

■ 使用須知(務必閱讀)

本產品對指考戰士**不保證有正面療效**,亦有看了半天好像等於沒看的浪費光陰之風險存在。而諸如此類之處方用講義,請依老師或親朋好友指示服用,並視情況修改劑量,**若有不適,後果自負**。 注意本講義編排順序可能**毫無邏輯**,難易度**漂浮不定**,請多包含 建議搭配指考歷屆試題、課本!、老師上課講義、另購之複習講義共同使用,請勿搭配葡萄柚汁 另若看到[問]請就近找你的好同學或老師詢問,來增加對他旁邊內容或圖片的理解。

■ 大原則(或許?!)......老王建議耐煩的仔細閱讀

內容建議一天不要看太多,一次 一個主題(**■**)就好,另請挑著看, 找到你自己的邏輯與順序!

- 0.確定目標是要拿高分還是懂物理還是懂物理的拿高分((這很重要 找到你自己的邏輯與順序! 再依據特質決定方法,如果你天生就是社會組的料,不要放棄任何可以記住的結果或公式,如果很顯然你的不是,那就乖乖的挑重要結果,創造邏輯,善用圖形記憶。
 迷之音:物理指考的題目大多變換自考古題,每年只有一兩題會是新的題目,甚至有一年一題新問題都沒有,可見作考古題跟弄懂考古題對考指考來說相當重要。
 《祝考試順利》
- 1. 嘗試想像東西是真的,最好可以身歷其境,當目標是木塊就讓自己變成木塊,當目標是 KTR 的前輪 就讓自己成爲 KTR 的前輪
- 2. 多動多感覺,嘗試用手真的磨東西體會摩擦力的方向,真的推推東西體會倒與不倒的臨界變化,但請勿嘗試以人體驗證近地表均勻重力場之落體運動與終端速度之類的實驗以維護醫療資源
- 3. 練習從不同角度看同一問題,如力學問題常有標準運動方程式之解法與能量的觀點,最後記得經典範例或經典證明的操作過程用哪種觀點最簡潔(往後如需重現即可用之) [問] 何謂經典範例與證明
- 4. 先了解物理的語言(物理量及其符號)再了解事情的來龍去脈,最後再試試題目,不要一開始就亂幹
- 5. 小心正負號問題,高中常出現再帶有向量者以及能量的部份,可以適時選擇使用嚴謹的數學來維持正 負號,或在過程都以大小(絕對值)處裡,最後再用物理觀念判斷正負號!
- 6. 特別注意現象改變的邊界點與在該邊界兩側的現象分別爲何,EX:折射達臨界角時會產生全反射,此時要注意臨界角的條件是什麼($\sin\theta$ =? $or\theta$ =?),在圖上往哪邊移動入射光會得到全反射,往哪邊則是正常的折射;又或者在半弧形軌道上球可以恰滑至頂端的條件是在底部的水平速度初速 $v_0 = \sqrt{5gR}$,此時球飛至頂端時重力恰提供足夠的向心力,球與軌道間正向力恰=0,若初速大於此則依然可到達

頂端,但在頂端時與軌道間正向力大於 0,若初速小於此,則在尚未滑至頂端前,就有一個地方其與軌道間的正向力=0,而在那點球會脫離軌道並以那點的切線速度作斜向拋射最後落地,想像你是那顆球,你沿軌道跑到上下顛倒且你的腳跟軌道間正向力減至 0 時,那就是你該掉下來的時候了。

- 7. 嘗試觀察體會並記得各種現象的結果,EX:在均勻重力場中物體的運動軌跡為拋物線;在煞車中的車中的小明會往前飛,小明的氫氣球會往後飛,小明自己吹的氣球跟著小明往前飛但受到的空氣阻尼效果比小明明顯;還有帶電粒子在均勻磁場中垂直磁場方向的速度分量會使其作等速率圓周運動,平行磁場的速度分量會維持等速運動,若垂直磁場的速度分量不爲零,則合成的效果爲一個螺旋的運動。
- 8. 挑好記、難推、簡單卻容易轉不過來的公式來記,當作推導的出發點(當然每個人的分法不同)EX:

好記
$$V = IR$$
 難推 $a_c = \frac{v^2}{r} = v\omega = r\omega^2 = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ 、 $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ 、 $f_o = \frac{v \pm v_o}{v \pm v_s} f_s$ 易卡關 $v = f\lambda$ 、 $r\theta =$ 弧長

■ Acknowledgement 感謝你的閱讀與眾多同學的協助製作

■單位與物理量

物理是用來描述與預測萬物行爲的科學,而物理量與單位則是在用數學描述萬物行爲時共通的語言,了 解了物理的語言,你才能跟他溝通!

標準單位 SI 制

國際度量衡大會決議將下列七種物理量的單位訂爲標準單位制

而其他還有一系列的導出量,是由這七種物理量乘除出來的

值得注意的是這些基本量之所以基本,是人為的,就像數學的公設一樣,因此在理解的過程中,常常會 遇到像這樣的問題:

EX 光在真空中一秒鐘走 299792458 公尺並不是估計值,因爲一公尺被我們定義爲光在真空中

1/299792458 秒所走出的距離,但正常的理解過程我們應該先定義距離定義時間,再去測量光速,這也 是歷史的發展,所以不用太在意什麼才是基本量

而使用這樣的單位的好處是全部的系統統一,所以不用作單位換算

另外記得原則上會用到的常數都會出現在考題封面,不要忘了看!

基本量			導出量(个完整)			
長度	公尺	m	力 $F = ma = \frac{\Delta p}{\Delta t}$	牛頓 N	電阻 $R = \frac{V}{I}$	歐姆Ω
質量 m	公斤	kg	$\int \int \Gamma = m\alpha = \frac{1}{\Delta t}$	十帧N	=IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII	四人外子 (7
時間 t	秒	S	Th弦 P _ W	万胜 W	_{電索 C -} Q	法拉 F
發光強度	燭光	cd	功率 $P = \frac{W}{t} = IV$	山村 W	電容 $C = \frac{Q}{V}$	石型 F
數量 n	莫耳	mol	電動数 $\epsilon - \frac{W_{ne}}{V_{ne}}$	福特 V	磁通密度B	特斯拉 T
電流 [安培	Α	電動勢 $\varepsilon = \frac{W_{ne}}{q}$		磁通量 $\Phi_B = B \cdot A$	韋伯 Wb
溫度 T	凱爾文	K	電位 V	福特V	能量E	焦耳J

▍功-能原理 與 衝量-動量定理之比較

當我在做買賣的時候

我的財產可能有兩百萬新台幣,而我一日的貿易額可能是三十萬新台幣

財產,與貿易額是兩個不同的量,但卻有共同的單位新台幣

這就好像功與能是兩個不同的量,但卻有著共同的單位,焦耳

而功就是貿易量,能量則是財產

另外衝量也是另一種貿易量,對應的財產是動量,有著共同的單位,公斤公尺每秒

$$\int \vec{F} dt = \vec{J}$$
 $\sum \vec{J} = \Delta \vec{p} = \Delta (m\vec{v})$ 物體受衝量作用而改變其動量
$$\int \vec{F} \cdot d\vec{x} = W \qquad \sum W = \Delta E_k = \Delta \left(\frac{1}{2}mv^2\right)$$
 力對物體作功改變其動能

▋物理常常狺樣考

分問你角動量的時變率,其實是叫你算力矩

女問你受力,其實是叫你算受力再除以時間

C問你初速多少最後小球才不會摔下來,意思是叫 你用小球恰摔下來的時候(不會摔跟會摔的邊界)

为另外他間恰離地的速度、不離地的最大速度與離地的最小速度是同一件事情

■ 高中物理目 緑物理科指考測驗內容(取自大考中心適用於九五課網)

一、力學

1-1 靜力學

(1)靜力平衡 (2)重心與質心

1-2 運動學

(1)直線運動 (2)平面運動

1-3 動力學

- (1)作用力法則
- (2)牛頓三大運動定律及其應用
- (3)動量守恆定律
- (4)等速率圓周運動
- (5)簡諧運動
- (6)靜止與滑動時的摩擦力
- (7)物理量的因次
- (8)萬有引力定律
- (9)轉動

1-4 功與能量

- (1)功與功率(2)動能與位能
- (3)功一能定理(4)力學能守恆
- (5)彈性及非彈性碰撞

二、流體性質

2-1 流體靜力學

- (1)靜止流體的壓力及浮力
- (2)巴斯卡原理
- (3)大氣壓力
- (4)液體的表面張力與毛細現象

2-2 流體動力學

(1)白努利方程式

三、熱學

3-1 溫度

(1)溫度(2)溫標

3-2 熱

- (1)熱容量與比熱
- (2)物質的三態變化與潛熱
- (3)焦耳實驗與熱功當量
- (4)熱膨脹及其應用
- (5)熱的傳播

3-3 氣體方程式

- (a)波以耳定律
- (b)查理-給呂薩克定律
- (c)理想氣體方程式

3-4 氣體動力論

四、波動

4-1 振動與波 波長、週期、頻率、波速、振幅、波峰、波谷的定義及其間的關係

4-2 波的傳播

- (1)傳播方向與方式
- (2)反射與折射(透射)
- (3)海更士原理

4-3 波的重疊原理

(1)合成波 (2)駐波

4-4 波的干涉與繞射

(1)干涉現象 (2)繞射現象

4-5 聲波

- (1)聲波的傳播(2)聲音的共鳴
- (3)聲音的強度(4)基音與諧音
- (5)都卜勒效應(6)音爆

五、光學

5-1 幾何光學

- (1)面鏡成像(2)折射定律
- (3)色散(4)單一薄透鏡
- (5)光學儀器 (6)光與生活(a)光 通量、照度及光強度(b)視覺暫留 (c)光的三原色與物體顏色

5-2 物理光學

- (1)光的波動說
- (2)光的雙狹縫干涉現象
- (3)光的單狹縫繞射現象

六、電磁學

6-1 靜電學

- (1)庫侖定律(2)電力線與電場
- (3)電位能、電位與電位差
- (4)電容

6-2 電流

- (1)電動勢與電流
- (2)電阻與歐姆定律
- (3)電流的熱效應及電功率

6-3 磁學

- (1)磁力線與磁場
- (2)電流的磁效應
- (3)載流導線的磁場
- (4)載流導線在磁場所受的力
- (5)帶電質點在磁場中的運動

6-4 電磁感應

- (1)法拉第定律與感應電動勢
- (2)冷次定律(3)發電機與交流電
- (4)渦電流 (5)變壓器(6)電磁波

七、近代物理

- 7-1 電子的發現 7-2 X 射線
- 7-3 量子論 7-4 原子結構
- 7-5 德布羅意的物質波
- 7-6 原子核 7-7 相對論的發現

八、現代科技簡介

- 8-1 半導體 8-2 超導體
- 8-3 液晶 8-4 電漿
- 8-5 奈米科技 8-6 物理與醫療
- 8-7 人造光

九、實驗

- (一)示範實驗
- 9-1 摩擦力的觀察
- 9-2 氣體熱膨脹的觀察
- 9-3 音叉振動產生聲波的觀察
- 9-4 簡易相機
- 9-5 驗電器
- 9-6 載流導線的磁效應
- 9-7 力學能的轉換與守恆
- 9-8 電磁感應
- (二)操作實驗
- 9-9 數據處理 (a)游標尺、螺旋 測微器 (b)誤差處理(c)有效數字
- 9-10 靜力平衡
- 9-11 自由落體與物體在斜面上的運動
- 9-12 牛頓第二運動定律
- 9-13 二維空間的碰撞
- 9-14 金屬的比熱
- 9-15 波以耳定律 9-16 水波槽實驗
- 9-17 氣柱的共鳴
- 9-18 折射率的測定與薄透鏡
- 9-19 干涉與繞射
- 9-20 等電位線與電場
- 9-21 歐姆定律及惠司同電橋
- 9-22 電流天平
- 9-23 電子的荷質比
- 9-24 電子零件與二極體特性

■ 牛頓第二運動定律

首先你應該要先習慣物理的語言,什麼是力,什麼才是物理上的力。

在物理上力是一種交互作用,一個過程,一個虛幻的東西,你可以藉由物體受力而表現的行為來度量或 說明他的存在 ex 形變或改變運動狀態,所謂的後者亦即物體有加速度的存在,也就是物體的速度會隨時 間改變,所謂的改變可能是大小,可能是方向,可能一起變!

請刻在腦中
$$\sum \vec{F} = m \vec{a}$$
 是一個向量方程式,其中 F 與 a 同向

[物體所受合力]=[物體的慣性質量(容不容易被推動)]x[加速度] [系統所受合力]=[系統的慣性質量(容不容易被推動)]x[系統質心加速度]

至於什麼是系統,就是許多的質點把他框起來(像是群組的感覺)

說到這你該回想起處理力學問題的步驟了吧,不管是<孤立系統畫受力簡圖>還是<畫自由物體圖>

不要忘了在找力的時候要給自己一些方法不要漏掉或多寫,可以參考下面

ケ.超距力:重力,電力,磁力 (另外加假想力)

タ.接觸力:其中注意三個(請感覺他不是背他)

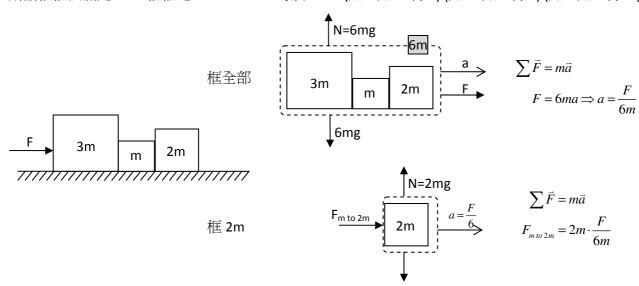
張力 1.會沿著繩子方向

正向力 1.垂直接觸面

靜摩擦力 1.小於等於最大靜摩擦力

2. 他們三個力都很「聰明」,大小很隨意,不要妄下斷言,通常可由最後物體在該方向上的加速度爲零反推該方向上合力爲零反推這些力該多大(ex 你推桌上的綠本,若他不滑動,勢必有個跟你推的一樣大的力在反向推綠本,也就是靜摩擦力,如果他比你小,綠本就被你往前推了那他憑甚麼叫靜摩擦力,如果他比你大,綠本會飛回來,那就見鬼了,但如果不這樣分析,從外觀看來你根本無從得知當時的靜摩擦力有多大!!)

所謂框框法滿足 each 框框之 Summation F 等於 ma (知 F 知 m 得 a) (知 m 知 a 得 F) (知 F 知 a 得 m)

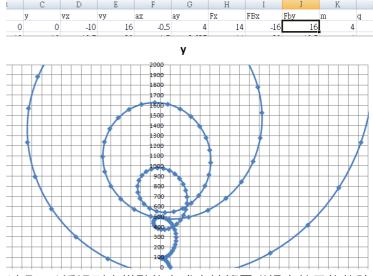


何莉玲((誤 合力零即加速度爲零→保持慣性(v 不變),所謂**動者恆動靜者恆靜是爲慣性**(註:動者恆等速)



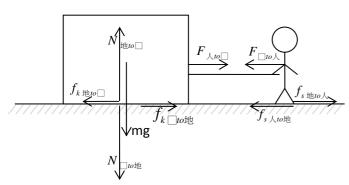
■ 運動方程式

你可能會問爲什麼運動方程式如 $\sum \bar{F} = m\bar{a}$ 有什麼用。大家可以回想打點計時器的實驗,在當時我們測量時間 t 與位置 x 回推速度 v 再求得加速度 a,並測量質量 m 來得外力 F。同樣的我們可以逆向操作,若我們知道物體的受力與質量,我們就可由 $\sum \bar{F} = m\bar{a}$ 求得加速度,並配合初位置與初速進一步透過積分或像在做打點計時器的實驗那樣的列表格的方式,就可以預測物體的運動,也就是說我們只要有初狀態與運動方程式,就能預測物體在任意未來時刻的位置與速度等運動狀態!



以 Excel 透過列表描點的方式來計算電磁場中粒子的軌跡

■ 牛頓第三運動定律



這是一個經典的問題:如果馬用力拉車的時候車也同時用大小相等方向相反的力拉馬,這麼一來馬車怎麼會動呢?其實這跟小明多出來的一元是一樣的。用左圖來說明: 長方形+人系統的加速度由 $f_{s \pm \iota \iota \iota} - f_{k \pm \iota \iota \iota}$ 的力大小來決定 人的加速度由 $f_{s \pm \iota \iota \iota} - f_{k \pm \iota \iota \iota}$ 的力大小來決定 長方形的加速度由 $f_{\lambda \iota \iota} - f_{k \pm \iota \iota \iota}$ 的大小來決定 跟人拉框和框拉人兩力等大根本沒關係科科。值得注意的

跟人拉框和框拉人兩力等大根本沒關係科科。值得注意的 是如過這個人跟框一起前進,上述的三個加速度應等大, 如果一起等速前進,上述的三個力都應等於零!!

作用力與反作用力是大小相等,方向相反,延同一直線,施作在不同物體上,同生同滅的一對力 其中兩力的施者與受者互相相反這是課本中常用的敘述

意思是阿公推阿禡是作用力,那阿禡一定用一樣大的力推阿公而且兩力方向相反,兩個箭頭沿著同一直線,而且一個是阿公推阿禡,另一個一定是阿禡推阿公,不會互相消而且他們同生同滅,所以誰才是作用力都可以。現在來看看圖中的力,找找那些是互爲作用力與反作用力

地給人的靜摩擦----人給地的靜摩擦

人拉繩子的力----繩子拉人的張力

地給人的正向力----人給地的正向力

繩子拉框的張力----框拉繩子的力

地給人的萬有引力----人給地的萬有引力

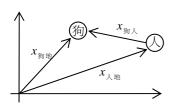
地球吸框的萬有引力----框吸地球的萬有引力略

※另外,當你選定目標孤立系統(畫框框)後,考慮系統受力狀況時,需考慮的力爲**施力者爲系統外成員 而受力者爲系統中成員**者(即所謂的外力)!

■ about我的機車(感覺訓練)

假設你騎的是Kawasaki Ninja 250R,這不是重點,重點是試著去分析當你按下左手煞車的時候會發生什麼事,答案是不會發生什麼事因爲左手是離合器XDDDD,好啦,試著分析當你按下右手煞車(前輪)時,碟煞油間的分子如何互相施力,透過巴斯卡原理傳到煞車令片上,而令片與碟盤間的動摩擦力,與輪軸上的力及地面給輪子底部的靜摩擦力如何產生力矩讓車子會想要往前翻,進一步增加了前輪對地的正向力,另外,孤立整台車時,又是哪些力如何讓車子減速的……當你想通了,你的物理就向上走了一大步,你也會知道爲何塑膠車有些是前碟後鼓……

■ 座標轉換與相對運動



如左圖中所表示的大座標爲大地座標..........請使用中文去理解

狗相對於人的位置以 $\bar{x}_{\rm MA}$ 表示他又等於 $\bar{x}_{\rm Mab}$ $-\bar{x}_{\rm Lab}$ 速度就是位置對時間的微分v=x'(t)

$$\eta$$
相對於人的速度=狗的速度-人的速度 $\vec{v}_{\eta_{h}} = \vec{v}_{\eta_{h}} - \vec{v}_{l_{h}}$

 $egin{align} & ec{v}_{
m ML} = \left(ec{x}_{
m ML}
ight)' \ & = \left(ec{x}_{
m Mhh} - ec{x}_{
m Lhh}
ight)' \ & = \left(ec{x}_{
m Mhh}
ight)' - \left(ec{x}_{
m Lhh}
ight)' \ & = ec{v}_{
m Mhh} - ec{v}_{
m Lhh} \ \end{split}$

這就好像他相對於我的財產多了一百萬代表他的財產-我的財產=100萬

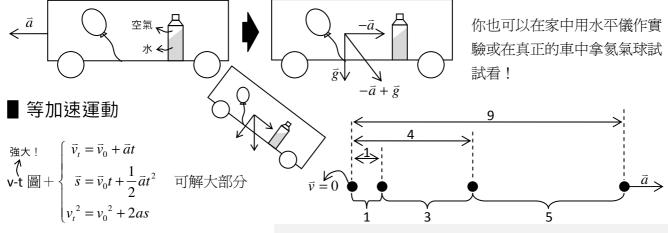
- ※使用相對概念解題時特別注意
- 1.動量與動能等包含速度的東西在不同座標下是不同的(因爲其中的速度是相對的)
- 2.對於電磁學,電場與磁場會因爲座標的不同也要作變換,其難度超出高中範圍,所以盡量不要使用

■ 加速座標與假想力的引入

如果你坐在車上,當車子相對於大地座標以一加速度 \bar{a} **向前**加速,你會有貼背的感覺,覺得椅背跟你之間有一對正向力產生,他的大小F = ma,其中m 爲你的質量a 爲車子相對於大地座標的加速度大小,此時的你可能有兩種信仰,來提供你解釋現在發生的狀況

- **1.** 你相信車外的地板是靜止的,車子正以加速度 \bar{a} 向前 你跟車子一起有向前的加速度 \bar{a} 是因爲你受椅背給你的正向力F = ma讓你有向前的加速度
- 2. 你相信車子的地板是靜止的,而你相對於車子地板是靜止的,所以你是靜止的 這時麻煩來了,因爲你不動,速度一直是零,你當然沒有加速度,由牛頓第二運動定律得知你所受的合力也應該等於零,但你又感覺到椅背給你向前的推力所以你還要受一個向後的力才能跟他抵銷,如果沒有這個力,根本不能解釋你的狀況,所以就假想他存在好了,稱他假想力 $\bar{F} = m(-\bar{a})$,他把你**向後**推!而假想力沒有施予者,所以你找不到他的反作用力

值得注意的是,他的大小與你的質量成正比,就好像重力一樣,所以就會有經典題



均匀場中的等加速運動

以各位最熟悉的地表重力場爲例

其鉛直方向(延場方向)爲一等加速運動

而水平方向則爲等速運動

平均速度 = 兩點距離 平均加速度 = 兩組平均速度相減 兩點時間差

另可由初速爲零的點開始之距離比要是 1:3:5 反推速度爲零的點 (他給的圖第一點可能已有速度)

鉛直與水平可視爲獨立進而在鉛直方向上應用等加速公式

多畫圖多感覺,注意有時是對時間作圖有時是對空間(水平位移)作圖

由靜止開始自由落下的物體(初速爲零的等加速)在等時距所畫過的距離比爲 1:3:5(奇數比)



■ 動量與衝量的運用 參考第2頁功-能原理 與 衝量-動量定理之比較

所謂的動量 $\bar{p} = m\bar{v}$

衝量
$$\vec{J} = \vec{F}t = \Delta(m\vec{v})$$

簡易證明
$$\because \bar{F} = m\bar{a} = m\frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}$$

 $\therefore \bar{F}\Delta t = m\Delta \bar{v}$

我們可以有以下的用法

平均力 作用時間 → 衝量 → 動量變化

動量變化=衝量 = 平均力 作用時間

外力=0→衝量=0→動量守恆

給你例子

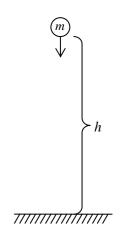
一球由離地高h處自由下落後撞地並向上彈回,已知碰撞壓時t秒,求地面對球施的平均力F之大小:

可先由 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$ 算出達地面時的速度

再由碰撞前後的動量變化=所受衝量求得

$$\Delta p = mv - (-mv) = 2mv = Ft - mgt$$

其中 Ft 爲正向力所造成的衝量
-mgt 爲重力所造成的衝量



■ 我會常常出現~

人說考英文靠單字,考物理靠公式,但更重要的是你要把物理量的意義與單位弄的一清二楚,他們是物理中的東南西北中發白,平常要常常摸跟他做好碰友,上戰場的時候他才會來情義相挺,所以我們會不斷的把他們寫出來給你看!有事沒空就要看阿!另:有些符號會重複請小心

F = Force 力 p = Momentum 動量 P 功率 壓力 A (截)面積 $E_k = KE = T$ L = Angular Momentum 角動量 I 電流 轉動慣量 ℓ 長度

U = PE = Potential Energy 位能 J = Impulse 衝量 σ 面電荷密度

轉動

這個段落比較多定義需要大家好好記下來,比較混亂 sorry 啦((我很少叫人直接背的,但已江郎才盡! 很多老師喜歡把轉動與移動的物理量作類比,前提是你先要懂移動的物理量

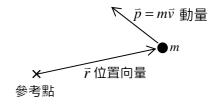
另外轉動中的物理量都需要參考點,就好像移動的物理量也要,只是我們常常省略「相對於大地」不說

角速度
$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$
 (單位 $\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ 、 $\frac{rpm}{\text{rpm}} = \frac{\text{B}}{\text{min}}$ 等) 角加速度 $\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$ 如同平移中的加速度

另由 $r\theta =$ 弧長 可得 $r\omega = v_{y_{ijk}}$ $r\alpha = a_{y_{ijk}}$

對於參考點 X 外力 \bar{F} 產生的力矩 $\tau = \bar{r} \times \bar{F}$ 如同平移中力 角動量被定義爲 $\bar{L} = \bar{r} \times \bar{p}$ 也可表爲 $L = I\omega$ 如同線動量 $\bar{p} = m\bar{v}$

轉動動能=
$$\frac{1}{2}I\omega^2$$
就如同移動動能= $\frac{1}{2}mv^2$



其中I 為轉動慣量是度量好不好轉的量(越大越難轉),而I 因你所選的旋轉軸而異就像m 是慣性質量,用來度量好不好推動(越大越難推)

另外爲了滿足 $\bar{L} \equiv \bar{r} \times \bar{p}$ 所以 $I = mr^2$ 一個物體對某個軸的轉動慣量可表爲 $I = \sum m_i r_i^2$

力矩=角動量的時變率 $(\bar{\tau} = \frac{\Delta \bar{L}}{\Delta t})$ 就像力等於動量的時變率 $(\bar{F} = \frac{\Delta \bar{p}}{\Delta t})$ 系統若無外力矩 $\bar{\tau} = \bar{0}$ 則角動量守恆

■ 圓周與軌道運動

基本想法是你想要求解一圓周運動可由兩個觀點得到向心加速度,進一步透過數學解出你要得東西

因他受向心力
$$F=ma$$
 \rightarrow 向心加速度 \leftarrow 因滿足圓周運動 $a_c=\frac{v^2}{r}=r\omega^2=\frac{4\pi^2r}{T^2}=v\omega$ 本頁末有兩個例子

關於滿足圓周運動你應該有這樣的理解(有點煩跟亂請慢慢看、來回看、邊想邊看)

你看到**一物作圓周運動他必受向心加速度**
$$a_c = \frac{v^2}{r} = r\omega^2 = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = v\omega$$
 翻譯如下

[註:也就是知道右邊的任一組就可以算出向心加速度]

另以第一項 $a_c = \frac{v^2}{r}$ 爲例(後面幾項也是一樣)

當你到知道一物受向心力 F_c 你就知道他具有向心加速度 $a_c = \frac{F_c}{m} (:: F = ma)$

這時你只要知道他當時的速度v就可以預期他應該會沿著半徑 $r = \frac{v^2}{a_c}$ 的軌道作圓周運動($:: a_c = \frac{v^2}{r}$)

若你知道他正在沿半徑r的軌道作圓周運動就可以預期他的速度 $v = \sqrt{a_c r}$ (: $a_c = \frac{v^2}{r}$)

此乃本頁末之兩個例子是也

行星運動(以圓軌道推導)

欲求行星運動軌道半徑與週期的關係 因爲行星運動的向心力由萬有引力提供

所以
$$F_c = G \frac{mM_{sun}}{r^2}$$
 又由牛頓 2^{nd} law $F = ma$ 當行星

$$m$$
 受向心力 F_c 時會有一向心加速 $\frac{F_c}{m} = \frac{GM_{sum}}{r^2}$

又因他是圓周運動所以向心加速度 = $\frac{4\pi^2 r}{T^2}$

$$\therefore \frac{GM_{sun}}{r^2} = a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$
 稍微移項後得下式

$$\therefore \frac{GM_{sun}}{4\pi^2} = \frac{r^3}{T^2}$$
對同一太陽 $r^3 \propto T^2$ 即克卜勒 $3^{\rm rd}$ law

$$a_c$$
(受力) = a_c (圓周)
熟練後直接
$$\frac{GM_{sun}}{r^2} = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

$$\frac{GM_{sun}}{4\pi^2} = \frac{r^3}{T^2}$$

另表面衛星r =地球半徑 同步衛星T = 1 天**昭篁!**

帶電粒子垂直入射磁場的運動

$$a_c$$
(受力) = a_c (圓周)
$$\frac{qvB}{m} = \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{qB}$$

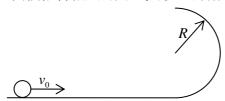
$$a_{c}(受力) = a_{c}(圓周)$$

$$\frac{qvB}{m} = v\omega$$

$$\frac{qB}{m} = \omega = \frac{2\pi}{T}(同磁場中同一粒子相同)$$

如果你能發揮社會組才能把結果都記起來也是不錯,但如果記不得或忘記時,要給自己一條生出結果的道路,所以記東西要分輕重緩急,最重要的部份往往不多也是本講義中會叫你記下的東西像是圓周運動的整串向心加速度,或像磁力電力萬有引力這種上天決定的東西,而關於圓周運動的零碎結果則可由這些進一步透過 a_c (受力) = a_c (圓周)來得到,通常只要兩行,應該不會太慢…吧

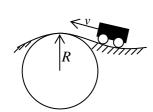
這是一種 feel 也是一種學習與分析的關鍵「感覺」 一下這兩個似曾相識的問題(可從上課講義找出)



因為軌道無摩擦,只給球正向力,在滑動過程中正 向力恆垂直速度所以不作功,球在任意高度的速度 可以動能換位能解出,若球要能達到最高點,當時

的速度必須滿足 $m\frac{v^2}{R} = mg$ 也就是正向力爲零,恰

由重力提供向心力,若在中途脫離,脫離條件爲正向力爲零,脫離後作斜向拋射,在圓弧上任一點滿足 ma_c = 軌道法線方向的重力與正向力之和。



小車m 開過一個曲率半徑 爲R的弧形路面問不離地的

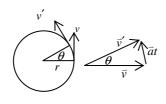
最大速度滿足
$$m\frac{v_{\text{max}}^2}{r} = mg$$

若速度小於此,因滿足圓周

運動向心加速度還是滿足圓周式那一串,只是向心力爲重力扣掉地面給車的正向力所以變小了,不變的是曲率半徑。另外你應該有能力感覺,速度小的時候車子會貼地,太大車子會飛起來!

向心加速度的證明(看圖)

取t極小 $\rightarrow \theta$ 極小 可近似得 $\begin{cases} v\theta = at \\ r\theta = vt \end{cases}$ $\Rightarrow \begin{cases} \frac{v}{r} = \frac{a}{v} \Rightarrow a = \frac{v^2}{r} \end{cases}$



圓軌道的能動能與總力學能(參考重力位能段落)

老方法
$$\begin{bmatrix} a_c (圓 周) = a_c (\mathfrak{S} 力) \\ \frac{v^2}{r} = \frac{GM}{r^2} \rightarrow v^2 = \frac{GM}{r} \\ \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \frac{GM}{r} = \frac{GmM}{2r}$$

力學能=動能+位能(令無限遠爲零位面)

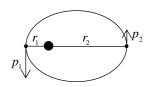
$$-\frac{GmM}{2r} = \frac{GmM}{2r} + \frac{-GmM}{r}$$

注意這是圓軌道

另:這些東西你可以大改記得,但更重要的是你要 記得他們只要用**老方法寫兩行**就會跑出來

橢圓軌道的總能

這個圖是處理橢圓軌道 常見的圖,熟記!



$$\Rightarrow r_1: r_2 = v_2: v_1$$
 $\Rightarrow v_2 = kr_1$ $v_1 = kr_2$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2}k^2r_2^2 + \frac{-GM}{r_1} = \frac{1}{2}k^2r_1^2 + \frac{-GM}{r_2} \\ \frac{1}{2}k^2\left(r_2^2 - r_1^2\right) = -GM\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right) \\ \frac{1}{2}k^2\left(r_2 - r_1\right)\left(r_2 + r_1\right) = GM\frac{r_2 - r_1}{r_2r_1} \\ \frac{1}{2}k^2r_2^2 = \frac{GMr_2}{\left(r_1 + r_2\right)r_1} \\ = \frac{GMr_2}{\left(r_1 + r_2\right)r_1} + \frac{-GMm}{r_1} \\ = mGM\frac{r_2}{\left(r_1 + r_2\right)r_1} - \frac{r_1 + r_2}{\left(r_1 + r_2\right)r_1} \\ = -\frac{GmM}{\left(r_1 + r_2\right)} \end{aligned}$$

過程寫很小是希望你看不到他,希望你有能力在非 選題出現時自己由角動量守恆與能量守恆的聯立 來製造他(註:他的結果頗漂亮當 r, = r, 時即爲圓)

■ 克ト勒三大行星運動定律

- 1. 行星以橢圓軌道運行
- 2. 對同一行星由太陽指向他的 位置向量在相同長的時間掃 過相等的面積
- 3. 行星運轉週期的平方乃正比 於其軌道半長軸(平均軌道半 77.44.4.4.4.4.7.7.2

徑)的立方或 $\frac{T^2}{r^3}$ = const.

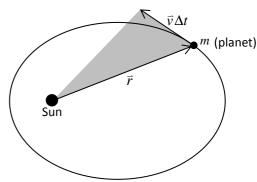
相信你在看過這個沒意義的圖後你就能記得誰三次誰二次

第二定律的證明

由右圖瞬時面積速率可表爲

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\frac{1}{2}\vec{r} \times \vec{v} \Delta t}{\Delta t} = \frac{1}{2}\vec{r} \times \vec{v}$$

相對於太陽的角動量 $L = \bar{r} \times \bar{p} = 2m \cdot$ 面積速率



行星只受重力且以太陽爲參考點的重力力矩爲零

所以行星相對於太陽的角動量守恆當然面積速率也固定

■碰撞

廣義的碰撞就是物體間的交互作用,但我們特別針對兩個物體的狀況來討論。當只有兩個物體交互作用時,沒有別人當然也沒有外力所以系統的動量守恆,但題目可能會讓別人來參一腳,像是有兩球相撞後若有一球落地(地板這時候來亂入),在落地前系統動量還是守恆,在那球落地後,就要把地板給球的衝量 Ft 算入來得到系統動量的變化!

在這個章節你需要知道的有

沒有外力的話,整個過程動量守恆

若內力沒有作功系統動能守恆是爲彈性碰撞

動量守恆與動能守恆的聯立可謂處理彈性碰撞問題的基本法則(通常二維彈碰或你當機時回歸這個作法)

$$\begin{cases} m_{1}\vec{v}_{1} + m_{2}\vec{v}_{2} = m_{1}\vec{v}_{1}' + m_{2}\vec{v}_{2}' \\ \frac{1}{2}m_{1}\vec{v}_{1}^{2} + \frac{1}{2}m_{2}\vec{v}_{2}^{2} = \frac{1}{2}m_{1}\vec{v}_{1}'^{2} + \frac{1}{2}m_{2}\vec{v}_{2}'^{2} \Rightarrow \begin{cases} m_{1}\vec{v}_{1} + m_{2}\vec{v}_{2} = m_{1}\vec{v}_{1}' + m_{2}\vec{v}_{2}' \\ m_{1}\vec{v}_{1}^{2} + m_{2}\vec{v}_{2}^{2} = m_{1}\vec{v}_{1}'^{2} + m_{2}\vec{v}_{2}'^{2} \end{cases}$$

在質心座標看系統總動量爲零([問] 爲什麼)

| | 因動量與能量帶有的速度次方 | | 不同,動量式與能量式聯立是 | 處理交互作用的普遍技巧

$$v_{1}' = v_{CM}' + v_{1C}'$$

$$= v_{CM} - v_{1C}$$

$$= v_{CM} - v_{1C}$$

$$= v_{CM} - (v_{1} - v_{CM})$$

$$= 2v_{CM} - v_{1}$$

$$= 2v_{CM} - v_{1}$$

文字遊戲請用腦理解

完全彈性碰撞=彈性碰撞 e=1 撞後兩個原速分離 內動能完全不變=內動能不變

非彈性碰撞 $0 \le e < 1$ 撞後兩個低於原速分離 內動能有轉換掉

完全非彈性碰撞 0=e 撞後兩個不分離 內動能完全轉換掉

全動能
$$\frac{1}{2}m_{1}\vec{v_{1}}^{2} + \frac{1}{2}m_{2}\vec{v_{2}}^{2}$$
 可看作 $\underbrace{\frac{1}{2}(m_{1}+m_{2})\vec{v}_{CM}}_{\text{質心動能}}^{2} + \underbrace{\frac{1}{2}m_{1}\vec{v}_{1C}^{2} + \frac{1}{2}m_{2}\vec{v}_{2C}^{2}}_{\text{質心極標的機動能}=內動能}}_{\text{質心動能}}$ 或 $\underbrace{\frac{1}{2}(m_{1}+m_{2})\vec{v}_{CM}^{2}}_{\text{質心動能}}^{2} + \frac{1}{2}\underbrace{\left(\frac{m_{1}m_{2}}{m_{1}+m_{2}}\right)\vec{v}_{CM}^{2}}_{\mu 約 \ell \text{ ff}} + \frac{1}{2}\underbrace{\left(\frac{m_{1}m_{2}}{m_{1}+m_{2}}\right)\vec{v}_{CM}^{2}}_{\text{ production of the prod$

其中質心動能因質心速度不變(因無外力)所以固定

由以上我們來分析兩個例子

最後m 會和M 一起以質心速度向右,m 在M 上所走出的距離可這樣算

$$m$$
 v_0 v_0

所求 =
$$m$$
 的位移減 M 的位移 = $\frac{1}{2f_k} \left\{ m \left[v_0^2 - \left(\frac{mv_0}{m+M} \right)^2 \right] - M \left(\frac{mv_0}{m+M} \right)^2 \right\} = \frac{1}{2f_k} \left(\frac{mM}{m+M} \right) v_0^2$

另可透過質心座標得 $f_k \cdot \Delta x = \frac{1}{2} \mu v_{mM}^2 = \frac{1}{2} \frac{mM}{m+M} v_0^2$ (內動能被摩擦力作功化爲熱能) 得到的結果相同

也可由M座標觀察 m 利用等加速公式 $v_{\pm}^2=0=v_0^2+2a_{_{M\!M}}s_{_{M\!M}}$ 求得

欲求時間,可由M 座標觀察m ,透過等加速公式求得



系統總動量在碰撞前與撞後瞬間
$$=mv_0$$

 撞後速度滿足動量守恆 $(m+M)\bar{v}=m\bar{v}_0$,所以撞後速度 $\bar{v}=\frac{m\bar{v}_0}{(m+M)}$ 也是質心速度
 撞後因繩子張力恆垂直 M 弧形上升的軌道不作功
 所以上升高度可由 $\frac{1}{2}(m+M)\bar{v}^2=(m+M)g\Delta h$ 求出

當然你也可以說成寫成內動能轉爲熱能,質心動能轉換爲重力位能,結果也是相同的。

補給你可能忘記了的證明 關於約化質量見 p.28

由圖中

 r_{1c} 表示 m_1 相對於質心CM的位置 r_i 表示 m_i 的位置向量

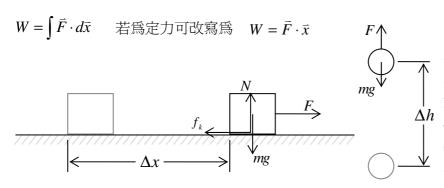
內動能 =
$$\frac{1}{2} \Big[m_1 \bar{v}_{1C}^2 + m_2 \bar{v}_{2C}^2 \Big]$$
把 \bar{v}_{1C} 、 \bar{v}_{2C} 用 \bar{v}_{12} 表示 = $\frac{1}{2} \Big[m_1 \Big(\frac{m_2}{m_1 + m_2} \bar{v}_{12} \Big)^2 + m_2 \Big(\frac{m_1}{m_1 + m_2} \bar{v}_{12} \Big)^2 \Big]$
把相同的提出來 = $\frac{1}{2} \Big(\frac{1}{m_1 + m_2} \bar{v}_{12} \Big)^2 \underbrace{\Big(m_1 m_2^2 + m_2 m_1^2 \Big)}_{=(m_1 m_2)(m_2 + m_1)}$
即機是想用 \bar{v}_{12} 來化簡問題
$$\mathbb{H}(m_2 + m_1)$$
約掉 = $\frac{1}{2} \underbrace{\Big(\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \Big)}_{\text{utility}} \bar{v}_{12}^2$

■物理定律的相對不變性(討論伽利略轉換適用範圍 不考慮勞倫茲變換)

我們相信一件事情,就是事實不會因爲觀察者而改變,像對頁末的問題,摩擦力產生的熱能不會因爲參 考座標系而改變,你卻可以選擇一個有利你計算的座標系。我們也相信所有的物理定律在所有的慣性座 標下有著相同的形式,在平移加速座標中需引入假想力來解釋,在旋轉加速座標系中則需多引入科氏假 想力方可解釋之,因爲事實就是事實,雞蛋摔破了不會因爲你坐在車上看起來他就摔不破。

■ 能量觀點與功能原理(請參考功-能原理 與 衝量-動量定理之比較之段落)

所爲的作功也就是能量從甲到乙的過程或說甲對乙施力作功即是甲把能量藉由施力推動乙來傳給乙



圖中一開始外力 F 略大於 mg 提供向上的初速,接著 F 變回和 mg 等大使之等速上升,在等速上舉的過程中,F 對小球作正功原本應提供小球動能,但 mg 同時對小球作負功把動能吃掉變成位能 $mg\Delta h$,整個過程可省略成"F 對小球作正功使小球位能增加"

所謂的保守力非保守力 就像 告訴乃論非告訴乃論 一樣舉例子比較不會亂

保守力像是萬有引力、電力、彈力,他們作負功會把動能變位能,作證功會讓位能變動能

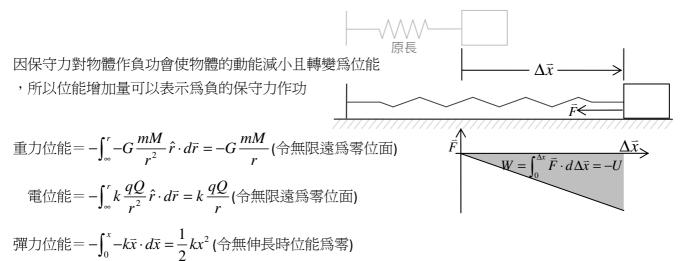
非保守力像是摩擦力、普通你手推的力,他們則不能扯上位能

保守力對物體作正功,也就是把物體位能變動能的過程

保守力對物體作負功,則是把物體的動能消耗變成位能的過程

非保守力對物體作正功,也就是把施力者的能量傳給物體以增加物體的動能

非保守力對物體作負功,也就是把物體的動能消耗並傳給施力者或變成散亂的熱能



■ 一些比較(場的概念請參考電場與電位段落)(註:重力位能、重力位電位能電位令無限遠爲零位面)

重力
$$W_{object} = -G\frac{m_{object}M_{Earth}}{r^2}\hat{r}$$
 電力 $F_E = k\frac{qQ}{r^2}\hat{r}$ ($k = \frac{1}{4\pi\epsilon}$) 磁力 $F_B = q\vec{v} \times \vec{B}$ 電力場 $\frac{F_g}{m} = \frac{-GM_{Earth}}{r^2}\hat{r}$ 電場 $\frac{F_E}{q} = k\frac{Q}{r^2}\hat{r}$ 磁場 $B = \frac{F_B}{qv_{\perp B}}$ (軍位電荷所受的電力) (「單位磁」所受的磁力) 電力位能 $U_g = -G\frac{mM}{r}$ 電位能 $U_E = k\frac{qQ}{r}$ 重力位能在地表 $U_g = mgh$ 重力位能在地表 $U_g = mgh$ (單位質量所擁有的重力位能) 電位证電荷所擁有的電位能) 電力場在地表 $\frac{W = mg}{m} = g$



■ 判斷位能高低的另外方法

位能的正負號有時會讓人容易不小心出錯,不過你可以想,東西想往哪裡去,那個狀態位能就比較低 Ex 兩個正電荷會相斥,他們想要互相遠離,所以距離遠的時候電位能低,近的時候電位能高。 兩個質量會有萬有引力相吸,所以他們想要靠近,因此兩個質量越近,重力位能越低,反之可得。 球在地表會往下掉,所以低的地方位能低.......諸如此類

註:此乃因位能函數對空間的微分加上負號即是保守力的方向與大小

■簡諧運動

文言版:一個物體在受擾動之後,受一正比於位移的恢復力,使之來回震盪,則稱之爲簡諧運動白話版:像是彈簧上的木塊,每每他離開平衡點 \bar{x} 時,他就會受到與位移 \bar{x} 相反方向的彈力 $\bar{F} = -k\bar{x}$,我們稱這個彈力爲恢復力(讓木塊有恢復到平衡點傾向的力),而你會發現木塊所受的彈力與木塊的位移成正比,因此可以說木塊會作簡諧運動。對於任何的東西,只要他所處的狀況會使他受到正比於位移的恢復力 $\bar{F} = -k\bar{x}$,哪怕這個恢復力是張力是浮力……,我們就可以預期,木塊會作簡諧運動。

只要你能找出物體所受恢復力 $\vec{F} = -k\vec{x}$ 與位移 \vec{x} 的比例常數k

你就能預期他作簡諧運動的週期
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$
 又 $\frac{2\pi}{T} = \omega$ 所以角頻率 $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

簡諧運動的速度與加速度可由參考圓上等速率圓周運動的投影量得知

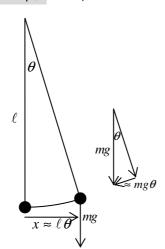
另加加速度一樣可由
$$\bar{a} = \frac{\bar{F}}{m} = \frac{-k\bar{x}}{m}$$
 求出

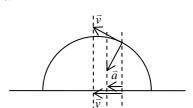
另任意位置的速度也可由恢復力作功換成動能得出 其形式同彈力位能 $\frac{1}{2}kx^2$ 換成動能 $\frac{1}{2}mv^2$

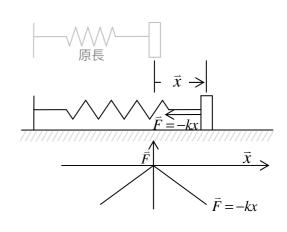
For 小擺幅單擺週期
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$
 其中 $k = \frac{mg}{\ell}$

如右圖,另
$$\vec{F} = -k\bar{x}$$

$$k = \frac{F}{x} \approx \frac{mg\theta}{\ell\theta} = \frac{mg}{\ell}$$







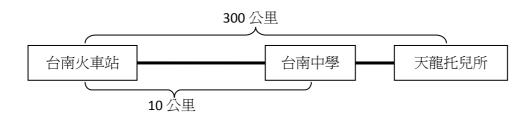
■電場與電位

討論超距力的時候,我們常引進<場 Field>的概念來幫助我們思考,場是空間的性質,有所謂的純量場和向量場,舉例來說,當我們把台灣各地的氣溫標示出來,這些溫度的數字在地圖上可以視爲一純量場,每個點都有這個場的數值也就是溫度,但溫度沒有方向。當然你也可以把全台各地的風速與風向標示在氣象圖上,但描述風速風向的場就是一個向量場,在圖上每個點都有一個向量,其大小表示風速,其方向則爲風向,這樣空間中每個點都有一些資訊來表示這個點的特性(溫度風速和風向)也就是場的概念現在我們從我們學過的重力與重力場來著手同時對比一組公車的例子

好比說假設台南市有一種公車是專門從各地開到火車站的

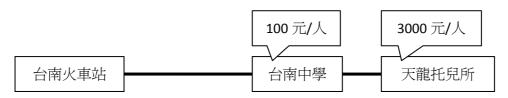
收費方式是每公里每人十元,我們有兩種理解收費的方式,請仔細比較他們的差別

狀況:阿光和四個好友一起從台南中學坐到台南火車站

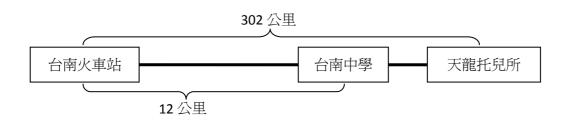


↑想法一: 因爲台南中學和車站相距 10 公里 所以共要 5(人)x10(公里)x10(元/公里・人)=500 元

然而我換個方式想,我們也可以直接將台南中學標示成 100 元/人 請注意這裡的 100 元/人 之標示可視爲台南中學這個**位置的特性**,而這個特性之所以存在起源於台南中學跟火車站相距 10 公里

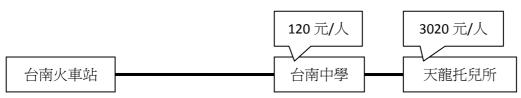


↑想法二:因爲台南中學這個位置具有 100 元/人的特性所以共要 5(人)x100(元/人)=500 元



↑對想法一來說若車站向左移動 2 公里則結果直接變爲 5(人)x12(公里)x10(元/公里・人)=600 元

→ 對想法二來說要分爲兩步 1.因爲車站向左移動 2 公里所以台南中學的位置特性變爲 120 元/人 2.所以共要 5(人)×120(元/人)=600 元





若將一質量 m 之物體置於圖中小圈處,就像之前一樣我們也有兩種說法

質量←萬有引力→質量

是兩物體相距 r 所以之間的萬有引力可表

爲
$$\overline{F_g} = -G\frac{Mm}{r^2}\hat{r}$$

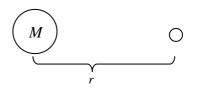


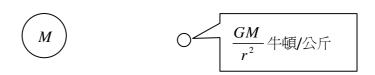
則是 M 在其周圍建立了重力場,而其中與

M 相距r 處之重力場是爲 $-\frac{GM}{r^2}\hat{r}$,當我們

擺了一個 m 在這裡我們將會看到 m 受重力

場作用而受一
$$F = m \left(-\frac{GM}{r^2} \hat{r} \right)$$
之力





另外課本常出現的形式即對重力場的定義
$$\boxed{\frac{\overline{F_g}}{m}}$$
 (重力場定義爲單位質量在該處所受之重力)

有了以上的觀念,同樣的我們也可以處理電力與電場,但注意電荷有正負兩種,所以在引用重力時要注 意正負號,兩質量(皆正值)的相吸,形同於兩異性電荷(一正一負)之相吸!

$$\overline{F_g} = -G\frac{Mm}{r^2}\hat{r} \quad \longleftrightarrow \quad \overline{F_e} = k\frac{Qq}{r^2}\hat{r}$$
 或表為 $\overline{F_e} = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{Qq}{r^2}\hat{r}$ (電力少了負號)

■導體與絕緣體的電力特性

理想導體穩定時內部無電場,因爲只要有電場就會使電荷不段重新分 佈直到電場爲零,另外有電阻的載流導線內部有延電流方向之電場 均勻分佈電荷的絕緣球體可用薄球殼定理分割



電位 $\frac{kQ}{r}$,若電位不相等即有電位差便

ε 爲電容率,在真空中= $\varepsilon_0 = 1/\mu_0 c^2 = 8.854 \times 10^{-12} \, \text{F/m} \left(or \, \text{C}^2 / \text{N.m}^2 \right)$ ■ 電容與平行電板

一電容器的電容 $C = \frac{Q}{V}$ 即每福特能儲存的電荷庫倫數,單位法拉 F

平行板電容 $C = \varepsilon \frac{A}{d}$,可由高斯定律 $\oint \bar{E} \cdot d\bar{A} = \frac{Q}{\varepsilon}$ 求出

可想,跨接相同電壓時,面積越大電荷越多所以電容越大;距離越遠電荷越少,電容越小。

如右,要將+q從下等速搬到上,需抵抗電力 $\bar{F} = q\bar{E}$ 而你所做的功變爲+q的電位能qEd,由此可知兩板 電位差=單位正電荷的電位能差即V = Ed ,因此, 若跨接電壓固定,兩板間電場強度與距離成反比,

另由
$$V = \frac{Q}{C} = \frac{Qd}{\varepsilon A} = Ed \rightarrow \frac{Q}{\varepsilon A} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = E$$
 得知若**除去電壓源**

 $(9: \sigma \, \text{與} \, E \, \text{間的關係由高斯定律較易記得})$

保留板上電荷,改變距離 d,因面電荷密度 σ 不變,兩版間電場不變,但電位差與距離成正比

■磁學

對於磁力我們同樣採用場的概念比較容易處理,我們需要討論的分成兩個部份,一個是運動的電荷(電流) 在他周圍所建立的磁場爲何,另一個是在磁場中運動的電荷如何受力,這段敘述隱含了一件重要的事, 那就是電荷要運動才會有磁場,在磁場中的電荷要運動才會受磁力!

告訴我們導線中的電流會在周圍建立環形磁場其中磁場的方向可由安培右手定則決定

告訴我們導線中每一小段電流可以在空間中建立磁場(請參考別的書上的圖)

勞倫茲力 是帶電粒子在電磁場中所受全部的電磁力

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B} + \vec{E}) = \underbrace{q\vec{v} \times \vec{B}}_{\text{磁力}} + \underbrace{q\vec{E}}_{\text{電力}} \rightarrow q\vec{v} \times \vec{B} = I\vec{\ell} \times \vec{B}_{\text{(磁力 $\perp \nu$:..} \text{不對電荷作功)}}$$
 另線圈於 B 中受力矩 $\bar{\tau}$ ($= d(I\ell B)$) $= I\bar{A} \times \bar{B}$

其中磁力的方向可由右手開掌定則得到

法拉第電磁感應定律
$$\mathcal{E}=-rac{d\Phi_{B}}{dt}$$
 $\left(\Phi_{B}=ec{B}\cdotec{A}
ight)$ 又分爲動生電動勢與感應電場兩概念

告訴我們通過一回路內部的磁通量變化時,在迴路上會產生環形的感應電動勢其方向可由冷次定律判斷(感應電流的方向爲產生抵抗外在磁通量變化的方向)

物理量與單位筆記

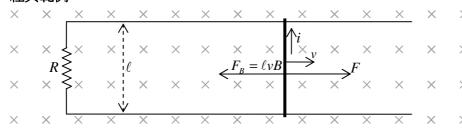
電流 I 即單位時間流過截面的電荷量公制擔爲(安培 A) 即 (庫倫每秒)

磁通量 $\Phi_{R} = \vec{B} \cdot \vec{A}$ 表磁場的通過量 單位(韋伯 Wb)

磁場強度
$$B = \frac{F_B}{qv_{\perp B}}$$
 即「單位磁」所受的磁力單位為(特斯拉 T)或(N/A・m)



經典節例



× X 其實下面的作法有不少地方
 × X X 都在豪洨,以巨觀法省略了微觀的事實,讓磁力看似會作功,
 × X X 但是這卻可以得到正確的答
 × X X X 和.

[solution]

導線 ℓ 向右切割磁力線產生動生電動勢 $\varepsilon = \ell v B$

迴路電流由
$$V = IR$$
 得 $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\ell vB}{R}$

載流導線
$$\ell$$
 受向左磁力 $F_B = i\ell B = \frac{\ell^2 v B^2}{R}$

若磁力與外力相等
$$F_B = \frac{\ell^2 v B^2}{R} = F$$
 則

達終端速度
$$v = \frac{FR}{\ell^2 B^2}$$

法拉第定律
$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$
其大小= $\frac{dBA}{dt}$ = $B\ell\frac{dx}{dt}$ = $B\ell\nu$

磁力使導線動能的消耗功率=電阻發熱功率

$$F_B v = P_R$$

$$\ell v^2 B = i^2 R = \frac{\varepsilon^2}{R}$$

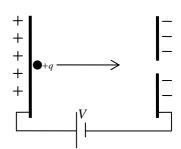
達終端速度外力輸入的功率=電阻發熱功率

$$Fv = P_{p}$$

$$Fv = \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{B^2 \ell^2 v^2}{R} \to F = \frac{B^2 \ell^2 v}{R} \to v = \frac{FR}{B^2 \ell^2}$$

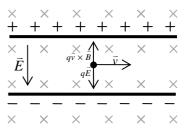
■帶電粒子的運動

加速電壓



速度選擇器

若提供如右圖這樣的電磁場,+q 在其中會受電力 $q\bar{E}$ 向下與磁力 $q\bar{v} \times \bar{B}$ 向上,若+q 的速度可以滿足磁力與電力平衡,他就不會往上 或往下偏,如此以來就能安全的過到對岸!



磁場中的圓周運動(參考 p8 下面)

■其他像是變壓器

變壓器若無磁漏滿足

輸入電壓:輸出電壓=輸入端線圈匝數:輸出端線圈匝數 即 $V_{in}: V_{out} = N_{in}: N_{out}$

而對於理想變壓器,輸入功率=輸出功率 即 $I_{in} = P_{out}$ $I_{in} V_{in} = I_{out} V_{out}$

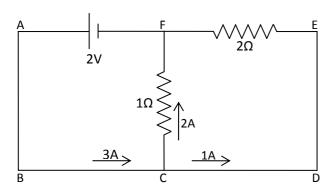
因此對電路可由電源電動勢推得輸入測電壓再算出輸出電壓,並以輸出電壓配合負載算出輸出電流進而得知輸出功率,就可反推輸入功率與輸入電流。

■ 電路與克希荷夫法則(Kirchhoff's Rules)

各位常碰到一些電路圖有關的問題,其中以直流電路為主,而所用到的工具不外乎是以前的串並聯跟歐姆定律再加上所謂的克希荷夫兩條定則來操作,克希荷夫通常用在兩個以上的電池或橋式電路。 先來看看克希荷夫的兩條定則(注意正負號問題)

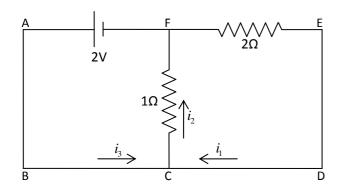
分支點法則

如下圖對於 C 點滿足流入等於流出 3A=1A+2A



值得注意的是在計算時我們一開始若不知道電流 的流向,我們可以自己假設電流包含方向

 $i_3 + i_1 = i_2$ 請仔細比較正負號與箭頭方向!



所謂 i 爲-1A 意思是實際電流與我們假設的方向相

反,而在列式的時候所定的流入與流出則以假設的 電流方向為準

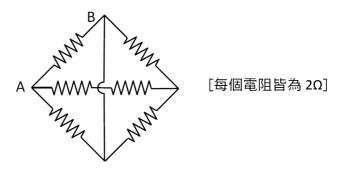
把握大膽假設, 小心求證的原則

另:在處理一些較複雜電路之問題(常見於計算等效電阻),若一時看不出來原圖結構,可以用這樣的方法(保持拓普)來協助看出串並聯的特性

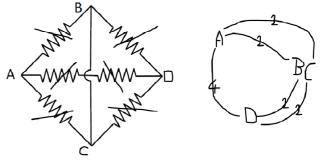
- 1.若原圖未編號先編上 abcd
- 2.將導線直接連接在一起的點視爲同一點(ABCDE)
- 3.將原圖上的電阻或電池等元件依序標到新圖上 並將已標示過的在原圖上劃掉以面重複

註:電阻可以只接畫一條直線上面寫歐姆數較快

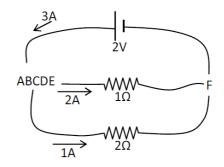
上面的小方法對左題沒有太大用處,這種技巧較常用於如下圖這種求 AB 間等效電阻的問題(試試看)



如此這搬得改寫他



你就可以看出並聯與串連了,像是左題範例你也可 以練習書看看,應該繪畫成下面的樣子

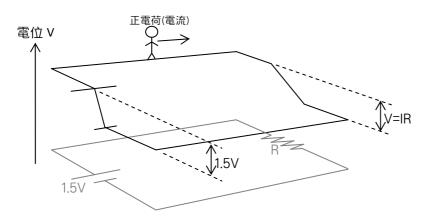


但若簡化後出現橋式電路且電阻不成比例(中間的 橋電阻不能省略)或兩個電池以上的電路,請乖乖使 用克希荷夫法則或戴維寧定理。



迴路法則

首先各位可以嘗試以這樣的方式理解電路



一處的電位值是單位正電荷在該處所擁有的電位能,對於一個迴路,你可以畫出電位對空間(迴路上各點)的作圖,就好像你可以畫出高度對空間的作圖,環繞一封閉迴路的電位變化=0也就是走一條繞一圈的公路回到原出發點後,你的海拔高度變化=0(廢話,台南不會因爲你多環島幾次他就變高阿)

如上圖我們可以從小人開始順著電流回到小人列式得

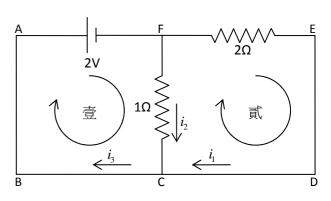
$$\Delta V = -(IR) + (1.5V) = 0$$
 或逆時針 $\Delta V = -(1.5V) + (IR) = 0$ 下降上升

再來看看右圖(注意我們又改了假設的電流方向)

對迴路壹從 A 開始
$$\Delta V = -(2V) - (i_2 \cdot 1\Omega) = 0$$

但我們知道實際上 $i_2 = -2A$ 所以下降 $(i_2 \cdot 1\Omega)$ 其實是下降 $(-2A \cdot 1\Omega) = -2V$ 或說上升2V,請小心

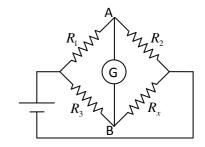
對迴路貳從 F 開始
$$\Delta V = -(i_1 \cdot 2\Omega) + (i_2 \cdot 1\Omega) = 0$$



對第二項因爲我們是逆著電流走過電阻,所以要寫成上升! **再搭配分支點法則的** $i_1 + i_2 = i_3$ 即可求解 <<<<另外已充電完成的電容在直流電路中視為斷路(廢話兩個平行不接觸的板子當然是"斷"路>>>>

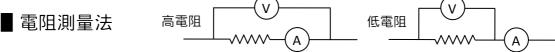
■ 惠司同與橋(Bridge)式電路

可調整 R_3 大小使流過檢流計 G 之電流=0 則可得 AB 兩點等電位 此時由 R_1 : R_2 = R_3 : R_7 即可求出 R_7



■ 歐姆定律及電阻消耗功率

歐姆定律的原敘述是**通過一導體的電流正比與施加再其兩端的電壓**,或說導體的電阻是定植如今我們看來並不正確,但我們還是可以用 *V = IR* 來描述任一時刻端電壓、電阻與電流的關係



關於使用伏特計與安培計來測量電阻的方法,會有所謂的高電阻測量法與低電阻測量法(參考上課講義),其實伏特計與安培計的本質都是檢流計,只是可能串連或並聯了一些電阻,對伏特計來說因爲V = IR,他只要刻有特定的刻度,就可以用電流來表示電壓,另外伏特計有很大的內阻,安培計的內阻則很小,可以仔細思考兩種測量法,對很大的電阻,若採用低電阻法,會因爲他的電阻與伏特計相當,流過電阻的電流與流過伏特計的電流可能差不多,那這樣安培計測到的電流就會比流過電阻的大很多(因爲安培計測到的是流過電阻的電流,流過代特計的電流),也就造成了不準的效果,其他你也可以試著想看看。

■壓力與浮力

壓力定義爲 $P = \frac{F_{\perp}}{A}$ 即單位面積所受的垂直力

液體壓力 P = hd 其中 h 是深度單位可以是公尺,而 d 是重量密度 單位可以是 公斤重每立方公尺 $\log m^3$

也可以表爲 $P = \rho g h$ 其中 ρ 爲液體質量密度也就是單位體積的質量,公制單位爲 $\frac{kg}{m^3}$ 另g爲重力場強度

浮力的成因乃是物體在液體中所受受的上下壓力差(參考課本)

而其大小寫在下面,方向向上(反向於重力場),作用於物體液面下的幾何中心

浮力B=排開液體重=排開液體體積x液體質量密度x重力場強度

如右圖, 當你孤立一塊水, 應該滿足周圍水給他的力 = 那塊水重(因水靜止) 但周圍水不會認那是水還是木塊, 所以換成木塊, 一樣會受 = 水重的浮力



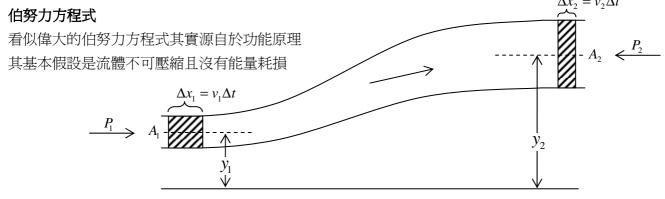
另浮力也是力,也遵守牛頓第三運動定律,所以水中浮有一球,水給球向上的浮力,球也給水方向向下 大小等於浮力的反作用力,就好像球放在桌子上桌子給球向上的正向支持力,球也給桌子向下的正向力

▋連續流體與伯努力方程式

連續不可壓縮流體

滿足單位時間流過不同截面的量應相等

 $A_{i}v_{i}$ $\Delta t = A_{i}v_{i}$ 可得流速與截面積成反比



兩端壓力作功=液體的力學能變化

$$F_{1}\Delta x_{1} - F_{2}\Delta x_{2} = \left[\frac{1}{2}m_{2}v_{2}^{2} + m_{2}gy_{2}\right] - \left[\frac{1}{2}m_{1}v_{1}^{2} + m_{1}y_{1}\right]$$
 技巧性的改寫
$$\begin{cases} F = PA \\ m = \rho V = \rho A \Delta x \end{cases}$$

$$P_{1}\Delta x_{1} - P_{2}\Delta x_{2} = \left[\frac{1}{2}\rho \underbrace{A_{2}\Delta x_{2}}_{m_{2}}v_{2}^{2} + \rho \underbrace{A_{2}\Delta x_{2}}_{m_{2}}gy_{2}\right] - \left[\frac{1}{2}\rho \underbrace{A_{1}\Delta x_{1}}_{m_{1}}v_{1}^{2} + \rho \underbrace{A_{2}\Delta x_{1}}_{m_{1}}gy_{1}\right]$$

$$P_{1} - P_{2} = \left[\frac{1}{2}\rho v_{2}^{2} + \rho gy_{2}\right] - \left[\frac{1}{2}\rho v_{1}^{2} + \rho gy_{1}\right]$$

$$P_{1} + \frac{1}{2}\rho v_{2}^{2} + \rho gy_{2} = P_{2} + \frac{1}{2}\rho v_{2}^{2} + \rho gy_{2}$$

 $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$

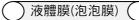
應用:在同高度(第三項同),流速越快的地方(第二項大),壓力(第一項)越小



■ 表面張力

表面張力T定義爲單位長度所受的力,公制爲 牛頓每米

注意再薄的膜都有 2 面(除非只有一顆分子的厚度) () 液體膜(泡泡膜)



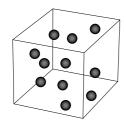


一團液體當然表面是一面(件右圖)

對於毛細管向上吸的高度請想表面張力向上拉的力=液體重 $\frac{F \text{向} \bot = mg \text{向} \text{下}}{2\pi RT \cos \alpha} = \rho \frac{\pi R^2 h}{2\pi R^2 \log \alpha} g$

■ 氣體動力論(推導請參考課本)

About 理想氣體:我們嘗試以微觀的角度來描述一團氣體,換句話說我們現在要描述氣體時,你要看得 到這些氣體裡面有許多的分子,而他們正快速的運動,互相的彈性碰撞著,這些分子沒有熱,因爲熱就 是他在動的意思,我們對氣體加熱,其實就是增加裡面分子們的動能。另外,這些分子的大小跟裝他們 的容器相小的可憐所以被我們說這些氣體本身分子不佔有體積,體積是他們動來動去所佔用的空間,他 們對容器的壓力是他們一直撞到器壁的表現,這大概就是他的樣子。



對於一團氣體 ex 左邊的盒子裡面裝了氣體 PV = nRT = NkT 注意T 爲絕對溫度 (n表示莫耳數 N表示分子數 R爲氣體常數 k是波滋蔓常數)

每顆分子平均動能
$$\frac{1}{2}mv_{rms}^2 = \bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$$
 (只 \sim 絕對溫度) 系統內能 $= N\bar{E}_k = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}PV$

建議你背上面兩條就好下面是一個思考練習(請先看過氣體動力論的推導)

 Ex 上面盒中的氣體若使其絕對溫度變爲兩倍由 $\mathsf{PV} = \mathsf{nRT}$ 會得到壓力變爲兩倍,另若由微觀觀點

分子平均動能
$$\frac{1}{2}mv_{rms}^2 = \bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$$
 因溫度變兩倍而變兩倍 \rightarrow 分子方均根速率 v_{rms} 變爲 $\sqrt{2}$ 倍

又分子碰撞器壁所產生的力= $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ = $m\frac{\Delta v}{\Delta t}$,其中 Δv 變爲 $\sqrt{2}\Delta v$ 但也因爲 v_{rms} 變爲 $\sqrt{2}$ 倍,平均時間間隔縮

短 $\sqrt{2}$ 倍,所以所求= $m\frac{\sqrt{2}\Delta v}{\Delta t/\sqrt{2}}=2\frac{\Delta p}{\Delta t}$,也就是說壓力變爲兩倍!

■ 熱力學第一定律(源自能量守恆)

當透過活塞壓縮氣體時. 活塞同時會不斷的推 **~~~** 氣體分子增加他的動能,這就是壓縮氣體會讓 他變熱的原因

系統的內能變化=外界輸入的熱量-系統對外作功

$$\Delta U = \Delta Q - W$$

對於單原子理想氣體而言內能即表現在溫度上 另在定壓過程中 $W = F\Delta x = PA\Delta x = P\Delta V = nR\Delta T$ 要增加該團氣體的內能(使其升溫)有兩條途徑 1.拿火燒他(給他熱量) 2.向內推活塞壓縮他(對他作功) 要降低該團氣體的內能(使其降溫)有兩條途徑 1.冰他(偷走熱量) 2.使其向外推活塞膨脹(氣體對外作功) (註: $H = ms\Delta T = C\Delta T$ 其中 C 爲熱容量) 我們可以論兩種熱力學過程

等壓膨脹(壓縮逆之)
$$\left[\frac{\Delta U = \Delta Q - W}{\frac{3}{2} nR\Delta T} = \Delta Q - nR\Delta T \right] \rightarrow \frac{5}{2} R = \frac{\Delta Q}{n\Delta T}$$
即定壓莫耳熱容 C_P

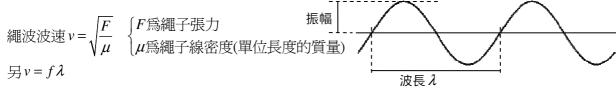
定容加熱(冷卻逆之)
$$\begin{bmatrix} \Delta U = \Delta Q - W \\ \frac{3}{2} nR\Delta T = \Delta Q - 0 \end{bmatrix} \rightarrow \frac{3}{2} R = \frac{\Delta Q}{n\Delta T}$$
即定容莫耳熱容 C_V

等溫膨脹(壓縮逆之)
$$\begin{bmatrix} \Delta U = \Delta Q - W \\ 0 = \Delta Q - P \Delta V \end{bmatrix}$$
 $\rightarrow \Delta Q = P \Delta V \rightarrow$ 輸入熱量全去對外作功

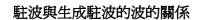
■ 驗電器其他的部份回去自己看書啦~~~手酸了((默

會打開是因爲下面的兩片金箔帶同性電 被吸住的電荷不會動不是嚴謹的解釋法但很好用 先當正負電荷都爲動,判斷完狀況後再讓正電荷有動的部份換成電子反著動!

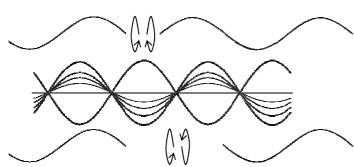
■力學波

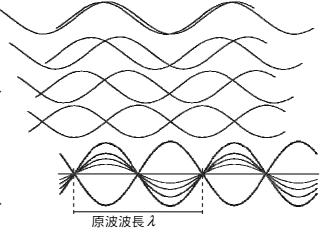


固定端反彈波形會轉一百八十度(左右相反上下顛倒),自由端反射波形則只左右相反 粗繩入細繩細繩入粗繩可以大球狀小球小球撞大球來判斷反射與透射波的關係 兩波相遇的時候因波具有疊加姓,可直接將波形相加得到干涉的結果



可以跟原來的正弦波比較形狀、波長與週期

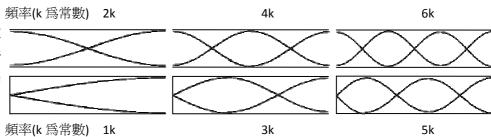




波腹上下完整的振動一個週期跟原波的週期長短相同

縱波與空氣柱

由於頻率的本意是每秒幾次 又波速都相同,走完管長所 須得時間相同,所以在管中 看到走出的次數 ~ 頻率



■水波的干涉

學理的部份請參考上課講義,推薦你,如果有空去水池用兩隻手製造兩個點波源,可以看到很漂亮的水波干涉,或到成功湖去,丟兩顆小石頭,你也可以看到漂亮的干涉效果,與腹線節線等等

■ 脅波與都ト勤效應

注意聲波的都卜勒效應有三個東西間的速度:聲源 o、觀察者 s、空氣(風),建議以空氣當參考座標(消去風速),另 聲源相對空氣有速度則會產生各方向不等波長的聲波;觀察者穿越空氣去接收聲波會改變看到兩次波谷所需的時 間間隔,即造成視頻率的改變,但不影響波長(就好像你停著車子或開動車子不會影響對向來車看起來的長度,但 會影響從他車頭經過你到車尾經過你所需的時間),但神奇的是如果你和波源的相對速度爲零,這兩個影響用視頻 表示時會抵銷,所以我們會說,聲音的都卜勒效應要在聲源與觀察者有相對運動時才會發生。給你兩個解題關鍵

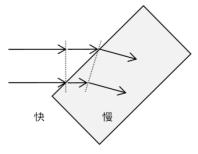




■ 幾何光學-折射概念

判斷折射的方向(僅爲方便,可能無理)

用手比劃,模擬光的兩側,碰到變慢得時候那隻手頓一下,沒碰到變慢的那隻手繼續往前,就可感覺出光的轉向,由慢到快則是先接觸到快得那隻手加速即可(僅供參考)



海更士原理(看課本)

介質的折射率 $n=\frac{c}{v}$ $\begin{cases} c$ 爲真空中的光速 可以想水的折射率約 $\frac{4}{3}$ 或1.33皆大於1,這樣子母就不會錯了

另介質 2 相對於介質 1 的相對折射率 $n_{12} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ (注意符號與相對速度不同)

司乃耳定律 $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ (可由海更士原理作圖得出)

全反射發生在慢到快的時候(去感覺折射角與入射角的漸變過程)反射時遵守反射定律

當入射角小於臨界角→折射角小於90度(很正常)

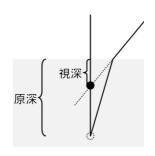
但仍有部份反射部份折射

當入射角等於臨界角→折射角等於 90 度(很莫名尷尬臨界狀況) 可說恰沒有折射只剩反射(依然尷尬) 當入射角大於臨界角→折射角幾度都不是,所以全部變反射沒有透射,也就是法生全反射

關於視深請你由 1.2 推出視深公式 $\frac{$ 水中物的視深 $}{$ 原深 $}=\frac{1}{1.33}$ \Rightarrow $\frac{d_{ii}}{d_{ii}}=\frac{n_{iiii}}{n_{iiii}}$

- 1.在水池邊看池中的東西會比他應該在的深度來的淺
- 2. 視深與原深的比例即觀察者與物體所在的折射率比

其證明可由右圖搭配司乃耳定律得



幾何光學問題的處理不外平善用幾何跟三角函數

■ 電磁波譜(參考課本彩圖)

 波長 10⁻¹² 10⁻⁹
 400nm----700nm
 10⁻³
 1m
 好長

 プ射線
 X-ray
 紫外光
 紫靛藍綠黃橙紅
 紅外光
 微波
 無線電波

(註:僅爲示意圖,各波段可能有重疊,並非如上表示的沒有重疊)

■ 幾何光學-平面鏡

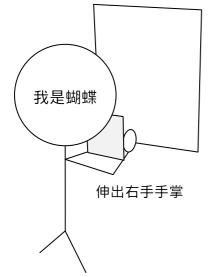
在這個部份的內容,會建議各位透過三個部份來處理

瞭解你在做什麼→對現象(事實的結果)的記憶→用結果或圖形輔助公式的記憶

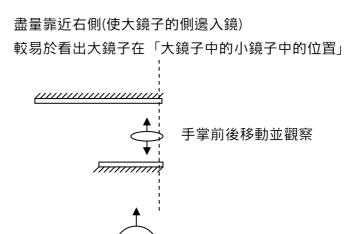
請大家做幾件事並用心觀察體會

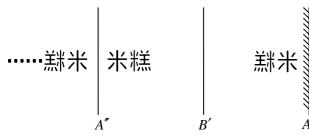
′1. 在明德樓前的大鏡子前後左右走一走觀察鏡中的自己如何運動,思考其相對於地面與相對於你的速度、加速度與位移分別應該爲何 **[問]** 正解應該是什麼

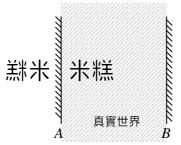
文.如下圖站在一面大鏡子前以左手拿一個鏡子擺在你與大鏡子之間,將右手食指伸到兩面鏡子中間,上下左右移動兩手直到可以看到一排手掌無限反射的成像效果,觀察每個鏡中的手的面向,並在此時前後移動手掌觀察每個手掌的移動方向!

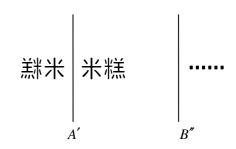


如此你應該就能體會下圖的意思









光槓桿

即鏡面相對於大地座標旋轉 θ 則反射線相對於大地座標會旋轉 2θ (請感覺他或拿小鏡子試試看)

■ 一些補充(續p26與p22)

(從折射率定義切入思考,你會發現折射率n倍表波速變 1/n,單位距離的波個數 $\underline{\mathfrak{b}}$ n倍)

p26 光走過距離 d 所走的波程可表為 $\frac{d}{\lambda}$ 個波長 若經過厚 d 折射率 n 的薄片波程變為 $\frac{d}{\lambda_{\mathbb{R}}} \cdot n^{*}$ n

p22 對於觀察者所見依然滿足

視波速(受 ν_{觀介} 影響) = 視頻(最後結果) x 視波長(受 ν_{原介} 影響)

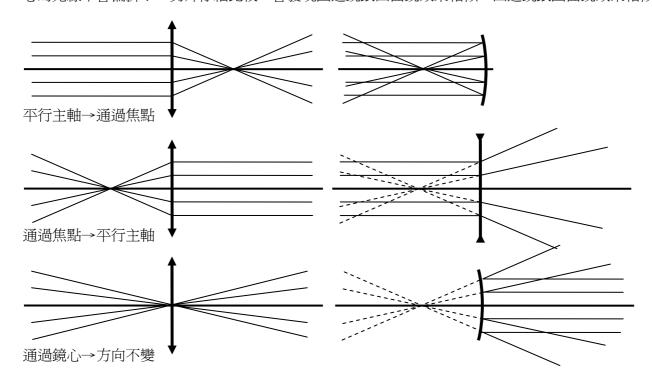
▋所謂近代物理的部份

即 $v = f\lambda$

其實在這部份介紹了許多的實驗,而實驗是科學家爲了找到答案精心設計的,瞭解每個實驗是在解決什麼問題,看到了什麼現象,與我們怎麼運用物理去解釋他,最後換作是你得到了數據該如何處理,這大概就是需要掌握的部份,另外若你感到無趣與雜亂,試著想想科學家的毅力,密立根在作油滴實驗時,就好像你每天早上八點起來打信長,打到晚上十點去睡覺,這樣打過二十年的歲月,話說身爲指考戰士的你,不也是早上六點起來念書,念到晚上十一點去睡覺,度過指考前的每一天阿,不過這又是另一個故事了.......

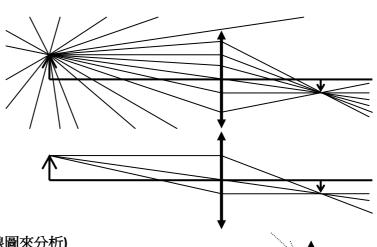
■ 幾何光學-透鏡與面鏡成像

我們做了許多實驗,發現薄透鏡與球面鏡大概有下列近似的結果,以凸透鏡為例,平行主軸的光線都經過透鏡折射後都會會聚到對面的焦點,凡是通過焦點的光線經過透鏡後都會平行主軸,凡是通過透鏡中心的光線不會偏折!另外仔細比較,會發現凸透鏡跟凹面鏡效果相似,凹透鏡跟凸面鏡效果相似。

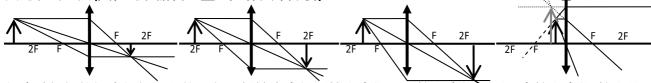


主光線圖

原本每個點光源(如箭頭頂端)都會發出無數條光線,其中通過凸透鏡的部分會會聚成另一個有如圓來的點光源的點,我們管他叫做像,而這些數不清的光線中,我們發現有三條剛好跟上面的實驗結果相符的光線,人因懶惰而偉大,從此我們就只畫這些容易判斷折射角度的光線來定出像的位置,這樣的特徵光線稱為主光線,所作的圖即為主光線圖。



凸透鏡的運用(其他透鏡請自己畫主光線圖來分析)

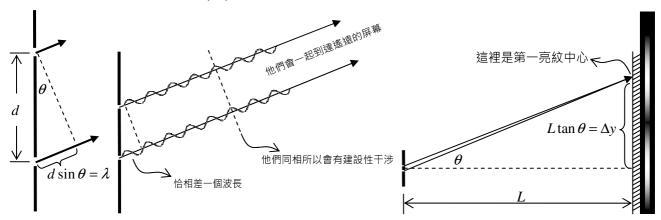


你應該仔細的觀察他們變化的過程,從縮小實像到等大實像,到放大實像,到正立放大虛像(放大鏡) 另外請去看路口的凸面鏡(科教後面那條路就有了)

兩隻眼睛都張開看著他,去感受身後的世界被壓縮彎曲進到了該凸面鏡中,而且最遠的東西在鏡中看起來雖然很小,但感覺並沒有像在平面鏡中那樣看起來也在鏡後遙遠處,反而像在鏡後一米左右,身後的世界彷彿就被不等比例的壓縮在這一米的深度當中,其實這就是上面所推論的所有的像皆落於鏡後焦距以內的意思(不去認真的看看是你的損失,晚上去說不定還可以順便獵獸科科)

■雙狹縫干涉

下爲三個尺度的雙狹縫繞射簡圖(以)



以上圖爲例 $d\sin\theta = \lambda$ 告訴我們下面那條光比上面那條多跑了一個波長,但等於沒有多跑因爲對相位差而言又歸零了,所以兩道光會同相位,而有建設性干涉[文言文:波程差爲波長的整數倍是爲亮紋條件]

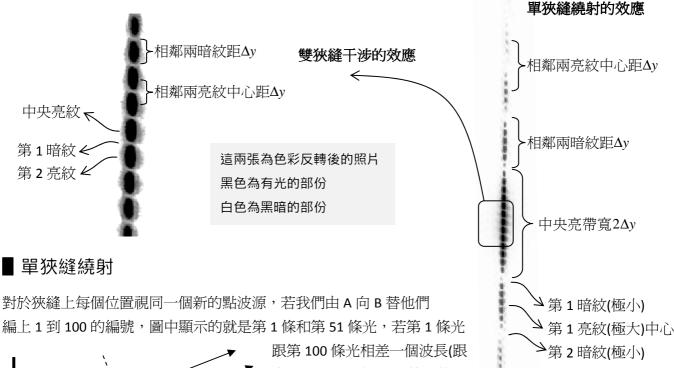
結果的記憶

因爲尺度的關係兩個標有 θ 的三角形爲相似三角形若 θ 夠小則

另外如果題目說再某個狹縫上蓋上折射率 為...的東東,你還是可以從兩道光之波程差 的角度下手來決定暗紋條件跟亮心條件 p24

可得到 $\frac{d\sin\theta}{d} = \frac{L\tan\theta}{L}$ 或直接應用 $\frac{\lambda}{d} = \frac{\Delta y}{L}$ (請不要想三角函數,直接畫圖並用國小比來比去的 way 感覺)

另再搭配實驗事實(下圖照片)你應該就能推出所需的結果!



A 他們反相所以會有破壞性干涉恰相差半個波長

跟第 100 條光相差一個波長(跟本頁最上面同狀況)則第 1 條和第 51 條光會相差半個波長而彼

此相消,同理 2 和 52 消,3 和 53 消...50 和 100 消,也就是 1-50

會和 51-100 消,此時的 $\frac{\Delta y}{L} = \frac{\lambda}{d}$ or $\frac{\lambda}{d} = \sin \theta$ $\frac{\Delta y}{L} = \tan \theta$ 也 就是所謂的第一暗紋條件,其餘也可由實驗照片(上圖)推得



▍常數 單位換算 物理量的改寫

bv 熱功當量

1 cal 4

幾咖系嫁較 (一鍋四隻鳥 1cal=4.18J)

J 0. 24 cal

幾架教 阿系吱咖 (一隻鳥四隻腳 1J =0.24cal)

$$msT(cal) = \frac{1}{2}mv^{2}(J)$$
用1kg代入 1000sT(cal) = $\frac{1}{2}1v^{2}(J)$
1cal = 4.2J 1000msT4.2(J) = $\frac{1}{2}mv^{2}(J)$

物體的動量與能量代換
$$E_k = \frac{p^2}{2m}$$
 $p = \sqrt{2mE_k}$

力學功率 $P = \bar{F} \cdot \bar{v}$

■ 關於近物與原子 只是些公式與常數們 應該在你的講義就找得到了 所以大概沒什麼幫助

光子或物質 $E = mc^2 m = m_0 (1/\sqrt{1-(v^2/c^2)})$

$$c = v\lambda$$
 $(v = f\lambda)$

光子
$$E = hv$$
 $p = \frac{h}{\lambda}$ 可能 $E = hv$ 物質 $v = \frac{E}{h}$ $\lambda = \frac{h}{p}$ 可能 $h = p\lambda$ h

布拉格條件(亮紋) $n\lambda = 2d \sin \theta$

$$\Delta \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) = 0.0243 (1 - \cos \theta) \text{ Å}$$

光電方程式 $hv = W + E_k = hv_0 + eV_s$

電子電量 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C

電子伏特(能量單位) 1eV = 1.6×10⁻¹⁹ J

波耳原子模型 其中n=1時爲基態

基本假設 $L=n\hbar$ ($L=r\times p=rmv=I\omega=mr^2\omega$)與 $2\pi r=n\lambda$ 同義

比例記憶 By 能量量子化(**背道項**) $E_n = -13.6 \times \frac{Z^2}{r^2} (\text{eV}) = -\frac{kZe^2}{2r}$

H的
$$E_1(eV) = \frac{-13.6}{1} = -\frac{ke^2}{2r_1}$$
 $E_2 = \frac{-13.6}{4} = -\frac{ke^2}{2r_2}$ $E_3 = \frac{-13.6}{9}$ 即 n= 1 2 3 4 ∞ -13.6 -3.4 -1.5 -0.85 ... -0 注意比例 +0 +10.2 +12.1 +12.75 +13.6

$$r_n = \frac{n^2 k e^2}{2Z^2 \times 13.6} = 0.53 \frac{n^2}{Z}$$
(Å)等皆可由能量量子化可推出

$$v_n = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2(-E)}{m}} = 2.18 \times 10^6 \times \frac{Z}{n} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$
 、 $p_n =$ 留給你

經加速電壓V 加速得動能 $e \cdot V$ 之電子的物質波長 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mE_{\scriptscriptstyle L}}} = \frac{h}{\sqrt{2meV}} = \frac{12.3}{\sqrt{V}} \mathring{A} = \sqrt{\frac{150}{V}} \mathring{A}$

普朗克常數 $h=6.62\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$ 另 $\hbar=\frac{h}{2\pi}$ 真空中的光速 $c=3\times10^8\,\mathrm{m/s}$ or 30萬公里 $per\,\mathrm{sec}$

光子能量
$$E(eV) = hv = h\frac{c}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{12400}{\lambda \text{ Å}}$$
 $(hc = 12400eV \cdot \text{Å})$ 常數 $k = 9 \times 10^9 \left(N \cdot m^2 / C^2\right)$

圓軌道下
$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{kQq}{2r} = \frac{kZe^2}{2r}$$
 $E = -\frac{kZe^2}{2r}$ $U = -\frac{kZe^2}{r}$ $\left(-E_k = E = \frac{1}{2}U\right)$

以光激發原子 $E_{\mathcal{H}}$ 恰 = $\Delta E \rightarrow \mathcal{H}$ 子被吸收使電子躍遷 $(E_{\mathcal{H}} \neq \Delta E \land E_{\mathcal{H}} < 游離能 \rightarrow 不會有事發生)$ $E_{\mathcal{H}} > 游離能 \rightarrow 不論 E_{\mathcal{H}}$ 多少都可能使電子被游離

以電子激發原子 $\left\{ egin{aligned} E_{k \equiv 7} \geq \Delta E \to \mathbb{E} & = \Delta E \text{ of } E \neq 2 \end{aligned} \right.$ 以電子激發原子,剩下的能量 $E_{k \equiv 7} = \Delta E$ 由入射電子帶走 $E_{k \equiv 7} = E_{k \equiv 7} = E_{k \equiv 7}$ 》游離能 \to 原子的電子可能被游離

■ 後記 連後記都排在這就知道他有多麼沒順序,希望這本講義沒讓你變更遭

有個光子打到極板,將他所有的能量E = hv給了極板上面的一個電子,這個電子獲得了能量後想逃出極 板,但他受到原子的束縛,有一部分的能量必須拿來克服這個束縛(有點像過路費,或說每個電子要逃出 原子的束縛都要付這麼多錢給原子才能走),而每個電子逃離極板需要的能量即 $W = e\phi$ 稱爲功函數 work function,扣掉功函數,剩下的能量就是逃出來電子的動能!假如你讓..........這就是光電效應=]

■ 約化質量reduced mass (參考 看不懂就算了) 能量上的運用於p.11

爲了討論方便,先假設系統所受合力零,質心固定,相對於質心的物理量即相對大地

$$\vec{r}_{1c} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \vec{r}_{12} \begin{cases} \vec{v}_{1c} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \vec{v}_{12} \\ m_1 \vec{v}_{1c} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \vec{v}_{12} = \mu \vec{v}_{12} \end{cases}$$

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \vec{a}_1 \cdot \dots + \vec{a}_2 \cdot m \vec{a}_$$

左右為兩種不同方法,我們皆可寫出運動方程式ク、タ、ロ

- f.即由對站在質心(大地)上的人認爲的受力 f 與他所看到的 f 如速度 f ,讓他理所當然的認爲 f ,f 。
- \mathbf{y} .對於 m_2 加速座標(具加速度 a_2)上的人認爲 m_1 的受力除 F 外還有假想力 m_1a_2 ,配合他所看到 m_1 的加速度 a_{12} 相除後他依然會認爲 m_1 是一個質量爲 m_1 的物體
- Π .爲簡化計算若我們採用質心觀察者(質心座標)所看到的受力F 而不使用 m_2 座標(因需引入假想力),並用之寫出 m_1 相對於 m_2 的運動方程式,我們發現F 除以 a_{12} 後得到 m_1 的行爲有如質量爲 μ 之物體

Q:如圖置於光滑平面上若使之開始震盪,求震盪週期



可以系統質心(不會動)分割彈簧成兩段,選一側算出新的彈力常數配合該側質量即可代入簡諧週期公式;另可當作 m₂ 静止並使用原彈力常數(即使用大

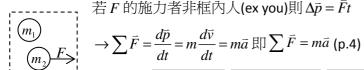
地座標受力)配合 μ 寫出 $T=2\pi\sqrt{\mu/k}$ (也就是使用大地座標受力討論 m_1 相對於 m_2 之運動(考慮 m_2 座標下的位移、速度、加速度)時, m_1 會形同質量爲 μ 的物體,並有運動方程 $F=\mu a_{12}$)

■ 核心概念-交互作用與守恆律 框框(系統)與外界的對話

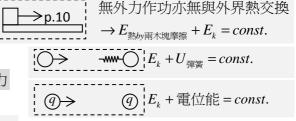
動量 \bar{p} (ex $m\bar{v}$)衝量 \bar{J} (ex $\bar{F}t$)為向量,其和使用向量和 另角動量 \bar{L} 亦同

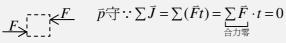
能量 $E\left(\exp\frac{1}{2}m\bar{v}^2 \times mc^2 \times -\frac{GMm}{r}\right)$ 功 $W\left(\exp\bar{F}\cdot\bar{x}\right)$ 為純量,其和爲代數和 如下守恆即後項 $\Delta=0$ 時

我是框框(系統),當 我與外接無能量交 換時,我內部的能 量會守恆...... 動量 \bar{p} 守恆 or $\Delta \bar{p} = \sum \bar{J} = \sum \bar{F}t$ 若系統受外力合力零則受衝量爲零→動量守恆 能量E 守恆 or $\Delta E = \Delta Q - W$ (廣義熱力 $1^{\rm st}$ law)能量變化=熱交換與力學功之和 角動量 \bar{L} 守恆 or $\Delta \bar{L} = \sum \bar{\tau}t$ 即系統角動量之變化=系統外力矩總和 x 作用時間



對系統而言 $m = m_1 + m_2$ a =質加速度 F =外力





E不守 $:: \sum W = \sum (\vec{F} \cdot \vec{x}) = \vec{F_1} \cdot \vec{x_1} + \vec{F_2} \cdot \vec{x_2} =$ 功之純量和 $\neq 0$ \vec{L} 不守 $:: \Delta \vec{L} = \sum (\vec{\tau}t) = (\vec{F_1} \times \vec{r_1} + \vec{F_2} \times \vec{r_2})t = ($ 力矩之向量和 $\cdot t) \neq 0$

 $E_{\mathcal{H}} + U_{\mathbb{Z}} = const.$ $hv + m_{\mathbb{Z}}c^2 = const.$ $m_{\mathbb{Z}} = m_{\mathbb{H} \perp \mathbb{Z}} (1/\sqrt{1-(v^2/c^2)})$

其中增加的系統動能乃轉動動能 $W=\Delta(\frac{1}{2}I\omega^2)$ 而質心動能 $\frac{1}{2}mv_{CM}^2=p^2/2m$ 則不變