అమ్మోనియా యొక్క ఎలెక్ట్రోకెమికల్ సంశ్లేషణ: కార్బన్ రహిత ఇంధనం

అంకు గుహ
(గ్రాడ్యుయేట్ స్టూడెంట్, టిఐఎఫ్ఆర్ హైదరాబాద్)

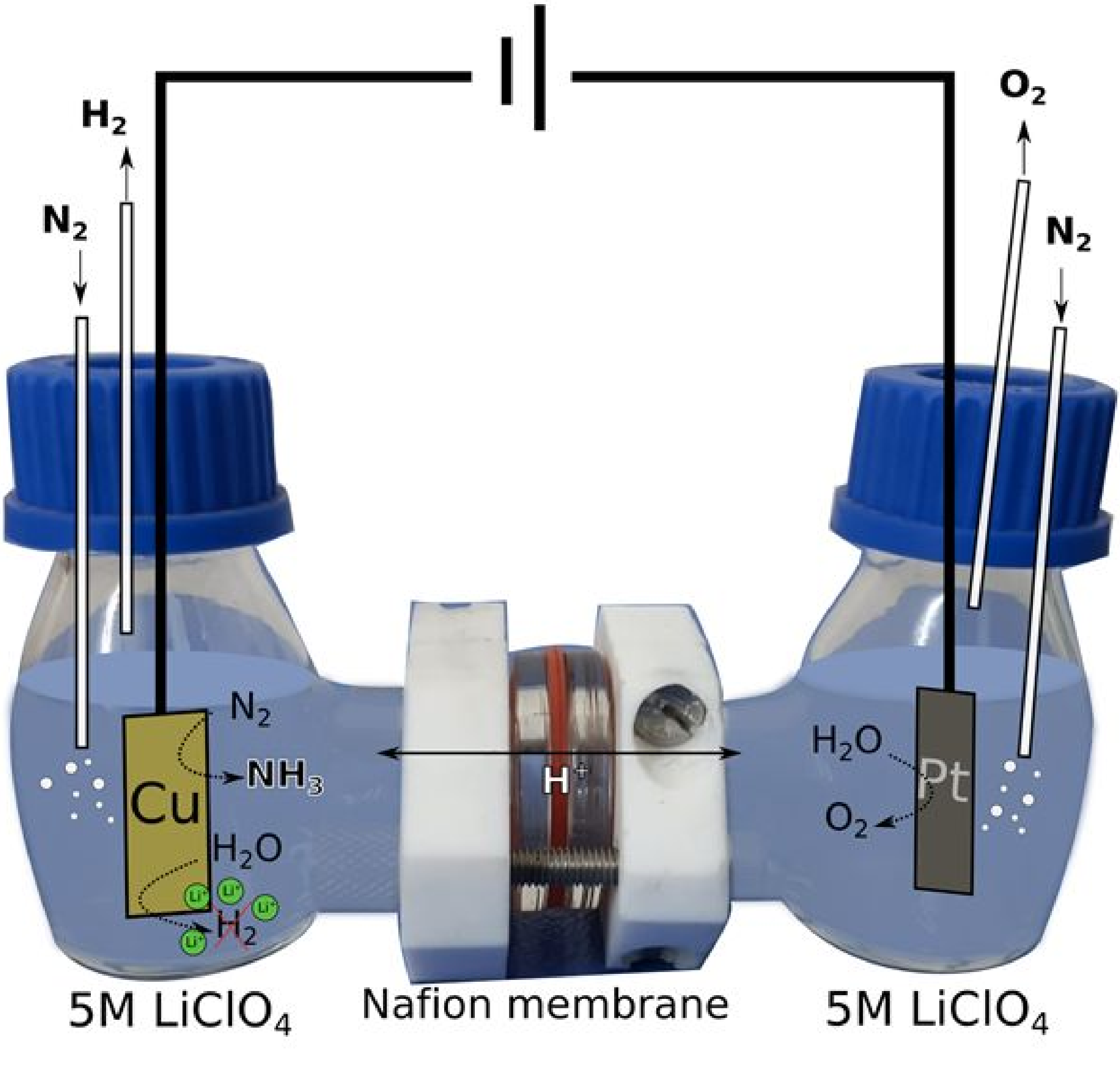
Translation: Sandhya Chintalapati

ఈ శతాబ్దం మధ్య నాటికి, ప్రపంచ జనాభా 9.8 బిలియన్ మార్క్ను తాకుతుందని **అంచనా**. దీనివలన శక్తి(Energy) మరియు ఆహారం యొక్క వినియోగం పెరుగుతుంది. మనం ఈ శక్తి కోసం ఎక్కువగా శిలాజ ఇంధనాలైన బొగ్గు, చమురు మరియు సహజ వాయువుల వంటి వాటిపై ఆధారపడతాము, కాని వీటి నిల్వలు పరిమితం. శిలాజ ఇంధనాల అధిక వినియోగం గ్లోబల్ వార్మింగ్ నకు దోహదపడే గ్రీన్హౌస్ వాయువైన కార్బన్ డయాక్సైడ్ ను భారీ మొత్తంలో విడుదల చేస్తుంది.

కార్బన్ డయాక్సైడ్ను విడుదల చేసే శక్తి వనరులపై ఆధారపడటాన్ని తగ్గించడానికి, శాస్త్రవేత్తలు తమ **ప్రయత్నాలను** సౌరశక్తి, హైడ్రోజన్ ఇంధన కణం (fuel cell) వంటి పునరుత్పాదక శక్తి వనరులను అభివృద్ధి చేయడంపై దృష్టి కేంద్రీకరించారు. హైడ్రోజన్ను నీటి విద్యుద్విశ్లేషణ ద్వారా పునరుత్పాదకంగా ఉత్పత్తి చేయవచ్చు, దీని తరువాత హైడ్రోజన్ శక్తిని అందించడానికి ఇంధన ఘటంలో దహన మరియు విద్యుద్విశ్లేషణకు లోనవుతుంది. ఇది కార్బన్ డయాక్సైడ్ ఉచిత శక్తి వనరును పొందటానికి ఒక మంచి మార్గము. ఇది నీటిని మాత్రమే నిరపాయమైన ఉప ఉత్పత్తిగా వదిలివేస్తుంది. అయితే, హైడ్రోజన్ చాలా మండే వాయువు. హైడ్రోజన్ గ్యాస్ నిల్వ మరియు రవాణా హైడ్రోజన్ ఇంధన కణ సాంకేతిక పరిజ్ఞానం యొక్క వాణిజ్యీకరణను అడ్డుకుంటుంది. హైడ్రోజన్ను అమ్మోనియా రూపంలో నిల్వ చేయడం ద్వారా ఈ సమస్యను పరిష్కరించవచ్చు. అమ్మోనియా బరువులో 17.6% హైడ్రోజన్ ఉంటుంది. అంతేకాకుండా, అమ్మోనియా వాల్యూమ్ ద్వారా వచ్చే శక్తి సాంద్రత ద్రవ హైడ్రోజన్ కంటే రెట్టింపు. హైడ్రోజన్ మండే ఇంధనమైనప్పటికి, అమ్మోనియా నుండి హైడ్రోజన్ను తీయగలిగే సౌలభ్యం వలన వాణిజ్యపరంగా నిల్వ చేయడానికి మరియు రవాణా చేయడానికి ఆచరణీయమైన అవకాశాలను అందిస్తుంది.

ఒకరు అమ్మోనియా యొక్క తగినంత నిల్వలను ఎలా పొందుతారు? 1909 లో, చాలా అధిక పీడనం (250 బార్ చుట్టూ) మరియు ఉష్ణోగ్రత (350 oCచుట్టూ) వద్ద, ఇనుప ఉత్ప్రేరకంపై హైడ్రోజన్తో చర్య తీసుకోవడం ద్వారా నత్రజనిని కృత్రిమంగా అమ్మోనియాగా మార్చవచ్చని ఫ్రిట్జ్ హేబర్ **కనుగొన్నారు.** ఈ ప్రక్రియ కార్ల్ బాష్ వలన **వాణిజ్యపరమైంది**. ఇప్పటి వరకు, వైమానిక నత్రజనిని అమ్మోనియా రూపంలో కృత్రిమంగా పరిష్కరించటంలో హేబర్-బాష్ కనుగొన్న ప్రక్రియ ఒక్కటే వాణిజ్యపరంగా ఆచరణీయమైన ప్రక్రియ. హేబర్-బాష్ ప్రక్రియ **ఆవిరి సంస్కరణ** బొగ్గు మరియు సహజ వాయువు నుండి వచ్చిన హైడ్రోజన్ను వుపయోగిస్తుంది,కార్బన్ డయాక్సైడ్ను వదిలివేస్తుంది. అదనంగా అవసరమయ్యే అధిక పీడనం మరియు ఉష్ణోగ్రత పరిస్థితులు శిలాజ ఇంధనాలను మరింత కాల్చడం మరియు ఎక్కువ కార్బన్ డయాక్సైడ్ ఉద్గారాలకు దారితీస్తాయి. హేబర్-బాష్ ప్రక్రియ ప్రపంచంలో 5% సహజ వాయువును వినియోగిస్తుంది మరియు అన్నింటి కార్బన్ డయాక్సైడ్ ఉద్గారాలలో 1%

విడుదల చేస్తాయి. ఇది మంచి పారిశ్రామిక ప్రక్రియ కాదు కనుక , అమ్మోనియాను సంశ్లేషణ చేసే పర్యావరణ అనుకూల ప్రక్రియ ఎంతైన అవసరం.



థర్మల్ ఎనర్జీని ఉపయోగించి N-N బంధాన్ని విచ్ఛిన్నం చేయడానికి బదులుగా (హేబర్-బాష్ ప్రక్రియలో వలె), ఇతర ప్రత్యామ్నాయాలు కూడా ఉన్నాయి. ఉదాహరణకు ప్రతిచర్య నిండిన ద్రావకం వద్ద విద్యుత్ సామర్థ్యాన్ని ఉపయోగించడం. ఈ ప్రక్రియ ఎలక్ట్రో-కెమికల్ ఆక్సిడైజ్ లేదా చిన్న అణువును తగ్గిస్తుంది. అమ్మోనియా దిగుబడినిచ్చే సజల ఎలక్ట్రోలైట్‌లో నత్రజని యొక్క ఎలెక్ట్రోకెమికల్ తగ్గింపు బహుశా మంచి ప్రత్యామ్నాయం. కానీ ఈ పద్ధతి ఖచ్చితంగా ఏమిటి? దిగువ చిత్రాన్ని దృశ్య సాధనంగా ఉపయోగించి ప్రయోగాన్ని వివరించడానికి ప్రయత్నిస్తాను. ఈ ప్రక్రియలో, రెండు కంపార్ట్మెంట్ H- సెల్ (H అక్షరం ఆకారంలో ఉంటుంది) ఉపయోగించబడుతుంది. రెండు కంపార్ట్మెంట్లలో వేర్వేరు ప్రక్రియలు జరుగుతాయి, ఇవి ప్రోటాన్ ఎక్స్ఛేంజ్ పొర ద్వారా వేరు చేయబడతాయి. పని చేసే ఎలక్ట్రోడ్ చాంబర్‌లో, ఎలక్ట్రోలైట్‌లో కరిగే నత్రజనిని పరిచయం చేయడానికి

నత్రజని ఆహార వాయువుగా ఉపయోగించబడుతుంది మరియు నీటిని ప్రోటాన్ మూలంగా ఉపయోగిస్తారు.N2 మరియు H2O తగ్గించడం ద్వార, అమ్మోనియా (NH3) హైడ్రోజన్ వాయువు (H2) తో పాటు ఉత్పత్తి అవుతుంది. ఈ హైడ్రోజన్ పరిణామ ప్రతిచర్య, సజల మాధ్యమంలో, కావలసిన ఎలక్ట్రోకెమికల్ నత్రజని తగ్గింపుకు ప్రధాన పోటీ ప్రతిచర్య. ఇతర గదిలో, నీటి ఆక్సీకరణం ద్వారా ఆక్సిజన్ ఉత్పత్తి అవుతుంది.

ఉత్పత్తి అయిన అమోనియా ప్రధానంగా ఎలక్ట్రోలైట్‌లో కరిగిన అమ్మోనియంగా మిగిలిపోతుంది. నత్రజనిని అమ్మోనియాకు ఎలెక్ట్రోకెమికల్ తగ్గించడం పరిసర పరిస్థితులలో చేయవచ్చు, ఇది ఆకర్షణీయమైన ప్రత్యామ్నాయంగా మారుతుంది. అలాగే, గాలి, సౌరశక్తి వంటి పునరుత్పాదక విద్యుత్ వనరులను ఉపయోగించి అవసరమైన విద్యుత్ సామర్థ్యాన్ని పొందవచ్చు. ఏదేమైనా, ఈ పద్ధతికి కొన్ని లోపాలు ఉన్నాయి, (ఎ) నత్రజని చాలా స్థిరంగా ఉంటుంది మరియు అణువుల మధ్య బంధాన్ని విభజించడానికి చాలా అధిక శక్తి అవసరం, (బి) అమ్మోనియాతో పాటు హైడ్రోజన్ వాయువు ఉత్పత్తి, (సి) నీటిలొ కరిగే సామర్థ్యం వుండని నత్రజని వాయువు.

ఈ సమస్యలను పరిష్కరించడానికి, 1994 లో సునెటో మరియు అతని సహచరులు **మొట్టమొదటి** అడుగు వేశారు. హైడ్రోజన్ పరిణామ ప్రతిచర్యను నివారించడానికి వారు టెట్రాహైడ్రోఫ్యూరాన్ (సజలేతర ఎలక్ట్రోలైట్) లో లిథియం పెర్క్లోరేట్‌ను ఉపయోగించారు మరియు ఇథనాల్‌ను ప్రోటాన్ మూలంగా ఉపయోగించారు. వారు విజయవంతంగా 57.7% శక్తి సామర్థ్యాన్ని సాధించారు (శక్తి ఉత్పత్తి మరియు శక్తి ఇన్పుట్ యొక్క నిష్పత్తి). ఈ ప్రక్రియకు అధిక పీడన పరిస్థితులు (50 ఎటిఎం) అవసరం అనేది ఒక పెద్ద లోపం.

మా లక్ష్యం ఏరియల్ నత్రజనిని ఉపయోగించి గది ఉష్ణోగ్రత మరియు పీడన సజల ఎలక్ట్రోలైట్‌లో అమ్మోనియాను సంశ్లేషణ చేయడం. ఈ ఎలెక్ట్రోకెమికల్ నత్రజని తగ్గింపు కోసం, మేము రాగిని మోడల్ ఎలక్ట్రో-ఉత్ప్రేరకంగా ఎంచుకున్నాము. ఖనిజాలలో అధిక సాంద్రత ఉన్న చౌకైన లోహాలలో రాగి కూడా ఒకటి. ఇంకా, రాగి ఉపయోగించినప్పుడు, హైడ్రోజన్ పరిణామ ప్రతిచర్య సహేతుకంగా తక్కువగా ఉంటుంది.

ఇప్పుడు, మిగిలి ఉన్న ప్రధాన సవాళ్లు నత్రజని అణువుల మధ్య స్థిరమైన బంధాన్ని మరియు సజల ఎలక్ట్రోలైట్‌లోని నత్రజని యొక్క ద్రావణీయతను విచ్ఛిన్నం చేయడం. మొదటి సమస్యను పరిక్షించడానికి, మేము సాంద్రీకృత సజల లిథియం పెర్క్లోరేట్‌ను ఎలక్ట్రోలైట్‌గా ఉపయోగించాము. లిథియం అయాన్లు నత్రజనిని ఆకర్షిస్తాయి, తద్వారా రెండు నత్రజని అణువుల మధ్య దూరాన్ని పెరుగుతుంది మరియు నత్రజని అణువును విభజించడానికి తక్కువ సామర్థ్యం అవసరం అవుతుంధి.

అయితే **మునుపటి చాలా అధ్యయనాలు** ఎలక్ట్రోక్యాటలిస్ట్‌ను సవరించడంపై ఆధారపడ్డాయి, కాని **ఈ** నివేదిక ఎలక్ట్రోలైట్ మార్పులకు గురైన మొదటి నివేదికలలో ఒకటి. ప్రతిచర్యను అనుకూలపరచడానికి లిథియం అయాన్ల యొక్క గాఢత లో విస్తృత శ్రేణి సంభావ్యత మరియు వైవిధ్యం అధ్యయనం చేయబడ్డాయి. అంతిమంగా మేము

సాంప్రదాయిక నత్రజని తగ్గింపు ప్రతిచర్య (-0.35 V వర్సెస్ RHE) తో పోలిస్తే, తక్కువ సంభావ్యత వద్ద (-0.6V వర్సెస్ RHE) 12.1% శక్తి సామర్థ్యాన్ని సాధించాము.

అదే శక్తి సామర్థ్యాన్ని కొనసాగిస్తూ, మరియు ఉత్ప్రేరకానికి శాశ్వత మార్పులు లేకుండా, రాగి ఉత్ప్రేరకం ప్రతిచర్యను కొనసాగించగలదా అని చూడటానికి మేము 19 గంటలు నత్రజని తగ్గింపును చేసాము. ఉత్పత్తి అమోనియా సమయంతో సరళంగా పెరుగుతుందని మేము గమనించాము మరియు హైడ్రాజైన్ వంటి ఉపఉత్పత్తులను కలిగి ఉన్న ఇతర నత్రజని కనుగొనబడలేదు. ఇది మా ఎలెక్ట్రోకెమికల్ నత్రజని తగ్గింపు ప్రక్రియ అత్యంత ఎంపిక మరియు మన్నికైనదని నిర్ధారిస్తుంది.

పరిసర స్థితిలో నత్రజని తగ్గింపు యొక్క 12.1% శక్తి సామర్థ్యం సాధించినప్పటికీ, ఇది ఇప్పటికీ వాణిజ్యీకరణకు దూరంగా ఉంది. అలాగే, ఎలెక్ట్రోకెమికల్ అమ్మోనియా సంశ్లేషణ యొక్క వివరణాత్మక విధానం ఇంకా తెలుసుకోవలసి ఉంది. మొత్తంగా, లిథియం పెర్క్లోరేట్ వంటి సహాయక ఎలక్ట్రోలైట్‌ను ఉపయోగించి ఎలెక్ట్రోకెమికల్ అమ్మోనియా సంశ్లేషణ భావన సమీప భవిష్యత్తులో ప్రతిచర్యల రూపకల్పనకు సహాయకరమైన అంతర్దృష్టులను అందిస్తుంది, ఇవి పరిసర ఉష్ణోగ్రత మరియు పీడనంలో అమ్మోనియా సంశ్లేషణను వేగవంతం చేయగలవు.

ఫీచర్ చేసిన చిత్రం: **పిక్సాబే**