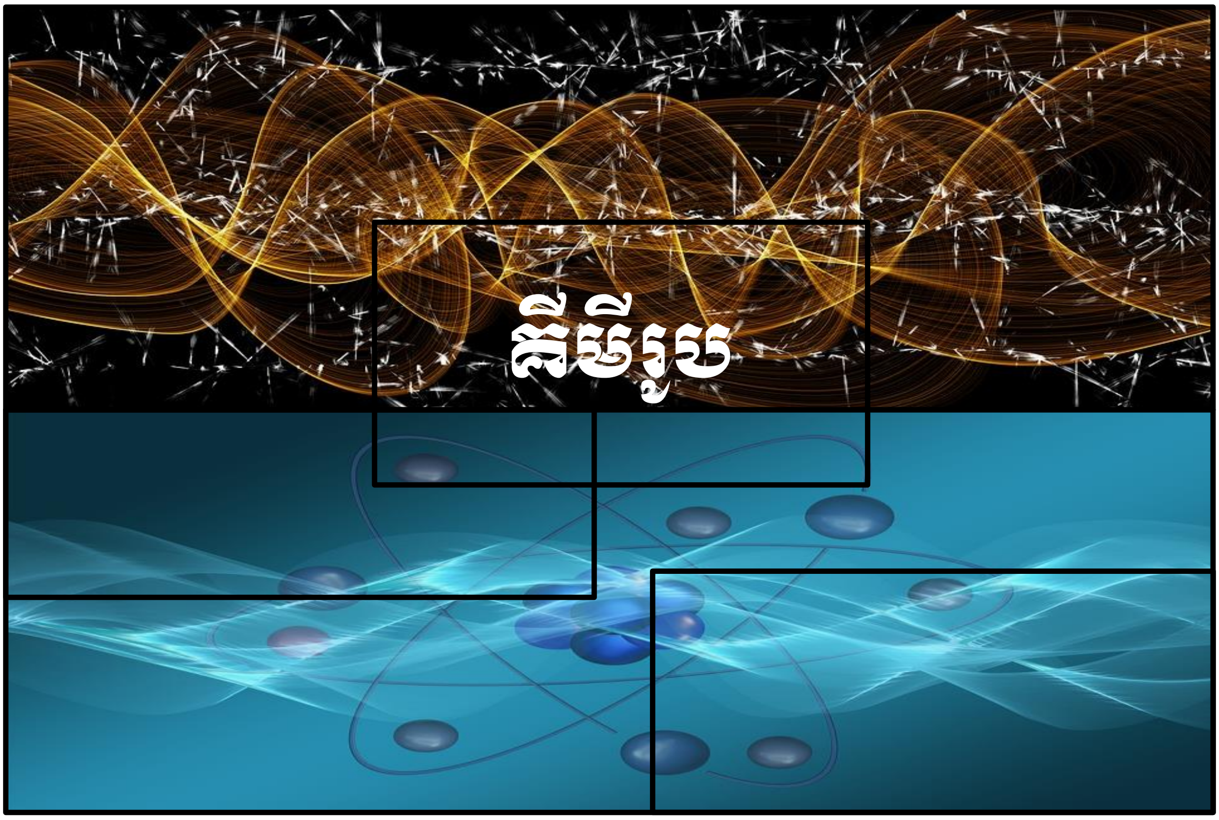
CAMBODIA
RESEARCH CREATIVITY INNOVATION



គីមីរូប

គាំទ្រថវិកាលើការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អដោយៈ

“មូលនិធិការស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍”

២០២២

គណៈកម្មការនិពន្ធ៖ លោក ជិន ស្មើ

គណៈកម្មការរចនាទំព័រ៖ លោកស្រី សំបាត់ អ៊ាត លោកស្រី ឈុំ ពៅ

គណៈកម្មការត្រួតពិនិត្យ៖

១. ឯកឧត្តមបណ្ឌិត សិត សេង

២. លោក ដោក ដា

បុព្វកថា

ដំណើរអភិវឌ្ឍនៃព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជានៅក្នុងយុគសម័យទំនើបនេះ ជាមេរៀនដ៏ជោគជ័យបំផុតមួយដែលចាប់ឫសគល់ចេញពីការបញ្ចប់របបប្រល័យពូជសាសន៍ ការបញ្ចប់សង្គ្រាម ការផ្សះផ្សារជាតិ ការកសាងមូលដ្ឋានរឹងមាំនៃសន្តិភាពនិងស្ថេរភាព និងការអភិវឌ្ឍសេដ្ឋកិច្ច។ នៅក្រោយពេលដែលសន្តិភាពត្រូវបានកើតឡើងដោយបរិបូរណ៌នៅឆ្នាំ១៩៩៨ កម្ពុជាទទួលកំណើនសេដ្ឋកិច្ចខ្ពស់ គឺប្រមាណ៨%ក្នុងមួយឆ្នាំ។ លើសពីនេះទៀតអត្រានៃភាពក្រីក្រត្រូវបានកាត់បន្ថយពីប្រមាណ៥៣% នៅឆ្នាំ២០០៤មកនៅទាបជាង១០% នៅឆ្នាំ២០១៩។ ដំណើរនៃការអភិវឌ្ឍជាតិជាសកម្មភាពដែលបន្តទៅមុខជាប់ជានិច្ច ហើយគោលនយោបាយថ្មីៗដែលមានលក្ខណៈអន្តរវិស័យគ្រប់ដណ្តប់ ក៏កំពុងលេចរូបរាងឡើងដើម្បីតម្រង់ទិសកម្ពុជាឆ្ពោះទៅកាន់ប្រទេសមានប្រាក់ចំណូលមធ្យមកម្រិតខ្ពស់នៅឆ្នាំ ២០៣០ និងឈានឡើងជាប្រទេសមានប្រាក់ចំណូលខ្ពស់ នៅឆ្នាំ២០៥០។ ការប្រែប្រួលឆាប់រហ័សនៃនិម្មាបនកម្មពិភពលោក និងតំបន់រួមទាំងទំនាក់ទំនងភូមិសាស្ត្រនយោបាយ បានផ្តល់កាលានុវត្តភាពសម្រាប់ការអភិវឌ្ឍឧស្សាហកម្មនៅកម្ពុជា ដែលត្រូវបានរាជរដ្ឋាភិបាលចាត់ទុកជាមូលដ្ឋានគ្រឹះនៃកំណើនសេដ្ឋកិច្ចកម្ពុជា។ រាជរដ្ឋាភិបាលកម្ពុជាបានកំពុងបន្តពង្រឹង និងអភិវឌ្ឍវិស័យអប់រំឆ្ពោះទៅរកការស្រាវជ្រាវ និងនវានុវត្តន៍ដើម្បីពង្រឹងសមត្ថភាពនិងជំនាញរបស់ធនធានមនុស្សនៅកម្ពុជាឱ្យស្របទៅនឹងបរិបទថ្មីនៃការអភិវឌ្ឍ ជាពិសេសការពង្រឹងសហគ្រិនភាពក្នុងការរៀបចំម៉ូដែលធុរកិច្ចថ្មីៗ។ ដើម្បីចាប់យកកាលានុវត្តភាពពីបដិវត្តន៍ឧស្សាហកម្មទី៤ និងសេដ្ឋកិច្ចឌីជីថលដែលកំពុងផុសផុលឡើង ប្រព័ន្ធអេកូឡូស៊ីដែលបង្កលក្ខណៈអំណោយផលដល់ការបង្កើតថ្មី នវានុវត្តន៍ ការស្រាវជ្រាវ និងអភិវឌ្ឍន៍ ត្រូវតែមានការកែលម្អ។

បណ្តាប្រទេសនៅទ្វីបអាស៊ីកំពុងនាំមុខក្នុងការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ ដោយមានភាគហ៊ុនប្រមាណ៤៤% នៃការវិនិយោគទាំងមូលរបស់ពិភពលោក។ ប្រទេសចិនកំពុងបន្តកសាងហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធនៃការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ ក៏ដូចជាសមត្ថភាពមនុស្ស។ ផ្ទុយទៅវិញ ប្រទេសនៅទ្វីបអាមេរិកខាងត្បូង និងអាហ្វ្រិក កំពុងស្ថិតនៅឆ្ងាយពីការវិនិយោគនេះ ហើយជាលទ្ធផល ប្រទេសទាំងនោះក៏ពុំមានកំណើនសេដ្ឋកិច្ចគួរឱ្យកត់សម្គាល់ដែរ។ ទុនវិនិយោគសរុបលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍរបស់ប្រទេសនៅទ្វីបអាមេរិកខាងត្បូវនិងអាហ្វ្រិក មានប្រមាណ៥%នៃការវិនិយោគទាំងមូលរបស់ពិភពលោក ក្នុងពេលដែលតំបន់ទាំង២នេះមានប្រជាជនប្រមាណ២០%នៃប្រជាជនពិភពលោក។ ប្រទេសចំនួន៦ដែលមានលំដាប់ខ្ពស់ជាងគេនៅក្នុងការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ រួមមានសហរដ្ឋអាមេរិក ចិន ជប៉ុន អាល្លឺម៉ង់ ឥណ្ឌា និងកូរ៉េខាងត្បូង ដែលស្មើនឹងប្រមាណ ៧០%នៃទុនវិនិយោគសរុបរបស់ពិភពលោក។

តើចំណេះដឹង ផលិតផល និងសេវាកម្មថ្មីទាំងនេះកើតឡើងពីអ្វី? ហើយកើតឡើងដោយរបៀបណា? ព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជាកំពុងតែកសាងមូលដ្ឋានសម្រាប់ការត្រៀមខ្លួនទទួល និងប្រកួតប្រជែងក្នុងយុគសម័យបដិវត្តឧស្សាហកម្មទី៤ នៅក្នុងសេដ្ឋកិច្ចដែលផ្អែកលើពុទ្ធិ ហើយដែលប្រការនេះ

ចាំបាច់តម្រូវឱ្យពលរដ្ឋកម្ពុជា ត្រូវក្លាយខ្លួនជាពលរដ្ឋឌីជីថល ពលរដ្ឋសកល និងពលរដ្ឋដែលប្រកបដោយការទទួលខុសត្រូវ ដែលមានសមត្ថភាពក្នុងការផលិត ចែកចាយ និងប្រើប្រាស់ពុទ្ធិដើម្បីទទួលមនុញ្ញផល និងរួមចំណែកក្នុងកំណើន។ ធនាគារពិភពលោកបានធ្វើការកត់សម្គាល់តាំងពីឆ្នាំ២០០២នូវបម្លាស់ប្តូរនៃមូលដ្ឋានសេដ្ឋកិច្ច ពីសេដ្ឋកិច្ចដែលពឹងផ្អែកលើកម្លាំងពលកម្ម និងធនធានអតិកម្ម (Labour and Resource Based Economy) ទៅកាន់សេដ្ឋកិច្ចដែលពឹងផ្អែកលើពុទ្ធិ (Knowledge Based-Economy) ដែលក្នុងន័យនេះ ពុទ្ធិគឺជាគន្លឹះនៃការអភិវឌ្ឍ។ អាស្រ័យហេតុនេះ នៅលើគន្លងដែលកម្ពុជាកំពុងធ្វើដំណើរឆ្ពោះទៅកាន់សេដ្ឋកិច្ចឌីជីថល សង្គមកម្ពុជាត្រូវតែមានសមត្ថភាពក្នុងការផលិត ជ្រើសរើស បន្សុំ បង្កើតមុខរបរ និងប្រើប្រាស់ពុទ្ធិ ដើម្បីរក្សានិរន្តរភាពនៃកំណើន និងកែលម្អជីវភាពរស់នៅ។ សមត្ថភាពទាំងនេះ អាចកើតឡើងនៅពេលពលរដ្ឋកម្ពុជាមានឱកាសក្នុងការទទួលបានបទពិសោធន៍ពីការស្រាវជ្រាវ ការបណ្តុះគំនិតច្នៃប្រឌិត និងការស្វែងរកនវានុវត្តន៍។

កំណែទម្រង់វិស័យអប់រំ គឺជាការត្រួសត្រាយមាគ៌ាសម្រាប់ដំណើរឆ្ពោះទៅកាន់សង្គមប្រកបដោយពុទ្ធិ និងប្រជាពលរដ្ឋប្រកបដោយភាពរស់រវើក។ តាមរយៈមូលដ្ឋានអប់រំ សង្គមប្រកបដោយពុទ្ធិនឹងប្រមូលផ្តុំ បង្កើត និងចែករំលែក ទៅកាន់សមាជិកក្នុងសង្គមនូវសម្បទាអប់រំ ពិសេសគឺពុទ្ធិសម្បទាក្នុងបុព្វហេតុនៃមនុស្សជាតិនិងឧត្តមប្រយោជន៍នៃប្រទេស។ សង្គមប្រកបដោយពុទ្ធិ គឺពុំគ្រាន់តែជាសង្គមដែលសម្បូរព័ត៌មានប៉ុណ្ណោះទេ តែជាសង្គមដែលប្រជាពលរដ្ឋអាចធ្វើបរិវត្តកម្មពីព័ត៌មានទៅជាមូលធនប្រកបដោយប្រសិទ្ធភាព។ ការរីកចម្រើនទៅមុខជាលំដាប់នៃបច្ចេកវិទ្យានិងតំណភ្ជាប់ បានពង្រីកព្រំដែននៃការចូលទៅកាន់ និងការទទួលបានព័ត៌មានជាសកល ហើយដែលក្នុងន័យនេះ ការអប់រំនឹងបន្តវិវត្តទៅមុខនិងមានការផ្លាស់ប្តូរ។ សង្គមមួយដែលមានអំណាន និងរបាប់ជាបុរេលក្ខខណ្ឌនៃជីវភាពប្រចាំថ្ងៃនៃប្រជាពលរដ្ឋ ពេលនោះបំណិននៃអំណាន និពន្ធ និងការគណនាលេខនព្វន្ត គឺជាចលករនៃការរៀនរបស់សិស្ស។ ធាតុដ៏ចម្បងមួយដែលស្ថិតនៅក្នុងការកសាងសង្គមដែលប្រកបដោយពុទ្ធិគឺសៀវភៅសិក្សា ហើយការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សាជាប្រចាំ គឺជានវានុវត្តន៍នៃវិស័យអប់រំដែលនាំទៅរកការសិក្សាពេញមួយជីវិត ការអភិវឌ្ឍសម្បទាអប់រំ និងការចែករំលែកចំណេះដឹង។ មូលដ្ឋានអប់រំ ជាពិសេសគឺគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សាត្រូវមានតួនាទីដែលប្រកបដោយការឆ្លើយតបចំពោះតម្រូវការខាងលើនេះ។ សាស្ត្រាចារ្យ អ្នកស្រាវជ្រាវ និងបុគ្គលិកអប់រំត្រូវបន្តសិក្សាជាប់ជានិច្ចតាមរយៈការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សា ហើយដែលសៀវភៅសិក្សាទាំងនេះនឹងក្លាយជាស្ពាននៃទំនាក់ទំនងរវាងនវានុវត្តន៍នៃបច្ចេកវិទ្យា និងការរៀននិងបង្រៀននៅក្នុងថ្នាក់រៀន។

សង្គមដែលប្រកបពុទ្ធិ ក៏ជាសង្គមដែលបណ្តុះឱ្យមានរចនាសម្ព័ន្ធទន់នៃសេដ្ឋកិច្ចដែលពឹងផ្អែកលើពុទ្ធិដែរ។ ឧទាហរណ៍ជាក់ស្តែងនៃបែបផែននេះរួមមាន Silicon Valley នៃសហរដ្ឋអាមេរិក សួនឧស្សាហកម្មវិស្វកម្មអាកាសយានយន្តនិងយានយន្តនៅទីក្រុង Munich ប្រទេសអាល្លឺម៉ង់ តំបន់ជីវបច្ចេកវិទ្យានៅក្រុង Hyderabad ប្រទេសឥណ្ឌា តំបន់ផលិតគ្រឿងអេឡិចត្រូនិក និងសារ-គមនាគមន៍ ឌីជីថលនៅទីក្រុង Seoul ប្រទេសកូរេខាងត្បូង ក៏ដូចជាសួនឧស្សាហកម្មថាមពល និងឥន្ធនគីមីសាស្ត្រនៃប្រទេសប្រេស៊ីល ហើយក៏នៅមានទីក្រុងនៃប្រទេសជាច្រើនទៀតនៅលើពិភពលោក

លក្ខណៈសម្បត្តិនៃទីក្រុងទាំងនេះគឺការប្រើប្រាស់និន្នាការនៃការអភិវឌ្ឍដែលជំរុញ និងតម្រង់ទិសដោយចំណេះដឹង ហើយដែលចំណេះដឹងទាំងនោះកើតចេញជាដំបូងពីការវិនិយោគទៅលើគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា ស្ថាប័នស្រាវជ្រាវ មជ្ឈមណ្ឌលឧត្តមភាពនៃជំនាញជាន់ខ្ពស់ ការប្រកួតប្រជែងដោយគុណាធិបតេយ្យ និង ជាពិសេសគឺការបណ្ដុះវប្បធម៌អំណាននិងនិពន្ធសៀវភៅ។ ល្បឿននៃការរីកចម្រើនផ្នែកពុទ្ធិ និងបច្ចេកវិទ្យាកំពុងមានសន្ទុះលឿនជាងអ្វីដែលសិស្ស និងនិស្សិតអាចទទួលបានពីគ្រូនៅគ្រឹះស្ថានសិក្សា ដែលធ្វើឱ្យគោលដៅនៃការអប់រំនៅពេលបច្ចុប្បន្ននេះ មានការប្រឈមខ្លាំងជាងពេលណាទាំងអស់។ ឧទាហរណ៍ ក្នុងមួយឆ្នាំ មានសៀវភៅជាង២,២លានចំណងជើង ត្រូវបានសរសេរ និងបោះពុម្ព ដែលក្នុងនោះប្រទេសចិនមាន៤៤០ពាន់ ចំណែកឯសហរដ្ឋអាមេរិកមាន ៣០៥ពាន់ និងប្រទេសរុស្ស៊ីមាន ១២០ពាន់ចំណងជើង។

ខណៈពេលដែលបច្ចេកវិទ្យាកំពុងរីកចម្រើនជារៀងរាល់ថ្ងៃ មធ្យោបាយសម្រាប់អំណានក៏មានច្រើនជម្រើសសម្រាប់សិស្ស និស្សិត និងសាធារណៈជនរួមមានការអានសៀវភៅ ការអានលើឧបករណ៍អេឡិចត្រូនិក ការអានដោយប្រើទូរសព្ទវៃឆ្លាត និងការអានលើកុំព្យូទ័រ ដែលសុទ្ធសឹងជាមធ្យោបាយសំខាន់ៗដែលនាំអ្នកអានទាំងឡាយឱ្យសម្រេចគោលបំណងអានរបស់ខ្លួន។ ម្យ៉ាងវិញទៀត អំណានដោយប្រើមធ្យោបាយបច្ចេកវិទ្យាទំនើប ចំណាយពេលតិច ងាយស្រួលអាន និងជួយដល់បរិស្ថានមួយកម្រិតទៀត។ នាពេលបច្ចុប្បន្ន សិស្ស និស្សិត និងសាធារណៈជនកម្ពុជាដែលស្រឡាញ់អំណានកំពុងតែប្រើប្រាស់មធ្យោបាយអំណានទាំងនេះ។ បើយើងក្រឡេកមើលទៅប្រទេសជឿនលឿន ទោះបីជាបច្ចេកវិទ្យារីកចម្រើនខ្លាំងយ៉ាងណា អំណានតាមរយៈសៀវភៅនៅតែមានសន្ទុះដដែល។ ម្យ៉ាងវិញទៀត បច្ចេកវិទ្យាអានបែបទំនើបតាមរយៈឧបករណ៍ទំនើប អាស្រ័យលើលទ្ធភាពនៃធនធានអប់រំឌីជីថល និងមាតិកាឌីជីថលគ្រប់គ្រាន់ដែលបានផលិត និងបង្ហោះចែកចាយសម្រាប់អំណាន។

ក្នុងបរិបទកម្ពុជា ជាពិសេសក្នុងបរិការណ៍នៃការផ្ទុះរីករាលដាលនៃជំងឺកូវីដ-១៩ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានជំរុញឱ្យមានបរិវត្តកម្មឌីជីថលនៅក្នុងអេកូស៊ីស្ដែមនៃការអប់រំ ជាពិសេសការអប់រំតាមប្រព័ន្ធអេឡិចត្រូនិកនិងការអប់រំពីចម្ងាយដើម្បីលើកកម្ពស់អំណានតាមរយៈការផលិតមាតិកាឌីជីថលដែលមានភាពចំរុះ ការកសាងសមត្ថភាពផ្នែកតំណភ្ជាប់និងវេទិកាឌីជីថល ការពង្រីកវិសាលភាពនៃមជ្ឈមណ្ឌលទិន្នន័យ និងការលើកកម្ពស់គុណភាពនៃការផលិតធនធានអប់រំឌីជីថល គួបផ្សំជាមួយការចែកសន្លឹកកិច្ចការឱ្យសិស្សយកទៅរៀននៅផ្ទះ និងការចុះទៅជួបជាមួយសិស្សជាបណ្ដុំនៅតាមសហគមន៍។ ក្នុងន័យលើកកម្ពស់អំណាន និងភាពសម្បូរបែបនៃធនធានសៀវភៅសិក្សាឱ្យកាន់តែមានប្រសិទ្ធភាពនិងភាពសក្ដិសិទ្ធិ និងផ្ដល់ឱកាសអំណានកាន់តែច្រើនថែមទៀតដល់សិស្សានុសិស្ស និស្សិត និងសាធារណៈជន ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡាលើកទឹកចិត្តនូវចំណុចមួយចំនួនដូចខាងក្រោម៖

1. សាស្ត្រាចារ្យ អ្នកស្រាវជ្រាវ និងបុគ្គលិកអប់រំ សូមបន្តនិងបង្កើនការបោះពុម្ពស្នាដៃបន្ថែមទៀត ដើម្បីធ្វើឱ្យធនធានសម្រាប់អំណានកាន់តែសម្បូរបែប ជាពិសេសធនធានអំណានជាខេមរភាសា

2. គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា សូមផ្តល់លទ្ធភាពគ្រប់បែបយ៉ាង ដើម្បីឱ្យបុគ្គលិកអប់រំគ្រប់លំដាប់ថ្នាក់ និង និស្សិតគ្រប់កម្រិតសិក្សាអាចចូលរួមអាន និងសិក្សាស្រាវជ្រាវតាមគ្រប់លទ្ធភាពជាមួយធនធានអំណាន ជាពិសេសការរៀបចំឱ្យមានពេលវេលាសម្រាប់សហសិក្សា និងអំណានក្នុងបណ្ណាល័យ
3. សាស្ត្រាចារ្យតាមមុខវិជ្ជា និងអ្នកស្រាវជ្រាវតាមជំនាញឬវិស័យ ត្រូវរៀបចំដំណើរការរៀនបង្រៀន និងស្រាវជ្រាវដែលមានដាក់បញ្ចូលកិច្ចការស្វ័យសិក្សា សហសិក្សា ឬការស្រាវជ្រាវបណ្ណាល័យដែលតម្រូវឱ្យនិស្សិត ត្រូវអាននិងស្រាវជ្រាវជាមួយធនធានអំណាន
4. គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងមជ្ឈមណ្ឌលស្រាវជ្រាវ ត្រូវខិតខំឱ្យអស់លទ្ធភាពក្នុងការបង្កើតបណ្ណាល័យ មជ្ឈមណ្ឌលរក្សាឯកសារ ឬមជ្ឈមណ្ឌលអប់រំឌីជីថល ជាដើម ដើម្បីឱ្យបុគ្គលិកអប់រំគ្រប់លំដាប់ថ្នាក់និងនិស្សិតគ្រប់កម្រិតសិក្សា អាចទទួលបាន និងស្វែងរកប្រភពសម្រាប់អំណាន កាន់តែសម្បូរបែប និងមានភាពបត់បែន ឆ្លើយតបតាមតម្រូវការអ្នកអាន
5. និស្សិតគ្រប់កម្រិតសិក្សា ត្រូវខិតខំនិងចំណាយពេលអាន និងចាត់ទុកវប្បធម៌ និងអកប្បកិរិយាអំណានជាផ្នែកមួយ នៃពេលវេលានិងភាពស៊ីវិល័យនៃជីវិតប្រចាំថ្ងៃ
6. បងប្អូនជនរួមជាតិ ដែលជាមាតាបិតា ឬអ្នកអាណាព្យាបាល សូមជួយជំរុញនិងបង្កលក្ខណៈកាន់តែ ច្រើនថែមទៀត ជាពិសេសការលៃលកចំណាយនៅក្នុងគ្រួសារសម្រាប់ការទិញសម្ភារៈសិក្សា សៀវភៅអាន និងឧបករណ៍សម្រាប់អំណានដល់កូនៗ ដែលចាត់ទុកជាការវិនិយោគមួយដ៏សំខាន់ សម្រាប់ បង្កើនចំណេះដឹង និងអនាគតរបស់ពួកគេ។

ដោយមានការគាំទ្រពីក្រសួងសេដ្ឋកិច្ច និងហិរញ្ញវត្ថុ នៅឆ្នាំ២០២០ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានបង្កើតមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ ដែលហៅកាត់ថា“មូលនិធិ ស.គ.ន” និងហៅជាភាសាអង់គ្លេសថា The Research Creativity and Innovation Fund ដែលហៅកាត់ជាភាសាអង់គ្លេសថា “RCI Fund”។ គោលដៅចម្បងនៃមូលនិធិនេះ គឺរួមចំណែកលើកកម្ពស់វប្បធម៌នៃការស្រាវជ្រាវ បំផុសគំនិតច្នៃប្រឌិត និងជំរុញការធ្វើនវានុវត្ត ដើម្បីជាប្រយោជន៍ដល់វិស័យអប់រំ យុវជន និងកីឡា ដែលឆ្លើយតបទៅនឹងទីផ្សារពលកម្ម និងសាកលភាវូបនីយកម្ម។ មូលនិធិ ស.គ.ន បានសម្រេចកំណត់ប្រធានបទ ជាអាទិភាពសម្រាប់ការគាំទ្រដោយមូលនិធិចំនួន៣ រួមមាន ឌីជីថលនីយកម្មសម្រាប់បដិវត្តឧស្សាហកម្ម៤.០ (Digitalization for IR.4.0)ការស្រាវជ្រាវអនុវត្តលើវិស័យកសិកម្ម (Applied Agricultural Research) និងការស្រាវជ្រាវគរុកោសល្យសតវត្សទី២១ (21st Century Pedagogy Research)។

ដោយមានការធ្វើអាទិភាពូបនីយកម្មទៅលើទិសដៅនៃការប្រើប្រាស់ថវិកាមូលនិធិសម្រាប់ឆ្នាំ២០២០ ក្រសួងសេដ្ឋកិច្ច និងហិរញ្ញវត្ថុ និងក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានផ្តល់ការគាំទ្រដល់ការ**រៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អ សៀវភៅសិក្សា(Text book) ដែលនឹងត្រូវប្រើប្រាស់នៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា**។ គោលបំណងនៃការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អ សៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សាគឺដើម្បីបង្កើនបរិមាណ លើកកម្ពស់គុណភាព និងពង្រីកសមធម៌នៃធនធានសិក្សាជាខេមរភាសា ជូន

ដល់និស្សិតដែលកំពុងបន្តការសិក្សា និងត្រៀមខ្លួនធ្វើការស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។ លើសពីនេះទៀតការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា មានគោលដៅដូចខាងក្រោម ៖

- ឆ្លើយតបជាបន្ទាន់ចំពោះការខ្វះខាតធនធានសិក្សា ដែលជាតម្រូវការសិក្សារបស់និស្សិតនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា
- លើកកម្ពស់ទំនើបភាវូបនីយកម្ម និងឧត្តមានុវត្តន៍នៃការរៀននិងបង្រៀន និងការស្រាវជ្រាវនៅលើមុខវិជ្ជា កម្មវិធីសិក្សា ឬមុខជំនាញជាក់លាក់
- បង្កើនភាពស៊ីជម្រៅក្នុងការកសាងវិជ្ជាជីវៈនិងបទពិសោធន៍សម្រាប់ឋានៈសាស្ត្រាចារ្យ និងអ្នកស្រាវជ្រាវ
- រួមចំណែកដល់ការកសាងភាពជាសហគមន៍វិជ្ជាជីវៈ ការចែករំលែកបទពិសោធន៍ និងវប្បធម៌នៃការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។

ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានវាយតម្លៃខ្ពស់ចំពោះការបោះជំហានប្រកបដោយមនសិការវិជ្ជាជីវៈនៃគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងបុគ្គលិកអប់រំទាំងអស់ ក្នុងការរៀបចំ រៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សា ដើម្បីបង្កើនបរិមាណ លើកកម្ពស់គុណភាព និងពង្រឹងសមធម៌នៃធនធានសិក្សាជាខេមរភាសា ជូននិស្សិតដែលកំពុងបន្តការសិក្សា និងត្រៀមខ្លួនធ្វើការស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។ សៀវភៅសិក្សាជាផ្នែកមួយនៃការទទួលស្គាល់គុណភាពអប់រំនៃគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងជាធនធានសិក្សាដែលជាមូលដ្ឋានមួយដ៏សំខាន់ ក្នុងការគាំទ្រដល់ការបង្រៀន និងរៀន ហើយត្រូវមានបរិមាណគ្រប់គ្រាន់ ឆ្លើយតបទៅនឹងកម្មវិធីអប់រំ និងតម្រូវការសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ ជាគោលការណ៍ គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សាទាំងអស់ ត្រូវមានសៀវភៅសិក្សាដែលប្រើជាគោលសម្រាប់មុខវិជ្ជានីមួយៗ។ ចំនួនសៀវភៅសិក្សាដែលគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់ការស្រាវជ្រាវ និងការសិក្សារបស់និស្សិត ត្រូវមានយ៉ាងតិចមួយចំណងជើងក្នុងមួយមុខវិជ្ជា ហើយត្រូវតម្កល់យ៉ាងតិច២ច្បាប់ នៅក្នុងបណ្ណាល័យ ឬអាចរកបានតាមប្រព័ន្ធអេឡិចត្រូនិក។ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា លើកទឹកចិត្តបន្ថែមទៀតជូនដល់គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សារដ្ឋ និងឯកជនដែលបានស្នើសុំថវិកាមូលនិធិរួច សូមចូលរួមបន្ថែមទៀតដើម្បីបង្កើនចំនួនចំណងជើងសៀវភៅ។ ចំណែកគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សារដ្ឋនិងឯកជនដែលពុំទាន់បានដាក់ពាក្យស្នើសុំ សូមចូលរួមដើម្បីជាគុណប្រយោជន៍ដល់តម្រូវការដ៏ទទូច និងថ្លៃថ្លានៃនិស្សិតកម្ពុជាក្នុងការសិក្សា និងស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។

សេចក្តីបញ្ជាក់

នៃមូលនិធិការស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍

សៀវភៅសិក្សានេះជាលទ្ធផលនៃការស្នើសុំអនុវត្តថវិកាមូលនិធិការស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ ក្នុងគម្រោង**រៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សា ដែលនឹងត្រូវប្រើប្រាស់នៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។** សៀវភៅសិក្សានេះ ត្រូវបានរៀបរៀង និពន្ធ ឬកែលម្អដោយមានការធានាអះអាងថាជាស្នាដៃរបស់អ្នកនិពន្ធផ្ទាល់ និងបានឆ្លងកាត់ត្រួតពិនិត្យ ផ្តល់យោបល់ និងវាយតម្លៃដោយក្រុមប្រឹក្សាអប់រំ ក្រុមប្រឹក្សាស្រាវជ្រាវ ឬក្រុមប្រឹក្សាដែលមានតម្លៃស្មើនៃគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងតាមរយៈកិច្ចសន្យាដែលបានធ្វើឡើង និងដែលបានតម្កល់ទុកនៅមូលនិធិការស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍។ រាល់ខ្លឹមសារ ការបកស្រាយ និងរូបភាព គឺជាជំហរនិងទស្សនៈផ្ទាល់របស់អ្នកនិពន្ធ ហើយ ពុំឆ្លុះបញ្ចាំង ឬជាតំណាងដល់មូលនិធិការស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ នៃក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា ឡើយ។

មាតិកា

បុព្វកថា i

សេចក្ដីបញ្ជាក់ vii

អារម្ភកថា xii

សេចក្ដីថ្លែងអំណរគុណ xiii

ការបរិយាយលើមុខវិជ្ជា xiv

ជំពូកទី១ ទែរម៉ូឌីណាមិច 1

មេរៀនទី១ សញ្ញាណគ្រឹះនៃទែរម៉ូឌីណាមិច 1

១. តើទែរម៉ូឌីណាមិចជាអ្វី? 1

២. បញ្ញត្តិសំខាន់ៗក្នុងទែរម៉ូឌីណាមិច 1

៣. មូលដ្ឋានគ្រឹះនៃទែរម៉ូឌីណាមិច 3

៣.១ ថាមពលកំដៅ និងកម្មន្ត 3

មេរៀនទី២ កំដៅម៉ាស និងកំដៅម៉ូល 4

១. កម្ដៅម៉ាស 4

២. កម្ដៅម៉ូល 5

៣. ទំនាក់ទំនងកម្ដៅម៉ូលអ៊ីសូបា និងកម្ដៅម៉ូលអ៊ីសូករ (C_p & C_v) 6

៤. ទំនាក់ទំនងរវាងកាឡូរី និងស៊ូល 6

៥. កម្ដៅម៉ាសទឹក 7

៦. កាឡូរីម៉ែត្រ 7

៦.១. កាឡូរីម៉ែត្រមាឌថេរ 7

៦.២. កាឡូរីម៉ែត្រសម្ពាធថេរ 8

មេរៀនទី៣ កម្ដៅប្រតិកម្ម 10

១. កម្ដៅនៃប្រតិកម្ម 10

១.១ ប្រតិកម្មស្រូបកម្ដៅ.. 10
១.១.១ លក្ខណៈសម្គាល់នៃប្រតិកម្មស្រូបកម្ដៅ 10
១.២ ប្រតិកម្មបញ្ចេញកម្ដៅ.. 11
១.២.១ លក្ខណៈសម្គាល់នៃប្រតិកម្មបញ្ចេញកម្ដៅ.. 11
១.៣ ប្រតិកម្មអាំទែមិច.. 12
២. កម្ដៅកំណ.. 12
៣. កម្ដៅចំហេះ 12
៤. អង់តាល់ពី 13
៥.ការគណនាកម្ដៅនៃប្រតិកម្ម តាមកម្ដៅកំណ និងកម្ដៅចំហេះ....................................... 13
៦.ច្បាប់ហេស្ស (Hess's Law) គឺជាគោលការណ៍ទែម៉ូឌីណាមិច...................................... 14
៧. អនុវត្តច្បាប់ Hess 14
មេរៀនទី៤ សីតុណ្ហភាពរំពុះ និងសីតុណ្ហភាពកំណករបស់សូលុយស្យុង............................. 18
១.សម្ពាធចំហាយឆ្អែតនៃធាតុរំលាយក្នុងសូលុយស្យុង 18
២.សីតុណ្ហភាពរំពុះអង្គធាតុរាវសុទ្ធ 18
៣.សីតុណ្ហភាពរំពុះរបស់សូលុយស្យុង 19
៤.រូបមន្តកំណើនសីតុណ្ហភាពរំពុះ.. 19
៥.សីតុណ្ហភាពកំណករបស់អង្គធាតុរាវសុទ្ធ 20
៦.សីតុណ្ហភាពកំណករបស់សូលុយស្យុង 20
៧.រូបមន្តតំហយចុះសីតុណ្ហភាពកំណករបស់សូលុយស្យុង.. 21
មេរៀនទី៥ អង់ត្រូពី និងថាមពលសេរី 24
១.អង់ត្រូពី 24
២.ច្បាប់ទី១នៃទែម៉ូឌីណាមិច 24
៣.ច្បាប់ទីពីរនៃទែម៉ូឌីណាមិច.. 25
៤.បណ្ដូរអង់ត្រូពីក្នុងប្រព័ន្ធ 26

៥.ច្បាប់ទីបីនៃទែម៉ូឌីណាមិច និង អង់ត្រូពីដាច់ខាត 29
៦.ថាមពលសេរី GIBBS 29
៧.ការឆ្លងផាស (Phase Transitions) 33
៨.ថាមពលសេរី និងលំនឹងគីមី (Free Energy and Chemical Equilibrium) 34
មេរៀនទី៦ទ្រឹស្តីគីមីកង់ទិច 37
១. លក្ខណៈរលកពន្លឺ 37
២. ផលកង់ទិច និងផូតុង(Quantum Effects and Photons) 38
៣. ទ្រឹស្តីBohrនៃអាតូមអ៊ីដ្រូសែន(The Bohr Theory of the Hydrogen Atom) 38
៣.១ ស្ប៉ិចបន្ទាត់អាតូម (Atomic Line Spectra) 39
៤. មេកានិចកង់ទិច (Quantum Mechanics) 43
៥. ចំនួនកង់ទិច (Quantum Number) 45
៥.១ ចំនួនកង់ទិចមេ n (Principle Quantum Number) 45
៥.២ ចំនួនកង់ទិចរងl (lជាចំនួនស្រទាប់រង)(Angular momentum quantum no.)........ 46
៥.៣ ចំនួនកង់ទិចម៉ាញ៉េទិច M1 (M1ជាចំនួនថតអេឡិចត្រុង) 47
៥.៤ ចំនួនកង់ទិចស្ពីន Ms (Spin q.n.) 47
៦.ការអនុវត្តលំហាត់ 48
មេរៀនទី៧ គីមីនុយក្លេអ៊ែរ 49
១.លក្ខណៈនៃប្រតិកម្មគីមីនុយក្លេអ៊ែរ 49
១.១ ការថ្លឹងសមីការនុយក្លេអ៊ែរ 50
២. ស្ថិរភាពណ្វៃយ៉ូ 52
២.១. ថាមពលផ្គុំណ្វៃយ៉ូ(Nuclear Binding Energy) 54
៣.វិទ្យុសកម្មធម្មជាតិ 55
៣.១. ស៊ីនេទិចនៃការបំបែកវិទ្យុសកម្ម 57
៣.២. ការកំណត់កាលបរិច្ឆេទដោយផ្អែកលើការបំបែកវិទ្យុសកម្ម 59

៣.២.១. ការកំណត់កាលបរិច្ឆេទរបស់កាបូនតាមវិទ្យុសកម្ម 59
៣.២.២. ការកំណត់កាលបរិច្ឆេទដោយប្រើអ៊ីសូតូបអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម 238 59
៣.២.៣. ការកំណត់អាយុកាលដោយអ៊ីសូតូបប៉ូតាស្យូម 40 59
៤.បម្លែងរូបធាតុ 60
៥.ការបំបែកណ្វៃយ៉ូ 60
៥.១ គ្រាប់បែកអាតូមិច 61
៥.២ រេអាក់ទ័រនុយក្លេអ៊ែរ 62
៥.២.១ រេអាក់ទ័រទឹកស្រាល 62
ឯកសារយោង 66

អារម្ភកថា

សៀវភៅគីមីរូបជាឯកសារមួយសំខាន់ក្នុងការផ្ដល់ចំណេះដឹង និងរបៀបដោះស្រាយលំហាត់ ដែលទាក់ទងទៅនឹងបាតុភូតធម្មជាតិ ហើយជាពិសេសការអនុវត្តទ្រឹស្ដីគីមីរូប គីមីកង់ទិច និងគីមីនុយក្លេអ៊ែរ ក្នុងបច្ចេកទេសត្រូវបានគេទទួលស្គាល់ថាមានភាពត្រឹមត្រូវកម្រិតខ្ពស់តាមបែបវិទ្យាសាស្ត្រនិងបច្ចេកវិទ្យា។ ម្យ៉ាងវិញទៀតវាក៏ជាឯកសារជំនួយដែលអាចបង្កលក្ខណៈងាយស្រួលដល់គ្រូឧទ្ទេស គ្រូបង្រៀន គរុនិស្សិត គរុសិស្ស អាចប្រើដើម្បីបង្រៀន និងសិក្សាស្រាវជ្រាវឱ្យកាន់តែលម្អិតលើផ្នែកគីមីវិទ្យានៅកម្រិតបរិញ្ញាបត្របន្ថែមទៀតផង។

ការអភិវឌ្ឍសៀវភៅនេះដើម្បីចូលរួមក្នុងការបង្កើតឯកសារជាភាសាជាតិ ដែលជាឯកសារសំខាន់សម្រាប់ជាធនធានចំណេះដឹងដែលមិនអាចខ្វះបានសម្រាប់អ្នកសិក្សាជំនាន់ក្រោយ។ យើងបានដឹងហើយថា សៀវភៅជាប្រភពចំណេះដឹងមិនចេះរីងស្ងួត អានច្រើនចម្រើនឡើង។ ដូច្នេះដើម្បីផ្ដល់ភាពងាយស្រួលដល់អ្នកសិក្សាជំនាន់ក្រោយ យើងគួរតែខិតខំបង្កើតសៀវភៅជាភាសាជាតិឱ្យកាន់តែសម្បូរបែបគ្រប់មុខវិជ្ជា មានគុណភាព ប្រសិទ្ធភាព ងាយស្រួលប្រើ និងបង្កលក្ខណៈងាយស្រួលយល់ដល់អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវក្រោយៗបន្តបន្ទាប់ទៀត។

គណៈកម្មការរៀបចំសៀវភៅនេះនឹងសង្ឃឹមយ៉ាងមុតមាំថា សៀវភៅនេះនឹងផ្ដល់មូលដ្ឋានគ្រឹះដ៏មានប្រយោជន៍ សម្រាប់អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវទទួលបានការបណ្ដុះបណ្ដាល ឬបំប៉នពីវិទ្យាស្ថានគរុកោសល្យរាជធានីភ្នំពេញ យកទៅអនុវត្តក្នុងការបង្រៀនប្រកបដោយគុណភាពល្អប្រសើរ ប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់ និងជំរុញឱ្យការអប់រំនៅកម្ពុជាមានការអភិវឌ្ឍន៍ដូចបណ្ដាប្រទេសនានាក្នុងតំបន់ និងលើសកលលោក។

សូមអរគុណ

ថ្ងៃព្រហស្បតិ៍ ២កើត ខែចេត្រ ឆ្នាំខាល ចត្វាស័ក ព.ស.២៥៦៦

រាជធានីភ្នំពេញ ថ្ងៃទី ២៣ ខែមីនា ឆ្នាំ ២០២៣

សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ

ជាការពិតសៀវភៅ «**គីមីរូប**» ដែលលេចចេញជារូបរាងនៅពេលនេះ គឺបានកើតឡើងពីការខិតខំ និងយកចិត្តទុកដាក់ចូលរួមពីភាគី និងស្ថាប័នពាក់ព័ន្ធជាច្រើន។

ខ្ញុំបាទ សូមថ្លែងអំណរគុណយ៉ាងជ្រាលជ្រៅបំផុតដល់ភាគី និងស្ថាប័នពាក់ព័ន្ធទាំងអស់ដូចជា ៖

- ក្រសួងសេដ្ឋកិច្ច និងហិរញ្ញវត្ថុ ដែលបានគាំទ្រយ៉ាងពេញទំហឹងដល់ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡាឱ្យបង្កើតមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ ហៅកាត់ថា «មូលនិធិ ស.គ.ន»។

- ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡាដែលបានបង្កើតមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ ដែលហៅកាត់ថា «មូលនិធិ ស.គ.ន» ដើម្បីរួមចំណែកលើកកម្ពស់វប្បធម៌នៃការស្រាវជ្រាវ បំផុសគំនិតច្នៃប្រឌិត និងជំរុញការធ្វើនវានុវត្ត ដើម្បីជាប្រយោជន៍ដល់វិស័យអប់រំ យុវជន និងកីឡា ដែលឆ្លើយតបទៅនឹងទីផ្សារពលកម្ម និងសាកលភាវូបនីយកម្ម។

- មូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ ដែលបានគាំទ្រដល់ការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សា (Text book) ដែលនឹងត្រូវប្រើប្រាស់នៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា ដើម្បីបង្កើនបរិមាណ លើកកម្ពស់គុណភាព និងពង្រីកសមធម៌នៃធនធានសិក្សាជាខេមរភាសាជូនដល់និស្សិតដែលកំពុងបន្តការសិក្សា និងត្រៀមខ្លួនធ្វើការស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។

- ឯកឧត្តមបណ្ឌិតនៃវិទ្យាស្ថានគរុកោសល្យរាជធានីភ្នំពេញ ដែលបានចាត់តាំងជាគណៈកម្មការនិពន្ធចូលរួមការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សានេះ។

- នាយកដ្ឋានបណ្តុះបណ្តាលដែលបានចាត់តាំងជាគណៈកម្មការនិពន្ធ និងគណៈកម្មការត្រួតពិនិត្យ លើស្នាដៃនៃការចូលរួមការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សានេះ។

- លោកប្រធាន នាយកដ្ឋានបណ្តុះបណ្តាលដែលព្រមព្រៀងទទួលសិទ្ធិជាតំណាងអ្នករៀបរៀងក្នុងការចាត់ចែង និងសម្របសម្រួលជាមួយក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា ចុះហត្ថលេខាលើកិច្ចព្រមព្រៀង និងកិច្ចដំណើការទូទាត់ថវិកាតាមរយៈការស្នើសុំ និងទទួលថវិកា បោះពុម្ព និងផ្សព្វផ្សាយបន្តនូវស្នាដៃរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អរបស់អ្នករៀបរៀងក្នុងការរៀន និងបង្រៀនក្នុងគ្រឹះស្ថានសិក្សា និងប្រគល់សិទ្ធិស្របតាមការកំណត់នៃកិច្ចព្រមព្រៀង ស្តីពីការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា ក្រោមការគាំទ្រនៃមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍។

- គ្រូឧទ្ទេសមុខវិជ្ជាគីមីវិទ្យា នៃវិទ្យាស្ថានគរុកោសល្យរាជធានីភ្នំពេញ ដែលបានផ្តល់មតិកែលម្អលើខ្លឹមសារ នៃមេរៀននីមួយៗឱ្យកាន់តែមានភាពសុក្រឹត និងមានលក្ខណៈវិទ្យាសាស្ត្រ។

ខ្ញុំបាទ សង្ឃឹមថា សៀវភៅនេះនឹងឆ្លើយតបជាបន្ទាន់ចំពោះការខ្វះខាតធនធានសិក្សា ដែលជាតម្រូវការសិក្សារបស់សិស្ស និស្សិត នៅកម្រិតវិទ្យាល័យ និងឧត្តមសិក្សា។

ការបរិយាយលើមុខវិជ្ជា

ខ្លឹមសារមេរៀនដែលបានលើកឡើងក្នុងសៀវភៅនេះអាចជួយពង្រឹងចំណេះដឹងគ្រឹះដល់គ្រូឧទ្ទេស គ្រូបង្រៀន គរុនិស្សិត គរុសិស្ស អាចប្រើប្រាស់ផ្ទាល់ខ្លួន និងសម្រាប់សាធារណៈជនទូទៅក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវបន្តលើខ្លឹមសារគីមីវិទ្យាជាពិសេសផ្នែកគីមីរូបដែលជាផ្នែកយ៉ាងសំខាន់មួយក្នុងចំណោមផ្នែកផ្សេងៗទៀតក្នុងគីមីវិទ្យា។

មុខវិជ្ជានេះនឹងអាចផ្តល់ចំណេះដឹងថ្មីតាមរយៈការបង្ហាញបាតុភូតក្នុងធម្មជាតិ លក្ខណៈវិទ្យាសាស្ត្រ និងបច្ចេកវិទ្យា ដែលមានទាំងការផ្តល់ឧទាហរណ៍ជាលំហាត់គំរូជាដើម។ លើសពីនេះទៅទៀត មេរៀននេះនឹងផ្តល់ចំណេះដឹងសំខាន់ៗជាច្រើនទៀតលើទ្រឹស្តីទំនើបៗដែលប្រើប្រាស់ក្នុងបច្ចេកទេសប្រើសម្រាប់រុករកស្វែងយល់ទម្រង់ខាងក្នុងនៃបាតុភូតគីមី ក្នុងណ្វៃយ៉ូនៃអាតូម។ ទ្រឹស្តី និងបច្ចេកវិទ្យាទាំងនោះត្រូវបានបង្កើតឡើងនិងអភិវឌ្ឍដោយប្រើទ្រឹស្តីភាគច្រើនចេញពីគំនិតអ្នកប្រាជ្ញរូបវិទ្យា និងគីមីវិទ្យា។

នៅមេរៀនចុងក្រោយនៃសៀវភៅនេះនឹងបង្ហាញពីទ្រឹស្តីកង់ទិច និងអាតូមនុយក្លេអ៊ែរ ដែលជាទ្រឹស្តីផ្សំគ្នារវាងកង់ទិច និងនុយក្លេអ៊ែរគីមី ពិសេសមេរៀននេះនឹងពន្យល់បកស្រាយពីទំនាក់ទំនងរវាងចលនារបស់ភាគល្អិត ក្នុងកង់ទិច និងបន្ទុះនុយក្លេអ៊ែរ ដែលជាបច្ចេកវិទ្យាទំនើប សម្រាប់ការស្រាវជ្រាវនាសម័យបច្ចុប្បន្ន។

មូលន័យសង្ខេប

សៀវភៅនេះសម្រាប់ជាជំនួយដល់អ្នកសិក្សាធ្វើការសិក្សានិងស្រាវជ្រាវដើម្បីបង្កើនចំណេះដឹង ដែលទាក់ទងទៅនឹងគីមីរូប ដែលមានមាតិកាខ្លឹមសារជាច្រើនផ្សេងទៀត។ ដើម្បីងាយស្រួលក្នុងការយល់ខ្លឹមសារក្នុងផ្នែកគីមីរូបនេះ អ្នកអានត្រូវតែមានចំណេះដឹងមូលដ្ឋានគ្រឹះផ្នែកគណិតវិទ្យា រូបវិទ្យា និងគីមីវិទ្យា ព្រោះសៀវភៅគីមីរូបនេះ ផ្តោតសំខាន់ទៅលើសមីការថាមពល រលក ភាគល្អិត អាតូម ដែលកើតមានក្នុងណ្វៃយ៉ូនៃអាតូម។

ជំពូកទី១ ទែរម៉ូឌីណាមិច

មេរៀនទី១ សញ្ញាណគ្រឹះនៃទែរម៉ូឌីណាមិច

១. តើទែរម៉ូឌីណាមិចជាអ្វី?

ទែរម៉ូឌីណាមិច គឺជាផ្នែកមួយនៃគីមីរូប ដែលសិក្សាអំពីការផ្លាស់ប្តូរថាមពលពីរូបធាតុមួយ ទៅរូបធាតុមួយទៀត ឬពីផ្នែកមួយនៃប្រព័ន្ធ ទៅកាន់ផ្នែកមួយទៀតនៃប្រព័ន្ធ។

ទែរម៉ូឌីណាមិច មានគោលបំណងសិក្សា និងទស្សន៍ទាយទុកជាមុននូវការវិវត្តន៍របស់បាតុភូតរូប ឬបាតុភូតគីមី ដែលអាចសង្កេតមើលឃើញ ឬមើលមិនឃើញដោយភ្នែកទទេផងដែរ។

ទែរម៉ូឌីណាមិច អាចធ្វើការទស្សន៍ទាយទុកជាមុននូវការកកើតប្រតិកម្មគីមីបាន ប៉ុន្តែមិនអាចបកស្រាយ ឬប្រាប់បានច្បាស់ទេ ពីល្បឿនប្រតិកម្មដែលអាចកើតមាន ហេតុនេះ គេត្រូវសិក្សាពីគោលការណ៍សំខាន់ៗ ចំនួន ២ គឺៈ

១. ថាមពលមិនត្រូវបានបាត់បង់ឬ កើតឡើងដោយឯកឯងនោះទេ ប៉ុន្តែអាចមានបំរែបំរួលរូប

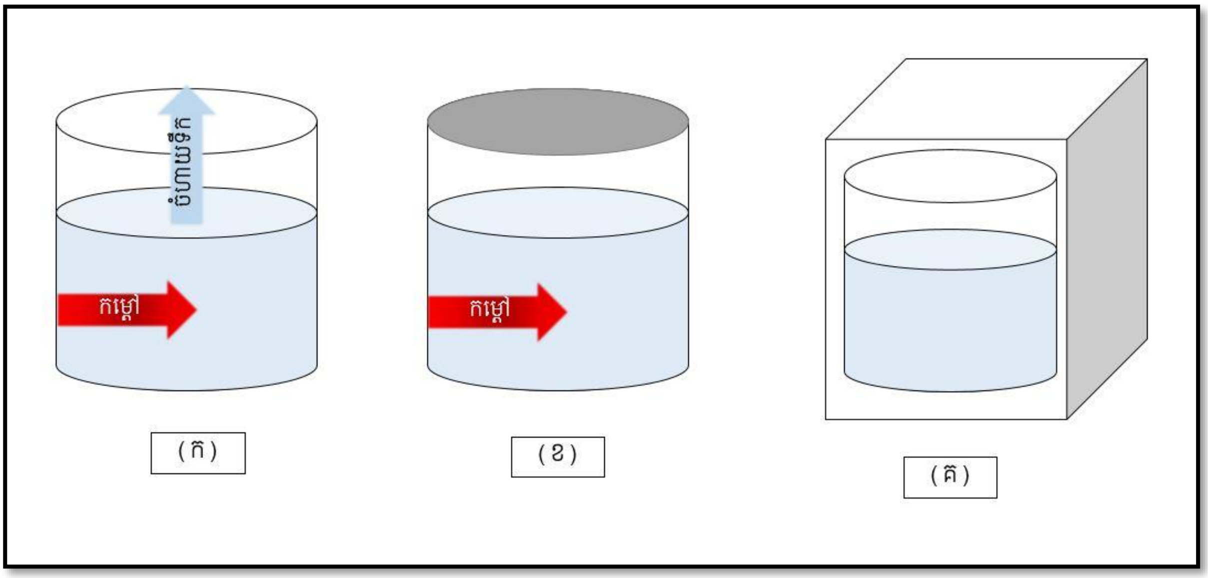
២. ប្រព័ន្ធទាំងអស់មានការប្រែប្រួល ដើម្បីវិវត្តន៍ទៅជាប្រព័ន្ធមួយមានស្ថេរភាព

២. បញ្ញត្តិសំខាន់ៗក្នុងទែរម៉ូឌីណាមិច

ក្នុងការសិក្សាទែរម៉ូឌីណាមិចមានពាក្យជាច្រើន ដែលត្រូវធ្វើការពន្យល់ និងបកស្រាយអត្ថន័យឲ្យបានច្បាស់លាស់ ដើម្បីមានភាពងាយស្រួលក្នុងការសិក្សា ហើយពាក្យទាំងនោះមានដូចជាៈ

ប្រព័ន្ធទែរម៉ូឌីណាមិច ជាវត្ថុ ឬក្រុមវត្ថុដែលញែកដាច់ពីមជ្ឈដ្ឋាននៅជុំវិញវា តាមរយៈនៃផ្ទៃខ័ណ្ឌមួយតាមរយៈការមើលឃើញ ឬជាលក្ខណៈអរូបី។ គេចែកប្រព័ន្ធទែរម៉ូឌីណាមិចជា ៣ប្រភេទៈ

- ប្រព័ន្ធបើក (Open system) គឺជាប្រព័ន្ធដែលមានបណ្តូរជាមួយមជ្ឈដ្ឋានខាងក្រៅ ទាំងម៉ាស និងថាមពល។
- ប្រព័ន្ធបិទ (Closed system) គឺជាប្រព័ន្ធដែលមានបណ្តូរជាមួយមជ្ឈដ្ឋានខាងក្រៅតែថាមពល ប៉ុន្តែគ្មានបណ្តូរម៉ាសទេ។
- ប្រព័ន្ធសុញ្ញកាស (Isolated system) គឺជាប្រព័ន្ធដែលគ្មានបណ្តូរជាមួយមជ្ឈដ្ឋានខាងក្រៅ ទាំងម៉ាស និងថាមពល។



រូបភាពទី ១. ប្រព័ន្ធទាំងបីនៅក្នុងប្រព័ន្ធទែរម៉ូឌីណាមិចដែលបង្ហាញពីការដាំទឹក៖ (ក) ប្រព័ន្ធបើក (ខ) ប្រព័ន្ធបិទ និង (គ)ប្រព័ន្ធដាច់តែឯង ឬប្រព័ន្ធសុញ្ញាកាស

ប៉ារ៉ាម៉ែតភាពនៃប្រព័ន្ធ គឺជាប៉ារ៉ាម៉ែតដែលទាក់ទងនឹងភាពផ្លាស់ប្តូរនៃប្រព័ន្ធ ពីទីតាំងដើមទៅទីតាំងចុង ហើយវាមិនអាស្រ័យទៅ នឹងលំនាំប្រព្រឹត្តឡើយ។ ប៉ារ៉ាម៉ែតភាពនៃប្រព័ន្ធសិក្សាលើ៖

- លំនាំអ៊ីសូទែម(T=ថេរ) គឺជាលំនាំមួយដែលសីតុណ្ហភាពក្នុងប្រព័ន្ធ នៃបំលែងទែរម៉ូឌីណាមិចមានតម្លៃថេរ។

- លំនាំអ៊ីសូករ (V=ថេរ) គឺជាលំនាំមួយដែលមាឌក្នុងប្រព័ន្ធ នៃបំលែងទែរម៉ូឌីណាមិចមានតម្លៃថេរ។

- លំនាំអ៊ីសូបា (P=ថេរ) គឺជាលំនាំមួយដែលសម្ពាធក្នុងប្រព័ន្ធ នៃបំលែងទែរម៉ូឌីណាមិចមានតម្លៃថេរ។

ប៉ារ៉ាម៉ែតភាពនៃប្រព័ន្ធ ត្រូវបានចែកចេញជាពីរគឺ៖

- តំលៃបូកមិនបាន (Extensive) គឺជាប៉ារ៉ាម៉ែត ដែលអាស្រ័យលើខ្នាត ឬបរិមាណរបស់ប្រព័ន្ធដូចជា ម៉ាស មាឌ ចំនួនម៉ូល។

- តំលៃបូកបាន (Intensive) គឺជាប៉ារ៉ាម៉ែត ដែលមិនអាស្រ័យលើខ្នាត ឬបរិមាណរបស់ប្រព័ន្ធទេ ដូចជា កំហាប់ សីតុណ្ហភាព ម៉ាសមាឌ។

ថាមពលកម្តៅ គឺជាថាមពលដែលទាក់ទងជាមួយចលនាដោយចៃដន្យនៃអាតូមនិងម៉ូលេគុល

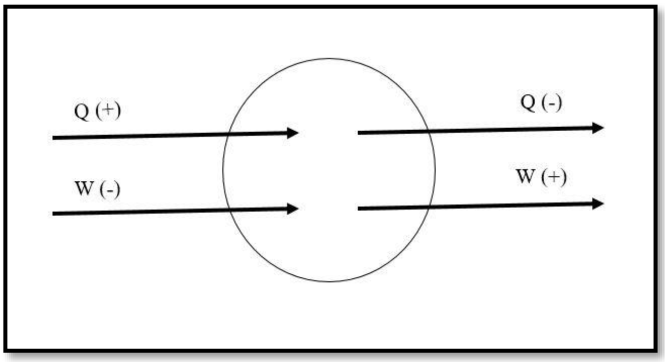
កម្មន្ត គឺជាផលគុណបំលាស់ទីរបស់ប្រព័ន្ធជាមួយកំលាំងដែលមានទៅលើប្រព័ន្ធ។

៣. មូលដ្ឋានគ្រឹះនៃទែរម៉ូឌីណាមិច

៣.១ ថាមពលកំដៅ និងកម្មន្ត

នៅក្នុងប្រព័ន្ធទែរម៉ូឌីណាមិច បណ្តូរថាមពលអាចប្រព្រឹត្តទៅបាន ក្រោមរូបភាពពីរយ៉ាងគឺ កំដៅ (Q) និងកម្មន្ត(W) ។ ការសន្មត នៃសញ្ញារបស់បណ្តូរថាមពលកំដៅ និងកម្មន្ត របស់ថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិច ត្រូវបានកំណត់៖

រូបភាពទី២. ការសន្មតនៃសញ្ញារបស់បណ្តូរថាមពលកំដៅ និងកម្មន្តរបស់ថាមពលនៃទែរម៉ូឌីណាមិច



- បើប្រព័ន្ធទទួលកំដៅ យើងគិតសញ្ញា(+) ប៉ុន្តែកម្មន្តនៃប្រព័ន្ធទទួលបាន យើងគិតជាសញ្ញា(–)
- បើប្រព័ន្ធបញ្ចេញកំដៅ យើងគិតសញ្ញា(–) ប៉ុន្តែកម្មន្តនៃប្រព័ន្ធបានបញ្ចេញយើងគិតជាសញ្ញា (+)

បណ្តូរកំដៅរបស់ប្រព័ន្ធចែកចេញជាពីរ គឺ បណ្តូរកំដៅម៉ាស និងបណ្តូរកំដៅម៉ូល

- កំដៅម៉ាស(C) គឺជាបណ្តូរកំដៅដែលមានសីតុណ្ហភាពខុសគ្នា $Q = mC\Delta T = mC\Delta t$
- កំដៅម៉ូល(C) គឺជាបណ្តូរកំដៅដែលមានសីតុណ្ហភាពខុសគ្នា $Q = nC\Delta T = nC\Delta t$
- កំដៅរលាយម៉ូល (L)គឺជាបណ្តូរកំដៅដោយសីតុណ្ហភាពដូចគ្នា $Q = nL$
- កំដៅរលាយជាម៉ាស (L)គឺជាបណ្តូរកំដៅដោយសីតុណ្ហភាពដូចគ្នា $Q = mL$

កម្មន្ត (W) តាមទ្រឹស្តីរូបវិទ្យា នៅពេលដែលវត្ថុ ឬភាគល្អិតទាំងឡាយណាត្រូវបានរុញច្រាន ឬបង្វិលទៅតាមទិសដៅណាមួយជាក់លាក់ បង្កើតបានជាកម្មន្ត។

រូបមន្តទូទៅកម្មន្ត គេបាន៖

$$\delta W = F \,.\, dx = p \,.S \,.dx = p\, dV$$

$$\delta W = p\, dV$$

ដែល $\delta W = p\, dV$ ហៅថារូបមន្តកម្មន្តបន្ទូរមាឌ

មេរៀនទី២ កំដៅម៉ាស និងកំដៅម៉ូល

១. កម្តៅម៉ាស

ចំណុះកម្តៅ(C) ឬកម្តៅម៉ាសនៃសារធាតុដែលជាទូទៅគេហៅថា "កម្តៅជាក់លាក់" របស់វា គឺជាបរិមាណកម្តៅដែលត្រូវការដើម្បីបង្កើន១ក្រាមនៃសារធាតុ នៅសីតុណ្ហភាព១អង្សាសេ(ឬ១កែវិន)។ កម្តៅយថាប្រភេទនៃសារធាតុមួយ(តាងដោយ s) គឺជាបរិមាណកម្តៅចាំបាច់ដើម្បីឲ្យ 1g នៃសារធាតុនោះកើនសីតុណ្ហភាពបាន 1^0C។ កម្តៅយថាប្រភេទ ជាលក្ខណៈខាងក្នុង ចំណែកចំណុះកម្តៅ គឺជាលក្ខណៈខាងក្រៅ។

តាមទំនាក់ទំនងរវាងចំណុះកម្តៅ និងកម្តៅយថាប្រភេទគេបាន $c = m\,s$

- m ជាម៉ាសខ្នាតគិតជា ក្រាម (g)
- s កម្តៅយថាប្រភេទខ្នាតគិតជា J/g. K ឬ Cal/g. ^0C
- C ជាកម្តៅម៉ាសខ្នាតគិត J/K ឬ Cal/^0C

កាលណាយើងស្គាល់កម្តៅយថាប្រភេទ និងបរិមាណនៃសារធាតុ នោះបម្រែបម្រួលសីតុណ្ហភាព (Δt) នឹងប្រាប់យើងពីបរិមាណកម្តៅ (q) ដែលបានស្រូប ឬបញ្ចេញនៅលំនាំណាមួយ។

យើងបានសមីការបម្រែបម្រួលកម្តៅគឺ $q = m\,s\,\Delta t$,$(c = m\,s)$

$$q = c\,\Delta t$$

- C កម្តៅគិតជា J/K ឬ Cal/^0C
- Q បរិមាណកម្តៅ គិតជា J
- Δt បម្រែបម្រួលពេលវេលា គិតជា ^0C ឬ K
- m ម៉ាស គិតជា g

ចំណាំ៖ សញ្ញានៃតម្លៃ q គឺដូចគ្នាទៅនឹងបម្រែបម្រួលអង់តាល់ពីដែរ

- q មានតម្លៃវិជ្ជមាន (+) បើប្រតិកម្មស្ថិតក្នុងលំនាំស្រូបកម្តៅ
- q មានតម្លៃអវិជ្ជមាន (–) បើប្រតិកម្មស្ថិតក្នុងលំនាំបញ្ចេញកម្តៅ

លំហាត់គំរូ៖ គេដុតអាលុយមីញ៉ូមដែលមានម៉ាស 0.3g នៅសីតុណ្ហភាពដើម 20 °C រហូតដល់វារលាយក្លាយជាអង្គធាតុរាវ។ គណនាបរិមាណកម្តៅដែលត្រូវការ បើចំណុចរលាយរបស់ អាលុយមីញ៉ូមគឺនៅសីតុណ្ហភាព 660 °C និងមានកម្តៅម៉ាស 0.22 kcal/kg.°c។

២. កម្តៅម៉ូល

កម្តៅម៉ូល គឺជាបរិមាណថាមពលដែលត្រូវ តែបន្ថែមក្នុងទម្រង់ជាកំដៅទៅឲ្យមួយម៉ូលនៃសារធាតុ ដើម្បីបណ្តាលឱ្យមានការកើនឡើងនៃមួយឯកតាក្នុងសីតុណ្ហភាពរបស់វា។

រូបមន្តទូទៅ កំដៅម៉ូល ៖ $C_m = Q / n\,\Delta T$

- C កម្តៅគិតជា J/K ឬ Cal/^{0}C
- Q បរិមាណកម្តៅ គិតជា J
- ΔT បម្រែបម្រួលពេលវេលា គិតជា ^{0}C ឬ K
- n ម៉ាស គិតជា mol

លំហាត់គំរូ៖ គេយក 8860 J នៃបរិមាណកម្តៅ ដើម្បីបង្កើនសីតុណ្ហភាព 8 mol នៃសារធាតុមួយពីសីតុណ្ហភាព 25°C អោយដល់ 70°C។ គណនាកម្តៅជាម៉ូលនៃសារធាតុនេះ។

តារាងទី១. កំដៅយថាប្រភេទ និងកម្តៅម៉ាសនៃសារធាតុងាយៗមួយចំនួន

សារធាតុ	កំដៅយថាប្រភេទ (J/K ឬ Cal/^{0}C)	សារធាតុ	កម្តៅម៉ាស (J/Kg. ^{0}C)
Al	0.900	មាស(Au)	129
Au	0.129	ឡាប់	830
C (ក្រាភីត)	0.720	ខ្យល់	1005
C (ពេជ្រ)	0.502	ដែក (Fe)	449
Cu	0.385	ឈើ	1300-2400
Fe	0.444		
Hg	0.139		
H_2O	4.184		
C_2H_5OH	2.46		

៣. ទំនាក់ទំនងកម្ដៅម៉ូលអ៊ីសូបា និងកម្ដៅម៉ូលអ៊ីសូករ (C_p & C_v)

បរិមាណកំដៅនៅមាឌថេរ យើងបាន $Q_v = C_v \Delta T$

$$Q_v = \Delta U + W$$

$$C_v \Delta T = \Delta U$$

$$C_v\, dT = dU$$

$$C_v = dU / dT$$

បរិមាណកំដៅនៅសម្ពាធថេរ យើងបាន $Q_p = C_p \Delta T$

$$Q_p = \Delta U + W,\ W = P\Delta V$$

$$Q_p = \Delta U + P\Delta V$$

$$C_p \Delta V = \Delta U + P\Delta V$$

$$C_p\, dV = dU + P dV$$

សមីការឧស្ម័នបរិសុទ្ធ $PV = nRT$ នៅមាឌថេរ $d(PV) = d(nRT)$

$$Pd V = nRdT$$

$$C_p\, dT = C_v\, dT + nRdT$$

$$C_p = C_v + nR$$

៤. ទំនាក់ទំនងរវាងកាឡូរី និងស៊ូល

តើអ្វីជាទំនាក់ទំនងរវាងកាឡូរី និងស៊ូល?

នៅក្នុងខ្នាតអន្តរជាតិ (SI) កត្តាបីយ៉ាងដែលដូចគ្នា ដូចជាថាមពល កម្មន្ត និងកំដៅ។ ស៊ូល (Joule) ជាឯកតា SI នៃកំដៅដែលតាងដោយ "J" ។

ទំនាក់ទំនងនៃស៊ូលគឺស្រដៀងគ្នាទៅនឹងវ៉ាត់ (W) ដែលជាថាមពលនៃរយៈពេលដែលអាចគណនាបានក្នុងមួយវិនាទី។ កាឡូរីបង្ហាញពីឯកតាថាមពលដែលធំជាង 1000 ដងនៃកាឡូរី។ កាឡូរីស្មើនឹង 4.2 គីឡូស៊ូល ។

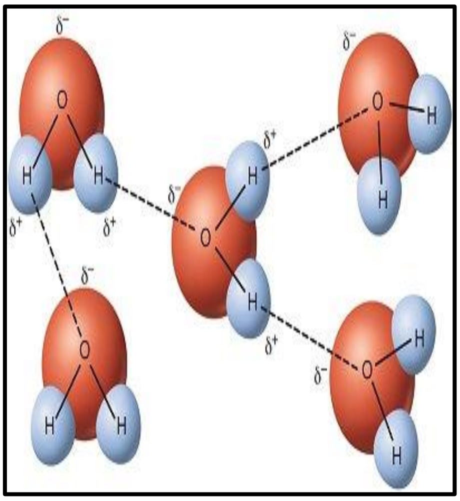
1 កាឡូរី គឺជាបរិមាណកំដៅដែលត្រូវការនៅសម្ពាធនៃបរិយាកាសស្តង់ដារ 1 សម្រាប់បង្កើនសីតុណ្ហភាពនៃ 1 ក្រាមនៃទឹកតាមរយៈ $10\,^0C$ ។ ទំនាក់ទំនងអន្តរ គឺ ស៊ូល និងកាឡូរីត្រូវបានភ្ជាប់ទាំងពីរជាមួយកំដៅដែលអាចត្រូវបានកំណត់ផ្សេងៗគ្នា។ ទំនាក់ទំនងរវាងកាឡូរី (Calorie) និងស៊ូល (Joule) ត្រូវបានគណនាដោយរូបមន្ត ដែលមាន 1 Calorie = 4.185 joule

៥. កម្ដៅម៉ាសទឹក

កម្ដៅម៉ាសរបស់ទឹក ជាតម្លៃថេរមួយរបស់ទឹកដែលតាងដោយ C = 4182 J/Kg. ^{0}C

ឧទាហរណ៍៖ កម្ដៅម៉ាសរបស់សារធាតុមួយចំនួនដូចជា៖

សារធាតុ	កម្ដៅម៉ាស
មាស(Au)	129 J/Kg. ^{0}C
ខ្សាច់	830 J/Kg. ^{0}C
ខ្យល់	1005 J/Kg. ^{0}C
ដែក (Fe)	449 J/Kg. ^{0}C
ឈើ	1300-2400 J/Kg. ^{0}C



រូបភាពទី៣. ការចងសម្ព័ន្ធអ៊ីដ្រូសែនក្នុងម៉ូលេគុលទឹក

ចំណាំ៖ មូលហេតុដែលកម្ដៅម៉ាសនៃជាតុខាងលើទាបជាងកម្ដៅម៉ាសទឹក

(C = 4182 J/Kg. ^{0}C) ព្រោះ

- ទឹកមានរូបមន្ដ H_2O ដែលមានអាតូមពីរគឺអាតូមអ៊ីដ្រូសែនចំនួន២ H^+ និងអាតូមអុកស៊ីសែនចំនួន១
- ម៉ូលេគុលទឹក H_2O ផ្សំពីសម្ព័ន្ធខ្លាំង គឺសម្ព័ន្ធកូវ៉ាឡង់ រវាងអាតូមអ៊ីដ្រូសែន និងអុកស៊ីសែន។
- នៅពេលទឹកជុតកម្ដៅកាន់តែខ្លាំង នាំឱ្យអោយកម្ដៅថាមពលរបស់វាត្រូវបានបំបែកសម្ព័ន្ធអ៊ីដ្រូសែន។ ដែលបណ្ដាលឱ្យកម្ដៅម៉ាសទឹកមានតម្លៃខ្ពស់និងធ្វើអោយទឹកត្រូវការថាមពលច្រើន។

៦. កាឡូរីម៉ែត្រ

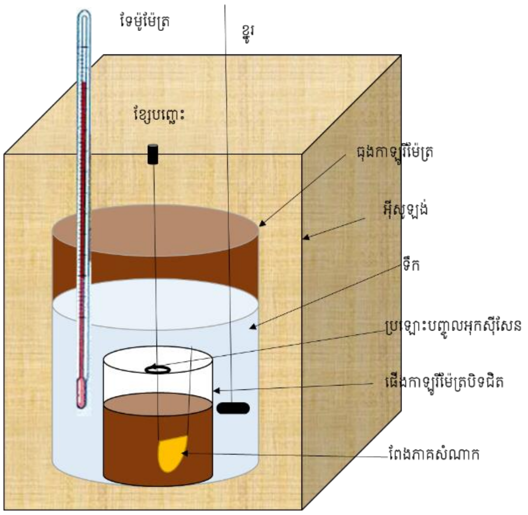
៦.១. កាឡូរីម៉ែត្រមាឌថេរ

យើងអាចនិយាយបានថា ផើងកាឡូរីម៉ែត្របិទជិតដែលគេពន្លិចទៅក្នុងទឹក គឺជាប្រព័ន្ធមួយដាច់តែឯង ព្រោះថាគ្មានកម្ដៅអាចឆ្លងចូល ឬចាកចេញពីប្រព័ន្ធបានទេនៅក្នុងពេលដំណើរការ។

យើងអាចសេរសេរ $q_{ប្រព័ន្ធ} = q_{ទឹក} + q_{ផើង} + q_{ប្រតិកម្ម} = 0$

ដោយ $q_{ទឹក}$, $q_{ផើង}$,និង $q_{ប្រតិកម្ម}$ គឺជាបម្រែបម្រួលនៃ ទឹក ផើង និងប្រតិកម្ម។

ដូចនេះ $q_{ប្រតិកម្ម} = - (q_{ទឹក} + q_{ផើង})$

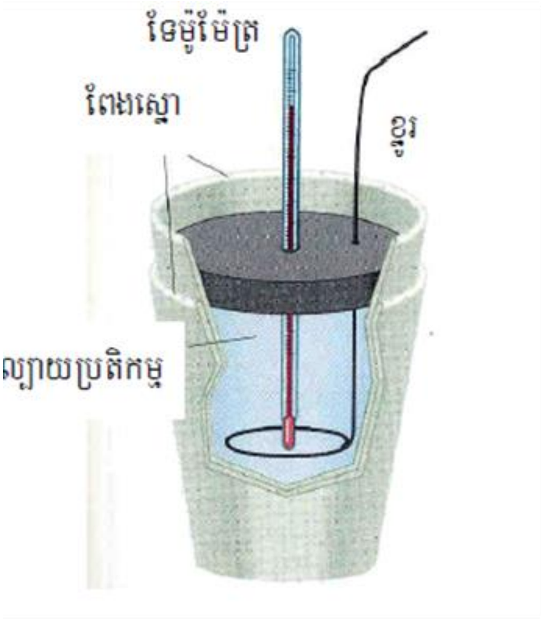


រូបភាពទី៤. គំនូសតាងកាឡូរីម៉ែត្រមាឌថេរ ដែលផើងត្រូវបានបិទជិត

៦.២. កាឡូរីម៉ែត្រសម្ពាធថេរ

កាឡូរីម៉ែតសម្ពាធថេរ គឺជាឧបករណ៍ដ៏សាមញ្ញជាងកាឡូរីម៉ែត្រមាឌថេរ ដែលប្រើដើម្បីកំណត់បម្រែបម្រួលប្រតិកម្មមិនមែនចំហេះ។

សូលុយស្យុងប្រតិករពីរ ដែលគេស្គាល់មាឌនៅសីតុណ្ហភាពដូចគ្នាត្រូវបានលាយបញ្ចូលគ្នានៅក្នុងផើងកាឡូរីម៉ែត្រ។ កម្តៅដែលបានស្រូប ឬបញ្ចេញដោយប្រតិកម្មអាចកំណត់ដោយការវាស់ បម្រែបម្រួលសីតុណ្ហភាព។ កម្តៅប្រតិកម្មមួយចំនួនត្រូវបានវាស់នៅសម្ពាធថេរ (24 ^{0}C.1 atm)។



រូបភាពទី៥. គំនូសតាងកាឡូរីម៉ែត្រសម្ពាធថេរ ដែលកម្តៅស្រូប និងបញ្ចេញត្រូវបានកំណត់ដោយការវាស់

តារាង . កំដៅនៃប្រតិកម្មមួយចំនួនដែលវាស់នៅលក្ខខណ្ឌសម្ពាធថេរ (24 ^{0}C. 1atm)

ប្រភេទប្រតិកម្ម	ឧទាហរណ៍	ΔH (KJ)
កំដៅប្រតិកម្មបន្សាប	$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$	-56.2
កំដៅអ៊ីយ៉ុងកម្ម	$H_2O_{(l)} \rightarrow H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$	56.2
កំដៅរលាយ	$H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(l)}$	6.01
កំដៅរំហួត	$H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(g)}$	44.0*
កំដៅប្រតិកម្ម	$MgCl_{2(s)} + 2Na_{(l)} \rightarrow 2NaCl_{(s)} + Mg_{(s)}$	-180.2

*វាស់នៅ 25^{0}C ។ នៅ 100^{0}C តំលៃគឺ 40.79

ឧទាហរណ៍៖ បរិមាណអាស៊ីតក្លរីទ្រិច 100mL និងកំហាប់ 0.50M ត្រូវបានគេលាយឱ្យមានប្រតិកម្មជាមួយសូដ្យូមអ៊ីដ្រុកស៊ីត 100ml និងកំហាប់ 0.05M នៅក្នុងកាឡូរីម៉ែត្រមួយដែលមានសម្ពាធថេរ និងមានបរិមាណកម្តៅ 335 J/^{0}C ។ សីតុណ្ហភាពដំបូងនៃសូលុយស្យុងអាស៊ីតក្លរីទ្រិច និងសូដ្យូមអ៊ីដ្រុក ស៊ីត គឺដូចគ្នា 22.5^{0}C និងសីតុណ្ហភាពចុងក្រោយនៃសូលុយស្យុង គឺ24.90 ^{0}C ។ គណនាបម្រែបម្រួលកម្តៅប្រតិកម្មបន្សាបនេះ។ (ដោយសន្មតថាដង់ស៊ីតេ និងកម្តៅយថាប្រភេទនៃសូលុយស្យុង គឺដូចគ្នាទៅនឹងទឹក 1g/ml និង 4.184J/g. ^{0}C)។

លំហាត់បន្ថែម

1) តើមានប៉ុន្មាន kcal ដែលចាំបាច់សំរាប់បង្កើនសីតុណ្ហភាព ពី 35° C → 55°C នៃបន្ទះ Al 60g ។

2) គណនាសីតុណ្ហភាពសំរេចនៃប្រព័ន្ធបន្ទាប់ពីគេត្រាំ Zn : 100g នៅសីតុណ្ហភាព 95 $^\circ$C ទៅក្នុង H_2O = 50g ដែលមាន សីតុណ្ហភាព 15°C ។ គេអោយកំដៅម៉ូលស័ង្កសី 6.06cal / mol ^{0}C

3) ប្រសិនបើ 2kJ នៃថាមពលបានបង្កើនសីតុណ្ហភាព នៃកាឡូរីម៉ែត្រមួយដែលមានដាក់ 45g H_2O ពី 23°C → 32 $^\circ$C ។ តើតំលៃសមមូលទឹករបស់កាឡូរីម៉ែត្រស្មើប៉ុន្មាន ?

មេរៀនទី៣ កម្តៅប្រតិកម្ម

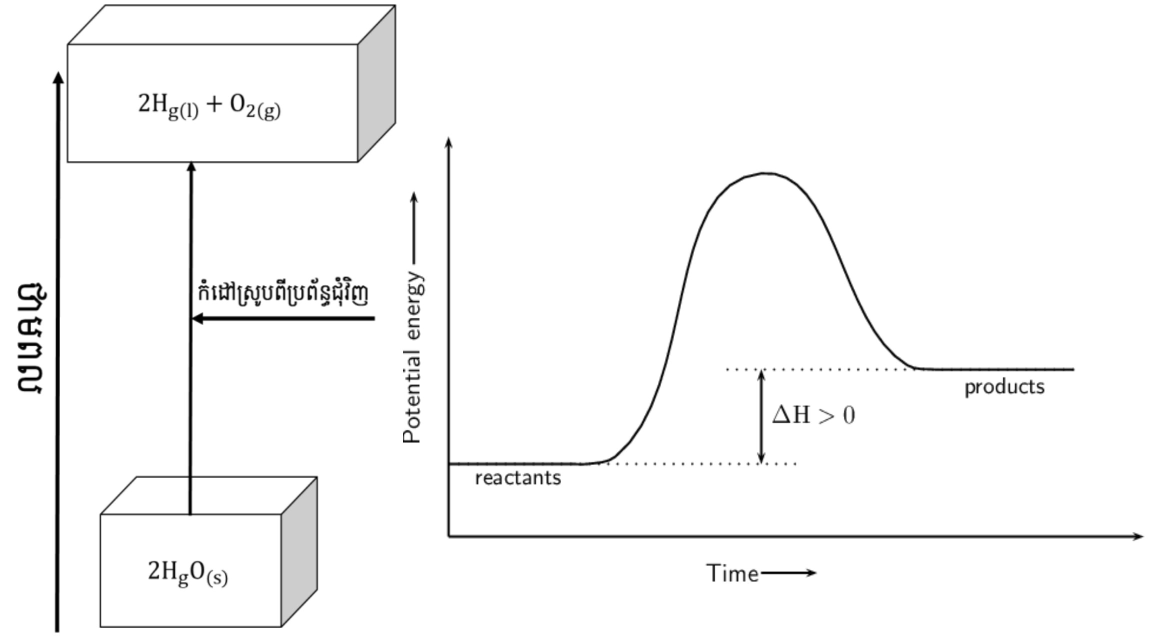
១. កម្តៅនៃប្រតិកម្ម

១.១ ប្រតិកម្មស្រូបកម្តៅ

ប្រតិកម្មស្រូបកម្តៅ ជាប្រតិកម្មបំបែកដោយកម្តៅនៃសមាសធាតុមួយចំនួន និងការរំលាយក្រាមសមាសធាតុអ៊ីយ៉ូនិចក្នុងទឹក។

ឧទាហរណ៍ ៖ ប្រតិកម្មបំបែក និងរំលាយក្រាមសមាសធាតុអ៊ីយ៉ូនិចក្នុងទឹកនៅសីតុណ្ហភាពខ្ពស់

$$\text{ថាមពល} + HgO_{(s)} \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$$



(ក) (ខ)

រូបភាពទី៦. (ក)ដំណើរការប្រតិកម្មស្រូបកម្តៅ (ខ)ក្រាហ្វិកប្រតិកម្មស្រូបកម្តៅ

១.១.១ លក្ខណៈសម្គាល់នៃប្រតិកម្មស្រូបកម្តៅ

- ផលិតផលដែលទទួលបានមានថាមពលខ្ពស់ជាងថាមពលអង្គធាតុប្រតិករ (ΔH វិជ្ជមាន)
- ថាមពលបញ្ចេញក្នុងការបង្កើតសម្ព័ន្ធតិចជាងថាមពលស្រូបចូលសម្រាប់បណ្តាច់សម្ព័ន្ធ
- សីតុណ្ហភាពទាបជាងមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ

លំហាត់អនុវត្ត

១.ចូរសរសេរសមីការប្រតិកម្មបំបែកដោយកម្តៅនៃ $CaCO_3$

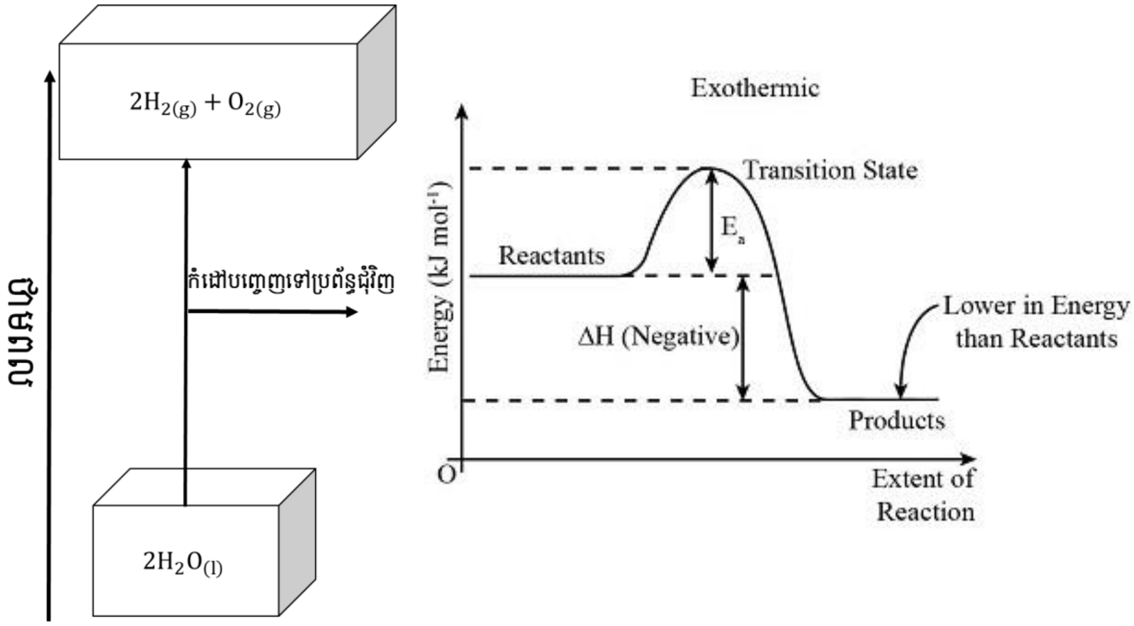
២. ចូរសរសេរសមីការរំកាយក្នុងទឹកនៃ $NaNO_{3(aq)}$

១.២ ប្រតិកម្មបញ្ចេញកម្តៅ

ប្រតិកម្មបញ្ចេញកម្តៅ គឺជាលំនាំមួយដែលថាមពលកម្តៅត្រូវបានផ្ទេរពីប្រព័ន្ធទៅមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ។

ឧទាហរណ៍ ៖ ប្រតិកម្មចំហេះរវាងអ៊ីដ្រូសែននិងអុកស៊ីសែន

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} + \text{ថាមពល}$$



(ក) (ខ)

រូបភាពទី៧ (ក)ដំណើរការប្រតិកម្មបញ្ចេញកម្តៅ (ខ)ក្រាហ្វិកប្រតិកម្មបញ្ចេញកម្តៅ

១.២.១ លក្ខណៈសម្គាល់នៃប្រតិកម្មបញ្ចេញកម្តៅ

- សីតុណ្ហភាពកើនដល់មជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ
- ផលិតផលដែលទទួលបានមានថាមពលទាបជាងថាមពលអង្គធាតុត្រូវតិករ ($\Delta H < 0$)
- ថាមពលដែលបញ្ចេញក្នុងការបង្កើតសម្ព័ន្ធច្រើនជាងថាមពលស្រូបចូលសម្រាប់បណ្តាច់សម្ព័ន្ធ

១.៣ ប្រតិកម្មអាទែមិច

- ប្រតិកម្មអាទែមិច គឺជាលំនាំនៃប្រតិកម្មដែលមិនស្រូប និងមិនបញ្ចេញថាមពលកម្តៅ។
- ឧទាហរណ៍ ៖ ប្រតិកម្មអេស្ទែកម្ម

$$CH_3COOH + CH_3OH \rightarrow CH_3COOCH_3 + H_2O$$

២. កម្តៅកំណា

កម្តៅកំណា គឺជាកម្តៅនៃប្រតិកម្មបន្សំរបស់សមាសធាតុមួយពីអង្គធាតុទោលដែលមានភាពស៊ប់បំផុតនៃបណ្តាធាតុគីមីនៃអង្គធាតុនោះដែលកើតនៅសីតុណ្ហភាពមួយកំណត់ជាក់លាក់ ។

ឧទាហរណ៍ ៖ កម្តៅកំណា ($\overline{Q_f}$)នៃ $CaCO_3$

$$Ca_{(s)} + C_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow CaCO_3(\overline{Q_f})$$

- ***វិធានគណនាកំដៅនៃប្រតិកម្មគីមីតាមរយៈកំដៅកំណា***

ឧទាហរណ៍ ៖ គណនាកម្តៅនៃប្រតិកម្ម $AB + CD \rightarrow ABC + D$ គេឲ្យសមីការ

$$A + B \rightarrow AB\ (\bar{Q}\text{AB})(1)$$

$$C + D \rightarrow CD(\bar{Q}\text{CD})\ (2)$$

$$A + B + C \rightarrow ABC\ (\bar{Q}\text{ABC})\ (3)$$

៣. កម្តៅចំហេះ

កម្តៅចំហេះ គឺជាផលកម្តៅ1mol របស់អង្គធាតុទោល ឬអង្គធាតុសមាសដោយអុកស៊ីសែនរហូតដល់អុកស៊ីតខ្ពស់បំផុតដែលត្រូវនឹងវា។

ឧទាហរណ៍ ៖$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O\ (\overline{Q_c})$

- **វិធានគណនាកម្តៅនៃប្រតិកម្មគីមីតាមបែបកម្តៅចំហេះ**

Ex. គណនាផលកម្តៅនៃប្រតិកម្ម

$$C_2H_4 + H_2 \rightarrow C_2H_6 + \overline{Q_x}$$

គេឲ្យសមីការចំហេះ ដូចខាងក្រោម

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O + \overline{Q_1}$$

$$C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O + \overline{Q_2}$$

$$2CO_2 + 3H_2O \rightarrow C_2H_6 + \frac{7}{2}O_2 - \overline{Q_3}$$

$$C_2H_4 + H_2 \rightarrow C_2H_6 + \overline{Q_1} + \overline{Q_2} - \overline{Q_3}$$

ដូចនេះ $\overline{Q_x} = \overline{Q_1} + \overline{Q_2} - \overline{Q_3}$

ចំណាំ ៖ កាលណាយើងប្តូរទិសដៅនៃប្រតិកម្ម នោះកំដៅកំណ ឬកំដៅចំហេះ នៃប្រតិកម្មត្រូវប្តូរ សញ្ញា។

- បើ$\overline{Q_p} > 0$ ប្រតិកម្មបញ្ចេញកំដៅ
- បើ $\overline{Q_p} < 0$ ប្រតិកម្មស្រូបកំដៅ

៤. អង់តាល់ពី

អង់តាល់ពីជាលក្ខណៈ អ៊ិចស្តង់ស៊ីវ ដែលទំហំរបស់វាអាស្រ័យ និងបរិមាណនៃវត្ថុមានសារជាតុ ។ អង់តាល់ពីតាងដោយសញ្ញា H

- គេមិនអាចកំណត់អង់តាល់ពីនៃសារជាតុបានទេ តែគេអាចវាស់បម្រែបម្រួលអង់តាល់ពីដែលតាងដោយ ΔH បាន

  គេសរសេរបាន

$$\Delta H = H_{\text{អង្គធាតុកកើត}} - H_{\text{អង្គធាតុប្រតិករ}}$$

- អង់តាល់ពីនៃប្រតិកម្មអាចវិជ្ជមាន ឬអវិជ្ជមានអាស្រ័យលើលំនាំ ស្រូបកម្តៅ និងបញ្ចេញកម្តៅ

៥.ការគណនាកម្តៅនៃប្រតិកម្ម តាមកម្តៅកំណ និងកម្តៅចំហេះ

- របៀបគណនាកម្តៅនៃប្រតិកម្ម(អង់តាល់ពីកំណស្តង់ដារ)

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

- ដែល $a.\ b.\ c$ និង d ជាមេគុណស្ទីស្យូមេទ្រីសំរាប់ប្រតិកម្មនេះគេសរសេរ ៖

$$\Delta H^\circ_{rxn} = \left[c\Delta H^\circ_f(C) + d\Delta H^\circ_f(D)\right] - \left[a\Delta H^\circ_f(A) + b\Delta H^\circ_f(B)\right]$$

- ដែល $a. b. c$ និង d ជាចំនួនម៉ូល សមីការ អាចសរសេរ ៖

$$\Delta H^{\circ}{}_{rxn} = \sum \boldsymbol{n}\, \Delta H^{\circ}{}_{f}(\text{ផលិតផល}) - \sum \boldsymbol{m} \Delta H^{\circ}{}_{f}(\text{ធាតុប្រតិករ})$$

- (m និង n ជាមេគុណស្តូស្យូមេទ្រីនៃធាតុប្រតិករនិងផលិតផល)

៦.ច្បាប់ហេស្ស (Hess's Law) គឺជាគោលការណ៍នៃម៉ូឌីណាមិច

ច្បាប់របស់ Hess ចែងថា ប្រសិនបើដំណើរការមួយអាចត្រូវបានបញ្ជាក់ជាផលបូកនៃជំហានពីរ ឬច្រើននោះ ការផ្លាស់ប្តូរ enthalpy សម្រាប់ដំណើរការទាំងមូល គឺជាផលបូកនៃតម្លៃ ΔH សម្រាប់ជំហាននីមួយៗ។ ដើម្បីប្រើច្បាប់របស់ Hess គោលការណ៍ពីរត្រូវ៖

1. ប្រសិនបើសមីការត្រូវបានបញ្ច្រាស សញ្ញានៃតម្លៃ ΔH ក៏ត្រូវបានបញ្ច្រាស់ដែរ។
2. ប្រសិនបើសមីការមួយត្រូវបានគុណដោយមេគុណ នោះតម្លៃ ΔH ត្រូវបានគុណនឹងមេគុណដូចគ្នា។

៧. អនុវត្តច្បាប់ Hess

យើងមានសមីការដូចខាងក្រោម

ប្រតិកម្ម	សមីការ	ΔH^0 (Kj/mol)
W	$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$	-92
X	$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$	-572
Y	$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$	66
Z	$2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)}$	?

ដោយប្រើសមីការខាងលើ ចូរកំណត់តម្លៃនៃ ΔH^o_{rxn}សម្រាប់ប្រតិកម្ម z ។

<u>ចម្លើយ</u>

កំណត់តម្លៃនៃ ΔH^o_{rxn}សម្រាប់ប្រតិកម្ម z

គេមានសមីការដូចខាងក្រោម៖

ប្រតិកម្ម	សមីការ	ΔH^0 (Kj/mol)
W	$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$	-92
X	$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$	-572
Y	$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$	66
Z	$2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)}$	?

ដោយយើងចង់បានសមីការ

Z	$2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)}$

យើងត្រូវត្រឡប់សមីការប្រតិកម្ម w , x , y

គេបាន

$2NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$	$\Delta H^0 = 92$ Kj/mol
$4H_2O_{(g)} \rightarrow 4H_{2(g)} + 2O_{2(g)}$	$\Delta H^0 = 1144$ Kj/mol
$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$	$\Delta H^0 = 66$ Kj/mol
$2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)}$	$\Delta H^0 = 1302$ Kj/mol

ដូចនេះ $\Delta H^o_{rxn} = 1302KJ/mol_{rxn}$

វិធីផ្ទាល់

វិធីផ្ទាល់ ΔH^o_f នេះ គឺសំដៅទៅលើសមាសធាតុ ដែលអាចងាយសំយោគ ឡើងពីជាតុផ្សំរបស់វា។

ឧបមាថា បើយើងចង់ដឹងអង់តាល់ពីកំណស្តង់ដារនៃ CO_2 យើងត្រូវវាស់អង់តាល់ពីប្រតិកម្មគីមីនៅពេលដែលកាបូន(ក្រាភីត) និងអុកស៊ីសែនម៉ូលេគុល នៅក្នុងភាពស្តង់ដាររបស់វាត្រូវបាន បំប្លែងទៅជាកាបូនឌីអុកស៊ីតនៅក្នុងភាពស្តង់ដាររបស់វាផងដែរ ៖

$$C\ (\text{ក្រាភីត}) + O_2\,(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H^o_{rxn} = -393.5kJ/mol$$

ចំហេះនេះប្រព្រឹត្តិទៅយ៉ាងងាយស្រួល

តាមសមីការខាងលើយើងអាចសរសេរបាន

$$\Delta H^o_{rxn} = (1mol)\Delta H^o_f(CO_2\ g) - \left[(1mol)\Delta H^o_f\left(C_{\text{ក្រាភីត}}\right) + (1mol)\Delta H^0_f(O_2\ g)\right]$$
$$= -393.5\ kJ/mol$$

ដោយក្រាភីត C និង O ទាំងពីរជាទម្រង់វិសមរូបបិតថេរ នោះអង់តាល់ពីរកំណស្តង់ដារ របស់វា គឺស្មើសូន្យ

គេបាន $\Delta H^o_{rxn} = (1mol)\Delta H^o_f(CO_2\ g) - 0$

$= -393.5kJ/mol$

នាំឱ្យ $\Delta H^o_f(CO_2\ g) = -393.5kJ/mol$

សមាសធាតុផ្សេងៗ ដែលអាចសិក្សាតាមរយៈវិធីផ្ទាល់នេះមាន SF_6 P_4O_{10} និង CS_2 ដែលសមីការសំយោគរបស់វាគេសរសេរបាន

$S\left(\text{ប្រលេពីប៉ែត}\right) + 3F_2(g) \rightarrow SF_6(g)$

$4P\left(\text{ពណ៌សរ}\right) + 5O_2(g) \rightarrow P_4O_{10}(s)$

$C\left(\text{ក្រាភីត}\right) + 2S\ \left(\text{ប្រលេពីប៉ែត}\right) \rightarrow CS_2(l)$

ចូរកំណត់ចំណាំថា $S\left(\text{ប្រលេពីប៉ែត}\right)$ $P\left(\text{ពណ៌សរ}\right)$ ជាវិសមរូបបិតថេរបំផុតនៃស្ពាន់ធ័រ និងផូស្វរនៅសំពាធ 1atm និងសីតុណ្ហភាព 25 ℃ ដូចនេះ $\Delta H^o_f = 0$ ។

វិធីមិនផ្ទាល់

យើងចង់កំណត់អង់តាល់ពីកំណស្តង់ដាររបស់មេតាន ។ យើងអាចតាងសមីការសំយោគពីធាតុរបស់វា ។

$C\left(\text{ក្រាភីត}\right) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$

ប្រតិកម្មនេះមិនអាចកើតឡើងដូចដែលសមីការខាងលើសរសេរទេ ។ គេមិនអាចវាស់បំម្រែបំម្រួលអង់តាល់ពីដោយផ្ទាល់បានទេ ។ យើងត្រូវប្រើវិធីមិនផ្ទាល់ ផ្អែកលើវិធាន *Hess* ។

សមីការដែលទាក់ទងនិង

C H_2 និង CH_4 ជាមួយ O_2 ត្រូវបានគេលើកមកសិក្សា ហើយតម្លៃអង់តាល់ពីនៃប្រតិកម្មនីមួយៗមាន

តម្លៃដូចខាងក្រោម

$(a)\ C(\text{ក្រាភីត}) +\ O_2(g) \rightarrow CO_2(g)\ \ \Delta H^o_{rxn} = -393.5kJ$

$(b)\ 2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O\ (l)\quad \Delta H^o_{rxn} = -571.6kJ$

$(c)\ \ CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow\ \ CO_2(g) + 2H_2O(l)\quad \Delta H^o_{rxn} = -890.4KJ$

ដោយយើងចង់បានសមីការមួយដោយមានតែ $C\ \ H_2$ ជាប្រតិករ ហើយ CH_4ជាផលិតផល

យើងត្រូវត្រឡប់សមីការ (c)ទៅជា

$(d)\ \ CO_2(g) + 2H_2O(l)\quad \rightarrow\ CH_4(g) + 2O_2(g)\ \ \Delta H^o_{rxn} = 890.4KJ$

បូកសមីការ $(a)\ \ (b)\ \ (d)$

(a)	$C_{(\text{ក្រាភីត})} + \not{O}_{2(g)} \rightarrow \not{C}\not{O}_{2(g)}$	ΔH^0 = -393.5 Kj
(b)	$2H_{2(g)} + \not{O}_{2(g)} \rightarrow 2\not{H}_2O_{(g)}$	ΔH^0 = -571.6 Kj
(d)	$\not{C}\not{O}_{2(g)} + 2\not{H}_2\not{O}_{(l)} \rightarrow CH_{4(g)} + 2\not{O}_{2(g)}$	ΔH^0 = 890.4 Kj
(e)	$C_{(\text{ក្រាភីត})} + 2H_{2(g)} \rightarrow CH_{4(l)}$	ΔH^0 = -74.7 Kj

ដូចនេះ ΔH^0 = -74.7 KJ

មេរៀនទី៤ សីតុណ្ហភាពរំពុះ និងសីតុណ្ហភាពកំណកររបស់សូលុយស្យុង

១.សម្ពាធចំហាយឆ្អែតនៃធាតុរំលាយក្នុងសូលុយស្យុង

សម្ពាធចំហាយ គឺជារង្វាស់នៃទំនោររបស់វត្ថុមួយក្នុងការផ្លាស់ប្តូរ ទៅជាស្ថានភាពនៃឧស្ម័ន ឬចំហាយ ហើយវាកើនឡើងតាមសីតុណ្ហភាព។ សីតុណ្ហភាពដែលសម្ពាធចំហាយ នៅលើផ្ទៃអង្គធាតុរាវស្មើនិង សម្ពាធដែលបានបញ្ចេញដោយវត្ថុជុំវិញនោះហៅថា ចំណុចរំពុះនៃអង្គធាតុរាវ។

ចំហាយលំនឹង ដែលត្រូវនឹងសូលុយស្យុងរាវ គេហៅថាចំហាយឆ្អែតនៃសូលុយស្យុង ។ បើសីតុណ្ហភាព និងសម្ពាធខាងក្រៅថេរ សូលុយស្យុងរាវស្ថិតក្នុងភាពលំនឹង ជាមួយនឹងចំហាយរបស់វា គឺបានន័យថា ចំនួនម៉ូលហើរចេញពីផាសរាវទៅជាចំហាយ ស្មើនឹងចំនួនម៉ូលកំណ ជាញើសពីផាសចំហាយមកផាសរាវក្នុងមួយខ្នាតពេល។

សម្ពាធចំហាយឆ្អែត គឺជាសម្ពាធនៃចំហាយទឹកនៅក្នុងលំនឹងជាមួយ នឹងអង្គធាតុរាវ នៅសីតុណ្ហភាព ដែលបានផ្តល់អោយ។ វាមិនអាស្រ័យលើបរិមាណនៃអង្គធាតុរាវ ទំហំផ្ទៃរបស់វា រូបរាងរបស់វានោះទេ ប៉ុន្តែវាអាស្រ័យតែលើសីតុណ្ហភាព និងធម្មជាតិនៃអង្គធាតុរាវប៉ុណ្ណោះ។ សម្ពាធចំហាយឆ្អែតនៃអង្គធាតុរាវ (សុទ្ធ) គឺថេរ។ សម្ពាធចំហាយឆ្អែតនៃ ល្បាយនៃអង្គធាតុរាវ (ប្រេងសាំង ប្រេងកាត។ ល។) នៅសីតុណ្ហភាពដូចគ្នា អាស្រ័យលើសមាសភាពនៃល្បាយ។

សម្ពាធចំហាយឆ្អែត នៃអង្គធាតុរាវកើនឡើងជាមួយនឹងការកើនឡើងសីតុណ្ហភាព ហើយភ្លាមៗ នៅពេលដែលវាស្មើនឹងសម្ពាធបរិយាកាស អង្គធាតុរាវនឹងពុះ។ នៅសម្ពាធ ខាងក្រៅដូចគ្នា អង្គធាតុរាវពុះនៅសីតុណ្ហភាពខុសៗគ្នា ដោយសារវាមានសម្ពាធចំហាយ មិនស្មើគ្នា។

២.សីតុណ្ហភាពរំពុះអង្គធាតុរាវសុទ្ធ

ចំណុចរំពុះនៃសារធាតុសុទ្ធ គឺជាសីតុណ្ហភាពដែលសារធាតុផ្លាស់ប្តូរ ពីអង្គធាតុរាវ ទៅជាឧស្ម័ន។ សារធាតុសុទ្ធមានចំណុចរលាយ និងរំពុះនៅសីតុណ្ហភាពមួយ។

គ្រប់អង្គធាតុរាវពេលសម្ពាធចំហាយឆ្អែត ស្មើនឹងសម្ពាធខាងក្រៅ នោះអង្គធាតុរាវ នឹងចាប់ផ្តើមពុះ។ អង្គធាតុសុទ្ធមានសីតុណ្ហភាពរំពុះថេរជានិច្ច បើសម្ពាធខាងក្រៅមិនប្រែប្រួល។

ឧទាហរណ៍៖ ទឹកមានចំណុចរំពុះនៅសីតុណ្ហភាព១០០អង្សារសេ។

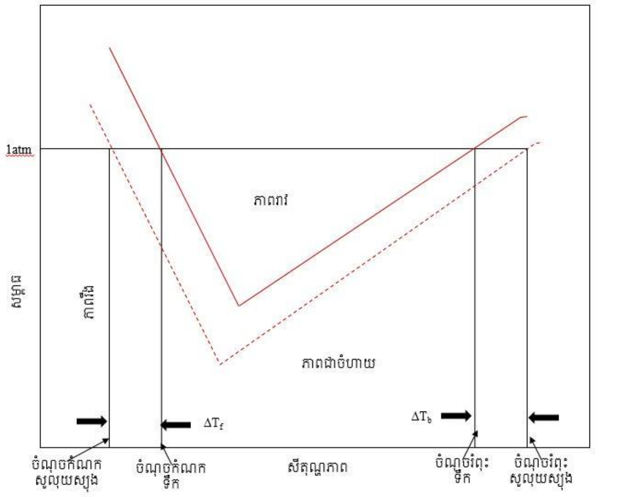
៣.សីតុណ្ហភាពរំពុះរបស់សូលុយស្យុង

ចំណុចរំពុះរបស់សូលុយស្យុងគឺជាសីតុណ្ហភាពដែលសំពាធចំហាយរបស់វាស្មើនឹង សំពាធចំហាយរបស់បរិយាកាស។ ដោយសារវត្តមានរបស់ធាតុរំលាយមិនហើរបន្ថយ សំពាធរបស់សូលុយស្យុង វាត្រូវតែមានឥទ្ធិពលទៅលើចំណុចរំពុះរបស់សូលុយស្យុងដែរ។

សូលុយស្យុងមានសីតុណ្ហភាពប្រែប្រួលជានិច្ចទោះបីជា សម្ពាធខាងក្រៅមិនប្រែប្រួលក៏ដោយ ។ សូលុយស្យុងមានសីតុណ្ហភាពរំពុះខ្ពស់ជាង សីតុណ្ហភាពរបស់អង្គធាតុរាវជានិច្ច។

- ចំណាំ ៖កាលណាកំហាប់របស់សូលុយស្យុងកាន់តែធំ សីតុណ្ហភាពរំពុះរបស់សូលុយស្យុងកាន់តែខ្ពស់។

ដ្យាក្រាមផាសដែលបង្ហាញពីការឡើងចំណុចរំពុះ របស់សូលុយស្យុងទឹក។ ខ្សែកោងដាច់ៗគឺ សម្រាប់សូលុយស្យុង និងខ្សែកោងជាប់គឺសម្រាប់ ធាតុរលាយសុទ្ធ។ ចំណុចរំពុះរបស់សូលុយស្យុង គឺធំជាងទឹក។



៤.រូបមន្តកំណើនសីតុណ្ហភាពរំពុះ

និយមន័យ៖ កម្រិតកំណើនសីតុណ្ហភាពរំពុះ របស់សូលុយស្យុងសមាមាត្រ ជាមួយនឹងកំហាប់ម៉ូឡាលីតេរបស់សូលុយស្យុង។

ការឡើងចំណុចរំពុះ (ΔT_b) ត្រូវបានកំណត់ដោយចំណុចរំពុះរបស់សូលុយស្យុង(Tb) ដកចំណុចរំពុះធាតុរំលាយសុទ្ធ(T_b^0)

$$\Delta T_b = T_b - T_b^0$$

ដោយ $T_b > T_b^0$ នោះ ΔT_bមានតម្លៃវិជ្ជមាន។

➢ តម្លៃΔT_b សមាមាត្រទៅនឹងការបន្ថយសំពាធចំហាយ ហើយវាក៏សមាមាត្រ ទៅនឹងកំហាប់របស់សូលុយស្យុងដែរ។

$$\Delta T_b = K_b m$$

ដែល m គឺជាម៉ូឡាលីតេរបស់សូលុយស្យុង

ហើយ K_b គឺជាថេររំពុះ

ខ្នាតរបស់ K_bគឺ °C/m

❖ តារាងទី១៖ បង្ហាញពីចំណុររំពុះ និងថេររំពុះរបស់អង្គធាតុរាវមួយចំនួន វាស់នៅសំពាធ1atm

ធាតុរំលាយ	ចំណុចរំពុះ ^0C	K_b
ទឹក	100	0.55
បង់សែន	80.1	2.53
អេតាណុល	78.4	1.22
អាស៊ីតអាសេទិច	117.6	2.93
ស៊ីក្លូអិចសាន	80.7	2.79

៥.សីតុណ្ហភាពកំណកបេស់អង្គធាតុរាវសុទ្ធ

កំណក គឺជាលំនាំដែលភាពរាវប្លែងទៅជារឹង។ ពេលដែលរូបធាតុរាវចុះត្រជាក់ សីតុណ្ហភាពវាថយចុះរហូតដល់ចំណុចកំណក។

- សីតុណ្ហភាពកំណករបស់អង្គធាតុសុទ្ធឥតប្រែប្រួល បើសម្ពាធខាងក្រៅមិនប្រែប្រួល

➢ ឧទាហរណ៍៖ទឹក កកនៅសីតុណ្ហភាព0°C។

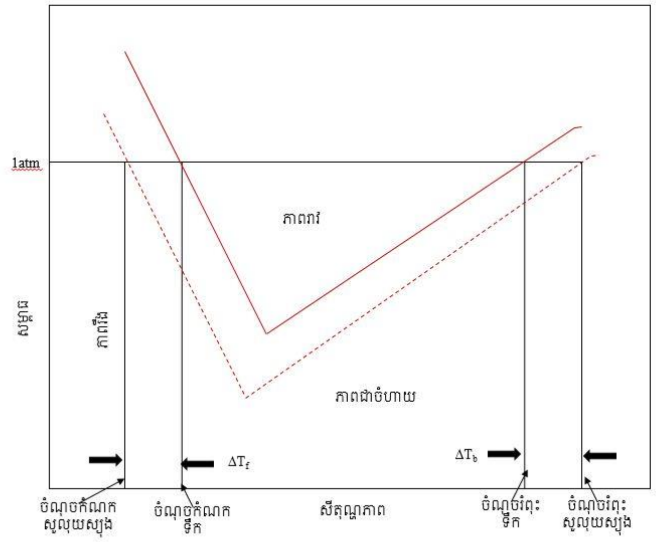
៦.សីតុណ្ហភាពកំណករបស់សូលុយស្យុង

ពេលសម្ពាធខាងក្រៅមិនប្រែប្រួល កំរិតតំហយចុះនៃសីតុណ្ហភាពរបស់សូលុយស្យុង រហូតដល់មានកំណក ក្រាមធាតុរលាយចាប់ផ្តើមកកើត។ សីតុណ្ហភាពនេះគេហៅថាសីតុណ្ហភាពកំណក។

- សីតុណ្ហភាពកំណករបស់សូលុយស្យុងប្រែប្រួលជាប់ជានិច្ច គឺថយចុះសន្សឹមៗ ពេលចាប់ផ្តើមមានកំណក ទោះបីសម្ពាធខាងក្រៅមិនប្រែប្រួលក៏ដោយ។

- សីតុណ្ហភាពកំណករបស់សូលុយស្យុងតូចជាងសីតុណ្ហភាពកំណករបស់ធាតុ រំលាយសុទ្ធជានិច្ច។

ដ្យាក្រាមផាសដែលបង្ហាញពីការចុះចំណុចកំណក របស់សូលុយស្យុងទឹក។ ខ្សែកោងដាច់ៗគឺសម្រាប់ សូលុយស្យុង និងខ្សែកោងជាប់ គឺសម្រាប់ធាតុរលាយសុទ្ធ។ ចំណុចកំណករបស់សូលុយស្យុងគឺតូចជាងទឹក។



៧.រូបមន្តគំហយចុះសីតុណ្ហភាពកំណករបស់សូលុយស្យុង

ការចុះចំណុចកំណក(ΔT_f) ត្រូវបានកំណត់ដោយចំណុចកំណករបស់ធាតុ រំលាយសុទ្ធ(T_f^0) ដកចំណុចកំណករបស់សូលុយស្យុង(T_f)។

$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f$$

ដោយ $T_f^0 > T_f$ នោះ ΔT_f មានតម្លៃវិជ្ជមាន។

ហើយ ΔT_f សមាមាត្រទៅនឹងកំហាប់សូលុយស្យុង៖ $\Delta T_f = k_f m$

ដែល m គឺជាកំហាប់របស់ធាតុរលាយជាខ្នាតម៉ូឡាលីតេ។

k_f គឺជា ថេរកំណក (°C/m)

❖ តារាងទី២៖ បង្ហាញពីចំណុចកំណាក និងថេរកំណាករបស់អង្គធាតុរាវមួយចំនួន វាស់នៅសំពាធ 1atm

ធាតុរំលាយ	ចំណុចកំណាក ^{0}C	K_f
ទឹក	0	1.56
បង់សែន	5.5	5.12
អេតាណុល	117.3	1.99
អាស៊ីតអាសេទិច	16.6	3.90
ស៊ីក្លូអិចសាន	6.6	20.0

ឧទាហរណ៍៖ អេទីឡែនគ្លីកុល $CH_2(OH)CH_2(OH)$គឺជាសារធាតុប្រឆាំងកំណាកសំរាប់ រថយន្ត។ វាជាសារធាតុដែលរលាយក្នុងទឹក និងមិនហើរគួរសម(ចំណុចរំពុះ197℃)។ ចូរគណនាចំណុចកំណាកនិងចំណុចរំពុះរបស់របស់សូលុយស្យុងដែលរួមមានសារធាតុនេះ651g នៅក្នុងទឹក2505g។ ម៉ាសម៉ូលរបស់អេទីឡែនគ្លីកុលស្មើរ 62.01g/mol? ថេរកំណាកk_f=1.86℃/m, ថេររំពុះ k_b=0.52℃/m

ចម្លើយ

❖ គណនាចំណុចកំណាករបស់របស់សូលុយស្យុង

តាមរូបមន្ត $\Delta T_f = k_f$m

ដំបូងយើងត្រូវគណនាកំហាប់ម៉ូឡាលីតេរបស់សូលុយស្យុង

កំហាប់ម៉ូឡាលីតេ = $\frac{\text{ម៉ូលធាតុរលាយ}(mol)}{\text{ម៉ាសធាតុរំលាយ}(kg)} = \frac{651g}{62.01g/mol \times 2.505kg}$= 4.19m

ថេរកំណាកk_f=1.86℃/m

គេបាន ΔT_f= (1.86)(4.19)= 7.79℃

តែ$\Delta T_f = T_f^0$ - T_f នាំឱ្យ $T_f = T_f^0$ - ΔT_f

ដោយទឹកកកនៅសីតុណ្ហភាព0℃

គេបានT_f= 0 – 7.79 = -7.79℃

ដូចនេះសូលុយស្យុងនឹងកកនៅសីតុណ្ហភាពស្មើ -7.79℃ ។

❖ គណនាចំណុចរំពុះរបស់របស់សូលុយស្យុង

តាមរូបមន្ត ΔT_b = K_bm

ដោយកំហាប់ម៉ូឡាលីតេ= 4.19m

ថេររំពុះ k_b=0.52℃/m

គេបាន ΔT_b = (4.19)(0.52)= 2.2℃

តែ ΔTb =Tb - T_b^0 នាំឱ្យ T_b = ΔTb + T_b^0

ដោយសារទឹកពុះនៅសីតុណ្ហភាព100℃

គេបាន T_b= 100℃ + 2.2℃ = = 102.2℃

ដូចនេះសូលុយស្យុងនឹងពុះនៅសីតុណ្ហភាព= 102.2℃។

មេរៀនទី៥ អង់ត្រូពី និងថាមពលសេរី

១.អង់ត្រូពី

ដើម្បីធ្វើការព្យាករណ៍ពីប្រតិកម្មកើតឯង ក្នុងមេរៀននេះ យើងត្រូវសិក្សាអំពី អង់ត្រូពី ដែលតាងដោយ (S)។ អង់ត្រូពី (S) គឺត្រូវបានប្រើដើម្បីប្រាប់ ឬទស្សន៍ទាយពីភាពគ្មានសណ្តាប់ធ្នាប់របស់ប្រព័ន្ធ ដែលកាលណាតម្លៃអង់ត្រូពីកាន់តែខ្ពស់ នោះភាពគ្មានសណ្តាប់ធ្នាប់ក្នុងប្រព័ន្ធក៏កាន់តែច្រើន។ ពាក្យថាអង់ត្រូពី មានប្រភពមកពី ពាក្យក្រិក ថា កំណាត់ទិសដៅ។

តារាង តម្លៃអង់ត្រូពីស្តង់ដា S^0 (J/K.mol) អង្គធាតុមួយចំនួនដែលបានជ្រើស

សារធាតុ	អង់ត្រូពីស្តង់ដា S^0 (J/K.mol)
$H_2O_{(l)}$	69.9
$H_2O_{(g)}$	188.7
$Br_{2(l)}$	152.3
$Br_{2(g)}$	245.3
$I_{2(s)}$	116.7
$I_{2(g)}$	260.6
C(ពេជ្រ)	3.44
C(ក្រាភីត)	5.69
$He_{(g)}$	126.1
$Ne_{(g)}$	146.2

២.ច្បាប់ទី១នៃទែម៉ូឌីណាមិច

ដោមូលដ្ឋានគ្រឹះទៅលើច្បាប់រក្សាថាមពល ដែលពោលថា ថាមពលអាចត្រូវបានបំប្លែងពីទំរង់មួយទៅទំរង់មួយទៀត ប៉ុន្តែមិនអាចត្រូវបានបង្កើតឬត្រូវបានបំផ្លាញនោះទេ។ ក្នុងច្បាប់នេះ គេអាចបញ្ជាក់ពីសុពលភាពនៃច្បាប់ដំបូងនៃទែម៉ូឌីណាមិច ដោយគ្រឹមតែវាស់បំរែបំរួលថាមពលក្នុងប្រព័ន្ធមួយ រវាងលក្ខខណ្ឌដើម និងលក្ខខណ្ឌបញ្ចប់របស់វា ហើយបំរែបំរួលថាមពលខាងក្នុង ΔE ត្រូវបានផ្តល់ដោយ $\Delta E = E_f - E_i$

ឧទាហរណ៍៖ចូរពិនិត្យប្រតិកម្មរវាង 1mol នៃស្ពាន់ធ័រ និង 1mol នៃអុកស៊ីសែនបង្កើតបាន 1mol នៃស្ពាន់ធ័រឌីអុកស៊ីត។ គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងប្រព័ន្ធ(ΔE)។

ចម្លើយ

គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងប្រព័ន្ធ(ΔE)

សមីការតាងប្រតិកម្ម $S_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)}$

តាមរូបមន្តៈ $\Delta E = E_f - E_i$

$=$ ថាមពល $1mol\ SO_2$ $-($ ថាមពល$1mol\ S$ $+$ ថាមពល$1mol\ O_2)$

$\Delta E = -1mol$

ការបកស្រាយការបញ្ចេញកម្ដៅប្រតិកម្មខាងលើ គឺថាថាមពលគីមីខ្លះរបស់អង្គធាតុប្រតិករត្រូវបានប្ដូរទៅជាថាមពលកម្ដៅ។ ដូចនេះ យើងអាចសន្និដ្ឋានបានថា ការផ្ទេរថាមពលពីអង្គធាតុប្រតិករទៅមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញមិនធ្វើឱ្យប្រែប្រួលដល់ថាមពលសរុបរបស់ចក្រវាឡទេ។

គេបាន ផលបូកនៃបម្រែបម្រួលថាមពលត្រូវតែស្មើសូន្យ។

$$\Delta E_{(system)} + \Delta E_{(surrounding)} = 0$$

$$\Delta E_{(system)} = -\Delta E_{(surrounding)}$$

នៅក្នុងគីមីវិទ្យា គេសិក្សាទៅលើបម្រែបម្រួលដែលទាក់ទងទៅនឹងប្រព័ន្ធ(អង្គធាតុប្រតិករ និង អង្គធាតុកកើត)។ គេបានរូបមន្តៈ $\Delta E = q + W$

៣.ច្បាប់ទីពីរនៃទែម៉ូឌីណាមិច

ច្បាប់ទីពីរនៃទែម៉ូឌីណាមិចៈ គឺជាទំនាក់ទំនងគ្នារវាងអង់ត្រូពី និង ប្រតិកម្មកើតឡើងឯកឯងដោយអង់ត្រូពីនៃសកលកើនឡើងក្នុងលំនាំឯកឯង និងនៅសល់មិនប្រែប្រួលក្នុងលំនាំលំនឹង។ ការភ្ជាប់គ្នារវាងអង់ត្រូពី និង ប្រតិកម្មកើតឡើងឯកឯង គឺត្រូវបង្ហាញឡើងដោយ **ច្បាប់ទីពីរនៃទែម៉ូឌីណាមិច ៖**

$$\Delta S_{uni} = \Delta S_{sys} + \Delta S_{surr} > 0$$ (លំនាំកើតឡើងឯកឯង)

សម្រាប់លំនាំកើតឡើងឯកឯងគឺ តម្លៃនៃបម្រែបម្រួលអង់ត្រូពី ក្នុងសកលត្រូវតែធំជាងសូន្យ ប៉ុន្តែសម្រាប់តម្លៃ នៃបម្រែបម្រួលអង់ត្រូពីក្នុងប្រព័ន្ធ និង មជ្ឈដ្ឋានជុំវិញអាចមានតម្លៃអវិជ្ជមាន(តែចំពោះផលបូក គឺធំជាងសូន្យ)។

$$\Delta S_{uni} = \Delta S_{sys} + \Delta S_{surr} < 0$$ (ការប្រព្រឹត្តទៅនៃលំនឹង)

ក្នុងករណីនេះ តម្លៃនៃបម្រែបម្រួលអង់ត្រូពីក្នុងប្រព័ន្ធ និងក្នុងមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញគឺស្មើគ្នា ប៉ុន្តែមានសញ្ញាផ្ទុយគ្នា។

(ΔS_{uni} បម្រែបម្រួលអង់ត្រូពីក្នុងសកល , ΔS_{sys} បម្រែបម្រួលអង់ត្រូពីក្នុងប្រព័ន្ធ , ΔS_{surr} បម្រែបម្រួលអង់ត្រូពីក្នុងមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ)

៤.បណ្តូរអង់ត្រូពីក្នុងប្រព័ន្ធ

❖ ឧបមាថា ប្រព័ន្ធត្រូវបានតំណាងដោយប្រតិកម្មដូចតទៅ៖

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

$$\Delta S^0_{rxn} = [\, c\, s^0(C) + d s^0\,(D)\,] - [\, a\, s^0\,(A) + b\, s^0\,(B)]$$

ជាទូទៅ គេប្រើ ដើម្បីតំណាងអោយ ផលបូក ហើយ m និង n សម្រាប់មេគុណស្មើត្យូមេទ្រីក្នុងប្រតិកម្ម ៖

$$\Delta S^0_{rxn} = \Delta S^0_{rxn} = \sum n\, s^0(\text{ផលិតផល}) - \sum m\, s^0(\text{អង្គធាតុប្រតិករ})$$

តម្លៃនៃអង់ត្រូពីស្តង់ដារនៃចំនួនដ៏ច្រើននៃសមាសធាតុត្រូវបានវាស់គិតជា (J/K.mol)

ឧទាហរណ៍ទី១៖ គណនាបណ្តូរអង់ត្រូពីស្តង់ដា សម្រាប់ប្រតិកម្មដូចតទៅ នៅ 25℃

a) $CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO + CO_2$
b) $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$
c) $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$

ចម្លើយ: គណនាបណ្តូរអង់ត្រូពីស្តង់ដា

$$\Delta S^0_{rxn} = [\, c\, s^0(C) + d s^0\,(D)\,] - [\, a\, s^0\,(A) + b\, s^0\,(B)]$$

a) $\Delta S^0_{rxn} = [\, c\, s^0(C) + d s^0\,(D)\,] - [\, a\, s^0\,(A) + b\, s^0\,(B)]$

$= [\, s^0(CaO) + s^0(CO_2)] - [s^0(CaCO_3)\,]$

= [(1mol) (39,8 J/Kmol) + (1mol) (9213,6 J/Kmol)] – [(1mol) (92,9 J/Kmol)]

= 160,5 J/K

ដូច្នេះកាលណា 1mol នៃ $CaCO_3$ បំបែកអោយទៅជា 1mol នៃ CaO និង 1molនៃ ឧស្ម័ន CO2 មានការកើនឡើងអង់ត្រូពីស្មើទៅនឹង 160,5 J/K

b) ΔS^0_{rxn} = [(2mol) (193 J/Kmol)] –[(1mol) (192 J/Kmol) + (3mol) (131 J/Kmol)]
= -199 J/K

ដូច្នេះការកកើតឡើង 2mol នៃ ឧស្ម័ន NH_3 ពី 1mol នៃឧស្ម័ន N_2 និង 3mol នៃឧស្ម័ន H_2 ជាលទ្ធផល អាម៉ូញាក់មានការថយចុះអង់ត្រូពីស្មើទៅនឹង -199 J/K ។

c) ΔS^0_{rxn} = [(2mol) (187 J/Kmol)] –[(1mol) (131 J/Kmol) + (1mol) (223 J/Kmol)]
= 20 J/K

ដូច្នេះការកកើតឡើង 2mol នៃHCl ពី1mol នៃឧស្ម័ន H_2 និង 1mol នៃឧស្ម័ន Cl_2 ជាលទ្ធផល មានការកើនឡើងតិចតួចក្នុងអង់ត្រូពីស្មើនឹង 20 J/K ។

តាមរយៈលទ្ធផលនៃឧទាហរណ៍ខាងលើ គឺដូចទៅ នឹងលទ្ធផលដែលបានអង្កេតសម្រាប់ប្រតិកម្មផ្សេងៗជាច្រើនទៀត ។ យោងទៅតាមលទ្ធផលខាងលើ គេបានបង្កើតច្បាប់ជាទូទៅដូចតទៅ:

- បើផលិតផលប្រតិកម្មមានម៉ូលេគុលឧស្ម័នច្រើនដែលវាប្រើនោះΔS°វិជ្ជមាន
- បើចំនួនសរុបនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័នថយនោះ ΔS° អវិជ្ជមាន
- បើគ្មានការប្រែប្រួលសរុបនៅក្នុងចំនួនសរុបនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័នΔS°អាចវិជ្ជមាន និងអាចអវិជ្ជមានប៉ុន្តែនឹងមានទំនាក់ទំនងតិចតួចជាចំនួនលេខ។

លំហាត់អនុវត្តន៍១

គណនាបណ្តូរអង់ត្រូពីស្តង់ដា សម្រាប់ប្រតិកម្មដូចតទៅ នៅ 25°C

a) $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$
b) $3O_{2(g)} \rightarrow 2O_{3(g)}$
c) $2NaHCO_{3(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

ឧទាហរណ៍ទី២៖ ទាយទុកថា តើបម្រែបម្រួលអង់ត្រូពីនៃប្រព័ន្ធក្នុងប្រតិកម្មដូចតទៅនេះមានសញ្ញា វិជ្ជមានឬ អវិជ្ជមាន

a) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$
b) $NH_4Cl_{(s)} \rightarrow NH_{3(g)} + HCl_{(g)}$
c) $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightarrow 2HBr_{(g)}$

ចម្លើយ

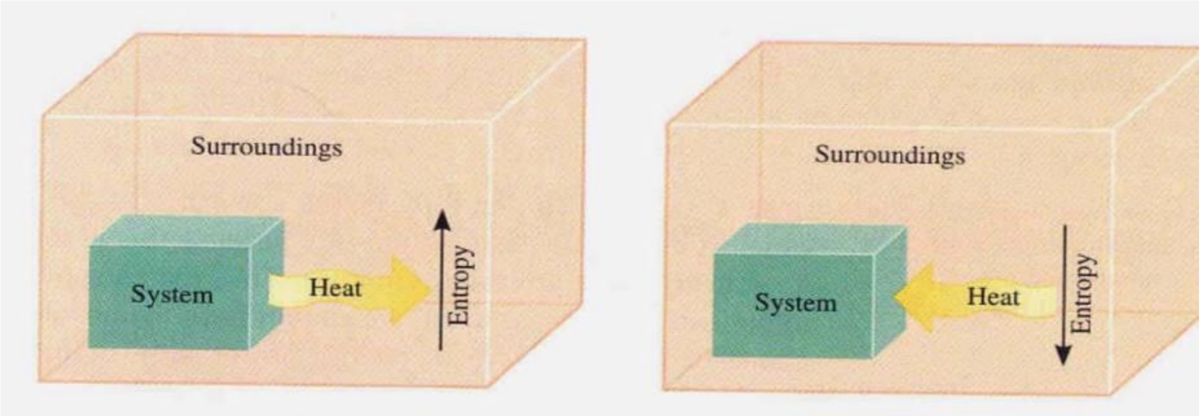
a) ឧស្ម័នពីរចូលប្រតិកម្មទៅជាសណ្ឋានអង្គធាតុរាវ ។ ដូច្នេះ ΔS គឺអវិជ្ជមាន
b) ដោយហេតុថាអង្គធាតុរឹងបានបំបែកទៅជាផលិតផលឧស្ម័នពីរ ។ដូច្នេះ ΔS គឺវិជ្ជមាន
c) យើងឃើញថាចំនួនម៉ូលដូចគ្នានៃឧស្ម័នគឺបានទាក់ទងគ្នាក្នុងអង្គធាតុប្រតិករ ក៏ដូចគ្នាក្នុងផលិតផល។ដូច្នេះ យើងមិនអាចទាយទុកពីសញ្ញានៃ ΔS ប៉ុន្តែយើងដឹងពីការប្រែប្រួលគឺតូចណាស់

លំហាត់អនុវត្តន៍2

ទាយទុកថា តើបម្រែបម្រួលអង់ត្រូពីនៃប្រព័ន្ធក្នុងប្រតិកម្មដូចតទៅនេះមានសញ្ញា វិជ្ជមានឬ អវិជ្ជមាន

a) $I_{2(g)} \rightarrow 2I_{(g)}$
b) $2Zn_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2ZnO_{(s)}$
c) $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)}$

បម្រែបម្រួលអង់ត្រូពីក្នុងមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ



(a) (b)

(a)ជាលំនាំបញ្ចេញកម្តៅ ផ្ទេរកម្តៅពីប្រព័ន្ធទៅមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ និងជាលទ្ធផលក្នុងការកើនឡើងអង់ត្រូពីក្នុងមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ។ (b) លំនាំស្រូបកម្តៅ ស្រូបកម្តៅពីមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ ដូច្នេះមានការថយចុះអង់ត្រូពីនៃមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ។

- លំនាំបញ្ចេញកម្តៅ ៖ កម្តៅដែលបានបញ្ជូនទៅមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ បង្កើនចលនានៃម៉ូលេគុលក្នុងមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ ធ្វើអោយកើនឡើងនូវតម្លៃអង់ត្រូពី។
- លំនាំស្រូបកម្តៅក្នុងប្រព័ន្ធស្រូបកម្តៅ ៖ ធ្វើអោយថយចុះអង់ត្រូពីនៃមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ ព្រោះចលនានៃម៉ូលេគុលថយចុះ។
- លំនាំសម្ពាធថេរ ៖ បម្រែបម្រួលកម្តៅគឺស្មើទៅនឹងបម្រែបម្រួលអង់តាល់ពីនៃប្រព័ន្ធ ΔH_{sys}

ដូច្នេះបម្រែបម្រួលអង់ត្រូពីនៃមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញΔS_{surr}គឺសមាមាត្រទៅនឹង ΔH_{sys} ។

$$\Delta S_{Surr} = \frac{-\Delta Hsys}{T}$$

លំហាត់អនុវត្តន៍

គណនា ΔS_{sys} និង ΔS_{surr} ដើម្បីសំយោគអាម៉ូញាក់។ តើប្រតិកម្មកើតឡើងឯកឯងនៅសីតុណ្ហភាព 25℃ ឬទេ ?

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)} \qquad \Delta H^0 = -92,6\ KJ$$

៥.ច្បាប់ទីបីនៃទែម៉ូឌីណាមិច និង អង់ត្រូពីដាច់ខាត

ច្បាប់ទីបីនៃទែម៉ូឌីណាមិច៖ បានចែងថា អង់ត្រូពីនៃសារធាតុក្រាម ដែលមានទំរង់មិនស្មុគស្មាញ គឺស្មើនឹងសូន្យនៅ 0K ។ ច្បាប់នេះអាចអោយយើង ប្រើដើម្បីកំណត់អង់ត្រូពីដាច់ខាតនៃសារធាតុ។

តាមច្បាប់ទីបីនៃទែម៉ូឌីណាមិច អង់ត្រូពី នៃក្រាមសារធាតុ គឺពិតជាសូន្យនៅតម្លៃដាច់ខាតសូន្យ។

ចំណុចសំខាន់អំពីច្បាប់ទីបីនៃទែម៉ូឌីណាមិច គឺអនុញ្ញាតិអោយយើងធ្វើការកំណត់អង់ត្រូពីដាច់ខាតនៃសារធាតុ។ ការចាប់ផ្តើមជាមួយចំណេះដឹងសម្រាប់អង់ត្រូពីនៃសារធាតុកាលណាបានដុតកម្តៅដល់ 298K ។ បណ្តូរអង់ត្រូពី

$$\Delta S = S_f - S_i \quad (S_i = 0)$$

$$\Delta S = S_f$$

៦.ថាមពលសេរី GIBBS

J.W Gibbs គឺ ជាទ្រឹស្តីវិទូជនជាតិអាមេរិច។ គាត់បានរកឃើញរូបមន្តទែម៉ូឌីណាមិចថ្មី ដែលហៅថា ថាមពល Gibbs តាងដោយ G។ ដោយច្បាប់ទី២ ទែម៉ូឌីណាមិចបានពោលថា៖

$$\Delta S_{univ} = \Delta S_{sys} + \Delta S_{surr} \text{ ហើយ } \Delta S_{univ}$$

ត្រូវតែមានតម្លៃវិជ្ជមានជានិច្ចសម្រាប់ដំណើរការ កើតឡើងឯកឯងទាំងអស់។ ដើម្បីអនុវត្តដំណើរការដែលកើតឡើងឯកឯងនោះគឺ តម្លៃបម្រែ បម្រួលអង់ត្រូពីទាំងពីរត្រូវបានកំណត់។ ម្យ៉ាងវិញទៀត ដើម្បីកាន់តែងាយស្រួលទៅទៀតក្នុង ការពណ៌នាអំពីលក្ខណៈវិនិច្ឆ័យនៃលក្ខខណ្ឌកើតឡើងឯកឯងនៅក្នុងប្រព័ន្ធទែម៉ូឌីណាមិច ដោយមិនគិតពីមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ។ នោះគេបានរូបមន្ត

$$G = H - TS$$

- G ថាមពលសេរី (J or KJ)
- H អង់តាល់ពី (J or KJ)
- T សីតុណ្ហភាព (K=Kevin)
- S អង់ត្រូពីរបស់ប្រព័ន្ធ (J/K)

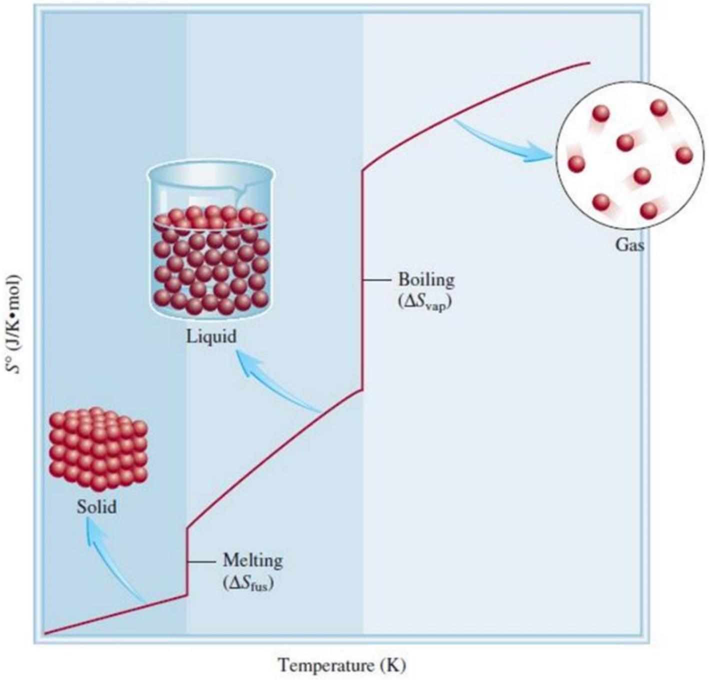
បណ្តូរក្នុងថាមពលសេរី(ΔG)នៃប្រព័ន្ធសម្រាប់លំនាំសីតុណ្ហភាពថេរគឺ

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

- ΔG បម្រែបម្រួលថាមពលសេរី (J or KJ)
- ΔH បម្រែបម្រួលអង់តាល់ពី (J or KJ)
- T សីតុណ្ហភាពដាច់ខាត (K=Kevin)
- ΔS បម្រែបម្រួល
- អង់ត្រូពីរបស់ប្រព័ន្ធ (J/K)

ក្នុងបរិបទនេះថាមពលសេរី គឺជាថាមពលដែលអាចធ្វើកម្មន្ត។ ដូច្នេះ ប្រសិនបើប្រតិកម្ម ដោយផ្នែក គឺតាមជាប់ជាមួយដោយបញ្ចេញថាមពលប្រើការបាន (នៅពេលដែល ΔG អវិជ្ជមាន)។ នេះជាការពិតតែមួយគត់ ជានាថាវាកើតឡើងឯកឯង ហើយមិនត្រូវការបារម្ភអំពីអ្វីដែលនឹង កើតឡើងទៅលើផ្នែកនៅសល់នៃសកល។

- $\Delta G < 0$ ប្រតិកម្មកើតឯកឯងក្នុងទិសដៅស្រប
- $\Delta G > 0$ ប្រតិកម្មគឺមិនកើតឡើងឯកឯង។ ប្រតិកម្មគឺកើតឡើងក្នុងទិសដៅផ្ទុយ
- $\Delta G = 0$ ប្រព័ន្ធស្ថិតក្នុងភាពលំនឹក គ្មានការប្រែប្រួល



រូបភាពទី៨. ក្រាបបម្រែបម្រួលចំនុចរលាយ ចំនុចរំពុះរបស់អង្គធាតុរឹង អង្គធាតុរាវ និងឧស្ម័ន ដែលមានផលធៀបរវាងΔS S^0

តារាងសង្ខេបលក្ខខណ្ឌសម្រាប់ការកើតឡើងឯកឯង និងលំនឹងនៅសីតុណ្ហភាព និងសម្ពាធថេរការអនុវត្តនៃសមីការ

ΔH	ΔS	ΔG	ឧទាហរណ៍
+	+	លំនាំប្រតិកម្មកើតឡើងឯកឯងនៅសីតុ.ខ្ពស់។ សីតុ.ទាបប្រតិកម្មគឺកើតឡើងក្នុងទិសដៅផ្ទុយគ្នា។	$H_{2(g)} + I_{(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$
+	−	ΔG មានតម្លៃវិជ្ជមាន។ ប្រតិកម្មកើតឡើងឯកឯងក្នុងទិសដៅផ្ទុយគ្នា នៅគ្រប់សីតុណ្ហភាព។	$3O_{2(g)} \rightarrow 2O_{3(g)}$
−	+	ΔG មានតម្លៃអវិជ្ជមាន។លំនាំប្រតិកម្មកើតឡើងឯកឯងនៅគ្រប់សីតុណ្ហភាព។	$2H_2O_{2(l)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$
−	−	លំនាំប្រតិកម្មកើតឡើងឯកឯងនៅសីតុ.ភាពទាប។ នៅសីតុ.ភាពខ្ពស់ប្រតិកម្មប្រាស់ទៅជាកើតឡើងឯកឯង។	$NH_{3(g)} + HCl_{(l)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)}$

ដើម្បីទាយទុកពីសញ្ញា ΔG យើងត្រូវស្គាល់ទាំង ΔH និង ΔS។

- បើ ΔH និង ΔS វិជ្ជមាន បន្ទាប់មក ΔG នឹងទៅជាមានតម្លៃអវិជ្ជមាន កាលណាលក្ខខណ្ឌ TΔS គឺធំជាងក្នុងទំហំជាង ΔH។ លក្ខខណ្ឌនេះបានជួបប្រទះកាលណា T មានតម្លៃធំ។
- បើ ΔH វិជ្ជមាន និង ΔS អវិជ្ជមាន នោះ ΔG នឹងជានិច្ចកាលវិជ្ជមាន មិនគិតដល់សីតុណ្ហភាព
- បើ ΔH អវិជ្ជមាន និង ΔS វិជ្ជមាន នោះ ΔG នឹងជានិច្ចកាលអវិជ្ជមាន មិនគិតដល់សីតុណ្ហភាព
- បើ ΔH អវិជ្ជមាន និង ΔS អវិជ្ជមាន នោះ ΔG នឹងអវិជ្ជមាន កាលណាលក្ខខណ្ឌ TΔS គឺតូចជាងក្នុងទំហំជាង ΔH។ លក្ខខណ្ឌនេះបានជួបប្រទះកាលណា T មានតម្លៃតូច។

កត្តាជះឥទ្ធិពលលើសញ្ញានៃ ΔG ក្នុងទំនាក់ទំនង $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

បម្រែបម្រួលថាមពលសេរីស្តង់ដានៃប្រតិកម្ម $\Delta G°_{rxn}$ គឺជាបម្រែបម្រួលថាមពលសេរីសម្រាប់ប្រតិកម្មកាលណាវាកើតឡើងក្រោមលក្ខខណ្ឌភាពស្តង់ដារ។

តារាងសង្ខេបពីការសន្មត់ដោយគីមីវិទូសម្រាប់ភាពស្តង់ដារ

ភាពនៃរូបធាតុ	**ភាពស្តង់ដារ**
ឧស្ម័ន	សម្ពាធ 1atm
អង្គធាតុរាវ	អង្គធាតុរាវសុទ្ធ
អង្គធាតុរឹង	អង្គធាតុរឹងសុទ្ធ
ធាតុ	$\Delta G°_f$(ធាតុ)=0
សូលុយស្យុង	កំហាប់ 1M

ដើម្បីគណនា $\Delta G°_{rxn}$ យើងចាប់ផ្តើមជាមួយសមីការ៖

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

បម្រែបម្រួលថាមពលសេរីស្តង់ដាសម្រាប់ប្រតិកម្មនេះបានឱ្យដោយ៖

$$\Delta G°_{rxn} = \left[c\Delta G°_f(C) + d\Delta G°_f(D)\right] - [a\Delta G°_f(A) + b\Delta G°_f(B)]$$

ឬ $\Delta G°_{rxn} = \sum n\Delta G°_f(products) - \sum m\Delta G°_f(reactants)$

ដែល m និង n ជាមេគុណាស្មើត្យូមេទ្រី។ ហើយ $\Delta G°_f$ គឺជាថាមពលសេរីស្តង់ដារនៃកំណររបស់សមាសធាតុមួយ។

ឧទាហរណ៍ទី១៖ សម្រាប់ប្រតិកម្មចំហេះនៃក្រាហ្វីតគឺ

$$C(\text{ក្រាហ្វីត}) + O_2 \rightarrow CO_2$$

ចូរសរសេរបម្រែបម្រួលថាមពលសេរីស្តង់ដាសម្រាប់ប្រតិកម្មខាងលើ។

ចម្លើយ៖

គេបាន

$$\Delta G°_{rxn} = \left[\Delta G°_f(CO_2)\right] - [\Delta G°_f(C,_{\text{ក្រាហ្វីត}}) + \Delta G°_f(O_2)]$$

ក្នុងករណីកំណរអង់តាល់ពីស្តង់ដារ យើងកំណត់កំណរថាមពលសេរីស្តង់ដានៃធាតុនីមួយៗក្នុងសណ្ឋានស្តេរភាពរបស់វាគឺស្មើសូន្យ។

នាំឱ្យ $\Delta G°_f(C,\text{ក្រាហ្វីត}) = 0$, $\Delta G°_f(O_2)=0$

ដូចនេះ បម្រែបម្រួលថាមពលសេរីស្តង់ដាសម្រាប់ប្រតិកម្មនេះគឺ

$$\Delta G°_{rxn} = \Delta G°_f(CO_2)$$

សម្គាល់៖ $\Delta G°_{rxn}$ គិតជា KJ/mol

ឧទាហរណ៍ទី២៖ គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលសេរីស្តង់ដារសម្រាប់ប្រតិកម្មដូចតទៅនៅ *25*°C

$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

ចម្លើយ៖

គេបាន $\Delta G°_{rxn} = \left[\Delta G°_f(CO_2) + 2\Delta G°_f(H_2O)\right] - [\Delta G°_f(CH_4) + 2\Delta G°_f(O_2)]$

$\Delta G°_{rxn} = [\,(1mol)(-394{,}4\ kJ/mol)(2mol)(-237{,}2\ kJ/mol)] - [(1mol)$

$(-50{,}8\ kJ/mol) + (2mol)(0\ kJ/mol)]$

$\Delta G°_{rxn} = -808{,}0\ kJ$

លំហាត់អនុវត្តន៍១៖ គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលសេរីស្តង់ដារសម្រាប់ប្រតិកម្មដូចតទៅនៅ 25°C

1. $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightarrow 2HBr_{(g)}$
2. $2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$

៧.ការឆ្លងផាស (Phase Transitions)

នៅសីតុណ្ហភាពដែលផាសឆ្លងកើតឡើង (ចំណុចរំពុះ ឬចំណុចរលាយ) ប្រព័ន្ធ គឺនៅភាពលំនឹង ($\Delta G=0$)។

នាំឱ្យ $0= \Delta H - T\Delta S$

$\Delta S= \frac{\Delta H}{T}$ (ΔH កម្តៅម៉ូល, T គឺជាចំណុចរលាយ)

សម្រាប់ពីទឹកកក → ភាពឆ្លងនៃទឹក

នាំឱ្យបណ្តារអង់ត្រូពីគឺ $\Delta S_{ice\rightarrow water}= \frac{6010J/mol}{273K}$

$= 22{,}0J/K.mol$

ដូចនេះ កាលណា1 ម៉ូលទឹកករលាយនៅ 0℃ មានការកើនឡើងក្នុងអង់ត្រូពី 22,0J/K.mol

ផ្ទុយមកវិញ សម្រាប់ភាពឆ្លងពីទឹក → ទឹកកក កំណើនក្នុងអង់ត្រូពីបានឱ្យ៖

$\Delta S_{water \to rice} = \frac{-6010 J/mol}{273K}$

$= -22{,}0 J/K.mol$

៨.ថាមពលសេរី និងលំនឹងគីមី (Free Energy and Chemical Equilibrium)

ទំនាក់ទំនងរវាង ΔG និង ΔG°

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT\ln Q$$

– R ជាថេរឧស្ម័ន (8.314J/K.mol)

– T ជាសីតុណ្ហភាពដាច់ខាតនៃប្រតិកម្ម

– Q ជាផលចែកនៃប្រតិកម្ម

យើងឃើញថា ΔG អាស្រ័យលើបរិមាណពីរគឺ ΔG° និង $RT\ln Q$។ ចំពោះប្រតិកម្មបានឱ្យនៅ សីតុណ្ហភាព T តម្លៃនៃ ΔG° គឺបានកំណត់ ប៉ុន្តែ $RT\ln Q$ គឺមិនកំណត់ពីព្រោះ Q ខុសគ្នាអាស្រ័យ ទៅលើសមាសធាតុនៃល្បាយប្រតិករ។

- ខាងក្រោមនេះមានករណីសំខាន់ពីរ៖
- ករណីទី១៖ បើ ΔG° មានតម្លៃអវិជ្ជមានធំ នោះ ΔG ក៏មានតម្លៃអវិជ្ជមាន។ ដូចនេះប្រតិកម្មមានទំនោរពីឆ្វេងទៅស្តាំរហូតដល់បរិមាណជាក់លាក់នៃផលិតផលបានកើតឡើង។
- ករណីទី២៖ បើ ΔG° មានតម្លៃវិជ្ជមានធំ ΔG ក៏មានតម្លៃវិជ្ជមាន។ ដូចនេះប្រតិកម្មមាន ទំនោរពីឆ្វេងទៅស្តាំរហូតដល់បរិមាណជាក់លាក់នៃផលិតផលបានកើតឡើង។

នៅភាពលំនឹង តាមនិយមន័យ $\Delta G = 0$ និង $Q = K$ ដែល K ជាថេរលំនឹង។

ដូច្នេះយើងបាន $0 = \Delta G^\circ + RT\ln K$

ឬ $$\Delta G^\circ = -RT\ln K$$

K	LnK	ការពន្យល់
> 1	វិជ្ជមាន	ផលិតផលគឺច្រើនជាងអង្គធាតុប្រតិករនៅលំនឹង
= 1	0	ផលិតផលនិងអង្គធាតុប្រតិករគឺស្មើគ្នានៅភាពលំនឹង
< 1	អវិជ្ជមាន	អង្គធាតុប្រតិករគឺច្រើនជាងផលិតផលនៅភាពលំនឹង

លំហាត់អនុវត្ត

គណនាថេរលំនឹង(K_p)សម្រាប់ប្រតិកម្ម

$2H_2O_{(l)} \rightleftarrows 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$ នៅ 25°C

ចម្លើយ៖

$$\Delta G°_{rxn} = [\Delta G°_f(O_2) + 2\Delta G°_f(H_2)] - [2\Delta G°_f(H_2O)]$$
$$= [(2mol)(0KJ/mol) + (1mol)(0KJ/mol)] - [(2mol)(237,2KJ/mol)]$$
$$= 474,4\ kJ$$

ដោយ $\Delta G° = - RT\ln K_p$

$$\ln K_p = -\frac{\Delta G°}{RT}$$
$$\ln K_p = -\frac{474,4\times 1000}{8.314\times 298}$$
$$\ln K_p = -191,47$$
$$K_P = e^{-191,47}$$
$$K_P = 7\times 10^{-84}$$

ការពន្យល់៖ ថេរលំនឹងគឺតូចណាស់ដែលការពិតនោះគឺ ទឹកមិនអាចបំបែកទៅជាឧស្ម័នអ៊ីដ្រូ សែន និងអុកស៊ីសែននៅសីតុណ្ហភាព *25* °C។ តម្លៃវិជ្ជមាននៃ $\Delta G°$ គឺមានន័យថាអង្គធាតុប្រតិករ ច្រើនជាងអង្គធាតុកកើតនៅភាពលំនឹង។

យើងបានសិក្សាពីផលគុណកម្រិតរលាយនៃសារធាតុដែលរលាយតិច។ ដោយ ប្រើផលគុណកំរិតរលាយនៃប្រាក់ក្លរួនៅ 25 °C(1.6×10^{-10})។ គណនា$\Delta G°$ សម្រាប់លំនឹង។

$$AgCl_{(s)} \rightleftarrows Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

ចម្លើយ៖

ដោយសារតែនេះជាលំនឹងអេតេរ៉ូសែន ផលគុណកម្រិតរលាយគឺថេរ។

$K_{sp} = [Ag^+][Cl^-] = 1.6\times 10^{-10}$

យើងបាន

$\Delta G° = -(1mol)(8.314J/K.mol)\ln 1.6\times 10^{-10}$

$= 5.6 \times 10^4 J$

$= 56 KJ$

ការពន្យល់៖ $\Delta G°$ វិជ្ជមានបង្ហាញថា AgCl គឺរលាយតិចតួច ហើយលំនឹងភាគច្រើនរំកិលទៅ ខាងឆ្វេង។

លំហាត់អនុវត្តន៍២៖

ចូរគណនា $\Delta G°$ នៃលំនាំដូចតទៅនៅ 25 °C ។

$BaF_{2(s)} \rightleftarrows Ba^{2+}_{(aq)} + 2F^{-}_{(aq)}$

K_{sp} នៃ $BaF_2 = 1.7 \times 10^{-6}$

លំហាត់អនុវត្តន៍៣៖

$\Delta G°$ សម្រាប់ប្រតិកម្ម $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftarrows 2HI_{(g)}$គឺ 2.60KJ នៅ 25 °C។ ក្នុងពិសោធន៍ សម្ពាធដើមគឺ P_{H_2}= 4.25 atm, P_{I_2}= 0,024 atm, P_{HI}= 0.23 atm។ ចូរគណនា ΔG សម្រាប់ប្រតិកម្ម និងទាយទុកពីទិសដៅនៃប្រតិកម្ម។

មេរៀនទី៦ទ្រឹស្ដីគីមីកង់ទិច

ទ្រឹស្តីទម្រង់អេឡិចត្រូនិច(Electronic Structure of Atoms)នៃអាតូមបានចាប់ផ្តើមដោយការពន្យល់ពីពណ៌ពន្លឺដែលបានបង្កើតឡើងក្នុងឧស្ម័នក្តៅ និងអណ្តាតភ្លើង។ គីមីវិទូបានចាប់ផ្តើមសិក្សាពណ៌អណ្តាតភ្លើងនៅក្នុងសតវត្សទី១៨ និងប្រើប្រាស់អណ្តាតភ្លើងដើម្បីសាកល្បងទៅលើភាពខុសគ្នារវាងសមាសធាតុសូដ្យូម និងប៉ូតាស្យូម។

១. លក្ខណៈរលកពន្លឺ

- រលក គឺជាការផ្លាស់ប្តូរដដែលៗជាបន្ត ឬលំយោលក្នុងរូបធាតុ ឬក្នុងដែនរូប។ ពន្លឺក៏ដូចជា រលកដែរ វាមានលំយោលក្នុងដែនអគ្គិសនី និងម៉ាញេទិចដែលផ្លាស់ទីតាមលំហ។
- យើងអាចសម្គាល់រលកមួយដោយជំហានរលក និងប្រេកង់របស់វា។
- ជំហានរលក ជាចម្ងាយរវាងចំណុចរវាងកំពូលនៃរលកពីរដែលនៅជាប់គ្នា។ជំហានរលកតាងដោយអក្សរ λ(ឡាំដា)។ ជំហានរលកនៃពន្លឺត្រូវបានគិតជាណាណូម៉ែត្រ$(1nm = 10^{-9}m)$។
- ប្រេកង់រលក ជាចំនួនជំហានរលកដែលផ្លាស់ទីឆ្លងកាត់ចំណុចជាក់លាក់មួយក្នុងរយៈពេល ១ វិនាទី។ ប្រេកង់រលក តាងដោយអក្សរក្រិច ν (នុយ) និងមានខ្នាតគិតជា $/s$, ឬ s^{-1} ហៅថា អ៊ែក(Hz)។
- ផលគុណ$(\nu\lambda)$ ជាប្រវែងសរុបដែលបានឆ្លងកាត់ចំណុចនោះក្នុងមួយវិនាទី។ប្រវែងរលកក្នុងមួយវិនាទី ជាល្បឿនរលក(c)។ កំណត់ដោយ $c = \nu\lambda$
- ល្បឿនរលកពន្លឺអាស្រ័យទៅនឹងមជ្ឈដ្ឋានដែលវាឆ្លងកាត់។ ការគណនាផ្នែកនេះ យើងនឹងសន្មតថាពន្លឺផ្លាស់ទីក្នុងសុញ្ញាកាស ល្បឿនពន្លឺ $c = 3.00 \times 10^{8} m/s$ ។

ឧទាហរណ៍ តើជំហានរលកបញ្ចេញដោយសូដ្យូមពណ៌លឿង ដែលមានប្រេកង់$5.09 \times 10^{14}/s$ ស្មើនឹងប៉ុន្មាន?

- ➢ គណនាជំហានរលកបញ្ចេញដោយសូដ្យូមពណ៌លឿង

តាមរូបមន្ត $c = \nu\lambda$ នាំឲ្យ $\lambda = \frac{c}{\nu}$

ដោយ $c = 3 \times 10^{8} m/s, \nu = 5.09 \times 10^{14}/s$

យើងបាន$\lambda = \frac{3\times10^{8} m/s}{5.09\times10^{14}/s} = 5.89 \times 10^{-7}m = 589nm$

ដូចនេះ ជំហានរលកបញ្ចេញដោយសូដ្យូមពណ៌លឿងគឺ $\lambda = 5.89 \times 10^{-7}m = 589nm$ ។

- ការតម្រៀបនៃប្រេកង់ ឬជំហានរលកនៃកាំរស្មីអេឡិចត្រូម៉ាញេទិចហៅថា ស្ប៉ិចអេឡិចត្រូម៉ាញ៉េ ទិច។ ពន្លឺដែលអាចមើលឃើញគឺចាប់ផ្តើមពីចុងពណ៌ស្វាយនៃស្ប៉ិចដែលមានជំហានរលកប្រ ហែល$400nm$ ទៅជំហានរលកដែលតូចជាង$800nm$។

២. ផលកង់ទិច និងផូតុង(Quantum Effects and Photons)

- លោក អ៊ីសាក់ ញូតុន(Isaac Newton) បានសិក្សាពីលក្ខណពន្លឺសតវត្សទី១៧។ គាត់ជឿថាពន្លឺផ្សំឡើង ពីបាច់ល្អិត។
- ក្នុងឆ្នាំ១៨០១ រូបវិទូជនជាតិអង់គ្លេស លោក ថូម៉ាស យ៉ុង(Thomas Young) បានបង្ហាញថាពន្លឺ ក៏ដូចជារលកដែរ ហើយវាអាចចាំងផ្លាតពន្លឺ។
- នៅក្នុងឆ្នាំ១៩០៥ រូបវិទូអាឡឺម៉ង់លោក អាល់ប៊ឺត អ៊ីនស្តាញ(Albert Einstein) បានពន្យល់ពីបាតុភូតឥទ្ធិពលផូតូអេឡិចត្រុងដោយស្នើថាពន្លឺមានទាំងលក្ខណៈរលកនិងភាគល្អិត។ ដោយការលើកឡើងនេះយោង ទៅតាមកិច្ចការស្រាវជ្រាវរបស់រូបវិទូអាឡឺម៉ង់លោកម៉ាក ប្លង់ (Max Planck)។

❖ កង់ទិចកម្មថាមពលរបស់ប្លង់

- ក្នុងឆ្នាំ១៩០០ លោក ប្លង់(Planck) បានរកឃើញរូបមន្តទ្រឹស្តីដែលពណ៌នាយ៉ាងជាក់លាក់ពីអាំង តង់ស៊ីតេពន្លឺដែលមានប្រេកង់ខុសៗគ្នា ដែលបញ្ចេញដោយអង្គធាតុរឹងក្តៅនៅសីតុណ្ហភាពខុសៗ គ្នា។
- អង្គធាតុរឹងបញ្ចេញពន្លឺពណ៌ក្រហមនៅសីតុណ្ហភាព750℃ ហើយក្លាយទៅជាពណ៌សនៅសីតុណ្ហភាព1200℃។ នៅសីតុណ្ហភាពកើនឡើង ពន្លឺពណ៌លឿងនិងពណ៌ខៀវដែលលាយជាមួយពន្លឺ ពណ៌ក្រហមឲ្យក្លាយជាពណ៌ស ។
- ផ្អែកតាមលោកប្លង់ អាតូមអង្គធាតុរឹងយោល ឬញ័រមានប្រេកង់កំណត់ν។ លំញ័រអាតូមអាចមានថាមពលជាក់លាក់(E) ។ កំណត់ដោយរូបមន្ត $E = nh\nu$ ដែល$n = 1,2,3,\ldots$(n ជាចំនួនកង់ទិច)និង $h = 6.63 \times 10^{-34} J \cdot s$ ជា ថេរប្លង់ (មេគុណប្លង់) ។
- ថាមពលញ័រនៃអាតូមត្រូវបានគេហៅថា ថាមពលកង់ទិចកម្ម។

៣. ទ្រឹស្តីBohrនៃអាតូមអ៊ីដ្រូសែន(The Bohr Theory of the Hydrogen Atom)

ផ្អែកតាមគំរូវនុយក្លេអ៊ែរបស់ Rutherford អាតូមមានណ្វៃយ៉ូដែលមានម៉ាសភាគច្រើននៃអាតូម និងបន្ទុកវិជ្ជមាន ដែលមានអេឡិចត្រុងគ្រប់គ្រាន់វិលជុំវិញបន្ទុកវិជ្ជមានទាំងនោះដើម្បីបបង្កើតអាតូមណឺត ។ ប៉ុន្តែគំរូវនេះត្រូវបានរកឃើញថាមានបញ្ហានៅក្នុងឆ្នាំ 1911 ដោយមិនអាចពន្យល់បានពីស្ថិរភាពនៃអាតូមឡើយ ។ ការប្រើប្រាស់ទ្រឹស្តីចរន្ត អាចបង្ហាញថាភាគល្អិតដែលមានបន្ទុកអគ្គិសនី ដែលវិលជុំវិញណ្វៃយ៉ូ ត្រូវតែបាត់បង់ថាមពលដែលជាកាំរស្មីអឡិចត្រូម៉ាញ៉េទិច នៅពេលអាតូមបាត់បង់ថាមពល វាត្រូវតែមានចលនាជាស្ពៀរនៅក្នុងណ្វៃយ៉ូ ។

បញ្ហានៃទ្រឹស្តីនេះត្រូវបានដោះស្រាយនៅឆ្នាំ 1913 ដោយលោក Niels Borh (1885-1962) ដែលជារូបវិទូជនជាតិ ដាណឺម៉ាក សហការជាមួយលោក Rutherford ។ ដោយផ្អែកលើការងាររបស់ Planck និង Einstein លោក Bohr បានយកទៅអនុវត្តដើម្បីបង្កើតទ្រឹស្តីថ្មីទៅលើ អាតូមងាយមួយគឺ អ៊ីដ្រូសែន ។

លោក Bohr បានដាក់ចេញនូវទ្រឹស្តីពន្យល់ពី ៖

1. ស្ថិរភាពនៃអាតូមអ៊ីដ្រូសែន
2. បន្ទាត់ស្ប៉ិចនៃអាតូម ។

៣.១ ស្ប៉ិចបន្ទាត់អាតូម (Atomic Line Spectra)

ពន្លឺដែលបានបញ្ចេញដោយកម្តៅឧស្ម័នផ្តល់ផល ខុសៗគ្នា ដែលមានគ្រប់ពណ៌នៃឥន្ទធនូហៅថា **ស្ប៉ិចបន្ទាត់** ដែលបង្ហាញពណ៌ពិតប្រាកដ ឬជំហានរលកពិសេសនៃពន្លឺតែប៉ុណ្ណោះ ។ នៅពេលពន្លឺចេញពីបំពង់បញ្ចេញឧស្ម័នអ៊ីដ្រូសែន វាត្រូវបានញែកចេញទៅក្នុងភាគផ្សំរបស់វាតាមរយៈព្រីស បង្កើតជាស្ប៉ិចបន្ទាត់មួយដែលត្រូវគ្នានឹងពន្លឺនៃជំហានរលកនោះ ។ ស្ប៉ិចបន្ទាត់នៃអាតូមអ៊ីដ្រូសែនមានលក្ខណៈសាមញ្ញបំផុត វាមានបន្ទាត់តែបួនគត់គឺ ក្រហម($656nm$) ,បៃតង($486nm$) ,ខៀវ($434nm$) និង ស្វាយ($410nm$) ។

ក្នុងឆ្នាំ 1885 លោក Balmer បានបង្ហាញថា ជំហានរលក ក្នុងស្ប៉ិចមើលឃើញនៃអ៊ីដ្រូសែនត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយសមីការងាយគឺ ៖

$$\frac{1}{\lambda} = 1.097 \times 10^7/m(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2})$$

ដែល n មួយចំនួនជាចំនួនគត់ធំជាង2

λ ជាជំហានរលក

តម្លៃ$1.097 \times 10^7/m$ ជាថេរនៅក្នុងរូបមន្ត Balmer។ នៅក្នុងរូបមន្តនេះគេកំណត់យកតម្លៃ $n_f = 2$ ព្រោះភាពឆ្លងនៃអេឡិចត្រុងក្នុងអាតូមអ៊ីដ្រូសែនផ្តល់ពណ៌ខុសៗគ្នា នៃពន្លឺនៅពេលវារងភាពឆ្លងពីកម្រិត n_i ($n_i > 2$) ណាមួយ មកកម្រិត $n_f = 2$ ។

ឧទាហរណ៍ ៖ ដោយជំនួស $n = 3, 4, 5, 6, 7$ ចូរគណនាជំហានរលកក្នុងស្ប៉ិចមើលឃើញនៃអាតូមអ៊ីដ្រូសែននិងប្រាប់ពីពណ៌ពន្លឺមើលឃើញដែលត្រូវនឹងជំហានរលកនោះ។

ចម្លើយ ៖ គណនាជំហានរលកក្នុងស្ប៉ិចមើលឃើញនៃអាតូមអ៊ីដ្រូសែន

- បើ $n = 3$

តាមរូមមន្ត $\frac{1}{\lambda} = 1.097 \times 10^7/m(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2})$

យើងបាន $\frac{1}{\lambda} = 1.097 \times 10^7/m(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2})$

$$\frac{1}{\lambda} = 1.097 \times 10^7/m(\frac{1}{4} - \frac{1}{9})$$

$$= 1.097 \times 10^7 \times \frac{5}{36}$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0.1524 \times 10^7$$

នាំឱ្យ $\lambda = \frac{1}{0.1524 \times 10^7}$

$\lambda = 6.56 \times 10^{-7}m = 656nm$ ជាជំហានរលកដែលត្រូវគ្នានឹងពន្លឺពណ៌ក្រហម ។ យើងអាចគណនាជំហានរលកនៃបន្ទាត់ផ្សេងទៀតក្នុងស្ប៉ិចមើលឃើញនៃអាតូមអ៊ីដ្រូសែនបានដោយជំនួសតម្លៃ $n = 4,5,6$ ចូលក្នុងសមីការខាងលើ ។

ក. ទ្រឹស្តីកម្រិតថាមពល (Energy Level Postulate)

អេឡិចត្រុងអាចមានតំលៃថាមពលជាក់លាក់ តែមួយគត់ក្នុងអាតូម ដែលហៅថា**កម្រិតថាមពល** របស់វា ។ អាតូមខ្លួនឯងអាចមានតម្លៃថាមពលសរុបជាក់លាក់តែមួយគត់ ។

លោក Bohr បានប្រើទស្សនៈកង់ទិចកម្មនៃថាមពលរបស់លោក Planck ហើយលោកបានបង្កើតច្បាប់មួយឡើងសម្រាប់កង់ទិចកម្មដែលត្រូវបានអនុវត្តទៅលើចលនាអេឡិចត្រុងក្នុងអាតូម អ៊ីដ្រូសែន ។

រូបមន្តសម្រាប់កម្រិតថាមពលអេឡិចត្រុងក្នុងអាតូមអ៊ីដ្រូសែន ៖

$$E = -\frac{R_H}{n^2} \quad , n = 1, 2, 3, \ldots$$

- R_H ជាថេរមានតម្លៃ 2.180×10^{-18} J ,
- n ហៅថា ចំនួនកង់ទិចមេ ។ តម្លៃថាមពលអេឡិចត្រុងខុសៗគ្នាអាស្រ័យទៅលើការជំនួសតម្លៃ n ខុសៗគ្នា ។

ខ. ភាពឆ្លងកម្រិតថាមពល(transition between energy levels)

អេឡិចត្រុងក្នុងអាតូម អាចផ្លាស់ប្តូរកម្រិតថាមពលដោយការឆ្លង ពីកម្រិតថាមពលមួយទៅកម្រិតថាមពលមួយផ្សេងទៀតប៉ុណ្ណោះ តាមរយៈការធ្វើបែបនេះអេឡិចត្រុងរងនូវ **ភាពឆ្លង** ។ យើងពន្យល់ការបញ្ចេញពន្លឺដោយអាតូមដើម្បីបង្កើតជាបន្ទាត់ស្ប៉ិចដូចតទៅ ៖ អេឡិចត្រុងនៅកម្រិត

ថាមពលខ្ពស់ជាង E_i រងនូវភាពធ្លងទៅកម្រិតថាមពលទាបជាង E_f ។ ក្នុងលំនាំនេះអេឡិចត្រុង បាត់បង់ថាមពលដែលបានបញ្ចេញជាផូតុង ។

ថាមពលបញ្ចប់នៃអេឡិចត្រុងបូកថាមពលផូតុងស្មើនឹងថាមពលដើមនៃអេឡិចត្រុង (តាមច្បាប់រក្សាថាមពល) ៖ នោះថាមពលដែលផូតុងបញ្ចេញ

$$E_f - h\nu = E_i$$

នោះថាមពលដែលផូតុងបញ្ចេញ $= h\nu = E_i - E_f$ (ថាមពលផូតុងត្រូវតែមានតម្លៃវិជ្ជមាន)

នៅក្នុងទ្រឹស្តីនេះលោក Bohr បានប្រើបញ្ញត្តិផូតុងរបស់លោក Einstein ដើម្បីពន្យល់ពីស្ប៉ិចពន្លឺនៃអាតូម ។ ដោយជំនួសតម្លៃកម្រិតថាមពលរបស់អេឡិចត្រុងក្នុងអាតូមអ៊ីដ្រូសែនទៅក្នុងសមីការខាងលើគាត់អាចបង្កើតរូបមន្ត Balmer ឡើងវិញបានយ៉ាងជាក់លាក់ ហើយគាត់ក៏អាចទស្សទាយន៍គ្រប់បន្ទាត់ស្ប៉ិចនៃអាតូមអ៊ីដ្រូសែនផងដែរ ។

ពីទ្រឹស្តីទី១ យើងបាន ៖

$E_i = -\frac{R_H}{n_i^2}$ និង $E_f = -\frac{R_H}{n_f^2}$

តែ $h\nu = E_i - E_f$

$h\nu = (-\frac{R_H}{n_i^2}) - (-\frac{R_H}{n_f^2})$

$h\nu = -\frac{R_H}{n_i^2} + \frac{R_H}{n_f^2}$

$h\nu = R_H(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2})$ តែ $\nu = \frac{c}{\lambda}$ នោះយើងបាន

$h\frac{c}{\lambda} = R_H(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2})$

$\frac{1}{\lambda} = \frac{R_H}{hc}(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2})$ ដោយការជំនួសតម្លៃ $R_H = 2.180 \times 10^{-8} J$,

$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{J.s}$ និង $c = 2.998 \times 10^{8} m/s$

យើងបាន $\frac{R_H}{hc} = 1.097 \times 10^7 m$ ដែលជាតម្លៃថេរដែលបានឱ្យក្នុងរូបមន្ត Balmer។ ក្នុងរូបមន្ត Balmer ចំនួនកង់ទិច $n_f = 2$ គឺ មានន័យរូបមន្ត Balmer ឱ្យជំហានរលកដែលកើតឡើងកាលណាអេឡិចត្រុងក្នុងអាតូមអ៊ីដ្រូសែនរងនូវភាពធ្លងពីកម្រិតថាមពល $n_i > 2$ ទៅកម្រិត $n_f = 2$ ។

ឧទាហរណ៍ ៖ តើជំហានរលកនៃពន្លឺបានបញ្ចេញស្មើនឹងប៉ុន្មាន កាលណាអេឡិចត្រុងក្នុងអាតូមអ៊ីដ្រូសែនរងភាពធ្លងពីកម្រិតថាមពល n= 4 ទៅកម្រិតថាមពល n=2 ?

ចម្លើយ ៖ គណនាជំហានរលកនៃពន្លឺ

- របៀបទី១ ៖

តាមរូបមន្ត $\frac{1}{\lambda} = \frac{R_H}{hc}\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$

ដោយ $R_H = 2.180 \times 10^{-8} J$

$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{J}.s$

$c = 2.998 \times 10^{8} m/s$

$n_i = 4\,,\; n_f = 2$

យើងបាន $\frac{1}{\lambda} = \frac{2.180\times10^{-8}}{6.626\times10^{-34}\times2.998\times10^{8}}\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2}\right)$

$\frac{1}{\lambda} = 1.097 \times 10^{7} m\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16}\right)$

$\frac{1}{\lambda} = 0.2056 \times 10^{7} m$

នាំឱ្យ $\boldsymbol{\lambda} = \frac{1}{0.2056\times10^{7}}$

$\boldsymbol{\lambda} = 4.86 \times 10^{-7} m = 486 nm$ (ពន្លឺពណ៌ខៀវ-បៃតង)

ចម្លើយ ៖ គណនាជំហានរលកនៃពន្លឺ

- របៀបទី២ ៖

តាមរូបមន្ត $hv = E_i - E_f$ តែ $E_i = -\frac{R_H}{4^2} = -\frac{R_H}{16}\,,\; E_f = -\frac{R_H}{2^2} = -\frac{R_H}{4}$

$hv = \left(-\frac{R_H}{16}\right) - \left(-\frac{R_H}{4}\right)$

$hv = \frac{-R_H + 4R_H}{16} = \frac{3R_H}{16}$

នោះ $v = \frac{3R_H}{16h} = \frac{3}{16} \times \frac{2.180\times10^{-18} J}{6.63\times10^{-34} J.s} = 6.17 \times 10^{14}/s$

តែ $v = \frac{c}{\lambda}$

នាំឱ្យ $\lambda = \frac{c}{v}$ ដោយ $v = 6.17 \times 10^{14}/s,\; c = 3.00 \times 10^{8} m/s$

យើងបាន $\lambda = \frac{3.00\times10^{8}}{6.17\times10^{14}}$

$\lambda \quad = 4.86 \times 10^{-7}m = 486nm$ (ពន្លឺពណ៌បៃតង)

លំហាត់អនុវត្ត ៖ គណនាជំហានរលកពន្លឺដែលបានបញ្ចេញដោយអាតូមអ៊ីដ្រូសែន និងប្រាប់ពីពណ៌នៃពន្លឺនៅក្នុងស្ប៉ិចមើលឃើញនៃអាតូមអ៊ីដ្រូសែនដែលត្រូវនឹងជំហានរលកនោះ កាលណាអេឡិចត្រុងរងភាពឆ្លងពីកម្រិតថាមពល n= 3 ទៅកម្រិតថាមពល n= 2 ។

តាមទ្រឹស្តី Bohr ការបញ្ចេញពន្លឺពីអាតូមកើតឡើងកាលណាអេឡិចត្រុងរងភាពឆ្លងពីកម្រិតថាមពលខ្ពស់ទៅកម្រិតថាមពលទាបជាង។ អេឡិចត្រុងក្នុងអាតូមអ៊ីដ្រូសែនមានកម្រិតថាមពលទាបបំផុតn=1 ។ មានវិធីពីរយ៉ាងដើម្បីបញ្ចូលថាមពលទៅកម្រិតថាមពលខ្ពស់ជាងគឺ អាតូមត្រូវតែចំណេញថាមពល ឬត្រូវបានរំញោច និង ការទង្គិចគ្នានៃអាតូមអ៊ីដ្រូសែនពីរ ។ ទ្រឹស្តី Bohr ក៏បានពន្យល់ពីសម្រួបពន្លឺផងដែរ នៅពេលអេឡិចត្រុងក្នុងអាតូមអ៊ីដ្រូសែនរងភាពឆ្លងពី n=3 ទៅ n=2 ផូតុងពន្លឺពណ៌ក្រហមត្រូវបានបញ្ចេញ (ជំហានរលក 656nm) កាលណាពន្លឺពណ៌ក្រហមចាំងទៅលើអាតូមអ៊ីដ្រូសែនក្នុងកម្រិត n=2 ផូតុងអាចត្រូវបានស្រូប ។ បើផូតុងត្រូវបានស្រូប ថាមពលត្រូវបានចំណេញដោយអេឡិចត្រុងដែលរងភាពឆ្លងនៅកម្រិត n=3 ។

ទោះបីជាទ្រឹស្តី Bohr បានសង្កត់ធ្ងន់ទៅលើការបង្កើតបញ្ញត្តិកម្រិតថាមពលអាតូមក៏ដោយតែទ្រឹស្តីនេះមិនអាចពន្យល់លម្អិតនៃទម្រង់អាតូម និងការទស្សទាយន៍កម្រិតថាមពលនៃអាតូមផ្សេងទៀតក្រៅពីអាតូមអ៊ីដ្រូសែនឡើយ ។

៤. មេកានិចកង់ទិច (Quantum Mechanics)

ទស្សនៈអំពីទម្រង់អាតូមអាស្រ័យលើគោលការណ៍ មេកានិចកង់ទិច ជាទ្រឹស្តីដែលអនុវត្តលើភាគល្អិតមីក្រូស្កុបតូច (តូចណាស់) នៃរូបធាតុជាអេឡិចត្រុង ។សញ្ញាណដំបូងដែលនាំទៅរកការអភិវឌ្ឍទ្រឹស្តីនេះគឺទំនាក់ទំនង Broglie។

ទំនាក់ទំនងរវាង de Broglie (de Broglie Relation)

- តាម Einstein ពន្លឺមិនត្រឹមតែមានលក្ខណៈរលក ដែលយើងកំណត់សម្គាល់ដោយប្រេកង់ និងជំហានរលកប៉ុណ្ណោះទេវាមានលក្ខណៈភាគល្អិតផងដែរ។ ឧទាហរណ៍ ភាគល្អិតនៃពន្លឺផូតុងមានថាមពល E= hv ។
- ម៉ូម៉ង់របស់ផូតុង ជាផលគុណនៃម៉ាសនិងល្បឿនរបស់វា
- ម៉ូម៉ង់នេះមានទំនាក់ទំនងជាមួយជំហានរលកនៃពន្លឺ $mc=\frac{h}{\lambda}$ ឬ $\lambda=\frac{h}{mc}$ (ហៅថាទ្រឹស្តី Broglie)

បើរូបធាតុមានលក្ខណៈរលក ហេតុអ្វីបានជាវាមិនត្រូវបានសង្កេត? ការគណនាដោយប្រើទំនាក់ខាងលើ ចំពោះកូនបាល់ (0,145 kg) ធ្វើចលនាប្រមាណ 27m/s ដែលជំហានរលកប្រហែល 10^{-34} m តម្លៃនេះតូចណាស់សឹងមិនគួឱ្យជឿដែលរលកបែបនេះ មិនអាចចាប់បាន។ ម្យ៉ាងវិញទៀតតាមពិសោធអេឡិចត្រុងធ្វើចលនានៅល្បឿនដែលមានជំហានរលក ពីរបីរយពីកូម៉ែត្រ (picometers)។ ក្នុងកាលទេសៈសមរម្យលក្ខណៈរលកនៃនៃអេឡិចត្រុងអាចអង្កេតបាន។ លក្ខណៈរលកនៃអេឡិចត្រុងបានបង្ហាញដំបូងក្នុងឆ្នាំ 1927 ដោយ C, DAVISON និង LH GERMER នៅសហរដ្ឋអាមេរិច និងដោយ GEORGE PAGET THOMSOM (កូនប្រុសរបស់ J,J THOMSON) នៅប្រទេសអង់គ្លេស ។ គេបានបង្ហាញថាបាច់ពន្លឺនៃអេឡិចត្រុងដូចគ្នាទៅនិងកាំរស្មីX ដែរ អាចតាំងចាំងផ្លាតបានដោយក្រាម (crystal)។ រូបវិទូជនជាតិអាឡឺម៉ង់លោក ERNST RUSKA បានប្រើលក្ខណៈរលកនេះដើម្បីបង្កើតមីក្រូស្កូបអេឡិចត្រុងដំបូងក្នុងឆ្នាំ1933 ។ គាត់ទទួលបាន ពានរង្វាន់ពិភពលោក ផ្នែករូបវិទ្យាសំរាប់ការងារនេះក្នុងឆ្នាំ 1986។ ការធ្វើវិភាគមីក្រូស្កូបអេឡិចត្រុង។ មីក្រូស្កុបនេះបានពង្រីក ថាមពលរហូតដល់ 300,000ដង។ កន្លែងការី (operator) ភាគសំណាកស្ថិតនៅខាងក្នុងបន្ទប់ផ្នែកខាងឆ្វេង និងការមើលឃើញរូបភាពនៅលើ ផ្ទាំងវីដេអូ ស្ថិតនៅចំកណ្តាល ។

ថាមពលដែលអាចប្រើបាន ឬលទ្ធភាពបង្ហាញច្បាស់លាស់ នៃមីក្រូស្កុបដែលប្រើរលកគឺអាស្រ័យ លើជំហានរលករបស់វា។ ដើម្បីទទួលបានជំហានរលករាប់រយពីកូម៉ែត្រ យើងត្រូវការជំហានរលកនៅ ចន្លោះនោះ កាំរស្មី X មានជំហានរលកក្នុងចន្លោះនេះ ប៉ុន្តែកន្លងមកគ្មានមធ្យោបានអនុវត្តណាមួយ ត្រូវបានរកឃើញលើចំនុចនេះទេ ។ ម្យ៉ាងទៀតអេឡិចត្រុងអគ្គីសនីនិងដែនម៉ាញ៉េទិច។

ឧទាហរណ៍៖ ការអនុវត្តលើទំនាក់ទំនង DE BROGLIE

ក. គណនាជំហានរលកគិតជាម៉ែត្រនៃរលកដែលមានម៉ាស 1.00 kg ធ្វើចលនានៅ 1km/h ។

ខ.តើជំហានរលក (គិតជាពីកូម៉ែត្រ) នៃអេឡិចត្រុងដែលផ្លាស់ទីដោយល្បឿន 4.19 x 10^{6} m/s ប៉ុន្មាន?(ល្បឿននេះអាចទទួលបានដោយបង្កើនល្បឿនអេឡិចត្រុងរវាងបន្ទះដែលមានបន្ទុកខុសៗគ្នា 50 វ៉ុល, កម្លាំងអគ្គិសនីគិតជាគីឡូវ៉ុលបានប្រើក្នុងមីក្រូអេឡិចត្រុង)។

ចម្លើយ៖ក. គណនាជំហានរលកគិតជាម៉ែត្រនៃរលកដែលមាន

តាមរូបមន្ត $$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34} J.s}{1kg \times 0.27\, m/s} = 2.38 \times 10^{-33} m$$

ខ. គណនាជំហានរលក (គិតជាពីកូម៉ែត្រ) បើល្បឿន 4.19 x 106 m/s

តាមរូបមន្ត $$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34} J.s}{9.11 \times 10^{-31} kg \times 4.19 \times 10^{6} m/s} = 1.74 \times 10^{-10} m$$
$$= 174pm$$

លំហាត់អនុវត្តន៍៖ ចូរគណនាជំហានរលកគិតជាពីកូម៉ែត្រនៃអេឡិចត្រុងមួយដែលបានផ្លាស់ទីក្នុងល្បឿន 2.19×10^{6} m/s។

៥. ចំនួនកង់ទិច (Quantum Number)

ផ្អែកតាមមេកានិចកង់ទិច អេឡិចត្រុងនីមួយៗក្នុងអាតូមត្រូវពិណ៌នាដោយចំនួនកង់ទិចបួនខុសគ្នាដែល បី (n, l និង m_l) សម្គាល់ឱ្យអនុគមន៍រលកដែលផ្តល់ប្រូបាប៊ីលីតេសម្រាប់ការរកឃើញអេឡិចត្រុងនៅចំនុចខុសៗក្នុងលំហរ។ អនុគមន៍រលកសម្រាប់អេឡិចត្រុងក្នុងអាតូមហៅថា អ័រប៊ីតាល់អាតូម។ អ័រប៊ីតាល់អាតូមផ្តល់រូបភាពជាបរិមាណ ដោយការពិពណ៌នាពីតំបន់ នៃលំហដែលមានប្រូបាបប៊ីលីតេខ្ពស់សម្រាប់រកឃើញអេឡិចត្រុង។ អ័រប៊ីតាល់អាតូមជារូបភាពដែលមានទ្រង់ទ្រាយកំណត់។

ចំនួនកង់ទិចទី4 (m_s) តាងឱ្យលក្ខណៈម៉ាញេទិចនៃអេឡិចត្រុងហៅថា ស្ពីន (spin) ។ក្នុងជំពូកនេះដំបូងយើងនឹង សិក្សាពីចំនួនកង់ទិចនីមួយៗ។

តម្លៃដែលអាចមាន និងអត្ថន័យជាទូទៅនៃចំនួនកង់ទិចទាំងបួនរបស់អេឡិចត្រុងក្នុងអាតូមមានដូចតទៅ៖

១. ចំនួនកង់ទិចមេ n (Principle Quantum Number)

២. ចំនួនកង់ទិចរង ℓ (ℓ ជាចំនួនស្រទាប់រង)) (Angular momentum quantum no.)

៣. ចំនួនកង់ទិចម៉ាញេទិច M_l (M_lជាចំនួនថតអេឡិចត្រុង) (Magnetic q.n.)

៤. ចំនួនកង់ទិចស្ពីន M_s (Spin q.n.)

៥.១ ចំនួនកង់ទិចមេ n (Principle Quantum Number)

ចំនួនកង់ទិចមេ ជាទំហំបញ្ជាក់ពីកម្រិតនៅស្រទាប់អេឡិចត្រុងណាមួយ។ វាអាចមានតម្លៃវិជ្ជមាន ១,២,៣ ។ល។ ថាមពលអេឡិចត្រុងក្នុងអាតូមអាស្រ័យលើតម្លៃ n។ តម្លៃ n កាន់តែតូចនោះថាមពលកាន់តែទាប។ ក្នុងករណីអាតូមអ៊ីដ្រូសែន ឬ អ៊ីយ៉ុងអាតូមមានអេឡិចត្រុងតែមួយដូចជា Li^{+} ឬHe^{+} នោះ n គឺជាចំនួនកង់តែមួយគត់ដែលកំណត់ថាមពល។ ចំពោះអាតូមផ្សេងទៀតចំនួនកង់ទិច l ផងដែរ។

ទំហំនៃអ័រប៊ីតាល់ក៏អាស្រ័យផងដែរទៅលើតម្លៃ n ដែល n កាន់តែធំនោះអ័រប៊ីតាល់កាន់តែធំ។ អ័រប៊ីតាល់ដែលមានកង់ទិច n ដូចគ្នា នោះមានន័យថា វាមានស្រទាប់ដូចគ្នា។ ស្រទាប់ជួនកាលត្រូវបានកំណត់ដោយអក្សរ ដូចតទៅ៖

អក្សរ	K	L	M	N…
n	1	2	3	4…

៥.២ ចំនួនកង់ទិចរង (ជាចំនួនស្រទាប់រង)(Angular momentum quantum no.)

ចំនួនកង់ទិចរង បញ្ជាក់ពីទំរង់ខុសគ្នានៃអរបីតាល់ n ណាមួយ។ តម្លៃរបស់ ℓ អាស្រ័យទៅនឹងតម្លៃរបស់ចំនួនកង់ទិចមេ (n) ។ចំពោះតម្លៃ n ណាមួយ ℓ អាចមានតម្លៃចំនួនគត់ ពី 0 ទៅ (n-1)។

ឧទាហរណ៍៖

បើ n=1 => ℓ = [0] ⇔ ℓ = 0 (ℓ មាន 1 តម្លៃ)

n=2 => ℓ = [0,1] ⇔ ℓ = 0, ℓ = 1 (ℓ មាន 2 តម្លៃ)

n=3 => ℓ = [0,2] ⇔ ℓ = 0, ℓ = 1, ℓ = 2 (ℓ មាន 3 តម្លៃ)

n=4 => ℓ = [0,3] ⇔ ℓ = 0, ℓ = 1, ℓ = 2, ℓ = 3 (ℓ មាន 4 តម្លៃ)

តម្លៃរបស់ ℓ ជាទូទៅតាងដោយ អក្សរ s, p, d,...

ដូចខាងក្រោម៖

l	0	1	2	3	4	5
ឈ្មោះ អរបីតាល់	s	p	d	f	g	h

ដើម្បីកំណត់សម្គាល់ស្រទាប់រងមួយក្នុងស្រទាប់មេណាមួយ យើងសរសេរតំលៃនៃចំនួនកង់ទិច n សម្រាប់ស្រទាប់នោះ និងភ្ជាប់ដោយអក្សរដែលតាងឱ្យស្រទាប់រងនោះ។ ឧទាហរណ៍៖ 2p តាងឱ្យស្រទាប់រងមួយដែលមានចំនួនកង់តិច n=2 និង ℓ=1 ។

តារាង តំលៃដែលអាចមាននចំនួនកង់ទិចសំរាប់អ័របីតាល់អាតូម

n	*l*	m_l*	Subshell Notation	Number of Orbitals in the Subshell
1	0	0	1*s*	1
2	0	0	2*s*	1
2	1	−1, 0, +1	2*p*	3
3	0	0	3*s*	1
3	1	−1, 0, +1	3*p*	3
3	2	−2, −1, 0, +1, +2	3*d*	5
4	0	0	4*s*	1
4	1	−1, 0, +1	4*p*	3
4	2	−2, −1, 0, +1, +2	4*d*	5
4	3	−3, −2, −1, 0, +1, +2, +3	4*f*	7

៥.៣ ចំនួនកង់ទិចម៉ាញ៉េទិច M1 (M1ជាចំនួនថតអេឡិចត្រុង)

ចំនួនកង់ទិចមេ ជាទំហំបញ្ជាក់ពីអ័រប៊ីតាល់នៃតម្លៃ n និង ℓ ណាមួយ មានន័យថាថាមពលនិងទម្រង់ណាមួយដូចគ្នា ប៉ុន្តែមានការដៅទិសខុសគ្នាក្នុងលំហ ដែល m1 = [-l,+ l] ។

ឧទាហរណ៍៖

បើ $l = 0 \Rightarrow m_l = 0$ (មាន 1 តម្លៃ) => ស្រទាប់រង s មាន 1 ថត

$l = 1 \Rightarrow m_l = \{-1, 0,1\}$ (មាន 3 តម្លៃ) => ស្រទាប់រង p មាន 3 ថត

$l = 2 \Rightarrow m1 = \{-2, -1, 0, 1, 2\}$ (មាន 5 តម្លៃ) => ស្រទាប់រង d មាន 5 ថត

$l = 3 \Rightarrow m1 = \{3, -2, -1, 0, 1, 2,3\}$ (មាន 7 តម្លៃ) => ស្រទាប់រង f មាន 7 ថត

អ័រប៊ីតាល់មានទម្រង់ដូចគ្នា ប៉ុន្តែការទិសខុសគ្នាក្នុងលំហ។ លើសពីនេះទៅទៀតអ័រប៊ីតាល់នីមួយៗនៃស្រទាប់ណាមួយមានថាមពលស្មើគ្នា។ ចំណាំថា មាន(2 l+1) អ័រប៊ីតាល់ក្នុងស្រទាប់រងនៃចំនួនកង់ទិចl ។

៥.៤ ចំនួនកង់ទិចស្ពីន Ms (Spin q.n.)

ចំនួនកង់ទិចមេ ជាទំហំបញ្ជាក់ពីស្វ័យវិលរបស់អេឡិចត្រុងជុំវិញអ័ក្សរបស់វាក្នុងថតនីមួយៗ។ ដោយថតនីមួយៗ មានពីរអេឡិចត្រុងវិលតាមទិសដៅផ្ទុយគ្នា ↑↓

ដូច្នេះចំនួនកង់ទិចស្ពីន s របស់វាមានតម្លៃតែពីរប៉ុណ្ណោះគឺ $s = \pm 0.5$ ។ តារាងទី១ រាយចំនួនកង់ទិចដែលអាចមានសម្រាប់គ្រប់អ័រប៊ីតាល់រហូតដល់ស្រទាប់ n=4។ តម្លៃទាំងនេះគោរពច្បាប់ដែលទើបនឹងសិក្សា។

គ្រប់អ័រប៊ីតាល់ដែលមានកង់ទិចមេ n ដូចគ្នា គឺមានថាមពលដូចគ្នា។ ទោះជាយ៉ាងណា ចំពោះអាតូមដែលមានអេឡិចត្រុងច្រើនជាងមួយគឺមានតែក្នុងស្រទាប់រងដូចគ្នាប៉ុណ្ណោះ(សម្គាល់ដោយ n និង ℓ) ដែលមានថាមពលច្រើនដូចគ្នា។

ឧទាហរណ៍ ៖ ការប្រើប្រាស់ច្បាប់ចំនួនកង់ទិច

ចូរបញ្ជាក់ថាតើចំនួនកង់ទិចនីមួយៗខាងក្រោមនេះគឺអាចកើតមាន(ត្រឹមត្រូវ)សម្រាប់អេឡិចត្រុងក្នុងអាតូមដែរឬទេ? ប្រសិនបើអាចកើតមាន ចូរពន្យល់ថាហេតុអ្វី?

a) $n=1, l=1, m_l=0, m_s= +1/2$
b) $n=3, l= -2, m_l = -2, m_s= -1/2$
c) $n=2, l=0, m_l = 0, m_s= +1/2$
d) $n=2, l=0, m_l = 0, m_s= 1$

ចម្លើយ៖បញ្ជាក់ថាចំនួនកង់ទិចនីមួយៗខាងក្រោមនេះគឺអាចកើតមាន(ត្រឹមត្រូវ)សម្រាប់អេឡិចត្រុងក្នុងអាតូម៖

a) មិនអាចកើតមាននោះទេ។ ចំនួនកង់ទិច ℓ ស្មើរទៅនឹង n ។ វាត្រូវតែតិចជាងn។

b) មិនអាចកើតមាននោះទេ។ ទំហំ(ដាច់ខាត)នៃចំនួនកង់ទិច m_l (គឺថាតម្លៃ m_l មិនគិតសញ្ញារបស់វា)គឺមិនអាចធំជាង ℓ ។ ។ វាត្រូវតែតិចជាងn។

c) អាចកើតមាន។

d) មិនអាចកើតមាន។ ចំនួនកង់ទិច m_s អាចមាន ½ និង -1/2 ប៉ុណ្ណោះ។

៦.ការអនុវត្តលំហាត់

លំហាត់អនុវត្តទី១ ៖ គណនាជំហានរលកនៃពន្លឺដែលបានបញ្ចេញដោយអាតូមអ៊ីដ្រូសែន និងប្រាប់ពីពណ៌នៃពន្លឺនៅក្នុងស្ប៉ិចមើលឃើញនៃអាតូមអ៊ីដ្រូសែនដែលត្រូវនឹងជំហានរលកនោះ កាលណាអេឡិចត្រុងរងភាពធ្លងពីកម្រិតថាមពល n= 4,5,6 ទៅកម្រិតថាមពល n= 2 ។

លំហាត់អនុវត្តន៍ទី២៖ ចូរពន្យល់ហេតុអ្វីចំនួនកង់ទិចនីមួយៗខាងក្រោមគឺអាចកើតមានឬមិនអាចកើតមានចំពោះអ័របីតាល់?

a) n=0, l=1, m_l =0, m_s= +1/2

b) n=2, l= 3, m_l = 0, m_s= -1/2

c) n=3, l= 2, m_l = 3, m_s= +1/2

d) n=3, l= 2, m_l = 2, m_s= 0

លំហាត់អនុវត្តន៍ទី៣៖ ចូរសរសេរកំណត់សម្គាល់ (ការតាង) (ការប្រើអក្សរកំណត់សម្រាប់។) សម្រាប់ស្រទាប់កង់ទិចដូចតទៅ៖

(a) n= 6, l =2 (b) n= 5, l = 4

(b) n= 4, l =3 (d) n=6, l = 1

លំហាត់អនុវត្តន៍ទី៤៖ ចូរពន្យល់ហេតុអ្វីចំនួនកង់ទិចនីមួយៗខាងក្រោមគឺ មិនអាចកើតមានចំពោះអ័របីតាល់?

(a) n=1, l=0, m_l =0, m_s= +1

(b) n=1, l= 3, m_l = +3, m_s= +1/2

(c) n=3, l= 2, m_l = +3, m_s= +1/2

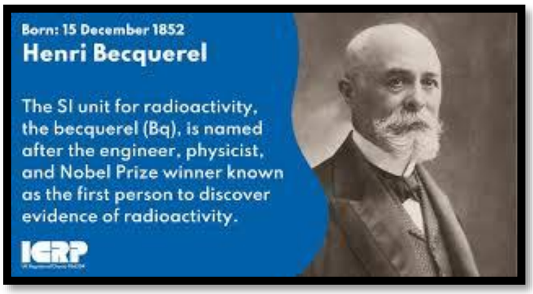
(d) n=0, l= 1, m_l = 0, m_s= +1/2

(e) n=2, l= 1, m_l = -1, m_s= +3/2

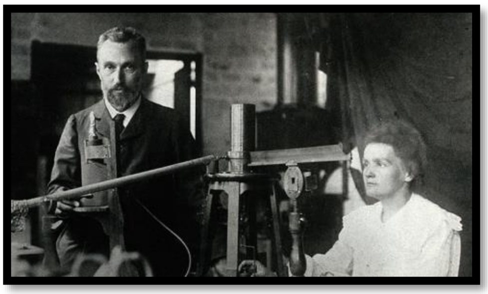
មេរៀនទី៧ គីមីនុយក្លេអ៊ែរ

១.លក្ខណៈនៃប្រតិកម្មគីមីនុយក្លេអ៊ែរ

គីមីនុយក្លេអ៊ែរ គឺជាការសិក្សាអំពីប្រតិកម្មគីមីដែលទាក់ទងទៅនឹងបម្លែងរូបធាតុរបស់អាតូម។ ផ្នែកនៃគីមីមួយនេះ ត្រូវបានចាប់ផ្តើមសិក្សានៅពេលដែលគេរកឃើញធាតុវិទ្យុសកម្មធម្មជាតិដោយ អង់តូន បាក់គីរ៉ែល និងបានរីកចម្រើនឡើងដោយលទ្ធផលនៃការសង្កេតបន្តបន្ទាប់គ្នាដោយ ព្យែ និង ម៉ារីគូរី និងអ្នកវិទ្យាសាស្ត្រជាច្រើនទៀត។ នៅក្នុងមេរៀននេះយើងនឹងសិក្សាអំពីប្រតិកម្មនុយក្លេអ៊ែរ ស្ថិរភាពណ្វៃយ៉ូ របស់អាតូមធាតុវិទ្យុសកម្ម និងផលប៉ះពាល់របស់កាំរស្មី។



លោក Atoin Henri Bacquerel


Marrie and Pierre Curie

លក្ខណៈនៃប្រតិកម្មនុយក្លេអ៊ែរ

- ❑ គ្រប់ណ្វៃយ៉ូរបស់ធាតុគីមីទាំងអស់មានភាគល្អិតមូលដ្ឋានចំនួនពីរគឺ ប្រូតុង និងណឺត្រុងលើកលែងតែ (H_2) មួយប៉ុណ្ណោះ។
- ❑ ណ្វៃយ៉ូមួយចំនួនគ្មានស្ថិរភាពទេព្រោះវាបញ្ចេញនូវភាគល្អិត និងកាំរស្មីអេឡិចត្រូម៉ាញ៉េទិចដោយឯកឯង(ធាតុកូតវិទ្យុសកម្ម)
- ❑ គ្រប់ធាតុគីមីទាំងអស់ ដែលមានលេខលំដាប់អាតូមធំជាង 83 សុទ្ធសឹងជាធាតុវិទ្យុសកម្ម។

ឧទាហរណ៍ ៖ អ៊ីសូតូប ប៉ូឡូញ៉ូម 210 $^{210}_{84}Po$ បំបែកដោយឯកឯងជា $^{206}_{82}Pb$ ដោយបញ្ចេញភាគល្អិត α

ការបំបែករបស់វិទ្យុសកម្ម និងការប្រែប្រួលលក្ខណៈ ខុសគ្នាយ៉ាងខ្លាំងជាមួយនឹងប្រតិកម្មគីមីធម្មតា។

ការប្រៀបធៀបប្រតិកម្មគីមី និងប្រតិកម្មនុយក្លេអ៊ែរ

ប្រតិកម្មគីមី	ប្រតិកម្មនុយក្លេអ៊ែរ
1. អាតូមទាំងឡាយត្រូវរៀបចំឡើងដោយការផ្តាច់សម្ព័ន្ធគីមី	1. ធាតុទាំងឡាយ(ឬអ៊ីសូតូបរបស់ធាតុដូចគ្នា)ត្រូវបានផ្លាស់ប្តូរពីមួយទៅមួយ
2. មានតែអេឡិចត្រុងនៅក្នុងអរប៊ីតាល់អាតូមទេដែលទាក់ទងនឹងការផ្តាច់សម្ព័ន្ធ	2. ប្រូតុង ណឺត្រុង អេឡិចត្រុង និងភាគល្អិតដំបូង ដទៃទៀតអាចមានការទាក់ទងនៅក្នុងប្រតិកម្ម
3. ប្រតិកម្មកើតមានឡើងដោយការស្រូប និងបញ្ចេញថាមពលតិចតួច	3. ប្រតិកម្មមានឡើងដោយការស្រូប និងបញ្ចេញកម្តៅដ៏មហិមា
4. ល្បឿនប្រតិកម្មអាចរងឥទ្ធិពលដោយសីតុណ្ហភាព សម្ពាធ កំហាប់ និងកាតាលីករ	4. ជាទូទៅល្បឿនប្រតិកម្មមិនរងឥទ្ធិពលដោយសីតុណ្ហភាព សម្ពាធ និងកាតាលីករទេ

១.១ ការថ្លឹងសមីការនុយក្លេអ៊ែរ

➢ ដើម្បីថ្លឹងសមីការនុយក្លេអ៊ែរ យើងត្រូវអនុវត្តតាមវិធានដូចខាងក្រោម :

- ចំនួនប្រូតុងសរុប បូក និងចំនួនណឺត្រុងនៅខាងផលិតផល និងអង្គធាតុប្រតិករត្រូវតែ ស្មើគ្នា (ច្បាប់រក្សាម៉ាស) ។
- បន្ទុកសរុបរបស់ ណ្វៃយ៉ូក្នុងអង្គធាតុកកើត និងអង្គធាតុប្រតិករត្រូវស្មើគ្នា (រក្សាលេខអាតូម)

ការថ្លឹងសមីការនុយក្លេអ៊ែរ

➢ ដើម្បីសិក្សាពីប្រតិកម្មនុយក្លេអ៊ែរអោយបានលំអិតយើងត្រូវចេះពីរបៀបសរសេរ និងថ្លឹងសមីការនុយក្លេអ៊ែរជាមុនសិន។

➢ ក្រៅពីការសរសេរ និម្មិតសញ្ញារបស់ធាតុគីមីយើងត្រូវបញ្ជាក់អោយច្បាស់ពីចំនួន ប្រូតុង ណឺត្រុង និងអេឡិចត្រុង។

និម្មិតសញ្ញារបស់ភាគល្អិតដំបូងមានដូចខាងក្រោម

$^{1}_{1}p$ ឬ $^{1}_{1}H$	$^{1}_{0}n$	$^{0}_{-1}e$ ឬ $^{0}_{-1}\beta$	$^{0}_{+1}e$ ឬ $^{0}_{+1}\beta$	$^{4}_{2}He$ ឬ $^{4}_{2}\alpha$
ប្រូតុង	*ណឺត្រុង*	*អេឡិចត្រុង*	*ប៉ូស៊ីត្រុង*	*ភាគល្អិត* α

ឧទាហរណ៍៖ ចូរប្ដឹងសមីការនុយក្លេអ៊ែរខាងក្រោមដោយបញ្ជាក់ពីផលិតផល X ផង។

$$\text{(a)}\ ^{212}_{84}Po \rightarrow\ ^{208}_{82}Pb\ + X$$

$$\text{(b)}\ ^{137}_{55}Cs \rightarrow\ ^{137}_{56}Ba\ + X$$

ចម្លើយ

(a) ចំនួនម៉ាស និង លេខអាតូមគឺ 212 និង 84 រៀងគ្នានៅអង្គខាងឆ្វេង និង 208 និង 82 នៅអង្គខាងស្តាំរៀងគ្នា។ ដូច្នេះ X ត្រូវមានចំនួនម៉ាសស្មើនឹង 4 ហើយលេខអាតូមស្មើនឹង 2 ដែលមានន័យថាវាជាភាគល្អិត α ។ សមីការលំនឹងតាងដោយ:

$$^{212}_{84}\mathrm{Po} \rightarrow\ ^{208}_{82}\mathrm{Pb}\ + ^{4}_{2}\alpha$$

(b) ក្នុងករណីនេះចំនួនម៉ាសមានតម្លៃស្មើគ្នានៅអង្គទាំងសងខាង ប៉ុន្តែលេខអាតូមរបស់ផលិតផលធំជាង លេខអាតូមរបស់អង្គជាតុប្រតិករចំនួន 1។ ដូច្នេះបំរែបំរួលនេះអាចកើតមាន ឡើងក្នុងករណីណឺត្រុងមួយនៅក្នុងអាតូម C បំលែងទៅជាប្រូតុង និងអេឡិចត្រុង តាមសមីការ $^{1}_{0}n \rightarrow\ ^{1}_{1}p +\ ^{0}_{-1}\beta$
(លំនាំនេះមិនបានធ្វើឱ្យចំនួនម៉ាសមានការប្រែប្រួលទេ)។

យើងបានសមីការលំនឹងដូចខាងក្រោម៖

$$^{137}_{55}\mathrm{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\mathrm{Ba} + {}^{0}_{-1}\beta$$

លំហាត់អនុវត្តន៖ តើ X ជាអ្វីនៅក្នុងសមីការនុយក្លេអ៊ែរខាងក្រោម:

ក. $^{78}_{33}As \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + X$

ខ. $^{238}_{92}U \rightarrow X + {}^{234}_{90}Th$

គ. $^{55}_{26}Fe + {}^{0}_{-1}e \rightarrow X$

ឃ. $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + X$

២. ស្ថិរភាពណ្វៃយ៉ូ

ណ្វៃយ៉ូស្ថិតនៅតែមួយផ្នែកតូចប៉ុណ្ណោះនៅក្នុងមាឌអាតូម ប៉ុន្តែវារួមមានម៉ាសមួយភាគធំបំផុតរបស់អាតូម ពីព្រោះទាំងប្រូតុង និងណឺត្រុងស្ថិតនៅទីនោះ ។ ដើម្បីសិក្សាពីស្ថិរភាពណ្វៃយ៉ូរបស់អាតូម យើងចាំបាច់ត្រូវដឹងពីដង់ស៊ីតេរបស់វា ពីព្រោះវាអាចបង្ហាញថាភាគល្អិតទាំងនេះ ស្ថិតនៅជិតគ្នាយ៉ាងរឹងមាំ ប៉ុណ្ណា។

រូបមន្តដង់ស៊ីតេ៖

ដង់ស៊ីតេ = $\frac{\text{ម៉ាស}}{\text{មាឌ}} = \frac{m(\text{ g})}{v(cm^3)}$

មាឌណ្វៃយ៉ូ = $\frac{4}{3}\pi r^3$

- ម៉ាស គិតជា(g)
- មាឌ គិតជា(cm^3)
- $\pi = 3.14$
- r : កាំស្វ៊ែ គិតជា(cm)

ឧទាហរណ៍ ៖ ឧបមាថាណ្វៃយ៉ូរបស់អាតូមមួយមានកាំប្រវែង 5 x 10^{-3} pm ហើយមានម៉ាស ស្មើនឹង 1×10^{-22}g ។ ចូរគណនាដង់ស៊ីតេណ្វៃយ៉ូរបស់អាតូមគិតជា g/ cm^3

ចម្លើយ

គណនាដង់ស៊ីតេរបស់ណ្វៃយ៉ូគិតជា g/ cm^3

តាមរូបមន្តៈd = $\frac{m}{V}$ ដោយ m= 1×10^{-22}g

$\boldsymbol{r} = 5 \text{ x } 10^{-3}\text{pm} = 5 \text{ x } 10^{-3} \times 10^{-12} = 5 \times 10^{-15}m = 5 \times 10^{-15} \times 10^{2}$

$\boldsymbol{r} = 5 \times 10^{-13}$cm

+ រកមាឌរបស់ណ្វៃយ៉ូ

តាមរូបមន្តៈ មាឌណ្វៃយ៉ូ = $\frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3.14 \times (5 \times 10^{-13})^3 =$ 523.3x $10^{-39} cm^3$

គេបាន d = $\frac{1 \times 10^{-22}}{523.3\text{x } 10^{-39}} = 2 \times 10^{14} g/cm^3$

ដូចនេះ ដង់ស៊ីតេរបស់ណ្វៃយ៉ូ $2 \times 10^{14} g/cm^3$ ។

លំហាត់អនុវត្តន៍៖ កាំរបស់ណ្វៃយ៉ូអ៊ុយរ៉ានីញ៉ូមមានតម្លៃប្រហែល $7.0 \times 10^{-3}\, pm$។

ចូរគណនាដង់ស៊ីតេរបស់ណ្វៃយ៉ូនេះគិតជា g/cm^3។(ឧបមាថា ម៉ាសអាតូមស្មើនឹង 235 ខ.អ)។

គោលការណ៍ដែលកំណត់ថា តើណ្វៃយ៉ូជាណ្វៃយ៉ូមានស្ថិរភាពឬយ៉ាងណានោះកំណត់ដោយផលធៀបរវាង ណឺតត្រុង និង ប្រូតុង(n/p) ។

- ចំពោះអាតូមដែលមានស្ថិរភាព និង មានលេខអាតូមតូចតម្លៃ n/p មានតម្លៃស្មើរ 1
- នៅពេលចំនួនអាតូមកើនឡើងផលធៀបរវាងប្រូតុងនិងណឺតត្រុងរបស់ណ្វៃយ៉ូដែលមានស្ថិរភាពនិងមានតម្លៃធំជាង 1

ចំនួនអ៊ីសូតូបដែមានស្ថិរភាព របស់អាតូមដែលមានចំនួនប្រូតុងនិងណឺតត្រុងជាចំនួនគូ និង

ប្រូតុង	ណឺត្រុង	ចំនួនអ៊ីសូតូបដែលមានស្ថិរភាព
ចំនួនសេស	ចំនួនសេស	4
ចំនួនសេស	ចំនួនគូ	50
ចំនួនគូ	ចំនួនសេស	53
ចំនួនគូ	ចំនួនគូ	157

- ណ្វៃយ៉ូទាំងឡាយណាដែលមានប្រូតុង ឬណឺត្រុងចំនួន 2, 8, 20, 50, 82 ឬ 126 ជាទូទៅមានស្ថិរភាព ជាណ្វៃយ៉ូទាំងឡាយណាដែលគ្មានតម្លៃទាំងនេះ។

ឧទាហរណ៍៖ មានអ៊ីសូតូបស្ថិរភាពរបស់សំណប៉ាហាំង (Sn) ចំនួន 10 ដែលមានចំនួនអាតូម 50 ហើយមានអ៊ីសូតូបស្ថិរភាពតែពីរប៉ុណ្ណោះរបស់ធាតុអង់ទីម៉ន (Sb) ដែលមានលេខអាតូម 51។ គេហៅចំនួន 2, 8, 20, 50, 82 និង 126 ជាចំនួនវេទមន្ត (Magic number)។ សារៈសំខាន់របស់ចំនួនលេខនេះ ចំពោះស្ថិរភាពរបស់ណ្វៃយ៉ូស្រដៀងគ្នាទៅនឹងចំនួនអេឡិចត្រុងរបស់អាតូមឧស្ម័នកម្រដែលមានស្ថិរភាពដែរ (2, 8, 20, 50, 82 និង 126 អេឡិចត្រុង)។

- ណ្វៃយ៉ូទាំងឡាយដែលមានចំនួនប្រូតុង និងណឺត្រុងជាចំនួនគូ ជាទូទៅមានស្ថេរភាពជាណ្វៃយ៉ូទាំងឡាយណាដែលមានភាគល្អិតទាំងនេះជាចំនួនសេស។
- គ្រប់អ៊ីសូតូបរបស់ធាតុទាំងឡាយដែលមានលេខអាតូមធំជាង 83 ជាធាតុវិទ្យុសកម្ម។ គ្រប់អ៊ីសូតូបរបស់ធាតុតិចនេចូម (Tc, Z=43) និងប្រូមេចូម (Pm, Z=61) គឺជាធាតុវិទ្យុសកម្ម។

២.១. ថាមពលផ្គុំណ្វៃយ៉ូ (Nuclear Binding Energy)

ទំហំបរិមាណនៃស្ថិរភាពរបស់ ណ្វៃយ៉ូគឺជាថាមពលផ្គុំរបស់ណ្វៃយ៉ូ ដែលជាថាមពលត្រូវការចាំបាច់ ដើម្បីបំបែកណ្វៃយ៉ូឱ្យទៅជាធាតុបង្ករបស់វា គឺប្រូតុង និងណឺត្រុង។ បរិមាណនេះតាងឱ្យការបំលែង ពីម៉ាសទៅជាថាមពលដែលកើតមានឡើងនៅពេលប្រតិកម្មនុយក្លេអ៊ែរបញ្ចេញកម្តៅ ។

រូបមន្តបរិមាណថាមពលបញ្ចេញកម្តៅ៖

$\Delta E = (\Delta m)c^2$ (c=3.00× $10^8 m/s$ ជាល្បឿនរលករបស់ពន្លឺ)

ដែល ΔE និង Δm(បម្រែបម្រួលម៉ាស) កំណត់ដោយ៖

ΔE =ថាមពលផលិតផល - ថាមពលអង្គធាតុប្រតិករ

Δm =ម៉ាសផលិតផល - ម៉ាសអង្គធាតុប្រតិករ

$$\text{ថាមពលផ្គុំណ្វៃយ៉ូក្នុង១នុយក្លេអុង} = \frac{\text{ថាមពលផ្គុំណ្វៃយ៉ូ}}{\text{ចំនួននុយក្លេអុង}}$$

ឧទាហរណ៍៖ចំនួនម៉ាសរបស់អាតូម $^{127}_{53}I$ ស្មើនឹង 126,9004 ខ.អ ។

ចម្លើយ ៖ នៅក្នុងអាតូមអ៊ីយ៉ូតមាន 53 ប្រូតុង និង 74 ណឺត្រុងនៅក្នុងណ្វៃយ៉ូរបស់វា។ ម៉ាសរបស់អាតូម $^{1}_{1}H$ 53 ស្មើនឹង ៖

53×1,007852 ខ.អ = 53,41473 ខ.អ

និងម៉ាសរបស់ 74 ណឺត្រុងស្មើនឹង ៖

74+1,007852 ខ.អ = 74,64121 ខ.អ

និងម៉ាសដែលបាត់បង់ស្មើនឹង ៖

53,41473 + 74,64121 = 128.05594 ខ.អ

ថាមពលដែលបញ្ចេញស្មើនឹង ៖ $\Delta E = (\Delta m)c^2$

= (-1,1555 ខ.អ)$(3,00 \times 10^8 m/_s)^2$

=-1,04 $\times 10^{17}$ ខ.អ $m^2/s^2 \Delta E = \left(-1,04 \times 10^{17} \frac{amu\, m^2}{s^2}\right) \left(\frac{1,00kg}{6,022 \times 10^{26} amu}\right) \left(\frac{1J}{\frac{1kgm^2}{s^2}}\right) =$ $-1,73 \times 10^{-13} J$

ដូចនេះថាមពលផ្គុំណ្វៃយ៉ូស្មើនឹង $1,73 \times 10^{-13} J/$ នុយក្លេអ៊ែរ។ យើងអាចគណនា ថាមពលផ្គុំណ្វៃយ៉ូក្នុងមួយក្លេអ៊ែរស្មើនឹង ៖

$$\frac{1,73 \times 10^{-10} J}{127} = 1,36 \times 10^{-12} J/\text{នុយក្លេអុង}$$

លំហាត់អនុវត្ត ៖ ចូរគណនា ថាមពលផ្គុំណ្វៃយ៉ូជា (J) និងថាមពលផ្គុំណ្វៃយ៉ូក្នុងមួយនុយក្លេអុងរបស់ $^{209}_{83}Bi$(208,9804 ខ.អ)។

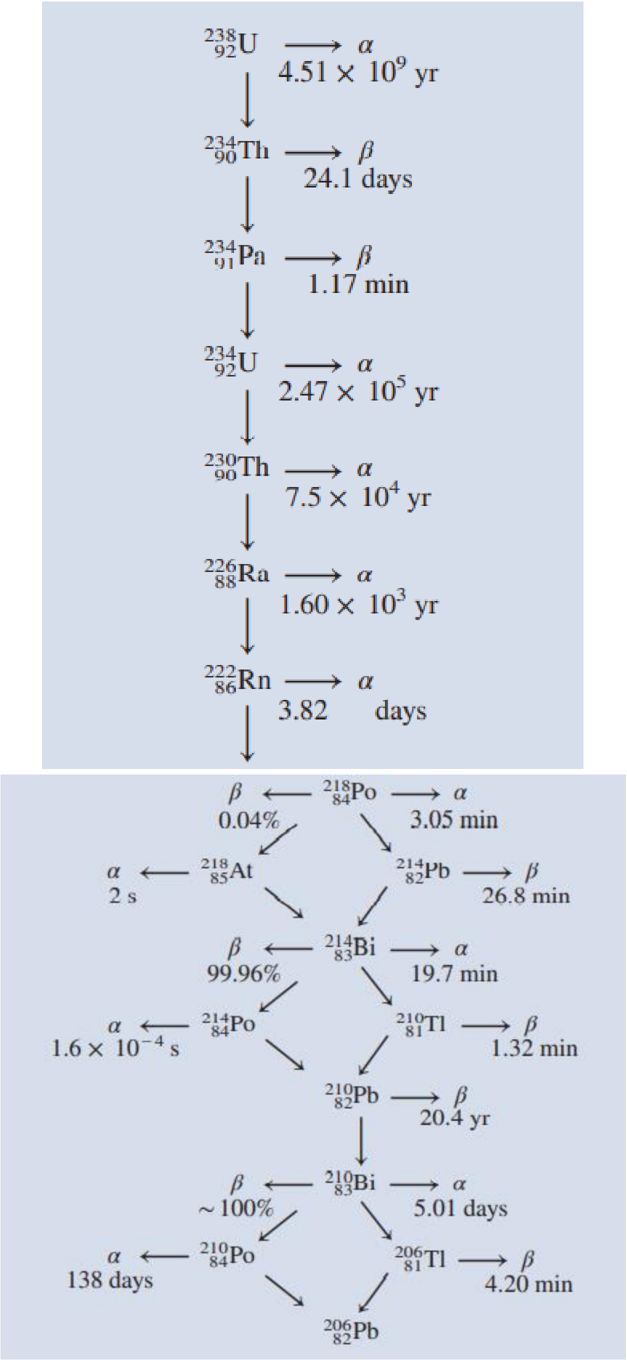
គ្រប់ណ្វៃយ៉ូរបស់ជាតុរបស់ជាតុគីមីទាំងអស់មានភាគល្អិតមូលដ្ឋានចំនួនពីរ គឺប្រូតុង និងណឺត្រុង។ ណ្វៃយ៉ូមួយចំនួនគ្មានស្ថិរភាពទេ ព្រោះវាបញ្ចេញនូវភាគល្អិត និងកាំរស្មីអេឡិចត្រូម៉ាញេទិចដោយឯកឯង(បាតុភូតវិទ្យុសកម្ម) គ្រប់ជាតុគីមីទាំងអស់ដែលមានលេខលំដាប់អាតូមធំជាង 83 សុទ្ធសឹងជាធាតុវិទ្យុសកម្ម។

៣.វិទ្យុសកម្មធម្មជាតិ

ណ្វៃយ៉ូទាំងឡាយណាដែលមិនស្ថិតនៅក្នុងតំបន់ស្ថិរភាព ព្រមទាំងណ្វៃយ៉ូទាំងឡាយណាដែលមានចំនួនប្រូតុងធំជាង 83 មានទំនោរទៅរកអស្ថិរភាព។ ការបញ្ចេញនូវភាគល្អិត ឬកាំរស្មីអេឡិចត្រូម៉ាញ៉េទិច ឬបញ្ចេញទាំងពីរនេះដោយឯកឯងដោយណ្វៃយ៉ូ ដែលគ្មានស្ថិរភាពមានឈ្មោះថាវិទ្យុសក

ម្ម។ ប្រភេទកាំរស្មីសំខាន់ៗមាន៖ ភាគល្អិត α (ឬណ្វៃយ៉ូអេល្យូមដែលមានបន្ទុកពីរ He^{2+}) កាំរស្មីបេតា β (ឬអេឡិចត្រុង) កាំរស្មី γ ដែលជាកាំរស្មីអេឡិចត្រូម៉ាញេទិចដែលមានប្រវែងរលកយ៉ាងខ្លី (0,1-10^{-4}nm) ប៉ូស៊ីត្រុង និងការចាប់យកអេឡិចត្រុង។

ការបំបែកណ្វៃយ៉ូវិទ្យុសកម្មតែងតែជាចំណុចចាប់ផ្ដើមនៃ ស៊េរីនៃការបំបែកវិទ្យុសកម្ម ដែលជាស៊េរីនៃប្រតិកម្មនុយក្លេអ៊ែរបន្តបន្ទាប់ នាំអោយមានការកកើតឡើងនូវអ៊ីសូតូប ដែលមានស្ថិរភាព។ តារាងខាងលើបង្ហាញពី សេរីនៃការពុកផុយរបស់អ៊ុយរ៉ាញ៉ូម 238 ដែលកើតឡើងដោយធម្មជាតិ។ តារាងនៃការពុកផុយនេះមានឈ្មោះថា សេរីពុកផុយរបស់អ៊ុយរ៉ាញ៉ូម ក៏បានបង្ហាញផងដែរពីពាក់កណ្ដាលជីវិតរបស់គ្រប់ផលិតផលទាំងអស់។ វាជាការសំខាន់ណាស់ក្នុងការថ្លឹងសមីការនុយក្លេអ៊ែរនៅក្នុងជំហាននីមួយៗនៃការពុកផុយនេះ។



ឧទាហរណ៍ជំហានទី1៖ នៃសេរីនៃការពុកផុយនេះ គឺជាការពុកផុយរបស់អ៊ុយរ៉ាញ៉ូម 238 ទៅ តូរ្យ៉ូម 234 ដោយមានការបញ្ចេញភាគល្អិត α ។ ដូច្នេះប្រតិកម្មនេះតាងដោយ ៖

$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}\alpha$$

ជំហានបន្ទាប់តាងដោយ ៖

$$^{234}_{90}Th \rightarrow ^{234}_{91}Pa + ^{0}_{-1}\beta$$

និងបំបែកបន្តបន្ទាប់ទៀត។ នៅក្នុងការពិភាក្សាពីជំហាននៃការពុកផុយនៃអ៊ីសូតូបវិទ្យុសកម្មចាប់ផ្តើមដំបូងមានឈ្មោះថា មេ(parents) និងផលិតផលមានឈ្មោះថា កូន(daughter)។

៣.១. ស៊ីនេទិចនៃការបំបែកវិទ្យុសកម្ម

គ្រប់ការបំបែកវិទ្យុសកម្ម ទាំងអស់គោរពទៅតាមល្បឿនប្រតិកម្មស៊ីនេទិចលំដាប់ 1 ។ ដូច្នេះល្បឿននៃការបំបែកវិទ្យុសកម្មនៅអំឡុងពេលណាមួយតាងដោយ៖

ល្បឿននៃការបំបែកក្នុងរយៈពេលt, ស្មើ λN

ដែល λ ជាថេរល្បឿនប្រតិកម្មលំដាប់មួយ

N ចំនួនណ្វៃយ៉ូវិទ្យុសកម្មដែលវត្តមានក្នុងរយៈពេល t (យើងប្រើនិមិ្មតសញ្ញា λ ជំនួស k ដើម្បីអោយត្រូវទៅនឹងសញ្ញាណរបស់គីមីវិទ្យូផ្នែកនុយក្លេអ៊ែរ។

Reaction Order	Differential Rate Law	Integrated Rate Law	Characteristic Kinetic Plot	Slope of Kinetic Plot	Units of Rate Constant
Zero	$\frac{-d[A]}{dt} = k$	$[A] = [A]_0 - kt$	[A] vs t	$-k$	mole L^{-1} sec^{-1}
First	$\frac{-d[A]}{dt} = k[A]$	$[A] = [A]_0 e^{-kt}$	ln [A] vs t	$-k$	sec^{-1}
Second	$\frac{-d[A]}{dt} = k[A]^2$	$[A] = \frac{[A]^0}{1 + kt[A]^0}$	1/[A] vs t	k	L $mole^{-1}$ sec^{-1}

តាមសមីការ $\ln\frac{[A]_0}{[A]} = kt$

ចំនួនណ្វៃយ៉ូវិទ្យុសកម្មនៅរយៈពេលសូន្យ (N_0) និងនៅរយៈពេល t (N_t) ស្មើនឹង៖

$\ln\frac{N_0}{N_t} = \lambda t$

ហើយពាក់កណ្ដាលជីវិតរបស់ប្រតិកម្មតាងដោយសមីការ $t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{k}\ln 2 = \frac{0,693}{k}$

យើងបាន៖ $t_{\frac{1}{2}} = \frac{0,693}{\lambda}$

ពាក់កណ្ដាលជីវិត (ថេរល្បឿន) របស់អ៊ីសូតូបវិទ្យុសកម្មមានលក្ខណៈខុសប្លែកគ្នាយ៉ាងខ្លាំងពីណ្វៃយ៉ូមួយទៀត។ ឧទាហរណ៍នៅក្នុងតារាងខាងលើ យើងអាចមើលឃើញនូវករណីពីខុសគ្នាយ៉ាងខ្លាំង ៖

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}\alpha \quad t_{\frac{1}{2}} = 4,51 \times 10^{9} \text{ ឆ្នាំ}$$

$$^{214}_{84}Po \rightarrow {}^{210}_{82}Pb + {}^{4}_{2}\alpha \quad t_{\frac{1}{2}} = 1,6 \times 10^{-4} \text{ វិនាទី}$$

Nuclide	Half-life ($t_{1/2}$)[a]	Decay constant (λ)	Source
^{238}U	4.4683 ± 0.0048 x 10^{9} y	1.55125 x 10^{-10} y^{-1}	Jaffey et al., 1971*
^{235}U	7.0381 ± 0.0096 x 10^{8} y	9.8485 x 10^{-10} y^{-1}	Jaffey et al., 1971*
^{234}U	247,500 ± 3,200 y	2.8006 x 10^{-6} y^{-1}	Fleming et al., 1952
^{234}U	244,600 ± 730 y	2.8338 x 10^{-6} y^{-1}	De Bievre et al., 1971
^{234}U	244,400 ± 1,200 y	2.8361 x 10^{-6} y^{-1}	Lounsbury & Durham, 1971
^{234}U	245,500 ± 1,000 y	2.8234 x 10^{-6} y^{-1}	Holden, 1989
^{234}U	245,250 ± 490 y	2.8263 x 10^{-6} y^{-1}	Cheng et al., 2000 *
^{230}Th	75,200 ± 3,200 y	9.2174 x 10^{-6} y^{-1}	Attree et al., 1961
^{230}Th	75,381 ± 590 y	9.1953 x 10^{-6} y^{-1}	Meadows et al., 1980
^{230}Th	75,690 ± 230 y	9.1577 x 10^{-6} y^{-1}	Cheng et al., 2000 *
^{232}Th	1.401 x 10^{10} y	4.9475 x 10^{-11} y^{-1}	LeRoux & Glendenin, 1963 *
^{231}Pa	32,760 ± 220 y	2.1158 x 10^{-5} y^{-1}	Robert et al., 1969 *

* These are the values used in our calculations and the values we recommend.
[a] All errors are quoted at the 2σ level; this may differ from the original source.

ចំណាំ ៖ យើងមិនចាំបាច់រង់ចាំរហូតដល់រយៈពេល $4,51 \times 10^{9}$ ឆ្នាំក្នុងការគណនាពាក់កណ្ដាលជីវិតរបស់អ៊ុយរ៉ាញ៉ូម 283 ទេ។ យើងអាចគណនាតម្លៃរបស់វាតាមរយៈសមីការថេរល្បឿន។

ផលធៀបរបស់ថេរល្បឿនទាំងពីរនេះបន្ទាប់ពីបម្លែងខ្នាតអោយដូចគ្នាប្រហែល 1×10^{21} ដែលជាតម្លៃមួយមានទំហំធំធេងណាស់។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ ថេរល្បឿនមិនប៉ះពាល់ដោយបម្លាស់ប្ដូរបរិយាកាសដូចជាសីតុណ្ហភាព និងសម្ពាធទេ។ តម្លៃដ៏ធំមហិមាបែបនេះពុំដែលមានទេ នៅក្នុងសមីការគីមីធម្មតា។

៣.២. ការកំណត់កាលបរិច្ឆេទដោយផ្អែកលើការបំបែកវិទ្យុសកម្ម

គេបានប្រើប្រាស់ពាក់កណ្ដាលជីវិតរបស់អ៊ីសូតូបវិទ្យុសកម្ម នាឡិកាអាតូមិច ដើម្បីកំណត់អាយុរបស់វត្ថុមួយចំនួន។ ខាងក្រោមនេះជាឧទាហរណ៍មួយចំនួនពីការកំណត់អាយុរបស់វត្ថុមួយចំនួនដោយប្រើបំបែកអ៊ីសូតូបវិទ្យុសកម្ម។

៣.២.១. ការកំណត់កាលបរិច្ឆេទរបស់កាបូនតាមវិទ្យុសកម្ម

អ៊ីសូតូបកាបូនរបស់កាបូន 14 កើតមានឡើងនៅពេលដែលគេបាញ់កាំរស្មីកូស្មិចទៅលើអាតូមអាសូតដែលមានវត្តមាននៅក្នុងបរិយាកាស។

$$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{14}_{6}C + ^{1}_{1}H$$

កាបូន 14 វិទ្យុសកម្មបំបែកទៅតាមសមីការខាងក្រោម៖

$^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + ^{0}_{-1}\beta$ $\quad t_{\frac{1}{2}} = 5700 \pm 30$ ឆ្នាំ

៣.២.២. ការកំណត់កាលបរិច្ឆេទដោយប្រើអ៊ីសូតូបអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម 238

ដោយសារតែអង្គធាតុកណ្ដាលជីវិតយ៉ាងវែង ដូចនេះស៊េរីនេះ មានលក្ខណៈសមស្របណាស់ក្នុងការធ្វើការប៉ាន់ស្មានអាយុរបស់ថ្មនៅក្នុងផែនដីនិងវត្ថុទាំងឡាយដែលនៅក្រៅផែនដី។
ពាក់កណ្ដាលជីវិតនៅក្នុងជំហានទីមួយរបស់អ៊ុយរ៉ាញ៉ូម ($^{238}_{92}U\ to\ ^{234}_{90}Th$) គឺ 4,15× 10^9 ឆ្នាំ។ តម្លៃនេះមានទំហំធំជាងពាក់កណ្ដាលជីវិតដែលធំបន្ទាប់ប្រហែល 20000 ដង ($^{234}_{92}U\ to\ ^{230}_{90}Th$ ដែលពាក់កណ្ដាលជីវិតរបស់វាស្មើនឹង 2,47× 10^5 ឆ្នាំ)។ ដូច្នេះយើងអាចធ្វើការសន្និដ្ឋានបានថា

ពាក់កណ្ដាលជីវិតរបស់លំនាំទាំងមូលត្រូវគោរពស្មើរតែទាំងស្រុង ($^{238}_{92}U\ to\ ^{206}_{82}Pb$) ទៅលើដំណាក់កាលទី 1។

$^{238}_{92}U \rightarrow ^{206}_{82}Pb + 8\,^{4}_{2}\alpha + 6\,^{0}_{-1}\beta$ $\quad t_{\frac{1}{2}} = 4{,}51 \times 10^9$ ឆ្នាំ

៣.២.៣. ការកំណត់អាយុកាលដោយអ៊ីសូតូបប៉ូតាស្យូម 40

នេះជាវិធីសាស្ត្រមួយក្នុងចំណោមវិធីសាស្ត្រសំខាន់ទាំងឡាយរបស់ភូគព្ភគីមី។ អ៊ីសូតូប វិទ្យុសកម្មរបស់ប៉ូតាស្យូម 40 បំបែកតាមវិធីជាច្រើន។ ប៉ុន្តែការបំបែកមួយទាក់ទងទៅនឹងការកំណត់អាយុគឺការចាប់យកអេឡិចត្រុង៖

$$^{40}_{19}K + ^{0}_{-1}e \rightarrow ^{40}_{18}Ar \qquad t_{\frac{1}{2}} = 1{,}2 \times 10^9 \text{ ឆ្នាំ}$$

ការកើនឡើងនៃឧស្ម័នអាកុង 40 ត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ដើម្បីស្ទង់ពីអាយុរបស់ភាគសំណាក។ នៅពេលដែលអាតូមប៉ូតាស្យូម 40 នៅក្នុងសារធាតុរ៉ែចាប់ផ្តើមបំបែក នោះអាកុង 40 នឹងត្រូវខ្ទប់ជាប់នៅក្នុងបណ្តាញសារធាតុរ៉ែ ហើយឧស្ម័ននេះអាចចេញបានលុះណាតែសារធាតុរ៉ែរលាយ។ ដូច្នេះការរលាយគឺជាលំនាំមួយក្នុងការវិភាគសំណាករ៉ែនៅក្នុងបន្ទប់ពិសោធន៍។ យើងអាចកំណត់បរិមាណឧស្ម័នអាកុង 40 ដែលមានវត្តមានដោយប្រើស្ប៊ិចម៉ាស។ ការស្គាល់ពីផលធៀបរវាងអាកុង 40 និងប៉ូតាស្យូម 40 នៅក្នុងសារធាតុរ៉ែ និងពាក់កណ្តាលជីវិតរបស់ការបំបែកអាចអោយគេកំណត់អាយុរបស់ថ្មដែលមានអាយុកាលពីរាប់លានទៅរាប់កោដឆ្នាំ។

៤.បម្លែងរូបធាតុ

ទំហំនៃគីមីនុយក្លេអ៊ែរអាចមានភាពចង្អៀតចង្អល់ណាស់ ប្រសិនបើការសិក្សាកំណត់តែត្រឹមលើអ៊ីសូតូបវិទ្យុសកម្មធម្មជាតិ។ ការពិសោធន៍មួយដែលធ្វើឡើងដោយលោក រ៉ូធឺហ្វត(Rutherford) នៅឆ្នាំ 1919 បានផ្តល់ជាតម្រុយ ក្នុងការផលិតវិទ្យុសកម្មដោយសិប្បនិម្មិត។ នៅពេលដែលគាត់បាញ់ភាគល្អិតអាល់ហ្វាទៅលើអាតូមអាសូត ប្រតិកម្មដូចខាងក្រោមនេះកើតមានឡើង។

$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}\alpha \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}p$

យើងអាចសង្ខេបប្រតិកម្មខាងលើបានជា $^{14}_{7}N\ (\alpha, p)^{17}_{8}O$

ឧទាហរណ៍ ៖ ចូលថ្លឹងសមីការនុយក្លេអ៊ែរលំនឹង $^{56}_{26}Fe\ (D, \alpha)^{17}_{8}Mn$ ដែល d តាងអោយណ្វៃយ៉ូដឺតេរីយូម $^{2}_{1}H$ ។

ចម្លើយ $^{56}_{26}Fe + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}\alpha + ^{54}_{25}Mn$

លំហាត់អនុវត្ត ៖ ចូរសរសេរសមីការលំនឹងសម្រាប់ $^{106}_{46}Pd\ (\alpha, p)^{109}_{47}Ag$

ចម្លើយ $^{106}_{46}Pd + ^{4}_{2}\alpha \rightarrow ^{109}_{47}Ag + ^{1}_{1}p$

ចូរសរសេរសមីការនុយក្លេអ៊ែរលំនឹងចំពោះសមីការដូចតទៅនេះ ព្រមទាំងបញ្ជាក់ពី X ផង។

a) $^{80}_{34}Se\ (D, p)X$

b) $X(D, 2p)^{9}_{3}Li$

c) $^{10}_{5}B\ (n, \alpha)X$

៥.ការបំបែកណ្វៃយ៉ូ

ការបំបែកណ្វៃយ៉ូ គឺជាលំនាំមួយដែលណ្វៃយ៉ូធ្ងន់ (ចំនួនម៉ាសធំជាង ២០០) បំបែកដើម្បីក្លាយជាណ្វៃយ៉ូតូច ដែលមានម៉ាសកណ្តាល និងណឺត្រុងមួយ ឬច្រើន។ដោយសារតែ ណ្វៃយ៉ូដែលធំពុំសូវមានស្ថិរភាពជាងផលិតផលរបស់វា លំនាំនេះបញ្ចេញថាមពលយ៉ាងខ្លាំង។

សមីការតំណាងតាងដោយៈ

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{90}_{38}Sr + ^{143}_{54}Xe + ^{1}_{0}n$$

ភាពខុសគ្នារវាងថាមពលផ្គុំណ្វៃយ៉ូរបស់អង្គធាតុប្រតិករ និងផលិតផលគឺៈ

$(1,23 \times 10^{-10} + 1,92 \times 10^{-10})J - (2,82 \times 10^{-10})J$ ឬ$3,3 \times 10^{-11}$ ក្នុងមួយណ្វៃយ៉ូអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម 235 ។ ក្នុងមួយម៉ូលអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម-235 ថាមពលដែលវាត្រូវបញ្ចេញស្មើនឹង $(3,3 \times 10^{-11})(6,02 \times 10^{23})$ or $2,0 \times 10^{13}J$ នេះជាប្រតិកម្មមួយបញ្ចេញកម្ដៅដ៏មហិមាមួយបើធៀបទៅនឹងចំហេះធ្យូងចំនួនមួយតោនវាអាចផ្ដល់ថាមពល បានត្រឹមតែ $8 \times 10^{7}J$ ប៉ុណ្ណោះ។

តារាងទី 5 ថាមពលផ្គុំណ្វៃយ៉ូរបស់អ៊ុយរ៉ាញ៉ូម—235 និងផលិតផលដែលបាន មកពីការបំបែក

	ថាមពលនុយក្លេអ៊ែសរុប
^{235}U	$2,82 \times 10^{-10}$ J
^{90}Sr	$1,23 \times 10^{-10}$ J
^{143}Xe	$1,92 \times 10^{-10}$ J

ប្រតិកម្មបំបែកណ្វៃយ៉ូពីរប្រភេទ។ a ប្រសិនបើម៉ាសរបស់អ៊ុយរ៉ាញ៉ូម 235 មិនគ្រប់គ្រាន់នោះ និងគ្មានច្រវ៉ាក់ប្រតិកម្មកើតមានឡើងទេ។ ណឺត្រុងជាច្រើនដែលកើតឡើង នឹងភាយទៅមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ។ ប្រសិនបើម៉ាសភាគសំណាកមានវត្តមានគ្រប់គ្រាន់ នោះណឺត្រុងដែលបញ្ចេញមកជាច្រើនពេលបំបែក នឹងត្រូវចាប់យកដោយណ្វៃយ៉ូអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម 235 ដទៃទៀត ហើយច្រវ៉ាក់ប្រតិកម្ម នឹងកើតមានឡើង។

៥.១ គ្រាប់បែកអាតូមិច

គ្រាប់បែកអាតូមិចតូចមួយមានអានុភាពប្រហែលនឹង TNT (ទ្រីនីត្រូតូលុយអែន) ទំងន់ 20000 តោន។ ពីព្រោះ TNT មួយតោនអាចបញ្ចេញថាមពលប្រហែល 4×10^{9}J ដូច្នេះ TNT 20000 តោនអាចបញ្ចេញថាមពលបាន 8×10^{13}J ។ មួយម៉ូលអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម ឬ 235g បញ្ចេញថាមពល $2,0 \times 10^{13}J$ នៅពេលបំបែក ដូច្នេះម៉ាសអ៊ីសូតូបដែលមានវត្តមាននៅក្នុងគ្រាប់បែកតូចមានទម្ងន់យ៉ាងហោចណាស់: $235g \times \frac{8 \times 10^{13}J}{2,0 \times 10^{13}J} = 1kg$

តែតាមពិតជាក់ស្ដែង គេមិនដែលបញ្ចូលគ្រាប់បែកអាតូមិចជាមួយនឹងម៉ាសអប្បបរមាដែលមានវត្តមានរួចហើយនោះទេ។ ម៉ាសអប្បបរមាកើតមានឡើងដោយការប្រើប្រាស់សារធាតុផ្ទុះធម្មតា ដូចជា TNT ដើម្បីទៅជុំរុញផ្នែកដែលអាចបំបែកជាមួយគ្នាដូចរូបទី9។

៥.២ រេអាក់ទ័រនុយក្លេអ៊ែរ

បច្ចុប្បន្ននេះរេអាក់ទ័រនុយក្លេអ៊ែរផ្តល់នូវថាមពលអគ្គិសនីប្រហែល 20% នៃថាមពលអគ្គិសនីសរុបនៅសហរដ្ឋអាមេរិក។ ចំណែកឯនៅបណ្តាប្រទេសអ៊ឺរ៉ុបរេអាក់ទ័រនុយក្លេអ៊ែរផ្តល់នូវថាមពលប្រហែល 40% នៃថាមពលអគ្គិសនីដែលបានប្រើប្រាស់។ នេះជាបរិមាណថាមពលមួយដ៏តិចតួច ប៉ុន្តែវាអាចចូលរួមចំណែក ដល់តម្រូវការថាមពលរបស់ជាតិដែលមិនអាចខ្វះបាន។ រេអាក់ទ័រនុយក្លេអ៊ែរជាច្រើនប្រភេទខុសៗត្រូវបានកំពុងអនុវត្តន៍។

៥.២.១ រេអាក់ទ័រទឹកស្រាល

រេអាក់ទ័រនុយក្លេអ៊ែរភាគច្រើននៅក្នុងសហរដ្ឋអាមេរិកគឺ រេអាក់ទ័រទឹកស្រាល។ ផ្នែកដែលមានសារៈសំខាន់ៗរបស់លំនាំបំបែកគឺល្បឿនរបស់ណឺត្រុង។ ណឺត្រុងដែលមានល្បឿនយឺតបំបែកណ្វៃយ៉ូអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម*-235* មានប្រសិទ្ធភាពជាងណឺត្រុងដែលមានល្បឿនលឿន ពីព្រោះប្រតិកម្មបំបែកជាប្រតិកម្មបញ្ចេញកម្តៅយ៉ាងមហិមា ដូចនេះណឺត្រុងដែលកកើតតែងតែមានល្បឿនរលកខ្ពស់។ ដើម្បីឲ្យមានប្រសិទ្ធភាព យើងត្រូវបន្ថយល្បឿនណឺត្រុងមុនពេលឲ្យណឺត្រុងធ្វើប្រតិកម្មបំបែកណ្វៃយ៉ូ។ ដើម្បីទទួលបាននូវគោលបំណងនេះ អ្នកវិទ្យាសាស្ត្របានប្រើប្រាស់ សារធាតុស្រូបណឺត្រុង(*moderators*) ដែលជាសារធាតុដែលអាចកាត់បន្ថយថាមពលស៊ីនេទិចរបស់ណឺត្រុង។

សារធាតុស្រូបណឺត្រុងដែលល្អត្រូវតែមានលក្ខណៈដូចខាងក្រោម៖

- ជាសារធាតុដែលមិនពុលហើយតម្លៃថោក (ពីព្រោះយើងត្រូវការបរិមាណសារធាតុនេះច្រើន
- ជាសារធាតុដែលធន់នឹងការបំបែកទៅជាធាតុវិទ្យុសកម្មដោយសារការបាញ់ភាគល្អិតណឺត្រុង
- ជាការប្រសើរប្រសិនបើសារធាតុស្រូបណឺត្រុងជាសន្ទនីយ(*fluid*) ពីព្រោះវាអាចដើរតួជាសារធាតុកាត់បន្ថយកម្តៅបានផងដែរ។

រេអាក់ទ័រនុយក្លេអ៊ែរដែលប្រើប្រាស់ទឹកស្រាល (H_2O) ជាសារធាតុស្រូបណឺត្រុងមានឈ្មោះថា រេអាក់ទ័រទឹកស្រាល ពីព្រោះ ^1_1H ជាធាតុដែលស្រាលជាងគេបង្អស់ ក្នុងចំណោមអ៊ីសូតូបទាំងអស់របស់អ៊ីដ្រូសែន។

ឥន្ធនៈរបស់នុយក្លេអ៊ែររួមមានអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម ដែលជាទូទៅក្នុងទម្រង់អុកស៊ីតរបស់វា U_3O_8។ អ៊ុយរ៉ាញ៉ូមដែលកើតមានជាធម្មជាតិរួមមានអ៊ីសូតូបអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម-235 ប្រមាណ 0.7% ដែលជាកំហាប់អ៊ុយរ៉ាញ៉ូមមួយតូចណាស់សម្រាប់ផ្គត់ផ្គង់ សង្វាក់ប្រតិកម្មទ្រង់ទ្រាយតូចមួយ។ ដើម្បីឲ្យរេអាក់ទ័រទឹកស្រាលមានប្រតិបត្តិការប្រកបដោយប្រសិទ្ធភាព យើងត្រូវបង្កើនកំហាប់អ៊ុយរ៉ាញ៉ូម-235 ឲ្យបានពី 3 ទៅ 4% ។ ជាគោលការណ៍ ភាពខុសគ្នាជាចំបងរវាងរេអាក់ទ័រនុយក្លេអ៊ែរ និងគ្រាប់បែកអាតូមិចគឺថា ប្រវាក់

ប្រតិកម្មដែលកើតមានឡើងនៅក្នុងរេអាក់ទ័រនុយក្លេអ៊ែរត្រូវបានគេត្រួតពិនិត្យគ្រប់ពេលវេលា។ កត្តាដែលកំណត់ល្បឿនរបស់ប្រតិកម្មគឺវត្តមានណឺត្រុង។ យើងអាចគ្រប់គ្រងចំនួនណឺត្រុងបានដោយបន្ទាប់ចង្កឹះកាត់ម្ជូម ឬបរដែលស្ថិតនៅចន្លោះធាតុដែលជាឥន្ធនៈ។

ចង្កឹះទាំងនេះចាប់យកណឺត្រុងតាមសមីការខាងក្រោម៖

$$^{113}_{48}Cd + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{114}_{48}Cd + \gamma$$

$$^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{7}_{3}Li + ^{4}_{2}\alpha$$

៥.២.២ រេអាក់ទ័រទឹកធ្ងន់

គុណសម្បត្តិចម្បងរបស់រេអាក់ទ័រទឹកធ្ងន់ គឺយើងមិនចាំបាច់ត្រូវការឧបករណ៍សម្រាប់ផលិតអ៊ុយរ៉ាញ៉ូមដែលមានកំហាប់ខ្ពស់នោះទេ។ តែទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយ យើងត្រូវផលិត D_2O តាមវិធីបំណិតប្រភាគ ឬតាម អគ្គីសនីវិភាគទឹកធម្មតា ដែលលំនាំនេះមានតម្លៃខ្ពស់បើយើងគិតពីបរិមាណទឹកដែលប្រើប្រាស់នៅក្នុងរេអាក់ទ័រនុយក្លេអ៊ែរ។

៥.២.៣ រេអាក់ទ័របង្កាត់

រេអាក់ទ័របង្កាត់ប្រើអ៊ុយរ៉ាញ៉ូមជាឥន្ធនៈ ប៉ុន្តែវាមិនដូចរេអាក់ទ័រនុយក្លេអ៊ែរធម្មតាទេ ដោយវាបង្កើតបានជាសារជាតុបំបែកច្រើនជាងសារជាតុដែលវាប្រើប្រាស់។

យើងដឹងហើយថានៅពេលដែលគេបាញ់ណឺត្រុងទៅលើណ្វៃយ៉ូអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម-235 ប្រតិកម្មដូចខាងក្រោមនេះកើតមានឡើង៖

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}U$$

$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{239}_{93}Np + ^{0}_{-1}\beta \qquad t_{\frac{1}{2}} = 23,4mn$$

$$^{238}_{93}Np \rightarrow ^{239}_{94}Pu + ^{0}_{-1}\beta \qquad t_{\frac{1}{2}} = 2,35days$$

នៅក្នុងលក្ខណៈនេះអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម-235 ដែលមិនអាចបំបែកបានត្រូវបានគេបំប្លែងទៅជាអ៊ីសូតូបដែលអាចបំបែកបានគឺ ភ្លុយតូញ៉ូម-239 ។

នៅក្នុងរេអាក់ទ័របង្កាត់ធម្មតា ឥន្ធនៈនុយក្លេអ៊ែរដែលរួមមានអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម-235 ឬ ភ្លុយតូញ៉ូម-239 ត្រូវបានគេលាយជាមួយអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម-238 ដែលធ្វើឲ្យការបង្កាត់អាចកើតមានឡើងនៅផ្នែកកណ្ដាល។ ចំពោះគ្រប់ណ្វៃយ៉ូអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម-235 ឬ ភ្លុយតូញ៉ូម-239ដែលរងការបំបែកណឺត្រុងច្រើនជាងមួយនឹងត្រូវចាប់យកដោយអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម-238 ដើម្បីបង្កើតជាភ្លុយតូញ៉ូម-239។

អ៊ីសូតូបដែលមានសារៈសំខាន់មួយទៀតគឺ $^{232}_{90}Th$។ នៅពេលដែលចាប់យកណឺត្រុង ដែលមានល្បឿនយឺត តូរ្យ៉ូមនឹងប្រែទៅជាអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម-233ដែលមានលក្ខណៈដូចអ៊ុយរ៉ាញ៉ូម-235 ដែរ ដែលជាអ៊ីសូតូបអាចបំបែកបាន៖

$$^{232}_{90}Th + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{233}_{90}Th$$

$$^{233}_{90}Th \rightarrow ^{233}_{91}Pa + ^{0}_{-1}\beta \qquad t_{\frac{1}{2}} = 22min$$

$$^{233}_{91}Pa \rightarrow ^{233}_{92}U + ^{0}_{-1}\beta \qquad t_{\frac{1}{2}} = 27,4days$$

៥.២.៤ គ្រោះថ្នាក់របស់ថាមពលនុយក្លេអ៊ែរ

ផលិតផលបំបែកជាច្រើនដូចជាស្រ្តុងចូម-90 ជាអ៊ីសូតូបវិទ្យុសកម្មមានគ្រោះថ្នាក់ ដែលមានពាក់កណ្ដាលជីវិតវែង។ ព្លុយតូញ៉ូម-239 ដែលគេបានប្រើប្រាស់ជាឥន្ធនៈនុយក្លេអ៊ែរ និង ដែលកកើតឡើងនៅក្នុងរេអាក់ទ័របង្កាត់គឺជាសារជាតុមួយ ក្នុងចំណោមសារជាតុដែលពុលបំផុតជាច្រើនដែលគេបានស្គាល់។ វាក៏ជាសារជាតុបញ្ចេញកាំរស្មីអាល់ផាផងដែរ ហើយមានពាក់កណ្ដាលអាយុរហូតដល់ 24400 ឆ្នាំ។ គ្រោះថ្នាក់មួយដែលកើតមានឡើង នៅក្នុងរេអាក់ទ័រកោះបីម៉ាស (Tree Mile Island) នៅផិនស៊ីលវ៉ានី (Pennsylvania)នៅឆ្នាំ 1979 បានធ្វើឲ្យមជ្ឈដ្ឋានសាធារណៈចាប់ផ្ដើមយកចិត្តទុកដាក់អំពីគ្រោះថ្នាក់របស់រោងចក្រនុយក្លេអ៊ែរ។

៦. ការរួមបញ្ចូលណ្វៃយ៉ូ (Nuclear Fusion)

ការរួមបញ្ចូលណ្វៃយ៉ូ គឺជាការរួមបញ្ចូលនៃណ្វៃយ៉ូតូច ទៅជាណ្វៃយ៉ូដែលធំ និងស្ថិរភាពមួយដោយបញ្ចេញនូវថាមពលយ៉ាងសម្បើមនៅក្នុងដំណើរការនេះ ។ ប្រតិកម្មរួមបញ្ចូលណ្វៃយ៉ូកើតមានឡើងនៅក្នុងធម្មជាតិ នៅក្នុងព្រះអាទិត្យដែលជាផ្កាយនៃប្រព័ន្ធព្រះអាទិត្យរបស់យើង ។ ព្រះអាទិត្យបង្កឡើងពី២ស្នូនអ៊ីដ្រូសែន និងអេលេល្យូម ។ ខាងក្រោមគឺជាសមីការបង្ហាញពីប្រតិកម្មរួមបញ្ចូលណ្វៃយ៉ូនៅក្នុងព្រះអាទិត្យ ៖

ដោយសារតែប្រតិកម្មរួមបញ្ចូលណ្វៃយ៉ូអាចកើតមានឡើងតែនៅកម្រិតសីតុណ្ហភាពខ្ពស់ គេចាត់ទុកប្រតិកម្មនេះថា ប្រតិកម្មទែម៉ូនុយក្លេអ៊ែរ (**Thermonuclear reactions**)

ក. រ៉េអាក់ទ័របញ្ចូលណ្វៃយ៉ូ (Fusion Reactors)

បញ្ហាចម្បងមួយនៃដំណើរការប្រតិកម្មរួមបញ្ចូលណ្វៃយ៉ូដើម្បីផលិតថាមពល គឺជាសីតុណ្ហភាពដែលត្រូវការដើម្បីឱ្យដំណើរការមួយនេះប្រព្រឹត្តទៅបាន ។ ខាងក្រោមគឺជាប្រតិកម្មដែលអាចប្រើប្រាស់សម្រាប់ផ្ដល់ជាថាមពល ៖

ប្រតិកម្មខាងលើនេះត្រូវការសីតុណ្ហភាពយ៉ាងខ្ពស់ គឺប្រមាណជា ១០០លាន°C ដើម្បីអាចជម្នះនូវកម្លាំងចម្រានរវាងណ្វៃយ៉ូ និងណ្វៃយ៉ូ។ ផ្ទុយទៅនឹងប្រតិកម្មបំបែកណ្វៃយ៉ូ ប្រតិកម្មរួមបញ្ចូលណ្វៃយ៉ូអាចជាប្រភពថាមពលថ្មីសម្រាប់មនុស្សជាតិ បើទោះបីជាការបំពុលកម្តៅអាចជាបញ្ហាមួយក៏ដោយ ក៏ប្រតិកម្មរួមបញ្ចូលណ្វៃយ៉ូនេះមានគុណសម្បត្តិដូចជា ៖

- ឥន្ធនៈមានតម្លៃថោក ហើយប្រើមិនចេះអស់ (D_2O ដែលមានបរិមាណប្រហែល $1.5 \times 10^{-2}\%$ នៅក្នុងធម្មជាតិ)
- បញ្ចេញកាកសំណល់វិទ្យុសកម្មតិចតួច ផ្ទុយពីប្រតិកម្មបំបែកណ្វៃយ៉ូដែលបញ្ចេញកាកសំណល់វិទ្យុសកម្មយ៉ាងច្រើន ។

ក៏ប៉ុន្តែបើទោះបីជាវាល្អយ៉ាងណាក៏ដោយ បញ្ហាធំនោះគឺថាតើមានរេអាក់ទ័រប្រភេទណាដែលអាចទ្រាំទ្រហ្នឹងកម្តៅដ៏មហិមារហូតដល់ទៅ ១០០លាន°C ។ នៅសីតុណ្ហភាពប៉ុននេះ គ្មានទៀតឡើយអាតូម ឬម៉ូលេគុល គឺមានតែល្បាយនៃឧស្ម័នអ៊ីយ៉ុងវិជ្ជមាន (**Positive Ion**) និងអេឡិចត្រុង ដែលគេហៅថា **ប្លាស្មា** (**Plasma**) ។ ដើម្បីអាចផ្ទុកប្លាស្មាដែលមានសីតុណ្ហភាពយ៉ាងសម្បើមបែបនេះ អ្នកវិទ្យាសាស្ត្របានស្នើរឡើងនូវគម្រូរេអាក់ទ័រដែលប្រើប្រាស់ដែនម៉ាញេទិច ដើម្បីបង្ខាំងប្លាស្មាកុំឱ្យហូរចេញមកក្រៅ ដែលគម្រូនេះគេបានដាក់ឈ្មោះថា **តូកាម៉ាក់** (**Tokamak**) ដែលមានរូបដូចខាងក្រោម។

ខ. គ្រាប់បែកអ៊ីដ្រូសែន (Hydrogen Bomb)

គ្រាប់បែកអ៊ីដ្រូសែនត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយមិនផ្សំពីដឺតេរ្យ៉ូមសុទ្ធទេ តែវាផ្សំឡើងពីអង្គធាតុរឹងលីចូមដឺតេរ្យ៉ូម (LiD) ដែលត្រូវបានគេខ្ចប់យ៉ាងរឹងមាំ ។ ការផ្ទុះរបស់គ្រាប់បែកអ៊ីដ្រូសែនមានពីរដំណាក់កាល ដូចបានបង្ហាញក្នុងសមីការខាងក្រោម ដែលដំបូងជាប្រតិកម្មបំបែក ហើយដំណាក់កាលទី ២ គឺប្រតិកម្មរួមបញ្ចូលណ្វៃយ៉ូ ។ ភ្លាមៗបន្ទាប់ពីគ្រាប់បែកផ្ទុះ ប្រតិកម្មរួមបញ្ចូលណ្វៃយ៉ូនឹងកើតមានឡើងដោយមានបញ្ចេញនូវថាមពលជាច្រើន ។

គ្រាប់បែកអ៊ីដ្រូសែន ឬគ្រាប់បែកទែម៉ូនុយក្លេអ៊ែរ ត្រូវបានគេចាត់ទុកថាមានភាពប្រសើរជាងគ្រាប់បែកអាតូមិច ពីព្រោះអ៊ីសូតូបវិទ្យុសកម្មនៃគ្រាប់បែកនេះបង្កើតបានតែមួយគត់គឺទ្រីចូម ${}^3_1H$ ដែលបញ្ចេញភាគល្អិតបែតាខ្សោយ ។ តែទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយ ឥទ្ធិពលរបស់វាបានធ្វើឱ្យខូចខាតដល់បរិស្ថានយ៉ាងធំធេង ដោយសារការប្រើប្រាស់លាយជាមួយសារធាតុដូចជាកូបាល់ ដែលបន្ទាប់ពីវាត្រូវបានបាញ់ដោយណឺត្រុង អាតូមកូបាល់-59 នឹងត្រូវបម្លែងទៅជា អាតូមកូបាល់-60 ដែលបញ្ចេញនូវភាគល្អិតហ្គាម៉ាយ៉ាងខ្លាំង ដែលអាចបណ្តាលឱ្យមនុស្សស្លាប់បាន។

ឯកសារយោង

១. សៀវភៅគីមីរូប ផ្នែកទី១ ទែម៉ូឌីណាមិច ដេប៉ាតឺម៉ង់គីមី មហាវិទ្យាល័យវិទ្យាសាស្ត្រ សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ ២០១៨–២០១៩

២. សៀវភៅរូបវិទ្យាភាគល្អិត ដេប៉ាតឺម៉ង់រូបវិទ្យា មហាវិទ្យាល័យវិទ្យាសាស្ត្រ សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ

៣. សៀវភៅ Physical Chemistry, R.L Madan, NEW DELHI

៤. សៀវភៅ Rymond Chang, Chemistry, 10th Edition, Williams College

៥. សៀវភៅ Rymond Chang, General Chemistry, 5th Edition, Williams College