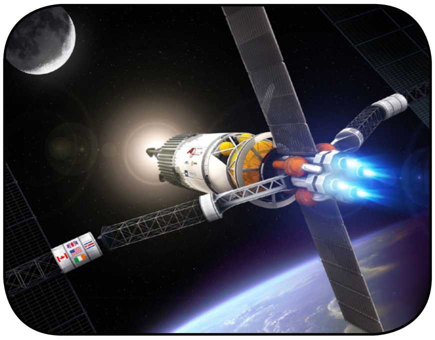
අනාගත අභ්‍යවකාශ චාරිකා සහ තාක්ෂණය
ලෝහමය හයිඩ්‍රජන් : නොදන්නා දේ දැනගැනීමට

ආචාර්ය රංග ඩයස්

මූලද්‍රව්‍ය අතරින් සරලම එසේම බහුලම මූලද්‍රව්‍ය වන්නේ හයිඩ්‍රජන්ය. අපගේ විශ්වයෙන් 90% ක් පමණ සමන්විතවන හයිඩ්‍රජන් එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයකින් සහ ප්‍රෝටෝනයකින් සංයුක්ත වූවකි. අපගේ පෘථිවි පෘෂ්ඨයට වඩා වාර මිලියන සංඛ්‍යාවකින් ඉහළ අභ්‍යන්තර පීඩනයක් පවතින බ්‍රහස්පති හා සෙනසුරු ග්‍රහයන් මත හයිඩ්‍රජන් අණුව අති උණුසුම් ද්‍රව තත්වයේ පවතින බව න්‍යායාත්මකව පිළිගැනේ. විශ්වයේ ඉතා සුලබම මූලද්‍රව්‍ය වුවත් එය සාමාන්‍ය ද්‍රව්‍යයක් නම් නොවේ. සරල පරමාණුක ව්‍යුහයක් පැවතියද විද්‍යාඥයන් සිතා සිටිනවාට වඩා හයිඩ්‍රජන් සංකීර්ණ බව සනාථ වී තිබේ. ද්වි පරමාණුක (පරමාණු දෙකක් සහිත) වායුවක් ලෙස සාමාන්‍යයෙන් පැවතියද හයිඩ්‍රජන් දියරයක් බවට සිසිල් (කෙල්වින් 20ට හෝ - සෙල්සියස් අංශක -235ට අඩු) කළ හැකි අතරම එය කෙල්වින් 14ට අඩු උෂ්ණත්වයකදී ඝන තත්වයට පත්වෙයි. මෙම සියලු තත්වයන් හි දී හයිඩ්‍රජන් සාමාන්‍යයෙන් පරිවාරකයක් ලෙස ක්‍රියාකරයි. නමුත් 1930 දී විග්නර් සහ හටින්ග්ටන් නම් විද්‍යාඥයන් පළ කළ අනාවැකිය වූයේ බ්‍රහස්පති ග්‍රහයා ඇතුළත ගැඹුරෙහි පවතින ඉතා අධික පීඩනයට හයිඩ්‍රජන් භාජනය කළ විට එහි අණු විඝටනය (පරමාණුවලට කැඩීයාමෙන්) හයිඩ්‍රජන්වලට ලෝහයක් ලෙස හැසිරීමට අවස්ථාව සලසෙන බවය. එමගින් එය තාප සහ විදුලි සන්නායක හැකියාව ලබා ගනියි.

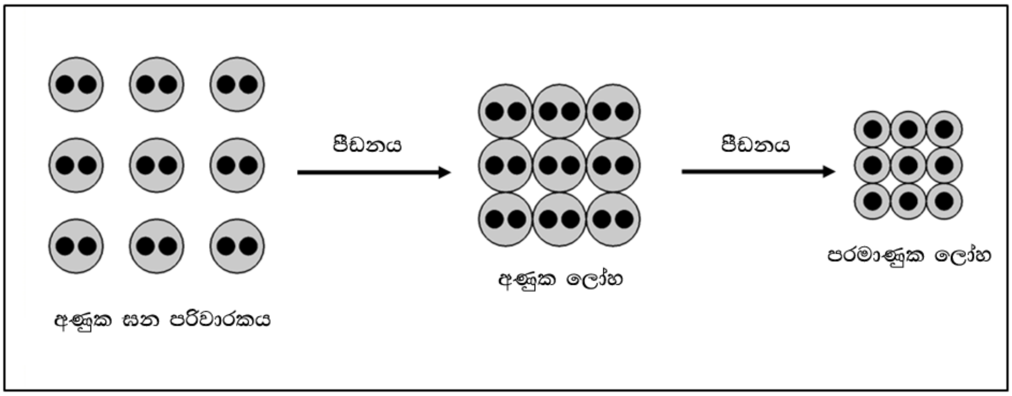
කෝර්නෙල් විශ්ව විද්‍යාලයයේ නීල් ඩබ්. අශ්රෝෆ් පවසා සිටියේ යම් පීඩන සහ උෂ්ණත්ව සංයුක්තකරණයන්හිදී හයිඩ්‍රජන්



පරමාණු ඒවා විසින්ම යළි සකස් වී ප්‍රතිරෝධයකින් තොරව විදුලිය සන්නායනය කරන සුපිරි සන්නායක ගුණ ඇති නව ආකාරයක ක්වන්ටොම දියරයක් ලෙසට සහ ප්‍රතිරෝධයකින් තොරව නිදහසේ ගලා යන සුපිරි තරලයක් වශයෙන් දෙයාකාරයකට පත් වන බවය. හයිඩ්‍රජන්වල සමහර අවධිවලදී එහි මිතස්ථායිවීම වැනි විශ්මයජනක හැසිරීම් උනන්දුවක් ජනිත කරවීමට සමත් වෙයි. මෙම අවධිවලදී ඒවායෙහි අධි - පීඩන ස්වභාවය, බාහිර බල ඉවත් කළ පසුව ද අඛණ්ඩ කාලයක් එම තත්වයේම පැවතීමට සමත්ය. එය හරියටම ගැඹුරු පොළොව තුළ අධික උෂ්ණත්වයට සහ පීඩනය යටතේ තැනෙන දියමන්ති, පොළව මතුපිටට පැමිණි පසුවද, වහාම කාබන් හි වඩා ස්ථායි ස්වරූපය වන මිනිරන් ලෙසට යළි පරිවර්තනය නොවී දිගින් දිගටම දියමන්ති ලෙස පැවතීම බඳු තත්වයකි. එය සාමාන්‍ය උෂ්ණත්වයේදී අධි සන්නායකයන් ලෙස භාවිත කළ හැකි වීමට පුළුවන. එය භෞතික විද්‍යාඥයන් විසින් දශක ගණනාවක් මුළුල්ලේ සොයමින් සිටි ආකාරයේ ද්‍රව්‍යයකි. එසේම එය සංයුක්ත ශක්ති මූලාශ්‍රයක් ලෙස මෙන්ම සැහැල්ලු ගොඩනැගිලි ද්‍රව්‍යයක් ලෙස භාවිත කළ හැකි වූවකි. මෙම සැහැල්ලු අධි ශක්ති ඝන ද්‍රව්‍යය රොකට් ඉන්ධනයක් ලෙස භාවිත කළ හැකිය. ඉතා බලසම්පන්න රොකට් යානා ඉහළ යැවීම සඳහා අද භාවිත කරන ද්‍රව හයිඩ්‍රජන් කිලෝග්‍රෑමයකින් උපදවන ප්‍රචාලක බලය මෙන් සිවු ගුණයක බලයක් මෙය තුළ කදිමට

ඇසිරි තිබේ. මෙය රොකට් විද්‍යාවේ විප්ලවයක් ඇති කිරීමට සමත් වනු නිසැකය. එමගින් තනි අදියරේ රොකට්වලට කක්ෂයට ඇතුළු වීමට ඉඩ සලසන අතරම රසායන ඉන්ධන යෙදු රොකට්වලට සෞරග්‍රහ මණ්ඩලය ගවේෂණය කිරීමට අවස්ථාවද උදාකරයි. අධි - පීඩන භෞතික විද්‍යාව මුහුණ දෙන ප්‍රබලම අභියෝග අතරින් එකක් වනුයේ රසායනාගාරයක් තුළ ලෝහමය හයිඩ්‍රජන් නිපදවීමය. පසුගිය දශක කිහිපය තුළ දී ලෝහමය හයිඩ්‍රජන් තැනීම සඳහා වන පර්යේෂණ ඉතා පුළුල් ලෙස ව්‍යාප්ත වූ අතර එමගින් බොහෝ සංකීර්ණ විවිධ අධි පීඩන පරීක්ෂණ සිදුකිරීමට පොළඹවා ඇති අතර, හයිඩ්‍රජන් මූලද්‍රව්‍යයේ මෙම සැඟවුන ස්වරූපය සොයා ගැනීමේ කුතුහලය මේ ක්ෂේත්‍රය හා සම්බන්ධ පර්යේෂකයන් තුළ තව තවත් උනන්දුවීම් කුළු ගන්නා ඇත.

විග්නර් සහ හටින්ග්ටන් දෙදෙනා සිදු කළ පර්යේෂණ කටයුතුවලින් පසුව, අණුක තත්වයේ සිට ඝන පරමාණුක ලෝහමය හයිඩ්‍රජන් කරා සංක්‍රාන්තිය සිදු වීමට විඝටනය කිරීම සඳහා වන අවධි පීඩනය සොයා බොහෝ ගණනයන් සිදු කර ඇත.



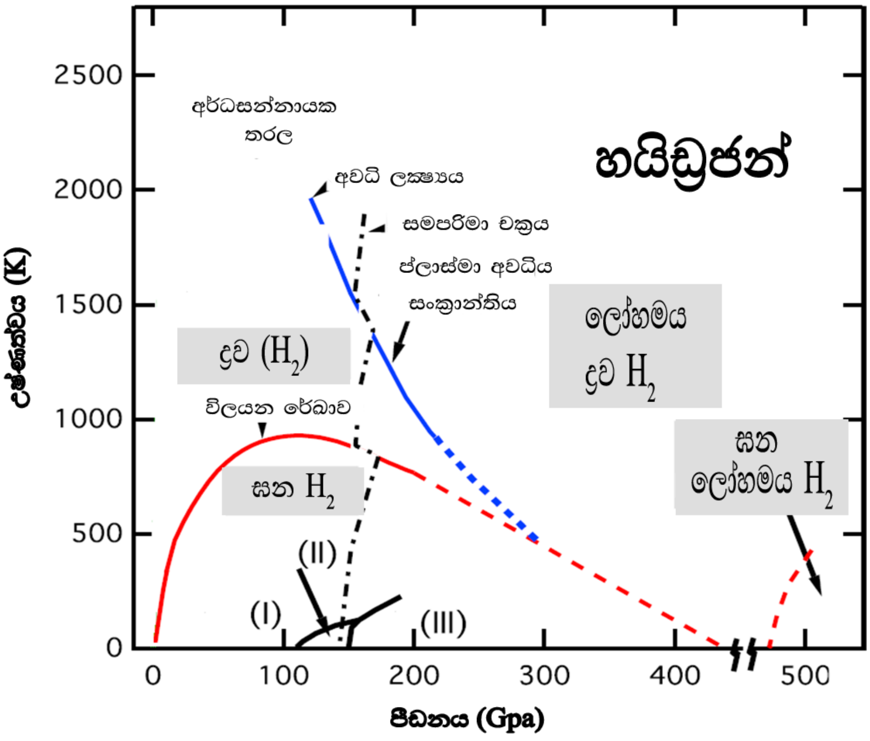
1වන රූප සටහන - අඩු පීඩන තත්වයකදී (වම්) සහ අධි පීඩන තත්වයකදී (දකුණු) සහ හයිඩ්‍රජන් හී ක්‍රමානුරූප. සාමාන්‍ය හයිඩ්‍රජන් හී අණු (වම්) හොඳින් වෙන්ව පවතින අතර ඉලෙක්ට්‍රෝන - ඍණ ආරෝපිත වලාකුළු ලෙස දැක්වෙන - ප්‍රෝටෝන යුගලවලට සමීපව පවතියි. අධි - පීඩනය අණු එකිනෙකට සමීප වන සේ තල්ලු කරන අතර ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට එක් අණුවක සිට ඊළග අණුවට ලෙහෙසියෙන් පැන යා හැකිවෙයි. එවිට ද්‍රව්‍යයට (දකුණ) වොල්ටීයතාවයක් යෙදූ විට විදුලිය ධාරාවක් බිහිවීම සිදුවෙයි.

පරමාණුක මිනුමෙන්, ලෝහකරණයේදී සිදුවන්නේ හයිඩ්‍රජන් හී සමහර ඉලෙක්ට්‍රෝන ඒවායේ අණුවලින් නිදහස්ව යාමය. අඩු පීඩන තත්වයක් යටතේ හයිඩ්‍රජන් හි පරමාණු දෙකක් එකතු වී අණුවක් තැනීමේ ප්‍රවනතාවය ඉතා ඉහළ මට්ටමක පවතින බැවින් ද්‍රව හයිඩ්‍රජන් සමන්විත වන්නේ අණුවලින් පමණය. මේ එක් එක් අණුව ඒ වටා පවතින ඍණ ආරෝපිත වලාවන් සමග පවතින ප්‍රෝටෝන යුගලකින් යුක්තය. හයිඩ්‍රජන් අණුවකින් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් ඉවත් කිරීමට ඉතා විශාල ශක්ති ප්‍රමාණයක් (15 eV) අවශ්‍ය වන බැවින් අණුක හයිඩ්‍රජන් දියරයට විදුලි ධාරාවක් ගෙන යා නොහැකිය. එනම් එය විදුලිමය වශයෙන් පරිවාරකය. එහෙත් හයිඩ්‍රජන් අණු එකට තෙරපු විට මෙම තත්වය වෙනස් වෙයි. විද්‍යුත් සචලතා පරතරය - එනම් විදුලිය ධාරාවක් සංවහනය කළ හැකි වනසේ ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් ඉවත් කිරීම සඳහා අවශ්‍ය වන ශක්තිය - අණු එකිනෙකට සමීප වනවිට පහළ වැටෙයි (1වන රූප සටහන බලන්න). එසේ වුවත්, අවම දැලිස ශක්තිය සමග ව්‍යුහය විමසන කලා සංක්‍රමණ ගණනයන් හට සමස්ත ශක්තියට ලැබෙන ශුන්‍ය ලැබූ ශක්ති දායකත්වය ලබා ගැනීමට අසීරු වෙයි. එහි ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් පෙරයිම් කළ පීඩනයෙහි විශාල පීඩනයක් පවතියි. එය 0.25 Mbar තරම් අඩු මට්ටමක සිට 20 Mbar ඉක්මවා යන තරම් වෙයි. එහිදී කළ පෙරයිම්වලට අනුව එය 400 සිට 600 GPa පරාසයකි (2 වන රූප සටහන බලන්න).

ලෝහමය හයිඩ්‍රජන් හී මිතාස්ථායී බව රුඳෙනුයේ උෂ්ණත්වය සහ පීඩනය මතය. යම් උෂ්ණත්වයක් ඉක්මවා ගිය විට පරමාණුක දැලිස තුළ පරමාණුවට විභවමය බාධක ඉක්මවා යාමට සහ හයිඩ්‍රජන් අණු බවට ප්‍රතිසංයෝජනය වෙමින් 216 MJ/kg (සටහන: හයිඩ්‍රජන් අණුවක විඝටන ශක්තිය 4.6 eV වෙයි) ක ප්‍රතිසංයෝජන ශක්තියක් මුදාහැරීමට ප්‍රමාණවත් තාප ශක්තියක් පවතියි. මෙය ස්පේස් ෂටල් යානයේ ප්‍රධාන එංජිමෙහි හයිඩ්‍රජන් සහ ඔක්සිජන් දහනය මගින් ඇති වූ විශිෂ්ට ශක්තිය 10 MJ/kg යට වඩා දසගුණයකින් ඉහළය. මෙම අතිවිශාල විභවමය විශිෂ්ට ශක්තිය හේතු කොට, රොකට්වලින් බල ගැන්වෙන යානා අභ්‍යවකාශ ගත කිරීම සඳහා බලශක්ති ප්‍රභවය ලෙස ලෝහමය හයිඩ්‍රජන්

භාවිත කළ හැකි අවස්ථා ගැන විමසා බැලීමට උනන්දුවක් ඇතිකරයි. රොකටයක එංජිමක් මූලික වශයෙන් ඉතා සරල වූ උපක්‍රමයකි. ද්‍රව ඉන්ධන සහ ඔක්සිකාරකයන් ප්‍රතික්‍රියා කුටීරය තුළට විදීමෙන් පසු එහි ඇතිවන

දහනය මගින් නිකුත් කරන රසායනික ශක්තිය උණුසුම් වායුවක් නිපදවයි.



2වන රූප සටහන - හයිඩ්‍රජන් හී අවධි චිත්‍රය. නිල් රේඛාව මගින් අණුවේ සිට ඒක පරමාණු ද්‍රව සංක්‍රාන්තිය නියෝජනය කරයි. (ප්ලාස්මය අවධි සංක්‍රාන්තිය) සහ රතු රේඛාව මගින් ද්‍රවාංක රේඛාව පෙන්වයි. කළු රේඛාව ඝන අවධියේ I, II සහ III සීමාවන් පෙන්වයි.

උණුසුම් දහන නිෂ්පාදන සැලකිය යුතු ඉහළ පීඩනයකින් ගිරිය හරහා කුටීරයෙන් නික්ම නැඟින්න වෙතින් ප්‍රසාරණය වෙයි. රොකට් විද්‍යාවේදී ප්‍රචාලකයේ එක් ගතිලක්ෂණයක් වනුයේ තෙරපුමට අදාළව එහි පවතින විශිෂ්ට ආවේගයය. විශිෂ්ට ආවේගය නියෝජනය කරනුයේ, ප්‍රචාලක කිලෝග්‍රෑමයක ස්කන්ධයක් මගින් පවත්වා ගෙන යා හැකි බලයෙහි (නිව්ටන) කිලෝග්‍රෑම් එකක තෙරපුම පවත්නා තත්පර සංඛ්‍යාවය ද්‍රව (අණුක) හයිඩ්‍රජන් - ඔක්සිජන් යන දැනට වර්තමාන රොකට් සඳහා භාවිත කරන ඉන්ධනවල පවත්නා විශිෂ්ට ආවේගය - ~460s ය. ලෝහමය හයිඩ්‍රජන් තුළ පවත්නා න්‍යායාත්මක විශිෂ්ට ආවේගය 1700s ය. එවැනි ඉන්ධනයක් තනි අදියරේ රොකට්ටුවකට කක්ෂයට ඇතුළුවීමට හෝ ආර්ථිකමය භාණ්ඩ සඳමතට ගෙනයාමට හෝ යොදාගත හැකිය. ලෝහමය හයිඩ්‍රජන් ද්‍රව හයිඩ්‍රජන් තනුකකරවා ටැංකියක් තුළ බහාලු කුඩා ගෝලාකාර ටැංකියක් තුළ ගෙන යා හැකිය. එහෙයින් ලෝහමය හයිඩ්‍රජන් ප්‍රචාලක යානා, පැහැදිලි ලෙසම රොකට් විද්‍යාව විප්ලවීය වෙනසකට ලක් කළ හැකිය. පිරිසිදු ලෝහමය හයිඩ්‍රජන් ප්‍රචාලක ලෙස භාවිත කළහොත් ප්‍රතික්‍රියා කුටීරය තුළ උෂ්ණත්වය 6000k ඉක්මවා යනු ඇතැයි ගණනය කර ඇත. එය දැනට අප දන්නා රොකට් එංජිමේ ද්‍රව්‍යවලට ඉසිලිය නොහැකි තරම් වූවකි. ලෝහමය හයිඩ්‍රජන්, ද්‍රවමය හයිඩ්‍රජන් හෝ ජලය සමග හෝ තනුක කිරීමෙන් ප්‍රතික්‍රියා උෂ්ණත්වය අඩු කළ හැකිය. එවැනි තත්වයකදී වුවත් තනුක මිශ්‍රණය තුළින් සැලකිය යුතු ඉහළ කාර්යසාධන දියුණුවක් ලබා ගත හැකිය.

මෙම ද්‍රව්‍යය මහත් බලාපොරොත්තු තැබිය හැකි පසුබිමක් ඉදිරිපත් කර තිබුණද එය යෙදවීමට පෙර ජයගත යුතු තවත් අභියෝග ගණනාවක්ම පවතියි. අතිශයින් ඉහළ පීඩනයකින් සහ උෂ්ණත්වයක් යටතේ තැනෙන ලෝහමය හයිඩ්‍රජන්, සැකසීම මහා පරිණාම සංශ්ලේෂණය සඳහා වන වර්තමාන තාක්ෂණයන් ඉක්මවායයි. එයට අමතරව විශාල පීඩන සහ උෂ්ණත්ව පරාසයක් තුළ මිතාස්ථායි වුවද, පරිමණ්ඩිත තත්ව තුළදී බොහෝවිට ස්ථායී නොවේ. එසේ වුවද මෙසේ හඹායන්නේ දැනට පවතින ද්‍රව්‍ය අබිබවා යන ගුණ සහිත ද්‍රව්‍ය උත්පාදනය සඳහාය. අණු මිශ්‍ර කිරීම තුළින් පවත්නා ගුණ සුසර කිරීමට හැකියාව ඇති අතර සමහරවිට නව ගුණ උත්පාදනය කිරීමටද පුළුවන. මෙය දැලිස තුළට කුඩා පරමාණු හෝ සමහර විට අමතර ඉලෙක්ට්‍රෝන හෝ ඒකාබද්ධ වීම නිසා සිදුවිය හැකිය. එය බොහෝ විට අභ්‍යන්තර හෝ රසායනික පීඩනය උත්පාදනය කිරීම තුළින් ද්‍රව්‍යය පූර්ව - සම්පීඩිතාවට ලක් කිරීමය. මේ වනතුරු ලෝහමය හයිඩ්‍රජන් නිෂ්පාදනය කර නොමැත. එහෙත් එයට රොකට් විද්‍යාව විප්ලවීය වෙනසකට ලක් කිරීමට හැකිවනු ඇත. ඒ හේතුකොට අප දන්නා ලෝකය විශාල වශයෙන් වෙනස්වනු ඇත. එමගින් විශ්වය පිළිබඳ දැනුම අප නොදන්නා රහස් අනාවරණය කර අපට දැනගැනීමට සලස්වනු ඇත.

ආචාර්ය රංග ඩයස්
ලයිමන් භෞතික විද්‍යා රසායනාගාරය
හාර්වර්ඩ් විශ්වවිද්‍යාලය
කේම්බ්‍රිජ් ඒ 02138