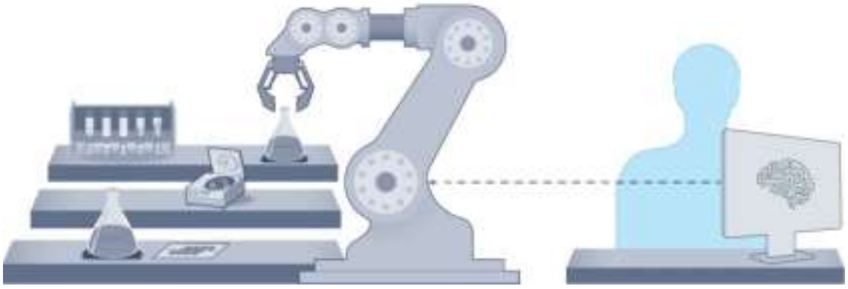
ពិសោធន៍រូបវិទ្យា

(ប្រើប្រាស់សម្ភារៈជាក់ស្តែង និង E-Lab)



វិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ ឆ្នាំ២០២៣

គណៈកម្មការអ្នកនិពន្ធ ៖ ទូច ច័ន្ទទុំ ឈុំ ពៅ

គណៈកម្មការរចនាទំព័រ ៖ លោកស្រី ឈុំ ពៅ លោក នៅ វុត្ថា

គណៈកម្មការគ្រប់គ្រងទូទៅ៖

ឯកឧត្តមបណ្ឌិត ឌី ខាំបូលី

ឯកឧត្តមបណ្ឌិត សៀង សុវណ្ណា

ឯកឧត្តមបណ្ឌិត ហុង គឹមជាង

គណៈកម្មការត្រួតពិនិត្យ៖

១. លោកបណ្ឌិត ឈូក ច័ន្ទធាយ៉ា

២. លោក ថៃ ហេង

៣. លោក លុយ អោក

៤. លោក ស្រ៊ន់ តែស្រ៊ីម

៥. លោក បូ ចាន់ថា

៦. លោក ហាម ចិន្តា

បុព្វកថា

ដំណើរអភិវឌ្ឍនៃព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជានៅក្នុងយុគសម័យទំនើបនេះ ជាមេរៀនដ៏ជោគជ័យបំផុតមួយដែលចាប់ឬសគល់ចេញពីការបញ្ចប់របបប្រល័យពូជសាសន៍ ការបញ្ចប់សង្គ្រាម ការផ្សះផ្សារជាតិ ការកសាងមូលដ្ឋានរឹងមាំនៃសន្តិភាពនិងស្ថេរភាព និងការអភិវឌ្ឍសេដ្ឋកិច្ច។ នៅក្រោយពេលដែលសន្តិភាពត្រូវបានកើតឡើងដោយបរិបូរណ៍នៅឆ្នាំ១៩៩៨ កម្ពុជាទទួលកំណើនសេដ្ឋកិច្ចខ្ពស់ គឺប្រមាណ៨% ក្នុងមួយឆ្នាំ។ លើសពីនេះទៀត អត្រានៃភាពក្រីក្រត្រូវបានកាត់បន្ថយពីប្រមាណ៥៣% នៅឆ្នាំ២០០៤មកនៅទាបជាង១០%នៅឆ្នាំ២០១៩។ ដំណើរនៃការអភិវឌ្ឍជាតិជាសកម្មភាពដែលបន្តទៅមុខជាប់ជានិច្ច ហើយគោលនយោបាយថ្មីៗដែលមានលក្ខណៈអន្តរវិស័យគ្រប់ដណ្តប់ ក៏កំពុងលេចរូបរាងឡើងដើម្បីតម្រង់ទិសកម្ពុជាឆ្ពោះទៅកាន់ប្រទេសមានប្រាក់ចំណូលមធ្យមកម្រិតខ្ពស់នៅឆ្នាំ ២០៣០ និងឈានឡើងជាប្រទេសមានប្រាក់ចំណូលខ្ពស់នៅឆ្នាំ២០៥០។ ការប្រែប្រួលឆាប់រហ័សនៃនិម្មាបនកម្មពិភពលោកនិងតំបន់ រួមទាំងទំនាក់ទំនងភូមិសាស្ត្រនយោបាយ បានផ្តល់កាលានុវត្តភាពសម្រាប់ការអភិវឌ្ឍឧស្សាហកម្មនៅកម្ពុជា ដែលត្រូវបានរាជរដ្ឋាភិបាលចាត់ទុកជាមូលដ្ឋានគ្រឹះនៃកំណើនសេដ្ឋកិច្ចកម្ពុជា។ រាជរដ្ឋាភិបាលកម្ពុជាបាន និងកំពុងបន្តពង្រឹង និងអភិវឌ្ឍវិស័យអប់រំឆ្ពោះទៅរកការស្រាវជ្រាវ និងនវានុវត្តន៍ ដើម្បីពង្រឹងសមត្ថភាពនិងជំនាញរបស់ធនធានមនុស្សនៅកម្ពុជា ឱ្យស្របទៅនឹងបរិបទថ្មីនៃការអភិវឌ្ឍ ជាពិសេសការពង្រឹងសហគ្រិនភាពក្នុងការរៀបចំម៉ូដែលធុរកិច្ចថ្មីៗ។ ដើម្បីចាប់យកកាលានុវត្តភាពពីបដិវត្តន៍ឧស្សាហកម្មទី៤ និងសេដ្ឋកិច្ចឌីជីថលដែលកំពុងផុសផុលឡើង ប្រព័ន្ធអេកូឡូហ្ស៊ីដែលបង្កលក្ខណៈអំណោយផលដល់ការបង្កើតថ្មី នវានុវត្តន៍ ការស្រាវជ្រាវ និងអភិវឌ្ឍន៍ ត្រូវតែមានការកែលម្អ។

បណ្តាប្រទេសនៅទ្វីបអាស៊ីកំពុងនាំមុខក្នុងការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ ដោយមានភាគហ៊ុនប្រមាណ៤៤% នៃការវិនិយោគទាំងមូលរបស់ពិភពលោក។ ប្រទេសចិនកំពុងបន្តកសាងហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធនៃការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ ក៏ដូចជាសមត្ថភាពមនុស្ស។ ផ្ទុយទៅ វិញ ប្រទេសនៅទ្វីបអាមេរិកខាងត្បូង និងអាហ្វ្រិក កំពុងស្ថិតនៅឆ្ងាយពីការវិនិយោគនេះ ហើយជាលទ្ធផលប្រទេសទាំងនោះក៏ពុំមានកំណើនសេដ្ឋកិច្ចគួរឱ្យកត់សម្គាល់ដែរ។ ទុនវិនិយោគសរុបលើការស្រាវ ជ្រាវ និងអភិវឌ្ឍរបស់ប្រទេសនៅទ្វីបអាមេរិកខាងត្បូងនិងអាហ្វ្រិក មានប្រមាណ៥%នៃការវិនិយោគ ទាំងមូលរបស់ពិភពលោក ក្នុងពេលដែលតំបន់ទាំង២នេះមានប្រជាជនប្រមាណ២០%នៃប្រជាជន ពិភពលោក។ ប្រទេសចំនួន៦ដែលមានលំដាប់ខ្ពស់ជាងគេនៅក្នុងការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ រួមមានសហរដ្ឋអាមេរិក ចិន ជប៉ុន អាល្លឺម៉ង់ ឥណ្ឌា និងកូរ៉េខាងត្បូង ដែលស្មើនឹងប្រមាណ ៧០%នៃទុនវិនិយោគសរុបរបស់ពិភពលោក។

តើចំណេះដឹង ផលិតផល និងសេវាកម្មថ្មីទាំងនេះកើតឡើងពីអ្វី? ហើយកើតឡើងដោយរបៀបណា? ព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជាកំពុងតែកសាងមូលដ្ឋានសម្រាប់ការត្រៀមខ្លួនទទួល និងប្រកួតប្រជែងក្នុងយុគសម័យបដិវត្តឧស្សាហកម្មទី៤ នៅក្នុងសេដ្ឋកិច្ចដែលផ្អែកលើពុទ្ធិ ហើយដែលប្រការនេះចាំបាច់តម្រូវឱ្យពលរដ្ឋកម្ពុជា ត្រូវក្លាយខ្លួនជាពលរដ្ឋឌីជីថល ពលរដ្ឋសកល និងពលរដ្ឋដែលប្រកបដោយការ

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

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

សង្គមដែលប្រកបពុទ្ធិ ក៏ជាសង្គមដែលបណ្តុះឱ្យមានរចនាសម្ព័ន្ធទន់នៃសេដ្ឋកិច្ចដែលពឹងផ្អែក លើពុទ្ធិដែរ។ ឧទាហរណ៍ជាក់ស្តែងនៃបែបផែននេះរួមមាន Silicon Valley នៃសហរដ្ឋអាមេរិកសួនឧស្សាហកម្មវិស្វកម្មអាកាសយានយន្តនិងយានយន្តនៅទីក្រុង Munich ប្រទេសអាល្លឺម៉ង់ តំបន់ជីវបច្ចេកវិទ្យានៅក្រុង Hyderabad ប្រទេសឥណ្ឌា តំបន់ផលិតគ្រឿងអេឡិចត្រូនិកនិងសារគមនាគមន៍ ឌីជីថលនៅទីក្រុង Seoul ប្រទេសកូរេខាងត្បូង ក៏ដូចជាសួនឧស្សាហកម្មថាមពល និងឥន្ធនគីមីសាស្ត្រនៃប្រទេសប្រេស៊ីល ហើយក៏នៅមានទីក្រុងនៃប្រទេសជាច្រើនទៀតនៅលើពិភពលោក។ លក្ខណៈសម្បត្តិនៃទីក្រុងទាំងនេះគឺការប្រើប្រាស់និន្នាការនៃការអភិវឌ្ឍដែលជំរុញ និងតម្រង់ទិស

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

ខណៈពេលដែលបច្ចេកវិទ្យាកំពុងរីកចម្រើនជារៀងរាល់ថ្ងៃ មធ្យោបាយសម្រាប់អំណានក៏មានច្រើន ជម្រើសសម្រាប់សិស្ស-និស្សិត និងសាធារណៈជន រួមមានការអានសៀវភៅ ការអានលើឧបករណ៍ អេឡិចត្រូនិក ការអានដោយប្រើទូរសព្ទវៃឆ្លាត និងការអានលើកុំព្យូទ័រ ដែលសុទ្ធសឹងជាមធ្យោបាយសំខាន់ៗដែលនាំអ្នកអានទាំងឡាយឱ្យសម្រេចគោលបំណងអានរបស់ខ្លួន។ ម្យ៉ាងវិញទៀត អំណានដោយប្រើមធ្យោបាយបច្ចេកវិទ្យាទំនើប ចំណាយពេលតិច ងាយស្រួលអាន និងជួយដល់បរិស្ថានមួយកម្រិតទៀត។ នាពេលបច្ចុប្បន្ន សិស្ស-និស្សិត និងសាធារណៈជនកម្ពុជាដែលស្រឡាញ់អំណានកំពុងតែប្រើប្រាស់មធ្យោបាយអំណានទាំងនេះ។ បើយើងក្រឡេកមើលទៅប្រទេសជឿនលឿនទោះបីជាបច្ចេកវិទ្យារីកចម្រើនខ្លាំងយ៉ាងណា អំណានតាមរយៈសៀវភៅនៅតែមានសន្ទុះដដែល។ ម្យ៉ាងវិញទៀត បច្ចេកវិទ្យាអានបែបទំនើបតាមរយៈឧបករណ៍ទំនើប អាស្រ័យលើលទ្ធភាពនៃធនធានអប់រំឌីជីថល និងមាតិកាឌីជីថលគ្រប់គ្រាន់ដែលបានផលិត និងបង្ហោះចែកចាយសម្រាប់អំណាន។

ក្នុងបរិបទកម្ពុជា ជាពិសេសក្នុងបរិការណ៍នៃការផ្ទុះរីករាលដាលនៃជំងឺកូវីដ-១៩ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានជំរុញឱ្យមានបរិវត្តកម្មឌីជីថលនៅក្នុងអេកូស៊ីស្ដែមនៃការអប់រំ ជាពិសេសការអប់រំតាមប្រព័ន្ធអេឡិចត្រូនិក និងការអប់រំពីចម្ងាយដើម្បីលើកកម្ពស់អំណាន តាមរយៈការផលិតមាតិកាឌីជីថលដែលមានភាពចំរុះ ការកសាងសមត្ថភាពផ្នែកតំណភ្ជាប់និងវេទិកាឌីជីថល ការពង្រីកវិសាលភាពនៃមជ្ឈមណ្ឌលទិន្នន័យ និងការលើកកម្ពស់គុណភាពនៃការផលិតធនធានអប់រំឌីជីថល គួបផ្សំជាមួយការចែកសន្លឹកកិច្ចការឱ្យសិស្សយកទៅរៀននៅផ្ទះ និងការចុះទៅជួបជាមួយសិស្សជាបណ្ដុំនៅតាមសហគមន៍។ ក្នុងន័យលើកកម្ពស់អំណាន និងភាពសម្បូរបែបនៃធនធានសៀវភៅសិក្សា ឱ្យកាន់តែមានប្រសិទ្ធភាពនិងភាពសក្ដិសិទ្ធិ និងផ្ដល់ឱកាសអំណានកាន់តែច្រើនថែមទៀតដល់សិស្សានុសិស្ស និស្សិត និងសាធារណៈជន ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡាលើកទឹកចិត្តនូវចំណុចមួយចំនួនដូចខាងក្រោម៖

1. សាស្ត្រាចារ្យ អ្នកស្រាវជ្រាវ និងបុគ្គលិកអប់រំ សូមបន្តនិងបង្កើនការបោះពុម្ពស្នាដៃបន្ថែមទៀត ដើម្បីធ្វើឱ្យធនធានសម្រាប់អំណានកាន់តែសម្បូរបែប ជាពិសេសធនធានអំណានជាខេមរភាសា

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

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

ដោយមានការធ្វើអាទិភាពវូបនីយកម្មទៅលើទិសដៅនៃការប្រើប្រាស់ថវិកាមូលនិធិសម្រាប់ឆ្នាំ២០២០ ក្រសួងសេដ្ឋកិច្ច និងហិរញ្ញវត្ថុ និងក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានផ្តល់ការគាំទ្រដល់ការ**រៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អ សៀវភៅសិក្សា (Text book) ដែលនឹងត្រូវប្រើប្រាស់នៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា**។ គោលបំណងនៃការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អ សៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា គឺដើម្បីបង្កើនបរិមាណ លើកកម្ពស់គុណភាព និងពង្រីកសមធម៌នៃធនធានសិក្សាជាខេមរភាសាជូនដល់និស្សិតដែលកំពុងបន្តការសិក្សា និងត្រៀមខ្លួនធ្វើការស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។

លើសពីនេះទៀតការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា មានគោលដៅដូចខាងក្រោម ៖

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

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

សេចក្តីបញ្ជាក់
នៃមូលនិធិការស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍

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

មាតិកា

បុព្វកថា i
សេចក្តីបញ្ជាក់ vi
អារម្ភកថា xv
សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ xvi
ការបរិយាយលើមុខវិជ្ជា xvii
មូលន័យសង្ខេប xviii
មេរៀនទី១៖ ពិសោធន៍ទន្លាក់សេរី 1
១.១.វត្ថុបំណង 1
១.២.ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្តី) 1
១.៣.ពិសោធន៍ 1
១.៣.១.ការកំណត់បញ្ហា 1
១.៣.២.សម្មតិកម្ម 1
១.៣.៣.តេស្តសម្មតិកម្ម 1
១.៣.៤.លទ្ធផល 2
១.៣.៥.វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន 3
១.៤.ពិភាក្សា 4
មេរៀនទី២៖ ពិសោធន៍ចលនាគ្រាប់បាញ់ 6
២.១.វត្ថុបំណង 6
២.២.ទ្រឹស្តី 6
២.៣.តេស្តមុនពេលចូលទីពិសោធន៍ 7
២.៤.តម្រូវការសម្ភារៈឧបទេស 8
២.៥.ដំណើរការ 8
២.៦.លទ្ធផល 9
២.៧.សន្និដ្ឋាន 9
២.៨.ពិភាក្សា 10
មេរៀនទី៣៖ ពិសោធន៍សំទុះរបស់អង្គធាតុ (ឃ្លីកូនហ្គោល)ចុះតាមប្លង់ទេរ 11
៣.១.វត្ថុបំណង 11
៣.២.ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្តី) 11
៣.៣.ពិសោធន៍ 11
៣.៣.១.ការកំណត់បញ្ហា 11
៣.៣.២.សម្មតិកម្ម 11
៣.៣.៣.តេស្តសម្មតិកម្ម 12

៣.៣.៤.លទ្ធផល 13
៣.៣.៥.វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន 14
មេរៀនទី៤៖ ពិសោធន៍ដំណោលអាកស៊ីម៉ែត 15
៤.១.វត្ថុបំណង 15
៤.២.ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្តី) 15
៤.៣.ពិសោធន៍ (ប្រើវិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមបែបរិះរក *IBL*) 15
៤.៣.១.សំណួរគន្លឹះ 15
៤.៣.២.សម្មតិកម្ម 15
៤.៣.៣.ដំណើរការពិសោធន៍ 16
៤.៣.៤.លទ្ធផល(ទិន្នន័យ) 17
៤.៣.៥.វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន 18
៤.៤.ពិភាក្សា 18
មេរៀនទី៥៖ ពិសោធន៍ ប៉ោល-លំយោលអាកម៉ូនិចងាយ 19
៥.១.វត្ថុបំណង 19
៥.២.ទ្រឹស្តី 19
៥.៣.តេស្តមុនចូលទីពិសោធន៍ 20
៥.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 21
៥.៥.ដំណើរការ 21
៥.៦.លទ្ធផល 23
៥.៧.សន្និដ្ឋាន 24
៥.៨.ពិភាក្សា 25
មេរៀនទី៦៖ ពិសោធន៍ ប៉ោលរ៉ឺស័រ 26
៦.១.វត្ថុបំណង 26
៦.២.ទ្រឹស្តី 26
៦.៣.តេស្តមុនពេលចូលទីពិសោធន៍ 27
៦.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 31
៦.៥.ដំណើរការ 31
៦.៦.លទ្ធផលពិសោធន៍ 32
៦.៧.សន្និដ្ឋាន 33
៦.៨.ពិភាក្សា 33
មេរៀនទី៧៖ ពិសោធន៍លំនឹងដងថ្លឹង (តាមបែបតុក្កតាគំនិត) 34
៧.១.វត្ថុបំណង 34
៧.២.ទ្រឹស្តី 34

៧.៣.តម្រូវការសម្ភារៈ 35
៧.៤.ដំណើការ 35
៧.៥.លទ្ធផល..35
៧.៦.សន្និដ្ឋាន...36
៧.៧.ពិភាក្សា (ការស្រាវជ្រាវបន្ថែម)...36
មេរៀនទី៨៖ ពិសោធន៍ម៉ាសមាឌរបស់អង្គធាតុ..38
៨.១.វត្ថុបំណង...38
៨.២.ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន ឬទ្រឹស្ដីសំខាន់ៗ..38
៨.៣.ពិសោធន៍ 38
៨.៣.១.ការកំណត់បញ្ហា 38
៨.៣.២.សម្មតិកម្ម...38
៨.៣.៣.តេស្តសម្មតិកម្ម 39
៨.៣.៤.លទ្ធផល 39
៨.៣.៥.សន្និដ្ឋាន 40
មេរៀនទី៩៖ ពិសោធន៍ វង្វាស់កម្ដៅម៉ាសរបស់ទង់ដែង 41
៩.១.វត្ថុបំណង...41
៩.២.ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្ដី)..41
៩.៣.ពិសោធន៍ 41
៩.៣.១.ការកំណត់បញ្ហា 41
៩.៣.២.សម្មតិកម្ម...41
៩.៣.៣.តេស្តសម្មតិកម្ម(ពិសោធន៍)...41
៩.៣.៤.លទ្ធផល 42
៩.៣.៥.សន្និដ្ឋាន 42
មេរៀនទី១០៖ ពិសោធន៍ការចម្លងកម្ដៅរបស់អង្គធាតុរឹង..43
១០.១.វត្ថុបំណង...43
១០.២.លំនាំបញ្ហា 43
១០.៣.សន្និដ្ឋាន...44
មេរៀនទី១១៖ ពិសោធន៍អន្តរកម្មអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី...46
មេរៀនទី១២៖ ពិសោធន៍អន្តរកម្មអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី និងរបាញ់ទឹក......................................48
មេរៀនទី១៣៖ ពិសោធន៍អគ្គិសនីកម្ម 51
១៣.១.វត្ថុបំណង 51
១៣.២.ទ្រឹស្ដី 51
១៣.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍ 52

១៣.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 53
១៣.៥.ដំណើរការ 53
១៣.៦.លទ្ធផល 54
១៣.៧.សន្និដ្ឋាន 54
១៣.៨.ពិភាក្សា 55
មេរៀនទី១៤៖ ពិសោធន៍ដែនអគ្គិសនី 56
១៤.១.វត្ថុបំណង 56
១៤.២.ទ្រឹស្តី 56
១៤.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍ 57
១៤.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 58
១៤.៥.ដំណើរការ 58
១៤.៦.លទ្ធផល 60
១៤.៧.សន្និដ្ឋាន 61
១៤.៨.ពិភាក្សា 61
មេរៀនទី១៥៖ ពិសោធន៍ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី 62
១៥.១.វត្ថុបំណង 62
១៥.២.ទ្រឹស្តី 62
១៥.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍ 62
១៥.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 63
១៥.៥.ដំណើរការ 63
១៥.៦.លទ្ធផល 65
១៥.៧.សន្និដ្ឋាន 66
១៥.៨.ពិភាក្សា 66
មេរៀនទី១៦៖ ពិសោធន៍កុងដង់សាទ័រប្លង់ 67
១៦.១.វត្ថុបំណង 67
១៦.២.ទ្រឹស្តី 67
១៦.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍ 68
១៦.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 69
១៦.៥.ដំណើរការ 69
១៦.៧.សន្និដ្ឋាន 72
១៦.៨.ពិភាក្សា 72
មេរៀនទី១៧៖ ពិសោធន៍បង្គុំកុងដង់សាទ័រ 73
១៧.១.វត្ថុបំណង 73

១៧.២.ទ្រឹស្តី 73
១៧.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍..74
១៧.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 76
១៧.៥.ដំណើរការ 76
១៧.៦.លទ្ធផល 79
១៧.៧.សន្និដ្ឋាន 79
១៧.៨.ពិភាក្សា 79
មេរៀនទី១៨៖ ពិសោធន៍សៀគ្វីអគ្គិសនី 81
១៨.១.វត្ថុបំណង..81
១៨.២.ទ្រឹស្តី..81
១៨.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍ 81
១៨.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 81
១៨.៥.ដំណើរការ...82
១៨.៦.លទ្ធផល 84
១៨.៧.សន្និដ្ឋាន...84
១៨.៨.ពិភាក្សា 84
មេរៀនទី១៩៖ ពិសោធន៍សៀគ្វីអគ្គិសនី 85
១៩.១.វត្ថុបំណង...85
១៩.២.ទ្រឹស្តី...85
១៩.៣.សំណួរមុនពេលពិសោធន៍ 85
១៩.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 85
១៩.៥.ដំណើរការ..85
១៩.៦.លទ្ធផល 87
១៩.៧.សន្និដ្ឋាន..87
១៩.៨.ពិភាក្សា 87
មេរៀនទី២០៖ ពិសោធន៍អនុវត្តការតភ្លើងក្នុងបន្ទប់..87
២០.១.សំណួរគន្លឹះ...87
២០.២.ការបង្កើតសម្មតិកម្ម...87
២០.៣.តម្រូវការសម្ភារៈ...87
២០.៤.ដំណើរការ 87
២០.៥.របៀបប្រើ...88
មេរៀនទី២១៖ ពិសោធន៍បង្គុំរេស៊ីស្តង់អគ្គិសនី 89
២១.១.វត្ថុបំណង 89

២១.២.ទ្រឹស្តី 89
២១.៣.សំណួរមុនពេលចូលទីពិសោធន៍ 89
២១.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 90
២១.៥.ដំណើរការ 90
២១.៦.លទ្ធផល 91
២១.៧.សន្និដ្ឋាន 91
២១.៨.ពិភាក្សា 91
មេរៀនទី២២៖ ពិសោធន៍វង្វាស់រេស៊ីស្តង់ និងច្បាប់អូម 92
២២.១.វត្ថុបំណង 92
២២.២.ទ្រឹស្តី 92
២២.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍ 92
២២.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 93
២២.៥.ដំណើរការ 93
២២.៦.លទ្ធផល 94
២២.៧.សន្និដ្ឋាន 95
២២.៨.ពិភាក្សា 95
មេរៀនទី២៣៖ ពិសោធន៍វង្វាស់កម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៃថ្មពិលដោយប្រើប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រ និងវ៉ុលម៉ែត្រ 96
២៣.១.វត្ថុបំណង 96
២៣.២.ទ្រឹស្តី 96
២៣.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍ 98
២៣.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 98
២៣.៥.ដំណើរការពិសោធន៍ 99
២៣.៦.របាយការណ៍ពិសោធ 99
២៣.៧.សន្និដ្ឋាន 100
២៣.៨.ពិភាក្សា 101
មេរៀនទី២៤៖ ពិសោធន៍បង្គុំប្រភពអគ្គិសនី 102
២៤.១.វត្ថុបំណង 102
២៤.២.ទ្រឹស្តី 102
២៤.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍ 104
២៤.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 105
២៤.៥.ដំណើរការ 105
២៤.៦.លទ្ធផល 108

២៤.៧.សន្និដ្ឋាន 110
មេរៀនទី២៥៖ ពិសោធន៍ច្បាប់គៀធុប 111
២៥.១.វត្ថុបំណង 111
២៥.២.ទ្រឹស្តី 111
២៥.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍ 111
២៥.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ (សម្ភារៈខាងក្រោមនេះគឺសម្រាប់អនុវត្តជាក់ស្តែង) 112
២៥.៥.ដំណើរការពិសោធន៍ 113
២៥.៦.លទ្ធផល 115
២៤.៧.សន្និដ្ឋាន 115
២៤.៨.សំណួរពិភាក្សា 115
មេរៀនទី២៦៖ ពិសោធន៍ស្ពានវីស្តុន 117
២៦.១.វត្ថុបំណង 117
២៦.២.ទ្រឹស្តី 117
២៦.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍ 117
២៦.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 117
២៦.៥.ដំណើរការពិសោធ 118
២៦.៦.លទ្ធផល 119
២៦.៧.សន្និដ្ឋាន 120
២៦.៨.សំណួរពិភាក្សា 120
មេរៀនទី២៧៖ ពិសោធន៍រង្វាស់ស្ពានកាប៉ាស៊ីតេ និងបង្គុំកុងដង់ 121
២៧.១.វត្ថុបំណង 121
២៧.២.ទ្រឹស្តី 121
២៧.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍ 122
២៧.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 122
២៧.៥.ដំណើរការពិសោធន៍ 123
២៧.៦.លទ្ធផល(របាយការណ៍ពិសោធន៍) 123
២៧.៧.សន្និដ្ឋាន 124
២៧.៨.សំណួរពិភាក្សា 124
មេរៀនទី២៨៖ ពិសោធន៍សៀគ្វី *RC* (ថេរពេល) 125
២៨.១.វត្ថុបំណង 125
២៨.២.ទ្រឹស្តី 125
២៨.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍ 127
២៨.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 128

២៨.៥.ដំណើរការ 128
២៨.៦.របាយការណ៍ពិសោធន៍ 130
២៨.៧.សន្និដ្ឋាន 134
២៨.៨.សំណួរពិភាក្សា 134
មេរៀនទី២៩៖ ពិសោធន៍សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់ RL (RL Circuit) 135
២៩.១.វត្ថុបំណង 135
២៩.២.ទ្រឹស្តី 135
២៩.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍ 137
២៩.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 138
២៩.៥.ដំណើរការ 139
២៩.៦.លទ្ធផល 140
២៩.៧.សន្និដ្ឋាន 141
២៩.៨.ពិភាក្សា 141
មេរៀនទី៣០៖ ពិសោធន៍សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់ *RLC* 142
៣០.១.វត្ថុបំណង 142
៣០.២.ទ្រឹស្តី 142
៣០.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍ 144
៣០.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ 145
៣០.៥.ដំណើរការ 145
៣០.៦.លទ្ធផល 146
៣០.៧.សន្និដ្ឋាន 148
៣០.៨.ពិភាក្សា 148
មេរៀនទី៣១៖ ពិសោធន៍ចម្ងាយកំណុំរបស់ឡង់ទី 149
៣១.១.វត្ថុបំណង 149
៣១.២.ទ្រឹស្តី 149
៣១.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍ 152
៣១.៤.តម្រូវការសម្ភារឧបទេស 154
៣១.៥.ដំណើរការ 154
៣១.៦.លទ្ធផលពិសោធន៍ 156
៣១.៧.សន្និដ្ឋាន 157
៣១.៨.ពិភាក្សា 157
គន្ថនិទ្ទេស 158

អារម្ភកថា

សៀវភៅ "ពិសោធន៍រូបវិទ្យា (ប្រើសម្ភារៈជាក់ស្តែង និង E-Lab)" នេះត្រូវបានបង្កើតឡើងដើម្បីជាជំនួយដល់សិស្សានុសិស្សដែលរៀននៅតាមមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិ និងមហាវិទ្យាល័យវិទ្យាសាស្ត្រក៏ដូចជាលោកគ្រូ អ្នកគ្រូដែលបង្រៀនរូបវិទ្យាមានបំណងចង់ធ្វើពិសោធន៍ដោយផ្ទាល់ ដើម្បីលើកកម្ពស់សមត្ថភាពរបស់ខ្លួនដោយប្រើបច្ចេកវិទ្យាកម្រិតខ្ពស់ក្នុងការបង្រៀន នៅសតវត្សទី២១នេះ។

តាមអនុសាសន៍ឯកឧត្តមបណ្ឌិតសភាចារ្យ ហង់ ជួន ណារ៉ុន ទេសរដ្ឋមន្ត្រីក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា គ្រូបង្រៀនទាំងអស់ត្រូវបង្កើនការស្រាវជ្រាវ ការប្រើប្រាស់វិធីសាស្ត្រថ្មីៗ និងការធ្វើពិសោធតាមបែប STEM ដើម្បីបង្រៀនសិស្ស និងធានាឱ្យបាននូវសមត្ថភាពសិស្សតាមស្តង់ដាដែលក្រសួងអប់រំចង់បាន។

ពិសោធន៍នីមួយៗនៅក្នុងសៀវភៅ "E-Lab" នេះត្រូវបានសរសេរឡើងយ៉ាងពិស្តាដែលរួមមានៈ វត្ថុបំណង ទ្រឹស្តី សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍ តម្រូវការសម្ភារៈ ដំណើរការ(បង្ហាញពីរបៀបធ្វើពិសោធន៍) តារាងលទ្ធផល សន្និដ្ឋាន និងពិភាក្សា។

ដើម្បីប្រើប្រាស់សៀវភៅពិសោធន៍នេះឱ្យមានប្រសិទ្ធិភាពត្រូវមានចំណេះដឹងមូលដ្ឋានមួយចំនួនៈ

- កុំព្យូទ័រមូលដ្ឋាន (Word, Excell...)
- ការប្រើប្រាស់ Software Enineering ដូចជា Proteus Profesional, Multisim, Phet simulation...
- ទ្រឹស្តីរូបវិទ្យា រូបមន្ត បាតុភូតរូប ពិសោធន៍រូបវិទ្យា...
- គណិតវិទ្យា

ជាដំបូងត្រូវអានពិសោធន៍នីមួយៗសាចុះសាឡើងតាមលំដាប់លំដោយដើម្បីយល់ខ្លឹមសារ និងបន្ទាប់ទើបដំឡើងសម្ភារៈពិសោធន៍។ ទិន្នន័យដែលបាន ពីការពិសោធត្រូវដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ។

ខ្ញុំសង្ឃឹមយ៉ាងមុតមាំថាលោកគ្រូ-អ្នកគ្រូ និងសិស្សានុសិស្ស រីករាយនឹងទទួលយកនូវចំណេះដឹងថ្មីៗតាម រយៈការប្រើប្រាស់សៀវភៅពិសោធន៍ "E-Lab" នេះ។

សូមជូនពរលោកគ្រូ- អ្នកគ្រូ និងសិស្សានុសិស្សទាំងអស់ទទួលបានជោគជ័យក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះ។ខ្ញុំរង់ចាំទទួលនូវការរិះគន់ កែលម្អក្នុងន័យស្ថាបនា និងដើម្បីឱ្យការសរសេរសៀវភៅលើកក្រោយៗទៀតកាន់តែល្អប្រសើរឡើង។

សូមអរគុណ

ថ្ងៃសុក្រ ១៩កើត ខែបឋមាសាឍ ឆ្នាំថោះ បញ្ចស័ក ពុទ្ធសករាជ២៥៦៧

រាជធានីភ្នំពេញ ថ្ងៃទី ១៩ ខែមិថុនា ឆ្នាំ ២០២៣

អ្នកនិពន្ធ

ទូច ចន្ថទុំ ឈុំ ពៅ

សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ

ជាការពិតសៀវភៅ «ពិសោធន៍រូបវិទ្យា (ប្រើសម្ភារៈជាក់ស្តែង និង E-Lab)» ដែលលេចចេញជារូបរាងនៅពេលនេះគឺបានកើតឡើងពីការខិតខំ និងយកចិត្តទុកដាក់ចូលរួមពីភាគី និងស្ថាប័នពាក់ព័ន្ធជាច្រើន។

យើងខ្ញុំសូមថ្លែងអំណរគុណយ៉ាងជ្រាលជ្រៅបំផុតទៅដល់ភាគី និងស្ថាប័នពាក់ព័ន្ធទាំងអស់ដូចជា ៖

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

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

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

-វិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំដែលបានចាត់តាំងជាគណៈកម្មការនិពន្ធ និងគណៈកម្មការត្រួតពិនិត្យ លើស្នាដៃនៃការចូលរួមការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សានេះ។

- ឯកឧត្តមនាយកវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំដែលព្រមព្រៀងទទួលសិទ្ធិជាតំណាងអ្នករៀបរៀងក្នុងការចាត់ចែង និងសម្របសម្រួលជាមួយក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា ចុះហត្ថលេខាលើកិច្ចព្រមព្រៀង និងកិច្ចដំណើការទូទាត់ថវិកា តាមរយៈការស្នើសុំ និងទទួលថវិកា បោះពុម្ព និងផ្សព្វផ្សាយបន្តនូវស្នាដៃរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អរបស់អ្នករៀបរៀង ក្នុងការរៀន និងបង្រៀន ក្នុងគ្រឹះស្ថានសិក្សា និងប្រគល់សិទ្ធិស្របតាមការកំណត់នៃកិច្ចព្រមព្រៀង ស្តីពីការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា ក្រោមការគាំទ្រនៃមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍។

- គ្រូឧទ្ទេសមុខវិជ្ជារូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ ដែលបានផ្តល់មតិកែលម្អលើខ្លឹមសារ នៃមេរៀននីមួយៗឱ្យកាន់តែមានភាពសុក្រឹត និងមានលក្ខណៈវិទ្យាសាស្ត្រ។

យើងខ្ញុំសង្ឃឹមថា សៀវភៅនេះនឹងឆ្លើយតបជាបន្ទាន់ចំពោះការខ្វះខាតធនធានសិក្សា ដែលជាតម្រូវការសិក្សារបស់និស្សិត នៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។

ការបរិយាយលើមុខវិជ្ជា

សៀវភៅ «ពិសោធន៍រូបវិទ្យា (ប្រើសម្ភារៈជាក់ស្តែង និង E-Lab)» ដែលលេចចេញជារូបរាងពេលនេះគឺបានកើតឡើងពីការខិតខំ និងយកចិត្តទុកដាក់ចូលរួមពីភាគី និងស្ថាប័នពាក់ព័ន្ធជាច្រើន ហើយពិសេសនោះដើម្បីឆ្លើយតបទៅនឹងតម្រូវការចាំបាច់លើគ្រប់គ្រងទីពិសោធ និងប្រើប្រាស់សម្ភារៈពិសោធ។

សៀវភៅ "ពិសោធន៍រូបវិទ្យា (ប្រើសម្ភារៈជាក់ស្តែង និង E-Lab)" រៀបចំឡើងដើម្បីបំពេញតម្រូវការរបស់គរុនិស្សិត និស្សិត បុគ្គលទូទៅដើម្បីជាជំនួយនៅក្នុងដំណោះស្រាយការបំពេញសេចក្តីត្រូវការដ៏ចាំបាច់ ខណៈដែលនិន្នាការសង្គមកំពុងតែអភិវឌ្ឍទៅរកការប្រើប្រាស់បានយ៉ាងមានប្រសិទ្ធភាព ខ្លឹមសារមេរៀនដែលបានលើកឡើងក្នុងសៀវភៅនេះអំពីគ្រប់គ្រងទីពិសោធ និងប្រើប្រាស់សម្ភារៈពិសោធបង្កលក្ខណៈងាយស្រួលដល់គ្រូឧទ្ទេស គ្រូបង្រៀន និស្សិតអាចប្រើប្រាស់ផ្ទាល់ខ្លួន និងសម្រាប់សាធារណៈជនទូទៅ ។

សៀវភៅពិសោធន៍រូបវិទ្យា (ប្រើសម្ភារៈជាក់ស្តែង និង E-Lab)នេះបានផ្តល់នូវចំណេះដឹង ចំណេះប្រតិបត្តិ(ចំណេះធ្វើ) បទពិសោធយកទៅអនុវត្តនៅក្នុងស្ថាប័នតាមតម្រូវការរបស់គ្រូឧទ្ទេស និងគ្រូបង្រៀន។

មូលន័យសង្ខេប

សៀវភៅ "ពិសោធន៍រូបវិទ្យា (ប្រើសម្ភារៈជាក់ស្តែង និង E-Lab)"ជាជំនួយនៅក្នុងដំណោះស្រាយការបំពេញសេចក្តីត្រូវការដ៏ចាំបាច់ ខណៈដែលនិន្នាការសង្គមកំពុងតែអភិវឌ្ឍន៍ទៅរកការប្រើប្រាស់បានយ៉ាងមានប្រសិទ្ធភាព។

សម្រាប់សៀវភៅ "ពិសោធន៍រូបវិទ្យា (ប្រើសម្ភារៈជាក់ស្តែង និង E-Lab)" ចែកជា៣១មេរៀនដូចខាងក្រោម៖

មេរៀនទី១៖ បង្ហាញពិសោធន៍ទន្លាក់សេរី

មេរៀនទី២៖ បង្ហាញពិសោធន៍ចលនាគ្រាប់បាញ់

មេរៀនទី៣៖ បង្ហាញពិសោធន៍សំទុះរបស់អង្គធាតុ (ឃ្លីកូនហ្គោល) ចុះតាមប្លង់ទេរ

មេរៀនទី៤៖ បង្ហាញពិសោធន៍ដំណោលអាកស៊ីម៉ែត

មេរៀនទី៥៖ បង្ហាញពិសោធន៍ ប៉ោល-លំយោលអាកម៉ូនិចងាយ

មេរៀនទី៦៖ បង្ហាញពិសោធន៍ ប៉ោលរ៉ឺស័រ

មេរៀនទី៧៖ បង្ហាញពិសោធន៍លំនឹងដងថ្លឹង (តាមបែបតុក្កតាគំនិត)

មេរៀនទី៨៖ បង្ហាញពិសោធន៍ម៉ាសមាឌរបស់អង្គធាតុ

មេរៀនទី៩៖ បង្ហាញពិសោធន៍ រង្វាស់កម្តៅម៉ាសរបស់ទង់ដែង

មេរៀនទី១០៖ បង្ហាញពិសោធន៍ការចម្លងកម្តៅរបស់អង្គធាតុរឹង

មេរៀនទី១១៖ បង្ហាញពិសោធន៍អន្តរកម្មអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី

មេរៀនទី១២៖ បង្ហាញពិសោធន៍អន្តរកម្មអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី និងរបាញ់ទឹក

មេរៀនទី១៣៖ បង្ហាញពិសោធន៍អគ្គិសនីកម្ម

មេរៀនទី១៤៖ បង្ហាញពិសោធន៍ដែនអគ្គិសនី

មេរៀនទី១៥៖ បង្ហាញពិសោធន៍ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី

មេរៀនទី១៦៖ បង្ហាញពិសោធន៍កុងដង់សាទ័រប្លង់

មេរៀនទី១៧៖ បង្ហាញពិសោធន៍បង្គុំកុងដង់សាទ័រ

មេរៀនទី១៨៖ បង្ហាញពិសោធន៍សៀគ្វីអគ្គិសនី

មេរៀនទី១៩៖ បង្ហាញពិសោធន៍សៀគ្វីអគ្គិសនី

មេរៀនទី២០៖ បង្ហាញពិសោធន៍អនុវត្តការតភ្លើងក្នុងបន្ទប់

មេរៀនទី២១៖ បង្ហាញពិសោធន៍បង្គុំរេស៊ីស្តង់អគ្គិសនី

មេរៀនទី២២៖ បង្ហាញពិសោធន៍រង្វាស់រេស៊ីស្តង់ និងច្បាប់អូម

មេរៀនទី២៣៖បង្ហាញពិសោធន៍រង្វាស់កម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៃថ្មពិលដោយប្រើប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រនិងវ៉ុលម៉ែត្រ

មេរៀនទី២៤៖ បង្ហាញពិសោធន៍បង្គុំប្រភពអគ្គិសនី

មេរៀនទី២៥៖ បង្ហាញពិសោធន៍ច្បាប់គៀធុប

មេរៀនទី២៦៖ បង្ហាញពិសោធន៍ស្ពានវីស្តុន

មេរៀនទី២៧៖ បង្ហាញពិសោធន៍វង្វាស់ស្ពានកាប៉ាស៊ីតេ និងបង្គុំកុងដង់
មេរៀនទី២៨៖ បង្ហាញពិសោធន៍សៀគ្វី *RC* (ថេរពេល)
មេរៀនទី២៩៖ បង្ហាញពិសោធន៍សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់ RL (RL Circuit)
មេរៀនទី៣០៖ បង្ហាញពិសោធន៍សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់ *RLC*
មេរៀនទី៣១៖ បង្ហាញពិសោធន៍ចម្ងាយកំណុំរបស់ឡង់ទី

មេរៀនទី១៖ ពិសោធន៍ទន្លាក់សេរី

១.១.វត្ថុបំណង

កំណត់សំទុះទន្លាក់សេរី(សំទុះទំនាញផែនដី)(g)និង(%)កម្រិតល្អៀងរបស់វាបានត្រឹមត្រូវតាមការពិសោធ។

១.២.ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្តី)

- កម្ពស់ធ្លាក់របស់អង្គធាតុ $h = \frac{1}{2}gt^2$
- ល្បឿន $v = gt$
- សំទុះ $g = 9.80\ \mathrm{m}/s^2$
- %កម្រិតល្អៀង $= \left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធន៍}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\% = \left|\frac{g-a}{g}\right| \times 100\%$

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

១.៣.ពិសោធន៍

១.៣.១.ការកំណត់បញ្ហា

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

១.៣.២.សម្មតិកម្ម

ប្រើក្រដាសស្តើងទទឹងប្រហែល1.0 cm និងបណ្តោយ ប្រហែល 1.0 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 $a = \frac{a_1+a_2+\cdots}{N}$ ។ ដោយប្រៀបធៀបតម្លៃនៃសំទុះនេះទៅនឹង $g = 9.80\ \mathrm{m/s^2}$ នោះ(%)កម្រិតល្អៀងរបស់វាត្រូវបានរកឃើញតាមការគណនា។

១.៣.៣.តេស្តសម្មតិកម្ម

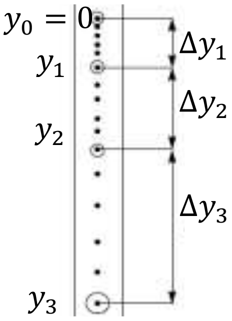
(ក) តម្រូវការសម្ភារៈ

ឧបករណ៍កត់ត្រាពេល គ្រង់ស្វ (ប្រើជាមួយឧបករណ៍កត់ត្រាពេល) ប្រភពចរន្តឆ្លាស់($f =$ 50.0 Hz) កូនទម្ងន់(100 g) ជើងទម្រ ស្កុត(កាវស្អិត) ក្រដាស A4 មួយសន្លឹង កន្ត្រៃ និងក្រដាសកាបូន។

(ខ) ដំឡើងសម្ភារៈ និងពិសោធន៍ (បង្ហាញដូចរូបទី1.1(ក))

- ដំឡើងឧបករណ៍កត់ត្រាពេលដោយភ្ជាប់នឹងជើងទម្រ រួចភ្ជាប់នឹងប្រភពចរន្តឆ្លាស់(6.0 V)។
- កាត់ក្រដាស A4 ទទឹងប្រហែល 1.0cm ឱ្យបាន5ជម្រៀកតូចៗ ឬលើសពីនេះ (និងបណ្តោយយកតាមទំហំបណ្តោយនៃក្រដាស A4) រួចបិទស្កុត(កាវស្អិត)បន្តគ្នាបានប្រវែងប្រហែល1.4 cm។
- ប្រើស្កុតបិទក្រដាសកាបូន(2.0 cm × 2.0 cm)លើឧបករណ៍កត់ត្រាពេល។

- ស៊កចុងម្ខាងនៃជម្រៀកក្រដាសដែលបានបិទបន្តគ្នាចូលក្នុងឧបករណ៍កត់ត្រាពេល ដោយឱ្យ ជម្រៀកក្រដាសនៅពីក្រោមក្រដាសកាបូន។
- ភ្ជាប់ចុងជម្រៀកក្រដាសខាងក្រោមទៅនឹងកូនទម្ងន់ដោយប្រើស្កុត។
- កាន់ចុងជម្រៀកក្រដាសឱ្យវាសន្ធឹងត្រង់ឡើងលើ។
- ចុចកុងតាក់ដើម្បីឱ្យឧបករណ៍កត់ត្រាពេលដំណើរការ និងលែងជម្រៀកក្រដាសឱ្យធ្លាក់ចុះក្រោម។



រូបទី1.1 (ក) (ខ)

ការណែនាំ៖

- ពិនិត្យស្នាមចំណុចលើជម្រៀកក្រដាស រួចគូសរង្វង់មូលជុំវិញចំណុចមួយដែលចាត់ទុកថាជាគល់ $(y_0 = 0)$។
- រាប់5ចំណុចបន្តពីគល់ y_0 រួចគូសរង្វង់លើចំណុចទី5។ ធ្វើដូចគ្នាចំពោះ5ចំណុចផ្សេងៗទៀតរហូតដល់អស់ចំណុច(រូបទី1.1(ខ))។
- វាស់ចម្ងាយរវាង5ចំណុច និងតាងវាដោយ $\Delta y_1, \Delta y_2, \ldots$ ។
- រយៈពេលសម្រាប់5ចំណុចត្រូវបានរកតាមសមាមាត្រ។ ប្រេកង់ 50 Hz មានន័យថា 1.0 s ដងលំញ័រនៃឧបករណ៍កត់ត្រាពេលវាយបាន 50ចំណុច ចុះបើ5ចំណុច តើមានរយៈពេលប៉ុន្មាន?

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

$t = \Delta t\,? \leftrightarrow$ 5 ចំណុច

$$t = \Delta t = \frac{1.0\text{ s} \times 5 \text{ ចំណុច}}{50 \text{ ចំណុច}} = \frac{1}{10} = 0.10\text{ s}$$

- ស្រង់ទិន្នន័យទាំងអស់ដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងគណនាខាងក្រោម។

១.៣.៤.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យ និងគណនា

ចំណុច	y (cm)	Δy (cm)	v (cm/s)	Δv (cm/s)	a (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	$y_5 = 131.8$	$\Delta y_5 = 44.8$	$v_5 = \frac{\Delta y_5}{\Delta t_5} = 448$	$\Delta v_4 = 9.20$	$a_4 = \frac{\Delta v_4}{\Delta t_4} = 920$
………					

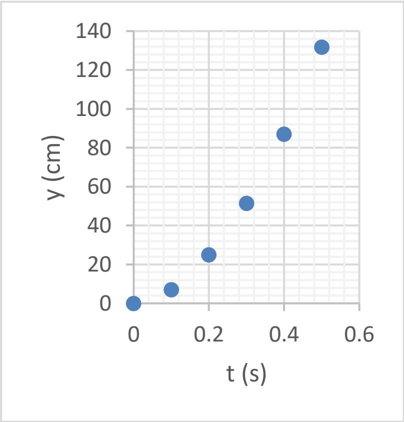
រយៈពេលt = Δt =0.10 s	$g = 9.80\ m/s^2$	$a = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4}$ $a = 9.45\ m/s^2$	%កម្រិតល្អៀង = 3.57 %

- ត្រូវបំពេញតម្លៃក្នុងការគណនាគំរូខាងក្រោម៖

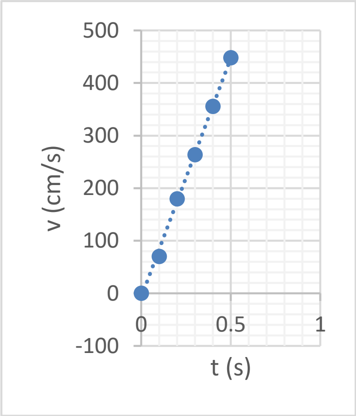
ការគណនាគំរូ

- $\Delta y_1 = y_1 - y_0 = 7.0 - 0 = 7.0$ cm
- $\Delta y_2 = y_2 - y_1 = 25.0 - 7.0 = 18.0$ cm
- $v_1 = \frac{\Delta y_1}{\Delta t_1} = \frac{7.0}{0.1}$ cm/s $= 70$ cm/s $= 0.70$ m/s
- $v_2 = \frac{\Delta y_2}{\Delta t_2} = \frac{18.0}{0.1}$ m/s $= 180$ cm/s $= 1.80$ m/s
- $\Delta v_1 = v_2 - v_1 = 1.80 - 0.70 = 1.10$ m/s
- $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = \frac{1.10}{0.1} = 11.0\ m/s^2$
- %កម្រិតល្អៀង $= \left|\frac{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃពិសោធន៍}}{\text{តម្លៃទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\% = \left|\frac{g-a}{g}\right| \times 100\% = \frac{9.80-9.45}{9.80} \times 100\% =$ 3.57%

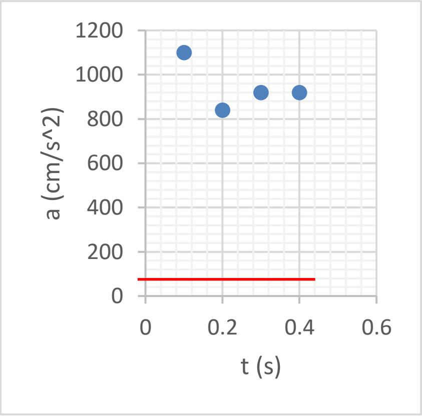
ការគូសក្រាប



បម្លាស់ទី-ពេល



វ៉ិចទ័រ)ល្បឿន-ពេល



សំទុះ-ពេល

១.៣.៥.វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

- **វិភាគ៖** ផ្អែកតាមការពិសោធខាងលើ

កម្ពស់ធ្លាក់

$\Delta y_1 = 7.00$ cm, $\Delta y_2 = 18.0$ cm, $\Delta y_3 = 26.4$ cm, $\Delta y_4 = 35.6$ cm និង $\Delta y_5 = 44.8$ cm ត្រូវបាន*វាស់ និងគណនា*។

(វ៉ិចទ័រ)ល្បឿន និងសំទុះរៀងគ្នា

$v_1 = \frac{\Delta y_1}{\Delta t_1} = 70$ cm, $v_2 = \frac{\Delta y_2}{\Delta t_2} = 180$ cm, $v_3 = \frac{\Delta y_3}{\Delta t_3} = 264$ cm , $v_4 = \frac{\Delta 4}{\Delta t_4} = 356$ cm , $v_5 = \frac{\Delta y_5}{\Delta t_5} = 448$ cm 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*ដោយពិសោធន៍។

សម្គាល់៖ លទ្ធផលពិសោធន៍ល្អគឺសំដៅលើតម្លៃជាលេខដែលទទួលបានតាមពិសោធន៍ និងទ្រឹស្តីសឹងតែដូចគ្នា មានន័យថាកម្រិតល្អៀងរបស់វាតូចជាង 5 %។ តម្លៃសំទុះនីមួយៗគឺត្រឹមត្រូវនៅកៀកៗគ្នា(ត្រឹមត្រូវផង និងជាក់លាក់ផង)។

១.៤.ពិភាក្សា

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

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

(២) តើអ្នកមានគំនិតច្នៃប្រឌិតដូចម្តេច ដើម្បីឱ្យការពិសោធលើកក្រោយៗទៀតទទួលបានលទ្ធផលល្អប្រសើរជាងនេះ?

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

(៣) ក្រោយពីបានប្រើប្រាស់ឧបករណ៍ពិសោធន៍នេះរួចមក តើអ្នកយល់ពីគោលការណ៍ដំណើរការរបស់វា និងដឹងពីវិធីផលិត ឬអភិវឌ្ឍវាដែលឬទេ? បើដឹងចូរបង្ហាញយោបល់អ្នក។

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

(៤)តើសំទុះនៃអង្គធាតុដែលធ្លាក់ក្នុងដែនទំនាញផែនដីអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់អង្គធាតុដែលធ្លាក់ដែរឬទេ(មិនគិតកម្លាំងទប់នៃខ្យល់? ចូរបង្ហាញហេតុផល។

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

(៥) តើសំទុះនៃអង្គធាតុដែលធ្លាក់ក្នុងដែនទំនាញផែនដីអាស្រ័យនឹងរាងរបស់អង្គធាតុដែលធ្លាក់ដែរឬទេ(គិតកម្លាំងទប់នៃខ្យល់? ចូរបង្ហាញហេតុផល និងលើកឧទាហរណ៍ក្នុងការរស់នៅ ឬក្នុងបច្ចេកទេសមកបញ្ជាក់។

……

……….

(៦) យានអវកាសមួយត្រូវ បានបាញ់បង្ហោះចេញពីផ្ទៃផែនដីទៅកម្ពស់ 800 km ។ រយៈកម្ពស់នេះគឺជាព្រំដែននៃស្រទាប់បរិយាកាសពីររបស់ផែនដីគឺ Thermosphere និងExosphere ហើយសីតុណ្ហភាពប្រហែលជា 1200 °C។ ចូរប្រៀបធៀបសំទុះទំនាញផែនដីដែលនៅក្បែរផ្ទៃផែនដី និងនៅរយៈកម្ពស់ខាងលើ។

……

………

…………………………………………។

មេរៀនទី២៖ ពិសោធន៍ចលនាគ្រាប់បាញ់

២.១.ទត្ថុបំណង

- កំណត់ចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់បាញ់ កាលណាគេស្គាល់មុំបាញ់ និងល្បឿនដើមនៃគ្រាប់បាញ់ និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាដោយប្រើ E-experiment។
- កំណត់កម្ពស់ឡើងដល់របស់គ្រាប់បាញ់ កាលណាគេស្គាល់មុំបាញ់ និងល្បឿនដើមនៃគ្រាប់បាញ់និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាដោយប្រើ E-experiment។
- កំណត់រយៈពេលពេលគ្រាប់បាញ់ធ្លាក់ដល់ដី។

២.២.ទ្រឹស្តី

គ្រាប់បាញ់មួយត្រូវបានបាញ់ចេញពីកាណុងដោយវ៉ិចទ័រល្បឿនដើម $\vec{v}_0$ ។ ចំណោលវ៉ិចទ័រល្បឿនដើម

- លើអ័ក្សox យើងបាន $v_{0x} = v_0 \cos\theta$
- លើអ័ក្សoy យើងបាន $v_{0y} = v_0 \sin\theta$

ពេលគ្រាប់បាញ់ចេញពីកាណុងវារងនូវកម្លាំង $\vec{F}$ ចំណោលកម្លាំងនេះលើអ័ក្ស៖

- លើអ័ក្សox យើងបាន $\vec{F}_x = \vec{0}$

តាមច្បាប់ទីពីររបស់ញូតុន $\vec{F}_x = m\,\vec{a}_x = \vec{0}$ ដូចនេះ $a_x = 0$ ។

ចលនារបស់គ្រាប់បាញ់ជាចលនាត្រង់ស្មើ។ គេសរសេរ៖

$x = v_{0x}t = v_0 \cos\theta\, t \quad (1)$

- លើអ័ក្សoy យើងបាន $\vec{F}_y = \vec{F} = -m\vec{g}$

តាមច្បាប់ទីពីររបស់ញូតុន $\vec{F}_y = m\,\vec{a}_y = -m\vec{g}$ ដូចនេះ $\vec{a}_y = -\vec{g}$ ។

ចលនារបស់គ្រាប់បាញ់ជាចលនាយឺតស្មើ។ គេសរសេរ៖

$$y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = v_0 \sin\theta\, t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

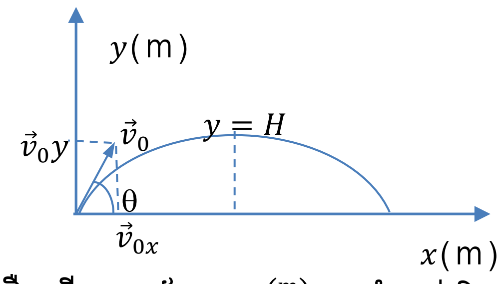
បំបាត់ t ពីសមីការ(1)និង(2) យើងបានសមីការគន្លងដែលមានរាងជាប៉ារ៉ាបូល។

$$y = \tan\theta\, x - \frac{gx^2}{2{v_0}^2\cos^2\theta} \quad (3)$$

- ចម្ងាយធ្លាក់តាមអ័ក្សដេក $x = \frac{{v_0}^2 \sin 2\theta}{g}$

កាលណាគេបាញ់ក្រោមមុំ $\theta = 45°$ នោះគ្រាប់បាញផ្លាស់ទីបានចម្ងាយអតិបរមា

$$x_m = \frac{{v_0}^2}{g}$$



- កម្ពស់ឡើងដល់

$$y = H = \frac{{v_0}^2 \sin^2\theta}{2g}$$

v_0: ល្បឿនដើម , $(\mathrm{m/s})$, $g = 9.80\ \mathrm{m/s}$

v_{0x}: ល្បឿនដើមតាមអ័ក្ស x , $(\mathrm{m/s})$, v_{0y}: ល្បឿនដើមតាមអ័ក្សរូបទី $(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}})$ 2-1 θ: មុំបាញ់គិតពី v_0 មកអ័ក្ស x,(ដឺក្រេ)

$$\%\text{កម្រិតលម្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃតាមពិសោធន៍}}{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\%$$

សម្គាល់៖ ពេលគ្រាប់បាញ់ធ្លាក់ដល់ដី $y = 0$ ។ ពេលគ្រាប់បាញ់ឡើងដល់ចំណុចកំពូល(អតិបរមា)$v_y = 0$ ។

២.៣.តេស្តមុនពេលចូលទីពិសោធន៍

១. សរសេររូបមន្តចម្ងាយធ្លាក់តាមខ្សែដេករបស់គ្រាប់បាញ់។

២. សរសេររូបមន្តកម្ពស់ឡើងដល់របស់គ្រាប់បាញ់។

៣. បង្ហាញថាគន្លងរបស់គ្រាប់បាញ់មួយមានរាងជាប៉ារ៉ាបូល។

៤. គ្រាប់បាញ់មួយត្រូវបានបាញ់ដោយល្បឿនដើម $v_0 = 15.0\ \mathrm{m/s}$ ពីលើដីដោយបង្កើតបានមុំ $30.0°$ពីលើខ្សែដេក។ កំណត់៖

ក. រយៈពេលហោះរបស់គ្រាប់បាញ់មុនពេលប៉ះដីបន្តិច

ខ. ចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់បាញ់

គ. ល្បឿនរបស់គ្រាប់បាញ់ពេលវាប៉ះដី

ឃ.មុំធៀបនឹងខ្សែដេកពេលគ្រាប់បាញ់ប៉ះដី។

៥. គ្រាប់បាញ់មួយត្រូវបានបាញ់ដោយល្បឿនដើម $v_0 = 18.0\ \mathrm{m/s}$ ពីកម្ពស់ 14.0 m នៃអគារមួយដោយបង្កើតបានមុំ $10.0°$ពីក្រោមខ្សែដេក។ កំណត់៖

ក. រយៈពេលហោះរបស់គ្រាប់បាញ់មុនពេលប៉ះដីបន្តិច។

ខ. ចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់បាញ់

គ. ល្បឿនរបស់គ្រាប់បាញ់ពេលវាប៉ះដី

ឃ.មុំធៀបនឹងខ្សែដេកពេលគ្រាប់បាញ់ប៉ះដី។

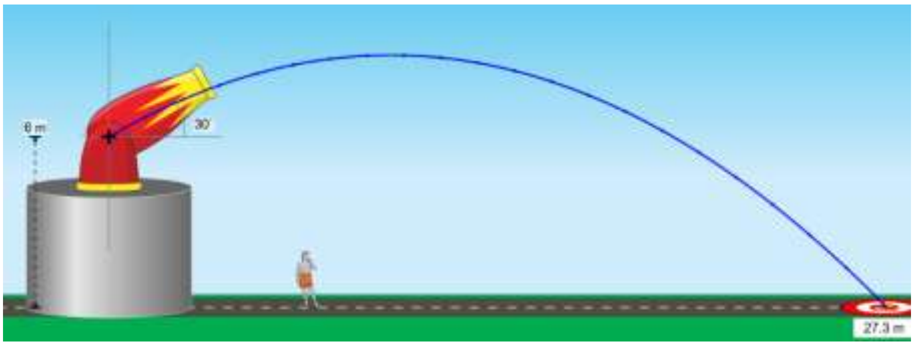
៦. គ្រាប់បាញ់មួយត្រូវបានបាញ់ដោយល្បឿនដើម $v_0 = 15.0\ \mathrm{m/s}$ ពីកម្ពស់ 6.00 m នៃអគារមួយដោយបង្កើតបានមុំ $60.0°$ពីលើខ្សែដេក។ កំណត់៖

ក. រយៈពេលហោះរបស់គ្រាប់បាញ់ពេលប៉ះដីភ្លាម និងចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់តាមខ្សែដេក។

ខ. កម្ពស់ដែលគ្រាប់បាញ់ឡើងដល់(គិតពីដី) និងរយៈពេលដែលគ្រាប់បាញ់ឡើងដល់កម្ពស់អតិបរមា។

គ. ល្បឿនរបស់គ្រាប់បាញ់ពេលវាប៉ះដី និង ឃ. មុំធៀបនឹងខ្សែដេកពេលគ្រាប់បាញ់ប៉ះដី។

៧. គ្រាប់បាញ់មួយត្រូវបានបាញ់ដោយល្បឿនដើម $v_0 = 15.0\ \mathrm{m/s}$ ពីកម្ពស់ 6.00 m នៃអគារមួយដោយបង្កើតបានមុំ θពីលើខ្សែដេក។ ចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់បាញ់ត្រូវបានវាស់ឃើញ $x = 27.3\ m$ បង្ហាញដូចរូបខាងក្រោម។ គណនាមុំបាញ់ θ ។



រូបទី 2.2

២.៤.គម្រូវការសម្ភារៈឧបទេស

Software PHET ដែលអាចទាញយកពីអ៊ិនធឺណិត

២.៥.ដំណើរការ

(ក) ទាញយក Software PHET ពី Internet

(ខ) Install វាចូលក្នុង Computer របស់អ្នក។

(គ)ទាញយកចលនាគ្រាប់បាញ់មកដាក់លើ Desktop ដោយប្រើ Microsoft Edge ឬ Mozilla firefox ។

(ឃ) ចុចជាប់គ្នាពីរដងលើចលនាគ្រាប់បាញ់អំបាញ់មុិញនៅចំណុច(គ)ដោយប្រើ Microsoft Edge

(ង)ចុចជាប់គ្នាពីរដងលើពាក្យថា Lab

(ច) ជ្រើសយក g = 9.80 m/s^2 ,Tank shell (ក្នុងប្រអប់ខាងស្តាំ), initial speed 18m/s និងមុំ 30°

(ឆ) ចុចបាញ់(Fire)

(ជ) ទាញផ្ទាំងស៊ីបដាក់ត្រង់កន្លែងដែលគ្រាប់ធ្លាក់(បើសាកបាញ់ម្តងទៀត នោះវានឹងចេញផ្កាយបីដែលបញ្ជាក់ថាបាញ់ត្រូវល្អ)។

(ឈ) ទាញយកប្រអប់ដែលមានពាក្យថា(Time, Range, Height) ដាក់លើផ្ទាំងស៊ីប វានឹងចេញតម្លៃលេខ។

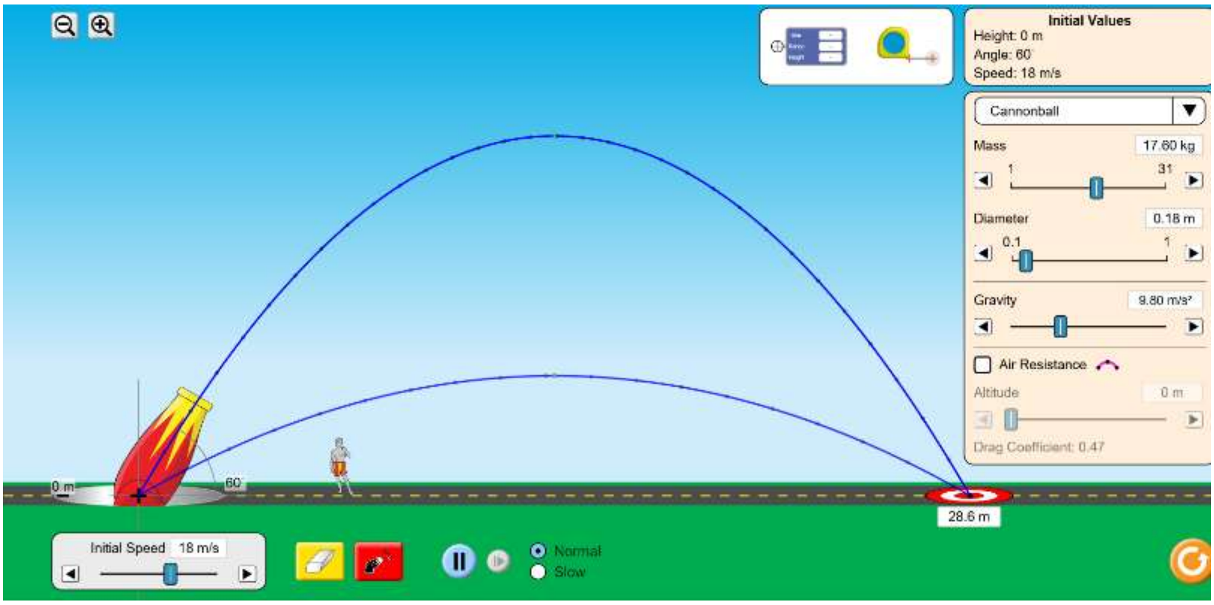
(Time មានន័យថា រយៈពេលហោះរបស់គ្រាប់បាញ់, Rangeមានន័យថា ចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់បាញ់ និង Height មានន័យថាកម្ពស់អតិបរមារបស់គ្រាប់បាញ់)

(ញ) ស្រង់ទិន្នន័យ(Time, Range, Height) ដាក់ក្នុងតារាងទិនន័យខាងក្រោម។

(ដ) គណនារយៈពេល ចម្ងាយធ្លាក់ និងកម្ពស់ឡើងដល់របស់គ្រាប់បាញ់ និងគណនាកម្រិតល្បឿង។

ដំបូន្មានក្នុងការគណនា

- គណនារយៈពេល ដោយប្រើរូបមន្ត $y = v_0 \sin\theta\, t - \frac{1}{2}gt^2 = 0$
- គណនាចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់បាញ់ $x = v_0 \cos\theta\, t$ ឬ $x = \frac{{v_0}^2 \sin 2\theta}{g}$
- គណនាកម្ពស់ឡើងដល់របស់គ្រាប់បាញ់ $y = h = \frac{{v_0}^2 \sin^2\theta}{2g}$



រូបទី 2.3

២.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យ

តម្លៃតាមទ្រឹស្តី	តម្លៃតាមពិសោធន៍
រយៈពេល t=…………………(s)	រយៈពេល t=…………………(s)
ចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់បាញ់ x =…………………(m)	ចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់បាញ់ x =…………………(m)
កម្ពស់ឡើងដល់របស់គ្រាប់បាញ់ $y = h$ =………(m)	កម្ពស់ឡើងដល់របស់គ្រាប់បាញ់ $y = h$ =………(m)
កម្រិតល្អៀងនៃចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់បាញ់ %Error =…………………%	
កម្រិតល្អៀងនៃកម្ពស់ឡើងដល់របស់គ្រាប់បាញ់ %Error =…………………%	

គណនាគំរូ៖

- គណនារយៈពេល $y = v_0 \sin\theta\, t - \frac{1}{2}gt^2 = 0$
- គណនាចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់បាញ់ $x = v_0 \cos\theta\, t$ ឬ $x = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$
- គណនាកម្ពស់ឡើងដល់របស់គ្រាប់បាញ់ $y = h = \frac{v_0^2 \sin^2\theta}{2g}$
- កម្រិតល្អៀងនៃចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់បាញ់ %Error =…………………%

២.៧.សន្និដ្ឋាន

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់បាញ់ x =……..(m), កម្ពស់ឡើងដល់របស់គ្រាប់បាញ់ $y = h$ =……..(m), កម្រិតល្អៀងនៃចម្ងាយធ្លាក់របស់គ្រាប់បាញ់ %Error =……….%, កម្រិតល្អៀងនៃកម្ពស់ឡើងដល់របស់គ្រាប់បាញ់ %Error =……….% និងរយៈពេលហោះរបស់គ្រាប់បាញ់ t=………..(s) ។ ដូចនេះវត្ថុបំណងនៃពិសោធន៍អាចត្រូវបានកំណត់ដោយជោគជ័យ។

២.៨.ពិភាក្សា

១. កំណត់មុំបាញ់មួយទៀតដែលត្រូវនឹងចម្ងាយធ្លាក់ដូចបានកំណត់ខាងលើ $x = 28.63$ m ។

២. កំណត់កម្ពស់អតិបរមា និងរយៈពេលហោះរបស់គ្រាប់បាញ់ហៀបនឹងប៉ះដីដែលត្រូវនឹងមុំបាញ់នៃសំណួរទី១ខាងលើ។

៣. គ្រាប់បាញ់មួយត្រូវបានបាញ់ចេញពីអគារមួយដែលមានកម្ពស់ 12.0 m ដោយវ៉ិចទ័រល្បឿនដើម $v_0 = 10.0\ \mathrm{m/s}$ បង្កើតបានមុំ 30.0° ពីលើខ្សែដេក។ គណនា៖

ក. រយៈពេលហោះរបស់គ្រាប់ហៀបនឹងប៉ះដី។

ខ. ចម្ងាយពីជើងអគារទៅចំណុចដែលគ្រាប់បាញ់ធ្លាក់ប៉ះដី។

គ. ល្បឿនគ្រាប់បាញ់ហៀបនឹងប៉ះដី និង

ឃ. មុំធៀបនឹងខ្សែដេកពេលគ្រាប់ប៉ះដី។

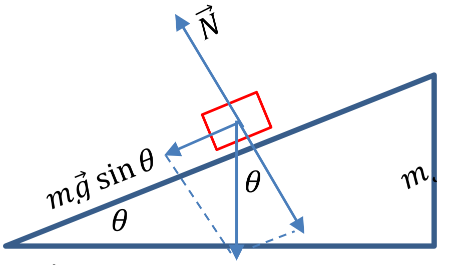
មេរៀនទី៣៖ ពិសោធន៍សំទុះរបស់អង្គធាតុ (ឃ្លីកូនហ្គោល) ចុះតាមប្លង់ទេរ

៣.១.វត្ថុបំណង

កំណត់សំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល/រមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ(មិនគិតកកិត)ដែលអាស្រ័យនឹងមុំតាមពិសោធន៍ និងគណនាផលសងភាគរយរបស់វា

៣.២.ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្តី)

- សមីការនៃចលនាស្មុះស្មើ $x = \frac{1}{2}at^2$
- ច្បាប់ទីពីររបស់ញូតុន $F = ma = mg \cdot \sin\theta$
- សំទុះអង្គធាតុចុះតាមប្លង់ទេរ $a = g \cdot \sin\theta$
- $\%\text{ផលសង} = \left|\frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2})/2}\right| \times 100\%$



រូបទី3.1

៣.៣.ពិសោធន៍

៣.៣.១.ការកំណត់បញ្ហា

តើអ្នកអាចកំណត់សំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល/រមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ(មិនគិតកកិត)ដែលអាស្រ័យនឹងមុំតាមពិសោធន៍ និងគណនាកម្រិតល្បឿនរបស់វាបានយ៉ាងដូចម្តេច?

សម្គាល់៖ ដើម្បីកាត់បន្ថយកកិត អ្នកអាចធ្វើពិសោធជាមួយអង្គធាតុរាងដូចជា៖ ឃ្លី ស៊ែរ ស៊ីឡាំង...ដែលទាក់ទងនឹង*ចលនារមៀលរបស់វាចុះតាមប្លង់ទេរ*។ ចលនារមៀលជាផលបូកនៃចលនាពីរ គឺចលនារំកិល និងចលនារង្វិល <u>ប៉ុន្តែក្នុងការបកស្រាយ អ្នកត្រូវចោលចលនារង្វិល</u>ព្រោះពិសោធន៍នេះធ្វើត្រឹម<u>កម្រិតថ្នាក់ទី១០</u>។ ប៉ុន្តែបើថ្នាក់ទី១១ អ្នកអាចប្រើចលនារង្វិលនេះបាន និងត្រូវពន្យល់ទាក់ទងនឹងម៉ូម៉ង់និចលរបស់អង្គធាតុ។

ពិសោធន៍នេះ យើងនឹងប្រើឃ្លីកូនហ្គោលពណ៌សជាអង្គធាតុរមៀលចុះប្លង់ទេរជំនួសដុំឈើវិញ ព្រោះដើម្បីកាត់បន្ថយកកិត។ ប្រវែងប្លង់ទេរខ្លីអាចជះឥទ្ធិពលដល់លទ្ធផលពិសោធន៍នេះ។

៣.៣.២.សម្មតិកម្ម

"ជាមួយនឹងមុំនៃប្លង់ទេរ(10°, 13° និង 15°) ដែលឱ្យយើងអាចកំណត់សំទុះ(a)នីមួយៗនៃអង្គធាតុ(ដុំឈើ ឬឃ្លីលោហៈ)ដែលត្រូវនឹងមុំនៃប្លង់ទេរតាមពិសោធន៍បានតាមវិធីទី១ និងតាមការវាស់ប្រវែងប្លង់ទេរ(x) និងរយៈពេលដែលអង្គធាតុ(ដុំឈើ ឬឃ្លីលោហៈ)រអិល ឬរមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ យើងអាចកំណត់សំទុះ(a')នីមួយៗនៃអង្គធាតុ(ដុំឈើ ឬឃ្លីលោហៈ)ដែលត្រូវនឹងមុំនៃប្លង់ទេររៀងគ្នា

តាមពិសោធន៍បានតាមវិធីទី២។ ពីតម្លៃសំទុះនីមួយៗ($a = g\sin\theta$)និងតាម ($a' = \frac{2x}{t^2}$)ដែលបានរកឃើញ យើងអាចគណនា(%)ផលសងដែលត្រូវនឹងមុំនៃប្លង់ទេរនីមួយៗរបស់វាបាន។

តម្រុយ៖ ជាមួយនឹងមុំនៃប្លង់ទេរដែលឱ្យ (10°, 13° និង 15°)

- អនុវត្តន៍ច្បាប់ទី២ញូតុនលើអង្គធាតុចុះតាមប្លង់ទេរ៖ (មិនគិតកកិត)

$F =$ ………………………………………(1)

- កំប៉ូសង់នៃទម្ងន់កែងនឹងប្លង់ទេរ $W_y = N = \cdots$ ……………………………
- កំប៉ូសង់នៃទម្ងន់ស្របនឹងប្លង់ទេរ $W_x =$ ………………………………………(2)

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

$a =$ ………………………………………(3)

- សមីការ(ពេល)នៃចលនាស្ទុះស្មើសរសេរ $x =$ ………………………………………
- ពីសមីការ(3) បើមុំនៃប្លង់ទេរ(θ)កើនឡើង នោះសំទុះនៃអង្គធាតុ ………………………………។

ដោយវាស់ប្រវែងប្លង់ទេរ x និងរយៈពេល t យើងបានសំទុះដែលវាស់តាមវិធីទី២ (a')

$a' =$ ……………………………… (4)

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

៣.៣.៣.តេស្តសម្មតិកម្ម

(ក) តម្រូវការសម្ភារៈ៖

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

(ខ)ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍:

- ដំឡើងប្លង់ទេរដែលភ្ជាប់នឹងឧបករណ៍វាស់មុំដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី3.1ខាងលើដោយកំណត់យកមុំ (10°, 13° និង 15°) រៀងគ្នា (មើលក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងគណនាខាងក្រោម)។
- គូសសម្គាល់ទីតាំងដើម និងទីតាំងស្រេចត្រង់ចំណុចខ្ពស់បំផុត និងទាបបំផុតលើប្លង់ទេររៀងគ្នាសម្រាប់ដាក់អង្គធាតុ(ដុំឈើ ឬឃ្លី)ពេលចាប់ផ្តើមនិងអង្គធាតុផ្លាស់ទីដល់ទីតាំងទាបបំផុតក្រោយពេលលែងវា។
- វាស់ចម្ងាយ ឬប្រវែងពីទីតាំងដើមទៅទីតាំងស្រេចលើប្លង់ទេរដោយប្រើម៉ែត្រ និងកត់ត្រាតម្លៃចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាខាងក្រោម។ ប្រវែងនេះតាងដោយ x ។
- ដាក់អង្គធាតុ(ដុំឈើ ឬឃ្លី)ចូលទីតាំងដើមដែលត្រូវនឹងតម្លៃមុំនីមួយៗ(10°, 13° និង 15°) រួចលែងវាឱ្យរអិលចុះតាមប្លង់ទេរ និងវាស់រយៈពេល(t)នីមួយៗចំនួនបួនដងដែលត្រូវនឹងតម្លៃមុំនីមួយៗ រូបទី3.2។

ការណែនាំចំពោះការគណនា៖

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

រូបទី3.2 (ក)ការដំឡើងរូប និងធ្វើពិសោធ (ខ) ការវាស់មុំ

៣.៣.៤.លទ្ធផល

(ឃ្លីកូនហ្គោលរមៀលចុះប្លង់ទេរ)

តារាងទិន្នន័យ និងគណនា (ការកំណត់សំទុះ តាមវិធីទី១ និងទី២)

មុំ (θ) (ដឺក្រេ)	រយៈពេល (t)(s)	$\bar{t}$ (s)	%ផលសង	សំទុះ$(a)$$(\mathrm{m/s^2})$
10°	0.80	0.815 s	2.38 %	វិធីទី១ $a_1 = g\sin\theta_1 = 1.70\ \mathrm{m/s^2}$
	0.80			
	0.86			វិធីទី២ $a'_1 = \frac{2x}{(\bar{t}_1)^2} = 1.66\ \mathrm{m/s^2}$
	0.80			
13°	0.73	0.7225 s	4.18%	វិធីទី១ $a_2 = g\sin\theta_2 = 2.20\ \mathrm{m/s^2}$
	0.74			
	0.74			វិធីទី២ $a'_2 = \frac{2x}{(\bar{t}_2)^2} = 2.11\ \mathrm{m/s^2}$
	0.68			
15°	0.66	0. 6625 s	1.19%	វិធីទី១ $a_3 = g\sin\theta_3 = 2.54\ \mathrm{m/s^2}$
	0.66			
	0.66			វិធីទី២ $a'_3 = \frac{2x}{(\bar{t}_3)^2} = 2.51\ \mathrm{m/s^2}$
	0.67			
g = 9.80 $\mathrm{m/s^2}$			$x =$ 0.550 m	

- ត្រូវបំពេញតម្លៃក្នុងការគណនាគំរូខាងក្រោម៖

ការគណនាគំរូ

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

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

សំទុះតាមវិធីទី២ $a'_1 = \frac{2x}{t^2} = \frac{(2)(0.55)}{(0.815)^2} = 1.656\ \mathrm{m/s^2}$

%ផលសង $= \left|\frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2})/2}\right| \times 100\% = \left|\frac{1.70-1.66}{(1.70+1.66)/2}\right| \times 100\% =$ 2.38%

៣.៣.៥.វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

- ***វិភាគ៖*** ផ្អែកតាមទិន្នន័យនៃការពិសោធខាងលើ

  ការប្រៀបធៀបតម្លៃសំទុះ និង%ផលសង

ចំពោះមុំ $10°$ $a_1 = 1.70\ m/s^2$ $a'_1 = 1.66\ m/s^2$ និង %ផលសង = 2.38 % ។

ចំពោះមុំ $13°$ $a_2 = 2.20\ m/s^2$ $a'_2 = 2.11\ m/s^2$ និង %ផលសង = 4.18% ។

ចំពោះមុំ $15°$ $a_3 = 2.54\ m/s^2$ $a'_3 = 2.51\ m/s^2$ និង %ផលសង = 1.19% ។

កាលណាតម្លៃមុំកើនឡើង($10°, 13°$និង $15°$) នោះសំទុះ(a_1, a_2និងa_3)ក៏កើនឡើងដែរ និង % ផលសងនៃសំទុះនីមួយៗរៀងគ្នាមានតម្លៃតូចមានន័យថាសំទុះដែលកំណត់តាមវិធីទី១ និងទី២(សឹងតែ)ដូចគ្នា។

- សន្និដ្ឋាន៖

សំទុះ(a) របស់អង្គធាតុដែល☐រអិល / ☐រមៀលចុះតាមប្លង់ទេរ(មិនគិតកកិត)អាស្រ័យនឹងមុំ(θ)នៃ ប្លង់ទេរ។ បើមុំ(θ)*កើនឡើង* នោះសំទុះ(a)*ក៏កើនឡើងដែរ* និងពីតម្លៃសំទុះដែលគណនាតាមវិធីទាំងពី គេអាចគណនា(%)ភាគរយរបស់វាបាន*យ៉ាងត្រឹមត្រូវ*។ ដូចនេះសម្មតិកម្មត្រូវបាន ☐ គាំទ្រ/ ☐ មិនគាំទ្រដោយពិសោធន៍។

៤. ពិភាក្សា៖

(១) តើអ្នកធ្វើពិសោធដូចម្តេចបានជាទទួលលទ្ធផលបានល្អ ? ចូរបង្ហាញហេតុផល។

(២)តើអ្នកធ្វើពិសោធន៍ដូចម្តេចបានជាទទួលលទ្ធផលមិនសូវបានល្អបែបហ្នឹង ? ចូរបង្ហាញហេតុផល។

(៣)តើអ្នកមានគំនិតច្នៃប្រឌិតបែបណាដើម្បីឱ្យការធ្វើពិសោធន៍លើកក្រោយៗទៀតទទួលបានលទ្ធផលកាន់តែប្រសើរឡើង ? ចូរបង្ហាញយោបល់របស់អ្នក។

(៤)តើសំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល/រមៀលចុះតាមប្លង់ទេរអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់វាដែរឬទេ ? ចូរបង្ហាញហេតុផល។

(៥)តើសំទុះរបស់អង្គធាតុដែលរអិល/រមៀលចុះតាមប្លង់ទេរអាស្រ័យនឹងភាពរលោង ឬគ្រើមនៃប្លង់ ទេរដែរឬទេ ? ចូរបង្ហាញហេតុផល។

(៦)តើអ្នកមានគំនិតច្នៃប្រឌិតបែបណាខ្លះដើម្បីកាត់បន្ថយសំទុះនៃអង្គធាតុដែលចុះតាមប្លង់ទេរដើម្បីកុំឱ្យវាមានតម្លៃធំពេក និងដើម្បីសម្រួលដល់រទេះជនពិការ ឬការលើកឥវ៉ាន់ចុះ-ឡើងដោយប្រើប្លង់ទេរនេះ ?

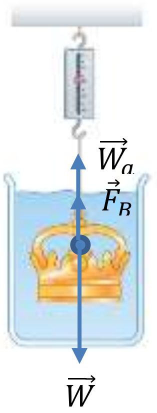
(៧) ចូរប្អូនៗផ្តល់ឧទាហរណ៍ ឬឈ្មោះប្លង់ទេរដែលប្រើប្រាស់ក្នុងការរស់នៅរាល់ថ្ងៃ និងនៅក្នុងបច្ចេកទេស។

មេរៀនទី៤៖ ពិសោធន៍ដំណោលអាកស៊ីម៉ែត

៤.១.វត្ថុបំណង

ប្រើប្រាស់កន្សោម$F_B = \rho g V$ និង ច្បាប់ទី១ $\sum \vec{F} = \vec{0}$ ដើម្បីកំណត់កម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែត និង(%) ផលសងរបស់វាតាមពិសោធន៍។

៤.២.ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្តី)



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

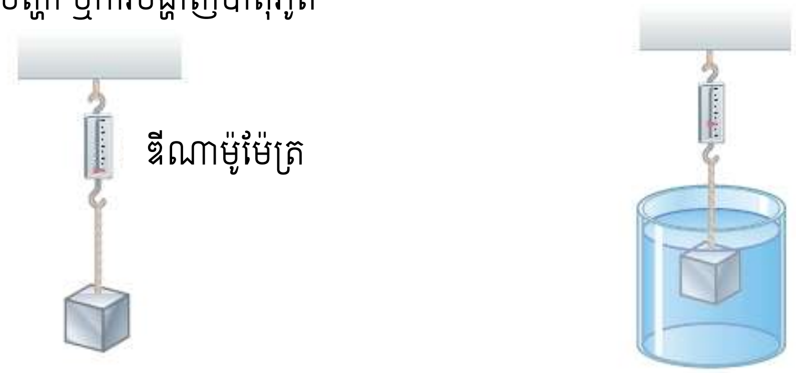
$W = W_a + F_B$ យើងបាន $W_a = W - F_B$ និង $F_B = W - W_a$

- ទម្ងន់អង្គធាតុក្នុងខ្យល់ $W = Mg$ ដែល M ជាម៉ាសនៃអង្គធាតុ(kg)
- ច្បាប់ទី១ $\sum \vec{F} = \vec{0}$
- %ផលសង $= \left| \dfrac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2})/2} \right| \times 100\%$

រូបទី4.1

៤.៣.ពិសោធន៍ (ប្រើវិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមបែបរិះរក *IBL*)

លំនាំបញ្ហា ឬការបង្ហាញបាតុភូត



រូបទី4.2 (ក)ការថ្លឹងអង្គធាតុក្នុងខ្យល់ (ខ)ការថ្លឹងអង្គធាតុក្នុងទឹក

៤.៣.១.សំណួរគន្លឹះ

-តើអ្នកកំណត់កម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែតនិងគណនា (%)ផលសងរបស់វាតាមពិសោធន៍បានយ៉ាងដូចម្តេច?

៤.៣.២.សម្មតិកម្ម

"ដោយវាស់មាឌរបស់អង្គធាតុ(រឹង) ស្គាល់សំទុះទំនាញផែនដី (g) និងស្គាល់ម៉ាសមាឌទឹក(ρ) យើងអាចកំណត់កម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែតតាមវិធីទី១ $F_B(1) = \rho g V$។ ដោយវាស់ទម្ងន់នៃអង្គធាតុក្នុងខ្យល់(W) និងទម្ងន់អង្គធាតុក្នុងទឹក(ទម្ងន់ទំនង) យើងអាចកំណត់កម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែតតាមវិធីទី២ $F_B(2) = W - W_a$។ ពីកម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត)ទាំងពីរនេះ យើងអាចគណនា(%)ផលសងរបស់វាបាន។"

ហេតុអ្វីបានជាអ្នកគិតដូច្នេះ? (ត្រូវបំពេញចម្លើយក្នុងសំណួរតម្រុយ រួចសរសេរក្នុងចូលទីនេះ)

....

....

តម្រុយៈ

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

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

៤.៣.៣.ដំណើរការពិសោធន៍

(ក) តម្រូវការសម្ភារៈ

កូនទម្ងន់មួយ ឌីណាម៉ូម៉ែត្រ ទឹក(មួយដប) បំពង់កែវក្រិត ខ្សែ(មិនយឺត)

(ខ) ដំណើរការដំឡើងឧបករណ៍ និងពិសោធន៍

វិធីទី១

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

- ✓ ចាក់ទឹកចូលក្នុងកែវក្រិតជិតពាក់កណ្ដាលកែវក្រិត និងវាស់មាឌដើមរបស់ទឹក រួចកត់ត្រាតម្លៃវាជា V_1ដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និគណនាខាងក្រោម។
- ✓ ភ្ជាប់ចុងខ្សែទៅនឹងកូនទម្ងន់។
- ✓ ភ្ជាប់ចុងខ្សែម្ខាងទៀតទៅនឹងជើងទម្រ រួចដាក់កូនទម្ងន់ដែលព្យួរនោះឱ្យលិចចូលក្នុងទឹកនៃកែវក្រិតនោះ។
- ✓ វាស់មាឌស្រេចនៃប្រព័ន្ធទឹក-កូនទម្ងន់ក្នុងកែវក្រិត។ មាឌស្រេចនៃប្រព័ន្ធទឹក-កូនទម្ងន់នេះតាងដោយ(V_2)។ កត់ត្រាតម្លៃ V_2ដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាខាងក្រោម។ មាឌកូនទម្ងន់ តាងដោយ (V) ដែល $V = V_2 - V_1$។
- ✓ គណនាកម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែតតាមរូបមន្តៈ $F_B = \rho g V$ និងកត់ត្រាទិន្នន័យចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងគណនាខាងក្រោម។

ការណែនាំក្នុងការគណនាៈ

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

សម្គាល់ៈ មាឌនៃអង្គធាតុ(V ឬ V_O)ស្មើនឹងមាឌទឹកដែលញែក(V_W) គឺ $V = V_O = V_W = V_2 - V_1$។

វិធីទី២

ការកំណត់កម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែតដោយប្រើឌីណាម៉ូម៉ែត្រ

✓ ភ្ជាប់កូនទម្ងន់ទៅនឹងឌីណាម៉ូម៉ែត្រ រួចអានតម្លៃទម្ងន់របស់វាក្នុងខ្យល់ (ទម្ងន់ក្នុងខ្យល់ W) និងកត់ត្រាតម្លៃ(ទិន្នន័យ)ចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម។ទម្ងន់របស់ត្រូវគិតជាញូតុន (N)។

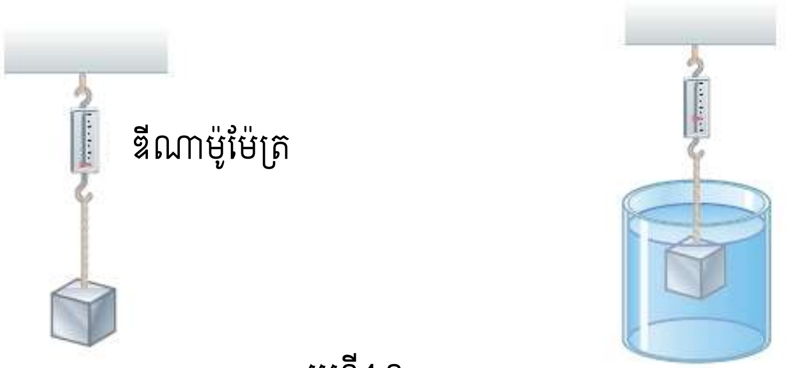
✓ ដាក់កូនទម្ងន់ចូលទៅក្នុងទឹក រួចអានតម្លៃនៃទម្ងន់ទំនងរបស់វា ឬអាចហៅម៉្យាងទៀតថា ទម្ងន់ដែលថ្លឹងក្នុងទឹក (W_a) និងកត់ត្រាតម្លៃចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងគណនាខាងក្រោម។

✓ គណនាកម្លាំងដំណោលអាកស៊ីម៉ែតតាមរូបមន្ត(F_B) $F_B = W - W_a$ និងកត់ត្រាតម្លៃចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងគណនាខាងក្រោម។

ការណែនាំការថ្លឹងទម្ងន់ និងគណនា

✓ ត្រូវថ្លឹងកូនទម្ងន់ក្នុងខ្យល់។ ទម្ងន់របស់កូនទម្ងន់ក្នុងខ្យល់គឺ W។

✓ ត្រូវថ្លឹងកូនទម្ងន់ក្នុងទឹក។ ទម្ងន់របស់កូនទម្ងន់ក្នុងទឹកគឺ W_a។ ទម្ងន់របស់កូនទម្ងន់ក្នុងទឹកត្រូវបានគេហៅថា *ទម្ងន់ទំនង*តាងដោយW_a។



រូបទី4.3

៤.៣.៤.លទ្ធផល(ទិន្នន័យ)

តារាងទិន្នន័យ និងគណនា

វិធីទី១	វិធីទី២
ម៉ាសមាឌទឹក (ρ)= 1000 kg/m^3	$g = 9.80\ \mathrm{m/s^2}$
មាឌទឹកដើម $V_1 =$ 250 mL = 250× $10^{-6}\ \mathrm{m}^3$	%ផលសង = 0 %
មាឌស្រេច(ទឹក-កូនទម្ងន់) $V_2 = 300\ \mathrm{mL}$= 300× $10^{-6}\mathrm{m}^3$	ទម្ងន់(កូនទម្ងន់)ក្នុងខ្យល់ W = 2.94 N
មាឌកូនទម្ងន់ $V = V_2 - V_1 =$ $50\ \times 10^{-6}\ \ \mathrm{m}^3$	ទម្ងន់(កូនទម្ងន់)ក្នុងទឹកគឺ $W_a = 2.45$ N
កម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត) F_B = 0.49 N	កម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត)$F_B = 0.49$ N

- ត្រូវបំពេញតម្លៃក្នុងការគណនាគំរូខាងក្រោមៈ

ការគណនា

វិធីទី១

មាឌទឹកដើម $V_1 =$ 250 mL = 250 × $10^{-6}\ \mathrm{m}^3$

មាឌស្រេច(ទឹក-កូនទម្ងន់) $V_2 = 300\ \mathrm{mL} = 300\times 10^{-6}\mathrm{m}^3$

មាឌកូនទម្ងន់ $V = V_2 - V_1 = \quad 50\ \times 10^{-6}\ \ \mathrm{m}^3$

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

វិធីទី២

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

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

$$\%\text{ផលសង} = \left|\frac{\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2}}{(\text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី1} + \text{តម្លៃវាស់តាមវិធីទី2})/2}\right| \times 100\% = 0\%$$

៤.៣.៥.វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

វិភាគះ ប្រៀបធៀបកម្លាំងដំណោល (អាកស៊ីសម៉ែត) តាមវិធីទី១ និងតាមវិធីទី២តាមការពិសោធ

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

សន្និដ្ឋានះ

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើកម្លាំងដំណោល(អាកស៊ីម៉ែត)ទាំងពីរមានតម្លៃ*(ស៊ឹងតែ) ដូចគ្នា* និងផលសង(ភាគរយ)មានតម្លៃ ……………0%…………។ ដូចនេះ សម្មតិកម្មត្រូវបាន ☑គាំទ្រ/ □មិនគាំទ្រដោយពិសោធន៍។

៤.៤.ពិភាក្សា

១.ប្រសិនបើវត្ថុមានមាឌធំជាងមុនដាក់ក្នុងទឹក តើកម្លាំងដំណោលមានតម្លៃប្រែប្រួលដូចម្តេច? ចូរបង្ហាញហេតុផល។

២.ប្រសិនបើយើងប្តូរប្រភេទអង្គធាតុរាវ តើកម្លាំងដំណោលទៅជាយ៉ាងណា? ចូរបង្ហាញយោបល់របស់អ្នក។

៣.តើកម្លាំងដំណោលរបស់សន្ទនីយ៍ដែលមានអំពើលើអង្គធាតុមួយដែលស្ថិតក្នុងសន្ទនីយ៍នោះអាស្រ័យនឹងកត្តាអ្វីខ្លះនៅសីតុណ្ហភាពបន្ទប់? ចូររៀបរាប់។

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

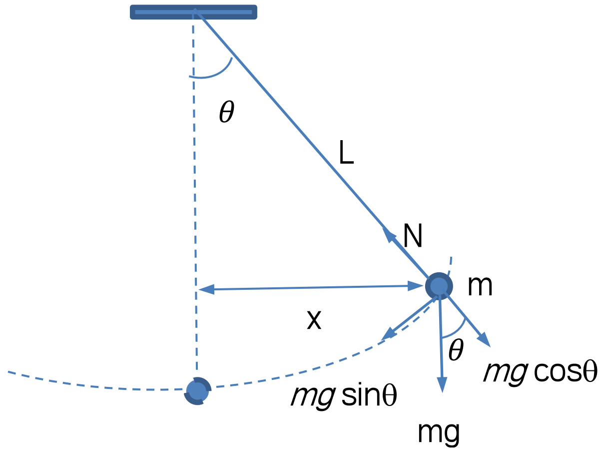
មេរៀនទី៥៖ ពិសោធន៍ ប៉ោល-លំយោលអាកម៉ូនិចងាយ

៥.១.ទស្សនៈ

- កំណត់ភាពអាស្រ័យគ្នារវាងខួប(T) ប្រវែង(L) និងម៉ាស(m)របស់ប៉ោល។
- បង្ហាញថាខួបនៃប៉ោល(T)អាស្រ័យលើអំព្លីទុតមុំនៃលំយោលចំពោះមុំលំយោលធំ ប៉ុន្តែភាពអាស្រ័យនេះអាចចោលបាន ចំពោះមុំលំយោលតូច(ខួបនៃប៉ោលទោល)។
- កំណត់តម្លៃសំទុះទំនាញផែនដីតាមពិសោធន៍ដែលទាញតាមរង្វាស់ខួបនៃប៉ោល និងប្រៀបធៀបវាជាមួយនឹងតម្លៃតាមទ្រឹស្តី។

៥.២.ទ្រឹស្តី

ប៉ោលផ្សំឡើងដោយខ្សែមិនយឺតមួយប្រវែង(L) ដែលចុងម្ខាងរបស់វាភ្ជាប់ទៅនឹងម៉ាស(m) និងចុងម្ខាងទៀតរបស់ខ្សែភ្ជាប់ទៅនឹងចំណុចនឹងមួយ។ សំណុំនេះត្រូវបានគេហៅថាប៉ោលទោលដែលយើងសិក្សាក្នុងករណីមុំតូច(លំយោលមិនថយ) (បើមុំធំលំយោលថយ វាមិនមែនជាប៉ោលទោលទេ)។



រូបទី 5.1

ម៉ាស(m)ផ្លាស់ទីតាមមួយវិមាត្រ នោះចលនាជាចលនាស៊ីនុយសូអ៊ីត បើបម្លាស់ទី x ពីទីតាំងលំនឹងណាមួយជាអនុគមន៍នៃស៊ីនុស ឬកូស៊ីនុស។ ចលនានេះកើតឡើង កាលណាចំណុចរូបធាតុមួយរងនូវកម្លាំង F ដែលសមាមាត្រដោយផ្ទាល់នឹងអាំងតង់ស៊ីតេនៃបម្លាស់ទី និងមានទិសដៅឆ្ពោះទៅកាន់ទីតាំងលំនឹង។ សមីការឱ្យដោយ៖

$$F = -kx \qquad (1)$$

ខួប(T)នៃចលនាគឺជារយៈពេលមួយលំយោលពេញ និងត្រូវបានកំណត់ដោយ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} \qquad (2)$$

ប៉ោលទោលមិនគោរពលក្ខខណ្ឌលំយោលអាកម៉ូនិចងាយពេញលេញនោះទេ ប៉ុន្តែវាសឹងតែជាលំយោលអាកម៉ូនិចងាយ។ ប៉ោលទោលបរិសុទ្ធមានម៉ាសជាចំណុច និងខ្សែមិនគិតម៉ាសបង្ហាញដូចរូបខាងលើ។

ចលនារបស់ប្រព័ន្ធកើតឡើងក្នុងប្លង់ឈរ កាលណាម៉ាស m ត្រូវបានលែងពីទីតាំងមួយដែលបង្កើតបានមុំ θ ជាមួយនឹងខ្សែឈរ។ ទម្ងន់នៃប៉ោលមានទិសដៅចុះក្រោមអាចត្រូវបានបំបែកជាកំប៉ូសង់ពីរដូចបង្ហាញក្នុងរូបខាងលើ។

កំប៉ូសង់ $mg\cos\theta = N$ (តំណឹងខ្សែនៃប៉ោល)

កំប៉ូសង់ $mg\sin\theta$ ប៉ះទៅនឹងធ្នូវង់តាមបណ្ដោយម៉ាស m ផ្លាស់ទី។ កំប៉ូសង់នេះផ្ដល់កម្លាំងដើម្បីទាញប្រព័ន្ធ។ សមីការនៃកម្លាំងតាមបណ្ដោយទិសដៅចលនាឱ្យដោយៈ

$F = -mg\sin\theta$ (3)

កាលណាមុំ θ តូច នោះ sinθ ≈ tanθ ≈ θ ≈ mg/L

$F = -mgx/L$ (4)

ពីសមីការ (4)និង(1) យើងបាន $k = mg/L$

ដូចនេះខួបនៃប៉ោលទោលគឺ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{mg/L}} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \qquad (5)$$

សមីការ (5) បង្ហាញថាខួបនៃប៉ោលទោល T មិនអាស្រ័យនឹងម៉ាស m និងអំព្លីទុតមុំ θ ទេ និងវាអាស្រ័យតែប្រវែង(ខ្សែ)ប៉ោលប៉ុណ្ណោះ។

កាលណាមុំធំ នោះតម្លៃនៃខួបពិតគឺ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}\left(1 + \frac{1}{4}\sin^2\theta/2 + \frac{9}{64}\sin^4\theta/2 + \cdots\right) \qquad (6)$$

ចំពោះប៉ោលបរិសុទ្ធ(គ្មានកកកិត) ចលនាយោលសាចុះសាឡើងមានអំព្លីទុតមិនថយទោះបីជារយៈពេលបន្តទៅមុខទៀតក៏ដោយ។ ចំពោះប៉ោលពិត វាតែងតែមានកកិតខ្លះៗ និងអំព្លីទុតនៃលំយោលថយចុះយឺតៗតាមពេល។ **ចំពោះអំព្លីទុតដើមតូច បម្រែបម្រួលខួបតាមអំព្លីទុតថយចុះអាចចោលបាន។** នេះជាមូលដ្ឋានគ្រឹះនៃនាឡិកាប៉ោល។

៥.៣.តេស្តមុនចូលទីពិសោធន៍

១. តើអ្វីទៅជាប៉ោលទោល?

២. សរសេររូបមន្តខួបនៃប៉ោលទោល។

៣. តើខួបនៃប៉ោលទោលអាស្រ័យនឹងអ្វីខ្លះ?

៤. ក្នុងករណីអំព្លីទុតនៃលំយោធំ ឬមុំធំ តើលំយោលជាលំយោលអ្វី?

៥. បង្ហាញថាខួបនៃប៉ោលទោលឱ្យតាមរូបមន្ត $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ។

៦.បង្ហាញថាកាលណាមុំធំខួបនៃប៉ោលគឺ$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}\left(1 + \frac{1}{4}\sin^2\theta/2 + \frac{9}{64}\sin^4\theta/2 + \cdots\right)$

៧.ប៉ោលទោលមួយមានប្រវែងខ្សែស្មើនឹង 0.700 m និងគេទាញវាចេញពីទីតាំងលំនឹងក្រោមមុំតូចប្រហែល 5.0° បន្ទាប់មកគេលែងវាឱ្យយោល។ កំណត់ខួបនៃប៉ោលទោល យក $g = 9.80\, m/s^2$ ។

៨. ប៉ោលទោលមួយមានប្រវែងខ្សែ L ។ គេទាញវាចេញពីទីតាំងលំនឹងក្រោមមុំលំយោលតូច រួចលែងវាឱ្យយោល។ គេវាស់ឃើញខួបលំយោលរបស់វាស្មើ 1.81 s ។ គណនាប្រវែងខ្សែ L នេះ។ $g = 9.80\,m/s^2$ ។

៩. ប៉ោលទោលមួយមានប្រវែងខ្សែ 1.00 m ។ គេទាញវាចេញពីទីតាំងលំនឹងក្រោមមុំតូចប្រហែល 5.0° បន្ទាប់មកគេលែងវាឱ្យយោល។

ក. កំណត់ខួបនៃប៉ោលទោល។ យក $g = 9.80\,m/s^2$ ។

ខ. ដោយប្រើក្រូណូម៉ែត្រកត់ត្រារយៈពេល 10 លំយោលពេញចំនួន 5 ដងផ្សេងៗគ្នា គេបានតម្លៃក្នុងតារាងខាងក្រោម៖

ពិសោធន៍	លើកទី1	លើកទី2	លើកទី3	លើកទី4	លើកទី5
រយៈពេល10 លំយោលពេញ (s)	20.05	20.08	20.08	20.04	20.08
ខួប(T)					
$\overline{T}$					
%កម្រិតល្អៀង					
ល្អៀងគំរូ(α)					

(a) គណនាខួប(រយៈពេលមួយលំយោលពេញ) (T)

(b) គណនាតម្លៃមធ្យមនៃខួប $\overline{T}$

(c) គណនាកម្រិតល្អៀង(ភាគរយ)

(d) កម្រិតល្អៀងគំរូ (α)

៥.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ

Software PHET

៥.៥.ដំណើរការ

(ក) Install Software PHET (Offline or online) ចូលក្នុងកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក។ បើ Online ពេលប្រើត្រូវភ្ជាប់ Internet ។ បើ Offline មិនចាំបាច់ភ្ជាប់ Internet ទេ។ បន្ទាប់ពី Install ចប់ វានឹងបង្ហាញ Icon PHET simulations នៅលើ Screen នៃកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក។

(ខ) ដាក់ Mouse pointer លើ Icon PHET simulations រួចចុចពីរដងលើ Mouse ខាងឆ្វេង នោះវានឹងលេចចេញផ្ទាំងបញ្ជីឈ្មោះពិសោធន៍ដែលរៀបតាមអក្ខរក្រម(Alphabet) ពី A ទៅ Z ។ នៅជួរខាងឆ្វេងមានពាក្យថា Simulations និងខាងក្រោមវាមានពាក្យថា Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math, ... ដែលបញ្ជាក់ថាអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានជាមួយ Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math ។

(គ) ចុចលើពាក្យថា Physics (រូបវិទ្យា) វានឹងបង្ហាញបញ្ជីពិសោធន៍យ៉ាងច្រើនដែលអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បាន

ក្រោមទម្រង់ជារូបភាព។ សូមចងចាំថា ពិសោធន៍របស់អ្នកគឺប៉ោលទោល(Pendulum Lab)។ ដូចនេះត្រូវយក Pendulum Lab ។

(ឃ) ចុចលើពាក្យ Pendulum Lab ពេលនោះវានឹងលេចចេញជា File VIDEO ។

(ង) ចុចលើ VIDEO នេះ វានឹងចេញរូបប៉ោលដែលនៅស្ងៀម និងប្រអប់ជាច្រើន។

➢ ចំពោះប្រវែងប៉ោល

(ច) ចុចជ្រើសរើសប្រវែងខ្សែ (L) ម៉ាសប៉ោល(m) សំទុះទំនាញដី(g) (ផែនដី) និងគ្មានកកិតនៅក្នុងប្រអប់ខាងស្តាំនៃប៉ោល។ តម្លៃទាំងនេះមើលតាមតារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី១ខាងក្រោម។

(ឆ) ទាញប៉ោលចេញពីទីតាំងលំនឹងបានមុំប្រហែល 5.0° រួចលែងវា។

(ជ) ចុចលើប្រអប់ខាងក្រោមផ្នែកខាងឆ្វេងដើម្បីជ្រើសយក Stopwatch (ក្រូណូម៉ែត្រ) នោះវានឹងលេចចេញនូវ Stopwatch (ក្រូណូម៉ែត្រ)ដែលអាចឱ្យយើងវាស់ខួបនៃលំយោលបាន។

(ឈ) វាស់ខួប 10 លំយោលពេញ រួចកត់ត្រាទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១ខាងក្រោម។ វាស់វាចំនួនបីដងផ្សេងៗគ្នាទៀត។ **ធ្វើដូចគ្នាចំពោះប្រវែងខ្សែផ្សេងៗទៀត**។

➢ ចំពោះម៉ាសប៉ោល

(ញ) ពិនិត្យតារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី២ រួចយកម៉ាសតាមក្នុងតារាង និងធ្វើតាមចំណុច (ឈ)។ **ធ្វើដូចគ្នាចំពោះម៉ាសប៉ោលផ្សេងៗទៀត**។ពិសោធន៍នេះត្រូវរក្សាប្រវែងប៉ោល និងមុំ(អំព្លីទុត) ថេរ។

➢ ចំពោះមុំប៉ោល(អំព្លីទុតមុំ)

(ដ) ពិនិត្យតារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី៣រួចយកមុំតាមក្នុងតារាង និងធ្វើតាមចំណុច(ឈ)។ **ធ្វើដូចគ្នាចំពោះមុំប៉ោល(អំព្លីទុតមុំ)ផ្សេងៗទៀត**។ ពិសោធន៍នេះត្រូវរក្សាប្រវែងប៉ោល និងម៉ាសថេរ។

❖ ដំបូន្មានក្នុងការគណនា

ប្រវែងប៉ោល

១. គណនាតម្លៃមធ្យម $\bar{t}$ កម្រិតល្អៀងស្តង់ដា α_t សម្រាប់ប្រវែងនីមួយៗនិងកត់ត្រាតម្លៃរបស់វាក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១។

២. គណនាខួប T ដែល $T=\bar{t}/10$ និងកត់ត្រាវាក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១។

៣. គណនា $\sqrt{L}$ និងកត់ត្រាវាក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១។ សង់ក្រាបរវាង T និង $\sqrt{L}$ ដែល T ស្ថិតលើអ័ក្សឈរនិង $\sqrt{L}$ លើអ័ក្សដេក។ តាមរូបមន្ត $T=\frac{2\pi}{\sqrt{g}}\sqrt{L}$ នោះមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ $\tan\theta=\frac{2\pi}{\sqrt{g}}$ ដែល g ជាអញ្ញត្តិ

និងកត់ត្រាវាជាg_{exp} ក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១។ កត់ត្រាមេគុណទំនាក់ទំនង r (Correlation coefficient)។

ម៉ាសប៉ោល

១. គណនាតម្លៃមធ្យម $\bar{t}$ និងកម្រិតល្អៀងស្តង់ដា α_t សម្រាប់ម៉ាសនីមួយៗ និងកត់ត្រាតម្លៃរបស់វាក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី២។

២. គណនាខួប T ដែល $T=\bar{t}/10$ និងកត់ត្រាវាក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី២។

មុំប៉ោល(អំព្លីទុតមុំ)

១. គណនាតម្លៃមធ្យម $\bar{t}$ និងកម្រិតល្អៀងស្តង់ដា α_t សម្រាប់មុំនីមួយៗ និងកត់ត្រាតម្លៃរបស់វាក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី៣។

២. គណនាខួប T ដែល $T=\bar{t}/10$ និងកត់ត្រាវាក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី៣ជា T_{exp} ។

៣. ប្រើសមីការ (6) គឺ $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}\left(1+\frac{1}{4}\sin^2\theta/2+\frac{9}{64}\sin^4\theta/2+\cdots\right)$ដើម្បីគណនា T ដោយយក L = 1.00 m, និង m = 0.200 kg និង θ ក្នុងតារាង។ កត់ត្រាវាក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី៣ជា T_{theo} ។

៤. សម្រាប់តម្លៃខួបតាមពិសោធន៍ T_{exp} គណនាផលធៀបនៃខួបត្រង់មុំផ្សេងៗទៅនឹងខួបត្រង់មុំ 5.0°។ ហៅផលធៀបនេះជា $\frac{T_{exp(\theta)}}{T_{exp(5°)}}$ ។ កត់ត្រាតម្លៃនេះក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី៣។

៥. សម្រាប់តម្លៃខួបតាមទ្រឹស្តី T_{theo} គណនាផលធៀបនៃខួបត្រង់មុំផ្សេងៗទៅនឹងខួបត្រង់មុំ 5.0°។ ហៅផលធៀបនេះជា $\frac{T_{theo(\theta)}}{T_{theo(5°)}}$ ។ កត់ត្រាតម្លៃនេះក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី៣។

៥.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី១

- យក m = 0. 200 kg, និង $\theta = 5.0°$ (ថេរ)

L (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	$\bar{t}$(s)	T(s)=$\bar{t}$/10	$\sqrt{L}(\sqrt{m})$	α_t (s)
1.00	19.91	19.94	19.86	19.90	1.990	1.00	
0.800	17.74	17.73	17.83	17.77	1.777	0.8944	
0.600	15.61	15.44	15.46	15.50	1.550	0.7746	
0.500	14.05	14.09	14.08	14.07	1.407	0.7071	
0.400	12.59	12.59	12.58	12.59	1.259	0.6325	
0.300	10.91	10.99	10.96	10.95	1.095	0.5477	
0.200	8.85	8.90	8.83	8.86	0.886	0.4472	
0.100							
មេគុណប្រាប់ទិស tanθ = 2	g_{exp}= 9.86 m/s²		%កម្រិតល្អៀង =			r = 1	

តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី២

- យក L = 1. 00 m, និង $\theta = 5.0°$ (ថេរ)

m (kg)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	$\bar{t}$(s)	T(s) = $\bar{t}$/10	α_t (s)
0.100	19.91	19.93	19.96	19.93	1.993	
0.200	19.94	19.92	19.93	19.93	1.993	
0.300	19.87	19.88	19.98	19.91	1.991	

0.500	19.95	19.90	19.92	19.92	1.992	

តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី៣

❖ យក L = 1.00 m, និង m = 0.200 kg (ថេរ)

θ	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	$\bar{t}$(s)	α_t (s)	T(s)=T_{exp}	T_{theo} (s)	$\frac{T_{exp}(\theta)}{T_{exp}(5°)}$	$\frac{T_{theo}(\theta)}{T_{theo}(5°)}$
5°	19.85	19.93	20.07	19.95		1.995	2.008	1.000	1.000
10°	20.03	20.01	20.00	20.01		2.001	2.011	1.003	1.001
20°	20.07	20.25	20.15	20.16		2.016	2.022	1.010	1.007
30°	20.26	20.31	20.30	20.29		2.029	2.042	1.017	1.017
45°	20.78	20.85	20.76	20.80		2.080	2.087	1.043	1.039

ការគណនាគំរូ

- $T_{exp} = \frac{\bar{t}}{10} =$
- $\sqrt{L} =$
- $g_{exp} = \frac{4\pi^2}{\tan^2\theta} =$
- $T_{\text{theo}} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}\left(1+\frac{1}{4}\sin^2\theta/2+\frac{9}{64}\sin^4\theta/2+\cdots\right)$
- $\delta_{n-1} = \sqrt{\sum \frac{1}{n-1}\left(t-\bar{t}\right)^2}$
- $\alpha_t = \frac{\delta_{n-1}}{\sqrt{n}} =$
- %កម្រិតល្អៀង $= \left|\frac{g_{theo}-g_{exp}}{g_{theo}}\right| \times 100\% =$

❖ ក្រាប

រូបទី 5.2

៥.៧.សន្និដ្ឋាន

- ផ្អែកលើសទ្ធផលពិសោធន៍តាមតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១កាលណាប្រវែង(L) ប៉ោល…………….នោះខួប(T)នៃប៉ោល…………។ ចំណែកឯតាមតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី២ កាលណាម៉ាស (m)ប៉ោល……………….នោះខួប(T)នៃប៉ោល…………………។ ដូចនេះយើងអាចសន្និដ្ឋានបានថា ខួបនៃប៉ោលទោល(T)អាស្រ័យលើ***ប្រវែង***នៃប៉ោល និងមិនអាស្រ័យលើ***ម៉ាស***របស់ប៉ោលទេ។

- តាមលទ្ធផលក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី៣ កាលណាមុំ(អំព្លីទុតមុំ)ប៉ោលθ = 5.0° នោះ ខួប(T)នៃប៉ោលស្មើ………………….និងθ = 10° នោះ ខួប(T)នៃប៉ោលស្មើ……….។ ប៉ុន្តែ កាលណាមុំ(អំព្លីទុតមុំ)ប៉ោលធំ θ> 10° នោះ ខួប(T)នៃប៉ោល……….។ ដូចនេះយើងអាច សន្និដ្ឋានបានថា ខួបនៃប៉ោលទោល(T)មាន***តម្លៃថេរ*** កាលណាមុំ(អំព្លីទុតមុំ)ប៉ោល(θ) តូច ប្រហែល 10° និងមាន***តម្លៃកើនឡើង*** កាលណាមុំ(អំព្លីទុតមុំ)ប៉ោល(θ) ធំ (> 10°) និង ។
- សំទុះទំនាញផែនដីអាចត្រូវបានកំណត់តាមពិសោធន៍ g_{exp} =………….m/s²។

៥.៨.ពិភាក្សា

១. តើកត្តាអ្វីខ្លះដែលធ្វើលទ្ធផលពិសោធន៍របស់អ្នកមិនបានល្អ?

២. តើអ្នកធ្វើដូចម្តេចបានជាលទ្ធផលពិសោធន៍របស់អ្នកបានល្អ?

៣. ដើម្បីឱ្យការពិសោធន៍លើកក្រោយៗទៀតទទួលបានលទ្ធផលកាន់តែល្អជាងនេះ តើអ្នកត្រូវ យកចិត្តទុកដាក់លើចំណុចអ្វីខ្លះ?

មេរៀនទី៦៖ ពិសោធន៍ ប៉ោលរ៉ឺស័រ

៦.១.ទត្ថុបំណង

- កំណត់ថេរកម្រាញនៃរ៉ឺស័រដេងឈរ បានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធន៍ កាលណាម៉ាសរបស់អង្គធាតុត្រូវបានវាស់។
- គណនាផលសងភាគរយនៃរ៉ឺស័រដេងឈរបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធ។
- កំណត់ខួបនៃប៉ោលរ៉ឺស័របានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធ។
- គណនាកម្រិតល្បឿនស្តង់ដានៃខួបបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធ។

៦.២.ទ្រឹស្តី

គេមានរ៉ឺស័រមួយដែលមានថេរកម្រ៉ាញ k ចុងខាងលើត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងចំណុចនឹងមួយ។ កូនទម្ងន់មួយដែលមានម៉ាស m ត្រូវបានព្យួរទៅនឹងចុងខាងក្រោមនៃរ៉ឺស័រនេះ។ គេលែងម៉ាស m វាថ្នមៗ ពេលនោះរ៉ឺស័រលូតចុះក្រោមបានប្រវែងមួយ និងមានលំនឹង។ តាង O ទីតាំងលំនឹងនេះ។ គេទាញម៉ាស m ចុះក្រោមបន្តិចបានប្រវែង $y = A$ រួចលែងវា ពេលនោះម៉ាស m យោលចុះយោលឡើងសងខាងទីតាំងលំនឹងដែលជាលំយោលអាកម៉ូនិចងាយដែលមានអំព្លីទុត A។ សមីការលំយោលត្រូវបានបកស្រាយដូចខាងក្រោម៖

កម្លាំងរ៉ឺស័រ $F = -k\,x$ (1)

ដែល x ជាសាច់លូតនៃរ៉ឺស័រ (m) និង k ជាថេរម្រាញនៃរ៉ឺស័រ(N/m)

កាលណា $|F|$ = W = mg (អង្គធាតុនៅស្ងៀម), ដែល m ជាម៉ាសរបស់អង្គធាតុ (kg) យើងបាន $k = \frac{mg}{x}$

តាមច្បាប់ទីពីររបស់លោកញូតុន $F = ma = m\frac{d^2x}{dt^2}$ (2) (អង្គធាតុមានចលនា)

ពីសមីការ (1) និង(2)

$$-k\,x = m\frac{d^2x}{dt^2}$$

$$\frac{-k}{m}x = \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$$

តាង $\omega^2 = \frac{k}{m}$

$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$ ជាសមីការឌីផេរ៉ង់ស្យែលលំដាប់ពីរមានឬស

$$x = A\cos(\omega t + \varphi)$$

A ជាអំព្លីទុត (m), ω ជាប្រេកង់មុំ (rad/s), t ជារយៈពេល (s), φ ជាមុំផាស (rad), x ជាអេឡុងកាស្យុង (m) ឬជាសមីកាទីតាំង។

សមីការល្បឿនរបស់ម៉ាស m

$$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega\sin(\omega t + \varphi)$$

ល្បឿនអតិបរមា $\boldsymbol{v_{max}}$ របស់ម៉ាស m

$v_{max} = A\omega = A\sqrt{\frac{k}{m}}$

សមីការសំទុះ *a* របស់ម៉ាស *m*

$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega^2\cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$

សំទុះអតិបរមា $\boldsymbol{a_{max}}$ របស់ម៉ាស *m*

$a_{max} = A\omega^2 = A\frac{k}{m}$

ខួបនៃលំយោលឱ្យតាមរូបមន្ត៖

$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ និង $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

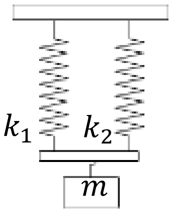
k ជាថេរកម្រ៉ាញនៃរ៉ឺស័រ (N/m), *m* ជាម៉ាសរបស់ប៉ោលរ៉ឺស័រ (kg), *T* ជាខួបរបស់ប៉ោលរ៉ឺស័រ (s)

$$\%\text{ផលសង (\%Diff)} = \left|\frac{\text{វិធីទី១} - \text{វិធីទី២}}{\frac{\text{វិធីទី១} + \text{វិធីទី២}}{2}}\right| \times 100\%$$

សម្គាល់៖

- កាលណារ៉ឺស័រពីរតជាខ្នែងជាមួយគ្នា និងទ្រអង្គធាតុមួយ នោះថេរកម្រាញសមមូល *k* ឱ្យដោយ

$k = k_1 + k_2$

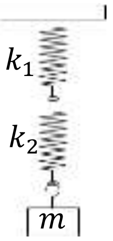


ដែល k_1 ថេរកម្រាញរបស់រ៉ឺស័រទី១គិតជា (N/m)

k_2 ថេរកម្រាញរបស់រ៉ឺស័រទី២គិតជា (N/m)

- កាលណារ៉ឺស័រពីរតជាស៊េរីជាមួយគ្នា និងទ្រអង្គធាតុមួយ នោះថេរកម្រាញ សមមូល *k* ឱ្យដោយ៖

$k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$



k_1 ថេរកម្រាញរបស់រ៉ឺស័រទី១គិតជា (N/m)

k_2 ថេរកម្រាញរបស់រ៉ឺស័រទី២គិតជា (N/m)

- ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលនៃរ៉ឺស័រ(*U* ឬ *PE*)

$U \text{ ឬ } PE = \frac{1}{2}kx^2$

x សាច់លូតនៃរ៉ឺស័រ (m), *k* ថេរកម្រាញនៃរ៉ឺស័រ (N/m), *U* ឬ *PE* ថាមពលប៉ូតង់ស្យែល (J)

៦.៣.តេស្តមុនពេលចូលទីពិសោធន៍

១. តើប៉ោលរ៉ឺស័រជាអ្វី?

២. សរសេររូបមន្តខួបនៃប៉ោលរ៉ឺស័រ។

៣. ចូរបង្ហាញថាក្នុងប៉ោលរ៉ឺស័រ បម្លាស់ទីរបស់ម៉ាស *m* (អេឡុងកាស្យុង)ឱ្យដោយសមីការ៖

$x = A\cos(\omega t + \varphi)$

៤. ចូរបង្ហាញថា $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ ។

៥. កូនទម្ងន់មួយមានម៉ាស 1.50 kg ត្រូវបានព្យួរទៅនឹងចុងខាងក្រោមនៃរ៉ឺស័រមួយ ចំណែកឯចុងខាងរបស់វា ត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងទម្រនឹងមួយ។ រ៉ឺស័រយឺតបានប្រវែង 0.150 m។ គណនាថេរកម្រាញនៃរ៉ឺស័រនេះ។ កំណត់យកសំទុះទំនាញផែនដី 9.80 N/kg ។

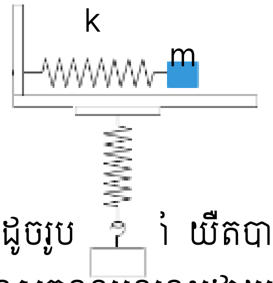
៦. កូនទម្ងន់មួយមានម៉ាស m ត្រូវបានព្យួរទៅនឹងចុងខាងក្រោមនៃរ៉ឺស័រមួយ ចំណែកឯចុងខាងរបស់វា ត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងទម្រនឹងមួយ។ រ៉ឺស័រយឺតបានប្រវែង 30.0 cm។ បើថេរកម្រាញនៃរ៉ឺស័រស្មើនឹង 100 N/m គណនាម៉ាសរបស់កូនទម្ងន់នេះ។ កំណត់យកសំទុះទំនាញផែនដី 9.80 N/kg ។

៧. អង្គធាតុមួយមានម៉ាស 5.00 kg ត្រូវបានដាក់លើចុងខាងលើនៃរ៉ឺស័រឈរមួយ។ រ៉ឺស័ររួញបានប្រវែង 2.00 cm ។គណនាថេរកម្រាញរបស់រ៉ឺស័រ។ កំណត់យកសំទុះទំនាញផែនដី 9.80 N/kg ។

៨. អង្គធាតុមួយមានម៉ាស 0.600 kg ត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងរ៉ឺស័រដែលមានថេរកម្រាញ 100 N/m មួយបង្ហាញដូចរូបខាងស្តាំ។ អង្គធាតុអាចផ្លាស់ទីលើផ្ទៃដេករាបស្មើដោយគ្មានកកិត។ គេទាញអង្គធាតុចេញពីទីតាំងលំនឹងបានប្រវែង13.0 cm រួចលែងវាដោយគ្មានល្បឿនដើម។ គណនា៖

ក. កម្លាំងដែលមានអំពើលើអង្គធាតុ

ខ. សំទុះរបស់អង្គធាតុ



៩. រ៉ឺស័រឈរមួយបង្ហាញដូចរូប ាំ យឺតបានប្រវែង 4.00 cm កាលណាគេព្យួរកូនទម្ងន់ដែលមានម៉ាស 20.0 g ។ គេជំនួសកូនទម្ងននេះដោយកូនទម្ងន់មួយទៀតដែលមានម៉ាស 50.0 g រួចព្រលែង ពេលនោះវាយោលចុះឡើងៗ។ គណនាប្រេកង់មុំ និងខួបនៃចលនា។

១០. ក្នុងម៉ាស៊ីនមួយ ពីស្តុងមួយយោលដោយចលនាអាកម៉ូនិចងាយ ទីតាំងរបស់វាប្រែប្រួលឱ្យដោយកន្សោម $x = (6.00\ \mathrm{cm})\cos\left(2t + \frac{\pi}{6}\right)$ ដែល x គិតជា (cm) និង t គិតជា(s)។ កំណត់៖

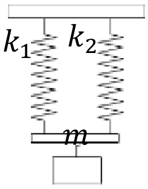
ក. ទីតាំង ល្បឿន និង សំទុះរបស់ពីស្តុង ត្រង់ខណៈ $t = 0$។

ខ. ប្រេកង់មុំ ខួប និង អំព្លីទុតនៃចលនា។

១១. កូនទម្ងន់មួយមានម៉ាស 250 g ត្រូវបានព្យួរទៅនឹងចុងខាងក្រោមនៃរ៉ឺស័រឈរមួយ និងចុងខាងលើរបស់វាត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងទម្រនឹងមួយ។ កូនទម្ងន់ត្រូវបានដាក់ឱ្យមានលំយោលឈរ និងមានខួបស្មើនឹង 0.700 s ។ គណនាថេរកម្រាញរបស់រ៉ឺស័រ។

១២. កូនទម្ងន់មួយត្រូវបានព្យួរទៅនឹងចុងខាងក្រោមនៃរ៉ឺស័រឈរមួយ និងចុងខាងលើរបស់វាត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងទម្រនឹងមួយ។ កូនទម្ងន់ត្រូវបានដាក់ឱ្យមានលំយោលឈរ និងមានអំព្លីទុតស្មើនឹង 14.0 cm ។ បើថេរកម្រាញរបស់រ៉ឺស័រមានតម្លៃ 7.20 N/m និងល្បឿនអតិបរមារបស់កូនទម្ងន់ស្មើនឹង 1.19 m/s គណនាទម្ងន់របស់កូនទម្ងន់នេះ។

១៣.រ៉ឺស័រពីរត្រូវបានដំឡើងដូចរូបខាងស្តាំ។ រ៉ឺស័រទី១មានថេរកម្រាញ k_1 និងទី២ k_2 ។ កូនទម្ងន់មួយត្រូវបានព្យូរនឹងចុងខាងក្រោមនៃរ៉ឺស័រ។ បង្ហាញថាថេរកម្រាញសមមូល k ឱ្យដោយ $k = k_1 + k_2$។



១៤. រ៉ឺស័រពីរត្រូវបានដំឡើងដូចរូបក្នុងលំហាត់ទី១៣។ រ៉ឺស័រទី១មានថេរកម្រាញ200 N/m និងទី២ 220 N/m ។

បើម៉ាសដែលព្យួរមានតម្លៃ 1.00 kg និងយក g = 10 N/kg គណនា៖

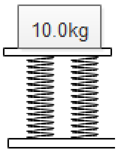
ក. ថេរកម្រាញសមមូលរបស់វា។

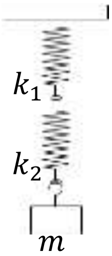
ខ. សាច់លូតរបស់(បង្គុំ)រ៉ឺស័រ។

១៥. រ៉ឺស័រពីរត្រូវបានដំឡើងដូចរូបខាងស្តាំ។ រ៉ឺស័រទាំងពីរមានថេរកម្រាញដូចគ្នា នីមួយៗស្មើ 200 N/m។ បើម៉ាសដែលព្យួរមានតម្លៃ 10.0 kg និងយក g = 10 N/kg គណនា៖

ក. ថេរកម្រាញសមមូលរបស់វា។

ខ. សាច់រួញរបស់(បង្គុំ)រ៉ឺស័រ។





១៦. រ៉ឺស័រពីរត្រូវបានដំឡើងដូចរូបខាងស្តាំ។ រ៉ឺស័រទី១មានថេរកម្រាញ k_1 និងទី២ k_2 ។ កូនទម្ងន់មួយត្រូវបានព្យួរនឹងចុងខាងក្រោមនៃរ៉ឺស័រ។ បង្ហាញថា ថេរកម្រាញសមមូល k ឱ្យដោយ $k = \frac{k_1 k_2}{k_1+k_2}$ ។

១៧. រ៉ឺស័រពីរត្រូវបានដំឡើងដូចរូបក្នុងលំហាត់ទី១៦។ រ៉ឺស័រទី១មានថេរកម្រាញ200 N/m និងទី២ 220 N/m ។

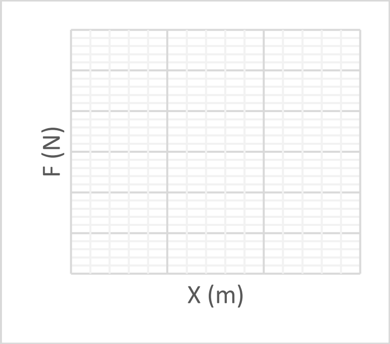
បើម៉ាសដែលព្យួរមានតម្លៃ 5.00 kg និងយក g = 10 N/kg គណនា៖

ក. ថេរកម្រាញសមមូលរបស់វា។

ខ. សាច់លូតរបស់(បង្គុំ)រ៉ឺស័រ។

១៨. ចូររៀបរាប់ពីការប្រើប្រាស់រ៉ឺស័រនៅក្នុងបច្ចេកទេសដែលអ្នកបានជួបប្រទះក្នុងការរស់នៅរាល់ថ្ងៃ។

១៩. គេដំឡើងឧបករណ៍ដែលមានរ៉ឺស័រមួយ កូនទម្ងន់ (50g, 100 g, 150g, 200g) និងភ្ជាប់វាទៅនឹងជើងទម្រ។ក្រោយធ្វើពិសោធ គេទទួលបានទិន្នន័យដូចក្នុងតារាង៖



x(cm)	F (N)
0	0
8.50	0.49
16.8	0.98
25.0	1.47
33.5	1.96

(ក) ចូរគូរក្រាបលើតម្រុយ(កាតេស្យាង)ខាងលើ

(ខ) គណនាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់នេះ និងបញ្ជាក់ប្រាប់ពីទំហំនេះ។

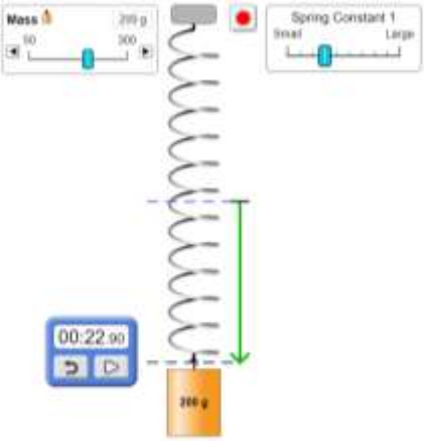
(គ) គណនាកម្រិតល្អៀង(ភាគរយ)របស់វា បើតម្លៃតាមទ្រឹស្តីស្មើនឹង 5.84 N/m។

(ឃ) គណនាផលសងភាគរយនៃថេរកម្រាញរ៉ឺស័ររបស់វា។

២០. គេធ្វើពិសោធដើម្បីវាស់ខួប និងកម្រិតល្អៀងស្តង់ដានៃប៉ោលរ៉ឺស័រ និងទទួលបានលទ្ធផលដូចក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម។

តារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី២

	លើកទី១	លើកទី២	លើកទី៣
T (20លំយោលពេញ)(s)	22.98	22.91	22.90
T (១លំយោលពេញ)(s)			
$\bar{T}_{exp} = \frac{T_1+T_2+T_3}{3} =$	$\alpha\ (T) =$ s	m = 0.200 kg	k = 6.00 N/m
T_{theo} =		% *Error* (T) =	



គណនា៖

(ក) ខួបមួយលំយោលពេញនីមួយៗក្នុងតារាងខាងលើ

(ខ) តម្លៃមធ្យមនៃខួប $\bar{T}$ និងកម្រិតល្អៀងរ(ភាគរយ) % *Error* (T)បស់របស់វា។

(គ) កម្រិតល្អៀងស្តង់ដារបស់ខួប។

៦.៤.ឧបករណ៍សម្ភារៈ

Software PHET ដែលអាចទាញយកពីអ៊ិនធឺណិត

៦.៥.ដំណើរការ

(ក) ទាញយក Software PHET ពី Internet

(ខ) Install វាចូលក្នុង Computer របស់អ្នក។ វានឹងបង្ហាញ Iconលើកុំព្យូទ័ររបស់អ្នកជាPhet Simulation

(គ)ដាក់ Mouse pointer លើ Icon PHET simulations រួចចុចពីរដងលើ Mouse ខាងឆ្វេង នោះវានឹងលេចចេញផ្ទាំងបញ្ជីឈ្មោះពិសោធន៍ដែលរៀបតាមអក្ខរក្រម(Alphabet) ពី A ទៅ Z ។ នៅជួរខាងឆ្វេងមានពាក្យថា Simulations និងខាងក្រោមវាមានពាក្យថា Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math, ... ដែលបញ្ជាក់ថាអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានជាមួយ Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math

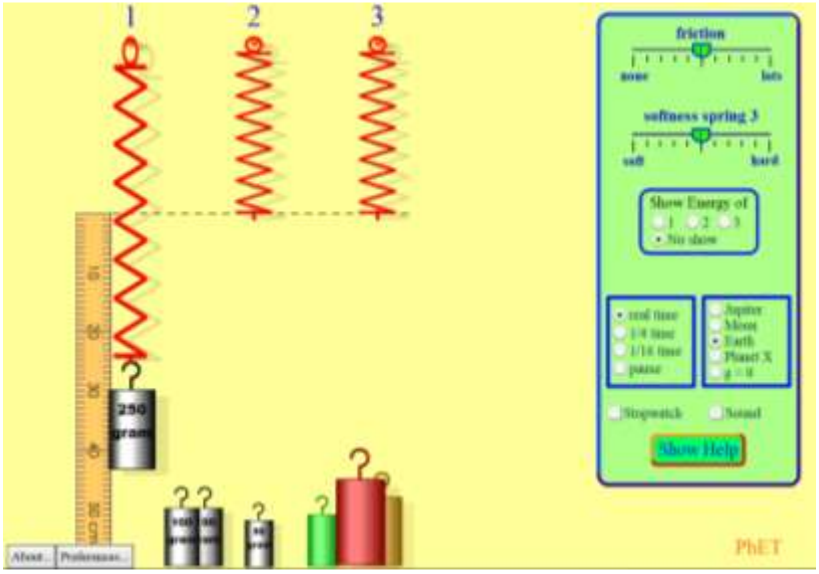
(ឃ) ចុចលើពាក្យថា Physics (រូបវិទ្យា) វានឹងបង្ហាញបញ្ជីពិសោធន៍យ៉ាងច្រើនដែលអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានក្រោមទម្រង់ជារូបភាព។ សូមចងចាំថា ពិសោធន៍របស់អ្នកគឺប៉ោលរ៉ឺស័រដែលអ្នកធ្វើពិសោធន៍ជាមួយឧបករណ៍ពីរគឺ Masses and Springs និង Hook's Law។

- ការកំណត់ថេរកម្រាញនៃរ៉ឺស័រ(k) និងផលសងភាគរយ(%Diff.)

(ង) ចុចលើពាក្យ (Masses and Springs) ពេលនោះវានឹងលេចចេញជា File VIDEO។

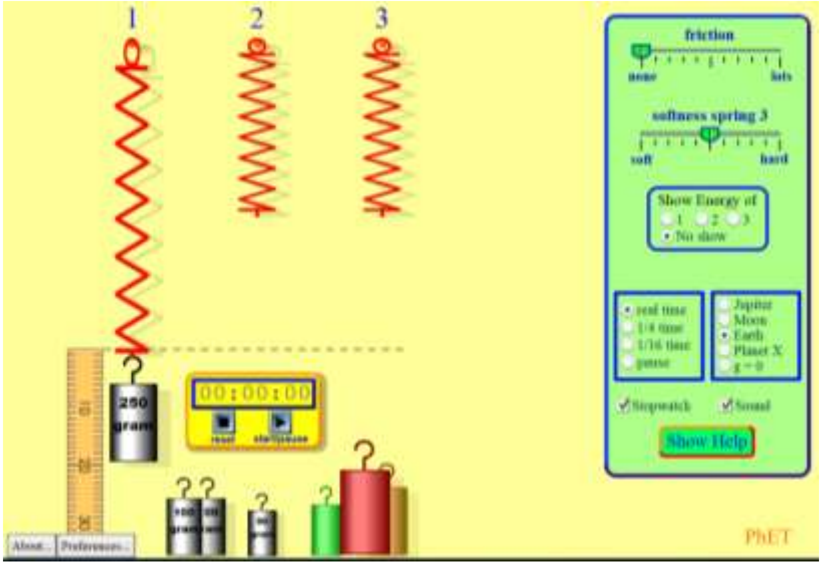
(ច) ចុចលើVIDEO នេះ វានឹងចេញរូបដែលមានរ៉ឺស័រ៣ ម៉ែត្រ១ កូនទម្ងន់ច្រើន និងប្រអប់ធំមួយនៅខាងស្តាំ(ចំពោះស៊េរីមុន) (ចំណែកស៊េរីថ្មី វាបង្ហាញតែរ៉ឺស័រមួយដែលមានម៉ាស និងថេរកម្រាញអាចកែតម្រូវបាននៅសងខាងរ៉ឺស័រនេះ)។ ជ្រើសយករ៉ឺស័រមួយក្នុងចំណោមទាំងបីដើម្បីធ្វើពិសោធន៍។ សន្មតថាអ្នកជ្រើសយករ៉ឺស័រទី១។ បន្ទាត់ដេក ដាច់ៗជាទីតាំងដើមនៃរ៉ឺស័រ។ ព្យួរកូនទម្ងន់ដែលមានម៉ាស 50 g លើចុងខាងក្រោមនៃរ៉ឺស័រនិងវាស់សាច់លូតរបស់រ៉ឺស័រដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១ ខាងក្រោម។ ធ្វើវាឡើងវិញដោយប្តូរកូនទម្ងន់ទៅ 100 g និង 250 g (រូបទី១)។

(ឆ) គូរក្រាបរវាង F ជាអនុគមន៍នៃ x រួចគណនាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់។ មេគុណប្រាប់ទិសនេះជាថេរកម្រាញនៃរ៉ឺស័រ (k)។



➢ ការកំណត់ខួបនៃប៉ោលរ៉ឺស័រនិងកម្រិតល្បឿងស្តង់ដា

(ជ) ជាមួយនឹងប៉ោលរ៉ឺស័រដែលមានម៉ាស(កូនទម្ងន់) 250 g ព្យួរនៅចុងខាងក្រោម ទាញបន្ទាត់ដេកមកដាក់ត្រង់ទីតាំងលំនឹងរបស់វា(រូបទី២)។ ទាញកូនបូតក្នុងប្រអប់ខាងស្តាំត្រង់ពាក្យថា Friction មកដាក់ត្រង់ None (មានន័យថាគ្មានកកិត)។ ចុច☑លើពាក្យថា Stopwatch ពេលនោះ Stopwatch នឹងលេចចេញ ទាញវាដាក់ក្បែរកូនទម្ងន់។ ទាញកូនទម្ងន់ចុះក្រោមប្រវែងប្រហែល 10 cm រួចលែងវាឱ្យផ្លាស់ទីឡើងចុះៗ។



❖ ការណែនាំ

➢ ចំពោះការកំណត់ថេរកម្រាញ

១. គូរក្រាបរវាង F និង x ដែល x លើអ័ក្សដេកគិតជា(m) និង F លើអ័ក្សឈរគិតជា(N)

២. គណនាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ $\tan\theta = \frac{\Delta F}{\Delta x}$ និង $\tan\theta = k_{exp}$

៣. គណនាផលសងភាគរយនៃថេរកម្រាញ តាមរូបមន្ត $\%\text{Diff}\,(k) = \left|\frac{\text{វិធីទី១}-\text{វិធីទី២}}{\frac{\text{វិធីទី១}+\text{វិធីទី២}}{2}}\right| \times 100\%$

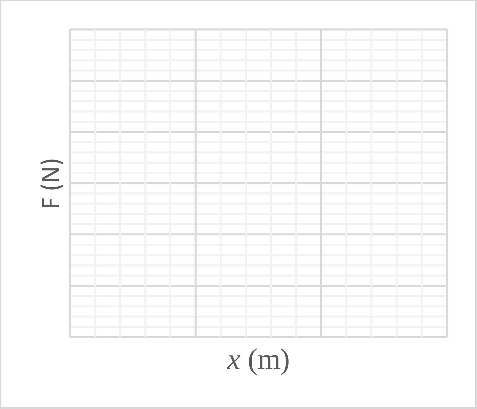
វិធីទី១ គឺ $k_{exp} = \tan\theta$ និងវិធីទី២ រក $\bar{k}$ តាមរូបមន្ត $\bar{k} = \frac{k_1+k_2+k_3}{3}$

៦.៦.លទ្ធផលពិសោធន៍

➢ ការកំណត់ថេរកម្រាញនៃរ៉ឺស័រ

តារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១

m (g)	x(m)	$F = W$(N)	k = F/ x
0	0	0	0
50			
10			
250			
k_{exp}= N/m	%Diff (k) =	g = 9.8 N/kg	$\bar{k}$ = N/m



➢ ការកំណត់ខួបនៃប៉ោលរឺស័រនិងកម្រិតល្អៀងស្តង់ដា

តារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី២

	លើកទី១	លើកទី២	លើកទី៣
T (20លំយោលពេញ) (s)			
T (១លំយោលពេញ) (s)			
$\bar{T}_{exp} = \frac{T_1+T_2+T_3}{3} =$	$\alpha\ (T) =$ s	m = 0.250 kg	k = N/m
T_{theo} =		%Error (T) =	

❖ ការគណនាគំរូ

ថេរកម្រាញនៃរឺស័រៈ

$k_{exp} = \tan\theta = \frac{\Delta F}{\Delta x} =$

$\%Diff\ (k) = \left|\frac{\bar{k} - k_{exp}}{\frac{\bar{k} + k_{exp}}{2}}\right| =$

ខួបនៃប៉ោលរ៉ឺស័រនិងកម្រិតល្អៀងស្តង់ដា

$\bar{T} = \frac{T_1+T_2+T_3}{3} =$

$\delta_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum(T_i - \bar{T})^2} =$

$\alpha(T) = \frac{\delta_{n-1}}{\sqrt{n}} =$

$T_{theo} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} =$

៦.៧.សន្និដ្ឋាន

តាមលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ ថេរកម្រាញនៃរឺស័រតាមពិសោធន៍ k_{exp} = __________ និង ផលសងភាគរយនៃថេរកម្រាញរឺស័រ(%Diff.) = ______។ ខួបនៃប៉ោលរ៉ឺស័រ T= ___________, កម្រិតល្អៀង (ភាគរយ) %Error (T) = ___________ និង កម្រិតល្អៀង ស្តង់ដានៃខួប $\alpha\ (T)$ = _________________ ។

ដូចនេះសម្មតិកម្ម(វត្ថុបំណង)ត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធន៍។

៦.៨.ពិភាក្សា

ពីខួបនៃប៉ោលរឺស័រដែលបានពីពិសោធន៍ខាងលើ $T_{exp} = a\sqrt{\frac{m}{k}}$ ទាញរកតម្លៃ a និងប្រៀបធៀបវាជាមួយនឹងតម្លៃ 2π ។

មេរៀនទី៧៖ ពិសោធន៍លំនឹងដងថ្លឹង (តាមបែបតុក្កតាគំនិត)

៧.១.វត្ថុបំណង

ក្រោយបញ្ចប់ ពិសោធន៍ សិស្ស

- កំណត់ទីតាំងផ្ចិតម៉ាស(ទីប្រជុំទម្ងន់)បានត្រឹមត្រូវតាមពិសោធន៍
- ពន្យល់ពីមូលហេតុដែលថាហេតុអ្វីបានជាដងថ្លឹងមានលំនឹងត្រឹមត្រូវតាមពិសោធន៍
- អនុវត្តដងថ្លឹងក្នុងការរស់នៅ និងក្នុងបច្ចេកទេស

៧.២.ទ្រឹស្តី

ពិសោធន៍បង្ហាញ ដើម្បីកំណត់ទីតាំងផ្ចិតម៉ាសនៃបន្ទាត់ប្រវែង 1m

- ការកំណត់ទីតាំងផ្ចិតម៉ាស

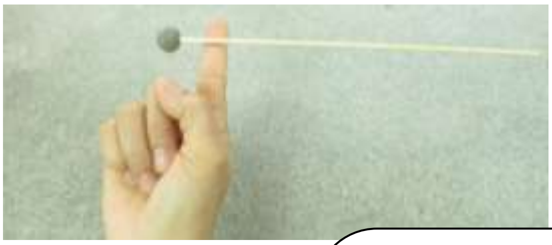
ទីតាំងផ្ចិតម៉ាសជាកន្លែង (ចំណុច)ដែលចែកម៉ាសរបស់អង្គធាតុមិន

ទីតាំងផ្ចិតម៉ាសជាកន្លែង (ចំណុច)ដែលចែកម៉ាសរបស់អង្គធាតុជាពីរស្មើគ្នា

ទីតាំងផ្ចិតម៉ាសជាកន្លែង (ចំណុច)ដែលម៉ាសទាំងអស់របស់អង្គធាតុហាក់ដូចជាផ្តុំត្រង់ចំណុចនោះ

ហេតុអ្វីបានជាអ្នកគិតដូច្នេះ???

- លំនឹងដងថ្លឹង



ដងថ្លឹងមានលំនឹង ពេលនោះម៉ាសពីជ្រុងនីមួយៗគុណនឹងចម្ងាយដែលត្រូវគ្នាគិតពីចំណុចទ្រដល់ចុងម្ខាងៗនៃបារមានតម្លៃស្មើគ្នា

ដងថ្លឹងមានលំនឹង ពេលនោះម៉ាសពីជ្រុងនីមួយៗនៃបារមានតម្លៃស្មើគ្នា និងមិននិយាយពីម៉ូម៉ង់ទេ

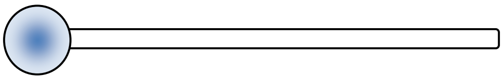
ដងថ្លឹងមានលំនឹង ពេលនោះម៉ូម៉ង់កម្លាំងបង្វិលផ្គួបមានតម្លៃស្មើសូន្យ (មានន័យថាម៉ូម៉ង់កម្លាំងបង្វិលវិលស្របរង្វិលទ្រនិចនាឡិកាស្មើនឹងវិលផ្ទុយពីរង្វិលទ្រនិចនាឡិកា)

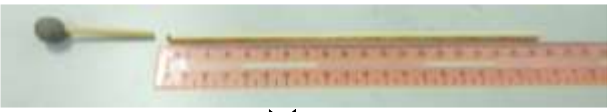
ហេតុអ្វីបានជាអ្នកគិតដូច្នេះ???

៧.៣.តម្រូវការសម្ភារៈ

- ដងថ្លឹងមិនស្មើសាច់ និងទម្រ ប៊ិក កាំបិត បន្ទាត់ និងជញ្ជីង

៧.៤.ដំណើរការ





គូសស្នាមសម្គាល់ដោយប្រើប៊ិក

៧.៥.លទ្ធផល

យក g = 10 N/kg

❖ ករណី វាស់ប្រវែងពីចំណុចទ្រទៅដល់ចុងម្ខាងៗនៃបារ

ប្រវែង	d_1= (cm)
	d_2 = (cm)
ម៉ាស	m_1 = (g)
	m_2 = (g)
ម៉ូម៉ង់កម្លាំងបង្វិល $\tau_1 = \tau_2$ ($m_1 d_1 g = m_2 d_2 g$)	$m_1 d_1$ = g cm) = (kg m)
	$m_2 d_2$ = (g cm) = (kg m)
	$\tau_1 = \tau_2$ = (Nm)

❖ ករណី វាស់ប្រវែងពីចំណុចទ្រទៅដល់ទីប្រជុំផ្ចិតម៉ាសនៃកំណាត់របារនីមួយៗ

ចម្ងាយ(ដៃឃ្នាស់)	d_1= (cm)
	d = (cm), $d_2 = d/2$ = (cm)
ម៉ាស	m_1 = (g)
	m_2 = (g)
ម៉ូម៉ង់កម្លាំងបង្វិល $\tau_1 = \tau_2$ ($m_1 d_1 g = m_2 d_2 g$)	$m_1 d_1$ = g cm) = (kg m)
	$m_2 d_2$ = (g cm) = (kg m)
	$\tau_1 = \tau_2$ = (Nm)

ការគណនាគំរូ

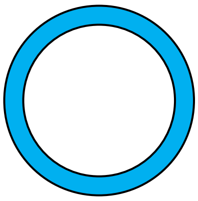
- $m_1 d_1$ =
- $m_2 d_2$ =
- $\tau_1 = m_1 d_1 g$ =
- $\tau_2 = m_2 d_2 g$ =

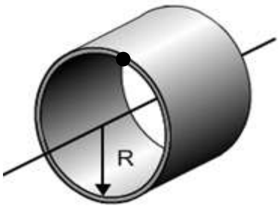
៧.៦.សន្និដ្ឋាន

- ទីតាំងផ្ចិតម៉ាស(ឬទីប្រជុំទម្ងន់)ជាចំណុចមួយដែលម៉ាសទាំងអស់របស់វាហាក់បីដូចជាផ្តុំត្រង់ចំណុចនោះ ឬជាកន្លែង (ចំណុច) ដែលម៉ូម៉ង់កម្លាំងបង្វិលផ្ទួបមានអំពើលើអង្គធាតុនោះមានតម្លៃស្មើសូន្យ។
- ដងថ្លឹងមានលំនឹងកាលណាម៉ូម៉ង់កម្លាំងបង្វិលវិលស្របនឹងរង្វិលទ្រនិចនាឡិកាស្មើនឹងវិលផ្ទុយពីរង្វិលទ្រនិចនាឡិកា។

៧.៧.ពិភាក្សា (ការស្រាវជ្រាវបន្ថែម)

1. ចូររកទីប្រជុំផ្ចិតម៉ាស ឬទីប្រជុំទម្ងន់នៃអង្គធាតុខាងក្រោម៖





2. ចូរបង្ហាញពីការអនុវត្តម៉ូម៉ង់នៃកម្លាំងបង្វិលទៅក្នុងការរស់នៅ និងក្នុង បច្ចេកទេស។

3. ហេតុអ្វីបានជាកង់គេដាក់ថាសនៅខាងមុខនិងលីបនៅខាងក្រោយ ចំណែកឯម៉ូតូលីបនៅខាងមុខ និងថាសនៅខាងក្រោយ? ចុះបើគេដាក់ថាសនៅខាងមុខនិងលីបនៅខាងក្រោយ តើវាទៅជាយ៉ាងណាទៅវិញ? ចូរពន្យល់

❖ ការអនុវត្តដងថ្លឹងក្នុងការរស់នៅនិងក្នុងបច្ចេកទេស

មាត់ទ្វារ ជញ្ជីង ម៉ាស៊ីនស្ទូច

➢ កង់គេដាក់ថាសនៅខាងមុខនិងលីបនៅខាងក្រោយ ហើយម៉ូតូលីបនៅខាងមុខ និងថាសនៅខាងក្រោយ ហេតុអ្វីបានជាដូច្នេះ?

កង់ (ថាសនៅខាងមុខ និងលីបនៅខាងក្រោយ) ម៉ូតូ(លីបនៅខាងមុខ និងថាសនៅខាងក្រោយ)។

មេរៀនទី៨៖ ពិសោធន៍ម៉ាសមាឌរបស់អង្គធាតុ

៨.១.វត្ថុបំណង

- បង្ហាញពីវិធីដើម្បីកំណត់ម៉ាសមាឌរបស់អង្គធាតុមួយបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិភាក្សាក្រុម។
- កំណត់ម៉ាសមាឌរបស់អង្គធាតុមួយបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធ។
- គណនា%កម្រិតល្អៀងនៃម៉ាសមាឌរបស់អង្គធាតុនោះបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិភាក្សាក្រុម។

៨.២.ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន ឬទ្រឹស្តីសំខាន់ៗ

- ម៉ាស និងវិធីថ្លឹងម៉ាស
- មាឌ និងវិធីវាស់មាឌករណីអង្គធាតុមានរាងធរណីមាត្រ និងមិនធរណីមាត្រ
- រូបមន្តម៉ាសមាឌ D ឬ $\rho = \frac{m}{V}$
- %កម្រិតល្អៀង $= \frac{|\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃតាមពិសោធន៍}|}{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី}} \times 100\%$

តារាងម៉ាសមាឌរបស់អង្គធាតុមួយនៅសីតុណ្ហភាព (0°C)និងសម្ពាធ(បរិយាកាស)គំរូ

TABLE 14.1 Densities of Some Common Substances at Standard Temperature (0°C) and Pressure (Atmospheric)

Substance	ρ (kg/m³)	Substance	ρ (kg/m³)
Air	1.29	Iron	7.86×10^3
Air (at 20°C and atmospheric pressure)	1.20	Lead	11.3×10^3
		Mercury	13.6×10^3
Aluminum	2.70×10^3	Nitrogen gas	1.25
Benzene	0.879×10^3	Oak	0.710×10^3
Brass	8.4×10^3	Osmium	22.6×10^3
Copper	8.92×10^3	Oxygen gas	1.43
Ethyl alcohol	0.806×10^3	Pine	0.373×10^3
Fresh water	1.00×10^3	Platinum	21.4×10^3
Glycerin	1.26×10^3	Seawater	1.03×10^3
Gold	19.3×10^3	Silver	10.5×10^3
Helium gas	1.79×10^{-1}	Tin	7.30×10^3
Hydrogen gas	8.99×10^{-2}	Uranium	19.1×10^3
Ice	0.917×10^3		

៨.៣.ពិសោធន៍

៨.៣.១.ការកំណត់បញ្ហា

តើអ្នកកំណត់ម៉ាសមាឌរបស់អង្គធាតុជាលោហៈ និងគណនា%កម្រិតល្អៀងរបស់វាបានយ៉ាងដូចម្តេច?

៨.៣.២.សម្មតិកម្ម

ម៉ាសមាឌតាងដោយ(D ឬ ρ) និងកាលណាគេស្គាល់ម៉ាស(m) និងមាឌ(V)របស់លោហៈ (សន្មតថាជាគូបទង់ដែង(Copper) គូបលង្ហិន(Brass) និងគូបអាលុយមីញ៉ូម(Aluminum) រួចគេធ្វើផលធៀបរវាងម៉ាស(m)និងមាឌ(V)។ ផលធៀបនេះត្រូវបានគេស្គាល់ថាជាម៉ាសមាឌរបស់ដុំលោហៈ (D ឬ ρ)។ %កម្រិតល្អៀង

ត្រូវបានគណនាតាមរូបមន្ត %កម្រិតល្អៀង $= \frac{|\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃតាមពិសោធន៍}|}{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី}} \times 100\%$។

៨.៣.៣.តេស្តសម្ផតិកម្ម

(ក) តម្រូវការសម្ភារៈ

គូបទង់ដែង(Copper) គូបលង្ហិន(Brass) និងគូបអាលុយមីញ៉ូម(Aluminum ជញ្ជីង កាលីបព័រ(បន្ទាត់ក្រិតជា mm)។

(ខ) ដំណើរការៈ

- ថ្លឹងម៉ាសដុំទង់ដែងដោយប្រើជញ្ជីង។ ម៉ាសទង់ដែងតាងដោយ m កត់ត្រាទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម។
- វាស់វិមាត្រទាំងបីរបស់ដុំគូបទង់ដែងដោយប្រើកាលីបព័រ។ វិមាត្រទាំងបីតាងដោយ L, W និង H ។ កត់ត្រាទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម។
- កំណត់ម៉ាសមាឌរបស់ដុំគូបទង់ដែងដោយប្រើរូបមន្ត D ឬ $\rho = \frac{m}{V}$
- ធ្វើឡើងវិញពីចំណុចទី១ដល់ទី៣ចំពោះដុំគូបលោហៈផ្សេងៗទៀត។

៨.៣.៤.លទ្ធផល

ទិន្នន័យ

ចំពោះលោហៈទង់ដែង

ម៉ាសមាឌទង់ដែងដែលស្គាល់ $\rho_1 = 8.92 \times 10^3\ \text{kg/m}^3$

ម៉ាស $m = \ldots\ldots \text{g} = \ldots\ldots \text{kg}$

វិមាត្រ $L = \ldots\ldots \text{cm} = \ldots\ldots \text{m},$

$W = \ldots\ldots \text{cm} = \ldots\ldots \text{m},$
$H = \ldots\ldots \text{cm} = \ldots\ldots \text{m}$

មាឌ $V = L \times W \times H = \ldots\ldots \text{m}^3$

ម៉ាសមាឌទង់ដែងតាមពិសោធន៍ $\rho_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots \text{kg/m}^3$

%Error (Cu) = ((E – K)/K)×100% =

ចំពោះលោហៈលង្ហិន(Brass)

ម៉ាសមាឌលង្ហិនដែលស្គាល់ $\rho_1 = 8.4 \times 10^3\ \text{kg/m}^3$

ម៉ាស $m = \ldots\ldots \text{g} = \ldots\ldots \text{kg}$

វិមាត្រ $L = \ldots\ldots \text{cm} = \ldots\ldots \text{m},$

$W = \ldots\ldots \text{cm} = \ldots\ldots \text{m},$
$H = \ldots\ldots \text{cm} = \ldots\ldots \text{m}$

មាឌ $V = L \times W \times H = \ldots\ldots \text{m}^3$

ម៉ាសមាឌលង្ហិនតាមពិសោធន៍ $\rho_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots \text{kg/m}^3$

%Error (Brass) = ((E – K)/K)×100% =

ចំពោះលោហៈអាលុយមីញ៉ូម(Aluminum)

ម៉ាសមាឌអាលុយមីញ៉ូមដែលស្គាល់ $\rho_1 = 8.4 \times 10^3\ \text{kg/m}^3$

ម៉ាស $m = \dots\dots \text{g} = \dots\dots \text{kg}$

វិមាត្រ $L = \dots\dots \text{cm} = \dots\dots \text{m},$

$W = \dots\dots \text{cm} = \dots\dots \text{m},$

$H = \dots\dots \text{cm} = \dots\dots \text{m}$

មាឌ $V = L \times W \times H = \dots\dots \text{m}^3$

ម៉ាសមាឌអាលុយមីញ៉ូមតាមពិសោធន៍ $\rho_2 = \dots\dots\dots\dots \text{kg/m}^3$

%Error (Al) = ((E – K)/K)×100% =

៨.៣.៥.សន្និដ្ឋាន

តាមដំណើរការពិសោធន៍ និងលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ វិធីនៃការកំណត់ម៉ាសមាឌ តម្លៃនៃម៉ាសមាឌ និង %កម្រិតល្អៀងត្រូវបាន……………………………។ %កម្រិតល្អៀងមានតម្លៃ < 5 % ដូចនេះសម្មតិកម្មត្រូវបាន…………ដោយពិសោធន៍។

ចម្លើយនៃពិសោធន៍៖

1. ទង់ដែង (Copper)៖ ម៉ាស m = 72.5 g, L = 20.0 mm, W = 20.25mm, H = 20.10 mm

   D = m/V = 72.5 × 10^{-3}kg /(20×20.25×20.10 × 10^{-9}m^3) = 8.906 × 10^3kg/m^3

   %Error (Cu) = ((E – K)/K)×100% = ((8.906 – 8.92)/(8.92))×100% = 0.16%

2. លង្ហិន (Brass) ៖ ម៉ាស m = 67.2 g, L = 20.0 mm, W = 20.0 mm, H = 20.1 mm

   D = m/V = 67.2 × 10^{-3}kg /(20×20×20.1 × 10^{-9}m^3) = 8.358 × 10^3kg/m^3

   %Error (Cu) = ((E – K)/K)×100% = ((8.358 – 8.4) × 10^3/(8.4× 10^3))×100% = 0.50%

3. អាលុយមីញ៉ូម (Aluminum)៖ ម៉ាស m = 21.7 g, L = 20.0 mm, W = 20.0 mm, H = 20.25 mm

   D = m/V = 21.7 × 10^{-3}kg /(20×20×20.25 × 10^{-9}m^3) = 2.679 × 10^3kg/m^3

   %Error (Cu) = ((E – K)/K)×100% = ((2.679 – 2.70)/(2.70))×100% = 0.78%

   លោហៈលិចចូលក្នុងទឹក!

4. គម្របដបធ្វើពីផ្លាស្ទិច៖ ម៉ាស m = 1.8 g, V1 = 186 ml, V2 = 188 ml, V = V2-V1= 2 ml

   D = m/V = 1.8 × 10^{-3}kg /(2 × 10^{-6}m^3) = 0.900 × 10^3kg/m^3 < 1.00 × 10^3kg/m^3 ផ្លាស្ទិចអណ្តែតលើទឹក!

មេរៀនទី៩៖ ពិសោធន៍ ខ្វាស់កម្ដៅម៉ាសរបស់ទង់ដែង

៩.១.វត្ថុបំណង

កំណត់កម្ដៅម៉ាសទង់ដែងតាមពិសោធន៍ និងគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វាបានត្រឹមត្រូវ។

៩.២.ចំណេះដឹងមូលដ្ឋាន(ទ្រឹស្ដី)

- កម្ដៅម៉ាស (c)
- រូបមន្តបរិមាណកម្ដៅដែលទឹក និងកាឡូរីម៉ែត្រស្រូប

$$Q_{\text{ស្រូប}} = (m_1c_1 + m_2c_2)\Delta T = (m_1c_1 + m_2c_2)(T_f - T_c)$$

- រូបមន្តបរិមាណកម្ដៅដែលអង្គធាតុក្ដៅបញ្ចេញ $Q_{\text{បញ្ចេញ}} = (m_3c_3)\Delta T = (m_3c_3)(T_h - T_f)$
- គោលការណ៍បណ្ដូរកម្ដៅ $Q_{\text{ស្រូប}} = Q_{\text{បញ្ចេញ}}$
- %កម្រិតល្អៀង (c)= $\left|\frac{c_{\text{ទ្រឹស្ដី}} - c_{\text{ពិ}}}{c_{\text{ទ្រឹស្ដី}}}\right| \times 100\%$

៩.៣.ពិសោធន៍

៩.៣.១.ការកំណត់បញ្ហា

ដោយប្រើប្រាស់កាឡូរីម៉ែត្រ តើអ្នកអាចកំណត់កម្ដៅម៉ាសរបស់លោហៈបានយ៉ាងដូចម្ដេច?

៩.៣.២.សម្មតិកម្ម

ដាក់ដុំទង់ដែងក្ដៅដែលស្គាល់ម៉ាសនិងសីតុណ្ហភាពរបស់វាចូលក្នុងទឹកនៃកាឡូរីម៉ែត្រដែលស្គាល់ម៉ាសទឹក និងម៉ាស់កាឡូរីម៉ែត្រ និងសីតុណ្ហភាពដើមរបស់វា រួចវាស់សីតុណ្ហភាពស្រេចរបស់ប្រព័ន្ធ នោះយើងអាចកំណត់កម្ដៅម៉ាសនៃទង់ដែងបាន។

៩.៣.៣.តេស្តសម្មតិកម្ម(ពិសោធន៍)

(ក) តម្រូវការសម្ភារ៖ ដុំទង់ដែង កាឡូរីម៉ែត្រទង់ដែង ទឹក ជញ្ជីង ទែម៉ូម៉ែត្រ តង្កៀបចាប់ដុំទង់ដែង ឆ្នាំងដាំទឹក និងចង្ក្រានហ្គាស

(ខ) ដំណើរការដំឡើង និងពិសោធន៍

- ថ្លឹងម៉ាសកាឡូរីម៉ែត្រ និងម៉ាសដុំទង់ដែងដោយប្រើជញ្ជីងរៀងគ្នា។ ម៉ាសកាឡូរីម៉ែត្រ m_1 និងម៉ាសដុំទង់ដែង m_3 និងកត់ត្រាទិន្នន័យនីមួយៗដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម។
- ចាក់ទឹកចូលជិតពាក់កណ្ដាលកាឡូរីម៉ែត្រ រួចថ្លឹងវាដោយប្រើជញ្ជីង។ ម៉ាសទឹក-កាឡូរីម៉ែត្រគឺ m ម៉ាសទឹកគឺ m_2 ដែល $m_2 = m - m_1$ រួចកត់ត្រាទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម។
- ដាក់ដុំទង់ដែងក្នុងឆ្នាំងដាំទឹក រួចដាំទឹករហូតដល់ពុះដោយប្រើចង្ក្រានហ្គាស។ ត្រាំតង្កៀប និងទែម៉ូម៉ែត្រក្នុងទឹកពុះ។ វាស់សីតុណ្ហភាពទឹកពុះ t_h រួចកត់ត្រាទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម។ សីតុណ្ហភាពនៃទឹកពុះស្មើគ្នានឹងសីតុណ្ហភាពនៃដុំទង់ដែង។
- ដកទែម៉ូម៉ែត្រពីឆ្នាំដាំទឹកពុះយកទៅដាក់ក្នុងទឹកត្រជាក់ដើម្បីបញ្ចុះសីតុណ្ហភាពវាមកធម្មតាវិញ រួចដាក់បញ្ចូលក្នុងរន្ធនៃគម្របកាឡូរីម៉ែត្រ ដោយលៃយ៉ាងណាឱ្យបាតនៃកណ្ដក់ត្រឹមពាក់កណ្ដាលកាឡូរីម៉ែត្រគិតពីគម្របលើ។

- ដាក់ម៉ាសទឹក-កាឡូរីម៉ែត្រក្នុងផើងធំនៃកាឡូរីម៉ែត្រ។
- ចាប់ដុំទង់ដែងក្ដៅដាក់ចូលក្នុងទឹក-កាឡូរីម៉ែត្រ ដោយប្រើតង្កៀប និងគ្របគម្របដែលមានទែម៉ូម៉ែត្រ កូរទឹកដោយប្រើប្រដាប់កូរ(ខ្នូរ) រួចអានសីតុណ្ហភាពស្រេចនៃទឹក។ កត់ត្រាទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ។

៩.៣.៤.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យ

	តម្លៃម៉ាស (kg)	សីតុណ្ហភាព(℃)	កម្ដៅម៉ាស (c) (J/kg℃)
ម៉ាសទឹក-កាឡូរីម៉ែត្រ m			កម្ដៅម៉ាសទឹក $c_2 = 4187$ J/kg℃
ម៉ាសកាឡូរីម៉ែត្រទង់ដែង m_1		t_c	កម្ដៅម៉ាសទង់ដែង $c_{ទ្រឹ} = 387$ J/kg℃
ម៉ាសទឹក $m_2 = m - m_1$			$c_{ពិ} =$
ម៉ាសដុំទង់ដែង m_3		$t_h =$	$t_f =$
%កម្រិតល្អៀងនៃកម្ដៅម៉ាស c			

ការគណនាគំរូ

....

....

៩.៣.៥.សន្និដ្ឋាន

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ កម្ដៅម៉ាសទង់ដែងតាមទ្រឹស្ដី$c_{ទ្រឹ} =$ ……… ……………… និងតាមពិសោធន៍ ត្រូវបានរកឃើញ $c_{ពិ} =$ ……… …………………។ កម្រិតល្អៀងរបស់វាគឺ ………………………………។ ដូចនេះសម្មតិកម្មត្រូវបាន………………ដោយពិសោធន៍។

ពិភាក្សា៖ ១. តើកត្តាអ្វីខ្លះដែលមានឥទ្ធិពលលើលទ្ធផលពិសោធន៍របស់អ្នកដែលធ្វើឱ្យវាមិនបានល្អ?

២. តើអ្នកមានគំនិតបែបណាដើម្បីកាត់បន្ថយកត្តាទាំងនោះដើម្បីឱ្យការពិសោធលើក្រោយបានលទ្ធផលល្អជាងនេះ?

មេរៀនទី១០៖ ពិសោធន៍ការចម្លងកម្ដៅរបស់អង្គធាតុរឹង

១០.១.ទស្សនៈបំណង

- ពន្យល់ពីមូលហេតុនៃការចម្លងកម្ដៅក្នុងអង្គធាតុរឹង(លោហៈ)។
- បង្ហាញថាអង្គធាតុរឹងដែលត្រូវកម្ដៅ នោះប្រវែងរបស់វាលូតវែងជាងមុន។
- អនុវត្តការចម្លងកម្ដៅ និងការរីករបស់អង្គធាតុរឹងនៅក្នុងបច្ចេកទេស និងការរស់នៅប្រចាំថ្ងៃ និងបម្រុងប្រយ័ត្នរបស់វា។

១០.២.ល័នាំបញ្ហា

ពិនិត្យរូបខាងក្រោម រួចលើកជាសំណួរ

(រូបទី១)

សំណួរគន្លឹះ: (Key question)

តើមានអ្វីកើតឡើងចំពោះរបារលោហៈនិងដៃរបស់អ្នកដែលកំពុងកាន់ចុងម្ខាងទៀតនៃរបារដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី១?

សម្មតិកម្ម (Hypothesis)

....

....

ហេតុអ្វីបានជាអ្នកគិតដូច្នេះ? Why do you think so?

....

....

សំណួរតម្រុយ (Hint)

✓ អង្គធាតុរឹង(លោហៈ)ត្រូវកម្ដៅ វិមាត្ររបស់វា..............................គេថាវា...................... និងពេលចុះត្រជាក់វិមាត្ររបស់វា..............................ជាងមុន គេថាវា.................................. ។

✓ ម៉ូលេគុលនៃអង្គធាតុរឹង(លោហៈ)នៅកន្លែងក្ដៅខ្លាំង វាញ័ររញ្ជួយខ្លាំង ហើយ.................. ជាមួយនឹងម៉ូលេគុលផ្សេងៗដែលនៅជិតខាង ធ្វើឱ្យម៉ូលេគុលជិតខាងទាំងនោះញ័ររញ្ជួយបន្ត និង.......................ជាមួយនឹងម៉ូលេគុលនៅជិតខាងជាបន្តបន្ទាប់ទៀត។ ការណ៍នេះធ្វើដដែលៗជាបន្តបន្ទាប់ពីចុងម្ខាង ទៅចុងម្ខាងទៀតនៃអង្គធាតុរឹង(លោហៈ)។ រាល់ការទង្គិចបង្កើត..................។

✓ ដូចនេះកម្តៅត្រូវបានផ្ទេរពី……………………ដែលក្តៅជាងទៅចុងម្ខាង
ទៀត………………ក្នុងអង្គធាតុរឹង(លោហៈ)។

ពិសោធន៍

(ក)តម្រូវការសម្ភារៈ

ឧបករណ៍ដែលបង្ហាញពីការលូតរបស់អង្គធាតុរឹង អាល់កុលឬទៀន ក្រដាសជូតមាត់ឬសំឡី ដែកកេះ

(ខ) ប្លង់ពិសោធន៍

....

....

លទ្ធផល

	ប្រវែងរបារលោហៈ	ជីក្រដែលបង្ហាញ
មុនពេលដុតកម្តៅរបារលោហៈ	L_0 (ដើម)	
កំឡុងពេលដុតកម្តៅរបារលោហៈ	L	
ការប៉ះចុងរបារលោហៈយ៉ាងរហ័សពេលដុតកម្តៅ៖ (ប្រយ័ត្នរលាកដៃ!)		

វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន(Analysis and Conclusion)

✓ ការសង្កេតប្រវែងរបារលោហៈមុនពេលដុតកម្តៅ

....

....

✓ ការសង្កេតប្រវែងរបារលោហៈអំឡុងពេលដុតកម្តៅ

....

....

✓ បរិយាយពីចុងរបារលោហៈអំឡុងពេលដុតកម្តៅ៖

....

....

១០.៣.សន្និដ្ឋាន

កម្តៅត្រូវបានផ្ទេរពីចុងម្ខាងដែលក្តៅជាងទៅចុងម្ខាងទៀតដែលត្រជាក់ជាងក្នុងអង្គធាតុរឹងតាមរយៈការ…………………រវាង……………និង………………ក្នុងអង្គធាតុរឹង(លោហៈ)នោះជាបន្តបន្ទាប់។

កាលណាអង្គធាតុរឹង(លោហៈ) ត្រូវបានគេដុតកម្តៅ នោះប្រវែងរបស់វា……………………………………។

ដូចនេះសម្មតិកម្មត្រូវវាបាន☐គាំទ្រ/☐មិនគាំទ្រដោយពិសោធន៍។

ពិភាក្សា៖

១.តើកម្តៅត្រូវបានផ្ទេរពីជាតុកម្តៅ(Heating element)ទៅបាតនៃឆ្នាំងអ៊ុតយ៉ាងដូចម្តេច? នៅពេលឆ្នាំងអ៊ុតកំពុងតែក្តៅ តើអ្នកត្រូវទុកដាក់វាយ៉ាងដូចម្តេចក្រោយពេលឈប់ប្រើវា? ចូរពន្យល់ រូបទី២។

រូបទី២

២.ម៉ាស៊ីនរថយន្តឬម៉ាស៊ីនម៉ូតូក្តៅខ្លាំងណាស់ពេលវាដំណើរការយូរ ឬធ្វើដំណើរលើផ្លូវឆ្ងាយ ប៉ុន្តែហេតុអ្វីបានជាពីស្តុងដែលស្ថិតនៅក្នុងស៊ីឡាំងមិនគាំង?ចូរបង្ហាញយោបល់អ្នក។ តើត្រូវធ្វើដូចម្តេចដើម្បីរក្សាម៉ាស៊ីនរថយន្ត ឬម៉ូតូរបស់អ្នកឱ្យប្រើប្រាស់បានយូរ?

៣. តើអ្នកដឹងទេថាហេតុអ្វីបានជាសំណង់ផ្លូវរថភ្លើង សំណង់ស្ពាន និងផ្លូវបេតុង តែងតែមានប្រលោះ(ចន្លោះចំហ)ជានិច្ច? ចូរពន្យល់។

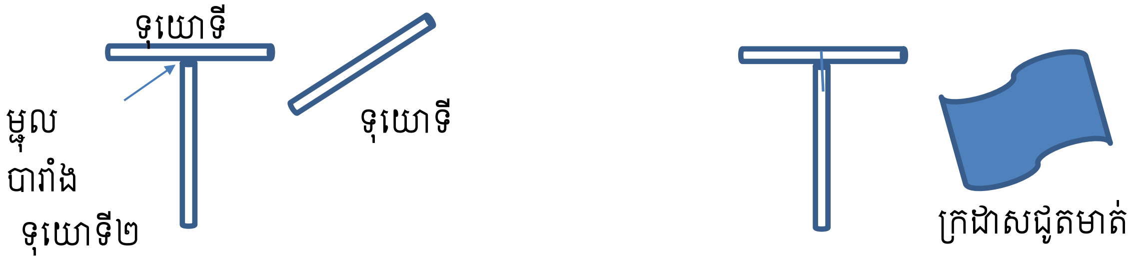
៤. តើអ្នកដឹងទេ! ទូរស័ព្ទប្រើខ្សែមានការពិបាកសន្ទនាគ្នានៅរដូវក្តៅជាងរដូវរងារ។ ហេតុអ្វីបានជាដូច្នេះ? (ចុះចំណែកឯការសន្ទនាគ្នាវិញនៅរដូវក្តៅនិងរដូវរងារ ណាមួយស្រួលសន្ទនាគ្នាជាង?)

៥.ដោយប្រើទ្រឹស្តីការចម្លងកម្តៅរបស់អង្គធាតុរឹងចូរអ្នកបង្កើតឧបករណ៍មួយដែលអាចយកមកប្រើនៅក្នុងការរស់នៅរាល់ថ្ងៃ ឬក្នុងបច្ចេកទេសព្រមទាំងរៀបរាប់ឈ្មោះសម្ភារៈ និងដំណើរការផលិត។

(ឧទាហរណ៍ ឆ្នាំងប៉ះអ៊ុតពោះវៀនកង់-ម៉ូតូ ប្រដាប់កាត់ស្នោដោយប្រើរេស៊ីស្តង់ខ្សែ ...)។

មេរៀនទី១១៖ ពិសោធន៍អន្តរកម្មអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី

❖ **វត្ថុបំណង៖** បង្ហាញអន្តរកម្មរវាងទុយោបឺតពីរដែលត្រដុសរួច ដាក់ក្បែរគ្នា។



១. សំណួរគន្លឹះ៖ តើមានអ្វីកើតឡើង ?

(១)បើយើងដាក់ទុយោបឺតពីរដែលត្រដុសរួចជាមួយនឹងក្រដាសនៅជិតគ្នា។

(២)បើយើងដាក់ទុយោបឺតដែលត្រដុសរួច ក្បែរក្រដាសដែលត្រដុស។

២. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម៖

....

....។

៣. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម(ធ្វើពិសោធន៍)

(ក) តម្រូវការសម្ភារៈ៖

- ទុយោបឺតចំនួនបី
- ម្ជុលបារាំង១
- ក្រដាសជូតមាត់

(ខ) ដំណើរការ

- ដោតម្ជុលបារាំងត្រង់ចំណុចមួយជិតពាក់កណ្ដាលនៃទុយោទី១
- ស៊កចុងម្ជុលបារាំងម្ខាងទៀតចូលក្នុងប្រហោងនៃទុយោទី២ដែលកាន់បញ្ឈរ
- ត្រដុសចុងទុយោបឺតទី១(ដែលជាប់ម្ជុលបារាំង)និងចុងទុយោបឺតទី៣ ដោយប្រើក្រដាសសៀវភៅ ឬ ក្រដាសជូតមាត់។
- ដាក់ចុងទុយោបឺតទី៣ដែលត្រដុសរួចក្បែរចុងទុយោបឺតដែលត្រដុសរួច។

សំណួរលើការសង្កេត៖

- ពិនិត្យមើល តើមានអ្វីកើតឡើងចំពោះទុយោបឺតទាំងពីរ ?
- ដាក់ក្រដាសសៀវភៅ ឬ ក្រដាសជូតមាត់ដែលត្រដុសជាមួយទុយោបឺតទាំងពីរអំបាញ់មិញក្បែរចុងទុយោបឺតទី១ តើមានអ្វីកើតឡើងចំពោះទុយោបឺតទី១ និងក្រដាសសៀវភៅ ?

៤.លទ្ធផល

ទុយោបឺតដាក់ក្បែរទុយោបឺតដែលត្រដុសរួច៖

....

....។

ទុយោបឺតដាក់ក្បែរក្រដាសជូតមាត់ដែលត្រដុសរួច៖

....

....។

សន្និដ្ឋាន៖

ទុយោបឺតពីរដែលត្រដុសរួច ដាក់ក្បែរគ្នា វា………………………………………និងទុយោបឺតដាក់ក្បែរក្រដាសជូតមាត់ ឬ ក្រដាសសៀវភៅដែលត្រដុសរួច វា………………………………………………………………………។

ដូចនេះសម្មតិកម្មត្រូវបាន*គាំទ្រ*ដោយពិសោធន៍។

ពិភាក្សា៖

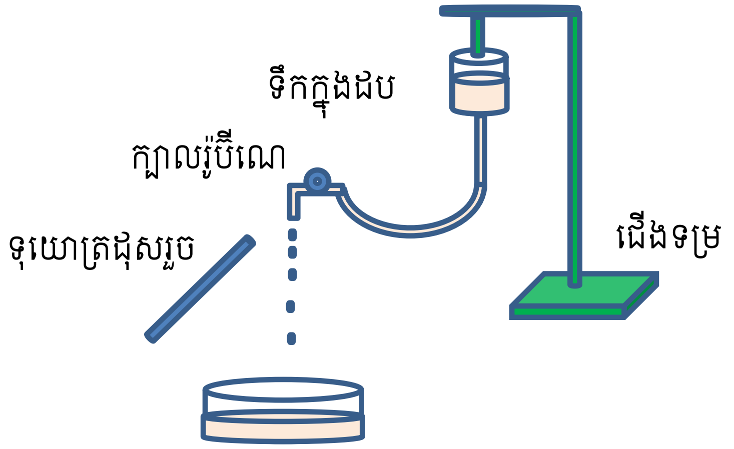
១. ហេតុអ្វីបានជាទុយោបឺតពីរដែលត្រដុសរួចមានបន្ទុកដូចគ្នា ដាក់ក្បែរគ្នា វាច្រានគ្នាចេញ?

២. ហេតុអ្វីបានជាទុយោបឺតដែលត្រដុសរួចជាមួយនឹងក្រដាស មានបន្ទុកផ្ទុយគ្នា ដាក់ក្បែរគ្នា វាទាញគ្នាចូល?

៣. ហេតុអ្វីបានជាទុយោបឺតដែលត្រដុសរួចជាមួយនឹងក្រដាស ឆក់ទាញកំទេចក្រដាសតូចៗ ពេលដាក់ទៅជិតវា?

មេរៀនទី១២៖ ពិសោធន៍អន្តរកម្មអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី និងរបាញ់ទឹក

❖ **វត្ថុបំណង៖** បង្ហាញអំពើនៃទុយោបឺតដែលត្រដុសរួចលើរបាញ់ទឹកហូរ។



១. សំណួរគន្លឹះ៖ តើមានអ្វីកើតឡើង បើយើងដាក់ទុយោបឺតដែលត្រដុសរួចក្បែររបាញ់ទឹក(លំហូរទឹក)ដែលហូរចេញពីដបទឹកសុទ្ធតាមរន្ធម្ជុល ឬពីក្បាលរ៉ូប៊ីណេ?

២. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម៖

☐ខ្សែនៃលំហូរទឹកងាកមកជិតទុយោបឺតដែលត្រដុសរួច។

☐ខ្សែនៃលំហូរទឹកងាកចេញពីទុយោបឺតដែលត្រដុសរួច។

☐ខ្សែនៃលំហូរទឹកគ្មានប្រតិកម្មអ្វីទាំងអស់(រក្សាភាពដើមដដែល)។

ហេតុអ្វីបានជាអ្នកគិតដូច្នេះ?

....

....។

៣. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម(ធ្វើពិសោធន៍)

(ក) តម្រូវការសម្ភារៈ៖

- ទុយោបឺត១
- ក្រដាសសម្លយសន្លឹក ឬ ក្រដាសជូតមាត់
- ទឹក១ដប និងកាទឹក(ថូទឹក)
- ទុយោសេរ៉ូម និង ម្ជុលស្តាវ៉ែន
- ជើងទម្រ ស្កុត(បង់ស្អិត) និងកន្ត្រៃ។

(ខ) ដំណើរការ

- ចោះរន្ធត្រង់ចំណុចកណ្តាលនៃគម្របដបទឹកសុទ្ធដោយប្រើកន្ត្រៃ និងស៊កចុងម្ខាងដែលរឹងនៃទុយោសេរ៉ូមចូលក្នុងរន្ធគម្របដបទឹកសុទ្ធនោះ។ បិទរន្ធឱ្យជិតដើម្បីកុំឱ្យហៀរទឹកចេញដោយប្រើស្កុត។
- ចាក់ទឹកចូលក្នុងដបរហូតដល់ជិតពេញ នឹងគ្របគម្របដបដែលភ្ជាប់ទុយោសេរ៉ូមអំបាញ់មិញ។

- ព្យួរបាតដបទឹកសុទ្ធទៅនឹងជើងទម្របង្ហាញដូចរូបខាងលើដោយឱ្យបាតដបឡើងលើ និងមាត់ដបដែលភ្ជាប់ចុងទុយោសេរ៉ូមចុះក្រោម។ បន្ទាប់មកចោះរន្ធខ្យល់មួយជិតបាតដបដោយប្រើកន្ត្រៃ។
- ភ្ជាប់ចុងខាងក្រោមនៃទុយោសេរ៉ូមទៅម្ជុលស្ការ៉ែន។
- បើកក្បាលរ៉ូប៊ីណេលើទុយោសេរ៉ូមដើម្បីឱ្យទឹកហូរចេញតាមម្ជុលស្ការ៉ែនដូចក្នុងរូបខាងលើ។ ត្រងទឹកដែលហូរចេញដោយប្រើកាទឹក។
- ត្រដុសទុយោប៊ីតដោយប្រើក្រដាស(ជូតមាត់)។ បន្ទាប់មកដាក់វាក្បែរបាញ់ទឹកដែលហូរចេញពីម្ជុលស្ការ៉ែន។

សំណួរលើការសង្កេត៖

- តើអ្នកសង្កេតឃើញរបាញ់ទឹកហូរចុះក្រោមដូចម្ដេច ពេលមិនទាន់ដាក់ទុយោប៊ីតក្បែររបាញ់ទឹក?
- តើអ្នកសង្កេតឃើញរបាញ់ទឹកហូរចុះក្រោមដូចម្ដេច ពេលដាក់ទុយោប៊ីតដែល***មិនទាន់ត្រដុស***ជាមួយក្រដាស(ជូតមាត់)ក្បែររបាញ់ទឹក?
- តើអ្នកសង្កេតឃើញរបាញ់ទឹកហូរចុះក្រោមដូចម្ដេច ពេលដាក់ទុយោប៊ីតដែល***ត្រដុសរួច***ជាមួយក្រដាស(ជូតមាត់)ក្បែររបាញ់ទឹក?
- តើអ្នកសង្កេតឃើញរបាញ់ទឹកហូរចុះក្រោមដូចម្ដេច ពេលដាក់ក្រដាស(ជូតមាត់)ដែល***ត្រដុសរួច***ជាមួយទុយោប៊ីតក្បែររបាញ់ទឹក?

៤. លទ្ធផល

- ការសង្កេតរបាញ់ទឹកហូរចុះក្រោម ពេលមិនទាន់ដាក់ទុយោប៊ីតនៅក្បែរ៖

....

....។

- ការសង្កេតរបាញ់ទឹកហូរចុះក្រោម ពេលដាក់ទុយោប៊ីតដែល***មិនទាន់ត្រដុស***នៅក្បែរ៖

....

....។

- ការសង្កេតរបាញ់ទឹកហូរចុះក្រោម ពេលដាក់ទុយោប៊ីតដែល***ត្រដុសរួច***នៅក្បែរ?

....

....។

- ការសង្កេតរបាញ់ទឹកហូរចុះក្រោម ពេលដាក់ក្រដាស(ជូតមាត់)ដែល***ត្រដុសរួច***នៅក្បែរ?

....

....។

សន្និដ្ឋាន៖

ពេលដាក់ទុយោប៊ីតដែលត្រដុសរួចក្បែររបាញ់ទឹក(លំហូរទឹក)ដែលហូរចេញពីដបទឹកសុទ្ធតាមរន្ធម្ជុល ឬ ពីក្បាលរ៉ូប៊ីណេ នោះរបាញ់ទឹកហូរ...។

ដូចនេះសម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធន៍។

ពិភាក្សា៖

ហេតុអ្វីបានជារបាញ់ទឹក(លំហូរទឹក)ងាកទៅរកទុយោប៊ីតដែលត្រដុសរួចដាក់នៅក្បែរវា? ចូរពន្យល់។

មេរៀនទី១៣៖ ពិសោធន៍អគ្គិសនីកម្ម

១៣.១.ទស្សនទាន

- បង្ហាញថាអង្គធាតុមួយណឺតតាមន័យអគ្គិសនី ប៉ុន្តែក្រោយពេលត្រដុសវាក្លាយជាអង្គធាតុមានបន្ទុកអគ្គិសនី
- បង្ហាញថាអង្គធាតុមួយដែលបោះបង់អេឡិចត្រុង វាក្លាយជាអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកវិជ្ជមាន(+) និងចាប់យកអេឡិចត្រុង វាក្លាយជាអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអវិជ្ជមាន(-)
- បង្ហាញថាអង្គធាតុពីរផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីសញ្ញាដូចគ្នា ដាក់ជិតគ្នាវាច្រានគ្នាចេញ និងផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីសញ្ញាផ្ទុយគ្នា វាទាញគ្នាចូល។

១៣.២.ទ្រឹស្តី

កាលណាគេខាត់ចង្កឹះអេបូនីតជាមួយនឹងឡែនឬរោមសត្វ នោះគេបានចង្កឹះអេបូនីតផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន (-) និងឡែន ឬរោមសត្វផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន(+)។ ប៉ុន្តែបើគេខាត់ចង្កឹះកែវជាមួយនឹងសំពត់សូត្រ នោះគេបានចង្កឹះកែវផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន(+) និងសំពត់សូត្រផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន(-)។ ដូចគ្នាដែរ បើគេខាត់បំពង់ជ័របឺតជាមួយនឹងក្រដាសសៀវភៅ នោះគេបានបំពង់ជ័របឺតផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន(-) និងក្រដាសសៀវភៅផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន(+)។ គេបានផលដូចគ្នាកាលណាគេខាត់ប៉ោងៗដែលផ្លុំឱ្យតឹងជាមួយនឹងអាវយឺតដែលមានជាតិនីឡុង ឬប៉ូលីយែស្ទ័រ ប៉ោងៗផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន(-) និងអាវយឺតដែលមានជាតិនីឡុងឬប៉ូលីយែស្ទ័រផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន(+)។ តាមការបង្ហាញខាងលើ ឡែនឬរោមសត្វ, ចង្កឹះកែវ, ក្រដាសសៀវភៅ, អាវយឺតដែលមានជាតិនីឡុងឬប៉ូលីយែស្ទ័រជាអ្នកបោះបង់អេឡិចត្រុងឱ្យគេ នោះវាផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន (+) ចំណែកឯចង្កឹះអេបូនីត, សំពត់សូត្រ, បំពង់ជ័របឺត, ប៉ោងៗជាអ្នកចាប់យកអេឡិចត្រុងពីគេ នោះវាផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន(-)។ **សូមអាន"ស៊េរីនៃរូបធាតុដែលត្រដុសគ្នា"នៅផ្នែកខាងក្រោយនៃពិសោធន៍នេះបន្ថែម។**

ក្នុងពិសោធន៍នេះខ្ញុំបង្ហាញពិសោធន៍តាម E-Lab ដោយលើកយកប៉ោងៗត្រដុសជាមួយនឹងអាវយឺតដែលមានជាតិនីឡុងឬប៉ូលីយែស្ទ័រប៉ុណ្ណោះ។

អង្គធាតុណឺត ណឺតតាមន័យអគ្គិសនីមានន័យថាបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន (+) ស្មើនឹងបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន(-)។ **អគ្គិសនីកម្ម**មានន័យថា ការធ្វើឱ្យអង្គធាតុមួយមានបន្ទុកអគ្គិសនី វាលើស ឬខ្វះអេឡិចត្រុង។ អគ្គិសនីកម្មមានបីប្រភេទ៖ អគ្គិសនីកម្មដោយកកិត អគ្គិសនីកម្មដោយដាក់ប៉ះ និងអគ្គិ-សនីកម្មដោយឥទ្ធិពល។

ប៉ោងៗដែលតឹងត្រដុសជាមួយនឹងអាវយឺត ដាក់ជិតគ្នា វាទាញគ្នាចូល។ ប៉ោងៗដែលត្រដុសរួចដាក់ក្បែរជញ្ជាំងឬវត្ថុមួយទៀត(ណឺតតាមន័យអគ្គិសនី) អេឡិចត្រុងនៃប៉ោងៗច្រានអេឡិចត្រុងនៃជញ្ជាំង ឬវត្ថុនោះឱ្យទៅផ្នែកម្ខាងទៀត ធ្វើឱ្យផ្នែកដែលនៅជិតប៉ោងៗផ្ទុកបន្ទុកវិជ្ជមាន(+) រួចវាទាញគ្នាចូល។ ពេលដកប៉ោងចេញមកវិញ ជញ្ជាំងឬវត្ថុនោះក្លាយជាណឺតវិញដដែល។ ប៉ោងៗពីរដែលត្រដុសរួច ដាក់ក្បែរគ្នា វាច្រានគ្នាចេញ។

យើងអាចសន្និដ្ឋានថា បន្ទុកសញ្ញាដូចគ្នាដាក់ក្បែរគ្នា ច្រានគ្នាចេញ និងសញ្ញាផ្ទុយគ្នា ទាញគ្នាចូល។ កម្លាំងអន្តរកម្មអគ្គិសនីឱ្យតាមរូបមន្ត

$F = K(q_1 \times q_2)/r^2$ ដែល $K = 1/4\pi\varepsilon_0 = 9.0\times10^9\ Nm^2C^{-2}$ ។

ដែនអគ្គិសនី $E = K\,Q/r^2$ ដែល Q ជាបន្ទុកបង្កើតដែន ។

ទំនាក់ទំនងរវាងកម្លាំងនិងដែនអគ្គិសនី $F = q\,E$ ដែល q ជាបន្ទុកសាក។

កម្លាំងអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកច្រើន $F = F_1 + F_2 + \ldots$

ដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកច្រើន $E = E_1 + E_2 + \ldots$

កម្លាំងនិងដែនអគ្គិសនីដែលបង្ហាញខាងលើអាចអនុវត្តបានតែចំពោះបន្ទុកជាចំណុចប៉ុណ្ណោះ ក្នុងករណីអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិញមិនអាចអនុវត្តបានទេ។ ដើម្បីឱ្យអាចអនុវត្តបានលុះត្រាតែ ត្រូវចែកអង្គធាតុនោះជា $dE = K\frac{dq}{r^2}$ ដែនអគ្គិសនីផ្គួបគឺ៖

$$E = \int dE = \int K\frac{dq}{r^2}$$

១៣.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍

១. កាលណាគេខាត់ចង្កឹះអេបូនីតជាមួយនឹងឡែនឬរោមសត្វ តើចង្កឹះអេបូនីតផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអ្វី និងឡែនឬរោមសត្វផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអ្វី ?

២. បើគេខាត់ចង្កឹះកែវជាមួយនឹងសំពត់សូត្រ តើចង្កឹះកែវផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអ្វី និងសំពត់សូត្រផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអ្វី ?

៣. បើគេខាត់បំពង់ជ័របឺតជាមួយនឹងក្រដាសសៀវភៅ តើបំពង់ជ័របឺតផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអ្វី និងក្រដាសសៀវភៅផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអ្វី ?

៤. បើគេត្រដុសប៉ោងៗដែលផ្លុំតឹងជាមួយនឹងអាវយឺត តើប៉ោងៗផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអ្វី និងអាវយឺតផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអ្វី ?

៥. បើគេដាក់ប៉ោងៗពីរដែលត្រដុសជាមួយនឹងអាវយឺតដូចគ្នា ក្បែរគ្នាដោយឱ្យផ្នែកដែលត្រដុសនៅជិតគ្នា តើមានអ្វីកើតឡើងជាមួយនឹងប៉ោង ? បើគេដាក់ប៉ោងៗក្បែរអាវយឺតវិញ តើមានអ្វីកើតឡើង ?

៦. ហេតុអ្វីបានជាប៉ោងៗពីរដែលត្រដុសរួចផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីសញ្ញាដូចគ្នា ដាក់ក្បែរគ្នាច្រានគ្នាចេញ ?

ប៉ោងៗនិងអាវយឺតផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីសញ្ញាផ្ទុយគ្នាដាក់ក្បែរគ្នាទាញគ្នាចូល ?

៧. ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីពីរ $q_1 = 9.0\ \mu C$ និង$q_2 = 20\ \mu C$ ដាក់ឃ្លាតចម្ងាយពីគ្នា9.0 cm ក្នុងសុញ្ញាកាស។

(ក) តើកម្លាំងទាំងពីរជាកម្លាំងទំនាញចូលឬចម្រានចេញ ?

(ខ) គណនាកម្លាំងអគ្គិសនីរវាងបន្ទុកទាំងពីរនៅចម្ងាយពីគ្នា 9.0 cm។

៨. ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីពីរ $q_1 = 9.0\ \mu C$ និង$q_2 = 20\ \mu C$ ដាក់ឃ្លាតចម្ងាយពីគ្នា r ក្នុងសុញ្ញាកាស។

(ក) បើកម្លាំងអគ្គិសនីរវាងបន្ទុកទាំងពីរស្មើនឹង 1.8×10^3N កំណត់ចម្ងាយ r រវាងបន្ទុកទាំងពីរ។

(ខ) គណនាដែនអគ្គិសនីត្រង់ចំណុចបន្ទុក q_1 ។

១៣.៤.ឧបករណ៍សម្ភារៈ

Software PHET

១៣.៥.ដំណើរការ

(ក) Install Software PHET (Offline or online) ចូលក្នុងកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក។ បើ Online ពេលប្រើត្រូវភ្ជាប់ Internet ។ បើ Offline មិនចាំបាច់ភ្ជាប់ Internet ទេ។ បន្ទាប់ពី Install ចប់ វានឹងបង្ហាញ Icon PHET simulations នៅលើ Screen នៃកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក។

(ខ) ដាក់ Mouse pointer លើ Icon PHET simulations រួចចុចពីរដងលើ Mouse ខាងឆ្វេង នោះវានឹងលេចចេញផ្ទាំងបញ្ជីឈ្មោះពិសោធន៍ដែលរៀបតាមអក្ខរក្រម(Alphabet) ពី A ទៅ Z ។ នៅជួរខាងឆ្វេងមានពាក្យថា Simulations និងខាងក្រោមវាមានពាក្យថា Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math, ... ដែលបញ្ជាក់ថាអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានជាមួយ Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math ។

(គ) ចុចលើពាក្យថា Physics (រូបវិទ្យា) វានឹងបង្ហាញបញ្ជីពិសោធន៍យ៉ាងច្រើនដែលអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានក្រោមទម្រង់ជារូបភាព។ សូមចងចាំថា ពិសោធន៍របស់អ្នកគឺអគ្គិសនីកម្ម(Balloons and Static Electricity)។ ដូចនេះត្រូវយក Balloons and Static Electricity ។

(ឃ) ចុចលើពាក្យ Balloons and Static Electricity ពេលនោះវានឹងលេចចេញជា File VIDEO ។

(ង) ចុចលើ VIDEO នេះ វានឹងចេញរូបប៉ោងៗ អាវយឺត និងជញ្ជាំង(មានបន្ទុក(+)(-)ស្មើគ្នាដែលបង្ហាញថាវាជាអង្គធាតុណឺត)និងប្រអប់ជាច្រើន។

- ❖ ប្រអប់ដែលនៅខាងឆ្វេងនិងខាងក្រោមមាន៖
  - Show all charges (មានន័យថា បង្ហាញបន្ទុកអគ្គិសនីទាំងអស់)
  - Show no charges (មានន័យថា មិនបង្ហាញបន្ទុកអគ្គិសនី)
  - Show charge differences (មានន័យថា បង្ហាញបន្ទុកអគ្គិសនីខុសគ្នា)
- ❖ ប្រអប់ដែលនៅកណ្តាល មានពាក្យថា៖

Reset Balloons(មានន័យថាជ្រើសរើសប៉ោងៗ)អ្នកអាចចុចលើប៉ោងៗមួយដើម្បីយកប៉ោងៗមួយ ឬចុចលើប៉ោងៗពីរដើម្បីយកប៉ោងៗពីរណាមួយក៏បាន។

- ❖ ប្រអប់ដែលនៅខាងស្តាំ មានពាក្យថា៖

Remove Wall (មានន័យថា លុបជញ្ជាំងចោល) ពេលចុចលើវា នោះវានឹងបំបាត់រូបជញ្ជាំង ប៉ុន្តែវានឹងចេញអក្សរថា Add Wall បើចុចលើវាទៀត វានឹងបង្ហាញជញ្ជាំងវិញ។

តោះយើងនាំគ្នាធ្វើពិសោធន៍នេះ!

(ច) ចុចយកប៉ោងៗមួយ រួចយក Mouse pointer ដែលមានរូបសញ្ញាម្រាមដៃដាក់លើប៉ោងៗ ម្រាមចង្អុលដៃខាងឆ្វេងចុចលើ Mouse ខាងឆ្វេង និងចង្អុលដៃខាងស្តាំទាញប៉ោងៗមកដាក់ក្បែរអាវ

យឺត និងបន្ទាប់មកដាក់ក្បែរជញ្ជាំង។សង្កេតមើលអន្តរកម្មរបស់វា។ កត់ត្រាទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១។

(ឆ) ទាញប៉ោងៗមកត្រដុសនឹងអាវយឺត ពេលនោះពិនិត្យមើលបន្ទុកអគ្គិសនីលើប៉ោងៗ និងលើអាវយឺត រួចទាញប៉ោងៗមកទីតាំងដើមវិញរួចលែងវា។ បន្ទាប់មកទាញប៉ោងៗដាក់ក្បែរជញ្ជាំង និងទាញវារំកិលចុះក្រោម ឡើងលើ។ កត់ត្រាទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី២។

(ជ) ចុចយកប៉ោងៗពីរ ដាក់វាទាំងពីរក្បែរគ្នា និងពិនិត្យអន្តរកម្មរបស់វា។ កត់ត្រាទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី៣។ ទាញប៉ោងៗទី១មកត្រដុសនឹងអាវយឺតពាក់កណ្តាល រួចទាញចេញមកទីតាំងដើមវិញ។ ទាញប៉ោងៗទី២មកត្រដុសនឹងអាវយឺតពាក់កណ្តាលទៀត រួចដាក់វាទន្ទឹមនឹងប៉ោងៗទី១។ សង្កេតអន្តរកម្មរបស់វា។ ដូចគ្នាដែរ ទាញប៉ោងៗទី១ដាក់ទន្ទឹមនឹងទី២វិញ រួចសង្កេតអន្តរកម្មរបស់វា។ កត់ត្រាទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី៣។

១៣.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យទី១

	ប៉ោងៗ	អាវយឺត	អន្តរកម្ម
មុនត្រដុស			
ក្រោយត្រដុស			

តារាងទិន្នន័យទី២

	ប៉ោងៗ	ជញ្ជាំង	អន្តរកម្ម
មុនត្រដុស			
ក្រោយត្រដុស		☒	

តារាងទិន្នន័យទី៣

	ប៉ោងៗ	ប៉ោងៗ	អន្តរកម្ម
មុនត្រដុស			
ក្រោយត្រដុស			

១៣.៧.សន្និដ្ឋាន

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ បង្ហាញថា៖

- អង្គធាតុមួយណឺត(តាមន័យអគ្គិសនី) មានន័យថាបន្ទុក(+) …………បន្ទុក(-)។ ប៉ុន្តែក្រោយពេលត្រដុសវាក្លាយជាអង្គធាតុមាន………………………………។
- អង្គធាតុមួយដែលបោះបង់អេឡិចត្រុង វាក្លាយជាអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុក…………… និងចាប់យកអេឡិចត្រុង វាក្លាយជាអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុក…………………………។

- អង្គធាតុពីរផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីសញ្ញាដូចគ្នា ដាក់ជិតគ្នាវា………………………… និងផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីសញ្ញាផ្ទុយគ្នា វា………………………………………។

១៣.៨.ពិភាក្សា

១. ហេតុអ្វីបានជាប៉ោងៗផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី(-)ដាក់ក្បែរអាវយឺតដែលផ្ទុកបន្ទុក(+) វាទាញគ្នាចូល?

២. ហេតុអ្វីបានជាប៉ោងៗផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី(-)ដាក់ក្បែរប៉ោងៗផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី(-) វាច្រាញគ្នាចេញ?

៣. ហេតុអ្វីបានជាបំពង់ជ័រប៊ីតដែលត្រដុសរួចអាចធក់ទាញកម្ទេចក្រដាសបាន?

មេរៀនទី១៤៖ ពិសោធន៍ដែនអគ្គិសនី

១៤.១.វត្ថុបំណង

- បង្ហាញខ្សែដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនី និងស្ប៉ិចអគ្គិសនី។
- កំណត់ទិសដៅ និងអាំងតង់ស៊ីតេដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកត្រង់ចំណុចណាមួយ។គូរក្រាបដែនអគ្គិសនី(*E*) ជាអនុគមន៍នៃចម្ងាយ(*a*) ។
- កំណត់កម្រិតល្អៀងរវាងតម្លៃតាមទ្រឹស្តី និងពិសោធន៍។

១៤.២.ទ្រឹស្តី

កាលពីពិសោធន៍មុនយើងបានសិក្សាពីអគ្គិសនីកម្ម និងបានបញ្ចូលបញ្ញតិកម្លាំងអគ្គិសនី ដែនអគ្គិនីនិងទំនាក់ទំនងរវាងកម្លាំងនិងដែនអគ្គិសនីខ្លះៗមកហើយ ក្នុងគោលបំណងដើម្បីពន្យល់ពីអន្តកម្មនៃបន្ទុកអគ្គិសនី។ ពិសោធន៍នេះយើងនឹងរៀនពិស្តាពីបន្ទុកបង្កើតដែនអគ្គិសនី។ តើដែនអគ្គិសនីជាអ្វី? ដែលអគ្គិសនីជាលំហមួយដែលកើតមានជុំវិញបន្ទុកអគ្គិសនី ដែលតាមរយៈលំហនេះអាចឱ្យបន្ទុកអគ្គិសនីមួយមានអំពើលើបន្ទុក អគ្គិសនីមួយទៀតដែលនៅក្បែរនោះ។

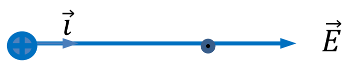
ដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកមួយឱ្យដោយ៖

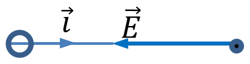
$\vec{E} = K\frac{Q}{a^2}\vec{\imath}$ ដែល $\vec{\imath}$ ជាវ៉ិចទ័រឯកតា

ជាម៉ូឌុល $E = K\frac{Q}{a^2}$

ដែល $K = 9.0 \times 10^9\ \mathrm{Nm^2/C^2}$ ហៅថាថេរគូឡុំ, Q ជាបន្ទុកបង្កើតដែនត្រង់ចំណុចណាមួយ គិតជា (C)

a ជាចម្ងាយពីបន្ទុកបង្កើតដែន(Q)ទៅចំណុចបង្កើតដែន គិតជា (m), E ជាដែនអគ្គិសនីត្រង់ចំណុចណាមួយ គិតជា (N/C)ឬ (V/m)

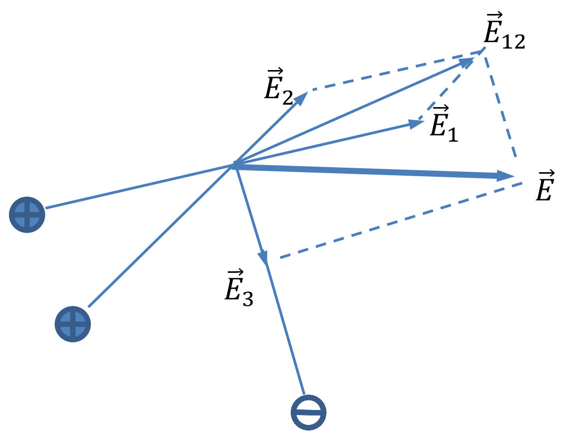




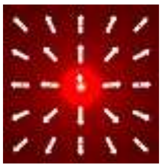
$Q > 0$ ដែនអគ្គិសនីចាកផ្ចិត $\vec{E} = K\frac{Q}{a^2}\vec{\imath}$ $Q < 0$ ដែនអគ្គិសនីចូលផ្ចិត $\vec{E} = -K\frac{Q}{a^2}\vec{\imath}$

ដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកច្រើនឱ្យដោយ៖

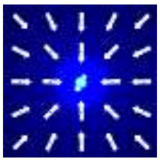
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \cdots = \sum_i K\frac{Q_i}{{a_i}^2}\vec{\imath}$$



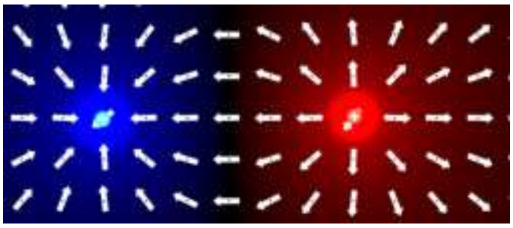
ខ្សែដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនី



ខ្សែដែនអគ្គិសនីនៃបន្ទុកវិជ្ជមាន



ខ្សែដែនអគ្គិសនីនៃបន្ទុកអវិជ្ជមាន



(សំណុំខ្សែដែនអគ្គិសនីហៅថាស្ប៉ិចអគ្គិសនី)

ខ្សែដែនអគ្គិសនីនៃបន្ទុកវិជ្ជមាន និងអវិជ្ជមានដែលដាក់ក្បែរគ្នាកម្រិតល្អៀងភាគរយ(%Error)

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃតាមពិសោធន៍}}{\text{តម្លៃតាមតទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\%$$

១៤.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍

១. តើដែនអគ្គិសនីជាអ្វី?

២. តើដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកវិជ្ជមានមួយត្រង់ចំណុចផ្សេងៗក្បែរៗចំណុចបន្ទុកមានទិសដៅដូចម្តេច? គូររូបតាងខ្សែដែនអគ្គិសនីជុំវិញចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីនេះ។

៣.តើដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកអវិជ្ជមានមួយត្រង់ចំណុចផ្សេងៗក្បែរៗចំណុចបន្ទុកមានទិសដៅដូចម្តេច? គូររូបតាងខ្សែដែនអគ្គិសនីជុំវិញចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីនេះ។

៤. តើស្ប៉ិចអគ្គិសនីជាអ្វី?

៥. សរសេររូបមន្តនៃដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកមួយ។

៦. សរសេររូបមន្តនៃដែនអគ្គិសនីផ្គួបដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកច្រើន។

៧. ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីមួយ $q = 25.0\,\mu C$ ស្ថិតក្នុងខ្យល់។ កំណត់ដែនអគ្គិសនីត្រង់ចំណុច M ចម្ងាយ 5.0 cm ពីចំណុចបន្ទុកនេះ។ គេឱ្យ $K = 9.0 \times 10^9$ Nm^2/C^2 ។

៨. ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីមួយ $q = -25.0\,\mu C$ ស្ថិតក្នុងខ្យល់។ កំណត់ដែនអគ្គិសនីត្រង់ចំណុច M ចម្ងាយ 1.0 m ពីចំណុចបន្ទុកនេះ។ គេឱ្យ $K = 9.0 \times 10^9$ Nm^2/C^2 ។

៩. ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីពីរ $q_1 = 25.0\,\mu C$ និង $q_2 = -25.0\,\mu C$ ស្ថិតក្នុងខ្យល់។ កំណត់ដែនអគ្គិសនីផ្គួបត្រង់ចំណុច M ស្ថិតនៅពាក់កណ្តាលរវាងចំណុចបន្ទុកទាំងពីរ។ ចម្ងាយរវាងចំណុចបន្ទុកទាំងពីរគឺ 2.0 m ។ គេឱ្យ $K = 9.0 \times 10^9$ Nm^2/C^2 ។

១០. ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីពីរ $q_1 = q_2 = 1.0\,nC$ ស្ថិតក្នុងខ្យល់ ត្រូវបានដាក់លើកំពូលនៃត្រីកោណសម័ង្ស(ABC)មួយដែលមានជ្រុង a ។

(ក) កំណត់ដែនអគ្គិសនីផ្គួបត្រង់ចំណុច C ដែលគ្មានបន្ទុកអគ្គិសនី។ គេឱ្យ $K = 9.0 \times 10^9$ Nm^2/C^2 និង $a = 3.0$ m ។

(ខ) បើតម្លៃដែនអគ្គិសនីផ្ទួបតាមពិសោធន៍ត្រង់ C ត្រូវបានវាស់ឃើញស្មើនឹង 1.73 N/C គណនាកម្រិតល្អៀង(ភាគរយ)របស់វា។

១១. ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីពីរ $q_1 = 1.0\,nC$ និង $q_2 = -1.0\,nC$ ស្ថិតក្នុងខ្យល់ ត្រូវបានដាក់លើកំពូលនៃត្រីកោណសម័ង្ស(ABC)មួយដែលមានជ្រុង a ។

(ក) កំណត់ដែនអគ្គិសនីផ្ទួបត្រង់ចំណុច C ដែលគ្មានបន្ទុកអគ្គិសនី។ គេឱ្យ $K = 9.0 \times 10^9$ Nm^2/C^2 និង $a = 3.0$ m ។

(ខ) បើតម្លៃដែនអគ្គិសនីផ្ទួបតាមពិសោធន៍ត្រង់ C ត្រូវបានវាស់ឃើញស្មើនឹង 1.01 N/C គណនាកម្រិតល្អៀង(ភាគរយ)របស់វា។

១៤.៤.ឧបករណ៍សម្ភារៈ

Software PHET Simulation ដែលដំឡើងរួចលើកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក

១៤.៥.ដំណើរការ

(ក) ចុចពីរដងជាប់គ្នាលើ PHET Simulations លើអេក្រង់នៃកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក ពេលនោះវានឹងលេចចេញផ្ទាំងបញ្ជីឈ្មោះពិសោធន៍ដែលរៀបតាមអក្ខរក្រម(Alphabet) ពី A ទៅ Z ។ នៅជួរខាងឆ្វេងមានពាក្យថា Simulations និងខាងក្រោមវាមានពាក្យថា Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math, … ដែលបញ្ជាក់ថាអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានជាមួយ Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math ។

(ខ) ចុចលើពាក្យថា Physics (រូបវិទ្យា) វានឹងបង្ហាញបញ្ជីពិសោធន៍យ៉ាងច្រើនដែលអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានក្រោមទម្រង់ជារូបភាព។ សូមចងចាំថា ពិសោធន៍របស់អ្នកគឺដែនអគ្គិសនី (Charges and Fields)។ ដូចនេះត្រូវយក Charges and Fields ។ ចុចលើពាក្យ Charges and Fields ពេលនោះវានឹងលេចចេញជា File VIDEO ។

(គ) ចុចលើ VIDEO នេះ វានឹងចេញប្រអប់ធំៗបី គឺខាងក្រោមមួយ និងខាងស្តាំពីរ។

- ប្រអប់ធំខាងក្រោមមាន៖
  - + 1 nC មានន័យថាបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន 1 nC
  - - 1 nC មានន័យថាបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន -1 nC
  - Sensorsមានន័យថាជាឧបករណ៍សម្រាប់វាស់ដែនអគ្គិសនីត្រង់ចំណុចណាមួយដែលចង់វាស់។
- ប្រអប់ធំខាងស្តាំ និងខាងលើមាន៖
  - Electric Field មានន័យថាបង្ហាញទិសដៅខ្សែដែនអគ្គិសនី ឆ្ងាយពីបន្ទុកខ្សែដែនព្រាលៗ
  - Direction Only មានន័យថាបង្ហាញតែទិសដៅខ្សែដែនអគ្គិសនីប៉ុណ្ណោះ
  - Voltage មានន័យថាតង់ស្យុង វាបង្ហាញពណ៌ជុំវិញបន្ទុក។ (+) ពណ៌ក្រហម និង(-) ពណ៌ខៀវ។

- Values មានន័យថាបង្ហាញតម្លៃដែនអគ្គិសនីដែលវាស់ដោយប្រើ Sensors និងមុំជាដឺក្រេ។
- Grid មានន័យថាបង្ហាញក្រឡាការ៉ូដែលជាមាត្រដ្ឋាន 2 ការ៉ូធំត្រូវជា 1 m ។

❖ ប្រអប់ធំខាងស្តាំ និងខាងក្រោមមាន៖

- 0.0 V មានន័យថាបង្ហាញឧបករណ៍វាស់ប៉ូតង់ស្យែលត្រង់ចំណុចណាមួយ
- ម៉ែត្ររមូ សម្រាប់វាស់ប្រវែងឬចម្ងាយ។

➢ ខ្សែដែន និងស្ប៉ិចអគ្គិសនី

(ឃ) ទាញយកបន្ទុកវិជ្ជមាន (+1 nC) ដាក់ក្នុងកន្លែងធ្វើការ(Work sheet) ខាងលើត្រង់ចំណុចណាមួយ។ពិនិត្យមើលខ្សែដែនអគ្គិសនីជុំវិញបន្ទុកអគ្គិសនី។ កត់ត្រាទម្រង់ខ្សែដែនអគ្គិសនីដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១ខាងក្រោម។

(ង) ទាញបន្ទុកវិជ្ជមាន (+1 nC) មួយទៀតដាក់នៅជ្រុងម្ខាងទៀតឆ្ងាយពីបន្ទុកមុន។ ពិនិត្យមើលខ្សែដែនអគ្គិសនីជុំវិញបន្ទុកអគ្គិសនីទាំងពីរ។ កត់ត្រាទម្រង់ខ្សែដែនអគ្គិសនីដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១ខាងក្រោម។

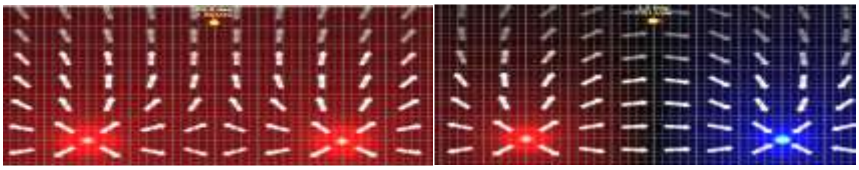
(ច) ទាញបន្ទុកទាំងពីរដាក់ក្នុងប្រអប់នៅកន្លែងដើមវិញ។ រួចទាញបន្ទុកអវិជ្ជមាន (-1 nC) មួយដាក់ក្នុងកន្លែងធ្វើការ(Work sheet)ជំនួសបន្ទុកវិជ្ជមាន ពិនិត្យមើលខ្សែដែនអគ្គិសនីរបស់វា បន្ទាប់មកទាញបន្ទុកអវិជ្ជមានមួយទៀតដាក់នៅជ្រុងម្ខាងទៀតឆ្ងាយពីបន្ទុកមុន។ ពិនិត្យមើលខ្សែដែនអគ្គិសនីជុំវិញបន្ទុកអគ្គិសនីទាំងពីរ។ កត់ត្រាទម្រង់ខ្សែដែនអគ្គិសនីដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១។

(ឆ) ទាញបន្ទុកអវិជ្ជមានមួយដាក់ក្នុងប្រអប់នៅកន្លែងដើមវិញ រួចទាញបន្ទុកវិជ្ជមានដាក់ជំនួសវិញ។ ពិនិត្យមើលខ្សែដែនអគ្គិសនីជុំវិញបន្ទុកទាំងពីរ។ កត់ត្រាទម្រង់ខ្សែដែនអគ្គិសនីដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១។

➢ ការគណនាដែនអគ្គិសនី និងគូរក្រាប

(ជ) រក្សាទុកតែបន្ទុកវិជ្ជមាន +1.0 nC មួយប៉ុណ្ណោះនិងដាក់វានៅផ្នែកខាងឆ្វេងនិងខាងក្រោមក្បែរបាត។ ប្រើSensors (ដាក់ត្រង់ទីតាំងផ្សេងៗ) និងម៉ែត្រដើម្បីវាស់ដែនអគ្គិសនីនិងប្រវែងរៀងគ្នាដូចបង្ហាញក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី២។

(ឈ) ដំឡើងរូបតាមលំហាត់ទី១០ និង១១ ក្នុងសំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍ និងធ្វើពិសោធន៍ម្តងមួយៗ រួចគណនាដែនអគ្គិសនីផ្ទប និងគណនាកម្រិតល្បឿងរបស់វា។ កត់ត្រាទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី៣ខាងក្រោម។



ចម្ងាយរវាងបន្ទុក a = 3.0 m

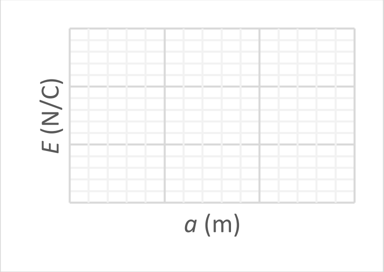
បន្ទុក + 1.0 nC   បន្ទុក + 1.0 nC   បន្ទុក + 1.0 nC   បន្ទុក - 1.0 nC

១៤.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យទី១

ប្រភេទបន្ទុកអគ្គិសនី	ខ្សែដែនអគ្គិសនី
(+)	
(-)	
(+) និង (-)	
(+) និង (+)	
(-) និង (-)	
ស្ប៉ិចអគ្គិសនី	

តារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី២ ក្រាប



ចម្ងាយ a (m)	E ពិសោធន៍ (N/C)	E ទ្រឹស្តី (N/C)
0.50 m		
0.60 m		
0.70 m		
0.80 m		
1.0 m		
1.5 m		
2.0 m		
2.5 m		
3.0 m		
3.5 m		
4.0 m		
$Q = 1.0\times10^{-9}$ C	$K = 9.0\times10^{9}$ Nm^2/C^2	

តារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី3

ចម្ងាយ *a* (m)	*E* ពិសោធន៍(N/C)	*E* ទ្រឹស្តី(N/C)
3.0 m		
% Error =		
$Q_1 = Q_2 = 1.0\times10^{-9}$ C	$K = 9.0\times10^9$ Nm²/C²	
ចម្ងាយ *a* (m)	*E* ពិសោធន៍(N/C)	*E* ទ្រឹស្តី(N/C)
3.0 m		
% Error =		
$Q_1 = 1.0\times10^{-9}$ C និង $Q_2 = -1.0\times10^{-9}$ C		

ការគណនាគំរូ

- $E = K\frac{Q}{a^2} =$
- $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ យើងបាន E =
- $\%\text{កម្រិតល្អៀង}(Error) = \left|\frac{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃតាមពិសោធន៍}}{\text{តម្លៃតាមតទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\%$

១៤.៧.សន្និដ្ឋាន

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើបង្ហាញខ្សែដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានមានរាងជា………………..និងទិសដៅ………………..   ចំណែកឯចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានមានរាងជា………………..និងទិសដៅ……………..។ សំណុំខ្សែដែនអគ្គិសនីច្រើនត្រូវបានគេហៅថា………………………..។

អាំងតង់ស៊ីតេដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកត្រង់ចំណុចមួយនៅជិតបន្ទុកមានតម្លៃ…………..និងនៅឆ្ងាយពីបន្ទុកមានតម្លៃ……………..ជាអនុគមន៍……………………….បង្ហាញដូចក្រាបខាងលើ។ កម្រិតល្អៀងរវាងតម្លៃតាមទ្រឹស្តី និងពិសោធន៍មានតម្លៃ < 5% ។ ដូចនេះទ្រឹស្តីត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធន៍។

១៤.៨.ពិភាក្សា

ដោយប្រើតារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី២ ចូរគូរក្រាបរវាង *E* ជាអនុគមន៍នៃ $1/a^2$ និងគណនាកម្រិតល្អៀងនៃបន្ទុក។

មេរៀនទី១៥៖ ពិសោធន៍ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី

១៥.១.ទត្ថុបំណង

➢ កំណត់ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកត្រង់ចំណុចណាមួយ។ គូរក្រាបប៉ូតង់ ស្យែលអគ្គិសនី(*V*)ត្រង់ចំណុចណាមួយជាអនុគមន៍នៃចម្ងាយ(*a*) ។

➢ កំណត់កម្រិតល្អៀងរវាងតម្លៃតាមទ្រឹស្តី និងពិសោធន៍។

១៥.២.ទ្រឹស្តី

កាលពីពិសោធន៍មុនយើងបានសិក្សាដែនអគ្គិសនីរួច ឥឡូវនេះយើងនឹងសិក្សាប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីវិញម្តង។ ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីស្រដៀងគ្នានឹងដែនអគ្គិសនីដែរ ប៉ុន្តែត្រូវគិតតាមតម្លៃពីជគណិត។ គេថាប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីចង្អុលបង្ហាញលក្ខណៈនៃដែនអគ្គិសនី។

ដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកមួយឱ្យដោយ៖

$\vec{E} = K\frac{Q}{a^2}\vec{\imath}$ ដែល $\vec{\imath}$ ជាវ៉ិចទ័រឯកតា

ជាម៉ូឌុល $E = K\frac{Q}{a^2}$

ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកមួយឱ្យដោយ៖

$V = K\frac{Q}{a}$

បើ $Q > 0$ នោះ $V > 0$

បើ $Q < 0$ នោះ $V < 0$

ដែល $K = 9.0 \times 10^9\ Nm^2/C^2$ ហៅថាថេរគូឡុំ, *Q* ជាបន្ទុកបង្កើតដែនត្រង់ចំណុចណាមួយ គិតជា (C)

a ជាចម្ងាយពីបន្ទុកបង្កើតដែន(*Q*)ទៅចំណុចបង្កើតប៉ូតង់ស្យែល គិតជា (m), *V* ជាប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីត្រង់ចំណុចណាមួយ គិតជា (V)

Q > 0 ប៉ូតង់ស្យែលត្រង់ *M*, $V_M = +K\frac{Q}{a} > 0$ -*Q* < 0 ប៉ូតង់ស្យែលត្រង់ *M*, $V_M = K\left(\frac{-Q}{a}\right) < 0$

ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកច្រើនឱ្យដោយ៖

$$V = V_1 + V_2 + \cdots = \sum_i K\frac{Q_i}{a_i}$$

កម្រិតល្អៀងភាគរយ(%Error)

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃតាមពិសោធន៍}}{\text{តម្លៃតាមតទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\%$$

១៥.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍

១. តើប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីជាអ្វី?

២. សរសេររូបមន្តនៃប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន និងបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានមួយ។

៣. កំណត់ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីផ្គួបត្រង់កំពូលត្រីកោណសម័ង្សមួយជ្រុងង *a* ដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន(*q*) និងបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន(-*q*)មួយដែលដាក់ត្រង់បាតនៃត្រីកោណ។

៤. ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីមួយ $q = 25\,\mu C$ ស្ថិតក្នុងខ្យល់។ កំណត់ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីត្រង់ចំណុច *M* ចម្ងាយ 5.0 cm ពីចំណុចបន្ទុកនេះ។ គេឱ្យ $K = 9.0 \times 10^9\ Nm^2/C^2$ ។

៥. ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីមួយ $q = -25\,\mu C$ ស្ថិតក្នុងខ្យល់។ កំណត់ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីត្រង់ចំណុច *M* ចម្ងាយ 1.0 m ពីចំណុចបន្ទុកនេះ។ គេឱ្យ $K = 9.0 \times 10^9\ Nm^2/C^2$ ។

៦. ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីពីរ $q_1 = 25.0\,\mu C$ និង $q_2 = -30\,\mu C$ ស្ថិតក្នុងខ្យល់។ កំណត់ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីផ្គួបត្រង់ចំណុច *M* ស្ថិតនៅពាក់កណ្តាលរវាងចំណុចបន្ទុកទាំងពីរ។ ចម្ងាយរវាងចំណុចបន្ទុកទាំងពីរគឺ 2.0 m ។ គេឱ្យ $K = 9.0 \times 10^9\ Nm^2/C^2$ ។

៧. ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីពីរ $q_1 = q_2 = 1.0\,nC$ ស្ថិតក្នុងខ្យល់ ត្រូវបានដាក់លើកំពូលនៃត្រីកោណសម័ង្ស(*ABC*)មួយដែលមានជ្រុង *a* ។

(ក) កំណត់ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីផ្គួបត្រង់ចំណុច *C* ដែលគ្មានបន្ទុកអគ្គិសនី។ គេឱ្យ $K = 9.0 \times 10^9\ Nm^2/C^2$ និង $a = 3.0$ m ។

(ខ) បើតម្លៃប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីផ្គួបតាមពិសោធន៍ត្រង់ *C* ត្រូវបានវាស់ឃើញស្មើនឹង 6.034 V គណនាកម្រិតល្អៀង(ភាគរយ)របស់វា។

៨. ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីបី $q_1 = q_2 = 1.0\,nC$ និង $q_3 = -1.0\,nC$ ស្ថិតក្នុងខ្យល់ ត្រូវបានដាក់លើកំពូលនៃការេ(*ABCD*)មួយដែលមានជ្រុង *a* ។

(ក) កំណត់ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីផ្គួបត្រង់ចំណុច *D* ដែលគ្មានបន្ទុកអគ្គិសនី។ គេឱ្យ $K = 9.0 \times 10^9\ Nm^2/C^2$ និង $a = 3.0$ m ។

(ខ) បើតម្លៃប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីផ្គួបតាមពិសោធន៍ត្រង់ *D* ត្រូវបានវាស់ឃើញស្មើនឹង 2.110 V គណនាកម្រិតល្អៀង(ភាគរយ)របស់វា។

១៥.៤.ឧបករណ៍សម្ភារៈ

Software PHET Simulation ដែលដំឡើងរួចលើកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក

១៥.៥.ដំណើរការ

(ក) ចុចពីរដងជាប់គ្នាលើ PHET Simulations លើអេក្រង់នៃកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក ពេលនោះវានឹងលេចចេញផ្ទាំងបញ្ជីឈ្មោះពិសោធន៍ដែលរៀបតាមអក្ខរក្រម(Alphabet) ពី A ទៅ Z ។ នៅជួរខាងឆ្វេងមានពាក្យថា Simulations និងខាងក្រោមវាមានពាក្យថា Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math, ... ដែលបញ្ជាក់ថាអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានជាមួយ Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math ។

(ខ) ចុចលើពាក្យថា Physics (រូបវិទ្យា) វានឹងបង្ហាញបញ្ជីពិសោធន៍យ៉ាងច្រើនដែលអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានក្រោមទម្រង់ជារូបភាព។ សូមចងចាំថា ពិសោធន៍របស់អ្នកគឺដែនអគ្គិសនី (Charges and Fields)។ ដូចនេះត្រូវយក Charges and Fields ។ ចុចលើពាក្យ Charges and Fields ពេលនោះវានឹងលេចចេញជា File VIDEO ។

(គ) ចុចលើ VIDEO នេះ វានឹងចេញប្រអប់ធំៗបី គឺខាងក្រោមមួយ និងខាងស្តាំពីរ។

- ប្រអប់ធំខាងក្រោមមាន៖
  - + 1 nC មានន័យថាបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន 1 nC
  - - 1 nC មានន័យថាបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន -1 nC
  - Sensorsមានន័យថាជាឧបករណ៍សម្រាប់វាស់ដែនអគ្គិសនីត្រង់ចំណុចណាមួយដែលចង់វាស់។
- ប្រអប់ធំខាងស្តាំ និងខាងលើមាន៖
  - Electric Field មានន័យថាបង្ហាញទិសដៅខ្សែដែនអគ្គិសនី ឆ្ងាយពីបន្ទុកខ្សែដែនព្រាលៗ
  - Direction Only មានន័យថាបង្ហាញតែទិសដៅខ្សែដែនអគ្គិសនីប៉ុណ្ណោះ
  - Voltage មានន័យថាតង់ស្យុង វាបង្ហាញពណ៌ជុំវិញបន្ទុក។ (+) ពណ៌ក្រហម និង (-) ពណ៌ ខៀវ។
  - Values មានន័យថាបង្ហាញតម្លៃដែនអគ្គិសនីដែលវាស់ដោយប្រើ Sensors និងមុំជាដឺក្រេ។
  - Grid មានន័យថាបង្ហាញក្រឡាការ៉ូដែលជាមាត្រដ្ឋាន 2 ការ៉ូធំត្រូវជា 1 m ។
- ប្រអប់ធំខាងស្តាំ និងខាងក្រោមមាន៖
  - 0.0 V មានន័យថាបង្ហាញបង្ហាញឧបករណ៍វាស់ប៉ូតង់ស្យែលត្រង់ចំណុចណាមួយ
  - ម៉ែត្ររមូ សម្រាប់វាស់ប្រវែងឬចម្ងាយ។

➢ ការគណនាប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី និងគូរក្រាប

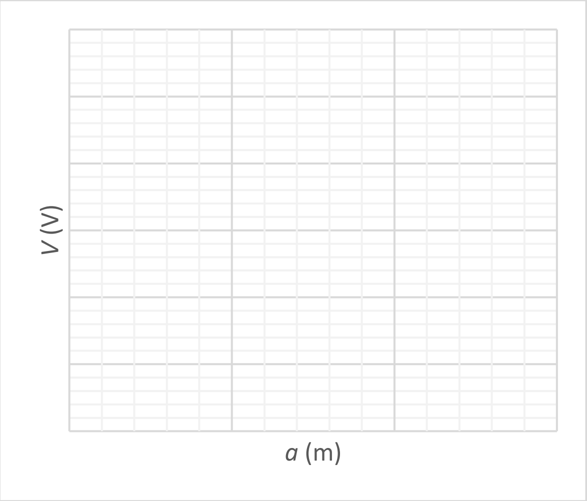
(ឃ) ដាក់បន្ទុកវិជ្ជមាន +1.0 nC មួយនៅផ្នែកខាងឆ្វេង ។ ប្រើឧបករណ៍វាស់ប៉ូតង់ស្យែល (ដាក់ត្រង់ទីតាំងផ្សេងៗ) និងម៉ែត្រដើម្បីវាស់ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីនិងប្រវែងរៀងគ្នាដូចបង្ហាញក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១។ គូរក្រាប V(V) ជាអនុគមន៍ a(m) ។

(ឈ) ដំឡើងរូបតាមលំហាត់ទី៧ និង៨ ក្នុងសំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍ និងធ្វើពិសោធន៍ម្តងមួយៗ រួចគណនាដែនអគ្គិសនីផ្តួប និងគណនាកម្រិតល្បឿងរបស់វា។ កត់ត្រាទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី២ខាងក្រោម។

១៥.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១ ក្រាប

ចម្ងាយ a (m)	$V_{ពិសោធន៍}$(V)	$V_{ទ្រឹស្តី}$(V)
0.50 m		
0.60 m		
0.70 m		
0.80 m		
1.0 m		
1.5 m		
2.0 m		
2.5 m		
3.0 m		
3.5 m		
4.0 m		
$Q = 1.0\times10^{-9}$ C	$K = 9.0\times10^{9}$ Nm^2/C^2	



តារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី2

ចម្ងាយ a (m)	$V_{ពិសោធន៍}$(V)	$V_{ទ្រឹស្តី}$(V)
3.0 m		
% Error =		
$Q_1 = Q_2 = 1.0\times10^{-9}$ C	$K = 9.0\times10^{9}$ Nm^2/C^2	
ចម្ងាយ a (m)	$V_{ពិសោធន៍}$(V)	$V_{ទ្រឹស្តី}$(V)
3.0 m		
% Error =		
$Q_1 = 1.0\times10^{-9}$ C និង $Q_2 = -1.0\times10^{-9}$ C		

ការគណនាគំរូ

- $V_1 = K\frac{Q}{a} =$
- $V = V_1 + V_2 =$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃតាមពិសោធន៍}}{\text{តម្លៃតាមតទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\%$$

១៥.៧.សន្និដ្ឋាន

តាមលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើបង្ហាញថាប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកត្រង់ចំណុចណាមួយអាចត្រូវបានកំណត់។ ក្រាបនៃប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី(*V*)ជាអនុគមន៍នៃចម្ងាយ(*a*) មានរាងជា…………………………………………។ កម្រិតល្អៀងរបស់វារវាងតម្លៃតាមទ្រឹស្តី និងពិសោធន៍ < 5% ។ ដូចនេះសម្មតិកម្ម(វត្ថុបំណង)ត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធន៍។

១៥.៨.ពិភាក្សា

ដោយប្រើតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១ ចូរធ្វើពិសោធន៍ និងគូរក្រាបឡើងវិញចំពោះបន្ទុកអគ្គិសនី-1.0 nC។

មេរៀនទី១៦៖ ពិសោធន៍កុងដង់សាទ័រប្លង់

១៦.១.ទគ្គុបំណង

- កំណត់កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រប្លង់ (ក្នុងខ្យល់ និងក្នុងឌីអេឡិចទ្រិច)
- កំណត់ផ្ទៃឈមអាម៉ាតួនៃកុងដង់សាទ័រប្លង់(ក្នុងខ្យល់)តាមពិសោធន៍និងគណនាកម្រិតល្មៀងរបស់វា
- កំណត់តម្លៃថេរឌីអេឡិចទ្រិចធៀបនៃមជ្ឈដ្ឋានតាមពិសោធន៍ និងគណនាកម្រិតល្មៀងរបស់វា។

១៦.២.ទ្រឹស្តី

កុងដង់សាទ័រផ្សំឡើងពីបន្ទះលោហៈពីរដាក់ស្របគ្នា ឃ្លាតពីគ្នាចម្ងាយ d និងខណ្ឌពីគ្នាដោយឌីអេឡិចទ្រិច។ កាប៉ាស៊ីតេកុងដង់សាទ័រ (C) ត្រូវបានកំណត់ថាជាផលធៀបរវាងអាំងតង់ស៊ីតេនៃបន្ទុកលើអាម៉ាតួណាមួយនិងអាំងតង់ស៊ីតេនៃផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងអាម៉ាតួទាំងពីរ។

កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ $C = \frac{q}{V}$

ដែល q បន្ទុកគិតជាគូឡំ(C), V ផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងអាម៉ាតួទាំងពីរគិតជាវ៉ុល(V), C កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ គិតជា(F)

កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ $C = \varepsilon\frac{A}{d} = \varepsilon_r\varepsilon_0\frac{A}{d}$ $\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$ និង $\varepsilon = \varepsilon_r\varepsilon_0$

ε_r ឬ κ ថេរឌីអេឡិចទ្រិចធៀបនៃមជ្ឈដ្ឋាន ε ថេរឌីអេឡិចទ្រិចនៃមជ្ឈដ្ឋាន

$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$SI

C កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ គិតជា ហ្វារ៉ាត(F) A ផ្ទៃឈមអាម៉ាតួ គិតជាម៉ែត្រការេ (m^2)

d ចម្ងាយរវាងអាម៉ាតួទាំងពីរ (m)

តារាងតម្លៃថេរនៃឌីអេឡិចទ្រិច និងដែនអគ្គិសនីរបស់រូបធាតុខ្លះៗនៅសីតុណ្ហភាពបន្ទប់

រូបធាតុ ថេរឌីអេឡិចទ្រិច(ε_r ឬ κ) ដែនអគ្គិសនី

Material	Dielectric Constant κ	Dielectric Strength* (10^6 V/m)
Air (dry)	1.000 59	3
Bakelite	4.9	24
Fused quartz	3.78	8
Mylar	3.2	7
Neoprene rubber	6.7	12
Nylon	3.4	14
Paper	3.7	16
Paraffin-impregnated paper	3.5	11
Polystyrene	2.56	24
Polyvinyl chloride	3.4	40
Porcelain	6	12
Pyrex glass	5.6	14
Silicone oil	2.5	15
Strontium titanate	233	8
Teflon	2.1	60
Vacuum	1.000 00	—
Water	80	—

ថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រ(E_C)

$$E_C = \frac{1}{2}qV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{q^2}{2C}$$

E_C: ថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រ គិតជា(J)

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃតាមពិសោធន៍}}{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\%$$

សម្គាល់៖ ដែនអគ្គិសនីដែលកើតមានរវាងអាម៉ាតួនៃកុងដង់សាទ័រជាដែនឯកសណ្ឋាន ឱ្យតាមរូបមន្ត៖

$$E = \frac{V}{d} \quad \text{ឬ} \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

σ: ជាបន្ទុកក្នុងមួយខ្នាតផ្ទៃ (ដង់ស៊ីតេបន្ទុក)គិតជា (C/m^2)

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

១៦.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍

១.តើកុងដង់សាទ័រជាអ្វី?

២.តើកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រជាអ្វី?

៣.ចូរសរសេររូបមន្តនៃកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ និងខ្នាតរបស់វា។

៤.ចូរសរសេររូបមន្តនៃកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រប្លង់។

៥.សរសេររូបមន្តនៃថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រ និងខ្នាតរបស់វា។

៦.កុងដង់សាទ័រមួយផ្សំឡើងដោយបន្ទះលោហៈពីរដែលនីមួយៗមានផ្ទៃ100.0 mm^2 ដាក់ស្របគ្នា និងឃ្លាតពីគ្នាចម្ងាយ 10.0 mm ។

ក. គណនាកាប៉ាសីតេនៃកុងដង់សាទ័រនេះ សន្មតថាខ្យល់ជាឌីអេឡិចទ្រិច($\varepsilon_r = 1.00$)

ខ. គណនាកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រនេះ សន្មតថាទឹកជាឌីអេឡិចទ្រិច($\varepsilon_r = 80$)។

៧.កុងដង់សាទ័រមួយផ្សំឡើងដោយបន្ទះលោហៈពីរដែលនីមួយៗមានផ្ទៃ 100.0 mm^2 ដាក់ស្របគ្នា និងឃ្លាតពីគ្នាចម្ងាយ 5.00 mm ខ្យល់ជាឌីអេឡិចទ្រិច($\varepsilon_r = 1.00$)។ កុងដង់សាទ័រនេះត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងថ្មពិល 1.50 V ។ គណនា៖

ក. កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រនេះ

ខ. បន្ទុកនៃកុងដង់សាទ័រនេះ

គ.ថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រនេះ។

៨.កុងដង់សាទ័រមួយផ្សំឡើងដោយបន្ទះលោហៈពីរដែលនីមួយៗមានផ្ទៃ 100.0 mm^2 ដាក់ស្របគ្នា និងឃ្លាតពីគ្នាចម្ងាយ 5.00 mm សន្មតថាក្រដាសជាឌីអេឡិចទ្រិច($\varepsilon_r = 3.70$)។ កុងដង់សាទ័រនេះត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងថ្មពិល 1.50 V ។ គណនា៖

ក. កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រនេះ

ខ. បន្ទុកនៃកុងដង់សាទ័រនេះ

គ. ថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រនេះ។

១៦.៤.ឧបករណ៍សម្ភារៈ

Software PHET Simulations ដែលដំឡើងរួចលើកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក

១៦.៥.ដំណើរការ

(ក) ចុចពីរដងជាប់គ្នាលើ PHET Simulations លើអេក្រង់នៃកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក ពេលនោះវានឹងលេចចេញផ្ទាំងបញ្ជីឈ្មោះពិសោធន៍ដែលរៀបតាមអក្ខរក្រម(Alphabet) ពី A ទៅ Z ។ នៅជួរខាងឆ្វេងមានពាក្យថា Simulations និងខាងក្រោមវាមានពាក្យថា Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math, ... ដែលបញ្ជាក់ថាអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានជាមួយ Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math ។

(ខ) ចុចលើពាក្យថា Physics (រូបវិទ្យា) វានឹងបង្ហាញបញ្ជីពិសោធន៍យ៉ាងច្រើនដែលអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានក្រោមទម្រង់ជារូបភាព។ សូមចងចាំថា ពិសោធន៍របស់អ្នកគឺកុងដង់សាទ័រ (Capacitor lab: Basics)។ ដូចនេះត្រូវចុចលើពាក្យ Capacitor lab: Basics ពេលនោះវានឹងលេចចេញជា File VIDEO ។

(គ) ចុចលើ VIDEO នេះ វានឹងចេញសៀគ្វីដែលមានកុងដង់សាទ័រ និងថ្មពិលដែលផ្គុំរួច និងប្រអប់ធំពីរដែលស្ថិតនៅផ្នែកខាងលើនិងខាងស្តាំ។

- ប្រអប់ធំមួយខាងលើនិងនៅខាងស្តាំ (View)៖
  - Plate Charges មានន័យថា បន្ទះផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី
  - Electric field lines មានន័យថា បង្ហាញខ្សែដែនអគ្គិសនីរវាងបន្ទះទាំងពីរ
- ប្រអប់ធំមួយក្រោមនិងនៅខាងស្តាំ(Meters)៖
  - Capacitance មានន័យថា បង្ហាញតម្លៃនៃការប៉ាស៊ីតេកុងដង់សាទ័រ
  - Plate Charges មានន័យថា បង្ហាញតម្លៃបន្ទុកនៃកុងដង់សាទ័រ
  - Stored energy មានន័យថា បង្ហាញតម្លៃថាមពលនៃកុងដង់សាទ័រ
  - Voltmeter មានន័យថា បង្ហាញវ៉ុលម៉ែត្រដែលប្រើដើម្បីវាស់តង់ស្យុង
  - Electric field detector មានន័យថា បង្ហាញតម្លៃដែនអគ្គិសនីរវាងបន្ទះទាំងពីរ (អាម៉ាតួ)

សម្គាល់៖ នៅលើសៀគ្វីមានគន្លឹះទាញចេញ-ចូលសម្រាប់បន្ថយចម្ងាយរវាងបន្ទះទាំងពីរ(អាម៉ាតួ) និងគន្លឹះសម្រាប់ពង្រីកទំហំបន្ទះ(អាម៉ាតួ)។

- នៅផ្នែកខាងលើនិងខាងឆ្វេងមានប៊ូតុងអក្សរ៖
  - Introduction មានន័យថា បង្ហាញសៀគ្វីដែលមានកុងដង់សាទ័រនិងថ្មពិល
  - Dielectric មានន័យថាបង្ហាញសៀគ្វីដែលមានកុងដង់សាទ័រស៊កឌីអេឡិចទ្រិចនិងថ្មពិល
  - Multiple Capacitors មានន័យថា បង្ហាញកុងដង់សាទ័រច្រើនតជាស៊េរី ខ្នែង ឬចម្រុះ និងប្រអប់
    យ៉ាងច្រើននៅផ្នែកខាងស្តាំ។

ការពិសោធ

ឃ. ការជ្រើសរើស**ប៊ូតុង** Introduction ដោយស្វ័យប្រវត្តិ វាលេចចេញនៅសៀគ្វីដែលមានកុងដង់សាទ័រ(**ថេរឌីអេឡិចទ្រិចជាខ្យល់**)និងថ្មពិលដំឡើងរួចជាស្រេច។ នៅលើរូបនៃកុងដង់សាទ័រមានគន្លឹះពីរ មួយប្តូរទំហំអាម៉ាតួ(ប្តូរផ្ទៃបន្ទះ) និងមួយទៀតប្តូរចម្ងាយរវាងអាម៉ាតួ។ ពិសោធន៍នេះយើង**រក្សាផ្ទៃអាម៉ាតួឱ្យនៅថេរ** (A = 100 mm^2) និងប្តូរ**ចម្ងាយរវាងអាម៉ាតួ**(d**ប្រែប្រួល**) ដោយចុចទាញគន្លឹះប្តូររបស់វាតាមតម្លៃដែលមានក្នុងតារាងនិងទិន្នន័យទី១។ កត់ត្រាតម្លៃកាប៉ាស៊ីតេ(C)នៃកុងដង់សាទ័រដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី១។

ង. ការជ្រើសរើស**ប៊ូតុង** Dielectric វាលេចចេញនៅសៀគ្វីដែលមានកុងដង់សាទ័រ **ដែលមានថេរឌីអេឡិចទ្រិច** និងថ្មពិលដំឡើងរួចជាស្រេច។ ធ្វើដូចចំណុចឃ.ខាងលើ។ កត់ត្រាតម្លៃកាប៉ាស៊ីតេ(C')នៃកុងដង់សាទ័រដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី២។

ការគូរក្រាប

១. គូរក្រាបរវាង C និង 1/d ដែល C គិតជា(F) និង 1/d គិតជា (1/m)។ C លើអ័ក្សឈរ និង1/d អ័ក្សដេក

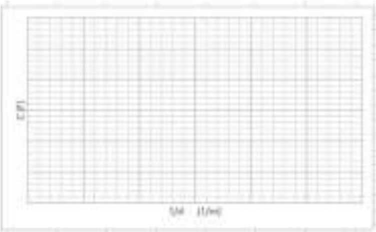
២. គណនាមេគុណប្រាប់ទិស tanθ និង tanθ′ ។ tanθ = $\epsilon_0 A$ រួចទាញរក A ។ tanθ′= $\epsilon_r \epsilon_0 A$ រួចទាញរក ϵ_r ។ បន្ទាប់មកគណនាកម្រិតល្មៀង។

៦. លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១

ចម្ងាយរវាងអាម៉ាតួ d (×10^{-3} m)	1/d (×10^3 /m)	កាប៉ាស៊ីតេ C (×10^{-12}F)
5.00		
5.50		
6.00		
6.50		
7.00		
7.50		
8.00		
8.50		
9.00		
9.50		
10.0		
tanθ =	$\epsilon_r = 1$ ខ្យល់	$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$F/m
A_{theo} = 100 mm^2 = 10^{-4} m^2	A_{Exp} = m^2	%កម្រិតល្មៀង = %

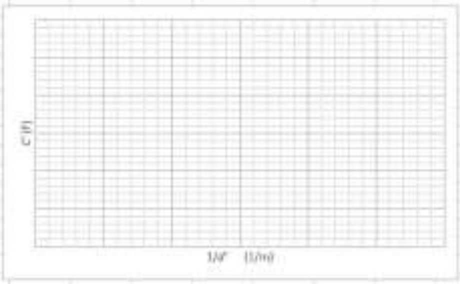
❖ ក្រាប C ជាអនុគមន៍នៃ 1/d



តារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី២

ចម្ងាយរវាងអាម៉ាតួ d′ (×10 $^{-3}$ m)	1/d′ (×10 ^{3} /m)	កាប៉ាស៊ីតេ C′ (×10^{-12}F)
5.00		
5.50		
6.00		
6.50		
7.00		
7.50		
8.00		
8.50		
9.00		
9.50		
10.0		
tanθ =	$\epsilon_r(\text{theo}) = 3.7$ ក្រដាស	$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\text{F/m}$
A = 100 mm^2 = 10^{-4} m^2	$\epsilon_r(\exp)$ =	%កម្រិតល្អៀង = %

❖ ក្រាប C'ជាអនុគមន៍នៃ 1/d



ការគណនាគម្រូ

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d} =$$

$$\tan\theta = \frac{\Delta C}{\Delta(1/d)} =$$

$$C' = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{A'}{d'} =$$

$$\tan\theta' = \frac{\Delta C'}{\Delta(1/d')} =$$

%កម្រិតល្អៀង(ឌីអេឡិចទ្រិច) =

១៦.៧.សន្និដ្ឋាន

- ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រប្លង់ (ក្នុងខ្យល់និងក្នុងឌីអេឡិចទ្រិច)អាចត្រូវបាន………………………។
- ផ្ទៃឈមអាម៉ាតួនៃកុងដង់សាទ័រប្លង់(ក្នុងខ្យល់)តាមពិសោធន៍មានតម្លៃ………………….. និង តាមទ្រឹស្តីតម្លៃ………………… ហើយកម្រិតល្អៀងរបស់វាមានតម្លៃ…………………..។
- តម្លៃថេរឌីអេឡិចទ្រិចជៀបនៃមជ្ឈដ្ឋានតាមពិសោធន៍មានតម្លៃ……………………. និង តាមទ្រឹស្តីតម្លៃ………………… ហើយកម្រិតល្អៀងរបស់វាមានតម្លៃ…………………..។

ដូចនេះ សម្មតិកម្ម(វត្ថុបំណង)ត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធន៍។

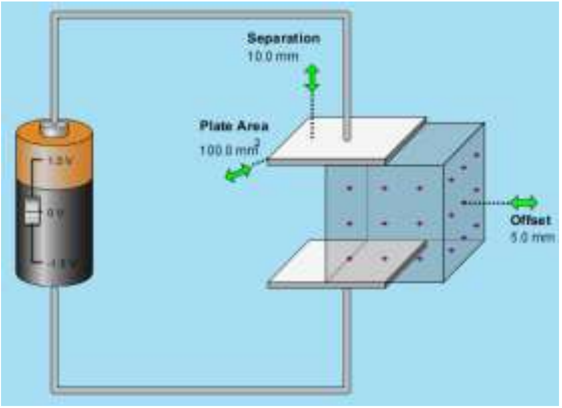
១៦.៨.ពិភាក្សា

១. កុងដង់សាទ័រមួយផ្សំឡើងដោយបន្ទះលោហៈពីរដែលនីមួយៗមានផ្ទៃជាការេ 100 mm^2 ដាក់ស្របគ្នា និងឃ្លាតពីគ្នាចម្ងាយ 10.0 mm សន្ទតថាក្រដាសជាឌីអេឡិចទ្រិច ($\varepsilon_r = 3.70$) ត្រូវបានស៊កពាក់កណ្ដាល និងពាក់ កណ្ដាលទៀតជាខ្យល់រវាងអាម៉ាតួទាំងពីរបង្ហាញដូចរូបខាងក្រោម។ កុងដង់សាទ័រនេះត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងថ្មពិល 1.50 V និងបើកឱ្យដំណើរការ។ គណនា៖

ក. កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រនេះ

ខ. បន្ទុកនៃកុងដង់សាទ័រនេះ

គ. ថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រនេះ ។



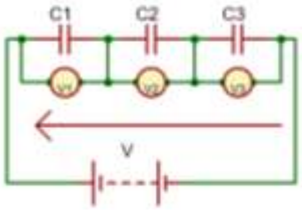
មេរៀនទី១៧៖ ពិសោធន៍បង្គុំកុងដង់សាទ័រ

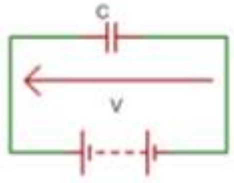
១៧.១.វត្ថុបំណង

- កំណត់កាប៉ាស៊ីតេសមមូលក្នុងបង្គុំជាសេរី និងជាខ្នែង។
- គណនាកម្រិតល្បឿងរបស់វា។

១៧.២.ទ្រឹស្តី

❖ កុងដង់សាទ័រផ្គុំជាសេរី





- បន្ទុកលើកុងដង់សាទ័រនីមួយមានតម្លៃស្មើៗគ្នា $q = q_1 = q_2 = \cdots = q_n$
- តង់ស្យុងសរុបនៃប្រភពស្មើនឹងផលបូកនៃតង់ស្យុងគោលរវាងគោលកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ $V = V_1 + V_2 + \cdots + V_n$
- កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃបង្គុំ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$

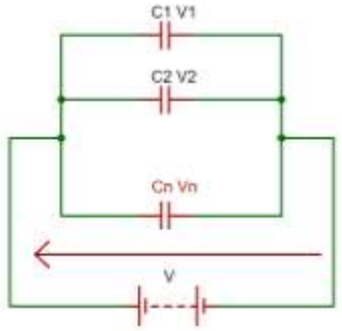
បើកុងដង់សាទ័រមានតែពីរ នោះកាប៉ាស៊ីតេសមមូលរបស់វាគឺ

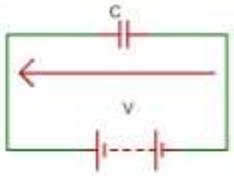
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \text{នោះ} \quad C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

- $CV = C_1V_1 = C_2V_2$

$$\frac{C_1}{C} = \frac{V}{V_1} \quad \text{និង} \quad \frac{C_2}{C} = \frac{V}{V_2}$$

❖ កុងដង់សាទ័រផ្គុំជាខ្នែង





- តង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រនីមួយមានតម្លៃស្មើៗគ្នា

$V = V_1 = V_2 = \cdots = V_n$

- បន្ទុកលើអាម៉ាតួមួយនៃកុងដង់សាទ័រសមមូលស្មើនឹងផលបូកនៃបន្ទុកលើអាម៉ាតួមួយនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ

$q = q_1 + q_2 + \cdots + q_n$

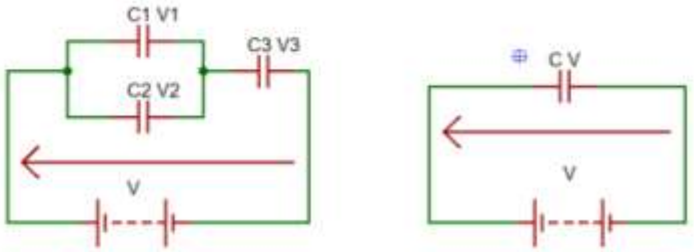
- កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃបង្គុំ

$C = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$

$$\frac{q}{C} = \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}$$

$\frac{C_1}{C} = \frac{q_1}{q}$ និង $\frac{C_2}{C} = \frac{q_2}{q}$

❖ កុងដង់សាទ័រផ្គុំចម្រុះ



កុងដង់សាទ័រ C_1 និង C_2 តជាខ្នែង កាប៉ាស៊ីតេសមមូលរបស់វាគឺ C_{12}

$C_{12} = C_1 + C_2$

កុងដង់សាទ័រ C_{12} និង C_3 តជាស៊េរី កាប៉ាស៊ីតេសមមូលសរុបរបស់វាគឺ C

$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_{12}} + \frac{1}{C_3}$ យើងបាន $C = \frac{C_{12}C_3}{C_{12} + C_3}$

តង់ស្យុងផ្គូប (V)

$V = V_1 + V_3$ និង $V_1 = V_2$

$C = \frac{q}{V}$ យើងបានបន្ទុក $q = CV$

ថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រ $E_c = \frac{1}{2}qV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃតាមពិសោធន៍}}{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\%$$

១៧.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍

១. គេមានកុងដង់សាទ័រមួយចំនួន និងគេផ្គុំវាជាស៊េរី បន្ទុកលើអាម៉ាតូនីមួយៗនៃកុងដង់សាទ័រសមមូលមានតម្លៃស្មើនឹង៖

ក. ផលបូកបន្ទុកលើអាម៉ាតូនីមួយៗនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ

ខ. បន្ទុកលើអាម៉ាតូនីមួយៗនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ

គ. ផលដកបន្ទុកលើអាម៉ាតូនីមួយៗនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ ។

២. គេមានកុងដង់សាទ័រមួយចំនួន និងផ្គុំវាជាស៊េរី តង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រសមមូលមានតម្លៃស្មើនឹង៖

ក. ផលបូកតង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រនីមួយៗ

ខ. តង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រនីមួយៗ

គ. ផលសងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រនីមួយៗ ។

៣. គេមានកុងដង់សាទ័រមួយចំនួន និងផ្គុំវាជាស៊េរី កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃកុងដង់សាទ័រសមមូលមានរូបមន្ត៖ក. $C = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$ ខ. $1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + \cdots + 1/C_n$ គ. $1/C = 1/C_1 - 1/C_2 - \cdots - 1/C_n$

៤. គេមានកុងដង់សាទ័រពីរ និងផ្គុំវាជាស៊េរី កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃកុងដង់សាទ័រសមមូលមានរូបមន្ត៖

ក. $C = C_1 + C_2$

ខ. $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

គ. $1/C = 1/C_1 - 1/C_2$ ។

៥. គេមានកុងដង់សាទ័រមួយចំនួន និងគេផ្គុំវាជាខ្នែង បន្ទុកលើអាម៉ាតួនីមួយៗនៃកុងដង់សាទ័រសមមូលមានតម្លៃស្មើនឹង៖

ក. ផលបូកបន្ទុកលើអាម៉ាតួនីមួយៗនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ

ខ. បន្ទុកលើអាម៉ាតួនីមួយៗនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ

គ. ផលដកបន្ទុកលើអាម៉ាតួនីមួយៗនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ ។

៦. គេមានកុងដង់សាទ័រមួយចំនួន និងផ្គុំវាជាខ្នែង តង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រសមមូលមានតម្លៃស្មើនឹង៖

ក. ផលបូកតង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រនីមួយៗ

ខ. តង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រនីមួយៗ

គ. ផលសងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រនីមួយៗ ។

៧. គេមានកុងដង់សាទ័រមួយចំនួន និងផ្គុំវាជាខ្នែង កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃកុងដង់សាទ័រសមមូលមានរូបមន្ត៖

ក. $C = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$

ខ. $1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + \cdots + 1/C_n$

គ. $1/C = 1/C_1 - 1/C_2 - \cdots - 1/C_n$ ។

៨. គេមានកុងដង់សាទ័រពីរ និងផ្គុំវាជាខ្នែង កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃកុងដង់សាទ័រសមមូលមានរូបមន្ត៖

ក. $C = C_1 + C_2$

ខ. $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

គ. $1/C = 1/C_1 - 1/C_2$ ។

៩. គេមានកុងដង់សាទ័រមួយចំនួន ចូរបង្ហាញថា កាប៉ាស៊ីតេសមមូលរបស់វាគឺ៖

ក. $1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + \cdots + 1/C_n$ កាលណាគេផ្គុំវាជាស៊េរី

ខ. $C = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$ កាលណាគេផ្គុំវាជាខ្នែង។

១០. ក. សរសេររូបមន្តថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រ។ ខ. តើថាមពលដែលផ្ទុកនេះវាទៅផ្ទុកនៅត្រង់កន្លែងណានៃកុងដង់សាទ័រ។ ចូរបង្ហាញយោបល់របស់អ្នក។

១១. គេមានកុងដង់សាទ័រពីរតជាស៊េរី ដែល $C_1 = 0.300$ pF និង $C_2 = 0.200$ pF ។ បន្ទាប់មកគេភ្ជាប់វាទៅនឹងថ្មពិល 1.50 V ។ គណនា៖

ក. កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃបង្គុំ។

ខ. បន្ទុក និងតង់ស្យុងនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ។

គ. ថាមពលសរុប និងថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ។

១២. គេមានកុងដង់សាទ័របីតជាស៊េរី ដែល $C_1 = 0.100$ pF, $C_2 = 0.200$ pF និង $C_3 = 0.300$ pF ។ បន្ទាប់មកគេភ្ជាប់វាទៅនឹងថ្មពិល 1.50 V ។ គណនា៖

ក. កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃបង្គុំ។

ខ. បន្ទុក និងតង់ស្យុងនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ។

គ. ថាមពលសរុប និងថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ។

១៣. គេមានកុងដង់សាទ័រពីរតជាខ្នែង ដែល $C_1 = 0.300$ pF និង $C_2 = 0.200$ pF ។ បន្ទាប់មកគេភ្ជាប់វាទៅនឹងថ្មពិល 1.50 V ។ គណនា៖

ក. កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃបង្គុំ។

ខ. បន្ទុក និងតង់ស្យុងនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ។

គ. ថាមពលសរុប និងថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ។

១៤. គេមានកុងដង់សាទ័របីតជាខ្នែង ដែល $C_1 = 0.100$ pF, $C_2 = 0.200$ pF និង $C_3 = 0.300$ pF ។ បន្ទាប់មកគេភ្ជាប់វាទៅនឹងថ្មពិល 1.50 V ។ គណនា៖

ក. កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃបង្គុំ។

ខ. បន្ទុក និងតង់ស្យុងនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ។

គ. ថាមពលសរុប និងថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ។

១៧.៤.ឧបករណ៍សម្ភារៈ

Software PHET simulations ដែលដំឡើងរួចជាស្រេចលើកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក

១៧.៥.ដំណើរការ

(ក) ចុចពីរដងជាប់គ្នាលើ PHET Simulations លើអេក្រង់នៃកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក ពេលនោះវានឹងលេចចេញផ្ទាំងបញ្ជីឈ្មោះពិសោធន៍ដែលរៀបតាមអក្ខរក្រម(Alphabet) ពី A ទៅ Z ។ នៅជួរខាងឆ្វេងមានពាក្យថា Simulations និងខាងក្រោមវាមានពាក្យថា Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math, ... ដែលបញ្ជាក់ថាអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានជាមួយ Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math ។

(ខ) ចុចលើពាក្យថា Physics (រូបវិទ្យា) វានឹងបង្ហាញបញ្ជីពិសោធន៍យ៉ាងច្រើនដែលអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានក្រោមទម្រង់ជារូបភាព។ សូមចងចាំថា ពិសោធន៍របស់អ្នកគឺបង្គុំកុងដង់សាទ័រ (Capacitor lab: Basics)។ ដូចនេះត្រូវចុចលើពាក្យ (Capacitor lab: Basics) ពេលនោះវានឹងលេចចេញជា File VIDEO ។

(គ) ចុចលើ VIDEO នេះ វានឹងចេញសៀគ្វីដែលមានកុងដង់សាទ័រ និងថ្មពិលដែលផ្គុំរួច និងប្រអប់ធំពីរដែលស្ថិតនៅផ្នែកខាងលើនិងខាងស្តាំ។

- ❖ ប្រអប់ធំមួយខាងលើនិងនៅខាងស្តាំ (View)៖
  - Plate Charges មានន័យថា បន្ទះផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី

- Electric field lines មានន័យថា បង្ហាញខ្សែដែនអគ្គិសនីរវាងបន្ទះទាំងពីរ

❖ ប្រអប់ធំមួយក្រោមនិងនៅខាងស្តាំ(Meters)៖

- Capacitance មានន័យថា បង្ហាញតម្លៃនៃការប៉ាស៊ីតេកុងដង់សាទ័រ
- Plate Charges មានន័យថា បង្ហាញតម្លៃបន្ទុកនៃកុងដង់សាទ័រ
- Stored energy មានន័យថា បង្ហាញតម្លៃថាមពលនៃកុងដង់សាទ័រ
- Voltmeter មានន័យថា បង្ហាញវ៉ុលម៉ែត្រដែលប្រើដើម្បីវាស់តង់ស្យុង
- Electric field detector មានន័យថាបង្ហាញតម្លៃដែនអគ្គិសនីរវាងបន្ទះទាំងពីរ(អាម៉ាត្តូ)

❖ ប្រអប់ធំមួយក្រោមបំផុតនិងនៅខាងស្តាំ(Circuits)៖

- Single មានន័យថា បង្ហាញកុងដង់សាទ័រមួយ
- 2 in series មានន័យថា បង្ហាញកុងដង់សាទ័រពីរតជាស៊េរី
- 3 in series មានន័យថា បង្ហាញកុងដង់សាទ័របីតជាស៊េរី
- 2 in parallels មានន័យថា បង្ហាញកុងដង់សាទ័រពីរតជាខ្នែង
- 3 in parallels មានន័យថា បង្ហាញកុងដង់សាទ័របីតជាខ្នែង
- 2 in series + 1 in parallel មានន័យថា បង្ហាញកុងដង់សាទ័រពីរតជាស៊េរី និងមួយតជាខ្នែង
- 2 in parallel + 1 in series មានន័យថា បង្ហាញកុងដង់សាទ័រពីរតជាខ្នែង និងមួយតជាស៊េរី

សម្គាល់៖ នៅលើសៀគ្វីមានគន្លឹះទាញឡើង-ចុះសម្រាប់ដំឡើងឬបន្ថយកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ។

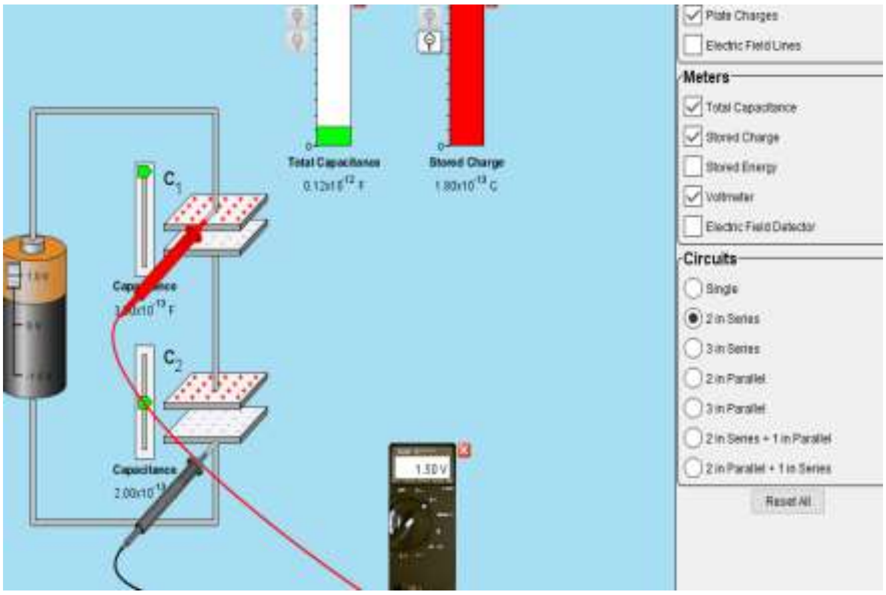
❖ នៅផ្នែកខាងលើនិងខាងឆ្វេងមានប៊ូតុងអក្សរ៖

- Introduction មានន័យថា បង្ហាញសៀគ្វីដែលមានកុងដង់សាទ័រនិងថ្មពិល
- Dielectric មានន័យថា បង្ហាញសៀគ្វីដែលមានកុងដង់សាទ័រស៊េកឌីអេឡិចទ្រិច និងថ្មពិល
- Multiple Capacitors មានន័យថា បង្ហាញកុងដង់សាទ័រច្រើនតជាស៊េរី ខ្នែង ឬចម្រុះ និងប្រអប់យ៉ាងច្រើននៅផ្នែកខាងស្តាំ។

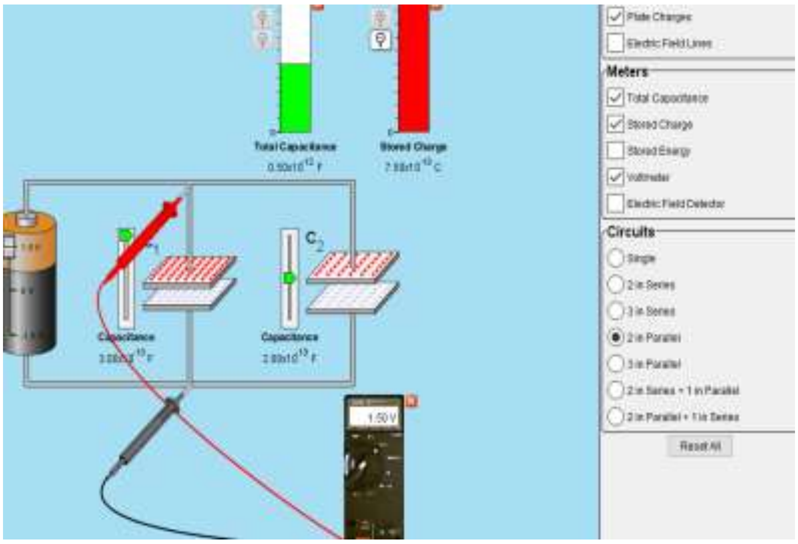
ការពិសោធ

ឃ. ការជ្រើសរើស**ប៊ូតុង Multiple Capacitors** វាលេចចេញនៅសៀគ្វីដែលមានកុងដង់សាទ័រដែលអាចកែតម្រូវតម្លៃកាប៉ាស៊ីតេបាន និងថ្មពិលដំឡើងរួចជាស្រេច។ ចុចលើ Total Capacitances, Stored charge និង Voltmeter នៃប្រអប់ Meter នោះវានឹងលេចចេញរបារបង្ហាញតម្លៃកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ, របារបង្ហាញបន្ទុកអគ្គិសនី និងវ៉ុលម៉ែត្រ។ បន្ទាប់មកចុចលើ 2 in series នោះវាលេចចេញ**កុងដង់សាទ័រពីរតជាស៊េរី**ដែលយើងត្រូវធ្វើពិសោធជាមួយនឹងវា។ តម្លៃកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រទាំងពីរគឺ $C_1 = 3.00 \times 10^{-13}$ F និង $C_2 = 2.00 \times 10^{-13}$F និងធ្វើបម្រែបម្រួលតង់ស្យុងនៃថ្មពិលដោយយកតាមតារាងទិន្នន័យទី១ខាងក្រោម

និងកត់ត្រាបន្ទុកដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ ។ កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រសមមូលតាមទ្រឹស្តីគឺ C_{theo} = 0.12 × 10^{-12} F ។ (ពិនិត្យរូបខាងក្រោម)



ង. ធ្វើដូចចំណុចឃ. ចំពោះបង្គុំជាខ្សែង $C_1 = 3.00 \times 10^{-13}$ F និង $C_2 = 2.00 \times 10^{-13}$F ប៉ុន្តែចុចលើ 2 in parallel ។ (ពិនិត្យរូបខាងក្រោម)។ C_{theo} = 0.50 × 10^{-12} F ។



ការគូរក្រាប

១. គូរក្រាបជាអនុគមន៍រវាងបន្ទុក(q)និងតង់ស្យុង(V) ដែល(q)គិតជាគូឡំ(C) និង(V)គិតជាវ៉ុល(V)។

២. តាងបន្ទុក(q)លើអ័ក្សឈរ និងតង់ស្យុង(V)លើអ័ក្សដេក។ គណនាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ (ចេញពីក្រាប) $C_{exp} = \tan\theta = \frac{\Delta q}{\Delta V} =$

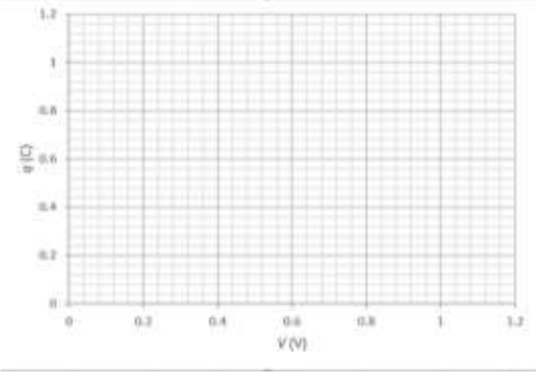
៣. ប្រៀបធៀបកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រតាមទ្រឹស្តី C_{theo} និងតាមពិសោធន៍មានន័យថារកកម្រិតល្អៀង។

១៧.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យទី១(កុងដង់សាទ័រជាស៊េរី)

V(V)	q(C)	C_{exp} (F)	C_{theo}(F)
0	0		0.12×10^{-12}
0.31			
0.62			
0.93			
1.24			
1.50			
% កម្រិតល្អៀង =		C_1 = 0.30 pF	C_2 = 0.20 pF

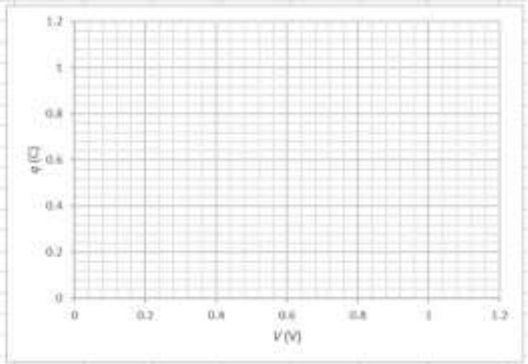
ក្រាបបន្ទុក (q)ជាអនុគមន៍នៃតង់ស្យុង(V)



តារាងទិន្នន័យទី២(កុងដង់សាទ័រជាខ្នែង)

V(V)	q(C)	C_{exp} (F)	C_{theo}(F)
0	0		0.50×10^{-12}
0.31			
0.62			
0.93			
1.24			
1.50			
% កម្រិតល្អៀង =		C_1 = 0.30 pF	C_2 = 0.20 pF

ក្រាបបន្ទុក(q)ជាអនុគមន៍នៃតង់ស្យុង(V)



ការគណនាគំរូ

$$C_{exp} = \tan\theta = \frac{\Delta q}{\Delta V} =$$

%កម្រិតល្អៀង =

១៧.៧.សន្និដ្ឋាន

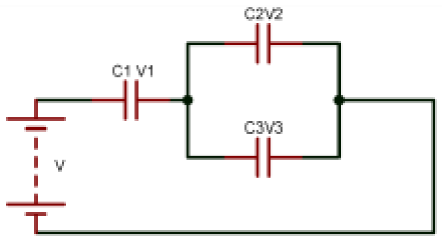
តាមលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ កាប៉ាស៊ីតេសមមូលក្នុងបង្គុំជាស៊េរីC_{exp} = ……………….និង %កម្រិតល្អៀងរបស់វាស្មើ……………..។ ចំណែកឯកាប៉ាស៊ីតេសមមូលក្នុងបង្គុំជាខ្នែង C_{exp} = ……………..និង %កម្រិតល្អៀងរបស់វាស្មើ……………..។ ដូចនេះវត្ថុបំណងនៃពិសោធន៍ត្រូវបាន……………………………………………។

១៧.៨.ពិភាក្សា

គេមានកុងដង់សាទ័របី $C_1 = 0.100$ pF, $C_2 = 0.200$ pF, $C_3 = 0.300$ pF និង V = 1.50 V បង្ហាញដូចរូប។ គណនា៖

ក. កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃបង្គុំ។

ខ. បន្ទុក និងតង់ស្យុងនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ។
គ. ថាមពលសរុប និងថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ។



មេរៀនទី១៨៖ ពិសោធន៍សៀគ្វីអគ្គិសនី

១៨.១.វត្ថុបំណង

- សិស្សរៀបរាប់ពីធាតុផ្សំនៃសៀគ្វី សៀគ្វីបិទ និងសៀគ្វីបើកឬចំហ។
- សិស្សបង្ហាញពីអង្គធាតុចម្លង និងអ៊ីសូឡង់។
- សិស្សធ្វើពិសោធន៍ដោយប្រើ E-Lab ។

១៨.២.ទ្រឹស្តី

សៀគ្វីអគ្គិសនីគឺជាបណ្តាញអគ្គិសនីដែលតភ្ជាប់គ្នាដែលរួមមានប្រភពអគ្គិសនី កុងតាក់ អំពូលអគ្គិសនី(រេស៊ីស្តរ) ឬអំពូលឌីយ៉ូត (Diode) ...។ សៀគ្វីបិទ(ត្រូវនឹងកុងតាក់បិទ)មានន័យថាធ្វើឱ្យមានចរន្តអគ្គិសនី(ឬអេឡិចត្រុង)ផ្លាស់ទីក្នុងខ្សែចម្លង ពេលនោះអំពូលឆេះភ្លឺ។ សៀគ្វីបើក(ត្រូវនឹងកុងតាក់បើក)ឬសៀគ្វីចំហមានន័យថាគ្មានចរន្តអគ្គិសនីផ្លាស់ទីក្នុងខ្សែចម្លង ពេលនោះអំពូលរលត់(មិនឆេះភ្លឺ)។ កុងតាក់ជាធាតុអគ្គិសនីសម្រាប់បិទ , បើកភ្លើងឬចរន្តអគ្គិសនី។ ប្រភពអគ្គិសនីជាធាតុអគ្គិសនីដែលផ្តល់ថាមពលទៅសៀគ្វីអគ្គិសនី។

អង្គធាតុចម្លងជាអង្គធាតុទាំងឡាយណាដែលអនុញ្ញាតឱ្យចរន្តអគ្គិសនី ឬអេឡិចត្រុងផ្លាស់ទី(ហូរ)ឆ្លងកាត់វាបាន។ ចំណែកឯអ៊ីសូឡង់វិញគឺមិនអាចឱ្យចរន្តអគ្គិសនី ឬអេឡិចត្រុងផ្លាស់ទី(ហូរ)ឆ្លងកាត់វាបាន។

ឧទាហរណ៍ លោហៈមានដែក ទង់ដែង អាលុយមីញ៉ូម...ជាអង្គធាតុចម្លង ព្រោះវាឱ្យចរន្តអគ្គិសនីហូរឆ្លងកាត់វាបាន និង អ៊ីសូឡង់មានជ័រ ឈើស្ងួត កែវ...ជាអង្គធាតុមិនចម្លង ព្រោះវាមិនឱ្យចរន្តអគ្គិសនីហូរឆ្លងកាត់វាបាន។

១៨.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍

១. តើសៀគ្វីអគ្គិសនីជាអ្វី?

២. តើអ្វីទៅជាសៀគ្វីបិទ? សៀគ្វីបើក?

៣. តើអ្វីទៅជាកុងតាក់អគ្គិសនី? អំពូលភ្លើង? ប្រភពអគ្គិសនី?

៤. ចូរបង្កើតសៀគ្វីអគ្គិសនីងាយមួយដែលមានបាតីរីមួយ កុងតាក់មួយ និងអំពូលមួយតជាស៊េរីដោយប្រើ software PHET simulations។

៤. ចំពោះសៀគ្វីអគ្គិសនីដែលអ្នកបានដំឡើងរួច ពេលអ្នកបិទ និងបន្ទាប់មកបើកកុងតាក់ហើយអ្នកសង្កេតឃើញអំពូលភ្លើង តើមានអ្វីកើតឡើងចំពោះអំពូលភ្លើង?

៥. តើអង្គធាតុចម្លងជាអ្វី? អ៊ីសូឡង់ជាអ្វី? ចូរលើកឧទាហរណ៍បញ្ជាក់។

៦.ក្នុងសៀគ្វីបិទដែលមានប្រភពចរន្តជាប់ កុងតាក់ និងអំពូលភ្លើងមួយ ក្រោយពេលបិទកុងតាក់ តើអេឡិចត្រុង និងចរន្តអគ្គិសនីមានទិសដៅដូចម្តេចនៅសៀគ្វីក្រៅ?

១៨.៤.ឧបករណ៍សម្ភារៈ

Software PHET Simulations (ទាញយកធាតុនៃសៀគ្វីដូចជា បាតីរី កុងតាក់ អំពូលភ្លើង និងខ្សែចម្លង។

១៨.៥.ដំណើរការ

(ការយកធាតុនៃសៀគ្វី ឬអាចហៅថាគ្រឿង)

(ក) ចុចពីរដងជាប់គ្នាលើ PHET Simulations លើអេក្រង់នៃកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក ពេលនោះវានឹងលេចចេញផ្ទាំងបញ្ជីឈ្មោះពិសោធន៍ដែលរៀបតាមអក្ខរក្រម(Alphabet) ពី A ទៅ Z ។ នៅជួរខាងឆ្វេងមានពាក្យថា Simulations និងខាងក្រោមវាមានពាក្យថា Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math, … ដែលបញ្ជាក់ថាអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានជាមួយ Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math

(ខ) ចុចលើពាក្យថា Physics (រូបវិទ្យា) វានឹងបង្ហាញបញ្ជីពិសោធន៍យ៉ាងច្រើនដែលអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានក្រោមទម្រង់ជារូបភាព។ សូមចងចាំថា ពិសោធន៍របស់អ្នកគឺសៀគ្វីអគ្គិសនី (Circuit Construction Kit (AC+DC) Virtual Lab)។ ដូចនេះត្រូវចុចលើពាក្យ (Circuit Construction Kit (AC+DC) Virtual Lab ពេលនោះវានឹងលេចចេញជា File VIDEO ។

(គ) ចុចលើ VIDEO នេះ វានឹងចេញប្រអប់ធំប្រាំដែលស្ថិតនៅផ្នែកខាងខាងស្តាំ និងធាតុនៃសៀគ្វី(ហៅថាគ្រឿង)។

- ប្រអប់ធំមួយខាងលើនិងនៅខាងស្តាំ (Circuit)៖
  - Save: មានន័យថាសៀគ្វីរបស់យើងអាចរក្សាទុកបាន(Save)។
  - Load: មានន័យថាសៀគ្វីរបស់យើងអាចទាញយកមកប្រើវិញបាន(Load)។
- ប្រអប់ធំបន្ទាប់ (Visual)៖
  - Lifelike: មានន័យថាអាចធ្វើពិសោធបាន និងមើញឃើញពិតជាក់ស្តែងដូចមែនទែន។
- ប្រអប់ធំបន្ទាប់ (Tools)៖
  - Voltmeter: មានន័យថាជា វ៉ុលម៉ែត្រ ប្រើសម្រាប់វាស់តង់ស្យុងអគ្គិសនី។
  - Ammeter: មានន័យថាជា អំពែម៉ែត្រ ប្រើសម្រាប់វាស់ចរន្តអគ្គិសនី។
  - Stopwatch: មានន័យថាជា ក្រូណូម៉ែត្រ ប្រើសម្រាប់វាស់រយៈពេល។
  - Current Chart: មានន័យថាជា ដ្យាក្រាមឬក្រាបតាងចរន្តជាអនុគមន៍នៃពេល។
  - Voltage Chart: មានន័យថាជា ដ្យាក្រាមឬក្រាបតាងតង់ស្យុងជាអនុគមន៍នៃពេល។
- ប្រអប់ធំបន្ទាប់ (Size)៖
  - Large: មានន័យថាបង្ហាញសៀគ្វីដែលបានដំឡើងឱ្យរីកធំ
  - Medium: មានន័យថាបង្ហាញសៀគ្វីដែលបានដំឡើងឱ្យធំល្មម (មិនតូចពេកនិងមិនធំពេក) ។
  - Small: មានន័យថាបង្ហាញសៀគ្វីដែលបានដំឡើងឱ្យរួមតូច។
- ប្រអប់ធំចុងក្រោយ (Advanced)៖
  - Show: មានន័យថា បង្ហាញ ពេលអ្នកចុច (show) វានឹងបង្ហាញរេស៊ីស្តង់របស់ខ្សែចម្លង (Wire Resistivity)

- ចុច (Hide)មានន័យថា (លាក់ឬបាំង) ពេលនោះ (Wire Resistivity)នឹងត្រូវបានបាំង និងចេញពាក្យថា (show) ឡើងវិញ។

❖ ការបង្ហាញធាតុនៃសៀគ្វី(ហៅថាគ្រឿង)

- Grab Bag: មានន័យថា (ប្រអប់ផ្ទុកសម្ភារៈ) ដែលមានសម្ភារៈមួយចំនួនដូចជា ក្រដាសលុយដុល្លា ឃ្នាបគៀបក្រដាស កាក់ ជ័រលុប ខ្មៅដៃ(បណ្ដូលខ្មៅដៃ) ប្រអប់ដៃ និងឆ្កែ។
- Wire: មានន័យថា (ខ្សែចម្លង) ។ ចុចលើវា រួចទាញចេញមកក្រៅដើម្បីភ្ជាប់ខ្សែចម្លងពីគ្រឿងមួយទៅគ្រឿងមួយទៀត។
- Resistor: មានន័យថា (រេស៊ីស្ទ័រ) ជាឧបករណ៍(គ្រឿង)ដែលត្រូវបានប្រើដើម្បីទប់លំហូរចរន្ត អគ្គិសនី(អេឡិចត្រុង)ក្នុងខ្សែចម្លង។
- Battery:មានន័យថា(អាគុយឬបាតឺរី)ជាប្រភពអានុភាពផ្ដល់អានុភាពឬថាមពលទៅសៀគ្វីក្រៅ។
- Light Bulb: មានន័យថា (អំពូលភ្លើងឬអំពូលរង្គុំ)
- Switch: មានន័យថា (កុងតាក់)
- AC Voltage: មានន័យថា (ប្រភពតង់ស្យុងចរន្តឆ្លាស់)
- Capacitor: មានន័យថា (កាប៉ាស៊ីទ័រ)
- Inductor: មានន័យថា (អាំងឌុចទ័រ)

(ឃ) ទាញយក(Battery, កុងតាក់ អំពូល)ចេញមកដាក់នៅកណ្ដាលសន្លឹកការងារ ដើម្បីដំឡើងសៀគ្វី និងបន្ទាប់មកទាញខ្សែចម្លងមកភ្ជាប់ដូចរូបខាងក្រោម។ បន្ទាប់មកបិទ-បើកកុងតាក់ និងឱ្យសិស្សសង្កេតអំពូលភ្លើង។

សម្គាល់៖ នៅលើសៀគ្វីគឺមានបង្ហាញអេឡិចត្រុងសេរី(ផ្លាស់ទី)ដោយស្វ័យប្រវត្តិ។

ដំណើរការពិសោធ (ឆ្លើយសំណួរខាងក្រោមនេះនិងកត់ត្រាចម្លើយដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម)

១. តើជាតុផ្សំនៃសៀគ្វីមានអ្វីខ្លះ ?

២. តើសៀគ្វីបិទជាអ្វី ? សៀគ្វីបើក(សៀគ្វីចំហ)ជាអ្វី ?

ង. ចុចលើ (Grab Bag) រួចជ្រើសរើសយកវត្ថុផ្សេងៗដូចជា Paper clip(ឃ្នាបគៀបក្រដាស), Pencil lead (បណ្តូលខ្មៅដៃ), Dollar Bill(លុយដុល្លា), Eraser (ជ័រលុប)។ កាត់(ដក)កុងតាក់ចេញ រួចដាក់វត្ថុដែលជ្រើសយកអំបាញ់មិញជំនួសវិញ ម្តងមួយៗរហូតដល់អស់។ ពិនិត្យមើលអំពូល និងឆ្លើយសំណួរខាងក្រោម។

៣. តើឃ្នាបគៀបក្រដាស និងបណ្តូលខ្មៅដៃជាអង្គធាតុចម្លងឬអ៊ីសូឡង់ ?ហេតុអ្វីបានជាអ្នកគិតដូច្នេះ ?

៤. តើលុយដុល្លា និងជ័រលុបជាអង្គធាតុចម្លងឬអ៊ីសូឡង់ ? ហេតុអ្វីបានជាអ្នកគិតដូច្នេះ ?

១៨.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យ

	ចម្លើយ
ជាតុនៃសៀគ្វីរួមមាន	
សៀគ្វីបិទ	
សៀគ្វីបើក(ចំហ)	
អង្គធាតុចម្លង	
អ៊ីសូឡង់	

១៨.៧.សន្និដ្ឋាន

ផ្អែកលើតារាងទិន្នន័យជាតុផ្សំនៃសៀគ្វីរួមមាន..។ សៀគ្វីបិទ... និងសៀគ្វីបើកឬចំហ..។ ចំណែកឯអង្គធាតុចម្លង... និងអ៊ីសូង់...។

១៨.៨.ពិភាក្សា

១. តើអ្នកគិតថា ដៃមនុស្សជាអង្គធាតុចម្លងឬទេ (ដំឡើងពិសោធន៍ រួចឆ្លើយសំណួរ) ? ហេតុអ្វីបានជាអ្នកគិតដូច្នេះ ?

២. ក្នុងពិសោធន៍ដែលអ្នកបានធ្វើខាងលើ អ្នកសង្កេតឃើញថានៅសៀគ្វីក្រៅអេឡិចត្រុងផ្លាស់ទីពីប៉ូតង់ស្យែលទាបទៅប៉ូតង់ស្យែលខ្ពស់។ ហេតុអ្វីបានជាដូច្នេះ ?

មេរៀនទី១៩៖ ពិសោធន៍សៀគ្វីអគ្គិសនី

១៩.១.ទស្សនៈ

- សិស្សរៀបរាប់ពីជាតុផ្សំនៃសៀគ្វី សៀគ្វីបិទ និងសៀគ្វីបើកឬចំហ។
- សិស្សធ្វើពិសោធន៍ដោយប្រើ E-Lab (software Proteus) ។

១៩.២.ទ្រឹស្តី

សៀគ្វីអគ្គិសនីគឺជាបណ្តាញអគ្គិសនីដែលតភ្ជាប់គ្នាដែលរួមមានប្រភពអគ្គិសនី កុងតាក់ អំពូលអគ្គិសនី(រេស៊ីស្តរ) ឬអំពូលឌីយ៉ូត (Diode) ...។ សៀគ្វីបិទ(ត្រូវនឹងកុងតាក់បិទ)ធ្វើឱ្យមានចរន្តអគ្គិសនីផ្លាស់ទីក្នុងខ្សែចម្លង ពេលនោះអំពូលឆេះភ្លឺ។ សៀគ្វីបើក(ត្រូវនឹងកុងតាក់បើក)ឬសៀគ្វីចំហ ធ្វើឱ្យគ្មានចរន្តអគ្គិសនីក្នុងខ្សែចម្លង ពេលនោះអំពូលរលត់។ កុងតាក់ជាជាតុអគ្គិសនីសម្រាប់បិទ បើកភ្លើងឬចរន្តអគ្គិសនី។ ប្រភពអគ្គិសនីជាជាតុអគ្គិសនីដែលផ្តល់ថាមពលទៅសៀគ្វីអគ្គិសនី។

១៩.៣.សំណួរមុនពេលពិសោធន៍

១. តើសៀគ្វីអគ្គិសនីជាអ្វី?

២. តើអ្វីទៅជាសៀគ្វីបិទ? សៀគ្វីបើក?

៣. តើអ្វីទៅជាកុងតាក់អគ្គិសនី? អំពូលភ្លើង? អំពូលឌីយ៉ូត? ប្រភពអគ្គិសនី?

៤. ចូរបង្កើតសៀគ្វីអគ្គិសនីងាយមួយដែលមានបាតីរីមួយ កុងតាក់មួយ និងអំពូលឌីយ៉ូតមួយតជាស៊េរីដោយប្រើ software proteus។

៥. ចំពោះសៀគ្វីអគ្គិសនីដែលអ្នកបានដំឡើងរួច ពេលអ្នកបិទ រួចបើកកុងតាក់ តើអ្នកសង្កេតឃើញអំពូលឌីយ៉ូតដូចម្តេច?

១៩.៤.ឧបករណ៍សម្ភារៈ

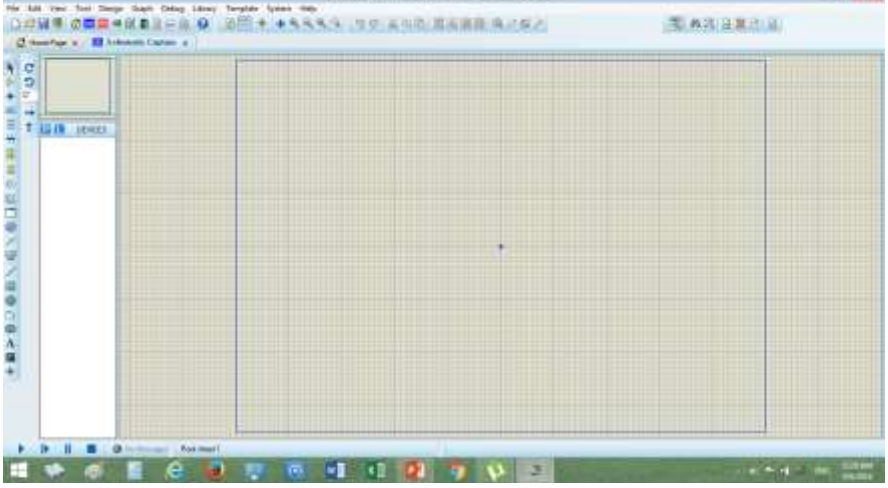
Software proteus ដែលដំឡើងរួចលើកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក (ទាញយកជាតុនៃសៀគ្វីដូចជា បាតឺរី កុងតាក់ អំពូលឌីយ៉ូត(LED) និងរេស៊ីស្តង់ 100 Ω)

១៩.៥.ដំណើរការ

(ការយកទាញគ្រឿងឬជាតុនៃសៀគ្វី)

(ក) បើកកម្មវិធី proteus ដោយចុចពីរដងជាប់គ្នាលើ icon proteus។

(ខ) ចុចលើពាក្យថា " ISIS " ឬ " Schematic Capture" ពេលនោះវាលេចចេញនូវផ្ទាំងមួយ។



(គ) ចុចលើអក្សរ " P " ដើម្បីទាញយកធាតុនៃសៀគ្វី។ ពេលនោះវាលេចចេញនូវប្រអប់មួយ។

(ឃ) វាយអក្សរ batt (មានន័យថាបាតឺរី)ក្នុងប្រអប់ keywords ពេលនោះវាបង្ហាញចេញនូវគ្រឿង (ធាតុ) អគ្គិសនីច្រើនក្នុងប្រអប់ខាងស្តាំ(ប្រអប់ទុកគ្រឿង)។

(ង) ជ្រើសរើសយក BATTERY ACTIVE DC Voltage Source ដោយចុចពីរដងជាប់គ្នា។ ពេលនោះធាតុនៃ BATTERY វារត់ចូលក្នុងប្រអប់ទុកគ្រឿងក្រោមអក្សរ P L Devices ដោយស្វ័យប្រវត្តិ។

(ច) ធ្វើចំណុចឃ.ឡើងវិញដោយវាយអក្សរ "SW-SPST" មានន័យថាកុងតាក់។ រួចជ្រើសរើសយក SW-SPST ACTIVE រួចចុចពីរដងជាប់គ្នា នោះធាតុនៃកុងតាក់រត់ចូលក្នុងប្រអប់ទុកគ្រឿងនៅចំណុច(ង)។

(ឆ) ធ្វើចំណុច ច.ឡើងវិញ ដោយវាយពាក្យ " led-y " មានន័យថា ឌីយ៉ូតពណ៌លឿង និងជ្រើសរើសយក LED-YELLOW ACTIVE។

(ជ) ធ្វើចំណុច (ច)ឡើងវិញដោយវាយពាក្យ "res" មានន័យថារេស៊ីស្តង់តម្លៃនេះគឺ10 kΩ។ ពេលដំឡើងរួចអ្នកត្រូវកែវាដាក់ 100 Ω វិញ។

(ឈ) បិទប្រអប់ទុកគ្រឿង ដោយចុចពាក្យ "yes ឬ cancel"

(ការដំឡើងសៀគ្វី)

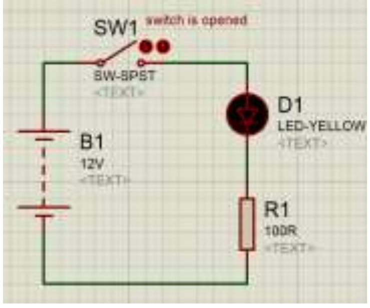
(ញ) ជ្រើសរើសយក BATTERY រួចទាញ cursor ដាក់ក្នុងប្រអប់ខាងស្តាំ រួចចុច Mouse ខាងឆ្វេងមួយដង។ ពេលនោះ BATTERY ត្រូវបានដាក់ក្នុងប្រអប់ទុកគ្រឿង។

(ដ) ធ្វើចំណុច (ញ)ឡើងវិញដោយជ្រើសយក SW-SPST, LED និង RES ម្តងមួយៗរហូតដល់អស់គ្រឿងនៃសៀគ្វី។ ពិនិត្យរូបខាងក្រោម។

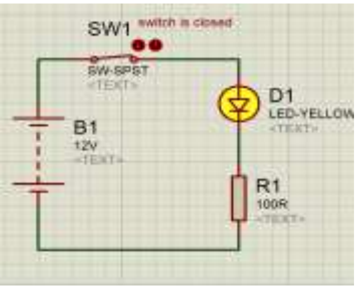
(ឋ) ភ្ជាប់សៀគ្វីពីធាតុ(គ្រឿង)មួយទៅធាតុ(គ្រឿង)មួយទៀត។

(ឌ) កែរេស៊ីស្តង់ដាក់ 100 Ω ដោយចុចលើ 10 kΩ រួចវាយ 100 R ជំនួស។

សៀគ្វីបើក កុងតាក់បើក ឬកុងតាក់ចំហ។



ចុចកម្មវិធី Run រួចបិទកុងតាក់សៀគ្វីបិទ ឬកុងតាក់បិទ



១៩.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យ

	ចម្លើយ
ក្នុងពិសោធន៍នេះជាតុនៃសៀគ្វីរួមមាន	
ពេលបិទសៀគ្វីអំពូល LED	
ពេលបើកសៀគ្វីអំពូល LED	

១៩.៧.សន្និដ្ឋាន

សៀគ្វីអគ្គិសនី...។ ពេលបិទកុងតាក់អំពូលLED..និងពេលបើក...។

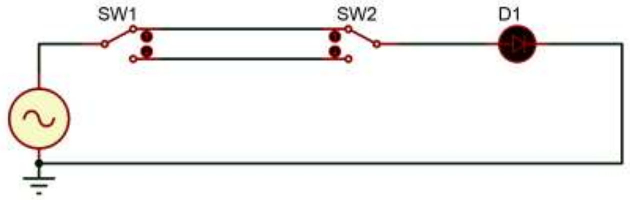
១៩.៨.ពិភាក្សា

ហេតុអ្វីបានជាពេលចុច RUN សៀគ្វីមិនដំណើរការ?

មេរៀនទី២០៖ ពិសោធន៍អនុវត្តការតភ្លើងក្នុងបន្ទប់

វត្ថុបំណង៖ គូរដ្យាក្រាមនៃសៀគ្វី និង តភ្លើងក្នុងបន្ទប់ដោយប្រើកុងតាក់ពីរ។

ការបង្ហាញបាតុភូត



២០.១.សំណួរគន្លឹះ

ប្រសិនបើអ្នកមានសម្ភារៈដូចបង្ហាញក្នុងរូបខាងលើ តើអ្នកតភ្លើងចូលក្នុងបន្ទប់ដេករបស់អ្នកយ៉ាងដូចម្តេច?

២០.២.ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

.... ។

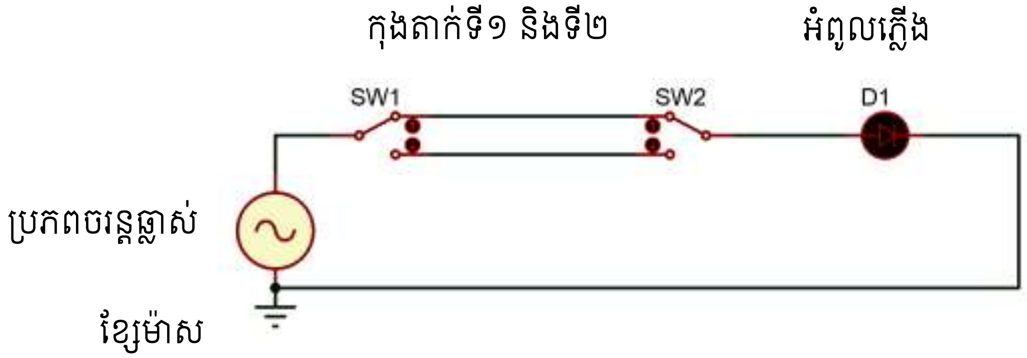
២០.៣.តម្រូវការសម្ភារៈ

ប្រភពអគ្គិសនី (AC) កុងតាក់ពីរផ្លូវចំនួន២ ខ្សែភ្លើងប្រវែងប្រហែល 3m អំពូល៣ ឌុយភ្លើង១ កន្ត្រៃ និង តួណឺវិស

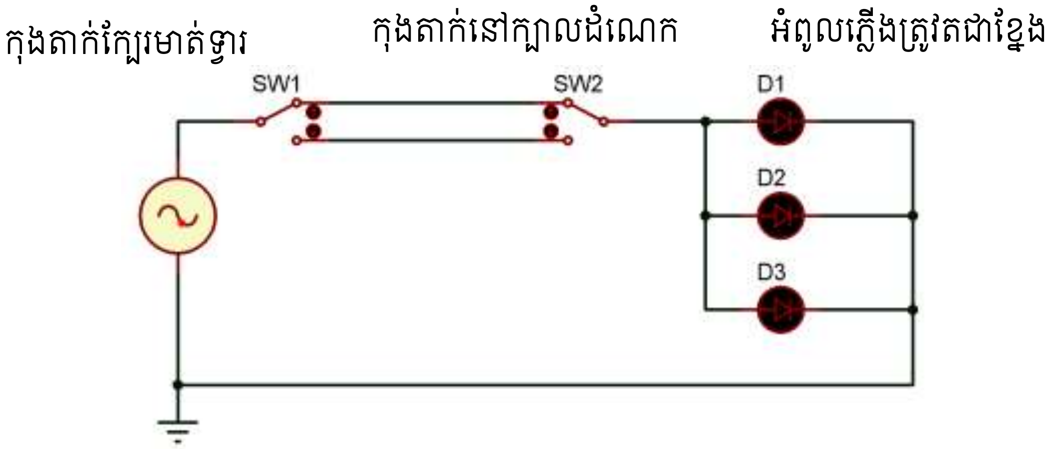
២០.៤.ដំណើរការ

ដំឡើង ឬគូរដ្យាក្រាមនៃសៀគ្វីដូចបង្ហាញក្នុងរូបខាងក្រោម៖

- ការតអំពូល១ក្នុងបន្ទប់



❖ ការតអំពូលប្រើងក្នុងបន្ទប់



២០.៥.របៀបប្រើ

បិទកុងតាក់ណាមួយ នោះអំពូលឆេះភ្លឺ។ បើចូលក្នុងឬចេញពីបន្ទប់បិទកុងតាក់ទី១ ពេលដេកបិទកាក់តាក់ទី២ អំពូលរលត់។

ការអនុវត្តដោយប្រើកម្មវិធីProteus

ឈ្មោះ៖	១…………………………
២…………………………	
៣…………………………	៤…………………………

១. ចូររៀបរាប់ឈ្មោះសម្ភារៈដែលយកមកប្រើក្នុងការតភ្លើងក្នុងបន្ទប់របស់អ្នក។

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

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

២. ចូរគូរដ្យាក្រាមនៃសៀគ្វីក្នុងការតភ្លើងចូលក្នុងបន្ទប់របស់អ្នក។

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

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

មេរៀនទី២១៖ ពិសោធន៍បង្គុំរេស៊ីស្តង់អគ្គិសនី

២១.១.វត្ថុបំណង

- បង្ហាញថាក្នុងបង្គុំជាស៊េរីចរន្តឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់នីមួយមានតម្លៃស្មើៗគ្នា និងតង់ស្យុងសរុបនៃប្រភពស្មើនឹងផលបូកតង់ស្យុងនីមួយៗ
- បង្ហាញថាក្នុងបង្គុំជាខ្នែងតង់ស្យុងសរុបនៃប្រភពមានតម្លៃស្មើនឹងតង់ស្យុងក្នុងខ្នែងនីមួយៗ និងចរន្តសរុបនៃប្រភពស្មើផលបូកចរន្តក្នុងខ្នែងនីមួយៗ

២១.២.ទ្រឹស្តី

- ច្បាប់អូម $I = V/R$
- បង្គុំរេស៊ីស្តង់ជាស៊េរី
  ចរន្តអគ្គិសនី $I = I_1 = I_2 = \cdots = I_n$
  តង់ស្យុងអគ្គិសនី $V = V_1 + V_2 + \cdots + V_n$
  រេស៊ីស្តង់សមមូល $R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$
- បង្គុំរេស៊ីស្តង់ជាខ្នែង
  ចរន្តអគ្គិសនី $I = I_1 + I_2 + \cdots = I_n$
  តង់ស្យុងអគ្គិសនី $V = V_1 = V_2 = \cdots = V_n$
  រេស៊ីស្តង់សមមូល $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \cdots + 1/R_n$
- អំពែម៉ែត្រជាឧបករណ៍សម្រាប់វាស់ចរន្ត និងតជាស៊េរីជាមួយធាតុសៀគ្វីផ្សេងៗទៀតក្នុងសៀគ្វី។ ចំណែកវ៉ុលម៉ែត្រជាឧបករណ៍សម្រាប់វាស់តង់ស្យុង និងតជាខ្នែងក្នុងសៀគ្វី។

២១.៣.សំណួរមុនពេលចូលទីពិសោធន៍

១. ក្នុងបង្គុំរេស៊ីស្តង់ជាស៊េរី តើចរន្តអគ្គិសនីសរុប តង់ស្យុងសរុប និងរេស៊ីស្តង់សមមូលមានរូបមន្តដូចម្តេច?

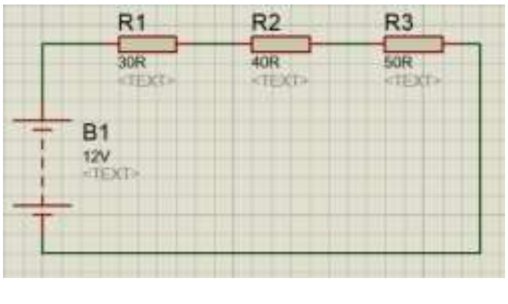
២. ក្នុងបង្គុំរេស៊ីស្តង់ជាខ្នែង តើចរន្តអគ្គិសនីសរុប តង់ស្យុងសរុប និងរេស៊ីស្តង់សមមូលមានរូបមន្តដូចម្តេច?

៣. គេមានរេស៊ីស្តង់បីតជាស៊េរីដែល $R_1 = 30\,\Omega$, $R_2 = 40\,\Omega$ និង $R_3 = 50\,\Omega$ រួចភ្ជាប់ទៅនឹងអាគុយ 12 V ។ គណនា៖

ក. ចរន្តឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់នីមួយៗ។

ខ.តង់ស្យុងនៃគោលរេស៊ីស្តង់នីមួយៗ។

គ. រេស៊ីស្តង់សមមូលនៃបង្គុំ។

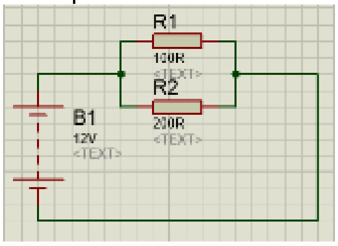


៤. គេមានរេស៊ីស្តង់ពីរតជាខ្នែងដែល $R_1 = 100\,\Omega$, និង $R_2 = 200\,\Omega$ រួចភ្ជាប់ទៅនឹងអាគុយ 12 V ។ គណនា៖

ក. ចរន្តឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់នីមួយៗ។

ខ.តង់ស្យុងនៃគោលរេស៊ីស្តង់នីមួយៗ។

គ. រេស៊ីស្តង់សមមូលនៃបង្គុំ។



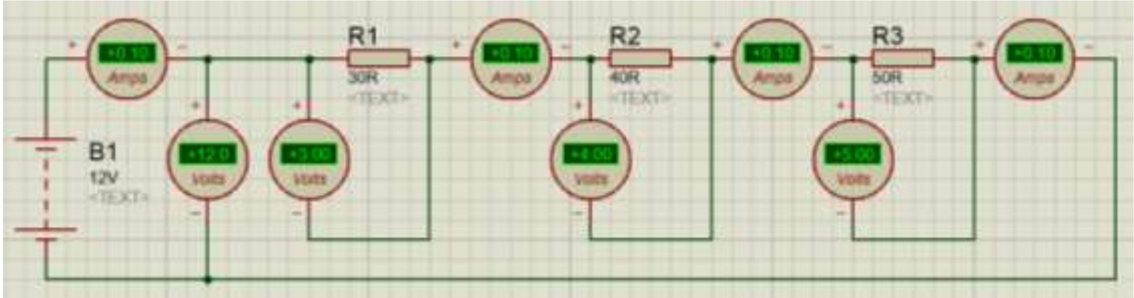
២១.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ

Software Proteusដែលដំឡើងលើកុំព្យូទ័ររបស់អ្នករួច, ទាញយក $R_1 = 30\,\Omega$, $R_2 = 40\,\Omega$, $R_3 = 50\,\Omega$, $R_4 = 100\,\Omega$, និង $R_5 = 200\,\Omega$ បាតឺរី 12 V ។

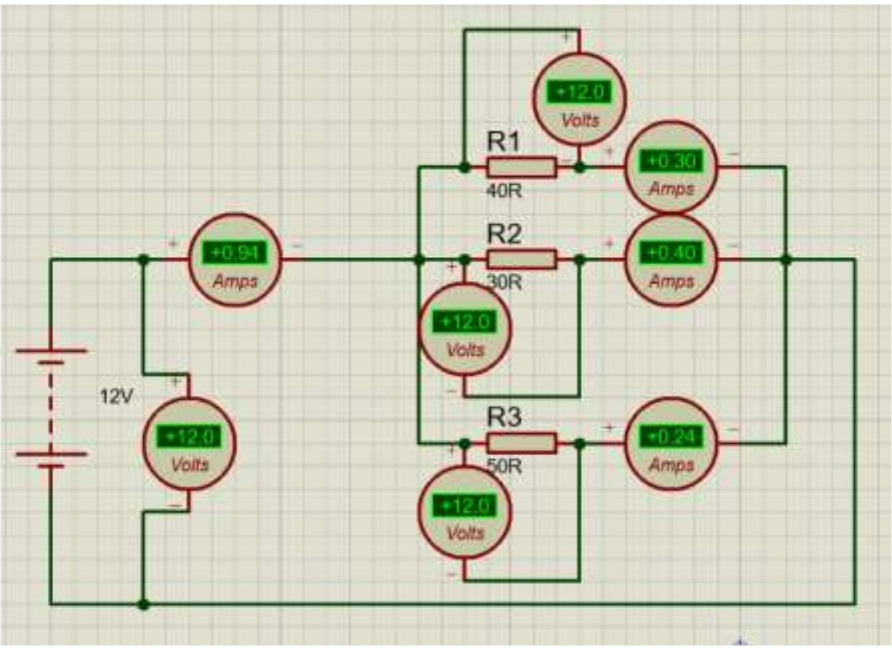
២១.៥.ដំណើរការ

ដំឡើង Software proteus, ដូចបង្ហាញក្នុងរូបខាងក្រោម៖

បង្គុំរេស៊ីស្តង់ជាស៊េរី



បង្គុំរេស៊ីស្តង់ជាខ្នែង



២១.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យ

បង្គុំរេស៊ីស្តង់ជាស៊េរី

រេស៊ីស្តង់(Ω)	អំពែម៉ែត្រ(A)	វ៉ុលម៉ែត្រ(V)
R_1 = 30		
R_2 = 40		
R_3 = 50		
R = 120		

បង្គុំរេស៊ីស្តង់ជាខ្នែង

រេស៊ីស្តង់(Ω)	អំពែម៉ែត្រ (A)	វ៉ុលម៉ែត្រ(V)
R_1 = 30		
R_2 = 40		
R_3 = 50		
R =		

២១.៧.សន្និដ្ឋាន

តាមលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើបង្ហាញថាក្នុងបង្គុំជាស៊េរីចរន្តឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់នីមួយៗ……..និងតង់ស្យុងសរុបនៃប្រភពស្មើនឹង………………………………………………………………។ ចំណែកឯបង្គុំជាខ្នែងតង់ស្យុងសរុបនៃប្រភពមានតម្លៃ………………………………………………………….. និងចរន្តសរុបនៃប្រភពស្មើនឹង………………………………….។

២១.៨.ពិភាក្សា

១. ហេតុអ្វីបានជានៅពេលចុច RUN ហើយសៀគ្វីមិនដំណើរការ?

២. ហេតុអ្វីបានជាក្នុងបង្គុំជាខ្នែង នៅពេលចុច RUN ហើយសៀគ្វីដំណើរការធម្មតា តែផលបូកចរន្តក្នុងខ្នែងនីមួយៗមានតម្លៃធំជាងចរន្តផ្គួប និងតង់ស្យុងរបស់បាតឺរី 12 V តែវាស់ឃើញ11.9 V?

មេរៀនទី២២៖ ពិសោធន៍រង្វាស់រេស៊ីស្តង់ និងច្បាប់អូម

២២.១.វត្ថុបំណង

- វាស់តង់ស្យុង និងចរន្តអគ្គិសនី ដូច្នេះយើងអាចកំណត់តម្លៃរេស៊ីស្តង់ (មេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់)តាមរយៈក្រាប។
- គណនាកម្រិតល្អៀង.
- កំណត់រេស៊ីស្តង់សមមូលក្នុងបង្គុំជាសេរី និងជាខ្នែង។
- ធ្វើពិសោធន៍ដោយប្រើ Software Proteus ។

២២.២.ទ្រឹស្តី

- រេស៊ីស្តង់ និង និម្មិតសញ្ញារបស់វា

- រេស៊ីស្តង់មានន័យថា ទប់ ឬប្រឆាំង។ រេស៊ីស្តង់អគ្គិសនីមានន័យថាជាការប្រឆាំង ឬទប់លំហូរអេឡិចត្រុងដែលហូរ ឆ្លងកាត់ខ្សែចម្លង ឬអង្គធាតុចម្លង។
- រេស៊ីស្តង់បំព្រួញ៖ 560R មានន័យថា 560 Ω

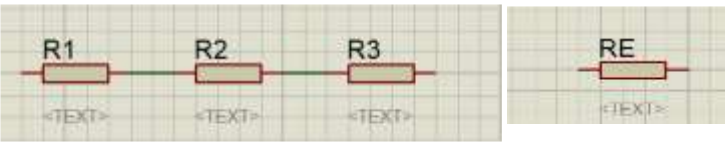
  2K5 មានន័យថា 2.5 k Ω = 2 500 Ω

  45K មានន័យថា 45 k Ω = 45 000 Ω

  2M0 មានន័យថា 2.0 M Ω = 2 000 k Ω = 2 000 000 Ω
- បង្គុំរេស៊ីស្តង់ជាសេរី

  រេស៊ីស្តង់សមមូល R_e

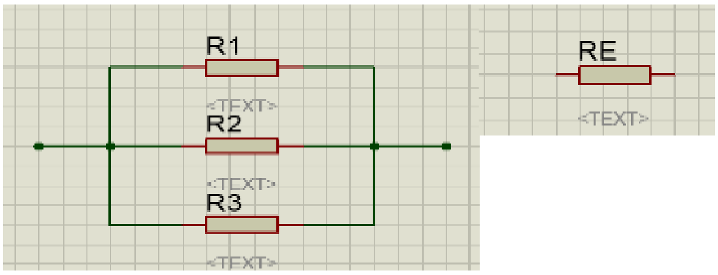
  $R_e = R_1 + R_2 + R_3$



- បង្គុំរេស៊ីស្តង់ជាខ្នែង

  រេស៊ីស្តង់សមមូល R_e

  $1/R_e = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$



- ចេះប្រើប្រាស់ Software Proteus

$$\% \text{ កម្រិតល្អៀង(Error)} = \left|\frac{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃតាមពិសោធន៍}}{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\%$$

$$\% \text{ ផលសងភាគរយ (Difference)} = \left|\frac{\text{តម្លៃរង្វាស់តាមវិធីទី}1 - \text{តម្លៃរង្វាស់តាមវិធីទី}2}{(\text{តម្លៃរង្វាស់តាមវិធីទី}1 + \text{វិធីទី}2)/2}\right| \times 100\%$$

២២.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍

១. ដូចម្តេចដែលហៅថារេស៊ីស្តង់, រេស៊ីស្តង់នៃអង្គធាតុចម្លងអូម?

២. គេមានរេស៊ីស្តង់ពីរដែលរេស៊ីស្តង់ទី១គឺ $R_1 = 22\ \Omega$ និង $R_2 = 33\ \Omega$ ។ តើរេស៊ីស្តង់សមមូលរបស់វាមានតម្លៃប៉ុនាន ?

ក. បើគេតវាជាស៊េរី

ខ. បើគេតវាជាខ្នែង

៣. គេមានរេស៊ីស្តង់បីដែលរេស៊ីស្តង់ $R_1 = 22\ \Omega$, $R_2 = 33\ \Omega$ និង $R_3 = 11\ \Omega$ ។ តើរេស៊ីស្តង់សមមូលរបស់វា មានតម្លៃប៉ុន្មាន ?

ក. បើគេតវាជាស៊េរី

ខ. បើគេតវាជាខ្នែង

៤. គេមានរេស៊ីស្តង់ពីរដែលរេស៊ីស្តង់ $R_1 = 50\ \Omega$,និង $R_2 = 25\ \Omega$ ។ តើរេស៊ីស្តង់ណាមួយក្តៅជាង បើគេភ្ជាប់វាទៅ នឹងប្រភព 9.0 V និងតវាក្នុងករណី ៖

ក. R_1 និង R_2 ជាស៊េរី

ខ. R_1, និង R_2ជាខ្នែង

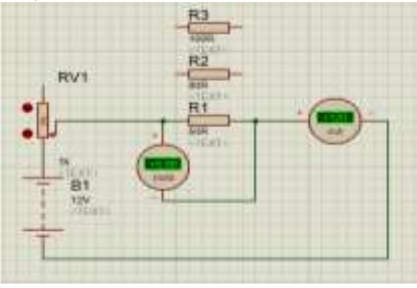
២២.៤.ឧបករណ៍សម្ភារ:

Software Proteus ដែលដំឡើងរួច និងទាញយករេស៊ីស្តង់ 50.0 Ω, 80.0 Ω, 100 Ω, ប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រ1kΩ អំពែម៉ែត្រចរន្តជាប់, តង់ស្យុងចរន្តជាប់, ប្រភពចរន្តជាប់ 12 V

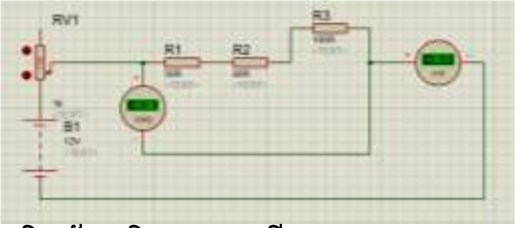
២២.៥.ដំណើរការ

ដំឡើងតាមរូបដោយធ្វើពិសោធន៍ជាមួយ R_1 R_2 និង R_3 ម្តងមួយៗរៀងគ្នា។

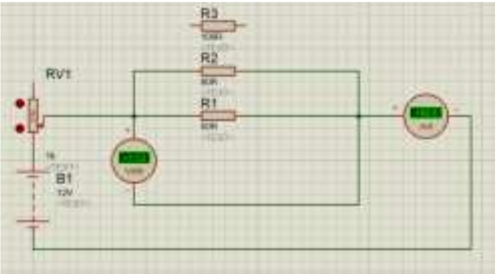
ពិសោធន៍នេះត្រូវគ្នានឹងតារាងទិន្នន័យ និងតារាងគណនាទី១ និងគូរក្រាប។



- បង្គុំជាស៊េរី (ធ្វើតាមតារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី២)



- បង្គុំជាខ្នែង (ធ្វើតាមតារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី២)



២២.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី១

I (mA)	V_{R1} (V)	V_{R2} (V)	V_{R3} (V)
0	0	0	0
20.0			
40.0			
60.0			
79.9			
99.9			
120			

	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	R_3 (Ω)
R_{Exp} (Ω)			
R_{Theo} (Ω)			
R (Correlation Coefficient)			
%Error			

តារាងទិន្នន័យទី២

	I (mA)	V (V)	I (mA)	V (V)
R_1 R_2 R_3 ស៊េរី	30.0		50.0	
R_1 R_2 ស៊េរី	30.0		50.0	
R_1 R_2 ខ្នែង	29.9		49.8	
R_1 R_3 ខ្នែង	29.0		49.3	
R_2 R_3 ខ្នែង	29.7		49.1	

តារាងគណនាទី២

	$(R_e)_{exp}1$ (Ω)	$(R_e)_{exp}2$ (Ω)	$(\bar{R}_e)_{exp}$ (Ω)	$(R_e)_{theo}1$ (Ω)	% Diff
R_1 R_2 R_3 ស៊េរី					
R_1 R_2 ស៊េរី					
R_1 R_2 ខ្នែង					
R_1 R_3 ខ្នែង					
R_2 R_3 ខ្នែង					

ការគណនាគំរូ

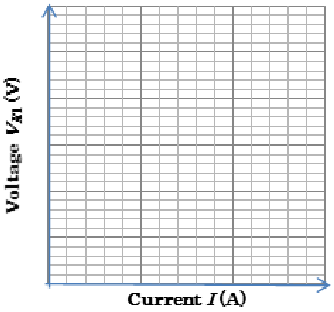
$(R_e)_{exp} = V/I =$

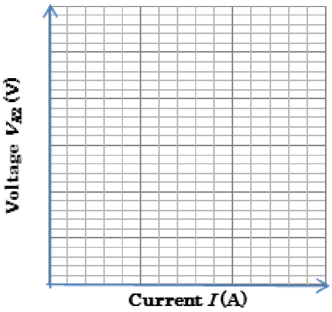
$$\% \text{ កម្រិតល្អៀង(Error)} = \left|\frac{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃតាមពិសោធន៍}}{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\% =$$

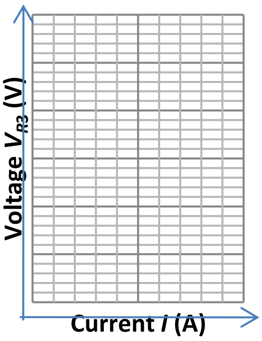
(ស៊េរី) $(R_e)_{theo} = R_1 + R_2 + R_3 =$ ....

(ខ្នែង) $(R_e)_{theo} = 1/(1/R_1 + 1/R_2) =$ ....

$$\% \text{ ផលសងភាគរយ (Difference)} = \left| \frac{\text{តម្លៃរង្វាស់តាមវិធីទី1} - \text{តម្លៃរង្វាស់តាមវិធីទី2}}{\frac{\text{តម្លៃរង្វាស់តាមវិធីទី1} + \text{វិធីទី2}}{2}} \right| \times 100\% =$$







២២.៧.សន្និដ្ឋាន

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ កម្រិតល្អៀង(ភាគរយ) និងផលសងល្អៀង(ភាគរយ)មានតម្លៃ ____________________ និងមេគុណទំនាក់ទំនង r =________________ ។ ដូចនេះ អ្នកអាចសន្និដ្ឋានថា តម្លៃរេស៊ីស្តង់អគ្គិសនី(មេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់) និងរេស៊ីស្តង់ ក្នុងបង្គុំជាសេរី និងជាខ្វែងអាចត្រូវ__________________________ហើយ ចរន្ត និងតង់ស្យុងអគ្គិសនីត្រូវបានវាស់តាម ______________________________ដោយប្រើនៃកម្មវិធី Proteus។

២២.៨.ពិភាក្សា

ក្នុងបាតឺរីខាងលើ រេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់វាស្មើនឹង 0.1 Ω ។ បើយើងឱ្យរេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់វាស្មើនឹង 2Ω វិញ តើកម្រិតល្អៀងរបស់វាទៅជាយ៉ាងណា? □ កើនឡើងធំជាងមុន□ ថយចុះតូចជាងមុន □ នៅតែដដែល។ ហេតុអ្វីបានជាអ្នកគិតដូច្នេះ?

មេរៀនទី២៣៖ ពិសោធន៍រង្វាស់កម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៃថ្មពិលដោយ ប្រើប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រ និងវ៉ុលម៉ែត្រ

២៣.១.ទស្សនៈ

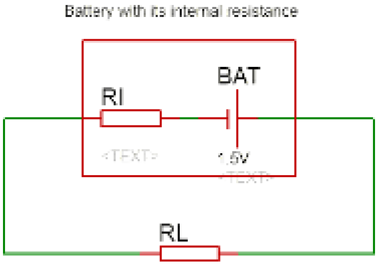
- កំណត់គោលការណ៍ដំណើរការនៃប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រ។
- ប្រៀបធៀប emf របស់ថ្មពិលដែលវាស់ដោយប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រ និងវាស់ដោយវ៉ុលម៉ែត្រ។
- កំណត់រេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់ថ្មពិល។

២៣.២.ទ្រឹស្តី

❖ ផ្នែកទី១ ៖ លក្ខណៈនៃថ្មពិល

ថ្មពិលថ្មីមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ (e) រវាងពី 1.50 V ទៅ 1.60 V និងមានរេស៊ីស្តង់ក្នុង (Ri)ប្រហែលពីរ ឬបីអូម។ តង់ស្យុងរវាងគោលនៃថ្មពិលដែលបញ្ចេញចរន្ត I គឺតាងដោយ V

$$V = e - I R_i \quad (1)$$



កាលណាមានចរន្តឆ្លងកាត់ខ្សែចម្លង $V < e$។ ប៉ុន្តែកាលណាគ្មានចរន្តឆ្លងកាត់ខ្សែចម្លង(សៀគ្វីចំហ), ($I = 0$) នោះ V = e ។ គេតរេស៊ីស្តង់(R_L)មួយរវាងគោលនៃថ្មពិល បង្ហាញដូចរូបខាងស្តាំ ចរន្តដែលបញ្ចេញដោយថ្មពិល៖

$I = e / (R_i + R_L)$ ។

តង់ស្យុងរវាងគោលនៃថ្មពិលគឺ $V = (e R_L)/(R_i + R_L)$ (2)

ថ្មពិលចាស់ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករ(e)ថយចុះ និងរេស៊ីស្តង់ក្នុង(R_i)របស់វាកើនឡើង។ ឧទាហរណ៍ ថ្មពិលចាស់មួយមាន $e = 1.30V$ និងរេស៊ីស្តង់ក្នុង (R_i) ≅ 2000Ω ~ 3000Ω ។ កាលណា R_i កាន់តែធំមានន័យថា មានចរន្តបញ្ចេញពីថ្ម បណ្តាលឱ្យមានទន្លាក់តង់ស្យុងកើតឡើងរវាងគោលនៃរេស៊ីស្តង់។ លទ្ធផលតង់ស្យុង(V) រវាងគោលនៃថ្មពិលមានតម្លៃយ៉ាងតូច និងថ្មពិលលែងដំណើរការ។

❖ ផ្នែកទី២ ៖ រង្វាស់វ៉ុលម៉ែត្រ (Voltmeter Measurement)

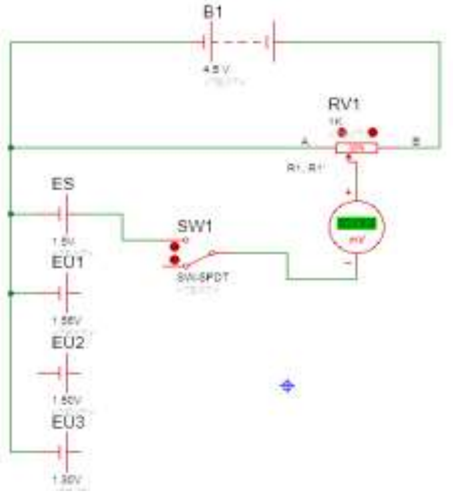
ប្រើវ៉ុលម៉ែត្រដើម្បីវាស់តង់ស្យុងនៃគោលថ្មពិល រេស៊ីស្តង់របស់វ៉ុលម៉ែត្រ(R_V)ជារេស៊ីស្តង់របស់រេស៊ីស្តង់បន្ទុក(R_L)។ តង់ស្យុង(V)ដែលវាស់ដោយវ៉ុលម៉ែត្រគឺដូចគ្នានឹងសមីការ (2) ដែល R_L ត្រូវជំនួសដោយ R_V (រេស៊ីស្តង់របស់វ៉ុលម៉ែត្រ)។

សមីការឱ្យដោយ $V = (e R_V)/(R_i + R_V)$ (3)

តម្លៃនៃ R_V អាស្រ័យយ៉ាងខ្លាំងលើគុណភាពនៃវ៉ុលម៉ែត្រ។ វ៉ុលម៉ែត្រដែលសិស្សប្រើក្នុងមន្ទីរពិសោធន៍មានតម្លៃប្រហែល 3000 Ω ។ បើវ៉ុលម៉ែត្របែបនេះត្រូវបានប្រើដើម្បីវាស់តង់ស្យុងគោលនៃថ្មពិលថ្មី ដែលមានរេស៊ីស្តង់ក្នុង R_i ស្មើ 1.0 Ω ពេលនោះតង់ស្យុងគោល (V)

V = (3000 e /3001) = 0.9997 នៃ emf

ម៉្យាងវិញទៀត បើវ៉ុលម៉ែត្រដដែលនេះត្រូវបានប្រើដើម្បីវាស់តង់ស្យុងគោលនៃថ្មពិលដែលមានរេស៊ីស្តង់ក្នុង R_i= 5000 Ω នោះតង់ស្យុងគោលគឺ V' = (3000 e /8000) = 0.375 នៃ emf ។ តម្លៃ R_V នៃវ៉ុលម៉ែត្រទំនើបដែលមានគុណភាពខ្ពស់ស្ថិតក្នុងលំដាប់ពី 10 MΩ ទៅ 20 MΩ ។ បើប្រើវ៉ុលម៉ែត្រប្រភេទនេះវាស់តង់ស្យុងនៃគោលថ្មពិលខាងលើ តម្លៃរបស់វាខិតទៅជិត ឬសឹងតែស្មើនឹងតម្លៃនៃ emf ។



❖ ផ្នែកទី៣ ៖ រង្វាស់ដោយប្រើប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រងាយ (Measurements with a potentiometer)

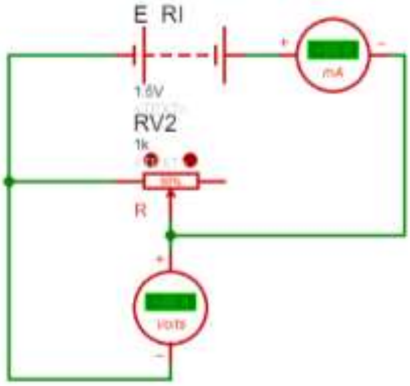
ប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រមួយបង្ហាញដូចរូបខាងស្តាំ ជាឧបករណ៍មួយដែលប្រើដើម្បីប្រៀបធៀបតម្លៃនៃប្រភព emf ដែលស្គាល់(e_K)ទៅនឹង emf ដែលមិនស្គាល់ (e_U) ។ គេដាក់ (e_U) ក្នុងសៀគ្វីដែលឈមគ្នានឹង (e_K) ហើយ (e_U) នេះមានលំនឹង នឹងផលសងប៉ូតង់ស្យែលដែលស្គាល់ កាលណាគ្មានចរន្តក្នុង emf ដែលមិនស្គាល់។ emf ពិតត្រូវបានកំណត់ដោយសារគ្មាន ទន្លាក់តង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់ក្នុង។ កុងតាក់ SW_1 អាចឱ្យកម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៃ ថ្មពិល e_S ឬ e_U តជាខ្នែងជាមួយនឹងប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រ ។ ថ្មពិលដែលមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ e_S ជាថ្មពិលស្តង់ដា (Standard cell) ដែល emf របស់វាត្រូវបានគេស្គាល់ច្បាស់ និង e_U តាងឱ្យកម្លាំងអគ្គិសនីចលករមិនស្គាល់ដែលយើង ត្រូវវាស់។ ចរន្តអគ្គិសនីក្នុងប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រត្រូវជ្រើសរើសឱ្យធំគ្រប់គ្រាន់ដើម្បីទទួលបានបម្រែបម្រួលប៉ូតង់ស្យែលពី A ទៅ B ធំជាង e_U ឬ e_S ។ ជាមួយនឹងកុងតាក់ SW_1 បិទ ដូចនេះ e_S ស្ថិតនៅក្នុងសៀគ្វី កូនបូតអាចត្រូវបានរំកិលតាមបណ្តោយ ខ្សែរហូត ដល់ចំណុច C ដែលជាទីតាំងដែលទន្លាក់តង់ស្យុងពី A ទៅ C ស្មើគ្នានឹង e_S ។ រេស៊ីស្តង់ដែលត្រូវគ្នាគឺ R_1។ រកចំណុចទីតាំង C ដែលគ្មានចរន្តឆ្លងកាត់កាល់វ៉ាណូម៉ែត្រដែលតជាស៊េរីជាមួយនឹង e_S។ ដោយដាក់កុងតាក់ SW_1 មកទីតាំងមួយទៀតដែលមាន e_U នៅក្នុងសៀគ្វី រកចំណុច D មួយថ្មីទៀតដែលទន្លាក់តង់ស្យុងពី A ទៅ D ស្មើនឹង e_U ។ រេស៊ីស្តង់ដែលត្រូវគ្នាគឺ R_1។ ចំណុចនេះត្រូវបានរកឃើញតាមពិសោធន៍ ហើយក៏ជាចំណុចដែលគ្មានចរន្តឆ្លងកាត់កាល់វ៉ាណូម៉ែត្រដែរ។ ដោយសារ

ទន្លាក់តង់ស្យុងតាមបណ្តោយខ្សែសមាមាត្រទៅនឹងរេស៊ីស្តង់ ដូចនេះទំនាក់ទំនងរវាងកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ និង រេស៊ីស្តង់ គឺ

$e_U = e_S R'_1 / R_1$ (4)

❖ រង្វាស់រេស៊ីស្តង់ក្នុងនៃថ្មពិល

ធ្វើតាមតារាងទិន្នន័យពិសោធន៍ទី៣ ក្នុងរបាយការណ៍ពិសោធន៍នៅចំណុចទី៦។



២៣.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍

១. ជាធម្មតាចំពោះថ្មពិលថ្មី តើកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ និងរេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់វាមានតម្លៃប្រហែលប៉ុន្មាន? ចំពោះថ្មពិលចាស់ តើកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ និងរេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់វាមានតម្លៃប្រហែលប៉ុន្មាន?

២. ថ្មពិលមួយមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ 1.54 V និងរេស៊ីស្តង់ក្នុង 1.90 V។ តើតង់ស្យុងគោលរបស់វាមានតម្លៃប៉ុន្មាន? បើវាត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងរេស៊ីស្តង់ 15.3Ω។ បង្ហាញការគណនារបស់អ្នក។

៣. វ៉ុលម៉ែត្រមួយមានរេស៊ីស្តង់ធំ 10 MW ត្រូវបានប្រើដើម្បីវាស់តង់ស្យុងគោលនៃថ្មពិលថ្មីមួយ។ ចូរពន្យល់ថា ហេតុអ្វីបានជារង្វាស់នេះមានតម្លៃសឹងតែស្មើនឹងតម្លៃនៃ emf របស់ថ្មពិល?

៤. ក្នុងរង្វាស់ដោយប្រើប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករដែលស្គាល់ និងមិនស្គាល់ត្រូវបានគេប្រៀបធៀបទៅនឹង ទន្លាក់តង់ស្យុង: ក. ឆ្លងកាត់វ៉ុលម៉ែត្រ ខ. ឆ្លងកាត់កាល់វ៉ាណូម៉ែត្រ គ. តាមបណ្តោយប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រពិត ឃ. ឆ្លងកាត់តង់ស្យុងប្រភពដែលមានតម្លៃថេរ។

៥. ក្នុងរង្វាស់ដោយប្រើប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្របង្ហាញដូចរូបខាងលើ ចូរបង្ហាញថា $e_U = e_S R'_1 / R_1$ ។

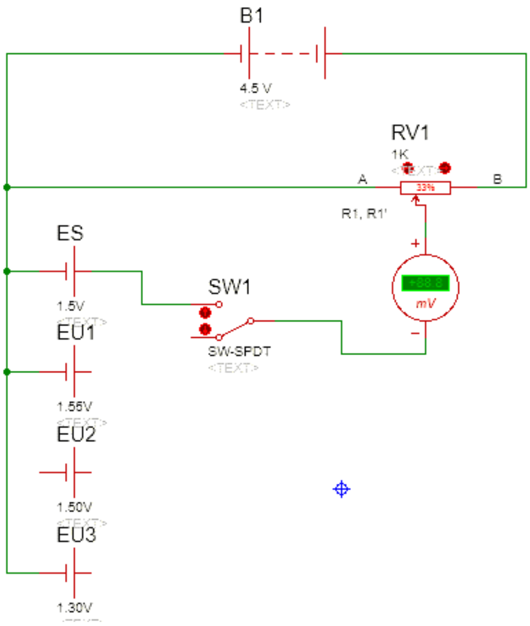
៦. តង់ស្យុងប្រភពដែលផ្តល់ទៅកាន់ប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រមានតម្លៃប្រហែល 4.50 V ។ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករដែលស្គាល់ (e_S) នៃថ្មពិលពីរដែលតជាស៊េរីគឺ 1.50 V ។ កាលណាកុងតាក់ S_1 ត្រូវបានដាក់ទៅទីតាំងនៃ (e_S) និងធ្វើការកែតម្រូវកូនបូតរហូតដល់គ្មានចរន្តឆ្លងកាត់កាលវ៉ាណូម៉ែត្រ ពេលនោះរេស៊ីស្តង់ដែលត្រូវគ្នារបស់វាគឺ 330 Ω ។ បន្ទាប់មក កុងតាក់ SW_1 ត្រូវបានដាក់ទៅទីតាំងនៃ (e_U) និងធ្វើការកែតម្រូវកូនបូតរហូតដល់គ្មានចរន្ត ឆ្លងកាត់កាលវ៉ាណូម៉ែត្រ ពេលនោះ រេស៊ីស្តង់ដែលត្រូវគ្នារបស់វាគឺ 340 Ω ។ តើកម្លាំងអគ្គិសនីចលករដែល(មិនស្គាល់)វាស់ (e_U) នេះមានតម្លៃប៉ុន្មាន?

២៣.៤.ឧបករណ៍សម្ភារៈ

Software Proteus (ទាញយក Battery Active, cell, SW-SPDT, POT-HG, និងវ៉ុលម៉ែត្រឬអំពែម៉ែត្រ)។

២៣.៥.ដំណើរការពិសោធន៍

ដំឡើង Proteus ដូចបង្ហាញក្នុងរូប។ ត្រូវចាំថារេស៊ីស្តង់ដែលត្រូវគ្នានឹង e_S គឺ R_1 និង e_U គឺ R'_1 ដែលវាស់ពី *A* ទៅ *C* និង *A* ទៅ *D* រៀងគ្នា។ *C* និង *D* ស្ថិតនៅចន្លោះ *AB*។



២៣.៦.របាយការណ៍ពិសោធ

ពិសោធន៍ទី១

តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី១

(ε_U)	$R'_1(\ \Omega\ )$	វាស់លើកទី១(V)	វាស់លើកទី២(V)	វាស់លើកទី៣(V)
ថ្មពិលទី 1				
ថ្មពិលទី 2				
ថ្មពិលទី 3				
ε_S =		R_1 =…………..Ω		

តម្លៃមធ្យម $\overline{\text{emf}}$ (V)	α_{emf} (V)

ពិសោធន៍ទី២

តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី២

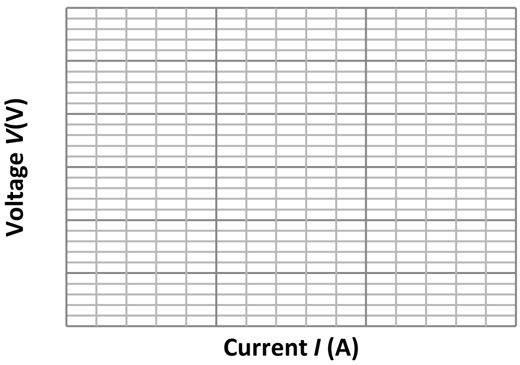
តម្លៃមធ្យម $\overline{emf}$(V)	វ៉ុលម៉ែត្ររេស៊ីស្តង់ធំ(V)	វ៉ុលម៉ែត្ររេស៊ីស្តង់តូច(V)

%Error វ៉ុលម៉ែត្ររេស៊ីស្តង់ធំ	%Error វ៉ុលម៉ែត្ររេស៊ីស្តង់តូច

ពិសោធន៍ទី៣(រង្វាស់រេស៊ីស្តង់ក្នុងនៃថ្មពិល)

តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី៣

Resistor R (Ω)	Voltage V (V)	Current I (A)



ការគណនាគម្រូ

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum(emf-\overline{emf})^2} =$$

$$\alpha(RU) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} =$$

$$\%\,\text{Error} = \left|\frac{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃតាមពិសោធន៍}}{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\% =$$

មេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ = $R_i = \tan\theta =$

២៣.៧.សន្និដ្ឋាន

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ អ្នករកឃើញថាកម្រិតល្បឿង និងល្បឿងស្តង់ដារបស់កម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៃថ្មពិលមាន មានតម្លៃ__________________និង តម្លៃរេស៊ីស្តង់ក្នុងស្មើនឹង____________________។ ដូចនេះ ដោយ ប្រើឧបករណ៍ពិសោធន៍ខាងលើ អ្នកអាចសន្និដ្ឋានបានថា តម្លៃរេស៊ីស្តង់ក្នុង និងកម្លាំងអគ្គិសនីចលកររបស់ថ្មពិលអាច____________________________។

២៣.៨.ពិភាក្សា

១. តើកត្តាអ្វីខ្លះដែលធ្វើឱ្យពិសោធន៍នេះមានកម្រិតល្អៀងធំ?

២. ដើម្បីបានលទ្ធផលល្អ តើអ្នកត្រូវធ្វើដូចម្តេច?

មេរៀនទី២៤៖ ពិសោធន៍បង្គុំប្រភពអគ្គិសនី

២៤.១.ទត្ថុបំណង

➢ កំណត់ចរន្តអគ្គិសនីក្នុងបង្គុំប្រភពជាសេរី និងជាខ្នែង។ បង្ហាញថាចរន្តអគ្គិសនីមានតម្លៃខុសគ្នាក្នុងបង្គុំទាំងពីរទោះបីជាវាភ្ជាប់ទៅនឹងរេស៊ីស្តរមួយដូចគ្នាក៏ដោយ

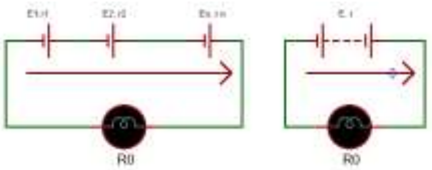
➢ កំណត់តង់ស្យុងនៃប្រភពដែលប្រើក្នុងសៀគ្វីបិទចំពោះបង្គុំប្រភពអគ្គីសនីចម្រុះ

➢ កំណត់ផលសងភាគរយដែលបង្ហាញពីភាពត្រូវគ្នានៃវិធីពិសោធន៍ទាំងពីរ។

២៤.២.ទ្រឹស្តី

❖ បង្គុំប្រភពអគ្គិសនីជាសេរី

រូបខាងក្រោមបង្ហាញពីប្រភពអគ្គិសនីច្រើន(ប្រភពចរន្តជាប់)តជាសេរី និងប្រភពអគ្គិសនីសមមូលរបស់វា។



(រូបទី១)

កម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៃប្រភព (E)

$$E = E_1 + E_2 + \cdots + E_n$$
$$E = V + rI = R_0I + rI = (R_0 + r)I$$

យើងបាន $V = E - rI = R_0I$

V តង់ស្យុងនៃគោលប្រភពទាំងមូលគិតជា(V)

រេស៊ីស្តង់ក្នុងសមមូលនៃប្រភព(r)

$r = r_1 + r_2 + \cdots + r_n$

ចរន្តដែលបញ្ចេញដោយប្រភព(I)

$$I = \frac{E}{R_0 + r} = \frac{V}{R_0}$$

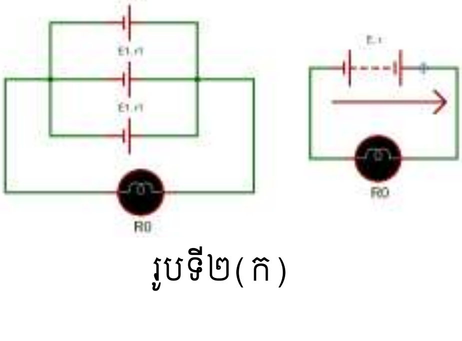
❖ បង្គុំប្រភពអគ្គិសនីជាខ្នែង

កម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៃប្រភព (E)

$E = E_1 = E_1 = \cdots = E_1$

$$E = V + rI = R_0I + rI = (R_0 + r)I$$

យើងបាន $V = E - rI = R_0I$



រូបទី២(ក)

រេស៊ីស្តង់ក្នុងសមមូលនៃប្រភព(r)

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_1} + \cdots + \frac{1}{r_1}$$

$$\frac{1}{r} = \frac{n}{r_1} \quad \text{និង} \quad r = \frac{r_1}{n}$$

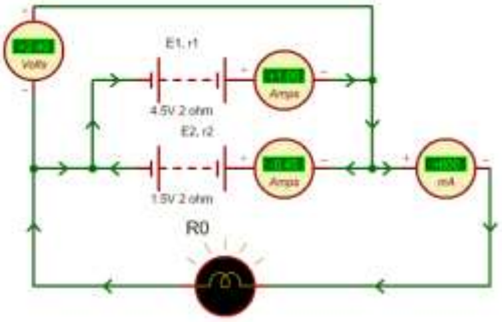
ចរន្តដែលបញ្ចេញដោយប្រភព(I)

$$I = \frac{E}{R_0 + r} = \frac{E_1}{R_0 + r}$$

សម្គាល់៖ បើ $E_1 > E_2$ (តជាខ្នែង) (រូបខាងលើ) នោះតង់ស្យុងផ្តួបនៃប្រភពអាចត្រូវបានកំណត់ដោយប្រើ រូបមន្ត $V = E_1 - r_1 I_1$ ។ (អនុវត្តច្បាប់គៀធុបដើម្បី គណនាចរន្ត I_1 ស្គាល់ E_1 នោះអាចកំណត់ V បាន)។

តាមរូបខាងក្រោម $V = E_1 - r_1 I_1 = 4.5 - (2 \times 1.05) = 2.40 \text{ V}$

ដូចគ្នាដែរ $V = R_0 I_3 = 4 \times 0.600 = 2.40 \text{ V}, \ R_0 = 4\,\Omega$ ។ ដូចនេះតង់ស្យុងផ្តួបនៃប្រភពគឺ $V = 2.40$ V ។

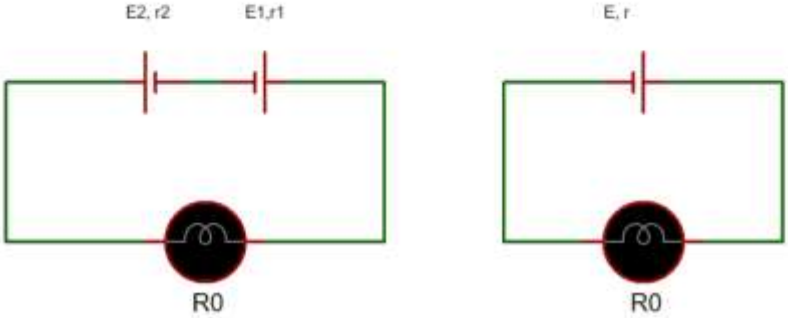


រូបទី២(ខ)

❖ ជនិតាផ្គុំផ្ទុយ

កម្លាំងអគ្គិសនីចលករ(E)ដែលអនុវត្តលើសៀគ្វីគឺ៖

$$E = E_1 - E_2 \text{ បើ } E_1 > E_2 \text{ និង } E = E_2 - E_1 \text{ បើ } E_2 > E_1$$



រូបទី៣

$$\text{ផលសងភាគរយ } (\%\ \text{Diff.}) = \left| \frac{\text{តម្លៃពិសោធន៍ទី១} - \text{តម្លៃពិសោធន៍ទី២}}{\frac{(\text{តម្លៃពិសោធន៍ទី១} + \text{តម្លៃពិសោធន៍ទី២})}{2}} \right| \times 100\%$$

២៤.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍

១. គេមានថ្មពិលថ្មីបីគ្រាប់ដែលនីមួយៗមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ $E_1 = E_2 = E_3 = 1.50\ \mathrm{V}$ និងរេស៊ីស្តង់ក្នុង$r_1 = r_2 = r_3 = 1.00\ \Omega$ ។

ក. ចូរដំឡើងសៀគ្វីនេះជាសៀគ្វីបិទដោយផ្គុំថ្មពិលទាំងបីជាសេរី រួចភ្ជាប់វាទៅនឹងអំពូលមួយដែលមានរេស៊ីស្តង់ $R_0 = 4.00\ \Omega$ ។ គណនា៖

ក១. កម្លាំងអគ្គិសនីចលករសមមូលនៃប្រភព ។

ក២. តង់ស្យុងសរុបនៃប្រភពអគ្គិសនី(តម្លៃតាមទ្រឹស្តី) បើចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់អំពែម៉ែត្រស្មើនឹង 0.640 A (ដែលអំពែម៉ែត្រតជាសេរីនឹងអំពូល)។ វ៉ុលម៉ែត្រមួយត្រូវបានតជាខ្នែងនឹងប្រភពសរុបខាងលើ ហើយវាស់បានតង់ស្យុងសរុបស្មើនឹង 2.57 V (តម្លៃតាមពិសោធន៍) គណនាកម្រិតល្អៀង(ភាគរយ)នៃតង់ស្យុង។

ក៣. តើអំពូលឆេះភ្លឺធម្មតាឬទេ? (អំពូលឆេះភ្លឺធម្មតា កាលណាតង់ស្យុងគោលរបស់វាស្មើនឹង 4.50 V

ខ. ចូរដំឡើងសៀគ្វីនេះជាសៀគ្វីបិទដោយផ្គុំប្រភពថ្មពិលទាំងបីជាខ្នែង រួចភ្ជាប់វាទៅនឹងអំពូលមួយដែលមានរេស៊ីស្តង់ $R_0 = 4.00\ \Omega$ ។ គណនា៖

ខ១. កម្លាំងអគ្គិសនីចលករសមមូលនៃប្រភព ។

ខ២. តង់ស្យុងសរុបនៃប្រភពអគ្គិសនី(តម្លៃតាមទ្រឹស្តី)បើចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់អំពែម៉ែត្រស្មើនឹង0.350 A(ដែលអំពែម៉ែត្រតជាសេរីនឹងអំពូល)។

ខ៣.វ៉ុលម៉ែត្រមួយត្រូវបានតជាខ្នែងនឹងប្រភពសរុបខាងលើ ហើយវាស់បានតង់ស្យុងសរុបស្មើនឹង 1.38 V (តម្លៃតាមពិសោធន៍) គណនាកម្រិតល្អៀង(ភាគរយ)នៃតង់ស្យុង។

ខ៤. តើអំពូលឆេះភ្លឺធម្មតាឬទេ? (អំពូលឆេះភ្លឺធម្មតា កាលណាតង់ស្យុងគោលរបស់វាស្មើនឹង 4.50 V

២. គេមានថ្មពិលថ្មីបីគ្រាប់ដែលនីមួយៗមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ $E_1 = E_2 = E_3 = 1.50\ \mathrm{V}$ និងរេស៊ីស្តង់ក្នុង

$r_1 = r_2 = r_3 = 1.00\ \Omega$ ។

ក. ចូរដំឡើងសៀគ្វីនេះដោយផ្គុំថ្មពិលពីរជាសេរីនិងមួយជាខ្នែង។ ប្រភពនេះត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងអំពូលមួយដែលមានរេស៊ីស្តង់ $R_0 = 4.00\ \Omega$ ដើម្បីបង្កើតជាសៀគ្វីបិទ។

ក១. គណនាតង់ស្យុងសរុបនៃប្រភពអគ្គិសនី(តម្លៃតាមទ្រឹស្តី) បើចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់អំពែម៉ែត្រស្មើនឹង0.429 A(ដែលអំពែម៉ែត្រតជាសេរីនឹងអំពូល)។

ក២. វ៉ុលម៉ែត្រមួយត្រូវបានតជាខ្នែងនឹងប្រភពសរុបខាងលើ ហើយវាស់បានតង់ស្យុងសរុបស្មើនឹង1.71 V (តម្លៃតាមពិសោធន៍) គណនាកម្រិតល្អៀង(ភាគរយ)របស់វា។

ក៣. តើអំពូលឆេះភ្លឺធម្មតាឬទេ?(អំពូលឆេះភ្លឺធម្មតា កាលណាតង់ស្យុងរវាងគោលរបស់វាស្មើនឹង 3.00 V)

ខ. ដំឡើងសៀគ្វីនេះដោយផ្គុំប្រភពថ្មពិលពីរជាស៊េរី និងមួយផ្គុំបញ្ច្រាសប៉ូល(ផ្គុំផ្ទុយ) រួចភ្ជាប់វាទៅនឹងអំពូលមួយដែលមានរេស៊ីស្តង់ $R_0 = 4.00\ \Omega$ ដើម្បីបង្កើតជាសៀគ្វីបិទ។

ខ១. គណនាតង់ស្យុងសរុបនៃប្រភពអគ្គិសនី(តម្លៃតាមទ្រឹស្តី) បើចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់អំពែម៉ែត្រស្មើនឹង0.214 A (ដែលអំពែម៉ែត្រតជាស៊េរីនឹងប្រភព និងអំពូល)។

ខ២. វ៉ុលម៉ែត្រមួយត្រូវបានតជាខ្នែងនឹងប្រភពសរុបខាងលើ ហើយវាស់បានតង់ស្យុងសរុបស្មើនឹង 0.860 V (តម្លៃតាមពិសោធន៍) គណនាកម្រិតល្អៀង(ភាគរយ)នៃតង់ស្យុង។

គ៣.តើអំពូលឆេះភ្លឺធម្មតាឬទេ?(អំពូលឆេះភ្លឺធម្មតា កាលណាតង់ស្យុងរវាងគោលរបស់វាស្មើនឹង3.00 V)

២៤.៤.គម្រូវការសម្ភារៈ

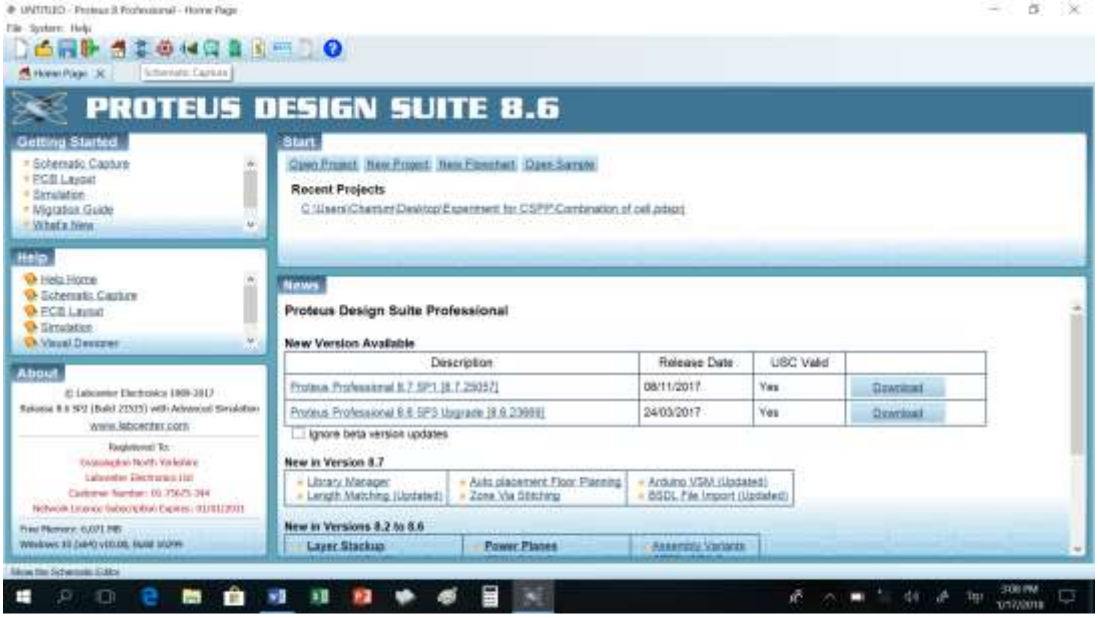
Software Proteus ដែលដំឡើងរួចក្នុងកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក និងទាញយកគ្រឿងដូចជា៖

- ➢ ប្រភពចរន្តជាប់២ (battery Active 1.5 V)
- ➢ អំពូល១ (Bulb)
- ➢ អំពែម៉ែត្រ១ និង
- ➢ វ៉ុលម៉ែត្រ១

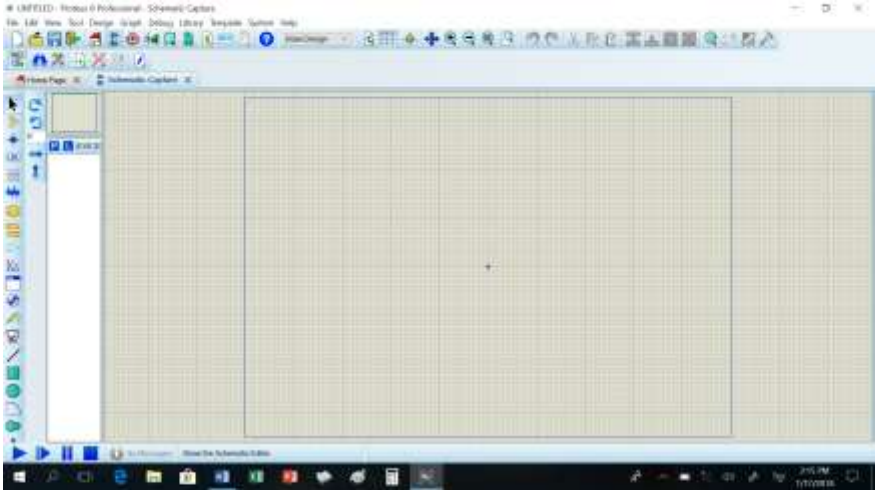
២៤.៥.ដំណើរការ

❖ ការបើក Proteus

ក. ទាញ Cursor ដាក់លើ Icon Proteus និងចុចពីរដងជាប់គ្នា(លើផ្នែកខាងឆ្វេងនៃ Mouse) ពេលនោះវានឹងលេចចេញនូវផ្ទាំងមួយដែលមានអក្សរធំៗសរសេរថា PROTEUS DESIGN SUIT (8.6) បង្ហាញដូចរូបខាងក្រោម។

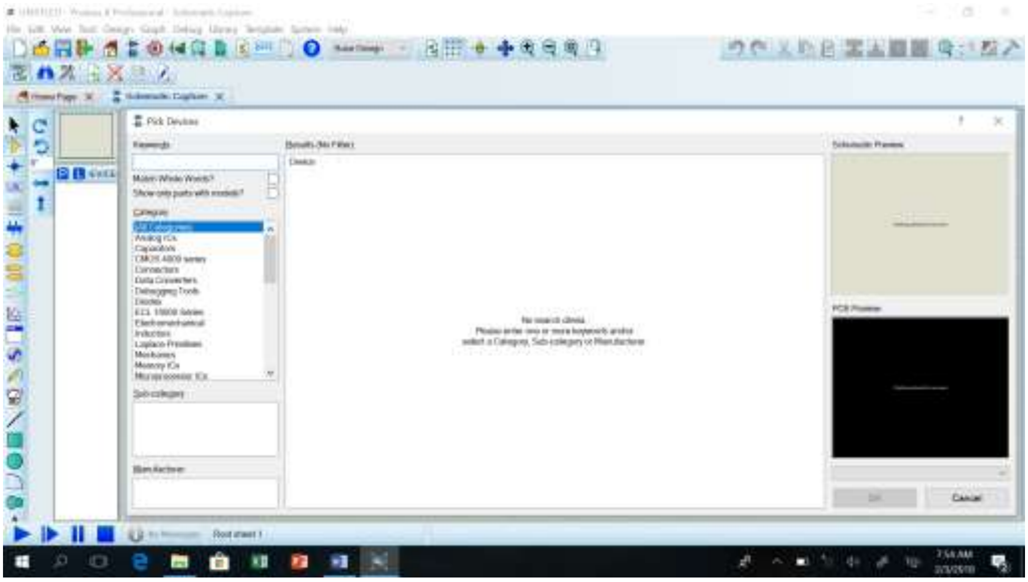


ខ. ទាញ Cursor ដាក់លើរូបនៃ Schematic capture ដែលមានទីតាំងនៅខាងលើអក្សរ (PROTEUS DESIGN SUIT 8.6) រួចចុច១ដងលើវា នោះវានឹងលេចចេញនៅផ្ទាំងសម្រាប់ធ្វើការងារបង្ហាញដូចរូបខាងក្រោម៖



❖ ការយកគ្រឿង

គ. ចុចលើអក្សរ *P* (ក្បែរអក្សរ *L*)លើប្រអប់ធំវែងនៅផ្នែកខាងឆ្វេងនៃរូប នោះវានឹងលេចចេញប្រអប់ផ្ទុកគ្រឿងដែលហៅថា (Pick device) បង្ហាញដូចរូបខាងក្រោម។

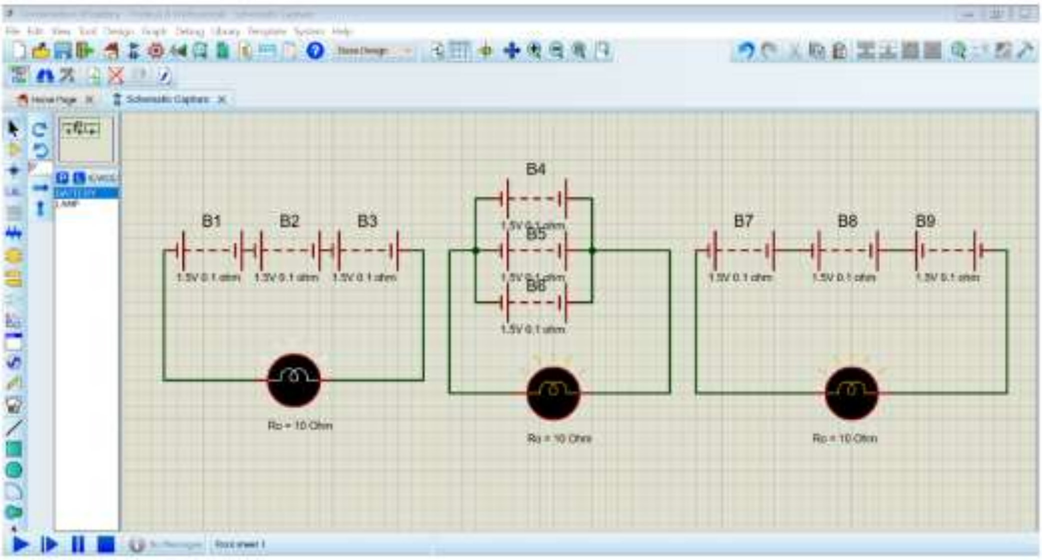


ឃ. ទាញCurser ដាក់ក្នុងប្រអប់ Keywords ដើម្បីទាញយកគ្រឿងដោយវាយពាក្យថា Battery (អាគុយ) ពេលនោះគ្រឿងនឹងបង្ហាញក្នុងប្រអប់ Results ។ ចុចពីរដងជាប់គ្នាលើពាក្យថា Battery ACTIVE នោះគ្រឿងនឹងរត់ចូលក្នុងប្រអប់ផ្ទុកគ្រឿងដែលនៅខាងក្រោមអក្សរ P-L ។ លុប Battery ចេញពីប្រអប់ Keywords រួចវាយពាក្យ Lamp (អំពូល) និងជ្រើសរើស LAMP ACTIVE ដោយចុចពីរដងជាប់គ្នាដូចមុន និងបន្ទាប់មកចុច Ok ឬ Cancel ។ អ្នកនឹងត្រឡប់មកប្រអប់ដើមវិញដែលមានគ្រឿង ហើយដែលអាចដំឡើងសៀគ្វីបាន បង្ហាញដូចរូបខាងក្រោម។

❖ ការដំឡើងសៀគ្វី

ង. ដាក់ Curser លើ Battery វាបង្ហាញនិមិត្តសញ្ញា Battery ក្នុងប្រអប់ខាងលើអក្សរ P-L ។ ទាញរំកិល Curser ដាក់ត្រង់ចំណុចណាមួយលើសន្លឹកការងារ រួចចុច Mouse ខាងឆ្វេងមួយដង នោះ Battery នឹងត្រូវបានដាក់(ធ្វើរបៀបហ្នឹងចំនួនពីរដងព្រោះយើងត្រូវការ Battery 2) ។ ធ្វើដូចគ្នាចំពោះ

Lamp ។បន្ទាប់មកគូរភ្ជាប់សៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបទី១, រូបទី២ និងរូបទី៣ខាងក្រោម។ (ដំឡើងវា និងធ្វើពិសោធន៍ម្តងមួយៗ)។



រូបទី១ ជនិតាផ្គុំជាស៊េរី　　　រូបទី២ ជនិតាផ្គុំជាខ្នែង　　　រូបទី៣ ជនិតាផ្គុំផ្ទុយ

❖ ការតវ៉ុលម៉ែត្រ និងអំពែម៉ែត្រក្នុងសៀគ្វី

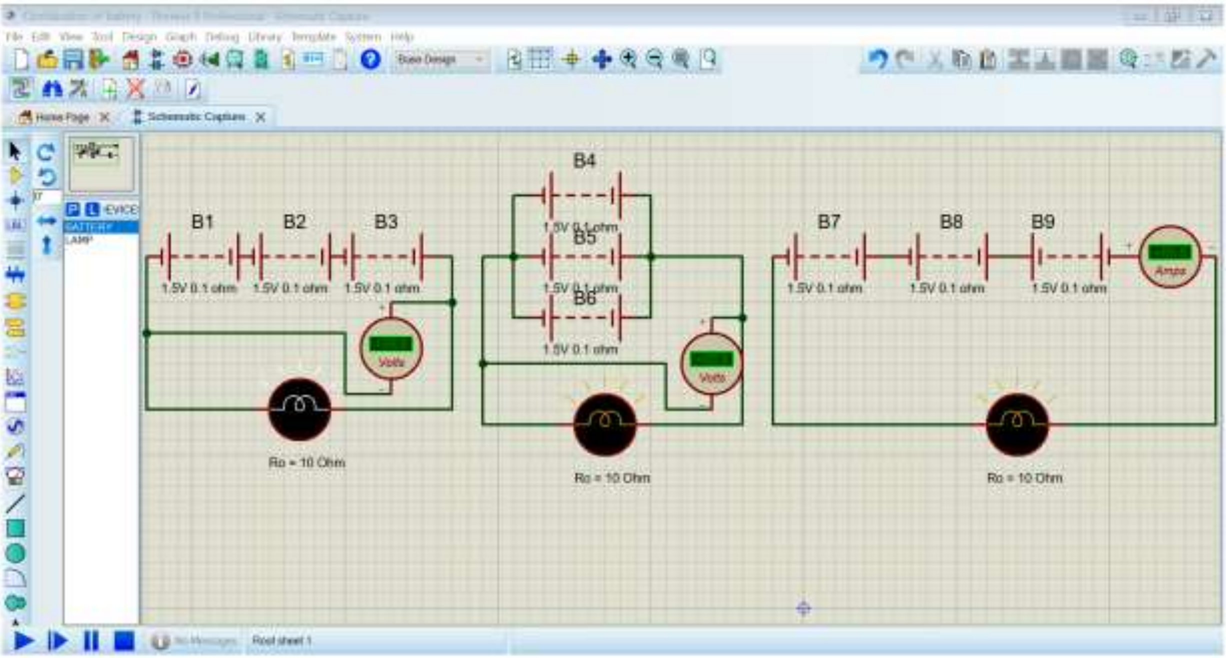
ច. វ៉ុលម៉ែត្រត្រូវតជាខ្នែង និងអំពែម៉ែត្រត្រូវតជាស៊េរីក្នុងសៀគ្វី។

ចុចលើសញ្ញា (នៅខាងឆ្វេង និងខាងក្រោមនៃរូបទី៤) ដើម្បីទាញយកឧបករណ៍វាស់ដូចជាវ៉ុលម៉ែត្រ អំពែម៉ែត្រ...។

ជ្រើសយក DC Voltmeter និង DC Ammeter ។

ដំឡើងវ៉ុលម៉ែត្រ និងអំពែម៉ែត្រ ដូចរូបទី៥ខាងក្រោមនេះ៖

រូបសញ្ញាដែលផ្ទុកឧបករណ៍វាស់ដូចជា វ៉ុលម៉ែត្រ អំពែម៉ែត្រ វ៉ាត់ម៉ែត្រ...



ចុច Run កម្មវិធី

រូបទី៥ (ក)ជនិតាផ្គុំជាសេរី (ខ)ជនិតាផ្គុំជាខ្នែង (គ)ជនិតាផ្គុំផ្សំ

ឆ. ចុចសញ្ញា ➢ ដើម្បី RUN កម្មវិធី និងកត់ត្រាទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១ចំពោះជនិតាផ្គុំជាសេរី និងតារាងទិន្នន័យទី២ចំពោះជនិតាផ្គុំជាខ្នែង និងតារាងទិន្នន័យទី៣ចំពោះជនិតាផ្គុំផ្សំ។

២៤.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី១ **(ជនិតាផ្គុំជាសេរី)**

$E_1 = E_2 = E_3$ (V)	E (V)	V (V)	I_1 (A)	I_2 (A)	%Diff.(I)
1.50	4.50				
3.00	9.00				
6.00	18.0				
9.00	27.0				
12.0	36.0				
រេស៊ីស្តង់ក្នុង $r_1 = r_2 = r_3 = 0.100\ \Omega$		រេស៊ីស្តង់ក្នុងសមមូល $r =$		រេស៊ីស្តង់ក្នុង $R_0 = 10.0\ \Omega$	

តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី១ **(ជនិតាផ្គុំជាខ្នែង)**

$E_1 = E_2 = E_3$ (V)	E (V)	V (V)	I_1 (A)	I_2 (A)	%Diff.(I)
1.50	1.50				

3.00	3.00				
6.00	6.00				
9.00	9.00				
12.0	12.0				
រេស៊ីស្តង់ក្នុង $r_1 = r_2 = r_3 =$ 0.100 Ω		រេស៊ីស្តង់ក្នុងសមមូល $r =$		រេស៊ីស្តង់ក្នុង R_0 = 10.0 Ω	

តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី១ **(ជនិតាផ្គុំផ្ទុយ)** E_1 , E_2 ផ្គុំដូចគ្នា និង E_3 ផ្គុំផ្ទុយ

$E_1 = E_2 = E_3$ (V)	E (V)	I (A)	V_1 (V)	V_2 (V)	%Diff.(V)
1.50	1.50				
3.00	3.00				
6.00	6.00				
9.00	9.00				
12.0	12.0				
រេស៊ីស្តង់ក្នុង $r_1 = r_2 = r_3 =$ 0.100 Ω		រេស៊ីស្តង់ក្នុងសមមូល $r =$		រេស៊ីស្តង់ក្នុង R_0 = 10.0 Ω	

❖ ការគណនាគម្រូ

បង្គុំជនិតាជាស៊េរី

$E = E_1 + E_2 + E_3$

$$I_1 = \frac{E}{R_0 + r} = \frac{E - V}{r} =$$

$$I_2 = \frac{V}{R_0} =$$

$$\%Diff.(I) = \left|\frac{I_1 - I_2}{\frac{I_1 + I_2}{2}}\right| \times 100\%$$

បង្គុំជនិតាផ្គុំផ្ទុយ

$E = E_1 + E_2 - E_3$

$$V_1 = E - rI$$

$$V_2 = R_0 I$$

$$\%Diff.(V) = \left|\frac{V_1 - V_2}{\frac{V_1 + V_2}{2}}\right| \times 100\%$$

២៤.៧.សន្និដ្ឋាន

- ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ ចរន្តអគ្គិសនីក្នុងបង្គុំប្រភពជាស៊េរី *I* =…………………… A និងជាខ្នែង *I* =……………… A ។ ដូចនេះចរន្តអគ្គិសនីក្នុងបង្គុំទាំងពីរត្រូវបាន……………។ ចំណែកឯតង់ស្យុងនៃប្រភពដែលប្រើក្នុងសៀគ្វីបិទចំពោះបង្គុំប្រភពអគ្គីសនីចម្រុះ។ ផលសងភាគរយនៃចរន្តក្នុងបង្គុំប្រភពជាស៊េរី % *Diff.* (*I*) =……………… %, ផលសងភាគរយនៃចរន្តក្នុងបង្គុំប្រភពជាខ្នែង % *Diff.* (*I*) =……………… % និង ផលសងភាគរយនៃតង់ស្យុងក្នុងបង្គុំប្រភពចម្រុះ % *Diff.* (*V*) =……………… % ។ ផលសងភាគរយនេះមានតម្លៃតូច (ណាស់)ដែលបង្ហាញថាវិធីនៃពិសោធន៍ទាំងពីរមានភាពត្រូវគ្នា ។ ដូចនេះវត្ថុបំណងនៃការធ្វើពិសោធ(សម្មតិកម្ម)គឺសម្រេចបានដោយជោគជ័យ។

មេរៀនទី២៥៖ ពិសោធន៍ច្បាប់គៀរឆុប

២៥.១.ទស្សនៈ

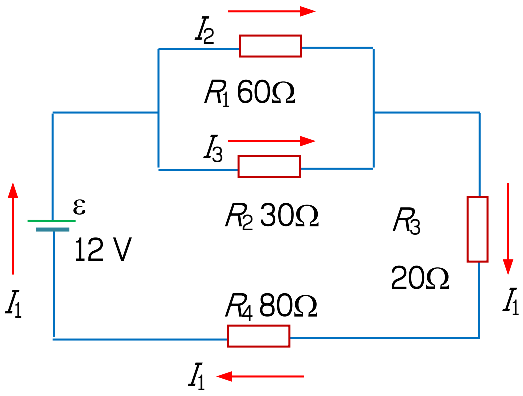
- កំណត់ថាតើសៀគ្វីបែបណាដែលអាចអនុវត្តន៍ច្បាប់គៀ ឆុបបាន។
- អនុវត្តន៍ច្បាប់គៀ ឆុបដើម្បីទាញរកចរន្តអគ្គិសនី និងកំណត់កម្រិតល្បឿង(ភាគរយ)របស់វា។

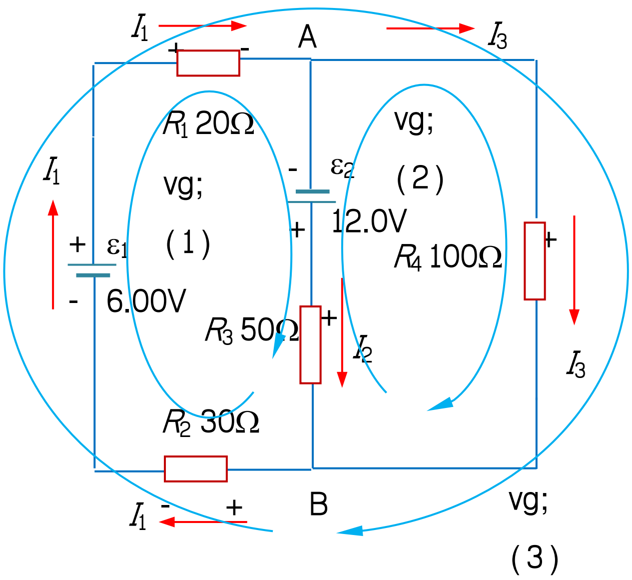
២៥.២.ទ្រឹស្តី

ច្បាប់គៀឆុបអនុវត្តចំពោះសៀគ្វីស្មុគស្មាញ។

សៀគ្វីស្មុគស្មាញជាសៀគ្វីដែលមិនអាបង្រួមបាន។

ចំណែកសៀគ្វីងាយ យើងមិនប្រើច្បាប់គៀ ឆុបទេ គឺយើងប្រើតែច្បាប់អូម ប៉ុណ្ណោះ។





សៀគ្វីងាយ   សៀគ្វីស្មុគស្មាញ

- ច្បាប់គៀ ឆុបចំពោះចរន្ត(KCL)

  ផលបូកចរន្តចូលថ្នាំង = ផលបូកចរន្តចេញពីថ្នាំង

  ចំពោះថ្នាំង A $\quad I_1 = I_2 + I_3 \quad (1)$

- ច្បាប់គៀ ឆុបចំពោះតង់ស្យុង(KVL)

  ផលបូកពីជគណិតនៃតង់ស្យុងជុំវិញវង់ឬខ្សែបិទ = 0

  ចំពោះវង់ (1) $-R_2 I_1 + \varepsilon_1 - R_1 I_1 + \varepsilon_2 - R_3 I_2 = 0$

  ឬ $-30I_1 + 6 - 20I_1 + 12 - 50I_2 = 0$ (2)

  ចំពោះវង់ (2) $R_3 I_2 - \varepsilon_2 - R_4 I_3 = 0$ or $-50 I_2 - 12 - 100 I_3 = 0$ (3)

  ពីសមីការ(1), (2) និង (3) យើងទាញរក I_1, I_2 និង I_3 ។

  ដូចនេះយើងបាន $\quad I_1 = 168\text{mA},\ I_2 = 192\text{mA},\ I_3 = 24.0\text{mA}$ ។

២៥.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍

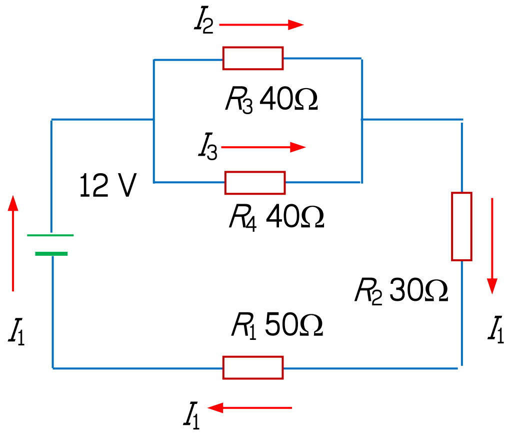
១. ពិនិត្យសៀគ្វីបង្ហាញដូចខាងក្រោម ។ ចូរជ្រើសរើសពំនោលខាងក្រោមដែលត្រឹមត្រូវ។ ពំនោលដែលត្រឹមត្រូវអាចមាន ច្រើនជាងមួយ។

ក. វាជាសៀគ្វីងាយមួយ

ខ. វាជាសៀគ្វីស្មុគស្មាញ

គ. ស្គាល់រេស៊ីស្តង់ និងតង់ស្យុងទាំងអស់, ចរន្តអាចត្រូវបានគណនាដោយប្រើតែច្បាប់គៀធុប។

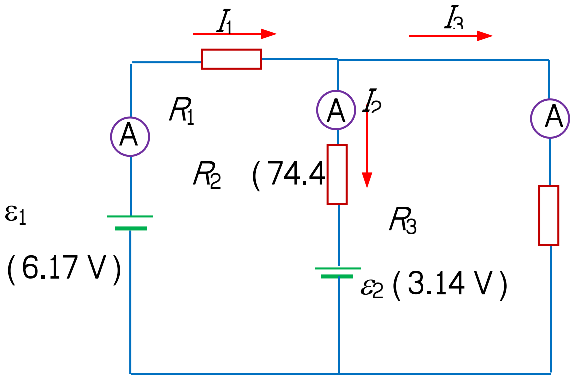
ឃ. ស្គាល់រេស៊ីស្តង់ និងតង់ស្យុងទាំងអស់, ចរន្តអាចត្រូវបានគណនាដោយមិនប្រើច្បាប់គៀធុប។



២. តើរេស៊ីស្តង់សមមូលនៃសៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបក្នុងសំណួរទី១ មានតម្លៃប៉ុន្មាន?

៣. តើចរន្តអគ្គិសនីដែលឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់នីមួយៗនៃសៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបក្នុងសំណួរទី១ មានតម្លៃប៉ុន្មាន?

៤. ពិនិត្យសៀគ្វីបង្ហាញដូចខាងក្រោម។ អនុវត្តច្បាប់គៀធុបចំពោះសៀគ្វី ចូរសរសេរសមីការទាំងបីក្នុងករណីស្គាល់ជាតុ នៃសៀគ្វី និងមិនស្គាល់ចរន្តបង្ហាញដូចរូបខាងក្រោម ៖



៥.តើចរន្តឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់នីមួយៗបង្ហាញដូចរូបទី៤ មានប៉ុន្មាន បើសន្មតថារេស៊ីស្តង់ក្នុងនៃថ្ពិល r_1 និង r_2 ស្មើសូន្យ?

៦. តើចរន្តឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់នីមួយៗបង្ហាញដូចរូបទី៤ មានប៉ុន្មាន បើសន្មតថារេស៊ីស្តង់ក្នុងនៃថ្ពិល $r_1 = 7.6\ \Omega$ និង $r_2 = 3.8$?

២៥.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ (សម្ភារៈខាងក្រោមនេះគឺសម្រាប់អនុវត្តជាក់ស្តែង)

- វ៉ុលម៉ែត្រចរន្តជាប់ (digital, 0-12 V)

- អំពែម៉ែត្រចរន្តជាប់១(digital, 0-400 mA) (អ្នកអាចប្រើតែម៉ុលទីម៉ែត្រលេខ១ព្រោះវាមានវ៉ុលម៉ែត្រ អំពែម៉ែត្រ និងអូមម៉ែត្រ។ រង្វាស់តង់ស្យុង និងចរន្តមានរហូតដល់ 400 V និង 400 mA រៀងគ្នា)
- ប្រភពកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ (emf) ពីរ (ថ្មពិល៦, 1.5 V×4 = 6.0V ជាប្រភពមួយ, និង 1.5V×2 = 3.0 V ជាប្រភពមួយទៀត)
- រេស៊ីស្តង់បួន ឬប្រអប់រេស៊ីស្តង់ (R_1 = 50.0 Ω, R_2 = 75.0Ω, R_3 = R_4 = 100.0 Ω)
- អូមម៉ែត្រលេខ
- ខ្សែចម្លងដែលមានក្រចាប់ ឬដង្កៀប
- បន្ទះសៀគ្វី
- ប្រអប់ដាក់ថ្មពិល។

២៥.៥.ដំណើរការពិសោធន៍

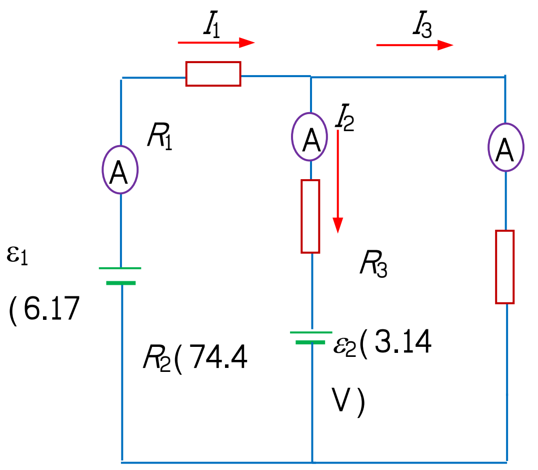
១. ដោយជ្រើសរើសរេស៊ីស្តង់ស្តង់ដា ចូរជ្រើសរើសតម្លៃ R_1 = 50.0 Ω, R_2 = 75.0 Ω និង R_3 = 100 Ω ប្រើអូមម៉ែត្រ ដើម្បីវាស់តម្លៃរេស៊ីស្តង់នីមួយៗ ឬអ្នកអាចអានកូដពណ៌របស់វាក៏បាន។ កត់ត្រាតម្លៃទាំងនោះចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១។

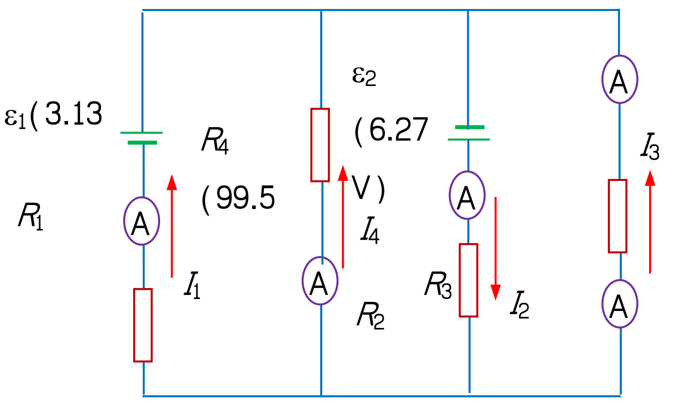
២. ដោយប្រើប្រភពតង់ស្យុងពីរដែល ε_1 = 6.0 V និង ε_2 = 3.0 V និងរេស៊ីស្តង់ R_1, R_2, និង R_3 ដំឡើងសៀគ្វីបង្ហាញ ដូចរូប(ក)ខាងក្រោម។

៣. វាស់ចរន្ត I_1, I_2, និង I_3 ។ សន្មតថាអំពែម៉ែត្រមានតែមួយ ដូច្នេះយើងត្រូវវាស់ចរន្តម្តងមួយៗ ដោយដាក់វាត្រង់ទីតាំង បង្ហាញដូចក្នុងរូប។ ដាក់អំពែម៉ែត្រឱ្យត្រូវប៉ូលដូចបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមនៃសៀគ្វី វានឹងផ្តល់អំណានវិជ្ជមានកាលណាចរន្ត រត់តាមទិសដៅសន្មត។ បើប្រើអំពែម៉ែត្រលេខទំនើបដើម្បីវាស់ចរន្ត នោះអំពែម៉ែត្រនឹងផ្តល់អំណានវិជ្ជមានកាលណាចរន្តរត់តាមទិសដៅសន្មត និងផ្តល់អំណានអវិជ្ជមានកាលណាចរន្តរត់តាមទិសដៅ ផ្ទុយ។ បើអំពែម៉ែត្រដែលប្រើងាកតែតាមទិសដៅមួយ អំពែម៉ែត្រនឹងធេះខូចបើចរន្តរត់តាមទិសដៅផ្ទុយពីទិសដៅដែលបានសន្មត។ ក្នុងករណីនេះដំឡើងតង់ស្យុងប្រភពបន្តិចម្តងៗដើម្បីឃើញថាអំពែម៉ែត្រងាកតាមទិសដៅត្រឹមត្រូវ ឬអ្នកត្រូវគណនាតម្លៃចរន្ត I_1, I_2, និង I_3 តាមទ្រឹស្តី ជាមុនក្នុងគោលបំណងដើម្បីដឹងពីទិសដៅពិតនៃចរន្តដែលឆ្លងកាត់ជាតុនៃសៀគ្វី។

៤. វាស់ ε_1 និង ε_2 ដោយប្រើវ៉ុលម៉ែត្រ និងកត់ត្រាតម្លៃរបស់វាចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១។ តង់ស្យុងគោលនៃប្រភព ត្រូវបានសន្មតថាជា emf ។

៥. ដំឡើងសៀគ្វីដូចបង្ហាញដូច(ខ)ខាងក្រោមដែលមានប្រភពតង់ស្យុងពីរដែរ ប៉ុន្តែមានរេស៊ីស្តង់បួន។ ជ្រើសរើសតម្លៃ ε_1 = 3.13V , ε_2 = 6.27V, R_1= 49.2Ω, R_2= 75.3 Ω, R_3= 100.0 Ω, និង R_4= 99.6 Ω, ឬតម្លៃផ្សេងទៀតដែលគៀកទៅ នឹងតម្លៃទាំងនោះ។ កំណត់ និងកត់ត្រាតម្លៃរេស៊ីស្តង់ ចរន្តទាំងបួន និង emf ចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យទី២។





រូប(ក) សៀគ្វីស្មុគស្មាញដែលមានចរន្តបីជាអញ្ញត្តិ រូប(ខ) សៀគ្វីស្មុគស្មាញដែលមានចរន្តបួនជាអញ្ញត្តិ

➢ ដំបូន្មានក្នុងការគណនា (ADVICES FOR CALCULATIONS)

១. អនុវត្តច្បាប់គៀឆូបចំពោះសៀគ្វីដូចបង្ហាញក្នុងរូប(ក) សម្រាប់តម្លៃពិតដែលប្រើក្នុងសៀគ្វី។ មានសមីការបីដែលមានចរន្ត I_1, I_2, និង I_3 ។ សមីការមួយគឺជាសមីការ KCR និងសមីការពីរទៀតគឺជា KVR ។ កត់ត្រា សមីការទាំងបីនេះ ចូលក្នុងតារាងគណនាទី១។

២. ដោះស្រាយសមីការទាំងបីនេះដើម្បីទាញរក I_1, I_2, និង I_3 និងកត់ត្រាតម្លៃនេះក្នុងតារាងគណនាទី១។

៣. គណនាកម្រិតល្អៀងរបស់ចរន្តនៃតម្លៃតាមទ្រឹស្តី និងពិសោធន៍ និងកត់ត្រាចូលក្នុងតារាងគណនាទី១។

៤. អនុវត្តច្បាប់គៀឆូបក្នុងរូប(ខ)ដោយប្រើតម្លៃផ្ទាល់ក្នុងសៀគ្វី។ មានសមីការបួនដែលមានចរន្តបួន I1, I2, I3, និង I4 ។ សមីការមួយគឺជាសមីការ KCR និងសមីការបីទៀតគឺជា KVR កត់ត្រាសមីការទាំងបីនេះចូល ក្នុងតារាងគណនាទី២។

៥.ដោះស្រាយសមីការទាំងបួននេះដើម្បីទាញរកI1, I2, I3 និង I4 និងកត់ត្រាតម្លៃនេះក្នុងតារាងគណនាទី២។

៦. គណនាកម្រិតល្អៀងរបស់ចរន្តនៃតម្លៃតាមទ្រឹស្តី និងពិសោធន៍ និងកត់ត្រាចូលក្នុងតារាងគណនាទី២។

២៥.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យទី១(Data Table 1)

តង់ស្យុងប្រភពជា emf ε_1 = V ε_2 = V	
តម្លៃរេស៊ីស្តង់ (Ω)	ចរន្តតាមពិសោធន៍(mA)
R_1 =	I_1 =
R_2 =	I_2 =
R_3 =	I_3 =

តារាងគណនាទី១ (Calculation Table 1)

ច្បាប់គៀធុបចំពោះសៀគ្វី (1) KCR: (2) KVR1: (3) KVR2:	
ចរន្តតាមទ្រឹស្តី(mA)	%Error
I_1 =	
I_2 =	
I_3 =	

តារាងទិន្នន័យទី២ (Data Table 2)

តង់ស្យុងប្រភពជា emf ε_1 = V ε_2 = V	
តម្លៃរេស៊ីស្តង់ (Ω)	ចរន្តតាមពិសោធន៍(mA)
R_1 =	I_1 =
R_2 =	I_2 =
R_3 =	I_3 =
R_4 =	I_4 =

តារាងគណនាទី២ (Calculation Table 2)

ច្បាប់គៀធុបចំពោះសៀគ្វី (1) KCR: (2) KVR1: (3) KVR2: (4) KVR3:	
ចរន្តតាមទ្រឹស្តី (mA)	%Error
I_1 =	
I_2 =	
I_3 =	
I_4 =	

ការគណនាគម្រូ (SAMPLE CALCULATIONS)

- KCR, KVR1, និង KVR2 សរសេរសមីការបីដើម្បីដោះស្រាយរកចរន្ត I_1, I_2, និង I_3។
- KCR, KVR1, KVR2, និង KVR3 សរសេរសមីការបីដើម្បីដោះស្រាយរកចរន្ត I_1, I_2, I_3, និង I_4។

២៤.៧.សន្និដ្ឋាន

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ កម្រិតល្អៀងគឺ........, និងកម្រិតល្អៀងនេះតិចជាង 5%។ ដូចនេះដោយប្រើសម្ភារៈពិសោធន៍ខាងលើ អ្នកអាចសន្និដ្ឋានបានថាតម្លៃចរន្តតាមពិសោធន៍គឺ........។

២៤.៨.សំណួរពិភាក្សា

១. តើកត្តាអ្វីខ្លះដែលជះឥទ្ធិពលលើកម្រិតល្អៀងនៃពិសោធន៍?

២. តើកម្រិតល្បឿងរបស់វានឹងទៅជាយ៉ាងណា (កើនឡើង នៅដដែល ឬថយចុះ) បើយើងគិតរេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់បាតឺរី ដោយសន្មតថារេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់បាតឺរីនីមួយៗគឺ $r_1 = r_2 = 2.00\ \Omega$ ។

មេរៀនទី២៦៖ ពិសោធន៍ស្ពានវីស្តុន

២៦.១.ទត្ថុបំណង

កំណត់គោលការណ៍អនុវត្តន៍នៃស្ពានវីស្តុនប្រើប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រ និងរេស៊ីស្តង់នៃរេស៊ីស្តង់

២៦.២.ទ្រឹស្តី

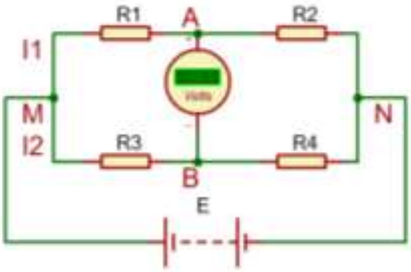
សៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបខាងក្រោមជាសៀគ្វីស្ពានវីស្តុន (រូបទី១) និងស្ពានវីស្តុនប្រើប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រ (រូបទី២)។ ស្ពានវងលំនឹង កាលណាចរន្តឆ្លងកាត់វ៉ុលម៉ែត្រស្មើសូន្យ ($I_V = 0$) នេះមានន័យថាប៉ូតង់ស្យែលត្រង់ A (V_A) ស្មើនឹងប៉ូតង់ស្យែល ត្រង់ B (V_B) គេសរសេរ ៖ $V_A = V_B$

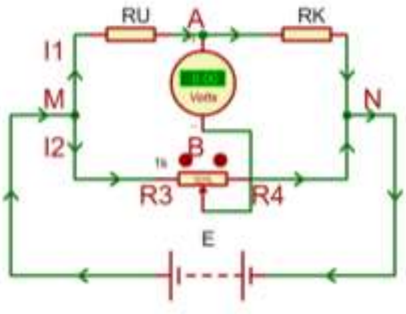
ដោយ $V_A = V_B$ នោះ $V_{MA} = V_{MB}$

យើងបាន $R_1 I_1 = R_3 I_2$ និង $R_1 / R_3 = I_2 / I_1$ (1)

$V_{AN} = V_{BN}$ យើងបាន $R_2 I_1 = R_4 I_2$ និង $R_2 / R_4 = I_2 / I_1$ (2)

ពីសមីការ (1) = (2) យើងបាន $R_1 / R_3 = R_2 / R_4$ (3) ឬ $R_1/ R_2 = R_3/ R_4$ (3)





ដោយសន្មតថា $R_1 = R_U$, $R_2 = R_K$ និង R ... បាន ៖

$R_U = (R_K \ R_3) / R_4$ (4)

២៦.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍

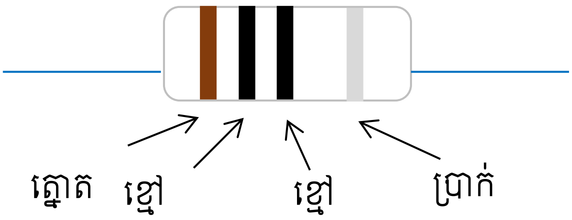
១.តាមរូបទី១កាលណាចរន្តឆ្លងកាត់វ៉ុលម៉ែត្រស្មើសូន្យ ($I_V = 0$) ចូរបង្ហាញថា $R_1 = R_2 \ R_3 / R_4$

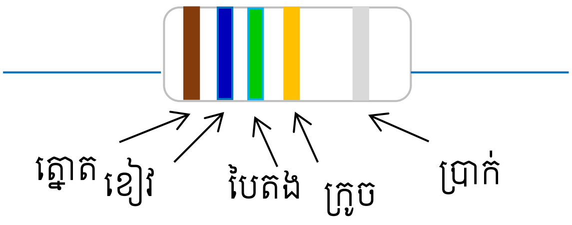
២. តាមរូបទី២ ចូរបង្ហាញថា $R_U = (R_K \ R_3) / R_4$

៣. តាមរូបទី១ គេឱ្យ $R_2 = 100\ \Omega$, $R_3 = 500\ \Omega$, និង $R_4 = 1000\ \Omega$ ចូរកំណត់ R_1 ?

៤. តាមរូបទី២ គេឱ្យ $R_K = 60\ \Omega$, R_3 = 54%នៃប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រដែលមានរេស៊ីស្តង់សរុប1kΩ ។ ចូរកំណត់ R_U ?

៥. តើរេស៊ីស្តង់បង្ហាញដូចរូបខាងក្រោមមានតម្លៃប៉ុន្មាន?





២៦.៤.ឧបករណ៍សម្ភារៈ

(e) ស្ពានវីស្តុនប្រើប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រ, ប្រអប់រេស៊ីស្តង់ពី 10 Ω ទៅ 1000 Ω និងវ៉ុលម៉ែត្រ។

- ប្រភពចរន្តជាប់ 1.50 V ឬ 3.00 V, ខ្សែតភ្ជាប់ និងអូមម៉ែត្រ ។
- រេស៊ីស្តង់ចំនួនប្រាំដែលមានរេស៊ីស្តង់ចន្លោះពី 10 Ω ទៅ 100 Ω ។

២៦.៥.ដំណើរការពិសោធ

១. អានតម្លៃរេស៊ីស្តង់ពីកូដពណ៌លើរេស៊ីស្តង់នីមួយៗនៃរេស៊ីស្តង់ទាំងប្រាំដែលជារេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់ (R_U) និងកត់ត្រា តម្លៃរបស់វាដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១។ កត់ត្រាតម្លៃដែលតូចជាងគេជា រេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់ទី១ (Unknown-1) និងបន្តបន្ទាប់។

២. កែ ឬមួលតម្រូវតង់ស្យុងទៅតម្លៃប្រហែល 1.5 V ឬ 3.0 V ។ តម្លៃតង់ស្យុងនៃប្រភពត្រូវរក្សាតម្លៃថេរនេះគ្រប់ រង្វាស់ទាំងអស់។ ដោយសាររង្វាស់តង់ស្យុងដែលជ្រើសរើសមានតម្លៃស្មើៗគ្នា នោះចរន្តឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់ទាំងអស់ មានតម្លៃតូចដែលបញ្ជាក់ថារេស៊ីស្តង់មិនឡើងកម្ដៅទេ។ បើរេស៊ីស្តង់ឡើងក្ដៅ នោះនឹងនាំឱ្យមានកម្រិតល្អៀង។

៣. ដាក់រេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់ទី១(រេស៊ីស្តង់ដែលត្រូវវាស់)ក្នុងសៀគ្វីស្ពានវីស្តុនត្រង់ទីតាំងនៃ R_U រូបទី២។ ដាក់រេស៊ីស្តង់ ប្រអប់ត្រង់ទីតាំង R_K រូបទី២ និងជ្រើសរើសតម្លៃ R_K សឹងតែស្មើ ឬធំជាង R_U ពីរដង។ កត់ត្រាតម្លៃ R_K ដាក់ក្នុង តារាងទិន្នន័យទី១។ តម្លៃ R_K ត្រូវថែមមួយតួលេខទៀតពីក្រោយតួលេខចុងក្រោយរបស់រេស៊ីស្តង់ប្រអប់ ព្រោះ ភាពមិនដាក់លាក់មិនស្ថិតត្រង់តួលេខចុងក្រោយនៃរេស៊ីស្តង់ប្រអប់ទេ។ ឧទាហរណ៍ បើរេស៊ីស្តង់ប្រអប់ត្រូវបាន ជ្រើសរើសត្រង់តម្លៃ 153Ω នោះត្រូវសរសេរជា 153.0 Ω វិញ ព្រោះតួលេខមិនដាក់លាក់មិនមែនជាតួលេខ 3 នោះទេ។

៤. រំកិលកូនបូត B រហូតដល់ទ្រនិចវ៉ុលម៉ែត្រមានលំនឹង(ចង្អុលលេខតូចជាងគេបំផុត)មានន័យថា គ្មានចរន្តឆ្លងកាត់វ៉ុលម៉ែត្រ។

៥. កត់ត្រាតម្លៃ R_3 និង R_4 ដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១។ ឧទាហរណ៍ R_3 = 54% នៃ 1kΩ យើងបាន R_3 = 540 Ω និង R_3 = 460 Ω ។

៦. ដោយប្រើរេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់ដដែល (រេស៊ីស្តង់ដែលវាស់អំបាញ់មិញ)ចូរធ្វើពីជំហានទី៣. ដល់ទី៥ឡើងវិញនូវតម្លៃ R_K ដែលធំ និងតូចជាងតម្លៃ R_K ដើមប្រហែល 10% ។

៧. ចូរធ្វើពីជំហានទី៣.ដល់ទី៦ឡើងវិញចំពោះតម្លៃនៃរេស៊ីស្តង់ដែលមិនស្គាល់ផ្សេងៗទៀត។

៨. (ដោយប្រើអូមម៉ែត្រ) អាន/វាស់តម្លៃរេស៊ីស្តង់នៃរេស៊ីស្តង់ដែលមិនស្គាល់ទាំងប្រាំ និងកត់ត្រាទិន្នន័យរបស់វាដាក់ក្នុងតារាង ទិន្នន័យទី២។

- ដំបូន្មានក្នុងការគណនា

១. គណនា និងកត់ត្រាតម្លៃរង្វាស់ទាំងបីនៃរេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់នីមួយៗ និងធ្វើទាំងប្រាំដាក់ក្នុងតារាងគណនា

២. គណនា និងកត់ត្រាតម្លៃមធ្យម និងកម្រិតល្អៀងស្តង់ដា (Standard error) ចំពោះតម្លៃរង្វាស់ទាំងបីនៃតម្លៃរបស់រេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់នីមួយៗ និងទាំងប្រាំក្នុងតារាង។ ចូរគណនាលំងាកស្តង់ដា (Standard deviation) និងកម្រិតល្អៀងភាគរយ។

២៦.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យទី១ (រេស៊ីស្តង់ប៉ូតង់ស្យូម៉ែត្រ 1kΩ)

	R_K (Ω)	R_3 (Ω)	R_4 (Ω)
រេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់ទី១ (100 Ω)	90		
	100		
	110		
រេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់ទី២ (200 Ω)	190		
	200		
	210		
រេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់ទី៣ (500 Ω)	480		
	500		
	520		
រេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់ទី៤ (Ω)	950		
	1000		
	1050		
រេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់ទី៥ (1500 Ω)	1450		
	1500		
	1550		

តារាងគណនាទី១

R_U (Ω)	$\bar{R}_U$ (Ω)	$\alpha(R_U)$ (Ω)

- ការគណនាគម្រូ
  - R_3 = %(1kΩ) = Ω, R_4 = Ω,
  - $R_U = (R_K R_3)/R_4$
  - % Error =

$$\delta_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum(x_i - \bar{x}_i)^2}$$

  - $\alpha(R_U) = \frac{\delta_{n-1}}{\sqrt{n}}$

១. គណនាកម្រិតល្អៀង(ភាគរយ)នៃរេស៊ីស្តង់នីមួយៗរបស់រេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់ទាំងប្រាំដែលវាស់ដោយប្រើស្ពានវីស្តុន ទៅនឹងតម្លៃរបស់វាដែលអានតាមកូដពណ៌ដោយសន្មតថាតម្លៃនៃកូដពណ៌ត្រឹមត្រូវ។ ចូរពោលពីភាពជាក់លាក់ (Precision) នៃរេស៊ីស្តង់ដោយផ្អែកលើកូដពណ៌របស់វា។

1- %កម្រិតល្អៀង =______ 2- %កម្រិតល្អៀង =______ 3- %កម្រិតល្អៀង =______
4- %កម្រិតល្អៀង =______ 5- %កម្រិតល្អៀង =______

២.គណនាកម្រិតល្អៀង(ភាគរយ)នៃរេស៊ីស្តង់នីមួយៗរបស់រេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់ទាំងប្រាំដែលវាស់ដោយប្រើស្ពានវីស្តុនទៅនឹងតម្លៃរបស់វាវាស់ដោយអូមម៉ែត្រក្នុងតារាងទិន្នន័យទី២ដោយសន្មតថាតម្លៃក្នុងតារាងត្រឹមត្រូវ។ ចំពោះ រេស៊ីស្តង់នីមួយៗ តើកម្រិតល្អៀងតាមកូដពណ៌ និងតាមការវាស់ណាមួយប្រសើរជាង។

1- %កម្រិតល្អៀង =______ 2- %កម្រិតល្អៀង =______ 3- %កម្រិតល្អៀង =______
4- %កម្រិតល្អៀង =______ 5- %កម្រិតល្អៀង =______ ភាពជាក់លាក់ =______.

៣. គណនាកម្រិតល្អៀងស្តង់ដា (Standard error) នីមួយៗរបស់វា

1- កម្រិតល្អៀងស្តង់ដា = ______. 2- កម្រិតល្អៀងស្តង់ដា =______.
3- កម្រិតល្អៀងស្តង់ដា =______. 4- កម្រិតល្អៀងស្តង់ដា = ______.
5- កម្រិតល្អៀងស្តង់ដា =______.

២៦.៧.សន្និដ្ឋាន

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ កម្រិតល្អៀង(ភាគរយ)និងល្អៀងស្តង់ដានៃរេស៊ីស្តង់នីមួយៗតូចជាង 5% និងតម្លៃ រវាងទ្រឹស្តី និងពិសោធន៍សឹងតែ ____________________។ ដូចនេះ ដោយប្រើស្ពានវីស្តុន អ្នកអាចសន្និដ្ឋានបានថា តម្លៃ នៃរេស៊ីស្តងមិនស្គាល់អាចត្រូវបានវាស់ _______។

២៦.៨.សំណួរពិភាក្សា

១. ដើម្បីទទួលបានលទ្ធផលពិសោធន៍ល្អ តើអ្នកត្រូវធ្វើដូចម្តេចខ្លះ ?

២. តើអ្នកមានគំនិតអ្វីខ្លះ ដើម្បីកែលំអពិសោធន៍នេះឱ្យកាន់តែប្រសើរឡើង?

មេរៀនទី២៧៖ ពិសោធន៍រង្វាស់ស្ពានកាប៉ាស៊ីតេ និងបង្គុំកុងដង់

២៧.១.វត្ថុបំណង

- កំណត់កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រខ្លះៗដោយប្រើស្ពានសៀគ្វីដែលរងលំនឹង។
- កំណត់កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រតាមពិសោធន៍ក្នុងបង្គុំជាស៊េរី និងជាខ្នែង រួចប្រៀបធៀបលទ្ធផលរបស់វាទៅ នឹងតម្លៃតាមទ្រឹស្តី

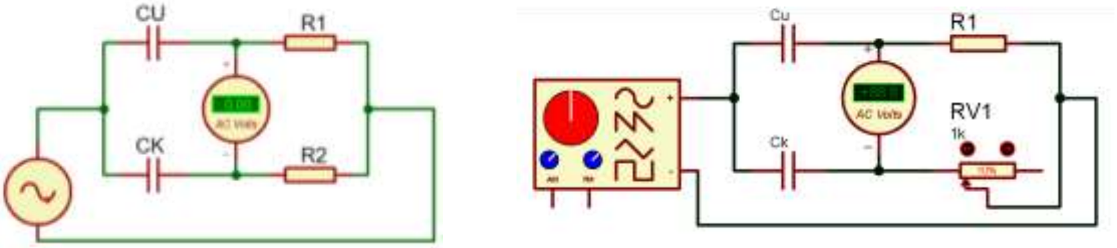
២៧.២.ទ្រឹស្តី

កុងដង់សាទ័រជាបង្គុំនៃបន្ទះអង្គធាតុចម្លងពីរដាក់ស្របគ្នា ឃ្លាតពីគ្នាចម្ងាយ d និងខ័ណ្ឌពីគ្នាដោយឌីអេឡិចទ្រិច ឬខ្យល់។ កាលណាមានចរន្តឆ្លាស់ដែលមានប្រេកង់ f ឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រ នោះរង្វាស់ដែលប្រឆាំងទៅនឹងចរន្តត្រូវបានគេហៅថា រ៉េអាក់តង់នៃកុងដង់សាទ័រ (Capacitive Reactance) តាងដោយ X_c ៖

$X_c = 1/C$ (1), $\omega = 2\pi f$ ដែល C ជាកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រគិតជាហ្វារ៉ាដ (F) និង ω ជាប្រេកង់មុំ ពុលសាស្យុង ឬល្បឿនមុំ គិតជា(rad/s)។

តង់ស្យុង ឬផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងគោលនៃកុងដង់សាទ័រ $V = X_c I$។ X_c នៅក្នុងចរន្តឆ្លាស់មាននាទីដូចគ្នានឹង រេស៊ីស្តង់នៅក្នុងចរន្តជាប់ ហើយ I ជាចរន្តនៅក្នុងកុងដង់សាទ័រ។ ក្នុងពិសោធន៍នេះ យើងនឹងបង្កើតសៀគ្វីស្ពានចរន្តឆ្លាស់ដោយប្រើកុងដង់សាទ័រពីរ និងរេស៊ីស្តង់ពីរបង្ហាញដូចរូបទី១ខាងក្រោម។ កាលណាស្ពានរងលំនឹង នោះប៉ូតង់ស្យែលត្រង់ M ស្មើនឹងប៉ូតង់ស្យែលត្រង់ N គេសរសេរ ៖

$V_M = V_N$ និង $V_{AM} = V_{AN}$ $X_{CU} I_1 = X_{CK} I_2$ $X_{CU} / X_{CK} = I_2 / I_1$ (2)



លំយោលករ រូបទី១

ផលសងប៉ូតង់ស្យែល $V_{MB} = V_{NB}$ $R_1 I_1 = R_2 I_2$ និង $R_1 / R_2 = I_2 / I_1$ (3)

ពីសមីការ (2) និង (3) យើងបាន ៖

$X_{CU} / X_{CK} = R_1 / R_2$

$(1/C_U)/(1/C_K) = R_1 / R_2$ ដូចនេះ យើងបាន $C_U = C_K R_2/R_1$ (4)

ដែល C_U ជាកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រដែលត្រូវវាស់ និង C_K ជាកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រស្គាល់។

រូបទី២ ក. កុងដង់សាទ័រតជាស៊េរី ខ.កុងដង់សាទ័រតជាខ្នែង

រូបទី២ បង្ហាញពីបង្គុំកុងដង់សាទ័រតជាស៊េរី និងជាខ្នែង ៖

កាប៉ាស៊ីតេសមមូលក្នុងបង្គុំជាស៊េរីឱ្យដោយ ៖ $1/C_e = 1/C_1 + 1/C_2$ (5)

កាប៉ាស៊ីតេសមមូលក្នុងបង្គុំជាខ្នែងឱ្យដោយ៖ $C_e = C_1 + C_2$ (6)

ក្នុងពិសោធន៍នេះ យើងនឹងកំណត់កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រមិនស្គាល់ខ្លះៗដោយដាក់វាក្នុងស្ពានបង្ហាញដូច រូបទី១ ខាងលើ។ ក្នុងបង្គុំជាស៊េរី និងជាខ្នែង យើងនឹងកំណត់ និងប្រៀបធៀបរវាងតម្លៃកាប៉ាស៊ីតេតាមទ្រឹស្តី និងតាមពិសោធន៍។

២៧.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍

១. តើកុងដង់សាទ័រជាអ្វី?

២. ចូរសរសេររូបមន្តរអោក់តង់នៃកុងដង់សាទ័រ។

៣.ចូរពណ៌នាពីតួនាទីនៃរអោក់តង់របស់កុងដង់សាទ័រ កាលណាមានចរន្តឆ្លាស់ឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រ។

ចាប់ពីសំណួរទី ៤ ដល់ទី៨ ចូរពិនិត្យសៀគ្វីអគ្គិសនីដូចបង្ហាញក្នុង រូបទី១ ជាស្ពានរងលំនឹង។ ចូរគូសរង្វង់ ឬលើចម្លើយដែលត្រឹមត្រូវ។

៤. $V_{AM} = V_{MB}$ និង $V_{AN} = V_{NB}$	ក. ត្រូវ	ខ. ខុស
៥. $V_{MN} = 0$	ក. ត្រូវ	ខ. ខុស
៦. $V_{AB} = V_{MN}$	ក. ត្រូវ	ខ. ខុស
៧. $V_{AM} = V_{NB}$ និង $V_{AN} = V_{MB}$	ក. ត្រូវ	ខ. ខុស
៨. $V_{AM} = V_{AN}$ និង $V_{MB} = V_{NB}$	ក. ត្រូវ	ខ. ខុស

៩.ស្ពានដែលបង្ហាញដូច រូបទី១ រងលំនឹង។ កុងដង់សាទ័រដែលស្គាល់តម្លៃ C_K មានកាប៉ាស៊ីតេ 1.0 μF ។ តម្លៃរេស៊ីស្តង់ $R_1 = 10.0k$ និង តម្លៃរេស៊ីស្តង់ $R_2 = 1.01k$ ។

ក. រកតម្លៃកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រដែលមិនស្គាល់ C_U។

ខ. បើតម្លៃតាមទ្រឹស្តីនៃកុងដង់សាទ័រមិនស្គាល់ស្មើនឹង 0.10μF (តាមការអានតម្លៃកូដរបស់វា) តើកម្រិតល្មៀង របស់វាមានតម្លៃប៉ុន្មាន?

១០.កុងដង់សាទ័រមួយមានកាប៉ាស៊ីតេ 0.10μF តជាស៊េរីជាមួយនឹងកុងដង់សាទ័រមួយទៀតដែលមានកាប៉ាស៊ីតេ 0.010 μF ។ តើកាប៉ាស៊ីតេសមមូលC_e នៃកុងដង់សាទ័រនេះមានតម្លៃប៉ុន្មាន? បង្ហាញការគណនារបស់អ្នក។

១១.កុងដង់សាទ័រមួយមានកាប៉ាស៊ីតេ 0.10 μF តជាខ្នែងនឹងកុងដង់សាទ័រមួយទៀតដែលមានកាប៉ាស៊ីតេ 0.010 μF ។ តើកាប៉ាស៊ីតេសមមូល C_e នៃកុងដង់សាទ័រនេះមានតម្លៃប៉ុន្មាន? បង្ហាញការគណនារបស់អ្នក។

២៧.៤.ត្រៀមសម្ភារៈ

- កុងដង់សាទ័រមួយដែលស្គាល់កាប៉ាស៊ីតេរបស់វាច្បាស់លាស់(គឺ 1.0 μF)
- កុងដង់សាទ័រពីរដែលសន្មតថាមិនស្គាល់កាប៉ាស៊ីតេរបស់វា (តាមរយៈកូដលេខ104 = 0.1μF និងកូដលេខ 103 = 0.01μF)
- ប្រអប់រេស៊ីស្តង់មានតម្លៃរហូតដល់ 1000Ω និង រេស៊ីស្តង់ 10.0k មួយ។

- ជនិតាស៊ីនុយសូអ៊ីត(Sine wave generator)(ប្រេកង់ប្រែប្រួលអំព្លីទុតតង់ស្យុងកំពូល-កំពូល 5V)
- វ៉ុលម៉ែត្រចរន្តឆ្លាស់ (បើជា Digital ជាការប្រសើរ)។

២៧.៥.ដំណើរការពិសោធន៍

១.តាងកុងដង់សាទ័រដែលមិនស្គាល់(កុងដង់សាទ័រដែលត្រូវវាស់)ដោយ C_1 និង C_2 ។ កត់ត្រាតម្លៃកាប៉ាស៊ីតេនៃ កុងដង់សាទ័រដែលស្គាល់ C_K ក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម។

២.បង្កើតសៀគ្វីដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី១ ដោយដាក់កុងដង់សាទ័រ C_1 ត្រង់ទីតាំងនៃ C_U និងកុងដង់សាទ័រដែលស្គាល់ ត្រង់ទីតាំងនៃ C_K។ ដាក់រេស៊ីស្តង់ 10.0k ត្រង់ទីតាំងនៃ R_1។ ដាក់ប្រអប់រេស៊ីស្តង់ 1000Ω ត្រង់ទីតាំងនៃ R_2 ។ កត់ត្រាតម្លៃ R_1 ដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ។

៣. ភ្ជាប់ជនិតាស៊ីនុយសូអ៊ីតដោយដាក់ Output របស់វារវាងចំណុច A និង B។ បើកវាទៅកាន់អំព្លីទុតអតិបរមា និង ដាក់ប្រេកង់ប្រហែលជា 1000 Hz ។

៤. ដាក់វ៉ុលម៉ែត្ររវាងចំណុច M និង N ក្នុងសៀគ្វី។ កែតម្រូវតម្លៃ R_2 រហូតដល់តង់ស្យុងអប្បរមាដែលអានដោយ វ៉ុលម៉ែត្រវ៉ុលម៉ែត្ររវាងចំណុច M និង N។ កត់ត្រាតម្លៃ R_2 ដែលបង្កើតតង់ស្យុងអប្បរមាក្នុងតារាងទិន្នន័យ។

៥. ធ្វើពីជំហានទី២ដល់ទី៤ឡើងវិញ ចំពោះកុងដង់សាទ័រមិនស្គាល់ C_2 ។

៦. ធ្វើពីជំហានទី២ដល់ទី៤ឡើងវិញដោយត C_1 និង C_2 ជាខ្នែង និងដាក់វាត្រង់ទីតាំង C_U ដូចបង្ហាញក្នុង រូបទី១។

៧. ធ្វើពីជំហានទី២ដល់ទី៤ឡើងវិញដោយត C_1 និង C_2 ជាស៊េរី និងដាក់វាត្រង់ទីតាំង C_U ដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី១។

ជំហ្វានក្នុងការគណនា

១. ប្រើសមីការ (4) ដើម្បីគណនាកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រមិនស្គាល់ និងក្នុងបង្គុំជាស៊េរី និងជាខ្នែង តាមពិសោធន៍។ កត់ត្រាលទ្ធផលជា C_{exp} ក្នុងតារាងគណនា។

២. ប្រើសមីកា (5) និង (6) ដើម្បីគណនាកាប៉ាស៊ីតេសមមូលតាមទ្រឹស្តីក្នុងបង្គុំជាស៊េរី និងខ្នែង។ ប្រើតម្លៃដែលកំណត់ តាមពិសោធន៍ចំពោះកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ C_1, C_2, និង C_3 ក្នុងការគណនា បើកុងដង់សាទ័រគ្មានកូដលេខ។ កត់ត្រាលទ្ធផលទាំងនោះជា C_{theo} ក្នុងតារាងគណនា។

៣. គណនាកម្រិតល្មៀងនៃតម្លៃតាមពិសោធន៍ក្នុងបង្គុំជាស៊េរី និងខ្នែងដោយធៀបទៅនឹងតម្លៃតាមទ្រឹស្តី។ កត់ត្រា លទ្ធផលដាក់ក្នុងតារាងគណនា។

២៧.៦.លទ្ធផល(របាយការណ៍ពិសោធន៍)

Capacitors	R_2 ( )	C_{exp} (F)	C_{theo} (F)	%Error
C_1 (104 = 0.1uF)				
C_2 (103 = 0.01uF)				

C_1 & C_2 in parallel				
C_1 & C_2 in series				
C_K = 1 F		R_1 = 10 k		

- ➢ ការគណនាគម្រូ (SAMPLE CALCULATIONS)

- $C_{exp} = (C_K R_2)/R_1$
- (Parallel) $C_{theo} = C_1 + C_2 =$
- (Series) $C_{theo} = (1)/(1/C_1 + 1/C_2)$
- % error =

២៧.៧.សន្និដ្ឋាន

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើបង្ហាញថាកម្រិតល្អៀងតូចជាង 5% និងតម្លៃកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័ររវាងទ្រឹស្តី និងពិសោធន៍______________________________។ ដូចនេះ ដោយប្រើស្ពានកុងដង់សាទ័រ និងរេស៊ីស្តង់ខាងលើ អ្នកអាចសន្និដ្ឋានបានថាតម្លៃកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ______________________________។

២៧.៨.សំណួរពិភាក្សា

១. តើកត្តាអ្វីខ្លះដែលមានឥទ្ធពលលើលទ្ធផលពិសោធន៍?

២. ដើម្បីទទួលបានលទ្ធផលពិសោធន៍ល្អ តើអ្នកត្រូវធ្វើដូចម្តេច?

មេរៀនទី២៨៖ ពិសោធន៍សៀគ្វី RC (ថេរពេល)

២៨.១.ចំណុចបំណង

- កំណត់រយៈពេលចាំបាច់ដើម្បីផ្ទុក និងផ្ទេរបន្ទុកពីកុងដង់សាទ័រក្នុងសៀគ្វី RC។
- វាស់តង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់ជាអនុគមន៍នៃពេលក្នុងសៀគ្វី RC ដើម្បីកំណត់ថេរពេល RC។
- កំណត់តម្លៃរេស៊ីស្តង់ក្នុង (ឬអាំប៉េដង់)នៃវ៉ុលម៉ែត្រ និងរេស៊ីស្តង់ពីរង្វាស់។

២៨.២.ទ្រឹស្តី

ចូរពិនិត្យសៀគ្វីអគ្គិសនីបង្ហាញដូចរូបទី១។ សៀគ្វីនេះរួមមាន កុងដង់សាទ័រមួយដែលមានកាប៉ាស៊ីតេ C, រេស៊ីស្តង់ R, ប្រភពមួយដែលមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ ε, និងកុងតាក់ S មួយ។ បើគេដាក់កុងតាក់ S ទៅចំណុច A នៅខណៈ $t = 0$ ដែលដំបូងកុងដង់សាទ័រគ្មានបន្ទុក នោះបន្ទុកចាប់ផ្តើមផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័ររហូតដល់ពេញទើបឈប់ផ្ទុក។ ចរន្តអគ្គិសនី I ដែលមានតម្លៃដើមរបស់វាគឺ $I_0 = \varepsilon/R$ ថយចុះជាអនុគមន៍អិចស្ប៉ូណង់ស្យែលនៃពេល។ បន្ទុក Q នៅលើអាម៉ាតួនៃ កុងដង់សាទ័រចាប់ផ្តើពីកើនពីសូន្យ (0)និងកើនឡើងជាអនុគមន៍ អិចស្ប៉ូណង់ស្យែលនៃពេល រហូតដល់តម្លៃ $Q_0 = C\varepsilon$ បង្ហាញដោយសមីការខាងក្រោម ។

$Q = C\varepsilon\,(1 - e^{-t/RC})$ និង $I = (\varepsilon/R)\,e^{-t/RC}$ (1)

ឬ $Q = Q_0\,(1 - e^{-t/RC})$ និង $I = I_0\,e^{-t/RC}$, ដែល $Q_0 = C\varepsilon$ និង $I_0 = \varepsilon/R$

ទំហំ RC ត្រូវបានគេហៅថា ថេរពេលនៃសៀគ្វី មានខ្នាតជាវិនាទី (s), R គិតជាអូម (Ω), កាប៉ាស៊ីតេ C គិតជាផារ៉ាត (F) ។ ក្រោយមួយរយៈពេលវែងសមល្មមធៀបទៅនឹងថេរពេល RC ដែលកុងដង់សាទ័រផ្ទុកបន្ទុកពេញ នោះបន្ទុករបស់វា គឺ Q ដែលស្មើនឹង $Q_0 = C\varepsilon$ និងគ្មានចរន្តឆ្លងកាត់សៀគ្វី មានន័យថា ចរន្តស្មើសូន្យ ឥឡូវនេះកុងតាក់ S ត្រូវបានដាក់ទៅចំណុច ឬទីតាំង B ពេលនោះកុងដង់សាទ័រចាប់ផ្តើមផ្ទេរបន្ទុកអគ្គិសនីតាម រយៈរេស៊ីស្តង់។ បន្ទុកលើអាម៉ាតួរបស់កុងដង់សាទ័រ និងចរន្តក្នុងសៀគ្វីថយចុះជាអនុគមន៍នៃពេលក្នុងខណៈដែល កុងដង់សាទ័រផ្ទេរបន្ទុក បង្ហាញដូចសមីការខាងក្រោម ៖

$Q = C\varepsilon\,e^{-t/RC}$ និង $I = (-\varepsilon/R)e^{-t/RC}$ (2)

ឬ $Q = Q_0\,e^{-t/RC}$ និង $I = -I_0\,e^{-t/RC}$, ដែល $Q_0 = C\varepsilon$ និង $I_0 = \varepsilon/R$

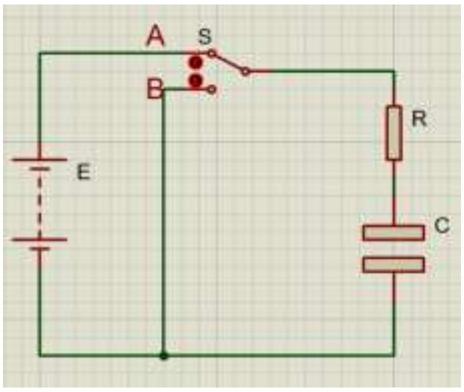
ចរន្តអគ្គិសនីក្នុងករណីកុងដង់សាទ័រផ្ទេរបន្ទុកមានទិសដៅផ្ទុយពីករណីកុងដង់សាទ័រផ្ទុកបន្ទុក ប៉ុន្តែអាំងតង់ស៊ីតេប៉ុនគ្នា។

ចូរពិនិត្យសៀគ្វីអគ្គិសនីបង្ហាញដូចរូបទី២ ដែលរួមមានប្រភពមួយមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ ε, កុងដង់សាទ័រមានកាប៉ាស៊ីតេ C, កុងតាក់ S និងវ៉ុលម៉ែត្រដែលមានរេស៊ីស្តង់ R។ បើជាដំបូង កុងតាក់ S បិទ កុងដង់សាទ័រផ្ទុកបន្ទុក និងតង់ស្យុងរបស់វាកើនឡើងជាអនុគមន៍អិចស្ប៉ូណង់ស្យែលនៃពេលដែល $V = \varepsilon\,(1 - e^{-t/RC})$, និង

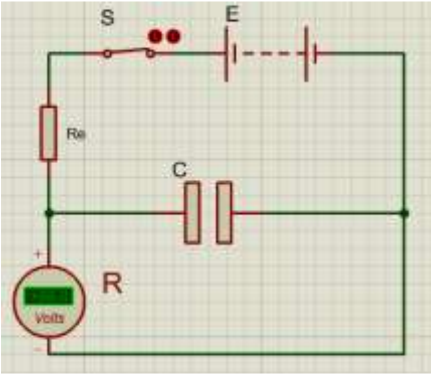
កើនឡើងយ៉ាងរហ័ស រហូតដល់តម្លៃ ε ដែលជាតង់ស្យុងរបស់ប្រភព, រូបទី២ ក.។ កាលណាកុងតាក់ S ត្រូវបានបើកកុងដង់សាទ័របន្ទេរបន្ទុកតាមរយៈរេស៊ីស្តង់ R របស់ឧបករណ៍(វ៉ុលម៉ែត្រ)ដែលមានថេរពេល RC។ ជាមួយនឹងកុងតាក់បើក ធាតុនៃសៀគ្វីមានតែកុងដង់សាទ័រមួយដែលមានកាប៉ាស៊ី

តេ C និងវ៉ុលម៉ែត្រមួយដែលមានរេស៊ីស្តង់ R ដូច្នេះតង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រស្មើនឹងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់វ៉ុលម៉ែត្រ (រូបទី២ ខ.) $V = \varepsilon e^{-t/RC}$ (3) ពីសមីការ (3) យើងទាញបាន ៖

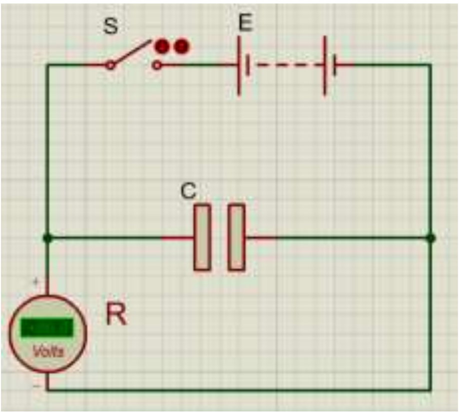
$$\ln(\varepsilon / V) = (1/ RC)\, t \qquad (4)$$

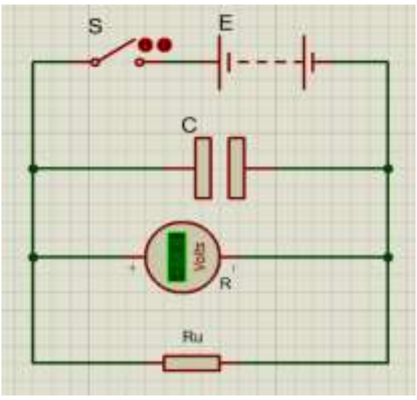


រូបទី១ សៀគ្វីងាយ



រូបទី២ ក. សៀគ្វី RC ដែលប្រើវ៉ុលម៉ែត្រជារេស៊ីស្តង់





រូបទី២សៀគ្វី RC ដែលប្រើវ៉ុលម៉ែត្រជារេស៊ីស្តង់   រូបទី៣សៀគ្វី RC ដែលប្រើវ៉ុលម៉ែត្រ និង R_U តជាខ្នែង

បើតង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រត្រូវបានកំណត់ជាអនុគមន៍នៃពេល ក្រាប $\ln(\varepsilon/V)$ ជាអនុគមន៍នៃពេលមានរាងជាបន្ទាត់ត្រង់ដែលមានមេគុណប្រាប់ទិសស្មើនឹង $(1/ RC)$ ។ ដូច្នេះ RC អាចត្រូវបានកំណត់ កាលណាគេស្គាល់រេស៊ីស្តង់របស់វ៉ុលម៉ែត្រ R និងបន្ទាប់មកគេអាចទាញកាប៉ាស៊ីតេរបស់កុងដង់សាទ័រ C បាន។ បើគេដាក់រេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់ជាខ្នែងជាមួយនឹងវ៉ុលម៉ែត្រ នោះយើងបានសៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបទី៣។ កុងដង់សាទ័រអាចត្រូវបានផ្ទុក និងផ្ទេរជាថ្មីម្តងទៀត ប៉ុន្តែឥឡូវនេះថេរពេលស្មើនឹង R_tC ដែល R_t ជារេស៊ីស្តង់សមមូលក្នុងបង្គុំជាខ្នែងនៃ R និង R_U ។ ទំនាក់ទំនងរវាង R_U, R និង R_t ឱ្យដោយ ៖

$$R_U = (RR_t)/(R - R_t) \qquad (5)$$

ដូចនេះរង្វាស់តង់ស្យុងនៃកុងដង់សាទ័រជាអនុគមន៍នៃពេលនឹងបង្កើតភាពអាស្រ័យគ្នាដូចដែលបានឱ្យដោយសមីការ(4) លើកលែងតែមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ដែលស្មើនឹង $(1/ R_tC)$ ។ បើគេស្គាល់ C និង R_tC ត្រូវបានរកឃើញពីមេគុណប្រាប់ទិស ដូចនេះ R_t អាចត្រូវបានកំណត់។ ដោយប្រើសមីការ (5) R_U អាចត្រូវបានកំណត់ពី R និង R_t ។

$$\%\text{កម្រិតល្អៀង} = \left|\frac{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី} - \text{តម្លៃតាមពិសោធន៍}}{\text{តម្លៃតាមទ្រឹស្តី}}\right| \times 100\%$$

$$\text{កម្រិតល្អៀងគំរូ}(\alpha) = \frac{\text{លំងាកគំរូ}(\delta_{n-1})}{\sqrt{n}}$$

$$\text{លំងាកគំរូ}(\delta_{n-1}) = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

២៨.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍

១. សៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបទី១ ដំបូងកុងដង់សាទ័រគ្មានបន្ទុកអគ្គិសនីទេនៅពេលដែលកុងតាក់ S ត្រូវបានដាក់ទៅទីតាំង A នៅខណៈ $t = 0$ ។ បន្ទុកលើអាម៉ាតួនៃកុងដង់សាទ័រគឺ

ក. ដំបូងមានតម្លៃសូន្យ និងចុងបញ្ចប់មានតម្លៃ $C\varepsilon$

ខ. មានតម្លៃថេរស្មើនឹង $C\varepsilon$

គ. ដំបូងមានតម្លៃ $C\varepsilon$ និងចុងបញ្ចប់មានតម្លៃសូន្យ

ឃ. មានតម្លៃតូចជាង ε/R ជានិច្ច។

២. សៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបទី១ ដំបូងកុងដង់សាទ័រគ្មានបន្ទុកអគ្គិសនីទេនៅពេលដែលកុងតាក់ S ត្រូវបានដាក់ទៅទីតាំង A នៅខណៈ $t = 0$ ។ ចរន្តនៅក្នុងសៀគ្វីគឺ

ក. ដំបូងមានតម្លៃសូន្យ និងចុងបញ្ចប់មានតម្លៃ ε / R

ខ. មានតម្លៃថេរស្មើនឹង ε / R

គ. មានតម្លៃ $C\varepsilon$

ឃ. ដំបូងមានតម្លៃ ε / R និងចុងបញ្ចប់មានតម្លៃស្មើនឹងសូន្យ។

៣. សៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបទី២ ក. កុងតាក់ S ត្រូវបានបិទដើម្បីផ្ទុកបន្ទុកឱ្យកុងដង់។ ក្នុងពេលផ្ទុកបន្ទុក តង់ស្យុងរបស់វាគឺ

ក. $V = \varepsilon e^{-t/RC}$

ខ. $V = \varepsilon (1- e^{-t/RC})$

គ. $V = C\varepsilon$

ឃ. $V = \varepsilon/R$ ។

៤. សៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបទី២កុងតាក់ S ត្រូវបានបិទដើម្បីផ្ទុកបន្ទុកឱ្យកុងដង់ និងបន្ទាប់មកបើកនៅខណៈ $t = 0$ ។ ក្នុងពេលបន្ទេរបន្ទុក តង់ស្យុងរបស់វាគឺ

ក. $V = \varepsilon e^{-t/RC}$ ខ. $V = \varepsilon (1- e^{-t/RC})$

គ. $V = C\varepsilon$ ឃ. $V = \varepsilon/R$ ។

៥. បង្ហាញថា RC មានខ្នាតជាវិនាទី (s) បើ R គិតជា (Ω) និង C គិតជា (F) ។

៦.សន្មតថាសៀគ្វីត្រូវបានបង្កើតដូចរូបទី៣ ។ កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រគឺ 47.0 μF តង់ស្យុងប្រភពគឺ 20.0 V អាំប៉េដង់របស់វ៉ុលម៉ែត្រគឺ 11.8 MΩ និងរេស៊ីស្តង់ R_U = 1.74 MΩ ។ បើដំបូងកុងតាក់

ត្រូវបិទ និងបន្ទាប់មកបើក តើអំណានរបស់វ៉ុលម៉ែត្រស្មើនឹងប៉ុន្មាន ក្រោយកុងតាក់បើក 40.0s ? ចូរបង្ហាញការគណនារបស់អ្នក។

៧.កុងដង់សាទ័រមួយមានកាប៉ាស៊ីតេ 47.0 μF និងរេស៊ីស្តង់មួយមានរេស៊ីស្តង់ 11.8 MΩ ។ សៀគ្វីនេះជាសៀគ្វី *RC* ។ បើកុងដង់សាទ័រផ្ទុកក្រោមតង់ស្យុង 20.0 V តើរយៈពេលប៉ុន្មានដែលតង់ស្យុងរបស់កុងដង់សាទ័រឡើងដល់ 10.0 V? ចូរបង្ហាញការគណនារបស់អ្នក។

២៨.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ

Software Proteus ដែលដំឡើងរួចក្នុងកុំព្យូទ័រ ដោយទាញយកគ្រឿងដូចជា៖

- វ៉ុលម៉ែត្រ១ (រេស៊ីស្តង់ក្នុង 10 MΩ, បើជាវ៉ុលម៉ែត្រឌីជីតាល់ជាការប្រសើរ)
- ក្រូណូម៉ែត្រ១
- ប្រភពចរន្តជាប់ 20V
- រេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់ (ប្រហែលជាពី 2 ទៅ 10 MΩ)
- កុងតាក់១(ពីរផ្លូវ) និងកុងតាក់មួយផ្លូវ។

២៨.៥.ដំណើរការ

រេស៊ីស្តង់ក្រៅដែលមិនស្គាល់សម្រាប់ផ្ទុកបន្ទុកឱ្យកុងដង់សាទ័រ

1. អានតម្លៃកុងដង់សាទ័រតាមរយៈលេខកូដលើតួរបស់វា និងកត់ត្រាតម្លៃដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១។
2. មួលតម្រូវតង់ស្យុងប្រភពទៅតម្លៃប្រហែល 20.0V ។
3. ដំឡើងសៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបទី២ក.ដោយប្រើកុងដង់សាទ័រ១វ៉ុលម៉ែត្រ,រេស៊ីស្តង់ និងតង់ស្យុងប្រភព។
4. បិទកុងតាក់ និងចាប់ផ្តើមកត់ត្រាពេលដោយប្រើក្រូណូម៉ែត្រក្នុងពេលជាមួយគ្នា។
5. អំណានវ៉ុលម៉ែត្រនឹងកើនឡើង កាលណាកុងដង់សាទ័រផ្ទុកបន្ទុក។ ឱ្យក្រូណូម៉ែត្រដំណើរការបន្ត និងគ្រប់តម្លៃតង់ស្យុងទាំងអស់ដែលឱ្យនៅក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១កត់ត្រារយៈពេល *t* ដែលត្រូវគ្នានឹងអំណាន តង់ស្យុងពីវ៉ុលម៉ែត្រ។ ជម្រើសសមស្របរបស់តង់ស្យុងដើម្បីវាស់រយៈពេល *t* គួរធ្វើកំណើន 10% ជាដំបូង និងបន្តបន្ទាប់។ ឧទាហរណ៍ បើ $\varepsilon = 20.0$ V ពេលនោះត្រូវប្រើតង់ស្យុង 2.0 V, 4.0 V, 6.0 V ។ល។ កត់ត្រាតង់ស្យុង *V* និងរយៈពេល *t* ដាក់ក្នុង តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី១។
6. ធ្វើជំហានទី៤ និងទី៥ឡើងវិញចំនួនពីរដងទៀត។
7. ទុកឱ្យកុងដង់សាទ័រផ្ទុកបន្ទុករហូតដល់ពេញ។ តង់ស្យុងខ្ពស់បំផុតរបស់កុងដង់សាទ័រដែលផ្ទុកបន្ទុកពេញស្មើនឹងកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ ε, ដែល $V = \varepsilon$ ។ កត់ត្រាតម្លៃនេះដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១។
8. វាស់រេស៊ីស្តង់ក្រៅ (Rth)ដោយប្រើអូមម៉ែត្រ។ កត់ត្រាតម្លៃនេះដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាទី១។

រេស៊ីស្តង់ក្នុងរបស់វ៉ុលម៉ែត្រដែលមិនស្គាល់ចំពោះបន្ទេរបន្ទុកពីកុងដង់សាទ័រ

1. អានតម្លៃកុងដង់សាទ័រតាមរយៈលេខកូដលើតួរបស់វា និងកត់ត្រាតម្លៃដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី២។
2. ដំឡើងសៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបទី២ ខ. ដោយប្រើកុងដង់សាទ័រជាប្រភព, វ៉ុលម៉ែត្រ, បាតឺរី (តង់ស្យុងប្រភព)និង កុងតាក់។
3. បិទកុងតាក់ និងមួលតម្រូវតង់ស្យុងប្រភពដែលមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ ε ដែលអានដោយវ៉ុលម៉ែត្រទៅតម្លៃប្រហែល 20.0 V ។ កត់ត្រាតម្លៃ ε ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី២។
4. បើកកុងតាក់ និងចាប់ផ្ដើមវាស់ពេលដោយប្រើក្រូណូម៉ែត្រក្នុងពេលជាមួយគ្នា។
5. អំណានវ៉ុលម៉ែត្រនឹងធ្លាក់ចុះកាលណាកុងដង់សាទ័រផ្ទេរបន្ទុក។ ឱ្យក្រូណូម៉ែត្រដំណើរការបន្ត និងគ្រប់តម្លៃតង់ស្យុង ទាំងអស់ដែលឱ្យក្នុងតារាងទិន្នន័យទី២ កត់ត្រារយៈពេល t ដែលត្រូវគ្នានឹងអំណានតង់ស្យុងពីវ៉ុលម៉ែត្រ។ ជម្រើស សមស្របរបស់តង់ស្យុងដើម្បីវាស់រយៈពេល t គួរធ្វើកំណើន 10%។ ឧទាហរណ៍ បើ $\varepsilon = 20.0$ V ពេលនោះត្រូវប្រើតង់ស្យុង 18.0 V, 16.0 V, 14.0 V ។ល។ កត់ត្រាតង់ស្យុង V និងរយៈពេល t ដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងតារាងគណនាទី២។
6. ធ្វើពីជំហានទី៣ ដល់ទី៥នេះឡើងវិញចំនួនពីរដងទៀត។

រេស៊ីស្តង់ដែលមិនស្គាល់ចំពោះបន្ទេរបន្ទុកពីកុងដង់សាទ័រ

1. ដំឡើងសៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបទី៣ដោយប្រើកុងដង់សាទ័រដូចគ្នាដែលបានប្រើក្នុងសៀគ្វីមុន និងរេស៊ីស្តង់ដែលស្គាល់។ បិទកុងតាក់ និងមួលតម្រូវតង់ស្យុងប្រភពទៅកាន់តម្លៃដូចមុន។
2. ធ្វើពីជំហាន២ដល់៥នៃដំណើរការខាងលើឡើងវិញ រួចកត់ត្រាតម្លៃដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងតារាង គណនាទី៣។

ជំហានក្នុងការគណនា

រេស៊ីស្តង់ក្នុង និងរេស៊ីស្តង់ក្រៅនៃវ៉ុលម៉ែត្រដែលមិនស្គាល់

1. គណនាតម្លៃ $\ln(1 - V/\varepsilon)$, $\ln(\varepsilon/V)$ និងកត់ត្រាវាដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងតារាងគណនាទី១ ទី២រៀងគ្នា។
2. គណនាតម្លៃមធ្យមនៃរយៈពេល($\bar{t}$) និងល្បឿនស្តង់ដា α_t របស់តង់ស្យុងនីមួយៗ រួចកត់ត្រាវាដាក់ក្នុងដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងតារាងគណនាទី១ និងទី២រៀងគ្នា។
3. គូរក្រាបដោយប្រើទិន្នន័យ $\ln(1 - V/\varepsilon)$, $\ln(\varepsilon/V)$ ស្ថិតលើអ័ក្សឈរ និងរយៈពេល($\bar{t}$) ស្ថិតលើអ័ក្សដេក។
4. កត់ត្រាតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិសក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងតារាងគណនាទី១ និងទី២។
5. គណនា R_eC, RC ជាចម្រាស់នៃមេគុណប្រាប់ទិស។ កត់ត្រាតម្លៃ R_eC, RC ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១ និងទី២រៀងគ្នា។

6. ប្រើតម្លៃ R_eC, RC និង C ដើម្បីគណនាតម្លៃរេស៊ីស្តង់ក្នុង R_e, R ដែលមិនស្គាល់ រួចកត់ត្រាវាដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងតារាងគណនាទី១ និងទី២រៀងគ្នា។

រេស៊ីស្តង់ដែលមិនស្គាល់

1. គណនាតម្លៃ $\ln(\varepsilon/V)$ រួចកត់ត្រាតម្លៃដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងតារាងគណនាទី៣។
2. គណនាតម្លៃមធ្យម និងល្បឿនស្តង់ដា α_t របស់ t នៃតង់ស្យុងនីមួយៗ និងកត់ត្រាវាដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងតារាងគណនាទី៣។
3. គូរក្រាបដោយដោយប្រើ $\ln(\varepsilon/V)$ លើអ័ក្សឈរ និងរយៈពេល$(\bar{t})$លើអ័ក្សដេក។
4. កត់ត្រាតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិសក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងតារាងគណនាទី៣។
5. គណនាតម្លៃ R_tC ជាចម្រាស់នៃមេគុណប្រាប់ទិស។ កត់ត្រាតម្លៃ R_tC ក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងតារាងគណនាទី៣។
6. គណនាតម្លៃ R_t ដែលមិនស្គាល់ និងកត់ត្រាវាក្នុងតារាងទិន្នន័យ និងតារាងគណនាទី៣។
7. គណនាតម្លៃ R_U ដែលមិនស្គាល់ពីតម្លៃR_t និងRនិងកត់ត្រាR_Uក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងតារាងគណនាទី៣។

ជំហានក្នុងការគូរក្រាប

1. ចំពោះទិន្នន័យពីតារាងទិន្នន័យ និងការគណនាទី១ និងទី២ គូរក្រាបដោយដាក់ $\ln(1 - V/\varepsilon)$ និង $\ln(\varepsilon/V)$ លើអ័ក្សឈរ និងរយៈពេល$(\bar{t})$លើអ័ក្សដេក។ ក្រាបដែលគូសបានគឺជាបន្ទាត់ត្រង់។
2. ចំពោះទិន្នន័យពីតារាងទិន្នន័យ និងការគណនាទី៣ គូរក្រាបដោយដាក់ $\ln(\varepsilon/V)$ លើអ័ក្សឈរ និងរយៈពេល$(\bar{t})$លើអ័ក្សដេក។ ក្រាបដែលគូសបានគឺជាបន្ទាត់ត្រង់។
3. គូរក្រាប V- t ចំពោះបន្ទុក និងបន្ទេរកុងដង់សាទ័រ។

២៨.៦.របាយការណ៍ពិសោធន៍

តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី១(កុងដង់សាទ័រផ្ទុកបន្ទុក)

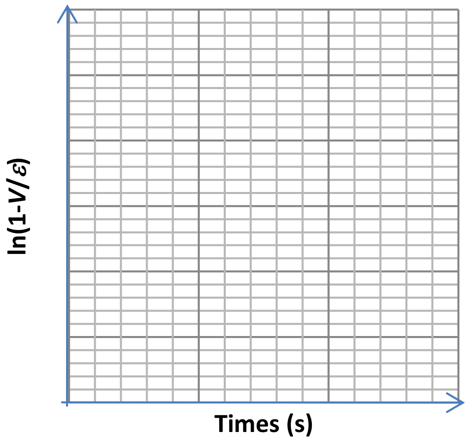
V(V)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	$\bar{t}$ (s)	ln(1- V/ε)	α_t (s)
0	0	0	0	0	0	0
2.0	10	10	10	10		
4.0	22	22	22	22		
6.0	36	36	36	36		
8.0	51	51	51	51		
10.0	69	69	69	69		

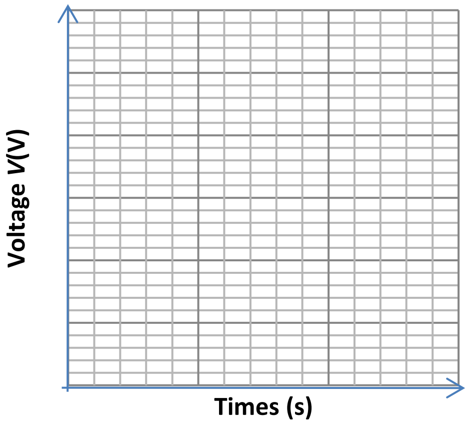
11.0	79	79	79	79		
12.0	91	91	91	91		
13.0	105	105	105	105		
14.0	120	120	120	120		
15.0	138	138	138	138		
16.0	161	161	161	161		
17.0	189	189	189	189		
ε = 20 V	R_e = 100 kΩ	R_{th} = 100 kΩ	r = 1			
Slope = 0.01 s^{-1}	$R_e C$ = 100 s	C = 1000 μF	% Error R_e = ……0 %			

កត់ត្រាតម្លៃតង់ស្យុង និងតម្លៃមធ្យមនៃពេលពីតារាងខាងលើដាក់ក្នុងតារាងខាងក្រោម ៖

V(V)	0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
$\bar{t}$ (s)	0												

- គូរក្រាបរបស់កុងដង់សាទ័រផ្ទុកបន្ទុក





តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី២(កុងដង់សាទ័រផ្ទេរបន្ទុក)

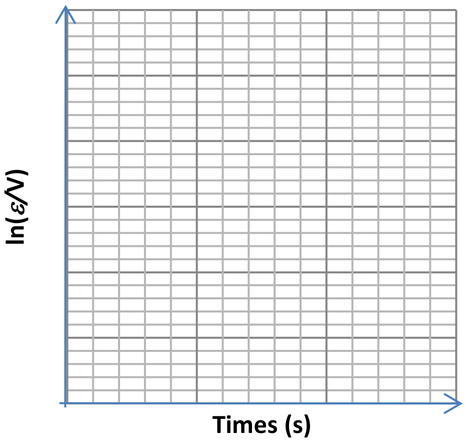
V(V)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	$\bar{t}$ (s)	ln(ε/V)	α_t (s)
	0	0	0	0		
18.0						

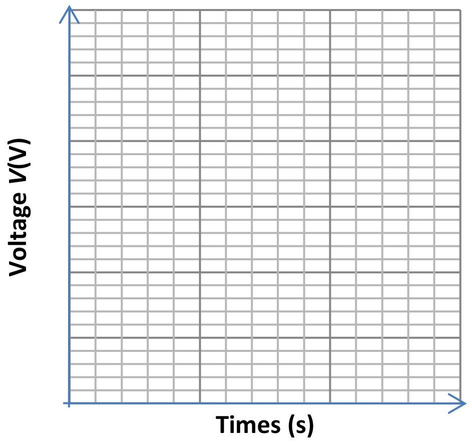
16.0						
14.0						
12.0						
10.0						
8.0						
6.0						
5.0						
4.0						
3.0						
2.0						
ε = ……V		C =…… µF			r = ……	
Slope = …s^{-1}		RC = ……s	R = ……MΩ			

- កត់ត្រាតម្លៃតង់ស្យុង និងតម្លៃមធ្យមនៃពេលពីតារាងខាងលើដាក់ក្នុងតារាងខាងក្រោម ៖

V(V)		18.0	16.0	14.0	12.0	10.0	8.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0
$\bar{t}$ (s)	0											

- គូរក្រាបរបស់កុងដង់សាទ័រផ្ទេរបន្ទុក





តារាងទិន្នន័យ និងគណនាទី៣(កុងដង់សាទ័រផ្ទេរបន្ទុក)

V(V)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	$\bar{t}$ (s)	ln(ε/V)	α_t (s)

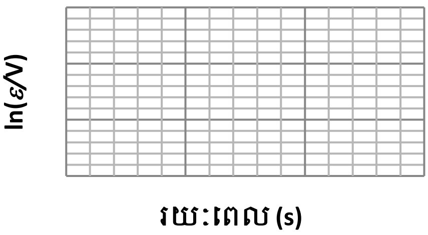
	0	0	0	0	0	0
18.0						
16.0						
14.0						
12.0						
10.0						
8.0						
6.0						
5.0						
4.0						
3.0						
2.0						

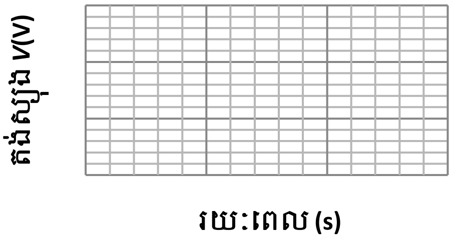
ε = ……V	R = ……MΩ	C = ……μF	r =……
Slope =…… s^{-1}	R_tC = ……s	R_t = ……MΩ	R_U = ……MΩ

- កត់ត្រាតម្លៃតង់ស្យុង និងតម្លៃមធ្យមនៃពេលពីតារាងខាងលើដាក់ក្នុងតារាងខាងក្រោម ៖

V(V)		18.0	16.0	14.0	12.0	10.0	8.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0
$\bar{t}$ (s)	0											

- គូរក្រាបរបស់កុងដង់សាទ័រផ្ទេរបន្ទុក





❖ ការគណនាគម្រូ

- ln (1- V/ε) =
- ln (ε/V) =

- $RC = 1/\text{slope} =$
- $R = RC/C =$
- $R_t = R_t C/C =$
- $R_U = (R_t R)/(R - R_t) =$
- % Error =
- $\delta_{n-1} =$
- $\alpha_t =$

២៨.៧.សន្និដ្ឋាន

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ អ្នកៈ

កំណត់រយៈពេលចាំបាច់ដើម្បីផ្ទុក និងផ្ទេរបន្ទុកពីកុងដង់សាទ័រក្នុងសៀគ្វី *RC* តាមរយៈ ....។

វាស់តង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់ជាអនុគមន៍នៃពេលក្នុងសៀគ្វី *RC* ដើម្បីកំណត់ថេរពេល $\tau = RC =$...។

កំណត់តម្លៃរេស៊ីស្តង់ក្នុង (ឬអាំប៉េដង់)នៃវ៉ុលម៉ែត្រ និងរេស៊ីស្តង់ពីរង្វាស់គឺ

R =........................, R_u =...។

ដូចនេះដោយប្រើឧបករណ៍នេះ យើងអាចធ្វើពិសោធនេះបានដោយជោគជ័យ។

២៨.៨.សំណួរពិភាក្សា

1. ដើម្បីសម្រួលក្នុងការវាស់តង់ស្យុង តើអ្នកត្រូវធ្វើដូម្តេច?
2. ដើម្បីទទួលបានលទ្ធផលពិសោធន៍ល្អ តើអ្នកត្រូវធ្វើដូចម្តេច?

មេរៀនទី២៩៖ ពិសោធន៍សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់ RL (RL Circuit)

២៩.១.ទគ្គុបំណាច

- កំណត់មុំផាសនៃចរន្តអគ្គិសនីធៀបនិងតង់ស្យុង។
- បង្ហាញថាអាំងឌុចទ័ពិត មានអាំងឌុចតង់សុទ្ធ ហើយនិងរេស៊ីស្តង់សុទ្ធ r តជាស៊េរី។
- កំណត់តម្លៃ L និង r ពីអាំងឌុចទ័រដែលមិនស្គាល់។

២៩.២.ទ្រឹស្តី

ពិនិត្យសៀគ្វីពីរដូចរូបទី១ ដែលសៀគ្វីនេះមានជនិតារលក(Wave generator) ដែលមានប្រេកង់ f និងភ្ជាប់ទៅនឹងរេស៊ីស្តរ R បន្ទាប់មកភ្ជាប់ទៅនិងអាំងឌុចតង់សុទ្ធ L ដាច់ដោយឡែកពីគ្នា។ សន្មតថាជនិតាមានតង់ស្យុងអតិបរមា V_m និងបង្កើតតង់ស្យុងអតិបរមា V_m ឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរក្នុងសៀគ្វី។

ក. វាក៏បង្កើតតង់ស្យុងអតិបរមា V_m ឆ្លងកាត់អាំងឌុចទ័រក្នុងសៀគ្វី

ខ. តង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរទាក់ទងនឹងចរន្តឱ្យតាមរូបមន្តដូចចរន្តជាប់ដែរគឺ៖

$V_R = IR$ (1)

បើ L ជាអាំងឌុចតង់ដែលមានខ្នាតគិតជាហង់រី (H) និង $\omega = 2\pi f$ ជាប្រេកង់មុំឬល្បឿនមុំនៃជនិតាគិតជារ៉ាដ្យង់ក្នុងមួយវិនាទី (rad/s) នោះទំនាក់ទំនងរវាង V_L និងចរន្ត I គឺ៖

$V_L = I\omega L$ (2)

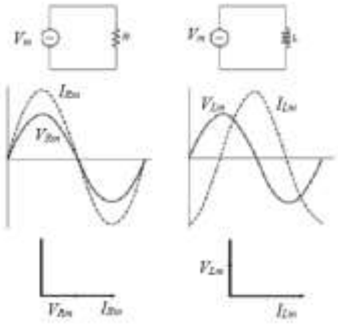
ទំហំ $\omega L = X_L$ ត្រូវបានគេហៅថា អាំប៉េដង់របស់អាំងឌុចទ័រ(Inductive reactance) មានខ្នាតជាអូម (Ω)។ កាលណាចរន្តឆ្លាស់ឬតង់ស្យុងឆ្លាស់ត្រូវបានវាស់ដោយប្រើឧបករណ៍ លេខអំណាននៃចរន្ត ឬតង់ស្យុងត្រូវគិតតម្លៃជាតម្លៃមធ្យមហៅថាតម្លៃប្រសិទ្ធនៃចរន្ត ឬតង់ស្យុងតាងដោយ (I_{rms} ឬ V_{rms})។ ទំនាក់ទំនងរវាង I_{rms} និង I_m (ចរន្តអតិបរមា) ឱ្យតាមរូបមន្ត

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \text{ ឬ } I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707\, I_m$$

ដូចគ្នាដែរចំពោះតង់ស្យុង

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \text{ ឬ } V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707\, V_m$$

ក្នុងពិសោធន៍នេះគេវាស់តែតង់ស្យុងប៉ុណ្ណោះ ហើយ តម្លៃរង្វាស់របស់វាជាតម្លៃប្រសិទ្ធ។

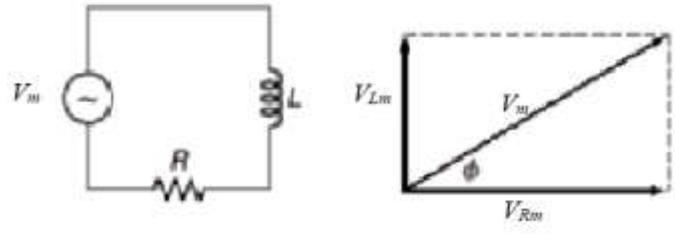


ក. ខ.

រូបទី១ ជនិតានិងរេស៊ីស្តរ និងជនិតានិងអាំងឌុចទ័រ។ ទំនាក់ទំនងរវាងផាសតង់ស្យុងនិងចរន្ត និងសំណង់ប្រេណែលរបស់វា

រូបទី១ ខាងលើបង្ហាញពីសៀគ្វី និងក្រាបចរន្ត និងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់ធាតុក្នុងមួយខួបពេញ។ ក្រាបក្នុងករណីរេស៊ីស្តរបង្ហាញថាចរន្តឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរ I_{Rm} និងតង់ស្យុង V_{Rm} មានផាសដូចគ្នា។ សម្រាប់អាំងឌុចទ័រ ក្រាបបង្ហាញថា ចរន្តឆ្លងកាត់អាំងឌុចទ័រ I_{Lm} និងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់អាំងឌុចទ័រ V_{Lm} ខុសផាសគ្នា 90° ដែលតង់ស្យុងលឿនផាសជាងចរន្តចំនួន 90° ។

រូបទី១ ខាងក្រោមបំផុតតាងឱ្យសំណង់ប្រេណែលដែលបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងផាស។ ក្នុងសំណង់ប្រេណែល វ៉ិចទ័រដែលគូសចេញ ប្រវែងរបស់វាសមាមាត្រទៅនឹងតម្លៃនៃទំហំដែលតាង ហើយប្រេកង់នៃជនិតាត្រូវបានសន្មតថាវិលតាមទិសដៅផ្ទុយពីរង្វិលទ្រនិចនាឡិកា។ នៅខណៈណាមួយ ចំណោលនៃវ៉ិចទ័ររង្វិលមួយលើអ័ក្ស y គឺជាតម្លៃខណៈនៃទំហំនោះ។ ចំពោះអាំងឌុចទ័រ វ៉ិចទ័រតាងតង់ស្យុងអាំងឌុចទ័រលឿនផាសជាងវ៉ិច ទ័រតាងចរន្តចំនួន 90° ។ ឥឡូវនេះចូរពិនិត្យមើលសៀគ្វីដែលមានអាំងឌុចតង់សុទ្ធ L (គ្មានរេស៊ីស្តង់ r) និងរេស៊ីស្តរ R តជាស៊េរីជាមួយនឹងជនិតាស៊ីនុយសូអ៊ីតដែលមានតង់ស្យុងអតិបរមា V_m បង្ហាញដូចរូបទី២ ។



រូបទី២ សៀគ្វីដែលមានអាំងឌុចទ័រ និងរេស៊ីស្តរតជាស៊េរី និងសំណង់ប្រេណែល

ចំពោះសៀគ្វីនេះ ចរន្ត I_m មានតម្លៃដូចគ្នាគ្រប់ខណៈពេលទាំងអស់ក្នុងធាតុទាំងបីនៃសៀគ្វី។ ចំណែកឯសំណង់ប្រេណែលបង្ហាញតែតង់ស្យុងប៉ុណ្ណោះ។ វ៉ិចទ័រតាងឱ្យចរន្ត(មិនបានបង្ហាញទេ)មានទិសដៅដូចវ៉ិចទ័រ V_{Rm} ព្រោះចរន្តនិងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរមានផាសដូចគ្នា។ ចំណាំថាតង់ស្យុងឆ្លងកាត់អាំងឌុចទ័រ V_{Lm} លឿនផាសជាងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរ V_{Rm} ចំនួន 90° និងតង់ស្យុងរបស់ជនិតា V_m លឿនផាសជាង V_{Rm} ចំនួនϕ ។ សំណង់ប្រេណែលនេះបង្ហាញថា តង់ស្យុងនៃជនិតាគឺជាផលបូកវ៉ិចទ័រនៃ V_{Rm} និង V_{Lm} ។

សមីការសរសេរ៖

$$\vec{V}_m = \vec{V}_{Rm} + \vec{V}_{Lm} \text{ និង } V_m = \sqrt{(V_{Rm})^2 + (V_{Lm})^2} \quad (3)$$

សំណង់ប្រេណែលបង្ហាញថាមុំផាស ϕ មានទំនាក់ទំនងនឹងតង់ស្យុង V_{Rm} និង V_{Lm} និងក៏មានទំនាក់ទំនងនឹង R និង ωL តាមសមីការ (1) និង(2)។ ទំនាក់ទំនងឱ្យដោយ៖

$$\tan\phi = \frac{V_{Lm}}{V_{Rm}} = \frac{L\omega}{R} \quad (4)$$

ចំណាំថាសមីការ (4) មានតម្លៃតែចំពោះអាំងឌុចទ័រសុទ្ធដែលគ្មានរេស៊ីស្តង់ក្នុង។ អាំងឌុចទ័រពិតមានទាំងអាំងឌុចតង់ L និងរេស៊ីស្តង់ក្នុង r និងអាចត្រូវបានតាងដោយអាំងឌុចទ័រសុទ្ធ L តជាស៊េរីនឹងរេស៊ីស្តង់សុទ្ធ r។ រូបទី៣បង្ហាញពីអាំឌុចទ័រពិតតជាស៊េរី និងរេស៊ីស្តរ R និងតង់ស្យុងជនិតា V_m ។

តង់ស្យុងរវាងចំណុច A និង B គឺជាតង់ស្យុងនៃជនិតា និងតង់ស្យុងរវាងចំណុច A និង C ជាតង់ស្យុងរេស៊ីស្តរ(ឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរ) V_{Rm} ។ រវាងចំណុច B និង C ជាតង់ស្យុងសរុប(ផ្គួប)រវាងអាំងឌុចតង់

L និងរេស៊ីស្តង់ក្នុង r ។ តង់ស្យុងនេះតាងដោយ V_{ind} ។ មានតង់ស្យុងខ្លះទៀតដូចជា V_{Lm} ឆ្លងកាត់ L និង V_{rm} ឆ្លងកាត់ r ។ ប៉ុន្តែទោះបីជាយ៉ាងនេះក៏ដោយ យើងមិនអាចវាស់ V_{Lm} និង V_{rm} ដោយផ្ទាល់បានទេ។ ទំហំដែលអាចវាស់បានមានតែ V_{indm} ប៉ុណ្ណោះដែលជាផលបូកវ៉ិចទ័ររវាង V_{Lm} និង V_{rm} ។ សំណង់ប្រេណែលនៃសៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបទី៣។

អនុវត្តច្បាប់កូស៊ីនុសចំពោះត្រីកោណដែលបង្កើតដោយ V, V_R, និង V_{ind} យើងបាន

$$\cos\phi = \frac{{V_m}^2 + {V_{Rm}}^2 - {V_{indm}}^2}{2V_m V_{Rm}} \quad (5)$$

សំណង់ប្រេណែលក្នុងរូបទី៣ បង្ហាញថា តង់ស្យុង V_{Lm} និង V_{rm} អាចត្រូវបានកំណត់ពី V_m, V_{Rm} និង ϕ ដោយ

$$V_{Lm} = V_m \sin\phi \text{, និង } V_{rm} = V_m \cos\phi - V_{Rm} \quad (6)$$

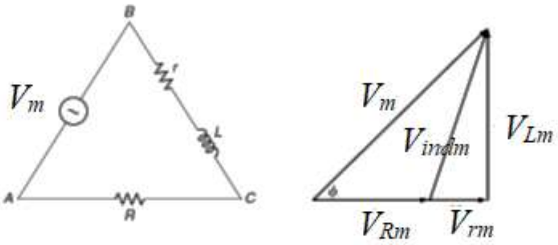
ចរន្ត I_m មានតម្លៃដូចគ្នាទាំងអស់នៅក្នុងជាតុនៃសៀគ្វី និងវាទាក់ទងនឹងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់ជាតុនីមួយៗតាមសមីការខាងក្រោម

$$V_{Lm} = L\omega I_m, \quad V_{Rm} = RI_m, \quad V_{rm} = rI_m \quad (7)$$

ដែល ϕ, V_{Lm} និង V_{rm} ត្រូវបានកំណត់ពីសមីការ(5) និង(6) សមីការ (7) អាចត្រូវបានប្រើដើម្បីទាញរក ωL និង r

ដោយបំបាត់ I_m យើងបាន

$$X_{Lm} = L\omega = \frac{RV_{Lm}}{V_{Rm}}, \qquad r = \frac{RV_{rm}}{V_{Rm}}$$



រូបទី៣ សៀគ្វីតជាស៊េរីរវាង L, r, R និង V_m (តង់ស្យុងគោលនៃប្រភព) និងសំណង់ប្រេណែល

សម្គាល់៖ សមីការ (5), (6), (7)អាចសរសេរតម្លៃអតិបរមាឬតម្លៃប្រសិទ្ធនិងអាចគូរក្រាបនៃរូបទី៣ក្រោមទម្រង់ជាតង់ស្យុងប្រសិទ្ធឬតង់ស្យុងអតិបរមាណាមួយក៏បានដែរ។

២៩.៣.សំណួរមុនពេលធ្វើពិសោធន៍

១.ក្នុងសៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់មួយដែលមានតែរេស៊ីស្តង់មួយតជាស៊េរីជាមួយនឹងប្រភពចរន្តឆ្លាស់**គម្លាតផាសរវាងចរន្ត និងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរគឺ**

ក. ចរន្តលឿនផាសជាងតង់ស្យុង 90°

ខ.ចរន្តយឺតផាសជាងតង់ស្យុង 90°

គ. ចរន្ត និងតង់ស្យុងមានផាសដូចគ្នា

ឃ.ចរន្តយឺតផាសជាងតង់ស្យុង ϕ ។

២.ក្នុងសៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់មួយដែលមានតែអាំងឌុចទ័រសុទ្ធមួយ តជាស៊េរីជាមួយនឹងប្រភពចរន្តឆ្លាស់ **គម្លាតផាសរវាងចរន្ត និងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់អាំងឌុចទ័រ**គឺ

ក. ចរន្តលឿនផាសជាងតង់ស្យុង 90°

ខ.ចរន្តយឺតផាសជាងតង់ស្យុង 90°

គ. ចរន្ត និងតង់ស្យុងមានផាសដូចគ្នា

ឃ.ចរន្តយឺតផាសជាងតង់ស្យុង ϕ ។

៣.ក្នុងសៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់មួយដែលមានរេស៊ីស្តង់មួយ តជាស៊េរីជាមួយនឹងអាំងឌុចទ័រសុទ្ធមួយ និងប្រភពចរន្តឆ្លាស់ **គម្លាតផាសរវាងចរន្ត និងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់ប្រភពគឺ**

ក. ចរន្តលឿនផាសជាងតង់ស្យុង 90°

ខ.ចរន្តយឺតផាសជាងតង់ស្យុង 90°

គ. ចរន្ត និងតង់ស្យុងមានផាសដូចគ្នា

ឃ.ចរន្តយឺតផាសជាងតង់ស្យុង ϕ ។

៤. ចូរសរសេររូបមន្តអាំប៉េដង់របស់អាំងឌុចទ័រក្នុងសៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់មួយដែលមានតែអាំងឌុចទ័រសុទ្ធមួយ តជាស៊េរីជាមួយនឹងប្រភពចរន្តឆ្លាស់។

៥. ចូរសរសេររូបមន្តអាំប៉េដង់សរុបរបស់សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់មួយដែលមានរេស៊ីស្តង់មួយ តជាស៊េរីជាមួយនឹងអាំងឌុចទ័រសុទ្ធមួយ និងប្រភពចរន្តឆ្លាស់។

៦. ចូរសរសេររូបមន្តអាំប៉េដង់សរុបរបស់សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់មួយដែលមានរេស៊ីស្តង់មួយ តជាស៊េរីជាមួយនឹងអាំងឌុចទ័រពិតមួយ និងប្រភពចរន្តឆ្លាស់។

៧. ជនិតាចរន្តឆ្លាស់មួយមានតង់ស្យុងអតិបរមា 5.00 V គណនាតង់ស្យុងប្រសិទ្ធរបស់វា។

៨. ជនិតាចរន្តឆ្លាស់មួយមានចរន្តអតិបរមា 3.00 A គណនាចរន្តប្រសិទ្ធរបស់វា។

៩. ជនិតាចរន្តឆ្លាស់មួយមានប្រេកង់ f = 800 Hz តជាស៊េរីជាមួយនិងអាំងឌុចទ័រសុទ្ធដែលមានអាំងឌុចតង់ 100 mH និងតង់ស្យុងអតិបរមារវាងគោលរបស់វាគឺ 12.0 V ។ គណនាចរន្តប្រសិទ្ធ។

១០. ជនិតាចរន្តឆ្លាស់មួយមានតង់ស្យុងអតិមរមា V_m តជាស៊េរីនិងអាំងឌុចទ័រសុទ្ធ L និងរេស៊ីស្តង់ R ។ តង់ស្យុងអតិបរមានៃគោលអាំងឌុចទ័រគឺ $V_{Lm} = 6.00\,V$ និងតង់ស្យុងអតិបរមានៃគោលរេស៊ីស្តរគឺ $V_{Rm} = 8.00\,V$ ។ គណនាតង់ស្យុងអតិមរមា V_m ជនិតាចរន្តឆ្លាស់។

១១. រេស៊ីស្តរមួយមានរេស៊ីស្តង់ 500Ω និងអាំងឌុចទ័រពិតមួយមានអាំងឌុចតង់សុទ្ធ L និងរេស៊ីស្តង់ក្នុង r តជាស៊េរីជាមួយនឹងជនិតាមួយដែលមានតង់ស្យុង V_m = 10.0 V និងប្រេកង់មុំ $\omega = 1000\,\text{rad/s}$ ។ តង់ស្យុងឆ្លងកាត់អាំងឌុចទ័រពិតត្រូវបានវាស់ឃើញស្មើនឹង 4.73 V និងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់ 500Ω ត្រូវបានវាស់ឃើញស្មើនឹង 6.57 V ។ គណនាតម្លៃ L និង r ។

២៩.៤.គម្រូវការសម្ភារៈ

ជនិតាស៊ីនុយសូអ៊ីត(ប្រេកង់ប្រែប្រួល និងអំព្លីទុត 5V), ប្រអប់រេស៊ីស្តង់, អាំងឌុចទ័រ 100 mH (រេស៊ីស្តង់ប្រហែល 350 Ω ដើម្បីធ្វើជារេស៊ីស្តង់មិនស្គាល់), វ៉ុលមែត្រចរន្តឆ្លាស់(ជាឌីជីថល និងអាចវាស់ប្រេកង់ខ្ពស់បាន), ដែកឈាន និងម៉ែត្រសំរាប់វាស់មុំ(Protractor)

២៩.៥.ដំណើរការ

ក.ភ្ជាប់អាំងឌុចទ័រជាស៊េរី និងជនិតាស៊ីនុយសូអ៊ីត និងរេស៊ីស្តង់ដើម្បីបង្កើតជាសៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបទី៣។

ខ.ដាក់(មួល)ជនិតាទៅកាន់ប្រេកង់ខ្ពស់ 800 Hz ។

គ.ដាក់(ប្រអប់)រេស៊ីស្តង់ទៅកាន់តម្លៃ 400 Ω ។ កត់ត្រាតម្លៃរេស៊ីស្តង់ និងប្រេកង់នេះក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម។

ឃ.ប្រើវ៉ុលម៉ែត្រចរន្តឆ្លាស់ដើម្បីវាស់តង់ស្យុងជនិតា(V), តង់ស្យុងអាំងឌុចទ័រ(ពិត)(V_{ind}), និងតង់ស្យុងនៃរេស៊ីស្តង់ (V_R) ។ កត់ត្រាតម្លៃរបស់វាក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម។

ង.ធ្វើឡើងវិញពីជំហានក.ដល់ឃ. ចំពោះតម្លៃរេស៊ីស្តង់ 600 Ω, 800 Ω និង 1000 Ω ។ ទោះបីជាជនិតាបានដាក់ទៅតង់ស្យុងអតិបរមាក៏ដោយ ក៏តង់តង់ស្យុងចេញរបស់វាអាចមានការប្រែប្រួលបន្តិចបន្តួចទៅតាមបម្រែបម្រួលនៃរេស៊ីស្តង់ R ។ **ដូច្នេះត្រូវវាស់តង់ស្យុងទាំងបីចំពោះតម្លៃនៃរេស៊ីស្តង់នីមួយៗ។**

ច.ចូរកត់សម្គាល់ឱ្យបានច្បាស់លាស់ចំពោះអាំងឌុចទ័រដែលបានប្រើ និងតម្លៃ L និង r ដែលបានកំណត់ព្រោះអ្នកអាចប្រើវាទៀតនៅពេលក្រោយ។

- ❖ ដំបូន្មានក្នុងការគណនា

ក. ដោយស្គាល់តម្លៃប្រេកង់ f ចូរគណនាតម្លៃប្រេកង់មុំ ω ដែល $\omega = 2\pi f$ រួចកត់ត្រាវាដាក់ក្នុងតារាងគណនាខាងក្រោម។

ខ. ប្រើសមីការដើម្បីគណនា $\cos\phi,\ \phi, V_L, V_r, X_L = L\omega, L$ និង r រួចកត់ត្រាតម្លៃរបស់វាដាក់ក្នុងតារាងគណនាខាងក្រោម។

គ. គណនាតម្លៃមធ្យម និងកម្រិតល្អៀងស្តង់ដារបស់ L និង r រួចកត់ត្រាចូលក្នុងតារាងគណនាខាង ក្រោម។

- ❖ ដំបូន្មានក្នុងការគូរក្រាប

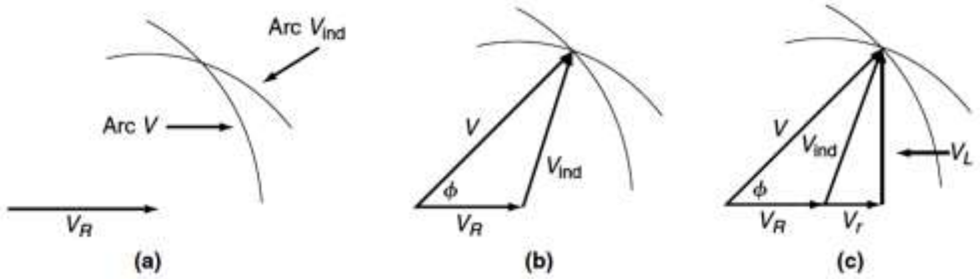
ក. សង់សំណង់ប្រណៃលដោយប្រើមាត្រដ្ឋានដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៤ខាងក្រោម។ ប្រើក្រដាសគូរក្រាប និងគូរដ្យាក្រាមបួនផ្សេងគ្នាលើក្រដាសតែមួយ។

ខ. ប្រើមាត្រដ្ឋានសមស្រប(ឧទាហរណ៍ 1.00 V/cm) ដូចនេះយើងបានក្រាបធំសមស្រប។

គ. ដំបូងសង់វ៉ិចទ័រមួយតាមបណ្តោយអ័ក្ស x ដែលអាំងតង់ស៊ីតេរបស់វាស្មើនឹងតម្លៃរបស់ V_R ដូចបង្ហាញដូចរូបទី៤ ។

ឃ. ប្រើដែកឈាន គូសធ្នូវង់មួយ ដោយគូសចេញពីចុង V_R ដែលមានកាំស្មើនឹងតម្លៃ V_{ind} និងគូសធ្នូវង់មួយទៀតដោយចេញពីគល់ V_R ទៅកាត់នឹងធ្នូវង់មុន។ កាំនៃធ្នូវង់ក្រោយនេះស្មើនឹងតម្លៃនៃ V ។

ម្យ៉ាងទៀត $\vec{V}_{ind} = \vec{V}_r + \vec{V}_L$ (រូបទី៤)។



រូបទី៤ សំណង់ប្រេណែល

សម្គាល់៖ អ្នកអាចគូរក្រាបនេះក្រោមទម្រង់ជាតង់ស្យុងប្រសិទ្ធឬតង់ស្យុងអតិបរមាណាមួយក៏បានដែរ។

២៩.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យ

ប្រេកង់ f = 800 Hz				
R (Ω)	400	600	800	1000
V(V)	4.24	4.24	4.24	4.24
V_R(V)	2.62	3.23	3.57	3.77
V_{ind}(V)	3.33	2.74	2.27	1.92

តារាងគណនា

ល្បឿនមុំ $\omega = 2\pi f =$ 1600π rad/s				
$\cos\phi$	0.6190	0.7631	0.8446	0.8916
ϕ (ដឺក្រេ)	51.76	40.26	32.37	26.92
V_L(V)	3.33	2.74	2.27	1.92
V_r(V)	0.00438	0.00563	0.0111	0.01055
r (Ω)	0.748	1.13	2.46	2.65
L (H)	0.10087	0.10088	0.10119	0.10131
$\bar{r} =$ 1.74 (Ω)	$\alpha_r =$ (Ω)	$\bar{L} =$ (H)	$\alpha_L =$ (H)	

❖ ការគណនាគំរូ

ក. $\omega = 2\pi f =$

ខ. $\cos\phi = \dfrac{V^2 + {V_R}^2 - {V_{ind}}^2}{2VV_R} =$

គ. $\cos\phi =$, $\phi =$

ឃ. $V_L = V\sin\phi =$

ង. $V_r = V\cos\phi - V_R =$

ច. $L = \dfrac{RV_L}{\omega V_R} =$

ឆ. $r = \frac{RV_r}{V_R}$

ជ. $L = \frac{X_L}{\omega} =$

២៩.៧.សន្និដ្ឋាន

ផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើយើងបាន (មុំផាសនៃចរន្តអគ្គិសនីធៀបនិងតង់ស្យុង) ϕ, V_{ind}អាចត្រូវបានគណនា ហើយ $\bar{L} =$ ……………….,និង $\bar{r} =$ ……………….. និង V_{ind} មាន L និង r តជា…………………។ ដូចនេះសម្មតិកម្ម(វត្ថុបំណង)ត្រូវបានគាំដោយពិសោធន៍។

២៩.៨.ពិភាក្សា

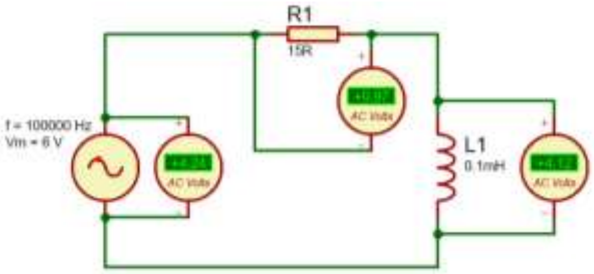
១.ចូររៀបរាប់ពីភាពជាក់លាក់(Precision) នៃរង្វាស់ L និង r ដោយបង្ហាញភស្តុតាងរបស់អ្នក

២.ពិនិត្យសំណង់ប្រណៃលដែលបានសង់រួច។ ដោយប្រើឧបករណ៍វាស់មុំ(Protractor) ចូរវាស់មុំ ϕ, $\phi =$ ……….. និងប្រៀបធៀបវាទៅនឹងតម្លៃដែលបានគណនា រួចគណនាកម្រិតល្អៀងរបស់វា។

៣.បើអ្នកតអាំងឌុចទ័រជាស៊េរីជាមួយនិងរេស៊ីស្តង់ $R = 10000\,\Omega = 10\,\text{k}\Omega$ និងប្រើ $\omega = 100\,000\,\text{rad/s}$ មានន័យថាប្រើ ប្រេកង់ប្រហែល f = 16 kHz តើតម្លៃ ϕ នឹងទៅជាយ៉ាងណា? ករណីនេះ r << R ។

៤.ប្រើរេស៊ីស្តង់ $R = 600\,\Omega$ និងគណនាចរន្តឆ្លងកាត់សៀគ្វីពីសមីការទី(7)ទាំងបី រួចប្រៀបធៀបគ្នា។

៥. បើអ្នកមានអាំងឌុចតង់តែ 0.100 mH និងចង់ធ្វើពិសោធន៍នេះឱ្យជោគជ័យ តើអ្នកគួរប្រើ រេស៊ីស្តង់ R និងប្រេកង់ប្រហែលប៉ុន្មាន? (**ណែនាំ៖** អ្នកគួរប្រើរេស៊ីស្តង់ឱ្យតូច(R ~ 15 Ω ឬតូចជាង) ដើម្បីបាន V_R តូច និង ប្រេកង់ឱ្យធំ($f \sim 10^5$Hz) ដើម្បីបាន Vind ធំ។ ការធ្វើបែបនេះអ្នកនឹងទទួលបាន V_R < Vind) បង្ហាញដូចរូបខាងក្រោម។



មេរៀនទី៣០៖ ពិសោធន៍សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់ *RLC*

៣០.១.ទត្ថុបំណង

- ➢ កំណត់ទំនាក់ទំនងផាសរវាងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរ (V_R) និងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រ (V_C) ក្នុងសៀគ្វី *RC*។
- ➢ កំណត់តម្លៃកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រក្នុងសៀគ្វី *RC*។
- ➢ កំណត់ទំនាក់ទំនងផាសរវាងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរ (V_R) តង់ស្យុងឆ្លងកាត់អាំងឌុចទ័រ (V_L) និងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រ (V_C) ក្នុងសៀគ្វី *RLC*។
- ➢ កំណត់ទំនាក់ទំនងផាសរវាងតង់ស្យុងនៃគោលជនិតា(*V*) និងចរន្ត(I) ឆ្លងកាត់សៀគ្វី *RLC*។

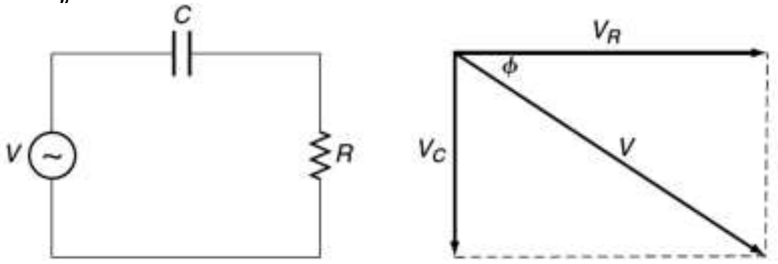
៣០.២.ទ្រឹស្តី

❖ សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់ *RC*

សៀគ្វីតជាស៊េរីដែលរួមមាន កុងដង់សាទ័រ *C* រេស៊ីស្តរ *R* និងជនិតាស៊ីនុយសូអ៊ីតដែលមានប្រេកង់ *f* បង្ហាញដូចរូបទី១.១។ សំណង់ប្រេណែលបង្ហាញពីជនិតាតង់ស្យុង *V* តង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់ V_R និងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រ V_C។ **សន្មតថាតង់ស្យុងទាំងអស់ដែលបានពោលមកនេះជាតង់ស្យុងប្រសិទ្ធ**។ តង់ស្យុង V_R និង V_C មានផាសខុសគ្នា 90° និងតង់ស្យុង *V*, V_R និង V_C បង្កើតបានត្រីកោណកែងដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី១.១។ សមីការរបស់វាជាអាំងតង់ស៊ីតេក្នុងសៀគ្វី *RC* ឱ្យដោយ

$$V = \sqrt{{V_R}^2 + {V_C}^2} \qquad (1)$$

សមីការ (1) មានតម្លៃចំពោះតែកុងដង់សាទ័រសុទ្ធដែលគ្មានកំប៉ូសង់ទប់(No resistive component) ។ បើរង្វាស់លើកុងដង់សាទ័រពិតបង្ហាញភាពត្រូវគ្នានឹងសមីការ (1) វាបង្ហាញថាកុងដង់សាទ័រគ្មានកំប៉ូសង់ទប់ទេ។



រូបទី១.១ សៀគ្វី *RC* និងសំណង់ប្រេណែលនៃតង់ស្យុង

ក្នុងសៀគ្វី *RC* ចរន្ត I មានតម្លៃដូចគ្នាទាំងអស់ក្នុងធាតុនីមួយៗនៃសៀគ្វី ហើយទំនាក់ទំនងរវាងតង់ស្យុងនិងចរន្តចំពោះរេស៊ីស្តរ និងកុងដង់សាទ័រឱ្យដោយ៖

$$V_R = RI \text{ និង } V_C = X_C I = \frac{I}{C\omega}, \ X_C = 1/C\omega \quad (2)$$

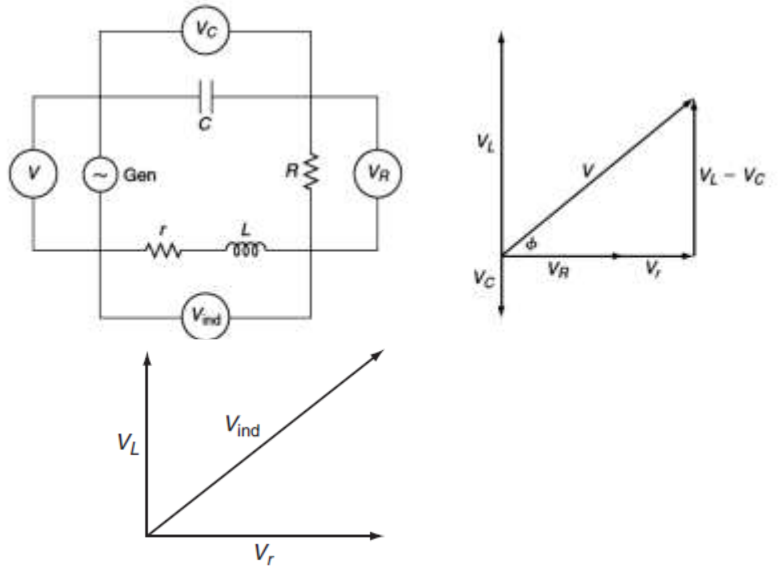
ទំហំ $X_C = 1/C\omega$ ហៅថារេអាក់តង់នៃកុងដង់សាទ័រ ឬអាំប៉េដង់នៃកុងដង់សាទ័រ និងមានខ្នាតជាអូម(Ω)។ បើបំបាត់ចរន្តចេញពីសមីការ យើងបាន

$$C = \left(\frac{1}{\omega R}\right)\left(\frac{V_R}{V_C}\right) \quad (3)$$

ដូច្នេះតម្លៃកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រដែលមិនស្គាល់អាចត្រូវបានគណនាចេញពីសមីការ (3) បើω និង R ស្គាល់ និងV_RនិងV_C ត្រវបានវាស់ឃើញ។

❖ សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់ *RLC*

ពិនិត្យសៀគ្វី *RLC* តជាស៊េរីបង្ហាញដូចរូបទី១.២ ដែលមានជនិតាតង់ស្យុង *V* មួយ រេស៊ីស្តរ *R* មួយ កុងដង់សាទ័រ *C* មួយ និងអាំងឌុចទ័រមួយមានអាំងឌុចតង់ *L* និងរេស៊ីស្តង់ក្នុង *r* ។ សន្មតថាកុងដង់សាទ័រគ្មានរេស៊ីស្តង់។ រូបទី១.២ក. បង្ហាញពីសំណង់ប្រេណែលនៃតង់ស្យុង V, V_R, V_C, V_Lនិង V_r ។ តាមរូបបង្ហាញថាV_Lនិង V_C ខុសផាសគ្នា 180° និង V_Rនិង V_r មានផាសដូចគ្នា។



រូបទី១.៣ សំណង់ប្រេណែល V_Vនិង V_r

ទំហំ $V_L - V_C, V$ និង $V_R + V_r$បង្កើតជាត្រីកោណកែងឱ្យដោយ

$$V = \sqrt{(V_L - V_C)^2 + (V_R + V_r)^2} \qquad (4)$$

គេមិនអាចវាស់ V_L ឬ V_r ដោយផ្ទាល់បានទេ។ ប៉ុន្តែគេអាចវាស់តង់ស្យុងផ្តួប (V_{ind}) រវាងគោលអាំងឌុចទ័រ ដែលមាន *L* និង *r* តជាស៊េរីបាន។

$$V^2{}_{ind} = {V_L}^2 + {V_r}^2 \qquad (5)$$

ចរន្ត I ក្នុងសៀគ្វីមានតម្លៃដូចគ្នាក្នុងជាតុនីមួយៗនៃសៀគ្វី។ V_L និង V_r អាចសរសេរបានដូចខាងក្រោម៖

$$V_L = X_L I = L\omega\, I, \quad \text{និង} \quad V_r = r\, I \qquad (6)$$

ដោយ $I = \frac{\mathrm{V_{ind}}}{\mathrm{Z_{Lr}}} = \frac{\mathrm{V_{ind}}}{\sqrt{(L\omega)^2 + r^2}}$ យើងបាន

$$V_L = V_{ind}\frac{\omega L}{\sqrt{(L\omega)^2 + r^2}} \quad \text{និង}\ V_r = V_{ind}\frac{r}{\sqrt{(L\omega)^2 + r^2}} \qquad (7)$$

សន្មតថា ω, L និង r ស្គាល់ សមីការ(7)ត្រូវបានប្រើដើម្បីកំណត់ V_L និង V_r បើ V_{ind} ត្រូវបានវាស់។

តម្លៃនៃ V_L និង V_r រួមគ្នានិង V_R និង V_C ដែលបានវាស់អាចឱ្យយើងកំណត់បាននូវតម្លៃ V ក្នុងសមីការ(4)។

៣០.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍

១. ក្នុងសៀគ្វី *RC* តជាស៊េរីបង្ហាញដូចរូបទី១.១ ទំនាក់ទំនងផាសរវាងតង់ស្យុងនៃជនិតា V, តង់ស្យុងនៃកុងដង់សាទ័រ V_C និងតង់ស្យុងនៃរេស៊ីស្តរ V_R គឺ

(ក) V និង V_R មានផាសដូចគ្នា, V_C យឺតផាសជាង V ចំនួន 90°

(ខ) V_C និង V_R មានផាសខុសគ្នាចំនួនϕ, V_C យឺតផាសជាង V ចំនួន 90°

(គ) V_C យឺតផាសជាង V_R ចំនួន 90°, V យឺតផាសជាង V_R ចំនួនϕ

(ឃ) V_R យឺតផាសជាង V_C ចំនួនϕ, V_C លឿនផាសជាង V ចំនួន 90°

២. បើសៀគ្វី *RC* តជាស៊េរីមាន $V_R = 10.0\text{ V}$, និង$V_C = 6.63\text{ V}$ តង់ស្យុងនៃគោលជនិតាស្មើនឹង

(ក) 12.6 V

(ខ) 16.6 V

(គ) 3.37 V

(ឃ) 12.0 V

៣. សៀគ្វី RC តជាស៊េរីមាន$\omega = 2000\text{ rad/s}$ និង $R = 300\ \Omega$ ។ តង់ស្យុង V_C ត្រូវបានវាស់ឃើញស្មើនឹង 4.76 V និងតង់ស្យុង V_R ត្រូវបានវាស់ឃើញស្មើនឹង 4.78 V។ គណនាកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ។

៤. សៀគ្វី RC តជាស៊េរីមាន$R = 500\ \Omega$ និង $C = 3.00\ \mu\text{F}$ ។ តង់ស្យុងរបស់វាត្រូវបានវាស់ឃើញ$V_R = 8.07\text{V}$ និង$V_C = 6.68\text{V}$ ។ គណនាចរន្ត I និងប្រេកង់មុំ ω ។

៥. សៀគ្វី *RLC* តជាស៊េរីមានអាំងឌុចទ័រមួយដែលមានអាំងឌុចតង់ L និងរេស៊ីស្តង់ r កុងដង់សាទ័រកាប៉ាស៊ីតេ C រេស៊ីស្តង់ R និងជនិតាដែលមានតង់ស្យុង V ។ ចូរជ្រើសរើសត្រូវឬខុសចំពោះពំនោលខាងក្រោម។

(ក) V_R និងV_r មានផាសដូចគ្នា។

(ខ) V_L លឿនផាសជាង V_C ចំនួន 90° ។

(គ) V បង្កើតបានមុំផាស ϕ ធៀបនឹងV_R ។

(ឃ) $V_L - V_C$ មានផាសដូចគ្នាnនឹង V_R ។

(ង) V_C យឺតផាសជាង V_R ចំនួន 90° ។

៦. សៀគ្វី *RLC* តជាស៊េរីមានអាំងឌុចទ័រមួយដែលមានអាំងឌុចតង់ L និងរេស៊ីស្តង់ r កុងដង់សាទ័រកាប៉ាស៊ីតេ C រេស៊ីស្តង់ R និងជនិតាដែលមានតង់ស្យុង V ។ គេឱ្យ $V_L = 10.76\text{ V}$, $V_C = 5.68\text{ V}$, $V_R = 6.32\text{ V}$, និង $V_r = 3.75\text{ V}$ គណនាតង់ស្យុងនៃជនិតា។

៧. អាំងឌុចទ័រមួយមានអាំងឌុចតង់ $L = 150\ \mathrm{mH}$ និង$r = 200\ \Omega$ តជាស៊េរីនឹងកុងដង់សាទ័រមួយ រេស៊ីស្តរមួយនិងជនិតាមួយដែលមានប្រេកង់មុំ$\omega = 1000\ \mathrm{rad/s}$។ តង់ស្យុងឆ្លងកាត់អាំងឌុចទ័រត្រូវបានវាស់ឃើញគឺ $V_{ind} = 10.87\ \mathrm{V}, V_R = 4.65\ \mathrm{V}$ និង$V_C = 5.96\ \mathrm{V}$ ។ ដោយប្រើសមីការត្រឹមត្រូវកំណត់V_L, V_rនិងV។

៣០.៤.តម្រូវការសម្ភារៈ

- ជនិតាស៊ីនុយសូអ៊ីត(ប្រេកង់ប្រែប្រួល អំព្លីទុតកំពូល-កំពូល 5V)
- ប្រអប់រេស៊ីស្តង់
- អាំងឌុចទ័រដែលស្គាល់អាំងឌុចតង់ $L = 100\ \mathrm{mH}$ និង r (គប្បីប្រើពីពិសោធន៍មុនព្រោះស្គាល់តម្លៃហើយ)
- កុងដង់សាទ័រមាន $C = 1.00\ \mu\mathrm{F}$
- ដែកឈាន និងបន្ទាត់សម្រាប់គូរមុំ
- វ៉ុលម៉ែត្រចរន្តឆ្លាស់(មុលទីម៉ែត្រលេខ អាចវាស់ប្រេកង់ខ្ពស់បាន)

៣០.៥.ដំណើរការ

- ចំពោះសៀគ្វី *RC*

ក. ភ្ជាប់កុងដង់សាទ័រជាស៊េរីនឹងជនិតាស៊ីនុយសូអ៊ីត និងប្រអប់រេស៊ីស្តង់ដើម្បីបង្កើតជាសៀគ្វីបង្ហាញដូចរូបទី១.១។ ដាក់ជនិតាចេញ (Generator output) ទៅតង់ស្យុងអតិបរមា និងប្រើប្រេកង់ 250Hz ។ កត់ត្រាតម្លៃប្រេកង់នេះដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១។ ប្រើរេស៊ីស្តង់ 300 Ω (ពីប្រអប់រេស៊ីស្តង់) និងកត់ត្រាតម្លៃវាដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី១។

ខ. ប្រើវ៉ុលម៉ែត្រចរន្តឆ្លាស់ដើម្បីវាស់តង់ស្យុង និងកត់ត្រាតម្លៃដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យត្រង់តង់ស្យុងនៃជនិតា *V*, តង់ស្យុងនៃកុងដង់សាទ័រV_C, និងតង់ស្យុងនៃរេស៊ីស្តរ V_R។

គ.ធ្វើចំណុចក. និងខ. ឡើងវិញចំពោះករណី $R = 500\ \Omega, 700\ \Omega$ និង $900\ \Omega$ ។ តង់ស្យុងចេញនៃជនិតាអាចប្រែប្រួលតិចតួចតាមបម្រែបម្រួល*R*។ដូចនេះត្រូវវាស់តង់ស្យុងទាំងអស់ចំពោះតម្លៃនីមួយៗនៃ *R*។

ឃ.យកតម្លៃកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រពីលោកគ្រូរបស់អ្នកនិងសរសេរវាជាកុងដង់សាទ័រស្គាល់(C_k)។

- ចំពោះសៀគ្វី *RLC*

ក.បង្កើតសៀគ្វី *RLC*តជាស៊េរីដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី១២.២ ដោយប្រើកុងដង់សាទ័រ(C_k)មុនអាំងឌុចទ័រត្រូវស្គាល់តម្លៃ*L* និង *r* ប្រអប់រេស៊ីស្តង់ និងជនិតាស៊ីនុយសូអ៊ីត។ កត់ត្រាតម្លៃដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី២។

ខ. ដាក់ជនិតាចេញ(Generator output)ទៅតង់ស្យុងអតិបរមា និងប្រើប្រេកង់ 800Hz ។ ប្រើរេស៊ីស្តង់ 200 Ω (ពីប្រអប់រេស៊ីស្តង់) និងកត់ត្រាតម្លៃតម្លៃប្រេកង់និងរេស៊ីស្តង់ដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី២។

គ. ប្រើវ៉ុលម៉ែត្រចរន្តឆ្លាស់ដើម្បីវាស់តង់ស្យុងនៃជនិតា V, តង់ស្យុងនៃកុងដង់សាទ័រ V_C, តង់ស្យុងនៃរេស៊ីស្តរ V_R,និងតង់ស្យុងនៃអាំងឌុចទ័រ V_{ind}។ កត់ត្រាតម្លៃដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យទី២។

ឃ. ធ្វើចំណុចក. ខ.និងគ. ឡើងវិញចំពោះ $R = 200\,\Omega$ និង f= 600 Hz។

ង. ធ្វើចំណុចក. ខ.និងគ. ឡើងវិញពីរដងទៀត ម្តង $R = 300\,\Omega$ និង f= 600 Hz និងម្តងទៀត $R = 300\,\Omega$ និង f= 800 Hz ។

ការគណនា

❖ ចំពោះសៀគ្វី *RC*

ក. ពីតម្លៃប្រេកង់ f ដែលស្គាល់ គណនាប្រេកង់មុំ $\omega = 2\pi f$ ។ កត់ត្រាតម្លៃ ω ដាក់ក្នុងតារាងគណនាទី១។

ខ. គណនាទំហំ $\sqrt{V_C^2 + V_R^2}$ ចំពោះករណីនីមួយៗ និងកត់ត្រារបស់វាដាក់ក្នុងតារាងគណនាទី១។ គណនាកម្រិតល្អៀងភាគរយនៃតម្លៃនីមួយៗដោយប្រៀបធៀបនឹងតម្លៃវង្វាស់តង់ស្យុងនៃជនិតា និងកត់ត្រាវាដាក់ក្នុងតារាងគណនាទី១។

គ. គណនាតម្លៃ C ពីតម្លៃV_RនិងV_Cដែលបានវាស់ចំពោះតម្លៃ Rនីមួយៗ។ កត់ត្រាតម្លៃ C នីមួយៗក្នុងតារាងគណនាទី១។ គណនាតម្លៃមធ្យមនៃកាប៉ាស៊ីតេ($\overline{C}$) និងកម្រិតល្អៀងស្តង់ដា(α_C)ចំពោះតម្លៃបួននៃ C និងកត់ត្រាវាដាក់ក្នុងតារាងគណនាទី១។

ឃ. គណនាកម្រិតល្អៀងភាគរយនៃតម្លៃ ($\overline{C}$)ដោយប្រៀបធៀបទៅនឹងតម្លៃ(C_k)។

❖ ចំពោះសៀគ្វី *RLC*

ក. ពីតម្លៃ f ដែលស្គាល់ក្នុងករណីនីមួយៗ គណនាប្រេកង់មុំ $\omega = 2\pi f$។ កត់ត្រាតម្លៃ ω ដាក់ក្នុងតារាងគណនាទី២។

ខ. គណនាតម្លៃទាំងបួននៃ V_Lនិង V_r និងកត់ត្រាតម្លៃវាដាក់ក្នុងតារាងគណនាទី២។

គ.គណនាតម្លៃទាំងបួននៃ $V_L - V_C$និង $V_R + V_r$ និងកត់ត្រាតម្លៃវាដាក់ក្នុងតារាងគណនាទី២។

ឃ. គណនាតម្លៃនៃទំហំ $\sqrt{(V_L - V_C)^2 + (V_R + V_r)^2}$ នីមួយៗនៃករណីទាំងបួន និងកត់ត្រាតម្លៃវាដាក់ក្នុងតារាងគណនាទី២។

ង. គណនាកម្រិតល្អៀងភាគរយនៃទំហំ$\sqrt{(V_L - V_C)^2 + (V_R + V_r)^2}$ដោយប្រៀបធៀបទៅនឹងតម្លៃដែលបានវាស់របស់តង់ស្យុងនៃជនិតា V ។ កត់ត្រាតម្លៃនៃកម្រិតល្អៀងភាគរយដាក់ក្នុងតារាងគណនាទី២។

៣០.៦.លទ្ធផល

តារាងទិន្នន័យទី១(សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់ *RC*)

ប្រេកង់ f = 250 Hz			$C_k =$ 1.0 μF	
$R\,(\Omega)$	300	500	700	900
V_R (V)	1.83	2.64	3.15	3.47
V_C (V)	3.83	3.32	2.83	2.43

V (V)	4.24	4.24	4.24	4.24

តារាងគណនាទី១(សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់ *RC*)

$\omega = 2\pi f = \quad 500\,\pi \qquad \text{rad/s}$				
$V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$	4.245	4.242	4.235	4.236
% Error	0.12	0.047	0.12	0.094
C (μF) $=\left(\frac{1}{\omega R}\right)\left(\frac{V_R}{V_C}\right)$	1.01	1.01	1.01	1.01
$\bar{C}$= 1.01 μF	$\alpha_C =$ μF	% Error $\bar{C}$= 1.00%		

តារាងទិន្នន័យទី២(សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់ *RLC*)

r = 1.74 Ω	L = 0.100 H	$C = 1.00\,\mu\text{F}$		
f (Hz)	800	600	600	800
R (Ω)	200	200	300	300
V (V)	4.24	4.24	4.24	4.24
V_{ind} (V)	5.80	6.91	5.00	4.97
V_C (V)	2.23	4.73	3.42	1.92
V_R (V)	2.28	3.62	3.92	2.93

តារាងគណនាទី២(សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់ *RLC*)

ω(Rad/s)	1600π	1200π	1200π	1600π
$V_L(\text{V}) = V_{ind}\frac{\omega L}{\sqrt{(L\omega)^2 + r^2}}$	5.799	6.909	4.999	4.969
$V_r(\text{V}) = V_{ind}\frac{r}{\sqrt{(L\omega)^2 + r^2}}$	0.02	0.0318	0.023	0.017
$(V_L - V_C)(\text{V})$	3.569	2.179	1.579	3.049
$(V_R + V_r)(\text{V})$	2.3	3.6518	3.943	2.947
$\sqrt{(V_L - V_C)^2 + (V_R + V_r)^2}$(V)	4.245	4.252	4.247	4.24
% Error ធៀបទៅ *V*	0.14	0.29	0.17	0.0
$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{V_L - V_C}{V_R + V_r}\right)$ (ដឺក្រេ)	57.2	30.8	21.8	45.9
អាំប៉េដង់ផ្គួបនៃសៀគ្វី Z =$\sqrt{(R + r)^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$				

❖ ការគណនាគំរូ

១. $\omega = 2\pi f =$

២. $V = \sqrt{V_C^2 + V_R^2} =$

៣. $C = (1/\omega R)(V_R/V_C)$

៤. $V_L = (V_{ind})\left(\omega L/\sqrt{(\omega L)^2 + r^2}\right) =$

៥. $V_r = (V_{ind})\left(r/\sqrt{(\omega L)^2 + r^2}\right) =$

៦. $V = \sqrt{(V_L + V_C)^2 + (V_R + V_r)^2} =$

៣០.៧.សន្និដ្ឋាន

តាមលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ យើងឃើញថា **ក្នុងសៀគ្វី** *RC* ផាសរវាងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរ (V_R) និង តង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រ (V_C) ខុសគ្នាចំនួន…………..និង(V_R) ………………..ជាង(V_C)ចំនួន………..។

កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រមានតម្លៃ *C* = ……………… ដូចនេះមានន័យថាវាអាចត្រូវបានគណនា។

ចំណែកឯ**ក្នុងសៀគ្វី** *RLC* ផាសរវាងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរ (V_R) និងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់អាំងឌុចទ័រ (V_L) ខុសគ្នាចំនួន…………..និង(V_R) ………………..ជាង(V_L)ចំនួន………..។ ផាសរវាងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរ (V_R)និងតង់ស្យុងឆ្លងកាត់កុងដង់សាទ័រ (V_C) ខុសគ្នាចំនួន…………..និង (V_R) ………………..ជាង(V_C)ចំនួន………..។ ម្យ៉ាងវិញទៀតផាសរវាងតង់ស្យុងនៃគោលជនិតា(*V*) និងចរន្ត(I) ឆ្លងកាត់សៀគ្វីអាចត្រូវបានរកឃើញតាមទំនាក់ទំនង $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{V_L - V_C}{V_R + V_r}\right)$។ ដូចនេះមានទំនាក់ទំនងផាសរវាង(V_R), (V_L) និង(V_C) និង (*V*) និងចរន្ត(I) អាចត្រូវបានកំណត់ មានន័យថាសម្មតិកម្មត្រូវបានគាំទ្រដោយពិសោធន៍។

៣០.៨.ពិភាក្សា

ក. ក្នុងសៀគ្វី *RC* ខាងលើ ផាសរវាងតង់ស្យុងនៃជនិតា និងចរន្តរត់ក្នុងសៀគ្វីខុសគ្នាប៉ុន្មានដឺក្រេ និងមួយណាលឿនផាសជាង។ គណនាអាំប៉េដង់នៃកុងដង់សាទ័រ និងអាំប៉េដង់ផ្គួបរបស់សៀគ្វី។

ខ. ក្នុងសៀគ្វី *RLC* ខាងលើដែលអ្នកទើបបានធ្វើពិសោធរួច ចូរគណនាអាំប៉េដង់នៃកុងដង់សាទ័រ, អាំប៉េដង់នៃបូប៊ីន និងអាំប៉េដង់ផ្គួបរបស់សៀគ្វី។

មេរៀនទី៣១៖ ពិសោធន៍ចម្ងាយកំណុំរបស់ឡង់ទី

៣១.១.ទត្ថុបំណង

- សង់រូបភាពនៃវត្ថុដែលឱ្យដោយឡង់ទីបង្រួមដោយប្រើកាំពិសេស ។
- កំណត់ចម្ងាយកំណុំនៃឡង់ទីបង្រួមតាមរូបភាពពិតនៃវត្ថុដែលនៅឆ្ងាយ និងតាមវត្ថុ និងរូបភាពដែលមានចម្ងាយកំណត់ ។
- កំណត់ផលសងភាគរយនៃចម្ងាយកំណុំ(%Diff.) និងកម្រិតល្មៀងស្តង់ដារបស់វា(α_f)។

៣១.២.ទ្រឹស្តី

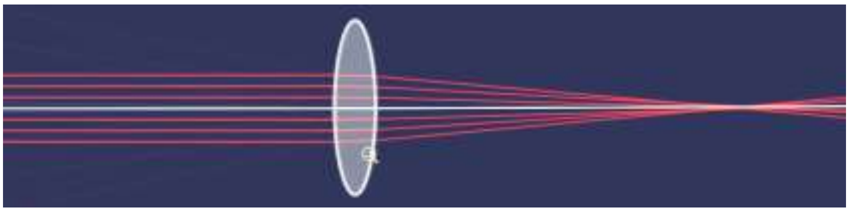
- ចំណុចកំណុំ និងចម្ងាយកំណុំឡង់ទីបង្រួម (f)

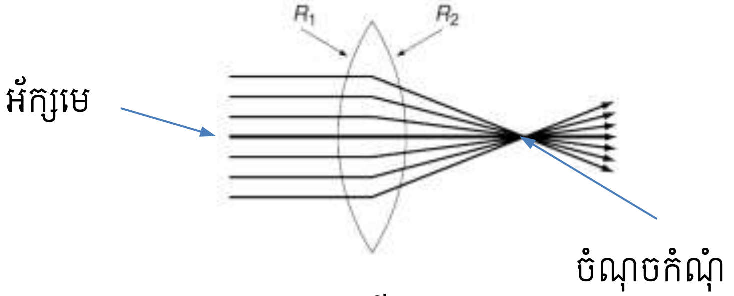
កាលណាបាច់ពន្លឺចាំងប៉ះលើឡង់ទីបង្រួមស្របនឹងអ័ក្សមេ ពេលចេញពីឡង់ទី បាច់ពន្លឺនេះត្រូវរួមគ្នាត្រង់ចំណុចមួយលើអ័ក្សមេ ចំណុចនេះហៅថាចំណុចកំណុំនៃឡង់ទី។ ចម្ងាយគិតពីចំណុចកណ្តាល នៃឡង់ទីទៅចំណុចកំណុំត្រូវបានគេហៅថាចម្ងាយកំណុំ តាងដោយ (f)។ ចំពោះឡង់ទីបង្រួម $f > 0$ (រូបទី១)។

- ចំណុចកំណុំ និងចម្ងាយកំណុំឡង់ទីពង្រីក (f)

កាលណាបាច់ពន្លឺចាំងប៉ះលើឡង់ទីពង្រីកស្របនឹងអ័ក្សមេ ពេលចេញពីឡង់ទីបាច់ពន្លឺនេះត្រូវបានពង្រីក និងបន្លាយនៃបាច់ពន្លឺនេះជួបគ្នាត្រង់ចំណុចមួយលើអ័ក្សមេ ចំណុចនេះហៅថាចំណុចកំណុំនៃឡង់ទី។ ចម្ងាយគិតពីចំណុចកណ្តាលនៃឡង់ទីទៅចំណុចកំណុំត្រូវបានគេហៅថាចម្ងាយកំណុំ តាងដោយ (f)។ ចំពោះឡង់ទីពង្រីក $f < 0$ (រូបទី២)។

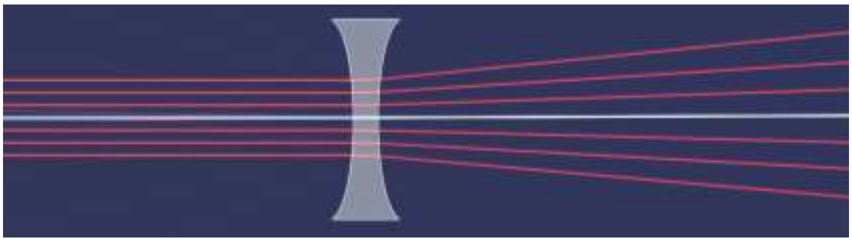
ឡង់ទីបង្រួម

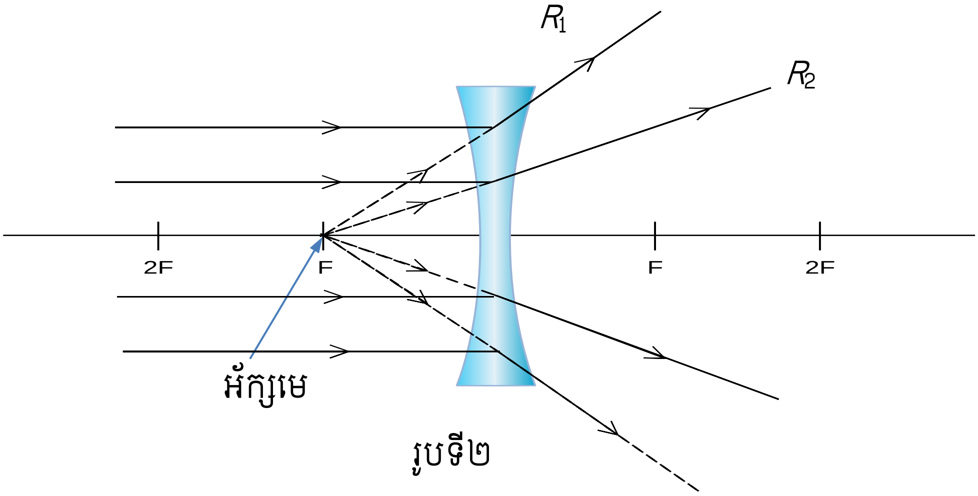




រូបទី១

ឡង់ទីពង្រីក





រូបទី២

ចំណុចកំណុំ

- រូបមន្តឡង់ទី

ទំនាក់ទំនងរវាង ចម្ងាយកំណុំ(f) សន្ទស្សន៍(n) និងកាំកំណោង(R)

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

n សន្ទស្សន៍របស់ឡង់ទី

f ចម្ងាយកំណុំ, $f > 0$ ចំពោះឡង់ទីបង្រួម និង $f < 0$ ចំពោះឡង់ទីពង្រីក

R_1 និង R_2 កាំកំណោងរបស់ឡង់ទីបង្រួម ($R_1 > 0$ និង $R_2 < 0$)

R_1 និង R_2 កាំកំណោងរបស់ឡង់ទីពង្រីក ($R_1 < 0$ និង $R_2 > 0$)

ទំនាក់ទំនងរវាង ចម្ងាយកំណុំ(f) ចម្ងាយវត្ថុ(d) និងចម្ងាយរូបភាព(d')

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$$

f ចម្ងាយកំណុំ, $f > 0$ ចំពោះឡង់ទីបង្រួម និង $f < 0$ ចំពោះឡង់ទីពង្រីក

d ចម្ងាយវត្ថុ, បើ $d > 0$ វត្ថុពិត និង $d < 0$ វត្ថុមិនពិត

d' ចម្ងាយរូបភាព, បើ $d' > 0$ រូបភាពពិត និង $d' < 0$ រូបភាពមិនពិត

កម្រិតពង្រីកទំហំរូបភាព(M)

$$M = \frac{A'B'}{AB} = -\frac{d'}{d}$$

បើ $M > 0$ រូបភាព និងវត្ថុមានទិសដៅដូចគ្នា

បើ $M < 0$ រូបភាព និងវត្ថុមានទិសដៅផ្ទុយគ្នា

➢ សំណង់រូបភាពរបស់វត្ថុឱ្យដោយឡង់ទី

ដើម្បីសង់រូបភាពនៃវត្ថុដែលឱ្យដោយឡង់ទីគេត្រូវប្រើកាំពិសេសពីរឬបីក្នុងបណ្តាកាំពិសេសបី៖

ក. កាំពិសេសទី១

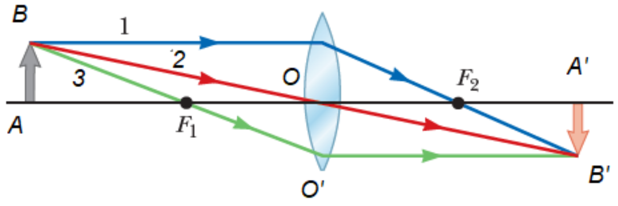
កាំចាំងប៉ះលើឡង់ទីស្របនឹងអ័ក្សមេ ពេលចេញពីឡង់ទីកាត់តាមចំណុចកំណុំ F_2 ដែលនៅពីក្រោយឡង់ទី។

ខ. កាំពិសេសទី២

កាំចាំងប៉ះលើឡង់ទីកាត់តាមកំពូល(O)នៃឡង់ទី ដាលត្រង់គ្មានវងលំងាក។

គ. កាំពិសេសទី៣

កាំចាំងប៉ះលើឡង់ទីកាត់តាមចំណុចកំណុំ F_1 ដែលនៅពីខាងមុខឡង់ទី ពេលចេញពីឡង់ទីស្របនឹងអ័ក្សមេ។



+ បើវត្ថុនៅឯអនន្ត យើងបាន $d = \infty$ នោះ $\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{d'}$ ដូចនេះ d'

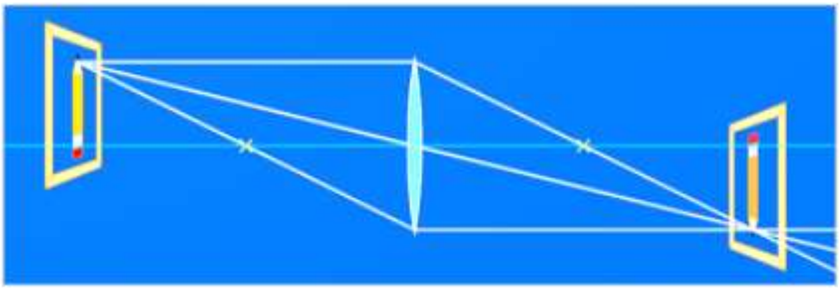
$= f$ មានន័យថាចម្ងាយរូបភាពស្មើនឹង

ចម្ងាយកំណុំ ដែលបញ្ជាក់ថារូបភាពស្ថិតត្រង់ចំណុចកំណុំ(រូបទី១ និងទី២ខាងលើ)។

+ បើវត្ថុស្ថិតនៅចម្ងាយ $d = 2f$ ពីមុខឡង់ទី នោះ $\frac{1}{f}$

$= \frac{1}{2f} + \frac{1}{d'}$ យើងបានរូបភាពដែលស្ថិតនៅខាងក្រោយ

ឡង់ទីក៏ស្ថិតនៅចម្ងាយ $d' = 2f$ ដែរ និងកម្ពស់រូបភាពស្មើនឹងកម្ពស់វត្ថុ(រូបទី៣)។



រូបទី៣

+ បើវត្ថុស្ថិតនៅចម្ងាយ $d = f$ ពីមុខឡង់ទី នោះ $\frac{1}{f} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d'}$ យើងបាន d'

$= \infty$ រូបភាពនៅអនន្ត(រូបទី៤)។

រូបទី៤

➢ ករណីឡង់ទីពីរដាក់ប៉ះគ្នា(បិទភ្ជាប់គ្នា) ឡង់ទីមួយមានចម្ងាយកំណុំ f_1 និងឡង់ទីមួយទៀតមានចម្ងាយកំណុំ f_2 នោះចម្ងាយកំណុំសមមូល f នៃឡង់ទីថ្មីដែលផ្សំពីឡង់ទីទាំងពីរបិទភ្ជាប់គ្នាឱ្យដោយៈ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

➢ ផលសងភាគរយ(%$Diff$)នៃចម្ងាយកំណុំ

$$\%Diff = \left|\frac{f_{theo} - f_{exp}}{\frac{f_{theo} + f_{exp}}{2}}\right| \times 100\%$$

➢ លំងាកស្តង់ដានៃចម្ងាយកំណុំ

$$\delta_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_i \left(f_i - \bar{f}\right)^2}$$

➢ កម្រិតល្មៀងស្តង់ដានៃចម្ងាយកំណុំ

$$\alpha_f = \frac{\delta_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

ក្នុងការធ្វើពិសោធន៍ខាងក្រោម យើងលើកយកតែឡង់ទីបង្រួមមួយប៉ុណ្ណោះមកសិក្សា។

៣១.៣.សំណួរមុនចូលទីពិសោធន៍

១. តើឡង់ទីជាអ្វី?

២. តើគេចែកឡង់ទីជាប៉ុន្មានប្រភេទ? អ្វីខ្លះ?

៣. តើឡង់ទីបង្រួមជាអ្វី? និងឡងទីពង្រីកជាអ្វី?

៤. ចូរពោលពីវិធីដើម្បីសង់រូបភាពឱ្យដោយឡង់ទីបង្រួម និងឡង់ទីពង្រីក ព្រមទាំងគូររូបបញ្ជាក់។

៥. ចូរសង់រូបភាពនៃវត្ថុមួយដែលស្ថិតនៅឯអនន្តឱ្យដោយឡង់ទីបង្រួម និងឡង់ទីពង្រីក។

៦. សរសេររូបមន្តឡង់ទីដែលបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងរវាងចម្ងាយកំណុំ សន្ទស្សន៍របស់ឡង់ទី និងកាំកំណោងរបស់វា។

៧. សរសេររូបមន្តឡង់ទីដែលបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងរវាងចម្ងាយកំណុំ ចម្ងាយវត្ថុ និងចម្ងាយរូបភាព។

៨. សរសេររូបមន្តឡង់ទីដែលបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងរវាងចម្ងាយកំណុំសមមូល ចម្ងាយកំណុំនៃឡង់ទីទី១ និងចម្ងាយកំណុំនៃឡង់ទីទី២ កាលណាគេបិទឡង់ទីពីរភ្ជាប់គ្នា។

៩. សង់រូបភាពនៃវត្ថុពិត *AB* ឈរត្រង់ដែល *A* ស្ថិតនៅលើអ័ក្សមេ និងស្ថិតពីមុខឡង់ទីបង្រួមមួយ បន្ទាប់មកស្រាយបញ្ជាក់ដើម្បីទាញរូបមន្តឡង់ទីដែលបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងរវាងចម្ងាយកំណុំ សន្ទស្សន៍របស់ឡង់ទី និងកាំកំណោងរបស់វា$\left(\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)\right)$។

១០. សង់រូបភាពនៃវត្ថុពិត *AB* ឈរត្រង់ដែល *A* ស្ថិតនៅលើអ័ក្សមេ និងស្ថិតពីមុខឡង់ទីបង្រួមមួយ បន្ទាប់មកស្រាយបញ្ជាក់ដើម្បីទាញរូបមន្តឡង់ទីដែលបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងរវាងចម្ងាយកំណុំ ចម្ងាយវត្ថុ និងចម្ងាយរូបភាព $\left(\frac{1}{f}=\frac{1}{d}+\frac{1}{d\prime}\right)$។

១១. ចូរបង្ហាញថា កាលណាគេបិទឡង់ទីពីរភ្ជាប់គ្នា នោះចម្ងាយកំណុំសមមូល(*f*) ឱ្យដោយរូបមន្ត៖ $\frac{1}{f}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$ ដែល f_1 ជាចម្ងាយកំណុំនៃឡង់ទីទី១ និង f_2ជាចម្ងាយកំណុំនៃឡង់ទីទី២។

១២. វត្ថុពិត *(AB*) មួយមានមានកម្ពស់ 15.0 cm ឈរត្រង់ដែល *A* ស្ថិតលើអ័ក្សមេនៅខាងមុខឡង់ទីចម្ងាយ 30.0 cm ។ ចម្ងាយកំណុំរបស់ឡង់ទីស្មើនឹង 10.0 cm (សិក្សាទាំងឡង់ទីបង្រួម និងឡង់ទីពង្រីក)។ កំណត់៖

ក. ទីតាំងរូបភាព

ខ. ប្រភេទរូបភាព

គ. កម្រិតពង្រីកទំហំរូបភាព

ឃ. កម្ពស់រូបភាព។

១៣. វត្ថុពិត *(AB*) មួយមានមានកម្ពស់ 15.0 cm ឈរត្រង់ដែល*A* ស្ថិតលើអ័ក្សមេនៅពីមុខឡង់ទីបង្រួមចម្ងាយ 2.58 m ។ ចម្ងាយកំណុំរបស់ឡង់ទីបង្រួម ស្មើនឹង 58.0 cm ។ កំណត់៖

ក. ទីតាំងរូបភាព

ខ. ប្រភេទរូបភាព

គ. កម្រិតពង្រីកទំហំរូបភាព

ឃ. កម្ពស់រូបភាព

ង. កម្រិតល្អៀងរបស់ទីតាំងរូបភាព បើទីតាំងរូបភាពត្រូវបានគេវាស់ឃើញស្មើនឹង 0.75 m ពីក្រោយឡង់ទីបង្រួម។

១៤. វត្ថុពិត *(AB*) មួយមានមានកម្ពស់ 20 cm ឈរត្រង់ដែល*A* ស្ថិតលើអ័ក្សមេនៅពីមុខឡង់ទីបង្រួម ចម្ងាយ 2.04 m ។ ចម្ងាយកំណុំរបស់ឡង់ទីបង្រួម ស្មើនឹង 100 cm ។ កំណត់៖

ក. ទីតាំងរូបភាព

ខ. ប្រភេទរូបភាព

គ. កម្រិតពង្រីកទំហំរូបភាព

ឃ. កម្ពស់រូបភាព

ង. %Diff.នៃចម្ងាយកំណុំ បើកំណុំរូបភាពត្រូវបានគេវាស់ឃើញស្មើនឹង 2.00 m ពីក្រោយឡង់ទីបង្រួម។

១៥. គេធ្វើពិសោធន៍ដើម្បីវាស់ចម្ងាយកំណុំឡង់ទីបង្រួមមួយ និងទទួលបានលទ្ធផលដូចក្នុងតារាងខាងក្រោម

ចម្ងាយវត្ថុ *d* (m)	ចម្ងាយរូបភាព *d'*(m)	ចម្ងាយកំណុំ f_{theo}(m)	$\bar{f}_{theo}$(m)	%Diff
0.50	0.73			
0.80	0.46			
1.1	0.40			
1.4	0.37			
$d = \infty$ (ឆ្ងាយ)	$d' = f_{exp}$ = 30 cm		$\alpha_f =$	

គណនា៖

ក. ចម្ងាយកំណុំរបស់ឡង់ទី ($\bar{f}_{theo}$)

ខ. ផលសងភាគរយនៃចម្ងាយកំណុំ

គ. កម្រិតល្អៀងស្តង់ដានៃចម្ងាយកំណុំ

៣១.៤.តម្រូវការសម្ភារឧបទេស

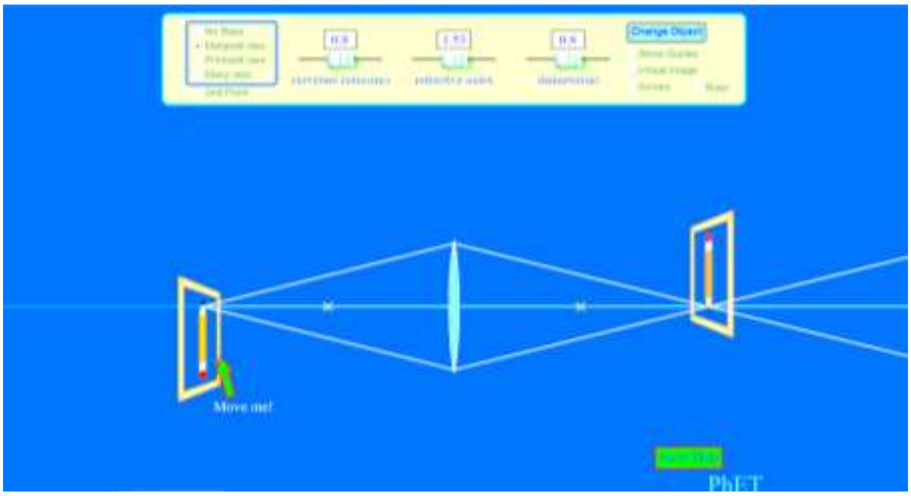
Software PHET Simulation ដែលដំឡើងរួចលើកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក។

៣១.៥.ដំណើរការ

(ក) ចុចពីរដងជាប់គ្នាលើ PHET Simulations លើអេក្រង់នៃកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក ពេលនោះវានឹងលេចចេញផ្ទាំងអក្សរធំមួយនៅខាងឆ្វេងដែលសរសេរថា Play with Simulations ។ ចុចលើ Play with Simulations វានឹងលេចចេញបញ្ជីឈ្មោះពិសោធន៍ដែលរៀបតាមអក្ខរក្រម(Alphabet) ពី A ទៅ Z ។ នៅជួរខាងឆ្វេងមានពាក្យថា Simulations និងខាងក្រោមវាមានពាក្យថា Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math, … ដែលបញ្ជាក់ថាអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានជាមួយ Physics, Chemistry, Biology, Earth Science, Math ។

(ខ) ចុចលើពាក្យថា Physics (រូបវិទ្យា) វានឹងបង្ហាញបញ្ជីពិសោធន៍យ៉ាងច្រើនដែលអ្នកអាចធ្វើពិសោធន៍បានក្រោមទម្រង់ជារូបភាព។ សូមចងចាំថា ពិសោធន៍របស់អ្នកគឺអុបទិចធរណីមាត្រ(ឡង់ទី)។ ដូចនេះត្រូវយក Geometric Optics ដែលមានរូបពិសោធន៍ឡង់ទី ។ ចុចលើពាក្យ Geometric Optics ពេលនោះវានឹងលេចចេញជា File VIDEO ។

(គ) ចុចលើ VIDEO នេះ វានឹងចេញរូបខាងក្រោម៖



❖ នៅផ្នែកខាងលើរូបពិសោធន៍ឡង់ទីមានប្រអប់ធំមួយពណ៌លឿងដែលក្នុងប្រអប់ធំនោះមានប្រអប់តូចៗជាច្រើនដូចជា៖

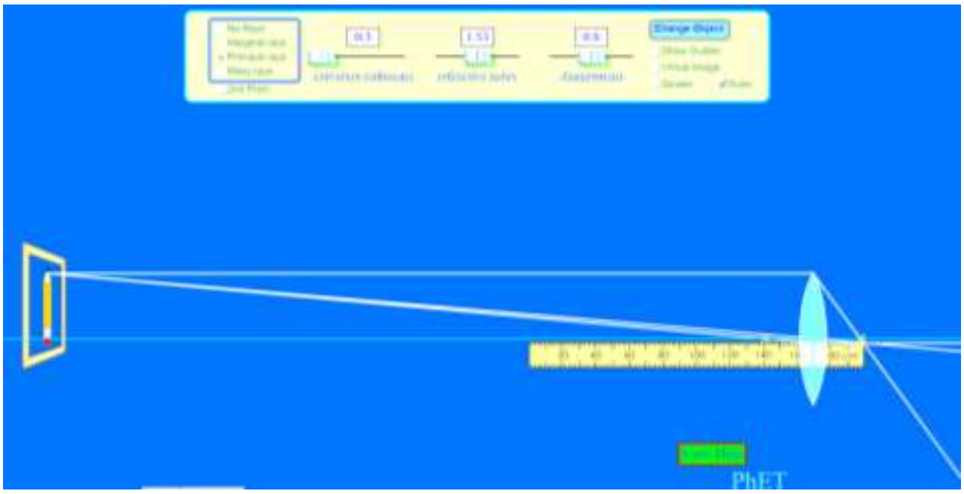
- No ray: គ្មានកាំពន្លឺចាំងប៉ះទេ
- Marginal rays: កាំពន្លឺចាំងប៉ះលើឡង់ទី(តែមិនមែនជាកាំពិសេស)
- Principal rays: កាំពន្លឺចាំងប៉ះមេដែលជាកាំពិសេស(**យើងត្រូវប្រើកាំពន្លឺនេះដើម្បីសង់រូបភាព**)
- Many rays: កាំពន្លឺចាំងប៉ះច្រើន
- 2nd Point: ចំណុចទីពីរ(ជាចំណុចវត្ថុដែរដែលមានកាំពន្លឺចេញពីវា)
- Curvature radius (m): កាំកំណោងគិតជា(m)
- Refractive index: សន្ទស្សន៍ចំណាំងបែរជាសន្ទស្សន៍របស់ឡងទី
- Diameter (m): អង្កត់ផ្ចិតឡង់ទីគិតជា(m)
- Change objects: ប្តូរវត្ថុអ្នកអាចប្តូរពីខ្មៅដៃទៅវត្ថុផ្សេងៗទៀតដូចជា ផ្កាយ មុខព្រះចន្ទ ព្រួញឈរ។
- Show guides បង្ហាញការណែនាំ
- Virtual image: រូបភាពមិនពិត
- Screen: អេក្រង់
- Ruler: បន្ទាត់។

❖ នៅផ្នែកខាងក្រោមរូបពិសោធន៍ឡង់ទីមាន៖

- Show help: បង្ហាញជំនួយ

(ឃ) ចុចលើប្រអប់ដែលមានពាក្យ Principal rays ដើម្បីប្រើកាំពិសេសសង់រូបភាពឱ្យដោយឡង់ទី។ ទាញគន្លឹះរបស់ Curvature radius (m) មកឆ្វេងបំផុតដើម្បីបានកាំ 0.3 m និងចុចលើប្រអប់ Ruler ដើម្បីយកបន្ទាត់ទុកសម្រាប់វាស់ប្រវែង(ចម្ងាយ)។

(ង) ចុចលើរូបឡង់ទីបង្រួមដើម្បីធ្វើបម្រែបម្រួលទីតាំងឡង់ទីដោយដាក់វានៅខាងស្ដាំ និងចុចទាញស៊ុមខ្មៅដៃ(វត្ថុ)ទៅផ្នែកខាងស្ដាំបង្ហាញដូចរូបខាងក្រោម។ នេះបង្ហាញថាវត្ថុនៅឯអនន្ត យើងបានរូបភាពផ្ដុំគ្នានៅត្រង់ចំណុចកំណុំ។



(ច) វាស់ចម្ងាយពីពាក់កណ្ដាលឡង់ទីទៅរូបភាពដែលកុំលើចំណុចកំណុំ។ ករណីនេះចម្ងាយរូបភាពស្មើនឹងចម្ងាយកំណុំ ($d'= f_{exp}$) ។ កត់ត្រាតម្លៃនេះដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យនិងគណនាខាងក្រោម។ តម្លៃនេះជាតម្លៃតាមពិសោធន៍ (f_{exp})

(ឆ) ចុចទាញឡង់ទី និងស៊ុមខ្មៅដៃម្ដងមួយៗ មកជិតផ្នែកកណ្ដាលនៃអេក្រង់កុំព្យូទ័រ រួចដាក់វត្ថុនៅចម្ងាយ 0.50 m, 0.80 m, 1.1 m, 1.4 m និង 1.7 m រៀងគ្នាពីឡង់ទីបង្រួម និង វាស់ចម្ងាយរូបភាពនីមួយដែលត្រូវគ្នានឹងចម្ងាយរបស់វា រួចកត់ត្រាតម្លៃទាំងនេះដាក់ក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងក្រោម។

៣១.៦.លទ្ធផលពិសោធន៍

តារាងទិន្នន័យ និងគណនា

ចម្ងាយវត្ថុ d (m)	ចម្ងាយរូបភាព d'(m)	ចម្ងាយកំណុំ f_{theo}(m)	$\bar{f}_{theo}$(m)	%Diff
0.50				
0.80				
1.1				
1.4				
$d = \infty$ (ឆ្ងាយ)	$d' = f_{exp} =$ 30 cm		$\alpha_f =$	

ការគណនាគម្រូ

$$f = \frac{dd'}{d+d'} =$$

$$\bar{f}_{theo} =$$

$$\%Diff = \left|\frac{f_{theo} - f_{exp}}{\frac{f_{theo} + f_{exp}}{2}}\right| \times 100\% =$$

$$\delta_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_i \left(f_i - \bar{f}\right)^2}$$

$$\alpha_f = \frac{\delta_{n-1}}{\sqrt{n}} =$$

៣១.៧.សន្និដ្ឋាន

ដោយផ្អែកលើលទ្ធផលណិសោធន៍ខាងលើ៖

- ដើម្បីសង់រូបភាពនៃវត្ថុដែលឱ្យដោយឡង់ទីបង្រួម គេប្រើកាំពិសេសចំនួន………………ក្នុងចំណោមកាំពិសេសទាំងបី ។
- គេអាចកំណត់ចម្ងាយកំណុំនៃឡង់ទីបង្រួមបានតាមរយៈ៖

  ក.ដាក់វត្ថុពិតឱ្យនៅឆ្ងាយអនន្ត ពេលនោះបាច់ពន្លឺដែលចេញពីវត្ថុជាបាច់ស្របៗគ្នាចាំងប៉ះលើឡង់ទីបង្រួម ពេលចេញពីឡង់ទី……………………………….។ ចម្ងាយរូបភាព…………និងចម្ងាយកំណុំ។

  ខ.ដោយវាស់ចម្ងាយវត្ថុ និងចម្ងាយរូបភាព យើងអាចគណនាចម្ងាយកំណុំតាមរូបមន្ត………………។

- ផលសងភាគរយនៃចម្ងាយកំណុំ(%Diff.)ឱ្យតាមរូបមន្ត…………………….=………………%
  និងកម្រិតល្អៀងស្តង់ដា(α_f)…………………………….=………………… ។

ដូចនេះវត្ថុបំណងត្រូវសម្រេចដោយជោគជ័យ។

៣១.៨.ពិភាក្សា

១.តើអ្វីដែលជាការលំបាកដែលអ្នកជួបប្រទះក្នុងពិសោធន៍នេះ?

២.ដើម្បីដោះស្រាយការលំបាកដែលបានលើកឡើងខាងលើ តើអ្នកមានគំនិតច្នៃប្រឌិតដូចម្តេច?

គន្ថនិទ្ទេស

1. Ahmad, A. (2010). The effect of using a e-lab on the physics concepts achievement, acquisition of higher-order thinking skills and motivation toward science learning among students of the third preparatory class, Scientific Journal of Education, 13(6), 1-46, Egypt.
2. Al-Anzi, H. (2003). The impact of using online science educational unit on the achievement of second preparatory class students, unpublished MA thesis, King Saud University, Saudi Arabia.
3. Al-Balushi, K. (2009). The effectiveness of chemistry e-lab on the development of practical skills and achievement of students at the post basic education in the Sultanate of Oman and their attitudes toward it, unpublished MA thesis, Institute of Arab Research and Studies, Egypt.
4. Al-Bayati, M. (2006). Practical and Applied Dimensions of e-Learning, International Network of Open and Distance Learning, Amman, Jordan.
5. Al-Khalaf, T. (2005). The effect of using the dry and wet laboratory in teaching chemistry on the achievement of the basic ninth class students and the performance of their learning processes skills, unpublished MA thesis, Yarmouk University, Jordan.
6. Al-Mutairi, S. (1998). The impact of using science computer software on the achievement of sixth grade students, unpublished MA thesis, King Saud University, Saudi Arabia.
7. Al-Qarni, M. (2006). The impact of using computer simulation in teaching science on scientific concepts achievement among students of Bisha governorate second preparatory class, unpublished MA thesis, King Khalid University, Saudi Arabia.
8. Al-Shahri, A. (2009). The effect of using virtual labs on laboratory experiments skills acquisition in biology course for Jeddah third secondary class students, unpublished PhD, Um Al-Qura University, KSA.
9. Al-Shaiey, F. (2006). Status of using computerized science labs at secondary stage and teachers/students′ attitudes towards them, Journal of Educational Sciences and Islamic Studies, 19 (1), p. 448-460.