ព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា

ជាតិ សាសនា ព្រះមហាក្សត្រ

ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា

ការអនុវត្តវិធីសាស្ត្របង្រៀន
តាមបែបរិះរក និងវិធីបង្រៀន
តាមបែប 5Es

លើមុខវិជ្ជារូបវិទ្យា

ប្រើប្រាស់ថវិកាគម្រោងអភិវឌ្ឍន៍វិស័យអប់រំ

មធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិ (USESDP)

ឆ្នាំ២០២០

មុខកថា

ទស្សនវិស័យអប់រំនាសតវត្សរ៍ទី២១ បាននាំមកនូវវឌ្ឍនភាពទាំងផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រ និងបច្ចេកវិទ្យា នីជីថល ដែលជាមូលដ្ឋានគ្រឹះក្នុងការអភិវឌ្ឍសង្គម និងសេដ្ឋកិច្ច។ ឆ្លើយតបទៅនឹងទស្សនៈខាងលើនេះ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានយកចិត្តទុកដាក់លើការបណ្ដុះបណ្ដាល និងការអភិវឌ្ឍធនធានមនុស្ស ប្រកបដោយចីរភាព ដោយដាក់ចេញនូវគោលដៅជាអាទិភាព សម្រាប់ការធ្វើកំណែទម្រង់វិស័យអប់រំ ឈរលើ សសរស្តម្ភចំនួន៥ រួមមាន៖ (១)ការអនុវត្តគោលនយោបាយគ្រូបង្រៀន (២)ការវាយតម្លៃ (៣)ការងារ អធិការកិច្ច (៤)កម្មវិធីសិក្សា និងបរិស្ថានសិក្សា និង (៥)ឧត្តមសិក្សា។ ការធ្វើកំណែទម្រង់គ្រូបង្រៀន និង កម្មវិធីសិក្សា គឺដើម្បីធានាឱ្យកម្ពុជាមានការអប់រំប្រកបដោយគុណភាព មានធនធានមនុស្សប្រកបដោយ សមត្ថភាពវិជ្ជាជីវៈ និងដើម្បីឆ្លើយតបទៅនឹងតម្រូវការទីផ្សារពលកម្ម។

ទ្រឹស្ដីនៃការរៀននិងបង្រៀន វិធីសាស្ត្របង្រៀន វិធីបង្រៀន និងយុទ្ធវិធីបង្រៀនល្អៗ សម្រាប់លើកកម្ពស់ ឧត្តមភាពគ្រូបង្រៀន និងគុណភាពនៃការសិក្សា ត្រូវបានរៀបចំឡើងទៅតាមទស្សនៈ និងចក្ខុវិស័យថ្មីៗ ដោយបានធ្វើការសំយោគចំណេះដឹងពីទ្រឹស្ដីអប់រំបែបស្ថាបនានិយម កម្រិតគិតរបស់ប្លូមតាក់សូណូមី និង វិធីសាស្ត្របង្រៀនបច្ចុប្បន្នរបស់ប្រទេសមួយចំនួនក្នុងតំបន់ និងសាកលលោក ដើម្បីឱ្យសិស្សានុសិស្សទទួល បានវិជ្ជាសម្បទា បំណិនសម្បទា ចរិយាសម្បទា និងកាយសម្បទា។

ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា សង្ឃឹមថាគ្រប់ស្ថាប័នពាក់ព័ន្ធទាំងអស់ នឹងចូលរួមគាំទ្រអនុវត្តវិធីសាស្ត្រ បង្រៀនទាំងអស់នេះ ដើម្បីពង្រឹងសក្ដានុពលរបស់គ្រូបង្រៀនគ្រប់កម្រិតសិក្សា និងអភិវឌ្ឍជំនាញវិជ្ជាជីវៈ គ្រូបង្រៀនឱ្យកាន់តែបានល្អប្រសើរឡើង។

ក្រសួង សូមថ្លែងអំណរគុណយ៉ាងជ្រាលជ្រៅ និងកោតសរសើរចំពោះគណៈកម្មការអភិវឌ្ឍវិធីសាស្ត្រ បង្រៀន គ្រូឧទ្ទេស និងលោកគ្រូ-អ្នកគ្រូ ដែលបានខិតខំប្រឹងប្រែងយកអស់កម្លាំងកាយចិត្ត និងប្រាជ្ញា ធ្វើឱ្យ ស្នាដៃដ៏មានសារៈសំខាន់នេះសម្រេចបាន ដើម្បីជាប្រយោជន៍ដល់សង្គមជាតិយើង។

ថ្ងៃ [illegible] ខែ [illegible] ឆ្នាំជូត ទោស័ក ព.ស. ២៥៦៤

រាជធានីភ្នំពេញ ថ្ងៃទី ១៤ ខែ [illegible] ឆ្នាំ២០២០

រដ្ឋមន្ត្រីក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា

បណ្ឌិតសភាចារ្យ ហង់ជួន ណារ៉ុន

អារម្ភកថា

ឯកសារស្រាវជ្រាវផ្នែករូបវិទ្យា វិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមបែបរិះរក(IBL) កិច្ចតែងការបង្រៀន(IBL) និងការបញ្ជ្រាបកិច្ចតែងការបង្រៀនតាមបែប 5Eដែលលោកគ្រូ អ្នកគ្រូ ”កំពុងអាននេះ ត្រូវបានតាក់តែងឡើងដើម្បីជួយពង្រឹង និងពង្រីកសមត្ថភាពចំណេះដឹង ផ្នែកវិធីសាស្ត្របង្រៀនថ្មីៗបន្ថែម ជូនដល់លោកគ្រូ-អ្នកគ្រូរូបវិទ្យាដែលកំពុងបង្រៀននៅតាមសាលាមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិ។ ជាពិសេសគឺការបង្រៀនសិស្សតាមគោលវិធីសិស្សមជ្ឈមណ្ឌលដែលជាវិធីសកម្មមួយ។

វិធីសាស្ត្របង្រៀនថ្មីនេះតម្រូវឱ្យលោកគ្រូ អ្នកគ្រូ ប្រើប្រាស់វា ក្នុងការបង្រៀនសិស្សក្នុងថ្នាក់រៀនជាក់ស្តែង និងជាពិសេសគឺនៅឆ្នាំសិក្សាថ្មីនេះ(2020-2021)តែម្តង។ វាជាផ្នែកមួយនៃការបង្រៀន-រៀនតាមបែបសកម្ម ដែលគ្រូ និងសិស្សមានអន្តរកម្មលើគ្នាទៅវិញទៅមក។ តាមរយៈនៃការប្រើប្រាស់ វិធីសាស្ត្រថ្មីនេះ ធ្វើឱ្យសិស្សប្រើប្រាស់ញាណស្ទើរតែទាំងអស់របស់គេរួមគ្នា ដែលធ្វើឱ្យគេចងចាំខ្លឹមសារមេរៀនបានយូរ។

ខ្លឹមសារសំខាន់ៗរបស់វាគឺ គ្របដណ្តប់លើក្បួនដោះស្រាយលំហាត់ វិធីបង្រៀន តាមបែបតុក្កតាគំនិត ការសរសេរកិច្ចតែងការបង្រៀននិងការធ្វើពិសោធដែលជាវិធីសាស្ត្រថ្មីក្នុងការបង្រៀនតាមបែបសតវត្សទី២១។

ការបង្រៀនពិសោធន៍រូបវិទ្យាដោយប្រើ E-Lab ជាការបង្រៀនតាមបែប "STEM" ទំនើប ដែលក្រសួង អប់រំ យុវជន និងកីឡាបានកំពុងជំរុញឲ្យគ្រឹះស្ថានអប់រំទាំងអស់ នៅទូទាំងព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជាត្រូវតែអនុវត្ត។

បន្ទាប់ពីបញ្ចប់ការរៀន និង/ឬការអានសៀវភៅនេះ យើងខ្ញុំសង្ឃឹមថា លោកគ្រូ អ្នកគ្រូនឹងទទួលបានចំណេះដឹង និងគំនិតច្រើនលើផ្នែកវិធីបង្រៀន ការសរសេរកិច្ចតែងការបង្រៀននិងការធ្វើពិសោធ។ លោកគ្រូអ្នកគ្រូនឹងក្លាយជាគ្រូបង្រៀនវិទ្យាសាស្ត្រ អ្នកអប់រំវិទ្យាសាស្ត្រ ឬអ្នកស្រាវជ្រាវវិទ្យាសាស្ត្រ និងបង្រៀនSTEM បានយ៉ាងល្អ ។

សូមជូនពរឲ្យលោកគ្រូ អ្នកគ្រូទទួលបានជោគជ័យ!

យើងខ្ញុំរង់ចាំទទួលការផ្តល់យោបល់ រិះគន់ ស្ថាបនាពីគ្រប់មជ្ឈដ្ឋានដើម្បីឲ្យឯកសារនេះកាន់តែមានប្រសិទ្ធិភាព និងផ្តល់ជាប្រយោជន៍សម្រាប់ការបង្រៀននិងរៀន។

គណកម្មការនិពន្ធ
គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ

១.គណៈកម្មការគ្រប់គ្រង

១-ឯកឧត្តមបណ្ឌិតសភាចារ្យ	**ហង់ជួន ណារ៉ុន**	រដ្ឋមន្ត្រីក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា
២-ឯកឧត្តមបណ្ឌិតសភាចារ្យ	**ណាត ម៊ុនរឿន**	រដ្ឋលេខាធិការក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា
៣-ឯកឧត្តមបណ្ឌិត	**សៀង សុវណ្ណា**	នាយកនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៤-ឯកឧត្តម	**អ៊ុង បូរាត**	នាយកខុទ្ទកាល័យ ក្រសួងអប់រំយុវជន និងកីឡា
៥- លោក	**ឌី ម៉ុណ្ណា**	នាយករងនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៦-បណ្ឌិត	**នួន ទិរ៉ា**	នាយករងនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៧-លោកសី	**ម៉ុន សុផានី**	នាយិការងនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៨-លោក	**ថៃ ហេង**	នាយិការងនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ

២-គណៈកម្មការនិពន្ធ រៀបរៀង និងចងក្រងសៀវភៅ

១-លោកស្រី	ខែក	សំណាង	គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
២- លោក	ទូច	ចន្ទទុំ	គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៣- លោក	បូ	ចាន់ថា	គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៤-លោក	ហម	ចិន្តា	គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៥- លោក	ស្រ៊ន់	តៃស្រ៊ឹម	គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៦- លោក	ហោ	សុខហេង	គ្រូឧទ្ទេសរូបវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៧-កញ្ញា	នៅ	ធយី	គ្រូបង្រៀននៃសាលារៀនជំនាន់ថ្មីព្រះស៊ីសុវត្ថិ
៨-កញ្ញា	ហ៊ិន	សុភា	គ្រូបង្រៀននៃសាលារៀនជំនាន់ថ្មីព្រះស៊ីសុវត្ថិ

៣. គណៈកម្មការត្រួតពិនិត្យ និងកលម្អ

១-លោក	ម៉ៅ សារឿន	ប្រធានដេប៉ាតឺម៉ង់អប់រំនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
២-លោក	ចេង ប៊ុន	អនុប្រធានដេប៉ាតឺម៉ង់អប់រំនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ
៣-លោក	គឹម លាង	អនុប្រធានដេប៉ាតឺម៉ង់អប់រំនៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ

មាតិកា

បុព្វកថា............ i
អារម្ភកថា ii
មេរៀនទី១ ៖ ការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក 1
១.១. ទិដ្ឋភាពថ្នាក់រៀនវិទ្យាសាស្ត្រ 1
១.២. មូលដ្ឋានគ្រឹះក្នុងការណែនាំពីវិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមមុខវិជ្ជានីមួយៗ............ 1
១.៣. តើអ្វីជាការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក? 2
១.៤. ប្លង់មេរៀនតាមបែបរិះរក 3
១.៥.ពីបាតុភូតវិទ្យាសាស្ត្រទៅការរិះរក............ 5
១.៦. វង្វាយតម្លៃការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក 6
១.៦.១. តើគោលបំណងរបស់យើងគឺអ្វី?............ 6
១.៦.២. កម្រិតនៃការរិះរក 7
១.៧. របៀបអភិវឌ្ឍការបង្រៀន និងរៀន 8
១.៧.១. ប្រការយល់ដឹងមុនពេលធ្វើកិច្ចតែងការបង្រៀន 8
១.៧.២. ដំណើរការអភិវឌ្ឍកិច្ចតែងការបង្រៀនតាមបែបរិះរក............ 8
១.៨. សំណួរចម្លើយពាក់ព័ន្ធការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក 9
១.៨.១. សំណួរទូទៅទាក់ទងនឹងការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក............ 9
១.៨.២. សំណួរស្តីអំពីបច្ចេកទេស 11
មេរៀនទី២ ៖ ច្បាប់ចលនារបស់ញូតុន 12
២.១. កម្លាំង 12
២.២. ច្បាប់ទី១ញូតុន៖............ 13
២.៣ ច្បាប់ទី២ញូតុន 14
២.៤. ច្បាប់ទី៣ញូតុន 15
២.៥ ទម្ងន់ កម្លាំងទំនាញដី និងកម្លាំងកែង 16
មេរៀនទី៣ ៖ ចលនាខួប............ 22
៣.១.ចលនាវង់៖ 22
៣.១.១. និយមន័យ............ 22
៣.១.២.ទីតាំងមុំ 22
៣.១.៣.ល្បឿនមុំ 22
៣.១.៤.ល្បឿនប្រវែង និងល្បឿនមុំ............ 23
៣.១.៥.ចលនាវង់ និងសមីការចលនាអាម៉ុនិច 23
៣.២.លំយោលអាកម៉ូនិចងាយ............ 25

៣.៣ លក្ខណៈលំយោលអាកម៉ូនិចងាយ 27
៣.៤. លំយោលប៉ោលទោល 28
៣.៥.ប៉ោលសមាស 29
៣.៦.ប៉ោលរមួល 30
៣.៧. លំយោលរបស់អង្គធាតុរាវក្នុងបំពង់ U 31
៣.៨.លំយោលរបស់អង្គធាតុរឹងអណ្តែតលើអង្គធាតុរាវ 32
៣.៩. ថាមពលក្នុងលំយោលអាកម៉ូនិច 33
មេរៀនទី៤ ៖ ដែនម៉ាញេទិច 36
៤.១. ដែនម៉ាញេទិចនៃចំណុចបន្ទុកមួយផ្លាស់ទី 36
៤.២. ដែនម៉ាញេទិចនៃជាតុចរន្ត 37
៤.៣. ដែនម៉ាញេទិចបង្កើតដោយចរន្តត្រង់ 39
៤.៤ ដែនម៉ាញេទិចនៃចរន្តវង់ 40
៤.៥. ដែនម៉ាញេទិចនៃសូលេណូអ៊ីត 42
៤.៦ បូប៊ីនហ៊ឹមហ៊ុល 43
កិច្ចតែងការបង្រៀនគំរូទី១ 45
កិច្ចតែងការបង្រៀនគំរូទី២ 51
កិច្ចតែងការបង្រៀនគំរូទី៣ 58
មេរៀនទី៥ ៖ គំរូនៃការបង្រៀន និងរៀនតាម 5Es 66
៥.១. សាវតា 66
៥.២ .គំរូការបង្រៀន និងរៀនតាម **5E** 68
៥.៣ .សកម្មភាពគ្រូ និងសិស្សក្នុងការបង្រៀន និងរៀនតាម **5E** 70
មេរៀនទី៦ ៖ អេឡិចត្រូស្តាទិច 74
៦.១.បន្ទុកអគ្គិសនី 74
៦.២. អង្គជាតុអ៊ីសូឡង់អគ្គិសនី និងអង្គជាតុចម្លងអគ្គិសនី 76
៦.៣ អគ្គិសនីកម្ម 76
មេរៀនទី៧ ៖ ច្បាប់រក្សាថាមពល 82
៧.១. កម្មន្ត និងថាមពល 82
៧.២. ថាមពលស៊ីនេទីច និងគោលការណ៍កម្មន្ត-ថាមពល 83
៧.៣. ថាមពលប៉ូតង់ស្យែល 85
៧.៤ កម្លាំងរក្សា និងកម្លាំងមិនរក្សា 89
៧.៥. ថាមពលមេកានិច និងការរក្សាថាមពល 90
មេរៀនទី៨ ៖ ច្បាប់ផារ៉ាដេ Faraday's Law 95
៨.១ ការបង្កើតកម្លាំងអគ្គិសនីចលករអាំងឌ្វី 95

៨.២ ច្បាប់ផារ៉ាដេ 96
៨.៣ ច្បាប់ឡង់ 98
៨.៤. ការអនុវត្តខ្លះៗរបស់ច្បាប់ផារ៉ាដេ 99
៨.៥. កម្លាំងអគ្គិសនីចលករក្នុងរបាផ្លាស់ទីក្នុងដែនម៉ាញេទិច 102
៨.៦. ជនិតាចរន្តឆ្លាស់ 105
៨.៧ ចរន្តអេដឌី(Eddy Currents) 108
កិច្ចតែងការបង្រៀនគំរូទី១ 112
កិច្ចតែងការបង្រៀនគំរូទី២ 117
កិច្ចតែងការបង្រៀនគំរូទី៣ 125
ឯកសារយោង 132

មេរៀនទី១ ៖ ការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក

១.១. ទិដ្ឋភាពថ្នាក់រៀនវិទ្យាសាស្ត្រ

ជាដំបូងយើងមើលថ្នាក់រៀនវិទ្យាសាស្ត្រដែលកំពុងអនុវត្តក្នុងសាលារៀននៅតាមតំបន់មួយចំនួននៅលើពិភពលោក។ ចូរស្រមៃគិតពីទិដ្ឋភាពថ្នាក់រៀនខាងក្រោម៖

ទិដ្ឋភាពទី១

គ្រូអានសៀវភៅឮៗ "តើទ្រឹស្តីស៊ីនេទិចនៃឧស្ម័នជាអ្វី?" នៅក្នុងសៀវភៅសិក្សាគោល។ សិស្សអង្គុយនៅតាមកន្លែងរបស់ពួកគេដោយស្ងៀមស្ងាត់ ហើយថាតាមពាក្យដែលមាននៅក្នុងសៀវភៅ។ ជួនកាលគ្រូហៅសិស្សមួយចំនួនឲ្យអានសៀវភៅរបស់គេឮៗជំនួសការអានរបស់គាត់។

បន្ទាប់ពីសិស្សអានសៀវភៅហើយ គ្រូចែកសិស្សជាក្រុម ហើយឲ្យសិស្សរកនិយមន័យទ្រឹស្តីស៊ីនេទិចនៃឧស្ម័នដែលមាននៅក្នុងសៀវភៅអត្ថបទ។ បន្ទាប់មកសិស្សសរសេរនិយមន័យទ្រឹស្តីស៊ីនេទិចនៃឧស្ម័ន នៅលើក្រដាសធំរួចហើយឡើងបង្ហាញតាមក្រុម។

ទិដ្ឋភាពទី២

ដំបូងគ្រូប្រាប់សិស្សថាពួកគេនឹងរៀនអំពីគោលការណ៍កម្លាំងឃ្នាស់នៅក្នុងមេរៀនេះ។ រួចគាត់អាចសួរសិស្សថា តើឃ្នាស់ជាអ្វី ហើយគេប្រើប្រាស់នៅទីណា? បន្ទាប់មកគាត់ឲ្យសិស្សបើកសៀវភៅអត្ថបទវិទ្យាសាស្ត្រ ហើយអានពីរបីទំព័រដែលសរសេរអំពី "ឃ្នាស់"។

បន្ទាប់មកទៀតគាត់បង្ហាញពិសោធន៍អំពីគោលការណ៍កម្លាំងឃ្នាស់ ហើយប្រាប់ចម្លើយទៅសិស្សរបស់គាត់។ ជាចុងក្រោយសិស្សសរសេរពីគោលការណ៍កម្លាំងឃ្នាស់នៅក្នុងសៀវភៅសរសេររបស់ពួកគេ។

តើអ្នកគិតយ៉ាងដូចម្តេចអំពីវិធីសាស្ត្របង្រៀនទាំងពីរខាងលើនេះ? តើវាស្រដៀងគ្នាទៅនឹងវិធីសាស្ត្របង្រៀនរបស់អ្នក ឬទេ? តើសហការីរបស់អ្នកបង្រៀនមេរៀនវិទ្យាសាស្ត្រដូចនោះដែរ ឬទេ?

១.២. មូលដ្ឋានគ្រឹះក្នុងការណែនាំពីវិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមមុខវិជ្ជានីមួយៗ

ឥឡូវនេះគ្រូបង្រៀនទាំងអស់នៅលើពិភពលោកបានស្គាល់អំពី "គោលវិធីសិស្សមជ្ឈមណ្ឌល" យ៉ាងហោចណាស់ក៏ស្គាល់ពីឈ្មោះរបស់វាដែរ។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយ នៅមានការយល់ច្រឡំមួយចំនួននៅក្នុងចំណោមគ្រូបង្រៀន។ គ្រូបង្រៀនភាគច្រើនយល់ថា ការបង្រៀនរបស់ពួកគាត់បានអនុវត្តតាមគោលវិធីសិស្សមជ្ឈមណ្ឌលហើយ។ គ្រូមួយចំនួនបាននិយាយថា"ខ្ញុំឲ្យសិស្សធ្វើការជាក្រុមរៀងរាល់ម៉ោងបង្រៀន" ឬ "ខ្ញុំតែងតែសួរសំណួរជាច្រើនទៅសិស្សរបស់ខ្ញុំដើម្បីឲ្យពួកគេមានការគិតច្រើន" ឬ "ខ្ញុំផ្តល់ឱកាសច្រើនដើម្បីធ្វើការអនុវត្ត" ឬ "ខ្ញុំធ្វើពិសោធន៍ជាញឹកញាប់" ។ ប៉ុន្តែតើយើងអាចនិយាយបានថាគោលវិធីបែបនេះសុទ្ធតែជាគោលវិធីសិស្សមជ្ឈមណ្ឌលដែរ ឬទេ?

ដូចលោកគ្រូ អ្នកគ្រូដឹងស្រាប់ហើយថា ចម្លើយពិតណាស់គឺ "ទេ"។ វិធីសាស្ត្រទាំងនោះមិនបានឈានទៅរកការសិក្សាតាមបែបគោលវិធីសិស្សមជ្ឈមណ្ឌលទេ។ ជាឧទាហរណ៍ ដូចដែលយើងបានឃើញជារឿយៗមកហើយ ដូចជា៖

- (ចំពោះការធ្វើការជាក្រុម) មានសិស្សតែពីរបីនាក់ប៉ុណ្ណោះដែលបានគិត និងជួយ ហើយសិស្សដទៃទៀតបានតែអង្គុយមើលដោយមិនបានជួយអ្វីទាំងអស់។ ឬមួយក៏គ្រូដាក់សំណួរឲ្យសិស្សទៅតាមក្រុមនីមួយៗ ហើយមានសិស្សពូកែម្នាក់ ឬពីរនាក់ប៉ុណ្ណោះជាអ្នកឆ្លើយទៅនឹងសំណួរនេះ។
- (ចំពោះការធ្វើពិសោធន៍) គ្រូជាអ្នកធ្វើពិសោធន៍ ក៏ប៉ុន្តែ (១) វាមិនបានផ្តល់ឲ្យសិស្សនូវចំណេះដឹងនិងជំនាញថ្មីៗទាក់ទងផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រទេ (២) លទ្ធផលដែលទទួលបាន វាមិនបានសម្រេចគោលបំណងនៃ

មេរៀនទេ (៣) ការសន្និដ្ឋានរបស់សិស្សបានមកពីការរកឃើញនៅក្នុងសៀវភៅពុម្ព ដែលមិនមែនបានមកពីលទ្ធផលពីការធ្វើពិសោធន៍ទេ។

នៅក្នុងករណីខាងលើនេះ ដំណើរការនៃការបង្រៀន-រៀនគឺវាស្ថិតនៅឆ្ងាយពីគោលវិធីសិស្សមជ្ឈមណ្ឌល។

ដូច្នេះ តើអ្នកគិតថាមានអ្វីដែលនាំឲ្យមានការសន្និដ្ឋានបែបនេះ? គំនិតភាគច្រើនគិតថា គោលវិធីសិស្សមជ្ឈមណ្ឌលដែលផ្តោតទៅលើការអប់រំវិទ្យាសាស្ត្រ គណិតវិទ្យា ភាសា និងសិក្សាសង្គម ពុំទាន់បានណែនាំឲ្យបានល្អិតល្អន់ដល់គ្រូបង្រៀនទាក់ទងនឹងគោលវិធីសិស្សមជ្ឈមណ្ឌលនៅឡើយទេ។

"ការរិះរក" ជាវិធីមួយនៅក្នុងវិធីសាស្ត្រសិស្សមជ្ឈមណ្ឌលដែលផ្តោតទៅលើការអប់រំវិទ្យាសាស្ត្រ។ ការណែនាំអំពីគោលវិធីនេះ ផ្តល់ឲ្យគ្រូបង្រៀនមេរៀនវិទ្យាសាស្ត្រនូវទិដ្ឋភាពច្បាស់លាស់មួយនៃ"ការបង្រៀន និងរៀនមេរៀនវិទ្យាសាស្ត្រតាមគោលវិធីសិស្សមជ្ឈមណ្ឌល"។

១.៣. តើអ្វីជាការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក?

"ការរិះរក" មានន័យថា "ការរកចំណេះដឹងតាមរយៈសំណួរ"។ ដូច្នេះការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក គឺជាការបង្រៀនដែលលើកទឹកចិត្តសិស្សឲ្យធ្វើការជាមួយគ្នា ដើម្បីផ្តល់ចម្លើយទៅនឹងសំណួររបស់ពួកគាត់ ជាជាងការបង្រៀនដោយផ្ទាល់ពីគ្រូ ធ្វើអ្វីៗតាមគ្រូ។ ការងាររបស់គ្រូនៅក្នុងការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក គឺមិនមែនផ្តល់ចំណេះដឹងទៅឲ្យសិស្សនោះទេ ប៉ុន្តែត្រូវជួយសិស្សឲ្យរកបាននូវចំណេះដឹងដោយខ្លួនគេ។

ការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក តម្រូវឲ្យសិស្សសង្កេត និងវិភាគអំពីបាតុភូតវិទ្យាសាស្ត្រ ដើម្បីបង្កើតសំណួរ ធ្វើពិសោធន៍ដើម្បីឆ្លើយទៅនឹងសំណួររបស់ពួកគេ និងទាញសេចក្តីសន្និដ្ឋានសមស្របតាមរយៈលទ្ធផលពិសោធន៍ នៅក្នុងដំណើរការនេះ សិស្សនឹងយល់ពីខ្លឹមសារបានស៊ីជម្រៅ ទទួលបានជំនាញ និងចំណេះដឹងបែបវិទ្យាសាស្ត្រពិតប្រាកដ។

នៅពេលដែលសិស្សរៀនវិទ្យាសាស្ត្រនៅក្នុងថ្នាក់តាមបែបរិះរកពួកគេក្លាយជា "អ្នកវិទ្យាសាស្ត្រពាក់កណ្តាល" ទៅហើយ ពីព្រោះពួកគេប្រើប្រាស់វិធីសាស្ត្រដូចគ្នានឹងអ្នកវិទ្យាសាស្ត្រប្រើនៅពេលធ្វើការស្រាវជ្រាវដែរ។ ដំណើរការដែលសិស្សត្រូវធ្វើនៅក្នុងការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកគឺបង្ហាញដូចនៅក្នុងរូបទី១។

សិស្សចោទសំណួរ ដើម្បីស្រាវជ្រាវ	⇨	សិស្សធ្វើការស្រាវជ្រាវតាមដំណើរការវិទ្យាសាស្ត្រ	⇨	សិស្សរកបាននូវចំណេះដឹងវិទ្យាសាស្ត្រ ហើយឆ្លើយទៅនឹងសំណួររបស់ពួកគេ។

រូបទី១ ដំណើរការនៃការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក

នៅក្នុងការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក គ្រូបង្រៀនក៏អាចទទួលបានផងដែរនូវបទពិសោធអំពីការសិក្សាវិទ្យាសាស្ត្រតាមបែបគោលវិធីសិស្សមជ្ឈមណ្ឌល បើទោះបីជាវិធីសាស្ត្រនៃការបង្រៀន-រៀនតាមបែបរិះរកទាមទារឲ្យគ្រូបង្រៀនត្រូវមានចំណេះដឹងខ្ពស់ខាងផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រ ហើយនិងជំនាញក្នុងការបង្រៀនខ្ពស់ជាងវិធីសាស្ត្រធម្មតាក្តី។

ការពិភាក្សាទី១

១.តើលោកគ្រូ អ្នកគ្រូបានសិក្សាមេរៀនវិទ្យាសាស្ត្រយ៉ាងដូចម្តេចនៅសាលាបឋមសិក្សា និងមធ្យមសិក្សា? ចូរប្រៀបធៀបពីវិធីសាស្ត្រដែលលោកគ្រូ អ្នកគ្រូធ្លាប់បានរៀន ជាមួយនឹងវិធីសាស្ត្របង្រៀន-រៀនតាមបែបរិះរក ។

២.ចូរបញ្ជាក់គុណសម្បត្តិ និងគុណវិបត្តិដែលអាចកើតមានឡើង ចំពោះការណែនាំអំពីវិធីសាស្ត្របង្រៀន-រៀនតាមបែបរិះរកនៅក្នុងសាលា។

១.៤. ប្លង់មេរៀនតាមបែបរិះរក

ក. សមាសភាគក្នុងការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក

ដូចជាការបង្រៀននៅក្នុងថ្នាក់ធម្មតាដែរ ការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកមានវត្ថុបំណងមេរៀន និងសកម្មភាព ដែលបម្រើឱ្យវត្ថុបំណងនោះ។ តារាងទី២ ខាងក្រោមនឹងបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងរវាងសមាសភាគនៃការបង្រៀន និងរៀនវិទ្យាសាស្ត្រតាមបែបរិះរក ដែលរួមមាន "ទំនាក់ទំនងវត្ថុបំណងមេរៀន" "ការបង្ហាញបាតុភូត" " សំណួរគន្លឹះ" "ការស្រាវជ្រាវ" និង" ការសន្និដ្ឋាន"។

ខ. សំណួរគន្លឹះ

លក្ខណៈសំខាន់បំផុត ដែលធ្វើឱ្យការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកខុសពីការបង្រៀន និងរៀនតាមបែប ផ្សេងៗទៀត គឺ "សំណួរគន្លឹះ" ឬ "សំណួរចាំបាច់" ដែលមានតួនាទីសំខាន់នៅក្នុងការបង្រៀន និងរៀន។

ដូចដែលបានបង្ហាញនៅក្នុងតារាងខាងលើ "សំណួរគន្លឹះ" ត្រូវបានបង្កើតឡើងផ្អែកតាមការសង្កេត និងការពិភាក្សារបស់សិស្សទៅលើបាតុភូតវិទ្យាសាស្ត្រ និងបាតុភូតសង្គម ដែលគ្រូបានផ្តល់ឱ្យ។ បន្ទាប់មកសិស្សត្រូវពិភាក្សា និងបង្កើតសម្មតិកម្ម ដោយមានហេតុផលច្បាស់លាស់ ដើម្បីរៀបចំសកម្មភាពប្រមូលទិន្នន័យ សម្រាប់ទាញសេចក្តីសន្និដ្ឋានមួយ ដែលឆ្លើយតបទៅនឹងវត្ថុបំណងនៃមេរៀន ។

គ. ការស្រាវជ្រាវនៅក្នុងការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក

"ការស្រាវជ្រាវ" រួមមានដូចជា ការពិសោធ ការស្វែងរកការសង្កេត និងការវិភាគ គួររៀបចំឱ្យបានល្អដើម្បីឆ្លើយតបទៅនឹង "សំណួរគន្លឹះ" និងដើម្បីទាញនូវ "សេចក្តីសន្និដ្ឋាន" ដូចដែលបានរំពឹងទុក។ ជារឿយៗ កំហុសតែងតែកើតមានចំពោះគ្រូដែលទើបចាប់ផ្តើមបង្រៀនដោយប្រើវិធីសាស្ត្របង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកគឺ៖

- ការរៀបចំពិសោធដែលមិនសូវទាក់ទងទៅនឹងសំណួរគន្លឹះ ឬវត្ថុបំណងមេរៀន
- ព័ត៌មានឬខ្លឹមសារមេរៀន ដែលទទួលបានការស្វែងរកនៅក្នុងក្រុមពិភាក្សានីមួយៗមិនទាក់ទងនឹងសំណួរគន្លឹះ ឬវត្ថុបំណងមេរៀន
- ការយកចិត្តទុកដាក់តិចតួចទៅនឹងលទ្ធផលរបស់សិស្ស ដែលខុសឆ្ងាយទៅនឹងលទ្ធផលដែលរំពឹងទុក និងចំណុចផ្សេងៗទៀត ។

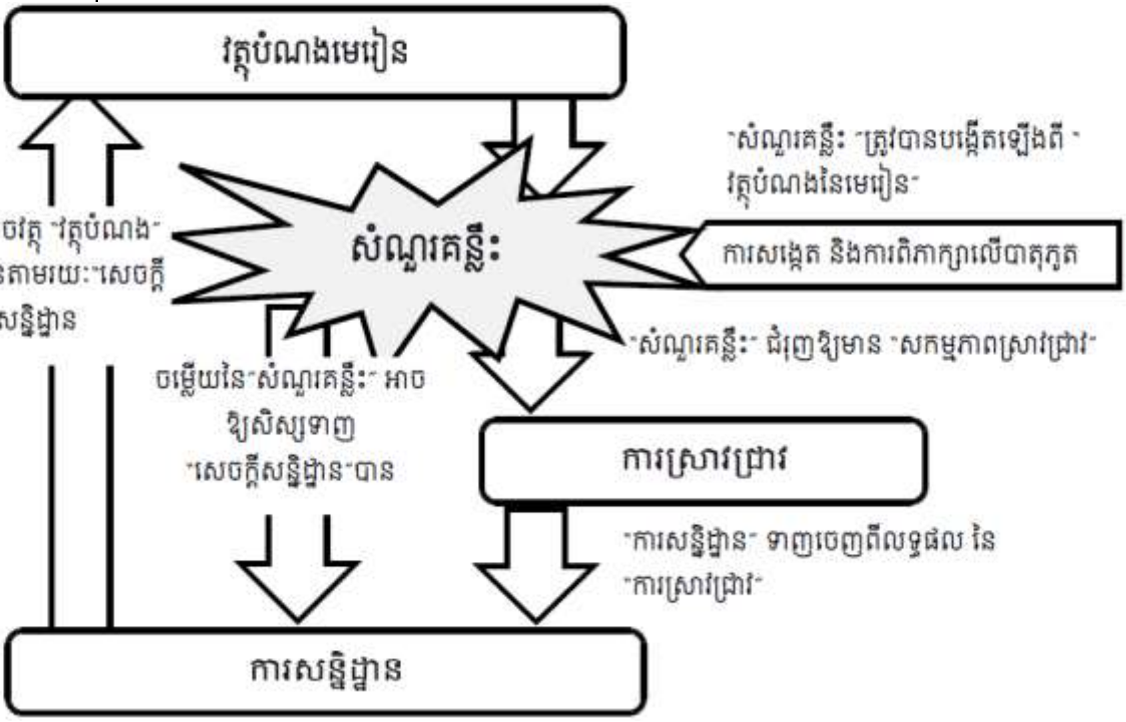
បញ្ហាដែលកើតមានទាំងអស់ខាងលើបណ្តាលមកពីគ្រូមានបទពិសោធន៍តិចតួចចំណេះដឹងខាងមុខវិជ្ជាឯកទេសខ្សោយ វិធីសាស្ត្របង្រៀននៅមានកម្រិត និងលំដាប់លំដោយពិសោធន៍ ឬការរៀបចំឯកសារ ឬប្រមូលឯកសារមិនច្បាស់លាស់។ដូចនេះដើម្បីអនុវត្តនូវការបង្រៀននិងរៀនតាមបែបរិះរកបានល្អទាមទារឱ្យគ្រូសិក្សាស្រាវជ្រាវឱ្យបានច្រើនអំពីខ្លឹមសារដែលត្រូវបង្រៀន។

ឃ. សេចក្តីសន្និដ្ឋានលើការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក

យើងត្រូវតែមានការប្រុងប្រយ័ត្នខ្ពស់លើ"ការសន្និដ្ឋាន"ចំពោះការបង្រៀន និងរៀនតាមរិះរក។ គួររំឭកថា គ្រូមិនត្រូវធ្វើសេចក្តីសន្និដ្ឋាននោះទេ ក៏ប៉ុន្តែសិស្សទៅវិញទេដែលត្រូវទាញសេចក្តីសន្និដ្ឋាន ដោយផ្អែកលើសកម្មភាពស្រាវជ្រាវឬលទ្ធផលពិសោធន៍របស់ពួកគេ។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយ ចំពោះបញ្ហានេះ លទ្ធផលពិសោធន៍ឬលទ្ធផលស្រាវជ្រាវមួយចំនួនពិតជានឹងមានកំហុសឬល្អៀងខ្លះៗ ដែលនាំឱ្យមានការសន្និដ្ឋានខុសពីការរំពឹងទុកជាក់ជាពុំខាន។ ភាគច្រើនលទ្ធផលទាំងនោះបណ្តាលមកពីជំនាញនៃការ

វាស់វែង ឬការស្រាវជ្រាវរបស់សិស្សពុំបានត្រឹមត្រូវ និងមួយចំនួនទៀតគឺកំហុសដែលមិនអាចជៀសផុត ហើយតែងតែកើតមាននៅក្នុងពិសោធន៍ ឬការស្រាវជ្រាវ។ គ្រូត្រូវតែពិនិត្យរាល់ដំណើរការទាំងអស់នៅក្នុងពិសោធន៍ ឬស្រាវជ្រាវរបស់សិស្ស ហើយជួយសិស្សធ្វើឱ្យបានត្រឹមត្រូវ។ ប្រសិនបើមានការសន្និដ្ឋានផ្សេងៗគ្នាក្នុងចំណោមក្រុមសិស្សផ្សេងៗគ្នានោះគ្រូត្រូវតែសម្រេចចិត្ត ថាតើពួកគេត្រូវបន្តការពិភាក្សាតទៅទៀត ឬសម្របសម្រួលឱ្យពួកគេទាញសេចក្ដីសន្និដ្ឋានដែលសិស្សភាគច្រើននៅក្នុងថ្នាក់អាចទទួលយកបាន(ប៉ុន្តែមិនត្រូវបង្ខំនោះទេ) ឬក៏បង្រៀនមេរៀនមួយផ្សេងទៀតដើម្បីបញ្ជាក់ការសន្និដ្ឋានណាមួយត្រឹមត្រូវអាចទទួលយកបាន។

ម្យ៉ាងទៀត វាហាក់បីដូចជាគ្រូវិទ្យាសាស្ត្រ និងវិទ្យាសាស្ត្រសង្គមភាគច្រើនមានការច្រឡំរវាង "ការសន្និដ្ឋាន" និង "លទ្ធផលពិសោធន៍ ឬលទ្ធផលស្រាវជ្រាវ" តែការពិត គឺវាខុសគ្នាទាំងស្រុង។ ដូចដែលមានបង្ហាញនៅក្នុងតារាងទី២លទ្ធផលពិសោធន៍ ឬលទ្ធផលស្រាវជ្រាវ គឺមានន័យថាជាព័ត៌មានដែលទទួលបានក្រោយពីការធ្វើពិសោធន៍ឬការស្រាវជ្រាវ។ សន្និដ្ឋានបានមកពីការវិភាគទៅលើលទ្ធផលពិសោធន៍ ឬលទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវ វាមិនត្រឹមតែបានផ្ដល់ចម្លើយចំពោះសំណួរគន្លឹះប៉ុណ្ណោះទេ ប៉ុន្តែវាថែមទាំងបានឆ្លើយតបទៅនឹងវត្ថុបំណងនៃមេរៀនទៀតផង។



រូបទី២៖ ទំនាក់ទំនងរវាងសមាសភាគមេរៀន

ការពិភាក្សាទី២

១. ចូរបញ្ជាក់ និងពិភាក្សាពីភាពខុសគ្នារវាងលំនាំនៃការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក និងមេរៀនវិទ្យាសាស្ត្រដែលយើងបានសង្កេតជារឿយៗ។

២. ចូរឱ្យឧទាហរណ៍ដើម្បីញែកឱ្យដាច់រវាង "សេចក្ដីសន្និដ្ឋាន" និង "លទ្ធផលពិសោធន៍" នៅក្នុងមេរៀនវិទ្យាសាស្ត្រ។

១.៥.ពីបាតុភូតវិទ្យាសាស្រ្តទៅការរិះរក

ក. "សំណួរគន្លឹះ" និង "ការបង្ហាញពីបាតុភូត ឬព្រឹត្តិការណ៍"

"ការបង្ហាញពីបាតុភូត ឬព្រឹត្តិការណ៍" គឺជាសកម្មភាពតូចមួយធ្វើនៅដើមមេរៀនដែលគ្រូទាញការយកចិត្តទុកដាក់របស់សិស្សទៅលើខ្លឹមសារនៃមេរៀន ហើយជួយឱ្យពួកគេបង្កើតនូវ"សំណួរគន្លឹះ"បាន។

ជាទូទៅ"ការបង្ហាញពីបាតុភូតឬព្រឹត្តិការណ៍" ចាប់ផ្តើមឡើងចេញពីការសង្កេតបាតុភូតធម្មជាតិ និងព្រឹត្តិការណ៍សង្គមនានាជាយថាហេតុរូបភាព ឬវីដេអូដែលទាក់ទាញ។ល។ ដំណើរការនេះបន្តដោយការពិភាក្សារបស់សិស្សតាមរយៈការផ្តើមសំណួរដោយ"ហេតុអ្វី" ឬ"មានអ្វីប្រសិនបើ" ឬអ្វីមួយដែលជំរុញការគិតរបស់សិស្ស។ ឆ្លងតាមរយៈសកម្មភាពនេះ ត្រូវចាប់ផ្តើមបង្រួមទំហំការគិតរបស់សិស្សឱ្យកាន់តែតូចទៅៗ ដើម្បីផ្តោតលើសំណួរគន្លឹះរបស់មេរៀន ។

ចូរចាំថា "ការបង្ហាញពីបាតុភូតឬព្រឹត្តិការណ៍" មិនចាំបាច់ធ្វើឡើងគ្រប់មេរៀនទេ វាអាចលុបចោលបានប្រសិនបើមេរៀនថ្ងៃនេះទាក់ទងផ្ទាល់ទៅនឹងមេរៀននៅម៉ោងមុន។

ខ.ឧទាហរណ៍ពី"ការបង្ហាញបាតុភូត ឬព្រឹត្តិការណ៍" ឆ្ពោះទៅ "សំណួរគន្លឹះ"

ឧទាហរណ៍ខាងក្រោមនឹងជួយឱ្យលោកគ្រូ-អ្នកគ្រូយល់ពីរបៀបបង្ហាញបាតុភូត ឬព្រឹត្តិការណ៍ និងការបង្រួមការពិភាក្សាឆ្ពោះទៅរកសំណួរគន្លឹះ។

ឧទាហរណ៍ទី១៖ បាតុភូត ឬព្រឹត្តិការណ៍

បង្ហាញសិស្ស នូវសៀគ្វីមួយមានកុងតាក់មួយ ថ្មពិលមួយ អំពូលមួយ និងរេអូស្តាមួយ(បើអត់រេអូស្តាប្រើរ៉ូលីមវិទ្យុ)បិទកុងតាក់ឱ្យសិស្សសង្កេត ហើយសួរ តើអ្នកសង្កេតឃើញដូចម្តេច? ហេតុអ្វីបានជាអំពូលភ្លឺ? បន្ទាប់មកធ្វើឱ្យប្រែប្រួលទីតាំងកូនបូតនៃរេអូស្តា(ឬមួលរ៉ូលីមចុះឡើង)រួចសួរសិស្សថា តើអ្នកសង្កេតឃើញដូចម្តេច? ហេតុអ្វីបានជាអំពូលភ្លឺម្តងខ្លាំងម្តងខ្សោយ? ហេតុអ្វីបានជាចរន្តប្រែប្រួល? ដែលនាំឱ្យសិស្សឈានទៅដល់ការបង្កើតសំណួរគន្លឹះដែលយើងចង់បានគឺ "តើរេស៊ីស្តង់មានឥទ្ធិពលលើចរន្តអគ្គិសនីដូចម្តេច?"

ឧទាហរណ៍ទី២ ៖ ការប្រើរូបភាព

សួរសិស្សថា តើពួកគេធ្លាប់ឃើញនៅពេលមេឃខ្មៅ មានពពកច្រើនរកភ្លៀង ហើយក៏ឮសម្លេងផ្គរលាន់ មានផ្លេកបន្ទោ និងមានរន្ទះដែរ ឬទេ។ បន្ទាប់មក បង្ហាញរូបភាពអំពីរន្ទះបាញ់ដែលធ្វើឱ្យមានមនុស្សសត្វស្លាប់ រួចដឹកនាំការពិភាក្សាដោយសេរីអំពីបាតុភូតនេះ។ ឧទាហរណ៍៖ តើពួកគេខ្លាចរន្ទះបាញ់ឬទេ? តើពួកគេចង់បាត់បង់សាច់ញាតិដោយសាររន្ទះដែរឬទេ?បន្តិចម្តងៗទាញអារម្មណ៍សិស្សឱ្យផ្តោតទៅលើសំណួរ "តើយើងអាចការពាររន្ទះដោយវិធីណា?" ដែលជាសំណួរគន្លឹះរបស់មេរៀន។

គ. របៀបបង្កើត"សំណួរគន្លឹះ"

សំណួរគន្លឹះនៅក្នុងមេរៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក គឺមានទំនាក់ទំនងយ៉ាងជិតស្និទ្ធទៅនឹងវត្ថុបំណងនៃមេរៀន។ ម្យ៉ាងទៀត សំណួរគន្លឹះគួរតែត្រូវបានបង្កើតឡើងធ្វើយ៉ាងណា ដើម្បីឱ្យសិស្សអាចសម្រេច បាននូវវត្ថុបំណងមេរៀនតាមរយៈការឆ្លើយសំណួរគន្លឹះនេះ។

ឧទាហរណ៍ប្រសិនបើវត្ថុបំណងមេរៀន ៖

"សិស្សពន្យល់ច្បាប់អូមបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈពិសោធន៍" នោះសំណួរគន្លឹះអាចជា៖

"តើរេស៊ីស្តង់មានឥទ្ធិពលដូចម្តេចទៅលើចរន្តអគ្គិសនី?"ក្នុងមេរៀននេះសិស្សនឹងធ្វើការស្រាវជ្រាវដើម្បីរកឱ្យឃើញពីឥទ្ធិពលនៃរេស៊ីស្តង់មកលើចរន្តអគ្គិសនី។ វាកាន់តែល្អប្រសើរ ប្រសិនបើសិស្សអាចបង្កើតសំណួរគន្លឹះបែបនេះ ដោយខ្លួនឯងក្នុងពេលរៀនមេរៀន ពីព្រោះពួកគេកាន់តែមានឆន្ទៈចង់ដោះស្រាយបញ្ហា ឬរកឱ្យឃើញនូវចម្លើយរបស់សំណួរគន្លឹះនោះប្រសិនបើសំណួរនោះសួរចេញពីពួកគេផ្ទាល់។ ដូច្នេះ គ្រូបង្រៀនត្រូវគិតពីរបៀបនាំសិស្សឱ្យទៅដល់សំណួរគន្លឹះ ដូចជាតាមរយៈការបង្ហាញពីបាតុភូតវិទ្យាសាស្ត្រ បាតុភូតវិទ្យាសាស្ត្រសង្គមឬព្រឹត្តិការណ៍ នានា

ដែលទាក់ទងទៅនឹងជីវភាពរស់នៅប្រចាំថ្ងៃរបស់សិស្ស ហើយដែលសិស្សនឹងត្រូវធ្វើការបកស្រាយនៅជំហានបន្តបន្ទាប់។

ឧទាហរណ៍ប្រសិនបើវត្ថុបំណងមេរៀនជា៖

«សិស្សពន្យល់បានពីខួបរបស់ប៉ោលទោលអាស្រ័យនឹងប្រវែងខ្សែ»

នោះសំណួរគន្លឹះអាចជា៖

«ដើម្បីធ្វើការផ្លាស់ប្តូរខួបនៃលំយោលរបស់ប៉ោលទោល តើយើងត្រូវធ្វើយ៉ាងដូចម្តេច?»

ក្នុងមេរៀននេះ សិស្សនឹងធ្វើពិសោធន៍ដើម្បីរកកត្តាទាំងឡាយដែលមានឥទ្ធិពលលើខួបរបស់ប៉ោលទោលដោយប្រើប៉ោលដែលមានម៉ាស និងប្រវែងខ្សែខុសៗគ្នា។

វាកាន់តែប្រសើរ ប្រសិនបើសិស្សអាចបង្កើតសំណួរគន្លឹះបែបនេះដោយខ្លួនឯងក្នុងពេលរៀនពីព្រោះពួកគេកាន់តែមានឆន្ទៈចង់ដោះស្រាយបញ្ហា ឬរកឲ្យឃើញនូវចម្លើយរបស់សំណួរគន្លឹះនោះ ប្រសិនបើសំណួរនោះសួរចេញពីពួកគេផ្ទាល់។ ដូច្នេះ គ្រូបង្រៀនត្រូវតែគិតពីរបៀបនាំសិស្សឲ្យទៅដល់សំណួរគន្លឹះ ដូចជាតាមរយៈការបង្ហាញពីបាតុភូតវិទ្យាសាស្ត្រទាក់ទងនឹងជីវភាពប្រចាំថ្ងៃរបស់សិស្ស ហើយដែលសិស្សនឹងត្រូវធ្វើការបកស្រាយនៅជំហានបន្ទាប់។

ការពិភាក្សាទី៣

១. ចូរដាក់វត្ថុបំណងនៃមេរៀនមួយចំនួន និងរៀបចំសំណួរគន្លឹះដែលទាក់ទងជាមួយវត្ថុបំណង ទាំងនេះ។
២. យោងទៅតាមឧទាហរណ៍ដែលបានរៀបរាប់នៅក្នុងចំណុច(ខ) ខាងលើ ចូររកឧទាហរណ៍ផ្សេងទៀតអំពី "ការបង្ហាញបាតុភូត" ដែលឈានទៅរកសំណួរគន្លឹះដែលបានរៀបចំនៅក្នុងសំណួរ ១. ខាងលើ។

១.៦. វាយតម្លៃការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក

១.៦.១. តើគោលបំណងរបស់យើងគឺអ្វី?

គ្រូបង្រៀនភាគច្រើនបានសួរសំណួរដូចជា៖

តើគ្រូបង្រៀនចាំបាច់ត្រូវមានចំណេះដឹងខាងវិទ្យាសាស្ត្រ និងចំណេះដឹងផ្នែកការរិះរកកម្រិតណា ដើម្បីអាចបង្រៀនមេរៀនវិទ្យាសាស្ត្រតាមបែបរិះរក?

ជាការពិតណាស់ មានចំណេះដឹងបែបនេះកាន់តែច្រើនកាន់តែប្រសើរ។ ប្រសិនបើគ្រូបង្រៀនមានចំណេះដឹងច្រើនអំពីការរិះរក និងចំណេះដឹងលើមុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្រនោះការបង្រៀន-រៀនតាមបែបរិះរករបស់គាត់នឹងរិតតែមានប្រសិទ្ធភាព។ ដូច្នេះ គ្រូបង្រៀនត្រូវបានលើកទឹកចិត្តឲ្យរៀន និងស្រាវជ្រាវបន្ថែមគ្រប់ពេលវេលា មិនត្រឹមតែតាមរយៈវគ្គបំប៉នប៉ុណ្ណោះទេ ប៉ុន្តែក៏តាមរយៈគ្រូបង្រៀនដទៃទៀត ដែលជា សហការី ព្រមទាំងសិស្សផងដែរ។ ***ការគិតថាខ្លួនល្អគ្រប់គ្រាន់ហើយ វាគឺជាសត្រូវនឹងការធ្វើឲ្យប្រសើរឡើង។***

ម្យ៉ាងទៀត គ្រូបង្រៀនដែលផ្តោតទៅលើកម្រិតនៃការរិះរក តែងតែសួរសំណួរដូចជា៖

តើសិស្សត្រូវធ្វើការរិះរកកម្រិតណា ក្នុងមេរៀនតាមបែបរិះរក?

មិនមានចម្លើយច្បាស់លាស់សម្រាប់សំណួរនេះទេ ហើយថែមទាំងមានការយល់ច្រឡំមួយចំនួនក្នុងចំណោមគ្រូបង្រៀន ដូចជាថា «មេរៀនរបស់ខ្ញុំ និងមេរៀនរបស់គាត់មានកម្រិតការិះរកខុសគ្នា ប៉ុន្តែតើយើងអាចហៅមេរៀនទាំងពីនេះថាជា មេរៀនតាមបែបរិះរកដែរ ឬទេ?» ។ល។

វាត្រូវបានគេទទួលស្គាល់យ៉ាងទូលំទូលាយថា ពិតជាមានកម្រិតនៃការរិះរកច្រើនមែន។ ខណៈពេលដែលអ្នកនិពន្ធខុសគ្នាបានផ្តល់នូវគំនិតខុសៗគ្នា ក្នុងឯកសារនេះយើងសូមលើកយកការលើកឡើងរបស់លោក Fay & Bretz (2008)ស្តីពីកម្រិតនៃការិះរកនេះ, ពីព្រោះវាហាក់ដូចជាងាយយល់ និងអាចអនុវត្ត បាននៅក្នុងប្រទេសកម្ពុជា។

១.៦.២. កម្រិតនៃការរិះរក

លោក Fay & Bretz (2008) បានស្នើឡើងនូវកម្រិតនៃការរិះរកដូចមានក្នុងតារាងទី១ ដែលផ្តោតទៅលើ៣ចំណុច ទាក់ទងនឹងសកម្មភាពស្រាវជ្រាវ និងសកម្មភាពមន្ទីរពិសោធន៍ដូចជា ៖

- បញ្ហាឬសំណួរដែលសិស្សត្រូវធ្វើការដោះស្រាយ
- ដំណើរការ ឬវិធីសាស្ត្រដែលសិស្សត្រូវប្រើសម្រាប់ធ្វើការសង្កេត
- ចម្លើយ ឬសេចក្តីសន្និដ្ឋានដែលសិស្សត្រូវបង្កើតឡើងនៅទីបញ្ចប់។

តារាងទី១ និងទី២ខាងក្រោមនឹងផ្តល់នូវសេចក្តីលម្អិតអំពីកម្រិតនៃការគិត និងកម្រិតនៃការរិះរកនីមួយៗ។

កម្រិត	បញ្ហា ឬសំណួរគន្លឹះ	ដំណើរការ ឬវិធីសាស្ត្រ	សេចក្តីសន្និដ្ឋាន
០	ផ្តល់ឱ្យសិស្ស	ផ្តល់ឱ្យសិស្ស	ផ្តល់ឱ្យសិស្ស
១	ផ្តល់ឱ្យសិស្ស	ផ្តល់ឱ្យសិស្ស	បង្កើតឡើងដោយសិស្ស
២	ផ្តល់ឱ្យសិស្ស	បង្កើតឡើងដោយសិស្ស	បង្កើតឡើងដោយសិស្ស
៣	បង្កើតឡើងដោយសិស្ស	បង្កើតឡើងដោយសិស្ស	បង្កើតឡើងដោយសិស្ស

តារាង១៖ បង្ហាញពីកម្រិតនៃការគិត

កម្រិត	សេចក្តីលម្អិត(លក្ខណៈសម្គាល់នៃកម្រិតនីមួយៗ គឺបង្ហាញដោយអក្សរដិត និងទ្រេត)
០	សំណួរគន្លឹះដំណើរការ និងសេចក្តីសន្និដ្ឋានត្រូវបាន***ផ្តល់ឱ្យសិស្ស***។ សិស្សធ្វើការស្រាវជ្រាវ ឬពិសោធន៍ និងផ្ទៀងផ្ទាត់ចម្លើយជាមួយនឹងសៀវភៅសិក្សា។
១	សំណួរគន្លឹះដំណើរការ និងសេចក្តីសន្និដ្ឋានត្រូវបាន***ផ្តល់ឱ្យសិស្ស***។ សិស្ស***ពន្យល់ បកស្រាយ***ទិន្នន័យស្រាវជ្រាវ ឬពិសោធន៍ និងផ្តល់សេចក្តីសន្និដ្ឋានដែលសមហេតុផល។
២	សំណួរគន្លឹះត្រូវបាន***ផ្តល់ឱ្យសិស្ស***។ សិស្សត្រូវគិត និងរៀបចំដំណើរការដើម្បីធ្វើការសង្កេត កំណត់ទិន្នន័យដែលត្រូវវាស់វែង និងបកស្រាយ ទិន្នន័យពិសោធន៍ ឬលទ្ធផលស្រាវជ្រាវដែលសមហេតុផល។
៣	បាតុភូតមួយត្រូវបានផ្តល់ឱ្យសិស្ស។ សិស្សធ្វើការបង្កើត (ឬសំយោគ)បញ្ហា ឬសំណួរគន្លឹះមួយ រួចសិស្សត្រូវគិត និងរៀបចំដំណើរការដើម្បីធ្វើការសង្កេត កំណត់ទិន្នន័យដែលត្រូវវាស់វែង និងបកស្រាយទិន្នន័យស្រាវជ្រាវ ឬពិសោធន៍ និងផ្តល់សេចក្តីសន្និដ្ឋាន ដែលសមហេតុផល។

តារាងទី២៖ បង្ហាញពីសេចក្តីលម្អិតនៃកម្រិតរិះរកនីមួយៗ

ដូចដែលបានឃើញនូវក្នុងតារាងខាងលើ សេរីភាព និងការទទួលខុសត្រូវរបស់សិស្សមានការកើនឡើងពីកម្រិត 0 ទៅ 3។ នៅកម្រិត 3 ត្រូវបានគេចាត់ទុកថាជាកម្រិតល្អបំផុតនៃការរិះរក ដូច្នេះ អ្នកអាចវាយតម្លៃការបង្រៀន និងរៀនរបស់អ្នកថាតើវាស្ថិតនៅក្នុងម្រិត 1 ហើយឬនៅ? សូមចងចាំថានៅកម្រិត 0 មានន័យថា «គ្មានការរិះរក» ទេ។

ទោះបីជាមិនអាចរៀបចំជាការបង្រៀន និងរៀនដោយតាមបែបរិះរកបានសម្រាប់គ្រប់មេរៀនវិទ្យា សាស្ត្រទាំងអស់ក៏ដោយ តារាងខាងលើអាចផ្តល់ជាគំនិត និងគោលដៅដែលអាចសាកល្បងបាន អាស្រ័យទៅលើការខិតខំប្រឹងប្រែងរបស់គ្រូបង្រៀន និងស្ថានភាពជាក់ស្តែង (កម្រិតយល់ដឹង) របស់សិស្ស ព្រមទាំងបរិស្ថានសម្ភាររបស់សាលាផងដែរ។ ប្រសិនបើការបង្រៀន និងរៀនរបស់អ្នកជាធម្មតាស្ថិតនៅកម្រិត 0 ជាដំបូងអ្នកអាចសាកល្បងបន្តទៅកម្រិត 1 ឬកម្រិត 2។ តែប្រសិនបើមេរៀនរបស់អ្នកបានទៅដល់កម្រិត 3 ហើយនោះអ្នកត្រូវបន្តធ្វើការកែលម្អគុណភាព ឬប្រសិទ្ធភាពរបស់សកម្មភាពនីមួយៗ បន្ថែមទៀត។ ការកែលម្អ គឺគ្មានទីបញ្ចប់ឡើយ។

ការពិភាក្សាទី៤

១. ចូរបញ្ជាក់ពីមេរៀនវិទ្យាសាស្ត្ររបស់ខ្លួនឯងដោយប្រើតារាងទី ១។ តើមេរៀនវិទ្យាសាស្ត្ររបស់ លោកគ្រូ/អ្នកគ្រូស្ថិតនៅក្នុងកម្រិតប៉ុន្មាន?

២. តើលោកគ្រូ/អ្នកគ្រូអាចធ្វើដូចម្តេចដើម្បីឲ្យមេរៀនវិទ្យាសាស្ត្ររបស់លោកគ្រូ/អ្នកគ្រូកាន់តែ មានកម្រិតនៃរិះរកខ្ពស់ថែមទៀត?តាមទស្សនៈយល់ឃើញខាងលើ ចូរពិភាក្សាដើម្បីរកចន្លោះប្រហោងដើម្បីធ្វើការកែលម្អ "បញ្ហា/សំណួរគន្លឹះ" "លំនាំ/វិធីសាស្ត្រ" ហើយនិង "ដំណោះស្រាយ"។

១.៧. របៀបអភិវឌ្ឍការបង្រៀន និងរៀន

១.៧.១. ប្រការយល់ដឹងមុនពេលធ្វើកិច្ចតែងការបង្រៀន

នៅក្នុងមេរៀនដោយតាមបែបរិះរក សំខាន់បំផុតត្រូវជួយសិស្សឲ្យអាចបង្កើតសំណួរ ឬចម្ងល់នៅក្នុងចិត្តរបស់គេបាន តាមរយៈការបង្ហាញបាតុភូតធម្មជាតិទាក់ទងនឹងជីវភាពប្រចាំថ្ងៃរបស់ពួកគេ ជាជាងប្រាប់ពួកគេអំពីវត្ថុបំណងមេរៀនដោយផ្ទាល់។

បន្ទាប់ពីការកំណត់បញ្ហា (សំណួរគន្លឹះ) រួចហើយ គ្រូត្រូវធ្វើការសម្របសម្រួលឲ្យសិស្សធ្វើការពិភាក្សាគ្នាអំពីអ្វីដែលពួកគេត្រូវធ្វើការអង្កេត និងថាតើពួកគេត្រូវធ្វើដូចម្តេចខ្លះ? នៅទីនេះ តួនាទីរបស់គ្រូគឺត្រូវបង្កើតបរិយាកាសមួយដែលនាំឲ្យសិស្សអាចចែករំលែកមតិយោបល់រវាងគ្នានឹងគ្នាដោយសេរី- និងយ៉ាងសកម្ម។ គ្រូបង្រៀនមិនត្រូវជ្រៀតជ្រែក ឬរំខានការពិភាក្សារបស់សិស្សឡើយ ប៉ុន្តែត្រូវជួយជំរុញការគិតរបស់សិស្សដូចជាការបំផុសគំនិតផ្ទុយទៅនឹងគំនិតសិស្ស ឬការផ្តល់គំនិតខុសទាំងស្រុងជាដើម។ ប្រសិនបើការពិភាក្សារបស់សិស្សត្រូវបានកាច់ចង្កូតដោយគ្រូ នោះសិស្សនឹងពុំអាចយល់បានច្បាស់លាស់ទេ ថាតើហេតុអ្វីបានជាពួកគេត្រូវធ្វើដូច្នោះនៅពេលគេធ្វើពិសោធន៍ ហើយវានឹងនាំទៅដល់ភាពបរាជ័យក្នុងការសម្រេចនូវវត្ថុបំណងមេរៀន។

១.៧.២. ដំណើរការអភិវឌ្ឍកិច្ចតែងការបង្រៀនតាមបែបរិះរក

ក្នុងការអភិវឌ្ឍកិច្ចតែងការបង្រៀនមួយ លំនាំ «ធ្វើផែនការបញ្ច្រាស់» ត្រូវបានគេប្រើជាញឹកញាប់។ តាមរបៀបនេះ គ្រូបង្រៀនត្រូវធ្វើការពិចារណាអំពីដំណើរមេរៀនតាមលំដាប់លំដោយ ចាប់ផ្តើមពី៖ **វត្ថុបំណងមេរៀន → សេចក្តីសន្និដ្ឋាន → សកម្មភាព/ពិសោធន៍ → សំណួរគន្លឹះ → ការបង្ហាញបាតុភូត**។ វិធីសាស្ត្រនេះអាចជួយឲ្យគ្រូបង្រៀនបន្តផ្តោតអារម្មណ៍ទៅលើវត្ថុបំណងរបស់មេរៀន។

១. ការកំណត់វត្ថុបំណងមេរៀន

ដំបូងគ្រូបង្រៀនត្រូវតែយល់អំពីវត្ថុបំណងរបស់មេរៀន ឬជំពូក។ បន្ទាប់មកគាត់ត្រូវធ្វើការពិចារណាអំពីចំណេះដឹង និងជំនាញដែលសិស្សគួរទទួលបានតាមរយៈមេរៀននីមួយៗ។ សូមចងចាំថា ការបង្រៀន និងរៀនកាន់តែមានប្រសិទ្ធភាពកាលណាវត្ថុបំណងមេរៀន ដែលបានកំណត់ឡើងមានទំនាក់ទំនងទៅនឹងមេរៀនមុន និងមេរៀនដែលត្រូវរៀនបន្ទាប់។ ប្រសិនបើវត្ថុបំណងមេរៀននីមួយៗត្រូវបានកំណត់ដាច់ៗពីគ្នា (គ្មានទំនាក់ទំនងគ្នា) នោះឱកាសនៃការសិក្សាតាមដានបន្តរបស់សិស្សនឹងត្រូវបាត់បង់។

២. ការកំណត់សេចក្តីសន្និដ្ឋាន និងសកម្មភាព

ដោយផ្អែកទៅលើវត្ថុបំណងមេរៀនដែលបានកំណត់ខាងលើ គ្រូបង្រៀនត្រូវគិតថា តើសិស្សនឹងធ្វើសកម្មភាពអ្វី និងយ៉ាងដូចម្តេច នៅក្នុងដំណើរការសិក្សារបស់គេ។ ឧទាហរណ៍ ប្រសិនបើវត្ថុបំណង មេរៀនជា «សិស្សនឹងអាចពន្យល់បានអំពីទំនាក់ទំនងរវាងមុំចាំងផ្លាត និងមុំចាំងប៉ះ» នោះសិស្សនឹងត្រូវធ្វើការវាស់វែងមុំទាំងនោះ ដោយប្រើឧបករណ៍ដូចជាបន្ទាត់រ៉ាព័រទ័រ ខ្មៅដៃ ពន្លឺពិល កញ្ចក់ជាដើម ដើម្បីរកឲ្យឃើញការពិតដែលថា មុំទាំងពីរនេះតែងតែស្មើគ្នាជានិច្ច។

៣. ការកំណត់សំណួរគន្លឹះ

បន្ទាប់មកទៀត គ្រូបង្រៀនត្រូវតែគិតអំពីថាតើសំណួរគន្លឹះអ្វីដែលគួរបង្កើតឡើង ដើម្បីឲ្យសិស្សអាចចាប់ផ្តើមសកម្មភាពដូចរៀបរាប់ខាងលើ។ សំណួរនេះត្រូវធ្វើយ៉ាងណាឲ្យច្បាស់ និងងាយយល់ បំផុត។ ឧទាហរណ៍ករណីកម្លាំងអគ្គិសនីចលករអាំងឌី សំណួរគន្លឹះអាចជា «តើកម្លាំងអគ្គិសនីចលករអាំងឌីដែលកើតឡើងប្រែប្រួលអាស្រ័យនឹងកត្តាអ្វីខ្លះ?» ។

៤. ការកំណត់ពីបាតុភូតផ្សេងៗដែលត្រូវបង្ហាញ

នៅដំណាក់កាលចុងក្រោយគ្រូបង្រៀនត្រូវគិតអំពីវិធីដ៏មានប្រសិទ្ធភាពបំផុត ដើម្បីជួយសិស្សឲ្យអាចបង្កើតចម្ងល់ ឬសំណួរគន្លឹះក្នុងចិត្តរបស់គេ។ ចូរព្យាយាមរកនឹកមើលរាល់បាតុភូតនៅជុំវិញខ្លួនយើង រកមើលសៀវភៅវិទ្យាសាស្ត្រផ្សេងៗ និងស្វែងរកបាតុភូតធម្មជាតិ (រូប ឬគីមី) ឬហេតុការណ៍ផ្សេងៗ ឬរូបភាពគួរឲ្យចាប់ចាប់អារម្មណ៍ដើម្បីជួយជំរុញការគិតរបស់សិស្សឲ្យកាន់តែស៊ីជម្រៅ។ ក្នុងឧទាហរណ៍នៃមុំចាំងប៉ះ និងមុំចាំងផ្លាតខាងលើ មេរៀនអាចចាប់ផ្តើមតាមរយៈឲ្យសិស្សសង្កេតបាតុភូតធម្មជាតិមួយអំពីការចាំងផ្លាតនៃពន្លឺ ឬការលេងពិល និងកញ្ចក់ជាដើម។

ការពិភាក្សាទី៥

១. ចូរសរសេរកិច្ចតែងការតាមបែបរិះរកម្នាក់មួយ។

២. ចូរពិភាក្សាកិច្ចតែងការជាក្រុម ហើយកែលម្អវាឲ្យរឹតតែមានលក្ខណៈរិះរកថែមទៀត តាមរយៈការសហការគ្នា។

១.៨. សំណួរចម្លើយពាក់ព័ន្ធការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក

១.៨.១. សំណួរទូទៅទាក់ទងនឹងការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក

សំណួរ: តើគ្រូគួរតែជំរុញសិស្ស ឲ្យស្វែងរកចម្លើយដើម្បីឆ្លើយនឹងសំណួររបស់គ្រូតាមរយៈការស្រាវជ្រាវ ឬ ការពិសោធដោយខ្លួនឯងជានិច្ចឬទេ?

ចម្លើយ: វាមិនមែនជានិច្ចកាលអញ្ចឹងទេ។ វាអាស្រ័យនឹងវត្ថុបំណងរបស់មេរៀន។ ឧទាហរណ៍ សិស្សអាចចោទជាសំណួរថា តើមានចំណុចចំពុះប៉ុន្មាននៅកម្រិតកម្ពស់ទឹកសមុទ្រ ប្រសិនបើវាជាអ្វី ដែលនឹងត្រូវរៀនក្នុងមេរៀននេះ សិស្សត្រូវការបង្កើតនូវការអង្កេតដើម្បីស្វែងរកនូវចម្លើយនោះ។ ប្រសិនជាចម្លើយនៃសំណួរនោះជាការបកស្រាយបញ្ហាដែលមានក្នុងមេរៀន ឬប្រសិនបើវត្ថុបំណងរបស់មេរៀននេះត្រូវប្រើសម្ភារៈឧបទេសជំនួយ នោះគ្រូអាចប្រាប់សិស្សឲ្យរកមើល ព័ត៌មាននៅក្នុងសៀវភៅនាខណៈពេលនោះ។ ប្រសិនបើមានឱកាសច្រើនសម្រាប់ឲ្យសិស្សគិត គ្រូ ពុំចាំបាច់ឲ្យសិស្សបើកសៀវភៅមើលទេ។

សំណួរ: តើអ្វីដែលសំខាន់ជាងគេសម្រាប់សិស្ស ដើម្បីបង្កើនសមត្ថភាពរិះគិតបែបវិទ្យាសាស្ត្រ ឬខ្លឹមសារ និងគោលការណ៍សំខាន់ៗនៃវិទ្យាសាស្ត្រ?

ចម្លើយ: លទ្ធផលនៃការសិក្សាទាំងនេះមានសារៈសំខាន់ស្មើគ្នាគឺថាវាផ្តល់ឲ្យគ្នាទៅវិញទៅមក។ នៅក្នុងដំណើរការនៃការបង្រៀន និងរៀនជាច្រើន សិស្សត្រូវប្រើសមត្ថភាពការរិះរក ដើម្បីអភិវឌ្ឍការយល់ដឹងខ្លឹមសារវិទ្យាសាស្ត្ររបស់គេ។

សំណួរ: តើការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកជាវិធីសាស្ត្របង្រៀនដ៏ល្អបំផុតឬទេ?

ចម្លើយ: ទោះបីជា ការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកជាវិធីសាស្ត្របង្រៀនចាំបាច់មួយ សម្រាប់មុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្រ ប៉ុន្តែវិធីសាស្ត្របង្រៀនផ្សេងទៀតជាច្រើនក៏អាចធ្វើឲ្យសម្រេចគោលបំណង នៃការរៀនវិទ្យាសាស្ត្រផងដែរ។ វាអាចកើតឡើងផងដែរ ដោយគ្រាន់តែការអានសៀវភៅវិទ្យាសាស្ត្រ ឬក៏ការធ្វើសកម្មភាពដោយគ្មានការរិះគិត ឬក៏គ្រាន់តែចងចាំនូវចំណេះដឹងវិទ្យាសាស្ត្រ ក៏អាចធ្វើឲ្យ លទ្ធផលនៃការសិក្សាបានប្រសើរជាងការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកផងដែរ។ និយាយរួម វាអាស្រ័យនឹងវត្ថុបំណងមេរៀន។

សំណួរៈ តើគ្រូបង្រៀនគួរប្រើវិធីសាស្ត្របង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកគ្រប់មេរៀនវិទ្យាសាស្ត្រទាំងអស់ដែរ ឬទេ ?
ចម្លើយៈ ទេ ដូចដែលបានឆ្លើយខាងលើរួចហើយ ការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកមិនមែនជាវិធីសាស្ត្រតែមួយគត់សម្រាប់រៀនវិទ្យាសាស្ត្រនោះទេ។ ឧទាហរណ៍ គ្រូមិនអាចប្រើវិធីសាស្ត្ររិះរកសម្រាប់គ្រប់មេរៀនវិទ្យាសាស្ត្រទេ ម្យ៉ាងគឺពុំមានពេលគ្រប់គ្រាន់ដោយសារម៉ោងបង្រៀនតិច ព្រោះការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកត្រូវការពេលវេលាគ្រប់គ្រាន់។ ក្នុងករណីនេះ គ្រូគួរប្រើយុទ្ធសាស្ត្រផ្សេងទៀតដើម្បីអភិវឌ្ឍចំណេះដឹង និងសមត្ថភាពរបស់សិស្ស។ លើសពីនេះទៅទៀត កម្រិតនៃការរិះរកដែលសិស្សអាចធ្វើបាន គឺប្រែប្រួលអាស្រ័យលើខ្លឹមសារមេរៀន មុខវិជ្ជា កម្រិតយល់ដឹង និងជំនាញជាក់ស្តែងរបស់សិស្ស។
សំណួរៈ តើការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក និងវិធីវិទ្យាសាស្ត្រខុសគ្នាយ៉ាងដូចម្តេច?
ចម្លើយៈ វិធីវិទ្យាសាស្ត្រជាវិធីសាស្ត្រមួយ ដែលអ្នកវិទ្យាសាស្ត្រយកមកប្រើ ដើម្បីសួរ និងឆ្លើយនូវសំណួរវិទ្យាសាស្ត្រដោយធ្វើការសង្កេត និងធ្វើពិសោធន៍។ ការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកគឺជាយុទ្ធវិធីបង្រៀនដោយផ្អែកលើវិធីវិទ្យាសាស្ត្រ។ នៅពេលដែលអ្នកវិទ្យាសាស្ត្រប្រើវិធីវិទ្យាសាស្ត្រ ពួកគេត្រូវការប្រើពេលវេលាច្រើន ដើម្បីធ្វើការនៅក្នុងទីពិសោធន៍ យ៉ាងហោចណាស់រាប់សប្តាហ៍ ដើម្បីធ្វើការអង្កេត និងរៀបចំឯកសារ។ ម្យ៉ាងវិញទៀត វិធីវិទ្យាសាស្ត្រនៅក្នុងការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកមានតួនាទីយ៉ាងសំខាន់ក្នុងការជួយជំរុញការរៀនរបស់សិស្ស និងជួយឲ្យសម្រេចបាននូវវត្ថុបំណងរបស់មេរៀន។ នៅក្នុងមេរៀនមួយ សិស្សមិនចាំបាច់ត្រូវតែរកឲ្យឃើញនូវព្រឹត្តិការណ៍វិទ្យាសាស្ត្រថ្មីទាំងស្រុង ដូចអ្នកវិទ្យាសាស្ត្រនោះទេ។ ជាងនេះទៅទៀត កម្មវិធីសិក្សារបស់សាលា ក្នុងមួយឆ្នាំសិក្សាតម្រូវឲ្យគ្រូ និងសិស្សអនុវត្តដំណើការបែបការរិះរក ដែលជាធម្មតាឲ្យបានមួយមេរៀន (៤០ ទៅ ៥០ នាទី) ឬក៏ពីរមេរៀនយ៉ាងច្រើន។
សំណួរៈ តើការរៀបចំការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកត្រូវការពេលវេលាច្រើនជាងការបង្រៀន និងរៀន តាមបែបធម្មតាឬ ?

ចម្លើយៈ មែនហើយ វាត្រូវប្រើប្រាស់ពេលវេលាជាច្រើនម៉ោង ឬច្រើនថ្ងៃ ដើម្បីរៀបចំសម្រាប់មេរៀនមួយ ដូចជាគ្រូត្រូវធ្វើការប៉ាន់ស្មាននូវសំណួរសិស្ស ការគិតជាមុនយ៉ាងហ្មត់ចត់អំពីរបៀបឆ្លើយនូវសំណួរទាំងនោះ ការបង្កើតសំណួរគន្លឹះដែលអាចទាក់ទាញសិស្សក្នុងពេលបង្រៀន និងរៀនអភិវឌ្ឍដំណើរការសង្កេត រៀបចំសម្ភារឧបទ្ទេសបង្រៀន និងឧបករណ៍សម្រាប់ធ្វើពិសោធន៍ជាដើម។ បន្ទាប់មកទៀត ការរៀនតាមបែបរិះរក សិស្សត្រូវចំណាយពេលយ៉ាងច្រើន ដើម្បីទទួលបាននូវចំណែកមួយនៃចំណេះដឹងវិទ្យាសាស្ត្រ។ សិស្សត្រូវជំរុញឲ្យបង្កើតសំណួរគន្លឹះដោយមានការជួយណែនាំពីគ្រូរៀបចំរបៀបសង្កេត ការធ្វើតេស្តលទ្ធផលពិសោធន៍ និងការទាញសេចក្តីសន្និដ្ឋានដើម្បីឆ្លើយទៅនឹងសំណួរគន្លឹះ។ វាត្រូវចំណាយពេលអស់ច្រើនជាងមួយម៉ោងទៅទៀតឆ្លងតាម រយៈដំណើរការនេះ រហូតដល់សិស្សមានទំលាប់ធ្វើការរិះរក បើទោះបីជាវាអាចបញ្ចប់ក្នុងរយៈពេលតែប៉ុន្មាននាទីតាមរយៈគ្រូប្រាប់ចម្លើយ ឬក៏សិស្សមើលសៀវភៅសិក្សាក៏ដោយ។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយជួនកាលវាត្រូវចំណាយពេលខ្លីដែរ។ ឧទាហរណ៍ កម្មវិធីរបស់ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា ចំណាយពេល ៣ ម៉ោងសម្រាប់បញ្ញតិមួយ ដែលមានរួមបញ្ចូលនូវខ្លឹមសារវិទ្យាសាស្ត្រសំខាន់ៗ និងព័ត៌មានផ្សេងៗជាច្រើនទៀតដែលទាក់ទងនឹងវិទ្យាសាស្ត្រ។ ដូចនេះ វាអាចកាត់បន្ថយម៉ោងបង្រៀន ដោយបង្កើតនូវមេរៀន បង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកមួយដើម្បីសិក្សាខ្លឹមសារមេរៀននោះ ហើយឲ្យសិស្សអានផ្នែកដែលនៅសល់ក្នុងសៀវភៅសិក្សា។ ក្នុងករណីនេះ វត្ថុបំណងមេរៀនអាចសម្រេចបានដោយប្រើរយៈខ្លី ហើយសិស្សអាចយល់បានច្បាស់នូវវត្ថុបំណងមេរៀននោះទៀតផង។

សំណួរៈ តើជំហាននៅក្នុងការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក និងជំហានទាំងប្រាំនៅក្នុងកិច្ចតែងការបង្រៀនមានទំនាក់ទំនងគ្នាយ៉ាងដូចម្ដេច ?

*ចម្លើយៈ*កិច្ចតែងការបង្រៀននៅកម្ពុជាមានប្រាំជំហាន ត្រួតពិនិត្យថ្នាក់ រំឭកមេរៀនចាស់ ការសិក្សា មេរៀនសម្រាប់ថ្ងៃនេះ ពង្រឹងពុទ្ធិ និងកិច្ចការផ្ទះ។ ជំហាននៅក្នុងការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកគឺច្រើនតែស្ថិតនៅក្នុងជំហានទី៣(ការសិក្សាមេរៀនសម្រាប់ថ្ងៃនេះ)។ ដូចនេះ គ្រូបង្រៀនអាចរក្សាការប្រើជំហានទាំងប្រាំរបស់កិច្ចតែងការបង្រៀន ដោយមិនចាំបាច់ផ្លាស់ប្ដូរទេ។

១.៨.២. សំណួរស្ដីអំពីបច្ចេកទេស

សំណួរៈ តើបង្រៀនមេរៀនមួយតាមបែបរិះរកយ៉ាងដូចម្ដេច ប្រសិនបើវាគ្រាន់តែបញ្ជាក់នូវចម្លើយដែលមាននៅក្នុងសៀវភៅសិក្សា ឬក៏សិស្សអាចរកឃើញចម្លើយត្រឹមត្រូវបាននៅក្នុងសៀវភៅសិក្សា?

*ចម្លើយៈ*អ្នកក៏អាចសួរផងដែរថា ប្រសិនបើគ្រូបង្រៀនម្នាក់បង្រៀនមេរៀនមួយដោយប្រើវិធីបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក តើគ្រូអាចអនុញ្ញាតឲ្យសិស្សអានសៀវភៅសិក្សាដែរឬទេ? ចម្លើយគឺវាអាស្រ័យទៅលើខ្លឹមសារ ហើយនឹងគ្រូដែលជាអ្នកបង្រៀន។ ប្រសិនបើសៀវភៅសិក្សា មានផ្ដល់នូវព្រឹត្តិការណ៍វិទ្យាសាស្ត្រងាយៗ ដូចនេះ ការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរករបស់អ្នក អាចចាប់ផ្ដើមដោយសំណួរគន្លឹះ (ដែលមិនមានទាំងស្រុងនៅក្នុងសៀវភៅសិក្សា) ជំរុញឲ្យសិស្សគិតយ៉ាងហ្មត់ចត់ ដើម្បីអាចរកឲ្យឃើញនូវព្រឹត្តិការណ៍នោះ ហើយធ្វើដូចម្ដេចដើម្បីធ្វើពិសោធន៍បាន។ លទ្ធផលពិសោធន៍អាចមានការខុសគ្នាតិចតួច ឬច្រើនពីទ្រឹស្ដីដែលមាននៅក្នុងសៀវភៅសិក្សា។ ស្ថានភាពបែបនេះបានផ្ដល់ឱកាសយ៉ាងច្រើនសម្រាប់ការរិះគិតរបស់សិស្ស ហើយគ្រូអាចណែនាំសិស្សឲ្យស្វែងរកឲ្យឃើញនូវកត្តាដែលបណ្ដាលឲ្យមានភាពលម្អៀងនោះ។ ក្នុងករណីដូចខាងលើ វាមិនមែនជាបញ្ហាដែលថាសិស្សអានសៀវភៅសិក្សាមុន ឬក៏អត់នោះទេ។

*សំណួរៈ*នៅក្នុងការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរក តើយើងមិនត្រូវបង្ហាញវត្ថុបំណងមេរៀនដល់សិស្សជាមុនទេឬ?

*ចម្លើយៈ*ទេអ្នកមិនត្រូវបង្ហាញវត្ថុបំណងមេរៀនឲ្យច្បាស់លាស់ដល់សិស្សនោះទេ បើទោះបីជាគ្រូបង្រៀនត្រូវតែយល់វត្ថុបំណងឲ្យបានច្បាស់ និងរៀបរាប់វានៅក្នុងកិច្ចតែងការបង្រៀនក៏ដោយ។ ឧទាហរណ៍ ប្រសិនជាយើងប្រាប់សិស្ស (វត្ថុបំណងមេរៀននេះគឺដើម្បីធ្វើចំណាត់ថ្នាក់សត្វ) នៅពេលចាប់ផ្ដើមមេរៀន ពេលនោះពួកគេគិតថា វាដូចជាគេបង្ខំឲ្យធ្វើអ្វីមួយដោយគ្រូ ឬដោយសាលា វាមិនមែនជាអ្វីដែលការចង់ដឹងចង់ឃើញ ឬក៏ជាចំណាប់អារម្មណ៍របស់ពួកគេឡើយ។ ដូចដែលបានពន្យល់ខាងដើម ការបង្ហាញនូវបាតុភូតដើរតួជាគន្លឹះ ដើម្បីជំរុញពួកគេឲ្យបង្កើតសំណួរគន្លឹះ ហើយដើម្បីសម្រេចវត្ថុបំណងមេរៀនបានតាមរយៈធ្វើសកម្មភាព

មេរៀនទី២ ៖ ច្បាប់ចលនារបស់ញូតុន

២.១. កម្លាំង

មនុស្សគ្រប់រូបសុទ្ធតែមានបទពិសោធន៍ជាមួយកំលាំងក្នុងប្រភេទណាមួយដូចជាកំលាំងរុញឬកំលាំងទាញទៅលើវត្ថុមួយ។ ពេលអ្នករុញរថយន្តដែលឈប់ស្ងៀមមួយ ឬរុញកូនរទេះមួយដូចបង្ហាញ ក្នុងរូប (១.២)អ្នកបានបញ្ចេញកំលាំងទៅលើវា។ នៅពេលដែលម៉ូទ័រអគ្គិសនីលើកបន្ទប់យោង(ជណ្តើរយន្ត) ឬញញួរបាន ដំទៅលើក្បាលដែកគោល រឺខ្យល់បានបក់ស្លឹកឈើអោយដាច់ចេញពីដើម ទាំងអស់នេះអាចកើតឡើង ដោយសារកំលាំងមានអំពើទៅលើ។ យើងតែងតែហៅកំលាំងទាំងនោះថាកំលាំងប៉ះ(contact force)ពីព្រោះកំលាំងដែលមានអំពើទៅលើអង្គធាតុនៅពេលវាប៉ះជាមួយអង្គធាតុ។

រូបទី២.១ កំលាំងរបស់មនុស្សរុញកូនរទេះ។[1]

ប្រសិនបើចង់អោយអង្គធាតុមួយនៅនឹង ចាប់ផ្តើមមានចលនាគឺត្រូវការកំលាំង។ កំលាំងនេះត្រូវការដើម្បីធ្វើឱ្យអង្គធាតុនោះស្ទុះចេញពីល្បឿនសូន្យទៅល្បឿនខុសពីសូន្យណាមួយ។ ចំពោះអង្គធាតុដែលកំពុងមានចលនាស្រាប់ ហើយអ្នកចង់អោយល្បឿនរបស់វាប្រែប្រួលទាំងទិសដៅ និងតម្លៃ គឺត្រូវការកំលាំងដែរ។ ឬគេអាចនិយាយម្យ៉ាងទៀតថា ដើម្បីអោយអង្គធាតុមួយមានសំទុះគឺត្រូវការកំលាំង។

វិធីមួយសម្រាប់វាស់នូវម៉ូឌុលនៃកំលាំង គឺគេប្រើរឺស័រ។ ជាទូទៅការប្រើរឺស័រដែលមានគំនូសក្រិតសម្រាប់សម្គាល់ប្រវែង គឺប្រើសម្រាប់វាស់ទំងន់នៃអង្គធាតុមួយ។ ទំងន់គឺជាកំលាំងទំនាញដីដែលមានអំពើទៅលើអង្គធាតុ។ រឺស័រត្រូវបានគេប្រើសម្រាប់វាស់នូវប្រភេទផ្សេងៗនៃកំលាំង ដូចជាកំលាំងទាញ ដែលបានបង្ហាញក្នុងរូបទី២.២។

រូបទី២.២ បង្ហាញពីការប្រើរឺស័រ វាស់កំលាំងទាញមួយ។

កាលណាគេប្រើកំលាំងទាញដូចក្នុងរូប២.២ បញ្ជាក់ថាវាមានទិសដៅទៅស្តាំ បើគេប្រើកំលាំងសង្កត់លើអង្គធាតុមួយ បញ្ជាក់ថាវាមានទិសដៅចុះក្រោម ឬបើគេប្រើកំលាំងលើកវត្ថុមួយ បញ្ជាក់ថាវាមានទិសដៅឡើងលើ។ ដូច្នេះកំលាំងជាទំហំវ៉ិចទ័រ។

២.២. ច្បាប់ទី១ញូតុន៖

តើកំលាំង និងចលនាមានទំនាក់ទំនងនឹងគ្នាដូចម្ដេច? លោក Aristotle (384-322 B.C) ជឿថាធម្មជាតិនៃអង្គធាតុមួយគឺនៅនឹង។ អង្គធាតុនៅនឹងមិនត្រូវការពន្យល់ទេ។ អង្គធាតុផ្លាស់ទីគឺមិនមែនជាធម្មជាតិនៃអង្គធាតុទេ ដូច្នេះត្រូវការសេចក្ដីពន្យល់។ គាត់ឆ្ងល់ថាហេតុអ្វីបានជាអង្គធាតុទាំងនោះផ្លាស់ទី? តើមានអ្វីដែលរក្សាចលនារបស់វា ហើយប្រឆាំងទៅនឹងធម្មជាតិនៅនឹងរបស់វា?

លោក Galileo បានឆ្លើយនូវសំណួរនៃធម្មជាតិរបស់អង្គធាតុ។ គាត់បានផ្ដល់យោបល់ដោយផ្ដោតលើការដាក់លក្ខខណ្ឌនៃកត្តាដែលរារាំងចលនា(កកិត ការទប់របស់ខ្យល់)ស្មើសូន្យ។ ការធ្វើពិសោធន៍ដោយប្រុងប្រយ័ត្នជាច្រើនលើកក្នុងករណីឥទ្ធិពលកកិតតិចតួចបំផុតបានធ្វើឱ្យលោក Galileo ឈានដល់ការសន្និដ្ឋានមួយដែលផ្ទុយពីការជឿរបស់ Aristotle ថាធម្មជាតិនៃអង្គធាតុគឺនៅនឹង។

Galileo បានរកឃើញថាឥទ្ធិពលនៃមជ្ឈដ្ឋានក្រៅ(កម្លាំង)ត្រូវការដើម្បីធ្វើឱ្យអង្គធាតុមួយមានសំទុះ ឬធ្វើឱ្យមានបម្រែបម្រួលល្បឿន។ ប៉ុន្តែក្នុងលក្ខខណ្ឌណាមួយនោះគេត្រូវការកម្លាំងដើម្បីធ្វើឱ្យអង្គធាតុមួយមានចលនា។ ប៉ុន្តែបើក្នុងករណីអវត្តមានកម្លាំងទប់នៃខ្យល់ ចលនានៃអង្គធាតុមួយនៅតែបន្តផ្លាស់ទីតាមគន្លងជាបន្ទាត់រហូតដោយល្បឿនមិនថយចុះឡើយ។ ឬគេអាចនិយាយបានថាធម្មជាតិនៃអង្គធាតុ ឬលក្ខណៈរបស់វា គឺមានចលនាស្មើដោយល្បឿនថេរ ប្រសិនបើអង្គធាតុមិនរងឥទ្ធិពលនៃមជ្ឈដ្ឋានក្រៅ។ ទាំងនេះមិនអាចកើតមានក្នុងការអនុវត្តទេ ព្រោះកកិត ឬកំលាំងទប់នៃខ្យល់រាំងអង្គធាតុ។ ភាពនៅនឹងមិនមានលក្ខណៈពិសេសចំពោះទស្សនៈនៃចលនារបស់លោក Galileo ទេ វាគឺជាចលនាស្មើរបស់អង្គធាតុដែលមានបម្រែបម្រួលល្បឿនស្មើសូន្យ $\vec{v} = \vec{0}$ ។

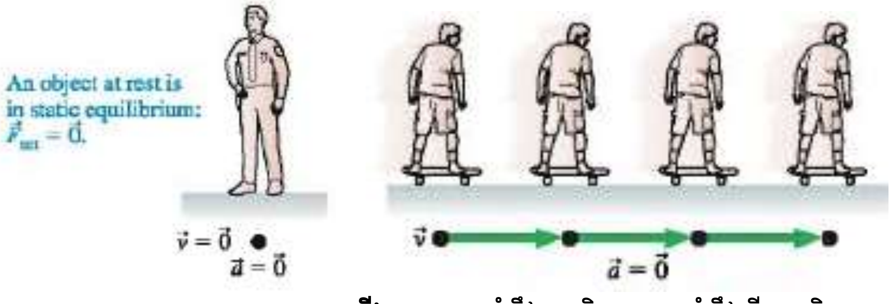
ពីលទ្ធផលទាំងនេះលោកញូតុនបានធ្វើអោយទៅជាលក្ខណៈទូទៅ ដែលឥឡូវត្រូវបានហៅថាច្បាប់ទីមួយញូតុននៃចលនាដែលពោលថា អង្គធាតុមួយនៅនឹង វានៅនឹងដដែល ឬក៏អង្គធាតុមួយកំពុងផ្លាស់ទី វានឹងបន្តផ្លាស់ទីតាមគន្លងត្រង់ដោយល្បឿនថេរ កាលណាកំលាំងសរុបមានអំពើលើវាស្មើសូន្យ។ ច្បាប់ទី១ ញូតុនត្រូវបានគេស្គាល់ថាជាច្បាប់និចលភាព។ ប្រសិនបើវត្ថុនៅស្ងៀម វានៅស្ងៀមដដែលតែបើវាមានចលនាវិញ គឺជាចលនាដែលមានល្បឿនថេរ។

ច្បាប់ទី១របស់ញូតុនសំដៅទៅលើកំលាំងសរុប។ អង្គធាតុមួយនៅនឹង ឬអាចផ្លាស់ទីដោយចលនាស្មើ បើកាលណាកំលាំងសរុបមានអំពើលើវាស្មើសូន្យ។

អង្គធាតុមួយដែលកំលាំងសរុបស្មើសូន្យ $\vec{F} = \vec{0}$ គេថាអង្គធាតុមានលំនឹងមេកានិច។ តាមច្បាប់ ទី១ញូតុន លំនឹងមេកានិចមានពីរប្រភេទគឺ

១. អង្គធាតុនៅនឹង ហៅលំនឹងស្តាទិច

២. អង្គធាតុផ្លាស់ទីតាមគន្លងជាបន្ទាត់ដោយល្បឿនថេរ ហៅលំនឹងឌីណាមិច



រូបទី២.៣៖ ក. លំនឹងស្តាទិច ។ ខ. លំនឹងឌីណាមិច

២.៣ ច្បាប់ទី២ញូតុន

ម៉ាសៈ ម៉ាសគឺជារង្វាស់នៃនិចលភាពរបស់អង្គធាតុមួយ។ ចំពោះអង្គធាតុមួយមានម៉ាសកាន់តែធំ កំលាំងដែលត្រូវការសម្រាប់ធ្វើឱ្យអង្គធាតុនោះមានសំទុះក៏កាន់តែធំដែរ។ វាពិបាកនឹងធ្វើឱ្យអង្គធាតុនោះមានចលនាពីភាពនៅនឹងទៅ ឬពិបាកនឹងបញ្ឈប់ពេលវាកំពុងមានចលនា ឬក៏ពិបាកធ្វើអោយវាប្រែប្រួលទិសដៅនៃចលនា។ រថយន្តដឹកទំនិញមួយមាននិចលភាពធំជាង និចលភាពរបស់បាល់ដែលកំពុងផ្លាស់ទីដោយល្បឿនដូចគ្នា ហើយត្រូវការកំលាំងយ៉ាងធំដើម្បីធ្វើឱ្យវ៉ិចទ័រល្បឿនរបស់រថយន្តដឹកទំនិញប្រែប្រួល ដូចនឹងអត្រាបម្រែបម្រួលវ៉ិចទ័រល្បឿនរបស់បាល់។ ដោយសាររថយន្តដឹកទំនិញមានម៉ាសធំជាងបាល់។

ម៉ាស និងទំងន់ច្រើនតែច្រឡំគ្នា ម៉ាសគឺការវាស់នូវនិចលនភាពរបស់វត្ថុមួយ ។ ទំងន់គឺជាកំលាំងទំនាញដីដែលមានអំពើលើអង្គធាតុ។ ដើម្បីបង្ហាញពីភាពខុសគ្នា សន្មត់ថាគេយកវត្ថុមួយទៅភពព្រះច័ន្ទទំងន់របស់វត្ថុពេលនេះមានតម្លៃស្មើនឹងមួយភាគប្រាំមួយនៃទំងន់វានៅលើផែនដី ព្រោះកំលាំងទំនាញខ្សោយជាងមុនប្រាំមួយដង។ ប៉ុន្តែម៉ាសរបស់វានៅដដែល ព្រោះបរិមាណសារជាតុក្នុងវត្ថុនៅដដែល ដូច្នេះនិចលភាពរបស់វាក៏មិនប្រែប្រួលដែរ។

ច្បាប់ទី១ញូតុនបង្ហាញថាៈ ប្រសិនបើកំលាំងសរុបមានអំពើលើអង្គធាតុនៅនឹងមួយស្មើសូន្យ អង្គធាតុនៅនឹងដដែល បើវាកំពុងតែផ្លាស់ទី វាបន្តផ្លាស់ទីតាមគន្លងជាបន្ទាត់ដោយល្បឿនថេរ។ ប៉ុន្តែ តើនឹងមានអ្វីកើតឡើងប្រសិនបើកំលាំងសរុបមានអំពើលើអង្គធាតុមួយមិនស្មើសូន្យ។ញូតុនគិតថាល្បឿនរបស់អង្គធាតុនោះនឹងប្រែប្រួល។

ពិនិត្យកំលាំងដែលត្រូវការសម្រាប់រុញកូនរទេះមួយពេលកកិតមានតម្លៃតូចអាចចោលបាន។ (ប្រសិនបើមានកម្លាំងកកិត គេបានកម្លាំងសរុប ឬកម្លាំងបានការស្មើនឹងកម្លាំងដែលមានអំពើលើកូនរទេះដកកម្លាំងកកិត)។ បើអ្នករុញកូនរទេះដោយកំលាំងតូចល្មមដែលមានតម្លៃថេរក្នុងរយៈពេលជាក់លាក់ណាមួយ អ្នកបានធ្វើអោយកូនរទេះមានចលនាដោយស្ទុះពីភាពនៅនឹងទៅដល់ល្បឿនណាមួយ ឧទាហរណ៍ $3\,km/h$ ។ ប្រសិនបើអ្នកប្រើកំលាំងពីរដងធំជាងមុនលើកូនរទេះ ល្បឿនរបស់កូនរទេះកើនដល់ $3\,km/h$ ក្នុងរយៈពេលតែពាក់កណ្តាលនៃរយៈពេលខាងលើ។ សំទុះរបស់កូនរទេះធំជាងមុនពីរដងដែរ។ ប្រសិនបើអ្នករុញកូនរទេះនូវកំលាំងបីដងធំជាងមុន សំទុះរបស់កូនរទេះមានតម្លៃបីដងធំជាងមុនដែរ។ ដូច្នេះសំទុំរបស់អង្គធាតុមួយសមាមាត្រនឹងកំលាំងសរុបដែលមានអំពើលើអង្គធាតុនោះ ។ ប៉ុន្តែសំទុះរបស់អង្គធាតុអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់អង្គធាតុផងដែរ។ ប្រសិនបើអ្នករុញកូនរទេះទទេដោយប្រើកំលាំងមានតម្លៃស្មើនឹងកំលាំងដែលអ្នករុញកូនរទេះពេញទៅដោយផ្លែឈើ អ្នកនឹងរកឃើញថាសំទុះរបស់កូនរទេះទទេ មានតម្លៃធំជាងសំទុះរបស់កូនរទេះពេញទៅដោយផ្លែឈើ។ ដូច្នេះបើម៉ាសនៃអង្គធាតុកាន់តែធំសំទុះរបស់វាកាន់តែតូច បើវារងនូវកំលាំងមានម៉ូឌុលស្មើគ្នា។ ញូតុនបានបង្ហាញថា សំទុះរបស់អង្គធាតុមួយប្រាសសមាមាត្រនឹងម៉ាសរបស់វា។ ទំនាក់ទំនងរវាងសំទុះ ម៉ាស និងកំលាំង ត្រូវបានសរុបដូចខាងក្រោម។

សំទុះនៃអង្គធាតុមួយសមាមាត្រទៅនឹងកំលាំងសរុបដែលមានអំពើលើវា និងប្រាសសមាមាត្រ នឹងម៉ាសរបស់អង្គធាតុនោះ។ ទិសដៅនៃសំទុះគឺជាទិសដៅនៃកំលាំងសរុបដែលមានអំពើលើអង្គធាតុ។ នេះជាច្បាប់ទី២របស់ញូតុន។

ច្បាប់ទី២ញូតុនកំណត់ដោយសមីការ

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

ដែល $\vec{a}$ តាងអោយសំទុះមានខ្នាតជា m/s^2 ។ m ជាម៉ាសមានខ្នាតជា kg ។ $\sum \vec{F}$ តាងកំលាំងសរុបដែលមានអំពើលើអង្គធាតុមួយ។ សញ្ញា $\sum$ តាង ផលបូកនៃកំលាំង $\vec{F}$ ។

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

គេអាចសរសេរក្រោមទំរង់នៃកំប៉ូសង់គឺ

$$\sum F_x = ma_x \ ; \ \sum F_y = ma_y \ ; \ \sum F_z = ma_z$$

$$\vec{F} = F_x\hat{\imath} + F_y\hat{\jmath} + F_z\hat{k}$$

ឧទាហរណ៍១៖ គណនាកម្លាំងសរុបដែលត្រូវការដើម្បីធ្វើឱ្យ៖

(ក). រថយន្តមានម៉ាស 1000 kg មានសំទុះ $\frac{1}{2}g$ ។ (ខ). ផ្លែក្រូចមានម៉ាស 200 g មានសំទុះដូចក្នុងករណី(ក)

ដំណោះស្រាយ៖ គេប្រើច្បាប់ទី២ញូតុនដើម្បីរកកម្លាំងសរុបដើម្បីបង្កើតសំទុះរបស់វត្ថុនីមួយ។

(ក). សំទុះរបស់រថយន្តគឺ $a = \frac{1}{2}g = \frac{1}{2}(9.8\ m/s^2) = 4.9\ m/s^2$ ។ ច្បាប់ទី២ញូតុនគឺ

$$\sum F = ma = (1000\ kg)(4.9\ m/s^2) = 4900\ N$$

(ខ). ចំពោះផ្លែក្រូច៖ ម៉ាស $m = 200\text{ g} = 0.2\text{ kg}$ សំទុះ $a = 4.9\ m/s^2$

ច្បាប់ទី២ញូតុន $\sum F = ma = (0.2\text{ kg})(4.9\ m/s^2) = 0.98\ N$

ឧទាហរណ៍២៖ រកកម្លាំងសរុបដែលត្រូវការដើម្បីបញ្ឈប់រថយន្តមានម៉ាស $1500\ kg$ កំពុងមានល្បឿន $100\ km/h$ ក្នុងចម្ងាយ $55\ m$?

ដំណោះស្រាយ៖ ដោយចលនារបស់រថយន្តជាប្រភេទចលនាប្រែប្រួលស្មើ(យឺតស្មើសំទុះអវិជ្ជមាន) គេត្រូវប្រើរូបមន្តក្នុងចលនាប្រែប្រួលស្មើ បន្ទាប់មកប្រើច្បាប់ញូតុនទី២។

សន្មត់ថារថយន្តមានចលនាតាមអ័ក្ស $+x$ ដូចរូប។ ល្បឿនដើមរបស់រថយន្តគឺ $v_0 = 100\ km/h = 27.8\ m/s$ ហើយល្បឿនស្រេចគឺ $v = 0$ និងចម្ងាយដែលធ្វើបានមុនពេលឈប់គឺ $x - x_0 = 55\ m$ ។

តាមរូបមន្តក្នុងចលនាប្រែប្រួលស្មើគឺ $v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2(x - x_0)} = \frac{0 - (27.8\ m/s)^2}{2(55\ m)} = -7.0\ m/s^2$$

ច្បាប់ទី២ញូតុន $\sum F = ma = (1500\ kg)(-7.0\ m/s^2) = -1.1 \times 10^4\ N$

សញ្ញា – មានន័យថាកម្លាំងដែលត្រូវការដើម្បីបញ្ឈប់រថយន្តមានទិសដៅផ្ទុយពីល្បឿនដើមរបស់រថយន្ត(ឬផ្ទុយពីទិសដៅនៃចលនារបស់រថយន្ត)

*បើសំទុះមិនថេរគេត្រូវគណនាសំទុះមធ្យម បន្ទាប់គេទទួលបានកម្លាំងសរុបមធ្យមដែរ។

២.៤. ច្បាប់ទី៣ញូតុន

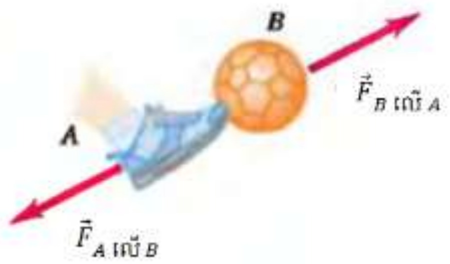
ច្បាប់ទី២ញូតុនបង្ហាញថា តើកំលាំងមានឥទ្ធិពលដូចម្តេចទៅលើចលនា។ ប៉ុន្តែសួរថាតើកំលាំងបានមកពីណា? សូមធ្វើការសង្កេត កម្លាំងដែលមានអំពើលើអង្គធាតុណាមួយ គឺតែងតែបញ្ចេញដោយអង្គធាតុមួយផ្សេង

ទៀត។ ឧទាហរណ៍សេះទាញរទេះមួយ មនុស្សរុញកូនរទេះមួយ ញញួសង្កត់លើក្បាលដែកគោល ។ ក្នុងឧទាហរណ៍ខាងលើអង្គធាតុមួយរងនូវកំលាំងដែលបញ្ចេញដោយអង្គធាតុមួយផ្សេងទៀត។ កំលាំងដែលមានអំពើលើក្បាលដែកគោល ជាកំលាំងបញ្ចេញដោយញញួរ។

ប៉ុន្តែញូតុនយល់ឃើញថាអង្គធាតុទាំងនោះមិនចាំតែរងនូវកំលាំងទេ ។ ញញួរបានបញ្ចេញកំលាំងលើដែកគោល ហើយដែកគោលក៏បានបញ្ចេញកំលាំងមកលើញញួរវិញដែរ ព្រោះល្បឿនរបស់ញញួរបានថយយ៉ាងរហ័សទៅរកសូន្យបន្ទាប់ពីប៉ះដែកគោល។ មានតែកំលាំងដែលមានម៉ូឌុលធំទេ ដែលអាចធ្វើអោយញញួរថយល្បឿនយ៉ាងរហ័សទៅរកសូន្យ។

ច្បាប់ទី៣របស់ញូតុនពោលថា៖ អង្គធាតុទីមួយបញ្ចេញកំលាំងទៅលើអង្គធាតុទីពីរ នោះអង្គធាតុទីពីរបានបញ្ចេញកំលាំងមកលើអង្គធាតុទីមួយវិញដោយមានម៉ូឌុលស្មើគ្នាតែទិសដៅផ្ទុយ។
ឧទាហរណ៍ជើងមនុស្សA បានបញ្ចេញកំលាំង $\vec{F}_{A\,លើ\,B}$ ទៅលើបាល់ B ហើយកំលាំង $\vec{F}_{B\,លើ\,A}$ គឺជាកំលាំងបញ្ចេញដោយបាល់មកលើជើង។ ច្បាប់ទី៣របស់ញូតុន

$$\vec{F}_{Aលើ B} = -\vec{F}_{Bលើ A}$$



រូបទី២.៤ A បានបញ្ចេញកំលាំង $\vec{F}_{A\,លើ\,B}$ ទៅលើ B ហើយ B បានបញ្ចេញកំម្លាំង $\vec{F}_{B\,លើ\,A}$ មកលើ A វិញដោយមានម៉ូឌុលស្មើតែទិសដៅផ្ទុយ។

២.៥ ទម្ងន់ កម្លាំងទំនាញដី និងកម្លាំងកែង

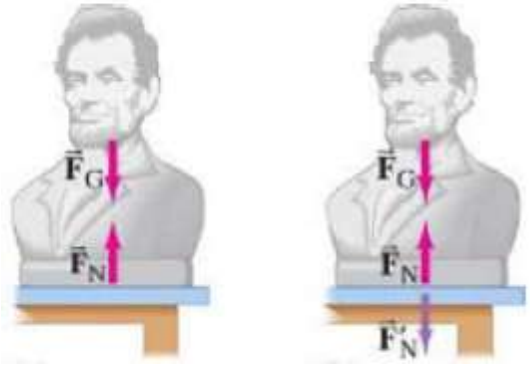
លោក Galileo បានបង្ហាញថាគ្រប់វត្ថុទាំងអស់ដែលធ្លាក់នៅក្បែរៗផ្ទៃផែនដី មានសំទុះទំនាញដីដូចគ្នា $\vec{g}$ បើមិនគិតកម្លាំងទប់នៃខ្យល់។ កម្លាំងដែលបណ្តាលឱ្យមានសំទុះទំនាញដីនេះហៅថាកម្លាំងទំនាញដី ដែលមានទិសឈរ និងទិសដៅឆ្ពោះទៅរកផ្ចិតផែនដី។ សូមអនុវត្តច្បាប់ទី២ញូតុនចំពោះវត្ថុមួយមានម៉ាស m ធ្លាក់ដោយសេរីក្នុងដែនទំនាញដី។ ចំពោះសំទុះ $\vec{a}$ ត្រូវបានជំនួសដោយសំទុះទំនាញដី $\vec{g}$ ដែលមានទិសដៅចុះក្រោម។ កម្លាំងទំនាញដីគឺ $\vec{F}_G$ ដែលមានកន្សោម

$$\vec{F}_G = m\vec{g}$$

កម្លាំងនេះមានទិសដៅចុះក្រោម មានម៉ូឌុលស្មើ mg ជាទូទៅត្រូវបានហៅថា ទម្ងន់។

កម្លាំងទំនាញដីមានអំពើលើវត្ថុមួយពេលវាកំពុងធ្លាក់ចុះ។ ពេលវត្ថុនៅនឹងលើផ្ទៃផែនដី កម្លាំង $\vec{F}_G = m\vec{g}$ នេះមិនបានបាត់ទៅណាទេ គឺនៅតែបន្តមានអំពើលើវត្ថុដដែល។ ប៉ុន្តែហេតុអ្វីបានជាវត្ថុនៅនឹងដដែល។ ពីច្បាប់ទីពីរញូតុនកម្លាំងដែលមានអំពើលើវត្ថុមួយ ហើយបើវត្ថុនោះនៅនឹងដដែលគឺស្មើសូន្យ។ ដូច្នេះវាត្រូវមានកម្លាំងណាមួយផ្សេងទៀតមានអំពើលើវត្ថុដើម្បីទប់ទល់នឹងកកម្លាំងទំនាញដី។ ចំពោះវត្ថុមួយមានលំនឹងនៅលើតុ គឺតុបានបញ្ចេញកម្លាំងមានទិសដៅឡើងលើហៅថាកម្លាំងប៉ះព្រោះវាកើតឡើងពេលវត្ថុពីរប៉ះគ្នា។ (កម្លាំងដែលដៃរបស់អ្នករុញកូនរទេះក៏ជាកម្លាំងប៉ះដែរ។ ពេលដែលកម្លាំងប៉ះមានអំពើក្នុងទិសដៅកែងនឹងផ្ទៃប៉ះ ត្រូវបានហៅថាកម្លាំងកែង) ។ កម្លាំងនេះតាងដោយ $\vec{F}_N$ដូចរូប២.៥(ក)។

កម្លាំងពីរដូចបង្ហាញក្នុងរូប ២.៥(ក) គឺមានអំពើលើរូបចម្លាក់មួយដែលស្ថិតក្នុងស្ថានភាពលំនឹង ដូច្នេះផលបូកវ៉ិចទ័រនៃកម្លាំងទាំងពីរគឺស្មើសូន្យ(ច្បាប់ទីពីរញូតុន)។ ដូច្នេះ $\vec{F}_G$ និង $\vec{F}_N$ ត្រូវតែមានតម្លៃស្មើគ្នា ហើយទិសដៅផ្ទុយគ្នា ។ ប៉ុន្តែពួកវាមិនមែនជាកម្លាំងដែលមានតម្លៃស្មើគ្នា និងទិសដៅផ្ទុយគ្នាដូចបានពោលក្នុងច្បាប់ទី៣ញូតុនទេ។



(ក) (ខ)

រូបទី២.៥៖ (ក).កម្លាំងសរុបដែលមានអំពើលើវត្ថុដែលនៅនឹងគឺស្មើសូន្យបើតាមច្បាប់ទី២ញូតុន។ កម្លាំងទំនាញដី$\vec{F}_G$ មានអំពើលើវត្ថុតាមទិសដៅចុះក្រោម ក្នុងស្ថានភាពលំនឹងគឺត្រូវវាទប់ទល់ជាមួយនឹងកម្លាំងមួយទៀតមានទិសដៅឡើងលើគឺកម្លាំងបញ្ចេញដោយតុ(កម្លាំងកែង $\vec{F}_N$) លើរូបចម្លាក់។ (ខ). កម្លាំង$\vec{F}'_N$ ជាកម្លាំងដែលមានអំពើលើតុបញ្ចេញដោយរូបចម្លាក់ ហើយវាជាកម្លាំងប្រតិកម្មតបទៅកម្លាំង$\vec{F}_N$ វិញតាមច្បាប់ទីពីរបស់ញូតុន។ កម្លាំងប្តិកម្មតបទៅកម្លាំង $\vec{F}_G$ គឺមិនត្រូវបានបង្ហាញទេ។

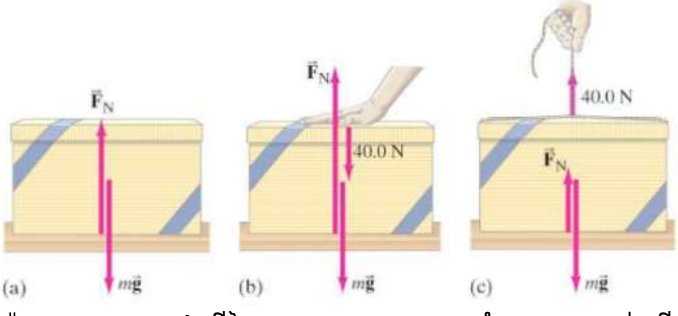
កម្លាំងមានអំពើ និងកម្លាំងប្រតិកម្មនៃច្បាប់ទី៣ញូតុន គឺមានអំពើលើវត្ថុផ្សេងគ្នា តែក្នុងរូប២.៥(ក)កម្លាំងពីរមានអំពើលើវត្ថុតែមួយ។ ចំពោះកម្លាំងនីមួយៗក្នុងរូប២.៥(ក)គេអាចសួរថា "តើមួយណាជាកម្លាំងប្រតិកម្ម?" ។ កម្លាំងដែលមានទិសដៅឡើងលើ $\vec{F}_N$ គឺកម្លាំងបញ្ចេញដោយតុលើរូបចម្លាក់។ កម្លាំងប្រតិកម្មតបនឹងកម្លាំងនេះគឺជាកម្លាំងមួយដែលបញ្ចេញដោយរូបចម្លាក់ទៅលើតុតាមទិសដៅចុះក្រោម។ វាត្រូវបានបង្ហាញក្នុងរូប២.៥(ខ) ហើយតាងដោយ $\vec{F}'_N$ ។ កម្លាំង $\vec{F}'_N$ មានអំពើលើតុបញ្ចេញដោយរូបចម្លាក់ គឺជាកម្លាំងប្រតិកម្មតបនឹងកម្លាំង $\vec{F}_N$ តាមច្បាប់ទី៣ញូតុន។

ឧទាហរណ៍ទី៣៖ ប្រអប់មួយមានម៉ាស $10.0\ kg$ ស្ថិតនៅនឹងលើផ្ទៃតុគ្មានកកិតមួយដូចរូប២.៦(a) ។

១. កំណត់ទម្ងន់នៃប្រអប់ និងកម្លាំងកែងដែលបញ្ចេញដោយតុលើប្រអប់។

២. គេសង្កត់ប្រអប់ដោយកម្លាំងមួយមានអាំងតង់ស៊ីតេ $40\ N$ ដូចរូប ២.៦(b) រកកម្លាំងកែងដែលមានអំពើដោយតុទៅលើប្រអប់។

៣. បើគេទាញប្រអប់ឡើងលើដោយកម្លាំង $40\ N$ ដូចក្នុងរូប២.៦(c) រកកម្លាំងកែងដែលមានអំពើដោយតុលើប្រអប់?



រូបទី២.៦៖ (a)ប្រអប់មានម៉ាស $10.0\ kg$ នៅលើផ្ទៃតុ។ (b)គេបញ្ចេញកម្លាំង$40\ N$ សង្កត់លើប្រអប់។ (c)គេទាញប្រអប់ឡើងលើដោយកម្លាំង$40\ N$។

ដំណោះស្រាយ

ប្រអប់នៅនឹងលើតុ ដូច្នេះកម្លាំងសរុបមានអំពើលើប្រអប់ស្មើសូន្យ(ច្បាប់ទី២ញូតុន)។ ទម្ងន់នៃប្រអប់ស្មើនឹង mg គ្រប់ករណី(ទាំងបីករណីទាំង៣)។

១. ទម្ងន់នៃប្រអប់គឺ $mg = (10.0\,kg)(9.8\,m/s^2) = 98.0\,N$ មានទិសដៅចុះក្រោម។ កម្លាំងផ្សេងទៀតដែលមានអំពើលើប្រអប់ គឺមានតែកម្លាំងកែងដែលបញ្ចេញដោយតុដូចរូប២.៦a មានទិសដៅឡើងលើ។ បើគេកំណត់ទិសដៅវិជ្ជមានឡើងលើតាមទិសដៅ $+y$ គេបាន$\sum F_y = F_N - mg$។ ដោយប្រអប់នៅនឹង គេបានកម្លាំងសរុបស្មើសូន្យ (ច្បាប់ទី២ញូតុន $\sum F_y = ma_y;\ a_y = 0$)។ ដូច្នេះគេបាន

$$\sum F_y = F_N - mg = 0$$

នាំឱ្យ $F_N = mg = 98.0\,N$

២. រកកម្លាំងកែងដែលមានអំពើដោយតុទៅលើប្រអប់ រូប ២.៦(b)

កម្លាំងបីមានអំពើលើប្រអប់គឺ ទម្ងន់ $mg = 98.0\,N$ កម្លាំងកែង F_N និងកម្លាំងសង្កត់របស់ដៃគឺ $40\,N$

ច្បាប់ទី២ញូតុន

$$\sum F_y = F_N - mg - 40$$

ដោយវត្ថុនៅនឹងគេបានសំទុះស្មើសូន្យ នោះកម្លាំងសរុបស្មើសូន្យ

$$\sum F_y = ma_y = 0\ ;\ a_y = 0$$

$$F_N - mg - 40 = 0$$

$$F_N = mg + 40 = 98.0\ \text{N} + 40\ \text{N} = 138.0\ \text{N}$$

មានតម្លៃធំជាងក្នុងករណីទី១។ តុបានបញ្ចេញកម្លាំងរុញឡើងវិញកាន់តែធំ កាលណាមនុស្សប្រើកម្លាំងសង្កត់លើប្រអប់។ ដូច្នេះកម្លាំងកែងគឺមិនស្មើនឹងទម្ងន់ជានិច្ចទេ។

៣. រូប២.៦(c) រកកម្លាំងកែងដែលមានអំពើដោយតុលើប្រអប់?

កម្លាំងបីមានអំពើលើប្រអប់ គឺទម្ងន់ $mg = 98.0\,N$ កម្លាំងទាញដោយដៃ $40\,N$ កម្លាំងកែងបញ្ចេញដោយតុលើប្រអប់ F_N ។ ដោយប្រអប់នៅនឹងគេបានកម្លាំងសរុបស្មើសូន្យ (តាមច្បាប់ទី២ញូតុន$\sum F_y = ma_y = 0\ ;\ a_y = 0$)

$$\sum F_y = F_N - mg + 40 = 0$$

$$F_N = mg - 40 = 98.0\,N - 40\,N = 58.0\,N$$

តុមិនបានបញ្ចេញកម្លាំងរុញប្រឆាំងតបនឹងទម្ងន់ទាំងស្រុងទេ ដោយសាមានកម្លាំងទាញឡើងលើមួយទៀត។ ទម្ងន់នៃប្រអប់ mg មិនប្រែប្រួលទេ បើទោះជាមានកម្លាំងទាញ ឬរុញមានអំពើលើប្រអប់ក៏ដោយ គឺមានតែកម្លាំងកែងទេដែលទទួលរងឥទ្ធិពលនេះ។

ឧទាហរណ៍ទី៤៖ នារីម្នាក់មានម៉ាស $65\,kg$ ស្ថិតក្នុងបន្ទប់យោងនៃជណ្ដើរយន្តមានចលនាចុះក្រោមដោយសំទុះ $0.20g$ ។ នាងឈរលើជញ្ជីងមួយមានមាត្រដ្ឋានជា kg ។

ក. ក្នុងពេលមានចលនាដោយសំទុះនេះ រកទម្ងន់របស់នាង និងតម្លៃដែលជញ្ជីងបានបង្ហាញ?

ខ. តើជញ្ជីងនឹងបង្ហាញតម្លៃប៉ុន្មានពេលបន្ទប់យោងនៃជណ្ដើរយន្តចុះក្រោមដោយល្បឿនថេរ?

ដំណោះស្រាយ៖ ក្នុងរូប ២.៧ បង្ហាញពីកម្លាំងទាំងអស់ដែលមានអំពើលើនារី។ សំទុះមានទិសដៅចុះក្រោមដែលយើងយកជាទិសដៅវិជ្ជមាន ។

ក. ទម្ងន់របស់នារី និងតម្លៃដែលបង្ហាញដោយជញ្ជីង

តាមច្បាប់ទី ២ញូតុន

$$\sum F = ma$$
$$mg - F_N = m(0.20g)$$
$$F_N = mg - 0.20mg = 0.80mg$$

កម្លាំងនេះមានទិសដៅឡើងលើ។ កម្លាំងកែង $\vec{F}_N$ ជាកម្លាំងដែលជញ្ជីងមានអំពើលើមនុស្ស ដែលមានតម្លៃស្មើ ហើយទិសដៅផ្ទុយនឹងកម្លាំងដែលមានអំពើលើជញ្ជីង៖ $F'_N = 0.80mg$ មានទិសដៅចុះក្រោម។

រូប២.៧៖ បង្ហាញពីកម្លាំងដែលមានអំពើលើមនុស្សឈរលើជញ្ជីងក្នុងជណ្តើរយន្តដែលមានចលនាចុះក្រោម។

ទម្ងន់របស់នាង(កម្លាំងទំនាញដី)នៅតែ $mg = (65kg)(9.8\,m/s^2) = 640\,N$ ។ ប៉ុន្តែជញ្ជីងត្រូវការបញ្ចេញកម្លាំងតែ $0.80mg$ ដែលឱ្យតម្លៃជាម៉ាសគឺ $0.80m = 52\,kg$។

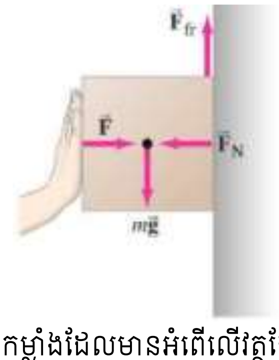
ខ. តម្លៃបង្ហាញដោយជញ្ជីងករណីល្បឿនថេរ $a = 0$

ច្បាប់ទី២ញូតុន

$$mg - F_N = 0$$
$$F_N = mg$$

ជញ្ជីងបង្ហាញតម្លៃស្មើនឹងម៉ាសពិតរបស់នាង $65\,kg$ ។

ឧទាហរណ៍ទី៥៖ អ្នកអាចទប់វត្ថុមួយឱ្យនៅជាប់នឹងជញ្ជាំងដូចរូប២.៨ ដោយការពារវាមិនឱ្យរអិលធ្លាក់ចុះ ដោយប្រើកម្លាំងរុញលើវាតាមទិសដេក។ តើការអនុវត្តនៃកម្លាំងមួយតាមទិសដេកយ៉ាងដូចម្តេចដើម្បីរក្សាវត្ថុនោះមិនឱ្យធ្លាក់ចុះតាមទិសឈរបាន?



រូប២.៨៖បង្ហាញពីកម្លាំងដែលមានអំពើលើវត្ថុដែលប៉ះនឹងជញ្ជាំង។

ចម្លើយ៖ ស្ថានភាពនេះគឺពិបាកកើតឡើងណាស់បើសិនជាជញ្ជាំងមានភាពរអិលខ្លាំង។ យើងត្រូវការកម្លាំងកកិតរវាងជញ្ជាំង និងវត្ថុ។ កម្លាំងតាមទិសដេកដែលយើងបានបញ្ចេញ វាបង្កើតនូវកម្លាំងកែងមានអំពើលើវត្ថុបញ្ចេញដោយជញ្ជាំង។ កម្លាំងទំនាញដី mg មានអំពើលើវត្ថុក្នុងទិសដៅចុះក្រោម អាចមានលំនឹងជាមួយកម្លាំងកកិតដែលមានទិសដៅឡើងលើហើយមានតម្លៃសមាមាត្រនឹងកម្លាំងកែង។ បើយើងរុញកាន់តែខ្លាំង កម្លាំងកែង F_N កាន់តែធំ ហើយកម្លាំងកកិត F_{fr} ក៏កាន់តែធំដែរ។ បើយើងមិនរុញឱ្យខ្លាំងទេ កម្លាំងទំនាញដី $mg > \mu_s F_N$ ហើយវត្ថុនឹងរអិលចុះ។

ឧទាហរណ៍ទី៦៖ អ្នកសំអាតកញ្ចក់បង្អួចម្នាក់បានទាញខ្លួនរបស់នាងឡើងលើដោយប្រើកន្រ្តក និងរ៉កដូចរូប២.៩។

ក. រកកម្លាំងដែលនាងទាញខ្សែចុះក្រោមដើម្បីឱ្យខ្លួនរបស់ឡើងលើសន្សឹមៗដោយល្បឿនថេរ?
ខ. បើនាងបង្កើនកម្លាំង 15% ចូររកសំទុះ។ ម៉ាស់របស់មនុស្ស និងកន្ត្រកគឺ 65 kg ។

រូប២.៩៖សម្រាប់ឧទាហរណ៍ទី៥។

ដំណោះស្រាយ៖ អ្នកសំអាតកញ្ចក់ទាញខ្សែចុះក្រោមដោយដៃដោយកម្លាំងតំណឹងខ្សែ F_T ហើយខ្សែទាញដៃរបស់នាងដោយកម្លាំងតំណឹង F_T ។ តំណឹងខ្សែក្នុងខ្សែក៏បានបញ្ចេញនៅចុងម្ខាងទៀតរបស់វាដែលភ្ជាប់ជាមួយកន្ត្រក។ ដូច្នេះមានកម្លាំង F_T មួយទៀតទាញកន្ត្រកឡើង។ កន្ត្រក និងអ្នកសំអាតរងកម្លាំងទញឡើងលើ $2F_T$ ។

ក. កម្លាំងដែលនាងងទាញខ្សែ F_T

ច្បាប់ទី២ញូតុន យកទិសដៅឡើងលើវិជ្ជមាន ។ កម្លាំងសរុបដែកមានអំពើលើកន្ត្រក និងមនុស្សគឺស្មើសូន្យព្រោះល្បឿនថេរ។ គេបាន

$$\sum F = F_T + F_T - mg = 0$$

$$2F_T = mg \ ; \ F_T = \frac{mg}{2}$$

$$F_T = \frac{(65\ kg)(9.8\ m/s^2)}{2} = 320\ N$$

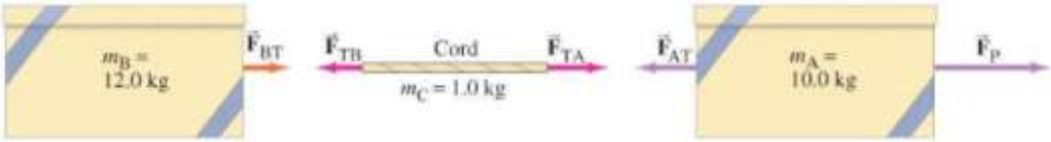
ខ. ឥឡូវកម្លាំងកើន 15%ដូច្នេះ $F_T = 320\ N + 320\ N \times 0.15 = 368\ N$

ច្បាប់ទី២ញូតុន

$$\sum F = F_T + F_T - mg = ma$$

$$a = \frac{2F_T - mg}{m} = \frac{2(368\ N) - (65\ kg)(9.8\ m/s^2)}{65\ kg} = 1.5\ m/s^2$$

ឧទាហរណ៍ទី៧៖ គេមានឡាំងពីរស្ថិតនៅលើប្លង់ដេកដោយគ្មានកកិតមួយដូចរូបខាងក្រោម។ ឡាំងពីរភ្ជាប់គ្នាដោយខ្សែមានម៉ាស $1.0\ kg$ ។ គណនាសំទុះរបស់ឡាំងនីមួយៗ និងកម្លាំងតំណឹងត្រង់ចុងទាំងសងខាងនៃខ្សែ។ គេឱ្យកម្លាំងចលករ $F_P = 40.0\ N$ ។ សន្មត់ថាខ្សែត្រង់។



ដំណោះស្រាយ៖

ចាត់ទុកឡាំងទាំងពីរ និងខ្សែជាប្រព័ន្ធមួយមានម៉ាសសរុប $23.0\ kg$ ហើយកម្លាំងដែលធ្វើឱ្យប្រព័ន្ធនេះមានសំទុះគឺ $\vec{F}_P$ ។ ច្បាប់ទី២ញូតុនគឺ

$$F_P = ma\ ;\ a = \frac{F_P}{m}$$
$$a = \frac{40.0\ N}{23.0\ kg} = 1.74\ m/s^2$$

ឥឡូវពិនិត្យតែឡាំងមាន m_B ។ កម្លាំងតែមួយគត់ដែលធ្វើឱ្យម៉ាសនេះផ្លាស់ទីគឺ $\vec{F}_{BT}$ ហើយសំទុះរបស់វាគឺបានរកឃើញពីខាងលើ។ ច្បាប់ទី២ញូតុន

$$F_{BT} = m_B a = (12.0\ kg)(1.74\ m/s^2) = 20.9\ N$$

ឥឡូវពិនិត្យតែចំពោះខ្សែមានម៉ាស m_c។ កម្លាំងសរុបគឺ $\vec{F}_{TA} + \vec{F}_{TB}$ ច្បាប់ទី២ញូតុន

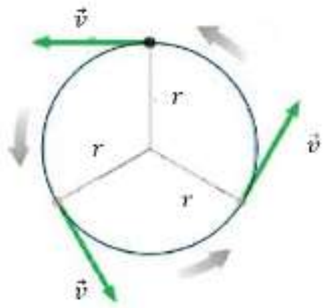
$$F_{TA} - F_{TB} = m_c a$$
$$F_{TA} = F_{TB} + m_c a = 20.9\ N + (1.0\ kg)(1.74\ m/s^2) = 22.6\ N$$

មេរៀនទី៣ ៖ ចលនាខួប

៣.១.ចលនាវង់៖

៣.១.១. និយមន័យ

ពេលភាគល្អិតមួយផ្លាស់ទីក្នុងរង្វង់មួយដោយល្បឿនថេរ ចលនានេះហៅថាចលនាវង់ស្មើ។ រថយន្តមួយដែលផ្លាស់ទីតាមផ្លូវកោងដែលមានកាំថេរ ដោយល្បឿនថេរ តារាវណបមួយផ្លាស់ទីក្នុង កន្លងវង់។



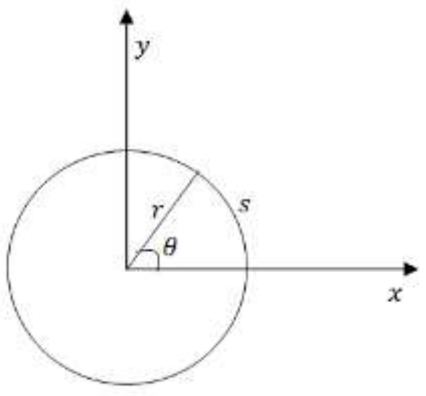
រូប៣.១៖ ភាគល្អិតធ្វើចលនាវង់ស្មើ។

រូប៣.១បង្ហាញពីភាគល្អិតផ្លាស់ទីលើរង្វង់មានកាំr ដោយល្បឿន v ។ រយៈពេលដែលភាគល្អិតផ្លាស់ទីបានមួយជុំហៅថាខួបតាងដោយ T ។ ចំពោះភាគល្អិតផ្លាស់ទីដោយល្បឿនថេរបានចំងាយមួយជុំរង្វង់ គេបានល្បឿនស្មើនឹងចំងាយចែកឱ្យរយៈពេល។

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

៣.១.២.ទីតាំងមុំ

ដោយប្រើកូអរដោនេ (xoy) គេអាចកំណត់ទីតាំងរបស់ចំនុចរូបធាតុនៅលើរង្វង់ដោយចំងាយ r របស់វាពីផ្ចិតរង្វង់ និងមុំរបស់វា θ ធៀបនឹងអ័ក្ស x។



រូបប៣.២ ទីតាំងភាគល្អិតកំណត់ដោយកាំ r និងមុំ θ ។

ធ្នូរង្វង់ s កាំរង្វង់ r និង មុំ θ គិតជា rad ។ តាមនិយមន័យរង្វង់

$$\theta = \frac{s}{r}$$

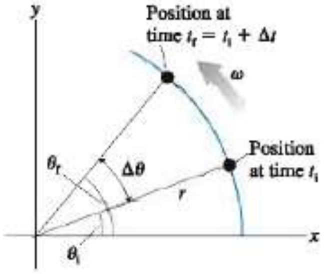
$$s = \theta r$$

៣.១.៣.ល្បឿនមុំ

រូប៣.៣នៅខណៈដើម(t_i) ភាគល្អិតស្ថិតនៅទីតាំង ឬមានចំងាយ θ_iពីអ័ក្ស x នៅខណៈចុង t_f ភាគល្អិតនៅទីតាំងវីមានចំងាយ θ_fពីអ័ក្ស x ។ តាមនិយមន័យល្បឿនមធ្យម គឺវាស្មើនឹង ចំងាយចរចែកអោយរយៈពេល

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

បើនៅខណៈដើម t_i ស្មើសូន្យ វាត្រូវនឹងទីតាំង θ_iស្មើសូន្យ គេបានល្បឿនមុំ



រូប៣.៣៖ ភាគល្អិតផ្លាស់ទីដោយមានល្បឿនមុំ ω ។

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_f - \theta_i}{t_f - t_i} = \frac{\theta_f}{t_f}$$

ឬក៏អាចសរសេរ

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad ; \quad \theta = \omega t$$

បើអង្គធាតុនោះធ្វើបានមួយជុំវង្វង់នោះ $\Delta\theta = 2\pi rad$ រយៈពេលក្នុងមួយជុំវង្វង់គឺជាខួបគេបាន $\Delta t = T$

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

៣.១.៤.ល្បឿនប្រវែង និងល្បឿនមុំ

តាមនិយមន័យល្បឿនមធ្យមគឺ

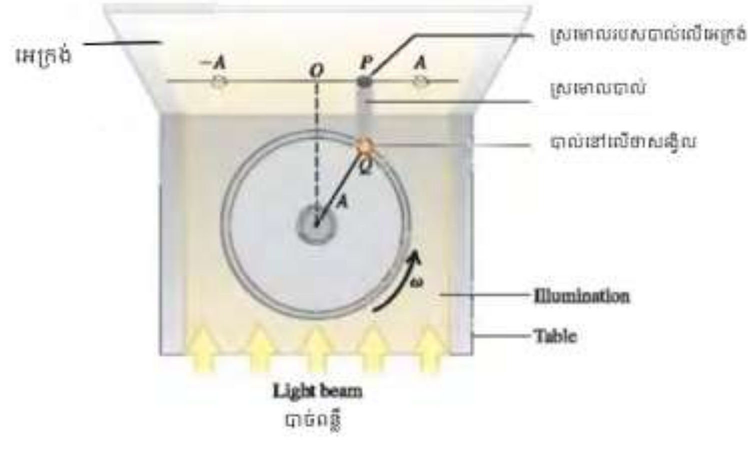
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad ; \quad s = r\theta$$

$$v = \frac{r\Delta\theta}{\Delta t} \quad ; \quad \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \omega$$

គេបានទំនាក់ទំនងរវាងល្បឿនប្រវែង v និងលល្បឿនមុំ ω គឺ

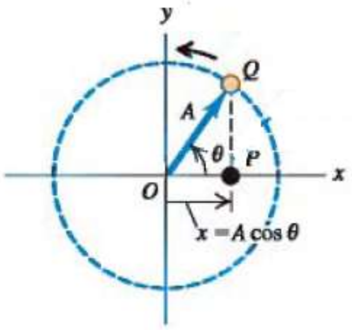
$$v = r\omega$$

៣.១.៥.ចលនាវង់ និងសមីការចលនាអាម៉ូនិច



រូប៣.៤៖ ទំនាក់ទំនងរវាងចលនាវង់ស្មើ និងលំយោល។

ដើម្បីរកលក្ខណៈនៃលំយោលអាកម៉ូនិច គេដាក់បំលាស់ទីx នៃលំយោលរបស់អង្គធាតុជាអនុគមន៍ទៅនឹងរយៈពេល t ។កំណត់សរសេរ $x_{(t)}$ ។រូប៣.៤ បង្ហាញពីការមើលពីលើថ្ទៃថាសមួយក្នុងប្លង់ដេកមានកាំ A នៅគែមនៃថាសបានភ្ជាប់កូនបាល់មួយត្រង់ចំនុច Q ។ ថាសវិលដោយល្បឿនមុំថេរ ω ដូច្នេះថាស មានចលនាវង់ស្មើ។ ដោយបញ្ចាំងពន្លឺទៅលើថាសដែលកំពុងវិលវាធ្វើអោយមានស្រមោលរបស់កូនបាល់នៅលើអេក្រង់។ ស្រមោលរបស់បាល់ត្រង់ចំនុច P យោលទៅវិញទៅមកនៅលើអេក្រង់ ខណៈដែលបាល់កំពុងធ្វើចលនាវង់នៅលើថាស។ ស្រមោលនៃបាល់យោលទៅវិញទៅមកមានអំព្លីទុតស្មើកាំវង្វង់ A ។



រូប៣.៥៖ ចលនានៃស្រមោលបាល់ ដូចនឹងលំយោលប៉ោលរឺសរ។

ពិនិត្យរូប៣.៥ នៅខណៈ t ណាមួយវ៉ិចទ័រ $\overrightarrow{OQ}$ គូសចេញពីគល់ O នៃផ្ចិតវង្វង់ទៅចំណុច Q ដែលបង្កើតបានមុំ θ ជាមួយអ័ក្ស x ។ ពេលចំណុច Q ផ្លាស់ទីលើរង្វង់ដោយល្បឿនមុំថេរ ω វ៉ិចទ័រ $\overrightarrow{OQ}$ វិលដោយល្បឿនមុំថេរស្មើគ្នា។ រង្វិលនៃវ៉ិចទ័រនេះហៅថាប្រេណៃល(Phasor)។ កំប៉ូសង់(ជាតុ)នៃប្រេណៃលតាមអ័ក្ស x នៅខណៈ t គឺ

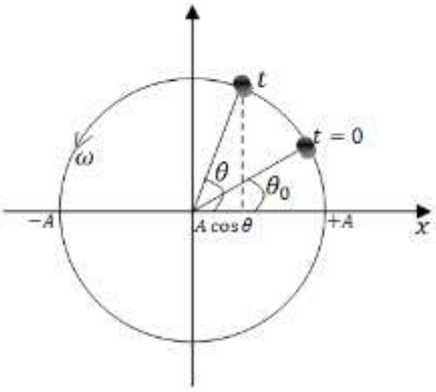
$$x = A\cos\theta$$
$$\theta = \omega t$$
$$x = A\cos\omega t \qquad (៣.១)$$

រូប៣.៥ ភាគល្អិតមានចលនាដោយផាសដើមស្មើសូន្យ $\theta_0 = 0$ ។ ឥឡូវពិនិត្យលក្ខខណ្ឌដើមមួយផ្សេងទៀតដែលនៅខណៈដើម $t = 0$ ភាគល្អិតមានទីតាំងត្រង់ θ_0 ខុសពីសូន្យ។ ដូច្នេះនៅខណៈ ពេល t ក្រោយមកទីតាំងរបស់ភាគល្អិតគឺ

$$\theta = \omega t + \theta_0$$

ក្នុងករណីនេះ ធ្វើចំណោលកែងទៅលើអ័ក្ស x នៅរយៈពេល t គឺ

$$x = A\cos\theta$$
$$x = A\cos(\omega t + \theta_0) \qquad (៣.២)$$



រូបទី៣.៦៖ ភាគល្អិតមានចលនាវង់ស្មើជាមួយនឹងលក្ខខណ្ឌដើម θ_0 ។

សមីការ (៣.២) បង្ហាញពីចំណោលកែងនៃភាគល្អិតមកលើអ័ក្ស x ដែលជាទីតាំងមួយនៃលំយោលក្នុង លំយោលអាកម៉ូនិចងាយ។ ល្បឿននៃលំយោលគឺ

$$v_{(x)} = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}A\cos(\omega t - \theta_0)$$

$$v_{(x)} = -A\omega\sin(\omega t + \theta_0) \quad (៣.៣)$$

៣.២.លំយោលអាកម៉ូនិចងាយ

ពិនិត្យអង្គធាតុមួយមានម៉ាស m អាចរអិលលើប្លង់ដេកគ្មានកកិត បានភ្ជាប់នឹងចុងរ៉ឺស័រមួយដូចរូបទី៣.៧ ។ ដំបូងប្រព័ន្ធស្ថិតក្នុងស្ថានភាពលំនឹងត្រង់ទីតាំង $x = 0$ កាលណាគេធ្វើអោយអង្គធាតុផ្លាស់ទីទៅស្តាំរ៉ឺស័រយឺត រឺផ្លាស់ទៅឆ្វេងរ៉ឺស័ររួញ រ៉ឺស័របានបញ្ចេញកំលាំងមានអំពើលើអង្គធាតុដែលមានទិសដៅត្រឡប់មកទីតាំងលំនឹងវិញ ដែលគេហៅថាកំលាំងរំលឹក។ តាមច្បាប់ហ៊ុក(Hook) គឺ

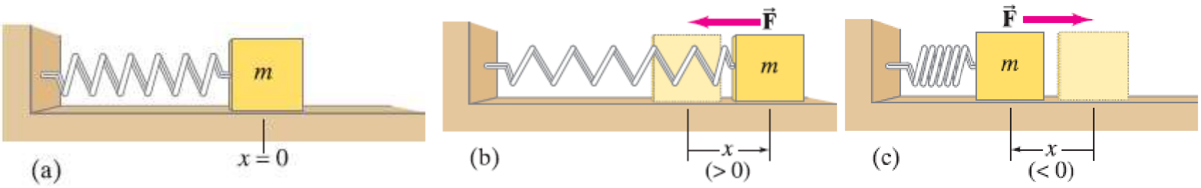
$$F = -kx \quad (៣.៤)$$

ដែល F ជាកំលាំង គិតជា N

k ជាថេរសមាមាត្រនៃរ៉ឺស័រ រឺថេរកំរាញនៃរ៉ឺស័រ គិតជា N/m

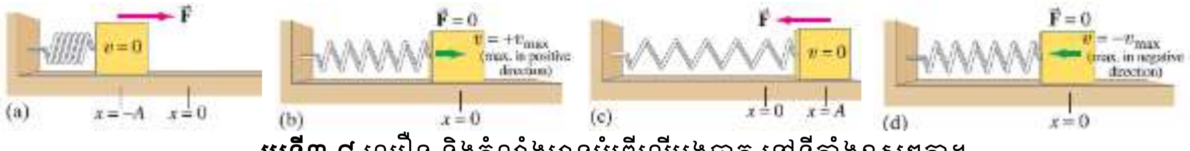
x ជាបំលាស់ទីរបស់អង្គធាតុ គិតជា m

សញ្ញា(–) បញ្ជាក់ពីកម្លាំងមានទិសដៅផ្ទុយពីបំលាស់ទី។ ប្រសិនបើកំណត់ទិសដៅវិជ្ជមានទៅស្តាំ គេសង្កេតឃើញថាកាលណារ៉ឺស័រយឺត បំលាស់ទីវិជ្ជមាន តែកម្លាំងអវិជ្ជមាន។ កាលណារ៉ឺស័ររួញកម្លាំងគឺវិជ្ជមាន តែបំលាស់ទីគឺអវិជ្ជមាន។



រូបទី៣.៧ (a)ប្រព័ន្ធស្ថិតក្នុងស្ថានភាពលំនឹង (b)អង្គធាតុផ្លាស់ទីទៅស្តាំ (c)អង្គធាតុផ្លាស់ទីទៅឆ្វេង។

ឥឡូវពិនិត្យស្ថានភាពមួយដែលអង្គធាតុនៅខាងឆ្វេងទីតាំងលំនឹង(រ៉ឺស័ររួញ)ចម្ងាយ $x = -A$ ដែលល្បឿនស្មើសូន្យ ។ កំលាំងរ៉ឺស័របានរុញអង្គធាតុអោយផ្លាស់ទីទៅរកទីតាំងលំនឹង ហើយកំលាំងថយរហូតស្មើសូន្យត្រង់ទីតាំងនេះ ប៉ុន្តែអង្គធាតុនៅតែបន្តផ្លាស់ទីចេញពីទីតាំងលំនឹងទោះជាកំលាំងរុញនៃរ៉ឺស័រមិនមានក៏ដោយ ពីព្រោះអង្គធាតុនៅរក្សានិចលភាព។ ត្រង់ទីតាំងលំនឹងនេះល្បឿនមានតម្លៃអតិបរិមា។ ខណៈវាចេញពីទីតាំងលំនឹងរ៉ឺស័របញ្ចេញកំលាំងទាញធ្វើអោយល្បឿនអង្គធាតុថយរហូតសូន្យ កាលណា $x = A$ រូបទី៣.៨។ បន្ទាប់មកអង្គធាតុក៏ផ្លាស់ទីមកទីតាំងលំនឹងវិញ។ ការផ្លាស់ទីទៅវិញទៅមកសងខាងទីតាំងលំនឹងនេះបងង្កើតបានជាចលលនាលំយោល។



រូបទី៣.៨ ល្បឿន និងកំលាំងមានអំពើលើអង្គធាតុ នៅទីតាំងខុសៗគ្នា។

នៅពេលអង្គធាតុមានចលនាលំយោលកំលាំងតែមួយគត់ដែលមានលើអង្គធាតុគឺកំលាំងបញ្ចេញដោយរ៉ឺស័រ ចំនែកទំងន់របស់វាមានលំនឹងជាមួយកម្លាំងទ្រររបស់ប្លង់ដេក (ផលបូកស្មើសូន្យ)។ តាមច្បាប់ចលនារបស់ញូតុនគឺ

$$F = ma \quad \text{តែ} \quad a = \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$F = m\frac{d^2x}{dt^2} \quad \text{ហើយ} \quad F = -kx$$

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

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

តាង $\omega^2 = \frac{k}{m}$ ខួប $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0 \qquad (៣.៥)$$

សមីការ(៣.៥) ជាសមីការឌីផេរ៉ង់ស្យែលលំដាប់ពពីរ។ រឹសនៃសមីការសរសេរក្រោមទម្រង់

$$x_{(t)} = a\sin(\omega t) \qquad (៣.៦)$$

ផ្ទៀងផ្ទាត់

$$\frac{dx}{dt} = a\omega\cos(\omega t) \text{ និង } \frac{d^2x}{dt^2} = -a\omega^2\sin(\omega t)$$

តាមសមីការ(៣.៥) គេបាន

$$-a\omega^2\sin(\omega t) + a\omega^2\sin(\omega t) = 0 \text{ ពិត}$$

$$\text{បើ } x_{(t)} = b\cos(\omega t) \quad \text{ជារឹសសមីការ(៣.៥)} \qquad (៣.៧)$$

ផ្ទៀងផ្ទាត់

$$\frac{dx}{dt} = -b\omega\sin(\omega t) \text{ និង } \frac{d^2x}{dt^2} = -b\omega^2\cos(\omega t)$$

តាមសមីការ(៣.៥) គេបាន

$$-b\omega^2\cos(\omega t) + b\omega^2\cos(\omega t) = 0 \text{ ពិត}$$

បើ $x_{(t)} = a\sin(\omega t)$ និង $x_{(t)} = b\cos(\omega t)$ ជារឹសសមីការ(៣.៥)

ដូច្នេះរឹសសមីការ(៣.៥) អាចសរសេរ

$$x_{(t)} = a\sin(\omega t) + b\cos(\omega t) \qquad (៣.៨)$$

រឹសសមីការ(៣.៥) សរសេរក្រោមទម្រង់កំផ្លិច

$$x_{(t)} = c_1e^{i\omega t} + c_2e^{-i\omega t}$$

ផ្ទៀងផ្ទាត់

$$\frac{dx}{dt} = ic_1\omega e^{i\omega t} - ic_2e^{-i\omega t} \text{ និង } \frac{d^2x}{dt^2} = -c_1\omega^2e^{i\omega t} - c_2\omega^2e^{-i\omega t}$$

ជំនួសក្នុងសមីការ (៣.៥) គេបាន

$$-c_1\omega^2e^{i\omega t} - c_2\omega^2e^{-\omega t} + c_1\omega^2e^{i\omega t} + c_2\omega^2e^{-i\omega t} = 0 \quad \text{ពិត}$$

សមីការ(៣.៨) a និង b ជាចំនួនថេរ។ គេអាចសរសេរវាអោយទាក់ទងនឹងចំនួនថេរ A និង φ ដែល

$$a = A\cos\varphi \text{ និង } b = A\sin\varphi$$

សមីការ(៣.៨) អាចសរសេរ

$$x_{(t)} = A\sin(\omega t)\cos\varphi + A\cos(\omega t)\sin\varphi$$

$$x_{(t)} = A\sin(\omega t + \varphi) \qquad (៣.៩)$$

ដែល

$$A = (a^2 + b^2)^{1/2} \text{ និង } \tan\varphi = \frac{b}{a}$$

ទំនាក់ទំនងរវាង a និង b ជាមួយ A និង φ អាចសរសេរក្រោមទំរង់

$$a = -A\sin\emptyset \text{ និង } b = A\cos\emptyset$$

ជំនួសក្នុងសមីការ(៣.៨)

$$x_{(t)} = A\cos(\omega t)\cos\emptyset - A\sin(\omega t)\sin\emptyset$$

$$x_{(t)} = A\cos(\omega t + \emptyset)$$

សរុបមករឹសនៃសមីការ (៣.៥) អាចសរសេរ

$$x_{(t)} = a\sin(\omega t)$$

$$x_{(t)} = b\cos(\omega t)$$

$$x_{(t)} = a\sin(\omega t) + b\cos(\omega t)$$

$$x_{(t)} = c_1 e^{i\omega t} + c_2 e^{-i\omega t}$$

$$x_{(t)} = A\sin(\omega t + \varphi)$$

$$x_{(t)} = A\cos(\omega t + \emptyset)$$

៣.៣ លក្ខណៈលំយោលអាកម៉ូនិចខាយ

$x_{(t)}$ ជាអេឡុងកាស្យុង(បំលាស់ទី) គិតជា m ។ ជាបំលាស់ទីក្នុងខណៈពេលណាមួយ។ ក្នុងចំណុចនេះបង្ហាញអំពីអត្ថន័យរូបវិទ្យានៃតម្លៃថេរទាំងបី A, ω, φ ឬ ϕ ។

អំព្លីទុត

អំព្លីទុតរបស់លំយោលអាកម៉ូនិចគឺជាតម្លៃអតិបរមានៃបំលាស់ទីធៀបនឹងទីតាំងលំនឹង ដោយតម្លៃអតិបរមា និងអប្បរមារបស់អនុគមន៍ស៊ីនុស និងកូស៊ីនុសគឺ $+1$ និង -1 នោះតម្លៃអតិបរមានៃបំលាស់ទី x គឺ $+A$ និង $-A$ ដែល A ហៅអំព្លីទុតគិតជា m ។

ខួប

ខួបជារយៈពេលដែលធ្វើបានមួយលំយោលពេញ។ ឬជារយៈពេលដែលលំយោលធ្វើដដែលឡើងវិញ។ រយៈពេលនេះហៅថាខួបតាងដោយ T ។ បើរយៈពេល t ក្នុងសមីការ(៣.៩) ត្រូវបានបន្ថែម $2\pi/\omega$ ទៅជា $t' = t + \frac{2\pi}{\omega}$ សមីការ(៣.៩) អាចសរសេរ

$$x_{(t')} = A\sin\left(\omega\left(t + \frac{2\pi}{\omega}\right) + \varphi\right)$$

$$x_{(t')} = A\sin(\omega t + \varphi + 2\pi)$$

$$x_{(t')} = A\sin(\omega t + \varphi)$$

$$x_{(t')} = x_{(t)} \text{ នេះបញ្ជាក់ថា}$$

នៅរយៈពេល $2\pi/\omega$ ដែលបានបន្ថែមនេះជាខួបព្រោះលំយោលកើតដដែលឡើងវិញ។ ដូច្នេះខួបគឺ

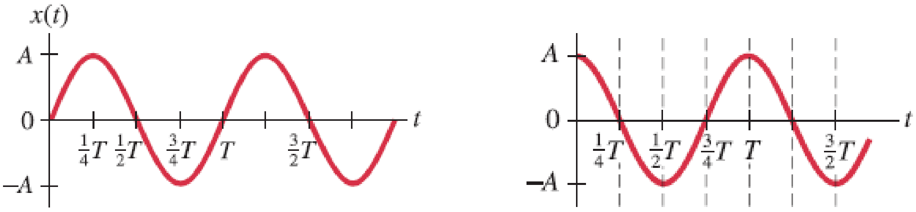
$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ ហើយ } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

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

ω ហៅថាពុលសាស្យុង គិតជា m

ផាស

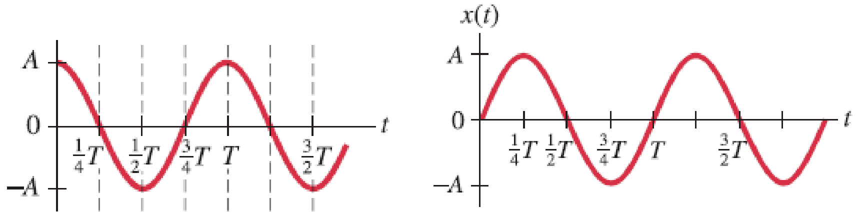
$\omega t + \varphi$ ឬ $\omega t + \phi$ ហៅថាផាស ហើយ φ ឬ ϕ ហៅថាផាសដើមនៃលំយោល(ផាសនៅខណៈ $t = 0$)ផាសនៃលំយោលនៅខណៈពេលណាមួយ វាបង្ហាញពីទីតាំង និងទិសដៅនៃចលនានៅខណៈពេលនោះ។ ផាសដើមអាចឱ្យយើងដឹងថាតើអង្គធាតុស្ថិតនៅចម្ងាយប៉ុន្មានពីទីតាំងលំនឹង នៅខណៈ $t = 0$ ។ ឧទាហរណ៍ បើ $\varphi = 0$ ចំពោះអនុគមន៍លំយោល $x_{(t)} = A\sin(\omega t + \varphi)$ បញ្ជាក់ថាបំលាស់ទីមានតម្លៃស្មើសូន្យនៅខណៈ $t = 0$ ។ បើ $\varphi = \pi/2$ ចំពោះអនុគមន៍លំយោល $x_{(t)} = A\sin(\omega t + \varphi)$ បញ្ជាក់ថាបំលាស់ទីមានតម្លៃអតិបរមាស្មើ A នៅខណៈ $t = 0$ (រូប៣.៩)។



រូប៣.៩៖ (ក). ដ្យាក្រាមលំយផលមានផាសដើម $\varphi = 0$ ។(ខ). ដ្យាក្រាមលំយោលមានផាសដើម $\varphi = \pi/2$។

ចំពោះអនុគមន៍ $x_{(t)} = A\cos(\omega t + \phi)$ បើផាសដើម $\phi = 0$ នោះបំលាស់ទីមានតម្លៃអតិបរមាស្មើនឹងអំព្លីទុតនៅ A ខណៈ $t = 0$។ ហើយបើ $\phi = \pi/2$ នោះបំលាស់ទីមានតម្លៃសូន្យនៅខណៈ $t = 0$ រូប៣.១០។

ស



រូប៣.១០៖(ក). ដ្យាក្រាមលំយោលដែលផាសដើម $\phi = 0$ ។ (ខ). ដ្យាក្រាមលំយោលដែលផាសដើម $\phi = \pi/2$ ។

៣.៤. លំយោលប៉ោលទោល

ប៉ោលទោលជាប្រព័ន្ធមួយដែលផ្សំឡើងដោយ ខ្សែមួយមិនយឺតមិនគិតម៉ាសដែលចុងម្ខាងនៃខ្សែភ្ជាប់ទៅចំណុចនឹង ហើយចុងម្ខាងទៀតភ្ជាប់ទៅនឹងវត្ថុមានវិមាត្រតូចធៀបនឹងប្រវែងខ្សែ រូប៣.១១។

កាលណាគេទាញចំណុចម៉ាសចេញពីទីតាំងលំនឹង រួចលែងវិញ វាយោលសងខាងទីតាំងលំនឹងតាមគន្លងជាធ្នូដែលមានកាំស្មើនឹងប្រវែងខ្សែប៉ោល l ។ បើ x ជាប្រវែងធ្នូដែលចំណុចវត្ថុធ្វើបាន $x = l\theta$ ។

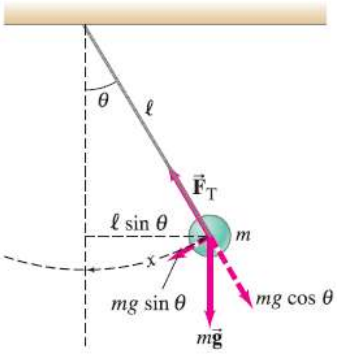
កម្លាំងដែលមានអំពើលើចំណុចវត្ថុគឺ៖ កម្លាំងតំណឹងខ្សែ $\vec{F}_T$ និងទម្ងន់ $m\vec{g}$ ។ ក្នុងទីតាំងដែលខ្សែប៉ោលបង្កើតបានមុំ θ(មុំតូចប្រហែល $10°$ ចុះ) ជាមួយខ្សែឈរ ទម្ងន់បានបំបែកជាពីរគឺ $mg\sin\theta$ និង $mg\cos\theta$ ។ កម្លាំងរំលឹកដែលចង់តែធ្វើឱ្យចំណុចវត្ថុផ្លាស់ទីមករកទីតាំងលំនឹងវិញគឺ

$$F = -mg\sin\theta = -mg\theta = -mg\frac{x}{l} \quad (៣.១០)$$

ព្រោះ θ មុំតូចគេបាន $\sin\theta = \theta$ ហើយ $\theta = x/l$

តាមច្បាប់ទី២ញូតុន

$$F = ma = m\,d^2x/dt^2 \quad (៣.១១)$$



រូបទី៣.១១៖ ប៉ោលទោល។

តាមសមីការ (៣.១០) និងសមីការ (៣.១១)

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

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{g}{l}x \quad \text{ដោយតាង } \omega^2 = \frac{g}{l}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0 \quad (៣.១២)$$

ជំនួស $x = \theta l$ ក្នុងសមីការ (៣.១២)

$$\frac{d^2 l\theta}{dt^2} + \omega^2 l\theta = 0$$

$$l\frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega^2 l\theta = 0$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega^2\theta = 0 \quad (៣.១៣)$$

សមីការ (៣.១២) និង សមីការ (៣.១៣) ជាសមីការឌីផេរ៉ង់ស្យែលលំដាប់ពីរ រឺសនៃសមីការ (ដូចបានបង្ហាញក្នុងចំណុច ៣.២) មានទម្រង់។

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

$$\theta = \theta_m \sin(\omega t + \varphi)$$

ដែល θ ជាអាប់ស៊ីសមុំ និង θ_m ជាអំព្លីទុតគិតជា rad។ ខួបរបស់ប៉ោលទោលគឺ

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

៣.៥.ប៉ោលសមាស

ប៉ោលសមាសជាអង្គធាតុរឹងដែលមានរាងមិនកំណត់ យោលដោយសេរីសងខាងទីតាំងលំនឹងមួយ។ ពិនិត្យដំបងមួយមិនស្មើសាច់ត្រូវបានព្យួរទៅចំណុចនឹងមួយត្រង់ចំណុច O ដូចរូប៣.១២។ កម្លាំងទំនាញដីមានអំពើលើដំបងត្រង់ទីប្រជុំទម្ងន់ CG ដែលមានចម្ងាយ h ពីអ័ក្សរង្វិល O។ ការបកស្រាយពន្យល់អំពីប៉ោលសមាសគឺប្រើច្បាប់ចលនារង្វិលនៃអង្គធាតុរឹង។ គេបានម៉ូម៉ង់

$$\tau = -mgh\sin\theta \quad (៣.១៤)$$

តាមច្បាប់ទី២ញូតុនចំពោះចលនារង្វិលនៃអង្គធាតុរឹងគឺ

$$\tau = I\alpha = I\frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (៣.១៥)$$

ដែល τ ជាម៉ូម៉ង់គិតជា Nm ។ I ជាម៉ូម៉ង់និចលភាពគិតជា kgm^2 ។ α ជាសំទុះមុំគិតជា rad/s^2 ។

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = -mgh\sin\theta$$

ដោយមុំ θ ជាមុំតូចនោះ $\sin\theta \approx \theta$

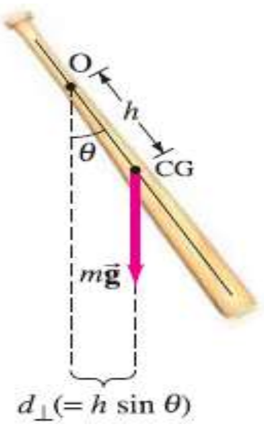
$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{mgh}{I}\theta = 0$$

ដោយតាង $mg\,h/I = \omega^2$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega^2\theta = 0 \quad (៣.១៦)$$

សមីការ (៣.១៦) ជាសមីការឌីផេរ៉ង់ស្យែលលំដាប់ពីរ។ រឹសនៃសមីការមានរាង

$$\theta = \theta_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (៣.១៧)$$



រូបទី៣.១២៖ ប៉ោលសមាស។

ខួបនៃប៉ោលសមាសគឺ

$$T = \frac{2\pi}{\omega}\ ;\ mg\,h/I = \omega^2$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgh}} \quad (៣.១៨)$$

៣.៦.ប៉ោលរមួល

ប៉ោលរមួលជាប្រព័ន្ធមួយផ្សំឡើងដោយ ដងរមួល(ខ្សែអាចរមួលបាន) ចុងភ្ជាប់ទៅចំណុចនឹង ហើយចុងម្ខាងទៀតភ្ជាប់ទៅម៉ាសមួយ(អាចជាថាស ស៊ីឡាំង ដំបង...) ត្រង់ទីប្រជុំទម្ងន់របស់វា។កាលណាគេបង្វិលថាសចេញពីស្ថានភាពលំនឹងឱ្យបានមុំ θ ណាមួយរួចលែងវិញ គេសង្កេតឃើញម៉ាសធ្វើចលនាលំយោលសងខាងទីតាំងលំនឹង។ ម៉ូម៉ង់នៃកម្លាំងរមួលរបស់ខ្សែចង់តែបង្វិលម៉ាសមករកទីតាំងលំនឹងវិញ ហៅថាម៉ូម៉ង់រំលឹកកំណត់ដោយ

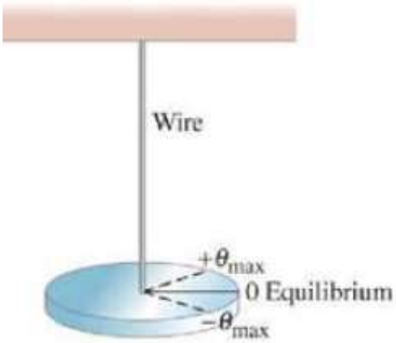
$$\tau = -K\theta$$

ដែល K ហៅថាថេររមួលដែលអាស្រ័យនឹងភាពរឹងរបស់ដងរមួល ឬខ្សែដែលមានរមួល។

តាមច្បាប់ទី៣ញូតុនចំពោះចលនារង្វិលគឺ

$$\tau = I\alpha = I\frac{d^2\theta}{dt^2} \qquad (៣.១៩)$$

ដែល τ ជាម៉ូម៉ង់បង្វិលគិតជា Nm។ I ជាម៉ូម៉ង់និចលភាពគិតជា kgm^2។ α ជាសំទុះមុំគិតជា rad/s^2 ។



រូបទី៣.១៣៖ ប៉ោលរមួល។

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = -K\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{K}{I} = 0$$

ដែល $K/I = \omega^2$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega^2\theta = 0 \qquad (៣.២០)$$

សមីការ(៣.១៦) ជាសមីការឌីផេរ៉ង់ស្យែលលំដាប់ពីរ។ រឹសនៃសមីការមានរាង

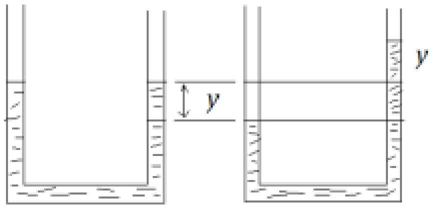
$$\theta = \theta_m \sin(\omega t + \varphi) \qquad (៣.២១)$$

ខួបនៃលំយោល

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{K}} \qquad (៣.២២)$$

៣.៧. លំយោលរបស់អង្គធាតុរាវក្នុងបំពង់ U

ពិនិត្យអង្គធាតុរាវក្នុងបំពង់រាង U មួយដូចរូបទី ៣.១៤។ កាលណាគេផ្លុំខ្យល់ចូលក្នុងបំពង់ កំពស់នៃសរសេររបស់អង្គធាតុរាវថយបានប្រវែង y ។



រូបទី៣.១៤៖ លំយោលអង្គធាតុរាវ

បើតាង L ជាប្រវែងសរសេររបស់អង្គធាតុរាវ។ A ជាផ្ទៃមុខកាត់នៃបំពង់។ ρ ជាដង់ស៊ីតេនៃអង្គធាតុរាវ និងមិនគិតពីភាពស្អិតរបស់អង្គធាតុរាវ គេសង្កេតថា អង្គធាតុរាវក្នុងបំពង់ខាងស្តាំខ្ពស់ជាងខាងឆ្វេង $2y$ ហើយមានម៉ាស $m = 2A\rho y$ ។ កម្លាំងលើកគឺជាកម្លាំងទំនាញដី

$$F = -mg = -2A\rho g y$$

ដែល A; ρ; g ជាចំនួនថេរ ដូច្នេះគេអាចតាងដោយ $K = 2A\rho g$

$$F = -Ky \qquad (៣.២៣)$$

ច្បាប់ទី២ញូតុន

$$F = Ma = M\frac{d^2y}{dt^2}$$

$M = A\rho L$ ជាម៉ាសសរុបរបស់អង្គធាតុរាវ

$$F = A\rho L\frac{d^2y}{dt^2} \qquad (៣.២៤)$$

តាមសមីការ (៣.២៣) និង(៣.២៤)

$$A\rho L\frac{d^2y}{dt^2} = -Ky$$

$$A\rho L\frac{d^2y}{dt^2} + Ky = 0$$

$$K/A\rho L = \omega^2$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \omega^2 y = 0 \qquad (៣.២៥)$$

សមីការ (៣.២៥) ជាសមីការឌីផេរ៉ង់ស្យែលលំដាប់ពីរ។ រឺសរបស់សមីការមានរាង

$$y = y_m \sin(\omega t + \varphi)$$

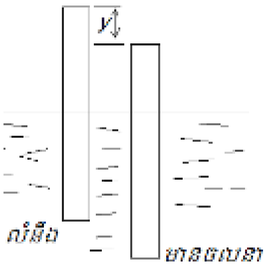
ខួបនៃលំយោល

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{A\rho L}{K}} = 2\pi\sqrt{\frac{A\rho L}{2A\rho g}}$$

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

៣.៨.លំយោលរបស់អង្គធាតុរឹងអណ្តែតលើអង្គធាតុរាវ

ពិនិត្យអង្គធាតុរឹងមួយយមានរាងស៊ីឡាំងតាន់ មានផ្ទៃមុខកាត់ A និងម៉ាស M លិចដោយផ្នែកក្នុងអង្គធាតុរាវរូបទី ៣.១៥ ស្ថិតក្នុងស្ថានភាពលំននឹង។



រូបទី៣.១៥៖ លំយោលអង្គធាតុរឹងអណ្តែតលើអង្គធាតុរាវ។

អង្គធាតុមានលំនឹងក្រោមអំពើនៃកម្លាំងពីរគឺ ទម្ងន់ និងកម្លាំងជំណោលរបស់អង្គធាតុរាវ។ បើគេរុញអង្គធាតុរឹងឱ្យលិចចុះក្នុងអង្គធាតុរាវបានចម្ងាយ y រួចលែងវិញ នោះអង្គធាតុរឹងធ្វើចលនាយោលចុះឡើងសងខាងទីតាំងលំនឹង ។ កាលណាគេរុញស៊ីឡាំងចុះក្រោមបានចម្ងាយ y កម្លាំងជំណោលនៃអង្គធាតុរាវលើស៊ីឡាំងកើនឡើងស្មើនឹង $A\rho gy$ ដែល $A\rho y$ ជាម៉ាសរបស់អង្គធាតុរាវដែលញ្រែកចេញដោយអង្គធាតុរឹង ហើយ g ជាសំទុះទំនាញដី។ ភាពស្អិតរបស់អង្គធាតុរាវមិនគិត។ កម្លាំងរំលឹកគឺជាកម្លាំងជំណោលរបស់អង្គធាតុរាវកំណត់ដោយ

$$F = -A\rho gy \qquad (៣.២៦)$$

ច្បាប់ចលនារបស់ញូតុន

$$F = Ma = M\frac{d^2y}{dt^2} \qquad (៣.២៧)$$

តាមសមីការ(៣.២៦) និង(៣.២៧)

$$M\frac{d^2y}{dt^2} = -A\rho g y$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{A\rho g}{M}y = 0$$

ដោយតាង $A\rho g/M = \omega^2$

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \omega^2 y = 0 \qquad (៣.២៨)$$

រឹសនៃសមីការនេះគឺ

$$y = y_{max}\sin(\omega t + \varphi)$$

ខួបនៃលំយោល

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{M}{A\rho g}}$$

៣.៩. ថាមពលក្នុងលំយោលអាកម៉ូនិច

ពិនិត្យលំយោលរបស់អង្គធាតុមួយនៅលើចុងនៃរឺស័រមួយដូចក្នុងរូប ៣.១ និង ៣.២ ឃើញថាកម្លាំងតាមទិសឈរមិនបានធ្វើកម្មន្តទេ វាមានតែកម្លាំងតាមទិសដេកដែលជាកមក្លាំងតំណឹងរឺស័រ(មិនគិតកកិត) ហើយកម្លាំងនៃរឺស័រជាកម្លាំងរក្សា ដូចនេះថាមពលនៃប្រព័ន្ធត្រូវបានរក្សា(ម៉ាសនៃរឺស័រមិនគិត)។

ថាមពលស៊ីនេទិចនៃប្រព័ន្ធគឺ $K = \frac{1}{2}mv^2$ និងថាមពលប៉ូតង់ស្យែលគឺ $U = \frac{1}{2}kx^2$

ថាមពលមេកានិចសរុប $E = K + U$

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \qquad (៣.២៩)$$

ថាមពលមេកានិចសរុបមានទំនាក់ទំនងជាមួយអំព្លីទុតនៃចលនា។ ពេលដែលបំលាស់ទីមានតម្លៃអតិបរមា $x = A$ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលយឺតមានតម្លៃអតិបរមា តែត្រង់ទីតាំងនេះល្បឿន $v = 0$ នោះថាមពលស៊ីនេទិចមានតម្លៃសូន្យ ។ នៅត្រង់ទីតាំងលំនឹងបំលាស់ទីសូន្យនោះថាមពលប៉ូតង់ស្យែលយឺតសូន្យដែរ ប៉ុន្តែល្បឿនមានតម្លៃអតិបរមា នោះថាមពលស៊ីនេទិចក៏មានតម្លៃអតិបរមាដែរ។ ត្រង់ទីតាំងបំលាស់អតិបរមានេះថាមពលទាំងមូលជាថាមពលប៉ូតង់ស្យែលយឺតនៃរឺស័រ $E = \frac{1}{2}kA^2$។ ពីព្រោះ E ថេរ សមីការ(៣.២៩)អាចសរសេរ

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \text{ថេរ}$$

គេអាចផ្ទៀងផ្ទាត់សមីការខាងលើនេះបានដោយគេស្គាល់:

តាមសមីការ (៣.៧) $x = A\cos(\omega t + \varphi)$

ល្បឿន $v = dx/dt = -A\omega\sin(\omega t + \varphi)$

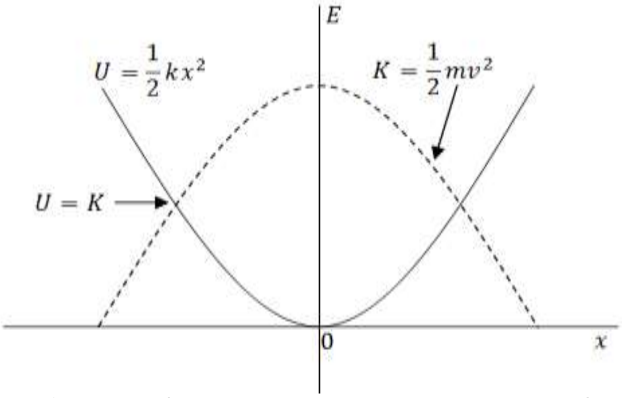
និង $\omega^2 = k/m$

ថាមពលសរុបអាចសរសេរ

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m[-A\omega\sin(\omega t + \varphi)]^2 + \frac{1}{2}k[A\cos(\omega t + \varphi)]^2$$

$$E = \frac{1}{2}kA^2\sin^2(\omega t+\varphi)+\frac{1}{2}kA^2cos^2(\omega t+\varphi)$$

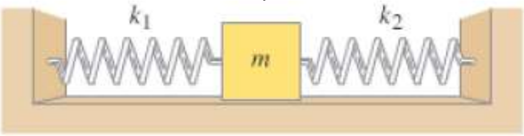
$$E = \frac{1}{2}kA^2$$



រូបទី៣.១៦៖ ថាមពលសរុបមានតម្លៃថេរ ។ បើ U អតិបរមា K សូន្យ។ U ថយនោះ K កើន គេបានផលបូករក្សាតម្លៃថេរ។

ឧទាហរណ៍៖ ម៉ាស m មួយត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងរ៉ឺស័រពីរដែលមានថេរកំរាញ k_1 និង k_2 ដូចរូបខាងក្រោម។ មិនគិតកកិត ចូរបង្ហាញថាខួបនៃលំយោលនេះគឺ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1+k_2}}$$



ដំណោះស្រាយ៖

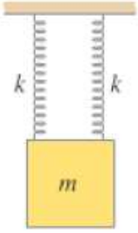
បើគេទាញម៉ាសចេញពីទីតាំងលំនឹងទៅខាងស្តាំបានចម្ងាយ x នោះរ៉ឺស័រទី១ បញ្ចេញកម្លាំង $F_1 = -k_1x$ ក្នុងទិសដៅផ្ទុយពី x ។ ចំពោះរ៉ឺស័រទី២បានបញ្ចេញកម្លាំង $F_2 = -k_2x$ ក្នុងទិសដៅដូច $\vec{F_1}$ ។ កម្លាំងសរុបមានអំពើលើម៉ាស

$$F = F_1 + F_2 = -k_1x - k_2x = -(k_1+k_2)x$$

ថេរកំរាញសមមូលនៃប្រព័ន្ធគឺ $k = k_1 + k_2$ ។ គេបានខួបនៃលំយោលគឺ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{(k_1+k_2)}}$$

ឧទាហរណ៍៖ ម៉ាស m មួយត្រូវបានគេព្យួរដោយរ៉ឺស័រពីរឯកលក្ខណ ដាក់ស្របគ្នាតាមទិសឈរដែលនីមួយៗមានថេរកំរាញ k ដូចរូបខាងក្រោម។ រកប្រេកង់នៃលំយោល ?

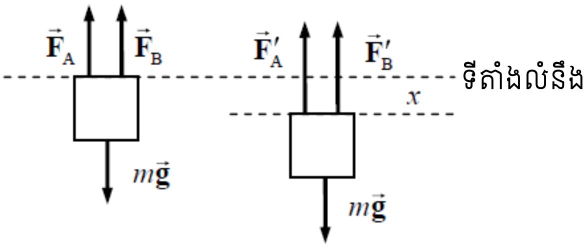


ដំណោះស្រាយ៖

រូបខាងក្រោមតាងដ្យាក្រាមកម្លាំងដែលមានអំពើលើម៉ាស m ។ ក្នុងទីតាំងលំនឹងកម្លាំងសរុបស្មើសូន្យ។ ច្បាប់ទី២ញូតុនចំពោះចលនាតាមទិសឈរដែលទិសកំណត់យកទិសដៅវិជ្ជាមឡើងលើគឺ

$$\sum F_y = F_A + F_B - mg = 0$$
$$F_A + F_B = mg$$

ឥឡូវពិនិត្យស្ថានភាពក្រោមតាងកម្លាំងត្រង់ទីតាំងទីមួយដែលម៉ាសត្រូវបានគេទាញចេញពីទីតាំងលំនឹងបានចម្ងាយ x ។ កម្លាំងដែលបញ្ចេញដោយរ៉ឺស័រតាមទិសឈរនីមួយគឺ $-kx$ ដែល $x < 0$ ។



ច្បាប់ទី២ញូតុនសរសេរ

$$\sum F_y = F_A' + F_B' - mg$$
$$\sum F_y = F_A - kx + F_B - kx - mg$$
$$\sum F_y = -2kx + (F_A + F_B - mg) = -2kx$$

នេះជាកម្លាំងរំលឹកសរុបដែលបង្កើតចលនាលំយោល។ ខួបនៃចលនាគឺ

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

ដោយប្រេកង់ $f = 1/T$ គេបាន

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2k}{m}}$$

មេរៀនទី៤ ៖ ដែនម៉ាញេទិច

៤.១. ដែនម៉ាញេទិចនៃចំណុចបន្ទុកមួយផ្លាស់ទី

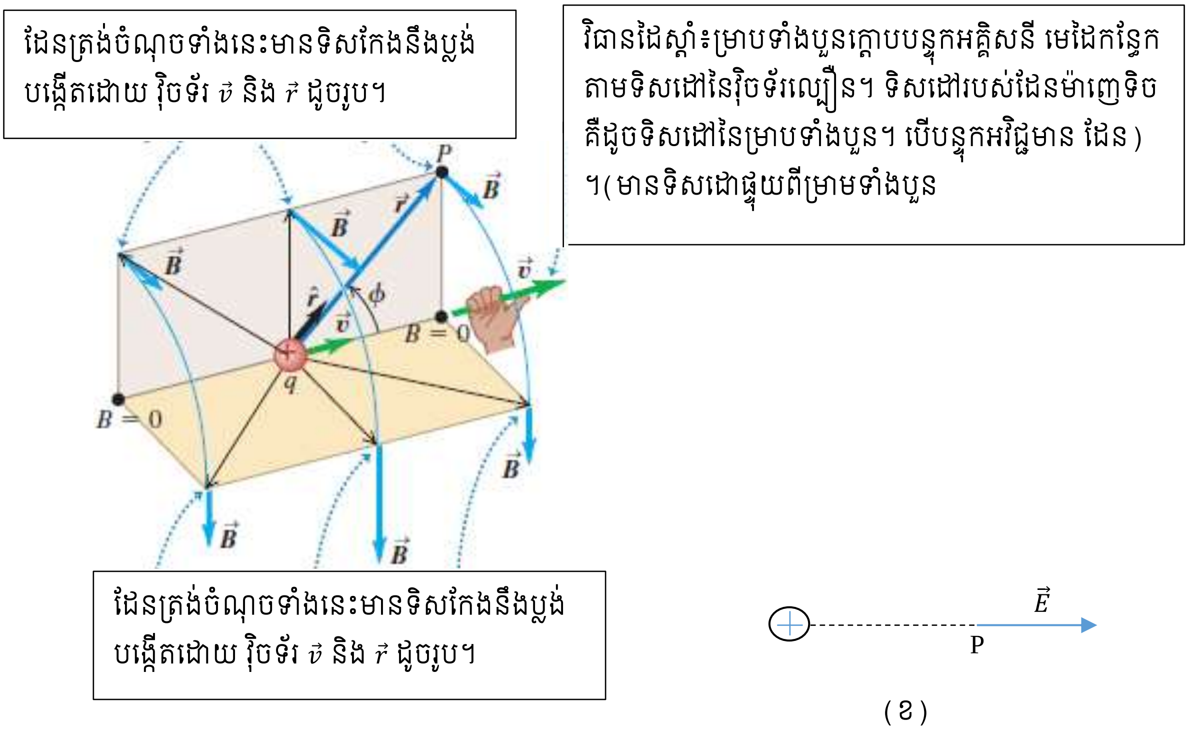
យើងចាប់ផ្តើមពីមូលដ្ឋានគ្រឹះងាយមួយ ដោយពិនិត្យដែនម៉ាញេទិចនៃចំណុចបន្ទុក q ផ្លាស់ទីដោយវ៉ិចទ័រល្បឿនថេរ $\vec{v}$ ។ យើងបានដឹងហើយថាដែនអគ្គិសនីមានម៉ូឌុល(តម្លៃ)សមាមាត្រនឹងតម្លៃនៃបន្ទុក $|q|$ និង $1/r^2$ (rចម្ងាយពីចំណុចបន្ទុកបន្ទុកទៅចំណុចដែលគេចង់ពីនិត្យដែនអគ្គិសនី)ហើយមានទិសដៅចេញពីចំណុចបន្ទុក។ ដូចគ្នាដែរចំពោះទាំនក់ទំនងដែនម៉ាញេទិច $\vec{B}$ នៃចំណុចបន្ទុក q ផ្លាស់ទីដោយវ៉ិចទ័រល្បឿនថេរ $\vec{v}$ ។ តាមពិសោធន៍បង្ហាញថា ម៉ូឌុលនៃ $\vec{B}$ ក៏សមាមាត្រនឹង $|q|$ និង $1/r^2$ ។ ប៉ុន្តែទិសដៅរបស់ $\vec{B}$ មិនចេញពីចំនុចបន្ទុកទៅចំណុចដែលគេចង់ពិនិត្យដែនដូចរូប ៤.១(ខ) ទេ គឺ $\vec{B}$ មានទិសដៅកែងនឹងប្លង់បង្កើតដោយវ៉ិចទ័រល្បឿន $\vec{v}$ និងវ៉ិចទ័រទីតាំងដូចរូប៤.១(ក)។ ម្យ៉ាងទៀតម៉ូឌុលនៃ $\vec{B}$ សមាមាត្រនឹងល្បឿននៃភាគល្អិត(ចំណុចបន្ទុកអគ្គិសនី)ផងដែរ។ គេបានដែនម៉ាញេទិចកំណត់ដោយ

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v} \times \hat{r}}{r^2} \qquad (៤.១)$$

$\hat{r}$ ជាវ៉ិចទ័រឯកតា។ ម៉ូឌុលនៃ $\vec{B}$ គឺ

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{|q|v\sin\phi}{r^2} \qquad (៤.២)$$

ទិសដៅនៃដែនម៉ាញេទិចកំណត់តាមវិធានដៃស្តាំ(មើលរូប)

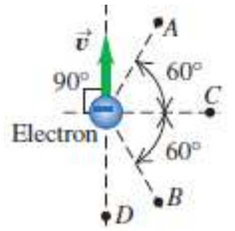


(ខ)

(ក)

រូប៤.១៖ (ក). ដែនម៉ាញេទិចនៃចំណុចបន្ទុក q ផ្លាស់ទី។ (ខ). ដែនអគ្គិសនីត្រង់ចំនុច P នៃចំណុចបន្ទុកវិជ្ជមាន។

ឧទាហរណ៍៖ អេឡិចត្រុងមួយផ្លាស់ទីដោយល្បឿន $0.1c$ (c ជាល្បឿនពន្លឺ) ដូចបង្ហាញក្នុងរូប។ រកម៉ូឌុល និងទិសដៅនៃដែនម៉ាញេទិចបង្កើតដោយអេឡិចត្រុងនេះត្រង់ចំណុចដូចខាងក្រោម៖ (ក). ចំណុច A និង B (ខ). ចំណុច C (គ). ចំណុច D ។



ដំណោះស្រាយ៖ អនុវត្តសមីការ ៤.២ ដើម្បីគណនាម៉ូឌុលនៃដែនម៉ាញេទិច និងប្រើវិធានដៃស្តាំដើម្បីរកទិសដៅដែនម៉ាញេទិច។

សមីការ ៤.២

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{|q|v\sin\phi}{r^2}$$

(ក).ដែម៉ាញេទិសត្រង់ចំណុច A ដែលទិសដៅនៃល្បឿន $\vec{v}$ បង្កើតបានមុំ $\phi = 30°$ ជាមួយវ៉ិចទ័រទីតាំង $\hat{r}$ ។

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7}\,T.m/A}{4\pi}\frac{(1.6\times10^{-19}C)(0.1\times3\times10^{8}\,m/s)\sin 30°}{(2.00\times10^{-6}m)^2}$$

$$B = 6.00\times10^{-8}\,T$$

ដែនម៉ាញេទិចត្រង់ចំណុច B ដែលទិសដៅនៃល្បឿន $\vec{v}$ និង $\hat{r}$ បង្កើតបានមុំ $\phi = 150°$ ដូចរូប។

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7}\,T.m/A}{4\pi}\frac{(1.6\times10^{-19}C)(0.1\times3\times10^{8}\,m/s)\sin 150°}{(2.00\times10^{-6}m)^2}$$

$$B = 6.00\times10^{-8}\,T$$

ប្រើវិធានដៃស្តាំដើម្បីរកទិសដៅដែនម៉ាញេទិច ដោយអេឡិចត្រុងមានបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន គេបានទិសដៅដែនម៉ាញេទិចផ្ទុយពីទិសដៅនៃម្រាមទាំងបួន ដូចនេះត្រង់ចំណុច A និង B ដែនម៉ាញេទិចមានទិសដៅចេញពីប្លង់ក្រដាសមកក្រៅ។

(ខ). ដែនម៉ាញេទិចត្រង់ចំណុច C មានទិសដៅចេញពីប្លង់ក្រដាសមកក្រៅ(តាមវិធានដៃស្តាំ)

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7}\,T.m/A}{4\pi}\frac{(1.6\times10^{-19}C)(0.1\times3\times10^{8}\,m/s)\sin 90°}{(2.00\times10^{-6}m)^2}$$

$$B = 1.20\times10^{-7}\,T$$

(គ). ដែនម៉ាញេទិចត្រង់ចំណុច D គឺ $B = 0\,T$ ព្រោះ $\vec{v}$ និង $\hat{r}$ បង្កើតបានមុំ $\phi = 180°$ ហើយ $\sin 180° = 0$ ។

៤.២. ដែនម៉ាញេទិចនៃធាតុចរន្ត

គេចង់គណនាដែនម៉ាញេទិចបង្កើតដោយធាតុចរន្ត(ចរន្តដែលឆ្លងកាត់កំណាត់ខ្សែចម្លងយ៉ាងខ្លី) ក្នុងខ្សែចម្លងយ៉ាងខ្លី $d\vec{l}$ ដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៤.២។ មាឌនៃខ្សែចម្លងគឺ $A\,dl$ ដែល A ជាផ្ទៃមុខកាត់។ បើសិនជាមានចំណុចបន្ទុកចំនួន n ផ្លាស់ទីក្នុងមួយខ្នាតមាឌ នោះចំនួនបន្ទុកសរុបផ្លាស់ទីក្នុងភាគនៃខ្សែចម្លង dl គឺ

$$dQ = nqA\,dl$$

បំលាស់ទីនៃបន្ទុកក្នុងខ្សែចម្លងនេះសមមូលទៅនឹងបន្ទុកតែមួយ dQ ដែលផ្លាស់ទីដោយល្បឿន $\vec{v}$ ។

តាមសមីការ ៤.២ ម៉ូឌុលនៃដែនម៉ាញេទិច $\vec{B}$ ត្រង់ P គឺ

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{|dQ|v\sin\phi}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{n|q|vA\,dl\,\sin\phi}{r^2}$$

តែ $n|q|vA = I$

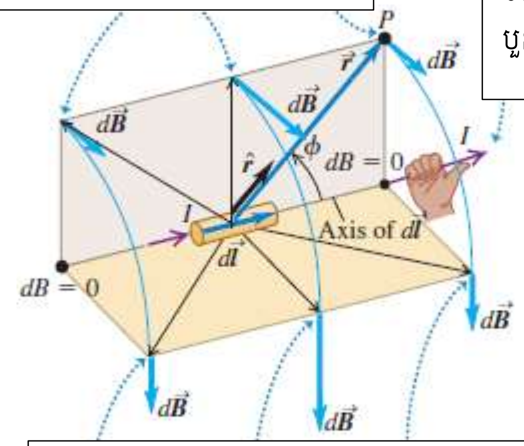
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl\,\sin\phi}{r^2} \qquad (៤.៣)$$

វ៉ិចទ័រដែនម៉ាញេទិចគឺ

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2} \qquad (៤.៤)$$

ដែនត្រង់ចំណុចទាំងនេះមានទិសកែងនឹងប្លង់បង្កើតដោយ $d\vec{l}$ និង $\hat{r}$ ដូចរូប។

វិធានដៃស្តាំ៖ ម្រាមទាំងបួនក្តោបខ្សែចម្លង(ជាតុចរន្ត) យ៉ាងណាឱ្យមេដៃកន្ទែកស្របតាមទិសដៅចរន្តអគ្គិសនី។ ទិសដៅរបស់ដែនម៉ាញេទិច គឺដូចទិសដៅរបស់ម្រាមទាំងបួន ។



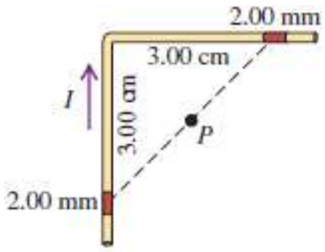
ដែនត្រង់ចំណុចទាំងនេះមានទិសកែងនឹងប្លង់បង្កើតដោយ $d\vec{l}$ និង $\hat{r}$ ដូចរូប។

រូប៤.២៖ ដែនម៉ាញេទិចនៃជាតុចរន្ត $d\vec{l}$ ។

ដែល $d\vec{l}$ គឺជាវ៉ិចទ័រមានទិសដៅដូចទិសដៅចរន្តអគ្គិសនីក្នុងប្រវែង dl ។ សមីការ ៤.៣ និងសមីការ ៤.៤ ហៅ ច្បាប់ Biot និង Savart (Biot-Savart)។ គេអាចប្រើច្បាប់នេះដើម្បីរកដែនម៉ាញេទិចត្រង់ចំណុចណាមួយក្នុងលំហរបង្កើតដោយចរន្តក្នុងសៀគ្វីទាំងមូលបានតាម

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\int\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2} \qquad (៤.៥)$$

ឧទាហរណ៍៖ ចរន្ត 28.0 A ឆ្លងកាត់ខ្សែចម្លងរាងកោងមានមុំ 90° ដូចរូប។ ពិនិត្យជាតុប្រវែងចំនួនពីរដែលនីមួយៗស្មើ 2.00 mm ហើយមានចម្ងាយពីគ្នា 3.00 cm ដូចរូប។ រកម៉ូឌុល និងទិសដៅនៃដែនម៉ាញេទិចត្រង់ចំណុច P កណ្តាលនៃជាតុប្រវែងទាំងពីរ។



ដំណោះស្រាយ៖ អនុវត្តច្បាប់ Biot-Savart ដើម្បីរកម៉ូឌុលនៃដែនម៉ាញេទិច ហើយប្រើវិធានដៃស្តាំដើម្បីរកទិសដៅរបស់ដែនម៉ាញេទិច។

ដោយជាតុចរន្តទាំងពីរបង្កើតដែនមានទិសដៅទំលុះផ្ទៃក្រដាសចូលក្នុងដូចគ្នា(វិធានដៃស្តាំ) គេបានដែនម៉ាញេទិចផ្គួបមានទិសដៅដូចដែនម៉ាញេទិចផ្ទុំនីមួយៗ ហើយមានម៉ូឌុលស្មើនឹងផលបូកនៃម៉ូឌុលរបស់ដែនម៉ាញេទិចផ្ទុំនីមួយៗ ។

•តាង dB_1ដែនម៉ាញេទិចរបស់ dl_1 នៅផ្នែកខាងក្រោម ដែលមានចម្ងាយ r_1 ពីចំណុច P ហើយ ϕ_1 ជាមុំរវាង $d\vec{l_1}$ និង $\vec{r}_1$។

•តាង dB_2ដែនម៉ាញេទិចរបស់ dl_2 នៅផ្នែកខាងលើ ដែលមានចម្ងាយ r_2 ពីចំណុច P ហើយ ϕ_2 ជាមុំរវាង $d\vec{l_2}$ និង $\vec{r}_2$។

តាមរូបគេបាន

$$r_1 = r_2 = \frac{\sqrt{(3.00\,cm)^2 + (3.00\,cm)^2}}{2} = 2.121\,cm$$

ច្បាប់ Biot-Savart

$$dB_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl_1 \sin\phi_1}{r_1^2}$$

$\phi_1 = 45°$ មុំបាតនៃត្រីកោណកែងសមបាត

$$dB_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl_2 \sin\phi_2}{r_2^2}$$

$\sin\phi_2 = \sin(\pi - \phi_1) = \sin\phi_1$ (មើលរូប)។ $dl_1 = dl_2$ គេបាន $dB_1 = dB_2$ ហើយដែនម៉ាញេទិចផ្សួបគឺ

$$dB = 2dB_1 = 2\,\frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl_1 \sin\phi_1}{r_1^2}$$

$$dB = 2\frac{4\pi\times10^{-7}\,T.m/A}{4\pi}\frac{(28.0\,A)(0.00200\,m)\sin 45°}{(0.02121\,m)^2} = 1.76\times10^{-5}\,T$$

៤.៣. ដែនម៉ាញេទិចបង្កើតដោយចរន្តត្រង់

ការអនុវត្តសំខាន់នៃច្បាប់ Biot-savart គឺរកដែនម៉ាញេទិចនៃចរន្តត្រង់។ ពិនិត្យខ្សែចម្លងត្រង់មួយប្រវែង $2a$ ឆ្លងកាត់ដោយចរន្ត I ។ គេរកដែនម៉ាញេទិស $\vec{B}$ ត្រង់ចំណុច P ចម្ងាយ x ពីខ្សែចម្លង ដូចរូបទី៤.៣។ គេប្រើច្បាប់ Biot-savart ដើម្បីរកដែនម៉ាញេទិច$d\vec{B}$ បង្កើតដោយចរន្តក្នុងប្រវែង $dl = dy$ ។ តាមរូបគេបាន

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}\ ;\ \sin\phi = \sin(\pi - \phi) = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

តាមវិធានដៃស្តាំ ផលគុណវ៉ិចទ័រ $d\vec{l}\times\hat{r}$ បង្ហាញទិសដៅ $d\vec{B}$ ទំលុះកែងនឹងប្លង់ក្រដាសទៅក្រោយដូចរុពទី៤.៣ ម្យ៉ាងទៀតទិសដៅរបស់ គ្រប់ធាតុនៃខ្សែចម្លងគឺដូចគ្នា។ តាមសមីការ ៤.៣

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{\frac{x\,dy}{\sqrt{x^2+y^2}}}{x^2 + y^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{x\,dy}{(x^2+y^2)^{3/2}}$$

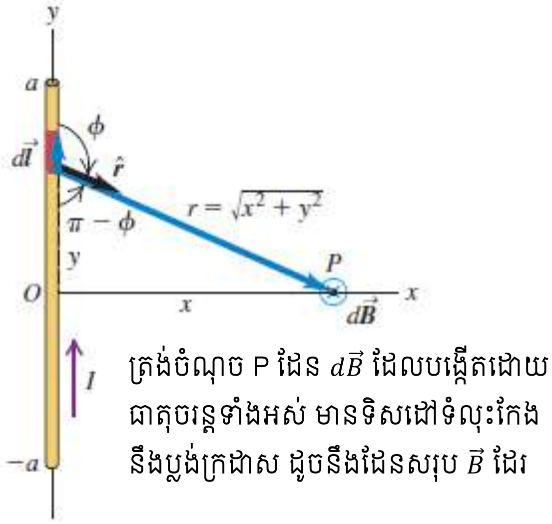
$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int_{-a}^{a}\frac{x\,dy}{(x^2+y^2)^{3/2}}$$

ដោយប្រើរូបមន្តអាំងតេក្រាល

$$\int\frac{dx}{(a^2+x^2)^{3/2}} = \frac{1}{a^2}\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}}$$

គេបាន

$$B = \frac{\mu_0 I x}{4\pi x^2}\left[\frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}\right]_{-a}^{a} = \frac{\mu_0 I}{4\pi x}\frac{2a}{\sqrt{x^2+a^2}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}\frac{a}{\sqrt{x^2+a^2}}$$



រូប៤.៣៖ ដែនម៉ាញេទិចបង្កើតដោយចរន្តត្រង់ក្នុងខ្សែចម្លងប្រវែង $2a$ ។

បើប្រវែងខ្សែវែងខ្លាំងធៀបនឹងចម្ងាយ x គេបាន a មានតម្លៃជាមខ្លាំងធៀបនឹង x នោះ $\sqrt{x^2+a^2}$ សន្មត់ថាមានតម្លៃស្មើនឹង a គេបាន

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi x} \qquad (៤.៦)$$

ដូច្នេះដែនម៉ាញេតិច $\vec{B}$ ត្រូវមានតម្លៃដូចគ្នាគ្រប់ចំណុចលើរង្វង់មួយមានផ្ចិតស្ថិតលើខ្សែចម្លង និងមានទិសជាបន្ទាត់ប៉ះនឹងរង្វង់ ទិសដៅកំណត់តាមវិធានដៃស្តាំ។ ដូចនេះគ្រប់ចំណុចទាំងអស់នៅលើរង្វង់មួយមានកាំ r និងផ្ចិតនៅលើខ្សែចម្លងកំណត់ដោយ

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r} \qquad (៤.៧)$$

ឧទាហរណ៍៖ ខ្សែចម្លងត្រង់វែងមួយស្ថិតក្នុងប្លង់ដេក ឆ្លងកាត់ដោយអេឡិចត្រុងចំនួន 3.50×10^{18} ក្នុងមួយវិនាទី។ រកតម្លៃរបស់ដែនម៉ាញេទិចត្រង់ចំណុចមួយស្ថិតនៅ $4.00\ cm$ ពីលើខ្សែចម្លងនេះ។
ដំណោះស្រាយ៖ ដោយខ្សែចម្លងមានប្រវែងវែងខ្លាំង សមីការ ៤.៧ ត្រូវបានអនុវត្តដើម្បីរកតម្លៃដែនម៉ាញេទិច តាមរូបមន្តដែនម៉ាញេទិចនៃចរន្តត្រង់

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

$$I=(3.50\times10^{18})(1.6\times10^{-19})=0.560\ A$$

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}=\frac{4\pi\times10^{-7}T.m/A\times0.560\ A}{2\pi(0.0400\ m)}=2.80\times10^{-6}\ T$$

៤.៤ ដែនម៉ាញេទិចនៃចរន្តវង់

រូប៤.៤ បង្ហាញពីដែនម៉ាញេទិចត្រង់ចំណុច P បង្កើតដោយចរន្ត ឆ្លងកាត់ខ្សែចម្លងរាងជារង្វង់មានកាំ a ។ គេប្រើច្បាប់ Biot-savart ដើម្បីគណនាដែនម៉ាញេទិចត្រង់ P ស្ថិតនៅលើអ័ក្សដែលកាត់តាមផ្ចិតរង្វង់ចម្ងាយ x ពីផ្ចិត។ តាមរូបបង្ហាញថា $d\vec{l}$ និង $\hat{r}$ កែងគ្នាហើយទិសដៅនៃ $d\vec{B}$ បង្កើតដោយចរន្តក្នុងប្រវែង $d\vec{l}$ គឺស្ថិតក្នុងប្លង់ xy ដោយប្រើវិធានដៃស្តាំ។ តាមរូបគេបាន

$$r^2=x^2+a^2$$

តម្លៃនៃដែនម៉ាញេទិច តាមច្បាប់ Biot-savart សមីការ ៤.៣

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl}{r^2}$$

ព្រោះ $d\vec{l}$ និង $\hat{r}$ កែងគ្នា គេបាន $\sin(d\vec{l};\hat{r}) = 1$

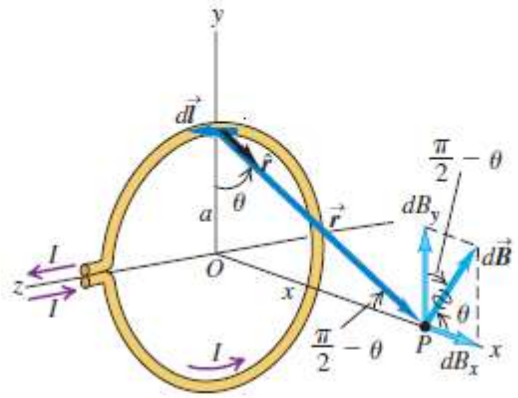
$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl}{(x^2+a^2)} \quad (៤.៨)$$

កំប៉ូសង់នៃដែនម៉ាញេទិចគឺ

$$dB_x = dB\ \cos\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl}{(x^2+a^2)}\frac{a}{(x^2+a^2)^{1/2}} \quad (៤.៩)$$

ព្រោះ $\cos\theta = \frac{a}{r} = \frac{a}{(x^2+a^2)^{1/2}}$ ហើយ $\sin\theta = \frac{x}{r} = \frac{x}{(x^2+a^2)^{1/2}}$

$$dB_y = dB\ \sin\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl}{(x^2+a^2)}\frac{x}{(x^2+a^2)^{1/2}} \quad (៤.១០)$$



រូប៤.៤៖ ដែនម៉ាញេទិចនៅលើអ័ក្សនៃរង្វង់មួយ។ ចរន្តនៅក្នុងផ្នែកយ៉ាងតូចនៃខ្សែចម្លង $d\vec{l}$ បង្កើតបានដែន $d\vec{B}$ ដែលស្ថិតក្នុងប្លង់ xy ។ ធាតុចរន្តក្នុងប្រវែង $d\vec{l'}$ ផ្សេងទៀតបង្កើតដែនម៉ាញេទិច $d\vec{B'}$ ។ ផលបូកនៃកំប៉ូសង់របស់ដែនម៉ាញេតិចទាំងអស់តាមអ័ក្ស y ស្មើសូន្យ។ ផលបូកកំប៉ូសង់ទាំងអស់របស់ដែនម៉ាញេទិចតាមអ័ក្ស x គឺជាដែនម៉ាញេទិចផ្តួបត្រង់ចំណុច P ។

ពិនិត្យធាតុប្រវែង $d\vec{l'}$ បង្កើដែនត្រង់ចំណុច P មានចម្ងាយ r គឺ $d\vec{B'}(dB' = dB)$ មានកំប៉ូសង់ $d\vec{B'}_x$ និង $d\vec{B'}_y$ ដែរ ។ ដូចនេះដែនម៉ាញេទិចសរុបដែលកែងនឹងអ័ក្ស x ស្មើសូន្យ។ ផលបូកដែនម៉ាញេទិចតាមអ័ក្ស x ស្មើនឹងដែនម៉ាញេទិចសរុប B ។

$$B = \int_0^{2\pi a} dB\ \cos\theta = \int_0^{2\pi a} \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{a\,dl}{(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{a}{(x^2+a^2)^{3/2}}\int_0^{2\pi a} dl$$

$$B = \frac{\mu_0 I a^2}{2(x^2+a^2)^{3/2}} \quad (៤.១១)$$

ដែនម៉ាញេទិចត្រង់ផ្ចិតរង្វង់ ($x = 0$) គឺ

$$B = \frac{\mu_0 I}{2a} \quad (៤.១២)$$

សមីការ ៤.១២ ចំពោះខ្សែចម្លងដែលមានតែមួយជុំ។ បើខ្សែចម្លងមាន N ជុំ ដែនម៉ាញេទិចគឺ

$$B = \frac{\mu_0 N I a^2}{2(x^2+a^2)^{3/2}} \quad (៤.១៣)$$

ដែនម៉ាញេទិចត្រង់ផ្ចិតរង្វង់ ($x = 0$) គឺ

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2a} \quad (៤.១៤)$$

ទិសដៅនៃដែនម៉ាញេទិចបង្កើតដោយចរន្តវង់ គឺកំណត់តាមវិធានដៃស្តាំ៖ ម្រាមទាំងបួនក្ដោបរង្វង់នៃខ្សែចម្លងតាមទិសដៅចរន្ត មេដៃកន្ធែកចង្អុកប្រាប់ទិសដៅដែនម៉ាញេទិច។

រូប៤.៥៖ ការរកទិសដៅនៃដែនម៉ាញេទិចនៅលើអ័ក្សកាត់តាមផ្ចិតរង្វង់ បង្កើតដោយចរន្តវង់។

ឧទាហរណ៍៖ គេយកខ្សែចម្លងមករុំជារង្វង់មានកាំ $0.60\,m$ ចំនួន 100 ជុំ ហើយឱ្យចរន្ត $5.0\,A$ ឆ្លងកាត់។

(ក). រកដែនម៉ាញេតិចត្រង់ចំណុចមួយនៅលើអ័ក្សដែលកាត់តាមផ្ចិតរង្វង់ ចម្ងាយ $0.80\,m$ ពីផ្ចិត?

(ខ). នៅលើអ័ក្សដែលកាត់តាមផ្ចិត តើនៅចម្ងាយប៉ុន្មានពីផ្ចិតដែលមានដែនម៉ាញេតិចស្មើ $1/8$ នៃដែនត្រង់ផ្ចិត?

ដំណោះស្រាយ៖ ដើម្បីរកដែនម៉ាញេទិចនៃចរន្តវង់ដែលមានច្រើនជុំត្រង់ចំណុចមួយនោលើអ័ក្សដែលកាត់តាមផ្ចិត គេប្រើសមីការ ៤.១៣។

(ក). រកដែនម៉ាញេតិច

តាមរូបមន្ត

$$B = \frac{\mu_0 N I a^2}{2(x^2 + a^2)^{3/2}} = \frac{(4\pi \times 10^{-7}\,T.m/A)(100)(5.0\,A)(0.60\,m)^2}{2[(0.80m)^2 + (0.60\,m)^2]^2} = 1.1 \times 10^{-4}\,T$$

(ខ).រកចម្ងាយ x

តាង B_x ជាដែនម៉ាញេទិចត្រង់ទីតាំង x ហើយ B_0 ជាដែនម៉ាញេទិចត្រង់ផ្ចិតដែលត្រូវនឹង $x = 0$ ។ ដោយ

$$B_x = \frac{1}{8}\,B_0$$

$$\frac{\mu_0 N I a^2}{2(x^2 + a^2)^{3/2}} = \frac{1}{8}\frac{\mu_0 N I a^2}{2(0^2 + a^2)^{3/2}}$$

$$\frac{1}{(x^2 + a^2)^{3/2}} = \frac{1}{8}\frac{1}{(a^2)^{3/2}}$$

$$8(a^2)^{3/2} = (x^2 + a^2)^{3/2}$$

$$\left[8(a^2)^{3/2}\right]^{2/3} = \left[(x^2 + a^2)^{3/2}\right]^{2/3}$$

$$8^{2/3}a^2 = x^2 + a^2$$

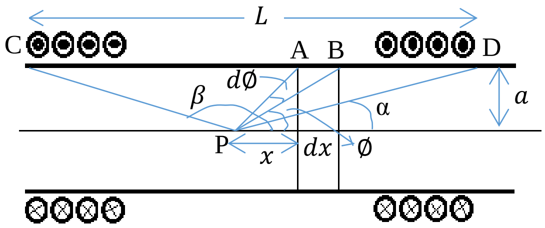
$$4a^2 = x^2 + a^2$$

$$x = \pm\sqrt{3}\,a = 1.04\,m$$

៤.៥. ដែនម៉ាញេទិចនៃសូលេណូអ៊ីត

ពិនិត្យសូលេណូអ៊ីតមួយកើតឡើងពីប៉ុំខ្សែចម្លងជាស្នៀជាប់ៗគ្នាចំនួន N កាំ a និងប្រវែង L ។ ចំនួនជុំក្នុងមួយខ្នាតប្រវែងគឺ N/L ។ កាលណាចរន្តឆ្លងកាត់សូលេណូអ៊ីតគឺ I ដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋានកើតមានក្នុងសូលេណូអ៊ីត។ ដើម្បីកំណត់រកដែនម៉ាញេទិច $\vec{B}$ ត្រង់ចំណុច P លើអ័ក្សនៃសូលេណូអ៊ីត គេចែកប្រវែងសូលេណូអ៊ីតជាជាតុប្រវែងខ្លីៗ dx មានចម្ងាយ x ពីចំណុច P ហើយមានដែនម៉ាញេតិច dB ។ គេសន្មត់ថាជាតុប្រវែង AB នេះជារង្វង់នៃសូលេណូអ៊ីតដែលមានកាំ a និងមាន$N\frac{dx}{L}$ ។ ដែនម៉ាញេទិចត្រង់ចំណុច P បង្កើតដោយជាតុប្រវែង dx គឺ

$$dB = \frac{\mu_0 I a^2}{2}\frac{Ndx}{L}\frac{1}{(a^2+x^2)^{3/2}} \qquad (៤.១៥)$$



រូប៤.៦៖ ការកំណត់រកដែនម៉ាញេទិចលើអ័ក្សសូលេណូអ៊ីតមួយដែលមានកាំ a និងប្រវែង L ។

តែ $x = a\cot\phi$ ហើយដេរីវេនៃ x គឺ $dx = -a\csc^2\phi\, d\phi$។ យកតម្លៃ x និង dx ជំនួសក្នុងសមីការ ៤.១៥ គេបាន

$$dB = -\frac{\mu_0 I a^2}{2}\frac{N}{L}\frac{a\csc^2\phi\, d\phi}{(a^2+a^2cot^2\phi)^{3/2}} = -\frac{\mu_0 I a^2}{2}\frac{N}{L}\frac{a\csc^2\phi\, d\phi}{[a^2(1+cot^2\phi)]^{3/2}}$$

$$(1+cot^2\phi) = \csc^2\phi$$

$$dB = -\frac{\mu_0 I a^2}{2}\frac{N}{L}\frac{a\csc^2\phi\, d\phi}{[a^2\csc^2\phi]^{3/2}} = -\frac{\mu_0 I}{2}\frac{N}{L}\frac{d\phi}{\csc\phi}$$

$$dB = -\frac{\mu_0 I}{2}\frac{N}{L}\sin\phi\ d\phi$$

$$B = -\frac{\mu_0 IN}{2L}\int_{\beta}^{\alpha}\sin\phi\ d\phi$$

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2L}[\cos\alpha - \cos\beta] \qquad (៤.១៦)$$

បើសូលេណូអ៊ីតនោះមានស្នូលជាសារធាតុម៉ាញេទិចគេបាន

$B = \frac{\mu IN}{2L}[\cos\alpha - \cos\beta]$ ដែល $\mu = \mu_0\mu_r$ ហៅជំរាបម៉ាញេទិច Permibility នៃសារធាតុ។ μ_0 ជំរាបម៉ាញេទិចសម្រាប់សុញ្ញកាស μ_r ជំរាបម៉ាញេទិចធៀប។ ដែនម៉ាញេទិច $\vec{B}$ មានទិសស្របនឹងអ័ក្សរបស់សូលេណូអ៊ីត ទិសដៅកំណត់តាមវិធានដៃស្តាំ។ វិធានដៃស្តាំ៖ ម្រាមទាំងបួនក្តោបសូលេណូអ៊ីតតាមទិសដៅចរន្ត ហើយមេដៃកន្ទេកប្រាប់ពីទិសដៅដែនម៉ាញេទិច។

បើសូលេណូអ៊ីតមានប្រវែងខ្លាំងធៀបនឹងកាំរបស់វាគេបាន $\alpha = 0°$; $\beta = 180°$ ដែនម៉ាញេទិចគឺ

$$B = \frac{\mu_0 IN}{L} \qquad (៤.១៧)$$

៤.៦ បូប៊ីនហ៊ឹមហ៊ុល

បូប៊ីនហ៊ឹមហ៊ុលផ្សំឡើងដោយបូប៊ីនសំប៉ែតពីរមានអ័ក្សរួម មានកាំស្មើគ្នា ស្ថិតនៅចម្ងាយពីគ្នាស្មើនឹងកាំរបស់វា ហើយឆ្លងកាត់ដោយចរន្តមានទិសដៅដូចគ្នា និងតម្លៃស្មើគ្នា។

ត្រង់ផ្ចិតនៃបូប៊ីនហ៊ឹមហ៊ុល ដែនម៉ាញេទិច $\vec{B}_1$ ប្រែប្រួលតម្លៃដោយថយចុះមានលក្ខណៈជាលីនេអ៊ែជាមួយនឹងចម្ងាយ x ទន្ទឹមនឹងនេះ $\vec{B}_2$ នៃបូប៊ីនសំប៉ែតមួយទៀតកើនឡើងមានលក្ខណៈជាលីនេអ៊ែជាមួយនឹងចម្ងាយ x ដែរ ដែលអត្រាកើនឡើងរបស់ $\vec{B}_2$ និងអត្រាថយចុះនៃ $\vec{B}_1$ មានតម្លៃដូចគ្នា។ ដូច្នេះ $\vec{B}_2$ និង $\vec{B}_1$ បានបង្កើតនូវដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋាននៅចន្លោះបូប៊ីនសំប៉ែតនៃបូប៊ីនហ៊ឹមហ៊ុលល។

ដោយអត្រាបម្រែបម្រួលនៃដែនម៉ាញេទិចរបស់បូប៊ីនសំប៉ែតមួយ នៅចំណុចណាមួយមានតម្លៃថេរ គេបាន

$$\frac{dB_1}{dx} = \text{ថេរ} \; ; \text{ឬ} \; \frac{d^2B_1}{dx^2} = 0$$

ដែនម៉ាញេទិចនៃបូប៊ីនសំប៉ែតគឺ

$$B = \frac{\mu_0 N I a^2}{2(x^2 + a^2)^{3/2}}$$

$$\frac{dB_1}{dx} = -\frac{\mu_0 N I a^2}{2} 3x(x^2 + a^2)^{-5/2}$$

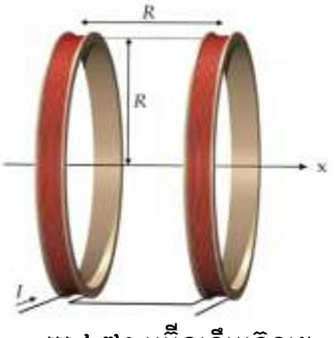
$$\frac{d^2B_1}{dx^2} = -\frac{3\mu_0 N I a^2}{2(a^2 + x^2)^{7/2}}(a^2 - 4x^2)$$

$$\frac{d^2B_1}{dx^2} = 0 \text{ កាលណា } a^2 - 4x^2 = 0 \text{ នាំឱ្យ } x = \pm\frac{a}{2}$$

ដែនផ្គួបត្រង់ផ្ចិតនៃបូប៊ីនហ៊ឹមហ៊ុលគឺ

$$B = 2\frac{\mu_0 N I a^2}{2}\frac{1}{[a^2 + (a/2)^2]^{3/2}} \; ; \left(x = \frac{a}{2}\right)$$

$$B = \frac{8\mu_0 N I}{5\sqrt{5}\, a} \qquad (៤.១៨)$$



រូប៤.៧៖ បូប៊ីនហ៊ឹមហ៊ុល។

កិច្ចតែងការបង្រៀនគំរូទី១

កាលបរិច្ឆេទ ៖ ថ្ងៃ ខែ ឆ្នាំ ជូត ទោស័ក ព.ស ២៥៦

ត្រូវនឹងថ្ងៃទី ខែ ឆ្នាំ ២០២

មុខវិជ្ជា ៖ រូបវិទ្យា

ថ្នាក់ទី ៖ ១០

ជំពូកទី១ ៖ មេកានិច

មេរៀនទី៣ ៖ ច្បាប់ចលនារបស់ញូតុន

រយៈពេល ៖ ៥០ នាទី

I. **វត្ថុបំណង**

១.វិជ្ជាសម្បទា៖ ពោលច្បាប់ទីបីញូតុន(អំពើ និងប្រតិកម្ម)បានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធន៍។

២. បំណិនសម្បទា៖បកស្រាយ $\vec{F}_{1/2} = -\vec{F}_{2/1}$; $F_{1/2} = F_{2/1}$ បានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិភាក្សាក្រុមដោយផ្អែកលើលទ្ធផលពិសោធន៍។

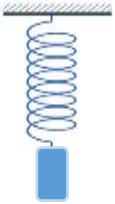
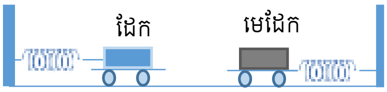
៣.ចរិយាសម្បទា៖ បណ្តុះស្មារតីឱ្យផ្សារភ្ជាប់ទ្រឹស្តីទៅនឹងការអនុវត្តក្នុងជីវភាពប្រចាំថ្ងៃ និងក្នុងបច្ចេកទេសបានត្រឹមត្រូវ។

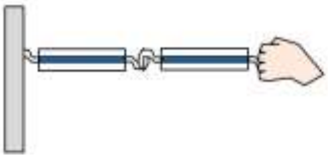
II. **សម្ភារឧបទេស៖** សៀវភៅសិក្សាគោល និងសៀវភៅគ្រូថ្នាក់ទី១០ ហ្វឺត ក្តាខៀន ឌីណាម៉ូម៉ែតឯកលក្ខណ៍ពីរ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធន៍ មេដែក ខ្សែ រ៉ឺស័រ។

III. **វិធីសាស្រ្តបង្រៀន៖** វិធីបង្រៀនតាមបែបរិះរក

IV. **ដំណើរការបង្រៀន**

សកម្មភាពគ្រូ	ខ្លឹមសារ	សកម្មភាពសិស្ស
ជំហានទី១៖ រដ្ឋបាលថ្នាក់ (៣នាទី)		
–ពិនិត្យអនាម័យ សណ្តាប់ធ្នាប់ និងឯកសណ្ឋានសិស្ស –ឱ្យប្រធានថ្នាក់រាយការណ៍ ពីវត្តមានរបស់សិស្ស	–ពិនិត្យអនាម័យថ្នាក់ និងសណ្តាប់ធ្នាប់ថ្នាក់រៀន –ពិនិត្យឯកសណ្ឋាន –ពិនិត្យវត្តមានសិស្ស	–សិស្សឈរឱ្យពិនិត្យឯកសណ្ឋាន និងអង្គុយតាមកន្លែងរៀងៗ ខ្លួន –ប្រធានថ្នាក់រាយការណ៍ពីវត្តមានសិស្ស
ជំហានទី២៖ រំលឹកមេរៀនចាស់ (៧នាទី)		
១. ដូចម្តេចដែលហៅថាកម្លាំង?	១.កម្លាំងជាបុព្វហេតុដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុមួយ –មានចលនា ឬបញ្ឈប់ចលនា –ផ្លាស់ប្តូរទិសដៅនៃចលនា –ខូចទ្រង់ទ្រាយ	១.កម្លាំងជាបុព្វហេតុដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុមួយ –មានចលនា ឬបញ្ឈប់ចលនា –ផ្លាស់ប្តូរទិសដៅនៃចលនា –ខូចទ្រង់ទ្រាយ
២. តើកម្លាំងជាទំហំអ្វី?	២. កម្លាំងជាទំហំវ៉ិចទ័រ	២. កម្លាំងជាទំហំវ៉ិចទ័រ
៣. តើគេប្រើឧបករណ៍អ្វីសម្រាប់វាស់កម្លាំង?	៣. គេប្រើឌីណាម៉ូម៉ែត	៣. គេប្រើឌីណាម៉ូម៉ែត
៤. ដូចម្តេចដែលហៅថាកម្លាំងអំពើ និងកម្លាំងប្រតិកម្ម?	៤. កម្លាំងអំពើជាកម្លាំងដែលមានអំពើទៅលើវត្ថុណាមួយ។ កម្លាំង	៤. កម្លាំងអំពើជាកម្លាំងដែលមានអំពើទៅលើវត្ថុណាមួយ។ កម្លាំង

៥. តើចំណុចចាប់នៃកម្លាំងអំពើ និងកម្លាំងប្រតិកម្មស្ថិតនៅលើអង្គធាតុតែមួយ ឬយ៉ាងណា?	ប្រតិកម្មគឺជាកម្លាំងដែលបញ្ចេញឆ្លើយតបត្រឡប់។	ប្រតិកម្មគឺជាកម្លាំងដែលបញ្ចេញឆ្លើយតបត្រឡប់។ ៥. ចំណុចចាប់ស្ថិតនៅលើអង្គធាតុពីរផ្សេងគ្នា។
ជំហានទី៣៖ បង្រៀនខ្លឹមសារថ្មី (៣៤ នាទី)		
-បង្ហាញពិសោធន៍ដូចរូបទី១ ដល់សិស្ស។ -រូប១(ក) តើអ្នកសង្កេតឃើញ ដូចម្តេច ចំពោះរ៉ឺស័រក្រោយព្យួរកូនទម្ងន់? -ហេតុអ្វីបានរ៉ឺស័រយឺត? -ហេតុអ្វីបានជាកូនទម្ងន់មិនធ្លាក់ចុះដល់ដី? -តើកូនទម្ងន់រងនូវកម្លាំងចំនួនប៉ុន្មាន? អ្វីខ្លះ? -តើកម្លាំងមួយណាជាកម្លាំងអំពើ ហើយកម្លាំងមួយណាជាកម្លាំងប្រតិកម្ម? -រូប១(ខ) តើកង់ឡានរងនូវកម្លាំងចំនួនប៉ុន្មាន? អ្វីខ្លះ? -តើមួយណាជាកម្លាំងអំពើ ហើយមួយណាជាកម្លាំងប្រតិកម្ម? -រូប១(គ) តើសៀវភៅរងនូវកម្លាំងប៉ុន្មាន? អ្វីខ្លះ? -តើកម្លាំងមួយណាជាកម្លាំងអំពើ ហើយមួយណាជាកម្លាំងប្រតិកម្ម? -រូប១(ឃ) តើដែកឆក់មានអំពើលើដែកដែរឬទេ? ហើយដែកមានអំពើលើដែកឆក់វិញដែរឬទេ? -តើកម្លាំងមួយណាជាកម្លាំងអំពើ ហើយកម្លាំងមួយណាជាកម្លាំងប្រតិកម្ម?	រូបទី១  (ក) (ខ) (គ)  (ឃ)	-សង្កេត -យឺត -ដោយសារទម្ងន់ -ដោយសាររ៉ឺស័រទប់ -កម្លាំងពីរ។ ទម្ងន់ និងតំណឹងរ៉ឺស័រ -ទម្ងន់ជាកម្លាំងអំពើ ហើយកម្លាំងតំណឹងរ៉ឺស័រជាកម្លាំងប្រតិកម្ម -កម្លាំងពីរ។ ទម្ងន់ និងតំណឹងខ្សែ -ទម្ងន់ជាកម្លាំងអំពើ ហើយតំណឹងខ្សែជាកម្លាំងប្រតិកម្ម -កម្លាំងពីរគឺ ទម្ងន់ និងកម្លាំងទ្រតបស់តុ -ទម្ងន់ជាកម្លាំងអំពើ ហើយកម្លាំងទ្ររបស់តុជាកម្លាំងប្រតិកម្ម។ -ដែកឆក់មានអំពើលើដែក ហើយដែកក៏មានអំពើលើដែកឆក់ដែរ។ -កម្លាំងរបស់ដែកឆក់ជាកម្លាំងពំពើ ហើយកម្លាំងរបស់ដែកជាកម្លាំងប្រតិកម្ម។
សំណួរគន្លឹះ៖ កម្លាំងអំពើ និងកម្លាំងប្រតិកម្ម មានទិស ទិសដៅ និងអាំងតង់ស៊ីតេដូចម្តេច?		

–ចែកសិស្សជាក្រុមតូច(៣ ឬ៤ នាក់) –ឱ្យសិស្សបង្កើតសម្មតិកម្ម សម្របសម្រួលតាមក្រុម –ចែកសម្ភារៈដែលត្រូវប្រើតាមក្រុម –ឱ្យសិស្សបង្កើតប្លង់ពិសោធន៍ រួចបង្ហាញពីប្លង់ពិសោធន៍នោះ –គ្រូជ្រើសរើសយកប្លង់ពិសោធន៍ណាដែលល្អជាងគេមកអនុវត្ត –សម្របសម្រួលតាមក្រុម	**ការបង្កើតសម្មតិកម្ម៖** –កម្លាំងអំពើ និងប្រតិកម្ម មានទិសដូចគ្នា ទិសដៅដូចគ្នា តម្លៃស្មើគ្នា –កម្លាំងអំពើ និងប្រតិកម្ម មានទិសដូចគ្នា ទិសដៅផ្ទុយគ្នា តម្លៃស្មើគ្នា **ពិសោធន៍៖** **សម្ភារៈ៖** ឌីណាម៉ូម៉ែតពីរផ្សេងគ្នា **ដំណើរការពិសោធន៍៖** យកឌីណាម៉ូម៉ែតទាំងពីរមកថ្កក់គ្នា រួចទាញថ្នម ហើយមើលកំណត់ចង្អុល និងទិសដៅលើឌីណាម៉ូម៉ែតទាំងពីរ ។ 	–ពិភាក្សាបង្កើតសម្មតិកម្ម –កម្លាំងអំពើ និងប្រតិកម្ម មានទិសដូចគ្នា ទិសដៅដូចគ្នា តម្លៃស្មើគ្នា –កម្លាំងអំពើ និងប្រតិកម្ម មានទិសដូចគ្នា ទិសដៅផ្ទុយគ្នា តម្លៃស្មើគ្នា –ទទួលសម្ភារៈ –ពិភាក្សាបង្កើតប្លង់ពិសោធន៍ ហើយបង្ហាញពីប្លង់ពិសោធន៍ –ធ្វើពិសោធ

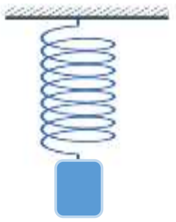
លទ្ធផល

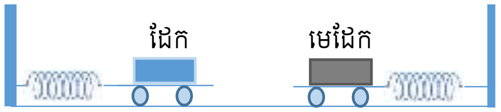
ឌីណាម៉ូម៉ែត	ចង្អុល	ទិសដៅ
១		
២		

–អោយសិស្សសង្កេតមើលលើលទ្ធផលពិសោធន៍ហើយឆ្លើយនឹងសំណួរគន្លឹះម្តងឡើងវិញ	- ឌីណាម៉ូម៉ែត1 និងឌីណាម៉ូម៉ែត2 មានតម្លៃស្មើគ្នា និងមានទិសដៅផ្ទុយគ្នា។	–ឌីណាម៉ូម៉ែត1 និងឌីណាម៉ូម៉ែត2 មានតម្លៃស្មើគ្នា និងមានទិសដៅផ្ទុយគ្នា។
–តាមពិសោធន៍ តើគេអាចសន្និដ្ឋាន បានយ៉ាងដូចម្តេច ?	**សន្និដ្ឋាន៖** បើវត្ថុពីរមានអំពើទៅវិញទៅមកដោយ (អំពើ និង ប្រតិកម្ម) $\vec{F}_1$ កម្លាំងបញ្ចេញដោយវត្ថុទី១ ទៅលើវត្ថុទី២ មានទំហំស្មើគ្នានិងមានទិសដៅផ្ទុយនឹងកម្លាំង $\vec{F}_2$	**សន្និដ្ឋាន៖** បើវត្ថុពីរមានអំពើទៅវិញទៅមកដោយ (អំពើ និង ប្រតិកម្ម) $\vec{F}_1$ កម្លាំងបញ្ចេញដោយវត្ថុទី១ ទៅលើវត្ថុទី២ មានទំហំស្មើគ្នានិងមានទិសដៅផ្ទុយនឹងកម្លាំង $\vec{F}_2$

	បញ្ចេញដោយវត្ថុទី២ទៅលើវត្ថុទី១ ។ គេសរសេរ $\vec{F}_{1/2} = -\vec{F}_{2/1}$ ឬ $F_{1/2} = F_{2/1}$	បញ្ចេញដោយវត្ថុទី២ទៅលើវត្ថុទី១ ។ គេសរសេរ $\vec{F}_{1/2} = -\vec{F}_{2/1}$ ឬ $F_{1/2} = F_{2/1}$
ជំហានទី៤៖ ពង្រឹងពុទ្ធិ		
រូបទី២ ១. តើកម្លាំងប្រានរបស់អ្នកទាំងពីរ មានអាំងតង់ស៊ីតេ និងទិសដៅដូចម្ដេច? ២ចូរប្អូនពោលច្បាប់ទី៣ ញូតុន។ .	រូបទី២ 	១. កម្លាំងប្រានរបស់អ្នកទាំងពីរ មានអាំងតង់ស៊ីតេស្មើគ្នា និងមានទិសដៅផ្ទុយគ្នា ២ .បើវត្ថុពីរមានអំពើទៅវិញទៅមក ដោយកម្លាំង (អំពើ និង ប្រតិកម្ម) $\vec{F}_1$ បញ្ចេញដោយវត្ថុទី១ទៅលើវត្ថុទី២ មានទំហំស្មើគ្នា និង មានទិសដៅផ្ទុយនឹងកម្លាំង $\vec{F}_2$ បញ្ចេញដោយវត្ថុទី២ទៅលើវត្ថុទី១។
ជំហានទី៥៖ កិច្ចការផ្ទះ		
–ឱ្យកិច្ចការដល់សិស្ស	តើលក្ខណៈសំគាល់ទាំងបួននៃកម្លាំងនៅក្នុងច្បាប់ញូតុនមានអ្វីខ្លះ?	កត់ត្រា និងអនុវត្ត

សន្លឹកកិច្ចការច្បាប់ចលនារបស់ញូតុន





១. រូប(ក) តើអ្នកសង្កេតឃើញ ដូចម្ដេច ចំពោះរ៉ឺស័រក្រោយព្យួរកូនទម្ងន់?

....

–ហេតុអ្វីបានជារ៉ឺស័រយឺត?

....

–ហេតុអ្វីបានជាកូនទម្ងន់មិនធ្លាក់ចុះដល់ដី?

....

–តើកូនទម្ងន់រងនូវកម្លាំងចំនួនប៉ុន្មាន? អ្វីខ្លះ?

....

–តើកម្លាំងមួយណាជាកម្លាំងអំពើ ហើយកម្លាំងមួយណាជាកម្លាំងប្រតិកម្ម?

....

២. រូប(ខ) តើកង់ឡានរងនូវកម្លាំងចំនួនប៉ុន្មាន? អ្វីខ្លះ?

....

–តើមួយណាជាកម្លាំងអំពើ ហើយមួយណាជាកម្លាំងប្រតិកម្ម?

....

៣. រូប(គ) តើសៀវភៅរងនូវកម្លាំងប៉ុន្មាន? អ្វីខ្លះ?

....

–តើកម្លាំងមួយណាជាកម្លាំងអំពើ ហើយមួយណាជាកម្លាំងប្រតិកម្ម?

....

៤. រូប(ឃ) តើមេដែកមានអំពើលើដែកដែរឬទេ? ហើយដែកមានអំពើលើដែកធក់វិញដែរឬទេ?

....

–តើកម្លាំងមួយណាជាកម្លាំងអំពើ ហើយកម្លាំងមួយណាជាកម្លាំងប្រតិកម្ម?

....

សំណួរគន្លឹះ៖

....

....

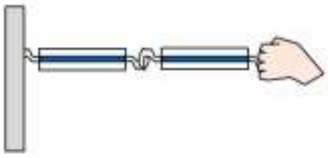
សម្មតិកម្ម៖

....

ពិសោធន៍៖

សម្ភារៈ៖ ឌីណាម៉ូម៉ែតចំនួនពីរ

ដំណើរការពិសោធន៍៖



....

....

....

លទ្ធផល៖

ឌីណាម៉ូម៉ែត	ចង្កុល	ទិសដៅ
១		
២		

សន្និដ្ឋាន៖

១. កម្លាំងដែលង្ហាញដោយឌីណាម៉ូម៉ែតទាំងពីរមានតម្លៃដូចម្តេច?

....

២. ក្នុងរូប (ក) (ខ) (គ) (ឃ) កម្លាំងអំពើ និងកម្លាំងប្រតិកម្ម មានទិស ទិសដៅ និងអាំងតង់ស៊ីតេដូចម្តេច?

....

៣. ក្នុងរូប(គ) បើវត្ថុទី១ជាសៀវភៅ បញ្ចេញកម្លាំង $\vec{F}_1$ លើវត្ថុទី២ជាតុ ហើយតុបញ្ចេញកម្លាំង $\vec{F}_2$ លើសៀវភៅវិញ តើអ្នកអាចសន្និដ្ឋានជាទូទៅបានយ៉ាងដូចម្តេច ចំពោះវត្ថុពីរមានអំពើលើគ្នាទៅវិញទៅមក?

....

....

៤.ដូចនេះច្បាប់ទី៣ញូតុនគឺ៖

....

....

កិច្ចតែងការបង្រៀនគំរូទី២

កាលបរិច្ឆេទ ៖ ថ្ងៃ ខែ ឆ្នាំ ជូត ទោស័ក ព.ស ២៥៦
ត្រូវនឹងថ្ងៃទី ខែ ឆ្នាំ ២០២
មុខវិជ្ជា ៖ រូបវិទ្យា
ថ្នាក់ទី ៖ ១១
ជំពូកទី៣ ៖ រលក
មេរៀនទី១ ៖ ចលនាខួប
រយៈពេល ៖ ៥០ នាទី

I. **វត្ថុបំណង**

១.វិជ្ជាសម្បទា៖ ពន្យល់ថាខួបនៃប៉ោលទោលអាស្រយ័នឹងប្រវែងរបស់ប៉ោលបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈរូបមន្ត $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ។

២. បំណិនសម្បទា៖បកស្រាយ ពីមូលហេតុខួបប៉ោលទោលអាស្រ័យនឹងប្រវែងខ្សែបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធន៍។

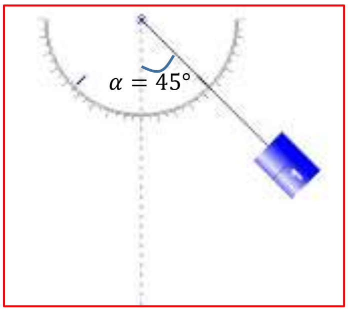
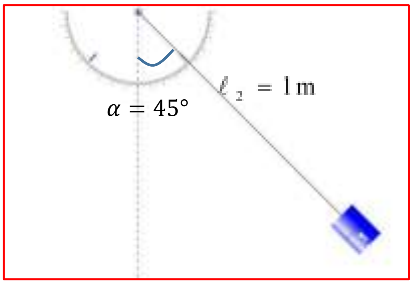
៣. ចរិយាសម្បទា៖ បណ្តុះស្មារតីឱ្យផ្សារភ្ជាប់ទ្រឹស្តីទៅនឹងការអនុវត្តក្នុងជីវភាពប្រចាំថ្ងៃ និងក្នុងបច្ចេកទេសបានត្រឹមត្រូវ។

II. **សម្ភារឧបទេស៖** សៀវភៅសិក្សាគោល និងសៀវភៅគ្រូថ្នាក់ទី១១ ហ្វឹត ក្តាខៀន កូនទម្ងន់ ខ្សែនីឡុង ជើងទម្រ ក្រូណូម៉ែត រ៉ាប៉ទ័រ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធន៍។

III. **វិធីសាស្ត្របង្រៀន៖** វិធីបង្រៀនតាមបែបរិះរក

IV. **ដំណើរការបង្រៀន**

សកម្មភាពគ្រូ	**ខ្លឹមសារ**	**សកម្មភាពសិស្ស**
ជំហានទី១៖ រដ្ឋបាលថ្នាក់ (៣នាទី)		
–ពិនិត្យអនាម័យ សណ្តាប់ធ្នាប់ និងឯកសណ្ឋានសិស្ស –ឱ្យប្រធានថ្នាក់រាយការណ៍ ពីវត្តមានរបស់សិស្ស	–ពិនិត្យអនាម័យថ្នាក់ និងសណ្តាប់ធ្នាប់ថ្នាក់រៀន –ពិនិត្យឯកសណ្ឋាន –ពិនិត្យវត្តមានសិស្ស	–សិស្សឈរឱ្យពិនិត្យឯកសណ្ឋាន និងអង្គុយតាមកន្លែងរៀងៗ ខ្លួន –ប្រធានថ្នាក់រាយការណ៍ពីវត្តមានសិស្ស
ជំហានទី២៖ រំលឹកមេរៀនចាស់ (៧នាទី)		
–ចូរឱ្យនិយមន័យប៉ោលទោល។ - ដូចម្តេចដែលហៅថាខួបនៃលំយោល តាងដោយអក្សរអ្វី និងមានខ្នាតដូចម្តេច?		- ប៉ោលទោលជាប្រព័ន្ធលំយោលដែលបង្ករដោយចំណុចវត្ថុមួយព្យួរទៅនឹងចំណុចនឹងមួយដោយខ្សែមិនយឺតនិងមិនគិតម៉ាស។ - ខួបនៃលំយោលជារយៈពេលដែលចល័តធ្វើបានក្នុងមួយ

–តើខួបរបស់ប៉ោលទោលមានរូបមន្តដូចម្តេច?		លំយោលពេញ តាងដោយអក្សរ (T) និងមានខ្នាតគិតជា (s)។ –ខួបរបស់ប៉ោលទោលមានរូបមន្ត $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$
ជំហានទី៣៖ បង្រៀនខ្លឹមសារថ្មី (៣៤ នាទី)		
–បង្ហាញឧបករណ៍ពិសោធន៍ពីប៉ោលទោល។ –បង្ហាញប៉ោលទោលដូចរូប (ក) និង (ខ)។ តើប៉ោលទាំងពីរមានតម្លៃខួបដូចម្តេច?	រូបទី(ក)  រូប(ខ)  	–សង្កេត –ខួបនៃប៉ោលទិ១ ធំជាងខួបនៃប៉ោលទី២ –ខួបនៃប៉ោលទី២តូចជាងខួបនៃប៉ោលទី១ –ខួបនៃប៉ោលទាំងពីរមានតម្លៃដូចគ្នា។
សំណួរគន្លឹះ៖ តើប្រវែងខ្សែនៃប៉ោលមានឥទ្ធិពលដូចម្តេចទៅលើតម្លៃខួបរបស់ប៉ោលទោល?		
–ចែកសិស្សជាក្រុមពិភាក្សាតូច ដលើសម្មតិកម្មដែលគ្រូដាក់ឱ្យ –ឱ្យក្រុមនីមួយៗរើសសម្មតិកម្ម –ហេតុអ្វីបានជាប្អូនគិតថាចម្លើយប្អូនត្រឹមត្រូវ?	**សម្មតិកម្ម៖** –ប្រវែងប៉ោលកាន់តែវែងខួបកាន់តែធំ –ប្រវែងប៉ោលកាន់តែវែងខួបកាន់តែតូច –ប្រវែងប៉ោលកាន់តែខ្លីខួបកាន់តែធំ –ប្រវែងប៉ោលមិនមានឥទ្ធិពលលើខួបនៃប៉ោលទោលទេ។	–សិស្សចូលតាមក្រុម –ជរើសរើសសម្មតិកម្ម –ពន្យល់ពីមូលហេតុនៃចម្លើយរបស់ពួកគេ។
–ឱ្យសិស្សពិភាក្សាបង្កើតប្លង់ពិសោធន៍តាមក្រុមនីមួយៗ។ –ឱ្យសិស្សបង្ហាញប្លង់ពិសោធន៍ –ជ្រើសរើសយកប្លង់ពិសោធន៍ណាដែលល្អជាងគេមកអនុវត្ត –ចែកសម្ភារពិសោធន៍	**ដំណើរការពិសោធន៍៖** **សម្ភារៈ** កូនទម្ងន់ ខ្សែនីឡុង ជើងទម្រ ក្រូណូម៉ែត រ៉ាប៉ទ័រ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធន៍	–ពិភាក្សា –បង្ហាញប្លង់ពិសោធន៍ –ទទួលសម្ភារពិសោធន៍

–សម្របសម្រួល	**ដំណើរការពិសោធន៍៖** 1- តម្លើងជើងទម្រ 2- ចងខ្សែជាមួយកូនទម្ងន់ 3- ចងចុងខ្សែម្ខាងទៀតទៅនឹងជើងទម្រ 4- ដាក់ខ្សែកែងរ៉ាប៉័ទ័រឱ្យត្រួតលើខ្សែនីឡុង រួចទាញខ្សែបង្អៀតបានមុំ 10°ធៀបនឹងខ្សែកែងរ៉ាប៉័ទ័រ (ករណីមុំតូច) 5- លែងប៉ោលឱ្យយោល រួចចុចក្រូណូម៉ែត្រនៅពេលដែលប៉ោលស្ថិតនៅទីតាំងខ្ពស់បំផុត ហើយចុចបញ្ឈប់បន្ទាប់ពីបាន ១០លំយោលពេញ ។ រួចកត់ត្រាទិន្នន័យ (ធ្វើចំនួនបីដង) ក្រោយកត់ត្រាទិន្នន័យរួច ប្តូរប្រវែងខ្សែដូចក្នុងតារាងលទ្ធផល រួចអនុវត្តដូចជំហាន ទី៤ និងទី៥	–ធ្វើពិសោធន៍

លទ្ធផល៖

$\ell_1 = 0.5\text{m}$			
	លើកទី១	លើកទី២	លើកទី៣
ចំនួនលំយោល n			
រយៈពេលសរុប t			
ខួបនៃលំយោល $T_1 = \frac{t}{n}$			
ខួបមធ្យម $\bar{T}_1$			
$\ell_2 = 1\text{m}$			
ចំនួនលំយោល n			
រយៈពេលសរុប t			
ខួបនៃលំយោល $T_2 = \frac{t}{n}$			
ខួបមធ្យម $\bar{T}_2$			

–ឱ្យសិស្សធ្វើបទបង្ហាញតាមក្រុមនីមួយៗ។		–ឡើងបង្ហាញលទ្ធផលពិសោធន៍

-តាមពិសោធន៍តើប្អូនៗសន្និដ្ឋានបានដូចម្តេច?	សន្និដ្ឋាន៖ តាមលទ្ធផលពិសោធន៍បង្ហាញថា កាលណាប្រវែងខ្សែប៉ោលកាន់តែវែង នាំឲ្យខួបវាកាន់តែធំ ។ ដូចនេះ ខួបរបស់ប៉ោលទោលអាស្រ័យនឹងប្រវែងរបស់ខ្សែ ។	តាមលទ្ធផលពិសោធន៍បង្ហាញថា កាលណាប្រវែងខ្សែប៉ោលកាន់តែវែង នាំឲ្យខួបវាកាន់តែធំ ។ ដូចនេះ ខួបរបស់ប៉ោលទោលអាស្រ័យនឹងប្រវែងរបស់ខ្សែ ។
ជំហានទី៤៖ ពង្រឹងពុទ្ធិ (៥នាទី)		
-តើខួបនៃប៉ោលទោលមានទំនាក់ទំនងយ៉ាងដូចម្តេចជាមួយប្រវែងខ្សែប៉ោល?		កាលណាប្រវែងប៉ោលកាន់តែវែង ខួបនៃប៉ោលទោលមានតម្លៃកាន់តែធំ។ ហើយប្រវែងប៉ោលកាន់តែខ្លីខួបកាន់តែតូច។
ជំហានទី៥៖ បណ្តាំផ្ញើ (៥នាទី)		
-តើប្អូនសង្កេតឃើញពីការអនុវត្តប៉ោលទោលក្នុងជីវភាពរស់នៅប្រចាំថ្ងៃ និងក្នុងបច្ចេកទេសលើឧបករណ៍អ្វីខ្លះ? -ឲ្យមើលមេរៀនឡើងវិញ និងធ្វើកិច្ចការផ្ទះដែលគ្រូបានដាក់ ។	**<u>កិច្ចការផ្ទះ</u>** ប៉ោលទោលមួយមានប្រវែង $\ell = 60\text{cm}$ ។ តើខួបនៃប៉ោលទោលមានតម្លៃប៉ុន្មាន បើប្រវែងខ្សែកើនឡើងពីរដង ? យក $g = 10\,\text{m/s}^2$	-សិស្សស្តាប់ និងធ្វើកិច្ចការផ្ទះ

សន្លឹកកិច្ចការពិសោធន៍ រូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១១
ខួបនៃប៉ោលទោល

វត្ថុបំណង

បង្ហាញថាខួបនៃប៉ោលទោលអាស្រ័យនឹងប្រវែងខ្សែ ។

I. លំនាំបញ្ហា៖

ប៉ោលទោលមានប្រវែងខ្សែ l_1 រយៈពេលដែលប៉ោលនេះធ្វើបានមួយលំយោលពេញគឺ T_1។ បើប្រវែងខ្សែរបស់វាប្រែប្រួល l_2 តើរយៈពេលដែលវាធ្វើបានមួយលំយោលពេញមានតម្លៃដូចម្តេច?

II. សំណួរគន្លឹះ៖

....

....?

III. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម

....

....

IV. ពិសោធន៍

ក. សម្ភារៈចាំបាច់៖ កូនទម្ងន់ ខ្សែនីឡុង ជើងទម្រ ក្រូណូម៉ែត្រ រ៉ាប៉័ទ័រ សន្លឹកកិច្ចការពិសោធន៍។

ខ. ប្លង់ពិសោធន៍៖

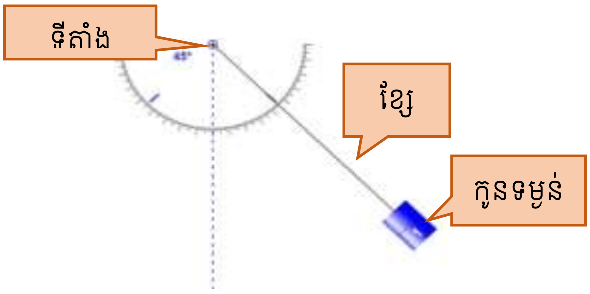
....

....

....

គ. ទ្រឹស្តីពាក់ព័ន្ធ៖ ប៉ោលទោលជា...។ ខួបរបស់ប៉ោលទោលមានរូបមន្ត៖...................................។ ក្នុងពិសោធន៍នេះ ដើម្បីគណនាខួបនៃប៉ោលទោល គេប្រើទំនាក់ទំនង៖ $T = \frac{t}{n}$។

ដែល៖ t ជា......................... (s) និង n ជា..................។



គ .ដំណើរការ ឬប្លង់ពិសោធន៍

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

V. លទ្ធផល និងសន្និដ្ឋាន

ក.តារាងទិន្នន័យ៖ បញ្ចូលលទ្ធផលដែលបានពិសោធន៍ចូលក្នុងតារាងខាងក្រោម

$\ell_1 = 0.5\text{m}$			
	លើកទី១	លើកទី២	លើកទី៣
ចំនួនលំយោល n			
រយៈពេលសរុប t			
ខួបនៃលំយោល $T_1 = \frac{t}{n}$			
ខួបមធ្យម $\bar{T}_1$			
$\ell_2 = 1\text{m}$			
ចំនួនលំយោល n			
រយៈពេលសរុប t			
ខួបនៃលំយោល $T_2 = \frac{t}{n}$			
ខួបមធ្យម $\bar{T}_2$			

ខ. ការគណនា៖ គណនារកខួប និងខួបមធ្យមតាមរយៈចំនួនលំយោល និងរយៈពេលសរុប រួចបញ្ចូលក្នុងតារាងទិន្នន័យខាងលើឱ្យបានត្រឹមត្រូវ

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

....

....

....

....

....

....

....

....

គ.សន្និដ្ឋាន៖ តាមរយៈលទ្ធផលក្នុងតារាងខាងលើ ចូរប្អូនធ្វើការសន្និដ្ឋាន រួចផ្ទៀតផ្ទាត់លទ្ធផល និងសម្មតិកម្ម

....

....

....

....

....

....

....

កិច្ចតែងការបង្រៀនគំរូទី៣

កាលបរិច្ឆេទ ៖ ថ្ងៃ ខែ ឆ្នាំ ជូត ទោស័ក ព.ស ២៥៦

ត្រូវនឹងថ្ងៃទី ខែ ឆ្នាំ ២០២

មុខវិជ្ជា ៖ រូបវិទ្យា

ថ្នាក់ទី ៖ ១២

ជំពូកទី៣ ៖ អគ្គិសនី និងម៉ាញេទិច

មេរៀនទី១ ៖ ដែន និងកម្លាំងម៉ាញេទិច

រយៈពេល ៖ ៥០ នាទី

I. **វត្ថុបំណង**

១.វិជ្ជាសម្បទា៖ ឱ្យនិយមន័យដែនម៉ាញេទិចនៃចរន្តជាប់បានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិភាក្សា ។

២. បំណិនសម្បទា៖ បកស្រាយពីទំនាក់ទំនងរវាងអាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត និងដែនម៉ាញេទិចបាន ច្បាស់លាស់តាមរយៈការធ្វើពិសោធន៍។

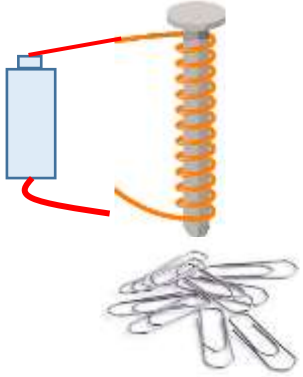
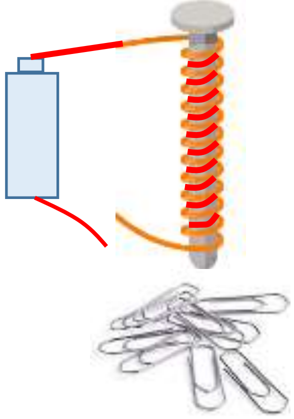
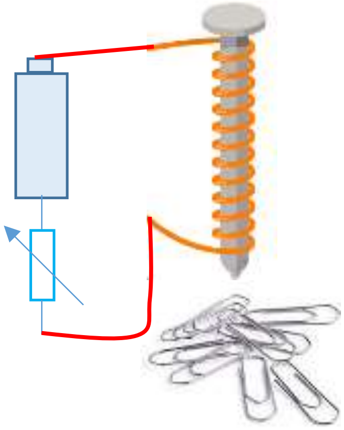
៣. ចរិយាសម្បទា៖ បណ្ដុះស្មារតីឱ្យផ្សារភ្ជាប់ទ្រឹស្ដីទៅនឹងការអនុវត្តក្នុងជីវភាពប្រចាំថ្ងៃ និង ក្នុងបច្ចេកទេសបានត្រឹមត្រូវ។

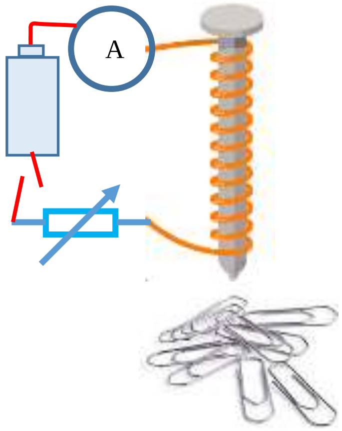
II. **សម្ភារឧបទេស៖** សៀវភៅសិក្សាគោល និងសៀវភៅគ្រូថ្នាក់ទី១២ ហ្វឺត ក្ដាខៀន ដែកគោល ឬ ប្រដាប់ខ្វាស់ក្រដាស ខ្សែចម្លងទង់ដែង ថ្មពិល រអេស្តា (ប៉ូតង់ស្យូម៉ែត) សន្លឹកកិច្ចការពិសោធន៍។

III. **វិធីសាស្ត្របង្រៀន៖** វិធីបង្រៀនតាមបែបរិះរក

IV. **ដំណើរការបង្រៀន**

សកម្មភាពគ្រូ	**ខ្លឹមសារ**	**សកម្មភាពសិស្ស**
ជំហានទី១៖ រដ្ឋបាលថ្នាក់ (៣នាទី)		
–ពិនិត្យអនាម័យ សណ្ដាប់ធ្នាប់ និងឯកសណ្ឋានសិស្ស –ឱ្យប្រធានថ្នាក់រាយការណ៍ ពីវត្តមានរបស់សិស្ស	–ពិនិត្យអនាម័យថ្នាក់ និងសណ្ដាប់ធ្នាប់ថ្នាក់រៀន –ពិនិត្យឯកសណ្ឋាន –ពិនិត្យវត្តមានសិស្ស	–សិស្សឈរឱ្យពិនិត្យឯកសណ្ឋាន និងអង្គុយតាមកន្លែងរៀងៗ ខ្លួន –ប្រធានថ្នាក់រាយការណ៍ពីវត្តមានសិស្ស
ជំហានទី២៖ រំលឹកមេរៀនចាស់ (៥នាទី)		
–តើអ្នកសង្កេតឃើញដូចម្ដេច បើគេដាក់មេដែកពីរក្បែរគ្នា? –ហេតុអ្វីបានជាមេដែកអាចមានអំពើលើគ្នាបាន? –គេដាក់ម្ជុលមេដែក(ត្រីវិស័យ) នៅជិតខ្សែចម្លងមួយ។ តើអ្នកសង្កេតឃើញដូចម្ដេច បើគេឱ្យចរន្តឆ្លងកាត់ខ្សែចម្លងនោះ?		–ច្រានគ្នា –ទាញគ្នា –មានដែនម៉ាញេទិច –មានលំងាក

–បើម្ទុលមេដែកមានលំងាកបញ្ជាក់ថានៅលំហជុំវិញខ្សែចម្លងមានអ្វី?		–មានដែនម៉ាញេទិច
ជំហានទី៣៖ មេរៀនថ្មី		
–ដូចម្តេចដែលហៅថាដែនម៉ាញេទិច? –បង្ហាញពិសោធន៍រូប(ក) –បើកុងតាក់ចំហ តើអ្នកសង្កេតឃើញដូចម្តេច(ឆក់ឬមិនឆក់)? –បិទកុងតាក់ តើអ្នកសង្កេតឃើញដូចម្តេច? –ហេតុអ្វីបានជាប៊ូប៊ីនឆក់ប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាស? (ករណីសិស្សឆ្លើយថាមានចរន្តគ្រូសួរបន្ថែមថា មេដែកអាចឆក់ប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសដែរឬទេ? ហេតុអ្វីបានជាមេដែកអាំចឆក់បាន?បើវាគ្មានចរន្តឆ្លងកាត់ផង) –បង្ហាញពិសោធន៍រូប(ខ) ប៊ូប៊ីនមានចំនួនស្ពៀច្រើនជាងមុន(ប្រភពអគ្គិសនីដដែរ)។ –ពេលបិទកុងតាក់តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេច? បង្ហាញពិសោធន៍រូប(គ) ជំនួសកុងតាក់ដោយរេអូស្តា។ –ពេលធ្វើបំរែបំរួលរេអូស្តា តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេច? (ចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសដែលបានឆក់ដូចគ្នាឬទេ)	–ដែនម៉ាញេទិចជាមជ្ឈដ្ឋានរូបធាតុពិសេសដែលកើតមាននៅលំហជុំវិញមេដែក និងចរន្តអគ្គិសនី។  រូប(ក)  រូប(ខ)  រូប(គ)	–ដែនម៉ាញេទិចជាមជ្ឈដ្ឋានរូបធាតុពិសេសដែលកើតមាននៅលំហជុំវិញមេដែក និងចរន្តអគ្គិសនី។ –សិស្សឆ្លើយ –ប៊ូប៊ីនឆក់ប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសមួយចំនួន –មានចរន្ត –មានដែនម៉ាញេទិច –ឆក់ប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសបានច្រើនជាងមុន –ឆក់ប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសបានម្តងច្រើន ម្តងបានតិចៗ

-ហេតុអ្វីបានជាធក់បានច្រើន និងធក់បានតិច។ -ហេតុអ្វីបានជាចរន្តប្រែប្រួល ធ្វើឱ្យចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសដែលធក់បានប្រែប្រួលដែរ?		-ដោយសាចរន្តប្រែប្រួល -ដោយសាដែនម៉ាញេទិចប្រែប្រួល
សំណួរគន្លឹះ៖ តើដែនម៉ាញេទិចនៃបូប៊ីនវែងប្រែប្រួលអាស្រ័យនឹងអ្វីខ្លះ?		
-ចែកសិស្សជាក្រុមពិភាក្សាតូចៗ (៣ ឬ៤នាក់) ដើម្បីបង្កើតសម្មតិកម្ម ។ -ឱ្យសិស្សបង្ហាញសម្មតិកម្ម -ដើម្បីបញ្ជាក់ថាសម្មតិកម្មត្រឹមត្រូវ ឬមិនត្រឹមត្រូវ តើយើងត្រូវធ្វើដូចម្តេច?	**សម្មតិកម្ម៖** -ចរន្តឆ្លងកាត់បូប៊ីនកើន ដែនម៉ាញេទិចកើន -ចរន្តឆ្លងកាត់បូប៊ីនថយ ដែនម៉ាញេទិចថយ -ចំនួនស្ពៀរបស់បូប៊ីនកើន ដែនម៉ាញេទិចកើន -ចំនួនស្ពៀរបស់បូប៊ីនថយ ដែនម៉ាញេទិចថយ	-ពិភាក្សាបង្កើតសម្មតិកម្ម -បង្ហាញសម្មតិកម្ម -ធ្វើពិសោធន៍
-ឱ្យសិស្សពិភាក្សាបង្កើតប្លង់ពិសោធន៍ -ឱ្យសិស្សបង្ហាញប្លង់ពិសោធន៍។ គ្រូជ្រើសរើសយកប្លង់ពិសោធន៍ណាដែលល្អជាងគេ(បើមិនមានល្អ គ្រូផ្តល់ប្លង់ពិសោធន៍ឱ្យ) -ចែកសម្ភារពិសោធន៍ និងសន្លឹកកិច្ចការ។ -សម្របសម្រួល និងលើកទឹកចិត្ត	**ពិសោធន៍៖** ***សម្ភារៈ*** ប្រភពអគ្គិសនីចរន្តជាប់ ខ្សែចម្លងទង់ដែង ដែកគោល ប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាស រេអូស្តា អំពែម៉ែត។ ***ដំណើរការពិសោធន៍៖***  រូប(ឃ) **១**.យកខ្សែចម្លងរុំលើដែកគោល បង្កើតជាបូប៊ីន **២**. ចុងម្ខាងនៃបូប៊ីនភ្ជាប់ទៅនឹងរេអូស្តា កុងតាក់ និងប៉ូល(-)នៃប្រភពអគ្គិសនី ហើយចុងម្ខាងទៀត	-ពិភាក្សាបង្កើតប្លង់ពិសោធន៍ -បង្ហាញប្លង់ពិសោធន៍ -ទទួលសម្ភារ និសន្លឹកកិច្ចការ ហើយធ្វើពិសោធន៍

	ភ្ជាប់ទៅអំពែម៉េត និងប៉ូល(+)នៃប្រភពអគ្គិសនី ដូចរូប(ឃ) **៣**.ដាក់បូប៊ីនឱ្យប៉ះនឹងប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាស ហើយបិទកុងតាក់ កត់តម្លៃដែលអំពែម៉ែតបង្ហាញ រួចលើកបូប៊ីនឱ្យផុតពីប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាស ។ បន្ទាប់មកបើកកុងតាក់វិញ រួចរាប់ចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាស(កត់ត្រាទុក) **៤**. ធ្វើបម្រែបម្រួលកូនបូតរបស់រេអូស្តា ហើយអនុវត្តដូចចំហានទី៣។ **៥**. អនុវត្តជំហានទី៤ ដោយធ្វើបម្រែបម្រួលកូនបូតរបស់រេអូស្តានៅទីតាំងផ្សេងៗគ្នាឱ្យបានបី។ **៦**.មិនធ្វើឱ្យមានបម្រែបម្រួលរេអូស្តាទេ ។ រូប(ឃ) ដាក់បូប៊ីនឱ្យប៉ះនឹងប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាស បិទកុងតាក់ រួចលើកបូប៊ីនចេញ ហើយបើកកុងតាក់ បន្ទាប់មករាប់ចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសហើយកត់ទុក **៧**. អនុវត្តជំហានទី៦ ដោយបង្កើនចំនួនស្ពៀរបស់បូប៊ីន។ ធ្វើបីដងដោយចំនួនស្ពៀខុសៗគ្នា។	

លទ្ធផលៈ លទ្ធផលពិសោធន៍ដាក់ក្នុងតារាងខាងក្រោម។

ករណីចំនួនស្ពៀថេរ

ចរន្ត (A)	ចំនួនស្ពៀ	ប្រភេទស្នូលដែក	ចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់(ឬដែកគោល)
	៥០	ដែកគោល	
	៥០	ដែកគោល	
	៥០	ដែកគោល	

ករណីចរន្តថេរ

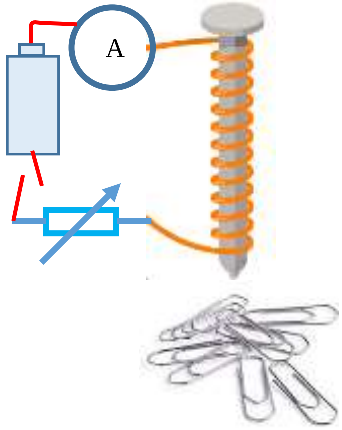
ចរន្ត (A)	ចំនួនស្ពៀ	ប្រភេទស្នូលដែក	ចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់(ឬដែកគោល)
	50	ដែកគោល	
	100	ដែកគោល	
	150	ដែកគោល	

-បើចំនួនស្ពៀថេរ។ តើប្អូនសង្កេតឃើញថាចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសដែលធក់បានប្រែប្រួលដូចម្តេច? -បូប៊ីនឆ្លងកាត់ដោយចរន្តអាចធក់ដែកបាន។ នេះបញ្ជាក់ថាលំហជុំវិញបូប៊ីនមានអ្វី? -បើបូប៊ីនអាចធក់ប្រដាប់ខ្ទាស់បានច្រើនបញ្ជាក់ថាដែនម៉ាញេទិចរបស់បូប៊ីនមានតម្លៃដូចម្តេច? -តាមពិសោធន៍ តើដែនម៉ាញេទិចរបស់បូប៊ីន និងចរន្តមានទំនាក់ទំនងគ្នាដូចម្តេច? -ករណីចរន្តថេរ។ តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេច ចំពោះចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់ដែលធក់បាន? កាលណាចំនួនស្ពៀរបស់បូប៊ីនប្រែប្រួល។ -តាមពិសោធន៍ តើដែនម៉ាញេទិចរបស់បូប៊ីន និងចំនួនស្ពៀរបស់បូប៊ីនមានទំនាក់ទំនងគ្នាដូចម្តេច? -តាមពិសោធន៍ទាំងពីរករណី តើប្អូនអាចសន្និដ្ឋានបានយ៉ាងដូចម្តេច? អំពីដែនម៉ាញេទិចរបស់បូប៊ីន។ -គ្រូណែនាំពន្យល់បន្ថែមដើម្បីឈានដល់ការសរសេររូបមន្តដែនម៉ាញេទិចនៃបូប៊ីនវែង (សូលេណូអ៊ីត)គ្មានស្នូលគឺ $B=\mu_0 nI$	**សន្និដ្ឋានៈ** ដែនម៉ាញេទិចរបស់បូប៊ីនវែងឆ្លងកាត់ដោយចរន្តអគ្គិសនីសមាមាត្រនឹងអាំងតង់ស៊ីតេចរន្តឆ្លងកាត់វា នឹងចំនួនស្ពៀរបស់វា។ រូបមន្តដែនម៉ាញេទិចរបស់សូលេណូអ៊ីត(បូប៊ីនវែង) គ្មានស្នូលគឺ $B=\mu_0 nI$	-ចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសដែលធក់បានប្រែប្រួលសមាមាត្រនឹងចរន្តឆ្លងកាត់បូប៊ីន។ ចរន្តកើនចំនួនដែលធក់បានកើនដែរ -មានដែនម៉ាញេទិច -មានតម្លៃធំ ខ្លាំង -ដែនម៉ាញេទិចរបស់បូប៊ីនសមាមាត្រនឹងចរន្តឆ្លងកាត់វា -ប្រែប្រួលសមាមាត្រនឹងចំនួនស្ពៀ -ដែនម៉ាញេទិចរបស់បូប៊ីន សមាមាត្រនឹងចំនួនស្ពៀ -ដែនម៉ាញេទិចរបស់បូប៊ីនឆ្លងកាត់ដោយចរន្តអគ្គិសនីសមាមាត្រនឹងអាំងតង់ស៊ីតេចរន្តឆ្លងកាត់វា នឹងចំនួនស្ពៀរបស់វា។
ជំហានទី៤ៈ ពង្រឹងពុទ្ធិ		
-តើចរន្តអាចបង្កើតដែនម៉ាញេទិចបានដែរឬទេ? -តើដែនម៉ាញេទិចប្រែប្រួលដោយសាអ្វីខ្លះ?		-ចរន្តអាចបង្កើតដែនម៉ាញេទិចបាន ។ -ដែនម៉ាញេទិចប្រែប្រួលដោយសាចរន្តអគ្គិសនីប្រែប្រួល និងដោយសាចំនួនស្ពៀ

ជំហានទី៥៖ បណ្តាំផ្ញើ ឬកិច្ចការផ្ទះ		
–តើប្អូនៗសង្កេតឃើញថា ដែនម៉ាញេទិចត្រូវបានគេអនុវត្តក្នុងឧបករណ៍អ្វីខ្លះ ក្នុងបច្ចេកទេស? –បូប៊ីនវែង(សូលេណូអ៊ីត)ត្រូវបានគេប្រើនៅក្នុងឧបករណ៍អ្វីខ្លះ ក្នុងបច្ចេកទេស?		–ស្តាប់ ហើយកត់ទុក

សន្លឹកកិច្ចការដែនម៉ាញេទិច

សំណួរគន្លឹះ...
សម្មតិកម្ម៖..
....
ប្លង់ពិសោធន៍៖



ករណីចំនួនស្ពៀថេរ៖
១. ដំឡើងសៀគ្វីដូចរូប...
២................

ករណីចរន្តថេរ៖
១.ដំឡើងសៀគ្វីដូចរូប...

លទ្ធផលពិសោធន៍៖
ករណីចំនួនស្ពៀថេរ

ចរន្ត	ចំនួនស្ពៀ	ប្រភេទស្នូលដែក	ចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់ (ឬដែកគោល)
	៥០	ដែកគោល	
	៥០	ដែកគោល	
	៥០	ដែលគោល	

ករណីចរន្តថេរ

ចរន្ត	ចំនួនស្ពៀ	ប្រភេទស្នូលដែក	ចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់ (ឬដែកគោល)
ថេរ	៥០	ដែកគោល	
ថេរ	១០០	ដែកគោល	
ថេរ	១៥០	ដែលគោល	

–បើចរន្តកើន តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេចចំពោះចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសដែលធក់បាន?
....
–បើចរន្តថយ តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេចចំពោះចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសដែលធក់បាន?
....
–បើចំនួនស្ពៀកើន តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេចចំពោះចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសដែលធក់បាន?
....
–បើចំនួនស្ពៀថយ តើប្អូនសង្កេតឃើញដូចម្តេចចំពោះចំនួនប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសដែលធក់បាន?
....
បូប៊ីនឆ្លងកាត់ដោយចរន្តអាចធក់ដែកបាន។ ដូច្នេះបញ្ជាក់ថាបូប៊ីនឆ្លងកាត់ដោយចរន្តបង្កើត........................។ ហើយបើវាអាចធក់ប្រដាប់ខ្ទាស់ក្រដាសបានច្រើនបញ្ជាក់ថាវាមានដែនម៉ាញេទិច................ដោយសា..........មាន

តម្លៃធំ ឬដោយសាមាន......................ច្រើន។ បើវាធក់បានចំនួនប្រដាប់ខ្វាស់បានតិចបញ្ជាក់ថា.....................
ខ្សោយ ដោយសា....................ឆ្លងកាត់................ឬដោយសា..................តិច។

សន្និដ្ឋានៈ

តាមរយៈលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ តើប្អូនធ្វើការសន្និដ្ឋានដូចម្តេច ពីដែនម៉ាញេទិចរបស់បូប៊ីនវែង(សូលេណូអ៊ីត)ឆ្លងកាត់ដោយចរន្តអគ្គិសនី?

....

....

....

តើប្អូនៗសង្កេតឃើញការអនុវត្តដែនម៉ាញេទិចនៅក្នុងឧបករណ៍អ្វីខ្លះក្នុងបច្ចេកទេស?

....

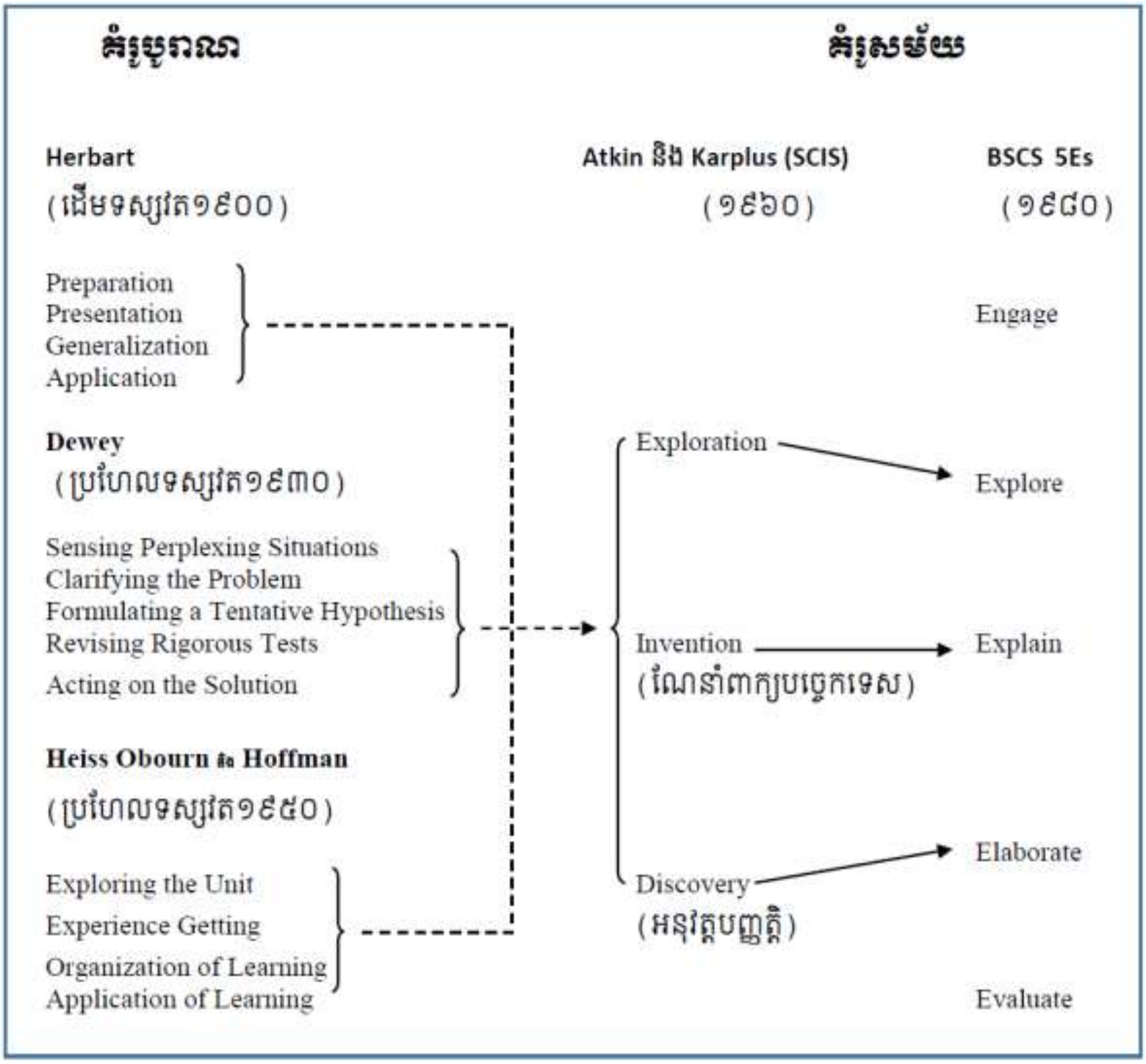
តើប្អូនៗសង្កេតឃើញការអនុវត្តបូប៊ីនវែង(សូលេណូអ៊ីត)នៅក្នុងឧបករណ៍អ្វីខ្លះក្នុងបច្ចេកទេស?

....

មេរៀនទី៥ ៖ គំរូនៃការបង្រៀន និងរៀនតាម 5Es

៥.១. សេចក្តីផ្តើម

គំរូនៃការបង្រៀនតាម 5Es កើតមានតាំងពីចុងឆ្នាំ១៩៨០មកម្លេះ។ គំរូនេះត្រូវបានគេហៅថា គំរូ BSCS 5E ឬ 5E ដែលគេប្រើវាក្នុងការអភិវឌ្ឍកម្មវិធីសិក្សា និងអភិវឌ្ឍវិជ្ជាជីវៈ។ ប៉ុន្តែការប្រើប្រាស់ និងការអនុវត្ត 5Es បានកើនឡើងយ៉ាងខ្លាំងក្នុងទសវត្សចុងក្រោយនេះ។ រូបភាពទី៥.១ បង្ហាញពីការអភិវឌ្ឍនៃគំរូការបង្រៀន និងរៀនតាម 5Es ។ តារាងខាងក្រោមពន្យល់អំពីគំរូនៃការបង្រៀននីមួយៗ។



រូបទី៥.១៖ ឫសគល់នៃការអភិវឌ្ឍគំរូនៃការបង្រៀនតាម 5Es

តារាង១៖ គំរូបង្រៀន និងរៀនរបស់ Johann Friedrich Herbart (ទស្សនវិទូជនជាតិអាឡឺម៉ង់)

ដំណាក់កាល	សង្ខេប
Preparation	គ្រូនាំយកបទពិសោធពីមុនរបស់សិស្សឱ្យសិស្សបានដឹង។
Presentation	គ្រូណែនាំបទពិសោធថ្មី និងភ្ជាប់ជាមួយបទពិសោធពីមុន។
Generalization	គ្រូពន្យល់គំនិត និងអភិវឌ្ឍបញ្ញត្តិដល់សិស្ស។
Application	គ្រូផ្តល់បទពិសោធឱ្យសិស្សបង្ហាញពីការយល់របស់ពួកគេដោយឱ្យពួកគេអនុវត្តបញ្ញត្តិទាំងនោះទៅក្នុងបរិបទថ្មី។

តារាងទី២៖ គំរូនៃការបង្រៀន និងរៀនរបស់ Dewey

ដំណាក់កាល	សង្ខេប
Sensing Perplexing Situations	គ្រូបង្ហាញបទពិសោធដែលធ្វើឱ្យសិស្សឈប់ធ្វើអ្វីផ្សេង និងមកចាប់អារម្មណ៍ពីបញ្ហា។
Clarifying the Problem	គ្រូធ្វើឱ្យសិស្សកំណត់ និងបង្កើតបញ្ហា។
Formulating a Tentative Hypothesis	គ្រូផ្តល់ឱកាសឱ្យសិស្សបង្កើតសម្មតិកម្ម និងព្យាយាមបង្កើតទំនាក់ទំនងរវាងអ្វីដែលកំពុងកើតឡើង និងបទពិសោធពីមុន។
Testing the Hypothesis	គ្រូអនុញ្ញាតឱ្យសិស្សសាកល្បងធ្វើពិសោធន៍ផ្សេងៗ ការគិតស្រមៃ គូសវាសលើ) ដើម្បីតេស្តសម្មតិកម្ម។ (ក្រដាស ឬពិសោធ
Revising Rigorous Tests	គ្រូផ្តល់យោបល់លើតេស្តដែលមានលទ្ធផលអាចទទួលយក ឬបដិសេធសម្មតិកម្ម។
Acting on the Solution	គ្រូឱ្យសិស្សបង្កើតជាអំណះអំណាងមួយដែលបង្ហាញសេចក្តីសន្និដ្ឋាន និងបង្ហាញនូវវិធានការផ្សេងៗដែលអាចធ្វើបាន។

តារាងទី៣៖ គំរូនៃការបង្រៀន និងរៀនរបស់ Heiss Obourn និង Haffman

ដំណាក់កាល	សង្ខេប
Exploring the Unit	សិស្សសង្កេតការបង្ហាញ និងលើកជាសំណួរឡើង ស្នើសម្មតិកម្មដើម្បីឆ្លើយសំណួរដែលបានលើកឡើង និងរៀបចំផែនការសម្រាប់តេស្តសម្មតិកម្ម។
Experience Getting	សិស្សតេស្តសម្មតិកម្ម ប្រមូល បកស្រាយទិន្នន័យ និងបង្កើត សេចក្តីសន្និដ្ឋាន។
Organization of Learning	សិស្សបង្កើតគ្រោង លទ្ធផល និងសេចក្តីសង្ខេប។ ពួកគេធ្វើការប្រឡង។
Application of Learning	សិស្សអនុវត្តព័ត៌មាន បញ្ញត្តិ និងបំណិនទៅក្នុងស្ថានភាពថ្មី។

តារាងទី៤៖ គំរូបង្រៀន និងរៀនរបស់ Atkin-Karplus (SCIS Model: Science Curriculum Improvement Study)

ដំណាក់កាល	សង្ខេប
Exploration	សិស្សមានបទពិសោធដំបូងជាមួយបាតុភូត។
Invention	សិស្សត្រូវបានណែនាំពីពាក្យបច្ចេកទេស ឬពាក្យគន្លឹះថ្មីទាក់ទងជាមួយនឹងបញ្ញត្តិដែលជាកម្មបទនៃការសិក្សា។
Discovery	សិស្សអនុវត្តបញ្ញត្តិ និងប្រើប្រាស់ពាក្យបច្ចេកទេស ឬពាក្យគន្លឹះដែលពាក់ព័ន្ធ ប៉ុន្តែក្នុងស្ថានភាពថ្មី។

នៅពាក់កណ្តាលទសវត្សរ៍១៩៨០ BSCS បានទទួលថវិកាពីIBM ដើម្បីធ្វើការសិក្សាទៅកម្មវិធីសិក្សាថ្មីសម្រាប់មុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្រ និងសុខភាពនៅកម្រិតបឋមសិក្សា។ តាមរយៈការសិក្សានេះ BSCS 5E Model (BSCS 5E Model : Biological Sciences Curriculum Study) ឬហៅកាត់ថា5E ត្រូវបានបង្កើតឡើង ដោយអភិវឌ្ឍចេញពីSCIS

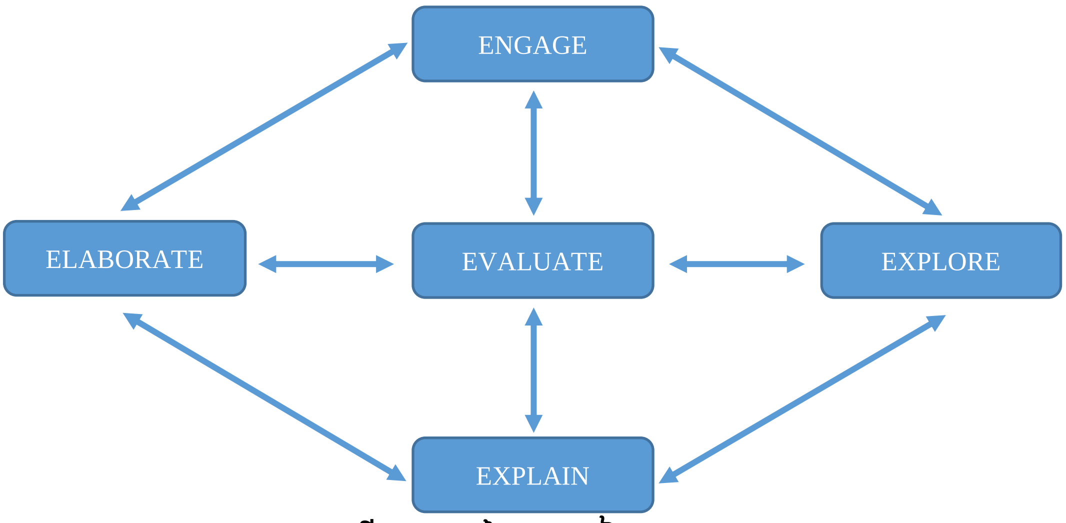
Model។ នៅក្នុងវដ្តនៃការបង្រៀន និងរៀន 5Eមានដំណាក់កាល Engage Explore Explain Elaborate និង Evaluate។

តារាងទី៥៖ ការប្រៀបធៀបរវាងគំរូបង្រៀន និងរៀនរបស់ SCIS និង BSCS 5Es

គំរូបង្រៀននិងរៀនរបស់ SCIS	**គំរូការបង្រៀននិងរៀនតាម 5Es**
	Engage (ដំណាក់កាលថ្មី)
Exploration	Explore) កែសម្រួលពីSCIS(
Invention (ណែនាំពាក្យបច្ចេកទេស)	Explain) កែសម្រួលពីSCIS(
Discovery (អនុវត្តបញ្ញត្តិ)	Elaborate) កែសម្រួលពីSCIS(
	Evaluate) ដំណាក់កាលថ្មី(

៥.២ គំរូការបង្រៀន .និងរៀនតាម 5E

5Es ជាលំនាំនៃការបង្រៀនឈរលើទ្រឹស្តី(គំរូ) constructivist ដែលនិយាយថាអ្នករៀនបង្កើតគំនិតថ្មីដោយឈរលើគំនិតចាស់ពួកគេ។ វាជាការរៀនដោយផ្តោតលើគោលការណ៍ constructivist និងសង្កត់ធ្ងន់លើការពន្យល់ និងអង្កេតបាតុភូត ការប្រើប្រាស់ភស្តុតាងដើម្បីធ្វើសេចក្តីសន្និដ្ឋាន និងបង្កើតប្លង់ពិសោធ។ 5Es អាចប្រើបាស់សម្រាប់សិស្សគ្រប់កម្រិត។ វាអាចប្រើដើម្បីបង្កើតមេរៀនវិទ្យាសាស្ត្រ និងល្អបំផុតសម្រាប់ការបង្រៀនវិទ្យាសាស្ត្រ។ វដ្តរបស់វាដូចបង្ហាញក្នុងរូបទី៥.២។



រូបទី៥.២៖ វដ្តនៃការបង្រៀនតាម 5Es

5Es ល្អបំផុតសម្រាប់ការបង្រៀនវិទ្យាសាស្ត្រ។ វដ្តនៃការបង្រៀន 5Es គឺដូចក្នុងរូបទី៥.១។ Bybee (1997) បានប្រកាសថាការប្រើប្រាស់គោលវិធីនេះ សិស្សកំណត់ឡើងវិញ រៀបចំឡើងវិញ បង្ហាញ និងផ្លាស់ប្តូរបញ្ញត្តិដើមពួកគេ តាមរយៈការឆ្លុះបញ្ចាំងខ្លួនឯង និងអន្តរកម្មជាមួយដៃគូរគេ និងបរិស្ថានគេ។ អ្នកសិក្សាបកស្រាយវត្ថុ និងបាតុភូត និងបញ្ចូល បំណកស្រាយទាំងនោះទៅក្នុងការយល់ឃើញបច្ចុប្បន្នពួកគេ។ គ្រូបង្រៀនវិទ្យាសាស្ត្រ និងអ្នកអភិវឌ្ឍកម្មវិធីសិក្សាអាចបញ្ចូល និងអនុវត្តគំរូ 5Es នៅកម្រិតផ្សេងៗគ្នា។ គំរូអាចជាទម្រង់តាមលំដាប់លំដោយនៃជំហានមេរៀនប្រចាំថ្ងៃ មេរៀននីមួយៗ ឬផែនការប្រចាំឆ្នាំ (Bybee, 1997)។ ដំណាក់កាលនីមួយៗនៃការបង្រៀនតាម 5Es ត្រូវកែប្រែពី Bybee ទៅជា៖

១.ENGAGE

Engage មានន័យថាចូលរួម។ គ្រូត្រូវធ្វើសកម្មភាពយ៉ាងដើម្បីឱ្យសិស្សចាប់ផ្តើមចូលរួមជាមួយការបង្រៀន។ វាជាដំណាក់កាលដែលជំរុញការគិតដោយផ្តោតអារម្មណ៍ទៅលើបញ្ញត្តិមួយ។ ក្នុងដំណាក់កាលនេះ គ្រូត្រូវព្យាយាមវាយតម្លៃចំណេះដឹងមានស្រាប់របស់សិស្ស ឬកំណត់ការយល់បញ្ញត្តិខុស (misconception) របស់សិស្ស។ វាជាដំណាក់កាលសិស្សមជ្ឈមណ្ឌលដែលគ្រូត្រូវជំរុញ ឬបង្កលក្ខណៈឱ្យសិស្សចង់រៀនអំពីប្រធានបទដែលនឹងត្រូវរៀនបន្ថែមលើប្រធានបទដែលនឹងត្រូវរៀនបន្តិចទៀត។ សិស្សអាចធ្វើព្យុះគំនិតលើសំណួរបើក ឬសួរខ្លួនឯងៈ "តើខ្ញុំបានចេះ ឬដឹងអ្វីខ្លះ អំពីប្រធានបទនេះ" ការប្រៀបធៀបព្រឹត្តិការណ៍ ការបង្ហាញបាតុភូត ឬព្រឹត្តិការណ៍ ការពិសោធបង្ហាញ ការសួរសំណួរ ឬការប្រើប្រាស់តារាង ក្រាប ដ្យាក្រាម រូបភាព ឬ KWLជាដើម អាចត្រូវបានប្រើប្រាស់ដើម្បីទាញចំណាប់អារម្មណ៍ ឬបង្កើតការចង់ដឹង។ KWL ធ្វើឱ្យសិស្សធ្វើព្យុះគំនិត និងរក្សាទុកនូវអ្វីដែលពួកគេដឹង ចង់ដឹង និងចុងក្រោយអ្វីដែលពួកគេបានរៀនប្រធានបទ។ KWL ត្រូវបានប្រើដើម្បីវាយតម្លៃចំណេះដឹងមានស្រាប់របស់សិស្សជាមុន និងជារឿយៗប្រើពេញមួយម៉ោងបង្រៀន។ ក្នុងដំណាក់កាលនេះ វាមិនមែនសម្រាប់ឧទ្ទេស កំណត់ពាក្យគន្លឹះ (ឬពាក្យបច្ចេកទេស) ផ្តល់សេចក្តីពន្យល់ ឬកត់ត្រានិមយន័យទេ។

២.EXPLORE

វាជាដំណាក់កាលរុករកដែលផ្តល់ឱ្យសិស្សនូវបទពិសោធរៀនទូទៅដែលច្បាស់លាស់។ វាក៏ជាដំណាក់កាលសិស្សមជ្ឈមណ្ឌលផងដែរ ដែលធ្វើយ៉ាងណាឱ្យសិស្សសកម្មក្នុងការរុករក។ សិស្សត្រូវបានលើកទឹកចិត្តឱ្យប្រើបំណិនវិទ្យាសាស្ត្រដូចជាការសង្កេត ការសួរសំណួរ ការអង្កេត ការតេស្ត ការព្យាករណ៍ ការបង្កើតសម្មតិកម្ម និងការទំនាក់ទំនងជាមួយដៃគូ។ ក្នុងដំណាក់កាលនេះ ការរៀនមានទំនោរទៅលើសកម្មភាព ឬបទពិសោធបែបរិះរកដែលលើកទឹកចិត្តសិស្សឱ្យអភិវឌ្ឍបំណិន និងបញ្ញត្តិ។ តួនាទីគ្រូជាអ្នកសម្របសម្រួល ឬជាអ្នកប្រឹក្សា។ បន្ថែមលើនេះ សិស្សត្រូវបានលើកទឹកចិត្តឱ្យធ្វើការក្នុងបរិយាកាសសហការដោយគ្មានការណែនាំដោយផ្ទាល់ពីគ្រូបង្រៀនទេ។

ដំណាក់កាលនេះមានលក្ខណៈពិសេសដោយឡែកផងដែរ ពីព្រោះសិស្សត្រូវបានផ្តល់នូវបទពិសោធអនុវត្តដោយផ្ទាល់ មុនពេលសេចក្តីពន្យល់ផ្លូវការរបស់ពាក្យគន្លឹះ បច្ចេកទេស និយមន័យ ឬបញ្ញត្តិត្រូវបានពិភាក្សា ឬពន្យល់ដោយគ្រូ។

៣.EXPLAIN

វាជាដំណាក់កាលបើកការគិត (minds-on)។ វាជាដំណាក់កាលគ្រូមជ្ឈមណ្ឌល ដែលមានការចង្អុលបង្ហាញណែនាំច្រើនពីគ្រូ និងបទពិសោធពីមុន របស់សិស្សក្នុងដំណាក់កាលExplore។ ដំណាក់កាលនេះធ្វើឱ្យសិស្សអាចបរិយាយទៅលើអ្វីដែលពួកគេយល់ និងលើកសំណួរឡើងអំពីបញ្ញត្តិដែលពួកគេបាន និងកំពុងរុករក។ វាទាក់ទងទៅនឹងសំណួរថ្មីៗដែលត្រូវបានបង្កើតឡើង។ ដំណាក់កាល Explain ជាដំណាក់កាលសំខាន់មួយ ដែលជាផ្នែកបើកការគិតនៃ 5Es។ មុនពេលគ្រូផ្តល់នូវសេចក្តីពន្យល់ណាមួយ សិស្សត្រូវមានឱកាសបង្ហាញពីការយល់ឃើញ និងការគិតពួកគេជាមុនសិន។ ដូច្នេះ ផ្នែកដំបូងនៃដំណាក់កាល Explain វាជាពេលវេលាដែលគ្រូដើរតួនាទីជាអ្នកសម្របសម្រួលម្នាក់ និងស្នើសិស្សឱ្យបរិយាយ និងពិភាក្សាលើអ្វីដែលពួកគេបានរុករកឃើញ។ បន្ទាប់ពីសិស្សបានឱកាសដើម្បីចែករំលែកការយល់ឃើញពួកគេរួចហើយ គ្រូណែនាំបង្ហាញព័ត៌មានដែលមានលក្ខណៈវិទ្យាសាស្ត្រ និងបច្ចេកទេសដោយផ្ទាល់។ ដំណាក់កាលនេះត្រូវបញ្ជាក់អំពីការយល់បញ្ញត្តិខុសរបស់សិស្សដែលរកឃើញក្នុងដំណាក់កាល Engage និង Explore។ គ្រូត្រូវផ្តល់ឱ្យសិស្សនូវនិយមន័យ កំណត់សម្គាល់ និងឈ្មោះផ្លូវការ។ គ្រូប្រហែលត្រូវបញ្ចូលខ្សែវីដេអូខ្លី កម្មវិធីកុំព្យូទ័រ ឬសម្ភារៈជំនួយផ្សេងៗដើម្បីជួយឱ្យងាយយល់។ បន្ទាប់មកសិស្សអាចពន្យល់បញ្ញត្តិសំខាន់ៗបានច្បាស់លាស់ទៅគ្រូ និងដៃគូរពួកគេ។

ឃ .ELABORATE

សកម្មភាពក្នុងដំណាក់កាលនេះគួរលើកទឹកចិត្តឱ្យសិស្សអនុវត្តបញ្ញត្តិ ដែលទើបបានយល់ថ្មីៗ ព្រមទាំងពង្រឹងបំណិនថ្មីបន្ថែមទៀត។ សិស្សត្រូវបានលើកទឹកចិត្តឱ្យពិនិត្យអ្វីដែលពួកគេទើបតែយល់ដឹងជាមួយដៃគូ ឱ្យបង្កើតប្លង់ពិសោធន៍ គំរូថ្មីដោយឈរលើបំណិន ឬបង្កើតបញ្ញត្តិថ្មី។ គោលបំណងនៃដំណាក់កាលនេះគឺដើម្បីជួយយល់បញ្ញត្តិកាន់តែស៊ីជម្រៅ និងទូលំទូលាយ។ សិស្សអាចសង្កេតបន្ថែម អភិវឌ្ឍផលិតផល ចែករំលែកព័ត៌មាន និងគំនិត ឬអនុវត្តចំណេះដឹង និងបំណិនពួកគេទៅក្នុងផ្នែកផ្សេងៗ។ នេះជាឱកាសដ៏សំខាន់ដើម្បីបញ្ចូលវិទ្យាសាស្ត្រជាមួយនឹងខ្លឹមសារមុខវិជ្ជាដទៃ។ សកម្មភាព Elaborate អាចបញ្ចូលបច្ចេកវិទ្យា ដូចជាការស្រាវជ្រាវតាមវេបសាយ។

ង .EVALUATE

ការវាយតម្លៃនៅក្នុងការបង្រៀន និងរៀនតាមបែបរិះរកមានភាពខុសគ្នាយ៉ាងខ្លាំងពីការបង្រៀនតាមបែបបូរាណ។ ការវាយតម្លៃទាំងផ្លូវការ និងមិនផ្លូវការ គួរតែត្រូវមាន និងសមស្រប។ ឧទាហរណ៍ៈ ការប្រើប្រាស់ portfolios performance-based assessment concept maps physical models ឬ journal logs អាចធ្វើភស្តុតាងដែលបង្ហាញពីការរៀនរបស់សិស្ស។ ក្នុងមេរៀនតាមបែបរិះរក ការវាយតម្លៃកើតឡើងបន្តរហូតពេញ១មេរៀនដោយគ្រូតាមដានយ៉ាងជាប់លាប់ ទៅលើការរៀនរបស់សិស្សនៅពេលសិស្សអនុវត្តបញ្ញត្តិ និងបំណិនថ្មីៗ និងស្វែងរកភស្តុតាងនៃការដែលសិស្សផ្លាស់ប្តូរ ឬកែប្រែការគិតពួកគេ។ សិស្សក៏អាចមានឱកាសធ្វើការវាយតម្លៃខ្លួនឯងផងដែរ។ តែទោះយ៉ាងណា ការវាយតម្លៃក៏អាចរាប់បញ្ចូលការវាយតម្លៃសរុបដូចជា ប្រឡងខ្លី ប្រឡង ឬការងារស្រាវជ្រាវ។

បើទោះជា5E ត្រូវបានពន្យល់តាមលំដាប់លំដោយ ប៉ុន្តែនៅក្នុងការបង្រៀនវាអាចមានការ ត្រឡប់ទៅវិញទៅមកច្រើនដងរវាងដំណាក់កាលនីមួយៗ។ ជាញឹកញាប់ក្នុងការបង្រៀនការត្រឡប់ទៅមករវាង Explore និង Explain អាចកើតឡើងច្រើនដងមុនពេលសិស្សអាចបន្តទៅដំណាក់កាល Elaborate។ គ្រូអាចទៅមុខទៅក្រោយពីរបីដងក្នុង 5E ឬពេលខ្លះត្រូវបន្ថែម Engage ម្តងទៀតមុនពេលចូលទៅ Elaborate ។ វាមានភាពបទបែន និងថាមវន្ត (Dynamics)។ វាមិនចាំបាច់ត្រូវតែបញ្ចប់២វដ្តនៃ 5Es ក្នុងមួយម៉ោងសិក្សានោះទេ។ វដ្តនៃការបង្រៀន និងរៀនបង្កើឡើងដើម្បីឱ្យមានការផ្លាស់ប្តូរបន្តិចម្តងៗ និងចូលរួមចំណែកក្នុងការធ្វើឱ្យមានសង្គតិភាព និងទំនាក់ទំនងគ្នា (Bybee, 1997)។

៥.៣ .សកម្មភាពគ្រូ និងសិស្សក្នុងការបង្រៀន និងរៀនតាម 5E

ដំណាក់កាល	គំរូនៃការបង្រៀន និងរៀនតាម 5Es អ្វីដែលគ្រូធ្វើ	
	ស្របតាមគំរូនៃការបង្រៀន និងរៀនតាម 5Es	មិនស្របតាមគំរូនៃការបង្រៀន និងរៀនតាម 5Es
Engage	• បង្កើតចំណាប់អារម្មណ៍ • បង្កើតការចង់ដឹង • លើកជាសំណួរ • រកឃើញអ្វីដែលសិស្សដឹង ឬគិតអំពីបញ្ញត្តិ/ប្រធានបទ	• ពន្យល់បញ្ញត្តិ • ផ្តល់និយមន័យ និងចម្លើយ • ធ្វើសេចក្តីសន្និដ្ឋាន • សន្និដ្ឋានបញ្ចប់ • ឧទ្ទេស

Explore	• លើកទឹកចិត្តឱ្យសិស្សធ្វើការជាមួយគ្នាដោយគ្មានការណែនាំផ្ទាល់ពីគ្រូ • សង្កេត និងស្តាប់សិស្ស ពេលសិស្សមានអន្តរកម្មនឹងគ្នា • សួរសំណួរបំផុសដែលបង្វែរការសង្កេតរបស់សិស្សពេលចាំបាច់ • ទុកពេលឱ្យសិស្សក៏ន្តច្រឡំលើបញ្ហា • ដើរតួជាអ្នកប្រឹក្សាសម្របសម្រួលសិស្ស/	• ឱ្យចម្លើយ • ប្រាប់ ឬពន្យល់ពីរបៀបធ្វើការក្នុងបញ្ហា • សន្និដ្ឋានបញ្ចប់ • ប្រាប់សិស្សថាគេខុស • ផ្តល់ព័តមាន ឬការពិតដែលដោះស្រាយបញ្ហាបាន • ដឹកនាំសិស្សម្តងមួយជំហានៗទៅរកដំណោះស្រាយ
Explain	• លើកទឹកចិត្តឱ្យពន្យល់បញ្ញត្តិ និងនិយមន័យដោយពាក្យពេចន៍ពួកគេផ្ទាល់ • សួររកហេតុផលនិងអំណះ (ភស្តុតាង) អំណាងពីសិស្ស • ស្តាប់ និងបង្កើតការពិភាក្សាជាមួយសិស្ស • ចុងក្រោយផ្តល់និយមន័យ សេចក្តីពន្យល់ និងឈ្មោះថ្មី • ប្រើបទពិសោធចាស់របស់សិស្សជាមូលដ្ឋានសម្រាប់ការពន្យល់បញ្ញត្តិ • ទទួលយករាល់ចម្លើយដែលសមហេតុផល	• ទទួលយកការពន្យល់ដែលគ្មានហេតុផល • មិនយកចិត្តទុកដាក់ក្នុងការទាមទារឱ្យសិស្សពន្យល់ • ណែនាំបញ្ញត្តិ ឬបំណិនដែលមិនទាក់ទង
Elaborate	• រំពឹងថាសិស្សប្រើឈ្មោះ និយមន័យ និងសេចក្តីពន្យល់ផ្លូវការដែលបានផ្តល់ឱ្យពីមុន • លើកទឹកចិត្តឱ្យសិស្សអនុវត្ត ឬពង្រីកបញ្ញត្តិ និងបំណិននៅក្នុងស្ថានភាពថ្មី • រំឭកសិស្សអំពីសេចក្តីពន្យល់ផ្សេងទៀត • ឱ្យសិស្សប្រើទិន្នន័យ និងភស្តុតាងដែលមានស្រាប់ និងសួរ - តើអ្វីដែលអ្នកបានដឹងរួចហើយ? - ហេតុអ្វីបានជាអ្នកគិតថា...? (យុទ្ធសាស្ត្រនៅក្នុងដំណាក់កាល Explore អាចអនុវត្តនៅកន្លែងនេះផងដែរ)	• ផ្តល់ចម្លើយច្បាស់លាស់ • ប្រាប់សិស្សថាពួកគេខុស • ឧទ្ទេស • ដឹកនាំសិស្សម្តងមួយជំហានៗទៅរកដំណោះស្រាយ • ពន្យល់ពីរបៀបធ្វើការក្នុងបញ្ហា

Evaluate	• សង្កេតសិស្សពេលពួកគេអនុវត្តបញ្ញត្តិ និងបំណិនថ្មី • វាយតម្លៃចំណេះដឹង និងឬបំណិនរបស់/សិស្ស • ស្វែងរកភស្តុតាងដែលសិស្សបានផ្លាស់ប្តូរការគិត ឬឥរិយាបថពួកគេ • ឱ្យសិស្សវាយតម្លៃការរៀន និងបំណិនរបស់ខ្លួនឯង • សួរសំណួរបើកដូចជា - ហេតុអ្វីអ្នកគិតថា...? - តើអ្នកមានភស្តុតាងអ្វី? - តើអ្នកដឹងអ្វីខ្លះអំពី...? - តើអ្នកពន្យល់... យ៉ាងដូចម្តេច?	• តេស្តវាក្យសព្ទ ពាក្យបច្ចេកទេស ពាក្យ/គន្លឹះ និងការពិត • ណែនាំគំនិត ឬបញ្ញត្តិថ្មី • បង្កើតភាពមិនច្បាស់លាស់ • បង្កើតការពិភាក្សាចំហដែលមិនទាក់ទងនឹងបញ្ញត្តិ ឬបំណិនក្នុងមេរៀន

អ្វីដែលសិស្សគួរធ្វើក្នុងគំរូនៃការបង្រៀនតាម5Es

ដំណាក់កាល	គំរូនៃការបង្រៀន និងរៀនតាម 5Es អ្វីដែលសិស្សធ្វើ	
	ស្របតាមគំរូនៃការបង្រៀន និងរៀនតាម 5Es	មិនស្របតាមគំរូនៃការបង្រៀន និងរៀនតាម 5Es
Engage	• សួរសំណួរដូចជា៖ -ហេតុអ្វីបានជាវាកើតឡើងបែបហ្នឹង? -តើខ្ញុំដឹងអ្វីខ្លះហើយអំពី...? -តើខ្ញុំអាចរកឃើញអ្វីអំពី...? • បង្ហាញចំណាប់អារម្មណ៍ទៅលើប្រធានបទ	• សួររកចម្លើយដែលត្រឹមត្រូវ • ផ្តល់ចម្លើយត្រឹមត្រូវ • ចង់តែបានចម្លើយ ឬការពន្យល់ • រកដំណោះស្រាយតែមួយ
Explore	• គិតដោយសេរី ប៉ុន្តែស្ថិតនៅក្នុងដែនកំណត់នៃសកម្មភាព • តេស្តលើការទស្សន៍ទាយ និងសម្មតិកម្ម • បង្កើតការទស្សន៍ទាយ និងសម្មតិកម្មថ្មី • សាកល្បងជម្រើសផ្សេងទៀត និងពិភាក្សាអំពីពួកវាជាមួយអ្នកផ្សេង • កត់ត្រាអ្វីដែលសង្កេតឃើញ និងគំនិត • ព្យួរការវិនិច្ឆ័យសិន	• ឱ្យអ្នកដទៃគិត និងរុករក មិន)សកម្មក្នុងការចូលរួម(• ធ្វើការដោយស្ងៀមស្ងាត់ម្នាក់ឯងដោយមិនសូវមានអន្តរកម្មជាមួយអ្នកដទៃ • លេងច្រើន មិនយកចិត្តទុកដាក់ និងគ្មានគោលដៅ • ឈប់រុករកពេលរកបានដំណោះស្រាយមួយហើយ

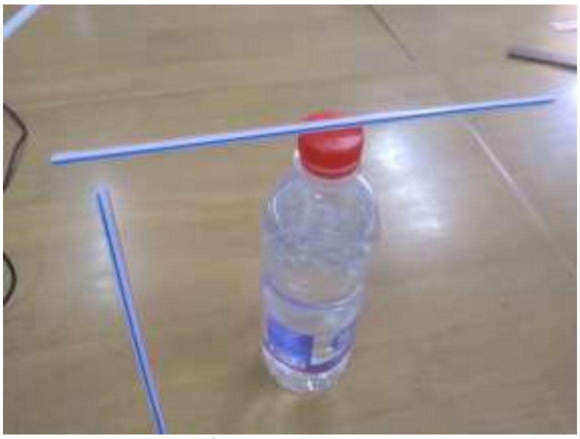
Explain	• ពន្យល់ពីដំណោះស្រាយ ឬចម្លើយដែលអាចទៅរួចដល់អ្នកដទៃ • ស្ដាប់ការពន្យល់របស់អ្នកដទៃយ៉ាងយកចិត្តទុកដាក់ • ចោតជាសំណួរទៅលើការពន្យល់របស់អ្នកដទៃ • ស្ដាប់ និងព្យាយាមយល់ការពន្យល់ដែលគ្រូ ផ្ដល់ឱ្យ • ពិនិត្យការពន្យល់ខាងដើម និងអាចកែប្រែដើម្បីឆ្លុះបញ្ចាំងការយល់ថ្មី • ផ្ដល់ចម្លើយដែលសមហេតុផល • ប្រើអ្វីដែលកត់ត្រាបានពីការសង្កេតមកពន្យល់	• យកការពន្យល់ដែលមិនដឹងមកពីណា គ្មានទំនាក់ទំនងជាមួយបទពិសោធចាស់ៗ • នាំយកបទពិសោធ និងឧទាហរណ៍ដែលមិនពាក់ព័ន្ធ • ទទួលយកការពន្យល់ដែលគ្មានហេតុផល • មិនចូលរួមក្នុងការពន្យល់ដែលអាចជឿទុកចិត្តបានពីអ្នកដទៃ
Elaborate	• អនុវត្តឈ្មោះ និយមន័យ ការពន្យល់ និងបំណិនថ្មី ប៉ុន្តែនៅក្នុងស្ថានភាពស្រដៀងគ្នា • ប្រើព័ត៌មានចាស់ដើម្បីសួរសំណួរ ស្នើដំណោះស្រាយ ធ្វើការសម្រេចចិត្ត និងបង្កើតប្លង់ពិសោធ • ធ្វើសេចក្ដីសន្និដ្ឋានដែលសមហេតុផលចេញពីភស្ដុតាងដែលមាន • កត់ត្រាការសង្កេត និងការពន្យល់ • ត្រួតពិនិត្យការយល់របស់ខ្លួនជាមួយមិត្តភក្តិ ឬដៃគូ	• លេងច្រើន មិនយកចិត្តទុកដាក់ និងគ្មានគោលដៅ • មិនប្រើព័តមានឬភស្តុតាង ចាស់ៗ (ពីមុន) • ធ្វើសេចក្ដីសន្និដ្ឋាន មិនដឹងចេញមកពីណា • ប្រើតែឈ្មោះដែលគ្រូបានឱ្យក្នុងការពិភាក្សា
Evaluate	• ឆ្លើយសំណួរបើកដោយប្រើការសង្កេត ភស្តុតាង និងការពន្យល់ដែលព្រមទទួលយកពីមុន • បង្ហាញឱ្យឃើញថាយល់ ឬចេះបញ្ញត្តិ ឬមានបំណិន • វាយតម្លៃលើការអភិវឌ្ឍ និងចំណេះដឹងរបស់ខ្លួន • សួរសំណួរដែលទាក់ទងដែលអាចឈានទៅរកការសង្កេតនៅពេលខាងមុខ	• ធ្វើសេចក្ដីសន្និដ្ឋានដោយមិនប្រើការសង្កេត ភស្តុតាង និងការពន្យល់ដែលព្រមទទួលយកពីមុន • ផ្ដល់តែចម្លើយ បាទ ចាស ឬទេ/ និងជានិយមន័យ ឬការពន្យល់ដែលបានចាំតែប៉ុណ្ណោះ • មិនអាចផ្ដល់ការពន្យល់ដែលអាចទទួលយកបានដោយប្រើពាក្យពេចន៍របស់ខ្លួន • លើកឡើងប្រធានបទថ្មីដែលមិនពាក់ព័ន្ធ

មេរៀនទី៦ ៖ អេឡិចត្រូស្តាទិច

អេឡិចត្រូស្តាទិចសម្រាប់កម្រិតថ្នាក់ទី១០ប៉ុណ្ណោះ

៦.១.បន្ទុកអគ្គិសនី

នៅក្នុងសង្គមក្រិចបុរាណឆ្នាំ ៦០០ មុនគ្រឹះសករាជ(600 B.C) បានរកឃើញថា បន្ទាប់ពីពួកគេបានជុសខាត់ជ័រឈើម្យ៉ាង(amber) ជាមួយរោមសត្វ ជ័រឈើនោះអាចចក់ទាញវត្ថុផ្សេងៗបាន។ មកដល់ឥឡូវគេថាជ័រឈើនោះមានបន្ទុកអគ្គិសនី។ ពាក្យជាភាសាអង់គ្លេសដែលមានន័យថាអគ្គិសនីគឺ "electric" មកពីភាសាក្រិច "elektron" ដែលមានន័យថា amber (ប្រភេទនៃជ័រឈើម្យ៉ាង)។ គេអាចធ្វើពិសោធន៍បង្ហាញមួយដោយយកបំពង់បឺតមកខាត់ជាមួយក្រដាសសៀវភៅរួចដាក់វានៅលើមាត់ដមទឹកសុទ្ធត្រង់ទីប្រជុំទំងន់របស់បំពង់បឺត(រូបទី៦.១) ហើយមួយទៀតកាន់នៅដៃ កាលណាគេដាក់ពួកវានៅជិតគ្នា គេសង្កេតឃើញថាពួកវាច្រានគ្នាចេញ។



រូប៦.១៖ ពិសោធន៍បង្ហាញពីវត្តមាននៃបន្ទុកអគ្គិសនី។

ប៉ុន្តែបើគេយកចង្កឹះកែវដែលបានខាត់ជាមួយក្រដាសសៀវភៅមកដាក់ជិតបំពង់បឺតដែលខាត់រួច គេសង្កេតឃើញថាពួកវាទាញគ្នាចូល។

ពិសោធន៍ទាំងនេះ និងពិសោធន៍ច្រើនផ្សេងទៀតបានបង្ហាញថាបន្ទុកអគ្គិសនីមានពីរប្រភេទ គឺប្រភេទបន្ទុកអគ្គិសនីដែលមាននៅលើបំពង់បឺត និងប្រភេទបន្ទុកអគ្គិសនីដែលមាននៅលើចង្កឹះកែវ។ លោក Benjamin Franklin (1706-1790) បានហៅប្រភេទនៃបន្ទុកអគ្គិសនីទាំងពីរនោះថា បន្ទុកវិជ្ជមាន និងបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន ។ បន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានកើតមាននៅលើចង្កឹះកែវ ហើយបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានកើតមាននៅលើប្លាស្ទិច(បំពង់បឺត) ។ បន្ទុកអវិជ្ជមានពីរ ឬបន្ទុកវិជ្ជមានពីរ ច្រានគ្នាចេញ។ បន្ទុកវិជ្ជមានមួយ និងបន្ទុកអវិជ្ជមានមួយ ទាញគ្នាចូល។

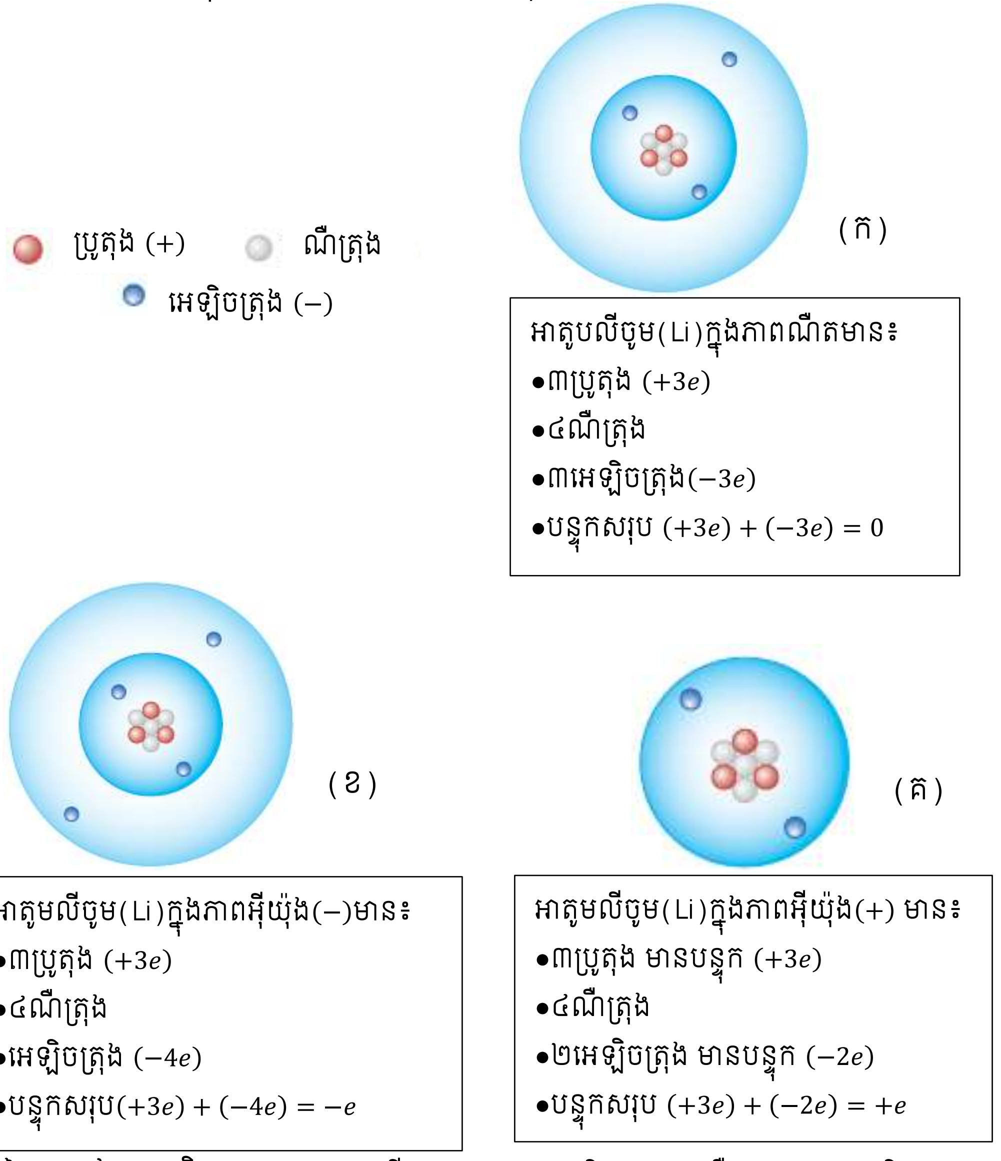
នៅពេលគេខាត់ប្លាស្ទិច (បំពង់បឺត) ឬចង្កឹះកែវ ភាពប្រែប្រួល ឬផ្លាស់ប្តូររបស់ពួកវាមិនត្រូវបានមើលឃើញឡើយ។ បើដូច្នេះសួរថា តើមានអ្វីកើតឡើងចំពោះប្លាស្ទិច ឬចង្កឹះកែវនៅពេលគេផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីឱ្យវា ? ដើម្បីឆ្លើយសំណួរនេះយើងត្រូវពិនិត្យមើលលើទម្រង់នៃអាតូម។

តាមរយៈការរកឃើញគំរូនៃអាតូមរបស់អ្នករូបវិទ្យា បានបង្ហាញថាអាតូមមានណ្វៃយ៉ូ នៅចំកណ្តាលហើយអេឡិចត្រុងវិលជុំវិញណ្វៃយ៉ូ។ ធាតុបង្ករបស់ណ្វៃយ៉ូមាន ណឺត្រុង និងប្រូតុង។ ណឺត្រុងមិនមានបន្ទុកអគ្គិសនីទេ ចំណែកប្រូតុង និងអេឡិចត្រុងមានបន្ទុកអគ្គិសនីមានតម្លៃស្មើគ្នា តែសញ្ញាផ្ទុយគ្នា។ បន្ទុកអគ្គិសនីដែលរកឃើញនៅលើអេឡិចត្រុង និងប្រូតុងហៅថាបន្ទុកដំបូងតាងដោយ $e = 1.6 \times 10^{-19}\,C$ ។ បន្ទុករបស់អេឡិចត្រុងគឺ $-e$ និងបន្ទុករបស់ប្រូតុងគឺ $+e$ ។

តាមរូបទី៦.២(ក) ប្រូតុងនៅក្នុងណ្វៃយ៉ូមានចំនួនបី ហើយអេឡិចត្រុងមានចំនួនបីដែរ ដូច្នេះអាតូមនេះមានបន្ទុកអគិសនីសរុបស្មើសូន្យ(ព្រោះ $+3e + (-3e) = 0$) គេថាអាតូមណឺត(ឬគ្មានបន្ទុកអគ្គិសនី)។ ពេលខ្លះ

អាតូមអាចបាត់បង់អេឡិចត្រុងមួយ ឬច្រើន ហើយពេលខ្លះទៀតអាតូមអាចលើសអេឡិចត្រុងមួយ ឬច្រើន ក្នុងករណីនេះបន្ទុកអគ្គិសនីសរុបរបស់អាតូមអាចវិជ្ជមាន ឬអវិជ្ជមាន ហើយគេហៅអាតូមដែលលើស ឬខ្វះអេឡិចត្រុងនេះថា អ៊ីយ៉ុង។

ក្នុងអង្គធាតុរឹងខ្លះ ណ្វៃយ៉ូរបស់វាត្រូវបានរក្សា ប៉ុន្តែអេឡិចត្រុងខ្លះសឹងតែផ្លាស់ទីដោយសេរី។ ពេលអង្គធាតុមួយណឺត គឺវាមានចំនួនបន្ទុកអគ្គិសនី (+) និងចំនួនបន្ទុកអគ្គិសនី (−) ស្មើគ្នា។



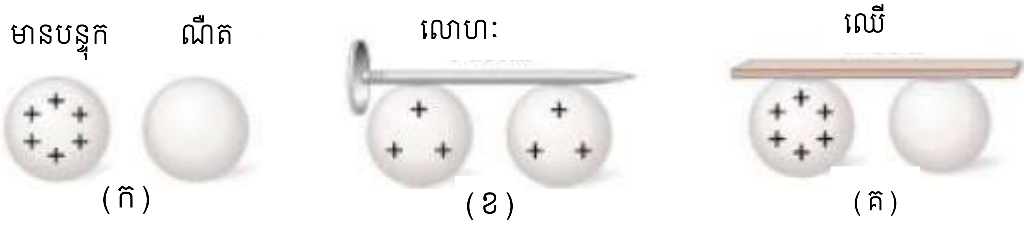
រូប៦.២៖ គំរូនៃអាតូមដែលអ្នកវិទ្យាសាស្ត្របានរកឃើញ។ (ក) អាតូមស្ថិតក្នុងភាពណឺត (ខ)អាតូមស្ថិតក្នុងភាពជាអ៊ីយ៉ុងអវិជ្ជមាន (គ) អាតូមស្ថិតក្នុងភាពជាអ៊ីយ៉ុងវិជ្ជមាន។

ការរក្សាបន្ទុកអគ្គិសនី៖ លោក Franklin បានបង្ហាញថា បរិមាណបន្ទុកអគ្គិសនីដែលកើតមាននៅលើអង្គធាតុមួយស្មើនឹងបរិមាណនៃបន្ទុកអគ្គិសនីដែលមានសញ្ញាផ្ទុយ កើតមានលើអង្គធាតុមួយផ្សេងទៀត។ ឧទាហរណ៍ នៅពេលដែលគេខាត់ចង្កឹះប្លាស្ទិច(ឬបំពង់បឺត)ជាមួយក្រដាស ដែលពីដំបូងចង្កឹះ និងក្រដាសមិនមានផ្ទុកបន្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី ក្រោយខាត់ ចង្កឹះប្លាស្ទិចផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន ហើយក្រដាសផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានស្មើនឹងបន្ទុកអគ្គិសនីដែលកើតមានលើចង្កឹះប្លាស្ទិច។ គេបានផលបូកពិជគណិតនៃបន្ទុកអគ្គិសនីស្មើសូន្យ។ ដូច្នេះបន្ទុកសរុបរបស់វត្ថុទាំងពីរមិនមានការផ្លាស់ប្តូរទេ។ ក្នុងដំណើរការផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីលើអង្គធាតុ បន្ទុកអគ្គិសនីមិនត្រូវបានបង្កើត ឬ

បំផ្លាញចោលទេ វាគ្រាន់តែត្រូវបានផ្ទេរពីវត្ថុមួយទៅវត្ថុមួយទៀតប៉ុណ្ណោះ។ ច្បាប់រក្សាបន្ទុកអគ្គិសនីពោលថា៖ **ផលបូកពិជគណិតនៃបរិមាណបន្ទុកអគ្គិសនីក្នុងប្រព័ន្ធបិទជិត(ឬប្រព័ន្ធត្រមោច)ណាមួយ គឺមានតម្លៃថេរ។**

៦.២. អង្គធាតុអ៊ីសូឡង់អគ្គិសនី និងអង្គធាតុចម្លងអគ្គិសនី

គេមានស្វ៊ែលោហៈពីរ ស្វ៊ែមួយមានបន្ទុកអគ្គិសនី ហើយស្វ៊ែមួយទៀតណឺត រូប៦.៣(ក)។ បើគេដាក់ដែកគោលលើស្វ៊ែទាំងពីររូប៦.៣(ខ) ស្វ៊ែលោហៈដែលពីមុនមិនមានបន្ទុកអគ្គិសនី ក្លាយជាមានបន្ទុកអគ្គិសនី។ ប៉ុន្តែបើគេដាក់ឈើលើស្វ៊ែទាំងពីរវិញរូប៦.៣(គ) ស្វ៊ែលោហៈដែលពីមុនមិនមានបន្ទុកអគ្គិសនី នៅតែមិនមានបន្ទុកអគ្គិសនីដដែល។ គេថាដែកគោលជាអង្គធាតុចម្លងអគ្គិសនី ហើយឈើជាអង្គធាតុអ៊ីសូឡង់អគ្គិសនី(មិនចម្លងអគ្គិសនី)។ ដូច្នេះអង្គធាតុចម្លងអគ្គិសនីគឺជាអង្គធាតុទាំងឡាយណាដែលបន្ទុកអគ្គិសនីអាចឆ្លងកាត់បានដូចជាដែក ទង់ដែង អាលុយមីញ៉ូម ចំនែកអ៊ីសូឡង់គឺជាអង្គធាតុទាំងឡាយណាដែលបន្ទុកអគ្គិសនីមិនអាចឆ្លងកាត់បានដូចជាឈើស្ងួត ជ័រ ឬប្លាស្ទិច។



រូប៦.៣៖ បង្ហាញពីអង្គធាតុចម្លងអគ្គិសនី និងអង្គធាតុអ៊ីសូឡង់អគ្គិសនី។

តាមទ្រឹស្តីអាតូម អេឡិចត្រុងក្នុងអង្គធាតុអ៊ីសូឡង់អគ្គិសនី បានចងសម្ព័ន្ធយ៉ាងរឹងមាំជាមួយណ្វៃយ៉ូ។ ក្នុងអង្គធាតុចម្លងអគ្គិសនីអេឡិចត្រុងមួយចំនួនបានចងសម្ព័ន្ធយ៉ាងខ្សោយជាមួយណ្វៃយ៉ូ អេឡិចត្រុងសឹងតែផ្លាស់ទីដោយសេរីក្នុងអង្គធាតុចម្លង។ បើដាក់អង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាននៅជិត ឬប៉ះនឹងអង្គធាតុចម្លង នោះអេឡិចត្រុងរបស់អង្គធាតុចម្លងអគ្គិសនីត្រូវបានទាញដោយបន្ទុកវិជ្ជមាន ហើយក៏ផ្លាស់ទីយ៉ាងលឿនមករកបន្ទុកវិជ្ជមាន។

៦.៣ អគ្គិសនីកម្ម

អគ្គិសនីកម្ម គឺជាអំពើដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិនសី។ អគ្គិសនីកម្មមានបីប្រភេទគឺ អគ្គីសនីកម្មដោយកកិត អគ្គិសនីកម្មដោយប៉ះ និងអគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល។

អគ្គិសនីកម្មដោយកកិត៖

គឺជាអំពើដែលធ្វើឱ្យវត្ថុមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីដោយសារកកិត។ ឧទាហរណ៍ កាលណាគេយកបំពង់បឺត(ឬចង្កឹះប្លាស្ទិច)ទៅខាត់ជាមួយក្រដាស គេឃើញមានបន្ទុកអគ្គិសនីកើតឡើងលើបំពង់បឺត និងក្រដាស។

អគ្គិសនីកម្មដោយប៉ះ៖

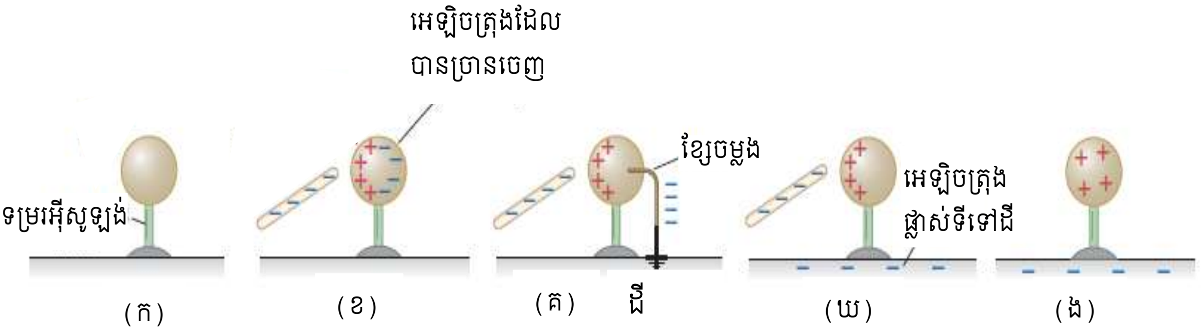
គឺជាអំពើដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុមួយមានបន្ទុកអគ្គិសនីដោយយកវត្ថុមួយមានបន្ទុកអគ្គិសនីទៅដាក់ឱ្យប៉ះនឹងអង្គធាតុណឺត បន្ទាប់មកអង្គធាតុណឺតនោះក្លាយជាមានបន្ទុកអគ្គិសនីដែរ។ ឧទាហរណ៍ បើគេយកបំពង់បឺត ឬចង្កឹះប្លាស្ទិចដែលខាត់រួច(ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន)ទៅដាក់ឱ្យប៉ះនឹងស្វ៊ែលោហៈណឺត រួចដកចេញវិញ ស្វ៊ែលោហៈនោះនឹងមានបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានដែរ។

រូប៦.៤បង្ហាញពីអគ្គិសនីកម្មដោយប៉ះ។ មុនប៉ះអង្គធាតុណឺត(គ្មានបន្ទុកអគ្គិសនី) នៅពេលប៉ះជាមួយអង្គធាតុមនាបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន អេឡិចត្រុងរបស់អង្គធាតុណឺតដែលនៅត្រង់តំបន់ដែលប៉ះនោះត្រូវបានទាញដោយបន្ទុកវិជ្ជមាន ធ្វើឱ្យវាផ្លាស់ទីឆ្លងទៅអង្គធាតុមានបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន។ ជាលទ្ធផល ក្រោយពេលប៉ះ អង្គធាតុណឺតនេះបានផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានដែរនៅត្រង់ផ្នែក(ឬតំបន់)ដែលបានប៉ះជាមួយអង្គធាតុមានបន្ទុកអគ្គិសនី។

រូប៦.៤៖ (ក) អង្គធាតុណឺត (ខ) អង្គធាតុណឺតក្រោយប៉ះជាមួយ
អង្គធាតុមានបន្ទុកអគ្គិសនី ក្លាយជាមានបន្ទុកអគ្គិសនីដែរ។

អគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល៖

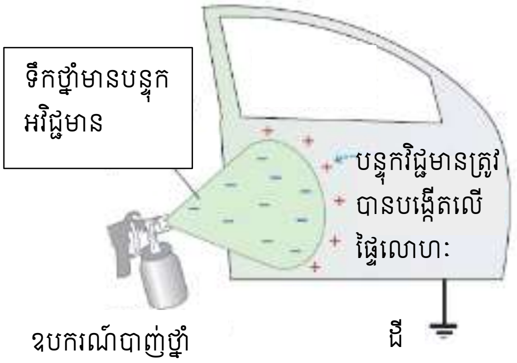
គេយកចង្កឹះប្លាស្ទិចដែលខាត់រួចទៅដាក់ជិតស្វៃលោហៈណឺតមួយ។ បន្ទុកអវិជ្ជមាននៃចង្កឹះប្លាស្ទិចបានរុញច្រានអេឡិចត្រុងមួយចំនួនរបស់ស្វៃលោហៈក្នុងតំបន់ជិតចង្កឹះប្លាស្ទិចឱ្យទៅផ្ដុំគ្នានៅលើផ្ទៃម្ខាងទៀតនៃស្វៃលោហៈ ជាហេតុនាំឱ្យនៅលើផ្ទៃស្វៃទាំងពីរផ្នែក(ផ្នែកនៅជិតចង្កឹះ និងផ្នែកនៅឆ្ងាយពីចង្កឹះ)មានបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន និងបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានរូប៦.៥ (ខ)។ បន្ទាប់មកទៀតគេភ្ជាប់ផ្ទៃស្វៃដែលមានបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានទៅដីដោយខ្សែចម្លងមួយរូប៦.៥(គ)។ ពេលនោះអេឡិចត្រុងនៅលើផ្ទៃនោះបានផ្លាស់ទីចូលទៅក្នុងដី ធ្វើឱ្យផ្នែកនៃផ្ទៃរបស់ស្វៃនេះណឺត ហើយបន្សល់នូវបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាននៅលើផ្ទៃផ្នែកម្ខាងទៀត។ គេផ្ដាច់ខ្សែចម្លង ហើយទាញចង្កឹះប្លាស្ទិចចេញឆ្ងាយ ស្វៃលោហៈនៅសល់តែបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានលើផ្ទៃរបស់វារូប៦.៥(ឃ)។ ជាលទ្ធផលស្វៃលោហៈផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាននៅលើផ្ទៃទាំងមូលរូប៦.៥(ង)។ ទង្វើដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុមួយមានបន្ទុកអគ្គិសនីបែបនេះហៅថា**អគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល**។



រូប៦.៥៖ ការផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីឱ្យអង្គធាតុមួយតាមរយៈអគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល។ (ក)ស្វៃលោហៈណឺត។ (ខ) បន្ទុកអវិជ្ជមានរបស់ចង្កឹះបានច្រានអេឡិចត្រុងឱ្យទៅផ្នែកម្ខាងនៃស្វៃ។ (គ) ភ្ជាប់ខ្សែចម្លងទៅដី ដើម្បីឱ្យអេឡិចត្រុងផ្លាស់ទីទៅដី។ (ឃ) កាត់ខ្សែចម្លងចេញ ហើយដកចង្កឹះចេញ។ (ង) ជាលទ្ធផល បន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានបានរាយលើផ្ទៃស្វៃទាំងមូល។

ការអនុវត្តអេឡិចត្រូស្តាទិចចំពោះការបាញ់ថ្នាំរថយន្ត៖

គេភ្ជាប់លោហៈ(តួរបស់រថយន្ត)ដែលត្រូវបាញ់ថ្នាំទៅដីតាមរយៈខ្សែចម្លងមួយ ហើយគេធ្វើឱ្យទឹកថ្នាំផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីនៅខណៈដែលវាបានចេញពីចំពុះបាញ់ថ្នាំ។ នោះបន្ទុកអគ្គិសនីមានសញ្ញាផ្ទុយពីទឹកថ្នាំនឹងកើតមាននៅលើតួរថយន្តខណៈដេលទឹកថ្នាំបានទៅដល់(ដូចក្នុងករណីរូប៦.៥ខ)។ បន្ទាប់បន្ទុកអគ្គិសនីដែលមាននៅលើតួរថយន្តបានធក់ទាញទឹកថ្នាំឱ្យស្អិតជាប់លើផ្ទៃរបស់លោហៈ(តួរថយន្ត)។ ការបាញ់ថ្នាំតាមវិធីអេឡិចត្រូស្តាទិចនេះវាធ្វើឱ្យទឹកថ្នាំជាប់បានយូអង្វែង មិនងាយប្រែប្រួលព៌ណ ហើយចំពោះផ្នែកគៀនៗនៃតួរថយន្តត្រូវបានានូវស្រទាប់ស្មើសាច់ល្អ ហើយសន្សំសំចៃបានយ៉ាងខ្លាំង។



រូប៦.៦៖ ការអនុវត្តអេឡិចត្រូស្តាទិចចមពោះការបាញ់ថ្នាំ។

សំណួរចម្លើយ

១. ដូចម្ដេចដែលហៅថា៖ អង្គធាតុណឺត អង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន អង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន និង ការផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីលើអង្គធាតុមួយ?

ចម្លើយ

អង្គធាតុណឺតតាមន័យអគ្គិសនី កាលណាចំនួនបន្ទុកវិជ្ជមាននៃណ្វៃយ៉ូ ស្មើចំនួនបន្ទុកអវិជ្ជមានរបស់អេឡិចត្រុង ឬ អាចនិយាយថាជាអង្គធាតុដែលមិនលើស មិនខ្វះអេឡិចត្រុង។

អង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន ជាអង្គធាតុដែលមានចំនួនអេឡិចត្រុងតិចជាងចំនួនប្រូតុង ឬជាអង្គធាតុដែលខ្វះ អេឡិចត្រុង។

អង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមា ជាអង្គធាតុដែលលើសអេឡិចត្រុង ឬជាអង្គធាតុដែលមានចំនួនអេឡិចត្រុងច្រើន ជាងចំនួនបន្ទុកវិជ្ជមាន(ចំនួនប្រូតុង)ក្នុងណ្វៃយ៉ូ។

ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីលើអង្គធាតុ គឺជាការផ្ដាច់លំនឹងរវាងបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាននៃណ្វៃយ៉ូ និងបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាននៃ អេឡិចត្រុង ពោលគឺធ្វើឱ្យអង្គធាតុនោះលើស ឬខ្វះអេឡិចត្រុង។

២. អ្វីទៅដែលហៅថា៖ អេឡិចត្រូស្តាទិច អគ្គិសនីកម្ម?

ចម្លើយ

អេឡិចត្រូស្តាទិច គឺការសិក្សាពីបន្ទុកអគ្គិសនីនៅនឹង

អគ្គិសនីកម្ម គឺជាអំពើមួយដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី ឬជាអំពើដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុមួយលើស ឬខ្វះអា ឡិចត្រុង។

៣. ហេតុអ្វីបានជាលោហៈជាអង្គធាតុចម្លងអគ្គិសនី ហើយអ៊ីសូឡង់មិនចម្លងអគ្គិសនី?

ចម្លើយ

លោហៈជាអង្គធាតុចម្លងអគ្គិសនីព្រោះ លោហៈមានអេឡិចត្រុងសេរី នៅស្រទាប់ក្រៅឆ្ងាយពីណ្វៃយ៉ូ ហើយដែល អាចដាច់ចេញពីសម្ព័ន្ធរបស់ណ្វៃយ៉ូ។ អ៊ីសូឡង់គ្មានអេឡិចត្រុងសេរី ហេតុនេះបានជាវាមិនចម្លងអគ្គិសនី។

៤. អ្វីទៅដែលហៅថាទ្រឹស្ដីអេឡិចត្រុង? ចូររកឧទាហរណ៍មួយស្ដីពីការពន្យល់បាតុភូតអគ្គិសនីដោយផ្អែកលើ ចលនាអេឡិចត្រុង។

ចម្លើយ

ទ្រឹស្ដីដែលពន្យល់ពីលក្ខណៈអគ្គិសនីនៃអង្គធាតុ និងបាតុភូតអគ្គិសនី ដោយផ្អែកលើចលនានៃអេឡិចត្រុងហៅថា ទ្រឹស្ដីអេឡិចត្រុង។

ឧទាហរណ៍៖ កាលណាអង្គធាតុណឺតកកិតគ្នា ដូចជាចង្កឹះកែវខាត់នឹងសំពត់សូត នោះមានអេឡិចត្រុងមួយចំនួនរបស់ចង្កឹះកែវឆ្លងទៅលើសំពត់សូត។ ចង្កឹះកែវខ្វះអេឡិចត្រុងក៏ផ្ទុកបន្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន។ ចំណែកសំពត់សូតចាប់យកអេឡិចត្រុង ពោលគឺលើសអេឡិចត្រុង ក៏ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន។

៥. កាលណាគេផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីលើស្វ៊ែតាន់មួយ តើបន្ទុកអគ្គិសនីរាយដូចម្តេច?

ចម្លើយ

កាលណាគេផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីឱ្យស្វ៊ែតាន់មួយ បន្ទុកអគ្គិសនីរាយតែលើផ្ទៃក្រៅនៃស្វ៊ែតាន់ ដូចនឹងស្វ៊ែប្រហោងក្នុងដែរ(នេះជាលក្ខណៈធម្មជាតិនៃ)។

៦. ចំពោះអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន ឬអវិជ្ជមាន តើនៅពេលណាដែលគេថាអង្គធាតុនោះផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីកាន់តែធំ?

ចម្លើយ

ចំពោះអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនិវិជ្ជមានគេថាវាមានបន្ទុកអគ្គិសនីកាន់តែធំកាលណាវាខ្វះអេឡិចត្រុងកាន់តែច្រើន ចំពោះអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន គេថាវាមានបន្ទុកអគ្គិសនីកាន់តែធំកាលណាវាលើសអេឡិចត្រុងកាន់តែច្រើន។

៧. តើគេអាចខាត់ផ្ទៃចង្កឹះទង់ដែង ឬដែក ដើម្បីបង្កើតបន្ទុកអគ្គិសនីបានដែរឬទេ? តើបន្ទុកអគ្គិសនីដែលកើតថ្មីៗលើចង្កឹះនេះ អាចស្រូបយកអ្វីស្រាលៗ ឬទេ? ព្រោះអ្វី?

ចម្លើយ

គេអាចខាត់ចង្កឹះទង់ដែង ឬដែកដើម្បីបង្កើតបន្ទុកអគ្គិសនីបាន។ បន្ទុកអគ្គិសនីដែលកើតថ្មីៗលើចង្កឹះទង់ដែងមិនអាចស្រូបយកអ្វីៗស្រាលៗបានទេ ព្រោះវាជាអង្គធាតុចម្លងអគ្គិសនី ហើយបន្ទុកអគ្គិសនីដែលកើតថ្មីៗបានរាយពាសពេញលើផ្ទៃចង្កឹះទាំងមូលជាហេតុបណ្តាលឱ្យកម្លាំងធក់ទាញខ្សោយពេក មិនអាចស្រូបយកវត្ថុស្រាលៗបាន។ ដែលផ្ទុយពីចង្កឹះកែវ ឬប្លាស្ទិចដែលខាត់រួច បន្ទុកអគ្គិសនីកើតមានតែត្រង់កន្លែងខាត់ ហើយកម្លាំងធក់ទាញមិនខ្សោយពេកអាចស្រូបយកវត្ថុស្រាលៗបាន។ គេអាចនិយាយម្យ៉ាងទៀតថាបន្ទុកអគ្គិសនីដែលកើតថ្មីៗបានឆ្លងតាមដៃទៅដីអស់ ហើយចង្កឹះទង់ដែង ឬដែកក្លាយជាណឺត។

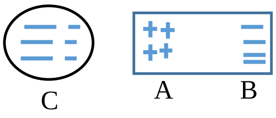
៨. (ក).គេមានអង្គធាតុចម្លងណឺត AB មួយដាក់លើទម្រអ៊ីសូឡង់។ គេបង្អិតស្វ៊ែលោហៈ C ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានទៅជិតចុង A នៃអង្គធាតុចម្លង AB ។ តើនឹងមានាកើតបាតុភូតអ្វីនៅលើអង្គធាតុចម្លង AB ? ចូរពន្យល់បាតុភូតនេះតាមទ្រឹស្តីអេឡិចត្រុង។

(ខ). សំណួរដដែលចំពោះស្វ៊ែលោហៈ C ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានវិញ។

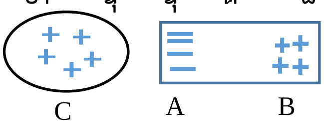
ចម្លើយ

(**ក**).កាលណាគេបង្អិតស្វ៊ែលោហៈ C ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានទៅជិតចុង A នៃអង្គធាតុ AB គេឃើញមានកើតបាតុភូតញែកបន្ទុកអគ្គិសនីលើអង្គធាតុ AB ។

ពន្យល់បាតុភូតតាមទ្រឹស្តីអេឡិចត្រុង៖ តាមអគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល បន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានលើស្វ៊ែ C បានរុញច្រានអេឡិចត្រុងសេរីមួយចំនួនរបស់អង្គធាតុចម្លង AB ឱ្យទៅផ្តុំគ្នានៅផ្នែកខាងចុង B ធ្វើឱ្យផ្នែកនេះលើសអេឡិចត្រុង ។ចំណែកចុង A ខ្វះអេឡិចត្រុងសេរីមានបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន។ ទាំងនេះជាមូលហេតុដែលធ្វើឱ្យកើតមានបាតុភូតញែកបន្ទុកអគ្គិសនីលើអង្គធាតុចម្លង AB ។



(**ខ**).ករណីស្វៃលោហៈ C ផ្ទុកបន្ទុកវិជ្ជមាន៖ តាមអគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពលបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានរបស់ស្វៃ C បានទាញអេឡិចត្រុងសេរីខ្លះរបស់អង្គធាតុចម្លង AB ឱ្យមកផ្តុំគ្នាត្រង់ចុង A ធ្វើឱ្យផ្នែកនេះលើសអេឡិចត្រុងផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន ចំណែកចុង B ខ្វះអេឡិចត្រុង ក៏ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន។

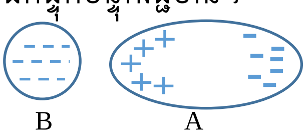


៩. (**ក**). គេមានអង្គធាតុពីរ៖ A ជាអង្គធាតុចម្លងណឺត B ជាអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន។ តើគេត្រូវធ្វើដូចម្តេច ដើម្បីឱ្យ A ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន ដោយប្រើតែ B ហើយមិនធ្វើឱ្យផ្លាស់ប្តូរបន្ទុកអគ្គិសនីនៃ B ។

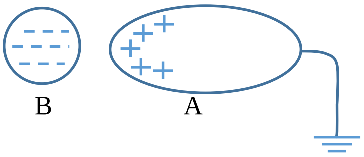
(ខ) បើ B ជាអង្គធាតុផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមានវិញ តើគេត្រូវធ្វើដូចម្តេចដើម្បីឱ្យ A ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានវិញ។

ចម្លើយ

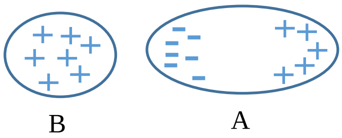
(**ក**). –ដំបូងគេត្រូវយកអង្គធាតុ B ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមានមកដាក់ក្បែរ A ដោយមិនឱ្យប៉ះ គេនឹងទទួលបានបាតុភូតញែកបន្ទុកអគ្គិសនីលើអង្គធាតុ A ព្រោះតាមអគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល បន្ទុកអវិជ្ជមានរបស់ B បានច្រានអេឡិចត្រុងសេរីភាគខ្លះនៃ A ឱ្យទៅផ្តុំគ្នានៅផ្នែកម្ខាងឆ្ងាយពី B ធ្វើឱ្យផ្នែកនោះលើសអេឡិចត្រុងក៏ផ្ទុកបន្ទុកអវិជ្ជមាន ចំណែកផ្នែកម្ខាងទៀតក្បែរ B ខ្វះអេឡិចត្រុងក៏ផ្ទុកបន្ទុកវិជ្ជមាន។



–បន្ទាប់មកគេត្រូវយកដៃទៅប៉ះ A ឬយកខ្សែចម្លងមួយភ្ជាប់ A ទៅដី ពេលនោះអេឡិចត្រុងដែលលើសលើផ្នែកម្ខាងនៃ A បានធ្លងទៅដីអស់ រួចគេយកដៃចេញ ឬដកខ្សែចម្លងចេញ គេទទួលបានអង្គធាតុ A ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន។

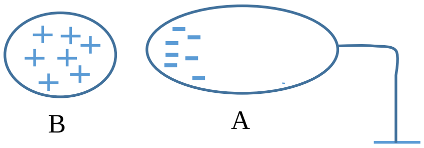


(ខ). ដើម្បីឱ្យ A ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គីសនីអវិជ្ជមាន



–ដំបូងគេត្រូវយកអង្គធាតុ B ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន មកដាក់ក្បែរ A ដោយមិនឱ្យប៉ះ គេទទួលបានបាតុភូតញែកបន្ទុកអគ្គិសនីលើ A ព្រោះអគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល បន្ទុកវិជ្ជមានរបស់ B បានទាញអេឡិចត្រុងសេរីភាគខ្លះរបស់ A មកផ្តុំត្រង់ផ្នែកម្ខាងក្បែរ B ធ្វើឱ្យផ្នែនេះលើសអេឡិចត្រុងក៏ផ្ទុកបន្ទុកអវិជ្ជមាន ចំណែកផ្នែកម្ខាងទៀតនៅឆ្ងាយពី B ខ្វះអេឡិចត្រុងក៏ផ្ទុកបន្ទុកវិជ្ជមាន។

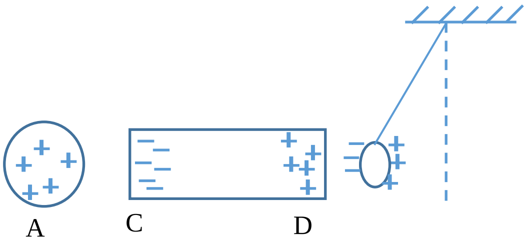
–បន្ទាប់មក គេត្រូវយកដៃទៅប៉ះ A ឬយកខ្សែចម្លងមួយភ្ជាប់ A ទៅដី ពេលនោះផ្នែកខាងដែលមានបន្ទុកវិជ្ជមានបានទាញអេឡិចត្រុងសេរីពីដីហើយក្លាយជាណឺត រួចគេយកដៃចេញ ឬដកខ្សែចម្លងចេញ គេបានអង្គធាតុ A ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមាន។



១០. គេមានស្វ៊ែលោហៈ A មួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន។ គេយករបាចម្លង CD មួយណឹត មកដាក់ក្បែរស្វ៊ែ A នោះ ដោយដាក់ចុង C ក្បែរស្វ៊ែ A ហើយនៅក្បែរចុងម្ខាងទៀត D គេព្យួរស្វ៊ែលោហៈតូចមួយណឹតនឹងខ្សែសូត។ តើអ្នកសង្កេតឃើញមានបាតុភូតអ្វីកើតឡើង? ចូរពន្យល់បាតុភូតនេះ។

ចម្លើយ៖ ពេលគេដាក់ចុង C នៃរបា CD ក្បែរស្វ៊ែ A ផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន។ គេសង្កេតឃើញមានបាតុភូតញែកបន្ទុកអគ្គិសនីលើរបាចម្លង CD ហើយស្វ៊ែលោហៈតូចមានលំងាកមករកចុង D នៃរបារ។

ពន្យល់បាតុភូតដែលកើតមានឡើង៖



តាមអគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពលបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាននៃស្វ៊ែ A បានទាញអេឡិចត្រុងភាគខ្លះនៃរបារឱ្យមកផ្តុំគ្នាត្រង់ចុង C នៃរបារ ធ្វើឱ្យផ្នែកនេះផ្ទុកបន្ទុកអវិជ្ជមាន ហើយនៅចុង D នៃរបារខ្វះអេឡិចត្រុងផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនីវិជ្ជមាន។ បន្ទុកវិជ្ជមាននៅត្រង់ D បានទាញអេឡិចត្រុងភាគខ្លះនៃស្វ៊ែតូចឱ្យមកផ្តុំគ្នាត្រង់ផ្នែកផ្ទៃដែលជិតចំណុច D ធ្វើឱ្យចំណុចនេះលើសអេឡិចត្រុងមានបន្ទុកអគ្គិសនីអវិជ្ជមា ហើយផ្ទៃម្ខាងទៀតនៃស្វ៊ែតូចដែលនៅឆ្ងាយពីចំណុច D ខ្វះអេឡិចត្រុងមានបន្ទុកវិជ្ជមាន។ ដូចនេះបន្ទុកវិជ្ជមានត្រង់ D បានទាញបន្ទុកអវិជ្ជមានដែលនៅលើស្វ៊ែតូច ជាហេតុធ្វើឱ្យស្វ៊ែតូចមានលំងាកមករកចំណុច D ។

មេរៀនទី៧ ៖ ច្បាប់រក្សាថាមពល

៧.១. កម្មន្ត និងថាមពល

កម្មន្តនៃកម្លាំងថេរ

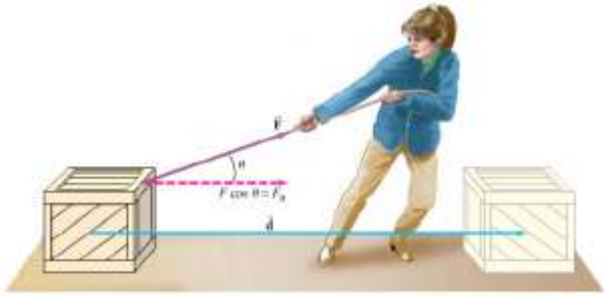
ក្នុងរូបវិទ្យា កម្មន្តត្រូវបានគេកំណត់និយមន័យថា ជាផលគុណរវាងកម្លាំងនិងបំលាស់ទីតាមទិសដៅនៃកម្លាំង។ ក្នុងន័យនេះ បើកម្លាំងមិនបានធ្វើឱ្យវត្ថុផ្លាស់ទីទេ គឺមិនមានកម្មន្តទេ។

$$W = Fd$$

ដែល F ជាកម្លាំងគិតជា N ហើយ d ជាបំលាស់ទីគិតជា m ។ បើកម្លាំង និងបំលាស់ទីមានទិសដៅបង្កើតបានមុំ θ ណាមួយ កម្មន្តត្រូវសរសេរ

$$W = Fd\ \cos\theta \qquad (៧.១)$$

ពិនិត្យករណីកម្លាំងថេរមានទិសដៅស្របនឹងបំលាស់ទី $\theta = 0\,;\ \cos\theta = 1$ គេបានកម្មន្ត $W = Fd$ ។ ឧទាហរណ៍ បើរុញកូនរទេះមួយបានចម្ងាយ $50\,m$ ដោយកម្លាំងតាមទិសដេក មានម៉ូឌុលស្មើ $30\,N$ នោះអ្នកបានធ្វើកម្មន្តស្មើ $30\,N \times 50\,m = 1500\,N.m$ ។ ឧទាហរណ៍នេះបង្ហាញថាខ្នាតរបស់កម្មន្តគឺ $N.m = \mathrm{J}$ ។



រូប៧.១៖ មនុស្សម្នាក់កំពុងទាញឡាំងមួយឱ្យផ្លាស់ទីតាមប្លង់ដេក។ កម្មន្តនៃកម្លាំងនេះគឺ $W = Fd\ \cos\theta$ ។

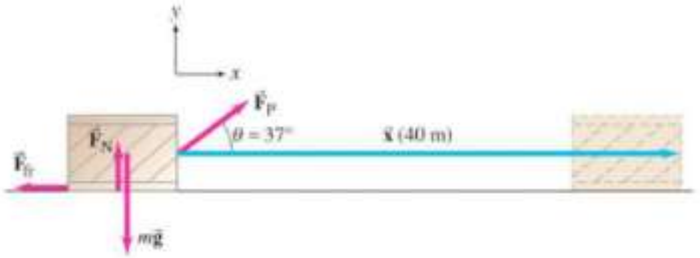
រូប៧.២៖ កម្លាំងដែលមនុស្សបានបញ្ចេញលើកញ្ចប់ឥវ៉ាន់ មិនបានធ្វើកម្មន្តទេ។ កម្លាំង $\vec{F}_P$ មានទិសកែងនឹងបំលាស់ទី $\vec{d}$ ។

ឧទាហរណ៍៖ មនុស្សម្នាក់ទាញឡាំងមួយមានម៉ាស $50\,kg$ ឱ្យផ្លាស់ទីតាមប្លង់ដេកបានចម្ងាយ $40\,m$ ដោយកម្លាំងថេរ $F_P = 100\,N$ មានទិសដៅបង្កើតបានមុំ $37°$ ដូចរូប៧.៣។ កម្លាំងកកិតរវាងឡាំង និងប្លង់ដេកគឺ $F_{fr} = 50\,N$ គណនា៖

(ក)កម្មន្តធ្វើដោយកម្លាំងនីមួយៗដែលមានអំពើលើឡាំង?

(ខ). កម្មន្តសរុបដែលធ្វើលើឡាំង?

ដំណោះស្រាយ៖ យើងជ្រើសរើសប្រព័ន្ធកូអរដោនេដូចរូប ដូច្នេះ $\vec{X}$ អាចជាវ៉ិចទ័រដែលបង្ហាញពីបំលាស់ទី $40\,m$ (តាមអ័ក្ស x)។ កម្លាំងចំនួន៤ ដែលមានអំពោះលើឡាំងគឺ កម្លាំងបញ្ចេញដោយបនុស្ស $\vec{F}_P$ កម្លាំងកកិត $\vec{F}_{fr}$ ទម្ងន់របស់ឡាំង $m\vec{g}$ និងកម្លាំងកែង $\vec{F}_N$ ។ កម្លាំងសរុបដែលមានអំពើលើឡាំងគឺជាផលបូកណែកម្លាំងទាំងនេះ។



រូប៧.៣៖ ឡាំងមានម៉ាស រងនូវកម្លាំងទាញមានទិសដៅបង្កើតបានមុំ 37° ជាមួយបំលាស់ទី។

(ក). កម្មន្តធ្វើដោយកម្លាំងទំនាញដី(ទម្ងន់) និងកម្លាំងកែងស្មូសូន្យ ព្រោះពួកវាមានទិសកែងនឹងបំលាស់ទី

$$W_G = mgx\ \cos 90° = 0$$

$$W_N = F_N x\ \cos 90° = 0$$

កម្លាំងមនុស្សបានធ្វើកម្មន្ត

$$W_P = F_P x\ \cos\theta = (100\,N)(40\,m)\ \cos 37° = 3200\,J$$

កម្មន្តធ្វើដោយកម្លាំងកកិតគឺ

$$W_{fr} = F_{fr} x\ \cos 180° = (50\,N)(40\,m)\,(-1) = -2000\,J$$

មុំដែលបង្កើតឡើងដោយបំលាស់ទី $\vec{X}$ និង កម្លាំងកកិតគឺ $\vec{F}_{fr}$ គឺ 180° ព្រោះពួកវាមានទិសដៅផ្ទុយគ្នា។ ដោយកម្លាំងកកិតមានទិសដៅផ្ទុយពីចលនា ដូច្នេះកម្មន្តដែលវាបានធ្វើគឺអវិជ្ជមាន។

(ខ). កម្មន្តសរុបគឺជាផលបូកពិជគណិតនៃកម្មន្តធ្វើកម្លាំងនីមួយៗ

$$W = W_G + W_N + W_P + W_{fr}$$

$$W = 0 + 0 + 3200\,J - 2000\,J = 1200\,J$$

គេអាចគណនាកម្មន្តសរុបតាមវិធីមួយទៀត គឺរកកម្លាំងសរុបជាមុន

កម្លាំងសរុបគឺ $\vec{F} = \vec{F}_P + \vec{F}_{fr} + \vec{F}_N + m\vec{g}$ ប៉ុន្តែ $\vec{F}_P = \vec{F}_P \sin\theta + \vec{F}_P \cos\theta$

គេបាន $\vec{F} = \vec{F}_P \sin\theta + \vec{F}_P \cos\theta + \vec{F}_{fr} + \vec{F}_N + m\vec{g}$

$\vec{F}_P \sin\theta + \vec{F}_N + m\vec{g} = 0$ (អំពើ និងប្រតិកម្ម)

កម្លាំងសរុបគឺ $\vec{F} = \vec{F}_P \sin\theta + \vec{F}_{fr}$

ម៉ូឌុល$F = F_P \sin\theta - F_{fr}$

កម្មន្តសរុបគឺ $W = Fx = \left(F_P \sin\theta - F_{fr}\right)x = (100\,N\ \cos 37° - 50\,N)(40\,m) = 1200\,J$

៧.២. ថាមពលស៊ីនេទិច និងគោលការណ៍កម្មន្ត-ថាមពល

ថាមពលគឺជាបញ្ញាត្តិយ៉ាងសំខាន់មួយក្នុងវិទ្យាសាស្ត្រ។ នៅក្នុងមេរៀននេះយើងឱ្យនិយមន័យថា ថាមពលគឺជាសមត្ថភាពក្នុងការធ្វើកម្មន្ត។

អង្គធាតុមួយកំពុងផ្លាស់ទីអាចធ្វើកម្មន្តលើអង្គធាតុដទៃបានពេលវាទង្គិចជាមួយ។ ញញួរអាចធ្វើកម្មន្តលើដែកគោលពេលវាផ្លាស់ទីទៅទង្គិចនឹងដែកគោល។ អង្គធាតុដែលកំពុងផ្លាស់ទីបានបញ្ចេញកកម្លាំងទៅលើអង្គធាតុទីពីរពេលវាទៅទង្គិចជាមួយ ហើយបានធ្វើឱ្យអង្គធាតុទីពីរផ្លាស់ទី។ មានន័យថាអង្គធាតុកំពុងផ្លាស់ទីមានសមត្ថភាពធ្វើកម្មន្ត ដូច្នេះអាចនិយាយថាអង្គធាតុកំពុងផ្លាស់ទីមានថាមពល។ ថាមពលដែលកើតមានក្នុងពេលមានចលនាហៅថា ថាមពលស៊ីនេទិច មកពីភាសាក្រិច "kinetikos" មានន័យថាចលនា។

ដើម្បីទទួលបាននិយមន័យថាមពលស៊ីនេទិចតាមបែបបរិមាណវិស័យ សូមពិនិត្យអង្គធាតុរឹងមួយមានម៉ាស m (ចាត់ទុកជាចំណុចរូបធាតុ) ដែលកំពុងផ្លាស់ទីដោយចលនាត្រង់មានល្បឿនដើម v_1 ។ ដើម្បីឱ្យអង្គធាតុនេះប្រែប្រួលល្បឿនបាន v_2 គេត្រូវការកម្លាំងថេរ F_{net} (កម្លាំងបានការ)មានអំពើលើអង្គធាតុនោះតាមទិសដៅនៃចលនាក្នុងបំលាស់ទី d ដូចរូប៧.៤។

រូប៧.៤៖ កម្លាំងថេរ F_{net} ធ្វើឱ្យរថយន្តប្រែប្រួលល្បឿនពី v_1 ទៅ v_2 ក្នុងបំលាស់ទី d ។ កម្មន្តដែលបំពេញដោយកម្លាំងនេះគឺ $W = F_{net}d$ ។

គេបានកម្មន្តដែលធ្វើដោយកម្លាំងថេរនេះគឺ $W = F_{net}d$ ។ អនុវត្តច្បាប់ទីពីរញូតុន

$$F_{net} = ma$$

តាមទំនាក់ទំនងគ្មានពេលនៅក្នុងចលនាត្រង់ប្រែប្រួលស្មើ $v_2^2 - v_1^2 = 2ad$ គេបានសំទុះ

$$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2d}$$

គេបានកកម្មន្ត

$$W = F_{net}d = mad = m\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2d}\right)d = m\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2}\right)$$

$$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \qquad (៧.២)$$

គេកំណត់ទំហំ $\frac{1}{2}mv^2$ ថាជាថាមពលស៊ីនេទិចនៃអង្គធាតុមានចលនារំកិលតាងដោយ KE

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (៧.៣)$$

តាមសមីការ ៧.២ គេបានទំនាក់ទំនងរវាងកម្មន្ត និងថាមពលស៊ីនេទិចគឺ

$$W = KE_2 - KE_1$$

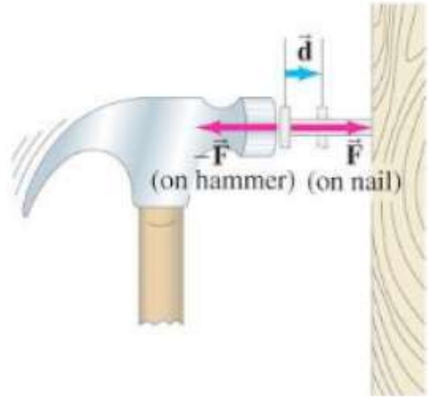
$$W = \Delta KE \qquad (៧.៤)$$

គោលការណ៍កម្មន្ត និងថាមពលពោលថា កម្មន្តសរុបដែលធ្វើដោយអង្គធាតុមួយស្មើនឹងបម្រែបម្រួលថាមពលស៊ីនេទិចរបស់អង្គធាតុនោះ។

គោលការកម្មន្តថាមពលបានបង្ហាញថាបើកម្មន្តវិជ្ជមានធ្វើលើអង្គធាតុមួយ W ថាមពលស៊ីនេទិចរបស់អង្គធាតុនោះកើនឡើងស្មើនឹង W ។ គោលការន៍នេះក៏បានបង្ហាញដែរថា បើកម្មន្តអវិជ្ជមានមួយធ្វើលើអង្គធាតុមួយ នោះថាមពលស៊ីនេទិចរបស់អង្គធាតុនោះថយចុះស្មើនឹង W ។ ករណីនេះគឺកម្លាំងសរុបមានអំពើលើអង្គធាតុមានទិសដៅផ្ទុយពីចលនា កម្លាំងនេះបានបន្ថយល្បឿន និងថាមពលស៊ីនេទិចរបស់អង្គធាតុ។ ឧទាហរណ៍បំលាស់ទីញញួរទៅទង្គិចជាមួយដែកគោល។ កម្លាំងសរុបមានលើញញួរមានទិសដៅទៅឆ្វេង ហើយបំលាស់ទី $\vec{d}$ របស់ញញួរមានទិសដៅទីស្តាំ។ ដូច្នេះកកម្មន្តដែលបានធ្វើលើញញួរ $W_h = Fd\cos 180° = -Fd$ គឺកម្មន្តអវិជ្ជមាន ហើយថាមពលស៊ីនេទិចរបស់ញញួរថយចុះ(ជាធម្មតាស្មើសូន្យ)។

រូប៧.៥ ក៏បានបង្ហាញថាតើថាមពលមានសមត្ថភាពបង្កើតកម្មន្តបានដោយរបៀបណា។ នៅខណៈដែលចលនារបស់ញញួរថយចុះ វាបានធ្វើកម្មន្តវិជ្ជមានមួយលើដែកគោល ហើយបើដែកគោលបញ្ចេញកម្លាំង $-\vec{F}$ លើញញួរដើម្បីចលនារបស់ញញួរថយចុះ ញញួរបានបញ្ចេញកម្លាំង $+\vec{F}$ ទៅលើដែកគោលក្នុងចម្ងាយ d។ ដូច្នេះកម្មន្ត

ដែលធ្វើទៅលើដែកគោលដោយញញួរគឺ $W_n = (+F)(+d) = Fd$ វិជ្ជមាន។ គេក៏បានសង្កេតឃើញដែរថាកម្មន្ត $W_n = Fd = -W_h$ ។ កម្មន្តដែលធ្វើលើដែកគោល W_n ស្មើនឹងកម្មន្តអវិជ្ជមានដែលធ្វើលើញញួរ។ ការថយចុះនូវថាមពលស៊ីនេទិចរបស់ញញួរ គឺស្មើនឹងកម្មន្តដែលញញួរអាចធ្វើលើអង្គធាតុផ្សេងទៀត ដែលវាត្រូវគ្នានឹងនិយមន័យថាមពលថា ថាមពលគឺជាសមត្ថភាពបង្កើតកម្មន្ត។



រូប៧.៥៖ ចលនារបស់ញញួរត្រូវបានបញ្ចប់បន្ទាប់ពីបានទង្គិចនឹងដែកគោល។ ញញួរបានបញ្ចេញកម្លាំង F ទៅលើដែកគោល ហើយដែកគោលបានបញ្ចេញកម្លាំង $-F$ ទៅលើញញួរវិញ(ច្បាប់ទីបីញូតុន)។ កម្មន្តដែលធ្វើលើដែកគោលដោយញញួរគឺវិជ្ជមាន($W_n = Fd > 0$)។ កម្មន្តធ្វើលើញញួរដោយដែកគោលគឺអវិជ្ជមាន($W_h = -Fd < 0$)។

ថាមពលស៊ីនេទិចគឺ $\frac{1}{2}mv^2$ នេះបញ្ជាក់ថាវាសមាមាត្រនឹងម៉ាស m ហើយនឹងការេល្បឿន v^2 ។

ឧទាហរណ៍៖ រកកម្មន្តដែលត្រូវការដើម្បីធ្វើឱ្យរថយន្តមួយមានម៉ាស $1000\,kg$ ស្ទុះពីល្បឿន $20\ m/s$ ទៅ $30\ m/s$ ។

ដំណោះស្រាយ៖ កាលណាល្បឿនរបស់រថយន្តកើនឡើង នោះថាមពលស៊ីនេទិចរបស់វាកោះនឡើងដែរ តាមទំនាក់ទំនងរវាងកម្មន្ត និងថាមពល

$$W = KE_2 - KE_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$W = \frac{1}{2}(1000\,kg)(30\ m/s)^2 - \frac{1}{2}(1000\,kg)(20\ m/s)^2 = 2.5 \times 10^5\,J$$

៧.៣. ថាមពលប៉ូតង់ស្យែល

ថាមពលស៊ីនេទិចជាថាមពលដែលកើតឡើងអាស្រ័យនឹងល្បឿនរបាអង្គធាតុពេលមានចលនា។ អង្គធាតុមានចលនាក៏អាចកើតមានថាមពលប៉ូតង់ស្យែលផងដែរ ដែលជាថាមពលកើឡើងដោយកម្លាំងហើយអាស្រ័យនឹងទីតាំងរបស់អង្គធាតុ។ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលមានច្រើនប្រភេទ។

កំហូចទ្រង់ទ្រាយរបស់រ៉ឺស័រជាឧទាហរណ៍មួយនៃវត្ថុមានថាមពលប៉ូតង់ស្យែល។ រ៉ឺស័រទទួលបានថាមពលប៉ុតង់ស្យែលពីព្រោះមានកម្មន្តធ្វើលើវាដោយកម្លាំងក្រៅ(មនុស្ស)ដែលទាញ ឬរុញ។ នៅពេលដែលរ៉ឺស័ររួញ ឬយឺតវាបានបញ្ចេញកម្លាំង ហើយធ្វើកម្មន្តដើម្បីឱ្យវត្ថុដែលភ្ជាប់ជាមួយវាផ្លាស់ទី។

ដុំឥដ្ឋមួយដុំស្ថិតនៅកំពស់ណាមួយក្នុងខ្យល់មានថាមពលប៉ូតង់ស្យែល ដោយសាទីតាំងរបស់វាធៀបនឹងផ្ទៃដី។ ដុំឥដ្ឋដែលស្ថិតនៅកំបស់ណាមួយមានសមត្ថភាពធ្វើកម្មន្ត ពេលគេលែងវា ដមឥដ្ឋនឹងធ្លាក់ចុះឆ្ពោះទៅរកផ្ទៃដីដោយសាកម្លាំងទំនាញដី។

វត្ថុមួយមានម៉ាស m ត្រូវបានគេលើកឡើងលើត្រង់ដោយកម្លាំងមួយស្មើនឹងទម្ងន់របស់វា mg ពីទីតាំង y_1 ទៅទីតាំង y_2 ដោយគ្មានសំទុះបានកំពស់ h ។ កម្លាំងក្រៅដែលបញ្ចេញដោយមនុស្ស $F_{ext} = mg$ គេបានកម្មន្ត

$$W_{ext} = F_{ext} d \cos 0° = mgh$$

$$W_{ext} = mg(y_2 - y_1) \quad (៧.៥ក)$$

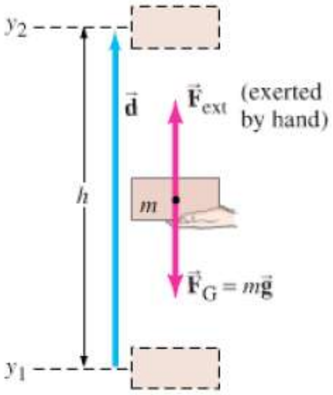
កម្លាំងទំនាញដីក៏មានអំពើលើវត្ថុដែរពេលដែលវត្ថុផ្លាស់ទីពី y_1 ទៅទីតាំង y_2 កម្មន្តគឺ

$$W_G = F_G d\cos\theta = mgh\cos 180°$$

ដែល $\theta = 180°$ ព្រោះ $\vec{F}_G$ និងបំលាស់ទី $\vec{d}$ មានទិសដៅផ្ទុយគ្នា

$$W_G = -mgh$$

$$W_G = -mg(y_2 - y_1) \quad (៧.៥ខ)$$



រូប៧.៦៖ មនុស្សបានបញ្ចេញកម្លាំង លើកវត្ថុមួយឡើងលើពីទីតាំង y_1 ទៅទីតាំង y_2 ។

បើគេលែងវត្ថុឱ្យធ្លាក់ចុះដោយសេរី ពីភាពនៅនឹងក្រោមអំពើនៃកម្លាំងទំនាញដី គេបានល្បឿនខណៈបន្ទាប់ពីធ្លាក់បានកំពស់ h គឺ $v^2 = 2gh$ ។ វត្ថុនោះមានថាមពលស៊ីនេទិច $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(2gh) = mgh$ ហើយប្រសិនបើវាទង្គិចជាមួយនឹងដែកគោលដាក់បញ្ឈរលើដី វាអាចធ្វើកម្មន្តលើដែកគោលស្មើនឹង mgh (គោលការណ៍កម្មន្តថាមពល)។ ដូច្នេះដើម្បីលើកអង្គធាតុមួយមានម៉ាស m ឡើងដល់កំពស់ h ណាមួយ គឺត្រូវការកម្មន្តស្មើនឹង mgh (សមីការ៧.៥ក)។ នៅឯកំពស់ h នោះអង្គធាតុមានសមត្ថភាពអាចផ្ទុកកម្មន្តស្មើនឹង mgh ដែរ។

ដូចនេះគេបានកំណត់និយមន័យថាមពលប៉ូតង់ស្យែនៃដែនទំនាញដីរបស់អង្គធាតុមួយគឺស្មើនឹងផលគុណរវាងទម្ងន់របស់វាជាមួយនឹងកំពស់តាងដោយ y ។ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែនៃដែនទំនាញដីតាងដោយ PE

$$PE = mgy \quad (៧.៦)$$

បើអង្គធាតុស្ថិតនៅកាន់តែខ្ពស់ពីផ្ទៃដី ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលនៃដែនទំនាញដីកាន់តែធំ។ បញ្ចូលគ្នារវាងសមីការ ៧.៥ក និងសមីការ ៧.៦ គេបាន

$$W_{ext} = mg(y_2 - y_1)$$

$$W_{ext} = PE_2 - PE_1 = \Delta PE \quad (៧.៧ក)$$

នេះគឺកម្មន្តធ្វើដោយកម្លាំងក្រៅដើម្បីផ្លាស់ទីអង្គធាតុមានម៉ាស m ពីទីតាំងទី ១ ទៅទីតាំងទី ២ (ដោយគ្មានសំទុះ) គឺស្មើនឹងបម្រែបម្រួលថាមពលប៉ូតង់ស្យែលរវាងចំណុចទី ១ និងចំណុចទី ២ ។

គេអាចសរសេរបម្រែបម្រួលថាមពលប៉ូតង់ស្យែល ΔPE ជាអនុគមន៍នឹងកម្មន្តធ្វើដោយកម្លាំងទំនាញដីបានដោយចាប់ផ្តើមពីសមីការ ៧.៥ខ។

$$W_G = -mg(y_2 - y_1)$$

$$W_G = -(PE_2 - PE_1) = -\Delta PE \quad (៧.៧ខ)$$

នេះគឺកម្មន្តធ្វើដោយកម្លាំងទំនាញដីលើអង្គធាតុមានម៉ាស m ផ្លាស់ទីពីទីតាំងទី ១ ទៅទីតាំងទី ២ គឺស្មើតម្លៃអវិជ្ជមាននៃបម្រែបម្រួលថាមពលប៉ូតង់ស្យែលនៃដែនទំនាញដីរវាងទីតាំងទី ១ និងទីតាំងទី២។

ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលគឺថាមពលរបស់ប្រព័ន្ធមួយ មិនមែនជាថាមពលរបស់អង្គធាតុតែម្នាក់ឯងមួយទេ។ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលមានទំនាក់ទំនងជាមួយកម្លាំង ហើយវត្ថុមួយគឺតែងតែរងកម្លាំងពីវត្ថុមួយផ្សេងទៀត។ ដូច្នេះ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលគឺមានលក្ខណៈជាប្រព័ន្ធទាំងមូល។ ចំពោះវត្ថុដែលបានលើកឡើងលើត្រង់បានកំពស់ y ពីផ្ទៃផែនដី បម្រែបម្រួលថាមពលប៉ូតង់ស្យែលគឺ mgy ។ ករណីនេះប្រព័ន្ធគឺ វត្ថុ និងផែនដី ហើយទាមកទងគ្នាគឺ វត្ថុមានម៉ាស m ចំណែកផែនដីមានសំទុះទំនាញដី g ។

ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលនៃដែនទំនាញដីអាស្រ័យនឹងកំពស់តាមទិសឈរដែលវត្ថុស្ថិតនៅ ធៀបនឹងនីវ៉ូសមុទ្រ (សមីការ៧.៦)។ ក្នុងស្ថានភាពខ្លះការវាស់កំពស់ y ត្រូវធ្វើដោយរបៀបណា។ ឧទាហរណ៍ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលរបស់សៀវភៅមួយស្ថិតនៅលើតុ គឺអាស្រ័យថាតើយើងវាស់កំពស់ y ពីផ្ទៃរបស់តុ ឬពីកំរាលឥដ្ឋមក ឬវាស់ពីចំណុចធៀបណាមួយដែលយើងជ្រើសរើស។

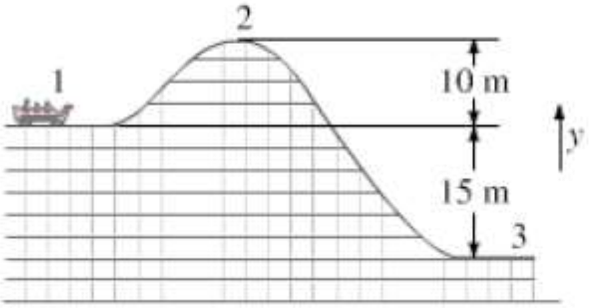
ក្នុងការបង្ហាញកន្លងមកយើងផ្តោតទៅលើកម្លាំងទំនាញដីធ្វើកម្មន្តតែតាមទិសឈរ ដូច្នេះកម្មន្តធ្វើដោយកម្លាំងទំនាញដីគឺអាស្រ័យតែនឹងកំពស់តាមទិសឈរប៉ុណ្ណោះ មិនអាស្រ័យនឹងរាងនៃគន្លងបំលាស់ទីទេ។ ដូច្នេះពីសមីការ ៧.៧ យើងឃើញថាបម្រែបម្រួលថាមពលប៉ូតង់ស្យែលនៃដែនទំនាញដីគឺអាស្រ័យតែនឹងបម្រែបម្រួលកំពស់តាមទិសឈរប៉ុណ្ណោះ មិនអាស្រ័យនឹងរាងនៃបំលាស់ទីទេ។

ឧទាហរណ៍៖ កូនរទេះសម្រាប់ជិះកំសាន្ត(roller-coaster)មួយមានម៉ាស $1000\ kg$ មានចលនាពីទីតាំងទី១ ទៅទីតាំងទី ២ បន្ទាប់មកទៀតទីតាំងទី ៣ ដូចរូប៧.៧។ យក $g = 10\ m/s^2$

ក. រកថាមពលប៉ូតង់ស្យែលត្រង់ទីតាំងទី ២ និងទី៣ ធៀបនឹងទីតាំងទី ១? ដោយយក $y = 0$ ត្រង់ទីតាំងទី ១។

ខ. រកបម្រែបម្រួលថាមពលប៉ូតង់ស្យែល ពេលដែលកូនរទេះឆ្លងកាត់ទីតាំងទី ២ និងទី៣ ?

គ. រកសំណួរ (ក) និង(ខ) ឡើងវិញ បើយក $y = 0$ នៅត្រង់ទីតាំងទី ៣?



រូប៧.៧៖ Roller-coaster (កូនរទេះសម្រាប់ជិះកំសាន្ត)។

ដំណោះស្រាយ៖ គេផ្តោតលើថាមពលប៉ូតង់ស្យែលនៃដែនទំនាញដីរបស់ប្រព័ន្ធ កូនរទេះ-ផែនដី។ យកទិសដៅឡើងលើជាទិសដៅវិជ្ជមាន។

ក. រកថាមពលប៉ូតង់ស្យែលត្រង់ទីតាំងទី ២ ? កំពស់វាស់ធៀបនឹងទីតាំងទី ១ គេបានត្រង់ទីតាំងទី២ $y_2 = 10\,m$

$$PE_2 = mgy_2 = (1000\,kg)(10\ m/s^2)(10\,m) = 10 \times 10^4\,J$$

ត្រង់ទីតាំងទី ៣ គេបាន $y = -15\,m$ ព្រោះទីតាំងទី ៣ ស្ថិតនៅក្រោមទីតាំងទី ១ ហើយទិសដៅវិជ្ជមានឡើងលើ

$$PE_3 = mgy_3 = (1000\,kg)(10\ m/s^2)(-15\,m) = -1.5 \times 10^5\,J$$

ខ. ក្នុងចលនាពីទីតាំងទី២ ទី៣ បម្រែបម្រួលថាមពលប៉ូតង់ស្យែលគឺ ($PE_{\text{ស្រេច}} - PE_{\text{ដើម}}$) គេបាន

$$PE_3 - PE_2 = (-1.5 \times 10^5\,J) - 10 \times 10^4\,J = -2.5 \times 10^5\,J$$

ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលថយចុះអស់ $2.5 \times 10^5\,J$ ។

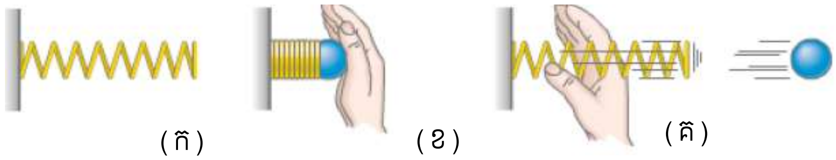
គ. ករណីសំណួរ(ក)

ត្រង់ទីតាំងទី ២ មានកំពស់ $y_2 = 25\,m$ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលគឺ

$$PE_2 = mgy_2 = (1000\,kg)(10\,m/s^2)(25\,m) = 2.5 \times 10^5\,J$$

ត្រង់ទីតាំងទី ៣ មាន $y_3 = 0$ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលគឺ $PE_3 = 0$

នៅមានថាមពលប៉ូតង់ស្យែលប្រភេទផ្សេងទៀតក្រៅពីថាមពលប៉ូតង់ស្យែលទំនាញដី។ ទម្រង់ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលនីមួយៗមានទំនាក់ទំនងជាមួយកម្លាំង ហើយអាចកំណត់អត្ថន័យដូចនឹងថាមពលប៉ូតង់ស្យែលនៃដែនទំនាញដីដែរ។ ជាទូទៅបម្រែបម្រួលថាមពលប៉ូតង់ស្យែលស្មើនឹងតម្លៃអវិជ្ជមាននៃកម្មន្តដែលបានធ្វើដោយកម្លាំងដែលបានធ្វើឱ្យអង្គធាតុផ្លាស់ទីពីចំណុចមួយទៅចំណុចមួយទៀត សមីការ ៧.៦ខ។ តាមច្បាប់ទី៣ញូតុន គេអាចកំណត់អត្ថន័យនៃបម្រែប្រួលថាមពលប៉ូតង់ស្យែលថា ជាកម្មន្តនៃកម្លាំងក្រៅដែលត្រូវការដើម្បីធ្វើឱ្យអង្គធាតុផ្លាស់ទីដោយគ្មានសំទុះរវាងពីចំណុច សមីការ ៧.៧ក។



(ក) (ខ) (គ)

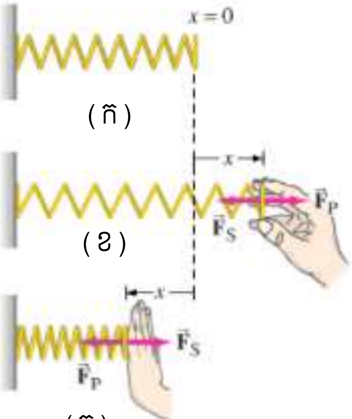
រូប៧.៨៖ (ខ). រឺស័រអាចមានថាមពលចំរុង ពេលវាត្រូវបានគេបណ្ណែន (គ) រឺស័រអាចធ្វើកម្មន្តបើគេលែងវា។

ឥឡូវយើងពិនិត្យមើលប្រភេទផ្សេងទៀតនៃថាមពលប៉ូតង់ស្យែលដែលកើតមានចំពោះអង្គធាតុយឺត។ ពិនិត្យរឺស័រមួយដូចបង្ហាញក្នុងរូប ៧.៨។ រឺស័រមានថាមពលប៉ូតង់ស្យែល បៅពេលវាត្រូវបានគេបណ្ណែន ហើយនៅពេលគេលែងវិញ វាអាចធ្វើកម្មន្តលើកូនបាល់ដូចរូប។ ដើម្បីធ្វើឱ្យរឺស័រយឺត ឬរួញ(ខូចទ្រង់ទ្រាយ) បានប្រវែង x ពីប្រវែងដើមរបស់វា គឺត្រូវការកម្លាំងក្រៅ(ដៃរបស់យើង) F_Pមានអំពើលើរឺស័រ កម្លាំងនេះសមាមាត្រនឹង x ។ ដែល

$$F_P = kx$$

ដែល k ជាថេរសមាមាត្រ ឬហៅថាថេរកំរាញនៃរឺស័រ ដែលបញ្ជាក់ពីភាពរឹងមាំរបស់រឺស័រមួយ។ រឺស័រដែលរងនូវកំហូចទ្រង់ទ្រាយ(ដោយរួញ ឬដោយលូត)បានបញ្ចេញកម្លាំង F_s មានទិសដៅផ្ទុយពីកម្លាំងបញ្ចេញដោយដៃដូចរូប៧.៩។

$$F_s = -kx \qquad (៧.៨)$$



(ក) (ខ) (គ)

រូប៧.៩៖ (ក)រឺស័រក្នុងប្រវែងដើម (ខ)រឺស័រយឺតដោយកម្លាំងទាញរបស់មនុស្ស $\vec{F}_P$ ទៅស្តាំ(ទិសដៅវិជ្ជមាន) រឺស័របានទាញមកវិញដោយកម្លាំង $\vec{F}_s$ ដែល $\vec{F}_s = -kx$ ។ (គ) ដៃរបស់មនុស្សបានរុញរឺស័រ(រឺស័ររួញ $x < 0$)ដោយកម្លាំង $\vec{F}_P$ ទៅឆ្វេង ហើយរឺស័របានរុញមកវិញដោយកម្លាំង $\vec{F}_s = -kx$ ដែល $\vec{F}_s > 0$ ព្រោះ $x < 0$ ។

កម្លាំងនេះហៅថាកម្លាំងរំលឹក ពីព្រោះរឺស័របានបញ្ចេញកម្លាំងក្នុងទិសដៅដែលផ្ទុយពីទិសដៅនៃបំលាស់ទី (អត្ថន័យសញ្ញា(–)) ដើម្បីត្រឡប់មករកទីតាំងដើមវិញ។ សមីការ ៧.៨ ហៅថាច្បាប់ហ៊ុក(Hook's law) មានភាពសុក្រិតកាលណា x មិនធំពេក។

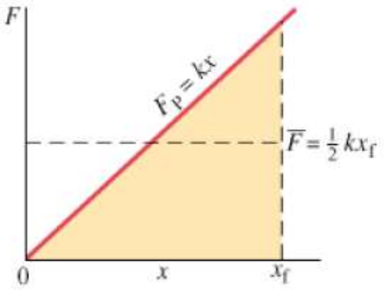
ដើម្បីគណនាថាមពលប៉ូតង់ស្យែលយឺតរបស់រឺស័រ ដំបូងត្រូវគណនាកម្មន្តដែលត្រូវការដើម្បីធ្វើឱ្យរឺស័រខូចទ្រង់ទ្រាយ ក្នុងរូប ៧.៩។ កម្មន្តគឺ $W = Fx$ ដែល x ជាប្រវែងដែលរឺស័រលូតបានពីប្រវែងដើម។ ប៉ុន្តែមើលទៅដូចជាមិនត្រឹមត្រូវ ដោយ $F_P(= kx)$មិនមែនជាកម្លាំងថេរ តែប្រែប្រួលតាមប្រវែង ដូចរូប ៧.១០។ ដូច្នេះគេត្រូវប្រើតម្លៃមធ្យមនៃកម្លាំង។ ដោយ F_P ប្រែប្រួលមានលក្ខណៈជាលីនេអ៊ែរពីសូន្យរឺស័រមិនទាន់ខូចទ្រង់ទ្រាយទៅ kx ពេលរឺស័រខូចទ្រង់ទ្រាយបានប្រវែង x គេបានកម្លាំងមធ្យមគឺ $\bar{F} = \frac{1}{2}[0 + kx] = \frac{1}{2}kx$ ដែល x នៅពេលនេះជាប្រវែងស្រេចដែលវាលូតបាន(x_f ក្នុងរូប៧.១០)។ កម្មន្តបានធ្វើគឺ

$$W = \bar{F}x = \left(\frac{1}{2}kx\right)(x) = \frac{1}{2}kx^2$$

ដូចនេះថាមពលប៉ូតង់ស្យែលយឺតគឺ

$$PE = \frac{1}{2}kx^2 \qquad (៧.៩)$$

បើរឺស័រួញបានប្រវែង x ពីប្រវែងដើម កម្លាំងមធ្យមគឺ $\bar{F} = \frac{1}{2}kx$ ហើយថាមពលប៉ូតង់ស្យែលគឺដូចសមីការ ៧.៩។ ដូច្នេះ x អាចជាប្រវែងសាច់លូត ឬប្រវែងសាច់រួញ។ គេជ្រើសរើសទីតាំងដែលត្រូវនឹងថាមពលប៉ូតង់ស្យែលសូន្យជាទីតាំងដែលរឺស័រស្ថិតក្នុងសភាពដើម(មិនរួញ មិនលូត)។



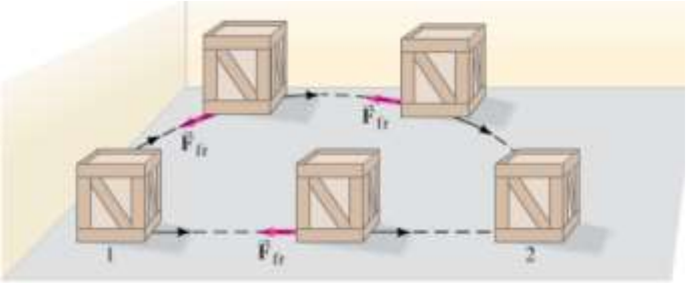
រូប៧.១០៖ ក្រាមនៃ $F = kx$ ជាអនុគមន៍នៃ x ពី $x = 0$ ទៅ $x = x_f$ ។
ពេលរឺស័រលូត (ឬរួញ) កម្លាំងកើនឡើងមានលក្ខណៈជាលីនេអ៊ែរ ពេល x កើនឡើង។

៧.៤ កម្លាំងរក្សា និងកម្លាំងមិនរក្សា

កម្មន្តដែលធ្វើប្រឆាំងនឹងទំនាញដីក្នុងការលើកវត្ថុមួយពីចំណុចមួយទៅចំណុចមួយទៀតមិនអាស្រ័យនឹងគន្លងទេ។ ដើម្បីលើកវត្ថុមួយមានម៉ាស m តាមទិសឈរវាត្រូវការកម្មន្ត(mgh) គឺស្មើនឹងកម្មន្តដែលត្រូវការសម្រាប់លើកវត្ថុដដែលនេះឡើងលើតាមប្លង់ទេរដែលមានកំពស់តាមទិសឈរស្មើគ្នា។ កម្លាំងដូចជាកម្លាំងទំនាញដី ដែលកម្មន្តនៃកម្លាំងនេះមិនអាស្រ័យនឹងរាងនៃបំលាស់ទី គឺអាស្រ័យតែនឹងទីតាំងដើម និងទីតាំងស្រេចហៅថាកម្លាំងរក្សា។ កម្លាំងយឺតរបស់រឺស័រដែល $F = -kx$ ក៏ជាកម្លាំងរក្សាដែរ។ អង្គធាតុមួយផ្លាស់ទីពីចំណុចចាប់ផ្តើម ហើយត្រឡប់មកចំណុចដដែលវិញក្រោមអំពើនៃកម្លាំងរក្សា គឺមិនមានកម្មន្តទេ ពីព្រោះថាមពលប៉ូតង់ស្យែលគឺដូចគ្នាត្រង់ទីតាំងដើម និងទីតាំងស្រេច។

កម្លាំងកកិតជាកម្លាំងមិនរក្សា ដោយសាកម្មន្តដែលវាបានធ្វើគឺអាស្រ័យនឹងគន្លងនៃបំលាស់ទី។ ឧទាហរណ៍ពេលឡាំងមួយផ្លាស់ទីលើឥដ្ឋពីចំណុចមួយទៅចំណុចមួយទៀត កម្មន្តដែលបានធ្វើអាស្រ័យថាតើគន្លងដែលបានផ្លាស់ទីជាខ្សែត្រង់ ឬជាខ្សែកោង ឬផ្សេងទៀត ដូចរូប ៧.១១ ។ បើឡាំងត្រូវបានរុញពីចំណុចទី១ ទៅចំណុចទី ២ តាមគន្លងជាកន្លះរង្វង់ជាជាងខ្សែត្រង់ នោះមានកម្មន្តធំត្រូវបានធ្វើប្រឆាំងនឹងកកិត។ ទាំងនេះដោយសាចម្ងាយតាម

ខ្សែកោងធំជាងតាមខ្សែត្រង់ ហើយកម្លាំងកកិតតែងតែមានទិសដៅផ្ទុយពីចលនាជានិច្ច។ ដូច្នេះកម្មន្តនៃកម្លាំងកកិត ដូចរូប៧.១១ មិនមែនអាស្រ័យត្រឹមតែទីតាំងទី ១ និងទី២ ទេ។ កម្លាំងមិនរក្សាមានដូចជា កម្លាំងបញ្ចេញដោយមនុស្ស កម្លាំងតំណឹងខ្សែ កម្លាំងទប់នៃខ្យល់ ។ កម្លាំងរក្សាមានដូចជា កម្លាំងទំនាញដី កម្លាំងយឺត កម្លាំងអគ្គិសនី។



រូប៧.១១៖ ឡាំងមួយត្រូវបានរុញឱ្យផ្លាស់ទីលើប្លង់ដេកពីចំណុចទី ១ ទៅចំណុចទី២ តាមគន្លងពីរគឺ ជាខ្សែកោង និងជាបន្ទាត់ ។ កម្លាំងកកិតគឺតែងតែមានទិសដៅផ្ទុយពីទិសដៅចលនាជានិច្ច។ ដូច្នេះចំពោះកម្លាំងកកិតមានម៉ូឌុលថេរកម្មន្តរបស់វា $W_{fr} = -F_{fr}d$ បើ d មានតម្លៃធំ (គន្លងជាខ្សែកោង) នោះកម្មន្តក៏ធំដែរ។ កម្មន្តនេះមិនមែនអាស្រ័យត្រឹមតែទីតាំងដើម និងទីតាំងស្រេចទេ។

គេអាចដាក់ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលចូលក្នុងគោលការន៍កម្មន្តនិងថាមពលដែលយើងបានពិភាក្សានៅចំណុចខាងលើ។ ស្មន្តថាមានកម្លាំងមួយចំនួនមានអំពើលើអង្គធាតុមួយមានចលនារំកិល ហើយកម្លាំងខ្លះជាកម្លាំងរក្សា។ កម្មន្តសរុប W_{net} ជាផលបូកនៃកម្មន្តធ្វើដោយកម្លាំងរក្សា W_C និងកម្មន្តនៃកម្លាងមិនរក្សា W_{NC}

$$W_{net} = W_C + W_{NC}$$

តាមគោលការណ៍កម្មន្តនិងថាមពល គេបាន

$$W_{net} = \Delta KE$$

$$W_C + W_{NC} = \Delta KE$$

$$W_{NC} = \Delta KE - W_C$$

កម្មន្តដែលធ្វើដោយកម្លាំងរក្សាអាចសរសេរជាអនុគមន៍នៃថាមពលប៉ូតង់ស្យែលសមីការ ៧.៧ខ ចំពោះថាមពលប៉ូតង់ស្យែលទំនាញដី

$$W_C = -\Delta PE$$

$$W_{NC} = \Delta KE + \Delta PE \qquad (៧.១០)$$

កម្មន្ត W_{NC} ធ្វើដោយកម្លាំងមិនរក្សាដែលមានអំពើលើអង្គធាតុមួយគឺស្មើនឹងបម្រែបម្រួលថាមពស៊ីនេទិច និងបម្រែបម្រួលលថាមពលប៉ូតង់ស្យែល។

៧.៥. ថាមពលមេកានិច និងការរក្សាថាមពល

បើសិនជាគ្មានវត្ថុមានកម្លាំងមិនរក្សា $W_{NC} = 0$ នោះក្នុងសមីការ ៧.១០ គេបានទំនាក់ទំនងទូទៅនៃគោលការណ៍កម្មន្ត និងថាមពលគឺ

$$\Delta KE + \Delta PE = 0 \qquad \text{ចំពោះកម្លាំងរក្សា} \qquad (៧.១១ក)$$

$$(KE_2 - KE_1) + (PE_2 - PE_1) = 0 \qquad \text{ចំពោះកម្លាំងរក្សា} \qquad (៧.១១ខ)$$

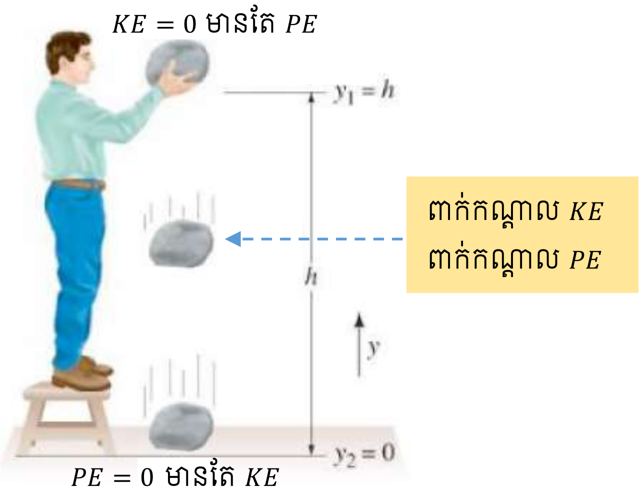
$$KE_1 + PE_1 = KE_2 + PE_2 \qquad \text{ចំពោះកម្លាំងរក្សា} \qquad (៧.១២ក)$$

ផលបូកនៃថាមពលស៊ីនេទិច និងថាមពលប៉ូតង់ស្យែល ហៅថាថាមពលមេកានិច តាងដោយ E

$$E_1 = E_2 = \text{ថេរ} \qquad \text{ចំពោះកម្លាំងរក្សា} \qquad (៧.១២ខ)$$

សមីការ៧.១២ បង្ហាញពីថាមពលមេកានិចសរុប វាជាទំហំមួយថេរ។ ថាមពលមេកានិចសរុប E មានតម្លៃថេរ បើអតអវត្តមាននៃកម្លាំងមិនរក្សា។ សមីការ ៧.១២ ហៅច្បាប់រក្សាថាមពលមេកានិច។

ឧទាហរណ៍ងាយមួយអំពីការរក្សាថាមពលមេកានិច(មិនគិតកម្លាំងទប់នៃខ្យល់) គឺការទម្លាក់ដុំថ្មពីកំពស់ h ដូចរូប ៧.១២ ។ បើដុំថ្មធ្លាក់ពីភាពនៅនឹង ថាមពលទាំងអស់នៅខណៈនេះគឺជាថាមពលប៉ូតង់ស្យែលទំនាញដី។ ពេលដុំថ្មធ្លាក់ចុះថាមពលប៉ូតង់ស្យែលថយចុះ(ព្រោះកំពស់ y ថយចុះ) ប៉ុន្តែថាមពលស៊ីនេទិចរបស់ដុំថ្មកើនឡើង ដូច្នេះផលបូកនសថាមពលទាំងពីររក្សាតម្លៃដដែល។



រូប៧.១២៖ ពេលដុំថ្មធ្លាក់ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលរបស់ដុំថ្មបំលែងជាថាមពលស៊ីនេទិច។

ថាមពលមេកានិចសរុបគឺ

$$E = KE + PE = \frac{1}{2}mv^2 + mgy$$

ថាមពលមេកានិចសរុបត្រង់ទីតាំង១ ស្មើថាមពលមេកានិចសរុបត្រង់ទីតាំងទី២ សមីការ ៧.១២ក

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgy_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgy_2 \qquad (៧.១៣)$$

មានការអនុវត្តជាច្រើនដែលទាក់ទងនឹងការរក្សាថាមពលមេកានិចក្នុងកីឡា ដូចជាការលោតថ្មោល

រូប៧.១៣៖ ការរក្សាថាមពលមេកានិច អនុវត្តក្នុងការលោតថ្មោល។

ដូចបង្ហាញក្នុងរូប៧.១៣។ ដំបូងអ្នករត់មានថាមពលស៊ីនេទិចទាំងអស់ បន្ទាប់មកថាមពលស៊ីនេទិចនេះបានបំលែងជាថាមពលប៉ូតង់ស្យែលយឺតនៃរបារកោង។ នៅពេលដែលអ្នលោតស្ថិតនៅទីតាំងខ្ពស់បំផុតរបារក្លាយជាត្រង់វិញ ថាមពលបានបំលែងទៅជាថាមពលប៉ូតង់ស្យែលទំនាញដីទាំងអស់(មិនគិតល្បឿនតាមទិសដេករបស់អ្នក

លោតដែលមានតម្លៃយ៉ាងតូច)។ របារមិនបានផ្តល់ថាមពលទេ ប៉ុន្តែវាដូចជាគ្រឿងមួយដែលផ្ទុកថាមពល ហើយបានជួយបំលែងថាមពលស៊ីនេទិចទៅជាថាមពលប៉ូតង់ស្យែលទំនាញដី។

ឧទាហរណ៍មួយទៀតពីការអនុវត្តច្បាប់រក្សាថាមមពលមេកានិច សូមពិនិត្យវត្ថុមួយមានម៉ាស m ភ្ជាប់ទៅនឹងចុងនៃរ៉ឺស័រមួយក្នុបប្លង់ដេកដែលម៉ាសរ៉ឺស័រមិនគិត ហើយមានថេរកំរាញ k ។ ម៉ាស m មានល្បឿន v នៅខណៈមួយ។ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលនៃប្រព័ន្ធ(ប្រព័ន្ធម៉ាស រ៉ឺស័រ) ឱ្យដោយសមីការ៧.៩ គឺ $PE = \frac{1}{2}kx^2$ ។ ដោយមិនគិតកកិត ច្បាប់រក្សាថាមពលមេកានិចអាចសរសេរ

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}kx_2^2 \qquad (៧.១៤)$$

ឧទាហរណ៍៖ កាំភ្លើងរ៉ឺស័រ(ប្រដាប់ក្មេងងលេង)មួយដែលគ្រាប់របស់វាមានម៉ាស $0.100\ kg$ ត្រូវបានរុញផ្ទប់ជាមួយរ៉ឺស័រធ្វើឱ្យរ៉ឺស័ររួញបានប្រវែង $6\ cm$ រួចលែងវិញ។ ថេរកំរាញនៃរ៉ឺស័រគឺ $k = 250\ N/m$ ។ រកល្បឿនរបស់គ្រាប់នៅពេលគេបាញ់?

រូប៧.១៤៖ រូបខាងឆ្វេងគេរុញគ្រាប់ចូល ធ្វើឱ្យរ៉ឺស័ររួញបានប្រវែង $6.0\ cm$។ រូបខាងស្តាំគ្រាប់ត្រូវបានគេបាញ់ចេញដោយមានល្បឿន v_2 ។

ដំណោះស្រាយ៖ គណនាល្បឿន v_2 របស់គ្រាប់

ជ្រើសរើសទិសដៅវិជ្ជមានទៅស្តាំ។ យើងកំនត់យកទីតាំងពីរ ទីតាំងទី១គឺទីតាំងដែលរ៉ឺស័ររួញបានប្រវែង $x = -0.060\ m$ ត្រូវនឹងល្បឿន $v_1 = 0$ នៅពេលគេមិនទាន់បាញ់។ ទីតាំងទី២ គឺទីតាំងដែលត្រូវនឹង $x = 0$ ត្រូវនឹងល្បឿន v_2 គ្រាប់ត្រូវបានគេបាញ់។ សមីការ ៧.១៤

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}kx_2^2$$

$$0 + \frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + 0$$

$$v_2^2 = \frac{kx_1^2}{m}$$

$$v_2^2 = \frac{(250\ N/m)(-0.060\ m)^2}{(0.100\ kg)} = 9.0\ m^2/s^2$$

$$v_2 = \sqrt{9.0\ m^2/s^2} = 3\ m/s$$

ឧទាហរណ៍៖ កូនបាល់មានម៉ាស $m = 2.60\ kg$ ធ្លាក់ពីភាពនៅនឹងពីកំពស់ $h = 55.0\ cm$ មុនពេលទង្គិចនឹងរ៉ឺស័រដែលដាក់បញ្ឈរ។ រ៉ឺស័ររួញបានប្រវែង $y = 15.0\ cm$ រូប ៧.១៥។ រកថេរកំរាញនៃរ៉ឺស័រ? មិនគិតកម្លាំងទប់នៃខ្យល់ និងម៉ាសរ៉ឺស័រ។ ចម្ងាយទាំងអស់គឺវាស់ធៀបជាមមួយនឹងទីតាំងដែលរ៉ឺស័រមិនខូចទ្រង់ទ្រាយ($y = 0$ ត្រង់ចំណុចនេះ)

ដំណោះស្រាយ៖ រកថេរកំរាញនៃរ៉ឺស័រ

ផ្នែកទី១៖ សូមពិនិត្យបម្រែបម្រួលថាមពលពេលកូនបាល់ធ្លាក់ពីកំពស់ $y_1 = h = 0.55\,m$ រូប៧.១៥ក ទៅ$y_2 = 0$ ខណៈដែលកូនបាល់ប៉ះនឹងរឺស័រ រូប៧.១៥ខ។

ប្រព័ន្ធរបស់យើងនៅពេលនេះគឺ កូនបាល់ និងផែនដី

ច្បាប់រក្សាថាមពល

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mgy_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}mgy_2$$

$$0 + \frac{1}{2}mgy_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + 0$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(9.80\ m/s^2\,)(0.55\,m)} = 3.283\ m/s \approx 3.28\ m/s$$

នេះជាល្បឿនរបស់កូនបាល់នៅខណៈដែលវាប៉ះនឹងរឺស័រ

ផ្នែកទី២៖ តើមានអ្វីកើតឡើង នៅចណៈដែលកូនបាល់ទង្គិចជាមួយរឺស័រ។ កម្លាំងពីរមានអំពើលើកូនបាល់គឺ កម្លាំងទំនាញដី និងកម្លាំងយឺតរបស់រឺស័រ។ ច្បាបើរក្សាថាមពលមេកានិចគឺ

$$E_{\text{បាល់ប៉ះរឺស័រ}} = E_{\text{រឺស័របង្អែន}}$$

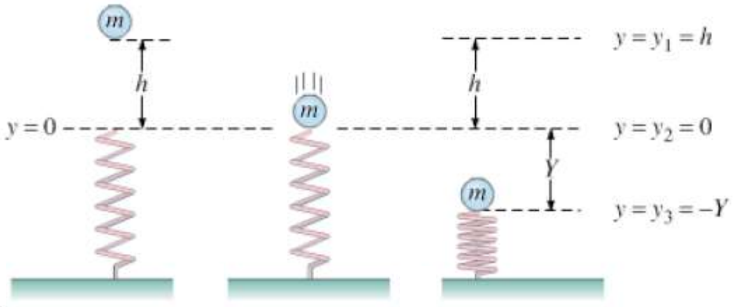
$$\frac{1}{2}mv_2^2 + mgy_2 + \frac{1}{2}ky_2^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + mgy_3 + \frac{1}{2}ky_3^2$$

យកចំណុចទី២ ជាខណៈដែលកូនបាល់ប៉ះនឹងរឺស័រ ដូច្នេះ $y_2 = 0$ ហើយ $v_2 = 3.283\ m/s$ ។ ចំណុចទី៣ជាខណៈដែលបាល់ឈប់ ហើយរឺស័ររួញទាំងស្រុង ដូច្នេះ $v_3 = 0$ ហើយ $y_3 = -Y = -0.150\,m$ ជំនួសក្នុងសមីការខាងលើគេបាន

$$\frac{1}{2}mv_2^2 + 0 + 0 = 0 + mgY + \frac{1}{2}kY_3^2$$

$$k = \frac{2}{Y^2}\left[\frac{1}{2}mv_2^2 + mgY\right] = \frac{m}{Y^2}[v_2^2 + 2gY]$$

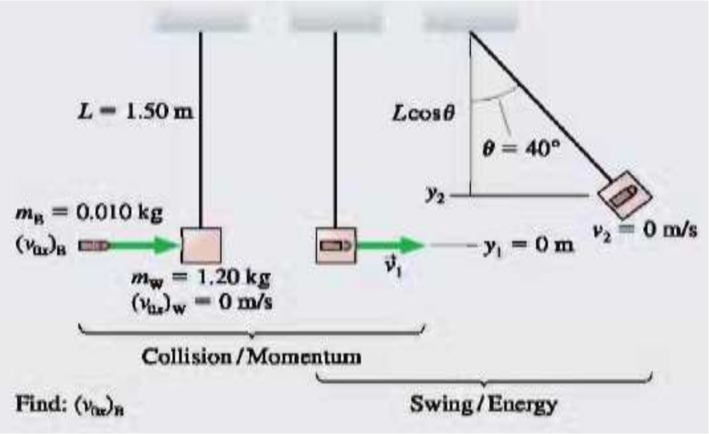
$$k = \frac{(2.60\,kg)}{(0.150\,m)^2}[(3.283\ m/s)^2 + 2(9.80\ m/s^2)(0.150\,m)] = 1590\ N/m$$



រូប៧.១៥៖ ការអនុវត្តច្បាប់រក្សាថាមពលមេកានិច។

ឧទាហរណ៍៖ ក្បាលគ្រាប់មួយមានម៉ាស $10\,g$ ត្រូវបានគេបាញ់ទៅលើដុំឈើមួយដែលព្យួរទៅចំណុចនឹងតាមរយៈខ្សែមិនយឺតប្រវែង $150\,cm$ ។ ក្បាលគ្រាប់បានទំលុះចូលក្នុងសាច់ឈើ ហើយដុំឈើងាកបានមុំ $40°$ ធៀបនឹងខ្សែឈរ។ រកល្បឿនរបស់ក្បាលគ្រាប់?

ដំណោះស្រាយ៖ លំហាត់នេះមានពីរផ្នែក។ ក្បាលគ្រាប់ទៅបុកជាមួយដុំឈើគឺជាទង្គិចស្អក់។ បន្ទាប់ពីទង្គិចចប់ ដុំឈើមានលំយោលដូចជាប៉ោលទោល។ ផលបូកនៃថាមពលស៊ីនេទិច និងថាមពលប៉ូតង់ស្យែល គឺមិនប្រែប្រួលទេ ពេលវាយោលដល់ទីតាំងមានមុំធំបំផុត។



រូប៧.១៦៖ ការអនុវត្តច្បាប់រក្សាថាមពល សម្រាប់វាស់ល្បឿនរបស់គ្រាប់កាំភ្លើង។

គណនាល្បឿនរបស់ក្បាលគ្រាប់ $(v_{ox})_B$

ច្បាប់រក្សាបរិមាណចលនា

$$P_f = P_i$$

$$(m_w + m_B)v_{1x} = m_w(v_{0x})_w + m_B(v_{0x})_B$$

ដុំឈើដំបូងនៅនឹងគេបាន $(v_{0x})_w = 0$ ដូច្នេះល្បឿនរបស់ក្បាលគ្រាប់គឺ

$$(v_{0x})_B = \frac{m_w + m_B}{m_B} v_{1x}$$

ដែល v_{1x} ជាល្បឿនរបស់ដុំឈើនិងក្បាលគ្រាប់បន្ទាប់ពីទង្គិច វាដូចជាប៉ោលមួយមានលោយោល។ តាមច្បាប់រក្សាថាមពលមេកានិច

$$KE_f + PE_f = KE_i + PE_i$$

$$\frac{1}{2}(m_w + m_B)v_1^2 + (m_w + m_B)gy_2 = \frac{1}{2}(m_w + m_B)v_1^2 + (m_w + m_B)gy_1$$

$$\frac{1}{2}v_2^2 + gy_2 = \frac{1}{2}v_1^2 + gy_1$$

ត្រង់ទីតាំងខ្ពស់បំផុតគេបាន $v_2 = 0$ ហើយត្រង់ទីតាំងទាបបំផុត $y_1 = 0$

$$v_1 = \sqrt{2gy_2}$$

តាមរូបកំពស់ $y_2 = L - L\ \cos\theta = L(1 - \cos\theta) = 0.351\,m$ គេបានល្បឿនv_1

$$v_1 = v_{1x} = \sqrt{2gy_2} = \sqrt{2(9.80\ m/s^2)(0.351\,m)} = 2.62\ m/s$$

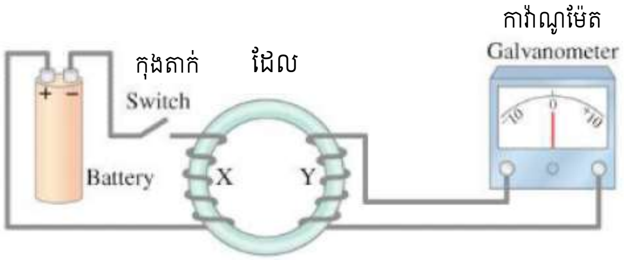
ដូចនេះល្បឿនរបស់ក្បាលគ្រាប់គឺ

$$(v_{0x})_B = \frac{m_w + m_B}{m_B} v_{1x} = \frac{1.210\,kg}{0.010\,kg} \times 2.62\ m/s = 320\ m/s$$

មេរៀនទី៨ ៖ ច្បាប់ផារ៉ាដេ Faraday's Law

៨.១ ការបង្កើតកម្លាំងអគ្គិសនីចលករអាំងឌ្វី

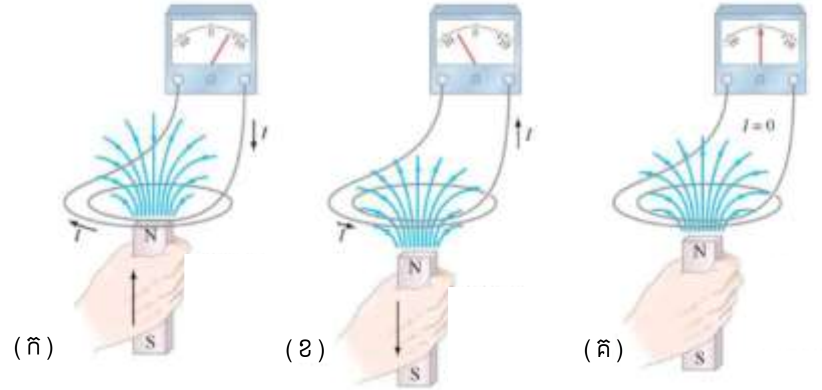
ក្នុងគោលបំណងដើម្បីបង្កើតកម្លាំងអគ្គិសនីចលករអាំងឌ្វីពីដែនម៉ាញេទិច លោក ផារ៉ាដេ(Faraday) បានប្រើសម្ភារៈដូចបង្ហាញក្នុងរូប ៨.១។ របុំនៃខ្សែចម្លង X ត្រូវបានភ្ជាប់នឹងថ្មពិល។ ចរន្តអគ្គិសនីដែលឆ្លងកាត់របុំខ្សែចម្លង X បានបង្កើតដែនម៉ាញេទិច ហើយស្នូលដែកបានធ្វើឱ្យដែនម៉ាញេទិចនេះកាន់តែខ្លាំង។ លោកផារ៉ាដេសង្ឃឹមថា ចរន្តថេរហើយខ្លាំងឆ្លងកាត់របុំខ្សែចម្លង X នឹងបង្កើតបានដែនម៉ាញេទិចខ្លាំងគ្រប់គ្រាប់ ដើម្បីផលិតចរន្តនៅក្នុងរបុំខ្សែចម្លង Y ដែលបានរុំនៅលើកងដែក ហើយភ្ជាប់ទៅកាវ៉ាណូម៉ែតដូចរូប។



រូប៨.១៖ ការពិសោធន៍របស់លោកផារ៉ាដេ ដើម្បីបង្កើតកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ។

គាត់ទទួលបរាជ័យចំពោះការពិសោធន៍ជាមួយនឹងចរន្តថេរដែលឆ្លងកាត់របុំខ្សែចម្លង X ។ ប៉ុន្តែដោយការសង្កេតព្យាយាមស្វែងរក ក្នុងរយៈយ៉ាងយូ គាត់បានកត់សម្គាល់ឃើញថា កាវ៉ាណូម៉ែតដែលភ្ជាប់នឹងសៀគ្វី Y មានលំងាកខ្លាំងនៅខណៈដែលគាត់បិទកុងតាក់ក្នុងសៀគ្វី X ។ ហើយកាវ៉ាណូម៉ែតក៏មានលំងាកខ្លាំងដែរ នៅខណៈដែលគាត់បើកកុងតាក់ក្នុងសៀគ្វី X ។ ចរន្តថេរក្នុងសៀគ្វី X បានផលិតដែនម៉ាញេទិចថេរ ដែលមិនអាចបង្កើតចរន្តនៅក្នុងសៀគ្វី Y ទេ។ ចំពោះខណៈដែលចរន្តចាប់ផ្តើម និងបញ្ចប់ក្នុងសៀគ្វី X ប៉ុណ្ណោះ ដែលក្នុងសៀគ្វី Y កើតមានចរន្តអគ្គិសនី។

លោកផារ៉ាដេបានសន្និដ្ឋានថាដែនម៉ាញេទិចថេរមិនបង្កើតចរន្តអគ្គិសនីទេ ដែនម៉ាញេទិចប្រែប្រួលទើបអាចបង្កើតចរន្តអគ្គិសនីបាន។ ចរន្តអគ្គិសនីដែលបានបង្កើតឡើងនោះហៅថាចរន្តអាំងឌ្វី។ នៅពេលដែនម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់របុំខ្សែចម្លង Y ប្រែប្រួល ចរន្តបានកើតឡើងក្នុងរបុំខ្សែចម្លង Y វាហាក់ដូចជាមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៅក្នុងសៀគ្វី Y ។ដូច្នេះគេអាចនិយាយបានថា បម្រែបម្រួលដែនម៉ាញេទិចបង្កើតឱ្យមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ។



រូប៨.២៖ (ក)មេដែកផ្លាស់ទីចូលក្នុងរបុំខ្សែចម្លង បានបង្កើតចរន្តក្នុងរបុំខ្សែចម្លង។ (ខ)មេដែកផ្លាស់ទីចេញពីរបុំខ្សែចម្លង បានបង្កើតចរន្តមានទិសដៅផ្ទុយ។ (គ) មេដែកនៅនឹងធៀបនឹងរបុំខ្សែចម្លង គ្មានចរន្តក្នុងរបុំខ្សែចម្លង។

រូប៨.២ បង្ហាញថាបើមេដែកផ្លាស់ទីយ៉ាងលឿនចូលទៅក្នុងរបុំខ្សែចម្លង ចរន្តអគ្គិសនីត្រូវបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងរបុំខ្សែចម្លងនោះ។ បើមេដែកត្រូវបានគេទាញចេញពីរបុំខ្សែចម្លងយ៉ាងលឿន ចរន្តអគ្គិសនីត្រូវបង្កើតឡើង

ក្នុងរបុំខ្សែចម្លងក្នុងទិសដៅផ្ទុយ(ដែនម៉ាញេទិចក្នុងរបុំខ្សែចម្លងថយចុះ)។ ហើយបើផ្លាស់ទីរបុំខ្សែចម្លងចេញឆ្ងាយ ឬចូលមករកមេដែកនៅនឹង កម្លាំងអគ្គិសនីចលករត្រូវបានបង្កើតឡើង ហើយមានចរន្តក្នុងសៀគ្វី Y ។

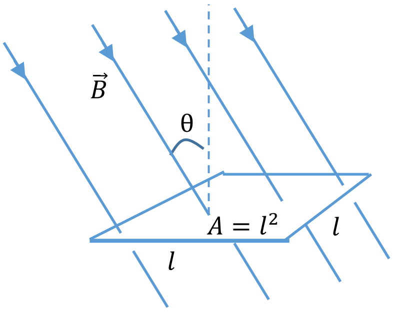
៨.២ ច្បាប់ផារ៉ាដេ

លោកផារ៉ាដេបានអង្កេតរកនូវកត្តាដែលមានឥទ្ធិពលលើតម្លៃនៃកម្លាំអអគ្គិសនីចលករ។ ជាដំបូងគាត់បានរកឃើញថាបម្រែបម្រួលដែនម៉ាញេទិចកាន់តែលឿន វាបង្កើតកម្លាំងអគ្គិសនីចលករកាន់តែធំនៅក្នុងរបុំខ្សែចម្លង។ ប៉ុន្តែកម្លាំងអគ្គិនសីចលករ វាមិនត្រឹមតែសមាមាត្រនឹងល្បឿនបម្រែបម្រួលដែនម៉ាញេទិចប៉ុណ្ណោះទេ វាអាស្រ័យនឹងក្រលាផ្ទៃរបស់របុំខ្សែចម្លង និងមុំថែមទៀត។ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករ វាសមាមាត្រនឹងល្បឿនបម្រែបម្រួលភ្លួចម៉ាញេទិច Φ_B ដែលឆ្លងកាត់ផ្ទៃនៃរបុំខ្សែចម្លង។ ភ្លួចម៉ាញេទិចចំពោះដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋានឆ្លងកាត់ផ្ទៃ A មួយកំណត់ដោយ

$$\Phi_B = BA\ \cos\theta \qquad (B \text{ ឯកសណ្ឋាន}) \qquad (៨.១)$$

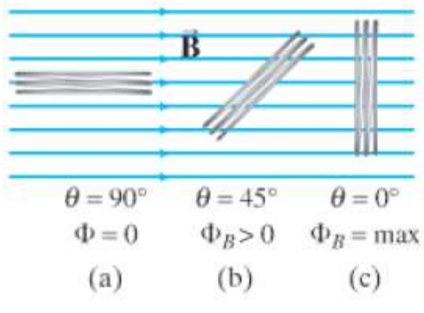
θ ជាមុំដែលផ្គុំដោយទិសដៅនៃដែនម៉ាញេទិច $\vec{B}$ ជាមួយនឹងបន្ទាត់កែងនឹងផ្ទៃស៊ុម។ រូប៨.៣ ចំពោះស៊ុមរាងការេមានប្រវែងជ្រុង l ក្រឡាផ្ទៃគឺ $A = l^2$ ។ បើដែនមាញេទិច $\vec{B}$ ស្របនឹងផ្ទៃស៊ុមនោះ $\theta = 90°$ គេបាន $\Phi_B = 0$ ។ បើ $\vec{B}$ កែនឹងផ្ទៃស៊ុមនោះ $\theta = 0°$ ភ្លួចម៉ាញេទិចគឺ

$$\Phi_B = BA \qquad (\vec{B} \text{ឯកសណ្ឋាន})$$



រូប៨.២៖ ការកំណត់ភ្លួចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃស៊ុបនៃខ្សែចម្លង។ ស៊ុមនេះរាងការេមានប្រវែងជ្រុង l មានក្រលាផ្ទៃ $A = l^2$ ។

ភ្លួចម៉ាញេទិចគឺសមាមាត្រនឹងចំនួនខ្សែដែនឆ្លងកាត់ផ្ទៃបិទមួយ។ រូប៨.៣ យើងមើលពីលើ រូប៨.៤បង្ហាញពីការមើលដោយដាក់ផ្នែកឱ្យស្របនឹងជ្រុងរបស់ស៊ុម ។ ចំពោះ $\theta = 90°$ គឺគ្មានខ្សែដែនម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃស៊ុមទេ គេបាន $\Phi_B = 0$ ។ ហើយ Φ_B មានតម្លៃអតិបរមានៅពេល $\theta = 0°$ ។ ខ្នាតរបស់ភ្លួចម៉ាញេទិចគឺ វេប៊ែរ (Wb) ដែល $1Wb = 1T.m^2$ ។



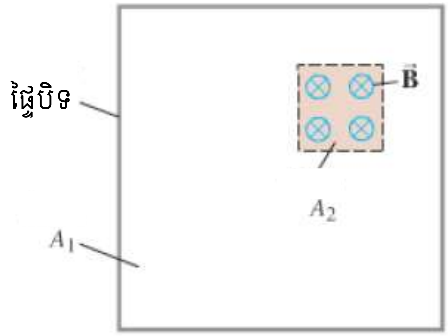
រូប៨.៤៖ ភ្លួចម៉ាញេទិចសមាមាត្រនឹងចំនួនខ្សែដែនឆ្លងកាត់ផ្ទៃ។

ឧទាហរណ៍៖ ស៊ុមនៃខ្សែចម្លងរាងការេមានផ្ទៃ A_1 ដូចរូប៨.៥ ។ ដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋាន $\vec{B}$ កែងនឹងផ្ទៃស៊ុមបានពង្រាយពេញផ្ទៃស៊ុម A_2 ។ រកភ្លួចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃស៊ុម A_1 ?

ដំណោះស្រាយ៖ សន្មតថាដែនម៉ាញេទិចស្មើសូន្យនៅខាងក្រៅផ្ទៃស៊ុម A_2 ។ ភ្លុចម៉ាញេទិចសរុបដែលឆ្លងកាត់ផ្ទៃស៊ុម A_1 គឺជាភ្លុចម៉ាញេទិចដែលឆ្លងកាត់ផ្ទៃស៊ុម A_2 តាមសមីការ ៨.១ ចំពោះដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋានគឺ BA_2 ហើយបូកនឹងភ្លុចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃដែលនៅសល់(ផ្ទៃដែលនៅសល់គឺ $A_1 - A_2$) ដែលស្មើសូន្យ ព្រោះ $B = 0$ ។ ដូច្នេះភ្លុចម៉ាញេទិសសរុបគឺ

$$\Phi_B = BA_2 + 0(A_1 - A_2) = BA_2$$

វាមិនស្មើនឹង BA_1 ព្រោះ $\vec{B}$ មិនឯកសណ្ឋានចំពោះ A_1 ។



រូប៨.៥៖ ការរកភ្លុចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃស៊ុមA_1 ។

ពីសមីការ ៨.១ យើងអាចសរសេរលទ្ធផលនៃការអង្កេតរបស់លោកផារ៉ាដេបាន។ បើភ្លុចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃស៊ុមមួយប្រែប្រួលបាន $\Delta\Phi_B$ ក្នុងរយៈពេល Δt កម្លាំងអគ្គិសនីចលករដែលកើតមានក្នុងខណៈ នេះគឺ

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \quad (៨.២ក)$$

បើស៊ុមនៃខ្សែចម្លងកើតឡើងដោយការរុំចំនួន N ជុំនោះកម្លាំងអគ្គិសនចលករគឺ

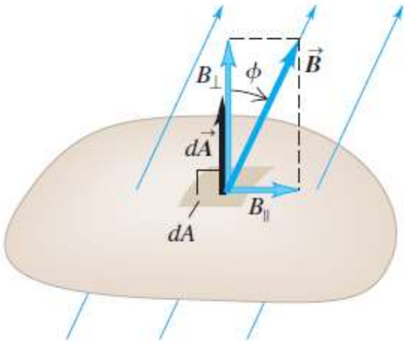
$$\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \quad (៨.២ខ)$$

បើដែនម៉ាញេទិចមិនឯកសណ្ឋានឆ្លងកាត់ផ្ទៃរាងមិនកំណត់ណាមួយ គេត្រូវចែកផ្ទៃជាបំណែកតូចៗតាងដោយ $d\vec{A}$ ហើយភ្លុចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់បំណែកផ្ទៃនេះគឺ $d\Phi_B$ ។

$$d\Phi_B = \vec{B}.d\vec{A} = B\,dA\,\cos\phi$$

ភ្លុចម៉ាញេទិចសរុបគឺ

$$\Phi_B = \int \vec{B}.d\vec{A} = \int B\,dA\,\cos\phi$$



រូប៨.៦៖ ការគណនាភ្លុចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់បំណែកផ្ទៃមួយ។

កម្លាំងអគ្គិសនីចលករដែលកើតឡើងគឺ

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

ករណីផ្ទៃបិទមាន N ជុំគេបានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ

$$\mathcal{E} = -N\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (៨.២គ)$$

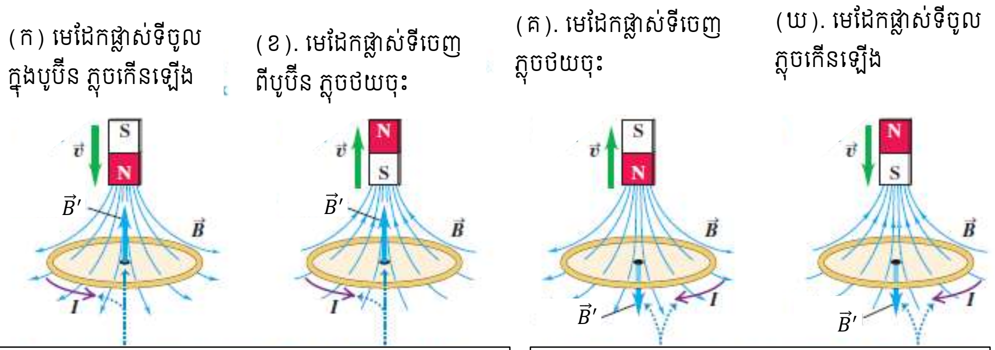
សមីការ ៨.២ ហៅច្បាប់ផារ៉ាដេ។

សញ្ញាដកក្នុងសមីការ ៨.២ ផ្ទៀងផ្ទាត់ជាមួយច្បាប់ឡិន(Lenz's Law) ។ ចរន្តដែលកើតឡើងមានទិសដៅយ៉ាងណាប្រឆាំងនឹងបុព្វហេតុដែលបង្កើតវា។

៨.៣ ច្បាប់ឡិន

ច្បាប់ឡិន "ចរន្តដែលកើតឡើងក្នុងសៀគ្វីមានទិសដៅយ៉ាងណា បង្កើតដែនម៉ាញេទិចមួយប្រឆាំងនឹងបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិចដែលឆ្លងកាត់ផ្ទៃបិទ" ។

ត្រង់ចំណុចនេះយើងញែកឱ្យដាច់នូវដែនម៉ាញេទិចពីរខុសគ្នាគឺៈ (១) បម្រែបម្រួលដែនម៉ាញេទិច ឬភ្លុចម៉ាញេទិចដែលបង្កើតចរន្ត (២)ដែនម៉ាញេទិច$\vec{B}'$ ដែលបង្កើតដោយចរន្ត។ ដែនម៉ាញេទិចបង្កើតដោយចរន្ត បានប្រឆាំងនឹងដែនម៉ាញេទិចបង្កើតចរន្ត។



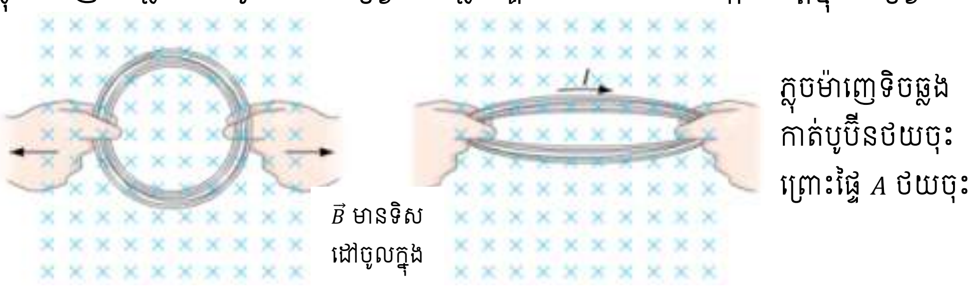
ដែនម៉ាញេទិច $\vec{B}'$ បង្កើតដោយចរន្តមានទិសដៅឡើងលើប្រឆាំងនឹងប្រែប្រួលភ្លុចម៉ាញេទិច។ ចរន្តឆ្លងកាត់បូប៊ីនមាទិសដៅផ្ទុយពីទ្រនិចនាឡិកា(វិធានដៃស្តាំ)

ដែនម៉ាញេទិច $\vec{B}'$ បង្កើតដោយចរន្តមានទិសដៅចុះក្រោម ប្រឆាំងនឹងបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិច។ ចរន្តឆ្លងកាត់បូប៊ីនមានទិសដៅស្របទ្រនិចនាឡិកា (វិធានដៃស្តាំ)

រូប៨.៧៖ ការកំណត់ទិសដៅចរន្តតាមច្បាប់ឡិន ដោយផ្អែកលើវិធានដៃស្តាំ។

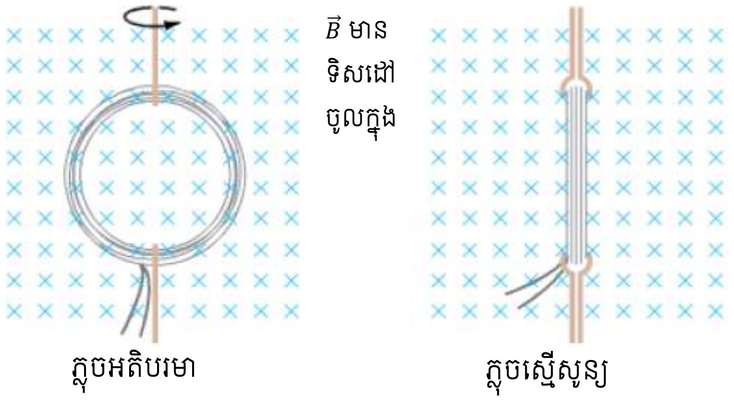
ឥឡូវអនុវត្តច្បាប់ឡិនជាមួយបំលាស់ទីមេដែកធៀបនឹងបូប៊ីន(របុំខ្សែចម្លង)ដូចរូប៨.៧។ បម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិច(ដែនម៉ាញេទិចរបស់មេដែក)ឆ្លងកាត់បូប៊ីនបង្កើតឱ្យមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករក្នុងបូប៊ីន ហើយធ្វើឱ្យមានចរន្តអគ្គិសនី។ ចរន្តអគ្គិសនីដែលបានកើតឡើងនេះបានបង្កើតដែនម៉ាញេទិច $\vec{B}'$។ ក្នុងរូប ៨.៧ក ចម្ងាយរវាងមេដែក និងបូប៊ីនថយចុះ។ ដែនម៉ាញេទិចរបស់មេដែក(ចំនួនខ្សែដែន)ឆ្លងកាត់បូប៊ីនកើនឡើង ដូច្នេះភ្លុចម៉ាញេទិចកើនឡើងដែរ។ ដែនម៉ាញេទិចមានទិសដៅចុះក្រោម។ ដើម្បីប្រឆាំងនឹងការកើនឡើងនៃដែនម៉ាញេទិចមានទិសដៅចុះក្រោមនេះ ចរន្តដែលបានកើតឡើងបានបង្កើតដែនម៉ាញេទិចថ្មី $\vec{B}'$ ត្រូវមានទិសដៅឡើងលើ។ ដូច្នេះច្បាប់ឡិនបានបង្ហាញថា ចរន្តផ្លាស់ទីតាមទិសដៅដូចបង្ហាញក្នុងរូប៨.២ក(តាមវិធានដៃស្តាំៈ ម្រាមទាំងបួនក្ដោបបូប៊ីនតាមទិសដៅចរន្ត មេដៃកន្ទៃកប្រាប់ទិសដៅដែនម៉ាញេទិច)។ រូប៨.៧ខ ភ្លុចម៉ាញេទិចថយចុះ(ព្រោះមេដែកផ្លាស់ទីចេញឆ្ងាយពីបូប៊ីន) ដូច្នេះចរន្តដែលកើតឡើងក្នុងបូប៊ីនបានបង្កើតដែនម៉ាញេទិចមានទិសដៅឡើងលើដើម្បីរក្សាចំនួនខ្សែដែនក្នុងបូប៊ីនមិនឱ្យថយចុះ បើតាមវិធានដៃស្តាំចរន្តមានទិសដៅផ្ទុយពីទ្រនិចនាឡិកា រូប៨.៧ខ។ រូប៨.៧គ មេដែកផ្លាស់ទីចេញឆ្ងាយពីបូប៊ីន ភ្លុចម៉ាញេទិចថយចុះ(ដែនម៉ាញេទិចនៃមេដែកមានទិសដៅចុះក្រោម) ចរន្តដែលបានកើតឡើង ត្រូវបង្កើតដែនម៉ាញេទិចថ្មី $\vec{B}'$ មានទិសដៅចុះក្រោមដែរព្រោះវាប្រឆាំងនឹងការថយចុះរបស់ភ្លុច ដូច្នេះវាត្រូវបង្កើតដែន $\vec{B}'$ មកជំនួសដែនដែលថយចុះនោះ ពោលគឺចរន្តនេះមានទំនោចង់រក្សាភ្លុចម៉ាញេទិច ។ តាមវិធានដៃស្តាំ គេបានចរន្តមានទិសដៅស្របនឹងទ្រនិចនាឡិការូប៨.៧គ។

អ្វីដែលសំខាន់ត្រូវកត់សំគាល់គឺ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករត្រូវបានបង្កើតឡើងតែក្នុងពេលដែលធ្វើឱ្យមានបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់បូប៊ីន បើសៀគ្វីបិទកម្លាំងអ្គិសនីចលករនេះបង្កើតចរន្តក្នុងសៀគ្វី។



រូប៨.៨៖ ចរន្តអាចកើតឡើងដោយធ្វើឱ្យប្រែប្រួលផ្ទៃរបស់បូប៊ីន នោះភ្លុចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃក៏ប្រែប្រួល បើទោះជាដែន B មិនប្រែប្រួលក៏ដោយ។

ដោយភ្លុចម៉ាញេទិច $\Phi_B = BA\cos\theta$ នោះកម្លាំងអគ្គិសនីចលករត្រូវបានបង្កើតឡើងតាមបីរបៀបគឺ៖ (១) ធ្វើឱ្យប្រែប្រួលដែនម៉ាញេទិច B (២)ធ្វើឱ្យប្រែប្រួលផ្ទៃបូប៊ីន(របុំខ្សែចម្លង) (៣)ធ្វើឱ្យប្រែប្រួលទីតាំងស៊ុម ឬបូប៊ីន ធៀបនឹងដែនម៉ាញេទិច។ រូប៨.១ និងរូប ៨.២បង្ហាញពីកម្លាំងអគ្គិសនីចលករដែលបានកើតឡើងតាមរបៀបទី(១)។ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករដែលកើតឡើងតាមរបៀបទី(២) និងទី(៣)ដូចបង្ហាញក្នុងរូប៨.៨និងរូប ៨.៩។



រូប៨.៩៖ ចរន្តអាចបង្កើតឡើងដោយបង្វិលបូប៊ីនក្នុងដែនម៉ាញេទិច។
ភ្លុចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់បូប៊ីនប្រែប្រួលពីអតិបរមាទៅសូន្យពីព្រោះ θ ប្រែប្រួលពី $0°$ $(\cos\theta = 1)$ ទៅ $90°$ $(\cos\theta = 0)$ ។

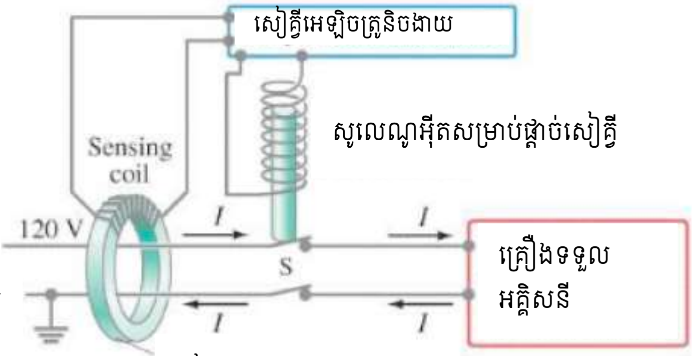
៨.៤. ការអនុវត្តខ្លះៗរបស់ច្បាប់ផារ៉ាដេ

ចង្ក្រានអាំងឌុចស្យុងអគ្គិសនី៖ចង្ក្រានអាំងឌុចស្យុងអគ្គិសនី ចរន្តឆ្លាស់ឆ្លងកាត់បូប៊ីន "ជាអ្នកដុតកម្ដៅ"។

ចរន្តឆ្លាស់បានធ្វើឱ្យមានបម្រែបម្រួលដែនម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃនៃបាតខ្ទះលោហៈ។ បម្រែបម្រួលនៃដែនម៉ាញេទិចនេះបង្កើតឱ្យមានចរន្តក្នុងបាតខ្ទះ ហើយដោយសារខ្ទះលោហៈមានរេស៊ីស្តង់ ដូច្នេះវាបានបំលែងថាមពលអគ្គិសនីទៅជាថាមពលកម្ដៅ ដែលធ្វើឱ្យខ្ទះក្ដៅ។

ឧបករណ៍ការពារសុវត្ថភាព GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter)

កុយស៊ីប(Fuses) និងសៀគ្វីសម្រាប់ផ្ដាច់ចរន្តការពារមិនឱ្យមានអគ្គីភ័យដោយសាការឆ្លងភ្លើង។ ប៉ុន្តែពួកវាមិនអាចផ្ដាច់ចរន្តបានទេ លុះត្រាតែចរន្តនោះមានតម្លៃធំខ្លាំងជាង តម្លៃចរន្តដែលអាចបណ្ដាលឱ្យមានគ្រោះថ្នាក់ដល់មនុស្ស ឬអាចស្លាប់ $(\approx 100\,mA)$ ។ សៀគ្វី GFCI គឺអាចការពារមនុស្សមិនឱ្យមានគ្រោះថ្នាក់ដោយការឆក់ចរន្តអគ្គិសនី សៀគ្វី GFCI អាចមានអំពើជាមួយចរន្តមានតម្លៃតូចប្រហែល $5\,mA$ ។

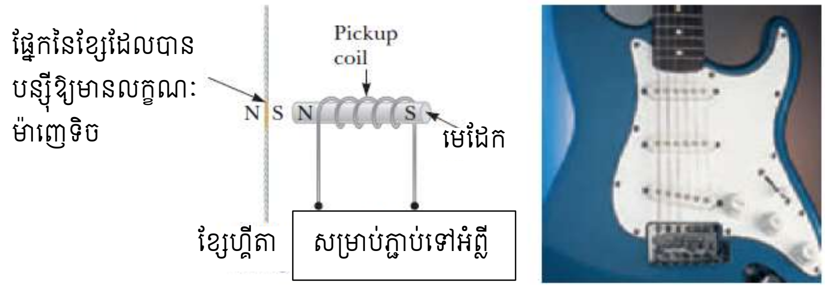


រូប៨.១០៖ សៀគ្វីក្នុងឧបករណ៍ Ground Fault Circuit Interrupter (GFCI)។

បាតុភូតអាំងឌុចស្យុងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិចក្នុងរូបវិទ្យាជាមូលដ្ឋានគ្រឹះនៃសៀគ្វី GFCI ។ រូប ៨.១០ ខ្សែចម្លងពីរឆ្លងកាត់កងលោហៈ សម្រាប់ភ្ជាប់គ្រឿងទទួលអគ្គិសនីទៅប្រភពអគ្គិសនី។ នៅនឹងកងលោហៈមានបូប៊ីនមួយមាននាទីជាអង្គពិនិត្យមើលថាមានករណីឆ្លងភ្លើងកើតឡើងឬអត់(sensor ឬ sensing coil)។ ក្នុងស្ថានភាពប្រក្រតី(មិនមានការឆ្លងចរន្ត ឬឆ្លងភ្លើង) ចរន្តដែលរត់ក្នុងខ្សែភ្លើងពីប្រភពទៅគ្រឿងទទួល មានតម្លៃស្មើនឹងចរន្តដែលរត់ក្នុងខ្សែណឺតពីគ្រឿងទទួលអគ្គិសនីទៅប្រភពវិញ ដូច្នេះចរន្តសរុបក្នុងកងលោហៈស្មើសូន្យ ហើយផ្លុចម៉ាញេទិចសរុបឆ្លងកាត់បូប៊ីន(sensing coil) ស្មើសូន្យ។ បើមានភាពមិនប្រក្រតីកើតឡើង ដូចជាខ្សែភ្លើងប៉ះជាមួយសំបករបស់គ្រឿងទទួលអគ្គិសនី នោះចរន្តមួយផ្នែកបានឆ្លងកាត់ខ្លួនមនុស្សដែលប៉ះជាមួយឧបករណ៍ចូលទៅក្នុងដី(groung fault)។ ចរន្តដែលឆ្លងកាត់ខ្សែណឺតត្រឡប់ទៅប្រភពវិញតិចជាងចរន្តដែលរត់ក្នុងខ្សែភ្លើង ដូច្នេះមានចរន្តក្នុងកងលោហៈ។ ដោយសារចរន្តជាចរន្តឆ្លាស់ វាបានបង្កើតឱ្យមានបម្រែបម្រួលដែនម៉ាញេទិចក្នុងកងលោហៈ ហើយក៏បានបង្កើតឱ្យមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករក្នុងបូប៊ិន(sensing coil) ដែលរុំលើកងនោះ។ ឧទាហរណ៍បើគ្រឿងទទួលអគ្គិសនីឆ្លងកាត់ដោយចរន្ត $8\,A$ ហើយបើមានភាពមិនប្រក្រតីកើតឡើងដូចជាករណីខាងលើដែលចរន្តឆ្លងកាត់ខ្លួនមនុស្សឧបមាថា $100\,mA = 0.1\,A$ (ចរន្តជ្រាប) នោះមានចរន្តតែ $7.9\,A$ ដែលត្រូវត្រឡប់ទៅប្រភពវិញតាមខ្សែណឺត។ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករកើតឡើងក្នុងបូប៊ីនដោយចរន្ត $100\,mA$ ត្រូវបានពង្រីកដោយសៀគ្វីអេឡិចត្រូនិច ហើយបញ្ជាទៅសូលេណូអ៊ីតដើម្បីផ្ដាច់កុងតាក់ S ។

រូប៨.១១៖ ឧបករណ៍ការពារសុវត្ថភាព GFCI (Ground Fault Ciruit Interrupter)។

ការអនុវត្តមួយទៀតរបស់ច្បាប់ផារ៉ាដេគឺ ការបង្កើតសម្លេងនៅក្នុងហ្គីតាអគ្គិសនី(Electric Guitar)។ បូប៊ីនក្នុងករណីនេះ ហៅថា pickup coil ត្រូវបានដាក់នៅជិតខ្សែហ្គីតាដែលធ្វើពីសារធាតុដែលអាចបន្សីឱ្យមានលក្ខណៈម៉ាញេទិចបាន។ មេដែកដែលដាក់ក្នុងបូប៊ីនបានធ្វើឱ្យផ្នែកនៃខ្សែហ្គីតាដែលនៅជិតបំផុតមានម៉ាញេទិច(បន្សីឱ្យទៅជាមេដែក) រូប៨.១២។ នៅពេលខ្សែហ្គីតាមានលំញ័រដោយប្រេកង់ណាមួយ ផ្នែកខ្សែហ្គីតាដែលបានបន្សីឱ្យក្លាយជាមេដែកនោះបានធ្វើឱ្យមានបម្រែបម្រួលផ្លុចម៉ាញេទិចក្នុងបូប៊ីន។ បម្រែបម្រួលផ្លុចម៉ាញេទិចនេះបានបង្កើតកម្លាំងអគ្គីសនីចលករមួយបញ្ជូនទៅអំព្លី។ អំព្លីបានបញ្ជូនទៅឧប៉ាល័រ ឬធុងបាស (Speaker) ដែលបង្កើតរលកសូរ។



(ក) (ខ)

រូប៨.១២៖ (ក)ក្នុងហ្គីតាអគ្គិសនី(electric guitar) លំយោលនៃផ្នែករបស់ខ្សែហ្គីតាដែលបានបន្ស៊ីឱ្យមានលក្ខណៈម៉ាញេទិច បានបង្កើតឱ្យមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករក្នុងបូប៊ីន (pickup coil)។
(ខ)បូប៊ីន(របមខ្សែដែលនៅក្រោមខ្សែ)បានចាប់យកនូវលំយោលនៃខ្សែនេះ
ហើយបញ្ជូនព័តមាននេះឆ្លងកាត់អំព្លីទៅឧប៉ាល័រ។

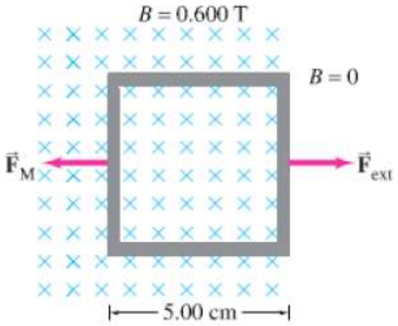
ឧទាហរណ៍៨.១៖ ស៊ុមនៃខ្សែចម្លងមួយរាងជាការេមានប្រវែងជ្រុង $l = 5.00\,cm$ មានចំនួនស្ពៀ 100 ត្រូវបានដាក់ឱ្យកែងនឹងដែនម៉ាញេទិច $0.600\,T$ ដូចក្នុងរូប៨.១៣។ វាត្រូវបានទាញចេញពីដែនម៉ាញេទិចដោយល្បឿនថេរយ៉ាងហ័រ(ផ្លាស់ទីតាមទិសដៅកែងនឹងដែនម៉ាញេទិច) ។ នៅខណៈ $t = 0$ ជ្រុងខាងស្តាំនៃស៊ុមស្ថិតជាប់នឹងគែមនៃតំបន់ដែលមានដែនម៉ាញេទិច។ វាចំណាយពេល $0.100\,s$ ស៊ុមខ្សែចម្លងបានចេញផុតពីដែនម៉ាញេទិច។ រេស៊ីស្តង់សរុបនៃស៊ុមគឺ $100\,\Omega$ ។ គណនា

(ក). អត្រាបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិចក្នុងបូប៊ីន(ស៊ុមខ្សែចម្លង)

(ខ). កម្លាំងអគ្គិសនីចលករ និងចរន្តដែលបានកើតឡើង

(គ). រកថាមពលដែលបានបាត់បង់ក្នុងបូប៊ីន

(ឃ). កម្លាំងមធ្យមដែលត្រូវការ



រូប៨.១៣៖ ឧទាហរណ៍៨.១ បូប៊ីនរាងការេក្នុងដែនម៉ាញេទិច $0.600\,T$ ត្រូវបានទាញចេញពីដែនយ៉ាងហ័រ។

ដំណោះស្រាយ៖ យើងចាប់ផ្តើមដោយរកបម្រែបម្រួលភ្លុច $\Phi_B = BA$ ក្នុងរយៈពេល $\Delta t = 0.100\,s$ ។ បន្ទាប់មកប្រើច្បាប់ផារ៉ាដេដើម្បីរកកម្លាំងអគ្គីសនីចលករ ហើយច្បាប់អូមដើម្បីរកចរន្ត។

(ក). អត្រាបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិច

ផ្ទៃរបស់ស៊ុមគឺ $A = l^2 = (5.00 \times 10^{-2}\,m)^2 = 2.50 \times 10^{-3} m^2$

ភ្លុចម៉ាញេទិច $\Phi_B = BA = (0.600\,T)(2.50 \times 10^{-3}\,m^2) = 1.50 \times 10^{-3}\,Wb$

បន្ទាប់ពី $0.100\,s$ ក្រោយមកភ្លុចម៉ាញេទិចស្មើសូន្យ។ គេបានអត្រាបម្រែបម្រួលភ្លុចគឺ

$$\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = \frac{0 - (1.50 \times 10^{-3}\,Wb)}{0.100\,s} = -1.50 \times 10^{-2}\,Wb/s$$

ខ. តាមច្បាប់ផារ៉ាដេសមីការ៨.២

$$\mathcal{E} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -100\,(-1.50\times10^{-2}\,Wb/s) = 1.50\,V$$

ចរន្តរកតាមច្បាប់អូម

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{1.50\,V}{100\,\Omega} = 1.50\times10^{-2}\,A = 15.0\,mA$$

(គ). ថាមពលដែលបាត់បង់ក្នុងបូបីគឺដោយសាររេស៊ីស្តង់បានបំលែងទៅជាកម្តៅ។

អានុភាពផលស៊ូលគឺ $P = RI^2$ ហើយថាមពលគឺ

$$E = Pt = RI^2t = (100\,\Omega)(1.50\times10^{-2}\,A)^2(0.100\,s) = 2.25\times10^{-3}J$$

(ឃ). ដោយផ្អែកលើគោលការណ៍កម្មន្ត និងថាមពល(ឬទ្រឹស្តីកម្មន្តថាមពល) គេបានថាមពលនៃផលស៊ូល E ក្នុងសំណួរ (គ) ស្មើនឹងកម្មន្តដែលត្រូវការសម្រាប់ទាញបូបីនឱ្យចេញផុតពីដែនម៉ាញេទិច។ ព្រោះថាមពលក្នុងសំណួរ (គ)អាចកើតឡើងបាន គឺដោយសារកម្មន្តនៃកម្លាំងដែលធ្វើលើស៊ុមក្នុងបំលាស់ទី $d = l = 5.00\,cm$

កម្លាំងមធ្យមគឺ

$$\bar{F} = \frac{W}{d} = \frac{E}{l} = \frac{2.25\times10^{-3}J}{5.00\times10^{-2}\,m} = 0.0450\,N$$

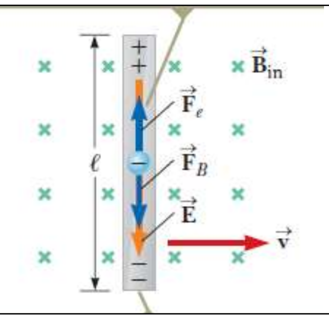
៨.៥. កម្លាំងអគ្គិសនីចលករក្នុងរបារផ្លាស់ទីក្នុងដែនម៉ាញេទិច

ពិនិត្យរបារអង្គធាតុចម្លងមួយមានប្រវែង ℓ ដូចរូប៨.១៤ កំពុងផ្លាស់ទីក្នុងដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋានមានទិសដៅទំលុះផ្ទៃក្រដាសចូលក្នុង។ សន្មតថារបារនេះផ្លាស់ទីក្នុងទិសដៅកែងជាមួយដែនម៉ាញេទិចដោយវ៉ិចទ័រល្បឿនថេរក្រោមអំពើនៃកម្លាំងក្រៅ។ ក្នុងមេរៀនអំពើនៃដែនម៉ាញេទិចលើបន្ទុកអគ្គិសនីផ្លាស់ទីក្នុងដែនម៉ាញេទិច គេបានអេឡិចត្រុងក្នុងបារនៃអង្គធាតុចម្លងកំពុងផ្លាស់ទីរងនូវកម្លាំងម៉ាញេទិចកំណត់ដោយទំនាក់ទំនង

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

ដែលមានទិសតាមបណ្តោយរបារប្រវែង ℓ កែងទៅនឹង $\vec{v}$ និង $\vec{B}$ ។ ក្រោមឥទ្ធិពលនៃកម្លាំងនេះ អេឡិចត្រុងបានផ្លាស់ទី ហើយផ្តុំគ្នាទៅចុងផ្នែកខាងក្រោមនៃរបារ ដែលបានបន្សល់ទុកបន្ទុកវិជ្ជមានឱ្យផ្តុំគ្នានៅចុងផ្នែកខាងលើរបស់របារ លទ្ធផលនៃការញែកបន្ទុកអគ្គិសនីនេះ ធ្វើឱ្យមានដែនអគ្គិសនី $\vec{E}$ ក្នុងរបារនេះកើតឡើង។

ក្នុងស្ថានភាពលំនឹង កម្លាំងអគ្គិសនី និងកម្លាំងម៉ាញេទិច មានអំពើលើអេឡិចត្រុងមួយ ជាកម្លាំងទប់ទល់គ្នា។



ដោយសារកម្លាំងម៉ាញេទិច ចុងទាំងពីរនៃរបារអង្គធាតុចម្លងមានបន្ទុកអគ្គិសនីផ្ទុយគ្នា ដែលបង្កើតដែនអគ្គិសនីក្នុងរបារនេះ។

រូប៨.១៤៖ របារអង្គធាតុចម្លងមួយប្រវែង ℓ ផ្លាស់ទីដោយវ៉ិចទ័រល្បឿន$\vec{v}$ក្នុងដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋាន$\vec{B}$ដែលកែងនឹង$\vec{v}$។

ដូច្នេះអេឡិចត្រុងរងនូកម្លាំងអគ្គិសនីមួយទៀត។ បន្ទុកអគ្គិសនីមកផ្តុំគ្នានៅចុងទាំងសងខាងនៃរបារ រហូតទល់តែកម្លាំងម៉ាញេទិច qvb មានអំពើលើអេឡិចត្រុងក្នុងទិសដៅចុះក្រោម ស្មើនឹងកម្លាំងអគ្គិសនីដែលមានអំពើលើអេឡិចត្រុងក្នុងទិសដៅឡើងលើ qE ។ ពេលនោះអេឡិចត្រុងនឹងមិនផ្លាស់ទីចុះមកចុងរបារផ្នែកខាងក្រោមទៀតទេ វាស្ថិតក្នុងស្ថានភាពលំនឹងក្រោមអំពើនៃកម្លាំអពីរដូចរូប៨.១៤។ តាមលក្ខណលំនឹង

$$qE = qvb \quad \text{ឬ} \quad E = vB$$

ដែនអគ្គិសនីដែលកើតមាននៅក្នុងរបារគឺមាទំនាក់ទំនងនឹងផលសងប៉ូតង់ស្យែលអគ្គិសនីរវាងចុងទាំងសងខាងនៃរបារ គឺ $\Delta V = E\ell$ ។ គេបាន

$$\Delta V = E\ell = B\ell v \quad (៨.៣)$$

ដែលចុងផ្នែកខាងលើមានប៉ូតង់ស្យែលខ្ពស់ជាងខាងក្រោម។ ផលសងប៉ូតង់ស្យែលរវាងចុងទាំពីរនៃរបារគឺនៅរក្សារហូត បើរបារនេះនៅតែផ្លាស់ទីក្នុងដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋាន។ បើរបារផ្លាស់ទីតាមទិសដៅផ្ទុយពីនេះ ផលសងប៉ូតង់ស្យែលក៏ផ្លាស់ប្តូរប៉ុលដែរ។

ឥឡូវពិនិត្យសៀគ្វីមួយដែលមានរបារអង្គធាតុចម្លងផ្លាស់ទីលើទម្រអង្គធាតុចម្លងពីរនៅនឹងដូចរូប៨.១៥ក ។ សន្មតថារេស៊ីស្តង់របស់របាអង្គធាតុចម្លងស្មើសូន្យ ហើយរេស៊ីស្តង់របស់ជើងទម្រទាំងពីរស្មើ R។ ដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋាន $\vec{B}$ មានទិសសកែងនឹងប្លង់នៃសៀគ្វី។ នៅពេលដែលរបារត្រូវបានគេទាញឱ្យផ្លាស់ទីទៅស្តាំដោយវ៉ិចទ័រល្បឿន $\vec{v}$ ក្រោមអំពើនៃកម្លាំងក្រៅ $\vec{F}_{app}$ អេឡិចត្រុងសេរីក្នុងរបារគឺជាបំលាស់ទីនៃភាគល្អិតក្នុងដែនម៉ាញេទិចដែលត្រូវរងនូវកម្លាំងម៉ាញេទិចមានទិសតាមបណ្តោយរបារអង្គធាតុចម្លង។ កម្លាំងនេះបានធ្វើឱ្យមានចរន្តកើតឡើងព្រោះបន្ទុកអគ្គិសនីគឺអាចផ្លាស់ទីដោយសេរីក្នុងខ្សែបិទនៃអង្គធាតុចម្លង។ ក្នុងករណីនេះ អត្រាបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់សៀគ្វី និងការបង្កើតឱ្យមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករក្នុងរបារផ្លាស់ទីគឺសមាមាត្រនឹងបម្រែបម្រួលផ្ទៃរបស់សៀគ្វី។

ផ្ទៃបិទនៃសៀគ្វីនៅខណៈណាមួយដែលត្រូវនឹង ℓx ដែល x គឺជាទីតាំងនៃរបារ គេបានភ្លុចម៉ាញេទិចដែលឆ្លងកាត់ផ្ទៃគឺ

$$\Phi_B = B\ell x$$

ច្បាប់ផារ៉ាដេ

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt}(B\ell x) = -B\ell\frac{dx}{dt}$$

តែ $\frac{dx}{dt} = v$ ជាល្បឿនរបស់របារអង្គធាតុចម្លង។ ដូច្នេះច្បាប់ផារ៉ាដេគឺ

$$\mathcal{E} = -B\ell v \quad (៨.៤ក)$$

បើគេគិតតែតម្លៃរបស់កម្លាំអគ្គិសនីចលលករ

$$|\mathcal{E}| = B\ell v \quad (៨.៤ខ)$$

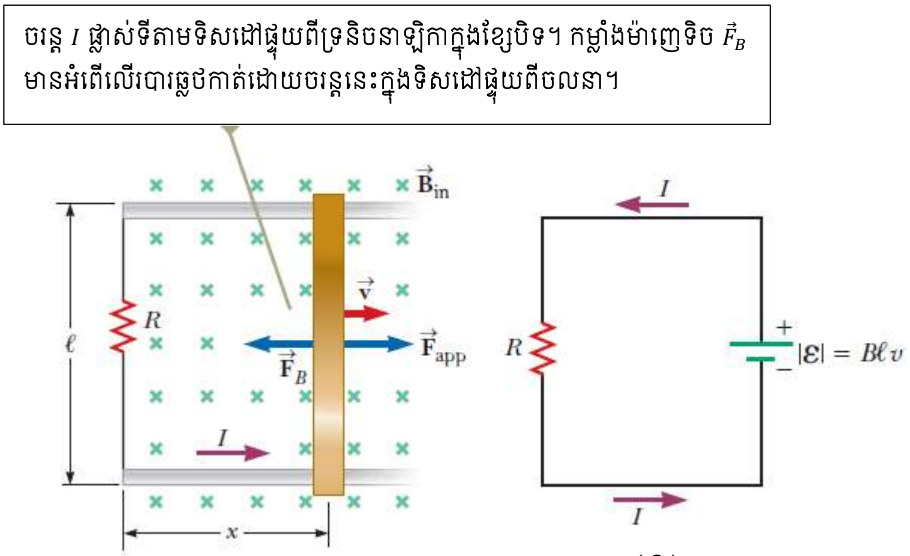
ដោយសារេស៊ីស្តង់នៃសៀគ្វីគឺ R គេបានចរន្តក្នុងសៀគ្វីគឺ

$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{R} = \frac{B\ell v}{R} \quad (៨.៥)$$

ដ្យាក្រាមតាងឱ្យសៀគ្វីគឺដូចបង្ហាញក្នុងរូប ៨.១៥ខ។ ក្នុងសមីការ៨.៤ $\vec{B}$ ត្រូវកែងនឹង $\vec{v}$ និងរបារអង្គធាតុចម្លង។

ឥឡូវពិនិត្យថាមពលក្នុងប្រព័ន្ធនេះ។ ដោយសារគ្មានជនិតានៅក្នុងសៀគ្វី អ្នកអាចនឹងឆ្ងល់អំពីប្រភពនៃចរន្ត និងថាមពលដែលបញ្ជូនទៅឱ្យរេស៊ីស្តង់។ យើងអាចយល់ពីប្រភពនៃចរន្តអគ្គិសនីនេះ និងថាមពល ដោយកត់សំគាល់ថាកម្លាំងក្រៅធ្វើកម្មន្តលើរបារអង្គធាតុចម្លង។ ចលនារបស់របារអង្គធាតុចម្លងក្នុងដែនម៉ាញេទិច បណ្តាលឱ្យមានបន្ទុកអគ្គិសនីផ្លាស់ទីក្នុងរបារអង្គធាតុចម្លងនោះដោយល្បឿនសាត់មធ្យម ដូច្នេះចរន្តត្រូវបានបង្កើតឡើង។ បម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងប្រព័ន្ធក្នុងចន្លោះពេលណាមួយគឺស្មើថាមពលដែលបានផ្ទេរទៅក្នុងប្រព័ន្ធដោយសារកម្មន្តដែលត្រូវគ្នាជាមួយនឹងគោលការណ៍រក្សាថាមពល។

ធ្វើការផ្ទៀងផ្ទាត់ភាពស្មើគ្នានេះតាមគណិតវិទ្យា។ ពេលរបារផ្លាស់ទីក្នុងដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋាន $\vec{B}$ វារងនូវកម្លាំងម៉ាញេទិច $\vec{F}_B$ ដែលមានម៉ូឌុលស្មើ $I\ell B$ ។



(ក) (ខ)

រូប៨.១៥៖ (ក)របារអង្គធាតុចម្លងផ្លាស់ទីក្នុងដែនម៉ាញេទិចលើទម្រនឹងពីរក្រោមអំពើនៃកម្លាំងក្រៅ $\vec{F}_{app}$ ។ (ខ) ដ្យាក្រាមតាងសៀគ្វីក្នុងរូប (ក)។

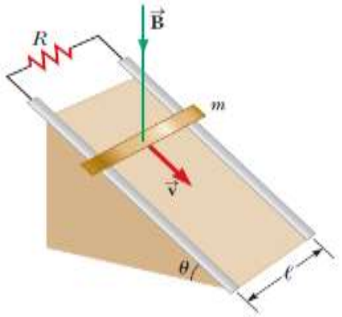
ដោយសាររបារផ្លាស់ទីដោយវ៉ិចទ័រល្បឿនថេរ នោះកម្លាំងម៉ាញេទិចត្រូវមានតម្លៃស្មើ តែទិសដៅផ្ទុយ ពីកម្លាំងក្រៅ ឬត្រូវមានទិសដៅទៅឆ្វេងដូចរូប៨.១៥ក (តាមច្បាប់ទី២ញូតុន ករណីសំទុះសូន្យ ព្រោះវ៉ិចទ័រល្បឿនថេរ) ។ គេអាចសរសេរ

$$F_{app} = F_B = I\ell B$$

ហើយអានុភាពដែលផ្តល់ដោយកម្លាំងក្រៅគឺ

$$P = F_{app}v = (I\ell B)v = \frac{B^2\ell^2v^2}{R} = \frac{\mathcal{E}^2}{R} \qquad (៨.៦)$$

ឧទាហរណ៍៨.២៖ ក្នុងរូប៨.១៦បង្ហាញពីរបារមួយមានម៉ាស $m = 0.200\,kg$ អាចរអិលលើទម្រពីរដោយគ្មានកកិត។ ចម្ងាយរវាងរបារទាំងពីរគឺ $\ell = 1.20\,m$ ហើយដាក់នៅលើប្លង់ទេរមួយមានមុំ $\theta = 25°$ ធៀបនឹងប្លង់ដេក។ រេស៊ីស្តង់មានតម្លៃ $R = 1.00\,\Omega$ ហើយដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋាន $B = 0.500\,T$ មានទិសដៅចុះក្រោមកែងនឹងប្លង់ដេក ហើយគ្របដណ្តប់លើតំបន់ទាំងមូលដែលរបារផ្លាស់ទី។ រកល្បឿនថេរ v ដែលរបារនោះផ្លាស់ទីលើទម្រ?



រូប៨.១៦៖ របារអង្គធាតុចម្លងផ្លាស់ទីលើទម្រអង្គធាតុចម្លងក្នុងដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋាន។

ដំណោះស្រាយ៖ រកល្បឿនថេរ v

កម្លាំងអគ្គិសនីចលករដែលកើតក្នុងរបារអង្គធាតុចម្លងគឺសមាមាត្រនឹងកំប៉ុសង់នៃដែនម៉ាញេទិចដែលកែងនឹងរបារ ហើយកែងនឹងវ៉ិចទ័រល្បឿន។ តាមសម្មតិកម្មដែនម៉ាញេទិចគឺកែងនឹងរបារ ប៉ុន្តែមិនកែងនឹងវ៉ិចទ័រល្បឿនទេ។ ក្នុងរូប៨.១៧ក បង្ហាញពីកំប៉ុសង់នៃដែនម៉ាញេទិចដែលកែងនឹងរបារ ហាយកែងនឹងវ៉ិចទ័រល្បឿនគឺ

$$B_\perp = B\ \cos\theta$$

គេបានតម្លៃកម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៃរបារផ្លាស់ទីគឺ

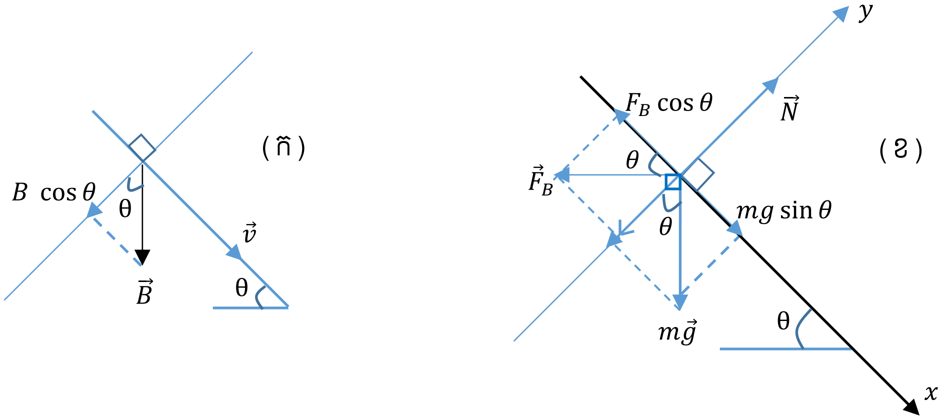
$$|\mathcal{E}| = B_{\perp}\ell v = B\ell v \cos\theta$$

កម្លាំងអគ្គិសនីចលករនេះបានបង្កើតចរន្តក្នុងសៀគ្វី

$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{R} = \frac{B\ell v \cos\theta}{R}$$

តាមច្បាប់ឡិនពេលរបារផ្លាស់ទីចុះក្រោមធ្វើឱ្យផ្ទៃបិទមានតម្លៃធំ នោះភ្លុចម៉ាញេទិចកើនឡើង ដូច្នេះចរន្តដែលបានកើតឡើងងពីបម្រែបម្រួលភ្លុចនេះត្រូវបង្កើតដែនម៉ាញេទិចមានទិសដៅឡើងលើដើម្បីប្រឆាំងនឹងកំណើនភ្លុចនេះ។ ដូចនេះចរន្តត្រូវមានទិសដៅផ្ទុយពីទ្រនិចនាឡិកា(តាមវិធានដៃស្តាំ) ចំពោះរបារចរន្តមានទិសដៅទំលុះផ្ទៃក្រដាសចូលក្នុង។ កម្លាំងម៉ាញេទិចដែលមានអំពើលើរបារឆ្លងកាត់ដោយចរន្តត្រូវមានទិសដៅទៅឆ្វេង(តាមវិធានដៃស្តាំចំពោះកម្លាំងម៉ាញេទិច) ហើយមានម៉ូឌុល

$$F_B = I\ell B \sin 90° = I\ell B = \frac{B^2\ell^2 v\cos\theta}{R}$$



រូប៨.១៧៖ (ក)ការគូសកំប៉ូសង់ដែនម៉ាញេទិចដែលកែងនឹងវ៉ិចទ័រល្បឿន។
(ខ)បំបែកកម្លាំងទំនាញដី និងកម្លាំងម៉ាញេទិច។

តាមរូប៨.១៧ខ ច្បាប់ទី២ញូតុនតាមអ័ក្ស x សរសេរ

$$\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x = 0 \;;\; (v = \text{ថេរ})$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_x = -F_B\cos\theta + mg\sin\theta = 0$$

$$F_B\cos\theta = mg\sin\theta$$

$$\frac{B^2\ell^2 v\cos\theta\cos\theta}{R} = mg\sin\theta$$

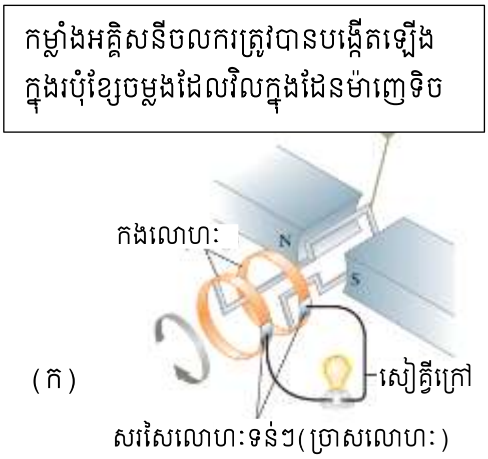
$$v = \frac{Rmg\sin\theta}{B^2\ell^2 \cos^2\theta}$$

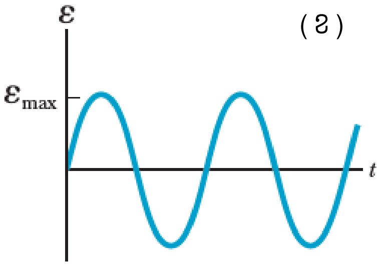
$$v = \frac{(1.00\ \Omega)(0.200\ kg)(9.80\ m/s^2)\sin 25.0°}{(0.500\ T)^2(1.20\ m)^2\cos^2 25.0°} = 2.80\ m/s$$

៨.៦. ជនិតាចរន្តឆ្លាស់

ជនិតាអគ្គិសនីជាគ្រឿងទាំងឡាយណាដែលបានបំលែងថាមពលផ្សេងៗឱ្យទៅជាថាមពលអគ្គិសនី។ ដើម្បីស្វែងយល់ពីដំណើរការនៃការបំលែងថាមពលនេះ យើងពិនិត្យជនិតាចរន្តឆ្លាស់មួយ។ ជនិតាចរន្តឆ្លាស់ងាយមួយផ្សំឡើងពី របុំខ្សែចម្លងមួយវិលក្នុងដែនម៉ាញេទិចរូប៨.១៨ក។

ក្នុងឧស្សាហកម្មរោងចក្រអគ្គិសនី ថាមពលដែលត្រូវការដើម្បីបង្វិលរបុំខ្សែចម្លង(បូប៊ីន) គឺបានមកពីប្រភពផ្សេងៗគ្នា។ ឧទាហរណ៍ទំនប់វារីអគ្គិសនី គឺប្រើថាមពលនៃទន្លាក់ទឹក ឬថាមពលរបស់ទឹកហូរដើម្បីមកបង្វិលតួបីន ខ្លះទៀតដុតធ្យូងថ្មដើម្បីបំលែងទឹកឱ្យទៅជាចំហាយ ហើយចំហាយនេះទៅបង្វិលតួបីន ដើម្បីបង្កើតជាចលនារង្វិលរបស់បូប៊ីន។





រូប៨.១៨៖ (ក)កំនូតាងឱ្យជនិតាចរន្តឆ្លាស់។
(ខ)កម្លាំងអគ្គិសនីចលករដែលកើតក្នុងស៊ុមខ្សែចម្លង(ឬរបុំខ្សែចម្លង ឬបូប៊ីន) ជាអនុគមន៍នៃពេល។

នៅពេលដែលស៊ុមខ្សែចម្លងវិលក្នុងដែនម៉ាញេទិច ភ្លុចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃបិទនៃស៊ុមប្រែប្រួលជាអនុគមន៍នៃពេល ហើយបម្រែបម្រួលនេះបានបង្កើតកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ និងចរន្តអគ្គិសនីក្នុងស៊ុមនៃខ្សែចម្លងយោងតាមច្បាប់ផារ៉ាដេ។ ចុងទាំងសងខាងនៃស៊ុមភ្ជាប់ទៅកងលោហៈ(slip rings)ពីរផ្សេងគ្នា ដែលវិលជាមួយស៊ុមដូចរូប ៨.១៨ក។ ចរន្តអគ្គិសនីដែលបានបង្កើតឡើងត្រូវបានបញ្ជូនទៅសៀគ្វីក្រៅតាមរយៈការតភ្ជាប់សៀគ្វីក្រៅជាមួយនឹងកងលោហៈនេះដោយប្រើសរសៃលោហៈទន់ៗ(ឬហៅថាច្រាសលោហៈ metallic brushes)។

បើស៊ុមនៃខ្សែចម្លងនោះមានច្រើនជុំ អាចនិយាយថាមានចំនួន N ជុំហើយមានផ្ទៃដូចគ្នា A វិលក្នុងដែនម៉ាញេទិចដោយល្បឿនមុំថេរ ω ។ បើ θ ជាមុំផ្គុំរវាងដែនម៉ាញេទិច និងវ៉ិចទ័រកែងនៃផ្ទៃរបស់ស៊ុម(បូប៊ីន)រូប៨.១៩ នោះភ្លុចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់ផ្ទៃបូប៊ីនក្នុងខណៈ t ណាមួយគឺ

$$\Phi_B = BA\ \cos\theta = BA\ \cos\omega t$$

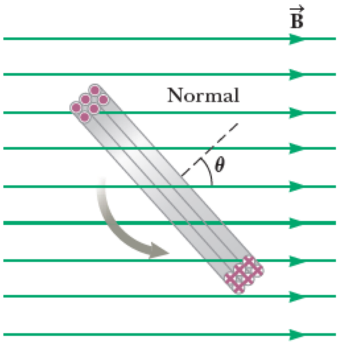
ដែលមុំ $\theta = \omega t$ ។ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករក្នុងបូប៊ីនគឺ

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi_B}{dt} = -NBA\ \frac{d}{dt}(\cos\omega t) = NBA\omega\sin\omega t \qquad (៨.៧)$$

តាមលទ្ធផលនេះបបង្ហាញថា កម្លាំងអគ្គិសនីចលករប្រែប្រួលជាអនុគមន៍ស៊ីនុយសូអ៊ីតនៃពេល ដូចដែលបានគូសក្រាបក្នុងរូប៨.១៨ខ។ សមីការ ៨.៧បង្ហាញថាកម្លាំងអគ្គិសនីចលករអតិបរមាមានតម្លៃ

$$\varepsilon_{max} = NBA\omega \qquad (៨.៨)$$

ដែលកើតឡើងនៅពេលដែល $\omega t = 90°$ ។ ហើយ $\varepsilon = \varepsilon_{max}$ នៅពេលដែលដែនម៉ាញេទិចស្ថិតក្នុងប្លង់នៃបូប៊ីន និងអត្រាបម្រែបម្រួលភ្លុចអតិបរមា។ កម្លាំងអគ្គីសនីចលករស្មើសូន្យនៅពេល $\omega t = 0°$ ឬ $180°$ នៅពេលដែលដែនម៉ាញេទិច $\vec{B}$ កែងជាមួយនឹងផ្ទៃបូប៊ីន ឬនៅពេលអត្រាបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិចស្មើសូន្យ។



រូប៨.១៩៖ ជាបូប៊ីនដែលគេមើលស្របនឹងខ្សែស្នៀរបស់បូប៊ីន ដែលមានក្រលាផ្ទៃ A និងចំនួនស្នៀ N វិលដោយល្បឿនមុំថេរ ω ក្នុងដែនម៉ាញេទិច។ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករក្នុងបូប៊ីនប្រែប្រួលជាអនុគន៍ស៊ីនុយសូអ៊ីតនៃពេល។

ឧទាហរណ៍៨.៣៖ បូប៊ីននៅក្នុងជនិតាចរន្តឆ្លាស់មួយមាន 8 ស្នៀ ហើយស្នៀនីមួយៗមានក្រលាផ្ទៃ $A = 0.0900\, m^2$ និងរេស៊ីស្តង់សរុបនៃខ្សែចម្លងគឺ $12.0\,\Omega$ ។ បូប៊ីនវិលក្នុងដែនម៉ាញេទិច $0.500\,T$ ដោយប្រេកង់ថេរ $60.0\,Hz$ ។

ក. គណនាកម្លាំងអគ្គីសនីចលករអតិបរមាក្នុងបូប៊ីន?

ខ. រកចរន្តអគ្គិសនីអតិបរមាក្នុងបូប៊ីនពេលដែលសៀគ្វីក្រៅមានតែខ្សែចម្លងមានរេស៊ីស្តង់យ៉ាងតូចអាចចោលបាន?

ដំណោះស្រាយ៖

ក. កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអតិបរមា

តាមសមីការ៨.៨

$$\varepsilon_{max} = NBA\omega = NBA(2\pi f) = 8(0.500\,T)(0.0900\,m^2)(2\pi)(60.0\,Hz) = 136\,V$$

ខ. ចរន្តអតិបរមា

$$I_{max} = \frac{\varepsilon_{max}}{R} = \frac{136\,V}{12.0\,\Omega} = 11.3\,A$$

ម៉ូទ័រអគ្គិសនី៖

ម៉ូទ័រអគ្គីសនីងាយមួយគឺផ្សំដោយបូប៊ីនដាក់ដែនម៉ាញេទិស។ ម៉ូទ័រអគ្គីសនីបានផលិតនូវថាមពលមេកានិចកាលណាមានចរន្តឆ្លងកាត់បុំនៃខ្សែចម្លង(បូប៊ីន)។ នៅពេលគេផ្តល់ចរន្តអគ្គិសនីឱ្យឆ្លងកាត់បូប៊ីនរបស់ម៉ូទ័រ បូប៊ីននេះវិល នាំឱ្យមានបម្រែបម្រួលភ្លុចក្នុងបូប៊ីន ធ្វើឱ្យមានកម្លាំងអគ្គិសនីចករកើតឡើង ហើយប្រឆាំងនឹងចលនារង្វិលរបស់បូប៊ីន(ច្បាប់ឡង់) កម្លាំងអគ្គិសនីចលករនេះហៅថាកម្លាំងអគ្គីសនីច្រាសចលករ។ បើល្បឿនរង្វិលកាន់តែធំកម្លាំងអគ្គិសនីច្រាសចលករកាន់តែធំដែរ។ ជាធម្មតាម៉ូទ័រអគ្គិសនីធ្វើកម្មន្តលើកអ្វីមួយ(ដូចជាលើកវត្ថុមួយ ឬបន្ទុកមួយ ឬបូមទឹក ជាដើម) ប៉ុន្តែបើគ្មានបន្ទុកទេ ល្បឿនរបស់ម៉ូទ័រនឹងកើនឡើងរហូតទាល់តែកម្លាំងច្រាសអគ្គិសនីចលករមានតម្លៃស្មើនឹងតង់ស្យុងអគ្គិសនីដែលផ្តល់ឱ្យម៉ូទ័រ។ ពេលម៉ូទ័រលើកបន្ទុក ល្បឿនរបស់ម៉ូទ័រអាចនឹងត្រូវបានកំណត់ដោយបន្ទុកដែលត្រូវលើកនោះ។ កម្លាំងច្រាសអគ្គិសនីចលករនឹងមានតម្លៃតិចជាងតង់ស្យុងអគ្គិសនីដែលផ្តល់ឱ្យ។ បើបន្ទុកដែលត្រូវលើកកាន់តែធ្ងន់ ល្បឿនរង្វិលរបស់ម៉ូទ័រកាន់យឺត កម្លាំងច្រាសអគ្គិសនីចលករកាន់តែតូច។ (តាមសមីការ ៨.៧ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករ ε សមាមាត្រនឹង ω)។

ឧទាហរណ៍៨.៤៖ ម៉ូទ័រអគ្គិសនីមួយមានរេស៊ីស្តង់ក្នុង $5\,\Omega$ ។ម៉ូទ័រនេះភ្ជាប់ទៅប្រភពតង់ស្យុង $120\,V$ នៅពេលដែលម៉ូទ័រនេះវិលពេញល្បឿនរបស់វា កម្លាំងច្រាសអគ្គីសនីចលករគឺ $108\,V$ ។

ក. គណនាចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់ម៉ូទ័រខណៈដែលម៉ូទ័រចាប់ផ្តើមវិល?

ខ.គណនាចរន្តឆ្លងកាត់ម៉ូទ័រពេលវាវិលពេញល្បឿន?

ដំណោះស្រាយ៖

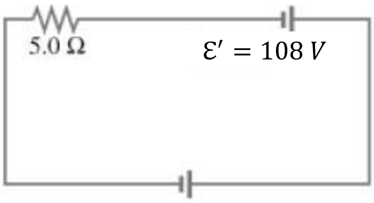
ក. គណនាចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់ម៉ូទ័រខណៈវាចាប់ផ្តើមវិល

ខណៈម៉ូទ័រចាប់ផ្តើមវិល ល្បឿនរបស់វាយឺតខ្លាំងសឹងតែសូន្យ(ឬស្មើសូន្យ) ដូច្នេះវាមិនអាចបង្កើតកម្លាំងប្រាសអគ្គិសនីចលករបានទេ។ ក្នុងសៀគ្វីគឺមានតែប្រភពតង់ស្យុង $120\,V$ និងរេស៊ីស្តង់ $5\,\Omega$ ប៉ុណ្ណោះ។ តាមច្បាប់អូមគេបាន

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\,V}{5.0\,\Omega} = 24\,A$$

ខ. គណនាចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់ម៉ូទ័រពេលវាវិលពេញល្បឿន

ពេលម៉ូទ័រវិលពេញល្បឿននោះសៀគ្វីគឺដូចរូប៨.២០។



រូប៨.២០៖ សៀគ្វីអគ្គិសនីដែលម៉ូទ័រមានកម្លាំងប្រាសអគ្គិសនីចលករ។

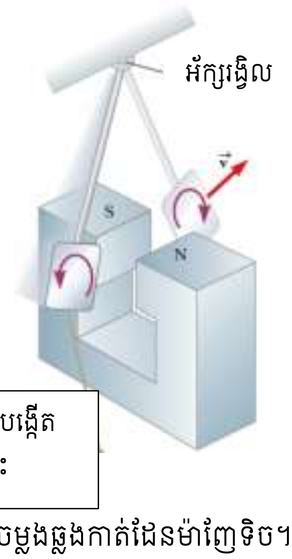
តាមច្បាប់អូមគឺ

$$\mathcal{E} - \mathcal{E}' = RI$$

$$I = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}'}{R} = \frac{120\,V - 108\,V}{5.0\,\Omega} = 2.4\,A$$

៨.៧ ចរន្តអេដឌី(Eddy Currents)

យើងបានដឹងហើយថាកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ និងចរន្តត្រូវបានបង្កើតឡើងក្នុងសៀគ្វីដោយសាមានបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេតិច(ច្បាប់ផារ៉ាដេ)។ ក្នុងរបៀបដូចគ្នានេះដែរ ចរន្តវង់ដែលហៅថាចរន្តអេដឌីត្រូវបានបង្កើតឡើងក្នុងផ្នែកនៃបន្ទះលោហៈមួយដែលឆ្លងកាត់ដែនម៉ាញេទិច។ បាតុភូតនេះត្រូវបានពន្យល់ដូចតទៅ បន្ទះទង់ដែង ឬអាលុយមីញ៉ូមមួយភ្ជាប់ទៅចុងម្ខាងនៃរបាររឹងមួយដើម្បីយោលទៅវិញទៅមកឆ្លងកាត់ដែនម៉ាញេទិចដូចរូប៨.២១ ។

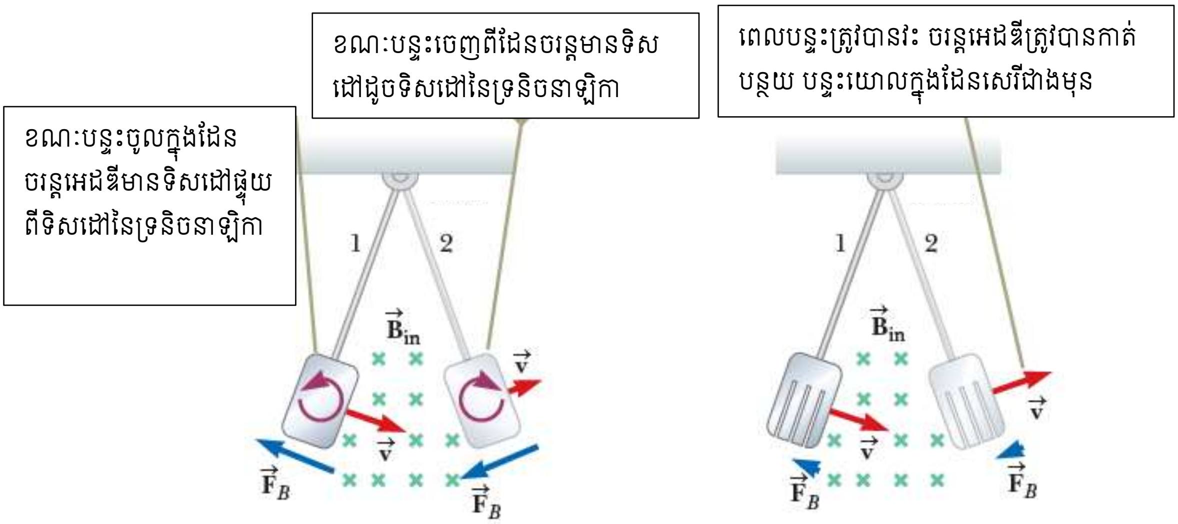


ពេលបន្ទះចូល ឬចេញពីដែន បម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិចបង្កើតកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ ហើយដែលនាំឱ្យមានចរន្តក្នុងបន្ទះ

រូប៨.២១៖ ការបង្កើតចរន្តអេដឌីក្នុងបន្ទះអង្គធាតុចម្លងឆ្លងកាត់ដែនម៉ាញេទិច។

ខណៈដែលបន្ទះនេះចូលក្នុងដែន បម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិចបង្កើតឱ្យមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករក្នុងបន្ទះ ដែលបណ្តាលឱ្យអេឡិចត្រុងសេរីក្នុងបន្ទះផ្លាស់ទីបង្កើតបានចរន្តខ្សែវង់ហៅចរន្តអេដឌី។ តាមច្បាប់ឡង់ ចរន្តអេដឌីមានទិសដៅយ៉ាងណា បង្កើតដែនម៉ាញេទិចប្រឆាំងនឹងបម្រែបម្រួលដែលឱ្យកំណើតវា។ តាមហេតុផលនេះ ចរន្តអេដឌីត្រូវបង្កើតប៉ូលម៉ាញេទិចនៅលើបន្ទះអង្គធាតុចម្លងដែលស្របជាមួយប៉ូលរបស់មេដែក។ ក្នុងស្ថានភាពនេះវាធ្វើឱ្យកម្លាំងចម្រានចេញដែលប្រឆាំងនឹងចលនារបស់បន្ទះកើនឡើង។

ពិនិត្យលើរូប៨.២២ ដែនម៉ាញេទិច $\vec{B}$ មានទិសដៅទំលុះផ្ទៃក្រដាសចូលក្នុង ចរន្តអេដឌីមានទិសដៅផ្ទុយពីទិសដៅនៃទ្រនិចនាឡិកាខណៈដែលវាចូលក្នុងដែនត្រង់ទីតាំង 1 ព្រោះភ្លុចនៃដែនម៉ាញេទិចក្រៅមានទិសដៅចូលក្នុងឆ្លងកាត់បន្ទះកើនឡើង។ តាមច្បាប់ឡិនចរន្តដែលកើតឡើងត្រូវបង្កើតដែនម៉ាញេទិចមានទិសដៅចេញក្រៅ។ ការប្រឆាំងនេះគឺពិតខណៈដែលបន្ទះចេញពីដែនត្រង់ទីតាំង 2 ដែលចរន្តអេដឌីមានទិសដៅដូចទិសដៅទ្រនិចនាឡិកា។ ដោយចរន្តអេដឌីដែលបានកើតឡើងគឺតែងតែបង្កើតនូវកម្លាំងពន្យឺត(ឬបន្ថយ) $\vec{F}_B$ ពេលបន្ទះចូល ឬចេញពីដែន លំលោយរបស់វាត្រូវឈប់។



រូប៨.២២៖ ពេលបន្ទះលោហៈយោលឆ្លងកាត់ដែនម៉ាញេទិច ចរន្តអេដឌីត្រូវបានបង្កើតឡើង ហើយកម្លាំងម៉ាញេទិចមានអំពើលើបន្ទះផ្ទុយពីវ៉ិចទ័រល្បឿន បណ្តាលឱ្យលំលោយត្រូវឈប់។

បើបន្ទះត្រូវបានវះជាចំរៀកៗដូចរូប៨.២២ខាងស្តាំ ចរន្តអេដឌី និងកម្លាំងពន្យឺតត្រូវបានកាត់បន្ថយ។

បាតុភូតអាំងឌុចស្យុងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច និងចរន្តអេដឌី ត្រូវបានអនុវត្តក្នុងប្រព័ន្ធហ្វ្រាំងរបស់រថភ្លើង។ អេឡិចត្រូមេដែកត្រូវបានភ្ជាប់នឹងតួរថភ្លើងត្រង់ទីតាំងក្បែរផ្លូវដែក(ផ្លូវរទេះភ្លើង)។ (អេឡិចត្រូមេដែកគឺជាបូប៊ីនមានស្នូលដែក)។ អំពើនៃហ្វ្រាំងកើតឡើងនៅពេលមានចរន្តយ៉ាងធំឆ្លងកាត់អេឡិចត្រូមេដែក។ ចលនាធៀបរវាងមេដែក និងផ្លូវដែកបានបង្កើតឱ្យមានចរន្តអេដឌីក្នុងផ្លូវដែក ហើយទិសដៅនៃចរន្តនេះបង្កើតកម្លាំងទប់ទៅលើរថភ្លើង។ ដោយសារចរន្តអេដឌីថយចុះមានលក្ខណៈថេរនូវតម្លៃរបស់វា ខណៈដែលចលនារថភ្លើងយឺតទៅៗ នោះប្រព័ន្ធហ្វ្រាំងមានដំណើការដោយរលូន។

ឧទាហរណ៍៨.៥៖ ខ្សែចម្លងមានរាងកន្លះរង្វង់មានកាំ $R = 0.250\,m$ ត្រូវបានគេធ្វើឱ្យវិលជុំវិញអ័ក្ស AC ដោយប្រេកង់ថេរ 120 rev/min (120 ជុំក្នុងមួយនាទី)។ ដែនម៉ាញេទិចឯកសណ្ឋានមានតម្លៃ 1.30 T មានទិសដៅចេញក្រៅបានគ្របដណ្តប់ក្នុងតំបន់ខាងក្រោមអ័ក្សរង្វិលដូចរូប៨.២៣។

ក. គណនាតម្លៃអតិបរមានៃកម្លាំងអគ្គិសនីចលករដែលកើតមាននៅនឹងចុងសងខាងរបស់ខ្សែចម្លង?

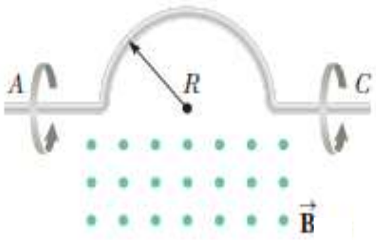
ខ. ចំពោះរង្វិលមួយជុំពេញនីមួយៗ គណនាតម្លៃមធ្យមនៃកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ?

គ. តើចម្លើយនៅក្នុងសំណួរ (ក) និង(ខ) ប្រែប្រួលដូចម្តេច? បើដែនម៉ាញេទិចត្រូវបានពង្រាយរហូតដល់តំបន់នៅផ្នែកខាងលើអ័ក្សរង្វិល ហើយមានចម្ងាយ R ពីអ័ក្សរង្វិល។

ចូរគូសក្រាបនៃកម្លាំងអគ្គិសនីចលករជាអនុគមន៍នៃពេល។

ឃ. ពេលដែនម៉ាញេទិចដូចបង្ហាញក្នុងរូប ៨.២៣

ង. ពេលដែនម៉ាញេទិចត្រូវបានពង្រាយដូចក្នុងករណីសំណួរ(គ)



រូប៨.២៣៖ សម្រាប់ឧទាហរណ៍ ៨.៥។

ដំណោះស្រាយ៖

ខ្សែចម្លងមានរាងជាកន្លះរង្វង់មានក្រឡាផ្ទៃ $A = (1/2)(\pi R^2)$ ។ គ្មានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៅក្នុងខ្សែចម្លងទេបើគ្មានបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិចឆ្លងកាត់បូប៊ីន(ឬឆ្លងកាត់ផ្ទៃ)។ ខ្សែចម្លងឆ្លងកាត់ក្នុងដែនម៉ាញេទិចតែក្នុងកន្លះជុំនៃរង្វិលរបស់វា ដូច្នេះភលុចម៉ាញេទិចប្រែប្រួលក្នុងរយៈពេលកន្លះជុំនៃរង្វិល។ ហើយកន្លះជុំនៃរង្វិលគឺ

$$\frac{1}{2}T = \frac{1}{2}\left(\frac{2\pi}{\omega}\right) = \frac{\pi}{\omega}$$

បើកំណត់យកខណៈ $t = 0$ ត្រង់ទីតាំងដែលខ្សែចម្លងស្ថិតនៅដូចក្នុងរូប៨.២៣ នោះគ្មានបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិចទេចំពោះមួយភាគបួននៃរង្វិល គឺ $t = 0$ ទៅ $t = \pi/2\omega$ ដូច្នេះភ្លុចម៉ាញេទិចប្រែប្រួលជាអនុគមន៍នៃពេលតាម

$$\Phi_B = AB\cos\omega t = \frac{1}{2}\pi R^2 B\ \cos\omega t$$

ចំពោះរង្វិលកន្លះជុំគឺពី $t = \pi/2\omega$ ទៅ $t = 3\pi/2\omega$ បន្ទាប់មកទៀតគឺគ្មានបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិចទេចំពោះមួយភាគបួនចុងក្រោយនៃរង្វិល គឺពី $t = 3\pi/2\omega$ ទៅ $t = 2\pi/\omega$ ជាខណៈពេលដែលខ្សែចម្លងបានទៅដល់ទីតាំងនៃចំណុចចាប់ផ្តើមវិញ(ទីតាំងដើមនៅខណៈ $t = 0$)។ ខណៈដែលខ្សែចម្លងវិលឆ្លងកាត់ដែនម៉ាញេទិច ភ្លុចម៉ាញេទិចប្រែប្រួល ឆ្លងកាត់ផ្ទៃរបស់ខ្សែចម្លងរាងជាកន្លះរង្វង់ នាំឱ្យមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករកើតឡើង តាមច្បាប់ផារ៉ាដេក្នុងករណីដែលខ្សែចម្លងមានមួយស្ពៀគឺ

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{1}{2}\pi R^2 B\frac{d}{dt}\cos(\omega t)$$

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2}\pi R^2 \omega B\ \sin(\omega t) = \mathcal{E}_{max}\sin(\omega t)$$

ក. តម្លៃអតិបរមានៃកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ

$$\mathcal{E}_{max} = \frac{1}{2}\omega\pi R^2 B$$

តែល្បឿនមុំ $\omega = 2\pi N$ ដែល N ជាចំនួនជុំក្នុងមួយវិនាទី(ប្រេកង់)

$N = 120\ rev/min = 120\,rev/60s = 2\ rev/s$ គេបាន $\omega = 2\pi \times 2 = 4\pi\ rad/s$

$$\mathcal{E}_{max} = \frac{1}{2}(4\pi\ rad/s)\pi(0.250\,m)^2(1.30\,T) = 1.60\,V$$

ខ. តម្លៃមធ្យមនៃកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ

ក្នុងរយៈពេលនៃខួបដែលខ្សែចម្លងមានចលនាក្នុងតំបន់ដែលមានដែនម៉ាញេទិច កម្លាំងអគ្គិសនីចលករប្រែប្រួលជាអនុគម្ន៍នៃពេលតាមសមីការ

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{max}\sin(\omega t)$$

ចំពោះកន្លះខួបដែលមានភ្លុចម៉ាញេទិចប្រែប្រួលបង្កើតកម្លាំងអគ្គិសនីចលករគឺពី $t = \pi/2\omega$ ទៅ$t = 3\pi/2\omega$ គេបានកម្លាំងអគ្គិសនីលចករនៅខណៈ $t = \pi/2\omega$ គឺ $+\mathcal{E}_{max}$ ហើយនៅខណៈ $t = 3\pi/2\omega$ គឺ $-\mathcal{E}_{max}$ ដូច្នេះកម្លាំអគ្គិសនីចលករមធ្យមគឺស្មើសូន្យ។

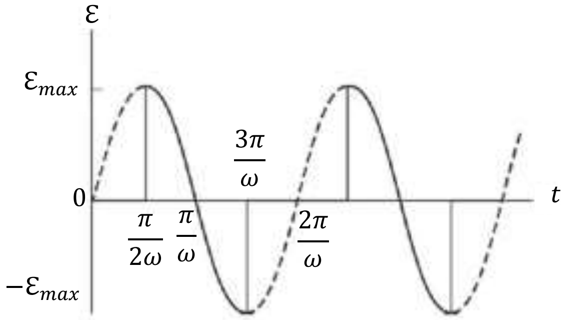
គ. ភ្លុចម៉ាញេទិចនៅតែអាចសរសេរ

$$\Phi_B = \frac{1}{2}\pi R^2 B\ \cos\omega t$$

ដូច្នេះវាមានតម្លៃអតិបរមានៅខណៈ $t = 0$ ហើយក្នុងករណីនេះរយៈពេលនៃខួបដែលភ្លុចម៉ាញេទិចប្រែប្រួលគឺពី $t = 0$ ទៅ $t = 2\pi/\omega$ ហើយអំពីទុតនៃកម្លាំងអគ្គិសនីចលករ និងតម្លៃមធ្យមនៅដដែលគឺគ្មានការប្រែប្រួលទេ។
ឃ.ក្រាបនៃកម្លាំងអគ្គិសនីចលករជាអនុគមន៍នៃពេល។ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករដែលកើតមានក្នុងករណីរូប៨.២៣

$$\varepsilon = \varepsilon_{max}\sin(\omega t)$$

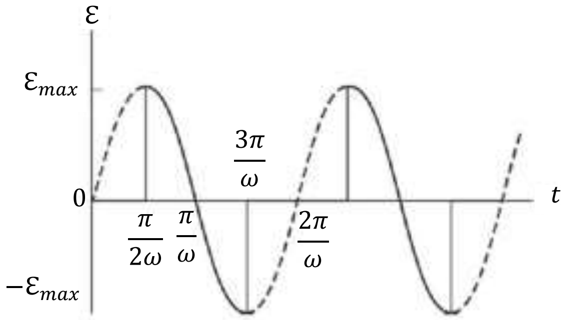
ខណៈ $t = 0$ គឺ $\varepsilon = 0$ នៅខណៈ $t = \pi/2\omega$ គឺ $\varepsilon = +\varepsilon_{max}$ ហើយនៅខណៈ $t = 3\pi/2\omega$ គឺ $\varepsilon = -\varepsilon_{max}$ ខណៈ $t = 2\pi/\omega$ គឺ $\varepsilon = 0$ ។



ង. គូសក្រាបតាងកម្លាំងអគ្គិសនីចលករជានុគមន៍នៃពេលក្នុងករណីដែលដែនម៉ាញេទិចត្រូវបានបង្រាយដូចក្នុងករណីសំណួរ(គ)។ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករក្នុងករណីនេះគឺនៅតែ

$$\varepsilon = \varepsilon_{max}\sin(\omega t)$$

ដូច្នេះក្រាបគឺ



កិច្ចតែងការបង្រៀនគំរូទី១

កាលបរិច្ឆេទ ៖ ថ្ងៃ ខែ ឆ្នាំ ជូត ទោស័ក ព.ស ២៥៦
ត្រូវនឹងថ្ងៃទី ខែ ឆ្នាំ ២០២

មុខវិជ្ជា ៖ រូបវិទ្យា

ថ្នាក់ទី ៖ ១០

ជំពូកទី៣ ៖ អគ្គិសនី និងម៉ាញេទិច

មេរៀនទី១ ៖ អេឡិចត្រូស្តាទិច

រយៈពេល ៖ ៥០ នាទី

I. **វត្ថុបំណង**

១.វិជ្ជាសម្បទា៖ រៀបរាប់ពីអំពើនៃបន្ទុកអគ្គិសនីបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធន៍។

២. បំណិនសម្បទា៖បង្កើតប្លង់ពិសោធន៍ និងអនុវត្តពិសោធន៍ពីអំពើទៅវិញទៅមករបស់បន្ទុកអគ្គិសនីបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការងារក្រុម។

៣. ចរិយាសម្បទា៖ ថ្លៃប្រឌិតពីអន្តរកម្មបន្ទុកអគ្គសិនីដែលកើតឡើងជុំវិញខ្លួន និងប្រុងប្រយ័ត្នកុំឱ្យមានគ្រោះថ្នាក់ដោយសាបន្ទុកអគ្គិសនី។

II. **សម្ភារឧបទេស៖** សៀវភៅសិក្សាគោល និងសៀវភៅគ្រូថ្នាក់ទី១០ ហ្វឺត ក្តាខៀន បំពង់បឺត ក្រដាសជូតមាត់ ខ្សែអំបោះ។

III. **វិធីសាស្ត្របង្រៀន៖** គំរូនៃការបង្រៀនតាម 5Es

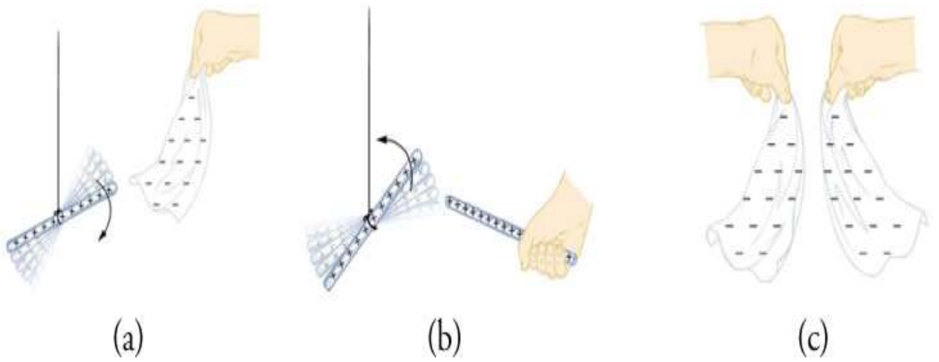
IV. **ដំណើរការបង្រៀន**

សកម្មភាពគ្រូ	**ខ្លឹមសារ**	**សកម្មភាពសិស្ស**
ជំហានទី១៖ រដ្ឋបាលថ្នាក់ (៣នាទី)		
–ពិនិត្យអនាម័យ សណ្តាប់ធ្នាប់ និងឯកសណ្ឋានសិស្ស –ឱ្យប្រធានថ្នាក់រាយការណ៍ពីវត្តមានរបស់សិស្ស	–ពិនិត្យអនាម័យថ្នាក់ និងសណ្តាប់ធ្នាប់ថ្នាក់រៀន –ពិនិត្យឯកសណ្ឋាន –ពិនិត្យវត្តមានសិស្ស	–សិស្សឈរឱ្យពិនិត្យឯកសណ្ឋាន និងអង្គុយតាមកន្លែងរៀងៗ ខ្លួន –ប្រធានថ្នាក់រាយការណ៍ពីវត្តមានសិស្ស
ជំហានទី២៖ រំលឹកមេរៀនចាស់ (៧នាទី)		
-ដូចម្តេចដែលហៅថាអគ្គិសនីកម្ម? -តើអគ្គិសនីកម្មមានប៉ុន្មានប្រភេទ?អ្វីខ្លះ ? -នៅពេលដែលយើងខាត់ចង្កឹះកែវ និងសំពត់សូត្រ តើចង្កឹះកែវផ្ទុក	-អគ្គិសនិកម្មគឺជាទង្វើដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី។ -គេចែកអគ្គិសនីកម្មជាបីប្រភេទគឺ៖ *អគ្គិសនីកម្មដោយប៉ះ *អគ្គិសនីកម្មដោយកកិត *អគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល -ចង្កឹះកែវផ្ទុកបន្ទុកវិជ្ជមាន និងសំពត់សូត្រផ្ទុកបន្ទុកអវិជ្ជមាន។	-អគ្គិសនិកម្មគឺជាទង្វើដែលធ្វើឱ្យអង្គធាតុមួយផ្ទុកបន្ទុកអគ្គិសនី។ -គេចែកអគ្គិសនីកម្មជាបីប្រភេទគឺ៖ *អគ្គិសនីកម្មដោយប៉ះ *អគ្គិសនីកម្មដោយកកិត *អគ្គិសនីកម្មដោយឥទ្ធិពល

បន្ទុកអ្វីនិងសំពត់សូត្រផ្ទុកបន្ទុកអ្វី? -ចូរពន្យល់ពីដំណើរដែលធ្វើឱ្យចង្កឹះកែវ ផ្ទុកបន្ទុក(+) និងសំពត់សូត្រផ្ទុកបន្ទុក (-)។	-នៅពេលដែលចង្កឹះកែវខាត់ជាមួយសំពត់សូត្រធ្វើឱ្យអេឡិចត្រុងមួយចំនួនដាច់ចេញពីចង្កឹះកែវទៅសំពត់សូត្រ ជាហេតុនាំឱ្យចង្កឹះកែវខ្វះអេឡិចត្រុង នាំឱ្យ វាមានបន្ទុក(+)រីឯសំពត់សូត្រលើស ឡិចត្រុងវាមានបន្ទុក(-)។	-ចង្កឹះកែវផ្ទុកបន្ទុកវិជ្ជមាន និងសំពត់សូត្រផ្ទុកបន្ទុកអវិជ្ជមាន។ -នៅពេលដែលចង្កឹះកែវខាត់ជាមួយសំពត់សូត្រធ្វើឱ្យអេឡិចត្រុងមួយចំនួនដាច់ចេញពីចង្កឹះកែវទៅសំពត់សូត្រ ជាហេតុនាំឱ្យចង្កឹះកែវខ្វះអេឡិចត្រុង នាំឱ្យ វាមានបន្ទុក(+)រីឯសំពត់សូត្រលើស ឡិចត្រុងវាមានបន្ទុក(-)។
ជំហានទី៣៖ មេរៀនថ្មី		
-គ្រូចែកសិស្សជា៥ក្រុម និងចែកសម្ភារៈ -ហែកក្រដាសជូតមាត់ជាកំទេចតូចៗដាក់លើតុ និងយកប៊ិចប្លាស្ទិ) ខាត់ ឬត្រដុសជាមួយសក់ស្ងួត(ករួចយកទៅដាក់ក្បែរកំទេចក្រដាសតូចៗ។ -តាមរយៈពិសោធន៍នេះប្អូនមានចម្ងល់អ្វីខ្លះ ? -ឱ្យសិស្សតាមក្រុមសាកល្បងឆ្លើយ -ក្នុងមួយក្រុមមាន បំពង់បឺត២ដើម និងក្រដាសជូតមាត់២សន្លឹក និងខ្សែអំបោះមួយសសៃ។ -ប្រសិនបើខ្ញុំយកបំពង់បឺតមួយចងព្យួរ និងបំពង់បឺតមួយទៀតកាន់នឹងដៃ ហើយខាត់បំពង់បឺតទាំង២ នឹងក្រដាសជូតមាត់ ដូចគ្នា រួចហើយយកមកដាក់ក្បែរគ្នា តើប្អូនសង្កេតឃើញ និងមានចម្ងល់អ្វីទេ?	2.អេឡិចត្រូស្តាទិច 2.2 ប្រភេទ និងអំពើនៃបន្ទុកអគ្គិសនី ENGAGE ពិសោធន៍បង្ហាញ កំទេសក្រដាសតូចៗធក់ជាប់ជាមួយនឹងប៊ិច ក្រោយពេលដែលខាត់រួច ព្រោះប៊ិចផ្ទុកបន្ទុក អគ្គិសនីទៅប៉ះនឹងកំទេចក្រដាសអគ្គិសនីកម្ម) ។(ដោយប៉ះ 	-សិស្សចូលតាមក្រុម និងទទួលសម្ភារៈពីគ្រូ។ សិស្សចូលតាមក្រុម-និងទទួលសម្ភារៈពីគ្រូ។ -ហេតុអ្វីបានជាក្រដាស់តោងជាប់នឹងប៊ិច? -មកពីប៊ិចខ្វះបន្ទុកអគ្គិសនី -មានកម្លាំងអគ្គិសនី -ហេតុអ្វីបានជាបំពង់បឺតទាញគ្នាចូល? -តើបំពង់បឺតអាចច្រានគ្នាចេញដែលឬទេ? -តើបំពង់បឺត និងក្រដាសជូតមាត់មានអំពើលើគ្នាយ៉ាងដូចម្ដេច?

-បូកសរុបចម្លើយរបស់សិស្ស		
តើបំពង់បឺត និងបំពង់បឺត ហើយក្រដាសជូត និងក្រដាសជូត ហើយបំពង់បឺត និងក្រដាសជូតមានអំពើលើគ្នាយ៉ាងដូចម្តេច?		
-ចូរប្អូនគិតរយៈពេល១នាទី និងបន្ទាប់មកសាកល្បងឆ្លើយ -គ្រូឱ្យតំណាងក្រុមរៀបរាប់ដំណើរការពិសោធន៍ *ប្រសិនបើគ្រូមិនអាចរៀបរាប់ដំណើរការពិសោធន៍បាន គ្រូត្រូវប្រាប់ -ចងបំពង់បឺតមួយចំពាក់កណ្តាលជាមួយខ្សែអំបោះ បន្ទាប់មកព្យួរទៅនឹងជើងទំរ។ -ចងបំពង់បឺតមួយចំពាក់កណ្តាលជាមួយខ្សែអំបោះ បន្ទាប់មកព្យួរទៅនឹងជើងទំរ។ -ខាត់បំពង់បឺតទាំងពីរជាមួយក្រដាសជូតដូច គ្នា ក្នុងពេលដំណាលគ្នា និងឈប់ក្នុងពេលដំណាលគ្នា។ -បន្ទាប់មកយកបំពង់បឺតដាក់ជិតបំពង់បឺត ក្រដាសជូត ដាក់ជិតក្រដាសជូត និងបំពង់បឺតដាក់ជិតក្រដាសជូត។ -គ្រូឱ្យតំណាងក្រុមឡើងយកសម្ភារៈពិសោធន៍៖ បំពង់បឺត២ ក្រដាសជូត២ និងខ្សែអំបោះ២សរសៃ និងធ្វើពិសោធន៍ រយៈពេល៥នាទី -គ្រូឱ្យសិស្សឡើងរាយការណ៍លទ្ធផល	EXPLORE -បំពង់បឺត និងបំពង់បឺតច្រានគ្នាចេញ -បំពង់បឺត និងក្រដាសជូតទាញគ្នាចូល -ក្រដាស និងក្រដាសច្រានគ្នាចេញ **ដំណើរការពិសោធន៍** ***ប្លង់ពិសោធន៍** -ចងបំពង់បឺតមួយចំពាក់កណ្តាលជាមួយខ្សែអំបោះ បន្ទាប់មកព្យួរទៅនឹងជើងទំរ។ -ចងបំពង់បឺតមួយចំពាក់កណ្តាលជាមួយខ្សែអំបោះ បន្ទាប់មកព្យួរទៅនឹងជើងទំរ។ -ខាត់បំពង់បឺតទាំងពីរជាមួយក្រដាសជូតដូច គ្នា ក្នុងពេលដំណាលគ្នា និងឈប់ក្នុងពេល ដំណាលគ្នា។ -បន្ទាប់មកយកបំពង់បឺតដាក់ជិតបំពង់បឺត (ផ្នែកដែលខាត់រួច) ក្រដាសជូត ដាក់ជិតក្រដាសជូត និងបំពង់បឺតដាក់ជិតក្រដាសជូត។ 	-បំពង់បឺត និងបំពង់បឺតទាញគ្នាចូល -បំពង់បឺត និងក្រដាសជូតទាញគ្នាចូល -ក្រដាស និងក្រដាសទាញគ្នាចូល -ចងបំពង់បឺតមួយចំពាក់កណ្តាលជាមួយខ្សែអំបោះ បន្ទាប់មកព្យួរទៅនឹងជើងទំរ។ -ចងបំពង់បឺតមួយចំពាក់កណ្តាលជាមួយខ្សែអំបោះ បន្ទាប់មកព្យួរទៅនឹងជើងទំរ។ -ខាត់បំពង់បឺតទាំងពីរជាមួយក្រដាសជូតដូច គ្នា ក្នុងពេលដំណាលគ្នា និងឈប់ក្នុងពេលដំណាលគ្នា។ -បន្ទាប់មកយកបំពង់បឺតដាក់ជិតបំពង់បឺត ក្រដាសជូត ដាក់ជិតក្រដាសជូត និងបំពង់បឺតដាក់ជិតក្រដាសជូត។

លទ្ធផលពិសោធន៍



(a)បំពង់បឺត និងក្រដាសជូតទាញគ្នាចូល។ (b)បំពង់បឺត និងបំពង់បឺត ច្រានគ្នាចេញ។(c)ក្រដាសជូត និងក្រដាសជូតច្រានគ្នាចេញ។

-ចូរប្អូនធ្វើការសន្និដ្ឋានតាមរយៈលទ្ធផលពិសោធន៍ខាងលើ៖ តើបំពង់បឺត និងបំពង់បឺត ក្រដាសជូត និងក្រដាសជូត និងបំពង់បឺត និងក្រដាសជូត ផ្ទុកបន្ទុកដូចគ្នាឬទេ?	EPLAIN សន្និដ្ឋាន -បំពង់បឺត និងបំពង់បឺត និងក្រដាសជូត និងក្រដាសជូតផ្ទុកបន្ទុកមានសញ្ញាដូចគ្នា និងបំពង់បឺត និងក្រដាសជូតផ្ទុកបន្ទុកមានសញ្ញាផ្ទុយគ្នា។	-បំពង់បឺត និងបំពង់បឺត និងក្រដាស ជូត និងក្រដាសជូតផ្ទុកបន្ទុកមាន សញ្ញាដូចគ្នា និងបំពង់បឺត និងក្រដាសជូតផ្ទុកបន្ទុកមានសញ្ញាផ្ទុយគ្នា។
-បើដូច្នេះ៖ តើសញ្ញានៃបន្ទុកអគ្គិសនីមានអំពើលើគ្នាយ៉ាងដូចម្តេច?	ELABORATE -បន្ទុកដែលមានសញ្ញាដូចគ្នាច្រានគ្នាចេញ(+) និង (+) និង (-)និង(-)។ -បន្ទុកដែលមានសញ្ញាផ្ទុយគ្នាទាញគ្នាចូល(+) និង (-) ។	-បន្ទុកដែលមានសញ្ញាដូចគ្នាច្រានគ្នាចេញ(+)និង(+) និង(-)និង(-)។ -បន្ទុកដែលមានសញ្ញាផ្ទុយគ្នាទាញគ្នាចូល(+)និង(-)។
ជំហានទី៤៖ ពង្រឹងពុទ្ធិ		
-តើក្នុងលក្ខខណ្ឌណាដែលបំពង់បឺតទាំងពីរច្រានគ្នាចេញ? -តើក្នុងលក្ខខណ្ឌណាដែលបំពង់បឺតទាំងពីរទាញគ្នាចូល? -ដូចម្តេចដែលហៅថាអន្តរកម្មបន្ទុកអគ្គិសនី?	EVALUATE -យកបំពង់បឺតទាំងពីរទៅត្រដុសនឹងអង្គធាតុ ដូចគ្នា ហើយយកមកដាក់ក្បែរគ្នា។ -យកបំពង់បឺតមួយទៅត្រដុស និងបំពង់បឺត មួយទៀតមិនចាំបាច់ត្រដុសទេ រួចយកទៅដាក់ក្បែរគ្នា។ -អន្តរកម្មនៃបន្ទុកអគ្គិសនីគឺជាកម្លាំងចម្រានចេញ ឬទាញចូលនៃបន្ទុកអគ្គិសនី	-យកបំពង់បឺតទាំងពីរទៅត្រដុសនឹងអង្គធាតុ ដូចគ្នា ហើយយកមកដាក់ក្បែរ។ -យកបំពង់បឺតមួយទៅត្រដុស និងបំពង់បឺត មួយទៀតមិនចាំបាច់ត្រដុសទេ រួចយកទៅដាក់ក្បែរគ្នា។ -អន្តរកម្មនៃបន្ទុកអគ្គិសនីគឺជាកម្លាំងចម្រានចេញ ឬទាញចូលនៃបន្ទុកអគ្គិសនី

ជំហានទី៥៖ កិច្ចការផ្ទះ		
-ចូររកអគ្គិសនីកម្មនៅដែលកើតមាននៅក្នុងផ្ទះប្អូនឱ្យបាន៣ -តើគេអាចប្រើអន្តរកម្មបន្ទុកអគ្គិសនីធ្វើអ្វីខ្លះ ?	-អេក្រង់កញ្ចក់ទូរទសន៍ ពេលអ៊ុតសម្លៀក បំពាក់ពេលរដូវរងា ភួយ... -សិប្បកម្មបាញ់ថ្នាំ...	-ចូររកអគ្គិសនីកម្មនៅដែលកើតមាននៅក្នុងផ្ទះប្អូនឱ្យបាន៣ -សិប្បកម្មបាញ់ថ្នាំ...

កិច្ចតែងការបង្រៀនគំរូទី២

កាលបរិច្ឆេទ ៖ ថ្ងៃ ខែ ឆ្នាំ ជូត ទោស័ក ព.ស ២៥៦

ត្រូវនឹងថ្ងៃទី ខែ ឆ្នាំ ២០២

មុខវិជ្ជា ៖ រូបវិទ្យា

ថ្នាក់ទី ៖ ១១

ជំពូកទី១ ៖ មេកានិច

មេរៀនទី៥ ៖ ច្បាប់រក្សាថាមពល

រយៈពេល ៖ ៥០ នាទី

I. **វត្ថុបំណង**

១.វិជ្ជាសម្បទា៖ ពណ៌នាពីច្បាប់រក្សាថាមពលបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈពិសោធន៍បង្ហាញ និង សំណួរបំផុស។

២. បំណិនសម្បទា៖ កំណត់បានទំនាក់ទំនងរវាងថាមពលស៊ីនេទិច ថាមពលប៉ូតង់ស្យែល និង ថាមពលមេកានិចបានយ៉ាងត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធ ។

៣. ចរិយាសម្បទា៖ បណ្តុះស្មារតីឱ្យសិស្សចូលចិត្តរៀនរូបវិទ្យា និង អនុវត្តន៍បានត្រឹមត្រូវក្នុងជីវភាពប្រចាំថ្ងៃ។

II. **សម្ភារឧបទេស៖** សៀវភៅសិក្សាគោល និងសៀវភៅគ្រូថ្នាក់ទី១១ ហ្វឺត ក្តាខៀន ខ្មៅដៃ ប៊ិច សន្លឹកកិច្ចការ កុំព្យូទ័រ និង E-Lab (PHET)។

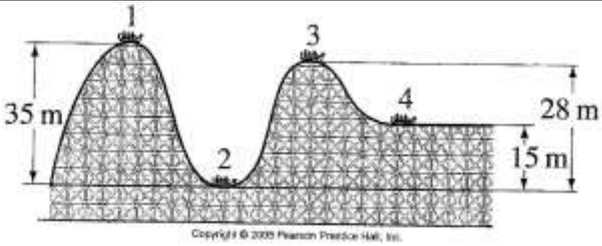
III. **វិធីសាស្ត្របង្រៀន៖** គំរូនៃការបង្រៀនតាម 5Es

IV. **ដំណើរការបង្រៀន**

សកម្មភាពគ្រូ	**ខ្លឹមសារ**	**សកម្មភាពសិស្ស**
	ជំហានទី១៖ រដ្ឋបាលថ្នាក់	
-ពិនិត្យអនាម័យ សណ្តាប់ធ្នាប់ និងឯកសណ្ឋានសិស្ស -ឱ្យប្រធានថ្នាក់រាយការណ៍ពីវត្តមានរបស់សិស្ស	-ពិនិត្យអនាម័យថ្នាក់ និងសណ្តាប់ធ្នាប់ថ្នាក់រៀន -ពិនិត្យឯកសណ្ឋាន -ពិនិត្យវត្តមានសិស្ស	-សិស្សឈរឱ្យពិនិត្យឯកសណ្ឋាន និងអង្គុយតាមកន្លែងរៀងៗ ខ្លួន -ប្រធានថ្នាក់រាយការណ៍ពីវត្តមានសិស្ស
	ជំហានទី២៖ រំលឹកខ្លឹមសារចាស់	
ចែកសន្លឹកកិច្ចការ -តើថាមពលប៉ូតង់ស្យែលទំនាញដីជាអ្វី? *ដើម្បីសិស្សឆ្លើយបានត្រូវ)* *បំផុសបន្ថែម តាមរយៈការបង្ហាញ* *(និងសំណួរបំផុស*	ENGAGE -ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលទំនាញដីគឺជាថាមពលដែលអាស្រ័យនឹងទីតាំងរបស់វត្ថុ	ទទួលសន្លឹកកិច្ចការ -ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលទំនាញដីគឺជាថាមពលដែលអាស្រ័យនឹងទីតាំងរបស់វត្ថុ

–តើវត្ថុមួយមានថាមពលប៉ូតង់ស្យែលដែរឬទេ បើវានៅកម្ពស់ 3m ពីដី? –តើថាមពលប៉ូតង់ស្យែលមានរូបមន្តដូចម្តេច ? -ចុះបើវត្ថុមួយកំពុងមានចលនា តើថាមពលនៃចលនារបស់ វត្ថុ គេហៅថាដូចម្តេច ? -ដូចម្តេចហៅថាថាមពលស៊ីនេទិច ? មានរូបមន្តដូចម្តេច ? -ប្អូនដឹងហើយថា ពេលអង្គធាតុមួយនៅកម្ពស់មួយវាមានថាមពលប៉ូតង់ស្យែល ចុះបើគេធ្វើឱ្យអង្គធាតុនោះធ្លាក់ចុះពីកម្ពស់នោះ តើថាមពលប៉ូតង់ស្យែលមានតម្លៃដូចម្តេច ? -ចុះល្បឿនរបស់វាពេលធ្លាក់ចុះនោះយ៉ាងដូចម្តេចដែរ ? -តើថាមពលនៃចលនានៃការទន្លាក់របស់អង្គធាតុបានមកពីណា ? -តើប្អូនធ្លាប់លឺពាក្យ "រក្សា" ឬទេ ? តើពាក្យរក្សាមានន័យដូចម្តេច ? –ចុងក្រោយឱ្យសិស្សសរុបនិយមន័យ ។	-ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលទំនាញដីមានរូបមន្ត $U = mgh$ - គេហៅថាថាមពលស៊ីនេទិច ។ - ថាមពលស៊ីនេទិចជាថាមពលចលនារបស់អង្គធាតុដែលអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់អង្គធាតុ និង ការេនៃល្បឿនរបស់វា។ រូបមន្ត $K = \frac{1}{2}mv^2$	-ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលទំនាញដីមានរូបមន្ត$U = mgh$ - គេហៅថាថាមពលស៊ីនេទិច ។ - ថាមពលស៊ីនេទិចជាថាមពលចលនារបស់អង្គធាតុដែលអាស្រ័យនឹងម៉ាសរបស់អង្គធាតុ និង ការេនៃល្បឿនរបស់វា។ រូបមន្ត $K = \frac{1}{2}mv^2$ –តម្លៃតូចជាងមុន –ល្បឿនរបស់វាកើនឡើង –បានមកពីថាមពលប៉ូតង់ស្យែល –ធ្លាប់ ។ មានន័យថា នៅថេរមិនប្រែប្រួល ។
ជំហានទី៣៖ មេរៀនថ្មី		
-តើថាមពលអ្វីខ្លះដែលប្អូនបានស្គាល់? -គ្រូសរសេរដាក់លើក្តារខៀន	EXPLORE	- ថាមពលកម្តៅ ថាមពលសម្លេង ថាមពលស៊ីនេទិច ថាមពលប៉ូតង់ស្យែល

- ឱ្យសិស្សប្រើE-Lap ក្នុងការធ្វើពិសោធ រួចស្រង់តម្លៃថាមពលស៊ីនេទិច ថាមពលប៉ូតង់ស្យែល និង ថាមពលសរុបនៅខណៈពេលនីមួយចូលក្នុងសន្លឹកកិច្ចការ		- កម្លាំងទឹកហូរ កម្លាំងខ្យល់បក់ កម្លាំងមនុស្ស សត្វ កម្លាំងទប់ទល់ កម្លាំងមិនទប់ទល់ ... - សិស្សជ្រើសរើស រួចសរសេរសេចក្តីពន្យល់ ក្នុងសន្លឹកកិច្ចការ
ឱ្យសិស្សចែករំលែកនូវអ្វីដែលពួកគេបានរកឃើញពីការពិសោធ ឱ្យសិស្សសរសេរអ្វីដែលពួកគេរកឃើញដាក់លើក្តាខៀន ឬ បិទលើក្តាខៀនព័ត៌មាន ។ តាមរយៈទិន្នន័យដែលសិស្សទទួលបាន គ្រូសួរសំណួរខាងក្រោមទៅសិស្ស ៖ -តើនៅត្រង់កន្លែងខ្ពស់បំផុត និង ទាបបំផុត ថាមពលស៊ីនេទិច ថាមពលប៉ូតង់ស្យែល ? -ត្រង់ទីតាំងទាបបំផុត តើថាមពលប៉ូតង់ស្យែល និង ថាមពលស៊ីនេទិចមានតម្លៃដូចម្តេច ? -ចុះថាមពលសរុបក្នុងករណីទាំងពីរខាងលើមានតម្លៃដូចម្តេចដែរ ?	EXPLAIN -ត្រង់ចំណុចខ្ពស់បំផុត ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលធំ ថាមពលស៊ីនេទិចតូច -ត្រង់ទីតាំងទាបបំផុត ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលតូច ថាមពលស៊ីនេទិចធំ -មានតម្លៃស្មើគ្នា 	-ត្រង់ចំណុចខ្ពស់បំផុត ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលធំ ថាមពលស៊ីនេទិចតូច -ត្រង់ទីតាំងទាបបំផុត ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលតូច ថាមពលស៊ីនេទិចធំ - ថាមពលសរុបមានតម្លៃស្មើគ្នា
-ចុះបើប្អូនជិះនៅលើស្គីនោះវិញ តើត្រង់ទីតាំងណាដែលប្អូនមានអារម្មណ៍ថាប្អូនផ្លាស់ទីលឿនបំផុត ? -ហើយនៅត្រង់ទីតាំងណាដែលប្អូនមានអារម្មណ៍ថាប្អូនផ្លាស់ទី យឺតបំផុត ? -តើល្បឿនរបស់អ្នកជិះស្គី និង កម្ពស់គន្លងមានទំនាក់ទំនងគ្នាដូចម្តេច ?	ELABORATE ត្រង់ទីតាំងទាបបំផុត - -ទីតាំងខ្ពស់បំផុត -អ្នកជិះស្គីទៅដល់ចំណុចខ្ពស់បំផុត ល្បឿនមានតម្លៃអប្បបរមា អ្នកជិះស្គីទៅដល់ចំណុចទាបបំផុត ល្បឿនមានតម្លៃខ្ពស់បំផុត -មិនប្រែប្រួលទេ	–ត្រង់ទីតាំងទាបបំផុត -ទីតាំងខ្ពស់បំផុត -អ្នកជិះស្គីទៅដល់ចំណុចខ្ពស់បំផុត ល្បឿនមានតម្លៃអប្បបរមា អ្នកជិះស្គីទៅដល់ចំណុចទាបបំផុត ល្បឿនមានតម្លៃខ្ពស់បំផុត -មិនប្រែប្រួលទេ

-តើថាមពលសរុបរបស់អ្នកជិះស្គីប្រែប្រួលទៅតាមកម្ពស់គន្លង ឬ ល្បឿនរបស់អ្នកជិះស្គីដែរទេ ? ឱ្យសិស្សទៅលើសន្លឹកកិច្ចការបន្តទៀត រួចធ្វើពិសោធន៍ម្តងទៀតដោយរៀបចំការពិសោធលើគន្លងរាងV ប៉ុន្តែមានទីតាំងបីខុសគ្នា គឺ 3m 5m និង 8m ។		-សិស្សចុចលីងទី២ដើម្បីរៀបចំពិសោធម្តងទៀត
ជំហានទី៤៖ ពង្រឹងពុទ្ធិ		
ពិនិត្យមើលគន្លងខាងក្រោម . ប្រសិនបើអ្នកគូសរង្វង់លើ N/A, សូមសរសេរចម្លើយរបស់វា ។	EVALUATE	
		
កតើថាមពលស៊ីនេទិចមានតម្លៃធំ. បំផុតត្រង់ទីតាំងណា? ជ្រើសរើសចម្លើយ ៖ 1 2 3 4 N/A	ក .2	ក .2
ខតើថាមពលប៉ូតង់ស្យែលមាន. តម្លៃធំបំផុតត្រង់ទីតាំងណា? ជ្រើសរើសចម្លើយ ៖ 1 2 3 4 N/A	ខ .1	ខ .1
គតើល្បឿនមានតម្លៃធំបំផុតត្រង់ទី. តាំងណា? ជ្រើសរើសចម្លើយ ៖ 1 2 3 4 N/A	គ.2	គ.2
ឃតើល្បឿនមានស្មើសូន្យត្រង់ទី. តាំងណា? ជ្រើសរើសចម្លើយ ៖ 1 2 3 4 N/A	ឃ.1	ឃ.1

ងតើថាមពលសរុបមានតម្លៃធំ. បំផុតត្រង់ទីតាំងណា? ជ្រើសរើសចម្លើយ ៖ 1 2 3 4 N/A	ង .N/A ថាមពលសរុបមានតម្លៃថេរមិនប្រែប្រួល ហើយមានតម្លៃស្មើៗគ្នាត្រង់ទីតាំងនីមួយៗ	ង .N/A ថាមពលសរុបមានតម្លៃថេរមិនប្រែប្រួល ហើយមានតម្លៃស្មើៗគ្នាត្រង់ទីតាំងនីមួយៗ
ជំហានទី៥៖ កិច្ចការផ្ទះ		
ដាក់កិច្ចការផ្ទះ - សូមប្អូនធ្វើលំហាត់កិច្ចការផ្ទះខាងក្រោម		ស្តាប់ និងកត់ត្រា

សន្លឹកកិច្ចការច្បាប់រក្សាថាមពល

សំណួរគន្លឹះ : តើថាមពលសរុបរបស់ក្មេងស្រីមានតម្លៃថេរឬទេ ?

Engage

តើអ្នកធ្លាប់លេងរអិលចុះពីលើចង្ក្រប្លង់ទេរមួយដែរឬទេ? តើពេលណាដែលអ្នកសប្បាយបំផុត ?

តើត្រង់ចំណុចនៃចង្ក្រនោះដែលអ្នកគិតថាលឿនបំផុត ?

ពីការយល់របស់អ្នក តើច្បាប់រក្សាថាមពលពោលយ៉ាងដូចម្ដេច ?

Explore

សម្ភារៈ

សន្លឹកកិច្ចការ កុំព្យូទ័រ PHET

ដំណើរការពិសោធ

1. ដំបូងត្រូវចុចទៅលីងតំណភ្ជាប់ទៅរក PHET នៃលីងខាងក្រោម ៖ (https://phet.colorado.edu/en/simulation/energy-skate-park
2. ចុចបើកលើ Energy Skate Park
3. ជ្រើសរើសយកគន្លងកោង បន្ទាប់មកយកក្មេងប្រុសទៅដាក់លើកំពូលនៃគន្លងកោងនោះ ។
4. ចុចអោយវាដំណើរការ យក Measure មកវាស់តម្លៃថាមពលស៊ីនេទិច ថាមពលប៉ូតង់ស្យែល និង ថាមពលសរុប ។
5. ស្រង់ទិន្នន័យពីសោធន៍ចូលក្នុងតារាងសន្លឹកកិច្ចការ ។

ធ្វើម្ដងទៀតលើគន្លងផ្សេងទៀត ។

តារាងទិន្នន័យពោសិធន៍

	ចំណុចខ្ពស់បំផុតខាងឆ្វេង	ចំណុចកណ្ដាលនៃគន្លង	ចំណុចខ្ពស់បំផុតខាងស្ដាំ
គន្លងទី 1 (គន្លងរាង V)	K= U= E=	K= U= E=	K= U= E=
គន្លងទី 2 (គន្លងកោង)	K= U= E=	K= U= E=	K= U= E=
គន្លងទី 3 (គន្លងរាង W)	K= U= E=	K= U= E=	K= U= E=

Explain

1. បកស្រាយពីលទ្ធរបស់អ្នក

....

2. តើថាមពលប៉ូតង់ស្យែលខ្ពស់បំផុតត្រង់ទីតាំងណា?

....

....

3. តើថាមពលស៊ីនេទិចខ្ពស់បំផុតត្រង់ទីតាំងណា?

....

....

4. តើថាមពលស៊ីនេទិច ឬ ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលមានតម្លៃស្មើគ្នានឹងថាមពលសរុប ដែរឬទេ? ប្រសិនបើអ្នកយល់ព្រម តើនៅពេលណា ? ប្រសិនបើអ្នកមិនយល់ព្រម ព្រោះអ្វី ?

....

....

5. តើថាមពលស៊ីនេទិច និង ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលមានទំនាក់ទំនងនឹងថាមពលសរុបយ៉ាងដូចម្តេច ?

....

....

6. តើផលបូករវាងថាមពលស៊ីនេទិច និង ថាមពលប៉ូតង់ស្យែលស្មើនឹងថាមពលសរុបដែរឬទេ ?

....

Extend

ដំណើរការពិសោធ

1. ចុចលើលីងទី២ https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_en.html)
2. យកអ្នកជិះស្គីដាក់លើចំណុចខ្ពស់បំផុតនៃចំណោត ។
3. ចុចលើ grid, graph និង speed បន្ទាប់មកបង្កើតគំរូគន្លងមានកម្ពស់បីខុសគ្នា ។
4. កត់តម្លៃល្បឿន និង ថាមពលសរុបត្រង់កម្ពស់ទាំងបីនោះដាក់ក្នុងតាងទិន្នន័យ ។

តារាងទិន្នន័យ

	left peak	middle
កម្ពស់ទី 1	ល្បឿន= E= h= 2	ល្បឿន= E= h= 2
កម្ពស់ទី 2	ល្បឿន= E= h= 5	ល្បឿន= E= h= 5

កម្ពស់ទី 3	ល្បឿន= E= h= 8	ល្បឿន= E= h= 8

1.តើថាមពលសរុប និង ល្បឿនមានទំនាក់ទំនងយ៉ាងដូចម្តេច នៅពេលកម្ពស់កើនឡើង ?

....

....

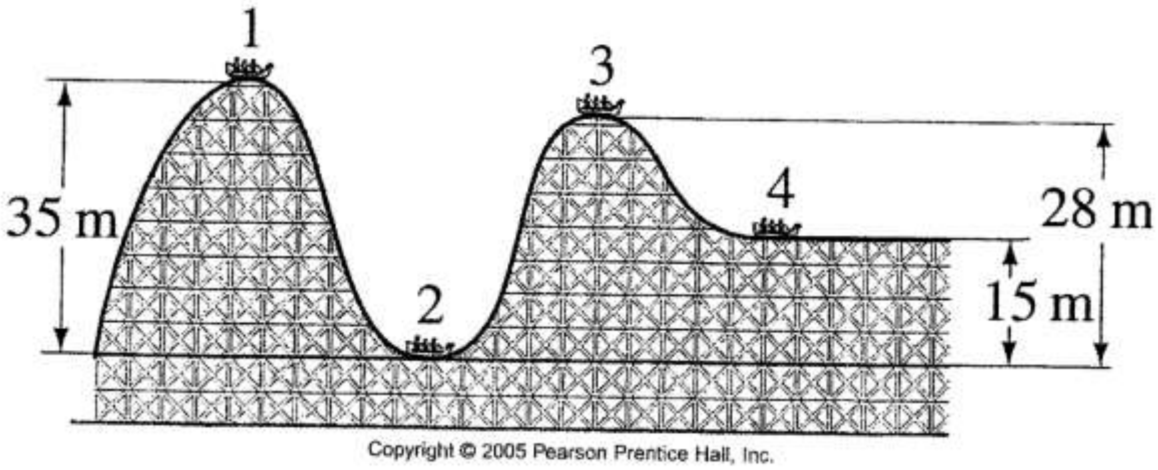
2. ប្រៀបធៀបថាមពលសរុបនៅពេលល្បឿនមានតម្លៃធំបំផុត និង ល្បឿនមានតម្លៃតូចបំផុត ។

....

....

Evaluate

ពិនិត្យមើលគន្លងខាងក្រោម . ប្រសិនបើអ្នកគូសរង្វង់លើ N/A, សូមសរសេរចម្លើយរបស់វា ។



តើថាមពលស៊ីនេទិចមានតម្លៃធំបំផុតត្រង់ទីតាំងណា ?

ជ្រើសរើសចម្លើយ ៖ 1 2 3 4 N/A

តើថាមពលប៉ូតង់ស្យែលមានតម្លៃធំបំផុតត្រង់ទីតាំងណា ?

ជ្រើសរើសចម្លើយ ៖ 1 2 3 4 N/A

តើល្បឿនមានតម្លៃធំបំផុតត្រង់ទីតាំងណា ?

ជ្រើសរើសចម្លើយ ៖ 1 2 3 4 N/A

តើល្បឿនមានស្មើសូន្យត្រង់ទីតាំងណា ?

ជ្រើសរើសចម្លើយ ៖ 1 2 3 4 N/A

តើថាមពលសរុបមានតម្លៃធំបំផុតត្រង់ទីតាំងណា ?

ជ្រើសរើសចម្លើយ ៖ 1 2 3 4 N/A

កិច្ចតែងការបង្រៀនគំរូទី៣

កាលបរិច្ឆេទ ៖ ថ្ងៃ ខែ ឆ្នាំ ជូត ទោស័ក ព.ស ២៥៦
ត្រូវនឹងថ្ងៃទី ខែ ឆ្នាំ ២០២

មុខវិជ្ជា ៖ រូបវិទ្យា

ថ្នាក់ទី ៖ ១២

ជំពូកទី៣ ៖ អគ្គិសនី និងម៉ាញេទិច

មេរៀនទី២ ៖ អាំងឌុចស្យុងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិច

រយៈពេល ៖ ៥០ នាទី

I. **វត្ថុបំណង**

១.វិជ្ជាសម្បទា៖ ពោលច្បាប់ផារ៉ាដេបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈពិសោធន៍បង្ហាញ Phet។

២. បំណិនសម្បទា៖ ពិសោធន៍បង្ហាញពីកត្តាដែលមានឥទ្ធិពលលើចរន្តអាំងឌ្វីក្នុងសូលេណូអ៊ីតបានត្រឹមត្រូវតាមរយៈការពិសោធន៍តាមកម្មវិធី Phet ។

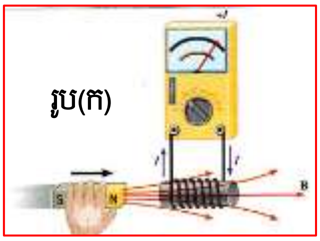
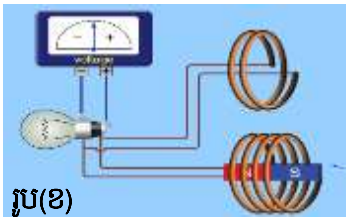
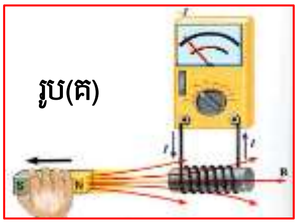
៣. ចរិយាសម្បទា៖ បណ្តុះស្មារតីឱ្យសិស្សផ្សារភ្ជាប់ទ្រឹស្តីនឹងការអនុវត្តជាក់ស្តែងក្នុងជីវភាពប្រចាំថ្ងៃ និងក្នុងបច្ចេកទេសបានត្រមត្រូវ។

II. **សម្ភារឧបទេស៖** សៀវភៅសិក្សាគោល និងសៀវភៅគ្រូថ្នាក់ទី១២ ហ្វឺត ក្តាខៀន កម្មវិធី Phet LCD Projector សន្លឹកកិច្ចការពិសោធន៍ ។

III. **វិធីសាស្ត្របង្រៀន៖** គំរូនៃការបង្រៀនតាម 5Es

IV. **ដំណើរការបង្រៀន**

សកម្មភាពគ្រូ	**ខ្លឹមសារ**	**សកម្មភាពសិស្ស**
	ជំហានទិ១៖ រដ្ឋបាលថ្នាក់	
-ពិនិត្យអនាម័យ សណ្តាប់ធ្នាប់ និងឯកសណ្ឋានសិស្ស -ឱ្យប្រធានថ្នាក់រាយការណ៍ពីវត្តមានរបស់សិស្ស	-ពិនិត្យអនាម័យថ្នាក់ និងសណ្តាប់ធ្នាប់ថ្នាក់រៀន -ពិនិត្យឯកសណ្ឋាន -ពិនិត្យវត្តមានសិស្ស	-សិស្សឈរឱ្យពិនិត្យឯកសណ្ឋាន និងអង្គុយតាមកន្លែងរៀងៗ ខ្លួន -ប្រធានថ្នាក់រាយការណ៍ពីវត្តមានសិស្ស
	ជំហានទី២៖ រំលឹកមេរៀនចាស់	
១.តើចរន្តអគ្គិសនីបានផ្តល់ផលអ្វីខ្លះ ? ២.តើនៅពេលដែលមានចរន្តឆ្លងកាត់បូប៊ីន ឬខ្សែចម្លងត្រង់ ឬខ្សែចម្លងវង់ ឬសូលេណូអ៊ីត មានបាតុភូតអ្វីកើតឡើង ?		១.បានផ្តល់ផលដូចជា កម្តៅ ម៉ាញេទិច អុប ទិច និង គីមី។ ២.កើតមាននូវដែនម៉ាញេទិចនៅក្នុងលំហរ ជុំវិញបូប៊ីនទាំងនោះ។

៣. តើដែនម៉ាញេទិចអាចបង្កើតចរន្តបានឬទេ ? លើកឧទាហរណ៍បញ្ជាក់ ?		៣.ដែនម៉ាញេទិចអាចបង្កើតចរន្តអគ្គិសនី បាន។ឧទាហរណ៍: ចរន្តអគ្គិសនីបង្កើតដោយឌីណាម៉ូម៉ាស៊ីន......។
ជំហានទី៣៖ មេរៀនថ្មី		
-ចែកសិស្សជាក្រុមតូច -បង្ហាញពិសោធន៍ក្នុងកម្មវិធី Phet -នៅពេលរុញមេដែកចូលក្នុងសូលេណូអ៊ីតដូចរូប(ក) តើប្អូនសង្កេតឃើញកាំណូម៉ែតមានលំងាកយ៉ាងដូចម្ដេច ? -នៅពេលទុកមេដែកនៅស្ងៀមក្នុងសូលេណូអ៊ីតដូចរូប(ខ) តើប្អូនសង្កេតឃើញកាំណូម៉ែតងាកយ៉ាងដូចម្ដេច? -នៅពេលទាញមេដែកចេញពីសូលេណូអ៊ីត ដូចរូប(គ) តើប្អូនសង្កេតឃើញកាំណូម៉ែតងាកយ៉ាងដូចម្ដេច?	១. ច្បាប់ផារ៉ាដេ ១.១. ពិសោធន៍ទី១ ១.២. ពិសោធន៍ទី២ ENGAGE ប្រើកម្មវិធី Phet បង្ហាញ  -ពេលរុញមេដែកចូលក្នុងសូលេណូអ៊ីត នោះកាំណូម៉ែតងាកទៅស្ដាំ រួចក៏ត្រឡប់មកទីតាំងដើមវិញ។  -នៅពេលទុកមេដែកឱ្យស្ងៀមក្នុងសូលេណូអ៊ីត កាំណូម៉ែតគ្មានលំងាកទេ។  -ពេលទាញមេដែកចេញពីសូលេណូអ៊ីត នោះកាំណូម៉ែតងាកទៅឆ្វេង រួចត្រឡប់មកទីតាំងដើមវិញ។	-សង្កេត -កាំណូម៉ែតងកទៅខាងស្ដាំ រួចត្រឡប់មកទីតាំងដើមវិញ -កាំណូម៉ែតមិនមានលំងាកទេ -ងាកទៅឆ្វេងរួចត្រឡប់មកទីតាំងដើមវិញ។

-ហេតុអ្វីបានជាកាវ៉ាំណូម៉ែតមានលំងាក? -តើកាវ៉ាំណូម៉ែតងាក បញ្ជាក់ថាមានអ្វីឆ្លងកាត់ខ្សែចម្លង?		-សិស្សពន្យល់ -បញ្ជាក់ថាមានចរន្តឆ្លងកាត់ខ្សែចម្លង។
-បំផុសបីសោធន៍ច្បាប់ផារ៉ាដេបង្ហាញសិស្ស -តើចរន្តដែលឆ្លងកាត់ខ្សែចម្លងកើតឡើងនៅពេលណា? -តើចរន្តដែលឆ្លងកាត់ខ្សែចម្លងជាចរន្តអ្វី? -នៅពេលគេទុកមេដែកនៅស្ងៀមហើយផ្លាស់ទីបូប៊ីនជៀបនឹងមេដែកវិញ។ តើមានចរន្តឆ្លងកាត់សូលេណូអ៊ីតដែរឬទេ? -តើចរន្តអាំងឌីដែលកើតមានក្នុងសូលេណូអ៊ីតអាស្រ័យលើកត្តាអ្វីខ្លះ? **ពិសោធន៍ទី១៖** ផ្លាស់ទីមេដែកចូលក្នុងសូលេណូអ៊ីតដោយល្បឿនយឺតបន្ទាប់មកដោយល្បឿនលឿន រួចសួរថាទ្រនិចកាល់វ៉ាំណូម៉ែតងាកយ៉ាងដូចម្តេច? **ពិសោធន៍២៖** បង្កើនចំនួនស្ពៀនៃសូលេណូអ៊ីតឲ្យច្រើនជាងមុន រួចផ្លាស់ទីមេដែកចូលដោយល្បឿនដូចករណីបូប៊ីនមានស្ពៀតិច រួចសួរថាទ្រនិចកាល់វ៉ាំណូម៉ែតងាកយ៉ាងដូចម្តេច? **ពិសោធន៍៣៖** ប្រើមេដែកដែលមានដែនម៉ាញេទិចខ្លាំងជាងមុន រួចផ្លាស់ទីមេដែកចូលក្នុងសូលេណូអ៊ីត រួចសួរថាទ្រនិចកាល់វ៉ាំណូម៉ែតងាកយ៉ាងដូចម្តេច?	EXPLORE -ចរន្តនេះកើតមានឡើងនៅពេលដែលមានដែនម៉ាញេទិចប្រែប្រួលឆ្លងកាត់សូលេណូអ៊ីត។ -ចរន្តដេលឆ្លងកាត់ខ្សែចម្លងជាចរន្តអាំងឌី -មេដែកនៅនឹង ហើយបូប៊ីនផ្លាស់ទីជៀបនឹងមេដែក វាក៏ធ្វើឱ្យមានចរន្តឆ្លងកាត់សូលេណូអ៊ីតដែរ។	-កើតមានឡើងនៅពេលដែលមានដែនម៉ាញេទិចប្រែប្រួលឆ្លងកាត់សូលេណូអ៊ីត។ -សិស្សឆ្លើយ -សិស្សគិត ហើយឆ្លើយ -សិស្សគិត ហើយឆ្លើយ -សង្កេត កត់ត្រាទុក

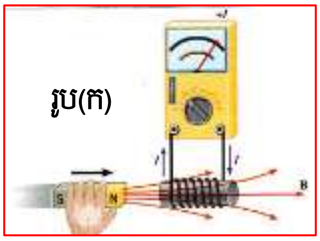
	EXPLAIN -ចរន្តអាំងឌុីកើតឡើងនៅពេលដែលដែនម៉ាញេទិចប្រែប្រួលឆ្លងកាត់សូលេណូអ៊ីត។ ចរន្តអាំងឌុីអាស្រ័យនឹងកត្តា៖ • ល្បឿនបំលាស់ទីមេដែក • តម្លៃដែនម៉ាញេទិច ចំនួនស្ពៀនៃសូលេណូអ៊ីត	-អាំងតង់ស៊ីតេចរន្តអាំងឌុីអាស្រ័យនឹងកត្តា៖ • ល្បឿនបំលាស់ទីមេដែក • តម្លៃដែនម៉ាញេទិច • ចំនួនស្ពៀនៃសូលេណូអ៊ីត
សម្របសម្រួលចំពោះសំណួរខាងក្រោម -តើយើងអាចតាមការសង្កេតពិសោធន៍ តើប្អូនយល់ថាអាំងតង់ស៊ីតេចរន្តអាំងឌុីអាស្រ័យនឹងកត្តាអ្វី? -ផលិតចរន្តអគ្គិសនីសម្រាប់ប្រើប្រាស់ពីពិសោធន៍នេះបានដែលឬទេ? -តើឧបករណ៍ដែលអាចប្រើសម្រាប់ផលិតចរន្តនេះ? -តើយើងត្រូវការប្រភពអ្វីខ្លះដើម្បីឲ្យមេដែកផ្លាស់ទីរហូតជុំវិញសូលេណូអ៊ីត?	ELABORATE -អាចផលិតចរន្តអគ្គិសនីតាមរយៈពិសោធន៍នេះសម្រាប់ប្រើប្រាស់បាន។ -គេប្រើអាល់ទែណាទ័រ ឬឌីណាម៉ូ -ប្រភពថាមពលមេកានិចបានពីម៉ាស៊ីន កម្លាំងទឹកហូរ)វារីអគ្គិសនី (កម្លាំងខ្យល់បក់)wind power)	-អាចផលិតចរន្តអគ្គិសនីតាមរយៈពិសោធន៍នេះសម្រាប់ប្រើប្រាស់បាន។ -គេប្រើអាល់ទែណាទ័រ ឬឌីណាម៉ូ -ប្រភពថាមពលមេកានិចបានពីម៉ាស៊ីន កម្លាំងទឹកហូរ)វារីអគ្គិសនី (កម្លាំងខ្យល់បក់)wind power)
-ចូរពោលពីច្បាប់ផារ៉ាដេ ដែលបានពីពិសោធន៍នេះ។	EVALUATE	-សិស្សពន្យល់
ជំហានទី៤៖ ពង្រឹងពុទ្ធិ		
-តើចរន្តអគ្គិសនីអាំងឌុីក្នុងសូលេណូអ៊ីតកើតឡើងនៅពេលណា? -តើចរន្តអាំងឌុីអាស្រ័យលើកត្តាអ្វីខ្លះ?		-ចរន្តអាំងឌុីកើតឡើងនៅបេលមានបម្រែបម្រួលដែនម៉ាញេទិចក្នុងសូលេណូអ៊ីត។ -អាស្រ័យនឹងកត្តា៖ • ល្បឿនបំលាស់ទីមេដែក • តម្លៃដែនម៉ាញេទិច • ចំនួនស្ពៀនៃសូលេណូ

		អ៊ីត
ជំហានទី៥៖ កិច្ចការផ្ទះ		
- តើឧបករណ៍អ្វីខ្លះដែលអនុវត្តបាតុភូតអាំងឌុចស្យុងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិចក្នុងបច្ចេកទេសឬក្នុងជីវភាពរស់នៅប្រចាំថ្ងៃ - ឲ្យមើលមេរៀនឡើងវិញ និងធ្វើកិច្ចការផ្ទះដែលគ្រូបានដាក់		–ស្តាប់ និងកត់ត្រាទុក

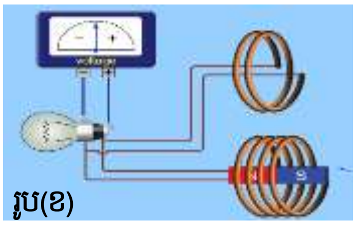
សន្លឹកកិច្ចការចរន្តអាំងឌុី

ENGAGE

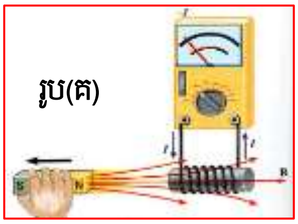
១. នៅពេលរុញមេដែកចូលក្នុងសូលេណូអ៊ីត ដូចរូប(ក) តើប្អូនសង្កេតឃើញកាល់វ៉ាណូម៉ែតងាកយ៉ាងដូចម្តេច?



២. នៅពេលទុកមេដែកឲ្យស្ងៀមក្នុងសូលេណូអ៊ីត ដូចរូប (ខ) តើប្អូនសង្កេតឃើញកាល់វ៉ាណូម៉ែតងាកយ៉ាងដូចម្តេច?



៣. នៅពេលទាញមេដែកចេញពីសូលេណូអ៊ីត ដូចមរូប(គ) តើប្អូនសង្កេតឃើញកាល់វ៉ាណូម៉ែតងាកយ៉ាងដូចម្តេច



EXPLORE

១. តើចរន្តដែលឆ្លងកាត់ខ្សែចម្លងនេះកើតឡើងនៅពេលណា?

....

....

២. តើចរន្តនេះហៅថាចរន្តអ្វី? ....

៣. តើពេលដែលយើងទុកមេដែកនៅស្ងៀមហើយផ្លាស់ទីសូលេណូអ៊ីតចូលក្នុងមេដែកវិញតើមានចរន្តឆ្លងកាត់សូលេណូអ៊ីតដែលឬទេ?

....

....

៤. តើចរន្តអាំងឌុីកើតមានក្នុងសូលេណូអ៊ីតអាស្រ័យលើកត្តាអ្វីខ្លះ?

....

....

ពិសោធន៍ទី១៖ ផ្លាស់ទីមេដែកដោយល្បឿនផ្សេងៗគ្នា ធៀបនឹងសូលេណូអអ៊ីត។ តើទ្រនិចកាវ៉ាណូម៉ែតមានលំងាកដូចម្តេច?

....

ពិសោធន៍ទី២៖ មេដែកផ្លាស់ទីធៀបនឹងបូប៊ីនដោយល្បឿនតែមួយដូចគ្នា ធៀបនឹងបូប៊ីនមានចំនួនស្ពៀខុសគ្នា។ តើទ្រនិចកាវ៉ាណូម៉ែតមានលំងាកដូចម្តេច?

....

....

ពិសោធន៍ទី៣៖ ប្រើមេដែកមានដែនម៉ាញេទិចខ្លាំងជាងមុន(អាចទំហំមេដែកធំជាងមុន)ផ្លាស់ទីដោយល្បឿនដូចៗគ្នាជៀបនឹងបូប៊ីនតែមួយ។ តើទ្រនិចកាវ៉ាណូម៉ែតងាកយ៉ាងដូចម្ដេច?

....

....

EXPLAIN (បង្ហាញ និងពន្យល់ពីអ្វីដែលអ្នករកឃើញពីពិសោធន៍)

តាមការសង្កេតពិសោធន៍ តើប្អូនលយ់ថាអាំងតង់ស៊ីតេចរន្តអាំងឌីអាស្រ័យនឹងកត្តាអ្វីខ្លះ?

....

....

ELABORATE/ EXTEND

១. តាមការសង្កេតពិសោធន៍ តើប្អូនយល់ថាអាំងតង់ស៊ីតេចរន្តអាំងឌីអាស្រ័យនឹងកត្តាអ្វី?

....

....

២. តើយើងអាចផលិតចរន្តអគ្គិសនីសម្រាប់ប្រើប្រាស់ តាមរយៈពិសោធន៍នេះបានដែរឬទេ?

....

៣. តើត្រូវការឧបករណ៍អ្វីខ្លះសម្រាប់ផលិតចរន្តនេះ?

....

៤.តើគេត្រូវការប្រភពអ្វីខ្លះ ដើម្បីឱ្យមេដែកផ្លាស់ទី ឬមានចលនាជៀបនឹងបូប៊ីន?

....

EVALUATE

ចូរពោលច្បាប់ផារ៉ាដេដែលបានមកពីពិសោធន៍នេះ។

....

....

ឯកសារយោង

១. ឯកសារសម្រាប់ប្រើប្រាស់ផ្ទៃក្នុង (២០១៤ - ២០១៥) ជំនួយពិសោធន៍ងាយៗតាមបែបរិះរក ភាគ១. ភ្នំពេញ។

២. STEPSAM2 (២០១១) គម្រូកិច្ចតែងការបង្រៀនតាមបែបរិះរក សម្រាប់ការបង្រៀនវិទ្យាសាស្ត្រនៅអនុវិទ្យាល័យ. ភ្នំពេញ។

៣. Raymond A. Serway, John W. Jewett, "Physics for Scientst and Engineers with Modern Physics", 9th ed, Brook/Cole Cengage Learning, 2014

៤. H.Young, and R. A. Freedman, "University Physics with Modern Physics", 12th ed, Pearson International Edition, 2008.

៥. Douglas C. Giancoli, "Physics Principle with Applications ", 6th ed, Pearson Education. Inc., 2005.