**กิจกรรมการทดลองทางฟิสิกส์**

**เรื่อง ฟิสิกส์นิติเวช – ค้นหาจุดเกิดเหตุบนภูเขา**

**จุดประสงค์**

1. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของจุดปล่อยลูกบอล และระยะกระจัดในแนวระดับ
2. อธิบายการเปลี่ยนรูปของพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานจลน์ตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล
3. ใช้ผลการทดลองในการคาดคะเนจุดที่วัตถุตกจากความสูง

**วัสดุและอุปกรณ์**

1. รางโค้ง (แทนทางภูเขา)
2. ลูกเหล็กขนาดต่าง ๆ
3. เครื่องชั่งดิจิทัล
4. ไม้บรรทัดและสายวัด
5. กระดาษหรือเทปกาวสำหรับทำเครื่องหมายจุดตก
6. เครื่องคิดเลข CASIO fx-991CW

**บทนำกิจกรรม**

เกิดเหตุอุบัติเหตุรถยนต์ตกจากภูเขาสูง รถพุ่งออกจากทางโค้งและตกกระแทกพื้นเบื้องล่างในแนวระดับห่างจากตีนผา ทีมฟิสิกส์นิติเวชได้รับมอบหมายให้วิเคราะห์ว่า “รถคันนี้ตกมาจากตำแหน่งใดบนภูเขา” โดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ร่วมกับกฎการอนุรักษ์พลังงานกล

หลักการสำคัญคือ เมื่อรถอยู่บนภูเขาที่ระดับความสูง รถจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วง (gravitational potential energy) ซึ่งจะถูกแปลงเป็นพลังงานจลน์ (kinetic energy) เมื่อรถเคลื่อนลงมาตามทางโค้ง เมื่อถึงปลายโค้ง รถจะพุ่งออกในแนวระดับและตกลงสู่พื้นเบื้องล่างในระยะทางแนวราบ

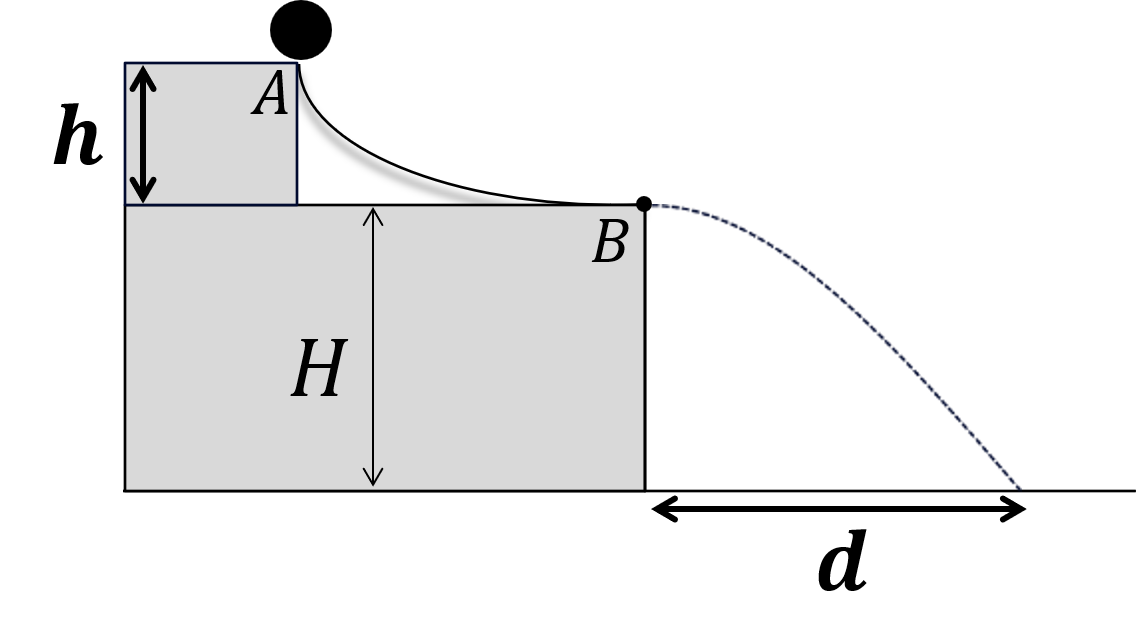
เพื่อจำลองเหตุการณ์ดังกล่าว ทีมฟิสิกส์นิติเวชได้ออกแบบการทดลองจำลองโดยใช้ **รางโค้งแทนทางภูเขา** และ **ลูกบอลแทนรถยนต์** โดยจะปล่อยลูกบอลจากความสูงต่าง ๆ แล้ววัดระยะกระจัดในแนวระดับ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของจุดปล่อย และระยะตก จากนั้นนำผลการทดลองมาวิเคราะห์และคาดคะเนจุดที่รถน่าจะตกจากภูเขาในสถานการณ์จริง

**วิธีทำกิจกรรม**

1. การเลือกและชั่งมวลลูกเหล็ก

* เลือกลูกเหล็ก 1 ลูกจากชุดอุปกรณ์ (ใช้ลูกเดิมตลอดการทดลอง)
* ชั่งมวลด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล และบันทึกค่ามวล พร้อมค่าความคลาดเคลื่อนจากสเกล

1. การเตรียมอุปกรณ์



* จัดรางโค้งให้ปลายรางอยู่ในแนวราบและสูงจากพื้นคงที่ เมตร
* วัดความสูงของจุดปล่อยลูกเหล็ก ในแนวดิ่งจากระดับปลายราง โดยใช้ไม้บรรทัดหรือสายเมตร

1. การปล่อยลูกเหล็กและการวัดระยะ

* ปล่อยลูกเหล็กจากจุดที่กำหนดความสูง โดยไม่ออกแรงผลัก
* วัดระยะทางแนวระดับที่ลูกเหล็กตกถึงพื้น ด้วยสายเมตร
* ทำซ้ำ 4 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อน

1. การเปลี่ยนระดับความสูงของจุดปล่อย

* ทำการทดลองที่ความสูง เป็น และ เมตร
* ทำซ้ำขั้นตอนการปล่อย (ขั้นตอนที่ 3) วัดระยะ และหาค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับ (ขั้นตอนที่ 4)
* บันทึกค่าผลการทดลองทั้งหมดลงในตาราง

1. การวิเคราะห์ข้อมูล

* เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของจุดปล่อย (แกน ) และระยะกระจัดแนวระดับ (แกน ) แบบต่าง ๆ โดยใช้เครื่องคำนวณวิทยาศาสตร์ CLASSWIZ รุ่น fx-991CW

**แบบบันทึกกิจกรรม**

**เรื่อง ฟิสิกส์นิติเวช – ค้นหาจุดเกิดเหตุบนภูเขา**

มวลลูกเหล็กที่ใช้ เท่ากับ ...................................... กรัม

**ตารางบันทึกผลการทดลอง**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **(cm)** | **ระยะกระจัด**  **(cm)** | | | | | | **(cm2)** |
| **ครั้งที่ 1** | **ครั้งที่ 2** | **ครั้งที่ 3** | **ครั้งที่ 4** | **ค่าเฉลี่ย** |  |
| **0.10** |  |  |  |  |  |  |  |
| **0.20** |  |  |  |  |  |  |  |
| **0.30** |  |  |  |  |  |  |  |
| **0.40** |  |  |  |  |  |  |  |
| **0.50** |  |  |  |  |  |  |  |

สามารถใช้เครื่องคำนวณวิทยาศาสตร์ fx-991CW ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูง กับระยะกระจัดในแนวระดับ

* จากเมนูหลัก เลื่อนเคอร์เซอร์ไปที่เมนู Statistics แล้วกดปุ่ม| จากนั้นเลื่อนเคอร์เซอร์ไปที่เมนู

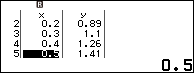
2-variable แล้วกดปุ่ม |

図形

中程度の精度で自動的に生成された説明グラフィカル ユーザー インターフェイス が含まれている画像

自動的に生成された説明

* ป้อนค่าความสูง () ในตารางแสดงค่า x แล้วกด | หรือBทีละค่าจนครบทั้ง 5 ค่า
* กดเลื่อนขวา ป้อนค่าระยะกระจัดในแนวระดับ ในตารางแสดงค่า y แล้วกด | หรือ B  
  ทีละค่าจนครบทั้ง 5 ค่า



* จากนั้นกด B เลือก Reg Results > แล้วกด |
* หากต้องการให้แสดง QR Code ให้กดปุ่มq[จากนั้นนำสมาร์ทโฟนสแกน QR Code แล้วกดยืนยันเข้าไปในเว็บของคาสิโอ
* บนหน้าจอโทรศัพท์มือถือจะปรากฏแผนภาพการกระจายและข้อมูล

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

1. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดแนวระดับ (แกน ) และความสูงของจุดปล่อย (แกน )
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดแนวระดับยกกำลังสอง (แกน ) และความสูงของจุดปล่อย (แกน )
3. เปรียบเทียบรูปร่างของกราฟทั้งสอง หากกราฟใดมีลักษณะเป็นเส้นตรงมากกว่า กราฟนั้นมีแนวโน้มแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดแนวระดับและความสูงของจุดปล่อยได้เหมาะสมกว่ากราฟอีกแบบหนึ่ง
4. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง และ โดยใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติแบบ Power Regression ในรูปสมการ และหาค่าสัมประสิทธิ์ และ จากข้อมูลการทดลอง
5. ใช้หลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เพื่อหาสมการทางทฤษฎีแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง และ ในรูป   
   จากนั้นเปรียบเทียบค่าของ และ กับค่า และ ที่ได้จากกราฟในข้อ 4 และอภิปรายความสอดคล้องของผลการทดลองกับแบบจำลองทางทฤษฎี

**ภารกิจฟิสิกส์นิติเวช: คำนวณย้อนกลับหาจุดเกิดเหตุ**

ทีมสืบสวนพบว่ารถตกจากหน้าผาสูง เมตร และตกในแนวระดับห่างจากตีนผา เมตร  
จากผลการทดลอง จงคำนวณย้อนกลับหาว่ารถคันนี้น่าจะพุ่งออกจากภูเขาที่ความสูงประมาณเท่าใด

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

**[เฉลย] แบบบันทึกกิจกรรม**

**เรื่อง ฟิสิกส์นิติเวช – ค้นหาจุดเกิดเหตุบนภูเขา**

มวลลูกเหล็กที่ใช้ เท่ากับ 10.0 กรัม

**ตารางบันทึกผลการทดลอง**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **(cm)** | **ระยะกระจัด**  **(cm)** | | | | | | **(cm2)** |
| **ครั้งที่ 1** | **ครั้งที่ 2** | **ครั้งที่ 3** | **ครั้งที่ 4** | **ค่าเฉลี่ย** |  |
| **0.10** | 0.62 | 0.64 | 0.63 | 0.61 | 0.63 | ±0.01 | 0.40 |
| **0.20** | 0.88 | 0.87 | 0.90 | 0.86 | 0.88 | ±0.02 | 0.77 |
| **0.30** | 1.06 | 1.10 | 1.09 | 1.07 | 1.08 | ±0.02 | 1.17 |
| **0.40** | 1.25 | 1.27 | 1.26 | 1.29 | 1.27 | ±0.02 | 1.61 |
| **0.50** | 1.40 | 1.43 | 1.41 | 1.42 | 1.42 | ±0.02 | 2.02 |

สามารถใช้เครื่องคำนวณวิทยาศาสตร์ fx-991CW ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูง กับระยะกระจัดในแนวระดับ

* จากเมนูหลัก เลื่อนเคอร์เซอร์ไปที่เมนู Statistics แล้วกดปุ่ม| จากนั้นเลื่อนเคอร์เซอร์ไปที่เมนู

2-variable แล้วกดปุ่ม |

図形

中程度の精度で自動的に生成された説明グラフィカル ユーザー インターフェイス が含まれている画像

自動的に生成された説明

* ป้อนค่าความสูง () ในตารางแสดงค่า x แล้วกด | หรือBทีละค่าจนครบทั้ง 5 ค่า
* กดเลื่อนขวา ป้อนค่าระยะกระจัดในแนวระดับ ในตารางแสดงค่า y แล้วกด | หรือ B  
  ทีละค่าจนครบทั้ง 5 ค่า

A black background with white lines

AI-generated content may be incorrect.

* จากนั้นกด B เลือก Reg Results > แล้วกด |
* หากต้องการให้แสดง QR Code ให้กดปุ่มq[จากนั้นนำสมาร์ทโฟนสแกน QR Code แล้วกดยืนยันเข้าไปในเว็บของคาสิโอ
* บนหน้าจอโทรศัพท์มือถือจะปรากฏแผนภาพการกระจายและข้อมูล

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

1. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดแนวระดับ (แกน ) และความสูงของจุดปล่อย (แกน )

สามารถใช้เครื่องคำนวณวิทยาศาสตร์ fx-991CW ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูง (h) กับระยะกระจัดในแนวระดับ (d) ที่ระดับความสูงต่าง ๆ

* จากเมนูหลัก เลื่อนเคอร์เซอร์ไปที่เมนู Statistics แล้วกดปุ่ม | จากนั้นเลื่อนเคอร์เซอร์ไปที่เมนู

2-variable แล้วกดปุ่ม |

図形

中程度の精度で自動的に生成された説明グラフィカル ユーザー インターフェイス が含まれている画像

自動的に生成された説明

* ป้อนค่าความสูง (h) ในตารางแสดงค่า x แล้วกดปุ่ม | หรือ B ทีละค่าจนครบทั้ง 5 ค่า
* สามารถสร้างกราฟที่มีจุดข้อมูลแต่ละจุดและเส้นการถดถอย (regression line) ได้โดยอัตโนมัติ

グラフ, 折れ線グラフ

自動的に生成された説明

1. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดแนวระดับยกกำลังสอง (แกน ) และความสูงของจุดปล่อย (แกน )

ทำตามขั้นตอนในข้อ 1 ลักษณะกราฟที่ได้จะเป็นดังรูป

A graph with a line

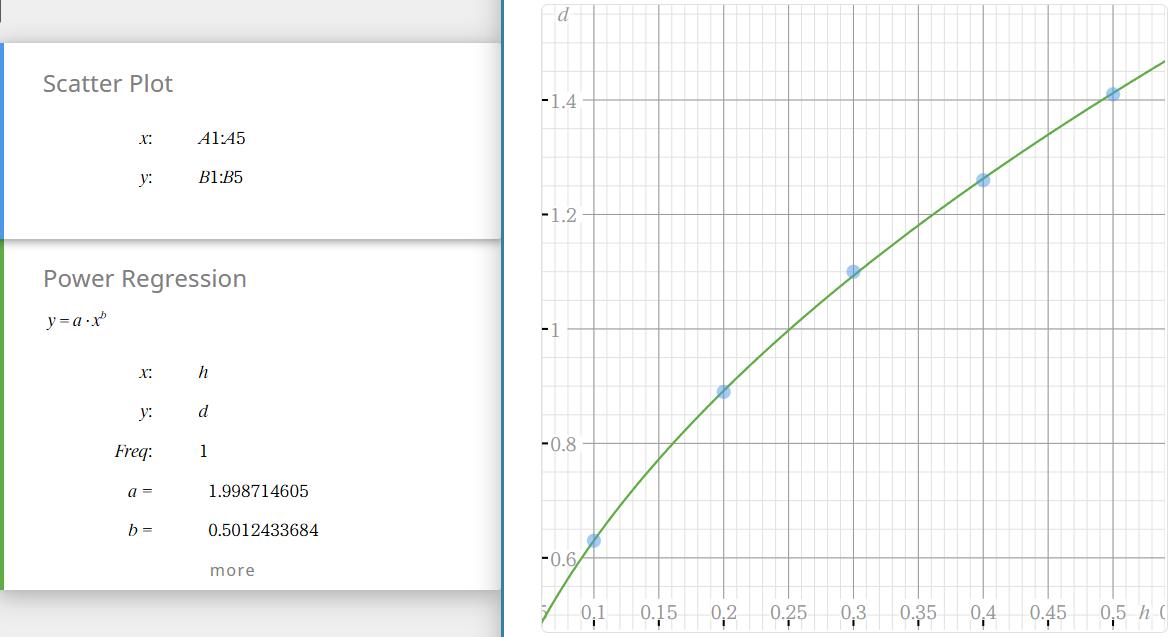
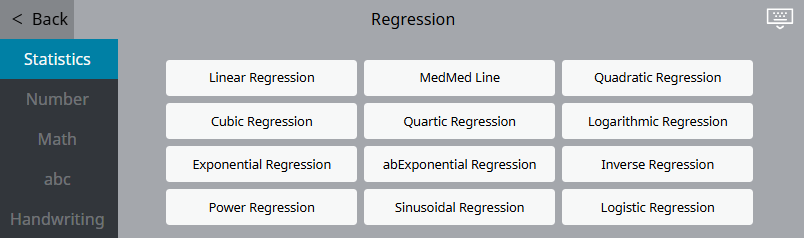
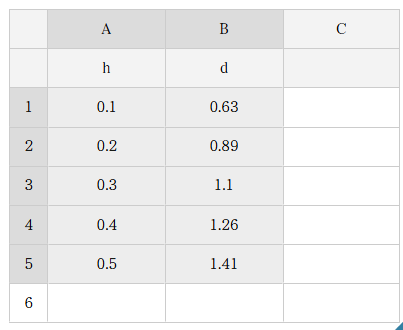
AI-generated content may be incorrect.

1. เปรียบเทียบรูปร่างของกราฟทั้งสอง หากกราฟใดมีลักษณะเป็นเส้นตรงมากกว่า กราฟนั้นมีแนวโน้มแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดแนวระดับและความสูงของจุดปล่อยได้เหมาะสมกว่ากราฟอีกแบบหนึ่ง

จากข้อมูลการทดลอง พบว่ากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดในแนวระดับ กับความสูงของจุดปล่อย มีลักษณะโค้ง ส่วนกราฟระหว่าง กับ มีลักษณะเป็นเส้นตรงมากกว่า ซึ่งบ่งชี้ว่าระยะกระจัดในแนวระดับยกกำลังสองมีแนวโน้มแปรผันตรงกับความสูงของจุดปล่อย กล่าวคือ  
 *หรือ*

1. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง และ โดยใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติแบบ Power Regression ในรูปสมการ และหาค่าสัมประสิทธิ์ และ จากข้อมูลการทดลอง

* เลือกข้อมูลใน columns A และ B จากนั้นเลือก [Power Regression]



* จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าระยะกระจัดในแนวระดับ แปรผันตรงกับรากที่สองของ  
  ความสูง

1. ใช้หลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เพื่อหาสมการทางทฤษฎีแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง และ ในรูป จากนั้นเปรียบเทียบค่าของ   
   และ กับค่า และ ที่ได้จากกราฟในข้อ 4 และอภิปรายความสอดคล้องของผลการทดลอง  
   กับแบบจำลองทางทฤษฎี

เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของจุดปล่อย และระยะกระจัดในแนวระดับ

เริ่มจากพิจารณาการเคลื่อนที่ของลูกเหล็กที่กลิ้งลงมาจากทางโค้งและพุ่งออกในแนวระดับที่จุด

อัตราเร็วของลูกเหล็ก ณ ขณะที่หลุดออกจากจุด สามารถหาได้จากหลักการอนุรักษ์พลังงานกล   
โดยเมื่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงที่ระดับความสูง ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่

จะได้ว่า

ซึ่งจะได้อัตราเร็วเท่ากับ   
จากนั้นพิจารณาการเคลื่อนที่ของลูกเหล็กหลังจากหลุดออกจากราง ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในแนวระดับ โดยใช้สมการการตกอย่างอิสระในแนวดิ่ง

ดังนั้น   
เมื่อแทนค่าอัตราเร็ว และเวลา ลงในสมการระยะทางแนวระดับ จะได้ว่า

จากสมการนี้พบว่า ระยะกระจัดในแนวระดับ ไม่ขึ้นอยู่กับมวลของลูกเหล็ก แต่แปรผันตรงกับรากที่สองของความสูงของจุดปล่อย หรือกล่าวได้ว่า

หรือ

ผลการทดลองที่ได้จากกราฟระหว่าง และ ปรากฏเป็นเส้นตรง แสดงให้เห็นว่าข้อมูลสอดคล้องกับแบบจำลองทางทฤษฎีอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าพารามิเตอร์ และ จากการวิเคราะห์เชิงสถิติแบบ Power Regression มีแนวโน้มใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎี และ ซึ่งยืนยันได้ว่าผลการทดลองสอดคล้องกับหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

**ภารกิจฟิสิกส์นิติเวช: คำนวณย้อนกลับหาจุดเกิดเหตุ**

ทีมสืบสวนพบว่ารถตกจากหน้าผาสูง เมตร และตกในแนวระดับห่างจากตีนผา เมตร  
จากผลการทดลอง จงคำนวณย้อนกลับหาว่ารถคันนี้น่าจะพุ่งออกจากภูเขาที่ความสูงประมาณเท่าใด