

高二上 第一章直線運動

Day 40: 平均速度與加速度

一、觀念整理

1. 位移=末位-初位
2. 平均速度=位移/時間
3. 平均速度= $x-t$ 割線斜率
4. 瞬時速度= $x-t$ 切線斜率
5. 平均加速度= $v-t$ 割線斜率
6. 瞬時加速度= $v-t$ 切線斜率
7. 等速度=等速率+直線
- 6~10 題為是非題:
8. 等速度運動必為直線運動(O)
9. 等速度運動必為等速率運動(O)
10. 直線運動必為等速度運動(X)
11. 等速率運動必為等速度運動(X)
12. 等速度運動必為等速率直線運動(O)

二、例題演練

1. 若一直線運動之位置對時間關係式為 $X=t^2-4t+3$ 其中 X 單位為公尺 t 單位為秒求:
 - (1) $t=5$ 秒之瞬時速度
 - (2) $t=5$ 秒之瞬時加速度
 - (3) 物體靜止時之時刻
 - (4) 物體靜止時之位置
 - (5) 物體靜止時之加速度

解:(1) $v=dx/dt=2t-4$ $t=5$ 代入 $v(5)=10-4=6$ m/s

(2) $a=dv/dt=2$ $a(5)=2$ m/s²

(3)靜止 $\Rightarrow v=0$ $2t-4=0 \Rightarrow t=2$ s

(4) $x(2)=4-8+3=-1$ m

(5) $a(2)=2$ m/s²

Day 39: 等加速度

一、觀念整理

等加速度公式:

1. 沒有 d $\Rightarrow V=V_0+at$
2. 沒有 a $\Rightarrow d=(V+V_0)t/2$
3. 沒有 v $\Rightarrow d=V_0t+at^2/2$
4. 沒有 t $\Rightarrow V^2=V_0^2+2ad$

二、例題演練:

1. 某質點作等加速度直線運動，若通過 A 點時速度為 20m/s，再經過 5 秒後通過 B 點，若 AB 相距 200 公尺求:

- (1) 加速度
- (2) 通過 B 點之速度

解:(1)沒有 $V \Rightarrow$ 第 3 式: $d=V_0t+at^2/2$ $200=20*5+a*5^2/2$ $200=100+25a/2$
 $25a=200$ $a=8m/s^2$

(2)五量全現 \Rightarrow 第 1 式最簡單: $V=V_0+at$ $V_b=20+5*8=20+40=60$ m/s

2. 火車沿直線軌道作等加速度運動，若車頭通過車站某點時的速度為 u ，車尾通過時的速度為 v ，列車長 L ，求:

- (1) 中點通過時之速度
- (2) 列車通過所需時間

解:(1)沒有 $t \Rightarrow$ 第 4 式 $V^2=V_0^2+2ad$

頭尾通過 $\Rightarrow v^2=u^2+2aL \dots \dots (1)$

頭中通過 $\Rightarrow w^2=u^2+2a(L/2) \dots (2)$

$$(2)*2-(1) \Rightarrow 2w^2-v^2=2u^2-u^2 \Rightarrow 2w^2=u^2+v^2 \Rightarrow w=\sqrt{\frac{u^2+v^2}{2}}$$

(2)沒有 $a \Rightarrow$ 第 2 式 $L=(u+v)t/2 \Rightarrow t=2L/(u+v)$

3. 一人在 30 公尺處以 5m/s 的速度追趕公車，若公車以 $1m/s^2$ 的加速度前進，問
(1) 此人能否趕上公車? (2) 最近距離為何?

解:1. 關鍵時間 \Rightarrow 公車加速至 5m/s

$$V=V_0+at \quad 5=1*t \quad t=5 \text{ s}$$

2. 5 秒內人所追之距離 $5*5/2=12.5$ 公尺 $<$ 30 公尺

所以追不上公車

3. 最近距離 $=30-12.5=17.5$ 公尺

Day 38: 自由落體相對運動

一、觀念整理

1. 自由落體條件=>地表附近、只受重力
2. 自由落體結果=> $g=9.8\text{m/s}^2$ 向下
3. 自由落體種類 $V=0$ =>靜止落體、 $V_0 \neq 0$ =>上拋、下拋
4. 上拋兩大對稱速度對稱=>同一高度速率相等、時間對稱=>上升時間=下降時間
(要領)去頭去尾中間分
5. 相對運動 V_{ab} => $V_a - V_b$ 、A 對 B、B 看 A
6. 兩大原則:同向相減反向相加、順流相加逆流相減

二、例題演練

1. 某物體作靜止落體運動，求：

- (1) 第 t 秒加速度比
- (2) 第 t 秒速度比
- (3) t 秒內位移比
- (4) 第 t 秒內位移比

解:(1)靜止落體 $V_0=0$ 為等加速度運動 $g=9.8\text{m/s}^2$ 向下=> $1:1:1:\dots:1$

(2) $V=gt$ => $1:2:3:\dots:t$

(3) $h=gt^2/2$ => $1:4:9:\dots:t^2$

(4) $h(t)-h(t-1)=gt^2/2 - g(t-1)^2/2 = g(2t-1)/2$ => $1:3:5:\dots:(2t-1)$

2. 某物以 9.8m/s 的速度鉛直向上拋射，求：

- (1)最高點之速度
- (2)上升至最高點所需時間
- (3)可上升之最大高度
- (4)回到出發點之速度
- (5)回到出發點所需時間

解:(1)最高點不再高=> $V=0$

(2)已知 $V_0=0$ 、 a 、 V 求 t 沒有 d =>第 1 式 $v=V_0+at$ => $9.8=9.8t$ $t=1$ s

(3) $d=V_0t+at^2/2=9.8*1/2=4.9$ m

(4)速度對稱=> 9.8m/s 向下

(5)時間對稱=>上升時間=下降時間 $T=2t=2*1=2$ s

3. AB 兩車在同一直線上運動 $V_a=60\text{km/hr}$ 、 $V_b=40\text{km/hr}$ 兩車相距 100km ，問兩車相遇所需時間，若

- (1)兩車同向，A 車在後
- (2)兩車相向

解:1. 同向相減=> $V_{ab}=60-40=20$ km/hr 等速: $S=VT$ $100=20T$ $T=5$ hr

2. 反向相加=> $V_{ab}=60+40=100$ km/hr $S=VT$ $100=100T$ $T=1$ hr

第二章平面運動

Day 37: 向量與平拋

一、觀念整理

1. 向量合成

A. $\vec{a} + \vec{b} \Rightarrow$ 三角形法: 頭尾相接, 從頭到尾

平行四邊形法: 較長的對角線

B. $\vec{a} - \vec{b} \Rightarrow$ 三角形法: 頭頭相接, 從尾到尾

平行四邊形法: 較短的對角線

2. 向量分解 \Rightarrow 夾同邊是 \cos

$$V_x = V \cos \theta \quad V_y = V \sin \theta$$

3. 運動獨立性 \Rightarrow 垂直 \Leftrightarrow 獨立

4. 加速度 $\Rightarrow a_T =$ 切線加速度 \Rightarrow 加速

$\Rightarrow a_N =$ 法線加速度 \Rightarrow 轉彎

5. 平拋: X: 等速 公式: $x = V_0 t$

$$Y: \text{靜落 公式: } V_y = gt \quad y = gt^2/2 \quad V_y^2 = 2gy$$

二、例題演練:

1. 轟炸機以 100m/s 的等速度平飛接近目標, 若飛機高度為 490m, 則飛機投下炸彈 ($g=9.8\text{m/s}^2$)

(1) 著地時間

(2) 水平射程

(3) $V_y = ?$

解: (1) 由 Y 求 T $y = gt^2/2 \quad 490 = 9.8 * t^2/2 \quad t = 10 \text{ s}$

(2) 由 T 代 X $x = V_0 t = 100 * 10 = 1000 \text{ m}$

(3) $V_y = gt = 9.8 * 10 = 98 \text{ m/s}$

2. 若一物以 20m/s 水平拋出, $g=10\text{m/s}^2$

(1) 若水平位移等於鉛直位移則經歷時間為何?

(2) 若水平速度等於鉛直速度則經歷時間為何?

(3) 承 2 此時切線加速度與法線加速度各為多少?

解: (1) $x = y \quad V_0 t = gt^2/2 \quad t = 2V_0/g = 2 * 20/10 = 4 \text{ s}$

(2) $V_x = V_y \quad V_0 = gt \quad 20 = 10t \quad t = 2 \text{ s}$

(3) $\tan \phi = V_y/V_x = 1 \quad \phi = 45^\circ \quad a_T = g \sin \phi = 10 * \sin 45^\circ = 5\sqrt{2} \text{ m/s}^2$

$a_N = g \cos \phi = 10 * \cos 45^\circ = 5\sqrt{2} \text{ m/s}^2$

Day 36: 斜拋

一、觀念整理

1. 解題方法: 速度分解、上拋公式、去頭去尾中間分
2. 斜拋: X: 等速 公式: $x = v_0 \cos \theta t$
Y: 上拋 公式: $v_y = v_0 \sin \theta - gt$
 $y = v_0 \sin \theta t - gt^2/2$
 $v_y^2 = (v_0 \sin \theta)^2 - 2gy$
3. 特殊量: 飛行時間 $T = 2v_0 \sin \theta / g$
最大高度 $H = (v_0 \sin \theta)^2 / 2g$
水平射程 $R = v_0 \cos \theta * T = 2v_0^2 \sin \theta \cos \theta / g$
藍道解法 $\tan \theta = 4H/R$

二、例題演練:

1. 平坦的地面上，足球員以仰角 45° 初速 10m/s 將球踢出，求 ($g=10\text{m/s}^2$)
 - (1) 飛行時間
 - (2) 水平射程
 - (3) 最大高度

解: (1) 速度分解 $v_x = v_0 \cos \theta = 10 * \sqrt{2} / 2 = 5\sqrt{2} \text{ m/s}$

$$v_y = v_0 \sin \theta = 10 * \sqrt{2} / 2 = 5\sqrt{2} \text{ m/s}$$

$$v_y = gt \quad 5\sqrt{2} = 10t \quad t = \sqrt{2} / 2 \text{ s} \quad T = 2t = \sqrt{2} \text{ s}$$

$$(2) R = v_x T = 5\sqrt{2} * \sqrt{2} = 10 \text{ m}$$

$$(3) \tan \theta = 4H/R \quad 1 = 4H/10 \quad H = 2.5 \text{ m}$$

Day 35: 圓周運動

一、觀念整理

1. TVR 關係: $TV=2\pi R$
2. Tf 關係: $Tf=1$
3. $T\omega$ 關係: $T\omega=2\pi$
4. a(TV 表示) = $2\pi V/T$
(TR 表示) = $4\pi^2 R/T^2$
(RV 表示) = V^2/R

二、例題演練:

1. 若一物體作等速率圓周運動，半徑 0.5m，每分鐘轉 180 圈求：
 - A. 週期
 - B. 頻率
 - C. 角速度
 - D. 速度
 - E. 加速度

解: (1) 週期 = 時間 / 次數 = $60/180 = 1/3$ 秒

(2) $Tf=1$ $f=1/T=3$ Hz

(3) $T\omega=2\pi$ $\omega=2\pi/T=6\pi$ 1/s

(4) $TV=2\pi R$ $V=2\pi*0.5/(1/3)=3\pi$ m/s

(5) $a=V^2/R=9\pi^2/0.5=18\pi^2$ m/s²

第三章靜力平衡

Day 34: 力的測量

一、觀念整理

1. 虎克定律:(1)大小:彈性恢復力與伸長量成正比
(2)方向:指向平衡點
2. 力圖的畫法:(1)選定受力體 (2)先畫超距力
(3)再畫接觸力 (要領)循著邊緣找一圈
3. 力的合成
(1)三角形法:頭尾相接,從頭到尾
(2)平行四邊形法:較長的對角線
4. 力的分解=>夾同邊是cos
 $F_x = F \cos \theta$ $F_y = F \sin \theta$

二、例題演練:

1. 若兩彈簧彈力常數分別為 K_1 與 K_2 , 求總彈力常數, 若:
 - A. 彈簧串聯
 - B. 彈簧並聯

解:(1)串聯:彈力相同 $F=F_1=F_2$

伸長量相加 $X=X_1+X_2$

$F=KX \Rightarrow X=F/K$

$F_1=K_1X_1 \Rightarrow X_1=F_1/K_1$

$F_2=K_2X_2 \Rightarrow X_2=F_2/K_2$

$F/K = F_1/K_1 + F_2/K_2 \Rightarrow 1/K = 1/K_1 + 1/K_2$

(2)並聯:彈力相加 $F=F_1+F_2$

伸長量相同 $X=X_1=X_2$

$F=KX$

$F_1=K_1X_1$

$F_2=K_2X_2$

$KX = K_1X_1 + K_2X_2 \Rightarrow K = K_1 + K_2$

Day 33: 力矩與力偶

一、觀念整理:

1. 力矩定義 = 力 * 力臂
 $\tau = rF \sin \theta$
2. 單位 => kgw-m nt-m
3. 方向 => 右手定則
+ : 逆時針
- : 順時針
4. 力偶 => 等大反向不同線
兩力平衡 => 等大反向一直線
力偶矩 : 力 * 力偶臂
力矩 : 與支點選擇有關
力偶矩 : 與支點選擇無關

二、例題演練:

1. $F=5\text{kgw}, r=10\text{m}$, 夾角 = 30度, 力矩 = ?
解: $\tau = rF \sin \theta = 5 * 10 * \sin 30^\circ = 25 \text{ kgw-m}$
2. 若一對力偶 = 5kgw, 力偶臂 = 5m 求力偶矩 = ?
解: 力偶矩 = 力 * 力偶臂 = $5 * 5 = 25 \text{ kgw-m}$

Day 32: 靜力平衡的條件

一、觀念整理:

1. 靜力平衡的條件:

不移動 \Rightarrow 合力 = 0 $\Rightarrow \Sigma F_x = 0 \Rightarrow$ 向左 = 向右

(共點力) $\Rightarrow \Sigma F_y = 0 \Rightarrow$ 向上 = 向下

不轉動 \Rightarrow 合力矩 = 0 $\Rightarrow \Sigma \tau = 0 \Rightarrow$ 順時針力矩 = 逆時針力矩

(非共點力)

2. 方向: 兩力平衡 \Rightarrow 等大反向一直線

三力平衡 \Rightarrow 不平行必共點 不共點必平行

3. 四力平衡: 先用合力矩 = 0 消去支點上的力

二、例題演練:

1. 使用一個輪軸拉軸上掛 100kgw 的物體, 輪直徑 20cm 軸的半徑 5cm, 則需施力多少?

解: $100 \times 10 = 20 \times F$

$$F = 50 \text{kgw}$$

2. 一均勻的梯子重 50kgw 靠在一光滑牆壁上, 與地面夾角 60 度, 則

(1) 牆壁給梯子的正向力 $N = ?$ (2) 地面給梯子的作用力 $F = ?$

解: (1) 合力矩 = 0 $50 \times \sin 30 \times L / 2 = N \times \sin 60 \times L$

$$50 / (2 \times 2) = N \times \sqrt{3} / 2 \quad N = 25 \sqrt{3} / 3 \text{kgw}$$

$$(2) F_x = N \quad F_y = W = 50 \text{kgw} \quad F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 25 \sqrt{39} / 3 \text{kgw}$$

Day 31: 重心與摩擦力

一、觀念整理:

1. 重心 $X_{cg} = (w_1x_1 + w_2x_2) / (w_1 + w_2)$
 $Y_{cg} = (w_1y_1 + w_2y_2) / (w_1 + w_2)$
2. 物體不傾倒條件=>重心不超過底面積
3. 物體與接觸面的力: 平行方向=>摩擦力
垂直方向=>正向力
4. 靜摩擦力的大小=>直接受外力: 與外力相等
間接受力: 產生加速度
方向=>直接受外力: 與外力反向
間接受力: 與加速度同向
5. 動摩擦力的大小: 動摩擦係數*正向力
方向: 與速度(運動)反向

二、例題演練:

1. ABC 三木塊質量均相同依序疊起，長度 L，AB、BC 相距 d，欲保持平衡，則 d 最大可為？

解: $X_{cg} \leq L$ $X_{cg} = [w*(d+L/2) + w*(2d+L/2)] / (w+w) = (L+3d)/2 \leq L$
 $L+3d \leq 2L$ $3d \leq L$ $d \leq L/3$

2. 一物體 100kgw 靜置於斜角 30 度的斜面上, 求(1)摩擦力 (2)正向力 (3)斜面給物體的總作用力?

解: (1) $f_s = W \sin 30 = 100/2 = 50 \text{kgw}$

(2) $N = W \cos 30 = 100 * \sqrt{3} / 2 = 50\sqrt{3} \text{kgw}$

(3) 可視為兩力平衡 所以 $F = W = 100 \text{kgw}$

第四章牛頓定律

Day 30: 慣性定律

一、觀念整理:

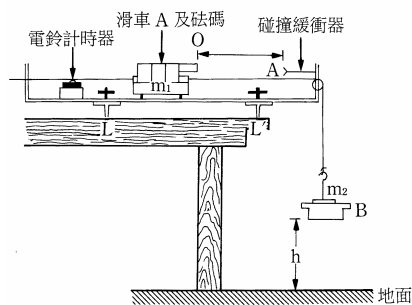
1. 牛頓第一定律=>慣性 定律:
物體不受外力=>靜者恆靜 動者恆作等速度運動
2. 牛頓第二定律=>運動 定律:
公式: $F=ma$
單位:MKS 制 $1\text{nt}=1\text{kg}\cdot 1\text{m}/\text{s}^2$ CGS 制 $1\text{dyne}=1\text{g}\cdot 1\text{cm}/\text{s}^2$
轉換: $1\text{nt}=10^5$ dyne
 $1\text{kgw}=9.8$ nt
3. 牛頓第三定律=>反作用力 定律:
作用力與反作用力:等大反向不同物
4. 牛頓定律解題結構:
直線運動:加速軸: $\Sigma F=ma$
靜止軸: $\Sigma F=0$
曲線運動:切線式: $\Sigma Ft=mat$
法線式: $\Sigma Fn=man=mv^2/r$

二、例題演練:

1. 氣球載有兩包沙包時，以加速度 a 上升；載有 6 包沙包時，以加速度 a 下降。若不計氣球本身重量及沙包的浮力，則(1)欲其不升不降時，應載沙包幾包？(2)加速度為何？
【大考中心題庫】【66 夜大】【70 三專】

解: $B-2mg=2ma$ (1)
 $6mg-B=6ma$ (2)
(1)+(2) $4mg=8ma$ $a=g/2$ 代入(1)
 $B-2mg=mg$ $B=3mg$

2. 如圖，忽略繩的質量與摩擦力，求(1)加速度 (2)繩子張力？



解:(1) $m_1g=(m_1+m_2)a \Rightarrow a=m_1g/(m_1+m_2)$
(2) $T=m_2a=m_1m_2g/(m_1+m_2)$

Day 29: 直線運動

一、觀念整理:

1. 合體運動：先選受力體：全 (可消去內力) => 求出整體加速度

二、例題演練:

1. 合體運動：質量分別為 1,1,1KG 的 ABC 三物體以細線依序連接,左端 A 側施力 3NT 求 (1) 物體加速度 (2) AB 間張力 (3) BC 間張力?

解:(1) 受力體:全 $F=ma$ $3=3a$ $a=1\text{m/s}^2$

(2) 受力體:A $3-T_{ab}=1*1$ $T_{ab}=2\text{nt}$

(3) 受力體:C $T_{bc}=1*1=1\text{nt}$

2. 阿特午機：忽略繩與輪之質量與摩擦力,一阿特午機左右兩端掛 5kg 與 1kg 兩物體,求 (1) 物體加速度 (2) 繩子張力($g=10\text{m/s}^2$)

解:(1) 受力體:全 $(M-m)g=(M+m)a$ $4*10=6*a$ $a=20/3\text{m/s}^2$

(2) 受力體:5kg $5*10-T=5*20/3$ $T=50/3\text{ nt}$

3. 電梯問題：一人質量 2kg,若電梯以加速度 (1) $g/2$ 上升 (2) $g/2$ 下降,求視重?

解:(1) $N-mg=ma$ $N=m(g+a)=2(g+g/2)=3g$

(2) $mg-N=ma$ $N=m(g-a)=m(g-g/2)=2g/2=g$

Day 28: 動量與衝量

一、觀念整理:

1. 慣性: 啟動慣性: 由靜到動 => 質量 靜止慣性: 由動到靜 => 動量
2. 動量定義: $p=mv$
3. 衝量定義: $J=F\Delta t$ 衝量定理: $=\Delta p=m\Delta v$
4. 單位: (1) $nt\cdot s$ (2) $kg\cdot m/s$
5. 質心位置 : 意義: 運動代表點 公式: $X_c = \frac{\sum mx}{\sum m} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots}$
 質心速度 : 意義: 動量集中點 公式: $V_c = \frac{\sum mv}{\sum m} = \frac{m_1v_1 + m_2v_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots}$
 質心加速度: 意義: 外力作用點 公式: $a_c = \frac{\sum ma}{\sum m} = \frac{m_1a_1 + m_2a_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots}$
6. 動量守恆 \Leftrightarrow 物體 不受外力

二、例題演練:

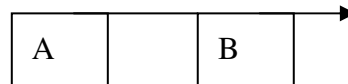
1. 如圖已知 A 及 B 的質量分別為 2.0kg 及 0.5kg, 受衝量 10Nt-sec 之作用, 當 A 達 0.2m/sec 速度時, 繩突斷裂, 則 【習題、大考中心題庫】
 (A) A 所受衝量為 4Nt-sec (B) B 所受衝量為 9.6Nt-sec (C) B 的末速度大小為 12m/sec (D) 設 $F=50Nt$, 則由靜止起經 0.01 秒繩子斷裂
 (E) 承(D) 繩斷裂後 0.19 秒衝量停止作用 (F) 作用時間 0.2 秒

解: BDEF

A. $2 \times 0.2 = 0.4N\cdot s$

B. $10 - 0.4 = 9.6N\cdot s$

C. $9.6 = 0.5V_b$ $V_b = 19.2m/s$ D.



2. 阿特午機: 忽略繩與輪之質量與摩擦力, 一阿特午機左右兩端掛 M 與 m 兩物體, 求 (1) 物體加速度 (2) 質心加速度

解: (a) $a = (M-m)g / (M+m)$ (b) $A_c = (Ma - ma) / (M+m) = (M-m)^2 g / (M+m)^2$

3. A、B 兩人各穿冰刀, 面對面靜止站在冰上, 今 A 把手中籃球拋傳給 B 接住。設兩人質量各為 m_A 及 m_B , 籃球質量為 m , 而籃球傳出時的水平速度為 v , 當籃球傳過之後, A、B 兩人相對速度之大小為?

解: $m_A V_a = mv$ $mv = (m+m_B)V_b$ $V_a + V_b = mv \left(\frac{1}{m_A} + \frac{1}{m_B + m} \right)$

4. 一碗狀物體, 質量為 M, 其內壁呈半球形(半徑為 R)。設此物體被置於一光滑之水平面上, 另一質量為 m 之小物體自碗內之內壁頂端滑落至碗底時, 碗移動之距離為: (A) 0 (B) $mR / (m+M)$ (C) mR / M (D) $MR / (M+m)$

解: $mx = MX$ $x + X = R$ $X = mR / (M+m)$ => B

Day 27: 圓周與簡諧

一、觀念整理:

1. 曲線運動解題結構: 切線式: $\Sigma Ft = mat$ 法線式: $\Sigma Fn = man = mv^2/r$
2. 簡諧公式:
 - (a) 端點出發: $x = R\cos\omega t$ $v = -R\omega\sin\omega t$ $a = -R\omega^2\cos\omega t$
 - (b) 平衡點出發: $x = R\sin\omega t$ $v = R\omega\cos\omega t$ $a = -R\omega^2\sin\omega t$

二、例題演練:

1. 單擺長 L , 擺錘質量 m 。當擺錘在一水平面上以等角速 ω 繞鉛垂線旋轉時, 如擺線與鉛垂線的夾角為 θ , 則 $\cos\theta = \underline{\hspace{2cm}}$ 。 【79 日大】

解: $F\cos\theta = mg$ $F = mg/\cos\theta$

$$F\sin\theta = mv^2/R \text{ 又 } v = R\omega \text{ } R = L\sin\theta \Rightarrow mg\sin\theta/\cos\theta = mL\sin\theta\omega^2 \\ \Rightarrow \cos\theta = g/L\omega^2$$

2. 汽車以速度 V 米/秒行駛時, 欲作半徑 R 米之水平轉彎而不發生危險, 若欲不藉摩擦力使汽車轉彎, 則路面應如何傾斜 $\theta = ?$ 【大考中心題庫】

解: $N\cos\theta = mg$ $N = mg/\cos\theta$

$$N\sin\theta = mv^2/R \Rightarrow \tan\theta = v^2/gR$$

3. 地震時建築物在水平面上作 SHM, 振幅 0.1m 週期 0.5s 則(1)最大加速度(2)最大速率(3)距平衡點 0.05m 時的速率

解: (1) $Tv = 2\pi R$ $v = 2\pi R/T = 2\pi * 0.1/0.5 = 0.4\pi \text{ m/s}$

$$a = v^2/R = 0.16\pi^2 / 0.1 = 1.6\pi^2 \text{ m/s}^2$$

$$(2) v = 0.4\pi \text{ m/s}$$

$$(3) x = R\cos\omega t \quad 0.05 = 0.1\cos\omega t \quad \cos\omega t = 1/2 \quad \sin\omega t = \sqrt{3}/2$$

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi/0.5 = 4\pi \text{ rad/s}$$

$$v = R\omega\sin\omega t = 0.1 * (4\pi) * \sqrt{3}/2 = \sqrt{3}\pi/5 \text{ m/s}$$

4. 單擺擺錘質量 m 擺角 θ 擺長 L , 求(1)最高點時(2)最低點時繩子張力

解: (1) 法線力 = 0 $T = mg\cos\theta$

$$(2) T' - mg = mv^2/L \quad mv^2/2 = mgL(1 - \cos\theta) \Rightarrow mv^2/L = 2mg(1 - \cos\theta)$$

$$\Rightarrow T' = mg(3 - 2\cos\theta)$$

第五章萬有引力

Day 26: 萬有引力

一、觀念整理

1. 克卜勒第一定律: 又叫**軌道**定律: 行星繞日, 軌道為**橢圓** 太陽在其中一**焦點**
2. 克卜勒第二定律: 又叫**等面積** 定律: 近日點與遠日點公式: $R_{近}V_{近}=R_{遠}V_{遠}$
3. 克卜勒第三定律: 又叫**週期** 定律: 公式: $R_1^3/T_1^2=R_2^3/T_2^2$
4. 萬有引力: 適用對象: **質點或均勻球外**
公式: $F_g=GMm/r^2$

二、例題演練:

1. 某行星繞日近日點/遠日點=4/5, 求其角速度之比?
解: 由克二: $R_{近}V_{近}=R_{遠}V_{遠}$ 且 $V=R\omega$
 $R_{近}^2\omega_{近}=R_{遠}^2\omega_{遠}$
故 $16\omega_{近}=25\omega_{遠}$ $\omega_{近}/\omega_{遠}=25/16$
2. 若太陽系某行星近日點和遠日點距離分別為 1AU 與 7AU. 求該行星之週期=?:
解: $R=(1+7)/2=4AU$
參考地球: $R=1AU$ $T=1$ 年
帶入克三
 $R_1^3/T_1^2=R_2^3/T_2^2$ $4^3/T^2=1^3/1^2$
故 $T=8$ 年
3. 行星質量 m 繞恆星質量 M 作半徑 R 之等速率圓周運動. 求週期=?
解: $F_g=GMm/r^2=m4\pi^2r/T$
 $\Rightarrow r^3/T^2=GM/4\pi^2$
故 $T=2\pi\sqrt{r^3/GM}$

Day 25: 衛星運動

一、觀念整理

1. 表面衛星: 又叫**戰略** 衛星: 特性: $R = \text{地球半徑}$

2. 同步衛星: 又叫**通信** 衛星: 特性: $T = 1 \text{ 天}$

二、例題演練:

1. 某星之表面衛星周期為 T , 求此星之平均密度?

解: 萬有引力當作向心力

$$GMm/r^2 = mv^2/r = m4\pi^2 r/T^2 \Rightarrow M/r^3 = 4\pi^2/T^2$$

$$\text{星球密度 } \rho = M/V = 3M/4\pi r^3 = 3\pi/GT^2$$

$$\text{故宇宙第一常數 } \rho T^2 = 3\pi/G$$

2. 利用克三求出地球同步衛星與月球半徑之比?

$$\text{解: } R_{\text{步}}^3/T_{\text{步}}^2 = R_{\text{月}}^3/T_{\text{月}}^2$$

$$\text{i. } R_{\text{步}}^3/1 = R_{\text{月}}^3/900$$

$$\text{ii. } R_{\text{步}}/R_{\text{月}} = 1/(900)^{1/3}$$

第六章功與動能

Day 24: 功

一、觀念整理

1. 功 = 力 * 位移 = 有效力 * 位移 = 力 * 有效位移

2. 英文 $W = \vec{F} \cdot \vec{d} = Fd \cos \theta = (F \cos \theta)d = F(d \cos \theta)$

3. 平行 效應. 使用條件: 定力

4. 單位: $\text{nt} * \text{m} = \text{Joule}$ 焦耳

5. 種類:

$0^\circ < \theta < 90^\circ$ $\cos \theta > 0$ 作正功

$\theta = 90^\circ$ $\cos \theta = 0$ 不作功

$90^\circ < \theta < 180^\circ$ $\cos \theta < 0$ 作負功

6. 線性力作功 = F-X 面積

二、例題演練:

1. 某人以水平方向之力等速拉動一木箱, 木箱質量 20KG 與地面之動摩擦係數為 0.6, 位移為 5M, g 的數值代 10, 求作功多少?

解: $W = Fd = \mu_k mgd = 0.6 * 20 * 10 * 5 = 600\text{J}$

2. 一彈簧彈力常數 100N/M, 原以伸長 10CM 若欲再伸長 10CM, 需作功多少?

解: $W = k(X_2^2 - X_1^2) / 2 = 100 * (0.2^2 - 0.1^2) / 2 = 50 * (0.03) = 1.5\text{J}$

Day 23: 功能原理

一、觀念整理

1. 外力作功 = 動能變化量
2. 平均功率 = 功 / 時間
3. 瞬時功率 = 力 * 速度
4. 單位：Watt 瓦特

二、例題演練：

1. 速率 100m/s 的子彈恰可穿透厚度 2cm 之固定木板則欲穿透厚度 8cm 之固定木板，子彈速率應變為何？若木塊之阻力不變

解： $W = \Delta E_k = fr * S$ $E_{k1} / E_{k2} = S_1 / S_2 = V_1^2 / V_2^2$

$2/8 = (100/V)^2 \Rightarrow V = 200\text{m/s}$

2. 汽船引擎功率 6kW, 以等速率 5m/s 前進，求平均阻力？

解： $P = Fv \Rightarrow 6000 = F * 5$ $F = 1200\text{nt}$

高二下

Day 22: 重力位能

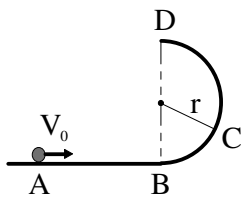
一、觀念整理

1. 位能定義: 抵抗保守力作功
2. 力學能守恆: $E_{ka} + U_{ga} = E_{kb} + U_{gb}$
3. 鉛直圓周運動解題結構: E 守恆, 法線式

二、例題演練:

1. 一擺長 L 擺錘質量 m 的單擺, 自擺角處 θ 靜止釋放, 求擺錘在最低點的動能
解: E 守恆 $E_k = -U_g = mgL(1 - \cos \theta)$
2. 平面 AB 與曲面 BCD 均光滑, 自 a 發射小物體, 經 BCD 各點落回 A 點, $AB = 3r$, 圓半徑為 r 求 (1) $V_d = ?$ (2) $U_{gd} - U_{ga} = ?$ (3) $V_a = ?$

解: (2) $2mgr$



Day 21: 五種能量

一、觀念整理

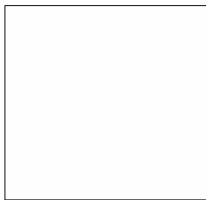
衛星運動中的五種能量用 Mm/R 表示

1. 動能 $Gm/2R$
2. 位能 $-Gm/R$
3. 力學能 $-Gm/2R$
4. 束縛能 $Gm/2R$
5. 脫離能 Gm/R

二、例題演練:

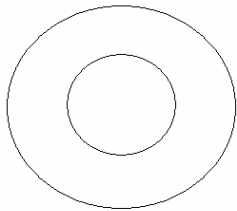
1. 正方形邊長 L 四頂點各放一質點質量為 M . 求系統重力位能?

解: $U_g = -(4 + 2\sqrt{0.5})GM^2/L$



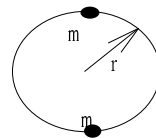
2. 地球半徑 r 一衛星距地面高度 r . 動能 E_k 若再供給衛星 $E_k/3$ 之能量求衛星之軌道半徑變為?

解: $3r$



3. 設有二星球其質量均為 m , 在相互吸引之重力作用下同時以半徑 r 對此二星球之質量中心做圓周運動, 如圖所示, 則至少須多少能量, 才能將此二星球拆散成無限遠? (G 為重力常數)

解: $Gm^2/4r$



Day 20: 彈力位能

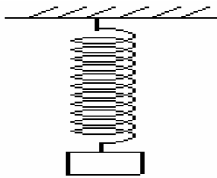
一、觀念整理

1. 彈力位能 $U_s = kx^2/2$
2. 鉛直簡諧之力學能守恆: $mV^2/2 = kR^2/2 = mv^2/2 + kx^2/2$

二、例題演練:

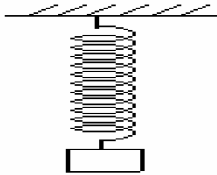
1. 一彈簧彈力常數為 k 上端固定於天花板, 下端懸掛一質量為 m 的物體, 使物體靜止於原長, 突然放手使物體作鉛直簡諧運動求:
a. 最大伸長量 b. 最大動能 c. 最大彈力位能?

解: a. $2mg/k$ b. $m^2g^2/2k$ c. $2m^2g^2/k$



2. 自然長度 $12L$ 之彈簧上端固定下端掛一質量為 m 的物體使作鉛直簡諧運動若彈簧最短長度為 $11L$, 最長為 $15L$. 求: a. 彈力常數=? b. 最大速率時之彈簧長度 c. 最大動能

解: a. mg/L b. $13L$ c. $2mgL$



3. 一木塊質量為 M , 用彈力常數為 k 的輕彈簧吊著, 使其靜止平衡, 此時彈簧總長為 L . 今以一質量為 m 的子彈, 從木塊正下方鉛垂向上打入木塊後留在其中。設子彈打中木塊時的初速為 v , 子彈進入木塊後, 木塊上下振盪。問:
當子彈射入木塊後, 此系統(木塊、彈簧及子彈)的總力學能為若干?(假設當彈簧總長為 L 時, 木塊的重力位能為零)

解: $\frac{1}{2}mv^2 \cdot \frac{m}{m+M} + \frac{M^2g^2}{2k}$

Day 19: 彈性碰撞

一、觀念整理

1. 質心位置 $X_c = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$

2. 質心速度 $V_c = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$

3. 質心加速度 $A_c = \frac{m_1 a_1 + m_2 a_2}{m_1 + m_2}$

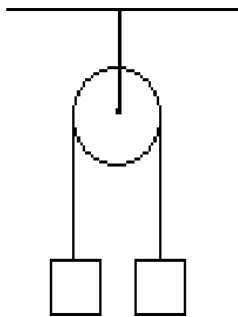
4. 彈性碰撞兩大守恆: 動量守恆、動能守恆

5. 正向彈碰: $v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_2$ $v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_2$

6. 斜向彈碰: P_x 、 P_y 、 E_k 守恆

二、例題演練:

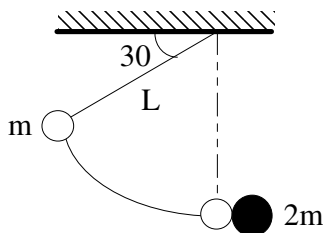
1. 阿特伍德機的裝置裡，質量為 m 的物體和質量為 M 的另一物體以細繩相連，掛在滑輪上； $M > m$ 。繩子和滑輪的質量以及摩擦力均可忽略不計。在 M 下降、 m 上昇的期間，這兩個物體的質量中心下降的加速度為？



解: $a_c = \left[\frac{M-m}{M+m} \right]^2 g$

2. 一單擺長 L ，擺錘質量 m 。今將 m 拉至擺線在水平之下 30° 俯角之位置(如圖)放開。當 m 擺至最低點時，與一質量為 $2m$ 的另一靜止小球發生正向碰撞：

若 m 與 $2m$ 為彈性碰撞，則碰撞後 m 可反彈多高？



解: (A) $L/18$ (B) $10mg/3$

Day 18: 非彈性碰撞

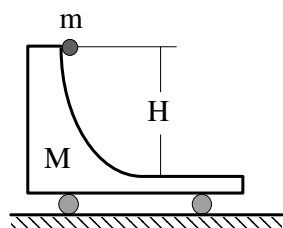
一、觀念整理

1. 內動能: $E_{k_{內}} = E_{k_{全}} - E_{k_{c}} = \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} v_{12}^2$

二、例題演練:

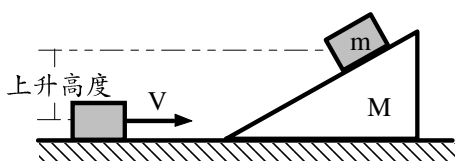
1. 如右圖所示，在水平地面上有一滑車，質量為 M ，滑車上有一弧形軌道，高度為 H ，軌道底端成水平。有一質量為 m 的物體，從軌道頂端沿著軌道自由下滑。設摩擦力均不計，則當物體 m 滑離軌道底端之瞬間，滑車的速度量值為_____。

解: $v = \sqrt{\frac{2m^2 gH}{M(M+m)}}$



2. 一斜面質量為 M ，一物體質量為 m ，同置於一光滑水平面上。物體以 v 的初速朝靜止的斜面運動。若斜面與物體間無摩擦，則物體沿斜面上升的最大高度為_____

解: $Mv^2/2(M+m)g$



Day 17: 轉動

一、觀念整理

1. 等角加速度公式 $\omega = \omega_0 + \alpha t, \Delta\theta = \omega_0 t + \alpha t^2 / 2, \omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\Delta\theta$

2. 力矩 $= \vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = rF \sin \theta$

3. 角動量 $= \vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = rmv \sin \theta$

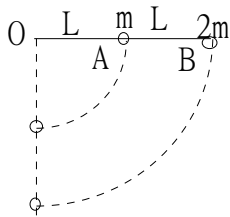
二、例題演練:

1. 某質點做等角加速度轉動， $t=0$ $\omega_0=1\text{rad/s}$ ， $t=5\text{s}$ ， $\omega=6\text{rad/s}$ ，求角加速度？

解： 1rad/s^2

2. $OA=AB=L$ ， $M_a=m$ ， $M_b=2m$ 由靜止水平位置往下擺，求

(1) V_a (2) L_b (3) T_{ab} ?



解：(1) $\sqrt{10gL/3}$ (2) $8mL\sqrt{10gL/3}$ (3) $58mg/9$

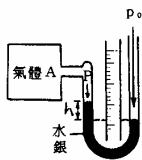
Day 16: 流體力學

一、觀念整理

1. 壓力 = 固 $P=F/A$ = 液 $P=\rho gh$ = 密閉氣體 $P=nRT/V$
2. 大氣壓力 $1\text{atm}=76\text{ cmHg}=10\text{ mHg}=1\text{ kgw/cm}^2=10^5\text{ nt/m}^2=1013\text{ hp}$
3. 浮力：空氣中重-液體中重
浮體：浮力 = 重力 = $\rho_{\text{液}} V_{\text{沒}} g$
沉體：浮力 = $\rho_{\text{液}} V_{\text{物}} g$
4. 毛細定律 $y=2T\cos\alpha/\rho gr$

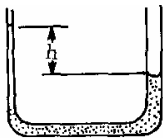
二、例題演練：

1. 在大氣壓力為 75 公分汞柱時，將一開管壓力計的一端連接於一氣體瓶上，若連接後兩管的水銀液面相差 38 公分的高度（閉口端較高），則瓶內氣體 (a) 計示壓力為？ (b) 絕對壓力為？ 以 cmHg 表示



解：(a) -38cmHg (b) 37cmHg

2. 一 U 形毛細管，左右兩管的內半徑各為 r_1 及 r_2 ($r_1 < r_2$)。已知管內液體的密度為 ρ ，液體與玻璃的接觸角為零，兩管的液面高度差為 h ，則該液體的表面張力為_____。



解： $\rho g h r_1 r_2 / 2(r_2 - r_1)$

Day 15: 熱學

一、觀念整理

1. 絕對溫度=>必正=>溫度無上限，有下限
熱必由高溫傳向低溫
2. $H=ms(T_2-T_1)$ s 單位：卡/克-°C
3. 線膨脹公式： $L=L_0(1+\alpha T)$
面膨脹公式： $A=A_0(1+\beta T)$
體膨脹公式： $V=V_0(1+\gamma T)$

二、例題演練：

1. 把 200 克之冷金屬塊，投入質量為 100 克、溫度為 10°C 之水中，平衡後整個系統之溫度為 0°C，金屬塊上並附一層 10 克之冰。已知該金屬之比熱為 0.10 卡/克-°C，水之凝固熱為 80 卡/克，設整個系統沒有流失熱量，也沒有從外界獲得熱量，則該金屬塊之原來溫度為?°C

解：-90

2. 設有一理想氣體， $t_1^{\circ}C$ 及 $t_2^{\circ}C$ 時的體積分別為 V_1 和 V_2 ，則該氣體的體膨脹係數為？

解： $(V_2-V_1)/V_1(t_2-t_1)$

Day 14: 理想氣體方程式

一、觀念整理

1. 理想氣體方程式： $PV=nRT$

化學單位： $\text{atm}\cdot\text{L}=\text{mole}\cdot 0.082\cdot\text{K}$

物理單位： $\text{Joule}=\text{mole}\cdot 8.31\cdot\text{K}$

2. 理想氣體常數 $R=0.082\text{atm}\cdot\text{L}/\text{mole}\cdot\text{K}=8.31\text{ joule}/\text{mole}\cdot\text{K}$

3. 混合氣體：

$$n' = n_1 + n_2$$

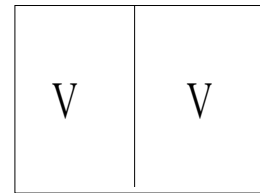
$$V' = V_1 + V_2$$

$$T' = (n_1 T_1 + n_2 T_2) / (n_1 + n_2)$$

$$P' = n' RT' / V' = (P_1 V_1 + P_2 V_2) / (V_1 + V_2)$$

二、例題演練：

1. 一容器內裝理想氣體，以一能自由滑動之活塞隔成左右二室(如圖)，在 27°C 平衡時左右二室之體積均為 V ，今將左室緩慢加熱至 127°C ，右室保持原來溫度，則左室氣體之體積增加了多少？ V



解： $PV=nR\cdot 300=P'(V-\Delta V)$ $P'(V+\Delta V)=nR\cdot 400$

$$(V-\Delta V)/(V+\Delta V)=300/400=3/4 \quad 4V-4\Delta V=3V+3\Delta V \quad V=7\Delta V \quad \Delta V=V/7$$

2. 兩個絕熱容器內裝有相同的理想氣體，壓力相等，其中一個容器的體積為 V ，溫度為 150K ，另一個容器的體積為 $2V$ ，溫度為 450K 。若使這兩個容器相互連通，則熱平衡時氣體之溫度為 ?K

解： $PV=nR\cdot 150$ $n=PV/150R$

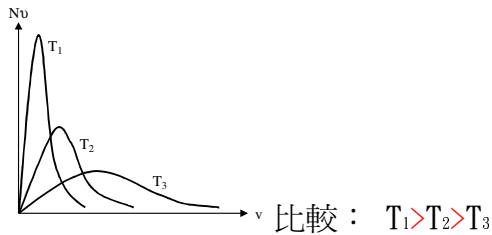
$$P2V=n'R\cdot 450 \quad n' = 2PV/450$$

$$P3V=(n+n')RT \quad T=3PV/(n+n')R=270\text{K}$$

Day 13: 分子運動論

一、觀念整理

1. 分子運動論： $PV=nRT=NkT$
2. $E_k=mv^2/2=3kT/2$
3. Maxwell 氣體分佈：畫出平均速率，最可能速率，方均根速率



二、例題演練：

1. 設於某一密閉容器中裝有一莫耳之單原子分子理想氣體，其溫度由 300K 升高至 600K。設容器之體積不變，則下列敘述何者為正確？
(A) 氣體之密度為原來之?倍 (B) 氣體之壓力為原來之?倍 (C) 氣體分子之方均根速率為原來之?倍 (D) 氣體分子之平均動能為原來之?倍 (E) 在升溫過程中氣體共吸熱?焦耳

解：(A) $d=m/v \Rightarrow 1$ (B) $P=nRT/V \Rightarrow 2$ (C) $v \propto \sqrt{T} \Rightarrow \sqrt{2}$ (D) $E_k=3kT/2 \Rightarrow 2$

(E) $H=nCvT=1*(3*8.31/2)*(600-300)=3740J$

2. 已知氫分子(H_2)之方均根速率在室溫(300K)時約為 2000 公尺/秒，則氧分子(O_2)之方均根速率在 1200K 時約為?公尺/秒

解： $\frac{1}{2} * 2 * 2000^2 = \frac{3}{2} k * 300, \frac{1}{2} * 32 * v^2 = \frac{3}{2} k * 1200$

$v=1000 \text{ m/s}$

Day 12: 波動

一、觀念整理

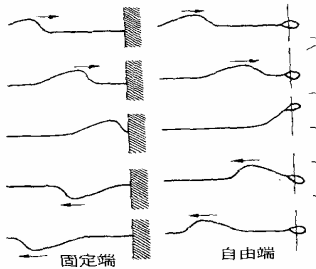
1. 四大波速：水波：深水區波速大

聲波： $V=331+0.6T$

$$\text{繩波：} V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

光波：真空光速最大 $c=3 \times 10^8 \text{ m/s}$

2. 波的透射與反射：固定不動節點、自由最大腹點



3. 繩波的駐波：

A. 兩端固定 $L=n\lambda/2$ B. 一端自由一端固定 $L=(2n-1)\lambda/4$

C. 兩端自由： $L=n\lambda/2$

二、例題演練：

1. 一弦線的一端固定，另一端則以一很輕的小環套在一細長且光滑的棒上。環的質量可以不計；弦在靜止時與細棒垂直。若弦的長度為 0.5 公尺，線密度為 0.01 公斤/公尺，弦振動的基頻為 100 赫，則弦的張力為？牛頓

解： $0.5 = \lambda/4$ $\lambda = 2\text{m}$ $v = 100 \times 2 = 200 \text{ m/s}$ $200^2 = F/0.01 = 40000$ $F = 400 \text{ nt}$

2. 把長 1 公尺的弦兩端固定。若一脈波從一端進行到另一端需時 0.05 秒，則此弦產生的振動的基音頻率為_____ Hz

解： $s=vt$ $1=v \times 0.05$ $v=20\text{m/s}$ $v=f\lambda$ $\lambda/2=1$ $\lambda=2 \text{ m}$ $f=10\text{Hz}$

高三上

Day 11: 聲波

一、觀念整理

1. 聲波的波速: $V=331+0.6T$ m/s
2. 聲波的駐波:
 - A. 開管: $L=n\lambda/2$
 - B. 閉管: $L=(2n-1)\lambda/4$
3. 都卜勒效應公式: $f_o/f_s=V_w/V_s$
4. 音爆: $\sin\theta=V_w/V_s$

二、例題演練:

1. 一管子如果兩端開口,發現可發出 840 赫的頻率(不一定為基音頻率).今如將其一端封閉,發現可以發出 210 赫的頻率.設管中聲速為 336m/s,則此管之最小長度為____公分

解: 開管 $f=v/\lambda=nv/2L$ $840=n*336/2L$

閉管 $f=v/\lambda=(2m-1)v/4L$ $210=(2m-1)*336/4L$ $L_{min}=40$

2. 蝙蝠在洞穴飛翔,用超聲波脈波(發射持續時間短至千分之一秒以上,每秒重複發射多次)非常有效地引導航向.假設蝙蝠的聲音發射頻率是 44000 週/秒,當依次快速正對平坦牆面衝去時,若蝙蝠的速率是空氣中聲速的 1/45,則它所聽到由牆壁反射的頻率為_____Hz

解: $44000*(v+v/45)/(v-v/45)=44000*46/44=46000\text{Hz}$

Day 10: 光的反射

一、觀念整理

1. 光速 = 3×10^8 m/s
2. 反射定律: 三線共面、兩角相等
3. 平面鏡成像: 正立等大虛像
4. 光學作圖四條光線
 - 通過焦點 \Rightarrow 平行主軸
 - 平行主軸 \Rightarrow 通過焦點
 - 通過鏡心 \Rightarrow 等角返回
 - 通過圓心 \Rightarrow 原線返回
5. 凸面鏡成像: 正立縮小虛像
6. 凹面鏡成像:
 - 無窮遠 $\sim 2F$: 倒立縮小實像
 - $2F \sim F$: 倒立放大實像
 - $F \sim 0$: 正立放大虛像
7. $M = q/p = H_i/H_o$
8. 高斯式: $1/p + 1/q = 1/f$
 - $f > 0 \Rightarrow$ 聚焦、凸透鏡、凹面鏡
 - $p > 0 \Rightarrow$ 鏡前
 - $q > 0 \Rightarrow$ 面鏡前、透鏡後

二、例題演練:

1. 凹面鏡之焦距為 20 公分，現有一高 2 公分之物體置於鏡前 25 公分處，則(1) $q=?$ (2) $H_i=?$ 公分

解: (1) $1/25 + 1/q = 1/20$ $q = 100\text{cm}$

(2) $M = 100/25 = H_i/2$ $H_i = 8\text{cm}$

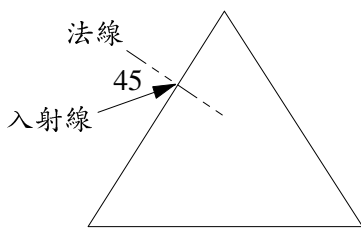
Day 9: 光的折射

一、觀念整理

1. 折射定律 三線共面、速大角大
2. 司乃爾定律 $n_{12} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$
3. 高頻光偏折大 \Rightarrow 彩虹: 外紅內紫
4. 視深/實深 = $1/n$
5. 凹透鏡成像: 正立縮小虛像
6. 凸透鏡成像:
 - 無窮遠~2F: 倒立縮小實像
 - 2F~F: 倒立放大實像
 - F~0: 正立放大虛像
7. 全反射: $n \cdot \sin \theta_c = 1 \cdot 1 \Rightarrow$ 光密進入光疏
8. 透光面積 $A = \pi r^2$ $r/h = \tan \theta_c$
9. 近視眼鏡: 凹透鏡
遠視眼鏡: 凸透鏡

二、例題演練:

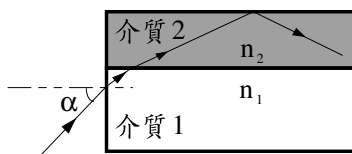
1. 將折射率為 $\sqrt{2}$ 、主截面為正三角形的三稜鏡置於空氣中。設一入射光與入射面之法線成 45° 角射入此稜鏡(如圖)，則射出稜鏡光線之方向對原入射方向之偏向角為



解: $1 \cdot \sin 45 = \sqrt{2} \cdot \sin \theta$ $\theta = 30$, 偏向角 = $45 - 30 = 15^\circ$

圖形左右對稱即左右偏向角相同
故總偏向角 = $2 \cdot 15 = 30^\circ$

2. 光線由空氣射入一物體中(如圖)。設物體內介質 1 之折射率為 n_1 ，介質 2 之折射率為 n_2 ，而且 $n_1 > n_2 > 1$ 。若光在介質 2 與空氣的界面上發生全反射，則入射角 α 的正弦 $\sin \alpha$ 最大可等於



解: $1 \cdot \sin 90 = n_2 \cdot \sin \theta_c = n_1 \cdot \sin \theta$

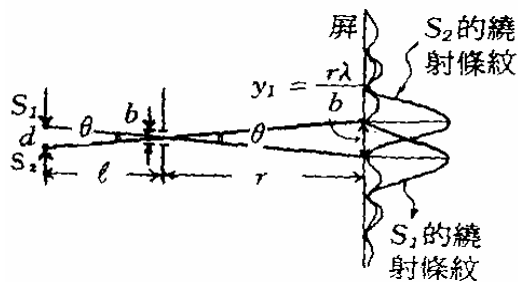
又 $n_1 \cdot \cos \theta = 1 \cdot \sin \alpha$ 兩式平方相加

$$\sin^2 \alpha + 1 = n_1^2 \Rightarrow \sin \alpha = \sqrt{n_1^2 - 1}$$

Day 8: 物理光學

一、觀念整理

- 雙狹縫干涉：亮帶寬度 = 暗紋間隔 $\Delta y = r \lambda / d$
 - 亮帶波程差 $d \sin \theta = n \lambda$
中間亮：0 第一亮： λ
 - 暗紋波程差 $d \sin \theta = (n+1/2) \lambda$
第一暗： $\lambda/2$ 第二暗： $3\lambda/2$
- 單狹縫繞射：其他亮帶寬度 = 暗紋間隔： $\Delta y = r \lambda / b$
中央亮帶寬度 = $2\Delta y$
 - 亮帶波程差 $b \sin \theta = (n+1/2) \lambda$
中間亮：0 第一亮： $3\lambda/2$
 - 暗紋波程差 $b \sin \theta = n \lambda$
第一暗： λ 第二暗： 2λ
- 鑑別率： $RP = \frac{1}{\theta} = \frac{\ell}{d} = \frac{r}{y} = \frac{b}{\lambda}$ (分別以 θ ; d 、 ℓ ; y 、 r ; λ 、 b 表示)



二、例題演練：

- 把波長為 5500 埃的綠光垂直照到雙狹縫，狹縫間隔 0.01 公分，光屏在狹縫後方 20 公分處。在狹縫正後方看到的干涉條紋，其相鄰兩亮紋的距離為___公分

解： $\Delta y = r \lambda / d = 20 * 5500 * 10^{-8} / 0.01 = 0.11 \text{cm}$

- 在「單狹縫繞射」實驗中，若以波長為 $6.0 * 10^{-7}$ 公尺之單色光照射在單狹縫上，測知屏上繞射的中央亮帶寬度為 1.0 公分；如將屏後移使屏與狹縫之距離增加 20 公分，則中央亮帶寬度變為 1.5 公分。此狹縫之寬度應為? cm

解： $1.0/2 = r * 6 * 10^{-7} / b$ $1.5/2 = (r+20) * 6 * 10^{-7} / b$

$$b = 4.8 * 10^{-3} \text{cm}$$

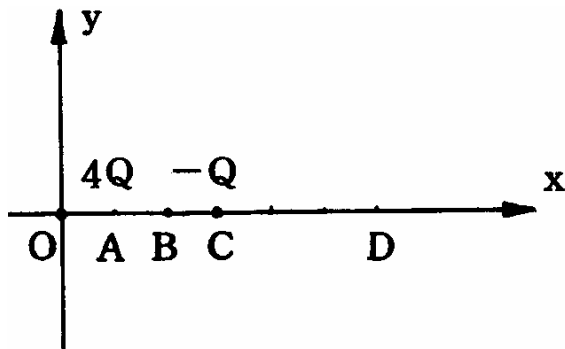
Day 7: 靜電學

一、觀念整理

	Fe (力)	E (場)	Ue (能)	V (位)
點電荷 (導 體球外)	kQq/r^2 $2r^2Q$	kQ/r^2 $2r^1Q$	kQq/r $1r^2Q$	kQ/r $1r^1Q$
平行電板	qE	$E=const$	qEd	Ed
單位	nt	nt/coul=V/m	Joule	Volt

二、例題演練:

1. 如圖，求 A(x=a), B(x=2a), D(x=6a) 點之電場與電位

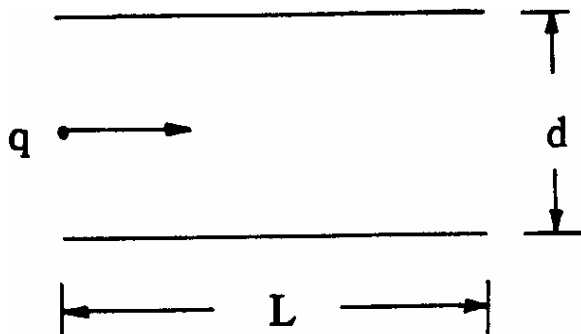


解: $E_a = 4kQ/a^2 + kQ/4a^2 = 17kQ/4a^2$ $V_a = 4kQ/a - kQ/2a = 7kQ/2a$

$E_b = 4kQ/4a^2 + kQ/a^2 = 2kQ/a^2$ $V_b = 4kQ/2a - kQ/a = kQ/a$

$E_d = 4kQ/36a^2 - kQ/9a^2 = 0$ $V_d = 4kQ/6a - kQ/3a = kQ/3a$

2. 如圖質量 m 電量 $q > 0$ 電場 E 恰不碰到極板，求(1)v=? (2)電力位能變化為何?



解: (1) $t = L/v$ $d/2 = at^2/2 = qEL^2/2mv^2$ $v = \sqrt{\frac{qEL}{md}}$

(2) $U = qV = qEd/2$

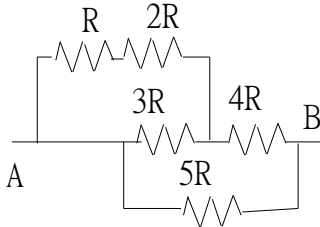
Day 6: 電流

一、觀念整理

1. 電動勢：兩極氧化電位差 = 斷路電位差
2. 歐姆定律：適用對象：金屬 $V=IR$ 單位：伏特 = 安培 * 歐姆
3. 電阻串聯 => 電流相等, 電壓相加 $R=R_1+R_2$
4. 電阻並聯 => 電壓相等, 電流相加 $1/R=1/R_1+1/R_2$
5. 電阻定律 $R=\rho L/A$ $R=R_0(1+\alpha T)$
6. 焦耳定律 $P=IV$ (任何物質)
 (金屬) = I^2R (串聯 I 同 P 與 R 成正比)
 = V^2/R (並聯 V 同 P 與 R 成反比)
7. 安培計：低電阻, 測量電流, 與待測電路串聯, = 線圈並聯低電阻
8. 伏特計：高電阻, 測量電壓, 與待測電路並聯, = 線圈串聯高電阻
9. 惠司同電橋 $G=0 \Leftrightarrow R_1R_4=R_2R_3$
10. 克希荷夫定律
 電流定律：固定節點：輸入電流 = 輸出電流
 電壓定律：封閉迴路：電壓升高 = 電壓降低

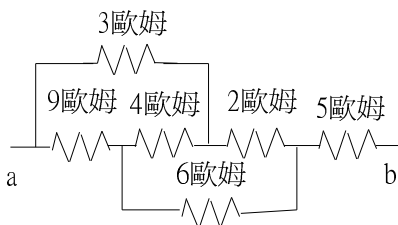
二、例題演練：

1. $R_{ab}=?$



解： $R+2R=3R$ 再與 $3R$ 並聯變成 $3R/2$ 再與 $4R$ 串聯變成： $4R+3R/2=11R/2$ 再與 $5R$ 並聯 = $5R(11R/2)/(5R+11R/2) = 55R/2/(21R/2)=55R/21$

2. $R_{ab}=?$



解： 變形惠司同： 4Ω 可拆 = $3\Omega+2\Omega=5\Omega$ 與 $9\Omega+6\Omega=15\Omega$ 並聯
 $R_{ab}=5*15/(5+15)=75/20=3.75\Omega$ 再與 5Ω 串聯 $3.75+5=8.75\Omega$

Day 5: 電流磁效應

一、觀念整理

1. 磁鐵：同性相斥、異性相吸，兩端最強、中間最弱
2. 磁場：單位磁 N 極所受的力、磁力線密度
3. 磁力線=>起於 N 終於 S、必定封閉、外張內縮不相交
4. 地磁三要素=>磁傾角、磁偏角、水平磁強

5. 電動生磁

- =>無限長直導線 大小： $B = \mu_0 I / 2\pi r$ 方向：大拇指電流 四指磁場
 =>圓形線圈 大小： $B = \mu_0 I / 2r$ 方向：大拇指磁場 四指電流
 =>螺線管 大小： $B = \mu_0 NI / L$ 方向：大拇指 N 極 四指電流

6. 載流導線在磁場中受力

大小： $F = ILB$

方向： F ：掌心

B ：四指

I ：大拇指

7. 兩平行導線相互作用力：同向相吸、反向相斥

8. 載流導線在磁場中受力矩 $\tau = INBA$

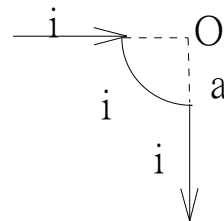
9. 帶電粒子在磁場中受力

大小： $F = qvB$

方向： FBI ：正電荷運動方向 = 電流方向

二、例題演練：

1. $B_0 = ?$



解： $B_0 = \mu_0 i / 2a * 4 = \mu_0 i / 8a$

2. 帶電量為 q 之質點經電位差 V 加速後，垂直射入強度為 B 之均勻磁場中，作圓周運動之圓軌道半徑為 R ，則質點在磁場中之

- (A) 速率為 (B) 動能為 (C) 動量之量值為 (D) 所受磁力之量值為 (E) 質量為

解：(A) $qvB = mv^2/R = 2qV/R$ $v = 2V/BR$ (B) $mv^2/2 = qV$

(C) $qvB = mv^2/R$ $p = mv = qBR$

(D) $F_m = qvB = q(2V/BR)B = 2qV/R$

(E) $m = qBR/v = qBR/(2V/BR) = qB^2R^2/2V$

高三下

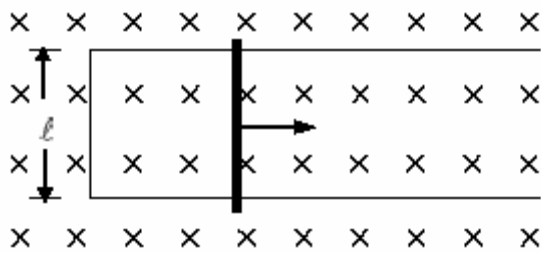
Day 4: 電磁感應

一、觀念整理

1. 法拉第定律：感應電動勢在抵抗磁通量變化
2. 發電機： $\varepsilon = \omega N B A \sin \omega t$
3. 變壓器： $\varepsilon_1 / \varepsilon_2 = N_1 / N_2 = I_2 / I_1$
4. 電磁波：波長由短到長
 γ 射線 \rightarrow X 射線 \rightarrow 紫外線 \rightarrow 可見光 \rightarrow 紅外線 \rightarrow 微波 \rightarrow 無線電

二、例題演練：

1. 已知速度 v . 磁場 B . 長度 L . 電阻 R , 求 $\varepsilon = ? I = ? F_m = ? P = ?$



解： $\varepsilon = LvB$

$I = LvB/R$

$F_m = L^2 v B^2 / R$

$P = (LvB)^2 / R$

Day 3: 電子學

一、觀念整理

1. 半導體: 正/負 多數載子 摻雜
 - A. P 型 正 電洞 III
 - B. N 型 負 電子 V
2. 二極體 功用: 整流 符號:
 - A. 順向偏壓: P 接 正, N 接 負, 空乏區變 窄, 壁障電壓變 小
 - B. 逆向偏壓: P 接 負, N 接 正, 空乏區變 寬, 壁障電壓變 大
3. 三極體: BJT 功用: 放大
 - A. 定義: E: 射 極 B 基 極 C 集 極
 - B. 偏壓: EB 順 向偏壓 BC 逆 向偏壓
 - C. KCL: $I_e = I_b + I_c$
 - D. $\alpha = I_c / I_e$
 $\beta = I_c / I_b$
關係: 1. $\alpha = \beta / (\beta + 1)$ 2. $\beta = \alpha / (1 - \alpha)$

Day 2: 近代物理的發現

一、觀念整理

1. JJ Thomson 荷質比: a. 電場偏向: 帶電量 e 初速 V_0 板長 L 電場 E

-----求偏向位移 $y = eEL^2/2mV_0^2$

$V_0 \rightarrow$

+++++

b. 速度選擇器: $V = E/B$

c. 磁場偏向 $R = mv/eB$

2. 光子論 $E = h\nu = hc/\lambda = mc^2 = pc$ 特例: $E(\text{eV}) = 12400/\lambda(\text{\AA})$

3. 光電方程式 $\Rightarrow h\nu = e(\phi + V_s)$ $eV_s = h(\nu - \nu_0)$

4. 康普頓效應: P_x 守恆 $h/\lambda = h\cos\theta/\lambda' + mv\cos\phi$

P_y 守恆 $h\sin\theta/\lambda' = mv\sin\phi$

E 守恆 $hc/\lambda = hc/\lambda' + mv^2/2$

5. 布拉格晶體繞射: $2d\sin\theta = n\lambda$

6. 天然放射線: 本質: $\alpha: {}^4_2\text{He}$ $\beta: {}^0_{-1}e$ γ : 高能電磁波

7. 密立根油滴實驗:

A. $e/m = 1.6 \times 10^{-19} \text{ coul} / 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

B. $N_0 = 96500 / 1.6 \times 10^{-19} = 6 \times 10^{23}$

C. $k_B = 8.31 / 6 \times 10^{23} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

8. 黑體輻射 溫度上升. 波長減少 頻率增加 能量增加 面積增加

二、例題演練:

1. 某生在做光電效應實驗時, 發現當入射光波長大於 6660 埃時, 他所用之光電管金屬表面即停止放射光電子。如以波長為 4000 埃之光照射該金屬表面, 則放出光電子之最大動能應為_____ 電子伏特(取三位有效數字)

解: $E = E_k + B$ $12400/4000 = 12400/6660 + E_k$ $E_k = 1.24 \text{ eV}$

2. 在下列質子撞氮核之反應中: ${}^1_1\text{P} + {}^{15}_7\text{N} \rightarrow X + {}^4_2\text{He}$ 所產生的 X 原子核為 _____ (請寫出元素符號, 原子序及質量數)

解: ${}^1_1\text{P} + {}^{15}_7\text{N} \rightarrow X + {}^4_2\text{He}$
 $X = {}^{12}_6\text{C}$

Day 1: 原子結構

一、觀念整理

1. 拉塞福散射實驗兩大假設

A. L 守恆 $bmV=(a+c)mVo$

B. E 守恆 $mVo^2/2=mV^2/2+kQq/(a+c)$

2. 拉塞福行星模型 原子半徑: 10^{-10} m 原子核半徑: 10^{-15} m

3. 波耳氫原子模型: 兩大假設

A. 電力當作向心力 $Zke^2/r^2=mv^2/r$

B. 角動量量子化 $L=rmv=nh/2\pi$

C. 結論 $E=-13.6/n^2$ eV 類氫原子 $E=-13.6Z^2/n^2$ eV

4. 波耳氫原子光譜:

A. 萊曼系 $n=\infty \sim n=1$ $E_{MAX}=13.6$ eV $E_{min}=10.2$ eV

B. 巴耳曼 $n=\infty \sim n=2$ $E_{MAX}=3.4$ eV $E_{min}=1.9$ eV

C. 帕申系 $n=\infty \sim n=3$ $E_{MAX}=1.5$ eV $E_{min}=0.65$ eV

D. 快攻密碼: 0 10.2 12.1 12.75 13.6

5. 法朗克-赫茲實驗證實: 汞原子內能量子化

$$6. \text{物質波: } \lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mEk}}$$

7. 實驗: GP Thomson 穿透式電子物質波晶體繞射

Davisson & Germer 反射式電子物質波晶體繞射

8. 電子繞核軌道形成駐波 $2\pi r=n\lambda$

二、例題演練:

1. 一基態氫原子(其能階值為 $-mZ^2e^4/8\epsilon_0^2h^2=-13.6$ 電子伏特)吸收一個 12.1 電子伏特之光子, 成為受激態。此時其電子軌道半徑為原先之幾倍?

解: $E=0$ 10.2 12.1 $\Rightarrow n=1 \rightarrow n=3$ $E=-13.6/n^2=-kQq/2r \Rightarrow r: 9$ 倍

2. 一基態氫原子吸收光子後, 其軌道半徑增大為原先的四倍, 則所吸收的光子之能量為_____ 電子伏特。

解: $E=-13.6/n^2=-kQq/2r \Rightarrow n=1 \rightarrow n=2$ $E=10.2$ eV

3. 波耳在他的原子結構理論中, 引進了量子數 n 。如果一個氫原子從 $n=1$ 態(能階值為 -13.6 電子伏特)激發到 $n=2$ 態, 其電子的位能改變量(即 $n=2$ 態的位能減去 $n=1$ 態的位能)為? eV

解: $n=1 \rightarrow n=2$ $E: 10.2$ eV 故 $U=2E=20.4$ eV