి గుండెకి ఉత్తేజాన్ని మోసుకుపోయేది ఒక రసాయనం అని తేలిపోయింది. తెల్లవారి ఐదు కూడా కాకముందే ఈ వ్యవహారం అంతా చక్కగా తేటతెల్లం అయిపోయింది.

హెన్రీ హాలెట్ డేల్ (1875–1968) అనే ఇంగ్లీషు జీవశాస్త్రవేత్త ఎర్గాట్ అనే ఒక రకమైన శిలీంధ్రాల (fungi) నుండి ఒక రసాయనాన్ని వెలికి తీశాడు. నాడీ కండరం కండరాన్ని సంకోచింపచేసినట్లు ఈ రసాయనానికి కూడా కండరం మీద అలాంటి ప్రభావమే ఉంది. 1914 కల్లా ఆ రసాయనపు ఆనవాళ్ళు తెలిసిపోయాయి. అది అసిటిల్ కొలీన్ అనే రసాయనం అని శాస్త్రవేత్తలు ధృవీకరించారు. లూయీ ప్రయోగం గురించి

విన్న డేల్, సైనాప్స్ వద్ద విడుదల అయ్యే రసాయనం అసిటిల్ కొలీన్ ఏమోనని సందేహించాడు. 1929లో ఆ సందేహం నిజమని నిరూపించాడు డేల్.

అయితే అన్ని సైనాప్స్‌ల వద్ద ఒకే రసాయనం విడుదల కాదని, సైనాప్స్‌ల వద్ద విడుదల అయ్యే మరెన్నో రసాయనాలు ఉన్నాయని క్రమంగా తెలిసింది.

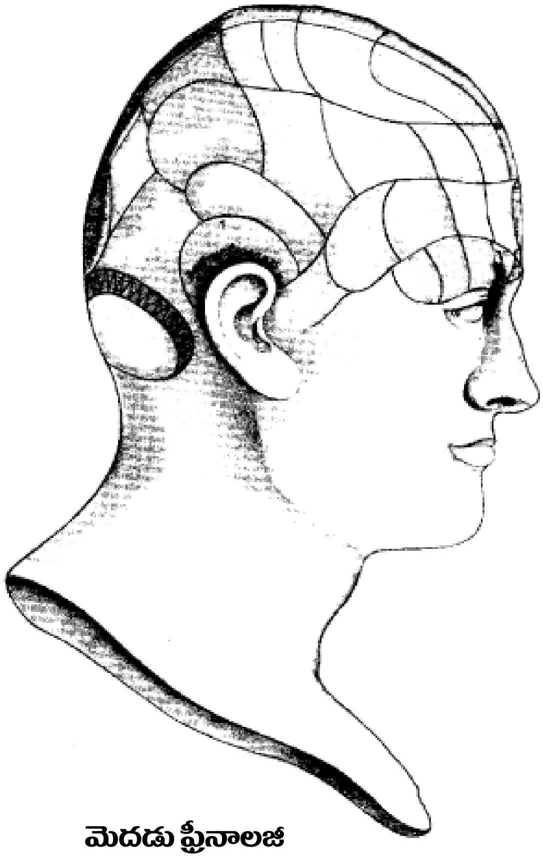
మెదడులో ప్రత్యేక భాగాలు కొన్ని ప్రత్యేక క్రియలలో పాల్గొంటాయా? మెదడులో అలాంటి ప్రత్యేకీకరణ సర్వసామాన్యంగా కనిపిస్తుందని మనుషులు ఎంతో కాలంగా నమ్ముతూ వచ్చారు. జర్మన్ వైద్యుడు ఫ్రాన్స్ జోసెఫ్ గాల్ (1758–1828) కూడా అనుకున్నాడు. ఉదాహరణకి మెదడులో ఒక ప్రత్యేక భాగం మనలో హాస్య ప్రవృత్తిని పాలిస్తే, మరో భాగం దుష్ట ప్రవృత్తిని పాలిస్తుంది. వ్యక్తిలో ఏదైనా లక్షణం ప్రధానంగా ఉన్నప్పుడు దానికి సంబంధించిన మెదడు ప్రాంతం కూడా బాగా విస్తారంగా ఉంటుందని భావించాడు. మెదడు విస్తరణలో ఉండే అవకతవకలు కపాలపు ఉపరితలం మీది మిట్టపల్లాలని కలగచేస్తాయని కూడా అనుకున్నాడు. కాబట్టి నెత్తి మీద బొడిపెలని విశ్లేషించి మనిషి ప్రవృత్తిని గురించి, నైజాన్ని గురించి అంచనా వేయొచ్చని గాల్ నిర్ణయించాడు.

ఆ విధంగా మనిషి లక్షణాల గురించి తెలిపే ఈ (కుహనా) శాస్త్రానికే ఫ్రీనాలజీ (అంటే గ్రీకులో మనసు శాస్త్రం అని అర్థం) అని పేరు. ఈ ఫ్రీనాలజీ చాలా కాలం చలామణి అయ్యింది. కాని నిజంగా అదో పనికిమాలిన శాస్త్రం.

గాల్ భావాలు తప్పుడు భావాలే అయినా ఆ దిశలో కృషి చెయ్యడానికి ఇతర శాస్త్రవేత్తలకి అవి స్ఫూర్తినిచ్చాయి. మెదడులో ప్రత్యేక భాగాలు ప్రత్యేక క్రియలని శాసిస్తాయో లేదో తెలుసుకోడానికి జంతువుల మీద ఎన్నో ప్రయోగాలు చేశారు. జంతు మెదళ్ళలో ప్రత్యేక భాగాలు తీసేసి వాటి ప్రవర్తనలో ఏదైనా మార్పులు వస్తాయేమో గమనించేవారు. 1870లో

జూలియస్ ఎడ్వర్డ్ హిట్జిగ్ (1838–1907), గస్టవ్ ఫ్రిట్జ్ (1838–1927) అనే ఇద్దరు జర్మన్ వైద్యులు కుక్కలతో ప్రయోగాలు చేశారు. మెదడులో కొన్ని ప్రత్యేక భాగాలని ఉత్తేజపరిచి ఏ కండరాలు బలంగా స్పందిస్తున్నాయో, ఏవి బలహీనంగా స్పందిస్తున్నాయో గమనించేవారు.

ఈ కృషిని స్కాటిష్ వైద్యుడు డేవిడ్ ఫెరియర్ (1843–1928)



మెదడు ఫ్రీనాలజీ

కొనసాగించాడు. 1876 ప్రాంతాల్లో ఇతగాడు మెదడు మీద శరీర పటం లాంటిది గీసి మెదడులో ఏ భాగం శరీరంలో ఏ భాగాన్ని శాసిస్తుందో చూపించాడు. మెదడుకి మధ్య భాగంలో ఒకచోట కండరాలని అదిలించే

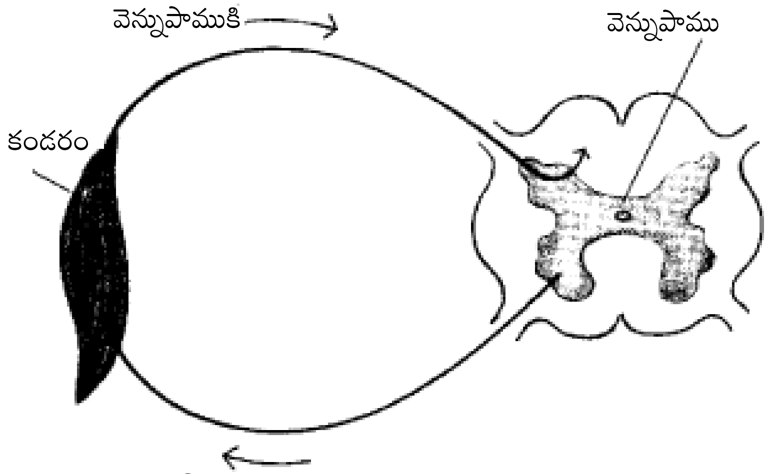
ప్రాంతం ఒకటుంది. మెదడుకి వెనక భాగంలో కళ్ళ నుండి వచ్చే దృశ్య సమాచారాన్ని స్వీకరించే ప్రాంతం ఒకటుంది. అదే విధంగా ఇతర భాగాలు ఇతర రకాల సమాచారాన్ని గ్రహిస్తాయి.

ఈ పటాలని ఇంకా కచ్చితంగా గీసిన ఇంగ్లీషు వైద్యుడు చార్లెస్ షెరింగ్‌టన్ (1857–1952).

మెదడు ఉపరితలం మీద చాలా చిన్న భాగం మాత్రమే కండరాల కదలికలలోను, ఇంద్రియాల క్రియలలోను పాల్గొంటున్నాయి. ఇది చూసి కొంత మంది మెదడులో చాలా భాగం వాడబడడం లేదని అపోహపడ్డారు. అది తప్పు. మెదడు మొత్తం వాడబడుతుంది. ఇంద్రియాల క్రియలలోను, కండరాల సంకోచంలోను పాల్గొనని మెదడు భాగాలు జ్ఞాపకాలని దాచుకోవడంలో, నిర్ణయాలు తీసుకోవడంలో, ఆలోచనలని శాసించడంలో పాల్గొంటూ ఉండొచ్చు.

మెదడులో ముఖ్యమైన భాగం సెరిబ్రమ్. అయితే శరీరంలో అన్ని వృత్తులని ఈ భాగం శాసించదు. ఎన్నో అవకాశాలు ఉన్నప్పుడు దేన్ని ఎంచుకోవాలో నిర్ణయించుకోడానికి సెరిబ్రమ్ కావాలి. కాని కొన్నిసార్లు నిర్ణయం తీసుకోవడానికి ఎక్కువ వ్యవధి ఉండదు. ఉదాహరణకి ఏదైనా వేడి వస్తువుని అనుకోకుండా తాకినప్పుడు తృటిలో చేతిని వెనక్కు తీసుకోవాలి. వెనక్కి తీసుకోవాలా వద్దా అని ఆలోచిస్తూ పోతే వేలు కాలిపోతుంది! మనకి ఏం జరుగుతోందో తెలిసేలోపే అప్రయత్నంగా చేతిని వెనక్కి తీసేసుకుంటాం.

ఇలాంటి ప్రతిచర్యలని మొట్టమొదట అధ్యయనం చేసినవాడు ఇంగ్లీషు వైద్యుడు మార్షల్ హాల్ (1790–1857). 1832లో అతివేగంగా జరిగే ఈ ప్రతిచర్యలని పరిశోధించసాగాడు. వాటికి అసంకల్పిత ప్రతిస్పందన చర్యలు (Reflex Actions) అని పేరు పెట్టాడు. నాడి ద్వారా ఇంద్రియ సంవేదన ప్రసరించి కేంద్రియ నాడీ మండలాన్ని చేరాక, దాని ప్రతిచర్యగా తిరిగి



వెన్నుపాము నుంచి అసంకల్పిత ప్రతి స్పందన చర్య

వెంటనే మరో సంకేతం మరో నాడి ద్వారా బయటికి ప్రసరించి కండరాలని ఉత్తేజితం చేస్తుంది. వెన్నుపాముని చేరే నాడులలో ఈ వ్యవహారం అంతా వేగంగా నడిచిపోతుందని సూచించాడు హాల్.

ఇతర రకాల ప్రతిచర్యలని కూడా షెరింగ్‌టన్ అధ్యయనం చేశాడు. మెదడు నుండి కండరాలని చేరే నాడుల ద్వారా మెదడు కండరాలని శాసించినట్టే, కండరాల నుండి మెదడుని చేరే నాడుల ద్వారా కండరాల స్థితిగతుల గురించి మెదడు తెలుసుకుంటుందని అతడు నిరూపించాడు.

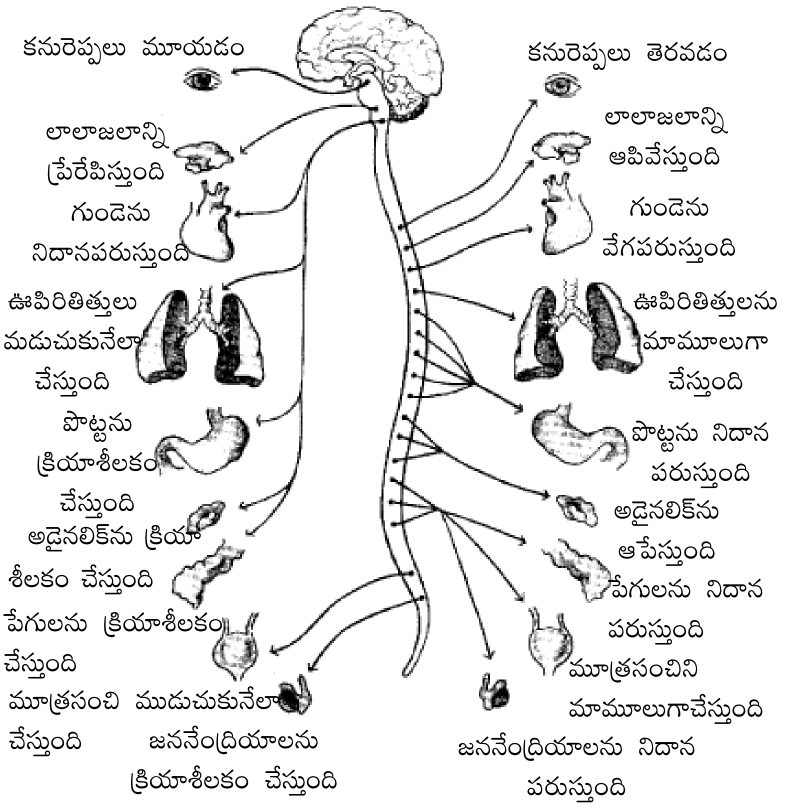
అందువల్ల మీరు నించుని ఉన్నప్పుడు పొరపాటున పక్కకి ఒరగడం మొదలు పెట్టగానే కండరాల స్థితిలో వచ్చే మార్పు మెదడుకి తెలిసిపోతుంది. వెంటనే మెదడు కండరాలకి సూచనలిచ్చి శరీరం పక్కకి ఒరగకుండా నిలుపుతుంది. కాబట్టి మనం నించుని ఉన్నప్పుడు మనకి తెలియకుండానే ఇలా మన సమతూనికని సరిదిద్దుకుంటూ ఉంటాం. అందుకే ఎక్కువసేపు నించుని ఉన్నప్పుడు ఊరికే ఏమీ చేయనట్టు కనిపించినా తెలియకుండానే అలసటగా అనిపిస్తుంది.

అలాగే మన శ్వాసని శాసించే ప్రతిస్పందన చర్యలు కూడా ఉన్నాయి.

అలాగే ఏదైనా వస్తువుని మనం అందుకోబోతున్నప్పుడు మన చేయి ఆ వస్తువుని దాటి పోకుండా, మరీ పక్కకి పోకుండా సెరిబెల్లమ్ శాసిస్తుంది.

మనలో అసంకల్పితంగా జరిగే ప్రతిచర్యలన్నిటికీ శాసించే విభాగం స్వయం చోదక నాడీ మండలం (autonomous nervous system), autonomous అంటే స్వతంత్రం అని అర్థం. ఈ నాడీమండల విభాగం సెరిబ్రమ్ ప్రభావం పెద్దగా లేకుండా పనిచేస్తుంది కాబట్టి దీనికి ఆ పేరు వచ్చింది. 1889లో జాన్ న్యూపోర్ట్ లాంగ్లీ (1852-1925) అనే ఇంగ్లీషు వైద్యుడు మొట్టమొదటిసారిగా దీనికి ఆ పేరు పెట్టాడు.

స్వయంచోదక నాడీ మండలం



సన్నని సూదులతో జంతు మెదళ్ళని వివిధ స్థానాల వద్ద స్విస్ వైద్యుడు వాల్టర్ రడల్ఫ్ హెస్ (1881–1973) ఉత్తేజితం చేసి స్వయంచోదక నాడీమండలం వివిధ కేంద్రాలు ఎక్కడెక్కడ ఉన్నాయో తెలుసుకున్నాడు.

మునుపులేని అసంకల్పిత ప్రతీకార చర్యలని అలవరచుకోవచ్చు కూడా. ఈ విషయాన్ని నిరూపించినవాడు రష్యన్ జీవశాస్త్రవేత్త ఇవాన్ పెట్రోవిచ్ పావ్‌లోవ్ (1849–1936). 1920లలో ఇతడు కుక్కల మీద అధ్యయనాలు చేశాడు. ఆకలిగా ఉన్న కుక్క ముందు ఆహారం ఉన్న పళ్ళాన్ని ఉంచితే సహజంగా నోరూరి చొంగ కారుస్తుంది. అదో అసంకల్పిత ప్రతీకార చర్య. పావ్‌లోవ్ కొంత కాలంపాటు పళ్ళాన్ని ఇచ్చిన ప్రతిసారీ ఒక గంట మోగిస్తూ వచ్చాడు. అలా కొంతకాలం జరిగాక కుక్క మెదడులో గంట మోగడానికి, ఆహారం పొందడానికి మధ్య అనుసంధానం ఏర్పడింది. అప్పటినుంచి ఇక గంట మోత వినగానే ఆహారం కూడా వస్తుందన్న ఆశతో కుక్కకి నోరు ఊరడం మొదలుపెట్టింది. అంటే ఆ కుక్క ఒక సప్రమేయ ప్రతిచర్యని (conditioned reflex) అలవరచుకుంది అన్నమాట.

5. పార్శ్వాలు - నిద్ర

మానవ శరీరం ద్విపార్శ్వకమైన సౌష్ఠవాన్ని కలిగి ఉంటుంది. అంటే కుడి ఎడమ భాగాలు ఒకదానికొకటి అద్దంలో చూసే ప్రతిబింబాల్లా ఉంటాయి. ఒక పక్క ఉండేదే రెండవ పక్క కూడా ఉంటుంది. మనకి రెండు చెవులు, రెండు కళ్ళు, రెండు ముక్కుపుటాలు, రెండు చేతులు, రెండు కాళ్ళు ఉంటాయి. శరీరం లోపల కూడా రెండు ఊపిరితిత్తులు, రెండు మూత్రపిండాలు, ఇలా ఉంటాయి.

సాధారణంగా ఏదైనా ఒక అవయవం రెండుకి బదులుగా ఒక్కటే ఉంటే అది శరీర మధ్య రేఖకి దగ్గరగా ఉంటుంది. ఉదాహరణకి మనకి ఒకే ముక్కు, ఒకే నోరు, ఒకే గడ్డం, ఒకే వెన్నుపూస మొదలైనవి ఉన్నాయి.

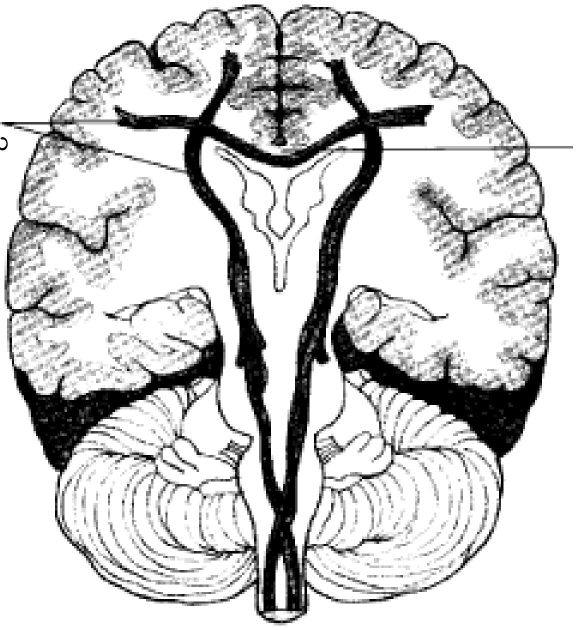
మరి మెదడు సంగతేంటి? మనకి ఒకే మెదడు ఉందని, దాని కింద ఒకే వెన్నుపాము ఉందని, ఆ వెన్నుపాము శరీరమధ్యరేఖ వెంట వెన్నుపూసలో ఉంటుందని అనిపిస్తోంది.

కాని మెదడుని జాగ్రత్తగా గమనిస్తే అందులో రెండు విభాగాలు ఉన్నాయి. కుడి, ఎడమగా ఉన్న ఆ విభాగాలని కలుపుతూ కార్పస్ కల్లోసం అని ఒక దట్టమైన నాడీతీగల కట్ట ఉంటుంది. బద్దలుకొట్టని వాల్నట్ పప్పుని చూస్తే దాదాపు ఇలాగే ఉంటుంది.

ఒక విధంగా చూస్తే సెరిబ్రమ్‌లోని రెండు భాగాలు రెండు వేరు వేరు మెదళ్ళు అని అనుకోవాలి. రెండు విభాగాలని వేరు చేస్తూ కార్పస్ కల్లోసంని తెగకోస్తే ఒక విభాగం చేస్తున్నది రెండవ విభాగానికి తెలియదనిపిస్తుంది.

మరయితే ఈ రెండు మెదడు భాగాలు సరిసమానంగా ఉంటాయా? లేక ఒక విభాగం చేయలేని పనిని రెండవ విభాగం చేయగలుగుతుందా?

మెదడులో రెండు అర్థ భాగాలు ఒకే విధంగా లేవన్న వాదన ఆధారాలు



కార్పస్ కల్లోసం

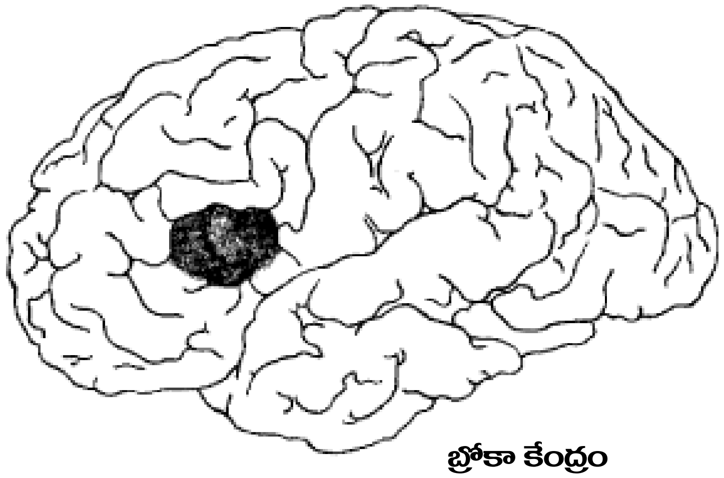
1861లో బయటపడ్డాయి. ఫ్రెంచ్ వైద్యుడు పియర్ పాల్ బ్రోకా (1824-1880) వద్దకి వచ్చిన ఒక రోగి మాట్లాడలేకపోయేవాడు. అవతలివారు అనే మాటలు అతనికి అర్థం అవుతున్నా ఆ మాటలని అతడు తిరిగి అనలేకపోయేవాడు. ముఖ కవళికలతో, చేతివేళ్ళ కదలికలతో చక్కగా అర్థవంతమైన సమాధానాలు ఇచ్చేవాడు. కాని మాట్లాడలేకపోయేవాడు. ఇలాంటి రుగ్మతని అఫేసియా అంటారు.

తరువాత ఆ రోగి మరణించాక అతడి శరీరాన్ని పోస్ట్‌మార్టమ్ చేసి అతడి మెదడుని పరీక్షించాడు బ్రోకా. మెదడు ఎడమ భాగంలో ఒక ముడత వద్ద మెదడు దెబ్బతిన్నట్టు ఆ పరీక్షలో తేలింది. ఆ ప్రాంతాన్నే నేడు మనం బ్రోకా ప్రాంతం అంటాం.

మెదడులో ఈ ప్రాంతమే మన మాటలని శాసిస్తుంది. మనం మాట్లాడుతున్నప్పుడు మన పెదాలలో, నాలుకలో, గొంతులో, బుగ్గల్లో, దవడల్లో,

శ్వాసలో వేగంగా, సామరస్యంగా వచ్చే మార్పులని ఈ మెదడు ప్రాంతమే శాసిస్తుంది. మరో ముఖ్యమైన విషయం ఏమిటంటే ఆ భాగం మెదడులో ఎడమ పక్క మాత్రమే ఉంది. దానికి సరిసమానమైన భాగం కుడి మెదడులో కూడా ఉన్నట్లయితే ఎడమ మెదడులో ఆ ప్రాంతం పాడయిపోయినప్పుడు దానికి సమానమైన కుడి భాగం ఆ క్రియని శాసించగలిగి ఉండేది.

అయితే ఒక తేడా కూడా ఉంది. ఎడమ మెదడు భాషణని



బ్రోకా కేంద్రం

(మాట్లాడడాన్ని) శాసిస్తుంది. కాని కుడి మెదడుకి ఆ శక్తి లేదు. దీని గురించి వాదోపవాదాలు జరిగాయి. కాని చివరికి బ్రోకా చెప్పిందే నిజమని తేలింది.

(చింపాంజీలకి, గొరిల్లాలకి మన మెదడుని పోలిన మెదళ్ళు ఉంటాయి. అయితే మన మెదళ్ళ కన్నా అవి కాస్త చిన్నవి. కాని వాటిలో సరైన బ్రోకా ప్రాంతం ఉండదు కాబట్టి ఆ జంతువులు మాట్లాడడం నేర్చుకోలేవు. కాని చేష్టలతో భాషని వ్యక్తం చేసే పద్ధతులని వాటికి నేర్పించ వచ్చు.)

జాగ్రత్తగా పరీక్షిస్తే కుడి, ఎడమ భాగాల మధ్య మరిన్ని తేడాలు బయటపడ్డాయి. మెదడులో ఎడమ భాగం శరీరంలో కుడి భాగంలో ఉండే

కండరాలని, మెదడులో కుడి భాగం శరీరంలో ఎడమ వైపు ఉండే కండరాలని శాసిస్తాయి. మనుషులలో తొంభై శాతం మంది కుడిచేతి వాటం మనుషులే అయ్యుంటారు. అంటే అలాంటి వారు సామాన్యంగా చేసుకునే రోజువారీ పనులలో ఎడమ చేయి కన్నా కుడి చేతినే వాడడానికి ఇష్టపడతారని అర్థం.

మెదడులో ఎడమ భాగం వివేచనలో, భాషలో, రాయడంలో, చదవడంలో, విజ్ఞాన శాస్త్రంలో, గణితంలో ముఖ్యపాత్ర వహిస్తుందని ఇటీవల కాలంలో మనకి తెలుస్తోంది. కుడి మెదడు సంగీతం, కళ, ఊహాశక్తి మొదలైన రంగాల్లో ముఖ్యపాత్ర ధరిస్తుంది.

1950లలో శాస్త్రవేత్తలు నిద్ర మీద కూడా ఎన్నో ప్రయోగాలు చేశారు. నిద్రలో కొన్ని కొన్ని స్థితులలో కళ్ళు నెమ్మదిగా కదలడం గమనిస్తాం (కనురెప్ప మాటున ఉండే కనుపాప అటు ఇటు కదులుతున్నప్పుడు రెప్ప మీద ఉబ్బెత్తుగా ఉండే చోటు కూడా అటు అటు కదలడం చూస్తాం). మరి కొన్నిసార్లు ఈ కంటి కదలికలు మరింత వేగంగా జరుగుతాయి. కళ్ళు వేగంగా కదిలే నిద్రావస్థని వేగవంతమైన కంటి చలనాల నిద్ర (rapid eye movement (REM) sleep) అని అంటారు. ఈ REM నిద్రలోనే కలలు వస్తాయని ఆధారాలు ఉన్నాయి. REM నిద్రలో ఉన్న మనిషిని హఠాత్తుగా తట్టి లేపితే ఆ సమయంలో ఏం కల వస్తోందో జ్ఞాపకం తెచ్చుకునే వీలుంటుంది.

అసలు నిద్ర ప్రయోజనం ఏమిటి అన్న విషయం మీద చాలా కాలంగా వివాదం చెలరేగుతోంది. నిద్ర ప్రయోజనం కేవలం విరామం మాత్రమే కాదు. కళ్ళు తెరుచుకుని ఊరికే నడుం వాల్చినా విరామం, విశ్రాంతి కలుగుతాయి. అసలు వాస్తవానికి కొన్నిసార్లు మెలకువలో కన్నా నిద్రలో మెదడు మరింత చురుగ్గా పనిచేయొచ్చు. అంతేకాక నిద్రలో అటు ఇటు ఒత్తిగిల్లుతాం. నిద్రలో కాళ్ళు, చేతులు బలంగా తాటించే వాళ్ళు కూడా ఉన్నారు!

కాని మెలకువలో తీసుకునే విశ్రాంతి నిద్రకి ప్రత్యామ్నాయం కాలేదు. విశ్రాంతిగా మేలుకుని ఉన్నా కొంతసేపయ్యాక నిద్ర వస్తుంది. బలంగా నిద్ర ఆపుకుని మేలుకుని ఉండే ప్రయత్నాలు చేస్తే భ్రాంతికి లోనయ్యే ప్రమాదం ఉంది. నీరు లేకుండా ఎన్నో రోజులు బతకగలం కాని, నిద్ర లేకుండా అన్ని రోజులు బతకలేం.

పైగా ప్రత్యేకించి నిద్రలో ఈ REM నిద్ర చాలా ముఖ్యమైన అంశంలా కనిపిస్తోంది. REM నిద్రలో ఉన్న మనిషిని అదే పనిగా నిద్ర లేపి REM నిద్రని భంగపరిస్తే, మర్నాడు నిద్రలో REM భాగం కిందటి రాత్రి కన్నా ఎక్కువగా ఉంటుంది. అంటే ముందు రాత్రి REM నిద్రలో వచ్చిన వెలితిని భర్తీ చెయ్యడానికి మెదడు ఈ రాత్రి మరింత ఎక్కువ REM నిద్రని కలగచేస్తోందన్నమాట.

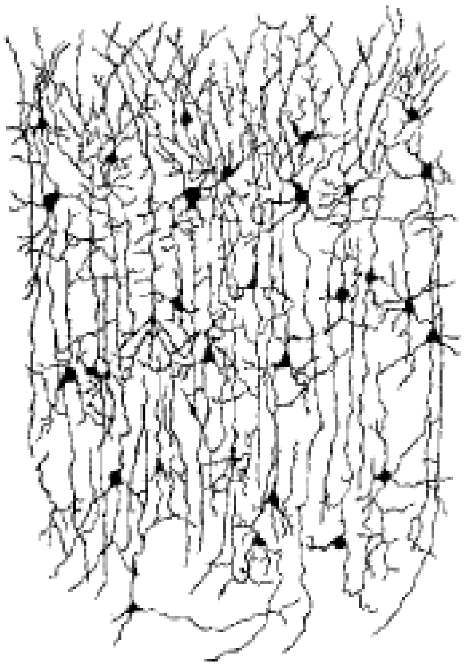
దీన్ని బట్టి నిద్ర కన్నా కలలు కనే స్థితి చాలా ముఖ్యమని అనిపిస్తోంది. దీనికి కారణం ఏమిటి?

కారణం కచ్చితంగా ఎవరికీ తెలియదు. మెలకువ స్థితిలో పోగయిన నానా రకాల సమాచారంలో ఏది పనికొచ్చేదో, ఏది పనికిమాలినదో తేల్చుకుని అవసరమైన సమాచారాన్ని భద్రపరచుకోడానికి మెదడుకి కొంత విరామం కావాలని నా ఉద్దేశం. అలా పనికిమాలిన విషయాలని ఏరి వేసే కార్యక్రమం స్వప్నావస్థలో జరుగుతూ ఉండొచ్చు. అలా పనికిమాలిన సమాచారాన్ని ఏరివేసిన మెదడు మర్నాడు కలుగబోయే కొత్త అనుభవాలని పొందడానికి సిద్ధంగా ఉంటుంది.

కాని ఈ విషయం గురించి ఎవరికీ కచ్చితంగా తెలియదు అని మరోసారి చెప్పాల్సి ఉంటుంది.

నిజానికి ఇన్ని శతాబ్దాలుగా మెదడుని శోధిస్తున్నా దాని గురించి మనకి తెలిసింది చాలా తక్కువ. శరీరంలో అది అన్నిటికన్నా సంక్లిష్టమైన

అవయవం కాబట్టి దాని గురించి ఇంకా తేలని ప్రశ్నలు ఇంకా ఎన్నో ఉన్నాయంటే ఆశ్చర్యం లేదు. మనకి తెలిసిన ప్రకృతిలో అన్నిటి కన్నా సంక్లిష్టమైన వస్తువు అదేనంటే ఆశ్చర్యం లేదు.



సెరిబ్రల్ కార్టెక్స్‌లో నరాల సంక్లిష్టత

మెదడు అంత అపురూపమైన వస్తువు కాబట్టే దాన్ని ఉపయోగించి మనిషి యోచిస్తాడు, ఊహిస్తాడు, ప్రేమిస్తాడు, ఉద్యమిస్తాడు. మానవాళిని ఇబ్బంది పెట్టే ఎన్నో ప్రమాదాల పరిష్కారాలని తలపెడతాడు.

కాని అదే మెదడు అత్యంత ప్రమాదకరమైనదని కూడా చెప్పుకోవాల్సి వస్తుంది. మెదడు వల్లనే మనం నానారకాల మూఢ నమ్మకాలని నమ్ముతూ మన జీవితాలని దుర్భరం చేసుకుంటున్నాం. లేనిపోని భయాలతో, కక్షలతో మనుషులు ఒకరికొకరు ఎనలేని హాని తలపెట్టుకుంటూ ఉంటారు.

మెదడు గురించి మన జ్ఞానం, అవగాహన తగినంతగా పెరిగినట్లయితే మెదడు నిర్మాణాత్మక లక్షణాలని పెంచి, హానికరమైన లక్షణాలని తుడిచిపెట్టవచ్చు. అదే జరిగితే మనం జీవించే ప్రపంచం మరింత నాగరికమై, సురక్షితమై వర్ధిల్లుతుంది.

ఎలా తెలుసుకున్నాం? - 29 మెదడు

ఐజాక్ అసిమోవ్
(1920 - 1992)

ఐజాక్ అసిమోవ్ ప్రఖ్యాత శాస్త్రవేత్త, విజ్ఞానశాస్త్రంపై పుంఖాను పుంఖాలుగా రాసి ప్రఖ్యాతి గాంచాడు. ఇతను పెద్దల కోసం, పిల్లల కోసం, విరివిగా రాశాడు. రష్యాలో పుట్టిన అసిమోవ్ మూడేళ్ళ వయస్సప్పుడు తల్లిదండ్రులతో పాటు అమెరికాకు వచ్చి బ్రూక్లిన్‌లో పెరిగాడు. అతడు 200కు పైగా పుస్తకాలు రాశాడు. తెలియని దాని గురించి శోధించే గుణం, మానవ నైజం గురించి లోతైన అవగాహన కారణంగా అతని రచనలు లక్షలాది పెద్దలను, పిన్నలను అలరిస్తున్నాయి.

ఎలా తెలుసుకున్నాం? శీర్షికలో ఇప్పటి వరకు వెలువడిన పుస్తకాలు

1. భూమి గుండ్రంగా ఉంది.
2. రోదసి
3. సముద్రపు లోతుల్లో సజీవ ప్రపంచం
4. సూక్ష్మక్రిములు
5. అంటార్కిటికా
6. చమురు
7. భూకంపాలు
8. విద్యుత్తు
9. సౌరశక్తి
10. కిరణజన్య సంయోగ క్రియ
11. సూర్యకాంతి
12. వాతావరణం
13. భూమి మీద జీవం పుట్టుక
14. డైనోసార్లు
15. మన మానవ మూలాలు
16. విటమిన్లు
17. తోకచుక్కలు
18. నెప్ట్యూన్
19. ప్లూటో
20. నల్ల బిలాలు
21. పరమాణువులు
22. డిఎన్ఎ
23. జన్యువులు
24. రక్తం
25. బొగ్గు
26. అగ్నిపర్వతాలు
27. లేజర్
28. రోబోలు
29. మెదడు
30. అతివాహకత

ISBN 978-93-80153-17-9

ఎలా తెలుసుకున్నాం? - 30

అతివాహకత

(సూపర్ కండక్టివిటి)

ఐజాక్ అసిమోవ్

అనువాదం
డా॥ వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి

జన విజ్ఞాన వేదిక

మంచి పుస్తకం

ఎలా తెలుసుకున్నాం - 30

అతివాహకత

ఐజాక్ అసిమోవ్

అనువాదం : డా॥ వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి

జన విజ్ఞాన వేదిక

మంచి పుస్తకం

How Did We Find Out About Superconductivity? by Isaac Asimov

ఎలా తెలుసుకున్నాం? - 30

అతివాహకత

రచయిత	:	ఐజాక్ అసిమోవ్
అనువాదం	:	డా|| వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి
ప్రచురణ	:	నవంబరు, 2009
ప్రతుల సంఖ్య	:	2000
వెల	:	**రూ. 18/-**
ISBN	:	978-93-80153-18-6

ప్రచురణ, ప్రతులకు :

జన విజ్ఞాన వేదిక

జి. మాల్యాద్రి, కన్వీనర్, ప్రచురణల విభాగం
162, విజయలక్ష్మీనగర్
నెల్లూరు - 524 004
ఫోన్ : 94405 03061

మంచి పుస్తకం

12-13-450, వీధి నెం.1
తార్నాక, సికింద్రాబాదు 500 017
ఫోన్ : 94907 46614.
email : info@manchipustakam.in
website : www.manchipustakam.in

కంపోజింగ్, లే అవుట్ : పద్మ
ముఖచిత్ర డిజైన్ : అంకుష్ గ్రాఫిక్స్ & డిజైనర్స్

ముద్రణ : దక్కన్ ప్రెస్,
1-9-1126/బి,
అజామాబాద్, హైదరాబాదు,
ఫోన్: 040-64543411.

విషయ సూచిక

1.	ఉష్ణోగ్రతని కొలవడం ఎలా?	. . .	03
2.	కనిష్ఠ ఉష్ణోగ్రత కోసం అన్వేషణ	. . .	11
3.	వాయువులని ద్రవ్యాలుగా మార్చడం	. . .	17
4.	హీలియం ప్రయాస	. . .	26
5.	అతివాహకత	. . .	34

1. ఉష్ణోగ్రతని కొలవడం ఎలా?

ప్రశ్నలు వేయడంలో శాస్త్రవేత్తలు దిట్టలు. ఉష్ణోగ్రత తగ్గితే నీరు ఎందుకు గడ్డ కడుతుంది? అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత విలువ ఎంత? మామూలు ఇసుకి పొడి ఇసుకి మధ్య తేడా ఏమిటి? ఇలా ప్రశ్నిస్తూ, ఆ ప్రశ్నల సమాధానాల కోసం క్రమబద్ధంగా శ్రమిస్తూ శాస్త్రవేత్తలు ముందుకు సాగిపోతారు.

కొన్ని సందర్భాలలో ప్రపంచంలో పలు చోట్ల ఎంతో మంది శాస్త్రవేత్తలు ఒకే ప్రశ్నకి సమాధానం కోసం కృషి చేస్తుంటారు. కొన్నిసార్లు వెనకటి తరం వారు ప్రయత్నించి వదిలేసిన ప్రయాసలని తరువాత తరం వారు చేపట్టి కొనసాగిస్తుంటారు.

కొన్నిసార్లు శాస్త్రవేత్తలకి దేనికోసమో అన్వేషిస్తుంటే మరేదో సత్యం అనుకోకుండా ప్రస్ఫుటమవుతుంది. ఇలాంటి అనుభవాలు శాస్త్రవేత్తల వృత్తిజీవనంలో ఎదురుచూడని బహుమానాలు.

అదే విధంగా ఉష్ణోగ్రత లక్షణాల గురించి పరిశోధిస్తున్న సందర్భంలో ఒక అనుకోని సంఘటన జరిగింది, అతివాహకత ఆవిష్కరింపబడింది. ఈ ఆవిష్కరణ మన దైనిక జీవనాన్ని సమూలంగా మార్చివేయదగినంత గొప్ప ఆవిష్కరణ.

ఆ అనుకోని ఆవిష్కరణ ఎలా జరిగిందో సవివరంగా చూద్దాం. అతివాహకత అంటే శక్తి క్షయం లేకుండా శక్తిని తీగల ద్వారా ప్రసారం చెయ్యడమే.

రాత్రి కన్నా పగలు వేడిగా ఉంటుంది అని మనకి తెలుసు. చలికాలం కన్నా ఎండా కాలం వేడిగా ఉంటుంది అని మనకి తెలుసు.

కొన్ని పదార్థాలు, వస్తువులు – ఉదాహరణకి మరుగుతున్న నీరు, మండుతున్న అగ్గిపుల్ల వంటివి – మరీ వేడిగా ఉంటాయని కూడా మనకి

తెలుసు. అవి చర్మానికి తగిలితే చర్మం కాలిపోవచ్చు. అదే విధంగా మంచుగడ్డ మరీ చల్లగా ఉంటుంది. అది చర్మానికి మరీ ఎక్కువసేపు తగిలితే చర్మానికి హాని కలుగవచ్చు.

అందుకే ఒక వస్తువు వేడిగా ఉందో, చల్లగా ఉందో తెలుసుకోవడానికి ఆ వస్తువుని తాకి చూడడం అంత శ్రేయస్కరం కాదు. పొరపాటున అది మరీ వేడిగా గాని, మరీ చల్లగా గాని ఉంటే మనకి తప్పకుండా బాధ కలుగుతుంది. పోనీ నులివెచ్చగానో, కాస్తంత చల్లగానో ఉంటే కేవలం స్పర్శతో అది ఎంత వేడిగా ఉందో, ఎంత చల్లగా ఉందో చెప్పడం కష్టమే.

ఈ విషయాన్ని తేల్చడానికి ఒక సాధనం, ఒక కొలమానం కావాలి. ఇది కేవలం స్పర్శతో తేలే విషయం కాదు.

వేడెక్కుతున్నప్పుడు గాని, చల్లారుతున్నప్పుడు గాని వస్తువులలో కొన్ని మార్పులు వస్తాయి. ఉదాహరణకి వేడెక్కుతున్న వస్తువులు కొద్దిగా వ్యాకోచిస్తాయి. అదే విధంగా చల్లబడుతున్న వస్తువులు కొద్దిగా సంకోచిస్తాయి.

అయితే ఇవి చాలా సూక్ష్మమైన మార్పులు. కంటికి తేలికగా కనిపించని మార్పులు. ఉదాహరణకి ఒక ఖాళీ బల్బులో పాదరసాన్ని నింపాం అనుకుందాం. బల్బు పై భాగంలో ఒక సన్నని, పొడవైన గాజు నాళాన్ని తగిలించాం అనుకుందాం. ఆ గాజు నాళంలో ఏమీ ఉండదు. గాలి కూడా ఉండదు. అలా అసలేమీ లేని ఖాళీనే శూన్యం అంటారు.

ఇప్పుడు ఆ పాదరసాన్ని కాస్త వేడిచేశాం అనుకుందాం. ఆ వేడికి పాదరసం కొద్దిగా వ్యాకోచిస్తుంది. అలా వ్యాకోచించిన పాదరసంలో కొంత భాగం పైన తగిలించిన నాళంలోకి ప్రవేశించవచ్చు కూడా. వేడిమి పెరుగుతున్న కొద్దీ పాదరసం పైన నాళంలోకి ఇంకా ఇంకా ఎగబాకుతుంది. ఇప్పుడు ఆ పాదరసాన్ని మళ్ళీ చల్లార్చితే అది నాళంలో నుంచి కిందికి దిగివస్తుంది.

నాళంలో ఎంత ఎత్తు వరకు పాదరసం ఎగబాకింది అన్న దాని బట్టి పాదరసం ఎంత వేడెక్కిందో, అంటే దాని చుట్టూ ఉన్న గాలి ఎంత వేడిగా ఉందో, చెప్పొచ్చు. అలాంటి సాధనాన్నే థర్మామీటర్ (ఉష్ణమాపిని) అంటారు. ఆ గ్రీకు పదానికి అర్థం ఉష్ణాన్ని కొలిచే యంత్రం అని. నాళంలో పాదరసం ఎత్తు నుండి మనకి తెలిసే రాశినే ఉష్ణోగ్రత అంటారు.

ఆ విధంగా మొట్టమొదటి పాదరసం థర్మామీటర్‌ని గాబ్రియల్ డేనియల్ ఫారెన్‌హీట్ (1686–1736) అనే ఒక డచ్ శాస్త్రవేత్త 1714లో నిర్మించాడు. ఉష్ణోగ్రతని అంకెలతో కొలిచేందుకు వీలుగా ఫారెన్‌హీట్ ఆ గాజు నాళం మీద సమమైన దూరాలలో గుర్తులు పెట్టి, వాటి పక్క 1, 2, 3 ఇలా వరసగా అంకెలు చిత్రించాడు. ఆ గళ్ళల్లో ఒక్కో గడిని ఒక డిగ్రీ అంటారు. డిగ్రీ అంటే లాటిన్‌లో మెట్టు అని అర్థం.

అయితే ఉష్ణోగ్రతని ఎక్కడినుంచి కొలవడం మొదలుపెట్టాలి? అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత విలువ ఎంత? అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రతని సాధించడానికి సామాన్యంగా మంచుగడ్డని తీసుకుని దాన్ని పొడి చేసి, ఆ పొడిలో కొంచెం నీరు కలిపి, ఆ మిశ్రమంలో థర్మామీటర్ ముంచి పాదరసం ఎంత ఎత్తున ఉందో చూస్తారు. అదే నీటి ఘనీభవన బిందువు. ఈ స్థితిలో పాదరసం ఉన్న ఎత్తునే సున్నా డిగ్రీలుగా నిర్దేశిస్తారు.

మంచు ఉష్ణోగ్రత విశ్వంలో కనిష్ఠ ఉష్ణోగ్రత కాదని ఎందుకో ఫారెన్‌హీట్‌కి అనిపించింది. ఇంకా తక్కువ ఉష్ణోగ్రతని సాధించడం కోసం మంచులో కొంచెం ఉప్పు కలిపాడు. శుద్ధమైన నీటి కన్నా ఉప్పు నీరు మరింత తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఘనీభవిస్తుంది. కాబట్టి బాగా ఉప్పు కలిపిన ఘనీభవన బిందువు సాధ్యమైనంత తక్కువ స్థాయి వరకు తీసుకెళ్ళి, ఆ బిందువునే సున్నా డిగ్రీలు అన్నాడు.

తరువాత శుద్ధమైన నీటి ఘనీభవన బిందువును కూడా తన థర్మామీటర్ మీద గుర్తించాడు. అదే విధంగా నీరు మరిగే బిందువుని కూడా గుర్తించాడు.

ఘనీభవన బిందువుకి, మరిగే బిందువుకి మధ్య ఉన్న ఎడాన్ని 180 సమ భాగాలుగా విభజించాడు. ఆ విభజనలని తను ముందుగా సున్నాగా నిర్దేశించిన గుర్తు వరకు కొనసాగించాడు.

అలా తయారయ్యిందే ఫారెన్‌హీట్ కొలమానం. ఈ కొలమానం ప్రకారం మంచి నీటి ఘనీభవన బిందువు 32 డిగ్రీలు. మరిగే బిందువు 212 డిగ్రీలు. అందుకే నేడు మనం నీరు గడ్డ కట్టే ఉష్ణోగ్రతని 32 డిగ్రీల ఫారెన్‌హీట్ అంటున్నాం. అదే విధంగా నీరు మరిగే ఉష్ణోగ్రతని 212 డిగ్రీల ఫారెన్‌హీట్ అంటున్నాం. దీనినే మనం 32^0 F అని 212^0 F అని సూచిస్తున్నాం.

ఈ కొలమానం ప్రకారం మనిషి సామాన్య ఉష్ణోగ్రత 98.6 డిగ్రీలు. జ్వరం వచ్చినప్పుడు ఉష్ణోగ్రత పెరిగి 100 డిగ్రీలు కూడా దాటుతుంది.

ఈ ఫారెన్‌హీట్ కొలమానం అంత సౌకర్యంగా లేదు. అందులో నీటి ఘనీభవన బిందువు, మరిగే బిందువు సరళ సంఖ్యలుగా వ్యక్తం కాలేదు. 1742లో ఆండర్స్ సెల్షియస్ (1701–1744) అనే స్వీడిష్ శాస్త్రవేత్త మరో కొలమానాన్ని సూచించాడు. ఆ కొలమానంలో నీటి ఘనీభవన బిందువుని సున్నా గాను, మరిగే బిందువుని 100 గాను నిర్దేశించాడు.

అందుకే మనం నీటి ఘనీభవన బిందువుని సున్నా డిగ్రీల సెల్షియస్ అని, మరిగే బిందువుని 100 డిగ్రీల సెల్షియస్ అని అంటున్నాం. ఈ కొలమానంలో శరీర ఉష్ణోగ్రత 37 డిగ్రీల సెల్షియస్ అవుతుంది అన్నమాట.

సెల్షియస్ కొలమానానికి గొప్ప ఆదరణ లభించింది. ప్రపంచంలో అన్ని దేశాలూ ఆ కొలమానాన్ని అవలంభించాయి. ఒక్క దేశం తప్ప. అదే అమెరికా. ఆ దేశంలో ఫారెన్‌హీట్ కొలమానాన్నే వాడతారు. అయితే అమెరికాలో కూడా సామాన్యులు మాత్రమే ఫారెన్‌హీట్ కొలమానాన్ని వాడతారు. శాస్త్రవేత్తలు మాత్రం సెల్షియస్ కొలమానాన్నే వాడతారు.

ఈ పుస్తకంలో నేను సెల్సియస్ కొలమానాన్నే వాడుతున్నాను. అయితే కొంతవరకు సెల్సియస్‌తో పాటు ఫారెన్‌హీట్ ఉష్ణోగ్రత విలువలు కూడా పేర్కొంటూ వస్తాను.

ఆండర్స్ సెల్సియస్

ఉష్ణోగ్రతను కొలవటానికి పాదరసం థర్మామీటర్ వాడడం ఒక పద్ధతి. కాని ఇతర పద్ధతులు కూడా ఉన్నాయి. ముఖ్యంగా మరీ హెచ్చు, అంటే పాదరసం మరిగేటంత ఎక్కువ విలువ గల ఉష్ణోగ్రతలు కొలవడానికి గాని, లేదా పాదరసం గడ్డకట్టుకుపోయేటంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలు కొలవడానికి వేరే పద్ధతులు కావాలి. కాని ఆ పద్ధతుల గురించి ఈ పుస్తకంలో ప్రస్తావించబోవడం లేదు.

హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతల విలువ ఎంత వరకు ఉంటుంది? ఎండాకాలంలో చుట్టూ ఉన్న గాలి వేడెక్కుతుంది. భూమి మీద ఇప్పటివరకు కొలిచిన అత్యధిక ఉష్ణోగ్రత 1922లో సెప్టెంబరు నెల 22వ తారీఖున, ప్రస్తుతం లిబియా అనే దేశంలో సంభవించింది. ఆ ఉష్ణోగ్రత విలువ నీడలో 58 డిగ్రీల సెల్సియస్. భూమి మీద వేడి ఎక్కువగా ఉండే ప్రాంతాల్లో ఎండ రోజుకి దాదాపు పన్నెండు గంటలపాటు ఉంటుంది. గాలి వీచినప్పుడు ఆ వేడి కొద్దిగా తగ్గుతుంది. చంద్రుడి మీద పగలు వరసగా రెండేసి వారాల

పాటు ఉంటుంది. అక్కడ గాలి కూడా ఉండదు కాబట్టి ఆ వేడి తగ్గే అవకాశం కూడా ఉండదు. చంద్రుడి మీద ఉష్ణోగ్రతలు 117 డిగ్రీల సెల్షియస్ వరకు ఉండొచ్చు. ఇది నీరు మరిగే ఉష్ణోగ్రత కన్నా ఎక్కువ.

వస్తువుల ఉపరితలం మీద కన్నా కేంద్రంలో ఉష్ణోగ్రత సామాన్యంగా ఎక్కువగా ఉంటూ ఉంటుంది. భూమి కేంద్రంలో ఉష్ణోగ్రత 6000 డిగ్రీల సెల్షియస్ ఉంటుంది. గ్రహాలలోకెల్లా అతి పెద్దదైన జూపిటర్ గ్రహం (బృహస్పతి) కేంద్రంలో ఉష్ణోగ్రత 54,000 డిగ్రీల సెల్షియస్ ఉంటుంది. అదే విధంగా సూర్యుడి కేంద్రంలో 1,50,00,000 డిగ్రీల సెల్షియస్ వరకు ఉంటుంది.

సూర్యుడి కన్నా పెద్దవైన తారలు కూడా బాగా వేడిగా ఉంటాయి. కొన్ని తారల కేంద్ర ఉష్ణోగ్రత వందల కోట్ల డిగ్రీల సెల్షియస్ వరకు ఉంటుంది.

విశ్వ ఆవిర్భావ సమయంలో, విశ్వపదార్థం అంతా అణురూపంలో ఉన్న దశలో విశ్వం ఉష్ణోగ్రత కొన్ని శత సహస్ర కోట్లు ఉండేదేమో! ఇవన్నీ చూస్తుంటే అధిక ఉష్ణోగ్రతకి ఒక పరిమితి అంటూ లేదేమో అనిపిస్తుంది. వస్తువు వేడిమికి అంతే లేదనిపిస్తుంది.

ఇప్పుడు వ్యతిరేక దిశలో బయలుదేరి ఒక వస్తువు ఎంత చల్లబడగలదు అని ప్రశ్నిద్దాం.

భూమి మీద ఉష్ణోగ్రతలు సున్నా డిగ్రీల సెల్షియస్ కన్నా చాలా తక్కువగా ఉండగలవు. ఉదాహరణకి నీరు గడ్డకట్టుకునే సున్నా డిగ్రీల సెల్షియస్ కన్నా పది డిగ్రీల సెల్షియస్ తక్కువ ఉష్ణోగ్రతని మైనస్ 10 డిగ్రీల సెల్షియస్ అని వ్యవహరిస్తారు.

భూమి మీద అతి చల్లని ప్రాంతం దక్షిణ ధృవం వద్ద నున్న అంటార్కిటికా ఖండం. సోవియట్ శాస్త్రవేత్తలు అంటార్కిటికాలో సముద్రానికి

అత్యంత దూరంలో ఉన్న ఒక స్థానంలో స్థావరాన్ని ఏర్పరచుకున్నారు. అక్కడ అత్యల్ప ఉష్ణోగ్రతలు నమోదు అయ్యాయి. ఉదాహరణకి 1983, జులై 22 నాడు అక్కడ –89 డిగ్రీల సెల్షియస్ ఉష్ణోగ్రత నమోదు అయ్యింది. భూమి మీద నమోదయిన అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత అదే.

గాలి లేని చంద్రుడి మీద ఇంకా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత ఉంటుంది. చంద్రుడి మీద రాత్రి కూడా పగలు లాగానే వరసగా రెండేసి వారాలు ఉంటుంది. అలాంటి సుదీర్ఘ రాత్రి తరువాత ఉష్ణోగ్రత –127 డిగ్రీల సెల్షియస్ వరకు తగ్గవచ్చు.

సూర్యుడికి బాగా దూరంలో ఉండే గ్రహాల మీద కూడా ఉష్ణోగ్రత చాలా తక్కువగా ఉంటుంది. ఉదాహరణకి సూర్యుడికి గరిష్ఠ దూరంలో ఉన్న ప్లూటో గ్రహపు ఉపరితలం మీద ఉష్ణోగ్రత –218 డిగ్రీల సెల్షియస్ వరకు ఉంటుంది.

దీని అర్థం చల్లదనానికి కూడా పరిమితి లేదనా? ఒక వస్తువు ఎంత వరకు చల్లబడగలదు అన్నదానికి అంతే లేదా?

విడ్డూరం ఏమిటంటే కనిష్ఠ ఉష్ణోగ్రతకి అంతు ఉంది. ఉష్ణోగ్రత ఎంతవరకైనా పెరగవచ్చు. కాని అపరిమితంగా చల్లబడడానికి వీలుపడదు. వస్తువులు కొంతవరకే చల్లబడగలవు. అంతకన్నా చల్లని వస్తువు ఉండడం అసంభవం.

మామూలుగా మనం సున్నా డిగ్రీలు అని చెప్పుకునే ఉష్ణోగ్రత కేవలం ఒక వీలైన కొలమానం మాత్రమే. నీరు ఘనీభవించే ఉష్ణోగ్రతని సున్నా డిగ్రీలు అని నిర్దేశించడం సౌకర్యంగా ఉందని అనుకున్నాడు సెల్షియస్. కాని అంతకన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలు ఉంటాయి. అలాగే ఉప్పు నీరు ఘనీభవించే ఉష్ణోగ్రతను సున్నా డిగ్రీలు అని భావించాడు ఫారెన్‌హీట్. అంతకన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలు నిశ్చయంగా ఉన్నాయి.

పోనీ అంటార్కిటికాలోనో, చంద్రుడి మీదనో, ప్లూటో గ్రహం మీదనో నమోదయ్యే అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రతని సున్నా డిగ్రీలు అనుకున్నా అంత కన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలు లేకపోలేదు. పోనీ విశ్వంలో ఎక్కడైనా అంతవరకు కనిపించిన అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రతని సున్నా డిగ్రీలు అనుకున్నా కూడా అది నిజమైన సున్నా కాదు.

కాబట్టి అంతకన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత సంభవం కానంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రతకి అనాపేక్ష సున్నా డిగ్రీలు అని పేరు.

కాని అసలు అలాంటి ఉష్ణోగ్రత ఉందన్న ఆలోచన శాస్త్రవేత్తలకి ఎలా వచ్చింది?

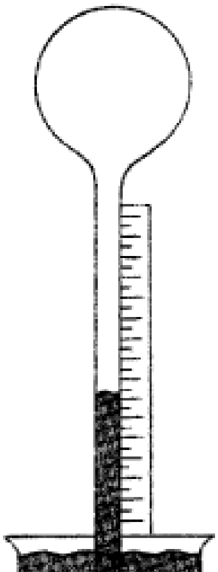
2. కనిష్ఠ ఉష్ణోగ్రత కోసం అన్వేషణ

అనాపేక్ష సున్నా డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రత అనేది ఒకటి ఉంటుంది అన్న ఊహకి ప్రాణం పోసినవాడు జియోమ్ అమన్‌టన్స్ (1663–1705) అనే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త.

ఈ అమన్‌టన్స్‌కి ఉష్ణోగ్రతని కొలిచే పద్ధతుల మీద చాలా ఆసక్తి ఉండేది. అయితే ఇతడు ఫారెన్‌హీట్‌కి ముందు తరానికి చెందినవాడు. ఇతడు వేడెక్కిన గాలి వ్యాకోచిస్తుందని, చల్లబడ్డ గాలి సంకోచిస్తుందని గమనించి ఆ సూత్రం మీద ఆధారపడి ఉష్ణోగ్రతని కొలవడానికి ప్రయత్నించాడు. అలాంటి వాయు థర్మామీటరు అంత సమర్థవంతమైనది కాదు. అయినా అమన్‌టన్స్ గాలి సంకోచ, వ్యాకోచాలని శ్రద్ధగా అధ్యయనం చెయ్యసాగాడు.

గాలి చల్లబడుతున్న కొద్దీ క్రమ గతిలో సంకోచిస్తుందని గమనించాడు. అంతేకాక వివిధ వాయువులు కూడా క్రమగతిలో సంకోచిస్తాయని గమనించాడు. కాబట్టి వాయువుల ఉష్ణోగ్రతను తగ్గిస్తూ పోతే అవి క్రమంగా సంకోచించి చివరికి ఒక ఉష్ణోగ్రత వద్ద సున్నా పరిమాణానికి కుదించుకుపోతాయని ఊహించాడు.

వాయువు సున్నా కన్నా తక్కువ పరిమాణానికి కుంచించుకుపోలేదు కాబట్టి ఆ పరిమాణం వద్ద ఉండే ఉష్ణోగ్రతే అనాపేక్ష సున్నా ఉష్ణోగ్రత అని ఊహించాల్సి ఉంటుంది.



గెలీలియా గాలి థర్మామీటరు

అమన్‌టన్ ఈ ఆవిష్కరణను 1799లో చేశాడు. కాని ఆ రోజుల్లో ఆ సంగతిని పెద్దగా ఎవరూ పట్టించుకోలేదు.

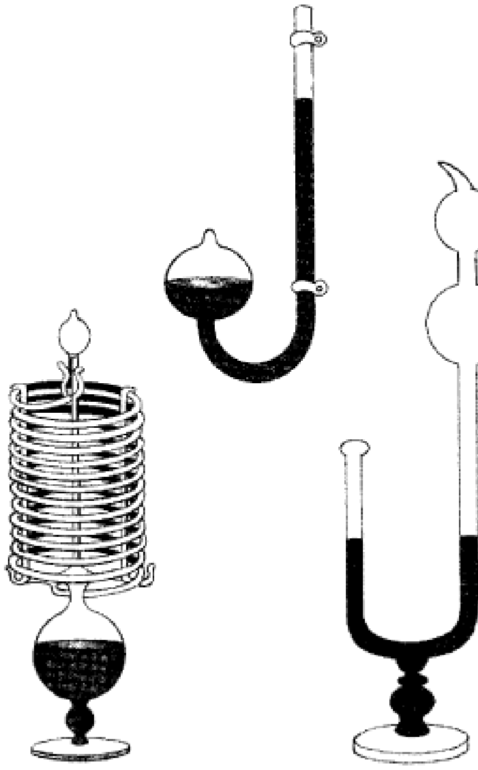
తరువాత 1787లో జాక్ అలెగ్సాంద్రె షార్ల్ (1746-1823) అనే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త ఉష్ణోగ్రతలో మార్పులు బట్టి వాయువుల ఘనపరిమాణంలో వచ్చే మార్పులని అధ్యయనం చెయ్యసాగాడు. ఇతగాడు అమన్‌టన్ కన్నా ఒక మెట్టు పైనే ఉన్నాడు. ఎందుకంటే ఇతడి కాలానికి పాదరసం థర్మామీటరు తయారయ్యింది.

షార్ల్ సున్నా డిగ్రీల వద్ద ఉన్న గాలిని తీసుకుని -1 డిగ్రీల వద్దకి చల్లబరచినప్పుడు అది దాని ఘనపరిమాణంలో దాదాపు 1/270వ వంతు తగ్గిందని గమనించాడు. అలా ఒక్కో డిగ్రీ తగ్గిస్తూ పోతే గాలి ఘనపరిమాణంలో 1/270 వంతు తగ్గడం గమనించాడు. ఇతర వాయువులు కూడా అదే విధంగా ప్రవర్తించాయి.

ఉదాహరణకి సున్నా డిగ్రీల వద్ద 270 ఘనపు సెంటీమీటర్ల ఘనపరిమాణం ఉన్న వాయువుని తీసుకున్నాం అనుకుందాం. ఉష్ణోగ్రతను ఒక డిగ్రీ తగ్గిస్తే ఘనపరిమాణం 269కి దిగుతుంది అన్నమాట. అలాగే 2 డిగ్రీల సెల్షియస్ వద్ద 268కి, -3 డిగ్రీల వద్ద 267కి ఇలా క్రమంగా కుంచించుకుంటూ ఉంటుంది.

షార్ల్ తన ఆవిష్కరణలని క్రమబద్ధంగా రాసుకుని ప్రచురించలేదు. బహుశ వస్తువులకి శూన్య ఉష్ణోగ్రత ఉండడం అనే ఆలోచన అతడికి అర్థరహితంగా అనిపించిందేమో! గుప్తంగా దాచుకున్న ఏవో రాతప్రతుల వల్ల అతడి ఆలోచనలు మనకిప్పుడు తెలిసొచ్చాయి.

తరువాత 1802లో జోసెఫ్ లూయీ గే లుసాక్ (1778-1850) అనే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త అలాంటి పరిశోధనలే చేశాడు. షార్ల్‌కి వచ్చినటువంటి ఫలితాలే ఇతడికీ వచ్చాయి. కాని షార్ల్‌లా కాక ఇతడు తన పరిశోధనా



17వ శతాబ్దపు థర్మామీటర్లు

ఫలితాలని ప్రచురించాడు. గే లుసాక్ పరిశోధనల ఫలితంగా అనాపేక్ష శూన్య ఉష్ణోగ్రత మీదకి శాస్త్రవేత్తల దృష్టి మళ్ళింది. అసలు అనాపేక్ష శూన్య ఉష్ణోగ్రత అంటే ఏమిటి అన్న ఆలోచన మొదలయ్యింది.

అనాపేక్ష శూన్య ఉష్ణోగ్రత విలువ –273.15 అని నేడు శాస్త్రవేత్తల అంచనా.

అయితే వాయువుల ఘనపరిమాణంలో వచ్చే మార్పులని బట్టి అనాపేక్ష శూన్య ఉష్ణోగ్రతని కనుక్కునే పద్ధతిలో చిన్న తిరకాసు ఉంది. ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతూ ఉంటే వాయువులు వాయువులుగానే మిగిలిపోతాయని నమ్మకం ఏమీ లేదు. అన్నీ కాకపోయినా కొన్ని వాయువులు ద్రవంగా మారతాయి.

100 డిగ్రీల సెల్షియస్ వద్ద నీరు వాయువు కావచ్చు. కాని అంతకన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఆ వాయువు ద్రవం అవుతుంది. అదే విధంగా ఆల్కహాల్ 78.4 డిగ్రీల వద్ద ద్రవమవుతుంది. 34.6 డిగ్రీల వద్ద ఈథర్ ద్రవమవుతుంది. 0.5 డిగ్రీల సెల్షియస్ వద్ద బ్యూటిన్ వాయువు ద్రవమవుతుంది.

జోసెఫ్ లూయీ గే లుసాక్

ద్రవంగా మారిన తరువాత కూడా ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతున్నకొద్దీ పదార్థపు ఘనపరిమాణం తగ్గుతూనే ఉంటుంది. కాని ఆ తరుగుదల రేటు వాయువులో కన్నా చాలా తక్కువగా ఉంటుంది.

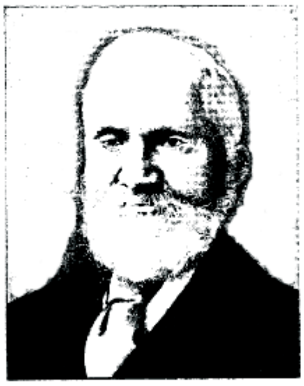
గే లుసాక్ కాలంలో గాలి మొదలైన వాయువులని అప్పటి విజ్ఞానానికి సాధ్యమైనంతలో అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల వద్దకి తీసుకుపోయినా అవి ద్రవంగా మారలేదు. అయినా కూడా అప్పటికి సాధ్యం కాకపోయినా, ఇంకా తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలని సాధించగలిగితే ఆ వాయువులు కూడా ద్రవంగా మారతాయని, ఇంకా చల్లబరిస్తే వాటి ఘనపరిమాణం కూడా మెల్లగా తగ్గుతూ పోతుందని భావించడం సబబేననిపించింది. కాని ద్రవాలని ఒక ఉష్ణోగ్రత కన్నా తక్కువకి తీసుకుపోతే ఇక కుంచించుకోవడం మానేస్తాయేమో. అలాంటప్పుడు వాటి ఘనపరిమాణం ఎప్పటికీ సున్నా కాదు. అంటే −273.15 డిగ్రీల సెల్షియస్ కన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద కూడా వాటి ఘనపరిమాణం సున్నా కాదేమో. అంటే నిరపేక్ష సున్నా డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రత అనేది అసలు లేనే లేదేమో!

1848లో విలియం థామ్సన్ (1824–1907) అనే బ్రిటిషు శాస్త్రవేత్త ఈ సమస్యని చేపట్టాడు. (థామ్సన్‌కి బ్రిటిషు ప్రభుత్వం బారన్ కెల్విన్ అని బిరుదును ఇచ్చి సత్కరించింది. అప్పటినుంచి అతడు లార్డ్ కెల్విన్‌గా చలామణి అవుతూ వచ్చాడు. అతడికి ఆ బిరుదు రావడానికి ముందు చేసిన పని గురించి ప్రస్తావిస్తున్నప్పుడు కూడా అతడిని లార్డ్ కెల్విన్ అనే వ్యవహరిస్తూ ఉంటారు.)

పదార్థం అంతా చిన్న చిన్న పరమాణువులతో నిండి ఉంటుందని, ఆ పరమాణువులు కలిసి అణువులుగా ఏర్పడతాయని కెల్విన్ ఊహించాడు. వాయువులలో ఈ అణువులు స్వేచ్ఛగా కదులుతుంటాయి. వాయువులలోను, ద్రవాలలోని అవి ఒక చోట ఉన్నా, ఉన్నచోటునే అవి అటు ఇటు కదులుతూ కంపిస్తుంటాయి.

అణువుల ప్రవర్తన

వాయువు ద్రవం ఘనపదార్థం



లార్డ్ కెల్విన్

అణువులు స్వేచ్ఛగా కదిలినా, ఉన్నచోటే కంపించినా చలనం ఉందంటే వాటికి శక్తి ఉందన్నమాటే. ఉష్ణోగ్రత ఎంత ఎక్కువయితే, వస్తువు ఎంత వేడెక్కితే, అణువులు అంతగా కదులుతుంటాయి, అంత శక్తి కలిగి ఉంటాయి. అదే విధంగా ఉష్ణోగ్రత ఎంత తక్కువయితే, వస్తువు ఎంత చల్లబడితే, అణువులు అంత మందంగా కదులుతుంటాయి, అంత తక్కువ శక్తి కలిగి ఉంటాయి. వాయువులకి, ద్రవాలకి, ఘనాలకి అన్నిటికీ ఈ సూత్రమే వర్తిస్తుంది.

కాబట్టి వస్తువుల ఘనపరిమాణం ముఖ్యం కాదు, వాటిలోని శక్తి ముఖ్యం అని చూపించాడు లార్డ్ కెల్విన్. శుద్ధ శూన్యం వద్ద వస్తువుల శక్తి సున్నా అయిపోతుంది. ఇక అంతకన్నా తగ్గడానికి అవకాశం లేదు. కాబట్టి వాయువులు ద్రవాలైనా కాకపోయినా, −273.15 డిగ్రీల సెల్షియస్ వద్ద నిజంగానే నిరపేక్ష సున్నా ఉంది.

కాబట్టి −273.15 డిగ్రీల సెల్షియస్‌ని సున్నా డిగ్రీలు అనుకుని, అక్కడినుంచి సెల్షియస్ డిగ్రీలతో పైకి కొలుచుకురావడం తెలివైన పద్ధతి అని సూచించాడు లార్డ్ కెల్విన్. అలాంటి కొలమానాన్నే నిరపేక్ష మితి అనీ, కెల్విన్ గౌరవార్థం కెల్విన్ మితి అనీ పిలుస్తారు.

నిరపేక్ష సున్నా అంటే సున్నా డిగ్రీల కెల్విన్ అన్నమాట, లేదా 0 డిగ్రీల కె అన్నమాట. నీటి ఘనీభవన బిందువు కన్నా నిరపేక్ష సున్నా 273.15 డిగ్రీల సెల్షియస్ తక్కువ కాబట్టి, నీటి ఘనీభవన బిందువు నిరపేక్ష సున్నాకి 273.15 డిగ్రీల సెల్షియస్ పైన ఉందని, లేదా 273.15 డిగ్రీల కె అని చెప్పుకోవచ్చు. సెల్షియస్ ఉష్ణోగ్రతని కెల్విన్ ఉష్ణోగ్రతకి మార్చాలంటే 273.15 డిగ్రీలు కలిపితే సరిపోతుంది. నీరు 100 డిగ్రీల సెల్షియస్ దగ్గర మరుగుతుంది, అంటే అది 373.15 డిగ్రీల కె వద్ద మరుగుతుంది అన్నమాట.

పుస్తకంలో ఇప్పటినుంచి కెల్విన్ మితినే వాడతాను, సెల్షియస్ మితిని బ్రాకెట్లలో చూపిస్తాను.

3. వాయువులని ద్రవాలుగా మార్చడం

గే లుసాక్ నిరపేక్ష సున్నా ఉష్ణోగ్రత గురించి ఆలోచించడం ఆరంభించిన దగ్గరనుండి, వాయువులని అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద ద్రవీకరించడం సాధ్యమా అని శాస్త్రవేత్తలు ఆలోచించడం ఆరంభించారు. నిరపేక్ష సున్నా ఉష్ణోగ్రత వద్ద కాకపోయినా అంత కన్నా ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద వాయువులని ద్రవీకరించగలమా అని ఆలోచించసాగారు.

కాని గే లుసాక్ కాలంలో అంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రతను సాధించడానికి తగిన పద్ధతులు ఎవరికీ తెలియదు. అంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలు కావాలంటే శీతాకాలంలో సైబీరియాకి పోవాలి (లేదా అంటార్కిటికాకి వెళ్ళాలి). అంటార్కిటికాలో కూడా అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత కేవలం 184 కె. డిగ్రీలు మాత్రమే. అంటే నిరపేక్ష సున్నా కన్నా దాదాపు 200 డిగ్రీలు ఎక్కువ అన్నమాట. కొన్ని వాయువులని ద్రవీకరించాలంటే అంత ఉష్ణోగ్రత సరిపోదు.

1823లో మైకేల్ ఫారడే (1791-1867) అనే ఇంగ్లీషు శాస్త్రవేత్త మరో పద్ధతి ఊహించాడు. వాయువు మీద ఒత్తిడి పెంచితే అందులోని అణువులు మరింత దగ్గరికి చేరుకుంటాయి కాబట్టి ద్రవీకరించడానికి తేలిక అవుతుంది. వాయువును తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్దకి తీసుకెళ్తే మరింత తేలికగా ద్రవీకరించవచ్చు.

దట్టమైన గాజుతో తయారుచేసిన ఒక నాళంతో పని మొదలుపెట్టాడు ఫారడే. నాళానికి అడుగున ఒక రసాయనాన్ని ఉంచాడు. ఆ రసాయనాన్ని వేడిచేసినప్పుడు క్లోరిన్ వాయువు వెలువడుతుంది. నాళానికి అవతలి కొసని వేడిచేసి, కరిగించి మూసేశాడు. నాళం మధ్య భాగాన్ని వేడి చేసి కోణం ఆకారంలో దాన్ని వంచాడు.

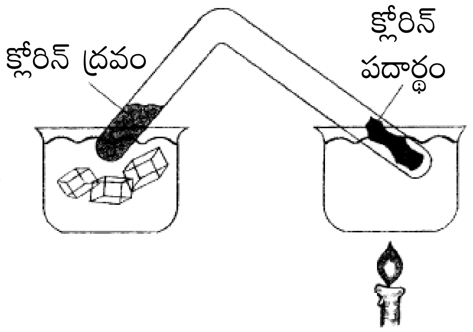
ఇప్పుడు రసాయనం ఉన్న కొసని వేడినీళ్ళలోను, అవతలి కొసని ఐసు నీళ్ళలోను ఉంచాడు. వేడెక్కిన కొస నుండి క్లోరిన్ ఉత్పన్నం కాసాగింది.

వాయువు ఉత్పన్నం అవుతున్నకొద్దీ నాళంలో వాయువు పరిమాణం పెరిగి, దాని ఒత్తిడి కూడా పెరుగుతూ రాసాగింది. అలా ఒత్తిడి పెరుగుతూ ఉండగా ఒక దశలో ఐసు ఉన్న కొస వద్ద క్లోరిన్ ద్రవీకరణ చెందడం కనిపించింది.

హెచ్చు ఒత్తిడి లేకుండా క్లోరిన్ 238.6 కె. డిగ్రీలు (అంటే 34.5 డిగ్రీలు సెల్షియస్) వద్ద ద్రవీకరిస్తుంది. అంటే దీన్ని సైబీరియాలో శీతాకాలంలో తేలికగా ద్రవీకరించవచ్చు. కాబట్టి చల్లదనానికి ఒత్తిడి జతచేస్తే మరింత హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ద్రవంగా చేయవచ్చు.

మైకేల్ ఫారడే

క్లోరిన్‌ని ద్రవంగా మార్చిన విధానం



అంతేకాక ఈ పద్ధతిలో శాస్త్రవేత్తలకి మరింత తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలని సాధించడానికి ఒక కొత్త పద్ధతి దొరికింది. ఉదాహరణకి ఒక వాయువుని ఒక పాత్రలో అధిక పీడనం (ఒత్తిడి) వద్ద ద్రవీకరించాం అనుకుందాం. పాత్ర చుట్టూ కార్కులాంటి ఉష్ణనిరోధకత ఉన్న పదార్థపు తొడుగు ఉందని అనుకుందాం. ఇప్పుడు ఆ పాత్రని కొద్దిగా తెరుస్తాం. ఆ వేడికి లోపలఉన్న ద్రవం మరిగి, వాయువుగా మారడం ఆరంభిస్తుంది. కాని అలా వాయువుగా మారడానికి పదార్థంలోని అణువులు శక్తిని పుంజుకోవాలి. ఆ శక్తి ద్రవం

నుండే రావాలి. కాబట్టి ద్రవరూపంలో ఉన్న వాయువు ఆవిరిగా మారుతున్నకొద్ది ఇంకా ఇంకా చల్లబడుతూ ఉంటుంది.

1835లో సి.ఎస్.ఏ తిరోల్యే అనే ఫ్రెంచ్ రసాయన శాస్త్రవేత్త కార్బన్‌డైఆక్సైడ్‌తో ప్రయోగాలు ఆరంభించాడు. ఫారడే పద్ధతిలో ఆ వాయువుని చల్లార్చి చూడసాగాడు. అతడు లోహపు నాళాలు వాడాడు. ఇవి గాజు నాళాల కన్నా బలమైనవి. హెచ్చు పరిమాణంలో కార్బన్‌డైఆక్సైడ్‌ని తయారుచేశాక, అందులో కొంత భాగాన్ని ఆవిరి కానిచ్చాడు. అది ఇంకా చల్లబడి ఘనమైన కార్బన్‌డైఆక్సైడ్‌గా మారింది.

ఘన కార్బన్‌డైఆక్సైడ్ చూడడానికి ఘనపదార్థంలాగానే ఉన్నా కరిగిస్తే ద్రవంగా మారదు. ఘన కార్బన్‌డైఆక్సైడ్ ద్రవంగా మారకుండా నేరుగా వాయువుగా మారిపోతుంది. అందుకే దాన్ని పొడి మంచు (డ్రై ఐస్) అంటారు. అది 194.6 కె. డిగ్రీల (–74.5 డిగ్రీల సెల్షియస్) వద్ద వాయువుగా మారుతుంది.

పొడి మంచుని ముక్కలు చేసి ద్రవ్య రూపంలో ఉన్న ఈథరుతో కలపొచ్చు. ద్రవ ఈథరు బాగా తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల వద్ద గాని ఘనీభవించదు. పొడి మంచు ఈథరుని చల్లబరుస్తుంది. ఈ సంపర్కంతో ఈథర్ ఇంకా చల్లబడుతుంది. ఈ రెండింటి మిశ్రమం 163 డిగ్రీల కె వరకు దిగుతుంది. అంటార్కిటికాలోని అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల కన్నా ఇది తక్కువ ఉష్ణోగ్రత.

ఇప్పుడు నాళానికి ఒక కొసలో వాయువు ఉత్పన్నం చేస్తూ, మరో కొసని మంచు నీటిలో పెట్టే బదులు, రెండవ కొసని ఈథర్–పొడి మంచు మిశ్రమంలో పెట్టవచ్చు. ఈ పద్ధతిలో మునుపెన్నడూ ద్రవంగా మార్చడం సాధ్యం కాని వాయువులని ద్రవాలుగా మార్చవచ్చు.

నిజానికి 1860 ప్రాంతాల కల్లా మనకి తెలిసిన వాయువులలో నాలుగింటిని మాత్రమే ద్రవీకరించడం సాధ్యం కాలేదు. అవి ఆక్సిజన్, నత్రజని, (ఇవి రెండు వాతావరణంలో పుష్కలంగా ఉండే వాయువులు),

కార్బన్ మోనాక్సైడ్ (ఇది వాహనాల నుండి వెలువడే వాయువులలో ఉండే విషవాయువు), హైడ్రోజన్ (ఇది అత్యంత తేలికైన వాయువు).

పొడి మంచు-ఈథర్ పద్ధతిలో ద్రవీకరణ సాధ్యం కాని మరో నాలుగు వాయువులను పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు అంతంలో కనుగొన్నారు. ఇవి ఫ్లోరిన్, ఆర్గాన్, నియాన్, హీలియం వాయువులు.

ఈ వాయువులని ద్రవీకరించడం ఎందుకంత కష్టమో 1869లో థామస్ ఆండ్రూస్ (1813-1885) అనే ఐరిష్ శాస్త్రవేత్త వివరించాడు. వాయువు ఉష్ణోగ్రత ఎంత ఎక్కువైతే దాన్ని ద్రవంగా మార్చడానికి అంత ఎక్కువ ఒత్తిడి కావాలని అతడు కనుగొన్నాడు. అయితే ఉష్ణోగ్రత కన్నా అవసరమైన ఒత్తిడి మరింత వేగంగా పెరుగుతుంది. ఒక కీలకమైన ఉష్ణోగ్రత వద్ద మాత్రం ఒత్తిడి ఎంత ఎక్కువైనా వాయువు ద్రవంగా మారదు. అంత వరకు ద్రవంగా మారని ఎనిమిది వాయువులకీ కీలక ఉష్ణోగ్రత 165 డిగ్రీల కె కన్నా తక్కువగా ఉంది. వాటిని ద్రవంగా మార్చాలంటే పొడిమంచు-ఈథర్ మిశ్రమం కన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత సాధించాలి.

అయితే 1852లో లార్డ్ కెల్విన్ తన మిత్రుడు జేమ్స్ ప్రెస్కాట్ జూల్ (1818-1889)తో కలిసి ఒక ముఖ్యమైన విషయాన్ని కనుక్కున్నాడు. తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలని సాధించడానికి ద్రవాలు ఆవిరయ్యేట్టు చెయ్యడం మాత్రమే పరిష్కారం కాదని వీళ్ళు కనుక్కున్నారు.

ఒక వాయువు మీద ఒత్తిడి పెంచారని అనుకుందాం. దాన్ని ఒక చిన్న పాత్రలో పట్టేట్టు కుదించి ఆ స్థితిలో దాని ఉష్ణోగ్రత బాగా తగ్గించాలి. ఇప్పుడు ఆ వాయువుని వ్యాకోచించనివ్వాలి. వ్యాకోచం చెందడానికి శక్తి కావాలి. ఆ శక్తి ఆ వాయువు నుండే వస్తుంది. దాంతో ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతుంది.

దీన్నే జూల్-థామ్సన్ ఫలితం అంటారు.

1877లో లూయీ పాల్ కాయిటే అనే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త ఆక్సిజన్‌ని వీలైనంతగా ఒత్తిడి చేసి కుంచింపచేశాడు. అలా కుంచింపబడిన ఆక్సిజన్‌ని

వీలైనంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వరకు చల్లబడేట్టు చేశాడు. అప్పుడు తిరిగి వ్యాకోచింప చేశాడు. దాంతో ఆక్సిజన్ ఉష్ణోగ్రత ఇంకా తగ్గింది. ద్రవంగా మారిన ఆక్సిజన్ తుషార బిందువుల్లా బొట్లు బొట్లుగా పాత్రకి అంటుకుని కనిపించింది. నైట్రోజన్, కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువులతో కూడా ఇలాగే చేసి వాటినీ ద్రవంగా మార్చగలిగాడు.

ఈ పద్ధతికి ఇంకా మెరుగులు దిద్ది 1883 కల్లా శాస్త్రవేత్తలు వాయువులని అధిక మొత్తాలలో ద్రవంగా చెయ్యడం ప్రారంభించారు. నిజానికి పన్నెండేళ్ళ తరువాత కార్ల్ వాన్ లిండే (1842-1934) అనే జర్మన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త అధిక పరిమాణంలో ద్రవ రూపంలో గాలిని (అంటే ఆక్సిజన్, నైట్రోజన్‌ల మిశ్రమం) తయారు చెయ్యగలిగాడు. ఈ పద్ధతి చాలా చవకగా సాధ్యమయ్యింది. పరిశ్రమలు ఈ విధానాన్ని స్వీకరించాయి.

1895 కల్లా మునుపు ద్రవంగా మార్చడానికి సాధ్యం కాని ఎనిమిది వాయువుల్లోను ఐదింటిని ద్రవంగా మార్చగలిగారు. ఆ ఐదు వాయువులు ఈ కింది ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ద్రవంగా మారతాయి.

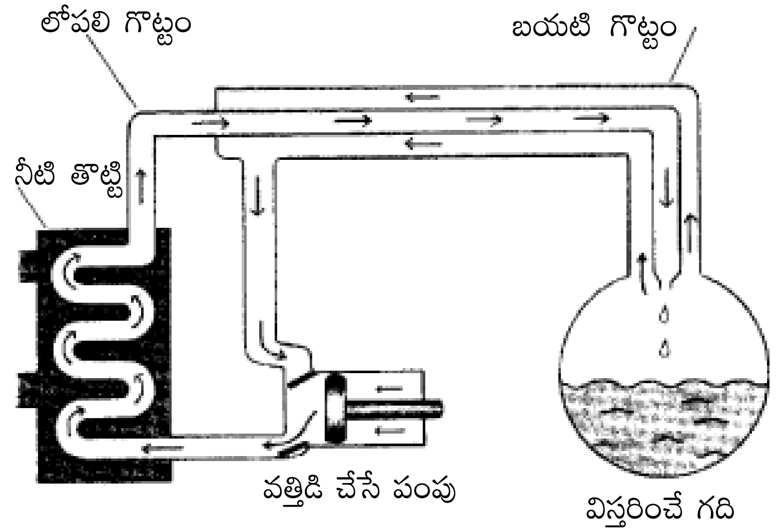
ఆక్సిజన్	90.17 కె	-182.98 సెల్షియస్
ఆర్గాన్	87.28 కె	-185.87 సెల్షియస్
ఫ్లోరిన్	85.01 కె	-188.14 సెల్షియస్
కార్బన్ మోనాక్సైడ్	81.7 కె	-191.45 సెల్షియస్
నైట్రోజన్	77.35 కె	-195.80 సెల్షియస్

ఇప్పటికే శాస్త్రవేత్తలు 77 డిగ్రీల నిరపేక్ష ఉష్ణోగ్రత వద్దకు చేరుకోగలిగారు. అయినా కూడా నియాన్, హైడ్రోజన్, హీలియం వాయువులని ద్రవంగా మార్చడం వీలుపడలేదు. ఈ మూడింటి విషయంలో జూల్-థామ్సన్ ఫలితం పనిచెయ్యలేదు.

ఇదిలా ఉండగా 1873లో యోహానెస్ డీడెరిక్ వాన్‌డెర్‌వాల్స్ (1837-1923) అనే డచ్ శాస్త్రవేత్త ఆ మూడు వాయువులని శ్రద్ధగా అధ్యయనం చేసి సమస్య ఏమిటో అర్థం చేసుకున్నాడు. అతడు కనుగొన్న

విషయాల దృష్ట్యా చూస్తే ఈ మూడు వాయువుల విషయంలోను ఒక ఉష్ణోగ్రత కన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్దనే జూల్-థామ్సన్ ఫలితం పని చేస్తుందని అర్థం అయ్యింది.

ఇంచుమించు అన్ని వాయువులకి జూల్-థామ్సన్ ఫలితం పనిచేసే ఉష్ణోగ్రత చాలా ఎక్కువగానే ఉండేది. ఇంచుమించు మామూలు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద కూడా ఈ ఫలితాన్ని ఉపయోగించి వాయువులని చల్లబరచడానికి వీలయ్యేది.



గాలిని ద్రవంగా మార్చడానికి కావలసిన పరికరాలు

హైడ్రోజన్ విషయంలో మాత్రం 190 డిగ్రీల కె (-83 డిగ్రీల సెల్షియస్) కన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్దనే జూల్-థామ్సన్ ఫలితం పని చేసేది. అంటే హైడ్రోజన్‌ని అంటార్కిటికాలో అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రతకన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్దకు తీసుకువెళ్ళాకనే దాన్ని మళ్ళీ వ్యాకోచింపచేసి ద్రవంగా మారేట్టు చెయ్యొచ్చు. ఈ విషయాన్ని గుర్తించినవాడు స్కాట్‌లాండ్‌కి చెందిన జేమ్స్ దీవార్ (1842-1923) అనే రసాయన శాస్త్రవేత్త.

77 డిగ్రీల కె. వద్ద పెద్ద మొత్తాల్లో ద్రవ రూపంలో నైట్రోజన్‌ని తయారుచేయడం ఆరంభించాడు.

జేమ్స్ దీవార్

హైడ్రోజన్ విషయంలో జూల్-థామ్సన్ ఫలితం పనిచేసే కనిష్ఠ ఉష్ణోగ్రత (190) కన్నా ఇది (77) చాలా తక్కువ. కొంత హైడ్రోజన్‌ని తీసుకుని దాన్ని అధికపీడనం వద్ద ఒక బలమైన పాత్రలో కుంచింపచేశాడు. అప్పుడు ఆ పాత్రని ద్రవ్య నైట్రోజన్ ఉన్న పాత్రలో ముంచాడు.

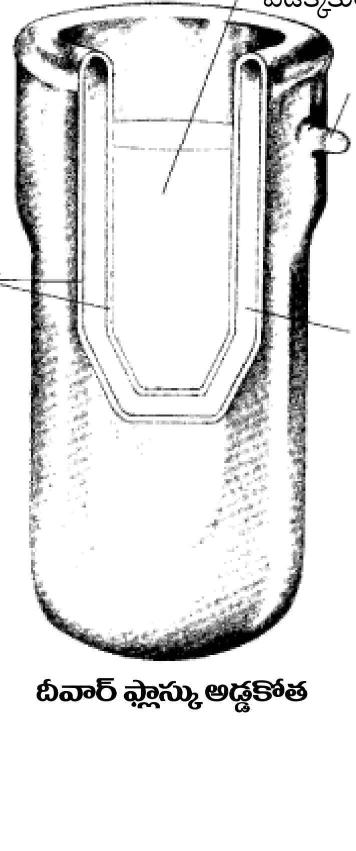
కుంచింపబడ్డ హైడ్రోజన్ ద్రవ నైట్రోజన్ ఉష్ణోగ్రత వద్దకు చేరుకుంది. అప్పుడు దీవార్ దాన్ని వ్యాకోచం చెందనిచ్చాడు. ఆ వ్యాకోచం వల్ల దాని ఉష్ణోగ్రత మరింత తగ్గింది. ఆ విధంగా 1895లో దీవార్ మొట్టమొదటిసారిగా ద్రవ హైడ్రోజన్‌ని సాధించగలిగాడు.

హైడ్రోజన్ 20.38 కె (-252.77 సెల్షియస్) వద్ద ద్రవంగా మారుతుంది. ద్రవ హైడ్రోజన్‌ని సాధించడానికి వినియోగించిన విధానాన్నే ద్రవ నియాన్‌ని సాధించడానికి ఉపయోగించవచ్చు. హైడ్రోజన్ కన్నా కాస్త హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత వద్ద నియాన్ ద్రవంగా మారుతుంది. నియాన్ 27.05 కె (-246.10 సెల్షియస్) వద్ద ద్రవంగా మారుతుంది.

మరీ చల్లని ద్రవాలు త్వరగా ఆవిరి అయిపోకుండా దీవార్ ఒక కొత్త పద్ధతి కనిపెట్టాడు. ఒక దాంట్లో ఒకటిగా రెండు గోడలు ఉన్న ప్రత్యేక పాత్రలు తయారుచేశాడు. రెండు గోడల మధ్య శూన్యం ఉంటుంది.

మామూలు పాత్రలలో అయితే వేడిమి గోడల ద్వారా ప్రవహించి లోపలి నుండి బయటికి, బయటి నుండి లోపలికి పోతుంది. కాని ఈ ప్రత్యేక పాత్రలో రెండు గోడల మధ్య ఏమీ లేదు కాబట్టి వేడిమి గోడలని దాటి పోలేదు. గాలి ఉన్నట్లయితే గాలిలో నుంచి వేడిమి ప్రవహిస్తుంది. కాని ఇక్కడ ఉన్నది శూన్యమే కాబట్టి ఆ అవకాశం కూడా లేదు.

అయితే వేడిమి కిరణ రూపంలో శూన్యంలో నుంచి కూడా ప్రసరించగలదు. ఆ అవకాశం లేకుండా దీవార్ గోడల మీద నునుపైన, మెరిసే లోహపు పూత వేశాడు. ఆ లోహం వేడిమికి చెందిన కిరణాలు పరావర్తనం చెందేట్టు చేస్తాయి. ఆ విధంగా ఉష్ణ తరంగాలు కూడా ఆ గోడలని దాటి బయటికి పోలేనట్టుగా ఆ పాత్రని నిర్మించాడు దీవార్.



దీవార్ ఫ్లాస్కు అడ్డకోత

అలాంటి పాత్రలో బాగా చల్లని ద్రవాలని ఉంచితే, దాని గోడలలో నుంచి వేడిమి లోపలికి ప్రవేశించలేదు కాబట్టి ఆ ద్రవాలు చాలాసేపటి వరకు ఆవిరైపోకుండా చల్లగా ఉంటాయి. అలాంటి పాత్రనే దీవార్ ఫ్లాస్క్ అంటారు.

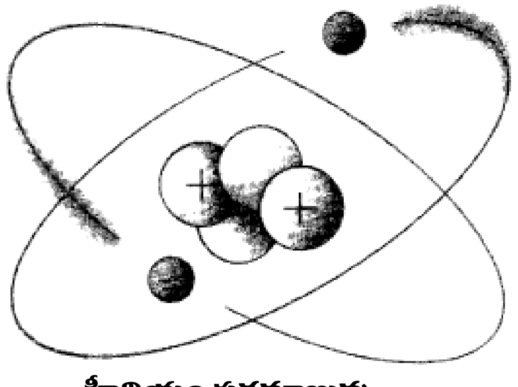
మనుషులు ఇలాంటి పాత్రలని ఇంట్లో వాడుకుంటూ ఉంటారు. వీటికే థర్మాస్ ఫ్లాస్కులు అని కూడా పేరుంది. ఈ సీసాలకి మూతలు, బిరడాలు మొదలైనవి తగిలించి ఇందులో నీరు మొదలైనవి చల్లగా నిలవ చేసుకోవచ్చు. అందులో కాఫీ, టీ లాంటి వేడి పానీయాలని కూడా వేడిగా ఉంచుకోవచ్చు.

దీవార్ ఇలాంటి ఫ్లాస్కులో ద్రవ హైడ్రోజన్ ఉంచి ఆవిరి కానిచ్చాడు. ఆవిరి కావడానికి వాడిన ఉష్ణోగ్రత ఆ ద్రవ హైడ్రోజన్ నుండి వచ్చేట్టు చేశాడు. ఎందుకంటే బయటికి ఇంచుమించు సున్నా వేడి లోపలికి ప్రవేశించింది. దాంతో లోపల ఉన్న ద్రవ హైడ్రోజన్ మరింత చల్లబడింది. చిట్టచివరికి 1988లో దీవార్ హైడ్రోజన్ ఘనీభవించేట్టు చేశాడు. 13.95 కె (–159.2 సెల్షియస్) వద్ద హైడ్రోజన్ గడ్డ కడుతుంది.

నిరపేక్ష సున్నా డిగ్రీలకి పద్నాలుగు డిగ్రీల ఎడంలో కూడా హీలియం మాత్రం వాయు రూపంలో ఉండిపోయింది. 1900 సంవత్సరం ఆరంభం వరకు కూడా ద్రవీకరించబడని వాయువు ఇదే.

4. హీలియం ప్రయాస

హీలియం అత్యంత స్థిరమైన పరమాణువుల్లో ఒకటి. హీలియం పరమాణువు ఎంత స్థిరమైనది అంటే అందులో ఏమాత్రం మార్పు వచ్చినా ఆ పరమాణువు స్థిరత తగ్గిపోతుంది. ఈ కారణం వల్ల అది ఇతర పరమాణువులతో తేలికగా కలవదు. ఇతర పరమాణువులే కాదు, ఒక హీలియం పరమాణువు మరో హీలియం పరమాణువుతో కూడా కలవదు. అందుకే హీలియం వాయువులో ఎప్పుడూ ఒంటరి హీలియం పరమాణువులే ఉంటాయి. దీనికి భిన్నంగా హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్, నైట్రోజన్, ఫ్లోరిన్ వాయువులలో పరమాణువులు జంటలుగా కలిసి అణువులుగా ఏర్పడడం కనిపిస్తుంది.



హీలియం పరమాణువు

హీలియం అణువులు ఎంత స్థిరమైనవి అంటే ఉష్ణోగ్రత చాలా, చాలా తక్కువైతే తప్ప ఆ వాయువు ద్రవంగా మారదు. కాని అలాంటి అతి తీవ్ర శైత్యంలో హీలియం అణువులు ఇక కిక్కురుమనకుండా కదలకుండా ఉంటాయి. కాని అప్పుడిక దానిని ద్రవం అనడానికి వీల్లేదు.

హీలియం వాయువుని ద్రవంగా మార్చే ప్రయత్నాన్ని హైక్ కామర్లింగ్ ఓన్స్ (1853–1926) అనే డచ్ శాస్త్రవేత్త చేపట్టాడు. ఇతడు కేవలం అత్యల్ప

హైక్ కామర్లింగ్ ఓన్స్

ఉష్ణోగ్రతల మీద పరిశోధనలు చేసేందుకు ఒక ప్రత్యేక ప్రయోగశాలకి రూపకల్పన చేశాడు. హీలియం వాయువుని కామర్లింగ్ ఓన్స్ (1853-1926) అధిక పీడనం వద్ద కుంచింపచేసి ద్రవ హైడ్రోజన్ ఉన్న తొట్టెలోకి ప్రవేశపెట్టాడు. హీలియం ఉష్ణోగ్రత ద్రవ ఉష్ణోగ్రత స్థాయికి దిగిన తరువాత జూల్-థామ్సన్ ఫలితం పని చేస్తుంది. కాబట్టి కుంచింపబడ్డ హీలియంని వ్యాకోచించనిచ్చాడు. వ్యాకోచిస్తున్న హీలియం మరింత చల్లబడింది. ఆ విధంగా 1908లో అతగాడు ద్రవ హీలియంని సాధించాడు. అంతవరకు ద్రవంగా మారనని మొరాయించిన వాయువు చివరికి ద్రవంగా మారింది. ఇక ద్రవంగా మార్చడానికి సాధ్యంకాని వాయువే లేదని తేలింది.

హీలియం 4.21 కె (-268.94 సెల్షియస్) వద్ద ద్రవంగా మారింది.

ఇంత అతి శీతలమైన హీలియం ద్రవం త్వరగా ఆవిరైపోకుండా ఉండాలంటే దానిని ఉష్ణం సోకకుండా ఉంచాలి. కాబట్టి ద్రవ హీలియం ఉన్న పాత్రని ద్రవ హైడ్రోజన్ ఉన్న పాత్రలో ఉంచుతారు. ఆ పాత్రని మళ్ళీ ద్రవ రూపంలో ఉన్న గాలి ఉన్న పాత్రలో ఉంచుతారు.

ఆ విధంగా పరిశోధనలకి అవసరమైనంతసేపు ద్రవ హీలియంని కామర్లింగ్ ఓన్స్ నిశ్చలంగా ఉంచాడు. అతడికి మరొకటి కూడా చెయ్యాలని ఉంది. అది హీలియం గడ్డకట్టేట్టు చేసి ఘన హీలియంని సాధించడం. కొంచెం హీలియం ఆవిరయ్యేట్టు చేసి హీలియం ఉష్ణోగ్రత ఇంకా తగ్గేట్టు చేశాడు. ఆ విధంగా ఉష్ణోగ్రత 0.83 కె (-272.32 సెల్షియస్) కి చేరుకుంది.

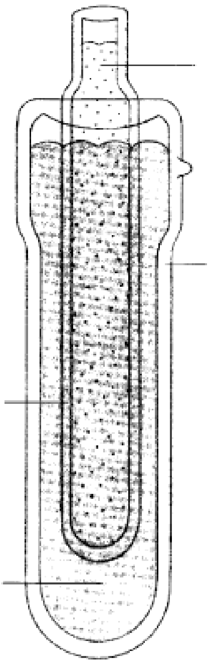
కాని హీలియం ద్రవ రూపంలోనే ఉండిపోయింది. చివరికి ఆ శాస్త్రవేత్త చనిపోయేనాటికి అంటే ఫిబ్రవరి 21, 1926కి కూడా హీలియంని ఘనీభవింపచేయడం సాధ్యం కాలేదు.

కేవలం ఉష్ణోగ్రతని తగ్గించడం ద్వారా హీలియంని ఘనీభవింప చేయడం సాధ్యం కాదని నేడు మనకి తెలుసు. నిరపేక్ష సున్నా ఉష్ణోగ్రత వద్ద కూడా నిజానికి కాస్త శక్తి మిగిలి ఉంటుంది. ఆ శక్తిని తొలగించడం సాధ్యపడదు. అందుకే నిరపేక్ష సున్నా కన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలని చేరుకోలేం. తొలగింప శక్యంకాని ఆ కొద్దిపాటి శక్తి చాలు, హీలియం పరమాణువులు ఘనరూపంలో స్థిరపడకుండా చంచలంగా కదులుతూ ఉండడానికి.

కామర్లింగ్ ఓన్స్ చనిపోయిన కొద్ది నెలల తరువాత అతడి శిష్యుడు, డచ్ శాస్త్రవేత్త విలెమ్ హెండ్రిక్ కీసమ్ (1876–1956) ఈ పనికి పూనుకున్నాడు. సరిగ్గా ఒక శతాబ్దానికి ముందు మైకేల్ ఫారడే చేసినట్టే ఇతగాడు కూడా అత్యధిక పీడనం, అత్యల్ప ఉష్ణోగ్రతల కలయికని ప్రయోగించి చూశాడు. ఈ పథకం పారింది. కేసమ్ ద్రవ్య హీలియం మీద 25 వాతావరణాల పీడనాన్ని ప్రయోగించినప్పుడు 1 డిగ్రీ కె వద్ద హీలియం ఘనీభవించింది. తరువాత ద్రవ హీలియం ఉష్ణోగ్రత 0.4 కె దాకా కూడా దించగలిగాడు.

నేడు శాస్త్రవేత్తలు తెలిసిన ప్రతి పదార్థాన్నీ ఎడా పెడా ద్రవంగా మార్చి, ఘనీభవింప చేస్తున్నా వాళ్ళకి ఇంకా సంతృప్తి లేదు. ఉత్తర దక్షిణ ధృవాలని చేరుకోవడమయినా, ఎవరెస్ట్ శిఖరాన్ని ఎక్కడమైనా, చంద్రమండలానికి ఎగరడమయినా, అసలు ఏ గొప్ప ప్రయత్నంలోనయినా మార్గాంతాన్ని చేరుకోవాలన్న తహతహ మనిషిలో ఎప్పుడూ ఉంటుంది.

అయితే ఈ ప్రయాసలో అంతాన్ని చేరుకోవడం సాధ్యం కాదు. చివరికి 1906లో అంటే హీలియంను ద్రవంగా మార్చిన రెండేళ్ళ తరువాత, వాల్టర్ హెర్మన్ సెర్నెస్ట్ (1864–1941) అనే జర్మన్ శాస్త్రవేత్త నిరపేక్ష సున్నా సమీపించగలం కాని ఎన్నటికీ చేరుకోలేం అని నిరూపించాడు.



రెండు దీవార్ ఫ్లాస్కులతో చల్లని పదార్థాలను నిల్వ ఉంచవచ్చు

ఉదాహరణకి హీలియం ద్రవంగా మారే వద్ద అంటే 4 కె వద్ద బయలుదేరాం అనుకుందాం. అందులో నుంచి సగం శక్తిని తొలగించి ఉష్ణోగ్రతని 2 కె వద్దకి దించడానికి కొంత శ్రమ అవసరం అవుతుంది. ఆ మిగిలిన శక్తిలో ఇంకో సగం శక్తిని తొలగించి ఉష్ణోగ్రతని 1 కె వద్దకి దించడానికి కూడా అంతే శక్తి అవసరమవుతుంది. అలాగే 0.5 కె వద్దకి, 0.25 కె వద్దకి చేరడానికి అంతే శక్తి అవసరమవుతుంది. కాబట్టి ఈ ప్రయత్నం సాగుతున్నకొద్దీ ఉష్ణోగ్రత ఇంకా ఇంకా చిన్న చిన్న మెట్లలో తగ్గుతూ వస్తుంది. 0 కె ఎప్పటికీ చేతికి చిక్కదు.

శాస్త్రవేత్తలు నిరపేక్ష సున్నాకి వీలైనంత దగ్గరగా రావాలన్న ప్రయత్నం మానుకోలేదు. ఆవిరి చేసే పద్ధతిలో 0.4 కె కన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలని చేరుకోవడానికి సాధ్యం కాలేదు.

1926లో పీటర్ జోసెఫ్ విల్‌హెల్మ్ డెబెయే (1884-1966) అనే డచ్ శాస్త్రవేత్తకి మరో ఆలోచన వచ్చింది. అయస్కాంత ఆకర్షణకి లోనయ్యే కొన్ని ప్రత్యేక అణువులు ఉన్నాయి. అయస్కాంత బల క్షేత్రంలో ఈ అణువులన్నీ ఒక ప్రత్యేక దిశలో తిరిగి ఉంటాయి. అలాంటి అయస్కాంతీకృత పదార్థాన్ని ద్రవ హీలియం సహాయంతో ఆవిరి పద్ధతితో సాధించగల అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత, అంటే 0.4 కె వరకు చల్లబరచి అప్పుడు అయస్కాంతాన్ని తొలగించాలి.

20వ శతాబ్దపు ఆరంభంలో తక్కువ ఉష్ణోగ్రత ప్రయోగశాల

ఇప్పుడు అయస్కాంతీకృత అణువులు ఎటు కావాలంటే అటు తిరగ వచ్చు. కుదురుగా ఒకే దిశలో తిరిగి ఉన్న అణువులు ఇలా చెల్లా చెదురు కావడానికి కొంత శక్తి కావాలి. ఆ శక్తి చుట్టూ ఉన్న ద్రవ హీలియం నుండే రావాలి. అంటే ద్రవ హీలియం ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతుంది అన్నమాట.

1933లో విల్‌హెల్మ్ ఫ్రాన్సిస్ జీయోక్ (1895-1982) అనే అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త ఈ పద్ధతిని అమలుపరచి చూశాడు. ఇతడు 0.25 కె వరకు ద్రవ హీలియం ఉష్ణోగ్రతని తగ్గించగలిగాడు. అంటే నిరపేక్ష సున్నా కన్నా కేవలం పావు డిగ్రీ ఎక్కువ అన్నమాట.

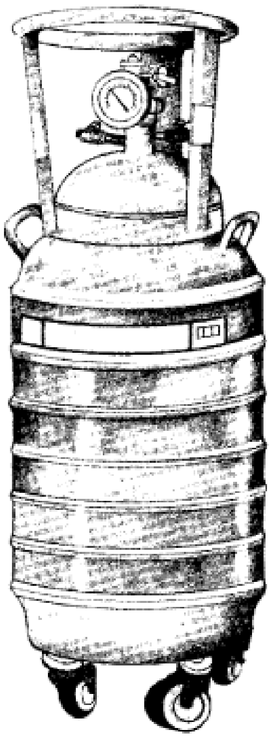
ఇది విన్న డచ్ శాస్త్రవేత్తలు అయస్కాంతీకృత కణాలని ఉపయోగించి ఏడాది తిరిగేసరికి 0.0185 డిగ్రీల కె వద్దకి చేరుకున్నారు. అంటే నిరపేక్ష సున్నా కన్నా 1/54 వంతు డిగ్రీ మాత్రమే ఎక్కువ అన్నమాట.

అతి శీతలమైన ద్రవ హీలియం నుండి ఇంకా కొద్ది కొద్దిగా ఉష్ణాన్ని తొలగించే పద్ధతులు కనిపెట్టారు. ప్రస్తుతం 0.00002 కె వరకు చేరుకోగలుగుతున్నారు. అంటే నిరపేక్ష సున్నా కన్నా 1/50,000 వంతు డిగ్రీ మాత్రమే ఎక్కువ అన్నమాట. నిరపేక్ష సున్నాకి అతి దగ్గరగా చేరుకోగలం కాని, సున్నాని మాత్రం ఎన్నటికీ చేరుకోలేం.

అత్యల్ప ఉష్ణోగ్రతలని చేరుకునే ప్రయత్నం చాలా ఆసక్తికరమైనదని తేలింది. ఎందుకంటే శాస్త్రవేత్తలకి మునుపు ఎన్నడూ తెలియని విషయాలు తెలిశాయి. ఉదాహరణకి 1928లో కేసమ్ (1876-1956) 2.2 కె వద్ద హీలియంలో ఒక ప్రగాఢమైన మార్పు సంభవిస్తుందని గమనించాడు. ఆ ఉష్ణోగ్రత కన్నా ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద హీలియం ద్రవం తదితర ద్రవాలకిమల్లే ప్రవర్తిస్తుంది. దీనికి హీలియం-1 అని పేరు. కాని ఆ ఉష్ణోగ్రత కన్నా కిందికి దిగినప్పుడు హీలియం మరే ఇతర ద్రవం ప్రవర్తించని తీరులో ప్రవర్తిస్తుంది. దీనికి హీలియం-2 అని పేరు.

హీలియం-2 లాంటి పదార్థాలని అతిద్రవం అంటారు. ఇది ఎంత చిన్న సందులోనుంచి అయినా రాపిడి లేకుండా సునాయాసంగా ప్రవహిస్తుంది. గాలి చొరబడని పాత్రలలోకి కూడా హీలియం-2 ప్రవేశించగలదు.

హీలియం-2కి అద్భుతమైన ఉష్ణవాహక లక్షణాలు ఉన్నాయి. అందులో ఎక్కడ వేడిని ప్రవేశపెట్టినా, ఆ ఉష్ణం ఒక్కసారిగా ద్రవ్యరాశి అంతటా సమంగా వ్యాపిస్తుంది, స్థానికంగా ఉష్ణం అక్కడక్కడ కేంద్రీకృతం కాదు. అందుకే హీలియం-2 మరగదు. వేడెక్కినప్పుడు మరిగే ద్రవాలలో లాగా



ద్రవహీలియం నిల్వచేసే ట్యాంకు

బుడగలు రావు. ఉపరితలం మీద ఉండే పరమాణువుల పొర మాత్రం ఆవిరై ఎగిరి పోతుందంతే.

మరో విషయం ఏమిటంటే హీలియంలో మళ్ళీ రెండు రకాల పరమాణువులు ఉన్నాయి. వీటిని హీలియం-4, హీలియం-3 అంటారు. హీలియం-4 సర్వసాధారణమైన హీలియం. పదిలక్షల హీలియం పరమాణువులలో ఒక హీలియం-3 పరమాణువు ఉంటుంది.

4.21 కె వద్ద ద్రవంగా మారేది నిజానికి హీలియం-4. 2.2 కె వద్ద హీలియం-2గా మారేది కూడా హీలియ్-4 మాత్రమే.

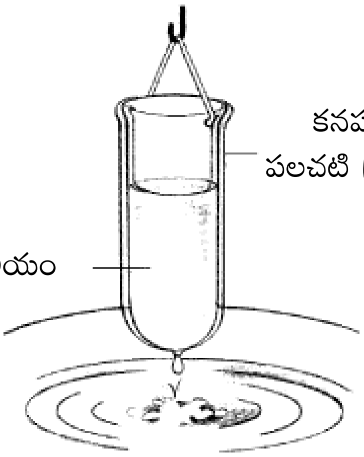
హీలియంలో అరుదుగా ఉండే హీలియం-3 పరమాణువులని 1940లలో శాస్త్రవేత్తలు వేరు చేయగలిగారు.

హీలియం-3 పరమాణువుల బరువు హీలియం-4 పరమాణువులలో కేవలం ముప్పావు వంతు మాత్రమే ఉంది. అంటే హీలియం-4లో కన్నా హీలియం-3లోని పరమాణువులు ఒక దాన్నుండి ఒకటి దూరంగా పారిపోవాలని చూస్తుంటాయి అన్నమాట. అంటే హీలియం-4 కన్నా హీలియం-3 మరింత తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద ద్రవంగా మారుతుందని అనుకోవచ్చు.

1949లో శాస్త్రవేత్తలు 3.2 కె వద్ద హీలియం-3 ద్రవంగా మారుతుందని కనుక్కున్నారు. ఇది హీలియం-4 మరిగే స్థానంకన్నా ఒక పూర్తి డిగ్రీ తక్కువ అన్నమాట.

కాని హీలియం-3ని ఎంత చల్లబరిచినా హీలియం-2 జాతి ద్రవంగా మారే సూచనలేవీ కనిపించలేదు. చివరికి 1972లో హీలియం-3 హీలియం-2 జాతి ద్రవంగా 0.0025 కె వద్ద మారగలదని కనుక్కున్నారు.

హీలియం-3, హీలియం-4 మాత్రమే అంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద అలాంటి విచిత్రమైన ద్రవంగా ప్రవర్తిస్తాయి. అంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద మరే ఇతర పదార్థమూ ద్రవ రూపంలో మిగలదు.



హీలియం-2 ద్రవం అది ఉన్న పాత్రనుంచి పైకి ఎక్కి బయటకు కారడం

పీటర్ లియోనిడోవిచ్ కాపిట్జా (1894-1984) అనే సోవియట్ శాస్త్రవేత్త మొదలైన వారు ఈ విచిత్రమైన పదార్థాన్ని మరింత సూక్ష్మంగా పరిశోధించడానికి పూనుకున్నారు.

5. అతివాహకత

ద్రవ హీలియం అధ్యయనాలలో బయటపడ్డ ఒక ముఖ్యమైన విషయం ఇప్పుడు దైనిక జీవనంలో గొప్ప ప్రభావాన్ని చూబించబోతోంది. అది ఇలా జరిగింది.

ద్రవ హీలియం ఉత్పన్నం సాధ్యపడిన తరువాత శాస్త్రవేత్తలకి మొట్టమొదటిసారిగా అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద పదార్థాల లక్షణాలని అధ్యయనం చేసే అవకాశం దొరికింది. ఉదాహరణకి ఒక తీగలో విద్యుత్తు ప్రవహించినప్పుడు ఆ ప్రవాహాన్ని తీగ నిరోధిస్తుంది. తీగలో అడ్డుగా ఉన్న అణువులని తప్పించుకుంటూ విద్యుత్ ప్రవాహం ముందుకి సాగిపోవాలి. విద్యుతుకీ, తీగలోని అణువులకీ మధ్య జరిగే ఈ సంఘర్షణలో కొంత శక్తి హరించుకుపోతుంది. దాంతో తీగ కొద్దిగా వేడెక్కుతుంది.

తీగని కొద్దిగా చల్లబరిచి అందులో విద్యుత్తును ప్రవహించనిస్తే, తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద తీగలోని అణువుల సంచలనం కాస్త తక్కువగా ఉంటుంది కాబట్టి, అవి విద్యుత్తుని కాస్త తక్కువగా నిరోధిస్తాయి. అంటే నిరోధకత కాస్త తగ్గుతుంది అన్నమాట. కాబట్టి అలా ఉష్ణోగ్రతని తగ్గిస్తూ పోతే నిరోధకత ఇంకా ఇంకా తగ్గుతూ పోతుందని, చివరికి నిరపేక్ష సున్నా ఉష్ణోగ్రత వద్ద నిరోధకత కూడా సున్నా అవుతుందని శాస్త్రవేత్తలు అనుకున్నారు.

ద్రవ హైడ్రోజన్ ఉష్ణోగ్రత వరకు కూడా ఈ విషయం నిజమనే తేలింది. 1911లో అంతకు మూడేళ్ళ క్రితమే హీలియంని ద్రవంగా మార్చిన కార్లింగ్ ఓన్స్, ఈ విద్యున్నిరోధకత విషయం ఏమిటో తేల్చుకోవాలనుకున్నాడు. అయితే ఇందులో ఆశ్చర్యపడాల్సింది ఏముంటుందిలే అనుకున్నాడు. కాని అనుకున్నట్టు జరగలేదు.

గడ్డకట్టిన పాదరసంతో తన ప్రయోగాలు సాగించాడు కామర్లింగ్ ఓన్స్. తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల వద్ద పాదరసం నిరోధకత తక్కువగా ఉంటుంది.

ద్రవ హైడ్రోజన్ ఉష్ణోగ్రత వద్ద అయితే నిరోధకత మరీ తక్కువగా ఉంటుంది. 4.21 కె వద్ద, అంటే హీలియం మరిగే స్థానం వద్ద, పాదరసం నిరోధకత అనుకున్నంతే ఉంది.

కాని కామర్లింగ్ ఓన్స్ ఉష్ణోగ్రతను క్రమంగా తగ్గిస్తూ పోతే 4.12 కె వద్ద నిరోధకత తటాలున సున్నాకి పడడం గమనించాడు. ఆ ఉష్ణోగ్రత వద్ద పాదరసం విద్యుత్తుని ఏమాత్రం నిరోధకత లేకుండా సంపూర్ణంగా ప్రవహించనిచ్చింది. విద్యుచ్ఛక్తిలో ఏ కాస్త కూడా ఉష్ణశక్తిగా మారలేదు. ఇంత సంపూర్ణమైన విద్యుత్ వాహకత్వాన్నే అతివాహకత అంటారు.

నిరపేక్ష సున్నా కన్నా ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రతల వద్ద విద్యున్నిరోధకత పూర్తిగా సున్నా అవుతుందని శాస్త్రవేత్తలు కలలో కూడా అనుకోలేదు. అయితే అలా ఎందుకు జరుగుతుంది అన్న ప్రశ్నకి వివరణ 1973 వరకు కూడా లభ్యం కాలేదు. 1973లో జాన్ బార్డీన్ (1908-) అనే అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త ఈ విషయం గురించి చూచాయగా ఒక వివరణ ఇచ్చాడు. వివరణ ఉన్నా లేకపోయినా అసలు ఇలాంటి విడ్డూరమైన ప్రవర్తన కేవలం పాదరసానికేనా, లేక ఇతర లోహాలకి కూడా ఉంటుందా అని తెలుసుకోవాలని శాస్త్రవేత్తలు కుతూహల పడ్డారు.

ఇతర లోహాలు కూడా అతివాహకతను ప్రదర్శిస్తున్నాయని త్వరలోనే తెలిసింది. కొన్ని లోహాలు మాత్రం అలా ప్రవర్తించలేదు. బహుశ తగినంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల వద్దకి తీసుకుపోతే అవి కూడా అతివాహకతను ప్రదర్శిస్తాయేమో.

ఉదాహరణకి హాఫ్నియం అనే లోహం అతివాహకత ప్రదర్శించింది. కాని ఆ స్థితిని చేరుకోవాలంటే 0.35 కె వద్దకి చేరాలి. పాదరసం అతివాహకత ప్రదర్శించిన ఉష్ణోగ్రత కన్నా హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత ప్రరదర్శించిన లోహాలు చాలా తక్కువ. ఉదాహరణకి సీసం 7.22 కె వద్ద అతివాహకత ప్రదర్శించింది. ద్రవ హీలియంలో ముంచిన సీసపు వలయంలో

ప్రవేశపెట్టిన విద్యుత్ ప్రవాహం తరుగు లేకుండా రెండున్నర ఏళ్ళపాటు తిరిగింది.

అన్నిటికన్నా ఎక్కువ అతివాహక ఉష్ణోగ్రత గల లోహం టెక్నీషియం. ఇది అణుధార్మిక లోహం. ఇది ప్రకృతిలో సహజంగా లభ్యం కాదు. కాని దీన్ని ప్రయోగశాలలో కృత్రిమంగా తయారు చేయొచ్చు. ఈ లోహం 11.2 కె వద్ద అతివాహకం అవుతుంది.

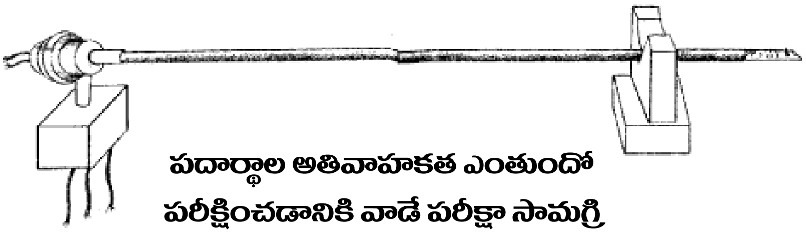
అతివాహకతకి గొప్ప ప్రయోజనాలు ఉండే అవకాశం ఉంది. జనరేటర్లలో ఉత్పన్నం అయ్యే విద్యుత్తు ఇళ్ళకి, వివిధ సంస్థలకి, కర్మాగారాలకి సరఫరా అవుతుంది. అలా సరఫరా అయ్యే విద్యుత్తులో ఇంచుమించు 15 శాతం ప్రసారంలో నష్టం అవుతుంది. దీని వల్ల కోట్లలో నష్టం వస్తుంది.

అలా కాకుండా అతివాహక తీగల ద్వారా విద్యుత్తును ప్రసారం చేస్తే? అప్పుడు విద్యుత్తు కొంచెం కూడా నష్టం కాదు. అయితే అతివాహక లోహాలు పని చేసే గరిష్ఠ ఉష్ణోగ్రత 11.2 కె. అంటే విద్యుత్తు తీగలని ద్రవ హీలియంలో ముంచి ఉంచాలన్నమాట. మరే ఇతర పదార్థమూ సరిపోదు. ద్రవ హీలియం తరువాత అత్యంత శీతల పదార్థమైన ద్రవ హైడ్రోజన్ 14 కె వద్ద ఘనీభవిస్తుంది. ఆవిరి కాకుండా జాగ్రత్త పడితే ఇది 20 కె వరకు ద్రవ స్థితిలో ఉంటుంది.

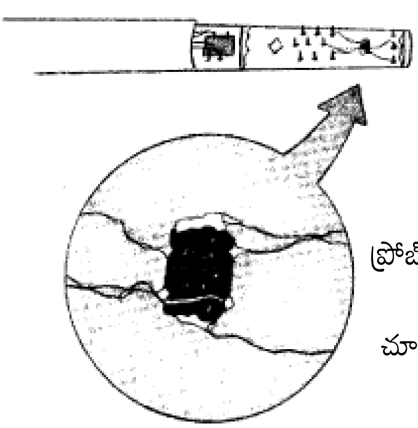
కాని హీలియం చాలా అరుదైన పదార్థం. దీన్ని ద్రవ రూపంలో స్థిరంగా ఉంచడం చాలా కష్టం. విద్యుత్తు తీగలని చల్లగా ఉంచడానికి అయ్యే ఖర్చు మామూలు తీగలలో జరిగే విద్యుత్తు నష్టం ఖర్చు కన్నా చాలా ఎక్కువ అవుతుంది.

కాబట్టి పెద్ద ఉష్ణోగ్రతల వద్ద అతివాహకత ప్రదర్శించే లోహాలు కావాలి. కాని శుద్ధ లోహాలకి అలాంటి లక్షణం ఉండదు. కాబట్టి లోహపు మిశ్రమాలని వాడాలి.

చేతికి అందిన ప్రతి లోహపు మిశ్రమాన్ని పరీక్షించడం మొదలుపెట్టారు శాస్త్రవేత్తలు. ఇంచుమించు పద్నాలుగు వందల లోహపు మిశ్రాలు తక్కువ



పదార్థాల అతివాహకత ఎంతుందో పరీక్షించడానికి వాడే పరీక్షా సామగ్రి



ఉష్ణోగ్రతల వద్ద అతివాహకత ప్రదర్శించాయి. 21 కె వద్దనే జెర్మేనియం అతివాహకత ప్రదర్శించింది. 1984లో నియోబియం, జర్మేనియంల లోహపు మిశ్రమం 24 కె వద్ద అతివాహకత ప్రదర్శించింది.

ద్రవ హీలియం కన్నా ద్రవ హైడ్రోజన్‌ని ద్రవ రూపంలో ఉంచడం తేలిక. అలాగని మరీ అంత తేలికేం కాదు. పైగా ద్రవ హీలియం చాలా సురక్షితమైన పదార్థం. ద్రవ హైడ్రోజన్ ప్రమాదకరమైనది. మీద పడితే మండుతుంది. అందులో నుంచి వచ్చే హైడ్రోజన్ ఆవిర్లు తేలికగా మండి విస్ఫోటం చెందుతాయి కూడా.

కాబట్టి విద్యుత్తు సరఫరా కోసం దేశం అంతా ద్రవ హైడ్రోజన్ వినియోగం వల్ల గొప్ప ధనవ్యయం మాత్రమే కాదు, ఎన్నో ఉత్సాహాలకి దారి తీస్తుంది కూడా.

ఆ విధంగా గత శతాబ్దంలో ముప్పావు భాగం గడిచినంత వరకు కూడా 24 కె కన్నా హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహక పదార్థాలు కనిపించలేదు. పరిస్థితి ఆగమ్య గోచరంగా కనిపించింది.

అప్పుడో ఆశ్చర్యకరమైన సంఘటన జరిగింది.

జర్మనీ శాస్త్రవేత్తలు కొత్త బాటలు తొక్కారు. కేవలం లోపల మిశ్రమాలతో పనిచెయ్యకుండా, ఆక్సిజన్‌తో లోహాల మిశ్రమాలని (వీటిని ఆక్సయిడ్లు అంటారు) పరీక్షించడం ప్రారంభించారు. ఈ ఆక్సయిడ్లు మట్టిని పోలిన పదార్థాలు. వీటిని సెరామిక్స్ (పింగాణీ) అంటారు. ఇది బురదమట్టి అన్న అర్థం గల గ్రీకు పదం నుండి వచ్చింది.

మొట్టమొదటి మంచి వార్త 1986లో వచ్చింది. లాంతనం, బేరియం, రాగి లోహాల ఆక్సయిడ్ల కలయిక 28 కె వద్ద అతివాహకం అవుతుందని కనుగొన్నారు.

ఉష్ణోగ్రత విలువలో పెద్ద తేడా లేకపోయినా ఈ ఫలితం ఒక కొత్త పద్ధతిలో వచ్చింది. కాబట్టి నాటి నుండీ శాస్త్రవేత్తలు వివిధ సెరామిక్ మిశ్రమాలని పరీక్షిస్తూ వచ్చారు. సంవత్సరం తిరిగే లోపు 40 కె వద్ద (అధిక పీడనం వద్ద) అతివాహకత ప్రదర్శించే సెరామిక్‌ని కనుక్కున్నారు. అయితే అధిక పీడనం లేకుండా 36 కె వద్ద అతివాహకత కనబరిచే మరో పింగాణీ మిశ్రమాన్ని మరో ప్రయోగశాల కనుక్కుని వెల్లడి చేసింది.

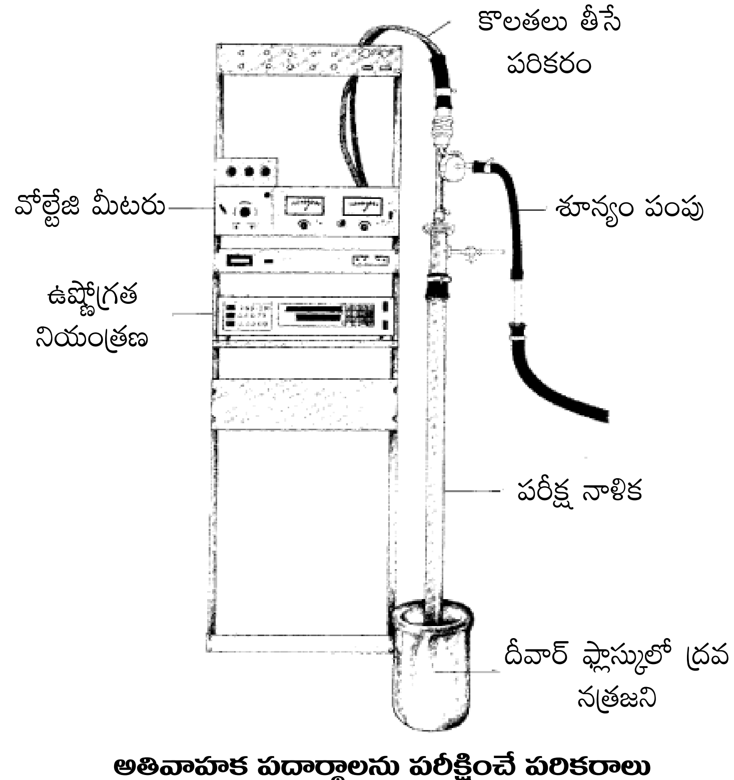
ఈ వ్యవహారం అక్కడితో ఆగలేదు. 1987లో 90 కె వద్ద అతివాహకం కాగలిగే ఒక పింగాణీ మిశ్రమాన్ని కనుక్కున్నారు. అలాంటి పింగాణీ అయితే ద్రవ నైట్రోజన్ ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకంగా ఉంటుంది. ద్రవ నైట్రోజన్ ద్రవ హైడ్రోజన్ కన్నా సామాన్యంగా దొరుకుతుంది. పైగా ద్రవ హీలియం లాగానే సురక్షితమైనది కూడా.

ఆవిష్కరణలు అక్కడితో ఆగలేదు. 1987 మే నెలలో మరో కొత్త వార్త వచ్చింది. ఒక ప్రత్యేక రకమైన సెరామిక్ 225 కె (–48 సెల్షియస్)

వద్ద అతివాహకం అవుతుందని కనుక్కున్నారు. అంటే పొడి మంచు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద అన్నమాట.

225 కె వద్ద అతివాహకత వ్యక్తం అయినప్పుడు మామూలు గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఎందుకు వ్యక్తం కాకూడదు? నష్టం లేకుండా విద్యుత్తును ప్రసారం చేసే పదార్థాన్ని తయారుచెయ్యడమే శాస్త్రవేత్తల ప్రధాన లక్ష్యం. పదార్థాన్ని అతిశీతల ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ఉంచకపోయినా, మహా అయితే మామూలు ఏ.సి.లో ఉంచినా అతివాహకంగా ప్రవర్తించాలి.

అయితే అధిక ఉష్ణోగ్రతల వద్ద అతివాహకత ఎలా పని చేస్తుందో ఇప్పటికీ శాస్త్రవేత్తలకి పూర్తిగా అర్థం కాలేదు. సాంప్రదాయక అతివాహకత కోసం బార్డీన్ అందించిన వివరణ ఈ కొత్త రకం అతివాహకతకి సరిపోదు.



అతివాహక పదార్థాలను పరీక్షించే పరికరాలు

అయితే ఒక మంచి ఆవిష్కరణ జరిగితే చాలు. వివరణలు కొంచెం ఆలస్యం అయినా ఫరవాలేదు.

ఇక్కడ ఒక ఆచరణాత్మక సమస్య ఒకటి వచ్చి కూర్చుంది. విద్యుత్తు సామాన్యంగా తీగలలోను, సన్నని పొరలలోను ప్రవహిస్తుంది. తీగలు, పొరలు వంగుతాయి. తెగకుండా బరువు మోయగలుగుతాయి. కాని పింగాణీలు పెళుసైన పదార్థాలు. వాటితో తీగలు, పొరలు తయారుచెయ్యడం తేలిక కాదు. అయితే ఈ సమస్య మీద కూడా శాస్త్రవేత్తలు పని ప్రారంభించారు. రేపో మాపో ఆ సమస్యకి కూడా పరిష్కారం దొరుకుతుందని ఆశిద్దాం.

మరి ఈ ఉన్నత ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత వల్ల మనకు వచ్చే ప్రయోజనం ఏమిటి? విద్యుత్తు ప్రసారంలో జరిగే నష్టాన్ని అరికట్టగలం. కాని అదొక్కటే కాదు.

ప్రసారంలో విద్యుత్తు నష్టమవుతోంది కాబట్టి జనరేటర్లని సామాన్యంగా ఊరికి దగ్గరగా పెడతారు. కాని అతివాహకత వచ్చిన తరువాత జనరేటర్లని ఊరికి దూరంగా పెట్టవచ్చు.

అణు విద్యుత్తు కేంద్రాల విషయంలో ఇది చాలా ముఖ్యం అవుతుంది. అణు ప్రమాదాల దృష్ట్యా అణు విద్యుత్తు కేంద్రాలని ఊళ్ళకి దగ్గరగా నిర్మించడం ప్రజలకి ఆందోళన కలిగించే విషయం. ఉన్నత ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత సాధ్యమైతే అణువిద్యుత్తు కేంద్రాలని ఎక్కడో జనావాసం లేని ఎడారి భూములలో సురక్షితంగా పెట్టుకోవచ్చు.

ఏదో ఒక రోజు మనం సౌరశక్తిని కూడా పుష్కలంగా వాడుకోగలుగుతాం. సౌరశక్తిని విద్యుత్తుగా మార్చడానికి ప్రత్యేక సాధనాలు కావాలి. అలాంటి సాధనాలని ఎడారులలో కూడా పెట్టుకోవచ్చు. ఎందుకంటే ఎడారులలో పుష్కలంగా ఎండ కాస్తుంది. మామూలుగా అయితే అంత దూరాల నుండీ విద్యుత్తు ప్రసారం అంటే ఎంతో విద్యుత్తు నష్టమైనట్టే. కాని అతివాహకత ఉంటే ఆ సమస్య ఉండదు.

భవిష్యత్తు ప్రయోజనాల కోసం విద్యుత్తును నిలవ ఉంచుకోవడం ఈ రోజుల్లో చాలా కష్టం. తీగల్లోంచి దూసుకుపోయే విద్యుత్తు ఆ తీగల నిరోధకత వల్ల శక్తిని కోల్పోతుంది. అంటే ఎక్కువ విద్యుత్తు అవసరమైనప్పుడు ఎక్కువ విద్యుత్తు, తక్కువ విద్యుత్తు అవసరమైనప్పుడు తక్కువ విద్యుత్తు ఇలా జనరేటర్లు ఉత్పత్తి చేస్తూ పోవాలి. ఎప్పుడు ఎంత కావాలో కచ్చితంగా అంచనా వేయడం కష్టం. అనుకోకుండా విద్యుచ్ఛక్తి అవసరాలలో వచ్చే ఆటుపోట్ల వల్ల జనరేటర్ల వినియోగం మీద గొప్ప వత్తిడి కలుగుతుంది.

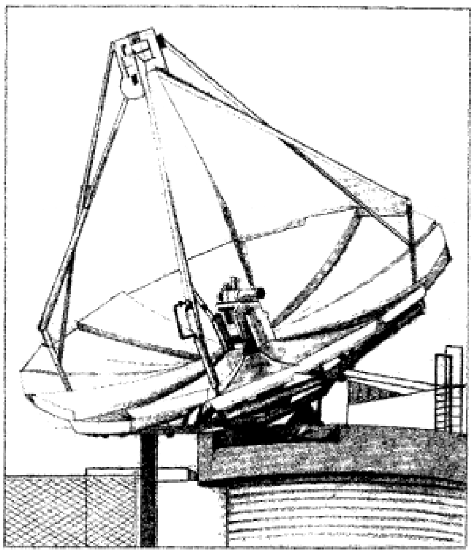
అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత సహాయంతో విద్యుత్తును ఒకే వలయంలో శక్తి వ్యయం లేకుండా ఎల్లకాలం గిర గిరా తిరుగుతూ ఉంచనివ్వవచ్చు. అలాంటప్పుడు విద్యుత్తు వినియోగం తక్కువగా ఉన్న సమయాలలో విద్యుత్తుని విద్యుత్తు వలయాలలో నిలవ చేసుకుని, వినియోగం ఎక్కువగా ఉన్న సమయాలలో అలా నిలవ ఉంచిన విద్యుత్తుని విడుదల చేస్తూ ఉండొచ్చు. ఈ విధంగా కూడా విద్యుత్తు సామర్థ్యం పెరుగుతుంది.

అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత వల్ల కంప్యూటర్లకి ఎంతో మేలు జరుగుతుంది. కంప్యూటర్ పరిమాణాలు ఇంకా ఇంకా కుంచించుకునేట్టు చెయ్యొచ్చు. చిన్న చిన్న మైక్రోచిప్‌లలో కోట్లాది ట్రాన్సిస్టర్లని కుదిస్తున్నారు. చిప్‌లో ట్రాన్సిస్టర్ల సాంద్రత పెరుగుతున్న కొద్దీ, చదరపు మిల్లీమీటరులో పుట్టే వేడి విలువ పెరిగిపోతూ ఉంటుంది. ఆ వేడికి చిప్ కరిగిపోతుంది. అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత ఉంటే ఇక వేడి పుట్టదు. మైక్రోచిప్‌లని ఇంకా ఇంకా చిన్న పరిమాణాలలో చెయ్యొచ్చు. అలాంటి కంప్యూటర్లు, ప్రస్తుతం ఉన్న కంప్యూటర్ల కన్నా చిన్నగా, వేగంగా, చవకగా, సమర్థవంతంగా రూపొందుతాయి.

విద్యుత్తు ప్రవహించే పట్టాల మీద పరుగెత్తే రైళ్ళ గురించి మనుషులు ఎంతో కాలంగా కలలు కంటూ వచ్చారు. పట్టాలలో ప్రవహించే విద్యుత్తు వల్ల బలమైన అయస్కాంత క్షేత్రం పుడుతుంది. ఆ అయస్కాంత క్షేత్ర ప్రభావం

వల్ల రైలు అంగుళం కన్నా తక్కువ ఎత్తుకి లేస్తుంది. పట్టాలకి రైలుకి మధ్య భౌతిక సంపర్కం లేకపోవడంతో రెండింటి మధ్య రాపిడి ఉండదు.

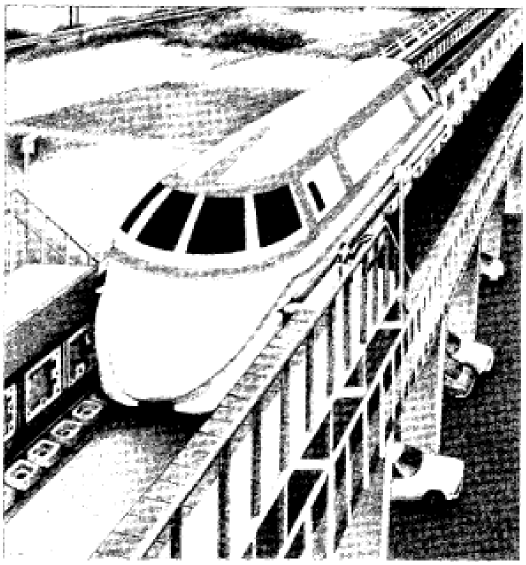
అలాంటి రైళ్ళు గంటకి 300 మైళ్ళకి పైగా వేగంతో ప్రయాణించగలవు. పైగా ఆ ప్రయాణం ఎంత సాఫీగా ఉంటుంది అంటే అసలు కదులుతున్నట్టే ఉండదు. ఇలాంటి రైళ్ళ వినియోగం వాస్తవం కావాలంటే ఉన్నత ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత ఎంతో అవసరం.



సౌరశక్తిని బంధించే పరికరం

అణుశక్తిని కొత్త కొత్త పద్ధతులలో ఉత్పన్నం చెయ్యడానికి శాస్త్రవేత్తలు గాలిస్తున్నారు. కేంద్రక విచ్ఛిన్నానికి బదులుగా అణుసంయోగంతో శక్తిని ఉత్పన్నం చెయ్యడానికి ప్రయత్నిస్తున్నారు. అణు సంయోగం ద్వారా పుట్టే శక్తి మోతాదులో ఎక్కువ కావడమే కాకుండా, మరింత సురక్షితం కూడా.

కాని చిక్కేమిటంటే అణుసంయోగంలో చిన్న చిన్న పరమాణువులని ఒక దగ్గరకి చేర్చడానికి బలమైన అయస్కాంత క్షేత్రాలు అవసరమవుతాయి. అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత సహాయంతో మరింత బలమైన అయస్కాంత క్షేత్రాలని, మరింత తక్కువ ఖర్చుతో సాధించవచ్చు. అణుసంయోగం ద్వారా శక్తిని ఉత్పన్నం చెయ్యడానికి శాస్త్రవేత్తలు ఇప్పటికి ముప్పై ఏళ్ళుగా కృషి చేస్తూ వచ్చారు. కాని పెద్దగా ఫలితం లేకుండా పోయింది. ఆ విజయం



అతివాహక అయస్కాంతాల ద్వారా

పట్టాలపైకి లేచి ప్రయాణించే రైలు

బహుశ అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత వల్ల సాధ్యం అవుతుందేమో. సౌరశక్తి లాగానే ఎన్నటికీ తరగని శక్తి మూలం ఒకటి మనదవుతుంది.

మొట్టమొదటిసారిగా అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకతని కనుక్కున్న శాస్త్రవేత్తలకి 1987లో నోబెల్ బహుమతి రావడంలో ఆశ్చర్యం లేదు. ఆ శాస్త్రవేత్తలు స్విట్జర్లాండ్‌కి చెందిన కె. అలెక్స్ ముల్లర్, పశ్చిమ జర్మనీకి చెందిన జె. జార్జ్ బెడ్నోర్జ్.

నిరపేక్ష సున్నా ఉష్ణోగ్రత అంటే ఏమిటి? దాన్ని సమీపించడం ఎలా? అంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల వద్ద పదార్థాలు ఎలా ప్రవర్తిస్తాయి? ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానాలని తెలుసుకునే ప్రయత్నం వల్ల ఇంత గ్రంథం నడిచింది. ఇన్ని ఫలితాలు దక్కాయి.

ఎలా తెలుసుకున్నాం? - 30 అతివాహకత (సూపర్ కండక్టివిటి)

ఐజాక్ అసిమోవ్
(1920 - 1992)

ఐజాక్ అసిమోవ్ ప్రఖ్యాత శాస్త్రవేత్త, విజ్ఞానశాస్త్రంపై పుంఖాను పుంఖాలుగా రాసి ప్రఖ్యాతి గాంచాడు. ఇతను పెద్దల కోసం, పిల్లల కోసం, విరివిగా రాశాడు. రష్యాలో పుట్టిన అసిమోవ్ మూడేళ్ళ వయస్సప్పుడు తల్లిదండ్రులతో పాటు అమెరికాకు వచ్చి బ్రూక్లిన్‌లో పెరిగాడు. అతడు 200కు పైగా పుస్తకాలు రాశాడు. తెలియని దాని గురించి శోధించే గుణం, మానవ నైజం గురించి లోతైన అవగాహన కారణంగా అతని రచనలు లక్షలాది పెద్దలను, పిన్నలను అలరిస్తున్నాయి.

ఎలా తెలుసుకున్నాం? శీర్షికలో ఇప్పటి వరకు వెలువడిన పుస్తకాలు

1. భూమి గుండ్రంగా ఉంది.
2. రోదసి
3. సముద్రపు లోతుల్లో సజీవ ప్రపంచం
4. సూక్ష్మక్రిములు
5. అంటార్కిటికా
6. చమురు
7. భూకంపాలు
8. విద్యుత్తు
9. సౌరశక్తి
10. కిరణజన్య సంయోగ క్రియ
11. సూర్యకాంతి
12. వాతావరణం
13. భూమి మీద జీవం పుట్టుక
14. డైనోసార్లు
15. మన మానవ మూలాలు
16. విటమిన్లు
17. తోకచుక్కలు
18. నెప్ట్యూన్
19. ప్లూటో
20. నల్ల బిలాలు
21. పరమాణువులు
22. డిఎన్ఎ
23. జన్యువులు
24. రక్తం
25. బొగ్గు
26. అగ్నిపర్వతాలు
27. లేజర్
28. రోబోలు
29. మెదడు
30. అతివాహకత

ISBN 978-93-80153-18-6