

โครงการงานวิทย์ ระดับ A+

เหมาะสำหรับ
มัธยมศึกษา

โครงการชั้นเยี่ยม 35 เรื่อง
ดาราศาสตร์ ชีววิทยา เคมี โลก และฟิสิกส์
ไอเดียการออกแบบโครงการงานของตัวเอง

Janice VanCleave เขียน

ศุภวลัย ตันวรรณรักษ์ แปล
รัชนี นามสกุล บรรณาธิการต้นฉบับ

ขายได้มากกว่า 3 ล้านเล่ม!

โครงการงานวิทย์

ระดับ A+

Janice VanCleave เขียน

ศุภวลัย ตันวรรณรักษ์ แปล
รัชณี วุฒิภักดี บรรณาธิการต้นฉบับ



น่านมีบุ๊กส์พับลิเคชั่นส์ จัดพิมพ์

Janice VanCleave's A+ science fair projects

โครงการงานวิทยุระดับ A+

Janice VanCleave เขียน

ศุภวัณย์ ตันวรรณรักษ์ แปล

ราชินี วุฒิมักดี บรรณาธิการต้นฉบับ

พิมพ์ครั้งที่ 1 ธันวาคม 2553

ราคา 195 บาท

ฉบับ e-book ราคา 124 บาท

Janice VanCleave's A+ science fair projects

Copyright © 2003 by Janice VanCleave. All rights reserved

Illustration © 2003 by Laurel Aiello. All rights reserved

Published by John Wiley & Sons International Right, Inc., of 111 River Street Hoboken, New Jersey 07030, USA

Thai translation copyright © 2005 by Nanmeebooks Publications Co., Ltd.

This Thai translation copyright arranged with John Wiley & Sons, Inc. Through Silkroad Publishers Agency Co., Ltd.

© ลิขสิทธิ์ภาษาไทย 2553: สำนักพิมพ์น่านมีบุ๊กส์พับลิเคชั่นส์

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

แวนคลีฟ, จานีส.

โครงการงานวิทยุระดับ A+.- - กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊กส์, 2553.

260 หน้า.

1. โครงการงานวิทยาศาสตร์. I. ศุภวัณย์ ตันวรรณรักษ์, ผู้แปล. II. ชื่อเรื่อง.

507.8

ISBN 978-616-04-0070-6

ISBN 978-616-04-1018-7 (ฉบับ e-book)

กรรมการผู้จัดการ สุวดี จงสถิตยวัฒนา ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการสายผลิตภัณฑ์ ราตรี สังสกฤษณ์ ผู้จัดการสำนักพิมพ์ กองวิชาการ สุภาวรัตน์ ภูไธรรรัตน์ หัวหน้ากองบรรณาธิการ อัญมณี ทองเลิศ หัวหน้ากองประสานงานการผลิต จรัสศรี พรหมเทพ ประสานงานการผลิต ฉัตรทิพย์ กสิสิทธ์ อนุสรดา ตาธเนศ หัวหน้ากองพิสูจน์อักษรและตรวจสอบ อัมพันธ์ คงมั่น พิสูจน์อักษรและตรวจสอบ ดวงพร วิญญูธรรมบุญ ผู้จัดการกองศิลปกรรม กฤษดา แสงสงค์ ผู้ช่วยผู้จัดการกองศิลปกรรม สุนันท์ เพชรขาว ศิลปกรรม ศรีวิสาข์ อินตระกุล คอมพิวเตอร์กราฟิก สุปราณี อภัยแสน สำนักงาน บริษัท นานมีบุ๊กส์พับลิเคชั่นส์ จำกัด เลขที่ 11 ซอยสุขุมวิท 31 (สวัสดี) ถนนสุขุมวิท แขวง คลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110 โทร.0-2670-9800, 0-2662-3000 โทรสาร 0-2662-0919 e-mail: editorial@nanmeebooks.com

เพลงที่ กรรณก พรีเพรส โทร.0-2876-2142 พิมพ์ที่ ยูแพด อินเตอร์ โทร.0-2884-1488-90

จัดจำหน่ายทั่วประเทศ บริษัท นานมีบุ๊กส์ จำกัด เลขที่ 11 ซอยสุขุมวิท 31 (สวัสดี) ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110 www.nanmeebooks.com

กระดาษที่ใช้พิมพ์หนังสือเล่มนี้ผลิตมาจากไม้ไม่ปาปลูกโดยไม่ทำลายป่าไม้ธรรมชาติ

หากหนังสือเล่มนี้ผลิตไม่ได้มาตรฐาน อาทิ หน้ากระดาษสลับกัน หน้าขาว หน้าขาดหาย
สำนักพิมพ์ยินดีรับผิดชอบเปลี่ยนใหม่ให้ โปรดส่งไปเปลี่ยนตามที่อยู่ด้านบน

หรือติดต่อ Nanmeebooks Call Center โทร.0-2662-3000 กด 1

คำนำสำนักพิมพ์

โครงการวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่จะต้องนำวิธีการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อศึกษาหาความรู้ โดยลงมือทำด้วยตนเองตั้งแต่ต้นจนจบ การทำโครงการวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการศึกษาค้นคว้าด้วยโครงการวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีประสบการณ์จากการปฏิบัติจริง ฝึกแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะติดตัวนักเรียนไปตลอด เมื่อเกิดข้อสงสัยหรือปัญหาจะแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งยอมรับกันทั่วไปว่าเป็นสิ่งที่สำคัญกว่าความรู้ที่ขาดการปฏิบัติ ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวจะทำให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นในตนเองและกล้าแสดงออก

หนังสือเล่มนี้เป็นคู่มือแนะนำการทำโครงการตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทุกขั้นตอนด้วยตนเอง เริ่มตั้งแต่วิธีการเลือกเรื่อง การศึกษาค้นคว้า การจำแนกโครงการตามวิชา การทำเค้าโครงโครงการ การทดลองสำรวจ การสรุปผล การจัดแสดง รวมถึงการนำเสนอผลงาน โดยแต่ละส่วนจะอธิบายถึงสิ่งที่ควรและไม่ควรทำโดยละเอียด บางช่วงบางตอนอาจกล่าวถึงปัญหาที่ผู้ทำโครงการมักพบบ่อยๆ และแนะนำวิธีแก้ปัญหา นอกจากนี้ในตอนท้าย ยังมีตัวอย่างโครงการ 35 เรื่อง โดยแต่ละเรื่องประกอบด้วยบทคัดย่อ วัตถุประสงค์ วัสดุอุปกรณ์ วิธีการ ผลการทดลอง เหตุผล และออกแบบการทดลองด้วยตนเอง โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนใช้ศึกษาเพื่อเป็นแนวทางสำหรับคิดและพัฒนาโครงการวิทยาศาสตร์ของตนเอง การทำโครงการวิทยาศาสตร์อาจไม่ได้ผลตามที่คาดหมายก็ไม่ใช่ไร แต่สิ่งที่นักเรียนจะได้รับอย่างแน่นอนคือประสบการณ์และความภูมิใจในงานของตน

น่านมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์

คำอุทิศ

ในฐานะผู้เขียน ฉันยินดีเป็นอย่างยิ่งที่ได้อุทิศหนังสือเล่มนี้แด่ ฮอลลี แฮร์ริส ครูผู้เปี่ยมไปด้วยความรู้และพรสวรรค์ ที่ช่วยให้หนังสือเล่มนี้เป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านและผู้สนใจ ฉันมีความสุขมากที่ได้ร่วมสร้างผลงานชิ้นนี้พร้อมกับเพื่อนและเพื่อนร่วมงานทุกท่าน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์สำหรับความช่วยเหลืออันมีค่าที่ให้ข้อมูลและช่วยค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ขอขอบคุณ ดร.เบน ดอจตี้ หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัยเทกซัส เอแอนด์เอ็ม-คอมเมอร์ซ เมืองคอมเมอร์ซ รัฐเทกซัส ดร.ตีเนเก เซกตัน อาจารย์สาขาชีววิทยาและจุลชีววิทยาแห่งวิทยาลัยฮูสตันคอมมูนิตีคอลเลจ นอร์ทเวสต์ ในเมืองฮูสตัน รัฐเทกซัส และคุณรอบเบิร์ต แพนิก นักเคมีแห่งสถาบันวิจัยเซาท์เวสต์รีเสิร์ชอินสตีติวต์ เมืองซานอันโตนิโอ รัฐเทกซัส นักวิทยาศาสตร์ผู้ชำนาญการทั้งสามท่านช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ข้อมูลอันมีค่าจากทุกท่านช่วยให้เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้เข้าใจง่ายและชวนศึกษา

ขอขอบคุณสมาชิกองค์กรเซ็นทรัลเทกซัสแอสโตรโนมิคัลโซไซตี้ รวมทั้งคุณจอนนี่ บาร์ตัน เจ้าหน้าที่ขององค์กร และเป็นนักดาราศาสตร์สมัครเล่นมานานกว่า 20 ปี คุณดิก แคมป์เบล นักดาราศาสตร์สมัครเล่นผู้สนใจการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คุณจอห์น ดับเบิลยู. แมกแอนนัลลี เจ้าหน้าที่สถาบันสังเกตดวงจันทร์และดาวเคราะห์ ซึ่งเป็นนักบินผู้ช่วยโดยดูแลเรื่องระยะเวลาที่ใช้ขณะเปลี่ยนถ่ายเครื่องในส่วนของการสำรวจดาวพฤหัสบดี และท้ายสุด คุณพอล เดอริก นักเขียนคอลัมน์ นักดูดาว ในหนังสือพิมพ์วาโกทริบูนเฮอรัลด์

ขอขอบคุณ ดร.เกรนน์ เอส. ออริออน นักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยอาวุโสที่ศูนย์ปฏิบัติการจรวดขับเคลื่อนความดันแห่งสถาบันเทคโนโลยีแคลิฟอร์เนีย เขาเป็นนักดาราศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ผู้ศึกษาด้านอวกาศ โดยเชี่ยวชาญเรื่องการตรวจสอบโครงสร้างและองค์ประกอบของชั้นบรรยากาศโลก ดร.เกรนน์มีชื่อเสียงมากจากงานวิจัยเกี่ยวกับดาวพฤหัสบดีและดาวเสาร์ ฉันสนุกที่ได้แลกเปลี่ยนความคิดกับเขาเกี่ยวกับข้อเท็จจริงและการทดลองเรื่องอวกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ผู้ช่วยเหลือโดยการร่วมลงทำกิจกรรมต่าง ๆ รวมทั้งอำนวยความสะดวกเรื่องข้อมูลวิทยาศาสตร์ ขอขอบคุณ สกราบานเนก ที่ปรึกษาเรื่องการเรียนการสอนที่บ้าน แห่งเมืองเพอร์รี รัฐเทกซัส คอนนี แซตม์ส ชู ดันแอม และสเตลลา แครทีย์ ที่ปรึกษาแห่งเมืองมารลิน รัฐเทกซัส

สารบัญ

วิธีใช้นั่งสือเล่มนี้	6
-----------------------------	---

ตอนที่ 1

คู่มือการทำโครงการวิทยาศาสตร์

1. วิธีการทางวิทยาศาสตร์	13
2. การศึกษาค้นคว้าหัวข้อเรื่อง	19
3. ประเภทโครงการ	23
4. การศึกษาค้นคว้าโครงการ	27
5. การจัดทำเค้าโครงของโครงการ	31
6. ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	35
7. สรุปผลโครงการ	41
8. การจัดแสดงโครงการ	48
9. การนำเสนอและประเมินผล	52

ตอนที่ 2

35 แนวคิดโครงการวิทยาศาสตร์

ดาราศาสตร์	57
1. มาตราส่วนระบบสุริยะ: แบบจำลองย่อส่วน (วิทยาดาวเคราะห์)	58
2. ระยะห่างเชิงมุม: ระยะทางเชิงมุมระหว่างวัตถุท้องฟ้า (แอสโตรเมตรี)	63
3. คาบการโคจร: เวลาในการหมุนรอบ (กลศาสตร์ฟ้า)	69
4. ดาวเทียม: ดาวที่มนุษย์สร้างขึ้น (อวกาศยานศาสตร์)	75
5. ความสว่างปรากฏ: ความสว่างปรากฏของดาว (ฟิสิกส์ดาราศาสตร์)	79
6. จุดบนดวงอาทิตย์: บริเวณพื้นผิวที่เย็นกว่า (ฮีลิโอโลจี)	84
7. ดวงจันทร์ของกาลิเลโอ: บริวารที่ใหญ่ที่สุดของดาวพฤหัสบดี (วิทยาศาสตร์แห่งบริวารดาวเคราะห์)	89
8. ดาวตก: แสงวาบในท้องฟ้า (เมทีออริติกส์)	94

ชีววิทยา	99
9. บริเวณเนื้อเยื่อเจริญ:	
เขตการเติบโต (พฤกษศาสตร์ - สัตววิทยา)	100
10. ส่วนของเมล็ด:	
ภายนอกและภายใน (พฤกษศาสตร์ - กายวิภาคศาสตร์)	105
11. พืชสร้างอาหารได้เอง:	
นักสร้างอาหาร (พฤกษศาสตร์ - สรีรวิทยา)	110
12. การหายใจในน้ำ:	
อัตราการหายใจของปลาทอง (สัตววิทยา - กายวิภาคศาสตร์)	116
13. การกระทำแบบมีเงื่อนไข:	
การตอบสนองแบบใช้เหตุผล (สัตววิทยา - พฤติกรรมนิยม)	121
14. ระบบนิเวศ:	
ความสัมพันธ์ระหว่างกัน (นิเวศวิทยา)	126
15. สารกันเสีย:	
สารเติมแต่งอาหาร (จุลชีววิทยา)	131
เคมี	137
16. อาหารพืชที่ดีที่สุด:	
สารอาหารในดิน (เคมีเกษตร)	138
17. อินดิเคเตอร์:	
เปลี่ยนสี (เคมีอินทรีย์)	142
18. เอนไซม์:	
ตัวควบคุมปฏิกิริยาเคมี (ชีวเคมี)	146
19. ไตรกลีเซอไรด์:	
อิ่มตัวและไม่อิ่มตัว (เคมีอินทรีย์)	151
20. ปริมาณวิตามินซี:	
วิเคราะห์อาหารด้วยการไทเทรต (เคมีวิเคราะห์)	156
21. ความหนืด:	
ความหนืดต่างกัน (เคมีเชิงฟิสิกส์)	161
วิทยาศาสตร์โลก	165
22. วัฏจักรน้ำ:	
การเคลื่อนที่ของน้ำ (ธรณีวิทยากายภาพ - อุทกวิทยา)	166
23. แร่:	
จำแนกลักษณะทางกายภาพของแร่ (ธรณีวิทยากายภาพ - วิทยาแร่)	170

24. วัฏจักรหิน:	
กระบวนการเปลี่ยนแปลงของหิน (ธรณีวิทยากายภาพ - ศิลาวิทยา).....	175
25. เนื้อดิน:	
ผลของขนาดตะกอนวัตถุ (ธรณีวิทยากายภาพ - ปฐพีศาสตร์).....	179
26. ลักษณะภูมิประเทศ:	
ความสูงต่ำของพื้นผิวโลก (ธรณีวิทยากายภาพ - ภูมิลักษณะ).....	183
27. ปรากฏการณ์เรือนกระจก:	
การถ่ายเทความร้อนในบรรยากาศ (อุตุนิยมวิทยา)	189
28. การหยั่งน้ำ:	
ทำแผนที่ภาพด้านข้างพื้นสมุทร (สมุทรศาสตร์)	194
ฟิสิกส์.....	201
29. การสั่นพ้อง:	
การสั่นแบบซิมพาเทติก (เสียง).....	202
30. การนำความร้อน:	
การแลกเปลี่ยนพลังงานที่เกิดจากการสั่น (อุณหพลศาสตร์)	206
31. ไฟฟ้าสถิต:	
ประจุไฟฟ้าอยู่กับที่ (ฟิสิกส์อนุภาคพื้นฐาน).....	211
32. สภาวะแม่เหล็กไฟฟ้า:	
สภาวะแม่เหล็กจากไฟฟ้า (พลศาสตร์ไฟฟ้า).....	217
33. ของไหลสถิต:	
ของไหลอยู่กับที่ (พลศาสตร์ของไหล).....	222
34. กฎข้อ 3 ของนิวตัน:	
แรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา (กลศาสตร์)	227
35. โพลาริเซชัน:	
การสั่นในทิศทางเดียว (ทัศนศาสตร์)	232
ภาคผนวก.....	237
1. ค่าตลาดเคลื่อนสู่ของการวัด	238
2. ค่าตลาดเคลื่อนสู่สัมพัทธ์: เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน.....	239
3. ข้อมูลดาวเคราะห์	240
4. การสุ่มตัวอย่างในระบบนิเวศเปิด	241
5. ครอสสตัดฟ์.....	242
6. การเตรียมสารละลาย	244
7. แมนอมิเตอร์.....	245
8. อภิธานศัพท์.....	246

วิธีใช้

หนังสือเล่มนี้

วิทยาศาสตร์เป็นระบบความรู้สำหรับค้นหาความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของสิ่งต่างๆ ในเอกภพ มีผลของการสังเกต การตั้งคำถาม และการทดลองเพื่อตรวจสอบแนวคิด **โครงการวิทยาศาสตร์**เป็นการค้นคว้าที่ออกแบบมาเพื่อหาคำตอบเฉพาะปัญหาใดปัญหาหนึ่ง เนื่องจากโครงการวิทยาศาสตร์บางอย่างทำขึ้นเพื่อการแข่งขัน ดังนั้นในการเตรียมโครงการ นักเรียนต้องปฏิบัติตามกฎกติกาที่ตั้งไว้ในข้อบังคับหลักก็คือ โครงการต้องปฏิบัติตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งหาข้อมูลเหล่านี้ได้ในหนังสือแนะนำกฎกติกาทั่วไปของโครงการวิทยาศาสตร์ นักเรียนควรปรึกษาครูที่ปรึกษาเกี่ยวกับหลักเกณฑ์เพิ่มเติมของการประกวดโครงการแต่ละแห่ง ก่อนจะเริ่มวางแผนทำโครงการ

การพัฒนาโครงการวิทยาศาสตร์เป็นเหมือนการสืบค้น นักเรียนต้องวางแผนให้ดีและรวบรวมข้อมูลอย่างประณีต แล้วนำข้อมูลที่ค้นคว้าได้มาเสนอเพื่อนในกลุ่ม การเตรียมงานและนำเสนอโครงการวิทยาศาสตร์จะทำให้สนุกสนานและได้รับประสบการณ์เป็นรางวัล แต่การพยายามทำโครงการและ/หรือรวบรวมการจัดแสดงโครงการในนาทีสุดท้าย ผลที่ได้อาจทำให้ผิดหวัง

ควรเริ่มโครงการด้วยความกระหายใคร่รู้และต้องการเรียนรู้สิ่งใหม่ แล้วดำเนินไปตามจุดมุ่งหมายและตัดสินใจแก้ปัญหาที่เลือกไว้ แม้ว่ามันจะไม่เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้โดยตรง แต่การค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์จะจบลงด้วยการค้นพบที่น่าสนใจอย่างแน่นอน

หนังสือเล่มนี้จะแนะนำแนวทางในการพัฒนาโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตั้งแต่ต้นจนจบ รวมทั้งข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและเทคนิคที่ต้องใช้ในการพัฒนาและนำเสนอโครงการ ก่อนจะเริ่มทำโครงการ นักเรียนต้องอ่านตอนที่ 1 ซึ่งอธิบายหัวข้อสำคัญ 9 ข้อที่ต้องรู้เพื่อความสำเร็จในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ให้จบก่อน

1. **วิธีการทางวิทยาศาสตร์** เป็นวิธีการรวบรวมและแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ บทที่ 1 อธิบายขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์และบอกวิธีการนำไปใช้พัฒนาโครงการวิทยาศาสตร์

2. **การศึกษาค้นคว้าหัวข้อเรื่อง** การเลือกเรื่องที่จะศึกษาเป็นสิ่งแรกที่นักเรียนต้องเริ่มในการทำโครงการ คำแนะนำในการค้นคว้าในบทที่ 2 จะช่วยเลือกเรื่อง การค้นคว้าเป็นกระบวนการรวบรวมข้อเท็จจริงและข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในหนังสือเล่มนี้เป็นข้อเท็จจริงที่ได้จากการสังเกตและ/หรือการวัดที่

ได้จากการทดลอง ตามคำนิยามในหนังสือเล่มนี้การศึกษาค้นคว้าเรื่องเป็นการศึกษาที่มีจุดมุ่งหมาย เพื่อเลือกหัวข้อโครงการวิทยาศาสตร์

3. **ประเภทโครงการ** เราต้องระบุประเภทโครงการที่จะทำก่อนเริ่มศึกษาค้นคว้า ซึ่งกรรมการจะพิจารณาโดยยึดค่านี้อาณาโครงการตามประเภทโครงการที่เราเข้าร่วมแข่งขัน เช่น โครงการวิทยาศาสตร์โลกถ้าเข้าแข่งขันฝึกกลุ่มไปอยู่ในประเภทเคมี ส่วนใหญ่จะได้รับคะแนนต่ำกว่า ในบทที่ 3 มีรายการโครงการวิทยาศาสตร์ประเภทต่างๆ

4. **การศึกษาค้นคว้าโครงการ** เมื่อเลือกเรื่องที่จะศึกษาค้นคว้าได้แล้ว จะเริ่มด้วยจุดมุ่งหมายของการศึกษา **ปัญหาโครงการ (project problem)** ซึ่งเป็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต้องการแก้ปัญหา การศึกษาค้นคว้าเป็นแบบลงลึกในหัวข้อเรื่องตามจุดมุ่งหมายของปัญหาโดยเฉพาะ **การตั้งสมมติฐาน** (การคาดคะเนคำตอบของปัญหา โดยยึดหลักความรู้และการศึกษาค้นคว้า) รวมถึงออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน การศึกษาค้นคว้านี้ไม่ใช่แค่การอ่านเนื้อหาความรู้ที่มีการตีพิมพ์ไว้แล้ว แต่รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้ที่มีความรู้ในเรื่องนั้น และทดลองสำรวจ **การทดลองสำรวจ (exploratory experiment)** คือการทดลองซึ่งมีข้อมูลที่น่ามาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาโครงการ ในบทที่ 4 มีคำแนะนำและแนวทางรวบรวมการศึกษาค้นคว้าโครงการ

5. **การจัดทำเค้าโครงของโครงการ** บทที่ 5 เป็นเค้าโครงของโครงการวิทยาศาสตร์บางเรื่อง โดยเฉพาะตั้งแต่ต้นจนจบ ในบทนี้จะมีคำแนะนำเป็นขั้นตอน รวมทั้งการรวบรวมงานศึกษาค้นคว้าและนำไปใช้กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน และออกแบบการทดลอง จุดมุ่งหมายของบทนี้คือรูปแบบในการรวบรวมและวางแผนการทำโครงการวิทยาศาสตร์

6. **ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง** ข้อมูลเป็นข้อเท็จจริงที่ได้จากการสังเกตและ/หรือการวัดที่ได้มาจากการทดลอง บทที่ 6 ช่วยให้เห็นแนวทางในการรวบรวมและจัดแสดงข้อมูล รวมทั้งตัวอย่างกราฟชนิดต่างๆ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลเกี่ยวกับสมุดบันทึกรายวันสำหรับบันทึกการดำเนินงานในการทำโครงการ

7. **สรุปผลโครงการ** บทที่ 7 มีวิธีเตรียมบทคัดย่อ แนะนำการเขียนบทคัดย่อ และการเขียนรายงานเกี่ยวกับโครงการตั้งแต่ต้นจนจบ

8. **การจัดแสดง** การจัดแสดงโครงการเป็นวิธีสื่อสารกับผู้อื่นในสิ่งที่เราได้ทำและเรียนรู้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่เราจะต้องใช้พื้นที่ที่ได้รับอย่างฉลาด เพื่อนำเสนอโครงการด้วยวิธียอดเยี่ยมที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ในบทที่ 8 มีแนวคิดการออกแบบการจัดแสดงผลงาน ซึ่งไม่เพียงแต่ดึงดูดสายตาผู้ชม แต่ยังต้องดึงดูดความสนใจอีกด้วย

9. **การนำเสนอและประเมินผล** ถึงแม้ว่าการนำเสนอผลงานและประเมินผลจะอยู่ในขั้นตอนสุดท้าย แต่เราก็ควรคิดถึงความสำคัญของสิ่งนี้พร้อมกันไปด้วย คือ พิจารณาว่าเราจะประเมินผลโครงการอย่างไรเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ต้องมี บทที่ 9 นี้จะช่วยเตรียมการเพื่อรับมือการ

ตัดสิน และให้คำแนะนำเกี่ยวกับสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นในการประกวด ซึ่งครูที่ปรึกษาจะให้ข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงมากกว่านี้ได้

ตอนที่ 2 มีแนวคิดโครงงานวิทยาศาสตร์ชั้นเยี่ยม 35 เรื่อง แต่ไม่ได้รับประกันว่าถ้านักเรียนทำตามโครงงานเหล่านี้แล้วจะได้รับเกรด 4 เพราะเกรดขึ้นอยู่กับตัวเอง นักเรียนต้องออกแบบโครงงานสืบค้น และรวบรวมข้อมูลให้ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ สิ่งสำคัญคือ ต้องไม่ลอกเลียนแบบโครงงานในหนังสือเล่มนี้ แต่ใช้โครงงานเป็นการทดลองสำรวจและเป็นแบบในการพัฒนาโครงงานของตัวเอง จุดมุ่งหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์คือทำให้นักเรียนค้นพบด้วยตัวเอง ไม่ว่าจะได้รับรางวัลหรือไม่ก็ตาม ผู้ที่มีส่วนร่วมในโครงงานวิทยาศาสตร์ทุกคน ซึ่งทำงานอย่างดีที่สุดจะต้องได้รับรางวัลชิ้นแรก นั่นคือ ได้ฝึกการเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดี ที่นี้เราก็มาร่วมกันได้เลย

ตอนที่

1

คู่มือการทำ

โครงการ
วิทยาศาสตร์

1

วิธีการ ทางวิทยาศาสตร์

โครงงานวิทยาศาสตร์ต้องใช้กระบวนการที่เรียกว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ ในบทนี้จะยกตัวอย่างเพื่อแสดงและอธิบายขั้นตอนพื้นฐานของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ บทที่ 2 ถึงบทที่ 4 จะบอกรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับขั้นตอนเหล่านี้ และบทที่ 5 เป็นการใช่วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการสรุปโครงงานตัวอย่าง

ขั้นตอนที่จำเป็นในการพัฒนาโครงงานวิทยาศาสตร์เรียงตามลำดับดังนี้: ศึกษาค้นคว้าเรื่องกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐานเพื่อนำไปสู่การทดลอง และสรุปผล ที่สำคัญคือ ต้องหมายเหตุไว้ว่า นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ทำตามขั้นตอนเหล่านี้เสมอไป อาจทำตามบางขั้นตอนก็ได้



การวิจัย

การวิจัยหรือการค้นคว้าหาความรู้คือกระบวนการรวบรวมความรู้เกี่ยวกับเรื่องหนึ่ง ๆ และยังเป็นกรรวบรวมข้อเท็จจริง ซึ่งรวมถึงความรู้จากประสบการณ์ของบุคคล จากแหล่งความรู้ ผลงานที่ดีพิมพ์ และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ และความรู้ที่ได้จากการสังเกตการทดลอง งานค้นคว้าเบื้องต้นเรียกว่า การค้นคว้าเรื่อง ใช้เลือกหัวข้อโครงงาน เช่น เราสังเกตเห็นว่าต้นหญ้าที่ขึ้นอยู่รอบก้อนหินมีสีเขียว แต่เมื่อยกก้อนหินขึ้น ต้นหญ้าที่อยู่ใต้ก้อนหินกลับมีสีเหลือง สิ่งนี้ทำให้เราสงสัยว่าทำไมต้นหญ้าจึงเปลี่ยนสี เราอาจจะเลือกเรื่องพฤกษศาสตร์เป็นหัวข้อใหญ่เพราะเป็นการศึกษาเรื่องพืช

เมื่อเลือกหัวข้อได้แล้วก็เริ่มค้นคว้าโครงงาน การค้นคว้านี้จะช่วยให้เราเข้าใจเรื่อง กำหนดปัญหา เสนอสมมติฐาน และออกแบบการทดลองได้ จากการค้นคว้าในเรื่องการขาดสีเขียวของต้นหญ้า พบว่าต้นหญ้ามียีสสีเขียวเพราะมีสารสีเขียวที่เรียกว่า **คลอโรฟิลล์** แล้วก็พบว่าแสงแดดมีผลต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ด้วย และการขาดสีเขียวของพืชเนื่องมาจากการขาดคลอโรฟิลล์นี้เรียกว่า **ภาวะพร่องคลอโรฟิลล์**

การค้นคว้าอีกแบบหนึ่ง เรียกว่า การทดลองสำรวจ ตัวอย่างการทดลองประเภทนี้มีอยู่ในตอนที่ 2 การทดลองสำรวจนี้ไม่ทำให้สับสนกับการทดลองของโครงการ แต่ให้ความรู้เกี่ยวกับหัวเรื่องซึ่งจะช่วยให้เรากำหนดปัญหาโครงการได้ และอาจให้แนวคิดในการทดลองโครงการวิทยาศาสตร์ของเราด้วย ตัวอย่างการทดลองสำรวจสำหรับเรื่องสีของต้นหญ้าอาจเป็นการวางวัดอุณหภูมิต้นหญ้าบางส่วน และสังเกตสีต้นหญ้าที่อยู่ใต้วัตถุภายในระยะเวลาหนึ่ง ผลการค้นคว้าของโครงการอื่นๆ และการทดลองสำรวจนี้จะให้ความรู้ที่จำเป็นสำหรับขั้นตอนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

- ☒ ใช้เอกสารอ้างอิงที่ทันสมัย เช่น หนังสือ วารสาร นิตยสาร หนังสือพิมพ์ รวมทั้งแหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต
- ☒ รวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ อาจารย์ บรรณารักษ์ และนักวิทยาศาสตร์ เช่น นักวิจัย แพทย์ พยาบาล สัตวแพทย์
- ☒ ทำการทดลองสำรวจ เช่น การทดลองตามแนวคิดโครงการทั้ง 35 เรื่องในตอนที่ 2



ปัญหาโครงการ

ปัญหาโครงการเป็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่จะต้องแก้ คำถามนี้เป็นหลักของโครงการทั้งหมด จึงเป็นสิ่งสำคัญมากที่ต้องเจาะจงลงไปว่าเราจะค้นคว้าเรื่องอะไร ต้องกำหนดตัวแปรอิสระและตัวแปรควบคุม **ตัวแปร (variable)** คือปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลง (เงื่อนไขที่สนับสนุนผลการทดลอง) **ตัวแปรอิสระ** หรือ **ตัวแปรต้น (independent variable)** ปัจจัยในการทดลองที่เราตั้งใจเปลี่ยนแปลงและต้องการตรวจสอบ **ตัวแปรตาม (dependent variable)** คือปัจจัยที่สังเกตได้จากการทดลองซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรต้น เราต้องแน่ใจเสมอว่ามีตัวแปรต้นเพียงชนิดเดียว แล้วจะรู้ว่าอะไรเป็นสาเหตุให้ตัวแปรตามหนึ่งที่เราติดตามดูเปลี่ยนแปลงไป การกำหนดปัญหาไม่มีวิธีไหนถูกหรือผิด แต่คำถาม “ปลายเปิด” ซึ่งคำตอบจะไม่เจาะจงลงไปว่าถูกหรือผิด สามารถเพิ่มความซับซ้อนของการทดลองที่ต้องการตอบปัญหานี้ได้ นี่ทำให้โครงการได้รับการยอมรับมากขึ้นสำหรับการเข้าประกวดโครงการวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น เช่น เราอาจกำหนดปัญหาปลายเปิดสำหรับโครงการเรื่องสีของต้นหญ้าว่า “การขาดแสงส่งผลต่อภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ของต้นหญ้าอย่างไร”

ข้อเสนอแนะ

☑ จำกัดปัญหา หมายเหตุไว้ว่า คำถามก่อนหน้ามีตัวแปรต้น 1 ชนิด คือ แสง และตัวแปรตาม 1 ชนิด คือ ภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ การหาคำตอบสำหรับคำถามที่ว่า “การขาดแสงส่งผลต่อภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ของต้นหญ้าอย่างไร” เราต้องทดสอบแสงและหญ้าชนิดต่าง ๆ กัน การระบุชนิดของแสงและหญ้าจะทำให้หาคำตอบง่ายขึ้น เราอาจต้องระบุชื่อต้นหญ้าที่ใช้ เช่น หญ้าออกัสติน

☑ เลือกปัญหาที่สามารถแก้ได้ด้วยผลการทดลองที่วัดค่าได้ เช่น “สาเหตุของภาวะพร่องคลอโรฟิลล์คืออะไร” สามารถตอบได้ด้วยการค้นหาคำว่า ภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ ในพจนานุกรม แต่คำถาม “การขาดแสงส่งผลต่อภาวะพร่องคลอโรฟิลล์อย่างไร” ต้องตอบด้วยการทดลอง ระดับของภาวะพร่องคลอโรฟิลล์สามารถวัดค่าได้



สมมติฐาน

สมมติฐานคือการคาดคะเนผลที่อาจจะเกิดขึ้นของปัญหา ขึ้นอยู่กับความรู้และการศึกษาค้นคว้าโครงงานทุกโครงงานมีจุดมุ่งหมายเพื่อกำหนดปัญหา คาดคะเนคำตอบ (สมมติฐาน) และออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน สมมติฐานควรอ้างถึงตัวแปรต้นและตัวแปรตามว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

สมมติฐานในโครงงานวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ **สมมติฐานการวิจัย (research hypothesis)** เป็นผลที่คาดว่าจะได้รับจากการทดลองอย่างเฉพาะเจาะจง และเป็นการคาดคะเนที่ตรวจสอบได้ นั่นคือต้องประกอบด้วยตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม อาจใช้รูปประโยคว่า “ถ้า...แล้ว...” ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของสมมติฐานการวิจัยสำหรับคำถามของโครงงานตัวอย่าง

“ภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ของหญ้าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาที่หญ้าไม่ได้รับแสงแดดเพิ่มขึ้น ข้อมูลนี้เป็นข้อเท็จจริงที่ว่าหญ้าสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองถ้ามีวัตถุทึบแสงคลุมอยู่ในช่วงหนึ่ง” หรือ

“ถ้าต้นหญ้าไม่ได้รับแสงแดดแล้ว ระดับภาวะพร่องคลอโรฟิลล์จะมากขึ้นตามเวลา ซึ่งเป็นข้อเท็จจริงที่ว่าหญ้าสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองถ้ามีวัตถุทึบแสงคลุมอยู่ในช่วงหนึ่ง”

สมมติฐานว่าง (null hypothesis) เป็นการกำหนดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ได้คาดคะเนไว้ตามผลการทดลอง มักตรงกันข้ามกับสิ่งที่เราเชื่อ จุดมุ่งหมายของเราคือ ทำการทดลองที่ปฏิเสธหรือไม่ยอมรับสมมติฐานว่าง ตัวอย่างของสมมติฐานว่าง เช่น “การขาดแสงแดดไม่ส่งผลต่อภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ของหญ้า”

ข้อเสนอแนะ

- ☑ ระบุข้อเท็จจริงจากการศึกษาค้นคว้า รวมทั้งประสบการณ์ที่ผ่านมา หรือการสังเกตที่เรายึดเป็นสมมติฐานการวิจัย
- ☑ เขียนสมมติฐานก่อนเริ่มทำการทดลอง
- ☑ อย่าเปลี่ยนสมมติฐานแม้ว่าการทดลองจะไม่สอดคล้องกับสมมติฐานก็ตาม ถ้ามีเวลาเหลือให้ทำการทดลองใหม่หรือออกแบบการทดลองใหม่อีกครั้งเพื่อยืนยันผลการทดลอง



การทดลอง

การทดลองเป็นการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน เช่น เราต้องการทดสอบผลของการขาดแสงต่อภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ ตัวแปรต้นสำหรับการทดลองนี้คือ การขาดแสง และตัวแปรตามคือ สีของหญ้า (ซึ่งแสดงระดับภาวะพร่องคลอโรฟิลล์) *หมายเหตุ:* ตัวแปรตามต้องวัดค่าได้ ปัจจัยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เรียกว่า **ปัจจัยควบคุม** หรือ **ค่าคงตัว (constant factor)** ปัจจัยควบคุมควรรวมถึงชนิดของหญ้า วันและเวลาที่ทดลอง สภาพอากาศ และอื่นๆ ด้วย สิ่งสำคัญคือต้องนึกถึงปัจจัยควบคุมที่เป็นไปได้เมื่อจะทำการทดลอง เพื่อให้แน่ใจว่าตัวแปรเหล่านี้จะไม่เปลี่ยนแปลง การทดลองที่เป็นไปได้เพื่อเปรียบเทียบผลของการขาดแสงแดดในช่วงเวลาหนึ่งต่อภาวะพร่องคลอโรฟิลล์คือ พันหญ้า 10 แห่งซึ่งปกคลุมด้วยวัตถุทึบแสง (แสงส่องผ่านไม่ได้) เช่น ถ้วยพลาสติกทึบแสง ยึดถ้วยให้แน่นด้วยการกดลงไปในพื้นดินเล็กน้อย ยกถ้วยขึ้นและสังเกตต้นหญ้าที่ถูกครอบไว้และต้นหญ้ารอบๆ ถ้วยทุก 24 ชั่วโมง ถ่ายภาพต้นหญ้าที่ถูกแก้วครอบและไม่ถูกครอบ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ทำเช่นนั้นจนครบ 10 ใบ ภาพถ่ายสามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาระดับภาวะพร่องคลอโรฟิลล์กับปริมาณการขาดแสงแดดได้

ตัวควบคุม (control) เป็นค่ามาตรฐานสำหรับการเปรียบเทียบ ในการทดลองควบคุม เมื่อจะจัดการทดลอง ต้องระบุปัจจัยควบคุมทุกตัวไว้ (ถ้วยครอบปิดต้นหญ้า) มีเพียงตัวแปรต้นเท่านั้นที่เปลี่ยนแปลงไปจากการทดลองที่จัดไว้ ในการทดลอง ตัวแปรต้นคือการขาดแสง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการทดลองควบคุมด้วยการจัดให้แสงแดดส่องอย่างเต็มที่ ถ้าสมมติฐานที่ว่า การขาดแสงทำให้เกิดภาวะพร่องคลอโรฟิลล์เป็นจริง เราควรใช้ถ้วยโปร่งแสง (แสงส่องผ่านได้) 10 ใบ เพื่อให้แสงส่องถึงต้นหญ้าได้ โดยทำการทดลองเหมือนกับถ้วยทึบแสง คือนำถ้วยโปร่งแสงไปครอบต้นหญ้าและยกถ้วยที่เป็นตัวแปรควบคุมขึ้น 1 ใบ ให้สังเกตต้นหญ้าทุก 24 ชั่วโมง และถ่ายภาพต้นหญ้าไว้

หมายเหตุไว้ว่า ในบางการทดลอง ตัวควบคุมไม่ได้แยกทดลองต่างหาก ซึ่งอาจเป็นตัวแปรอิสระที่เลือกไว้เป็นเกณฑ์สำหรับเปรียบเทียบ เช่น ถ้าปัญหาคือ “มุมของรังสีแสงอาทิตย์ตอนเที่ยงส่งผลอย่างไรต่ออุณหภูมิในฤดูกาลต่าง ๆ” การทดลองจะต้องวัดอุณหภูมิอากาศและมุมของดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงในฤดูกาลต่าง ๆ โดยการใช้ข้อมูลที่ได้มา ตัวควบคุมสามารถกำหนดขึ้นเองเป็นดวงอาทิตย์ที่มุมตรงกลางของมัน ดังนั้นอุณหภูมิสำหรับมุมของดวงอาทิตย์ซึ่งอาจมากกว่าหรือน้อยกว่ามุมควบคุม ก็สามารถนำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของมุมควบคุมได้

การทดลองในโครงงานนั้นรวมถึงสิ่งที่ได้จากการสังเกต (ข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ) ด้วย สิ่งที่ได้จากการสังเกตมี 2 ประเภทคือ เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

การสังเกตเชิงปริมาณ (quantitative observation) คือ การพรรณนาจำนวนสิ่งของบางชนิดที่แสดงได้ด้วยตัวเลข เครื่องมือต่าง ๆ เช่น ตาชั่ง ไม้บรรทัด นาฬิกาจับเวลา ใช้เพื่อบอกปริมาณ หมายถึง ปริมาณของคุณสมบัติที่สังเกตได้ เช่น มวล ความสูง เวลา โดยทั่วไปแล้ว หน่วยที่ใช้วัดในโครงงานวิทยาศาสตร์คือมาตราเมตริก เช่น ความยาวหน่วยเป็นเมตร มวลหน่วยเป็นกรัม ปริมาตรหน่วยเป็นมิลลิลิตร อุณหภูมิหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

การสังเกตเชิงคุณภาพ (qualitative observation) คือ การพรรณนาสมบัติทางกายภาพของสิ่งของบางชนิด รวมทั้งลักษณะ เสียง สัมผัส กลิ่น และ/หรือรสชาติ การสังเกตเชิงคุณภาพจะใช้คำคุณศัพท์อธิบาย คำอธิบายลักษณะของหญ้าอาจสัมพันธ์กับสีของมัน

ข้อเสนอแนะ

เมื่อจะออกแบบการทดลอง ต้องจำไว้ว่า

- ✓ บอกวิธีวัดผลการทดลอง เช่น การวัดปริมาณของภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ อาจสร้างสเกลสีจากเลข 1 ถึง 10 สำหรับวัดระดับสีของต้นหญ้าที่เปลี่ยนไป โดยระบุให้ชัดเจนว่าเลข 1 ถึง 10 หมายถึงอะไร เช่น เลข 1 เท่ากับ สีเขียวเข้ม เลข 10 เท่ากับ สีขาว
- ✓ ต้องใช้ตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวเท่านั้นในการทดลอง
- ✓ เก็บข้อมูลมากกว่า 1 ชุดเพื่อพิสูจน์ผลการทดลอง จำไว้ว่าสำหรับการทดลองตัวอย่าง การทดลองทั้ง 4 ชุดหรือมากกว่านั้นสามารถเริ่มทดลองพร้อมกันได้ แต่ละการทดลองต้องมีตัวแปรควบคุมเหมือนกัน
- ✓ ต้องกำหนดตัวควบคุม
- ✓ ทำการทดลองควบคุมซ้ำพร้อมกับการทดลองที่เหลือ
- ✓ บันทึกผลการทดลองอย่างละเอียด และรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (คูบทที่ 6)
- ✓ ทำการทดลองโดยมีครูที่ปรึกษาดูแล



การสรุปผล

การสรุปผลโครงการเป็นการรวบรวมผลการทดลองและระบุว่าผลการทดลองสอดคล้องกับสมมติฐานอย่างไร ถ้าจะให้ดีควรรวบรวมเหตุผลจากการทดลองที่ตรงข้ามกับสมมติฐานด้วย การสรุปผลอาจจบด้วยแนวคิดสำหรับการทดลองครั้งต่อไป แม้ผลการทดลองจะไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน เรายังทำโครงการวิทยาศาสตร์ให้สำเร็จได้ จำไว้ว่า การทดลองทำขึ้นเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ไม่ว่าผลการทดลองจะเป็นไปตามสมมติฐานหรือไม่ก็ตาม ดังนั้นควรปฏิบัติดังนี้

- ✓ อย่าเปลี่ยนสมมติฐาน
- ✓ อย่าทิ้งผลการทดลองที่ไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน
- ✓ ให้เหตุผลที่เป็นไปได้สำหรับความแตกต่างระหว่างสมมติฐานกับผลการทดลอง
- ✓ บันทึกวิธีการที่เราอาจจะทำการทดลองต่อไปอีกเพื่อยืนยันผลของการทดลองแรกสุด อาจ

บันทึกไว้ว่าแนวคิดเหล่านี้เป็นแนวคิดสำหรับการทดลองในอนาคต

ถ้าผลการทดลองไม่สนับสนุนสมมติฐาน เราอาจกล่าวว่า

“ดังที่กล่าวไว้ในสมมติฐาน ถ้าหญ้าในสนามไม่ได้รับแสงแดดแล้ว ระดับภาวะพร่องคลอโรฟิลล์จะเพิ่มขึ้นตามเวลา แต่ผลการทดลองไม่ได้สนับสนุนแนวคิดเรื่องนี้อย่างชัดเจน ขณะที่เกิดภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ได้ด้วยทึบแสง ไม่มีเหตุการณ์ที่แสดงว่าภาวะพร่องคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นตามเวลาชัดเจน ผลการทดลองเช่นนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากถ้วยที่เลือกใช้เป็นวัตถุทึบแสง ในความพยายามที่จะควบคุมค่าคงตัว จึงเลือกใช้ถ้วยโปร่งแสงที่เหมือนกัน แต่ถ้วยทึบแสงนั้นใช้ถ้วยกระดาษ ในการทดลองครั้งต่อไปจะใช้ถ้วยกระดาษชนิดอื่นที่แตกต่างกันหรือถ้วยแบบอื่นที่ทำด้วยวัสดุทึบแสง”

ถ้าผลการทดลองของเราสนับสนุนสมมติฐาน เราอาจกล่าวว่า

“ดังที่กล่าวไว้ในสมมติฐาน ถ้าหญ้าในสนามไม่ได้รับแสงแดด แล้วระดับภาวะพร่องคลอโรฟิลล์จะเพิ่มขึ้นตามเวลา ข้อมูลที่ได้จากการทดลองสนับสนุนแนวคิดที่ว่า การขาดแสงแดดเป็นสาเหตุให้ภาวะพร่องคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น หญ้าที่ถูกคลุมด้วยถ้วยทึบแสงนานที่สุดจะมีภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ปริมาณมากที่สุด และหญ้าที่ถูกคลุมด้วยถ้วยโปร่งแสงในตู้ควบคุมไม่มีภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ สำหรับการทดลองครั้งต่อไป จะเลือกแสงเป็นตัวแปรต้นและทดสอบผลของแสงชนิดต่าง ๆ เช่น แสงแดด แสงฟลูออเรสเซนต์ แสงจากหลอดไฟ ที่มีต่อภาวะพร่องคลอโรฟิลล์”

2

การศึกษา ค้นคว้าหัวข้อเรื่อง

ตอนนี้เรามีเครื่องมือพื้นฐานสำหรับทำโครงการวิทยาศาสตร์แล้ว นั่นคือ ขั้นตอนที่เป็นระบบของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เราจึงพร้อมที่จะเรียนรู้เกี่ยวกับการพัฒนาโครงการวิทยาศาสตร์ที่เฉพาะเจาะจง



บันทึกประจำวัน

บันทึกประจำวันเป็นการจดบันทึกความคืบหน้าของโครงการวิทยาศาสตร์ เราจะใช้สมุดบันทึกรูปเล่มแบบใดก็ได้ บันทึกทุกหน้าต้องเรียบร้อยที่สุดและมีวันที่กำกับ ถ้าเราบันทึกการดำเนินงานเรียบร้อยและเรียงตามลำดับ โครงการก็จะสมบูรณ์และถูกต้องตั้งแต่ต้นจนจบ และยังสามารถใช้เขียนรายงานได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังเป็นข้อพิสูจน์เรื่องเวลาที่ใช้ค้นหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการพิสูจน์

บางตอนเราอาจต้องการทำใบแทรกพิเศษในบันทึกที่มีครูที่ปรึกษาเป็นผู้แนะนำ รวมถึงตามกติกากำหนดในการประกวดโครงการวิทยาศาสตร์ พร้อมด้วยตารางขั้นตอนการดำเนินการเมื่อกำหนดแต่ละส่วนของโครงการขึ้น บันทึกควรประกอบด้วยการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับหัวข้อเรื่องและการศึกษาค้นคว้าโครงการ ไม่ใช่แค่เพียงที่มาของแนวคิดนี้ แต่ยังรวมถึงแนวคิดที่ได้จากผลงานที่ตีพิมพ์ไว้แล้วหรือจากบุคคล รวมทั้งการสำรวจและวิธีทดลอง พร้อมด้วยแผนภาพ กราฟ และผลการทดลองทั้งหมดที่บันทึกไว้ ถ้าได้รับการอนุญาตเราควรจัดแสดงบันทึกการดำเนินการของเราพร้อมกับโครงการที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว