ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា
នាយកដ្ឋានស្រាវជ្រាវនិងនវានុវត្តន៍

OPEN ACCESS

ទស្សនាវដ្តីស្រាវជ្រាវកម្ពុជាសម្រាប់ការអប់រំ និងស្ទែម
Cambodian Journal of Education and STEM

អត្ថបទស្រាវជ្រាវ (Original Article)

ការប្រើប្រាស់ឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី សម្រាប់ការអប់រំស្ទែមក្នុងកម្រិតវិទ្យាល័យ៖ ករណីសិក្សាមុខវិជ្ជាជីវវិទ្យា

Application of LED-Attached Experimental Tools for STEM Education in High School: A Case Study of the Biology Subject

ម៉ម ចាន់សៀន* ផែន សារិត អ៊ុំ ចាន់ចំណាន ឈួក ណាស្រស់ និង យុន គឹមរៀង
ផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រ វិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ រាជធានីភ្នំពេញ កម្ពុជា
*អ្នកនិពន្ធទទួលបន្ទុកឆ្លើយឆ្លង៖ mam.chansean@nie.edu.kh

Chansean Mam *, Sarith Phen, Chanchamnan Um, Nasros Chhouk, and Kimrieng Yun
Science Division, National Institute of Education, Phnom Penh, Cambodia
*Corresponding author: mam.chansean@nie.edu.kh

https://doi.org/10.62219/cjes.2024217

ទទួលបានអត្ថបទ៖ ២៤ វិច្ឆិកា ២០២៣	**កែសម្រួល៖** ២៦ ធ្នូ ២០២៣	**យល់ព្រមឱ្យបោះពុម្ព៖** ១២ កុម្ភៈ ២០២៤
Received: 24 November 2023	**Revised:** 26 December 2023	**Accepted:** 12 February 2024

មូលន័យសង្ខេប

ការអប់រំស្ទែម (វិទ្យាសាស្ត្រ បច្ចេកវិទ្យា វិស្វកម្ម និងគណិតវិទ្យា) បានក្លាយជាប្រធានបទគួរឱ្យចាប់អារម្មណ៍ខ្លាំងសម្រាប់អ្នកអប់រំនៅលើពិភពលោក ក៏ដូចជានៅក្នុងប្រទេសកម្ពុជាផងដែរ។ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា នៃប្រទេសកម្ពុជាបាននិងកំពុងគាំទ្រ និងជំរុញវឌ្ឍនភាពនៃការអប់រំស្ទែមនៅកម្ពុជាឱ្យកាន់តែមានភាពទូលាយជាងមុន។ ការស្រាវជ្រាវនេះបង្ហាញពីរបៀបផលិតឧបករណ៍ពិសោធតាមលំនាំនៃការអប់រំស្ទែម ក្នុងគោលបំណងណែនាំពីវិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមបែបស្ទែម ក្នុងការបង្រៀនមុខវិជ្ជាជីវវិទ្យានៅកម្រិតវិទ្យាល័យ និងឈ្វេងយល់ពីសមត្ថភាព និងចំណាប់អារម្មណ៍របស់អ្នកចូលរួមអំពីការអប់រំស្ទែមតាមរយៈការប្រើប្រាស់ឧបករណ៍ពិសោធដែលភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី (LED)។ ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានអនុវត្តការស្រាវជ្រាវជាមួយគរុនិស្សិតកម្រិតឧត្តមបរិញ្ញាបត្រ+២ ឯកទេសជីវវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ និងសិស្សថ្នាក់ទី១០ នៅវិទ្យាល័យ ចំនួន៣ នៅក្នុងខេត្តកំពង់ធំ។ ការស្រាវជ្រាវនេះ បានបង្ហាញអំពីលំនាំនៃការបង្រៀនតាមបែបស្ទែមកម្រិត៣យ៉ាងពេញលេញ។ លទ្ធផលស្រាវជ្រាវបានរកឃើញថា សមត្ថភាពយល់ដឹងរបស់អ្នកចូលរួមអំពីការអប់រំស្ទែមនៅមានកម្រិតទាបនៅឡើយ ទាក់ទងនឹងខ្លឹមសារក្នុងមុខវិជ្ជារូបវិទ្យាក្នុងការរៀបចំសៀគ្វីអគ្គិសនីសម្រាប់ផលិតឧបករណ៍ពិសោធ។ ចំណែកលទ្ធផលនៃខ្លឹមសារលើមុខវិជ្ជាគោល (ជីវវិទ្យា) អ្នកចូលរួមបានយល់ច្បាស់អំពីឥទ្ធិពលនៃជំហានរលកពន្លឺលើការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិ ដោយកូនរុក្ខជាតិក្នុងទីងងឹតលូតវែងមិនសូវរឹងមាំល្អ កូនរុក្ខជាតិក្រោមពន្លឺពណ៌ខៀវមិនលូត

វែង ប៉ុន្តែមានភាពរឹងមាំ និងមានស្លឹកធំល្អ កូនរុក្ខជាតិក្រោមពន្លឺពណ៌ក្រហមលូតលាស់មិនសូវល្អដោយមានស្លឹកតូច និងកូនរុក្ខជាតិលូតលាស់ល្អក្រោមពន្លឺព្រះអាទិត្យ។ ជារួម ការស្រាវជ្រាវនេះបានបង្ហាញនូវលំនាំនៃការបង្រៀនតាមបែបស្ទែមពេញលេញមួយ ដែលអាចអនុវត្តបានតាមវិទ្យាល័យនៅកម្ពុជា។ គ្រូបង្រៀនក៏អាចយកលំនាំនៃការបង្រៀននេះ ទៅអនុវត្តសម្រាប់មុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្រផ្សេងទៀតក្រៅពីជីវវិទ្យាផងដែរ។

ពាក្យគន្លឹះ៖ ការអប់រំស្ទែម ពិសោធន៍ជីវវិទ្យា ឧបករណ៍ពិសោធ សៀគ្វីអគ្គិសនី អិលអ៊ីឌី

Abstract

Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) has gained significant attraction among educators worldwide, including Cambodia. The Ministry of Education, Youth, and Sport of Cambodia has shown great effort to inspire and motivate the advancement of STEM education in Cambodia. This research delves into the development of experimental equipment for STEM education and aims to introduce STEM teaching methodology in biology teaching at the high school level, evaluate learners′ capacity, and survey their impressions of STEM education using the LED-attached experimental tools. The research was conducted with Bachelor+2 student teachers specializing in biology at the National Institute of Education and 10th-grade students at three high schools in Kampong Thom province. STEM teaching at Level 3 was introduced and achieved in this study. The study indicated that learners' understanding of STEM was limited, particularly in terms of physics concepts to independently design electrical circuits for constructing experimental tools. On the other hand, with the experimental results on the core subject (biology), the learners could understand well the effect of the light wavelengths on the growth of the seedlings, with the seedlings' growth in the dark conditions being less healthy and elongated longer; the seedlings under blue light conditions did not elongate long but were healthy with big leaves; the seedlings under red light conditions did not grow well and had small leaves; and the seedlings under direct sunlight grew well. In conclusion, the study introduced a comprehensive STEM teaching model applicable to the high school level in Cambodia. This model can be effectively implemented in various science subjects beyond biology.

Keywords: STEM education; biology experiment; experimental equipment; electrical circuits; LED

សេចក្តីផ្តើម

ការអប់រំវិទ្យាសាស្ត្រនៅកម្រិតការអប់រំចំណេះទូទៅ ជាពិសេសនៅកម្រិតវិទ្យាល័យ គឺមានសារៈសំខាន់ណាស់ក្នុងការរៀបចំសិស្សសម្រាប់ការសិក្សា និងការងារក្នុងសតវត្សរ៍ទី២១ ដោយទាមទារឱ្យមានការចូលរួមសិក្សាយ៉ាងសកម្មពីសិស្ស (Singer et al., 2005)។ Singer et al. (2005) ក៏បានបញ្ជាក់បន្ថែមទៀតថា ពិសោធន៍វិទ្យាសាស្ត្រ គឺជាវិធីសាស្ត្របង្រៀនសិស្សឱ្យយល់អំពីខ្លឹមសារវិទ្យាសាស្ត្រយ៉ាងច្បាស់លាស់ និងដើម្បីជួយពួកគាត់ឱ្យបញ្ជាក់ពីលទ្ធផលដែលបានរកឃើញដោយអ្នកស្រាវជ្រាវមុនៗ ហើយក្នុងប្រទេសអភិវឌ្ឍន៍ដូចជាសហរដ្ឋអាមេរិក បន្ទប់ពិសោធន៍វិទ្យាសាស្ត្របានក្លាយជាផ្នែកមួយនៃ

ការអប់រំនៅវិទ្យាល័យ។ បន្ទប់ពិសោធន៍ជាកន្លែងមួយដែលសិស្សអាចសិក្សាពីខ្លឹមសារវិទ្យាសាស្ត្រតាមរយៈការធ្វើសកម្មភាពពិសោធន៍ និងសង្កេតពីបាតុភូតនានា (Isozaki, 2017) ដែលសកម្មភាពទាំងនេះជាផ្នែកដ៏សំខាន់នៃការអប់រំស្ទែម (វិទ្យាសាស្ត្រ បច្ចេកវិទ្យា វិស្វកម្ម និងគណិតវិទ្យា)។

ការអប់រំស្ទែមបានក្លាយជាប្រធានបទគួរឱ្យចាប់អារម្មណ៍ខ្លាំងសម្រាប់អ្នកអប់រំនៅលើពិភពលោក ក៏ដូចជានៅក្នុងប្រទេសកម្ពុជាផងដែរ។ អង្គការយូនេស្កូ (UNESCO) បានណែនាំពីយន្តការនៃការអប់រំស្ទែមនៅក្នុងសតវត្សរ៍ទី២១ ដោយផ្តោតលើការសិក្សាវិមាត្របីគឺ ទ្រឹស្តីគោលតាមមុខវិជ្ជា ការអនុវត្តសកម្មភាព និងអន្តរមុខវិជ្ជា (Ng, 2019)។ សហរដ្ឋអាមេរិកបានវិនិយោគថវិកាយ៉ាងច្រើនសម្រាប់ការអប់រំស្ទែម ចាប់ពីថ្នាក់មត្តេយ្យ ដល់ថ្នាក់ទី១២ ហើយអាចរក្សាការប្រកួតប្រជែងរបស់ខ្លួនជាមួយនឹងប្រទេសអភិវឌ្ឍន៍ផ្សេងៗទៀត (Breiner et al., 2012)។ ប្រទេសជាច្រើនក្នុងពិភពលោកទាមទារជំនាញស្ទែម ដើម្បីឆ្លើយតបនឹងបញ្ហាប្រឈម និងការរីកចម្រើនផ្នែកសេដ្ឋកិច្ច (Marginson et al., 2013)។ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា នៃព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា បានដាក់ចេញនូវគោលនយោបាយ និងកិច្ចអន្តរាគមន៍ជាច្រើនសម្រាប់ការអប់រំស្ទែម (Ministry of Education Youth and Sport [MoEYS], 2016)។ គ្រូបង្រៀនមុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្រ និងគណិតវិទ្យានៅតាមវិទ្យាល័យធនធាន និងវិទ្យាល័យបណ្តាញនៅកម្ពុជា ត្រូវបានអញ្ជើញឱ្យចូលរួមសិក្ខាសាលាស្តីពីការបង្រៀនតាមបែបស្ទែម ក្នុងគម្រោងអភិវឌ្ឍវិស័យអប់រំមធ្យមសិក្សាទី២ (UESDP-II) ក្នុងឆ្នាំ២០២២–២០២៣។ សៀវភៅណែនាំស្តីពីការអប់រំស្ទែមសម្រាប់បំប៉នគ្រូមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិនៃគម្រោងអភិវឌ្ឍវិស័យអប់រំមធ្យមសិក្សាទី២ បានណែនាំពីការបង្រៀនតាមបែបស្ទែមពីកម្រិត0 ដល់កម្រិតទី៣ (MoEYS, 2022)។ ការអប់រំស្ទែមកម្រិត0 កំណត់ដោយទ្រឹស្តីគោលមិនផ្សារភ្ជាប់ទៅនឹងបាតុភូតធម្មជាតិ ឬជីវិតប្រចាំថ្ងៃ ការបង្រៀនខ្លឹមសារមុខវិជ្ជានីមួយៗដាច់ដោយឡែកពីគ្នា និងមិនមានការសិក្សាអង្កេតរបស់សិស្ស។ ការអប់រំស្ទែមកម្រិតទី១ កំណត់ដោយការបង្រៀនដែលផ្សារភ្ជាប់ទ្រឹស្តីគោលទៅនឹងបាតុភូតធម្មជាតិ ឬជីវិតប្រចាំថ្ងៃ ការបង្រៀនខ្លឹមសារមុខវិជ្ជានីមួយៗដាច់ដោយឡែកពីគ្នា និងការបង្រៀនមិនមានការសិក្សាអង្កេតរបស់សិស្ស។ ការអប់រំស្ទែមកម្រិតទី២ កំណត់ដោយការបង្រៀនដែលផ្សារភ្ជាប់ទ្រឹស្តីគោលទៅនឹងបាតុភូតធម្មជាតិ ឬជីវិតប្រចាំថ្ងៃ ការបង្រៀនបញ្ចូលខ្លឹមសារមុខវិជ្ជាពីរ ឬច្រើនចូលគ្នា និងការបង្រៀនដោយមិនមានការសិក្សាអង្កេតរបស់សិស្ស។ ការអប់រំស្ទែមកម្រិតទី៣ កំណត់ដោយការបង្រៀនដែលផ្សារភ្ជាប់ទ្រឹស្តីគោលទៅនឹងបាតុភូតធម្មជាតិ ឬជីវិតប្រចាំថ្ងៃ ការបង្រៀនបញ្ចូលខ្លឹមសារមុខវិជ្ជាពីរ ឬច្រើនបញ្ចូលគ្នា និងការបង្រៀនដោយមានការអង្កេតរបស់សិស្ស។

Mam et al. (2019) បានធ្វើការស្ទង់មតិអធិការអប់រំ ដែលបានចុះអធិការកិច្ចសាលារៀននៅកម្ពុជា។ ជាលទ្ធផលការសិក្សាលើមុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្ររបស់សិស្សនៅកម្ពុជា មិនមានភាពប្រសើរឡើងច្រើនទេក្នុងមួយឆ្នាំៗ ហើយមេរៀនវិទ្យាសាស្ត្រមិនគួរឱ្យចាប់អារម្មណ៍សម្រាប់សិស្សទេ ដោយសារគ្រូបង្រៀនមិនបានបង្រៀនពិសោធន៍ដល់សិស្សរបស់ពួកគាត់ សាលារៀនមិនមានឧបករណ៍ និងសម្ភារៈពិសោធន៍គ្រប់គ្រាន់ និងសមត្ថភាពរបស់គ្រូបង្រៀននៅមានកម្រិតទាបក្នុងការបង្រៀនពិសោធន៍។ បន្ថែមពីលើនេះ Leng et al. (2021) បានបង្ហាញថាការបង្រៀនស្ទែមនៅកម្ពុជា គឺផ្អែកតែលើទ្រឹស្តីដោយអនុវត្តតាមគោលវិធីគ្រូមជ្ឈមណ្ឌល និងខ្វះការពិសោធទាក់ទងនឹងពិភពពិត។ ដើម្បីចូលរួមដោះស្រាយបញ្ហានេះ Mam et al. (2020a) បានផលិតឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី សម្រាប់ពិសោធន៍ឆ្លើយតប phytochrome លើដំណុះគ្រាប់ពូជសាលាដ។ Mam et al. (2020b) ក៏បានផលិតឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី ដើម្បីសិក្សាពីឥទ្ធិពលនៃជំហានរលកពន្លឺខុសៗគ្នាលើដំណុះគ្រាប់ធញ្ញជាតិ និងការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិដែលអាចអនុវត្តបានសម្រាប់ថ្នាក់ពិសោធន៍នៅកម្រិតវិទ្យាល័យ។

ថ្វីបើ Mam et al. (2020a, 2020b) បានលើកជាដំណោះស្រាយសម្រាប់ជួយគ្រូបង្រៀនក្នុងការផលិតសម្ភារៈពិសោធន៍ដោយខ្លួនឯងសម្រាប់បង្រៀនសិស្សក៏ដោយ ប៉ុន្តែរបៀបនៃការផលិតឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី និងពិសោធន៍អំពីឥទ្ធិពលនៃជំហានរលកពន្លឺពណ៌ផ្សេងៗលើការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិ មិនអាចអនុវត្តសម្រាប់ការបង្រៀនតាមបែបស្ទែមបានទូលាយនៅកម្រិតវិទ្យាល័យនៅកម្ពុជានៅឡើយ ដោយនៅក្នុងអត្ថបទស្រាវជ្រាវទាំងពីរនោះ មិនបានលម្អិតពីរបៀបផលិតដែលមានលក្ខណៈងាយយល់សម្រាប់សិស្សវិទ្យាល័យ និងមិនបានបង្ហាញពីចំណុចសំខាន់ៗនៃការបង្រៀនតាមបែបស្ទែមពេញលេញនៅឡើយ។ ដំណើរការផលិតឧបករណ៍ពិសោធក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ មានភាពងាយស្រួលជាងដំណើរការផលិតឧបករណ៍ពិសោធដែលបានរៀបចំដោយ Mam et al. (2020a) និង Mam et al. (2020b) ដើម្បីឱ្យអ្នកចូលរួមអាចផលិតដោយខ្លួនឯងបាន ហើយម្យ៉ាងទៀតដំណើរការផលិតឧបករណ៍ក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះបានបញ្ចូលនូវលំនាំនៃការអប់រំស្ទែម។ ក្នុងការសិក្សារបស់ Mam et al. (2020a, 2020b) អ្នកស្រាវជ្រាវជាអ្នកផលិតដោយខ្លួនឯង ដោយមិនបានលម្អិតពីការរៀបចំតាមលំនាំនៃការអប់រំស្ទែមនៅកម្រិតវិទ្យាល័យឡើយ។ ម្យ៉ាងវិញទៀត Mam et al. (2019) បានបង្ហាញថា សិស្សនៅកម្ពុជាមិនចាប់អារម្មណ៍លើការរៀនមុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្រនោះទេ។ ដូចនេះ ការស្រាវជ្រាវនេះមានគោលបំណង (១) បង្ហាញពីវិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមបែបស្ទែមមានលក្ខណៈពេញលេញ ក្នុងការបង្រៀនមុខវិជ្ជាជីវវិទ្យានៅកម្រិតវិទ្យាល័យ (មធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិ) និង (២) ឈ្វេងយល់ពីសមត្ថភាព និងចំណាប់អារម្មណ៍របស់សិស្សអំពីការអប់រំស្ទែមតាមរយៈការប្រើប្រាស់ឧបករណ៍ពិសោធដែលភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី។

សម្ភារៈ និងវិធីសាស្ត្រ

ដំណើរការផលិតឧបករណ៍ពិសោធ

ឧបករណ៍ពិសោធដែលបានប្រើប្រាស់ក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះតម្រូវឱ្យអ្នកចូលរួមដែលជាគរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ នៅវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ និងសិស្សវិទ្យាល័យចំនួន៣ ក្នុងខេត្តកំពង់ធំ ផលិតដោយខ្លួនឯងសម្រាប់យកទៅធ្វើពិសោធន៍។ ដំណើរការផលិតត្រូវបានអនុវត្តដូចតទៅ៖

ការរៀបចំកំប៉ុងជ័រ៖ យកកំប៉ុងជ័រដូចៗគ្នាដែលមានលក់នៅតាមទីផ្សារក្នុងទំហំល្មមចំនួន ៤ក្នុង ១ក្រុម (រូបភាពទី១ ជ) រួចយកថ្នាំពណ៌ខ្មៅ (រូបភាពទី១ឃ) មកបាញ់លើផ្ទៃខាងក្រៅរបស់កំប៉ុងជ័រនោះរហូតដល់ជិតដែលមិនអាចឱ្យពន្លឺឆ្លងកាត់បាន។

ការចោះរន្ធចាប់ជើងទម្រអិលអ៊ីឌី៖ ពេលថ្នាំដែលបាញ់នៅលើគម្របកំប៉ុងជ័រស្ងួតល្អ យើងចាប់ផ្តើមចោះរន្ធនៅលើគម្របកំប៉ុងនោះសម្រាប់ចាប់ជើងទម្រអិលអ៊ីឌី (រូបភាពទី១ច) ដោយរន្ធ១ នៅចំកណ្តាលគម្រប និងរន្ធ ៤ទៀតនៅព័ទ្ធជុំវិញរន្ធកណ្តាលនោះ ដោយចម្ងាយពីរន្ធមួយទៅរន្ធមួយក្នុងចំណោមរន្ធទាំង ៤ស្មើៗគ្នា។ ដើម្បីកំណត់ទីតាំងសម្រាប់ចោះរន្ធ យើងត្រូវអនុវត្តតាមជំហានដូចបង្ហាញក្នុងរូបភាពទី២ ដោយដំបូង ត្រូវពិនិត្យមើលគម្របកំប៉ុងដែលមានកំពកតូចមួយបង្ហាញថាជាចំណុចកណ្តាលនៃគម្របកំប៉ុងនោះ បន្ទាប់មកយកចុងស្រួចរបស់ដែកឈាន (រូបភាពទី១ត) ទៅចុចនៅត្រង់ចំណុចកណ្តាលគម្របកំប៉ុងឱ្យនឹង ហើយគូររង្វង់នៅលើគម្របកំប៉ុង ដើម្បីបង្កើតបានជារង្វង់មួយដែលមានអង្កត់ផ្ចិត O (រូបភាពទី២ក)។ បន្ទាប់មកត្រូវប្រើបន្ទាត់ (រូបភាពទី១គ) គូសអង្កត់ផ្ចិតរង្វង់ AB (រូបភាពទី២ខ) ហើយយកចុងដែកឈាន ទៅចុចត្រង់ចំណុច A លើខ្សែរង្វង់ដើម្បីគូសគំនូស២ នៅក្រៅរង្វង់ រួចយកចុងដែកឈានទៅចុចត្រង់ចំណុច B លើខ្សែរង្វង់ដោយគូសចំណុចខ្វែងលើគំនូស២មុន (រូបភាពទី២គ)។ ចុងក្រោយប្រើបន្ទាត់គូសពីចំណុចខ្វែងមួយ ទៅចំណុចខ្វែងមួយទៀត

នៅក្រៅរង្វង់នោះ យើងបានអង្កត់ផ្ចិត CD (រូបភាពទី២ឃ)។ បន្ទាប់ពីដៅចំណុចទាំង៥ បានហើយ យើងត្រូវយកដែកក្តៅ (ប្រដាប់ផ្សារសំណ) ទៅចោះរន្ធតាមចំណុចដៅនោះ រួចយកចុងកន្ត្រៃទៅឆ្កៀលរន្ធទាំងនោះ ដើម្បីឱ្យមានទំហំធំល្មមអាចដាក់ជើងទម្រអិលអ៊ីឌីបាន។

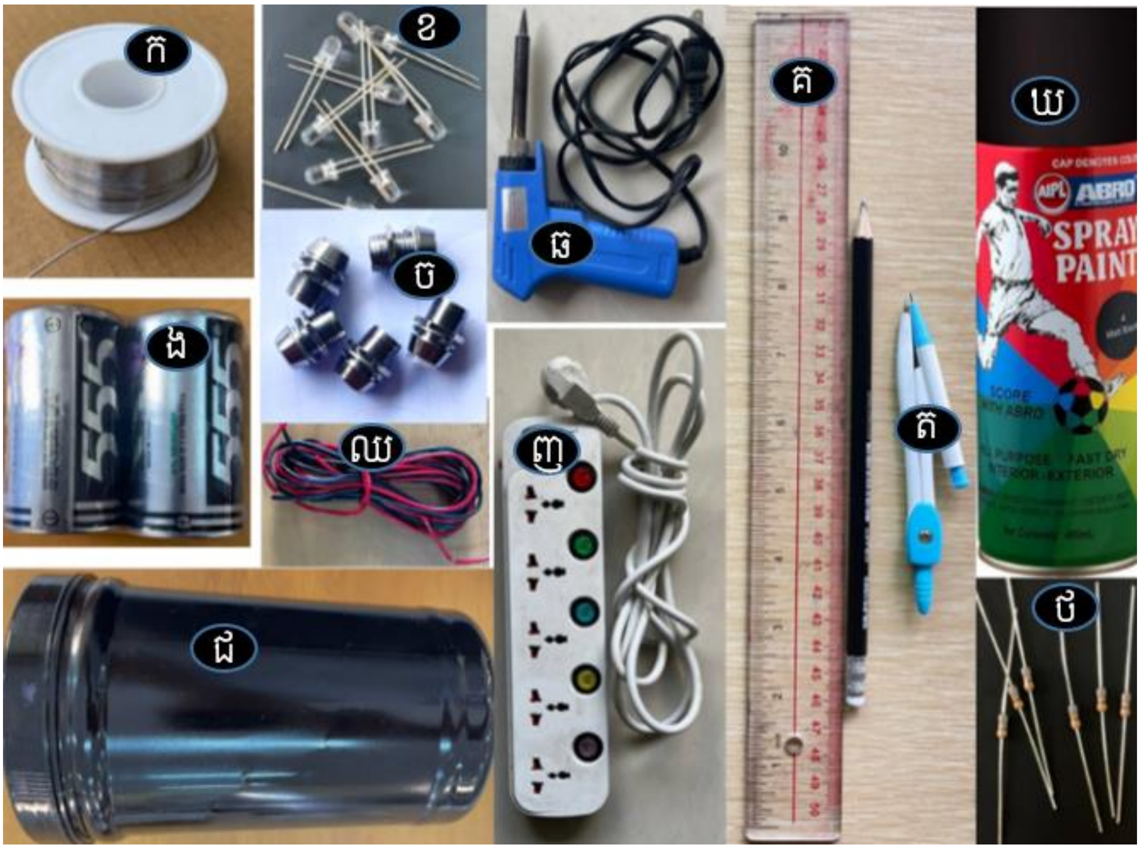
ការចាប់ជើងទម្រអិលអ៊ីឌី៖ យកជើងទម្រអិលអ៊ីឌី (រូបភាពទី១ច) ទៅមូលភ្ជាប់ក្នុងរន្ធដែលបានចោះលើគម្របកំប៉ុងជ័រ ដោយដាក់ផ្នែកដែលមានមួលប៊ូឡុងចូលក្នុង (រូបភាពទី៣គ)។ គួរបញ្ជាក់បន្ថែមថាជើងទម្រអិលអ៊ីឌីមានជ័រសម្រាប់ទប់អិលអ៊ីឌីនៅខាងក្នុង ដែលអាចឱ្យយើងដាក់អិលអ៊ីឌី (រូបភាពទី១ខ) ចូលក្នុងជ័រនោះបាន។

ការរៀបចំសៀគ្វីអិលអ៊ីឌី៖ ការរៀបចំសៀគ្វីនេះអនុវត្តតាម Mam et al. (2020a)។ យកអិលអ៊ីឌីទៅស៊កចូលក្នុងជើងទម្រ ដោយពិនិត្យមើលឱ្យបានច្បាស់អំពីជើងអិលអ៊ីឌីនោះ ដោយជើងវែងជាអាណូត (+) និងជើងខ្លីជាកាតូត (-)។ យកខ្សែភ្លើងពណ៌ក្រហម និងពណ៌ខ្មៅ (រូបភាពទី១ឈ) ក្នុងប្រវែងសមល្មម ហើយកាត់ស្រោមជ័រស្រោបខ្សែភ្លើងជាប្រឡោះតូចៗ (ចំនួន ៤ប្រឡោះ) ដែលអាចភ្ជាប់ខ្សែភ្លើងទៅនឹងជើងអិលអ៊ីឌីបាន។ ភ្ជាប់អិលអ៊ីឌីដោយប្រើខ្សែភ្លើងពណ៌ក្រហមសម្រាប់ភ្ជាប់អាណូតរបស់អិលអ៊ីឌីមួយ ទៅនឹងអាណូតរបស់អិលអ៊ីឌីមួយទៀត និងប្រើខ្សែភ្លើងពណ៌ខ្មៅសម្រាប់ភ្ជាប់កាតូតរបស់អិលអ៊ីឌីមួយ ទៅនឹងកាតូតរបស់អិលអ៊ីឌីមួយទៀត តាមរបៀបសៀគ្វីជាខ្នែង (រូបភាពទី៣ខ)។ បន្ទាប់មកយកប្រដាប់ផ្សារសំណ (រូបភាពទី១ធ) និងសំណ (រូបភាពទី១ក) ទៅផ្សារភ្ជាប់នឹងចំណុចដែលភ្ជាប់ជើងអិលអ៊ីឌីទៅនឹងខ្សែភ្លើង។

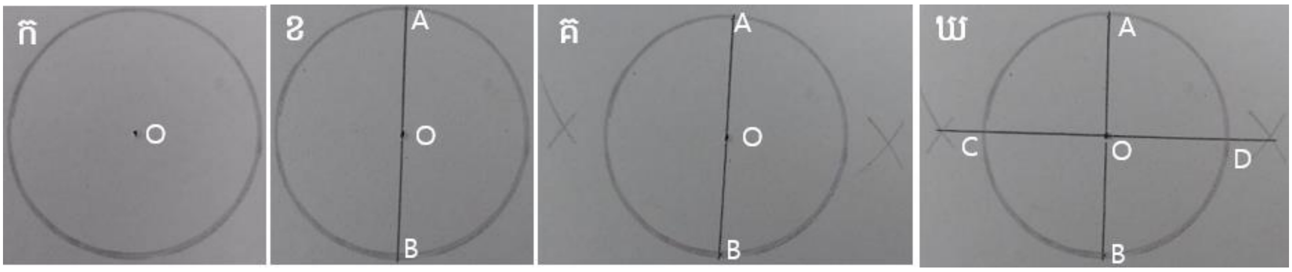
ការរៀបចំប្រភពចរន្ត៖ ប្រភពចរន្តដែលប្រើប្រាស់ក្នុងឧបករណ៍ពិសោធនេះ គឺថ្មពិលដែលត្រូវរៀបចំឱ្យបានតង់ស្យុង ៦V។ ដោយថ្មពិល១មានតង់ស្យុង ១,៥V យើងត្រូវតម្លើងថ្មពិលនោះជាស៊េរី ដោយដាក់ផ្នែកអាណូត (+) របស់ថ្មពិលមួយទៅភ្ជាប់នឹងកាតូត (-) របស់ថ្មពិលមួយទៀត បន្តគ្នាចំនួន ៤ថ្មពិល។ បន្ទាប់មកយកក្រដាសរុំស្រោបពីលើថ្មពិលទាំង ៤នោះ និងយកស្កុតរុំពីលើក្រដាសឱ្យបានណែនល្អ (រូបភាពទី៣ក-១)។ ប្រើម៉ុលទីម៉ែត្រ (Multimeter) ដើម្បីវាស់តង់ស្យុងរបស់ថ្មពិលដែលបានរៀបចំរួច ដើម្បីបញ្ជាក់ថាវាមានតង់ស្យុងចំនួន ៦V តាមដែលយើងត្រូវការ។ ថ្មពិលជាប្រភពចរន្តជាប់ (DC) ដូចនេះ ដើម្បីប្រើម៉ុលទីម៉ែត្រក្នុងការវាស់តង់ស្យុងចរន្តជាប់ ត្រូវកាច់កំមុយតាក់ទ័រដែលមានគំនូសស ដាក់លើតម្លៃ (DCV) ១០V បន្ទាប់មកយកចុងម្ជុលខ្សែពណ៌ខ្មៅទៅចុចលើផ្នែកកាតូត (-) និងចុងម្ជុលខ្សែពណ៌ក្រហមទៅចុចលើផ្នែកអាណូត (+) នៃប្រភព ហើយអានតម្លៃនៅលើគំនូសក្រិត V ដែលទ្រនិចចង្អុលចំ (ចន្លោះពី0 ទៅ១០V)។

ការភ្ជាប់សៀគ្វីអិលអ៊ីឌីនឹងប្រភព៖ យកចុងខ្សែភ្លើងពណ៌ខ្មៅរបស់សៀគ្វីទៅភ្ជាប់នឹងកាតូតរបស់ប្រភព បន្ទាប់មកប្រើរេស៊ីស្តរ (រូបភាពទី១ថ) ដែលមានរេស៊ីស្តង់ R = ៣,៣kΩ, R = ៤៧០Ω និង R = ៤,៧Ω ដោយភ្ជាប់ជាមួយចុងខ្សែពណ៌ក្រហម រួចភ្ជាប់ទៅនឹងអាណូតរបស់ថ្មពិល (ប្រភព) ដែលបានរៀបចំរួចសម្រាប់សាកល្បងពិនិត្យមើលកម្រិតពន្លឺ ដែលបញ្ចេញដោយអិលអ៊ីឌីដោយភ្នែកទទេអំពីកម្រិតពន្លឺភ្លឺខ្លាំង ឬខ្សោយ។ ត្រូវប្រើរេស៊ីស្តរ (R = ៤,៧Ω) ដែលធ្វើឱ្យអិលអ៊ីឌីភ្លឺខ្លាំងជាងគេសម្រាប់ប្រើប្រាស់ក្នុងឧបករណ៍ពិសោធដែលបានផលិតនេះ។ ចុងក្រោយអ្នកចូលរួមផលិតបានឧបករណ៍ពិសោធ ដែលភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី ដូចក្នុងរូបភាពទី៣។

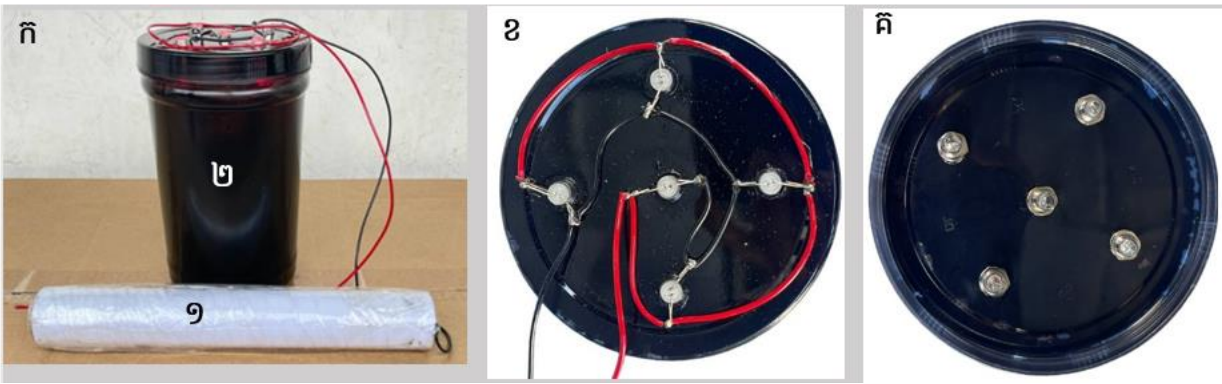
ឧបករណ៍ពិសោធ៖ ក្រោយពីផលិតរួច យើងមានឧបករណ៍ចំនួន៤ ដែលតំណាងឱ្យ ៤មជ្ឈដ្ឋានពិសោធន៍ខុសៗគ្នា គឺឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អិលអ៊ីឌីពន្លឺពណ៌ក្រហម ឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អិលអ៊ីឌីពន្លឺពណ៌ខៀវ កំប៉ុងជ័រដែលបាញ់ថ្នាំពណ៌ខ្មៅ (គ្មានភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី) និងកំប៉ុងជ័រថ្លាដែលមិនបាញ់ថ្នាំពណ៌ខ្មៅ (គ្មានភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី) សម្រាប់ក្រុមនីមួយៗ។ សម្រាប់ព័ត៌មានបន្ថែមពីរបៀបផលិត សូមអានសន្លឹកកិច្ចការទី១ (ឧបសម្ព័ន្ធទី៣)។



រូបភាពទី១៖ សម្ភារៈសម្រាប់ផលិតឧបករណ៍ពិសោធ



រូបភាពទី២៖ របៀបដៅចំណុចដើម្បីចោះរន្ធដាក់ជើងទម្រអិលអ៊ីឌី



រូបភាពទី៣៖ ឧបករណ៍ពិសោធផលិតរួច

សម្គាល់៖ ក. ឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់នឹងប្រភពចរន្ត ខ. គម្របកំប៉ុងជ័រផ្នែកខាងលើ (ខាងក្រៅ) ដែលបង្ហាញពីរបៀបតអិលអ៊ីឌីជាខ្សែង គ. គម្របកំប៉ុងជ័រផ្នែកខាងក្នុង ដែលបង្ហាញពីរបៀបចាប់ជើងទម្រអិលអ៊ីឌី

ដំណើរការពិសោធន៍

ប្រធានបទពិសោធក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះគឺ «ឥទ្ធិពលជំហានរលកពន្លឺពណ៌ផ្សេងៗលើការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិ»។ ដើម្បីឱ្យអ្នកចូលរួមបានយល់ពីប្រភេទផ្សេងៗនៃជំហានរលកពន្លឺ ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវ (ចំនួន ៥នាក់) បានប្រើស្ប៉ិចត្រូម៉ែត្រ (Spectrometer) ដើម្បីឱ្យអ្នកចូលរួមពិនិត្យមើលជំហានរលកពន្លឺរបស់កាំរស្មីព្រះអាទិត្យ ដែលមានជំហានរលកពន្លឺចម្បងៗចំនួន ៣គឺ ពន្លឺពណ៌ខៀវ ពណ៌បៃតង និងពណ៌ក្រហម។ ជំហានរលកពន្លឺពណ៌ខៀវចន្លោះពី ៤៧៤–៤៧៧ nm ជំហានរលកពន្លឺពណ៌បៃតងពី ៥២០–៥២៧nm និងជំហានរលកពន្លឺពណ៌ក្រហមពី ៦១៨–៦២៦nm (Mam et al., 2020b)។ ក្រោយពីពិនិត្យមើលជំហានរលកពន្លឺព្រះអាទិត្យរួចមក ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានឱ្យអ្នកចូលរួមប្រើស្ប៉ិចត្រូម៉ែត្រដើម្បីពិនិត្យមើលជំហានរលកពន្លឺរបស់អំពូលអឺឌីពន្លឺពណ៌ខៀវ និងជំហានរលកពន្លឺរបស់អំពូលអឺឌីពន្លឺពណ៌ក្រហម ដែលពួកគាត់បានរៀបចំ ហើយកត់ត្រាពីពណ៌របស់ពន្លឺ ដែលពួកគាត់បានពិនិត្យមើលឃើញក្នុងសន្លឹកកិច្ចការរបស់ពួកគាត់ (ឧបសម្ព័ន្ធទី៤)។

ដំណើរការពិសោធន៍ពីឥទ្ធិពលនៃជំហានរលកពន្លឺផ្សេងៗលើការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិ ត្រូវបានរៀបចំតាមលំនាំខាងក្រោម៖

១. រៀបចំឧបករណ៍ពិសោធដែលអ្នកចូលរួមបានផលិតក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ ឱ្យបានចំនួន ៤គឺ ឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អំពូលអឺឌីពន្លឺពណ៌ក្រហម ឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អំពូលអឺឌីពន្លឺពណ៌ខៀវ កំប៉ុងជ័រដែលបាញ់ថ្នាំពណ៌ខ្មៅ និងកំប៉ុងជ័រថ្លាដែលមិនបាញ់ថ្នាំពណ៌ខ្មៅ។

២. រៀបចំកូនចានជ័រថ្លាចំនួន៤ ដូចៗគ្នា ដែលអាចដាក់ចូលក្នុងឧបករណ៍ពិសោធទាំង ៤ខាងលើ។

៣. ប្រើក្រដាសជក់ទឹក (ក្រដាសដែលប្រើប្រាស់ក្នុងផ្ទះបាយ ឬក្រដាសជូតមាត់) ដោយបត់ក្រដាសជក់ទឹកនោះជា ៤ស្រទាប់ ដើម្បីអាចជក់ទឹកបានច្រើន ហើយកាត់ឱ្យបានទំហំប៉ុនកូនចានជ័រថ្លា រួចយកទៅដាក់ក្នុងកូនចានជ័រថ្លា។

៤. ពិសោធន៍នេះត្រូវប្រើគ្រាប់រុក្ខជាតិដែលឆាប់ដុះក្នុងរយៈពេល២ ទៅ ៣ថ្ងៃ។ ក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ អ្នកស្រាវជ្រាវបានឱ្យអ្នកចូលរួមតាមក្រុមនីមួយៗ អាចប្រើគ្រាប់ស្ពៃក្រញាញ់ ឬគ្រាប់សាលាដដែលបានទិញពីទីផ្សារ។ អ្នកស្រាវជ្រាវបានឱ្យអ្នកចូលរួមដាក់គ្រាប់ស្ពៃក្រញាញ់ ឬគ្រាប់សាលាដចំនួន ៥០គ្រាប់ លើក្រដាសជក់ទឹកនៅក្នុងកូនចានជ័រថ្លានីមួយៗ។

៥. ប្រើស៊ីរ៉ាំងបឺតទឹកធម្មតាចំនួន ៤mL រួចស្រោចលើគ្រាប់ស្ពៃក្រញាញ់ ឬគ្រាប់សាលាដដែលបានរៀបចំរួច។

៦. ប្រើដីខ្សាច់ដាក់ចូលក្នុងកំប៉ុងឧបករណ៍ពិសោធទាំង៤ ក្នុងបរិមាណស្មើគ្នា រួចដាក់ទឹកឱ្យល្មមសើមដីខ្សាច់។ ការដាក់ដីខ្សាច់នៅបាតឧបករណ៍ពិសោធអាចជួយរក្សាសំណើម និងងាយស្រួលក្នុងការដាក់កូនចានជ័រថ្លា។

៧. យកកូនចានជ័រដែលបានរៀបចំរួច ទៅដាក់លើដីខ្សាច់ក្នុងឧបករណ៍ពិសោធដែលភ្ជាប់អំពូលអឺឌីពន្លឺពណ៌ក្រហម ឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អំពូលអឺឌីពន្លឺពណ៌ខៀវ កំប៉ុងជ័រដែលបាញ់ថ្នាំពណ៌ខ្មៅ និងកំប៉ុងជ័រថ្លាដែលមិនបាញ់ថ្នាំពណ៌ខ្មៅដែលបានរៀបចំរួច។

៨. គ្របគម្របឧបករណ៍ទាំង៤ប្រភេទ ដោយកុំឱ្យតឹងពេកដែលអាចឱ្យខ្យល់ចេញចូលបាន។

៩. យកពិសោធន៍ដែលបានរៀបចំក្នុងឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អំពូលអឺឌីពន្លឺពណ៌ក្រហម ឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អំពូលអឺឌីពន្លឺពណ៌ខៀវ និងកំប៉ុងជ័រដែលបាញ់ថ្នាំពណ៌ខ្មៅទៅរក្សាទុកក្នុងបន្ទប់ឱ្យបានល្អ ដោយបើកភ្លើងជាប់រហូតសម្រាប់ឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អំពូលអឺឌីពន្លឺពណ៌ក្រហម និងឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អំពូលអឺឌីពន្លឺពណ៌ខៀវ។

ចំណែកពិសោធន៍ក្នុងកំប៉ុងជ័រថ្លាដែលមិនបាញ់ថ្នាំពណ៌ខ្មៅ ត្រូវយកទៅរក្សានៅកន្លែងដែលមានពន្លឺព្រះអាទិត្យគ្រប់គ្រាន់នៅក្រៅបន្ទប់ ដែលជាមជ្ឈដ្ឋានសម្រាប់រុក្ខជាតិលូតលាស់ធម្មតាសម្រាប់យកទៅធ្វើជាស្តង់ដាប្រៀបធៀបទៅនឹងមជ្ឈដ្ឋានពិសោធចំនួន ៣ទៀត។ សីតុណ្ហភាពក្នុងឧបករណ៍ពិសោធដែលដាក់ក្រោមពន្លឺព្រះអាទិត្យ ខុសពីពិសោធន៍ក្នុងមជ្ឈដ្ឋាន ៣ទៀត ដែលបញ្ហានេះក៏ជះឥទ្ធិពលដល់ភាពខុសគ្នានៃការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិក្នុងឧបករណ៍ពិសោធក្រោមពន្លឺព្រះអាទិត្យ និងកូនរុក្ខជាតិក្នុងមជ្ឈដ្ឋានពិសោធ ៣ទៀតដែរ។

១០. រក្សាទុកពិសោធន៍នេះរយៈពេល ១សប្តាហ៍។ ដំណើរការពិសោធន៍ក្នុងសន្លឹកកិច្ចការ មានបញ្ជាក់បន្ថែមក្នុងឧបសម្ព័ន្ធទី៤។

ការអនុវត្តជាមួយអ្នកចូលរួម

ពិសោធន៍ក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ ត្រូវបានយកទៅអនុវត្តជាមួយគរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ ឯកទេសជីវវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំចំនួន ២២នាក់ (ស្រី ១៥នាក់) និងសិស្សវិទ្យាល័យថ្នាក់ទី១០ ចំនួន ៣វិទ្យាល័យក្នុងខេត្តកំពង់ធំ ដែលមានបរិបទខុសៗគ្នា។ ក្នុងនោះសិស្សមកពីវិទ្យាល័យនៅទីរួមខេត្តមានចំនួន ៣២នាក់ សិស្សមកពីវិទ្យាល័យទីប្រជុំជនមានចំនួន ៤០នាក់ និងសិស្សមកពីវិទ្យាល័យដែលនៅជនបទមានចំនួន ៥១នាក់។ ការធ្វើបែបនេះ ដើម្បីសិក្សាឈ្វេងយល់ពីស្ថានភាព និងចំណាប់អារម្មណ៍របស់គរុនិស្សិត និងសិស្សអំពីការអប់រំស្ទែមក្នុងបរិបទផ្សេងៗគ្នា។ ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានជ្រើសរើសយកគរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ ឯកទេសជីវវិទ្យា ដោយពួកគាត់នឹងក្លាយជាគ្រូបង្រៀននៅកម្រិតវិទ្យាល័យបន្ទាប់ពីបញ្ចប់ការសិក្សានៅវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ។ ការសិក្សានេះគ្រាន់តែជាករណីសិក្សាអំពីការអប់រំស្ទែមនៅកម្ពុជា ដោយជ្រើសយកខេត្តកំពង់ធំដែលជាខេត្តនៅកណ្ដាលប្រទេសមកធ្វើជាករណីសិក្សា ហើយខ្លឹមសារពិសោធន៍ជីវវិទ្យាក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ គឺត្រូវនឹងកម្រិតសិស្សថ្នាក់ទី១០។ ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះត្រូវជួបជាមួយអ្នកចូលរួមចំនួន ២លើក ដែលលើកទី១ គឺដើម្បីផលិតឧបករណ៍និងធ្វើពិសោធន៍ និងលើកទី២ ដើម្បីសង្កេត និងកត់ត្រាទិន្នន័យនៃការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិ ហើយក្នុងមួយលើកត្រូវចំណាយពេលជាង ២ម៉ោង។ ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះត្រូវការពេលវេលាចំនួន ២សប្តាហ៍។

សប្តាហ៍ទី១៖ មុនចាប់ផ្តើមការបង្រៀន ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវតម្រូវឱ្យអ្នកចូលរួមបំពេញនូវកម្រងសំណួរស្រាវជ្រាវដើមគ្រា (ឧបសម្ព័ន្ធទី១) ដែលរួមមាន ៣ផ្នែកគឺ ផ្នែកការស្គាល់សម្ភារៈសម្រាប់ផលិតឧបករណ៍ពិសោធ ផ្នែកដំណើរការផលិតឧបករណ៍ និងការយល់ដឹងពីខ្លឹមសារវិទ្យាសាស្ត្រ និងផ្នែកដំណើរការពិសោធន៍ស្តីពីឥទ្ធិពលពន្លឺលើការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិ។ បន្ទាប់មកក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានបង្រៀនអ្នកចូលរួមអំពីការផលិតឧបករណ៍ភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី ដោយប្រើប្រាស់សន្លឹកកិច្ចការទី១ (ឧបសម្ព័ន្ធទី៣) និងដូចបានពន្យល់លម្អិតអំពីដំណើរការផលិតឧបករណ៍ពិសោធនៅក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ។ ដោយការបាញ់ថ្នាំលើកំប៉ុងជ័រត្រូវការពេលវេលា ដើម្បីទុកឱ្យថ្នាំស្ងួត ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានបាញ់ថ្នាំហើយជាស្រេច ដើម្បីចំណេញពេល និងសម្រួលដល់អ្នកចូលរួម។ ក្នុងដំណើរការផលិតបន្តមកទៀត អ្នកចូលរួមត្រូវធ្វើដោយខ្លួនឯងតាមក្រុមនីមួយៗ។ ក្នុងមួយថ្នាក់ ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានចែកអ្នកចូលរួមជា ៤ក្រុម។ បន្ទាប់ពីអ្នកចូលរួមតាមក្រុមនីមួយៗបានផលិតឧបករណ៍ពិសោធរួចហើយ ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានបង្រៀនអ្នកចូលរួមអំពីពិសោធន៍ «ឥទ្ធិពលនៃពន្លឺលើការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិ» តាមវិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមបែបរិះរក ដោយបញ្ចូលការអប់រំស្ទែមដោយប្រើសន្លឹកកិច្ចការទី២ (ឧបសម្ព័ន្ធទី៤) និងអនុវត្តតាមដំណើរការពិសោធន៍ ដែលបានរៀបរាប់លម្អិតក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ។

សប្តាហ៍ទី២៖ ក្រោយពីការរៀបចំពិសោធន៍បានមួយសប្តាហ៍មក ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានជួបអ្នកចូលរួមតាមថ្នាក់នីមួយៗដែលបានសិក្សា និងធ្វើការពិសោធកាលពីសប្តាហ៍មុន ដើម្បីពិនិត្យលទ្ធផលពិសោធន៍របស់ពួកគាត់។ ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានឱ្យអ្នកចូលរួមប្រើប្រាស់សន្លឹកកិច្ចការទី២ បន្តពីផ្នែកលទ្ធផល រហូតដល់ការវិភាគ និងសន្និដ្ឋាន។ ក្នុងផ្នែកលទ្ធផល អ្នកចូលរួមតម្រូវឱ្យពិនិត្យមើលពីស្ថានភាពនៃការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិ ក្នុងលក្ខខណ្ឌមជ្ឈដ្ឋានពិសោធន៍ទាំងបួន បន្ទាប់មកវាស់ប្រវែងកូនរុក្ខជាតិក្នុងឧបករណ៍ពិសោធតាមលក្ខខណ្ឌពន្លឺនីមួយៗ រួចសង់ក្រាហ្វបង្ហាញពីការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិទាំងនោះ ក្នុងក្រដាសសម្រាប់គូរក្រាហ្វ ឬក្រដាសសៀវភៅ។ បន្ទាប់ពីការបង្រៀននៃកាពិសោធបានបញ្ចប់ អ្នកចូលរួមតម្រូវឱ្យបំពេញនូវកម្រងសំណួរតេស្តបញ្ចប់ ឬតេស្តចុងគ្រា (ឧបសម្ព័ន្ធទី២)។ កម្រងសំណួរតេស្តបញ្ចប់ មានខ្លឹមសារបញ្ជាក់អំពីអ្វីដែលអ្នកចូលរួមបានសិក្សាកាលពីសប្តាហ៍មុន និងចំណាប់អារម្មណ៍របស់ពួកគាត់អំពីការរៀន និងការបង្រៀនតាមបែបស្ទែម។

ការវិភាគទិន្នន័យស្រាវជ្រាវ

ទិន្នន័យដែលទទួលបានតាមរយៈកម្រងសំណួរស្រាវជ្រាវនេះមានទិន្នន័យបែបបរិមាណវិស័យ (សំណួរពហុជ្រើសរើស ឬសំណួរបិទ) និងទិន្នន័យបែបគុណវិស័យ (សំណួរបើក) ដែលជាមតិយោបល់របស់អ្នកចូលរួម។ ចំពោះចម្លើយចេញពីសំណួរពហុជ្រើសរើស ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានគណនាជាភាគរយសម្រាប់យកទៅប្រើប្រាស់ក្នុងការវិភាគ ដើម្បីវាយតម្លៃពីសមត្ថភាព ឬចំណាប់អារម្មណ៍របស់អ្នកចូលរួមតាមកម្រិតនីមួយៗ។ ចំពោះចម្លើយសំណួរបើក ត្រូវបានចាប់ជាប្រភេទចម្លើយតាមខ្លឹមសារ (themes) រួចរាប់ចំនួនអ្នកចូលរួមដែលបានឆ្លើយតាមប្រភេទចម្លើយនីមួយៗ។

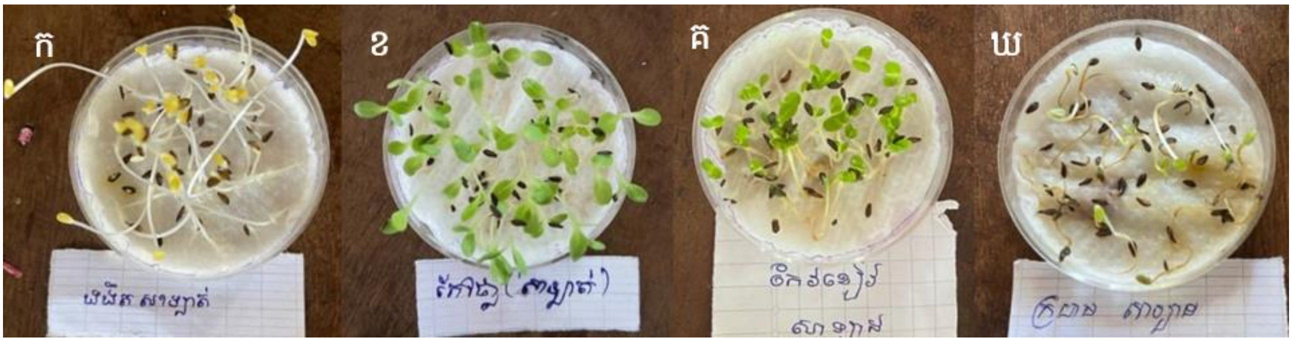
លទ្ធផលស្រាវជ្រាវ និងការពិភាក្សា

តាមរយៈការស្រាវជ្រាវនេះ ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានបង្ហាញពីវិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមបែបស្ទែមមានលក្ខណៈពេញលេញមួយដល់អ្នកចូលរួម។ ការបង្រៀនរបស់ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានបង្ហាញពីការបង្រៀនមុខវិជ្ជាជីវវិទ្យាបែបស្ទែមដល់កម្រិតទី៣ ដែលជាកម្រិតខ្ពស់បំផុតមួយដែលក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា ចង់បាន (MoEYS, 2022)។ ក្នុងការបង្រៀន ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានផ្សារភ្ជាប់ទ្រឹស្តីគោលទៅនឹងបាតុភូតធម្មជាតិ (ការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិដែលមានទំនាក់ទំនងជាមួយដំហានរលកពន្លឺ) ឬជីវភាពប្រចាំថ្ងៃ ដោយឱ្យអ្នកចូលរួមចេះពីរបៀបតភ្លើងអគ្គិសនីឱ្យបានត្រឹមត្រូវសម្រាប់កែច្នៃដាំរុក្ខជាតិ។ ក្រៅពីនេះ អ្នកចូលរួមបានចេះពីរបៀបពិនិត្យមើលពីដំហានរលកពន្លឺក្នុងពន្លឺព្រះអាទិត្យ ដោយប្រើស្ប៉ិចត្រូម៉ែត្រក្នុងមុខវិជ្ជារូបវិទ្យា និងការគណនាទិន្នន័យដោយប្រើគណិតវិទ្យាជាដើម។ ក្នុងការបង្រៀនមុខវិជ្ជាគោលជីវវិទ្យា (ការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិ) ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានរួមបញ្ចូលនូវមុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្រ (ជីវវិទ្យា) និងគណិតវិទ្យាក្នុងពេលបង្រៀនតែមួយ។ លើសពីនេះទៅទៀត អ្នកចូលរួមបានអនុវត្តផលិតឧបករណ៍ពិសោធដោយផ្ទាល់ដៃរបស់ពួកគាត់ និងធ្វើពិសោធន៍តាមក្រុមដោយខ្លួនឯងតែម្តង។ ការស្រាវជ្រាវនេះ ជាការសិក្សាស្រាវជ្រាវដំបូងស្តីពីការអនុវត្តការបង្រៀនតាមបែបស្ទែមនៅកម្រិតវិទ្យាល័យនៅកម្ពុជា ដោយក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា ទើបតែបានផ្សព្វផ្សាយសៀវភៅណែនាំស្តីពីការអប់រំស្ទែម សម្រាប់បំប៉នគ្រូមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិ នៅក្នុងខែសីហា ឆ្នាំ២០២២ (MoEYS, 2022)។

លទ្ធផលពិសោធន៍របស់អ្នកចូលរួមលើខ្លឹមសារមុខវិជ្ជាគោល

អ្នកចូលរួមបានធ្វើពិសោធន៍អំពី «ឥទ្ធិពលនៃពន្លឺលើការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិ»។ តាមរយៈលទ្ធផលនៃការពិសោធ អ្នកចូលរួមបានយល់ច្បាស់អំពីឥទ្ធិពលនៃពន្លឺលើការដុះពន្លករបស់គ្រាប់រុក្ខជាតិ និងការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិ។

គ្រាប់ស្ពៃក្រញាញ់ និងគ្រាប់សាលាដបានដុះពន្លកនៅក្នុងឧបករណ៍ទាំង ៤លក្ខខណ្ឌ (គ្មានពន្លឺ ពន្លឺព្រះអាទិត្យ ពន្លឺពណ៌ខៀវ និងពន្លឺពណ៌ក្រហម)។ លទ្ធផលនេះបានបញ្ជាក់ថា គ្រាប់រុក្ខជាតិមិនត្រូវការពន្លឺ ដើម្បីដុះពន្លកទេ។ ស្ថានភាពនៃការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិនៅក្នុងឧបករណ៍ពិសោធកំប៉ុងជ័រដែលបាញ់ថ្នាំពណ៌ខ្មៅ (គ្មានពន្លឺ) (រូបភាពទី៤ក) កូនស្ពៃក្រញាញ់ ឬកូនសាលាដលូតលាស់មិនសូវល្អមានស្លឹកតូចពណ៌ស និងដើមតូចពណ៌ស ហើយលូតវែងជាងកូនស្ពៃក្រញាញ់ ឬកូនសាលាដ ដែលស្ថិតនៅក្នុងលក្ខខណ្ឌពន្លឺ ៣ផ្សេងទៀត (រូបភាពទី៤)។ កូនស្ពៃក្រញាញ់ ឬកូនសាលាដស្ថិតក្រោមពន្លឺព្រះអាទិត្យមានស្លឹកធំជាងគេមានពណ៌បៃតង និងមានដើមធំ (រូបភាពទី៤ខ) ដែលនេះបញ្ជាក់ថារុក្ខជាតិត្រូវការពន្លឺព្រះអាទិត្យដើម្បីលូតលាស់ល្អ។ កូនស្ពៃក្រញាញ់ ឬកូនសាលាដក្រោមដំហានរលកពន្លឺពណ៌ខៀវ (រូបភាពទី៤គ) មានស្លឹកតូចជាងកូនស្ពៃក្រញាញ់ក្រោមពន្លឺព្រះអាទិត្យ ប៉ុន្តែធំជាងកូនស្ពៃក្រញាញ់នៅក្រោមពន្លឺពណ៌ក្រហម (រូបភាពទី៤ឃ) និងទីងងឹត។ លទ្ធផលពិសោធន៍របស់អ្នកចូលរួមនៅក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ ដូចគ្នាទៅនឹងការសិក្សាស្រាវជ្រាវរបស់ Folta (2004), Hui et al. (2017), Mam et al. (2020b), និង Spalding & Cosgrove (1989) ជាពិសេសពន្លឺពណ៌ខៀវបានបង្អាក់ការលូតប្រវែងរបស់កូនរុក្ខជាតិ ប៉ុន្តែកូនរុក្ខជាតិមានភាពរឹងមាំ។



រូបភាពទី៤៖ ស្ថានភាពនៃការលូតលាស់របស់កូនសាលាដ ១សប្តាហ៍ក្រោយពីដាក់បណ្តុះក្នុងឧបករណ៍ពិសោធ
សម្គាល់៖ ក. កំប៉ុងជ័រដែលបាញ់ថ្នាំពណ៌ខ្មៅ ខ. កំប៉ុងជ័រថ្លាដែលមិនបាញ់ថ្នាំពណ៌ខ្មៅ គ. ភ្លប់អិលអ៊ីឌីពន្លឺពណ៌ខៀវ និង ឃ. ភ្លប់អិលអ៊ីឌីពន្លឺពណ៌ក្រហម

ការបញ្ចូលខ្លឹមសារមុខវិជ្ជារូបវិទ្យា និងសមត្ថភាពយល់ដឹងរបស់អ្នកចូលរួម

ការបញ្ចូលខ្លឹមសាររូបវិទ្យា

ក្នុងការបង្រៀនបែបស្ទែមនេះ ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានបញ្ចូលនូវខ្លឹមសារមុខវិជ្ជារូបវិទ្យាជាច្រើន។ តារាងទី១ បង្ហាញទិន្នន័យតេស្តដើមគ្រាពាក់ព័ន្ធសម្ភារៈមួយចំនួនដែលប្រើប្រាស់ក្នុងមុខវិជ្ជារូបវិទ្យា។ ក្នុងចំណោមអ្នកចូលរួមដែលជាគរុនិស្សិត និងសិស្សទាំង ៤ក្រុម ភាគច្រើន (៨៧,៥០%) បានស្គាល់ថ្មពិល ប៉ុន្តែអ្នកចូលរួមដែលជាសិស្សនៅវិទ្យាល័យភាគច្រើន ពុំស្គាល់រូបភាពនៅក្នុងកម្រងសំណួរថាជាខ្សែភ្លើងឡើយ ដោយមានតែសិស្សវិទ្យាល័យជនបទចំនួន ៥៦,៨៦% ប៉ុណ្ណោះ បានស្គាល់ខ្សែភ្លើងពណ៌ក្រហម ហើយក្រៅពីនេះ គឺក្រោម ៥០% ដែលស្គាល់ខ្សែភ្លើងពណ៌ខ្មៅ ឬពណ៌ក្រហម។ ថ្មពិល និងខ្សែភ្លើងជាសម្ភារៈដែលត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ជាច្រើននៅក្នុងជីវភាពប្រចាំថ្ងៃ ប៉ុន្តែអ្នកចូលរួមមួយចំនួនដែលបានចូលរួមក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ មិនស្គាល់វត្ថុទាំងនោះទេ ដែលមូលហេតុអាចបណ្តាលមកពីពួកគាត់មិនធ្លាប់ប្រើប្រាស់ ឬមកពីរូបភាពមិនច្បាស់ល្អ ដោយសារកម្រងសំណួរបានបោះពុម្ពជាពណ៌សខ្មៅ។ តារាងទី១ ក៏បង្ហាញផងដែរថា អ្នកចូលរួមស្ទើរតែទាំងអស់មិនស្គាល់ជើងទម្រអិលអ៊ីឌី និងអិលអ៊ីឌីទេ លើកលែងតែគរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ ចំនួន ៤,៥៥% ធ្លាប់ស្គាល់អិលអ៊ីឌី។ គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ ទាំងអស់មិនស្គាល់រេស៊ីស្តរទេ ហើយសិស្សវិទ្យាល័យតិចតួចប៉ុណ្ណោះ ដែលស្គាល់រេស៊ីស្តរ។ ចំនួន

សិស្សវិទ្យាល័យដែលស្គាល់រេស៊ីស្តរ គឺ ៦,២៥% នៃសិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្ត ២,២៥% នៃសិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជន និង ៥,៨៨% នៃសិស្សវិទ្យាល័យជនបទ។

តារាងទី១៖ *ភាគរយអ្នកចូលរួមធ្លាប់ឃើញ និងស្គាល់សម្ភារៈសម្រាប់ប្រើប្រាស់ក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះតាមរយៈមើលរូបភាព*

រូបភាពសម្ភារៈ	% គរុនិស្សិត បរិញ្ញាបត្រ+២		% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីរួមខេត្ត		% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីប្រជុំជន		% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីជនបទ	
	ធ្លាប់ស្គាល់	មិនធ្លាប់ស្គាល់	ធ្លាប់ស្គាល់	មិនធ្លាប់ស្គាល់	ធ្លាប់ស្គាល់	មិនធ្លាប់ស្គាល់	ធ្លាប់ស្គាល់	មិនធ្លាប់ស្គាល់
ជើងទម្រអិលអ៊ីឌី	0,00	១០០	0,00	១០០	0,00	១០០	0,00	១០០
អិលអ៊ីឌី	៤,៥៥	៩៥,៤៥	0,00	១០០	0,00	១០០	0,00	១០០
រេស៊ីស្តរ	0,00	១០០	៦,២៥	៩៣,៧៥	២,៥០	៩៧,៥០	៥,៨៨	៩៤,១២
ខ្សែភ្លើងពណ៌ខ្មៅ	៥,៩៩	៤០,៩១	៦,២៥	៩៣,៧៥	១៥,០០	៨៥,០០	៣៩,២២	៦០,៧៨
ខ្សែភ្លើងពណ៌ក្រហម	៦៨៨	៣១,៨១	៤០,៦៨	៥៩,៣៨	២០,០០	៨០,០០	៥៦,៨៦	៤៣,១៤
ថ្មពិល	៩៥,៤៥	៤,៥៥	៨៧,៥០	១២,៥០	៩៥,០០	៥,០០	៨៨,២៤	១១,៧៦
កំប៉ុងជ័រ	៥៩,០៩	៤០,៩១	៤០,៦២	៥៩,៣៨	២៧,៥០	៧២,៥០	៣៣,៣៣	៦៦,៦៧

តារាងទី២៖ *ភាគរយអ្នកចូលរួមឆ្លើយបានត្រឹមត្រូវពីចំនួនថ្មពិល (១,៥V) និងរបៀបតម្លើងវា ដើម្បីឱ្យបានតង់ស្យុងសរុប ៦V*

បរិយាយ	% គរុនិស្សិត បរិញ្ញាបត្រ+២		% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីរួមខេត្ត		% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីប្រជុំជន		% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីជនបទ	
	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន
ថ្មពិលចំនួន ៤កូន	៥៤,៥៥	៦០,៨៧	១៨,៧៥	៣០,៣៣	៤៧,៥០	៨០,៧៧	១៣,៧៣	៣៨,៧១
គូររូបបង្ហាញពីរបៀបតម្លើងបានត្រឹមត្រូវ	៤,៥៥	0,00	0,00	0,00	0,00	៣,៨៥	0,00	១៩,៣៥
ខ្លឹមសារក្នុងមុខវិជ្ជារូបវិទ្យា	១០០	-	៩០,៦៣	-	៩២,៥០	-	៨៦,២៧	-

តារាងទី២ បង្ហាញពីសមត្ថភាពរបស់អ្នកចូលរួមក្នុងការយល់ដឹងពីរបៀបតម្លើងថ្មពិលដែលមានតង់ស្យុង ១,៥V ដើម្បីទទួលបានប្រភពចរន្តមួយដែលមានតង់ស្យុង ៦V។ ក្នុងករណីនេះ ដើម្បីទទួលបានប្រភពចរន្តមួយដែលមានតង់ស្យុង ៦V គេត្រូវការថ្មពិលដែលមានតង់ស្យុង ១,៥V ចំនួន ៤កូន ហើយត្រូវតម្លើងថ្មពិលនោះជាស៊េរី។ បង្គុំថ្មពិលជាស៊េរី ឬជាខ្នែងត្រូវបានដាក់បញ្ចូលនៅក្នុងកម្មវិធីសិក្សារូបវិទ្យានៅថ្នាក់ទី៧ ក្នុងសៀវភៅវិទ្យាសាស្ត្របោះពុម្ពដោយក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា ផ្នែករូបវិទ្យា។ ដូច Eng et al. (2009) បានបញ្ជាក់ «ដើម្បីឱ្យបានកម្លាំងធំជាង ១,៥V គេត្រូវផ្គុំថ្មពិល២ ឬ៣ ជាស៊េរីដោយភ្ជាប់គោលអវិជ្ជមាននៃថ្មពិលទី១ ទៅគោលវិជ្ជមាននៃថ្មពិលទី២ ហើយភ្ជាប់គោលអវិជ្ជមាននៃថ្មពិលទី២ ទៅនឹងគោល

វិជ្ជមាននៃថ្មពិលទី៣។ល។ ការផ្គុំរបៀបនេះ គេបានតង់ស្យុង ឬកម្លាំងអគ្គិសនីចលករនៃបង្គុំស្មើនឹងផលបូកតង់ស្យុងនៃថ្មពិលនីមួយៗ» (ទំព័រ ៥២)។ តារាងទី២ បានបង្ហាញឱ្យឃើញថាការយល់ដឹងពីបង្គុំថ្មពិលរបស់អ្នកចូលរួមនៅមានកម្រិតទាបនៅឡើយ ដោយគរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ ចំនួនត្រឹមតែ ៥៤,៥៥% និងសិស្សវិទ្យាល័យក្រោម ៥០% ដែលបានឆ្លើយថាត្រូវការថ្មពិលចំនួន ៤កូន (ចម្លើយត្រឹមត្រូវ) ហើយមានតែគរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ ចំនួនត្រឹមតែ ៤,៥៥% និងសិស្សចំនួន 0% ដែលបានគូររូបភាពពីរបៀបតម្លើងបានត្រឹមត្រូវមុនពេលបង្រៀន (កម្រងសំណួរដើមគ្រា)។ ប៉ុន្តែក្រោយការបង្រៀន អ្នកចូលរួមភាគច្រើន (គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ ចំនួន ៦០,៨៧% សិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជនចំនួន ៨០,៧៧% និងសិស្សវិទ្យាល័យជនបទចំនួន ៣៨,៧១%) បានយល់ច្បាស់អំពីបង្គុំថ្មពិល។ លទ្ធផលនេះ សបញ្ជាក់ឱ្យឃើញថាការបង្រៀនស្ទែមក្នុងមុខវិជ្ជាជីវវិទ្យាក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ អាចឱ្យអ្នកចូលរួមបានសិក្សាឡើងវិញអំពីខ្លឹមសាររូបវិទ្យាផងដែរ។

តារាងទី៣ បង្ហាញពីសមត្ថភាពយល់ដឹងរបស់អ្នកចូលរួមអំពីសៀគ្វីអគ្គិសនី ដែលខ្លឹមសារនេះ ក៏ត្រូវដាក់បញ្ចូលក្នុងកម្មវិធីសិក្សារូបវិទ្យានៅថ្នាក់ទី៧ របស់ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា សម្រាប់សិស្សកម្ពុជាផងដែរ។ ដូច Eng et al. (2009) បានបញ្ជាក់ «គេចែកសៀគ្វីអគ្គិសនីជាពីរគឺ សៀគ្វីតជាស៊េរី និងសៀគ្វីតជាខ្នែង» (ទំព័រ ៦៧)។ ការយល់ដឹងរបស់អ្នកចូលរួមអំពីសៀគ្វីអគ្គិសនីនៅមុនពេលបង្រៀន ក៏នៅមានកម្រិតទាបនៅឡើយ ដោយសិស្សវិទ្យាល័យក្នុងទីរួមខេត្ត ចំនួន ១២,៥០% គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ ចំនួន ៩,០៩% សិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជន ចំនួន ២,៥០% និងសិស្សវិទ្យាល័យជនបទ ចំនួន 0% បានឆ្លើយថាតសៀគ្វីអគ្គិសនីជាខ្នែង (ជាចម្លើយត្រឹមត្រូវ)។ ប៉ុន្តែលទ្ធផលនៃកម្រងសំណួរចុងគ្រានៅក្រោយការបង្រៀនបានបង្ហាញថា ការយល់ដឹងរបស់អ្នកចូលរួមលើសៀគ្វីអគ្គិសនីមានការកើនឡើង ចន្លោះពីប្រមាណ ៤០% (សម្រាប់សិស្សវិទ្យាល័យជនបទ) ទៅ ៧៤% (សម្រាប់សិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្ត)។ ចំណែកការគូររូបបង្ហាញពីការតអំពូលជាខ្នែង អ្នកចូលរួមនៅតែមិនមានភាពរីកចម្រើនបន្ទាប់ពីការបង្រៀន។ លទ្ធផលនេះអាចបញ្ជាក់បានថាអ្នកចូលរួមមិនមានភាពប៉ិនប្រសព្វក្នុងការគូររូបឡើយ។

តារាងទី៣៖ *ភាគរយអ្នកចូលរួមឆ្លើយបានត្រឹមត្រូវពីរបៀបតអំពូលចំនួន៥ ដើម្បីឱ្យអំពូលនីមួយៗមានពន្លឺស្មើៗគ្នាដោយប្រើប្រភពតែមួយ*

បរិយាយ	**% គរុនិស្សិត បរិញ្ញាបត្រ+២**		**% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីរួមខេត្ត**		**% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីប្រជុំជន**		**% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីជនបទ**	
	មុន បង្រៀន	ក្រោយ បង្រៀន	មុន បង្រៀន	ក្រោយ បង្រៀន	មុន បង្រៀន	ក្រោយ បង្រៀន	មុន បង្រៀន	ក្រោយ បង្រៀន
តសៀគ្វីជាខ្នែង	៩,០៩	៥២,១៧	១២,៥០	៨៦,៦៧	២,៥០	៧៦,៩២	0,00	៤១,៩៤
គូររូបបង្ហាញពីរបៀបតបានត្រឹមត្រូវ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ខ្លឹមសារក្នុងមុខវិជ្ជារូបវិទ្យា	៩០,៩១	-	៩០,៦៣	-	៧២,៥០	-	៨៨,២៤	-

តារាងទី៤ បង្ហាញពីសមត្ថភាពយល់ដឹងរបស់អ្នកចូលរួមអំពីរេស៊ីស្តរ ដែលមានរេស៊ីស្តង់ផ្សេងៗគ្នា។ ការសិក្សារបស់ Eng et al.(2009, ទំព័រ ៦០) បានបង្ហាញថា «ច្បាប់អូម៖ អាំងតង់ស៊ីតេចរន្តឆ្លងកាត់អង្គធាតុចម្លងមួយសមាមាត្រនឹងតង់ស្យុងរវាងចុងសងខាងនៃអង្គធាតុចម្លងនោះ ហើយច្រាសសមាមាត្រនឹងរេស៊ីស្តង់របស់វា»។ ច្បាប់អូម បានចែងថារេស៊ីស្តរដែលមានរេស៊ីស្តង់តូចជាងគេ នោះអាំងតង់ស៊ីតេចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់រេស៊ីស្តង់នោះបានខ្លាំងជាងគេ ដែលនាំឱ្យអំពូលភ្លឺខ្លាំង

ជាងគេដែរ។ ទិន្នន័យពីកម្រងសំណួរដើមគ្រាបានបង្ហាញថា មានអ្នកចូលរួមចំនួនតិចតួចប៉ុណ្ណោះ ដែលបានយល់ដឹងពីខ្លឹមសារនេះ ដោយមានអ្នកចូលរួមចន្លោះពី ១៣,៦៤% ទៅ ២៥% ប៉ុណ្ណោះ ដែលបានឆ្លើយត្រឹមត្រូវមុនពេលបង្រៀន ប៉ុន្តែក្រោយពេលពួកគាត់បានអនុវត្តប្រើរេស៊ីស្តដោយផ្ទាល់ក្នុងពេលបង្រៀន ពួកគាត់បានយល់ដឹងច្រើន ចន្លោះពី ៩០,៦៧% ទៅ ៩៦,១៥% (ទិន្នន័យតេស្តចុងគ្រា)។ លទ្ធផលនេះបញ្ជាក់ថាការសិក្សាដោយមានការអនុវត្តផ្ទាល់ធ្វើឱ្យសិស្សយល់ច្បាស់ និងអាចចងចាំបានល្អ។

តារាងទី៤៖ *ភាគរយអ្នកចូលរួមឆ្លើយនឹងសំណួរអំពីការប្រើរេស៊ីស្តដែលអាចឱ្យអំពូលភ្លឺខ្លាំងជាងគេបំផុតពីប្រកពដូចគ្នា*

បរិយាយ	**% គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២**		**% សិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្ត**		**% សិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជន**		**% សិស្សវិទ្យាល័យទីជនបទ**	
	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន
រេស៊ីស្តរ R តូចជាងគេ	១៣,៦៤	៩៥,៦៥	២៥,០០	៩០,៦៧	២០,០០	៩៦,១៥	១៣,៧៣	៩៣,៥៥
រេស៊ីស្តរ R ធំជាងគេ	២២,៧៣	០,០០	៣១,២៥	៣,៣៣	២៧,៥០	០,០០	៦២,៧៥	៣,២៣
គ្មានចម្លើយ	៦៣,៦៤	៤,៣៥	៤៦,៨៨	៦,០០	៥២,៥០	៣,៨៥	១៧,៦៥	៣,២៣
ខ្លឹមសារក្នុងមុខវិជ្ជារូបវិទ្យា	៨៦,៣៦	-	៤៦,៨៨	-	៧២,៥០	-	៩២,១៦	-

សម្គាល់៖ កម្រងសំណួរតេស្តដើមគ្រា R = ១៥Ω, R = ១៥០Ω, R = ២២០Ω កម្រងសំណួរតេស្តចុងគ្រា R = ១០Ω, R = ១០០Ω, R = ២០០Ω, R = ៣០០Ω

តារាងទី៥ បង្ហាញពីសមត្ថភាពយល់ដឹងរបស់អ្នកចូលរួមអំពីជំហានរលកពន្លឺ។ អ្នកចូលរួមទាំងអស់ពុំបានយល់ដឹងពីជំហានរលកពន្លឺចម្បងៗទាំង៣ នៅក្នុងកាំរស្មីពន្លឺព្រះអាទិត្យទេ ប៉ុន្តែក្រោយពីការបង្រៀន ការយល់របស់សិស្សនៅវិទ្យាល័យទីប្រជុំជនបានយល់ដឹងចំនួន ១០០% ចំណែកគរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ និងសិស្សនៅវិទ្យាល័យពីរផ្សេងទៀតមានការប្រែប្រួលការយល់ដឹងបានខ្លះ ចន្លោះពី ១៦% (សម្រាប់សិស្សវិទ្យាល័យជនបទ) ដល់ជិត ៤០% (សម្រាប់គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២)។ ក្នុងការពិសោធ អ្នកចូលរួមក៏បានប្រើស្ប៉ិចត្រូម៉ែត្រ ដើម្បីពិនិត្យមើលពណ៌ជំហានរលកពន្លឺចម្បងទាំងបី (ខៀវ បៃតង និងក្រហម) ដែរ ប៉ុន្តែពួកគេភាគច្រើនបានឆ្លើយផ្សេងពីនេះ (ចម្លើយមិនត្រឹមត្រូវ) ដោយសារពួកគេបានជ្រើសរើសយកនូវពណ៌បន្ទាប់បន្សំ ដែលខុសពីពណ៌ចម្បងទាំងបី។ ការបង្រៀនពិសោធន៍ក្នុងថ្នាក់ជីវវិទ្យាក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះបង្ហាញថា អ្នកចូលរួមត្រូវចេះនូវខ្លឹមសារមុខវិជ្ជារូបវិទ្យាឱ្យបានច្បាស់លាស់ផងដែរ ទើបអាចផលិតឧបករណ៍ពិសោធសម្រាប់យកទៅប្រើប្រាស់ក្នុងពិសោធន៍ជីវវិទ្យាបាន។ លទ្ធផលនេះ បន្ថែមទៅលើការរកឃើញរបស់ Mam et al. (2020b) ដែលបានបញ្ជាក់ថា ពន្លឺព្រះអាទិត្យមានជំហានរលកពន្លឺចម្បងៗចំនួន ៣ពណ៌ គឺជំហានរលកពន្លឺពណ៌ខៀវ ជំហានរលកពន្លឺពណ៌បៃតង និងជំហានរលកពន្លឺពណ៌ក្រហម។

តារាងទី៥៖ ភាគរយអ្នកចូលរួមឆ្លើយអំពីពណ៌ចម្បងៗក្នុងជំហានរលកពន្លឺកាំរស្មីព្រះអាទិត្យ

ពណ៌ជំហានរលកពន្លឺក្នុងកាំរស្មីព្រះអាទិត្យ	% គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២		% សិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្ត		% សិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជន		% សិស្សវិទ្យាល័យទីជនបទ	
	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន
ខៀវ បៃតង ក្រហម	0,00	៣៩,១៣	0,00	៣៣,០០	0,00	១០០,០០	0,00	១៦,០០
ខៀវ	0,00	0,00	0,00	0,00	៥,០០	0,00	0,00	0,00
បៃតង	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ក្រហម	0,00	0,00	៩,៣៨	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ចម្លើយផ្សេងពីពណ៌ទាំង៣ ខាងលើ	៨៦,៣៦	៦០,៨៧	៣៧,៥០	៦០,៨៧	៦០,០០	0,00	៨០,០០	៨៤,០០
គ្មានចម្លើយ	១៣,៦៤	0,00	៥៣,១២	៦,១៣	៣៥,០០	0,00	១៩,៦១	0,00

ការបញ្ចូលខ្លឹមសារមុខវិជ្ជាផ្សេងៗ

ការបញ្ចូលខ្លឹមសារគីមីវិទ្យា និងផែនដីនិងបរិស្ថានវិទ្យា

ក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ ការបញ្ចូលនូវខ្លឹមសារមុខវិជ្ជាគីមីវិទ្យា និងផែនដីនិងបរិស្ថានវិទ្យាមិនសូវធ្វើបានស៊ីជម្រៅទេ។ ប៉ុន្តែការជ្រើសរើសទឹក ដី និងក្រដាស សម្រាប់រក្សាទឹកបណ្តុះគ្រាប់រុក្ខជាតិ ដែលត្រូវមានលក្ខណៈដូចគ្នា និងមានបរិមាណស្មើគ្នា ជាការគិតអំពីខ្លឹមសារដែលបានសិក្សាក្នុងមុខវិជ្ជាគីមីវិទ្យា និងផែនដីនិងបរិស្ថានវិទ្យា។

ការប្រើប្រាស់បច្ចេកវិទ្យា

ក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានឱ្យអ្នកចូលរួមប្រើស្បិចត្រូម៉ែត្រ ដែលជាឧបករណ៍បច្ចេកវិទ្យាមួយប្រភេទ ដើម្បីពិនិត្យមើលពីជំហានរលកពន្លឺពណ៌ផ្សេងៗ ក្នុងកាំរស្មីព្រះអាទិត្យ និងពន្លឺអិលអ៊ីឌី ក្នុងឧបករណ៍ពិសោធរបស់ពួកគេ។ ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានវាស់ពីប្រវែងកូនរុក្ខជាតិក្នុងពិសោធន៍នីមួយៗ ហើយសង់ក្រាហ្វអំពីប្រវែងកូនរុក្ខជាតិទាំងនោះ តាមលក្ខខណ្ឌពិសោធនីមួយៗ ប៉ុន្តែក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានឱ្យអ្នកចូលរួមសង់ក្រាហ្វលើក្រដាសសៀវភៅរបស់ពួកគេ ដើម្បីឱ្យពួកគេមានមូលដ្ឋានគ្រឹះកាន់តែរឹងមាំអំពីរបៀបសង់ក្រាហ្វ។ ការស្រាវជ្រាវនេះបានរកឃើញថា លទ្ធភាពសង់ក្រាហ្វដែលល្អ គឺតម្រូវឱ្យអ្នកចូលរួមប្រើប្រាស់កុំព្យូទ័រ ដែលជាបច្ចេកវិទ្យាទំនើប ដើម្បីសង់ក្រាហ្វឱ្យមានស្តង់ដា។

វិស្វកម្ម

Barak (2013) បានកំណត់អត្ថន័យវិស្វកម្មថា ជាការប្រើប្រាស់ចំណេះដឹងវិទ្យាសាស្ត្រ និងគណិតវិទ្យាក្នុងការកែច្នៃធនធានធម្មជាតិសម្រាប់ផលិតឧបករណ៍ ដែលជាតម្រូវការនៃការប្រើប្រាស់នៅក្នុងជីវភាពរស់នៅប្រចាំថ្ងៃរបស់មនុស្ស។ ក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានបង្រៀនអ្នកចូលរួមឱ្យចេះផលិតឧបករណ៍ពិសោធ ដោយប្រើប្រាស់ចំណេះដឹងផ្នែករូបវិទ្យា និងគណិតវិទ្យា។

ការបញ្ចូលខ្លឹមសារគណិតវិទ្យា

ការសិក្សាពីរង្វង់ និងរបៀបគូររង្វង់ដោយប្រើដែកឈានត្រូវបានសិក្សាចាប់ពីថ្នាក់ទី៤ នៅកម្ពុជា សម្រាប់ជាមូលដ្ឋានធរណីមាត្រ (Prum et al., 2016)។ ក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ អ្នកចូលរួមតម្រូវឱ្យប្រើដែកឈានក្នុងការដៅចំណុចលើគម្របកំប៉ុងជ័រ ដើម្បីចោះរន្ធដាក់ជើងទម្រអិលអ៊ីឌី (រូបភាពទី២)។ តារាងទី៦ បង្ហាញពីសមត្ថភាពរបស់អ្នកចូលរួមអំពីរបៀបប្រើប្រាស់ដែកឈានក្នុងការដៅចំណុចលើខ្សែរង្វង់។ តាមរយៈការសង្កេតរបស់អ្នកស្រាវជ្រាវ អ្នកចូលរួមស្ទើរតែទាំងអស់មិនចេះប្រើដែកឈាន ដើម្បីដៅចំណុចលើខ្សែរង្វង់ទេ ដោយក្នុងនោះទោះបីមានអ្នកចូលរួមចំនួនពី ៩០,៩១% ទៅ ១០០% អាចដៅចំណុចបានត្រឹមត្រូវ ប៉ុន្តែពួកគាត់មិនបានប្រើដែកឈានទេ គឺប្រើបន្ទាត់កែង។ ទោះបីក្រោយការបង្រៀនហើយក៏ដោយ ក៏អ្នកចូលរួមមួយចំនួននៅតែធ្វើស្វ័យវាយតម្លៃថាមិនអាចគូសត្រឹមត្រូវបាន ១០០% ឡើយ ដោយមានតែអ្នកចូលរួមចំនួនពី ៦៥,២២% ទៅ ៧៦,៩២% ប៉ុណ្ណោះ ដែលជឿជាក់ថាអាចប្រើដែកឈាន ដើម្បីដៅចំណុចបានត្រឹមត្រូវ ១០០%។ លទ្ធផលនេះបញ្ជាក់ថា សមត្ថភាពរបស់អ្នកចូលរួមក្នុងការប្រើប្រាស់ដែកឈាន ដើម្បីដៅចំណុចលើខ្សែរង្វង់នៅមានកម្រិតទាបនៅឡើយ។

តារាងទី៦៖ *ភាគរយអ្នកចូលរួមឆ្លើយពីរបៀបកំណត់ទីតាំងអំពូលចំនួន៥ លើគម្របកំប៉ុងជ័ររាងមូល ដោយដាក់អំពូល១ នៅចំកណ្ដាល និងអំពូល៤ នៅជុំវិញឱ្យមានចម្ងាយស្មើគ្នា ដោយប្រើដែកឈាន និងបន្ទាត់ត្រង់*

បរិយាយ	**% គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២**		**% សិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្ត**		**% សិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជន**		**% សិស្សវិទ្យាល័យទីជនបទ**	
	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន
គូរបានត្រឹមត្រូវល្អ អនុវត្តតាមក្បួនខ្នាត*	៤,៥៥	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
គូរបានត្រឹមត្រូវតែមិនអនុវត្តតាមក្បួនខ្នាត	៩០,៩១	-	១០០	-	៩៥,០០	-	១០០	-
ធ្វើបាន ១០០%**	-	៦៥,២២	-	៧៥,០០	-	៧៦,៩២	-	៦៧,៧៤
ធ្វើបាន ៨០%	-	៣៤,៧៨	-	៣៣,៣៣	-	១១,៥៤	-	២៩,០៣
ធ្វើបាន ៥០%	-	0,00	-	១៦,៦៧	-	១១,៥៤	-	៣,៣៣
ធ្វើបាន ៣០%	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00
ធ្វើមិនបាន	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00

សម្គាល់៖ *សម្រាប់កម្រងសំណួរមុនបង្រៀន ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវឱ្យអ្នកចូលរួមគូររូប។ **តម្លៃភាគរយនេះជាការកំណត់របស់ក្រុមស្រាវជ្រាវសម្រាប់អ្នកចូលរួមជ្រើសរើសក្នុងកម្រងសំណួរក្រោយបង្រៀន។

ការបញ្ចូលខ្លឹមសារមុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្រផ្សេងៗក្នុងការពិសោធជីវវិទ្យា

ដើម្បីធ្វើពិសោធន៍ជីវវិទ្យាក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ អ្នកចូលរួមត្រូវមានមូលដ្ឋានគ្រឹះចំណេះដឹងទាក់ទងនឹងរូបវិទ្យា គីមីវិទ្យា និងផែនដីនិងបរិស្ថានវិទ្យា។ ក្នុងពិសោធន៍នេះ គ្រប់លក្ខខណ្ឌទាំងអស់ត្រូវតែដូចគ្នាសម្រាប់ការបណ្ដុះគ្រាប់ស្ពៃក្រញាញ់ ឬគ្រាប់សាលាដក្នុងកូនចានជ័រ ដែលលក្ខខណ្ឌមួយចំនួន រួមមានប្រភេទក្រដាសជក់ទឹក ប្រភេទទឹក និងដីខ្សាច់ដាក់ក្នុងឧបករណ៍ពិសោធ ដូចបានរៀបរាប់ក្នុងដំណើរពិសោធន៍។ លក្ខខណ្ឌពិសោធន៍នៃការបង្រៀនពិសោធន៍ក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ

គីកត្តាពន្លឺ។ តារាងទី៧ បង្ហាញពីសមត្ថភាពយល់ដឹងរបស់អ្នកចូលរួមអំពីឥទ្ធិពលនៃពន្លឺលើការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិ។ ទិន្នន័យតេស្តដើមគ្រាមុនបង្រៀនពិសោធន៍បង្ហាញថា អ្នកចូលរួមស្ទើរតែទាំងអស់មិនអាចផ្តល់ចម្លើយឡើយ គឺមានតែគរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ ចំនួន ៤,៥៥% ប៉ុណ្ណោះ ដែលបានឆ្លើយថា ជំហានរលកពន្លឺពណ៌ក្រហមធ្វើឱ្យរុក្ខជាតិលូតលាស់ល្អ និងចំនួន ៤,៥៥% ផ្សេងទៀត ផ្តល់ចម្លើយក្រៅពីជំហានរលកពន្លឺពណ៌ខៀវ បៃតង ឬក្រហម។ ប៉ុន្តែក្រោយពីបានអនុវត្តធ្វើពិសោធន៍រួចមក តាមរយៈទិន្នន័យតេស្តចុងគ្រា ការយល់ដឹងរបស់អ្នកចូលរួមបានប្រសើរឡើង ដោយអ្នកចូលរួមគ្រប់គ្នាសុទ្ធតែបានផ្តល់ចម្លើយ ដែលចម្លើយទាំងនោះសុទ្ធតែបានឆ្លុះបញ្ចាំងពីលទ្ធផលពិសោធន៍របស់ពួកគេ។

តារាងទី៧៖ *ភាគរយអ្នកចូលរួមឆ្លើយអំពីជំហានរលកពន្លឺដែលរុក្ខជាតិត្រូវការដើម្បីលូតលាស់ល្អ*

បរិយាយ	% គរុនិស្សិត បរិញ្ញាបត្រ+២		% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីរួមខេត្ត		% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីប្រជុំជន		% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីជនបទ	
	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន	មុនបង្រៀន	ក្រោយបង្រៀន
ពន្លឺពណ៌ខៀវ	0,00	0,00	0,00	៨០,០០	0,00	៩៦,០០	0,00	៦,០០
ពន្លឺពណ៌បៃតង	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ពន្លឺពណ៌ក្រហម	៤,៥៥	៦៥,៥២	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ចម្លើយផ្សេងពីខាងលើ*	៤,៥៥	៤៣,៤៨	0,00	២០,០០	0,00	៤,០០	0,00	៩៤,០០
គ្មានចម្លើយ	៩០,៩១	0,00	១០០	0,00	១០០	0,00	១០០	0,00

*ចម្លើយផ្សេងពីខាងលើ មានន័យថាអ្នកចូលរួមបានឆ្លើយថាជាពន្លឺព្រះអាទិត្យ ពន្លឺពណ៌ក្រហម ឬពន្លឺពណ៌ខៀវ ប៉ុន្តែថែមពន្លឺពណ៌ផ្សេងទៀត ដែលមិនមែនជាចម្លើយត្រឹមត្រូវ។

ចំណាប់អារម្មណ៍របស់អ្នកចូលរួមលើការអប់រំបែបស្ទែម

អ្នកចូលរួមបានធ្វើការវាយតម្លៃដោយខ្លួនឯងថា ពួកគាត់បានយល់ពីឥទ្ធិពលនៃពន្លឺលើការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិតាមរយៈការបង្រៀនតាមបែបស្ទែម។ តារាងទី៨ បង្ហាញថាគរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ និងសិស្សនៅវិទ្យាល័យទីប្រជុំជនបានយល់ច្បាស់ជាងសិស្សវិទ្យាល័យផ្សេងទៀត ដោយលទ្ធផលបង្ហាញថាគរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ ចំនួន ១៣,០៤% ឆ្លើយថាបានយល់ច្បាស់ណាស់ ចំនួន ៥២,១៧% យល់ច្បាស់ និងចំនួន ៣៤,៧៨% យល់បានខ្លះ។ ចំពោះសិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជន អ្នកឆ្លើយថាបានយល់ច្បាស់ណាស់ មានចំនួន ២៣,០៨% យល់ច្បាស់ ចំនួន ៤៦,១៥% និងយល់បានខ្លះ ចំនួន ៣០,៧៧%។ អ្នកចូលរួមស្ទើរតែទាំងអស់បានយល់ច្បាស់ពីឥទ្ធិពលពន្លឺលើការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិ លើកលែងតែចំនួន ១៣% នៃសិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្តដែលមិនសូវយល់។ លទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវនេះ មានភាពដូចគ្នានឹងការរកឃើញរបស់ Mam et al. (2020a) ដែលបង្ហាញថាការប្រើប្រាស់ឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី ដើម្បីសិក្សាពីឥទ្ធិពលនៃពន្លឺពណ៌ផ្សេងៗលើការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិ ធ្វើឱ្យគរុនិស្សិតយល់ពីខ្លឹមសារមេរៀន។

តារាងទី៨៖ *ភាគរយអ្នកចូលរួមដែលយល់ពីឥទ្ធិពលនៃពន្លឺទៅលើការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិ*

អ្នកចូលរួម	អ្នកចូលរួមយល់តាមកម្រិតនីមួយៗ (%)				
	មិនយល់សោះ	មិនសូវយល់	យល់បានខ្លះ	យល់ច្បាស់	យល់ច្បាស់ណាស់
គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២	0,00	0,00	៣៤,៧៨	៥២,១៧	១៣,0៤
សិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្ត	0,00	១៣,00	៤៦,00	៤0,00	0,00
សិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជន	0,00	0,00	៣0,៧៧	៤៦,១៥	២៣,0៨
សិស្សវិទ្យាល័យទីជនបទ	0,00	0,00	៥៨,0៦	៤១,៩៤	0,00

អ្នកចូលរួមភាគច្រើនលើសលប់បង្ហាញថាពួកគាត់ពេញចិត្ត និងពេញចិត្តខ្លាំងណាស់ លើការបង្រៀនផលិតឧបករណ៍ពិសោធដោយក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវ។ មានតែសិស្សនៅវិទ្យាល័យទីជនបទ ចំនួន ៣,២៣% តែប៉ុណ្ណោះ ដែលបានសម្តែងថាពួកគេពេញចិត្តខ្លះ (តារាងទី៩)។ អ្នកចូលរួមភាគច្រើនពេញចិត្តនឹងការរៀនផលិតសម្ភារៈពិសោធន៍ ដែលលទ្ធផលនេះមានន័យថាពួកគាត់មានការចាប់អារម្មណ៍លើការអប់រំស្ទែម។ ចំណាប់អារម្មណ៍របស់អ្នកចូលរួមលើការរៀននិងបង្រៀន តាមបែបស្ទែមនឹងមានការកើនឡើង ប្រសិនបើពួកគាត់បានអនុវត្តដោយខ្លួនឯងញឹកញាប់។ ទិន្នន័យតេស្តចុងក្រោ ក្នុងតារាងទី១០ ក៏បានបញ្ជាក់បន្ថែមថាអ្នកចូលរួមពិតជាចង់រៀនផលិតឧបករណ៍ពិសោធផ្សេងៗទៀតដែរ ដោយគរុនិស្សិតចំនួន ៩៥,៩៥% សិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្ត ចំនួន ៨៦,៦៦% សិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជន ចំនួន ៩៦,១៥% និងសិស្សវិទ្យាល័យទីជនបទ ចំនួន ៩0% បានឆ្លើយថាចង់ខ្លាំង និងចង់ខ្លាំងណាស់ ក្នុងការរៀនផលិតឧបករណ៍ពិសោធសម្រាប់ការសិក្សារបស់ពួកគេ។

តារាងទី៩៖ *ភាគរយអ្នកចូលរួមពេញចិត្តនឹងការបង្រៀនផលិតឧបករណ៍ពិសោធដោយក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវ*

អ្នកចូលរួម	ការពេញចិត្តតាមកម្រិតនីមួយៗ (%)				
	មិនពេញចិត្តទាល់តែសោះ	មិនពេញចិត្ត	ពេញចិត្តខ្លះ	ពេញចិត្ត	ពេញចិត្តណាស់
គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២	0,00	0,00	0,00	៥៦,៥២	៤៣,៤៨
សិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្ត	0,00	0,00	0,00	៦៦,៦៧	៣៣,៣៣
សិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជន	0,00	0,00	0,00	៣0,៧៧	៦៩,២៣
សិស្សវិទ្យាល័យទីជនបទ	0,00	0,00	៣,២៣	៣៨,៧១	៥៨,0៦

តារាងទី១០៖ *ភាគរយអ្នកចូលរួមចង់រៀនផលិតឧបករណ៍ពិសោធផ្សេងៗទៀតសម្រាប់ធ្វើពិសោធន៍*

អ្នកចូលរួម	ការចង់រៀនតាមកម្រិតនីមួយៗ (%)				
	មិនចង់ទាល់តែសោះ	មិនចង់	ចង់ខ្លះ	ចង់ខ្លាំង	ចង់ខ្លាំងណាស់
គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២	0,00	0,00	៤,៣៥	៤៣,៧៨	៥២,១៧
សិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្ត	0,00	0,00	១៣,៣៣	៧៣,៣៣	១៣,៣៣

សិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជន	0,00	0,00	៣,៨៥	៤៦,១៥	៥០,០០
សិស្សវិទ្យាល័យទីជនបទ	0,00	0,00	១០,00	៤៣,៣៣	៤៦,៦៧

តារាងទី១១ បង្ហាញពីទិន្នន័យតេស្តចុងគ្រារបស់អ្នកចូលរួមដែលពេញចិត្តនឹងការបង្រៀនបែបពិសោធន៍របស់ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវដែលបានបង្រៀនពួកគាត់។ ក្នុងនោះអ្នកចូលរួមទាំងអស់បានបង្ហាញថាពួកគាត់ពេញចិត្ត ឬពេញចិត្តខ្លាំងណាស់ ចំពោះការបង្រៀនតាមបែបពិសោធន៍ ដោយចំនួនអ្នកដែលពេញចិត្តមានចន្លោះពី ៣៨,៧១% (សម្រាប់សិស្សវិទ្យាល័យនៅទីជនបទ) ដល់ ៤៧,៨៣% (សម្រាប់គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២) និងចំនួនអ្នកដែលបានឆ្លើយថាពេញចិត្តខ្លាំងណាស់មានលើសពី ៥០% សម្រាប់គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ និងសិស្សវិទ្យាល័យ។ មានតែសិស្សវិទ្យាល័យជនបទចំនួន ៦,៤៥% តែប៉ុណ្ណោះ ដែលបានបង្ហាញថាពួកគាត់ពេញចិត្តក្នុងកម្រិត «ពេញចិត្តខ្លះ»។

តារាងទី១១៖ *ភាគរយអ្នកចូលរួមពេញចិត្តនឹងការបង្រៀនពិសោធន៍ដែលក្រុមស្រាវជ្រាវបង្រៀន*

អ្នកចូលរួម	**អ្នកចូលរួមពេញចិត្តតាមកម្រិតនីមួយៗ (%)**				
	មិនពេញចិត្តទាល់តែសោះ	មិនពេញចិត្ត	ពេញចិត្តខ្លះ	ពេញចិត្ត	ពេញចិត្តខ្លាំងណាស់
គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២	0,00	0,00	0,00	៤៧,៨៣	៥២,១៧
សិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្ត	0,00	0,00	0,00	៤៦,៦៧	៥៣,៣៣
សិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជន	0,00	0,00	0,00	៤២,៣១	៥៧,៦៩
សិស្សវិទ្យាល័យទីជនបទ	0,00	0,00	៦,៤៥	៣៨,៧១	៥៤,៨៤

តារាងទី១២ បង្ហាញថាគរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ ចំនួន ១៩,០៥% ចង់រៀនពិសោធន៍ផ្សេងៗទៀតនៅក្នុងមុខវិជ្ជាជីវវិទ្យា ក្នុងកម្រិតខ្លាំង និងចំនួន ៨០,៩៥% ចង់រៀនក្នុងកម្រិតខ្លាំងណាស់។ គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ នឹងក្លាយទៅជាគ្រូបង្រៀននៅមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិបន្ទាប់ពីបញ្ចប់ការសិក្សានៅវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ។ ដូចនេះ លទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវផ្តល់ក្តីសង្ឃឹមថា គរុនិស្សិតទាំងនេះអាចនឹងក្លាយជាគ្រូបង្រៀនស្ទែមដ៏ល្អនាពេលអនាគត ដោយសារពួកគាត់ចូលចិត្តរៀនពិសោធន៍។ សិស្សនៅវិទ្យាល័យ ក៏បានបង្ហាញថាពួកគាត់ចង់រៀនពិសោធន៍ខ្លាំង ឬខ្លាំងណាស់ ដោយមានតែសិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្តចំនួន ៦,៦៧% សិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជនចំនួន ១៥,៣៨% និងសិស្សវិទ្យាល័យទីជនបទចំនួន ៩,៦៨% តែប៉ុណ្ណោះ ដែលបានឆ្លើយថាពួកគាត់ចង់រៀន ក្នុងកម្រិត «ចង់ខ្លះ»។ ការស្រាវជ្រាវនេះបង្ហាញពីសញ្ញាណដ៏ល្អក្នុងការពង្រីកការអប់រំស្ទែមនៅកម្រិតមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិ។ លទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវនេះ ដូចគ្នានឹងលទ្ធផលស្រាវជ្រាវរបស់ Mam et al. (2020a) ដែលរកឃើញថាគរុនិស្សិតនៅវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ ក្នុងប្រទេសកម្ពុជា ចាប់អារម្មណ៍នឹងការរៀនពិសោធន៍។

តារាងទី១២៖ *ភាគរយអ្នកចូលរួមចង់រៀនពិសោធន៍ផ្សេងៗទៀតនៅក្នុងមុខវិជ្ជាជីវវិទ្យា*

អ្នកចូលរួម	**អ្នកចូលរួមចង់តាមកម្រិតនីមួយៗ (%)**				
	មិនចង់ទាល់តែសោះ	មិនចង់	ចង់ខ្លះ	ចង់ខ្លាំង	ចង់ខ្លាំងណាស់
គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២	0,00	0,00	0,00	១៩,០៥	៨០,៩៥

សិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្ត	0,00	0,00	៦,៦៧	៦៦,៦៧	២៦,៦៧
សិស្សវិទ្យាល័យទីប្រជុំជន	0,00	0,00	១៥,៣៨	៤៦,១៥	៣៨,៤៦
សិស្សវិទ្យាល័យទីជនបទ	0,00	0,00	៩,៦៨	៤៥,១៦	៤៥,១៦

តារាងទី១៣ បង្ហាញថា ថ្វីបើគរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ ទាំងអស់ (១០០%) ធ្លាប់ឮអំពីស្ទែម ប៉ុន្តែមានតែចំនួន ៤៥,៤៥% ប៉ុណ្ណោះ ដែលអាចពន្យល់អត្ថន័យនៃពាក្យស្ទែមបានត្រឹមត្រូវ។ ចំណែកសិស្សនៅវិទ្យាល័យមានចំនួនតិចតួច ដែលធ្លាប់ឮពាក្យស្ទែម ហើយក្នុងចំនួនតិចតួចនោះ មានតែសិស្សវិទ្យាល័យទីរួមខេត្ត ចំនួន ៥០% ដែលអាចពន្យល់អត្ថន័យនៃពាក្យស្ទែមបានត្រឹមត្រូវ។ ចំណែកសិស្សវិទ្យាល័យនៅទីប្រជុំជន និងនៅទីជនបទ មិនអាចពន្យល់អំពីអត្ថន័យនៃពាក្យស្ទែមបានត្រឹមត្រូវទេ (0%)។ លទ្ធផលនៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះ អាចបញ្ជាក់ថាការអប់រំស្ទែមនៅកម្រិតវិទ្យាល័យនៅកម្ពុជា មិនទាន់មានការទាក់ទាញចំណាប់អារម្មណ៍របស់សិស្សឱ្យសិក្សាមុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្របានខ្លាំងនៅឡើយ ដែលលទ្ធផលនេះដូចគ្នានឹងការរកឃើញរបស់ Kao & Shimizu (2020) ដែលបង្ហាញថាភាគរយសិស្សវិទ្យាល័យជ្រើសរើសសិក្សាផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រ ទាបជាងផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម។ ការយល់ដឹងអំពីអត្ថន័យនៃការអប់រំស្ទែមតិចតួចនេះ ក៏អាចបណ្តាលមកពីការអប់រំស្ទែមនៅកម្រិតចំណេះទូទៅ និងនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សានៅកម្ពុជា មានកម្រិតទាប និងមិនទាន់បានទូលំទូលាយនៅឡើយ ដោយសារកង្វះហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធ ដូចជាបន្ទប់ពិសោធន៍ស្ទែម និងកង្វះគ្រូបង្រៀនដែលមានសមត្ថភាពល្អក្នុងការបង្រៀនស្ទែម (Chhun & Ponn, 2020; Leng et al., 2021; Vann, 2023)។

តារាងទី១៣៖ *ភាគរយអ្នកចូលរួមដែលធ្លាប់ឮអំពីស្ទែមពីមុនមក និងយល់ពីអត្ថន័យនៃពាក្យស្ទែម*

បរិយាយ	**% គរុនិស្សិត បរិញ្ញាបត្រ+២**	**% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីរួមខេត្ត**	**% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីប្រជុំជន**	**% សិស្សវិទ្យាល័យ ទីជនបទ**
ធ្លាប់ឮ	១០០	៣៦,៣៦	៨,៧០	៦,៩០
ពន្យល់បានត្រឹមត្រូវ *	៤៥,៤៥	៥០,00	0,00	0,00

*សំដៅដល់ភាគរយនៃអ្នកធ្លាប់ឮអំពីការអប់រំស្ទែម

សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

ការស្រាវជ្រាវនេះបានចូលរួមចំណែកក្នុងការជំរុញ និងផ្សព្វផ្សាយការអប់រំស្ទែមនៅកម្ពុជា ដោយមិនគ្រាន់តែប្រមូលព័ត៌មានអំពីការអប់រំស្ទែមប៉ុណ្ណោះទេ គឺបានចូលរួមផ្សព្វផ្សាយការបង្រៀនតាមបែបស្ទែមផងដែរ។ តាមរយៈការបង្រៀនអ្នកចូលរួមដែលជាគរុនិស្សិត និងសិស្សវិទ្យាល័យបានយល់ដឹងអំពីឥទ្ធិពលនៃជំហានរលកពន្លឺពណ៌ផ្សេងៗ លើការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិ តាមរយៈការធ្វើពិសោធន៍ដោយផ្ទាល់។ ជាទូទៅ សិស្សធ្លាប់តែបានអានទ្រឹស្តីក្នុងសៀវភៅសិក្សាថារុក្ខជាតិត្រូវការពន្លឺដើម្បីលូតលាស់ ប៉ុន្តែកម្របានពិសោធន៍ដោយផ្ទាល់ដោយខ្លួនឯងណាស់។ ការធ្វើពិសោធន៍ដោយផ្ទាល់នេះ អាចបង្កើនការចាប់អារម្មណ៍របស់សិស្សចំពោះការសិក្សា និងធ្វើឱ្យពួកគេចាំមេរៀនបានល្អ។ ក្រៅពីការផ្តោតលើខ្លឹមសារនៃមុខវិជ្ជាជីវវិទ្យា ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានធ្វើការបង្ហាញពីវិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមបែបស្ទែម ក្នុងការបង្រៀនមុខវិជ្ជាជីវវិទ្យា នៅកម្រិតវិទ្យាល័យបានយ៉ាងច្បាស់លាស់ទៅតាមអត្ថន័យនៃពាក្យស្ទែម (វិទ្យាសាស្ត្រ បច្ចេកវិទ្យា វិស្វកម្ម និងគណិតវិទ្យា)។ ក្នុងការបង្ហាញពីលំនាំនៃការអប់រំស្ទែមនេះ ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានបង្ហាញអំពីរបៀបនៃការបញ្ចូលមុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្រទាំង៤ (រូបវិទ្យា

គីមីវិទ្យា ជីវវិទ្យា និងផែនដីនិងបរិស្ថានវិទ្យា) ជាមួយបច្ចេកវិទ្យា វិស្វកម្ម និងគណិតវិទ្យា ដែលអាចធ្វើឱ្យអ្នកចូលរួមក្នុងការស្រាវជ្រាវបានយល់ច្បាស់អំពីអត្ថន័យនៃពាក្យស្ទែម ប៉ុន្តែមិនមែនមានន័យថា ទាល់តែមានការបញ្ចូលនូវគ្រប់អត្ថន័យនៃពាក្យស្ទែមនេះទាំងស្រុង ទើបហៅថាការបង្រៀនតាមបែបស្ទែមនោះទេ។ ការបង្រៀនដោយមានបញ្ចូលខ្លឹមសារមុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្រចាប់ពី ២មុខវិជ្ជាឡើងទៅ ឬបង្ហាញពីលំនាំនៃការដោះស្រាយបញ្ហានៅក្នុងបាតុភូតធម្មជាតិ និងការរស់នៅ នោះក៏អាចរាប់បានថាជាការអប់រំស្ទែមដែរ។

ក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ អ្នកចូលរួមមិនទាន់បានយល់ស៊ីជម្រៅពីការអប់រំស្ទែមនៅឡើយ មុនពេលបានរៀនជាមួយក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវ ប៉ុន្តែក្រោយពីបានរៀនជាមួយក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវ អ្នកចូលរួមមានការចាប់អារម្មណ៍យ៉ាងខ្លាំងអំពីការអប់រំស្ទែម និងវិធីសាស្ត្របង្រៀនតាមបែបស្ទែម ដោយប្រើប្រាស់ឧបករណ៍ពិសោធដែលភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី ក្នុងការសិក្សាការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិ។ លទ្ធផលនេះបង្ហាញថា ចំណេះដឹងរបស់គរុនិស្សិត និងសិស្សវិទ្យាល័យនៅមានកម្រិតនៅឡើយ ដែលទាមទារឱ្យគ្រូបង្រៀនមានការយកចិត្តទុកដាក់បន្ថែមក្នុងការបង្រៀនតាមបែបស្ទែម។ គ្រូបង្រៀន ក៏គួរពង្រឹងចំណេះដឹងខ្លឹមសាររូបវិទ្យាដែលពាក់ព័ន្ធនឹងការរៀបចំសៀគ្វីអគ្គិសនី ជាចាំបាច់ ដើម្បីអាចបង្រៀនតាមបែបស្ទែម ដូចបានបង្ហាញក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ។

ការស្រាវជ្រាវនេះ ក៏បានបង្ហាញពីលំនាំនៃការផលិតសម្ភារៈឧបទេស ឬឧបករណ៍ពិសោធដោយសិស្ស និងគ្រូបង្រៀនខ្លួនឯងផងដែរ។ នេះជាលំនាំនៃការដោះស្រាយបញ្ហាខ្វះឧបករណ៍ពិសោធនៅកម្រិតសាលារៀន ហើយការសិក្សាតាមលំនាំដែលក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវបានបង្ហាញនេះ នឹងធ្វើឱ្យសិស្សចាប់អារម្មណ៍បន្ថែមទៀតលើមុខវិជ្ជាវិទ្យាសាស្ត្រ ដែលអាចធ្វើឱ្យពួកគេមានគំនិតច្នៃប្រឌិតជាច្រើន សម្រាប់ដោះស្រាយបញ្ហាប្រចាំថ្ងៃរបស់ខ្លួន។ ដូចនេះ លោកគ្រូ អ្នកគ្រូ និងសិស្សគួរចូលរួមពង្រឹងការអប់រំស្ទែម ដោយរៀនផលិតឧបករណ៍ពិសោធដោយខ្លួនឯង។ ម្យ៉ាងវិញទៀត ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះបានផ្តល់ជាលំនាំថ្នាក់រៀនថ្មីមួយ ដែលបន្តិចម្តងៗ នឹងជួយឱ្យសិស្ស និងលោកគ្រូ អ្នកគ្រូ នៅកម្រិតវិទ្យាល័យផ្លាស់ប្តូរវិធីសាស្ត្រនៃការរៀននិងបង្រៀន ជាពិសេសអាចផ្លាស់ប្តូរការរៀននិងបង្រៀនបែបប្រពៃណី ទៅជាការរៀននិងបង្រៀនបែបសកម្ម (ថ្នាក់រៀនស្ទែម)។ ការផ្លាស់ប្តូរនេះមានសារៈសំខាន់ណាស់សម្រាប់ការអប់រំនៅកម្ពុជានាពេលបច្ចុប្បន្ន និងពេលអនាគត។

ការស្រាវជ្រាវនេះមានចំណុចខ្វះខាតមួយចំនួន ដូចជាសីតុណ្ហភាពនៅក្នុងឧបករណ៍ពិសោធដែលដាក់ក្រោមពន្លឺព្រះអាទិត្យ (ក្រៅបន្ទប់) ក្តៅជាងសីតុណ្ហភាពនៅក្នុងឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អិលអ៊ីឌីទាំងពីរ និងឧបករណ៍ពិសោធពណ៌ខ្មៅដែលរក្សាទុកក្នុងបន្ទប់។ រយៈពេលនៃកូនរុក្ខជាតិនៅក្នុងឧបករណ៍ពិសោធដាក់ក្រោមពន្លឺព្រះអាទិត្យ មានរយៈពេលត្រូវពន្លឺខ្លីជាងកូនរុក្ខជាតិក្នុងឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អិលអ៊ីឌីពណ៌ខៀវ និងឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អិលអ៊ីឌីពណ៌ក្រហម។ លក្ខខណ្ឌទាំងនេះអាចជះឥទ្ធិពលដល់លទ្ធផលពិសោធន៍ផងដែរ។ ម្យ៉ាងវិញទៀត ការប្រមូលទិន្នន័យពីអ្នកចូលរួមធ្វើឡើងចំពោះគរុនិស្សិត និងសិស្សតែប៉ុណ្ណោះ ដោយមិនបានឈ្វេងយល់ពីស្ថានភាពនៃការបង្រៀនតាមបែបស្ទែម ពីគ្រូបង្រៀននៅវិទ្យាស្ថានគរុកោសល្យ និងនៅវិទ្យាល័យឡើយ។ ដោយយល់ដឹងពីចំណុចខ្វះខាតទាំងនេះ ក្រុមអ្នកស្រាវជ្រាវសូមផ្តល់អនុសាសន៍ដល់ការស្រាវជ្រាវនាពេលអនាគត ដូចខាងក្រោម៖

- លក្ខខណ្ឌនៅក្នុងឧបករណ៍ពិសោធទាំងអស់ត្រូវតែតម្រូវឱ្យមានភាពដូចគ្នា ដោយអ្វីដែលខុសគ្នាគឺកត្តាពន្លឺដែលជាលក្ខខណ្ឌពិសោធ
- រយៈពេលនៃការបើកពន្លឺគួរបើកតែពេលថ្ងៃ ដើម្បីតម្រូវលក្ខខណ្ឌដូចដែលរុក្ខជាតិនៅក្នុងលក្ខខណ្ឌធម្មតា

- គួរធ្វើការស្ទង់មតិលើគ្រូបង្រៀនពីការយល់ដឹង និងការអនុវត្តការបង្រៀនតាមបែបស្ទែម ដែលបញ្ហានេះពាក់ព័ន្ធទៅនឹងសមត្ថភាពយល់ដឹងរបស់គ្រូបង្រៀនលើការអប់រំស្ទែម។

សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ

ក្រុមអ្នកនិពន្ធសូមថ្លែងអំណរគុណចំពោះក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា និងគម្រោងអភិវឌ្ឍន៍វិស័យអប់រំមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិទី២ ដែលបានគាំទ្រថវិកាសម្រាប់ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះ និងថ្លែងអំណរគុណផងដែរចំពោះគរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ ឯកទេសជីវវិទ្យានៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ និងលោកគ្រូ អ្នកគ្រូ ព្រមទាំងសិស្សនៅវិទ្យាល័យចំនួន៣ ក្នុងខេត្តកំពង់ធំ ដែលបានចូលរួមក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ។ អ្នកស្រាវជ្រាវក៏សូមថ្លែងអំណរគុណយ៉ាងជ្រាលជ្រៅចំពោះនិពន្ធនាយក និងអ្នកត្រួតពិនិត្យជំនាញអនាមិករបស់ទស្សនាវដ្តីស្រាវជ្រាវកម្ពុជាសម្រាប់ការអប់រំ និងស្ទែម សម្រាប់មតិយោបល់កែលម្អលើអត្ថបទស្រាវជ្រាវនេះ។ ខ្លឹមសារក្នុងអត្ថបទនេះ គឺជាការទទួលខុសត្រូវរបស់ក្រុមអ្នកនិពន្ធ និងមិនឆ្លុះបញ្ចាំងពីទស្សនៈ ឬនិន្នាការនយោបាយរបស់ក្រុមណាមួយឡើយ។

ឯកសារយោង (References)

Barak, M. (2013). Teaching engineering and technology: Cognitive, knowledge and problem-solving taxonomies. *Journal of Engineering, Designing, and Technology*, *11*(3), 316–333. https://doi.org/10.1108/JEDT-04-2012-0020

Breiner, J. M., Johnson, C. C., Harkness, S. S., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, *112*(1), 1–11. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x

Chhun, H. & Ponn, C. (2020). Improved STEM education in Cambodia through spatial analysis of secondary resource schools. *Cambodia Journal of Basic and Applied Research*, *2*(1), 1–28.

Eng, K., So, K., Sourn, S., Yim, Y., Huy, Ch., & Puth, D. (2009). *សៀវភៅវិទ្យាសាស្ត្រថ្នាក់ទី៤* [Science textbook 7th Grade]. Ministry of Education, Youth and Sport.

Folta, K. M. (2004). Greenlight stimulates early stem elongation, antagonizing light-mediated growth inhibition, *Plant Physiology*, *135*(3), 1407–1416. https://doi.org/10.1104/pp.104.038893

Hui, X., Yan-nan, F., Tian-lai, L., & Rui, W. (2017). Effects of different LED light wavelengths on the resistance of tomato against Botrytis cinerea and the corresponding physiological mechanisms, *Journal of Integrative Agriculture*, *16*(1), 106–114. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61435-1

Isozaki, T. (2017). Laboratory work as a teaching method: A historical case study of the institutionalization of laboratory science in Japan. *Espacio, Tiempo y Educación*, *4*(2), 101–120. http://dx.doi.org/10.14516/ete.177

Kao, S. & Shimizu, K. (2020). Factors affecting Cambodian upper secondary school students' choice of science track, *International Journal of Sociology of Education*, *9*(3), 262–292. http://doi.org/10.17583/rise.2020.4823

Leng, P., Khieng, S., Chhem, R., & Gregory, S. (2021). *De-framing STEM discourse in Cambodia*. Working Paper Series No. 127. Cambodia Development Resource Institute. https://cdri.org.kh/publication/de-framing-stem-discourses-in-cambodia

Mam, C., Lanteli, E., Kato, J., Iwayama, T., & Shimizu, H. (2019). School performance evaluation through systemic school inspection in Cambodia, *Journal of Modern Education Review*, *9*(5), 320–329. http://www.academicstar.us/issueshow.asp?daid=2840

Mam, C., Noda, Y., Funai, H., Iwayama, T., & Kato, J. (2020a). Development of an LED-attached box for phytochrome response experiments on lettuce seed germination in senior high school biology. *Asian Journal of Biology Education*, *2020*(12), 17–28. https://doi.org/10.57443/ajbe.12.0_17

Mam, C., Noda, Y., Funai, H., Iwayama, T., & Kato, J. (2020b). Methods for teaching light wavelength dependencies on seed germination and seedling elongation applicable for high school experimental class in developing country. *Aichi University of Education Bulletin*, *8*(2020), 105–115.

Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: Country comparisons*. Australian Council of Learned Academies. https://acola.org.au/wp/PDF/SAF02Consultants/SAF02_STEM_%20FINAL.pdf

MoEYS. (2016). *គោលនយោបាយស្តីពីការអប់រំវិទ្យាសាស្ត្រ បច្ចេកវិទ្យា វិស្វកម្ម និងគណិតវិទ្យា* [Policies on science, technology, engineering and mathematics].

MoEYS. (2022). *សៀវភៅណែនាំស្តីពីការអប់រំស្ទែម សម្រាប់បំប៉នគ្រូមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិ* [Guidebook on STEM for training upper secondary school teachers].

Ng, S. B. (2019). Exploring STEM competences for the 21st century. UNESCO International Bureau of Education. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368485

Prum, V., So, Ch., Phy, Ch., & Hom, S. (2016). *សៀវភៅគណិតវិទ្យាថ្នាក់ទី៤* [Mathematics textbook 4th grade. Ministry of Education, Youth and Sport].

Singer, S. R., Hilton, M. L., Schweinggruber, H. A. (2005). *America's lab report: Investigations in high school science*. National Academies Press. https://eric.ed.gov/?id=ED535696

Spalding, E. P., & Cosgrove D. J. (1989). Large plasma membrane depolarization precedes rapid blue-light-induced growth inhibition in cucumber. *Planta*, *178*, 407-410. https://doi.org/10.1007/BF00391869

Vann, P. (2023). STEM education in Cambodia: Progress and challenges. In K. Heng, K. Sol, S. Kaing, & S. Em (Eds.), *Innovations and challenges in Cambodian education: Youth's perspectives* (pp. 113–130). https://cefcambodia.com/2023/09/18/stem-education-in-cambodia-progress-and-challenges/

ឧបសម្ព័ន្ធ

ឧបសម្ព័ន្ធទី១៖ កម្រងសំណួរដើមគ្រា

យើងខ្ញុំជាក្រុមស្រាវជ្រាវមកពីវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ នៃក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា កំពុងធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវលើប្រធានបទ «ការប្រើប្រាស់ឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី សម្រាប់ការអប់រំស្ទែមក្នុងកម្រិតវិទ្យាល័យ៖ ករណីសិក្សាមុខវិជ្ជាជីវវិទ្យា»។ កម្រងសំណួរនេះរៀបចំឡើងសម្រាប់គរុនិស្សិតបរិញ្ញាបត្រ+២ នៃវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ និងសិស្សថ្នាក់ទី១០ កំពុងសិក្សានៅកម្រិតមធ្យមសិក្សាទុតិយភូមិនៅកម្ពុជា។

ទិន្នន័យដែលប្រមូលបានគឺប្រើប្រាស់សម្រាប់តែការស្រាវនេះតែប៉ុណ្ណោះ ហើយអត្តសញ្ញាណនៃអ្នកឆ្លើយសំណួរត្រូវបានរក្សាជាការសម្ងាត់។ អាស្រ័យហេតុនេះសូម ប្អូនៗទាំងអស់ឆ្លើយទៅតាមចំណេះដឹង និងការយល់ឃើញរៀងៗខ្លួន។

I. សម្ភារៈសម្រាប់ផលិតឧបករណ៍ពិសោធ

ចូរពិនិត្យរូបភាពខាងក្រោម៖

តើអ្នកធ្លាប់ឃើញសម្ភារៈណាខ្លះ ក្នុងរូបភាពខាងលើ?

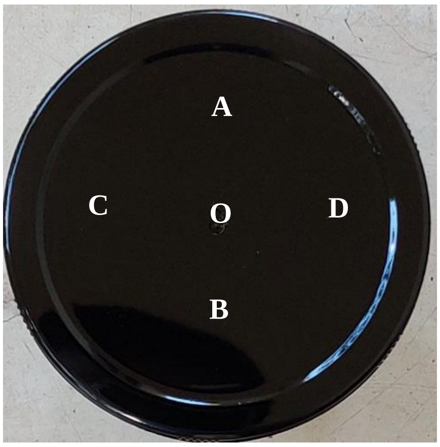
រូបភាព ក. □ មិនធ្លាប់ស្គាល់ □ ស្គាល់មានឈ្មោះ..................................ប្រើសម្រាប់..............................

រូបភាព ខ. □ មិនធ្លាប់ស្គាល់ □ ស្គាល់មានឈ្មោះ..................................ប្រើសម្រាប់..............................

រូបភាព គ. □ មិនធ្លាប់ស្គាល់ □ ស្គាល់មានឈ្មោះ.................................ប្រើសម្រាប់..............................
រូបភាព ឃ. □ មិនធ្លាប់ស្គាល់ □ ស្គាល់មានឈ្មោះ.................................ប្រើសម្រាប់..............................
រូបភាព ង. □ មិនធ្លាប់ស្គាល់ □ ស្គាល់មានឈ្មោះ.................................ប្រើសម្រាប់..............................
រូបភាព ច. □ មិនធ្លាប់ស្គាល់ □ ស្គាល់មានឈ្មោះ.................................ប្រើសម្រាប់..............................
រូបភាព ឆ. □ មិនធ្លាប់ស្គាល់ □ ស្គាល់មានឈ្មោះ.................................ប្រើសម្រាប់..............................
ចូរស្រង់សម្ភារៈក្នុងរូបភាពដែលអ្នកអាចរកទិញបាននៅក្នុងតំបន់របស់អ្នក៖...

II. ដំណើរការផលិតឧបករណ៍ពិសោធ

១. យើងចង់ដាក់អំពូលចំនួន៥លើគម្របកំប៉ុងជ័ររាងមូលដូចខាងក្រោម ដោយដាក់អំពូល១ នៅចំកណ្ដាល (O) និងអំពូល ៤ ទៀត (A, B, C, និង D) នៅជុំវិញអំពូល O ដោយឱ្យចម្ងាយពីអំពូល AD = DB = BC = CA ហើយអំពូល ABCD មានចម្ងាយស្មើគ្នាពីអំពូលកណ្ដាល O។ សូមប្រើដែកឈាន និងបន្ទាត់ត្រង់សម្រាប់គូរប្លង់នោះ។



សូមគូរប្លង់នៅក្នុងប្រអប់នេះ

តើខ្លឹមសារនៅក្នុងចំណុចទី១នេះស្ថិតនៅក្នុងមុខវិជ្ជាអ្វី? មុខវិជ្ជា៖......................................

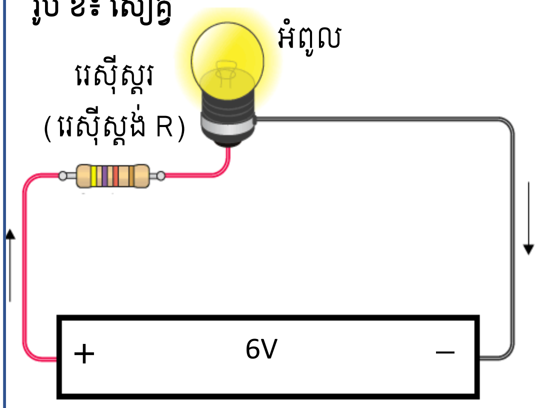
២. ថ្មពិល១មានតង់ស្យុង ១,៥V ។ តើយើងត្រូវការថ្មពិលប៉ុន្មាន និងតម្លើងដូចម្ដេចដើម្បីឱ្យបានតង់ស្យុង៦V? ចូរគូររូបបង្ហាញពីរបៀបតម្លើងថ្មពិលនោះ។
តើខ្លឹមសារនៅក្នុងសំណួរនេះស្ថិតនៅក្នុងមុខវិជ្ជាអ្វី? មុខវិជ្ជា៖...

៣. ប្រសិនបើប្រភពចរន្តមានតង់ស្យុង ៦V ហើយអ្នកចង់តអំពូលប្រាំដោយប្រើប្រភពចរន្តតែមួយ តើអ្នកត្រូវតជាស៊េរី ឬតជាខ្នែងដើម្បីឱ្យអំពូលនីមួយៗមានពន្លឺស្មើៗគ្នា? ចូរគូររូបបង្ហាញពីរបៀបតនោះ។
តើខ្លឹមសារនៅក្នុងសំណួរនេះស្ថិតនៅក្នុងមុខវិជ្ជាអ្វី? មុខវិជ្ជា៖...

៤. ចូរពិនិត្យមើល រូប ក និង រូប ខ ខាងក្រោម៖

រូប ក៖ រេស៊ីស្តរ

រូប ខ៖ សៀគ្វី



តើប្រើរេស៊ីស្តរ មួយណាក្នុងរូប ក ដែលអាចយកទៅដាក់ជំនួសត្រង់រេស៊ីស្តរក្នុងរូប ខ ដើម្បីឱ្យអំពូលភ្លឺខ្លាំងជាងគេបំផុត? ហេតុអ្វី?

....

....

តើខ្លឹមសារនៅក្នុងសំណួរនេះស្ថិតនៅក្នុងមុខវិជ្ជាអ្វី? មុខវិជ្ជា៖..

៥. តើជំហានរលកពន្លឺនៅក្នុងកាំរស្មីព្រះអាទិត្យ មានពណ៌ចម្បងៗអ្វីខ្លះ?

....

III. ដំណើរពិសោធន៍

រុក្ខជាតិត្រូវការពន្លឺដើម្បីលូតលាស់។ តើជំហានរលកពន្លឺណាខ្លះដែលរុក្ខជាតិត្រូវការដើម្បីលូតលាស់ល្អ? ចូរគូររូបប្លង់ពិសោធន៍ដើម្បីបង្ហាញពីពន្លឺពណ៌ផ្សេងៗគ្នាមានឥទ្ធិពលលើការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិ។

ឧបសម្ព័ន្ធទី២៖ កម្រងសំណួរចុងគ្រា

សួស្តីប្អូនៗ! កាលពីសប្តាហ៍មុនក្រុមស្រាវជ្រាវមកពីវិទ្យាស្ថានជាតិអប់រំ នៃក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានបង្រៀនប្អូនៗអំពីការផលិតឧបករណ៍ពិសោធ និងធ្វើពិសោធន៍អំពីឥទ្ធិពលនៃពន្លឺទៅលើការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិ។ ថ្ងៃនេះ ក្រុមស្រាវជ្រាវចង់បានព័ត៌មានពីប្អូនៗ ទាក់ទងទៅនឹងអ្វីដែលប្អូនៗបានរៀនកាលពីសប្តាហ៍មុន និងថ្ងៃនេះ។

ទិន្នន័យដែលប្រមូលបាន គឺប្រើប្រាស់សម្រាប់តែការស្រាវជ្រាវនេះតែប៉ុណ្ណោះ ហើយអត្តសញ្ញាណនៃអ្នកឆ្លើយសំណួរត្រូវបានរក្សាជាការសម្ងាត់។ អាស្រ័យហេតុនេះ សូមប្អូនៗទាំងអស់ឆ្លើយទៅតាមចំណេះដឹង និងការយល់ឃើញរៀងៗខ្លួន។

១. បើយើងចង់ដាក់អំពូលចំនួន៥លើគម្របកំប៉ុងជ័ររាងមូល ដោយដាក់អំពូល១ នៅចំកណ្តាល (O) និងអំពូល៤ ទៀត (A, B, C, និង D) នៅជុំវិញអំពូល O ដោយឱ្យចម្ងាយពីអំពូល AD = DB = BC = CA ហើយអំពូល ABCD មានចម្ងាយស្មើគ្នាពីអំពូលកណ្តាល O ដោយប្រើដែកឈាន និងបន្ទាត់ត្រង់។ តើប្អូនអាចធ្វើបាន ឬទេ?

☐ក. ធ្វើបាន ១០០% ☐ខ. ធ្វើបាន ៨០% ☐គ. ធ្វើបាន ៥០% ☐ឃ. ធ្វើបាន ៣០% ☐ង. ធ្វើមិនបាន

២. ថ្មពិលមួយមានតង់ស្យុង ១,៥V។ តើយើងត្រូវការប្រើថ្មពិលចំនួនប៉ុន្មាន និងតម្លើងដូចម្តេច ដើម្បីឱ្យបានតង់ស្យុងបាន ៦V? ចូរគូររូបបង្ហាញពីរបៀបតម្លើងថ្មពិលនោះ។

....

....

....

៣. ប្រសិនបើប្រភពចរន្តមានតង់ស្យុង ៦V ហើយប្អូនចង់តអំពូលប្រាំដោយប្រើប្រភពចរន្តតែមួយ តើប្អូនត្រូវតជាស៊េរី ឬតជាខ្នែងដើម្បីឱ្យអំពូលនីមួយៗមានពន្លឺស្មើៗគ្នា? ចូរគូររូបបង្ហាញពីរបៀបតនោះ។

....

....

....

៤. បើយើងមានប្រភពចរន្តដូចគ្នា និងអំពូលដូចគ្នា តើត្រូវប្រើរេស៊ីស្តង់ (R) មួយណាក្នុងចំណោមរេស៊ីស្តង់ខាងក្រោម ដែលធ្វើឱ្យអំពូលភ្លឺខ្លាំងជាងគេ?

☐ក. R =១០Ω ☐ខ. R =១០០Ω ☐គ. R =២០០Ω ☐ឃ. R =៣០០Ω

៥. តើជំហានរលកពន្លឺនៅក្នុងកាំរស្មីព្រះអាទិត្យ មានពណ៌ចម្បងៗអ្វីខ្លះ?

....

....

៦. តើជំហានរលកពន្លឺណាខ្លះដែលរុក្ខជាតិត្រូវការដើម្បីលូតលាស់ល្អ?

....

....

៧. តាមរយៈពិសោធន៍ដែលប្អូនបានរៀនជាមួយក្រុមស្រាវជ្រាវនេះ តើប្អូនយល់ពីឥទ្ធិពលនៃពន្លឺទៅលើការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិបានច្បាស់កម្រិតណា?

□ក.យល់ច្បាស់ណាស់ □ខ.យល់ច្បាស់ □គ. យល់បានខ្លះ □ឃ. មិនសូវយល់ច្បាស់ □ង.មិនយល់សោះ

៨. នៅក្នុងការបង្រៀនរបស់ក្រុមស្រាវជ្រាវ តើប្អូនៗបានរៀនទាក់ទងជាមួយមុខវិជ្ជាណាខ្លះ? សូមបញ្ជាក់ពីមុខវិជ្ជា និងខ្លឹមសារដែលប្អូនបានរៀន។

....

....

៩. តើប្អូន ពេញចិត្តនឹងការបង្រៀនផលិតឧបករណ៍ពិសោធដែលក្រុមស្រាវជ្រាវបង្រៀននេះកម្រិតណា?

□ក.ពេញចិត្តណាស់ □ខ. ពេញចិត្ត □គ.ពេញចិត្តខ្លះ □ឃ.មិនពេញចិត្ត □ង.មិនពេញចិត្តទាល់តែសោះ

១០. តើប្អូនៗ ចង់រៀនផលិតឧបករណ៍ពិសោធផ្សេងៗទៀតសម្រាប់ធ្វើពិសោធន៍ដែរ ឬទេ?

□ក.ចង់ខ្លាំងណាស់ □ខ.ចង់ខ្លាំង □គ.ចង់ខ្លះ □ឃ.មិនចង់ □ង.មិនចង់ទាល់តែសោះ

១១. តើប្អូនៗ ពេញចិត្តនឹងការបង្រៀនពិសោធដែលក្រុមស្រាវជ្រាវបង្រៀននេះកម្រិតណា?

□ក.ពេញចិត្តណាស់ □ខ.ពេញចិត្ត □គ.ពេញចិត្តខ្លះ □ឃ. មិនពេញចិត្ត □ង.មិនពេញចិត្តទាល់តែសោះ

១២. តើប្អូនៗ ចង់រៀនពិសោធន៍ផ្សេងៗទៀតនៅក្នុងមុខវិជ្ជាជីវវិទ្យាដែរ ឬទេ?

□ក.ចង់ខ្លាំងណាស់ □ខ.ចង់ខ្លាំង □គ.ចង់ខ្លះ □ឃ.មិនចង់ □ង.មិនចង់ទាល់តែសោះ

១៣. តើប្អូនៗ ធ្លាប់ឮអំពីស្ទែម (STEM) ដែរឬទេពីមុនមក? □ក. មិនធ្លាប់ □ខ. ធ្លាប់

ប្រសិនបើប្អូនៗជ្រើសរើសថា «ធ្លាប់» តើស្ទែម (STEM) មានន័យដូចម្តេច?

....

....

....

១៤. តាមរយៈប្អូនបានរៀនជាមួយក្រុមស្រាវជ្រាវពេលនេះ តើធ្វើឱ្យប្អូនយល់ពីការអប់រំតាមបែបស្ទែមដែរឬទេ? ហេតុអ្វី?

....

....

....

១៥. សំណូមពរ ឬយោបល់ផ្សេងៗ (ប្រសិនបើមាន)

....

....

....

សូមអរគុណ!

ឧបសម្ព័ន្ធទី៣៖ សន្លឹកកិច្ចការទី១៖ ការផលិតឧបករណ៍ភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី

I. សម្ភារៈសម្រាប់ផលិតឧបករណ៍ភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី

រូបភាព ក. ជើងទម្រអំពូលឌីយ៉ូត (អិលអ៊ីឌី) រូបភាព ខ. អិលអ៊ីឌី រូបភាព គ. រេស៊ីស្តរ

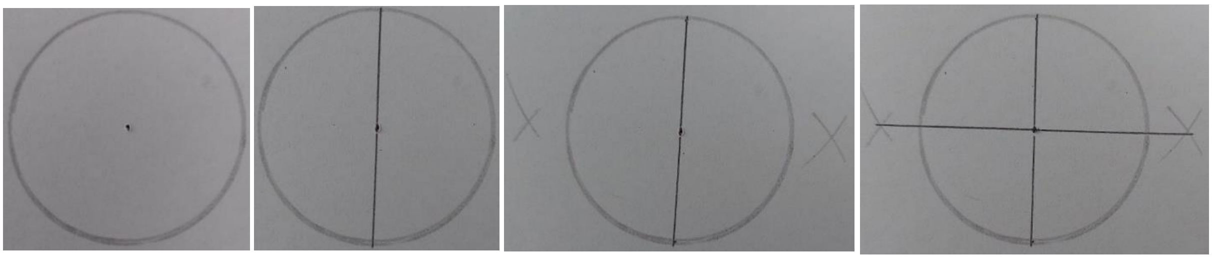
រូបភាព ឃ. ខ្សែភ្លើងពណ៌ខ្មៅ រូបភាព ង. ខ្សែភ្លើងពណ៌ក្រហម រូបភាព ច. កំប៉ុងជ័រ រូបភាព ឆ. ថ្មពិល

II. ដំណើរការផលិតឧបករណ៍ពិសោធ

ក. ការភ្ជាប់អិលអ៊ីឌីលើគម្របកំប៉ុងជ័រ

១. ដៅចំណុចចំនួន៥លើគម្របកំប៉ុងរាងមូល ដោយដាក់អំពូល១ នៅចំកណ្ដាល (O) និងអំពូល៤ ទៀត (A, B, C, និង D) នៅជុំវិញអំពូល O ដោយឱ្យចម្ងាយពីអំពូល AD = DB = BC = CA ហើយអំពូល ABCD មានចម្ងាយស្មើគ្នាពីអំពូលកណ្ដាល O តាមលំនាំខាងក្រោម៖

- តម្រូវលេខនៅដៃកឈាន ១.១ inch (តាមទំហំគម្របកំប៉ុងជ័រ)
- ពិនិត្យមើលកំពកចំកណ្ដាលគម្របកំប៉ុងជ័រ ផ្នែកនោះជាផ្ចិតរង្វង់
- យកចុងស្រួចរបស់ដៃកឈានចុចត្រង់កំពកកណ្ដាលគម្របកំប៉ុងជ័រ រួចគូសរង្វង់
- ប្រើបន្ទាត់ត្រង់គូសអង្កត់ផ្ចិតរង្វង់នៅលើគម្របនោះ
- យកចុងស្រួចរបស់ដៃកឈានចុចលើខ្សែបន្ទាត់ត្រង់ដែលកាត់ខ្សែរង្វង់ទាំងពីរចំណុច ហើយគូសចំណុចកាត់តាមលំនាំដូចខាងក្រោម៖



២. ចោះរន្ធសម្រាប់ដាក់ជើងទម្រអិលអ៊ីឌី ដោយយកប្រដាប់ផ្សារសំណដែលក្ដៅទៅចុចលើចំណុចដែលបានដៅ ដើម្បីទម្លុះគម្របកំប៉ុងជ័របង្កើតជារន្ធ។ រួចយកចុងកន្ត្រៃស្រួចទៅឆ្កៀលរន្ធនោះឱ្យធំល្មមសម្រាប់ដាក់ទម្រអិលអ៊ីឌីបាន។

៣. ចាប់ជើងទម្រអិលអ៊ីឌីភ្ជាប់នឹងគម្របកំប៉ុងជ័រ។ បន្ទាប់មកយកអិលអ៊ីឌីទៅស៊កចូលក្នុងជើងទម្រ ហើយពិនិត្យមើលឱ្យបានច្បាស់អំពីជើងអិលអ៊ីឌីនោះ ដោយជើងវែងជាអាណូត (+) និងជើងខ្លីជាកាតូត (-)។

៤. ភ្ជាប់អិលអ៊ីឌីដោយប្រើខ្សែភ្លើងពណ៌ក្រហមភ្ជាប់អាណូតទៅនឹងអាណូត និងប្រើខ្សែភ្លើងពណ៌ខ្មៅភ្ជាប់កាតូតនឹងកាតូត។ ដើម្បីភ្ជាប់ខ្សែភ្លើងទៅនឹងជើងអិលអ៊ីឌីបាន យើងត្រូវប្រើប្រដាប់កាត់ខ្សែភ្លើងកាត់ស្រោមខ្សែភ្លើង ដើម្បីឱ្យដល់ខ្សែភ្លើងសម្រាប់ភ្ជាប់ចំណុចនោះទៅនឹងជើងអិលអ៊ីឌី។ បន្ទាប់មកយកប្រដាប់ផ្សារសំណនិងសំណទៅផ្សារភ្ជាប់នឹងចំណុចនោះ។

ខ. ការភ្ជាប់សៀគ្វីនឹងប្រភពចរន្ត

១. រៀបចំថ្មពិលឱ្យបានតង់ស្យុង ៦V។ ដោយថ្មពិល១ មានតង់ស្យុង ១,៥V យើងត្រូវតម្លើងថ្មពិលនោះជាស៊េរី ដោយដាក់ផ្នែកអាណូត (+) របស់ថ្មពិលមួយ ទៅភ្ជាប់នឹងកាតូត (-) របស់ថ្មពិលមួយទៀតបន្តគ្នា ដូចរូបខាងក្រោម។ បន្ទាប់មកយកក្រដាសរុំស្រោបពីលើថ្មពិលទាំង៤នោះ និងយកស្កុតរុំពីលើក្រដាស។

២. ប្រើម៉ុលទីម៉ែត្រ (Multimeter) ដើម្បីវាស់តង់ស្យុងរបស់ថ្មពិលដែលបានរៀបចំរួច ដើម្បីបញ្ជាក់ថាវាមានតង់ស្យុងចំនួន ៦V តាមដែលយើងត្រូវការ។

កត់ត្រាតង់ស្យុងដែលអ្នកបានពិនិត្យឃើញ៖..

៣. ប្រើរេស៊ីស្តដែលមានរេស៊ីស្តង់ R = ៣,៣KΩ, R = ៤៧០Ω, R = ៤,៧Ω ដោយភ្ជាប់ជាមួយចុងខ្សែពណ៌ក្រហម រួចភ្ជាប់ទៅនឹងអាណូតរបស់ថ្មពិលដែលបានរៀបចំរួច សម្រាប់សាកល្បងពិនិត្យមើលកម្រិតពន្លឺដែលបញ្ចេញដោយអិលអ៊ីឌី។ សាកល្បងពីរេស៊ីស្តដែលមានរេស៊ីស្តង់ធំមុន រួចកត់ត្រាពីភាពភ្លឺរបស់អិលអ៊ីឌីដូចខាងក្រោម៖

R = ៣,៣kΩ៖....................... R = ៤៧០Ω៖............................... R = ៤,៧Ω៖..................................

៤. ប្រើរេស៊ីស្តដែលធ្វើឱ្យអិលអ៊ីឌីភ្លឺខ្លាំងជាងគេសម្រាប់ប្រើប្រាស់ក្នុងឧបករណ៍ពិសោធដែលអ្នកបានផលិតនេះ។

គ. ការពិនិត្យជំហានរលកពន្លឺ

១. ប្រើស្ប៉ិចត្រូម៉ែត្រ (Spectrometer) ដើម្បីពិនិត្យមើលជំហានរលកពន្លឺរបស់កាំរស្មីព្រះអាទិត្យ។

ពន្លឺព្រះអាទិត្យមានជំហានរលកពន្លឺចម្បងៗចំនួន៣គឺ៖...

២. ប្រើស្ប៉ិចត្រូម៉ែត្រ (Spectrometer) ដើម្បីពិនិត្យមើលជំហានរលកពន្លឺរបស់អិលអ៊ីឌីមានពន្លឺពណ៌ខៀវ។

អិលអ៊ីឌីមានពន្លឺពណ៌ខៀវមានជំហានរលកពន្លឺពណ៌...

៣. ប្រើស្ប៉ិចត្រូម៉ែត្រ (Spectrometer) ដើម្បីពិនិត្យមើលជំហានរលកពន្លឺរបស់អិលអ៊ីឌីមានពន្លឺពណ៌ក្រហម។

អិលអ៊ីឌីមានពន្លឺពណ៌ក្រហមមានជំហានរលកពន្លឺពណ៌...

ឧបសម្ព័ន្ធទី៤៖ សន្លឹកកិច្ចការទី២៖ ឥទ្ធិពលនៃពន្លឺលើការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិ

ពន្លឺព្រះអាទិត្យជាប្រភពពន្លឺសំខាន់សម្រាប់បំពេញតម្រូវការរបស់រុក្ខជាតិ។ ពន្លឺព្រះអាទិត្យមានជំហានរលកពន្លឺចម្រុះៗ ចំនួន៣គឺ ពន្លឺពណ៌ខៀវ ពណ៌បៃតង និងពណ៌ក្រហម។

សំណួរគន្លឹះ

តើជំហានរលកពន្លឺណាខ្លះដែលរុក្ខជាតិត្រូវការដើម្បីលូតលាស់ល្អ?

សម្មតិកម្ម

ចូរពិពណ៌នាពីស្ថានភាពនៃការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិក្រោមលក្ខខណ្ឌពន្លឺដូចខាងក្រោម៖

លក្ខខណ្ឌពន្លឺ	ស្ថានភាពនៃការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិ
ទីងងឹត	
ក្រោមពន្លឺព្រះអាទិត្យ	
ក្រោមពន្លឺពណ៌ខៀវ	
ក្រោមពន្លឺពណ៌ក្រហម	

ពិសោធន៍

សម្ភារៈពិសោធន៍៖ គ្រាប់សាលាដ គ្រាប់ស្ពៃក្រញាញ់ ក្រដាសជក់ទឹក ទឹក កូនចានជ័រថ្លា ស៊ីរ៉ាំង ដីខ្សាច់ ឧបករណ៍ពិសោធភ្ជាប់ដោយអិលអ៊ីឌី ដែលមានពន្លឺពណ៌ក្រហម ពន្លឺពណ៌ខៀវ កំប៉ុងជ័រពណ៌ថ្លា កំប៉ុងជ័រពណ៌ខ្មៅ។

ដំណើរការពិសោធន៍៖

១. បត់ក្រដាសជក់ទឹកចំនួន៤ស្រទាប់ រួចកាត់ទំហំប៉ុនកូនចានជ័រថ្លា

២. ដាក់ក្រដាសជក់ទឹកដែលកាត់រួចក្នុងកូនចានជ័រថ្លា

៣. រាប់គ្រាប់សាលាដ ឬគ្រាប់ស្ពៃក្រញាញ់ចំនួន ៥០គ្រាប់ រួចដាក់លើក្រដាសជក់ទឹកនៅក្នុងកូនចានជ័រថ្លា

៤. ប្រើស៊ីរ៉ាំងបឺតទឹកធម្មតាចំនួន ៤mL រួចស្រោចលើគ្រាប់សាលាដ ឬគ្រាប់ស្ពៃក្រញាញ់ដែលបានរៀបចំរួច

៥.ប្រើដីខ្សាច់ចំនួន ៣កូនចានជ័រថ្លាដាក់ចូលក្នុងកំប៉ុងជ័រមួយ រួចដាក់ទឹកប្រហែលកន្លះកូនចានជ័រនោះ ទៅលើដីខ្សាច់ដើម្បីឱ្យមានសំណើមល្មម

៦. យកកូនចានជ័រដែលបានរៀបចំរួចទៅដាក់លើដីខ្សាច់ក្នុងដបជ័រដែលបានរៀបចំ

៧. រៀបចំដូចខាងលើ (ពីលេខ១ ដល់៦) សម្រាប់ប្រើក្នុងលក្ខខណ្ឌពន្លឺ ៤ប្រភេទ (ងងឹត ពន្លឺព្រះអាទិត្យ ពន្លឺពណ៌ខៀវ ឬពន្លឺពណ៌ក្រហម)

៨. រក្សាការពិសោធ នៅកន្លែងដែលមានសុវត្ថិភាព។ សម្រាប់កំប៉ុងពិសោធដែលមានភ្ជាប់អិលអ៊ីឌីពណ៌ខៀវ ឬអិលអ៊ីឌីពណ៌ក្រហម និងកំប៉ុងពិសោធពណ៌ខ្មៅត្រូវរក្សាទុកក្នុងបន្ទប់ដែលមិនត្រូវពន្លឺ ហើយបើកភ្លើងជាប់រហូតចំពោះកំប៉ុង

ពិសោធដែលភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី។ សម្រាប់ការពិសោធននៅក្នុងកំប៉ុងជ័រថ្លាត្រូវដាក់កន្លែងដែលមានពន្លឺថ្ងៃគ្រប់គ្រាន់។ រក្សាទុកពិសោធន៍នេះរយៈពេល ១សប្ដាហ៍។

លទ្ធផលពិសោធន៍

១. ចូរបំពេញលទ្ធផលពិសោធន៍ក្នុងរយៈពេល ១សប្ដាហ៍បន្ទាប់ពីបានរៀបចំ៖

ពិសោធន៍កូនរុក្ខជាតិ.................	ស្ថានភាពនៃការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិនោះ
ក្នុងកំប៉ុងជ័រថ្លាក្រោមពន្លឺព្រះអាទិត្យ	
ក្នុងកំប៉ុងជ័រខ្មៅគ្មានភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី (ងងឹត)	
ក្នុងកំប៉ុងជ័រភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី មានពន្លឺពណ៌ខៀវ	
ក្នុងកំប៉ុងជ័រភ្ជាប់អិលអ៊ីឌី មានពន្លឺពណ៌ក្រហម	

២. ចូរវាស់ប្រវែងកូនរុក្ខជាតិក្នុងឧបករណ៍ពិសោធតាមលក្ខខណ្ឌពន្លឺនីមួយៗ រួចសង់ក្រាហ្វបង្ហាញពីការលូតលាស់របស់កូនរុក្ខជាតិទាំងនោះ ក្នុងក្រដាសសម្រាប់គូរក្រាហ្វ ឬក្រដាសសៀវភៅ។

វិភាគ និងសន្និដ្ឋាន

ចូរធ្វើការវិភាគ និងសន្និដ្ឋានពីជំហានរលកពន្លឺដែលរុក្ខជាតិត្រូវការដើម្បីលូតលាស់ល្អ។

....

....

....

....

....