មុខវិជ្ជាៈ
អគ្គិសនីទូទៅ

កញ្ចប់សមត្ថភាពទី ១
ចំណេះដឹងឯកទេសកម្រិតបរិញ្ញាបត្រ

ពណ៌នាអំពីមុខវិជ្ជាៈ

អគ្គិសនីទូទៅគឺជាមុខវិជ្ជាគ្រឹះមួយដែល ពណ៌នាពីទ្រឹស្តី និង ការអនុវត្តន៍ ទាក់ទងនឹងអគ្គិសនី ដែលបែងចែកជាពីរផ្នែកសំខាន់ៗគឺៈ

១.អេឡិចត្រូស្តាទិច ដែលសិក្សា និង ពណ៌នា អំពី បន្ទុកអគ្គិសនី ច្បាប់គូឡុំ ច្បាប់ហ្គោស សិក្សាពីទំនាក់ទំនង នៃប៉ូតង់ស្យែល នឹង ដែនអគ្គិសនី ពិសេសគឺ កម្មន្តថាមពលដែលអាចបង្កើតដោយបន្ទុកអគ្គិសនី។

២.ចំពោះផ្នែកទីពីរគឺ អេឡិចត្រូស៊ីនេទិច ដែលសិក្សាផ្តោតសំខាន់ទៅចរន្ត ដង់ស៊ីតេអគ្គិសនី ចរឹកលក្ខណៈ នៃធាតុនានាក្នុងសៀគ្វីអគ្គិសនី និង ការប្រើប្រាស់ ជាពិសេសផ្តោតលើការបង្កើតចរន្ត ទាំងប្រភព ចរន្តជាប់ និងចរន្តឆ្លាស់។

លទ្ធផលសិក្សារំពឹងទុក៖

- **ក្រោយពីបញ្ចប់ការសិក្សាមុខវិជ្ជានេះដោយជោគជ័យអ្នកសិក្សានឹង៖**

លទ្ធផលសិក្សារំពឹងទុកទី១៖ ពន្យល់ទ្រឹស្តី និង និយមន័យទាំងឡាយក្នុងមេរៀនបានយ៉ាងត្រឹមត្រូវ។

លទ្ធផលសិក្សារំពឹងទុកទី២៖ អនុវត្តន៍ខ្លឹមសារមេរៀនដោយធ្វើការ ដោះស្រាយលំហាត់ នានាក្នុងមេរៀនីមួយៗបានយ៉ាងត្រឹមត្រូវ។

លទ្ធផលសិក្សារំពឹងទុកទី៣៖ ប្រើប្រាស់ simulators ក្នុងការសិក្សាខ្លឹមសារមេរៀនបានយ៉ាងត្រឹមត្រូវ ។

លទ្ធផលសិក្សារំពឹងទុកទី៤៖ ប្រើប្រាស់ចំនេះដឹងទាក់ទងនឹងមេរៀនទៅក្នុងជីវភាពប្រចាំថ្ងៃដោយបម្រុងប្រយត្ន័និងប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់។

របាយតម្លៃសិក្សា

- ដើម្បីបំពេញគ្រប់លក្ខខណ្ឌបញ្ចប់ការសិក្សាមុខវិជ្ជានេះ អ្នកសិក្សាត្រូវ

១. វត្តមានចូលសិក្សា ១០%

២. ការចូលរួមសកម្មភាពសិក្សា ២០%

៣. ការវាយតម្លៃកំឡុងពេលសិក្សា ៣០%

៤. ការប្រឡងបញ្ចប់មុខវិជ្ជាសិក្សា ៤០%

អារម្ភកថា

វិស័យអប់រំ ត្រូវបានរាជរដ្ឋាភិបាលកម្ពុជាចាត់ទុកថាជាវិស័យអាទិភាព និងត្រូវបានធ្វើកំណែទម្រង់ជាប្រចាំ ឆ្ពោះទៅលើកកម្ពស់គុណភាពនៃការសិក្សានៅគ្រប់កម្រិត។ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡាបាននិងកំពុងពិនិត្យឡើងវិញកម្មវិធីបណ្តុះបណ្តាលគ្រូបង្រៀន និងជំរុញកំណែទម្រង់សាលារៀននៅគ្រប់កម្រិត ដើម្បីធានាថាសាលារៀនមានដំណើរការប្រកបដោយប្រសិទ្ធភាពសម្រាប់ការសិក្សារៀនសូត្ររបស់សិស្ស និងផ្តល់ដល់សិស្សនូវវិជ្ជាសម្បទា បំណិនសម្បទា ចរិយាសម្បទា កាយសម្បទា ឆ្លើយតបបានទៅតាមតម្រូវការទីផ្សារការងារ និងចូលរួមចំណែកពេញលេញក្នុងការអភិវឌ្ឍសហគមន៍ និងប្រទេសជាតិ ឈានឆ្ពោះទៅសម្រេចបានចក្ខុវិស័យកម្ពុជាឆ្នាំ២០៣០ និងឆ្នាំ២០៥០ ។

ជាផ្នែកមួយនៃកំណែទម្រង់ការបណ្តុះបណ្តាលគ្រូបង្រៀន ឆ្ពោះទៅលើកកម្ពស់គុណវុឌ្ឍិគ្រូបង្រៀន តាមរយៈគម្រោងកែលម្អការអប់រំចំណេះទូទៅ ក្រសួងបានរៀបចំ "ក្របខណ្ឌកម្មវិធីសិក្សាសម្រាប់ការបណ្តុះបណ្តាលបរិញ្ញាបត្រអប់រំ វិជ្ជាជីវៈគ្រូបង្រៀន ឯកទេសទាំង ៦ (អក្សរសាស្ត្រខ្មែរ, គណិតវិទ្យា, គីមីវិទ្យា, ជីវវិទ្យា, រូបវិទ្យា, ប្រវត្តិវិទ្យា) ដើម្បីប្រើប្រាស់ក្នុងកម្មវិធីវិក្រឹតការគ្រូបង្រៀន និងគណៈគ្រប់គ្រងសាលារៀននៅតាមសាលារៀនចំណេះទូទៅ។ ក្របខណ្ឌកម្មវិធីសិក្សានេះជាឯកសាររស់ ដែលនឹងអាចមានការកែសម្រួលទៅតាមស្ថានភាពជាក់ស្តែង ជាពិសេសនៅដំណាក់កាលអន្តរកាលនៃការអនុវត្តយុទ្ធសាស្ត្រសហគមន៍សាលារៀន។

ក្រសួងមានជំនឿយ៉ាងមុតមាំ លើប្រសិទ្ធភាពនៃការអនុវត្តក្របខណ្ឌកម្មវិធីបណ្តុះបណ្តាលនេះ ដែលនឹងនាំគ្រូបង្រៀន និងគណៈគ្រប់គ្រងសាលារៀននៅគ្រប់ភូមិសិក្សា សម្រេចបានគោលដៅអប់រំ ដែលនឹងចូលរួមចំណែកក្នុងការសម្រេចបានចក្ខុវិស័យរបស់រាជរដ្ឋាភិបាលកម្ពុជា។

ខ្ញុំសូមថ្លែងអំណរគុណ និងសូមកោតសរសើរដ៏ស្មោះចំពោះ ឯកឧត្តមបណ្ឌិតសភាចារ្យនាយកគម្រោង និងក្រុមការងារគម្រោងកែលម្អការអប់រំចំណេះទូទៅ ជាពិសេសក្រុមការងារនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញដែលបានខិតខំផលិតឯកសារក្របខណ្ឌកម្មវិធីសិក្សានេះឡើង សម្រាប់ប្រើប្រាស់ក្នុងការបណ្តុះបណ្តាលក្នុងគម្រោងកែលម្អការអប់រំចំណេះទូទៅ។

ថ្ងៃ ច័ន្ទ ៦ កើត ខែទុតិយាសាឍ ឆ្នាំថោះ បញ្ចស័ក ព.ស ២៥៦៧

រាជធានីភ្នំពេញ ថ្ងៃទី ០៧ ខែសីហា ឆ្នាំ ២០២៣

រដ្ឋមន្ត្រីក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា

បណ្ឌិតសភាចារ្យ ហង់ជួន ណារ៉ុន

គណៈកម្មការ

១. គណៈកម្មការគ្រប់គ្រង

១. ឯកឧត្តមបណ្ឌិតសភាចារ្យ **ហង់ជួន ណារ៉ុន** រដ្ឋមន្ត្រីក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា
២. ឯកឧត្តមបណ្ឌិតសភាចារ្យ **ណាត ប៊ុនរឿន** រដ្ឋលេខាធិការក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា
៣. ឯកឧត្តមបណ្ឌិត **ជេត ជាលី** សាកលវិទ្យាធិការសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
៤. លោកបណ្ឌិត **ឈុន ហុក** សាកលវិទ្យាធិការរង សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
៥. លោក **ប៉ាល់ ដែល** សាកលវិទ្យាធិការរង សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
៦. លោកបណ្ឌិត **សំអោ អឌ្ឍារតន៍** អគ្គនាយករង អគ្គនាយកដ្ឋានគោលនយោបាយ និងផែនការ
៧. លោក **ព្រីង មរកត** ប្រធាននាយកដ្ឋានមធ្យមសិក្សា

២. គណៈកម្មការនិពន្ធ រៀបរៀង និងចងក្រង

១. លោកបណ្ឌិត **សុខ សុត្រ** ព្រឹទ្ធបុរសមហាវិទ្យាល័យអប់រំនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
២. លោក **មាក ភាមេរ៉ាន** ព្រឹទ្ធបុរសមហាវិទ្យាល័យវិទ្យាសាស្ត្រនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
៣. លោកបណ្ឌិត **ជ័យ ចាន់រឿន** ព្រឹទ្ធបុរសរងមហាវិទ្យាល័យវិទ្យាសាស្ត្រនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
៤. លោកបណ្ឌិត **ម៉ម សុជាតិ** ព្រឹទ្ធបុរសរងមហាវិទ្យាល័យអប់រំនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
៥. លោក **សុត វិសាល** ប្រធានដេប៉ាតឺម៉ង់សិក្សាអប់រំនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
៦. លោកបណ្ឌិត **ឃុន គឹមលាង** ប្រធានដេប៉ាតឺម៉ង់រូបវិទ្យានៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
៧. លោកស្រីបណ្ឌិត **ស៊ូ កល្យាណ** អនុប្រធានដេប៉ាតឺម៉ង់រូបវិទ្យានៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
៨. លោក **ហង់ ស៊ីម** សាស្ត្រាចារ្យដេប៉ាតឺម៉ង់រូបវិទ្យានៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
៩. លោក **ដួង ប៉េងអាន** អ្នកសម្របសម្រួលកម្មវិធីមធ្យមសិក្សា មហាវិទ្យាល័យអប់រំ
១០. កញ្ញា **ហុង ខ្សៃហៀក** បុគ្គលិកមហាវិទ្យាល័យអប់រំនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
១១. លោក **សើ ពន្លក** បុគ្គលិកមហាវិទ្យាល័យអប់រំនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ

៣. គណៈកម្មការត្រួតពិនិត្យ និងកែលម្អ

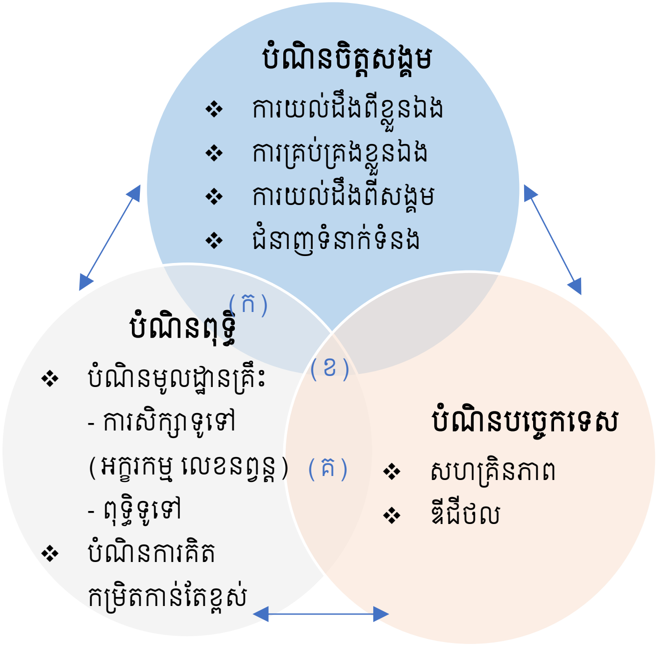
១. លោកបណ្ឌិត **សំអោ អឌ្ឍារតន៍** អគ្គនាយករង អគ្គនាយកដ្ឋានគោលនយោបាយ និងផែនការ
២. លោក **ព្រីង មរកត** ប្រធាននាយកដ្ឋានមធ្យមសិក្សា
៣. លោក **ង៉ោ ប៉េងឡុង** ប្រធាននាយកដ្ឋានបណ្តុះបណ្តាល និងវិក្រឹត្យការ
៤. ឯកឧត្តមបណ្ឌិត **សិត សេង** នាយកវិទ្យាស្ថានគរុកោសល្យរាជធានីភ្នំពេញ
៥. លោកបណ្ឌិត **ឈូក ច័ន្ទឆាយា** អនុប្រធាននាយកដ្ឋានបណ្តុះបណ្តាល និងវិក្រឹត្យការ
៦. លោក **កែវ សារ៉ាត់** ទីប្រឹក្សាបច្ចេកទេសគម្រោងកែលម្អការអប់រំចំណេះទូទៅ

៤. ការីកុំព្យូទ័រ

១. លោក **ម៉ៅ ម៉ារ៉ាឌី** បុគ្គលិកមហាវិទ្យាល័យអប់រំនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
២. លោក **ឌុន សំណាង** បុគ្គលិកមហាវិទ្យាល័យអប់រំនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ

លទ្ធផលសិក្សារំពឹងទុក

ការសិក្សាក្នុងកម្មវិធីនេះគឺផ្តោតលើប្រតិបត្តិជាក់ស្តែងរបស់អ្នកសិក្សាដែលអនុវត្តផ្ទាល់នៅសាលារៀន។ ទាំងអ្នកសិក្សា និងសិស្ស (ដែលអ្នកសិក្សានឹងធ្វើការជាមួយផ្ទាល់) ចាំបាច់មាន (១) បំណិនចិត្តសង្គម (២) បំណិនពុទ្ធិ និង (៣) បំណិនបច្ចេកទេស ជាមូលដ្ឋាន (ដូចក្នុងរូបទី១)។ កញ្ចប់សមត្ថភាពទាំងបីខាងដើមនឹងជួយឱ្យអ្នកសិក្សា អភិវឌ្ឍបំណិនចិត្តសង្គម បំណិនពុទ្ធិ និងពង្រឹងសមត្ថភាពផ្នែក (ក)ការសម្រេចចិត្ត ទំនាក់-ទំនង សេចក្តីអំណត់ ទឹកចិត្តអាណិតអាសូរ និងការគ្រប់គ្រងខ្លួនឯង ថែមទាំងអាចអនុវត្តការបង្រៀនមុខវិជ្ជា ឯកទេសរូបវិទ្យាប្រកបដោយវិជ្ជាជីវៈ និងនវានុវត្តន៍ដោយប្រើប្រាស់ឧត្តមានុវត្តន៍ផ្សេងៗ (ខ) ការដោះស្រាយបញ្ហា និង ការរៀបចំនិងការចាត់ចែង (គ) បច្ចេកទេសកម្រិតមធ្យម និងកម្រិតខ្ពស់។



រូបភាពទី១
ប្រភព៖ WDR2018 (p.103)

ដោយឡែក សម្រាប់អ្នកសិក្សាកម្មវិធីនេះផ្ទាល់ នឹងទទួលបាន៖

(១) ចំណេះដឹងឯកទេសរូបវិទ្យាកម្រិតបរិញ្ញាបត្រ

- ❖ អគ្គិសនីទូទៅ
- ❖ មេកានិច
- ❖ ទែម៉ូឌីណាមិច
- ❖ រលក និងអុបទិច
- ❖ ពិសោធន៍រូបវិទ្យា
- ❖ ចិត្តសង្គម ភាពជាអ្នកដឹកនាំ និងគ្រប់គ្រង
- ❖ សន្និកកិច្ចការស្វ័យសិក្សានៅមធ្យមសិក្សា
- ❖ ការសរសេរ និងការពារឯកសារជំនួយស្មារតីមុខវិជ្ជាឯកទេសរូបវិទ្យា

(២) ចំណេះដឹងវិធីគរុកោសល្យ សាស្រ្តបង្រៀន និងការអប់រំរូបវិទ្យាកម្រិតមធ្យមសិក្សា

- ❖ វិធីសាស្ត្របង្រៀន
- ❖ វិធីសាស្ត្រវាយតម្លៃ
- ❖ ការស្រាវជ្រាវប្រតិបត្តិ
- ❖ ប្រឹក្សាគរុកោសល្យ
- ❖ បំណិនឌីជីថលសម្រាប់ការអប់រំ

(៣) ហ្វឹកហាត់កម្មសិក្សាគរុកោសល្យ និងការអនុវត្តជាក់ស្តែង

- ❖ អនុវត្តស្តង់ដា នៃយុទ្ធសាស្ត្រសហគមន៍សាលារៀន
- ❖ ការអនុវត្តកម្មវិធីស្វ័យសិក្សារូបវិទ្យា ពីទី៥ាក់៧-ទី១២
- ❖ របាយការណ៍នៃការអនុវត្តស្តង់ដា នៃយុទ្ធសាស្ត្រសហគមន៍សាលារៀន

លទ្ធផលសិក្សារំពឹងទុកសម្រាប់បរិញ្ញាបត្រអប់រំវិជ្ជាជីវៈគ្រូបង្រៀននេះ ត្រូវបានកំណត់ដូចខាងក្រោម៖

វិជ្ជាសម្បទា

PLO1- ពន្យល់អំពីទ្រឹស្តី និងគោលការណ៍នៃការអប់រំក្នុងបរិបទសកលលោក និងបរិបទ ប្រទេសដើម្បីឆ្លុះបញ្ចាំងទៅនឹងការអនុវត្តជាក់ស្តែងនៃការបង្រៀន។

PLO2- បកស្រាយអំពីដំណើរការអនុវត្តកិច្ចការសម្រាប់ការបង្វឹកលើការរៀបចំកម្មវិធីសិក្សា និងការបង្រៀនរូបវិទ្យាប្រកបដោយប្រសិទ្ធភាព។

បំណិនសម្បទា

PLO3- អនុវត្តបំណិនចិត្តសង្គម និងបច្ចេកវិទ្យាឌីជីថលសម្រាប់បង្កើនការប្រាស្រ័យទាក់ទងគ្នាក្នុងការងារ និងជីវភាពប្រកបដោយវិជ្ជាជីវៈ និងដោះស្រាយបញ្ហាប្រកបដោយភាពច្នៃ ប្រឌិត និងការទទួលខុសត្រូវ។

PLO4- បង្កើតគន្លឹះ និងទម្រង់សម្រាប់ដឹកនាំ និងគ្រប់គ្រងការបង្រៀនដោយផ្តោតលើផលសម្រេចនៃការសិក្សារបស់សិស្សឆ្ពោះទៅរកស្តង់ដាសាលារៀនមានប្រសិទ្ធភាព និងនិរន្តភាពសាលារៀនតាមរយៈការសិក្សា ការអនុវត្តជាក់ស្តែង និងការស្រាវជ្រាវ។

PLO5- អនុវត្តការងារអភិវឌ្ឍកម្មវិធីសិក្សា ការរៀននិងការបង្រៀនរូបវិទ្យា និងការសិក្សាបែបគម្រោងភ្ជាប់នឹងបំណិនរកចំណូលសម្រាប់សាលារៀនប្រកបដោយក្រមសីលធម៌វិជ្ជាជីវៈ។

ចរិយាសម្បទា

PLO6- អភិវឌ្ឍឥរិយាបថវិជ្ជមាន និងវប្បធម៌រៀនពេញមួយជីវិតសម្រាប់បំពេញការងារ និងទាក់ទងជាមួយអ្នកដទៃប្រកបដោយគុណតម្លៃ មនុស្សធម៌ សាមគ្គីភាព និងការចែករំលែកគ្នា។

PLO7- បង្កើត/បង្ហាញការដឹកនាំបណ្តាញសម្រាប់កសាងភ្នាក់ងារពង្រីកឧត្តមានុវត្តន៍សម្រាប់ការរៀន និងការបង្រៀន។

សម្គាល់៖ Program Learning Outcome (PLO) លទ្ធផលសិក្សាកម្មវិធីអប់រំ

កញ្ចប់សមត្ថភាព និង រចនាសម្ព័ន្ធកម្មវិធីសិក្សា

កម្មវិធីបរិញ្ញាបត្រអប់រំវិជ្ជាជីវៈគ្រូបង្រៀននេះ តម្រូវឱ្យអ្នកសិក្សាសិក្សាចំនួន ៦៣ ក្រេឌីតដែលមានរយៈពេលចន្លោះពី ១២ ទៅ ១៨ខែ។ ការសិក្សានិងធ្វើឡើងតាមរយៈការរៀនពីចម្ងាយ (ភាគច្រើនចន្លោះពី ៦០% ទៅ ៧០%) និងសិក្សាផ្ទាល់នៅសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញនិង សាលាហាត់ការ (ភាគតិចចន្លោះពី ៤០% ទៅ ៣០%)។ ការសិក្សាផ្តោតលើបណ្តុំមុខវិជ្ជា (១)ចំណេះដឹងឯកទេសកម្រិតបរិញ្ញាបត្រ (៣៦ ក្រេឌីត) (២)ចំណេះដឹងគរុកោសល្យ វិធីសាស្ត្របង្រៀន និងការអប់រំមធ្យមសិក្សា (១២ (+៣) ក្រេឌីត) (៣) ហ្វឹកហាត់កម្មសិក្សាគរុកោសល្យ និងការអនុវត្តជាក់ស្តែង(១២ ក្រេឌីត)។ បន្ថែមពីលើនេះទៀតអ្នកសិក្សាត្រូវអនុវត្តខ្លឹមសារមេរៀនដែលបានសិក្សាក្នុងកម្មវិធីនៅសាលាសាមីផ្ទាល់តែម្តងដោយមានការណែនាំពីគ្រូបង្វឹក ប្រឹក្សាគរុកោសល្យ គ្រូបង្រៀននៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ និងមន្ត្រីអប់រំមកពីនាយកដ្ឋានជំនាញផ្សេងៗរបស់ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡាដែលមានបទពិសោធន៍អនុវត្តជាក់ស្តែងកន្លងមក ។

បណ្តុំមុខវិជ្ជា	ចំនួនក្រេឌីត
(១)ចំណេះដឹងឯកទេសកម្រិតបរិញ្ញាបត្រ (៦០%)	៣៦
(២)ចំណេះដឹងគរុកោសល្យ វិធីសាស្ត្របង្រៀន និងការអប់រំមធ្យមសិក្សា (២០%)	១២ (+៣)
(៣)ហ្វឹកហាត់កម្មសិក្សាគរុកោសល្យ និងការអនុវត្តជាក់ស្តែង (២០%)	១២
សរុប	៦០ (+៣)

សម្គាល់៖ *សម្រាប់កញ្ចប់សមត្ថភាពចំណេះដឹងគរុកោសល្យ វិធីសាស្ត្របង្រៀន និងការអប់រំមធ្យមសិក្សាបានបន្ថែមមុខវិជ្ជាបំណិនឌីជីថលសម្រាប់ការអប់រំចំនួន ៣ក្រេឌីត*

លក្ខណៈទូទៅនៃមុខវិជ្ជាសិក្សា

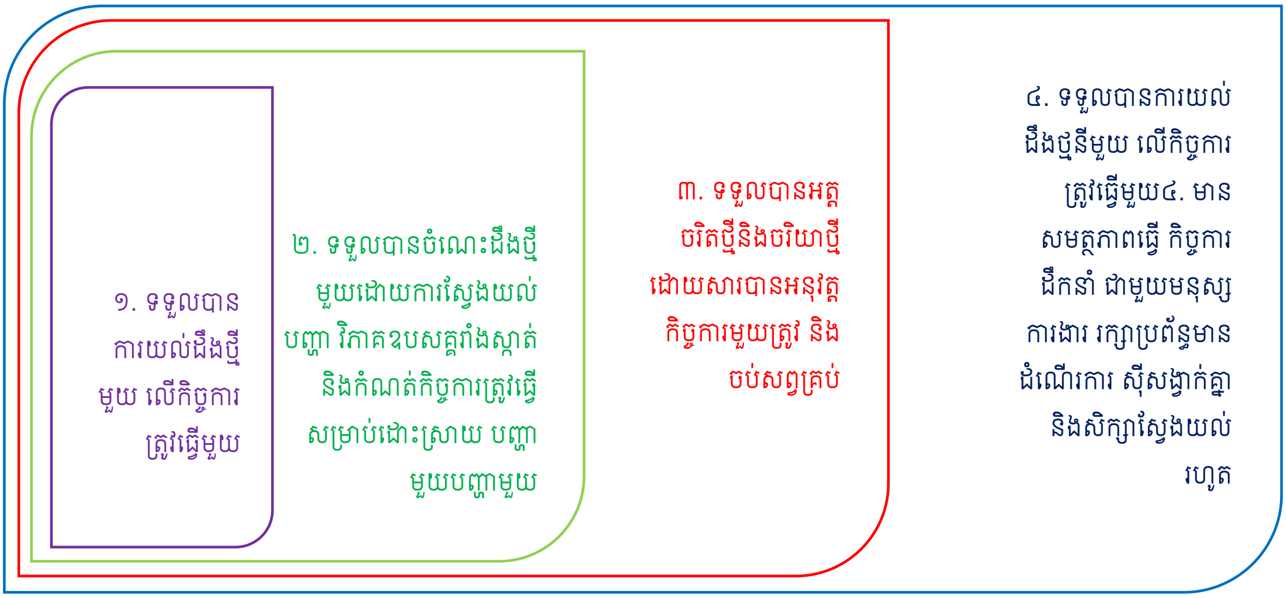
មុខវិជ្ជាសិក្សាសម្រាប់កម្រិតបរិញ្ញាបត្រអប់រំនេះនឹងជួយឱ្យអ្នកសិក្សាបំពេញកញ្ចប់សមត្ថភាពដូចខាងក្រោម ដើម្បីឆ្លើយតបនឹងលទ្ធផលសិក្សាកម្មវិធីអប់រំហើយឱ្យអ្នកសិក្សាមានសមត្ថភាពសម្រាប់បំពេញការងារប្រកបដោយវិជ្ជាជីវៈ។

បណ្តុំមុខវិជ្ជា	មុខវិជ្ជាសិក្សា	ក្រេឌីត
(១)ចំណេះដឹងឯកទេសកម្រិតបរិញ្ញាបត្រ (៦០%)	អគ្គិសនីទូទៅ	៣
	មេកានិច	៣
	ទែម៉ូឌីណាមិច	៣
	រលក និងអុបទិច	៣
	ពិសោធន៍រូបវិទ្យា	៣
	ការអនុវត្តសន្លឹកកិច្ចការរូបវិទ្យាសម្រាប់សិស្សស្វ័យសិក្សាកម្រិត១ (ចងចាំ)	៣
	ការអនុវត្តសន្លឹកកិច្ចការរូបវិទ្យាសម្រាប់សិស្សស្វ័យសិក្សាកម្រិត២ (យល់ដឹង)	៣
	សន្លឹកកិច្ចការរូបវិទ្យាសម្រាប់សិស្សស្វ័យសិក្សាកម្រិត៣ (ហ្វឹកហាត់)	៣
	សន្លឹកកិច្ចការរូបវិទ្យាសម្រាប់សិស្សស្វ័យសិក្សាកម្រិត៤ (វាយតម្លៃ)	៣
	ការសរសេរ និងការពារឯកសារជំនួយស្មារតីមុខវិជ្ជាឯកទេស	៩
(៣)ចំណេះដឹងគរុកោសល្យ វិធីសាស្ត្របង្រៀន និង ការអប់រំមធ្យមសិក្សា (២០%)	វិធីសាស្ត្របង្រៀន បត់បែនតាមសមត្ថភាពសិស្ស និងទស្សនទានអប់រំថ្មីៗ	៣
	ប្រឹក្សា និងហ្វឹកហ្វឺនគរុសល្យលើយុទ្ធសាស្ត្រសហគមន៍សាលារៀន	៣
	មូលដ្ឋានគ្រឹះវង្វាយតម្លៃអប់រំ	៣

	មូលដ្ឋានគ្រឹះនៃការស្រាវជ្រាវប្រតិបត្តិ	៣
	បំណិនឌីជីថលសម្រាប់ការអប់រំ *	៣
(៤)ហ្វឹកហាត់កម្មសិក្សាគរុកោសល្យ និងការអនុវត្តជាក់ស្តែង (២០%)	ការអនុវត្ត ស្តង់ដាយុទ្ធសាស្ត្រសហគមន៍សាលារៀន (ស្តង់ដាទី១)	៣
	ការអនុវត្ត ស្តង់ដានៃយុទ្ធសាស្ត្រសហគមន៍សាលារៀន (ស្តង់ដាទី២)	៦
	របាយការណ៍និងការការពារស្តីពីការអនុវត្តស្តង់ដាយុទ្ធសាស្ត្រសហគមន៍សាលារៀន	៣
សរុប		**៦៣**

លំហូរបង្រៀន និងរៀន

លំហូរបង្រៀននិងរៀន ១មេរៀន ឬកិច្ចការមួយ រួមជាមួយបំណិនមួយ និងចរិយាមួយ



ការវាយតម្លៃលើការសិក្សា

ការវាយតម្លៃលើការសិក្សារបស់អ្នកសិក្សាគឺផ្តោតលើលទ្ធផលសិក្សាជាគោល។ ការវាយតម្លៃលើការសិក្សាមានបីដំណាក់កាលធំៗ គឺ (១) ការវាយតម្លៃលើការសិក្សាមុខវិជ្ជា (២) ការវាយតម្លៃលើការសរសេរ ឯកសារជំនួយស្មារតីមុខវិជ្ជាឯកទេស និង (៣) ការវាយតម្លៃសរុបដោយពិនិត្យលើការបំពេញគ្រប់លក្ខខណ្ឌសម្រាប់បញ្ចប់ការសិក្សា។

៦.៤.១ គោលការណ៍វាយតម្លៃ

គោលការណ៍រួមសម្រាប់ការវាយតម្លៃលើការសិក្សារបស់អ្នកសិក្សាមានដូចតទៅ៖

១) អ្នកសិក្សាតម្រូវឱ្យមានវត្តមានក្នុងការសិក្សាតាមមុខវិជ្ជានីមួយៗ មិនតិចជាង៧០%។ ក្នុងករណីអ្នកសិក្សាមានវត្តមានតិចជាង៧០% នឹងមិនត្រូវបានអនុញ្ញាតឱ្យប្រឡងបញ្ចប់មុខវិជ្ជានោះទេ

២) ក្នុងករណីដែលអ្នកសិក្សាធ្លាក់មុខវិជ្ជាណាមួយក្នុងឆមាស នឹងមិនអនុញ្ញាតឱ្យបន្តការសិក្សាទៅឆ្នាំបន្ទាប់ និងប្រឡងបញ្ចប់ឡើយ

៣) អ្នកសិក្សាទាំងអស់ត្រូវធ្វើកិច្ចការស្រាវជ្រាវសំខាន់ៗតាមមុខវិជ្ជានីមួយៗ និងប្រគល់ជូនគ្រូឧទ្ទេសតាមមុខវិជ្ជាដែលបានកំណត់

៤) អ្នកសិក្សាត្រូវប្រឡងបញ្ចប់ការសិក្សាដែលធ្វើឡើងបន្ទាប់ពីចប់ឆមាសនីមួយៗ តាមការកំណត់ក្នុងកម្មវិធីសិក្សា

៥) អ្នកសិក្សាត្រូវចងក្រងឯកសារវឌ្ឍនភាពនៃកិច្ចការស្នូលរួមមានការហាត់ការ និងកម្មសិក្សាដែលផ្ដោតលើ (ក) សកម្មភាពប្រតិបត្តិ (ខ) លទ្ធផលដែលសម្រេចបាន និង (គ) ការឆ្លុះបញ្ចាំង និងមេរៀនបទពិសោធន៍ និង

៦) អ្នកសិក្សាត្រូវតែជាប់មធ្យមភាគនៃការសិក្សាមុខវិជ្ជានិងការធ្វើកម្មសិក្សា ដើម្បីទទួលការអនុញ្ញាតឱ្យការពារឯកសារជំនួយស្មារតីមុខវិជ្ជាឯកទេស។

ការផ្ដល់ពិន្ទុ និងប្រព័ន្ធចំណាត់ថ្នាក់

អ្នកសិក្សាអាចទទួលពិន្ទុចាប់ពី 00 ដល់ 100 ទៅតាមការវាយតម្លៃផ្អែកលើលក្ខណៈវិនិច្ឆ័យដែលបានកំណត់ក្នុងការសិក្សាមុខវិជ្ជា ការបំពេញកម្មសិក្សា និងការសរសេរនិងការការពារឯកសារជំនួយស្មារតីមុខវិជ្ជាឯកទេស។ ពិន្ទុដែលជាប់ត្រូវចាប់ផ្ដើមពីមធ្យមភាគពិន្ទុ 50% ឬពិន្ទុនិទ្ទេស 2.00 ឡើងទៅ។

ពិន្ទុគឺកំណត់ពី 00.00 ដល់ 100 (មធ្យមភាគនៃពិន្ទុនិទ្ទេសសរុប ឬ Grade Point Average–GPA)។ រូបមន្តគណនារកមធ្យមភាគនៃពិន្ទុនិទ្ទេសសរុប (GPA) គឺមធ្យមភាគនៃពិន្ទុនិទ្ទេសសរុប (GPA) ស្មើផលបូកសរុបរវាងផលគុណនៃពិន្ទុនិទ្ទេស (Grade Point–P) និងតម្លៃក្រេឌីតដែលត្រូវយកនៃមុខវិជ្ជានីមួយៗ (Attempted Credit Value–C) ចែកនឹងផលបូកសរុបនៃតម្លៃក្រេឌីតដែលត្រូវយកគ្រប់មុខវិជ្ជា។

ប្រព័ន្ធចំណាត់ថ្នាក់កម្មវិធី គឺផ្អែកទៅលើតម្លៃនៃពិន្ទុអតិបរមា 100% និង 50% នៃពិន្ទុអប្បបរមា។ ប្រព័ន្ធដាក់ពិន្ទុនេះ ត្រូវបានបកប្រែទៅជា «ពិន្ទុជានិទ្ទេស» និង «ពិន្ទុជាតម្លៃលេខ» ដូចដែលពិពណ៌នាខាងក្រោម៖

ពិន្ទុជាភាគរយ%	និទ្ទេស	ពិន្ទុនិទ្ទេស	មូលវិចារណ៍
85%-100%	A	4.00	ល្អប្រសើរ
80%-84%	B+	3.50	ល្អណាស់
70%-79%	B	3.00	ល្អ
65%-69%	C+	2.50	ល្អបង្គួរ
50%-64%	C	2.00	មធ្យម
<49%	F	1.50	ធ្លាក់

៦.៥ គោលការណ៍ប្រតិបត្តិ

ដើម្បីធានានូវការផ្ដល់សេវាអប់រំប្រកបដោយគុណភាព និងភាពស័ក្តិសិទ្ធិ មហាវិទ្យាល័យអប់រំនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញអនុវត្តតាមគោលការណ៍ បទបញ្ញត្តិ និងបទដ្ឋានគតិយុត្តិរបស់សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ និងក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា ព្រមទាំងគោលការណ៍ច្បាប់នៃព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា។

ជាមួយគ្នានេះដែរ អ្នកសិក្សាម្នាក់ៗ ត្រូវគោរពតាមបទបញ្ជាផ្ទៃក្នុងរបស់សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ និងឈរលើស្មារតីស្មោះត្រង់ ទទួលខុសត្រូវខ្ពស់ និងភាពម្ចាស់ការ និងគោលការណ៍សុចរិតភាពនៃការសិក្សា។ សម្រាប់គោលការណ៍សុចរិតភាពនៃការសិក្សា អ្នកសិក្សាម្នាក់ៗត្រូវបានវាយតម្លៃលើចំណុចសំខាន់ៗដូចខាងក្រោម៖

៦.៥.១ ការវាយតម្លៃលើវិន័យ សីលធម៌ ឥរិយាបថ និងអាកប្បកិរិយា

ការវាយតម្លៃលើវិន័យ សីលធម៌ ឥរិយាបថ និងអាកប្បកិរិយារបស់អ្នកសិក្សាម្នាក់ៗ ត្រូវបានប្រមូលផ្ដុំលើការគោរពវិន័យ ចាត់តាំង ការមករៀនទៀងទាត់ ការយកចិត្តទុកដាក់ក្នុងការសិក្សា ការខិតខំស្រាវជ្រាវ ការអនុវត្តការកិច្ច និងស្មារតីសាមគ្គីភាពនៅក្នុងថ្នាក់ ក្នុងគ្រឹះស្ថានសិក្សា និងក្រៅគ្រឹះស្ថានសិក្សា។ ការវាយតម្លៃលើវិន័យ សីលធម៌ ឥរិយាបថ និងអាកប្បកិរិយារបស់អ្នកសិក្សាម្នាក់ៗ ត្រូវបានធ្វើឡើងតាមរយៈយោបល់ឯកភាពពីមតិភាគច្រើនដាច់ខាតរបស់ក្រុមប្រឹក្សាវិន័យ ដោយផ្អែកលើលក្ខណសម្បត្តិជាក់ស្តែងរបស់អ្នកសិក្សាម្នាក់ៗ និងបទបញ្ជាផ្ទៃក្នុងរបស់សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ។

៦.៥.២ ការក្លែងបន្លំឯកសារ

អ្នកសិក្សាដែលក្លែងបន្លំឯកសារ នឹងត្រូវលុបឈ្មោះចេញពីបញ្ជីនិស្សិតដោយស្វ័យប្រវត្តិ ព្រមទាំងទទួលទោសតាមច្បាប់ជាធរមាន។ អ្នកសិក្សាត្រូវចាំថា ការលួចចម្លងស្នាដៃ ការលួចកម្មសិទ្ធិបញ្ញា និងគំនិតរបស់អ្នកដទៃគឺជាបទល្មើសសិក្សាធ្ងន់ធ្ងរដែលអាចឈានដល់ការបញ្ឈប់បុគ្គលដែលប្រព្រឹត្តបទល្មើសពីកម្មវិធី។ ត្រូវសម្រេចឱ្យធ្លាក់ជាស្ថាពរ បើអ្នកសិក្សារូបណាចម្លងដោយផ្ទាល់ពីអ្នកសិក្សាដទៃទៀត ឬប្រភពផ្សេងៗ ឬការប្រើសម្ភារៈ ឬឯកសារផ្សេងទៀត ដែលមិនត្រូវបានអនុញ្ញាតក្នុងការប្រឡង។

៦.៥.៣ ឯកសារជំនួយស្មារតី/របាយការណ៍/កិច្ចការស្រាវជ្រាវ

អ្នកសិក្សាត្រូវបង្ហាញនូវសុចរិតភាពនៃការស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួនឱ្យបានខ្ជាប់ខ្ជួន ចាប់តាំងពីពេលចូលរៀនរហូតដល់ចុងបញ្ចប់នៃវគ្គបណ្តុះបណ្តាល។ រាល់សំណេរការងារសិក្សាទាំងអស់ មិនត្រូវដកស្រង់គំនិត សរសេរ ឬចម្លងស្នាដៃផ្សេងៗរបស់អ្នកដទៃមកធ្វើជាគំនិត ជាស្នាដៃ ឬជាកម្មសិទ្ធិរបស់ខ្លួនដោយគ្មានការបញ្ជាក់ពីប្រភពច្បាស់លាស់នៃឯកសារយោង ឯកសារពិគ្រោះ ឬការអនុញ្ញាតពីម្ចាស់ប្រភព។

ក្នុងករណីរកឃើញមានការលួចចម្លងស្នាដៃអ្នកដទៃ អ្នកសិក្សានឹងត្រូវប្រឈមមុខចំពោះក្រុមប្រឹក្សា បច្ចេកទេស និងក្រុមប្រឹក្សាវិន័យរបស់មហាវិទ្យាល័យអប់រំ ឬសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ ដោយត្រូវទទួលពិន័យឱ្យរៀនត្រួតថ្នាក់ ឬអាចត្រូវបញ្ឈប់ពីកម្មវិធីដោយគ្មានសំណងប្រាក់សិក្សាដែលបានបង់រួចហើយ និងមិនមានការចេញលិខិតស្នាមបញ្ជាក់ការសិក្សាអ្វីដែរ។

សម្គាល់៖ កម្មវិធីបណ្តុះបណ្តាលសូមរក្សាសិទ្ធិក្នុងការកែប្រែការអនុវត្តជាក់ស្តែងឱ្យឆ្លើយតបទៅនឹង វឌ្ឍនភាពការរៀននិងបង្រៀន សមត្ថភាពរៀននិងការអនុវត្តជាក់ស្តែង និង ស្ថានភាពរៀននិងបង្រៀនជាក់ស្តែង ដើម្បីសម្រេចបានលទ្ធផលសិក្សាល្អបំផុត និងសម្រេចស្តង់ដាសហគមន៍សាលារៀននៃគម្រោងកែលម្អការអប់រំចំណេះទូទៅ (GEIP) ។

សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ

Royal University of Phnom Penh

កម្មវិធីគុណវុឌ្ឍិ
ឆ្នាំសិក្សា ២០២៤

ជំពូក១ គណិតវិទ្យាសម្រាប់រូបវិទ្យា

(Mathematics for Physics)

❖ នៅក្នុងអត្ថិសនីទទៅគឺ មានការពឹងផ្អែកយ៉ាងខ្លាំងទៅលើ គណិតវិទ្យា ដូចជាការប្រើប្រាស់នូវ ឌីផេរ៉ង់ស្យែល ដេរីវេ និង អាំងតេក្រាល ការ៉ិចទ័រ និង ផ្នែកផ្សេងៗទៀត នៃគណិតវិទ្យា ។

មាតិកាល

❖ មេរៀននេះយើងនឹង សិក្សាពី

- ទំហំរូប និងខ្នាត
- វ៉ិចទ័រ
- ការីនៃវ៉ិចទ័រ
- ការគណនាអាំងតេក្រាលនៃអនុគមន៍

ជំពូកទី១៖ ខ្នាត ទំហំរូបវិទ្យា និងវ៉ិចទ័រ

ធម្មជាតនៃរូបវិទ្យា

រូបវិទ្យា គឺជាការសិក្សាពីបាតុភូតទាំងឡាយណាដែលកើតមានឡើងក្នុងធម្មជាតិ ដោយប្រើប្រាស់នូវ គណិតវិទ្យាមកបកស្រាយ។

I. មាត្រដ្ឋាន ឬ ខ្នាត (Units)

❖ គ្រប់ទំហំរូបទាំងអស់សុទ្ធសឹងមាននូវ មាត្រដ្ឋាន(ខ្នាត) ដើម្បីសម្គាល់។ ឧទាហរណ៍៖

- ប្រវែង $1m$, $2inc$, 2 តឹក ......
- ម៉ាស $1kg$, 1ខាំ , 2 តំឡឹង ....

❖ ខ្នាតនៃទំហំរូបទាំងអស់មានច្រើន តែមានខ្នាត ចំនួន៧ទេ ដែលត្រូវបានកំណត់ជាមាត្រ ឬ ខ្នាតអន្តរជាតិ (SI) ។

តារាងទី១៖ ខ្នាត(SI)

ទំហំ	និម្មិតសញ្ញា	ខ្នាត	និម្មិតសញ្ញាខ្នាត
ម៉ាស	M	គីឡូក្រាម	kg
ប្រវែង	L	ម៉ែត្រ	m
ពេលវេលា	t	វិនាទី	s
សីតុណ្ហភាព	T	កែវិន	K
បរិមាណរូបធាតុ	m	ម៉ូល	mol
ចរន្តអគ្គិសនី	I	អំពែ	A
លុយមីនុស៊ីធី	J	កង់ដឺឡា	Cd

II. ទំហំស្កាលែ និង ទំហំវ៉ិចទ័រ

❖ ទំហំរូបមានច្រើន ប៉ុន្តែត្រូវបាន បែងចែកជាពីរប្រភេទ គឺ៖

- ទំហំស្កាលែ (Scalar Quantity)
- ទំហំវ៉ិចទ័រ (Vector Quantity)

1. ទំហំស្កាលែ (Scalar Quantity)

❖ ទំហំស្កាលែគឺជា ទំហំរូបដែលមានតែតម្លៃ និង ខ្នាត ។

ឧទាហរណ៍៖

- បន្ទុកអគ្គិសនី
- អានុភាពអគ្គិសនី
- ថាមពលអគ្គិសនី
- រេស៊ីស្តង់ កាប៉ាស៊ីតេ អាំងឌុចតង់
- ប៉ូតង់ស្យែល ឬ តង់ស្យុង ....ជាដើម ។

2. ទំហំវុចទ័រ (Vector Quantity)

❖ វ៉ិចទ័រគឺ ជាទំហំរូបដែលមានបញ្ជាក់នូវទិសដៅ ។

ឧទាហរណ៍៖

- ល្បឿន
- សំទុះ
- កម្លាំង
- ដែនអគ្គិសនី ដែនម៉ាញេទិច......។

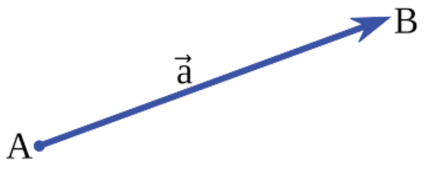
a. សញ្ញាណនៃវុចទ័រ

❖ វ៉ិចទ័រ គឺតាងដោយអង្កត់ មានសញ្ញាព្រួញ និង សរសេរដោយ៖

$\vec{A}$ Arrow vector

$\boldsymbol{A}$ **Boldface Vector**

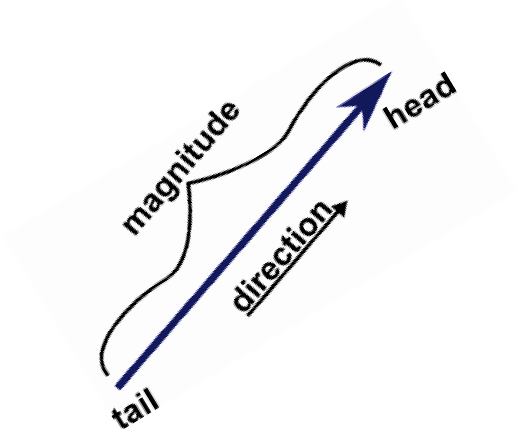
$\underline{A}$ Underline vector



❖ លក្ខណៈនៃវុចទ័រ

វុិចទ័រមានលក្ខណៈ ៤យ៉ាងគឺ

- ❑ ចំនុចចាប់
- ❑ ទិស
- ❑ ទិសដៅ
- ❑ អាំងតង់ស៊ីតេ(តម្លៃ)

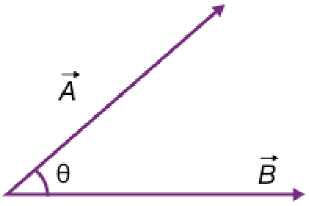


2. ប្រមាណវិធីនៃវុចទ័រ

a. ផលគុណស្កាលែនៃពីរ វុចទ័រ (Dot Product of Two Vectors)

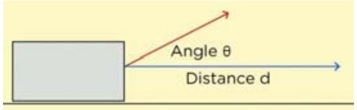
- ❑ ផលគុណស្កាលែនៃពីរវុិចទ័រ ឲ្យផលជាទំហំស្កាលែ ។
- ❑ ឧបមាថា មានវុិចទ័រពីរ គឺ $\vec{A}$ (A) និង $\vec{B}$ (B) ផ្គុំជាមួយគ្នាក្រោមមុំ θ នោះ ផលគុណស្កាលែរវាងវុិចទ័រទាំងពីរគឺកំណត់ដោយ៖

$$C = \vec{A}.\vec{B} = ABcos\theta$$



ឧទាហរណ៍៖ ទំហំរូបមួយចំនួន ជាផលគុណស្កាលែ

- កម្មន្ត



$$W = \vec{F}.\Delta\vec{x} = F\Delta x cos\theta$$

- អានុភាព

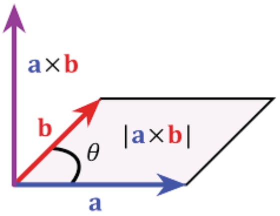
$$P = \vec{F}.\vec{v} = Fvcos\theta$$

b. **ផលគុណខ្វែង នៃពីរ វុចទ័រ** (Cross Product of Two Vectors)

ផលគុណខ្វែង នៃពីរវ៉ិចទ័រ ឲ្យផលជាវ៉ិចទ័រថ្មី ។

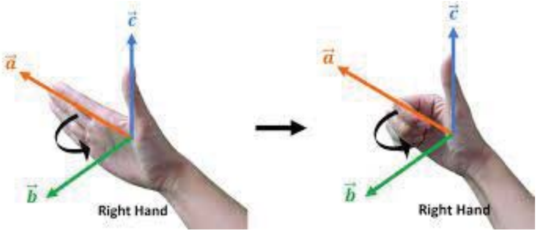
❑ ឧបមាថា មានវ៉ិចទ័រពីរ គឺ $\vec{A}$ (A) និង $\vec{B}$ (B) ផ្គុំជាមួយគ្នាក្រោមមុំ θ នោះផលគុណខ្វែង រវាងវ៉ិចទ័រទាំងពីរគឺកំណត់ដោយ៖

$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$$



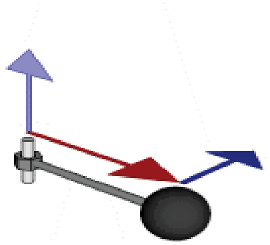
❖ លក្ខណៈនៃ $\vec{C}$

- ចំនុចចាប់ ត្រង់ចំនុចគល់នៃវ៉ិចទ័រទាំងពីរ
- ទិស កែងនឹង ប្លង់ដែលបង្កើតឡើងដោយ $(\vec{A}, \vec{B})$
- ទិសដៅ រកតាមវិធានក្តោបដៃស្តាំ
- តម្លៃ $C = ABsin\theta$



ឧទាហរណ៍៖ ទំហំរូបនានា ជាផលគុណខ្វែង

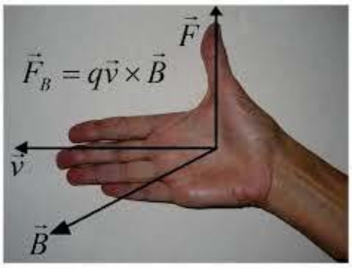
- ម៉ូម៉ង់នៃកម្លាំងបង្វិល



$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$\Rightarrow M = rFsin\theta$$

- កម្លាំងឡូរិន



$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$F = qvBsin\theta$$

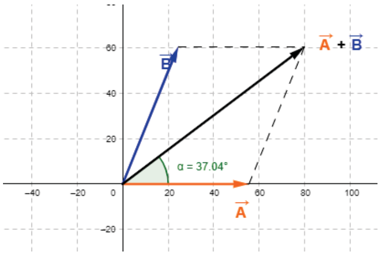
c. **ផលបូក នៃពីរ វុចទ័រ**

ផលបូក នៃពីរវ៉ិចទ័រ ឲ្យផលជាវ៉ិចទ័រថ្មី ។

❑ ឧបមាថា មានវ៉ិចទ័រពីរ គឺ $\vec{A}$ (A) និង $\vec{B}$ (B) ផ្គុំជាមួយគ្នាក្រោមមុំ θ នោះផលគុណបូក រវាងវ៉ិចទ័រទាំងពីរគឺកំណត់ដោយ៖

$$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$$

❑ លក្ខណ:នៃវ៉ិចទ័រផលបូក



https://ophysics.com/k2.html

- ចំនុចចាប់ មានគល់រួមគ្នានឹង វ៉ិចទ័រ ទាំងពីរ
- ទិស
- ទិសដៅ
- តម្លៃ

តម្លៃនៃផលបូកពីរវុចទ័រ

- ដោយ $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$ លើកអង្គសងខាងជាការេ

$$(\vec{C})^2 = (\vec{A} + \vec{B})^2$$

$$\Leftrightarrow C^2 = (\vec{A})^2 + (\vec{B})^2 + 2\vec{A}.\vec{B}$$

$$\Leftrightarrow C^2 = A^2 + B^2 + 2ABcos\theta$$

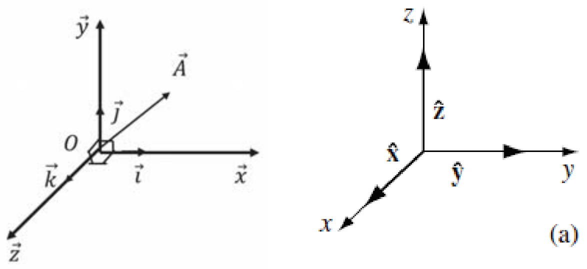
3. វុចទ័រឯកតា (Unit Vectors)

- វ៉ិចទ័រឯកតា គឺជាវ៉ិចទ័រប្រើដើម្បីបង្ហាញពីវ៉ិចទ័រណាមួយ ។
- តម្លៃនៃវ៉ិចទ័រឯកតា គឺស្មើនឹងមួយជានិច្ច ។
- វ៉ិចទ័រឯកតា ក្នុងប្រពន្ធ័កូអរដោនេ អត្តូណាមេ អាចត្រូវបានកំណត់សរសេរ៖

• $\vec{i} = \hat{x}$: វ៉ិចទ័រឯកតាតាមទិស $(\overrightarrow{ox})$

• $\vec{j} = \hat{y}$: វ៉ិចទ័រឯកតាតាមទិស $(\overrightarrow{oy})$

• $\vec{k} = \hat{k}$: វ៉ិចទ័រឯកតាតាមទិស $(\overrightarrow{oz})$



❖ ផលគុណស្កាលែនៃវ៉ិចទ័រឯកត្តា

$$\vec{i}\cdot\vec{i}=\vec{i}^2=1;\ \vec{j}\cdot\vec{j}=\vec{j}^2=1;\ \vec{k}\cdot\vec{k}=\vec{k}^2=1$$

$$\vec{i}\cdot\vec{j}=0;\ \vec{i}\cdot\vec{k}=0;\vec{j}\cdot\vec{i}=0;\vec{j}\cdot\vec{k}=0;\vec{k}\cdot\vec{i}=0;\vec{k}\cdot\vec{j}=0$$

❖ ផលគុណវ៉ិចទ័រនៃវ៉ិចទ័រឯកត្តា

$$\vec{i}\times\vec{i}=0;\ \vec{j}\times\vec{j}=0;\vec{k}\times\vec{k}=0$$

$$\vec{i}\times\vec{j}=\vec{k};\ \vec{j}\cdot\vec{k}=\vec{i};\vec{k}\times\vec{i}=\vec{j};\vec{i}\times\vec{k}=-\vec{j};\vec{k}\times\vec{j}=-\vec{i};\vec{j}\times\vec{i}=-\vec{k}$$

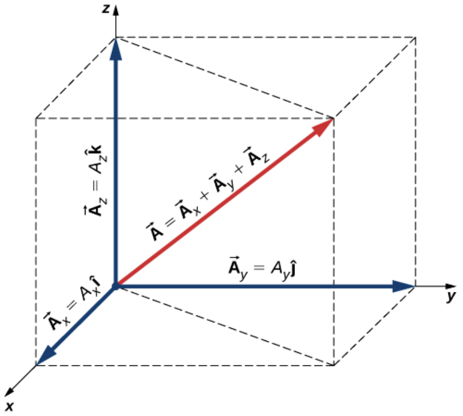
3. កំប៉ូសង់នៃវ៉ិចទ័រ

❑ កាលណាវ៉ិចទ័រមួយស្ថិតក្នុងលំហរយើងអាចសរសេរជាទម្រង់ កំប៉ូសង់ដូចខាងក្រោម៖

$$\vec{A}=\vec{A}_x+\vec{A}_y+\vec{A}_z$$

ឬ $$\vec{A}=A_x\vec{i}+A_y\vec{j}+A_z\vec{k}$$

តម្លៃ $$A=\sqrt{{A_x}^2+{A_y}^2+{A_z}^2}$$



ដែល

- $\overrightarrow{A_x} = A_x\vec{i}$ កំប៉ូសង់ នៃវ៉ិចទ័រ $\vec{A}$ តាមទិស (ox)
- $\overrightarrow{A_y} = A_y\vec{j}$ កំប៉ូសង់ នៃវ៉ិចទ័រ $\vec{A}$ តាមទិស (oy)
- $\overrightarrow{A_z} = A_z\vec{k}$ កំប៉ូសង់ នៃវ៉ិចទ័រ $\vec{A}$ តាមទិស (oz)

3. ផលបូកនៃវ៉ិចទ័រច្រើន (ផលបូកតាមកំប៉ូសង់នៃវ៉ិចទ័រ)

❑ ឧបមាថា មានវ៉ិចទ័រពីរគឺ៖

- $\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y + \vec{A}_z$ ឬ $\vec{A} = A_x\vec{i} + A_y\vec{j} + A_z\vec{k}$
- $\vec{B} = \vec{B}_x + \vec{B}_y + \vec{B}_z$ ឬ $\vec{B} = B_x\vec{i} + B_y\vec{j} + B_z\vec{k}$

❑ វ៉ិចទ័រផ្គួបអាចកំណត់បានដោះ៖

$$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$$

$$= \left(A_x\vec{i} + A_y\vec{j} + A_z\vec{k}\right) + \left(B_x\vec{i} + B_y\vec{j} + B_z\vec{k}\right)$$

- អាចសរសេរបាន

$\vec{C} = \vec{C}_x + \vec{C}_y + \vec{C}_z$ ឬ $\vec{C} = C_x\vec{\imath} + C_y\vec{\jmath} + C_z\vec{k}$

- តម្លៃ $C = \sqrt{{C_x}^2 + {C_y}^2 + {C_z}^2}$

- ទិស

$$tan\emptyset = \frac{C_z}{\sqrt{{C_x}^2+{C_y}^2}}$$

ឧទាហរណ៍

1. បើ $\vec{R}$ គឺជាផលបូកនៃពីរវ៉ិចទ័រ $\vec{A}$ និង $\vec{B}$ ដែលស្ថិតនៅក្នុងប្លង់ (ox) ហើយ $\vec{A} = 2\vec{\imath} + 2\vec{\jmath}$ និង $\vec{B} = 2\vec{\imath} - 4\vec{\jmath}$ ។

ចូររកផលបូក $\vec{R}$, $|\vec{R}|$ និងមុំដែលផ្គុំជាមួយអក្ស័ $(+x)$ ។

ឧទាហរណ៍

2. វ៉ិចទ័រ $\vec{B}$ មានធាតុ $B_x = 4\,; B_y = 3$។ គណនា $|\vec{B}|$ និងមុំដែលផ្តុំនឹង អ័ក្សនីមួយៗ រួចបង្ហាញក្នុងក្រាប។

លំហាត់អនុវត្តន៍

1. ប្រសិនបើ $\vec{C}$ ជាវ៉ិចទ័រផ្គួបនៃ $\vec{A}$ និង $\vec{B}$ ដែល៖

$$\vec{A} = -2\hat{x} + 4\hat{y} \quad , \qquad \vec{B} = 3\hat{x} + 4\hat{y} - 3\hat{z}$$

ចូរគណនាតម្លៃ និង កំណត់ទិសដៅ វ៉ិចទ័រផ្គួបនេះ ។

លំហាត់អនុវត្តន៍

2. វ៉ិចទ័រ $\vec{A}$ មានធាតុ $A_x = -8.7m; A_y = 15m$ និង វ៉ិចទ័រ $\vec{B}$ មានធាតុ $B_x = 13.2m; B_y = -6.6m$ ។

ប្រសិនបើ $\vec{A} - \vec{B} + 3\vec{C} = 0$ ។

ចូរគណនាធាតុ C_x និង C_y របស់វ៉ិចទ័រ $\vec{C}$ ។

លំហាត់អនុវត្តន៍

3. គេឱ្យវ៉ិចទ័របី គឺ $\vec{A} = (3\vec{i} + 3\vec{j})cm; \vec{B} = (\vec{i} - 4\vec{j})cm; \vec{C} = (-2\vec{i} + 3\vec{j})cm$ ។

ចូរគណនាប្រវែង និងទិសដៅនៃវ៉ិចទ័រ៖

a) $\vec{D} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$

b) $\vec{E} = -\vec{A} - \vec{B} + \vec{C}$

2. **ការីនៃវុចទ័រ** (Vector Operators)

ការីនៃវ៉ិចទ័រគឺជា ឧបករណ៍ដែលប្រើដើម្បីធ្វើការគណនានូវទំហំវ៉ិចទ័រ ។

ទម្រង់ទូទៅនៃ ការីវ៉ិចទ័រ ត្រូវបានគេហៅថា ការី del ឬ ការីណាប្លា (∇) ដែលត្រូវបានកំណត់ដោយ៖

$$\vec{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x}\hat{x} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{y} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{z}$$

a. ការី ក្រាដ្យង់ (Gradient)

- ការី ក្រាដ្យង់ជាប្រភេទមួយនៃ ការី del ដែលវាមានទម្រង់ជាផលគុណនៃទំហំស្កាលែជាមួយវ៉ិចទ័រ ហើយវាឲ្យផលជាទំហំ *វ៉ិចទ័រ* ។
- ការី ក្រាដ្យង់នៃទំហំស្កាលែមួយ ត្រូវបានកំណត់ដោយ

$$\vec{\nabla}T = \frac{\partial T}{\partial x}\hat{x} + \frac{\partial T}{\partial y}\hat{y} + \frac{\partial T}{\partial z}\hat{z}$$

ដែល $\frac{\partial T}{\partial x}$ ជាឌីផេរ៉ង់ស្យែលនៃ T តាមទិស x ។

ឧទាហរណ៍

1. ចូរគណនា ក្រាដ្យង់នៃទំហំមួយ $T = xz + yz + 3x^2yz$

ឧទាហរណ៍

2. ចូរគណនា ក្រាដ្យង់នៃទំហំមួយ $T = x^2 + y^3 + z^4$

ឧទាហរណ៍

2. ចូរគណនា ក្រាដ្យង់នៃទំហំមួយ $T = x^2 + y^3 + z^4$

b. ការី ឌីវែសង់ (Divergence)

- ការី ឌីវែសង់ ជាប្រភេទមួយនៃ ការី del ដែលវាមានទម្រង់ជាផលគុណស្កាលែនៃវិចទ័រ ហើយវាឲ្យផលជាទំហំ *ស្កាលែ* ។
- ការី ឌីវែសង់នៃវិចទ័រ មួយ ត្រូវបានកំណត់ដោយ

$$\vec{\nabla}.\vec{V} = \left[\frac{\partial}{\partial x}\hat{x} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{y} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{z}\right].\left(v_x\hat{x} + v_y\hat{y} + v_z\hat{z}\right)$$

$$\vec{\nabla}.\vec{V} = \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z}$$

ឧទាហរណ៍

1. ចូរគណនា ឌីវែសង់នៃវិចទ័រដែនមួយ $\vec{V} = x^2\hat{x} + 3xz^2\hat{y} - 2xz\hat{z}$

ឧទាហរណ៍

2. ចូរគណនា ឌីវែសង់នៃវិចទ័រដែនមួយ $\vec{V} = xy\hat{x} + 2yz\hat{y} - 3xz\hat{z}$

c. ការី រ៉ូតាស្យូណែល (Rotational or Curl)

- ការី រ៉ូតាស្យូណែល ជាប្រភេទមួយនៃ ការី del ដែលវាមាន ទម្រង់ជាផលគុណខ្វែង នៃវ៉ិចទ័រ ហើយវាឲ្យផលជាទំហំ *វ៉ិចទ័រ* ។
- ការី ឌីវែសង់នៃវ៉ិចទ័រ មួយ ត្រូវបានកំណត់ដោយ

$$\vec{\nabla} \times \vec{V} = \left[\frac{\partial}{\partial x}\hat{x} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{y} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{z}\right] \times \left(v_x\hat{x} + v_y\hat{y} + v_z\hat{z}\right)$$

គេអាចសរសេរក្នុងទម្រង់

$$\nabla \times \mathbf{v} = \begin{vmatrix} \hat{\mathbf{x}} & \hat{\mathbf{y}} & \hat{\mathbf{z}} \\ \partial/\partial x & \partial/\partial y & \partial/\partial z \\ v_x & v_y & v_z \end{vmatrix}$$

$$= \hat{\mathbf{x}}\left(\frac{\partial v_z}{\partial y} - \frac{\partial v_y}{\partial z}\right) + \hat{\mathbf{y}}\left(\frac{\partial v_x}{\partial z} - \frac{\partial v_z}{\partial x}\right) + \hat{\mathbf{z}}\left(\frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y}\right)$$

ឧទាហរណ៍

1. ចូរគណនា curl នៃវ៉ិចទ័រដែនមួយ $\vec{V} = -y\hat{x} + x\hat{y}$

ឧទាហរណ៍

2. ចូរគណនា curl នៃវ៉ិចទ័រដែនមួយ $\vec{V} = xy\hat{x} - 3xz\hat{z}$ ។

3. ដេរីវេលំដាប់2

យើងអាចបង្កើតនូវ ទម្រង់ដេរីវេ លំដាប់២ បានចំនួន ៥ ទម្រង់គឺៈ

1. ឌីវែសង់ នៃ ក្រាដ្យង់ (Divergence of Gradient)

$$\vec{\nabla}.(\vec{\nabla}T)$$

2. រ៉ូតាស្យែល នៃ ក្រាដ្យង់ (Rotational of Gradient)

$$\vec{\nabla}\times(\vec{\nabla}T)$$

3. ក្រាដ្យង់ នៃ ឌីវែសង់ (Gradient of Divergence)

$$\vec{\nabla}(\vec{\nabla}.\vec{V})$$

4. ឌីវែសង់ នៃ រ៉ូតាស្យែល (Divergence of Curl)

$$\vec{\nabla}.(\vec{\nabla}\times\vec{V})$$

2. រ៉ូតាស្យែល នៃ រ៉ូតាស្យែល (Rotational of Gradient)

$$\vec{\nabla}\times(\vec{\nabla}\times\vec{V})$$

ការី ឡាផ្លាស (Laplacian)

- ការីឡាផ្លាស គឺជាការីនៃដេរីវេលំដាប់ ២ ដែលប្រើជាមួយទំហំស្កាលែ ឲ្យផលជាស្កាលែ បើប្រើជាមួយទំហំវ៉ិចទ័រ ឲ្យផលជាទំហំវ៉ិចទ័រ ។
- ការីឡាផ្លាសត្រូវបានកំណត់ដោយ៖

$$\vec{\nabla}^2 = \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

ឧទាហរណ៍

1. ចូរគណនា Laplacian នៃទំហំមួយ
   a. $T = x^2 + 2xy + 3z + 4$
   b. $\vec{V} = x^2\hat{x} + 3xz^2\hat{y} - 2xz\hat{z}$ ។

លំហាត់អនុវត្តន៍

2. ចូរគណនា Laplacian នៃទំហំមួយ

   a. $\emptyset = x^2 + y^2 + z^2$

   b. $\vec{V} = y^2 z^3 \hat{x} + 2xyz^3 \hat{y} + 3xy^2 z^2 \hat{z}$ ។

សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ

Royal University of Phnom Penh

កម្មវិធីគុណវុឌ្ឍិ
ឆ្នាំសិក្សា ២០២៤

មុខវិជ្ជា អគ្គិសនីទូទៅ

(Electricity)

ជំពូក២ អេឡិចត្រូស្តាទិច

(Electrostatics)

❖ អេឡិចត្រូស្តាទិច គឺជាផ្នែកមួយនៃអគ្គីសនីទូទៅ ដែលសិក្សាដោះស្រាយពីបាតុភូត និង ទំហំនានាដែលទាក់ទងនឹង បន្ទុកអគ្គិសនីដែលនៅស្ងៀម (ចលនាយឺតខ្លាំង) ។

❖ មាតិការ

❖ នៅក្នុង អេឡិចត្រូស្តាទិច យើងនឹងសិក្សាលើផ្នែកមួយចំនួនដូចជា៖

- ដែនអគ្គីសនី និង កម្លាំងអគ្គិសនី
- ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី
- ច្បាប់ហ្គោស ជាដើម ...។

មេរៀនទី១ ដែន និង កម្លាំងអគ្គិសនី

(Electric Field and Electric Force)

❖ នៅក្នុងមេរៀននេះយើងនឹងសិក្សាពីៈ

- សញ្ញាណនៃបន្ទុកអគ្គិសនី
- ច្បាប់គូឡុំ
- ដែនអគ្គិសនី
- ចលនានៃផង់ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីក្នុងដែនអគ្គិសនី

I. បន្ទុកអគ្គិសនី (Electric charge, Charge)

1. ភាពទូទៅនៃបន្ទុកអគ្គិសនី

❑ បន្ទុកអគ្គិសនី គឺជា លក្ខណៈម្យ៉ាងដែលវានៅជាប់ នឹងភាគល្អិតតូចបំផុត នៅក្នុងធម្មជាតិ ។

❑ បន្ទុកអគ្គិសនី ត្រូវបានរកឃើញតំបូង ដោយលោក គូឡុំ ដូច្នេះគេយកខ្នាតនៃ បន្ទុកអគ្គិសនី គឺ គិតជាគូឡុំតាងដោយ C = Coulomb (Charles-Augustin de Coulomb) ។

2. លក្ខណៈនៃបន្ទុកអគ្គិសនី

ក. ប្រភេទនៃបន្ទុកអគ្គិសនី

❑ បន្ទុកអគ្គិសនីមានពីរ ប្រភេទ គឺ៖

o បន្ទុកអគ្គិសនី វិជ្ជមាន (Positive Charge) (+) ដែលមាននៅជាប់ ប្រូតុង (Protons) ស្ថិតខាងក្នុង ណ្វៃយ៉ូនៃអាតូម ។

o បន្ទុកអគ្គិសនី អវិជ្ជមាន (Negative Charge) (-) ដែលមានជាប់ នឹង អេឡិចត្រុង (electrons) ហើយវាស្ថិតនៅស្រទាប់ក្រៅនៃអាតូម ។

ខ. អន្តកម្មនៃបន្ទុកអគ្គិសនី

❑ កាលណាបន្ទុកអគ្គិសនីពីរ ស្ថិតនៅក្បែរគ្នា នោះវានឹងមានអំពើលើគ្នា ទៅវិញទៅមក ដែល ៖

o បន្ទុកអគ្គិសនី ដែលមានសញ្ញាដូចគ្នា ស្ថិតក្បែរគ្នា => ច្រានគ្នាចេញ។

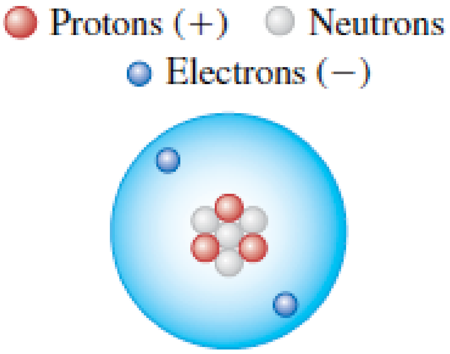
o បន្ទុកអគ្គិសនី ដែលមានសញ្ញាផ្ទុយគ្នា ស្ថិតក្បែរគ្នា=> ទាញគ្នាចូល ។

គ. បន្ទុកអគ្គិសនីតំបូង (Primary Charge)

❑ បន្ទុកអគ្គិសនី តំបូងគឺជាបរិមាណបន្ទុកអគ្គិសនី ដែលតូចបំផុតនៅក្នុងធម្មជាតិ ។

❑ បន្ទុកអគ្គិសនីតំបូង កំនត់ដោយ e ដែលវាមានតម្លៃ៖

$$e = 1.6 \times 10^{-19} C$$

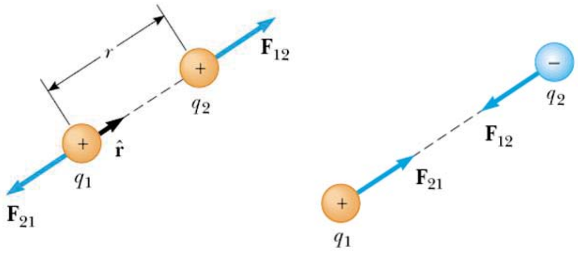


II. ច្បាប់គូឡំ (Coulomb's Law)

❖ ពំនោលច្បាប់គូឡុំ៖ កម្លាំងរវាងបន្ទុកអគ្គិសនីពីរ គឺសមាមាត្រនឹង ផលគុណរវាងតម្លៃបន្ទុកទាំងពីរ ហើយច្រាសសមាមាត្រនឹង ការេចម្ងាយ ។

❖ កន្សោមច្បាប់គូឡុំ

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$$



ដែល

ε_0 = ពែមីទីវីតេ (Permitivity)

❖ ករណីបន្ទុកច្រើន

- ឧបមាថាមានបន្ទុកអគ្គិសនីច្រើន ជារបាយដាច់ $q_1, q_2, q_3 \ldots$ ស្ថិតនៅក្បែរបន្ទុក Q នោះ បន្ទុកនីមួយៗនឹងមានអំពើលើ Q ឲ្យដោយកន្សោម៖

$$\vec{F}_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_1 Q}{{r^2}_1}\widehat{r_1} \quad ,$$

$$\vec{F}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_2 Q}{{r^2}_2}\widehat{r_2}$$

.

.

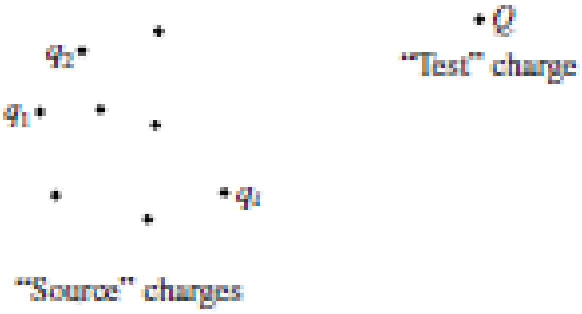


FIGURE 2.1

- កម្លាំងសរុបលើ Q គឺ៖

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \cdots \ldots . \vec{F} = \sum_i \vec{F}_i$$

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon}\sum_i \frac{q_i Q}{{r^2}_i}\widehat{r_i}$$

2. ដែនអគ្គិសនី (Electric Field)

- ឧបមាថាយើងដាក់បន្ទុកសាក q_1, q_2, q_3 ...នៅត្រង់ចំនុចមួយដែលមានចម្ងាយ r ពីចំនុចបន្ទុក Q នោះគេសង្កេតឃើញថា Q នឹងរងកម្លាំង គឺ $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \ldots$។
- កាលណាយើងធ្វើផលធៀបរវាងកម្លាំង នីមួយៗជាមួយនឹង តម្លៃសាកនោះយើងកំណត់បានថា៖

$$\frac{\vec{F}_1}{q_1} = \frac{\vec{F}_2}{q_2} = \frac{\vec{F}_3}{q_3} = \cdots = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\hat{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\hat{r} = \cdots \ldots = constant$$

❖ គេទាញបាននូវទំហំថេរនោះថា គឺជាដែនអគ្គីសនី

$$\frac{\vec{F}}{Q} = \vec{E} : \text{electric field} \Rightarrow \vec{F} = Q\vec{E}$$

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\hat{r}$$

❖ ដែល E មានខ្នាតគិតជា (V/m) or (N/C)

❖ លក្ខណៈនៃវិចទ័រដែនអគ្គិសនី

❑ ដែនចាកផ្ចិត ដែលជាដែនបង្កើតដោយបន្ទុកវិជ្ជមាន (Q>0)

❑ ដែនចូលផ្ចិត ដែលជាដែនបង្កើតដោយបន្ទុកអវិជ្ជមាន(Q<0)

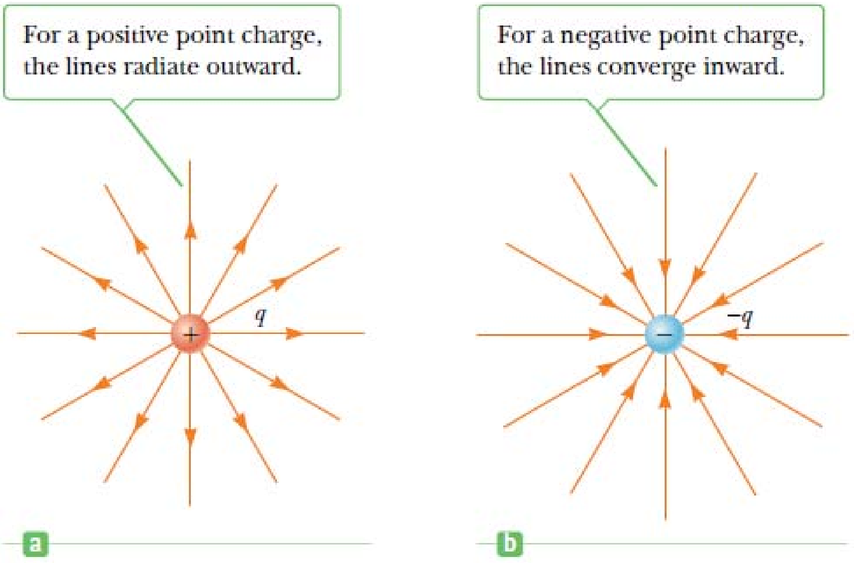


Figure 15.13 (a), (b) The electric field lines for a point charge. Notice that the figures show only those field lines that lie in the plate of the page.

❖ ករណីរបាយបាយបន្ទុកគេបាន

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon}\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{{r^2}_i}\widehat{r_i}$$

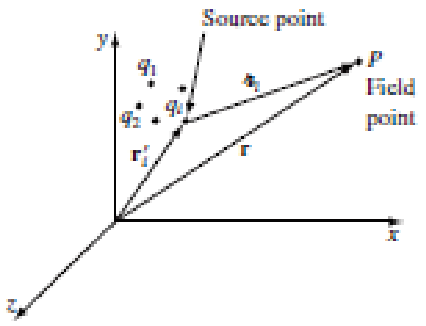


FIGURE 2.3

❖ ដែនអគ្គិសនីនៃរបាយបន្ទុកជាប់

- ក្នុងករណីនៃដែនដែលបង្កើតដោយរបាយបន្ទុកនោះដែនអគ្គិសនីនៅត្រង់ចំនុចមួយត្រូវបានកំណត់ដោយៈ

$$d\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{dq}{r^2}\hat{r}$$

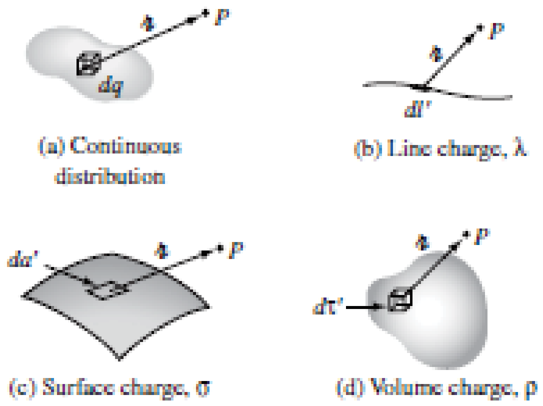


FIGURE 2.5

- គេបាន

$$\vec{E}(\vec{r}) = \int d\vec{E}(\vec{r})$$

- ឬ យើងអាចសរសេរបាន

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{dq}{r^2}\hat{r}$$

ដែល dq ជាធាតុបន្ទុកអគ្គិសនី អាស្រ័យលើទម្រង់នៃអង្គធាតុផ្ទុករបាយបន្ទុក

❑ របាយបន្ទុកលើប្រវែង ដែនអគ្គិសនី បង្កើតដោយរបាយបន្ទុកលើប្រវែង

$$\lambda = \frac{dq}{dl\prime} \Rightarrow dq = \lambda dl' \qquad \Rightarrow \vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{\lambda(\vec{r}\prime)dl'}{r^2}\hat{r}$$

❑ របាយបន្ទុកលើផ្ទៃ ដែនអគ្គិសនី បង្កើតដោយរបាយបន្ទុកលើផ្ទៃ

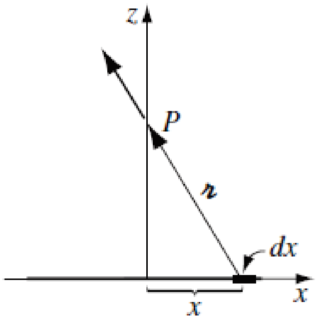
$$\sigma = \frac{dq}{da\prime} \Rightarrow dq = \sigma da' \qquad \Rightarrow \vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{\sigma(\vec{r}\prime)da\prime}{r^2}\hat{r}$$

❑ របាយបន្ទុកលើមាឌ ដែនអគ្គិសនី បង្កើតដោយរបាយបន្ទុកលើមាឌ

$$\rho = \frac{dq}{d\tau\prime} \Rightarrow dq = \rho d\tau' \qquad \Rightarrow \vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{\rho(\vec{r}\prime)d\tau\prime}{r^2}\hat{r}$$

ឧទាហរណ៍

របារលោហៈមួយមានផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីស្មើសាច់ λ និងមានប្រវែង $2L$ ។ ចូរកំណត់ដែនអគ្គិសនី នៅត្រង់ចំនុច P ស្ថិតនៅខាងលើចំនុចកណ្តាល ចម្ងាយ z ពីរបារលោហៈ និង នោះ ។

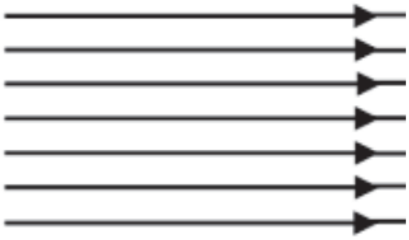


❖ ដែនអគ្គិសនីឯកសណ្ឋាន

ក. និយមន័យ

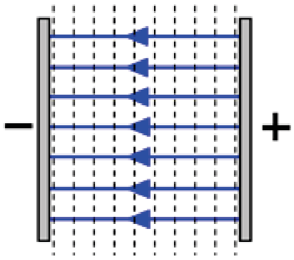
ដែនអគ្គិសនី ឯកសណ្ឋានគឺជា ដែនអគ្គិសនី ដែលមានវ៉ិចទ័រដែន ដូចគ្នា នៅគ្រប់ចំនុច ទាំងអស់ ។ ពោលគឺមាន៖

- ទិស ស្របៗគ្នា
- ទិសដៅដូចៗ
- តម្លៃ ស្មើៗគ្នា ។



ខ. តម្លៃនៃដែនអគ្គិសនី ឯកសណ្ឋាន

គេយកបន្ទះលោហៈពីរ A&B ដាក់បញ្ឈរស្របគ្នា ចម្ងាយពីគ្នា d និង ត្រូវបានគេផ្គត់ផ្គង់ដោយ ប្រភព ដែលមាន តង់ស្យុង V_{AB} ។



នោះនៅចន្លោះ បន្ទះលោហៈទាំងពីរ គឺកើតមាននូវដែនអគ្គិសនី ឯកសណ្ឋានមួយ ដែលមានតម្លៃ កំណត់ដោយ ។

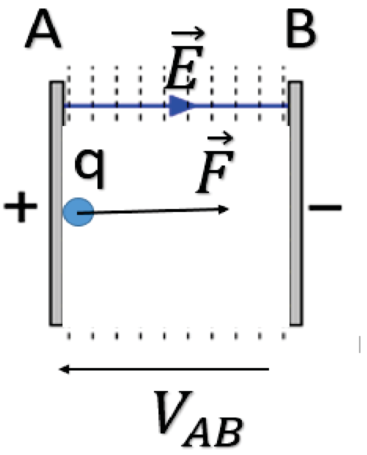
$$E = \frac{V_{AB}}{d}$$

- E :
- V_{AB} :
- d :

IV. ចលនានៃផង់ ក្នុងដែនអគ្គិសនីឯកសណ្ឋាន

1. ចលនាផង់ តាមទិសស្របនឹង $\vec{E}$

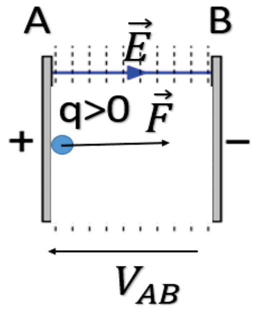
ក. កម្លាំងអគ្គិសនី



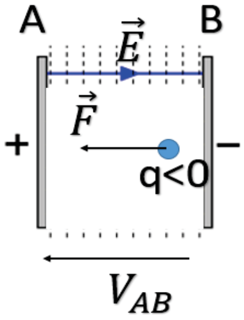
គេដាក់ បន្ទុកអគ្គិសនី q > 0 ដែលមាន ម៉ាស m ក្នុងដែនអគ្គិសនី ឯកសណ្ឋាន E នោះ ផង់នឹងរងកម្លាំង អគ្គិសនី មួយ។

នោះគេបាន

$$\vec{F} = q\vec{E}$$ $$F = |q|E$$



- បើ $q > 0 \quad => \vec{F} \upuparrows \vec{E}$
- បើ $q < 0 \quad => \vec{F} \uparrow\downarrow \vec{E}$



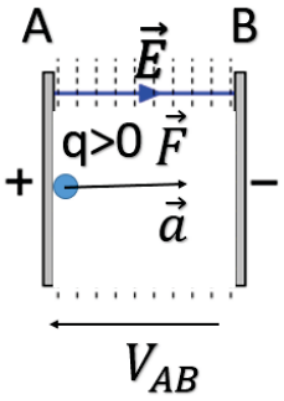
ខ. សំទុះនៃផង់

កាលណា អង្គធាតុមួយ រងនូវកម្លាំងថេរមួយនោះវានឹង កើតមានសំទុះមួយភ្លាម ។ តាមច្បាប់ទី២ ញូតុន

$$\vec{F} = m\vec{a} \ => \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

$$=> a = \frac{F}{m} \quad \text{តែ} \quad F = |q|E$$

$$=> a = \frac{|q|E}{m}$$



គ. ល្បឿនរបស់ផង់

កាលណា អង្គធាតុមួយ មានសំទុះថេរនោះ វានឹងមានចលនា ត្រង់ប្រែប្រួលស្មើ។ គេទាញបានសមីការល្បឿន

$$v = at + v_0$$

បើ $v_0 = 0$, $a = \frac{|q|E}{m}$ នោះ $\boxed{v = \frac{|q|E}{m}t}$

ឃ. សមីការចលនារបស់ផង់

ដោយផង់មាន ត្រង់ប្រែប្រួលស្មើ គេទាញបានសមីការចលនា

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

បើ $v_0 = 0$, $x_0 = 0$

$$x = \frac{1}{2}at^2 \iff x = \frac{1}{2}\frac{|q|E}{m}t^2$$

ខ. ទំនាក់ទំនងគ្មានពេល

យើងមាន

$$v^2 - {v_0}^2 = 2ad \qquad \text{បើ } v_0 = 0$$

$$v^2 = 2ad \quad => \quad v = \sqrt{2ad}$$

ដែល

v_0 ជាល្បឿនដើម ឬ ល្បឿន នៅបន្ទះ ទីមួយ

v ជាល្បឿនដែលផង់ទៅដល់ បន្ទះលោហៈម្ខាងទៀត

ច. ទំនាក់ទំនងថាមពល ស៊ីនេទិច

យើងមាន

$$\Delta K = W \qquad K_f - K_i = |q|V_{AB}$$

$$K_f = \frac{1}{2}mv^2 \ , K_i = \frac{1}{2}m{v_0}^2 \qquad \text{បើ } v_0 = 0$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = |q|V_{AB} => \quad v = \sqrt{\frac{2|q|V_{AB}}{m}}$$

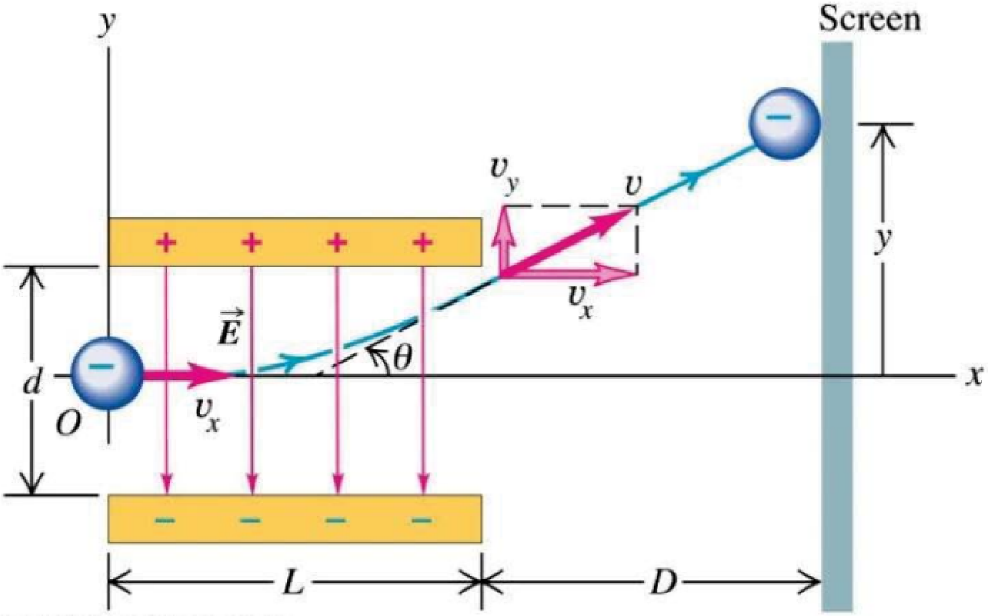
ដែល

v ជាល្បឿនដែលផង់ទៅដល់ បន្ទះលោហៈម្ខាងទៀត

2. ចលនាផង់ តាមទិសកែង នឹង $\vec{E}$

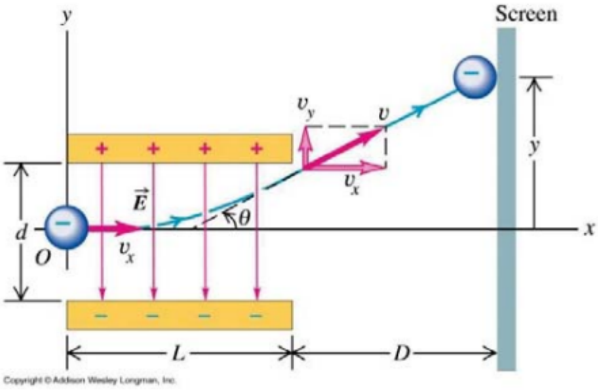
គេដាក់បន្ទះលោហៈពីរ ផ្តេកស្របគ្នា A&B មានចម្ងាយពីគ្នា d និងផ្គត់ផ្គង់ដោយ តង់ស្យុង V_{AB} ។

គេបាញ់ផង់មួយ មានម៉ាស m និង មានផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី q ចូលក្នុងចន្លោះបន្ទះលោហៈទាំងពីរ តាមទិសកែងនឹង E ដោយល្បឿនដើម v_0 ។



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

ក. ចលនានៃផង់



តាមច្បាប់ទី២ញូតុន $\vec{F} = m\vec{a}$

- សិក្សាចលនាតាមអក្ស័ (x′ox)

$$0 = m\vec{a}_x \quad \Rightarrow a_x = 0$$

នោះផង់ មានចលនាត្រង់ស្មើតាម ទិស (x′ox) គេបាន៖

- សំទុះ $a_x = 0$
- ល្បឿន $v_x = v_{0x} = v_0$
- សមីការចលនា $x = v_x t \quad \Rightarrow x = v_0 t$ (1)

- សិក្សាចលនាតាមអក្ស (y′oy)

$$F = ma_y <=> |q|E = ma_y \Rightarrow a_y = \frac{|q|E}{m}$$

នោះផង់ មានចលនាត្រង់ប្រែប្រួលស្មើ តាម ទិស (y′oy) គេបាន៖

- សំទុះ $a_y = \frac{|q|E}{m}$
- ល្បឿន $v_y = a_y t$
- សមីការចលនា $y = \frac{1}{2} a_y t^2$ (2)

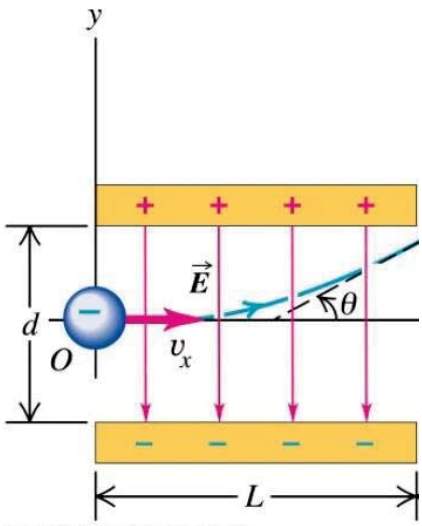
ខ. សមីការគន្លង

- តាមសមីការ (1) $\Rightarrow t = \frac{x}{v_0}$
- តាមសមីការ (2) $y = \frac{1}{2} a_y t^2$

$$\Rightarrow y = \frac{1}{2} a_y \left(\frac{x}{v_0}\right)^2$$

$$\Rightarrow y = \frac{a_y}{2v_0} x^2$$

ផង់មានគន្លងជាប៉ារ៉ាបូល



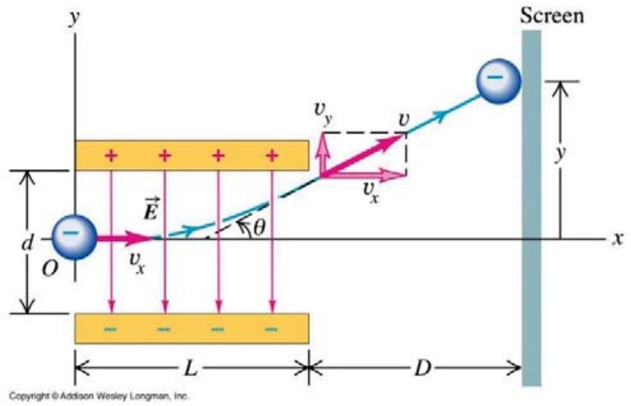
Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

គ. ល្បឿនចេញពីដែន

- នៅពេលផង់ចេញផុតពីដែន នោះវាមិនមានទិសកោងទៀតទេ គឺវាផ្លាស់ទីត្រង់ដោយល្បឿនមួយ ដែលកំណត់ដោយៈ

$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2}$$



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

ដោយ

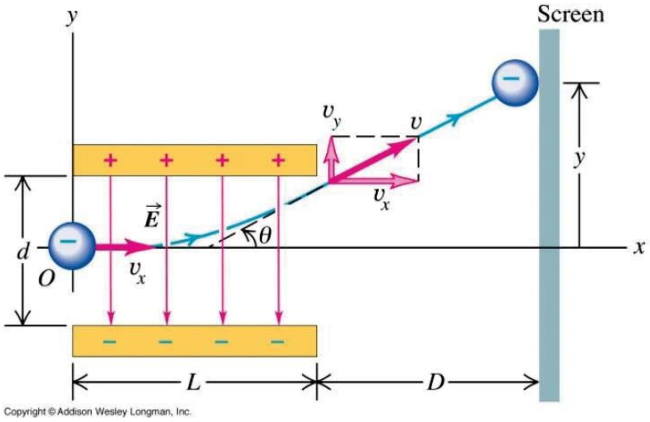
- ល្បឿនតាមទិសដេក $v_x = v_0$
- ល្បឿនតាមទិសឈរ $v_y = a_y t$

$t = ?$

❑ រយៈពេលផង់ចេញពីដែន t

តាមសមីការ $x = v_0 t \quad L = v_0 t$

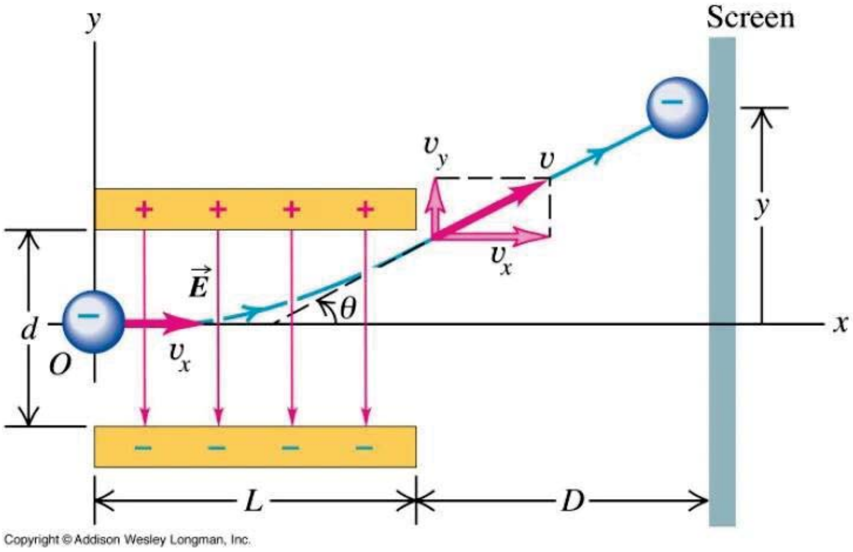
$$\boxed{t = \frac{L}{v_0}}$$



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

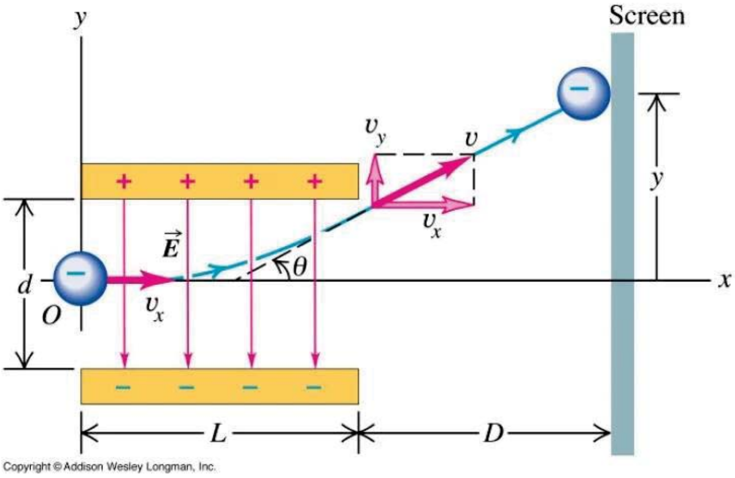
វិបាក

$$tan\theta = \frac{v_y}{v_x}$$



ឃ. លំងាក និងដេផ្លិចស្យុង

- គេយកអេក្រង់មួយទៅ ដាក់នៅចម្ងាយ D ពីបន្ទះលោហៈ ទាំងពីរ ។
- នៅពេលផង់ចេញផុតពីដែន នោះវានឹង ទៅប៉ះអេក្រង់ ត្រង់ចំនុច B ។



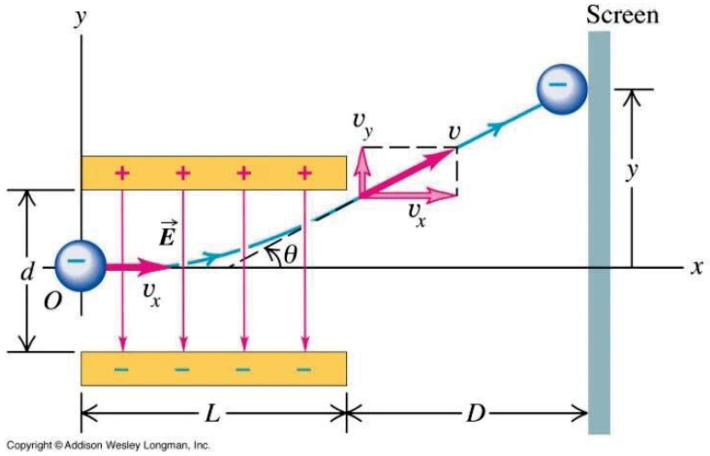
❖ **លំងាក:** គឺជាមុំដែលផ្គុំរវាង ទិសដើម និងទិសក្រោយលំងាករបស់ផង់ ។

តាមរូបភាពគេបាន

$$tan\theta = \frac{v_y}{v_x}$$

ករណី មុំតូច

$$\theta = \frac{v_y}{v_x}$$



❖ **ដេវិយ៉ាស្យុង:** គឺជាប្រវែងដែលគេវាស់បាននៅលើអេក្រង់ រវាងចំនុចប៉ះរបស់ផង់ ជាមួយនឹង ចំនុចកណ្តាលនៃអេក្រង់។

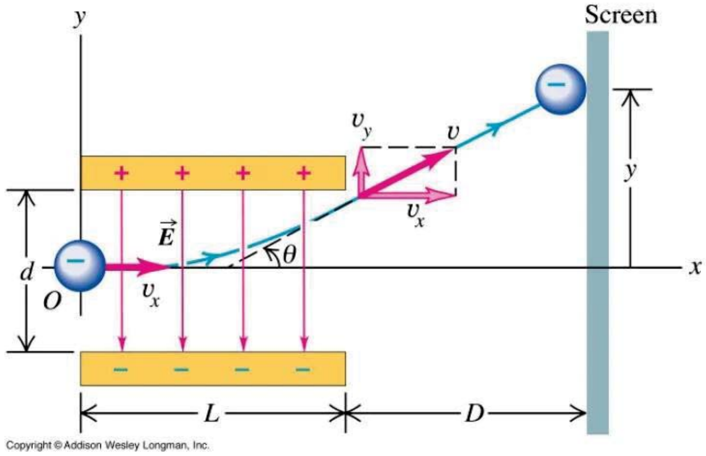
តាមរូបភាពគេបាន

$$tan\theta = \frac{y}{l} \quad \Rightarrow y = l \times tan\theta$$

ករណី មុំតូច

$$\Rightarrow y = l \times \theta$$

$$l = D + \frac{L}{2}$$



សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ

Royal University of Phnom Penh

កម្មវិធីគុណវុឌ្ឍិ
ឆ្នាំសិក្សា ២០២៤

មេរៀនទី២ ច្បាប់ហ្គោស
(Gauss´s Law)

❖ សេចក្តីផ្តើម

❑ ច្បាប់ហ្គោស គឺច្បាប់មួយដែលមានសារៈសំខាន់យ៉ាងខ្លាំងក្នុងការសិក្សាពីដែនអគ្គិសនី ដែលបង្កើតដោយបន្ទុកអគ្គិសនី ទោះវា ជាចំនុចបន្ទុក ឬ របាយបន្ទុក យ៉ាងណាក៏ដោយ ។

❖ មាតិកា

❑ នៅក្នុងមេរៀននេះយើងនឹងសិក្សាពីចំនុចសំខាន់ៗមួយចំនួនដូចជា៖

- ភ្លុចអគ្គីសនី
- ច្បាប់ហ្គោស
- ការគណនាទូវដែនអគ្គិសនី ដោយប្រើច្បាប់ហ្គោស ។

I. ខ្សែដែន (Line field)

❑ ខ្សែដែនអគ្គិសនីគឺជាខ្សែដែលបញ្ជាក់ ពីវ៉ិចទ័រដែននៅត្រង់ចំនុចបន្តបន្ទាប់គ្នា ។

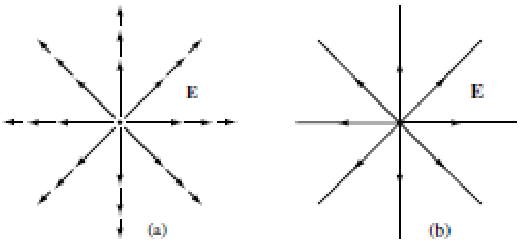
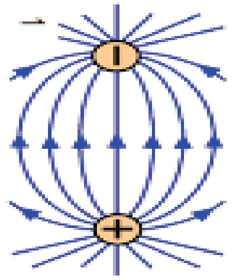
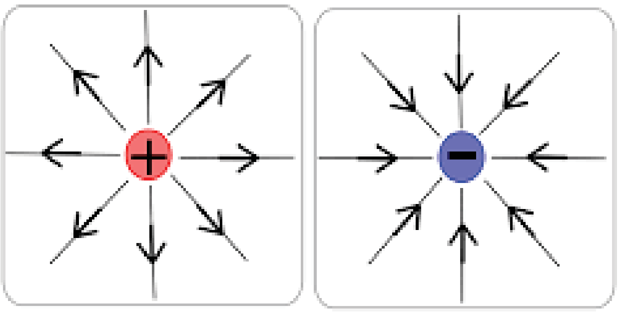
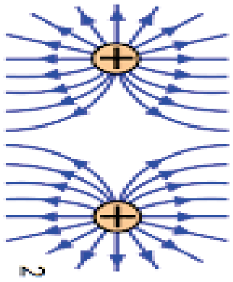


FIGURE 2.12



- ❑ ខ្សែនដែនអគ្គិសនី មានពីរប្រភេទគឺ៖
  - ▪ ខ្សែដែនចាកផ្ចិត ដែលបង្កើតដោយបន្ទុកវិជ្ជមាន
  - ▪ ខ្សែដែនចូលផ្ចិត ដែលបង្កើតដោយបន្ទុកអវិជ្ជមាន





II. ភ្លួចអគ្គិសនី (Electric Field Flux)

- ❑ ភ្លួចអគ្គិសនីគឺជាទំហំមួយដែលសម្គាល់ពីចំនួនខ្សែដែនអគ្គិសនី ឆ្លងកាត់ផ្ទៃមួយ ។
- ❑ ភ្លួចអគ្គិសនីត្រូវបានកំណត់ដោយ៖

$$\emptyset = \oint \vec{E}.d\vec{a}$$

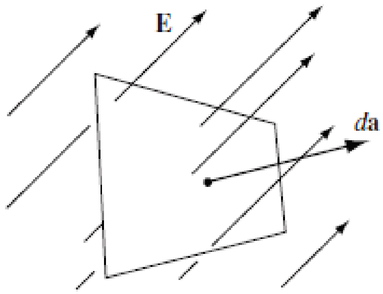


FIGURE 2.15

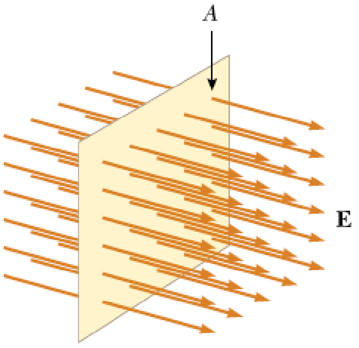
ដែល

$\vec{E}$ ដែនអគ្គិសនី

$d\vec{a}$ ធាតុផ្ទៃណាមួយ

❑ ករណីដែល ដែនអគ្គិសនី ជាទំហំថេរយើងទទួលបាន៖

$$\emptyset = \vec{E}\oint d\vec{a} = \vec{E}.\vec{A}$$



❑ ដូច្នេះយើងបាន

$$\emptyset = \vec{E}.\vec{n}A = EAcos\theta$$

❑ ដែល

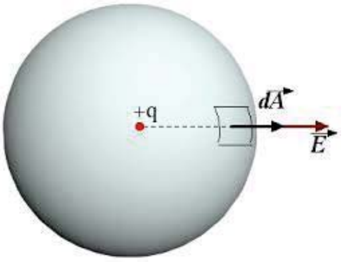
- A គឺជាផ្ទៃសរុប
- θ ជាមុំផ្គុំរវាង វ៉ិចទ័រដែន $\vec{E}$ ជាមួយនឹង ខ្សែកែង $\vec{n}$ នៃផ្ទៃ

II. ច្បាប់ហ្គោស (Gauss´s Law)

❖ **ពំនោលច្បាប់ហ្គោស៖** ភ្លុចអគ្គិសនីឆ្លងកាត់ផ្ទៃបិទមួយ គឺស្មើនឹងបរិមាណបន្ទុកអគ្គិសនីដែលនៅខាងក្នុងផ្ទៃបិទនោះ ។

❑ គេកំណត់យកផ្ទៃហ្គោសរាងស្វ៊ែ

$$\emptyset = \oint \vec{E}.d\vec{a} = \frac{1}{\varepsilon_0}q$$



គេកំណត់បាននូវច្បាប់ហ្គោសគឺៈ

$$\oint \vec{E}.d\vec{a} = \frac{1}{\epsilon}q$$

ឬ $$\oint \vec{E}.d\vec{a} = \frac{1}{\epsilon}Q_{enc}$$

Q_{enc} បរិមាណបន្ទុកអគ្គិសនីដែលមានក្នុងផ្ទៃបិទ

(ច្បាប់ហ្គោសក្នុងទម្រង់អាំងតេក្រាល)

III. គណនាដែនអគ្គិសនី ដោយប្រើច្បាប់ហ្គោស

❖ ដើម្បីដោះស្រាយរកដែនអគ្គិសនី ដោយប្រើច្បាប់ហ្គោសយើងត្រូវអនុវត្តន៍តាមជំហ៊ានមួយចំនួនដូចខាងក្រោម៖

1. ជ្រើសរើសផ្ទៃបិទហ្គោស ឲ្យបានសមស្រប (រាងស្វែ៊ រាងស៊ីឡាំង)
2. ករណីខ្លះ អាចបំបែកផ្ទៃបិទ នោះជាផ្ទៃផ្សេងៗគ្នា តាមភាពជាក់ស្តែង
3. កំណត់ទិសដៅផ្ចុំរវាង $\vec{E}$ & $d\vec{s}$

.............។

ឧទាហរណ៍

១. ស្វ៊ែលោហៈតាន់មួយ ផ្ទុកបន្ទុកស្មើសាច់ q មានកាំ R ។ ចូរកំណត់នូវដែនអគ្គិសនី ដែលស្ថិតនៅត្រង់ចំនុចមួយចម្ងាយ r ពីផ្ចិតនៃស្វ៊ែ ក្នុងករណី៖

ក. $r > R$

ខ. $r < R$ ។

ឧទាហរណ៍

២. បន្ទះលោហៈធំអនន្ត មួយមានផ្ទុកបន្ទុក $(+)$ ស្មើសាច់មានដង់ស៊ីតេ σ ។ ចូរកំណត់ដែនអគ្គិសនី ត្រង់ចំនុច M ណាមួយដែលស្ថិតនៅចម្ងាយ h ពីបន្ទះប្លង់នោះ ។

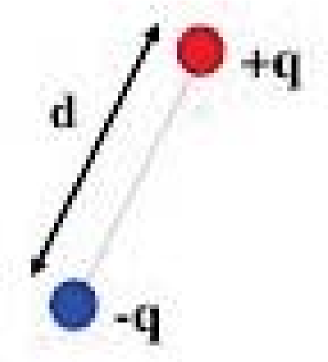
❖ ដែនអគ្គិសនី ដោយប្រើច្បាប់ហ្គោស

ដែនអគ្គិសនីនៃរបាយបន្ទុកអគ្គិសនីរាយស្មើសាច់		
របាយបន្ទុក	**ដែនអគ្គិសនី**	**ទីតាំង**
ចំនុចបន្ទុកអគ្គិសនី	$k_e \dfrac{q}{r^2}$	ចំងាយ r ពី q
ស្វែអ.ធចំលងអគ្គិសនីកាំ R ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីស្មើសាច់ Q	$k_e \dfrac{q}{r^2}$	$r > R$
	0	$r < R$
ស្វែមិនចំលងអគ្គិសនីកាំ R ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីស្មើសាច់ Q	$k_e \dfrac{Q}{r^2}$	$r > R$
	$k_e \dfrac{Q}{R^3} r$	$r < R$
សំបកស្វែកាំ R និងបន្ទុកសរុបQ	$k_e \dfrac{Q}{r^2}$	$r > R$
	0	$r < R$
ស៊ីឡាំងអ.ធចំលងវែងមួយ មានកាំ R និងដង់ស៊ីតេ l	$2k_e \dfrac{l}{r}$	$r > R$
	0	$r < R$
ប្លង់អានន្តផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីស្មើសាច់ និងបន្ទុកសរុបQ	$\dfrac{s}{2e_0}$	គ្រប់
ផ្ទៃអង្គធាតុចំលងផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីស្មើសាច់ និងបន្ទុកសរុបQ	$\dfrac{s}{e_0}$	ក្រៅអ.ធចំលង
	0	ក្នុងអ.ធចំលង

IV. ឌីប៉ូលអគ្គិសនី

- ប្រពន្ធ័បន្ទុកពីរ $-q$ និង $+q$ ដាក់នៅចម្ងាយពីគ្នា d យ៉ាងតូចត្រូវបានហៅថា ឌីប៉ូលអគ្គិសនី ។

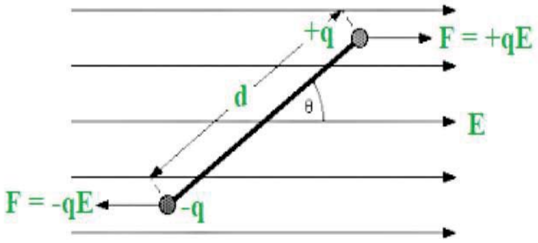
- ផលគុណ $\vec{P} = q \times \vec{d}$ ហៅថា ម៉ូម៉ង់ឌីប៉ូល ដែល $\vec{d}$ វ៉ិចទ័រចម្ងាយពី $-q$ ទៅ $+q$ ។



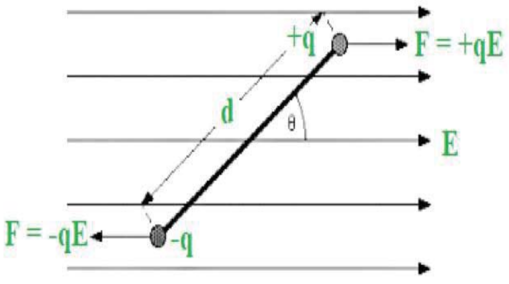
❖ ម៉ូម៉ង់នៃកម្លាំងបង្វិលក្នុងដែនអគ្គិសនីឯកសណ្ឋាន

- យើងសិក្សា ឌីប៉ូលនៅក្នុងដែនអគ្គិសនីឯកសណ្ឋាន $\vec{E}$ ដែលបង្កើតបានមុំ θ ជាមួយ $\vec{d}$ ។

- ស្ថានភាពនេះ ដែនអគ្គិសនីបានបង្កើតនូវកម្លាំងអគ្គិសនី លើបន្ទុកនីមួយៗ មានតម្លៃស្មើគ្នាតែមានទិសដៅផ្ទុយគ្នា ដែលជាហេតុបង្កើតបាននូវ ម៉ូម៉ង់នៃកម្លាំងបង្វិលមួយ ។



- ❑ ម៉ូម៉ង់នៃកម្លាំងបង្វិលនោះត្រូវបានកំណត់ដោយ៖



$$\vec{M} = \vec{M}_+ - \vec{M}_- = \frac{\vec{d}}{2} \times \vec{F}_+ - \frac{\vec{d}}{2} \times \vec{F}_-$$

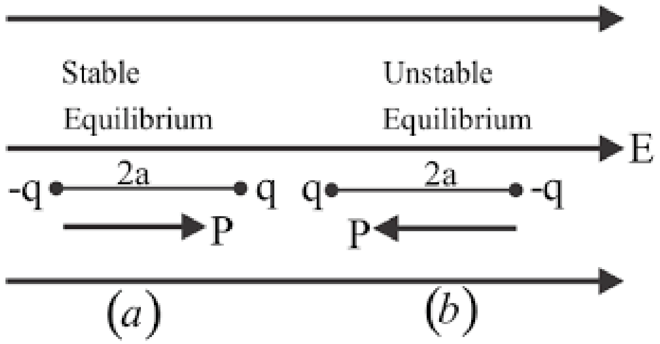
$$= \frac{\vec{d}}{2} \times (+q\vec{E}) - \frac{\vec{d}}{2} \times (-q\vec{E})$$

$$= \left(\frac{\vec{d}}{2} \times q\vec{E}\right) + \left(\frac{\vec{d}}{2} \times q\vec{E}\right)$$

$$= +q\vec{d} \times \vec{E}$$

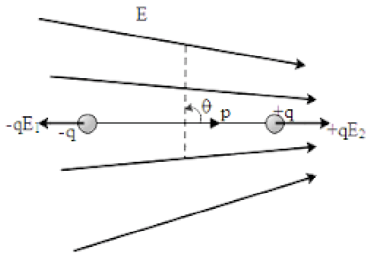
$$\Rightarrow \vec{M} = \vec{P} \times \vec{E}$$

- ❑ ម៉ូម៉ង់នៃកម្លាំងបង្វិលនេះបានធ្វើឲ្យឌីប៉ូលវិលរហូតដល់ទីតាំង ៖
- $\theta = 0$ បង្កើតបានជាលំនឹងស៊ប់
- $\theta = \pi$ បង្កើតបានជាលំនឹងមិនស៊ប់ ។



❖ ម៉ូម៉ង់នៃកម្លាំងបង្វិលក្នុងដែនអគ្គិសនី មិនឯកសណ្ឋាន

- យើងសិក្សា ឌីប៉ូលនៅក្នុងដែនអគ្គិសនី មិន ឯកសណ្ឋាន $\vec{E}$ ដែលបង្កើតបានមុំ θ ជាមួយ $\vec{d}$ ។

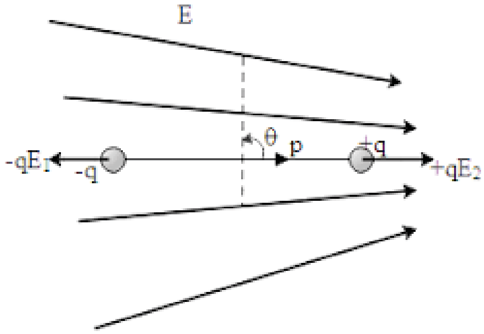


- ស្ថានភាពនេះ ដែនអគ្គិសនី បានបង្កើតនូវកម្លាំងអគ្គិសនី លើបន្ទុកនីមួយៗ មានតម្លៃមិនស្មើគ្នាទេ ហើយមានទិសដៅផ្ទុយគ្នា ដែលបង្កើតបាននូវ ម៉ូម៉ង់នៃកម្លាំងបង្វិលផង និង កម្លាំងផង ។

- កម្លាំងផ្ទុបលើឌីប៉ូលត្រូវបានកំណត់ដោយ៖

$\vec{F}_1 = -q\vec{E}_1$

$\vec{F}_2 = +q\vec{E}_2 = +q(\vec{E}_1 + \frac{\partial \vec{E}}{\partial x} l)$



- នោះកម្លាំងផ្ទុបគឺកំណត់ដោយ៖

$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -q\vec{E}_1 + q\vec{E}_1 + q\frac{\partial \vec{E}}{\partial x} l = q\frac{\partial \vec{E}}{\partial x} l$

$\vec{F} = P\frac{\partial \vec{E}}{\partial x}$

❑ សង្កេត

- *ករណីដែនឯកសណ្ឋាន* $\vec{E} =$ ថេរ $\Rightarrow \frac{\partial \vec{E}}{\partial x} = 0$ $, \Rightarrow \vec{F} = 0$
- *ករណីដែនមិនឯកសណ្ឋាន* $\vec{E} \neq$ ថេរ $\Rightarrow$ *ឌីប៉ូលត្រូវរងកម្លាំងផង និង ម៉ូងម៉ង់នៃកម្លាំងបង្វិលផង ។*
- *កម្លាំងដែលមានអំពើលើឌីប៉ូល បានទាញឌីប៉ូលទៅរកទីតាំងដែលមានដែនអតិបរមា ។*
- *ម៉ូម៉ង់នៃកម្លាំងបង្វិល បានធ្វើឲ្យ ឌីប៉ូលវិល ដល់ទីតាំងដែលស្របនឹងដែន ។*

អរគុណ !

សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ

Royal University of Phnom Penh

កម្មវិធីគុណវឌ្ឍិ
ឆ្នាំសិក្សា ២០២៤

មេរៀនទី៣ ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី
(Electric Potential)

❖ សេចក្តីផ្តើម

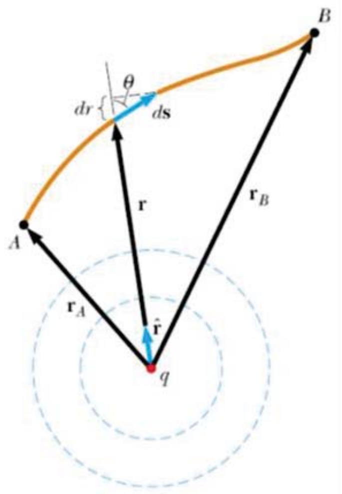
❑ ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គីសនី គឺជាទំហំមួយយ៉ាងសំខាន់ នៅក្នុងអគ្គិសនី ។

❖ មាតិការ

- ❑ នៅក្នុងមេរៀននេះយើង នឹងសិក្សាពី ចំនុចសំខាន់ៗមួយចំនួនដូចជាៈ
- កម្មន្តអគ្គិសនី
- ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី
- ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី
- ផលសងប៉ូតង់ស្យែល
- ប៉ូតង់ស្យែលនៃចំនុចបន្ទុក
- ផ្ទៃអេគីប៉ូតង់ស្យែល ។

I. កម្មន្តនៃកម្លាំងអេឡិចត្រូស្តាទិច

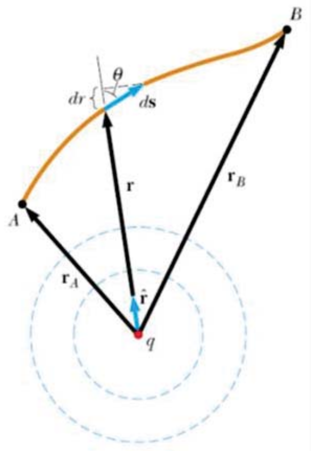
❑ យើងសង្កេតលើ ចំនុចបន្ទុក q' ដែលបានផ្លាស់ទីពីចំនុច A ទៅចំនុច B នោះ បន្ទុក បានបំពេញនូវកម្មន្ត កំណត់ដោយៈ



$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F}.d\vec{s}$$

❑ ដែល $d\vec{s}$ ជាគុនៃបម្លាស់ទី

- យើងអាចទាញបាន៖



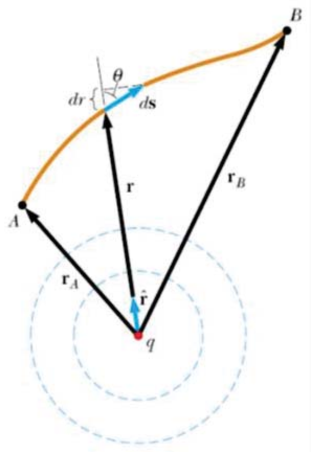
$$W_{AB} = \int_A^B q'\vec{E}.d\vec{s} = q'\int_A^B \vec{E}.d\vec{s}$$

គេបាន

$$\int_A^B \vec{E}.d\vec{s} = \frac{W_{AB}}{q'}$$

កន្សោមនេះត្រូវបានហៅថា ចរាចររបស់ $\vec{E}$ លើគន្លង ពី A ទៅ B

- យើងទាញបាននូវកន្សោមកម្មន្តរវាងពីចំនុច គឺ៖



$$W_{AB} = q'\int_A^B \vec{E}.d\vec{s} = q'\int_A^B E cos\theta ds$$

- តែ

$$E = k_e\frac{q}{r^2} \quad , \quad cos\theta = \frac{dr}{ds}$$

- នោះយើងបាន

$$W_{AB} = q'\int_A^B k_e\frac{q}{r^2}dr$$

❑ នោះយើងបាន

$$W_{AB} = q'\left[k_e\frac{q}{r_A} - k_e\frac{q}{r_B}\right]$$

តាមកន្សោមនេះបានបង្ហាញថា កម្មន្តនៃដែនអគ្គិសនី គឺមិនអាស្រ័យនឹងគន្លងនៃចរាចរណ៍ របស់ដែនអគ្គិសនីទេ ។

❑ ក្នុងន័យនេះយើងអាចសរសេរ

$$W_{AB} = \oint q'\vec{E}.d\vec{s} = 0$$

កម្មន្តនៃដែនអគ្គីសនីមានលក្ខណៈជាកម្មន្តនៃកម្លាំងរក្សា

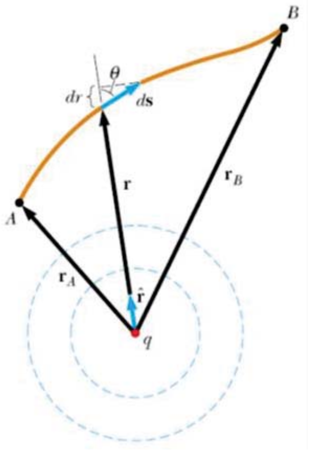
II. ប៉ូតង់ស្យែល និង ផលសងប៉ូតង់ស្យែល អគ្គសនី

❖ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលអគ្គសនី

❑ យោងតាមទ្រឹស្តីបទកម្មន្តថាមពលប៉ូតង់ស្យែល

$$W_{AB} = -\Delta U_{AB} \Leftrightarrow -(U_B - U_A)$$

$$\Rightarrow W_{AB} = (U_A - U_B)$$



- តាមកន្សោមកម្មន្តខាងលើ នោះយើងបាន៖

$$\left[k_e\frac{q'q}{r_A}-k_e\frac{q'q}{r_B}\right]=(U_A-U_B)$$

- យើងអាចទាញបាន៖

- $U_A=k_e\frac{q'q}{r_A}$ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីនៃ q' នៅត្រង់ចំនុច A
- $U_B=k_e\frac{q'q}{r_B}$ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីនៃ q' នៅត្រង់ចំនុច B

❖ ផលសងប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី

- ដើម្បីសិក្សាស្រាវជ្រាវពីដែនអគ្គិសនី គេបានបង្កើតនូវសញ្ញាណថ្មីមួយហៅថា *ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គីសនី* ដែលទំហំនេះមានទំនាក់ទំនងជាមួយនឹងកម្មន្តដែលធ្វើឲ្យបន្ទុកអគ្គិសនីផ្លាស់ទីក្នុងដែនអគ្គិសនី ។
- យើងធ្វើការសង្កេតលើ ផលធៀបរវាងកម្មន្តនៃបន្ទុកអគ្គិសនី ជាមួយនឹង បន្ទុកសាក q'គឺ៖

$$\frac{W_{AB}}{q'}=\frac{U_A-U_B}{q'}=V_A-V_B=V_{AB}$$

ដែល $V_{AB}=V_A-V_B$ត្រូវបានហៅថា ផលសងប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី រវាងចំនុច A និង B ។

❖ ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី

❑ យើងមាន

$$V_{AB} = V_A - V_B = \int_A^B \vec{E}.d\vec{s}$$

❑ នោះយើងបាន

- $V_A = k_e \frac{q}{r_A}$ *ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី ត្រង់ចំនុច A*
- $V_B = k_e \frac{q}{r_B}$ *ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី ត្រង់ចំនុច B*

❖ ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី ដែលបង្កើតដោយចំនុចបន្ទុក នៅត្រង់ចំនុចមួយ

❑ យោងតាមសមីការខាងលើយើងអាចទាញបាននូវកន្សោមប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី ដែលបង្កើតដោយចំនុចបន្ទុក q នៅត្រង់ចំនុច A ណាមួយគឺឲ្យដោយ៖

$$V_A = k_e \frac{q}{r_A}$$

❑ *ដែល*

- $k_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9 SI$ *មេគុណថេរ*
- q *ចំនុចបន្ទុកដែលបានបង្កើតប៉ូតង់ស្យែល*
- r_A *ចម្ងាយពីចំនុចបន្ទុកទៅចំនុចសង្កេត*

❖ ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី នៃចំនុចបន្ទុក ច្រើន

❑ ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីដែលបង្កើតឡើងដោយចំនុចច្រើន នៅត្រង់ចំនុចណាមួយគឺឲ្យដោយ៖

$$V_A = k_e \sum \frac{q_i}{r_i}$$

❑ *ក្នុងករណីបន្ទុកជារបាយ*

$$V_A = k_e \int \frac{dq}{r}$$

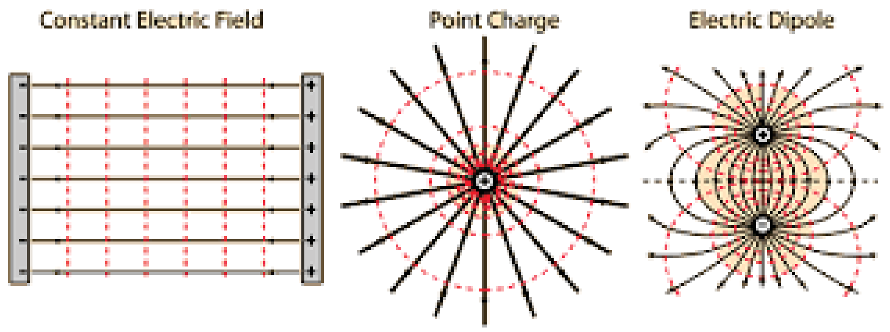
❖ ផ្ទៃអេគប៉ូតង់ស្យែល

❑ នៅលើផ្ទៃណាមួយដែលមានប៉ូតង់ស្យែលស្មើគ្នានៅគ្រប់ចំនុចទាំងអស់គេថាវាជាផ្ទៃអេគីប៉ូតង់ស្យែល ។

❑ *លក្ខណៈនៃផ្ទៃអេគីប៉ូតង់ស្យែលគឺ៖* $V_{AB} = V_A - V_B = 0$

ឧទាហរណ៍ខ្លះនៃផ្ទៃអេគីប៉ូតង់ស្យែល៖

- *ខ្សែរបាលោហៈ(ខ្សែចម្លង)*
- *បន្ទះលោហៈ*
- .... ។



III. ទំនាក់ទំនងនៃ ដែន និង ប៉ូតង់ស្យែល អគ្គិសនី

❖ តាមទ្រឹស្តីដែនយើងកំណត់បានថា ៖

វ៉ិចទ័រដែនមួយគឺជា ក្រាដ្យង់នៃ អនុគមន៍ស្កាលែមួយដែលគេស្គាល់ថា ជាប៉ូតង់ស្យែល។

❑ គេកំណត់៖

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V$$

យើងធ្វើការអាំងតេក្រាលតាមគន្លងណាមួយពីចំនុច a ទៅ ចំនុច b

$$\int_a^b \vec{E} \, . \, d\vec{l} = -\int_a^b (\vec{\nabla} V) \, . \, d\vec{l}$$

❖ ដោយ ៖

$$\int_a^b (\vec{\nabla}V\ ).d\vec{l} = V(b) - V(a)$$

$$\Leftrightarrow \int_a^b \vec{E}.d\vec{l} = -[V(b) - V(a)] \quad \Rightarrow \quad V(b) - V(a) = -\int_a^b \vec{E}.d\vec{l}$$

$$\Leftrightarrow V(b) - V(a) = -\left[\int_a^{\infty} \vec{E}.d\vec{l} + \int_{\infty}^{b} \vec{E}.d\vec{l}\right]$$

គេបាន

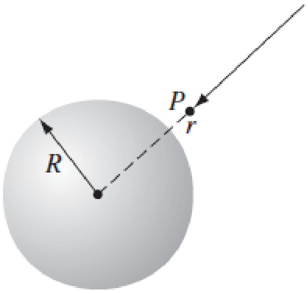
$$V(\vec{r}) = -\int_{\infty}^{\vec{r}} \vec{E}.d\vec{l}$$

ឧទាហរណ៍

នៃស្វ៊ែផ្ទុកអគ្គិសនី មួយដែលមានកាំ R ដែលមានផ្ទុកបន្ទុកស្មើសាច់ σ ដោយមានចំនុចយោងនៅអនន្ត ។ ចូរគណនាប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិនសីនៅ៖

ក. ផ្នែកខាងក្នុង

ខ. ផ្នែកខាងក្រៅ នៃស្វ៊ែ ។



មេរៀនទី២០ ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី

២០.១ ផលសងប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី

ពេលបន្ទុកវិជ្ជមាន q_0 ផ្លាស់ទីពីចំនុច A ទៅ B ក្នុងដែនអគ្គិសនី $\vec{E}$ (រូបទី២០.១) នោះបំរែបំរួលថាមពលប៉ូតង់ស្យែលក្នុងប្រព័ន្ធ (បន្ទុក និង ដែន)គឺ:

$$\Delta U = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

កម្មន្តធ្វើដោយកំលាំងអគ្គិសនីលើចំនុចបន្ទុកផ្លាស់ទីក្នុងដែនអ.នីត្រូវបានកំណត់ដោយបំរែបំរួលថាមពលប៉ូតង់ស្យែលអ.នី។ គេកំណត់សរសេរ:

$$W_{a\to b} = U_a - U_b$$

រូបទី២០.១ បន្ទុកផ្លាស់ទីពី A ទៅ B ក្នុងដែនអគ្គិនសី

ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីនៃប្រព័ន្ធបន្ទុកអ.នីពីរឃ្លាតគ្នាចំងាយ r កំណត់ដោយ

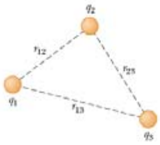
$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq_0}{r}$$

ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីនៃប្រព័ន្ធបន្ទុក អ.នី $q_1, q_2, q_3, \ldots$ បន្ទុកទាំងអស់ឃ្លាតពីគ្នាចំងាយមួយកំណត់ ដូចជាចំងាយរវាងបន្ទុក q_i និង q_j គឺ r_{ij} ។ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីសរុបកំណត់សរសេរ:

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i<j}\frac{q_i q_j}{r_{ij}}$$

រូបទី២០.២ បង្ហាញពីប្រព័ន្ធមួយមានបន្ទុកចំនួនបី។ នោះថាមពលរបស់ប្រព័ន្ធគឺ:

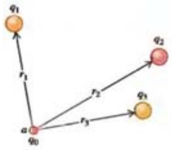
$$U = U_{12} + U_{13} + U_{23} = k_e\left(\frac{q_1q_2}{r_{12}} + \frac{q_1q_3}{r_{13}} + \frac{q_3q_2}{r_{23}}\right)$$



រូបទី២០.២ ប្រព័ន្ធបន្ទុកបី

ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីនៃបន្ទុក q_0 ក្នុងវត្តមានបន្ទុកអគ្គិសនី q_1, q_2, q_3 (រូបទី២០.៣) អាស្រ័យលើចំងាយរវាងq_0ទៅបន្ទុកនិមួយៗ។ គេកំណត់សរសេរ:

$$U = \frac{q_0}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3} + \cdots\right) = \frac{q_0}{4\pi\varepsilon_0}\sum_i \frac{q_i}{r_i}$$



រូបទី២០.៣ បន្ទុក q_o ផ្លាស់ទីចូលក្នុងប្រព័ន្ធបន្ទុក

២០.២ ផលសងប៉ូតង់ស្យែល និងប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី

ប៉ូតង់ស្យែអគ្គិសនី $V = U/q_0$គឺជាទំហំស្កាលែ និងមានខ្នាត J/C ដែល $1\,\mathrm{J/C} \equiv 1\mathrm{V}$

ផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងចំនុច A និងចំនុច B ក្នុងដែនអគ្គិសនី $\vec{E}$ ត្រូវបានកំណត់ដោយ:

$$\Delta V \equiv \frac{\Delta U}{q_0} = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

ដូចនេះយើងអាចគណនាផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាង A និង B បង្កើតដោយចំនុចបន្ទុកមួយ (រូបទី២០.៤) ដូចខាងក្រោម:

$$\Delta V \equiv \frac{\Delta U}{q_0} = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E} \cdot \overrightarrow{ds}$$

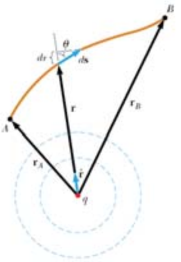
តាមរូបយើងមាន $\vec{E}\cdot\overrightarrow{ds} = k_e\frac{q}{r^2}\hat{r}\cdot\overrightarrow{ds} = k_e\frac{q}{r^2}ds\cos\theta = k_e\frac{q}{r^2}dr$

ដូចនេះ យើងបាន:

$$V_B - V_A = -\int_A^B k_e\frac{q}{r^2}dr = k_e q\left[\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right]$$

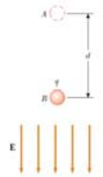
បើយើងកំណត់ $V_A = 0$ ពេល $r_A \to \infty$ និង $V_B = 0$ ពេល $r_B \to \infty$ នោះប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីបង្កើតដោយចំនុចបន្ទុកមួយត្រង់នៅចំងាយ r ពីចំនុចបន្ទុកគឺ:

$$V = k_e\frac{q}{r}$$



រូបទី២០.៤ ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិនសីបង្កើតដោយចំនុចបន្ទុក

ផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងពីរចំនុច A និង ចំនុច B ក្នុងដែនអគ្គិសនីឯកសណ្ឋាន $\vec{E}$ (រូបទី២០.៥) ដែល $\vec{s}$ ជាវិចទ័រចង្អុលពី A ទៅ B ហើយកែងនឹង $\vec{E}$ គឺ $\Delta V = -Ed$



រូបទី២០.៥ បន្ទុកអគ្គិសនីផ្លាស់ទីក្នុងដែនឯកសណ្ឋាន

ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីត្រង់ចំនុចមួយបង្កើតដោយចំនុចបន្ទុកច្រើនគឺ:

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីបង្កើតដោយរបាយបន្ទុកកាយស្មើសាច់ដូចរូបទី២០.៦ អោយដោយរូបមន្ត:

$$V = k_e\int\frac{dq}{r}$$

រូបទី២០.៦ ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីត្រង់ចំនុច P បង្កើតដោយរបាយបន្ទុក

២០.៣ ទំនាក់ទំនងដែនអគ្គិសនី និងប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី

បើយើងដឹងប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីជាអនុគមន៍នៃកូអរដោនេ x, y, z យើងទទួលបានដែនអគ្គិសនីតាមកំប៉ូសង់ដូចតទៅ:

$$E_x = -\frac{dV}{dx}, E_y = -\frac{dV}{dy} \text{និង } E_z = -\frac{dV}{dz}$$

គេកំណត់សរសេរ:

$$\vec{E} = -\left(\hat{i}\frac{\partial V}{\partial x} + \hat{j}\frac{\partial V}{\partial y} + \hat{k}\frac{\partial V}{\partial z}\right)$$

ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីនៃរបាយបន្ទុកអគ្គិសនីរាយស្មើសាច់		
របាយបន្ទុក	**ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី**	**ទីតាំង**
កងកាំ a ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីស្មើសាច់	$k_e\frac{Q}{\sqrt{x^2+a^2}}$	តាមអក្សកែងផ្ចិត
ថាស់កាំa ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីស្មើសាច់	$V = 2\pi k_e\sigma\left[(x^2+a^2)^{1/2} - x\right]$	តាមអក្សកែងផ្ចិត
ស្វែមិនចំលងអគ្គិសនីកាំ R ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីស្មើសាច់ Q	$k_e\frac{Q}{r}$	$r \geq R$
	$\frac{k_e Q}{2R}\left(3 - \frac{r^2}{R^2}\right)$	$r < R$
	$k_e\frac{Q}{r}$	$r > R$

ស្វែចំលងអគ្គិសនីកាំ R ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីស្មើសាច់ Q	$k_e\frac{Q}{R}$	$r \le R$

លំហាត់

១. ប៉ូស៊ីត្រុងមួយមានម៉ាស 9.11×10^{-31} kg និងមានបន្ទុក $e^+ = 1.6\times10^{-19}$ C ។ ឧបមាថា ផង់អាល់ហ្វាមួយមានបន្ទុក $+2e = 2(1.6\times10^{-19})$ C និងមានម៉ាសស្មើនឹង 7000ដងនៃម៉ាសប៉ូស៊ីត្រុង(ពេលវានៅស្ងៀម)។ ពេលប៉ូស៊ីត្រុងឃ្លាតពីផង់អាល់ហ្វាចំងាយ 10^{-10} m វាផ្លាស់ទីចេញពីផង់អាល់ហ្វាដោយល្បឿន 3×10^6 m/s ។

(ក) គណនាល្បឿនរបស់ប៉ូស៊ីត្រុងពេលវានៅចំងាយ 2×10^{-10} m ពីផង់អាល់ហ្វា។

ចំលើយ: 3.8×10^6 m/s

(ខ) គណនាល្បឿនរបស់ប៉ូស៊ីត្រុងពេលវានៅឆ្ងាយណាស់ពីផង់អាល់ហ្វា។

ចំលើយ:$4.4\times10^6 m/s$

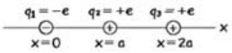
(គ) តើមានអ្វីប្រែប្រួលបើផង់ផ្លាស់ទីជាអេឡិចត្រុងវិញ។ **ចំលើយ:**$2\times10^6 m/s$

២. ចំនុចបន្ទុកពីរដាក់លើអក្ស x ដែល $q_1 = -e$ ត្រង់ $x = 0$ និង $q_1 = e$ ត្រង់ $x = a$ ។

(ក) គណនាកម្មន្តដែលបានធ្វើដោយកំលាំងខាងក្រៅដើម្បីនាំបន្ទុក q_3 ពីអានន្តមកត្រង់ $x = 2a$ ដូចរូបទី២។

ចំលើយ: $\frac{e^2}{8pe_0a}$

(ខ) ចូររកថាមពលប៉ូតង់ស្យែលសរុបនៃប្រព័ន្ធបន្ទុកទាំងបី។ **ចំលើយ:** $\frac{-e^2}{8pe_0a}$



រូបទី២

៣.ស្វែមិនចំលងអគ្គិសនីមួយមានកាំ 2a មានដង់ស៊ីតេក្នុងមួយខ្នាតមាឌ r ។ ប្រហោងស្វែមួយមានកាំ a ត្រូវបានដកចេញពីស្វែកាំ 2a ដូចរូបទី៣។ ចូរបង្ហាញថា ដែនអគ្គិសនីក្នុងរន្ធជាដែនឯកសណ្ឋានដែល $E_x = 0$ និង $E_y = \frac{ra}{3e_0}$ ។ (ការណែនាំ: ដែនក្នុងប្រហោងស្វែគឺជាផលបូកដែនបង្កើតដោយស្វែកាំ 2a និងដែនបង្កើតដោយស្វែកាំa ដែលមានបន្ទុកអវិជ្ជមាន មានដង់ស៊ីតេ- r)។

៤. **លំហាត់សារឡើងវិញ:** ដើមឡើយទំរង់អាតូមអ៊ីដ្រូសែនមួយបានណែនាំអោយស្គាល់ដោយលោក J.J. Thomson ថាហាក់ដូចជាដុំពពកមានបន្ទុក +e រាយស្មើសាច់ពេញមាឌស្វែមួយកាំ R ហើយមានអេឡិចត្រុង -e នៅត្រង់ផ្ចិត។

(ក) ដោយប្រើច្បាប់ហ្គោល ចូរបង្ហាញថា បើអេឡិចត្រុងត្រូវបានដាក់នៅចំងាយ r<R ពីផ្ចិត នោះវានឹងរងកំលាំងចូលផ្ចិត$\vec{F} = -K\vec{r}$ ដែល K ជាចំនួនថេរ។

(ខ) ចូរបង្ហាញថា $K = k_e e^2/R^3$

(គ) ចូរសរសេរកន្សោមប្រេកង់ f នៃលំយោលអាម៉ូនិចរបស់អេឡិចត្រុង បើវាត្រូវបានដាក់នៅក្បែរៗផ្ចិត។

(ឃ) ចូរគណនា R បើ $f = 2.47\times10^{15}$ Hz

៥. ប្រូតុងមួយត្រូវបានប្រលែងក្នុងដែនអ.នីឯកសណ្ឋានមួយ $E = 8\times10^4$ N/m ដូចរូបទី៥។ ប្រូតុងផ្លាស់ទីបានប្រវែង 0,5mតាមទិសដៅរបស់ដែនអគ្គិសនី $\vec{E}$ ។

(ក) ចូរគណនាបំរែបំរួលប៉ូតង់ស្យែងអគ្គិសនីរវាងចំនុច A និង B។

ចំលើយ: -4 x 10^4V

(ខ) ចូរគណនាបំរែបំរួលថាមពលប៉ូតង់ស្យែលនៃប្រព័ន្ធ(ប្រូតុង - ដែន)ចំពោះបំលាស់ទីនេះ។ ចំលើយ: -6,4 x 10^{-15}J

(គ) គណនាល្បឿនប្រូតុងត្រង់ B ។

ចំលើយ:2.8 x 10^6m/s

៦. តាមឌីប៉ូលក្នុងរូបទី៦។ ចូរគណនា

(ក) ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីត្រង់ P។

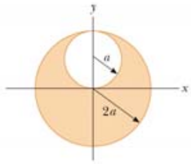
ចំលើយ: $\frac{2k_e qa}{x^2 - a^2}$

(ខ) V និង E_x ត្រង់ចំនុចមួយឆ្ងាយពីឌីប៉ូល។

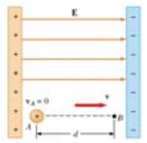
ចំលើយ:$\frac{2k_e qa}{x^2}(x \gg a)$ និង $E_x = -\frac{dV}{dx} = \frac{4k_e qa}{x^3}(x \gg a)$

(គ) V និង E_x ត្រង់ចំនុចមួយនៅចន្លោះឌីប៉ូល។

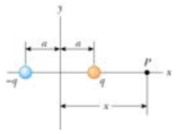
ចំលើយ: $\frac{2k_eqx}{a^2-x^2}$ និង $E_x = -2k_eq\frac{a^2+x^2}{(a^2-x^2)^2}$



រូបទី៣



រូបទី៥

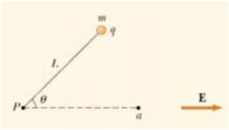


រូបទី៦

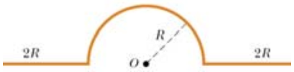
៧. ផង់មួយមានបន្ទុក $q = +2\ \mu C$និងម៉ាស $m = 0.01\ kg$ត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងខ្សែមួយប្រវែង$L = 1.5\ m$ និងចុងម្ខាងត្រូវចងជាប់នឹងចំនុច Pដូចរូបទី៧។ ដោយសន្មត់ថា ផង់ ខ្សែ និងចំនុចរង្វិល P ស្ថិតនៅលើប្លង់ដេកគ្មានកកិត។ ផង់ត្រូវបានប្រលែងពីទីតាំងលំនឹងត្រង់ $q = 60°$ ធៀបនឹងដែន$E = 300\ V/m$ ។ ចូរគណនាល្បឿនរបស់ផង់ពេលខ្សែស្របជាមួយដែន។

ចំលើយ: 0.3 m/s

៨. ខ្សែមួយមានដង់ស៊ីតេបន្ទុកស្មើសាច់ l ត្រូវបានពត់ជារាងដូចរូបទី៨។ ចូរគណនាដែនអគ្គិសនីត្រង់ O។



រូបទី៧



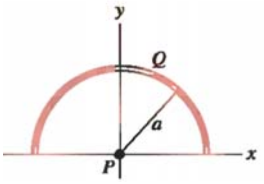
រូបទី៨

៩. បន្ទុកវិជ្ជមាន Q រាយស្មើសាច់លើកន្លះរង្វង់កាំ a មួយ ដូចរូបទី៩។ ចូរគណនាដែនអគ្គិសនីត្រង់ផ្ចិត P។

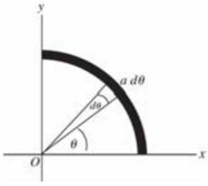
ចំលើយ: $E_y = \frac{2k_el}{a} = \frac{2k_eQ}{a^2}$

១០. បន្ទុកអវិជ្ជមាន -Q រាយស្មើសាច់លើមួយភាគបួនរង្វង់ នៅកាដ្រង់ទី១ កាំ a មួយ ដូចរូបទី១០។ ចូរគណនាដែនអគ្គិសនីត្រង់ផ្ចិត P។

ចំលើយ: $E_x = E_y = \frac{Q}{2p^2e_0a^2}$



រូបទី៩

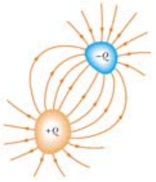


រូបទី១០

មេរៀនទី ២១ កាប៉ាស៊ីតេ និងឌីអេឡិចទ្រិច

២១.១ កុងដង់សាទ័រ និងកាប៉ាស៊ីតេ

កុងដង់សាទ័រ បង្កើតឡើងដោយអង្គធាតុចំលងពីរឃ្លាតពីគ្នាចំងាយ d នៅចន្លោះអង្គធាតុចំលងទាំងពីរជាសារធាតុមិនចំលងអគ្គិសនី។ ពេលកុងដង់សាទ័រផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីបន្ទុកនៅលើបន្ទះទាំងពីរមានទំហំ Q ដូចគ្នា តែមានសញ្ញាផ្ទុយគ្នា ហើយផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងអង្គធាតុចំលងទាំងពីរគឺ V_{ab} (រូបទី២១.១)។ កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សារទ័រអោយដោយរូបមន្ត: $C \equiv \frac{Q}{\Delta V}$



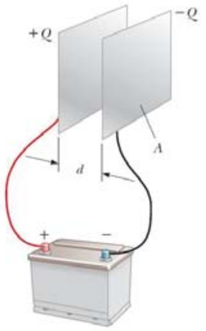
រូបទី២១.១ កុងដង់សាទ័រ

កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រប្លង់មួយ(រូបទី២១.២) ត្រូវបានកំណត់សរសេរ:

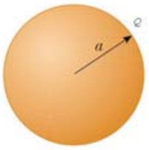
$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

កាប៉ាស៊ីតេរបស់កុងដង់សាទ័រមួយចំនួន

ប្រភេទកុងដង់សាទ័រ	កាប៉ាស៊ីតេ
ប្លង់ (រូបទី២១.២)	$C = \frac{Q}{V_{ab}} = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$
ស្វៃមួយកាំ R (រូបទី២១.៣)	$C = 4\pi\varepsilon_0 a$
ស៊ីឡាំង(រូបទី២១.៤)	$C = \frac{l}{2k_e \ln(b/a)}$
ស្វៃពីរកាំ a និង b (រូបទី២១.៥)	$C = \frac{ab}{k_e(b-a)}$

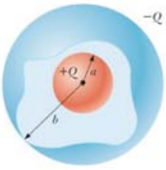


រូបទី២១.២ កុងដង់សាទ័រប្លង់



រូបទី២១.៣ កុងដង់សាទ័រស្វៃទោល

រូបទី២១.៤ កុងដង់សាទ័រស៊ីឡាំង

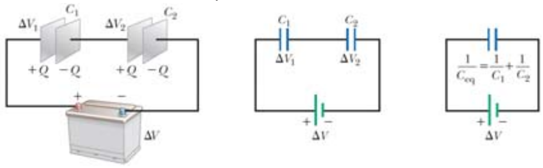


រូបទី២១.៥ កុងដង់សាទ័រស្វែ

២១.២.កុងដង់សាទ័រជាសេរី និងខ្នែង

កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃកុងដង់សាទ័រផ្គុំជាសេរីដូចរូបទី២១.៦ គឺ:

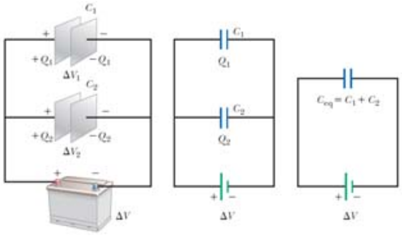
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots$$



រូបទី២១.៦ បង្គុំកុងដង់សាទ័រជាសេរី

កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រផ្គុំជាខ្នែងដូចរូបទី២១.៧ អោយដោយ:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots$$



រូបទី២១.៧ បង្គុំកុងដង់សាទ័រជាខ្នែង

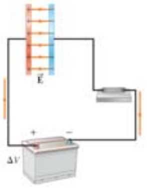
២១.៣ ថាមពលក្នុងកុងដង់សាទ័រ

ក្នុងរូបទី២១.៧បង្ហាញពីការផ្ទុកថាមពលអគ្គិសនី U ក្នុងកុងដង់សាទ័រមួយមានកាប៉ាស៊ីតេC។ ដើម្បីអោយកុងដង់ពីមានបន្ទុកស្មើសូន្យ មានផលសងប៉ូតង់ស្យែល V និងបន្ទុកQ នោះថាមពលចាំបាច់ដើម្បីផ្ទុកថាមពលនេះគឺ:

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}QV$$

និងដង់ស៊ីតេថាមពល:

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$$

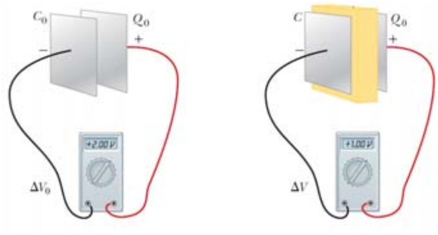


រូបទី២១.៨ ការផ្ទុកថាមពលក្នុងកុងដង់សាទ័រ

២១.៤ ឌីអេឡិចទ្រិច

ពេលចន្លោះអាម៉ាតូទាំងពីរនៃកុងដង់សាទ័រប្លង់ត្រូវបានបំពេញដោយសារធាតុឌីអេឡិចទ្រិចដូចរូបទី២១.៨ នោះកាប៉ាស៊ីតេរបស់កុងដង់សាទ័រកើនឡើងដោយមេគុណ K ដែល K ហៅថាថេរឌីអេឡិចទ្រិចរបស់សារធាតុ។ តំលៃ $\varepsilon = K\varepsilon_0$ ត្រូវបានហៅថា ពែមីទីវិតេរបស់ឌីអេឡិចទ្រិច។ កាប៉ាស៊ីតេកុងដង់សាទ័រអោយដោយរូបមន្ត:

$$C = KC_0 = K\varepsilon_0\frac{A}{d} = \varepsilon\frac{A}{d}$$
$$u = \frac{1}{2}K\varepsilon_0 E^2 = \frac{1}{2}\varepsilon E^2$$



រូបទី២១.៩ កុងដង់សាទ័រប្លង់មានសារធាតុឌីអេឡិចទ្រិចនៅចន្លោះអាម៉ាតួ

លំហាត់

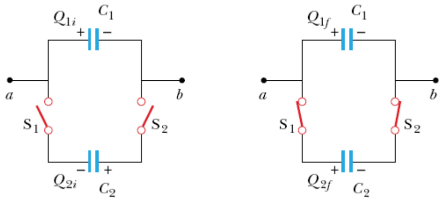
១.កុងដង់សាទ័រពីរ C_1និង C_2 $(C_1 > C_2)$ ត្រូវបានផ្ទុកអោយមានផលសងប៉ូតង់ស្យែលដូចគ្នា ΔV_i។ បន្ទាប់មកប្រភពតង់ស្យុងត្រូវបានដកចេញ និងបន្ទះអាម៉ាតួរបស់វាទាំងពីរត្រូវបានភ្ជាប់ផ្ទុយដូចរូបទី១។ បន្ទាប់មកកុងតាក់ S_1និង S_2ត្រូវបិទ។

(ក) ចូរគណនាΔV_f រវាង a និងb បន្ទាប់ពីកុងតាក់បិទ។

ចំលើយ:$\Delta V_f = \left(\frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2}\right)\Delta V_i$

(ខ) ចូរគណនាថាមពលសរុបដែលបានផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រមុនពេលនិងក្រោយពេលកុងតាក់បិទ។

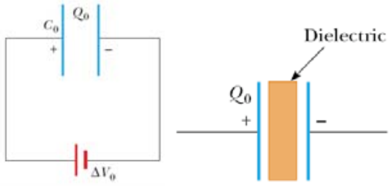
ចំលើយ: $U_i = \frac{1}{2}(C_1 + C_2)(\Delta V_i)^2, U_f = \frac{(C_1 - C_2)^2(\Delta V_i)^2}{2(C_1 + C_2)}$



រូបទី១

២. កុងដង់សាទ័រប្លង់មួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីQ_0ដូចរូបទី២។បន្ទាប់មកប្រភពត្រូវបានដកចេញ ហើយសារធាតុឌីអេឡិចទ្រិច មានថេរអេឡិចទ្រិច k ត្រូវបានដាក់បញ្ចូលចន្លោះអាម៉ាតួទាំងពីរ។ ចូរគណនាថាមពលសរុបដែលបានផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រមុនពេលនិងក្រោយពេលដាក់ឌីអេឡិចទ្រិច។

ចំលើយ:$U_0 = \frac{{Q_0}^2}{2C_0}, U = \frac{U_0}{k}$



រូបទី២

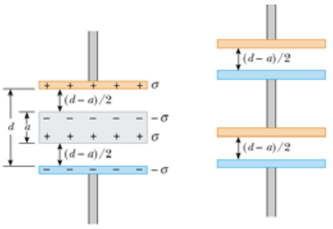
៣. កុងដង់សាទ័រប្លង់មួយមានអាម៉ាតួឃ្លាតគ្នាចំងាយ d និងផ្ទៃរបស់អាម៉ាតួ A។ បន្ទះលោហៈណឹតមួយកំរាស់ a ត្រូវបានដាក់ចំកណ្តាលចន្លោះអាម៉ាតួទាំងពីរ។

(ក) ចូរគណនាកាប៉ាស៊ីតេរបស់កុងដង់សាទ័រនេះ។

ចំលើយ: $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d - a}$

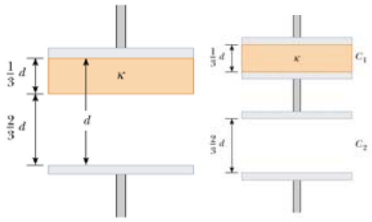
(ខ) ចូរគណនាកាប៉ាស៊ីតេរបស់កុងដង់សាទ័រ បើបន្ទះលោហៈមិនដាក់ចំកណ្តាលចន្លោះអាម៉ាតួទាំងពីរ។

ចំលើយ: $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d - a}$



រូបទី៣

៤. កុងដង់សាទ័រប្លង់មួយមានអាម៉ាតួឃ្លាតគ្នាចំងាយ d មានកាប៉ាស៊ីតេ C_0ពេលគ្មានវត្ថុមានសារធាតុឌីអេឡិចទ្រិច។ ចូរគណនាកាប៉ាស៊ីតេរបស់កុងដង់សាទ័របន្ទាប់ពីគេដាក់សារធាតុឌីអេឡិចទ្រិច មានថេរឌីអេឡិចទ្រិច k នៅចន្លោះអាម៉ាតួទាំងពីរដូចរូបទី៤។ ចំលើយ: $C = \left(\frac{3k}{2k+1}\right) C_0$



រូបទី៤

៥. អាម៉ាតួរបស់កុងដង់សាទ័រមួយមានផ្ទៃ 2 m^2 និងឃ្លាតគ្នាចំងាយ 5 mm។ ផលសងប៉ូតង់ស្យែល 10000V ត្រូវបានផ្តល់អោយកុងដង់សាទ័រ។ ចូរគណនា

(ក)កាប៉ាស៊ីតេរបស់កុងដង់

(ខ) បន្ទុកអគ្គិសនីលើបន្ទះអាម៉ាតួនីមួយ

(គ)ទំហំដែនអគ្គិសនីចន្លោះអាម៉ាតួទាំងពីរ

សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ

Royal University of Phnom Penh

កម្មវិធីគុណវឌ្ឍិ
ឆ្នាំសិក្សា ២០២៤

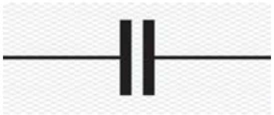
មេរៀនទី៤ កុងដង់សាទ័រ

(Capacitor)

❖ សេចក្តីផ្តើម

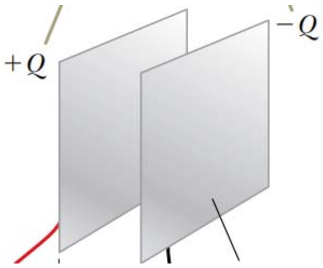
❑ កុងដងសាទ័រគឺជា គ្រឿងបរិក្ខាអគ្គិសនី ឬ អេឡិចត្រូនិចដែលមាននាទី *ផ្ទុក និងផ្ទេរ* បន្ទុកអគ្គិសនី ។

❑ កុងដង់សាទ័រ បង្កើតឡើងដោយអង្គធាតុចំលងពីរឃ្លាតពីគ្នាចំងាយ d ដែលនៅចន្លោះ អង្គធាតុចំលងទាំងពីរជាសារធាតុមិនចំលងអគ្គិសនី។



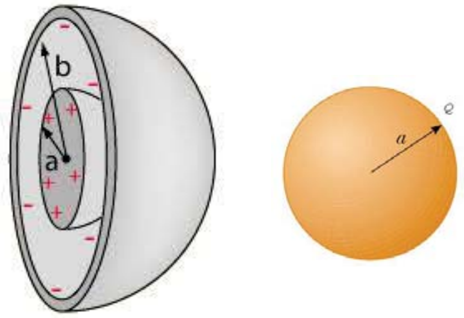
និមិត្តសញ្ញាកុងដង់សាទ័រ

ប្រភេទកុងដង់សាទ័រ



កុងដង់សាទ័រប្លង់

កុងដង់សាទ័រស៊ីឡាំង



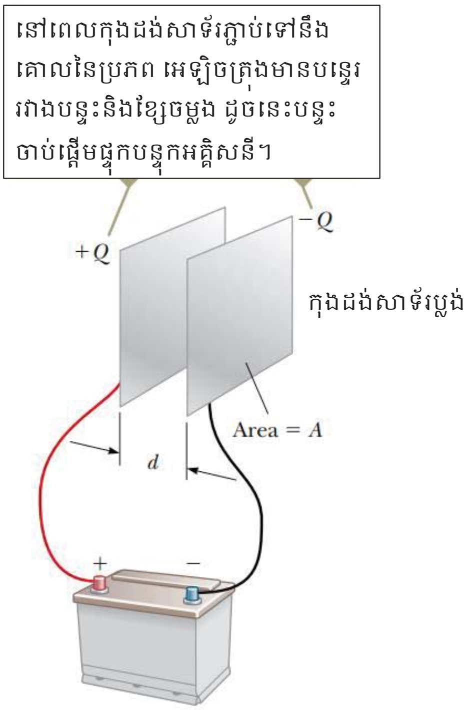
កុងដង់សាទ័រស្វ៊ែរ

❖ មាតិការ

❑ នៅក្នុងមេរៀននេះយើង នឹងសិក្សាពី ចំនុចសំខាន់ៗមួយចំនួនដូចជា៖

- កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ
- ការគណនាកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ
- បង្គុំកុងដង់សាទ័រ
- ថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រ
- កាប៉ាស៊ីតេដែលមានឌីអេឡិចទ្រិច

I. កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ



- កាប៉ាស៊ីតេ C នៃកុងដង់សាទ័រមួយជាផលធៀបរវាងបន្ទុកអគ្គីសនី(លើអង្គធាតុចម្លងបន្ទះលោហៈណាមួយ) នឹងផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងអង្គធាតុចំលងនោះ។

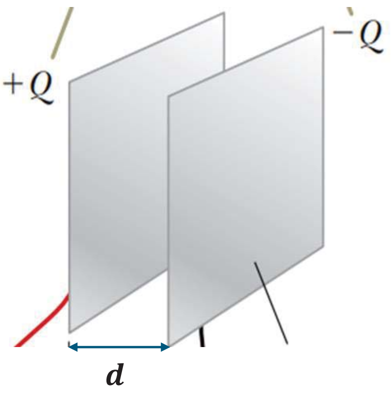
$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

ដែល C គិតជាផារ៉ាត់ (F) ឬ C/V

II. ការគណនាកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ

- **កាប៉ាស៊ីតេកុងដង់សាទ័រប្លង់**

ដែនអគ្គិសនីរវាងបន្ទះទាំងពីរ (d តូចណាស់ធៀបនឹងវិមាត្ររបស់បន្ទះ)គឺ



$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_0 A}$$

ប៉ូតង់ស្យែលរវាងបន្ទះទាំងពីរគឺ

$$\Delta V = Ed = \frac{Qd}{\varepsilon_0 A}$$

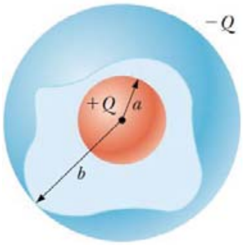
នោះកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រប្លង់គឺ

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{Qd/\varepsilon_0 A} = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

- **កាប៉ាស៊ីតេកុងដង់សាទ័រស៊ីឡាំង**

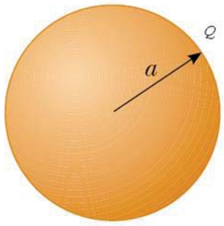
$$C = \frac{\ell}{2k_e \ln(\frac{b}{a})}$$

- **កាប៉ាស៊ីតេកុងដង់សាទ័រស្វ៊ែរពីរ**



$$C = \frac{ab}{k_e(b-a)}$$

- **កាប៉ាស៊ីតេកុងដង់សាទ័រស្វ៊ែរទោល**



$$C = 4\pi\varepsilon_0 a$$

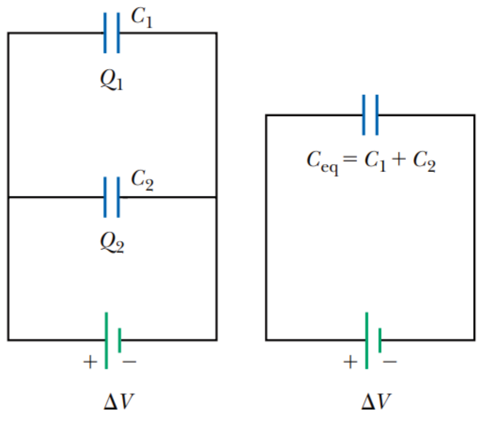
វិធីសាស្ត្រគណនាកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ

1) សរសេរកន្សោមផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងអង្គធាតុចម្លងទាំងពីរ (ΔV)

2) ប្រើប្រាស់និយមន័យកាប៉ាស៊ីតេ $C = \frac{Q}{\Delta V}$

III. បង្គុំកុងដង់សាទ័រ

ក. បង្គុំជាខ្នែង



- ផលសងប៉ូតង់ស្យែលនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ មានតម្លៃស្មើនឹងផលសងប៉ូតង់ស្យែលនៃបង្គុំ។

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

- បន្ទុកអគ្គិសនីសរុបនៃបង្គុំ៖

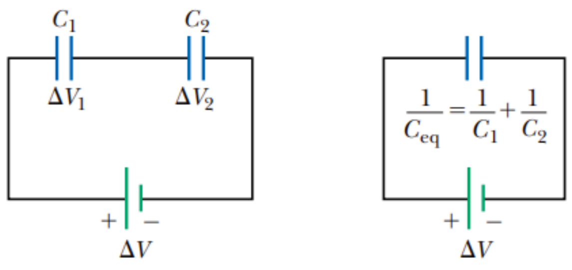
$$Q_{\text{សរុប}} = Q_1 + Q_2 + \cdots + Q_n$$

ឬ $Q_{\text{សរុប}} = C_{\text{សមមូល}}\, \Delta V$

- កាប៉ាស៊ីតេសមមូលឬកាប៉ាស៊ីតេនៃបង្គុំ៖

$$C_{\text{សមមូល}} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$$

ខ. បង្គុំជាស៊េរី



- ផលសងប៉ូតង់ស្យែលនៃបង្គុំ គឺស្មើផលបូកនៃផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងគោលនៃកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ។

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

- ❑ បន្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ គឺស្មើគ្នា ហើយស្មើនឹង បន្ទុកនៃបង្គុំ។

$$Q_{សរុប} = Q_1 = Q_2 = \cdots = Q_n$$

- ❑ កាប៉ាស៊ីតេនៃបង្គុំ គឺស្មើនឹងផលបូកនៃចម្រាស់កាប៉ាស៊ីតេរបស់កុងដង់សាទ័រនីមួយៗ។

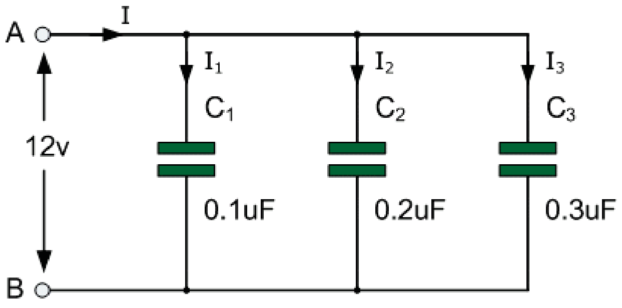
$$\frac{1}{C_{សមមូល}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots \ldots . + \frac{1}{C_n}$$

ឧទាហរណ៍

1. តាមរូបខាងក្រោមចូរគណនា:

ក. បន្ទុកអគ្គិសនី ក្នុងកុងដង់សាទ័រនីមួយៗ និង បន្ទុកនៃបង្គុំ។

ខ. កាប៉ាស៊ីតេសមមូល ។

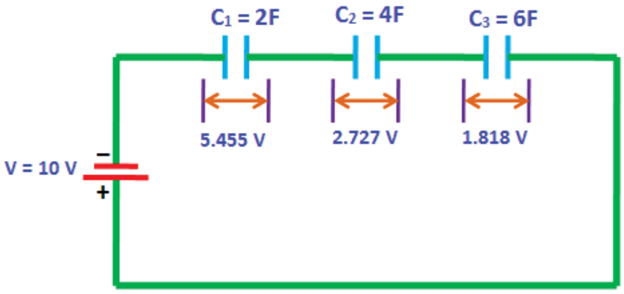


ឧទាហរណ៍

2. តាមរូបខាងក្រោមចូរគណនា:

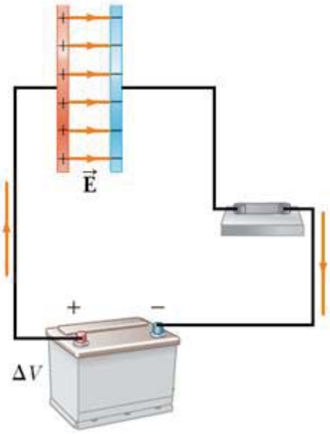
ក. កាប៉ាស៊ីតេសមមូល។

ខ. បន្ទុកនៃបង្គុំ ។



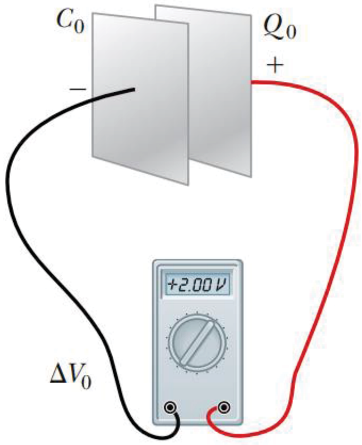
IV. ថាមពលផ្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រ

ដើម្បីធ្វើអោយកុងដង់សាទ័រដែលមានបន្ទុកស្មើសូន្យ មានផលសងប៉ូតង់ស្យែល ΔV និងបន្ទុក Q នោះ ថាមពលចាំបាច់ដើម្បីផ្ទុកថាមពលនេះគឺ:

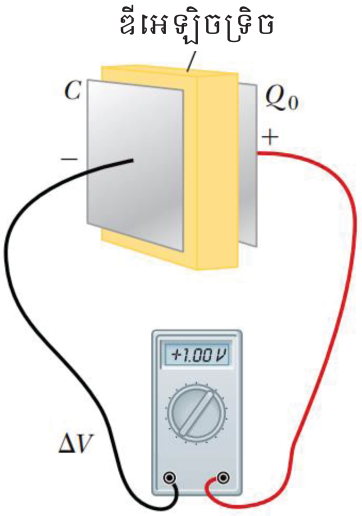


$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}C\Delta V^2 = \frac{1}{2}Q\Delta V$$

V. កាប៉ាស៊ីតេដែលមានឌីអេឡិចទ្រិច



ចន្លោះបន្ទះកុងដង់សាទ័រជាខ្យល់



ចន្លោះបន្ទះកុងដង់សាទ័រជាឌីអេឡិចទ្រិច

- ផលសងប៉ូតង់ស្យែលនៃកុងដង់សាទ័រដែលមានឌីអេឡិចទ្រិច

$$\Delta V = \frac{\Delta V_0}{k}, \quad k \text{ ជាថេរឌីអេឡិចទ្រិច}$$

- កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រដែលមានឌីអេឡិចទ្រិច

$$C = \frac{Q_0}{\Delta V} = kC_0$$

Ex: កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រប្លង់ដែលមានឌីអេឡិចទ្រិចខុសពីខ្យល់

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

$$(\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ \mathrm{F/m})$$

Material	Dielectric Constant κ	Dielectric Strength[a] (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
Polyethylene	2.30	18
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	—

ឧទាហរណ៍

3. កុងដង់សាទ័រប្លង់មួយមានអាម៉ាតួជាកន្លះរង្វង់ដែលមានអង្កត់ផ្ចិត $D = 6$ cmចម្ងាយរវាងអាម៉ាតួទាំងពីរគឺ$d = 5$ mm ។

ក. គណនាកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រប្លង់នោះ។

ខ. គណនាកាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រប្លង់ករណីចន្លោះអាម៉ាតួរបស់វាជាក្រដាស ដែល $k = 3.7$ ។

គ. គេផ្ទុកកុងដង់សាទ័រនោះក្រោមផលសងប៉ូតង់ស្យែល$\Delta V = 100\ V$ ។ គណនាបន្ទុក និងថាមពលនៃកុងដង់សាទ័រនោះ។

$(\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m$)$

សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ

Royal University of Phnom Penh

កម្មវិធីគុណវឌ្ឍិ
ឆ្នាំសិក្សា ២០២៤

ជំពូក៣ អេឡិចត្រូស៊ីនេទិច
(Electro kinetics)

❖ សេចក្តីផ្តើម

- ❑ អេឡិចត្រូស៊ីនេទិច គឺជាផ្នែកមួយនៃអគ្គិសនីដែល សិក្សានិងដោះស្រាយនូវរាល់បាតុភូតនានា ដែលកើតឡើងដោយការផ្លាស់ទីនៃបន្ទុកអគ្គិសនី (ចរន្តអគ្គិសនី) ។
- ❑ ចំនុចសំខាន់ៗ នៅក្នុងផ្នែកនេះមានដូចជា ចរន្តអគ្គិសនី និង ច្បាប់នានាដែលត្រូវប្រើក្នុងការសិក្សាពីសៀគ្វីអគ្គិសនី ។

មេរៀនទី១ ចរន្តជាប់ និង ច្បាប់នៃសៀគ្វី

(DC Circuit)

❖ សេចក្តីផ្តើម

❑ ចរន្តអគ្គិសនី ត្រូវបានបែងចែកជាពីរប្រភេទគឺ៖

- ចរន្តជាប់ (DC: Directing Current)
- ចរន្តឆ្លាស់ (AC: Alternating Current)

❑ ក្នុងមេរៀននេះយើងផ្តោតសំខាន់លើសៀគ្វីចរន្តជាប់ តែប៉ុណ្ណោះ ។

❖ មាតិកា

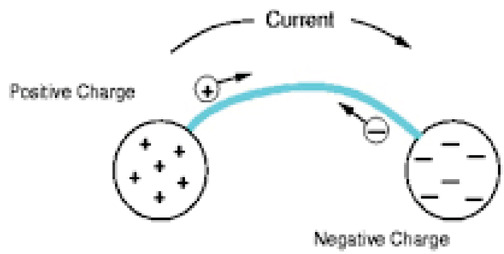
❑ នៅក្នុងមេរៀននេះយើង នឹងសិក្សាពី ចំនុចសំខាន់ៗមួយចំនួនដូចជា៖

- ចរន្ត និងដង់ស៊ីតេចរន្ត
- រេស៊ីស្ទីវីតេ
- ចរន្ត និងកំលាំងអគ្គិសនីចលករ
- ច្បាប់គៀរឆូស
- សៀគ្វី *RC*

I. ចរន្ត និង ដង់ស៊ីតេចរន្តអគ្គិសនី

1. ភាពទូទៅនៃចរន្តអគ្គិសនី

❖ ចរន្តអគ្គិសនី គឺជាលំហូរនៃបន្ទុកអគ្គិសនី តាមទិសដៅកំណត់មួយក្រោមអំពើនៃដែនអគ្គិសនី ។



❖ លក្ខខណ្ឌដែលធ្វើឲ្យមាននូវចរន្តអគ្គិសនីបានយូគឺលុះត្រាតែៈ

- រក្សាឲ្យមានផលសងប៉ូតង់ស្យែល ជាប់ជានិច្ចនៅចុងសងខាងនៃមជ្ឈដ្ឋានចម្លងនោះ $(F_e \neq 0)$ ។
- មជ្ឈដ្ឋានចម្លងនោះ ត្រូវតែមានបន្ទុកសេរី ។

នេះមានន័យថា ដើម្បីឲ្យមាននូវចរន្តអគ្គិសនីបានយូរ គឺយើងត្រូវភ្ជាប់ចុងសងខាងនៃគ្រឿងអគ្គិសនីនោះ ជាមួយនឹងប្រភពអគ្គិសនី ។

2. ទំហំផាំងឡាយនៃចរន្តអគ្គិសនី

❑ ចរន្តអគ្គិសនី (Current)

- ចរន្តអគ្គិសនី គឺជាទំហំស្កាលែ ដែលវាបញ្ជាក់ពីបរិមាណបន្ទុកអគ្គិសនីដែលឆ្លងកាត់មុខកាត់ណាមួយរបស់សៀគ្វីក្នុងមួយខ្នាតពេល។
- យើងកំណត់បាននូវចរន្តអគ្គិសនីដោយ៖

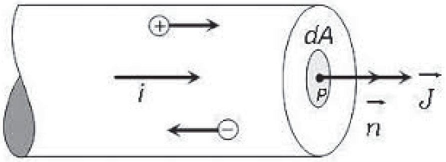
$$I = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad \Rightarrow \quad q = \int_{t_1}^{t_2} I dt$$

អាំងតង់ស៊ីតេចរន្តមានខ្នាតគិតជា អំពែ (A) (ដែល $1A = 1C/s$)

3. ដង់ស៊ីតេចរន្តអគ្គិសនី (Current Density)

❑ ដង់ស៊ីតេចរន្តអគ្គិសនី ត្រូវបានតាងដោយ $\vec{J}$ ហើយវាគឺជាទំហំវ៉ិចទ័រដែលវាបញ្ជាក់ឲ្យយើងដឹងពីតម្លៃនៃចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់ក្នុងមួយខ្នាតមុខកាត់នៃសៀគ្វីណាមួយ ឬ ដឹងថាតម្លៃចរន្តណាធំជាងចរន្តណា ។

- យើងកំណត់បាន៖



$$\vec{J} = \lim_{\Delta s \to 0} \frac{\Delta I}{\Delta S} \vec{n}$$

$$\Rightarrow \vec{J} = \frac{dI}{dS} \vec{n}$$

$$\Rightarrow \vec{J} = \frac{I}{S} \vec{n} \quad (I = \text{ថេរ})$$

- គេអាចទាញបាន៖

$$I = \int_S \vec{J} ds \, \vec{n}$$

ដង់ស៊ីតេចរន្ត J មានខ្នាតគិតជា អំពែ (A/m^2)

- ទំនាក់ទំនងរវាង អាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត នឹង ដង់ស៊ីតេចរន្ត

- យើងមាន

$$I = \frac{dq}{dt} \quad \text{តែ} \quad dq = \rho dV = \rho dS.vdt$$

- នោះយើងបាន $I = \frac{\rho dS.vdt}{dt} = \rho v dS$

- នោះយើងបាន

$$\vec{J} = \frac{dI}{dS}\vec{n} = \frac{\rho v dS}{dS}\vec{n}$$

$$\Rightarrow \vec{J} = \rho v \vec{n} = \rho \vec{v} \quad , \vec{v} = v\vec{n}$$

បើ n ត្រូវបានតាងដង់ស៊ីតេភាគល្អិតដំបូងដែលផ្ទុកអគ្គិសនីក្នុងមួយខ្នាតមាឌ ហើយ e ជាបន្ទុករបស់ភាគល្អិតនីមួយៗ នោះយើងបាន៖

$$\rho = ne$$

- នោះយើងបាន៖

$$\vec{J} = ne\vec{v} \quad , \quad J = nev$$

4. ផលនៃចរន្តអគ្គិសនី

- ផលសំខាន់ៗនៃចរន្តអគ្គិសនីមាន៖
- ផលកម្ដៅ ឬ ផលស៊ូល
- ផលម៉ាញេទិច
- ផលគីមី
- ផលអុបទិច ។

II. រេស៊ីស្តង់និង រេស៊ីស្ទីវីតេ

1. ច្បាប់អូមចំពោះកំណាត់សៀគ្វីស្មើសាច់

- យើងពិនិត្យមើលកំណាត់សៀគ្វី AB នោះដែលចុងសងខាងត្រូវបានផ្គត់ផ្គង់ដោយតង់ស្យុង $V_{AB} = V_A - V_B$ ។

- តាមការពិសោធន៍បានបង្ហាញថា៖

$$I = \lambda V_{AB}$$

ដែលមេគុណសមាមាត្រ λ ជាមេគុណចម្លងអគ្គិសនី ។

❑ លក្ខណៈចំរាស់នៃ មេគុណចម្លងអគ្គិសនី ត្រូវបានហៅថា រេស៊ីស្តង់ តាងដោយ $R = \frac{1}{\lambda}$ មានខ្នាតគិតជាអូម (Ω) ។

❑ នោះយើងបាន៖

$$I = \frac{V_{AB}}{R}$$

ហៅថា ច្បាប់អូមចំពោះគ្រឿងចម្លងអូម

➢ ពំនោល៖ អាំងតង់ស៊ីតេចរន្តអគ្គិសនី រត់កាត់កំណាត់សៀគ្វី មួយគឺ សមាមាត្រនឹង តង់ស្យុង ហើយច្រាសសមាមាត្រនឹង រេស៊ីស្តង់នៃ កំណាត់ សៀគ្វី នោះ ។

2. រេស៊ីស្តង់នៃខ្សែចម្លង និង រេស៊ីស្ទីវិតេ

❑ បើខ្សែចម្លងមួយស្មើសាច់ និងមានមុខកាត់ថេរ ប្រវែង l នោះរេស៊ីស្តង់ នៃខ្សែចម្លងនោះត្រូវបានកំណត់ដោយ៖

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

❑ ដែល

- l ប្រវែងនៃខ្សែចម្លង (m)
- S ផ្ទៃមុខកាត់នៃខ្សែចម្លងស្មើសាច់ (m^2)
- ρ រេស៊ីស្ទីវីតេនៃខ្សែចម្លង (Ωm)

❖ រេស៊ីស្ទីវីតេ (Resistivity)

- ❑ រេស៊ីស្ទីវីតេ គឺជារេស៊ីស្តង់ធម្មជាតិនៃសារធាតុ ដែលគេវាស់ក្នុងប្រវែងខ្សែ 1 m និង មុខកាត់ 1 m^2 ។
- ❑ រេស៊ីស្ទីវីតេនៃសារធាតុខ្លះៗ

សារធាតុ	រេស៊ីស្ទីវីតេ	សារធាតុ	រេស៊ីស្ទីវីតេ
ប្រាក់	1.59×10^{-8}	ដែក	7.2×10^{-7}
ទង់ដែង	1.68×10^{-8}	ផ្លាទីន	1.1×10^{-7}
មាស	2.2×10^{-8}	សំណរ	2.2×10^{-7}
អាលុយមីញ៉ូម	2.65×10^{-8}	នីក្រូម	1.5×10^{-7}
តង់ស្តែន	9.71×10^{-8}		

❖ សម្គាល់

- ❑ រេស៊ីស្តង់ជាលក្ខណៈប្រឆាំងនឹងការចម្លង ចរន្តអគ្គិសនី ក្នុងសារធាតុ
- ❑ ភាពចម្លង ចរន្តអគ្គិសនី គឺត្រូវបានហៅថា កុងឌុចតង់ ដែលតាងដោយ

$$G = \frac{1}{R}$$

កុងឌុចតង់ G មានខ្នាតគិតជា សិកមិន Siemen (Ω^{-1})

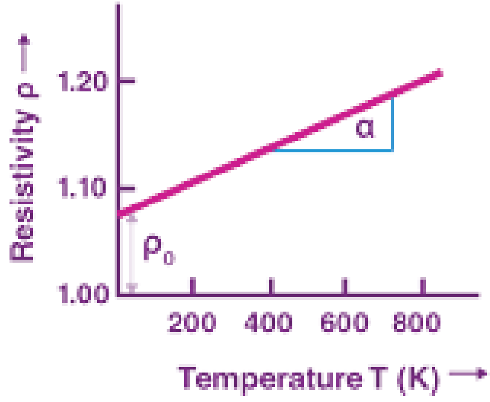
- ❑ រេស៊ីស្ទីវីតេ ជាកម្រិតរេស៊ីស្តង់របស់សារធាតុ។ ភាពចម្រាស់នៃ រេស៊ីស្ទីវីតេ ហៅថាកម្រិតចម្លង នៃសារធាតុ ដែលតាងដោយ

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

កម្រិតចម្លងចរន្តរបស់សារធាតុ σ មានខ្នាតគិតជា ($\Omega^{-1}m^{-1}$)

3. រេស៊ីស្តង់អាស្រ័យនឹង ស៊ីតុណ្ហភាព

- យើងពិនិត្យមើលរេស៊ីស្តរមួយដែល មានរេស៊ីស្តង់ R_0 នៅកម្រិតសីតុណ្ហភាព t_0 កាលណាគេកម្តៅវាដល់ស៊ីតុណ្ហភាព t ណាមួយនោះ តម្លៃរេស៊ីស្តង់របស់ក៏ប្រែប្រួលដែរ ។
- យោងតាមការពិសោធន៍បាន បង្ហាញលទ្ធផលដូចក្នុងក្រាប៖



- គេអាចកំណត់បាននូវរេស៊ីស្តង់ដែលអាស្រ័យនឹងស៊ីតុណ្ហភាពដោយកន្សោមដូចខាងក្រោម៖

$$R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)]$$

ដែល

- R_0 ជាតម្លៃរេស៊ីស្តង់ នៅស៊ីតុណ្ហភាព t_0
- R ជាតម្លៃរេស៊ីស្តង់ នៅស៊ីតុណ្ហភាព t
- α មេគុណកម្តៅនៃសារធាតុ (1/℃)

4. ទម្រង់ឌីផេរ៉ង់ស្យែលនៃច្បាប់អូម

- យើងពិនិត្យមើលធាតុនៃខ្សែចម្លងមួយដែលបានបង្ហាញដូចរូប។
- ដោយ

$$I = JS \Rightarrow J = \frac{I}{S}$$

- តែ $R = \rho\frac{l}{S} \Rightarrow S = \rho l/R$, $I = \frac{V}{R}$
- នោះយើងបាន

$$J = \frac{\frac{V}{R}}{\rho l/R} = \frac{V}{\rho l} = \sigma\frac{V}{l} = \sigma E$$

- ដូច្នេះយើងបាន

$$J = \sigma E \quad , \quad \vec{J} = \sigma\vec{E}$$

- ម្យ៉ាងទៀត

$$\vec{\nabla}.\vec{j} = \vec{\nabla}.(\sigma\vec{E})$$

$$\vec{\nabla}.\vec{j} = \sigma\vec{\nabla}.\vec{E}$$

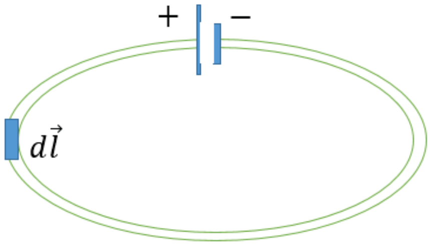
នេះជាច្បាប់អូមទម្រង់ឌីផេរ៉ង់ស្យែល

- បើ $\vec{E}$ ថេរ នោះ៖

$$\vec{\nabla}.\vec{j} = 0$$

III. កម្លាំងអគ្គសនីចលករនៃជនិតា

❑ យើងពិនិត្យមើលសៀគ្វីបិទមួយដូចបានបង្ហាញ នោះដង់ស៊ីតេចរន្តគឺអាចសរសេរបាន៖



$$\vec{J} = \sigma(\vec{E} + \vec{E}^*)$$

❑ ដែល

- $\vec{E}$ ដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតឡើងដោយ សៀគ្វក្រៅ
- $\vec{E}^*$ ដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតឡើងដោយ ជនិតា

❑ យើងធ្វើការអាំងតេក្រាលលើធាតុប្រវែង dl នៃដង់ស៊ីតេចរន្ត $\vec{J}$ នោះយើងបាន៖

$$\int_A^B \vec{J}.d\vec{l} = \int_A^B \sigma(\vec{E} + \vec{E}^*)\ .d\vec{l}$$

$$\Leftrightarrow \quad \int_A^B \frac{I}{S}.dl = \int_A^B \sigma(\vec{E})\ .d\vec{l} + \int_A^B \sigma(\vec{E}^*)\ .d\vec{l}$$

$$\Leftrightarrow \quad I\frac{1}{\sigma}\int_A^B \frac{dl}{S}. = \int_A^B (\vec{E})\ .d\vec{l} + \int_A^B (\vec{E}^*)\ .d\vec{l}$$

$$\Leftrightarrow \quad I\int_A^B \rho\frac{dl}{S} = \int_A^B (\vec{E})\ .d\vec{l} + \int_A^B (\vec{E}^*)\ .d\vec{l}$$

- ❑ តាមនិយមន័យយើងទាញបាន៖

$$\int_A^B \rho \frac{dl}{S} = R$$: រេស៊ីស្តង់នៃខ្សែចម្លង

$$\int_A^B (\vec{E})\ .d\vec{l} = V_A - V_B$$: ផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងចំនុច $A\&B$

$$\int_A^B (\vec{E}^*)\ .d\vec{l} = \varepsilon$$: កម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៃជនិតា

- ❑ *យើងបាន៖*

$$IR = V_A - V_B + \varepsilon$$

- ❑ ដូចនេះយើងបានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៃជនិតា៖

$$\varepsilon = \int_A^B (\vec{E}^*)\ .d\vec{l}$$

- ❑ *យើងទាញបានច្បាប់អូមចំពោះជនិតា*

$$V_{AB} = V_A - V_B = \varepsilon - IR$$

- ❖ *ករណីគ្មានប្រភពអគ្គិសនី* $(\varepsilon = 0)$ *នោះគេទាញបាន៖*

$$V_{AB} = V_A - V_B = IR$$

ច្បាប់ទន្លាក់តង់ស្យុងនៃសៀគ្វី

IV. ច្បាប់គៀតផូស (Kirchhoff's Law)

- ច្បាប់គៀតផុស គឺជាច្បាប់មួយដែលមានសារៈសំខាន់យ៉ាងខ្លាំងក្នុងការប្រើដោះស្រាយនូវលំហាត់សៀគ្វីអគ្គិសនី ។
- ច្បាប់គៀតផូស មានពីរគឺ៖
  - ច្បាប់គៀតផូស នៃចរន្ត (KCL)
  - ច្បាប់គៀតផូស នៃតង់ស្យុង

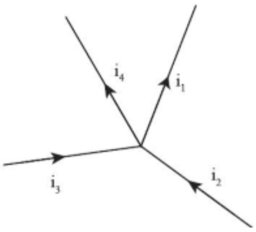
1. ច្បាប់គៀតផូសសម្រាប់ចរន្ត (KCL: Kirchhoff's Current Law)

- ច្បាប់គៀតផូសម្រាប់ចរន្តគឺពឹងផ្អែកលើច្បាប់រក្សាបរិមាណបន្ទុកអគ្គិសនី គឺផលបូកចរន្តដែលរត់ចូលថ្នាំង គឺស្មើនឹងផលបូកនៃចរន្តដែលរត់ចេញពីថ្នាំង ។

ពំនោល៖ *ផលបូកពិជគណិតនៃចរន្តអគ្គិសនីត្រង់ថ្នាំងមួយគឺមានតម្លៃស្មើនឹងសូន្យ*

- យើងអាចសរសេរបាន៖

$$\sum_{k}^{n} I_k = 0$$



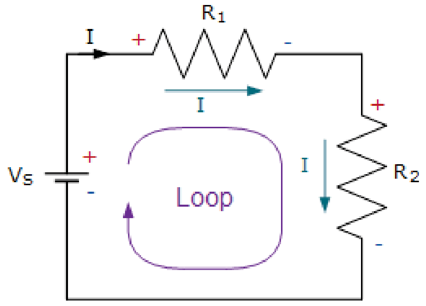
យើងសន្មត់ថា ចរន្តចូលថ្នាំងមានសញ្ញា(+) និងចរន្តចេញពីថ្នាំងមានសញ្ញា(–) ។

2. ច្បាប់គៀរឆូសសម្រាប់តង់ស្យុង (KVL: Kirchhoff´s Voltage Law)

❖ ពំនោល៖ ផលបូកពិជគណិតនៃកម្លាំងអគ្គិសនីចលករសរុប គឺស្មើនឹងផលបូកពិជគណិតនៃទម្លាក់តង់ស្យុងក្នុងសៀគ្វី។

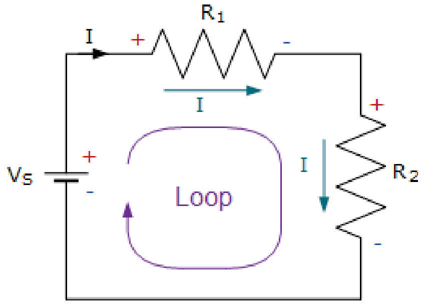
❖ យើងអាចសរសេរបាន៖

$$\sum_{k}^{n} \varepsilon_{\mathrm{k}} = \sum_{k}^{n} R_k I_k$$



❖ ឬ យើងអាចសរសេរម្យ៉ាងទៀតបាន៖

$$\sum_{k}^{n} \mathrm{V}_{\mathrm{k}} = 0$$



សម្គាល់៖

ក្នុងករណីនេះយើងអាច កំណត់សញ្ញារបស់តង់ស្យុង ឬកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ ដោយគ្រាន់តែយកតាមទិសដៅនៃវង់ដែលបានជ្រើសរើស ពោលគឺ ប៉ះ (+) យក (+) ប៉ះ(−)យក(−) ។

3. ការប្រើប្រាស់ច្បាប់គៀគឆូសសម្រាប់ដោះស្រាយលំហាត់

❖ ការប្រើច្បាប់គៀគឆូសយើងគួរតែអនុវត្តន៍តាមជំហានដូចខាងក្រោមៈ

1) កំណត់ថ្នាំងដែលត្រូវសិក្សាដោយអក្សរ និង ធ្វើការដៅទិសដៅចរន្តដែលឆ្លងកាត់ថ្នាំងនីមួយៗ (ជៀសវាងយកចូលទាំងអស់ ឬ ចេញទាំងអស់) រួចប្រើ KCL និងទាញរកទំនាក់ទំនងចរន្ត

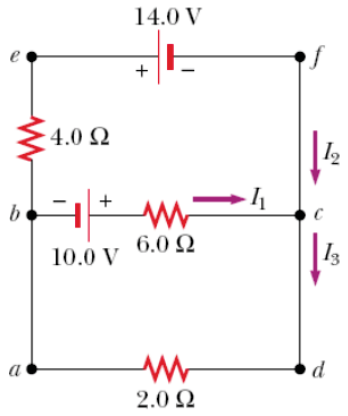
2) ជ្រើសរើសវង់បិទឲ្យសមស្រប រួចប្រើ KVL ដើម្បីទទួលបានទំនាក់ទំនងសមីការ

3) ធ្វើការដោះស្រាយរកអញ្ញត្តិ

4) ពិនិត្យមើលចម្លើយ បើសិន $I_k > 0$ នោះការដៅទិសដៅចរន្តគឺត្រឹមត្រូវ តែបើ $I_k < 0$ នោះមានន័យថា ទិសពិតគឺផ្ទុយពីទិសដៅសន្មត់។ ដូចគ្នាសម្រាប់ប្រភពអគ្គិសនី ។

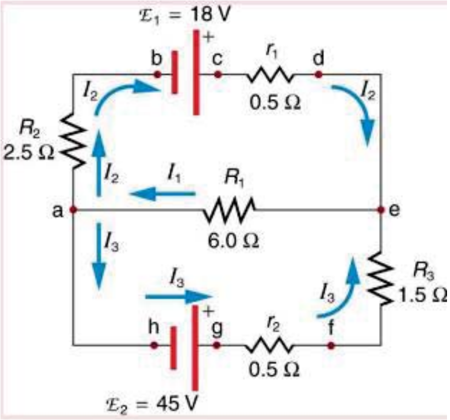
ឧទាហរណ៍

១. ចូរកំណត់តម្លៃចរន្តដែលមិនស្គាល់ក្នុងសៀគ្វីខាងក្រោមៈ



ឧទាហរណ៍

២. ចូរកំណត់តម្លៃចរន្តដែលមិនស្គាល់ក្នុងសៀគ្វីខាងក្រោម៖

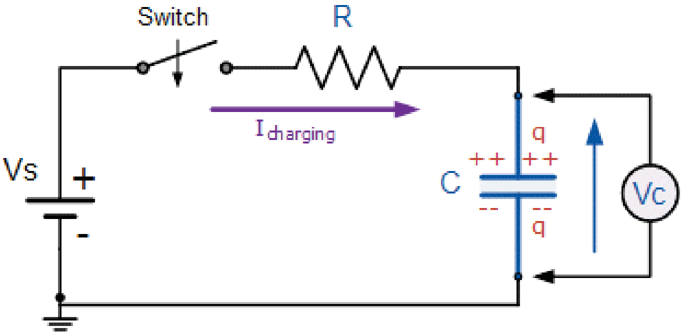


V. បន្ទុកនិង បន្ទេរនៃកុងដង់សាទ័រ (សៀគ្វីRC)

- សៀគ្វី LC ជាសៀគ្វីដែលត្រូវបានប្រើក្នុងការផ្ទុកឬ ផ្ទេរថាមពលអគ្គិសនីដែលមាន ការអនុវត្តន៍យ៉ាងច្រើនដូចជា ការបញ្ចូល (សាក) និង ការប្រើប្រាស់នូវថាមពលដូចជា ថ្មទូរស័ព្ទ កំព្យូទ័រ និង គ្រឿងអេឡិចត្រូនិចផ្សេងៗជាច្រើនទៀត ។

1.បន្ទុកនៃកុងដង់សាទ័រ (សៀគ្វី RC ផ្ទុក)

គេរៀបចំសៀគ្វីគ្វីមួយដែលមានកុងដង់សាទ័រមួយមានកាប៉ាស៊ីតេ C និងរេស៊ីស្តង់ R មួយរួចភ្ជាប់សៀគ្វីនេះទៅនឹងជនិតា មួយដែលមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ E ដូចរូប ។



- ពេលគេបិទកុងតាក់ នៅខណៈពេល t=0

$V_c = 0$

$I_c = 0$

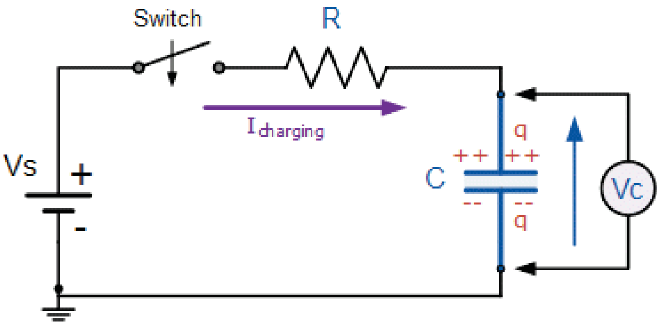
$q_c = 0$

- នៅខណៈពេល t > 0

$V_c > 0$

$I_c > 0$

$q_c > 0$



គេទាញបាន

$V_c + V_R = \mathrm{E}$ ដែល $V_R = \mathrm{Ri}$ តែ $\mathrm{i} = \frac{dq}{dt}$ ហើយ $q = CV_c$ => $\mathrm{i} = \frac{d}{dt}(CV_c) = C\frac{dV_c}{dt}$

គេបាន

$$V_c + \mathrm{RC}\frac{dV_c}{dt} = \mathrm{E}$$

តាង $\boldsymbol{\tau = RC}$ ហៅថាថេរពេលនៃសៀគ្វី RC

គេបានសមីការសម្គាល់នៃសៀគ្វី RC ផ្ទុក ជាទម្រង់តង់ស្យុងគឺ៖

$$V_c + \tau\frac{dV_c}{dt} = \mathrm{E} \qquad (*)$$

$$V_c + \tau V_c' = E$$

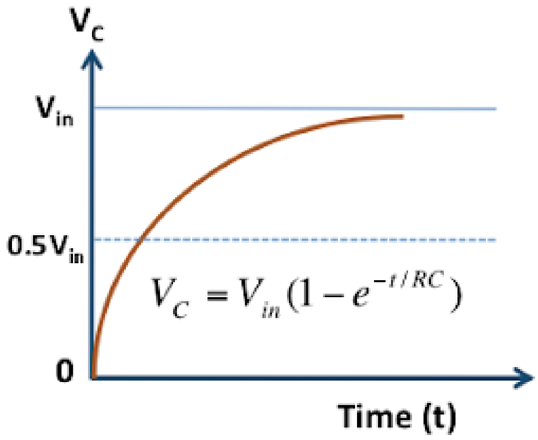
តាមសមីការសម្គាល់ខាងលើ គេអាចទាញរក សមីការចម្លើយទូទៅ នៃកន្សោម តងស្យុង គោលក្នុងជង់សាទរ័ គឺ៖

$$V_c = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

ដែល

E: កម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៃជនិតា

τ: ថេរពេលនៃសៀគ្វី RC



❑ សមីការបន្ទុកអគ្គិសនីនៃកុងដង់សាទ័រ

គេអាចទាញបាននូវសមីការបន្ទុកខណៈនៃកុងដង់សាទ័របានតាមរូបមន្តៈ

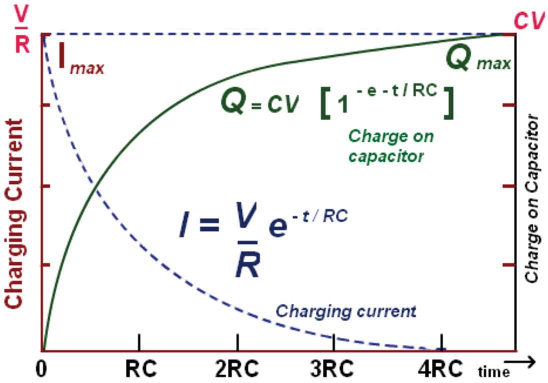
$q = CV$ តែ $V = V_c = V_m(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

គេទទួលបាន

$$q = CV_m\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = Q_m\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$\boxed{q_C = Q_m\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})}$$

$$\boxed{Q_m = CE = CV_m}$$



❑ សមីការចរន្តអគ្គិសនីនៃសៀគ្វី RC

គេអាចទាញបាននូវសមីការចរន្តខណៈនៃសៀគ្វី RC បានតាមរូបមន្តៈ

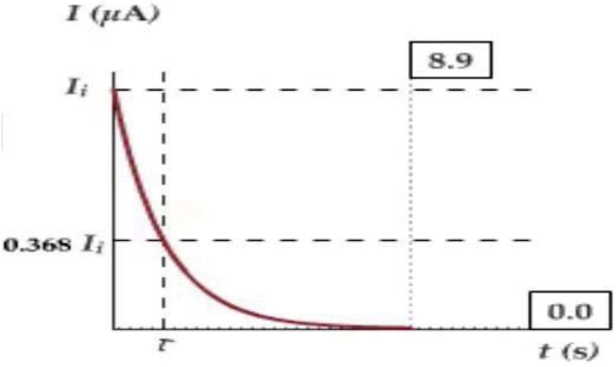
$i = \frac{dq}{dt}$ តែ $q_C = Q_m\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

គេទទួលបាន

$$i = \frac{d}{dt}Q_m\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$<=> \quad i = \frac{E}{R}\,e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\boxed{i = I_0\,e^{-\frac{t}{\tau}}}$$



❑ *រយៈពេលនៃការផ្ទុក*

$$i = I_0\, e^{-\frac{t}{\tau}} \qquad \boxed{\Rightarrow t = -\tau \ln \frac{i}{I_0}}$$

EX1. គេតំឡើងសៀគ្វីមួយដែលមានជនិតាមួយមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ

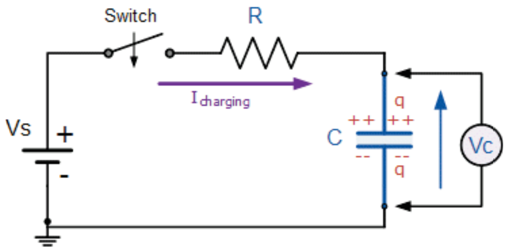
$E = 12V$ ក្នុងដង់សាទរ័មួយមានកាប៉ាស៊ីតេ $C = 2\mu F$ និងរេស៊ីស្តង់មួយមានតម្លៃ $R = 10\Omega$ ដូចរូប ។ គេចាប់ផ្តើមបិទកុងតាក់នៅខណៈ t=0 ។

ក. គណនាថេរពេលនៃសៀគ្វី

ខ. គណនាអាំងតង់ស៊ីតេចរន្តអចិន្ត្រៃយ៍

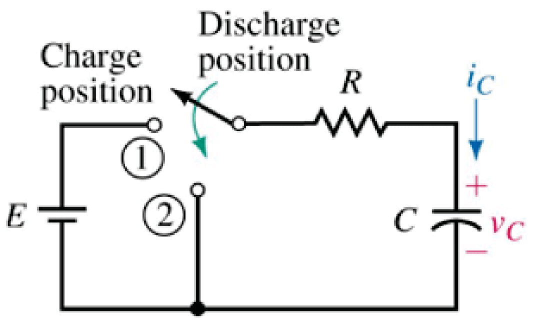
គ. គណនាបន្ទុកអតិបរមានៃកុងដង់សាទ័រ

ឃ. គណនាបន្ទុក នៅខណៈ $t = \tau$, $t = 5\tau$ ។



2.ការផ្ទេរបន្ទុកអគ្គិសនីនៃកុងដង់សាទ័រ

គេដំឡើងសៀគ្វីមួយដូចរូប ។



❖ តំបូងកុងតាក់បានភ្ជាប់ទៅនឹងចំនុច ១

=> *បង្កើតបានជាសៀគ្វី RC ផ្ទុក ។*

នៅខណៈពេល t=∞

$q = Q_m \quad , \quad v_c = E \quad , \quad I = 0$

❖ បន្ទាប់មក យើងកាច់កុងតាក់ មកទីតាំង២ វិញម្តង

=> *បង្កើតបានជាសៀគ្វី RC ផ្ទេរ ។*

o នៅខណៈ$t = 0$

$q = Q_m \quad , \quad v_c = E \quad , \quad I = 0$

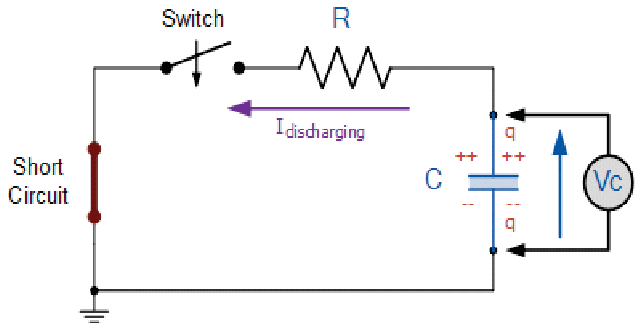
o នៅខណៈ$t > 0$

$v_c + v_R = 0 <=> v_c + RC\frac{dv_c}{dt} = 0$

តាង $\tau = RC$

$$V_c + \tau\frac{dV_c}{dt} = 0$$

$$V_c + \tau V_c' = 0$$



(សមីការសម្គាល់នៃសៀគ្វី RC ផ្ទុក ជាទម្រង់តង់ស្យុង)

❑ សមីការតង់ស្យុងគោល កុងដង់សាទ័រ ពេលផ្ទេរ៖

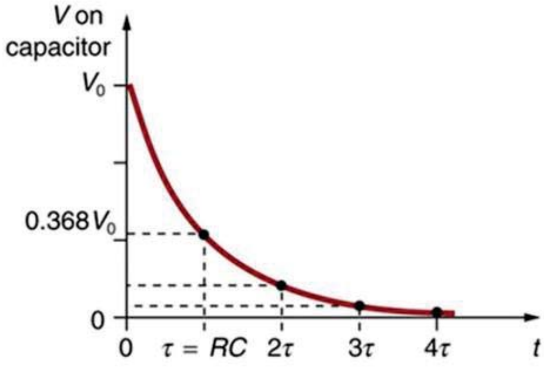
តាមសមីការសម្គាល់ខាងលើ គេអាចទាញរក សមីការចម្លើយទូទៅ នៃកន្សោមតង់ស្យុង គោលកុងដង់សាទ័រ គឺ៖

$$V_c = E\,.\,e^{-\frac{t}{\tau}}$$

ដែល

E: កម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៃជនិតា

τ: ថេរពេលនៃសៀគ្វី RC



(b)

❑ *សមីការបន្ទុកអគ្គិសនីនៃកុងដង់សាទ័រ ពេលផ្ទេរ*

គេអាចទាញបាននូវសមីការបន្ទុកខណៈនៃកុងដង់សាទ័របានតាមរូបមន្ត៖

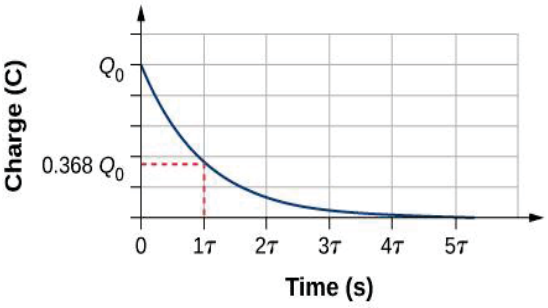
$q = CV$ *តែ* $V = V_c = V_m\,e^{-\frac{t}{\tau}}$

គេទទួលបាន

$$q = CV_m\left(e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = Q_m\,e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$q_C = Q_m\,e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$Q_m = CE = CV_m$$



(a)

❑ *សមីការចរន្តអគ្គិសនីនៃសៀគ្វី RC ពេលផ្ទេរ*

គេអាចទាញបាននូវសមីការចរន្តខណៈនៃសៀគ្វី RC បានតាមរូបមន្ត៖

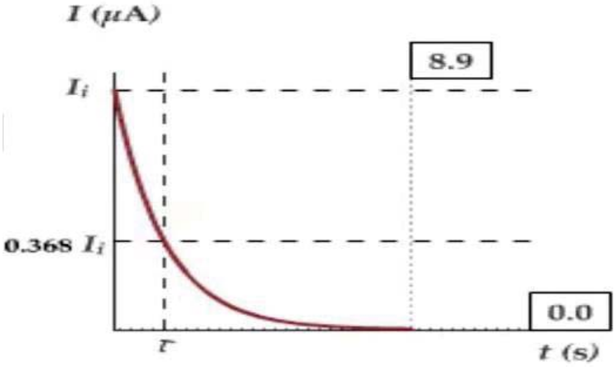
$i = \frac{dq}{dt}$ *តែ* $q_C = Q_m\, e^{-\frac{t}{\tau}}$

គេទទួលបាន

$$i = \frac{d}{dt} Q_m\, e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$<=> \quad i = \frac{E}{R}\, e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\boxed{i = -I_0\, e^{-\frac{t}{\tau}}}$$



មេរៀនទី ២២ ចរន្តជាប់ និងច្បាប់សៀគ្វី

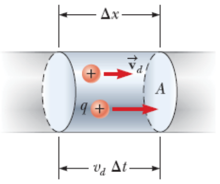
២២.១ ចរន្ត និងដង់ស៊ីតេចរន្ត

ក្នុងរូបទី២២.១ ឧបមាថា មាន n ផង់ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីក្នុងមួយខ្នាតមាឌ ហើយសន្មត់ថាផង់ទាំងអស់ផ្លាស់ទីដោយល្បឿនរសាត់ v_d ស្មើគ្នា និងក្នុងរយៈពេល dt ផង់នីមួយៗផ្លាស់ទីបានចំងាយ $v_d dt$ ។ មាឌរបស់ស៊ីឡាំង$Av_d dt$ និងចំនួនផង់ក្នុងមាឌនេះស្មើនឹង $nAv_d dt$។

បើផង់នីមួយៗមានបន្ទុក q នោះបរិមាណបន្ទុកអគ្គិសនីក្នុងមាឌនេះស្មើនឹង $qnAv_d dt$ ។ យើងបាន:

$$I = \frac{dQ}{dt} = n|q|v_d A$$
$$\vec{J} = \frac{\vec{I}}{A} = nq\vec{v}_d$$

ដែល I ជាចរន្តអគ្គិសនី និង J ជាដង់ស៊ីតេចរន្តអគ្គិសនី



រូបទី២២.១ កំនាត់ខ្សែចំលងមួយមានចរន្តឆ្លងកាត់

២២.២ រេស៊ីស្ទីវីតេ

យើងមាន: $V = EL = L\frac{\rho I}{A} = RI \Rightarrow R = \frac{\rho L}{A}$

ដោយដឹងអង្គធាតុចំលងរីកមាឌពេលដែលសីតុណ្ហភាពកើនឡើង។ ដោយរេស៊ីស្តង់របស់អង្គធាតុចំលងអាស្រ័យនឹងប្រវែង ដូចនេះ ពេលសីតុណ្ហភាពប្រែប្រួលនោះរេស៊ីស្តង់របស់វាក៏ប្រែប្រួលតាមសីតុណ្ហភាពដែរ។ គេមានទំនាក់ទំនង:

$$\rho = \frac{E}{J}, \vec{E} = \rho\vec{J}, \rho(T) = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

ដូចនេះ យើងអាចសរសេរ:

$$R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

ដែល $\alpha = \frac{1}{\rho_0}\frac{\Delta\rho}{\Delta T}$

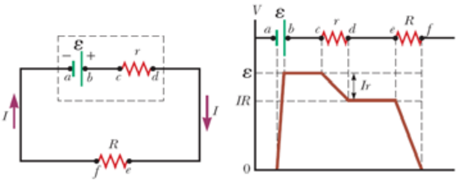
២២.៣ ទ្រឹស្តីនៃអង្គធាតុចំលងអគ្គិសនី

យើងនឹងសិក្សាទៅលើចលនារបស់អេឡិចត្រុងក្នុងអង្គធាតុចំលងតាមរូបវិទ្យាបុរាណដោយមិនគិតពីមេកានិចកង់ទិច។ ក្នុងគំរូរដ៏សាមញ្ញនៃការចំលងអគ្គិសនីក្នុងលោហៈអាតូមនីមួយៗក្នុងក្រាមលោហៈមានអេឡិចត្រុងស្រទាប់ក្រៅចំនួនមួយរឺច្រើន។ អេឡិចត្រុងទាំងនេះអាចផ្លាស់ទីដោយសេរីក្នុងក្រាមហើយពេលផ្លាស់ទីវាទង្គិចជាមួយនឹងអ៊ីយ៉ុងវិជ្ជមាននៅស្ងៀម។

២២.៤ ចរន្ត និងកំលាំងអគ្គិសនីចលករ

រូបទី២២.២ បង្ហាញពីសៀគ្វីបិទមួយរួមមានប្រភពតង់ស្យុងមួយមានរេស៊ីស្តង់ក្នុង *r* និងរេស៊ីស្តង់ R មួយ។ តាមរូបយើងបាន:

$$V_{ef} = \varepsilon - Ir$$
$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$
$$I\varepsilon = I^2R + I^2r$$



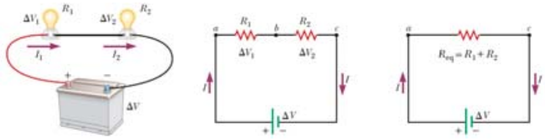
(ក) សៀគ្វីដ្យាក្រាម (ខ) ក្រាបតង់ស្យុង

រូបទី២២.២ សៀគ្វីបិទមួយដែលប្រភពមានរេស៊ីស្តង់ក្នុង

២២.៥ បន្សំរេស៊ីស្តង់

រូបទី២២.៣ បង្ហាញពីបង្គុំរេស៊ីស្តរជាស៊េរី ដែលរេស៊ីស្តង់សមមូលនៃបង្គុំអាចសរសេរ:

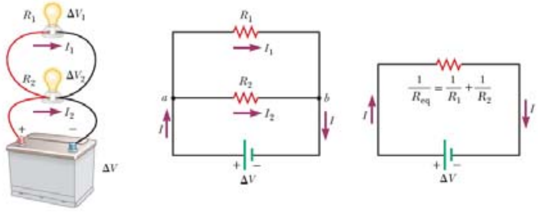
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$$



រូបទី២២.៣ រេស៊ីស្តង់សមមូលនៃបង្គុំរេស៊ីស្តរជាស៊េរី

រូបទី២២.៤ បង្ហាញពីបង្គុំរេស៊ីស្តរជាខ្នែង ដែលរេស៊ីស្តង់សមមូលនៃបង្គុំអាចសរសេរ:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots$$



រូបទី២២.៤ រេស៊ីស្តង់សមមូលនៃបង្គុំរេស៊ីស្តរជាខ្នែង

២២.៦ ច្បាប់គៀរឆូស

ច្បាប់តង់ស្យុង**របស់គៀរឆូវ** (KVL)

ផល់បូកនៃផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងប៉ូលទាំងពីរនៃធាតុអគ្គិសនីទាំងអស់ក្នុងសៀគ្វីបិទមួយមានតំលៃស្មើសូន្យ។

$$\sum_{\substack{closed\\loop}} \Delta V = 0$$

ពេលដែលយើងអនុវត្តច្បាប់នេះ យើងត្រូវកំណត់សញ្ញានៃធាតុអគ្គិសនីដូចខាងក្រោម:

- **ចំពោះរេស៊ីស្តង់**

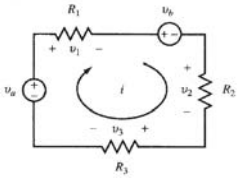
ដោយសារបន្ទុកអគ្គិសនីផ្លាស់ទីពីប៉ូតង់ស្យែលខ្ពស់ទៅប៉ូតង់ស្យែលទាបនៃរេស៊ីស្តង់ នោះយើងបានកំណត់ ប៉ូលនៃរេស៊ីស្តង់ដូចខាងក្រោម:

- បើទិសដៅសន្ទត់នៃវង់ឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់មានទិសដៅដូចចរន្ត នោះផលសងប៉ូតង់ស្យែល ΔV របស់វាគឺស្មើនឹង $-IR$ ។
- បើទិសដៅសន្ទត់នៃវង់ឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់មានទិសដៅផ្ទុយទិសដៅចរន្ត នោះ ផលសងប៉ូតង់ស្យែល ΔV របស់វាគឺស្មើនឹង$+IR$ ។

- **ចំពោះប្រភព**

- បើទិសដៅសន្ទត់នៃវង់ឆ្លងកាត់ប្រភពមានទិសដៅពីប៉ូល (-) ទៅប៉ូល (+) នៃប្រភព នោះផលសង ប៉ូតង់ស្យែល ΔV របស់វាគឺស្មើនឹង$+\varepsilon$ ។
- បើទិសដៅសន្ទត់នៃវង់ឆ្លងកាត់ប្រភពមានទិសដៅពីប៉ូល (+) ទៅប៉ូល (-) នៃប្រភព នោះផលសង ប៉ូតង់ស្យែល ΔV របស់វាគឺស្មើនឹង$-\varepsilon$ ។

ឧទាហរណ៍១ សរសេរសមីការ KVL ចំពោះសៀគ្វីក្នុងរូបទី២២.៥ខាងក្រោម។



រូបទី២២.៥ សៀគ្វីបិទមួយ

តាម KVL យើងបាន:

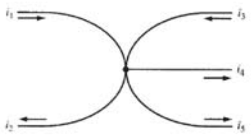
$$-v_a + v_1 + v_b + v_2 + v_3 = 0$$
$$-v_a + iR_1 + v_b + iR_2 + iR_3 = 0$$
$$v_a - v_b = i(R_1 + R_2 + R_3)$$

ច្បាប់ចរន្តរបស់គៀរឆូវ (KCL)

ផលបូកចរន្តចូលថ្នាំងស្មើនឹងផល់បូកចរន្តចេញពីថ្នាំង។

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

ឧទាហរណ៍ ២ សរសេរសមីការ KCL ចំពោះសៀគ្វីក្នុងរូបទី២២.៦ខាងក្រោម។



រូបទី២២.៦ ចរន្តត្រង់ថ្នាំង

តាម KCL យើងបានៈ

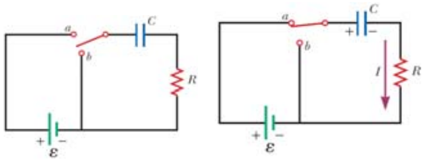
$$i_1 - i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0$$
$$i_1 + i_3 = i_2 + i_4 + i_5$$

២២.៧ សៀគ្វី *RC*

ការផ្ទុកកុងដង់សាទ័រ

ក្នុងសៀគ្វីនៃរូបទី២២.៧ ដើមឡើយកុងដង់សាទ័រគ្មានបន្ទុក បន្ទាប់ពីកុងតាក់បិទបានរយៈពេល t យើងបានបន្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រ និងចរន្តក្នុងសៀគ្វីអោយដូចខាងក្រោមៈ

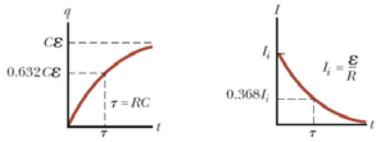
$$q = C\varepsilon\left(1 - e^{-t/RC}\right) = Q\left(1 - e^{-t/RC}\right)$$
$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{\varepsilon}{R}e^{-t/RC} = I_0 e^{-t/RC}$$



(ក) សៀគ្វី RC (សៀគ្វីចំហ) (ខ) សៀគ្វី RC ពេលសៀគ្វីបិទ

រូបទី២២.៧ សៀគ្វី RC ពេលផ្ទុក

ក្រាបបន្ទុក និងចរន្តត្រូវបានបង្ហាញដូចរូបទី២២.៨។

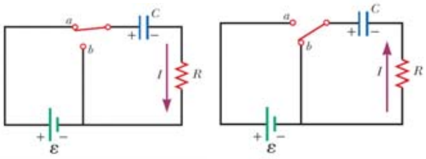


រូបទី២២.៨ ក្រាបបន្ទុកប្រែប្រួលតាមពេល និងក្រាបចរន្តក្នុងសៀគ្វី

ការផ្ទេរកុងដង់សាទ័រ

ក្នុងសៀគ្វីនៃរូបទី២២.៩ ដើមឡើយកុងដង់សាទ័រមានបន្ទុកពេញQ បន្ទាប់ពីកុងតាក់បិទបានរយៈពេល t យើងបានបន្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រ និងចរន្តក្នុងសៀគ្វីអោយ ដូចខាងក្រោមៈ

$$q = Qe^{-t/RC}$$
$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{Q}{RC}e^{-t/RC} = I_0 e^{-t/RC}$$



រូបទី២២.៩ សៀគ្វី RC ពេលផ្ទេរ

លំហាត់

១. ខ្សែចំលងមួយមានអង្កត់ផ្ចិត d=1,02 mm ឆ្លងកាត់ដោយចរន្ត 1,67 A។ ដង់ស៊ីតេអេឡិចត្រុងសេរីមានចំនួន $8{,}5 \times 10^{28}$ អេឡិចត្រុងក្នុងមួយម៉ែត្រគូប។ ចូរគណនា

(ក) ដង់ស៊ីតេចរន្តឆ្លងកាត់ខ្សែចំលង។ចំលើយៈ $2{,}04 \times 10^{6} A/m^2$

(ខ) ល្បឿនរសាត់របស់អេឡិចត្រុង។ ចំលើយៈ$1{,}5 \times 10^{-4} m/s$

២. ខ្សែចំលងមួយមានអង្កត់ផ្ចិត d=1,02mm ឆ្លងកាត់ដោយចរន្ត 1,67A។ ប្រភេទខ្សែចំលងនេះមានរេស៊ីស្ទីវីតេ $\rho = 1{,}72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ ។ ចូរគណនា

(ក) អាំងតង់ស៊ីតេដែនអគ្គិសនីក្នុងខ្សែចំលង។

ចំលើយ: 0,035V/m

(ខ) ផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងពីរចំនុចនៃខ្សែចំលងចំងាយ 50mពីគ្នា។

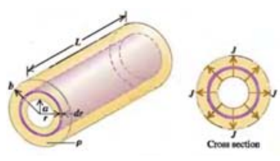
ចំលើយ: 1,75V

(គ) រេស៊ីស្តង់ខ្សែចំលងប្រវែង 50m។ចំលើយ: 1,05 អូម

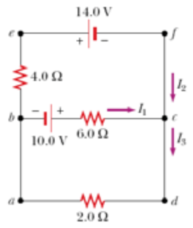
៣. ស៊ីឡាំងប្រហោងមួយដូចរូបទី៣ មានប្រវែង L និងមានកាំខាងក្នុង a និងកាំខាងក្រៅ b។ ខ្សែនេះធ្វើពីសារធាតុមិនមានរេស៊ីស្ទីវីតេ ρ ។ ខ្សែនេះមានផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងកាំក្នុង និងកាំក្រៅដូចនេះមានចរន្តរត់ក្នុងស៊ីឡាំងពីa ទៅb។ ចូរគណនារេស៊ីស្តង់ចំពោះចរន្តនេះ។

ចំលើយ: $R = \frac{\rho}{2\pi L} ln\frac{b}{a}$

៤. ចូរគណនាចរន្តរត់ក្នុងសៀគ្វីនៃរូបទី៤។



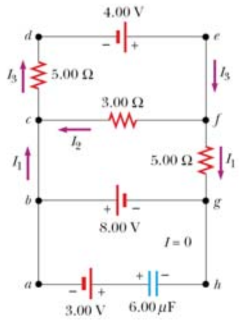
រូបទី៣



រូបទី៤

៥. ក្នុងរូបទី៥ ក្នុងលក្ខខ័ណលំនឹងចរន្ត ចូរគណនា ចរន្តក្នុងសៀគ្វី រួចគណនាបន្ទុកក្នុងកុងដង់សាទ័រ។

៦. ក្នុងដង់មិនទាន់ផ្ទុកបន្ទុកមួយ និងរេស៊ីស្តរមួយត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនិងប្រភពតង់ស្យុងមួយដូចរូបទី៦ ដែល $\varepsilon = 12V, C = 5\mu F$និង $R = 8 \times 10^5 \Omega$ ។ ចូរគណនាថេរពេលនៃសៀគ្វី បន្ទុកអតិបរិមារបស់កុងដង់ ចរន្តអតិបរិមាឆ្លងកាត់សៀគ្វី និង បន្ទុក និងចរន្តជាអនុគមន៍នៃពេល។

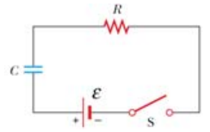


រូបទី៥

៧. កុងដង់សាទ័រមួយមានកាប៉ាស៊ីតេ C ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីពេញត្រូវបានផ្ទេបន្ទុកតាមរយៈ រេស៊ីស្តរ R មួយ។

(ក)តើរយៈពេលប៉ុន្មានថេរពេលបានជាបន្ទុកនៅក្នុងកុងដង់ស្មើ1/4បន្ទុកដើម។

(ខ) តើរយៈពេលប៉ុន្មានថេរពេលបានជាថាមពលនៅក្នុងកុងដង់ស្មើ1/4ថាមពលដើម។



រូបទី៦

មេរៀនទី ២៤ ប្រភពដែនម៉ាញ៉េទិច

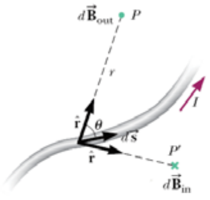
២៤.១ ច្បាប់ Biot-Savart

ដែនម៉ាញ៉េទិច $d\vec{B}$ ត្រង់ចំនុច P មួយបង្កើតដោយខ្សែប្រវែង $d\vec{s}$ ឆ្លងកាត់ដោយចរន្តថេរ I គឺ:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\vec{s}\times\hat{r}}{r^2}$$

ដូចនេះដែនម៉ាញ៉េទិចបង្កើតដោយខ្សែចំលងដូចរូបទី២៤.១ អោយដោយរូបមន្ត:

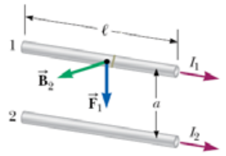
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int\frac{d\vec{s}\times\hat{r}}{r^2}$$



រូបទី២៤.១ ដែនម៉ាញ៉េទិចបង្កើតដោយខ្សែចំលងឆ្លងកាត់ដោយចរន្តអគ្គិសនី

កំលាំងម៉ាញ៉េទិចក្នុងមួយខ្នាតប្រវែងរវាងខ្សែចំលងពីរឃ្លាតគ្នាចំងាយ a ឆ្លងកាត់ដោយចរន្ត I_1 និង I_2 ដូចរូបទី២៤.២ មានទំហំ:

$$\frac{F_B}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}$$

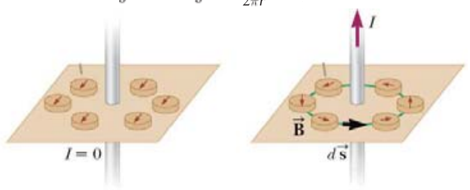


រូបទី២៤.២ ខ្សែពីរឆ្លងកាត់ដោយចរន្តអគ្គិសនី

២៤.២ ច្បាប់អាំពែ

អាំងតេក្រាល $\vec{B}\cdot d\vec{s}$ ជុំវិញខ្សែបិទមួយស្មើនឹង $\mu_0 I$ ដែល I ជាចរន្តក្នុងខ្សែបិទ។ គេកំណត់សរសេរ:

$$\oint\vec{B}\cdot d\vec{s} = B\oint ds = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\;2\pi r = \mu_0 I$$



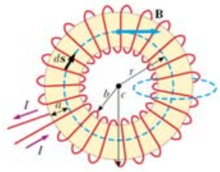
រូបទី២៤.៣ ម្ជុលមេដែកប្រែប្រួលទិសដៅពេលមានចរន្តឆ្លងកាត់ខ្សែ

ដោយប្រើច្បាប់អាំពែ ដែនម៉ាញ៉េទិចបង្កើតដោយខ្សែត្រង់ឆ្លងកាត់ដោយចរន្ត I គឺ

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

ដោយប្រើច្បាប់អាំពែដែនម៉ាញ៉េទិចក្នុង Toroid គឺ

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$$



រូបទី២៤.៤ បូប៊ីនសំប៉ែត (Toroid)

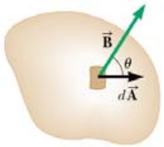
ដែនម៉ាញ៉េទិចក្នុងសូលេណូអ៊ីតគឺ

$$B = \mu_0\frac{N}{l}I = \mu_0 nI$$

២៣.៣ ដែនម៉ាញ៉េទិច និងភ្លុច

រូបទី២៤.៥បង្ហាញពីការគណនាភ្លុចម៉ាញ៉េទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃA។ ភ្លុចម៉ាញ៉េទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃមួយអោយដោយ:

$$\phi_B \equiv \int\vec{B}\cdot d\vec{A}$$



រូបទី២៤.៥ ដែនម៉ាញ៉េទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃមួយ

ភ្លុចម៉ាញ៉េទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃបិទ

$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{A}=0$$

២៤.៤ ម៉ូម៉ង់ម៉ាញ៉េទិចនៃអាតូម

ចរន្តបង្កើតឡើងដោយចលនាអេឡិចត្រុងវិលផ្លាសទីដោយល្បឿន $v=2\pi r/T$ ជុំវិញណ្វៃយ៉ូគឺស្មើនឹង e/T ។

ដោយ $T=2\pi/\omega$ ហើយ $\omega=v/r$ នោះយើបាន:

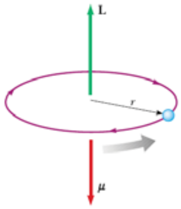
$$I=e/T=e\omega/2\pi=ev/2\pi r$$

ដោយ $\mu=IA$ ហើយ $A=\pi r^2$ ដូចនេះយើងបាន:

$$\mu=IA=\left(\frac{ev}{2\pi r}\right)\pi r^2=\frac{1}{2}evr$$

ដោយ $L=m_e vr$

ដូចនេះយើងបាន $\mu=\left(\frac{e}{2m_e}\right)L$



រូបទី២៤.៦ ទិសដៅម៉ូម៉ង់ម៉ាញ៉េទិច

ដែនម៉ាញ៉េទិចបង្កើតដោយខ្សែចំលងឆ្លងកាត់ដោយចរន្តអគ្គិសនី

ខ្សែចំលង	ទីតាំងនៃដែន	ដែនម៉ាញ៉េទិច
ខ្សែចំលងវែង	ចំងាយ r ពីខ្សែចំលង	$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
ខ្សែវង់កាំ a	លើអ័ក្សនៃវង់	$B=\frac{\mu_0 I a^2}{2(x^2+a^2)^{3/2}}$
	ត្រង់ផ្ចិតនៃវង់	$B=\frac{\mu_0 I}{2a}$
ស៊ីឡាំងវែងកាំ R	$r<R$	$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi}\frac{r}{R^2}$
	$r>R$	$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
សូលេណូអ៊ីត	ក្បែរអ័ក្ស	$B=\mu_0 nI$
	ក្រៅសូលេណូអ៊ីត	$B\approx 0$

សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ

Royal University of Phnom Penh

កម្មវិធីគុណវុឌ្ឍិ
ឆ្នាំសិក្សា ២០២៤

មេរៀនទី២ ច្បាប់ផារ៉ាដេ

(Faraday´s Law)

❖ សេចក្តីផ្តើម

- យើងបានដឹងហើយថា ចរន្តអគ្គិសនី អាចបង្កើតនូវ ដែនម៉ាញេទិច ក្រោយមក មានការលើកឡើងនូវ សំនួរមួយគឺថា តើដែនម៉ាញេទិច អាចបង្កើតនូវចរន្តអគ្គិសនី ដែរឬទេ ?
- ចម្លើយនៃសំនួរនេះ ត្រូវបានដោះស្រាយ ដោយអ្នកប្រាជ្ញ រូបវិទ្យា ម្នាក់គឺលោក ផារ៉ាដេ (Michael Faraday) ។

❖ មាតិកា

- ❑ នៅក្នុងមេរៀននេះយើង នឹងសិក្សាពី ចំនុចសំខាន់ៗមួយចំនួនដូចជា៖
- ច្បាប់ផារ៉ាដេ
- បាតុភូតអាំងឌុចស្យុងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច កម្លាំងអគ្គិសនីចលករ
- បាតុភូតអូតូអាំងឌុចស្យុង កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអូតូអាំងឌ្វី
- អាំឌុចតង់
- ថាមពលមាញេទិច ។

I. បាតុភូតអាំងឌុចស្យុងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច (ELECTROMAGNETIC INDUCTION)

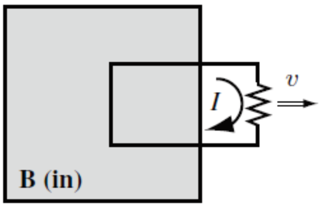
❑ បាតុភូតអាំងឌុចស្យុងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច គឺជាបាតុភូតមួយកើតឡើងកាល មាននូវបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិចក្នុង បូប៊ីន (សៀគ្វីមួយ) ។

❑ ក្នុងបាតុភូតនេះយើងសង្កេតឃើញថា ឥទ្ធិពលនៃដែនម៉ាញេទិច គឺអាចបង្កើតបាននូវចរន្តអគ្គិសនី មួយដែលគេហៅថា ចរន្តអាំងឌ្វី ។

1. ច្បាប់ផារ៉ាដេ (Faraday's Law)

- នៅក្នុងឆ្នាំ1831 អ្នកប្រាជ្ញរូបវិទ្យាម្នាក់ឈ្មោះ Michel Faraday បានធ្វើការបង្ហាញពី របាយការនៃការពិសោធន៍របស់គាត់ អំពីបាតុភូតអាំងឌុចស្យុងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច ដែលមានលំដាប់លំដោយដូចខាងក្រោម៖

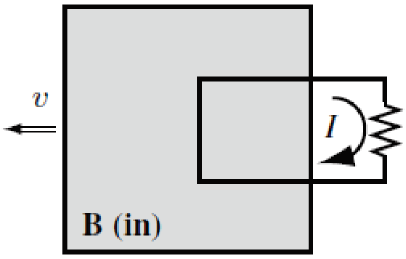
ការពិសោធន៍ទី១៖ លោកផារ៉ាដេបានរុញនូវរង្វង់ខ្សែចម្លងមួយ ចូលទៅក្នុងតំបន់នៃដែនម៉ាញេទិច នោះគាត់សង្កេតឃើញមានវត្តមានចរន្តអគ្គិសនីរត់តាមទិសដៅមួយ ។



(a)

នៅពេលដែលគាត់បានបញ្ឈប់ចលនានៃរង្វង់ខ្សែចម្លង នោះចរន្តអគ្គិសនីក្នុងរង្វង់ក៏លែងមានដែរ ។

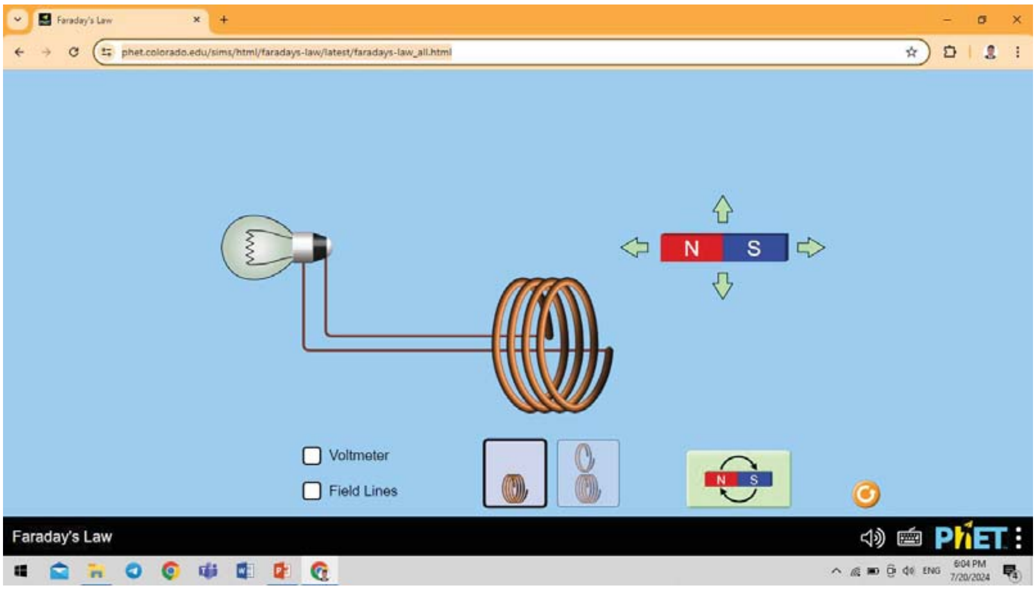
ការពិសោធន៍ទី២៖ លោកបានទាញនូវរង្វង់ខ្សែចម្លងចេញ ពីតំបន់នៃដែនម៉ាញេទិច ពេលនោះគាត់សង្កេតឃើញមានវត្តមានចរន្តអគ្គិសនីរត់ម្តងទៀត តែលើកនេះវាមានទិសដៅផ្ទុយពីទិសដៅលើកមុន។



ការពិសោធន៍ទី៣៖ គាត់បានធ្វើ ឲ្យមានបម្រែបម្រួលនូវតម្លៃដែនម៉ាញេទិច ពេលនោះ ក៏វាមានវត្តមាននៃចរន្តក្នុងរង្វង់ខ្សែចម្លងផងដែរ ។

❑ *ការធ្វើពិសោធន៍ដោយប្រើ Simulator*

https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_all.html



❖ *បម្រែបម្រួលដែនម៉ាញេទិច បានបង្កើតនូវដែនអគ្គិសនី*

តាមពិសោធន៍លោកផារ៉ាដេបានរកឃើញថាកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ ដែលកើតមានក្នុងរង្វង់ខ្សែចម្លងគឺស្មើនឹង អត្រាបម្រែបម្រួលនូវ ភ្លុចម៉ាញេទិច ។

$$e = -\frac{d\Phi}{dt}$$ តម្លៃខណៈ

ឬ $$E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$ តម្លៃមធ្យម

❑ ដោយ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករស្មើនឹងតង់ស្យុងនោះយើអាចសរសេរ

$$e = \oint \vec{E}.d\vec{l}$$

❑ តាមទំនាក់ទំនងទាំងពីរយើងអាចសរសេរ៖

$$e = \oint \vec{E}.d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

❑ នោះ កន្សោម$\vec{E}$ ដែលទាក់ទង់នឹង $\vec{B}$ អាចសរសេរ បាន៖

$$\oint \vec{E}.d\vec{l} = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{a}$$

កន្សោមនេះត្រូវបានហៅថា ច្បាប់ផារ៉ាដេទម្រង់អាំងតេក្រាល។

❑ *ដោយប្រើទ្រឹស្តីបទ Stock យើងអាចសរសេរនូវច្បាប់ផារ៉ាដេ ចំពោះទម្រង់ឌីផេរ៉ង់ស្យែល គឺកំណត់ដោយៈ*

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

❖ *ចំណាំៈ*

នៅក្នុងស្តាទីស្វិច ($\vec{E} =$ ថេរ) ឬ ម៉ាញេតូស្តាទិច ($\vec{B} =$ ថេរ) នោះ $\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$ *,* $\vec{\nabla} \times \vec{B} = 0$

ច្បាប់ផារ៉ាដេ គឺ សិក្សាក្នុងករណីដែល $\vec{E}$ ($\vec{B}$) ប្រែប្រួល ដូច្នេះ ច្បាប់ខាងលើមិនអាចប្រើបានឡើយ ។

ឧទាហរណ៍

១. របុំខ្សែចម្លងមួយមានកាំមធ្យម $5cm$ និង ចំនួនស្ពៀសរុប 5000 ត្រូវបានដាក់ក្នុងដែនម៉ាញេទិច ប្រែប្រួលពី $0 \rightarrow 0.05T$ ដែលប្រើរយៈពេល $0.05s$ ។

ក. គណនាតម្លៃនៃកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ E

ខ. គណនាចរន្តអាំងឌ្វី ឆ្លងកាត់សៀគ្វី បើសៀវគ្វីមានរេស៊ីស្តង់សរុប $R = 100\Omega$ ។

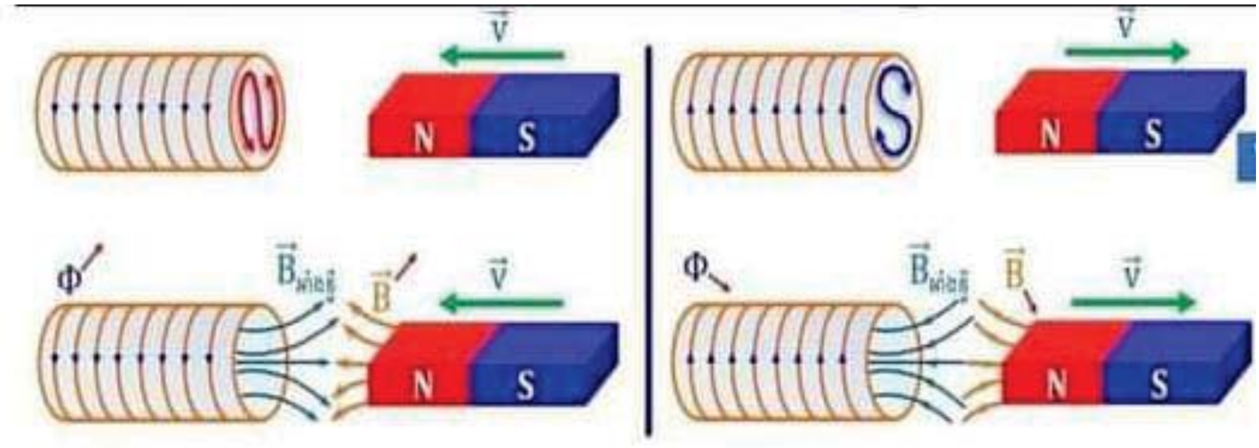
2. ច្បាប់ឡិច (Lenz's Law)

- ក្រោយពេលលោកផារ៉ាដេបានទាញនូវកន្សោមកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ ក្រោយមក អ្នកប្រាជ្ញរូបវិទ្យា ឈ្មោះ ឡិន (Heinrich Lenz) បានបង្កើតច្បាប់ចំនួនពីរ សម្រាប់រកទិសដៅនៃចរន្តអគ្គីសនីក្នុងបូប៊ីន ។

- ច្បាប់ឡិនទី១៖ តាមការពិសោធន៍បង្ហាញថា ចរន្តអាំងឌ្វីក្នុងបូប៊ីនមានទិសដៅយ៉ាងណាឲ្យផលរបស់វា ប្រឆាំងនឹង នឹងបុព្វហេតុដែលបង្កើតវា ។

- ច្បាប់ឡិនទី២៖ ចរន្តអាំងឌ្វី បង្កើតនូវដែនម៉ាញេទិចថ្មី ប្រឆាំងនឹងបម្រែបម្រួលភ្លូច ម៉ាញេទិចក្នុងបូប៊ីន ។

ការពន្យល់ពីការប្រើច្បាប់ឡង់



II. បាតុភូតអូតូអាំងឌុចស្យុងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច

- កាលណាក្នុងសៀគ្វីមួយមាននូវចរន្តប្រែប្រួលឆ្លងកាត់ នោះវានឹងធ្វើឲ្យមាននូវ បម្រែបម្រួលភ្លូចក្នុងសៀគ្វី នោះ ដែលជាហេតុធ្វើឲ្យកើតមាននូវបាតុភូតអាំងឌុចស្យុងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច ។

- *បាតុភូតអាំងឌុចស្យុងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច ដែលកើតឡើងដោយសារបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិច បង្កើតដោយសៀគ្វីផ្ទាល់ខ្លួនឯងហៅថា បាតុភូតអូតូអាំងឌុចស្យុង ។*

1. អាំងឌុចតង់ ឬ មេគុណអូតូអាំងឌុចស្យុង

❑ នៅពេលដែលអាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត i ឆ្លងកាត់សៀគ្វិប្រែប្រួលតាមពេលនោះ អាំងឌុចស្យុងម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់សៀគ្វី $\vec{B}$ ក៏ប្រែប្រួល ដូច្នេះភ្លុចម៉ាញេទិច ឆ្លងកាត់សៀគ្វីផ្ទាល់ខ្លួនក៏ប្រែប្រួលដែរ៖

$$\phi \sim B \quad \text{ហើយ} \quad B \sim i$$

❑ គេទាញបាន $\phi \sim i \Rightarrow \phi = Li$

$$L = \frac{\phi}{i}$$

L: មេគុណអាំងឌុចស្យុង ឬ អាំងឌុចតង់ ដែលតម្លៃវាអាស្រ័យនឹង ទម្រង់ធរណីមាត្រនិង ចំនួនស្ពៀរបស់បូប៊ីន ។

2. កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអូតូអាំងឌុចស្យុង

❑ ដោយយើងដឹងថា

$$e = -\frac{d\Phi}{dt}$$

❑ តែ $\phi = Li$

❑ នោះយើងបាន

$$e = -L\frac{di}{dt} \quad \text{ឬ} \quad E = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$$

- e *កម្លាំងអគ្គិសនិចលករអាំងខ្ទីខណៈ:* (V)
- E *កម្លាំងអគ្គិសនិចលករអូតូអាំងឌ្ទីមធ្យម* (V)

❖ *ខ្នាតនៃ អាំងឌុចតង់*

❑ យោងតាមរូបមន្តខាងលើយើងទាញបាន

$$L: \frac{V.s}{t} = H : Henry \text{ (ហង់រី)}$$

❑ *សម្គាល់*

- *ក្នុងបូប៊ីនមួយដើម្បីឲ្យអាំងឌុចតង់វាកាន់តែធំលុះត្រាតែគេបញ្ចូលស្នូលដែកទៅក្នុងបូប៊ីន ដំណាលគ្នានោះ អាំងឌុចស្យុងនិង ភ្លុចក៏កើនឡើងដែរ ។*
- *ដើម្បីឲ្យបូប៊ីនមួយគ្មានអាំងឌុចតង់គេត្រូវ បត់ខ្សែចម្លងជាពីរមុនពេលយកវាទៅរុំជាបូប៊ីន ។*

ឧទាហរណ៍

២. បូប៊ីនមួយមានអាំងឌុចតង់ $L = 2mH$ ឆ្លងកាត់ដោយចរន្តប្រែប្រួល $i(t) = -4t^2 + 12t\ (A)$ ។

ក. សរសេរកន្សោមកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ ខណៈ

ខ. គណនាតម្លៃនៃកម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៅខណៈ: $t = 0.5s$ ។

3. អាំងឌុចតង់នៃសូលេណូអ៊ីត

- យោងតាមរូបមន្តខាងលើយើងមាន

$$L = \frac{\phi}{i}$$

- ដោយ ភ្លុចម៉ាញេទិច ឆ្លងកាត់សូលេណូអ៊ីត ដែលមាន N គឺ៖

$$\phi = NBA$$

- នោះយើងបាន

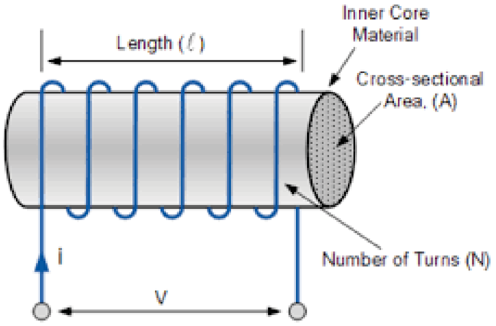
$$\phi = \mu_0 \frac{N^2 A i}{l}$$

- យោងតាមរូបមន្តខាងលើយើងមាន

$$L = \frac{\mu_0 \frac{N^2 A i}{l}}{i}$$

- នោះយើងបាន

$$L = \mu_0 \frac{N^2 A}{l}$$



- *ដែល*

A *ជាផ្ទៃមុខកាត់នៃសូលេណូអ៊ីត* (m^2)

ឧទាហរណ៍

៣. សូលេណូអ៊ីតមួយរុំដោយខ្សែចម្លងប្រវែង $314m$ លើស៊ីឡាំងប្លាស្ទិចមួយ មានកាំ $R = 10cm$ និង ប្រវែង $40cm$។ គណនាអាំងឌុចតង់នៃសូលេណូអ៊ីត ។

III. ថាមពលម៉ាញេទិច

- យើងដឹងថា ថាមពលម៉ាញេទិច គឺជាកម្មន្តនៃបន្ទុកអគ្គិសនី ដែលផ្លាស់ទីឆ្លងកាត់បូប៊ីន។
- *យើងមាន*

$$E_L = W = \int Fdx = \int Vdq$$

- *តែ* $dq = idt$, $V = -e = L\frac{di}{dt}$ *(បូប៊ីនផ្ទុកថាមពល)*

- យើងបាន

$$E_L = \int_0^i L\frac{di}{dt}idt = \int_0^i Lid$$

- *នោះថាមពលម៉ាញេទិចត្រូវទាញបាន៖*

$$E_L = \frac{1}{2}Li^2$$

- *ដែល*

E_L *ថាមពលម៉ាញេទិច* (J)

L *អាំងឌុចតង់* (H)

i *អាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត* (A)

ឧទាហរណ៍

៤. បូប៊ីនមួយមានអាំងឌុចតង់ $L = 2mH$ ឆ្លងកាត់ដោយចរន្តប្រែប្រួល ។ គណនាតម្លៃថាមពលម៉ាញេទិចនៅខណៈមួយ ចរន្តមានតម្លៃ $i = 2A$ ។

IV. សមីការម៉ាក់ស្វែ (Maxwell′s Equation)

1. ភាពទូទៅនៃសមីការម៉ាក់ស្វែ

❑ នៅក្នុងការសិក្សាពី អគ្គិសនី និង អេឡិចត្រូម៉ាញេទិច រាល់ការពណ៌នា និង ការបកស្រាយលើបាតុភូតនានា គឺមានការពឹងផ្អែកលើ ច្បាប់គ្រឹះចំនួន ៤ សំខាន់ៗ ដែលគេហៅថាជា សមីការម៉ាក់ស្វែ (Maxwell′s Equation) ។

❖ ច្បាប់សំខាន់ៗទាំង ៤ នៃសមីការម៉ាក់ស្វែមាន ៖

A. ច្បាប់ហ្គោស (Gauss′s Law)

❑ ច្បាប់ហ្គោស គឺជាផ្នែកមួយនៃសមីការម៉ាក់ស្វែ ដែលវាមានទម្រង់៖

$$\vec{\nabla}.\vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0}\rho$$

❑ ដែល

- ρ ដង់ស៊ីតេបន្ទុកអគ្គិសនី
- $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} SI$ ពែមីទីវីតេនៃលំហរសេរី
- $\vec{E}$ វ៉ិចទ័រដែនអគ្គិសនី

B. ឌីវែសង់នៃដែនម៉ាញេទិច

❑ នៅក្នុងម៉ាញេតូស្តាទិច យើងកំណត់បាន៖

$$\vec{\nabla}.\vec{B} = 0$$

❑ ដែល

- $\vec{B}$ វ៉ិចទ័រអាំងឌុចស្យុងម៉ាញេទិច ។

C. ច្បាប់ផារ៉ាដេ (Faraday's Law)

❑ ច្បាប់ផារ៉ាដេ គឺជាច្បាប់មួយដែលបានប្រើដើម្បី ពណ៌នាពីទំនាក់ទំនង នៃដែនដែនម៉ាញេទិច ជាមួយនឹង ដែនអគ្គិសនី ។

❑ ច្បាប់ផារ៉ាដេមានទម្រង់៖

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

❑ ដែល

- $\vec{B}$ វ៉ិចទ័រអាំងឌុចស្យុងម៉ាញេទិច ។
- $\vec{E}$ វ៉ិចទ័រដែនអគ្គិសនី

d. ច្បាប់អំពែ (Ampere′s Law)

- ច្បាប់អំពែគឺជាច្បាប់មួយដែលសិក្សាពីការបង្កើតនូវដែនម៉ាញេទិច ដោយចរន្តអគ្គិសនី។
- ច្បាប់ផារ៉ាដេមានទម្រង់៖

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_o \vec{J}$$

- ដែល
  - $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} Tm/A$ ជម្រាបម៉ាញេទិច នៃលំហរសេរី
  - $\vec{J}$ ដង់ស៊ីតេចរន្តអគ្គិសនី

❖ សមីការម៉ាកស្វែល

$$\text{(i)} \quad \nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{1}{\epsilon_0}\rho \qquad \text{(Gauss's law)},$$

$$\text{(ii)} \quad \nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \qquad \text{(no name)},$$

$$\text{(iii)} \quad \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \qquad \text{(Faraday's law)},$$

$$\text{(iv)} \quad \nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} \qquad \text{(Ampère's law)}.$$

2. ការបំពេញបន្ថែមលើសច្បាប់អំពែ របស់ម៉ាកស្វែ

- សមីការម៉ាកស្វែលគឺមានទម្រង់ ៖

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$$

- បើនសិនយើងបំពាក់ឌីវែសង់នៅអង្គសងខាង

$$\vec{\nabla}(\vec{\nabla} \times \vec{B}) = \mu_0 \vec{\nabla}.\vec{J}$$

- ទ្រឹស្តីបទ ឌីវែសង់នៃ រ៉ូតាស្យូណែល នោះ អង្គទី១ គឺត្រូវមានតម្លៃស្មើនឹងសូន្យ ក៏ប៉ុន្តែ បញ្ហាគឺកន្សោមនៅអង្គទី២ គឺមិនសូន្យនោះទេ ។

នេះជាបញ្ហាដែល ម៉ាកស្វែត្រូវដោះស្រាយ ។

❖ របៀបដែលម៉ាកស្វែបានដោះស្រាយនូវបញ្ហារបស់សមីការអំពែ

- បញ្ហានៃកន្សោមច្បាប់របស់អំពែ គឺអង្គទី២មិនស្មើសូន្យ ។
- ដើម្បីឲ្យសមីការខាងលើផ្ទៀងផ្ទាត់គ្រប់លក្ខខណ្ឌ លោកម៉ាកស្វែបានប្រើនូវទ្រឹស្តីភាពជាប់ ៖

$$\vec{\nabla}.\vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon_0 \vec{\nabla}.\vec{E}) = -\vec{\nabla}.(\varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t})$$

ប្រសិនបើ យើងបញ្ចូលនូវកន្សោម $\varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ ទៅក្នុងដង់ស៊ីតេចរន្ត $\vec{J}$ នោះ សមីការ នឹងផ្ទៀងផ្ទាត់ ។

- ចំពោះកន្សោម ដែលត្រូវបានបន្ថែមទៅក្នុង ដង់ស៊ីតេចរន្តនោះ ត្រូវបាន ម៉ាកស្វែហៅថា បម្លាស់ទីចរន្ត (Displacement Current) ដែលត្រូវបានកំណត់សរសេរដោយ ៖

$$\vec{J}_d = \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

- នោះកន្សោមច្បាប់អំពែក្រោយការកែតម្រូវរបស់ម៉ាកស្វែគឺកំណត់ដោយ៖

❖ ទម្រង់ឌីផេរ៉ង់ស្យែល

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

❖ ទម្រង់អាំងតេក្រាល

$$\oint \vec{B}\, d\vec{l} = \mu_0 I_{enc} + \mu_0 \varepsilon_0 \int \left(\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right) d\vec{a}$$

កន្សោមច្បាប់ក្រោយធ្វើការធ្វើបច្ចុប្បន្នភាព ដោយម៉ាកស្វែនេះរួចមក ត្រូវបានគេហៅថា សមីការ អំពែ ម៉ាកស្វែ (Ampere – Maxwell equation) ។

តាមរយៈកន្សោមច្បាប់នេះបានឲ្យគេសន្និដ្ឋានបានថា ការប្រែប្រួលនូវដែនអគ្គិសនី គឺអាចបង្កើតនូវ ដែនម៉ាញេទិច ។

3. សមីការម៉ាកស្វែ

- បន្ទាប់ពីម៉ាកស្វែបាន ធ្វើការកែតម្រូវ នូវច្បាប់អំពែរួចមក នោះគេក៏ទទួលបាន ច្បាប់គ្រឹះនៃអេឡិចត្រូឌីណាមិច គឺ៖

(i)	$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{1}{\epsilon_0}\rho$	(Gauss's law),
(ii)	$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$	(no name),
(iii)	$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$	(Faraday's law),
(iv)	$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$	(Ampère's law with Maxwell's correction).

38

- សមីការគ្រិះខាងលើ គឺផ្ទៀងផ្ទាត់ទៅនឹង កន្សោមច្បាប់ទូទៅ ដូចជា៖

- កម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

- ច្បាប់នៃភាពជាប់

$$\vec{\nabla}.\vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$$

ដែលកន្សោម សមីការទាំងនេះគឺយើងអាច ទទួលបានដោយប្រើសមីការម៉ាកស្វែ ណាមួយខាងលើ ។

4. បន្ទុកម៉ាញេទិច (Magnetic Charge)

- ទាំងនេះគឺជាលទ្ធផល ដែលមានលក្ខណៈស៊ីមេទ្រី ទៅនឹង សមីការម៉ាកស្វែ ។

- សម្រាប់ ការសិក្សាក្នុងលំហរសេរី (Free Space) ដែល ρ និង $\vec{J}$ ត្រូវបានកំនត់តម្លៃ សូន្យ នោះសមីការម៉ាកស្វែអាចត្រូវបានសរសេរ៖

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = 0, \qquad \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t},$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0, \qquad \nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}.$$

- ប្រសិនបើយើងធ្វើការជំនួស $\vec{E} = \vec{B}$ ហើយជំនួស $\vec{B} = -\mu_0\varepsilon_0\vec{E}$ ទៅក្នុងគូរសមីការ ទី១ នោះយើងបាន ៖

$$\vec{\nabla}.\vec{B} = 0 \qquad \vec{\nabla}\times\vec{B} = \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$$

កន្សោមសមីការក្រោយការជំនួសនេះ បានក្លាយជា សមីការទី២ វិញម្តង។ ដែលនេះបានបង្ហាញពីភាព ស៊ីមេទ្រី នៃសមីការម៉ាកស្វែ ។

- លក្ខណៈស៊ីមេទ្រីរវាង $\vec{E}\&\vec{B}$ គឺអាចផ្ទៀងផ្ទាត់បាន ករណីមានវត្តមានកន្សោមបន្ទុកអគ្គិសនី ក្នុងច្បាប់ហ្គោស និង កន្សោមចរន្តនៅក្នុងច្បាប់ អំពែ (ប្រសិនបើ $\rho\&J$ មិនសូន្យ $\Rightarrow \vec{E}\&\vec{B}$ មិនស៊ីមេទ្រី)។
- ដើម្បីទទួលបាននូវភាពផ្ទៀងផ្ទាត់នូវភាពស៊ីមេទ្រី យើងអាចសរសេរបាន៖

$$\left.\begin{array}{ll}\text{(i)}\ \nabla\cdot\mathbf{E} = \frac{1}{\epsilon_0}\rho_e, & \text{(iii)}\ \nabla\times\mathbf{E} = -\mu_0\mathbf{J}_m - \frac{\partial\mathbf{B}}{\partial t}, \\ \text{(ii)}\ \nabla\cdot\mathbf{B} = \mu_0\rho_m, & \text{(iv)}\ \nabla\times\mathbf{B} = \mu_0\mathbf{J}_e + \mu_0\epsilon_0\frac{\partial\mathbf{E}}{\partial t}.\end{array}\right\}$$

- ដែល

ρ_e: ដង់ស៊ីតេបន្ទុកអគ្គិសនី ρ_m: ដង់ស៊ីតេបន្ទុកម៉ាញេទិច

J_e: ដង់ស៊ីតេចរន្តបន្ទុកអគ្គសនី J_m: ដង់ស៊ីតេចរន្តនៃបន្ទុកម៉ាញេទិច

- បន្ទុកទាំងពីរគួរណាស់ទទួលបានដោយកន្សោមៈ

$$\vec{\nabla}.\vec{J}_m = -\frac{\partial \rho_m}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla}.\vec{J}_e = -\frac{\partial \rho_e}{\partial t}$$

- ដែលជាក់ស្តែង តាមរយៈសមីការម៉ាកស្វែ៊ គឺអាចឲ្យគេទាញបាននូវ បន្ទុកម៉ាញេទិច ដែលជាប៉ារ៉ាមែត្រមួយ ដែលមានសារៈសំខាន់ ផងដែរ ។

5. សមីការ ម៉ាកស្វែ៊ ក្នុងអង្គធាតុ (Maxwell's Equation in Matter)

- យោងតាមសមីការ Maxwell ខាងលើ គឺជាសមីការដែលបានបំពេញ ពេញលេញ ដែលវាអាចប្រើប្រាស់បានយ៉ាងត្រឹមត្រូវ ។
- ប៉ុន្តែសម្រាប់ការសិក្សា នៅក្នុងសារធាតុនានា ដែលមាននូវ លក្ខណៈអគ្គិសនី និង ម៉ាញេទិច នោះយើងត្រូវ បង្កើតនូវទំនាក់ទំងបន្ថែម លើទម្រង់ដែលមានខាងលើ ដើម្បីឲ្យមានលក្ខណៈងាយស្រួលក្នុងការសិក្សាផងដែរ ។
- សម្រាប់សារធាតុដែលមានលក្ខណៈប៉ូលកម្ម នោះវានឹង កើតមាននូវ បន្ទុក និង ចរន្តសម្ពន្ធ័ ដែលយើងមិនអាចពិនិត្យវា ដោយផ្ទាល់បានឡើយ ។
- ដើម្បីជាដំណោះស្រាយ យើងគួរតែ បម្លែងសមីការ Maxwell ឲ្យមានទម្រង់សមស្របណាមួយ ដោយយើងសង្កត់លើតែករណីនៃ បន្ទុក និង ចរន្តសេរី ។

- យោងតាមករណីស្តាទិច យើងដឹងថា ប៉ូលកម្មគឺអាចបង្កើតនូវ បន្ទុកសម្ពន្ធ័ គឺ៖

$$\rho_b = -\vec{\nabla}.\vec{P}$$

- ដូចគ្នាផងដែរ សម្រាប់ ប៉ូលកម្មម៉ាញេទិច $\vec{M}$ ដែលបានបង្កើតនូវ ចរន្តសម្ពន្ធ័

$$\vec{J}_b = -\vec{\nabla} \times \vec{M}$$

- ទាំងនេះគឺជាសមីការថ្មីផ្សេងទៀត ដែលវាមានការផ្តោតសំខាន់លើករណី មិនស្តាទិច ។

- ក្នុងករណីដែលមានការប្រែប្រួលនៃប៉ូលកម្មអគ្គិសនី គឺពាក់ពន្ធ័ នឹងចរន្តនៃបន្ទុក ($\vec{J}_P$) ដែលត្រូវបានកំណត់ដោយ៖

$$\vec{J}_P = \frac{\partial \vec{P}}{\partial t}$$

ចរន្តប៉ូលកម្ម គឺវាមិនទាក់ទងនឹង ចរន្តសម្ព័ន្ធ $\vec{J}_b$ នោះទេ ។

- យើងពិនិត្យ នូវសមីការខាងលើ ជាមួយសមីការភាពជាប់៖

$$\vec{\nabla}.\vec{J}_P = \vec{\nabla}.\frac{\partial \vec{P}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}(\vec{\nabla}.\vec{P}) = -\frac{\partial \rho_b}{\partial t}$$

លទ្ធផលនេះបានបង្ហាញថា កន្សោមនៃចរន្តរបស់បន្ទុកសម្ពន្ធ័គឺផ្ទៀងផ្ទាត់ ។

- ដោយយើងបានដឹងថា បន្ទុកសរុបគឺ៖

$$\rho = \rho_f + \rho_b = \rho_f - \vec{\nabla}.\vec{P}$$

- ហើយចំពោះដង់ស៊ីតេចរន្តសរុបគឺត្រូវបានកំណត់ដោយ៖

$$\vec{J} = \vec{J}_f + \vec{J}_P + \vec{J}_b$$

$$\vec{J} = \vec{J}_f + \frac{\partial \vec{P}}{\partial t} - \vec{\nabla} \times \vec{M}$$

- យោងតាមច្បាប់ហ្គោស យើងអាចសរសេរបាន៖

$$\vec{\nabla}.\vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0}\rho = \frac{1}{\varepsilon_0}(\rho_f - \vec{\nabla}.\vec{P})$$

- ឬ ម្យ៉ាងទៀត

$$\vec{\nabla}.\vec{D} = \rho_f$$

- ដែលនៅក្នុងករណីស្តាទិចគឺយើងអាចកំណត់បាន៖

$$\vec{D} \equiv \varepsilon_0(\vec{E} + \vec{P})$$

- ជាមួយនឹងច្បាប់អំពែ យើងអាចសរសេរបានៈ

$$\vec{\nabla}\times\vec{B}=\mu_0\left(\vec{J}_f-\vec{\nabla}\times\vec{M}+\frac{\partial\vec{P}}{\partial t}\right)+\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$$

- ឬ ម្យ៉ាងទៀត

$$\vec{\nabla}\times\vec{H}=\vec{J}_f+\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$$

- ដែលយើងអាចកំណត់បានៈ

$$\vec{H}\equiv\frac{1}{\mu_0}\vec{B}+\vec{M}$$

- ក្នុងទម្រង់បន្ទុក និង ចរន្តសេរី នោះសមីការម៉ាកស្វែត្រូវបានសរសេរៈ

$$\text{(i)}\quad \nabla\cdot\mathbf{D}=\rho_f,\qquad \text{(iii)}\quad \nabla\times\mathbf{E}=-\frac{\partial\mathbf{B}}{\partial t},$$
$$\text{(ii)}\quad \nabla\cdot\mathbf{B}=0,\qquad \text{(iv)}\quad \nabla\times\mathbf{H}=\mathbf{J}_f+\frac{\partial\mathbf{D}}{\partial t}.$$

- នេះជាសមីការម៉ាកស្វែទូទៅសម្រាប់ពណ៌នា ក្នុង និង ក្រៅសារធាតុ ដែលត្រូវបាន ខ្លះហៅថា " ***សមីការម៉ាកស្វែពិត*** " ។

- សម្រាប់មជ្ឈដ្ឋានលីនេអ៊ែ យើងមានៈ

$$\vec{P} = \varepsilon_0 \chi_e \vec{E} \quad , \quad \vec{M} = \chi_m \vec{H}$$

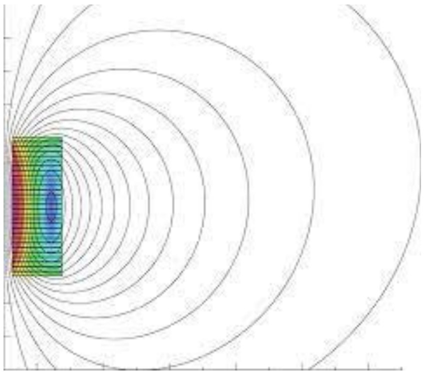
- ដូច្នេះយើង អាចសរសេរៈ

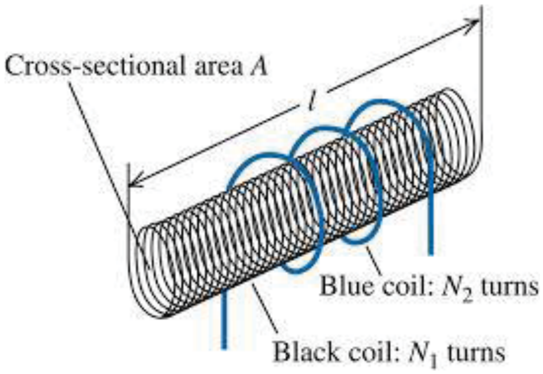
$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \quad , \quad \vec{H} = \frac{1}{\mu}\vec{B}$$

ដែល

$$\varepsilon = \varepsilon_0(1 + \chi_e) \quad \text{និង} \quad \mu = \mu_0(1 + \chi_m)$$

ចប់





មេរៀនទី ២៥ ច្បាប់ផារាដេ

២៥.១ ច្បាប់ផារាដេ

រូបទី២៥.១ បង្ហាញពីពិសោធន៍របស់ផារាដេ។ តាមពិសោធបញ្ជាក់ថា ពេលមានបំរែបំរួលភ្លុចឆ្លងកាត់របុំខ្សែចំលង នោះក្នុងខ្សែចំលងកកើតចរន្តអគ្គិសនី។

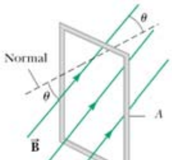
រូបទី២៥.១ មានចរន្តក្នុងបូប៊ីនពេលមេដែកផ្លាស់ទី

ច្បាប់ផារាដេពោលថា កំលាំងអគ្គិសនីចលករកើតឡើងក្នុងសៀគ្វីមួយសមាមាត្រទៅនឹងបំរែបំរួលភ្លុចធៀបនិងពេលឆ្លងកាត់ផ្ទៃមុខកាត់បូប៊ីន(រូបទី២៥.២)។ និយមន័យ:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

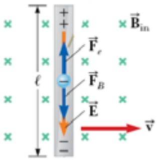
ដោយយើងមាន $\phi_B = \vec{B}\cdot\vec{A} = BAcos\theta$ ដូចនេះយើងបាន:

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt}(BAcos\theta)$$



រូបទី២៥.២ របុំខ្សែចំលងដាក់ក្នុងដែនម៉ាញ៉េទិច

ពេលរបារអង្គធាតុចំលងប្រវែង l មួយផ្លាស់ទីដោយល្បឿន $\vec{v}$ ក្នុងដែនម៉ាញ៉េទិចឯកសណ្ឋាន $\vec{B}$ ដូចរូបទី២៥.៣ ដែល $\vec{B}$ កែងនិង $\vec{v}$ នោះផលសងប៉ូតង់ស្យែលចុងសងខាងក្នុងរបា គឺ $\Delta V = Blv$ ។



រូបទី២៥.៣ របាលោហៈផ្លាស់ទីក្នុងដែនម៉ាញ៉េទិច

ក្នុងរូបទី២៥.៤ របាផ្លាស់ទីលើរបាពីរដោយកំលាំ $\vec{F}_{app}$ នោះយើងបាន:

ភ្លុចឆ្លងកាត់ផ្ទៃ $\Phi_B = Blx$ ហើយ $dx/dt = v$ ។ដូចនេះយើងបាន

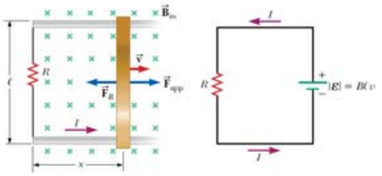
$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -Blv$$

និងចរន្តឆ្លងកាត់សៀគ្វីបិទ:

$$I = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{Blv}{R}$$

អានុភាពផ្តល់ដោយកំលាំងខាងក្រៅ:

$$P = F_{app}v = (IlB)v = \frac{B^2l^2v^2}{R} = \frac{\varepsilon^2}{R}$$



រូបទី២៥.៤ របាផ្លាស់ទីលើរបាពីរដោយកំលាំ $\vec{F}_{app}$ និងសៀគ្វីសមមូល

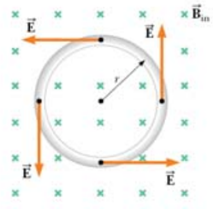
២៥.២ ទំរង់ច្បាប់ទូទៅរបស់ផារាដេ

ក្នុងរូបទី២៥.៥ បើសិនជាដែនម៉ាញ៉េទិចប្រែប្រួល នោះតាមច្បាប់ផារាដេ ក្នុងកងកើតមានកំលាំងអគ្គិសនីចលករ:

$$\varepsilon = \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

កម្មន្តធ្វើដោយដែនអគ្គិសនីពេលបន្ទុក ផ្លាស់ទីបាន មួយជុំរង្វង់គឺ:

$$q\varepsilon = qE(2\pi r) \Rightarrow E = \frac{\varepsilon}{2\pi r}$$



រូបទី២៥.៥ កងមួយកាំ r ក្នុងដែនម៉ាញ៉េទិច

២៥.៣ សមីការម៉ាក់ស្វែល

ពេលដែលយើងប្រើកំលាំងរបស់ Lorentz $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$ នោះសមីការម៉ាក់ស្វែលអាចពិណនាគ្រប់បាតុភូតអេឡិចត្រូម៉េញ៉េទិចទាំងអស់:

$$\oint_s \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{in}}{\varepsilon_0}$$

$$\oint_s \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_E}{dt}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \varepsilon_0 \mu_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

២៥.៤ កំលាំងអគ្គិសនីច្រាស់ចលករក្នុងបូប៊ីន

ពេលដែលចរន្តឆ្លងកាត់ប្រែប្រួលបូប៊ីន នោះកំលាំងអគ្គិសនីច្រាស់ចលករនឹងកើតមានក្នុងបូប៊ីន។ កំលាំងអគ្គិសនីច្រាស់ចលករគឺស្មនឹងបំរែបំរួលភ្លុចម៉ាញ៉េទិច:

$$\varepsilon_L = -L\frac{di}{dt}$$

យើងបានអាំងឌុចតង់នៃបូប៊ីនគឺ: $L = \frac{N\Phi_B}{I}$

និងអាំងឌុចតង់នៃសូលេណូអ៊ីតគឺ: $L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$

រៀបរៀងដោយ ជ័យ ចាន់អឿន (សភភព)

សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ
Royal University of Phnom Penh

កម្មវិធីគុណវឌ្ឍិ
ឆ្នាំសិក្សា ២០២៤

មេរៀនទី៤ សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់
(Alternating Current Circuit)

សេចក្តីផ្តើម

❖ សៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់គឺសិក្សាពី ផ្នែកមួយនៃអេឡិចត្រូម៉ាញេទិចដែរ។

❖ ចរន្តអគ្គិសនីមានពីរប្រភេទ គឺ៖

▪ ចរន្តជាប់ (DC: Directing Current)

▪ ចរន្តឆ្លាស់ (AC: Alternating Current)

❖ ក្នុងមេរៀននេះយើងនឹងរៀនអំពី៖

- ប្រភពចរន្តឆ្លាស់ ទំនាក់ទំនងនៃចរន្ត តង់ស្យុង
- ចរន្ត និង តង់ស្យុងប្រសិទ្ធ ក្នុងសៀគ្វី
- ការអនុវត្តន៍ ចរន្តឆ្លាស់ ជាមួយនឹង ធាតុអគ្គិសនី
- បាតុភូតរេសូណង់អគ្គិសនី
- ត្រង់ស្វូ និង ការបញ្ជូនថាមពល ។

I. ប្រភពនៃចរន្តឆ្លាស់

❖ បាតុភូតអូតូអាំងឌុចស្យុងម៉ាញេទិច បានបង្កើតនូវកម្លាំងអគ្គិសនីចលករមួយដែលមានទម្រង់ឆ្លាស់ស៊ីនុយសូអ៊ីត ។

❖ កម្លាំងអគ្គីសនីចលករ ក្នុងជនិតា នៃបាតុភូតអាំងឌុចស្យុង គឺជាប្រភពនៃចរន្តឆ្លាស់ ។

❖ គេសរសេរ៖

$$e(t) = -\frac{d\varphi}{dt}$$

❖ ក្នុងករណីស៊ុមរ៉ិលក្នុងដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋាន យើងបាន

$$e(t) = NBA\omega sin\omega t$$

$$e(t) = E_m sin\omega t$$

❖ គេទទួល

$$v(t) = e(t)$$

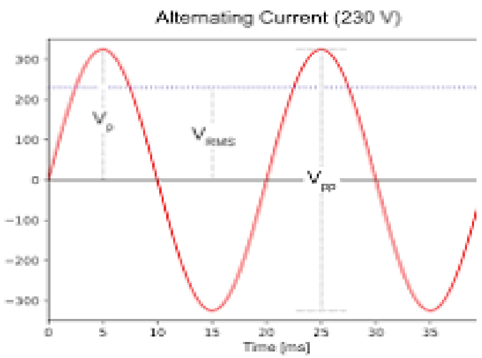
កម្លាំងអគ្គិសនីចលករ គឺជាប្រភពតង់ស្យុងចរន្តឆ្លាស់

❖ គេទទួល

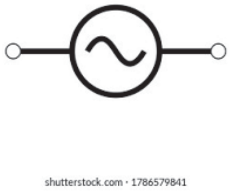
$$v(t) = V_m sin\omega t$$

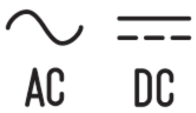
V_m ៖ តង់ស្យុងអតិបរមា នៃប្រភពឆ្លាស់

ជាប្រភព ឬ តង់ស្យុង ចរន្តឆ្លាស់ ដែលមានទម្រង់ជាអនុគមន៍ស៊ីនុយសូអ៊ីត



❖ កំណត់សម្គាល់នៃសញ្ញា របស់ប្រភពឆ្លាស់





II. ភាពទូទៅនៃចរន្តឆ្លាស់

1. និយមន័យចរន្តឆ្លាស់

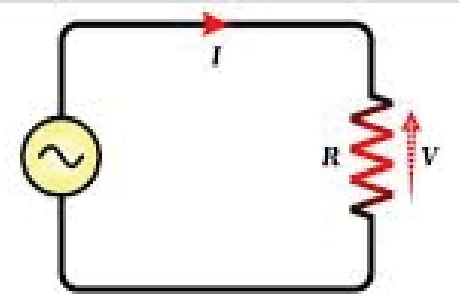
❖ ចរន្តឆ្លាស់គឺជាចរន្តដែលមានទិសដៅប្រែប្រួលតាមពេល។

❖ ចរន្តឆ្លាស់ដែលងាយសិក្សាជាងគេគឺចរន្តឆ្លាស់ស៊ីនុយសូអ៊ីត ដែលមានការប្តូរទិសដៅពីរដងក្នុងមួយខួប ។

❖ ចរន្តឆ្លាស់មានប្រភពពីតង់ស្យុងឆ្លាស់ស៊ីនុយសូអ៊ីត ។

2. ទំនាក់ទំនងនៃចរន្ត នឹង តង់ស្យុង

❖ ឧបមាថា គ្រឿងទទួលមួយ ត្រូវបានផ្គត់ផ្គង់ដោយប្រភពតង់ស្យុងឆ្លាស់ ៖



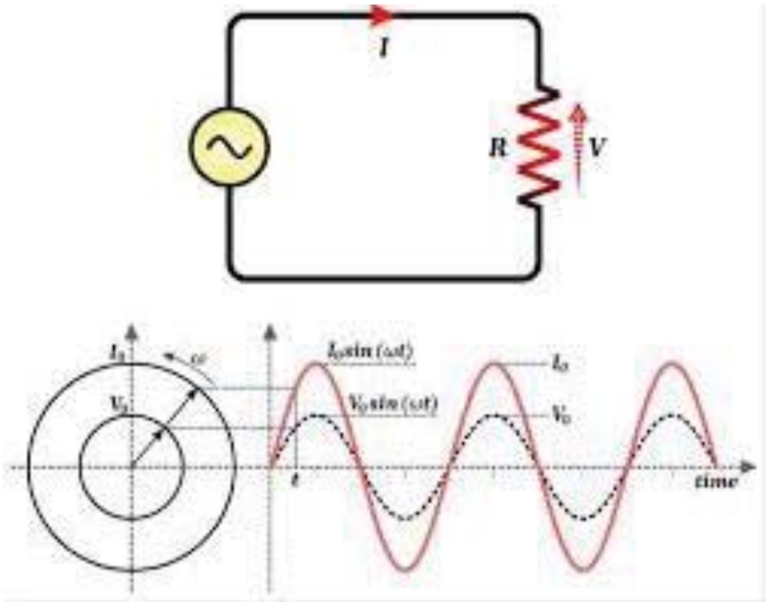
$$v(t) = V_m sin\omega t$$

❖ នោះ ក្នុងគ្រឿងទទួលនឹង ឆ្លងកាត់ដោយចរន្តឆ្លាស់មួយដែលអាចឲ្យដោយកន្សោម៖

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

I_m :អាំងតង់ស៊ីតេចរន្តអតិបរមា នៃចរន្តឆ្លាស់

❖ ដ្យាក្រាម នៃ ចរន្ត –តង់ស្យុង



ដែល φ ហៅថាគម្លាតផាសចរន្ត នឹង តង់ស្យុង

- ❑ បើ $\varphi = 0$ ចរន្ត ស្របផាស នឹង តង់ស្យុង
- ❑ បើ $\varphi = \pi$ ចរន្ត ឈមផាស នឹង តង់ស្យុង
- ❑ បើ $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ចរន្ត ខ្វែងផាស នឹង តង់ស្យុង
- ❑ បើ $\varphi > 0$ ចរន្ត លឿនផាសជាង តង់ស្យុង
- ❑ បើ $\varphi < 0$ ចរន្ត យឺត ផាសជាង តង់ស្យុង

❖ ខួប និងប្រេកង់

- ❑ ខួប

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

- ❑ ប្រេកង់

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$\omega = 2\pi f$$

3. ផលនៃចរន្តឆ្លាស់

❖ ផលនៃចរន្តឆ្លាស់មានៈ

❑ ផលស៊ូល (កម្តៅ)

❑ ផលអុបទិច (ពន្លឺ)

❑ ផលគីមី

❑ ផលម៉ាញេទិច ។

III. អាំងតង់ស៊ីតេចរន្តប្រសិទ្ធ និង តង់ស្យុងប្រសិទ្ធ

❖ កាលណា គេនិយាយពីតម្លៃចរន្ត ឬ តង់ស្យុង នៅកម្រិតណាមួយនៃចរន្ត ឬ តង់ស្យុងឆ្លាស់ នោះជាការនិយាយពីតម្លៃប្រសិទ្ធរបស់វា ។

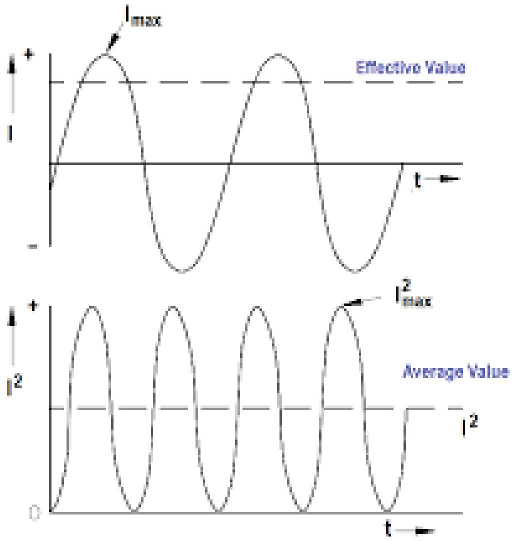
ឧទាហរណ៍

- នៅកម្ពុជាប្រើប្រភពតង់ស្យុងឆ្លាស់ $220V$ នៅជប៉ុនប្រើ $110V$ ការសរសេរ ឬ និយាយនេះ គឺជា តម្លៃតង់ស្យុង ប្រសិទ្ធ ។
- ផ្ទះមួយ តចរន្តចូល $10A$, $30A$ ឬ គ្រឿងអគ្គិសនី មួយដើរដោយចរន្ត $2A$, $10A$ នេះជាការបញ្ជាក់នូវតម្លៃប្រសិទ្ធនៃចរន្ត ។

១. អាំងតង់ស៊ីតេចរន្តប្រសិទ្ធ $(I = I_{rms})$

❖ និយមន័យ

អាំងតង់ស៊ីតេចរន្តប្រសិទ្ធ នៃចរន្តឆ្លាស់មួយ គឺជាតម្លៃថេរនៃចរន្ត ដែលកាលណាវាឆ្លងកាត់អង្គធាតុចម្លងអូមតែមួយក្នុងរយៈពេលស្មើគ្នា នោះវាបំភាយបរិមាណកម្តៅដូចគ្នា នឹងចរន្តជាប់ដែរ ។



❖ យើងមានបរិមាណកម្តៅដែលអង្គធាតុចម្លងអូមបញ្ចេញក្នុង ១ខួប

$$Q = RI^2T$$

❖ តែ $\quad dQ = RI_m{}^2 sin^2 \omega dt$

❖ គេបាន

$$Q = \int_0^T RI_m{}^2 sin^2 \omega dt$$

$$Q = \frac{1}{2} RI_m{}^2 T$$

❖ យើងកំណត់បាន

$$I_{rms} = I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

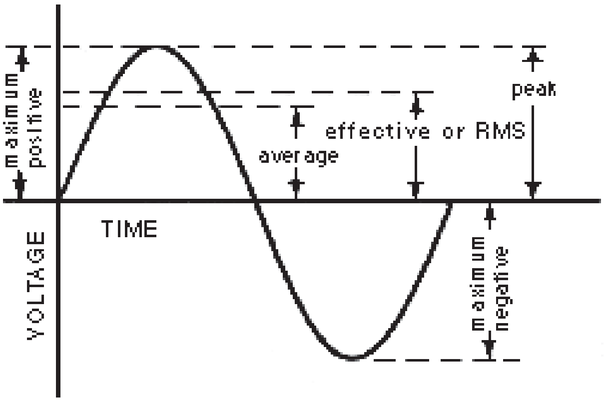
❖ ដែល

- I_m អាំងតង់ស៊ីតេចរន្តអតិបរមា
- $I_{rms} = I$ អាំងតង់ស៊ីតេចរន្តប្រសិទ្ធ (Effective or RMS Current)

២. តង់ស្យុងប្រសិទ្ធ $(V = V_{rms})$

❖ **និយមន័យ**

តង់ស្យុងប្រសិទ្ធនៃតង់ស្យុងឆ្លាស់មួយ គឺជាតម្លៃថេរនៃតង់ស្យុង ដែលកាលណាវាគេភ្ជាប់វាទៅនឹងគោលនៃអង្គធាតុចម្លងអូមមួយក្នុងរយៈពេលស្មើគ្នា នោះវាមានបំភា បរិមាណកម្ដៅប៉ុនគ្នា នឹង តង់ស្យុងជាប់ដែរ។



❖ យើងមានបរិមាណកម្ដៅដែលអង្គធាតុចម្លងអូមបានបញ្ចេញក្នុង១ខួប

$$Q = \frac{V^2}{R}T$$

❖ តែ $\quad dQ = \frac{{V_m}^2}{R}sin^2\omega dt$

❖ គេបាន

$$Q = \int_0^T \frac{{V_m}^2}{R}sin^2\omega dt$$

$$Q = \frac{1}{2}\frac{{V_m}^2}{R}T$$

❖ យើងកំណត់បាន

$$V_{rms} = V = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

❖ ដែល

- V_m តង់ស្យុងអតិបរមា
- $V_{rms} = V$ តង់ស្យុងប្រសិទ្ធ (Effective or RMS Voltage)

IV. សំណង់ប្រេណែល

❖ សំណង់ប្រេណែលគឺជា ការតាងនូវ សមីការរលកដោយវ៉ិចទ័រ នៅលើ តម្រុយអត្ថណាមេ (xoy) ដើម្បីសម្រួលនូវការសិក្សា ។

❑ វិធីសាស្ត្រនេះគឺ បម្លែង សមីការរលកទៅជា វ៉ិចទ័រ ដោយកំណត់យកៈ

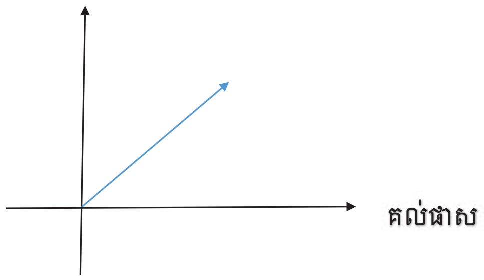
❖ ម៉ូឌុលនៃវ៉ិចទ័រគឺស្មើនឹង អំភ្លីទុត នៃរលក

❖ ទិសនៃវ៉ិចទ័រ គឺជាមុំផាសដើម

បន្ទាប់មក គេយកវ៉ិចទ័រនេះទៅសង់នៅក្នុងតម្រុយអត្ថណាមេ (xoy) ។

- ឧបមាថា

$y = A\sin(\omega t + \emptyset) \quad \Rightarrow \vec{A}(A , \emptyset)$



ផលសងផាស ឬ គម្លាតផាស

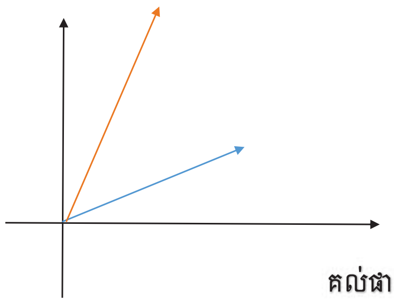
- ឧបមាថាគេមានរលកពីរគឺ៖

$$y_1 = A_1 sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$y_2 = A_2 sin(\omega t + \varphi_2)$$

- នោះគម្លាតផាសរវាងរលកទាំងពីរគឺកំណត់ដោយ៖

$$\boxed{\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1)} \quad (\varphi_2 > \varphi_1)$$



- បើ $\Delta\varphi = 0 \Rightarrow \varphi_2 = \varphi_1$ រលកស្របផាស

$\Delta\varphi = \pi \Rightarrow \varphi_2 = \varphi_1 + \pi$ រលកឈមផាស

$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi_2 = \varphi_1 + \frac{\pi}{2}$ រលកខ្វែងផាស

V. តួនាទីដោយឡែកៗនៃ R, L, C ក្នុងសៀគ្វចរន្តឆ្លាស់

❖ ធាតុសំខាន់ៗ របស់អគ្គិសនី មាន៣ គឺ៖

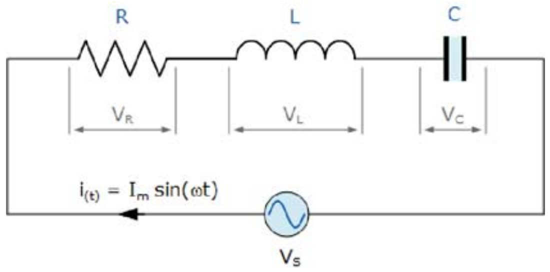
❑ រេស៊ីស្តរ (Resistor) មានផ្ទុកនូវរេស៊ីស្តង់សុទ្ធ (R: Resistance)

❑ បូប៊ីន (Coil) មានលក្ខណៈផ្ទាល់ ហៅថា អាំងឌុចតង់ (L: Inductance)

❑ កុងដង់សាទ័រ(Capacitor) សមត្ថភាពផ្ទុកបន្ទុក ហៅថាកាប៉ាស៊ីតេ (C: Capacity)

1. អាំប៉េដង់ក្នុងសៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់

❖ នៅពេលដែល គ្រឿងអគ្គិសនី ដូចជា កុងដង់សាទ័រ និង បូប៊ីន ត្រូវបានអនុវត្តន៍ដោយប្រភពចរន្តឆ្លាស់ នោះ វានឹង លេចចេញនូវលក្ខណៈម្យ៉ាង ដែលដូចគ្នានឹង រេស៊ីស្តង់របស់ រេស៊ីស្ទរដែរ ។



❖ ទំហំរូបនោះត្រូវបានហៅថា រេអាក់តង់ ឬ អាត់មីនតង់ ឬ អាំប៉េដង់ ដែលគេអាចតាងវា ដោយ X ឬ Z និង មានខ្នាតគិតជា អូម (Ω)ដូចនឹង រេស៊ីស្តង់ដែរ ។

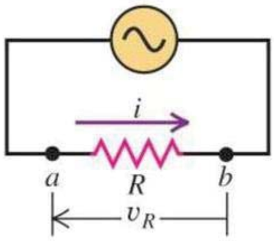
❖ រេអាក់តង់នៃធាតុមួយអាចត្រូវកំណត់បានដោយកន្សោម៖

$$Z = X = \frac{v}{i} = \frac{V}{I} = \frac{V_m}{I_m}$$

$Z(\Omega)$

១. តួនាទីនៃ រេស៊ីស្ទរ (R) ក្នុងសៀគ្វីចរន្តឆ្លាស់

❖ ឧបមាថា រេស៊ីស្តរមួយ ដែលមានរេស៊ីស្តង់ R ត្រូវបានអនុវត្តន៍ ដោយប្រភពឆ្លាស់មួយគឺ៖



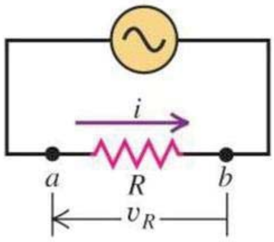
$$v(t) = V_m \sin(\omega t)$$

❖ យើងទាញបាន៖

❑ តង់ស្យុងគោលនៃរេស៊ីស្តរគឺ៖

$$v_R(t) = v(t) \Rightarrow v_R(t) = V_{Rm} \sin(\omega t)$$

❑ ចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរគឺ៖



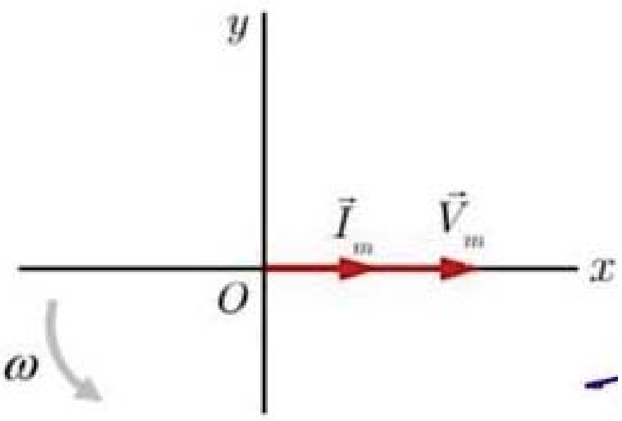
$$i_R = \frac{v_R}{R}$$

• គេបាន៖

$$i_R(t) = I_{Rm} \sin(\omega t)$$

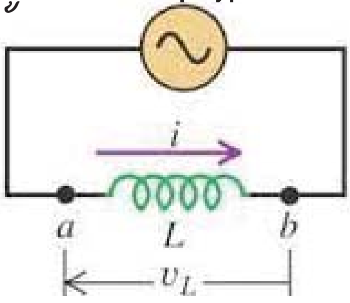
➢ ដោយ $\varphi = 0$ នោះចរន្តអគ្គិសនីឆ្លង់កាត់រេស៊ីស្តង់ គឺស្របផាស នឹងតង់ស្យុង គោលរេស៊ីស្តង់ ។

❖ សំណាច់ប្រេណែល



២. តួនាទីនៃ បូប៊ីន (L) ក្នុងសៀគ្វចរន្តឆ្លាស់

❖ ឧបមាថា បូប៊ីនមួយ ដែលមានអាំងឌុចតង់សុទ្ធ L ត្រូវបានអនុវត្តន៍ដោយប្រភពឆ្លាស់មួយគឺ៖



$$v(t) = V_m \sin(\omega t)$$

❖ យើងទាញបាន៖

❑ តង់ស្យុងគោលនៃ បូប៊ីនគឺ៖

$$v_L(t) = v(t) \Rightarrow v_L(t) = V_{Lm} \sin(\omega t)$$

- ចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់បូប៊ីនគឺៈ

$$v_L = -e = L\frac{di_L}{dt} \Rightarrow di_L = v_L dt$$

- នោះយើងបានៈ

$$i_L(t) = \int \frac{V_{Lm}}{L}\sin(\omega t)$$

$$i_L(t) = -\frac{V_{Lm}}{L\omega}\cos(\omega t) \Leftrightarrow i_L(t) = \frac{V_{Lm}}{L\omega}\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

- យើងអាចសរសេរបានៈ

$$i_L(t) = I_{Lm}\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

- ដែល

$$I_{Lm} = \frac{V_{Lm}}{L\omega}$$

- គេទាញបាន

$$Z_L = X_L = \frac{V_{Lm}}{I_{Lm}} = L\omega$$

- អាំប៉េដង់នៃអាំងឌុចតង់

$$Z_L = X_L = L\omega$$

- ដែល

  L អាំងឌុចតង់ (H)

  ω ពុលសាស្យុង (rd/s)

- ហើយ

  $\omega = 2\pi f$, f ប្រេកង់ (Hz)

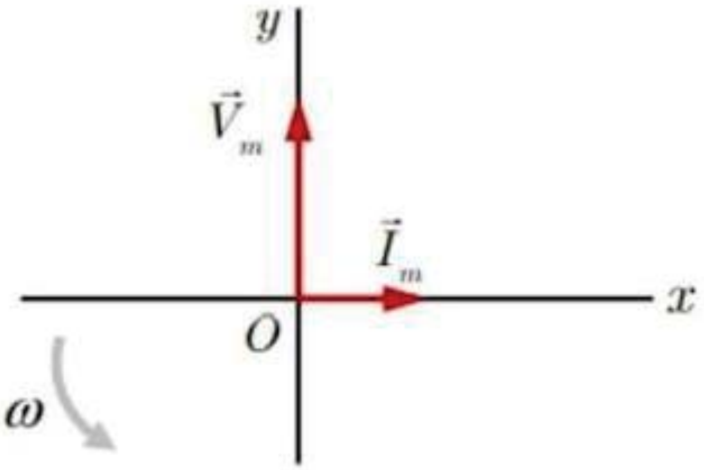
- គម្លាតផាស រវាង ចរន្ត នឹងតង់ស្យុង

  តាមសមីការ $i_L(t) = I_{Lm}\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$

➢ ដោយ $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ នោះ៖

- ចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់បូប៊ីនគឺយឺតផាស ជាងតង់ស្យុង $\frac{\pi}{2}rd$
- ឬ តង់ស្យុង លឿនផាសជាង ចរន្ត $\frac{\pi}{2}rd$

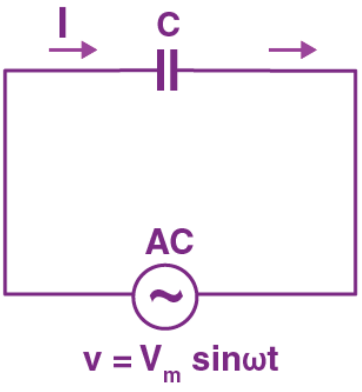
❖ **សំណង់ប្រេណែល**



៣. តួនាទីនៃ កុងដង់សាទ័រ (C) ក្នុងសៀគ្វចរន្តឆ្លាស់

❖ ឧបមាថា កុងដង់សាទ័រមួយ ដែលមានកាប៉ាស៊ីតេ C ត្រូវបានអនុវត្តន៍ដោយប្រភពឆ្លាស់មួយគឺ៖

$$v(t) = V_m \sin(\omega t)$$



❖ យើងទាញបាន៖

❑ តង់ស្យុងគោលនៃ កុងដង់សាទ័រគឺ៖

$$v_C(t) = v(t) \Rightarrow v_C(t) = V_{Cm} \sin(\omega t)$$

- ចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់បូប៊ីនគឺ៖

$$i_C = \frac{dq_C}{dt} \quad , \quad q_C = Cv_C = CV_{Cm}\sin(\omega t)$$

- នោះយើងបាន៖

$$i_L(t) = \frac{d}{dt}[CV_{Cm}\sin(\omega t)\ ]$$

$$i_C(t) = C\omega V_{Cm}\cos(\omega t)$$

$$i_C(t) = C\omega V_{Cm}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

- យើងអាចសរសេរបាន៖

$$i_C(t) = I_{Cm}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

- ដែល

$$I_{Cm} = C\omega V_{Cm}$$

- គេទាញបាន

$$Z_C = X_C = \frac{V_{Cm}}{I_{Cm}} = \frac{1}{C\omega}$$

- អាំប៉េដង់នៃអាំងឌុចតង់

$$Z_C = X_C = \frac{1}{C\omega}$$

ដែល

C កាប៉ាស៊ីតេ (F)

ω ពុលសាស្យុង (rd/s)

- ហើយ

$\omega = 2\pi f$, f ប្រេកង់ (Hz)

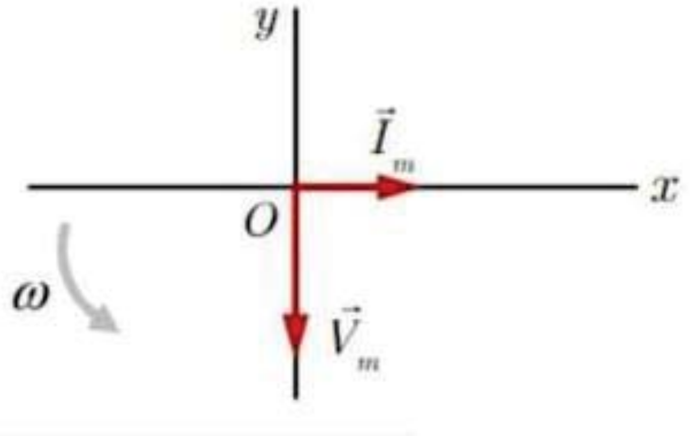
- គម្លាតផាស រវាង ចរន្ត នឹងតង់ស្យុង

តាមសមីការ $i_C(t) = I_{Cm}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

➢ ដោយ $\varphi = \frac{\pi}{2}$ នោះ

- ចរន្តអគ្គិសនីឆ្លង់កាត់បូប៊ីនគឺលឿនផាស ជាងតង់ស្យុង $\frac{\pi}{2}$ rd
- ឬ តង់ស្យុង យឺតផាសជាង ចរន្ត $\frac{\pi}{2}rd$

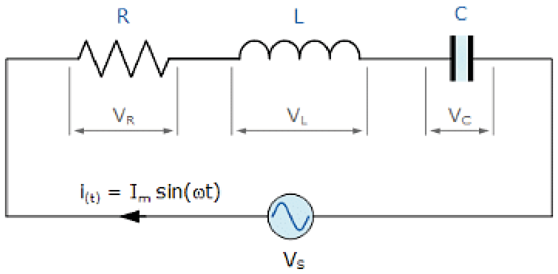
❖ **សំណង់ប្រេណែល**



VI. បន្តុំសេរីនៃ R, L, C

❑ ឧបមាថា បង្គុំសេរី នៃ R, L, C មួយ ត្រូវបានអនុវត្តដោយប្រភពចរន្ត

$$i(t) = I_m \sin(\omega t)$$



❖ ចរន្តឆ្លងកាត់ធាតុនីមួយៗ គឺមានតម្លៃស្មើៗគ្នា៖

$$i = i_R = i_L = i_C$$

$$\Rightarrow I = I_R = I_L = I_C$$

❖ តង់ស្យុងខាងគោលនៃធាតុនីមួយៗ

- ❑ តង់ស្យុងគោលនៃរេស៊ីស្តរ ស្របផាសនឹងចរន្ត គេបាន

$$v_R = V_{Rm}\sin(\omega t)$$

- ❑ តង់ស្យុងគោលនៃបូប៊ីន លឿនផាសជាងចរន្ត $\frac{\pi}{2}rd$ នោះគេបាន

$$v_L = V_{Lm}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

- ❑ តង់ស្យុងគោលកុងដង់សាទ័រយឺតផាសជាងចរន្ត $\frac{\pi}{2}rd$ នោះគេបាន

$$v_C = V_{Cm}\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

❖ តង់ស្យុងសមមូលនៃបង្គុំ៖

- ❑ យើងមាន $v = v_R + v_C + v_L$

$$v = V_{Rm}\sin(\omega t) + V_{Lm}\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) + V_{Cm}\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

- ❑ យើងទទួលបាននូវសមីការតង់ស្យុង នៃបង្គុំគឺ៖

$$v = V_m\sin(\omega t + \theta) = V\sqrt{2}\sin(\omega t + \theta)$$

- ❑ ដែល
  - V តង់ស្យុងប្រសិទ្ធនៃបង្គុំ
  - θ គម្លាតផាស រវាង តង់ស្យុងនឹងចរន្ត នៃបង្គុំ

❖ សំណាក់ប្រេណែល

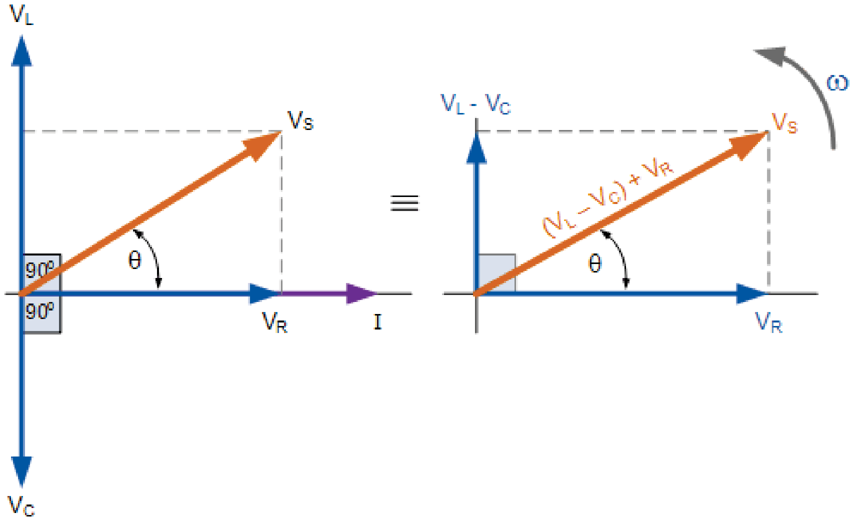
❑ ក្នុងទម្រង់ ផលបូកវិចទ័រ

$$\vec{V}_m = \vec{V}_{Rm} + \vec{V}_{Cm} + \vec{V}_{Lm} \Leftrightarrow \vec{V}_m = \vec{V}_{Rm} + (\vec{V}_{Cm} + \vec{V}_{Lm})$$

$$\vec{V}_m = \vec{V}_{Rm} + \vec{V}_{CLm} \; , \qquad \vec{V}_{CLm} = (\vec{V}_{Cm} + \vec{V}_{Lm})$$

$$\vec{V} = \vec{V}_R + \vec{V}_{CL}$$

❑ សំណាក់ប្រេណែល



❖ តម្លៃតង់ស្យុងប្រសិទ្ធនៃបង្គុំ

- ក្នុងទម្រង់ ផលបូកវិចទ័រ នៃតង់ស្យុង

$\vec{V} = \vec{V}_R + \vec{V}_{CL}$ ប្រើផលគុណស្កាលែ នៃ $\vec{V}$ យើងបាន៖

$V^2 = V^2{}_R + V^2{}_{LC}$ តែ $V_{LC} = V_L - V_C$

- គេបាន

$$V^2 = V^2{}_R + (V_L - V_C)^2$$

$$V = \sqrt{V^2{}_R + (V_L - V_C)^2}$$

❖ អាំប៉េដង់នៃបង្គុំ

- គេមាន

$$V^2 = V^2{}_R + (V_L - V_C)^2$$

- តែ $V = ZI$, $V_R = Z_R I_R$, $V_L = Z_L I_L$, $V_C = Z_C I_C$

- គេបាន

$$Z^2 = Z^2{}_R + (Z_L - Z_C)^2$$

$$Z = \sqrt{Z^2{}_R + (Z_L - Z_C)^2}$$

❖ គម្លាតផាសតង់ស្យុង នឹង ចរន្ត (θ)

- តាមសំណង់ប្រណែលយើងទាញបាន៖

$$tan\theta = \frac{V_L - V_C}{V_R} \Leftrightarrow tan\theta = \frac{Z_L - Z_C}{R}$$

- ម្យ៉ាងទៀត

$$cos\theta = \frac{V_R}{V} = \frac{R}{Z}$$

ឧទាហរណ៍១

បូប៊ីនមួយគ្មានស្នូលដែក វាមាននូវអាំងឌុចតង់ $L = 20mH$ និងរេស៊ីស្តង់ $R = 50\Omega$ ។ គេភ្ជាប់បូប៊ីននេះទៅនឹង ឆ្នាប់ចរន្តឆ្លាស់មួយដែលមានតង់ស្យុង $V = 220V$ និងប្រេកង់ $f = 50Hz$ ។

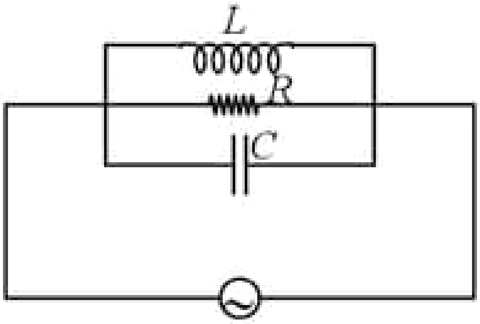
ក. កំណត់អាំងប៉េដង់នៃបូប៊ីន

ខ. គណនាអាំងតង់ស៊ីតេចរន្តប្រសិទ្ធរត់កាត់បូប៊ីន

គ. គណនាគម្លាតផាស រវាងតង់ស្យុង នឹង ចរន្តក្នុងបូប៊ីន ។

VII. បង្គុំខ្សែនៃ R, L, C

- ឧបមាថា បង្គុំខ្សែងនៃ R, L, C មួយ ត្រូវបានអនុវត្តដោយប្រភពតង់ស្យុង $v(t) = V_m \sin(\omega t)$



- តង់ស្យុងនៃគោលធាតុនីមួយៗ គឺមានតម្លៃស្មើៗគ្នា៖

$$v = v_R = v_L = v_C$$

$$\Rightarrow V = V_R = V_L = V_C$$

ចរន្តឆ្លងកាត់ធាតុនីមួយៗ

- ចរន្តឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តរ ស្របផាសនឹងចរន្ត គេបាន

$$i_R = I_{Rm} \sin(\omega t)$$

- ចរន្តឆ្លងកាត់បូប៊ីន យឺតផាសជាងចរន្ត $\frac{\pi}{2} rd$ នោះគេបាន

$$i_L = I_{Lm} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

- ចរន្តឆ្លងកាត់ កុងដង់សាទ័រលឿនផាសជាងចរន្ត $\frac{\pi}{2} rd$ នោះគេបាន

$$i_C = I_{Cm} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

❖ ចរន្តនៃបង្គុំ៖

- យើងមាន $i = i_R + i_C + i_L$

$$i = I_{Rm}\sin(\omega t) + I_{Lm}\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) + I_{Cm}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

- យើងទទួលបាននូវសមីការចរន្ត នៃបង្គុំគឺ៖

$$i = I_m\sin(\omega t + \theta) = I\sqrt{2}\sin(\omega t + \theta)$$

- ដែល

▪ I ចរន្តប្រសិទ្ធនៃបង្គុំ

▪ θ គម្លាតផាស រវាង ចរន្ត នឹង តង់ស្យុង នៃបង្គុំ

❖ សំណង់ប្រេណែល

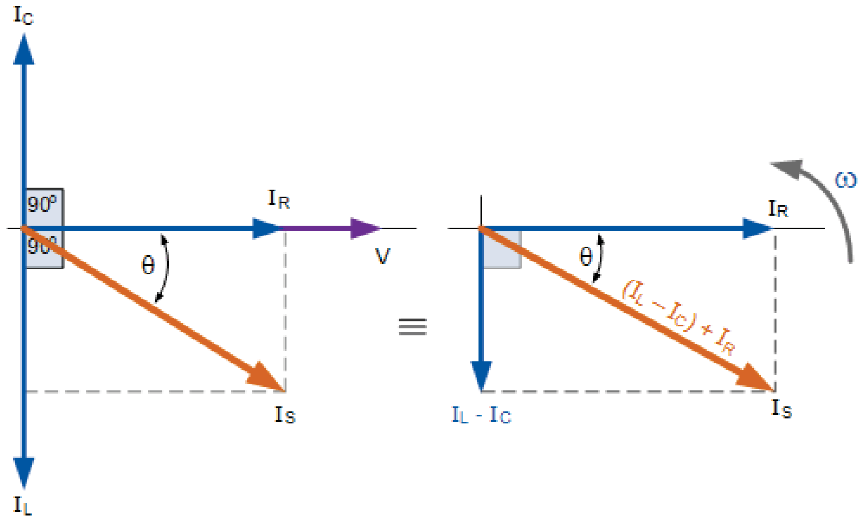
- ក្នុងទម្រង់ ផលបូកវិចទ័រ

$$\vec{I}_m = \vec{I}_{Rm} + \vec{I}_{Cm} + \vec{I}_{Lm} \Leftrightarrow \vec{I}_m = \vec{I}_{Rm} + (\vec{I}_{Cm} + \vec{I}_{Lm})$$

$$\vec{I}_m = \vec{I}_{Rm} + \vec{I}_{CLm} \quad , \qquad \vec{V}_{CLm} = (\vec{I}_{Cm} + \vec{I}_{Lm})$$

$$\vec{I} = \vec{I}_R + \vec{I}_{CL}$$

❑ **សំណង់វ៉ិចទ័រ**



❖ ចរន្តប្រសិទ្ធនៃបង្គុំ

❑ ក្នុងទម្រង់ ផលបូកវិចទ័រ នៃតង់ស្យុង

$\vec{I} = \vec{I}_R + \vec{I}_{CL}$ ប្រើផលគុណស្កាលែ នៃ $\vec{I}$ យើងបាន៖

$I^2 = {I^2}_R + {I^2}_{LC}$ តែ $I_{LC} = I_C - I_L$

❑ គេបាន

$$I^2 = {I^2}_R + (I_C - I_L)^2$$

$$I = \sqrt{{I^2}_R + (I_C - I_L)^2}$$

❖ អាំប៉េដង់នៃបន្ទុំ

- គេមាន $I^2 = {I^2}_R + (I_C - I_L)^2$ តែ $I = \frac{V}{Z}$,$I_R = \frac{V_R}{Z_R}$,$I_C = \frac{V_C}{Z_C}$,$I_L = \frac{V_L}{Z_L}$
- គេបាន

$$\left(\frac{V}{Z}\right)^2 = \left(\frac{V_R}{Z_R}\right)^2 + \left(\frac{V_C}{Z_C} - \frac{V_L}{Z_L}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{Z^2} = \frac{1}{{Z^2}_R} + \left(\frac{1}{Z_C} - \frac{1}{Z_L}\right)^2$$

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{{Z^2}_R} + \left(\frac{1}{Z_C} - \frac{1}{Z_L}\right)^2}$$

❖ គម្លាតផាសតង់ស្យុង នឹង ចរន្ត (θ)

- តាមសំណង់ប្រណែលយើងទាញបាន៖

$$tan\theta = \frac{I_C - I_L}{I_R} \Leftrightarrow tan\theta = \frac{\frac{1}{Z_C} - \frac{1}{Z_L}}{\frac{1}{R}} = R\left(\frac{1}{Z_C} - \frac{1}{Z_L}\right)$$

- ម្យ៉ាងទៀត

$$cos\theta = \frac{I_R}{I} = \frac{Z}{R}$$

ឧទាហរណ៍២

សៀគ្វីមួយមានបង្គុំខ្មែងរវាងបូប៊ីនមានអាំងឌុចតង់ $L = 20mH$ ជាមួយនឹង រេស៊ីស្តរមួយមាន $R = 50\Omega$ ។ គេភ្ជាប់បូប៊ីននេះទៅនឹង ឆ្នាប់ចរន្តឆ្លាស់មួយដែលមានតង់ស្យុង $V = 220V$ និងប្រកង់ $f = 50Hz$ ។

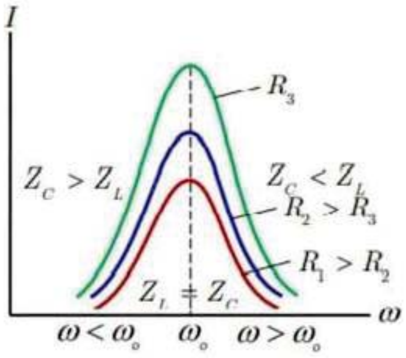
ក. កំណត់អាំងប៉េដង់នៃបូប៊ីន

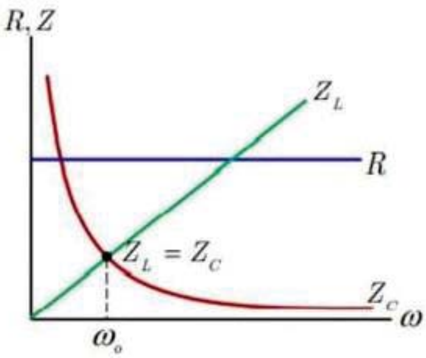
ខ. គណនាអាំងតង់ស៊ីតេចរន្តប្រសិទ្ធរត់កាត់ធាតុនីមួយៗ

គ. គណនាគម្លាតផាស រវាងតង់ស្យុង នឹង ចរន្តក្នុងបូប៊ីន ។

VIII. ធាតុភូតរេសូណង់នៃសៀគ្វី R, L, C

❖ រេសូណង់អគ្គិសនី កើតឡើងនៅពេលដែល ចរន្តនឹងតង់ស្យុងនៃប្រសៀគ្វី ស្របផាសគ្នា $(\theta = 0)$ ។





❖ **លក្ខណៈនៃចរន្តក្នុងរេសូណង់**

កាលណាមានរេសូណង់នោះ៖

- គម្លាតផាស ចរន្តនឹង តង់ស្យុង ស្មើនឹងសូន្យ $\theta = 0$
- អាំប៉េដង់នៃបង្គុំស្មើនឹង រេស៊ីស្តង់របស់រេស៊ីស្តរ $Z = R$
- អាំងតង់ស៊ីតេចរន្តអគ្គិសនី មានតម្លៃអតិបរមា
- រេសូណង់កើតមាននៅ កម្រិប្រេកង់មួយហៅថា ប្រេកង់ផ្ទាល់នៃសៀគ្វី ។

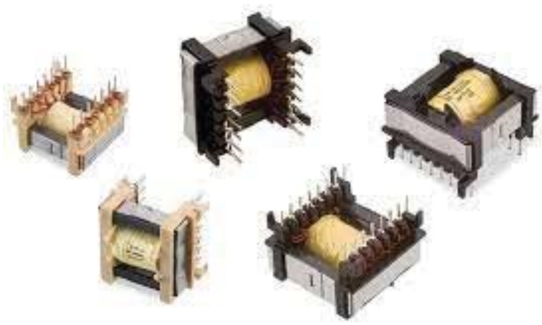
IX. ត្រង់ស្វូ ឬ ត្រង់ស្វូរម៉ាទ័រ (Transformer)

១. និយមន័យ

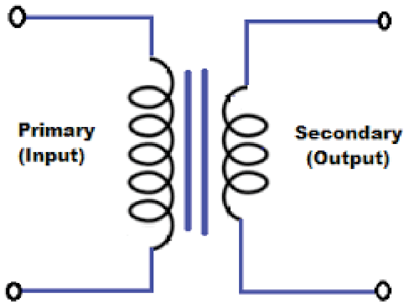
ត្រង់ស្វូ ឬ ត្រង់ស្វ័រម៉ាទ័រ គឺជាឧបករណ៍ ប្រើដើម្បីទំលាក់ ឬ តម្លើង តង់ស្យុងចរន្តឆ្លាស់ ។

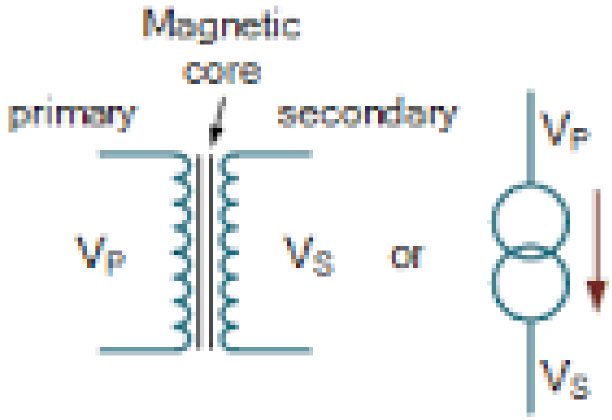
សម្គាល់៖ ត្រង់ស្វូអាចមានដំណើរការជាមួយ តែចន្តឆ្លាស់ទេ។

រូបភាពនៃត្រង់ស្វូ



និមិត្តសញ្ញា





២. ប្រភេទនៃត្រង់ស្វូ

❑ ត្រង់ស្វូ មានពីរប្រភេទគឺ៖

➢ ស្វ៊ូករ៉ុលទ័រ ៖ ប្រើសម្រាប់តម្លើង តង់ស្យុងច្រកចេញ

➢ ស្វ៊ូរ៉ុលទ័រ ៖ ប្រើសម្រាប់ទម្លាក់ តង់ស្យុងច្រកចេញ ។

❑ ត្រង់ស្វូ វាមានដំណើរការណ៍តាមបាតុភូត អាំងឌុចស្យុងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច ។

៣. រូបផ្គុំនៃត្រង់ស្វូ

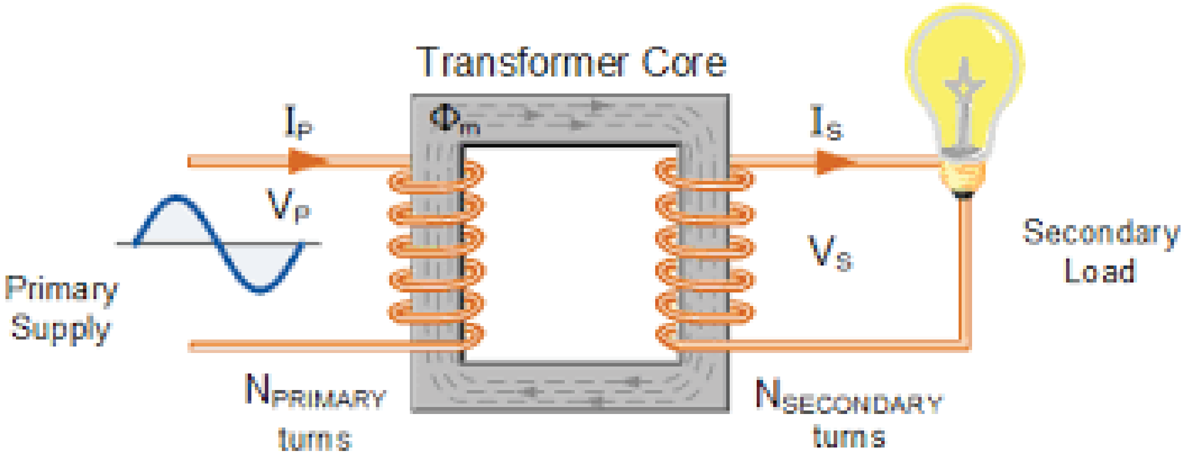
❑ ត្រង់ស្វូ ត្រូវបានបង្កើតឡើង ដោយស៊ុមដែកថែបមួយ រុំដោយ របុំខ្សែចម្លង ចំនួនពីរផ្នែក ផ្សេងគ្នា ។

❑ ត្រង់ស្វូ ត្រូវបានចែកចេញជាពីរ ផ្នែកផ្សេងគ្នា៖

➢ របុំទី១៖ តភ្ជាប់ទៅនឹងប្រភពចរន្តឆ្លាស់ហៅថា របុំបឋម ។

➢ របុំទី២៖ មានចំនួនស្ពៀខុសពី របុំទី១ហើយតភ្ជាប់ទៅនឹង ឧបករណ៍ប្រើប្រាស់ថាមពលអគ្គិសនីហៅថា របុំមធ្យម ។

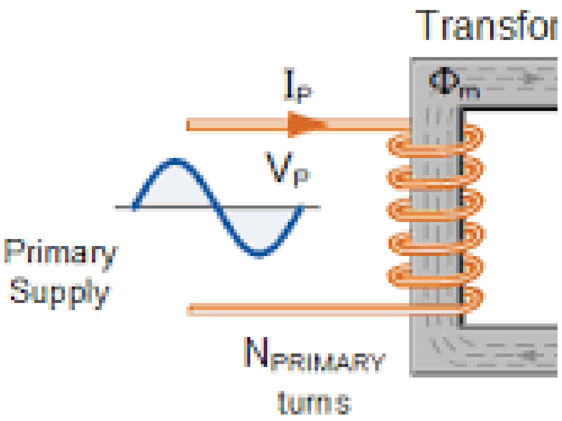
❖ រូបផ្តុំនៃត្រង់ស្វូ



❖ ផ្នែកទាំងពីរនៃត្រង់ស្វូ ៖

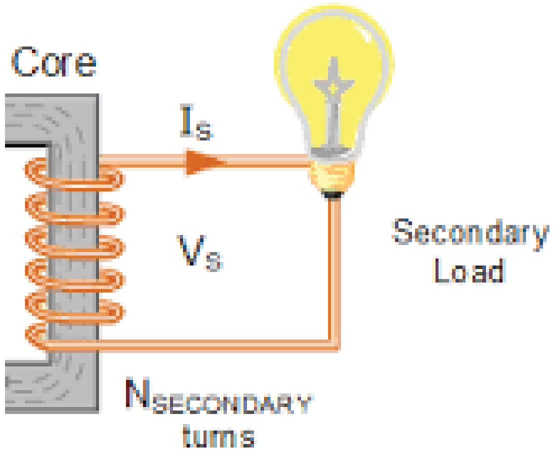
❑ របុំទី១៖ របុំបឋម (Primary Coil) ច្រកចូលភ្ជាប់នឹង ប្រភពចរន្តឆ្លាស់ ហើយនៅរបុំនេះមាន៖

- ចំនួនស្ពៀរបុំបឋម (N_P)
- តង់ស្យុង របុំបឋម (V_P)
- ចរន្ត របុំបឋម (I_P)
- មានអានុភាព របុំបឋម (P_{eP})



❑ របុំទី២៖ របុំមធ្យម (Secondary Coil) ច្រកចេញ ភ្ជាប់នឹងគ្រឿងទទួល ហើយនៅរបុំនេះមាន៖

- ➢ ចំនួនស្ពៀ របុំមធ្យម (N_s)
- ➢ ប្រភព របុំមធ្យម (V_s)
- ➢ ចរន្ត របុំមធ្យម (I_s)
- ➢ អានុភាពរបុំមធ្យម (P_{es})



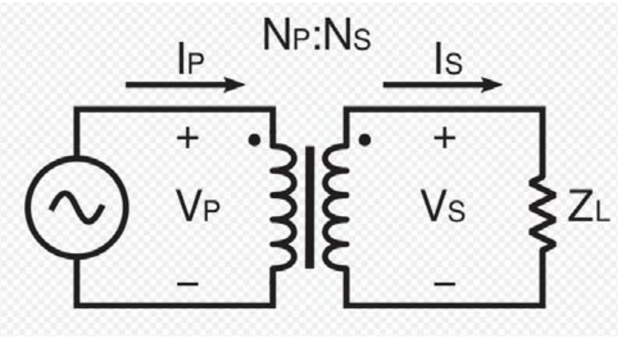
II. ការបញ្ជូនថាមពល និង ទិន្នផលនៃត្រង់ស្វូ

១. ផលធៀបបំលែង នៃត្រង់ស្វូ

❑ ផលធៀបបំលែងនៃត្រង់ស្វូ គឺជាផលធៀបរវាង ចំនួនស្ពៀនៅរបុំមធ្យមជាមួយនឹង ចំនួនស្ពៀនៅរបុំបឋម ឬ ជាផលធៀបរវាង តង់ស្យុងនៅ របុំមធ្យម ជាមួយតង់ស្យុង នៅរបុំបឋម។

❑ **គេកំណត់សរសេរ៖**

$$\mathbf{K} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{V_S}{V_P}$$



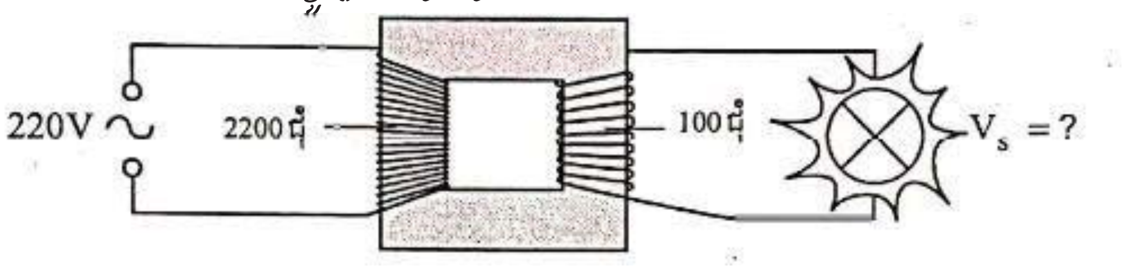
❑ សម្គាល់

- បើ $K > 1$ នោះត្រង់ស្វូជា ស្វូករ៉ុលទ័រ

- បើ $K < 1$ នោះត្រង់ស្វូជា ស្វ៊ូរ៉ុលទ័រ

ឧទាហរណ៍៖

1. គេមាត្រង់ស្វូមួយដូចរូប ។



ក. តើត្រង់ស្វូម៉ាទ័រនេះជាស្វូករ៉ុលទ័រ ឬ ស្វ៊ូរ៉ុលទ័រ ?

ខ. គណនាតង់ស្យុងឆ្លាស់នៅរបុំទី2។

ឧទាហរណ៍៖

2. ត្រង់ស្វូមួយមានចំនួនស្ពៀ $N_P=100$ នៅរបុំទីមួយ និង $N_S=500$ នៅរបុំទីពីរ ។

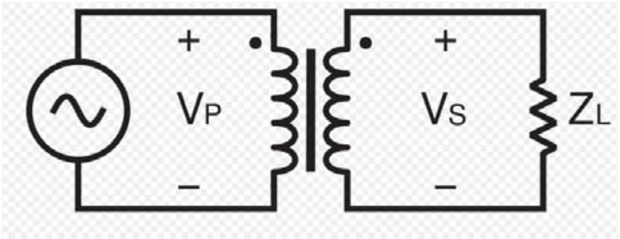
ក. តើត្រង់ស្វូម៉ាទ័រនេះជាស្ទូករ៉ុលទ័រ ឬ ស៊្ទិររ៉ុលទ័រ ?

ខ. គណនាតង់ស្យុងឆ្លាស់នៅរបុំទី2 បើគេឲ្យតង់ស្យុងឆ្លាស់នៅរបុំទី1 $V_P=12V$ ។

២. គុណ្យភាពអានុភាព នៃត្រង់ស្វូ

❑ ជាទូទៅការបញ្ជូនថាមពលតាមរយៈត្រង់ស្វូ គឺវាតែងតែមានកំហាត ។

❑ គុណ្យភាពអានុភាព៖



$$P_P = P_S + P_J$$

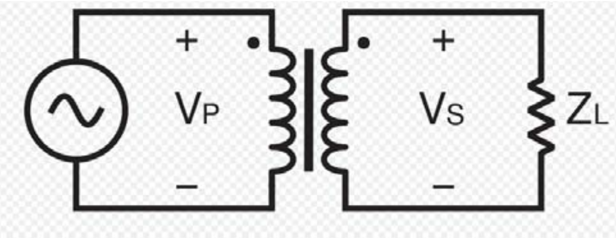
ដែល

- $P_P = V_P I_P$ អានុភាពអគ្គិសនីនៅរបុំ បឋម
- $P_S = V_s I_s$ អានុភាព អគ្គិសនី នៅរបុំ មធ្យម
- P_J អានុភាពខាតបង់

៣. ទិន្នផល នៃត្រង់ស្វូ

❑ ត្រង់ស្វូនីមួយៗមានការបញ្ជូនថាមពលមិនដូចគ្នាទេ គឺវាអាស្រ័យនឹងទិន្នផលរបស់វា។

❑ ទិន្នផលរបស់ត្រង់ស្វូ ៖



$$Rd = \frac{P_S}{P_P}$$

ដែល

- $P_P = V_P I_P$ អានុភាពអគ្គិសនីនៅរបុំ បឋម
- $P_S = V_s I_s$ អានុភាព អគ្គិសនី នៅរបុំ មធ្យម

ឧទាហរណ៍៖

1. នៅមជ្ឈមណ្ឌលចែកចាយថាមពលអគ្គិសនីមួយទទួលតង់ប្រសិទ្ធ $2400V$ និងអានុភាពអគ្គិសនី $360kW$ ។ គេបានប្រើត្រង់ស្វូមួយដោយយកតង់ស្យុងចេញ $220V$ ដើម្បីប្រើប្រាស់ ។ ត្រង់ស្វូមានទិន្នផល 90% និងមានចំនួនស្ពៀរនៅរបុំបឋម 2400 ស្ពៀរ ។
   ក. កំណត់ប្រភេទត្រង់ស្វូ និងគូសគមនូសតាងនិមិត្តសញ្ញាត្រង់ស្វូ ។
   ខ. គណនាអាំងតង់ស៊ីចរន្តក្នុងរបុំបឋម និងក្នុងរបុំមធ្យម ។
   គ. គណនាចំនួនស្ពៀររបុំមធ្យមនៃត្រង់ស្វូ ។

៣. ត្រង់ស្វូ អ៊ីដេអាល់

- ត្រង់ស្វូអ៊ីដេអាល់ គឺជាត្រង់ស្វូ ដែលគ្មានកំហាត់បង់ថាមពល។

$$P_J = 0 \Rightarrow P_P = P_S \;,\; V_P I_P = V_S I_S \Rightarrow \frac{V_S}{V_P} = \frac{I_P}{I_S}$$

- **ផលធៀបបំលែង**

$$\mathrm{k} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{V_S}{V_P} = \frac{I_P}{I_S}$$

- **ទិន្នផលរបស់ត្រង់ស្វូ ៖**

$$Rd = 100\%$$

ឧទាហរណ៍៖

ត្រង់ស្វូមួយមានតង់ស្យុងប្រសិទ្ធ $V_1 = 220V$ និងចរន្តប្រសិទ្ធ $I_2 = 10A$ នៅរបុំមធ្យម ។ តង់ស្យុងប្រសិទ្ធនៅរបុំបឋម $V_1 = 5kV$ ហើយទិន្នផលត្រង់ស្វូស្មើ១ ។

ក. គណនាអានុភាពច្រកចូល និងអានុភាពច្រកចេញនៃត្រង់ស្វូ ?

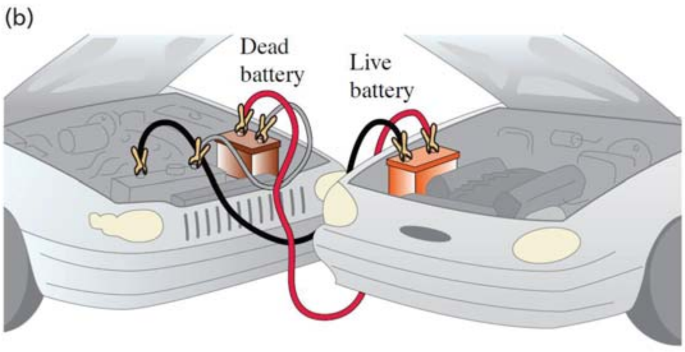
ខ. គណនាអាំងតង់ស៊ីតេចរន្តប្រសិទ្ធនៅរបុំបឋម ?

គ. គណនាផលធៀបបំលែងនៃត្រង់ស្វូ ?

ចរន្តឆ្លាស់
(Alternating current)

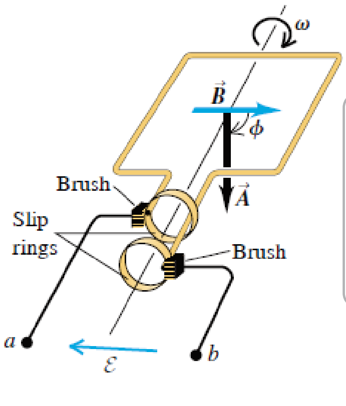
សេចក្តីផ្តើម

ប្រភពចរន្តជាប់



លោក Thomas Edison ចូលចិត្តចរន្តជាប់ (dc)។

ប្រភពចរន្តឆ្លាស់ (Alternator)



ហេតុផល៖ តង់ស្យុងទាបគឺសុវត្ថិភាពសម្រាប់អ្នកប្រើប្រាស់។ តង់ស្យុងធំ(និងចរន្តតូច)គឺល្អសម្រាប់ការបញ្ជូនថាមពល។ គេអាចប្រើត្រង់ស្វូរសម្រាប់បម្លែង។

លោក George Westinghouse ចូលចិត្តចរន្តឆ្លាស់ (ac)។

1. ចរន្តឆ្លាស់ និងសំណាច់ប្រេណែល
(Alternating currents and Phasors)

ចរន្តឆ្លាស់ស៊ីនុយសូអ៊ីត $i = I\cos(\omega t + \phi)$

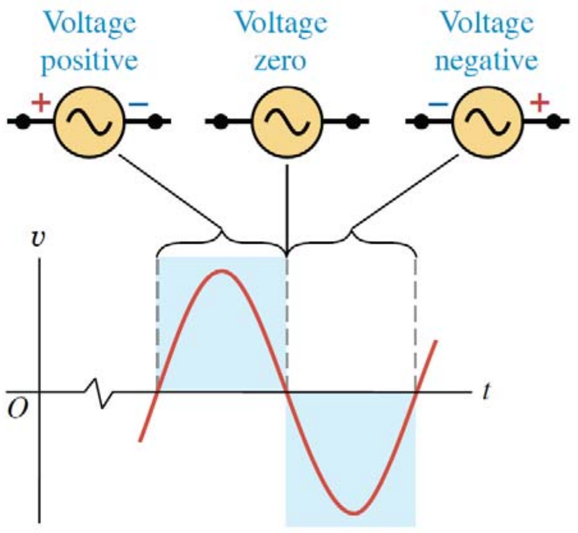
តង់ស្យុងឆ្លាស់ស៊ីនុយសូអ៊ីត $v = V\cos(\omega t + \phi)$

i/v: ចរន្ត/តង់ស្យុងខណៈ

I/V: អំព្លីទុតចរន្ត/តង់ស្យុង

ω: ល្បឿនមុំ ($\omega = 2\pi f$)

ϕ: ផាសដើម ឬ មុំផាស(យើងអាចជ្រើសរើស $\phi = 0$ ដើម្បីភាពងាយស្រួល)

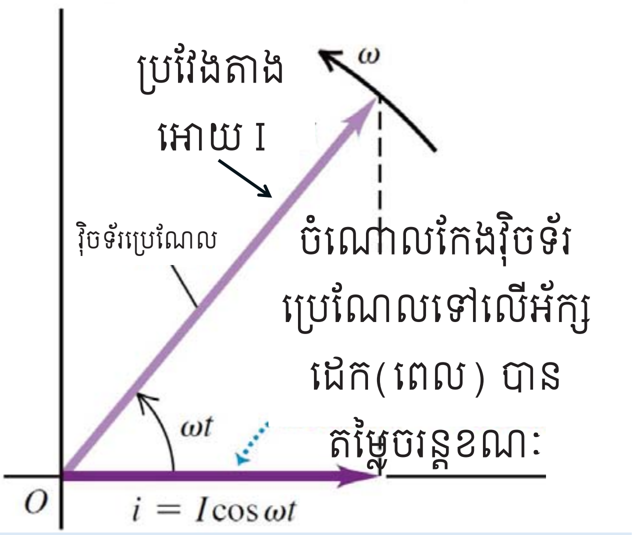


តង់ស្យុងស៊ីនុយសូអ៊ីតនៃប្រភពចរន្តឆ្លាស់

1. ចរន្តឆ្លាស់ និងសំណាច់ប្រេណែល
(Alternating currents and Phasors)

ដ្យាក្រាមប្រេណែល

វាជាដ្យាក្រាម**វ៉ិចទ័រវិល**(ប្រេណែល)ដែលតំណាងអោយតង់ស្យុង ឬ ចរន្តឆ្លាស់ស៊ីនុយសូអ៊ីត។

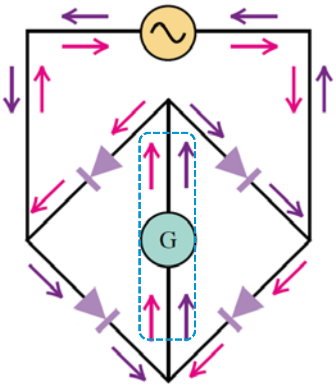


នេះជាមូលហេតុដែលយើងប្រើអនុគមន៍កូសស៊ីនុស

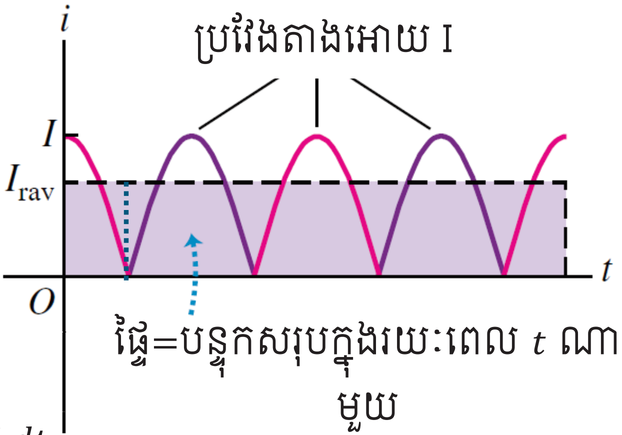
1. ចរន្តឆ្លាស់ និងសំណាច់ប្រេណែល
(Alternating currents and Phasors)

ចរន្តឆ្លាស់កំណែ (Rectified alternating current)

តើគេវាស់ចរន្តឆ្លាស់ដូចម្តេច? ប្រើហ្គាល់វ៉ាណូម៉ែត?



សៀគ្វីកំណែមួយរលកពេញ



ចរន្តកំណែមធ្យម

$dq = i\,dt$

$$I_{rav} = \frac{Q}{t(=T/4)} = \left(\frac{4}{T}\right)\int_0^{T/4} I\,|\cos(\omega t)|\,dt = \frac{2}{\pi}I = 0.637\,I$$

1. ចរន្តឆ្លាស់ និងសំណាច់ប្រេណែល
(Alternating currents and Phasors)

តម្លៃប្រសិទ្ធ [Root-Mean-Square (rms) values]

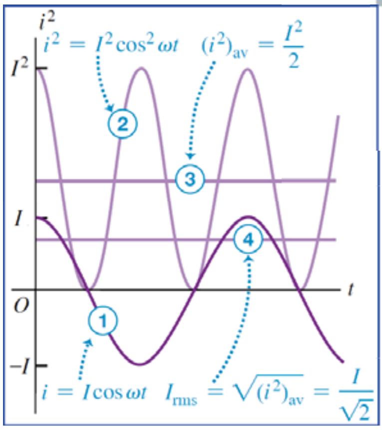
ឧបមាថា ប្រភពចរន្តអគ្គិសនី $i = I\cos(\omega t)$ ដើម្បីបាន I_{rms}

1. លើកជាការេ: $i^2 = I^2\cos^2(\omega t) = \frac{1}{2}I^2 + I^2\cos(2\omega t)$

2. មធ្យមនៃ i^2: $(i^2)_{av} = \frac{1}{2}I^2$

3. ឫសការេនៃ $(i^2)_{av}$: $I_{rms} = \sqrt{(i^2)_{av}} = I/\sqrt{2}$ ។

ស្រដៀងគ្នានេះដែរ $V_{rms} = V/\sqrt{2}$



ជាទូទៅប្រភពតង់ស្យុងឆ្លាស់ដែលយើងប្រើប្រាស់ដែលមានកំណត់សម្គាល់ "120 volt ac" គឺជាតម្លៃ $V_{rms} = 120$ V

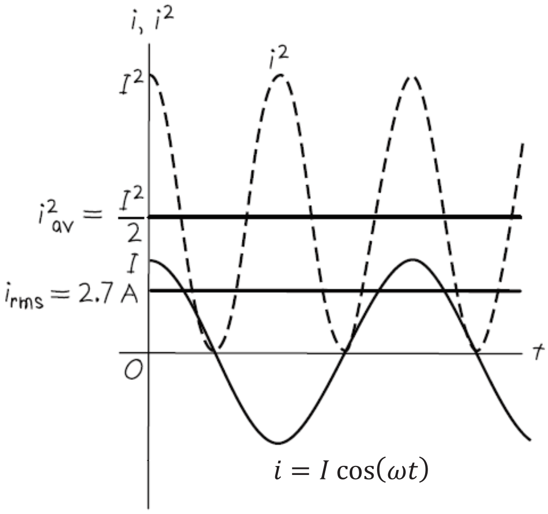
ទំនាក់ទំនងត្រីកោណមាត្រ

$\cos^2 A = \frac{1}{2}[1 + \cos(2A)]$

ឧទាហរណ៍

1. នៅបន្ទះខាងក្រោយនៃកុំព្យូទ័រលើតុ មានកំណត់សម្គាល់មួយដែលមានន័យថា វាអាចទាញចរន្ត 2.7 A ពីប្រភពតង់ស្យុង 120 V, 60 Hz។ ចូរគណនា (a) តម្លៃមធ្យមនៃចរន្ត (b) តម្លៃមធ្យមនៃការេចរន្ត (c) តម្លៃអំព្លីទុតនៃចរន្ត។

ដំណោះស្រាយ៖



(a) ចរន្តប្រែប្រួលស៊ីនុយសូអ៊ីត $(i)_{av} = 0$

(b) $I_{rms} = 2.7$ A, $I_{rms} = \sqrt{(i^2)_{av}}$, $(i^2)_{av} = I_{rms}^2 = 7.3\ A^2$

(c) $I = \sqrt{2}I_{rms} = 3.8$ A

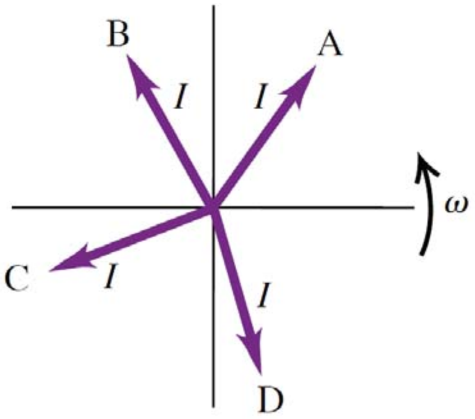
យោបល់បន្ថែម៖ ហេតុអ្វីត្រូវគិតពី តម្លៃមធ្យមការេ ឬ តម្លៃប្រសិទ្ធ rms?

ថាមពលស៊ីដោយរេស៊ីស្តរ គឺ i^2R។ គិតជាមធ្យម $(i^2)_{av}R = I_{rms}^2R$

ឧទាហរណ៍

2. រូបខាងក្រោមនេះជាវ៉ិចទ័រប្រេណែលបួននៃចរន្តដែលមានល្បឿនមុំដូចគ្នា តើមួយណាដែលតំណាងអោយ (a) ចរន្តវិជ្ជមានដែលនឹងកាន់តែមានតម្លៃវិជ្ជមានធំជាងមុន? (b) ចរន្តវិជ្ជមានដែលនឹងថយចុះទៅសូន្យ? (c)ចរន្តអវិជ្ជមានដែលនឹងកាន់តែមានតម្លៃអវិជ្ជមាន(តម្លៃដាច់ខាតធំជាងមុន)? (d) ចរន្តអវិជ្ជមានដែលនឹងថយចុះ(តម្លៃដាច់ខាត)ទៅសូន្យ?

ដំណោះស្រាយ៖



(a) D

(b) A

(c) B

(d) C

2. រេស៊ីស្តង់ និង រេអាក់តង់
(Resistance and Reactance)

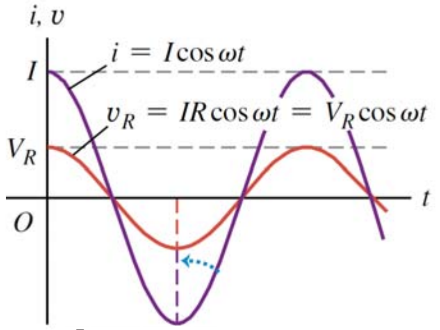
រេស៊ីស្ទ័រក្នុងសៀគ្វី ac

ឧបមាថា ប្រភពចរន្តអគ្គិសនី $i = I\cos(\omega t)$ នោះ៖

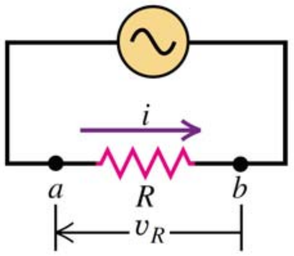
$$v_R = v_{ab} = iR = IR\cos(\omega t) = V_R\cos(\omega t)$$

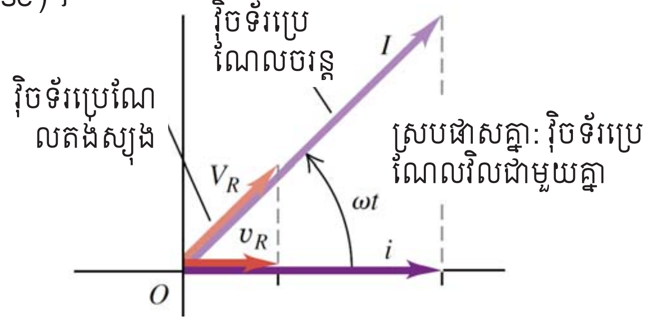
$V_R = IR$: ជាអំព្លីទុតនៃតង់ស្យុងរបស់រេស៊ីស្ទ័រក្នុងសៀគ្វី ac

តង់ស្យុងនិងចរន្តអគ្គិសនីគឺស្របផាសគ្នា (in phase)។



ស្របផាសគ្នា: កំពូល និង បាតខ្សែកោងរបស់ចរន្តនិង តង់ស្យុងកើតឡើងក្នុង ពេលតែមួយ





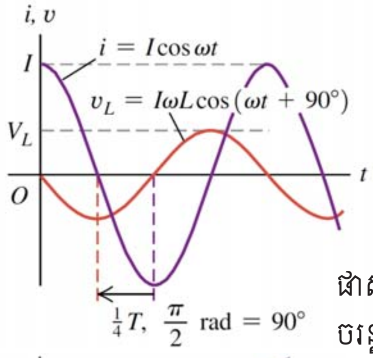
2. រេស៊ីស្តង់ និង រេអាក់តង់
(Resistance and Reactance)

អាំងឌុចទ័រក្នុងសៀគ្វី ac

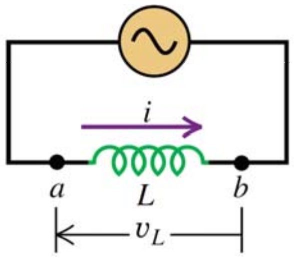
ឧបមាថា ប្រភពចរន្តអគ្គិសនី $i = I\cos(\omega t)$ នោះ៖

$$v_L = v_{ab} = L\frac{di}{dt} = -I\omega L\sin(\omega t) = V_L\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$V_L = X_L I$: ជាអំព្លីទុតនៃតង់ស្យុងរបស់អាំងឌុចទ័រក្នុងសៀគ្វី ac ហើយ $X_L = \omega L$ ហៅថា រេអាក់តង់អាំងឌុចតេ (inductive reactance)។ ខ្នាតរបស់ X_L ?

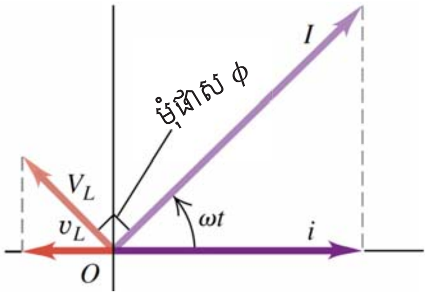


ផាសតង់ស្យុងនាំមុខផាសចរន្តដោយតម្លៃ $\phi = \frac{\pi}{2}$ ឬ 90°



ទំនាក់ទំនងត្រីកោណមាត្រ

$$\cos\left(A + \frac{\pi}{2}\right) = -\sin A$$



ឧទាហរណ៍

3. អំព្លីទុតនៃចរន្តក្នុងអាំងឌុចទ័រសុទ្ធនៃវិទ្យុទទួលគឺ 250 μA នៅពេលដែលអំព្លីទុតនៃតង់ស្យុងមានតម្លៃ 3.60 V និងប្រេកង់ 1.60 MHz។ ចូរគណនា (a) តម្លៃរេអាក់តង់អាំឌុចតេ និង តម្លៃអាំងឌុចតង់ (b) តម្លៃនៃអំព្លីទុតចរន្តនៅពេលដែលមានតម្លៃប្រេកង់កើនទៅ 16.0 MHz និង 160 kHz ដោយរក្សាអំព្លីទុតតង់ស្យុងថេរ។

ដំណោះស្រាយៈ

(a) $X_L = \frac{V_L}{I} = \frac{3.60}{250\times10^{-6}} = 14.4\ \text{k}\Omega,\ L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{1.44\times10^4}{2\pi(1.60\times10^6)} = 1.43\ \text{mH}$

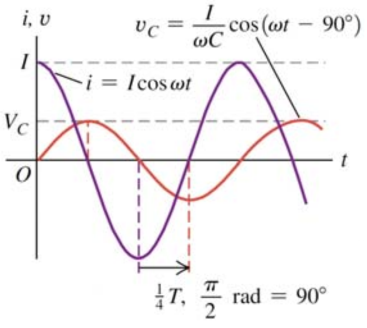
(b) $I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{V_L}{\omega L} = \frac{V_L}{2\pi f L}$ [250 μA → 1.60 MHz, 16.0 MHz → 25 μA, 160 kHz → 2.50 mA]

2. រេស៊ីស្តង់ និង រេអាក់តង់
(Resistance and Reactance)

កុងដង់សាទ័រក្នុងសៀគ្វី ac

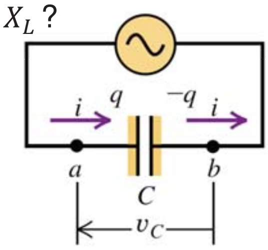
ឧបមាថា ប្រភពចរន្តអគ្គិសនី $i = I\cos(\omega t)$ នោះ

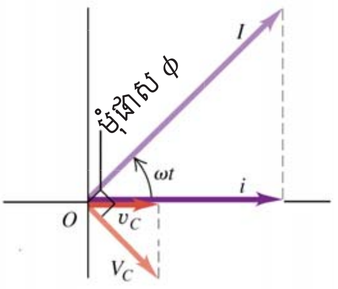
$$v_C = v_{ab} = \frac{q}{C} = \frac{I}{C}\int_0^t \cos(\omega t)\,dt = \frac{I}{\omega C}\sin(\omega t)$$
$$= V_C\cos(\omega t - 90°)$$



ផាសតង់ស្យុងដើរក្រោយផាសចរន្តដោយតម្លៃ $\phi = -\frac{\pi}{2}$ ឬ $-90°$

$V_C = X_C I$: ជាអំព្លីទុតនៃតង់ស្យុងរបស់កុងដង់សាទ័រក្នុងសៀគ្វី ac ហើយ $X_C = 1/\omega C$ ហៅថា រេអាក់តង់កាប៉ាស៊ីតេ (capacitive reactance)។ ខ្នាតរបស់ X_L ?

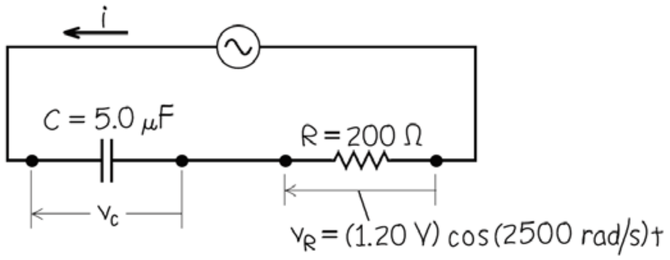




ទំនាក់ទំនងត្រីកោណមាត្រ
$\cos(A - 90°) = \sin A$

ឧទាហរណ៍

4. រេស៊ីស្តរ 200 Ω តជាស៊េរីជាមួយនឹងកុងដង់សាទ័រ 5.0 μF ។ តង់ស្យុងនៃរេស៊ីស្តរគឺ $v_R = (1.20 \text{ V}) \cos[(2500 \text{ rad/s})t]$ ។ (a) ចូរសរសេរកន្សោមចរន្តខណៈនៅក្នុងសៀគ្វី (b) គណនាតម្លៃរេអាក់តង់កាប៉ាស៊ីតេនៃកុងដង់សាទ័រ (c) ចូរសរសេរកន្សោមតង់ស្យុងខណៈរបស់កុងដង់សាទ័រ។



ដំណោះស្រាយ៖

(a) $i = \frac{v_R}{R} = 6.0 \times 10^{-3} \cos(2500t)$

(b) $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2500 \times 5.0 \times 10^{-6}} = 80\ \Omega$

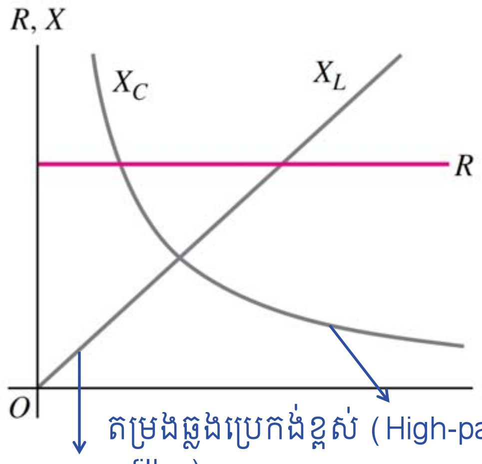
(c) $V_C = IX_C = 6.0 \times 10^{-3} \times 80 = 0.48 \text{ V}$

$v_C = V_C \cos(\omega t - 90°) = 0.48 \cos\left(2500t - \frac{\pi}{2}\right)$

2. រេស៊ីស្តង់ និង រេអាក់តង់ (Resistance and Reactance)

ប្រៀបធៀបធាតុនៃសៀគ្វី ac

ធាតុនៃសៀគ្វី	ទំនាក់ទំនងអំព្លីទុត	ទំហំរបស់សៀគ្វី	ផាសរបស់
រេស៊ីស្តរ	$V_R = IR$	R	ស្របផាសនឹង i
អាំងឌុចទ័រ	$V_L = IX_L$	$X_L = \omega L$	លឿនផាសជាង i 90°
កុងដង់សាទ័រ	$V_C = IX_C$	$X_C = 1/\omega C$	យឺតផាសជាង i 90°

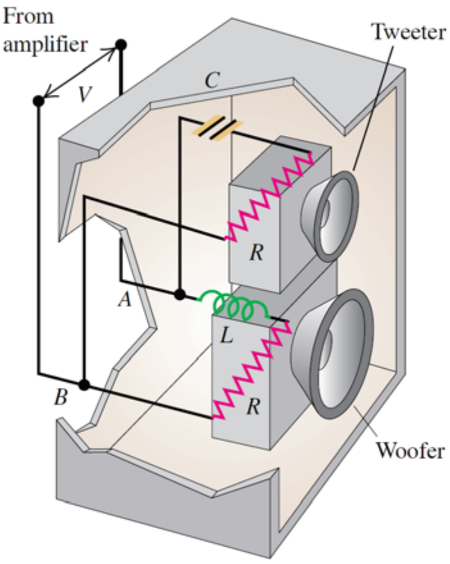


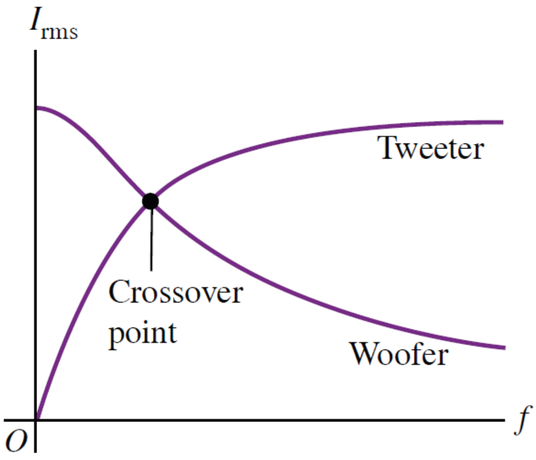
តម្រងឆ្លងប្រេកង់ខ្ពស់ (High-pass filter)

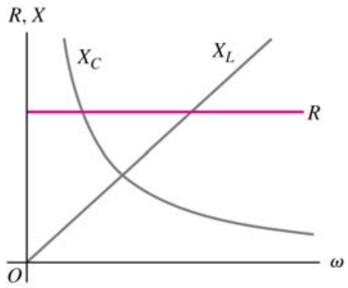
តម្រងឆ្លងប្រេកង់ទាប (Low-pass filter)

2. រេស៊ីស្តង់ និង រេអាក់តង់
(Resistance and Reactance)

ការអនុវត្តរបស់ជាតុនៃសៀគ្វី ac នៅក្នុង ឧបករណ៍បំពងសម្លេង

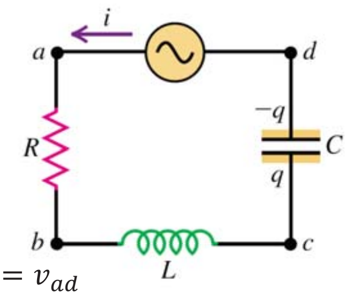


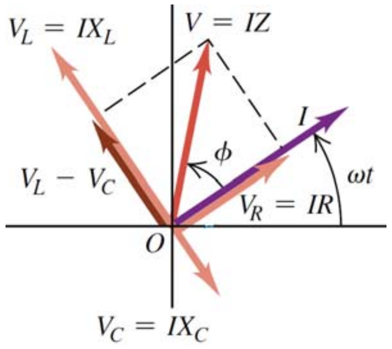




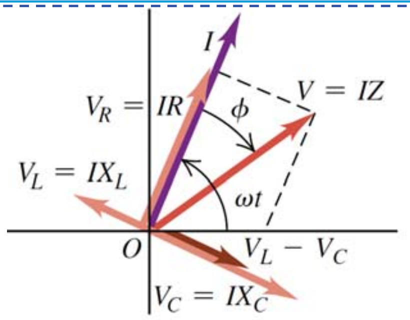
3. សៀគ្វី L-R-C សេរី
(The L-R-C series circuit)

អាំងប៉េដង់ និង មុំផាស





ករណី $X_L > X_C$



ករណី $X_L < X_C$

ប្រភព $v = v_{ad}$

គ្រឿងទទួល $v_R = v_{ab}$, $v_L = v_{bc}$, $v_C = v_{cd}$

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

អាំប៉េដង់ $Z \equiv \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

ផាស v លឿនជាងផាស i ដោយតម្លៃ ϕ:

$$\tan\phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R}$$

បើ $i = I\cos(\omega t)$ នោះ $v = V\cos(\omega t + \phi)$

ឧទាហរណ៍

5. បើ $R = 300\ \Omega$, $L = 60$ mH, $C = 0.50\ \mu$F, $V = 50$ V, $\omega = 10{,}000$ rad/s ចូរគណនា X_L និង X_C, អាំប៉េដង់ Z, អំព្លីទុត I, មុំផាស ϕ, V_R, V_L និង V_C ។

ដំណោះស្រាយ៖

$$X_L = \omega L = 600\ \Omega$$

$$X_C = 1/\omega C = 200\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = 500\ \Omega$$

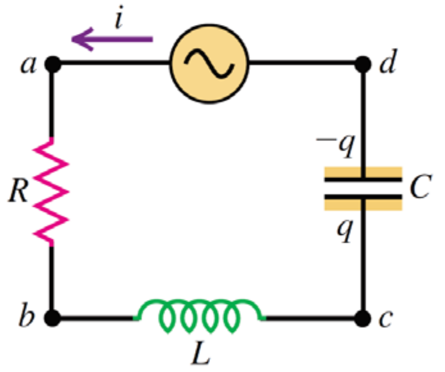
$$I = \frac{V}{Z} = 0.10\ \text{A}$$

$$\phi = \arctan\frac{X_L - X_C}{R} = 53°$$

$$V_R = IR = 30\ \text{V}$$

$$V_L = IX_L = 60\ \text{V}$$

$$V_C = IX_C = 20\ \text{V}$$

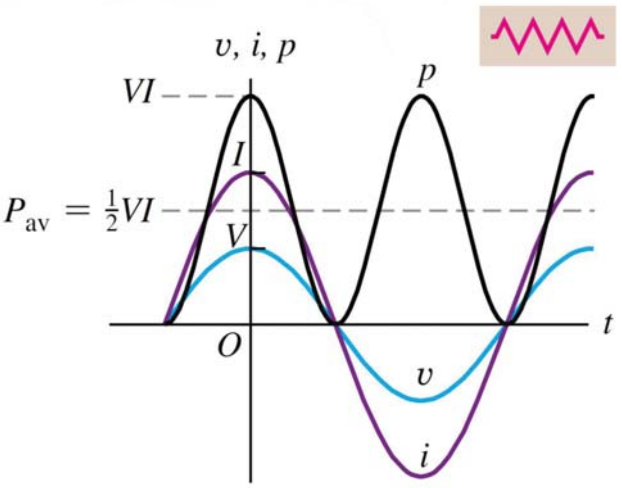


កិច្ចការ៖ តាមរយៈឧទាហរណ៍ខាងលើចូរសរសេរកន្សោមអាស្រ័យពេលនៃ ចរន្តខណៈ i និង តង់ស្យុង v_R, v_C, v_L និង v។

4. អានុភាពនៅក្នុងសៀគ្វី ac
(Power in alternating-current circuits)

អានុភាពខណៈ $p = vi$

ធាតុនៃសៀគ្វី	ទំនាក់ទំនងអំព្លីទុត	ទំហំរបស់សៀគ្វី	ផាសរបស់
រេស៊ីស្តរ	$V_R = IR$	R	ស្របផាសនឹង i
អាំងឌុចទ័រ	$V_L = IX_L$	$X_L = \omega L$	លឿនផាសជាង i 90°
កុងដង់សាទ័រ	$V_C = IX_C$	$X_C = 1/\omega C$	យឺតផាសជាង i 90°



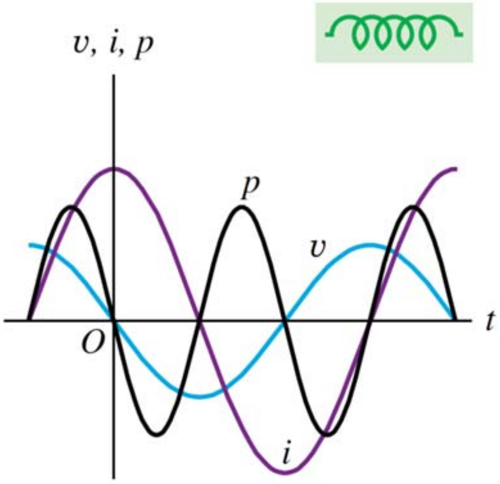
អានុភាពនៅក្នុងរេស៊ីស្តរ

អានុភាពមធ្យម $P_{av} = \frac{1}{2}VI = V_{rms}I_{rms}$ ហេតុអ្វី ?

4. អានុភាពនៅក្នុងសៀគ្វី ac
(Power in alternating-current circuits)

អានុភាពខណៈ: $p = vi$

ជាតុនៃសៀគ្វី	ទំនាក់ទំនងអំព្លីទុត	ទំហំរបស់សៀគ្វី	ផាសរបស់
រេស៊ីស្តរ	$V_R = IR$	R	ស្របផាសនឹង i
អាំងឌុចទ័រ	$V_L = IX_L$	$X_L = \omega L$	លឿនផាសជាង i 90°
កុងដង់សាទ័រ	$V_C = IX_C$	$X_C = 1/\omega C$	យឺតផាសជាង i 90°



អានុភាពនៅក្នុងអាំងឌុចទ័រ

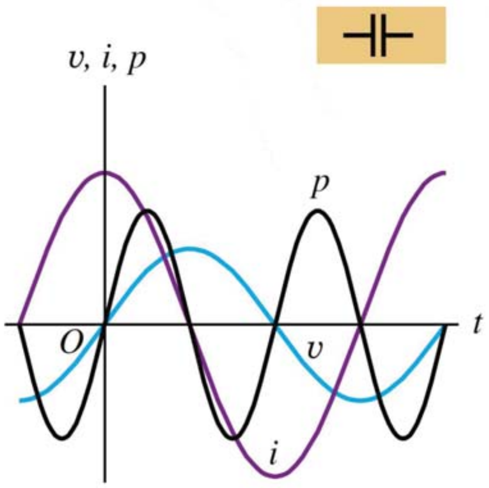
អានុភាពពាក់កណ្តាលខួប [+] និង ពាក់កណ្តាលខួប [-] → $P_{av} = 0$ ។

អានុភាពខណៈ [+] មានការផ្គត់ផ្គង់ថាមពលទៅគ្រឿងទទួល។

4. អានុភាពនៅក្នុងសៀគ្វី ac
(Power in alternating-current circuits)

អានុភាពខណៈ: $p = vi$

ជាតុនៃសៀគ្វី	ទំនាក់ទំនងអំព្លីទុត	ទំហំរបស់សៀគ្វី	ផាសរបស់
រេស៊ីស្តរ	$V_R = IR$	R	ស្របផាសនឹង i
អាំងឌុចទ័រ	$V_L = IX_L$	$X_L = \omega L$	លឿនផាសជាង i 90°
កុងដង់សាទ័រ	$V_C = IX_C$	$X_C = 1/\omega C$	យឺតផាសជាង i 90°



អានុភាពនៅក្នុងកុងដង់សាទ័រ

អានុភាពពាក់កណ្តាលខួប [+] និង ពាក់កណ្តាលខួប [-] → $P_{av} = 0$ ។ ក៏មានការផ្គត់ផ្គង់ថាមពលទៅគ្រឿងទទួល ហើយគ្រឿងទទួលបញ្ជូនថាមពលត្រឡប់ទៅជនិតាវិញផងដែរ។

4. អានុភាពនៅក្នុងសៀគ្វី ac
(Power in alternating-current circuits)

អានុភាពនៅក្នុងសៀគ្វី ac ទូទៅ

$$p = vi = [V\cos(\omega t + \phi)][I\cos(\omega t)]$$
$$= VI\cos(\phi)\cos^2(\omega t) - VI\sin(\phi)\cos(\omega t)\sin(\omega t)$$

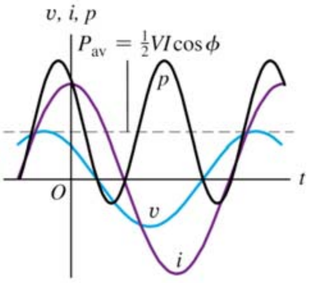
អានុភាពមធ្យម

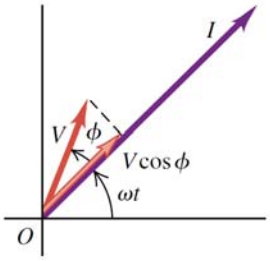
$$P_{\text{av}} = [VI\cos(\phi)\cos^2(\omega t)]_{\text{av}} - [VI\sin(\phi)\cos(\omega t)\sin(\omega t)]_{\text{av}}$$

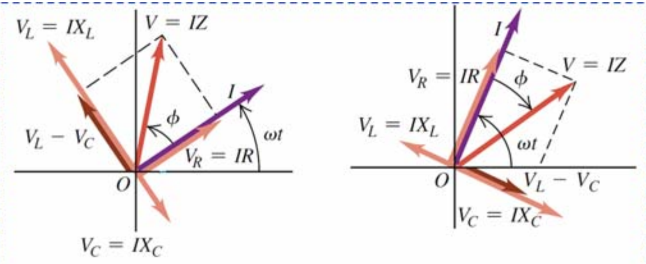
$$P_{\text{av}} = \frac{1}{2}VI\cos(\phi) = V_{\text{rms}}I_{\text{rms}}\cos(\phi)$$

ក្នុងសៀគ្វី L-R-C ស៊េរី: $V\cos(\phi) = V_R$ នោះ P_{av} ស្មើទៅនឹងអានុភាពមធ្យមដែលស៊ីដោយរេស៊ីស្ទ័រ។

$\cos(\phi)$ ហៅថា កត្តាអានុភាពនៃសៀគ្វី។ នៅក្នុងសៀគ្វី L-R-C ស៊េរី $\cos(\phi) = R/Z$។ (ស្រាយបញ្ជាក់ដោយខ្លួនឯង)







ករណី $X_L > X_C$ ករណី $X_L < X_C$

4. អានុភាពនៅក្នុងសៀគ្វី ac
(Power in alternating-current circuits)

តើកត្តាអានុភាពមានសារៈសំខាន់អ្វី?

$$P_{\text{av}} = \frac{1}{2}VI\cos(\phi)$$

- ជាទូទៅគេមិនចង់បានសៀគ្វីដែលមានកត្តាអានុភាពតូចទេ។ ឧបមាថា គេចង់បានតម្លៃអានុភាព(ជាមួយនឹងតម្លៃតង់ស្យុងកំណត់មួយ)ត្រង់កន្លែងគ្រឿងទទួលនៅតម្លៃណាមួយ បើ $\cos(\phi)$ តូចនោះ គេត្រូវតែតម្លើងតម្លៃ i ដើម្បីអោយរក្សានូវតម្លៃអានុភាពដែលគេចង់បាន។ ការធ្វើបែបនេះវាធ្វើអោយមានកំណើននៃអានុភាពបាត់បង់តាមរយៈ i^2R នៅក្នុងបណ្ដាញខ្សែដឹកជញ្ជូនថាមពល។
- ជាទូទៅម៉ាស៊ីនបង្កើតប្រភព ac មានផាសចរន្តយឺតជាងផាសតង់ស្យុង ជាហេតុធ្វើអោយ $\cos(\phi) < 1$។ គេអាចកែវាអោយខិតទៅជិត 1 ដោយភ្ជាប់កុងដង់សាទ័រ (i លឿនផាសជាង v) ជាខ្នែងទៅនឹងគ្រឿងទទួល។ វាជួយកែតម្រូវភាពយឺតផាសនៃ i និង v ក្នុងសៀគ្វីក្រៅ។

ឧទាហរណ៍

6. ម៉ាស៊ីនផ្លុំសក់អគ្គីសនីមួយមានអានុភាពមធ្យម 1500 W នៅតង់ស្យុងប្រសិទ្ធ 120 V។ ចូរគណនា រេស៊ីស្តង់ ចរន្តប្រសិទ្ធ និង តម្លៃអតិបរមានៃអានុភាពខណៈ។

ដំណោះស្រាយ៖

$$R = \frac{V_{\text{rms}}^2}{P_{\text{av}}} = 9.6\ \Omega$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{P_{\text{av}}}{V_{\text{rms}}} = 12.5\ \text{A}$$

$$p_{\max} = VI = 2P_{\text{av}} = 3000\ \text{W}$$

ឧទាហរណ៍

5. បើ $R = 300\ \Omega$, $L = 60$ mH, $C = 0.50\ \mu$F, $V = 50$ V, $\omega = 10{,}000$ rad/s ចូរគណនា X_L និង X_C, អាំប៉េដង់ Z, អំព្លីទុត I, មុំផាស ϕ, V_R, V_L និង V_C ។

ដំណោះស្រាយ៖

$$X_L = \omega L = 600\ \Omega$$

$$X_C = 1/\omega C = 200\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = 500\ \Omega$$

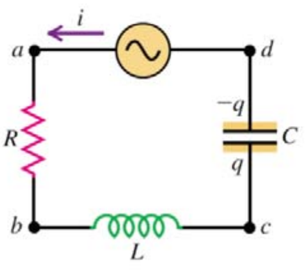
$$I = \frac{V}{Z} = 0.10\ \text{A}$$

$$\phi = \arctan\frac{X_L - X_C}{R} = 53°$$

$$V_R = IR = 30\ \text{V}$$

$$V_L = IX_L = 60\ \text{V}$$

$$V_C = IX_C = 20\ \text{V}$$



កិច្ចការ៖ តាមរយៈឧទាហរណ៍ខាងលើចូរសរសេរកន្សោមអាស្រ័យពេលនៃ ចរន្តខណៈ i និង តង់ស្យុង v_R, v_C, v_L និង v។

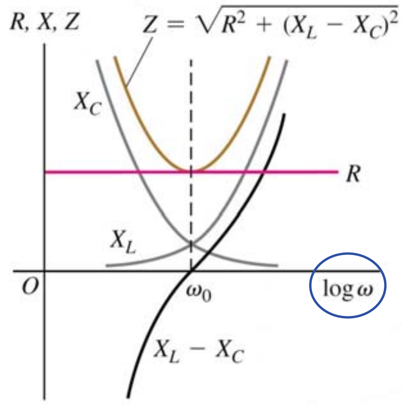
7. ចូរគណនាកត្តាអានុភាព និង អានុភាពមធ្យម

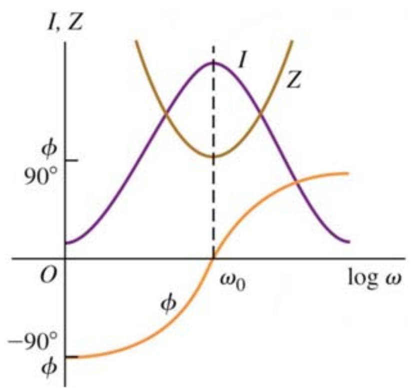
ដំណោះស្រាយ៖

a. $\cos(\phi) = 0.60$

b. $P_{\text{av}} = \frac{1}{2}VI\cos(\phi) = 1.5\ \text{W}$

5. រេសូណង់នៅក្នុងសៀគ្វី ac
(Resonance in alternating-current circuits)





គេប្រើសៀគ្វី L-R-C សេរីក្នុងការប្តូរប៉ុស្តិ៍វិទ្យុ

រេសូណង់៖ ប្រេកង់នៃស៊ីញ៉ាល់នីមួយៗដែលផ្សាយពីអង់តែនមកមានតម្លៃអំព្លីទុតស្មើៗគ្នា តែស៊ីញ៉ាល់ដែលមានប្រេកង់ដែលត្រូវនឹងប្រេកង់របស់វិទ្យុនឹងមានអំព្លីទុតធំជាងគេ។

រេសូណង់៖ $I = V/Z$ អតិបរមា ត្រូវនឹង Z អប្បរមា

អាំប៉េដង់របស់ L-R-C សេរី $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ មានតម្លៃទាបបំផុតពេល $X_L - X_C = 0$ ហើយ $Z = R$។

5. រេសូណង់នៅក្នុងសៀគ្វី ac
(Resonance in alternating-current circuits)

លក្ខណៈរបស់សៀគ្វីពេលមានរេសូណង់

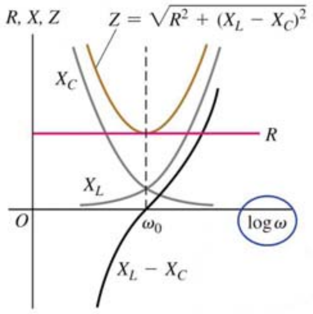
$$X_L = X_C \ \rightarrow \omega_0 = 1/\sqrt{LC}$$

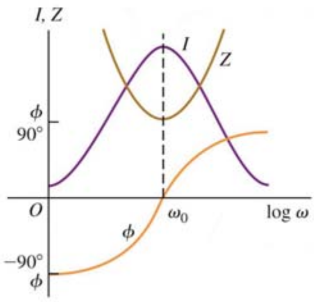
(ដូចទៅនឹងល្បឿនមុំក្នុងសៀគ្វី LC)

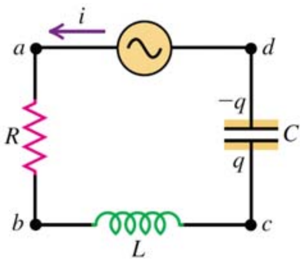
ω_0: ល្បឿនមុំរេសូណង់

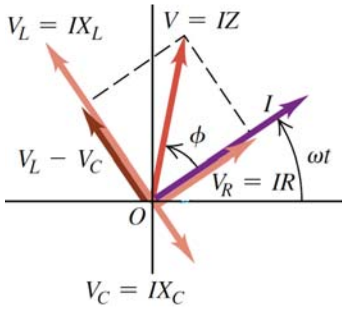
$f_0 = \omega_0/2\pi$: ប្រេកង់រេសូណង់

តង់ស្យុង៖ $V_L - V_C = 0 \ \rightarrow v_{bd} = 0$ ។ សៀគ្វី L-R-C ដំណើរការដូចគ្មាន L និង C។



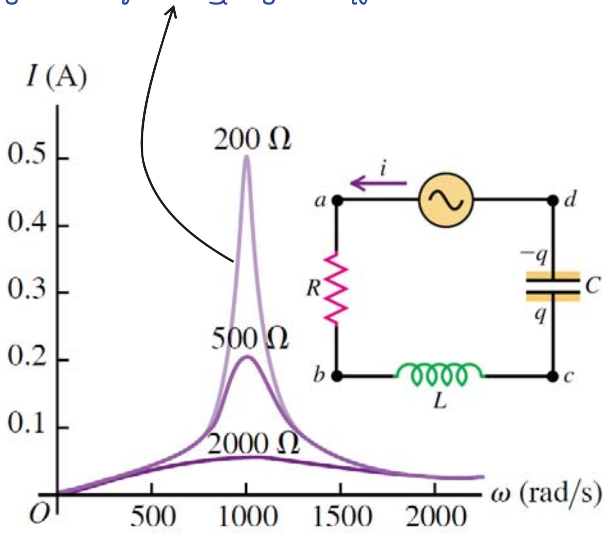






5. រេសូណង់នៅក្នុងសៀគ្វី ac
(Resonance in alternating-current circuits)

ខ្សែកោងរេសូណង់ ឬ ខ្សែកោងឆ្លើយតប



$V = 100$ V, $L = 2.0$ H, $C = 0.50\ \mu$F, $\omega_0 = \sqrt{LC} = 1000$ rad/s

រេសូណង់៖ $I = V/Z$ អតិបរមា ត្រូវនឹង Z អប្បរមា

អាំប៉េដង់របស់ L-R-C ស៊េរី $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ មានតម្លៃទាបបំផុតពេល $X_L - X_C = 0$ ហើយ $Z = R$។

$$I = V/R$$

រូបរាងរបស់ខ្សែកោងរេសូណង់មានសារៈសំខាន់

-បើវាស្រួច គឺល្អសម្រាប់ការញែករវាង ប៉ុស្តិ៍ពីរដែលមានប្រេកង់ក្បែរគ្នា តែបើវាស្រួចពេក នោះព័ត៌មានមួយចំនួន (ដូចជាតំបន់ប្រេកង់ខ្ពស់របស់ចម្រៀង)គឺត្រូវបាត់បង់។

ឧទាហរណ៍

តាមរយៈរូបខាងស្តាំ

(a) ចូរគណនាប្រេកង់រេសូណង់។

(b) នៅត្រង់ប្រេកង់រេសូណង់ ចូរគណនា

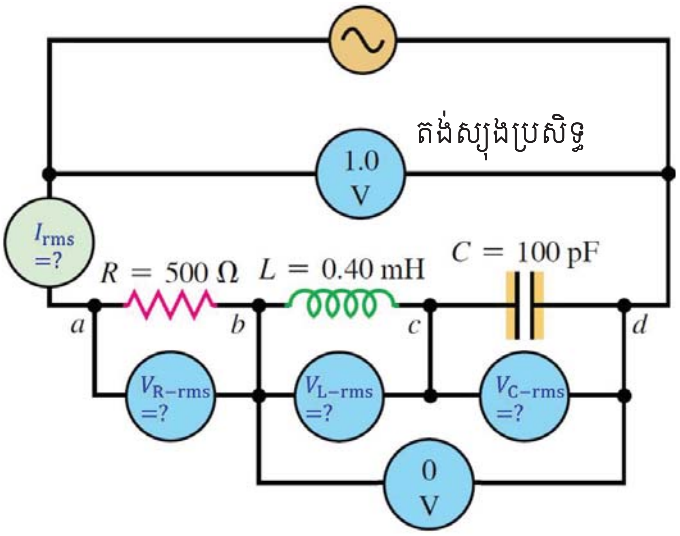
-រេអាក់តង់អាំងឌុចតេ X_L

-រេអាក់តង់កាប៉ាស៊ីតេ X_C

-អាំប៉េដង់ Z ។

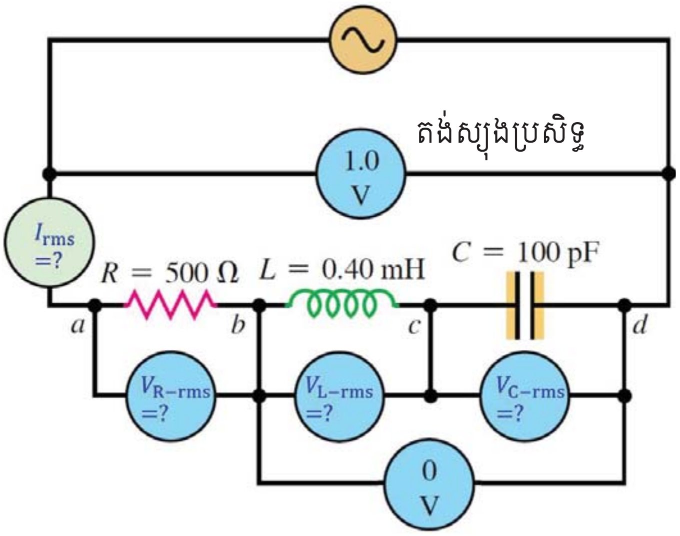
(c) ចូរគណនាចរន្តប្រសិទ្ធ

(d) ចូរគណនាតង់ស្យុងប្រសិទ្ធនៃធាតុសៀគ្វីនីមួយៗ។



ឧទាហរណ៍

ដំណោះស្រាយៈ



(a) $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 5.0 \times 10^6$ rad/s

(b) $X_L = \omega L = 2000\ \Omega$

$X_C = 1/\omega C = 2000\ \Omega$

$X_L = X_C$ នៅត្រង់រេសូណង់ នោះយើងបាន $Z = R = 500\ \Omega$

(c) $I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{Z} = \frac{V_{\text{rms}}}{R} = 2.0$ mA

(d) $V_{R-\text{rms}} = I_{\text{rms}} R = 1.0$ V

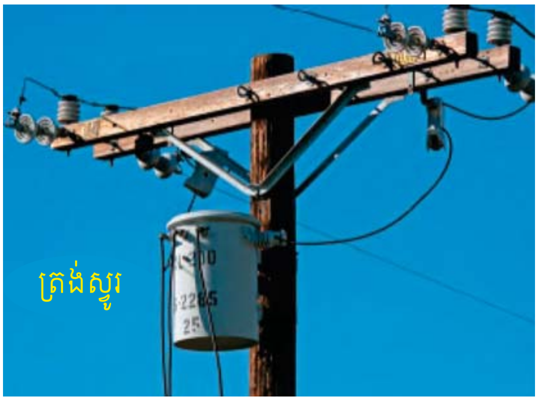
$V_{L-\text{rms}} = I_{\text{rms}} X_L = 4.0$ V

$V_{C-\text{rms}} = I_{\text{rms}} X_L = 4.0$ V

6. ត្រង់ស្វូ
(Transformers)

ចំពោះតង់ស្យុងប៉ុនគ្នា (> 500 V)

តង់ស្យុង ac គឺគ្រោះថ្នាក់ជាងតង់ស្យុង dc



ខ្សែបញ្ជូនថាមពល $V_{\text{rms}} \sim 500\ kV$

តង់ស្យុងស្តង់ដាប្រើក្នុងផ្ទះ៖ $V_{\text{rms}} = 120\ V, 220\ V, 240\ V$

6. ត្រង់ស្វូ
(Transformers)

ដំណើរការរបស់ត្រង់ស្វូ

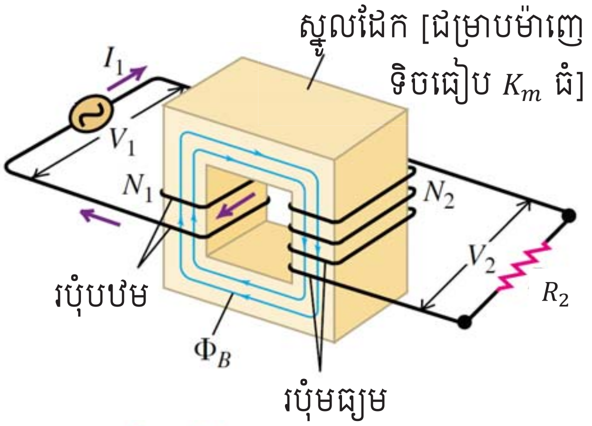
ចរន្តប្រែប្រួលក្នុងរបុំបឋម → បម្រែបម្រួលផ្លុចក្នុងស្នូលដែក → បង្កើតអោយមាន emf ក្នុងរបុំ → ចរន្តឆ្លាស់ក្នុងរបុំមធ្យម។ (ប្រេកង់ដូចគ្នា)

$$\mathcal{E}_1 = -N_1\frac{d\Phi_B}{dt}, \mathcal{E}_2 = -N_2\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

ករណីមិនគិតរេស៊ីស្តង់នៃរបុំ

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$



និមិត្តសញ្ញា

6. ត្រង់ស្វូ
(Transformers)

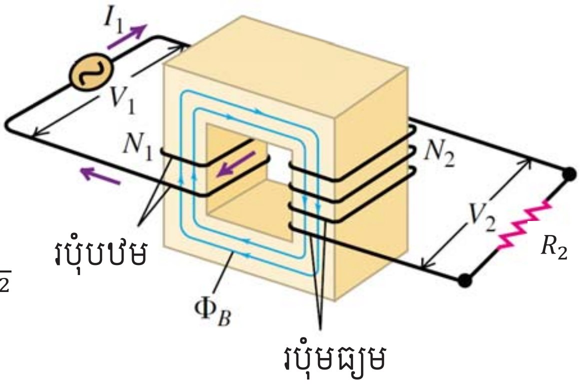
សិក្សាអំពីថាមពលករណីត្រង់ស្វូ

ដោយមិនគិតកំហាតផ្សេងៗ ថាមពលគឺរក្សា៖ $V_1I_1 = V_2I_2$

-ពិនិត្យករណីសៀគ្វីរបុំមធ្យមមានភ្ជាប់រេស៊ីស្តរដូចក្នុងរូប

$$R_2 = \frac{V_2}{I_2} \rightarrow R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{V_1}{V_2I_2/V_1} = \frac{V_2}{I_2}\frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{V_2/I_2}{(V_2/V_1)^2} = \frac{R_2}{(N_2/N_1)^2}$$

ត្រង់ស្វូមិនត្រឹមតែ បម្លែងតង់ស្យុងទេ ថែមទាំងបម្លែងរេស៊ីស្តង់(កាន់តែទូទៅ គឺ អាំប៉េដង់)ផងដែរ។



ឧទាហរណ៍

បុរសម្នាក់បានទិញម៉ាស៊ីនធុងកាហ្វេមួយ(ពីអឺរ៉ុបមកប្រើប្រាស់នៅអាមេរិច)ដែលមានអានុភាពមធ្យម 960 W និងត្រូវប្រើជាមួយតង់ស្យុងឆ្លាស់ 240 V(តម្លៃប្រសិទ្ធ)។ (a) តើគាត់ត្រូវធ្វើដូចម្តេចបើនៅអាមេរិច គេប្រើតង់ស្យុងឆ្លាស់ 120 V (តម្លៃប្រសិទ្ធ)? (b) គណនាចរន្តប្រសិទ្ធដែលផ្តល់ដោយប្រភពអគ្គីសនី 120 V។ (c) ចូរគណនារេស៊ីស្តង់នៃម៉ាស៊ីនកាហ្វេ។

ដំណោះស្រាយ៖

(a) $V_{1,\text{rms}} = 120\text{ V}$, $V_{2,\text{rms}} = 240\text{ V}$ នោះគាត់ត្រូវប្រើតង់ស្វូរដើម្បីតម្លើងតង់ស្យុងដែលមាន $\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_{2,\text{rms}}}{V_{1,\text{rms}}} = 2$

(b) $I_{1,\text{rms}} = \frac{P_{\text{av}}}{V_{1,\text{rms}}} = \frac{960}{120} = 8.0\text{ A}$

(c) $R_1 = \frac{V_{1,\text{rms}}}{I_{1,\text{rms}}} = 15\ \Omega$, $R_1 = \frac{R_2}{(N_2/N_1)^2} \rightarrow R_2 = R_1(N_2/N_1)^2 = 15 \times 2^2 = 60\ \Omega$ [មានរបៀប]

តេស្តមេរៀន កម្លាំងនិងដែនអគ្គិសនី និងច្បាប់ហ្គោស (ទី២)

1. អំណះអំណាងខាងក្រោមមួយណាដែលមិនត្រឹមត្រូវ ចំពោះលក្ខណៈរបស់ដែនអគ្គិសនីឯកសណ្ឋាន?

   A. ទិសស្របគ្នា

   B. ទិសដៅដូចគ្នា

   C. ទិសដៅផ្ទុយគ្នា correct

   D. អាំងតង់ស៊ីតេថេរគ្រប់ចំណុច

2. រូបមន្តខាងក្រោមមួយណាជារូបមន្តវ៉ិចទ័រសំទុះរបស់បន្ទុកអគ្គិសនីផ្លាស់ទីក្នុងដែនអគ្គិសនីឯកសណ្ឋាន?

   A. $\vec{a} = \frac{\vec{E}}{m}$

   B. $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{mg}$

   C. $\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$ correct

   D. $\vec{a} = \frac{q^2\vec{F}}{m}$

3. បន្ទុកអគ្គិសនីមួយផ្លាស់ទីក្នុងដែនអគ្គិសនីឯកសណ្ឋាន រងនូវកម្លាំងអគ្គិសនីដែលមាន

   A. ទិសដៅដូចដែនអគ្គិសនី

   B. ទិសដៅផ្ទុយពីដែនអគ្គិសនី

   C. មានអាំងតង់ស៊ីតេថេរ correct

   D. មិនត្រឹមត្រូវទាំងអស់

4. បន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានមួយផ្លាស់ទីក្នុងដែនអគ្គិសនីឯកសណ្ឋាន នោះវាផ្លាស់ទី

   A. តាមទិសដៅនៃដែនអគ្គិសនី correct

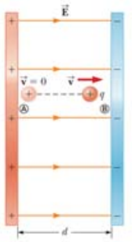
   B. ផ្ទុយពីទិសដៅនៃដែនអគ្គិសនី

   C. តាមទិសដៅមិនជាក់លាក់

   D. មិនត្រឹមត្រូវទាំងអស់

5.

   ដែនអគ្គិសនីឯកសណ្ឋាន $\vec{E}$ មានទិសតាមបណ្តោយអក្ស x ស្ថិតក្នុងចន្លោះបន្ទះផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីពីរដែលមានចម្ងាយពីគ្នា d ដូចបង្ហាញក្នុងរូប។ បន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន q មួយមានម៉ាស m នៅស្ងៀមត្រង់ចំណុច A (បន្ទះវិជ្ជមាន) ផ្លាស់ទីស្ទុះទៅចំណុច B (បន្ទះអវិជ្ជមាន)។ តើត្រង់ចំណុច B បន្ទុកអគ្គិសនីនោះមានល្បឿនស្មើប៉ុន្មាន? ទម្ងន់របស់ម៉ាស m អាចចោលបាន។



   A. $v_B = \frac{d}{t}$

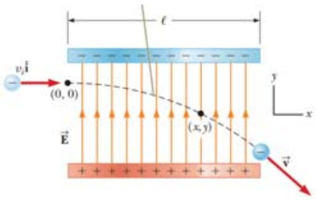
B. $v_B = 2ad$

C. $v_B = \sqrt{\frac{2qEd}{m}}$ correct

D. មិនត្រឹមត្រូវទាំងអស់

6.

អេឡិចត្រុងមួយផ្លាស់ទីចូលក្នុងដែនអគ្គិសនីឯកសណ្ឋាន ដូចបង្ហាញក្នុងរូប។ បើ $E = 200\ \mathrm{N/C}$ ចូររកសំទុះរបស់អេឡិចត្រុងក្នុងដែនអគ្គិសនី។ $q = -1.6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$ និង $m = 9.1 \times 10^{-31}\ \mathrm{kg}$ ។



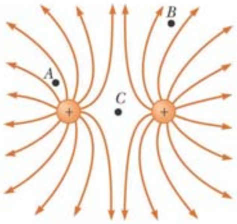
A. $a = -3.51 \times 10^{13}\ \mathrm{m/s^2}$ correct

B. $a = -3.51 \times 10^{12}\ \mathrm{m/s^2}$

C. $a = -3.51 \times 10^{11}\ \mathrm{m/s^2}$

D. $a = -3.51 \times 10^{10}\ \mathrm{m/s^2}$

7. ចូរតម្រៀបលំដាប់នៃអាំងតង់ស៊ីតេដែនអគ្គិសនីត្រង់ចំណុចA, B និង C ដូចបង្ហាញក្នុងរូបខាងក្រោម (រៀបពីអាំងតង់ស៊ីតេធំទៅតូច)។



A. A, B, C correct

B. A, C, B

C. B, C, A

D. C, A, B

8. ខាងក្រោមនេះជាអំណះអំណាងអំពីលក្ខណៈនៃខ្សែដែនអគ្គិសនីដែលបង្កើតដោយបន្ទុកអគ្គិសនីផ្សេងៗ តើអំណះអំណាងមួយណាដែលមិនត្រឹមត្រូវ?

A. ខ្សែដែនអគ្គិសនីអាចមានរាងជាខ្សែត្រង់ឬកោង

B. ខ្សែដែនអគ្គិសនីអាចមានរាងជាខ្សែបិទជិត correct

C. ខ្សែដែនអគ្គិសនីគឺចេញពីបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានទៅបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន

D. ខ្សែដែនអគ្គិសនីមួយមិនកាត់គ្នាជាមួយខ្សែដែនមួយផ្សេងទៀតទេ

9. ឧបមាថាស្វ៊ែមួយមានកាំ $r = 1.00\ \text{m}$ និងបន្ទុកអគ្គិសនី $+1.00\ \mu\text{C}$ ត្រង់ផ្ចិតរបស់វា។ ប្រសិនជាស្វ៊ែត្រូវបានជំនួសដោយស្វ៊ែដែលមានកាំ $r = 0.500\ \text{m}$ តើតម្លៃភ្លុចអគ្គិសនីដែលឆ្លងកាត់ផ្ទៃនិងតម្លៃដែនអគ្គិសនីលើផ្ទៃស្វ៊ែប៉ះពាល់ដូចម្តេច?

A. តម្លៃភ្លុចនិងដែនអគ្គីសនីគឺកើនឡើង

B. តម្លៃភ្លុចនិងដែនអគ្គិសនីគឺថយចុះ

C. តម្លៃភ្លុចថយចុះហើយតម្លៃដែនអគ្គិសនីរក្សា

D. តម្លៃភ្លុចរក្សាហើយតម្លៃដែនអគ្គិសនីកើនឡើង correct

10. ក្នុងតំបន់គ្មានបន្ទុកអគ្គិសនី មានប្រអប់បិទជិតមួយដែលដាក់ក្នុងដែនអគ្គិសនី។ លក្ខខណ្ឌដែលភ្លុចអគ្គិសនីសរុបឆ្លងកាត់ផ្ទៃប្រអប់ស្មើសូន្យគឺៈ

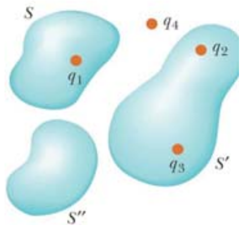
A. ដែនអគ្គិសនីជាដែនឯកសណ្ឋាន

B. ប្រអប់មានលក្ខណៈស៊ីមេទ្រី

C. ប្រអប់ស្ថិតក្នុងទីតាំងជាក់ឡាក់ណាមួយ

D. មិនចាំបាច់លក្ខខណ្ឌអ្វីទៀតទេ ព្រោះភ្លុចអគ្គិសនីសរុបគឺសូន្យស្រាប់ហើយ correct

11. គេពង្រាយបន្ទុកអគ្គិសនីដូចបង្ហាញក្នុងរូបខាងក្រោម។ ភ្លុចអគ្គិសនីសរុបឆ្លងកាត់ផ្ទៃ S' អាស្រ័យនឹងបន្ទុកអគ្គិសនី



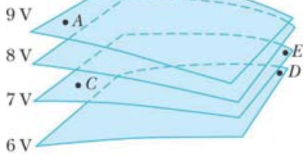
A. តែ q_1

B. តែ q_4

C. q_2 និង q_3 correct

D. បន្ទុកអគ្គិសនីទាំង៤

12. គេមានផ្ទៃអេគីប៉ូតង់ស្យែល ដូចបង្ហាញក្នុងរូបខាងក្រោម។ តើដែនអគ្គិសនីមានទិសដៅទៅណា?



A. មានទិសដៅទៅឆ្វេង

B. មានទិសដៅទៅស្តាំ

C. មានទិសដៅទៅលើ

D. មានទិសដៅទៅក្រោម Correct

13. ប៉េងប៉ោងកៅស៊ូមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានត្រង់ផ្ចិតរបស់វា។ នៅពេលប៉េងប៉ោងត្រូវបានផ្លុំនោះមាឌរបស់វាកើនឡើង តែបន្ទុកអគ្គិសនីត្រង់ផ្ចិតរបស់វាគឺរក្សាដដែល ។ ជាលទ្ធផលប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីត្រង់ផ្ទៃប៉េងប៉ោងនឹង

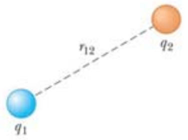
A. កើនឡើង

B. ថយចុះ correct

C. រក្សា

D. មិនត្រឹមត្រូវទាំងអស់

14. គេមានបន្ទុកអគ្គិសនីពីរដូចបង្ហាញក្នុងរូបខាងក្រោមដែល q_1 ជាប្រភពបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន និង q_2 ជាបន្ទុកអគ្គិសនីសាក។ ប្រសិនបើq_2 ដំបូងឡើយជាបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន បន្ទាប់ត្រូវបានប្តូរទៅជាបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានវិញ នោះប៉ូតង់ស្យែលត្រង់បន្ទុក q_2 ដែលបង្កើតដោយ q_1 គឺ



A. ថយចុះ

B. កើនឡើង

C. រក្សាដដែល correct

D. មិនត្រឹមត្រូវទាំងអស់

15. ត្រង់ចំណុចមួយក្នុងលំហរប្រសិនបើ ដែនអគ្គិសនីស្មើសូន្យ នោះមានន័យថាប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីត្រង់ចំណុចនោះគឺ

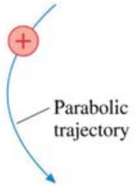
A. សូន្យ

B. ថេរ correct

C. វិជ្ជមាន

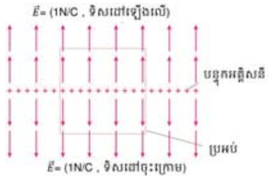
D. អវិជ្ជមាន

16. តើដែនអគ្គិសនីខាងក្រោមមួយណាដែលធ្វើអោយប្រូតុងផ្លាស់ទីតាមគន្លងដូចបង្ហាញក្នុងរូប?



Correct

17. ភ្លុចអគ្គិសនីសរុបដែលឆ្លងកាត់ប្រអប់រាងគូប$(1\ \mathrm{m} \times 1\ \mathrm{m} \times 1\ \mathrm{m})$នេះគឺ



A. $0\ \mathrm{Nm^2/C}$

B. $1\ \mathrm{Nm^2/C}$

C. $2\ \mathrm{Nm^2/C}$ correct

D. $4\ \mathrm{Nm^2/C}$

18. ចំនួនខ្សែដែនអគ្គិសនីដែលឆ្លងកាត់ផ្ទៃមួយហៅថា

A. ភ្លុចអគ្គិសនី correct

B. ច្បាប់ហ្គោស

C. អគ្គិសនី

D. ដង់ស៊ីតេបន្ទុកអគ្គិសនី

19. រូបមន្តខាងក្រោមមួយណាជារូបមន្តរបស់ភ្លុចអគ្គិសនី?

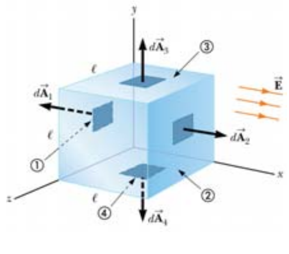
A. $\phi_E = \vec{E}.\vec{A}$ correct

B. $\phi_E = \vec{E} \times \vec{A}$

C. $\phi_E = EA\sin\theta$

D. មិនត្រឹមត្រូវទាំងអស់

20. ដែនអគ្គិសនីឯកសណ្ឋាន $\vec{E}$ មានទិសតាមអក្ស x ដែលក្នុងដែនអគ្គិសនីនេះមានដាក់គូបមានជ្រុង ℓ ដូចបង្ហាញក្នុងរូប។តើភ្លុចអគ្គិសនីសរុបដែលឆ្លងកាត់ផ្ទៃគូបស្មើប៉ុន្មាន?



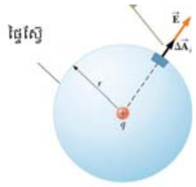
A. $\phi_E = 6E\ell^2$

B. $\phi_E = 4E\ell^2$

C. $\phi_E = 2E\ell^2$

D. $\phi_E = 0$ correct

21. បន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន q មួយដាក់ត្រង់ផ្ចិតស្វ៊ែដូចបង្ហាញក្នុងរូប។ តើភ្លុចអគ្គិសនីសរុបដែលឆ្លងកាត់ផ្ទៃស្វ៊ែស្មើប៉ុន្មាន?



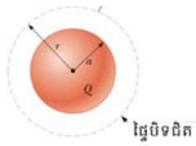
A. $\phi_E = 4\pi k_e q$ correct

B. $\phi_E = \pi k_e q$

C. $\phi_E = 0$

D. មិនត្រូវទាំងអស់

22. ស្វ៊ែអ៊ីសូឡង់ស្មើសាច់កាំ a មួយមានដង់ស៊ីតេបន្ទុកក្នុងមួយខ្នាតមាឌ ρ និងផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីសរុប Q។ តើអាំងតង់ស៊ីតេដែនអគ្គិសនីត្រង់ចំណុចមួយនៅក្រៅស្វ៊ែស្មើប៉ុន្មាន?



A. $E = \frac{Q}{\varepsilon_0}$

B. $E = k_e \frac{Q}{r^2}$ correct

C. $E = k_e \frac{Q}{\varepsilon_0}$

D. $E = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$

តេស្តមេរៀន ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី និង កុងដង់សាទ័រ

1. បន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានមួយផ្លាស់ទីបានមួយជុំ ជុំវិញបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានដូចបង្ហាញក្នុងរូប។ ដូច្នេះកម្មន្តដែលបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានរងពីឥទ្ធិពលដែនអគ្គិសនីនៃបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានគឺ

A. វិជ្ជមាន

B. អវិជ្ជមាន

C. សូន្យ correct

D. មិនត្រឹមត្រូវទាំងអស់

មូលហេតុ៖ វ៉ិចទ័រកម្លាំងអគ្គីសនីតែងតែកែងជាមួយនឹងវ៉ិចទ័របម្លាស់ទីគ្រប់ខណៈ។ តាមរូបមន្ត $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{s}$ នោះ $W = 0$។ ឬករណីនេះ ទីតាំងដើម និងទីតាំងស្រេចនៃចលនារបស់បន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានគឺស្ថិតត្រង់ទីតាំងតែមួយនោះ បម្លាស់ទី $ds = 0$ នាំអោយ $W = 0$ ។

2. ចូរតំរៀបតម្លៃថាមពលប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីនៃគូរបន្ទុកខាងក្រោមពី U_a ទៅ U_d ពីតម្លៃធំទៅតូច។ និមិត្តសញ្ញា (+) តំណាងអោយបរិមាណបន្ទុកអគ្គិសនីដែលស្មើគ្នា។

A. $U_a = U_b > U_c = U_d$

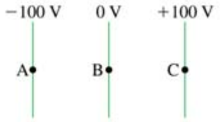
B. $U_a = U_c > U_b = U_d$

C. $U_b = U_d > U_a = U_c$ correct

D. $U_d > U_b = U_c = U_a$

មូលហេតុ៖ ដោយប្រើរូបមន្ត $U = k_e \frac{qq'}{r}$ យើងបាន $U_b = U_d > U_a = U_c$។ $U_b = k_e \frac{(2q_0)(q_0)}{r} = \frac{2k_e q_0^2}{r}$, $U_d = k_e \frac{(2q_0)(2q_0)}{2r} = \frac{2k_e q_0^2}{r}$, $U_a = k_e \frac{(q_0)(q_0)}{r} = \frac{k_e q_0^2}{r}$, និង $U_c = k_e \frac{(2q_0)(q_0)}{2r} = \frac{k_e q_0^2}{r}$។

3. ប្រូតុងមួយមានចលនាចេញពីចំណុច B (ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គីសនីត្រង់ចំណុចនេះស្មើសូន្យ) ដោយល្បឿនដើមសូន្យ។ បន្ទាប់មកប្រូតុងនឹង



A. ផ្លាស់ទីទៅចំណុច A ជាមួយនឹងការកើនឡើងនៃល្បឿន correct

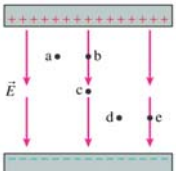
B. ផ្លាស់ទីទៅចំណុច A ជាមួយល្បឿនដែលថេរ

C. នៅស្ងៀមត្រង់ចំណុច B

D. ផ្លាស់ទីទៅចំណុច C ជាមួយនឹងការកើនឡើងនៃល្បឿន

មូលហេតុ៖ ប្រូតុងរងនូវកំលាំងអគ្គិសនីដែលបង្កើតឡើងដោយសារមានផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងចំណុច A និង B។ ដោយសារទិសដៅវ៉ិចទ័រដែនអគ្គិសនីមានទិសដៅពី B ទៅ A នោះ ប្រូតុងនឹងផ្លាស់ទីទៅចំណុច A ជាមួយនឹងការកើនល្បឿន។

4. ចូរតម្រៀបតម្លៃប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនី(ដូចក្នុងរូប)ពីV_a ទៅ V_eពីតម្លៃធំទៅតូច។



A. $V_a = V_b = V_c = V_d = V_e$

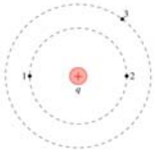
B. $V_a = V_b > V_c > V_d = V_e$ correct

C. $V_d = V_e > V_c > V_a = V_b$

D. $V_b = V_c = V_e > V_a = V_d$

មូលហេតុ៖ ដែនអគ្គិសនីមានទិសដៅពីលើចុះក្រោម នោះចំណុចដែលនៅខាងលើមានប៉ូតង់ស្យែលធំជាងចំណុចដែលនៅខាងក្រោម។

5. ចូរតម្រៀបតម្លៃផលសងប៉ូតង់ស្យែល ΔV_{12}, ΔV_{13} និង ΔV_{23} ដែលជាផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងទីតាំង1-2 ទីតាំង1-3 និង ទីតាំង2-3 ពីតម្លៃធំទៅតូច។



A. $\Delta V_{12} > \Delta V_{13} = \Delta V_{23}$

B. $\Delta V_{13} > \Delta V_{12} > \Delta V_{23}$

C. $\Delta V_{13} > \Delta V_{23} > \Delta V_{12}$

D. $\Delta V_{13} = \Delta V_{23} > \Delta V_{12}$ correct

មូលហេតុ៖ ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនីមានផ្ទៃអេគីប៉ូតង់ស្យែលនៅផ្ទៃស្វ៊ែកាំ r ដែលអោយដោយរូបមន្ត $V = k_e q/r$។ ចំណុច 1 និង 2 ស្ថិតនៅលើផ្ទៃស្វ៊ែតែមួយ នោះវាមាន $V_1 = V_2$ ហើយវាមានតម្លៃធំជាង V_3 ដោយសារ $r_3 > r_1 = r_2$។

6. ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីក្នុងកុងដង់សាទ័រគឺ

A. ថេរ

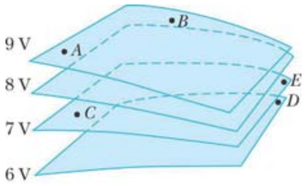
B. កើនឡើងជាលីនេអ៊ែរ ពីបន្ទះអវិជ្ជមានទៅបន្ទះវិជ្ជមាន correct

C. ថយចុះជាលីនេអ៊ែរ ពីបន្ទះអវិជ្ជមានទៅបន្ទះវិជ្ជមាន

D. មិនត្រឹមត្រូវទាំងអស់

មូលហេតុ៖ ដែនអគ្គិសនីមានទិសដៅពីបន្ទះវិជ្ជមានទៅបន្ទះអវិជ្ជមាន នោះចំណុចដែលនៅជិតបន្ទះវិជ្ជមាន មានប៉ូតង់ស្យែលធំជាងចំណុចដែលនៅជិតបន្ទះអវិជ្ជមាន។

7. គេមានផ្ទៃអេគីប៉ូតង់ស្យែល ដូចបង្ហាញក្នុងរូបខាងក្រោម។ តើដែនអគ្គិសនីមានទិសដៅទៅណា?



A. មានទិសដៅទៅឆ្វេង

B. មានទិសដៅទៅស្តាំ

C. មានទិសដៅទៅលើ

D. មានទិសដៅទៅក្រោម Correct

មូលហេតុ៖ ដែនអគ្គិសនីមានទិសដៅពីចំណុចដែលប៉ូតង់ស្យែលធំទៅចំណុចដែលមានប៉ូតង់ស្យែលតូច។

8. ប៉ោងៗរាងស្វ៊ែមួយ មានបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានត្រង់ផ្ចិតរបស់វា។ នៅពេលប៉ោងៗត្រូវបានផ្លុំនោះមាឌរបស់វាកើនឡើង តែបន្ទុកអគ្គិសនីត្រង់ផ្ចិតរបស់វាគឺរក្សាដដែល ។ ជាលទ្ធផលប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីត្រង់ផ្ទៃប៉ោងៗនឹង

A. កើនឡើង

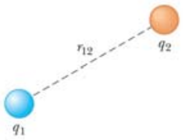
B. ថយចុះ correct

C. រក្សា

D. មិនត្រឹមត្រូវទាំងអស់

មូលហេតុ៖ ចំណុចបន្ទុកអគ្គីសនីមានផ្ទៃអេគីប៉ូតង់ស្យែលនៅផ្ទៃស្វ៊ែរកាំ r ដែលអោយដោយរូបមន្ត $V = k_e q/r$។ r កាន់តែធំ នោះ V កាន់តែតូច។

9. គេមានបន្ទុកអគ្គិសនីពីរដូចបង្ហាញក្នុងរូបខាងក្រោមដែល q_1 ជាប្រភពបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន និង q_2 ជាបន្ទុកអគ្គិសនីសាក។ ប្រសិនបើ q_2 ដំបូងឡើយជាបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន បន្ទាប់ត្រូវបានប្តូរទៅជាបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានវិញ នោះប៉ូតង់ស្យែលត្រង់បន្ទុក q_2 ដែលបង្កើតដោយ q_1 គឺ



A. ថយចុះ

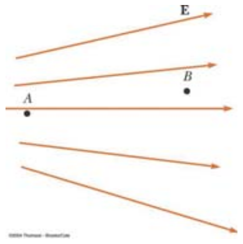
B. កើនឡើង

C. រក្សាដដែល correct

D. មិនត្រឹមត្រូវទាំងអស់

មូលហេតុ៖ ចំណុចបន្ទុកអគ្គីសនី q_1 បង្កើតប៉ូតង់ស្យែលអគ្គីសនីត្រង់ចំណុច q_2 ដោយរូបមន្ត $V = k_e q_1/r$។ ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គីសនីត្រង់ q_2 មិនអាស្រ័យនឹង q_2 ទេ។

10. ក្នុងរូបខាងក្រោម បន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានមួយត្រូវបានដាក់ត្រង់ចំណុច A បន្ទាប់មកវាក៏ផ្លាស់ទីទៅចំណុច B ។ បំរែបំរួលថាមពលប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីក្នុងករណីនេះគឺ



A. វិជ្ជមាន correct

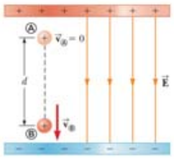
B. អវិជ្ជមាន

C. សូន្យ

D. មិនត្រឹមត្រូវទាំងអស់

មូលហេតុ៖ តាមរយៈទិសដៅដែនអគ្គីសនី ប៉ូតង់ស្យែលត្រង់ A ធំជាងប៉ូតង់ស្យែលត្រង់ B។ អនុវត្តន៍រូបមន្ត $U_{AB} = U_B - U_A = qV_B - qV_A$ ចំពោះ $q < 0$ យើងបាន $U_{AB} > 0$។

11. ប្រូតុងមួយមានចលនាពីចំណុច A ក្នុងដែនអគ្គិសនីឯកសណ្ឋានដែលមានអាំងតង់ស៊ីតេ 8.0×10^4 V/m (ដូចរូបខាងក្រោម)។ ប្រូតុងនេះផ្លាស់ទីបានចម្ងាយ $d = 0.50$ m ទៅចំណុច B ក្នុងទិសដៅនៃដែនអគ្គិសនី $\vec{E}$ ។ ចូរគណនាល្បឿនរបស់ប្រូតុងត្រង់ចំណុច B។



A. 2.8×10^9 m/s

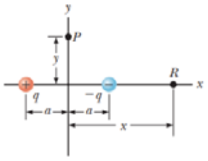
B. 2.8×10^8 m/s

C. 2.8×10^7 m/s

D. 2.8×10^6 m/s correct

មូលហេតុ៖ តាមទំនាក់ទំនងគ្មានពេលដោយគ្មានល្បឿនដើម $v_B^2 = 2ad = 2\frac{F}{m}d = 2\frac{qE}{m}d = 2\frac{1.6\times10^{-19}\times8.0\times10^4}{1.67\times10^{-27}}0.5$ ឬ $v_B = 2.8 \times 10^6$ m/s។

12. ឌីប៉ូលអគ្គិសនីមួយមានបន្ទុកអគ្គិសនីពីរដែលមានបរិមាណបន្ទុកអគ្គិសនីស្មើគ្នាតែសញ្ញាផ្ទុយគ្នា និងស្ថិតនៅចម្ងាយ $2a$ ពីគ្នា(ដូចបង្ហាញក្នុងរូប)។ បន្ទុកអគ្គិសនីទាំងពីរស្ថិតលើអក្ស x ហើយចំណុចកណ្ដាលរបស់វាស្ថិតត្រង់គល់នៃអក្ស។ ចូរគណនាប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីត្រង់ចំណុច P ។



A. 0 V correct

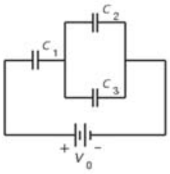
B. $2k_e \frac{q}{\sqrt{a^2+y^2}}$

C. $k_e \frac{q}{\sqrt{a^2+y^2}}$

D. មិនត្រឹមត្រូវទាំងអស់

មូលហេតុ៖ តាមរូបមន្ត $V = \frac{k_e q}{r}$។ ដោយចម្ងាយពីចំណុច P ទៅបន្ទុកនីមួយៗមានតម្លៃស្មើគ្នា និង បន្ទុកទាំងពីរមានសញ្ញាផ្ទុយគ្នា នោះ ប៉ូតង់ស្យែលអគ្គីសនីបង្កើតដោយចំណុចបន្ទុកអគ្គីសនីទាំងពីរត្រង់ P មានតម្លៃដាច់ខាតស្មើគ្នាតែសញ្ញាផ្ទុយគ្នា ដូចនេះវាបន្សូនគ្នា។

13. ចូរគណនាបន្ទុកអគ្គិសនីដែលកុងដង់សាទ័រ C_1សាកបាន។ ប្រសិនបើ $C_1 = 30\ \mu F$, $C_2 = 14\ \mu F$, $C_3 = 25\ \mu F$ និង $V_0 = 13\ V$ ។



A. 0.22 mC correct

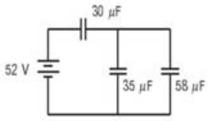
B. 0.17 mC

C. 0.81 mC

D. 0.71 mC

មូលហេតុ៖ កាប៉ាស៊ីសតេសមមូលនៃ C_2 និង C_3 គាងដោយ $C_{23} = C_2 + C_3 = 39\ \mu F$។ កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃ C_1 និង C_{23} តាងដោយ C គឺ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{23}} = \frac{1}{30} + \frac{1}{39}$ យើងបាន $C = 16.96\ \mu F$ ។ $Q_1 = Q_{23} = Q = CV_0 = 16.96 \times 10^{-6} \times 13 = 0.22\ mC$ ។

14. ចូរគណនាថាមពលរបស់កុងដង់សាទ័រដែលមានកាប៉ាស៊ីតេ 35 μF ផ្ទុកបាន។



A. 2.8 mJ correct

B. 9.4 mJ

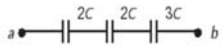
C. 8.6 mJ

D. 7.7 mJ

មូលហេតុ៖ កាប៉ាស៊ីសតេសមមូលនៃ C_{35} និង C_{58} តាងដោយ $C_1 = C_{35} + C_{58} = 93\ \mu F$។ កាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃ C_1 និង C_{30} តាងដោយ C គឺ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{30}} = \frac{1}{93} + \frac{1}{30}$ យើងបាន $C = 22.68\ \mu F$។ $Q_1 = Q_{30} = Q = C\Delta V = 22.68 \times 10^{-6} \times 52 = 1.18\ mC$ ។ $\Delta V_{35} = \Delta V_{58} = \Delta V_1 =$

$\frac{Q_1}{C_1} = \frac{1.18\times10^{-3}}{93\times10^{-6}} = 12.7$ V។ ថាមពលរបស់កុងដង់សាទ័រដែលមានកាប៉ាស៊ីតេ 35 μF គឺ $W_{35} = \frac{1}{2}C_{35}(\Delta V_{35})^2 = \frac{1}{2}(35\times10^{-6})(12.7)^2 = 2.8$ mJ។

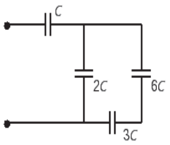
15. ចូរគណនាកាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃសៀគ្វីខាងក្រោម។



A. 0.2 C (F)
B. 0.8 C (F) correct
C. 7 C (F)
D. 8 C (F)

មូលហេតុ៖ កាប៉ាស៊ីសតេសមមូល $\frac{1}{C_{សមមូល}} = \frac{1}{2C} + \frac{1}{2C} + \frac{1}{3C} = \frac{4}{3C}$ នោះ $C_{សមមូល} = 0.75C$ (F)~0.8 C (F)។

16. ចូរគណនាកាប៉ាស៊ីតេសមមូលនៃសៀគ្វីខាងក្រោម នៅពេល $C = 55$ μF។



A. 74 μF
B. 99 μF

C. 28 μF
D. 44 μF correct

មូលហេតុ៖ កាប៉ាស៊ីសតេសមមូលនៃ $3C$ និង $6C$ តាងដោយ C_1 អោយដោយ $\frac{1}{C_1} = \frac{1}{3C} + \frac{1}{6C} = \frac{1}{2C}$ នោះ $C_1 = 2C$។ កាប៉ាស៊ីសតេសមមូលនៃ $2C$ និង $C_1 = 2C$ តាងដោយ C_2 អោយដោយ $C_2 = C_1 + 2C = 4C$។ កាប៉ាស៊ីសតេសមមូលនៃ C និង $C_2 = 4C$ តាងដោយ $C_{សមមូល}$ អោយដោយ $\frac{1}{C_{សមមូល}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{4C} = \frac{5}{4C} = \frac{1}{44}$ នោះ $C_{សមមូល} = 44$ μF។

17. កុងដង់សាទ័រមួយសាកបានបន្ទុកអគ្គិសនី Q ជាមួយនឹងផលសងប៉ូតង់ស្យែល ΔV ។ ប្រសិនបើតង់ស្យុងដែលផ្តល់អោយដោយប្រភពស្មើ $2\Delta V$ នោះ

A. កាប៉ាស៊ីតេថយចុះពាក់កណ្តាល ហើយបរិមាណបន្ទុកដែលវាសាកបានថេរ
B. កាប៉ាស៊ីតេនិងបន្ទុកដែលវាសាកបានថយចុះពាក់កណ្តាល
C. កាប៉ាស៊ីតេនិងបន្ទុកដែលវាសាកបានកើនឡើងពីរដង
D. កាប៉ាស៊ីតេថេរ ហើយបន្ទុកដែលវាសាកបានកើនឡើងពីរដង correct

មូលហេតុ៖ តាមរូបមន្ត $Q = C\Delta V$ ពេលគេបង្កើនតង់ស្យុង នោះ $Q' = C(2\Delta V) = 2Q$។

កិច្ចការត្រូវអនុវត្តដើម្បីសម្រេចលទ្ធផលសិក្សារំពឹងទុក៖

- ក្រោយពីបញ្ចប់ការសិក្សាមុខវិជ្ជានេះដោយជោគជ័យអ្នកសិក្សានឹង៖
  ១. កិច្ចការទី ១៖...........
  ២. កិច្ចការទី ២៖...........
  ៣. កិច្ចការទី ៣៖...........
  ៤. កិច្ចការទី ៤៖...........
  ៥. កិច្ចការទី ៥៖...........