ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា

# សៀវភៅណែនាំ
# ពិសោធន៍រូបវិទ្យា

សម្រាប់ការរៀន និងបង្រៀននៅសាលាមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិ

២០២២

## បុព្វកថា

វិស័យអប់រំគឺជាវិស័យគន្លឹះមួយក្នុងការអភិវឌ្ឍធនធានមនុស្ស ដើម្បីរួមចំណែកដល់ការអភិវឌ្ឍសង្គម និងសេដ្ឋកិច្ច ស្របតាមតម្រូវការរបស់សង្គមជាតិ។ ឈរលើស្មារតីនេះ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានកំណត់អាទិភាពកំណែទម្រង់វិស័យអប់រំ ជាពិសេសកំណែទម្រង់គ្រូបង្រៀន កម្មវិធីសិក្សាចំណេះទូទៅ និងការអប់រំវិទ្យាសាស្ត្រ។ ដើម្បីឆ្លើយតបទៅនឹងតម្រូវការរបស់អ្នកសិក្សា និន្នាការអប់រំសតវត្សរ៍ទី២១ និងកំណែទម្រង់អប់រំ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានចងក្រងសៀវភៅណែនាំពិសោធន៍មុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្រ។

**«សៀវភៅណែនាំពិសោធន៍វិទ្យាសាស្ត្រសម្រាប់ការរៀន និងបង្រៀននៅសាលាមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិ»**នេះ ត្រូវបានកសាង និងរៀបចំចងក្រងឡើងដោយគ្រូឧទ្ទេសនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ ដោយមានជំនួយបច្ចេកទេសពីអង្គការខេប (KAPE) អង្គការវីអេសអូ (VSO) សាលារៀនជំនាន់ថ្មី សាលាមធ្យមសិក្សាធនធាន និងនាយកដ្ឋានពាក់ព័ន្ធ។

សៀវភៅណែនាំពិសោធន៍វិទ្យាសាស្ត្រនេះ ត្រូវបានកសាងឡើងស្របតាមទ្រឹស្តីអប់រំបែបស្ថាបនានិយម ដោយធ្វើការសំយោគចំណេះដឹង និងខ្លឹមសារកម្មវិធីសិក្សារបស់ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា តាមរយៈការបញ្ចូលវិធីបង្រៀនតាមបែបវិទ្យាសាស្ត្រ បច្ចេកវិទ្យា វិស្វកម្ម និងគណិតវិទ្យា (STEM) ទៅក្នុងការអនុវត្ត ដើម្បីធ្វើឱ្យសិស្សានុសិស្សទទួលបានចំណេះដឹង ជំនាញក្នុងជីវភាពរស់នៅ និងអាចចូលរួមប្រកួតប្រជែងទីផ្សារការងារនៅក្នុងសហគមន៍សេដ្ឋកិច្ចអាស៊ាន និងសកលលោក។

ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា សូមថ្លែងអំណរគុណយ៉ាងជ្រាលជ្រៅ និងកោតសរសើរចំពោះគណៈកម្មការគ្រប់គ្រង និងគណៈកម្មការកសាង និងរៀបចំសៀវភៅណែនាំពិសោធន៍វិទ្យាសាស្ត្រនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ ដែលបានខិតខំប្រឹងប្រែងយកអស់កម្លាំងកាយ ចិត្ត និងប្រាជ្ញា ធ្វើឱ្យស្នាដៃដ៏មានសារៈសំខាន់នេះសម្រេចបានជាផ្លែផ្កា ដើម្បីជាប្រយោជន៍ដល់វិស័យអប់រំ។

ថ្ងៃ អង្គារ ៤រោច ខែស្រាពណ៍ ឆ្នាំខាល ចត្វាស័ក ព.ស.២៥៦៦

រាជធានីភ្នំពេញ ថ្ងៃទី ១៦ ខែសីហា ឆ្នាំ២០២២

**រដ្ឋមន្ត្រីក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា**

បណ្ឌិតសភាចារ្យ **ហង់ជួន ណារ៉ុន**

# អារម្ភកថា

សៀវភៅណែនាំពិសោធរូបវិទ្យានេះជាសមិទ្ធិផលថ្មីមួយទៀតបន្ថែមទៅលើឯកសាផ្សេងៗទៀតស្តីពីការពិសោធវិទ្យាសាស្ត្រដែលបាននិពន្ធ ផលិត និងចងក្រងក្រោមការជ្រោមជ្រែងពីក្រសួងអប់រំយុវជន និងកីឡា។ សៀវភៅនេះជាជំនួយដ៏សំខាន់ចំពោះលោកគ្រូអ្នកគ្រូឯកទេសផែនដីវិទ្យាដែលកំពុងបង្រៀននៅតាមសាលាមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិនានាទូទាំងប្រទេសកម្ពុជាលើបច្ចេកទេស និងវិធីសាស្ត្រក្នុងការរៀបចំមេរៀន និងដឹកនាំសិស្សធ្វើពិសោធទាំងនៅក្នុងថ្នាក់រៀន និងក្នុងបន្ទប់ពិសោធ។ លក្ខណៈពិសេសដែលធ្វើឱ្យ សៀវភៅណែនាំពិសោធនេះខុសប្លែកពីសៀវភៅឬឯកសាពិសោធមុនៗនោះគឺការបង្ហាញនូវចំណុចលម្អិតនៃវិធីបង្រៀនពិសោធ បម្រុងប្រយ័ត្នមួយចំនួនដែលកើតមាននាពេលដំណើរការពិសោធ រួមទាំងខ្លឹមសារណែនាំសំខាន់ៗផ្សេងទៀតដែលជួយបំពេញភាពខ្វះចន្លោះរបស់លោកគ្រូអ្នកគ្រូ។

ប្រធានបទពិសោធសរុបទាំង១៥នៅក្នុងសៀវភៅនេះ គឺត្រូវបានជ្រើសរើសសម្រាប់មេរៀនសំខាន់ៗដែលមាននៅក្នុងថ្នាក់ទី១០ ទី១១ និងទី១២ នៃសៀវភៅសិក្សាគោលរូបវិទ្យារបស់ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡាទាំងអស់។ ការសម្រេចជ្រើសរើសយកប្រធានបទពិសោធទាំង១៥ប្រធានបទនេះ គឺផ្អែកទៅលើការស្ទង់មតិរបស់លោកគ្រូអ្នកគ្រូដែលកំពុងបង្រៀនមុខវិជ្ជារូបវិទ្យានៅតាមវិទ្យាល័យនានាក្នុងខេត្តកំពង់ចាម ព្រៃវែង តាកែវ និងកំពង់ឆ្នាំង ដោយផ្អែកទៅលើតម្រូវការចាំបាច់ ភាពឆ្លើយតប និងការលំបាកនៃ ការធ្វើពិសោធជាក់ស្តែងរបស់ពួកគាត់នៅតាមមូលដ្ឋាន។

ការស្ទង់មតិរបស់លោកគ្រូអ្នកគ្រូទាំងនោះបានបង្ហាញថាពួកគាត់បានជួបប្រទះនូវបញ្ហាប្រឈមមួយចំនួនដូចជា ខ្វះវិធីសាស្ត្រ ខ្វះឬពិបាកក្នុងការស្វែងរកនឹងផលិតសម្ភារពិសោធ និងមានភាពលំបាកក្នុងការសរសេរសន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់សិស្សជាដើម ដែលជាឧបសគ្គរាំងដល់សកម្មភាពដឹកនាំសិស្សធ្វើពិសោធ។

រាល់ខ្លឹមសារក៏ដូចជាចំណុចកែលម្អទាំងអស់នៅក្នុងសៀវភៅនេះគឺត្រូវបានសរសេរថ្មីទាំងស្រុងរបស់ក្រុមគ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំក្រោមគំនិតផ្តួចផ្តើមរបស់ **ឯកឧត្តមបណ្ឌិតសភាចារ្យរដ្ឋមន្ត្រី ហង់ជួន ណារ៉ុន** និងការសហការផ្តល់នូវធាតុចូលពីស្ថាប័ននានានៃក្រសួងអប់រំយុវជន និងកីឡាដែលរួមមានសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ នាយកដ្ឋានអភិវឌ្ឍន៍កម្មវិធីសិក្សា វិទ្យាស្ថានគរុកោសល្យភ្នំពេញ អង្គការខេប និងសាលាជំនាន់ថ្មីព្រះស៊ីសុវត្ថិ និងសាលាជំនាន់ថ្មីព្រែកលៀប។

យើងខ្ញុំទាំងអស់គ្នាជាអ្នកនិពន្ធរងចាំទទួលនូវរាល់មតិយោបល់ និងគំនិតល្អពីសំណាក់លោកគ្រូអ្នកគ្រូដើម្បីចូលរួមចំណែកកែលម្អរចំណុចខ្វះខាតទាំងឡាយដែលកើតមាននៅក្នុងសៀវភៅនេះ។

ក្រុមអ្នកនិពន្ធ

ចងក្រង និងបោះពុម្ពដោយៈ វិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ ខែសីហា ឆ្នាំ២០២២
គាំទ្រថវិកាដោយៈ គម្រោងអភិវឌ្ឍវិស័យអប់រំមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិទី២ (USESDP-II)
គាំទ្របច្ចេកទេសដោយៈ អង្គការសកម្មភាពសម្រាប់ការអប់រំនៅកម្ពុជា
© វិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា ឆ្នាំ២០២២

## គណៈកម្មការនិពន្ធ


១) លោកស្រី **ខែក សំណាង** គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
២) លោក **ទូច ចន្ទទុំ** គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៣) លោក **មូ ចាន់ថា** គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៤) លោក **ហាម ចិន្តា** គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៥) លោក **ស្រ៊ន់ តៃស្រ៊ីម** គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៦) លោក **ហោ សុខហេង** គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ


## គណៈកម្មការគ្រប់គ្រង

១) ឯកឧត្តមបណ្ឌិតសភាចារ្យ **ហង់ជួន ណារ៉ុន** រដ្ឋមន្ត្រីក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា
២) ឯកឧត្តមបណ្ឌិតសភាចារ្យ **ណាត ប៊ុនរឿន** រដ្ឋលេខាធិការក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា
៣) ឯកឧត្តមបណ្ឌិត **ឌី ខាំបូលី** ប្រធានគណៈកម្មាធិការកំណែទម្រង់នៃវ.ជ.អ
៤) ឯកឧត្តមបណ្ឌិត **សៀង សុវណ្ណា** នាយកវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៥) លោកបណ្ឌិត **ឈូក ច័ន្ទឆាយ៉ា** អនុប្រ.គណៈកម្មាធិការកំណែទម្រង់នៃវ.ជ.អ
៦) លោក **ឌី បុណ្ណា** នាយករងវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៧) លោកបណ្ឌិត **នូវ វីរ៉ា** នាយករងវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៨) លោកស្រី **ប៊ុន សុផានី** នាយិការងវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៩) លោក **ថៃ ហេង** នាយករងវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ

## គណៈកម្មការត្រួតពិនិត្យ និងកែលម្អ

១) លោក **ម៉ៅ សារឿន** ប្រធានដេប៉ាតឺម៉ង់អប់រំនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
២) លោក **ចេង ថុន** អនុប្រធានដេប៉ាតឺម៉ង់អប់រំនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៣) លោកបណ្ឌិត **អាន រ៉ូប្រាថ** អនុប្រធានដេប៉ាតឺម៉ង់អប់រំនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៤) លោក **មឿន លិនណា** គ្រូឧទ្ទេសអក្សរសាស្ត្រខ្មែរនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៥) អង្គការ ខេប (KAPE)
៦) គ្រូបង្រៀនសាលាជំនាន់ថ្មី
៧) គ្រូបង្រៀនសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
៨) គ្រូបង្រៀនសាលាមធ្យមសិក្សាធនធាន

## គណៈកម្មការរចនា និងវាយអត្ថបទ

១) លោក **អឿ សាវីន** មន្ត្រីទំនាក់ទំនងអង្គការ ខេប (KAPE)
២) លោក **ប៊ុនលី ម៉ារឌី** មន្ត្រីដេប៉ាតឺម៉ង់អប់រំនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៣) កញ្ញា **ឆែម គឹមសែន** មន្ត្រីដេប៉ាតឺម៉ង់អប់រំនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៤) លោក **ម៉ូត ណារិន** មន្ត្រីដេប៉ាតឺម៉ង់អប់រំនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ

# សេចក្តីផ្តើម

រាជរដ្ឋាភិបាលកម្ពុជាមានចក្ខុវិស័យចង់ប្រែក្លាយប្រទេសកម្ពុជា ជាប្រទេសមានចំណូលមធ្យមកម្រិតខ្ពស់ នៅឆ្នាំ២០៣០ និងជាប្រទេសអភិវឌ្ឍមានចំណូលកម្រិតខ្ពស់នៅឆ្នាំ២០៥០។ ដើម្បីរួមចំណែកធ្វើឱ្យ សម្រេចបាននូវចក្ខុវិស័យខាងលើនេះ ក្រសួងអប់រំយុវជន និងកីឡាក្រោមការដឹកនាំរបស់ **ឯកឧត្តមបណ្ឌិតសភាចារ្យ ហង់ជួន ណារ៉ុន** បានដាក់ចេញនូវផែនការយុទ្ធសាស្ត្រកំណែទម្រង់ជាច្រើនរួមមាន កំណែទម្រង់គ្រូបង្រៀន ហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធ រូបវន្តគ្រឹះស្ថានសិក្សាសាធារណៈ វិធីសាស្ត្របង្រៀន និងកំណែទម្រង់លើកម្មវិធីសិក្សាជាដើម។ ការអភិវឌ្ឍផ្នែកគុណវុឌ្ឍរបស់គ្រូបង្រៀនតាមរយៈយន្តការនៃការបណ្តុះបណ្តាលសមត្ថភាពបន្ត និងការបណ្តុះបណ្តាលផ្ទៃក្នុង នឹងជួយឱ្យគុណភាពនៃការអប់រំមានភាពប្រសើរឡើង។ ការអភិវឌ្ឍលើកម្មវិធីសិក្សានៅគ្រប់គ្រឹះស្ថានអប់រំសាធារណៈដែលរួមមានធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងនូវសៀវភៅសិក្សាគោលនៅតាមគ្រឹះស្ថានមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិនិងការធ្វើទំនើបកម្មលើកម្មវិធីសិក្សាលម្អិតនៅតាមគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សាក៏ជាចំណែកមួយផងដែរនៅក្នុងការជួយធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងនូវប្រសិទ្ធិភាពនៃការអប់រំ។

ការផ្លាស់ប្តូរនូវផ្នត់ គំនិត និងឥរិយាបទបែបថ្មីនៃការរៀន និងការបង្រៀនរបស់លោកគ្រូអ្នកគ្រូ និងសិស្សានុសិស្សតាមរយៈការអនុវត្តនូវយុទ្ធវិធី និងវិធីសាស្ត្របង្រៀនថ្មីៗតាមបែបស្ថាបនានិយមរួមមាន វិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមបែបរិះរក (Inquiry-Based Learning) ការសិក្សាតាមបែបគម្រោង (Project-Based Learning) វិធីរៀននិងបង្រៀនបែបសហការ(Cooperative teaching and learning) ការបង្រៀនតាមគំរូ 5E (5E Teaching Model) និងការសិក្សាស្រាវជ្រាវប្រតិបត្តិ (Action Research) ជាកតាព្វកិច្ចអាជីពដែលត្រូវធ្វើជាប្រចាំនៅក្នុងវិជ្ជាជីវៈគ្រូបង្រៀននិងជួយឱ្យសម្រេចបាននូវប្រសិទ្ធភាពនៃការអប់រំ ។ ការផ្លាស់ប្តូរនូវផ្នត់គំនិតតាមពាក្យស្លោក "ពីគ្រូបបង្រៀនច្រើនសិស្សរៀនតិច ទៅគ្រូបង្រៀនតិចសិស្សរៀនច្រើន" យន្តការដែលជួយឱ្យសិស្ស និងគ្រូមានបំណិនកាយសម្បទា និងបញ្ញាបែបវិទ្យាសាស្ត្រ។

ការអនុវត្តធ្វើពិសោធ និងដឹកនាំសិស្សធ្វើពិសោធជាប្រចាំ គឺជាទំលាប់ដែលឆ្ពោះទៅរកការផ្លាស់ប្តូរនូវសកម្មភាពរៀន និងបង្រៀនបែបសកម្មដោយផ្តល់ឱ្យសិស្សានុសិស្សនូវការគិតស៊ីជម្រៅតាមបែបវិទ្យាសាស្ត្រទៅលើបាតុភូតធម្មជាតិដែលកើតឡើងនៅជុំវិញខ្លួនពួកគេ។ទំលាប់នេះបន្តិចម្តងៗនឹងនាំឱ្យសិស្សានុសិស្សមានបំណិនវិទ្យាសាស្ត្រ គឺការគិតបែបឡូស៊ិច ការសង្កេតច្បាស់លាស់ និងការដោះស្រាយវិភាគបញ្ហាឬបាតុភូតប្រកបដោយភាពទន់ភ្លន់ និងប្រាកដនិយម។

ទោះបីជាយ៉ាងណាក៏ដោយ គ្រូគឺជាបុគ្គលដ៏សំខាន់នៅក្នុងដំណើរការរៀន និងបង្រៀន។ គ្រូគឺជាកត្តាលីករឬជាអ្នកសម្របសម្រួល និងជាអ្នកច្នៃប្រឌិតដំណើរការ និងវិធីសាស្ត្របង្រៀនឱ្យមានភាពរស់រវើក។ ការស្វែងយល់នូវរបៀបនៃការគិតទៅលើវត្ថុបំណងមេរៀន ការបង្កើតនូវសំណួរគន្លឹះ ការច្នៃ ប្រឌិតនូវវិធីសាស្ត្រពិសោធ និងការសរសេរសេនារីយកិច្ចការពិសោធសម្រាប់សិស្ស គឺជាអ្វីដែលគ្រូបង្រៀនអាជីពត្រូវមាន និងប្រតិបត្តិជាប្រចាំ។

ភាពកង្វះខាតនៃយុទ្ធវិធីឬវិធីសាស្ត្រធ្វើពិសោធដើម្បីសម្រេចវត្ថុបំណងមេរៀនក្នុងសៀវភៅសិក្សាគោលជាមូលហេតុមួយក្នុងចំណោមឧបសគ្គផ្សេងៗទៀតដែលរារាំងដល់ការដឹកនាំសិស្សធ្វើពិសោធរបស់លោកគ្រូអ្នកគ្រូនៅតាមវិទ្យាល័យនានាក្នុងពេលកន្លងមក។ ហេតុដូច្នេះការផលិតឯកសារឬ សៀវភៅណែនាំបន្ថែមទៀតស្តីអំពីការធ្វើពិសោធ គឺជាការចាំបាច់ដើម្បីជួយដល់លោកគ្រូ អ្នកគ្រូ និងសិស្សានុសិស្សនៅក្នុងដំណើរការរៀន និងបង្រៀនឱ្យកាន់តែមានប្រសិទ្ធភាព។

# មាតិកា


**អារម្ភកថា** ........ i

**គណៈកម្មការនិពន្ធ** ........ ii

**សេចក្ដីផ្ដើម** ........ iii

**មាតិកា** ........ iv

រូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១០ ........ 1

ប្រធានបទទី ១៖ ទន្លាក់សេរី ........ 1

ផ្នែកទី១៖ សេចក្ដីណែនាំលើការងារពិសោធ ........ 1

ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ ........ 9

ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស ........ 14

ប្រធានបទទី ២៖ សំទុះរបស់អង្គធាតុ(ឃ្លីកូនហ្គោល)ចុះតាមប្លង់ទេរ ........ 18

ផ្នែកទី១៖ សេចក្ដីណែនាំលើការងារពិសោធ ........ 18

ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ ........ 25

ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស ........ 29

ប្រធានបទទី ៣៖ ដំណោលអាកស៊ីម៉ែត ........ 33

ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ ........ 33

ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស ........ 37

ប្រធានបទទី ៤៖ អគ្គិសនីកម្ម ........ 41

ផ្នែកទី១៖ សេចក្ដីណែនាំលើការងារពិសោធ ........ 41

ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ ........ 45

ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់សិស្ស ........ 49

ប្រធានបទទី ៥៖ ការរកសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃមជ្ឈដ្ឋានថ្លា ........ 51

ផ្នែកទី១៖ សេចក្ដីណែនាំលើការងារពិសោធ ........ 51

ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ ........ 55

ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់សិស្ស ........ 58

រូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១១ ........ 60

ប្រធានបទទី ៦៖ ចលនាគ្រាប់បាញ់ ........ 60

ផ្នែកទី១៖ សេចក្ដីណែនាំលើការងារពិសោធ ........ 60

ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់គ្រូ ........ 70

ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់សិស្ស ........ 79

ប្រធានបទទី ៧៖ ប៉ោលទោល ........ 87

ផ្នែកទី១៖ សេចក្ដីណែនាំលើការងារពិសោធ ........ 87

ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់គ្រូ....................95
ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់សិស្ស....................102
ប្រធានបទទី ៨ ៖ អន្តរកម្មបន្ទុកអគ្គិសនី(ការទាញ និងការច្រាន)....................109
ផ្នែកទី១ ៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ....................109
ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ....................116
ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស....................120
ប្រធានបទទី ៩៖ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករ និងរេស៊ីស្តង់ក្នុង....................123
ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ....................123
ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ....................127
ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់សិស្ស....................130
ប្រធានបទទី ១០៖ ការផ្ទុក និងការផ្ទេរបន្ទុកអគ្គិសនីរបស់កុងដង់សាទ័រ....................132
ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ....................132
ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ....................134
ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស....................137
រូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១២....................140
ប្រធានបទទី ១១៖ ការរីកមាឌនៃប៉ោងប៉ោង....................140
ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ....................140
ផ្នែកទី២ ៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ....................146
ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស....................150
ប្រធានបទទី ១២ ៖ ការចុះត្រជាក់នៃទឹក....................154
ផ្នែកទី១ ៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ....................154
ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ....................158
ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស....................162
ប្រធានបទទី ១៣៖ ពិសោធរលកជញ្ជ្រំក្នុងខ្សែ....................165
ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ....................165
ផ្នែកទី២ ៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ....................171
ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស....................178
ប្រធានបទទី ១៤ ៖ ការថ្លឹងមេដែក....................183
ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ....................183
ផ្នែកទី ២ ៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ....................187
ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស....................191
ប្រធានបទទី ១៥៖ កម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច....................195
ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ....................195

ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ ....................................................................200
ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស ..............................................................................205
ឯកសារយោង..........................................................................................................209

# រូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១០

# ប្រធានបទទី ១៖ ទន្លាក់សេរី

# ផ្នែកទី១៖ សេចក្ដីណែនាំលើការងារពិសោធ

## ១. វត្ថុបំណង

- ត្រូវសរសេរវត្ថុបំណងពិសោធឱ្យបានច្បាស់លាស់។ ពិសោធអាចជាពិសោធដែលមានក្នុងមេរៀនចេញពីចម្លង ឬបាតុភូតដែលអ្នកបានសង្កេតឃើញជុំវិញខ្លួនយើង។

- ត្រូវប្រើកិរិយាសព្ទសកម្ម ដូចជា កំណត់ គណនា ធ្វើពិសោធ វាស់ ទាញរក ពិនិត្យ ...។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ យើងប្រើ)

*"កំណត់សំទុះទន្លាក់សេរី ឬ (សំទុះទំនាញផែនដី) (g) និងកម្រិតល្អៀង (%)របស់វាបានត្រឹមត្រូវតាមការពិសោធ។*

## ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្ដី)

- ត្រូវសរសេរសង្ខេបទ្រឹស្ដី ឬរូបមន្តដែលទាក់ទងប្រើក្នុងពិសោធនេះ បើមេរៀន ឬប្រធានបទត្រូវបានបង្រៀនរួចហើយ។ ប៉ុន្តែបើមិនទាន់បង្រៀនទេ អ្នកអាចសរសេរវាឱ្យបានពិស្ដាររបន្តិចដើម្បីឱ្យសិស្ស (អ្នករៀន) ឬអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយយល់ ។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ សន្មតថាមេរៀនេះយើងបានបង្រៀនរួចហើយ)

- កម្ពស់ធ្លាក់របស់អង្គធាតុ $h = \frac{1}{2}gt^2$
- ល្បឿន $v = gt$
- សំទុះ $g = 9.80\text{m}/\text{s}^2$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្ដី} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្ដី}}\right| \times 100\% = \left|\frac{g-a}{g}\right| \times 100\%$$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃពិត} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃពិត}}\right| \times 100\% = \left|\frac{g-a}{g}\right| \times 100\%$$

## ៣. ពិសោធន៍

### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

- ត្រូវយកវត្ថុបំណងនៃពិសោធដែលបានសរសេរ (ក្នុងឧទាហរណ៍ខាងលើ) មកដាក់ជាសំណួរ។

- សំណួរអាចមានច្រើនទម្រង់ពីកម្រិតងាយ (ទាប) ទៅលំបាក (ខ្ពស់) ដោយផ្អែកលើទ្រឹស្ដី Bloom Taxonomy ។

- ដោយផ្អែកលើវត្ថុបំណងខាងលើ អ្នកអាចផ្ដល់សំណួរឱ្យទៅសិស្ស ឬស្នើឱ្យសិស្សបង្កើតដោយខ្លួនឯង និងបន្ទាប់មក អ្នកត្រូវជ្រើសរើសយកសំណួរណាដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណង ហើយងាយធ្វើពិសោធ។ សំណួរអាចជា៖

- (១) *"តើអ្នកអាចកំណត់សំទុះទន្លាក់សេរី ឬ (សំទុះទំនាញផែនដី) ( $g$ ) និងកម្រិតល្អៀង (%) របស់វា បាន ត្រឹមត្រូវតាមការពិសោធយ៉ាងដូចម្តេច?"*
- (២) *"តើអ្នកអាចកំណត់សំទុះទន្លាក់សេរី ឬ (សំទុះទំនាញផែនដី) ( $g$ ) និងកម្រិតល្អៀង(%) របស់វាបាន ត្រឹមត្រូវតាមការពិសោធតាមវិធីណា?"*
- (៣) *"តើសំទុះទន្លាក់សេរីឬ (សំទុះទំនាញផែនដី) ( $g$ ) អាស្រ័យនឹងកត្តាអ្វីខ្លះ? ហើយអ្នកគណនា កម្រិតល្អៀងរបស់វាបានយ៉ាងដូចម្តេច?"*

-សំណួរទី១គឺសំដៅលើ "ការកំណត់*សំទុះទន្លាក់សេរី (សំទុះទំនាញផែនដី)( $g$ )*និងគណនា *(%) កម្រិតល្អៀង* របស់វា *តាមការពិសោធបានត្រឹមត្រូវ"*។ មានន័យថាអ្នកត្រូវកំណត់សំទុះទន្លាក់សេរី (សំទុះទំនាញផែនដី) ( $g$ ) តាមការធ្វើពិសោធ និងបន្ទាប់មកប្រៀបធៀបតម្លៃតាមទ្រឹស្តី និងពិសោធរួចគណនា(%)កម្រិតល្អៀងរបស់( $g$ )។ ដូចនេះ អ្នកត្រូវគិតពីផែនការទាំងមូលតាំងពីដើមរហូតដល់ចប់ដើម្បីកំណត់ ( $g$ ) និង %កម្រិតល្អៀងរបស់វា ដែលមានន័យថា "ត្រូវគិតពីការកំណត់បញ្ហា សម្មតិកម្ម តេស្តសម្មតិម្ម (ពិសោធ) លទ្ធផល និងសន្និដ្ឋាន" ព្រមទាំងការប្រើប្រាស់ចំណេះដឹងគណិតវិទ្យា និងការរកសម្ភារមកធ្វើពិសោធដើម្បីទាញរក(g)។ សំទុះតាមទ្រឹស្តី គឺយក $g = 9.80\text{m}/\text{s}^2$ និងសំទុះតាមពិសោធគឺ $a = a_{\text{ពិត}}$ ដែលត្រូវធ្វើពិសោធ ។ អ្នកមានវិធីច្រើនដើម្បីវាស់ សំទុះទំនាញផែនដី( $g$ )តាមពិសោធ៖ ទី១គឺតាមការប្រើ Recording Timer (ឧបករណ៍កត់ត្រាពេល) ទី២គឺ តាមការទន្លាក់អង្គធាតុដោយផ្ទាល់ក្នុងខ្យល់តែមិនគិតកម្លាំងទប់នៃខ្យល់ ទី៣គឺតាមប៉ោលទោល...។ *ក្នុងសៀវភៅ សិក្សាគោលរូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១០មានបង្ហាញពិសោធរក( $g$ ) តាម Recording Timer (ឧបករណ៍កត់ត្រាពេល)។ តាមសាលាធនធាននៅវិទ្យាល័យទូទាំងប្រទេសកម្ពុជាក៏មានឧបករណ៍ Recording Timer ហ្នឹងដែរ ដូច្នេះយើង នឹងធ្វើពិសោធរក( $g$ )តាមហ្នឹង។*

-ជំនួសឱ្យសំណួរទី១ អ្នកអាចសួរសំណួរទី២បាន និងចម្លើយរបស់វាដូចគ្នា ។ ក្នុងពិសោធនេះ *យើងនឹង ប្រើសំណួរទី១នេះជា "ការកំណត់បញ្ហា"* (សូមអានបន្ថែមលើសន្លឹកកិច្ចការរបស់គ្រូ)។

-សំណួរទី៣ខាងលើសួររកកត្តាដែលទាក់ទង "*តើសំទុះទន្លាក់សេរី(សំទុះទំនាញផែនដី) ( $g$ ) អាស្រ័យនឹង កត្តាអ្វីខ្លះ?*" អ្នកអាចធ្វើពិសោធកំណត់សំទុះទន្លាក់សេរី (សំទុះទំនាញផែនដី) ( $g$ ) ដោយរក្សាកម្ពស់ទន្លាក់ $h$ និងទីកន្លែងឱ្យនៅថេរ និងធ្វើបម្រែបម្រួលម៉ាស ( $m$ )នៃអង្គធាតុ ពេលម៉ាសប្រែប្រួល តើសំទុះប្រែប្រួលឬទេ? បន្ទាប់មកអ្នករក្សាម៉ាស ( $m$ ) និងទីកន្លែងឱ្យនៅថេរ និងប្រែប្រួលកម្ពស់ ( $h$ ) តើសំទុះប្រែប្រួលឬទេ? ចុះបើ .........................។ អ្នកក៏អាចធ្វើពិសោធជាមួយប៉ោលទោលបានផងដែរ!

**សម្គាល់៖** ផ្អែកតាមវេបសាយ https://en.wikipedia.org/wiki/Gravity_of_Earth សំទុះទំនាញផែនដីលើ ផ្ទៃផែនដីប្រែប្រួលតាមទីតាំងប្រហែលជា 0.7 %

- នៅលើភ្នំ Nevado Huascarán ឬ Mataraju ក្នុងប្រទេសប៉េរូ គឺ $g = 9.7639\text{m}/\text{s}^2$
- នៅលើផ្ទៃនៃសមុទ្រអាកទិច (Arctic Ocean) គឺ $g = 9.8337\text{m}/\text{s}^2$
- នៅទីក្រុងកូឡាឡាំពួរ (Kuala Lumpur) គឺ $g = 9.7806\text{m}/\text{s}^2$
- ទីក្រុងម៉ិចសិកូ (Mexico) គឺ $g = 9.7806\text{m}/\text{s}^2$
- សិង្ហបូរី (Singapore) គឺ $g = 9.7806\text{m}/\text{s}^2$
- Oslo គឺ $g = 9.825\text{m}/\text{s}^2$

- Helsinki គឺ $g = 9.825 \mathrm{m/s^2}$ ។

### ៣.២. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

- ត្រូវបង្កើតសម្មតិកម្មឱ្យចំ ឱ្យច្បាស់លាស់ ទើបអាចរកសម្ភារ និងបន្តដំណើរការពិសោធបាន បើអ្នកប្រើវិធីវិទ្យាសាស្ត្រ។ ឥឡូវនេះយើងលើកយកសំណួរទី១ខាងលើមកបង្កើតសម្មតិកម្ម៖

" *ប្រើក្រដាសស្តើងទទឹងប្រហែល1.0 cm និងបណ្តោយ ប្រហែល 1.5m ចងភ្ជាប់នឹងកូនទម្ងន់(ដុំថ្ម)មួយ (100g ) និងឱ្យក្រដាសស្តើងឆ្លងកាត់ឧបករណ៍កត់ត្រាពេល (Recording Timer ) នោះសំទុះ អាចត្រូវបានកំណត់តាម $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t}, a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t}, \ldots$ និង $a = \frac{a_1 + a_2 + \ldots}{N}$ ។ ដោយប្រៀបធៀបតម្លៃនៃសំទុះនេះទៅនឹង $g = 9.80 \mathrm{m/s^2}$ នោះ(% )កម្រិតល្អៀងរបស់វាត្រូវបានរកឃើញតាមការគណនា។* "

- ត្រូវផ្តល់សំណួរតម្រុយដល់សិស្ស។ តម្រុយផ្តល់គំនិត ឬនាំផ្លូវដើម្បីឱ្យសិស្សមានគំនិតបង្កើតសម្មតិកម្ម ប៉ុន្តែវាមិនមែនចម្លើយទេ។

### ៣.៣. តេស្តសម្មតិកម្ម ( ពិសោធន៍ )

*សូមអានការណែនាំបន្ថែមនៅក្នុងសន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់គ្រូ ខាងក្រោមដែលមានការរៀបរាប់យ៉ាងពិស្តារ!* វារួមមាន (ក) តម្រូវការសម្ភារ និង( ខ )ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធ។

### ៣.៤. លទ្ធផល

- ត្រូវគូសតារាងសម្រាប់ដាក់ទិន្នន័យដែលបានពីពិសោធខាងលើ។ អ្នកអាចដាក់តារាងទិន្នន័យ និងគណនាជាមួយគ្នា ឬដាក់ដាច់ពីគ្នាក៏បាន។តារាងបង្ហាញដូចខាងក្រោម៖

តារាងទិន្នន័យ និងគណនា

| ចំណុច | $y(\mathrm{cm})$ | $\Delta y(\mathrm{cm})$ | $v(\mathrm{cm/s})$ | $\Delta v(\mathrm{cm/s})$ | $a(\mathrm{cm/s^2})$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ទី0 | $y_0 = 0$ | | | | |
| ទី5 | $y_1 = 7.0$ | $\Delta y_1 = 7.0$ | $v_1 = \frac{\Delta y_1}{\Delta t_1} = 70$ | | |
| ទី10 | $y_2 = 25.0$ | $\Delta y_2 = 18.0$ | $v_2 = \frac{\Delta y_2}{\Delta t_2} = 180$ | $\Delta v_1 = 110$ | $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = 1100$ |
| ទី15 | $y_3 = 51.4$ | $\Delta y_3 = 26.4$ | $v_3 = \frac{\Delta y_3}{\Delta t_3} = 264$ | $\Delta v_2 = 84.0$ | $a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} = 840$ |
| ទី20 | $y_4 = 87.0$ | $\Delta y_4 = 35.6$ | $v_4 = \frac{\Delta y_4}{\Delta t_4} = 356$ | $\Delta v_3 = 92.0$ | $a_3 = \frac{\Delta v_3}{\Delta t_3} = 920$ |
| ទី25 | $y_5 = 131.8$ | $\Delta y_5 = 44.8$ | $v_5 = \frac{\Delta y_5}{\Delta t_5} = 448$ | $\Delta v_4 = 9.20$ | $a_4 = \frac{\Delta v_4}{\Delta t_4} = 920$ |
| ……… | | | | | |
| រយៈពេល $t = \Delta t = 0.10\mathrm{s}$ | $g = 9.80 \mathrm{m/s^2}$ | $a = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4} = 9.45 \mathrm{m/s^2}$ | | % កម្រិតល្អៀង = 3.57 % | |

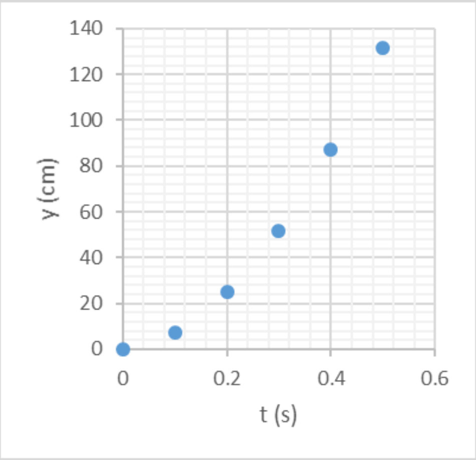
- ត្រូវបំពេញតម្លៃក្នុងការគណនាគំរូខាងក្រោម៖

ការគណនាគំរូ

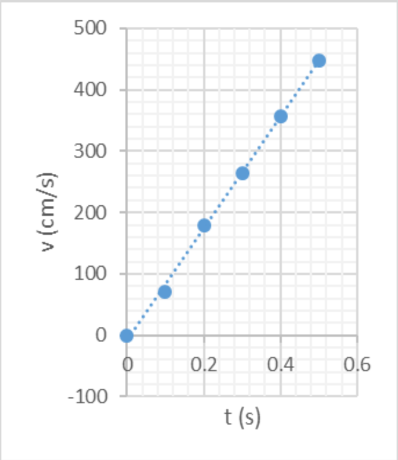
- $\Delta y_1 = y_1 - y_0 = 7.0 - 0 = 7.0\text{cm}$
- $\Delta y_2 = y_2 - y_1 = 25.0 - 7.0 = 18.0\text{cm}$
- $v_1 = \frac{\Delta y_1}{\Delta t_1} = \frac{7.0}{0.1}\text{cm/s} = 0.70\text{m/s}$
- $v_2 = \frac{\Delta y_2}{\Delta t_2} = \frac{18.0}{0.1}\text{cm/s} = 1.80\text{m/s}$
- $\Delta v_1 = v_2 - v_1 = 1.80 - 0.70 = 1.10\text{m/s}$
- $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = \frac{1.10}{0.1}\text{m/s} = 11.0\text{m/s}^2$

$$\%\ \text{កម្រិតលម្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\% = \left|\frac{g-a}{g}\right| \times 100\% = \frac{9.80-9.45}{9.80} = 3.57\%$$

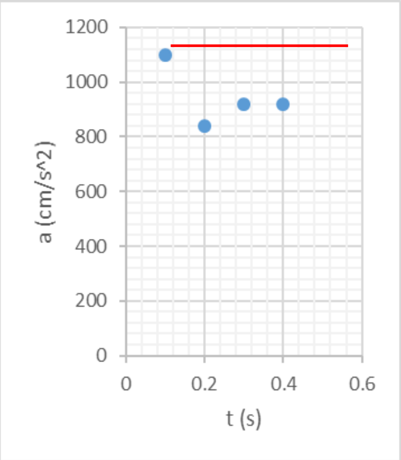
- **ការគូសក្រាប**




បម្លាស់ទី-ពេល




(វ៉ិចទ័រ)ល្បឿន-ពេល




សំទុះ-ពេល

## ៣.៥. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

- **វិភាគ ៖** ផ្អែកតាមការពិសោធខាងលើ

**កម្ពស់ធ្លាក់**

$\Delta y_1 = 7.00\text{cm}$, $\Delta y_2 = 18.0\text{cm}$, $\Delta y_3 = 26.4\text{cm}$, $\Delta y_4 = 35.6\text{cm}$ និង $\Delta y_5 = 44.8\text{cm}$ ត្រូវបាន*វាស់និង គណនា*។

(វ៉ិចទ័រ)ល្បឿន និងសំទុះរៀងគ្នា

$v_1 = \frac{\Delta y_1}{\Delta t_1} = 70\text{cm}/\text{s}$, $v_2 = \frac{\Delta y_2}{\Delta t_2} = 180\text{cm/s}$, $v_3 = \frac{\Delta y_3}{\Delta t_3} = 264\text{cm/s}$, $v_4 = \frac{\Delta y_4}{\Delta t_4} = 356\text{cm/s}$

$v_5 = \frac{\Delta y_5}{\Delta t_5} = 448\text{cm/s}$ និង $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = 1100\text{cm}/\text{s}^2$, $a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} = 840\text{cm/s}^2$, $a_3 = \frac{\Delta v_3}{\Delta t_3} = 920\text{cm/s}^2$,

$a_4 = \frac{\Delta v_4}{\Delta t_4} = 920\text{cm/s}^2$ ត្រូវបាន*វាស់ និងគណនា*។

សំទុះមធ្យម $a = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4} = 945\text{cm}/\text{s}^2 = 9.45\text{m}/\text{s}^2$ ដោយ $g = 9.80\text{m}/\text{s}^2$ និង $(\%)$ កម្រិតល្អៀង $= 3.57\%$។

- **សន្និដ្ឋាន៖**

សំទុះទំនាញផែនដី និង $(\%)$ កម្រិតល្អៀងត្រូវ *បានកំណត់ ឬត្រូវបានរកឃើញ*។ ដូចនេះសម្មតិកម្ម *ត្រូវបានគាំទ្រ* ដោយពិសោធ។

**សម្គាល់៖** លទ្ធផលពិសោធល្អគឺសំដៅលើតម្លៃជាលេខដែលទទួលបានតាមពិសោធ និងទ្រឹស្តី សឹងតែ ដូចគ្នា មានន័យថាកម្រិតល្អៀងរបស់វាតូចជាង 5%។ តម្លៃសំទុះនីមួយៗ គឺត្រឹមត្រូវនៅកៀកៗគ្នា (ត្រឹម ត្រូវផង និងជាក់លាក់ផង)។

## ៤. ពិភាក្សា

(១) ហេតុអ្វីបានជាតម្លៃសំទុះ( $a$ )ដែលអ្នកបានរកឃើញតូចជាងសំទុះទំនាញផែនដី( $g$ ) ទោះបីជាកូនទម្ងន់ដែលអ្នកបានទម្លាក់នោះស្ថិតក្រោមតែអំពើកម្លាំងទំនាញផែនដី?

ចម្លើយ៖តម្លៃសំទុះ( $a$ )ដែលអ្នកបានរកឃើញតូចជាងសំទុះទំនាញផែនដី( $g$ )ដោយសារ៖

- ✓ កកិតកើតឡើងរវាងក្រដាសនឹងតួនៃឧបករណ៍កត់ត្រាពេល( Recording Timer )។
- ✓ បង្អាក់ចលនាកើតមានឡើងរាល់ពេលដែលដងរលាស់នៃឧបករណ៍កត់ត្រាពេល( Recording Timer )វាយលើក្រដាសដើម្បីបង្កើតចំណុចលើក្រដាស។
- ✓ រាប់ស្នាមចំណុចដែលជិតលើក្រដាសមិនគ្រប់5ចំណុចជាហេតុធ្វើឱ្យការវាស់ប្រវែងមិនត្រឹមត្រូវ ឬខ្លីជាងប្រវែងពិត។ ចំណុចដែលត្រឹមត្រូវគឺ5ចំណុច និងមិនគិតចំណុចគោលទេ(រូបទី១.១ ខ)។

(២) តើអ្នកមានគំនិតច្នៃប្រឌិតដូចម្តេច ដើម្បីឱ្យការពិសោធលើកក្រោយៗទៀតទទួលបាន លទ្ធផលល្អប្រសើរជាងនេះ?

ចម្លើយ៖ដើម្បីឱ្យការពិសោធលើកក្រោយៗទៀតទទួលបានលទ្ធផលល្អប្រសើរជាងនេះ អ្នកត្រូវ៖

- ✓ ផ្ទៃតួនៃឧបករណ៍កត់ត្រាពេល( Recording Timer) ត្រូវរលោងដើម្បីកាត់បន្ថយកកិត។
- ✓ លើកក្រដាសឱ្យឈរត្រង់ឡើងលើមុននឹងទម្លាក់។
- ✓ ចុងខ្មៅដែលភ្ជាប់នៅចុងដងរលាស់នៃឧបករណ៍កត់ត្រាពេល( Recording Timer )ត្រូវរលោងមិនឱ្យស្រួចដើម្បីបន្ថយការមុតក្រដាស។ ការមុតក្រដាសនេះហើយដែលជាមូលហេតុនៃការបង្អាក់ចលនាទម្លាក់នៃក្រដាសនោះ។

- ✓ រាប់ស្នាមចំណុចដែលជិតលើក្រដាសឱ្យគ្រប់5ចំណុចដោយមិនគិតចំណុចគោល និងគូសវង់លើចំណុចគោល និងចំណុចទី5 (រូបទី១.១ ខ)។
- ✓ វាស់ប្រវែង5ចំណុចនីមួយៗទាំងអស់នេះឱ្យបានត្រឹមត្រូវ និងកត់ត្រាជាទិន្នន័យ។

(៣) ក្រោយពីបានប្រើប្រាស់ឧបករណ៍ពិសោធនេះ(Recording Timer) រួចមក អ្នកយល់ពីគោលការណ៍ដំណើរការរបស់វា និងដឹងពីវិធីផលិតវា។ ចូរពន្យល់បង្ហាញគោលការណ៍ដំណើរការរបស់វា ។

ចម្លើយ៖ពន្យល់បង្ហាញគោលការណ៍ដំណើរការរបស់ឧបករណ៍កត់ត្រាពេល (Recording Timer) ៖

ឧបករណ៍កត់ត្រាពេល(Recording Timer)គឺស្រដៀងគ្នានឹងកណ្តឹងរោទិ៍អគ្គិសនីដើរដោយចរន្តឆ្លាស់។ វាផ្សំឡើងដោយបូប៊ីនមួយដែលមានស្នូលដែកឬខ្យល់ និងដងរលាស់មួយដែលចុងម្ខាងត្រូវបានភ្ជាប់ឱ្យនៅនឹងចុងម្ខាងទៀតរលាស់បាន។ នៅកន្លះខួបដើម ពេលចរន្តឆ្លាស់(ចរន្តអគ្គិសនី) ឆ្លងកាត់បូប៊ីនតាមទិសដៅ មួយនោះដែនម៉ាញេទិចត្រូវបានបង្កើតតាមទិសដៅមួយដែរ ហើយបង្កើតកម្លាំងម៉ាញេទិចមានអំពើលើ(ធក់)ដងរលាស់នៃឧបករណ៍កត់ត្រាពេល សន្មតថាចុងដងរលាស់ផ្លាស់ទីចុះក្រោម។ បន្ទាប់មក ចរន្តឆ្លាស់នឹងធ្លាក់មកដល់សូន្យ(មុនពេលប្តូរទិសដៅ) ពេលចរន្តឆ្លាស់ធ្លាក់ដល់សូន្យ គ្មានដែនម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់បូប៊ីនទេ ចុងដងរលាស់ផ្លាស់ទីមកទីតាំងដើមវិញ មានន័យថាផ្លាស់ទីឡើងលើ ក្រោមអំពើនៃកម្លាំងតំណឹងនៃដងរលាស់ផ្ទាល់។ បន្ទាប់មកទៀតកន្លះខួបចុងក្រោយ ចរន្តឆ្លាស់ប្តូរទិសដៅឆ្លងកាត់បូប៊ីនផ្ទុយពីមុន នោះដែនម៉ាញេទិចដែលត្រូវបានបង្កើតឆ្លងកាត់ស្នូលបូប៊ីនក៏មានទិសដៅផ្ទុយពីមុនដែរ ហើយដែនម៉ាញេទិចនេះ មានអំពើលើ(ធក់)ដងរលាស់នៃឧបករណ៍កត់ត្រាពេល ធ្វើឱ្យចុងដងរលាស់ផ្លាស់ទីចុះក្រោមម្តងទៀត។ នេះមានន័យថាក្នុងមួយខួបនៃចរន្តឆ្លាស់ ចរន្តប្តូរទិសដៅពីរដង ហើយចុងដងរលាស់ក៏ផ្លាស់ទី ចុះក្រោម និងឡើងលើពីរដងដែរ។ ដូច្នេះបើប្រេកង់ 50Hz ចរន្តឆ្លាស់ប្តូរទិសដៅ100ដង ហើយចុងដងរលាស់ក៏ផ្លាស់ទីឡើងលើ និងចុះក្រោម100ដងដូចគ្នាដែរ។ ក្នុងពិសោធន៍ ខាងលើនេះ ឧបករណ៍កត់ត្រាពេល(Recording Timer) មានដាក់មេដែកពីរ មួយនៅខាងលើ និងមួយទៀត នៅខាងក្រោមដងរលាស់ ហេតុអ្វីបានជាគេធ្វើបែបនេះ? គេធ្វើបែបនេះគឺដើម្បីបានក្នុងមួយខួប (1ជុំ ឬ 1Hz)នៃចរន្តឆ្លាស់ ចុងនៃដងរលាស់ផ្លាស់ទីឡើងលើ ឬចុះក្រោមបានតែមួយដង។ បើ50Hz វាផ្លាស់ទីឡើងលើ ឬចុះក្រោមបាន50ដង។

**សម្គាល់៖** ដោយសារមូលហេតុដូចបានពន្យល់ក្នុងសំណួរទី៣នេះហើយ បានជាឧបករណ៍កត់ត្រាពេល (Recording Timer)ដែលប្រើនៅប្រទេសកម្ពុជាដែលមានប្រេកង់ 50Hz វាបង្កើតបានស្នាមចំណុចចំនួន 50 លើក្រដាសដែលបានប្រើក្នុងពិសោធទន្លាក់សេរីខាងលើ។

(៤)តើសំទុះនៃអង្គធាតុដែលធ្លាក់ក្នុងដែនទំនាញផែនដីអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់អង្គធាតុដែលធ្លាក់ដែរឬទេ (មិនគិតកម្លាំងទប់នៃខ្យល់)? ចូរបង្ហាញហេតុផល។

ចម្លើយ៖សំទុះនៃអង្គធាតុដែលធ្លាក់ក្នុងដែនទំនាញផែនដីមិនអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់អង្គធាតុដែលធ្លាក់ទេ ព្រោះ តាមរូបមន្តទម្ងន់ $W = mg$ (1) និង $W = F_g = G\frac{M \cdot m}{R^2}$ (2)

ពីសមីការ (1) និង(2)យើងបាន $g = G\frac{M}{R^2}$ (3)ដែល m ម៉ាសអង្គធាតុ( kg ) $M$ ម៉ាសផែនដី( kg )

$G = 6.67\times10^{-11}\,\mathrm{N\cdot m^2/kg^2}$ $g$ សំទុះឬដែនទំនាញផែនដី( N/kg )។

ពីសមីការ (3) បញ្ជាក់ថា សំទុះនេះមិនអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់អង្គធាតុទេ។

(៥)តើសំទុះនៃអង្គធាតុដែលធ្លាក់ក្នុងដែនទំនាញផែនដីអាស្រ័យនឹងរាងរបស់អង្គធាតុដែលធ្លាក់ដែរឬទេ (គិតកម្លាំងទប់នៃខ្យល់)? ចូរបង្ហាញហេតុផល និងលើកឧទាហរណ៍ក្នុងការរស់នៅ ឬក្នុងបច្ចេកទេសមកបញ្ជាក់ ។

**ចម្លើយ៖** សំទុះនៃអង្គធាតុដែលធ្លាក់ក្នុងដែនទំនាញផែនដីអាស្រ័យនឹងរាងរបស់អង្គធាតុ(ផ្ទៃរាខ្យល់)ដែលធ្លាក់ព្រោះកម្លាំងទប់នៃខ្យល់មានឥទ្ធិពលលើការធ្លាក់របស់អង្គធាតុ។

តាមច្បាប់ទី២របស់ញូតុន $\vec{F} = m\vec{a}$ ឬ $F = ma$

យើងបាន $mg - R = ma$ ដែល $R$ ជាកម្លាំងទប់នៃខ្យល់

នោះ $a = g - \frac{R}{m}$ (1)

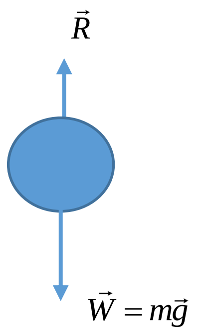
ហើយ $R \propto Kv^2$

ដែល $K$ ជាមេគុណដែលអាស្រ័យនឹងរាងរបស់អង្គធាតុ

ម៉្យាងទៀត $K = \frac{1}{2}\rho AC$

យើងបាន $R = \frac{1}{2}\rho ACv^2$ (2)

ដែល $\rho$ ម៉ាសមាឌខ្យល់( $kg/m^3$ ), $A$ ផ្ទៃរាខ្យល់( $m^2$ ), $C$ មេគុណរាង(តម្លៃប្រែប្រួលតាមរាង)(គ្មានខ្នាត)



រូបទី១.១

ពីសមីការ(1) និង(2)យើងបាន $a = g - \frac{\rho ACv^2}{2m}$ (3)

ពីសមីការ(3)គេអាចសន្និដ្ឋានបានថា ៖

- បើ $A$ ថយចុះ នោះ $a$ កើនឡើង និងបើ $A = 0, R = 0$ នោះ $a = g$ ។
- បើ $A$ កើនឡើង នោះ $a$ ថយចុះ។ នេះជាហេតុផលដែលគេអាច ផលិតឆ័ត្រយោងដើម្បីជួយសម្រួលដល់អ្នកលោតឆ័ត្រយោង ឬ ពីឡុត (អ្នកបើកយន្តហោះ) កុំឱ្យមានគ្រោះថ្នាក់ក្នុងករណីដែលពួកគេលោតពីយន្តហោះ ឬ ពីទីខ្ពស់មកដី ។

ពីសមីការ(3)នេះដែរគេអាចកែច្នៃឧបករណ៍ប្រើប្រាស់ផ្សេងៗតាមតម្រូវការដើម្បីបានរាងឈ្នះខ្យល់ ដូចជា (គ្រាប់)ព្រួញដែលប្រើជាមួយធ្នូ ឬ ស្នា ក្បាលគ្រាប់កាំភ្លើង ក្បាលរថភ្លើង(រថយន្ត) ក្បាល យន្តហោះ ..................។

*រូបទី១.២*

*រូបទី១.៣*

(៦) យានអវកាសមួយត្រូវបានបាញ់បង្ហោះចេញពីផ្ទៃផែនដីទៅកម្ពស់ 800 km ។ រយៈកម្ពស់នេះគឺជាព្រំដែននៃស្រទាប់បរិយាកាសពីររបស់ផែនដីគឺ Thermosphere និង Exosphere ហើយមានសីតុណ្ហភាពប្រហែលជា $1200^{\circ}\mathrm{C}$ ។ ចូរប្រៀបធៀបសំទុះទំនាញផែនដីដែលនៅក្បែរផ្ទៃផែនដី និងនៅរយៈកម្ពស់ខាងលើ។

**ចម្លើយ៖** ប្រៀបធៀបសំទុះទំនាញផែនដីដែលនៅក្បែរផ្ទៃផែនដី និងនៅរយៈកម្ពស់ 800 km ៖

តាមសម្រាយនៃសំណួរទី៣ យើងបាន $g = G\dfrac{M}{R^2}$

ជាទូទៅគេសរសេរ $g_h = G\dfrac{M}{(R+h)^2}$ ដែល $h$ កម្ពស់គិតពីផ្ទៃដីទៅទីតាំងដែលអង្គធាតុស្ថិតនៅ

$R = 6400\mathrm{km}$ (កាំផែនដី), $M = 5.97\times10^{24}\mathrm{kg}$ (ម៉ាសផែនដី), $G = 6.67\times10^{-11}\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}^2/\mathrm{kg}^2$

- នៅក្បែរៗផ្ទៃផែនដី $h = 0, g_0 = 9.72\mathrm{m/s}^2$
- នៅកម្ពស់ $h = 800\mathrm{m}, g_h = 7.68\mathrm{m/s}^2$

$$\frac{g_h}{g_0} = \frac{7.68}{9.72} = 0.79 \text{ ឬ } g_h = 0.79 g_0$$

នេះបញ្ជាក់ថាសំទុះទំនាញដីនៅកម្ពស់ 800km ពីផ្ទៃផែនដីមានតម្លៃតូចជាងសំទុះទំនាញផែនដីក្បែរៗផ្ទៃដីប្រហែល 0.80 ដង។

## ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ

### ១. វត្ថុបំណង

កំណត់សំទុះទន្លាក់សេរី ឬ (សំទុះទំនាញផែនដី) (g) និងកម្រិតល្អៀង (%)របស់វាបានត្រឹមត្រូវតាមការពិសោធ។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

- កម្ពស់ធ្លាក់របស់អង្គធាតុ $h = \frac{1}{2}gt^2$
- ល្បឿន $v = gt$
- សំទុះ $g = 9.80\mathrm{m/s^2}$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\% = \left|\frac{g-a}{g}\right| \times 100\%$$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃពិត} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃពិត}}\right| \times 100\% = \left|\frac{g-a}{g}\right| \times 100\%$$

### ៣. ពិសោធន៍

#### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

**តើអ្នកអាចកំណត់សំទុះទន្លាក់សេរី ឬ (សំទុះទំនាញផែនដី) (g) និង(%)កម្រិតល្អៀងរបស់វាបានយ៉ាងដូចម្តេច?**

#### ៣.២. សម្មតិកម្ម

ប្រើក្រដាសស្តើងទទឹងប្រហែល 1.0 cm និងបណ្តោយ ប្រហែល 1.5 m ចងភ្ជាប់នឹងកូនទម្ងន់ (ដុំថ្ម) មួយ (100 g) និងឱ្យក្រដាសស្តើងឆ្លងកាត់ឧបករណ៍កត់ត្រាពេល )(Recording Timer) នោះសំទុះអាចត្រូវបានកំណត់តាម $a_1 = \Delta v_1 / \Delta t, a_2 = \Delta v_2 / \Delta t, \ldots$ និង $a = \frac{a_1 + a_2 + \ldots}{N}$ ។ ដោយប្រៀបធៀបតម្លៃនៃសំទុះនេះទៅនឹង $g = 9.80\mathrm{m/s^2}$ នោះ(%)កម្រិតល្អៀងរបស់វាត្រូវបានរកឃើញ តាមការគណនា។

#### ៣.៣. តេស្តសម្មតិកម្ម (ពិសោធន៍)

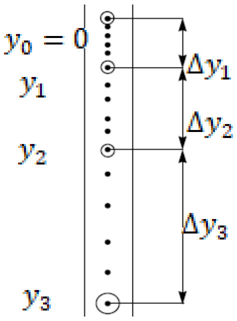
**(ក) តម្រូវការសម្ភារ**

ឧបករណ៍កត់ត្រាពេល ត្រង់ស្វូ (ប្រើជាមួយឧបករណ៍កត់ត្រាពេល) ប្រភពចរន្តឆ្លាស់ ( $f = 50.0\mathrm{Hz}$ ) កូនទម្ងន់ (100 g) ជើងទម្រ ស្កុត (ការស្អិត) ក្រដាសA4មួយសន្លឹង កន្ត្រៃ និងក្រដាសកាបូន

**(ខ) ដំឡើងសម្ភារនិងពិសោធន៍** (បង្ហាញដូចរូបទី១.៤ (ក))

- ដំឡើងឧបករណ៍កត់ត្រាពេលដោយភ្ជាប់នឹងជើងទម្រ រួចភ្ជាប់នឹងប្រភពចរន្តឆ្លាស់ (6.0 V)។
- កាត់ក្រដាសA4 ទទឹងប្រហែល 1.0 cmឱ្យបាន5ជម្រៀកតូចៗ ឬលើសពីនេះ (និងបណ្តោយយកតាមទំហំបណ្តោយនៃក្រដាសA4) រួចបិទស្កុត (ការស្អិត)បន្តគ្នាបានប្រវែងប្រហែល1.5m។
- ប្រើស្កុតបិទក្រដាសកាបូន (2.0 cm × 2.0 cm)លើឧបករណ៍កត់ត្រាពេល។

- ស៊កចុងម្ខាងនៃជម្រៀកក្រដាសដែលបានបិទបន្តគ្នាចូលក្នុងឧបករណ៍កត់ត្រាពេល ដោយឱ្យជម្រៀកក្រដាសនៅពីក្រោមក្រដាសកាបូន។
- ភ្ជាប់ចុងជម្រៀកក្រដាសខាងក្រោមទៅនឹងកូនទម្ងន់ដោយប្រើស្កុត ។
- កាន់ចុងជម្រៀកក្រដាសឱ្យវាសន្ធឹងត្រង់ឡើងលើ ។
- ចុចកុងតាក់ដើម្បីឱ្យឧបករណ៍កត់ត្រាពេលដំណើរការ និងលែងជម្រៀកក្រដាសឱ្យធ្លាក់ចុះក្រោម។




(ខ)

*រូបទី១.៤(ក)*

**ការណែនាំ៖**

- ពិនិត្យស្នាមចំណុចលើជម្រៀកក្រដាស រួចគូសរង្វង់ជុំវិញចំណុចមួយដែលចាត់ទុកថាជាគល់ ( $y_0 = 0$ )។
- រាប់5ចំណុចបន្តពីគល់ $y_0$ រួចគូសរង្វង់លើចំណុចទី5។ ធ្វើដូចគ្នាចំពោះ5ចំណុចផ្សេងៗទៀតរហូតដល់អស់ចំណុច(រូបទី១.៤(ខ))។
- វាស់ចម្ងាយរវាង5ចំណុច និងតាងវាដោយ $\Delta y_1, \Delta y_2, ....$ ។
- រយៈពេលសម្រាប់5ចំណុចត្រូវបានរកតាមសមាមាត្រ។ ប្រេកង់ 50 Hz មានន័យថា 1.0 s ដងលំញ័រនៃឧបករណ៍កត់ត្រាពេលវាយបាន 50ចំណុច ចុះបើ5ចំណុច តើមានរយៈពេលប៉ុន្មាន? យើងធ្វើតាមសមាមាត្រខាងក្រោម៖

$$1.0\text{s} \leftrightarrow 50 \text{ ចំណុច}$$

$$t = \Delta t = ? \leftrightarrow 5 \text{ ចំណុច}$$

$$t = \Delta t = \frac{1.0\text{s} \times 5}{50} = 0.10\text{s}$$

- ស្រង់ទិន្នន័យទាំងអស់ដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងគណនាដូចខាងក្រោម។

## ៣.៤. លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យ និងគណនា

| ចំណុច | $y(\text{cm})$ | $\Delta y(\text{cm})$ | $v(\text{cm/s})$ | $\Delta v(\text{cm/s})$ | $a(\text{cm/s}^2)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ទី0 | $y_0 = 0$ | | | | |
| ទី5 | $y_1 = 7.0$ | $\Delta y_1 = 7.0$ | $v_1 = \frac{\Delta y_1}{\Delta t_1} = 70$ | | |
| ទី10 | $y_2 = 25.0$ | $\Delta y_2 = 18.0$ | $v_2 = \frac{\Delta y_2}{\Delta t_2} = 180$ | $\Delta v_1 = 110$ | $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = 1100$ |
| ទី15 | $y_3 = 51.4$ | $\Delta y_3 = 26.4$ | $v_3 = \frac{\Delta y_3}{\Delta t_3} = 264$ | $\Delta v_2 = 84.0$ | $a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} = 840$ |
| ទី20 | $y_4 = 87.0$ | $\Delta y_4 = 35.6$ | $v_4 = \frac{\Delta y_4}{\Delta t_4} = 356$ | $\Delta v_3 = 92.0$ | $a_3 = \frac{\Delta v_3}{\Delta t_3} = 920$ |
| ទី25 | $y_5 = 131.8$ | $\Delta y_5 = 44.8$ | $v_5 = \frac{\Delta y_5}{\Delta t_5} = 448$ | $\Delta v_4 = 9.20$ | $a_4 = \frac{\Delta v_4}{\Delta t_4} = 920$ |
| ……… | | | | | |
| រយៈពេល $t = \Delta t = 0.10\text{s}$ | | $g = 9.80\text{m/s}^2$ | $a = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4} = 9.45\text{m/s}^2$ | | %កម្រិតល្អៀង = 3.57% |

- ត្រូវបំពេញតម្លៃក្នុងការគណនាគំរូខាងក្រោម៖

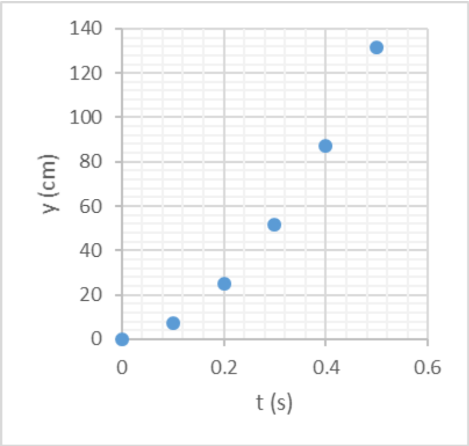
ការគណនាគំរូ

- $\Delta y_1 = y_1 - y_0 = 7.0 - 0 = 7.0\text{cm}$
- $\Delta y_2 = y_2 - y_1 = 25.0 - 7.0 = 18.0\text{cm}$
- $v_1 = \frac{\Delta y_1}{\Delta t_1} = \frac{7.0}{0.1}\text{cm/s} = 0.70\text{m/s}$
- $v_2 = \frac{\Delta y_2}{\Delta t_2} = \frac{18.0}{0.1}\text{cm/s} = 1.80\text{m/s}$
- $\Delta v_1 = v_2 - v_1 = 1.80 - 0.70 = 1.10\text{m/s}$
- $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = \frac{1.10}{0.1}\text{m/s} = 11.0\text{m/s}$

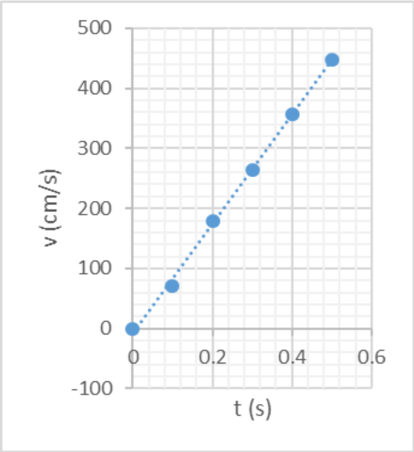
$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\% = \left|\frac{g-a}{g}\right| \times 100\%$$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\% = \left|\frac{g-a}{g}\right| \times 100\% = \frac{9.80 - 9.45}{9.80} = 3.57\%$$

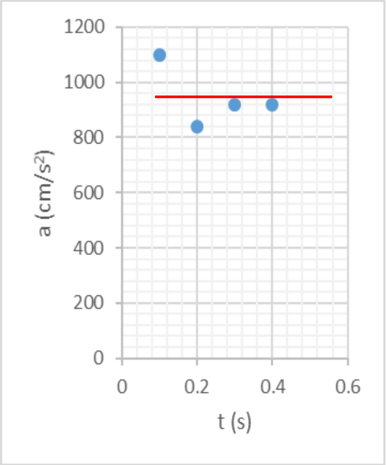
ការគូសក្រាប




*បម្លាស់ទី-ពេល*




*(វ៉ិចទ័រ)ល្បឿន-ពេល*




*សំទុះ-ពេល*

## ៣.៥. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

- **វិភាគ៖** ផ្អែកតាមការពិសោធខាងលើ

កម្ពស់ធ្លាក់

$\Delta y_1 = 7.00\text{cm}$ , $\Delta y_2 = 18.0\text{cm}$ , $\Delta y_3 = 26.40\text{cm}$ , $\Delta y_1 = 35.6\text{cm}$ និង $\Delta y_5 = 44.8\text{cm}$ ត្រូវបាន *វាស់ និងគណនា*។

(វ៉ិចទ័រ)ល្បឿន និងសំទុះរៀងគ្នា

$v_1 = \frac{\Delta y_1}{\Delta t_1} = 70\text{cm/s}$ , $v_2 = \frac{\Delta y_2}{\Delta t_2} = 180\text{cm/s}$ , $v_3 = \frac{\Delta y_3}{\Delta t_3} = 264\text{cm/s}$ , $v_4 = \frac{\Delta y_4}{\Delta t_4} = 356\text{cm/s}$

$v_5 = \frac{\Delta y_5}{\Delta t_5} = 448\text{cm/s}$ និង $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = 1100\text{cm/s}^2$ , $a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} = 840\text{cm/s}^2$ , $a_3 = \frac{\Delta v_3}{\Delta t_3} = 920\text{cm/s}^2$ ,

$a_4 = \frac{\Delta v_4}{\Delta t_4} = 920\text{cm/s}^2$ ត្រូវបាន *វាស់ និងគណនា*។

សំទុះមធ្យម $a = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4} = 945\text{cm/s}^2 = 9.45\text{m/s}^2$ ដោយ $g = 9.80\text{m/s}^2$ និង %កម្រិតល្អៀង $= 3.57\%$ ។

- **សន្និដ្ឋាន៖**

សំទុះទំនាញផែនដី និង%កម្រិតល្អៀងត្រូវ*បានកំណត់ ឬត្រូវបានរកឃើញ*។ ដូចនេះសម្មតិកម្ម*ត្រូវបានគាំទ្រ* ដោយពិសោធ។

**សម្គាល់៖** លទ្ធផលពិសោធល្អគឺសំដៅលើតម្លៃជាលេខដែលទទួលបានតាមពិសោធ និងតាមទ្រឹស្តីស្ទើតែដូចគ្នា មានន័យថាកម្រិតល្អៀងរបស់វាតូចជាង 5%។ តម្លៃសំទុះនីមួយៗគឺត្រឹមត្រូវនៅក្បែរៗគ្នា(ត្រឹមត្រូវផង និងជាក់លាក់ផង)។

## ៤. ពិភាក្សា (មើលចម្លើយដែលឱ្យក្នុងផ្នែកទី១ខាងលើ)

(១) ហេតុអ្វីបានជាតម្លៃសំទុះ( $a$ )ដែលអ្នកបានរកឃើញតូចជាងសំទុះទំនាញផែនដី( $g$ )ទោះបីជាកូនទម្ងន់ដែលអ្នកបានទម្លាក់នោះស្ថិតក្រោមតែអំពើកម្លាំងទំនាញផែនដី?

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………។

(២) តើអ្នកមានគំនិតច្នៃប្រឌិតដូចម្តេច ដើម្បីឱ្យការពិសោធលើកក្រោយៗ ទៀតទទួលបានលទ្ធផលល្អប្រសើរជាងនេះ?

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………។

(៣) ក្រោយពីបានប្រើប្រាស់ឧបករណ៍ពិសោធនេះរួចមក តើអ្នកយល់ពីដំណើរការ វិធីផលិត ឬការអភិវឌ្ឍដែរឬទេ? បើដឹងចូរបង្ហាញយោបល់របស់អ្នក។

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………។

(៤) តើសំទុះនៃអង្គធាតុដែលធ្លាក់ក្នុងដែនទំនាញផែនដីអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់អង្គធាតុដែលធ្លាក់ដែរឬទេ (មិនគិតកម្លាំងទប់នៃខ្យល់)? ចូរបង្ហាញហេតុផល។

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

(៥) តើសំទុះនៃអង្គធាតុដែលធ្លាក់ក្នុងដែនទំនាញផែនដីអាស្រ័យនឹងរាងរបស់អង្គធាតុដែលធ្លាក់ដែរឬទេ (គិតកម្លាំងទប់នៃខ្យល់)? ចូរបង្ហាញហេតុផល និងលើកឧទាហរណ៍ក្នុងការរស់នៅ ឬក្នុងបច្ចេកទេសមកបញ្ជាក់។

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

(៦) យានអវកាសមួយត្រូវបានបាញ់បង្ហោះចេញពីផ្ទៃផែនដីទៅកម្ពស់ 800km។ រយៈកម្ពស់នេះគឺជាព្រំដែននៃស្រទាប់បរិយាកាសពីររបស់ផែនដីគឺ Thermosphere និង Exosphere ហើយសីតុណ្ហភាពប្រហែលជា 1200°C។ ចូរប្រៀបធៀបសំទុះទំនាញផែនដីដែលនៅក្បែរផ្ទៃផែនដី និងនៅរយៈកម្ពស់ខាងលើ។

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

## ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស

### ១. វត្ថុបំណង

កំណត់សំទុះទន្លាក់សេរី ឬសំទុះទំនាញផែនដី (g) និង(%)កម្រិតល្អៀងរបស់វាបានត្រឹមត្រូវតាមការពិសោធ។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

- កម្ពស់ធ្លាក់របស់អង្គធាតុ $h = \frac{1}{2}gt^2$
- ល្បឿន $v = gt$
- សំទុះ $g = 9.80\text{m}/\text{s}^2$

$$\%\text{ផលសង} = \left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\% = \left|\frac{g-a}{g}\right| \times 100\%$$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃពិត} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃពិត}}\right| \times 100\% = \left|\frac{g-a}{g}\right| \times 100\%$$

### ៣. ពិសោធន៍

#### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

តើអ្នកអាចកំណត់សំទុះទន្លាក់សេរី ឬ សំទុះទំនាញផែនដី និង(%)កម្រិតល្អៀងរបស់វាបានយ៉ាងដូចម្តេច?

#### ៣.២. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

#### ៣.៣. តេស្តសម្មតិកម្ម (ពិសោធន៍)

(ក) តម្រូវការសម្ភារ

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

(ខ) ដំណើរការដំឡើងសម្ភារ និងពិសោធន៍

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

## ៣.៤. លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យ និងគណនា

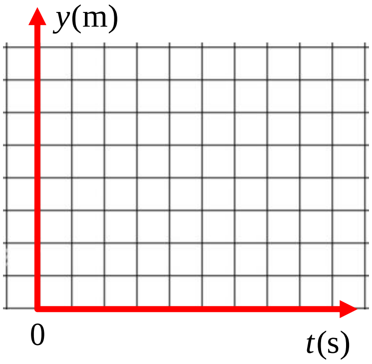
| ចំណុច | $y(\text{cm})$ | $\Delta y(\text{cm})$ | $v(\text{cm/s})$ | $\Delta v(\text{cm/s})$ | $a(\text{cm/s}^2)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ទី0 | $y_0 = 0$ | | | | |
| ទី5 | $y_1 =$ | $\Delta y_1 =$ | $v_1 = \frac{\Delta y_1}{\Delta t_1} =$ | | |
| ទី10 | $y_2 =$ | $\Delta y_2 =$ | $v_2 = \frac{\Delta y_2}{\Delta t_2} =$ | $\Delta v_1 =$ | $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} =$ |
| ទី15 | $y_3 =$ | $\Delta y_3 =$ | $v_3 = \frac{\Delta y_3}{\Delta t_3} =$ | $\Delta v_2 =$ | $a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} =$ |
| ទី20 | $y_4 =$ | $\Delta y_4 =$ | $v_4 = \frac{\Delta y_4}{\Delta t_4} =$ | $\Delta v_3 =$ | $a_3 = \frac{\Delta v_3}{\Delta t_3} =$ |
| ទី25 | $y_5 =$ | $\Delta y_5 =$ | $v_5 = \frac{\Delta y_5}{\Delta t_5} =$ | $\Delta v_4 =$ | $a_4 = \frac{\Delta v_4}{\Delta t_4} =$ |
| ……… | | | | | |
| រយៈពេល $t = \Delta t =$ | | $g = \text{..........m/s}^2$ | $a = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4} = \text{.......m/s}^2$ | | %កម្រិតល្អៀង = ......% |

ការគណនាគំរូ

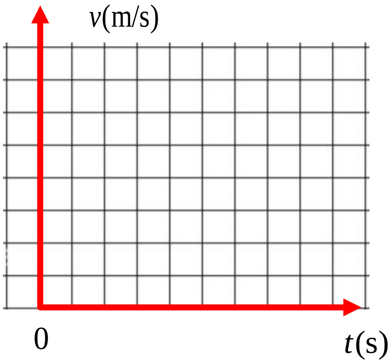
- $\Delta y_1 = y_1 - y_0 =$
- $\Delta y_2 = y_2 - y_1 =$
- $v_1 = \frac{\Delta y_1}{\Delta t_1} =$
- $v_2 = \frac{\Delta y_2}{\Delta t_2} =$
- $\Delta v_1 = v_2 - v_1 =$
- $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} =$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\% = \left|\frac{g-a}{g}\right| \times 100\%$$

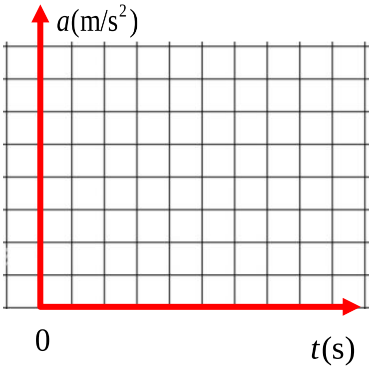
ក្រាប៖




បម្លាស់ទី-ពេល




(វ៉ិចទ័រ)ល្បឿន-ពេល




សំទុះ-ពេល

### ៣.៥. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

- វិភាគ៖ ផ្អែកតាមការពិសោធខាងលើ

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

- សន្និដ្ឋាន៖

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

## ៤. ពិភាក្សា

(១) ហេតុអ្វីបានជាតម្លៃសំទុះ( $a$ )ដែលអ្នកបានរកឃើញតូចជាងសំទុះទំនាញផែនដី( $g$ ) ទោះបីជាកូនទម្ងន់ដែលអ្នកបានទម្លាក់នោះស្ថិតក្រោមតែអំពើកម្លាំងទំនាញផែនដី?

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

(២) តើអ្នកមានគំនិតច្នៃប្រឌិតដូចម្តេច ដើម្បីឱ្យការពិសោធលើកក្រោយៗទៀតទទួលបានលទ្ធផលល្អប្រសើរជាងនេះ?

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

(៣) ក្រោយពីបានប្រើប្រាស់ឧបករណ៍ពិសោធនេះរួចមក តើអ្នកយល់ពីដំណើរការ វិធីផលិត ឬការអភិវឌ្ឍដែរឬទេ? ចូរបង្ហាញយោបល់របស់អ្នក។

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

(៤) តើសំទុះនៃអង្គធាតុដែលធ្លាក់ក្នុងដែនទំនាញផែនដីអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់អង្គធាតុដែលធ្លាក់ដែរឬទេ (មិនគិតកម្លាំងទប់នៃខ្យល់)? ចូរបង្ហាញហេតុផល។

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

(៥) តើសំទុះនៃអង្គធាតុដែលធ្លាក់ក្នុងដែនទំនាញផែនដីអាស្រ័យនឹងរាងរបស់អង្គធាតុដែលធ្លាក់ដែរឬទេ (គិតកម្លាំងទប់នៃខ្យល់)? ចូរបង្ហាញហេតុផល និងលើកឧទាហរណ៍ក្នុងការរស់នៅ ឬក្នុងបច្ចេកទេសមកបញ្ជាក់។

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

(៦) យានអវកាសមួយត្រូវបានបាញ់បង្ហោះចេញពីផ្ទៃផែនដីទៅកម្ពស់ 800 km ។ រយៈកម្ពស់នេះគឺជាព្រំដែននៃស្រទាប់បរិយាកាសពីររបស់ផែនដីគឺ Thermosphere និង Exosphere ហើយសីតុណ្ហភាពប្រហែលជា $1200^{\circ}C$ ។ ចូរប្រៀបធៀបសំទុះទំនាញផែនដីដែលនៅក្បែរផ្ទៃផែនដី និងនៅរយៈកម្ពស់ខាងលើ។

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

## ប្រធានបទទី ២៖ សំទុះរបស់អង្គធាតុ(ឃ្លីកូនហ្គោល)ចុះតាមប្លង់ទេរ
## ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការសរសេរពិសោធ

### ១. វត្ថុបំណង

- ត្រូវសរសេរវត្ថុបំណងពិសោធឱ្យបានច្បាស់លាស់ ។ ពិសោធអាចជាពិសោធដែលមានក្នុងមេរៀនចេញពីចម្ងល់ ឬបាតុភូតដែលអ្នកបានសង្កេតឃើញជុំវិញខ្លួនយើង។

- ត្រូវប្រើកិរិយាសព្ទសកម្ម ដូចជា កំណត់ គណនា ធ្វើពិសោធ វាស់ ទាញរក ពិនិត្យ ...។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធនេះ យើងប្រើ)

*"កំណត់សំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិលរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ (មិនគិតកកិត)ដែលអាស្រ័យនឹងមុំតាមពិសោធនិងគណនាផលសងភាគរយរបស់វា។"*

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

-ត្រូវសរសេរសង្ខេបទ្រឹស្តី ឬ រូបមន្តដែលទាក់ទងប្រើក្នុងពិសោធនេះបើមេរៀន ឬប្រធានបទត្រូវបានបង្រៀនរួចហើយ។ ប៉ុន្តែបើមិនទាន់បង្រៀនទេ អ្នកអាចសរសេរវាឱ្យបានពិស្តារបន្តិចដើម្បីឱ្យសិស្ស(អ្នក រៀន) ឬអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយយល់ ។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធនេះ សន្មតថាមេរៀននេះយើងបានបង្រៀនរួចហើយ)

- សមីការនៃចលនាស្ទុះស្មើ $x = \frac{1}{2}at^2$
- ច្បាប់ទី២របស់ញូតុន $F = ma$
- អង្គធាតុរអិលចុះក្រោមតាមប្លង់ទេរ

  ករណីមិនគិតកកិត៖ $F = mg \cdot \sin\theta = ma$ (រូបទី២.១)

  ករណីគិតកកិត៖ $F = mg \cdot \sin\theta - f_k = ma$ , $f_k = \mu_k N$

  $N = mg \cdot \cos\theta$ ជាកម្លាំងកែងគិតជាញូតុន( N ), $\mu_k$ ជាមេគុណកកិតស៊ីនេទិច

  $f_k$ កម្លាំងកកិតស៊ីនេទិចគិតជាញូតុន ( N )

  (បើពិសោធនេះមិនគិតកកិតទេ អ្នកមិនចាំបាច់សរសេរទ្រឹស្តីផ្នែកកកិតនេះទេ)។

- សំទុះអង្គធាតុចុះតាមប្លង់ទេរ $a = g \cdot \sin\theta$

$$\%\text{ផលសង} = \left| \frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2})/2} \right| \times 100\%$$

### ៣. ពិសោធន៍

#### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

- ត្រូវយកវត្ថុបំណងនៃពិសោធដែលបានសរសេរ (ក្នុងឧទាហរណ៍ខាងលើ) មកដាក់ជាសំណួរ ។
- សំណួរអាចមានច្រើនទម្រង់ពីកម្រិតងាយ( ទាប )ទៅលំបាក( ខ្ពស់ )ដោយផ្អែកលើទ្រឹស្តី Bloom Taxonomy។

- ដោយផ្អែកលើវត្ថុបំណងខាងលើ អ្នកអាចផ្ដល់សំណួរឱ្យទៅសិស្ស ឬស្នើឱ្យសិស្សបង្កើតដោយខ្លួនឯង និងបន្ទាប់មក អ្នកត្រូវជ្រើសរើសយកសំណួរណាដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណង ហើយងាយធ្វើពិសោធ។ សំណួរអាចជា៖

- (១) *"តើអ្នកអាចកំណត់សំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ (មិនគិតកកិត) ដែលអាស្រ័យ នឹងមុំតាមពិសោធ និងគណនា(%)ផលសងរបស់វាបានយ៉ាងដូចម្ដេច?"*
- (២) *"តើអ្នកអាចកំណត់សំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ (មិនគិតកកិត) ដែលអាស្រ័យនឹងមុំតាមពិសោធ និងគណនា(%)ផលសងរបស់វាបានតាមវិធីណា?"*
- (៣) *"តើសំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ (មិនគិតកកិត) អាស្រ័យនឹងកត្តាអ្វីខ្លះ? ហើយអ្នកគណនា(%)ផលសងរបស់វាបានយ៉ាងដូចម្ដេច?"*
- (៤)សំណួរដូចគ្នានឹងសំណួរទាំងបីខាងលើ ប៉ុន្តែគិតកកិត។

- សំណួរទី១គឺសំដៅទៅលើ "ការកំណត់សំទុះនិងគណនា (%) ផលសងដែលអាស្រ័យនឹងមុំ"។ មានន័យថា សំទុះប្រែប្រួលតាមមុំ បើមុំប្រែប្រួល នោះសំទុះប្រែប្រួល តើវាកើនឡើង ឬថយចុះ? ដូចនេះដើម្បីឆ្លើយសំណួរនេះ អ្នកត្រូវជ្រើសរើសមុំ $10^{\circ}$, $13^{\circ}$ និង $15^{\circ}$...រៀងគ្នា ឬអាចជ្រើសរើសមុំផ្សេងៗក្រៅពីនេះក៏បាន រួចជំនួសក្នុងរូបមន្ត ដើម្បីគណនាសំទុះ បន្ទាប់មកប្រៀបធៀបតម្លៃសំទុះនេះ បើមុំកើនឡើង តើសំទុះកើនឡើងឬទេ? សំទុះដែលបានគណនា តាមមុំសន្មតថាជាសំទុះដែលកំណត់តាមវិធីទី១តាងដោយ ( $a_1$ ) និងតាមវិធីទី2 ( $a'_1$ ) ដែលអ្នកត្រូវវាស់ប្រវែងប្លង់ទេរ $x$ និងរយៈពេល $t$ ដែលអង្គធាតុរអិលតាមប្លង់ទេររួចគណនារក( $a'_1$ )។ ពីសំទុះ ( $a_1$ )និង( $a'_1$ )។ អ្នកអាច គណនា(%)ផលសងបាននិងត្រូវកំណត់វាបីដងតាមតម្លៃមុំ$10^{\circ}$,$13^{\circ}$ និង$15^{\circ}$... រៀងគ្នា( សូមមើលតារាងលទ្ធផលបន្ថែម )។ *យើងនឹងប្រើសំណួរទី១នេះជាការកំណត់បញ្ហាសម្រាប់ការពិសោធនេះ។*

- ជំនួសឱ្យសំណួរទី១ អ្នកអាចសួរសំណួរទី២បាន និងចម្លើយរបស់វាដូចគ្នា។ ក្នុងពិសោធនេះ យើងនឹងប្រើសំណួរទី១នេះជា *"ការកំណត់បញ្ហា"*។ (សូមអានបន្ថែមលើសន្លឹកកិច្ចការរបស់គ្រូ)។

- សំណួរទី៣ខាងលើសួររកកត្តាដែលទាក់ទង ដូច្នេះសំណួរនេះទូលាយបន្តិច។ អ្នកអាចធ្វើពិសោធឱ្យទាក់ទងនឹងកត្តាមុំនៃប្លង់ទេរ(ធ្វើបម្រែបម្រួលមុំ $\theta$ ) កត្តាផ្ទៃរលោង ឬគ្រើមនៃប្លង់ទេរ (ធ្វើបម្រែបម្រួលភាពរលោង ឬគ្រើមនៃផ្ទៃប្លង់ទេរ) កត្តាម៉ាសនៃអង្គធាតុ(ធ្វើបម្រែបម្រួលម៉ាស $m$ )...។ សំណួរទី៣នេះ ងាយក្នុង ការបង្កើតសម្មតិកម្ម ប៉ុន្តែសន្លឹកកិច្ចការពិសោធវែង ព្រោះមានកត្តា(ប៉ារ៉ាម៉ែត្រ)ច្រើនដូចបង្ហាញខាងលើ (មុំ$\theta$ ម៉ាស $m$ និង ផ្ទៃរលោង ឬ គ្រើមនៃប្លង់ទេរ)។

**សម្គាល់៖**ដើម្បីកាត់បន្ថយកកិតអ្នកអាចធ្វើពិសោធជាមួយអង្គធាតុរាងមូលដូចជាឃ្លី ស្វ៊ែរ ស៊ីឡាំង... ដែលទាក់ទងនឹង *ចលនារមៀលរបស់វាចុះតាមប្លង់ទេរ*។ ចលនារមៀលជាផលបូកនៃចលនាពីរគឺចលនារំកិល និងចលនារង្វិល ប៉ុន្តែក្នុងការបកស្រាយ អ្នកត្រូវចោលចលនារង្វិលព្រោះពិសោធ នេះធ្វើត្រឹមកម្រិតថ្នាក់ទី ១០។ ប៉ុន្តែបើថ្នាក់ទី១១ អ្នកអាចប្រើចលនារង្វិលនេះបាន និងត្រូវពន្យល់ទាក់ទងនឹងម៉ូម៉ង់និចលរបស់ អង្គធាតុ។

### ៣.២. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

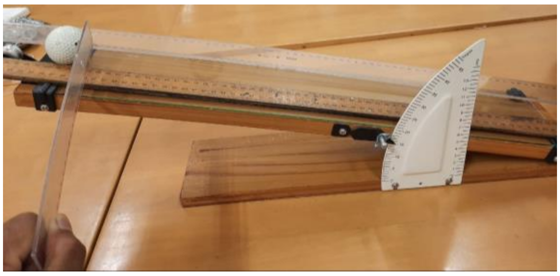
- ត្រូវបង្កើតសម្មតិកម្មឱ្យចំ ឱ្យច្បាស់លាស់ ទើបអាចរកសម្ភារៈ និងបន្តដំណើរការពិសោធបានបើអ្នកប្រើវិធីវិទ្យាសាស្ត្រ។ ឥឡូវនេះយើងលើកយកសំណួរទី១ខាងលើមកបង្កើតសម្មតិកម្ម៖

*"ជាមួយនឹងមុំនៃប្លង់ទេរ $10^{\circ}, 13^{\circ}$ និង $15^{\circ}$ ...ដែលឱ្យយើងអាចកំណត់សំទុះ($a$ )នីមួយៗនៃអង្គធាតុ(ដុំឈើ ឬឃ្លីលោហៈ)ដែលត្រូវនឹងមុំនៃប្លង់ទេរតាមពិសោធបានតាមវិធីទី១ និងតាមការវាស់ប្រវែងប្លង់ទេរ($x$ ) និងរយៈពេលដែលអង្គធាតុ(ដុំឈើ ឬឃ្លីលោហៈ) រអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ យើងអាចកំណត់សំទុះ( $a'$ )នីមួយៗនៃអង្គធាតុ (ដុំឈើឬឃ្លីលោហៈ) ដែលត្រូវនឹងមុំនៃប្លង់ទេររៀងគ្នាតាមពិសោធបានតាមវិធីទី២។ ពីតម្លៃសំទុះនីមួយៗ ( $a = g \cdot \sin\theta$ )និងតាម ( $a' = \frac{2x}{t^2}$ ) ដែលបានរកឃើញ យើងអាចគណនា(%)ផលសងដែលត្រូវនឹងមុំនៃប្លង់ទេរនីមួយៗរបស់វាបាន។*

- ត្រូវផ្តល់សំណួរតម្រុយដល់សិស្ស។ តម្រុយផ្តល់គំនិត ឬនាំផ្លូវដើម្បីឱ្យសិស្សមានគំនិតបង្កើតសម្មតិកម្ម ប៉ុន្តែវាមិនមែនចម្លើយទេ។

### ៣.៣. តេស្តសម្មតិកម្ម (ពិសោធន៍)

សូមអានការណែនាំបន្ថែមក្នុងសន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់គ្រូ ដែលមានការរៀបរាប់យ៉ាងពិស្តារ! វារួមមាន (ក) តម្រូវការសម្ភារ និង(ខ)ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍ រូបទី២.១។



*រូបទី២.១.* *(ក)ការដំឡើងរូប និងធ្វើពិសោធ* *(ខ) ការវាស់មុំ*

- ត្រូវគូសតារាងសម្រាប់ដាក់ទិន្នន័យដែលបានពីពិសោធខាងលើ។ អ្នកអាចដាក់តារាងទិន្នន័យ និងគណនាជាមួយគ្នា ឬដាក់ដាច់ពីគ្នាក៏បាន។ តារាងបង្ហាញដូចខាងក្រោម៖

តារាងទិន្នន័យ និងគណនា (ការកំណត់សំទុះ តាមវិធីទី១ និងទី២)

| មុំ ($\theta$) (ដឺក្រេ) | រយៈពេល ($t$) (s) | $\bar{t}$ (s) | %ផលសង | សំទុះ ($a$)($m/s^2$) |
|---|---|---|---|---|
| $10^{\circ}$ | 0.80 | 0.815 s | 2.38% | វិធីទី១ $a_1 = g \cdot \sin\theta_1 = 1.70 m/s^2$ |
| | 0.80 | | | |
| | 0.86 | | | វិធីទី២ $a_1' = \frac{2x}{t_1^2} = 1.66 m/s^2$ |
| | 0.80 | | | |
| $13^{\circ}$ | 0.73 | 0.7225 s | 4.18% | វិធីទី១ $a_2 = g \cdot \sin\theta_2 = 2.20 m/s^2$ |
| | 0.74 | | | |
| | 0.74 | | | វិធីទី២ $a_2' = \frac{2x}{t_2^2} = 2.11 m/s^2$ |
| | 0.68 | | | |
| $15^{\circ}$ | 0.66 | 0. 6625 s | 1.19% | វិធីទី១ $a_3 = g \cdot \sin\theta_3 = 2.54 m/s^2$ |
| | 0.66 | | | |
| | 0.66 | | | វិធីទី២ $a_3' = \frac{2x}{t_3^2} = 2.51 m/s^2$ |
| | 0.67 | | | |
| g = 9.80 $m/s^2$ | | | $x =$ 0.550 m | |

- ត្រូវបំពេញតម្លៃក្នុងការគណនាគំរូខាងក្រោម៖

ការគណនាគំរូ

$$\bar{t}=\frac{t_1+t_2+t_3+t_4}{4}=\frac{0.80+0.80+0.86+0.80}{4}=0.815\text{s}$$

សំទុះតាមវិធីទី១ $a_1=g\sin\theta_1=(9.8)\sin(10^\circ)=1.70\text{m/s}^2$

សំទុះតាមវិធីទី២ $a_1^{'}=\frac{2x}{t^2}=\frac{(2)(0.55)}{(0.815)^2}=1.656\text{m/s}^2$

$$\%\text{ផលសង}=\left|\frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1}-\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1}+\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2})/2}\right|\times100\%$$

$$\%\text{ផលសង}=\left|\frac{1.70-1.66}{(1.70+1.66)^2}\right|\times100\%=2.38\%$$

### ៣.៥. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

- **វិភាគ៖** ផ្អែកតាមទិន្នន័យនៃការពិសោធខាងលើ

**ការប្រៀបធៀបតម្លៃសំទុះ និង%ផលសង**

ចំពោះមុំ $10^\circ$ $a_1=1.70\text{m/s}^2$ $a_1^{'}=1.66\text{m/s}^2$ និង %ផលសង = 2.38% ។

ចំពោះមុំ $13^\circ$ $a_2=2.20\text{m/s}^2$ $a_2^{'}=2.11\text{m/s}^2$ និង %ផលសង =4.18% ។

ចំពោះមុំ $15^\circ$ $a_3=2.54\text{m/s}^2$ $a_3^{'}=2.51\text{m/s}^2$ និង %ផលសង =1.19% ។

កាលណាតម្លៃ *មុំកើនឡើង* $10^\circ$ ,$13^\circ$ និង $15^\circ$ នោះ *សំទុះ( $a_1,a_2,a_3$ )ក៏កើនឡើង* ដែរ និង *%ផលសង* នៃសំទុះនីមួយៗរៀងគ្នាមាន *តម្លៃតូចមានន័យថាសំទុះដែលកំណត់តាមវិធីទី១និងទី២ (សឹងតែ)ដូចគ្នា ។*

- **សន្និដ្ឋាន៖**

សំទុះ( $a$ ) របស់អង្គធាតុដែលរអិល □ /□ រមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ(មិនគិតកកិត)អាស្រ័យនឹងមុំ ( $\theta$ ) នៃប្លង់ទេរ។ បើមុំ( $\theta$ ) *កើនឡើង* នោះសំទុះ( $a$ ) *ក៏កើនឡើងដែរ* និងពីតម្លៃសំទុះដែលគណនាតាមវិធីទាំងពីរ គេអាចគណនា(%)ភាគរយរបស់វាបាន *យ៉ាងត្រឹមត្រូវ*។ ដូចនេះសម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រ□/□មិនគាំទ្រដោយពិសោធ ។

## ៤. ពិភាក្សា

( ១ ) តើអ្នកធ្វើពិសោធដូចម្ដេចបានជាទទួលលទ្ធផលបានល្អ? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក។

**ចម្លើយ៖** ដើម្បីទទួលបានលទ្ធផលពិសោធល្អ អ្នកត្រូវ៖

- ចំពោះការវាស់សំទុះ( $a_1$ )តាមវិធីទី១
  - ✓ វាស់មុំនៃប្លង់ទេរឱ្យបានត្រឹមត្រូវដោយប្រើឧបករណ៍វាស់មុំ( Protractor )។
  - ✓ ជំនួសតម្លៃក្នុងរូបមន្តដែលទាញរកសំទុះ( $a_1$ ), $a_1=g\sin\theta_1$ ។
- ចំពោះការវាស់សំទុះ( $a_1^{'}$ )តាមវិធីទី២

- ✓ វាស់ប្រវែងប្លង់ទេរឱ្យបានត្រឹមត្រូវ។
  មានន័យថាវាស់ពីទីតាំងដើមដែលអង្គធាតុស្ថិតនៅទៅទីតាំងស្រេចដែលអង្គធាតុទៅដល់ឬឆ្លងកាត់។
- ✓ ដៅចំណាំឬគូសវង្វង់លើទីតាំងចាប់ផ្តើមសម្រាប់ដាក់អង្គធាតុនៅកំពូលប្លង់ទេរ និងដៅទីតាំងស្រេចនៅក្បែរបាតនៃប្លង់ទេរ។ មានន័យថារាល់ការធ្វើពិសោធ អង្គធាតុត្រូវតែដាក់ក្នុងទីតាំងដើម ឬវង្វង់ដែលបានដៅនេះជានិច្ច ។
  (សម្គាល់៖បើប្រើឃ្លី អ្នកត្រូវដាក់បន្ថែមបន្ទាត់ពីរស្របគ្នាផ្សេងទៀតលើប្លង់ទេរដើម្បីធ្វើជាផ្លូវឱ្យឃ្លីរមៀលចុះក្រោមត្រង់។)
- ✓ វាស់រយៈពេលដោយប្រើក្រូណូម៉ែត្រ(ឬក្រូណូម៉ែត្ររបស់ទូរស័ព្ទ)ឱ្យបានត្រឹមត្រូវ និងត្រូវវាស់បួនដងសម្រាប់មុំនីមួយៗ រួចគណនាយកតម្លៃមធ្យមភាគរបស់វា។ ត្រូវប្រាកដថាការចុចវាស់ពេលចាប់ផ្តើមនិងចុចបញ្ចប់ត្រូវតែដំណាលគ្នានឹងអង្គធាតុចាប់ផ្តើមរអិល ឬ រមៀលចុះ និងឆ្លងកាត់ស្នាមគំនូសដែលបញ្ចប់លើប្លង់ទេរ ។
- ✓ ជាការប្រសើរណាស់ បើមានការប្រៀបធៀបរវាងរយៈពេលដែលវាស់តាមពិសោធ និងតាមទ្រឹស្តីដើម្បីធានាថារយៈពេលដែលវាស់តាមពិសោធពិតជាត្រឹមត្រូវ ។ រយៈពេលដែលត្រឹមត្រូវមានន័យថាតម្លៃវាតាមទ្រឹស្តី និងពិសោធស្មើរតែស្មើគ្នា។
- ✓ ជំនួសតម្លៃក្នុងរូបមន្តដែលទាញរកសំទុះ( $a_1^{'}$ ), $a_1^{'} = \frac{2x}{t^2}$ ។

- ចំពោះការគណនា % ផលសង
  - ✓ ជំនួសសំទុះដែលកំណត់តាមវិធីទាំងពីរក្នុងរូបមន្ត៖

$$\%\text{ផលសង} = \left| \frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី}1 - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី}2}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី}1 + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី}2)/2} \right| \times 100\%$$

(២)តើអ្នកធ្វើពិសោធដូចម្តេចបានជាទទួលលទ្ធផលមិនសូវបានល្អបែបនេះ? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក។

**(ចម្លើយនៃសំណួរនេះគឺបញ្ច្រាសគ្នានឹងសំណួរទី១ខាងលើ)**

**ចម្លើយ៖** ការទទួលបានលទ្ធផលពិសោធមិនល្អបណ្តាលមកពី៖

- ចំពោះការវាស់សំទុះ( $a_1$ )តាមវិធីទី១
  - ✓ វាស់មុំនៃប្លង់ទេរ*មិនបានត្រឹមត្រូវ*ទោះបីជាប្រើឧបករណ៍វាស់មុំ(Protractor)ក៏ដោយ។
  - ✓ ជំនួសតម្លៃក្នុងរូបមន្តដែលទាញរកសំទុះ( $a_1$ ), $a_1 = g\sin\theta_1$ ។ ដូចនេះពេលជំនួសក្នុងរូបមន្តតម្លៃសំទុះនេះក៏មានបញ្ហាដែរព្រោះតម្លៃមុំមិនត្រឹមត្រូវ។
- ចំពោះការវាស់សំទុះ( $a_2^{'}$ )តាមវិធីទី២
  - ✓ វាស់ប្រវែងប្លង់ទេរ*មិនបានត្រឹមត្រូវ*។
    មានន័យថាវាស់ពីទីតាំងដើមដែលអង្គធាតុស្ថិតនៅទៅទីតាំងស្រេចដែលអង្គធាតុទៅដល់ ឬឆ្លងកាត់*មិនបានត្រឹមត្រូវ*។

✓ មិនបានដៅចំណាំឬគូសរង្វង់លើទីតាំងចាប់ផ្ដើមសម្រាប់ដាក់អង្គធាតុនៅកំពូលប្លង់ទេរ និង មិនដៅទីតាំងស្រេចនៅក្បែរបាតនៃប្លង់ទេរ។ មានន័យថារាល់ការធ្វើពិសោធ *ដាក់អង្គធាតុ* នៅទីតាំងផ្សេងៗ។

✓ វាស់រយៈពេលដោយប្រើក្រូណូម៉ែត្រ(ឬក្រូណូម៉ែត្ររបស់ទូរស័ព្ទ)*មិនបានត្រឹមត្រូវ*។ ជាពិសេសការចុចវាស់រយៈពេលចាប់ផ្ដើមនិងចុចបញ្ចប់*មិនដំណាលគ្នា*នឹងការចាប់ផ្ដើមរអិល ឬរមៀលចុះនៃអង្គធាតុ និងពេលអង្គធាតុឆ្លងកាត់ស្នាមគំនូសដែលបញ្ចប់លើប្លង់ទរ។

✓ *មិនបានធ្វើការប្រៀបធៀប*វាងរយៈពេលដែលវាស់តាមពិសោធនិងតាមទ្រឹស្ដីដើម្បីធានាថា រយៈពេលដែលវាស់តាមពិសោធពិតជាត្រឹមត្រូវ។ មានន័យថាធ្វើការវាស់រយៈពេលដោយស្មានៗ និងមិនច្បាស់លាស់។

✓ ជំនួសតម្លៃក្នុងរូបមន្តដែលទាញរកសំទុះ($a_1^{'}$), $a_1^{'}=\dfrac{2x}{t^2}$ ។ ដោយតម្លៃដែលទាញបានខាងលើមានកំហុស ដូចនេះពេលជំនួសក្នុងរូបមន្ត តម្លៃសំទុះនេះក៏មានកំហុសដែរ។

- ចំពោះការគណនា %ផលសង
  ✓ ជំនួសសំទុះដែលកំណត់តាមវិធីទាំងពីរក្នុងរូបមន្តៈ

$$\text{\%ផលសង} = \left| \frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី}1 - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី}2}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី}1 + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី}2)/2} \right| \times 100\%$$

ដោយតម្លៃសំទុះដែលកំណត់តាមវិធីទាំងពីរមានបញ្ហា ដូចនេះ%ផលសងក៏មានបញ្ហាដែរ!

(៣) តើអ្នកមានគំនិតច្នៃប្រឌិតបែបណាដើម្បីឱ្យការធ្វើពិសោធលើកក្រោយៗទៀតទទួលបានលទ្ធផលកាន់តែប្រសើរឡើង? ចូរបង្ហាញយោបល់របស់អ្នក ។

**ចម្លើយៈ** (គំនិតច្នៃប្រឌិតដើម្បីឱ្យការធ្វើពិសោធក្រោយៗទៀតទទួលបានលទ្ធផលប្រសើរឡើង)
ខាងក្រោមនេះគឺជាគំនិតបន្ថែមលើចម្លើយនៅសំណួរទី១ ៖ (បើមិនគិតកកិត)

✓ ផ្ទៃនៃប្លង់ទេរ និងផ្ទៃនៃអង្គធាតុត្រូវតែរលោងល្អ ។ ប្រើអង្គធាតុរាងជាឃ្លី ឬ ស្វ៊ែរដោយឱ្យវារមៀលចុះប្លង់ទេរដើម្បីកាត់បន្ថយកកិត ។

✓ បង្កើនប្រវែងប្លង់ទេរ($x$)ឱ្យបានវែង (ពី$1.0\text{ m} - 1.5\text{ m}$)ដើម្បីងាយស្រួលក្នុងការវាស់រយៈពេល បានត្រឹមត្រូវ។

✓ ការវាស់ប្រវែង($x$)មុំ($\theta$)នៃប្លង់ទេរ និងរយៈពេលឱ្យបានត្រឹមត្រូវដូចសំណួរទី១ ។

(៤) តើសំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់វាដែរឬទេ? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក ។

**ចម្លើយៈ** សំទុះរបស់អង្គធាតុមិនអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់អង្គធាតុទេ ។

អ្នកអាចរៀបចំការធ្វើពិសោធជាថ្មីទៀតដោយរក្សាប្រវែង($x$)នៃប្លង់ទេរមុំ($\theta$)នៃប្លង់ទេរភាពរលោង ឬគ្រើមនៃប្លង់ទេរឱ្យនៅថេរ ប៉ុន្តែប្ដូរម៉ាសនៃអង្គធាតុ។

(៥) តើសំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរអាស្រ័យនឹងភាពរលោង ឬគ្រើមនៃប្លង់ទេរដែរ ឬទេ? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក ។

**ចម្លើយ៖** សំទុះរបស់អង្គធាតុអាស្រ័យនឹងភាពរលោង ឬគ្រើមនៃប្លង់ទេរ។ ផ្ទៃរលោងធ្វើឱ្យសំទុះកើន និងផ្ទៃគ្រើមធ្វើឱ្យសំទុះថយចុះ។

អ្នកអាចរៀបចំការធ្វើពិសោធជាថ្មីទៀតដោយរក្សាប្រវែង( $x$ )នៃប្លង់ទេរមុំ( $\theta$ )នៃប្លង់ទេរ ម៉ាសនៃអង្គធាតុឱ្យនៅថេរ ប៉ុន្តែប្តូរភាពរលោង ឬគ្រើមនៃប្លង់ទេរ។

(៦) តើអ្នកមានគំនិតច្នៃប្រឌិតបែបណាខ្លះដើម្បីកាត់បន្ថយសំទុះនៃអង្គធាតុដែលរអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ ដើម្បីកុំឱ្យវាមាន តម្លៃធំពេក និងដើម្បីសម្រួលដល់រទេះជនពិការ ឬការលើកឥវ៉ាន់ឡើង ឬដាក់ឥវ៉ាន់ចុះដោយប្រើប្លង់ទេរនេះ?

**ចម្លើយ៖** គំនិតច្នៃប្រឌិតដើម្បីកាត់បន្ថយសំទុះនៃអង្គធាតុដែលចុះតាមប្លង់ទេរ ដើម្បីសម្រួលដល់រទេះជនពិការ ឬការលើកឥវ៉ាន់ឡើង និងដាក់ឥវ៉ាន់ចុះ ប្លង់ទេរត្រូវ៖

- ✓ ប្រវែងប្លង់ទេរ( $x$ ) វែង
- ✓ មុំនៃប្លង់ទេរ( $\theta$ ) តូច
- ✓ ផ្ទៃនៃប្លង់ទេរគ្រើមសមស្រប ។

(៧) ចូរប្អូនៗផ្តល់ឧទាហរណ៍ ឬឈ្មោះប្លង់ទេរដែលប្រើប្រាស់ក្នុងការរស់នៅរាល់ថ្ងៃ និង ក្នុងបច្ចេកទេស ។

**ចម្លើយ៖** ឧទាហរណ៍ ឬឈ្មោះប្លង់ទេរដែលប្រើប្រាស់ក្នុងការរស់នៅរាល់ថ្ងៃ និង ក្នុងបច្ចេកទេស ៖

- ✓ ពូថៅ កាំបិត...ផ្នែកខ្នងរបស់វាខ្ពស់ និងផ្នែកមុខទាប ។
- ✓ ផ្លូវថ្នល់ត្រង់ផ្នែកកោង គែមម្ខាងទាប និងម្ខាងទៀតខ្ពស់ ។
- ✓ ផ្លូវរទេះសម្រាប់ជនពិការដែលចូលផ្សារទំនើប ឬឡើងស្ពាន ។
- ✓ ផ្លូវឡើងចំណោតសម្រាប់ថ្មើរជើង ម៉ូតូ កង់ និងរថយន្ត...។

## ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ

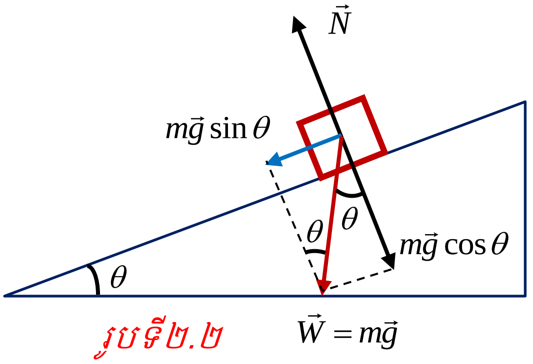
### ១. ទត្ថុបំណង

កំណត់សំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល/រមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ (មិនគិតកកិត) ដែលអាស្រ័យនឹងមុំតាមពិសោធ និង គណនាផលសងភាគរយរបស់វា ។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

- សមីការនៃចលនាស្ទុះស្មើ $x = \frac{1}{2}at^2$
- ច្បាប់ទីពីររបស់ញូតុន $F = ma = mg \cdot \sin\theta$
- សំទុះអង្គធាតុចុះតាមប្លង់ទេរ $a = g \cdot \sin\theta$

$a = g \cdot \sin\theta$




រូបទី២.២

$$\%\text{ផលសង} = \left| \frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2})/2} \right| \times 100\%$$

### ៣. ពិសោធន៍

#### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

តើអ្នកអាចកំណត់សំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ(មិនគិតកកិត)ដែលអាស្រ័យនឹងមុំតាមពិសោធ និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាបានយ៉ាងដូចម្តេច?

**សម្គាល់៖**ដើម្បីកាត់បន្ថយកកិត អ្នកអាចធ្វើពិសោធជាមួយអង្គធាតុរាងដូចជាឃ្លី ស្វ៊ែរ ស៊ីឡាំង...ដែលទាក់ទងនឹង *ចលនារមៀលរបស់វាចុះតាមប្លង់ទេរ*។ ចលនារមៀលជាផលបូកនៃចលនាពីរគឺចលនារំកិល និងចលនារង្វិល ប៉ុន្តែក្នុងការបកស្រាយ អ្នកត្រូវបោលចលនារង្វិលព្រោះពិសោធនេះធ្វើត្រឹមកម្រិតថ្នាក់ទី១០។ ប៉ុន្តែបើថ្នាក់ទី១១ អ្នកអាចប្រើចលនារង្វិលនេះបាន និងត្រូវពន្យល់ទាក់ទងនឹងម៉ូម៉ង់និចលរបស់អង្គធាតុ។

ពិសោធនេះ យើងនឹងប្រើឃ្លីកូនហ្គោលពណ៌សជាអង្គធាតុរមៀលចុះប្លង់ទេរជំនួសដុំឈើវិញ ព្រោះដើម្បីកាត់បន្ថយកកិត។ ប្រវែងប្លង់ទេរខ្លីអាចជះឥទ្ធិពលដល់លទ្ធផលពិសោធនេះ ។

#### ៣.២. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

*"ជាមួយនឹងមុំនៃប្លង់ទេរ $10^{\circ}$, $13^{\circ}$ និង $15^{\circ}$ ដែលឱ្យ យើងអាចកំណត់សំទុះ($a$)នីមួយៗនៃអង្គធាតុ(ដុំឈើ ឬឃ្លីលោហៈ)ដែលត្រូវនឹងមុំនៃប្លង់ទេរតាមពិសោធបានតាមវិធីទី១ និងតាមការវាស់ប្រវែងប្លង់ទេរ ($x$) និងរយៈពេលដែលអង្គធាតុ(ដុំឈើ ឬឃ្លីលោហៈ) រអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ យើងអាចកំណត់សំទុះ ($a'$) នីមួយៗនៃអង្គធាតុ(ដុំឈើ ឬឃ្លីលោហៈ)ដែលត្រូវនឹងមុំនៃប្លង់ទេររៀងគ្នាតាមពិសោធបានតាមវិធីទី២។ ពីតម្លៃសំទុះនីមួយៗ*

*($a = g\sin\theta$ )និងតាម ($a' = \frac{2x}{t^2}$ )ដែលបានរកឃើញ យើងអាចគណនា(%)ផលសងដែលត្រូវ នឹងមុំនៃប្លង់ទេរនីមួយៗរបស់វាបាន។*

**តម្រុយ៖** ជាមួយនឹងមុំនៃប្លង់ទេរដែលឱ្យ $10^o, 13^o$ និង $15^o$

- អនុវត្តន៍ច្បាប់ទី២ញូតុនលើអង្គធាតុចុះតាមប្លង់ទេរ៖ (មិនគិតកកិត)

$F =$ .........................................(1)

- កំប៉ូសង់នៃទម្ងន់កែងនឹងប្លង់ទេរ $W_y = N =$ ………………………..(2)

ពីសមីការ(1) និង(2) យើងបានសំទុះដែលវាស់តាមវិធីទី១ ($a$)

$a_x =$ ......................................... (3)

- សមីការ(ពេល)នៃចលនាស្មុះស្មើសរសេរ $x =$ .........................................

- ពីសមីការ(3)បើមុំនៃប្លង់ទេរ($\theta$)កើនឡើង នោះសំទុះនៃអង្គធាតុ ...................................។

ដោយវាស់ប្រវែងប្លង់ទេរ $x$ និងរយៈពេល $t$ យើងបានសំទុះដែលវាស់តាមវិធីទី២ ($a'$)

$a_x^{'} =$ ......................................... (4)

- ផលសងភាគរយអាចត្រូវបានគណនាតាមរូបមន្ត %ផលសង = .......................................

## ៣.៣. តេស្តសម្មតិកម្ម (ពិសោធន៍)

(ក) **តម្រូវការសម្ភារៈ**

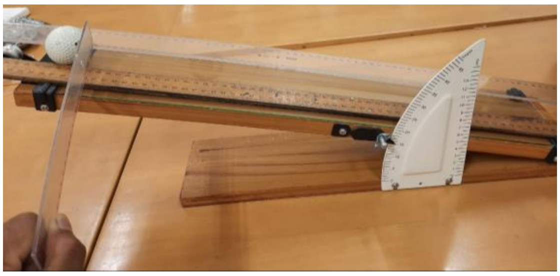
ប្លង់ទេរដែលភ្ជាប់នឹងឧបករណ៍វាស់មុំ (ឬបន្ទះក្តារ និងរ៉ាព័រទ័រ) ដុំឈើ(ឬឃ្លី) ម៉ែត្រ ក្រូណូម៉ែត្រ (Stopwatch) ប៊ិក(ឬហ្វឺតសរសេរក្តារខៀន)។

(ខ)ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍:

- ដំឡើងប្លង់ទេរដែលភ្ជាប់នឹងឧបករណ៍វាស់មុំដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី២.២ខាងលើដោយកំណត់យកមុំ $10^o, 13^o$ និង $15^o$ រៀងគ្នា (មើលក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងគណនាខាងក្រោម)។
- គូសសម្គាល់ទីតាំងដើម និងទីតាំងស្រេចត្រង់ចំណុចខ្ពស់បំផុត និងទាបបំផុតលើប្លង់ទេររៀងគ្នាសម្រាប់ដាក់អង្គធាតុ(ដុំឈើ ឬ ឃ្លី) ពេលចាប់ផ្តើមនិងអង្គធាតុផ្លាស់ទីដល់ទីតាំងទាបបំផុតក្រោយពេលលែងវា។
- វាស់ចម្ងាយ ឬប្រវែងពីទីតាំងដើមទៅទីតាំងស្រេចលើប្លង់ទេរដោយប្រើម៉ែត្រ និងកត់ត្រាតម្លៃចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាខាងក្រោម។ ប្រវែងនេះតាងដោយ $x$ ។
- ដាក់អង្គធាតុ(ដុំឈើ ឬឃ្លី)ចូលទីតាំងដើមដែលត្រូវនឹងតម្លៃមុំនីមួយៗ $10^o, 13^o$ និង $15^o$ រួចលែងវាឱ្យរអិលចុះតាមប្លង់ទេរ និងវាស់រយៈពេល($t$)នីមួយៗចំនួនបួនដងដែលត្រូវនឹងតម្លៃមុំនីមួយៗរូបទី២.៣។

ការណែនាំចំពោះការគណនា៖

- គណនារយៈពេលមធ្យម($\bar{t}$)របស់វាដែលត្រូវនឹងមុំនៃប្លង់ទេរនីមួយៗ $10^o, 13^o$ និង $15^o$ ។
- គណនាសំទុះ($a$)តាមវិធីទី១ តាមវិធីទី២ និងគណនា(%)ផលសងដែលត្រូវនឹងមុំនៃប្លង់ទេរនីមួយៗ។



*រូបទី២.៣. (ក)ការដំឡើងរូប និងធ្វើពិសោធ* *(ខ) ការវាស់មុំ*

### ៣.៤. លទ្ធផល៖ (ឃ្លីកូនហ្គោលរមៀលចុះប្លង់ទេរ)

តារាងទិន្នន័យ និងគណនា (ការកំណត់សំទុះ តាមវិធីទី១ និងទី២)

| មុំ ($\theta$) (ដឺក្រេ) | រយៈពេល ($t$)(s) | $\bar{t}$ (s) | %ផលសង | សំទុះ($a$)($m/s^2$) |
|---|---|---|---|---|
| $10^{o}$ | 0.80<br>0.80<br>0.86<br>0.80 | 0.815 s | 2.38% | វិធីទី១ $a_1 = g\sin\theta_1 = 1.70 m/s^2$<br>វិធីទី២ $a_1^{'} = \frac{2x}{(\bar{t}_1)^2} = 1.66 m/s^2$ |
| $13^{o}$ | 0.73<br>0.74<br>0.74<br>0.68 | 0.7225 s | 4.18% | វិធីទី១ $a_2 = g\sin\theta_2 = 2.20 m/s^2$<br>វិធីទី២ $a_1^{'} = \frac{2x}{(\bar{t}_2)^2} = 1.66 m/s^2$ |
| $15^{o}$ | 0.66<br>0.66<br>0.66<br>0.67 | 0. 6625 s | 1.19% | វិធីទី១ $a_3 = g\sin\theta_3 = 2.54 m/s^2$<br>វិធីទី២ $a_3^{'} = \frac{2x}{(\bar{t}_3)^2} = 2.51 m/s^2$ |
| $g = 9.80 m/s^2$ | | | $x = 0.550 m$ | |

- ត្រូវបំពេញតម្លៃក្នុងការគណនាគំរូខាងក្រោម៖

ការគណនាគំរូ

$$\bar{t} = \frac{t_1+t_2+t_3+t_4}{4} = \frac{0.80+0.80+0.86+0.80}{4} = 0.815s$$

សំទុះតាមវិធីទី១ $a_1 = g\sin\theta_1 = 9.80\times\sin 10^{o} = 1.70 m/s^2$

សំទុះតាមវិធីទី២ $a_1^{'} = \frac{2x}{(\bar{t}_1)^2} = \frac{2\times 0.550}{(0.815)^2} = 1.66 m/s^2$

$$\text{\%ផលសង} = \left|\frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2})/2}\right| \times 100\%$$

$$\text{\%ផលសង} = \left|\frac{1.70-1.66}{(1.70+1.66)^2}\right| \times 100\% = 2.38\%$$

### ៣.៥. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

- **វិភាគ៖** ផ្អែកតាមទិន្នន័យនៃការពិសោធខាងលើ
  **ការប្រៀបធៀបតម្លៃសំទុះ និង%ផលសង**

ចំពោះមុំ 10° $a_1 = 1.70\text{m}/\text{s}^2$ $a_1^{'} = 1.66\text{m}/\text{s}^2$ និង %ផលសង = 2.38% ។

ចំពោះមុំ 13° $a_2 = 2.20\text{m}/\text{s}^2$ $a_2^{'} = 2.11\text{m}/\text{s}^2$ និង %ផលសង = 4.18% ។

ចំពោះមុំ 15° $a_3 = 2.54\text{m}/\text{s}^2$ $a_3^{'} = 2.51\text{m}/\text{s}^2$ និង %ផលសង = 1.19% ។

កាលណាតម្លៃ*មុំកើនឡើង* 10°,13° និង 15° នោះ*សំទុះ(* $a_1, a_2, a_3$ *)ក៏កើនឡើង*ដែរ និង %*ផលសង* នៃសំទុះនីមួយៗរៀងគ្នាមាន*តម្លៃតូចមានន័យថាសំទុះដែលកំណត់តាមវិធីទី១ និងទី២(ស្មើរតែ)ដូចគ្នា*។

- **សន្និដ្ឋាន៖**

សំទុះ( $a$ )របស់អង្គធាតុដែលរអិល□/□រមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ(មិនគិតកកិត) អាស្រ័យនឹងមុំ( $\theta$ )នៃប្លង់ទេរ ។ បើមុំ( $\theta$ )*កើនឡើង*នោះសំទុះ( $a$ )*ក៏កើនឡើងដែរ*និងពីតម្លៃសំទុះដែលគណនាតាមវិធីទាំងពី គេអាចគណនា(%) ភាគរយរបស់វាបាន*យ៉ាងត្រឹមត្រូវ*។ ដូចនេះសម្មតិកម្មត្រូវបាន គាំទ្រ□/ □ មិនគាំទ្រដោយពិសោធន៍។

### ៤. ពិភាក្សា៖ (សូមមើលចម្លើយក្នុងផ្នែកទី១ខាងលើ)

(១) តើអ្នកធ្វើពិសោធដូចម្តេចបានជាទទួលលទ្ធផលបានល្អ? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក។

(២) តើអ្នកធ្វើពិសោធដូចម្តេចបានជាទទួលលទ្ធផលមិនសូវបានល្អបែបហ្នឹង? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក។

(៣) តើអ្នកមានគំនិតច្នៃប្រឌិតបែបណាដើម្បីឱ្យការធ្វើពិសោធលើកក្រោយៗទៀតទទួលបានលទ្ធផលកាន់តែប្រសើរឡើង? ចូរបង្ហាញយោបល់របស់អ្នក។

(៤) តើសំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់វាដែរឬទេ? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក។

(៥) តើសំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរអាស្រ័យនឹងភាពរលោង ឬ គ្រើមនៃប្លង់ទេរដែរឬទេ? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក។

(៦) តើអ្នកមានគំនិតច្នៃប្រឌិតបែបណាខ្លះដើម្បីកាត់បន្ថយសំទុះនៃអង្គធាតុដែលចុះតាមប្លង់ទេរ ដើម្បីកុំឱ្យវាមានតម្លៃធំពេកនិងដើម្បីសម្រួលដល់រទេះជនពិការឬការលើកឥវ៉ាន់ឡើង និងដាក់ឥវ៉ាន់ចុះដោយប្រើប្លង់ទេរនេះ?

(៧) ចូរប្អូនៗផ្តល់ឧទាហរណ៍ ឬឈ្មោះប្លង់ទេរដែលប្រើប្រាស់ក្នុងការរស់នៅរាល់ថ្ងៃ និងក្នុងបច្ចេកទេស។

# ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស

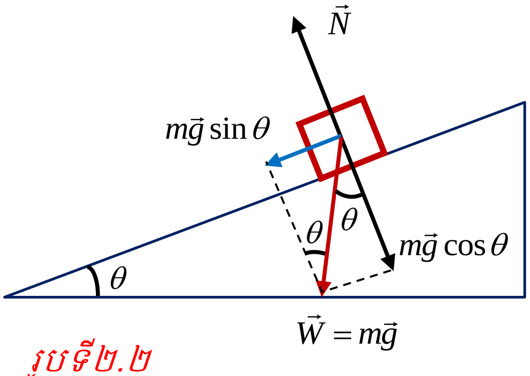
## ១. វត្ថុបំណង

កំណត់សំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល/រមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ (មិនគិតកកិត) ដែលអាស្រ័យនឹងមុំតាមពិសោធ និងគណនាផលសងភាគរយរបស់វា ។

## ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

- សមីការនៃចលនាស្ទុះស្មើ $x = \frac{1}{2}at^2$
- ច្បាប់ទីពីររបស់ញូតុន $F = ma = mg \cdot \sin\theta$
- សំទុះអង្គធាតុចុះតាមប្លង់ទេរ $a = g \cdot \sin\theta$

$a = g \cdot \sin\theta$




រូបទី២.២

$$\%\text{ផលសង} = \left| \frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}) \div 2} \right| \times 100\%$$

## ៣. ពិសោធន៍

### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

តើអ្នកអាចកំណត់សំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ(មិនគិតកកិត) ដែលអាស្រ័យនឹងមុំតាមពិសោធ និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាបានយ៉ាងដូចម្ដេច?

### ៣.២ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

**តម្រុយ៖** ជាមួយនឹងមុំនៃប្លង់ទេរដែលឱ្យ ($10^{\circ}, 13^{\circ}$ និង $15^{\circ}$)

- អនុវត្តន៍ច្បាប់ទី២ញូតុនលើអង្គធាតុចុះតាមប្លង់ទេរ៖ (មិនគិតកកិត)

$F =$ ........................................ (1)

- កំប៉ូសង់នៃទម្ងន់កែងនឹងប្លង់ទេរ $W_y = N =$ ................................ (2)

ពីសមីការ (1) និង (2) យើងបានសំទុះដែលវាស់តាមវិធីទី១ ($a$)

$a_x =$ ........................................ (3)

- សមីការ(ពេល)នៃចលនាស្មុះស្មើសរសេរ $x =$ ........................................
- ពីសមីការ(3)បើមុំនៃប្លង់ទេរ( $\theta$ )កើនឡើង នោះសំទុះនៃអង្គធាតុ ..............................។

ដោយវាស់ប្រវែងប្លង់ទេរ $x$ និងរយៈពេល $t$ យើងបានសំទុះដែលវាស់តាមវិធីទី២ ($a'$)

$a_x' =$ ........................................ (4)

- ផលសងភាគរយអាចត្រូវបានគណនាតាមរូបមន្ត %ផលសង = ........................................

## ៣.៣ តេស្តសម្មតិកម្ម (ពិសោធន៍)

(ក) តម្រូវការសម្ភារ

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

(ខ)ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍:

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

## ៣.៤. លទ្ធផល (ឃ្លីកូនហ្គោលរមៀលចុះប្លង់ទេរ)

តារាងទិន្នន័យ និងគណនា (ការកំណត់សំទុះ តាមវិធីទី១ និងទី២)

| មុំ ( $\theta$ ) (ដឺក្រេ) | រយៈពេល ( $t$ )(s) | $\overline{t}$ (s) | %ផលសង | សំទុះ( $a$ )( $m/s^2$ ) |
|---|---|---|---|---|
| $10^o$ | | | | វិធីទី១ $a_1 = g\sin\theta_1 =$ .......$m/s^2$ |
| | | | | វិធីទី២ $a_1' = \frac{2x}{(\overline{t_1})^2} =$ .......$m/s^2$ |
| | | | | |
| | | | | |
| $13^o$ | | | | វិធីទី១ $a_2 = g\sin\theta_2 =$ .......$m/s^2$ |
| | | | | វិធីទី២ $a_1' = \frac{2x}{(\overline{t_2})^2} =$ ........$m/s^2$ |
| | | | | |
| | | | | |
| $15^o$ | | | | វិធីទី១ $a_3 = g\sin\theta_3 =$ ........$m/s^2$ |
| | | | | វិធីទី២ $a_3' = \frac{2x}{(t_3)^2} =$ .........$m/s^2$ |
| | | | | |
| | | | | |
| $g =$ ..........$m/s^2$ | | | $x =$ .........m | |

ត្រូវបំពេញតម្លៃក្នុងការគណនាគំរូខាងក្រោម៖

ការគណនាគំរូ

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

សំទុះតាមវិធីទី១ $a_1 = g\sin\theta_1 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$

សំទុះតាមវិធីទី២ $a_1^{'} = \frac{2x}{(\bar{t_1})^2} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$

$$\%\text{ផលសង} = \left| \frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2})/2} \right| \times 100\%$$

%ផលសង $= \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$

### ៣.៥. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

- **វិភាគ៖** ផ្អែកតាមទិន្នន័យនៃការពិសោធខាងលើ

  **ការប្រៀបធៀបតម្លៃសំទុះ និង%ផលសង**

ចំពោះមុំ $10^\circ$ $a_1 = \ldots\ldots\ldots \mathrm{m/s^2}$ $a_1^{'} = \ldots\ldots\ldots \mathrm{m/s^2}$ និង %ផលសង = ............% ។

ចំពោះមុំ $13^\circ$ $a_2 = \ldots\ldots\ldots \mathrm{m/s^2}$ $a_2^{'} = \ldots\ldots\ldots \mathrm{m/s^2}$ និង %ផលសង =............% ។

ចំពោះមុំ $15^\circ$ $a_3 = \ldots\ldots\ldots \mathrm{m/s^2}$ $a_3^{'} = \ldots\ldots\ldots \mathrm{m/s^2}$ និង %ផលសង =............% ។

កាលណាតម្លៃ*មុំកើនឡើង* $10^\circ, 13^\circ, 15^\circ$ នោះ*សំទុះ*( $a_1, a_2, a_3$ )*ក៏*............ដែរ និង % *ផលសង* នៃសំទុះនីមួយៗរៀងគ្នាមាន*តម្លៃតូចមានន័យថាសំទុះដែលកំណត់តាមវិធីទី១ និងទី២ (ស្មើរតែ)*..........។

- **សន្និដ្ឋាន៖**

សំទុះ(a)របស់អង្គធាតុដែលរអិល☐/☐រមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ(មិនគិតកកិត)អាស្រ័យនឹងមុំ( $\theta$ )នៃប្លង់ទេរ។ បើមុំ( $\theta$ )*កើនឡើង*នោះសំទុះ(a)*ក៏កើនឡើងដែរ*និងពីតម្លៃសំទុះដែលគណនាតាមវិធីទាំងពីរ គេអាចគណនា(%)ភាគរយរបស់វាបាន*យ៉ាងត្រឹមត្រូវ*។ ដូចនេះសម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រ☐/☐ មិនគាំទ្រដោយពិសោធ។

## ៤. ពិភាក្សា

(១) តើអ្នកធ្វើពិសោធដូចម្តេចបានជាទទួលលទ្ធផលបានល្អ? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក។

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

(២) តើអ្នកធ្វើពិសោធដូចម្តេចបានជាទទួលលទ្ធផលមិនសូវបានល្អបែបហ្នឹង? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក។

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

(៣) តើអ្នកមានគំនិតច្នៃប្រឌិតបែបណាដើម្បីឱ្យការធ្វើពិសោធលើកក្រោយៗទៀតទទួលបានលទ្ធផលកាន់តែប្រសើរឡើង? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក។

……………………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………………

(៤) តើសំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់វាដែរឬទេ? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក។

……………………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………………

(៥) តើសំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល/រមៀលចុះតាមប្លង់ទេរអាស្រ័យនឹងភាពរលោង ឬគ្រើមនៃប្លង់ ទេរដែរឬទេ? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក។

……………………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………………

(៦) តើអ្នកមានគំនិតច្នៃប្រឌិតបែបណាខ្លះដើម្បីកាត់បន្ថយសំទុះនៃអង្គធាតុដែលចុះតាមប្លង់ទេរដើម្បីកុំឱ្យវាមានតម្លៃធំពេក និងដើម្បីសម្រួលដល់រទេះជនពិការ ឬការលើកឥវ៉ាន់ចុះ-ឡើងដោយប្រើប្លង់ទេរនេះ?

……………………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………………

(៧) ចូរប្អូនៗផ្តល់ឧទាហរណ៍ ឬឈ្មោះប្លង់ទេរដែលប្រើប្រាស់ក្នុងការរស់នៅរាល់ថ្ងៃ និងក្នុងបច្ចេកទេស។

……………………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………………

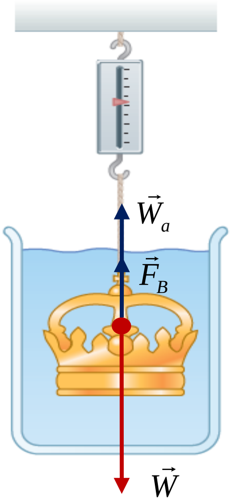
……………………………………………………………………………………………………………………

# ប្រធានបទទី ៣៖ ដំណោលអាកស៊ីម៉ែត
## ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ

### ១. ទត្ថុបំណង

ប្រើប្រាស់កន្សោម $F_B = \rho g V$ *និង ច្បាប់ទី១ញូតុន* $\sum \vec{F} = \vec{0}$ ដើម្បីកំណត់កម្លាំងដំណោល អាកស៊ីម៉ែត និង(%) ផលសងរបស់វាតាមពិសោធ ។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)



*រូបទី៣.៣*

- កម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត)នៃទឹក $F_B = \rho g V$
- ទម្ងន់ទំនង ឬទម្ងន់អង្គធាតុក្នុងទឹក ( $W_a$ )

$$\vec{W} = \vec{W}_a + \vec{F}_B \ , \ W = W_a + F_B$$

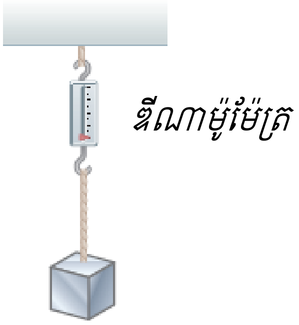
យើងបាន $W_a = W - F_B$ និង $F_B = W - W_a$

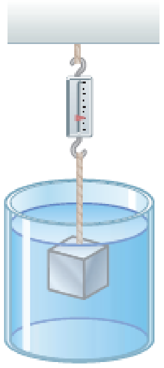
- ទម្ងន់អង្គធាតុក្នុងខ្យល់ $W = Mg$ ដែល $M$ ជាម៉ាសនៃអង្គធាតុ( kg )
- ច្បាប់ទី១ញូតុន $\sum \vec{F} = \vec{0}$

$$\%\text{ផលសង} = \left| \frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2})/2} \right| \times 100\%$$

### ៣. ពិសោធន៍ (ប្រើវិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមបែបរិះរក IBL)

### លំនាំបញ្ហា ឬការបង្ហាញបាតុភូត



*រូបទី៣.៤.* *(ក)ការថ្លឹងអង្គធាតុក្នុងខ្យល់* *(ខ)ការថ្លឹងអង្គធាតុក្នុងទឹក*

#### ៣.១. សំណួរគន្លឹះ

-តើអ្នកកំណត់កម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែត និងគណនា (%)ផលសងរបស់វាតាមពិសោធន៍បានយ៉ាង ដូចម្តេច?

#### ៣.២. សម្មតិកម្ម

*"ដោយវាស់មាឌរបស់អង្គធាតុ(រឹង) ស្គាល់សំទុះទំនាញផែនដី ( g ) និងស្គាល់ម៉ាសមាឌទឹក( ρ ) យើងអាចកំណត់កម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែតតាមវិធីទី១* $F_B(1) = \rho g V$ *។ដោយវាស់ទម្ងន់នៃអង្គធាតុក្នុងខ្យល់(W ) និង*

*ទម្ងន់អង្គធាតុក្នុងទឹក(ទម្ងន់ទំនង)យើងអាចកំណត់កម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែតតាមវិធីទី២ $F_B(2) = W - W_a$។ ពីកម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត)ទាំងពីរនេះ យើងអាចគណនា(%)ផលសងរបស់វាបាន។"*

ហេតុអ្វីបានជាអ្នកគិតដូច្នេះ? *(ត្រូវបំពេញចម្លើយក្នុងសំណួរតម្រុយ រួចសរសេរក្នុងចូលទីនេះ)*

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

**តម្រុយ៖**

- ក្នុងដំណោលអាកស៊ីម៉ែត អ្នកអាចរកកម្លាំងដំណោលតាមរូបមន្ត..................................(1) ។

បើមិនស្គាល់មាឌនៃអង្គធាតុទេ អ្នកត្រូវរកវាតាមវិធី។..............................................................

កាលណាគេយកអង្គធាតុទៅដាក់ក្នុងទឹក នោះវារងនូវកម្លាំងបីគឺ..............., ...............និង ................។

- ពីកន្សោមច្បាប់ទី១ $\sum \vec{F} = \vec{0}$ ដូចនេះ $F =$ ………………………………………………..(2) មានន័យថា ដើម្បីបានកម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែត($F_B$)តាមពិសោធ អ្នកត្រូវវាស់ទម្ងន់អង្គធាតុរឹងនៅក្នុង ……………………...និង ទម្ងន់ទំនងអង្គធាតុ(រឹង)នៅក្នុង………………………………។

### ៣.៣. ដំណើរការពិសោធ

**(ក) តម្រូវការសម្ភារ**

កូនទម្ងន់មួយ ឌីណាម៉ូម៉ែត្រ ទឹក(មួយដប) បំពង់កែវក្រិត ខ្សែមិនយឺត

**(ខ) ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍**

**វិធីទី១**

**ការវាស់មាឌ($V$)នៃអង្គធាតុ(កូនទម្ងន់) និងការទាញរកកម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែត($F_B$)**

- ✓ ចាក់ទឹកចូលក្នុងកែវក្រិតជិតពាក់កណ្តាលកែវក្រិត និងវាស់មាឌដើមរបស់ទឹក រួចកត់ត្រាតម្លៃវាជា $V_1$ ដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និគណនាខាងក្រោម។
- ✓ ភ្ជាប់ចុងខ្សែទៅនឹងកូនទម្ងន់។
- ✓ ភ្ជាប់ចុងខ្សែម្ខាងទៀតទៅនឹងជើងទម្រ រួចដាក់កូនទម្ងន់ដែលព្យួរនោះឱ្យលិចចូលក្នុងទឹកនៃកែវក្រិតនោះ។
- ✓ វាស់មាឌស្រេចនៃប្រព័ន្ធទឹក-កូនទម្ងន់ក្នុងកែវក្រិត។ មាឌស្រេចនៃប្រព័ន្ធទឹក-កូនទម្ងន់នេះតាងដោយ($V_2$)។ កត់ត្រាតម្លៃ $V_2$ ដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាខាងក្រោម។ មាឌកូនទម្ងន់តាងដោយ ($V$) ដែល $V = V_2 - V_1$ ។
- ✓ គណនាកម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែតតាមរូបមន្ត: $F_B = \rho g V$ និងកត់ត្រាទិន្នន័យចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងគណនាខាងក្រោម។

**ការណែនាំក្នុងការគណនា៖**

- ✓ ត្រូវគណនាមាឌនៃអង្គធាតុ ឬមាឌរបស់កូនទម្ងន់($V$) $V_2 - V_1$ ។
- ✓ ត្រូវគណនាកម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែត($F_B$) $F_B = \rho g V$ ។

**សម្គាល់៖** មាឌនៃអង្គធាតុ( $V$ និង $V_0$ )ស្មើនឹងមាឌទឹកដែលពៀក( $V_W$ ) គឺ $V = V_0 = V_W = V_2 - V_1$ ។

**វិធីទី២**

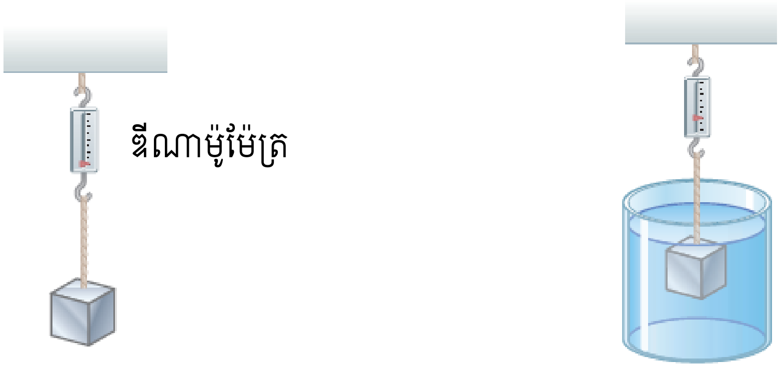
**ការកំណត់កម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែតដោយប្រើឌីណាម៉ូម៉ែត្រ**

- ✓ ភ្ជាប់កូនទម្ងន់ទៅនឹងឌីណាម៉ូម៉ែត្រ រួចអានតម្លៃទម្ងន់របស់វាក្នុងខ្យល់ ( ទម្ងន់ក្នុងខ្យល់ $W$ ) និងកត់ត្រាតម្លៃ( ទិន្នន័យ )ចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម។ទម្ងន់ត្រូវគិតជាញូតុន (N)។
- ✓ ដាក់កូនទម្ងន់ចូលទៅក្នុងទឹក រួចអានតម្លៃនៃទម្ងន់ទំនងរបស់វា ឬអាចហៅម៉្យាងទៀតថា ទម្ងន់ដែលថ្លឹងក្នុងទឹក( $W_a$ ) និងកត់ត្រាតម្លៃចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងគណនា ខាងក្រោម។
- ✓ គណនាកម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែតតាមរូបមន្ត( $F_B$ ) $F_B = W - W_a$ និងកត់ត្រាតម្លៃចូលក្នុង តារាងទិន្នន័យ។

**ការណែនាំការថ្លឹងទម្ងន់ និងគណនា**

- ✓ ត្រូវថ្លឹងកូនទម្ងន់ក្នុងខ្យល់។ ទម្ងន់របស់កូនទម្ងន់ក្នុងខ្យល់គឺ $W$ ។
- ✓ ត្រូវថ្លឹងកូនទម្ងន់ក្នុងទឹក ។ ទម្ងន់របស់កូនទម្ងន់ក្នុងទឹកគឺ $W_a$ ។

ទម្ងន់របស់កូនទម្ងន់ក្នុងទឹកត្រូវបានគេហៅថា *ទម្ងន់ទំនង*តាងដោយ $W_a$ ។




*រូបទី៣.៥*

## ៣.៤. លទ្ធផល ( ទិន្នន័យ )

តារាងទិន្នន័យ និងគណនា

| វិធីទី១ | វិធីទី២ |
|---|---|
| ម៉ាសមាឌទឹក $1000\ \mathrm{kg/m^3}$ | $g = 9.80\mathrm{m/s^2}$ |
| មាឌទឹកដើម $V_1 = 250\mathrm{mL} = 250\times10^{-6}\mathrm{m^3}$ | %ផលសង = 0 % |
| មាឌស្រេច( ទឹក-កូនទម្ងន់ ) $V_2 = 300\mathrm{mL} = 300\times10^{-6}\mathrm{m^3}$ | ទម្ងន់( កូនទម្ងន់ )ក្នុងខ្យល់ $W = 2.94\mathrm{N}$ |
| មាឌកូនទម្ងន់ $V = V_2 - V_1 = 50\times10^{-6}\mathrm{m^3}$ | ទម្ងន់( កូនទម្ងន់ )ក្នុងទឹកគឺ $W_a = 2.45\mathrm{N}$ |
| កម្លាំងដំណោល( អាកស៊ីម៉ែត ) $F_B = 0.49\mathrm{N}$ | កម្លាំងដំណោល( អាកស៊ីម៉ែត ) $F_B = 0.49\mathrm{N}$ |

- ត្រូវបំពេញតម្លៃក្នុងការគណនាគំរូខាងក្រោម៖

**ការគណនា**

**វិធីទី១**

មាឌទឹកដើម $V_1 = 250\text{mL} = 250\times10^{-6}\text{m}^3$

មាឌស្រេច( ទឹក-កូនទម្ងន់ ) $V_2 = 300\text{mL} = 300\times10^{-6}\text{m}^3$

មាឌកូនទម្ងន់ $V = V_2 - V_1 = 50\times10^{-6}\text{m}^3$

កម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត) $F_B(1) = \rho g V = 0.49\text{N}$

**វិធីទី២**

ទម្ងន់(កូនទម្ងន់)ក្នុងខ្យល់ $W = 2.94\text{N}$ ទម្ងន់(កូនទម្ងន់)ក្នុងទឹកគឺ $W_a = 2.45\text{N}$

កម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត) $F_B(2) = W - W_a = 0.49\text{N}$

$$\%\text{ផលសង} = \left| \frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2})/2} \right| \times 100\%$$

### ៣.៥. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

**វិភាគ៖**

ប្រៀបធៀបកម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត)តាមវិធីទី១ និងតាមវិធីទី២តាមការពិសោធ

$F_B(1) = \rho g V = 0.49\text{N}$ , $F_B(2) = W - W_a = 0.49\text{N}$ និង ផលសង % = ………0%……… ។

**សន្និដ្ឋាន៖**

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធខាងលើកម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត)ទាំងពីរមានតម្លៃ*(ស្មើរតែ)ដូចគ្នា* និងផលសង(ភាគរយ)មានតម្លៃ ………0%……។ ដូចនេះ សម្មតិកម្មត្រូវបាន ☑គាំទ្រ/ ☐មិនគាំទ្រដោយពិសោធ។

### ៤. ពិភាក្សា(មើលចម្លើយដែលបានផ្ដល់ឱ្យនៅផ្នែកទី១ខាងលើ)

១. ប្រសិនបើវត្ថុមានមាឌធំជាងមុនដាក់ក្នុងទឹក តើកម្លាំងដំណោលមានតម្លៃប្រែប្រួលដូចម្ដេច? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក។

២. ប្រសិនបើយើងប្ដូរប្រភេទអង្គធាតុរាវ តើកម្លាំងដំណោលប្រែប្រួលដូចម្ដេច? ចូរពន្យល់ហេតុផលរបស់អ្នក។

៣. តើកម្លាំងដំណោលរបស់សន្ទនីយ៍ដែលមានអំពើលើអង្គធាតុមួយដែលស្ថិតក្នុងសន្ទនីយ៍នោះអាស្រ័យនឹងកត្តាអ្វីខ្លះនៅសីតុណ្ហភាពបន្ទប់? ចូររៀបរាប់។

៤. តើគេប្រើកម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត្រ)នៅកន្លែងណាខ្លះក្នុងការរស់នៅ និងក្នុងបច្ចេកទេស? ចូរពន្យល់ និងលើកឧទាហរណ៍បញ្ជាក់។

## ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស

### ១. ទត្ថុបំណង

ប្រើប្រាស់កន្សោម $F_B = \rho g V$ *និង ច្បាប់ទី១ញូតុន* $\sum \vec{F} = \vec{0}$ ដើម្បីកំណត់កម្លាំងដំណោល អាកស៊ីម៉ែត និង(%) ផលសងរបស់វាតាមពិសោធ ។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

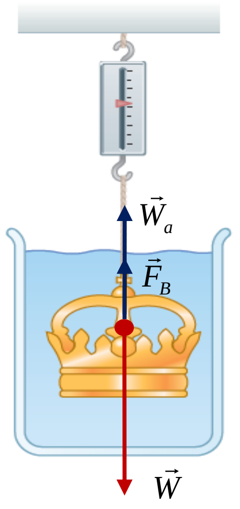
- កម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត)នៃទឹក $F_B = \rho g V$
- ទម្ងន់ទំនង ឬទម្ងន់អង្គធាតុក្នុងទឹក ( $W_a$ )

$$\vec{W} = \vec{W}_a + \vec{F}_B \ , \ W = W_a + F_B$$

យើងបាន $W_a = W - F_B$ និង $F_B = W - W_a$

- ទម្ងន់អង្គធាតុក្នុងខ្យល់ $W = Mg$ ដែល $M$ ជាម៉ាសនៃអង្គធាតុ( kg )
- ច្បាប់ទី១ញូតុន $\sum \vec{F} = \vec{0}$

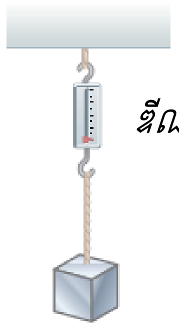
$$\%\text{ផលសង} = \left| \frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2})/2} \right| \times 100\%$$

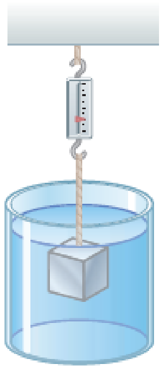



*រូបទី៣.៣*

### ៣. ពិសោធន៍ (ប្រើវិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមបែបរិះរក IBL )

**លំនាំបញ្ហា ឬការបង្ហាញបាតុភូត**



*រូបទី៣.៦* *(ក)ការថ្លឹងអង្គធាតុក្នុងខ្យល់* *(ខ) ការថ្លឹងអង្គធាតុក្នុងទឹក*

#### ៣.១ សំណួរគន្លឹះ

-តើអ្នកកំណត់កម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែត និងគណនា(%)ផលសងរបស់វាតាមពិសោធបានយ៉ាងដូចម្តេច ?

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

## ៣.២. សម្មតិកម្ម

..................................................................................................................................................

..................................................................................................................................................

..................................................................................................................................................

..................................................................................................................................................

ហេតុអ្វីបានជាអ្នកគិតដូច្នេះ ?

..................................................................................................................................................

..................................................................................................................................................

..................................................................................................................................................

..................................................................................................................................................

តម្រុយៈ

- ក្នុងដំណោលអាកស៊ីម៉ែត អ្នកអាចរកកម្លាំងដំណោលតាមរូបមន្ត...................................(1)។ បើមិនស្គាល់មាឌនៃអង្គធាតុទេ អ្នកត្រូវរកវាតាមវិធី......................................................................... កាលណាគេយកអង្គធាតុទៅដាក់ក្នុងទឹក នោះវារងនូវកម្លាំងបីគឺ..............., ................និង................។

- ពីកន្សោមច្បាប់ទី១ $\sum \vec{F} = \vec{0}$ ដូចនេះ $F =$……………………………………………………(2) មានន័យថា ដើម្បីបានកម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែត( $F_B$ )តាមពិសោធ អ្នកត្រូវវាស់ទម្ងន់អង្គធាតុរឹងនៅក្នុង ……… … …………… …និង ទម្ងន់ទំនងអង្គធាតុ(រឹង)នៅក្នុង………………………………។

## ៣.៣. ដំណើរការពិសោធ

### (ក) តម្រូវការសម្ភារ

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

### (ខ) ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍

**វិធីទី១**

**ការវាស់មាឌ( $V$ )នៃអង្គធាតុ(កូនទម្ងន់) និងការទាញរកកម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែត( $F_B$ )**

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

**ការណែនាំក្នុងការគណនាៈ**

✓ ត្រូវគណនាមាឌនៃអង្គធាតុឬមាឌរបស់កូនទម្ងន់( $V$ ) $V_2 - V_1$ ។

✓ ត្រូវគណនាកម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែត( $F_B$ ) $F_B = \rho g V$ ។

**សម្គាល់៖** មាឌនៃអង្គធាតុ( $V$ និង $V_0$ )ស្មើនឹងមាឌទឹកដែលញែក( $V_W$ ) គឺ $V = V_0 = V_W = V_2 - V_1$ ។

**វិធីទី២**

**ការកំណត់កម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែតដោយប្រើឌីណាម៉ូម៉ែត្រ**

..........................................................................................................................................................

..........................................................................................................................................................

..........................................................................................................................................................

..........................................................................................................................................................

..........................................................................................................................................................

..........................................................................................................................................................

**ការណែនាំការថ្លឹងទម្ងន់ និងគណនា**

✓ ត្រូវថ្លឹងកូនទម្ងន់ក្នុងខ្យល់។ ទម្ងន់របស់កូនទម្ងន់ក្នុងខ្យល់គឺ $W$ ។

✓ ត្រូវថ្លឹងកូនទម្ងន់ក្នុងទឹក។ទម្ងន់របស់កូនទម្ងន់ក្នុងទឹកគឺ $W_a$ ។ ទម្ងន់របស់កូនទម្ងន់ក្នុងទឹកត្រូវបាន គេហៅថា *ទម្ងន់ទំនង* តាងដោយ $W_a$ ។

**៣.៤. លទ្ធផល ( ទិន្នន័យ )**

តារាងទិន្នន័យ និងគណនា

| **វិធីទី១** | **វិធីទី២** |
|---|---|
| ម៉ាសមាឌទឹក $1000\ \mathrm{kg/m^3}$ | $g = 9.80\mathrm{m/s^2}$ |
| មាឌទឹកដើម $V_1 = ..............\mathrm{mL} = ...................\mathrm{m^3}$ | %ផលសង = ........................ % |
| មាឌស្រេច( ទឹក-កូនទម្ងន់ ) $V_2 = ...........\mathrm{mL} = ...........\mathrm{m^3}$ | ទម្ងន់( កូនទម្ងន់ )ក្នុងខ្យល់ $W = ........\mathrm{N}$ |
| មាឌកូនទម្ងន់ $V = V_2 - V_1 = ....................\mathrm{m^3}$ | ទម្ងន់( កូនទម្ងន់ )ក្នុងទឹកគឺ $W_a = .........\mathrm{N}$ |
| កម្លាំងដំណោល( អាកស៊ីម៉ែត ) $F_B(1) = ..........\mathrm{N}$ | កម្លាំងដំណោល( អាកស៊ីម៉ែត ) $F_B(2) = .......\mathrm{N}$ |

**ការគណនា**

**វិធីទី១**

មាឌទឹកដើម $V_1 = ..............\mathrm{mL} = ...................\mathrm{m^3}$

មាឌស្រេច( ទឹក-កូនទម្ងន់ ) $V_2 = ...........\mathrm{mL} = ...........\mathrm{m^3}$

មាឌកូនទម្ងន់ $V = V_2 - V_1 = ....................\mathrm{m^3}$

កម្លាំងដំណោល( អាកស៊ីម៉ែត ) $F_B(1) = \rho g V = ..........\mathrm{N}$

**វិធីទី២**

ទម្ងន់( កូនទម្ងន់ )ក្នុងខ្យល់ $W = ........\mathrm{N}$ ទម្ងន់( កូនទម្ងន់ )ក្នុងទឹកគឺ $W_a = .........\mathrm{N}$

កម្លាំងដំណោល( អាកស៊ីម៉ែត ) $F_B(2) = W - W_a .......\mathrm{N}$

$$\%\text{ផលសង} = \left| \frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2})/2} \right| \times 100\%$$

### ៣.៥. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

**វិភាគ៖**

ប្រៀបធៀបកម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត)តាមវិធីទី១ និងតាមវិធីទី២តាមការពិសោធ

$F_B(1) = ..........N$ , $F_B(2) = W - W_a .......N$ និង ផលសង % = ……………… ។

**សន្និដ្ឋាន៖**

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធខាងលើកម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត)ទាំងពីរមានតម្លៃ………………………
និងផលសង(ភាគរយ)មានតម្លៃ …………………។ ដូចនេះ សម្មតិកម្មត្រូវបាន □គាំទ្រ/ □មិនគាំទ្រ ដោយពិសោធ។

### ៤. ពិភាក្សា

១. ប្រសិនបើវត្ថុមានមាឌធំជាងមុនដាក់ក្នុងទឹក តើកម្លាំងដំណោលមានតម្លៃប្រែប្រួលដូចម្ដេច? ចូរពន្យល់ហេតុផល។

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

២. ប្រសិនបើយើងប្ដូរប្រភេទអង្គធាតុរាវ តើកម្លាំងដំណោលប្រែប្រួលយ៉ាងដូចម្ដេច? ចូរពន្យល់ហេតុផល។

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

៣. តើកម្លាំងដំណោលរបស់សន្ទនីយ៍ដែលមានអំពើលើអង្គធាតុមួយដែលស្ថិតក្នុងសន្ទនីយ៍នោះអាស្រ័យនឹងកត្តាអ្វីខ្លះនៅសីតុណ្ហភាពបន្ទប់? ចូររៀបរាប់។

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

៤. តើគេប្រើកម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត្រ)នៅកន្លែងណាខ្លះក្នុងការរស់នៅ និងក្នុងបច្ចេកទេស? ចូរពន្យល់ និងលើកឧទាហរណ៍បញ្ជាក់។

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

# ប្រធានបទទី ៤៖ អគ្គិសនីកម្ម
## ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ

### ១. វត្ថុបំណង

- ត្រូវសរសេរវត្ថុបំណងពិសោធឱ្យបានច្បាស់លាស់។ ពិសោធអាចជាពិសោធដែលមានក្នុងមេរៀន ចេញពីចម្ងល់ ឬបាតុភូតដែលអ្នកបានសង្កេតឃើញជុំវិញខ្លួនយើង។

- ត្រូវប្រើកិរិយាសព្ទសកម្ម ដូចជា កំណត់ គណនា ធ្វើពិសោធ វាស់ ទាញរក ពិនិត្យ ...។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ យើងប្រើកិរិយាសព្ទ បង្ហាញ)

- "បង្ហាញពីប្រភេទទាំងបីនៃអគ្គិសនីកម្មបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធ។"

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

- ត្រូវសរសេរសង្ខេបទ្រឹស្តី ឬរូបមន្តដែលទាក់ទងប្រើក្នុងពិសោធនេះបើមេរៀន ឬប្រធានបទត្រូវ បានបង្រៀនរួចហើយ។ ប៉ុន្តែបើមិនទាន់បង្រៀនទេ អ្នកអាចសរសេរវាឱ្យបានពិស្តារបន្តិចដើម្បីឱ្យសិស្ស (អ្នករៀន) ឬអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយយល់។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ សន្មតថាមេរៀនេះយើងបានបង្រៀនរួចហើយ)

➢ **អគ្គិសនីកម្ម**

អគ្គិសនីកម្ម គឺជាអំពើដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុឬវត្ថុមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី។ អគ្គិសនីកម្មមានបីប្រភេទគឺ អគ្គិសនីដោយកកិត អគ្គិសនីកម្មដោយប៉ះ និងអគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល។

➢ **អគ្គិសនីកម្មដោយកកិត**

គឺជាអំពើដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុឬវត្ថុមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីដោយសារកកិត។ ឧទាហរណ៍ កាលណាគេយកបំពង់បឺត(ឬចង្កឹះប្លាស្ទិច)ទៅខាត់ជាមួយក្រដាសគេឃើញមានបន្ទុកអគ្គិសនីកើតឡើងលើបំពង់បឺតនិងក្រដាស។

➢ **អគ្គិសនីកម្មដោយប៉ះ**

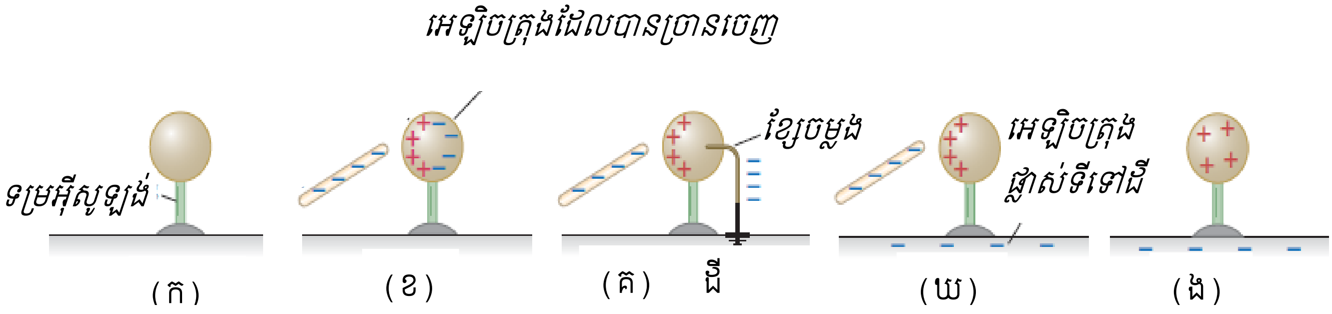
គឺជាអំពើដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុ ឬវត្ថុមួយមានបន្ទុកអគ្គិសនីដោយយកអង្គធាតុឬវត្ថុមួយមានបន្ទុកអគ្គិសនីទៅដាក់ឱ្យប៉ះនឹងអង្គធាតុណឺត បន្ទាប់មកអង្គធាតុណឺតនោះក្លាយជាមានបន្ទុកអគ្គិសនីដែរ។ ឧទាហរណ៍៖ បើគេយកបំពង់បឺត ឬចង្កឹះប្លាស្ទិចដែលខាត់រួច(ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន)ទៅដាក់ឱ្យប៉ះនឹងស្វៃលោហៈណឺត រួចដកចេញវិញ ស្វៃលោហៈនោះនឹងមានបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានដែរ។

រូបទី៤.១ ខាងក្រោមបង្ហាញពីអគ្គិសនីកម្មដោយប៉ះ។ មុនប៉ះអង្គធាតុណឺត(គ្មានបន្ទុកអគ្គិសនី) នៅពេលប៉ះជាមួយអង្គធាតុមានបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន អេឡិចត្រុងរបស់អង្គធាតុណឺតដែលនៅត្រង់តំបន់ដែលប៉ះនោះត្រូវបានទាញដោយបន្ទុកវិជ្ជមាន ធ្វើឱ្យវាផ្លាស់ទីឆ្លងទៅអង្គធាតុមានបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន។ ជាលទ្ធផល ក្រោយពេលប៉ះ អង្គធាតុណឺតនេះបានផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានដែរនៅត្រង់ផ្នែក(ឬតំបន់)ដែលបានប៉ះជាមួយអង្គធាតុមានបន្ទុកអគ្គិសនី។

*រូបទី៤.១៖(ក) អង្គធាតុណឺត (ខ) អង្គធាតុណឺតក្រោយប៉ះជាមួយអង្គធាតុមានបន្ទុកអគ្គិសនី ក្លាយជាមានបន្ទុកអគ្គិសនីដដែល។*

- **អគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល**

គេយកចង្កឹះប្លាស្ទិចដែលខាត់រួចទៅដាក់ជិតស្វ៊ែលោហៈណឺតមួយ។ បន្ទុកអវិជ្ជមាននៃចង្កឹះប្លាស្ទិចបានរុញច្រានអេឡិចត្រុងមួយចំនួនលើផ្ទៃស្វ៊ែលោហៈដែលនៅជិតចង្កឹះប្លាស្ទិចឱ្យទៅផ្តុំគ្នានៅលើផ្ទៃម្ខាងទៀតនៃស្វ៊ែលោហៈជាហេតុនាំឱ្យនៅលើផ្ទៃស្វ៊ែរដែលនៅជិតចង្កឹះមានបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន និងផ្ទៃស្វ៊ែរដែលនៅឆ្ងាយពីចង្កឹះមានបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានរូបទី៤.២ (ខ)។ បន្ទាប់មកទៀតគេភ្ជាប់ផ្ទៃស្វ៊ែរដែលមានបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានទៅដីដោយខ្សែចម្លងមួយរូបទី៤.២ (គ)។ ពេលនោះអេឡិចត្រុងនៅលើផ្ទៃនោះបានផ្លាស់ទីចូលទៅក្នុងដី ធ្វើឱ្យផ្នែកនៃផ្ទៃរបស់ស្វ៊ែរនេះណឺត ហើយបន្សល់នូវបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាននៅ លើផ្ទៃផ្នែកម្ខាងទៀត។ គេផ្តាច់ខ្សែចម្លង ហើយទាញចង្កឹះប្លាស្ទិចចេញឆ្ងាយ ស្វ៊ែរលោហៈនៅសល់តែបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានលើផ្ទៃរបស់វារូបទី៤.២ (ឃ)។ ជាលទ្ធផលស្វ៊ែរលោហៈផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាននៅលើផ្ទៃទាំងមូលរូបទី៤.២ (ង)។ ទង្វើដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុមួយមានបន្ទុកអគ្គិសនីបែបនេះហៅថា**អគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល**។




***រូបទី៤.២៖*** *ការផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីឱ្យអង្គធាតុមួយតាមរយៈអគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល។(ក)ស្វ៊ែលោហៈណឺត។ (ខ) បន្ទុកអវិជ្ជមានរបស់ចង្កឹះបានច្រានអេឡិចត្រុងឱ្យទៅផ្នែកម្ខាងនៃស្វ៊ែរ។ (គ) ភ្ជាប់ខ្សែចម្លង ទៅដីដើម្បីឱ្យអេឡិចត្រុងផ្លាស់ទីទៅដី។ (ឃ) កាត់ខ្សែចម្លងចេញ ហើយដកចង្កឹះចេញ។ (ង) ជាលទ្ធផលបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានបានរាយលើផ្ទៃស្វ៊ែរទាំងមូល។*

## ៣. ពិសោធន៍

### ៣.១. ការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធ

- ត្រូវតែប្រាកដថាសិស្សស្គាល់ និងចេះប្រើសម្ភារពិសោធទាំងនោះ។ សម្រាប់ពិសោធនេះ វាជាពិសោធបង្ហាញ ដោយប្រើសម្ភារងាយៗ។
- ក្រៅពីប្រើកំទេចក្រដាសដើម្បីឱ្យដឹងថាវត្ថុឬអង្គធាតុមួយមានបន្ទុកអគ្គិសនីឬអត់ក្រោយពីធ្វើអគ្គិសនីកម្ម គេអាចប្រើអេឡិចត្រូទស្សន៍ដើម្បីបង្ហាញពីវត្ថុមានបន្ទុកអគ្គិសនីបានដែរ។

- ចំពោះការប្រើអេឡិចត្រូទស្សន៍ ដំបូងយើងយកវត្ថុឬអង្គធាតុមួយដែលបានអគ្គិសនីរួចទៅដាក់ក្បែរ ឬប៉ះក្បាលអេឡិចត្រូទស្សន៍ បើសន្លឹកអេឡិចត្រូទស្សន៍ញែកចេញពីគ្នា នោះបញ្ជាក់ថាវត្ថុឬអង្គធាតុមានបន្ទុកអគ្គិសនី។ ដើម្បីឱ្យសន្លឹកអេឡិចត្រូទស្សន៍រួមចូលគ្នាវិញ យើងត្រូវយកម្រាមដៃឬចង្កឹះលោហៈប៉ះក្បាលលោហៈ។

**លំនាំបញ្ហា៖**

មុននឹងចូលដល់ការកំណត់បញ្ហា គ្រូត្រូវបង្ហាញបាតុភូតណាមួយដែលទាក់ទងនឹងប្រធានបទរបស់យើង ដូចជាការធ្វើពិសោធបង្ហាញខ្លីមួយ ដើម្បីឱ្យសិស្សសង្កេត ហើយបន្ទាប់មកគ្រូប្រើសំណួរបំផុស រហូតដល់សិស្សអាចកំណត់បញ្ហាបានដែលឆ្លើយតបនឹងវត្ថុបំណងពិសោធ។

ឧទាហរណ៍៖ ក្នុងពិសោធន៍នេះ គ្រូបង្ហាញបាតុភូតមួយដោយដាក់បំពង់ជ័រដែលត្រដុសនឹងក្រដាសរួចឱ្យនៅក្បែរសំបកកំប៉ុងទឹកក្រូចដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៤.៣

***រូបទី៤.៣៖*** *បំពង់ជ័រទាក់ទាញកំប៉ុងទឹកក្រូច*

បន្ទាប់គ្រូសួរថា " តើប្អូនទាំងអស់គ្នាសង្កេតឃើញយ៉ាងដូចម្តេច?

- សិស្សអាចឆ្លើយថា" ឃើញបំពង់ជ័រនោះទាក់ទាញសំបកកំប៉ុងទឹកក្រូច ធ្វើឱ្យសំបកកំប៉ុងវិល"
- គ្រូបន្តសួរទៀត " ហេតុអ្វីបានជាបំពង់ជ័រនោះទាក់ទាញសំបកកំប៉ុងទឹកក្រូច?"
- សិស្សអាចឆ្លើយថា" ដោយសារបំពង់ជ័រនោះផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី"

## ៣.២. ការកំណត់បញ្ហា

- ការកំណត់បញ្ហាគឺជាសំណួរដែលកើតចេញពីការសង្កេតបាតុភូតឬព្រឹត្តិការណាមួយដែលកើតមានឡើងនៅជុំវិញខ្លួនយើង។
- ត្រូវយកវត្ថុបំណងនៃពិសោធដែលបានសរសេរក្នុងឧទាហរណ៍ខាងលើមកបង្កើតជាសំណួរ។
- សំណួរមានច្រើនទម្រង់ពីកម្រិតងាយទៅពិបាកដោយផ្អែកលើទ្រឹស្តី Bloom Taxonomy។
- ដោយផ្អែកលំនាំបញ្ហាខាងលើ គ្រូអាចស្នើឱ្យសិស្សបង្កើតសំណួរដោយខ្លួនឯង និងបន្ទាប់មកគ្រូត្រូវជ្រើសរើសយកសំណួរណាដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណង ហើយងាយធ្វើពិសោធ។
- ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចកំណត់បញ្ហាដែលឆ្លើយតបនឹងវត្ថុបំណងពិសោធទេ គ្រូគួរតែកំណត់បញ្ហាឱ្យសិស្ស។

សំណួរអាចជា៖ **" តើយើងត្រូវធ្វើដូចម្តេចដើម្បីឱ្យអង្គធាតុ ឬវត្ថុមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី?"**

## ៣.៣. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

- សម្មតិកម្មមានន័យថា លទ្ធផលសង្ឃឹមទុកជាមុនដែលអាចនឹងកើតមានឡើង។
  ដូច្នេះ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម ជាការព្យាករណ៍ឬការការទាយទុកជាមុន ដើម្បីស្វែងរកដំណោះស្រាយលើបញ្ហាដែលយើងបានចោទសួរខាងដើម។

- ត្រូវបង្កើតសម្មតិកម្មឱ្យចំ ឱ្យច្បាស់លាស់ ទើបអាចរកសម្ភារ និងបន្តដំណើរការពិសោធបាន បើអ្នកប្រើវិធីវិទ្យាសាស្ត្រ។
- សម្មតិកម្មនៃការកំណត់បញ្ហាខាងលើ៖

**ធ្វើឱ្យអង្គធាតុ ឬ វត្ថុមួយបន្ទុកអគ្គិសនី ដោយកកិត ដោយប៉ះ និងដោយឥទ្ធិពល។**

- ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចបង្កើតសម្មតិកម្មបាន គ្រូត្រូវផ្តល់សំណួរតម្រុយដល់សិស្ស។ តម្រុយផ្តល់គំនិត ឬនាំផ្លូវដើម្បីឱ្យសិស្សមានគំនិតបង្កើតសម្មតិកម្ម ប៉ុន្តែវាមិនមែនជាចម្លើយទេ។

**បម្រុងប្រយ័ត្ន៖**

- ពិសោធន៍នេះគួរធ្វើនៅកន្លែងដែលមានបរិយាកាសក្តៅ ស្ងួត ព្រោះវាងាយធ្វើឱ្យវត្ថុ ឬអង្គធាតុមួយងាយផ្ទុកអគ្គិសនីដោយកកិត ដោយប៉ះ និងដោយឥទ្ធិពល។
- ក្នុងពេលដំណើរការពិសោធ ក្រោយពេលបំពង់ជ័រត្រូវបានត្រដុសនឹងក្រដាសរួច កុំយកដៃប៉ះនឹងបំពង់ជ័រត្រង់តំបន់ដែលបានខាត់រួចនោះ ព្រោះបន្ទុកអគ្គិសនីដែលកើតមានត្រង់កន្លែងត្រដុសនៃបំពង់ជ័រផ្ទេរមកដៃអស់ អាចធ្វើឱ្យតំបន់ត្រដុសនៃបំពង់ជ័រគ្មានបន្ទុកអគ្គិសនី (ណឺត)។

## ៣.៤. លទ្ធផល

- លទ្ធផលជាទិន្នន័យដែលទទួលបានពីការពិសោធតាមរយៈការសង្កេត និងការវាស់វែងយ៉ាងត្រឹមត្រូវ។
- ត្រូវគូសតារាងលទ្ធផលសម្រាប់ដាក់ទិន្នន័យដែលបានពីពិសោធខាងលើដូចបង្ហាញក្នុងសន្លឹកកិច្ចការពិសោធន៍សម្រាប់គ្រូ។

## ៣.៥. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

តាមលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើឃើញថា បំពង់ជ័រក្រោយត្រដុសនឹងក្រដាស់រួចបំពង់បឺតក្រោយប៉ះនឹងបំពង់ជ័រដែលខាត់រួច និងគូបលោហៈក្រោយដាក់ជិតពង់ជ័រដែលខាត់ រួចអាចធក់កម្ទេចក្រដាសបាន ព្រោះវត្ថុទាំងនោះផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីក្រោយពេលធ្វើអគ្គិសនីកម្ម។ ដូច្នេះសម្មតិកម្ម "ធ្វើឱ្យអង្គធាតុ ឬវត្ថុមួយមានបន្ទុកអគ្គិសនីដោយកកិត ដោយប៉ះ និងដោយឥទ្ធិពល" ត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធន៍។

## ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ

### ១. វត្ថុបំណង

- បង្ហាញពីប្រភេទទាំងបីនៃអគ្គិសនីកម្មបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធ ។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្តី)

- អគ្គិសនីកម្ម គឺជាអំពើដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុឬវត្ថុមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី។ អគ្គិសនីកម្មមានបីប្រភេទគឺ អគ្គិសនីកម្មដោយកកិត អគ្គិសនីកម្មដោយប៉ះ និងអគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល។
- ច្បាប់រក្សាបន្ទុកអគ្គិសនី
- អ៊ីសូឡង់ និងអង្គធាតុចម្លងអគ្គិសនី

### ៣. ពិសោធន៍

#### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

តើយើងត្រូវធ្វើដូចម្តេចដើម្បីឱ្យអង្គធាតុ ឬវត្ថុមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី?

#### ៣.២. សម្មតិកម្ម

ធ្វើឱ្យអង្គធាតុឬវត្ថុមួយបន្ទុកអគ្គិសនីដោយកកិត ដោយប៉ះ និងដោយឥទ្ធិពល។

#### ៣.៣. តេស្តសម្មតិកម្ម

(ក) **តម្រូវការសម្ភារៈ** បំពង់ជ័រ(PVC) ក្រដាសជូត កម្ទេចក្រដាសតូចៗ បំពង់បឺត ស្មោរ ស្កុតមុខពីរ ក្រដាសអាល់លុយមីញ៉ូម ចង្កឹះឈើ កន្ត្រៃ ។

*បំពង់ជ័រ(PVC)*

*ក្រដាសជូត*

*កម្ទេចក្រដាសតូចៗ*

*បំពង់បឺត*

(ខ) **ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍៖**

- **ករណីទី១៖ធ្វើឱ្យបំពង់ជ័រផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីដោយកកិត**

*រូបទី៤.៤៖ បំពង់ជ័រត្រដុសនឹងក្រដាស*

- យកបំពង់ជ័រទៅត្រដុសនឹងក្រដាសដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៤.៤ រួចហើយយកវាប៉ះនឹងកំទេចក្រដាសតូចៗត្រង់កន្លែងត្រដុសនោះ។

បន្ទាប់មកសង្កេតមើលត្រង់កន្លែងត្រដុសនេះថាតើ វាអាចធក់ឬមិនធក់កម្ទេចក្រដាស ។ សរសេរលទ្ធផលដែលទទួលបានពីការសង្កេតនោះចូលក្នុងតារាងលទ្ធផល ។

*រូបទី៤.៥៖ បំពង់បឺតណីតប៉ះនឹងបំពង់ជ័រដែលខាត់រួច*

- **ករណីទី២៖ ធ្វើឱ្យបំពង់បឺតផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីដោយយប៉ះ**
  - យកបំពង់ជ័រដែលខាត់នឹងក្រដាសរួចទៅដាក់ឱ្យប៉ះនឹងបំពង់បឺតណីតដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៤.៥ ។
  - ក្រោយពេលប៉ះ យកបំពង់បឺតនោះទៅប៉ះនឹងកំទេចក្រដាស រួចសង្កេតមើលបំពង់បឺតថាតើវាអាចធក់ឬមិនធក់កម្ទេចក្រដាស។ សរសេរលទ្ធផលដែលទទួលបានពីការសង្កេតនោះចូលក្នុងតារាងលទ្ធផល។

**ករណីទី៣៖ ធ្វើឱ្យគូបលោហៈផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីដោយឥទ្ធិពល**

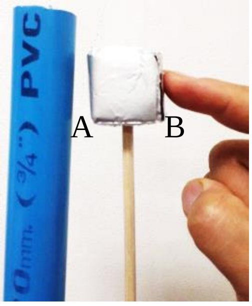
- ដំបូងត្រូវកាត់ស្នោរាងគូបដែលមានជ្រុងប្រវែង 3.0cm ។ បន្ទាប់បិទស្កុតមុខលើមុខខាងបួននៃគូបស្នោរ ប៉ុន្តែមិនបាច់បិទស្កុតលើមុខលើ និងមុខក្រោមនៃគូបស្នោរទេ។ បន្ទាប់កាត់ក្រដាសអាលុយមីញ៉ូមមកបិទពីលើស្កុតមុខពីរបន្ត ទៀតយើងទទួលគូបស្នោរដែលមានមុខខាងបួនពាសដោយក្រដាសអាលុយមីញ៉ូមដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៤.៦។

*រូបទី៤.៦ គូបស្នោរដែលមានមុខខាងបួនពាសដោយក្រដាសអាលុយមីញ៉ូម*

*រូបទី៤.៧៖ គូបលោហៈណឹតដោតនឹងចង្កឹះឈើ*

- ដោតបញ្ឈរគូបលោហៈណឹតមួយដោយចង្កឹះឈើដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៤.៧។

- យកបំពង់ជ័រដែលខាត់រួចទៅដាក់ក្បែរផ្ទៃមុខAនៃគូបលោហៈ និងយកម្រាមដៃប៉ះផ្ទៃមុខBនៃគូបលោហៈដែលឈមនឹងផ្ទៃមុខA ដូចង្ហាញក្នុងរូបទី៤.៨ ។




*រូបទី៤.៨៖ ផ្ទៃមុខAនៃគូបលោហៈនៅក្បែរនឹងបំពង់ជ័រដែលខាត់រួច និងផ្ទៃមុខBនៃគូបលោហៈប៉ះនឹងម្រាមដៃ*

- ដកបំពង់ជ័រនិងដៃចេញឆ្ងាយពីគូបលោហៈ រួចយកគូបលោហៈទៅប៉ះនឹងកំទេចក្រដាស។ បន្ទាប់មក សង្កេតមើលផ្ទៃគូបលោហៈនេះថាតើ វាអាចឆក់ឬមិនឆក់កម្ទេចក្រដាស ។សរសេរលទ្ធផលដែលទទួលបានពីការសង្កេតនោះចូលក្នុងតារាងលទ្ធផល ។

**ចំណាំ៖** ក្រៅពីប្រើកំទេចក្រដាសដើម្បីឱ្យដឹងថា វត្ថុឬអង្គធាតុមួយមានបន្ទុកអគ្គិសនីឬអត់ក្រោយពីធ្វើអគ្គិសនីកម្ម គេអាចប្រើអេឡិចត្រូទស្សន៍ដើម្បីបង្ហាញពីវត្ថុមានបន្ទុកអគ្គិសនីបានដែរដូច បង្ហាញក្នុងរូបទី៤.៩។

*រូបទី៤.៩៖ អេឡិចត្រូទស្សន៍*

### ៣.៤. លទ្ធផល

| ករណី | ឆក់កម្ទេចក្រដាស | មិនឆក់កម្ទេចក្រដាស |
|---|---|---|
| ទី១៖បំពង់ជ័រក្រោយត្រដុសនឹងក្រដាស | ✓ | |
| ទី២៖បំពង់បឺតក្រោយប៉ះនឹងបំពង់ជ័រដែលខាត់រួច | ✓ | |
| ទី៣៖គូបលោហៈក្រោយដាក់ជិតពង់ជ័រដែលខាត់រួច | ✓ | |

### ៣.៥. ការវិភាគនិងសន្និដ្ឋាន

តាមលទ្ធផលពិសោធខាងលើឃើញថា បំពង់ជ័រក្រោយត្រដុសនឹងក្រដាស់រួចបំពង់បឺតក្រោយប៉ះនឹងបំពង់ជ័រដែលខាត់រួច និងគូបលោហៈក្រោយដាក់ជិតបំពង់ជ័រដែលខាត់រួច អាចឆក់កម្ទេចក្រដាសបាន ព្រោះវត្ថុទាំងនោះផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីក្រោយពេលធ្វើអគ្គិសនីកម្ម។

ដូច្នេះ សម្មតិកម្ម "ធ្វើឱ្យអង្គធាតុឬវត្ថុមួយមានបន្ទុកអគ្គិសនីដោយកកិត ដោយប៉ះ និងដោយឥទ្ធិពល " ត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធ។

## ៤. ការពិភាក្សា

១. ហេតុអ្វីបានជាយើងសិតសក់ នៅពេលដែលសក់ស្ងួតឃើញសក់តោងជាប់ក្រាស់សិតសក់?

- ដោយសារក្រាស់សិតសក់កើតមានបន្ទុកអគ្គិសនីដោយកកិត។

២.ពេលបិទទូរស្សន៍យើងយកកំភួនដៃដែលមានរោមដាក់ពីមុខអេក្រង់ទូរស្សន៍ តើមានអ្វីកើតឡើង?

- រោមដៃបះដោយសារវាកើតមានបន្ទុកអគ្គិសនីដោយឥទ្ធិពល។

## ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់សិស្ស

**១. វត្ថុបំណង**

- បង្ហាញពីប្រភេទទាំងបីនៃអគ្គិសនីកម្មបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធ។

**២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)**

អគ្គិសនីកម្ម គឺជាអំពើដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុឬវត្ថុមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី។ អគ្គិសនីកម្មមានបីប្រភេទគឺ អគ្គិសនីកម្មដោយកកិត អគ្គិសនីកម្មដោយប៉ះ និងអគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល។

**៣. ពិសោធន៍**

**៣.១. ការកំណត់បញ្ហា**

តើយើងត្រូវធ្វើដូចម្តេចដើម្បីឱ្យអង្គធាតុឬវត្ថុមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី?

**៣.២. សម្មតិកម្ម**

------------------------------------------------------------------------------------------------

------------------------------------------------------------------------------------------------

------------------------------------------------------------------------------------------------

------------------------------------------------------------------------------------------------

**៣.៣. តេស្តសម្មតិកម្ម**

(ក) តម្រូវការសម្ភារ

------------------------------------------------------------------------------------------------

------------------------------------------------------------------------------------------------

------------------------------------------------------------------------------------------------

------------------------------------------------------------------------------------------------

(ខ)ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍:

------------------------------------------------------------------------------------------------

------------------------------------------------------------------------------------------------

------------------------------------------------------------------------------------------------

------------------------------------------------------------------------------------------------

**៣.៤. លទ្ធផល**

តារាងលទ្ធផល

| ករណី | ទាក់កម្ទេចក្រដាស | មិនទាក់កម្ទេចក្រដាស |
|---|---|---|
| ទី១៖បំពង់ជ័រក្រោយត្រដុសនឹងក្រដាស | | |
| ទី២៖បំពង់បឺតក្រោយប៉ះនឹងបំពង់ជ័រដែលខាត់រួច | | |
| ទី៣៖គូបលោហៈក្រោយដាក់ជិតពង់ជ័រដែលខាត់រួច | | |

### ៣.៥. ការវិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

## ៤. ការពិភាក្សា

១. ហេតុអ្វីបានជាយើងសិតសក់ នៅពេលដែលសក់ស្ងួតឃើញសក់តោងជាប់ក្រាស់សិតសក់?

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

២. ពេលបិទទូរស្សន៍ យើងយកកំភួនដៃដែលមានរោមដាក់ពីមុខអេក្រង់ទូរស្សន៍ តើមានអ្វីកើតឡើង?

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

# ប្រធានបទទី ៥៖ ការរកសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃមជ្ឈដ្ឋានថ្លា
## ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការរៀបចំការខាររបាយការណ៍ពិសោធ

### ១. វត្ថុបំណង

- ត្រូវសរសេរវត្ថុបំណងពិសោធឱ្យបានច្បាស់លាស់។ ពិសោធអាចជាពិសោធដែលមានក្នុងមេរៀន ចេញពីចម្ងល់ ឬបាតុភូតដែលអ្នកបានសង្កេតឃើញជុំវិញខ្លួនយើង។

- ត្រូវប្រើកិរិយាសព្ទសកម្ម ដូចជា កំណត់ គណនា ធ្វើពិសោធ វាស់ ទាញរក ពិនិត្យ ...។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ យើងប្រើកិរិយាសព្ទ កំណត់)

- **"កំណត់តម្លៃសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធ។"**

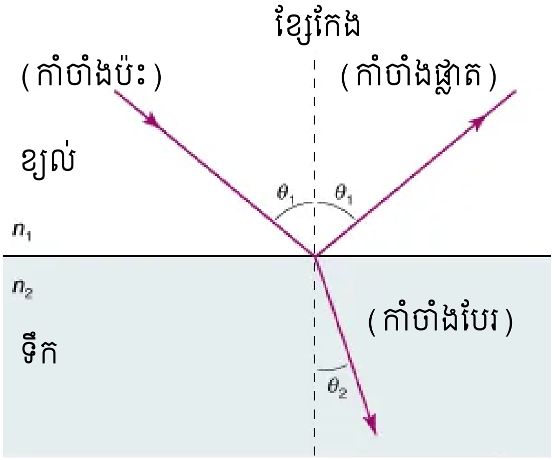
### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

- ត្រូវសរសេរសង្ខេបទ្រឹស្តី ឬរូបមន្តដែលទាក់ទងប្រើក្នុងពិសោធនេះ បើមេរៀន ឬប្រធានបទត្រូវបានបង្រៀនរួចហើយ។ ប៉ុន្តែបើមិនទាន់បង្រៀនទេ អ្នកអាចសរសេរវាឱ្យបានពិស្តារបន្តិចដើម្បីឱ្យសិស្ស (អ្នករៀន) ឬអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយយល់។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ សន្មតថាមេរៀននេះយើងបានបង្រៀនរួចហើយ)

- **ចំណាំងបែរនៃពន្លឺ**

កាលណាកាំពន្លឺដាលឆ្លងកាត់ពីមជ្ឈដ្ឋានថ្លាមួយទៅក្នុងមជ្ឈដ្ឋានថ្លាមួយទៀត កាំពន្លឺមួយភាគធំចាំងចូលមជ្ឈដ្ឋានទី2 ដោយមានលំងាកហើយកាំពន្លឺដែលនៅសល់ចាំងផ្លាតចូល មកមជ្ឈដ្ឋានដើមវិញ។ កាំពន្លឺដែលចូលទៅក្នុងមជ្ឈដ្ឋានទី2 ហៅថា**កាំចាំងបែរ**។ ចំណាំងបែរជាបណ្តូរទិសនៃកាំពន្លឺកាលណាវាដាលឆ្លងកាត់ពីមជ្ឈដ្ឋានមួយទៅមជ្ឈដ្ឋានមួយទៀតដែលមានសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរខុសគ្នា។




*រូបទី៥.១៖ ចំណាំងបែរនៃពន្លឺ*

- **ច្បាប់ចំណាំងបែរ**

ពំនោលច្បាប់ចំណាំងបែរ

"កាំចាំងបែរត្រូវស្ថិតនៅក្នុងប្លង់ចំណាំងប៉ះនិងមុំចំណាំងបែរ $\theta_2$ និងមុំចំណាំងប៉ះ $\theta_1$" ។

តាមទំនាក់ទំនង៖ $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} =$ ថេរ (1)

$v_1$ ជាល្បឿនពន្លឺដាលក្នុងមជ្ឈដ្ឋានទី1 និង $v_2$ ជាល្បឿនពន្លឺដាលក្នុងមជ្ឈដ្ឋានទី2។

- **សន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរ**

ជាទូទៅល្បឿនពន្លឺដាលក្នុងសារធាតុផ្សេងៗ វាតែងតែមានល្បឿនតូចជាងល្បឿននៅក្នុងសុញ្ញកាស

ហើយ ល្បឿនដែលដាលក្នុងសុញ្ញកាសមានតម្លៃអតិបរមា។ សន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរ $n$ របស់មជ្ឈដ្ឋានគឺជាផលធៀប

$c$ ល្បឿនពន្លឺដាលក្នុងសុញ្ញកាស គិតជាម៉ែតក្នុងមួយវិនាទី m/s

$v$ ល្បឿនពន្លឺដាលក្នុងមជ្ឈដ្ឋាន គិតជាម៉ែតក្នុងមួយវិនាទី m/s

សមីការ (2) យើងទាញបាន $v_1 = \frac{c}{n_1}$ និង $v_2 = \frac{c}{n_2}$ ហើយជំនួសក្នុងសមីការ (1) យើងបាន

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \text{ថេរ (3)}$$

ដូចនេះ $\boxed{n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2}$ ។

$n_1$ ជាសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃមជ្ឈដ្ឋានទី1 និង $n_2$ ជាសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃមជ្ឈដ្ឋានទី2។

**សម្គាល់៖** $n \geq 1$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\% = \left|\frac{n_{\text{ទ្រឹស្តី}} - n_{\text{ពិសោធ}}}{n_{\text{ទ្រឹស្តី}}}\right| \times 100\%$$

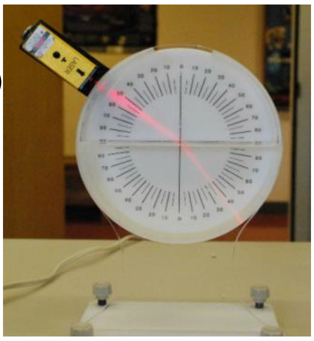
ឬ

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃពិត} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃពិត}}\right| \times 100\% = \left|\frac{n_{\text{ពិត}} - n_{\text{ពិសោធ}}}{n_{\text{ពិត}}}\right| \times 100\%$$

## ៣. ពិសោធន៍

### ៣.១. ការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធ

- របៀបប្រើប្រាស់ធុងចំណាំងបែរ( LASER REFRACTION TANK)
  - ដំបូងភ្ជាប់ពិលឡាស៊ែរទៅនឹងប្រភពអគ្គិសនី
  - បន្ទាប់មកចាក់ទឹកចូលក្នុងធុងចំណាំងបែរត្រឹមស្នាមបន្ទាត់ដេកដែលកាត់តាមគំនូសក្រិតមុំ $90^\circ$ ។
  - បញ្ចាំងកាំពន្លឺឡាស៊ែរឱ្យចំនឹងចំណុចប្រសព្វរវាងបន្ទាត់ដេកដែលកាត់តាមគំនូសក្រិតមុំ $90^\circ$ និងបន្ទាត់ឈរដែលកាត់តាមគំនូសក្រិតមុំ $0^\circ$ ត្រង់ផ្ទៃញែករវាងខ្យល់និងទឹក។



*រូបទី៥.២៖ ធុងចំណាំងបែរ*

**លំនាំបញ្ហា៖** មុននឹងចូលដល់ការកំណត់បញ្ហា គ្រូត្រូវបង្ហាញបាតុភូតណាមួយដែលទាក់ទងនឹងប្រធានបទរបស់យើង ដូចជាការធ្វើពិសោធបង្ហាញខ្លីមួយ ដើម្បីឱ្យសិស្សសង្កេត ហើយបន្ទាប់មកគ្រូប្រើសំណួរប្រដេញរហូតដល់សិស្សអាចកំណត់បញ្ហាបានដែលឆ្លើយតបនឹងវត្ថុបំណងពិសោធ។

*រូបទី៥.៣៖ ខ្មៅដៃដាក់ចូលក្នុងទឹក*

ឧទាហរណ៍៖ក្នុងពិសោធន៍នេះគ្រូបង្ហាញបាតុភូតមួយដោយដាក់ខ្មៅដៃចូលក្នុងទឹកដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៥.៣

" តើប្អូនៗសង្កេតឃើញយ៉ាងដូចម្ដេច?"

" ឃើញខ្មៅដៃហាក់បីដូចជាបាក់ជាពីរកំណាត់ត្រង់ផ្ទៃព្រែក។"

" ហេតុអ្វីបានជាប្អូនគិតយ៉ាងដូច្នេះ?"

" ដោយសារចំណាំងបែរនៃពន្លឺ"

## ៣.២. ការកំណត់បញ្ហា

- ការកំណត់បញ្ហាគឺជាសំណួរដែលកើតចេញពីការសង្កេតបាតុភូតឬព្រឹត្តិការណាមួយដែលកើតមានឡើងនៅជុំវិញខ្លួនយើង។
- ត្រូវយកវត្ថុបំណងនៃពិសោធដែលបានសរសេរក្នុងឧទាហរណ៍ខាងលើមកបង្កើតជាសំណួរ
- សំណួរមានច្រើនទម្រង់ពីកម្រិតងាយទៅពិបាកដោយផ្អែកលើទ្រឹស្ដី Bloom Taxonomy ។
- ដោយផ្អែកលំនាំបញ្ហាខាងលើ គ្រូអាចស្នើឱ្យសិស្សបង្កើតដោយខ្លួនឯង និងបន្ទាប់មក គ្រូត្រូវជ្រើសរើសយកសំណួរណាដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណង ហើយងាយធ្វើពិសោធ។
- ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចកំណត់បញ្ហាដែលឆ្លើយតបនឹងវត្ថុបំណងពិសោធទេ គ្រូគួរតែ កំណត់បញ្ហាឱ្យសិស្ស។
- សំណួរអាចជា៖

**"ប្រសិនបើគេឱ្យពន្លឺជាលពីខ្យល់ចូលទៅក្នុងទឹក ពេលនោះកាំពន្លឺងាកចេញពីទិសដំណាលដើម។ តើអ្នកអាចកំណត់តម្លៃសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកបានយ៉ាងដូចម្ដេច?"**

## ៣.៣. សម្មតិកម្ម

សម្មតិកម្មមានន័យថា លទ្ធផលសង្ឃឹមទុកជាមុនដែលអាចនឹងកើតមានឡើង។ ដូច្នេះ ការបង្កើតសម្មតិកម្មជាការព្យាករណ៍ឬការទាយទុកជាមុន ដើម្បីស្វែងរកដំណោះស្រាយលើបញ្ហាដែល យើងបានចោទសួរខាងដើម ។

ត្រូវបង្កើតសម្មតិកម្មឱ្យចំ ឱ្យច្បាស់លាស់ ទើបអាចរកសម្ភារ និងបន្តដំណើរការពិសោធបាន បើអ្នកប្រើវិធីវិទ្យាសាស្ត្រ។

- សម្មតិកម្មនៃការកំណត់បញ្ហាខាងលើ៖

  យើងអាចកំណត់តម្លៃសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកបាន

  តាម ច្បាប់ចំណាំងបែរ $n_1 \sin i = n_2 \sin r$

  នាំឱ្យ $n_2 = \frac{n_1 \times \sin i}{\sin r}$

  ដោយ $n_1 = 1.00$ ជាសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃខ្យល់ និង $n_2 = n$ ជាសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹក

  ដូចច្នេះ **សន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកអាចកំណត់តាមទំនាក់ទំនង** $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ ។
- ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចបង្កើតសម្មតិកម្មបាន គ្រូត្រូវផ្ដល់សំណួរតម្រុយដល់សិស្ស។ តម្រុយផ្ដល់គំនិត ឬនាំផ្លូវដើម្បីឱ្យសិស្សមានគំនិតបង្កើតសម្មតិកម្ម ប៉ុន្តែវាមិនមែនជាចម្លើយទេ។

បម្រុងប្រយ័ត្ន៖

- ក្នុងពេលដំណើរការពិសោធ កុំឱ្យពន្លឺពិលឡាស៊ែរចាំងចូលចំភ្នែក ព្រោះវាមានអាំងតង់ស៊ីតេពន្លឺខ្ពស់អាចបណ្តាលឱ្យខូចភ្នែក។
- ចំពោះការអានមុំចំណាំងប៉ះនិងមុំចំណាំងបែរឱ្យត្រឹមត្រូវជាក់លាក់ ។

## ៣.៤. លទ្ធផល

- លទ្ធផលជាទិន្នន័យដែលទទួលបានពីការពិសោធតាមរយៈការសង្កេត និងការវាស់វែងយ៉ាងត្រឹមត្រូវ។
- ត្រូវគូសតារាងលទ្ធផលសម្រាប់ដាក់ទិន្នន័យដែលបានពីពិសោធខាងលើដូចបង្ហាញក្នុងសន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់គ្រូ។ អ្នកអាចដាក់តារាងទិន្នន័យ និងគណនាជាមួយគ្នា ឬដាក់ដាច់ពីគ្នាក៏បាន។

## ៣.៥. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

- ការវិភាគទិន្នន័យមានន័យថា " ទិន្នន័យដែលទទួលបាននោះគាំទ្រឬមិនគាំទ្រសម្មតិកម្ម"
- ដោយផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធនេះ យើងឃើញថា តម្លៃមធ្យមសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកតាមពិសោធស្មើនឹង 1.32 បើប្រៀបធៀបនឹងសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកតាមទ្រឹស្តីស្មើនឹង1.33 យើងរកឃើញកម្រិតល្អៀង 0.75% តូចជាង 5.0%។ ដូច្នេះ យើងអាចសន្និដ្ឋានបានថា សម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធ។
- ក្នុងករណី រកឃើញកម្រិតល្អៀងធំជាង 5.0% សូមពិនិត្យមើលដំណើរការពិសោធឡើង វិញ ជាពិសេសការអានតម្លៃមុំចំណាំងប៉ះ និងមុំចំណាំងបែរ។

## ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ

### ១. ទស្សនំណាន

- កំណត់តម្លៃសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធ។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

- **ច្បាប់ចំណាំងបែរ**

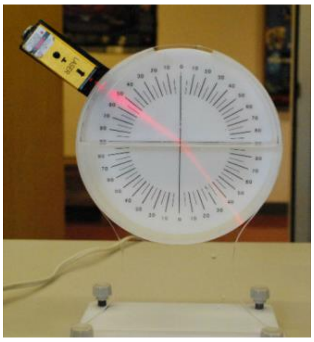
  "កាំចាំងបែរត្រូវស្ថិតក្នុងប្លង់ចំណាំងប៉ះ ហើយមុំចំណាំងប៉ះ $i$ (ឬ $\theta_1$) និងមុំចំណាំងបែរ $r$ (ឬ $\theta_2$) មានទំនាក់ទំនងតាមសមីការ $n_1 \sin i = n_2 \sin r$"។

- និយមន័យ និងរូបមន្តសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរ ។

### ៣. ពិសោធន៍

#### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

ប្រសិនបើគេឱ្យពន្លឺដាលពីខ្យល់ចូលទៅក្នុងទឹក ពេលនោះកាំពន្លឺងាកចេញពីទិសដំណាលដើម។ តើអ្នកអាចកំណត់តម្លៃសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកបានយ៉ាងដូចម្តេច?



*រូបទី៥.៤៖ បញ្ចាំងកាំពន្លឺចូលក្នុងទឹក*

#### ៣.២. សម្មតិកម្ម

តាមច្បាប់ចំណាំងបែរ $n_1 \sin i = n_2 \sin r$

នាំឱ្យ $n_2 = \dfrac{n_1 \times \sin i}{\sin i}$

ដោយ $n_1 = 1.00$ ជាសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃខ្យល់ និង $n_2 = n$ ជាសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹក

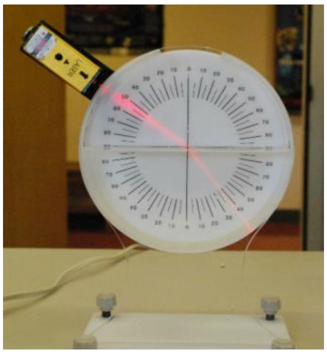
ដូចច្នេះ យើងអាចកំណត់តម្លៃសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកបានតាមទំនាក់ $n = \dfrac{\sin i}{\sin i}$ ។

#### ៣.៣. តេស្តសម្មតិកម្ម

**(ក) តម្រូវការសម្ភារៈ** ទឹក ពិលឡាស៊ែរ និងធុងចំណាំងបែរ( LASER REFRACTION TANK)។

**(ខ) ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍៖**

- ភ្ជាប់ពិលឡាស៊ែរទៅនឹងប្រភពអគ្គិសនី
- ចាក់ទឹកចូលក្នុងធុងចំណាំងបែរត្រឹមស្នាមបន្ទាត់ដេកដែលកាត់តាមគំនូសក្រិតមុំ $90^\circ$ ។
- បញ្ចាំងកាំពន្លឺឡាស៊ែរឱ្យចំនឹងចំណុចប្រសព្វរវាងបន្ទាត់ដេកដែលកាត់តាមគំនូសក្រិតមុំ $90^\circ$ និងបន្ទាត់ឈរដែលកាត់តាមគំនូសក្រិតមុំ $0^\circ$ ត្រង់ផ្ទៃញែករវាងខ្យល់និងទឹក ដោយឱ្យកាំពន្លឺនោះផ្តុំបានមុំចំណាំងប៉ះ $i$ មានតម្លៃរៀងគ្នាគឺ $20^\circ$, $30^\circ$, $40^\circ$, $50^\circ$ ធៀបនឹងខ្សែកែង ។



*រូបទី៥.៥៖ ធុងចំណាំងបែរ*

- រាល់ការបញ្ចាំងកាំពន្លឺចាំងប៉ះនីមួយៗ ត្រូវសង្កេតមើលកាំពន្លឺចាំងបែរចូលក្នុងទឹក ហើយអានតម្លៃមុំចំណាំងបែរ $r$ ឱ្យបានច្បាស់លាស់។

- កត់ត្រាតម្លៃមុំចំណាំងបែរ $r$ ដែលទទួលបានដែលត្រូវនឹងមុំចំណាំងប៉ះ $i$ នីមួយៗចូលក្នុងតារាងលទ្ធផលក្នុងសន្លឹកកិច្ចការពិសោធ ។
- គណនាតម្លៃសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកដោយប្រើទំនាក់ទំនង $n=\frac{\sin i}{\sin r}$

ដែលត្រូវនឹងមុំចំណាំងប៉ះ $i$ មុំចំណាំងបែរ $r$ នីមួយៗ និងគណនាតម្លៃមធ្យមសន្ទស្សន៍នៃចំណាំងបែររបស់ទឹក ហើយរកកម្រិតល្អៀងរបស់វាគិតជាភាគរយ។

## ៣.៤. លទ្ធផល

**តារាងលទ្ធផល**

| មុំចំណាំងប៉ះ ( $i$ ) | មុំចំណាំងបែរ ( $r$ ) | $\sin i$ | $\sin r$ | សន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹក ( $n$ ) | តម្លៃមធ្យមសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹក $\bar{n}$ | កម្រិតល្អៀង (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $20^0$ | $15^0$ | 0.342 | 0.259 | 1.32 | 1.32 | 0.75 |
| $30^0$ | $22^0$ | 0.500 | 0.375 | 1.33 | | |
| $40^0$ | $30^0$ | 0.643 | 0.500 | 1.29 | | |
| $50^0$ | $35^0$ | 0.766 | 0.573 | 1.34 | | |

**ការគណនាគំរូ**

យើងមាន $n=\frac{\sin i}{\sin r}$

នាំឱ្យ $n_1=\frac{\sin 20^o}{\sin 15^o}=\frac{0.342}{0.259}=1.32$

$n_2=\frac{\sin 30^o}{\sin 22^o}=\frac{0.500}{0.375}=1.33$

$n_3=\frac{\sin 40^o}{\sin 30^o}=\frac{0.643}{0.500}=1.29$

$n_4=\frac{\sin 50^o}{\sin 35^o}=\frac{0.766}{0.573}=1.34$

- សន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកតាមពិសោធ $n_{\text{ពិសោធ}}=\bar{n}$

$$\bar{n}=\frac{n_1+n_2+n_3+n_4}{4}=\frac{1.32+1.33+1.29+1.34}{4}=1.32$$

- សន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកតាមទ្រឹស្តី $n_{\text{ទ្រឹស្តី}}=1.33$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង}=\left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}-\text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\right|\times 100\%$$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង}=\left|\frac{n_{\text{ទ្រឹស្តី}}-n_{\text{ពិត}}}{n_{\text{ទ្រឹស្តី}}}\right|\times 100\%$$

$$=\left|\frac{1.33-1.32}{1.33}\right|\times 100\% = 0.75\%$$

## ៣.៥. ការវិភាគនិងសន្និដ្ឋាន

តាមលទ្ធផលពិសោធខាងលើតម្លៃសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹក $n=1.32$ ប្រហាក់ប្រហែលនឹងតម្លៃតាមទ្រឹស្តី ដោយមានកម្រិតល្អៀង $0.75\%$ ។ ដោយកម្រិតល្អៀងមានតម្លៃ $0.75\%$ តូចជាង $5\%$ ដូចនេះសម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធ ។

## ៤. ការពិភាក្សា

១. ហេតុអ្វីបានជាយើងមើលឃើញបាតផើងដែលមានទឹកហាក់បីដូចជារាក់ជាងបាតផើងដែលគ្មានទឹក?

- បានជាយើងមើលឃើញបាតផើងដែលមានទឹកហាក់បីដូចជារាក់ជាងបាតផើងដែលគ្មានទឹកដោយសារពន្លឺដាលចេញពីបាតផើងដែលមានទឹកចូលភ្នែករបស់យើងដែលនៅក្នុងខ្យល់មានលំងាក។

២. ហេតុអ្វីបានជាមើលឃើញឥន្ទធនូពេលរលឹមបើកថ្ងៃ?

- បានជាមើលឃើញឥន្ទធនូពេលរលឹមបើកថ្ងៃដោយសារកាំពន្លឺព្រះអាទិត្យឆ្លងកាត់តំណក់ទឹក។

## ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់សិស្ស

### ១. វត្ថុបំណង

- កំណត់តម្លៃសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធ។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

- **ច្បាប់ចំណាំងបែរ**
- "កាំចាំងបែរត្រូវស្ថិតក្នុងប្លង់ចំណាំងប៉ះ ហើយមុំចំណាំងប៉ះ $i$ (ឬ $\theta_1$) និងមុំចំណាំងបែរ $r$ (ឬ $\theta_2$) មានទំនាក់ទំនងតាមសមីការ $n_1 \sin i = n_2 \sin r$"។

### ៣. ពិសោធន៍

#### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

ប្រសិនបើគេឱ្យពន្លឺដាលពីខ្យល់ទៅប៉ះផ្ទៃញែកខ្យល់-ទឹក ពេលនោះពន្លឺមួយភាគធំដាលចូលក្នុងទឹក តើអ្នកអាចកំណត់តម្លៃសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹកបានយ៉ាងដូចម្តេច?

#### ៣.២. សម្មតិកម្ម

------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### ៣.៣. តេស្តសម្មតិកម្ម

(ក) តម្រូវការសម្ភារៈ

------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(ខ) ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍:

------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### ៣.៤. លទ្ធផល

**តារាងលទ្ធផល**

| មុំចំណាំងប៉ះ ($i$) | មុំចំណាំងបែរ ($r$) | $\sin i$ | $\sin r$ | សន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹក ($n$) | តម្លៃមធ្យមសន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរនៃទឹក $\bar{n}$ | កម្រិតល្មៀង (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $20^0$ | | | | | | |
| $30^0$ | | | | | | |
| $40^0$ | | | | | | |
| $50^0$ | | | | | | |

## ការគណនា

- សន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរទឹកតាមពិសោធ $n_{\text{ពិសោធ}} = \bar{n}$

$$\bar{n} = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + n_4}{4} = ........$$

- សន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរទឹកតាមទ្រឹស្តី $n_{\text{ទ្រឹស្តី}} = 1.33$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left| \frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}} \right| \times 100\%$$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left| \frac{n_{\text{ទ្រឹស្តី}} - n_{\text{ពិត}}}{n_{\text{ទ្រឹស្តី}}} \right| \times 100\%$$

### ៣.៥. ការវិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## ៤. ការពិភាក្សា

១.ហេតុអ្វីបានជាយើងមើលឃើញបាតផើងដែលមានទឹកហាក់បីដូចជារាក់ជាងបាតផើងដែលគ្មានទឹក?

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

២. ហេតុអ្វីបានជាមើលឃើញឥន្ទនូពេលរលឹមបើកថ្ងៃ?

------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

# រូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១១
# ប្រធានបទទី ៦៖ ចលនាគ្រាប់បាញ់
# ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការខារពិសោធ

## ១.វត្ថុបំណង

ពិសោធន៍ដែលយើងធ្លាប់ធ្វើ ច្រើនជាពិសោធបែបផ្ទៀងផ្ទាត់ខ្លឹមសារមេរៀន ឬពិសោធបែបស្រាវជ្រាវ។ ពិសោធអាចត្រូវបានរៀបចំធ្វើឡើងពីខ្លឹមសារដែលមានក្នុងមេរៀន ឬអាចចេញពីចម្ងល់ ឬបាតុភូតដែលអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវបានជួបប្រទះ ឬសង្កេតឃើញនៅជុំវិញខ្លួន និងនៅក្នុងខ្លួនរបស់យើង។

(វត្ថុបំណង )ឬវត្ថុបំណងនៃពិសោធគឺជាការបង្ហាញ ឬប្រាប់ឱ្យអ្នកសិក្សាដឹងមុនថាពួកគេនឹងត្រូវធ្វើពិសោធដើម្បីរកអ្វីឬសិក្សាពីអ្វី។ ត្រង់នេះលោកគ្រូ អ្នកគ្រូត្រូវសរសេរវត្ថុបំណងពិសោធឱ្យបានច្បាស់លាស់ និងប្រើប្រាស់កិរិយាសព្ទសកម្ម ដូចជា *អង្កេត កំណត់ បង្ហាញ បញ្ជាក់ រក គណនា ប្រៀបធៀប ពិសោធ ឬធ្វើពិសោធ វាស់ ទាញរក ពិនិត្យ...* ។

យោងទៅលើខ្លឹមសារមេរៀនចលនាគ្រាប់បាញ់ត្រូវបានគេសិក្សាតែក្រោមឥទ្ធិពលនៃ*សំទុះទំនាញផែនដី* ប៉ុណ្ណោះដោយមិនគិត*កម្លាំងកកិត* និង *កម្លាំងទប់* ផ្សេងៗ។ បញ្ញត្តិសំខាន់នៃខ្លឹមសារមេរៀននេះមាន *សមីការគន្លង កម្ពស់ឡើង ចម្ងាយធ្លាក់ រយៈពេលធ្លាក់* និង*ល្បឿនគ្រាប់បាញ់*។ ចំពោះពិសោធអំពីចលនាគ្រាប់បាញ់ ការកំណត់វត្ថុបំណងពិសោធទាក់ទងនឹងបញ្ញត្តិទាំងនេះអាចមាន ជម្រើសច្រើនដោយអាស្រ័យទៅលើការរៀបចំរបស់លោកគ្រូ អ្នកគ្រូ ទាក់ទងនឹងខ្លឹមសារមេរៀន និង រយៈពេល។ ខាងក្រោមនេះជាឧទាហរណ៍ខ្លះៗ

១ .កំណត់ចម្ងាយធ្លាក់ $R$ របស់គ្រាប់បាញ់ កាលណាគេស្គាល់មុំបាញ់ $\theta$ និងល្បឿនដើម $v_0$ នៃគ្រាប់បាញ់ និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វា

២ .កំណត់កម្ពស់ឡើង $H$ របស់គ្រាប់បាញ់ កាលណាគេស្គាល់មុំបាញ់ $\theta$ និងល្បឿនដើម $v_0$ នៃគ្រាប់បាញ់ និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វា

៣ .ទាញរកល្បឿនដើម $v_0$ របស់គ្រាប់បាញ់ពីក្រាប កាលណាគេស្គាល់មុំបាញ់ $\theta$

៤ .កំណត់រយៈពេល $t$ ពេលគ្រាប់បាញ់ធ្លាក់ដល់ដី

៥ .បង្ហាញគន្លងចលនាគ្រាប់បាញ់មានរាងប៉ារ៉ាបូល និងកម្ពស់ឡើង $H$ របស់គ្រាប់បាញ់អាស្រ័យនឹងមុំបាញ់ $\theta$

៦ .បង្ហាញគន្លងចលនាគ្រាប់បាញ់មានរាងប៉ារ៉ាបូល និងកម្ពស់ឡើង $H$ របស់គ្រាប់បាញ់អាស្រ័យនឹងមុំបាញ់ $\theta$ និងទាញរកតម្លៃល្បឿនដើម $v_0$ របស់គ្រាប់បាញ់ពីក្រាប ព្រមទាំងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វា

៧... .

ប៉ុន្តែ ក្នុងពិសោធន៍នេះ ជ្រើសរើសយកតែវត្ថុបំណងទី៦មកពិសោធប៉ុណ្ណោះ។

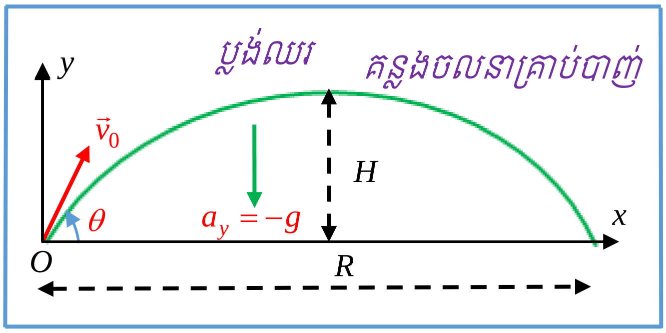
## ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

លោកគ្រូអ្នកគ្រូត្រូវសរសេរទ្រឹស្តីដែលជាចំណេះដឹងមូលដ្ឋានទាក់ទងនឹងពិសោធជាខ្លឹមសារសំខាន់ៗ

ដូចជាច្បាប់ គោលការណ៍ រូបមន្ត និង គន្លឹះគណិតវិទ្យា ............ (ដែលអ្នកពិសោធចាំបាច់ប្រើដើម្បីសម្រេចនូវវត្ថុបំណងនៃពិសោធ។ ខ្លឹមសារសំខាន់ៗដែលទាក់ទងនឹងពិសោធលើប្រធានបទ *ចលនាគ្រាប់បាញ់* ក្នុងពិសោធនេះមានដូចខាងក្រោមនេះ៖

- ចលនាគ្រាប់បាញ់

  គឺជាចលនាដែលគេផ្តល់ឱ្យវត្ថុមួយនូវវ៉ិចទ័រល្បឿនដើមក្នុងទិសដៅជាក់លាក់តាមមធ្យោបាយណាមួយ។ គ្រាប់បាញ់ត្រូវបានគេបាញ់ក្នុងខ្យល់ក្រោមឥទ្ធិពលនៃដែនទំនាញផែនដី $\vec{g}$ ដោយមិនគិតពីកម្លាំងទប់នៃខ្យល់ ឬកម្លាំងកកិតផ្សេងៗលើវា គេសង្កេតឃើញគន្លងនៃចលនារបស់វាមានរាងប៉ារ៉ាបូលស្ថិតក្នុងប្លង់ឈរ (រូបទី៦.១)។




***រូបទី៦.១*** *ចលនាគ្រាប់បាញ់ក្នុងប្លង់ឈរ*

- គ្រាប់បាញ់មានចលនាដោយសំទុះ $\vec{a}$ ជាសំទុះទំនាញផែនដី

$$\vec{a} = \vec{g}$$

ឬ $$a_y = -g \qquad (១)$$

- បង្កុំចលនាត្រង់ស្មើតាមទិសដេក និងចលនាត្រង់ប្រែប្រួលស្មើតាមទិសឈរ យើងបានសមីការគន្លងប៉ារ៉ាបូល

$$y = (\tan\theta)x - \frac{g}{2v_0^2\cos^2\theta}x^2 \qquad (២)$$

មានរាង $y = cx + bx^2$

- ចម្ងាយធ្លាក់ គឺជាចម្ងាយពីចំណុចគ្រាប់បាញ់ចេញទៅចំណុចដែលគន្លងគ្រាប់បាញ់កាត់អ័ក្សដេក។ ចម្ងាយធ្លាក់ $x = R$ ត្រូវនឹង $y = 0$ ពីសមីការ(២) យើងបាន

$$R = \frac{v_0^2\, 2\cos\theta\sin\theta}{g} = \left(\frac{v_0^2}{g}\right)\sin 2\theta \qquad (៣)$$

ចម្ងាយធ្លាក់អតិបរមា កាលណា $\sin 2\theta = 1$ ត្រូវនឹងមុំបាញ់ $\theta = 45^\circ$

- រយៈពេលធ្លាក់ដល់ដី( $x = R$ ត្រូវនឹង $y = 0$ )

$$t = \frac{2v_0\sin\theta}{g} \qquad (៤)$$

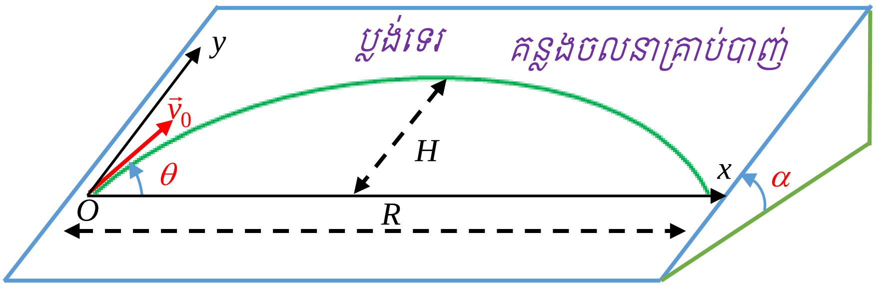
- តម្លៃល្បឿនខណៈរបស់គ្រាប់បាញ់ $$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \qquad (៥)$$

- កម្ពស់ឡើង $H$ ជាកម្ពស់នៃចំណុចកំពូលប៉ារ៉ាបូលដែលត្រូវនឹងពាក់កណ្តាលនៃចម្ងាយធ្លាក់

(ឬត្រូវនឹងល្បឿនតាមទិសឈរស្មើនឹងសូន្យ)។ ពីទំនាក់ទំនងគ្មានពេល ឬទំនាក់ទំនងល្បឿន សំទុះ និងបំលាស់ទីក្នុងចលនាត្រង់ប្រែប្រួលស្មើ យើងបាន

$$H = \left(\frac{v_0^2}{2g}\right)\sin^2\theta \qquad (៦)$$

ប៉ុន្តែក្នុងពិសោធនេះ សិក្សាចលនាគ្រាប់បាញ់ (ប្រើកូនឃ្លីដែកជាគ្រាប់បាញ់) នៅលើប្លង់ទេរដែលមានមុំ $\alpha$ នៃប្លង់ទេរដោយមិនគិតពីកម្លាំងកកិត ឬកម្លាំងទប់ផ្សេងៗ ដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៦.២។




*រូបទី៦.២ ចលនាគ្រាប់បាញ់ក្នុងប្លង់ទេរ*

ករណីនេះ

- សំទុះ

$$a_y = -g\sin\alpha \qquad (៧)$$

ហេតុនេះ យើងនឹងបានសមីការថ្មី ដោយយើងគ្រាន់តែជំនួសសំទុះទំនាញផែនដី $g$ ដោយ $g\sin\alpha = g'$

- សមីការគន្លង

$$y = (\tan\theta)x - \frac{g\sin\alpha}{2v_0^2\cos^2\theta}x^2 = (\tan\theta)x - \frac{g'}{2v_0^2\cos^2\theta}x^2 \qquad (៨)$$

- ចម្ងាយធ្លាក់

$$R = \left(\frac{v_0^2}{g\sin\alpha}\right)\sin 2\theta = \left(\frac{v_0^2}{g'}\right)\sin 2\theta \qquad (៩)$$

- រយៈពេលធ្លាក់ដល់ដី

$$t = \frac{2v_0\sin\theta}{g\sin\alpha} \qquad (១០)$$

- កម្ពស់ឡើង

$$H = \left(\frac{v_0^2}{2g\sin\alpha}\right)\sin^2\theta = \left(\frac{v_0^2}{2g'}\right)\sin^2\theta \qquad (១១)$$

- ពីសមីការ (១១) ទាញបានទំនាក់ទំនងមេគុណថេរ

$$\frac{v_0^2}{2g\sin\alpha} = \frac{v_0^2}{2g'} = \frac{H}{\sin^2\theta} \qquad (១២)$$

- សំទុះទំនាញផែនដី $g = 9.80\ \text{m.s}^{-2}$ (តម្លៃស្តង់ដា ឬ តម្លៃពិត តម្លៃដែលស្គាល់)
- ប្រើទំនាក់ទំនងត្រីកោណមាត្រ
- សមីការបន្ទាត់ (អាចប្រើតាមតម្រែតម្រង់លីនេអ៊ែរ ប្រសិនបើអាច) $y = y_0 + sx$

- របៀបគូសក្រាប និងការគណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ របស់សមីការ $y = y_0 + sx$ តាមក្រាប

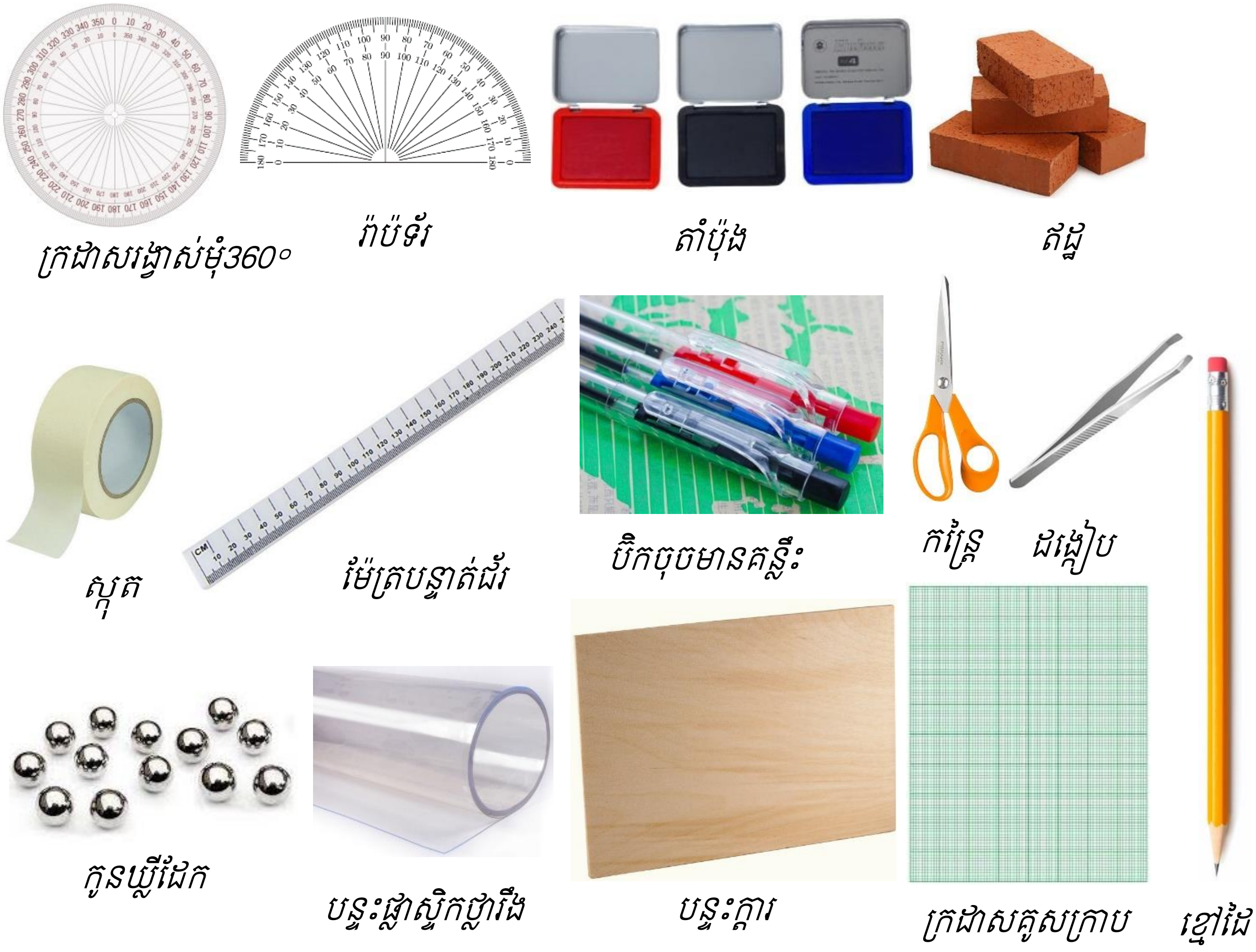
$$\text{កម្រិតល្អៀងឬល្អៀង(ជាភាគរយ)} = \left| \frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}} \right| \times 100\%$$

ឬ $$E(\%) = \frac{|v_{0t} - v_{0e}|}{v_{0t}} \times 100\%$$

## ៣. ណែនាំដំណើរការពិសោធ

### ៣.១. ការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធ

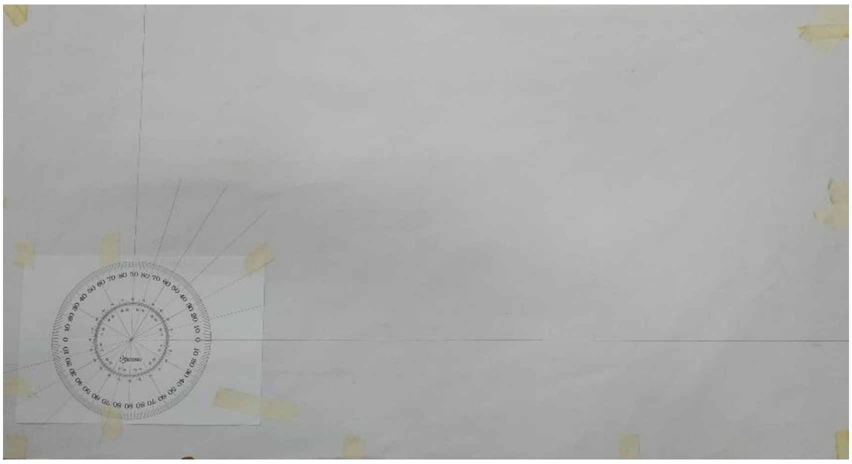
ដើម្បីសម្រេចវត្ថុបំណងពិសោធ លោកគ្រូ អ្នកគ្រូ ត្រូវរកសម្ភារដែលងាយរកបាន (ជាពិសេសសម្ភារដែលអាចរកបានក្នុងស្រុកកាន់តែប្រសើរ)។ រូបទី៦.៣ បង្ហាញពីសម្ភារក្នុងពិសោធនេះមាន៖
បន្ទះក្តារ(ផ្ទៃរាបស្មើទំហំ 40 cm x 80 cm កម្រាស់1.0 cm ) ឥដ្ឋតាន់ 4 ដុំ ផ្ទាំងក្រដាសស (ទំហំ 40 cm x 80 cm ឬទំហំធំជាងនេះក៏បាន) ប៊ិកចុចមានគន្លឹះ បន្ទះប្លាស្ទិករឹងថ្លា កន្ត្រៃ ស្កុត រ៉ាប៉ទ័រ ក្រដាសរង្វាស់មុំ $360^\circ$ កូនឃ្លីដែក ឬគ្រាប់ពីដាងតូចៗ ( 4.0 g )តាំប៉ុងពណ៌ក្រហម ខៀវ និងខ្មៅ (ដង្កៀបដែក ម៉ែត្របន្ទាត់ជ័រ ឬឈើ) ប្រវែង1 m (ខ្មៅដៃ ក្រដាសមីលីម៉ែត្រ) ឬក្រដាសគូសក្រាប។




*រូបទី៦.៣ រូបភាពបង្ហាញពីសម្ភារពិសោធ*

ខាងក្រោមនេះជាការណែនាំអំពីការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធក្នុងដំណើរការពិសោធ លោកគ្រូ អ្នកគ្រូត្រូវ៖

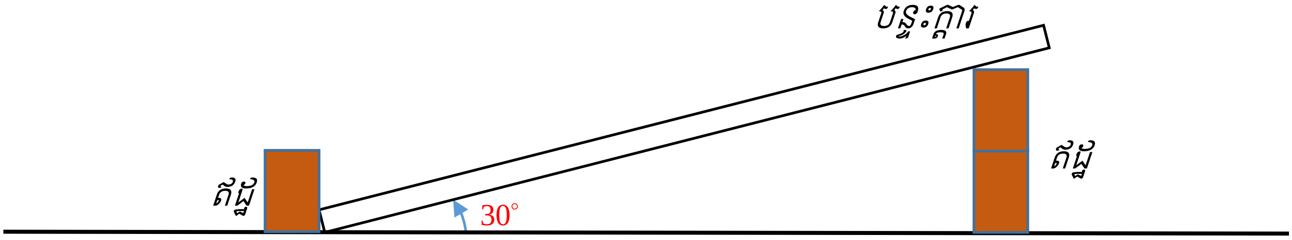
- យកស្កុតបិទផ្ទាំងក្រដាសសភ្ជាប់លើបន្ទះក្តារ និងបិទក្រដាសរង្វាស់មុំនៅជ្រុងផ្នែកក្រោមខាងឆ្វេងនៃផ្ទាំងក្រដាសសនោះ (រូបទី៦.៤)



*រូបទី៦.៤ ផ្ទាំងក្រដាសរង្វាស់មុំបិទលើបន្ទះក្តារ*

យកម៉ែត្រគូសបន្ទាត់ដេកនិងបន្ទាត់ឈរចេញពីផ្ចិតនៃក្រដាសរង្វាស់មុំដោយប្រើខ្មៅដៃ(ឬប៊ិក)

- យកបន្ទះក្តារនោះមកដំឡើងជាប្លង់ទេរ រួចយករ៉ាប៉ទ័រវាស់ឱ្យបានមុំប្លង់ទេរ 30° (លោកគ្រូ អ្នកគ្រូអាចវាស់មុំផ្សេងពីនេះក៏បានដែរ ប៉ុន្តែមុំនេះងាយស្រួលក្នុងការគិតតម្លៃលេខរបស់ស៊ីនុស) ដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៦.៥ ខាងក្រោម

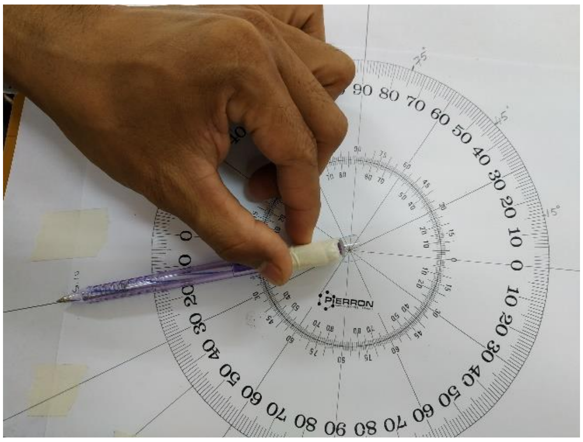



*រូប ៦.៥ ប្លង់ទេរប្រើសម្រាប់បាញ់គ្រាប់*

សម្គាល់៖ *ប្រសិនបើលោកគ្រូ អ្នកគ្រូមានឧបករណ៍ប្លង់ទេរដែលភ្ជាប់មកជាមួយនូវឧបករណ៍វាស់មុំស្រាប់កាន់តែងាយស្រួលក្នុងការដំឡើងសម្ភារពិសោធ។ តុបត់ដែលមាន ផ្ទៃរលោងរាបស្មើអាចប្រើជាប្លង់ទេរបានដែរ។*

- យកកន្ត្រៃកាត់បន្ទះប្លាស្ទិករឹងថ្លា(ទំហំ 1.50 cm x 2.50 cm )
មកបិទភ្ជាប់នឹងតួប៊ិកនៅផ្នែកខាងចុចដោយមិនឱ្យប៉ះជាប់គន្លឹះឡើយ រួចចុចប៊ិក (រូបទី៦.៦)

*រូបទី៦.៦*
*បន្ទះប្លាស្ទិករឹងថ្លាបិទភ្ជាប់នឹងតួ*
*ប៊ិកនៅផ្នែកខាងចុច*




***រូបទី៦.៧*** *ការដាក់ប៊ិក*

- យកកូនឃ្លីដែករមៀលលើតាំប៉ុងដើម្បីឱ្យជាប់ទឹកថ្នាំពណ៌(កុំឱ្យទឹកថ្នាំតោងជាប់ច្រើន) រួចយកដង្កៀបចាប់កូនឃ្លីនោះដាក់ក្នុងបន្ទះប្លាស្ទិកដែលបានបិទភ្ជាប់នឹងប៊ិករួច យ៉ាងណាឱ្យឃ្លីនៅកៀកក្បាលចុចនៃប៊ិក
- យកប៊ិកដែលបានដាក់ឃ្លីនោះទៅដាក់លើប្លង់ទេរនៅកន្លែងក្រដាសវង្វាស់មុំយ៉ាងណាឱ្យផ្ចិតឃ្លីត្រួតនឹងផ្ចិតក្រដាសវង្វាស់មុំនោះ និងអ័ក្សប៊ិកត្រួតស៊ីគ្នានឹងគំនូសបន្ទាត់អានតម្លៃមុំដែលកំណត់មុំបាញ់ $\theta$ ( $15^\circ$, $30^\circ$, $45^\circ$, $60^\circ$, និង $75^\circ$ ) ធៀបនឹងបន្ទាត់ដេក (រូបទី៦.៧)
- ចុចគន្លឹះប៊ិកដើម្បីបាញ់ឃ្លី ឃ្លីគូស ឬផ្ចិតលើក្រដាសសជាគន្លងប៉ារ៉ាបូល ពិនិត្យមើលចំណុចមួយ ដែលគ្រាប់បាញ់ឡើងខ្ពស់បំផុត បន្ទាប់មកយកខ្មៅដៃ (ឬប៊ិក)ដៅចំណាំវា ហើយវាស់កម្ពស់នៃចំណុចដៅនោះដែលជាកម្ពស់ឡើង $H$ (mm) របស់គ្រាប់បាញ់ រួចកត់ត្រាទិន្នន័យចូលក្នុងតារាង។ ធ្វើ២ដងចំពោះករណីមុំនីមួយៗ (លើកទី២ រមៀលឃ្លីដែកលើតាំប៉ុងពណ៌ផ្សេងវិញម្តង គឺផ្លាស់ពណ៌គ្នា)។

សម្គាល់៖ ចំពោះមុំប្លង់ទេរ $\alpha$ និងមុំបាញ់ $\theta$ អាចយកតម្លៃខុសពីការកំណត់ខាងលើក៏បាន។

### ៣. ២. ការកំណត់បញ្ហា

ការកំណត់បញ្ហា គឺជាការបង្កើតនូវសំណួរដែលកើតចេញពីចម្ងល់ទៅលើបាតុភូត ឬហេតុការណ៍អ្វីមួយដែលអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវជួបប្រទះ ឬសង្កេតឃើញ។ សំណួរនោះ គឺជាបញ្ហាដែលជាទិសដៅសម្រាប់ធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ ដូច្នេះ ការកំណត់បញ្ហា (សម្រាប់ធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវ) របស់វត្ថុបំណងពិសោធខាងលើអាចបង្កើតដូចសំណួរខាងក្រោមនេះ៖

***តើអ្នកអាចបង្ហាញគន្លងចលនាគ្រាប់បាញ់ និងទាញរកតម្លៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់បាញ់ព្រមទាំងគណនាកម្រិតល្បឿនរបស់វាដូចម្តេច?***

### ៣.៣. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

សម្មតិកម្មត្រូវបង្កើតឱ្យច្បាស់លាស់ដែលរំពឹងថានឹងត្រូវគាំទ្រដោយពិសោធ។ ដូច្នេះ ការបង្កើតសម្មតិកម្មចំពោះសំណួរដែលមានក្នុងការកំណត់បញ្ហាខាងលើគឺ៖

- បើគេបាញ់វត្ថុមួយលើប្លង់ទេរដោយល្បឿនដើម $\vec{v}_0$ ក្នុងទិសបង្កើតបានមុំ $\theta$ ជាមួយទិសដេក គន្លងចលនាគ្រាប់បាញ់មានរាងជា

ក. ☐ បន្ទាត់

ខ. ☐ ប៉ារ៉ាបូល

គ. ☐ ខ្សែកោងអ៊ីពែបូល

ឃ. ☐ ខ្សែកោងអ៊ិចស្ប៉ូណង់ស្យែល

- ជាមួយនឹងមុំកំណត់ $\alpha$ ណាមួយនៃប្លង់ទេរ វាស់កម្ពស់ឡើង $H$ (ករណីមិនគិតកម្លាំងកកិត ឬកម្លាំងទប់ផ្សេងៗ) តាមបម្រែបម្រួល៖

  ☐ មុំបាញ់ $\theta$

  ☐ តម្លៃល្បឿនដើមនៃគ្រាប់បាញ់ $v_0$

  ☐ សំទុះទំនាញផែនដី $g$

  ☐ គំនិតផ្សេងទៀត

រួចសង់ក្រាប( $H$ - $\sin^2\theta$ ) ប្រើតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាប

ទាញរកតម្លៃល្បឿនដើម $v_{0e}$ នៃគ្រាប់បាញ់បាន។

តម្លៃល្បឿនដើមនៃគ្រាប់បាញ់តាមទ្រឹស្តី $v_{0t} = \sqrt{\frac{2g\sin\alpha}{\sin^2\theta}H}$ និងតាមពិសោធ

$v_{0e}$ ដែលបានរកឃើញ អាចឱ្យយើងគណនាកម្រិតល្អៀងនីមួយៗរបស់វាបាន។

សម្គាល់៖ លោកគ្រូ អ្នកគ្រូត្រូវបង្កើតតម្រុយដែលជាជំនួយក្នុងការបង្កើតសម្មតិកម្មសូមមើលក្នុងសន្លឹកកិច្ចការពិសោធគ្រូ និងសិស្ស។

### ៣.៤. បម្រុងប្រយ័ត្នក្នុងដំណើរការពិសោធ

ត្រូវមានបម្រុងប្រយ័ត្នចំពោះ៖

- មុំនៃប្លង់ទេរអាចប្រែប្រួលខុសពីតម្លៃមុំដែលបានកំណត់ដោយសារតែ ការសង្កត់ខ្លាំងលើបន្ទះក្តារ ជាហេតុធ្វើឱ្យបន្ទះក្តារស្រុតចុះ ផ្អៀង រង្គើ ញ័រ ឬរលំ
- ការកើតមានកម្លាំងកកិត ឬកម្លាំងទប់ផ្សេងៗ ដូចជា កម្លាំងទប់នៃខ្យល់ បន្ទះក្តារមិនរលោងនិងមិនរាបស្មើ ក្រដាសសដែលបិទពុំបានរាបស្មើលើបន្ទះក្តារ ស្កុតបិទនៅចំកន្លែងដែលគ្រាប់បាញ់មានចលនាឆ្លងកាត់ ទឹកថ្នាំតាំប៉ុងនៅជាប់នឹងកូនឃ្លីច្រើនពេក(ពេលរមៀលកូនឃ្លីដែកជាមួយនឹងទឹកតាំប៉ុង).........
- ការដាក់ប៊ិកមិនត្រូវតាមគំនូសបន្ទាត់អានមុំ
- ការវាស់វែង ដូចជា ការវាស់មុំ និងកម្ពស់ឡើងនៃគ្រាប់បាញ់មិនបានល្អ ការអានតម្លៃលេខមិនបានត្រឹមត្រូវ ការដាក់ខ្សែភ្នែកពុំកែងនឹងគំនូសដែលត្រូវវាស់.........
- ការគូសក្រាប ដូចជា ការប្រើខ្មៅដៃដែលមានចុងធំ ការជ្រើសរើសមាត្រដ្ឋានពុំបានសមស្រប ការដៅកូអរដោនេនៃចំណុច និងការគូសក្រាបពុំត្រឹមត្រូវ.........។

### ៣.៥. លទ្ធផលពិសោធ

ត្រង់នេះត្រូវគូសតារាងលទ្ធផលសម្រាប់ដាក់ទិន្នន័យដែលបានពីពិសោធខាងលើ ទោះបីទិន្នន័យរបស់ពិសោធបង្ហាញ ឬពិសោធវាស់វែងក្តី។ ចំពោះទិន្នន័យបែបបរិមាណ អ្នកពិសោធត្រូវអាន ឱ្យបានជាក់លាក់ (ចំនួនលេខមានន័យ) ដើម្បីបានទិន្នន័យដែលអាចទទួលយកបាន ដូចក្នុងពិសោធនៃការវាស់កម្ពស់ឡើង ដោយប្រើឧបករណ៍ (ម៉ែត្របន្ទាត់ដែលមានក្រិតខ្នាតមីលីម៉ែត្រត្រូវអានគិតខ្នាតជាមីលីម៉ែត្រ)។ អ្នកពិសោធអាចដាក់ទិន្នន័យក្នុងតារាងទិន្នន័យ និង គណនានៅជាមួយគ្នាប្រសិនបើ អថេរនៃទិន្នន័យមានចំនួនតិច ឬ ដាក់ដាច់ដោយឡែកពីគ្នាប្រសិនបើអថេរនៃទិន្នន័យនោះមានចំនួនច្រើន។ ខាងក្រោមនេះជាឧទាហរណ៍នៃការគូសបង្ហាញតារាង ៖

- តារាងលទ្ធផល មាន *តារាងទិន្នន័យ និងគណនា* (នៅជាមួយគ្នា)៖ រង្វាស់កម្ពស់ឡើង $H$ តាមមុំបាញ់ $\theta$ នីមួយៗ

| $N$ | $\theta^o$ | $H$(mm) | $\bar{H}$(mm) | $\sin^2\theta$ | $v_{0t}$(m/s) | $v_{0s}$(m/s) | $E$(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 15 | 19.0 | 19.0 | 0.067 | 1.67 | $1.691 \approx 1.69$ | 1.20% |
| | | 19.0 | | | 1.67 | | |
| 2 | 30 | 78.0 | 77.0 | 0.250 | 1.75 | | 3.43% |
| | | 76.0 | | | 1.73 | | 2.31% |
| 3 | 45 | 156 | 153 | 0.500 | 1.75 | | 3.43% |
| | | 150 | | | 1.71 | | 1.17% |
| 4 | 60 | 228 | 228 | 0.750 | 1.73 | | 2.31% |
| | | 228 | | | 1.73 | | |
| 5 | 75 | 265 | 268 | 0.930 | 1.67 | | 1.20% |
| | | 271 | | | 1.69 | | □ 0.00% |
| $g = 9800\ \text{mm.s}^{-2}$ | | | $\text{Sin}\,\alpha = \text{Sin}\,30^\circ = 1/2$ | | $s = 296$ mm | | |

- តារាងលទ្ធផល ដែល *តារាងទិន្នន័យ និងគណនា* (នៅដាច់ដោយឡែកពីគ្នា)
  - *តារាងទិន្នន័យ*៖ រង្វាស់កម្ពស់ឡើង $H$ ចម្ងាយធ្លាក់ $R$ និង រយៈពេលធ្លាក់ $t$ តាមមុំបាញ់នីមួយៗ

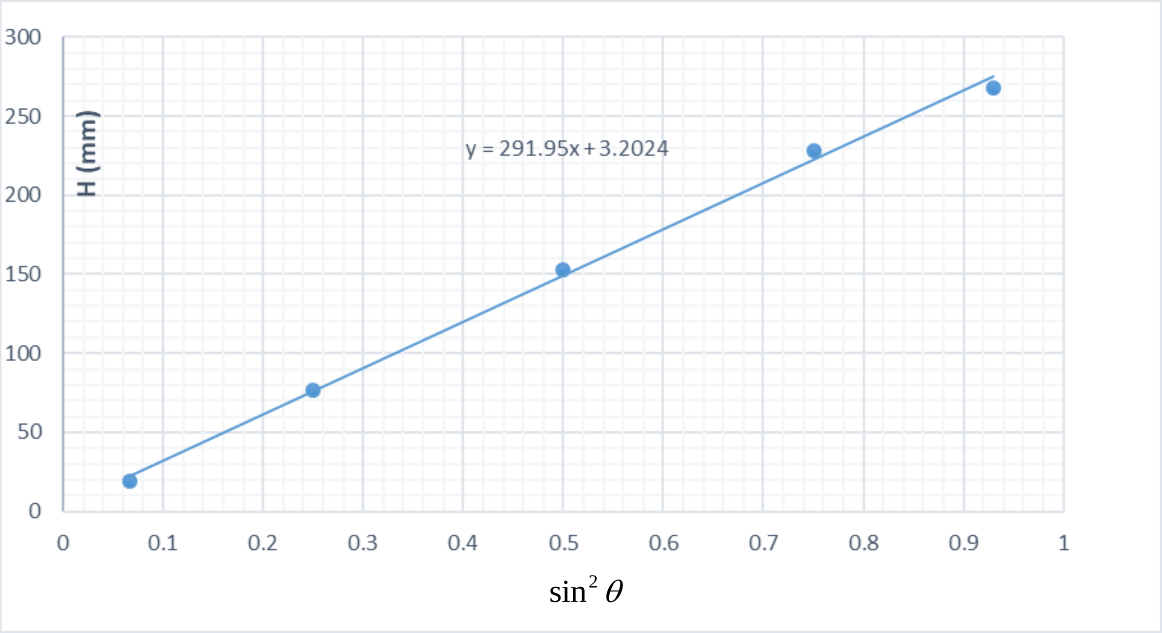
| $N$ | $\theta^o$ | $H$(mm) | | $R$(mm) | | $t$(s) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 15 | | | | | | |
| 2 | 30 | | | | | | |
| 3 | 45 | | | | | | |
| 4 | 60 | | | | | | |
| 5 | 75 | | | | | | |

▪ *តារាងគណនា៖* (ធ្វើការគណនា ដើម្បីបំពេញចូលតារាង)

| $N$ | $\theta^{o}$ | $H$(mm) | $\bar{H}$(mm) | $\sin^2\theta$ | $v_{0t}$(m/s) | $v_{0s}$(m/s) | $E$(%) | $N$ | $\theta^{o}$ | $H$(mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 15 | | | | | | | | | |
| 2 | 30 | | | | | | | | | |
| 3 | 45 | | | | | | | | | |
| 4 | 60 | | | | | | | | | |
| 5 | 75 | | | | | | | | | |

## សំណង់ក្រាប

លោកគ្រូ អ្នកគ្រូត្រូវដឹងថា ទិន្នន័យដែលបានមកពីពិសោធន៍ជាអថេរពីរប្រភេទគឺ អថេរមិនអាស្រ័យ និងអថេរអាស្រ័យ ទើបតាងអថេរទាំងពីរនោះទៅតាមអ័ក្សរបស់វាបានត្រឹមត្រូវ។




សម្គាល់៖

- ចំពោះការគណនា លោកគ្រូ អ្នកគ្រូអាចផ្ដល់ជា *ការគណនាគំរូ* ដើម្បីជួយដល់អ្នកពិសោធឆាប់សម្រេចបាននូវលទ្ធផលពិសោធ។
- ដើម្បីឱ្យការគូសក្រាបពីទិន្នន័យពិសោធបានត្រឹមត្រូវ សូមលោកគ្រូ អ្នកគ្រូប្រើ Excel របស់កម្មវិធី Microsoft Office ។ ប៉ុន្តែភាពជាក់ស្ដែងសិស្សមួយចំនួនពុំមានលទ្ធភាពប្រើកុំព្យូទ័រទេ ដូច្នេះណែនាំឱ្យសង់ក្រាប( $\bar{H}$ - $\sin^2\theta$ លើក្រដាសមីលីម៉ែត្រតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $\bar{H}$ និង $\sin^2\theta$ ) ដែល $\bar{H}$ តាងនៅលើអ័ក្សឈរ( 1ក្រឡាតូច = 2.50 mm ) ហើយ $\sin^2\theta$ តាងនៅលើអ័ក្សដេក ( 1ក្រឡាតូច = 0.01 )។
- បន្ទាត់នៃក្រាបត្រូវគូសយ៉ាងណាឱ្យមានចម្ងាយជិតបំផុតពីគ្រប់ចំណុចទិន្នន័យរួចគណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាបនោះ។ប្រើមេគុណប្រាប់ទិស $s$ ទាញរកតម្លៃល្បឿនដើមតាមពិសោធ $v_{0e}$ ។

បញ្ជាក់៖ ទិន្នន័យខាងលើនេះ បានមកតាមរយៈការធ្វើពិសោធរបស់គរុនិស្សិត(បរិញ្ញាបត្រ+១)ជំនាន់ទី២៦ ក្នុងឆ្នាំសិក្សា២០២១ - ២០២២។

### ៣.៦. សន្និដ្ឋាន

ត្រង់នេះ មុនឱ្យអ្នកពិសោធធ្វើការសន្និដ្ឋាន លោកគ្រូ អ្នកគ្រូត្រូវប្រើប្រាស់សំណួរវិភាគលើលទ្ធផលពិសោធន៍ដើម្បីនាំអ្នកពិសោធសំយោគធ្វើសេចក្ដីសន្និដ្ឋាន។ ខ្លឹមសារនៃសេចក្ដីសន្និដ្ឋានគឺឆ្លើយតបទៅនឹងវត្ថុបំណងនៃពិសោធដែលបានកំណត់ពីខាងដើម។ ក្នុងខ្លឹមសារសន្និដ្ឋាននេះក៏មានការបញ្ជាក់បន្ថែមផងដែរថា តើសម្មតិកម្មដែលបានបង្កើតឡើងត្រូវបានគាំទ្រ ឬមិនគាំទ្រដោយពិសោធន៍។

### ៣.៧. ការវាយតម្លៃ ឬការអនុវត្តជាក់ស្តែង

លោកគ្រូ អ្នកគ្រូត្រូវធ្វើការវាយតម្លៃបន្ថែមដើម្បីពង្រឹង និងពង្រីកចំណេះដឹងសិស្ស(មើលសន្លឹកកិច្ចការពិសោធន៍)។

បញ្ជាក់៖ ត្រង់ចំណុចនេះជាជម្រើសរបស់លោកគ្រូ អ្នកគ្រូ លោកគ្រូ អ្នកគ្រូអាចដាក់បញ្ចូលវាបន្ថែមក៏បាន។

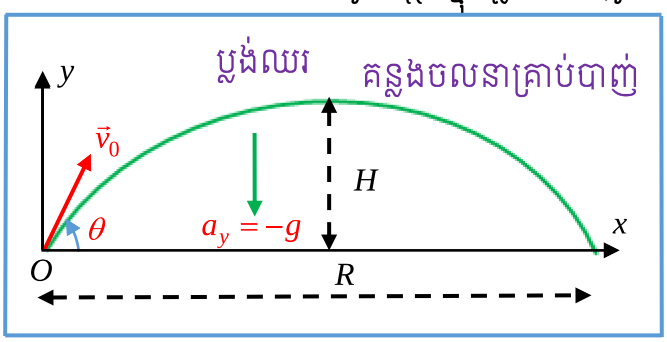
## ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់គ្រូ

### ១. វត្ថុបំណង

- បង្ហាញគន្លងចលនាគ្រាប់បាញ់មានរាងប៉ារ៉ាបូល និងកម្ពស់ឡើង $H$ របស់គ្រាប់បាញ់(ករណីមិនគិតកម្លាំងកកិត ឬកម្លាំងទប់ផ្សេងៗ)អាស្រ័យនឹងមុំបាញ់ $\theta$ បានច្បាស់លាស់តាមរយៈពិសោធ។
- ទាញរកតម្លៃល្បឿនដើម $v_{0e}$ របស់គ្រាប់បាញ់តាមរយៈក្រាប(តាមពិសោធ)និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាបានសមស្រប។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្តី)

- ចលនាគ្រាប់បាញ់គឺជាចលនាដែលគេផ្តល់ឱ្យវត្ថុមួយនូវវ៉ិចទ័រល្បឿនដើមក្នុងទិសដៅជាក់លាក់តាមមធ្យោបាយណាមួយ។ គ្រាប់បាញ់ត្រូវបានគេបាញ់ក្នុងខ្យល់ក្រោមឥទ្ធិពលនៃដែនទំនាញផែនដី $\vec{g}$ (តម្លៃស្តង់ដា $g = 9.80\,\mathrm{m.s^{-2}}$ )ដោយមិនគិតពីកម្លាំងទប់នៃខ្យល់ ឬកម្លាំងកកិតផ្សេងៗលើវា គេសង្កេតឃើញគន្លងនៃចលនារបស់វាមានរាងប៉ារ៉ាបូលស្ថិតក្នុងប្លង់ឈរ (រូបទី៦.១)។




*រូបទី៦.១ . ចលនាគ្រាប់បាញ់ក្នុងប្លង់ឈរ*

- គ្រាប់បាញ់មានចលនាដោយសំទុះ $\vec{a}$ ជាសំទុះទំនាញផែនដី

$$\vec{a} = \vec{g}$$

ឬ $a_y = -g$ (១)

- បង្កុំចលនាត្រង់ស្មើតាមទិសដេក និងចលនាត្រង់ប្រែប្រួលស្មើតាមទិសឈរយើងបានសមីការគន្លងប៉ារ៉ាបូល ។

$$y = (\tan\theta)x - \frac{g}{2v_0^2\cos^2\theta}x^2 \qquad (២)$$

មានរាង $y = cx + bx^2$

- ចម្ងាយធ្លាក់គឺជាចម្ងាយពីចំណុចគ្រាប់បាញ់ចេញទៅចំណុចដែលគន្លងគ្រាប់បាញ់កាត់អ័ក្សដេក។ ចម្ងាយធ្លាក់ $x = R$ ត្រូវនឹង $y = 0$ ពីសមីការ(២) យើងបាន

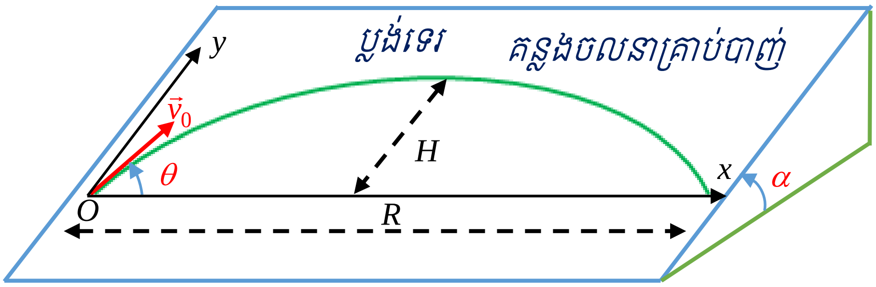
$$R = \frac{v_0^2\, 2\cos\theta\sin\theta}{g} = \left(\frac{v_0^2}{g}\right)\sin 2\theta \qquad (៣)$$

ចម្ងាយធ្លាក់អតិបរមា កាលណា $\sin 2\theta = 1$ ត្រូវនឹងមុំបាញ់ $\theta = 45^\circ$

- កម្ពស់ឡើងដល់ $H$ ជាកម្ពស់នៃចំណុចកំពូលប៉ារ៉ាបូលដែលត្រូវនឹងពាក់កណ្តាលនៃចម្ងាយធ្លាក់ ( ឬត្រូវនឹងល្បឿនតាមទិសឈរស្មើសូន្យ) ។ ពីទំនាក់ទំនងគ្មានពេល ឬទំនាក់ទំនងល្បឿន សំទុះ និងបម្លាស់ទីក្នុងចលនាត្រង់ប្រែប្រួលស្មើ យើងបាន ៖

$$H = \left(\frac{v_0^2}{2g}\right)\sin^2\theta \qquad (៤)$$

ប៉ុន្តែក្នុងពិសោធនេះសិក្សាចលនាគ្រាប់បាញ់នៅលើប្លង់ទេរដែលមានមុំនៃប្លង់ទេរ $\alpha$ ដោយមិនគិតពីកម្លាំងកកិត ឬកម្លាំងទប់ផ្សេងៗ រូបទី៦.២ (ករណីនេះ)។




*រូបទី៦.២ .ចលនាគ្រាប់បាញ់ក្នុងប្លង់ទេរ*

- សំទុះ

$$a_y = -g\sin\alpha \qquad (៥)$$

ដូច្នេះ យើងបានសមីការថ្មី ដោយគ្រាន់តែជំនួសសំទុះទំនាញផែនដី $g$ ដោយ $g\sin\alpha = g'$

- សមីការគន្លង

$$y = (\tan\theta)x - \frac{g\sin\alpha}{2v_0^2\cos^2\theta}x^2 = (\tan\theta)x - \frac{g'}{2v_0^2\cos^2\theta}x^2 \qquad (៦)$$

- ចម្ងាយធ្លាក់

$$R = \left(\frac{v_0^2}{g\sin\alpha}\right)\sin 2\theta = \left(\frac{v_0^2}{g'}\right)\sin 2\theta \qquad (៧)$$

- កម្ពស់ឡើងដល់

$$H = \left(\frac{v_0^2}{2g\sin\alpha}\right)\sin^2\theta = \left(\frac{v_0^2}{2g'}\right)\sin^2\theta \qquad (៨)$$

- ពីសមីការ (៨) ទាញបានទំនាក់ទំនងមេគុណថេរ

$$\frac{v_0^2}{2g\sin\alpha} = \frac{v_0^2}{2g'} = \frac{H}{\sin^2\theta} \qquad (៩)$$

- ប្រើទំនាក់ទំនងមាត្រក្នុងត្រីកោណកែង
- សមីការបន្ទាត់ (អាចតាមតម្រែតម្រង់លីនេអ៊ែរ ប្រសិនបើអាច) $y = y_0 + sx$
- របៀបគូសក្រាប និងការគណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ របស់សមីការ $y = y_0 + sx$ តាមក្រាប

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\%$$

$$E(\%) = \frac{|v_{0t} - v_{0e}|}{v_{0t}} \times 100\%$$

## ៣. ការពិសោធ (វិធីវិទ្យាសាស្ត្រ)

### ៣.១.ជំហានទី១៖ ការកំណត់បញ្ហា

តើអ្នកអាចបង្ហាញគន្លងចលនាគ្រាប់បាញ់ និងទាញរកតម្លៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់បាញ់ ព្រមទាំងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាដូចម្តេច?

### ៣.២.ជំហានទី២៖ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

- បើគេបាញ់វត្ថុមួយលើប្លង់ទេរដោយល្បឿនដើម $\vec{v}_0$ ក្នុងទិសបង្កើតបានមុំ $\theta$ ជាមួយទិសដេកគន្លងចលនាគ្រាប់បាញ់មានរាងជា

ក. ☐ បន្ទាត់

ខ. ☑ ប៉ារ៉ាបូល

គ. ☐ ខ្សែកោងអ៊ីពែបូល

ឃ. ☐ ខ្សែកោងអិចស្ប៉ូណង់ស្យែល

- ជាមួយនឹងមុំកំណត់ $\alpha$ ណាមួយនៃប្លង់ទេរ វាស់កម្ពស់ឡើង $H$ (ករណីមិនគិតកម្លាំងកកិត ឬកម្លាំងទប់ផ្សេងៗ) តាមបម្រែបម្រួល៖

☑ មុំបាញ់ $\theta$

☐ តម្លៃល្បឿនដើម $v_0$ នៃគ្រាប់បាញ់

☐ សំទុះទំនាញដី $g$

☐ គំនិតផ្សេងទៀត

រួចសង់ក្រាប( $H$-$\sin^2\theta$ ) ប្រើតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាប ទាញរកតម្លៃល្បឿនដើម $v_{0e}$ នៃគ្រាប់បាញ់បាន។ តម្លៃល្បឿនដើមនៃគ្រាប់បាញ់តាមទ្រឹស្តី $v_{0t}=\sqrt{\frac{2g\sin\alpha}{\sin^2\theta}H}$ និងតាមពិសោធ $v_{0e}$ ដែលបានរកឃើញ អាចឱ្យយើងគណនាកម្រិតល្អៀងនីមួយៗរបស់វាបាន។

**ចម្លើយ**

កម្ពស់ឡើងដល់ឱ្យដោយទំនាក់ទំនង $H=\left(\frac{v_0^2}{2g'}\right)\sin^2\theta=\left(\frac{v_0^2}{2g\sin\alpha}\right)\sin^2\theta$។ ក្នុងពិសោធនេះ $H$ សមាមាត្រនឹង $\sin^2\theta$ ប្រសិនបើ យើងចាត់ទុកថា $v_0,\alpha,g$ ថេរ។ មេគុណថេរសមាមាត្រនេះអាចសរសេរជា $\frac{v_0^2}{2g\sin\alpha}=\frac{H}{\sin^2\theta}$ នោះតម្លៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់បាញ់តាមទ្រឹស្តី $v_{0t}=\sqrt{\frac{2g\sin\alpha}{\sin^2\theta}H}$។

$s$ ជាមេគុណប្រាប់ទិសនៃក្រាបតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $H$ និង $\sin^2\theta$។ $s$ និង $\frac{v_0^2}{2g\sin\alpha}$ មានតម្លៃ ស្មើគ្នា ទាញរកតម្លៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់បាញ់តាមពិសោធ $v_{0e}=\sqrt{2sg\sin\alpha}$ នោះកម្រិតល្អៀងដែលត្រូវនឹងមុំបាញ់ $\theta$ នីមួយៗគឺ $E(\%)=\frac{|v_{0t}-v_{0e}|}{v_{0t}}\times100\%$។

### ៣.៣. ជំហានទី៣៖ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម ឬពិសោធ

#### ៣.៣.១. តម្រូវការសម្ភារ

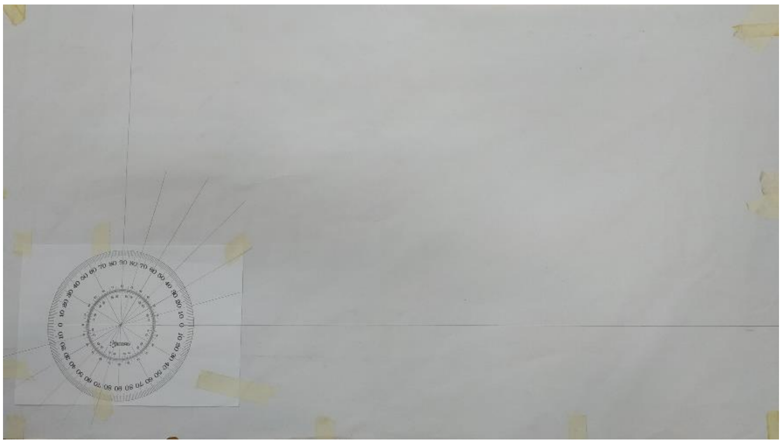
បន្ទះក្តារផ្ទៃរាបស្មើទំហំ 40 cm x 80 cm កម្រាស់ 1 cm ឥដ្ឋតាន់ 4 ដុំ ផ្ទាំងក្រដាសសទំហំ 40 cm x 80 cm ប៊ិកចុចមានគន្លឹះ បន្ទះប្លាស្ទិករឹងថ្លា កន្ត្រៃ ស្កុត វ៉ាប៉ទ័រ ក្រដាសរង្វាស់មុំ $360^\circ$ កូនឃ្លីដែក

( 4.0 g ) តាំប៉ុងព៌ណក្រហម ខៀវ និងខ្មៅ (ដង្កៀបដែក ម៉ែត្របន្ទាត់ជ័រ ឬឈើ) ប្រវែង 1 m ខ្មៅដៃ ក្រូណូម៉ែត្រ (Stopwatch) ក្រដាសមីលីម៉ែត្រ ឬក្រដាសគូសក្រាប។

សម្គាល់៖ ប្រសិនបើមានឧបករណ៍ប្លង់ទេរ កាន់តែងាយស្រួលក្នុងការដំឡើងសម្ភារពិសោធ។

*រូបទី៦. ៣ រូបភាពបង្ហាញពីសម្ភារពិសោធ*

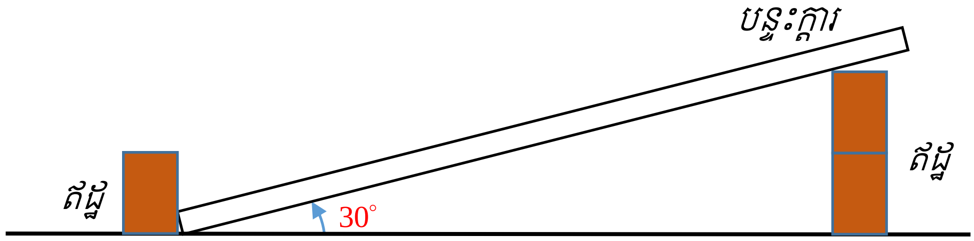
### ៣.៣.២. ការដំឡើងសម្ភារ និងដំណើរការពិសោធ



*រូបទី៦.៤ ផ្ទាំងក្រដាសវង្វាស់មុំបិទលើបន្ទះក្តារ*

- យកស្កុតបិទផ្ទាំងក្រដាសសភ្ជាប់លើបន្ទះក្តារ និងបិទក្រដាសមុំនៅផ្នែកខាងក្រោមជ្រុងខាងឆ្វេងរបស់ផ្ទាំងក្រដាសសនោះ (រូបទី៦.៤)
- យកម៉ែត្រគូសបន្ទាត់ដេក និងបន្ទាត់ឈរចេញពីផ្ចិតនៃក្រដាសមុំដោយប្រើខ្មៅដៃ

- យកបន្ទះក្តារនោះមកដំឡើងជាប្លង់ទេរ រួចយករ៉ាប៉ទ័រវាស់ឱ្យបានមុំប្លង់ទេរ $30^{\circ}$ ដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៦.៥ខាងក្រោម




*រូបទី៦.៥ ប្លង់ទេរដែលត្រូវដំឡើងសម្រាប់បាញ់គ្រាប់*

- យកកន្ទ្រែកាត់បន្ទះប្លាស្ទិករឹងថ្លា ( ទំហំ 1.50 cm x 2.50 cm ) មកបិទភ្ជាប់នឹងតួប៊ិកនៅផ្នែកខាងចុចដោយមិនឱ្យប៉ះជាប់គន្លឹះឡើយ រួចចុចប៊ិក
- យកកូនឃ្លីដែករមៀលលើតាំប៉ុងឱ្យជាប់ទឹកថ្នាំព៌ណរួចយកដង្កៀបចាប់កូនឃ្លីនោះដាក់ក្នុងបន្ទះប្លាស្ទិកដែលបិទភ្ជាប់ប៊ិករួចយ៉ាងណាឱ្យឃ្លីនៅកៀកក្បាលចុចនៃប៊ិក
- យកប៊ិកដែលបានដាក់ឃ្លីនោះទៅដាក់លើប្លង់ទេរនៅកន្លែងក្រដាសមុំយ៉ាងណាឱ្យផ្ចិតឃ្លីត្រួតនឹងផ្ចិតក្រដាសមុំនិងអ័ក្សប៊ិកត្រួតស៊ីគ្នានឹងគំនូសបន្ទាត់កំណត់មុំបាញ់ $\theta$ ( $15^{\circ}$, $30^{\circ}$, $45^{\circ}$, $60^{\circ}$, និង $75^{\circ}$ )ធៀបនឹងបន្ទាត់ដេក
- ចុចគន្លឹះប៊ិកដើម្បីបាញ់ឃ្លី ឃ្លីគូស ឬផ្ចិតលើក្រដាសសជាគន្លងប៉ារ៉ាបូល ពិនិត្យមើលចំណុចមួយដែលគ្រាប់បាញ់ឡើងខ្ពស់បំផុត និងចំណុចមួយ( ចម្ងាយធ្លាក់ )ដែលកាត់អ័ក្សដេក
- វាស់កម្ពស់ឡើង $H$ (mm) រួចកត់ត្រាទិន្នន័យចូលក្នុងតារាង។ ចំពោះមុំនីមួយៗ ធ្វើការបាញ់២ដង
- សង់ក្រាបលើក្រដាសមីលីម៉ែត្រតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $H$ និង $\sin^2\theta$ ដែល $H$ តាងនៅលើអ័ក្សឈរ និង $\sin^2\theta$ តាងនៅលើអ័ក្សដេក។ បន្ទាត់ត្រូវគូសយ៉ាងណាឱ្យមានចម្ងាយជិតបំផុតពីគ្រប់ចំណុចទិន្នន័យ
- គណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាប ទាញរកល្បឿនដើម $v_{0e}$ របស់គ្រាប់បាញ់តាមពិសោធ និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វា $E(\%)=\dfrac{|v_{0t}-v_{0e}|}{v_{0t}}\times 100\%$ ។

## ៣ .៤.ជំហានទី៤ ៖ លទ្ធផល

★តារាងលទ្ធផល រង្វាស់កម្ពស់ឡើង ( តារាងទិន្នន័យ និងគណនា )

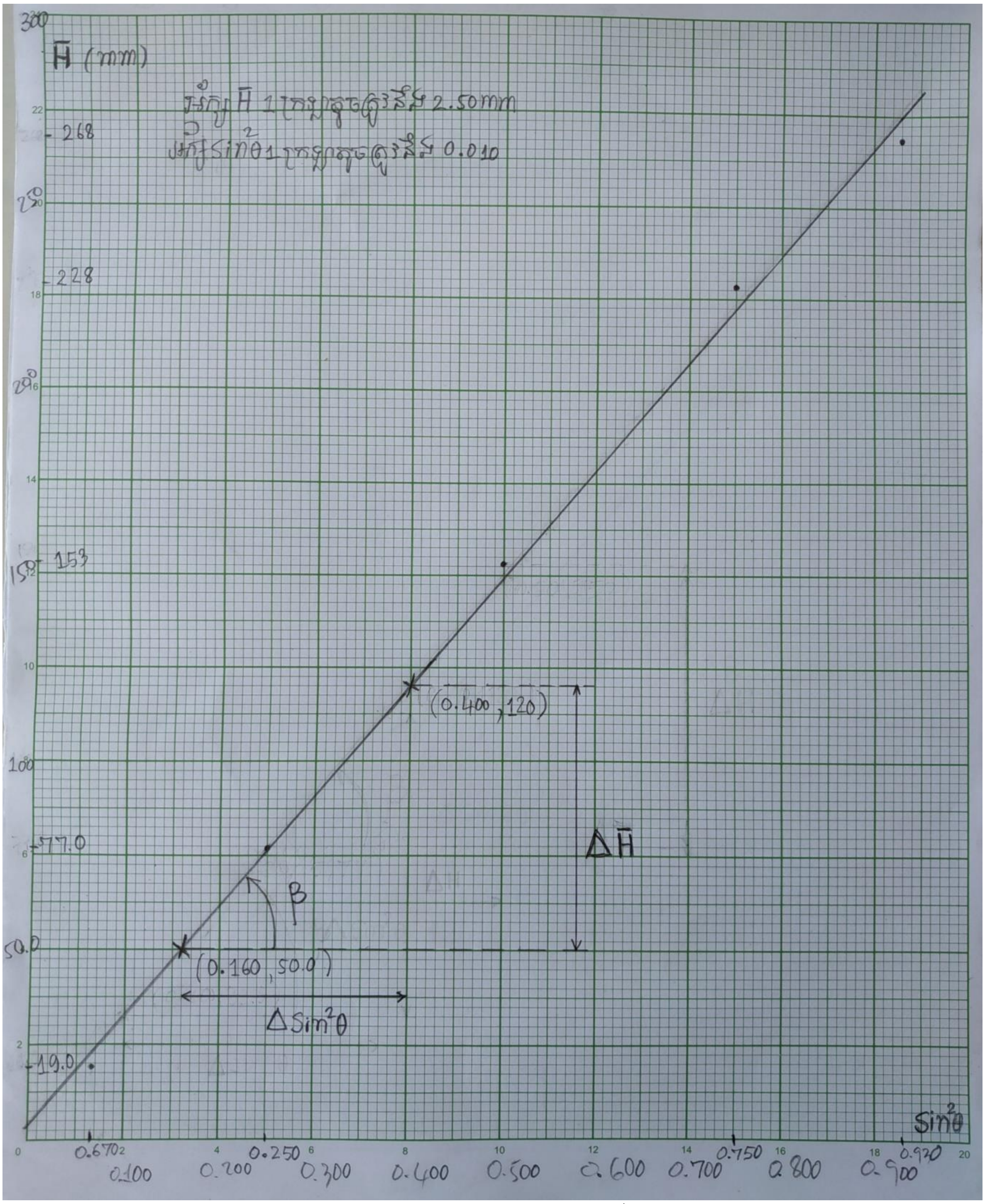
| $N$ | $\theta°$ | $H$(mm) | $\bar{H}$(mm) | $\sin^2\theta$ | $v_{0t}$(m/s) | $v_{0s}$(m/s) | $E(\%)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 15 | 19.0 | 19.0 | 0.067 | 1.67 | 1.691 ≈ 1.69 | 1.20% |
| | | 19.0 | | | 1.67 | | |
| 2 | 30 | 78.0 | 77.0 | 0.250 | 1.75 | | 3.43% |
| | | 76.0 | | | 1.73 | | 2.31% |
| 3 | 45 | 156 | 153 | 0.500 | 1.75 | | 3.43% |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 150 | | | 1.71 | | 1.17% |
| 4 | 60 | 228 | 228 | 0.750 | 1.73 | | 2.31% |
| | | 228 | | | 1.73 | | |
| 5 | 75 | 265 | 268 | 0.930 | 1.67 | | 1.20% |
| | | 271 | | | 1.69 | | □ 0.00% |
| $g = 9800\ \text{mm.s}^{-2}$ | | | $\text{Sin}\,\alpha = \text{Sin}\,30^\circ = 1/2$ | | $s = 292\ \text{mm}$ | | |

★ ការគណនាគំរូ

- គណនាតម្លៃដូចការគណនាគំរូខាងក្រោមចំពោះមុំបាញ់នីមួយៗ រួចបំពេញចូលក្នុងតារាងខាងលើ
  - ▪ ចំពោះមុំបាញ់ $\theta = 15^\circ$
    - $\bar{H} = \dfrac{H_1 + H_2}{2} = \dfrac{19\ \text{mm} + 19\ \text{mm}}{2} = 19\ \text{mm}$
    - $\sin^2\theta = ........$
  - ▪ ចំពោះមុំបាញ់ $\theta = 30^\circ$
    - ...
    - ...
- សង់ក្រាប( $\bar{H}$ - $\sin^2\theta$ )លើក្រដាសមីលីម៉ែត្រតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $\bar{H}$ និង $\sin^2\theta$ ដែល $\bar{H}$ តាងនៅលើអ័ក្សឈរ( 1ក្រឡាតូច = 2.50 mm )ហើយ $\sin^2\theta$ តាងនៅលើអ័ក្សដេក ( 1ក្រឡាតូច = 0.01 ) រួចគណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាប។

▪ សំណង់ក្រាប




▪ មេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដែលសមបំផុតនឹងទិន្នន័យដែលទទួលបានពីពិសោធគឺ

$$s = \tan\beta = \frac{\Delta\bar{H}}{\Delta\sin^2\theta} = \frac{120 - 50.0}{0.400 - 0.160} = 292 \text{ mm}$$

- ដោយស្គាល់តម្លៃ $g = 9.80\,\text{m.s}^{-2}$ និង $\sin\alpha = \sin 30^\circ$

ប្រើតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាបដើម្បីគណនាតម្លៃល្បឿនដើមគ្រាប់បាញ់

$$v_{0e} = \sqrt{2sg\sin\alpha} = \sqrt{(292\text{ mm})(9800\text{ mm/s}^2)} = 1.6916\text{ m/s} \approx 1.69\text{ m/s}$$

- តាមទ្រឹស្តី

  តម្លៃល្បឿនដើមគ្រាប់បាញ់តាមករណីមុំបាញ់ $\theta$ នីមួយៗឱ្យដោយទំនាក់ទំនង

  $v_{0t}=\sqrt{\frac{2g\sin\alpha}{\sin^2\theta}H}$ ឬ $v_{0t}=\sqrt{\frac{g}{\sin^2\theta}H}$ (ជំនួសមុំប្លង់ទេរបួច)មានតម្លៃ៖

  ▪ ចំពោះ $\theta=15^\circ$ : $v_{0t1}=\sqrt{\frac{9800\ \text{mm/s}^2}{\left(\sin15^\circ\right)^2}19.0\ \text{mm/s}}=1.67\ \text{m/s}$

  ▪ ចំពោះ $\theta=30^\circ$ : $v_{0t2}=1.75\ \text{m/s}$ និង $v_{0t2}=1.73\ \text{m/s}$

  ▪ ចំពោះ $\theta=45^\circ$ : $v_{0t3}=1.75\ \text{m/s}$ និង $v_{0t3}=1.71\ \text{m/s}$

  ▪ ចំពោះ $\theta=60^\circ$ : $v_{0t4}=1.73\ \text{m/s}$

  ▪ ចំពោះ $\theta=75^\circ$ : $v_{0t5}=1.67\ \text{m/s}$ និង $v_{0t5}=1.69\ \text{m/s}$

- ប្រៀបធៀបតម្លៃល្បឿនដើមនៃគ្រាប់បាញ់ទាំងនេះទៅនឹងតម្លៃល្បឿនដើមនៃគ្រាប់បាញ់ដែលបានមកពីពិសោធ រួចគណនាកម្រិតល្អៀងជាភាគរយ( $E(\%)$ )។

  ▪ ចំពោះ $\theta=15^\circ$

  $$E(\%)=\frac{|v_{0t}-v_{0e}|}{v_{0t}}\times100\%=\frac{|1.67\ \text{m/s}-1.69\ \text{m/s}|}{1.67\ \text{m/s}}\times100\%=1.20\%$$

  ▪ ចំពោះមុំផ្សេងទៀត...

### ៣ .៥.ជំហានទី៥៖ ការវិភាគ និងការទាញសេចក្តីសន្និដ្ឋាន

១. ពិសោធរបស់អ្នកក្នុងករណីមុំបាញ់នីមួយៗ តើអ្នកសង្កេតឃើញគន្លងគ្រាប់បាញ់មានរាងដូចម្តេច?

ចម្លើយ ៖ ពិសោធរបស់អ្នកក្នុងករណីបាញ់ យើងសង្កេតឃើញគន្លងគ្រាប់បាញ់មានរាងប៉ារ៉ាបូល ។

២. ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធរបស់អ្នក

ក. នៅពេលមុំបាញ់ $\theta$ កើនឡើង តើកម្ពស់ឡើង $H$ របស់គ្រាប់បាញ់មានតម្លៃយ៉ាងដូចម្តេច?

**ចម្លើយ** ៖ កម្ពស់ឡើង $H$ របស់គ្រាប់បាញ់មានតម្លៃកើនឡើងជាមួយនឹងមុំបាញ់ $\theta$ ។

ខ. តើកម្ពស់ឡើង $H$ របស់គ្រាប់បាញ់អាស្រ័យនឹងអ្វី?

**ចម្លើយ** ៖ កម្ពស់ឡើង $H$ របស់គ្រាប់បាញ់អាស្រ័យនឹងមុំបាញ់ $\theta$ ។

គ. តើល្បឿនរបស់របស់គ្រាប់បាញ់ក្នុងករណីមុំបាញ់នីមួយមានតម្លៃស្មើគ្នាដែរឬទេ ?

**ចម្លើយ** ៖ តម្លៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់បាញ់ក្នុងករណីមុំបាញ់នីមួយៗមានតម្លៃប្រហាក់ប្រហែលគ្នា ឬស្មើគ្នា ។

ឃ. តើកម្រិតល្អៀងនៃ( $E(\%)$ )តម្លៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់បាញ់ក្នុងករណីមុំបាញ់នីមួយៗមានតម្លៃដូចម្តេច? បើប្រៀបធៀបជាមួយនឹងតម្លៃកម្រិតល្អៀង $5\%$ ។

**ចម្លើយ** ៖ កម្រិតល្អៀងនៃតម្លៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់បាញ់ក្នុងករណីមុំបាញ់នីមួយៗមានតម្លៃតូចជាង $5\%$ ។

សម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រ ឬទាត់ចោលដោយពិសោធ?

សម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធ។

៣. យោងតាមលទ្ធផលពិសោធ តើអ្នកអាចសន្និដ្ឋានបានដូចម្តេច?

យោងតាមលទ្ធផលពិសោធ យើងអាចសន្និដ្ឋានថា នៅលើប្លង់ទេរដែលមានមុំកំណត់ណាមួយ កាលណា គេបាញ់វត្ថុមួយដោយល្បឿនដើម $\vec{v}_0$ ដែលមានតម្លៃថេរក្នុងទិសបង្អើតបានមុំ $\theta$ ជាមួយទិសដេក គន្លងចលនារបស់គ្រាប់បាញ់មានរាងប៉ារ៉ាបូល និងកម្ពស់ឡើងអាស្រ័យនឹងមុំបាញ់ $\theta$ ដូចក្នុងប្លង់ឈរដែរ។ កម្រិតល្អៀងនៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់ តាម(ជាភាគរយ)ពិសោធ 5% តូចជាងនោះសម្មតិកម្មត្រូវបាន គាំទ្រដោយពិសោធ ។

## ៤. ការវាយតម្លៃ ឬការអនុវត្តជាក់ស្តែង

១. តើល្អៀងក្នុងពិសោធនេះបណ្តាលមកពីអ្វី?

ល្អៀងក្នុងពិសោធនេះបណ្តាលមកពី៖

មុំនៃប្លង់ទេរអាចប្រែប្រួលខុសពីតម្លៃមុំដែលបានកំណត់ដោយសារតែ ការសង្កត់ខ្លាំងលើបន្ទះក្តារជាហេតុធ្វើ ឱ្យបន្ទះក្តារស្រុតចុះ ផ្អៀង វេង្គ ញ័រ ឬរលំ ។

- ការកើតមានកម្លាំងកកិត ឬកម្លាំងទប់ផ្សេងៗ ដូចជា កម្លាំងទប់នៃខ្យល់ បន្ទះក្តារមិនរលោង និងមិនរាបស្មើ ក្រដាសសដែលបិទពុំបានរាបស្មើលើបន្ទះក្តារ ស្កុតបិទនៅចំកន្លែងដែលគ្រាប់ បាញ់មានចលនាឆ្លងកាត់ទឹកថ្នាំតាំប៉ុងនៅជាប់នឹងកូនឃ្លីច្រើនពេក(ពេលរមៀលកូនឃ្លីដែកជាមួយ នឹងទឹកតាំប៉ុង)………
- ការដាក់ប៊ិកមិនត្រូវតាមគំនូសបន្ទាត់អានមុំ
- ការវាស់វែង ដូចជា ការវាស់មុំ និងកម្ពស់ឡើងនៃគ្រាប់បាញ់មិនបានល្អ ការអានតម្លៃលេខមិន បានត្រឹមត្រូវ ការដាក់ខ្សែក្អែកពុំកែងនឹងគំនូសដែលត្រូវវាស់………
- ការគូសក្រាប ដូចជា ការប្រើខ្មៅដៃដែលមានចុងធំ ការជ្រើសរើសមាត្រដ្ឋានពុំបានសមស្រប ការដៅកូអរដោនេនៃចំណុច និងការគូសក្រាបពុំត្រឹមត្រូវ………។

២. តាមការពិសោធដែលបានធ្វើខាងលើ សូមពិនិត្យលើចម្ងាយធ្លាក់ តើចម្ងាយធ្លាក់នៃគ្រាប់បាញ់មានតម្លៃ ដូចម្តេចចំពោះមុំបាញ់ពីរបំពេញគ្នា។

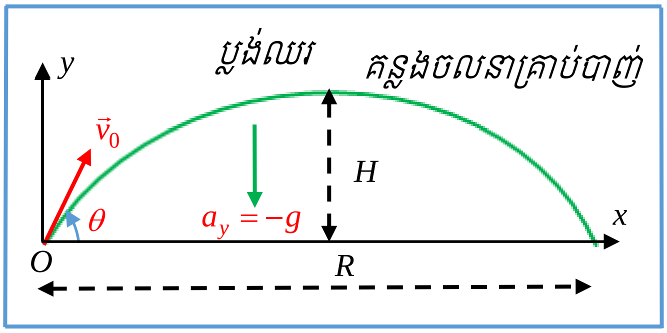
ចំពោះមុំបាញ់ពីរបំពេញគ្នា ចម្ងាយធ្លាក់នៃគ្រាប់បាញ់មានតម្លៃស្មើគ្នា។

# ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់សិស្ស

## ១. ទត្ថុបំណង

- បង្ហាញគន្លងចលនាគ្រាប់បាញ់មានរាងប៉ារ៉ាបូល និងកម្ពស់ឡើង $H$ របស់គ្រាប់បាញ់ អាស្រ័យនឹងមុំបាញ់ $\theta$ បានច្បាស់លាស់តាមរយៈពិសោធ
- ទាញរកតម្លៃល្បឿនដើម $v_{0e}$ របស់គ្រាប់បាញ់តាមរយៈក្រាប(តាមពិសោធ)(ករណីមិនគិតកម្លាំងកកិត ឬកម្លាំងទប់ផ្សេងៗ) និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាបានសមស្រប។

## ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)




រូបទី៦.១ . ចលនាគ្រាប់បាញ់ក្នុងប្លង់ឈរ

- សំទុះនៃចលនាគ្រាប់បាញ់ជាសំទុះទំនាញផែនដី

$$\vec{a} = \vec{g}$$

ឬ $$a_y = -g \qquad (១)$$

- បង្កុំចលនាត្រង់ស្មើតាមទិសដេក និងចលនាត្រង់ប្រែប្រួលស្មើតាមទិសឈរ យើងបានសមីការគន្លងប៉ារ៉ាបូល

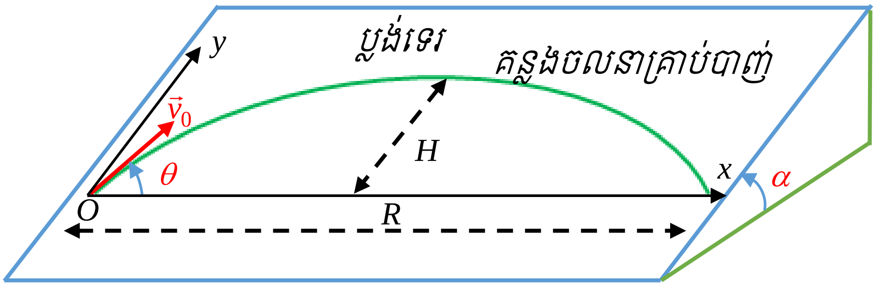
$$y = (\tan\theta)x - \frac{g}{2v_0^2\cos^2\theta}x^2 \qquad (២)$$

មានរាង $y = ax + bx^2$

- កម្ពស់ឡើងអតិបរមារបស់គ្រាប់បាញ់

$$H = \left(\frac{v_0^2}{2g}\right)\sin^2\theta \qquad (៣)$$

ប៉ុន្តែក្នុងពិសោធនេះសិក្សាចលនាគ្រាប់បាញ់នៅលើប្លង់ទេរដែលមានមុំទេរ $\alpha$ ដោយមិនគិតពីកម្លាំងកកិត ឬកម្លាំងទប់ផ្សេងៗ ដូចរូបទី៦.២។ ករណីនេះ




រូបទី៦.២ ចលនាគ្រាប់បាញ់ក្នុងប្លង់ទេរ

- សំទុះ

$$a_y = -g\sin\alpha \qquad (៥)$$

ហេតុនេះ គេនឹងបានសមីការថ្មី ដោយគ្រាន់តែជំនួសសំទុះទំនាញផែនដី $g$ ដោយ $g\sin\alpha = g'$

- សមីការគន្លង

$$y = (\tan\theta)x - \frac{g\sin\alpha}{2v_0^2\cos^2\theta}x^2 = (\tan\theta)x - \frac{g'}{2v_0^2\cos^2\theta}x^2 \qquad (៦)$$

- កម្ពស់ឡើង

$$H = \left(\frac{v_0^2}{2g\sin\alpha}\right)\sin^2\theta = \left(\frac{v_0^2}{2g'}\right)\sin^2\theta \qquad (៧)$$

- ពីសមីការ (៧) និង (៨) ទាញបានទំនាក់ទំនងមេគុណថេរ

$$\frac{v_0^2}{2g\sin\alpha} = \frac{v_0^2}{2g'} = \frac{H}{\sin^2\theta} \qquad (៨)$$

- សំទុះទំនាញផែនដី(តម្លៃស្តង់ដា) $g = 9.80\ \mathrm{m.s^{-2}}$
- ប្រើទំនាក់ទំនងមាត្រក្នុងត្រីកោណ
- របៀបគូសក្រាប និងការគណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ របស់សមីការ $y = y_0 + sx$ តាមក្រាប

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\%$$

$$\%E = \frac{|v_{0t} - v_{0e}|}{v_{0t}} \times 100\%$$

## ៣. ការពិសោធ (វិធីវិទ្យាសាស្ត្រ)

### ៣.១. ជំហានទី១៖ ការកំណត់បញ្ហា

តើអ្នកអាចបង្ហាញគន្លងចលនាគ្រាប់បាញ់ និងទាញរកតម្លៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់បាញ់ ព្រមទាំងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាបានដោយវិធីណា?

### ៣ .២.ជំហានទី២៖ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

- បើគេបាញ់វត្ថុមួយលើប្លង់ទេរដោយល្បឿនដើម $\vec{v}_0$ ក្នុងទិសបង្កើតបានមុំ $\theta$ ជាមួយទិសដេក គន្លងចលនាគ្រាប់បាញ់មានរាងជា

ក. ☐ បន្ទាត់

ខ. ☐ ប៉ារ៉ាបូល

គ. ☐ ខ្សែកោងអ៊ីពែបូល

ឃ. ☐ ខ្សែកោងអិចស្ប៉ូណង់ស្យែល

- ជាមួយនឹងមុំកំណត់ $\alpha$ ណាមួយនៃប្លង់ទេរ

  និងជាមួយនឹងមុំបាញ់ $\theta$ នីមួយៗ(ករណីមិនគិតកម្លាំងកកិត ឬកម្លាំងទប់ផ្សេងៗ) វាស់កម្ពស់ឡើងអតិបរមា $H$ រួចសង់ក្រាប( $H$ - $\sin^2\theta$ )ប្រើតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាបទាញរកតម្លៃ

ល្បឿនដើមនៃគ្រាប់បាញ់ $v_0 = v_{0e}$ បាន។

តម្លៃល្បឿនដើមនៃគ្រាប់បាញ់តាមទ្រឹស្តី $v_{0t} = \sqrt{\frac{2g\sin\alpha}{\sin^2\theta}H}$

និងតាមពិសោធ $v_{0e}$ ដែលបានរកឃើញ អាចឱ្យយើងគណនាកម្រិតល្អៀងនីមួយៗរបស់វាបាន។

**គម្រុយ**

កម្ពស់ឡើងអតិបរមាឱ្យដោយទំនាក់ទំនង $H = \left(\frac{v_0^2}{2g\sin\alpha}\right)\sin^2\theta$ ។ ក្នុងពិសោធនេះ $H$ សមាមាត្រនឹង..........................ប្រសិនបើ យើងចាត់ទុកថា ..........................................ថេរ។ មេគុណថេរសមាមាត្រនេះអាចសរសេរជា $\frac{v_0^2}{2g\sin\alpha} = \frac{H}{\sin^2\theta}$ នោះតម្លៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់បាញ់តាមទ្រឹស្តី........ .......................... ...........។ $s$ ជាមេគុណប្រាប់ទិសនៃក្រាបតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $H$ និង $\sin^2\theta$ ។ $s$ និង $\frac{v_0^2}{2g\sin\alpha}$ មានតម្លៃ..........................ទាញរកតម្លៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់បាញ់តាមពិសោធន៍.............................

នោះភាគរយកម្រិតល្អៀងដែលត្រូវនឹងមុំបាញ់នីមួយៗគឺ.....................................................។

## ៣ .៣.ជំហានទី៣៖ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម ឬពិសោធ

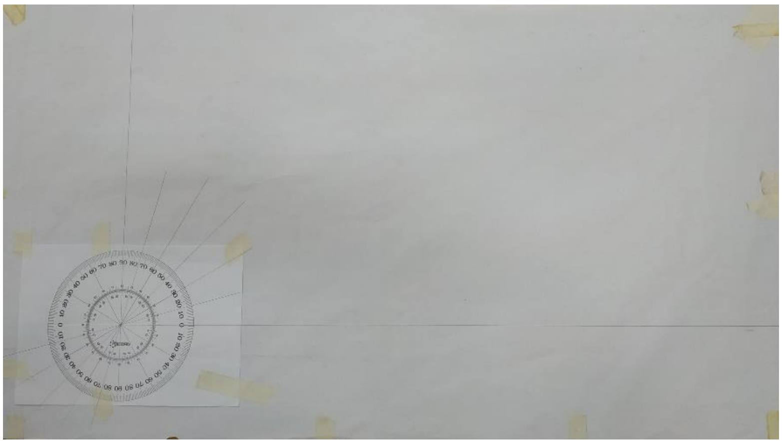
### ៣.៣.១. គម្រូវការសម្ភារ

បន្ទះក្តារ( ផ្ទៃរាបស្មើទំហំ 40 cm x 80 cm កម្រាស់ 1 cm ) ឥដ្ឋតាន់ 4 ដុំ ផ្ទាំងក្រដាសស ( ទំហំ 40 cm x 80 cm ) ប៊ិកចុចមានគន្លឹះ បន្ទះប្លាស្ទិករឹងថ្លា កន្ត្រៃ ស្កុត រ៉ាប៉ទ័រ ក្រដាសរង្វាស់មុំ 360° កូនឃ្លីដែក ( 4.0 g )តាំប៉ុង (ពណ៌ក្រហម ខៀវ និងខ្មៅ) ដង្កៀបដែក ម៉ែត្របន្ទាត់ជ័រ ឬឈើ )ប្រវែង 1 m ( ខ្មៅដៃ ក្រួណូម៉ែត្រ ) Stopwatch ក្រដាស (មីលីម៉ែត្រ ឬក្រដាសគូសក្រាប ) ។

សម្គាល់៖ ប្រសិនបើមានឧបករណ៍ប្លង់ទេរ កាន់តែងាយស្រួលក្នុងការដំឡើងសម្ភារពិសោធ។

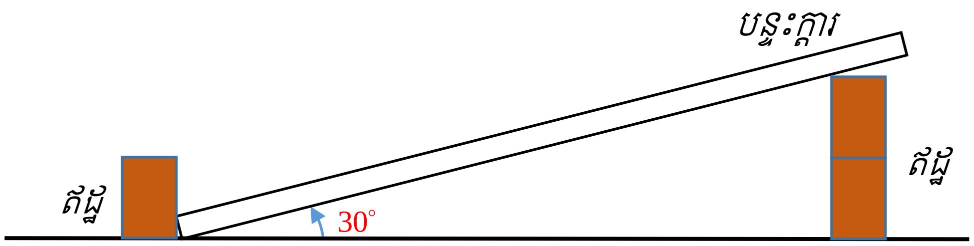
***រូបទី៦ .៧*** *រូបភាពបង្ហាញពីសម្ភារពិសោធ*

### ៣.៣.២. ការដំឡើងសម្ភារៈ និងដំណើរការពិសោធ



***រូបទី៦.៤*** *ក្រដាសមុំ និងផ្ទាំងក្រដាសសបិទលើបន្ទះក្តារ*

- យកស្កុតបិទផ្ទាំងក្រដាសសភ្ជាប់លើបន្ទះក្តារ និងបិទក្រដាសមុំនៅផ្នែកខាងក្រោមជ្រុងខាងឆ្វេងរបស់ផ្ទាំងក្រដាសសនោះ (រូបទី៦.៤)
- គូសបន្ទាត់ដេក និងបន្ទាត់ឈរចេញពីផ្ចិតនៃក្រដាសមុំដោយប្រើខ្មៅដៃ
- យកបន្ទះក្តារនោះមកដំឡើងជាប្លង់ទេរ រួចយករ៉ាប៉ូទ័រវាស់ឱ្យបានមុំប្លង់ទេរ $30^\circ$ ដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៦.៥ខាងក្រោម




*រូបទី៦.៥ ប្លង់ទេរដែលត្រូវដំឡើងសម្រាប់គ្រាប់បាញ់*

- យកកន្ត្រៃកាត់បន្ទះប្លាស្ទិករឹងថ្លា( ទំហំ 1.50 cm x 2.50 cm) មកបិទភ្ជាប់នឹងតួប៊ិកនៅផ្នែកខាងចុចដោយមិនឱ្យប៉ះជាប់គន្លឹះឡើយ រួចចុចប៊ិក
- យកកូនឃ្លីដែករមៀលលើតាំប៉ុងឱ្យជាប់ទឹកថ្នាំព៌ណ រួចយកដង្កៀបចាប់កូនឃ្លីនោះដាក់ក្នុងបន្ទះប្លាស្ទិកដែលបិទភ្ជាប់ប៊ិករួចយ៉ាងណាឱ្យឃ្លីនៅកៀកក្បាលចុចនៃប៊ិក
- យកប៊ិកដែលបានដាក់ឃ្លីនោះទៅដាក់លើប្លង់ទេរនៅកន្លែងក្រដាសមុំយ៉ាងណាឱ្យផ្ចិតឃ្លីត្រួតនឹងផ្ចិតក្រដាសមុំនិងអ័ក្សប៊ិកត្រួតស៊ីគ្នានឹងគំនូសបន្ទាត់កំណត់មុំបាញ់ $\theta$ ( $15^\circ$, $30^\circ$, $45^\circ$, $60^\circ$, និង $75^\circ$ )ធៀបនឹងបន្ទាត់ដេក
- ចុចគន្លឹះប៊ិកដើម្បីបាញ់ឃ្លី ឃ្លីគូស ឬផ្ចិតលើក្រដាសសជាគន្លងប៉ារ៉ាបូល ពិនិត្យមើលចំណុចមួយដែលគ្រាប់បាញ់ឡើងខ្ពស់បំផុត និងចំណុចមួយ( ចម្ងាយធ្លាក់ )ដែលកាត់អ័ក្សដេក
- វាស់កម្ពស់ឡើង $H$ (mm) រួចកត់ត្រាទិន្នន័យចូលក្នុងតារាង។ ចំពោះមុំនីមួយៗ ធ្វើការបាញ់ ២ដង
- សង់ក្រាបលើក្រដាសមីលីម៉ែត្រតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $H$ និង $\sin^2\theta$ ដែល $H$ តាងនៅលើអ័ក្សឈរ ចំណែកឯ $\sin^2\theta$ តាងនៅលើអ័ក្សដេក។ បន្ទាត់ត្រូវគូសយ៉ាងណាឱ្យមានចម្ងាយជិតបំផុតពីគ្រប់ចំណុចទិន្នន័យ
- គណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាប ទាញរកល្បឿនដើម $v_{0e}$ របស់គ្រាប់បាញ់តាមពិសោធ និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វា $E(\%) = \frac{|v_{0t} - v_{0e}|}{v_{0t}} \times 100\%$ ។

## ៣.៤. ជំហានទី៤៖ លទ្ធផល

★តារាងលទ្ធផល ( តារាងទិន្នន័យ និងគណនា ) រង្វាស់កម្ពស់ឡើង

| $N$ | $\theta^\circ$ | $H$(mm) | $\bar{H}$(mm) | $\sin^2\theta$ | $v_{0t}$(m/s) | $v_{0s}$(m/s) | $E(\%)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 15 | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 2 | 30 | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 3 | 45 | | | | | | |
| | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 60 | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 5 | 75 | | | | | | |
| | | | | | | | |
| $g = 9800\ \text{mm.s}^{-2}$ | | | $\text{Sin}\,\alpha = \text{Sin}\,30^\circ = 1/2$ | | $s = \text{.................}\ \text{mm}$ | | |

★ ការគណនាគំរូ

- គណនាតម្លៃដូចការគណនាគំរូខាងក្រោមចំពោះមុំនីមួយៗ រួចបំពេញចូលក្នុងតារាងខាងលើ
  - ▪ ចំពោះមុំបាញ់ $\theta = 15^\circ$
    - $\bar{H} = \dfrac{H_1 + H_2}{2} = \text{............(mm)}$
    - $\sin^2\theta = \text{........}$
  - ▪ ចំពោះមុំបាញ់ $\theta = 30^\circ$
    - ...
    - ...
- សង់ក្រាប( $H$ - $\sin^2\theta$ )លើក្រដាសមីលីម៉ែត្រតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $H$ និង $\sin^2\theta$ ដែល $H$ តាងនៅលើអ័ក្សឈរ ហើយ $\sin^2\theta$ តាងនៅលើអ័ក្សដេក រួចគណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាប។

▪ សំណង់ក្រាប

▪ មេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដែលសមបំផុតនឹងទិន្នន័យដែលទទួលបានពីពិសោធគឺ

$$s = \tan\beta = \frac{\Delta H}{\Delta \sin^2\theta} = \text{...........}\ \text{mm}$$

- ដោយស្គាល់តម្លៃ $g = 9.80\ \text{m.s}^{-2}$ និង $\sin\alpha = \sin 30^\circ$

ប្រើតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាបដើម្បីគណនាតម្លៃល្បឿនដើមគ្រាប់បាញ់

$$v_{0e} = \sqrt{2\frac{H}{\sin^2\theta} g\sin\alpha} = \sqrt{2sg\sin\alpha} = \text{...........}\ \text{m/s}$$

- តាមទ្រឹស្តី

  តម្លៃល្បឿនដើមគ្រាប់បាញ់តាមករណីមុំបាញ់ $\theta$ នីមួយៗឱ្យដោយទំនាក់ទំនង

  $v_{0t}=\sqrt{\frac{2g\sin\alpha}{\sin^2\theta}H}$ មានតម្លៃ៖

  - ចំពោះ $\theta=15^\circ$ : $v_{0t1}=$.................(m/s)
  - ចំពោះ $\theta=30^\circ$ : $v_{0t2}=$.................(m/s)
  - ចំពោះ $\theta=45^\circ$ : $v_{0t3}=$.................(m/s)
  - ចំពោះ $\theta=60^\circ$ : $v_{0t4}=$.................(m/s)
  - ចំពោះ $\theta=75^\circ$ : $v_{0t5}=$.................(m/s)

- ប្រៀបធៀបតម្លៃល្បឿនបាញ់ទាំងនេះទៅនឹងតម្លៃល្បឿនដើមនៃគ្រាប់បាញ់ដែលបានមកពីពិសោធ រួចគណនាកម្រិតល្អៀងជាភាគរយ( $\%E$ )។

  - ចំពោះ $\theta=15^\circ$

  $$\%E=\frac{|v_{0t}-v_{0e}|}{v_{0t}}\times100\%=.........$$

  - ចំពោះផ្សេងទៀត

  ...

### ៣.៥. ជំហានទី៥៖ ការវិភាគ និងការទាញសេចក្តីសន្និដ្ឋាន

១. ពីពិសោធន៍របស់អ្នកក្នុងករណីមុំបាញ់នីមួយៗ តើអ្នកសង្កេតឃើញគន្លងគ្រាប់បាញ់មានរាងដូចម្តេច?

........................................................................................................................................

........................................................................................................................................

........................................................................................................................................

........................................................................................................................................

២. ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធរបស់អ្នក

នៅពេលមុំបាញ់ $\theta$ កើនឡើង តើកម្ពស់ឡើង $H$ របស់គ្រាប់បាញ់មានតម្លៃយ៉ាងដូចម្តេច?

........................................................................................................................................

........................................................................................................................................

........................................................................................................................................

........................................................................................................................................

តើកម្ពស់ឡើង $H$ របស់គ្រាប់បាញ់អាស្រ័យនឹងអ្វី?

........................................................................................................................................

........................................................................................................................................

........................................................................................................................................

........................................................................................................................................

តើតម្លៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់បាញ់ក្នុងករណីបាញ់នីមួយៗមានតម្លៃដូចម្ដេច?

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

ឃ. តើកម្រិតល្អៀងនៃ( $E(\%)$ )តម្លៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់បាញ់ក្នុងករណីមុំបាញ់នីមួយៗមានតម្លៃដូចម្ដេច បើប្រៀបធៀបជាមួយនឹងតម្លៃកម្រិតល្អៀង 5%។

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

ង. តើសម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រ ឬទាត់ចោលដោយពិសោធ?

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

៣. យោងតាមលទ្ធផលពិសោធ តើអ្នកអាចសន្និដ្ឋានបានយ៉ាងដូចម្ដេច?

យោងតាមលទ្ធផលពិសោធ យើងអាចសន្និដ្ឋានថា **នៅលើប្លង់ទេរដែលមានមុំកំណត់ណាមួយ កាលណា គេបាញ់វត្ថុមួយដោយល្បឿនដើម $\vec{v}_0$ ដែលមានតម្លៃថេរក្នុងទិសបង្កើតបានមុំ $\theta$ ជាមួយទិសដេក គន្លងចលនារបស់គ្រាប់បាញ់មានរាង**........................................... **និងកម្ពស់ឡើងអាស្រ័យនឹង** ...........................................**ដូចក្នុងប្លង់ឈរដែរ។ កម្រិតល្អៀង(ជាភាគរយ) 5%..............នៃល្បឿនដើមរបស់គ្រាប់ តាមពិសោធ នោះសម្មតិកម្ម**.............................*ដោយពិសោធ*។

## ៤. ការវាយតម្លៃ ឬការអនុវត្តជាក់ស្ដែង

១. តើកម្រិតល្អៀងក្នុងពិសោធបណ្ដាលមកពីអ្វី?

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

២. តាមការពិសោធដែលបានធ្វើខាងលើ សូមពិនិត្យមើលចម្ងាយធ្លាក់ តើចម្ងាយធ្លាក់មាន តម្លៃយ៉ាងដូចម្ដេច?

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

## ប្រធានបទទី ៧៖ ប៉ោលទោល

## ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ

### ១. វត្ថុបំណង

លោកគ្រូ អ្នកគ្រូត្រូវកំណត់វត្ថុបំណងពិសោធឱ្យបានច្បាស់លាស់។ ចំពោះប្រធានបទប៉ោលទោលនេះ យើងធ្វើការសិក្សាតែទៅលើបញ្ញត្តិ "**ខួបនៃលំយោល**" របស់វាប៉ុណ្ណោះ។ ការកំណត់វត្ថុបំណងពិសោធទាក់ទងនឹងបញ្ញត្តិទាំងនេះអាចមាន ជម្រើសច្រើនដោយអាស្រ័យទៅលើការរៀបចំរបស់លោកគ្រូ អ្នកគ្រូ ទាក់ទងនឹងខ្លឹមសារមេរៀន និង រយៈពេល។ ខាងក្រោមនេះជាឧទាហរណ៍ខ្លះៗ

*១ .កំណត់កត្តាផ្សេងៗដែលអាស្រ័យនឹងខួប $T$ នៃលំយោលរបស់ប៉ោលទោល*

*២ .រកកត្តាសំខាន់ៗដើម្បីកំណត់ខួប $T$ នៃលំយោលរបស់ប៉ោលទោល*

*៣ .កំណត់ភាពអាស្រ័យគ្នារវាងខួប $T$ ប្រវែង $L$ និងម៉ាស $m$ របស់ប៉ោលទោល*

*៤ .បញ្ជាក់ទំនាក់ទំនងរវាងខួប $T$ និងប្រវែង $L$ របស់ប៉ោលទោល*

*៥. បង្ហាញថាខួប $T$ នៃប៉ោលអាស្រ័យលើអំព្លីទុតមុំនៃលំយោលចំពោះមុំលំយោលធំ ប៉ុន្តែភាពអាស្រ័យ នេះអាចចោលបាន ចំពោះមុំលំយោលតូច (ខួបនៃប៉ោលទោល)*

*៦ .កំណត់តម្លៃសំទុះទំនាញផែនដី $g_e$ តាមពិសោធ(ករណីអំព្លីទុតមុំតូច) និងប្រៀបធៀបវាជាមួយនឹងតម្លៃពិត $g = 9.80\ \mathrm{m.s^{-2}}$ (តម្លៃដែលស្គាល់ជាទូទៅ)*

*៧ .បញ្ជាក់ទំនាក់ទំនងរវាងខួប $T$ និងប្រវែង $L$ របស់ប៉ោលទោល និងទាញរកតម្លៃសំទុះទំនាញផែន ដី $g_e$ តាមពិសោធ(ករណីអំព្លីទុតមុំតូច) និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វា*

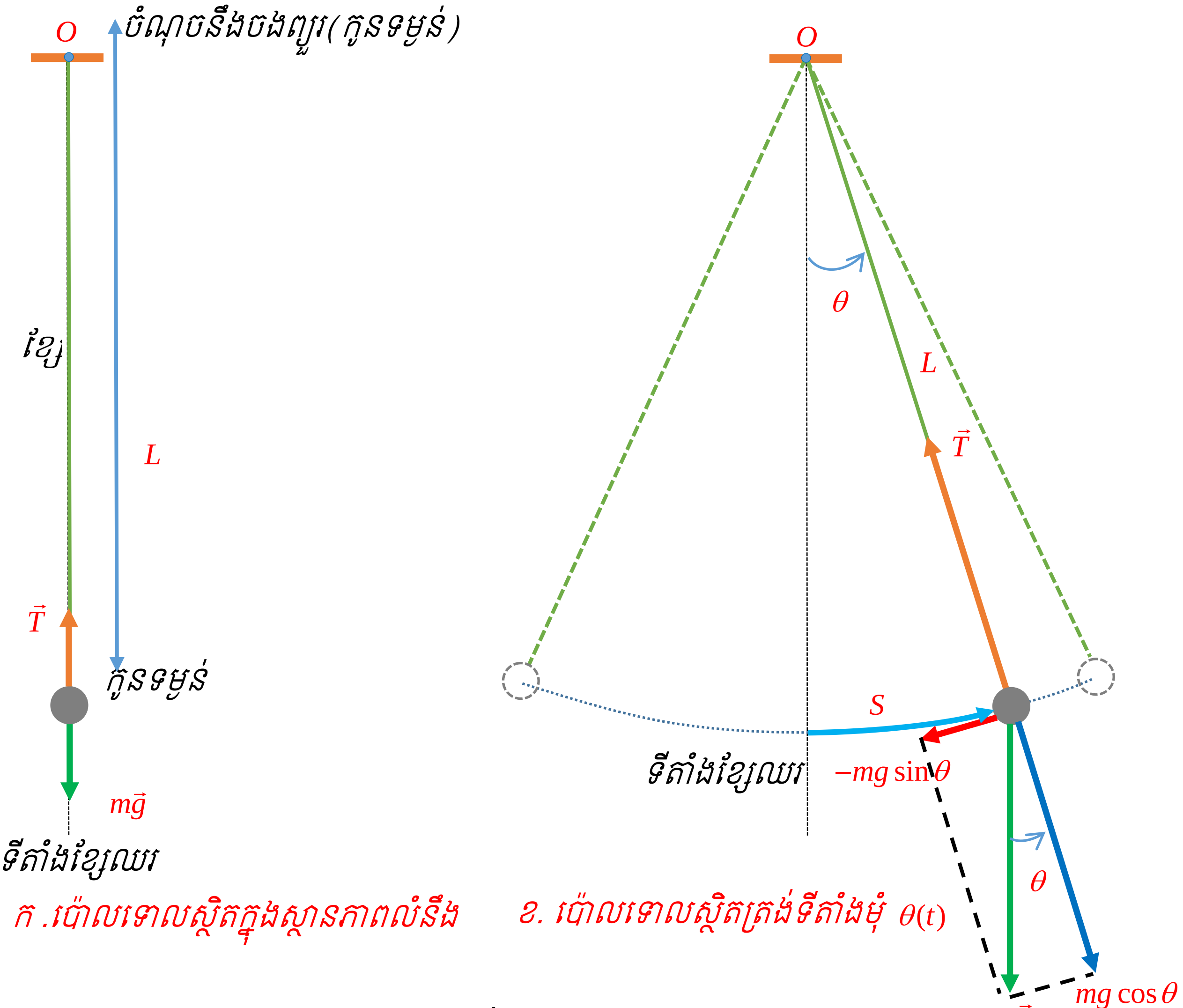
៨. . . .

. . .

យោងទៅលើខ្លឹមសារនៃមេរៀន ខួបនៃលំយោលរបស់ប៉ោលទោលដែលសិក្សាក្នុងករណី អំព្លីទុតមុំតូចមានរូបមន្តសរសេរ $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ។ វត្ថុបំណងក្នុងពិសោធនេះ គឺជ្រើសរើសយកវត្ថុបំណងមួយក្នុង ចំណោមវត្ថុបំណងខាងលើ គឺវត្ថុបំណងទី៧មកធ្វើពិសោធ។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

ទ្រឹស្តី គឺសំដៅទៅលើចំណេះដឹងមូលដ្ឋានដែលទាក់ទងនឹងពិសោធ ជាខ្លឹមសារសំខាន់ៗ ច្បាប់ គោលការណ៍ រូបមន្ត និង.......... គន្លឹះគណិតវិទ្យាដែលអ្នកធ្វើពិសោធចាំបាច់ ប្រើដើម្បី សម្រេចនូវវត្ថុបំណងនៃពិសោធ។ ខ្លឹមសារសំខាន់ៗដែលទាក់ទងនឹងពិសោធចំពោះប្រធានបទ *ខួបនៃលំយោល ប៉ោលទោល* មានដូចខាងក្រោមនេះ៖




**រូបទី៧.១ . ប៉ោលទោល**

- ប៉ោលទោល គឺជាប្រព័ន្ធយោលមេកានិចមួយដែលផ្សំឡើងដោយកូនស្វ៊ែតូចមួយ(ដែលអាចចាត់ទុកជាចំណុចរូបធាតុ)មានម៉ាស $m$ ចងព្យួរទៅចំណុចនឹងមួយតាមរយៈខ្សែមិនយឺត និងមានម៉ាសអាចចោលបាន ហើយមានប្រវែង $L$ (រូបទី៧.១ ក)។
  - ខួប $T$ នៃលំយោល ជារយៈពេលយោលក្នុងមួយលំយោលពេញ (ឬ ជារយៈពេលយោលក្នុងមួយស៊ិច)។ ខួប $T$ អាចគណនាបានតាមរយៈរូបមន្ត

$$T = \frac{t}{n} \qquad (១)$$

ដែល $t$ ជារយៈពេលសរុបនៃលំយោល និង $n$ ជាចំនួនលំយោលរបស់ប៉ោល

  - ក្នុងលក្ខខណ្ឌនៃប៉ោលទោល ខួបនៃលំយោលរបស់វាឱ្យដោយរូបមន្ត

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad \text{(ចំពោះអំព្លីទុតមុំតូច } \leq 10^\circ\text{)} \qquad (២)$$

  - ពីសមីការ (២) ទាញបានទំនាក់ទំនងមេគុណាថេរ

$$\frac{4\pi^2}{g} = \frac{T^2}{L} \qquad (៣)$$

  - សំទុះទំនាញផែនដី $g = 9.80\ \mathrm{m.s^{-2}}$ (តម្លៃពិត ឬតម្លៃដែលស្គាល់)

- ទំនាក់ទំនងមាត្រក្នុងត្រីកោណកែង
- សមីការបន្ទាត់ (អាចប្រើតាមតម្រែតម្រង់លីនេអ៊ែរ ប្រសិនបើអាច) $y = y_0 + sx$
- របៀបគូសក្រាប និងការគណនាមេគុណប្រាប់ទិស $\sin^2\theta$ របស់សមីការ $y = y_0 + sx$ តាមក្រាប

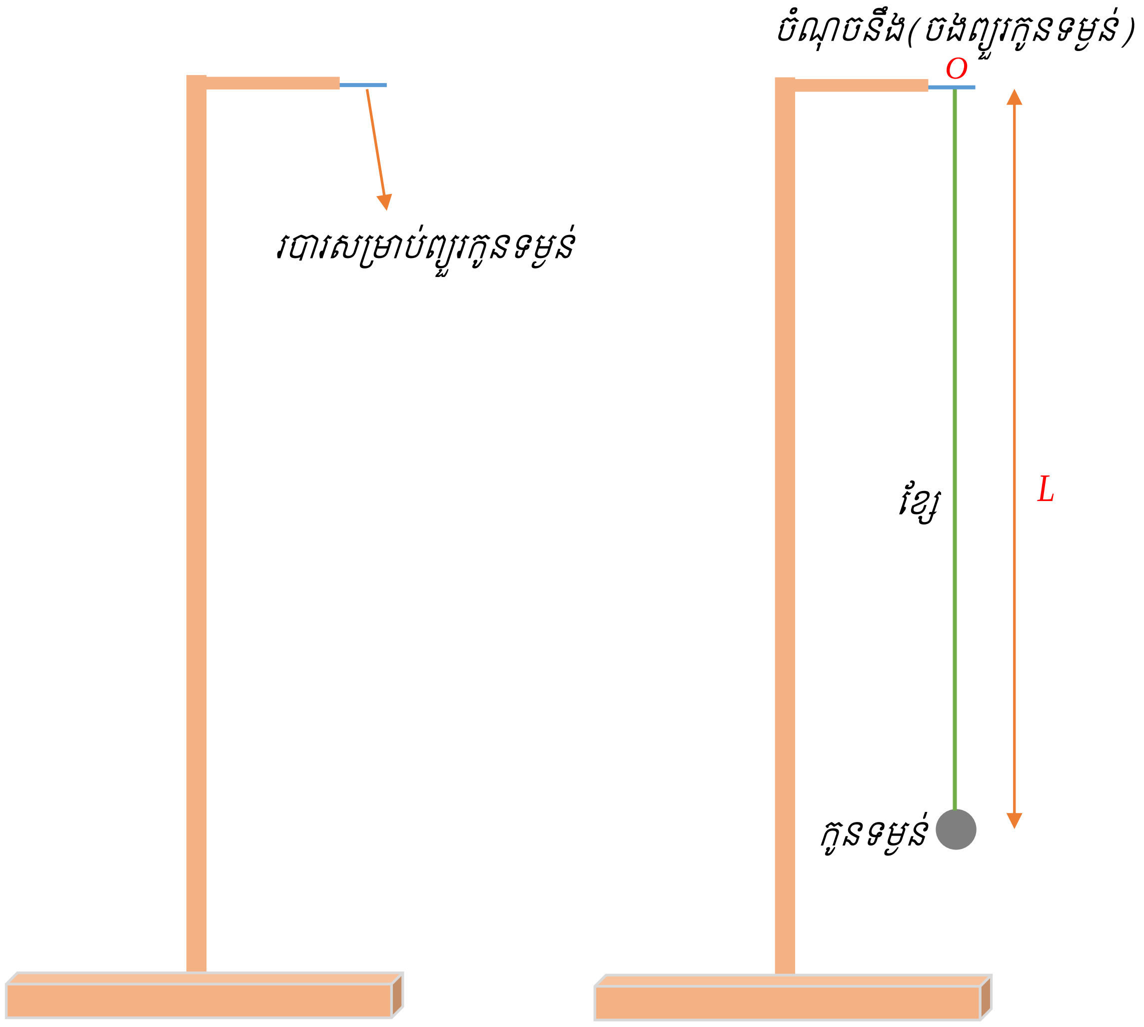
$$\%\text{កម្រិតលំអៀង} = \left| \frac{\text{តម្លៃពិត} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃពិត}} \right| \times 100\%$$

$$E(\%) = \frac{|g - g_e|}{g} \times 100\%$$

## ៣. ណែនាំដំណើរការពិសោធ

### ៣.១. ការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធ

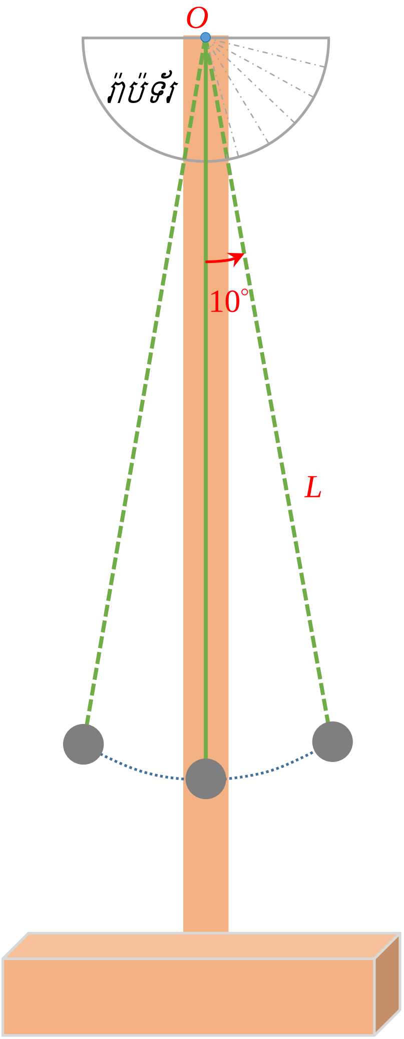
ដើម្បីសម្រេចវត្ថុបំណងពិសោធ លោកគ្រូ អ្នកគ្រូ ត្រូវរកសម្ភារដែលងាយរកបាន(ជាពិសេសសម្ភារដែលអាចរកបានក្នុងស្រុក)។ សម្ភារក្នុងពិសោធនេះមានៈជើងទម្រដែលផ្នែកខាងលើមានរបារអាច ព្យួរកូនទម្ងន់ វ៉ាប៉ូទ័រ ខ្សែអំបោះមិនយឺតមានប្រវែងជាង១ម៉ែត្រ និងមានម៉ាសអាចចោលបាន )( កូនទម្ងន់ )កូនស្វៃរ ឬកូនឃ្លីថ្មតូចមួយដែលមានកន្លែងអាចចង ឬភ្ជាប់ដោយខ្សែអំបោះបាន ម៉ែត្រ បន្ទាត់ជ័រ (ឬឈើ) ប្រវែង១ម៉ែត្រ ក្រូណូម៉ែត្រ ខ្មៅដៃ និងក្រដាសមីលីម៉ែត្រ ឬក្រដាសគូសក្រាប។ ខាងក្រោមនេះ គឺជាការណែនាំអំពីការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធក្នុងដំណើរការពិសោធ លោកគ្រូ អ្នកគ្រូត្រូវៈ




ក. ជើងទម្រ　　ខ.ការព្យួរប៉ោលទៅនឹងរបារនៃជើងទម្រ

***រូបទី៧.២*** *ការដំឡើងសម្ភារពិសោធ (មើលពីចំហៀង)*

- ដំឡើងជើងទម្រ(រូបទី៧.២ក)
- យកខ្សែអំបោះចង ឬភ្ជាប់កូនទម្ងន់ ហើយព្យួរទៅនឹងរបារនៃជើងទម្រ (រូបទី៧.២ខ)
- វាស់ប្រវែង $L$ នៃប៉ោលដោយគិតពីចំណុច $O$ ទៅទីប្រជុំទម្ងន់នៃកូនទម្ងន់ តាមតម្លៃដែលបានកំណត់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ
- ដាក់រ៉ាប៉័រយ៉ាងណាឱ្យផ្ចិត(ចំណុចដែលគំនូសបន្ទាត់ដេក និងគំនូសបន្ទាត់ឈរនៃរ៉ាប៉័រកាត់គ្នា) របស់វាត្រួតស៊ីគ្នានឹងផ្ចិតនៃមុខចុងរបារ ហើយគំនូសបន្ទាត់ឈរនៃរ៉ាប៉័រត្រូវត្រួតស៊ីគ្នានឹងទិសឈរនៃខ្សែប៉ោល(ក្នុងស្ថានភាពលំនឹង) (រូបទី៧.៣)
- ទាញកូនទម្ងន់យ៉ាងណាឱ្យខ្សែនៃប៉ោលងាកចេញពីខ្សែឈរ(ទីតាំងលំនឹង) បានមុំ $10^{\circ}$ (ធៀបនឹងខ្សែឈរនោះ)(រូបទី៧.៣)



***រូបទី៧.៣ (ដំណើរការពិសោធប៉ោលទោល ) មើលចំពីមុខ***  ***រូបទី៧ . ៤ក្រូណូម៉ែត្រ***

- ចុចក្រូណូម៉ែត្រខណៈលែងកូនទម្ងន់ រួចចុចបញ្ឈប់ខណៈវាយោលបាន១០លំយោលពេញ ដើម្បីវាស់រយៈពេលយោល $t$ (s) រួចកត់ត្រាទិន្នន័យនេះចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យ។ សូមធ្វើការវាស់រយៈពេលយោលចំពោះប្រវែងនីមួយៗនៃប៉ោលចំនួន២ដង។
  *សម្គាល់* ៖ គេអាចចុចក្រូណូម៉ែត្រនៅពេលប៉ោលយោលកាត់ទីតាំងណាមួយក៏បាន រួចចុចបញ្ឈប់ពេលវាយោលបាន១០លំយោលពេញកាត់ទីតាំងនោះ )
- គណនារយៈពេលមធ្យម $\bar{t}$ (s) ខួប $T$ (s) និងការេនៃខួប $T^2$ ($s^2$) នៃលំយោលចំពោះប្រវែងប៉ោលនីមួយៗ រួចបំពេញចូលក្នុងតារាង
- សង់ក្រាបលើក្រដាសមីលីម៉ែត្រតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $T^2$ និង $L$ ដែល $T^2$ តាងនៅលើអ័ក្សឈរ ឯ $L$ តាងនៅលើអ័ក្សដេក។ ការគូសក្រាបត្រូវអនុវត្តតាមតម្រែតម្រង់លីនេអ៊ែ។
- គណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាប និងទាញរកសំទុះទំនាញផែនដី $g_e$ តាមពិសោធ ព្រមទាំងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វា $E(\%) = \frac{|g - g_e|}{g} \times 100\%$

### ៣.២. ការកំណត់បញ្ហា

ការកំណត់បញ្ហា គឺជាការបង្កើតនូវសំណួរដែលកើតចេញពីចម្ងល់ទៅលើបាតុភូត ឬហេតុការណ៍អ្វីមួយដែលអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវជួបប្រទះ ឬសង្កេតឃើញ។ សំណួរនោះ គឺជាបញ្ហាដែលជាទិសដៅសម្រាប់ធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ ដូច្នេះ ការកំណត់បញ្ហារបស់វត្ថុបំណងពិសោធទី៧ខាងលើអាចបង្កើតដូចសំណួរខាងក្រោមនេះ

*តើអ្នកអាចបញ្ជាក់ទំនាក់ទំនងរវាងខួប និងប្រវែងនៃប៉ោល និងទាញរកតម្លៃសំទុះទំនាញផែនដីតាមពិសោធ ព្រមទាំងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាបានយ៉ាងដូចម្តេច?*

### ៣.៣. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

សម្មតិកម្មត្រូវបង្កើតឱ្យច្បាស់លាស់ដែលរំពឹងថានឹងត្រូវគាំទ្រដោយពិសោធ។ ដូច្នេះ ការបង្កើតសម្មតិកម្មចំពោះសំណួរដែលមានក្នុងការកំណត់បញ្ហាខាងលើគឺ៖

- ទំនាក់ទំនងខួបជាមួយនឹងប្រវែងនៃប៉ោលទោលគឺ
  - ក. ☐ ខួបនៃប៉ោលទោលមិនអាស្រ័យនឹងប្រវែងប៉ោលទេ
  - ខ. ☐ ខួបនៃប៉ោលទោលអាស្រ័យនឹងប្រវែងប៉ោល
    - ☐ $T$ សមាមាត្រនឹង $L$
    - ☐ $T$ ច្រាសសមាមាត្រនឹង $L$
    - ☐ $T$ សមាមាត្រនឹង $\sqrt{L}$ ឬ $T^2$ សមាមាត្រនឹង $L$
    - ☐ $T$ ច្រាសសមាមាត្រនឹង $\sqrt{L}$
    - ☐ $T^2$ ច្រាសសមាមាត្រនឹង $L$
  - គ. ☐ គំនិតផ្សេងទៀត
  - ឃ. ☐ មិនអាចឆ្លើយបាន
- វាស់ខួប $T$ តាមបម្រែបម្រួល
    - ☐ ប្រវែងប៉ោល $L$
    - ☐ ម៉ាសប៉ោល $m$
    - ☐ អំព្លីទុតមុំ $\theta_{max}$
    - ☐ គំនិតផ្សេងទៀត

រួចសង់ក្រាប( $T^2$ - $L$ )

ប្រើតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាបទាញរកតម្លៃសំទុះទំនាញផែនដី $g_e$ តាមពិសោធបាន។

ជាមួយនឹងតម្លៃ $g = 9.80\ \mathrm{m.s^{-2}}$ (តម្លៃពិត ឬតម្លៃស្តង់ដា) និង $g_e$ ដែលបានរកឃើញតាមពិសោធ អាចឱ្យយើងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាបាន។

សម្គាល់៖ លោកគ្រូ អ្នកគ្រូត្រូវបង្កើតខ្លឹមសារតម្រុយដែលជាជំនួយក្នុងការបង្កើតសម្មតិកម្ម (សូមមើលជាគំរូក្នុងសន្លឹកកិច្ចការពិសោធគ្រូ និងសិស្ស)។

### ៣.៤. បម្រុងប្រយ័ត្ននៅក្នុងដំណើរការ

ត្រូវមានបម្រុងប្រយ័ត្នលើ៖

- ជើងទម្រមិននៅនឹង(ពេលប៉ោលយោល)

- ការកើតមានកម្លាំងកកិត ឬកម្លាំងទប់ផ្សេងៗ ដូចជា កម្លាំងទប់នៃខ្យល់.........
- ការវ៉ាប៉ូទ័រមិនបានត្រឹមត្រូវ
- ខ្សែរមួលធ្វើឱ្យប៉ោលវិល
- ការវាស់វែង ដូចជា ការវាស់ម៉ុំ និងប្រវែងប៉ោលមិនបានល្អ ការអានតម្លៃលេខមិនបានត្រឹមត្រូវ ការដាក់ខ្សែភ្នែកពុំកែងនឹងគំនូសដែលត្រូវវាស់ ការចុចក្រូណូម៉ែត្រ ការរាប់ចំនួនលំយោល.........
- ការគូសក្រាប ដូចជា ការប្រើខ្មៅដៃដែលមានចុងធំ ការជ្រើសរើសមាត្រដ្ឋានពុំបានសមស្រប ការដៅកូអរដោនេនៃចំណុច និងគូសក្រាបពុំត្រឹមត្រូវ.........។

### ៣.៥. លទ្ធផលពិសោធ

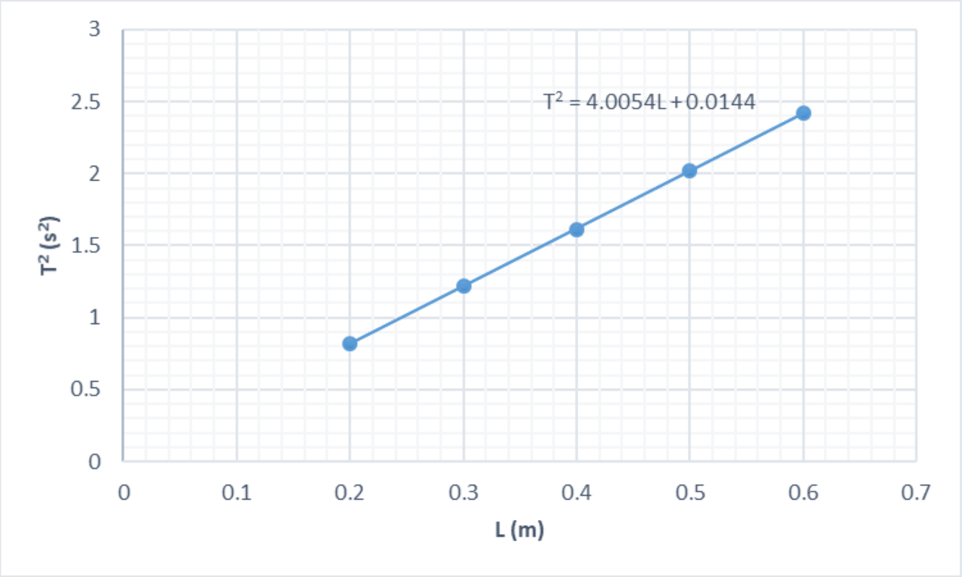
គូសតារាងសម្រាប់ដាក់ទិន្នន័យដែលបានពីពិសោធ។ ក្នុងពិសោធនេះ ទាក់ទងទៅនឹងរង្វាស់ខួបនៃលំយោលប៉ោលទោលត្រូវអានជាខ្នាតវិនាទីនិងរង្វាស់ប្រវែងនៃប៉ោលគិតជាម៉ែត្រ។ ខាងក្រោមនេះជាឧទាហរណ៍នៃការគូសបង្ហាញតារាង៖

➢ តារាងលទ្ធផល មាន *តារាងទិន្នន័យ និងគណនា* (នៅជាមួយគ្នា) ៖ រង្វាស់រយៈពេលយោល $t$ តាមប្រវែង $L$ នីមួយៗ

| $N$ | $L$(m) | $t$(s) | | $\bar{t}$(s) | $T$(s) | $T^2$(s)$^2$ | $E$(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.200 | 9.050 | 9.030 | 9.040 | 0.9040 | 0.817 | 0.612% |
| 2 | 0.300 | 11.01 | 11.05 | 11.03 | 1.103 | 1.216 | |
| 3 | 0.400 | 12.69 | 12.68 | 12.685 | 1.2685 | 1.609 | |
| 4 | 0.500 | 14.24 | 14.21 | 14.225 | 1.4225 | 2.023 | |
| 5 | 0.600 | 15.53 | 15.56 | 15.545 | 1.5545 | 2.416 | |
| $g = 9.80\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$ | | | | $s = 4.00\,\mathrm{s^2\cdot m^{-1}}$ | $g_e = 9.86\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$ | | |

សំណង់ក្រាប

លោកគ្រូ អ្នកគ្រូត្រូវដឹងថា ទិន្នន័យដែលបានមកពីពិសោធជាអថេរពីរប្រភេទគឺ អថេរមិនអាស្រ័យ និងអថេរអាស្រ័យ ទើបតាងអថេរទាំងពីរនោះទៅតាមអ័ក្សរបស់បានត្រឹមត្រូវ។



សម្គាល់៖

- ចំពោះការគណនា លោកគ្រូ អ្នកគ្រូអាចផ្តល់ជា *ការគណនាគំរូ* ដើម្បីជួយដល់អ្នកពិសោធឆាប់សម្រេចបាននូវលទ្ធផលពិសោធ។
- ដើម្បីឱ្យការគូសក្រាបពីទិន្នន័យពិសោធបានត្រឹមត្រូវ សូមលោកគ្រូ អ្នកគ្រូប្រើ Excel របស់កម្មវិធី Microsoft Office ។ ប៉ុន្តែភាពជាក់ស្តែងសិស្សមួយ ចំនួនពុំមានលទ្ធភាព ប្រើកុំព្យូទ័រទេ ដូច្នេះណែនាំឱ្យសង់ក្រាប( $T^2$ - $L$ (លើក្រដាសមីលីម៉ែត្រតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $T^2$ និង $L$ ដែល $T^2$ តាងនៅលើអ័ក្សឈរ( 1ក្រឡាតូច = 0.025 $s^2$ ) ហើយ $L$ តាងនៅលើអ័ក្សដេក (1ក្រឡាតូច = 0.01 m )។
- ការគូសក្រាបត្រូវអនុវត្តតាមតម្រែតម្រង់លីនេអ៊ែ រួចគណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាបនោះ។ ប្រើមេគុណប្រាប់ទិស $s$ ទាញរកសំទុះទំនាញផែនដីតាមពិសោធ $g_e$ ។

បញ្ជាក់៖ ទិន្នន័យខាងលើនេះ បានមកតាមរយៈការធ្វើពិសោធរបស់គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+១(ជំនាន់ទី ២៦ ក្នុងឆ្នាំសិក្សា២០២១ - ២០២២។

### ៣.៦. សន្និដ្ឋាន

ត្រង់នេះ មុនឱ្យអ្នកពិសោធធ្វើការសន្និដ្ឋាន លោកគ្រូ អ្នកគ្រូត្រូវប្រើប្រាស់សំណួរវិភាគលើលទ្ធផលពិសោធដើម្បីនាំអ្នកពិសោធសំយោគធ្វើសេចក្តីសន្និដ្ឋាន។ ខ្លឹមសារនៃសេចក្តីសន្និដ្ឋាន គឺឆ្លើយតបទៅនឹងវត្ថុបំណងនៃពិសោធដែលបានកំណត់ពីខាងដើម។ ក្នុងខ្លឹមសារសន្និដ្ឋាននេះក៏មានការបញ្ជាក់បន្ថែមផងដែរថាតើសម្មតិកម្មដែលបានបង្កើតឡើងត្រូវបានគាំទ្រ ឬមិនគាំទ្រដោយពិសោធ។

### ៣.៧. ការវាយតម្លៃ និង ការអនុវត្តជាក់ស្តែង

លោកគ្រូ អ្នកគ្រូត្រូវធ្វើការវាយតម្លៃបន្ថែមដើម្បីពង្រឹង និងពង្រីកចំណេះដឹងសិស្សមើលសន្លឹកកិច្ចការ ( ពិសោធ ) ។

បញ្ជាក់៖ ត្រង់ចំណុចនេះជាជម្រើសរបស់លោកគ្រូ អ្នកគ្រូ លោកគ្រូ អ្នកគ្រូអាចដាក់បញ្ចូលវាបន្ថែមក៏បាន ។

## ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់គ្រូ

### ១.វត្ថុបំណង

- បញ្ជាក់ទំនាក់ទំនងរវាងខួប $T$ និងប្រវែង $L$ របស់ប៉ោលទោលតាមរយៈពិសោធបានត្រឹមត្រូវ
- ទាញរកតម្លៃសំទុះទំនាញផែនដី $g_e$ តាមពិសោធ(ករណីអំព្លីទុតមុំតូច) និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាបានសមស្រប

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

- ប៉ោលទោលគឺជាប្រព័ន្ធយោលមេកានិចមួយដែលផ្សំឡើងដោយកូនស្វ៊ែលោហៈតូចមួយ(ដែលអាចចាត់ទុកជាចំណុចរូបធាតុ)មានម៉ាស $m$ ចងព្យួរទៅនឹងខ្សែមួយមិនយឺត និងមានម៉ាសអាចចោលបាន ហើយ មានប្រវែង $L$ ។
- ខួប $T$ នៃលំយោល ជារយៈពេលយោលក្នុងមួយលំយោលពេញ (ឬ ជារយៈពេលយោលក្នុងមួយស៊ិច)។ ខួប $T$ អាចគណនាបានតាមរយៈរូបមន្ត

$$T = \frac{t}{n} \qquad (១)$$

ដែល $t$ ជារយៈពេលសរុបនៃលំយោល និង $n$ ជាចំនួនលំយោលរបស់ប៉ោល

- ក្នុងលក្ខខណ្ឌនៃប៉ោលទោល ខួបនៃលំយោលរបស់វាឱ្យដោយរូបមន្ត

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (\text{ចំពោះអំព្លីទុតមុំតូច} \leq 10^\circ) \qquad (២)$$

- ពីសមីការ (២) ទាញបានទំនាក់ទំនងមេគុណថេរ

$$\frac{4\pi^2}{g} = \frac{T^2}{L} \qquad (៣)$$

- សំទុះទំនាញផែនដី $g = 9.80\,\text{m.s}^{-2}$ (តម្លៃស្តង់ដា ឬតម្លៃពិត តម្លៃដែលស្គាល់)
- ទំនាក់ទំនងមាត្រក្នុងត្រីកោណកែង
- សមីការបន្ទាត់ (អាចរកតាមតម្រែតម្រង់លីនេអ៊ែរ ប្រសិនបើអាច) $y = y_0 + sx$
- របៀបគូសក្រាប និងការគណនាមេគុណប្រាប់ទិស $\sin^2\theta$ របស់សមីការ $y = y_0 + sx$ តាមក្រាប

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃពិត} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃពិត}}\right| \times 100\%$$

$$E(\%) = \frac{|g - g_e|}{g} \times 100\%$$

### ៣. ការពិសោធ (វិធីវិទ្យាសាស្ត្រ)

#### ៣.១. ជំហានទី១៖ ការកំណត់បញ្ហា

តើអ្នកអាចបញ្ជាក់ទំនាក់ទំនងរវាងខួប $T$ និងប្រវែង $L$ នៃប៉ោល និងទាញរកតម្លៃសំទុះទំនាញផែនដី $g_e$ តាមពិសោធ ព្រមទាំងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាបានយ៉ាងដូចម្តេច?

#### ៣.២. ជំហានទី២៖ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

- ទំនាក់ទំនងខួបជាមួយនឹងប្រវែងនៃប៉ោលទោល

ក. ☐ ខួបនៃប៉ោលទោលមិនអាស្រ័យនឹងប្រវែងប៉ោលទេ

ខ. ☑ ខួបនៃប៉ោលទោលអាស្រ័យនឹងប្រវែងប៉ោល

☐ $T$ សមាមាត្រនឹង $L$

☐ $T$ ច្រាសសមាមាត្រនឹង $L$

☑ $T$ សមាមាត្រនឹង $\sqrt{L}$ ឬ $T^2$ សមាមាត្រនឹង $L$

☐ $T$ ច្រាសសមាមាត្រនឹង $\sqrt{L}$

☐ $T^2$ ច្រាសសមាមាត្រនឹង $L$

គ. ☐ គំនិតផ្សេងទៀត

ឃ. ☐ មិនអាចឆ្លើយបាន

- វាស់ខួប $T$ តាមបម្រែបម្រួល

☑ ប្រវែងប៉ោល $L$

☐ ម៉ាសប៉ោល $m$

☐ អំព្លីទុតមុំ $\theta_{max}$

☐ គំនិតផ្សេងទៀត

រួចសង់ក្រាប( $T^2$ - $L$ )

ប្រើតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាបទាញរកតម្លៃសំទុះទំនាញផែនដី $g_e$ តាមពិសោធបាន។

ជាមួយនឹង $g = 9.80\ \text{m.s}^{-2}$ និង $g_e$ ដែលបានរកឃើញ អាចឱ្យយើងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាបាន។

**តម្រុយ**

ខួបនៃលំយោលរបស់ប៉ោលទោលក្នុងករណីអំព្លីទុតមុំតូចឱ្យដោយរូបមន្ត $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ សមមូលនឹង $T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{g}\right)L$ ។ ទាញចេញពីទំនាក់ទំនងនេះ យើងអាចនិយាយបានថា ខួប $T$ នៃប៉ោលទោលអាស្រ័យតែ*ប្រវែងប៉ោល* $L$ និង*សំទុះទំនាញផែនដី* $g$ ។ ក្នុងពិសោធនេះ ខួប $T$ សមាមាត្រនឹង *ឬសការេនៃប្រវែងប៉ោល* $\sqrt{L}$ ឬ ការេនៃខួប $T^2$ សមាមាត្រនឹង *ប្រវែងប៉ោល* $L$ ព្រោះយើងចាត់ទុកថា *សំទុះទំនាញផែនដី* $g$ *ថេរ* ។ មេគុណថេរសមាមាត្រនេះ អាចសរសេរជា $\frac{4\pi^2}{g} = \frac{T^2}{L}$ ។ $s$ ជាមេគុណប្រាប់ទិសនៃក្រាបតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $T^2$ និង $L$ ។ $s$ និង $\frac{4\pi^2}{g}$ មានតម្លៃ *ស្មើគ្នា* ទាញរក តម្លៃសំទុះទំនាញផែនដីតាមពិសោធ $g_e = \frac{4\pi^2}{s}$ នោះកម្រិតល្អៀងជាភាគរយ ឬភាគរយ )កម្រិត ល្អៀងគឺ $E(\%) = \frac{|g - g_e|}{g} \times 100\%$ ។

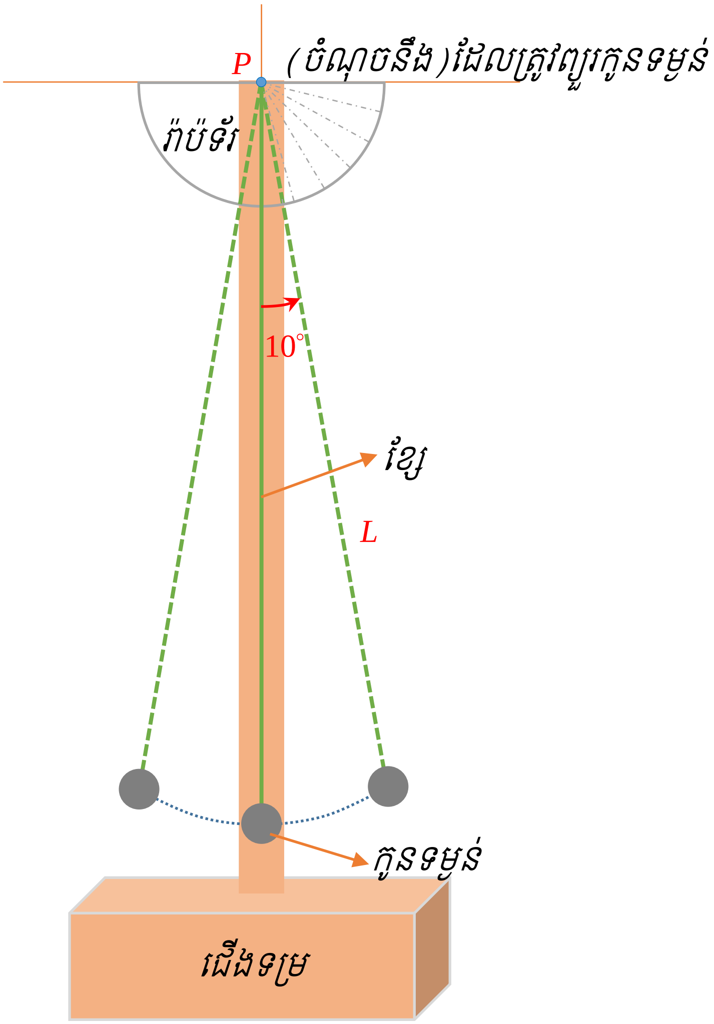
### ៣.៣. ជំហានទី៣៖ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម ឬពិសោធន៍

#### ៣.៣.១. តម្រូវការសម្ភារ

ជើងទម្រ រ៉ាប៉ូទ័រ កូនទម្ងន់ (កូនស្នែរតូចមួយ ឬកូនឃ្លីថ្មតូចមួយ) ខ្សែអំបោះ(មិនយឺត និង មិនគិតម៉ាសប្រវែងជាង១ម៉ែត្រ) បន្ទាត់ (ដំរ ឬ ឈើប្រវែងមួយម៉ែត) ក្រូណូម៉ែត្រ ក្រដាសមីលីម៉ែត ឬ ក្រដាស

គូសក្រាប។

### ៣.៣.២. ការដំឡើងសម្ភារ និងដំណើរការពិសោធន៍




*រូបទី៧. ៥ការដំឡើងសម្ភារពិសោធនៃប៉ោលទោល*

- ដំឡើងជើងទម្រ
- យកខ្សែអំបោះចង ឬភ្ជាប់កូនទម្ងន់ ហើយព្យួរទៅនឹងរបារនៃជើងទម្រ
- វាស់ប្រវែង $L$ នៃប៉ោលដោយគិតពីចំណុចនឹង $P$ (ចំណុចចងព្យួរប៉ោល)ទៅទីប្រជុំទម្ងន់នៃកូនទម្ងន់ តាមតម្លៃដែលបានកំណត់ក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម
- ដាក់រ៉ាប៉ូទ័រយ៉ាងណាឱ្យផ្ចិតរបស់វាត្រួតស៊ីគ្នានឹងផ្ចិតនៃមុខចុងរបារ ហើយគំនូសបន្ទាត់ឈរនៃរ៉ាប៉ូទ័រត្រូវត្រួតស៊ីគ្នានឹងទិសឈរនៃខ្សែប៉ោល(ក្នុងស្ថានភាពលំនឹង)
- ទាញកូនទម្ងន់យ៉ាងណាឱ្យខ្សែនៃប៉ោលងាកចេញពីខ្សែឈរ(ទីតាំងលំនឹង)បានមុំ $10^\circ$ (ធៀបនឹងខ្សែឈរនោះ)
- ចុចក្រូណូម៉ែត្រខណៈលែងកូនទម្ងន់ រួចចុចបញ្ឈប់ខណៈវាយោលបាន១០លំយោលពេញ ដើម្បីវាស់រយៈពេលយោល $t$ (s) រួចកត់ត្រាទិន្នន័យនេះចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យ។ សូមធ្វើការវាស់រយៈពេលយោលចំពោះប្រវែងនីមួយៗនៃប៉ោលចំនួន២ដង។ ( *សម្គាល់* ៖ គេអាចចុច

ក្រូណូម៉ែត្រនៅពេលប៉ោលយោលកាត់ទីតាំងណាមួយក៏បាន រួចចុចបញ្ឈប់ពេលវាយោលបាន ១០លំយោលពេញកាត់ទីតាំងនោះ)

- គណនារយៈពេលមធ្យម $\bar{t}$ (s) ខួប $T$ (s) និងការេនៃខួប $T^2$ ($s^2$) នៃលំយោចំពោះប្រវែងប៉ោលនីមួយៗ រួចបំពេញចូលក្នុងតារាង
- សង់ក្រាបលើក្រដាសមីលីម៉ែត្រតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $T^2$ និង $L$ ដែល $T^2$ តាងនៅលើអ័ក្សឈរ ឯ $L$ តាងនៅលើអ័ក្សដេក។ បន្ទាត់នៃក្រាបត្រូវគូសយ៉ាងណា ឱ្យមានចម្ងាយជិតបំផុតពីគ្រប់ចំណុចទិន្នន័យ
- គណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាបនិងទាញរកសំទុះទំនាញផែនដី $g_e$ តាមពិសោធព្រមទាំងគណនាកម្រិតល្អៀង(ជាភាគរយ)របស់វា $E(\%)=\frac{|g-g_e|}{g}\times 100\%$

## ៣.៤. ជំហានទី៤៖ លទ្ធផល

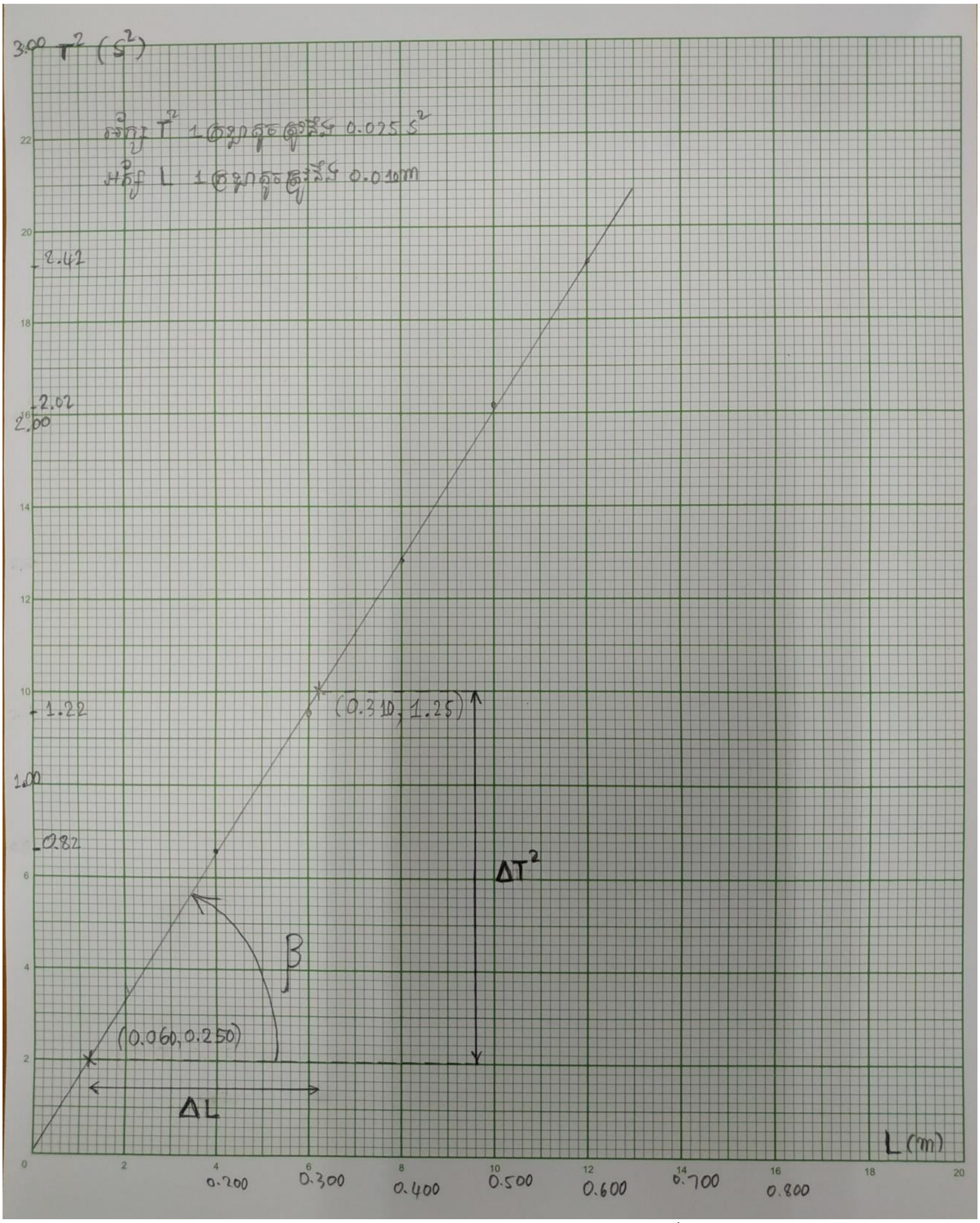
➢ តារាងលទ្ធផល *តារាងទិន្នន័យ និងគណនា* (នៅជាមួយគ្នា) ៖ រង្វាស់ខួបតាមប្រវែងនីមួយៗ

| $N$ | $L$(m) | $t$(s) | | $\bar{t}$(s) | $T$(s) | $T^2$(s)$^2$ | $E(\%)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.200 | 9.050 | 9.030 | 9.040 | 0.9040 | 0.817 | 0.612% |
| 2 | 0.300 | 11.01 | 11.05 | 11.03 | 1.103 | 1.216 | |
| 3 | 0.400 | 12.69 | 12.68 | 12.685 | 1.2685 | 1.609 | |
| 4 | 0.500 | 14.24 | 14.21 | 14.225 | 1.4225 | 2.023 | |
| 5 | 0.600 | 15.53 | 15.56 | 15.545 | 1.5545 | 2.416 | |
| $g=9.80\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ | | | | $s=4.00\ \text{s}^2\cdot\text{m}^{-1}$ | $g_e=9.86\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ | | |

★ ការគណនាគំរូ

- គណនារយៈពេលមធ្យម $\bar{t}=\frac{t_1+t_2}{2}=\frac{9.05\ \text{s}+9.03\ \text{s}}{2}=9.04\ \text{s}$
- គណនាខួប $T=\frac{\bar{t}}{10}=\frac{9.04\ \text{s}}{10}=0.904\ \text{s}$
- សង់ក្រាប( $T^2$ - $L$ )លើក្រដាសមីលីម៉ែត្រតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $T^2$ និង $L$ ដែល $T^2$ តាងនៅលើអ័ក្សឈរ (1ក្រឡាតូច = 0.025 $s^2$) ហើយ $L$ តាងនៅលើអ័ក្សដេក (1ក្រឡាតូច = 0.01 m) រួចគណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាប

▪ សំណង់ក្រាប




▪ មេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដែលសមបំផុតនឹងទិន្នន័យដែលទទួលបានពីពិសោធគឺ

$$s = \tan\beta = \frac{\Delta T^2}{\Delta L} = \frac{1.25 - 0.25}{0.31 - 0.06} = 4.00\ \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-1}$$

- ទាញរកតម្លៃសំទុះទំនាញដីតាមពិសោធ $g_e = \frac{4\pi^2}{s} = \frac{4(3.14)^2}{4.00} = 9.86\ \text{m/s}^2$

- ជាមួយនឹងតម្លៃដែលស្គាល់(តម្លៃស្តង់ដា) $g = 9.80\ \text{m.s}^{-2}$ និង $g_e$ ដែលបានរកឃើញតាមពិសោធ នោះកម្រិតល្អៀង(ជាភាគរយ)របស់វាគឺ $E(\%) = \frac{|9.80 - 9.86|}{9.80} \times 100\% = 0.612\%$

### ៣.៥. ជំហានទី៥៖ ការវិភាគ និងការទាញសេចក្ដីសន្និដ្ឋាន

១. តើក្រាបតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $T^2$ និង $L$ មានរាងដូចម្ដេច? តើអ្នកអាចបញ្ជាក់ថាខួប $T$ នៃប៉ោលទោលអាស្រ័យនឹងអ្វីក្នុងពិសោធនេះ?

ក្រាបតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $T^2$ និង $L$ មានរាងជា បន្ទាត់។ យើងអាចបញ្ជាក់ថា ខួប $T$ នៃប៉ោលទោលអាស្រ័យនឹងប្រវែង $L$ នៃប៉ោល។

២. ចូរប្រៀបធៀបតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាបជាមួយនឹងតម្លៃ $\frac{4\pi^2}{g}$ ។

តម្លៃ $\frac{4\pi^2}{g} = \frac{4(3.14)^2}{9.80\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}} = 4.02\ \mathrm{s^2\cdot m^{-1}}$ និង $s = 4.00\ \mathrm{s^2\cdot m^{-1}}$ ហេតុនេះ ទាំងពីរមានតម្លៃប្រហែលគ្នា ឬស្មើគ្នា(ក្នុងទ្រឹស្ដី)។

៣. ពី $\frac{4\pi^2}{g} = s = \frac{T^2}{L}$ តើខួប $T$ សមាមាត្រនឹងអ្វី? និងទាញបានខួបមានរូបមន្តដូចម្ដេច?

ខួប $T$ សមាមាត្រនឹងឫសការេនៃប្រវែងប៉ោល $\sqrt{L}$ និងទាញបានខួបមានរូបមន្ត $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

៤. តើយើងអាចនិយាយថា រូបមន្ត $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ពិតជាត្រឹមត្រូវដែរឬទេ?

យើងអាចនិយាយថា រូបមន្ត $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ពិតជាត្រឹមត្រូវ។

៥. តើតម្លៃសំទុះទំនាញដីតាមពិសោធដែលបានរកឃើញស្មើនឹងប៉ុន្មាន និងមានល្អៀងប៉ុន្មាន?(ភាគរយ)

តម្លៃសំទុះទំនាញដីតាមពិសោធ $g_e = 9.86\ \mathrm{m/s^2}$

ល្អៀង $E(\%) = \frac{|9.80-9.86|}{9.80} \times 100\% = 0.612\%$ (ភាគរយ)

៦. តើកម្រិតល្អៀង $E(\%)$ នៃសំទុះទំនាញដីមានតម្លៃដូចម្ដេច? បើប្រៀបធៀបជាមួយនឹងតម្លៃកម្រិតល្អៀង $5\%$ ។

កម្រិតល្អៀងនៃសំទុះទំនាញដីមានតម្លៃតូចជាង $5\%$ ។

៧. តើសម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រ ឬទាត់ចោលដោយពិសោធ សម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធ។

៨. យោងតាមលទ្ធផលពិសោធ តើអ្នកអាចសន្និដ្ឋានបានយ៉ាងដូចម្ដេច?

យើងអាចសន្និដ្ឋានថា *ខួប $T$ នៃប៉ោលទោល (ករណីអំព្លីទុតមុំតូច) អាស្រ័យតែនឹងប្រវែងប៉ោល $L$ នៃប៉ោល ( ចាត់ទុក $g$ ថេរ) ហើយខួប $T$ នៃប៉ោលទោលសមាមាត្រនឹងឫសការេនៃប្រវែងប៉ោល $\sqrt{L}$ ឬការេនៃខួប $T^2$ សមាមាត្រនឹងប្រវែង $L$ នៃប៉ោល។ កម្រិតល្អៀង(ជាភាគរយ) $5\%$ នៃសំទុះទំនាញផែនដីតាមពិសោធតូច ជាងនោះសម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធ។*

### ៤. ការវាយតម្លៃ ឬការអនុវត្តជាក់ស្ដែង

១. តើល្អៀងក្នុងពិសោធនេះបណ្ដាលមកពីអ្វី??

ល្អៀងក្នុងពិសោធនេះបណ្ដាលមកពី៖

- ជើងទម្រមិននៅនឹង(ពេលប៉ោលយោល)
- ការកើតមានកម្លាំងកកិត ឬកម្លាំងទប់ផ្សេងៗ ដូចជា កម្លាំងទប់នៃខ្យល់.........
- វ៉ាប៉ទ័រមិនត្រឹមត្រូវ

- ខ្សែរមួលធ្វើឱ្យប៉ោលវិល
- ការវាស់វែង ដូចជា ការវាស់ប្រវែងប៉ោលមិនបានល្អ ការអានតម្លៃលេខមិនបានត្រឹមត្រូវ ការដាក់ខ្សែភ្នែកពុំកែងនឹងគំនូសដែលត្រូវវាស់ការចុចក្រូណូម៉ែត្រ ការរាប់ចំនួនលំយោល.........
- ការគូសក្រាប ដូចជា ការប្រើខ្មៅដៃដែលមានចុងធំ ការជ្រើសរើសមាត្រដ្ឋានពុំបានសមស្រប ការដៅកូអរដោនេនៃចំណុច និងការគូសក្រាបពុំបានត្រឹមត្រូវ.........។

២. ចុះប្រសិនបើក្នុងការពិសោធនៅឋានព្រះចន្ទ ប្រសិនបើយើងពិសោធនៅលើឋានព្រះចន្ទ ចំពោះប្រវែងដដែល តើខួបនៃលំយោលរបស់ប៉ោលទោលមានតម្លៃដូចម្តេចទៅវិញ?

ប្រសិនបើយើងពិសោធនៅលើឋានព្រះចន្ទចំពោះប្រវែងដដែល ខួបនៃលំយោលរបស់ប៉ោលទោលមានតម្លៃធំជាងតម្លៃខួបនៅលើភពផែនដី។

ប្រសិនបើយើងប្តូរម៉ាសនៃប៉ោលចំពោះប្រវែងថេរ តើខួបនៃលំយោលរបស់ប៉ោលទោលប្រែប្រួលឬទេ?

ប្រសិនបើយើងប្តូរម៉ាសនៃប៉ោលចំពោះប្រវែងថេរ ខួបនៃលំយោលរបស់ប៉ោលទោលមិនប្រែប្រួលទេ។

អ្នកធ្វើពិសោធក្នុងករណីអំព្លីទុតមុំនៃលំយោលធំចំពោះប្រវែងថេរ តើខួបនៃលំយោលទៅជាយ៉ាងណា? ហើយលំយោលនោះជាលំយោលអ្វី?

ប្រសិនបើយើងធ្វើពិសោធក្នុងករណីអំព្លីទុតមុំនៃលំយោលធំចំពោះប្រវែងថេរ ខួបនៃលំយោលទៅជាមានតម្លៃធំ ហើយលំយោលនោះជាលំយោលថយ។

## ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់សិស្ស

### ១. ទត្ថុបំណង

បញ្ជាក់ទំនាក់ទំនងរវាងខួប $T$ និងប្រវែង $L$ របស់ប៉ោលទោលតាមរយៈពិសោធ

ទាញរកតម្លៃសំទុះទំនាញផែនដី $g_e$ តាមពិសោធ(ករណីអំព្លីទុតមុំតូច)

និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វា

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

- ក្នុងលក្ខខណ្ឌនៃប៉ោលទោល ខួបនៃលំយោលរបស់វាឱ្យដោយរូបមន្ត

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (\text{ចំពោះអំព្លីទុតមុំតូច} \le 10^\circ) \qquad (១)$$

- ពីសមីការ (១) ទាញបានទំនាក់ទំនងមេគុណថេរ

$$\frac{4\pi^2}{g} = \frac{T^2}{L} \qquad (២)$$

- សំទុះទំនាញផែនដី(តម្លៃស្តង់ដា) $g = 9.80\ \text{m.s}^{-2}$
- ទំនាក់ទំនងមាត្រក្នុងត្រីកោណ
- របៀបគូសក្រាប និងការគណនាមេគុណប្រាប់ទិសរបស់សមីការ $y = y_0 + sx$ តាមក្រាប

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធ}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\%$$

$$\%E = \frac{|g - g_e|}{g} \times 100\%$$

### ៣. ការពិសោធ (វិធីវិទ្យាសាស្ត្រ)

#### ៣.១. ជំហានទី១៖ ការកំណត់បញ្ហា

តើអ្នកអាចបញ្ជាក់ទំនាក់ទំនងរវាងខួប $T$ និងប្រវែង $L$ នៃប៉ោលនិងទាញរកតម្លៃសំទុះទំនាញផែនដី $g_e$ តាមពិសោធ ព្រមទាំងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាបានយ៉ាងដូចម្តេច?

#### ៣.២. ជំហានទី២៖ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

- ទំនាក់ទំនងខួបជាមួយនឹងប្រវែងនៃប៉ោលទោល

ក. ☐ ខួបនៃប៉ោលទោលមិនអាស្រ័យនឹងប្រវែងប៉ោលទេ

ខ. ☐ ខួបនៃប៉ោលទោលអាស្រ័យនឹងប្រវែងប៉ោល

☐ $T$ សមាមាត្រនឹង $L$

☐ $T$ ច្រាសសមាមាត្រនឹង $L$

☐ $T$ សមាមាត្រនឹង $\sqrt{L}$ ឬ $T^2$ សមាមាត្រនឹង $L$

☐ $T$ ច្រាសសមាមាត្រនឹង $\sqrt{L}$

☐ $T^2$ ច្រាសសមាមាត្រនឹង $L$

គ. ☐ គំនិតផ្សេងទៀត

ឃ. ☐ មិនអាចឆ្លើយបាន

- វាស់ខួប $T$ តាមបម្រែបម្រួល
  - □ ប្រវែងប៉ោល $L$
  - □ ម៉ាសប៉ោល $m$
  - □ អំព្លីទុតមុំសមាមាត្រនឹង $\theta_{\max}$
  - □ គំនិតផ្សេងទៀត

រួចសង់ក្រាប( $T^2$ - $L$ )
ប្រើតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាបទាញរកតម្លៃសំទុះទំនាញផែនដី $g_e$ តាមពិសោធបាន។
ជាមួយនឹង $g = 9.80\,\text{m.s}^{-2}$ និង $g_e$ ដែលបានរកឃើញ
អាចឱ្យយើងគណនាកម្រិតល្អៀងនីមួយៗរបស់វាបាន។

**គម្រូមួយ**

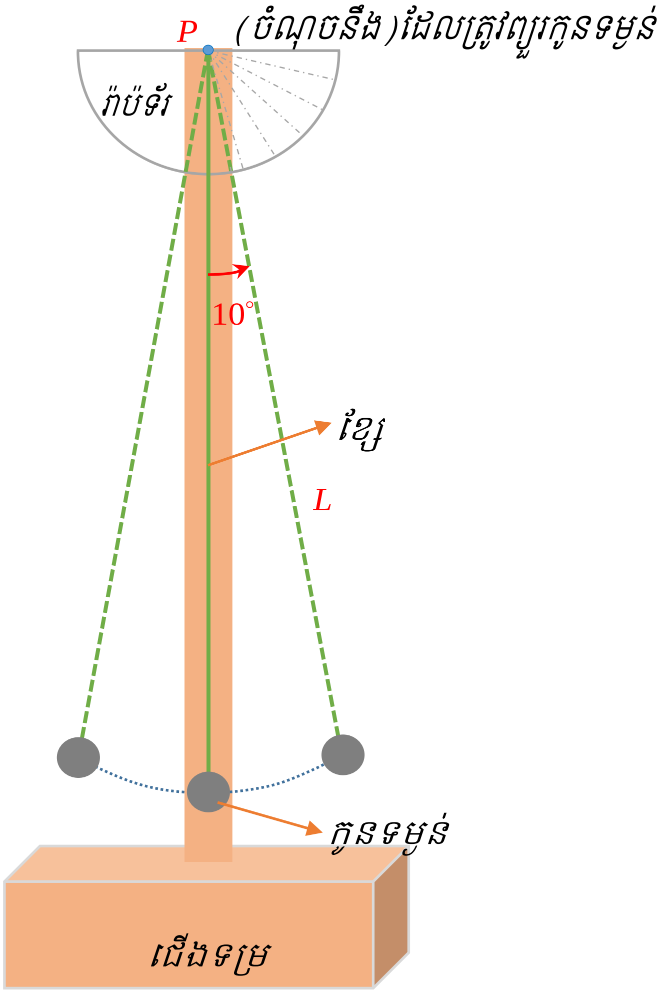
ខួបនៃលំយោលរបស់ប៉ោលទោល(ករណីអំព្លីទុតមុំតូច) មានរូបមន្ត $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ សមមូលនឹង $T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{g}\right)L$។ ទាញចេញពីទំនាក់ទំនងនេះ យើងអាចនិយាយបានថា ខួប $T$ នៃប៉ោលទោលអាស្រ័យតែ.................................និង $T$។ ក្នុងពិសោធនេះ $T$ សមាមាត្រនឹង.................... ឬ $T^2$ សមាមាត្រនឹង..............................ព្រោះយើងចាត់ទុកថា $g$ ថេរ។ មេគុណថេរសមាមាត្រនេះអាចសរសេរជា $\frac{4\pi^2}{g} = \frac{T^2}{L}$។ $s$ ជាមេគុណប្រាប់ទិសនៃក្រាបតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $T^2$ និង $L$។ $s$ និង $\frac{4\pi^2}{g}$ មានតម្លៃ..........................ទាញរកតម្លៃសំទុះទំនាញផែនដីតាមពិសោធ..........................
នោះកម្រិតល្អៀង(ជាភាគរយ)គឺ...............................។

## ៣.៣. ជំហានទី៣៖ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម ឬពិសោធន៍

### ៣.៣.១. គម្រូចការសម្ភារ

ជើងទម្រ វ៉ាប៉ូទ័រ កូនទម្ងន់)កូនស្នៃរតូចមួយ ឬកូនឃ្លីថ្មតូចមួយ ខ្សែអំបោះ(មិនយឺត និង មិនគិតម៉ាសប្រវែងជាង១ម៉ែត្រ បន្ទាត់ (ដំរ ឬ ឈើប្រវែងមួយម៉ែត) ក្រូណូម៉ែត្រ ក្រដាសមីលីម៉ែត ឬ ក្រដាសគូសក្រាប ។

## ៣.៣.២. ការដំឡើងសម្ភារ និងដំណើរការពិសោធន៍




*រូបទី៧.២ ការដំឡើងសម្ភារពិសោធប៉ោលទោល*

- យកខ្សែចងកូនទម្ងន់ហើយព្យួរទៅនឹងជើងទម្រយ៉ាងណាឱ្យខ្សែត្រួតស៊ីគ្នានឹងគំនូសបន្ទាត់បញ្ឈរលើរ៉ាប៉័ទ័រដែលខ្សែនៃប៉ោលក្នុងស្ថានភាពនេះត្រូវនឹងមុំ $0^\circ$ ត្រូវបានគេកំណត់ជាទីតាំងលំនឹង ដូចរូបទី៧.២
- វាស់ប្រវែង $L$ នៃប៉ោលដោយគិតពីចំណុចនឹង $P$ (ចំណុចចងព្យួរប៉ោល) ទៅទីប្រជុំទម្ងន់នៃកូនទម្ងន់ តាមតម្លៃដែលបានកំណត់ក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម
- ទាញកូនទម្ងន់យ៉ាងណាឱ្យខ្សែនៃប៉ោលងាកចេញពីខ្សែឈរបានមុំ $10^\circ$ ធៀបនឹងខ្សែឈរនោះ (ទីតាំងលំនឹង)
- ចុចក្រូណូម៉ែត្រខណៈលែងកូនទម្ងន់រួចចុចបញ្ឈប់ខណៈវាយោលបាន១០លំយោលពេញដើម្បីវាស់រយៈពេលយោល $t$ (s) រួចកត់ត្រាទិន្នន័យនេះចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យ។ សូមធ្វើការវាស់រយៈពេលយោលចំពោះប្រវែងនីមួយៗនៃប៉ោលចំនួន២ដង
- គណនារយៈពេលមធ្យម $\bar{t}$ (s) ខួប $T$ (s) និងការេនៃខួប $T^2$ ($s^2$) នៃលំយោចំពោះប្រវែងប៉ោលនីមួយៗ រួចបំពេញចូលក្នុងតារាង
- សង់ក្រាបលើក្រដាសមីលីម៉ែត្រតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $T^2$ និង $L$ ដែល $T^2$ តាងនៅលើអ័ក្សឈរ ឯ $L$ តាងនៅលើអ័ក្សដេក។បន្ទាត់នៃក្រាបត្រូវគូសយ៉ាងណាឱ្យមានចម្ងាយជិតបំផុតពីគ្រប់ចំណុចទិន្នន័យ

- គណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាប និងទាញរកសំទុះទំនាញផែនដី $g_e$ តាមពិសោធ ព្រមទាំងគណនាកម្រិតល្អៀងវា $E(\%) = \frac{|g-g_e|}{g}\times 100\%$

### ៣.៤. ជំហានទី៤៖ លទ្ធផល

➢ តារាងលទ្ធផលតារាងទិន្នន័យ និងគណនា (នៅជាមួយគ្នា) ៖ វង្វាស់ខួបតាមប្រវែងនីមួយៗ

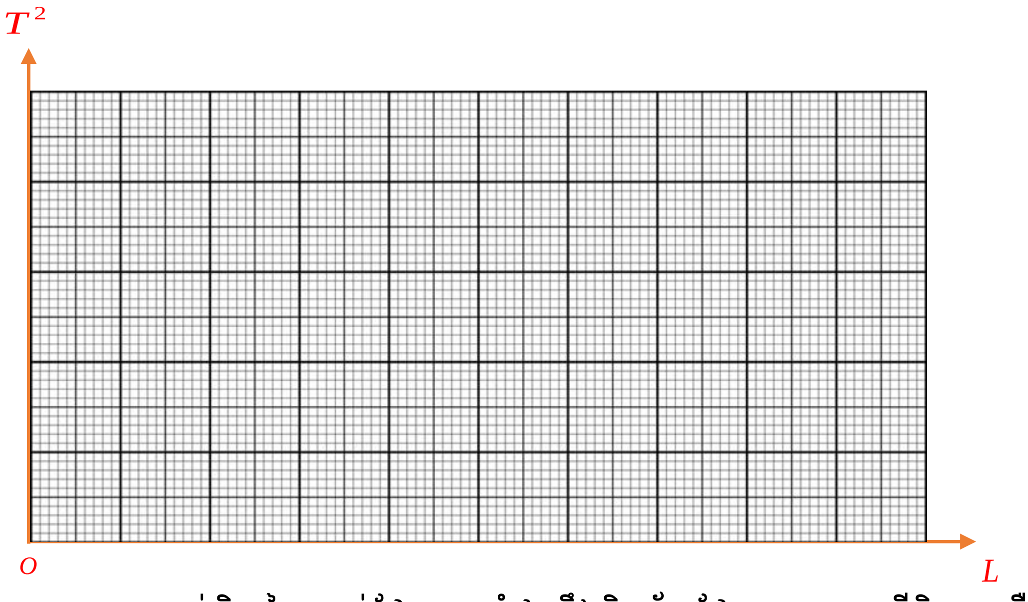
| $N$ | $L(\mathrm{m})$ | $t(\mathrm{s})$ | | $\bar{t}\,(\mathrm{s})$ | $T(\mathrm{s})$ | $T^2(\mathrm{s})^2$ | $E(\%)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.200 | | | | | | |
| 2 | 0.300 | | | | | | |
| 3 | 0.400 | | | | | | |
| 4 | 0.500 | | | | | | |
| 5 | 0.600 | | | | | | |
| $g = 9.80\ \mathrm{m.s^{-2}}$ | | | | $s = ..............\ \mathrm{s^2\cdot m^{-1}}$ | $g_e = ...............\ \mathrm{m.s^{-2}}$ | | |

★ ការគណនាគំរូ

➢ គណនារយៈពេលមធ្យម $\bar{t} = \frac{t_1+t_2}{2} = ...........\ \mathrm{s}$

- គណនាខួប $T = \frac{\bar{t}}{10} = ............\ \mathrm{s}$
- សង់ក្រាប( $T^2$ - $L$ )លើក្រដាសមីលីម៉ែត្រតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $T^2$ និង $L$ ដែល $T^2$ តាងនៅលើអ័ក្សឈរ ហើយ $L$ តាងនៅលើអ័ក្សដេក រួចគណនាមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាប

▪ សំណង់ក្រាប




▪ មេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដែលសមបំផុតនឹងទិន្នន័យដែលទទួលបានពីពិសោធគឺ

$$s = \tan\beta = \frac{\Delta T^2}{\Delta L} = ............\ \mathrm{s^2\cdot m^{-1}}$$

- ទាញរកតម្លៃសំទុះទំនាញដីតាមពិសោធ $g_e = \frac{4\pi^2}{s} = ................ m/s^2$
- ជាមួយនឹងតម្លៃដែលស្គាល់(តម្លៃស្តង់ដា) $g = 9.80\ m.s^{-2}$
  និង $g_e$ ដែលបានរកឃើញតាមពិសោធ នោះកម្រិតល្អៀង(ជាភាគរយ)របស់វាគឺ
  $E(\%) = \frac{|g - g_e|}{g} \times 100\% = ...............\%$

### ៣.៥. ជំហានទី៥៖ ការវិភាគ និងការទាញសេចក្តីសន្និដ្ឋាន

១. តើក្រាបតាងឱ្យទំនាក់ទំនង $T^2$ និង $L$ មានរាងដូចម្តេច? តើអ្នកអាចបញ្ជាក់ថាខួប $T$ នៃប៉ោលទោលអាស្រ័យនឹងអ្វីក្នុងពិសោធនេះ?

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

២. ចូរប្រៀបធៀបតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិស $s$ នៃក្រាបជាមួយនឹងតម្លៃ $\frac{4\pi^2}{g}$ ។

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

.....................................................................................................................................

៣. ពី $\frac{4\pi^2}{g} = s = \frac{T^2}{L}$ តើខួប $T$ សមាមាត្រនឹងអ្វី? និងទាញបានខួបមានរូបមន្តដូចម្តេច?

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

៤. តើយើងអាចនិយាយថារូបមន្ត $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ត្រឹមត្រូវដែរឬទេ?

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

៥. តើតម្លៃសំទុះទំនាញដីតាមពិសោធដែលបានរកឃើញស្មើនឹងប៉ុន្មាន និងមានល្អៀងប៉ុន្មាន(ភាគរយ)?

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

............................................................

៦. តើកម្រិតល្អៀង( $E(\%)$ )នៃសំទុះទំនាញដីមានតម្លៃដូចម្តេច បើប្រៀបធៀបជាមួយនឹងតម្លៃកម្រិតល្អៀង $5\%$ ។

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

……………………………………………………………………………………………………………

…………………………………………………………

៧. តើសម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រ ឬទាត់ចោលដោយពិសោធ?

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………

៨. យោងតាមលទ្ធផលពិសោធ ដូចនេះតើអ្នកអាចសន្និដ្ឋានបានយ៉ាងដូចម្តេច?

យើងអាចសន្និដ្ឋានថា ខួប $T$ នៃប៉ោលទោល(ករណីអំព្លីទុតមុំតូច)អាស្រ័យតែនឹង……………… នៃប៉ោលចាត់ទុក $g$ ថេរ ( ខួប $T$ នៃប៉ោលទោលសមាមាត្រនឹង……………………………… ឬ ការេនៃខួប $T^2$ សមាមាត្រនឹង……………………………នៃប៉ោល។ កម្រិតល្អៀង(ជាភាគរយ)នៃសំទុះទំនាញផែនដីតាមពិសោធមានតម្លៃ……..5%……………..នោះសម្មតិកម្ម……………ដោយពិសោធ ។

## ៤. ការវាយតម្លៃ ឬការអនុវត្តជាក់ស្តែង

១. តើល្អៀងក្នុងពិសោធនេះបណ្តាលមកពីអ្វី?

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

…………………………………………………………………………

២. ចុះប្រសិនបើក្នុងការពិសោធនៅឋានព្រះចន្ទ ប្រសិនបើយើងពិសោធនៅលើឋានព្រះចន្ទ ចំពោះប្រវែងដដែល តើខួបនៃលំយោលរបស់ប៉ោលទោលមានតម្លៃដូចម្តេចទៅវិញ?

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

៣. ប្រសិនបើយើងប្តូរម៉ាសនៃប៉ោល ចំពោះប្រវែងថេរ តើខួបនៃលំយោលរបស់ប៉ោលទោលប្រែប្រួលឬទេ ?

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

៤. អ្នកធ្វើពិសោធក្នុងករណីអំព្លីទុតមុំនៃលំយោលធំ ចំពោះប្រវែងថេរ តើខួបនៃលំយោលទៅជាយ៉ាងណា ? ហើយលំយោលនោះជាលំយោលអ្វី ?

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

# ប្រធានបទទី ៨ ៖ អន្តរកម្មបន្ទុកអគ្គិសនី(ការទាញ និងការច្រាន)
## ផ្នែកទី១ ៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ

### ១. វត្ថុបំណង

– វត្ថុបំណងពិសោធត្រូវសរសេរឱ្យបានច្បាស់លាស់។ ពិសោធអាចជាពិសោធដែលមានក្នុងមេរៀន ចេញពីចម្ងល់ ឬបាតុភូតដែលអ្នកបានសង្កេតឃើញជុំវិញខ្លួនយើង។

– ត្រូវប្រើកិរិយាសព្ទសកម្ម ដូចជា កំណត់ វាស់ ទាញរក បង្ហាញ ពិនិត្យ ...។

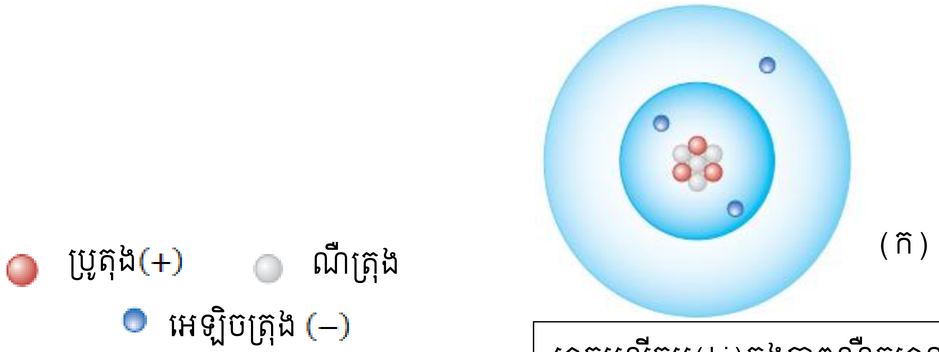
ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ យើងប្រើកិរិយាសព្ទ បង្ហាញ)

បង្ហាញពីអំពើទៅវិញទៅមករវាងបន្ទុកអគ្គិសនី។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្តី)

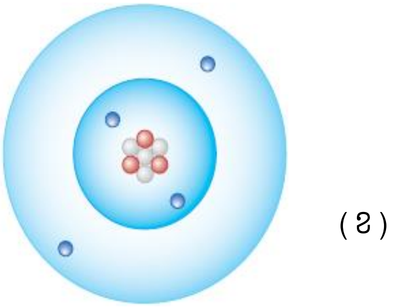
ត្រូវសរសេរសង្ខេបទ្រឹស្តី ឬរូបមន្តដែលត្រូវប្រើក្នុងពិសោធនេះ បើមេរៀន ឬប្រធានបទត្រូវបានបង្រៀនរួចហើយ។ ប៉ុន្តែបើមិនទាន់បង្រៀនទេ អ្នកអាចសរសេរវាឱ្យបានពិស្តារបន្តិចដើម្បីឱ្យសិស្ស ឬអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយយល់ សម្រាប់ពិសោធនេះ ចំណេះដឹងមានស្រាប់គឺ

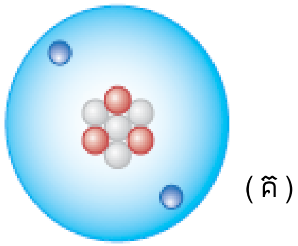
- បន្ទុកអគ្គិសនីមានពីរប្រភេទ។ លោក Benjamin Franklin (1706-1790) បានហៅប្រភេទនៃ បន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាននិង បន្ទុកអវិជ្ជមាន។ បន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានកើតមាននៅលើចង្កឹះកែវ(ប្លាស្ទិច) ហើយបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានកើតមាននៅលើចង្កឹះអេបូនីត។
- នៅពេលគេខាត់ប្លាស្ទិច (បំពង់បឺត ) ឬ ចង្កឹះកែវ ភាពប្រែប្រួល ឬ ផ្លាស់ប្តូររបស់ពួកវាមិនត្រូវបានមើលឃើញឡើង ។ បើដូច្នេះសួរថា តើមានអ្វីកើតឡើងចំពោះប្លាស្ទិច ឬ ចង្កឹះកែវនៅពេលគេផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីឱ្យវា ? ដើម្បីឆ្លើយសំណួរនេះយើងត្រូវពិនិត្យមើលទម្រង់អាតូម
- តាមរយៈការរកឃើញគំរូនៃអាតូមរបស់អ្នករូបវិទ្យា បានបង្ហាញថាអាតូមមានណ្វៃយ៉ូនៅចំកណ្តាល ហើយអេឡិចត្រុងវិលជុំវិញណ្វៃយ៉ូ។ ជាតុបង្ករបស់ណ្វៃយ៉ូមាន ណឺត្រុង និងប្រូតុង ។ ណឺត្រុងមិនមានបន្ទុកអគ្គិសនីទេ ចំណែកប្រូតុង និងអេឡិចត្រុងមានបន្ទុកអគ្គិសនីមានតម្លៃស្មើគ្នា តែសញ្ញាផ្ទុយគ្នា។ បន្ទុកអគ្គិសនីដែលរកឃើញនៅលើអេឡិចត្រុង និងប្រូតុងហៅថាបន្ទុកដំបូងតាងដោយ $e = 1.6\times10^{-19}\mathrm{C}$ ។ បន្ទុករបស់អេឡិចត្រុងគឺ $-e$ និងបន្ទុករបស់ប្រូតុងគឺ $+e$ ។
- តាមរយៈការរកឃើញគំរូនៃអាតូមរបស់អ្នករូបវិទ្យាបានបង្ហាញថាអាតូមមានណ្វៃយ៉ូនៅចំកណ្តាល ហើយអេឡិចត្រុងវិលជុំវិញណ្វៃយ៉ូ។ ជាតុបង្ករបស់ណ្វៃយ៉ូមាន ណឺត្រុង និងប្រូតុង។ ណឺត្រុង មិនមានបន្ទុកអគ្គិសនីទេ ចំណែកប្រូតុង និងអេឡិចត្រុងមានបន្ទុកអគ្គិសនីមានតម្លៃស្មើគ្នា តែសញ្ញាផ្ទុយគ្នា។ បន្ទុកអគ្គិសនីដែលរកឃើញនៅលើអេឡិចត្រុង និងប្រូតុងហៅថាបន្ទុកដំបូងតាងដោយ $e = 1.6\times10^{-19}\mathrm{C}$ ។ បន្ទុករបស់អេឡិចត្រុងគឺ $-e$ និងបន្ទុករបស់ប្រូតុងគឺ $+e$។
- តាមរូបទី៨.១(ក) ប្រូតុងនៅក្នុងណ្វៃយ៉ូមានចំនួនបី ហើយអេឡិចត្រុងមានចំនួនបីដែរដូច្នេះអាតូមនេះមានបន្ទុកអគ្គិសនីស្មើសូន្យព្រោះ $+3e+(-3e)=0$ (គេថាអាតូមណឺត ឬ គ្មានបន្ទុកអគ្គិសនី )។ ពេលខ្លះអាតូមអាចបាត់បង់អេឡិចត្រុងមួយ ឬ ច្រើនក្នុងករណីនេះបន្ទុកអគ្គិសនីសរុបរបស់អាតូមអវិជ្ជមាន ឬ អាតូមវិជ្ជមាន ហើយគេហៅអាតូមដែលលើស ឬ ខ្វះអេឡិចត្រុងនេះថា អ៊ីយ៉ុង ។




អាតូបលីចូម(Li)ក្នុងភាពណឺតមាន៖

- ៣ប្រូតុង ( $+3e$ )
- ៤ណឺត្រុង
- ៣អេឡិចត្រុង( $-3e$ )
- បន្ទុកសរុប ( $+3e+(-3e)=0$ )




អាតូមលីចូម(Li)ក្នុងភាពអ៊ីយ៉ុង(–)មាន៖

- ៣ប្រូតុង ( $+3e$ )
- ៤ណឺត្រុង
- ៤អេឡិចត្រុង( $-4e$ )
- បន្ទុកសរុប ( $+3e+(-4e)=-e$ )

អាតូបលីចូម(Li)ក្នុងភាពអ៊ីយ៉ុង(+)មាន៖

- ៣ប្រូតុង ( $+3e$ )
- ៤ណឺត្រុង
- ៣អេឡិចត្រុង( $-2e$ )
- បន្ទុកសរុប ( $+3e+(-2e)=+e$ )

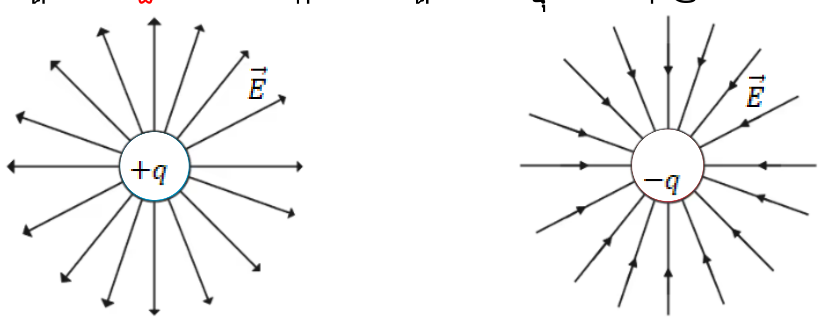
*រូប៨.១ ៖ គំរូនៃអាតុមដែលអ្នកវិទ្យាសាស្ត្របានរកឃើញ។ (ក) អាតូមស្ថិតក្នុងភាពណឺត (ខ)អាតូមស្ថិតក្នុងភាពជាអ៊ីយ៉ុងអវិជ្ជមាន (គ) អាតូមស្ថិតក្នុងភាពជាអ៊ីយ៉ុងវិជ្ជមាន។*

ការរក្សាបន្ទុកអគ្គិសនី៖ លោក Franklin បានបង្ហាញថា បរិមាណបន្ទុកអគ្គិសនីដែលកើតមាននៅលើអង្គធាតុមួយ ស្មើនឹងបរិមាណបន្ទុកអគ្គិសនីដែលមានសញ្ញាផ្ទុយ កើតមានលើអង្គធាតុមួយផ្សេតទៀត។ ឧទាហរណ៍ នៅពេលដែលគេខាត់ចង្កឹះប្លាស្ទិច(ឬបំពង់បឺត)ជាមួយក្រដាស ដែលពីដំបូងចង្កឹះ និងក្រដាសមិនមានផ្ទុកបន្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី ក្រោយខាត់ ចង្កឹះប្លាស្ទិចផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន ហើយក្រដាសផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានស្មើនឹងបន្ទុកអគ្គិសនីដែលកើតមានលើចង្កឹះប្លាស្ទិច។គេបានផលបូកពិជគណិតនៃបន្ទុកអគ្គិសនីស្មើសូន្យ។ ដូច្នេះបន្ទុកសរុបរបស់វត្ថុទាំងពីរមិនមានការផ្លាស់ប្តូរទេ។ ក្នុងដំណើរការផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីលើអង្គធាតុ បន្ទុកអគ្គិសនីមិនត្រូវបានបង្កើត ឬបំផ្លាញចោលទេ វាគ្រាន់តែត្រូវបានផ្ទេរពីវត្ថុមួយទៅវត្ថុមួយទៀតប៉ុណ្ណោះ។ ច្បាប់រក្សាបន្ទុកអគ្គិសនីពោលថា៖ **ផលបូកពិជគណិតនៃបរិមាណបន្ទុកអគ្គិសនីក្នុងប្រព័ន្ធបិទជិត(ឬប្រព័ន្ធត្រមោច)ណាមួយ គឺមានតម្លៃថេរ។**

- បន្ទុកអគ្គិសនីបានបង្កើតដែនអគ្គិសនីនៅក្នុងលំហជុំវិញវា

–បន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន(+)បង្កើតដែនអគ្គិសនីនៅក្នុងលំហជុំវិញវាមានទិសដៅចាកផ្ចិតដូចរូប

–បន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន(–)បង្កើតដែនអគ្គិសនីនៅក្នុងលំហជុំវិញវាមានទិសដៅចូលផ្ចិតដូចរូប




*រូប៨.២៖ ដែនអគ្គិសនីបង្កើតដោយបន្ទុកអគ្គិសនី $+q$ និង $-q$ ។*

–ដែនអគ្គិសនីរបស់ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីមួយ $q$ ត្រង់ចំណុច $A$ ចម្ងាយ $r$ ពី $q$ គឺ

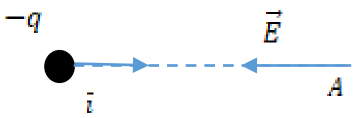
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\vec{i}$$

ម៉ូឌុល $$|E| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q|}{r^2}$$

–ដែនអគ្គិសនីរបស់ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីមួយ $-q$ ត្រង់ចំណុច $A$ ចម្ងាយ $r$ ពី $-q$ គឺ

$$\vec{E} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\vec{i}$$

ម៉ូឌុល $$|E| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q|}{r^2}$$




- បើគេដាក់បន្ទុកសាក $q_0$ ក្នុងដែនអគ្គិសនីណាមួយ $\vec{E}$ បន្ទុកនោះរងនូវកម្លាំងអគ្គិសនី $\vec{F}$ ដែល

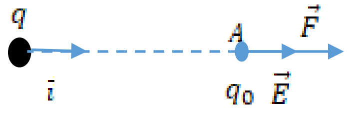
$$\vec{F} = q_0\vec{E}$$

បើ $q_0 > 0$ គេបានកម្លាំង $\vec{F}$ មានទិសដៅស្របនឹងដែនអគ្គិសនី $\vec{E}$

បើ $q_0 < 0$ គេបានកម្លាំង $\vec{F}$ មានទិសដៅផ្ទុយពីដែនអគ្គិសនី $\vec{E}$

បើដែនអគ្គិសនីជាដែនអគ្គិសនីរបស់ចំណុចបន្ទុកមួយ $q$ ដូចខាងលើ គេបាន $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\vec{i}$ នោះកម្លាំងអគ្គិសនីដែលបន្ទុក $q$ មានលើ(ប្រាន) $q_0 > 0$ ដែលដាក់ត្រង់ចំណុច $A$ គឺ

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq_0}{r^2}\vec{i}$$

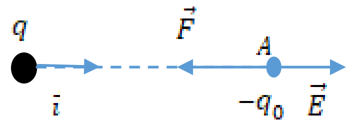



ម៉ូឌុល $$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq_0}{r^2}$$

បន្ទុកអគ្គិសនីមានសញ្ញាដូចគ្នាដាក់ជិតគ្នាច្រានគ្នា។

បើ $q_0 < 0$ ដាក់ត្រង់ចំណុច $A$ ក្នុងដែនអគ្គិសនីរបស់បន្ទុក $q$ នោះកម្លាំងអគ្គិសនីដែលបន្ទុក $q$ មានអំពើលើ(ទាញ) $q_0 < 0$ គឺ

$$\vec{F} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq_0}{r^2}\vec{i}$$




ម៉ូឌុល $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq_0}{r^2}$

បន្ទុកអគ្គិសនីមានសញ្ញាផ្ទុយគ្នាដាក់ជិតគ្នាទាញគ្នា។

## ៣. ណែនាំដំណើរការពិសោធ

### ៣.១. ការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធ

- ការធ្វើពិសោធត្រូវធ្វើនៅកន្លែងស្ងប់ខ្យល់ ដើម្បីងាយសង្កេតព្រោះបំពង់បឺតស្រាលងាយនឹងប៉ើង។
- យកដបទឹកបរិសុទ្ធមានទឹកពេញ ឬមានទឹកខ្លះ ដើម្បីឱ្យវាមានលំនឹងបានល្អ(ជៀសវាងដួលរលំ)
- បើគម្របដបទឹកសុទ្ធមិនរាបស្មើ ពិបាកដាក់បំពង់បឺតឱ្យនៅនឹង យើងអាចមួលយកគម្របដបចេញ ហើយដាក់បំពង់បឺតលើដបផ្ទាល់ដូចរូប៨.៣ ខាងក្រោម។

*រូប ៨ .៣*

### ៣.២. ការកំណត់បញ្ហា

វាកើតចេញពីចម្ងល់ ពីភាពចង់ដឹង ចង់ចេះទៅលើបាតុភូតអ្វីមួយ ហើយលើកជាសំណួរឡើង។

- សំណួរជាសំណួរដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណងនៃពិសោធដែលបានលើកឡើង។
- សំណួរអាចមានច្រើនទម្រង់ពីកម្រិតងាយ(ទាប)ទៅលំបាក(ខ្ពស់)ដោយផ្អែកលើទ្រឹស្តី Bloom Taxonomy។
- ដោយផ្អែកលើវត្ថុបំណងខាងលើ អ្នកអាចផ្តល់សំណួរឱ្យទៅសិស្ស ឬស្នើឱ្យសិស្សបង្កើតដោយខ្លួនឯង និងបន្ទាប់មក អ្នកត្រូវជ្រើសរើសយកសំណួរណាដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណង ហើយងាយធ្វើពិសោធ។ សំណួរអាចថា៖

– នៅពេលគេយកបំពង់បឺតពីរដែលខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ទៅដាក់ជិតគ្នា

– នៅពេលគេយកចង្កឹះកែវខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ទៅដាក់ជិតបំពង់បឺតដែលខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់

១. តើមានអ្វីកើតឡើងក្នុងករណីទាំងពីរ?

២. តើប្អូនយល់យ៉ាងដូចម្តេច បន្ទាប់ពីសង្កេតៈ

– នៅពេលគេយកបំពង់បឺតពីរដែលខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ទៅដាក់ជិតគ្នា

– នៅពេលគេយកចង្កឹះកែវខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ទៅដាក់ជិតបំពង់បឺតដែលខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់

**៣.៣. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម**

សម្មតិកម្មជាសម្លើយស្មានទុកដោយមានហេតុផលត្រឹមត្រូវ ផ្អែកលើចំណេះដឹង និងបទពិសោធដែលមានស្រាប់។ វាជាចម្លើយរបស់សំណួរគន្លឹះដែលបានលើកឡើង ហើយដែលឆ្លើយតបទៅនឹងវត្ថុបំណងរបស់ពិសោធផងដែរ។

ត្រូវបង្កើតសម្មតិកម្មឱ្យចំ ឱ្យច្បាស់លាស់ ទើបអាចរកសម្ភារ និងបន្តដំណើរការពិសោធបាន បើអ្នកប្រើវិធីវិទ្យាសាស្ត្រ។ ចំពោះសំណួរទី១ ខាងលើ សម្មតិកម្មគឺ

ក.□ បំពង់បឺតដាក់ជិតបំពង់បឺតច្រានគ្នា ខ.□ បំពង់បឺតដាក់ជិតបំពង់បឺតទាញគ្នា

គ.□ ចង្កឹះកែវដាក់ជិតបំពង់បឺតច្រានគ្នា ឃ.□ ចង្កឹះកែវដាក់ជិតបំពង់បឺតទាញគ្នា

ង.□ គំនិតផ្សេងៗ .........................

ហេតុអ្វីបានជាប្អូនគិតបែបនេះ? .....................................................

ចម្លើយដែលត្រឹមត្រូវគឺ ក និង ឃ។ តាមលោក Benjamin Franklin បន្ទុកអវិជ្ជមានកើតមាននៅលើចង្កឹះអេបូនីត(ប្លាស្ទិច) មានន័យថាប្លាស្ទិចភាគច្រើនបំផុតគឺផ្ទុកបន្ទុកអវិជ្ជមានក្រោយពេលខាត់រួច ហើយចង្កឹះកែវក្រោយពេលខាត់រួចផ្ទុកបន្ទុកវិជ្ជមាន។ ចម្លើយ(ក) គឺបន្ទុកមាសញ្ញាដូចគ្នាត្រូវច្រានគ្នា ហើយចម្លើយ(ឃ)គឺបន្ទុកមានសញ្ញាផ្ទុយគ្នាត្រូវទាញគ្នា។

**៣.៤. ពិសោធន៍**

ត្រូវតែប្រាកដថាសិស្សស្គាល់ និងចេះប្រើសម្ភារពិសោធទាំងនោះ។ សម្រាប់ពិសោធនេះ វាជាពិសោធបង្ហាញដោយប្រើសម្ភារៈងាយៗ។

- ❖ **តម្រូវការសម្ភារៈ** បំពង់បឺតពីរដើម ដបទឹកបរិសុទ្ធ ក្រដាសជូតមាត់ (ក្រដាសអនាម័យ) ចង្កឹះកែវ
- ❖ **ដំណើរការៈ**

**ករណីទី១**

- ដាក់ដប់ទឹកសុទ្ធបញ្ឈរលើប្លង់ដេក(ដបទឹកសុទ្ធមានទឹក)បន្ទាប់មកយកបំពង់បឺត(មិនទាន់ខាត់) ទៅលើដបទឹកសុទ្ធឱ្យមានលំនឹង រួចយកបំពង់បឺតមួយផ្សេងទៀតមិនទាន់ខាត់ដែរ ទៅដាក់ក្បែរបំពង់បឺតដែលនៅលើដបទឹកសុទ្ធ ហើយសង្កេត។ បន្ទាប់មកទៀតយកចង្កឹះកែវមិនទាន់ខាត់ (បើអត់ ចង្កឹះកែវយកក្រដាសជូតមាត់ក៏បាន មកដាក់ជិតបំពង់បឺតដែលនៅលើមាត់ដប) ហើយសង្កេត ធ្វើបែបនេះដើម្បីបញ្ជាក់ថាពួកវាគ្មានអន្តរកម្មទេ ព្រោះពួកវាមិនទាន់ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី (មិនទាន់ខាត់)។

**ករណីទី២**

- ខាត់ចង្កឹះកែវជាមួយក្រដាសជូតមាត់ រួចយកទៅដាក់ជិតបំពង់បឺតដែលនៅលើមាត់ដប(ខាត់រួចមុន) ហើយសង្កេត ។ *បើអត់ចង្កឹះកែវ ប្រើក្រដាសជូតមាត់ក៏បានដែរ គឺយកក្រដាសជូតមាត់ដែលបានខាត់ជាមួយនឹងបំពង់បឺត ទៅដាក់ជិតបំពង់បឺតដែលនៅលើមាត់ដបទឹកសុទ្ធ។*

## ៣.៥. លទ្ធផល

ធ្វើតារាងមួយសម្រាប់ឱ្យសិស្សបំពេញ។ ករណីគ្មានចង្កឹះកែវ យើងប្រើក្រដាសជូតមាត់ ដូច្នេះក្នុងតារាងដែលសរសេរថា "*បំពង់បឺតដាក់ជិតចង្កឹះកែវ(មិនទាន់ខាត់ដូចគ្នា)*" ត្រូវប្តូរទៅជា "*បំពង់បឺតនិងក្រដាសជូតមាត់ (មិនទាន់ខាត់ដូចគ្នា)*" វិញ ។

| | ប្រានគ្នា | ទាញគ្នា | គ្មានអន្តរកម្ម |
|---|---|---|---|
| បំពង់បឺត ដាក់ជិតបំពង់បឺត (មិនទាន់ខាត់ដូចគ្នា) | | | √ |
| បំពង់បឺត ដាក់ជិតបំពង់បឺត (ខាត់រួចដូចគ្នា) | √ | | |
| បំពង់បឺត ដាក់ជិតចង្កឹះកែវ (មិនទាន់ខាត់ដូចគ្នា) | | | √ |
| បំពង់បឺត ដាក់ជិតចង្កឹះកែវ (ខាត់រួចដូចគ្នា) | | √ | |

## ៣.៦. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

ដើម្បីឱ្យសិស្សអាចសន្និដ្ឋានទៅលើវត្ថុបំណង និងសម្មតិកម្មបាន គ្រូត្រូវដាក់ជាសំណួរខ្លះដូចក្នុងសន្លឹកកិច្ចការសិស្ស ឬសរសេរខ្លឹមសាដោយទុកចន្លោះសម្រាប់ឱ្យសិស្សបំពេញក៏បាន។ ក្នុពីសោធនេះអាចសួរសំណួរដូចខាងក្រោម៖

– តើបន្ទុកអគ្គិសនីមានប៉ុន្មានប្រភេទអ្វីខ្លះ?

• បន្ទុកអគ្គិសនីមានពីរប្រភេទគឺ បន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន(+) និង បន្ទុកអវិជ្ជមាន (-)

– តើបំពង់បឺតបន្ទាប់ពីខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីប្រភេទអ្វី ?

• ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន(-)

– តើចង្កឹះកែវក្រោយពេលខាត់ជាមួយក្រដាសជូតមាត់ ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីប្រភេទអ្វី?

• ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន (+)

– បើដាក់បំពង់បឺតពីរដែលខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់នៅជិតគ្នា តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេច?

• ប្រានគ្នា

– បើដាក់ចង្កឹះកែវដែលខាត់រួចនៅជិតបំពង់បឺតដែលខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេច?

• ទាញគ្នា

ដូច្នេះចូរប្អូនសន្និដ្ឋានអំពីអន្តរកម្មនៃបន្ទុ(អំពើទៅវិញទៅមក)កអគ្គិសនី។

- បន្ទុកអគ្គិសនីមានសញ្ញាដូចគ្នាដាក់ជិតគ្នា(-)និង(-) ហើយ(+)និង(+) ច្រានគ្នា
- បន្ទុកអគ្គិសនីមានសញ្ញាផ្ទុយដាក់ជិតគ្នា (-)និង(+) ទាញគ្នា

❖ ករណីគ្មានចង្កឹះកែវ យើងប្រើក្រដាសជូតមាត់។ ដូច្នេះក្នុងសំណួរខាងលើដែលមានចង្កឹះកែវ គឺត្រូវជំនួសដោយក្រដាសជូតមាត់ ដូចជា៖

❖ ក្រដាសជូតមាត់ខាត់ជាមួយបំពង់បឺតរួច ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីប្រភេទអ្វី?

❖ ក្រដាសជូតមាត់ខាត់ជាមួយបំពង់បឺតរួច ដាក់ជិតគ្នា តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្ដេច?

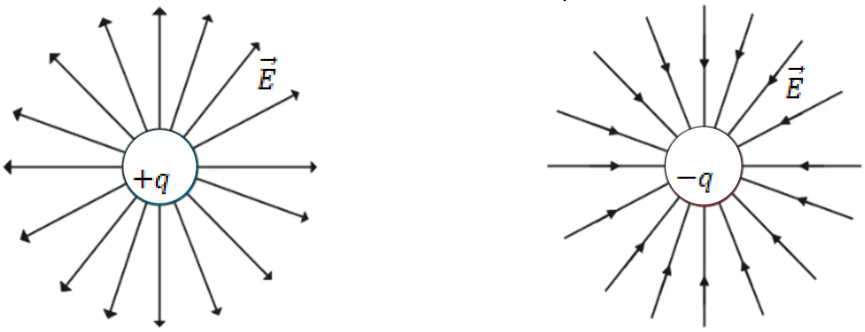
## ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ

### ១. វត្ថុបំណង

បង្ហាញពីអំពើទៅវិញទៅមករវាងបន្ទុកអគ្គិសនី។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

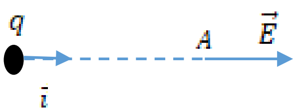
- បន្ទុកអគ្គិសនីមានពីរប្រភេទគឺ បន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន(+) និង បន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន(-)
- អង្គធាតុមួយណឺតមានន័យថាចំនួនបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន និងអវិជ្ជមានស្មើគ្នា
- អង្គធាតុមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន ( + ) កាលណាអង្គធាតុនោះមានចំនួនបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានច្រើនជាងបន្ទុកអវិជ្ជមាន ហើយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន (-) កាលណាអង្គធាតុនោះមានចំនួនបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានតិចជាងបន្ទុកអវិជ្ជមាន ។
- ប្លាស្ទិចក្រោយពេល (បំពង់ប៊ិត) ខាត់ ជាមួយក្រដាសជូតមាត់កើតមានបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន ចង្កឹះកែវក្រោយពេលខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតម៉ាតកើតមានបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន ។
- អង្គធាតុដែលផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីប្រភេទដូចគ្នាច្រានគ្នាចេញ ហើយអង្គធាតុមានបន្ទុកអគ្គិសនីមានសញ្ញាផ្ទុយគ្នាទាញគ្នាចូល ។
- បន្ទុកអគ្គិសនីបានបង្កើតដែនអគ្គិសនីនៅក្នុងលំហជុំវិញវា
  - បន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន(+)បង្កើតដែនអគ្គិសនីនៅក្នុងលំហជុំវិញវាមានទិសដៅចាកផ្ចិតដូចរូប
  - បន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន(–)បង្កើតដែនអគ្គិសនីនៅក្នុងលំហជុំវិញវាមានទិសដៅចូលផ្ចិតដូចរូប




*រូប៨.២៖ ដែនអគ្គិសនីបង្កើតដោយបន្ទុកអគ្គិសនី +q និង–q ។*

–ដែនអគ្គិសនីរបស់ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីមួយ $q$ ត្រង់ចំណុច $A$ ចម្ងាយ $r$ ពី $q$ គឺ

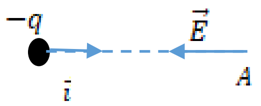
$$\vec{E}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\vec{i}$$




ម៉ូឌុល $E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q|}{r^2}$

–ដែនអគ្គិសនីរបស់ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីមួយ $-q$ ត្រង់ចំណុច $A$ ចម្ងាយ $r$ ពី $-q$ គឺ

$$\vec{E}=-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\vec{i}$$




ម៉ូឌុល $E = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{|q|}{r^2}$

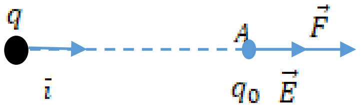
– បើគេដាក់បន្ទុកសាក $q_0$ ក្នុងដែនអគ្គិសនីណាមួយ $\vec{E}$ បន្ទុកនោះរងនូវកម្លាំងអគ្គិសនី $\vec{F}$ ដែល

$$\vec{F} = q_0\vec{E}$$

បើ $q_0 > 0$ គេបានកម្លាំង $\vec{F}$ មានទិសដៅស្របនឹងដែនអគ្គិសនី $\vec{E}$

បើ $q_0 < 0$ គេបានកម្លាំង $\vec{F}$ មានទិសដៅផ្ទុយពីដែនអគ្គិសនី $\vec{E}$

បើដែនអគ្គិសនីជាដែនអគ្គិសនីរបស់ចំណុចបន្ទុកមួយ $q$ ដូចខាងលើ គេបាន $\vec{E} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r^2}\vec{i}$ នោះកម្លាំងអគ្គិសនីដែលបន្ទុក $q$ មានលើ(ច្រាន) $q_0 > 0$ ដែលដាក់ត្រង់ចំណុច $A$ គឺ $\vec{F} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{qq_0}{r^2}\vec{i}$

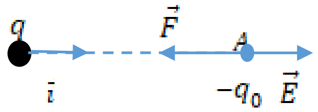



ម៉ូឌុល $F = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{|qq_0|}{r^2}$

បន្ទុកអគ្គិសនីមានសញ្ញាដូចគ្នាដាក់ជិតគ្នា ច្រានគ្នាចេញ។

បើ $q_0 < 0$ ដាក់ត្រង់ចំណុច $A$ ក្នុងដែនអគ្គិសនីរបស់បន្ទុក $q$ នោះកម្លាំងអគ្គិសនីដែលបន្ទុក $q$ មានអំពើលើ(ទាញ) $q_0 < 0$ គឺ

$$\vec{F} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq_0}{r^2}\vec{i}$$




ម៉ូឌុល $F = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{|qq_0|}{r^2}$

បន្ទុកអគ្គិសនីមានសញ្ញាផ្ទុយគ្នាដាក់ជិតគ្នាទាញគ្នាចូល។

## ៣. ការពិសោធ

### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

– នៅពេលគេយកបំពង់បឺតពីរដែលខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ទៅដាក់ជិតគ្នា

– នៅពេលគេយកចង្កឹះកែវខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ទៅដាក់ជិតបំពង់បឺតដែលខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ តើមានអ្វីកើតឡើងក្នុងករណីទាំងពីរ ?

សម្គាល់៖ បើអត់មានចង្កឹះកែវ គេអាចប្រើបំពង់បឺតដាក់ជិតក្រដាសជូតមាត់ក៏បាន

### ៣.២. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

☑ បំពង់បឺតដាក់ជិតបំពង់បឺតច្រានគ្នា ☐ បំពង់បឺតដាក់ជិតបំពង់បឺតទាញគ្នា

☐ ចង្កឹះកែវដាក់ជិតបំពង់បឺតច្រានគ្នា ☑ ចង្កឹះកែវដាក់ជិតបំពង់បឺតទាញគ្នា

☐ គំនិតផ្សេងៗ .......................................

ហេតុអ្វីបានជាប្អូនគិតបែបនេះ ?

តម្រុយ៖ តាមលោក Benjamin Franklin បន្ទុកអវិជ្ជមានកើតមាននៅលើចង្កឹះ អេបូនីត(ប្លាស្ទិច) មានន័យថាប្លាស្ទិចភាគច្រើនបំផុតគឺផ្ទុកបន្ទុកអវិជ្ជមានក្រោយពេលខាត់រួច ហើយចង្កឹះកែវក្រោយពេលខាត់រួចផ្ទុកបន្ទុកវិជ្ជមាន។ បំពង់បឺតដាក់ជិតបំពង់បឺតច្រានគ្នា ព្រោះពួកវាមានបន្ទុកអគ្គិសនីសញ្ញាដូចគ្នា ហើយចង្កឹះកែវដាក់ជិតបំពង់បឺតទាញ គ្នាដោយសាពួកវាផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីសញ្ញាផ្ទុយគ្នា។

### ៣.៣. ដំណើរការពិសោធ

- **តម្រូវការសម្ភារ៖** បំពង់បឺតពីរដើម ដបទឹកសុទ្ធ ក្រដាសជូតមាត់ (ក្រដាសអនាម័យ)ចង្កឹះកែវ។
- **ដំណើរការ៖**

**ករណីទី១**

- ដាក់ដប់ទឹកសុទ្ធបញ្ឈរលើប្លង់ដេក(ដបទឹកសុទ្ធមានទឹក)បន្ទាប់មកយកបំពង់បឺត(មិនទាន់ខាត់)ទៅលើដបទឹកសុទ្ធឱ្យមានលំនឹង រួចយកបំពង់បឺតមួយផ្សេងទៀតមិនទាន់ខាត់ដែរ ទៅដាក់ក្បែរបំពង់បឺតដែលនៅលើដបទឹកសុទ្ធ ហើយសង្កេត។ បន្ទាប់មកទៀតយកចង្កឹះកែវមិន ទាន់ខាត់ (បើអត់ ចង្កឹះកែវយកក្រដាសជូតមាត់ក៏បាន មកដាក់ជិតបំពង់បឺតដែលនៅលើមាត់ដប) ហើយសង្កេត ។ ធ្វើបែបនេះដើម្បីបញ្ជាក់ថាពួកវាគ្មានអន្តរកម្មទេ ព្រោះពួកវាមិនទាន់ផ្ទុក បន្ទុកអគ្គិសនី (មិនទាន់ខាត់) ។

**ករណីទី២**

- ខាត់ចង្កឹះកែវជាមួយក្រដាសជូតមាត់រួចយកទៅដាក់ជិតបំពង់បឺតដែលនៅលើមាត់ដប (ខាត់រួចមុន)ហើយសង្កេត។ *បើអត់ចង្កឹះកែវប្រើក្រដាសជូតមាត់ក៏បានដែរ គឺយកក្រដាសជូតមាត់ដែលបានខាត់ជាមួយនឹងបំពង់បឺតទៅដាក់ជិតបំពង់បឺតដែលនៅលើមាត់ដបទឹកសុទ្ធ។*
- អ្វីដែលបានសង្កេតត្រូវបំពេញនៅក្នុងតារាងលទ្ធផល។

### ៣.៤. លទ្ធផល

លទ្ធផលពីការសង្កេតត្រូវបំពេញក្នុងតារាងខាងក្រោម

| | ច្រានគ្នា | ទាញគ្នា | គ្មានអន្តរកម្ម |
|---|---|---|---|
| បំពង់បឺត ដាក់ជិតបំពង់បឺត (មិនទាន់ខាត់ដូចគ្នា) | | | √ |
| បំពង់បឺត ដាក់ជិតបំពង់បឺត (ខាត់ដូចគ្នា) | √ | | |
| បំពង់បឺត ដាក់ជិតចង្កឹះកែវ (មិនទាន់ខាត់ដូចគ្នា) | | | √ |
| បំពង់បឺត ដាក់ជិតចង្កឹះកែវ (ខាត់ដូចគ្នា) | | √ | |

### ៣.៥. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

- តើបន្ទុកអគ្គិសនីមានប៉ុន្មានប្រភេទ អ្វីខ្លះ ?
  - បន្ទុកអគ្គិសនីមានពីរប្រភេទគឺ បន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន (+) និង បន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន (-)
- តើបំពង់បឺតបន្ទាប់ពីខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីប្រភេទអ្វី ?

• ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន(-)

– តើចង្កឹះកែវក្រោយពេលខាត់ជាមួយក្រដាសជូតមាត់ ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីប្រភេទអ្វី?

• ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន(+)

– បើដាក់បំពង់បឺតពីរដែលខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់នៅជិតគ្នា តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេច?

• ច្រានគ្នា

– បើដាក់ចង្កឹះកែវដែលខាត់រួចនៅជិតបំពង់បឺតដែលខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេច?

• ទាញគ្នា

ដូច្នេះចូរប្អូនសន្និដ្ឋានអំពីអន្តរកម្មនៃបន្ទុកអគ្គិសនី( អំពើទៅវិញទៅមក)

• បន្ទុកអគ្គិសនីមានសញ្ញាដូចគ្នាដាក់ជិតគ្នា(-)និង(-) ហើយ(+)និង(+) ច្រានគ្នា

• បន្ទុកអគ្គិសនីមានសញ្ញាផ្ទុយដាក់ជិតគ្នា (-)និង(+) ទាញគ្នា

## ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស

### ១. វត្ថុបំណង

បង្ហាញពីអំពើទៅវិញទៅមករវាងបន្ទុកអគ្គិសនី។

### ២. ចំណេះដឹងមានស្រាប់

– បន្ទុកអគ្គិសនីមានពីរប្រភេទគឺ បន្ទុកកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន (+) និង បន្ទុកអវិជ្ជមាន (-)

– ចង្កឹះអេបូនីត)ប្លាស្ទិច ឬបំពង់បឺតក្រោយពេលខាត់(រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន ( – ) ចង្កឹះកែវក្រោយពេលខាត់រួចផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន( + )។

– បន្ទុកអគ្គិសនី $q$ បានបង្កើតដែនអគ្គិសនីនៅត្រង់ចំណុចមួយចម្ងាយ $r$ ពី $q$ គឺ

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\vec{i}$$

ម៉ូឌុល $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}$

– បើគេដាក់បន្ទុកសាក $q_0$ ក្នុងដែនអគ្គិសនីណាមួយ $\vec{E}$ បន្ទុកនោះរងនូវកម្លាំងអគ្គិសនី $\vec{F}$ ដែល

$\vec{F} = q_0\vec{E}$ នោះ $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq_0}{r^2}\vec{i}$

ម៉ូឌុល $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq_0}{r^2}$

### ៣. ការពិសោធ

#### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

តើមានអ្វីកើតឡើង ?

– នៅពេលដែលគេយកបំពង់បឺតដែលខាត់រួចដូចគ្នាទៅដាក់ជិតគ្នា

–នៅពេលគេយកចង្កឹះកែវដែលខាត់រួចទៅដាក់ជិតបំពង់បឺតដែលខាត់រួចដូចគ្នា

#### ៣.២. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

□ បំពង់បឺតដាក់ជិតបំពង់បឺតច្រានគ្នា □ បំពង់បឺតដាក់ជិតបំពង់បឺតទាញគ្នា

□ ចង្កឹះកែវដាក់ជិតបំពង់បឺតច្រានគ្នា □ ចង្កឹះកែវដាក់ជិតបំពង់បឺតទាញគ្នា

□ គំនិតផ្សេងៗ .........................

ហេតុអ្វីបានជាប្អូនគិតបែបនេះ ? .....................................................

#### ៣.៣. ដំណើរការពិសោធ

❖ តម្រូវការសម្ភារៈ

បំពង់បឺតពីរដើម ក្រដាសជូតមាត់ ដបទឹកសុទ្ធ ចង្កឹះកែវ។

❖ ដំណើរការៈ

**ករណីទី១**

- ដាក់ដប់ទឹកសុទ្ធបញ្ឈរលើប្លង់ដេក(ដបទឹកសុទ្ធមានទឹក)បន្ទាប់មកយកបំពង់បឺត(មិនទាន់ខាត់) ទៅលើដបទឹកសុទ្ធឱ្យមានលំនឹង រួចយកបំពង់បឺតមួយផ្សេងទៀមិនទាន់ខាត់ដែរ ទៅដាក់ក្បែរបំពង់បឺតដែលនៅលើដបទឹកសុទ្ធ ហើយសង្កេត។ បន្ទាប់មកទៀតយកចង្កឹះកែវមិនទាន់ខាត់ (បើអត់ ចង្កឹះកែវយកក្រដាសជូតមាត់ក៏បាន មកដាក់ជិតបំពង់បឺតដែលនៅលើមាត់ដប) ហើយសង្កេត ។ ធ្វើបែបនេះដើម្បីបញ្ជាក់ថាពួកវាគ្មានអន្តរកម្មទេ ព្រោះពួកវាមិនទាន់ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី (មិនទាន់ខាត់)។
- យកបំពង់បឺតនៅលើដបទឹកសុទ្ធទៅខាត់ជាមួយក្រដាសជូតមាត់ ហើយមកដាក់លើដបវិញ បន្ទាប់មកខាត់បំពង់បឺតមួយផ្សេងទៀតជាមួយក្រដាសជូតមាត់រួចយកទៅដាក់ក្បែរបំពង់បឺតដែលនៅលើដបទឹកសុទ្ធ ហើយសង្កេត។
- អ្វីដែលបានសង្កេតត្រូវបំពេញនៅក្នុងតារាងលទ្ធផល

**ករណីទី២**

- ខាត់ចង្កឹះកែវជាមួយក្រដាសជូតម៉ាត់ រួចយកទៅដាក់ជិតបំពង់បឺតដែលនៅលើមាត់ដប (ខាត់រួចជាមុន) ហើយសង្កេត ។

**៣.៤. លទ្ធផល**

អ្វីដែលបានសង្កេតត្រូវបំពេញនៅក្នុងតារាងលទ្ធផល។

| | ច្រានគ្នា | ទាញគ្នា | គ្មានអន្តរកម្ម |
|---|---|---|---|
| បំពង់បឺត ដាក់ជិតបំពង់បឺត (មិនទាន់ខាត់ដូចគ្នា) | | | |
| បំពង់បឺត ដាក់ជិតបំពង់បឺត (ខាត់ដូចគ្នា) | | | |
| បំពង់បឺត ដាក់ជិតចង្កឹះកែវ (មិនទាន់ខាត់ដូចគ្នា) | | | |
| បំពង់បឺត ដាក់ជិតចង្កឹះកែវ (ខាត់ដូចគ្នា) | | | |

**៣.៥. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន**

– តើបន្ទុកអគ្គិសនីមានប៉ុន្មានប្រភេទអ្វីខ្លះ ?

.......................................................................................................................

– តើបំពង់បឺតបន្ទាប់ពីខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីប្រភេទអ្វី ?

.......................................................................................................................

– តើចង្កឹះកែវក្រោយពេលខាត់ជាមួយក្រដាសជូតមាត់ ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីប្រភេទអ្វី ?

.......................................................................................................................

– បើដាក់បំពង់បឺតពីរដែលខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់នៅជិតគ្នា តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេច?

.........................................................................................................................................

– បើដាក់ចង្កឹះកែវដែលខាត់រួចនៅជិតបំពង់បឺតដែលខាត់រួចជាមួយក្រដាសជូតមាត់ តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេច ?

.........................................................................................................................................

ដូច្នេះចូរប្អូនសន្និដ្ឋានអំពីអន្តរកម្មនៃបន្ទុកអគ្គិសនី ។ (អំពើទៅវិញទៅមក)...........................................
.........................................................................................................................................

# ប្រធានបទទី ៩៖ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករ និងរេស៊ីស្តង់ក្នុង

## ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ

### ១. វត្ថុបំណង

– វត្ថុបំណងពិសោធត្រូវសរសេរឱ្យបានច្បាស់លាស់។ ពិសោធអាចជាពិសោធដែលមានក្នុងមេរៀន ចេញពីចម្ងល់ ឬបាតុភូតដែលអ្នកបានសង្កេតឃើញជុំវិញខ្លួនយើង។

– ត្រូវប្រើកិរិយាសព្ទសកម្ម ដូចជា កំណត់ គណនា ធ្វើពិសោធ វាស់ ទាញរក ពិនិត្យ ...។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ យើងប្រើ)

– វត្ថុបំណងជាអ្វីដែលយើងកំណត់ថាត្រូវធ្វើនៅក្នុងពិសោធមួយ។ ក្នុងពិសោធន៍នេះវត្ថុបំណងគឺ កំណត់រេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិលមួយ ។

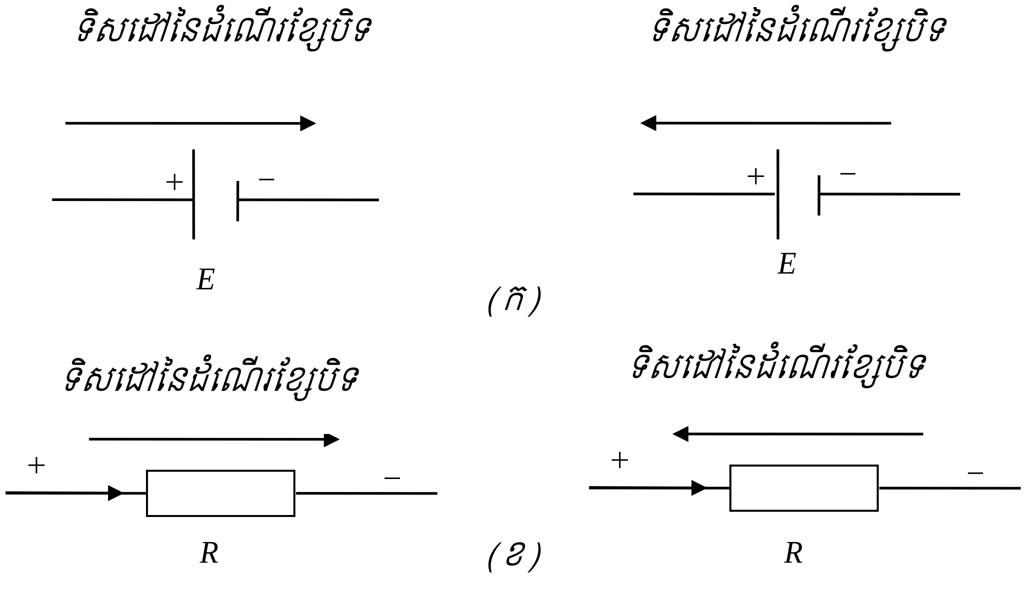
### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្តី)

ត្រូវសរសេរសង្ខេបទ្រឹស្តី ឬរូបមន្តដែលត្រូវប្រើក្នុងពិសោធនេះ បើមេរៀន ឬប្រធានបទត្រូវបានបង្រៀនរួចហើយ។ ប៉ុន្តែបើមិនទាន់បង្រៀនទេ អ្នកអាចសរសេរវាឱ្យបានពិស្តារបន្តិចដើម្បីឱ្យសិស្ស(អ្នករៀន) ឬអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយយល់។ សន្មត់ថាមេរៀនជាទ្រឹស្តីបានរៀនរួចហើយ ។ ក្នុងពិសោធនេះទ្រឹស្តីដែលទាក់ទងគឺ៖ ច្បាប់ Kirchhoff និង វិធីសង់ក្រាប និងរេស៊ីស្តង់

• រេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិល ជារេស៊ីស្តង់របស់សារធាតុដែលយកមកបង្កើតជាថ្មពិល

• តាមច្បាប់ទី២ របស់ Kirchhoff : ផលបូកពិជគណិតនៃផលសងប៉ូតង់ស្យែលក្នុងខ្សែបិទណាមួយ (ខ្សែបិទ *abcde* )រួមទាំងកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ និងផលសងប៉ូតង់ស្យែលរបស់គ្រឿងទទួលផ្សេង(រេស៊ីស្តង់) គឺស្មើសូន្យ ។

– បើដំណើររបស់ខ្សែបិទឆ្លងកាត់ប្រភពអគ្គីសនី(ថ្មពិល)ពីប៉ូល(-)ទៅ(+)គេបានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករគឺ $+E$ ហើយបើដំណើររបស់ខ្សែបិទនោះឆ្លងកាត់ប្រភពអគ្គីសនី(ថ្មពិល) ពីប៉ូល(+)ទៅ(-)គេបានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករគឺ $-E$ ដូចរូប៩.១(ក)។




*រូប៩.១ បង្ហាញពីច្បាប់គៀតឆុប(Kirchhoff)ចំពោះតង់ស្យុង(ក).ទិសដៅនៃដំណើររបស់ខ្សែបិទចូលតាម (+ ) ចេញ(− )នោះកម្លាំងអគ្គីសនីចលករគឺ $-E$ ហើយបើទិសដៅនៃដំណើររបស់ខ្សែបិទចូលតាម(− )*

*ចេញ(+ ) នោះកម្លាំងអគ្គិសនី គឺ +E ។ (ខ). ទិសដៅនៃដំណើររបស់ខ្សែបិទស្របនឹងទិសដៅសន្ទត របស់ចរន្តក្នុងសៀគ្វី(ចូល+ចេញ-)គេបាន+RI ហើយបើទិសដៅនៃដំណើរខ្សែបិទផ្ទុយពីទិសដៅ សន្ទតនៃចរន្តក្នុងសៀគ្វី(ចូល – ចេញ + ) គេបាន +RI ។*

– បើដំណើររបស់ខ្សែបិទឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់តាមទិសដៅសន្ទត់របស់ចរន្តក្នុងសៀគ្វីគេបាន $-RI$ ហើយបើ តាមទិសដៅផ្ទុយពីទិសដៅចរន្តសន្ទត់ក្នុងសៀគ្វីគេបាន $+RI$ ដូចរូប៩.១(ខ)។

ពិនិត្យសៀគ្វីមួយដូចរូប៩.២មានថ្មពិលមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ $E$ និងរេស៊ីស្តង់ក្នុង $r$ និងរេស៊ីស្តង់ $r$ ចរន្តក្នុងសៀគ្វីគឺ $I$ ។ តាមច្បាប់គៀតធុប

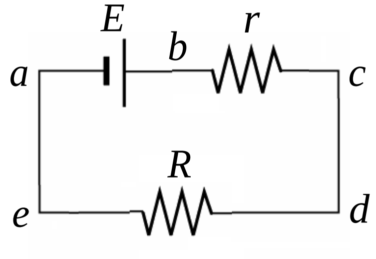
ចំពោះខ្សែបិទ $abcdea$

គេអាចសរសេរ

$$E - rI - RI = 0$$

$$E - rI = RI$$

$$V = E - rI$$




*រូប ៩.២*

• វិធីសង់ក្រាប ត្រូវបង្ហាញពីវិធីគូសក្រាប និងការរកមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់។ ក្នុងការគូសក្រាប អ័ក្សឈរតាងឱ្យតង់ស្យុង( $V$ ) អ័ក្សដេកតាងឱ្យចរន្ត ( $I$ )។ ដៅចំណុចកូអរដោនេ។ បើចំណុចទាំងនោះមិនរត់ត្រង់គ្នាយើងត្រូវគូសបន្ទាត់សមស្របមួយដែលស្ថិតនៅចន្លោះចំណុចទាំងនោះ។ តម្លៃមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ជាតម្លៃរេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិល ។

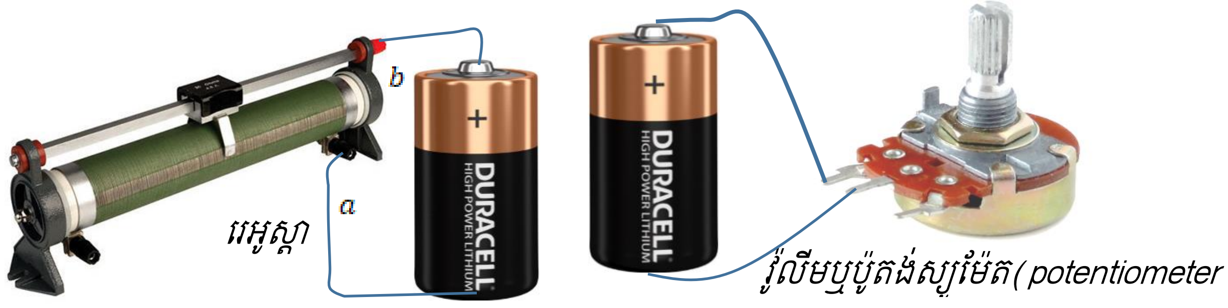
ក្រាបនៅក្នុងពិសោធនេះគឺផលសងប៉ូតង់ស្យែល $E$ ជាអនុគមន៍នៃចរន្តអគ្គិសនី $I$ ។ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករ $E$ គឺជាចំណុចប្រសព្វរបស់បន្ទាត់ជាមួយអ័ក្សឈរ( $V$ ) នៃសមីការបន្ទាត់ $V = E - rI$ ចំណែក $r$ ជាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ ។

## ៣. ណែនាំដំណើរការពិសោធ

### ៣.១. ការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធ

– ត្រូវប្រាកដថាសិស្សរបស់អ្នកចេះប្រើវ៉ុលម៉ែត អំពែម៉ែត និងអូមម៉ែត (មុលទីម៉ែត)

– យករេអូស្តាដែលមានរេស៊ីស្តង់អតិបរមាចន្លោះពី $30\Omega$ ទៅ $50\Omega$។ ព្រោះតង់ស្យុងរវាងគោលទាំងពីរនៃថ្មពិលមានតម្លៃតូច( $1.5V$ ) បើរេស៊ីស្តង់ធំពេក ចរន្តក្នុងសៀគ្វីមានតម្លៃតូចពិបាកវាស់។




*រូប៩.៣ ភ្ជាប់រេអូស្តាជាមួយជនិតា និងភ្ជាប់វ៉ូលីមជាមួយជនិតា។*

- បើអត់រេអូស្តាយករ៉ូលីមរបស់វិទ្យុ(ប៉ូតង់ស្យូម៉ែត)ក៏បានដែរ។ បើតរេអូស្តាក្នុងសៀគ្វី គឺយកខ្សែចម្លងភ្ជាប់គោល $a$ និង $b$ ទៅប្រភពអគ្គិសនី(ថ្មពិល)។ បើតរ៉ូលីមចូលក្នុងសៀគ្វីគឺភ្ជាប់ជើងនៅកណ្ដាល និងជើងដែលនៅខាងគេ(មួយណាក៏បាន) ទៅប្រភពអគ្គិសនី(ថ្មពិល)។ ដូចរូប៩.៣ ។

### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

- ត្រូវយកវត្ថុបំណងនៃពិសោធដែលបានសរសេរ(ក្នុងឧទាហរណ៍ខាងលើ)មកដាក់ជាសំណួរ។
- សំណួរអាចមានច្រើនទម្រង់ពីកម្រិតងាយ(ទាប)ទៅលំបាក(ខ្ពស់)ដោយផ្អែកលើទ្រឹស្ដី Bloom Taxonomy ។
- ដោយផ្អែកលើវត្ថុបំណងខាងលើ អ្នកអាចផ្តល់សំណួរឱ្យទៅសិស្ស ឬស្នើឱ្យសិស្សបង្កើតដោយខ្លួនឯងនិងបន្ទាប់មក អ្នកត្រូវជ្រើសរើសយកសំណួរណាដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណង ហើយងាយធ្វើពិសោធ។ សំណួរអាចជា៖

១. តើអ្វីទៅជារេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិល ហើយគេអាចកំណត់តម្លៃរបស់វាបានយ៉ាងដូចម្តេច?

២. តើអ្នកកំណត់តម្លៃរេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិលមួយបានយ៉ាងដូចម្តេច?

### ៣.២. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

សម្មតិកម្មជាចម្លើយស្មានទុកដោយមានហេតុផលត្រឹមត្រូវ ផ្អែកលើចំណេះដឹង និងបទពិសោធដែលមានស្រាប់។ វាជាចម្លើយរបស់បញ្ហាដែលបានលើកឡើង ហើយដែលឆ្លើយតបទៅនឹងវត្ថុបំណងដែរ។ ត្រូវបង្កើតសម្មតិកម្មឱ្យចំ ឱ្យច្បាស់លាស់ ទើបអាចរកសម្ភារ និងបន្តដំណើរការពិសោធបាន បើអ្នកប្រើវិធីវិទ្យាសាស្ត្រ។ ចំពោះសំណួរទី១ ខាងលើរេស៊ីស្តង់ក្នុងថ្មពិល ជារេស៊ីស្តង់របស់សារធាតុដែលយកមកបង្កើតជាថ្មពិល។

- ដើម្បីរកតម្លៃរេស៊ីស្តង់ក្នុងនេះ គេត្រូវតម្លើងសៀគ្វីដូចរូបទី៩.៤ មានរេស៊ីស្តង់ក្រៅមួយ ។ ធ្វើបម្រែបម្រួលរេស៊ីស្តង់រប់រេអូស្តា $R$ រួចហើយប្រើវ៉ុលម៉ែតវាល់តង់ស្យុងរវាងគោលទាំងពីនៃថ្មពិល(សៀគ្វីបិទ) ហើយប្រើអំពែម៉ែតវាស់ចរន្តក្នុងសៀគ្វី។
- ប្រើច្បាប់Kirchhoff ចំពោះតង់ស្យុង យើងទួលបានសមីការ $V=-rI+E$ ជាសមីការបន្ទាត់
- សង់ក្រាបនៃសមីការ$V=-rI+E$ (អ័ក្សឈរ( $V$ ) និងអ័ក្សដេក ( $I$ )ក្រាបជាបន្ទាត់)ហើយរករេស៊ីស្តង់ក្នុងតាមមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ ហើយកម្លាំងអគ្គិសនីចលករជាចំណុចប្រសព្វរវាងបន្ទាត់ជាមួយអ័ក្សឈរ។

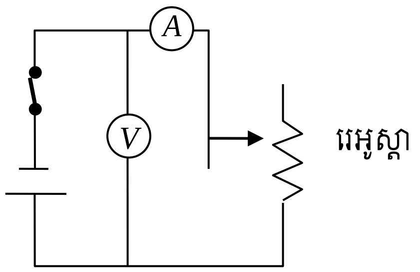
### ៣.៣. ពិសោធន៍

**(ក) តម្រូវការសម្ភារ៖** ថ្មពិល ប្រដាប់ចាប់ថ្មពិល អំពែម៉ែត្រ វ៉ុលម៉ែត្រ រេអូស្តា ខ្សែចម្លង កុងតាក់ ក្រដាសគូសក្រាប។

(ខ)ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍៖

១. បង្កើតសៀគ្វីដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៩.៤។

២. វាស់អាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត I និងតង់ស្យុង V ដោយមួលតំឡើងតម្លៃរេអូស្តាទៅដល់តម្លៃធំបំផុត។




រូប ៩.៤

- *សម្គាល់៖ អ្នកត្រូវតែអានតម្លៃនៅពេលអ្នកបិទសៀគ្វីភ្លាម ពីព្រោះតម្លៃនឹងប្រែប្រួលទៅតាមរយៈពេល។*

៣. វាស់អាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត $I$ និងតង់ស្យុង $V$ ដោយមួលបន្ថយតម្លៃរេអូស្តាបន្តិចម្តងៗ តម្លៃវាស់បានកត់ចូលក្នុងតារាងលទ្ធផល

៤. គូសក្រាបរវាង $V$ និង $I$ នៅលើក្រដាសគូសក្រាប ដោយប្រើអ័ក្ស $x$ (អ័ក្សដេក)ជាអ័ក្ស $I$ និងអ័ក្ស $y$ (អ័ក្សឈរ)អ័ក្ស$V$។

៥. គូសបន្ទាត់សមស្របមួយតាមចំណុចនីមួយៗនៅលើក្រដាសគូសក្រាប ។ បើចំណុច(ចំណុចប្រសព្វរវាង $V$ និង $I$) មិនរត់ត្រង់គ្នាទេ បន្ទាត់ត្រូវគូសយ៉ាងណាឱ្យមានចំងាយជិតបំផុតពីគ្រប់ចំណុច។

៦. រកចំណុចប្រសព្វរវាងបន្ទាត់នេះ និងអ័ក្ស $V$។ តម្លៃនេះបង្ហាញពីកម្លាំងអគ្គិសនីចលកររបស់ថ្មពិល។

៧. គណនាមេគុណប្រាប់ទិសនៃក្រាបរបស់អនុគមន៍ $V(I)$ នេះ។ តម្លៃដាច់ខាតរបស់វា បង្ហាញពីរេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិល។

### ៣.៤. លទ្ធផល

ត្រូវគូសតារាងសម្រាប់ដាក់ទិន្នន័យដែលបានពីពិសោធខាងលើ។ អ្នកអាចដាក់តារាងទិន្នន័យ និងគណនាជាមួយគ្នា ឬដាក់ដាច់ពីគ្នាក៏បាន។

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $I$(mA) | | | | | |
| $V$(V) | | | | | |

យកទិន្នន័យដែលបានមកពីពិសោធទៅសង់ក្រាប។ ដោយក្រាបជាបន្ទាត់ គេបានមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដែលតម្លៃដាច់ខាតរបស់វាជាតម្លៃរបស់រេស៊ីស្តង់ក្នុង អាចគណនាតាម

$$r = \tan\theta = \left|\frac{\Delta V}{\Delta I}\right| = \left|\frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}\right|$$

ហើយកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ $E$ ជាចំណុចប្រសព្វរវាងបន្ទាត់ជាមួយនឹងអ័ក្សឈរ។

### ៣.៥. វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

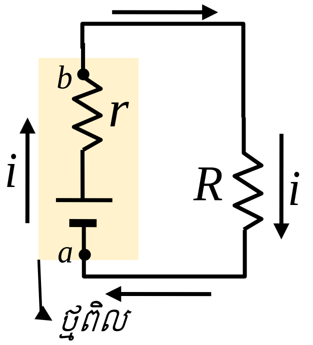
ជាទូទៅសិស្សមិនដឹងថាត្រូវសន្និដ្ឋានយ៉ាងដូចម្តេចទេ។ ដូច្នេះត្រូវណែនាំសិស្សឱ្យដឹងថាតើត្រូវសន្និដ្ឋានទៅលើអ្វី ឬលើចំណុចណា។ អ្នកអាចសួរជាសំណួរបំផុស ដើម្បីជួយសិស្សសន្និដ្ឋានបានឬសរសេរជាខ្លឹមសារនៃសេចក្តីសន្និដ្ឋានតែទុកចន្លោះសម្រាប់ឱ្យគីតហើយបំពេញ។

# ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ

## ១. ទស្សនបំណង

- កំណត់រេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិលមួយ

## ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)



រូប ៩.៥

• ច្បាប់ kirchhoff ចំពោះតង់ស្យុងពោលថា ផលបូកពិជគណិតនៃតង់ស្យុងក្នុងខ្សែបិទមួយស្មើសូន្យ ។
ចំពោះសៀគ្វីមួយដូចរូប ៩.៥
គេបាន $E-rI-IR=0$ ឬ $E-rI-V=0$

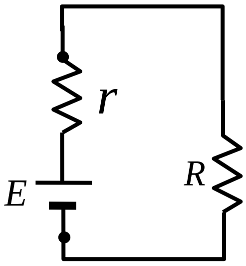
• វិធីសង់ក្រាប៖ តាមសមីការខាងលើគេអាចសរសេរ $E-rI=V$ ។ ធ្វើបម្រែបម្រួលរេស៊ីស្តង់ $R$ រួចវាស់ចរន្ត និង តង់ស្យុង បន្ទាប់មកគូសអ័ក្សឈរជាអ័ក្សតង់ស្យុង ហើយអ័ក្សដេកជាអ័ក្សចរន្ត ។ ដាក់តម្លៃតង់ស្យុង និងចរន្តដែលវាស់បាននៅលើអ័ក្សតង់ស្យុង និង អ័ក្សចរន្ត រួចពិនិត្យចំណុចប្រសព្វនីមួយៗរវាងតង់ស្យុង និងចរន្ត ថាចំណុចទាំងនោះរត់ត្រង់គ្នាជាបន្ទាត់ដែរឬទេ ។ បើចំណុចទាំងនោះមិនរត់ត្រង់គ្នាទេ ដូច្នេះគេត្រូវគូសបន្ទាត់មួយដែលមានចំងាយជិតបំផុតពីគ្រប់ចំណុច។

## ៣. ពិសោធន៍

### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

បើអ្នកមានថ្មពិលមួយគ្រាប់ តើអ្នកអាចកំណត់តម្លៃរេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិលនោះបានយ៉ាងដូចម្តេច?

### ៣.២. សម្មតិកម្ម



រូប ៩.៦

- រករេស៊ីស្តង់ក្នុង តាមរយៈច្បាប់ Kirchhoff: $E-rI-IR=0$

$$IR=E-rI$$

ឬ $$V=E-rI$$

- សង់ក្រាប $V$ ជាអនុគមន៍នឹង $I$ ។
- គណនាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ $V=-E+rI$

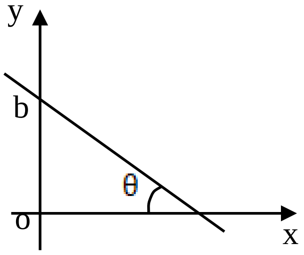
➢ តម្រុយ៖

- តាមច្បាប់ទី២ របស់ Kirchhoff : $E-rI-IR=0$

$$IR=E-rI$$

ឬ $$V=E-rI$$

- បើយើងមានថ្មពិលមួយមានតង់ស្យុង 1.5V អំពែរម៉ែត្រ វ៉ុលម៉ែត្រ និងរេអូស្តា។
តើយើងគួរតំឡើងសៀគ្វីយ៉ាងដូចម្តេចដើម្បីអាចគណនារករេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិលបាន?
- តាមអនុគមន៍ $y=ax+b$ យើងបានក្រាបរាងដូចរូបទី៩.៧



រូបទី៩.៧

$a$ : ជាតម្លៃដែលបានមកពីចំណុចប្រសព្វរវាងក្រាប និងអ័ក្ស $y$

$b$ : ជាមេគុណប្រាប់ទិស

- ដូច្នេះចំពោះសមីការ $V = E - rI$ មេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់គឺ $r$ ។

### ៣.៣. ពិសោធន៍

(**ក**) **គម្រូវការសម្ភារះ** ថ្មពិល ប្រដាប់ចាប់ថ្មពិល អំពែម៉ែត្រ វ៉ុលម៉ែត្រ រេអូស្តា ខ្សែទង់ដែង កុងតាក់ ក្រដាសគូសក្រាប។

(**ខ**)**ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍៖**

១. បង្កើតសៀគ្វីដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៩.៨។

២. វាស់អាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត $I$ និងតង់ស្យុង $V$ ដោយមួលតំឡើងតម្លៃរេអូស្តាទៅដល់តម្លៃធំបំផុត។

○ *សម្គាល់៖ អ្នកត្រូវតែអានតម្លៃនៅពេលអ្នកបិទសៀគ្វីភ្លាម ពីព្រោះតម្លៃនឹងប្រែប្រួលទៅតាមរយៈពេល។*

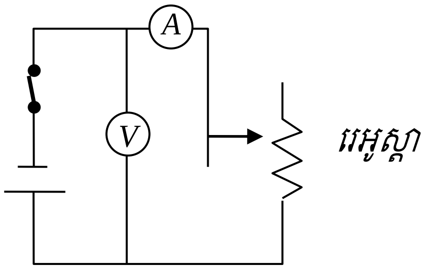
៣. វាស់អាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត $I$ និងតង់ស្យុង $V$ ដោយមួលបន្ថយតម្លៃរេអូស្តាបន្តិចម្តងៗ តម្លៃវាស់បានកត់ចូលក្នុងតារាងលទ្ធផល

៤. គូសក្រាបរវាង $V$ និង $I$ នៅលើក្រដាសគូសក្រាប ដោយប្រើអ័ក្សដេក $x$ ជាអ័ក្ស $I$ និងអ័ក្សឈរ $y$ ជាអ័ក្ស $V$។

៥. គូសបន្ទាត់សមស្របមួយតាមចំណុចនីមួយៗនៅលើក្រដាសគូសក្រាប( បន្ទាត់ដែលមានចម្ងាយជិតបំផុតពីគ្រប់ចំណុច )។

៦. តាមក្រាបរកចំណុចប្រសព្វរវាងបន្ទាត់នេះ និងអ័ក្សឈរ $V$ ។ តម្លៃនេះបង្ហាញពីកម្លាំងអគ្គិសនីចលកររបស់ថ្មពិល។

៧. គណនាមេគុណប្រាប់ទិសនៃក្រាបរបស់អនុគមន៍ V(I) នេះ។ តម្លៃដាច់ខាតរបស់វា បង្ហាញពីរេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិល។



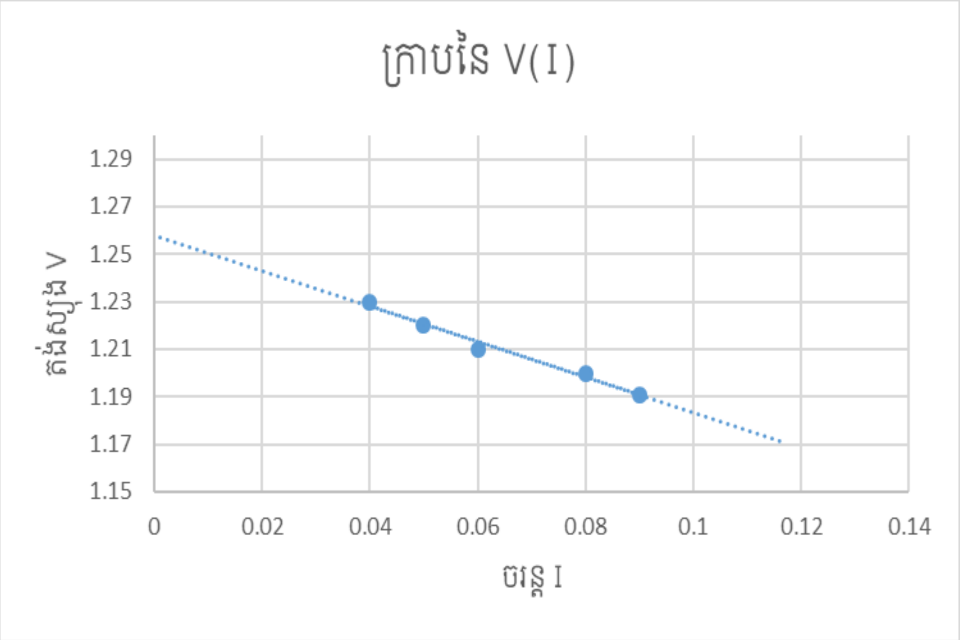

*រូប៩.៨*

### ៣.៤. លទ្ធផល

ទិន្នន័យដែលបានមកពីពិសោធត្រូវកត់ក្នុងតារាងលទ្ធផលខាងក្រោម ៖

| $I$(mA) | 0.09 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.04 |
|---|---|---|---|---|---|
| $V$(V) | 1.191 | 1.20 | 1.21 | 1.22 | 1.23 |

- សង់ក្រាប




- រកចំណុចប្រសព្វរវាងក្រាប និងអ័ក្ស $V$ ។ តម្លៃនេះបង្ហាញពីកម្លាំងអគ្គិសនីចលកររបស់ថ្មពិល។ ដូចនេះតាមក្រាម $E = 1.258\ \mathrm{V}$
- គណនាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់នេះ។ តម្លៃដាច់ខាតរបស់វាបង្ហាញពីរេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិល

យើងបាន $r = \tan\theta = \left|\dfrac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}\right| = \left|\dfrac{1.23 - 1.20}{0.080 - 0.0375}\right| = 0.74\Omega$

## ៣.៥. ការវិភាគនិងសន្និដ្ឋាន

តាមលទ្ធផលពិសោធ រេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិលមានតម្លៃប្រហែល $0.74\Omega$ ។

## ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់សិស្ស

### ១. វត្ថុបំណង

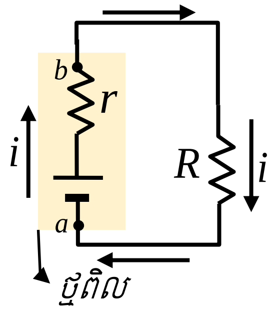
- កំណត់រេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិលមួយ

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

ច្បាប់ kirchhoff ចំពោះតង់ស្យុងពោលថា

ផលបូកពិជគណិតនៃតង់ស្យុងក្នុងខ្សែបិទមួយស្មើសូន្យ។

ចំពោះសៀគ្វីមួយដូចរូប ៩.៩




រូប ៩.៩

គេបាន $E - rI - IR = 0$ ឬ $E - rI - RI = 0$

$IR = E - rI$

ឬ $V = E - rI$

- វិធីសង់ក្រាប៖ តាមសមីការខាងលើគេអាចសរសេរ $V = E - rI$ ។

ធ្វើបម្រែបម្រួលរេស៊ីស្តង់ $R$ រួចវាស់ចរន្ត និងតង់ស្យុង បន្ទាប់មកគូសអ័ក្សឈរជាអ័ក្សតង់ស្យុង ហើយអ័ក្សដេកជាអ័ក្សចរន្ត។ ដាក់តម្លៃតង់ស្យុង និងចរន្តដែលវាស់បាននៅលើអ័ក្សតង់ស្យុង និងអ័ក្សចរន្ត រួចពិនិត្យចំណុចប្រសព្វនីមួយៗរវាងតង់ស្យុង និងចរន្ត ថាចំណុចទាំងនោះរត់ត្រង់គ្នាជាបន្ទាត់ដែរឬទេ។ បើចំណុចទាំងនោះមិនរត់ត្រង់គ្នាទេ ដូច្នេះគេត្រូវគូសបន្ទាត់មួយដែលមានចំងាយជិតបំផុតពីគ្រប់ចំណុច។

### ៣. ពិសោធន៍

#### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

តើអ្នកអាចកំណត់តម្លៃរេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិលមួយបានយ៉ាងដូចម្តេច?

#### ៣.២. សម្មតិកម្ម

…………………………………………………………………………………………………………

…………………………………………………………………………………………………………

#### ៣.៣. ពិសោធន៍

**(ក) តម្រូវការសម្ភារ**

ថ្មពិលមួយគ្រាប់ រេអូស្តា វ៉ុលម៉ែត អំពែម៉ែត ក្រដាសគូសក្រាប ខ្សែចម្លង។

**(ខ) ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍**

១. បង្កើតសៀគ្វីដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៩.១០។

២. វាស់អាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត $I$ និងតង់ស្យុង $V$ ដោយមួលតំឡើងតម្លៃរេអូស្តាទៅដល់តម្លៃធំបំផុត។

- *<u>សម្គាល់</u>៖អ្នកត្រូវតែអានតម្លៃនៅពេលអ្នកបិទសៀគ្វីភ្លាមពីព្រោះតម្លៃនឹងប្រែប្រួលទៅតាមរយៈពេល។*

៣. វាស់អាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត $I$ និងតង់ស្យុង $V$ ដោយមួលបន្ថយតម្លៃរេអូស្តាបន្តិចម្តងៗ តម្លៃវាស់បានកត់ចូលក្នុងតារាងលទ្ធផល

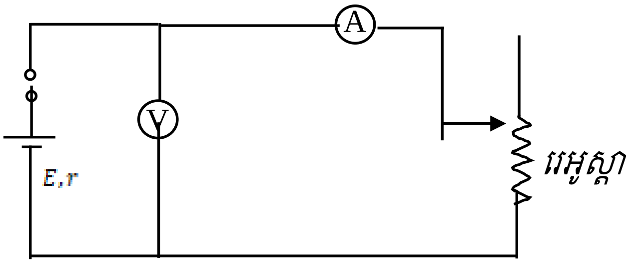
៤. គូសក្រាបរវាង $V$និង $I$ នៅលើក្រដាសគូសក្រាប ដោយប្រើអ័ក្សដេក $x$ ជាអ័ក្ស $I$ និងអ័ក្សឈរ $y$

ជាអ័ក្ស $V$ ។

៥. គូសបន្ទាត់សមស្របមួយតាមចំណុចនីមួយៗនៅលើក្រដាសគូសក្រាប(បន្ទាត់ដែលមានចម្ងាយជិតបំផុតពីគ្រប់ចំណុច)។

៦. តាមក្រាបរកចំណុចប្រសព្វរវាងបន្ទាត់នេះ និងអ័ក្សឈរ $V$ ។ តម្លៃនេះបង្ហាញពីកម្លាំងអគ្គិសនីចលកររបស់ថ្មពិល ។

៧. គណនាមេគុណប្រាប់ទិសនៃក្រាបរបស់អនុគមន៍ $V(I)$ នេះ។ តម្លៃដាច់ខាតរបស់វា បង្ហាញពីរេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិល។




រូបទី៩.១០

### ៣.៤. លទ្ធផល

**តារាងលទ្ធផល**

| $I(\text{mA})$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $V(\text{V})$ | | | | | |

យកទិន្នន័យដែលបានពីពិសោធមកសង់ក្រាប ដែលអ័ក្សឈរជាតង់ស្យុង ហើយអ័ក្សដេកជាចរន្ត។ តាមក្រាបចូររករេស៊ីស្តង់ក្នុង និងកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ។

### ៣.៥. ការវិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

តាមរយៈទិន្នន័យដែលបានមកពីការវាស់វែងក្នុងពិសោធនេះ តើប្អូនអាចរកតម្លៃរេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិលបានយ៉ាងដូចម្ដេច?

........................................................................................................................

តើរេស៊ីស្តង់ក្នុងនោះមានតម្លៃប៉ុន្មាន?

........................................................................................................................

# ប្រធានបទទី ១០៖ ការផ្ទុក និងការផ្ទេរបន្ទុកអគ្គិសនីរបស់កុងដង់សាទ័រ
## ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ

### ១. វត្ថុបំណង

– វត្ថុបំណងពិសោធត្រូវសរសេរឱ្យបានច្បាស់លាស់។ ពិសោធអាចជាពិសោធដែលមានក្នុងមេរៀន ចេញពីចម្ងល់ ឬបាតុភូតដែលអ្នកបានសង្កេតឃើញជុំវិញខ្លួនយើង។

– ត្រូវប្រើកិរិយាសព្ទសកម្ម ដូចជា កំណត់ គណនា វាស់ ទាញរក បង្ហាញ ពិនិត្យ ...។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ យើងប្រើ)បង្ហាញពីអំពើបន្ទុក និងបន្ទេរនៃកុងដង់សាទ័រមួយ។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្តី)

ត្រូវសរសេរសង្ខេបទ្រឹស្តី ឬរូបមន្តដែលត្រូវប្រើក្នុងពិសោធន៍នេះ បើមេរៀន ឬប្រធានបទត្រូវបានបង្រៀនរួចហើយ។ ប៉ុន្តែបើមិនទាន់បង្រៀនទេ អ្នកអាចសរសេរវាឱ្យបានពិស្តាររបន្តិចដើម្បីឱ្យសិស្ស ឬអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយស្រួលយល់ ។

សម្រាប់ពិសោធចំណេះដឹងមានស្រាប់ គឺដូចបង្ហាញក្នុងសន្លឹកកិច្ចការគ្រូ។

- កុងដង់សាទ័រជាគ្រឿងមួយដែលធ្វើឡើងពីបន្ទះអង្គធាតុចម្លងពីរដាក់ស្របគ្នាខណ្ឌដោយឌីអេឡិចទ្រិច (អ៊ីសូឡង់) ។ គេប្រើវាសម្រាប់ផ្ទុក និង ផ្ទេរបន្ទុកអគ្គិសនី ។
- ដើម្បីផ្ទុកគេត្រូវភ្ជាប់វាទៅប្រភពអគ្គិសនី(ថ្មពិល)ដោយយកប៉ូល( + ) របស់ប្រភពទៅភ្ជាប់នឹងប៉ូល ( + )នៃកុងដង់សាទ័រ ហើយប៉ូល(−)របស់ប្រភពជាមួយប៉ូល(−)របស់កុងដង់សាទ័រ។
- ពេលភ្ជាប់កុងដង់សាទ័រទៅប្រភពអគ្គិសនីវាក៏ចាប់ផ្តើមផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីបន្តិចម្តងៗរហូតដល់ពេញ(តង់ស្យុងគោលទាំងពីរនៃកុងដង់សាទ័រស្មើនឹងតង់ស្យុងរបស់ប្រភពអគ្គិសនី)។
- កុងដង់សាទ័រនឹងផ្ទេរបន្ទុកអគ្គិសនីវិញនៅពេញគេភ្ជាប់វាជាមួយគ្រឿងទទួលអគ្គិសនី
- បន្ទុកអគ្គិសនីដែលកុងដង់សទ័រមួយផ្ទុកបានកំណត់ដោយទំនាក់ទំនង $q = CV$
- កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រប្លង់កំណត់ដោយ $C = \varepsilon_0 \dfrac{A}{e}$

### ៣. ណែនាំដំណើរការពិសោធ

#### ៣.១. ការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធ

• ត្រូវតែប្រាកដថាសិស្សស្គាល់ និងចេះប្រើសម្ភារពិសោធទាំងនោះ ដើម្បីជៀសវាងគ្រោះថ្នាក់ និងខូចសម្ភារ។ សម្រាប់ពិសោធនេះ វាជាពិសោធបង្ហាញ ដោយប្រើសម្ភារងាយៗ ដូច្នេះការប្រើប្រាស់គឺដូចបានរៀបរាប់នៅក្នុងសន្លឹកកិច្ចការគ្រូ។

• ដើម្បីងាយស្រួលសង្កេត ត្រូវយកកុងដង់សាទ័រមានកាប៉ាស៊ីតេធំ( 2000μF )។

• មុននឹងភ្ជាប់កុងដង់សាទ័រជាមួយប្រភព ត្រូវតែពិនិត្យឱ្យច្បាស់នូវប៉ូល(+)និង (−) របស់កុងដង់សាទ័រ ហើយភ្ជាប់ដោយប៉ូល(+)របស់ប្រភពជាមួយប៉ូល(+)នៃកុងដង់សាទ័រ ហើយប៉ូល(−)របស់ប្រភពជាមួយប៉ូល(−)របស់កុងដង់សាទ័រ ។

• ដើម្បីប្រាកដថាកុងដង់សាទ័រផ្ទុកពេញនៅពេលអំពូលទី១រលត់(សៀគ្វីដូចក្នុងរូប១០.២ក្នុងសន្លឹកកិច្ចការគ្រូ) គេអាចភ្ជាប់កុងដង់សាទ័រជាមួយប្រភពផ្ទាល់(មានតែប្រភព និងកុងដង់សាទ័រ)។

• បើអំពូលទី២មិនភ្លឺពេលកុងតាក់នៅត្រង់B (កុងដង់ផ្ទេរ) យើងអាចប្រើប្រភព 3V ជំនួស 1.5V ។

• បើប្រើអំពូល LED 3V តង់ស្យុងរបស់ប្រភពយើងអាចជ្រើសរើសចន្លោះពី 3V ទៅ 6V ។ ប្រសិនបើប្រើតង់ស្យុង3Vហើយក្រោយពេលដែលអំពូលទី១ភ្លឺខ្សោយសឹងតែរលត់(រូប១០.២ក្នុងសន្លឹកកិច្ចការគ្រូ) យើងដាក់កុងតាក់មកត្រង់ B ប៉ុន្តែអំពូលទី២អាចនឹងមិនភ្លឺ ដោយសាតង់ស្យុងរបស់កុងដង់មិនស្មើ3V។ ករណីនេះយើងអាចសាកប្រើភព 6Vវិញ។

### ៣.២. ការកំណត់បញ្ហា

ការកំណត់បញ្ហា គឺកើតចេញពីចម្ងល់ ពីភាពចង់ដឹង ចង់ចេះទៅលើបាតុភូតអ្វីមួយ ហើយលើកជាសំណួរឡើង។

- សំណួរជាសំណួរដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណងនៃពិសោធដែលបានលើកឡើង ។
- សំណួរអាចមានច្រើនទម្រង់ពីកម្រិតងាយ(ទាប)ទៅលំបាក(ខ្ពស់)ដោយផ្អែកលើទ្រឹស្តី Bloom Taxonomy។
- ដោយផ្អែកលើវត្ថុបំណងខាងលើ អ្នកអាចផ្តល់សំណួរឱ្យទៅសិស្ស ឬស្នើឱ្យសិស្សបង្កើតដោយខ្លួនឯង និងបន្ទាប់មក អ្នកត្រូវជ្រើសរើសយកសំណួរណាដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណងហើយងាយធ្វើពិសោធ។ សំណួរអាចថា៖
  ១. តើដំណើរការផ្ទុក និងផ្ទេររបស់កុងដង់សាទ័រមួយយ៉ាងដូចម្តេច?
  ២. បើគេមានសៀគ្វីមួយដូចរូប១០.២តើមានអ្វីកើតឡើងនៅពេលគេបិតកុងតាក់ត្រង់ទីតាំង A និងត្រង់ទីតាំង B ?

### ៣.៣. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

សម្មតិកម្មជាសម្មើយស្មានទុកដោយមានហេតុផលត្រឹមត្រូវ ផ្អែកលើចំណេះដឹង និងបទពិសោធដែលមានស្រាប់។ វាជាចម្លើយរបស់បញ្ហាដែលបានលើកឡើង ហើយដែលឆ្លើយតបទៅនឹងវត្ថុបំណងរបស់ពិសោធផងដែរ។

ត្រូវបង្កើតសម្មតិកម្មឱ្យចំ ឱ្យច្បាស់លាស់ ទើបអាចរកសម្ភារ និងបន្តដំណើរការពិសោធបានបើអ្នកប្រើវិធីវិទ្យាសាស្ត្រ។ ចំពោះសំណួរទី២ខាងលើសម្មតិកម្មគឺដូចបានបង្ហាញនៅក្នុងសន្លឹកកិច្ចការគ្រូ។

### ៣.៤. លទ្ធផល

ដោយសារពិសោធនេះជាពិសោធបង្ហាញ វាមិនមានទិន្នន័យជាលេខទេ ដូច្នេះមិនបាច់បង្កើតជាតារាងក៏បានដែរ។ គ្រាន់តែទុកជាចន្លោះសម្រាប់បំពេញក៏បាន។ ក្នុងពិសោធនេះតារាងលទ្ធផលត្រូវបានបង្កើតឡើងក្នុងសន្លឹកកិច្ចការគ្រូ។

### ៣.៥. សន្និដ្ឋាន

ដើម្បីឱ្យសិស្សអាចសន្និដ្ឋានទៅលើវត្ថុបំណង និងសម្មតិកម្មបាន គឺត្រូវដាក់ជាសំណួរខ្លះដូចក្នុងសន្លឹកកិច្ចការសិស្ស។

## ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ

### ១. វត្ថុបំណង

បង្ហាញអំពីការផ្ទុក និងការផ្ទេរបន្ទុកអគ្គិសនីរបស់កុងដង់សាទ័រមួយ។

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្តី)

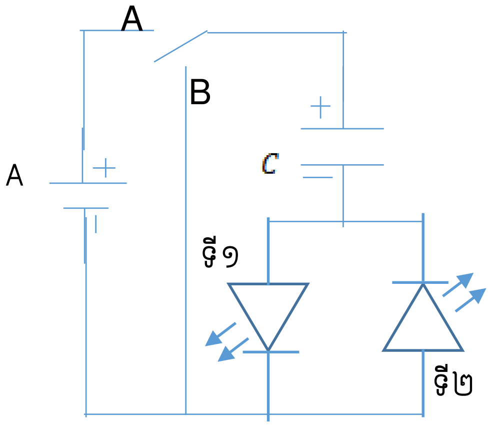
- កុងដង់សាទ័រជាគ្រឿងមួយដែលធ្វើឡើងពីបន្ទះអង្គធាតុចម្លងពីរដាក់ស្របគ្នាខណ្ឌដោយឌីអេឡិចទ្រិច (អ៊ីសូឡង់) ។ គេប្រើវាសម្រាប់ផ្ទុក និង ផ្ទេរបន្ទុកអគ្គិសនី ។
- ដើម្បីផ្ទុកគេត្រូវភ្ជាប់វាទៅប្រភពអគ្គិសនី(ថ្មពិល)ដោយយកប៉ូល( + ) របស់ប្រភពទៅភ្ជាប់នឹងប៉ូល ( + )នៃកុងដង់សាទ័រ ហើយប៉ូល( – )របស់ប្រភពជាមួយប៉ូល( – )របស់កុងដង់សាទ័រ។
- ពេលភ្ជាប់កុងដង់សាទ័រទៅប្រភពអគ្គិសនីវាក៏ចាប់ផ្តើមផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីបន្តិចម្តងៗរហូតដល់ពេញ(តង់ស្យុងគោលទាំងពីរនៃកុងដង់សាទ័រស្មើនឹងតង់ស្យុងរបស់ប្រភពអគ្គិសនី)។
- កុងដង់សាទ័រនឹងផ្ទេរបន្ទុកអគ្គិសនីវិញនៅពេញគេភ្ជាប់វាជាមួយគ្រឿងទទួលអគ្គិសនី
- បន្ទុកអគ្គិសនីដែលកុងដង់សទ័រមួយផ្ទុកបានកំណត់ដោយទំនាក់ទំនង $q = CV$

*រូប១០.១ កុងដង់សាទ័រអេឡិចត្រូលីត(electrolytic capacitor )*

### ៣. ពិសោធន៍

#### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

តើមានអ្វីកើតឡើងនៅពេលបិទកុងតាក់ទៅទីតាំងរួចមកទីតាំង B?




*រូប១០.២*

#### ៣.២. សម្មតិកម្ម

• បិទកុងតាក់មកទីតាំង A អំពូល LED ៖

– អំពូលទី១

ក.☑ភ្លឺពីខ្លាំងទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់

ខ.□ ភ្លឺពីខ្សោយទៅខ្លាំង គ.□ ភ្លឺធម្មតា ឃ.□ មិនភ្លឺ

– អំពូលទី២

ក.□ ភ្លឺខ្លាំង ទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់ ខ.□ ភ្លឺពីខ្សោយទៅខ្លាំង គ.□ ភ្លឺធម្មតា

ឃ.☑ មិនភ្លឺ

• បិទកុងតាក់មកទីតាំង B អំពូល LED ៖

– អំពូលទី១

ក.□ ភ្លឺខ្លាំង ទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់ ខ.□ ភ្លឺពីខ្សោយទៅខ្លាំង គ.□ ភ្លឺធម្មតា

ឃ. ☑ មិនភ្លឺ

– អំពូលទី២

ក.☑ ភ្លឺខ្លាំង ទៅខ្សោយបន្តិចម្ដងៗរហូតដល់រលត់ ខ. □ ភ្លឺពីខ្សោយទៅខ្លាំង គ.□ ភ្លឺធម្មតា ឃ.□ មិនភ្លឺ ។

ហេតុអ្វីបានជាប្អូនគិតបែបនេះ ? ....................................................

- ករណីកុងតាក់ត្រង់ទីតាំង A អំពូលទី២មិនភ្លឺ ព្រោះសៀគ្វីចំហគ្មានចរន្តឆ្លងកាត់។ អំពូលទី១ភ្លឺពីខ្លាំងទៅខ្សោយព្រោះពេលបិទកុងតាក់កុងដង់សាទ័រចាប់ផ្ដើមផ្ទុកនោះបន្ទុកអគ្គិសនី និងតង់ស្យុងរបស់វាកើនឡើងធ្វើឱ្យចរន្តក្នុងសៀគ្វីថយចុះរហូតដល់សូន្យនៅពេលកុងដង់សាទ័រផ្ទុកពេញ។
- ករណីកុងតាក់ត្រង់ទីតាំង B អំពូលទី១មិនភ្លឺព្រោះគ្មានចរន្តឆ្លងកាត់ ។ ( ឌីយ៉ូតប៉ូលកម្មច្រាស )
- ហើយអំពូលភ្លឺខ្លាំងទៅខ្សោយដោយសារកុងដង់សាទ័របានផ្ទេរបន្ទុកអគ្គិសនីឆ្លងកាត់អំពូលទី២រហូតដល់អស់ជាហេតុដែលធ្វើឱ្យអំពូលទី២ដំបូងភ្លឺខ្លាំងបន្ទាប់មកខ្សោយបន្តិចម្ដង់ៗរហូតដល់រលត់ ។

## ៣.៣. ដំណើរការពិសោធ

❖ **តម្រូវការសម្ភារៈ** កុងដង់សាទ័រអេឡិចត្រូលីត ( 1000μF ) ចាប់ពីតង់ស្យុង 16V អំពូល (LED)ចំនួនពីរ ថ្មពិល ( 1.5V ) មួយ និង កុងតាក់មួយ ។

❖ **ជំហ៊ាន/ដំណើរការ៖**

១. យកកុងដង់សាទ័រគ្មានបន្ទុក( ដើម្បីឱ្យប្រាកដថាគ្មានបន្ទុក អ្នកអាចយកខ្សែចម្លងភ្ជាប់រវាងជើងរបស់ពួកវាទាំងពីរ ) ។

២. តម្លើងសៀគ្វីជាសេរីមួយ មានកុងដង់សាទ័រ ថ្មពិល កុងតាក់ និងអំពូល LED ដូចរូប១០.២

៣.បិទកុងតាក់ទៅទីតាំង A ហើយសង្កេតមើលអំពូល។

៤.បិទកុងតាក់ទៅទីតាំង B ហើយសង្កេតមើលអំពូល។

## ៣.៤. លទ្ធផល

អ្វីដែលបានសង្កេតឃើញក្នុងពិសោធត្រូវបំពេញក្នុងតារាងខាងក្រោម

កុងតាក់ត្រង់ទីតាំង A

| | មិនភ្លឺ | ភ្លឺធម្មតា | ភ្លឺពីខ្លាំងទៅខ្សោយបន្តិចម្ដងៗរហូតដល់រលត់ | ភ្លឺពីខ្សោយទៅខ្លាំង |
|---|---|---|---|---|
| អំពូលទី១ | | | √ | |
| អំពូលទី២ | √ | | | |

កុងតាក់ត្រង់ទីតាំង B

| | មិនភ្លឺ | ភ្លឺធម្មតា | ភ្លឺពីខ្លាំងទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់ | ភ្លឺពីខ្សោយទៅខ្លាំង |
|---|---|---|---|---|
| អំពូលទី១ | √ | | | |
| អំពូលទី២ | | | √ | |

## ៣.៥. សន្និដ្ឋាន

**កុងតាក់ត្រង់ទីតាំង**A

១. តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេចចំពោះអំពូលទី១ និងទី២?

• អំពូលទី២មិនភ្លឺ។ អំពូលទី១ភ្លឺខ្លាំងបន្ទាប់មកខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់

២. ហេតុអ្វីបានជាអំពូលទី១ភ្លឺខ្លាំងទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់ ?

• ព្រោះកុងដង់សាទ័រផ្ទុកបន្ទុកពេលបិតកុងតាក់ ធ្វើឱ្យបន្ទុក និងតង់ស្យុងកើនឡើងរហូតដល់ពេញ នាំឱ្យចរន្តក្នុងសៀគ្វីថយចុះរហូតដល់សូន្យ(ផ្ទុកពេញ)ដែលជាហេតុធ្វើឱ្យអំពូលភ្លឺខ្សោយទៅៗរហូតដល់រលត់

**កុងតាក់ត្រង់ទីតាំង**B

១. តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេចចំពោះអំពូលទី១ និងទី២?

• អំពូលទី១មិនភ្លឺ។ អំពូលទី២ភ្លឺខ្លាំងបន្ទាប់មកខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់

២. ហេតុអ្វីបានជាអំពូលទី២ភ្លឺខ្លាំងទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់ ?

• ព្រោះកុងដង់សាទ័រផ្ទេរបន្ទុកពេលបិតកុងតាក់ ធ្វើឱ្យបន្ទុក និងតង់ស្យុងថយរហូតដល់សូន្យ នាំឱ្យចរន្តក្នុងសៀគ្វីថយចុះរហូតដល់សូន្យ(ផ្ទេរអស់)ដែលជាហេតុធ្វើឱ្យអំពូលភ្លឺខ្សោយទៅៗរហូតដល់រលត់ ។ តើប្អូនសន្និដ្ឋានយ៉ាងដូចម្តេចអំពីកុងដង់សាទ័រ?

• កុងដង់សាទ័រអាចផ្ទុក និងផ្ទេរបន្ទុកអគ្គិសនីបាន។ ផ្ទុកកាលណាគេភ្ជាប់កុងដង់សាទ័រទៅប្រភពអគ្គិសនីហើយផ្ទេរនៅពេលគេភ្ជាប់វាជាមួយគ្រឿងទទួលអគ្គិសនីណាមួយ។

# ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស

## ១. ទស្សនាទាន (objective)

បង្ហាញអំពីបន្ទុក និងបន្ទេររបស់កុងដង់សាទ័រមួយ។

## ២. ចំណេះដឹងមានស្រាប់

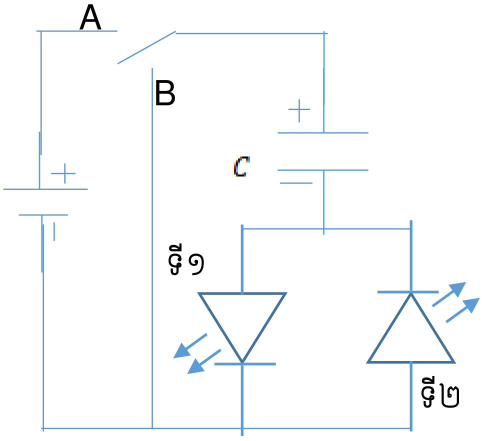
- កុងដង់សាទ័រជាគ្រឿងមួយដែលធ្វើឡើងពីបន្ទះអង្គធាតុចម្លងពីរដាក់ស្របគ្នាខណ្ឌដោយឌីអេឡិចទ្រិច (អ៊ីសូឡង់) ។ គេប្រើវាសម្រាប់ផ្ទុក និង ផ្ទេរបន្ទុកអគ្គិសនី ។
- ដើម្បីផ្ទុកគេត្រូវភ្ជាប់វាទៅប្រភពអគ្គិសនី(ថ្មពិល)ដោយយកប៉ូល( + ) របស់ប្រភពទៅភ្ជាប់នឹងប៉ូល( + )នៃកុងដង់សាទ័រ ហើយប៉ូល( – )របស់ប្រភពជាមួយប៉ូល( – )របស់កុងដង់សាទ័រ។
- ពេលភ្ជាប់កុងដង់សាទ័រទៅប្រភពអគ្គិសនីវាក៏ចាប់ផ្តើមផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីបន្តិចម្តងៗរហូតដល់ពេញ(តង់ស្យុងគោលទាំងពីរនៃកុងដង់សាទ័រស្មើនឹងតង់ស្យុងរបស់ប្រភពអគ្គិសនី)។
- កុងដង់សាទ័រនឹងផ្ទេរបន្ទុកអគ្គិសនីវិញនៅពេញគេភ្ជាប់វាជាមួយគ្រឿងទទួលអគ្គិសនី
- បន្ទុកអគ្គិសនីដែលកុងដង់សទ័រមួយផ្ទុកបានកំណត់ដោយទំនាក់ទំនង $q = CV$

*រូបនេះបង្ហាញពីប្រភេទផ្សេងៗរបស់កុងដង់សាទ័រ*

## ៣. ការពិសោធ

### ៣.១. ការកំណត់បញ្ហា

តើមានអ្វីកើតឡើងនៅពេលបិទកុងតាក់ទៅទីតាំង A រួចមកទីតាំង B?




*រូប១០.៣*

### ៣.២. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

• បិទកុងតាក់មកទីតាំង A អំពូល LED ៖

– អំពូលទី១

ក. □ ភ្លឺពីខ្លាំងទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់

ខ.□ ភ្លឺពីខ្សោយទៅខ្លាំង គ.□ ភ្លឺធម្មតា ឃ.□ មិនភ្លឺ

– អំពូលទី២

ក.□ ភ្លឺខ្លាំង ទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់ ខ.□ ភ្លឺពីខ្សោយទៅខ្លាំង គ.□ ភ្លឺធម្មតា

ឃ. □ មិនភ្លឺ

• បិទកុងតាក់មកទីតាំង B អំពូល LED ៖

– អំពូលទី១

ក.□ ភ្លឺខ្លាំង ទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់ ខ.□ ភ្លឺពីខ្សោយទៅខ្លាំង គ.□ ភ្លឺធម្មតា

ឃ. □ មិនភ្លឺ

– អំពូលទី២

ក. □ ភ្លឺខ្លាំង ទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់ ខ. □ ភ្លឺពីខ្សោយទៅខ្លាំង គ.□ ភ្លឺធម្មតា

□ គំនិតផ្សេងៗ .........................

ហេតុអ្វីបានជាប្អូនគិតបែបនេះ ?

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

### ៣.៣. ពិសោធន៍

❖ **តម្រូវការសម្ភារៈ** កុងដង់សាទ័រអេឡិចត្រូលីត ( 1000μF ) ចាប់ពីតង់ស្យុង 16V អំពូល (LED)ចំនួនពីរ ថ្មពិល ( 1.5V ) មួយ និង កុងតាក់មួយ ។

❖ **ដំឡើង/ដំណើរការៈ**

១. យកកុងដង់សាទ័រគ្មានបន្ទុក(ដើម្បីឱ្យប្រាកដថាគ្មានបន្ទុក អ្នកអាចយកខ្សែចម្លងភ្ជាប់រវាងជើងរបស់ពួកវាទាំងពីរ) ។

២. តម្លើងសៀគ្វីជាសេរីមួយ មានកុងដង់សាទ័រ ថ្មពិល កុងតាក់ និងអំពូល LED ដូចរូប១០.២

៣. បិទកុងតាក់ទៅទីតាំង A ហើយសង្កេតមើលអំពូល។

៤. បិទកុងតាក់ទៅទីតាំង B ហើយសង្កេតមើលអំពូល។

### ៣.៤. លទ្ធផល

លទ្ធផលនៃការសង្កេតត្រូវបំពេញក្នុងតារាងខាងក្រោម

**កុងតាក់ត្រង់ទីតាំង** A

| | មិនភ្លឺ | ភ្លឺធម្មតា | ភ្លឺពីខ្លាំងទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់ | ភ្លឺពីខ្សោយទៅខ្លាំង |
|---|---|---|---|---|
| អំពូលទី១ | | | | |
| អំពូលទី២ | | | | |

**កុងតាក់ត្រង់ទីតាំង** B

| | មិនភ្លឺ | ភ្លឺធម្មតា | ភ្លឺពីខ្លាំងទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់ | ភ្លឺពីខ្សោយទៅខ្លាំង |
|---|---|---|---|---|
| អំពូលទី១ | | | | |
| អំពូលទី២ | | | | |

## ៣.៥. សន្និដ្ឋាន

**ក្រុមតាក់ត្រង់ទីតាំង**A

១. តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេចចំពោះអំពូលទី១ និងទី២ ?

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

២. ហេតុអ្វីបានជាអំពូលទី១ភ្លឺខ្លាំងទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់ ?

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

**ក្រុមតាក់ត្រង់ទីតាំង**B

១. តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេចចំពោះអំពូលទី១ និងទី២ ?

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

២. ហេតុអ្វីបានជាអំពូលទី២ភ្លឺខ្លាំងទៅខ្សោយបន្តិចម្តងៗរហូតដល់រលត់ ?

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

៣. តើប្អូនសន្និដ្ឋានយ៉ាងដូចម្តេចអំពីកុងដង់សាទ័រ ?

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

# រូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១២

# ប្រធានបទទី ១១៖ ការរីកមាឌនៃប៉ោងប៉ោង

## ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ

### ១. វត្ថុបំណង

- ត្រូវសរសេរវត្ថុបំណងពិសោធឱ្យបានច្បាស់លាស់។ ពិសោធអាចជាពិសោធដែលមានក្នុងមេរៀនចេញពីចម្ងល់ ឬបាតុភូតដែលអ្នកបានសង្កេតឃើញជុំវិញខ្លួនយើង។
- ត្រូវប្រើកិរិយាសព្ទសកម្ម ដូចជា កំណត់ គណនា ធ្វើពិសោធ វាស់ ទាញរក ពិនិត្យ ...។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ យើងប្រើកិរិយាសព្ទ បង្ហាញ)

**បង្ហាញថាប៉ោងប៉ោងដែលចងមាត់ជិតដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន រីកមាឌនៅពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់នោះ៉**

### ២. ចំណេះដឹងមានមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

ត្រូវសរសេរសង្ខេបទ្រឹស្តី ឬរូបមន្តដែលទាក់ទងប្រើក្នុងពិសោធនេះបើមេរៀន ឬប្រធានបទត្រូវបានបង្រៀនរួចហើយ។ ប៉ុន្តែបើមិនទាន់បង្រៀនទេ អ្នកអាចសរសេរវាឱ្យបានពិស្តារបន្តិចដើម្បីឱ្យសិស្ស(អ្នករៀន) ឬអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយយល់។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ សន្មតថាមេរៀនេះយើងបានបង្រៀនរួចហើយ)

និយមន័យនៃសម្ពាធ

- . រូបមន្តសម្ពាធ $P = \frac{F}{A}$
- សមីការឧស្ម័នបរិសុទ្ធ $PV = nRT \quad , \quad PV = k_B NT$

### ៣. ណែនាំដំណើរការពិសោធ

#### ៣.១. ការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធ

*រូបទី១១.១*

១. យកប៉ោងប៉ោងគួចមាត់ឱ្យជិត (រូបទី១៥.១)

២. យកប៉ោងប៉ោងចងមាត់ឱ្យជិតរួចដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន (ឆ្នុកបំពង់ត្រូវតែជិតកុំឱ្យលិច ឬជ្រាប)។

*រូបទី១១.២*

៣. បន្ទាប់មកយកទុយោមកភ្ជាប់បំពង់ញូតុន ជាមួយម៉ូទ័របូមខ្យល់ (លៃយ៉ាងណាកុំឱ្យខ្យល់លិច ឬជ្រាប)។

*រូបទី១១.៣*

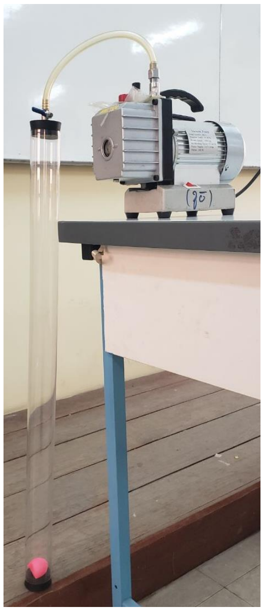
៤. ម៉ូទ័របូមខ្យល់ត្រូវបានភ្ជាប់ជាមួយឈ្នាប់ចរន្ត(ប្រភពអគ្គិសនីឆ្លាស់)

៥. បិទកុងតាក់ម៉ូទ័រដើម្បីបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុនប្រហែលមួយនាទី។

៦. សង្កេតមើលប៉ោងប៉ោងក្នុងបំពង់ញូតុន។

**បំរុងប្រយ័ត្ន៖**

- ចំពោះបំពង់ញូតុន ឆ្នុកទាំងពីរត្រូវតែជិត មិនលេច និងមិនជ្រាបខ្យល់
- ទុយោដែលភ្ជាប់បំពង់ញូតុន និងម៉ូទ័រត្រូវតែជិត មិនលេច និងមិនជ្រាបខ្យល់
- ចំពោះម៉ូទ័របូមខ្យល់ត្រូវពិនិត្យមើលប្រេងក្នុងម៉ូទ័រ
- មុនពេលភ្ជាប់ចរន្តត្រូវពិនិត្យកុងតាក់របស់ម៉ូទ័រ (កុងតាក់ចំហ)
- មុនពេលបិទកុងតាក់ភ្ជាប់ចរន្ត រ៉ូប៊ីនេបំពង់ញូតុនត្រូវតែបើកចំហ
- ក្រោយរយៈពេលមួយនាទី ត្រូវបិទកុងតាក់រួចបិទរ៉ូប៊ីនេ



*រូបទី១១.៤*

**ចំណាំ៖**

១. បើមានកែវក្រុងដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី ១១.៥ ប្រើប្រាស់ជាការប្រសើរ (ងាយស្រួលប្រើជាងបំពង់ញូតុន)

*រូបទី១១.៥ (ក)*

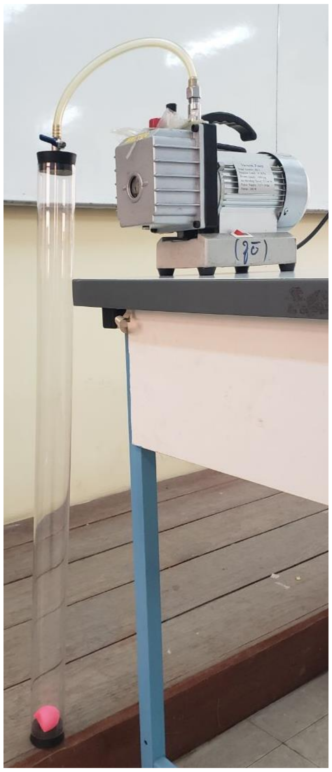
*រូបទី១១.៥ (ខ)*

៣. លំនាំនៃការប្រើប្រាស់កែវក្រុងដូច
ការប្រើប្រាស់បំពង់ញូតុន
ដើម្បីកុំឱ្យលេចជ្រាបខ្យល់ យើងអាចផ្សើម
រ៉ង ឬហ្វឺតរបស់កែវក្រុង (ជ័រខ្មៅ)ដោយទឹក។

*រូបទី១១.៦*

## ៣.២. ជំហានទី១៖ ការកំណត់បញ្ហា

- ការកំណត់បញ្ហាគឺជាសំណួរដែលកើតចេញពីការសង្កេតបាតុភូតឬព្រឹត្តិការណ៍មួយដែលកើតមានឡើងនៅជុំវិញខ្លួនយើង។
- ត្រូវយកវត្ថុបំណងនៃពិសោធដែលបានសរសេរក្នុងឧទាហរណ៍ខាងលើមកបង្កើតជា សំណួរ។
- សំណួរមានច្រើនទម្រង់ពីកម្រិតងាយទៅពិបាកដោយផ្អែកលើទ្រឹស្តី BloomTaxonomy។
- ដោយផ្អែកលំនាំបញ្ហាខាងលើ គ្រូអាចស្នើឱ្យសិស្សបង្កើតសំណួរដោយខ្លួនឯង និងបន្ទាប់មក គ្រូត្រូវជ្រើសរើសយកសំណួរណាដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណង ហើយងាយធ្វើពិសោធ។
- ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចកំណត់បញ្ហាដែលឆ្លើយតបនឹងវត្ថុបំណងពិសោធន៍ទេ គ្រូគួរតែកំណត់បញ្ហាឱ្យសិស្ស។ សំណួរអាចជា៖



*រូបទី១១.៧*

**តើមានអ្វីកើតឡើងនៅពេលប៉ោងប៉ោងដែលចងមាត់ជិតដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុនក្រោយបូមខ្យល់ចេញ ?**

- សម្មតិកម្មមានន័យថា លទ្ធផលរំពឹងទុកជាមុនដែលអាចនឹងកើតមានឡើង។
  ដូច្នេះ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម ជាការព្យាករណ៍ឬជាការទាយទុកជាមុន ដើម្បីស្វែងរកដំណោះស្រាយលើបញ្ហាដែលយើងបានចោទសួរខាងដើម។
- ត្រូវបង្កើតសម្មតិកម្មឱ្យចំ ឱ្យច្បាស់លាស់ ទើបអាចរកសម្ភារ និងបន្តដំណើរការពិសោធបាន បើអ្នកប្រើវិធីវិទ្យាសាស្ត្រ។

សម្មតិកម្មនៃការកំណត់បញ្ហាខាងលើ៖ **មាឌប៉ោងប៉ោងរីកធំ ។**

- ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចបង្កើតសម្មតិកម្មបាន គ្រូត្រូវផ្តល់សំណួរតម្រុយដល់សិស្ស។ តម្រុយផ្តល់គំនិត ឬនាំផ្លូវដើម្បីឱ្យសិស្សមានគំនិតបង្កើតសម្មតិកម្ម ប៉ុន្តែវាមិនមែនជាចម្លើយទេ។

- បន្ទាប់មកគ្រូសួរសិស្សពីការគិតរបស់គាត់ថា **ហេតុអ្វីបានជាប្អូនគិតបែបនេះ ?** ឱ្យគាត់ធ្វើការបកស្រាយដោយមានការពិភាក្សាគ្នានៅក្នុងក្រុមនីមួយៗ។

**តម្រុយ ៖**

១. មុនពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន យើងបាន

សម្ពាធខាងក្នុងប៉ោងប៉ោង $(P_{in})$ ស្មើនឹង សម្ពាធខាងក្រៅប៉ោងប៉ោង $(P_{out})$។

ម្យ៉ាងទៀតសម្ពាធខាងក្រៅប៉ោងប៉ោង( ក្នុងបំពង់ញូតុន ) ស្មើនឹង សម្ពាធបរិយាកាស $(P_{atm})$។

ដូចនេះ $P_{in} = P_{out} = P_{atm}$ (1)

ប៉ុន្តែសម្ពាធមានរូបមន្ត $P = \frac{F}{A}$

ពីសមីការ( 1 )គេបាន

$\frac{F_{in}}{A_{in}} = \frac{F_{out}}{A_{out}}$ ស្តើង ឬមិនគិតកម្រាស់

$A_{in} = A_{out}$ ប៉ោងប៉ោងមិនរីក

$F_{in} = F_{out}$

ម្យ៉ាងទៀតផ្ទៃខាងក្នុងនៃប៉ោងប៉ោង $(A_{in})$ ស្មើនឹង ផ្ទៃខាងក្រៅនៃប៉ោងប៉ោង $(A_{out})$
ដូចនេះកម្លាំងរុញខាងក្នុងលើផ្ទៃប៉ោងប៉ោង $(F_{in})$ ស្មើនឹង កម្លាំងសង្កត់ខាងក្រៅលើផ្ទៃប៉ោងប៉ោង $(F_{out})$
នាំឱ្យប៉ោងប៉ោងមិនរីក ។

**២. ពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន**

សម្ពាធខាងក្នុងប៉ោងប៉ោង $(P_{in})$ ស្មើនឹងសម្ពាធបរិយាកាស $(P_{atm})$ ។ ប៉ុន្តែសម្ពាធខាងក្រៅប៉ោងប៉ោង( ក្នុងបំពង់ញូតុន ) ថយចុះ ព្រោះពេលបូមខ្យល់ចេញចំនួនម៉ូល ឬ ចំនួនម៉ូលេគុល(N) ថយចុះ នាំអោយសម្ពាធខាងក្នុងប៉ោងប៉ោង $(P_{in})$ ធំជាង សម្ពាធខាងក្រៅប៉ោងប៉ោង( ក្នុងបំពង់ញូតុន ) $(P_{out})$ ។

ពីរូបមន្តសម្ពាធ គេបាន

$P_{in}$ñ$P_{out}$

$\frac{F_{in}}{A_{in}}$ñ$\frac{F_{out}}{A_{out}}$

$A_{in} = A_{out}$ ( ស្តើង ឬ មិនគិតកម្រាស់ )

$F_{in}$ñ$F_{out}$ ( ប៉ោងប៉ោងរីក )

ព្រោះផ្ទៃខាងក្នុងនៃប៉ោងប៉ោង $(A_{in})$ ស្មើនឹង ផ្ទៃខាងក្រៅនៃប៉ោងប៉ោង $(A_{out})$
ដូចនេះកម្លាំងរុញខាងក្នុងលើផ្ទៃប៉ោងប៉ោង $(F_{in})$ ធំជាង កម្លាំងសង្កត់ខាងក្រៅលើផ្ទៃប៉ោងប៉ោង $(F_{out})$
នាំឱ្យ ប៉ោងប៉ោងរីកមាឌ ។

### ៣.៤. ជំហានទី ៤៖ លទ្ធផល

- លទ្ធផលជាទិន្នន័យដែលទទួលបានពីការពិសោធតាមរយៈការសង្កេត និងការវាស់វែងយ៉ាងត្រឹមត្រូវ ។
- ត្រូវគូសតារាងលទ្ធផលសម្រាប់ដាក់ទិន្នន័យដែលបានពីពិសោធខាងលើដូចបង្ហាញក្នុងសន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់គ្រូ។

ក្រោយពីធ្វើពិសោធរួច យើងទទួលបានលទ្ធផល **ប៉ោងប៉ោងរីកធំជាងមុនបន្តិចម្តងៗ** ។

### ៣.៥. ជំហានទី៥ ៖ សន្និដ្ឋាន

. **វិភាគ៖** មាឌប៉ោងប៉ោងមុនពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន មិនប្រែប្រួល ។

មាឌប៉ោងប៉ោងក្រោយពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន រីកធំជាងមុន ។

សន្និដ្ឋាន៖ដូច្នេះ ប៉ោងប៉ោង រីកមាឌ ដោយសារ សម្ពាធឬកម្លាំងសង្កត់ ខាងក្នុងប៉ោងប៉ោងធំជាងសម្ពាធឬកម្លាំងសង្កត់ ខាងក្រៅប៉ោងប៉ោង។

ដូច្នេះសម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រតាមការពិសោធ។

**<u>ពិភាក្សា</u>**

១. នៅពេលដែលមនុស្សយើងឡើងទៅលើភ្នំមួយដែលខ្ពស់ តើសម្ពាធនៅក្នុងខ្លួនយើង និងខាងក្រៅខ្លួនយើងមានភាពប្រែប្រួលយ៉ាងដូចម្តេច? នោះនឹងមានអ្វីកើតឡើងមកលើខ្លួនយើង?

នៅពេលដែលមនុស្សយើងឡើងទៅលើភ្នំមួយដែលខ្ពស់ នោះសម្ពាធនៅក្នុងខ្លួនយើងមិនប្រែប្រួលហើយសម្ពាធខាងក្រៅខ្លួនយើងថយចុះ ព្រោះខ្យត់ខ្យល់។ ជាលទ្ធផលខ្លួនមនុស្សរីកមាឌ (ដឹងតាមរយៈក្រដាសត្រចៀក)។

២. ពីលំនាំនៃការធ្វើពិសោធខាងលើ ប្រសិនបើប្តូរពីប៉ោងប៉ោងទៅជាកែវជាទឹកវិញ តើនឹងមានអ្វីកើតឡើងចំពោះទឹកក្នុងកែវនោះ? ចូរពន្យល់?

ករណីនេះ ទឹកក្នុងកែវចុះត្រជាក់ដោយសារ វាបាត់បង់ថាមពលក្នុង៖មុនពេលបូមខ្យល់ចេញ ថាមពលក្នុងរបស់ទឹកត្រូវបានគិតបញ្ចូលទាំងថាមពលក្នុងរបស់ឧស្ម័ន (ខ្យល់) ដែលរលាយក្នុងទឹក។ ពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន កម្លាំងសង្កត់របស់បរិយាកាសទៅលើម៉ូលេគុលទឹកក្នុងកែវថយចុះបន្តបន្ទាប់ ធ្វើឱ្យម៉ូលេគុលខ្យល់ដែលនៅក្នុងអន្តរលំហចន្លោះម៉ូលេគុលទឹក មានឱកាសជន្លៀសខ្លួនឡើងមកផ្ទៃខាងលើ រួចត្រូវបានប្រមូលចេញដោយម៉ូទ័របូម។ ពេលម៉ូលេគុលខ្យល់ជន្លៀសខ្លួនចេញ វានាំទៅជាមួយនូវថាមពលក្នុងរបស់វា ($U = 3/2k_BT$) ជាហេតុធ្វើឱ្យថាមពលក្នុងរបស់ទឹកថយចុះ។

៣. ពេលយើងយកកំប៉ុងភេសជ្ជៈដាក់ទឹកបន្តិច រួចយកវាទៅដុតកម្តៅ ហើយយកវាទៅដាក់ផ្កាប់ក្នុងផើងទឹកធម្មតា តើនឹងមានបាតុភូតអ្វីកើតឡើងលើកំប៉ុងភេសជ្ជៈនោះ?

កំប៉ុងភេសជ្ជៈនឹងខួចទ្រង់ទ្រាយ (កំពិត)៖ ពេលដុតកម្តៅទឹកក្នុងកំប៉ុងក្លាយជាចំហាយ វាមានថាមពលស៊ីនេទិចខ្ពស់ ជន្លៀសចេញពីក្នុងកំប៉ុងចូលទៅក្នុងបរិយាកាស ធ្វើឱ្យសម្ពាធក្នុងកំប៉ុងថយចុះ។ ពេលយកកំប៉ុងនេះផ្កាប់ចូលក្នុងទឹក វាក្លាយជាប្រព័ន្ធបិទជិត រងកម្លាំងសង្កត់របស់បរិយាកាស ជាហេតុធ្វើឱ្យវាខួចទ្រង់ទ្រាយ។

៤. ពេលយើងធូលអណ្តាតភ្លើងទៅខាងក្នុងកែវយ៉ាងរហ័ស ហើយដាក់ផ្កាប់លើសាច់របស់យើង (កែវជប់) តើនឹងមានអ្វីកើតឡើងលើសាច់របស់យើង ចូរពន្យល់?

ពេលយើងធូលអណ្តាតភ្លើងទៅខាងក្នុងកែវយ៉ាងរហ័ស ហើយដាក់ផ្កាប់លើសាច់របស់យើង (កែវជប់) នោះសាច់យើងប៉ោងឡើង៖ ពេលធូលអណ្តាតភ្លើង ខ្យល់នៅក្នុងកែវជប់ឡើងក្តៅ ស្រាល ជន្លៀសចេញពីក្នុងកែវធ្វើឱ្យសម្ពាធនៅក្នុងកែវជប់ថយចុះ។ ពេលយកកែវទៅផ្កាប់លើសាច់មនុស្ស កម្លាំងរុញនៃសម្ពាធក្នុងខ្លួនមនុស្សធំជាងកម្លាំងសង្កត់របស់ខ្យល់ដែលនៅសេសសល់ក្នុងកែវ ធ្វើឱ្យសាច់មនុស្សប៉ោងឡើង។

## ផ្នែកទី២ ៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ

### ១. វត្ថុបំណង

បង្ហាញថាប៉ោងប៉ោងដែលចងមាត់ជិតរីកមាឌនៅពេលគេដាក់វាទៅក្នុងបំពង់ញូតុន រួចបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុននោះ។

### ២. ចំណេះដឹងមានស្រាប់

និយមន័យនៃសម្ពាធ

- រូបមន្តសម្ពាធ $P = \frac{F}{A}$
- សមីការឧស្ម័នបរិសុទ្ធ $PV = nRT$ , $PV = k_B NT$

### ៣. ដំណើរការពិសោធ

#### ៣.១. ជំហានទី១៖ ការកំណត់បញ្ហា

តើមានអ្វីកើតឡើងនៅពេលគេដាក់ប៉ោងប៉ោងដែលចងមាត់ជិតទៅក្នុងបំពង់ញូតុន រួចបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់នោះ ?

*រូបទី១១.៦*

#### ៣.២. ជំហានទី២៖ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

☑ ប៉ោងប៉ោងរីកមាឌ ☐ ប៉ោងប៉ោងរួមមាឌ

☐ មាឌប៉ោងប៉ោងនៅដដែល ☐ គំនិតផ្សេងៗ .........................

ហេតុអ្វីបានជាប្អូនគិតបែបនេះ ?

- មុនពេលបូមខ្យល់ សម្ពាធក្នុងប៉ោងប៉ោង និងក្រៅប៉ោងប៉ោង (ក្នុងបំពង់ញូតុន) ឬ ស្មើនឹងសម្ពាធបរិយាកាស ។ ដូចនេះ ប៉ោងប៉ោងមិនរីកមាឌទេ ព្រោះកម្លាំងក្រៅសង្កត់ពីក្រៅ និង រុញពីក្នុងលើផ្ទៃប៉ោង
- ពេលបូមខ្យល់ចេញ សម្ពាធខាងក្រៅប៉ោងប៉ោង ថយចុះ (ក្នុងបំពង់ញូតុន) តូចជាងសម្ពាធនៅក្នុងប៉ោងប៉ោងជា ហេតុធ្វើឱ្យប៉ោងប៉ោងរីកមាឌព្រោះកម្លាំងសង្កត់ពីក្រៅតូចជាងកម្លាំងរុញពីក្នុងលើផ្ទៃប៉ោងប៉ោង ។

**ចម្លើយ៖**

១. មុនពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន យើងបាន

សម្ពាធខាងក្នុងប៉េងប៉ោង ($P_{in}$) ស្មើនឹង សម្ពាធខាងក្រៅប៉េងប៉ោង ($P_{out}$)។

ម្យ៉ាងទៀតសម្ពាធខាងក្រៅប៉េងប៉ោង( ក្នុងបំពង់ញូតុន ) ស្មើនឹង សម្ពាធបរិយាកាស ($P_{atm}$) ។ ដូចនេះ $P_{in} = P_{out} = P_{atm}$ (1)

ប៉ុន្តែសម្ពាធមានរូបមន្ត P=F/A

ពីសមីការ(1)គេបាន $\frac{F_{in}}{A_{in}} = \frac{F_{out}}{A_{out}}$

$A_{in} = A_{out}$ ស្តើង ឬមិនគិតកម្រាស់

$F_{in} = F_{out}$ ប៉េងប៉ោងមិនរីក

ម្យ៉ាងទៀតផ្ទៃខាងក្នុងនៃប៉េងប៉ោង ($A_{in}$) ស្មើនឹង ផ្ទៃខាងក្រៅនៃប៉េងប៉ោង ($A_{out}$)

ដូចនេះកម្លាំងរុញខាងក្នុងលើផ្ទៃប៉េងប៉ោង ($F_{in}$) ស្មើនឹង កម្លាំងសង្កត់ខាងក្រៅលើផ្ទៃប៉េងប៉ោង ($F_{out}$)

នាំឱ្យប៉េងប៉ោងមិនរីក ។

**២. ពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន**

សម្ពាធខាងក្នុងប៉េងប៉ោង ($P_{in}$) ស្មើនឹងសម្ពាធបរិយាកាស ($P_{atm}$) ។

ប៉ុន្តែសម្ពាធខាងក្រៅប៉េងប៉ោង( ក្នុងបំពង់ញូតុន ) ថយចុះ ព្រោះពេលបូមខ្យល់ចេញចំនួនម៉ូល ឬ ចំនួនម៉ូលេគុល(N) ថយចុះ នាំអោយសម្ពាធខាងក្នុងប៉េងប៉ោង ($P_{in}$) ធំជាង សម្ពាធខាងក្រៅប៉េងប៉ោង( ក្នុងបំពង់ញូតុន ) ($P_{out}$)។ពីរូបមន្តសម្ពាធ គេបាន $P_{in}$ ñ $P_{out}$

$\frac{F_{in}}{A_{in}}$ ñ $\frac{F_{out}}{A_{out}}$ ( ស្តើង ឬ មិនគិតកម្រាស់ )

$A_{in} = A_{out}$ ប៉េងប៉ោងរីក

$F_{in}$ ñ $F_{out}$

ព្រោះផ្ទៃខាងក្នុងនៃប៉េងប៉ោង ($A_{in}$) ស្មើនឹង ផ្ទៃខាងក្រៅនៃប៉េងប៉ោង ($A_{out}$)

ដូចនេះកម្លាំងរុញខាងក្នុងលើផ្ទៃប៉េងប៉ោង ($F_{in}$) ធំជាង កម្លាំងសង្កត់ខាងក្រៅលើផ្ទៃប៉េងប៉ោង ($F_{out}$) នាំឱ្យ ប៉េងប៉ោងរីកមាឌ ។

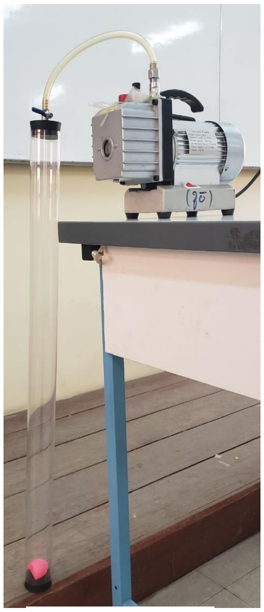
### ៣.៣. ជំហានទី៣៖ ពិសោធន៍

- **តម្រូវការសម្ភារ៖** មានប៉េងប៉ោង ម៉ូទ័របឺតខ្យល់ បំពង់ញូតុន ទុយោជ័រ ប្រភព (បំពង់ជ័រ)អគ្គិសនី។

*រូបទី១១.៧*

❖ **ដំណើរការ/ដំណើរការ៖**

១. យកប៉ោងប៉ោងចងមាត់ឱ្យជិតរួចដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន។
២. បន្ទាប់មកយកទុយោមកភ្ជាប់បំពង់ញូតុនជាមួយ ម៉ូទ័របូមខ្យល់។
៣. ម៉ូទ័របូមខ្យល់ត្រូវបានភ្ជាប់ជាមួយឈ្នាប់ចរន្ត (ប្រភពអគ្គិសនីឆ្លាស់)
៤. បិទកុងតាក់ម៉ូទ័រដើម្បីបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ ញូតុនប្រហែលមួយនាទី។
៥. សង្កេតមើលប៉ោងប៉ោងក្នុងបំពង់ញូតុន។



*រូបទី១១.៨*

**ចំណាំ៖**

- ✓ បើបរិមាណខ្យល់ក្នុងប៉ោងៗតិចពេក យើងត្រូវចំណាយពេលបូមខ្យល់ចេញយូរបន្តិច
- ✓ ម្យ៉ាងទៀតបើផ្ទៃប៉ោងៗក្រាស់ពេក នោះក៏យើងត្រូវចំណាយពេលមូមខ្យល់ចេញយូរបន្តិចដែរ។

### ៣.៤. ជំហានទី ៤៖ លទ្ធផល

ពីការសង្កេតចំណុចទី៥ ខាងលើ យើងឃើញថា ប៉ោងប៉ោងរីកមាឌធំជាងមុនបន្តិចម្តងៗ (ពេលកំពុងបូម)។

### ៣.៥. ជំហានទី៥៖ សន្និដ្ឋាន

. **វិភាគ៖** មាឌប៉ោងប៉ោងមុនពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន មិនប្រែប្រួល។
មាឌប៉ោងប៉ោងក្រោយពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន រីកធំជាងមុន។

ដូច្នេះ ប៉ោងប៉ោង រីកមាឌ ដោយសារ សម្ពាធឬកម្លាំងសង្កត់ ខាងក្នុងប៉ោងប៉ោង ធំជាងសម្ពាធ ឬកម្លាំងសង្កត់ ខាងក្រៅប៉ោងប៉ោង។

**<u>ពិភាក្សា</u>**

១. នៅពេលដែលមនុស្សយើងឡើងទៅលើភ្នំមួយដែលខ្ពស់ តើសម្ពាធនៅក្នុងខ្លួនយើង និងខាងក្រៅខ្លួនយើង មានភាពប្រែប្រួលយ៉ាងដូចម្តេច? នោះនឹងមានអ្វីកើតឡើងមកលើខ្លួនយើង?

នៅពេលដែលមនុស្សយើងឡើងទៅលើភ្នំមួយដែលខ្ពស់ នោះសម្ពាធនៅក្នុងខ្លួនយើងមិនប្រែប្រួលហើយសម្ពាធខាងក្រៅខ្លួនយើងថយចុះ ព្រោះខ្យត់ខ្យល់។ ជាលទ្ធផលខ្លួនមនុស្សរីកមាឌ (ដឹងតាមរយៈក្រដាសត្រចៀក)។

២. ពីលំនាំនៃការធ្វើពិសោធខាងលើ ប្រសិនបើប្តូរពីប៉ោងប៉ោងទៅជាកែវជាទឹកវិញ តើនឹងមានអ្វីកើតឡើងចំពោះទឹកក្នុងកែវនោះ? ចូរពន្យល់?

ករណីនេះ ទឹកក្នុងកែវចុះត្រជាក់ដោយសារ វាបាត់បង់ថាមពលក្នុង៖មុនពេលបូមខ្យល់ចេញ ថាមពលក្នុងរបស់ទឹកត្រូវបានគិតបញ្ចូលទាំងថាមពលក្នុងរបស់ឧស្ម័ន (ខ្យល់) ដែលរលាយក្នុងទឹក។ ពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន កម្លាំងសង្កត់របស់បរិយាកាសទៅលើម៉ូលេគុលទឹកក្នុងកែវថយចុះបន្តបន្ទាប់ ធ្វើឱ្យម៉ូលេគុលខ្យល់ដែលនៅក្នុងអន្តរលំហចន្លោះម៉ូលេគុលទឹក មានឱកាសជន្លៀសខ្លួនឡើងមកផ្ទៃខាងលើ រួចត្រូវបានប្រមូលចេញដោយម៉ូទ័របូម។ ពេលម៉ូលេគុលខ្យល់ជន្លៀសខ្លួនចេញ វានាំទៅជាមួយនូវថាមពលក្នុងរបស់វា ($U = 3/2k_BT$) ជាហេតុធ្វើឱ្យថាមពលក្នុងរបស់ទឹកថយចុះ។

៣. ពេលយើងយកកំប៉ុងភេសជ្ជៈដាក់ទឹកបន្តិច រួចយកវាទៅដុតកម្តៅ ហើយយកវាទៅដាក់ផ្កាប់ក្នុងផើងទឹកធម្មតា តើនឹងមានបាតុភូតអ្វីកើតឡើងលើកំប៉ុងភេសជ្ជៈនោះ?

កំប៉ុងភេសជ្ជៈនឹងខូចទ្រង់ទ្រាយ (កំពិត)៖ ពេលដុតកម្តៅទឹកក្នុងកំប៉ុងក្លាយជាចំហាយ វាមានថាមពលស៊ីនេទិចខ្ពស់ ជន្លៀសចេញពីក្នុងកំប៉ុងចូលទៅក្នុងបរិយាកាស ធ្វើឱ្យសម្ពាធក្នុងកំប៉ុងថយចុះ។ ពេលយកកំប៉ុងនេះ ផ្កាប់ចូលក្នុងទឹក វាក្លាយជាប្រព័ន្ធបិទជិត រងកម្លាំងសង្កត់របស់បរិយាកាស ជាហេតុធ្វើឱ្យវាខូចទ្រង់ទ្រាយ ។

៤. ពេលយើងឆ្កួលអណ្តាតភ្លើងទៅខាងក្នុងកែវយ៉ាងរហ័ស ហើយដាក់ផ្កាប់លើសាច់របស់យើង (កែវជប់) តើនឹងមានអ្វីកើតឡើងលើសាច់របស់យើង ចូរពន្យល់?

ពេលយើងឆ្កួលអណ្តាតភ្លើងទៅខាងក្នុងកែវយ៉ាងរហ័ស ហើយដាក់ផ្កាប់លើសាច់របស់យើង (កែវជប់) នោះសាច់យើងប៉ោងឡើង៖ ពេលឆ្កួលអណ្តាតភ្លើង ខ្យល់នៅក្នុងកែវជប់ឡើងក្តៅ ស្រាល ជន្លៀសចេញពីក្នុងកែវ ធ្វើឱ្យសម្ពាធនៅក្នុងកែវជប់ថយចុះ។ ពេលយកកែវទៅផ្កាប់លើសាច់មនុស្សកម្លាំងរុញនៃសម្ពាធក្នុងខ្លួនមនុស្សធំជាងកម្លាំងសង្កត់របស់ខ្យល់ដែលនៅសេសសល់ក្នុងកែវធ្វើឱ្យសាច់មនុស្សប៉ោងឡើង។

# ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស

## ១.វត្ថុបំណង

បង្ហាញថាប៉ោងប៉ោងដែលចងមាត់ជិតរីកមាឌនៅពេលគេដាក់វាទៅក្នុងបំពង់ញូតុនរួចបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុននោះ។

## ២.ចំណេះដឹងមានស្រាប់

និយមន័យនៃសម្ពាធ

. រូបមន្តសម្ពាធ $P = \dfrac{F}{A}$

. សមីការឧស្ម័នបរិសុទ្ធ $PV = nRT$ , $PV = k_B NT$

## ៣.ការពិសោធ

### ៣.១. ជំហានទី១ ៖ ការកំណត់បញ្ហា

តើមានអ្វីកើតឡើងនៅពេលប៉ោងប៉ោងដែលចងមាត់ជិតដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុនក្រោយបូមខ្យល់ចេញ ?

*រូបទី១១.៦*

### ៣.២. ជំហានទី២ ៖ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

□ មាឌប៉ោងប៉ោងរីកធំ □ មាឌប៉ោងប៉ោងរួមតូច

□ មាឌប៉ោងប៉ោងនៅដដែល □ គំនិតផ្សេងៗ ..........................

ហេតុអ្វីបានជាប្អូនគិតបែបនេះ ? .......................................................

**តម្រុយ៖**

១. មុនពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន យើងបាន

សម្ពាធខាងក្នុងប៉ោងប៉ោង $(P_{in})$ ....................................សម្ពាធខាងក្រៅប៉ោងប៉ោង $(P_{out})$។

ម្យ៉ាងទៀតសម្ពាធខាងក្រៅប៉ោងប៉ោង( ក្នុងបំពង់ញូតុន ) ................ ........សម្ពាធបរិយាកាស $(P_{atm})$។

ដូចនេះ $P_{in}$.............$P_{out}$.................$P_{atm}$ (1)

ប៉ុន្តែសម្ពាធមានរូបមន្ត $P =$...............

ពីសមីការ(1)គេបាន..................=....................

ម្យ៉ាងទៀតផ្ទៃខាងក្នុងនៃប៉ោងប៉ោង $(A_{in})$.............ផ្ទៃខាងក្រៅនៃប៉ោងប៉ោង $(A_{out})$

ដូចនេះកម្លាំងរុញខាងក្នុងលើផ្ទៃប៉ោងប៉ោង $(F_{in})$........................កម្លាំងសង្កត់ខាងក្រៅលើផ្ទៃប៉ោងប៉ោង $(F_{out})$ នាំឱ្យ................................................។

## ២. ពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន

សម្ពាធខាងក្នុងប៉ោងប៉ោង $(P_{in})$ ...................................សម្ពាធបរិយាកាស $(P_{atm})$។

ប៉ុន្តែសម្ពាធខាងក្រៅប៉ោងប៉ោង(ក្នុងបំពង់ញូតុន)......................... ព្រោះពេលបូមខ្យល់ចេញចំនួនម៉ូល ឬចំនួនម៉ូលេគុល............... នាំអោយសម្ពាធខាងក្នុងប៉ោងប៉ោង $(P_{in})$................................. សម្ពាធខាងក្រៅប៉ោងប៉ោង(ក្នុងបំពង់ញូតុន)$(P_{out})$ ។

ពីរូបមន្តសម្ពាធ គេបាន.......................................

ព្រោះផ្ទៃខាងក្នុងនៃប៉ោងប៉ោង $(A_{in})$.............ផ្ទៃខាងក្រៅនៃប៉ោងប៉ោង $(A_{out})$

ដូចនេះកម្លាំងរុញខាងក្នុងលើផ្ទៃប៉ោងប៉ោង($F_{in}$)........................កម្លាំងសង្កត់ខាងក្រៅលើផ្ទៃប៉ោងប៉ោង $(F_{out})$ នាំឱ្យ................................................។

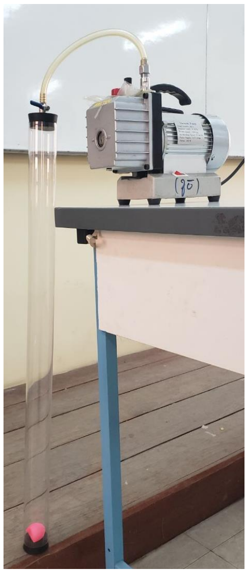
### ៣.៣. ជំហានទី៣៖ ពិសោធន៍

- **តម្រូវការសម្ភារ៖** មានប៉ោងប៉ោង ម៉ូទ័របឺតខ្យល់ បំពង់ញូតុនទុយោជ័រ ប្រភពអគ្គិសនី។ (បំពង់ជ័រ)
- **ដំឡើង/ដំណើរការ៖**

១. យកប៉ោងប៉ោងចងមាត់ឱ្យជិតរួចដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន។
២. បន្ទាប់មកយកទុយោមកភ្ជាប់បំពង់ញូតុនជាមួយម៉ូទ័របូមខ្យល់។
៣. ម៉ូទ័របូមខ្យល់ត្រូវបានភ្ជាប់ជាមួយឈ្នាប់ចរន្ត (ប្រភពអគ្គិសនីឆ្លាស់)
៤. បិទកុងតាក់ម៉ូទ័រដើម្បីបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុនប្រហែលមួយនាទី។

*រូបទី១១.៧*

៥. សង្កេតមើលប៉ោងប៉ោងក្នុងបំពង់ញូតុន។



*រូបទី១១.៨*

### ៣.៤. ជំហានទី ៤៖ លទ្ធផល

ពីការសង្កេតចំណុចទី៥ ខាងលើ យើងឃើញថា ប៉ោងប៉ោង.............ជាងមុនបន្តិចម្តងៗ។

៣.៥ ជំហានទី៥៖ សន្និដ្ឋាន

**វិភាគ៖** មាឌប៉ោងប៉ោងមុនពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន......................................។

មាឌប៉ោងប៉ោងក្រោយពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន.....................................។

ដូច្នេះ ប៉ោងប៉ោង ដោយសារ ..............................ខាងក្នុងប៉ោងប៉ោងខាងក្រៅប៉ោងប៉ោង។ .....................

**<u>ពិភាក្សា</u>**

១. នៅពេលដែលមនុស្សយើងឡើងទៅលើភ្នំមួយដែលខ្ពស់ តើសម្ពាធនៅក្នុងខ្លួនយើង និងខាងក្រៅខ្លួនយើង មានភាពប្រែប្រួលយ៉ាងដូចម្តេច? នោះនឹងមានអ្វីកើតឡើងមកលើខ្លួនយើង?

.....................................................................................................................................

.....................................................................................................................................

.....................................................................................................................................

២. ពីលំនាំនៃការធ្វើពិសោធខាងលើ ប្រសិនបើប្តូរពីប៉ោងប៉ោងទៅជាកែវដាក់ទឹកវិញ តើនឹងមានបាតុភូតអ្វីកើតឡើងទៅលើទឹកក្នុងកែវនោះចូរពន្យល់។ ?

.....................................................................................................................................

.....................................................................................................................................

.....................................................................................................................................

៣. ពេលយើងយកកំប៉ុងភេសជ្ជៈដាក់ទឹកបន្តិច រួចយកវាទៅដុតកម្តៅ ហើយយកវាទៅដាក់ផ្កាប់ក្នុងផើងទឹកធម្មតា តើនឹងមានបាតុភូតអ្វីកើតឡើងលើកំប៉ុងភេសជ្ជៈនោះ?

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

៤. ពេលយើងឈូលអណ្តាតភ្លើងទៅខាងក្នុងកែវ (កែវជ័រ) យ៉ាងរហ័ស ហើយដាក់ផ្កាប់លើសាច់របស់យើង តើនឹងមានបាតុភូតអ្វីកើតឡើងទៅលើសាចរបស់យើង? ចូរពន្យល់។

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………

# ប្រធានបទទី ១២ ៖ ការចុះត្រជាក់នៃទឹក

## ផ្នែកទី១ ៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ

### ១. វត្ថុបំណង

- ត្រូវសរសេរវត្ថុបំណងពិសោធឱ្យបានច្បាស់លាស់។ ពិសោធអាចជាពិសោធដែលមានក្នុងមេរៀន ចេញពីចម្ងល់ ឬបាតុភូតដែលអ្នកបានសង្កេតឃើញជុំវិញខ្លួនយើង។
- ត្រូវប្រើកិរិយាសព្ទសកម្ម ដូចជា កំណត់ គណនា ធ្វើពិសោធ វាស់ ទាញរក ពិនិត្យ ...។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ យើងប្រើកិរិយាសព្ទ បង្ហាញ)

**បង្ហាញថាទឹកក្នុងកែវដែលដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន ចុះត្រជាក់នៅពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់នោះ"**

### ២. ចំណេះដឹងមានមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

ត្រូវសរសេរសង្ខេបទ្រឹស្តី ឬរូបមន្តដែលទាក់ទងប្រើក្នុងពិសោធនេះបើមេរៀន ឬប្រធានបទត្រូវបានបង្រៀនរួចហើយ។ ប៉ុន្តែបើមិនទាន់បង្រៀនទេ អ្នកអាចសរសេរវាឱ្យបានពិស្តារបន្តិចដើម្បីឱ្យសិស្ស(អ្នករៀន) ឬអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយយល់។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ សន្មតថាមេរៀនេះយើងបានបង្រៀនរួចហើយ)

និយមន័យនៃសម្ពាធ

រូបមន្តសម្ពាធ $P = \dfrac{F}{A}$

សមីការឧស្ម័នបរិសុទ្ធ $PV = nRT$ , $PV = k_B NT$

ថាមពលក្នុង $U = 3/2 k_B T$

### ៣. ណែនាំដំណើរការពិសោធ

#### ៣.១. ការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធ

១. ចាក់ទឹកចូលក្នុងកែវប្រមាណ $1/4$ នៃចំណុះរបស់វា រួចដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន ។

២. បន្ទាប់មកយកទុយោមកភ្ជាប់បំពង់ញូតុនជាមួយម៉ូទ័របូមខ្យល់ ។

៣. ម៉ូទ័របូមខ្យល់ត្រូវបានភ្ជាប់ជាមួយឈ្នាប់ចរន្ត (ប្រភពអគ្គិសនីឆ្លាស់)

៤. បិទកុងតាក់ម៉ូទ័រដើម្បីបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុនប្រហែលមួយនាទី។

*រូបទី១២.១*

៥. សង្កេតមើលបាតុភូតដែលកើតឡើងចំពោះទឹកក្នុងកែវ ដែលដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន។

រូបទី១២.២

**ចំណាំ៖**

១. កែវដែលដាក់ទឹកជាកែវថ្លា ដើម្បីងាយសង្កេតថាតើបាតុភូតកើតឡើងយ៉ាងដូចម្តេច ?

២. បើមានកែវក្រុងដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី១២.៣ ប្រើប្រាស់ជាការប្រសើរ (ងាយស្រួលប្រើជាងបំពង់ញូតុន)

រូបទី១២.៣ (ក)

រូបទី១២.៣ (ខ)

៣. លំនាំនៃការប្រើប្រាស់កែវក្រុងដូចការប្រើប្រាស់បំពង់ញូតុនដើម្បីកុំឱ្យលេចជ្រាបខ្យល់យើងអាចផ្សើមរ៉ង ឬហ្វឹតរបស់កែវក្រុង(ជ័រខ្មៅ)ដោយទឹក។

រូបទី១២.៤

## ៣.២. ជំហានទី១៖ ការកំណត់បញ្ហា

- ការកំណត់បញ្ហាគឺជាសំណួរដែលកើតចេញពីការសង្កេតបាតុភូតឬព្រឹត្តិការណាមួយដែលកើតមានឡើងនៅជុំវិញខ្លួនយើង។
- ត្រូវយកវត្ថុបំណងនៃពិសោធដែលបានសរសេរក្នុងឧទាហរណ៍ខាងលើមកបង្កើតជា សំណួរ។
- សំណួរមានច្រើនទម្រង់ពីកម្រិតងាយទៅពិបាកដោយផ្អែកលើទ្រឹស្តី BloomTaxonomy។

- ដោយផ្អែកលំនាំបញ្ហាខាងលើ គ្រូអាចស្នើឱ្យសិស្សបង្កើតសំណួរដោយខ្លួនឯង និងបន្ទាប់មក គ្រូត្រូវជ្រើសរើសយកសំណួរណាដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណង ហើយងាយធ្វើពិសោធ។
- ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចកំណត់បញ្ហាដែលឆ្លើយតបនឹងវត្ថុបំណងពិសោធទេ គ្រូគួរតែកំណត់បញ្ហាឱ្យសិស្ស។ សំណួរអាចជា៖

  **តើនឹងមានអ្វីកើតឡើងចំពោះទឹក នៅពេលគេដាក់កែវទឹកនោះទៅក្នុងបំពង់ញ្ញូតុន រួចបូមខ្យល់ចេញ?**

## ៣.៣. ជំហានទី២៖ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

- សម្មតិកម្មមានន័យថា លទ្ធផលរំពឹងទុកជាមុនដែលអាចនឹងកើតមានឡើង ។ ដូច្នេះ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម ជាការព្យាករណ៍ឬជាការទាយទុកជាមុន ដើម្បីស្វែងរកដំណោះស្រាយលើបញ្ហាដែលយើងបានចោទសួរខាងដើម ។
- ត្រូវបង្កើតសម្មតិកម្មឱ្យចំ ឱ្យច្បាស់លាស់ ទើបអាចរកសម្ភារ និងបន្តដំណើរការពិសោធបាន បើអ្នកប្រើវិធីវិទ្យាសាស្ត្រ ។
- សម្មតិកម្មនៃការកំណត់បញ្ហាខាងលើ៖ **ក្រោយពិសោធយើងរំពឹងថាសីតុណ្ហភាពទឹកថយចុះ (ទឹកចុះត្រជាក់)។**
- ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចបង្កើតសម្មតិកម្មបាន គ្រូត្រូវផ្ដល់សំណួរតម្រុយដល់សិស្ស។ តម្រុយផ្ដល់គំនិត ឬនាំផ្លូវដើម្បីឱ្យសិស្សមានគំនិតបង្កើតសម្មតិកម្ម ប៉ុន្តែវាមិនមែនជាចម្លើយទេ។
- បន្ទាប់មកត្រូវសួរសិស្សពីការគិតរបស់គាត់ថា **ហេតុអ្វីបានជាប្អូនគិតបែបនេះ?** ឱ្យគាត់ធ្វើការបកស្រាយដោយមានការពិភាក្សាគ្នានៅក្នុងក្រុមនីមួយៗ។

**តម្រុយ៖**

១. មុនពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញ្ញូតុន យើងបាន

សម្ពាធខាងក្នុងបំពង់ញ្ញូតុន ស្មើនឹង សម្ពាធបរិយាកាស $(P_{atm})$ ។

ប៉ុន្តែសម្ពាធមានរូបមន្ត $P = F/A$

សមីការឧស្ម័នបរិសុទ្ធ $PV = Nk_BT$ ឬ $PV = nRT$ បង្ហាញថា សម្ពាធសមាមាត្រនឹងចំនួនម៉ូលេគុល ឬចំនួនម៉ូល។ ពេលមិនទាន់បូមខ្យល់ ចំនួនម៉ូលេគុល ឬចំនួនម៉ូលខ្យល់ក្នុងបំពង់ញ្ញូតុនរក្សាថេរ។ កម្លាំងសង្កត់បង្កដោយសម្ពាធនេះសង្កត់លើម៉ូលេគុលទឹករក្សាម៉ូលេគុលចន្លោះអន្តរលំហមិនឱ្យផ្លាស់ទីឡើងមកផ្ទៃខាងលើបាន ជាហេតុនាំឱ្យទឹករក្សាសីតុណ្ហភាពសស្មើសីតុណ្ហភាពបន្ទប់ ។

២. ពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញ្ញូតុន

ពេលបូមខ្យល់ចេញ ចំនួនម៉ូលេគុល ឬចំនួនម៉ូលខ្យល់ក្នុងបំពង់ញ្ញូតុនថយចុះ ធ្វើឱ្យសម្ពាធក្នុងបំពង់ញ្ញូតុនថយចុះបន្តិចម្ដងៗដែរ។ ពេលសម្ពាធក្នុងបំពង់ថយចុះ កម្លាំងសង្កត់បង្កដោយសម្ពាធនេះ លើម៉ូលេគុលទឹកក៏ថយចុះបន្តិចម្ដងៗដែរ។ ម៉ូលេគុលខ្យល់ដែលនៅចន្លោះអន្តរលំហមានឱកាសផ្លាស់ទីឡើងមកផ្ទៃខាងលើបាន ជាហេតុនាំ

ឱ្យទឹកបាត់បង់ថាមពលក្នុង ពោលគឺសីតុណ្ហភាពរបស់វាថយចុះ ទាបជាងសីតុណ្ហភាព បន្ទប់ ឬនិយាយថា ទឹកចុះត្រជាក់។

### ៣.៤. ជំហានទី ៤៖ លទ្ធផល

- លទ្ធផលជាទិន្នន័យដែលទទួលបានពីការពិសោធតាមរយៈការសង្កេត និងការវាស់វែងយ៉ាងត្រឹមត្រូវ ។
- ត្រូវគូសតារាងលទ្ធផលសម្រាប់ដាក់ទិន្នន័យដែលបានពីពិសោធខាងលើដូចបង្ហាញក្នុងសន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់គ្រូ ។

ក្រោយពីធ្វើពិសោធរួច យើងទទួលបានលទ្ធផល ។ ពីការសង្កេតចំណុចទី៥ ខាងលើ យើងឃើញថា ពពុះខ្យល់ក្នុងទឹកបានកើតមាន មាឌរីកធំបន្តិចម្តងៗផ្លាស់ទីឡើងមកផ្ទៃខាងលើ រួចបែកទៅក្នុងបំពង់ញូតុន។ បាតុភូតនេះ បានកើតបន្តបន្ទាប់ ហើយមួយចន្លោះពេលខ្លី ចំនួនពពុះខ្សត់ទៅៗ។ ខណៈនេះ សីតុណ្ហភាពរបស់ទឹកថយចុះ ឬទឹកក្នុងកែវចុះត្រជាក់ជាងមុន ពេលបូមខ្យល់ចេញ។

### ៣.៥. ជំហានទី៥៖ សន្និដ្ឋាន

**វិភាគ៖** ទឹករក្សាថាមពលក្នុងមុនពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន ។

ទឹកបាត់បង់ថាមពលក្នុងក្រោយពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុនក៏ព្រោះតែម៉ូលេគុលខ្យល់ដែលបានបូមចេញនោះបាននាំយកទៅជាមួយនូវថាមពលក្នុងរបស់វា។ ថាមពលក្នុងដែលទឹកបាត់បង់គឺជាថាមពលក្នុងនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័នដែលរលាយក្នុទឹក ។ ដូច្នេះទឹកក្នុងកែវចុះត្រជាក់ ឬសីតុណ្ហភាពទឹកថយចុះ ។

បង្ហាញថាទឹកក្នុងកែវដែលដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន ចុះត្រជាក់នៅពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់នោះ។

## ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ

### ១. វត្ថុបំណង

បង្ហាញថាទឹកក្នុងកែវដែលដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន ចុះត្រជាក់នៅពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់នោះ។

### ២. ចំណេះដឹងមានស្រាប់

និយមន័យនៃសម្ពាធ

- . រូបមន្តសម្ពាធ $P = \frac{F}{A}$
- សមីការឧស្ម័នបរិសុទ្ធ $PV = nRT$ , $PV = k_B NT$
- ថាមពលក្នុង $U = 3/2 k_B T$

### ៣. ពិសោធន៍

#### ៣.១. ជំហានទី១៖ ការកំណត់បញ្ហា

តើនឹងមានអ្វីកើតឡើងចំពោះទឹក នៅពេល គេដាក់កែវទឹកនោះទៅក្នុងបំពង់ញូតុន រួចបូមខ្យល់ចេញ ?

*រូបទី១២.៥*

#### ៣.២. ជំហានទី២៖ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

☑ សីតុណ្ហភាពទឹកថយចុះ(ទឹកចុះត្រជាក់) ☐ សីតុណ្ហភាពទឹកកើនឡើង(ទឹកឡើងក្តៅ)

☐ សីតុណ្ហភាពទឹកនៅដដែល ☐ គំនិតផ្សេងៗ .........................

ហេតុអ្វីបានជាប្អូនគិតបែបនេះ? (បើមានគំនិតផ្សេង ចូរសរសេរគំនិតទាំងនោះ)

- ទឹកដែលដាក់ក្នុងកែវមានផ្ទុកម៉ូលេគុលឧស្ម័នចន្លោះអន្តរលំហនៃម៉ូលេគុល(ខ្យល់រលាយក្នុងទឹក) ទឹក។
- មុនពេលបូមខ្យល់ចេញ កម្លាំងសង្កត់បរិយាកាសបានសង្កត់លើគ្រប់ម៉ូលេគុលខ្យល់ដែលនៅក្នុងកែវ ជាហេតុធ្វើឱ្យម៉ូលេគុលខ្យល់ដែលនៅចន្លោះអន្តរលំហនៃម៉ូលេគុលទឹកមិនអាចជន្លៀសឡើងមកលើ រួចចូលក្នុងបរិយាកាសបានទេ។
- ពេលបូមខ្យល់ចេញ សម្ពាធក្នុងបំពង់ញូតុន ថយចុះ ព្រោះចំនួនម៉ូលេគុលខ្យល់ថយ ជាហេតុធ្វើឱ្យកម្លាំងសង្កត់បរិយាកាសសង្កត់លើគ្រប់ម៉ូលេគុលខ្យល់ដែលនៅក្នុងកែវ ថយចុះបន្តិចម្តងៗ បន្តបន្ទាប់ដែលជាហេតុធ្វើឱ្យម៉ូលេគុលខ្យល់ដែលនៅចន្លោះអន្តរលំហនៃម៉ូលេគុលទឹកមានឱកាសអាចជន្លៀសឡើងមកលើ រួចចូលក្នុងបរិយាកាសបាន សង្កេតឃើញតាមរយៈការបង្កពពុះខ្យល់ក្នុងទឹក ហើយត្រូវបានបូមចេញដោយម៉ូទ័រ ។ (ស្នប់សុញ្ញាកាស)

– ពេលដែលម៉ូលេគុលខ្យល់ជន្លៀសខ្លួនចេញពីក្នុងទឹក វានីមួយៗបាននាំទៅជាមួយនូវថាមពលក្នុងរបស់វា ដែលថាមពលនេះសមាមាត្រនឹងសីតុណ្ហភាព $U = (3/2)k_BT$ ។ នេះជាមូលហេតុនាំឱ្យសីតុណ្ហភាព នៃទឹកក្នុងកែវថយចុះ ឬនិយាយថា ទឹកចុះត្រជាក់ ពោលគឺទឹកក្នុងកែវបានបាត់បង់ថាមពលក្នុង។

**តម្រុយ៖**

១. មុនពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន យើងបាន

សម្ពាធខាងក្នុងបំពង់ញូតុន ស្មើនឹង សម្ពាធបរិយាកាស $(P_{atm})$ ។

ប៉ុន្តែសម្ពាធមានរូបមន្ត $P = F/A$

សមីការឧស្ម័នបរិសុទ្ធ $PV = Nk_BT$ ឬ $PV = nRT$ បង្ហាញថា សម្ពាធសមាមាត្រនឹងចំនួនម៉ូលេគុល ឬចំនួនម៉ូល។ ពេលមិនទាន់បូមខ្យល់ ចំនួនម៉ូលេគុល ឬចំនួនម៉ូលខ្យល់ក្នុងបំពង់ញូតុនរក្សាថេរ។ កម្លាំងសង្កត់បង្កដោយសម្ពាធនេះ សង្កត់លើម៉ូលេគុលទឹករក្សាម៉ូលេគុលចន្លោះអន្តរលំហមិនឱ្យផ្លាស់ទីឡើងមកផ្ទៃខាងលើបាន ជាហេតុនាំឱ្យទឹករក្សាសីតុណ្ហភាពសស្មើសីតុណ្ហភាពបន្ទប់ ។

២. ពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន

ពេលបូមខ្យល់ចេញ ចំនួនម៉ូលេគុល ឬចំនួនម៉ូលខ្យល់ក្នុងបំពង់ញូតុនថយចុះ ធ្វើឱ្យសម្ពាធក្នុងបំពង់ញូតុនថយចុះបន្តិចម្ដងៗដែរ ។ ពេលសម្ពាធក្នុងបំពង់ថយចុះ កម្លាំងសង្កត់បង្កដោយសម្ពាធនេះ លើម៉ូលេគុលទឹកក៏ថយចុះបន្តិចម្ដងៗដែរ។ ម៉ូលេគុលខ្យល់ដែលនៅចន្លោះអន្តរលំហមានឱកាសផ្លាស់ទីឡើងមកផ្ទៃខាងលើបាន ជាហេតុនាំឱ្យទឹកបាត់បង់ថាមពលក្នុង ពោលគឺសីតុណ្ហភាពរបស់វាថយចុះ ទាបជាងសីតុណ្ហភាព បន្ទប់ ឬនិយាយថា ទឹកចុះត្រជាក់ ។

### ៣.៣. ជំហានទី៣៖ ពិសោធន៍

- **តម្រូវការសម្ភារ៖** កែវ ទឹក ទែម៉ូម៉ែត្រ (បើមាន) ម៉ូទ័របឺតខ្យល់ បំពង់ញូតុន (បំពង់ជ័រ) ទុយោជ័រ ប្រភពអគ្គិសនី។
- **ដំឡើង / ដំណើរការ៖**

១. ចាក់ទឹកប្រហែល 1/5 ឬ 1/6 នៃចំណុះរបស់វា រួចដាក់កែវនោះទៅក្នុងបំពង់ញូតុន ។

២. បើកចំហរ៉ូប៊ីនេបំពង់ញូតុន បន្ទាប់មកយក ទុយោមកភ្ជាប់បំពង់ញូតុនជាមួយម៉ូទ័របូមខ្យល់។

*រូបទី១២.៦*

៣. ម៉ូទ័របូមខ្យល់ត្រូវបានភ្ជាប់ជាមួយឈ្នាប់ចរន្ត (ប្រភពអគ្គិសនីឆ្លាស់)

៤. បិទកុងតាក់ម៉ូទ័រដើម្បីបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញ្ញូតុនប្រហែលមួយនាទី។

៥. សង្កេតមើលទឹកក្នុងកែវដែលដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន។

**ចំណាំ៖** ចំពោះកែវដែលដាក់ទឹកត្រូវមានអង្កត់ផ្ចិតតូចជាងបំពង់ញូតុនបន្តិច។ កែវទឹកជាកែវដែលថ្លាដើម្បីងាយស្រួលសង្កេតបាតុភូតដែលកើតឡើងពេលបូមខ្យល់ចេញ។

*រូបទី១២.៧*

### ៣.៤. ជំហានទី ៤៖ លទ្ធផល

ពីការសង្កេតចំណុចទី៥ ខាងលើ យើងឃើញថា ពពុះខ្យល់ក្នុងទឹកបានកើតមានមាឌរីកធំបន្តិចម្តងៗ ផ្លាស់ទីឡើងមកផ្ទៃខាងលើ រួចបែកទៅក្នុងបំពង់ញូតុន។ បាតុភូតនេះ បានកើតបន្តបន្ទាប់ ហើយមួយចន្លោះពេលខ្លី ចំនួនពពុះខ្សត់ទៅៗ។ ខណៈនេះ សីតុណ្ហភាពរបស់ទឹកថយចុះ ឬទឹកក្នុងកែវចុះត្រជាក់ជាងមុន ពេលបូមខ្យល់ចេញ។

### ៣.៥. ជំហានទី៥៖ សន្និដ្ឋាន

**វិភាគ៖** ទឹករក្សាថាមពលក្នុងមុនពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន។
ទឹកបាត់បង់ថាមពលក្នុងក្រោយពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន
ក៏ព្រោះតែម៉ូលេគុលខ្យល់ដែលបានបូមចេញនោះបាននាំយកទៅជាមួយនូវថាមពលក្នុងរបស់វា។
ថាមពលក្នុងដែលទឹកបាត់បង់ គឺជាថាមពលក្នុងនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័នដែលរលាយក្នុទឹក។
ដូច្នេះ ទឹកក្នុងកែវចុះត្រជាក់ ឬសីតុណ្ហភាពទឹកថយចុះ។

**<u>ពិភាក្សា</u>**

១. នៅពេលដែលខ្យល់កំពុងត្រូវបានបូមចេញ អ្នកបានសង្កេតឃើញពពុះខ្យល់តូចៗកើតមានឡើង ហើយវាបានផ្លាស់ទីឡើងមកផ្ទៃខាងលើ រួចក៏បែកបាត់ទៅ។ តើវាជាបាតុភូតរំពុះនៃទឹកមែន ឬទេ? ហេតុអ្វី?

នៅពេលដែលខ្យល់កំពុងត្រូវបានបូមចេញ យើងបានសង្កេតឃើញពពុះខ្យល់តូចៗកើតមានឡើង ហើយវាបានផ្លាស់ទីឡើងមកផ្ទៃខាងលើ រួចក៏បែកបាត់ទៅ។ នេះ វាមិនមែនជាបាតុភូតរំពុះនៃទឹកនោះទេ ព្រោះទឹកមិនបានបំប្លែងភាពពីរាវទៅជាចំហាយ ឬឧស្ម័ននោះឡើយ តែវាគ្រាន់តែជាពពុះខ្យល់ដែលជន្លៀសចេញ ដោយសារកម្លាំងសង្កត់លើម៉ូលេគុលទឹកថយចុះ ដោយសារការបូមខ្យល់ក្នុងបំពង់ញូតុនប៉ុណ្ណោះ។

២. ក្រោយពេលបូមខ្យល់ចេញចន្លោះពេលប្រហែល១នាទី ហេតអ្វីបានជាពពុះខ្យល់បែរជាខ្សត់ទៅៗ?

ក្រោយពេលបូមខ្យល់ចេញចន្លោះពេលប្រហែល១នាទី បានជាពពុះខ្យល់បែរជាខ្សត់ទៅៗ ព្រោះម៉ូលេគុលខ្យល់ដែលរលាយក្នុងទឹកបានថយចុះបន្តិចម្តងៗដោយសារការបូមចេញនៃម៉ូទ័រ។

៣. ប្រសិនបើយើងយកទឹកក្នុងកែវដែលយកចេញពីបំពង់ញ្ញូតុន(ក្រោយពេលបូមខ្យល់ចេញរួច)មកទុកចោលក្នុងបរិយាកាសរយៈពេល១ ឬ២ថ្ងៃ រួចយកវាទៅដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន ហើយបូមខ្យល់ចេញដូចមុនម្តងទៀត តើនឹងមានអ្វីកើតឡើង?

ករណីនេះ បាតុភូតនឹងកើតមានឡើងដូចក្នុងចម្លើយនៃសំណួរទី១ ព្រោះរយៈពេលនេះ វាគ្រប់គ្រាប់ដើម្បីឱ្យបរិយាកាសបង្កជាថ្មីនូវបរិមាណឆ្អែតនៃខ្យល់រលាយក្នុងទឹកដែលនៅក្នុងកែវនោះ។

# ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស

## ១. វត្ថុបំណង

បង្ហាញថាទឹកក្នុងកែវដែលដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន ចុះត្រជាក់នៅពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់នោះ។

## ២. ចំណេះដឹងមានស្រាប់

និយមន័យនៃសម្ពាធ

. រូបមន្តសម្ពាធ $P = \frac{F}{A}$

. សមីការឧស្ម័នបរិសុទ្ធ $PV = nRT$ , $PV = k_B NT$

ថាមពលក្នុង $U = 3/2k_B T$

*រូបទី១២.៨*

## ៣. ពិសោធន៍

### ៣.១. ជំហានទី១៖ ការកំណត់បញ្ហា

តើនឹងមានអ្វីកើតឡើងចំពោះទឹក នៅពេលគេដាក់កែវទឹកនោះទៅក្នុងបំពង់ញូតុនរួចបូមខ្យល់ចេញ ?

### ៣.២. ជំហានទី២៖ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

□ សីតុណ្ហភាពទឹកថយចុះ(ទឹកចុះត្រជាក់) □ សីតុណ្ហភាពទឹកកើនឡើង(ទឹកឡើងក្តៅ)

□ សីតុណ្ហភាពទឹកនៅដដែល □ គំនិតផ្សេងៗ ..........................

ហេតុអ្វីបានជាប្អូនគិតបែបនេះ? (បើមានគំនិតផ្សេង ចូរសរសេរគំនិតទាំងនោះ)

..................................................................................................................................................

..................................................................................................................................................

..................................................................................................................................................

..................................................................................................................................................

**តម្រុយ៖**

១. មុនពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន យើងបានសម្ពាធខាងក្នុង..............................

សម្ពាធ..................................... $(P_{atm})$ ។ ប៉ុន្តែសម្ពាធមានរូបមន្ត $P = F/A$

សមីការ .....................................................................................................................

..................................................................................................................................................

..................................................................................................................................................

២. ពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន

..................................................................................................................................................

..................................................................................................................................................

.............................................................................................................................................

### ៣.៣. ជំហានទី៣ ៖ ពិសោធន៍

**តម្រូវការសម្ភារ៖** កែវ ទឹក ទែម៉ូម៉ែត្រ(បើមាន)ម៉ូទ័របឺតខ្យល់ បំពង់ញូតុន ទុយោជ័រ (បំពង់ជ័រ) ប្រភពអគ្គិសនី ។

*រូបទី១២.៩*

❖ **ដំឡើង / ដំណើរការ**

១. ចាក់ទឹកប្រហែល 1/5 ឬ1/6 នៃចំណុះរបស់វា រួចដាក់កែវនោះទៅក្នុងបំពង់ញូតុន ។

២. បើកចំហរ៉ូប៊ីនៃបំពង់ញូតុន បន្ទាប់មកយកទុយោ មកភ្ជាប់បំពង់ញូតុនជាមួយម៉ូទ័របូមខ្យល់ ។

៣. ចំហ៊ុងតាក់ម៉ូទ័រ រួចភ្ជាប់វាជាមួយឈ្នាប់ចរន្ត(ប្រភពអគ្គិសនីឆ្លាស់)

៤. បិទកុងតាក់ម៉ូទ័រដើម្បីបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុនប្រហែលមួយនាទី។

៥. សង្កេតមើលទឹកក្នុងកែវដែលដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន ។

**ចំណាំ៖** ចំពោះកែវដែលដាក់ទឹកត្រូវមានអង្កត់ផ្ចិតតូចជាងបំពង់ញូតុនបន្តិច។ កែវទឹកជាកែវដែលថ្លាដើម្បីងាយស្រួលសង្កេតបាតុភូតដែលកើតឡើងពេលបូមខ្យល់ចេញ ។

*រូបទី១២.១០*

### ៣.៤. ជំហានទី ៤ ៖ លទ្ធផល

ពីការសង្កេតចំណុចទី៥ ខាងលើ យើងឃើញថា .............................................................................

.............................................................................................................................................

.............................................................................................................................................

### ៣.៥. ជំហានទី៥៖ សន្និដ្ឋាន

**វិភាគ៖** ទឹករក្សាថាមពលក្នុងមុនពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន។

ទឹកបាត់បង់ថាមពលក្នុងក្រោយពេលបូមខ្យល់ចេញពីបំពង់ញូតុន.....................................

.............................................................................................................................................

.............................................................................................................................................................

.............................................................................................................................................................

ដូច្នេះ ទឹកក្នុងកែវចុះត្រជាក់ ឬសីតុណ្ហភាពទឹកថយចុះ ។

**<u>ពិភាក្សា</u>**

១. នៅពេលដែលខ្យល់កំពុងត្រូវបានបូមចេញ អ្នកបានសង្កេតឃើញពពុះខ្យល់តូចៗកើតមានឡើង ហើយវាបានផ្លាស់ទីឡើងមកផ្ទៃខាងលើ រួចក៏បែកបាត់ទៅ។ តើវាជាបាតុភូតរំពុះនៃទឹកមែន ឬទេ? ហេតុអ្វី?

.............................................................................................................................................................

.............................................................................................................................................................

.............................................................................................................................................................

២. ក្រោយពេលបូមខ្យល់ចេញចន្លោះពេលប្រហែល១នាទី ហេតអ្វីបានជាពពុះខ្យល់បែរជាខ្សត់ទៅៗ?

.............................................................................................................................................................

.............................................................................................................................................................

.............................................................................................................................................................

៣. ប្រសិនបើយើងយកទឹកក្នុងកែវដែលយកចេញពីបំពង់ញូតុន(ក្រោយពេលបូមខ្យល់ចេញរួច)មកទុកចោលក្នុងបរិយាកាសរយៈពេល១ ឬ២ថ្ងៃ រួចយកវាទៅដាក់ក្នុងបំពង់ញូតុន
ហើយបូមខ្យល់ចេញដូចមុនម្តងទៀត តើនឹងមានអ្វីកើតឡើង?

.............................................................................................................................................................

.............................................................................................................................................................

.............................................................................................................................................................

# ប្រធានបទទី ១៣៖ ពិសោធរលកជញ្ជ្រាំក្នុងខ្សែ
## ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ

### ១. វត្ថុបំណង

- ត្រូវសរសេរវត្ថុបំណងពិសោធឱ្យបានច្បាស់លាស់។ ពិសោធអាចជាពិសោធដែលមានក្នុងមេរៀន ចេញពីចម្ងល់ ឬបាតុភូតដែលអ្នកបានសង្កេតឃើញជុំវិញខ្លួនយើង។
- ត្រូវប្រើកិរិយាសព្ទសកម្ម ដូចជា កំណត់ គណនា ធ្វើពិសោធ វាស់ ទាញរក ពិនិត្យ ...។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ យើងប្រើកិរិយាសព្ទ គណនា )

**"គណនាប្រេកង់នៃប្រភពលំញ័រដែលបង្កើតរលកបានត្រឹមត្រូវ"**

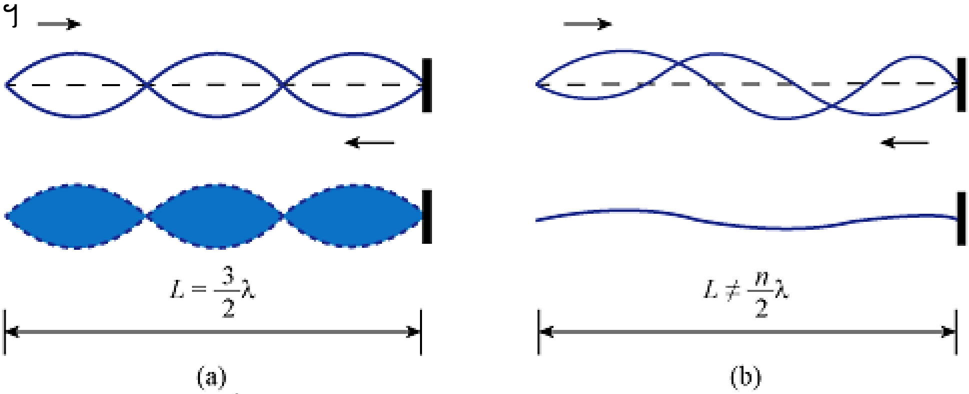
### ២. ចំណេះដឹងមានមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

ត្រូវសរសេរសង្ខេបទ្រឹស្តី ឬ រូបមន្តដែលទាក់ទងប្រើក្នុងពិសោធនេះបើមេរៀន ឬ ប្រធានបទត្រូវបានបង្រៀនរួចហើយ។ ប៉ុន្តែបើមិនទាន់បង្រៀនទេ អ្នកអាចសរសេរវាឱ្យបានពិស្តារបន្តិចដើម្បីឱ្យសិស្ស(អ្នករៀន) ឬអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយយល់ ។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ សន្មតថាមេរៀនេះយើងបានបង្រៀនរួចហើយ) រលកជញ្ជ្រាំជាមូលដ្ឋានគ្រឹះសំខាន់បំផុតក្នុងឧបករណ៍តន្ត្រីភាគច្រើនទាំងឧបករណ៍សម័យ និង បូរាណដូចជាព្យាណូ ហ្គីតារ វីយូឡុង ខ្លុយ ឃឹម តាខេ ចាប៉ី ពិណ ទ្រ ។ល។ ធម្មជាតិកង់ទិចនៃការបង្កើតរលកជញ្ជ្រាំបានបង្កើតទំនាក់ទំនងរវាងចំនួនគត់ និងណោតភ្លេង( musical note )។

វាជាបាតុភូតមួយដ៏គួរឱ្យចាប់អារម្មណ៍នៅពេលដែលរលកមួយត្រូវបានបង្កើតឡើងនៅលើខ្សែ១ដែលចុងទាំងពីររបស់វាត្រូវបានចងជាប់នឹងចំណុចនឹង។ ប្រសិនបើប្រវែងខ្សែត្រូវគ្នានឹង $\frac{1}{2},\frac{2}{2},\ldots,\frac{3}{2},\frac{2}{2}$ នៃជំហានរលក នោះរលកជញ្ជ្រាំនឹងកើតឡើង រូបទី១ (a) ។ ប្រសិនបើប្រវែងខ្សែមិនត្រូវគ្នានឹង a/2 នៃជំហានរលកទេនោះ រលកដែលដាលទៅនិងត្រឡប់មកវិញនឹងមានផាសខុសគ្នា។ វានឹងបំផ្លាញគ្នា នោះខ្សែស្ទើរតែរាបស្មើរតែរាបស្មើដូចគ្មានរលក រូបទី១ (b)។

*រូបទី ១៣.១*




ក្នុងរូបទី១៣.១ (a) ចំណុចដែលមានអំព្លីទុតអតិបរមាហៅថា **ពោះ** និងចំណុចដែលគ្មានចលនា ឬអំព្លីទុតសូន្យហៅថា **ថ្នាំង** ។ ចម្ងាយពីពោះមួយទៅពោះមួយទៀតគឺ $\lambda/2$ ដែល $\lambda$ ជាជំហានរលក ។ ដូច្នេះលក្ខខណ្ឌដើម្បីឱ្យកើតមានរលកជញ្ជ្រាំក្នុងខ្សែដែលចងចុងទាំងពីរជាប់គឺ

$$L = n\frac{\lambda}{2} \qquad (1)$$

ដែល $n$ ជាចំនួនត្រយ៉ូងនៃរលក។

ល្បឿនដំណាលនៃរលកនៅក្នុងខ្សែគឺ

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \qquad (2)$$

ដែល $\mu$ ជាតំនឹងខ្សែ និង $\mu$ ដង់ស៊ីតេម៉ាសខ្សែក្នុងមួយខ្នាតប្រវែង

$$v = \sqrt{\frac{Mg}{\mu}} \qquad (3)$$

គ្រប់រលកទាំងអស់ទំនាក់ទំនងរវាងល្បឿន ប្រេកង់ និងជំហានរលកឱ្យដោយៈ

$$v = f\lambda \qquad (4)$$

ដាក់បញ្ចូលគ្នា យើងបាន (1) $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ នាំឱ្យ $v^2 = \frac{T}{\mu}$

ដោយ $T = Mg$ នោះ $v^2 = \frac{Mg}{\mu}$ (5)

(4) $v = f\lambda$

(5) $f^2\lambda^2 = \frac{Mg}{\mu}$

$L = n\frac{\lambda}{2}$ នាំឱ្យ $\lambda = \frac{2L}{n}$

$$\left(\frac{2L}{n}\right)^2 f^2 = \frac{Mg}{\mu}$$

$$\left(\frac{4L^2}{n^2}\right) f^2 = \frac{Mg}{\mu}$$

នាំឱ្យ $\frac{L^2}{M} = \frac{g \cdot n^2}{4\mu f^2}$

# ៣. ណែនាំដំណើរការពិសោធ

## ៣.១. ការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធ

គេយកកំណាត់ខ្សែអំបោះមួយមានប្រវែង 1.65m មានម៉ាសសរុប $5.00\times10^{-4}$kg ។ ចុងម្ខាងត្រូវបានចងភ្ជាប់នឹងប្រភពលំញ័រ ( ម៉ូទ័រឬ ឧបករណ៍កត់ត្រាពេល: Recording Timer ) ដែលមានប្រេកង់ថេរ 50Hz និងចុងម្ខាងទៀតត្រូវបានព្យួរម៉ាស 89.0g ហើយដាក់កាត់តាមចង្ក្រឹះកនឹងមួយ ( ដូចក្នុងរូប )។ គេធ្វើឱ្យប្រភពលំញ័រមានដំណើរការ បានជារលកជញ្ជ្រំដែលមាន៣ត្រយ៉ូងពេញមានប្រវែងសរុប1.57m ។ តើគេត្រូវធ្វើដូចម្តេចដើម្បីខ្សែនោះបង្កើតបានជារលកជញ្ជ្រំបានចំនួន២ត្រយូង និងបន្ទាប់មក១ត្រយូងពេញ ចូរបញ្ជាក់ទំហំដែលត្រូវប្រែប្រួល និង គណនាតម្លៃរបស់វា ។

*រូបទី ១៣.២*

**ចំណាំ ៖** ករណីបើមិនមានម៉ូទ័រ យើងអាចប្រើឧបករណ៍កត់ត្រាពេល (Recording Timer)ជំនួសបាន ។

### ៣.២. សំណួរគន្លឹះ

- សំណួរគន្លឹះគឺជាការបង្កើតសំណួរដែលកើតចេញពីការសង្កេតបាតុភូតឬព្រឹត្តិការណ៍ណាមួយដែលកើតមានឡើងនៅជុំវិញខ្លួនយើងដែលចម្លើយរបស់វាឆ្លើយតបទៅនឹងវត្ថុបំណងដែលបានកំណត់ ។
- សំណួរមានច្រើនទម្រង់ពីកម្រិតងាយទៅពិបាកដោយផ្អែកលើទ្រឹស្តី Bloom Taxonomy ។
- ដោយផ្អែកលំនាំបញ្ហាខាងលើ គ្រូអាចស្នើឱ្យសិស្សបង្កើតសំណួរដោយខ្លួនឯង និងបន្ទាប់មកគ្រូត្រូវជ្រើសរើសយកសំណួរណាដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណង ហើយងាយធ្វើពិសោធ ។
- ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចបង្កើតសំណួរគន្លឹះដែលឆ្លើយតបនឹងវត្ថុបំណងពិសោធបាន គ្រូគួរតែសម្របសម្រួលសិស្សក្នុងការបង្កើតសំណួរគន្លឹះ។ សំណួរគន្លឹះអាចជា៖

**តើយើងអាចគណនាប្រេកង់នៃប្រភពលំញ័រដែលបង្កើតរលកយ៉ាងដូចម្តេច ?**

### ៣.៣. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

- សម្មតិកម្មមានន័យថា លទ្ធផលរំពឹងទុកជាមុនដែលអាចនឹងកើតមានឡើង។ ដូច្នេះ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម ជាការព្យាករណ៍ឬជាការទាយទុកជាមុនដើម្បីស្វែងរកដំណោះស្រាយលើបញ្ហាដែលយើងបានចោទសួរខាងលើ ។
- ត្រូវបង្កើតសម្មតិកម្មឱ្យចំ ឱ្យច្បាស់លាស់ ទើបអាចរកសម្ភារៈ និងបន្តដំណើរការពិសោធបាន បើអ្នកប្រើវិធីសាស្ត្រនៃការបង្រៀននិងរៀនតាមបែបរិះរក ។

**សម្មតិកម្មនៃសំណួរគន្លឹះ៖**

យើងទទួលបានចម្លើយនៃសំណួរគន្លឹះដែលលក្ខខណ្ឌដើម្បីបង្កើតរលកជញ្ជ្រុំ៖ $L = n\frac{\lambda}{2}$ (1)

ល្បឿនដំណាលនៃរលកនៅក្នុងខ្សែ $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ (2) ដែល $T = Mg$

និយមន័យល្បឿន $v = f\lambda$ (3)

តាមសមីការ (1) , (2)និង (3) យើងបាន ៖ $\frac{L^2}{M} = \left(\frac{g}{4f^2}\right)\frac{n^2}{\mu}$ មានរាងដូច $y = ax$

ដែល $a = \frac{g}{4f^2}$ ជាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់

ដូចនេះ យើងអាចគណនារកប្រេកង់នៃប្រភពលំញ័រតាមរយៈការរកមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ ។

- ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចបង្កើតសម្មតិកម្មបាន គ្រូត្រូវផ្តល់សំណួរតម្រុយដល់សិស្ស ។ តម្រុយផ្តល់គំនិត ឬនាំផ្លូវដើម្បីឱ្យសិស្សមានគំនិតបង្កើតសម្មតិកម្ម ប៉ុន្តែវាមិនមែនជាចម្លើយទេ។

## ៣.៣. បម្រុងប្រយ័ត្ននៅក្នុងដំណើរការ

- ✓ ក្នុងពិសោធនេះ យើងមិនបានប្រើរ៉កក៏បាន ប៉ុន្តែយើងប្រើជារបារដែកឬឈើ( ចង្កឹះ )ជំនួសវិញ ។
- ✓ បើមិនមានពេលគ្រប់គ្រាន់ក្នុងការធ្វើពិសោធខាងលើនេះយើងអាចគណនារកតម្លៃប្រេកង់មធ្យម ពីការធ្វើពិសោធ៤ ឬ៥ដងដោយមិនចាំបាច់រកមេគុណប្រាប់ទិសពីការសង់ក្រាប ។
- ✓ បើតម្លៃប្រេកង់នៃការធ្វើពិសោធណាមួយខុសច្រើនខ្លាំងពេក នោះយើងមិនយកតម្លៃនេះមក គណនាទេ ។ ប៉ុន្តែយើងនៅតែរកកម្រិតល្អៀងភាគរយតាមរយៈការប្រៀបធៀបប្រេកង់ប្រភព ដែលយើងប្រើ (តម្លៃតាមទ្រឹស្តី)

  ជាមួយនឹងប្រេកង់មធ្យមដែលទទួលបានពីការធ្វើពិសោធខាងលើ ។(តម្លៃតាមពិសោធ)
- ✓ ប្រសិនបើកម្រិតល្អៀងស្មើ ឬតូចជាង 5% នោះលទ្ធផលនៃការធ្វើពិសោធ ត្រឹមត្រូវ អាចទទួល យកបាន ប៉ុន្តែបើធំជាង5% នោះត្រូវពិនិត្យមើលលើការវាស់វែង និងការគណនា។
- ✓ ចូរប្រុងប្រយ័ត្នចំពោះការបំបែកខ្នាត និងការគណនាតម្លៃផ្សេង។

## ៣.៤. លទ្ធផលពិសោធ

- ✓ លទ្ធផលជាទិន្នន័យដែលទទួលបានពីការពិសោធតាមរយៈការសង្កេត និងការវាស់វែងយ៉ាង ត្រឹមត្រូវ។
- ✓ ត្រូវគូសតារាងលទ្ធផលសម្រាប់ដាក់ទិន្នន័យដែលបានពីពិសោធខាងលើដូចបង្ហាញក្នុងសន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់គ្រូ។

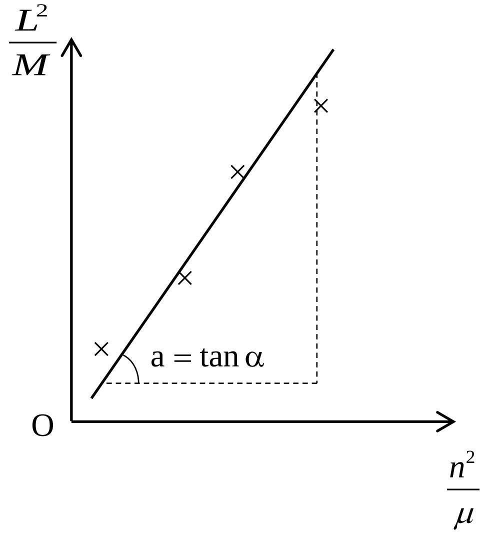
**តារាងលទ្ធផល**

**តារាង២.១**

| $n$ | $\mu$ (g / cm) | $M$ (g) | $L$ (cm) | $\frac{n^2}{\mu}$ (cm / g) | $\frac{L^2}{M}$ (cm$^2$ / g) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.003125 | 60.5 | 50.8 | 320 | 42.655 |
| 2 | 0.003125 | 38 | 67.6 | 1280 | 120.256 |
| 3 | 0.003125 | 20.2 | 76.7 | 2880 | 291.232 |
| 4 | 0.003125 | 15 | 85 | 5120 | 481.666 |
| 5 | 0.003125 | 11.2 | 95.2 | 8000 | 809.200 |

- **ការគណនាគំរូ**

១. បំពេញតារាងនូវតម្លៃ $\frac{n^2}{\mu}$ និង $\frac{L^2}{M}$ ។ រួចប្រើប្រាស់ក្រដាសមីលីម៉ែត្រសង់ក្រាប $\frac{L^2}{M}$ ជាមួយនិង $\frac{n^2}{\mu}$ ។ គណនាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ ។




១. មេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដែលសមបំផុតនឹងទិន្នន័យដែលទទួលបានពីពិសោធ

តាមក្រាប

$$\tan\alpha = \frac{766.545}{7680} = 0.0998$$

យក $g = 980\text{cm}/\text{s}^2$ ។ ប្រើតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដើម្បីគណនាប្រេកង់ $f$ ។

តាមសមីការ $\frac{L^2}{M} = \left(\frac{g}{4f^2}\right)\frac{n^2}{\mu}$ មានរាងដូច $y = ax$

ដែល $\tan\alpha = \frac{g}{4f^2}$

ដែល $\tan\alpha = 0.0998$

$$\Rightarrow 0.0998 = \frac{g}{4f^2}$$

$$\Rightarrow f^2 = \frac{980}{4 \times 0.0998} = 2454.9098$$

$$\Rightarrow f = \sqrt{2454.91} = 49.55\text{Hz}$$

តម្លៃទ្រឹស្តីនៃប្រេកង់របស់ប្រភពដែលប្រើ $f = 50\text{Hz}$ ។

ប្រៀបធៀបតម្លៃនេះទៅនឹងតម្លៃដែលបានមកពីពិសោធ។ គណនាលំអៀងជាភាគរយ។

$$\text{កម្រិតល្អៀងភាគរយ} = \frac{|\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធន៍}|}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}} \times 100\%$$

$$\text{កម្រិតល្អៀងភាគរយ} = \frac{|50 - 49.55|}{50} \times 100$$

$$\text{កម្រិតល្អៀងភាគរយ} = 0.9\% = \frac{|6|}{50} \times 100$$

## ៣.៥. សន្និដ្ឋាន

ប្រេកង់នៃប្រភពលំញ័រអាចគណនាបានតាមរយៈការរកមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដែលបានមកពីទិន្នន័យនៃការពិសោធ។ ដូចនេះ សម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធ។

## ៣.៦. ពិភាក្សា

១. ហេតុអ្វីបានជាចំនួនត្រយ៉ូងកើននៅពេលដែលម៉ាសទឹកថយ?

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \ \text{Þ} \ v^2 = \frac{T}{\mu} = \frac{mg}{\mu}$$

$$\text{Þ} \ mg = v^2 \mu$$

$$\text{Þ} \ v^2 \alpha T$$

$$L = n\frac{\lambda}{2}$$

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

$$\text{Þ} \ v \alpha m$$

$$v \alpha \lambda$$

$$\lambda \alpha 1/n$$

$$\text{Þ} \ m \alpha 1/n$$

ដូចនេះ ចំនួនត្រយ៉ូងកើននោះម៉ាសថយ ក្នុងករណីប្រវែងខ្សែថេរ

២. ពិសោធនេះប្រើប្រាស់សម្រាប់ធ្វើអ្វីខ្លះក្នុងជីវភាពរស់នៅប្រចាំថ្ងៃ?

ក្នុងជីវភាពរស់នៅប្រចាំថ្ងៃយើងអាចរកប្រេកង់របស់ប្រភពដែលយើងមិនស្គាល់តាមរយៈការធ្វើពិសោធនេះបាន។

# ផ្នែកទី២ ៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ

## ១. វត្ថុបំណង

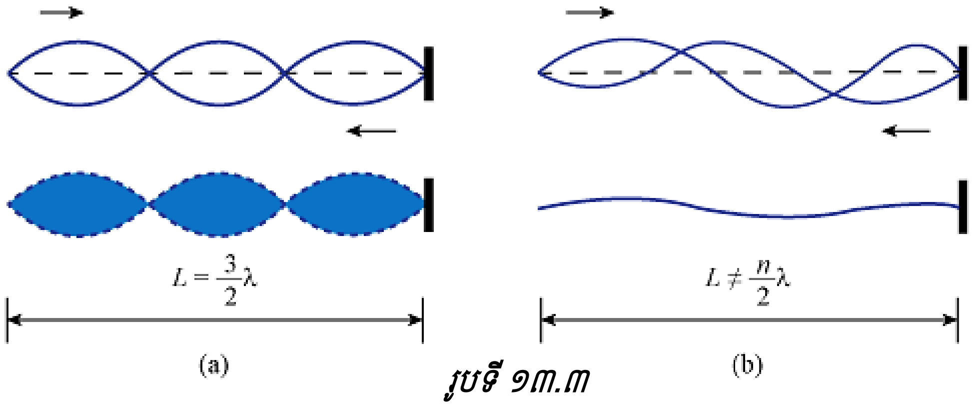
គណនាប្រេកង់នៃប្រភពលំញ័រដែលបង្កើតរលកបានត្រឹមត្រូវ

## ២. ចំណេះដឹងមានមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្តី)

ត្រូវសរសេរសង្ខេបទ្រឹស្តី ឬរូបមន្តដែលទាក់ទងប្រើក្នុងពិសោធនេះបើមេរៀន ឬ ប្រធានបទត្រូវបានបង្រៀនរួចហើយ។ ប៉ុន្តែបើមិនទាន់បង្រៀនទេ អ្នកអាចសរសេរវាឱ្យបានពិស្តារបន្តិចដើម្បីឱ្យសិស្ស(អ្នករៀន) ឬអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយយល់ ។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធនេះ សន្មតថាមេរៀនេះយើងបានបង្រៀនរួចហើយ) រលកជញ្ជ្រំជាមូលដ្ឋានគ្រឹះសំខាន់បំផុតក្នុងឧបករណ៍តន្ត្រីភាគច្រើនទាំងឧបករណ៍សម័យ និងបូរាណដូចជាព្យាណូ ហ្គីតារ វីយូឡុង ខ្លុយ ឃឹម តាខេ ចាប៉ី ពិណ ទ្រ ។ល។ ធម្មជាតិកង់ទិចនៃការបង្កើតរលកជញ្ជ្រំបានបង្កើតទំនាក់ទំនងរវាងចំនួនគត់និងណោតភ្លេង( musical note )។

វាជាបាតុភូតមួយដ៏គួរឱ្យចាប់អារម្មណ៍នៅពេលដែលរលកមួយត្រូវបានបង្កើតឡើងនៅលើខ្សែ១ដែលចុងទាំងពីររបស់វាត្រូវបានចងជាប់នឹងចំនុចនឹង។ ប្រសិនបើប្រវែងខ្សែត្រូវគ្នានឹង $\frac{1}{2},\frac{2}{2},\ldots,\frac{3}{2},\ \frac{2}{2}$ នៃជំហានរលកនោះរលកជញ្ជ្រំនឹងកើតឡើង រូបទី១ (a) ។ ប្រសិនបើប្រវែងខ្សែមិនត្រូវគ្នានឹង $a/2$ នៃជំហានរលកទេនោះ រលកដែលដាលទៅនិងត្រឡប់មកវិញនឹងមានផាសខុសគ្នា។ វានឹងបំផ្លាញគ្នា នោះខ្សែស្ទើរតែពបស្ទើរតែពបស្មើដូចគ្មានរលក រូបទី១ (b)។




រូបទី ១៣.៣

ក្នុងរូបទី១ ចំណុចដែលមានអំព្លីទុតអតិបរមាហៅថា **ពោះ** និងចំណុចដែលគ្មានចលនា ឬអំព្លីទុតសូន្យហៅថា **ថ្នាំង** ។ ចម្ងាយពីពោះមួយទៅពោះមួយទៀតគឺ $\lambda/2$ ដែល $\lambda$ ជាជំហានរលក ។

ដូច្នេះលក្ខខណ្ឌដើម្បីឱ្យកើតមានរលកជញ្ជ្រំក្នុងខ្សែដែលចងចុងទាំងពីរជាប់គឺ $L=n\frac{\lambda}{2}$ (1)

ដែល $n$ ជាចំនួនគត់វិជ្ជមាននៃរលក។

ល្បឿនដំណាលនៃរលកនៅក្នុងខ្សែគឺ $v=\sqrt{\frac{T}{\mu}}$ (2)

ដែល $\mu$ ជាតំនឹងខ្សែ និង $\mu$ ដង់ស៊ីតេម៉ាសខ្សែក្នុងមួយខ្នាតប្រវែង $v = \sqrt{\dfrac{Mg}{\mu}}$ (3)

គ្រប់រលកទាំងអស់ទំនាក់ទំនងរវាងល្បឿន ប្រេកង់ និងជំហានរលកឱ្យដោយៈ

$$v = f\lambda \qquad (4)$$

ដាក់បញ្ចូលគ្នា យើងបាន (1) $v = \sqrt{\dfrac{T}{\mu}}$ នាំឱ្យ $v^2 = \dfrac{T}{\mu}$

ដោយ $T = Mg$ នោះ $v^2 = \dfrac{Mg}{\mu}$ (5)

(4) $v = f\lambda$

(5) $f^2\lambda^2 = \dfrac{Mg}{\mu}$

$L = n\dfrac{\lambda}{2}$ នាំឱ្យ $\lambda = \dfrac{2L}{n}$

$$\left(\frac{2L}{n}\right)^2 f^2 = \frac{Mg}{\mu}$$

$$\left(\frac{4L^2}{n^2}\right) f^2 = \frac{Mg}{\mu}$$

នាំឱ្យ $\dfrac{L^2}{M} = \dfrac{g \cdot n^2}{4\mu f^2}$

## ៣. ការពិសោធ

### ៣.១. សំណួរគន្លឹះ

តើយើងអាចគណនាប្រេកង់នៃប្រភពលំញ័រដែលបង្កើតរលកយ៉ាងដូចម្ដេច?

*រូបទី ១៣.៤*

### ៣.២. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

លក្ខខណ្ឌដើម្បីបង្កើតរលកជញ្ជ្រុំៈ $L = n\dfrac{\lambda}{2}$ (1)

ល្បឿនដំណាលនៃរលកនៅក្នុងខ្សែ $v = \sqrt{\dfrac{T}{\mu}}$ (2) ដែល $T = Mg$

និយមន័យល្បឿន $v = f\lambda$ (3)

តាមសមីការ (1),(2)និង(3) យើងបាន៖ $\frac{L^2}{M}=\left(\frac{g}{4f^2}\right)\frac{n^2}{\mu}$ មានរាងដូច $y=ax$

ដែល $a=g/4f^2$ ជាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់

ដូចនេះ យើងអាចគណនារកប្រេកង់នៃប្រភពលំញ័រតាមរយៈការរកមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ ។

## ៣.៣. ពិសោធន៍

### ៣.៣.១. ឧបករណ៍សម្ភារពិសោធ

Recording Timer (ប្រភពលំញ័រ) ប្រភពចរន្តឆ្លាស់ ខ្សែនីឡុង ដបទឹកសុទ្ធ ជញ្ជីង ម៉ែត្របន្ទាត់ និងរ៉ក

### ៣.៣.២. ការដំឡើង និងដំណើរការពិសោធ

**ដំឡើងឧបករណ៍៖**

យកខ្សែនីឡុងភ្ជាប់នឹង Recording Timer (ប្រភពលំញ័រ) និងចុងម្ខាងទៀតរបស់ខ្សែភ្ជាប់នឹងដបទឹក ដោយឆ្លងកាត់រ៉ក រួចភ្ជាប់នឹងប្រភពចរន្តជាប់ 3V នោះយើងនឹងឃើញចំនួនត្រយ៉ូង។ ឬយកខ្សែនីឡុងភ្ជាប់នឹងម៉ូទ័រ(ប្រភពលំញ័រ) និងចុងម្ខាងទៀតរបស់ខ្សែភ្ជាប់នឹងដបទឹកដោយឆ្លងកាត់រ៉ក រួចភ្ជាប់នឹងប្រភពចរន្តជាប់ 3V (អាស្រ័យតាមប្រភេទម៉ូទ័រ) នោះយើងនឹងឃើញ ចំនួនត្រយ៉ូង ។

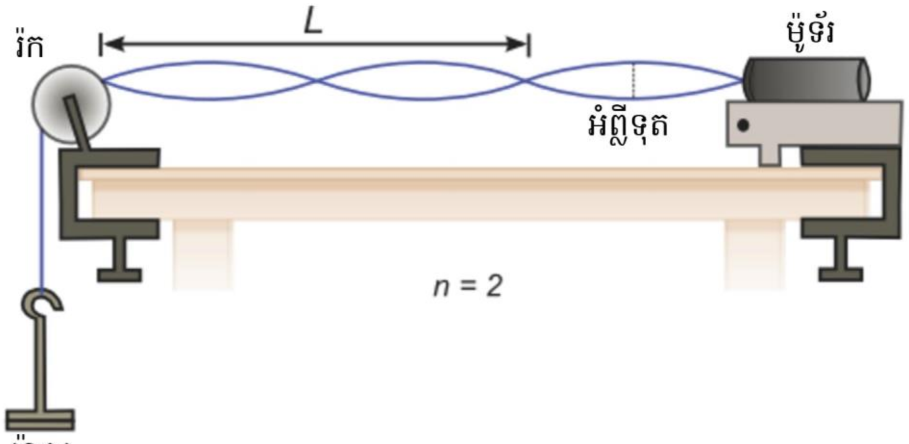
**ដំណើរការពិសោធ៖**

បន្ទាប់មកបន្ថែមទឹកក្នុងដបដើម្បីបង្កើនម៉ាស នោះយើងនឹងទទួលបានចំនួនត្រយ៉ូងដែលយើងចង់បាន។ ចំណុចសំខាន់ពីរដែលអ្នកត្រូវចង់ចាំ៖

ក. ដោយចុងម្ខាងនៃខ្សែភ្ជាប់នឹងម៉ូទ័រត្រយូងដែលជាប់នឹងម៉ូទ័រត្រូវដកចេញ ពីព្រោះចលនានៅត្រង់ម៉ូទ័របង្កើតអោយមានថ្នាំងមិនពេញលក្ខណៈ។ ដូចនេះ n ត្រយ៉ូងរាប់ចុងក្រោយត្រឹមត្រយ៉ូងដែលស្ថិតនៅបន្ទាប់ពីត្រយ៉ូងដែលជាប់នឹងម៉ូទ័រ ។ ពេលនោះប្រវែង L នៃរលកជញ្ជ្រំក៏ត្រូវវាស់ដោយមិនគិតប្រវែងនៃត្រយ៉ូងចុងក្រោយដែលជាប់នឹងម៉ូទ័រនោះដែរ (រូបទី២) ។

ខ. រលកជញ្ជ្រំជាបាតុភូតកង់ទិច។ រលកជញ្ជ្រំលេចឡើងត្រូវនឹងតម្លៃម៉ាសជាក់លាក់តែប៉ុណ្ណោះ។ វានឹងបាត់បង់ទៅវិញប្រសិនបើម៉ាសប្រែប្រួលតែបន្តិចបន្តួចប៉ុណ្ណោះ (4g ទៅ 5g) ។

ការប្រែប្រាមដៃច្របាច់ថ្នមៗលើម៉ាសនៅខាងក្រោមដើម្បីបង្កើន ឬ បន្ថយតម្លៃដ៏តូចនៃតំណឹងខ្សែដើម្បីបង្កើតរលកជញ្ជ្រំ បន្ទាប់មកលៃតម្រូវតម្លៃវាទៅតាមនឹង ។




*រូបទី១៣.៥*

a. ចាប់ផ្តើមជាមួយខ្សែព័ណខ្មៅមុន និងបង្កើតរលកជញ្ជំមាន $n=1$ ។ លៃតម្រូវតម្លៃម៉ាសរហូតទទួលបានរលកជញ្ជំ (កុំភ្លេចមិនគិតត្រយ៉ុងដែលជាប់នឹងម៉ូទ័រទេ និង បន្តលៃតម្រូវម៉ាសរហូតរលកជញ្ជំមានអំព្លីទុតអតិបរមាតាមដែលអាចធ្វើទៅបាន) ។ វាស់វែង និង កត់ត្រាទិន្នន័យចូលតារាងក្នុងសន្លឹកកិច្ចការ ។

b. ធ្វើចំណុច a. ឡើងវិញចំពោះខ្សែទាំងពីរ និងគ្រប់តម្លៃ n ក្នុងតារាង១ ។

**ចំណាំ៖**

- ✓ ក្នុងពិសោធនេះ យើងមិនបានប្រើរ៉កក៏បាន ប៉ុន្តែយើងប្រើជារបារដែក ឬឈើ (ចង្កឹះជំនួសវិញ)
- ✓ បើមិនមានពេលគ្រប់គ្រាន់ក្នុងការធ្វើពិសោធខាងលើនេះ យើងអាចគណនារកតម្លៃប្រេកង់មធ្យមពីការធ្វើពិសោធ៤ ឬ៥ដងដោយមិនចាំបាច់រកមេគុណប្រាប់ទិសពីការសង់ក្រាប ។
- ✓ បើតម្លៃប្រេកង់នៃការធ្វើពិសោធណាមួយខុសច្រើនខ្លាំងពេក នោះយើងមិនយកតម្លៃនេះ មកគណនាទេ។ ប៉ុន្តែយើងនៅតែរកកម្រិតល្អៀងភាគរយតាមរយៈការប្រៀបធៀបប្រេកង់ប្រភពដែលយើងប្រើ តម្លៃតាមទ្រឹស្តី ជាមួយនឹងតម្លៃតម្លៃតាមពិសោធ ប្រេកង់មធ្យមដែលទទួលបានពីការពិសោធ ។
- ✓ ប្រសិនបើកម្រិតល្អៀងស្មើ ឬតូចជាង 5% នោះលទ្ធផលនៃការធ្វើពិសោធ ត្រឹមត្រូវ អាចទទួលយកបាន ប៉ុន្តែបើធំជាង5% នោះត្រូវពិនិត្យមើលលើការវាស់វែង និងការគណនា។
- ✓ ចូរប្រុងប្រយ័ត្នចំពោះការបំបែកខ្នាត និងការគណនាតម្លៃផ្សេង។

## ៣.៤. លទ្ធផលពិសោធន៍

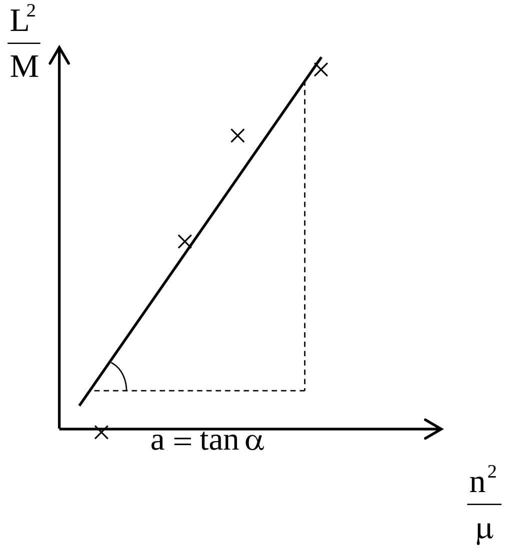
### តារាងលទ្ធផល

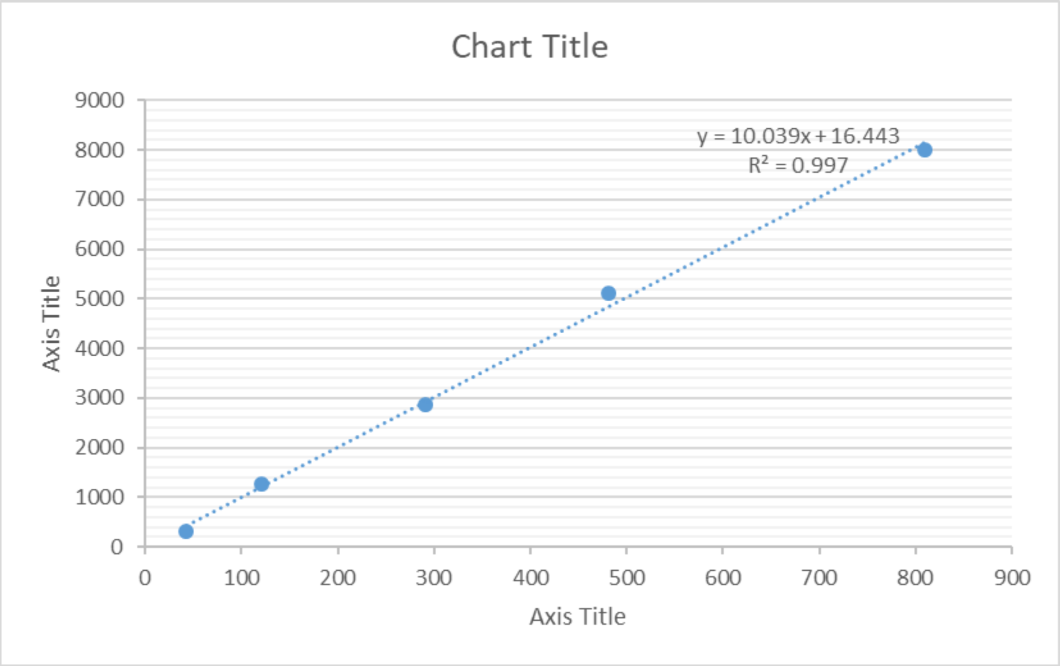
**តារាង២.១**

| n | $\mu$ $(g/cm)$ | M $(g)$ | L $(cm)$ | $\frac{n^2}{\mu}$ $(cm/g)$ | $\frac{L^2}{M}$ $(cm^2/g)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.003125 | 60.5 | 50.8 | 320 | 42.655 |
| 2 | 0.003125 | 38 | 67.6 | 1280 | 120.256 |
| 3 | 0.003125 | 20.2 | 76.7 | 2880 | 291.232 |
| 4 | 0.003125 | 15 | 85 | 5120 | 481.666 |
| 5 | 0.003125 | 11.2 | 95.2 | 8000 | 809.200 |

### ការគណនាគំរូ

១. បំពេញតារាងនូវតម្លៃ $\frac{n^2}{\mu}$ និង $\frac{L^2}{M}$ ។ រួចប្រើប្រាស់ក្រដាសមីលីម៉ែត្រសង់ក្រាប $\frac{L^2}{M}$ ជាមួយនិង $\frac{n^2}{\mu}$ ។ គណនាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ ។






- មេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដែលសមបំផុតនឹងទិន្នន័យដែលទទួលបានពីពិសោធ $\tan\alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$

តាមក្រាប $\tan\alpha = \frac{766.545}{7680} = 0.0998$

យក $g = 980 cm/s^2$ ។ ប្រើតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដើម្បីគណនាប្រេកង់ $f$ ។

តាមសមីការ $\frac{L^2}{M} = \left(\frac{g}{4f^2}\right)\frac{n^2}{\mu}$ មានរាងដូច y=a x ដែល $\tan\alpha = \frac{g}{4f^4}$

ដែល $\tan\alpha = 0.0998$

$$\Rightarrow 0.0998 = \frac{g}{4f^2}$$

$$\Rightarrow f^2 = \frac{980}{4\times 0.0998} = 2454.9098$$

$$\Rightarrow f = \sqrt{2454.91} = 49.55Hz$$

២. តម្លៃទ្រឹស្តីនៃប្រេកង់របស់ប្រភពដែលប្រើ $f = 50Hz$ ។

ប្រៀបធៀបតម្លៃនេះទៅនឹងតម្លៃដែលបានមកពីពិសោធ។ គណនាលំអៀងជាភាគរយ។

$$\text{កម្រិតល្អៀងភាគរយ} = \frac{|\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធន៍}|}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\times 100\%$$

$$\text{កម្រិតល្អៀងភាគរយ} = \frac{|50-49.55|}{50}\times 100$$

កម្រិតល្អៀងភាគរយ $= 0.9\% = \frac{|6|}{50} \times 100$

## ៣.៥. សន្និដ្ឋាន

ប្រេកង់នៃប្រភពលំញ័រអាចគណនាបានតាមរយៈការរកមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដែលបានមកពីទិន្នន័យនៃការពិសោធ។ ដូចនេះ សម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធ។

## ៣.៦. ពិភាក្សា

១. ហេតុអ្វីបានជាចំនួនត្រយ៉ូងកើននៅពេលដែលម៉ាសទឹកថយ?

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow v^2 = \frac{T}{\mu} = \frac{mg}{\mu}$$

$$\Rightarrow mg = v^2 \mu$$

$$\Rightarrow v^2 \alpha T$$

$$L = n\frac{\lambda}{2}$$

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

$$\Rightarrow v \alpha m$$

$$v \alpha \lambda$$

$$\lambda \alpha 1/n$$

$$\Rightarrow m \alpha 1/n$$

ដូចនេះ ចំនួនត្រយ៉ូងកើននោះម៉ាសថយ ក្នុងករណីប្រវែងខ្សែថេរ

២. ពិសោធនេះប្រើប្រាស់សម្រាប់ធ្វើអ្វីខ្លះក្នុងជីវភាពរស់នៅប្រចាំថ្ងៃ?

ក្នុងជីវភាពរស់នៅប្រចាំថ្ងៃយើងអាចរកប្រេកង់របស់ប្រភពដែលយើងមិនស្គាល់តាមរយៈការធ្វើពិសោធនេះបាន។

## ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស

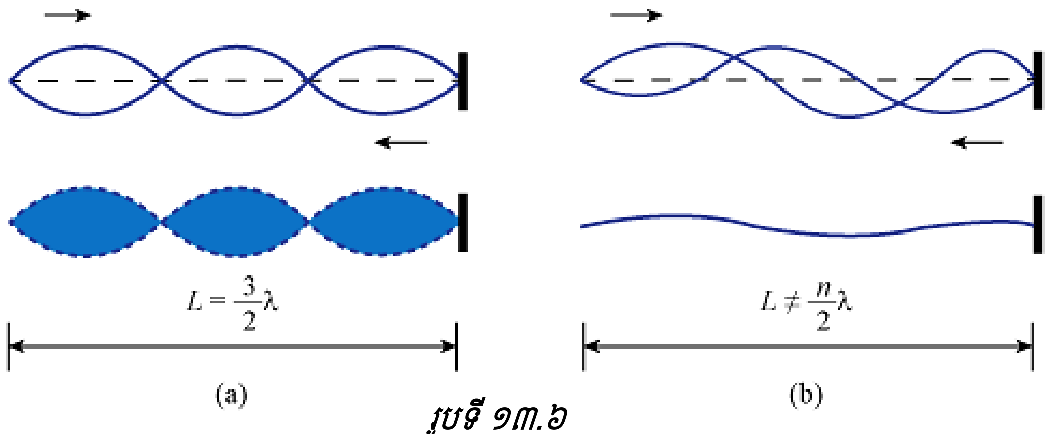
### ១. វត្ថុបំណង

- គណនាប្រេកង់នៃប្រភពលំញ័រដែលបង្កើតរលកបានត្រឹមត្រូវ

### ២. ចំណេះដឹងមានមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

រលកជញ្ជ្រំជាមូលដ្ឋានគ្រឹះសំខាន់បំផុតក្នុងឧបករណ៍តន្ត្រីភាគច្រើនទាំងឧបករណ៍សម័យ និងបូរាណដូចជា ព្យាណូ ហ្គីតារ វីយូឡុង ខ្លុយ ឃឹម តាខេ ចាប៉ី ពិណ ទ្រ ។ល។ ធម្មជាតិកង់ទិចនៃការបង្កើតរលកជញ្ជ្រំបាន បង្កើតទំនាក់ទំនងរវាងចំនួនគត់ និងណោតភ្លេង( musical note )។

វាជាបាតុភូតមួយដ៏គួរឱ្យចាប់អារម្មណ៍នៅពេលដែលរលកមួយត្រូវបានបង្កើតឡើងនៅលើខ្សែ១ដែលចុងទាំងពីរ របស់វាត្រូវបានចងជាប់នឹងចំណុចនឹង។ ប្រសិនបើប្រវែងខ្សែត្រូវគ្នានឹង $\frac{1}{2},\frac{2}{2},\frac{3}{2},\ldots\ldots,\frac{n}{2}$ នៃជំហានរលក នោះ រលកជញ្ជ្រំនឹងកើតឡើង រូបទី១ (a) ។ ប្រសិនបើប្រវែងខ្សែមិនត្រូវគ្នានឹង a/2 នៃជំហានរលកទេនោះ រលក ដែលជាលទៅនិងត្រឡប់មកវិញនឹងមានផាសខុសគ្នា។ វានឹងបំផ្លាញគ្នា នោះខ្សែស្ទើរតែរាបស្មើតែរាបស្មើដូច គ្មានរលក រូបទី១ (b)។




*រូបទី ១៣.៦*

ក្នុងរូបទី១៣.៦ (a) ចំណុចដែលមានអំព្លីទុតអតិបរមាហៅថា **ពោះ** និងចំណុចដែលគ្មានចលនា ឬអំព្លីទុតសូន្យហៅថា **ថ្នាំង**។ ចម្ងាយពីពោះមួយទៅពោះមួយទៀតគឺ $\frac{\lambda}{2}$ ដែល $\lambda$ ជាជំហានរលក។

ដូច្នេះលក្ខខណ្ឌដើម្បីឱ្យកើតមានរលកជញ្ជ្រំក្នុងខ្សែដែលចងចុងទាំងពីរជាប់គឺ $L=n\frac{\lambda}{2}$ (1)

ដែល $n$ ជាចំនួនគ្រយុងនៃរលក។

ល្បឿនដំណាលនៃរលកនៅក្នុងខ្សែគឺ $v=\sqrt{\frac{T}{\mu}}$ (2)

ដែល $\mu$ ជាតំនឹងខ្សែ និង $\mu$ ដង់ស៊ីតេម៉ាសខ្សែក្នុងមួយខ្នាតប្រវែង $v=\sqrt{\frac{Mg}{\mu}}$ (3)

គ្រប់រលកទាំងអស់ទំនាក់ទំនងរវាងល្បឿន ប្រេកង់ និងជំហានរលកឱ្យដោយ៖ $v=f\lambda$ (4)

ដាក់បញ្ចូលគ្នា យើងបាន (1) $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ នាំឱ្យ $v^2 = \frac{T}{\mu}$

ដោយ $T = Mg$ នោះ $v^2 = \frac{Mg}{\mu}$ (5)

(4) $v = f\lambda$

(5) $f^2\lambda^2 = \frac{Mg}{\mu}$

$L = n\frac{\lambda}{2}$ នាំឱ្យ $\lambda = \frac{2L}{n}$

$\left(\frac{2L}{n}\right)^2 f^2 = \frac{Mg}{\mu}$

$\left(\frac{4L^2}{n^2}\right) f^2 = \frac{Mg}{\mu}$

នាំឱ្យ $\frac{L^2}{M} = \frac{g \cdot n^2}{4\mu f^2}$

## ៣. ការពិសោធ

### ៣.១. សំណួរគន្លឹះ

តើយើងអាចគណនាប្រេកង់នៃប្រភពលំញ័រដែលបង្កើតរលកយ៉ាងដូចម្តេច?

### ៣.២. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

### ៣.៣. តម្រូវការសម្ភារពិសោធ

Recording Timer (ប្រភពលំញ័រ) ប្រភពចរន្តឆ្លាស់ ខ្សែនីឡុង ដបទឹកសុទ្ធ ជញ្ជីង ម៉ែត្របន្ទាត់ និងរ៉ក

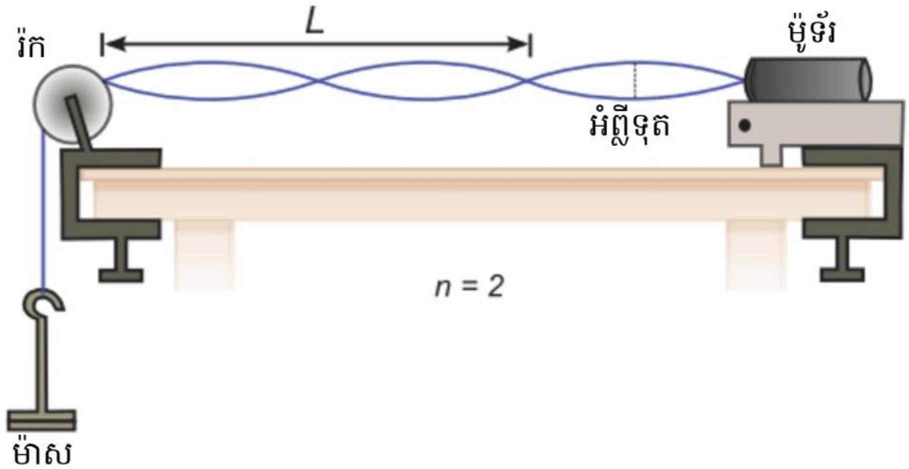
### ៣.៤. ដំណើរការ

- **ដំឡើងឧបករណ៍៖**

ក. យកខ្សែនីឡុងភ្ជាប់នឹង Recording Timer (ប្រភពលំញ័រ) និងចុងម្ខាងទៀតរបស់ខ្សែភ្ជាប់នឹងដបទឹកដោយឆ្លងកាត់រ៉ក រួចភ្ជាប់នឹងប្រភពចរន្តឆ្លាស់ 3V នោះយើងនឹងឃើញចំនួនត្រយ៉ូង។

ខ. បន្ទាប់មកបន្ថែមទឹកក្នុងដបដើម្បីបង្កើនម៉ាសនោះយើងនឹងទទួលបានចំនួនត្រយ៉ូងដែលយើងចង់បាន។

- **ប្លង់ពិសោធ៖**




*រូបទី១៣.៧*

**ចំណាំ៖**

- ✓ ក្នុងពិសោធនេះ យើងមិនបានប្រើរ៉កក៏បាន ប៉ុន្តែយើងប្រើដារបារដែក ឬឈើ (ចង្កឹះជំនួសវិញ)
- ✓ បើមិនមានពេលគ្រប់គ្រាន់ក្នុងការធ្វើពិសោធខាងលើនេះ យើងអាចគណនារកតម្លៃប្រេកង់មធ្យមពីការធ្វើពិសោធ៤ ឬ៥ដងដោយមិនចាំបាច់រកមេគុណប្រាប់ទិសពីការសង់ក្រាប ។
- ✓ បើតម្លៃប្រេកង់នៃការធ្វើពិសោធណាមួយខុសច្រើនខ្លាំងពេក នោះយើងមិនយកតម្លៃនេះ មកគណនាទេ ។ ប៉ុន្តែយើងនៅតែរកកម្រិតល្អៀងភាគរយតាមរយៈការប្រៀបធៀបប្រេកង់ប្រភពដែលយើងប្រើ តម្លៃតាមទ្រឹស្តី ជាមួយនឹងតម្លៃតម្លៃតាមពិសោធ ប្រេកង់មធ្យមដែលទទួលបានពីការពិសោធ ។
- ✓ ប្រសិនបើកម្រិតល្អៀងស្មើ ឬតូចជាង 5% នោះលទ្ធផលនៃការធ្វើពិសោធ ត្រឹមត្រូវ អាចទទួលយកបាន ប៉ុន្តែបើធំជាង5% នោះត្រូវពិនិត្យមើលលើការវាស់វែង និងការគណនា ។
- ✓ ចូរប្រុងប្រយ័ត្នចំពោះការបំបែកខ្នាត និងការគណនាតម្លៃផ្សេង។

## ៣.៥. លទ្ធផលពិសោធ

**តារាងលទ្ធផល**

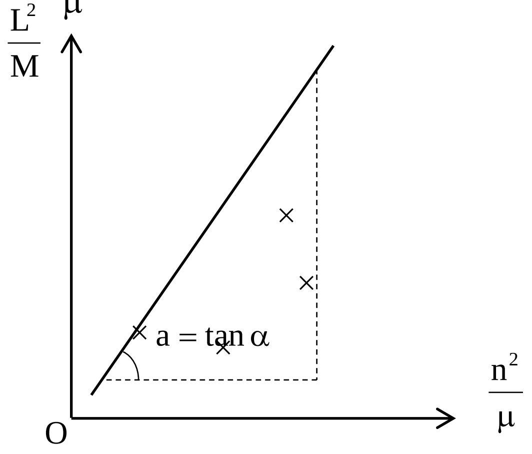
**តារាង២.១**

| n | $\mu$ $(g/cm)$ | M $(g)$ | L $(cm)$ | $\frac{n^2}{\mu}$ $(cm/g)$ | $\frac{L^2}{M}$ $(cm^2/g)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

| 5 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|

**ការគណនាគំរូ**

១. បំពេញតារាងនូវតម្លៃ $\frac{n^2}{\mu}$ និង $\frac{L^2}{M}$ ។ រួចប្រើប្រាស់ក្រដាសមីលីម៉ែត្រសង់ក្រាប $\frac{L^2}{M}$ ជាមួយនិង $\frac{n^2}{\mu}$ ។ គណនាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់។




○ មេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដែលសមបំផុតនឹងទិន្នន័យដែលទទួលបានពីពិសោធ $\tan\alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

២. យក $g = 980cm/s^2$ ។ ប្រើតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដើម្បីគណនាប្រេកង់ $f$ ។

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

៣. តម្លៃតាមទ្រឹស្តីនៃប្រេកង់របស់ប្រភព $f = 50Hz$ ។ ប្រៀបធៀបតម្លៃនេះទៅនឹងតម្លៃដែលបានមកពីពិសោធ។ គណនាលំអៀងជាភាគរយ។

$$\text{លំអៀងជាភាគរយ} = \frac{|\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{ពិសោធ}|}{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី}} \times 100\%$$

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

## ៣.៦. សន្និដ្ឋាន

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

## ៣.៧. ពិភាក្សា

១. ហេតុអ្វីបានជាចំនួនត្រយ៉ូងកើននៅពេលដែលម៉ាសទឹកថយ?

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

២. ពិសោធនេះប្រើប្រាស់សម្រាប់ធ្វើអ្វីខ្លះក្នុងជីវភាពរស់នៅប្រចាំថ្ងៃ?

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

# ប្រធានបទទី ១៤៖ ការថ្លឹងមេដែក

## ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ

### ១. វត្ថុបំណង

- ត្រូវសរសេរវត្ថុបំណងពិសោធឱ្យបានច្បាស់លាស់។ ពិសោធអាចជាពិសោធដែលមានក្នុងមេរៀន ចេញពីចម្ងល់ ឬបាតុភូតដែលអ្នកបានសង្កេតឃើញជុំវិញខ្លួនយើង។

- ត្រូវប្រើកិរិយាសព្ទសកម្ម ដូចជា កំណត់ គណនា ធ្វើពិសោធ វាស់ ទាញរក ពិនិត្យ ...។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ យើងប្រើកិរិយាសព្ទ បង្ហាញ)

**"បង្ហាញថាលទ្ធផលនៃការថ្លឹងមេដែកពីរ ករណីដាក់ប៉ូលឈ្មោះខុសគ្នាក្បែរគ្នា(អន្តរកម្មទំនាញ) និងដោយដាក់ប៉ូលឈ្មោះដូចគ្នាក្បែរគ្នា(អន្តរកម្មចម្រាន) ទទួលបានតម្លៃស្មើគ្នា។"**

### ២. ចំណេះដឹងមានមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

សរសេរសង្ខេបទ្រឹស្តីឬរូបមន្តដែលទាក់ទងត្រូវប្រើក្នុងពិសោធនេះបើមេរៀន ឬប្រធានបទត្រូវបានបង្រៀនរួចហើយ។ប៉ុន្តែបើមិនទាន់បង្រៀនទេ អ្នកអាចសរសេរវាឱ្យបានពិស្តារបន្តិចដើម្បីឱ្យសិស្ស (អ្នករៀន) ឬអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយយល់។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ សន្មតថាមេរៀននេះយើងបានបង្រៀនរួចហើយ)

**លក្ខណៈរបស់មេដែក**

- មេដែកគឺជាអង្គធាតុដែលអាចឆក់ដែកឬ កម្ទេចដែកបាន។
- មេដែកមានប៉ូលពីរគឺប៉ូល $(N)$ តាងឱ្យប៉ូលជើង និងប៉ូល( $S$ )តាងឱ្យប៉ូលត្បូង។
- កាលណាគេដាក់មេដែកពីរមានប៉ូលដូចគ្នាដាក់ក្បែរគ្នា នោះមេដែកទាំងពីរច្រានគ្នាចេញ។
- កាលណាគេដាក់មេដែកពីរមានប៉ូលផ្ទុយគ្នាដាក់ក្បែរគ្នា នោះមេដែកទាំងពីរទាញគ្នាចូល។

លក្ខណៈវ៉ិចទ័រកម្លាំងនីមួយៗ

- ចំណុចចាប់គ្រង់ផ្ចិតម៉ាសនៃមេដែក
- ទិស៖ តាមទិសឈរ
- ទិសដៅ៖

– កម្លាំងអន្តរកម្មផ្ទុយគ្នាជានិច្ច
– ទម្ងន់ពីលើចុះក្រោម
– កម្លាំងប្រតិកម្មកែងពីក្រោមឡើងលើ

**ច្បាប់គាំទ្រពិសោធន៍**

- តាមច្បាប់ទី១ញូតុន "បើអង្គធាតុមួយមិនរងកម្លាំងក្រៅទេ ឬវារងតែកម្លាំងផ្លូបស្មើសូន្យ ( $\sum \vec{F} = 0$ ) បើវានៅស្ងៀម វានៅស្ងៀមដដែល តែបើវាមានចលនា ចលនានោះជាចលនាត្រង់ស្មើ ។

- ច្បាប់ទី៣ញូតុន ៖ កាលណាវត្ថុ១ បញ្ចេញកម្លាំងទៅលើវត្ថុទី២ $\vec{F}_{12}$ វត្ថុទី២ក៏បញ្ចេញកម្លាំងមានអំពើទៅលើវត្ថុ ទី១វិញ $\vec{F}_{21}$ ហើយកម្លាំងទាំងពីរមានតម្លៃស្មើគ្នា និង ទិសដៅផ្ទុយគ្នា ។ យើងអាចសរសេរ ៖ $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

## ៣. ណែនាំដំណើរការពិសោធ

### ៣.១. ការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធ

- ជញ្ជីងរ៉ឺស័រថាសជ័រ៖ លៃតម្រូវឱ្យទ្រនិចចង្អុលត្រង់សូន្យ និងដាក់វត្ថុលើថាសរួចអានតម្លៃលេខដែលទ្រនិចចង្អុលដូចរូបទី១៤.១។

*រូបទី១៤.១ ៖ ជញ្ជីងរ៉ឺស័រថាសជ័រ*

*រូបទី១៤.២ ៖ មេដែករាងកងយកចេញពីគូទនៃអូប៉ាល័រ*

*រូបទី១៤.៣ ៖ អូប៉ាល័រ*

*រូបទី១៤.៣៖ ស៊ីឡាំងជ័រនៃស៊ីរ៉ាំង ឬហ្វឺត*

### ៣.២. សំណួរគន្លឹះ

- សំណួរគន្លឹះគឺជាការបង្កើតសំណួរដែលកើតចេញពីការសង្កេតបាតុភូតឬព្រឹត្តិការណ៍ណាមួយដែលកើតមានឡើងនៅជុំវិញខ្លួនយើងដែលចម្លើយរបស់វាឆ្លើយតបទៅនឹងវត្ថុបំណងដែលបានកំណត់។
- សំណួរមានច្រើនទម្រង់ពីកម្រិតងាយទៅពិបាកដោយផ្អែកលើទ្រឹស្តី BloomTaxonomy។
- ដោយផ្អែកលំនាំបញ្ហាខាងលើ គ្រូអាចស្នើឱ្យសិស្សបង្កើតសំណួរដោយខ្លួនឯង និងបន្ទាប់មកគ្រូត្រូវជ្រើសរើសយកសំណួរណាដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណង ហើយងាយធ្វើពិសោធ។

- ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចបង្កើតសំណួរគន្លឹះដែលឆ្លើយតបនឹងវត្ថុបំណងពិសោធបាន គ្រូគួរតែសម្របសម្រួលសិស្សក្នុងការបង្កើតសំណួរគន្លឹះ។ សំណួរគន្លឹះអាចជា៖ **"ហេតុដូចម្តេចបានជាការថ្លឹងមេដែកដូចក្នុងរូបទី១៤.៤(ក) និង (ខ) ជញ្ជីងចង្អុលតម្លៃដូចគ្នា "?**

*រូបទី១៤.៤ (ក)* *(ខ)*

## ៣.៣. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

- សម្មតិកម្មមានន័យថា លទ្ធផលរំពឹងទុកជាមុនដែលអាចនឹងកើតមានឡើង។ ដូច្នេះ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម ជាការព្យាករណ៍ឬជាការទាយទុកជាមុន ដើម្បីស្វែងរកដំណោះស្រាយលើបញ្ហាដែលយើងបានចោទសួរខាងលើ។
- ត្រូវបង្កើតសម្មតិកម្មឱ្យចំ ឱ្យច្បាស់លាស់ ទើបអាចរកសម្ភារ និងបន្តដំណើរការពិសោធបាន បើអ្នកប្រើវិធីសាស្ត្រនៃការបង្រៀននិងរៀនតាមបែបរិះរក។

សម្មតិកម្មនៃសំណួរគន្លឹះ៖

**យើងទទួលបានចម្លើយនៃសំណួរគន្លឹះដែលទ្រនិចរបស់ជញ្ជីងរូបទី១៤.៤ (ក) និង (ខ) ចង្អុលតម្លៃស្មើគ្នាព្រោះ ៖**

- មិនគិតម៉ាស ឬទម្ងន់ស៊ីឡាំងជ័រនៃសឺរាំងទាំងពីរករណីដូចគ្នា
- គូសវ៉ិចទ័រកម្លាំងដែលមានអំពើលើមេដែកនីមួយៗ
- អនុវត្តច្បាប់ទី១ និងទី៣ញូតុន
- ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចបង្កើតសម្មតិកម្មបាន គ្រូត្រូវផ្តល់សំណួរតម្រុយដល់សិស្ស។ តម្រុយផ្តល់គំនិត ឬ នាំផ្លូវដើម្បីឱ្យសិស្សមានគំនិតបង្កើតសម្មតិកម្ម ប៉ុន្តែវាមិនមែនជាចម្លើយទេ។

### ៣.៤. បម្រុងប្រយ័ត្ននៅក្នុងដំណើរការ

១. ចំពោះជញ្ជីង មុនពេលថ្លឹងត្រូវពិនិត្យ និងលៃតម្រូវឱ្យទ្រនិចចង្អុលចំលេខសូន្យ ។

២. ពេលថ្លឹង ករណីប៉ូលដូចគ្នាត្រូវធ្វើយ៉ាងឱ្យមេដែកទាំងពីរស្របគ្នាដូចរូបខាងក្រោម ។

៣. ពេលថ្លឹងត្រូវដាក់ប្រព័ន្ធមេដែកឱ្យចំចំណុចកណ្ដាលនៃថាសជញ្ជីង ( ទាំងពីរករណី ) ។

*រូបទី១៤.៥*

### ៣.៥. លទ្ធផល

**តារាងលទ្ធផល**

| មេដែក | ម៉ាស |
|---|---|
| មេដែកពីរមានប៉ូលដូចគ្នា | ស្មើគ្នា |
| មេដែកពីរមានប៉ូលផ្ទុយគ្នា | ស្មើគ្នា |

**ចំណាំ៖** ទម្ងន់នៃមេដែកអាចគណនាតាមរូបមន្ត W=mg។

### ៣.៦. ការវិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

ជញ្ជីងចង្អុលតម្លៃដូចគ្នាកាលណាគេថ្លឹងមេដែកពីរដោយដាក់ប៉ូលឈ្មោះខុសគ្នានិងដាក់ប៉ូលឈ្មោះដូចគ្នាក្បែរគ្នា ព្រោះទម្ងន់មេដែកទី២ស្មើកម្លាំងអន្តរកម្មម៉ាញេទិចដែលវារង ($W_2 = F_{12}$) ។

## ផ្នែកទី ២ ៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ

### ១. វត្ថុបំណង

- បង្ហាញថាលទ្ធផលនៃការថ្លឹងមេដែកពីរ ករណីដាក់ប៉ូលឈ្មោះខុសគ្នាក្បែរគ្នា (អន្តរកម្មទំនាញ) ទទួលបានតម្លៃស្មើគ្នា (អន្តរកម្មចម្រាន)និងដោយដាក់ប៉ូលឈ្មោះដូចគ្នាក្បែរគ្នា។

### ២. ចំណេះដឹងមានស្រាប់

**លក្ខណៈរបស់មេដែក**

- មេដែកគឺជាអង្គធាតុដែលអាចធក់ដែកឬ កម្ទេចដែកបាន។
- មេដែកមានប៉ូលពីរគឺប៉ូលជើង( $N$ ) និងប៉ូលត្បូង ( $S$ )។
- កាលណាមេដែកពីរមានប៉ូលឈ្មោះដូចគ្នាដាក់ជិតគ្នា ច្រានគ្នាចេញ។
- កាលណាមេដែកពីរមានប៉ូលឈ្មោះផ្ទុយគ្នាដាក់ជិតគ្នា ទាញគ្នាចូល។

**លក្ខណៈវ៉ិចទ័រ៖**

ចំណុចចាប់ ទិស ទិសដៅ និងអាំងតង់ស៊ីតេ

**ច្បាប់គាំទ្រពិសោធ៖**

- តាបច្បាប់ទី១ញូតុន " បើអង្គធាតុមួយមិនរងកម្លាំងក្រៅទេ ឬ វារងតែកម្លាំងផ្លូបស្មើសូន្យ ( $\sum \vec{F} = 0$ ) បើវានៅស្ងៀម វានៅស្ងៀមដដែល តែបើវាមានចលនា ចលនានោះជាចលនាត្រង់ស្មើ ។
- ច្បាប់ទី៣ញូតុន ៖ កាលណាវត្ថុ១ បញ្ចេញកម្លាំងទៅលើវត្ថុទី២ $\vec{F}_{12}$ វត្ថុទី២ក៏បញ្ចេញកម្លាំងមានអំពើទៅលើវត្ថុ ទី១វិញ $\vec{F}_{21}$ ហើយកម្លាំងទាំងពីរមានតម្លៃស្មើគ្នា និង ទិសដៅផ្ទុយគ្នា ។ យើងអាចសរសេរ ៖ $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

### ៣. ការពិសោធ

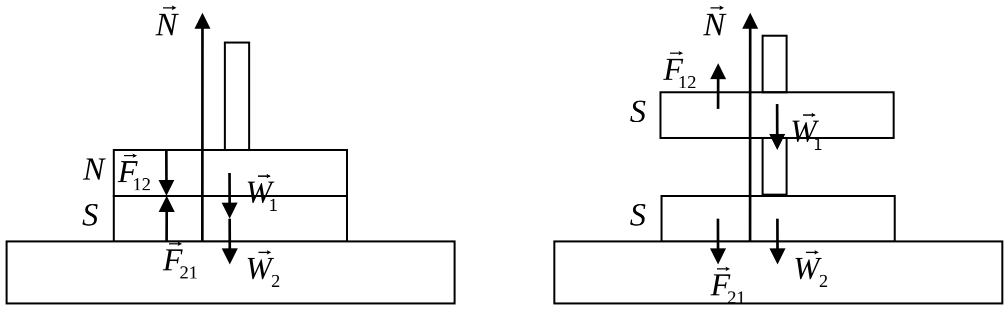
#### ៣.១. សំណួរគន្លឹះ

ហេតុដូចម្ដេចបានជាការថ្លឹងមេដែកដូចក្នុងរូបទី១៤(ក) និងរូប (ខ) ជញ្ជីងចង្អុលតម្លៃដូចគ្នា?

*រូបទី១៤.៦ (ក)* *(ខ)*

## ៣.៣. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

ទ្រនិចរបស់ជញ្ជីងក្នុងរូបទី១៤.៦ (ក)និងរូបចង្អុលតម្លៃស្មើគ្នា (ខ)ព្រោះ៖




– អនុវត្តច្បាប់ទី១ និងទី៣ញូតុន

**ករណីរូប(ក)៖**

ស្គាល់ទម្ងន់គឺស្គាល់ម៉ាស ៖ $\vec{W} = m\vec{g}$

ថ្លឹងដោយមិនគិតទម្ងន់ស៊ីឡាំងសឺរ៉ាំង (ទាំងពីរករណី)

ករណីខាងកើ មេដែកទាំងពីរជាប់គ្នាក្លាយជាវត្ថុតែមួយ (រូបក)

កម្លាំងអន្តរកម្មមេដែកទាំងពីរបន្សូនគ្នា៖ $\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} = 0$ ច្បាប់ទី១ញូតុនអាចត្រូវបានប្រើ៖ $\sum \vec{F} = 0$

ជំនួសកម្លាំងទាំងអស់ គេបាន៖ $N = W_1 + W_2$ (1)

**ករណីរូប(ខ)៖**

ច្បាប់ទី១ញូតុនចំពោះមេដែកខាងលើ(2) គេបាន $W_2 = F_{12}$

ច្បាប់ទី១ញូតុនចំពោះមេដែកខាងក្រោម(1)គេបាន $N' = W_1 + F_{21}$

តែ $W_2 = F_{12}$ ហើយ $F_{21} = F_{12}$

គេបាន ៖ $N' = W_1 + F_{21}$ (2)

ដូច្នេះតាម(1) និង(2) គេបាន៖ $N = N'$ មានន័យថា ជញ្ជីងចង្អុលតម្លៃស្មើគ្នា។

## ៣.៤. តេស្តសម្មតិកម្ម

- **សម្ភារពិសោធ៖**

- ជញ្ជីងរ៉ឺស័រថាសជ័រ
- មេដែករាងកងពីរឯកលក្ខណ៍
- ស៊ីឡាំងជ័រនៃសឺរ៉ាំង ឬហ្វឺត

- **ដំឡើងសម្ភារ និងដំណើរការពិសោធ៖**

- យកមេដែករាងកងពីរដាក់ប៉ូលឈ្មោះផ្ទុយដាក់ក្បែរគ្នា រួចស៊កហ្វឺតចូលក្នុងកងមេដែក បន្ទាប់មកយកវាដាក់ចំកណ្ដាលថាសជញ្ជីង រួចអានតម្លៃម៉ាសសរុបដូចរូបទី១៤.៧(ក) ។

*រូបទី១៤.៧ (ក)*

- យកមេដែករាងកងពីរដាក់ប៉ូលឈ្មោះដូចគ្នាដាក់ក្បែរគ្នា រួចស៊កហ្វឹតចូលក្នុងកងមេដែក បន្ទាប់មកយកវាដាក់ចំកណ្ដាលថាសជញ្ជីង រួចអានតម្លៃម៉ាសសរុបដូចរូបទី១៤.៧(ខ)។

*រូបទី១៤.៧ (ខ)*

### ៣.៤. លទ្ធផល

**តារាងលទ្ធផល**

| មេដែក | ម៉ាស |
|---|---|
| មេដែកពីរមានប៉ូលឈ្មោះដូចគ្នា រូបទី១៤.៧(ក) | 170g |
| មេដែកពីរមានប៉ូលឈ្មោះផ្ទុយគ្នា រូបទី១៤.៧(ខ) | 170g |

### ៣.៥. ការវិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

ជញ្ជីងចង្អុលតម្លៃដូចគ្នា កាលណាគេថ្លឹងមេដែកពីរដោយដាក់ប៉ូលឈ្មោះខុសគ្នាក្បែរគ្នានិងដាក់ប៉ូលឈ្មោះដូចគ្នាក្បែរគ្នា ព្រោះទម្ងន់មេដែកទី២ស្មើកម្លាំងអន្តរកម្មម៉ាញេទិចដែលវារង ( $W_2 = F_{12}$ ) ។

## ៤. ការពិភាក្សា

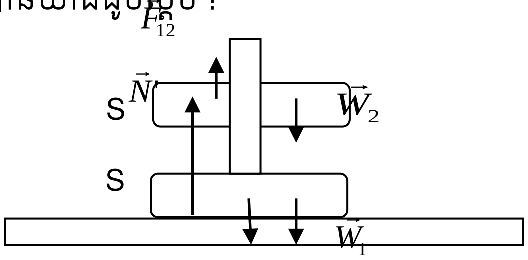
១. តើយើងអាចរកកម្លាំងអន្តរកម្មនៃមេដែកមួយបានយ៉ាងដូចម្ដេច?

តាមរយៈការថ្លឹងដូចបង្ហាញក្នុងរូប

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

$$mg = F_{m21} = F_{m12}$$

$$F_{m21} = mg$$

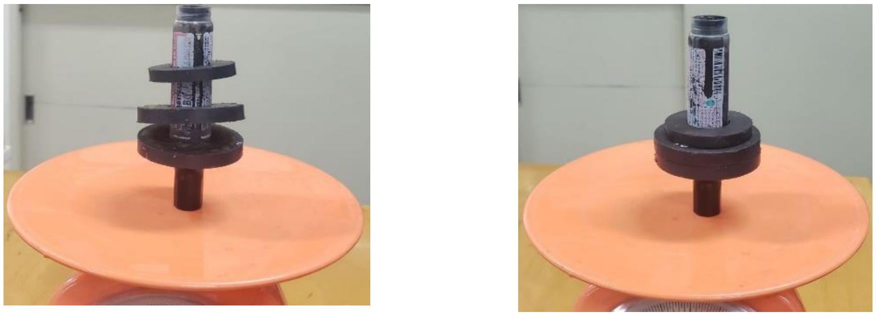


២. តើលទ្ធផលនៃការថ្លឹងមេដែកដូចរូបទី១៤.៨(ក) និង(ខ) ខាងលើ នឹងទៅជាយ៉ាងណា ប្រសិនបើមេដែកទាំងពីរមានទំហំខុសគ្នា?

***រូបទី១៤.៨*** *(ក)* *(ខ)*

លទ្ធផល ជញ្ជីងនៅតែចង្អុលតម្លៃដូចគ្នាក្នុងករណីថ្លឹងដូចរូបទី១៤.៨ (ក) និង (ខ) ប៉ុន្តែតម្លៃថយចុះ បើប្រៀបធៀបទៅនឹងការថ្លឹងមេដែកពីរឯកលក្ខណ៍គ្នា ព្រោះមេដែកតូចមានម៉ាសតូច ឬទម្ងន់តូច។

៣. ប្រសិនបើយើងថ្លឹងមេដែកបីឯកលក្ខណ៍គ្នាដូចបង្ហាញក្នុងរូប ក និងខខាងក្រោម តើលទ្ធផលនឹងទៅ ជាយ៉ាងណា?



***រូបទី១៤.៩*** *(ក)* *(ខ)*

លទ្ធផល ជញ្ជីងនៅតែចង្អុលតម្លៃដូចគ្នាក្នុងករណីថ្លឹងដូចរូបទី១៤.៩ (ក) និង (ខ) ប៉ុន្តែតម្លៃកើនឡើងតាមចំនួន និងទំហំមេដែក។

# ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស

## ១. វត្ថុបំណង

- បង្ហាញថាលទ្ធផលនៃការថ្លឹងមេដែកពីរ ករណីដាក់ប៉ូលឈ្មោះខុសគ្នាក្បែរគ្នា (អន្តរកម្មទំនាញ) ទទួលបានតម្លៃស្មើគ្នា (អន្តរកម្មច្រាន) និង ដោយដាក់ប៉ូលឈ្មោះដូចគ្នាក្បែរគ្នា ។

## ២. ចំណេះដឹងមានស្រាប់

**លក្ខណៈរបស់មេដែក**

- មេដែកគឺជាអង្គធាតុដែលអាចធក់ដែកឬ កម្ទេចដែកបាន។
- មេដែកមានប៉ូលពីរគឺប៉ូលជើង( $N$ ) និងប៉ូលត្បូង ( $S$ )។
- កាលណាមេដែកពីរមានប៉ូលឈ្មោះដូចគ្នាដាក់ជិតគ្នា ច្រានគ្នាចេញ។
- កាលណាមេដែកពីរមានប៉ូលឈ្មោះផ្ទុយគ្នាដាក់ជិតគ្នា ទាញគ្នាចូល។

**លក្ខណៈវ៉ិចទ័រកម្លាំងនីមួយៗ**

- ចំណុចចាប់គ្រង់ផ្ចិតម៉ាសនៃមេដែក
- ទិស: តាមទិសឈរ
- ទិសដៅ៖

– កម្លាំងអន្តរកម្មផ្ទុយគ្នាជានិច្ច

– ទម្ងន់ពីលើចុះក្រោម

– ប្រតិកម្មពីក្រោមឡើងលើ

**ច្បាប់គាំទ្រពិសោធន៍**

- តាមច្បាប់ទី១ញូតុន"បើអង្គធាតុមួយមិនរងកម្លាំងក្រៅទេ ឬ វារងតែកម្លាំងផ្ទបស្មើសូន្យ ( $\sum\vec{F}=0$ ) បើវានៅស្ងៀម វានៅស្ងៀមដដែល តែបើវាមានចលនា ចលនានោះជាចលនាត្រង់ស្មើ ។
- ច្បាប់ទី៣ញូតុន ៖ កាលណាវត្ថុ១ បញ្ចេញកម្លាំងទៅលើវត្ថុទី២ $\vec{F}_{12}$ វត្ថុទី២ក៏បញ្ចេញកម្លាំងមានអំពើទៅលើវត្ថុ ទី១វិញ $\vec{F}_{21}$ ហើយកម្លាំងទាំងពីរមានតម្លៃស្មើគ្នា និង ទិសដៅផ្ទុយគ្នា ។ យើងអាចសរសេរ ៖ $\vec{F}_{12}=-\vec{F}_{21}$

## ៣. ការពិសោធ

### ៣.១. សំណួរគន្លឹះ

**" ហេតុដូចម្តេចបានជាការថ្លឹងមេដែកដូចក្នុងរូបទី១៤.៦(ក) និង (ខ) ជញ្ជីងចង្អុលតម្លៃដូចគ្នា " ?**

*រូបទី១៤.១០(ក)* *(ខ)*

### ៣.៣. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

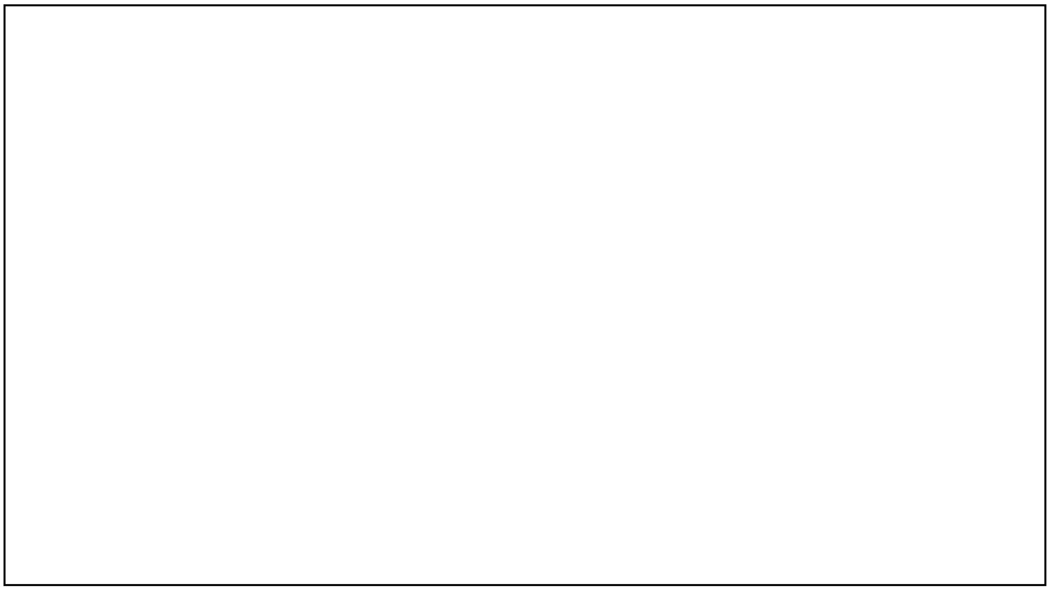
.................................................................................................................................................

### ៣.៤. តេស្តសម្មតិកម្ម

- **សម្ភារពិសោធ៖**

- ជញ្ជីង
- មេដែករាងកងពីរឯកលក្ខណ៍គ្នា
- ស៊ីឡាំងជ័រនៃស៊ីរ៉ាំង

**ប្លង់ពិសោធន៍៖**



### ៣.៤. លទ្ធផល

តារាងលទ្ធផល

| មេដែក | ម៉ាស |
|---|---|
| មេដែកពីរមានប៉ូលឈ្មោះដូចគ្នា រូបទី១៤.១១(ខ) | |
| មេដែកពីរមានប៉ូលឈ្មោះផ្ទុយគ្នា រូបទី១៤.១១(ក) | |

### ៣.៥. ការវិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

## ៤. ការពិភាក្សា

១. តើយើងអាចរកកម្លាំងអន្តរកម្មនៃមេដែកមួយបានយ៉ាងដូចម្តេច?

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

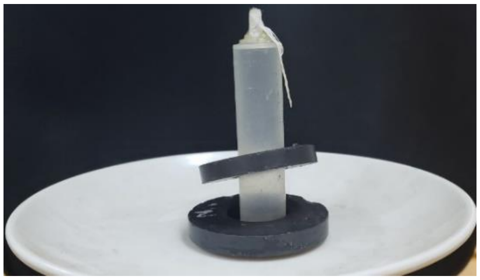
..........................................................................................................................................

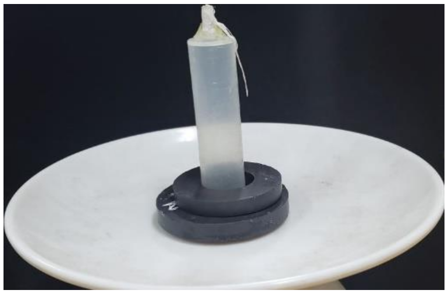
..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

២. តើលទ្ធផលនៃការថ្លឹងមេដែកដូចរូបទី១៤.៨(ក) និង(ខ) ខាងលើ នឹងទៅជាយ៉ាងណា ប្រសិនបើមេដែកទាំងពីរមានទំហំខុសគ្នា?





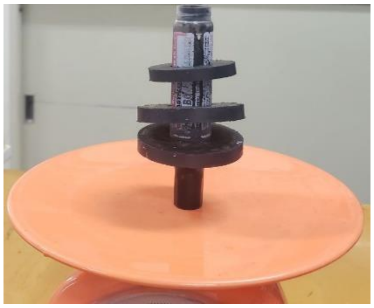
..........................................................................................................................................

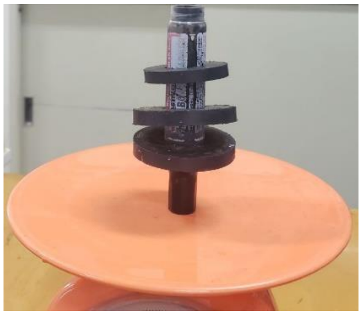
..........................................................................................................................................

.................................................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................................................

៣. ប្រសិនបើយើងថ្លឹងមេដែកបីឯកលក្ខណ៍គ្នាដូចបង្ហាញក្នុងរូប ក និងខខាងក្រោម តើលទ្ធផលនឹងទៅជាយ៉ាងណា?





.................................................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................................................

# ប្រធានបទទី ១៥៖ កម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច

## ផ្នែកទី១៖ សេចក្តីណែនាំលើការងារពិសោធ

### ១. វត្ថុបំណង

- ត្រូវសរសេរវត្ថុបំណងពិសោធឱ្យបានច្បាស់លាស់។ ពិសោធអាចជាពិសោធដែលមានក្នុងមេរៀន ចេញពីចម្ងល់ ឬបាតុភូតដែលអ្នកបានសង្កេតឃើញជុំវិញខ្លួនយើង។
- ត្រូវប្រើកិរិយាសព្ទសកម្ម ដូចជា កំណត់ គណនា ធ្វើពិសោធ វាស់ ទាញរក ពិនិត្យ ...។
  ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ យើងប្រើកិរិយាសព្ទ អនុវត្ត)

**បង្ហាញថាទិសដៅបម្លាស់ទីរបស់របារអាស្រ័យនឹងទិសដៅនៃចរន្ត និងដែនម៉ាញេទិច។**

### ២. ចំណេះដឹងមានមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

ត្រូវសរសេរសង្ខេបទ្រឹស្តី ឬរូបមន្តដែលទាក់ទង ប្រើក្នុងពិសោធនេះបើមេរៀន ឬប្រធានបទត្រូវបានបង្រៀនរួចហើយ។ ប៉ុន្តែបើមិនទាន់បង្រៀនទេ អ្នកអាចសរសេរវាឱ្យបានពិស្តារបន្តិចដើម្បីឱ្យសិស្ស(អ្នករៀន) ឬអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយយល់។

ឧទាហរណ៍៖ (ក្នុងពិសោធន៍នេះ សន្មតថាមេរៀនេះយើងបានបង្រៀនរួចហើយ)

- ប្រើវិធានបាតដៃស្តាំឬវិធានខ្នងផ្នុកដើម្បីកំណត់ទិសដៅកម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិចឬទិសដៅបម្លាស់ទីនៃរបារ៖
  - លាម្រាមទាំងបួនតាមទិសដៅចរន្ត
  - ក្តោបម្រាមទាំងបួនតាមទិសដៅដែនម៉ាញេទិច
  - កន្ទែកមេដៃឱ្យកែងនឹងម្រាមទាំង៤ មេដៃជាទិសដៅកម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច
- កម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$ ឬជាម៉ូឌុល $F = IBL\sin\theta$ ដែល $\theta = [\vec{L}, \vec{B}]$
- ដែនម៉ាញេទិចបង្កើតដោយចរន្តត្រង់ $B = \mu_0 \dfrac{I}{2\pi d}$
- ដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋានជាដែនម៉ាញេទិចដែលថេរទាំងទិសដៅ និងអាំងតង់ស៊ីតេស្មើគ្នា ។

### ៣. ណែនាំដំណើរការពិសោធ

#### ៣.១. ការប្រើប្រាស់សម្ភារពិសោធ

១. កាត់បន្ទះស្នោរាងចតុកោណកែងដែលមានទទឹងប្រហែល 20cm និង បណ្តោយប្រហែល 40cm ដូចរូបទី ១៥.១ ។

*រូបទី១៥.១*

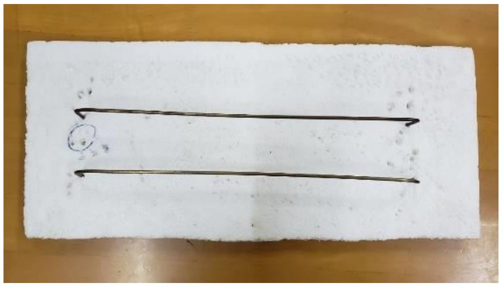
២. កាត់របារទង់ដែងប្រវែងប្រហែល 40cm មុខកាត់ប្រហែល 2mm ឬ3mm ចំនួនពីរ មកពត់ដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី ១៥.២

*រូបទី១៥.២*

៣. កាត់របារខ្លីប្រវែងប្រហែល 12cmដូច រូបទី១៥.៣

*រូបទី១៥.៣*

៤. យករបារដែលពត់រួចទាំងពីរទៅដាំនឹង បន្ទះស្នោរ ដោយលៃយ៉ាងណាឱ្យរបារ ទាំងពីរស្របគ្នាដូចរូបទី១៥.៤ ។

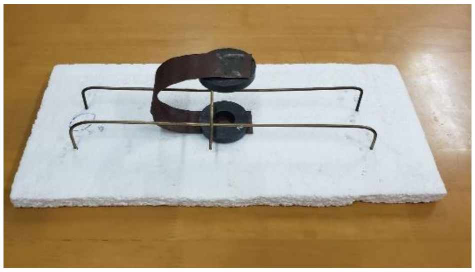


*រូបទី១៥.៤*

៥. ដាក់មេដែករាង U ក្នុងចន្លោះរបារទាំងពីរ ករណីមិនមានមេដែកដូចរូបទី១៥.៥ ទេ យើងអាចប្រើមេដែករាង U ផ្សេងៗទៀតជំនួសវិញក៏បាន។

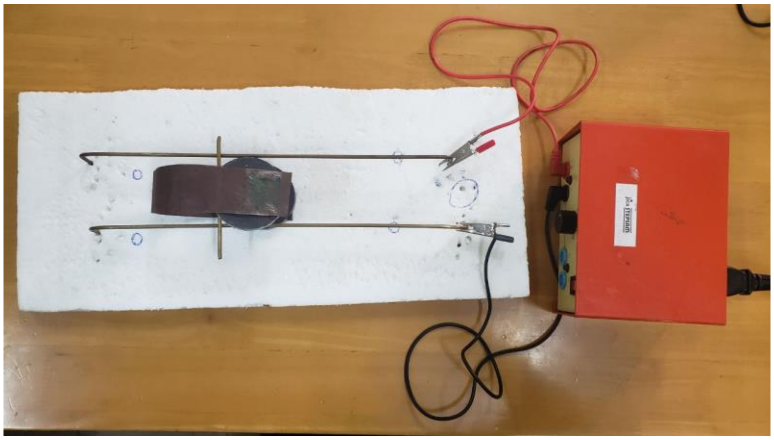
*រូបទី១៥.៥*

៦. យករបារខ្លីខាងលើដាក់ឱ្យកែងលើរបារស្របគ្នា ដោយធ្វើយ៉ាងណាឱ្យរបារនេះនៅចន្លោះប៉ូលទាំងពីរនៃមេដែករាង ∪ដូចរូបទី១៥.៦។



*រូបទី១៥.៦*

៧. ភ្ជាប់ចរន្តពីប្រភពចរន្តជាប់ពី 9V ទៅ 12V ទៅរបារស្របគ្នាដោយប្រើខ្សែចម្លងជាប់ដង្កៀបដូចរូបទី១៥.៧ ។



*រូបទី ១៥.៧*

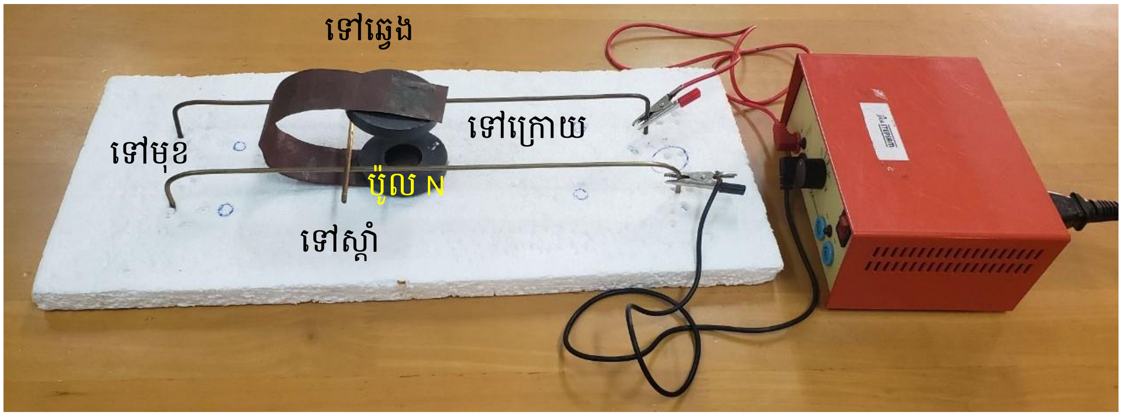
**ចំណាំ៖** ឱ្យចរន្តឆ្លងកាត់ក្នុងរយៈពេលខ្លីពី២ ទៅ៣ វិនាទីប៉ុណ្ណោះ។

### ៣.២. ជំហានទី១៖ ការកំណត់បញ្ហា

- ការកំណត់បញ្ហាគឺជាសំណួរដែលកើតចេញពីការសង្កេតបាតុភូតឬព្រឹត្តិការណាមួយដែលកើតមានឡើងនៅជុំវិញខ្លួនយើង។
- ត្រូវយកវត្ថុបំណងនៃពិសោធដែលបានសរសេរក្នុងឧទាហរណ៍ខាងលើមកបង្កើតជាសំណួរ។
- សំណួរមានច្រើនទម្រង់ពីកម្រិតងាយទៅពិបាកដោយផ្អែកលើទ្រឹស្តី BloomTaxonomy ។
- ដោយផ្អែកលំនាំបញ្ហាខាងលើគ្រូអាចស្នើឱ្យសិស្សបង្កើតសំណួរដោយខ្លួនឯង និងបន្ទាប់មកគ្រូត្រូវជ្រើសរើសយកសំណួរណាដែលទាក់ទងនឹងវត្ថុបំណង ហើយងាយធ្វើពិសោធ។
- ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចកំណត់បញ្ហាដែលឆ្លើយតបនឹងវត្ថុបំណងពិសោធទេ គ្រូគួរតែកំណត់បញ្ហាឱ្យសិស្ស។ សំណួរអាចជា ៖

**បើយើងឱ្យចរន្តឆ្លងកាត់របារតាមទិសដៅចរន្ត និងដែនម៉ាញេទិចកំណត់ដូចក្នុងតារាងខាងក្រោម តើរបារនឹងផ្លាស់ទីទៅតាមទិសដៅណា?**

រូបទី ១៥.៨




| ទិសដៅ | ១ | ២ | ៣ | ៤ |
|---|---|---|---|---|
| ដែនម៉ាញេទិច | ចុះក្រោម | ឡើងលើ | ចុះក្រោម | ឡើងលើ |
| ចរន្តអគ្គិសនី | ស្តាំទៅឆ្វេង | ស្តាំទៅឆ្វេង | ឆ្វេងទៅស្តាំ | ឆ្វេងទៅស្តាំ |
| បម្លាស់ទីរបារ (កម្លាំង $\vec{F}$ ) | | | | |

### ៣.៣. ជំហានទី២៖ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

- សម្មតិកម្មមានន័យថា លទ្ធផលរំពឹងទុកជាមុនដែលអាចនឹងកើតមានឡើង។ ដូច្នេះ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម ជាការព្យាករណ៍ឬជាការទាយទុកជាមុន ដើម្បីស្វែងរកដំណោះស្រាយលើបញ្ហាដែលយើងបានចោទសួរខាងដើម។
- ត្រូវបង្កើតសម្មតិកម្មឱ្យចំឱ្យច្បាស់លាស់ទើបអាចរកសម្ភារ និងបន្តដំណើរការពិសោធបាន បើអ្នកប្រើវិធីវិទ្យាសាស្ត្រ។

សម្មតិកម្មនៃការកំណត់បញ្ហាខាងលើ៖ **តាមរយៈតារាងខាងក្រោមនេះ**

| ទិសដៅ | ១ | ២ | ៣ | ៤ |
|---|---|---|---|---|
| ដែនម៉ាញេទិច | ចុះក្រោម | ឡើងលើ | ចុះក្រោម | ឡើងលើ |
| ចរន្តអគ្គិសនី | ស្តាំទៅឆ្វេង | ស្តាំទៅឆ្វេង | ឆ្វេងទៅស្តាំ | ឆ្វេងទៅស្តាំ |
| បម្លាស់ទីរបារ (កម្លាំង $\vec{F}$ ) | ទៅមុខ | ទៅក្រោយ | ទៅក្រោយ | ទៅមុខ |

ក្នុងករណីសិស្សមិនអាចបង្កើតសម្មតិកម្មបាន គ្រូត្រូវផ្តល់សំណួរតម្រុយដល់សិស្ស។ តម្រុយផ្តល់គំនិត ឬនាំផ្លូវដើម្បីឱ្យសិស្សមានគំនិតបង្កើតសម្មតិកម្ម ប៉ុន្តែវាមិនមែនជាចម្លើយទេ។

**ចំណុចតម្រុយ៖**

ទិសដៅបម្លាស់ទីរបស់របារដូចទិសដៅនៃ កម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច ហើយទិសដៅនៃកម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច នេះអាស្រ័យនឹងទិសដៅនៃ ដែនម៉ាញេទិច និង បម្លាស់ចរន្តអគ្គិសនី។ ដោយប្រើផលគុណវ៉ិចទ័រ យើងអាចកំណត់ទិសដៅនៃកម្លាំងម៉ាញេទិចដោយអនុវត្តតាមវិធានដៃស្តាំលើពិសោធនេះ។

### ៣.៤. ជំហានទី៤៖ លទ្ធផល

– លទ្ធផលជាទិន្នន័យដែលទទួលបានពីការពិសោធតាមរយៈការសង្កេត និងការវាស់វែងយ៉ាងត្រឹមត្រូវ។

– ត្រូវគូសតារាងលទ្ធផលសម្រាប់ដាក់ទិន្នន័យដែលបានពីពិសោធខាងលើដូចបង្ហាញក្នុងសន្លឹកកិច្ចការពិសោធសម្រាប់គ្រូ។

ក្រោយពីធ្វើពិសោធរួច យើងទទួលបានលទ្ធផល៖

របារឆ្លងកាត់ដោយចរន្តដាក់ក្នុងដែនម៉ាញេទិច នោះវានឹងផ្លាស់ទី។

ទិសដៅបម្លាស់ទីរបស់របារអាស្រ័យនឹង ទិសដៅដែនម៉ាញេទិច និង ទិសដៅបម្លាស់នៃចរន្តអគ្គិសនី។

| **ទិសដៅ** | ១ | ២ | ៣ | ៤ |
|---|---|---|---|---|
| **ដែនម៉ាញេទិច** | ចុះក្រោម | ឡើងលើ | ចុះក្រោម | ឡើងលើ |
| **ចរន្តអគ្គិសនី** | ស្តាំទៅឆ្វេង | ស្តាំទៅឆ្វេង | ឆ្វេងទៅស្តាំ | ឆ្វេងទៅស្តាំ |
| **បម្លាស់ទីរបារ (កម្លាំង $\vec{F}$ )** | **ទៅមុខ** | **ទៅក្រោយ** | **ទៅក្រោយ** | **ទៅមុខ** |

### ៣.៥. ជំហានទី៥៖ វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

តាមលទ្ធផលពិសោធខាងលើ ទិសដៅបម្លាស់ទីរបស់របារជាទិសដៅនៃកម្លាំងម៉ាញេទិច ដែលអាស្រ័យនឹងទិសដៅចរន្តផង និងដែនម៉ាញេទិចផង។

ដូចនេះ សម្មតិកម្មរបស់អ្នកគឺ គាំទ្រ ដោយពិសោធមានន័យថាទិសដៅបម្លាស់ទីរបស់របារជាទិសដៅនៃកម្លាំងម៉ាញេទិច ដែលអាស្រ័យនឹងទិសដៅចរន្តផង និងដែនម៉ាញេទិចផង ។

# ផ្នែកទី២៖ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធរបស់គ្រូ

## ១. វត្ថុបំណង

បង្ហាញថាទិសដៅបម្លាស់ទីរបស់របារអាស្រ័យនឹងទិសដៅនៃចរន្ត និងដែនម៉ាញេទិចតាមរយៈពិសោធ

## ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន (ទ្រឹស្តី)

- ប្រើវិធានបាតដៃស្តាំឬវិធានខ្នងឆ្នុកដើម្បីកំណត់ទិសដៅកម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច
- កម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច $F = IBL\sin\theta$
- ដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋាន

## ៣. ជំហានទី១៖ ការកំណត់បញ្ហា

យើងឱ្យចរន្តឆ្លងកាត់របារដូចរូបទី១៥.៣ ដែលទិសដៅសន្ទតនៃចរន្តអគ្គិសនី និងដែនម៉ាញេទិចត្រូវបានកំណត់ដូចក្នុងតារាងខាងក្រោម តើរបារនឹងផ្លាស់ទីតាមទិសដៅណា?

| **ទិសដៅ** | ១ | ២ | ៣ | ៤ |
|---|---|---|---|---|
| **ដែនម៉ាញេទិច** | ចុះក្រោម | ឡើងលើ | ចុះក្រោម | ឡើងលើ |
| **ចរន្តអគ្គិសនី** | ស្តាំទៅឆ្វេង | ស្តាំទៅឆ្វេង | ឆ្វេងទៅស្តាំ | ឆ្វេងទៅស្តាំ |
| **បម្លាស់ទីរបារ (កម្លាំង $\vec{F}$ )** | | | | |

*រូបទី ១៥.៩*

### ៤. ជំហានទី២៖ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

| ទិសដៅ | ១ | ២ | ៣ | ៤ |
|---|---|---|---|---|
| ដែនម៉ាញេទិច | ចុះក្រោម | ឡើងលើ | ចុះក្រោម | ឡើងលើ |
| ចរន្តអគ្គិសនី | ស្តាំទៅឆ្វេង | ស្តាំទៅឆ្វេង | ឆ្វេងទៅស្តាំ | ឆ្វេងទៅស្តាំ |
| របារ | ទៅមុខ | ទៅក្រោយ | ទៅក្រោយ | ទៅមុខ |

**ចំណុចតម្រុយ៖**

ប្រើវិធានបាតដៃស្តាំដើម្បីកំណត់ទិសដៅកម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច

- លាម្រាមទាំងបួនតាមទិសដៅចរន្ត
- ក្តោបម្រាមទាំងបួនតាមទិសដៅដែនម៉ាញេទិច
- កន្ទេកមេដៃឱ្យកែងនឹងម្រាមទាំង៤ មេដៃជាទិសដៅកម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច

ទិសដៅបម្លាស់ទីរបស់របារដូចទិសដៅនៃ កម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច ហើយទិសដៅនៃកម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច នេះអាស្រ័យនឹងទិសដៅនៃ ដែនម៉ាញេទិច និង បម្លាស់ចរន្តអគ្គិសនី។ ដោយប្រើផលគុណវ៉ិចទ័រ យើងអាចកំណត់ទិសដៅនៃកម្លាំងម៉ាញេទិចដោយអនុវត្តតាមវិធានដៃស្តាំលើពិសោធនេះ។

### ៥. ជំហានទី៣៖ តេស្តសម្មតិកម្ម ឬពិសោធន៍

**ក. សម្ភារ**

អាគុយ មេដែករាងអ៊ុយ របារអេង្គជាតុចម្លងរាងស៊ីឡាំង (របារស្ពាន់) ខ្សែចម្លងជាប់ដង្កៀប និងបន្ទះស្នោរ ។

**ខ. ដំណើរការពិសោធ៖**

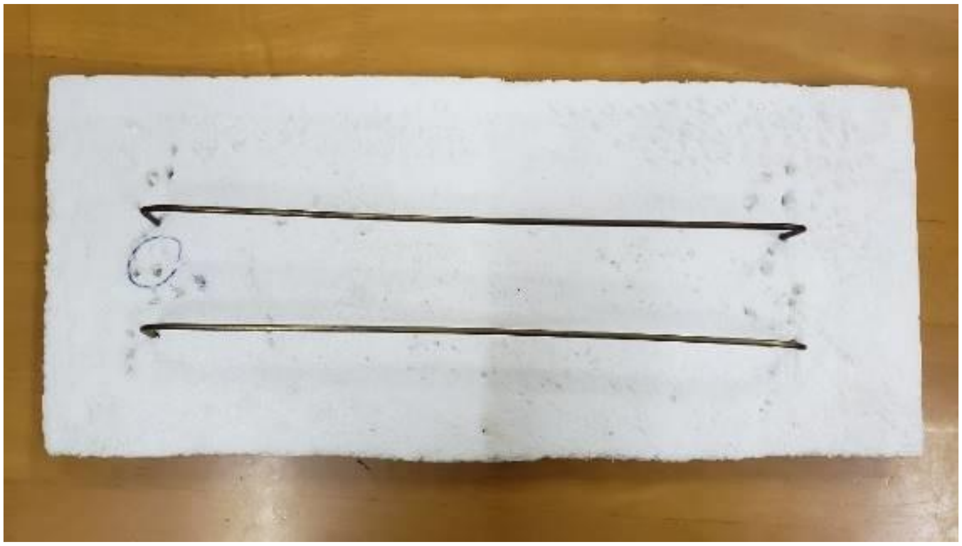
១. ចោះរន្ធ៤លើបន្ទះស្នោររាងចតុកោណកែងដែលមានទទឹងប្រហែល 3cm និងបណ្តោយប្រហែល 7cm។

*រូបទី ១៥.១០*

២. យករបារអេង្គជាតុចម្លងរាងស៊ីឡាំងមកកាត់ជាពីរកំណាត់ហើយពត់ជារាងអក្សរអ៊ុយដែលមានបាតប្រវែងប្រហែល 30cm និងកម្ពស់ប្រហែល 4cm ( ដូចរូប )។

៣. យករបារដែលពត់រួចទាំងពីរទៅដាំនឹងបន្ទះស្នោរដែលចោះរន្ធរួចដោយធ្វើយ៉ាងណាឱ្យរបារ

ទាំងពីរស្របគ្នា។



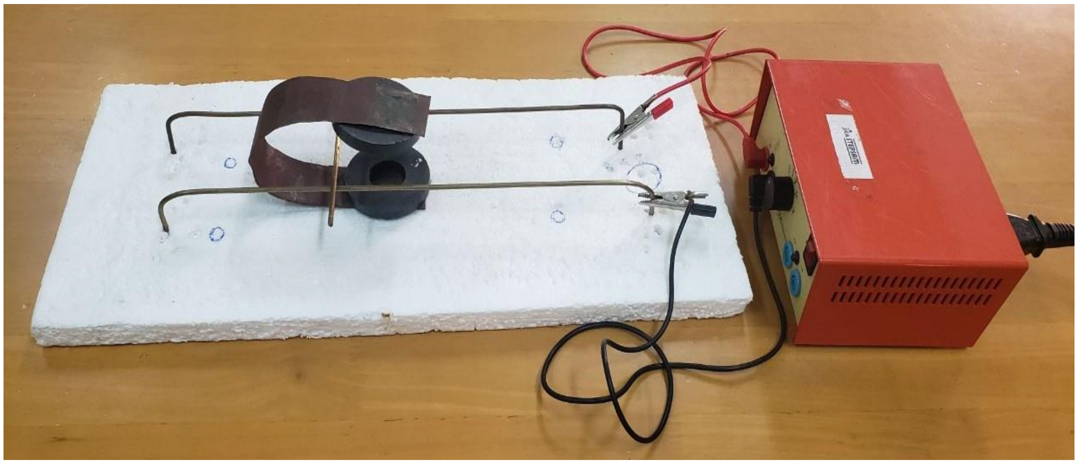
*រូបទី ១៥.១១*

៤. ដាក់មេដែករាង ∪ ក្នុងចន្លោះរបារទាំងពីរ

៥. កាត់របារអង្គធាតុចម្លងរាងស៊ីឡាំងប្រវែងប្រហែល 8cm រួចដាក់ឱ្យកែងលើរបារស្របគ្នាដោយធ្វើយ៉ាងណាឱ្យរបារនេះនៅចន្លោះប៉ូលទាំងពីរនៃមេដែករាង ∪ ។

*រូបទី ១៥.១២*

៦. ភ្ជាប់ចរន្តពីអាគុយទៅរបារស្របគ្នាដោយប្រើខ្សែចម្លងជាប់ដង្កៀប



*រូបទី ១៥.១៣*

**ចំណាំ៖** ឱ្យចរន្តឆ្លងកាត់ក្នុងរយៈពេលខ្លីពី២ ទៅ៣ វិនាទីប៉ុណ្ណោះ។

## ៦. ជំហានទី៤៖ លទ្ធផល

របារឆ្លងកាត់ដោយចរន្តដាក់ក្នុងដែនម៉ាញេទិច នោះវានឹងផ្លាស់ទី។

ទិសដៅបម្លាស់ទីរបស់របារអាស្រ័យនឹង ទិសដៅដែនម៉ាញេទិច និង ទិសដៅបម្លាស់នៃចរន្តអគ្គិសនី ។

| **ទិសដៅ** | ១ | ២ | ៣ | ៤ |
|---|---|---|---|---|
| **ដែនម៉ាញេទិច** | ចុះក្រោម | ឡើងលើ | ចុះក្រោម | ឡើងលើ |
| **ចរន្តអគ្គិសនី** | ស្តាំទៅឆ្វេង | ស្តាំទៅឆ្វេង | ឆ្វេងទៅស្តាំ | ឆ្វេងទៅស្តាំ |
| **របារ** | ទៅមុខ | ទៅក្រោយ | ទៅក្រោយ | ទៅមុខ |

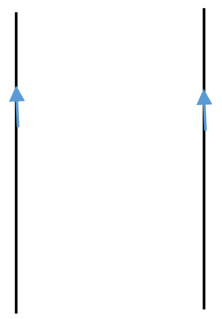
## ៧. ជំហានទី៥៖ វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

ទិសដៅបម្លាស់ទីរបស់របារគឺជាទិសដៅនៃកម្លាំងម៉ាញេទិចដែលអាចរកបានតាមវិធាន បាតដៃស្តាំ។

ដូចនេះ សម្មតិកម្មរបស់អ្នកត្រូវបាន គាំទ្រ ដោយពិសោធ។

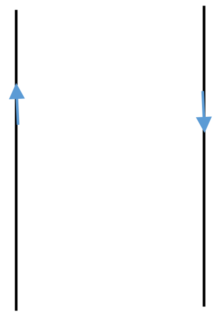
## ៨. ពិភាក្សា

១. យើងមានខ្សែចម្លងត្រង់ពីរដាក់ស្របគ្នាឆ្លងកាត់ដោយចរន្តមានទិសដៅដូចគ្នាដូចរូបខាងក្រោម តើខ្សែចម្លងទាំងពីរទាញគ្នាចូលឬច្រានគ្នាចេញ?



យើងមានខ្សែចម្លងត្រង់ពីរដាក់ស្របគ្នាឆ្លងកាត់ដោយចរន្តមានទិសដៅដូចគ្នា នោះខ្សែចម្លងទាំងពីរទាញគ្នាចូល

២. យើងមានខ្សែចម្លងត្រង់ពីរដាក់ស្របគ្នាឆ្លងកាត់ដោយចរន្តមានទិសដៅផ្ទុយគ្នាដូចរូបខាងក្រោម តើខ្សែចម្លងទាំងពីរទាញគ្នាចូលឬច្រានគ្នាចេញ?



យើងមានខ្សែចម្លងត្រង់ពីរដាក់ស្របគ្នាឆ្លងកាត់ដោយចរន្តមានទិសដៅដូចគ្នា នោះខ្សែចម្លងទាំងពីរច្រានគ្នាចេញ។

## ផ្នែកទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការសិស្ស

### ១. វត្ថុបំណង

- បង្ហាញថាទិសដៅបម្លាស់ទីរបស់របារអាស្រ័យនឹងទិសដៅនៃចរន្ត និងដែនម៉ាញេទិចតាមរយៈពិសោធ

### ២. ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន

ប្រើវិធានដៃស្តាំដើម្បីកំណត់ទិសដៅកម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច

- លាម្រាមទាំងបួនតាមទិសដៅចរន្ត
- ក្តោបម្រាមទាំងបួនតាមទិសដៅដែនម៉ាញេទិច
- កន្ទេកមេដៃឱ្យកែងនឹងម្រាមទាំង៤ មេដៃជាទិសដៅកម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច

### ៣. ជំហានទី១៖ ការកំណត់បញ្ហា

យើងឱ្យចរន្តឆ្លងកាត់របារដូចរូប ដែលទិសដៅចរន្ត និងដែនម៉ាញេទិចត្រូវបានកំណត់ តើរបារផ្លាស់ទីទៅតាមទិសដៅណា?

*រូបទី ១៥.១៤*

### ៤. ជំហានទី២៖ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

| ទិសដៅ | ១ | ២ | ៣ | ៤ |
|---|---|---|---|---|
| ដែនម៉ាញេទិច | ចុះក្រោម | ឡើងលើ | ចុះក្រោម | ឡើងលើ |
| ចរន្តអគ្គិសនី | ស្តាំទៅឆ្វេង | ស្តាំទៅឆ្វេង | ឆ្វេងទៅស្តាំ | ឆ្វេងទៅស្តាំ |
| របារ | | | | |

**ចំណុចតម្រុយ៖**

ទិសដៅបម្លាស់ទីរបស់របារកំណត់នូវទិសដៅនៃ.................................... ហើយទិសដៅនៃ.................

នេះអាស្រ័យនឹងទិសដៅនៃ ..................និង............................។ ដោយប្រើផលគុណវ៉ិចទ័រ អ្នកអាចកំណត់ទិសដៅនៃកម្លាំងម៉ាញេទិចដោយអនុវត្តតាមវិធានដៃស្តាំលើពិសោធនេះ។

## ៥. ជំហានទី៣៖ តេស្តសម្មតិកម្ម ឬពិសោធ

### ក. សម្ភារ

អាគុយ មេដែករាងអ៊ុយ របារអង្គធាតុចម្លងរាងស៊ីឡាំង (របារស្ពាន់) ខ្សែចម្លងជាប់ដង្កៀប និងបន្ទះស្នោរ

### ខ. ដំណើរការពិសោធ៖

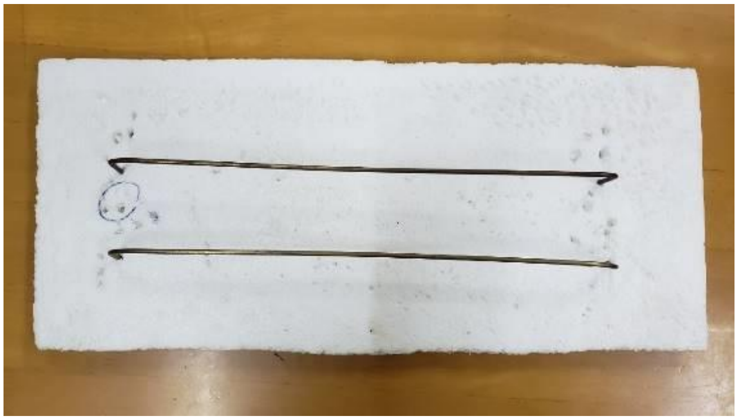
១. ចោះរន្ធ៤លើបន្ទះស្នោររាងចតុកោណកែងដែលមានទទឹងប្រហែល 3cm និងបណ្តោយប្រហែល 7cm។

*រូបទី ១៥.១៥*

២. យករបារអង្គធាតុចម្លងរាងស៊ីឡាំងមកកាត់ជាពីរកំណាត់ហើយពត់ជារាងអក្សរអ៊ុយដែលមានបាតប្រវែងប្រហែល 30cm និងកម្ពស់ប្រហែល 4cm (ដូចរូប)។

៣. យករបារដែលពត់រួចទាំងពីរទៅដោតនឹងបន្ទះស្នោរដែលចោះរន្ធរួច ដោយធ្វើយ៉ាងណាឱ្យរបារទាំងពីរស្របគ្នា។

*រូបទី ១៥.១៦*



៤. ដាក់មេដែករាង U ក្នុងចន្លោះរបារទាំងពីរ

៥. កាត់របារអង្គធាតុចម្លងរាងស៊ីឡាំងប្រវែងប្រហែល 8cm រួចដាក់ឱ្យកែងលើរបារស្របគ្នាដោយ

ធ្វើយ៉ាងណាឱ្យរបារនេះនៅចន្លោះប៉ូលទាំងពីរនៃមេដែករាង ∪ ។

៦. ភ្ជាប់ចរន្តពីអាគុយទៅរបារស្របគ្នាដោយប្រើខ្សែចម្លងជាប់ដង្កៀប

*រូបទី ១៥.១៧*

**ចំណាំ៖** ឱ្យចរន្តឆ្លងកាត់ក្នុងរយៈពេលខ្លីពី២ ទៅ៣ វិនាទីប៉ុណ្ណោះ។

## ៦. ជំហានទី៤៖ លទ្ធផល

របារឆ្លងកាត់ដោយចរន្តដាក់ក្នុងដែនម៉ាញេទិច នោះវានឹង.......................។

ទិសដៅបម្លាស់ទីរបស់របារអាស្រ័យនឹង ...................និង...................................។

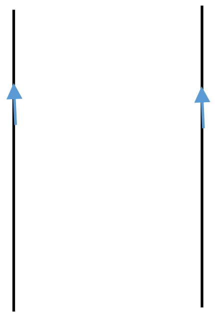
| ទិសដៅ | ១ | ២ | ៣ | ៤ |
|---|---|---|---|---|
| ដែនម៉ាញេទិច | ចុះក្រោម | ឡើងលើ | ចុះក្រោម | ឡើងលើ |
| ចរន្តអគ្គិសនី | ស្តាំទៅឆ្វេង | ស្តាំទៅឆ្វេង | ឆ្វេងទៅស្តាំ | ឆ្វេងទៅស្តាំ |
| របារ | | | | |

## ៧. ជំហានទី៥៖ វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

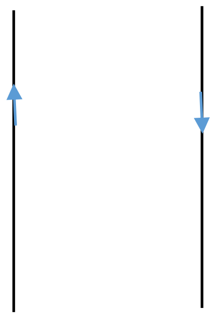
ទិសដៅបម្លាស់ទីរបស់របារគឺជាទិសដៅនៃ......................ដែលអាចរកបានតាមវិធាន..................។ ដូចនេះសម្មតិកម្មរបស់អ្នកគឺ................ដោយពិសោធមានន័យថាវិធានដៃស្តាំត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធ។

## ៨. ពិភាក្សា

១. យើងមានខ្សែចម្លងត្រង់ពីរដាក់ស្របគ្នាឆ្លងកាត់ដោយចរន្តមានទិសដៅដូចគ្នាដូចរូបខាងក្រោម តើខ្សែចម្លងទាំងពីរទាញគ្នាចូលឬច្រានគ្នាចេញ?



២. យើងមានខ្សែចម្លងត្រង់ពីរដាក់ស្របគ្នាឆ្លងកាត់ដោយចរន្តមានទិសដៅផ្ទុយគ្នាដូចរូបខាងក្រោម
តើខ្សែចម្លងទាំងពីរទាញគ្នាចូលឬច្រានគ្នាចេញ ?



# ឯកសារយោង

១. ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា (២០០៨) បោះពុម្ពលើកទី១៖ សៀវភៅរូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១០

២. ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា (២០០៨) បោះពុម្ពលើកទី១៖ សៀវភៅរូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១០ ពិសោធចំណាំងបែរនៃគ្រូរូបវិទ្យានៃវិទ្យាល័យព្រះសុរាម្រឹតខេត្តកំពង់ឆ្នាំង និងគ្រូរូបវិទ្យានៃវិទ្យាល័យអូរាំងឪ ខេត្តត្បូងឃ្មុំ

៣. ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា (២០១៨)៖ សៀវភៅរូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១០ គ្រឹះស្ថានបោះពុម្ពនិងចែកផ្សាយ

៤. ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា (២០១៩) បោះពុម្ពលើកទី១១៖ សៀវភៅរូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១១

៥. ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា (២០២០) បោះពុម្ពលើកទី១២៖ សៀវភៅរូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១២

៦. គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យា (២០០២)៖ សៀវភៅពិសោធប្រើប្រាស់ផ្ទៃក្នុងរបស់វិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ

៧. BROOKS/COLE., DAVID H. LOYD. (2014) 4th PHYSICS LABORATORY MANUAL

៨. SERWAY., JEWETT. (2019). 10th Physics for scientists and engineers with modern physics.