అతివాహకత

౧. ఉష్ణోగ్రతని కొలవడం ఎలా?

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

కొన్ని సందర్భాలలో ప్రపంచంలో పలు చోట్ల ఎంతో మంది శాస్త్రవేత్తలు ఒకే ప్రశ్నకి సమాధానం కోసం కృషి చెయ్యడం జరుగుతుంది. కొన్ని సార్లు వెనుకటి తరం వారు ప్రయత్నించి వదిలేసిన ప్రయాసలని తదుపరి తరం వారు చేపట్టి కొనసాగించడం జరుగుతుంటుంది.

కొన్ని సార్లు శాస్త్రవేత్తలకి దేనికోసమో అన్వేషిస్తుంటే మరేదో సత్యం అనుకోకుండా ప్రస్ఫుటం కావడం తటస్థిస్తుంది. ఇలాంటి అనుభవాలు శాస్త్రవేత్తల వృత్తిజీవనంలో ఎదురుచూడని బహుమానాలు.

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

ఆ అనుకోని ఆవిష్కరణ అసలు ఎలా జరిగిందో సవివరంగా చూద్దాం. అతిసంవాహకత 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 మంచు గడ్డ మరీ చల్లగా ఉంటుంది. అది చర్మానికి మరీ ఎక్కువ సేపు తగిలితే చర్మానికి హాని కలుగవచ్చు.

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

ఈ విషయాన్ని తేల్చడానికి ఒక సాధనం, ఒక కొ లమానం కావాలి. కేవలం స్పర్శతో తేలే విషయం కాదిది.

వేడెక్కుతున్నప్పుడు గాని, చల్లారుతున్నప్పుడు గాని వస్తువులలో కొన్ని పరివర్తనలు వస్తాయి. ఉదాహరణకి వేడెక్కుతున్న వస్తువులు కొ ద్దిగా వ్యాకోచిస్తాయి. అదే విధంగా చల్లబడుతున్న వస్తువులు కొ ద్దిగా సంకోచిస్తాయి.

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

ఇప్పుడా పాదరసాన్ని కాస్త వేడి చేశాం అనుకుందాం. ఆ వేడికి పాదరసం కొ ద్దిగా వ్యాకోచిస్తుంది. అలా వ్యాకోచించిన పాదరసంలో కొంత భాగం పైన తగిలించిన నాళంలోకి ప్రవేశించవచ్చు కూడా. వేడిమి పెరుగుతున్న కొలది పాదరసం పైన నాళంలోకి ఇంకా ఇంకా ఎగబాకుతుంది. ఇప్పుడా పాదరసాన్ని మళ్లీ చల్లార్చితే అది నాళం లోంచి 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 అంటారు. ఆ గ్రీకు పదానికి అర్థం ఉష్ణాన్ని కొ లిచే యంత్రం అని. నాళంలో పాదరసం యొక్క ఎత్తు నుండి మనకి తెలిసే రాశినే ఉష్ణోగ్రత అంటారు.

ఆ విధంగా మొట్టమొదటి పాదరసం థర్మామీటర్ ని గాబ్రియల్ డేనియల్ ఫారెన్హీట్ (1686–1736) అనబడే ఓ డచ్ శాస్త్రవేత్త 1714లో నిర్మించాడు. ఉష్ణోగ్రతని అంకెలతో కొలిచేందుకు వీలుగా ఫారెన్హీట్ ఆ గాజు నాళం మీద సమమైన దూరాలలో గుర్తులు పెట్టి,

వాటి పక్క 1, 2, 3 ఇలా వరుసగా అంకెలు చిత్రించాడు. ఆ గళ్లలో ఒక్కో గడిని ఓ డిగ్రీ అంటారు. డిగ్రీ అంటే లాటిన్ లో మెట్టు అని అర్థం.

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

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

తరువాత శుద్ధమైన నీటి ఘనీభవ 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 ఉద్భవించినదే 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 సూచించవచ్చు.

ఈ కొలమానం ప్రకారం మనిషి యొక్క సామాన్య ఉష్ణోగ్రత 98.6 డిగ్రీలు. జ్వరం వచ్చినప్పుడు ఉష్ణోగ్రత పెరిగి 100 డిగ్రీలు కూడా దాటడం జరుతుజీటుంది.

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

అందుకే మనం నీటి ఘనీభవన బిందువుని సున్నా డిగ్రీల సెల్షియస్ అని, మరుగు బిందువుని 100 డిగ్రీల సెల్షియస్ అని అంటున్నాం. ఈ కొలమానంలో శరీరం యొక్క ఉష్ణోగ్రత 37 డిగ్రీల సెల్షియస్ అవుతుంది అన్నమాట.

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

ఈ పుస్తకంలో నేను సెల్షియస్ కొలమానాన్నే వాడుతున్నాను. అయితే కొంత వరకు సెల్షియస్ తో పాటు ఫారెన్హీట్ ఉష్ణోగ్రత విలువలు కూడా పేర్కొంటూ వస్తాను.

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

హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతల విలువ ఎంత వరకు ఉంటుంది? ఎండాకాలంలో చుట్టూ ఉన్న గాలి వేడెక్కుతుంది. భూమి మీద ఇప్పటి వరకు కొలవబడ్డ అత్యధిక ఉష్ణోగ్రత 1922లో సెప్టెంబర్ నెల 22 వ తారీఖున, ప్రస్తుతం లిబ్యా అనబడే దేశంలో సంభవించింది. ఆ ఉష్ణోగ్రత విలువ నీడలో 58 డిగ్రీల సెల్షియస్.

భూమి మీద వేడి ఎక్కువగా ఉండే ప్రాంతాల్లో ఎం డ రోజుకి ఇంచుమించు పన్నెండు గంటల పాటు ఉంటుంది. గాలి వీచినప్పుడు ఆ వేడి కొ ద్దిగా తగ్గుతుంది. చంద్రుడి మీద పగలు వరుసగా రెండేసి వారాల పాటు ఉం టుంది. అక్కడ గాలి కూడా ఉం డదు కనుక ఆ వేడి తగ్గే అవకాశం కూడా ఉండదు. చంద్రుడి మీద ఉష్ణోగ్రతలు 117 డిగ్రీల సెల్షియస్ వరకు ఉం డొచ్చు. ఇది నీరు మరిగే ఉష్ణోగ్రత కన్నా ఎక్కువ.

వస్తువుల ఉపరితలం మీద కన్నా కేంద్రం లో ఉష్ణోగ్రత సామాన్యంగా ఎక్కువగా ఉంటూ ఉంటుంది. భూమి కేంద్రంలో ఉష్ణోగ్రత 6000 డిగ్రీల సెల్షియస్ ఉంటుంది. గ్రహాలలో కెల్లా అతి పెద్దదైన జూపిటర్ గ్రహం (బృహస్పతి) కేంద్రంలో ఉష్ణోగ్రత 54,000 డిగ్రీల సెల్షియస్ ఉంటుంది. అదే విధంగా సూర్యుడి కేంద్రంలో 15,000,000 డిగ్రీల సెల్షియస్ వరకు ఉంటుంది.

సూర్యుడి కన్నా పెద్దవైన తారలు కూడా బాగా వేడిగా ఉంటాయి. కొన్ని తారల కేంద్ర ఉష్ణోగ్రత వేల మిలియన్ల డిగ్రీల సిల్షియస్ వరకు ఉంటుంది.

విశ్వ ఆవిర్భావ సమయంలో, విశ్వపదార్థం అంతా అణురూపంలో ఉన్న దశలో విశ్వం ఉష్ణోగ్రత కొన్ని ట్రిలియన్ల ట్రిలియన్ల ట్రిలియన్లు 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 డీగ్రీల సెల్షియస్ తక్కువ ఉష్ణోగ్రతని మైనస్ 10 డిగ్రీల సెల్షియస్ అని వ్యవహరిస్తారు.

భూమి మీద అతి చల్లని ప్రాంతం దక్షిణ ధృవం వద్ద నున్న అంటార్కిటికా ఖండం. సోవియెట్ 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 వీచని నిర్వాత లోకమైన చంద్రుడి మీద కూడా ఇంకా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత ఉంటుంది. చంద్రుడి మీద రాత్రి కూడా పగలు లాగానే వరుసగా రెండేసి వారాలు ఉంటుంది. అలాంటి సుదీర్ఘ రాత్రి తరువాత ఉష్ణోగ్రత –127 డిగ్రీల సెల్షియస్ వరకు పడవచ్చు.

సూర్యుడికి బాగా దూరంలో ఉం డే 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 అన్న దానికి అం తే లేదా?

విడ్డూరం ఏంటంటే కనిష్ఠ ఉష్ణోగ్రతకి అంతు ఉంది. ఉష్ణోగ్రత ఎంత వరకైనా పెరగవచ్చు. కాని అపరిమితంగా చల్లబడడానికి వీలుపడదు. వస్తువులు కొంత వరకే చల్లబడగలవు. అంత కన్నా చల్లని వస్తువు ఉండడం అసంభవం.

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

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

కనుక అం త కన్నా 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 అమన్టన్ అనే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త.

ఈ అమన్టన్ కి ఉష్ణోగ్రతని కొ లిచే పద్ధతుల మీద చాలా ఆసక్తి ఉండేది. అయితే ఇతడు ఫారెన్హీట్ తన పాదరసం థర్మామీటరు తయారుచేసిన కాలానికి ముందు తరానికి చెందినవాడు. ఇతడు వేడెక్కిన గాలి వ్యాకోచిస్తుందని, చల్లబడ్డ గాలి సంకోచిస్తుందని గమనించి ఆ సూత్రం మీద ఆధారపడి ఉష్ణోగ్రతని కొలవడానికి ప్రయత్నించాడు. అలాంటి వాయు థర్మామీటర్ అంత సమర్థవంతమైనది కాదు. అయినా అమన్టన్ గాలి యొక్క సంకోచ వ్యాకోచాలని శ్రద్ధగా అధ్యయనం చెయ్యసాగాడు.

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

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

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

తరువాత 1787లో జాక్ అలెగ్సాండ్రె షార్ల్ (1746–1823) అనబడే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త ఉష్ణోగ్రతలో మార్పులు బట్టి వాయువుల ఘనపరిమాణంలో వచ్చే మార్పులని అధ్యయనం చెయ్యసాగాడు. ఇతగాడు అమన్ట్సన్ కన్నా ఒక మెట్టు పైనే ఉన్నాడు. ఎందుకంటే ఇతడి కాలానికి పాదరసం థర్మామీటర్ యొక్క రూపకల్పన జరిగిపోయింది.

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

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

షార్ల్ తన ఆవిష్కరణలని క్రమబద్ధంగా వ్రాసుకుని ప్రచురించలేదు. బహుశ వస్తువులకి శూన్య ఉష్ణోగ్రత ఉండడం అనే ఆలోచన అతడికి అర్థరహితంగా అనిపించిందేమో! గుప్తంగా దాచుకున్న ఏహో వ్రాతప్రతుల వలన అతడి ఆలోచనలు మనకిప్పుడు తెలిసొచ్చాయి.

తరువాత 1802 లో జోసెఫ లూయీ గే లుసాక్ (1778–1850) అనే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త అలాంటి పరిశోధనలే చేశాడు. షార్ల్ కి వచ్చినటువంటి ఫలితాలే ఇతడికీ వచ్చాయి. కాని షార్ల్ లా కాక ఇతడు తన పరిశోధనా ఫలితాలని ప్రచురించాడు. గే లూసాక్ పరిశోధనల

ఫలితంగా అనాపేక్ష శూన్య ఉష్ణోగ్రత మీదకి శాస్త్రవేత్తల దృష్టి మళ్లింది. 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 ఉం టే వాయువులు వాయువులుగానే మిగిలిపోతాయని నమ్మకం ఏమీ లేదు. అన్నీ కాకపోయినా కొన్ని వాయువులు ద్రవిస్తాయి.

100 డిగ్రీల సెల్షియస్ వద్ద నీరు వాయువు కావచ్చు. కాని అం తకన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఆ వాయువు నీరు అవుతుంది. అదే విధంగా ఆల్కహాల్ 78.4 డిగ్రీల వద్ద ద్రవిస్తుంది. 34.6 డిగ్రీల వద్ద ఈథర్ ద్రవిస్తుంది. 0.5 డిగ్రీల సెల్షియస్ వద్ద బ్యూటేన్ వాయువు ద్రవిస్తుంది.

ద్రవంగా మారిన తరువాత కూడా ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతున్న కొలది పదార్థపు ఘనపరిమాణం తగ్గుతూనే ఉం టుంది. కాని ఆ తరుగుదల రేటు వాయువులో కన్నా చాలా తక్కువగా ఉం టుంది.

గే లుసాక్ కాలంలో గాలి మొదలగు వాయువులని అప్పటి విజ్ఞానానికి సాధ్యమైనంతలో అతితక్కువ ఉష్ణోగ్రతల వద్దకి తీసుకుపోయినా అవి ద్రవించేవి కావు. అయినా కూడా అప్పటికి సాధ్యం కాకపోయినా, ఇంకా తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలని సాధించగలిగితే ఆ వాయువులు కూడా ద్రవిస్తాయని, 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 అసలు నిరపేక్ష సున్నా డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రత అనేది అసలు లేనే లేదేమో!

1848లో విలియమ్ థామ్సన్ (1824–1907) అనే బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త ఈ సమస్యని చేపట్టాడు. (థామ్సన్ కి తదనంతరం బ్రిటిష్ ప్రభుత్వం బారన్ కెల్విన్ అని బిరుదును ఇచ్చి సత్కరించింది. అప్పట్నుంచి అతను లార్డ్ కె ల్విన్ కా చలామణి అవుతూ వచ్చాడు. అతడికి ఆ బిరుదు రావడానికి ముందు చేసిన పని గురించి ప్రస్తావిస్తున్నప్పుడు కూడా అతణ్ణి లార్డ్ కె ల్విన్ 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, ఉన్నచోటనే అవి అటు ఇటు కదులుతూ కంపిస్తుంటాయి.

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

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

కనుక –273.15 డిగ్రీల సెల్షియస్ ని సున్నా డిగ్రీలు అనుకుని, అక్కణ్ణుంచి సిల్షియస్ డిగ్రీలతో పై కి కొలుచుకురావడం తెలివైన పద్ధతి అని సూచించాడు లార్డ్ కె ల్విన్. అలాంటి కొలమానాన్నే నిరపేక్ష మితి అని, కె ల్విన్ గౌరవార్థం కెల్విన్ మితి అని పిలుస్తారు.

నిరపేక్ష సున్నా అంటే సున్నా డిగ్రీల కె ల్విన్ అన్నమాట, లేదా ౦ డిగ్రీల కె అన్నమాట. నీటి ఘనీభవన బిందువు కన్నా నిరపేక్ష సున్నా 273.15 డిగ్రీల సెల్షియస్ తక్కువ కనుక, నీటి ఘనీభవన బిందువు నిరపేక్ష సున్నాకి 273.15 డిగ్రీల సెల్షియస్ పైన ఉందని, లేదా 273.15 డిగ్రీల కె అని చెప్పుకోవచ్చు. సెల్షియస్ ఉష్ణోగ్రతకి కె ల్విన్ ఉష్ణోగ్రతకి మార్చాలంటే 273.15 డిగ్రీలు కలపాలంతే. నీరు 100 డిగ్రీల సెల్షియస్ దగ్గర మరుగుతుంది కనుక, అది 373.15 డిగ్రీల కె వద్ద మరుగుతుంది అన్నమాట.

పుస్తకంలో ఇప్పట్నుంచి కెల్విన్ మితినే వాడతాను, సెల్షియస్ మితిని బ్రాకెట్లలో చూపిస్తాను.

2. వాయువులని ద్రవ్యాలుగా మార్చడం

గే లుసాక్ నిరపేక్ష సున్నా ఉష్ణోగ్రత గురించి ఆలోచించడం ఆరంభించిన దగ్గర్నుండి, 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 తెలీదు. అంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలు కావాలంటే శీతాకాలంలో సైబీరియాకి పోవాలి. (లేదా అంటార్కిటికా కి పెళ్ళాలి). అంటార్కిటికాలో కూడా అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత కేవలం 184 కె. డిగ్రీలు మాత్రమే. అంటే నిరపేక్ష సున్నా కన్నా ఇంచుమించు 200 డిగ్రీలు ఎక్కువ అన్నమాట. కొ న్ని వాయువులని ద్రవీకరించాలంటే అంత ఉష్ణోగ్రత సరిపోదు.

1823లో మైకేల్ ఫారడే (1791–1867) అనే ఇంగ్లీష్ శాస్త్రవేత్త మరో పద్ధతి ఊహించాడు. వాయువు మీద ఒత్తిడి పెంచితే అందులోని అణువులు మరింత దగ్గరికి చేరుకుంటాయి కనుక ద్రవీకరించడానికి సులభం అవుతుంది. అలాంటి వాయువును తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్దకి తీసుకెళ్తే మరింత సులభంగా ద్రవీకరించవచ్చు.

దట్టమైన గాజు తో తయారుచేసిన ఓ నాళంతో పని మొదలెట్టాడు ఫారడే. నాళానికి అడుగున ఓ 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 వేణ్ణీళ్ళ లోను, అవతలి కొసని ఐసు నీళ్ల లోను ఉంచాడు. వేడెక్కిన కొ స నుండి క్లోరిన్ ఉత్పన్నం కాసాగింది. వాయువు ఉత్పన్నం అవుతున్న కొ లది నాళంలో వాయువు పరిమాణం పెరిగి, దాని ఒత్తిడీ 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 సులభంగా ద్రవీకరించవచ్చు. కనుక చల్లదనానికి ఒత్తిడి జతచేస్తే మామూలుగా మరింత తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల వద్దే ద్రవించే వాయువులని మరింత హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ద్రవింప జేయవచ్చు.

అంతే కాక ఈ పద్ధతిలో శాస్త్రవేత్తలకి మరింత తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలని సాధించడానికి ఓ కొత్త పద్ధతి దొరికింది. ఉదాహరణకి ఒక వాయువుని ఓ పాత్రలో అధిక పీడనం (ఒత్తిడి) వద్ద ద్రవీకరించాం అనుకుందాం. పాత్ర చుట్టూ కార్కు లాంటి ఉష్ణనిరోధకత ఉన్న పదార్థపు తొడుగు ఉందని అనుకుందాం. ఇప్పుడు ఆ పాత్రని కొద్దిగా తెరుస్తాం. ఆ వేడికి లోనున్న ద్రవం మరగి, వాయువుగా మారడం ఆరంభిస్తుంది. కాని అలా వాయువుగా మరడానికి పదార్థంలోని అణువులు శక్తిని పుంజుకోవాలి. ఆ శక్తి ద్రవం నుండే రావాలి. కనుక ద్రవ్య రూపంలో ఉన్న వాయువు ఆవిరిగా మారుతున్న కొలది ఇంకా ఇంకా చల్లబడుతూ ఉంటుంది.

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

ఘన కార్బన్డయాకయిడ్ చూడడానికి ఘనపదార్థం లాగానే ఉన్నా కరిగిస్తే ద్రవంగా మారదు. ఘన కార్బన్డయాకయిడ్ ద్రవంగా మారకుండా నేరుగా వాయువుగా మరిపోతుంది. అందుకే దాన్ని పొడి మంచు (డ్రయ్ అయిస్) అంటారు. అది 194.6 కె. డిగ్రీల (–74.5 డిగ్రీల సెల్షియస్) వద్ద వాయువుగా మారుతుంది.

పొడి మంచుని ముక్కలు చేసి ద్రవ్య రూపంలో ఉన్న ఈథరుతో కలపొచ్చు. ద్రవ్య ఈథరు బాగా తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల వద్ద గాని ఘనీభవించదు. పొడి మంచు ఈథర్ ని చల్లబరుస్తుంది. ఈ సంపర్కంతో ఈథర్ ఇంకా చల్లబడుతుంది. ఈ రెండిటి 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 పెట్టొచ్చు. ఈ పద్ధతిలో మునుపెన్నడూ ద్రవీకరణ సాధ్యం కాని వాయువులని ద్రవీకరించడం సాధ్యమవుతుంది.

నిజానికి 1860ల ప్రాంతాల కల్లా మనకి తెలిసిన వాయువులలో నాలుగింటిని మాత్రమే ద్రవీకరించడం సాధ్యం కాలేదు. అవి ఆక్సిజన్, నైట్రోజన్ (ఇవి రెండు వాతావరణంలో పుష్కలంగా ఉండే వాయువులు), కార్బన్ మోనాక్సయిడ్ (ఇది వాహనాల నుండి వెలువడే వాయువులలో ఉండే విషవాయువు), హైడ్రోజన్ (ఇది అత్యంత తేలికైన వాయువు).

పొడి మంచు–ఈథర్ పద్ధతిలో ద్రవీకరణ సాధ్యం కాని మరి నాలుగు వాయువులు పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు అంతంలో కనుగొనబడ్డాయి. ఇవి ఫ్లోరిన్, ఆర్గాన్, నియాన్, హీలియం వాయువులు.

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

అయితే 1852లో లార్డ్ కెల్విన్ (అప్పటికి అతడు ఇంకా విలియం థామ్సన్ యే) తన మిత్రుడు జేమ్స్ ప్రెస్కాట్ జూల్ (1818–1889)తో కలిసి ఓ ముఖ్యమైన విషయాన్ని కనుక్కున్నాడు. తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలని సాధించడానికి ద్రవ్యాలు ఆవిరయ్యేట్టు చెయ్యడం మాత్రమే పరిష్కారం కాదని వీళ్లు కనుక్కున్నారు.

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

దీన్నే జూ ల్–థామ్సన్ ఫలితం అంటారు.

1877లో లూయీ పాల్ కాయిటే అనే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త ఆక్సిజన్ ని వీలైనంతగా ఒత్తిడి చేసి కుంచింపజేశాడు. అలా కుంచింపబడ్డ ఆక్సిజన్ ని వీలైనంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వరకు చల్లబడేట్టు చేశాడు. అప్పుడు తిరిగి వ్యాకోచింప జేశాడు. దాంతో ఆక్సిజన్ ఉష్ణోగ్రత ఇంకా పడింది. తుషార బిందువుల్లా ద్రవించిన ఆక్సిజన్ బొట్లు బొట్లుగా పాత్రకి అంటుకుని కనిపించింది. నైట్రోజన్, కార్బన్ మోనాక్సయిడ్ వాయువులతో కూడా ఇలాగే చేసి వాటినీ ద్రవీకరించగలిగాడు.

ఈ పద్ధతికి ఇంకా మెరుగులు దిద్ది 1883 కల్లా శాస్త్రవేత్తలు ద్రవ్య రూపంలో వాయువులని అధిక పరిమాణాలలో ఉత్పత్తి చెయ్యడం ప్రారంభించారు. నిజానికి పన్నెండేళ్ల తరువాత కార్ల్ వాన్ లిండే (1842–1934) అనే జర్మన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త అధిక పరిమాణంలో ద్రవ్య

రూపంలో గాలిని (అంటే ఆక్సిజన్, నైట్రోజన్ ల మిశ్రమం) తయారు చెయ్యగలిగాడు. ఈ పద్ధతి ఎంత చవకగా సాధ్యమయ్యిందంటే పరిశ్రమలు ఆ విధానాన్ని స్వీకరించాయి.

1895 కల్లా మునుపు ద్రవీకరించ సాధ్యం కాని ఎనిమిది వాయువుల్లోను ఐదింటిని ద్రవీకరించడానికి సాధ్యం అయ్యింది. ఆ ఐదు వాయువులు ఈ కింది ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ద్రవిస్తాయి.

ఆక్సిజన్	90.17 కె	–182.98 సెల్షియస్
ఆర్గాన్	87.28 కె	–185.87 సెల్షియస్
ఫ్లూరిన్	85.01 కె	–188.14 సెల్షియస్
కార్బన్ మోనాక్సయిడ్	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 ద్రవింపజేయడం వీలుపడలేదు. ఈ మూడింటి విషయంలో జూ ల్–థాంసన్ ఫలితం పనిచెయ్యలేదు.

ఇదిలా ఉండగా 1873లో యోహానెస్ డీడెరిక్ వాన్ డెర్ వాల్స్ (1837–1923) అనే డచ్ శాస్త్రవేత్త ఆ మూడు వాయువులని శ్రద్ధగా అధ్యయనం చేసి సమస్య ఏమిటో అర్థం చేసుకున్నాడు. అతడు కనుగొన్న విషయాల దృష్ట్యా చూస్తే ఈ మూడు వాయువుల విషయం లోను ఒక ఉష్ణోగ్రత కన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్దనే జూ ల్–థామ్సన్ ఫలితం పని చేస్తుందని అర్థం అయ్యింది.

ఇంచు మించు అన్ని వాయువులకి జూ ల్ –థాంసన్ ఫలితం పని చేసే ఉష్ణోగ్రత చాలా ఎక్కువగానే ఉండేది. ఇంచు మించు మామూలు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద కూడా ఈ ఫలితాన్ని ఉపయోగించి వాయువులని చల్లబరచడానికి వీలయ్యేది.

హైడ్రోజన్ విషయంలో మాత్రం 190 డిగ్రీల కె (–83 డిగ్రీల సెల్షియస్) కన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్దనే జూల్ థామ్సన్ ఫలితం పని చేసేది. అంటే హైడ్రోజన్ ని అంటార్కిటికాలో అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత కన్నా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్దకు తీసుకువెళ్ళాకనే దాన్ని మరలా వ్యాకోచింపజేసి ద్రవించేట్టు చెయ్యొచ్చు. ఈ విషయాన్ని గుర్తించినవాడు జేమ్స్ దీవార్ (1842–1923) అనే స్కాట్లండ్ కి చెందిన రసాయన శాస్త్రవేత్త.

77 డిగ్రీల కె. వద్ద పెద్ద మొత్తాల్లో ద్రవ్య రూపంలో నై ట్రోజన్ ని తయారుచేయడం ఆరంభించాడు.

హైడ్రోజన్ విషయంలో జూల్–థామ్సన్ ఫలితం పని చేసే కనిష్ఠ ఉష్ణోగ్రత (190) కన్నా ఇది (77) చాలా తక్కువ. కొంత హైడ్రోజన్ ని తీసుకుని దాన్ని అధికపీడనం వద్ద ఓ బలమైన పాత్రలో కుంచింపజేశాడు. అప్పుడా పాత్రని ద్రవ్య నై ట్రోజన్ ఉన్న పాత్రలో ముంచాడు.

కుంచింపబడ్డ హైడ్రోజన్ ద్రవ్య నైట్రోజన్ ఉష్ణోగ్రత వద్దకు చేరుకుంది. అప్పుడు దీవార్ దాన్ని వ్యాకోచం చెందనిచ్చాడు. ఆ వ్యాకోచం వల్ల దాని ఉష్ణోగ్రత మరింత తగ్గింది. ఆ విధంగా 1895లో దీవార్ మొట్ట మొదటి సారిగా ద్రవ్య హైడ్రోజన్ ని సాధించగలిగాడు.

హైడ్రోజన్ 20.38 కె (–252.77 సెల్షియస్) వద్ద ద్రవిస్తుంది. ద్రవ్య హైడ్రోజన్ ని సాధించడానికి వినియోగించిన విధానాన్నే ద్రవ్య నియాన్ ని సాధించడానికి ఉపయోగించవచ్చు. ఎం దుకంటే నియాన్ హైడ్రోజన్ కన్నా కాస్త హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత వద్ద ద్రవిస్తుంది. నియాన్ 27.05 కె (–246.10 సెల్షియస్) వద్ద ద్రవిస్తుంది.

మరీ చల్లని ద్రవ్యాలు త్వరగా ఆవిరి అయ్యిపోకుండా దీవార్ ఓ కొ త్త పద్ధతి కనిపెట్టాడు. ఒక దాంట్లో ఒకటిగా రెండు గోడలు ఉన్న ప్రత్యేక పాత్రలు తయారుచేశాడు. రెండు గోడల మధ్య శూన్యం ఉంటుంది.

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

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

అలాంటి పాత్రలో బాగా చల్లని ద్రవ్యాలని ఉంచితే, దాని గోడల లోంచి వేడిమి లోపలికి ప్రవేశించలేదు కనుక ఆ ద్రవ్యాలు చాలా సేపటి వరకు ఆవిరైపోకుండా చల్లగా ఉంటాయి. అలాంటి పాత్రనే దీవార్ ఫ్లాస్క్ అంటారు.

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

దీవార్ ఇలాంటి ఫ్లాస్క్ లో ద్రవ్య హైడ్రోజన్ ఉంచి ఆవిరి కానిచ్చాడు. ఆవిరి కావడానికి వాడబడ్డ ఉష్ణోగ్రత ఆ ద్రవ్య హైడ్రోజన్ నుండే వచ్చేట్టు చేశాడు. ఎందుకంటే బయటికి ఇంచు మించు సున్నా వేడి లోపలికి ప్రవేశించింది. దాంతో లోపల ఉన్న ద్రవ్య హైడ్రోజన్ మరింత చల్లబడింది. చిట్టచివరికి 1988లో దీవార్ హైడ్రోజన్ ఘనీభవించేట్టు చేశాడు. 13.95 కె (–159.2 సెల్షియస్) వద్ద హైడ్రోజన్ గడ్డ కడుతుంది.

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

3. హీలియం ప్రయాస

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

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

హీలియం వాయువుని ద్రవీకరించే ప్రయత్నాన్ని హైక్ కామర్లింగ్ ఓన్స్ (1853–1926) అనే డచ్ శాస్త్రవేత్త చేపట్టాడు. ఇతడు కేవలం అత్యల్ప ఉష్ణోగ్రతల మీద పరిశోధనలు చేసేందుకు గాను ఓ ప్రత్యేక ప్రయోగశాలకి రూపకల్పన చేశాడు. అలాంటి ప్రయోగశాలలో అదే ప్రథమం.

కామర్లింగ్ ఓన్స్ హీలియం వాయువుని అధికపీడనం వద్ద కుంచింపచేసి ద్రవ్య హైడ్రోజన్ ఉన్న తొట్టెలోకి ప్రవేశపెట్టాడు. హీలియం ఉష్ణోగ్రత ద్రవ్య ఉష్ణోగ్రత స్థాయికి దిగిన తరువాత జూల్–థామ్సన్ ఫలితం పని చేస్తుంది. కనుక కుంచింపబడ్డ హీలియంని వ్యాకోచించనిచ్చాడు. వ్యాకోచిస్తున్న హీలియం మరింత చల్లబడింది. ఆ విధంగా 1908లో అతగాడు ద్రవ్య హీలియం ని సాధించాడు. అంతవరకు ద్రవించనని మొరాయించిన వాయువు చివరికి ద్రవించింది. ఇక ద్రవీకరించ సాధ్యం కాని వాయువే లేదని తేలింది.

హీలియం ద్రవీకరణ 4.21 కె (–268.94 సెల్షియస్) వద్ద జరిగింది.

ఇంత అతి శీతలమైన హీలియం ద్రవం త్వరగా ఆవిరైపోకుండా ఉండాలంటే దాని ఉష్ణం సోకకుండా ఉంచాలి. కనుక ద్రవ్య హీలియం ఉన్న పాత్రని ద్రవ్య హైడ్రోజన్ ఉన్న పాత్రలో ఉంచుతారు. ఆ పాత్రని మళ్లీ ద్రవ్య రూపంలో ఉన్న గాలి ఉన్న పాత్రలో ఉంచుతారు.

ఆ విధంగా కామర్లింగ్ ఓన్స్ పరిశోదనలకి అవసరమైనంత సేపు ద్రవ్య హీలియంని నిశ్చలంగా ఉంచాడు. అతడికి మరొకటి కూడా చెయ్యాలని ఉంది. అది హీలియం గడ్డకట్టేట్టు చేసి ఘన హీలియం ని 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, 1926 కి కూడా హీలియంని ఘనీభవింపజేయడం సాధ్యం కాలేదు.

కేవలం ఉష్ణోగ్రతని తగ్గించడం ద్వార హీలియం ని ఘనీభవింపజేయడం 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 శక్యం కాని ఆ కొ ద్దిపాటి శక్తి చాలు, హీలియం పరమాణువులు ఘన రూపంలో స్థిరపడకుండా చంచలంగా కదల్తూ ఉండడానికి.

కామర్లింగ్ ఓన్స్ చనిపోయిన కొ ద్ది నెలల తరువాత అతడి శిష్యుడు, డచ్ శాస్త్రవేత్త విలెమ్ హెండ్రిక్ కీసమ్ (1876-1956), ఈ పని కి పూనుకున్నాడు. సరిగ్గా ఓ 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 ద్రవ్య హీలియం ఉష్ణోగ్రత 0.4 కె దాకా కూడా దించగలిగాడు.

నేడు శాస్త్రవేత్తలు తెలిసిన ప్రతీ పదార్థాన్ని ఎడా పెడా ద్రవీకరించి, ఘనీభవింప జేస్తున్నా వాళ్లకి ఇంకా సంతృప్తి లేదు. ఉత్తర దక్షిణ ధృవాలని చేరుకోవడమయినా, ఎవరెస్ట్ శిఖరాన్ని ఎక్కడమైనా, చంద్రమండలానికి ఎగరడమయినా, అసలు ఏ గొప్ప ప్రయత్నంలో నయినా మార్గాంతాన్ని చేరుకోవాలన్న తహతహ మనిషిలో ఎప్పుడూ ఉంటుంది.

అయితే ఈ ప్రయాసలో అంతాన్ని చేరుకోవడం సాధ్యం కాదు. చివరికి 1906లో అంటే హీలియం ద్రవీకరణ జరిగిన రెండేళ్ల తరువాత, వాల్టర్ హెర్మన్ నెర్న్స్ట్ (1864–1941) అనే జర్మన్ శాస్త్రవేత్త నిరపేక్ష సున్నా సమీపించగలం కాని ఎన్నటికీ చేరుకోలేం అని నిరూపించాడు.

ఉదాహరణకి హీలియం ద్రవించే ఉష్ణోగ్రత వద్ద అంటే 4 కె వద్ద బయలుదేరాం అనుకుందాం. అందులోంచి 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 అజీతే శక్తి అవసరమవుతుంది. అలాగే 0.5 కె వద్దకి, 0.25 కె వద్దకి చేరడానికి అంతే శక్తి అవసరమవుతుంది. కనుక ఈ ప్రయత్నం సాగుతున్న కొ లది ఉష్ణోగ్రత ఇంకా ఇంకా చిన్న చిన్న మెట్లలో తగ్గుతూ వస్తుంది. 0 కె ఎప్పటికీ చేతికి చిక్కదు.

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

1926లో పీటర్ జోసెఫ్ విల్హెల్మ్ డెబెయే అనే డాచ్ శాస్త్రవేత్తకి మరో ఆలోచన వచ్చింది. అయస్కాంత ఆకర్షణకి లోనయ్యే కొ న్ని ప్రత్యేక అణువులు ఉన్నాయి. అయస్కాంత బల క్షేత్రంలో ఈ అణువులన్నీ ఓ ప్రత్యేక దిశలో తిరిగి ఉంటాయి. అలాంటి అయస్కాంతీకృత పదార్థాన్ని ద్రవ్య హీలియం సహాయంతో ఆవిరి పద్ధతితో సాధించగల అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత, అంటే 0.4 కె వరకు చల్లబరచి అప్పుడు అయస్కాంతాన్ని తొలగించాలి.

ఇప్పుడు అయస్కాం తీకృత అణువులు ఎటు కావాలంటే అటు తిరగొచ్చు. కుదురుగా ఒకే దిశలో తిరిగి ఉన్న అణువులు ఇలా చెల్లాచెదురు కావడానికి కొంత శక్తి కావాలి. ఆ శక్తి చుట్టూ ఉన్న ద్రవ్య హీలియం నుండే రావాలి. అంటే ద్రవ్య హీలియం యొక్క ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతుంది అన్నమాట.

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

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

అతి శీతలమైన ద్రవ్య హీలియం నుండి ఇంకా కొద్ది కొద్దిగా ఉష్ణాన్ని తొలగించే పద్ధతులు కని పెట్టబడ్డాయి. ప్రస్తుతం 0.00002 కె వరకు చేరుకోగల్గుతున్నారు. 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 ఆసక్తి కరమైనదని తేలింది. ఎందుకంటే శాస్త్రవేత్తలకి మునుపు ఎన్నడూ తెలియని విషయాలు తెలిశాయి.

ఉదాహరణకి 1928లో కేసమ్ 2.2 కె వద్ద హీలియంలో ఓ ప్రగాఢమైన మార్పు సంభవిస్తుందని గమనించాడు. ఆ ఉష్ణోగ్రత కన్నా ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద హీలియం ద్రవం తదితర ద్రవాలకి మల్లె 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 సందులోంచి అయినా రాపిడి లేకుండా సునాయాసంగా ప్రవహిస్తుంది. గాలి చొరబడని పాత్రలలోకి కూడా హీలియం–2 ప్రవేశించగలదు.

హీలియం–2 కి అద్భుతమైన ఉష్ణవాహక లక్షణాలు ఉన్నాయి. అందులో ఎక్కడ వేడిని ప్రవేశపెట్టినా, ఆ ఉష్ణం ఒక్క సారిగా ద్రవ్యరాశి అంతటా సమంగా వ్యాపిస్తుంది. స్థానికంగా ఉష్ణం అక్కడక్కడ కేంద్రీకృతం కావడం జరగదు. అందుకే హీలియం–2 మరగదు. వేడెక్కినప్పుడు మరిగే ద్రవ్యాలలో లాగ బుడగలు రావు. ఉపరితలం మీద ఉండే పరమాణువుల పొర మాత్రం ఆవిరై ఎగిరి పోతుందంతే.

మరో విషయం ఏమిటంటే హీలియంలో మళ్లీ రెండు రకాల పరమాణువులు ఉన్నాయి. వీటిని హీలియం–4, హీలియం–3 అంటారు. హీలియం–4 సర్వసాధారణమైన హీలియం. మిలియన్ హీలియం పరమాణువులలో ఒక హీలియం–3 పరమాణువు ఉంటుంది.

4.21 కె వద్ద ద్రవీకరించేది నిజానికి హీలియం–4. 2.2 కె వద్ద హీలియం–2 గా మారేది కూడా హీలియం–4 మాత్రమే.

హీలియం లో అరుదుగా ఉండే హీలియం–3 పరమాణువులని 1940 లలో శాస్త్రవేత్తలు వేరు చెయగలిగారు.

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

1949లో శాస్త్రవేత్తలు 3.2 కె వద్ద హీలియం–3 వద్ద ద్రవీకరిస్తుందని కనుక్కున్నారు. ఇది హీలియం–4 యొక్క మరుగు స్థానం కన్నా ఓ పూర్తి డిగ్రీ తక్కువ అన్నమాట.

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

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

పీటర్ లియోనిడోవిచ్ కాపిట్జా (1894–) అనే సోవియట్ శాస్త్రవేత్త మొదలగు వారు ఈ విచిత్రమైన పదార్థాన్ని పరింత సూక్ష్మంగా పరిశోధించడానికి పూనుకున్నారు.

5. అతివాహకత

ద్రవ్య హీలియం యొక్క అధ్యయనాలలో బయటపడ్డ ఒక ముఖ్యమైన విషయం ఇప్పుడు దైనిక జీవనంలో గొప్ప ప్రభావాన్ని చూపించబోతోంది. అది ఇలా జరిగింది.

ద్రవ్య హీలియం యొక్క ఉత్పన్నం సాధ్యపడిన తరువాత శాస్త్రవేత్తలకి మొట్టమొదటి సారిగా 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. విద్యుత్తుకి తీగలోని అణువులకి మధ్య జరిగే ఈ సంఘర్షణలో కొంత శక్తి హరించుకుపోతుంది. దాంతో తీగ కొద్దిగా వేడెక్కుతుంది.

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

ద్రవ్య హైడ్రోజన్ యొక్క ఉష్ణోగ్రత వరకు కూడా ఈ విషయం నిజమనే తేలింది. 1911లో అంతకు మూడేళ్ల క్రితమే హీలియం ని ద్రవీకరించిన కామర్లింగ్ ఓన్స్, ఈ విద్యున్నిరోధకత విషయం ఏంటో తేల్చుకోవాలను కున్నాడు. అయితే ఇందులో ఆశ్చర్యపడాల్సింది ఏముంటుందిలే అనుకున్నాడు. కాని అనుకున్నట్టు జరగలేదు.

గడ్డ కట్టిన పాదరసంతో తన ప్రయోగాలు సాగించాడు కామర్లింగ్ ఓన్స్. తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల వద్ద పాదరసం యొక్క నిరోధకత తక్కువగా ఉంటుంది. ద్రవ్య హైడ్రోజన్ ఉష్ణోగ్రత వద్దయితే నిరోధకత మరీ తక్కువగా ఉంటుంది. 4.21 కె వద్ద, అంటే హీలియం యొక్క మరుగు స్థానం వద్ద, పాదరసం యొక్క నిరోధకత అనుకున్నంతే ఉంది.

కాని కామర్లింగ్ ఓన్స్ ఉష్ణోగ్రతను క్రమంగా తగ్గిస్తూ పోతే 4.12 కె వద్ద నిరోధకత తటాలున సున్నాకి పడడం గమనించాడు. ఆ ఉష్ణోగ్రత వద్ద పాదరసం విద్యుత్తుని ఏ మాత్రం నిరోధకత లేకుండా సంపూర్ణంగా ప్రవహించనిచ్చింది. విద్యుచ్ఛక్తి లో ఏ కాస్త

కూడా ఉష్ణశక్తి గా మారలేదు. ఎందుకంటే నిరోధకత ససేమిరా లేదు. ఇంత సంపూర్ణమైన విద్యుత్ వాహకత్వాన్నే అతిహాహకత 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 ఓ 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. కొ న్ని లోహాలు మాత్రం అలా ప్రవర్తించలేదు. బహుశ తగినంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల వద్దకి తీసుకుపోతే అవి కూడా అతివాహతను ప్రదర్శిస్తాయేమో.

ఉదాహరణకి హాఫ్నియం అనే లోహం అతివాహకత ప్రదర్శించగలదు. కాని ఆ స్థితిని చేరుకోవాలంటే 0.35 కె వద్దకి చేరాలి. పాదరసం అతివాహకత ప్రదర్శించిన ఉష్ణోగ్రత కన్నా హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత ప్రదర్శించిన లోహాలు చాలా తక్కువ. ఉదాహరణకి సీసం 7.22 కె వద్ద అతివాహకత ప్రదర్శించింది. ద్రవ్య హీలియంలో ముంచబడ్డ సీసపు వలయంలో ప్రవేశపెట్టబడ్డ విద్యుత్ ప్రవాహం తరుగు లేకుండా రెండున్నర ఏళ్ల పాటు తిరిగింది.

అన్నిటి కన్నా ఎక్కువ అతివాహక ఉష్ణోగ్రత కల లోహం టెక్నీషియం. ఇదో రేడియోధార్మిక లోహం. ఇది ప్రకృతిలో సహజంగా లభ్యం కాదు. కాని దీన్ని ప్రయోగశాలలో కృత్రిమంగా ఉత్పన్నం చేయొచ్చు. ఈ లోహం 11.2 కె వద్ద అతివాహకం అవుతుంది.

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

అలా కాకుండా అతివాహక తీగల ద్వార విద్యుత్తును ప్రసారం చేస్తే? అప్పుడు విద్యుచ్ఛక్తి కొం చెం కూడా నష్టం కాదు. అయితే అతివాహక లోహాలు పని చేసే గరిష్ఠ ఉష్ణోగ్రత 11.2 కె. అంటే విద్యుత్ తీగలని ద్రవ్య హీలియంలో ముంచి ఉంచాలన్నమాట. మరే ఇతర పదార్థమూ సరిపోదు. ద్రవ్య హీలియం తరువాత అత్యంత శీతల పదార్థమైన ద్రవ్య

హైడ్రోజన్ 14 కె వద్ద ఘనీభవిస్తుంది. ఆవిరి కాకుండా జాగ్రత్త పడితే ఇది 20 కె వరకు ద్రవ్య స్థితిలో ఉండగలదు.

కాని హీలియం చాలా అరుదైన పదార్థం. దీన్ని ద్రవ్య రూపంలో స్థిరంగా ఉంచడం చాలా కష్టం. విద్యుత్ తీగలని చల్లగా ఉంచడానికి అయ్యే ఖర్చు మామూలు తీగలలో జరిగే విద్యుత్ నష్టం ఖర్చు కన్నా చాలా ఎక్కువవుతుంది.

పదార్థాల అతివాహకత ఎంతుజీదో పరీక్షించడానికి వాడే పరీక్షా సామగ్రి

పరీక్షించాల్సిన సెరామిక్ గొట్టాన్ని (బొమ్మకి కుడి పక్క చివర్లో) ఒక హోల్డర్ లేదా ప్రోబ్ లో బిగిస్తారు. కుడి పక్కన ఉన్న ప్రోబ్ నుండి తీగలు సెరామిక గొట్టం ద్వార ఎడమ పక్క ఉన్న టెర్మినల్ వరకు పోతాయి.

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

చేతికి అందిన ప్రతీ అలాయిని పరీక్షించడం మొదలెట్టారు శాస్త్రవేత్తలు. ఇంచుమించు పద్నాలుగు వందల అలాయిలు తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల వద్ద అతివాహకత ప్రదర్శించాయి. 21 కె వద్దనే జెర్మేనియం అతివాహకత ప్రదర్శించింది. 1984లో నియోబియం, జర్మేనియంల అలాయి ఒకటి 24 కె వద్ద అతివాహకత ప్రదర్శించింది.

ద్రవ్య హీలియం కన్నా ద్రవ్య హైడ్రోజన్ ని ద్రవ్య రూపంలో ఉంచడం సులభం. అలాగని మరీ అంత సులభం ఏం కాదు. పైగా ద్రవ్య హీలియం చాలా సురక్షితమైన పదార్థం. ద్రవ్య హైడ్రోజన్ ప్రమాదకరమైనది. మీద పడితే మండుతుంది. అందులోంచి వచ్చే హైడ్రోజన్ ఆవిర్లు సులభంగా మండి విస్ఫోటం చెందగలవు కూడా.

కనుక విద్యుత్ సరఫరా కోసం దేశం అంతా ద్రవ్య హైడ్రోజన్ వినియోగం వల్ల గొప్ప ధనవ్యయం మాత్రమే కాదు, ఎన్నో ఉత్పాతాలకి దారి తీస్తుంది కూడా.

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

అప్పుడో ఆశ్చర్యకరమైన సంఘటన జరిగింది.

జర్మనీ శాస్త్రవేత్తలు కొత్త బాటలు తొక్కారు. కేవలం లోహాల మిశ్రమాలతో పనిచెయ్యకుండా, ఆక్సిజన్ తో 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 కనుగొనబడింది.

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

ఈ వ్యవహారం అక్కడితో ఆగలేదు. 1987లో 90 కె వద్ద అతివాహకం కాగలిగే ఓ పింగాణీ మిశ్రమం కనుక్కోబడింది. అలాంటి పింగాళీ అయితే ద్రవ్య నైట్రోజన్ ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకంగా ఉంటుంది. ద్రవ్య నైట్రోజన్ ద్రవ్య హైడ్రోజన్ కన్నా సామాన్యంగా దొరుకుతుంది. పైగా ద్రవ్య హీలియం లాగానే సురక్షితమైనది కూడా.

ఆవిష్కరణలు అక్కడితో ఆగలేదు. 1987 మే నెలలో మరో కొత్త వార్త వచ్చింది. ఓ 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 (room temperature) 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 ఉన్నత ఉష్ణోగ్రతల వద్ద అతివాహకత ఎలా పని చేస్తుందో ఇప్పటికీ శాస్త్రవేత్తలకి పూర్తిగా అర్థం కాలేదు. సాంప్రదాయక అతివాహకత కోసం బార్డీన్ అందించిన వివరణ ఈ కొ త్త రకం అతివాహకతకి సరిపోదు. అయితే ఓ మంచి ఆవిష్కరణ జరిగితే చాలు. వివరణలు కొంచెం ఆలస్యం అయినా ఫరవాలేదు.

అయితే 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 తయారు చెయ్యడం సులభం 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? విద్యుత్ ప్రసారంలో జరిగే నష్టాన్ని అరికట్టగలం. కాని అదొక్కటే కాదు.

ప్రసారంలో విద్యుత్తు నష్టమవుతోంది కనుక జనరేటర్లని సామాన్యంగా ఊరికి దగ్గరికా పెట్టడం జరుగుతుంది. కాని అతివాహక వచ్చినతరువాత జనరేటర్లని ఊరికి దూరంగా పెట్టొచ్చు.

అణు విద్యుత్ కేంద్రాల విషయంలో ఇది చాలా ముఖ్యం అవుతుంది. అణు ప్రమాదాల దృష్ట్యా అణువిద్యుత్ కేంద్రాలని ఊళ్లకి దగ్గరిగా నిర్మించడం ప్రజలకి ఆందోళన కలిగించే విషయం. ఉన్నత ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత సాధ్యమైతే అణువిద్యుత్ 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 విద్యుత్ ప్రసారం అంటే బోలెడంత విద్యుత్ నష్టమైనట్టే. కాని అతివాహకత ఉంటే ఆ సమస్య ఉండదు.

గ భవిష్యత్ ప్రయోజనాల కోసం విద్యుత్తును నిలువ ఉంచుకోవడం ఈ రోజుల్లో చాలా కష్టం. తీగల్లోంచి దూసుకుపోయే విద్యుత్తు ఆ తీగల నిరోధకత వల్ల శక్తిని కోల్పోతుంది.

అంటే ఎక్కువ విద్యుత్ అవసరమైనపుడు 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.

ఉన్నత ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత సహాయంతో విద్యుత్తును ఒకే వలయంలో శక్తివ్యయం లేకుండా ఎల్లకాలం గిర గిరా తిరుగుతూ ఉండనివ్వచ్చు. అలాంటప్పుడు విద్యుత్ వినియోగం తక్కువగా ఉన్న సమయాలలో విద్యుత్తుని విద్యుత్ వలయాలలో నిలువ చేసుకుని, వినియోగం ఎక్కువగా ఉన్న సమయాలలో అలా నిలువ ఉంచిన విద్యుత్తుని విడుదల చేసూ ఉండొచ్చు. ఈ విధంగా కూడా విద్యుత్ సామర్థ్యం పెరుగుతుంది.

ఉన్నత ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత వల్ల కంప్యూటర్లకి ఎంతో మేలు జరుగుతుంది. కంప్యూటర్ పరిమాణాలు ఇంకా ఇంకా కుంచించుకునేట్టు చెయ్యొచ్చు. చిన్న చిన్న మైక్రోచిప్ లలో కో ట్లాది ట్రాన్సిస్టర్లని కుదిస్తున్నారు. చిప్ లో ట్రాన్సిస్టర్ల సాంద్రత పెరుగుతున్న కొ లది, చదరపు మిల్లీమీటర్ లో పుట్టే వేడి విలువ పెరిగిపోతూ ఉంటుంది. ఆ వేడికి చిప్ కరిగిపోతుంది. ఉన్నత ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత ఉంటే ఇక వేడి పుట్టదు. మైక్రో చిప్ లని ఇంకా ఇంకా చిన్న పరిమాణాలలో చెయ్యొచ్చు. అలాంటి కంప్యూటర్లు, ప్రస్తుతం ఉన్న కంప్యూటర్ల కన్నా చిన్నగా, వేగంగా, చవకగా, సమర్థవంతంగా రూపొందుతాయి.

విద్యుత్తు ప్రవహించే పట్టాల మీద పరుగెత్తే రైళ్ల గురించి మనుషులు ఎంతో కాలంగా కలలు కంటూ వచ్చారు. పట్టాలలో ప్రవహించే విద్యుత్తు వల్ల బలమైన అయస్కాంత క్షేత్రం పుడుతుంది. ఆ అయస్కాంత క్షేత్ర ప్రభావం వల్ల రైలు ఇంచు కన్నా తక్కువ ఎత్తుకి ఎత్తబడుతుంది. పట్టాలకి రైలుకి మధ్య భౌతిక సంపర్కం లేకపోవడంతో రెండింటి మధ్య రాపిడి ఉండదు.

అలాంటి రైళ్లు గంటకి 300 మైళ్లకి పైగా ప్రయాణించగలవు. పైగా ఆ ప్రయాణం ఎంత సాఫీగా ఉంటుంది అంటే అసలు కదులుతున్నట్టే ఉండదు. ఇలాంటి రైళ్ల వినియోగం వాస్తవం కావాలంటే ఉన్నత ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత ఎంతో అవసరం.

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

కాని చిక్కేంటంటే అణుసంయోగంలో చిన్న చిన్న పరమాణువులని ఒక దగ్గరికి చేర్చడానికి బలమైన అయస్కాంత క్షేత్రాలు అవసరమవుతాయి. ఉన్నత ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత సహాయంతో మరింత బలమైన అయస్కాంత క్షేత్రాలని మరింత తక్కువ ఖర్చుతో సాధించవచ్చు. అణుసంయోగం ద్వార శక్తిని ఉత్పన్నం చెయ్యడానికి శాస్త్రవేత్తలు ఇప్పటికి ముప్పై ఏళ్లుగా కృషి చేస్తూ వచ్చారు. కాని పెద్దగా ఫలితం లేకుండా పోయింది. ఆ విజయం బహుశ ఉన్నత ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకత వల్ల సాధ్యం అవుతుందేమో. సౌరశక్తి లాగానే ఎన్నటికీ తరగని శక్తి మూలం ఒకటి మనదవుతుంది.

మరి మొట్టమొదటి సారిగా ఉన్నత ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకతని కనుక్కున్న శాస్త్రవేత్తలకి 1987లో నోబెల్ బహుమతి రావడంలో ఆశ్చర్యం లేదు. ఆ శాస్త్రవేత్తలు స్విట్జర్లాండ్ కి 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 ప్రశ్నల సమాధానాలని తెలుసుకునే ప్రయత్నం వల్ల ఇంత గ్రంథం నడిచింది. ఇన్ని ఫలితాలు దక్కాయి.