

# คัมภีร์วิทยาศาสตร์ ไร้พ่าย

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

Momentum

$$E = mc^2$$

Torque

Newton's laws

กับ

ทางลัดสู่คะแนนท็อปฟิสิกส์





## คำนำ (Preface)

ตลอดระยะเวลากว่า 20 ปีที่ผมยืนอยู่หน้าชั้นเรียนและสอนวิชาฟิสิกส์ในมหาวิทยาลัย ผมได้เห็นลูกศิษย์มากมายที่มีความฝัน แต่กลับต้องสะดุดล้มลงในห้องสอบ ไม่ใช่เพราะพวกเขาไม่เข้าใจฟิสิกส์ แต่เป็นเพราะพวกเขาตกหลุมพรางของ "คณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน" หลายคนถูกสอนให้ทำโจทย์ด้วยวิธีมาตรฐานที่ยืดเยื้อและกินเวลา ซึ่งในสมรรถภูมิการสอบแข่งขันที่เวลาทุกวินาทีมีค่า วิธีเหล่านั้นมักทำให้เราไปไม่ถึงฝั่งฝัน

ความจริงที่โหดร้ายคือ ในห้องสอบไม่มีใครให้คะแนนความยาวของกระดาษทด ผู้ชนะคือคนที่มองเห็นกลไกของธรรมชาติและหา "ทางลัด" ไปสู่คำตอบได้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุดต่างหาก

หนังสือ "คัมภีร์วิทยายุทธ ฟิสิกส์กลศาสตร์ ไร้พ่าย: ทางลัดสู่คะแนนที่สอบที่โรงเรียนไม่ได้สอน" ถู้อำนาจขึ้นจากความตั้งใจที่จะมอบ "อาวุธ" ที่แท้จริงให้กับนักเรียน ผมได้รวบรวม ตกผลึก และกลั่นกรองเทคนิคการมองโจทย์แบบข้ามข้อต่อ หรือที่ผมมักเรียกว่า "สมการเทพ และเทคนิควิซามาร์" เพื่อช่วยให้นักเรียนมองเห็นช่องโหว่ของโจทย์และเข้าโจมตีจุดตายได้อย่างแม่นยำ

ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เคล็ดลับวิชาในคัมภีร์เล่มนี้ จะช่วยติดปีกให้นักเรียนก้าวข้ามทุกขีดจำกัด สนุกกับการแก้ปัญหา และก้าวไปสู่การเป็น "ผู้ไร้พ่าย" ในทุกสนามสอบครับ

ผศ.ดร. วัชรินทร์ เมฆลา

## กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

คัมภีร์วิทยายุทธเล่มนี้ คงไม่อาจสำเร็จลุล่วงและถูกส่งต่อถึงมือผู้อ่านได้ หากปราศจากการสนับสนุนจากผู้คนมากมายเบื้องหลัง

ขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่และครอบครัว ที่เป็นรากฐานแห่งความรักและคอยผลักดันให้ผมมีพลังในการทำงานและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ เสมอมา

ขอขอบคุณนักเรียนและลูกศิษย์ทุกคนตลอดเส้นทางการเป็นครูกว่า 20 ปี พวกคุณคือ "ครู" ที่คอยตั้งคำถาม ท้าทาย และทำให้ผมต้องพัฒนาหา "ทางลัด" ที่ดีที่สุดและอธิบายได้ง่ายที่สุด จนเกิดเป็นเคล็ดวิชาทั้งหมดในหนังสือเล่มนี้

ท้ายที่สุด ขอขอบคุณทีมงาน **สำนักพิมพ์ สัจจะญาณ** ที่ช่วยเจียระไน ตรวจสอบ และผลักดันให้หนังสือเล่มนี้ออกมาสมบูรณ์แบบ ทรงคุณค่า และพร้อมเป็นคู่มือคู่กายของนักเรียนทุกคน

หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยไว้แต่เพียงผู้เดียว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าองค์ความรู้ในหน้ากระดาษเหล่านี้ จะเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยกรุยทางให้ความฝันของผู้อ่านทุกคนกลายเป็นความจริง

ผศ.ดร. วชิรนกร เมฆลา

## ทำไมนักเรียนถึงควรเปิดคัมภีร์เล่มนี้?

หากคุณนักเรียนเคยรู้สึกว่าคุณ "ฟิสิกส์คือยาขม" หรือ "ทำโจทย์เท่าไรก็ไม่ทันเวลา" หนังสือเล่มนี้ไม่ได้มาเพื่อสอนทฤษฎีแบบเดิม ๆ แต่มาเพื่อเปลี่ยนคุณให้เป็น "นักล่าโจทย์มือโปร" ด้วยเหตุผลที่คุณปฏิเสธไม่ได้

-  **เทคนิค "The First 10 Seconds"** (สแกนโจทย์ใน 10 วินาทีแรก) หนังสือเล่มนี้สอนให้คุณมี "ตาเหยี่ยว" ในการสแกนหน่วยและตัวเลือกเพื่อหาทิศทางคำตอบได้ทันทีตั้งแต่เริ่มอ่านโจทย์ รวมถึงการวาดกราฟแบบรวดเร็วเพื่อลดการใช้สูตรที่ซับซ้อน ช่วยประหยัดเวลาที่มีค่าในสนามสอบจริง
-  **"Pro's Hack"** ทางลัดที่หาจากที่ไหนไม่ได้ รวบรวมเทคนิคระดับเซียน เช่น การเปลี่ยนหน่วยยกกำลังในใจภายใน 2 วินาที สูตรทางลัดระยะทางในวินาทีที่  $t$  และการใช้ "System Thinking" มองมวลหลายก้อนเป็นก้อนเดียวเพื่อหาความเร่ง ซึ่งจะช่วยให้คุณทำข้อสอบได้เร็วกว่าคนอื่นหลายเท่า
-  **เปลี่ยนสูตรยากให้เป็นเรื่อง "โป้งเดียวจบ"** คุณจะได้เรียนรู้วิธีการเลือกใช้ 5 สูตรหลักของการเคลื่อนที่ให้ตรงจุด และเทคนิคอย่าง "Lami's Theorem" หรือ "สามเหลี่ยมแทนแรง" สำหรับโจทย์สมดุลที่รวดเร็วกว่าการมานั่งแตกแรง  $\sin, \cos$  แบบเดิม ๆ
-  **เขียนโดยผู้เชี่ยวชาญตัวจริง** ถ่ายทอดประสบการณ์จาก **ผศ.ดร.วัชรินทร์ เมฆลา** ผู้ที่เข้าใจลึกซึ้งถึงจุดที่นักเรียนมักจะพลาด และรู้วิธีการอธิบายเรื่องยาก ๆ เช่น การวิเคราะห์มิติ (Dimensional Analysis) ให้กลายเป็นเรื่องง่ายในการตรวจสอบสูตร
-  **เนื้อหาครอบคลุมหัวใจสำคัญของกลศาสตร์** ตั้งแต่พื้นฐานการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง กฎของนิวตัน สมดุลกล ไปจนถึงงานและพลังงาน ทุกบทถูกออกแบบมาเพื่อการทำข้อสอบโดยเฉพาะ ไม่เน้นน้ำเนิ่นเนื้อ ๆ และเทคนิคที่ใช้งานได้จริง

## คำคมคนฟิลิปปินส์



"สมการที่แก้เลวร้ายที่สุด ไม่ใช่สมการที่คำนวณออกมาผิดพลาด แต่คือสมการที่คุณไม่กล้าแม้แต่จะจรดปากกาลงไป"



"รอยขีดฆ่าบนกระดาษหัด คือเหรียญตราแห่งความกล้าหาญ ไม่ใช่สัญลักษณ์ของความล้มเหลว"



"ในโลกของฟิลิปปินส์ ทฤษฎีที่ยิ่งใหญ่ที่สุดล้วนถูกสร้างขึ้นบนซากปรักหักพังของการคำนวณที่ผิดพลาด... จงกล้าที่จะทำผิด เพราะนั่นคือก้าวแรกของการค้นพบความจริง"



"ความเข้าใจที่ลึกซึ้ง ไม่ได้เกิดจากการทำข้อสอบถูกต้องตั้งแต่ครั้งแรก แต่เกิดจากการอดทนค้นหาว่า... ทำไมครั้งที่แล้วเราถึงทำผิด"



"อย่ากลัว 'แรงเสียดทาน' จากความผิดพลาด เพราะมันคือสิ่งที่จะสร้าง 'แรงปะทะ' ให้คุณทะลุวงข้ามกำแพงความไม่รู้ไปได้"



"ความล้มเหลวในการทำโจทย์ ไม่ใช่จุดสิ้นสุด แต่เป็นเพียง 'พลังงานศักย์' ที่กำลังรอวันเปลี่ยนเป็น 'พลังงานจลน์' แห่งความสำเร็จ"

## สารบัญ

บทที่	หัวข้อย่อย (Subtopics)	หน้า
1	<b>บทนำและการวัด (The Physics Toolkit)</b>	1
	1.1 หน่วย SI และคำอุปสรรค (Prefix) หัวใจของภาษาฟิสิกส์	1
	1.2 นัยสำคัญ (Significant Figures) การบันทึกค่าอย่างมือโปร	5
	1.3 ความคลาดเคลื่อน (Error) เมื่อความแน่นอนคือความไม่แน่นอน	9
	1.4 การวิเคราะห์มิติ (Dimensional Analysis) ตรวจสอบสูตรด้วยมิติ <i>MLT</i>	12
	1.5 สเกลาร์ และ เวกเตอร์ การรวมและการแตกแรงแบบ "ซิด cos ห้าง sin"	14
	1.6 The First 10 Seconds การสแกนหน่วยในโจทย์และตัวเลือกเพื่อหาทิศทางคำตอบ	17
	1.7 Pro's Hack เทคนิคการเปลี่ยนหน่วยยกกำลัง ( $m^2, cm^3$ ) ในใจภายใน 2 วินาที	17
2	<b>การเคลื่อนที่แนวตรง (Linear Motion)</b>	19
	2.1 ตำแหน่ง การกระจัด และระยะทาง จุดเริ่มต้นของการเคลื่อนที่	19
	2.2 อัตราเร็วและความเร็ว ความแตกต่างระหว่างสเกลาร์และเวกเตอร์	22
	2.3 ความเร่ง การเปลี่ยนแปลงที่สร้างพลัง	27
	2.4 สมการการเคลื่อนที่ 5 สูตรหลัก การเลือกใช้สูตรให้ "โป่งเดียวจอด"	30
	2.5 การตกอิสระ (Free Fall) เมื่อโลกดึงดูดเราด้วยค่า $g$	35
	2.6 The First 10 Seconds การวาดกราฟ $v-t$ คร่าว ๆ เพื่อลดการใช้สูตรที่ซับซ้อน	41
	2.7 Pro's Hack สูตรทางลัดระยะทางในวินาทีที่ $n$ และการหาค่าสูงสุดโดยไม่ต้องตั้งสมการ	41
3	<b>แรงและกฎของนิวตัน (Newton's Laws of Motion)</b>	43
	3.1 แรงพื้นฐานในธรรมชาติ มวล น้ำหนัก และแรงแนวฉาก ( $N$ )	43

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หัวข้อย่อย (Subtopics)	หน้า
3	3.2 กฎข้อที่ 1 และ 3 ของนิวตัน ความเฉื่อยและแรงกิริยา-ปฏิกิริยา	45
	3.3 กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน $\sum F = ma$ หัวใจของการคำนวณ	49
	3.4 แรงเสียดทาน (Friction) มิตรหรือศัตรูของการเคลื่อนที่	57
	3.5 แรงดึงเชือกและรอก การส่งผ่านแรงในระบบ	60
	3.6 The First 10 Seconds การระบุทิศทางความเร่ง ( $a$ )	62
	3.7 Pro's Hack "System Thinking" การหา $a$ ของมวลหลายก้อนโดยมองเป็นก้อนเดียว	64
	4	<b>สมดุล (Static Equilibrium)</b>
4	4.1 สมดุลต่อการเคลื่อนที่ เมื่อแรงลัพธ์เป็นศูนย์	67
	4.2 ทอร์ก (Torque) และโมเมนต์ของแรง การหมุนที่สมดุล	69
	4.3 จุดศูนย์กลางมวล (CM) และจุดศูนย์กลางถ่วง (CG) จุดยุทธศาสตร์ของวัตถุ	71
	4.4 การล้มคว่ำและการไถล เงื่อนไขสุดท้ายของสมดุล	73
	4.5 The First 10 Seconds การเลือก "จุดหมุน"	76
	4.6 Pro's Hack "Lami's Theorem" และ "สามเหลี่ยมแทนแรง" สำหรับ โจทย์แรง 3 แรงที่รวดเร็วกว่าการแตก $\sin \cos$	78
	4.7 Pro's Hack ทางลัดมวลแขวนเชือกทำมุมต่างกัน	80
5	<b>งานและพลังงาน (Work and Energy)</b>	<b>83</b>
5	5.1 นิยามของงานและกำลัง (Work & Power) ผลลัพธ์จากการลงแรง	83
	5.2 พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ (โน้มถ่วง/สปริง)	85
	5.3 กฎอนุรักษ์พลังงานกล พลังงานไม่มีวันสูญหาย	88
	5.4 ทฤษฎีงาน-พลังงาน ตัวช่วยชีวิตในโจทย์ที่มีแรงเสียดทาน	92

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หัวข้อย่อย (Subtopics)	หน้า
5	5.5 The First 10 Seconds การกำหนด "ระดับอ้างอิง" และการเช็คสถานะ "เริ่ม" กับ "จบ"	94
	5.6 Pro's Hack การแก้โจทย์พื้นเอียงที่มีแรงเสียดทานด้วยบรรทัดเดียว โดยไม่ใช้กฎของนิวตัน	96
6	<b>โมเมนตัมและการชน (Momentum and Collisions)</b>	<b>99</b>
	6.1 โมเมนตัมและการดล เมื่อแรงกระทำในเวลาอันสั้น	99
	6.2 กฎอนุรักษ์โมเมนตัม หัวใจของการชนและการระเบิด	100
	6.3 การชนใน 1 มิติ (ยืดหยุ่น/ไม่ยืดหยุ่น) ใครเร็วใครอยู่	102
	6.4 การชนใน 2 มิติและการระเบิด การแยกตัวของเวกเตอร์	106
	6.5 The First 10 Seconds การกำหนดเครื่องหมาย $+ -$ ตามทิศทางเวกเตอร์เพื่อกันพลาด	109
	6.6 Pro's Hack สูตรลัดหาความเร็วหลังชนยืดหยุ่น $u_1 + v_1 = u_2 + v_2$ (ไม่ต้องแก้สมการกำลังสอง)	111
7	<b>การเคลื่อนที่แนวโค้งและ SHM (Complex Motion)</b>	<b>113</b>
	7.1 Projectile การเคลื่อนที่แบบ 2 มิติที่อิสระจากกัน	113
	7.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลม แรงเข้าสู่ศูนย์กลางและความเร็วเชิงมุม ( $\omega$ )	118
	7.3 แรงดึงดูดระหว่างมวลและดาวเทียม กฎของเคปเลอร์เบื้องต้น	123
	7.4 Simple Harmonic Motion (SHM) ลูกตุ้มและมวลติดสปริง	128
	7.5 The First 10 Seconds การเช็คความแรงใดทำหน้าที่เป็น "แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง" หรือ "แรงคืนตัว"	134
	7.6 Pro's Hack สูตรลัด Projectile บนพื้นราบ (หา $H, R, T$ ) และความสัมพันธ์ $\tan \theta = \frac{4H}{R}$	136

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หัวข้อย่อย (Subtopics)	หน้า
8	การหมุน (Rotational Dynamics)	139
	8.1 ปริมาณเชิงมุม ( $\theta, \omega, \alpha$ ) การเปรียบเทียบกับเชิงเส้น	139
	8.2 โมเมนต์ความเฉื่อย ( $I$ ) ความถี่ของการหมุน	144
	8.3 ทอร์กและกฎข้อที่ 2 ของการหมุน ( $\sum \tau = I\alpha$ )	148
	8.4 พลังงานจลน์ของการหมุนและการกลิ้ง (Rolling)	153
	8.5 การอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม เมื่อรัศมีเปลี่ยน ความเร็วก็เปลี่ยน	156
	8.6 The First 10 Seconds การแปลงโจทย์การหมุนให้กลายเป็นโจทย์เชิงเส้นที่คุ้นเคย	161
	8.7 Pro's Hack ตารางเปรียบเทียบสูตรเชิงเส้น-เชิงมุม (Linear to Angular Mapping) จำชุดเดียวใช้ได้สองโลก	164
9	คณิตศาสตร์พิชิตพิลึก (The Mathematical Edge)	167
	9.1 Geometry & Trigonometry Hacks การมองมุมกลับ มุมภายในและการใช้ "สามเหลี่ยมมาตรฐาน" (3-4-5, 5-12-13) เพื่อเลิกพึ่งพาเครื่องคิดเลข	168
	9.2 Graphic Analysis การตีความความชัน (Slope) และพื้นที่ใต้กราฟ (Area) ของกราฟที่ไม่ใช่เส้นตรง (เช่น กราฟเส้นโค้งพาราโบลา)	170
	9.3 Algebra Manipulation เทคนิคการจัดรูปสมการติดตัวแปรให้ตัดกันได้ (Substitution & Elimination) ลดการคำนวณเลขเยาะ	174
	9.4 Small Angle Approximation เทคนิคเมื่อ $\sin \theta \approx \theta \approx \tan \theta$ ที่มักเจอในเรื่อง SHM และคลื่น	177
	9.5 Calculus for Physics (The Essentials) พื้นฐานการ Diff และ Integrate เฉพาะที่ใช้หา $v$ จาก $s$ หรือหา $a$ จาก $v$ เท่านั้น	180
	9.6 The First 10 Seconds การมองหา "ตัวร่วม" ในสมการเพื่อตัดทิ้งก่อนแทนค่าตัวเลข	182
	9.7 Pro's Hack เทคนิคการเดาคำตอบจาก "แนวโน้ม" (Trend Analysis) เช่น ถ้ามวลเพิ่มขึ้น คำตอบควรจะมากขึ้นหรือน้อยลง?	185

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หัวข้อย่อย (Subtopics)	หน้า
10	ยุทธวิธีรวมร่างและตะลุยโจทย์ (Hybrid Problems & Exam Strategy)	187
	10.1 The Mechanics Nexus การแก้โจทย์ที่รวม "โปรเจกไทล์ + กฎอนุรักษ์พลังงาน" หรือ "โมเมนตัม + การเคลื่อนที่วงกลม"	187
	10.2 Constraint Motion โจทย์เชือกคล้องรอกหรือวัตถุพิงกำแพงที่ความเร็วสัมพันธ์กัน (โจทย์ยอดฮิตของสนามสอบยาก)	193
	10.3 The "Work-Energy" Master Key สอนใช้พลังงานเป็น "ทางลัด" ในการแก้โจทย์กฎของนิวตันที่ซับซ้อน (จุดที่เด็กเก่งเลือกใช้)	195
	10.4 Strategic Guessing (Elimination) เทคนิคการตัดตัวเลือกที่ผิดหลักฟิสิกส์ (เช่น หน่วยผิด ทิศทางผิด หรือค่าเกินจริง)	198
	10.5 Time Management & Prioritization วิธีเลือกทำข้อที่ "ง่ายแต่คะแนนเยอะ" และวิธีข้ามข้อที่เป็น "กับดักกินเวลา"	201
	10.6 The First 10 Seconds การระบุ "หัวใจ" ของข้อนั้นๆ คือบทไหนบวกกับบทไหน (เช่น นี่คือโจทย์สมมูลที่ต้องใช้ตรีโกณฯ)	203
	10.7 Pro's Hack "The Step-Back Technique" ถ้าแก้ด้วยวิธีตรงๆ แล้วติดสมการยาวเกิน 3 บรรทัด ให้ถอยออกมาแล้วมองหา "กฎอนุรักษ์" (พลังงานหรือโมเมนตัม) ทันที	206

## บทที่1

## บทนำและการวัด (The Physics Toolkit)

## บทนำ

เปลี่ยน "ความกลัว" ให้เป็น "ความกล้า" ในโลกฟิสิกส์ "ฟิสิกส์ไม่ใช่เรื่องของสูตรที่ต้องท่อง แต่ มันคือ 'ภาษาของจักรวาล'" ถ้านักเรียนเคยรู้สึกว่าการฟิสิกส์คือวิชาที่เต็มไปด้วยตัวเลขน่าปวดหัวและ สมการที่ดูเหมือนภาษาต่างดาว อาจารย์อยากให้นักเรียนหายใจเข้าลึก ๆ แล้ววางความกลัวนั้นลงก่อน ครับ

ในหนังสือเล่มนี้ อาจารย์จะแสดงให้เห็นว่าฟิสิกส์เปรียบเสมือนการเล่นเกมที่มึนงง กติกาที่ชัดเจน เมื่อนักเรียนเข้าใจกติกา (Concept) และมีเทคนิคการเล่น (Techniques) นักเรียนจะ พบว่าโจทย์ที่เคยดูยาก กลับกลายเป็นปริศนาที่น่าสนุกความเชื่อมั่นของนักเรียนเริ่มต้นที่นี่

1. ไม่มีใครบังคับฟิสิกส์ มีแค่คนที่ "ยังไม่เจอวิธีที่ใช่"
2. ทุกปัญหาใหญ่ ย่อยให้เล็กลงได้ เราจะเรียนรู้วิธีการชำแหละโจทย์ยั๊กๆ ให้กลายเป็น ขั้นตอนสั้นๆ
3. ผิดคือครู ในฟิสิกส์ การคำนวณผิดไม่ใช่ความล้มเหลว แต่คือการบอกเราว่า "เส้นทางนี้ ไม่ใช่ ลองทางใหม่ดูสิ!"

เตรียมอาวุธให้พร้อม เพราะเรากำลังจะเริ่มตอนที่ "กล่องเครื่องมือ" โใบแรกที่จะทำให้นักเรียน สื่อสารกับจักรวาลได้รู้เรื่องครับ

## 1.1 หน่วย SI และคำอุปสรรค (Prefix)

หัวใจของภาษาฟิสิกส์ลองจินตนาการว่าถ้าอาจารย์บอกนักเรียนว่า "วิ่งไปข้างหน้า 5" ... นักเรียน คงถามต่อว่า "5 อะไร? 5 เมตร หรือ 5 กิโลเมตร?" นี่ก็สาเหตุที่ "หน่วย" สำคัญมาก เพราะถ้าหน่วย ผิด ชีวิตเปลี่ยนทันที!

1. ระบบหน่วยระหว่างประเทศ (SI Units) เพื่อความเข้าใจที่ตรงกันทั่วโลก นักวิทยาศาสตร์จึง กำหนดหน่วยมาตรฐานขึ้นมา (เหมือนเราตกลงกันว่าจะใช้เงินบาทในไทยเพื่อให้ซื้อขายกันรู้เรื่อง) สำหรับกลศาสตร์ เราจะยึด 3 หน่วยนี้เป็นหลัก



ระยะทาง (Length) มีหน่วยเป็นเมตร (m) มวล (Mass) มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg) ต้อง ระวัง!ว่ามวลไม่ใช่หน่วยเป็นกรัม และ เวลา (Time) มีหน่วยเป็น วินาที (s)



คำอุปสรรค (Prefixes) ทางลัดของการเขียนตัวเลขฟิสิกส์ต้องอยู่กับของที่ใหญ่มาก (เช่น ระยะห่างดวงดาว) ไปจนถึงของที่เล็กมาก (เช่น ขนาดอะตอม) เราจึงใช้ Prefix มาย่อตัวเลขให้สั้นลงครับ

คำอุปสรรค	สัญลักษณ์	ค่าตัวคูณ (เลขยกกำลัง)	เทียบเคียงเพื่อให้เห็นภาพ
Mega (เมกะ)	$M$	$10^6$ (หนึ่งล้าน)	พลังงานไฟฟ้ามหาศาล
Kilo (กิโล)	$k$	$10^3$ (หนึ่งพัน)	ระยะทางขับรถ
Centi (เซนติ)	$c$	$10^{-2}$ (0.01)	ความยาวไม้บรรทัด
Milli (มิลลิ)	$m$	$10^{-3}$ (0.001)	ขนาดของมดตัวเล็ก
Micro (ไมโคร)	$\mu$	$10^{-6}$	ขนาดเซลล์ร่างกาย
Nano (นาโน)	$n$	$10^{-9}$	ขนาดระดับโมเลกุล/อะตอม

### เทคนิคการเปลี่ยนหน่วย (Conversion Technique)

การเปลี่ยนหน่วยคือจุดที่เด็กพลาดบ่อยที่สุด อาจารย์มีหลักการง่ายๆ ให้จำคือ "ตัวใหญ่ไปหาตัวเล็ก ให้คูณด้วยเลขบวก / ตัวเล็กไปหาตัวใหญ่ ให้คูณด้วยเลขลบ"

ตัวอย่าง เปลี่ยน 5 กิโลเมตร (km) เป็น เมตร (m)



$$k = 10^3 \text{ (ตัวใหญ่)}$$



$$\text{วิธีคิด } 5 \times 10^3 = 5,000 \text{ m}$$

ตัวอย่าง เปลี่ยน 200 มิลลิกรัม (mg) เป็น กรัม (g)



$$m = 10^{-3} \text{ (ตัวเล็ก)}$$



$$\text{วิธีคิด } 200 \times 10^{-3} = 0.2 \text{ g}$$

### The First 10 Seconds สแกน "หน่วย" ก่อนลงมือรบ

เมื่อนักเรียนอ่านโจทย์จบ อย่าเพิ่งแทนค่า! ให้ใช้เวลา 10 วินาทีแรกเช็คสิ่งนี้

1. หน่วยสอดคล้องไหม? ถ้าโจทย์ให้ความเร็วเป็น  $km/hr$  แต่ระยะทางเป็น  $m$  ... หยุด! นักเรียนต้องเปลี่ยนหน่วยให้เป็นพวกเดียวกันก่อน (แนะนำให้เปลี่ยนเป็น SI units คือ  $m, kg, s$  เสมอ)
2. เช็ค Choice บางครั้งคำตอบอยู่ในหน่วยที่โจทย์ไม่ได้ให้มา (เช่น โจทย์ถามเป็น  $cm$  แต่เราหาได้เป็น  $m$ ) การเช็คหน่วยใน Choice จะช่วยกันไม่ให้เด็กเรียน "ตกม้าตาย" ตอนจบ

## Pro's Hack "The Power Shift" (เปลี่ยนหน่วยพื้นที่และปริมาตรในใจ)

นี่คือไม้ตายที่นักเรียนส่วนใหญ่พลาด! ถ้าโจทย์ถามเรื่องพื้นที่ ( $m^2$ ) หรือปริมาตร ( $m^3$ )



**จำไว้ว่า** เมื่อหน่วยยกกำลัง เลขตัวคูณของ Prefix ต้อง "ยกกำลังตาม" ด้วย!

**สูตรลัด** ตัวคูณใหม่ = (ตัวคูณเดิม) เลขยกกำลัง



ถ้าจะเปลี่ยน  $cm^2$  เป็น  $m^2$

~~✗~~ ปกติ  $c = 10^{-2}$

~~✗~~ พอเป็นพื้นที่ ( $^2$ ) ให้เอาเลขชี้กำลังไปคูณกัน  $(-2) \times 2 = -4$

~~✗~~ ดังนั้น  $1cm^2 = 10^{-4} m^2$



ถ้าจะเปลี่ยน  $mm^3$  เป็น  $m^3$

~~✗~~ ปกติ  $m = 10^{-3}$

~~✗~~ พอเป็นปริมาตร ( $^3$ ) เอาเลขชี้กำลังไปคูณกัน  $(-3) \times 3 = -9$

~~✗~~ ดังนั้น  $1mm^3 = 10^{-9} m^3$

เพื่อสร้าง "ความมั่นใจ" เราจะเริ่มจากโจทย์ที่ใช้ฝึกเทคนิค Pro's Hack ให้คล่องมือ แล้วต่อด้วยโจทย์แนวข้อสอบจริงที่จะพิสูจน์ว่า "แค่พื้นฐานที่แม่นยำก็ทำข้อสอบยากได้" ครับ

**ส่วนที่ 1 โจทย์สร้างความมั่นใจ (Confidence Builders)** เน้นการใช้เทคนิค Pro's Hack เพื่อเปลี่ยนหน่วยพื้นที่และปริมาตรในใจ

**ข้อที่ 1** แผ่นเหล็กรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีพื้นที่  $500cm^2$  คิดเป็นกี่  $m^2$  ในรูปเลขยกกำลัง?

**วิธีคิดแบบ Pro's Hack** 1. จาก  $c(centi)$  คือ  $c = 10^{-2}$

2. เป็นพื้นที่ ( $cm^2$ ) นำเลขชี้กำลังมาคูณ 2 จะได้  $(-2) \times 2 = -4$

3. จะได้  $500 \times 10^{-4} m^2$  หรือ  $5 \times 10^{-2} m^2$

**คำตอบ**  $5 \times 10^{-2} m^2$

**ข้อที่ 2** ถังน้ำใบหนึ่งมีปริมาตร  $0.02m^3$  หากต้องการทราบปริมาตรในหน่วย  $mm^3$  จะมีค่าเท่าใด?



**วิธีคิดแบบ Pro's Hack**

1. จาก  $m(milli)$  คือ  $10^{-3}$

2. เป็นปริมาตร ( $mm^3$ ) นำเลขชี้กำลังมาคูณ 3 จะได้  $(-3) \times 3 = -9$

3. การเปลี่ยนจาก "หน่วยใหญ่ ( $m^3$ )" ไป "หน่วยเล็กที่มีค่าอุปสรรค ( $mm^3$ )" ให้กลับเครื่องหมายเลขยกกำลังจากลบเป็นบวก
4. จะได้  $0.02 \times 10^9 mm^3$  หรือ  $2 \times 10^7 mm^3$

☞ คำตอบ  $2 \times 10^7 mm^3$

## ส่วนที่ 2 โจทย์แนวข้อสอบจริง (Exam Simulation)

ข้อที่ 3 (แนวข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย) ความหนาแน่นของน้ำมีค่า  $1 g/cm^3$  หากต้องการเปลี่ยนหน่วยเป็นหน่วย SI ( $kg/m^3$ ) จะมีค่าเท่าใด?



**จุดเน้น** การเปลี่ยนหน่วยซ้อน (เศษและส่วน)



**เทคนิค** \* เศษ  $1g = 10^{-3} kg$

☞ ส่วน  $1 cm^3 = (10^{-2})^3 = 10^{-6} m^3$

☞ ทหารกัน  $\frac{10^{-3}}{10^{-6}} = 10^3$

☞ คำตอบ  $1,000 kg/m^3$  (นี่คือค่ามาตรฐานที่ต้องจำ!)

ข้อที่ 4 (แนวข้อสอบโควตา) ค่าความเร็วแสงในสุญญากาศคือ  $300 Mm/s$  (เมกะเมตรต่อวินาที) คิดเป็นกี่เมตรต่อวินาที?



**จุดเน้น** ค่าอุปสรรค  $M$  (Mega)



**เทคนิค**  $M = 10^6$  ดังนั้น  $300 \times 10^6 m/s = 3 \times 10^8 m/s$

☞ คำตอบ  $3 \times 10^8 m/s$

ข้อที่ 5 (แนวข้อสอบสนามแข่งขัน) ลูกบาศก์เหล็กยาวด้านละ  $2cm$  จะมีปริมาตรกี่  $m^3$ ?



**จุดเน้น** ต้องหาปริมาตรก่อนแล้วค่อยเปลี่ยนหน่วย

☞ **เทคนิค** \* ปริมาตร =  $2 \times 2 \times 2 = 8 cm^3$  เปลี่ยน  $cm^3$  เป็น  $m^3$  จะได้

$$8 \times (10^{-2})^3 = 8 \times 10^{-6} m^3$$

☞ คำตอบ  $8 \times 10^{-6} m^3$

ข้อที่ 6 (แนวข้อสอบ A-Level) พื้นที่ผิวของเซลล์ชนิดหนึ่งมีค่า  $400 \mu m^2$  คิดเป็นกี่  $mm^2$ ?



**จุดเน้น** การเปลี่ยนจาก "หน่วยเล็ก" ไป "หน่วยเล็ก" (*micro to mili*)



**เทคนิค** ระยะห่างระหว่าง  $\mu = 10^{-6}$  กับ  $m = 10^{-3}$  คือ  $10^{-3}$

☞ พอยกกำลังสอง ( $^2$ ) จึงกลายเป็น  $(10^{-3})^2 = 10^{-6}$

☞ จะได้  $400 \times 10^{-6} mm^2 = 4 \times 10^{-4} mm^2$

☞ คำตอบ  $4 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$

ข้อที่ 7 (โจทย์ประยุกต์) รถยนต์วิ่งด้วย  $72 \text{ km/hr}$  คิดเป็นกี่  $\text{m/s}$  ?

 **จุดเน้น** การเปลี่ยนหน่วยที่ใช้บ่อยที่สุดในกลศาสตร์

 **Pro's Hack** การเปลี่ยน  $\text{km/hr}$  เป็น  $\text{m/s}$  ให้คูณด้วย  $\frac{5}{18}$  เสมอ!

☞  $\frac{5}{18} \times 72 = 5 \times 4 = 20 \text{ m/s}$

☞ คำตอบ  $20 \text{ m/s}$

นักเรียนสังเกตไหมครับว่า "The First 10 Seconds" สำคัญมาก ถ้าเราไม่เช็คหน่วยก่อน เราอาจจะตอบ 72 ในข้อสุดท้าย ซึ่งผิดทันที หนังสือเล่มนี้จะย้ำเรื่องนี้จนนักเรียน "มองปุ๊บ รู้ปั๊บ" ว่าต้องทำอะไรเป็นอย่างแรก

นักเรียนทำโจทย์ 7 ข้อนี้แล้วรู้สึกอย่างไรบ้างครับ? พร้อมทั้งจะไปต่อที่หัวข้อ 1.2 นัยสำคัญ (Significant Figures) เพื่อเก็บคะแนนละเอียดๆ หรือยังครับ?

## 1.2 นัยสำคัญ (Significant Figures) การบันทึกค่าอย่างมีโอโปร

หัวข้อนี้คือหัวข้อที่นักเรียนมักจะมองข้าม แต่เป็นจุดที่ "เสียคะแนนง่ายที่สุด" ในข้อสอบอัตนัย และการทดลอง เพราะฟิสิกส์ไม่ใช่แค่เรื่องของตัวเลข แต่คือเรื่องของ "ความน่าเชื่อถือ" ของการวัดครับ

ในโลกของฟิสิกส์ 1 เมตร ไม่เท่ากับ 1.00 เมตร นะครับ

 **1 เมตร** อาจหมายถึงนักเรียนใช้สายตาวรรลี่ยกะเอาคร่าว ๆ

 **1.00 เมตร** หมายถึงนักเรียนใช้เครื่องมือที่ละเอียดระดับเซนติเมตรวัดมา

นี่คือเหตุผลที่เราต้องมีกฎของ "เลขนัยสำคัญ" เพื่อบอกว่าเรา "มั่นใจ" ในตัวเลขนั้นแค่ไหน

### 1. กฎการนับจำนวนนัยสำคัญ (แบบจำง่ายที่สุด)

1. เลขทุกตัวที่ไม่ใช่ศูนย์ นับหมด (เช่น 1.234 มี 4 ตัว)
2. เลขศูนย์ระหว่างตัวเลข นับหมด (เช่น 102 มี 3 ตัว 5.006 มี 4 ตัว)
3. เลขศูนย์หน้าสุด ไม่นับเด็ดขาด! (เช่น 0.0025 มีแค่ 2 ตัว คือ 2 กับ 5)
4. เลขศูนย์หลังสุด

- ✘ ถ้ามีทศนิยม **นับหมด** (เช่น 2.50 มี 3 ตัว 0.010 มี 2 ตัว)
- ✘ ถ้าไม่มีทศนิยม (เลขจำนวนเต็ม) **ไม่แน่นอน** (เช่น 1,500 อาจมี 2, 3 หรือ 4 ตัว)

*Pro's Solution* ให้เขียนในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์เพื่อความชัดเจน เช่น  $1.5 \times 10^3$  (มี 2 ตัว)

## 2. การคำนวณตามหลักนัยสำคัญ (หัวใจของข้อสอบ)

เวลาเราเอาตัวเลขที่ความละเอียดต่างกันมาคำนวณกัน คำตอบที่ได้จะ "ละเอียดไปกว่าตัวที่หยาบที่สุด" ไม่ได้ครับ

 การบวกและลบ ยึดตาม "ตำแหน่งทศนิยมที่น้อยที่สุด"

ตัวอย่าง  $12.1$  (1 ตำแหน่ง) +  $0.25$  (2 ตำแหน่ง) =  $12.35$

**คำตอบที่ถูกต้อง**  $12.4$  (ปัดให้เหลือ 1 ตำแหน่งตามตัวที่หยาบที่สุด)

 การคูณและหาร ยึดตาม "จำนวนตัวนัยสำคัญที่น้อยที่สุด" (ออกสอบบ่อย!)

ตัวอย่าง  $2.0$  (2 ตัว)  $\times$   $1.414$  (4 ตัว) =  $2.828$

**คำตอบที่ถูกต้อง**  $2.8$  (เหลือแค่ 2 ตัว ตามตัวที่น้อยที่สุด)

The First 10 Seconds "สอง Choice สอนนัยสำคัญ" ในข้อสอบแข่งขัน บางครั้งโจทย์จะใจดีมาก!

 ถ้าโจทย์ถามผลคูณของ  $2.15 \times 0.30$

 สแกนดู Choice เลยครับ ถ้ามีคำตอบหนึ่งที่มีนัยสำคัญ 2 ตัว (ตาม  $0.30$ ) และข้ออื่นมี 3 หรือ 4 ตัว ... กาะข้อนั้นได้เลยโดยไม่ต้องเสียเวลาคูณเลข!

**Pro's Hack "การปัดเลขแบบไม่พลาด"** ปกติเราจะปัด 5 ขึ้นเสมอในวิชาคณิตศาสตร์ แต่ในฟิสิกส์ชั้นสูงมีกฎ "เลขคู่-เลขคี่" อย่างไรก็ตาม สำหรับข้อสอบมัธยมและเข้ามหาวิทยาลัย ให้ใช้กฎมาตรฐานนี้เพื่อความรวดเร็วครับ

1. ถ้าน้อยกว่า 5 ให้ตัดทิ้ง
2. ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 5 ให้ปัดขึ้น

แต่มีเทคนิคคือ **ให้คำนวณไปจนจบก่อน แล้วค่อยปัดเลขครั้งเดียวที่คำตอบสุดท้าย** เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนสะสม (Rounding Error)

### ทริคการปัดเลข 5 (กฎเลขคู่-เลขคี่ The Rounding of 5)

กฎนี้จะใช้ก็ต่อเมื่อ "เลขตัวสุดท้ายที่เราต้องการตัดทิ้งคือเลข 5 พอดีเป๊ะ" (ไม่มีตัวเลขอื่นต่อท้าย หรือต่อท้ายด้วย 0) หลักการง่าย ๆ "ถ้าเป็นเลขคี่ ให้ปัดขึ้น (เป็นเลขคู่) / ถ้าเป็นเลขคู่ ให้ทิ้งเลย (คงเดิมไว้)" (เป้าหมายคือให้เลขตัวสุดท้ายที่เหลืออยู่กลายเป็น "เลขคู่" เสมอ)

ลองดูตัวอย่างเปรียบเทียบครับ

#### 1. กรณีเลขหน้าเลข 5 เป็นเลขคี่

ตัวอย่าง ต้องการนัยสำคัญ 2 ตัว จากค่า 2.35 พิจารณา เลข 3 เป็นเลขคี่

การปัด ปัดขึ้นเป็น 2.4 (เพื่อให้เป็นเลขคู่)

#### 2. กรณีเลขหน้าเลข 5 เป็นเลขคู่

ตัวอย่าง ต้องการนัยสำคัญ 2 ตัว จากค่า 2.45 พิจารณา เลข 4 เป็นเลขคู่

การปัด ตัด 5 ทิ้งไปเลย เหลือแค่ 2.4 (คงความเป็นเลขคู่ไว้)

### โจทย์ฝึกมือ ทดสอบความเป็นมือโปร

ข้อที่ 1 วัตถุชิ้นหนึ่งหนัก 10.5 นิวตัน นำมาวางต่อกัน 3 ชิ้น (เลข 3 เป็นจำนวนนับที่แน่นอน) น้ำหนักรวมควรบันทึกตามหลักนัยสำคัญอย่างไร?

**วิเคราะห์** การคูณด้วยเลขจำนวนนับ (Exact Number) ไม่ต้องเอานัยสำคัญของเลขนั้นมาคิด

**วิธีคิด**  $10.5 \times 3 = 31.5$

**คำตอบ** 31.5 นิวตัน (นัยสำคัญ 3 ตัวเท่าเดิม)

ข้อที่ 2 (แนวข้อสอบจริง) จงหาผลลัพธ์ของ  $(2.5 \times 10^2) + 12.5$  ตามหลักนัยสำคัญ

**วิเคราะห์** ต้องปรับเลขยกกำลังให้เท่ากันก่อนบวก

**วิธีคิด**  $250 + 12.5 = 262.5$

**พิจารณา** 250 (เขียนจาก  $2.5 \times 10^2$ ) มีนัยสำคัญถึงแค่หลักสิบ

**คำตอบ** 263 (ปัดให้ความละเอียดหยุดอยู่ที่หลักที่หายาบที่สุด)

โจทย์ทดสอบความแม่นยำ หัวข้อ 1.2 นัยสำคัญ

**ข้อที่ 1** ปริมาณในข้อใดต่อไปนี้มีจำนวนเลขนัยสำคัญ 3 ตัวทั้งหมด

ก. 0.003, 0.030, 3.00

ข. 1.02, 0.120,  $1.20 \times 10^3$

ค. 450, 0.450, 0.045

ง. 100, 10.0, 1.00

(เฉลย ข.)

**ข้อที่ 2** จงหาผลลัพธ์ของ  $\frac{(1.50 \times 2.0)}{0.5000}$  ตามหลักเลขนัยสำคัญ

ก. 6

ข. 6.0

ค. 6.00

ง. 6.000

(เฉลย ข.)

ทริก ยึดตามจำนวนนัยสำคัญที่น้อยที่สุดคือ 2 ตัว จากเลข 2.0

**ข้อที่ 3** นักเรียนคนหนึ่งวัดความยาวลวดได้  $12.45 \text{ cm}$  และวัดความหนาของแผ่นไม้ได้  $0.123 \text{ cm}$  เมื่อนำมาวางต่อกัน ความยาวรวมที่บันทึกตามหลักนัยสำคัญคือข้อใด

ก.  $12.573 \text{ cm}$

ข.  $12.57 \text{ cm}$

ค.  $12.6 \text{ cm}$

ง.  $13 \text{ cm}$

(เฉลย ข.)

ทริก การบวกยึดตามตำแหน่งทศนิยมที่หายาบที่สุดคือ 2 ตำแหน่ง

### 1.3 ความคลาดเคลื่อน (Error) เมื่อความแน่นอนคือความไม่แน่นอน

หัวข้อนี้คือสิ่งที่แยก "นักคำนวณ" ออกจาก "นักฟิสิกส์" ครับ เพราะในโลกความจริงไม่มีอะไรที่วัดได้แม่นยำ 100% ทุกการวัดมีความเป็นไปได้ที่จะคลาดเคลื่อน และเราต้องรู้วิธีการจัดการกับมันครับ

ในทางฟิสิกส์ เวลาเราบันทึกค่า เราจะเขียนในรูป

$$\text{ค่าที่วัดได้} \pm \text{ความคลาดเคลื่อน } A \pm \Delta A$$

เช่น ระยะทาง  $10.0 \pm 0.1 \text{ cm}$  หมายความว่า ค่าจริง ๆ อาจเป็นเท่าไรก็ได้ตั้งแต่ 9.9 ถึง 10.1 cm ครับ

#### 1. การบวกและการลบ (เอาความคลาดเคลื่อนมาบวกกันเสมอ)

ไม่ว่านักเรียนจะเอาค่ามาบวกหรือลบกัน ความคลาดเคลื่อนจะ "สะสมเพิ่มขึ้น" เสมอ (เหมือนเราทำผิดซ้ำสอง ความผิดพลาดย่อมใหญ่ขึ้น)



สูตร ถ้า  $Z = A + B$  หรือ  $Z = A - B$



ความคลาดเคลื่อนลัพธ์  $\Delta Z = \Delta A + \Delta B$

#### 2. การคูณและการหาร (บวกเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน)

เมื่อมีการคูณหรือหาร เราจะไม่เอา  $\Delta A$  มาบวกตรง ๆ แต่จะเอา "เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน" มาบวกกันครับ



สูตร ถ้า  $Z = A \times B$  หรือ  $Z = \frac{A}{B}$



เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน  $\frac{\Delta Z}{Z} \times 100 = \left( \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B} \right) \times 100$

#### 3. กรณีเลขยกกำลัง (ตบเลขชี้กำลังมาคูณ)

ถ้าตัวแปรมีการยกกำลัง ความคลาดเคลื่อนจะขยายตัวตามเลขยกกำลังนั้น



สูตร ถ้า  $Z = A^n$



ความคลาดเคลื่อนลัพธ์  $\frac{\Delta Z}{Z} = n \left( \frac{\Delta A}{A} \right)$

The First 10 Seconds "ส่องเครื่องหมาย ± ก่อนบวกลบ" เมื่อเจอโจทย์ที่มี ± ให้ดูทันทีว่าโจทย์สั่งให้ทำอะไร

1. **ถ้าสั่งบวกหรือลบ** ให้ข้ามตัวเลขข้างหน้าไปดูตัวเลขหลัง ± แล้วเอามาวกกันทันที! (ห้ามเอามาลบกันเด็ดขาด แม้ตัวเลขข้างหน้าจะลบกันอยู่ก็ตาม)
2. **ถ้าสั่งคูณหรือหาร** ให้รีบเปลี่ยน ± เป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ก่อน จะทำให้คิดเลขง่ายขึ้นมหาศาลครับ

Pro's Hack "เปลี่ยน Error เป็น % ในใจ" การคิดเปอร์เซ็นต์ Error บ่อย ๆ (ฝึกทำบ่อย ๆ) จะทำให้นักเรียนทำโจทย์ได้เร็วขึ้น

 สูตรลัด  $\%error = \frac{N_b}{N_f} \times 100$  เมื่อ  $N_b$  คือเลขหลัง และ  $N_f$  คือเลขหน้า

 ตัวอย่าง  $20 \pm 0.2$

- ✗ คิดในใจ 0.2 เป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของ 20
- ✗ ตอบ 1% (เพราะ  $0.2 \times 100 = 20$  แล้วหารด้วย 20 ได้ 1)



โจทย์ฝึกมือ ทดสอบความแม่นยำ

ข้อที่ 1 ไม้บรรทัดสองอันยาว  $10.5 \pm 0.1 \text{ cm}$  และ  $5.2 \pm 0.2 \text{ cm}$  เมื่อนำมาวางต่อกัน ความยาวรวมและความคลาดเคลื่อนคือเท่าใด? (เฉลย  $15.7 \pm 0.3 \text{ cm}$ )

ข้อที่ 2 รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง  $10 \pm 1 \text{ cm}$  ยาว  $20 \pm 2 \text{ cm}$  พื้นที่ของสี่เหลี่ยมนี้ จะมีความคลาดเคลื่อนกี่เปอร์เซ็นต์?

 วิธีคิด 1) กว้างคลาดเคลื่อน  $\frac{1}{10} \times 100 = 10\%$  2) ยาวคลาดเคลื่อน  $\frac{2}{20} \times 100 = 10\%$

3) พื้นที่คือการคูณ เอา % มาบวกกัน  $10\% + 10\% = 20\%$

(เฉลย  $200 \pm 20\%$  หรือ  $400 \pm 40\%$ )

 หากนักเรียนถามว่าทำไม จึงตอบ  $400 \pm 40\%$  เป็นคำถามที่ดีมากครับ! จุดนี้คือ "กั๊ก" ที่นักเรียนหลายคนมักสับสนระหว่าง "ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ ( $\Delta A$ )" กับ "ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์หรือเปอร์เซ็นต์ ( $\% \Delta A$ )"

อาจารย์ขอฆ่าแหละวิธีคิดข้อนี้ให้ดูแบบชัดๆ เพื่อให้นักเรียนเห็นที่มาของตัวเลข 20% และ 40 ครับ

## การวิเคราะห์โจทย์

 กว้าง ( $w$ )  $10 \pm 1 \text{ cm}$  คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้  $\frac{1}{10} \times 100 = 10\%$

 ยาว ( $L$ )  $20 \pm 2 \text{ cm}$  คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้  $\frac{2}{20} \times 100 = 10\%$

## ขั้นตอนที่ 1 หาค่าพื้นที่ (เลขตัวหน้า)

 พื้นที่ ( $A$ ) = กว้าง  $\times$  ยาว

$$A = 10 \times 20 = 200 \text{ cm}^2$$

## ขั้นตอนที่ 2 หาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (เลขตัวหลังในรูป %)

 กฎของการ คุณ ให้เอา "เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมาบวกกัน"

  $\% \Delta A = \% \Delta w + \% \Delta L$

  $\% \Delta A = 10\% + 10\% = 20\%$

 ดังนั้น คำตอบในรูปเปอร์เซ็นต์คือ  $200 \pm 20\%$

ขั้นตอนที่ 3 เปลี่ยนเปอร์เซ็นต์กลับเป็นตัวเลข (เพื่อหา  $\Delta A$  ตัวจริง)

 เราต้องรู้ว่า "20% ของ 200 คือเท่าไร?"

  $\Delta A = \frac{20}{100} \times 200 = 40$

 ดังนั้น คำตอบในรูปตัวเลขคือ  $400 \pm 40\%$

## โจทย์แนวข้อสอบจริง 3 ข้อ

1. จงหาความแตกต่างของมวลสองก้อนที่มีค่า  $50 \pm 0.5 \text{ kg}$  และ  $20.0 \pm 0.2 \text{ kg}$  ตามหลักความคลาดเคลื่อน (เฉลย  $30.0 \pm 0.7 \text{ kg}$ )
2. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $v = 10 \pm 1 \text{ m/s}$  ในเวลา  $t = 2 \pm 0.2 \text{ s}$  จงหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของระยะทาง ( $s = vt$ ) (เฉลย 20% )
3. คาบการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$  หากความยาวเชือก ( $L$ ) มีความคลาดเคลื่อน 2% ความคลาดเคลื่อนของคาบ ( $T$ ) จะเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ (กำหนดให้  $g$  และ  $2\pi$  เป็นค่าคงที่ไม่มีคลาดเคลื่อน)

(เฉลย 1%)