CU RADIO
FM. 101.5 MHz

http://www.curadio.chula.ac.th
http://www.facebook.com/curadio

สถานีวิทยุแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FM 101.5 MHz. คลื่นความรู้สู่ประชาชน

สรุปเข้ม 7

เปิดคลับ ขยับสเตปฝัน คนพันธุ์แอดฯ

เอกสารประกอบการบรรยาย

วิชา PAT 2 (ฟิสิกส์)

อ.สุรสิงห์ นิรชร

ปตท.สผ.
คคส.
SCG PAPER
NATURAL TEA TREE
TOYOTA
ผู้นำพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY
MK RESTAURANTS

SCG PAPER

กระดาษไอเดีย
เหนือกว่าในทุกความต้องการ

ใหม่

กระดาษ Idea Max 70 แกรม
ใช้ได้ 2 หน้า **คุ้มค่า** เต็ม Max

Idea Max นวัตกรรมกระดาษ 70 แกรม คุณภาพระดับพรีเมี่ยมใหม่ล่าสุดจาก SCG Paper ด้วย Ultra Performance Formula ที่ช่วยเพิ่มความทึบแสงให้มากขึ้น ลดปัญหาการมองทะลุหลัง คุณจึงสามารถใช้งานกระดาษทุกแผ่นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพทั้งสองหน้า และด้วยการผสมผสานระหว่างสูตรพิเศษและโครงสร้างกระดาษที่ลงตัว ทำให้เนื้อกระดาษขาว หนา เรียบเนียน ใช้ได้ดีสำหรับงานพิมพ์ทุกประเภท ผ่านการทดสอบถ่ายเอกสารต่อเนื่อง 10,000 แผ่นโดยไม่ติดเครื่อง*

เลือก Idea Max เพื่อความคุ้มค่าที่มากกว่า

*ผลการทดสอบด้วยเครื่องถ่ายเอกสารความเร็วสูงในห้องทดสอบที่มีการควบคุมสภาพการใช้งาน ตามมาตรฐานของ SCG Paper

ลองสัมผัสความแตกต่างอย่างเต็มประสิทธิภาพ วันนี้!!

www.ideaonpaper.com Call Center 02-586-1000

ทีทรี เฟเชียล โฟม

ความลับหน้าใส...
จากธรรมชาติ...

Young & Beauty
TEA TREE®
www.teatreeclub.com

หลายคนอาจสงสัยว่าจริงๆแล้ว Tea Tree นั้นคืออะไร? ใช่ชาเขียวหรือไม่ และทำไมถึงเป็นส่วนผสมหลักสำคัญของผลิตภัณฑ์ทีทรีทุกชนิด Tea Tree หรือ ชาออสซี่ คือพืชสมุนไพรมหัศจรรย์ของประเทศออสเตรเลีย มีรูปร่างหน้าตาคล้ายใบชา และมีกลิ่นหอมสดชื่น ขนาดสูงประมาณ 1.5-2 เมตร เราจะนำส่วนต่างๆของต้น Tea Tree มาสกัดทำให้ได้ Tea Tree Oil ซึ่งมีประสิทธิภาพสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้อย่างดีเยี่ยม ทำให้ชาวออสเตรเลีย ตื่นตาตื่นใจ พร้อมให้สมญานามว่า "A Medicine Chest In A Bottle" (ตู้ยาที่บรรจุอยู่ในเพียงขวดแก้ว)

Tea Tree Oil เป็นส่วนผสมหลักที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ ทีทรี เฟเชียล โฟม ทุกสูตร ช่วยทำความสะอาดผิวหน้าได้อย่างล้ำลึก ช่วยลดการสะสมของเชื้อแบคทีเรีย ขจัดความมันส่วนเกินอันเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดสิว อย่างได้ผล ทำให้ผิวหน้า สะอาดใส ไร้สิว....

ผลิตภัณฑ์... คุณค่าธรรมชาติ
จาก... ประเทศออสเตรเลีย

CALPIS

Omega 34.9 mg. 3

Choline 123 mg.

Omega 34.9 mg. 3

DHA 26.3 mg.

DHA 26.3 mg.

Vitamin B12

Vitamin B12

เบรนฟิต

มี Omega 34.9 mg. 3

อร่อยใช่...ใครก็ชอบ

Vitamin B6

DHA 26.3 mg.

Omega 34.9 mg. 3

Choline 123 mg.

ใน เบรนฟิต 1 ขวด มีโอเมก้า 3 34.9 มก. ดีเอชเอ 26.3 มก. และโคลีน 123 มก. นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของวิตามินบี 6 และบี 12 สูง วิตามินบี 12 **มีส่วนช่วยในการทำงานของระบบประสาทและสมอง**

มีจำหน่ายแล้วที่

7-ELEVEN HOME Fresh MART Tops FamilyMart Watsons AEON FOODLAND

(www.branefit.com) ขย.1797/2553

เบรนฟิต

อร่อยได้ง่ายๆ กับประโยชน์ที่ใช่

น้ำผลไม้รวม 20% ผสมน้ำมันปลา 0.075% ตรา เบรนฟิต

TOYOTA
moving forward ▶

โตโยต้า ร่วมสร้างความรับผิดชอบ เพื่อความสุขที่ยั่งยืน

โรงงานประกอบรถยนต์โตโยต้า

โรงงานประกอบรถยนต์ทุกแห่ง ดำเนินงานภายใต้หลัก **การผลิตด้วยความรับผิดชอบ** (Responsible Production) ในทุกกระบวนการดำเนินงานผ่าน ***4R และ 4I*** ด้วยการ **ลดการใช้พลังงาน ลดของเสีย ลดการใช้น้ำ** และ**ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 10,000 ตันต่อปี** นอกจากนั้น ยังใส่ใจในคุณภาพชีวิตและสภาพแวดล้อมของพนักงาน อย่างทั่วถึง วางรูปแบบการทำงานที่ถูกต้องตามหลัก Ergonomic **เพิ่มพื้นที่สีเขียว**สำหรับพักผ่อนและสันทนาการ และ**ขยายความรับผิดชอบต่อสังคมจากพนักงานสู่เครือข่าย**ทั่วประเทศ

ผู้ผลิตชิ้นส่วนโตโยต้า

ผู้ผลิตชิ้นส่วนทุกแห่ง บริหารจัดการด้วยหลัก**การจัดซื้อด้วยความรับผิดชอบ** (Responsible Purchasing) เป็นการจัดซื้อชิ้นส่วนในการประกอบรถยนต์ภายใต้ระบบ *Green Purchasing* **ที่ปลอดสารอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตได้ถึง 6,000 ตันต่อปี**

ผู้แทนจำหน่ายโตโยต้า

ผู้แทนจำหน่ายทุกแห่ง ดำเนินธุรกิจในหลัก**การบริการด้วยความรับผิดชอบ** (Responsible Operation) ผ่าน**การจัดการของเสีย**อย่างเป็นระบบ จึงไม่ส่งผลกระทบกับชุมชน ปลูกฝัง**การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ**แก่พนักงาน สามารถ**ช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 5,000 ตันต่อปี** มอบ**การบริการและเอาใส่ใจแก่ลูกค้าอย่างดีที่สุด** จนได้รับรางวัลอันดับ 1 เจ.ดี.พาวเวอร์ เอเชียแปซิฟิค ด้านความพึงพอใจสูงสุดของลูกค้าด้านบริการหลังการขายต่อเนื่องถึง 3 ปีซ้อน (พ.ศ. 2551-2553)

โตโยต้า ร่วมสร้างจิตสำนึกแห่งความรับผิดชอบในทุกขั้นตอนตลอดการดำเนินธุรกิจ จนได้รับ**มาตรฐานการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม** ISO 14001 **ตลอดทั้งห่วงโซ่ธุรกิจ** โดยเราสามารถ**ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในทุกกระบวนการผลิตได้เท่ากับการดูดซับของต้นไม้ถึง 27 ล้านต้น** และยังใส่ใจในคุณภาพชีวิตของพนักงาน โดยการเพิ่มความปลอดภัยและความสุขในการทำงานแก่พนักงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและคุณภาพการผลิตที่ดี ด้วยจิตสำนึกแห่งความรับผิดชอบที่โตโยต้าปลูกฝังแก่พนักงานทุกระดับ ส่งต่อจิตอาสาในการสร้างสรรค์สิ่งที่ดีสู่เครือข่ายธุรกิจ เพื่อร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อนบนเส้นทางแห่งความรับผิดชอบ สู่จุดหมายแห่งความสุขที่ยั่งยืนของทุกคน

TOYOTA

อนาคตสังคมไทย ความภูมิใจของเรา

www.toyota.co.th

CU RADIO
FM. 101.5 MHz

สรุปเข้ม 7

เปิดคลับ ขยับสเตปฝัน คนพันธุ์แอดฯ

วิทยุจุฬาฯ FM 101.5 MHz.

ฟรีตลอดงาน

ขอเชิญรวมพล คน ม.ปลาย สรุปเข้มทุกรายวิชา พร้อมแนะแนวการศึกษา

วันที่ 16, 22-23, 29-30 มกราคม 2554 ณ หอประชุมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เปิดรับสมัครแล้ววันนี้ ทาง www.curadio.chula.ac.th

วันที่	บรรยาย	วิชา	วิทยากร
อาทิตย์ 16 ม.ค. 54	08.00 – 12.00 น.	GAT (Part เชื่อมโยง)	ผศ.สอางค์ ถ้าเนินสวัสดิ์
	13.00 – 17.00 น.	วิทยาศาสตร์พื้นฐาน (O-Net)	รศ.พเยาว์ ยินดีสุข
เสาร์ 22 ม.ค. 54	08.00 – 12.00 น.	สังคมศึกษา (O-Net)	ผศ.นววรรณ วุฒฑะกุล รศ.ถวงกมล สินเพ็ง
	13.00 – 17.00 น.	ภาษาไทย (O-Net)	รศ.จารุณี กองพลพรหม อ.สุพัตรา อุตมัง
อาทิตย์ 23 ม.ค. 54	08.00 – 11.00 น.	PAT 2 (วิทยาศาสตร์, เคมี)	รศ.อินทิรา หาญพจษ์พันธ์ รศ.ดร.บัญชา พูลโภคา
	12.00 – 14.30 น.	PAT 2 (วิทยาศาสตร์, ฟิสิกส์)	อ.สุรสิงห์ นิรชร
	14.40 – 17.00 น.	PAT 2 (วิทยาศาสตร์, ชีววิทยา)	รศ.สีมา ชัยสวัสดิ์
เสาร์ 29 ม.ค. 54	08.00 – 16.00 น.	คณิตศาสตร์ (O-Net + PAT 1)	อ.ดร.จิณณิษฐ์ ละออปักษิณ
อาทิตย์ 30 ม.ค. 54	08.00 – 11.00 น.	ภาษาอังกฤษ (O-Net + GAT)	อ.พันตรี.ดร.ราเชน มีศรี
	11.00 – 12.00 น.	เปิดประตู Admissions เปิดฝัน...คนพันธุ์แอดฯ (แนะนำระบบแอดมิสชันส์)	อ.ศศิธร อหิงสโก ผู้จัดการ สมาคมอธิการบดีแห่งประเทศไทย (สอท.)
	13.00 – 14.00 น.	เลือกคณะอย่างไร ? ให้...ดี ให้...ได้ ให้...โดน	โดย...อ.รับขวัญ ภูษาแก้ว อาจารย์แนะแนวชื่อดังแห่งโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
	14.00 – 17.00 น.	กิจกรรม... จากแรงใจ สู่แรงบันดาลใจ - แนะนำเทคนิคการพิชิตความสำเร็จ - 101.5 นาโนคอนเสิร์ต เปิดคลับ ขยับสเตปฝัน คนพันธุ์แอดฯ - บายศรี ดินสอแช่งศักดิ์สิทธิ์	ศิลปินดาราก๊ริดสลบ Cu Radio Band วิทยุจุฬา + ศิษย์เก่าสรุปเข้ม

หมายเหตุ วิทยากรเป็นคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สอบถามเพิ่มเติม
0-2218-3970 ต่อ 103

http://www.curadio.chula.ac.th
http://www.facebook.com/curadio

การเคลื่อนที่

การเคลื่อนที่ของวัตถุ แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง
2. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง
3. การเคลื่อนที่แบบหมุน

<u>การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง</u> แบ่งการเคลื่อนที่ได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การเคลื่อนที่ ในแนวราบ 2. การเคลื่อนที่ ในแนวดิ่ง

สำหรับสูตรการเคลื่อนที่แนวราบและแนวดิ่ง จัดใหม่ได้ดังนี้

สูตร	แนวราบ	ขาด	แนวดิ่ง ($\vec{g} = -10\,m/s^2$)
1	$\vec{S} = \langle\vec{v}\rangle t = \left(\frac{\vec{u}+\vec{v}}{2}\right)t$	a	$\vec{S} = \langle\vec{v}\rangle t = \left(\frac{\vec{u}+\vec{v}}{2}\right)t$
2	$\vec{v} = \vec{u} + \vec{a}t$	S	$\vec{v} = \vec{u} + \vec{g}t$
3	$\vec{S} = \vec{u}t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$	$\vec{v}$	$\vec{S} = \vec{u}t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$
4	$\vec{S} = \vec{v}t - \frac{1}{2}\vec{a}t^2$	$\vec{u}$	$\vec{S} = \vec{v}t - \frac{1}{2}\vec{a}t^2$
5	$v^2 = u^2 + 2aS$	t	$v^2 = u^2 + 2gh$

$$S_t = S(t) - S(t-1) = \vec{u} + \frac{1}{2}\vec{a}(2t-1)$$

สูตรแนวดิ่ง $\vec{g}$ เป็น Vector มีทิศลง $\therefore \vec{g} = -10\ m/s^2$

สำหรับสูตรพิเศษ เป็นสูตรที่ปรับค่า $\vec{g}$ แล้ว $\therefore \vec{g}$ ในสูตรพิเศษ $= 10\ m/s^2$

<u>สูตรพิเศษการเคลื่อนที่แนวดิ่งโดยเสรี</u>

1. **โยนวัตถุขึ้นจากพื้นด้วยความเร็วต้น $\vec{v}_0$**

1.1 นานเท่าใดวัตถุจะขึ้นไปได้สูงสุด $t_{ขึ้น} = \frac{\vec{v}_0}{g}$

1.2 นานเท่าใดวัตถุจะขึ้นไป และตกกลับมาที่เดิม $\therefore t_{ขึ้น} = t_{ลง}$

และ $t_{ทั้งหมด} = \frac{2v_0}{g}$

1.3 วัตถุขึ้นไปได้สูงสุดเท่าใด $h = \frac{v_0^2}{2g}$

2. โยนวัตถุขึ้นจากที่เดียวกัน 2 ก้อนด้วยความเร็วต้นเท่ากัน เท่ากับ v_0 โดยใช้เวลาโยนห่างกัน x วินาที

2.1 นานเท่าใดที่วัตถุทั้ง 2 จะสวนทางกันกลางอากาศ (นับจากวัตถุก้อนแรก)

$$t_1 = \frac{v_0}{g} + \frac{x}{2}$$

2.2 นานเท่าใดที่วัตถุทั้ง 2 จะสวนทางกันกลางอากาศ (นับจากวัตถุก้อนหลัง)

$$t_2 = \frac{v_0}{g} - \frac{x}{2}$$

* เมื่อได้เวลาที่สวนทางกันแล้ว ก็สามารถหาว่าสวนทางกัน ณ ที่สูงเท่าใดจากจุดโยน

3. โยนวัตถุ 2 ก้อน พร้อม ๆ กัน จากที่ห่างกัน h เมตร ในแนวดิ่งนานเท่าใด วัตถุทั้ง 2 จึงจะสวนทางกันในอากาศ

$$t = \frac{h}{\vec{u}_{\text{ล่าง}} - \vec{u}_{\text{บน}}}$$

- เมื่อได้เวลาแล้วก็สามารถจะหาว่าชนกัน ณ ที่สูงจากพื้นเท่าใดก็ได้

มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่

1. **กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน** (Newton's Law of Motion)

ข้อที่ 1 ถ้า $\sum \vec{F} = 0$ $\therefore$ $\vec{a}$ = O แสดงว่า 1. $\vec{v}$ = O หรือ
2. $\vec{v}$ = ค่าคงที่เป็นเส้นตรง

ข้อที่ 2 ถ้า $\sum \vec{F} \neq 0$ แล้ว

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

ข้อที่ 3 $\sum \vec{F} = 0$ หรือไม่ก็ตาม เมื่อวัตถุถูกแรงที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำ วัตถุจะออกแรงตอบโต้ ด้วยแรงขนาดที่เท่ากัน ทิศทางตรงข้ามและเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน

$\therefore$ Action = Reaction

2. **กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน**

เมื่อวัตถุ 2 ก้อนใด ๆ มาวางอยู่ใกล้กัน จะก่อให้เกิดแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน เป็นแรงกระทำต่างร่วม (มีขนาดเท่ากัน) = F_G

$$F_G = \frac{GMm}{R^2}$$ ----------* G = ค่าคงที่สากล = 6.67×10^{-11} $N\text{-}m^2/kg^2$

สำหรับการชั่งน้ำหนักวัตถุบนผิวโลก จะได้ $F_g = F_G$

หรือ $mg = \frac{GMm}{R^2}$ $\therefore g = \frac{GM}{R^2}$ ----------*

$$\frac{mg_1}{mg_2} = \frac{(R+h)^2}{R^2}$$ ----------* $mg_1 =$ น้ำหนักที่ผิวโลก, $mg_2 =$ น้ำหนักที่ระดับสูง h

3. **การนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไปใช้งาน เช่น** การชั่งน้ำหนักในลิฟต์

1. ถ้า **ลิฟต์** มี $\vec{a}$ = 0 หรือ $\vec{v}$ คงที่ $\therefore$ น้ำหนักที่อ่านได้ (N) = น้ำหนักจริง (mg)
2. ถ้า **ลิฟต์** ขึ้นด้วยความเร่ง $\vec{a}$ $\therefore$ น้ำหนักที่อ่านได้ (N) = mg + ma
   ถ้า **ลิฟต์** ขึ้นด้วยความหน่วง $\vec{a}$ $\therefore$ น้ำหนักที่อ่านได้ (N) = mg - ma
3. ถ้า **ลิฟต์** ลงด้วยความเร่ง $\vec{a}$ $\therefore$ น้ำหนักที่อ่านได้ (N) = mg - ma
   ถ้า **ลิฟต์** ลงด้วยความหน่วง $\vec{a}$ $\therefore$ น้ำหนักที่อ่านได้ (N) = mg + ma
4. ถ้า **ลิฟต์** ขาด $\therefore$ น้ำหนักที่อ่านได้ = O

สมดุล (Equilibrium)

กฎการเคลื่อนที่ของ Newton

1. $\sum \vec{F} = 0$, $\vec{a} = 0$ ⟶ 1. $\vec{u} = \vec{v} = 0$ (สมดุลสถิต)
   2. $\vec{u} = \vec{v} =$ ค่าคงที่ (สมดุลจลน์)
2. $\sum \vec{F} \neq 0$, $\therefore \sum \vec{F} = \sum m\vec{a}$ (ไม่สมดุล)
3. $\sum \vec{F} = 0$ หรือ $\sum \vec{F} \neq 0$ $\therefore$ Action = Reaction

เงื่อนไขของการสมดุล

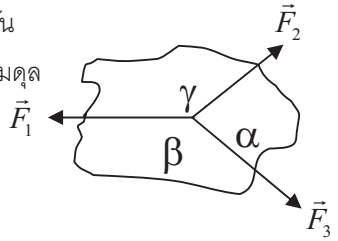
1. $\sum \vec{F} = 0$ ⟶ $\sum \vec{F}_X = 0$ ..... ①
   $\sum \vec{F}_Y = 0$ ..... ②
2. $\sum M = 0$ รอบจุดหมุนใดๆ

Moment คือ ผลการกระทำของแรงกระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุเกิดการหมุนหรือพยายามหมุนรอบจุดหมุนใดๆ

$M = \vec{F} \cdot \vec{S} = |\vec{F}||\vec{S}|\sin\theta$ (เป็นปริมาณ Scalar)

ทฤษฎีเสริม สำหรับการสมดุล ด้วยแรง 3 แรง

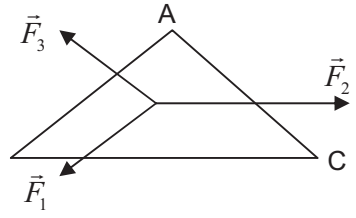
1. Lami’s Theorem “เมื่อแรงสามแรงมากระทำร่วมกันบนวัตถุอันเดียวกันแล้ว ทำให้วัตถุนั้นอยู่ในสภาวะสมดุล จะได้แรงต่อ Sin ของมุมตรงมีค่าคงที่”



$\therefore \frac{F_1}{\sin\alpha} = \frac{F_2}{\sin\beta} = \frac{F_3}{\sin\gamma}$ = ค่าคงที่

2. **ทฤษฎีสามเหลี่ยมของแรง**

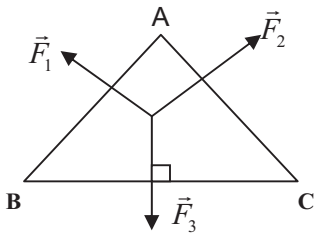
2.1 เมื่อแรงสามแรงกระทำร่วมกันบนวัตถุ เดียวกันแล้วทำให้วัตถุนั้นสมดุล และแรงทั้งสามขนานกับด้านสามด้านของสามเหลี่ยมใดๆ แล้วแรงต่อด้านที่มันขนาน จะมีค่าคงที่



$\vec{F}_1 // AB, \vec{F}_2 // BC, \vec{F}_3 // AC$ จะได้

$\frac{\vec{F}_1}{AB} = \frac{\vec{F}_2}{BC} = \frac{\vec{F}_3}{AC}$ = ค่าคงที่

2.1 เมื่อแรงสามแรงกระทำร่วมกันบนวัตถุเดียวกันแล้วทำให้วัตถุนั้นสมดุลและแรงทั้งสามตั้งฉากกับ



ด้านของสามเหลี่ยมใดๆ แรงต้านที่มันตั้งฉากย่อมมีค่าคงที่

$\vec{F}_1 \perp AB$, $\vec{F}_2 \perp AC$, $\vec{F}_3 \perp BC$

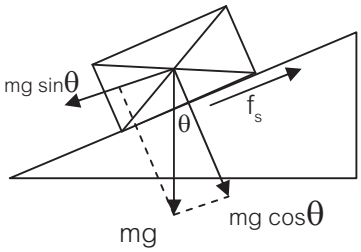
$\therefore \quad \frac{F_1}{AB} = \frac{F_2}{AC} = \frac{F_3}{BC}$ = ค่าคงที่

<u>แรงเสียดทาน</u> (Friction Force) เป็นแรงที่ต่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. **แรงเสียดทานสถิตย์** (Static Frictional Force = f_s) เกิดขึ้นในขณะที่วัตถุยังไม่เคลื่อนที่ (f_s = F ไม่มีสูตรคำนวณ)

   ในกรณีที่ $f_{s\,max}$ = F = $\mu_s N$ โดยปรกติแล้ว $0 < \mu_s \leq 1$
2. **แรงเสียดทานจลน์** (Kinetic Frictional Force = f_k) เกิดขึ้นในขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ (f_k = $\mu_k N$ = ค่าคงที่)

การหาค่า ส.ป.ส.แรงเสียดทานจลน์และสถิต



ในกรณีที่วัตถุกำลังจะเสียสมดุลจะได้

$f_{s\,max}$ = $\mu_s N$ = mg sinθ

$\therefore \mu_s$ (mg cosθ) = mg sinθ

$\mu_s = \frac{mg\sin\theta}{mg\cos\theta} = \tan\theta$

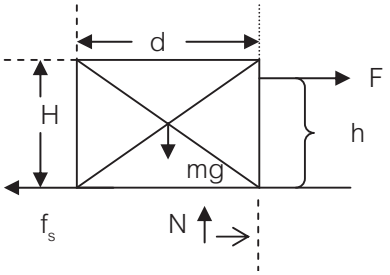
เรียก θ_s ว่า มุมแห่ง ส.ป.ส. แรงเสียดทานสถิตย์

เมื่อวัตถุเคลื่อนแล้วปรับความชั้นใหม่ เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วคงที่จะได้

$\mu_k = \tan\theta_k$

$\therefore \theta_k < \theta_s$ เสมอ

<u>โมเมนต์ของแรงคู่ควบ</u> (Moment of Couple) คือ โมเมนต์ของแรงคู่ขนาน (แรงขนานต่างพวก) เมื่อมีแรง 2 แรงขนาดเท่ากัน ทิศทางตรงข้าม และได้อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน และถ้าจะทำให้วัตถุสมดุล ต้องใช้โมเมนต์ของแรงคู่ควบใหม่ที่มีขนาดเท่าเดิม ทิศทางตรงข้ามมากระทำจึงจะสมดุล



<u>กรณีที่ 1</u> วัตถุกำลังลื่นไถล

$\therefore F_{ลื่น} = f_{s\,max} = \mu_s mg$ _____ *

$F_{]h,} = mg\frac{d}{2h}$ _____ *

ถ้า h คงที่และ $h \geq \frac{H}{2}$

ถ้า $\mu_s > \frac{d}{2h}$ วัตถุจะล้มก่อนลื่น
ถ้า $\mu_s < \frac{d}{2h}$ วัตถุลื่นก่อนล้ม
} บนพื้นราบ

ในกรณีวัตถุ ตั้งอยู่บนพื้นเอียง

ถ้า $\theta_s < \theta_{ล้ม}$ = ลื่นก่อนล้ม

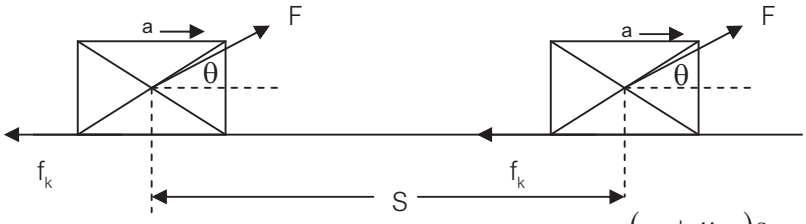
ถ้า $\theta_s > \theta_{ล้ม}$ = ล้มก่อนลื่น

โดยที่ $\tan\theta_s = \mu_s$ และ $\tan\theta_{ล้ม} = \frac{\text{กว้าง}}{\text{สูง}} = \frac{D}{H}$

งานและพลังงาน

งาน (Work) หมายถึงผลการกระทำของแรงต่อวัตถุ แล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่ หรือพยายามจะเคลื่อนที่ใน

ทิศทางของแรง ∴ Work = $\vec{F}\cdot\vec{S}$ = $F\cdot S\cos\theta$ (N – m = j)



Work = $F\cdot S\cos\theta$ = $\dfrac{(ma+\mu mg)S}{1+\mu\tan\theta}$

ถ้าความเร็วคงที่ Work = $F\cdot S\cos\theta$ = $\dfrac{\mu mgS}{1+\mu\tan\theta}$

พลังงาน (Energy) คืองานที่ถูกสะสมหรือแสดงออกจากการทำงานต่างๆ จำแนกได้เป็น

1. พลังงานศักย์โน้มถ่วง $E_p = mgh$ จะตองมแกนอ้างอิง เพื่อวัดความสูง h
2. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น $E_{ps} = \langle F\rangle\cdot S = \frac{1}{2}F_2 S = \frac{1}{2}kS^2$ (หรือ $\frac{1}{2}kx^2$)
3. พลังงานจลน์ $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{|\vec{p}|^2}{2m}$
4. พลังงานรูปอื่นๆ มีทั้ง ความร้อน, แสง, เสียง, เคมี, นิวเคลียร์ อีกมากมาย

กฎการอนุรักษ์พลังงาน

$$\Sigma E_{เริ่ม} - \Sigma E_{ท้าย} = \Sigma W_{นอก}$$

(พลังงานของระบบลดลงหรือเพิ่มขึ้นมาอันเนื่องจากการใช้พลังงาน หรือรับพลังงานนั่นเอง)

กำลัง Power คือ อัตราการทำงานใน 1 หน่วยเวลา

∴ $P = \dfrac{\Delta W}{\Delta t} = \dfrac{\Delta E}{\Delta t}$

$= \dfrac{F\cdot S}{t}$ = $F\cdot v$ (หน่วยเป็น $\frac{j}{s}$ = Watt)

โมเมนตัม

นิยาม โมเมนตัม คือ อำนาจในการปะทะของวัตถุ ซึ่งวัดได้จากผลคูณของมวลกับความเร่ง

โมเมนตัมมีหน่วยเป็น kg·m/s หรือ N·s และโมเมนตัมเป็นคุณสมบัติเฉพาะของวัตถุ

จากกฎการเคลื่อนที่ ข้อ 2 ของ Newton

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

$$\vec{F} = m\vec{a} = \frac{m(\vec{v}-\vec{u})}{t}$$

$$\therefore \quad \vec{F}.t = m\vec{v} - m\vec{u} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$$

$$\therefore \quad \boxed{\vec{F}.t = \Delta\vec{p}} \quad \text{——————} \quad *$$

เรียก $\vec{F}\Delta t$ ว่า **การดล** และ $\vec{F}$ ว่า **แรงดล** (แรงดลจะมีค่ามากเมื่อ $\Delta t \to 0$)

เรียก $\Delta\vec{p}$ ว่า **การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม**

หลักการคำนวณเกี่ยวกับโมเมนตัม ในการมทำเกี่ยวกับโมเมนตัม หลักการง่ายๆ คือ พิจารณาในการชนนั้นๆ มีแรง ภายนอกหรือไม่

กรณีที่ 1 มีแรงภายนอกมาเกี่ยวข้อง หมายความว่าในการชนหรือการปะทะกันของวัตถุเราสามารถหามวลของทั้ง ฝ่าย ได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้จัดว่าเป็นการชนกันแบบมีแรงภายนอกมาเกี่ยวข้องเสมอ และสูตรที่ใช้คือ

$$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}$$ อย่างเดียว

เช่น การขว้างลูกบอลกระทบฝาผนัง เราไม่สามารถหามวลของฝาผนังได้ เป็นต้น *

เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ เราจะคิด Vector ตามกราฟเสมอการปล่อยลูกบอลจากที่สูง h_1 ตกกระทบพื้นแล้วกระดอนกลับขึ้นไปสูง h_2 จะได้

$$\Delta\vec{p} = m\left(\sqrt{2gh_1} + \sqrt{2gh_2}\right)$$

กรณีที่ 2 ในกรณีที่ไม่มีแรงภายนอกมาเกี่ยวข้อง จะจัดว่าเป็นการชนกันแบบต่างๆ โดยมีกฎเกณฑ์ ว่าจะชน แบบใดก็ตาม จะได้

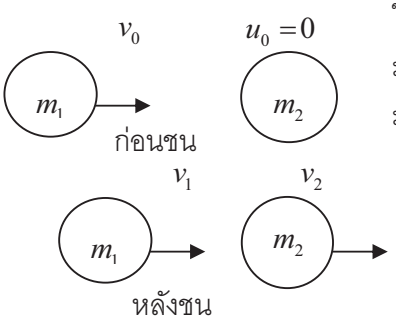
$$\sum \vec{p}_{\text{ก่อนชน}} = \sum \vec{p}_{\text{หลังชน}} \quad \text{——————} \quad *$$

แต่ถ้าเป็นการชนแบบยืดหยุ่นจะได้

$$\sum E_{k\ \text{ก่อนชน}} = \sum E_{k\ \text{หลังชน}} \quad \text{——————} \quad *$$

สำหรับการชนโดยจัดสูตรพิเศษไว้รองรับได้ดังนี้

1.

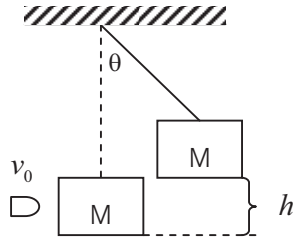


ในการชนกับแบบยืดหยุ่น มวล m_1 วิ่งด้วยความเร็ว v_0 เข้าชนมวล m_2 ซึ่งหยุดนิ่งหลังชน m_1 มีความเร็ว $\vec{v}_1$ มวล m_2 จะมีความเร็ว $\vec{v}_2$ โดยที่

$$\vec{v}_1 = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)\vec{v}_0 \quad \text{——} \quad *$$

$$\vec{v}_2 = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right)\vec{v}_0 \quad \text{——} \quad *$$

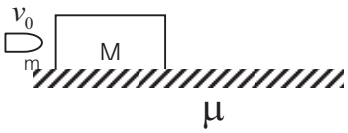
2. Ballastic Pendulum



ยิงลูกปืนมวล m ด้วยความเร็ว $\vec{v}_0$ เข้ากระทบเป้าที่ถูกแขวนไว้ด้วยเชือกในแนวดิ่ง ยาว l l แลมีมวล M จัดว่าเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่นหลังยิง ลูกปืนอาจฝังใน M หรือทะลุออกมาก็ได้ จะได้

$$v = \frac{|\Delta\vec{p}|}{(M \pm \Delta m)} = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gl(1 - \cos\theta)}$$

เมื่อ v = ความเร็วหลังชนของ M

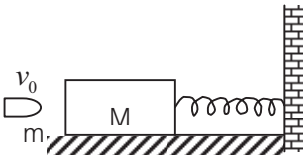


$|\Delta\vec{p}|$ =ปริมาณโมเมนตัมที่ลูกปืนถ่ายเทให้แป้น M

$M \pm \Delta m$ = มวลแป้นหลังชน

ในกรณีที่แป้น M จากข้อ 2 วางอยู่บนโต๊ะ ที่มี ส.ป.ส. แรงเสียดทานจลน์ เป็น μ หลังชน แป้นไม้นี้เคลื่อนที่ไปบนโต๊ะได้ไกล S เมตร $\therefore$ $v = \frac{|\Delta\vec{p}|}{(M \pm \Delta m)} = \sqrt{2\mu gs}$

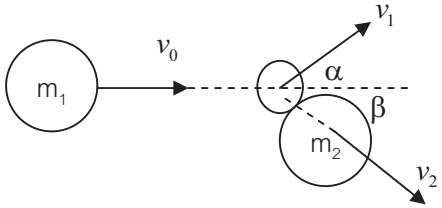
4.



ในกรณีที่แป้น M วาบนพื้นลื่นแต่ติสปริงดังรูป

จะได้ $v = \frac{|\Delta\vec{p}|}{(M \pm \Delta m)} = x\sqrt{\frac{k}{(m \pm \Delta m)}}$

5.



ในการชนแบบเฉียด มวล m_1 วิ่งด้วยความเร็ว v_0 เข้าชน มวล m_2 ซึ่งหยุดนิ่งอย่างเฉียด

จะได้ $\frac{p_0}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{p_1}{\sin\beta} = \frac{p_2}{\sin\alpha}$

ในกรณีนี้จะใช้ได้ทั้งการ ชนแบบยืดหยุ่นและไม่ ยืดหยุ่น และถ้า $m_1 = m_2$ จะได้ $\alpha + \beta = 90^0$

ดังนั้น $\frac{m_1 v_0}{\sin 90^\circ} = \frac{m_1 v_1}{\sin \beta} = \frac{m_2 v_2}{\sin \alpha}$

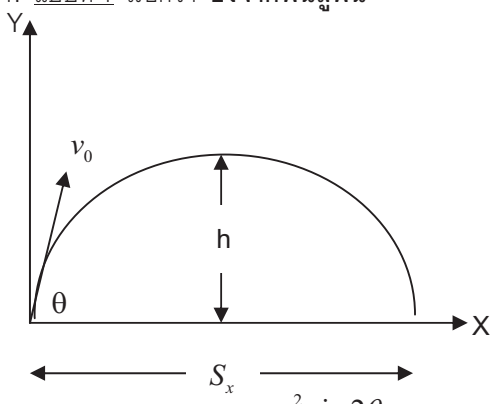
การเคลื่อนที่ใน 2 มิติ

การเคลื่อนที่แบบ PROJECTILE เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุ 2 มิติ คือมีทั้งการเคลื่อนที่แนวราบและแนวดิ่ง โดยมีข้อกำหนดว่า

1. อากาศไม่มีแรงต้านทานต่ออนุภาค $\therefore \vec{a}_X = 0, \quad \vec{u}_X = \vec{v}_X$
2. ระนาบดิ่ง เป็นการเคลื่อนที่ในสนามความเร่ง g คงที่ (~ + 10 m/s^2)

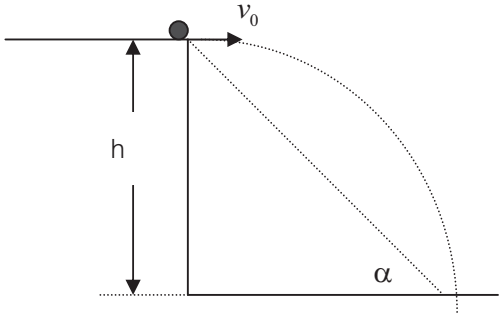
การเคลื่อนที่แบบ Projectile แบ่งได้ 4 ลักษณะดังนี้

1. <u>แบบที่ 1</u> เรียกว่า "**ยิงจากพื้นสู่พื้น**"



1. $\vec{u}_x = v_0 \cos\theta = \vec{v}_x$
2. $\vec{u}_y = v_0 \sin\theta$
3. $t_{ขึ้น} = t_{ลง} = \frac{u_y}{g} = \frac{v_0 \sin\theta}{g}$
4. $t_{ตลอดการเดินทาง} = 2t_{ขึ้น} = \frac{2v_0 \sin\theta}{g}$
5. $h = \frac{u_y^2}{2g} = \frac{(v_0 \sin\theta)^2}{2g}$
6. $S_x = u_x t = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$, $S_{x-\max} = \frac{v_0^2}{g}$ $\theta = 45^0$
7. $\tan\theta = \frac{4h}{S_x}$

2. **แบบที่ 2** เรียกว่า **"เครื่องบินทิ้งระเบิด"** เป็นครึ่งหลังของแบบที่ 1



1. $u_x = v_0$ คงที่
2. $u_y = 0$
3. $a_y = g$
4. $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$
5. $S_x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$

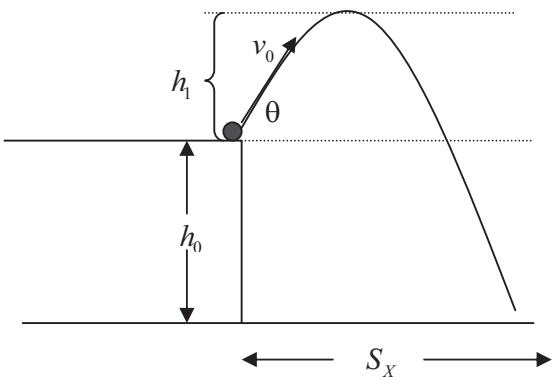
6. α= มุมเล็กเป้า $\therefore \tan\alpha = \frac{h}{S_x} = \frac{gt}{2v_0}$

$\tan\alpha = \frac{\sqrt{2gh}}{2v_0}$ $\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{\sqrt{2gh}}{v_0} = 2\tan\alpha$

7. θ = มุมที่ลูกปืนตกกระทำต่อพื้น

3. **แบบที่ 3** เรียกว่า **"ยกนกตกปลา"** เป็น Projectile ผสมระหว่างแบบที่ 1 กับแบบที่ 2

วิธีคำนวณที่ง่ายที่สุด ใช้ทั้ง 2 ระบบช่วยกันคือ



1. $u_x = v_0\cos\theta$ คงที่
2. $u_y = v_0\sin\theta$
3. $H = h_0 + h_1$

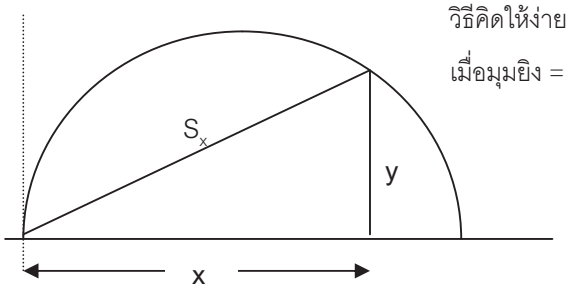
h_0 = โจทย์มักกำหนดให้

$h_1 = \frac{v_0^2\sin^2\theta}{2g}$

4. $S_x = u_x t = v_0\cos\theta.t$

t_Y =เวลาทั้งหมดจากการเคลื่อนที่แนวดิ่ง = t_X = t

4. **แบบที่ 4** เรียกว่า **"เมื่อโลกเอียง"** เป็นการเคลื่อนที่ Projectile บนพื้นเอียง



วิธีคิดให้ง่าย ให้ใช้หลักของการยิงจากพื้นสู่พื้น แบบที่ 1) เข้าช่วย

เมื่อมุมยิง = θ ความเร็วต้น v_0 พื้นเอียงทำมุม α

วัตถุทำมุม β กับพื้นเอียง

$\therefore \theta = \alpha + \beta$

จากรูป $x = S\cos\alpha$ $y = S\sin\alpha$

1. $u_x = v_0\cos\theta$ คงที่
2. $u_y = v_0\sin\theta$ ไม่คงที่
3. $t_{ดิ่ง} = t_{ราบ} = t_{pro.}$

* $t_{ราบ}$ หาได้จาก $\frac{x}{u_x}$ หรือ $\frac{S\cos\alpha}{v_0\cos\theta}$ $t_{ดิ่ง}$ หาได้จากสูตร $y = v_0\sin\theta.t + \frac{1}{2}gt^2$

การเคลื่อนที่เป็นวงกลม(Circular Motion)

1.<u>การเคลื่อนที่เป็นวงกลม</u> (Circular Motion)

การเคลื่อนที่เป็นวงกลมมีหลักการณ์คิดคำนวณดังนี้

1. อัตราเร็วของวัตถุคงที่ (Speed คงที่ = $|\vec{v}|$)แต่ความเร็วไม่คงที่ เพราะเปลี่ยนทิศทางตลอดเวลา
2. วัตถุจะเคลื่อนที่เป็นวงกลมได้จะต้องมีความเร่งที่เรียกกันว่า ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centripetal Acceleration = $\vec{a}_c$)คืออัตราการเปลี่ยนความเร็วต่อหนึ่งหน่วยเวลา
3. เมื่อมีความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางย่อมแสดงว่า ต้องมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ข้อ 2. แรงนี้จึงเรียกว่า **แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง** (Centripetal Force= $\vec{F}_c$)

$\vec{F}_c$ = แรงเข้าสู่ศูนย์กลางของวัตถุที่เคลื่อนที่เข้าวงกลมได้ แบ่งได้เป็น 6 ลักษณะคือ

1. วัตถุเคลื่อนที่เข้าวงกลมแนวระดับ โดยไม่มีเชือกหรือวัตถุภายนอกดึง

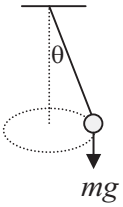
   $\therefore \vec{F}_c$ = f (friction force)

2. วัตถุเคลื่อนที่เข้าวงกลมในแนวระดับ โดยมีเชือกดึงอยู่ $\therefore \vec{F}_c$ = T (Tension force)
3. วัตถุเคลื่อนที่เข้าวงกลมในแนวระดับ แต่มีเชือกกระทำต่อวัตถุเป็นรูปกรวย

   $\vec{F}_c$ = T $\sin\theta$ θ = มุมที่เรียกเอียงต่อแนวดิ่ง

   mg = T $\cos\theta$

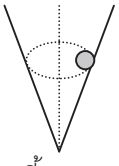
   $\therefore \tan\theta = \dfrac{v^2}{Rg}$



4. การเคลื่อนที่เป็นวงกลม บนระนาบเอียง โดยไม่มีเชือก

   $\vec{F}_c$ = N $\sin\theta$

   mg = N $\cos\theta$



5. การเคลื่อนที่เป็นวงกลมของเครื่องบิน หรือเครื่องร่อน หรือการเลี้ยวของเครื่องบิน ซึ่งเป็น ส่วนหนึ่งของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม (N = แรงปฏิกิริยาตั้งฉากกับเครื่องบิน)

   $\vec{F}_c$ = N $\sin\theta$ และ mg = N $\cos\theta$

6. การเคลื่อนที่ของดาวเทียม หรือยานอวกาศที่โคจรรอบโลกหรือดาวเคราะห์เป็นวงกลม

   $\vec{F}_c$ = mg_h (g_h = ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก ณ ที่สูง h)

<u>ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง</u> (Centripetal Acceleration = a_c)

$$\therefore \quad \vec{a}_c = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = (2\pi f)^2 r = 4\pi^2 r f^2 = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centripetal Force = $\vec{F}_c$)

$$\vec{F}_c = m\vec{a}_c = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r = 4m\pi^2 rf^2 = \frac{4m\pi^2 r}{T^2}$$

3. **กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน**

นิวตันเชื่อว่า วัตถุทั้งหลายจะมีแรงดึงดูดซึ่งกันและกันเสมอ เช่นเดียวกับแรงดึงดูดระหว่างดาวเคราะห์ กับดวงอาทิตย์ หรือแรงดึงดูดระหว่างดวงจันทร์และโลก วัตถุ 2 ก้อน มีมวล m_1, m_2 อยู่ห่างกันเป็นระยะ R จะมีแรงดึงดูดกันและกัน = F $F = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$, G =6.67x10^{-11} N-m^2/Kg^2

การเคลื่อนที่แบบหมุน

การเคลื่อนที่แบบหมุนเป็นการเคลื่อนที่รอบจุดหมุนของตัวเอง และอาจเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วย
จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันได้อธิบายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่รูปแบบต่างๆของวัตถุไว้ดังนี้

1. ถ้าแรงลัพธ์ที่มากระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางของมวลวัตถุ จะทำให้วัตถุนั้นๆ เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง
2. ถ้าแรงลัพธ์ที่มากระทำต่อวัตถุ ไม่ผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดการหมุน หรือบางครั้งอาจเกิดการหมุน และเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วย ซึ่งเรียกว่าการเคลื่อนที่แบบหมุน

การเคลื่อนที่แบบหมุน จะเกิดบนวัตถุที่แข็งแกร็ง (วัตถุที่มีรูปทรงคงที่) โดยที่แรงที่มากระทำไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล จึงจะทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงหรือทอร์ก (Torque) ซึ่งบางครั้งเรียกแรงนี้ว่าแรงบิด

สูตรความสัมพันธ์

$\vec{\tau}$ = Torque = แรงบิด = $\vec{r} \times \vec{F} = mr^2\alpha$

I = โมเมนต์ความเฉื่อย = mr^2

$\vec{\tau} = I\alpha = \frac{\Delta\vec{L}}{\Delta t}$ ($\vec{L}$ = โมเมนต์เชิงมุม)

กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม $\left(\vec{L}\right)$

ถ้า $\vec{\tau} = 0 \quad \therefore \Delta\vec{L} = 0$ **นั้นคือ** $\vec{L}_1 = \vec{L}_2$ **จะได้** $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$

“ถ้า ทอร์กของแรงกระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ วัตถุจะมีอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเชิงมุมคงที่”

พลังงานจลน์ในการหมุน $K.E_r = \frac{1}{2}I\omega^2$

ในการเคลื่อนที่แบบกลิ้งของวัตถุ เป็นการเคลื่อนที่ในแนวตรงของศูนย์กลางมวลกับการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบศูนย์กลางของมวลนั้นๆ จะได้ผลรวมของพลังงานจลน์

$$= \quad E_k \; + \; K.E_r \quad = \quad \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

การเปรียบเทียบการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงและการเคลื่อนที่แบบกลิ้ง

Linear Motion	Angular Motion	ความสัมพันธ์
$\langle\vec{v}\rangle = \frac{\vec{u}+\vec{v}}{2}$	$\langle\vec{\omega}\rangle = \frac{\vec{\omega}_1+\vec{\omega}_2}{2}$	$\vec{\omega} = \frac{\vec{v}}{R}$
$\vec{S} = \langle\vec{v}\rangle.t$	$\vec{\theta} = \langle\vec{\omega}\rangle.t$	$\vec{\theta} = \frac{\vec{S}}{R}$
$\vec{v} = \vec{u} + \vec{a}.t$	$\vec{\omega}_2 = \vec{\omega}_1 + \vec{\alpha}.t$	$\vec{\alpha} = \frac{\vec{a}}{R}$
$\vec{S} = \vec{u}.t + \frac{1}{2}\vec{a}.t^2$	$\vec{\theta} = \vec{\omega}_1.t + \frac{1}{2}\vec{\alpha}.t^2$	$\omega = \frac{2\pi}{T}$
$\vec{S} = \vec{v}.t - \frac{1}{2}\vec{a}.t^2$	$\vec{\theta} = \vec{\omega}_2.t - \frac{1}{2}\vec{\alpha}.t^2$	$\omega = 2\pi f$
$v^2 = u^2 + 2aS$	$\omega_2^2 = \omega_1^2 + 2\alpha\theta$	
$\vec{F} = m\vec{a}$	$\vec{F}_c = m\vec{a}_c = m\omega^2 R$	$\vec{\tau} = I\vec{\alpha} = mR^2\vec{\alpha}$
$\vec{P} = m\vec{v}$	$\vec{L} = I\vec{\alpha}$	
$E_k = \frac{1}{2}mv^2$	$K.E_r = \frac{1}{2}I\omega^2$	

การเคลื่อนที่ แบบ Simple Harmonics Motion

การเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonics Motion จัดว่าเป็นการเคลื่อนที่ที่ไม่เป็นเส้นตรง หรือจัดว่าเป็นการเคลื่อนที่แนวเส้นโค้งแบบหนึ่ง โดยการเคลื่อนที่ของอนุภาคเป็นแบบกลับไปกลับมา ซึ่งจะผ่านจุดหลักคงที่จุดหนึ่งเสมอ และจุดหลักนี้เรียกว่า “**จุดหรือตำแหน่งสมดุลของการเคลื่อนที่**” การเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonics Motion แบ่งได้ 3 ลักษณะใหญ่ๆคือ

1. การเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาคที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมบนฉากในแนวราบหรือแนวดิ่งก็ได้
2. การเคลื่อนที่ของอนุภาค (วัตถุ) ที่ติดสปริง
3. การเคลื่อนที่ของอนุภาค (วัตถุ) แบบลูกตุ้มนาฬิกา

การเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาคที่กำลังเคลื่อนที่เป็นวงกลม

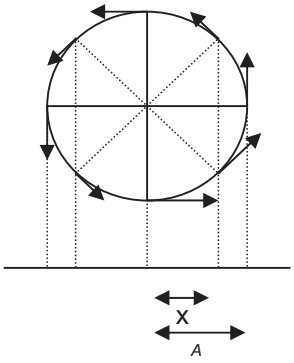
เมื่อวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลม (จะเป็นแนวราบหรือแนวดิ่ง) เมื่อพิจารณา เงาของวัตถุบนฉากที่ตั้งฉากกับระนาบการเคลื่อนที่ของวัตถุ จะพบว่าเงาของวัตถุจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมา รอบจุดคงที่ที่เรียกว่าจุดสมดุล โดยมีข้อเกี่ยวกับการวัดปริมาณต่างๆตามระบบกราฟ สมการการคำนวณแบ่งได้ 3 ลักษณะ โดยพิจารณาจากจุดเริ่มต้นของการวัดปริมาณนั้นๆ ตามเกณฑ์ คือ

แบบที่ 1 เมื่อ t = 0, จะได้ระยะกระจัดเป็น 0

แบบที่ 2 เมื่อ t = 0, จะได้ระยะกระจัดเป็นระยะที่มีค่ามากที่สุด

แบบที่ 3 เมื่อ t = 0, จะได้ระยะกระจัดของจุดเริ่มต้นของเงา ณ ที่ ใดๆ ก็ได้ (ซึ่งเกินหลักสูตร)

สมการการเคลื่อนที่แบบที่ 1 ณ จุดเริ่มต้น (t=0), X = 0 จะได้



1) $x = A\sin\omega t$

2) $v = \pm\omega A\cos\omega t$

ณ จุดใดๆ $v = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$ $\quad v_{max} = \pm\omega A$

3) $a = -\omega^2 A\sin\omega t$

$a = -\omega^2 x$

$a_{max} = -\omega^2 A$

แบบที่ 2 ณ จุดเริ่มต้น (t = 0), x = A(เมื่อเงาอยู่ ณ ตำแหน่งการกระจัดสูงสุด) จะได้

1) $x = A\cos\omega t$

2) $v = \pm\omega A\sin\omega t$

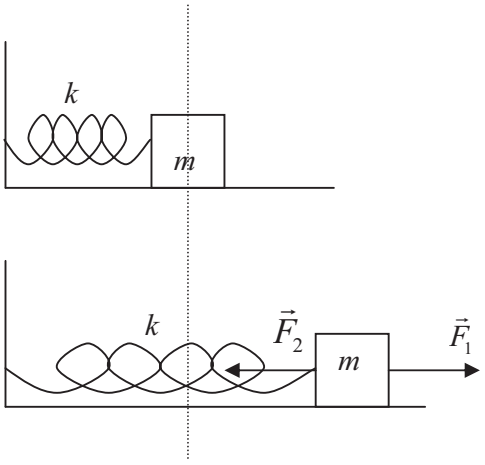
ณ จุดใดๆ $v = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$, $v_{max} = \pm\omega A$

3) $a = -\omega^2 A\cos\omega t$, $\quad a = -\omega^2 x$

$a_{max} = -\omega^2 A$ โดยที่ $\omega = \frac{\theta}{t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}\ rad/s$

การเคลื่อนที่แบบวัตถุติด Spring

การเคลื่อนที่แบบ SHM.แบบที่ 2 คือการเคลื่อนที่ของวัตถุติดสปริง จะเป็นการเคลื่อนที่แนวใดๆก็ได้ เพื่อความเข้าใจง่ายๆ ให้พิจารณาวัตถุติดสปริง เคลื่อนที่บนพื้นราบ(โดยไม่มีแรงต้านทาน)



นำวัตถุมวล m ติดสปริงวางบนพื้นลื่นแล้ว ออกแรง $\vec{F}_1$ ดึงวัตถุให้สปริงยืดออก x เมตร ในขณะเดียวกันสปริงก็ ออกแรง $\vec{F}_2$ ดึงกลับ โดยที่ขนาดของแรง $\vec{F}_1$ และ $\vec{F}_2$ มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงข้าม ดังนั้น จากนิยาม

แรง แปรผันโดยตรงกับ การกระจัด

$\vec{F} \ \alpha \ \vec{x}$

$\vec{F} = k\vec{x}$ โดยที่

x = ระยะขจัด นับจากจุดสมดุลออกเสมอ

x_{max} = แอมปริจูด

$\therefore \ \vec{F}_1 = k\vec{x}$ (แรงกระทำ) $\vec{F}_2 = -k\vec{x}$ (แรงปฏิกิริยา) หรือ แรงดึงกลับ

จากกฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 2 ของนิวตัน

$\vec{F}_2 = ma = -kx$

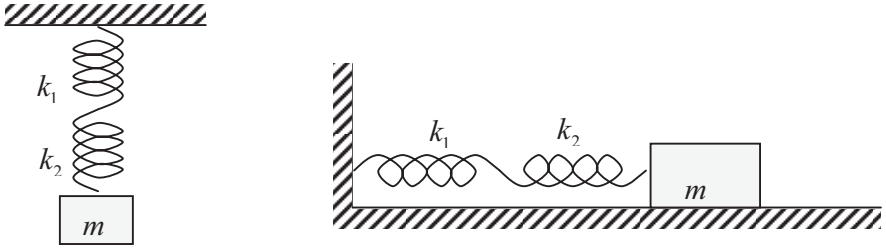
$a = -\frac{-k}{m}.x = -\omega^2 x$

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

การตัดต่อSpring

เพื่อประโยชน์ในการใช้งานตามวัตถุประสงค์ต่างๆ จึงต้องตัด หรือ ต่อ Spring การหาค่า k ของ Spring เหล่านั้น แบ่งได้ดังนี้

1. ต่อ Spring แบบอนุกรม เป็นการต่อ Spring ที่ต้อง รับ หรือ ส่ง แรงผ่านต่อ เนื่องกัน ดังรูป จะได้



ในกรณี 2 ตัว $k_{รวม} = \frac{1}{\sum \frac{1}{k_i}} = \frac{1}{\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}+.....}$

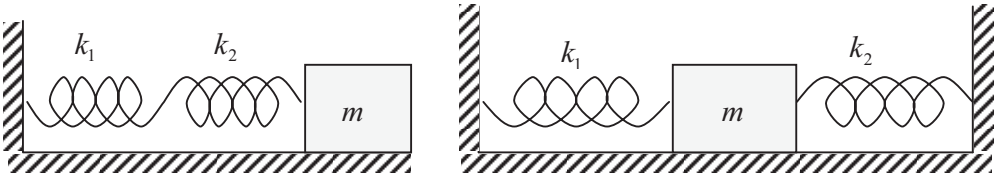
Spring ยิ่งต่อให้ยาวขึ้น ค่า $k_{รวม}$ จะมีค่าลดลง

Spring ยิ่งตัดให้สั้นลง ค่า $k_{รวม}$ จะมีค่ามากขึ้น

Spring ที่ถูกตัดลงเหลือครึ่งหนึ่งจะมีค่า k เป็น 2เท่าของเดิม

Spring ที่ถูกต่อ ให้ยาวขึ้นเป็น 2เท่าเดิม จะมีค่า $k_{ใหม่}$ เป็นครึ่งของเดิม

2. **การต่อSpringแบบขนาน** ลักษณะการต่อSpringแบบนี้ทำให้ Spring ทุก ตัวรับแรง หรือส่งแรงกระทำพร้อมๆกันทุกตัว



- Spring ที่ต่อในลักษณะแบบนี้จะทำให้ k รวม เพิ่มขึ้น * $k_{รวม} = \sum k_i$

การเคลื่อนที่แบบ Pendulum

การเคลื่อนที่แบบ S.H.M. อีกแบบที่นิยมเรียกว่า การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา หรือ PENDULUM

$\therefore$ แรงดึงกลับ (F) $= -mg\sin\theta$

$ma = -mg\sin\theta$

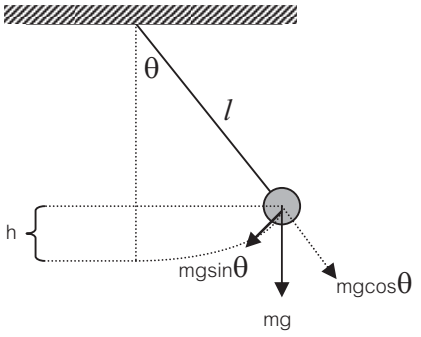
$\therefore \quad a = -g\sin\theta$

$$-\omega^2 x = -g\sin\theta = -g\frac{x}{l}$$

$$\therefore \omega^2 = \frac{g}{l}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

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



$$\therefore T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

จากรูป $h = l - l\cos\theta = l(1-\cos\theta)$ ซึ่งใช้มาใน เรื่อง Momentum โดยเฉพาะในหัวเรื่อง **Ballastic Pendulum** ในกรณีที่ Pendulum ติดอยู่กับฐานที่เคลื่อนที่ด้วยความเร่งลัพธ์ $\sum\vec{a}$ เช่นการแกว่งของ Pendulumภายในลิฟต์ที่กำลังเคลื่อนที่เป็นต้น $T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\sum\vec{a}}}$

$\sum\vec{a}$ แบ่งได้ 4 กรณี คือ

โดยที่ 1. ถ้าฐานเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงด้วยความเร็วคงที่ $\therefore \sum\vec{a} = \vec{a} - \vec{g} = 0 - (-g)$

2. ถ้าฐานเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง $\vec{a}$ $\therefore \sum\vec{a} = \vec{a} - \vec{g} = a - (-g) = a + g$
3. ถ้าฐานเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง $\vec{a}$ $\therefore \sum\vec{a} = \vec{a} - \vec{g} = -a - (-g) = g - a$
4. ถ้าฐานตกลงในแนวดิ่งโดยเสรี $\vec{a} = g$ $\therefore \sum\vec{a} = \vec{a} - \vec{g} = -g - (-g) = -g + g = 0$

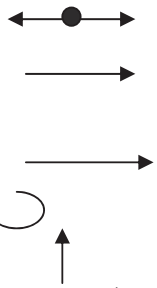
$\therefore$ T = ∞ แสดงว่า Pendulum ไม่แก่วง

ปรากฏการณ์คลื่น

1. การเคลื่อนที่แบบคลื่น เป็นการเคลื่อนที่ด้วยพลังงานรูปแบบต่างๆ จากแหล่งกำเนิดไปโดยรอบ หรือไปในทิศที่ถูกบังคับ
2. การเคลื่อนที่แบบคลื่นมีได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับการจำแนกตามสิ่งใด
   2.1 จำแนกตามการเกิด แบ่งได้ 2 คือ
   - คลื่นดล
   - คลื่นต่อเนื่อง

   2.2 จำแนกตามการใช้ตัวกลาง แบ่งได้ 2 คือ
   - ใช้ตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่น เสียง, คลื่นน้ำ
   - ไม่ใช้ตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

   2.3 จำแนกตามลักษณะของอนุภาคตัวกลางเทียบต่อการเคลื่อนที่
   - คลื่นตามยาว (อนุภาคตัวกลาง)
     (ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น)
   - คลื่นตามขวาง (อนุภาคตัวกลาง)
     (ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น)
   - คลื่นบิด (อนุภาคตัวกลาง)
     (ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น)



3. **เฟส** (phase ϕ) หมายถึงการบอกตำแหน่งของคลื่นโดยบอกพิกัดแกน X ซึ่งเป็นมุมเพียงอย่างเดียว เพราะ $y = \sin x$ ดังนั้นถ้าจะหาค่า Y ก็แทนในสมการได้
   3.1 **Inphase** หมายถึงตำแหน่ง 2 ตำแหน่งบนคลื่นที่มีผลต่าง phase ($\Delta\phi$) เป็น $2n\pi$ radหรือ 360n องศาโดยที่ $n \in I$
   3.2 **Out of phase** หมายถึงตำแหน่ง 2 ตำแหน่งบนคลื่นที่มีผลต่าง phase($\Delta\phi$) เป็น $n\pi$ radหรือ 180n องศา โดยที่ n เป็นจำนวนเต็ม และเป็นเลขคี่

$$\therefore \Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 = 360\frac{x}{\lambda} = 360\frac{t}{T} = 360tf \quad \text{องศา}$$

$$= 2\pi\frac{x}{\lambda} = 2\pi\frac{t}{T} = 2\pi tf \quad \text{rad}$$

ในกรณีเปรียบเทียบ 2 คลื่น $\left|\phi_{2A} - \phi_{2B}\right| = \left|\left(\phi_{1A} - \phi_{1B}\right) + 2\pi t\left(f_A - f_B\right)\right|$

4. การคำนวณความเร็วคลื่น

$$S = vt \quad \text{และ} \quad v = f\lambda$$

5. การสะท้อนคลื่น แบ่งตามลักษณะการสะท้อนได้ 2 แบบ คือ

   5.1 การสะท้อนปลายปิดหรือปลายตรึงแน่น phase จะเปลี่ยนไป $\pi\ rad$ หรือ 180 องศา

   5.2 การสะท้อนปลายเปิดหรือปลายอิสระ phase จะเปลี่ยนไป 0 องศา หรือ phase คงเดิมในการสะท้อนของคลื่นยังคงกฎการสะท้อนไว้

6. การหักเหของคลื่นเป็นไปตามกฎของ Snell

$$ {}_1\eta_2 = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\eta_2}{\eta_1},\ f_1 = f_2 $$

$v_{\text{ลึก}} > v_{\text{น้ำตื้น}}$ และ $\lambda_{\text{ลึก}} > \lambda_{\text{ตื้น}}$

7. การแทรกสอดของคลื่นน้ำ แบ่งได้ 2 ลักษณะคือ

   7.1 Inphase แนวตรงกลางได้ A_0

   หา A; $\left|\ \text{ผลต่างระยะทาง}\ \right| = n\lambda,\ n = 0,1,2,3,.....$

   หา N: $\left|\ \text{ผลต่างระยะทาง}\ \right| = \left(n-\frac{1}{2}\right)\lambda,\ n = 1,2,3,.....$

   7.2 Out of phase แนวตรงกลางได้ N_0

   หา N; $\left|\ \text{ผลต่างระยะทาง}\ \right| = n\lambda,\ n = 0,1,2,3,.....$

   หา A : $\left|\ \text{ผลต่างระยะทาง}\ \right| = \left(n-\frac{1}{2}\right)\lambda,\ n = 1,2,3,.....$

8. การเลี้ยวเบนผ่าน slit เดี่ยว

   8.1 ถ้า $d \le \lambda$ จะไม่เกิดแนว Node แสดงว่าการเลี้ยวเบนเด่นชัด

   8.2 ถ้า $d > \lambda$ จะเกิดแนว Node ขึ้นรอบจุดกึ่งกลางของช่องเปิด โดยที่

   $d\sin\theta = n\lambda,\quad n = 1,2,3,.....$ (ใช้หา Node)

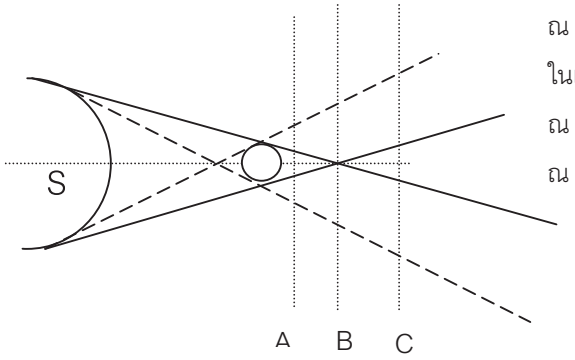
แสงและการมองเห็น

แสง จัดว่าเป็นพลังงานเดินทางแบบคลื่น (คลื่นตามขวาง) มีอัตราเร็วประมาณ $3\times10^{8}\ m/s$

แสง จัดว่าเป็นอนุภาค เพราะมีโมเมนตัม ดังนั้นแสงจึงมีคุณสมบัติทวิภาพ

เงา เกิดจากวัตถุทึบแสงมาขวางทางแสง จะเกิดเงาขึ้น เงาแบ่งได้ 2 ชนิดคือ

1. เงามืด
2. เงามัว



ณ ตำแหน่งฉาก A จะได้เงาทั้ง 2 แบบ เป็นวงแหวน วงในเป็นเงามืด

ณ ตำแหน่งฉาก B จะได้เงามัวตรงกลางเป็นจุดเงามืด

ณ ตำแหน่งฉาก C จะได้เงามัวอย่างเดียว

แสงเมื่อเป็นคลื่นต้องมีคุณสมบัติของคลื่นครบ 4 ประการคือ

1. มีการสะท้อน 2. มีการหักเห 3. มีการเลี้ยวเบน 4. มีการแทรกสอด

การสะท้อน เป็นไปตามกฎการสะท้อนของคลื่นคือ

1. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นปรกติอยู่บนระนาบเดียวกัน
2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

วัตถุที่สะท้อนแสงได้ดีคือ กระจก แบ่งได้เป็น

1. กระจกราบ 2. กระจกโค้ง

กระจกราบ สำหรับกระจกราบ 1 บาน

1. ระยะวัตถุ เท่ากับระยะภาพ($S=S'$)
2. ขนาดวัตถุเท่ากับขนาดของภาพ (M = -1) และเป็นภาพเสมือน
3. ภาพที่ได้เป็นภาพเสมือนกลับซ้ายขวาเรียกว่าภาพปรัศวะภาควิโลม
4. เมื่อวัตถุที่อยู่หน้ากระจกเคลื่อนที่เข้าหาหรือออกจากกระจกด้วยความเร็ว v วัตถุจะเห็นภาพตัวเองในกระจกมีความเร็วเป็น 2 เท่าของวัตถุ
5. การใช้กระจกแบบประหยัดเพื่อดูภาพของคนได้เต็มตัวต้องใช้กระจกสูงเพียงครึ่งหนึ่งความสูงของคนดู

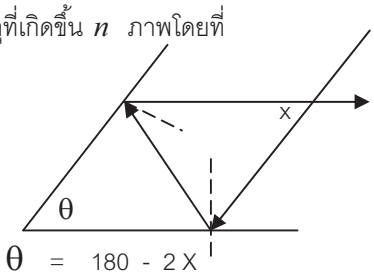
6. ถ้ารังสีแสงตกกระทบคงที่โดยกระจกบิดไปจากเดิม θ จะทำให้รังสีสะท้อนเบนไปจากแนวเดิม 2θ

สำหรับกระจกราบ 2 บาน

1. กระจก 2 บาน ทำมุมกัน θ จะทำให้ภาพของวัตถุที่เกิดขึ้น n ภาพโดยที่

$$n = \frac{360}{\theta} - 1 \quad (\text{ปัดเศษขึ้น})$$

2. กระจก 2 บาน ทำมุมกัน θ เมื่อแสงตกกระทบกระจกบานที่ 1 แล้ว สะท้อน 2 ครั้ง ออก แสงออกตัดกับ แสงเข้าเป็นมุม X องศา ดังรูปจะได้ θ = 180 - 2X



กระจกโค้ง แบ่งได้เป็นกระจกเว้า และกระจกนูน โดยที่

กระจกเว้า ให้ภาพจริงทุกขนาด และภาพเสมือนขนาดใหญ่กว่าวัตถุเท่านี้

กระจกนูน ให้ภาพเสมือนเพียงอย่างเดียว และเป็นภาพเสมือนขนาดเล็กกว่าวัตถุ

สูตรในการคำนวณ

$$M = \frac{y'}{y} = \frac{S'}{S} = \frac{S'-f}{f} = \frac{f}{S-f}$$ โดยที่

f = ความยาวโฟกัส ของกระจกเว้าเป็นบวก, กระจกนูนเป็นลบ

นอกนั้นทุกอย่างที่เป็นจริงเป็นบวก และเสมือนเป็นลบ

การหักเหของแสง *เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่ 1 ทะลุเข้าสู่ตัวกลางที่ 2 แล้ว ทำให้*

1. ขนาดของความเร็วเปลี่ยน หรือ
2. ทิศของแสงเปลี่ยน

จัดว่าเกิดการหักเหทั้งสิ้น

จากกฎของ Snail เมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่ 1 ทะลุเข้าไปในตัวกลางที่ 2 จะได้

$$_1\eta_2 = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\eta_2}{\eta_1} \quad (\ f_1 = f_2 \ \text{คงที่})$$

และจากการวิเคราะห์สูตรพบว่า

1.ถ้า $\theta_1 > \theta_2$ แล้ว $\lambda_1 > \lambda_2$, $v_1 > v_2$ แต่ $\eta_1 < \eta_2$

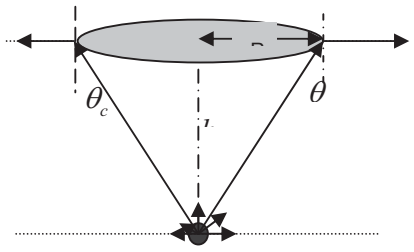
2. ถ้า $\theta_1 < \theta_2$ แล้ว $\lambda_1 < \lambda_2$, $v_1 < v_2$ แต่ $\eta_1 > \eta_2$

และในกรณีวิเคราะห์ที่ 2 นี้ พบว่า เมื่อเพิ่มขนาดของมุม θ_1 จะทำให้ θ_2 เพิ่มตาม และทำให้ θ_2 มีโอกาสเป็นมุม 90 องศา ได้ก่อน เพราะฉะนั้นเมื่อมุมตกกระทำที่ทำให้มุมหักเหเป็น 90 องศา เราเรียกว่ามุมตกกระทบ

นั้นว่า มุมวิกฤต θ_c และถ้ามุมตกกระทบเกินมุมวิกฤต จะเกิดการสะท้อนกลับหมดในตัวกลางเดิม ไม่เกิดการหักเหได้

ปรากฏการณ์ของหลอดไฟใต้น้ำ

เมื่อต้นกำเนิดแสงจากตัวกลางที่มีดัชนีหักเหมากไปสู่ตัวกลางที่มีดัชนีหักเหน้อย จะเกิดมุมวิกฤตได้ เช่น ต้นกำเนิดแสงอยู่ใต้น้ำ ทำให้คนที่อยู่บนบกเห็นลำแสงเป็นวงกลมจะได้ปรากฏการลึกจริง ลึกปรากฏ



$$_{\text{วัตถุ}}\eta_{\text{ตา}} = \frac{S'\cos\theta_1}{S\cos\theta_2} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\eta_{\text{ตา}}}{\eta_{\text{วัตถุ}}}$$ เมื่อมองเฉียงๆ

$$_{\text{วัตถุ}}\eta_{\text{ตา}} = \frac{S'}{S} = \frac{\eta_{\text{ตา}}}{\eta_{\text{วัตถุ}}}$$ เมื่อมองตรง

ในกรณีที่มีของเหลวหลายๆ ชนิด ซ้อนทับกัน จะได้ $S'_{\text{รวม}}$ = ลึกปรากฏรวมและตาอยู่ในอากาศ จะได้

$$S'_{\text{รวม}} = \sum\left(\frac{S_i}{\eta_i}\right) = \frac{S_1}{\eta_1} + \frac{S_2}{\eta_2} + \frac{S_3}{\eta_3} + \ldots\ldots$$

ทัศนอุปกรณ์ ที่ใช้หลักการเกี่ยวกับแสง แบ่งได้ดังนี้

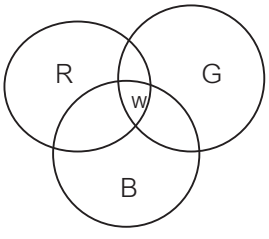
1. แว่นขยาย ประกอบด้วยเลนส์นูนอันเดียว นิยมใช้ที่มีพื้นหน้าตัดกว้าง ๆ และ $S < f$ ทำให้ได้ภาพเสมือนหัวตั้งขนาดขยาย
2. กล้องโทรทรรศน์ เป็นกล้องที่ทำให้วัตถุที่อยู่ไกลๆ มีขนาดโตขึ้นเพื่อให้เห็นได้ชัดเจน โดยประกอบด้วยเลนส์นูน 2 ตัว $f_0 > f_e$ มากๆ และ $L = f_0 + f_e$
3. เครื่องฉายภาพนิ่ง โดยวางแผ่น slide ไว้ที่ S และ $f < S < 2f$ จะทำให้ได้ภาพจริงบนฉากมีขนาดขยายขึ้น
4. กล้องถ่ายรูป มีหลักอยู่ว่าระยะภาพสั้น (อยู่ในกล้อง) ระยะวัตถุ $> 2f$ จึงจะได้ ภาพจริงหัวกลับขนาดเล็กลง

2. กล้องจุลทรรศน์ ใช้สำหรับขยายสิ่งที่เล็กๆ ประกอบด้วยเลนส์นูน 2 อันโดยวางวัตถุที่ S และ $f_0 < S < 2f_0$ แล้วทำให้เกิดภาพจริงหัวกลับขนาดขยายภายในตัวกล้อง และ $S' < f_e$ แล้วภาพสุดท้ายจะเกิดที่เรตินาในตาของคนดูเป็นภาพเสมือนหัวกลับขนาดขยาย

แสงสี มี 3 ตัว คือ R G Blue

เมื่อ R + G + B = W

R + G = เหลือง



R + B = ม่วงแดง

G + B = น้ำเงินเขียว

การแทรกสอด เมื่อใช้แผ่น Slit คู่ (Double Slit) และ Grating แถบการแทรกสอดที่ได้ จะมีระยะห่างระหว่างริ้วเท่ากัน โดยที่

$\left|\text{ผลต่างระยะทาง}\right| = d\sin\theta = \frac{dx}{L} = n\lambda,\ n = 0,1,2,3,.....$ ได้แถบสว่าง

$\left|\text{ผลต่างระยะทาง}\right| = d\sin\theta = \frac{dx}{L} = \left(n-\frac{1}{2}\right)\lambda,\ n = 1,2,3,.....$ ได้แถบมืด

ในกรณีที่เป็นGrating, $d = \frac{y}{x} = \frac{\text{ความยาว 1 ช่องเกรตติง}}{\text{จำนวนช่องต่อความยาว}}$

การเลี้ยวเบน สำหรับแสงจะพบการเลี้ยวเบนใน Single Slit แถบที่ได้จากการเลี้ยวเบนจะได้ความกว้างเท่าๆกัน ยกเว้นแถบสว่างตรงกลาง และสูตรคำนวณได้แต่แถบมืด

$$d\sin\theta = \frac{dx}{L} = n\lambda,\ n = 0,1,2,3,.....$$ ได้แถบมืด

การส่องสว่าง (ความสว่าง) (= E) คือ ความสว่างบนพื้นที่ หรือ ปริมาณของแสงที่ตกตั้งฉากกับฉาก

$E = \frac{F}{A} = \frac{4\pi I}{4\pi R^2} = \frac{I}{R^2}$ (ลูเมน/ ตารางเมตร = ลักษ์ = lx)

F = Flux ของแสง (ลูเมน; lm) = $4\pi I$

I = ความเข้มแห่งความสว่าง (cd)

ในกรณีที่ไม่ตั้งฉาก $E = \frac{I}{R^2}\cos\theta$ หรือ $\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2$

เสียง

<u>เสียง</u> จัดว่าเป็นคลื่นตามยาว หรือคลื่นอัดขยาย ที่เดินทางได้โดยอาศัยตัวกลาง

<u>การเกิดเสียง</u> เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ

เสียงสะท้อนได้ดีกับวัตถุที่เป็นของแข็ง และเรียบ

ตัวดูดคลื่นเสียงได้ดี คือ วัตถุผิวขรุขระ วัตถุมีรูพรุน วัตถุอ่อนนุ่ม

<u>อัตราเร็วของเสียง</u> เสียงจะเคลื่อนที่ได้ดีในตัวกลางที่มีความหนาแน่นสูง

$$\therefore \quad v_{\text{เสียงในของแข็ง}} > v_{\text{เสียงในของเหลว}} > v_{\text{เสียงในอากาศ}} \quad \text{----------*}$$

จากการหักเหเสียงในอากาศพบว่า $v \propto \sqrt{T}$ และ $T = 273 + t$

จะได้ $$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = \sqrt{\frac{273 + t_1}{273 + t_2}}$$

และ $$v_{t_2} = v_{t_1} + \frac{v_{t_1}\Delta t}{2T_1}, \quad \Delta t = t_2 - t_1$$

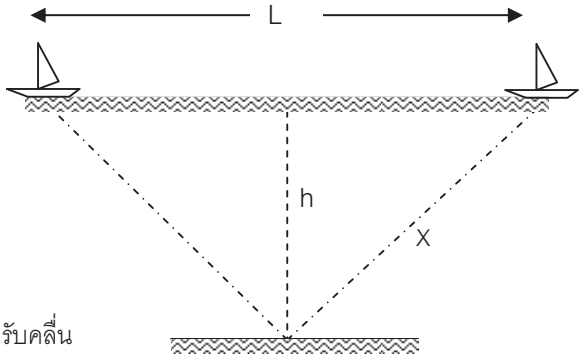
ถ้า $t = 0^\circ C \quad \therefore \quad v_{t_1} = v_0 \approx 331.45 \ m/s$

$$\therefore \quad v_t = v_0 + \frac{v_0 \Delta t}{2\times 273} \approx 331 + 0.6t \quad \text{----------*}$$

<u>การสะท้อนเสียง</u> Sonar

$$h = \frac{1}{2}\sqrt{(vt)^2 - (l + yt)^2}$$

$$h = \frac{1}{2}\sqrt{(vt)^2 - L^2}$$



เมื่อ v = ความเร็วเสียงในน้ำ

ℓ = ความยาวเรือ

y = ความเร็วเรือ (คงที่)

L = ระยะจากจุดส่งคลื่นถึงจุดรับคลื่น

สูตรแข่งขันคลื่น

1. จุดเริ่มที่เดียวกันและจุดจบทีเดียวกัน $\therefore \quad \Delta t = S\left(\frac{1}{V_{\text{น้อย}}} - \frac{1}{V_{\text{มาก}}}\right)$

2. วิ่งผลัด $\sum t = S\left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}\right)$

<u>การแทรกสอดของคลื่นเสียง</u> ในทางปฏิบัติจะทำเฉพาะเสียงที่ Inphase ต่อกันเท่านั้น และหา ตำแหน่งเสียงดัง (A) และเสียงค่อย (N) จาก

| ผลต่างระยะทาง | = $d \sin\theta = n\lambda$, n = 0, 1, 2, 3 ---------- (หา A)

| ผลต่างระยะทาง | = $d \sin\theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$, n = 1, 2, 3, ... (หา N)

<u>การเลี้ยวเบนของเสียง</u> จะเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าคลื่นอื่น ๆ และกระจาย จึงไม่มีสูตรคำนวณ

คุณสมบัติพิเศษของคลื่นเสียง

1. <u>การสั่นพ้อง</u> (Resonance) เกิดจากวัตถุ 2 ชิ้น หรือมากกว่า เกิดมีความถี่ธรรมชาติตรงกัน เมื่อวัตถุตัวหนึ่งเกิดการสั่น จะทำให้วัตถุอีกตัวหนึ่งสั่นตามอย่างรุนแรง

<u>การนำความรู้จากการสั่นพ้องไปใช้</u>

1. ท่อออร์แกนปลายปิด (ปิด 1 ข้าง หรือปิด 2 ข้าง) จะได้

$f_n = \left(\frac{2n-1}{4L}\right)v$, n = 1 เรียก f_1 ว่า ความถี่พื้นฐาน

n = 2 เรียก f_2 ว่า First Overtone

n = 3 เรียก f_3 ว่า Second Overtone

2. ท่อออร์แกนปลายเปิด (เปิดทั้ง 2 ข้าง)

$f_n = \frac{n}{2L}v = nf_1$, n = 1 เรียก f_1 ว่า ความถี่พื้นฐาน

หรือ First harmonic frequency

n = 2 เรียก f_2 ว่า Second harmonic frequency

n = 3 เรียก f_3 ว่า Third harmonic frequency

3. การสั่นพ้องของลวดขึงตรึงทั้ง 2 ข้าง

$f_n = \frac{n}{2L}v = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}} = nf_1$, T = แรงตึงในลวด (N)

μ = มวลต่อความยาว (kg/m)

2. <u>บีตส์</u> (Beats) เป็นปรากฏการณ์คล้ายการแทรกสอด เกิดจากคลื่น 2 ขบวนที่มีความถี่ใกล้เคียงกัน (ต่างกันไม่เกิน 7 Hz) เดินทางมาพบกัน ณ ผู้ฟัง แล้วเกิดการรวมกันและหักล้างกัน ทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงดังค่อย ดังค่อย สลับกันเป็นจังหวะ

$\Delta f = |f_2 - f_1|$ = ความถี่บีตส์ = จำนวนบีสต์ที่เกิดขึ้นใน 1 วินาที $\Delta f \leq 7$

3. ความเข้มของเสียง (Sound Intensity = I) หมายถึงกำลังของคลื่นเสียงที่ตกกระทบพื้นที่ 1 ตร. หน่วย (หน่วยเป็น วัตต์/ตร.เมตร)

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi R^2}, \qquad \therefore\ I\ \alpha\ \frac{I}{R^2}$$

เมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นไม่เปลี่ยนแปลง จะได้

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 \qquad \text{----------*}$$

* I_0 = ความเข้มของเสียงที่ต่ำที่สุดที่หูคนปรกติรับได้ = 10^{-12} W/m^2

I_{max} = ความเข้มของเสียงที่สูงสุดที่หูคนปรกติจะรับได้ = 1 W/m^2

ระดับความเข้มของเสียง $\beta = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ (หน่วยเป็น dB)

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 10\log\left(\frac{I_2}{I_1}\right) = 20\log\left(\frac{R_1}{R_2}\right) \qquad \text{----------*}$$

$$\sum\beta = \sum 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$= 10\log\left(\frac{\sum I}{I_0}\right)$$

$= \beta_1 + 10\log n$ ..... เมื่อ $I_1 = I_2 = I_3 = I_4 =$ .....

4. เสียงคู่แปด (Octave) หมายถึงเสียง (ดนตรี) 2 เสียง ที่มีความถี่เป็น 2 เท่าของอีกจำนวนหนึ่ง แต่ให้โทนเสียงเดียวกัน เช่น

C (โท) = 256 Hz, C′ (โด) = 2 x 256 = 512 Hz

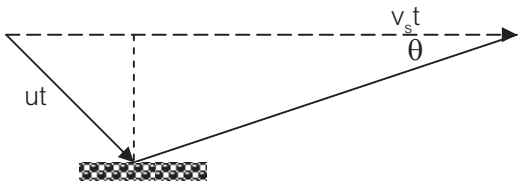
$\therefore$ C′ จะเป็นเสียงคู่แปดของ C และ C′ มี f = $2f_C$

C″ จะมีความถี่เป็น 2^2 เท่าของความถี่ C

ปรากฏการณ์ Doppler effect เป็นปรากฏการณ์ที่แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงและ/หรือผู้ฟังเกิดการเคลื่อนที่จะทำให้ความถี่ที่ได้

รับผิดไปจากเดิม $\therefore\ f' = f_0\frac{(u - \vec{v}_L)}{(u - \vec{v}_S)}$ โดยกำหนด Vector บวก คือ ทิศจากแหล่งกำเนิดไปผู้ฟัง

คลื่นกระแทก จะได้ $\sin\theta = \frac{u}{v_S} = \frac{1}{\text{เลขมัค}}$



* Supper Sonic

Ultra Sonic

Infra Sonic

ไฟฟ้าสถิตย์ (ELECTRO-STATICS)

กฎของคูลอมบ์ (Coulomb's Law) Charles Augustan de Coulomb เป็นผู้พบแรงระหว่างประจุ โดยตั้งเป็นกฎเกณฑ์ว่า "แรงระหว่างประจุไฟฟ้าคู่หนึ่ง จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของประจุและเป็นสัดส่วนผกผัน กับกำลังสองของระยะทางระหว่างประจุคู่นั้น"

$$\vec{F} = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} \qquad k \approx 9.1\times10^9 \ N-m^2/C^2$$

สนามไฟฟ้า (Electric Field) หมายถึง "บริเวณที่ประจุไฟฟ้าส่งแรงไปถึงหรือบริเวณที่เมื่อนำ ประจุไปวางไว้จะเกิดแรงกระทำบนประจุนั้น" $\vec{E}$ = สนามไฟฟ้า = แรงต่อ 1 หน่วยประจุ (สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณ Vector)

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = \frac{kQ}{r^2} \qquad \text{(N/C) .....*}$$

ศักย์ไฟฟ้า (Electric - Potential = V) ศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ ในสนามไฟฟ้าคือ พลังงานต่อ 1 หน่วยประจุในการเคลื่อนที่ประจุทดสอบจากอนันต์ (Infinity) มายังจุดนั้น

$V_{AB} = V_B - V_A$ ---------- * $V = \frac{kQ}{r}$ ----------*

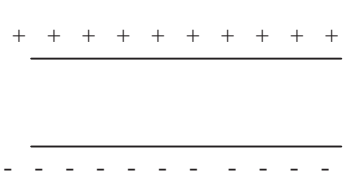
Work = qV ---------- *

ความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ (E) และความต่างศักย์ระหว่างจุด 2 จุด

$$E = \frac{V}{d} \quad \text{----------*}$$

$$\therefore \vec{F} = q\vec{E}$$

$$F = \frac{qV}{d}$$



<u>เครื่องควบแน่น</u> (Condenser หรือ Capacitor) คือเครื่องมือใช้เก็บประจุไฟฟ้า ประกอบด้วยแผ่น โลหะขนานกัน 2 แผ่น (เป็นคู่ๆ) ความจุไฟฟ้า (C) คืออัตราส่วนของประจุที่เก็บได้ต่อหนึ่งหน่วยศักย์ไฟฟ้า

$$C = \frac{Q}{V} \quad \text{----------*}$$

$$C = \frac{r}{k} \quad \left(V = \frac{kQ}{r}\right) \quad \text{----------*}$$

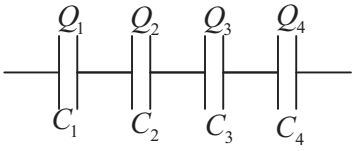
<u>การต่อเครื่องควบแน่น</u> มี 3 แบบคือ

1. ต่อแบบอนุกรม

$Q_{รวม} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = ...*$

$V_{รวม} = V_1 + V_2 + V_3 + ...*$

$C_{รวม} = = \frac{1}{\sum\left(\frac{1}{C_i}\right)}$ ----------*

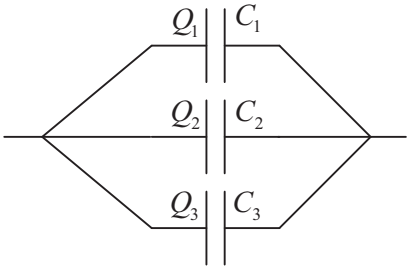


2. ต่อแบบขนาน

$Q_{รวม} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + ...*$

$V_{รวม} = V_1 = V_2 = V_3 = ...*$

$C_{รวม} = C_1 + C_2 + C_3 + ...*$



3. การต่อแบบผสม ไม่มีสูตรคำนวณ ไฟฟ้ากระแส

1. $I = \frac{Q}{t}$ มีหน่วยเป็น C/s = A (แอมแปร์)
2. $I = nevA$
3. $R = \rho\frac{l}{A}$

ในกรณีเปรียบเทียบกัน

3.1 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_1 l_1 A_2}{\rho_2 l_2 A_1}$

3.2 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1 A_2}{l_2 A_1}$ (ลวดชนิดเดียวกัน)

3.3 $\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^4$ (ลวดชนิดเดียวกันที่มีปริมาตรเท่ากัน)

(r = รัศมีของพื้นที่หน้าตัด)

4. $S = \frac{1}{\rho}$ = สภาพนำไฟฟ้า $(\Omega \text{ - m})^{-1}$ = semen/m
5. $R_t = R_0(1+\alpha t)$ α = สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ - ความต้านทาน $(^0C)^{-1}$
6. กฎของ Ohm $V = IR$

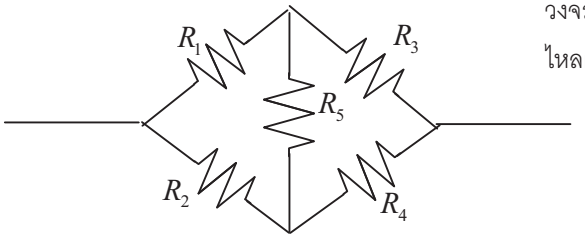
7. การต่อความต้านทาน มี 3 แบบ คือ

7.1 ต่อแบบอนุกรม Rรวม $= R_t = \sum R_i$

7.2 ต่อแบบขนาน Rรวม $= R_t = \dfrac{1}{\sum \frac{1}{R_i}}$ ในกรณีที่ต่อขนาน 2 ตัว Rรวม $= \dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2}$

7.3 ต่อแบบผสม ไม่มีสูตรคำนวณ ต้องแยกพิจารณา

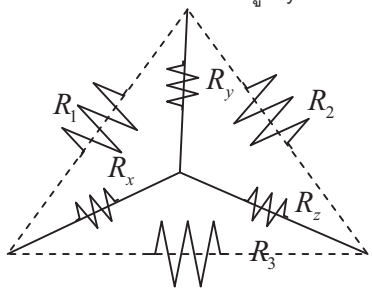
8. วงจร Whetstone Bridge



วงจรนี้เมื่อจัดให้ดีจะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_5 ($V_C = V_D$)

$$\therefore \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

9. การเปลี่ยนวงจรจาก Δ เป็นรูป y

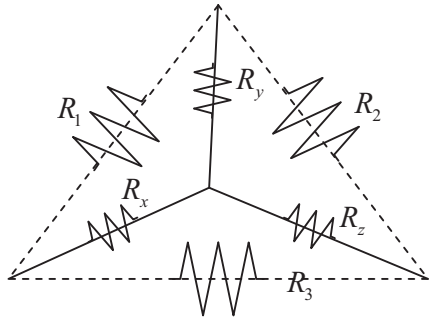


$$R_x = \frac{R_1R_3}{R_1+R_2+R_3}$$

$$R_y = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2+R_3}$$

$$R_z = \frac{R_2R_3}{R_1+R_2+R_3}$$

10. การเปลี่ยนวงจรจาก Y เป็น Δ

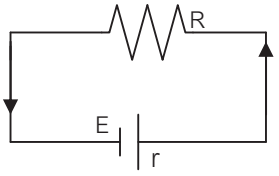


$$R_1 = \frac{R_xR_Y + R_yR_z + R_zR_x}{R_z}$$

$$R_2 = \frac{R_xR_Y + R_yR_z + R_zR_x}{R_x}$$

$$R_3 = \frac{R_xR_Y + R_yR_z + R_zR_x}{R_y}$$

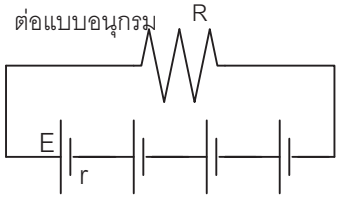
11. การต่อวงจรไฟฟ้า



$$I = \frac{E}{R+r}$$

12. ความต่างศักย์ระหว่างขั้ว Cell คือ จำนวนพลังงานเป็นจูล ที่สิ้นไปในการเคลื่อนประจุ 1 C จาก ขั้วบวก ผ่านลวดความต้านทานไปยังขั้วลบของ cell มีค่าเท่ากับความต่างศักย์ระหว่างขั้วเซล (มีหน่วยเป็น Volt)
13. ความต่างศักย์ภายใน cell คือค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าของ cell นั้น
14. ความต่างศักย์ที่ขั้ว cell เมื่อวงจร "เปิด" หมายถึงแรงเคลื่อนไฟฟ้า E
15. การต่อ cell ไฟฟ้า

15.1 ต่อแบบอนุกรม



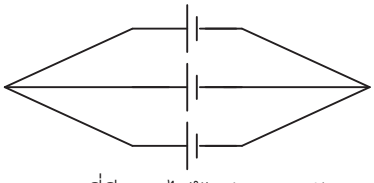
$$I = \frac{nE}{R+nr} \quad \text{หรือ} \quad I = \frac{E}{\frac{R}{n}+r}$$

n = จำนวน cell ไฟฟ้าใน 1 แถว

ในกรณีที่มีการต่อวงจรผิด a cell

$$\therefore I = \frac{(n-2a)E}{R+nr}$$

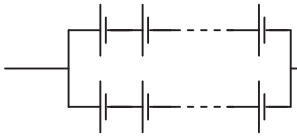
15.2 ต่อแบบขนาน



$$I = \frac{E}{R+\frac{r}{m}}$$

m = จำนวนแถวที่มี cell ไฟฟ้าต่อขนานกัน

15.3 การต่อแบบผสม



$$I = \frac{E}{\frac{R}{x}+\frac{r}{y}}, \quad x = n,\ y = m$$

* ในกรณีที่ต้องการให้ได้กระแสมากที่สุด $I_{max} = \frac{E}{2\frac{R}{x}} = \frac{E}{2\frac{r}{y}}$, เมื่อ $\frac{R}{x} = \frac{r}{y}$

16. กำลังไฟฟ้า หมายถึง "พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเวลา 1 หน่วยเวลา"

$$P = \frac{W}{t} \qquad \text{--------- 16.1}$$

Work = QV --------- 16.2

$$Q = It \quad \text{หรือ} \quad I = \frac{Q}{t} \qquad \text{---------- 16.3}$$

$$\therefore\ P\ =\ IV = I^2R = \frac{V^2}{R} \qquad \text{---------- 16.4}$$

17. การคิดค่ากระแสไฟฟ้าคิดเป็นยูนิต โดยที่

จำนวนยูนิต = จำนวนวัตต์ x เวลา(ชั่วโมง)/ 10^3

18. ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน

1 cal = 4.185 จูล (4.2 จูล)

$$Work = QV = I^2Rt$$

$$Heat = Work = \frac{I^2Rt}{4.2} = \frac{Pt}{4.2}\ (cal)$$

การส่งกำลังไฟฟ้าโดยสายส่งเดียวกันและส่งด้วยความต่างศักย์ V_1 และ V_2 อัตราส่วนของพลัง

งานที่สูญเสียไปในสายส่ง = $\frac{P_1t}{P_2t} = \frac{P_1}{P_2}$

P_1 = P(เสีย 1) = $\left(\frac{P_0}{V_1}\right)^2 R$ เมื่อ P_0 คือกำลังของเครื่องส่ง

P_2 = P(เสีย 2) = $\left(\frac{P_0}{V_2}\right)^2 R$ เมื่อ P_0 คือกำลังของเครื่องส่ง

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2$$

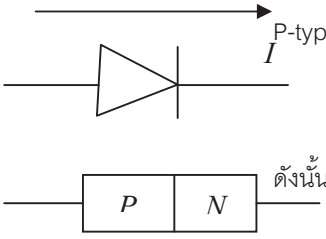
19. การต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน

19.1 ต่อแบบอนุกรม Pรวม = $P_t = \frac{1}{\frac{1}{P_1}+\frac{1}{P_2}+\frac{1}{P_3}+....}$, Pรวม = $\frac{1}{\sum\frac{1}{P_i}}$

19.2 ต่อแบบขนาน Pรวม = $P_t = P_1+P_2+P_3+....$

Pรวม = $\sum P_i$

20. Diode ผลึก หมายถึง สารประกอบที่ทำขึ้นเพื่อบังคับทิศทางของกระแสไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยสาร

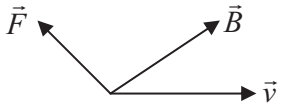


เยอรมาเนียมผสมกับธาตุโบรอน จัดเป็นวัตถุกึ่งตัวนำ P-type (ซึ่งอิเล็กตรอนขาดหายไป 1 ตัว) จึงมีประจุบวกมากกว่าประจุลบส่วน N-type ประกอบด้วยสารเยอรมาเนียมกับสารหนูทำให้มีอิเล็กตรอนเกินมา ดังนั้นเมื่อประกอบ P และ N เข้าด้วยกัน จะทำให้กระแส I ไหลผ่าน P ไป N ได้

แม่เหล็กไฟฟ้า

1. แรงเนื่องจากสนามแม่เหล็ก

$\vec{F}_B$ เป็นไปตามกฎของการ Cross Vector จาก $\vec{v}$ ไป $\vec{B}$ แรงนี้เรียกว่าแรงลอเรนตซ์ (Lorentz's Force) หรือแรงแม่เหล็ก



$$\vec{F}_B = q(\vec{v}x\vec{B})$$

หรือ $$\left|\vec{F}_B\right| = qvB\sin\theta$$

หาทิศของแรง $\vec{F}_B$ ได้จากกฎมือขวา หมุนจาก $\vec{v} \rightarrow \vec{B}$ จะได้ทิศ $\vec{F}$ ดังรูป(สำหรับประจุบวกเท่านั้น ในกรณีที่เป็นประจุลบจะได้ทิศของ $\vec{F}$ ตรงข้ามกับทิศของ $\vec{F}$ ของประจุบวก)

2. แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง = $\vec{F}_C$

โดยที่ $$\vec{F}_C = m\vec{a}_C = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$$ ----------*

และ $$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = \frac{v}{R}$$ rad/s

3. แรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กทำประจุเคลื่อนที่เป็นส่วนหนึ่งของวงกลม

โดย $\vec{F}_B$ ทำหน้าที่เป็นแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง($\vec{F}_C$) ให้กับอนุภาค $\therefore$ $\vec{F}_B = \vec{F}_C$ ถ้า $\theta = 90^0$

$$\therefore R = \frac{mv}{qB} = \frac{|\vec{p}|}{qB} = \frac{\sqrt{2mE_k}}{qB} = \frac{\sqrt{2mE}}{qB} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}$$

4. การเปรียบเทียบวงโคจรของประจุไฟฟ้า

4.1 ถ้า $q_1 = q_2$ และ $m_1 = m_2$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{E_{k1}}}{\sqrt{E_{k2}}}$$

4.2 ถ้า $q_1 \neq q_2$,และ $m_1 \neq m_2$ แต่ $v_1 = v_2$ $\therefore \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{m_1}{m_2}\right)\left(\frac{q_2}{q_1}\right)$

4.3 ในกรณีที่ $\theta \neq 90$ $(0\langle\theta\langle 90)$

ในกรณีที่อนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ จะก่อให้เกิดแรง แม่เหล็ก (แรงลอเรนตซ์) ดังนี้

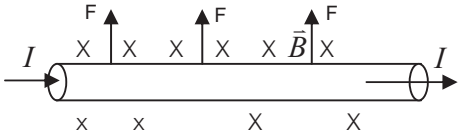
$$\vec{F}_B = q(\vec{v}x\vec{B}) \quad \text{หรือ} \quad \left|\vec{F}_B\right| = qvB\sin\theta$$

แรงนี้จะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เป็นเกลียว (Helix) คาบของเกลียว $= T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi.m}{qB}$

ระยะ 1 เกลียว = X = $v\cos\theta$ T = $\frac{2\pi.mv.\cos\theta}{qB}$

5. **แรงบนตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในสนามแม่เหล็ก**

เมื่อมีกระแสไฟฟ้า I ไหลผ่านลวดยาว l ซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็กดังรูป จะก่อให้เกิดแรงแม่เหล็กบน ลวด



$$\vec{F}_B = q(\vec{v}x\vec{B}) = q\left(\frac{\vec{l}}{t}x\vec{B}\right) = \frac{q}{t}(\vec{l}x\vec{B})$$

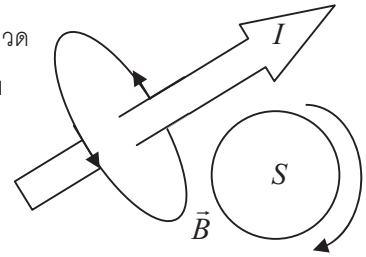
$$\therefore \vec{F} = I(\vec{l}x\vec{B})$$

$$F = I.l.B.\sin\theta \quad \text{_____}^*$$

ถ้า $\theta = 90$ $\quad F = I.l.B$

6. **สนามแม่เหล็กที่เกิดรอบตัวนำ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน**

เมื่อจ่ายกระแสตรงผ่านลวดตัวนำจะเกิดสนามแม่เหล็กโดยรอบ**เรียกว่า แม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ** หรือ **แม่เหล็กเหนี่ยวนำ** ทิศของสนามแม่เหล็ก หาได้จาก



6.1. ลวดเป็นเส้นตรงจะเกิดสนามแม่เหล็กโดย ใช้มือขวากำลวด และให้นิ้วหัวแม่มือชี้ทิศกระแส แล้ว นิ้วทั้งสี่จะชี้ทิศสนามแม่เหล็ก

6.2. ลวดขดเป็นวง กระแสไหลวน ตามเข็มนาฬิกา จะได้สนามแม่เหล็กเป็นขั้วใต้

6.3. ขดลวดSolenoid กระแสไฟฟ้าไหลตามนิ้วทั้ง 4 ของมือขวาแล้ว สนามแม่เหล็กจะมีทิศตามนิ้วหัวแม่มือขวา

7. **แม่เหล็กไฟฟ้าเหนียวนำ การค้นพบของเออร์สเตด**(H.C. Oersted)

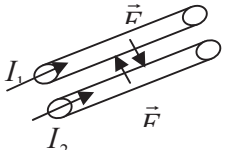
เมื่อปล่อยไฟฟ้า(กระแสตรง) I ไหลผ่านลวดตัวนำ มันจะเหนี่ยวนำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กโดยรอบสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น เรียกว่า ในกรณีที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C) จะเกิดสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ สลับทิศตามความถี่ของกระแสสลับด้วย

ขนาดของสนามแม่เหล็ก $\quad \therefore \vec{B} = \frac{KI}{d}, \quad K = 2\times10^{-7} \quad T-m/A$

8. **แรงกระทำระหว่างตัวนำที่ขนานกัน** โดยตัวนำแต่ละเส้นมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

8.1 ถ้ากระแสที่ไหลผ่านตัวนำทั้ง 2 มีทิศเดียวกัน จะเกิดแรงดูดซึ่งกันและกัน

$$\frac{F}{l} = \frac{KI_1I_2}{d} \text{ _____}^*$$

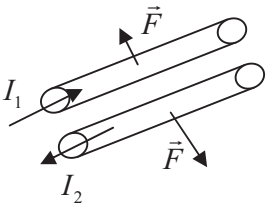


($\frac{F}{l}$ = แรงต่อ 1 หน่วยความยาว

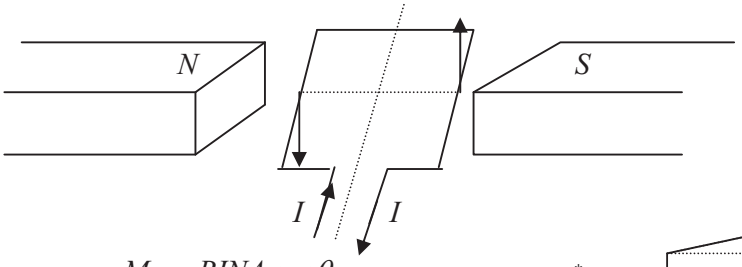
d = ระยะห่างของลวดทั้ง 2 เส้น)

8.2 ถ้ากระแสที่ไหลผ่านตัวนำทั้ง 2 มีทิศตรงข้าม จะเกิดแรงผลักซึ่งกันและกัน

$$\frac{F}{l} = \frac{KI_1I_2}{d} \quad \text{_____}^*$$

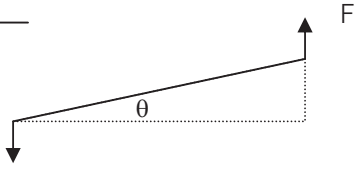


9. **โมเมนต์แม่เหล็กบนขดลวดตัวนำ** (Magnetic torque on a current loop)



$$M_c = BINA.\cos\theta \quad \text{_____}^*$$

$M_c \max = BINA$ เมื่อ $\cos\theta$ = 1, θ = 0 องศา

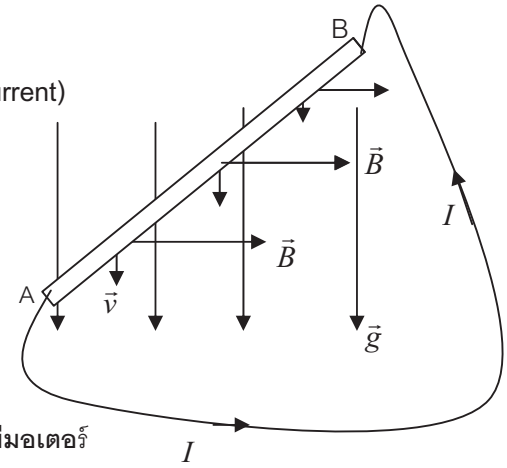


10. **กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ** (Induced Current)

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$\phi = BA = Blx$$

$$\varepsilon = \frac{Blx}{t} = Bl\frac{x}{t} = Blv$$



การหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในวงจรที่มีมอเตอร์

$\varepsilon =$ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ในวงจรไฟฟ้าที่มีมอเตอร์ร่วมด้วย เมื่อสับสวิตช์ เพื่อให้แรงเคลื่อนไฟฟ้า (E) จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรไฟฟ้า กระแส I ได้จะเข้าไปทำให้มอเตอร์ เริ่มเดินเครื่องแล้ว มอเตอร์จะผลิตกระแสเหนี่ยวนำ (i) ออกมาต้านกระแส I

$$I = \frac{E - \varepsilon}{R + r} = I' - i$$

$I_{\text{ขณะหมุน}} = I'_{\text{เริ่ม}} - i_{\text{ย้อนกลับ}}$

$I' =$ กระแสไฟฟ้าผ่านมอเตอร์ขณะเริ่มหมุน

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ $\varepsilon = Blv\sin\alpha$ เมื่อ $\vec{v}$ ทำมุม α กับ $\vec{B}$

$\varepsilon = Blv$ เมื่อ α = 90 องศา

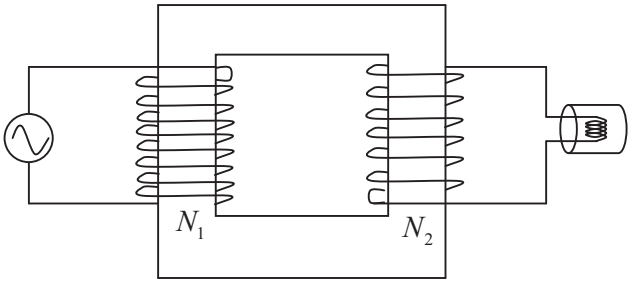
$\because I = \frac{\varepsilon}{R}$ $\therefore I = \frac{Blv}{R}$

จาก $F = IlB$

$= \left[\frac{Blv}{R}\right]lB$

$\therefore F = \frac{B^2l^2v}{R}$ Power $= Fv = \frac{B^2l^2v^2}{R} = \frac{\varepsilon^2}{R}$

<u>หม้อแปลงไฟฟ้า</u> (Transformer) คือ เครื่องมือสำหรับเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C)



<u>หลักการทำงาน</u> V α N

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \text{---------- *}$$

และ Power input = Power output (ใช้ได้เมื่อ E_{ff} = 100%)

$$I_1E_1 = I_2E_2$$

หรือ $\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_1}{I_2}$ ---------- *

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{100I_2}{XI_1}$$

ในกรณีที่สูญเสียพลังงาน $E_{ff} = \frac{P_{out}}{P_{IN}} \times 100\%$

การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าไปในสายส่ง

$$P_{\text{สูญเสีย}} = \left(\frac{P_0}{V_s}\right)^2 R$$ เมื่อ P_0 = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตส่งมา

V_S = ความต่างศักย์ของสายส่ง

ไฟฟ้ากระแสสลับ

แรงเคลื่อนไฟฟ้าขณะใด ๆ $e = E_m \sin \omega t$

กระแสไฟฟ้าขณะใด ๆ $i = I_m \sin \omega t$

ความต่างศักย์ไฟฟ้าขณะใด ๆ $v = V_m \sin \omega t$

ค่ามิเตอร์หรือค่ายังผลในการวัดทางไฟฟ้ากระแสสลับเป็นค่าเดียวกัน

$\therefore$ I มิเตอร์ = I ค่ายังผล = $I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ ———— *

V มิเตอร์ = V ค่ายังผล = $v_{rms} = \frac{Vm}{\sqrt{2}}$ ———— *

อัตราเร็งเชิงมุม (บางครั้งเรียกความถี่เชิงมุม) = $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

f = ความถี่กระแสสลับ , T = คาบของกระแสสลับ

<u>การต่อ R, C และ L</u>

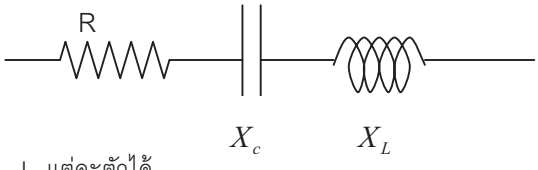
ความต้านทานของ R = R

ความต้านทานของ C = ความต้านทานเชิงความจุ = $X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$

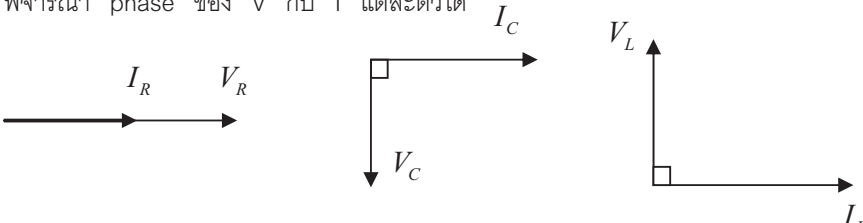
ความต้านทานของ L = ความต้านทางเชิงการเหนี่ยวนำ = $X_L = \omega L = 2\pi fL$

ความต้านทานรวมของ R, C หรือ R, L หรือ R, C, L เรียกว่าความต้านทานเชิงซ้อน Z

1. การต่อ RCL แบบอนุกรม

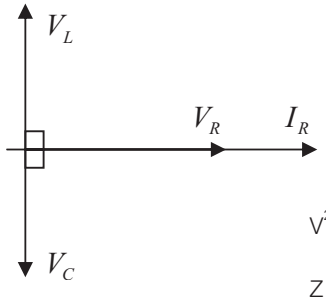


พิจารณา phase ของ V กับ I แต่ละตัวได้

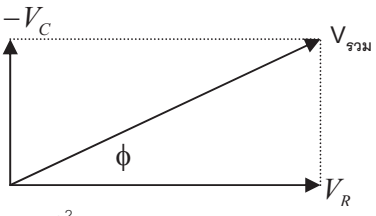


I และ V มี phase ตรงกัน I มี phase นำหน้า V 90^0 V มี phase นำหน้า I 90^0

∴ **การต่อแบบอนุกรม** $I_R = I_C + I_L$ จึงยึด I เป็นมาตรฐานเดียวกันจึงได้



จะได้

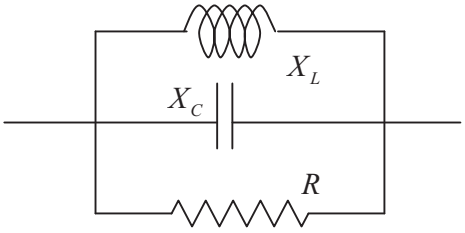


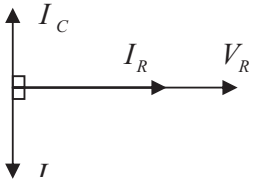
$V^2_{รวม} = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$

$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ ---*

$\tan\phi = \dfrac{X_L - X_C}{R}$, $\cos\phi = \dfrac{R}{Z}$

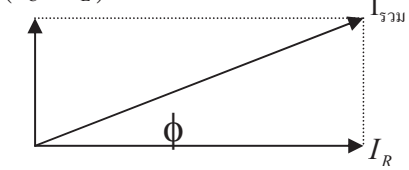
2. **ต่อแบบขนาน** จะได้ V เป็นหลัก (∵ $V_R = V_L = V_C$) เขียนแผนภาพโดยเอา V เป็นหลักจะได้





∴ $I^2_{รวม} = I_R^2 + (I_C - I_L)^2$

$$\left(\frac{V}{Z}\right)^2 = \left(\frac{V}{R}\right)^2 + \left(\frac{V}{X_C} - \frac{V}{X_L}\right)^2$$



$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}$$

$\tan\phi = \dfrac{\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}}{\frac{1}{R}}$, $\cos\phi = \dfrac{Z}{R}$

<u>การสั่นพ้องทางไฟฟ้า</u> ในวงจร RCL เกิดขึ้นเมื่อ $X_C = X_L$ หรือ $Z = R$

ดังนั้น ความถี่ขณะเกิดกำทอน $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC}}$

<u>กำลังที่สูญเสียในวงจร RCL</u> $< P > = IV\cos\phi$, $\cos\phi = \frac{R}{Z}$ เรียกว่า Power factor

ถ้าในวงจร R = O จะทำให้ $\cos\phi$ = O แสดงว่า $< P >$ = O

ถ้า $X_L = X_C$ ทำให้ Z = R ∴ $\cos\phi = \dfrac{R}{Z} = 1$, $< P > = IV$

สมบัติเชิงกลของสาร

1. $P = \frac{F}{A}$ (ความดัน คือขนาดของแรงที่กระทำลงบนพื้นที่ที่รองรับในทิศตั้งฉากเป็นบริเวณกว้าง 1 ตารางหน่วย) หน่วยของ P = N/m^2 = Pascal (Pa) F นี้เรียกว่า แรงดัน (N)
2. P = ρgh (สำหรับของเหลวที่อยู่นิ่ง) เรียก P นี้ว่าความดันเกจ เป็นความดันอันเนื่องมาจาก ข้อ เหลวอย่างเดียว
3. สำหรับของเหลวที่อยู่นิ่ง จะมีคุณสมบัติพิเศษที่เกี่ยวกับความดัน คือ
   3.1 แรงดันของเหลว ณ จุดใด ๆ จะกระทำได้ในทุกทิศทาง
   3.2 แรงดันของของเหลว จะกระทำในทิศตั้งฉากกับผิวสัมผัสของวัตถุเสมอ
   3.3 ความดันของของเหลวชนิดใดชนิดหนึ่ง จะขึ้นอยู่กับความลึกจากผิวหน้า และจะมีค่าเท่ากัน ณ ระดับเดียวกัน (เมื่อต่อถึงกันได้) โดยไม่ขึ้นอยู่กับรูปร่างภาชนะ
4. P สมบูรณ์ = Pa + Pg , Pa = Pอากาศ $\therefore$ P สมบูรณ์ = Pa + ρgh, Pg = Pเกจ = ρgh
5. แรงดันต่อด้านข้างภาชนะ

   F = <P>A

   $= \frac{1}{2}(P_{บน} + P_{ล่าง})A$

   $F = \frac{1}{2}\rho gh2l$

   * ไม่คิด Pa เพราะ Pa ดันทั้งด้านในและด้านนอก $\Sigma P = O$ หรือ ΣF ของ Pa ด้านข้างจึงเป็น 0
6. แรงดันน้ำเหนือเขื่อน F = <P>.A = $\frac{1}{2}\rho gh^2l$
7. ความดันของของไหล

   กฎของปาสดาล "เมื่อเพิ่มความดันให้แก่ของเหลวที่อยู่นิ่งในภาชนะมี ณ ตำแหน่งใด ๆ ก็ตาม ความดันที่เพิ่มขึ้นนี้จะถูกถ่ายเทไปยังทุก ๆ ตำแหน่งของของเหลวนั้น"
8. **เครื่องอัดไฮโดรลิค** (หรือเครื่องอัด บรามาห์) เป็นเครื่องมือที่ใช้หลักของหลอดแก้วตัว U ระบบที่ 3 ที่ขาหลอดทั้ง 2 ข้างไม่เท่ากัน

   $\therefore$ P ขาเล็ก = P ขาใหญ่

   $$\frac{F}{a} = \frac{W}{A}$$

   ในกรณีที่ต้องการคำนวณเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของของเหลวใช้

   ปริมาตรลด = ปริมาตรเพิ่ม $a \cdot h = A \cdot H$

9. หลักของอาร์คีมิดีส (Archimedes' Principle) **"เมื่อวัตถุจมในของเหลวทั้งก้อนหรือบางส่วน ของเหลวนั้นจะออกแรงพยุง(Buoyant force) วัตถุในทิศขึ้น แรงพยุงนี้มีขนาดเท่าของเหลวที่ถูก** วัตถุนั้นแทนที่ โดยถือว่าแรงนี้กระทำในทิศขึ้นผ่าน cg ของวัตถุนั้น"

10. **ความตึงผิว** คือความพยายามในการยืดผิวของของเหลว

แรงตึงผิว คือแรงที่พยายามยืดผิวของของเหลวเอาไว้ แรงตึงผิว จึงมีทิศขนานกับผิวของของเหลวเสมอและตั้งฉากกับของวัตถุที่สัมผัสเสมอ

γ = ส.ป.ส.ความตึงผิว = งานต่อหน่วยพื้นที่ผิวที่เพิ่มขึ้น

$$\therefore \gamma = \frac{F}{l} \quad \text{หรือ} \quad F = \gamma l \ \text{สำหรับผิวเดียว}$$

$$F = \gamma(2l) \ \text{สำหรับ 2 ผิว}$$

สมบัติของของแข็ง

11. **ความเค้น** (Stress) คืออัตราส่วนระหว่างแรงทั้งหมดที่กระทำต่อของแข็งกับพื้นที่หน้าตัดของของแข็งนั้น

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (N/m^2)$$

12. **ความเครียด** (Strain) คืออัตราส่วนเปรียบเทียบความยาวที่เปลี่ยนไปต่อความยาวเดิมของของแข็ง

$$\text{ความเครียดเชิงเส้น} = \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

13. **ความยืดหยุ่น** (Elasticity) เป็นคุณสมบัติเฉพาะของของแข็งแต่ละชนิด ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันเป็นคุณสมบัติกลับคืนสู่สภาพเดิมของของแข็ง หลังจากถูกความเค้นมากระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแต่ง ของแข็งจะมีขีดจำกัดอยู่ขั้นหนึ่ง ถ้าถูกความเค้นมากระตุ้นไม่เกิน ก็จะกลับสู่สภาพเดิมได้ แต่ถ้าเกิน ขั้นนี้ไปแล้วจะไม่กลับสู่สภาพเดิม เราเรียกค่าจำกัดนี้ว่า **ขีดจำกัดของความ ยืดหยุ่น**

14. **มอดูลัสของความยืดหยุ่น** (Modulus of Elasticity) หมายถึง อัตราส่วนของความเค้นต่อความเครียดของของแข็งนั้น

$\therefore$ Modulus of Elasticity = Stress/ Strain

15. Young's Modulus เป็น Modulus ตามแนวเส้นตรง (ตามเส้น)

$$\therefore Y = \frac{Stress}{Strian} = \frac{F/A}{\Delta l / l}$$

16. **ความหนืด** (Viscosity) เป็นสภาวะของของเหลวที่จะต้านวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่าน โดยแรงต้านของของเหลวเรียกว่า **แรงหนืด** และคุณสมบัติของของเหลวนี้เรียกว่า **ความหนืด**สำหรับวัตถุรูปทรงกลม ที่เคลื่อน ที่ผ่านในของเหลว จะมีแรงต้านจากความหนืดตามกฎของ Stokeคือ

17. **หลักการของแบร์นูลลี่**

$A_1v_1 = A_2v_2$

Av = ค่าคงที่ เรียกว่า อัตราการไหลของของไหล

สมการของแบร์นูลลี กล่าวว่า "ผลรวมของความดันพลังงานจลน์ต่อ ปริมาตรและพลังงานศักย์ต่อปริมาตรทุก ๆ จุดในของไหลที่เคลื่อนที่ มีค่าคงที่เสมอ" นั้นคือ $P + \frac{E_k}{V} + \frac{E_p}{V}$ = ค่าคงที่

หรือ $P_1+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho gh$ = ค่าคงที่ หรือ $P_1+\frac{1}{2}\rho_1 v_1^2+\rho_1 gh_1 = P_2+\frac{1}{2}\rho_2 v_2^2+\rho_2 gh_2$ ----*

กฎของทอร์ริเซลลี กล่าวว่า "อัตราเร็วของของเหลวที่พุ่งออกจากรูที่ผนังด้านข้างของภาชนะเท่ากับอัตราเร็วของวัตถุที่ตกอย่างอิสระ ณ ระดับสูงเท่ากัน" กฎของทอร์ริเซลลีถือว่าความเร็ว ณ ผิวของของเหลวมีค่าเป็น 0 และสอดคล้องกับสมการของแบร์นูลลี

จะ v ของของเหลวที่รู = $\sqrt{2gh}$ *

สรุปสูตรความร้อน

1. $\Delta Q = mc\Delta t$ ไม่เปลี่ยนสถานะ
2. $\Delta Q = mL$ เปลี่ยนสถานะ
3. $\frac{c}{100} = \frac{F-32}{180} - \frac{R}{80} = \frac{T-273}{100} = \frac{x-a}{b-a} = \frac{\text{อ่านได้ - เยือกแข็ง}}{\text{เดือด - เยือกแข็ง}}$
4. $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = nR = Nk_B$
5. $\frac{P_1V_1}{m_1T_1} = \frac{P_2V_2}{m_2T_2}$ = ค่าคงที่
6. $\frac{P_1}{\rho_1T_1} = \frac{P_2}{\rho_2T_2}$ = ค่าคงที่
7. $PV = nRT$

   $PV = Nk_BT$

   $PV = \frac{2}{3}N<E_k>$

   $PV = \frac{2}{3}E_k$
8. $<E_k> = \frac{3}{2}k_BT$

   $E_k = \frac{3}{2}Nk_BT = \frac{3}{2}nRT$

9. $U = \frac{3}{2} Nk_B T = \frac{3}{2} nRT$

10. $\Delta W = P\Delta V$

11. $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

12. $v_{rms} = \sqrt{<v^2>} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$

13. T รวม $= \frac{\sum n_i T_i}{\sum n_i}$

14. $\Delta Q - \Delta U = \Delta W$ หรือ $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ ----------*

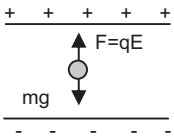
โครงสร้างของสสาร

ทอมสัน (Sir Joseph John Thomson)กล่าวว่า”อะตอมเป็นทรงกลม มีเนื้อทรงกลมเป็นประจุบวก และมีอิเล็กตรอนเป็นประจุลบฝังอยู่ในเนื้อประจุบวกนั้น”(ยกเลิกแล้วหลังจากRutherford ค้นพบนิวเคลียส)

Thomson สามารถหา $\frac{q}{m}$ ของรังสี Cathode $= \frac{v}{RB}$ และ $v = \frac{E}{B}$

<u>ปัญหา</u> ของแบบจำลองอะตอมของ Thomson คือ ประจุบวกใน อะตอม อยู่กันอย่างไร

มิลลิแกน นำความรู้ที่ได้จาก J.J. Thomson มาหาค่า e และ m ได้โดยวัดประจุบนหยดน้ำมัน



$F_E = F_g$

$qE = mg$ $\quad \therefore q = \frac{mg}{E}$ หรือ $\frac{mgd}{V}$

Rutherford กล่าวว่า” อะตอมประกอบด้วย แกนกลางที่มีความหนาแน่นประจุบวกสูงเรียกว่า นิวเคลียสและมีอิเล็กตรอน วิ่งโดยรอบด้วยอัตราเร็วคงที่ ระหว่างนิวเคลียสและอิเล็กตรอนเป็นที่ว่าง”

<u>**ปัญหา**</u> ที่โครงสร้าง อะตอม ของ Rutherford ตอบไม่ได้

1.* ทำไมอิเล็กตรอน วิ่งรอบนิวเคลียส โดยไม่สูญเสียพลังงาน

2.* ทำไมประจุไฟฟ้าบวกหลายๆ ตัวรวมตัวกันอยู่ในนิวเคลียสได้โดยไม่เกิดแรงผลักกัน

ทฤษฎีอะตอมของ บอร์ ใช้ได้ดีกับอะตอมของไฮโดรเจน และธาตุบางชนิดที่มีลักษณะคล้ายไฮโดรเจน

ปริมาณ	${}_1^1H$	${}_Z^AX$ อะตอมคล้าย ${}_1^1H$
รัศมี	$r_n = n^2 a_0$ $= n^2\left(5.3\times10^{-11}\right)\ m$	$r_n = \frac{n^2}{Z} a_0$ $= \frac{n^2}{Z}\left(5.3\times10^{-11}\right)\ m$
อัตราเร็ว	$v_n = \frac{v_1}{n} = \frac{2.18\times10^6}{n}\ m/s^2$	$v_n = \frac{Z}{n} v_1 = \frac{Z}{n}\left(2.18\times10^6\right)\ m/s^2$
ความถี่	$f_n = \frac{1}{n^3} f_1$ $= \frac{6.65\times10^{15}}{n^3}$	$f_n = \frac{Z^2}{n^3}\left(6.65\times10^{15}\right)$
พลังงานรวมของ e	$E_n = \frac{-E_1}{n^2}$ $= \frac{-13.6}{n^2}\ eV$	$E_n = -\left(\frac{Z}{n}\right)^2 E_1$ $= = -13.6\left(\frac{Z}{n}\right)^2\ eV$

Spectrum ของไฮโดรเจนถูกค้นพบหลาย อนุกรมทั้งก่อนและหลังทฤษฎีของ บอร์ห โดยที่

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right) \qquad R_H = 1.10x10^7\, m^{-1}$$ เช่น

อนุกรม Spectrum ของ H_2 ที่ถูกค้นพบมีหลายอนุกรมคือ

1. อนุกรมของ Lymam (ให้ความถี่ในช่วง UV)

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right),\ n \in I^+,\ n \geq 2$$

2. อนุกรมของ Balmer (ให้ความถี่ในช่วงตาเปล่ามองเห็น)

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right),\ n \in I^+,\ n \geq 3$$

3. อนุกรมของ Paschen (ให้ความถี่ในช่วง Infra-red)

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right),\ n \in I^+,\ n \geq 4$$

4. อนุกรมของ Brackett (ให้ความถี่ในช่วง Infra-red)

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right),\ n \in I^+,\ n \geq 5$$

5. อนุกรมของ Pfund (ให้ความถี่ในช่วง Infra-red)

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right),\ n \in I^+,\ n \geq 6$$

<u>การทดลองของ Franck และ Hertz</u>

James Franck และ Gustav Ludwing Hertz เพื่อหาระดับพลังงานในอะตอมของปรอท โดยการปรับ E_k ของ (e) เพื่อเข้าชน (e) ของ Hg พบว่า

1. ถ้า E_k ของ (e) ที่เข้าชน $<$ 4.9 eV จะเกิดการชนกันของ (e) แบบยืดหยุ่น (Hg ไม่รับพลังงาน)
2. ถ้า E_k ของ (e) ที่เข้าชน $\geq$ 4.9 eV (เล็กน้อย) จะเกิดการถ่ายเทพลังงานให้ Hg 4.9 eV เท่านั้น
3. Franck และ Hertz ได้วิเคราะห์จนได้

Eพื้นฐาน (n = 1) = - 10.4 eV
Eถูกกระตุ้นที่ 1 (n = 2) = - 5.5 eV } 4.9 eV
Eถูกกระตุ้นที่ 2 (n = 3) = - 3.7 eV } 1.8 eV } 6.7 eV

<u>รังสีเอ็กซ์</u> (X - rays)

Wilhelm Konard Roentgen ชาวเยอรมัน ค้นพบโดยบังเอิญ ปี พ.ศ. 2438 การเกิดของรังสี X เกิดได้ 2 ลักษณะคือ

1. รังสี X ต่อเนื่อง (Continuous X - rays)
2. รังสี X เฉพาะตัว (Characteristic X – rays)

X – rays ที่มีความถี่สูงสุด จะมีพลังงานสูงสุดเท่ากับพลังงานจลน์สูงสุดของ (e) ของอะตอมจะได้

1. $E_{k_{(e)}\max} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = eV = hf_{\max}$
2. $f_{\max} = \frac{c}{\lambda_{mi}}$
3. $\lambda(nm) = \frac{1240}{V(volt)} = \frac{1240}{\Delta E}$
4. $\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV_O}$

   V_O = ความต่างศักย์หยุดยั้งที่เร่ง (e) ออกจากขั้วลบในหลอดรังสี Cathode

   $V_O \approx 1.24 \times 10^4$ Volt

   จะได้ $\lambda_{min} \approx 10^{-1}$ m $\approx 1\,A^{\circ}$
5. $v = \sqrt{\frac{2hc}{m\lambda}}$

ความไม่สมบูรณ์ของทฤษฎีอะตอมของบอร์

1. ทฤษฎีอะตอมของบอร์ใช้ได้ดีกับอะตอมของ Hydrogen เท่านั้น ไม่สามารถอธิบาย Spectrumของอะตอมอื่น ๆ ได้
2. Spectrum ของอะตอม เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กจะเกิดการแตกตัวได้ Spectrum หลายเส้น (ท.บ. ของบอร์อธิบายไม่ได้)
3. ท.บ.ของบอร์ใช้ทั้งฟิสิกส์ดังเดิมและฟิสิกส์สมัยใหม่รวมกัน ซึ่งเกิดจากจำกัดของวงโคจรของ (e)เป็นวงกลมเท่านั้น
4. และการโคจรของ (e) รอบนิวเคลียส ไม่แผ่คลื่นแม่เหล็กออกมา (เป็นเพราะเหตุใด)

<u>ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก</u> (Photoelectric Effect)

เป็นปรากฏการณ์ทางแสง ที่แสงบางความถี่ตกกระทบโลหะ จะทำให้ (e) หลุดออกมา ซึ่งเรียกว่า Photo-electron

ข้อเสนอของไอน์สไตน์ เกี่ยวกับ Photoelectric effect

1. E_{kmax} ของ (e) ขึ้นอยู่กับ f อย่างเดียว ไม่ขึ้นกับความเข้มของแสง

$$E_{k\ max} = eV_S \quad \text{----------*}$$

V_S = ความต่างศักย์หยุดยั้ง เป็นความต่างศักย์ของขั้ว A ต่อขั้ว C เพียงเพื่อทำให้ (e) ที่หลุดจาก C มีพลังงานมากเพียงพอที่จะเคลื่อนที่มาเกือบจะถึง A แต่ไม่ถึง

2. ความเข้มของแสงที่ตกกระทบผิวโลหะ มีผลต่อจำนวนของ Photo-electron เท่านั้น ไม่มีผลต่อพลังงานจลน์ของ (e)

3. $f_{แสง} \geq f_O$ จึงจะเกิด Photo-electrom ได้

f_O = ความถี่ขีดเริ่ม

Work function คือ พลังงานยึดเหนี่ยว (e) ในโลหะ ดังนั้น (e) จะหลุดออกจากโลหะได้ จะต้องเสียพลังงานให้แก่โลหะพลังงานนี้ = $W = hf_O$ ซึ่งเป็นค่าคงที่ในแต่ละโลหะ

ถ้า $hf_{แสง} < W$ จะไม่เกิด Photo-electron

ถ้า $hf_{แสง} > W$ จะเกิด Photo-electron

และ (e) ที่หลุดออกมา จะมี $E_k = hf - W$

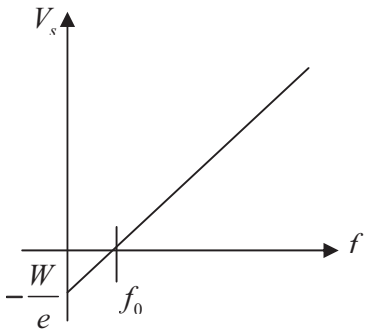
$$E_k = hf - W$$

$$E_k = hf - hf_O \quad \text{----------*}$$

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \text{ และ } eV_S \quad \text{----------*}$$

$$\therefore\ eV_S = hf - W \quad \text{----------*}$$

$$V_S = \left(\frac{h}{e}\right)f - \frac{W}{e} \quad \text{----------*}$$



$$\text{Slope (m)} = \frac{h}{e}$$

$$\text{Y – intercept (b)} = -\frac{W}{e}$$

สมมุติฐานของเดอบรอยล์

จากปรากฏการณ์ Compton เป็นการสนับสนุนความคิดของไอน์สโตน์ที่ว่า คลื่นสามารถแสดงตัวเป็นอนุภาคได้ ทำให้เดอบรอยส์ เสนอความคิดในทางตรงข้ามคือ อนุภาคสามารถแสดงตัวเป็นคลื่นได้

จาก $E = mc^2$

$$\therefore\ \lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{mv} \quad \text{----------*}$$

โดยอาศัย ท.บ.ของเดอบรอย์ ทำให้เขาอธิบายโครงสร้างอะตอมของ Bohr ที่ว่า (e) วิ่งรอบนิวเคลียสโดยไม่แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะต้องมีโมเมนตัมเชิงมุม (L = mvr) มีค่าเท่ากับ nh ได้ โดยเสนอว่า (e) ที่วิ่งรอบนิวเคลียส โดยไม่แผ่คลื่นแม่เหล็กต้องเป็นวงที่ (e) เป็นคลื่นนิ่งพอดี หรือความยาวเส้นรอบวงของวงโคจรจะต้องเป็นจำนวนเต็มของความยาวคลื่นสารของ (e) นั้นคือ

$$2\pi r = n\lambda \qquad n \in I^{+}$$

$$2\pi r = n\frac{h}{mv}$$

$$\therefore\ mvr = n\frac{h}{2\pi} = n\hbar$$

<u>กลศาสตร์ควอนตัม</u> (Quantum Mechanics)

เป็นฟิสิกส์แขนงใหม่ในการศึกษาเกี่ยวกับสสารและพลังงานในระดับอะตอม โดยมีแนวความคิดจาก 2 นักวิทยาศาสตร์ และ 2 แนวการศึกษา ซึ่งต่อมาพิสูจน์ได้ว่าให้ผลเหมือนกัน คือ

1. กลศาสตร์คลื่น เป็นแนวความคิดของ ชารอดิวเจอร์ (Erwin Schrodinger) ชาวออสเตรีย
2. กลศาสตร์แมทริทซ์ เป็นแนวความคิดของ ไฮเซนเบิร์ก (Werner Karl Heisenberg) ชาวเยอรมันความไม่แน่นอนและโอกาสที่เป็นไปได้ของ Heisenberg $(\Delta x)(\Delta p) \geq \hbar$

   เมื่อ Δx เป็นความไม่แน่นอนทางตำแหน่ง

   Δp เป็นความไม่แน่นอนทางโมเมนตัม

   Heisenberg กล่าวว่า “เราไม่สามารถรู้ได้อย่างแน่นอนถึงตำแหน่งและความเร็วของอนุภาคในเวลาเดียวกันได้

ฟิสิกส์นิวเคลียร์

1. รังสีที่ถูกเปล่งออกมาจากธาตุกัมมันตรังสี ที่ค้นพบแล้ว ได้แก่

   1.1 รังสีแอลฟา $(\alpha - rays)$ หมายถึง นิวเคลียสของ ${}_2^4He$

   1.2 รังสีเบต้า $(\beta - rays)$ หมายถึง รังสีCathode-rays หรือ อิเล็กตรอน ${}_{-1}^{0}e$

   1.3 รังสีแกรมมา $(\gamma - rays)$ หมายถึง นิวเคลียสของ ${}_{0}^{0}\gamma$

   รังสีทั้งสามมีอำนาจทะลุทะลวงจากมากไปสู่น้อย ดังนี้ $\gamma > \beta > \alpha$

   รังสีทั้งสามมีระดับพลังงาน (หน่วย MeV) จากมากไปสู่น้อย ดังนี้ $\alpha > \beta > \gamma$

   รังสีทั้งสามมีรัศมีความโค้งในสนามแม่เหล็ก จาก มากไปสู่น้อยดังนี้ $\alpha > \beta > \gamma$

   (γ ไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้า)

2. อัตราการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

   2.1 อัตราการสลายตัวของนิวเคลียสต่อวินาทีเรียกว่า กัมมันตภาพ(A) $A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$

   $$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad \text{หรือ} \quad \frac{A}{A_o} = 2^{-n} = 2^{-\frac{t}{T}}$$

   เมื่อ A_0 = จำนวนกัมมันตรังสี ของธาตุ ณ เวลา $t = 0$

   A = จำนวนกัมมันตรังสี ของธาตุ ณ เวลา $t = t$

   e = ค่าคงที่ = 2.718

   λ = ค่าคงที่ในการสลายตัว (Decay Constant) (เครื่องหมาย ลบ แสดงว่า กำลังลดลง)

   หรือ เป็นค่า บอกถึงโอกาสการสลายตัวของนิวเคลียสกัมมันตรังสี ใน 1 หน่วยเวลา

   2.2 $N = N_0 e^{-\lambda t}$ หรือ $\frac{N}{N_0} = 2^{-n} = 2^{\frac{t}{T}}$

   เมื่อ N_0 = จำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี ณ เวลา $t = 0$

   N = จำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี ณ เวลา $t = t$

   2.3 $M = M_0 e^{-\lambda t}$ หรือ $\frac{M}{M_0} = 2^{-n} = 2^{-\frac{t}{T}}$

   เมื่อ M_0 = มวลของธาตุกัมมันตรังสี ณ เวลา $t = 0$

   M = มวลของธาตุกัมมันตรังสี ณ เวลา $t = t$

   2.4 $T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$

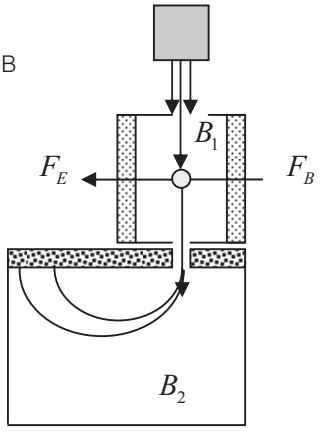
   เมื่อ $T_{\frac{1}{2}}$ = เวลาครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี

3. สภาพสมดุลของธาตุกัมมันตรังสี

อัตราการสลายตัวของธาตุ A = อัตราการสลายตัวของธาตุ B

$$\lambda_A N_A = \lambda_B N_B$$

4. Mass-spectrograph



4.1 ส่วนเร่งประจุ

$$E_P = E_k$$

$$qV = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

4.2 ส่วนคัดเลือกความเร็วประจุ $F_E = F_B$

จะได้ $v = \frac{E}{B}$

4.3 ส่วนคัดเลือกมวล $F_B = F_C$

$$qvB_2 = \frac{mv^2}{R} \qquad \therefore m = \frac{RB_1B_2q}{E}$$

5. ขนาดของนิวเคลียส $R = R_0A^{\frac{1}{3}}$ เมื่อ $R_0 = 1.2\times10^{-15}\ m$ หรือ

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^{\frac{1}{3}}$$

6. มวลและพลังงาน

$E = mc^2 = hf$ โดยที่ $1\,u = 931\ MeV$

7. ปฏิกิริยานิวเคลียร์

7.1 ปฏิกิริยา ฟิชชัน เกิดจากการยิงนิวตรอน เข้าชนนิวเคลียสของธาตุหนัก (ธาตุที่มี Atomic mass > 230) ทำให้นิวเคลียสแตกออกเป็นนิวเคลียสขนาดเล็กลง 2 นิวเคลียส ซึ่งมีขนาด ใกล้เคียงกัน พร้อมทั้งมีการปลดปล่อยนิวตรอนออกมาอีก และ ปลดปล่อยพลังงานออกมา ด้วย

7.2 ปฏิกิริยา ฟิวชัน เป็นปฏิกิริยาการรวม นิวเคลียสของธาตุ เบาๆ ให้กลายเป็นธาตุที่มี Atomic mass เพิ่มขึ้น (มากกว่าเดิม)และมีการคายพลังงานออกมาด้วย

ตัวอย่างข้อสอบฟิสิกส์

ค่าคงตัวที่อาจใช้ในการคำนวณด้วยการประมาณที่เหมาะสม

$g = 9.80 \ m/s^2$

e	$=$	1.60×10^{-19} C	c	$=$	3.0×10^{8} m/s
G	$=$	6.67×10^{-11} Nm^2/kg^2	h	$=$	6.6×10^{-34} J.s
R	$=$	8.31 J/mol.K	k_B	$=$	1.38×10^{-23} J/K
k_E	$=\frac{1}{4\pi\varepsilon_O}$ $=$	8.99×10^{9} $N.m^2/C^2$	ε_O	$=$	8.85×10^{-12} F/m
N_A	$=$	6.0×10^{23} /mol	1 u	$=$	930 MeV
m_e	$=$	9.11×10^{-31} kg	m_p	$=$	1.67×10^{-27} kg
log 2	$=$	0.301	log 3	$=$	0.477
ln 2	$=$	0.693	ln 10	$=$	2.303
π	$=$	3.1415	π^2	$=$	9.870

ความหนาแน่นของน้ำ $= 1000 \ kg/m^3$

อัตราเร็วเสียงในอากาศที่ $0^\circ C = 331$ m/s

ความดัน 1 บรรยากาศ $= 1.013 \times 10^{5}$ Pa

<u>ตอนที่ 1</u> จำนวน 50 ข้อ ๆ ละ 3.0 คะแนน

1. วัตถุไถลลงไปตามแนวพื้นเอียงด้วยความเร่งคงที่ a โดยพื้นเอียงนี้ทำมุม 45 องศากับแนวราบจงหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

1 $\left(1-\frac{\sqrt{2}\,a}{g}\right)$ 2. $\left(1-\frac{\sqrt{2}\,g}{a}\right)$

3. $\left(1+\frac{\sqrt{2}\,a}{g}\right)$ 4. $\left(1+\frac{\sqrt{2}\,g}{a}\right)$

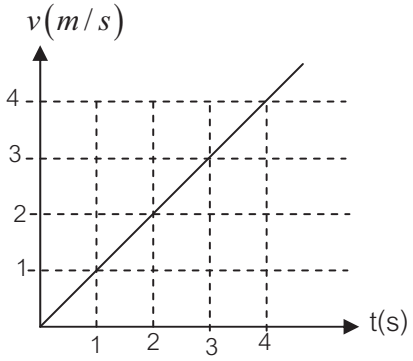
2. กล่องมวล 2 กิโลกรัม ถูกดึงด้วยแรงคงที่ขนาด 10 นิวตัน ให้เคลื่อนที่บนพื้นราบที่ฝืดมีความเร่งคงที่ 4 เมตรต่อวินาที^{2} เป็นระยะทาง 2 เมตร จงหาปริมาณงานที่แรงเสียดทานทำ

1. 90 J
2. 72 J
3. 36 J
4. 18 J

3. คานเหล็กสม่ำเสมอมวล 2 กิโลกรัม ยาว 2 เมตร ที่ปลายทั้งสองข้างผูกมวล 13 และ 6 กิโลกรัมถามว่าจะต้องผูกเชือกที่ตำแหน่งห่างจากปลายด้านมวล 13 กิโลกรัม เท่าใดคานจึงจะสมดุล

1. 1.33 m
2. 1.00 m
3. 0.75 m
4. 0.67 m

4. ให้กราฟระหว่างความเร็ว v และเวลา t ของการเคลื่อนที่เชิงเส้นของวัตถุเป็นดังรูป จงหาเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 4.5 เมตร



1. 1.0 s
2. 2.0 s
3. 3.0 s
4. 4.0 s

5. รถเข็นมวล 100 กิโลกรัม เดิมอยู่นิ่ง ถูกแรงในแนวระดับขนาด 50 นิวตัน ผลักให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบ ถ้าแรงเสียดทานที่กระทำต่อรถทั้งหมดเท่ากับ 30 นิวตัน ถามว่าถ้าแรงกระทำเป็นเวลา 12 วินาที จะทำให้รถเข็นมีความเร็วเท่าใด

1. 2.4 m/s
2. 7.2 m/s
3. 9.6 m/s
4. 14.4 m/s

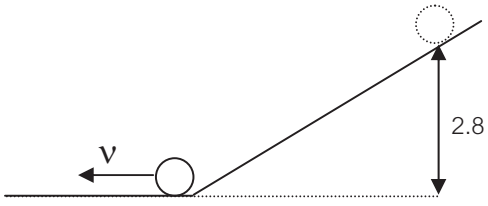
6. ขณะที่รถเลี้ยวโค้งบนถนนราบด้วยรัศมีความโค้ง 245 m ลูกตุ้มซึ่งแขวนในรถเอียงทำมุม 45 องศากับแนวดิ่ง ขณะนั้นรถวิ่งด้วยอัตราเร็วกี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง

1. 49
2. 98
3. 176
4. 245

7. ชายคนหนึ่งยืนอยู่บนแกนหมุน ที่หมุนได้อิสระ โดยแกนหมุนอยู่ในแนวดิ่ง ในขณะที่เขายืดแขน ออกไปจนสุด เขาจะหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 0.25 รอบ/วินาที แต่ถ้าเขาดึงแขนกลับเข้ามา อัตราเร็วเชิงมุมของเขามีค่า 0.75 รอบ /วินาที จงหาอัตราส่วนโมเมนต์ความเฉื่อยของชายคนนี้ ในกรณีแรกต่อกรณีหลัง เป็นเท่าใด

1. $4:3$
2. $3:2$
3. $3:1$
4. $1:3$

8. ลูกบิลเลียดมวล M รัศมี R มีโมเมนต์ความเฉื่อย $\frac{2}{5}MR^2$ เดิมอยู่นิ่ง ๆ บนพื้นเอียง สูง 2.8 เมตรกลิ้งลงมาตามพื้นเอียง เมื่อถึงพื้นราบ ลูกบิลเลียดนี้มีความเร็วเท่าใด

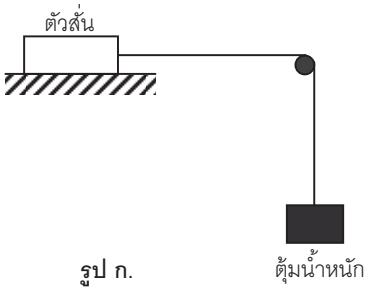


1. 6.3 m/s
2. 7.4 m/s
3. 9.0 m/s
4. 12 m/s

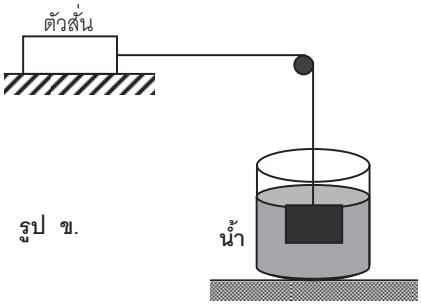
9. ลวด A กับลวด B ยาวเท่ากัน พื้นที่หน้าตัดของ B เป็นสองเท่าของ A ดึงลวด B ด้วยแรง 50 N จะต้องดึงลวด A ด้วยแรงกี่นิวตัน จึงจะยาวเท่ากับ B กำหนดว่า ค่ามอดูลัสของยังสำหรับ A เป็น 3 เท่าของ B

1. 8.3
2. 33
3. 75
4. 300

10. ตุ้มน้ำหนักและเชือกในรูป ก. และ ข.เป็นชุดเดียวกัน ความถี่มูลฐานของการสั่นในรูป ก. เท่ากับ f แต่ในรูป ข. เท่ากับ $\frac{2}{3}f$ จงหาความหนาแน่นของเนื้อตุ้มน้ำหนักในหน่วย kg/m^3 (ความเร็วของคลื่นบนเส้นเชือกแปรผันโดยตรงกับรากที่สองของความตึงในเชือก)



รูป ก.



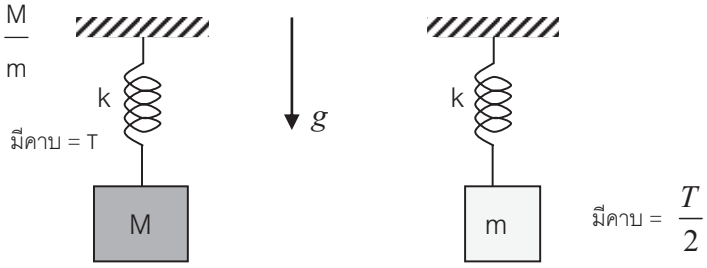
รูป ข.

1. 1500
2. 1800
3. 2300
4. 3000

11. ลวดโลหะยาว 1.8 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 1.2 ตารางมิลลิเมตร ถูกยืดออก 1.0 มิลลิเมตร ถามว่าลวดโลหะมีความตึงเท่าใด ถ้ามอดูลัสของยังของลวดนี้เท่ากับ 9.0×10^{10} นิวตันต่อตารางเมตร

1. 6 N
2. 60 N
3. 600 N
4. 6,000 N

12. แกว่งมวล M และ m ที่ปลายสปริงซึ่งมีค่านิจสปริง k เท่ากันดังรูป จงหาค่าอัตราส่วน $\frac{M}{m}$

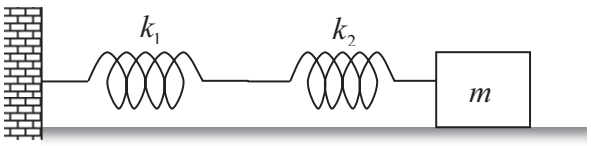


1. 4
2. 2
3. $\frac{1}{2}$
4. $\frac{1}{4}$

13. สำหรับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายที่มีแอมพลิจูดเป็น A จงหาขนาดของการกระจัดณ ตำแหน่งที่อัตราเร็วเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราเร็วสูงสุด

1. $\frac{1}{4}A$
2. $\frac{1}{2}A$
3. $\frac{3}{4}A$
4. $\frac{\sqrt{3}}{2}A$

14. สปริงที่มีค่าคงที่สปริงเป็น k_1 และ k_2 ผูกต่อกันเองและยึดติดกับกำแพงและมวล m บนพื้นราบที่ ตำแหน่งสมดุลดังรูป ต่อมาดึงมวลไปทางขวามือเป็นระยะ d สปริง k_1 จะยืดออกเท่าใด



1. $\frac{k_1}{k_2}d$
2. $\frac{k_2}{k_1}d$
3. $\frac{k_2}{k_1+k_2}d$
4. $\frac{k_1}{k_1+k_2}d$

15. สายโลหะขึงตึงยาว 0.5 เมตร ทำให้เกิดเสียงความถี่ 2.20 กิโลเฮิรตซ์ และ 2.64 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ฮาร์มอนิก ที่อยู่ติดกัน จงหาอัตราเร็วของคลื่นเสียงในสายโลหะ

1. 220 m/s
2. 440 m/s
3. 550 m/s
4. 1100 m/s

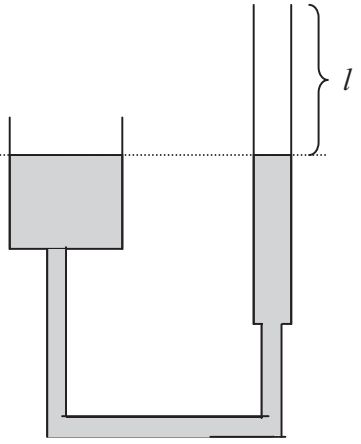
16. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายรอบจุดสมดุล O โดยมีอัตราเร็วสูงสุด 5 เซนติเมตรต่อวินาที โดยมีคาบเท่ากับ 2π วินาที ถามว่าขณะที่วัตถุมีความเร็ว 3 เซนติเมตรต่อวินาที วัตถุอยู่ ห่างจากจุด O เท่าใด

1. 1 cm
2. 2 cm
3. 3 cm
4. 4 cm

17. คลื่นเสียงถูกส่งออกจากแหล่งกำเนิดเสียงที่เป็นจุด กำลังเสียงที่ส่งออกไปมีค่า 3.14 วัตต์ ผู้ฟัง ได้ยินระดับความเข้มเสียงเป็น 80 เดซิเบล จงหาระยะห่างระหว่างผู้ฟังกับแหล่งกำเนิดเสียง

1. 25 m
2. 50 m
3. 100 m
4. 180 m

18. เคาะส้อมเสียงความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ เหนือปากท่อซึ่งสามารถปรับความยาว ℓ ของลำอากาศในท่อได้ พบว่าเกิดการสั่นพ้องของเสียงในท่อเมื่อความยาวของลำอากาศ ℓ ในท่อเป็น 9.5 และ 26.7 เซนติเมตร ตามลำดับ อัตราเร็วเสียงในอากาศมีค่ากี่เมตรต่อวินาที



1. 321
2. 331
3. 344
4. 354

19. ถ้าความเร็วของคลื่นน้ำเท่ากับ 6.0 เมตรต่อวินาที ขณะที่สันคลื่นที่หนึ่งและที่สี่ห่างกัน 7.2 เมตร คลื่นนี้มีความถี่เท่าใด

1. 0.8 Hz
2. 2.5 Hz
3. 3.3 Hz
4. 4.3 Hz

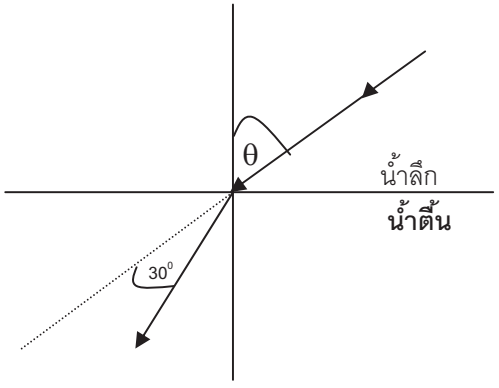
20. ท่อทรงกระบอกปลายเปิดสองข้างจำนวน 2 ท่อ ท่อสั้นยาว 1 เมตร จงหาความยาวของอีกท่อ หนึ่ง ที่ทำให้เกิดความถี่บีตส์ 10 ครั้ง/วินาที จากความถี่มูลฐานของท่อทั้งคู่ เมื่อถูกกระตุ้นพร้อมกัน

(กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศ = 350 เมตร/วินาที)

1. $\frac{165}{175}$ m
2. $\frac{175}{165}$ m
3. $\frac{185}{175}$ m
4. $\frac{175}{185}$ m

21. แนวการเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำจากบริเวณน้ำลึกไปยังน้ำตื้น หักเหจากแนวของคลื่นตก กระทบ 30 องศา และอัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึกเป็น 2 เท่าของอัตราเร็วในน้ำตื้น มุม θ มีค่าเท่าใด

1. $\arcsin\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)$
2. $\arctan\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)$
3. $\arcsin\left(\frac{1}{\sqrt{3}-1}\right)$
4. $\arctan\left(\frac{1}{\sqrt{3}-1}\right)$



22. ลำโพง A และ B มีกำลังเสียง 1.0 และ 4.0 วัตต์ ตามลำดับ ระดับความเข้มเสียง ที่ตำแหน่ง ห่างจาก A เท่ากับ 2 เมตร กับระดับความเข้มเสียงที่ตำแหน่งห่างจาก B เท่ากับ 4 เมตร ต่างกันกี่เดซิเบล (ในการวัดระดับความเข้มเสียงนั้นทำคนละเวลา)

1. 0
2. 3
3. 12
4. 30

23. ภาพจริงที่เกิดจากเลนส์นูนความยาวโฟกัส f มีขนาดเป็น m เท่าของขนาดวัตถุจริง ระยะภาพ เป็นเท่าใด

1. mf
2. $(m-1)f$
3. $(m+1)f$
4. m^2f

24. แสงในตัวกลาง A ซึ่งมีค่าดรรชนีหักเห 1.50 มีความยาวคลื่นเป็น 500 นาโนเมตร เมื่อเดิน ทางในตัวกลาง B มีความยาวคลื่นเป็น 450 นาโนเมตร จงหาค่าดรรชนีหักเหของตัวกลาง B

1. 1.35
2. 1.45
3. 1.54
4. 1.67

25. วางลวดตรงยาว 70.0 เซนติเมตร ตามแนวแกนมุขสำคัญของกระจกโค้งนูนที่มีขนาด a ความยาวโฟกัส 40.0 เซนติเมตร ปลายด้านใกล้ของเส้นลวดอยู่ห่างจากกระจกเป็นระยะทาง 10.0 เซนติเมตร จงหาความยาวของภาพเส้นลวด

1. 8.0 cm
2. 18.7 cm
3. 26.7 cm
4. 34.7 cm

26. ให้พลังงานความร้อน 30,000 จูล แก่น้ำแข็งมวล 50 กรัม อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ผลลัพธ์ จะเป็นอย่างไร ถ้ากำหนดให้ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวของน้ำแข็งเท่ากับ 333 จูล ต่อกรัม และความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.2 จูลต่อกรัม.องศาเซลเซียส

1. ได้น้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
2. ได้น้ำร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
3. ได้น้ำเย็นอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
4. ได้น้ำเย็นผสมน้ำแข็งอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

27. กำหนดให้ แสงสีเดียว มีมุมวิกฤต (θ_C) จาก แก้วสู่ น้ำ เป็น a หน่วย และมีมุมวิกฤต (θ_C) จาก น้ำสู่อากาศ เป็น b หน่วย แสดงว่า แก้วนี้มีดัชนีหักเหแสงเป็นเท่าใด

1. $\frac{1}{(\sin a)(\sin b)}$
2. $(\sin a)(\sin b)$
3. $\frac{\sin b}{\sin a}$
4. $\frac{\sin a}{\sin b}$

28. ส้อมเสียง 1ชุด ส้อมเสียงแต่ละอันมีความถี่ไม่เท่ากัน โดยเรียงลำดับเพิ่มขึ้น ทีละ 5 Hz ถ้า ส้อมเสียง ตัวที่ 7 เป็นส้อมเสียงคู่แปด กับส้อมเสียงตัวที่ 23 จงหาความถี่ส้อม เสียงตัวที่ 25

1. 170 Hz
2. 150 Hz
3. 120 Hz
4. 110 Hz

29. เสียงรบกวนบนถนนวัดระดับความเข้มเสียงได้ 90 เดซิเบล แต่ภายในรถยนต์ที่ปิดมิดชิด ระดับความเข้มเสียงลดเหลือ 70 เดซิเบล ถามว่าความเข้มเสียงภายในรถยนต์เป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของความเข้มเสียงนอกรถยนต์

1. 77%
2. 70%
3. 20%
4. 1%

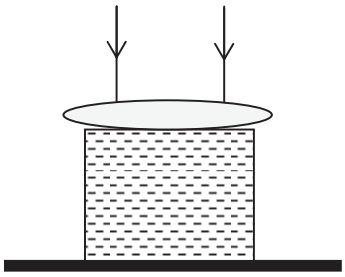
30. แสงความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ตกกระทบเกรตติงอันหนึ่งในแนวตั้งฉาก พบว่า เส้นสเปกตรัม ลำดับแรกเบนจากแนวกลางไป 30 องศา ถามว่าเส้นสเปกตรัมลำดับ แรกที่เบนไปจากแนวกลาง องศา มีความยาวคลื่นเท่าใด

1. 333 nm
2. 353 nm
3. 707 nm
4. 750 nm

31. เมื่อนำวัตถุไปวางหน้าเลนส์เป็นระยะ 20 เซนติเมตร พบว่าเกิดภาพเสมือนซึ่งมีขนาดลดลงเหลือ $\frac{1}{5}$ เท่าของขนาดวัตถุ ถามว่าภาพกับวัตถุอยู่ห่างกันเท่าใด

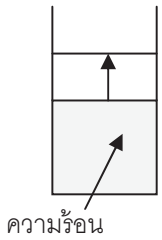
1. 16 cm
2. 24 cm
3. 80 cm
4. 120 cm

32. เลนส์นูนบางมีความยาวโฟกัส 80 เซนติเมตร ถ้าวางเลนส์นี้บนแท่งพลาสติกใสรูปสี่เหลี่ยม เมื่อ แสงอาทิตย์ส่องลงในแนวดิ่ง แสงจะรวมกันเป็นจุด ซึ่งต่ำกว่าผิวบนของแท่งพลาสติกเท่าใด ถ้าดรรชนีหักเหของพลาสติกเป็น 1.5



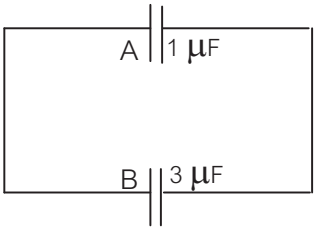
1. 53 cm
2. 80 cm
3. 120 cm
4. 125 cm

33. แก๊สอุดมคติในกระบอกสูบเดิมมีอุณหภูมิ 293 เคลวิน มวล $\frac{1}{15}$ โมล ถ้าแก๊สนี้รับความร้อน75 จูล และขยายตัว สุดท้ายอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 343 เคลวิน ถามว่าในการนี้แก๊สทำงานเท่าใด



1. 34 J
2. 47 J
3. 72 J
4. 117 J

34. จากรูป ถ้าตัวเก็บประจุ A มีประจุ 2 ไมโครคูลอมบ์ จงหาพลังงานไฟฟ้าสะสมในตัวเก็บประจุ B



1. 2×10^{-6} J
2. 3×10^{-6} J
3. 4×10^{-6} J
4. 6×10^{-6} J

35. ทรงกลมตัวนำรัศมี 10 เซนติเมตร มีประจุ 1 ไมโครคูลอมบ์ ศักย์ไฟฟ้าที่ระยะ 5 เซนติเมตร จากจุดศูนย์กลางภายในทรงกลมเป็นเท่าใด

1. 0 V
2. 9×10^{3} V
3. 9×10^{4} V
4. 1.8×10^{5} V

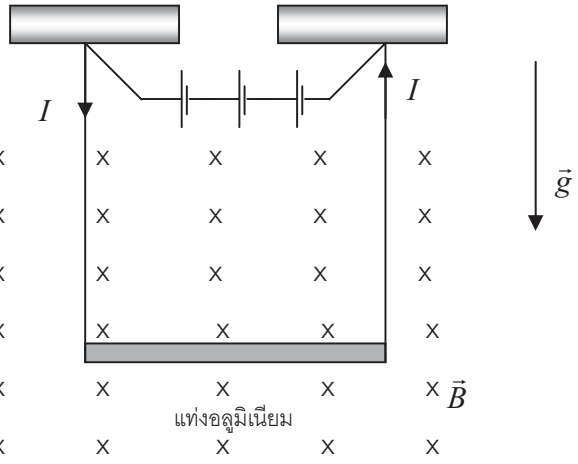
36. จำนวนขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าเท่ากับ 200 รอบ และ 20 รอบ ตามลำดับ หม้อแปลงนี้ใช้กับไฟบ้าน 220 โวลต์ ถ้าขดลวดทุติยภูมิต่อกับความต้านทาน 10 โอห์ม ถามว่า กำลังความร้อนที่เกิดขึ้นที่ความต้านทานนี้เป็นเท่าใด ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงานในหม้อแปลงเลย

1. 4,840 W
2. 220 W
3. 48.4 W
4. 22.0 W

37. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในระนาบ XY โดยที่อัตราเร็วในแนว X มีค่า $v_x = 4 \times 10^5$ เมตร/วินาที และอัตราเร็วในแนว Y มีค่า $v_y = 3 \times 10^5$ เมตร/วินาที เข้าไปในบริเวณที่มีความเข้มสนามแม่ เหล็กเท่ากับ 0.5 เทสลา ในทิศ Z จงหาขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออิเล็กตรอน

1. 2.4×10^{-14} N
2. 3.2×10^{-14} N
3. 4.0×10^{-14} N
4. 8.0×10^{-13} N

38. ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก B มีแท่งอลูมิเนียมยาว ℓ มวล m ถูกแขวนอยู่ในแนวระดับด้วยลวดเบาให้วางตัวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ความตึงในเส้นลวดจะเปลี่ยนไปเท่าใดเมื่อกลับทิศของกระแสไฟฟ้า I

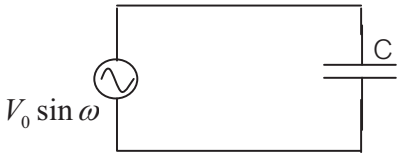


1. $2IB\ell$
2. $IB\ell$
3. 2mg
4. mg

39. อิเล็กตรอนมวล m ประจุ e เคลื่อนที่เป็นทางโค้งรัศมี R ในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก B แต่ถ้าต้องการทำให้เคลื่อนที่เป็นทางตรง ต้องใส่สนามไฟฟ้าขนาดเท่าใด ในทิศตั้งฉากกับ ทั้งทิศของสนามแม่เหล็กและทิศการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

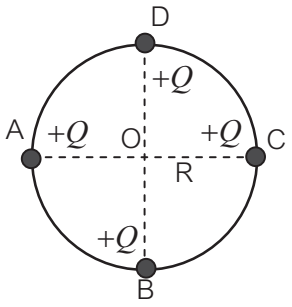
1. $\frac{eB^2R}{m}$
2. $\frac{eBR^2}{m}$
3. $\frac{e^2BR}{m}$
4. $\frac{eBR}{m}$

40. จากวงจรในรูป ถ้าเปลี่ยน C ไปเป็นตัวเหนี่ยวนำ L กระแส RMS ในวงจรจะเปลี่ยนไปจากเดิมเท่าใด



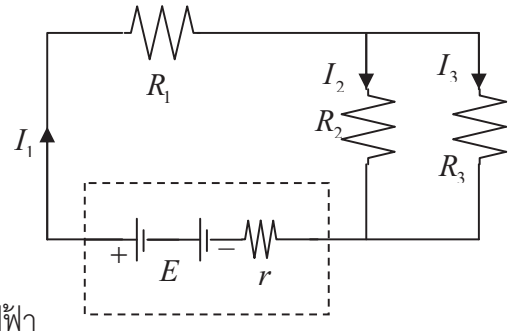
1. $\frac{V_0}{\sqrt{2}}\frac{(1-\omega^2 LC)}{\omega L}$
2. $\frac{V_0}{\sqrt{2}}\frac{(1-\omega^2 LC)}{\omega C}$
3. $V_0\frac{\omega L}{(1-\omega^2 LC)}$
4. $V_0\frac{\omega C}{(1-\omega^2 LC)}$

41. ประจุ Q วางที่ตำแหน่ง A, B, C และ D ของวงกลมที่มีรัศมี R ดังรูป ศักย์ไฟฟ้าที่จุดศูนย์กลางวงกลมนี้เป็นตามข้อใด



1. 0
2. $\frac{Q}{\varepsilon_0 R}$
3. $\frac{Q}{\pi\varepsilon_0 R}$
4. $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

42. สำหรับวงจรในรูป สมการใดต่อไปนี้ถูก



1. $I_1 - I_2 + I_3 = 0$
2. $E - I_1R_1 - I_2(R_2 + r) = 0$
3. $I_2R_2 + I_3R_3 = 0$
4. $E - I_1(R_1 + r) - I_3R_3 = 0$

43. ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดไม่ใช่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

1. แสงเลเซอร์
2. คลื่นอัลตราซาวนด์
3. แสงจันทร์
4. รังสีแกมมา

44. ฟังก์ชันงานของโลหะโซเดียมเท่ากับ 2.0 อิเล็กตรอนโวลต์ ถ้าแสงความยาวคลื่น 300 นาโนเมตร ตกกระทบผิวโซเดียม โฟโตอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะมีพลังงานจลน์สูงสุดกี่อิเล็กตรอนโวลต์

1. 1.2 eV
2. 2.1 eV
3. 4.2 eV
4. 6.1 eV

45. ถ้าระดับพลังงานชั้นที่ n ของอะตอมไฮโดรเจนในหน่วยอิเล็กตรอนโวลต์ เขียนได้เป็น $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$ ถ้าอิเล็กตรอนของอะตอมไฮโดรเจนเปลี่ยนสถานะจากชั้นที่ 2 ลงมาชั้นที่ 1 จะปลดปล่อยโฟตอนที่มี โมเมนตัมเท่าใด

1. 3.40×10^{-8} kg.m/s
2. 4.89×10^{-10} kg.m/s
3. 1.63×10^{-18} kg.m/s
4. 5.44×10^{-27} kg.m/s

46. โฟตอนของคลื่นใดต่อไปนี้มีโมเมนตัมมากที่สุด
1. รังสีแกมมา
2. รังสีอัลตราไวโอเลต
3. รังสีอินฟราเรด
4. คลื่นไมโครเวฟ

47. สารกัมมันตรังสีเรเดียม –226 สลายตัวให้อนุภาคแอลฟาและแกมมาโดยมีครึ่งชีวิต 1,620 ปี ถ้าเริ่มต้นมีเรเดียมนี้อยู่ 200 ไมโครกรัม ถามว่าเมื่อเวลาผ่านไป 4,860 ปี จะเหลือเรเดียม –226 นี้อยู่กี่ไมโครกรัม
1. $67\ \mu g$
2. $50\ \mu g$
3. $25\ \mu g$
4. $20\ \mu g$

48. ณ เวลาหนึ่ง ธาตุกัมมันตรังสี A มีกัมมันตภาพ A_0 ในขณะที่ธาตุกัมมันตรังสี B มีกัมมันตภาพ B_0 ถ้าค่าคงที่การสลายตัวของธาตุ A เป็น a และของธาตุ B เป็น b เวลาผ่านไปอีกนานเท่าใด กัมมันตภาพของธาตุทั้งสองจึงเท่ากัน
1. $\frac{A_0 - B_0}{a - b}$
2. $\frac{A_0 - B_0}{b - a}$
3. $\frac{\ln A_0 - \ln B_0}{a - b}$
4. $\frac{\ln A_0 - \ln B_0}{b - a}$

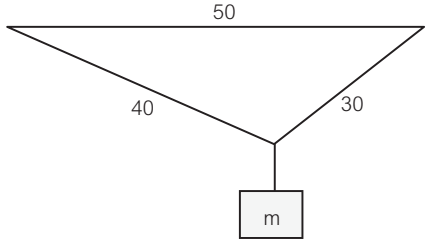
49. สำหรับปฏิกิริยา $^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He + X + 3.3\ MeV$
X แทนอนุภาคใด
1. อิเล็กตรอน
2. โพสิตรอน
3. โปรตอน
4. นิวตรอน

50. $^{32}_{15}P \text{ ---------> } {}^{32}_{16}S + \beta$ กำหนดค่ามวลของ $^{32}_{15}P = 31.9841\ u$, $^{32}_{16}S = 31.9833\ u$, $\beta = 0.00054\ u$ หรือ 9×10^{-31} Kg และกำหนดให้ 1 eV = 1.6×10^{-19} J, 1 u = 930 MeV ถ้าพลังงานที่เกิดขึ้นทั้งหมด ถูกสะสมในอนุภาคเบต้า และไม่คิดผลของสัมพันธภาพ (Relativistic effect) อนุภาคเบต้า จะมีความเร็วเท่าใด

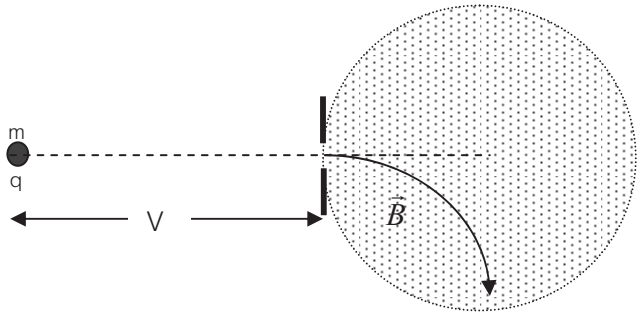
1. 2.2×10^6 m/s
2. 2.9×10^5 m/s
3. 2.3×10^5 m/s
4. 3×10^5 m/s

ตอนที่ 2 จำนวน 5 ข้อ ๆ ละ 6 คะแนน

1. มวล m แขวนด้วยเชือก 2 เส้น ยาว 40 และ 30 เซนติเมตร ปลายเชือกยึดไว้ห่างกัน 50 เซนติเมตร ในแนวระดับดังรูป และอยู่ในสมดุล ถ้าตัดเชือกด้าน 30 เซนติเมตร ให้ขาดแบบทันที มวล m จะเริ่มเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเป็นกี่เท่าของค่า g

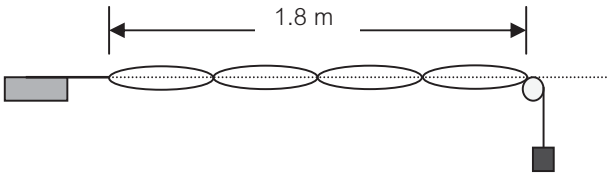


2. อนุภาคมวล m ประจุ q ถูกเร่งจากหยุดนิ่งผ่านความต่างศักย์ V = 2,000 โวลต์ ทำให้ได้ ความเร็ว $v = 5\times10^6$ เมตร/วินาที เมื่อเริ่มเข้าสู่สนามแม่เหล็ก $B = 0.1$ T ทิศตั้งฉาก กับความเร็ว รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามแม่เหล็กจะเป็นกี่เซนติเมตร



3. แสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ฉายผ่าน สลิตเดี่ยวในแนวตั้งฉากไปปรากฏเป็นแถบสว่างมืดบนฉากที่ห่างออกไป 1 เมตร ถ้าแถบมืดสองข้างแถบสว่างตรงกลางห่างกัน 4.0 มิลลิเมตร ถามว่าสลิดเดี่ยวกว้างกี่ไมโครเมตร

4. เมื่อใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลา ซึ่งเคาะ 50 รอบต่อวินาที มากระตุ้นเส้นเชือก ทำให้เกิดคลื่นนิ่งมีปฏิบัพ 4 ลูกในความยาว 1.80 เมตร ความเร็วของคลื่นในเส้นเชือกเป็นกี่เมตรต่อวินาที



5. แก๊สอุดมคติอุณหภูมิ 360 เคลวิน ถูกอัดที่ความดันคงที่ให้ปริมาตรเหลือเพียง 0.8 เท่าของปริมาตรเดิม จะมีอุณหภูมิสุดท้ายเป็นเท่าใดในหน่วยเคลวิน

เฉลย

ตอนที่ 1

ข้อ1 = 1	ข้อ2 = 4	ข้อ3 = 4	ข้อ4 = 3	ข้อ5 = 1	ข้อ6 = 3	ข้อ7 = 3
ข้อ8 = 1	ข้อ9 = 3	ข้อ10 = 2	ข้อ11 = 2	ข้อ12 = 1	ข้อ13 = 4	ข้อ14 = 3
ข้อ15 = 2	ข้อ16 = 4	ข้อ17 = 2	ข้อ18 = 3	ข้อ19 = 2	ข้อ20 = 2	ข้อ21 = 4
ข้อ22 = 1	ข้อ23 = 3	ข้อ24 = 4	ข้อ25 = 2	ข้อ26 = 2	ข้อ27 = 1	ข้อ28 = 1
ข้อ29 = 4	ข้อ30 = 3	ข้อ31 = 1	ข้อ32 = 1	ข้อ33 = 1	ข้อ34 = 4	ข้อ35 = 3
ข้อ36 = 3	ข้อ37 = 3	ข้อ38 = 1	ข้อ39 = 1	ข้อ40 = 1	ข้อ41 = 3	ข้อ42 = 4
ข้อ43 = 2	ข้อ44 = 2	ข้อ45 = 4	ข้อ46 = 1	ข้อ47 = 3	ข้อ48 = 3	ข้อ49 = 4
ข้อ50 = 2						

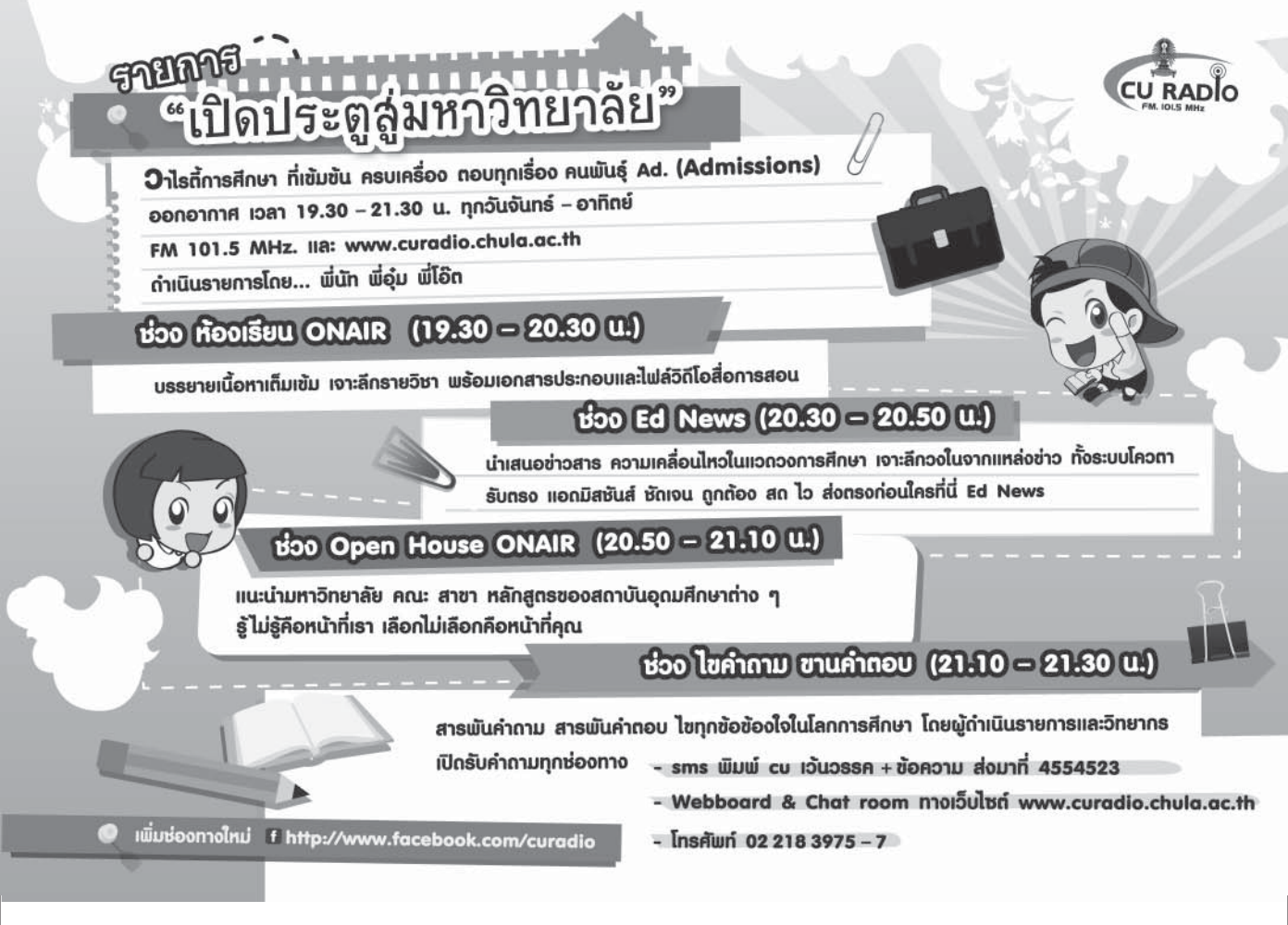
ตอนที่ 2

1. $a = \frac{3}{4}g$
2. $m = 0.8\ cm.$
3. $d = 300\ \mu m.$
4. $v = 45\ \ m/s$
5. $T_2 = 288\ K$

เพื่อเป็นกตัญญู กตเวทิตา

ระลึกถึง

พลเรือโท ดำรงค์ เชี่ยววิทย์



มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

เปิดรับสมัครนักศึกษาใหม่ ประจำปีการศึกษา 2554

ตั้งแต่ 5 มกราคม 2554 เป็นต้นไป

- **สำหรับผู้สำเร็จการศึกษา ปวส.** สามารถเทียบโอนรายวิชาได้
- **สำหรับผู้สมัครที่มีผลการเรียนเกรดเฉลี่ยสะสมตั้งแต่ 2.0 ขึ้นไป** สามารถสมัครเข้าศึกษาได้ด้วยการสอบสัมภาษณ์ทันที
- **สำหรับผู้สมัครที่ตัดสินใจได้รวดเร็ว** สมัครและลงทะเบียนภายในวันที่ 31 มกราคม 2554 จะได้รับทุนสนับสนุนการศึกษา จำนวน 5,000 บาท

คณะที่เปิดรับสมัคร

มหาวิทยาลัยศรีปทุม บางเขน
www.spu.ac.th

- คณะนิติศาสตร์
- คณะนิเทศศาสตร์
- คณะบริหารธุรกิจ
- คณะบัญชี
- คณะวิศวกรรมศาสตร์
- คณะศิลปศาสตร์
- คณะเศรษฐศาสตร์
- คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
- คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
- คณะดิจิทัลมีเดีย
- วิทยาลัยนานาชาติ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี
www.east.spu.ac.th

- คณะบริหารธุรกิจ
- คณะนิติศาสตร์
- คณะนิเทศศาสตร์
- คณะบัญชี
- คณะศิลปศาสตร์
- คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สมัครและสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่

มหาวิทยาลัยศรีปทุม บางเขน
61 ถ.พหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร. **0 2561 2222** ต่อ **2121-4** โทรสาร **0 2561 2222** ต่อ **2117**
www.spu.ac.th

มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี
79 ถ.บางนา-ตราด อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20000
โทร. **0 3874 3690** โทรสาร **0 3874 3700**
www.east.spu.ac.th

ศูนย์ภูมิภาคทั้ง 8 ศูนย์ (เปิดรับสมัครที่ศูนย์ภูมิภาคตั้งแต่ 1 ก.พ.-31 พ.ค. 2554)

ศูนย์จังหวัดราชบุรี	โรงเรียนราชโบริกานุเคราะห์	โทร. **08 4751 2902**
ศูนย์จังหวัดพิษณุโลก	โรงเรียนพุทธชินราชพิทยา	โทร. **08 4751 2904**
ศูนย์จังหวัดนครราชสีมา	โรงเรียนสุรนารีวิทยา	โทร. **08 4751 2907**
ศูนย์จังหวัดขอนแก่น	โรงเรียนพณิชยการขอนแก่น	โทร. **08 4751 2908**
ศูนย์จังหวัดสุราษฎร์ธานี	โรงเรียนสุราษฎร์ธานี	โทร. **08 4751 2911**
ศูนย์จังหวัดนครศรีธรรมราช	โรงเรียนกัลยาณีศรีธรรมราช	โทร. **08 4751 2912**
ศูนย์จังหวัดตรัง	โรงเรียนสภาราชินี	โทร. **08 4751 2913**
ศูนย์จังหวัดสงขลา	โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย	โทร. **08 4751 2915**

www.facebook.com/spufriend

ด้วยวิสัยทัศน์ **GREENERGY EXCELLENCE** ที่มุ่งสร้างสรรค์
ธุรกิจพลังงาน อย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน
เราไม่เคยหยุดที่จะ**สร้างสรรค์พลังสะอาด** เพื่อโลกที่สดใสตลอดไป

บางจาก
ผู้นำพลังงานทดแทน

ซุ้มกินมาราธอน...ที่ MK

ฉลองรับน้องด้วยเสียงหัวเราะและความอร่อยแบบไม่ยั้ง

ช่วงเวลาแห่งความอบอุ่น
เกิดขึ้นได้ง่ายๆ ที่ เอ็มเค
ที่ๆ มีรอยยิ้ม เสียงหัวเราะ
และมิตรภาพความผูกพัน
กับอาหารมื้ออร่อยและดี
ต่อสุขภาพ

ช่วงเวลาแห่งความอบอุ่น

MK RESTAURANTS

ทอด... ...ทิ้งๆ

POWERED BY
BIODIESEL

คน ชอบ ทอด ทิ้ง

สนับสนุนโดย

คคส.

แผนงานคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ
ภายใต้ความร่วมมือทางวิชาการของสำนักงานกองทุนสนับสนุน
การสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) กับจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นักบุกเบิก
แหล่งพลังงาน
ระดับโลกของไทย
คือใคร?

คือคนที่
ก้าวไปข้างหน้า
แสวงหาเป้าหมาย
ใหม่ๆ เสมอ

คือคนที่ใช้
ความแข็งแกร่งของใจ
ขุดเจาะ
ทุกอุปสรรค

คือคนที่
ไม่เคยหยุด
อยู่กับความสำเร็จ
ของวันนี้

คือคนที่
เอาความหวัง
ของคนไทยกว่า 60 ล้านคน
เป็นแรงผลักดัน

คือคนที่
เอา**ความรุ่งโรจน์**
ของประเทศเป็นจุดหมาย

คือคนที่
ไม่เคยยอมแพ้
ให้กับข้อจำกัดใดๆ

www.pttep.com

ปตท.สผ.
นักบุกเบิกแหล่งพลังงานระดับโลกของไทย

ปตท.สผ.