

112
4447

物理
物解
學精
大題
夫問
力
卷
之
上
學
部

編者 樊恒鐸

校者 張少墨
王象復

中華書局印行

編者贅言

- 一、西哲 Plato 氏嘗云“設將計算與權度脫離一切學術，所存復有幾何？”此語對物理學而言，尤屬切當。晚近物理學之突飛猛進，實賴高深之數理計算為其工具。Duff 氏等編著之物理學久已風行中土，其計算題亦淺明而切於實用。新版中除將原題稍加刪訂外，更增入附加題七百餘，普通物理學中習見之計算題，殆已盡網羅於斯。茲特將全部演出，分卷印行，以應各界之需要。
- 二、題解書籍，倘能善用之，足為自學之益友，進修之良助。初學者每遇難題，輒思索竟日而不得其解；縱可得矣，而精力時間雙方，並受極大之損失。苟有適當之指示，則此項精力與時間，當不致虛擲，而可藉以從事更高深學術之研習。然指示過詳，則足以減小學者之思索能力，而養成其依賴心。本書除較難之題外，概簡單解出；其中所本之理論及所採之計算，留備學者自行補足。
- 三、為便於查考計，本書特將重要公式，物理常數及計算用表等附入。此外對一般問題之計算法及特殊問題之解法，亦就習見者錄出，想或可作初學者作題之一助。
- 四、炎暑之中，揮汗為此；舛錯之處，在所難免。倘承不吝指正，則幸甚矣！

民國三十三年八月編者識於城固西北工學院。

達夫大學物理問題精解

上 卷

力 學 之 部

目 次

第一章 解題指南	1—31
第一節 計算題解法通論	1
解題前之準備- 閱書 數值計算法 單位換算法	
第二節 計算題解法分論	5
速度及加速度 力與質量 功及能 轉動 質量中心	
力矩 平行力 平衡 週期運動 摩擦	
機械 萬有引力 彈性 液體之性質 氣體之性質	
第二章 題目之部	32—52
第一節 原題	32
第二節 附加題	42
第三章 解法之部	53—99
第一節 原題	53
第二節 附加題	77
附 錄:	
物理常數	1
對數表	2
三角函數之自然值表	4
三角函數之對數表	5

達夫大學物理問題精解

上 卷

力 學 之 部

第一章 解題指南

第一節 計算題解法通論

一. 解題前之準備 閱書

物理計算題之目的，不外使學者明理論與計算間之關係，俾可以計算之精確，作理論探討之先導，或應用理論於實際情形。故作題之前，必先詳細閱書，以期深切了解書中所有之理論。嘗見若干初學者解題時，僅以數一知半解之公式為憑藉；每每伏案數時而毫無所得，有時縱可湊得答案，亦莫明其理。是皆置書不讀所致也。學者閱書時，對以下兩端，應特加注意：

- (1) 所有名詞之定義，務須牢記；其相似者尤須明其區別之所在，俾免混淆。
- (2) 原理、定理、定律，與重要公式，均須熟記；其能適用之情形，必須分清；其能以適當方法證明者，更須嫻熟其證法。

二. 數值計算法

- (1) 有效數字 應用數學中所引用之數，與算術中者異。蓋後者源自邏輯，為具有確值之數；其運算之結果，自亦為具有確

值之數。而前者則源自量度；習見之量，其他適以某單位量盡而以準確之數表出者，極屬鮮見；故於實際問題中，對表量之數之準確程度，僅求能小於一定之誤差即可。因之乃有選定有效數字之需要矣：

一數除去其中用以表示位數之零外，其餘之數字，皆為有效數字：

如 123400, 12.54 及 0.01234 三數，均各有四位有效數字。

又如 123000, 1.07, 23.0 及 0.0400 四數，均各有三位有效數字。注意後二數尾部所附之零，非用以定位，而係用以表示準確程度也。

(2) 採用有效數字應注意之點

1. 表出一量時，必記出且僅須記出第一位可疑數字。如量得某物之長度為 127 厘米餘，因儀器欠精之故，其略零之數僅能約估為 3 毫米；則此長度即可記為 127.3 厘米。其末位必為可疑數字，且僅此位為可疑數字。

2. 遇有須經多步運算始可獲得結果之計算時，（為精確計，普通計算皆宜如此。）在計算中常保留兩位可疑數字，以免因忽略多數可疑數字而生之誤差過大。

3. 表記計算結果時，亦遵循第一條之規定；摒棄無用之可疑數字時，以 4 捨 5 入為原則。初學者常喜將可疑數字記至二位以上，以示其精確。不知少記固減略應有之準確度；而多記則枉耗時力，且無補於實際之準確度。

4. 兩個或兩個以上之數參與四則運算時，結果之誤差，常較任何一數為大。故在加減運算中，結果中之可疑數字應以各數中之最大可疑位數為準；在乘除運算中，結果中之有效數字，應以各數中含最少有效數字者為準。如求 10.12, 0.453 與 0.0034 三數之和時，

其結果當記至小數點後二位，即應作10.57是也。又例如求13.0與20.237之積時，其結果當取三位有效數字。

5. 數目過大或過小時，用甚多之零表記其位數，書寫閱讀，並感不便；故通常可用其有效數字與10之乘冪之積表記之。此種表記之形式，名曰標準式。如1027000可記作 1.027×10^7 ，又如0.00146可記作 1.46×10^{-3} 。

6. 表記誤差時，通常僅須記出一位有效數字。

(3) 乘除運算之簡法 數目非確值時，其結果無求至甚多位數之必要，故不必用算術中之計算法。遇有麻煩之乘除計算時，以使用計算尺或對數表為宜。此外尚有二習用之簡法。茲舉例釋明如下：

1. 乘法：
 - a. 將被乘數及乘數均書為標準式。
 - b. 布式演算，令二數之左端排齊。
 - c. 實地乘算，得數之位於可疑數字所在行之右方者，可不必計出；但尋常每多計一行，以期誤差甚小。
 - d. 積中小數點之位置，可由視察估定。
 - e. 10之乘冪之積，可由指數律得之。

[例]

$$\begin{array}{r}
 8.732 \quad \times 10^{-2} \\
 5.14 \quad \times 10^3 \\
 \hline
 43\ 660 \\
 \quad 873 \\
 \quad \quad 348 \\
 \hline
 \end{array}$$

$$44.9 \quad \times 10^{-2+3} = 4.49 \times 10^2.$$

2. 除法：
 - a. 將被除數及除數均書為標準式。
 - b. 布式演算，用普通算法求得第一位商數。若除數之有效數字多於被除數者時，可將被除數後

補零計算。

c. 將除數用四捨五入法乘去一位，而被除數之位數不復下移，求得第二位商數。倣此進行，宜至除數用盡為止。

d. 10之乘冢之商，可由指數律得之。

$$\begin{array}{r}
 \text{[例]} \quad \underline{2.73 \times 10^3} \quad \underline{3.574 \times 10^{-1}} \quad \underline{1.31 \times 10^{-1-3}} \\
 \quad \quad \quad \underline{2.73} \quad \quad \quad \underline{1.31 \times 10^{-4}} \\
 \quad \quad \quad 81 \\
 \quad \quad \quad \underline{81} \\
 \quad \quad \quad \quad 3 \\
 \quad \quad \quad \quad \underline{3} \\
 \quad \quad \quad \quad \quad 3
 \end{array}$$

(4) 近似公式。下列各近似公式，可大省計算之勞；在問題中，如遇合於公式之情形，且誤差小於題中所可忽略者，則可應用之。

$$1. (a \pm b)^n = a^n \pm na^{n-1}b; \text{ 誤差約值} = \frac{n(n-1)}{2}a^{n-2}b^2 \text{ 其中 } n$$

為任意有理數均可。

當 $a=1$ 時，此公式化為 $(1 \pm b)^n = 1 \pm nb$ ；尤為習用。

$$2. (1 \pm a)(1 \pm b) = 1 \pm a \pm b; \text{ 誤差} = ab.$$

$$3. (1+a)/(1+b) = 1 \pm a \mp b; \text{ 誤差約值} = ab.$$

三、單位換算法

物理量之大小，皆視測量之單位與表量之數值二者而定。同一量也，如測度之單位不同，則表記之數值亦異。故每述一量，必並稱其數值與單位始可。

將一量由此種單位轉換為他種單位，在計算中甚為需要。其法習用者有二：

(1) 將該量以原用之基本單位表出，逐步變為以所需之基本

單位表出者。

(2) 設以所需基本單位表出時之數值為 x ，與以原用基本單位表出時之數值列為等式；藉基本單位間之關係解得之。

[例] 試將 980 厘米/秒² 以呎/分² 為單位表出。

$$\begin{aligned} (1) \quad 980 \frac{\text{厘米}}{\text{秒}^2} &= \frac{980}{12 \times 2.54} \cdot \frac{\text{呎}}{\text{秒}^2} \quad (\text{因 } 1 \text{ 呎} = 12 \times 2.54 \text{ 厘米}) \\ &= \frac{980 \times 60^2}{12 \times 2.54} \cdot \frac{\text{呎}}{\text{分}^2} \quad (\text{因 } 1 \text{ 分} = 60 \text{ 秒}) \\ &= 1.16 \times 10^5 \text{ 呎/分}^2. \end{aligned}$$

$$(2) \quad \text{設 } x \text{ 呎/分}^2 = 980 \text{ 厘米/秒}^2,$$

$$\text{則 } x = 980 \left(\frac{\text{厘米}}{\text{呎}} \right) \left(\frac{\text{秒}}{\text{分}} \right)^2.$$

$$\text{因 } 1 \text{ 呎} = 12 \times 2.54 \text{ 厘米}, \quad 1 \text{ 分} = 60 \text{ 秒},$$

$$\text{故 } x = 980 \left(\frac{1}{12 \times 2.54} \right) \left(\frac{60}{1} \right)^2 = 1.16 \times 10^5.$$

第二節 計算題解法分論

一. 速度及加速度

備查公式：

(a) 等速運動 設 s = 距離, v = 速度, t = 時間;

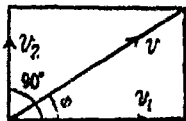
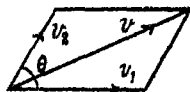
$$s = vt. \quad (1)$$

(b) 合速度與分速度 設 v = 合速度,

v_1, v_2 = 分速度;

$$v^2 = v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2\cos\theta. \quad (2)$$

$$\text{若 } \theta = 90^\circ, \quad v^2 = v_1^2 + v_2^2. \quad (3)$$



$$\tan\phi = \frac{v_2}{v_1}, \quad (4)$$

$$v_1 = v\cos\phi, \quad v_2 = v\sin\phi. \quad (5)$$

(c) 等加速直線運動 設 v_0 = 初速, v = 末速, a = 加速,
 t = 時間, s = 距離;

$$v = v_0 + at. \quad (6)$$

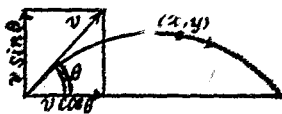
$$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2. \quad (7)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as. \quad (8)$$

(d) 拋射運動 設 (x, y) 為以初速 v 沿與水平成 θ 角之方向拋出之物體在時間 t 之位置; g = 重力加速度。

$$X = v t \cos \theta. \quad (9)$$

$$y = v t \sin \theta - \frac{1}{2}gt^2. \quad (10)$$



(e) 向力運動 設 v = 等速,

a = 向心加速度, r = 曲率半徑;

$$a = \frac{v^2}{r} \quad (11)$$

解題要點:

- (a) 物理量可分為二類: 即向量與無向量是也。後者僅有大小可言, 如質量、體積等是; 前者除大小外, 尚須指定其方向, 如位移、速度及加速度是。後者之計算, 概用算術方法; 前者之計算, 悉依幾何方法, 且定須兼述其大小與方向, 但若題中所論及之方向悉同時, 則方向可從略。
- (b) 位移之習用單位為厘米, 呎; 速度之習用單位為厘米/秒, 呎/秒; 加速度之習用單位為厘米/秒², 呎/秒²。餘可推得。

- (c) 同一計算中，所有有關諸量之基本單位，須先化為相同者，始可從事計算。如於等加速直線運動，速度之單位定為呎/分，則位移之單位須為呎，加速度之單位須為呎/分²，始可代入公式計算。
- (d) 初學者對拋射運動，每感困難；倘明下述諸原則，或覺稍易：
- 物體之拋射運動，可分為水平及垂直二方向；若不計空氣阻力，前者當為等速運動；後者則受重力作用，作等加速運動。
 - 水平方向之運動，每受垂直方向運動之限制。如物體既墮至地面，自不復能繼續前進。故研究全部運動，當以垂直方向運動為主體；如拋行之時間等條件，均由垂直方向運動決定。
 - 拋射體任何時間之速度，即為垂直及水平二方向速度之合速度。
- (e) 計算問題時，若涉及之未知量在二個以上，常用之求法有二：
- 先求第一未知量，次求第二，仿此分別求得各未知量。此法之次第頗為清楚，惟計算工作失於繁瑣。
 - 將諸量間之關係列為與未知量數目相等之諸獨立方程式，然後解得各未知量。此法頗覺簡便。

二. 力與質量

備查公式：

- (a) 力 設 F = 力, m = 質量, a = 加速度；

$$F = ma$$

(1)

(b) 力之衝量 設 t = 施力之時間, v_0 = 初速, v = 末速;

$$Ft = mat = mv - mv_0. \quad (2)$$

(c) 合力與分力 可仿合速度與分速度之公式得之。

(d) 力之解析合成法 選取一適當之直坐標; 設諸分力 F_1, F_2, \dots 與 x -軸所成之角為 $\alpha_1, \alpha_2, \dots$; 其合力 R 與 x -軸所成之角為 θ . R 沿 x -軸方向之分力為 X , 沿 y -軸方向者為 Y ;

$$X = F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 + \dots = \Sigma F \cos \alpha, \quad (3)$$

$$Y = F_1 \sin \alpha_1 + F_2 \sin \alpha_2 + \dots = \Sigma F \sin \alpha, \quad (4)$$

$$R^2 = X^2 + Y^2, \quad \tan \theta = \frac{Y}{X}. \quad (5)$$

解題要點:

- (a) 學者對質量與重量之關係, 必詳加研討始可, 須知質量乃表示物體之慣性者, 而重量則為物體所受力之一種; 二者之關係, 可以 $w = mg$ 表之, 其中 w 為重量, 採用若干單位時, 二者之數值或完全相同, 然意義則迥異。
- (b) 力與質量及加速度之關係, 可以 Newton 氏第二定律之公式 $F = ma$ 表之; 力之單位, 亦由此公式確定, 茲將力於不同單位中適合該公式之情形分列如下, 學者宜熟記之。

(A) 絕對單位:

a. c.g.s. 制 $F(\text{達因}) = m(\text{克}) \times a(\text{厘米/秒}^2)$,

b. B.o. 制 $F(\text{磅}) = m \left[\frac{w(\text{磅})}{g(\text{呎/秒}^2)} \right] \times a(\text{呎/秒}^2)$

式中之 m 或用質量單位斯辣計出, 斯辣由次式確定:

$$w(\text{磅}) = m(\text{斯辣}) \times g(\text{呎/秒}^2)$$

e. f. s. 制 $F(\text{磅達}) = m(\text{磅}) \times a(\text{呎/秒}^2)$.

(B) 重力單位:

a. c. g. s. 制

$$F(\text{克重}) = m \left[-\frac{w(\text{克})}{g(\text{厘米/秒}^2)} \right] \times a(\text{厘米/秒}^2)$$

b. f. p. s. 制 $F(\text{磅重}) = m \left[-\frac{w(\text{磅})}{g(\text{呎/秒}^2)} \right] \times a(\text{呎/秒}^2)$.

(c) 動量與衝量均係向量,其在 c. g. s. 制中常用之單位如下:

動量: mv (克 厘米/秒); 衝量: Ft (達因·秒). 餘倣此.

(b) 考究一複雜而相互有關之物體系之運動時,常應用所謂“分離物體法”,以求各部分與全體之關係,使問題易於解決.其法如下:

a. 作圖示明全物體系所受之各力及所具之各加速度.

然後將此系分為適當之數部,分離時以使所究之各力及各加速度均能表出為原則.繪時注意:

1. 繪力必注明其方向及作用點.物體所受之重力,係一通過其重心之垂直力;連於物體之繩加於物體之拉力,係沿繩之方向;物體與光滑面接觸時,其所受之力與可滑方向平行;不能使物體生加速度之力,常可不計,如與可滑方向垂直之力是.尤應注意者,凡有一力,必有一大小相等方向相反之反作用力,惟此二力常加於二不同物體上耳.

2. 繪加速度必注明其方向.

b. 將各力與其質量及其加速度之關係,各力相互間之關係,列為與未知量數目相等之獨立方程式,然後解之.

三。功及能

備查公式：

(a) 功 設 W = 功, F = 力, s = 物體之位移；

a. 若 F 與 s 之方向相同: $W = Fs$. (1)

b. 若 F 與 s 成 θ 角: $W = F \cos \theta \cdot s = F \cdot s \cdot \cos \theta$. (2)

(b) 功率 設 P = 功率, W = 功, t = 作功之時間；

$$P = \frac{W}{t}$$
 (3)

(c) 動能 設 K.E. = 動能, m = 質量, v = 速度；

$$K.E. = \frac{1}{2}mv^2$$
 (4)

(d) 由重力具有之位能 設 P.E. = 位能, h = 物體之高度；

$$P.E. = mgh$$
 (5)

(e) 在重力場內動能與位能之關係. 設 v_1, v_2 及 h_1, h_2 各為同一物體在二處之速度及高度；

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$
 (6)

(f) 功與能之關係 設使某物體之速度由 v_0 變為 v , 或將某物體由 h_0 舉至 h 高處, 所需之功為 W ；

$$W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = mgh - mgh_0$$
 (7)

解題要點：

(a) 物理量之由一向量與無向量相乘(或除)而得者, 仍為向量; 若由二或二以上之向量相乘(或除)或與無向量相乘(或除)而得者, 每為無向量. 前所研究之力, 動量及衝量

等均仍為向量；而功，功率，動能及位能則皆為無向量。

(b) 功及功率之單位係由力引伸而來，茲將常用者記出：

(A) 絕對單位：

(1) c.g.s. 制

a. 功 爾格： $w(\text{爾格}) = F(\text{達因}) \times s(\text{厘米})$ 。

焦耳： $1 \text{焦耳} = 10^7 \text{爾格}$ 。

b. 功率 每秒爾格： $P(\text{爾格/秒}) = \frac{W(\text{爾格})}{t(\text{秒})}$ 。

瓦特： $P(\text{瓦特}) = \frac{W(\text{焦耳})}{t(\text{秒})}$ 。

(2) B.e. 制

a. 功 呎磅： $w(\text{呎磅}) = F(\text{磅}) \times s(\text{呎})$ 。

b. 功率 每秒呎磅： $P(\text{呎磅/秒}) = \frac{W(\text{呎磅})}{t(\text{秒})}$ 。

馬力： $1 \text{馬力} = 550 \text{呎磅/秒} = 33000 \text{呎磅/分}$ 。

(3) f.p.s. 制

功 呎磅達： $w(\text{呎磅達}) = F(\text{磅達}) \times s(\text{呎})$

(B) 動單位：

c.g.s. 制 功 仟克-米： $w(\text{仟克-米}) = F(\text{仟克重}) \times s(\text{米})$

(C) 計算此類問題時，應牢記下列二事：

- 作功之本領，名曰能量；故功與能量實係相同之物理量。施於某物體之功，即等於其動能之獲得或位能之增加，二者之單位，自亦相同。
- 如某物體系不自系外物體取得能量或對其輸送能量，且系內所有諸力均為保守力時，則此系內之動能及位能可相互變換，而總和則不增不減。

四. 轉動

備查公式

(a) 等速轉動 設 ϕ = 角移, ω = 角速度, t = 時間;

$$\phi = \omega t. \quad (1)$$

(b) 等加速轉動 設 ϕ = 角移, ω_0 = 初角速度, ω = 末角速度, α = 角加速度, t = 時間;

$$\omega = \omega_0 + \alpha t. \quad (2)$$

$$\phi = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2. \quad (3)$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\phi. \quad (4)$$

(c) 角量與線量之關係 設 r 為轉動點與轉動軸之距離;

$$s = r\phi, \quad v = r\omega, \quad a = r\alpha. \quad (5)$$

解題要點: 角移、角速度與角加速度均為向量, 表示時須應用“右手螺旋法則”, 計算時與相應之線量相仿。其習用之單位為:

角移: 弧度; 角速度: 弧度/秒; 角加速度: 弧度/秒²。

五. 質量中心

備查公式:

(a) 質點之質量中心

a. 二質點 設 m_1, m_2 為二質點之質量, C 為質量中心:

$$m_1 \cdot AC = m_2 \cdot BC \quad (1) \quad \frac{A}{m_1} \quad \frac{C}{m_2} \quad \frac{B}{m_2}$$

b. 三及三以上質點 先求任二質點之質量中心, 從此點為二質點質量之條合點; 逐次用同法推算之。

(b) 質量中心之普遍公式 設 (x, y, z) 為質量為 M 之物體之質量中心之位置, $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots$ 為其各質

點 m_1, m_2, \dots 之位置;

$$\bar{x} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots} = \frac{\Sigma mx}{M}, \quad \bar{y} = \frac{\Sigma my}{M}, \quad \bar{z} = \frac{\Sigma mz}{M} \quad (2)$$

(e) 質量中心之速度與加速度 設質量中心之速度與加速度為 v 及 a :

$$v = \frac{\Sigma mv}{M}, \quad a = \frac{\Sigma ma}{M} = \frac{\Sigma F}{M} \quad (3)$$

解題要點: 求物體質量中心之位置或研究其運動時, 若其中可視為質點之部分多於三個時, 常用公式(2)及(3), 選取適當之坐標軸求之, 選取時注意:

- 均質之物體若有一對稱中心時, 此中心頗係其質量中心, 可視為其全部質量集合之質點。
- 若均質物體有一對稱面時, 則其質量中心必位於此面上; 若有一對稱軸時, 則必位於此軸上; 於此種情形下, 可選取該面或軸為坐標面或坐標軸, 以省計算。
- 在特殊情形下, 若質點皆在一平面內, 則可僅取二坐標軸, 而用公式(2)中之前二式即足。

六. 力矩

備查公式:

(a) 轉動慣量 設將質量為 M 之物體分為 N 份, 各份與轉動軸之距離為 r_1, r_2, \dots ; 且全體之轉動慣量為 I , 迴轉半徑為 k ,

$$I = M \frac{\Sigma r^2}{N} = Mk^2 \quad (1)$$

(b) 轉動體對平行軸之轉動慣量 設質量為 M 之物體對通過其質量中心之軸之轉動慣量為 I_0 , 對距原軸 h 之平行軸

之轉動慣量爲 I ;

$$I = I_0 + Mb^2, \quad (2)$$

(c) 常用之轉動慣量。

物 體	轉 動 軸 線	轉動慣量
桿(長 L)	通過一端, 垂直桿長。	$\frac{1}{3} ML^2$
	通過中點, 垂直桿長。	$\frac{1}{12} ML^2$
圓盤(半徑 a)	通過中心, 垂直盤面。	$\frac{1}{2} Ma^2$
圓柱(半徑 a)	與其軸線重合。	$\frac{1}{2} Ma^2$
球(半徑 a)	通過中心。	$\frac{2}{5} Ma^2$ (3)

(d) 力矩 設 T = 力矩, P = 力 F 與轉動軸之垂直距離,

I = 物體之轉動慣量, α = 角加速度;

$$T = FP = I\alpha, \quad (4)$$

(e) 轉動動能 設 $K.E.$ = 轉動動能, ω = 角速度;

$$K.E. = \frac{1}{2} I \omega^2, \quad (5)$$

(f) 功 設 W = 功, ϕ = 角移, ω_0 = 初角速, ω = 末角速;

$$W = \phi = \frac{1}{2} I (\omega^2 - \omega_0^2), \quad (6)$$

(g) 角動量矩。設以力矩 L 施於轉動慣量爲 I 之物體, 經時間 t 後, 其角速度由 ω_0 變爲 ω ;

$$L.t = I(\omega - \omega_0), \quad (7)$$

(h) 角動量不滅原理 設某系中各物體之轉動慣量爲 $I_1, I_2,$

....., 其初角速度各為 $\omega_1, \omega_2, \dots$, 末角速度各為 $\omega_1', \omega_2', \dots$;

$$I_1\omega_1 + I_2\omega_2 + \dots = I_1\omega_1' + I_2\omega_2' + \dots \quad (8)$$

解題要點:

- 轉動慣量顯見為無向量; 故計算一物體系對某軸之轉動慣量時, 可分別求各物體對該軸之轉動慣量, 用算術方法加之。
- 轉動動能與移動動能同為一物, 亦適合所有前述之公式與定理。如物體由斜面頂端滾下, 其位能之損失, 與滑下斜面或墮落與斜面等高之距離時位能之損失均等。
- 茲將重要轉動量在 c.g.s. 制中之單位列之如次, 餘可類推:
轉動慣量: 克-厘米²; 力矩: 達因-厘米;
功或能: 爾格; 角動量矩: 達因-厘米-秒。

七. 平行力

備查公式:

- 平行力之合力 設 R = 合力, L = 合力對任一軸之力矩, ΣF = 諸分力之代數和, ΣFP = 諸分力對該軸之力矩之代數和;

$$R = \Sigma F, \quad L = \Sigma FP. \quad (1)$$

- 力偶矩 設 L = 力偶矩, s = 二平行力 P 間之距離;

$$L = Ps. \quad (2)$$

解題要點: 求平行力合力問題甚屬習見, 而解法頗為簡單:

- 繪一路圖, 示明有關諸力之大小, 方向及作用點。
- 擇定向某方向 (尋常多取合力之方向) 之力為正, 則向相反方向者為負。應用公式(1)之前一式, 則可決定合力

之大小；究其符號之正負，更可定其方向。

(c) 選取適當之軸線，應用公式(1)之後一式，以求合力之作用點。選軸時須注意：

- a. 諸力皆在一平面內時，僅需選擇任一與該面垂直之軸即可；若不在一平面內時，則需選擇與諸力垂直之二相互垂直軸始可。
- b. 軸之位置，以在力之作用線上為佳；蓋如此該力之力矩為零，可省却計算之勞也。

八. 平衡

備查公式：

(a) 平面內諸力平衡之條件 設 ΣF_x , ΣF_y 分別為各力在二垂直方向分力之代數和， ΣL 為各力對任一與該面垂直之軸之力矩之代數和；

$$a. \text{ 綫加速度為零: } \Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0. \quad (1)$$

$$b. \text{ 角加速度為零: } \Sigma L = 0. \quad (2)$$

(b) 空間內諸力平衡之條件 設 ΣF_x , ΣF_y , ΣF_z 分別為各力對三相互垂直方向分力之代數和， ΣL_x , ΣL_y , ΣL_z 分別為各力對三相互垂直軸之力矩之代數和：

$$\Sigma F_x = 0, \quad \Sigma F_y = 0, \quad \Sigma F_z = 0. \quad (3)$$

$$\Sigma L_x = 0, \quad \Sigma L_y = 0, \quad \Sigma L_z = 0. \quad (4)$$

解題要點：

(a) 除上述二情形外，尚有若干平衡之特殊條件，茲分述如下：

- a. 大小相等，方向相反，且位於同一直綫內之諸力，必相平衡。

- b. 三不平行力作用於一物體而不平衡時，此三力之作用綫延長後必通過一點；且三力之大小與方向可以一三角形之三邊順序表示之。其逆亦真。
- c. 三不平行力平衡時，此三力必當位於一平面內；且其代數和及對該面內任一點之力矩之代數和，均必為零。其逆亦真。
- d. 位於一平面內之數力作用於一物體，其大小與方向皆可以一封閉多邊形之各邊順序表示時，則此諸力平衡。其逆不常真。
- (b) 尋常所研究之平衡情形，多係諸力在一平面內者。在平衡情形下，諸力之影響相互抵消，無力呈現於物體系之外方，欲研究各部之力，無從入手；故解時必賴前述之分離物體法。如物體系為對稱者時，則更需將其分為數部始可。其重要步驟可歸納如下：
- a. 作圖示明整個物體系所受各力之方向及作用點，施於系外物體之力，可不必繪出；有時更須將此系分為適當之數部，分離時以使所研究之各力均能表出為原則。繪力時注意：
1. 物體所受之重力，係一通過物體重心之垂直力。
 2. 連於物體之繩加於物體之拉力，係沿繩之方向。
 3. 物體與光滑面接觸時，其所受之力與可滑方向垂直。
 4. 凡有一力，必有一大小相等方向相反之反作用力。
- b. 任取二相互垂直之坐標，準公式(1)得二方程式。坐標軸之選取，以與多數之力平行或垂直為宜。因如此沿二軸方向之分力甚易記出也。
- c. 任取一點為垂直軸，準公式(2)更得一方程式。軸之位

置，以在一力或數力之作用綫上為宜；因如此可使該力矩為零，而使計算簡易。

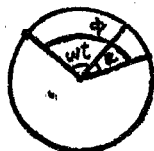
- d. 若物體系被分為數部時，可用此法列為多個方程式解之。

九. 週期運動

備在公式：

- (a) 等速圓周運動。設 ω = 等角速度， ϕ = 初位相， ϕ = 末位相， t = 時間， T = 週期；

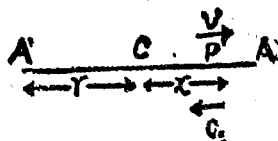
$$\phi = \omega t + \phi = \left(\frac{2\pi}{T}\right)t + \phi \quad (1)$$



- (b) 簡諧運動 設 a = 向心加速度， x = 動點在時間 t 之位移， ω = 相應等速圓周運動角速度， T = 週期， c = 常數， r = 振幅， v = 動點在時間 t 之速度， L = 單擺之擺長， g = 重力加速度；

a. 加速度： $a = -cx = -\omega^2 x = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 x$ (2)

b. 週期： $T = 2\pi \sqrt{-\frac{x}{a}}$
 $= 2\pi \sqrt{\frac{L}{c}}$ (3)



c. 位移： $x = r \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + c\right)$ (4)

d. 速度： $v = -\frac{2\pi}{T}r \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + c\right)$ (5)

e. 單擺之週期： $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ (6)

- (c) 角諧運動 設 α = 角加速度， θ = 角移， c = 常數， T = 週

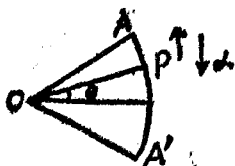
期, I —轉動慣量, K —扭轉常數, M —質量, k —迴轉半徑, h —轉動軸與質量中心之距離;

a. 角加速度: $\alpha = -c\theta$. (7)

b. 週期: $T = 2\pi \sqrt{-\frac{\theta}{\alpha}}$. (8)

c. 扭擺之週期: $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{K}}$ (9)

d. 複擺之週期: $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}} = 2\pi \sqrt{\frac{k^2 + h^2}{gh}}$. (10)



(d) 進動 設 ω 與 ω' 各為迴轉僅繞其軸轉動與進動之角速度, I 為其轉動慣量, L 為其進動所需之力矩;

$$L = I\omega\omega'. \quad (11)$$

解題要點:

- (a) 簡諧運動與角諧運動之定義依次為 $a = -cx$ 與 $\alpha = -c\theta$, 凡合此條件者, 始可依所知之公式計算。
- (b) 簡諧運動與角諧運動之研究, 並不簡易; 其公式亦麻煩難記。故計算繁雜問題, 須知以下二事:
- a. 簡諧運動可視為一等速圓周運動投影之運動。普通簡諧運動之公式, 多藉此法推得。故解題時最好以運動中點為圓心, 以振幅為半徑作一參考圓, 而研究在圓上作等速運動之質點在任一直徑上之投影之運動。
- b. 角諧運動與簡諧運動間之關係, 可自角量與線量之關係推得; $x = r\theta$, $a = r\alpha$ 是也。準此關係, 一切所需之量, 悉可仿簡諧運動而求得。
- (c) 計算鐘擺週期與 g 值關係之問題時, 常將適當之關係列為比例式而解之, 以減除計算之煩, 且可免去若干誤差。對

於複雜二項式之開方或乘方，可運用前述之近似公式。

十. 摩擦

備查公式：

(a) 靜摩擦 設 F = 最大靜摩擦力， P = 正壓力，

μ = 靜摩擦係數；

$$F = \mu P. \quad (1)$$

(b) 靜摩擦係數之測定 設 i = 靜止角；

$$\mu = \frac{F}{P} = \frac{m g \sin i}{m g \cos i} = \tan i. \quad (2)$$



(c) 動摩擦 設 F = 最大動摩擦力， μ' = 動摩擦係數；

$$F = \mu' P. \quad (3)$$

(d) 物體沿斜面滑下之力 設 θ = 斜面之斜角；

$$m a = m g \sin \theta - \mu' m g \cos \theta. \quad (4)$$

解題要點：

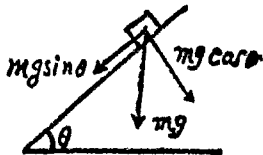
(a) 學者應注意摩擦力與拉力間之關係：

- 物體受拉未動時，二力之大小恆等。
- 物體適可保持靜止時，拉力等於最大靜摩擦力。
- 物體適可保持等速運動時，拉力等於最大動摩擦力。
- 物體運動之速度不甚大時，動摩擦力可視為不變，拉力大於動摩擦力。

(b) 摩擦力之方向，常與物體將移動之方向相反，最宜牢記。

茲以在斜面上之物體所需之力為例，釋明此理：

- 使物體靜止於斜面上所需平行斜面之力：



$$F = mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta.$$


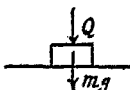

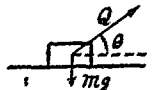

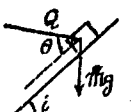
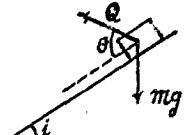
b. 使物體以加速度 a 滑上斜面所需平行斜面之力:

$$F = ma + mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta.$$

c. 使物體以加速度 a 滑下斜面所需平行斜面之力:

$$F = ma - mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta.$$

(c) 摩擦力之大小僅與 μ 及 p 有關, 對一定之兩接觸面而言, μ 為常數, 故研究摩擦力時, 對 p 之計算當特別留意. 須知 p 乃兩面間之正壓力, 即垂直作用於接觸面之全壓力; 此力於多種情形下為重力, 然決不限於重力一種. 茲以例釋明如次:

(1)	(2)	(3)	(4)
			
$P = mg.$	$P = mg + Q.$	$P = mg + Q \sin \theta.$	$P = mg - Q \sin \theta.$
(5)	(6)	(7)	
			
$P = mg \cos i.$	$P = mg \cos i + Q \sin \theta.$	$P = mg \cos i - Q \sin \theta.$	

十一. 機械

(註) 備查公式:

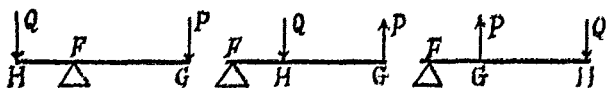
(a) 機械利益. 設 A = 機械利益, P = 施於機械之力, Q = 抵抗力, p = P 移動之距離, q = Q 移動之距離;

a. 無摩擦力時 $A = \frac{P}{q} = \frac{Q}{P}$. (1)

b. 有摩擦力時 $A = \frac{P}{q} > \frac{Q}{P}$. (2)

(b) 機械效率 設 $E =$ 機械效率; $E = \frac{Qq}{Pp}$. (3)

(c) 槓桿 $A = \frac{Q}{P} = \frac{GF}{HF}$. (4)



$$A \leq 1,$$

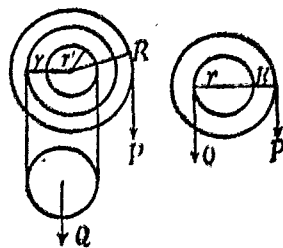
$$A > 1,$$

$$A < 1.$$

(d) 輪軸 $A = \frac{Q}{P} = \frac{R}{r}$, (5)

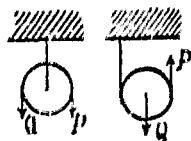
(e) 差動輪軸

$$A = \frac{Q}{P} = \frac{2R}{r-R}, (6)$$

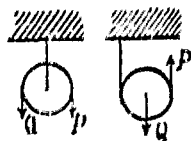


(f) 滑輪

a. 定滑輪 $A = \frac{Q}{P} = 1$. (7)



b. 動滑輪 $A = \frac{Q}{P} = 2$. (8)



- (g) 複滑輪 設跨於二滑輪組間之繩共 n 條，

$$A = \frac{Q}{P} = n, \quad (9)$$

- (h) 差動滑輪 $A = \frac{Q}{P} = \frac{2r}{r-r'}$, (10)

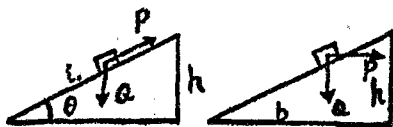
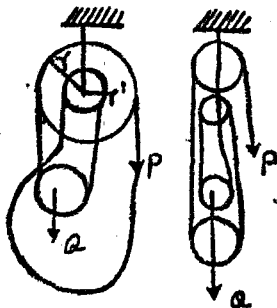
- (i) 斜面

- a. 作用力與斜面平行：

$$A = \frac{Q}{P} = \frac{l}{h} \quad (11)$$

- b. 作用力與底邊平行：

$$A = \frac{Q}{P} = \frac{b}{h} \quad (12)$$



- (j) 螺旋 設 h = 螺距， R = 施力柄長；

$$A = \frac{Q}{P} = \frac{2\pi R}{h}. \quad (13)$$

解題要點：

- (a) 解決此類問題時，常繪一簡圖，示明機械之要部及有關各力之位置與方向，俾能明察題意，不致誤解。
- (b) 解決此類問題時，不宜強記公式備用，而以直接列式計出為便。如能透澈了解上述二原理之一，遇題自可應付裕如。
- a. 力矩原理。與機械有關之諸力平衡時，其對支點之諸力矩之代數和為零。
- b. 虛功原理。與機械有關之諸力平衡時，設想其位置稍有移動，則諸力所作功之代數和為零。

茲以差動輪軸為例，略示二原理之應用如次：

a. 力矩原理。 $T_1 = T_2 = \frac{1}{2}Q$.

對軸心取力矩，依力矩原理，

$$T_2 \cdot r = T_1 \cdot r' + P \cdot R.$$

$$\text{即 } \frac{1}{2}Q \cdot r = \frac{1}{2}Q \cdot r' + P \cdot R.$$

$$\therefore \frac{Q}{P} = \frac{2R}{r r'}.$$

b. 虛功原理。當輪轉一週時，

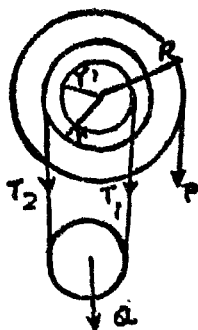
$$P \text{ 所作之功 } = P \cdot 2\pi R,$$

$$T_1 \text{ 所作之功 } = T_1 \cdot 2\pi r' = \frac{1}{2}Q \cdot 2\pi r',$$

$$T_2 \text{ 所作之功 } = T_2 \cdot 2\pi r = \frac{1}{2}Q \cdot 2\pi r,$$

$$\text{依虛功原理， } P \cdot 2\pi R + \frac{1}{2}Q \cdot 2\pi r' - \frac{1}{2}Q \cdot 2\pi r.$$

$$\therefore \frac{Q}{P} = \frac{2R}{r r'}.$$



十二. 萬有引力

備查公式：引力公式。設 m, m' 各為二物體之質量， r 為二物體間之距離， F 為二物體間之引力， G 為引力常數：

$$F = G \cdot \frac{mm'}{r^2}$$

解題要點：

- (a) 此類問題大致均甚簡易；學者但能洞悉引力公式之意義，即可解得多種問題。

- (b) 習見之問題中，常有考究物體所受重力與地心引力之關係者。學者應牢記地心之引力可使物體生向心加速度，而地球之自轉則可使之生離心加速度；故物體所獲之重力加速度，實為由地心引力所生加速度與由自轉所生加速度之差。前者與物體距地面之高度有關，後者與物體所在地之緯度有關，故重力加速度亦視高度與緯度之數值而定。

十三. 彈性

備查公式：

(a) Hooke 氏定律 應力 = 常數 \times 應變。 (1)

(b) 彈性係數

a. 體彈性係數。設 k = 體彈性係數， p = 應力，

V = 原有之體積， v = 減小之體積；

$$k = p / \frac{v}{V} = \frac{pV}{v}. \quad (2)$$

b. 切彈性係數。設 n = 切彈性係數， T = 應力， θ = 應變；

$$n = \frac{T}{\theta}. \quad (3)$$

c. Young 氏彈性係數。設 M = Young 氏彈性係數， F = 加於桿（或絲）上之力， A = 桿之截面積， L = 桿之原長， l = 桿之伸長；

$$M = \frac{F}{A} / \frac{l}{L} = \frac{FL}{Al}. \quad (4)$$

(e) 彈性體之正確擊。如圖所示：

碰擊前：	$\frac{u}{m}$	$\frac{u'}{m'}$
	\rightarrow	\rightarrow
	m	m'
	\leftarrow	\leftarrow
碰擊後：	$\frac{v}{m}$	$\frac{v'}{m'}$

a. 動量不滅原理: $m.v + m'.v' = mu + m'u'$. (5)

b. Newton 氏公式: 設 e = 恢復係數;

$$\frac{v' - v}{u - u'} = e. \quad (6)$$

c. e 之測定: 設彈性體由高 H 處落下, 回跳之

$$\text{高爲 } h; \quad e = \sqrt{\frac{h}{H}}. \quad (7)$$

解題要點:

(a) 計算彈性係數時, 應注意下列諸事:

a. 應力為單位面積所受之力; 惟量度之時:

1. 在體變之情形下, 應求與應力方向垂直之平面上單位面積之力;
2. 在切變之情形下, 應求與應力方向平行之平面上單位面積之力;
3. 在伸長之情形下, 應求與應力方向垂直之平面上單位面積之力。

b. 應變為一比值, 無單位可言; 量度時須知:

1. 體變為每單位體積所增減之值;
2. 切變為相距單位距離之二平面之相對位移;
3. 伸長之應變為每單位長度所伸縮之值。

故彈性係數亦應以單位面積之力為單位表出之。

(b) 普通之碰擊問題, 殆概可藉 (5), (6) 二公式列為方程式, 然後聯立解得各未知量, 計算時應注意之點為:

a. 規定向某方向之速度為正, 則向反對方向者為負; 切勿混亂。

b. 如彈性體與質量過大之物體如地與牆等碰擊時, 仍可

應用(5),(6)二公式;此時但視其速度為零或質量為無窮大耳;

- e. 在特殊情形下,如碰擊之物體為非彈性體,則 $e=0$;如為完全彈性體,則 $e=1$; (5),(6)二公式均仍可應用。
- d. 若參與碰擊之物體不止二個,則可依碰擊之先後,分別逐次用同法計算之。
- (c) 物體碰擊前後動量之總和決不稍變,然除完全彈性體外,其碰擊後之總能量均較碰擊前為少,可由動能公式見之;此種能量,多係變為熱能而散失。學者慎勿混二者為一,而謂能量亦不改變也。

十四. 液體之性質

備查公式:

- (a) 密度 設 ρ —密度, M —質量, V —體積;

$$\rho = \frac{M}{V}. \quad (1)$$

- (b) 比重 設 S —物體之比重, ρ —物體之密度, ρ' —水之密度;

$$S = \frac{\rho}{\rho'}. \quad (2)$$

- (c) 靜止流體中二點間之壓力差,設流體中二點之壓力各為 P_1 及 P_2 ,過二點之水平面間之垂直距離為 h ,流體之密度為 ρ

a. 在絕對單位下: $P_2 - P_1 = h\rho g. \quad (3)$

b. 在重力單位下: $P_2 - P_1 = h\rho. \quad (4)$

- (d) Archimedes 氏原理,設 V —物體之體積, ρ —流體之密度, B —物體在流體中所受之浮力;

$$B = V\rho g. \quad (5)$$

- (e) 活塞所作之功。設 P = 活塞所受之壓力， v = 活塞移經之體積， W = 活塞所作之功；

$$W = Pv. \quad (6)$$

- (f) 流體之粘性係數。設 η = 流體之粘性係數， d = 中介流體之二平行板間之距離， A = 各板之面積， F = 施於可移動板之力， v = 可移動板移動之速度；

$$\eta = \frac{F/A}{v/d} = \frac{Fd}{Av}. \quad (7)$$

- (g) 粘性係數之測定。設 P = 水平毛細管兩端之壓力差， l = 毛細管之長度， r = 毛細管之半徑， V = 單位時間由管內流過之水之體積；

$$V = \frac{P\pi r^4}{8l\eta}. \quad (8)$$

- (h) Torricelli 氏定理。設 v = 液體由孔口噴出之速度， h = 孔口在水平面下之距離；

$$v = \sqrt{2gh}. \quad (9)$$

- (i) Bernoulli 氏定理。設流體在管中流動，其在第一點之壓力，高度與速度依次為 P_1, h_1 與 v_1 ，在第二點者依次為 P_2, h_2 與 v_2 ；

$$P_1 + g\rho h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + g\rho h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2. \quad (10)$$

- (j) 表面張力之測定。設 T = 表面張力， l = 液膜之長， F = 液膜所能支持之力；

$$T = \frac{F}{l}. \quad (11)$$



- (k) 液體在毛細管中上升之高度。設 h = 上升之高度， ρ = 液體之密度， T = 液體之表面張力， r = 管之半徑， α = 接

觸角；

$$h = \frac{2T \cos \alpha}{g \rho r} \quad (12)$$

(1) 液體在兩平行板間上升之高度。設 d = 兩板間之距離；

$$h = \frac{2T \cos \alpha}{g \rho d} \quad (13)$$

(m) 肥皂泡內外之壓力差。設 R = 泡之半徑， P_2 = 外部之壓力， P_1 = 內部之壓力， T = 表面張力；

$$P_1 - P_2 = \frac{4T}{R} \quad (14)$$

解題要點：

(a) 物體之密度為其單位體積之質量，故為名數，必註明其單位；而其比重為其密度與水之密度之比值，故為不名數，無單位可言。

在 c.g.s. 制中，因水之密度為 1 克/立方厘米，故密度與比重之數值適同。

在 B.c. 制或 f.p.s. 制中，因水之密度為 62.4 磅/立方呎，故密度與比重在數值上有下式關係：

$$\text{密度} = \text{比重} \times 62.4$$

比重因係比值，故與所採之制度無關，即採用任何制度時皆同。

(b) 通常所謂壓力，係指單位面積上所受之力，即所謂壓力強度；而迥非全壓力之意。學者宜特別注意。

(c) 應用 Archimedes 氏原理，可求得多種物體之比重。其例可參看習題，茲不復贅。

十五. 氣體之性質

備查公式:

(a) Boyle 氏定律。設氣體之體積與壓力依次為 v 與 p ;

$$pv = \text{常數}. \quad (1)$$

(b) Dalton 氏分壓定律。設 P_1, P_2, \dots 分別為各氣體單獨占有某容器所呈之壓力, P 為混合氣體在該容器內之總壓力;

$$P = P_1 + P_2 + \dots \quad (2)$$

(c) 氣體分子運動說。設 v 為氣體之體積, M 為其質量, p 為其所呈之壓力, V^2 為其分子速率之平方平均值;

$$pv = \frac{1}{3} M \bar{V}^2. \quad (3)$$

(d) 氣體之射出速率。設 v = 射出之速率, ρ = 氣體之密度, P = 內外之壓力差;

$$v = \sqrt{\frac{2P}{\rho}}. \quad (4)$$

解題要點:

(a) Boyle 氏定律可用以解決多種常用之問題, 惟限於:

- a. 溫度不變。
- b. 所究氣體之質量不變; 如所究氣體有逸散者, 或與其他氣體混合時, 此公式即不復能用。

(b) 氣體所呈之壓力, 與施於氣體之壓力相等。此理雖淺明易知, 而學者不細察時, 每多誤用。

(c) 尋常壓力一詞, 皆指單位面積所受之力, 前已述之; 其於氣體亦然。惟表示氣體壓力之單位, 除前所述及者外, 尚有以下二種:

- a. 水銀柱高。氣壓計多由水銀製就，視水銀柱之高低，即可知壓力之大小；為簡便計，常直接以水銀柱之高度表示壓力，如云“若干厘米水銀”或“若干吋水銀”等。其與普通表示壓力之單位間之關係，可由水銀之密度得之。
- b. 氣壓。若所究氣體之壓力甚大，且所需之量度限度不甚精密時，常以標準大氣壓力（ $= 760$ 毫米水銀）為單位，簡稱氣壓。

第二章 題目之部

第一節 原題

一. 速度及加速度

1. 火車開行後 5 分鐘,其速度為每時 40 千米。設加速度不變,試求其第 5 分鐘內行經之距離。
2. 火車之速率為每時 70 千米;施以制動機後,行經 600 米始停。試求其等加速率。
3. 一作等加速運動之物體於 2 分鐘內行經 72 米;設 (a) 初速 $= 0$, (b) 初速 $= 15$ 厘米/秒,試求其末速。
4. 砲彈射出砲口時之速度為每秒 180 呎,在膛內經過之距離為 3.5 呎。問彈在膛內之平均加速度為若干?
5. 沿斜面滑下之物體,於第 8 秒內滑行 110 厘米。求斜面之斜角。
6. 以如何之初速度上拋一球,始可使之於拋出 10 秒時落回原處?
7. 艇速每時 4 哩,水速每時 2 哩。今欲直達對岸,問艇之駛行方向應與岸成如何之角度?
8. 一點在一直徑 10 厘米之圓周上作等速運動,每秒可繞 4 週。問其加速率如何?
9. 一球上昇至 50 呎之高處,其水平射程為 200 呎。求其拋出速度之大小及方向。
10. 以每秒 30 米之速度沿與水平成 30° 之角度擲出一球。問其與水平面重遇於何時何地? 其上昇之高處如何?

11. 砲彈射出砲口時之速度爲 180 呎/秒。設其射角爲 40° ，射程爲 295 碼；求其因空氣阻力而減少之距離。

二. 力與質量

12. 體重 70 仟克之人，立於升降機中；設機以每秒每秒 100 厘米之加速度下降時，問其施於機底之力如何？設機以同一加速度上升時，其所施之力又如何？

13. 以 1000 達因之力施於質量 1 仟克之物體上，歷時 1 分鐘之久。求此物體在此時間內獲得之速度及所經之距離。

14. 重 10 磅之彈自重 8 噸之砲以每秒 1200 呎之速度射出，求砲身後退之速度。

15. 三力 5, 12, 15 成平衡。試求其三夾角。

16. 質量 10 仟克及 8 仟克之二物體，連以細繩而跨過一光滑滑車。求其由靜止起前 2 秒內滑動之距離。

17. 重 12 磅之砲彈射出砲口時之速度爲 180 呎/秒，在膛內經過之距離爲 8.5 呎。求其在膛內經過時所受之平均力。

18. 某人乘飛機，繞過山頂時，見山頂之物體似將開始向地墜落。設山頂之曲率半徑爲 40 呎，問飛機前進之速率爲何？

19. 質量 300 克之球，方以每秒 20 米之速度飛行；與球棒碰擊後，其速度改爲反方向每秒 80 米。設碰擊之時間爲 0.02 秒，試求其衝量及平均力。

三. 功及能

20. 重 20 克之彈自距地 4 米之鎗水平射出。問此彈須具若干能量，始可於距鎗 300 米之處著地？

21. 具有每秒 700 呎之速率之彈，可穿透 2 吋之鋼度，試求欲

穿透 3 吋之深度所需之速率。

22. 質量 6 仟克之錘，以每秒 100 厘米之速度將一釘擊入板中 1 厘米。求其所克服之阻力。

23. 某人在平滑路上乘腳踏車，每時可行 12 哩；其每足輪流下踏之力 = 20 磅，動程之長 = 1 呎，曲柄每轉一週，車身前進 17 呎。求此人作功之馬力。

24. 某人體重 180 磅，於 4 秒內奔上每級高 7 吋之樓梯 26 級。問其作功之馬力為何？

25. 體重 161 磅之賽跑者，於 $4\frac{1}{2}$ 秒內跑 40 碼，於 $8\frac{1}{2}$ 秒內跑 80 碼，於 10 秒內跑 100 碼。(a) 問其由 40 至 80 碼間及由 80 至 100 碼間之速度為何？(b) 在 40 碼之末，其動能為何？(c) 試計算產生此動能所需之功率為若干馬力？(d) 此外彼尚如何消耗能量？

26. 一馬力合若干瓦特？

27. 一賽跑者於 10.5 秒內在水平路上跑 100 碼；又於 17.5 秒內跑上等遠之山坡，昇高 82 呎。設其功率前後一致，其體重 160 磅，計算其登山多耗 7.0 秒內所多作之功及其功率。

28. 每分鐘流經高 10 呎之水閘之水量為 100 立方呎。設此水全可利用，問其所生之馬力為若干？

29. 重 30 克之來復鎗彈，射入重 15 仟克之懸掛木塊內。設懸木塊之繩長 2 米，木塊擺動之角為 20° ；試算出鎗彈之速度。注意：鎗彈射入木塊，無改於二者之總動量；又在以後擺動時，其總能量為常數。

四. 轉動

30. 機車前輪之直徑為 1.5 米每分鐘轉 250 週；試求其邊緣上某點之平均線速度，該點為最高時之速度如何？為最低時又如何？

81. 方以每分鐘 1800 週之速率轉動之電動機電樞，於電流切斷後 20 秒而停，試求其在此時間內之平均角加速率及轉數。

82. 試以每秒弧度為單位計出地球繞其軸旋轉之角速度，並推算對於通過緯度 40° 某點之直徑此角速度之分速度（Foucault 氏擺之原理）。

五. 質量中心

83. 自一直徑 16 厘米之圓中割出一直徑 12 厘米之內切圓，問剩餘部分之重心當在何處？

84. 設有長 20 吋之圓柱二個，其直徑各為 12 及 6 吋，茲令其軸綫相合而聯接之，問其重心當在何處？

85. 一桌桌面之尺度為 4 呎 \times 3 呎 \times 1 吋，四足之尺度各為 2 呎 \times 2 吋 \times 2 吋，求其重心之位。

86. 月球之質量為地球質量之 $1/80$ ，其中心距地球中心之平均距離為 240,000 哩，試求二者質量中心之位置。

87. 於各邊長 1 呎之等邊三角形 ABC 之三角頂，分置 1, 2, 3 磅之質量，試求其質量中心距 BC 邊之遠度。

六. 力矩

88. 一桿長 6 呎，支於中心，一端懸有 24 磅之重物，設 (a) 此桿水平，(b) 在水平下成 30° 之角，(c) 在水平上成 60° 之角，試求此重物之力矩。

89. 茲用一已知長度之繩，自地面將一高柱豎起；設 (a) 繩長等於柱高，(b) 繩長二倍於柱高，問各應將繩繫於何處？

40. 試求一質量 = 20，半徑 = 2 之球體對與其面相切之軸綫之轉動慣性。

41. 茲有質量100克，半徑6厘米之圓盤三個，在一平面內互相接觸。求此三盤對於通過任一盤中心之垂直軸綫之轉動慣性。

42. 質量1仟克與2仟克之二物體，以長1米之輕桿連結之，將其拋出，使其重心之速度為每秒20米，且全體繞重心作每秒10週之轉動。試求此合成體之動能。

43. 一直徑 $1\frac{1}{2}$ 米，重1000仟克之磨石，每2秒轉動一週。其所具之能為若干？

44. 直徑100厘米之實鐵柱，滾下斜角 30° 長6米之斜面。求其綫速度。

45. 一重2.5噸每邊長1碼之正方石塊，靜止於水平地面上，欲使之繞一水平邊轉動，問所需最小之力為何？

七. 平行力

46. 設有1, 2及3單位之平行力，作用於每邊1呎之等邊三角形之三頂點A, B及C。試求合力與BC之距離。

47. 設有二平行力10及6，以相反方向施於棒上距一端為8及3處。求合力之大小及作用點。

48. 二平行力相等各為50達因，沿相反方向施於長10厘米之桿之兩端。此桿與力之方向成 45° ，問此力偶矩為何？

49. 成人與童子以長2米重3仟克之勻稱桿抬起20仟克之重物，欲令成人所負之重二倍於童子，須置重物於何處？

八. 平衡

50. 質量1仟克之桿，一端懸於垂直牆壁上之樞紐，一端止於光滑之地板上。試求作用於地板之力及樞紐之力。

51. 一勻稱之梯，長30呎，重50磅，上端靠於光滑之牆壁，下端用一釘防止其滑動。設梯與水平所成之斜角為 30° ，試求作用於壁上之力及釘上之力。

52. 茲有一長10呎，闊5呎，重200磅之柵門，其二鉸鏈各距兩端1呎。設門重悉為上鏈支持試求作用於上鏈之合力之大小與方向。

九. 週期運動

53. 牢繫一桿之一端，將他端拉離其原位置1厘米而後放之，則以每秒每秒10厘米之加速度開始運動。求其振動週期。

54. 某鐘之擺輪於2秒內作全振動5次。問將其轉離其平衡位置 30° 而放之時，其起動之加速度為何？

55. 半徑25厘米圓環，掛於釘上。試證其振動週期，與長度等於圓環直徑之單擺之週期相等。

56. 某鐘日快3分。如視其擺為一單擺，試求其擺長之誤差 ($g=960$)。

57. 某擺在 $g=960$ 處為報秒擺(second pendulum)，在某山頂上每分擺動59.95次。求該處之重力加速度。

58. 一桿長2米，以其一端為懸掛點；試求其振動週期。

59. 將一報秒擺拉向一側而放之，同時令一球落下；當擺經過垂直位置時，球與擺球適可相遇。求此球落下之高度。

十. 摩擦

60. 設兩面間之摩擦係數 $=0.14$ ，問20仟克重之拉力，可克服兩面間之壓力若干？

61. 將重100仟克之木塊推上斜角 20° 之斜面。設二者間之摩

摩擦係數為 0.24，問欲使木塊(a)以等速運動，(b)具有每秒每秒100厘米之加速度，需施與斜面平行之力若干？

62. 物體在水平面上運動，其初速為每秒100呎，行經200呎而停。求此物體與平面間之摩擦係數。

63. 電車於11秒內沿傾斜 20° 之軌道滑下100碼。求其摩擦係數。

64. 小木塊置於水平旋轉之平台上距轉動軸線40厘米處，設摩擦係數為0.80，問平台之角度為何，始可使木塊恰可滑動？

十一. 機械

65. 某人用長10呎重50磅之第一類槓桿將一石舉起1吋，支點距石1呎。設此人用力100磅重，問施於石上之力為何？又此人作功若干？

66. 某童子欲用50磅重之力，將一重200磅之桶推入高 $2\frac{1}{2}$ 呎之車內。設其推桶之力在通過桶之中心且與木板平行之直綫內，問其所用之木板須長若干？又其所作之功為若干？

67. 茲有一不準確天平 其一端載重12磅之童子，他端載重12.5磅之砝碼時，適可平衡。求其兩臂之比率。

68. 體重150磅之人，坐於一懸於動滑車之平台上，而以一通過定滑車之繩，拉起自身。設繩皆平行，問其所用之力為何？

69. 半徑25厘米之輪，固定於螺距1毫米之螺旋之一端。今施於輪邊之切力為1仟克重，設摩擦可忽略時，求此螺旋施於其輻上之力。

70. 茲有一複滑輪，試比較繩端縛於上滑輪組時與縛於下滑輪組時之機械利益。

十二 萬有引力

71. 物體須置於地面上若干高處，始損失其重量之0.10%？
72. 設月球之質量為地球者之 $1/80$ ；月球之直徑為2160哩，地球者為7900哩。問月球表面之重力加速度為何？
73. 欲使赤道上之物體似無重量，地球轉動一週之時間須為若干？

十三. 彈性

74. 長300厘米直徑1毫米之鐵絲，加8000克之重物後，伸長1毫米。試求其 Young 氏彈性係數。
75. 長2米直徑1毫米之鋼絲，與長1米直徑0.5毫米之銅絲連接；一端繫於天花板，他端懸以重物。設另加一重物後，二絲共伸長1毫米，試計算各絲之伸長。
76. 於邊長20厘米之方膠塊之兩對面，加各為1仟克之平行而相反之力，俾生1厘米之相對運動。試計算應變，應力及切彈性係數。
77. 體積400立方厘米之鐵棒，由船上落下，沉至深1000米之海底。設每深10米之水所生之壓力等於大氣壓力，而大氣壓力則為每方厘米百萬達因；問鐵棒之容積縮小若干？
78. 重20仟克且以每秒500厘米之速度運動之球，與重100仟克之靜止球碰擊。設第一球之反跳速度為每秒100厘米，問第二球之速度為何？

十四. 液體之性質

79. 容積不同之兩物體，在水中為等重。試比較其在水銀中之

重與在真空中之重。

80. 一中空之銅塊在空氣中重 523 克，在水中重 447.5 克，求其空處之體積。

81. 冰之比重為 0.918，海水者為 1.03，問露出海面 700 立方碼之冰山之全容積為何？

82. 一比重 0.7 之木塊重 1 仟克，今載以鉛塊，使其容積之 0.9 沉沒水內。問鉛塊 (a) 在木塊上方，(b) 在木塊下方，所需之重量各為若干？

83. 某比重計在比重 0.6 之液內沉至一定記號；欲其在水中沉至同一記號時，則需加 120 克之重，求此比重計之重量。

84. U 形玻璃管之一側貯水銀，他側貯某種液體；兩側平衡時，水銀高 0.175 米，他種液體高 0.42 米。問該液體對水銀之比重為何？對水之比重為何？

85. 一冰塊恰可載體重 150 磅之人而浮於水面，問其最小體積為若干立方呎？

86. 物體 A 在空中重 7.55 克，在水中重 5.17 克；在液體 B 中重 6.35 克。求物體 A 與液體 B 之比重。

87. 厚 10 厘米之銅塊浮於水銀上，問其露於水銀面外之體積為若干？又須加深若干厘米之水於水銀面上，始可恰將銅塊淹沒？

88. 水槽旁插以二管，均位於同一水平面內；其一之直徑為 0.5 厘米，長 20 厘米；他一之直徑為 0.25 厘米，長 10 厘米。設比較在同一時間內流過兩管之水量。

89. 某水壓機小活塞之直徑為 2 吋，大活塞之直徑為 2 呎。問須於小活塞上加重若干，始可支持大活塞上 3 噸之重？

90. 湖底之壓力 3 倍於 2 米深處之壓力。設大氣壓力為 76 厘米水銀，問湖深為何？

91. 蓄水池壁闊 8 米，長 40 米，與水平成角 30° 。試求當水升至池頂時，池壁所受全壓力為若干仟克？

92. 某直徑 1 米之圓水槽，水深 150 厘米。問水向外施於槽壁之壓力為何？施於槽底之壓力為何？

93. 肥皂液之表面張力為 27.45 達因厘米。茲有一半徑 3 厘米之肥皂泡，問其內部之壓力大於外部空氣之壓力若干？

94. 水槽水面下 3 米距地 10 米處有一開孔。設不計空氣阻力，水可自開孔水平射出之距離為何？

十五. 氣體之性質

95. 比重為 2 之某物體，以比重為 9 之砝碼，在比重為 0.0013 之空氣中稱之，得其重為 100 克。問其真正重量為何？

96. 若氣壓計下降 15 毫米，問每方厘米所受之壓力減少若干達因？

97. 一空氣泡在深 6 米之池底時，體積為 1 立方厘米。設氣壓計高 760 毫米，求其恰昇至水面時之體積。

98. 某氣壓計長 85 厘米；因有空氣存在故，當正確氣壓計之示數為 75 厘米時，此氣壓計者為 70 厘米。問正確氣壓計之示數為 72 厘米時，其所示之壓力為若干？

99. 設氣壓計之示數為 73 厘米；計算面積一平方米之板每面所受之推力。

100. 某氣壓計之斷面積為 2 方厘米；當水銀柱高 76 厘米時，其上端有 10 厘米之真空。今引入少許空氣，使水銀柱降低 10 厘米。問此空氣在引入前之體積為若干？

101. 空氣之比重約為 0.0013。問填高出海平面若干，始可見氣壓計之高度降低 1 毫米？

102. 一玻璃管長 60 厘米，一端封閉，茲將開端向下沉於海底，提上時見水滲入管內距頂端 5 厘米處，設大氣壓力等於 76 厘米水銀，海水之比重不變而等於 1.026；試計算海之深度。（Kelvin 氏探海器原理）

103. 於容積 1 立方米之容器內，裝入下列數氣體：(1) 氫，在 1 大氣壓力下占 1 立方米；(2) 氮，在 2 大氣壓力下占 8 立方米；(3) 氧，在 3 大氣壓力下占 2 立方米，試計算此混合氣體之壓力。

104. 設有一垂直圓筒，高 18 吋，以面積 6 方吋之活塞封其口，設大氣壓力為每方吋 14 磅，摩擦不計，溫度不變，今加 100 磅之重於活塞上，問其將降下若干？

105. 某高 7 呎之圓柱形潛水鐘沉沒於水後，鐘頂在水面下 20 呎，設當時之大氣壓力為 30 吋水銀，問水進入鐘內之高度若干？鐘內之空氣壓力為何時，可恰將此進入之水排出？

106. (a) 兩點在空氣內之水平差為 1 厘米，問在 0°C 及 76 厘米水銀時，此兩點間之壓力差為一氣壓之幾分之幾？(b) 欲生一氣壓之 0.01% 之壓力差，兩點間之水平差應為若干？

第二節 附加題

一. 速度及加速度

1. 二汽車各以每時 20 及 30 哩之速率，駛行於十字路上，問二者之分離速率（即二者速度之差）若干？

2. 艇速每時 5 哩，河水流速每時 3 哩，問艇須依何方向開行，始可直達彼岸？

3. 因道路惡劣之故，一車開行之加速度減為原有着之 50%。

今欲令此車獲得一指定之速度，問行於良路與行於劣路時所需時間之比為何？

4. 欲令一方以每時 80 哩之速度駛行之汽車，於 40 呎內停止，需時若干？

5. 火車之速度於 1000 呎內由每時 20 哩增至每時 80 哩；試求其等加速度。

6. 欲使一垂直上拋物體於拋出後 8 秒時重返原處，初速須為若干？

7. 1937 年 6 月 30 日，M. J. Adam 氏乘機升至 53987 呎之高空。設機身方以每時 100 哩之速度飛行時，由機上自由墜下一鉛塊。若空氣之阻力可略而不計，問該鉛塊何時可達地面？又可行水平距離若干？

8. 由實驗結果，知一水平投擲之球，當行經水平距離 $x=26$ 厘米時，落下垂直距離 $y=12.5$ 厘米。問 x 及 y 在何點相等？又在該點之運動方向為何？

9. 以每秒 20 米之速度沿與水平成 60° 之方向投出一球。求其上升之最大高度及水平射程。

10. 某球上升之最大高度為 64 呎，其水平射程為 128 呎。求其初速及拋射角。

11. 沿與水平成 45° 之方向拋射一物，於空中經歷 5 秒。求其初速與水平射程。

12. 欲使速率每秒 32 呎之水柱噴入位於其前 82 呎其下 8 呎之花床內，問其噴出之方向應如何選取？

13. 某汽車以每時 30 哩之速率繞一半徑 100 呎之曲道駛行，問其向心加速度為何？

14. 已知赤道之半徑約為 6400 仟米，試以厘米/秒²為單位計出赤道上某點之向心加速度。

二. 力與質量

15. 大小相等之二力作用於同點；若二者合力之大小仍等於各分力之大小，試用向量圖解法以求二力間之夾角。

16. 三力大小之比為 4,5,6. 作用於同一點，適可平衡。試計算各力間之夾角。

17. 質量 1 仟克之物體，由靜止起以等加速度運動 5 秒後，共行 200 厘米。試求施於其上之力。

18. 以 12 磅之力上舉重 10 磅之物體，求所生之加速度。

19. 體重 160 磅之滑冰者，於 10 秒內滑行 40 碼而停。問摩擦力為何？

20. 重 100 磅之礮彈之射出速度為 100 呎/秒，與目的物碰擊 0.01 秒後，變為靜止。求其施於目的物之平均力。

21. 重 100 克之物體，掛於升降機中之簧秤上，視之重 105 克。問機身之加速度為何？

22. 重 100 磅之水桶，連於一繩之下端，以 0.5 呎/秒²之加速度下降。試求繩中之張力。

23. 重 100 磅之物體，置於斜角 30° 之斜面上；以 60 磅重之水平力上推之。問所生之加速度為何？

24. 物體滑下一斜角 30° 之光滑斜面。求其第 3 秒末之速率及第 4 秒內所行之距離。

25. 雪橇以等加速度於 15 秒內滑下長 100 碼且傾斜 10° 之滑道。求其末速率及因摩擦而減小之速度。

26. 體重 120 磅之電子由一重 500 磅之舟中水平跳出；求其對岸之速度與對舟之速度之比。

三. 功及能

27. 在應用米突制之國家中，功之工程單位爲米-仟克。試求與 1 米-仟克相當之呎磅數。

28. 質量 100 克之物體，繞半徑 25 厘米之圓作每分 120 週之轉動，求其向心力及每分內所作之功。

29. 某人於 2 時內爬上高 2000 呎之山坡；設彼有重 40 磅之行囊時，其作功之功率應增加若干？

30. 欲將一 500 磅之重物曳上傾斜 30° 之斜面 10 呎，若摩擦阻力爲 100 磅重時，須作功若干？

31. 試比較使某汽車獲得每時 80 哩之速率所需之能量，與將其舉起 30 呎所需之能量。

32. 某機車適可將重 5000 噸之列車曳上傾斜 1° 之斜面，若開行於水平軌道上，欲使列車獲得每時 10 哩之速率，須開行之距離爲若干？

33. 某擺由質量 250 克之擺錘連於輕金屬絲下端而成。茲將其向一邊拉開 80° 而後放之，求其經過垂直位置時所具之能量。

34. 質量 4 仟克之錘，以每秒 4 厘米之速率將一釘擊入硬木中 1 厘米；求其平均阻力。設阻力與深度成正比，求再作第二次相同錘擊時此釘更被擊入之距離。

35. 兩端繫有重 50 與 800 克之物體之輕繩，跨於一無摩擦之輕滑輪上。當其由靜止起運動 10 厘米時，求其位能之損失及運動之速率。

36. 重 10 仟克之木塊，懸於長 2 米之繩繩上。設有重 10 克之鎗彈以每秒 800 米之速率射入此木塊中時，問其擺動之角度爲何？

四. 轉動

37. 以每秒 20 週之速率轉動之電扇，於電路切斷後，歷時 5 秒始停。求其轉數及角加速度。

38. 輪帶外徑為 28 吋之汽車，以每時 30 哩之速度開行，求輪頂某點對輪與地之接觸點及輪心之速度。

39. 紐約之帝國建築高出地面 1248 呎，求其頂端與底部運動速率之差。（地球之半徑 = 4000 哩，紐約之緯度 = 41°N ）。

五. 質量中心

40. 相等之質量置於邊長各為 80, 40, 50 厘米之三角形之頂點上。試求其質心之位置。

41. 某勻稱板由一每邊長 10 厘米之正方形及一每邊長 10 厘米之等邊三角形合成。求其質量中心之位置。

42. 設有長 20 厘米之圓柱二個，其半徑各為 4 與 3 厘米。今令其軸綫相合而聯接之，問其重心當在何處？

43. 某圓桌桌面之直徑為 3 呎，厚為 2 吋；其三足之尺度為 2 呎 \times 2 呎 \times 2 呎。求其質量中心之位置。

44. 茲在一每邊長 20 厘米之等邊三角形上，割取一高度為其高度之半之等邊三角形。試求剩餘梯形部份之重心。

六. 力矩

45. 欲使一重 800 磅，且各邊長 3 呎之立方體，繞其一邊而傾倒，所需最小之力為何？

46. 半徑 20 厘米且質量 1 千克之圓盤，每分內轉動 800 週。求其所具之動能。

47. 茲有半徑 1.5 厘米重 18.4 克之銀幣一枚，試求其繞通過中心且平行兩面之軸之轉動慣量。

48. 計算沿斜角 20° 之斜面滾下之圓環之綫加速度。

49. 長 100 厘米，重 500 克之垂直桿下端，連以半徑 5 厘米重 100 克之圓球。求此合成體對桿上端之迴轉半徑。

50. 設上題之裝置可繞桿之上端自由轉動而成爲一擺；如以 200 克重之力施於球心，求此擺起動之加速度。

51. 某圓柱之軸水平架起，俾轉動時之摩擦可略而不計。一細繩上端繞於圓柱上，下端連以一與圓柱質量相等之木塊。求木塊下降之加速度。

52. 高烟突倒下時，每折爲二段；試釋其故。

七. 平行力

53. 大小均爲 3 磅之諸力，垂直作用於直線 ABC 上之 A, B, C 三點；前二力之方向相同，第三力之方向與之適反。設 $AB = BC = 2$ 呎，求合力在上之作用點。

54. 成人與童子合抬長 10 呎重 200 磅之勻稱棒。設童子抬其一端，欲成人負擔棒重 $3/4$ 之時，當抬其何處？

55. 長 20 呎重 100 磅之棒，支於兩端。其上距一端 5 呎處，置以重 80 磅之物體。求各支點所受之壓力。

56. 大小爲 3, 6, 9, 12 仟克之四平行力，作用於每邊長 50 厘米之正方形之四頂點；前三力之方向相同，第四力之方向適反。試求合力之作用線。

八. 平衡

57. 以兩繩將起一棒，使與垂直方向成 45° 之角，設下端所繫之繩為水平片，求上端之繩之方向。

58. 某勺稱梯斜倚於摩擦力可忽略之牆壁。設梯對牆之壓力等於其重量之 $\frac{1}{3}$ ，求梯與垂直方向所成之角。

59. 門重 250 磅，其上下二鉸鏈相距 6 呎；設門重悉由在下之鉸鏈支持，求作用於該鉸鏈上之合力。

60. 木板重 100 磅，其上端繫以與板長成直角之繩，俾板與水平成角 30° ，試求繩中之張力與作用於板之總力。

九. 週期運動

61. 某音叉每秒完全振動 435 次，設其頂端之振幅為 2 毫米，求其最大加速度。

62. 某扭擺之週期為 5 秒。求其角移為 45° 時之角加速度。

63. g 值在華盛頓為 980.07 厘米/秒²，在紐約則為 980.23 厘米/秒²，求同一擺在二地之週期之比。

64. 因熱膨脹之故，某鐘之擺長延長 0.01% ，求此鐘某日所遲之時刻。

65. 長 180 厘米之勺稱棒，懸於一端，求其振動週期。此棒須繞其他何點振動，始有相同之週期？

66. 長 50 厘米之繩，一端連於直徑 30 厘米之勺稱圓盤之邊緣上，試求其在盤面之平面內之振動週期？

67. 直徑 5 厘米質量 1000 克之圓盤，懸於一金屬絲下方，令盤面保持水平，設其每分鐘振動 12 次，求此金屬絲之扭轉常數。

68. 某不規則盤之盤面保持水平，用作扭轉擺之擺盤，此擺每分鐘振動 10 次，若置半徑 5 厘米質量 250 克之圓板於其擺盤上接，則每分鐘僅振動 5 次，求該盤之轉動慣量。

十. 摩擦

69. 欲使重 25 磅之木塊在一水平面上開始滑動，如兩面間之摩擦係數為 0.22，問所需之拉力為何？

70. 滑冰者於 12 秒內滑行 80 碼而停，設其體重為 150 磅，求其冰鞋與冰間之摩擦力。

71. 今以與傾斜 30° 之斜面平行之力，施於其上質量 2 仟克之木塊，可使之以 50 厘米/秒² 之加速度上滑。設兩面間之摩擦係數為 0.20，試求該力之大小。

72. 重 50 磅之力，沿與水平成 30° 之方向，施於水平面上重 150 磅之木塊上，設摩擦係數為 0.20，試求所生之加速度。

73. 重 150 磅之勻稱梯，上端依於無摩擦之牆壁，下端抵地而不致滑動，設梯與地面間之摩擦係數為 0.50，求梯與地面間可能構成之最大角度及其施於地上之壓力。

十一. 機械

74. 施 100 磅之力於長 4 呎之槓桿之一端，可於他端得 1000 磅之力，問支點當在何處？

75. 某起重螺旋之螺距為 $1/8$ 吋，其施力桿長 1 呎，若施 100 磅之力於桿端，問可舉起之最大重量為若干？

76. 某起重螺旋之螺距為 0.04 吋，施力桿長 1 呎，設此裝置之效率為 $3/4$ ，欲舉起 2 噸之重物，須施力若干？

77. 某工人藉上組二輪下組一輪之複滑輪舉起己身，設彼之體重為 200 磅，問其施於繩上之力為何？

78. 某差動輪軸之諸半徑各為 30, 15 及 12 厘米，欲舉起 1000 仟克之重物，須施力若干？又欲將重物舉起 4 米，須拉下之繩長若干？

十二. 萬有引力

79. 探測氣球於1935年11月11日升至13.7哩之高度。問該處之 g 值較地面者減小若干？(地球之半徑約為4000哩)

80. 火星之質量約為地球之 $1/10$ ，其半徑約為地球之 $1/2$ 。問火星上之 g 值為何？某人在地面可將一球拋出100碼，問其在火星上可拋之遠度為何？

81. 地球之質量為月球者之80倍，二者間之距離為240,000哩。問二者間何處所受二者之引力相等？

十三. 彈性

82. 施每方厘米100仟克之壓力於一半徑10厘米之鋼球，問其半徑減短若干？

83. 金屬絲長200厘米，直徑1毫米。施以10仟克之拉力後，伸長1毫米。計算其Young氏彈性係數。

84. 長10呎直徑 $1/25$ 吋之鋼絲，繫以重物10磅後當伸長若干？

85. 茲有長1米，直徑1毫米之金屬絲一條，令其一端固定，而將他端扭轉 90° 。求該絲表面之切變。

86. 質量均為40克之二相似圓球，各以細線懸起，使靜止時適可相觸。今將一球拉起而放之，俾可以每秒50厘米之速率碰擊他球。若恢復係數為0.8，求二者碰擊後之速度。又碰擊後之動量及角量變更否？

十四. 液體之性質

87. 某金屬塊在空氣中稱之重8.00克，在水中重7.45克。問

其中混有若干銀質？

88. 某定容比重計重 200 克。欲將其記號適沉入水中，須加 176 克於頂盤上；如欲其適沉入他種液體中，則僅須加 110 克即可。試求該液體之比重。

89. 體積 10 方呎且比重 0.918 之冰塊，浮於比重 1.036 之鹽水中，求其上所可負載之重量。

90. 欲求某輕於水之物體之比重：先於空氣中權之，得其重為 100 克；次繫以第二物體而於水中權之，得二者共重為 70 克。設第二物體在水中重 80 克，求第一物體之比重。

91. 繫鉛塊於體積 1 立方呎之木塊下，俾其適可沉沒於清水中。設木塊之比重為 0.75，試求鉛塊之重量。

92. 在空氣中重 200 磅之鐵錘，沉沒於比重 1.03 之鹽水中 50 呎深處。欲將其舉至水面時，須作功幾何？

93. 某中空之黃銅塊在空氣中重 8.5 仟克，在水中重 7.0 仟克。設黃銅之密度為 8.5，問空處之大小為何？

94. 某氣壓計之水銀柱高 75 厘米，截面為 0.5 方厘米。試求其施於底上之總壓力。

95. 某堤岸長 40 碼，闊 20 呎，與垂直成角 30° ；求施於其上之總壓力。

96. 兩長方玻璃板垂直插於水中；其一對垂直邊緊接，他對則稍離。問兩板間水面為何種曲線？

97. 直徑 0.5 毫米之玻璃毛細管中之水柱，上升至 6 厘米之高度，試計算水之表面張力。

98. 水注自水樽邊之小孔中噴出，行經水平距離 100 厘米後，降落垂直距離 25 厘米。求小孔在水面下之距離。

99. 某毛細管長 25 厘米，半徑 0.5 毫米；令水平置之，令其兩

端保持3厘米水銀之壓力差，則可於10分鐘內流過235立方厘米之水量，試求水之粘性係數。

十五. 氣體之性質

100. 由輕木塞之重量及體積以計算其密度(約為0.24克/立方厘米)時,若不計及其所受之空氣浮力,則所生之百分誤差為何?

101. 將飛船中之氫易為氦後,其每立方米之負載能力有何變化?

102. 某建築物高15米;試求在其頂端與底部處氣壓計之示差。此法何以不能用以測量山高?

103. 設全部大氣層之密度均為0.00129克/厘米³,且地面氣壓計之示數為76.00厘米。試求大氣層之厚度。

104. 欲測稀薄氣體之壓力時,當移出其一部分而壓縮至甚小之體積。今將1立升之氣體壓入長10厘米內徑2毫米之管中,問壓力增加之比例為何?

105. 高100厘米之柱形潛水鐘沉至深100米之湖底時,湖水進入鐘內之高度為何?

106. 某氣壓計長80厘米;因其水銀柱上含有少量之空氣,故於氣壓為75.00厘米水銀時,其示數為74.00厘米。問當氣壓為76.00厘米水銀時,其示數應為若干?

107. 某一端封閉之玻璃管長1米;將其裝滿三分之一之水,而後倒轉之,令開端適在水面下。求管中水柱之高度。

108. 一容量2呎且裝有2氣壓氫之容器,與他一容量1呎且裝有1氣壓氫之容器相連。求二氣混合後之壓力。

109. 依氣體分子運動說,一氫分子在標準壓力及密度時之速率為何?此速率是否平均速率?

第三章 解法之部

第一節 原 題

一. 速度及加速度

1. $v_0 = 0$, $v = 40$ 仟米/時 $= \frac{2}{3}$ 仟米/分, $t = 5$ 分,

按公式(6), 得 $a = v/t = \frac{2}{3}/5 = \frac{2}{15}$ 仟米/分².

按公式(7), 知當 $t = 4$ 時, $s = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{15} \cdot 4^2 = 1\frac{1}{15}$ 仟米,

當 $t = 5$ 時, $s = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{15} \cdot 5^2 = 1\frac{2}{3}$ 仟米;

故其第 5 分鐘內行經之距離 $= 1\frac{2}{3} - 1\frac{1}{15} = \frac{9}{15} = 0.6$ 仟米。

2. $v_0 = 70$ 仟米/時 $= 1\frac{1}{6}$ 仟米/分, $s = 600$ 米 $= 0.6$ 仟米。

$$\begin{aligned} \therefore a &= (v^2 - v_0^2) / 2s = \left[0 - \left(1\frac{1}{6} \right)^2 \right] / (2 \times 0.6) \\ &= -1.13 \text{ 仟米/分}^2. \end{aligned}$$

3. $s = 72$ 米 $= 7200$ 厘米, $t = 2$ 分 $= 120$ 秒。

$$(a) \quad s = 2s/t^2 = \frac{2 \times 7200}{120^2} = 1 \text{ 厘米/秒}^2,$$

$$\therefore v = at = 1 \times 120 = 120 \text{ 厘米/秒}.$$

$$(b) \quad 7200 = 15 \times 120 + \frac{1}{2} \times a \times 120^2, \therefore a = \frac{3}{4} \text{ 厘米/秒}^2,$$

$$\therefore v = 15 + \frac{3}{4} \times 120 = 105 \text{ 厘米/秒}.$$

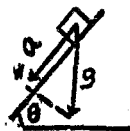
$$4. a = \frac{v^2}{2r} = \frac{180^2}{2 \times 3.5} = 1620 \text{ 呎/秒}^2.$$

$$5. \because 110 = \frac{1}{2} a \times 3^2 = \frac{1}{2} a \times 2^2,$$

$$\therefore a = 44 \text{ 厘米/秒}^2,$$

$$\text{由圖, 得 } \sin \theta = \frac{a}{g} = \frac{44}{980} = 0.0451.$$

$$\therefore \theta = 2^\circ 35'.$$



6. 物體由彼擲出至落回原處所需之時間，適為其由被擲出至到達最高處所需時間之二倍。

$$\therefore v_0 - v - at = 0 = (-980) \frac{10}{2} = 4900 \text{ 厘米/秒}.$$

7. 艇速與水速之合速與岸垂直時，該艇始可直達對岸。

如圖，設艇應沿與岸成 θ 角之方向航行，



且 \overline{AB} = 艇速， \overline{AC} = 水速。

$$\text{則得 } \cos \theta = \frac{AC}{AB} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}, \therefore \theta = 60^\circ.$$

$$8. v = 2\pi \left(\frac{10}{2} \right) = 10\pi \text{ 厘米/秒}.$$

$$\therefore a = \frac{v^2}{r} = \frac{(40\pi)^2}{8} = 8158 \text{ 厘米/秒}^2.$$

9. 為計算簡便計，取 $g = 32 \text{ 呎/秒}^2$ 。

$$\text{拋出時之垂直分速 } = v_1 = \sqrt{2gh} = 10\sqrt{2} \text{ 呎/秒}.$$

$$\text{由拋出至到達最高點所需之時間} = \frac{40\sqrt{2}}{32} = \frac{5}{4}\sqrt{2} \text{ 秒}.$$

$$\text{由拋出至到達地面所需之時間} = 2 \cdot \frac{5}{4}\sqrt{2} = \frac{5}{2}\sqrt{2} \text{ 秒}.$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{拋出時之水平分速度} &= v_2 = \frac{s}{t} = 200 / \frac{5}{2} \sqrt{2} \\ &= 40\sqrt{2} \text{ 呎/秒,} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{拋出速度} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 80 \text{ 呎/秒,}$$

$$\text{拋出角} = \tan^{-1} \frac{v_2}{v_1} = \tan^{-1} \frac{40\sqrt{2}}{40\sqrt{2}} = 45^\circ.$$

10. 擲出之垂直分速度 $= v_1 = 30 \sin 30^\circ = 15 \text{ 米/秒,}$
 擲出之水平分速度 $= v_2 = 30 \cos 30^\circ = 15\sqrt{3} \text{ 米/秒.}$

$$\text{上昇之高度} = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{15^2}{2 \times 9.8} = 11.4 \text{ 米.}$$

$$\text{飛行之時間} = 2 \times \frac{v_1}{g} = 2 \times \frac{15}{9.8} = 3.06 \text{ 秒.}$$

$$\text{水平距離} = v_2 t = 15\sqrt{3} \times 3.06 = 79.5 \text{ 米.}$$

11. 射出之水平分速度 $= v_1 = 180 \cos 40^\circ \text{ 呎/秒,}$
 射出之垂直分速度 $= v_2 = 180 \sin 40^\circ \text{ 呎/秒;}$

$$\text{飛行之時間} = t = 2 \times \frac{v_2}{g} = 2 \times \frac{180 \sin 40^\circ}{32.2} = 7.19 \text{ 秒,}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{理論上之水平射程} &= v_1 t = 180 \cos 40^\circ \times 7.19 \\ &= 990 \text{ 呎} = 330 \text{ 碼;} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{因空氣阻力而減小之距離} = 330 - 295 = 35 \text{ 碼.}$$

二. 力與質量

12. 機身下降時施於機底之力 $= m(g - a) = 70000(980 - 100)$
 $= 61600000 \text{ 達因} = 62.8 \text{ 仟克重.}$

$$\begin{aligned} \text{機身上升時施於機底之力} &= m(g + a) = 70000(980 + 100) \\ &= 75600000 \text{ 達因} = 77.1 \text{ 仟克重.} \end{aligned}$$

$$13. a = \frac{F}{m} = \frac{1000}{1000} = 1 \text{ 厘米/秒}^2;$$

$$\therefore v = at = 1 \times 60 = 60 \text{ 厘米/秒.}$$

$$s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 60^2 = 1800 \text{ 厘米.}$$

14. 依 Newton 氏第三定律，凡作用必有大小相等方向相反之反作用。設彈與砲之質量各為 m_1 及 m_2 ，其速度之大小各為 v_1 及 v_2 ，其在發射時受力之時間各為 t_1 及 t_2 ；則得

$$m_1 \frac{v_1}{t_1} = m_2 \frac{v_2}{t_2}$$

$$\text{今 } t_1 = t_2, \quad \therefore m_1 v_1 = m_2 v_2.$$

$$\therefore v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2} = \frac{10 \times 1200}{3 \times 2000} = 2 \text{ 呎/秒.}$$

15. 三力平衡時，其中任一力可視為他二力之合力，由合力公式，得

$$\cos \theta_1 = \frac{F_1^2 - F_2^2 - F_3^2}{2F_2F_3}$$

$$= \frac{5^2 - 12^2 - 15^2}{2 \times 12 \times 15} = -0.9356$$

$$\therefore \theta_1 = 162^\circ 51'.$$

$$\cos \theta_2 = \frac{F_1^2 - F_2^2 - F_3^2}{2F_1F_3}$$

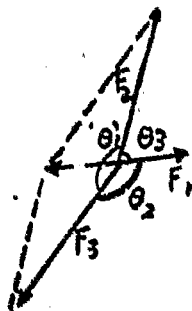
$$= \frac{12^2 - 5^2 - 15^2}{2 \times 5 \times 15} = -0.7000.$$

$$\therefore \theta_2 = 134^\circ 58'.$$

$$\therefore \theta_3 = 360^\circ - \theta_1 - \theta_2 = 360^\circ - 162^\circ 51' - 134^\circ 58'$$

$$= 62^\circ 11'.$$

16. 將二物體分離如圖。設 m_1, m_2 為二物體之質量， τ 為

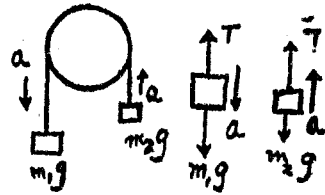


繩中之張力，為物體運動之加速度。

加於 m_1 之力有二：一為其所受之重力， m_1g ，其方向向下；一為繩中之張力 T ，其方向向上；二者之合力 $m_1g - T$ ，即為使 m_1 運動之力。今 m_1 向下運動之加速度為 a ，故得

$$m_1g - T = m_1a, \quad (1)$$

同法可得 $T - m_2g = m_2a, \quad (2)$



解(1)及(2)，得 $a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}g$

$$= \frac{10000 - 8000}{10000 + 8000} \times 980 = 109 \text{ 厘米/秒}^2.$$

故滑行之距離 $= \frac{1}{2} \times 10 \times 2^2 = 218 \text{ 厘米}.$

〔註〕此題亦可不用分離物體法解之：

使 m_1 向下移動之力 $= F_1 = m_1g.$

使 m_2 向下移動之力 $= F_2 = m_2g.$

\therefore 使二物體移動之力 $= F_1 - F_2 = (m_1 - m_2)g.$

今運動物體之總質量 $= m_1 + m_2.$

運動物體之共同加速度 $= a.$

依 Newton 氏第二定律，得 $(m_1 - m_2)g = (m_1 + m_2)a.$

$\therefore a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}g.$ 餘同上。

17. $a = \frac{v^2}{2s} = \frac{180^2}{2 \times 3.5} = 4623.6 \text{ 呎/秒}^2.$

$\therefore F = ma = \frac{12}{32.2} \times 4623.6 = 1725 \text{ 磅重}.$

18. 山頂之物體似將開始向地墜落時，飛機繞曲線運動而生之離心加速度必適與重力加速度相等。

$$\begin{aligned}\therefore v &= \sqrt{gr} = \sqrt{gr} = \sqrt{32.2 \times 40} \\ &= 35.89 \text{ 呎/秒} = 24.5 \text{ 哩/時}.\end{aligned}$$

$$19. F = \frac{m(v-v_0)}{t} = \frac{300(3000+2000)}{0.02} = 7.5 \times 10^7 \text{ 達因}.$$

三. 功及能

$$20. t = \frac{2s}{g} = \sqrt{\frac{2 \times 400}{980}} = 0.9 \text{ 秒},$$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{30000}{0.9} = \frac{1}{3} \times 10^5 \text{ 厘米/秒}.$$

$$\therefore \text{K.E.} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 20 \left(\frac{1}{3} \times 10^5 \right)^2 = 1.11 \times 10^{10} \text{ 爾格}$$

21. 設 F = 穿透時所受之阻力, m = 彈之質量。
因穿透時彈之動能悉變為功, 故得,

$$F \times 2 = \frac{1}{2}m \times 700^2, \quad (1)$$

$$F \times 3 = \frac{1}{2}m \times v^2; \quad (2)$$

解(1)與(2), 得 $v = 857$ 呎/秒。

$$22. F = \frac{1}{2}mv^2/s = \frac{6000 \times 100^2}{2 \times 1} = 3 \times 10^7 \text{ 達因}.$$

$$23. v = 12 \text{ 哩/時} = 1056 \text{ 呎/分}.$$

$$\text{曲柄每分之轉數} = \frac{1056}{17} = 62.$$

曲柄每轉一週所作之功 = $Fs = 20 \times 1 \times 2 = 40$ 呎磅。

$$\therefore \text{此人作功之馬力} = \frac{40 \times 62}{3000} = 0.075 \text{ 馬力.}$$

$$24. \quad s = 26 \times \frac{7}{12} = 15 \frac{1}{6} \text{ 呎,}$$

$$\therefore P = \frac{Fv}{t} = \left(180 \times 15 \frac{1}{6} \right) / 4 = 682.5 \text{ 呎磅/秒} = 1.2 \text{ 馬力}$$

$$25. \text{ (a) 由40至60碼間之速度} = \frac{s}{t} = \frac{8 \times 60 - 8 \times 40}{6 \frac{2}{5} - 4 \frac{3}{5}}$$

$$= 33 \frac{1}{3} \text{ 呎/秒.}$$

$$\text{由60至100碼間之速度} = \frac{8 \times 100 - 8 \times 60}{10 - 6 \frac{2}{5}}$$

$$= 33 \frac{1}{3} \text{ 呎/秒.}$$

$$\text{(b) K.E.} = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times \frac{161}{32} \left(33 \frac{1}{3} \right)^2 = 2777 \text{ 呎磅.}$$

$$\text{(c) } P = \frac{2777}{4 \frac{3}{5}} = 608.7 \text{ 呎磅/秒} = 1.09 \text{ 馬力.}$$

(d) 此外彼跑行時尙抵抗空氣阻力而作功，且抵抗重力而作功。

$$26. \quad 1 \text{ 馬力} = 550 \text{ 呎磅/秒.}$$

$$= 550 \times (454 \times 980) \times (12 \times 2.54) \text{ 爾格/秒 (即達因 厘米/秒)}$$

$$= 550 \times 454 \times 980 \times 12 \times 2.54 \times 10^{-7} \text{ 瓦特 (即焦耳/秒)} = 746 \text{ 瓦特.}$$

$$27. \quad w = 160 \times 32 = 5120 \text{ 呎磅.}$$

$$P = \frac{5120}{7 \times 550} = 1.38 \text{ 馬力.}$$

$$28. F = 100 \times 62.4 = 6240 \text{ 磅重.}$$

$$\therefore P = \frac{Fs}{t} = \frac{6240 \times 10}{1} = 62400 \text{ 呎磅/分} = 1.9 \text{ 馬力.}$$

29. 設 h = 木塊與彈共升之高度,

v = 木塊與彈之共同速度,

v = 彈之速度;

$$h = 200 - 200 \cos 20^\circ = 12.06 \text{ 厘米.}$$

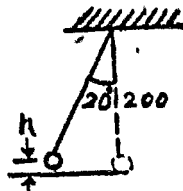
$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 980 \times 12.06}$$

$$= 153 \text{ 厘米/秒.}$$

因二者之總動量於射入前與射入後不變, 故得

$$30v = (15000 + 30)153.$$

$$\therefore v = 77000 \text{ 厘米/秒} = 770 \text{ 米/秒.}$$



四. 轉動

$$30. \text{ 平均線速度} = 2\pi \times 250 \times \frac{1.5}{2} \times \frac{1}{60} = 19.6 \text{ 米/秒.}$$

視輪之着地點為瞬時轉動軸線, 則角速度仍為不變, 故

$$\text{該點最高時之速度} = \omega r = 2\pi \times 250 \times \frac{1}{60} \times 1.5$$

$$= 39.2 \text{ 米/秒,}$$

$$\text{該點最低時之速度} = \omega r = 2\pi \times 250 \times \frac{1}{60} \times 0 = 0.$$

$$31. \omega_0 = 1000 \times \frac{2\pi}{60} = 60\pi \text{ 弧度/秒.}$$

$$\therefore \alpha = -\frac{\omega_0}{t} = -\frac{60\pi}{20} = -3\pi \text{ 弧度/秒}^2.$$

$$\phi = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 = 60\pi \times 20 - \frac{1}{2} \times 3\pi \times 20^2 = 600\pi \text{ 弧度}$$

$$\therefore \text{轉數} = \frac{600\pi}{2\pi} = 300.$$

32. 因地球每日自轉一週, 故

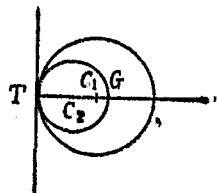
$$\begin{aligned} \text{地球繞地軸旋轉之角速度} = \omega &= \frac{2\pi}{24 \times 60 \times 60} \\ &= 7.27 \times 10^{-5} \text{ 弧度/秒。} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{地球對通過緯度 } 40^\circ \text{ 某點之直徑此角速度之分速度} \\ = 7.27 \times 10^{-5} \sin 40^\circ = 4.67 \times 10^{-5} \text{ 弧度/秒。} \end{aligned}$$

五. 質量中心

33. 此重心顯見位於連結二圓心之直線上。

設所餘部分之重心在 G , 則此部分與所割去之圓之重心, 必在原有圓之重心 C_1 。



因各部分之重量與其面積成正比, 故得

$$\left[\pi \left(\frac{16}{2} \right)^2 - \pi \left(\frac{12}{2} \right)^2 \right] C_1 G = \pi \left(\frac{12}{2} \right)^2 \left(\frac{16}{2} - \frac{12}{2} \right),$$

$$\therefore C_1 G = 2.6 \text{ 厘米}$$

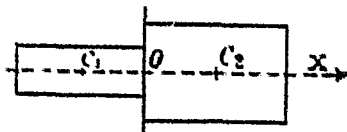
$$\text{故重心與公切線之距離} = TG = \frac{16}{2} + 2.6 = 10.6 \text{ 厘米。}$$

34. $v_1 = \pi \cdot 6^2 \cdot 20$

$$= 180\pi \text{ 立方吋,}$$

$$v_2 = \pi \cdot 12^2 \cdot 20$$

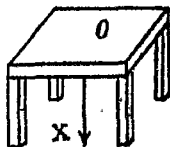
$$= 720\pi \text{ 立方吋。}$$



取二者之共同軸線爲 x -軸, 以二柱之連接面爲沿 x -軸方向之長度之起點。因質量與體積成正比, 故按公式。可得

$$\bar{x} = \frac{180\pi(-10) + 720\pi \times 10}{180\pi + 720\pi} = 6\text{吋}.$$

35. 取垂直且通過桌面中心之線爲 x -軸, 其方向以向下爲正; 以 x -軸與桌面之交點爲原點。



$$\text{桌面之體積} = 4 \times 3 \times \frac{1}{12} = 1 \text{立方呎},$$

$$\text{各足之體積} = 2 \times \frac{2}{12} \times \frac{2}{12} = \frac{1}{18} \text{立方呎};$$

$$\text{桌面重心之 } x\text{-坐標} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{12} = \frac{1}{24} \text{呎},$$

$$\text{各足重心之 } x\text{-坐標} = \frac{1}{2} \times 2 + \frac{1}{12} = \frac{13}{12} \text{呎}.$$

$$\therefore \bar{x} = \frac{4 \times \frac{1}{18} \times \frac{13}{12} + 1 \times \frac{1}{24}}{4 \times \frac{1}{18} + 1} = 0.231 \text{呎}.$$

36. 取地球中心爲原點, 地球與月球之聯心線爲 x -軸。



$$\text{則 } \bar{x} = \frac{1 \times 0 + \frac{1}{80} \times 240000}{1 + \frac{1}{80}} = 2963 \text{哩}.$$

37. 設質量中心與 BC 邊之距離爲 d , 因 A 點與 BC 邊之距離

$$\text{爲 } \frac{\sqrt{3}}{2} \text{呎},$$

$$\text{故 } d = \frac{1 \times \frac{\sqrt{3}}{2} + 2 \times 0 + 3 \times 0}{1 + 2 + 3} = 0.144 \text{ 呎.}$$

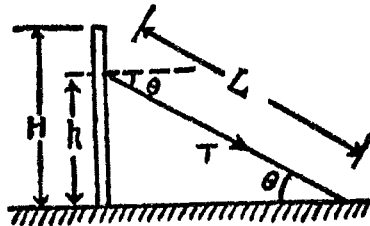
六. 力矩

38. (a) $L = 24 \times \frac{6}{2} = 72 \text{ 磅重·呎.}$

(b) $L = 24 \times \frac{6}{2} \cos 80^\circ = 62.8 \text{ 磅重·呎.}$

(c) $L = 24 \times \frac{6}{2} \cos 30^\circ = 86 \text{ 磅重·呎.}$

39. 設柱高為 H ; 繩長為 L .
其一端繫地, 他端繫於
桿上距地 h 處; 繩與地
成 θ 角, 其中之張力
為 T .



繩對柱與地接觸點之

$$\text{力矩} = T \cdot \cos \theta \cdot h = T \cdot h \cdot \frac{\sqrt{L^2 - h^2}}{L} = \frac{T}{L} \sqrt{L^2 h^2 - h^4}$$

$$= \frac{T}{L} \sqrt{\frac{L^4}{4} - \left(h^2 - \frac{L^2}{2}\right)^2}$$

欲令力矩之值為極大, 當令 $h^2 - \frac{L^2}{2} = 0$, $\therefore h = \frac{L}{\sqrt{2}}$

(a) 當 $L = H$, $h = \frac{1}{\sqrt{2}} H$.

(b) 當 $L = 2H$, $h = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 2H = \sqrt{2} H$.

但 h 不能大於 H , 故應將繩繫於柱之頂端, 俾得最大之力矩。

$$40. I = I_0 + mh^2 = \frac{2}{5}m \cdot r^2 + mh^2 = \frac{2}{5} \times 20 \times 2^2 + 20 \times 2^2 = 112.$$

$$41. I_1 = \frac{1}{2} m_1 r_1^2 = \frac{1}{2} \times 100 \times 6^2 \\ = 1800 \text{ 克-方厘米.}$$

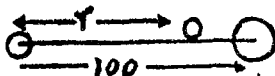


$$I_2 = I_3 = \frac{1}{2} m_2 r_2^2 + m_2 h^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 100 \times 6^2 + 100(6+6)^2 = 16200 \text{ 克-方厘米.}$$

$$\therefore I = I_1 + I_2 + I_3 = 34200 \text{ 克-方厘米}$$

42. 設二者之質量中心距第一物為 r 厘米:



則有 $1 \times r = 2(100 - r)$,

$$\therefore r = \frac{200}{3} \text{ 厘米.}$$

$$\therefore I_0 = 1000 \left(\frac{200}{3} \right)^2 + 2000 \left(100 - \frac{200}{3} \right)^2 \\ = \frac{60000000}{9} \text{ 克-厘米}^2.$$

$$\therefore \text{K.E.} = \frac{1}{2} I_0 \omega^2 + \frac{1}{2} M v^2 \\ = \frac{1}{2} \times \frac{60000000}{9} (10 \times 2\pi)^2 + \frac{1}{2} (1000 + 2000) \\ \times 2000^2 = 192 \times 10^8 \text{ 爾格.}$$

$$43. \therefore \omega = \frac{2\pi}{2} = \pi \text{ 弧度/秒.}$$

$$\therefore \text{K.E.} = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} m r^2 \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 1000000$$

$$\times \frac{150}{2} \times \pi^2 = 13.9 \times 10^9 \text{ 爾格.}$$

44. 物體滾下斜面所得之動能，與落下斜面等高之距離所得之動能相等。

$$\begin{aligned} \text{故 } mgh &= \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} (I_0 + mr^2) \omega^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} mr^2 + mr^2 \right) \omega^2 \\ &= \frac{3}{4} mr^2 \omega^2 = \frac{3}{4} mv^2 \end{aligned}$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{4gh}{3}} = \sqrt{\frac{4 \times 9.80 \times 600 \sin 80^\circ}{3}} = 627 \text{ 厘米/秒.}$$

45. 推轉石塊所需之力矩，其大小石塊重量所生之力矩相等。今力矩既為一定，故力臂愈大，所需之力亦愈小；由圖可知若所施之力作用於轉動邊之對邊且與連結該二邊之對角線方向垂直時，此力最小。



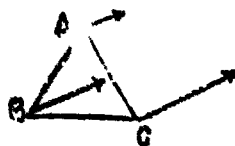
設所施之力為，則得

$$2.5 \times 2000 \times \frac{3}{2} = F \sqrt{3^2 + 3^2} \quad \therefore F = 1768 \text{ 磅重.}$$

七. 平行力

46. 設合力與 BC 邊之距離為 d，則因合力之大小 = 1 + 2 + 3 = 6 單位，故對 BC 邊取力矩，可得

$$6d = 1 \times \frac{3}{2} + 2 \times 0 + 3 \times 0,$$



$$\therefore d = 0.144 \text{ 呎.}$$

47. 合力之大小 $= 10 - 6 = 4$.

設合力與該端之距離為 d , 則有

$$4d = 10 \times 8 - 6 \times 3,$$

$$\therefore d = 15.5$$

48. 力偶臂 $= 10 \cdot \sin 45 = 7.071$ 厘米

$$\text{力偶矩} = 50 \times 7.071$$

$$= 353.5 \text{ 達因 厘米.}$$

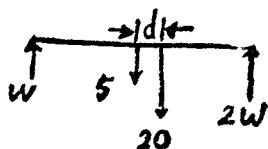
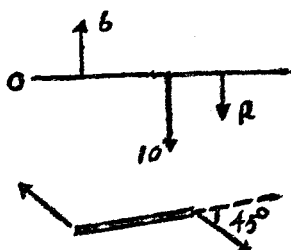
49. 設童子所負之重為 w , 則成人所負之重為 $2w$; 又重物應置於距桿之中心 d 米處.

對桿之中心取力矩,

$$20d = 2w \times 1 - w \times 1 \quad (1)$$

$$\text{又 } w + 2w = 5 + 20 \quad (2)$$

解之, $d = 0.416$ 米



八. 平衡

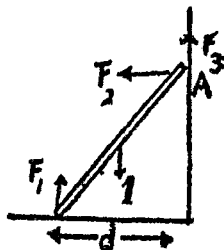
50. 設各力如圖所示. 令水平及垂直方向之力均各為零, 得

$$F_2 = 0, \quad (1)$$

$$F_1 + F_3 = 1, \quad (2)$$

$$\text{對A點取力矩, } F_1 d = 1 \times \frac{d}{2}, \quad (3)$$

解之, $F_1 = \frac{1}{2}$ 千克 = 500 克.

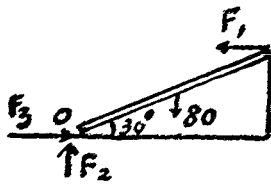


$$F_3 = 500 \text{ 克.}$$

$$51. \Sigma F_x = 0, \quad F_1 - F_2 = 0, \quad (1)$$

$$\Sigma F_y = 0, \quad F_2 - 80 = 0, \quad (2)$$

$$L_0 = 0, \quad 80 \times \frac{30}{2} \cos 30^\circ - F_1 \cdot 30 \sin 30^\circ = 0, \quad (3)$$



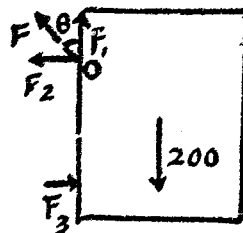
解之, $F_1 = 69.3$ 磅重, $F_2 = 80$ 磅重, $F_3 = 69.3$ 磅重.

作用於釘上之力 = $\sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 106$ 磅重.

$$52. \Sigma F_x = 0, \quad F_2 = F_3, \quad (1)$$

$$\Sigma F_y = 0, \quad F_1 = 200, \quad (2)$$

$$L_0 = 0, \quad F_2(10 - 2) - 200 \times \frac{5}{2}, \quad (3)$$



解之, $F_1 = 200$ 磅重,

$$F_2 = F_3 = 62.5 \text{ 磅重,}$$

$$\therefore F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 209 \text{ 磅重.}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{F_2}{F_1} = \tan^{-1} \frac{62.5}{200} = 17^\circ 21'.$$

九. 週期運動

$$53. T = 2\pi \sqrt{-\frac{x}{a}} = 2\pi \sqrt{\frac{1}{10}} = 1.98 \text{ 秒.}$$

$$54. T = \frac{2}{5} \text{ 秒, } \theta = -30^\circ = -\frac{\pi}{6} \text{ 弧度.}$$

$$\therefore \alpha = -\frac{4\pi^2\theta}{T^2} = -\frac{4\pi^2\left(-\frac{\pi}{6}\right)}{\left(\frac{2}{5}\right)^2} = 129.84 \text{ 弧度/秒}^2.$$

55. 設 T_1 = 圓環之週期, T_2 = 單擺之週期.

$$\begin{aligned} \text{因 } T_1 &= 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}} = 2\pi \sqrt{\frac{k^2 + h^2}{gh}} = 2\pi \sqrt{\frac{2h^2}{gh}} \\ &= 2\pi \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{2r}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{2 \times 25}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{5}{g}} \\ T_2 &= 2\pi \sqrt{\frac{I}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{5}{g}}. \end{aligned}$$

故 $T_1 = T_2$.

56. 設正確單擺之擺長為 1. 此擺之擺長為 $1-h$, 因正確單擺之週期為 2 秒; 故有

$$2 = 2\pi \sqrt{\frac{1}{g}} \quad \text{即} \quad 1 = \pi \sqrt{\frac{1}{g}} \quad (1)$$

此擺每日振動次數為 $\frac{24 \times 60 \times 60 + 3 \times 60}{2} = 1443 \times 30$,

故其週期為 $\frac{24 \times 60 \times 60}{1443 \times 30} = \frac{960}{481}$ 秒. 故有

$$\frac{960}{481} = 2\pi \sqrt{\frac{1-h}{g}} \quad \text{即} \quad \frac{480}{481} = \pi \sqrt{\frac{1-h}{g}} \quad (2)$$

$$(1)^2 - (2)^2: \quad 1^2 - \left(\frac{480}{481}\right)^2 = \frac{\pi^2}{g}h,$$

$\therefore h = 0.414$ 厘米.

57. 設 T_1 = 秒擺之週期 = 2 秒, 其地 $g = g_1 = 980$

T_2 = 秒擺在山頂之週期 = $\frac{60}{59.95} \times 2$ 秒, 其地 $g = g_2$

則因 $T_1^2 : T_2^2 = g_2 : g_1$,

$$\therefore g_2 = \frac{T_1^2 g_1}{T_2^2} = \frac{2^2 \times 980}{\left(\frac{60 \times 2}{59.95}\right)^2} = 978.87.$$

$$58. T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{mgh}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{4}ml^2}{mga}} = 2\pi \sqrt{\frac{l^2}{3gh}}$$

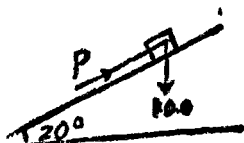
$$= 2\pi \sqrt{\frac{200^2}{3 \cdot 980 \cdot 10}} = 2.81 \text{ 秒.}$$

$$59. s = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 980 \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 122.5 \text{ 厘米.}$$

十. 摩擦

$$60. P = \frac{F}{\mu} = \frac{20}{0.14} = 143 \text{ 仟克重.}$$

$$51. (a) P = 100 \sin 20^\circ + 0.24 \times 100 \cos 20^\circ = 56.7 \text{ 仟克重.}$$



$$(b) P' = P + ma = 56.7 + \frac{100 \times 100}{980} = 66.9 \text{ 仟克重.}$$

$$62. a = \frac{v^2}{2r} = \frac{100^2}{2 \times 200} = 25 \text{ 呎/秒}^2,$$

$$\therefore F = ma = \frac{w}{g} \cdot a = \mu w,$$

$$\therefore \mu = \frac{a}{g} = \frac{25}{32.2} = 0.776.$$

$$63. a = \frac{2\pi}{t^2} = \frac{2 \times 100 \times 3}{11^2} = 4.95 \text{ 呎/秒}^2,$$

$$\therefore ma = mg \sin i - \mu mg \cos i,$$

$$\therefore \mu = \frac{g \sin i - a}{g \cos i} = \frac{32.2 \sin 20^\circ - 4.95}{32.2 \cos 20^\circ} = 0.20.$$

$$64. F = ma = \frac{w}{g} a = \frac{w}{g} \cdot \frac{v^2}{r} = \mu w.$$

$$v = \sqrt{\mu gr} = \sqrt{0.8 \times 980 \times 40} = 108.4 \text{ 厘米/秒.}$$

$$\therefore \omega = \frac{v}{r} = \frac{108.4}{40} = 2.71 \text{ 弧度/秒.}$$

十一. 機械

65. 對支點取力矩, $Q \times 1 = 100(10-1) + 50\left(\frac{10}{2} - 1\right)$

$$\therefore Q = 1100 \text{ 磅重.}$$

設石塊移動 1 吋, 施力之端移動之距離為 d 吋, 則有

$$1 : 1 = d : (10-1), \therefore d = 9 \text{ 吋.}$$

故此人所作之功 = $100 \times \frac{9}{12} = 75$ 呎磅.

66. 設 l = 木板之長度, 則有 $50l = 200 \times 2.5$, $l = 10$ 呎.

$$\therefore \text{所作之功} = 50 \times 10 = 500 \text{ 呎磅.}$$

67. 設物體之真正重量為 W , 兩壁之長為 a 及 b .

重物置於 A 端時, $Wa = 12b$,

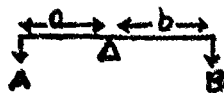
重物置於 B 端時, $Wb = 12.5a$

解之, 得 $\frac{a}{b} = \frac{1}{1.021}$

68. 此人欲將其自身舉起 1 單位時, 須拉下繩

長 3 單位, 故 $\frac{Q}{P} = 3$.

$$\therefore P = \frac{Q}{3} = \frac{150}{3} = 50 \text{ 磅重.}$$



69. $Q = \frac{2\pi R P}{h} = \frac{2\pi \times 25 \times 1000}{0.1} = 1570000 \text{ 克} = 1570 \text{ 斤重.}$

70. 設上下架各有 n 滑輪。

當繩端縛於上架時，欲令 Q 上升 1 單位，須拉出長 $2n$ 單位之繩；依功原理，得

$$P \times 2n = Q \times 1;$$

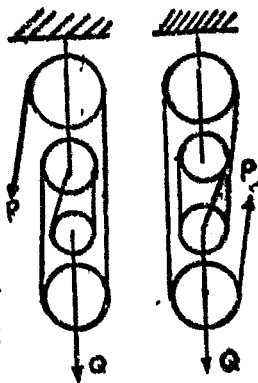
$$\therefore \text{機械利益} = A_1 = \frac{Q}{P} = \frac{2n}{1} = 2n$$

當繩端縛於下架時，欲令 Q 上升 1 單位，須拉出長 $2n+1$ 單位之繩；故

$$P(2n+1) = Q \times 1;$$

$$\therefore \text{機械利益} = A_2 = \frac{Q}{P} = \frac{2n+1}{1} = 2n+1.$$

$$\therefore A_2 - A_1 = (2n+1) - 2n = 1.$$



十二. 萬有引力

71. 地球之半徑 = 4000 哩。

設 m = 物體之質量, M = 地球之質量; h = 所求之高度。

$$\text{依題意 } \frac{Mm}{4000^2} \sqrt{\frac{Mm}{(4000+h)^2}} = 1.000 - 0.001.$$

$$\therefore h = 2 \text{ 哩.}$$

72. 設 M = 月球之質量, a = 月球表面之重力加速度。

m = 某物體之質量。

$$\text{則 } \frac{mg}{ma} = \frac{980}{a} = G \frac{m \cdot 80m}{\left(\frac{1}{2} \times 7980\right)^2} / G \frac{m \cdot M}{\left(\frac{1}{2} \times 2160\right)^2} = 6.$$

$$\therefore a = \frac{986}{6} = 164 \text{ 厘米/秒}^2.$$

$$78. \therefore a = \frac{v^2}{r} = \frac{\omega^2 r^2}{r} = \omega^2 r, \quad \therefore \omega = \sqrt{\frac{a}{r}}.$$

$$\therefore T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{a}{r}}} = 5076 \text{ 秒} = 1.41 \text{ 時}.$$

$$\sqrt{\frac{1}{2} \times 7900 \times 6.25}$$

十三. 彈性

$$74. M = \frac{FL}{Al} = \frac{8000 \times 980 \times 300}{\frac{\pi}{4} (0.1)^2 \times 0.1} = 11.2 \times 10^{11} \text{ 達因/厘米}^2$$

75. 設 x = 鋼絲之伸長, 則 $0.1 - x$ = 鋼絲之伸長.

$$M = \frac{FL}{Al}, \quad \therefore F = \frac{MA}{l}.$$

因二絲中所受之張力相等, 故得

$$23 \times 10^{11} \times \frac{\frac{\pi}{4} (0.1)^2 (0.1 - x)}{200} = \frac{11 \times 10^{11} \times \frac{\pi}{4} (0.05)^2 x}{100}$$

$$\therefore x = 0.0807 \text{ 厘米} = 0.807 \text{ 毫米}.$$

$$0.1 - x = 0.0193 \text{ 厘米} = 0.193 \text{ 毫米}.$$

$$76. T = \frac{1}{20} = 0.005$$

$$\theta = \frac{1000 \times 980}{20 \times 20} = 2450 \text{ 達因/厘米}^2$$

$$\alpha = \frac{T}{\theta} = \frac{1000 \times 980}{20 \times 20} \bigg/ \frac{1}{20} = 49000 \text{ 達因/厘米}^2.$$

$$77. \quad v = \frac{Pv}{K} = \frac{10^6 \times \frac{1000}{10} \times 400}{12 \times 10^{11}} = 0.028 \text{ 立方厘米.}$$

78. 設第二球之速度爲 v ，且設第一球原有之運動方向爲正；則依動量不減原理，得

$$20000 \times 500 + 100000 \times 0 = 20000(-100) + 100000v,$$

$$\therefore v = 120 \text{ 厘米/秒.}$$

十四. 液體之性質

79. 設二物體之密度各爲 ρ_1 及 ρ_2 ，其在真空中之重量各爲 w_1 及 w_2 。按 Archimedes 氏原理，知其置於水中時，有下式之關係：

$$w_1 - \frac{w_1}{\rho_1} = w_2 - \frac{w_2}{\rho_2}.$$

$$\text{故在真空中時重量之比} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{\rho_1(\rho_2 - 1)}{\rho_2(\rho_1 - 1)}.$$

$$\text{在水銀中時重量之比} = \frac{w_1 - \frac{w_1}{\rho_1} \times 13.6}{w_2 - \frac{w_2}{\rho_2} \times 13.6}$$

$$= \frac{w_1 \cdot \rho_2(\rho_1 - 13.6)}{w_2 \cdot \rho_1(\rho_2 - 13.6)} = \frac{(\rho_2 - 1)(\rho_1 - 13.6)}{(\rho_1 - 1)(\rho_2 - 13.6)}.$$

80. 二者之總體積 = $528 - 447.8 = 75.5$ 立方厘米。

$$\text{銅塊之真正體積} = \frac{528}{8.92} = 58.7 \text{ 立方厘米.}$$

$$\therefore \text{空處之體積} = 75.5 - 58.7 = 16.8 \text{ 立方厘米.}$$

81. 設其空容積爲 V ，則得

$$0.918V = 1.08(V - 700), \quad \therefore V = 6438 \text{ 立方碼.}$$

82. 設 w = 鉛塊之重量。

因木塊沈入水中之容積 = $\frac{1000}{0.7} \times 0.9 = \frac{9000}{7}$ 立方厘米，

$$(a) \quad \frac{9000}{7} \times 1 = 1000 + w, \quad \therefore w = 286 \text{ 克.}$$

$$(b) \quad \text{鉛塊之容積} = \frac{w}{11.37},$$

$$\left(\frac{9000}{7} + \frac{w}{11.37} \right) \times 1 = 1000 + w, \quad \therefore w = 818.5 \text{ 克.}$$

88. 設 w = 比重計之重量， V = 比重計之容積；則得

$$w = 2.6V, \quad w + 120 = 1 \times V.$$

$$\therefore w = 180 \text{ 克.}$$

84. 設其對水銀之比重為 s_1 ，則因設水銀之密度 = 1，得

$$0.42s_1 = 0.175 \times 1, \quad \therefore s_1 = 0.416.$$

設其對水之比重為 s_2 ，則因水銀之比重 = 13.6，得

$$s_2 = 13.6 \times s_1 = 5.66.$$

85. $0.917 \times 62.4V + 150 = 62.4V$, $\therefore V = 29.3$ 立方呎，

86. $\therefore A$ 之體積 = $7.55 - 5.17 = 2.38$ 立方厘米。

$$\therefore A \text{ 之比重} = \frac{7.55}{2.38} = 3.17.$$

$$B \text{ 之比重} = \frac{7.55 - 6.85}{2.38} = 0.504.$$

87. 設露出水面之體積與全部體積之比為 $x:1$ ，又其橫斷面之面積為 A ，則得

$$A \cdot 10 \times 8.5 = A(10 - x) \times 13.6, \quad \therefore x = 0.375.$$

設傾入 h 厘米深之水，適可淹沒鋼塊，則有

$$A \cdot 10 \times 8.5 = A(10 - h) \times 13.6 + Ah \times 1,$$

$$\therefore h = 4.05 \text{ 厘米.}$$

$$88. \because V = \frac{\pi r^4}{8l_n}, \quad \therefore V \propto \frac{r^4}{l}$$

$$\therefore \frac{v_1}{v_2} = \frac{r_1^4}{l_1} \cdot \frac{l_2}{r_2^4} = \frac{r_1^4 l_2}{r_2^4 l_1} = \frac{0.25^4 \times 10}{0.125^4 \times 20} = \frac{8}{1}$$

89. 按 Pascal 氏原理, 知密閉容器內之流體, 可將其壓力傳至各方, 且強度不變。

$$\text{故得 } \frac{F}{w} = \frac{a}{A} = \frac{d^2}{D^2}$$



$$\therefore F = w \cdot \frac{d^2}{D^2} = 2 \times 2000 \times \frac{2^2}{(2 \times 12)^2} = 27.77 \text{磅。}$$

90. 依 Boyle 氏定律, $(76 \times 13.6 + h) \cdot 1 = (76 \times 13.6 + 200 \times 1) \cdot 8$
 $\therefore h = 26.67 \text{米。}$

91. 施於壁上之平均壓力 $= \frac{1}{2} h \rho = \frac{1}{2} \times 300 \sin 30^\circ \times 1$,

$$\text{故全壓力} = \frac{1}{2} h \rho A = \frac{1}{2} \times 300 \sin 30^\circ \times 1 \times 4000 \times 300 \\ = 9 \times 10^7 \text{克} = 9 \times 10^4 \text{仟克。}$$

92. 施於槽壁之壓力 $= \frac{1}{2} h \rho A = \frac{1}{2} \times 150 \times 100\pi \times 150 \\ = 3582 \times 10^3 \text{克重} = 3582 \text{仟克重。}$

$$\text{施於槽底之壓力} = h \rho A = 150 \times 1 \times \pi \left(\frac{100}{2}\right)^2 \\ = 1178 \times 10^3 \text{克重} = 1178 \text{仟克重。}$$

93. $P = \frac{4T}{R} = \frac{4 \times 27.45}{8} = 38.6 \text{達因/厘米}^2$ 。

94. 射出之水平速度 $= v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 980 \times 800} \\ = 787 \text{厘米/秒。}$

$$\begin{aligned} \text{水由射出至落地之時間} - t &= \frac{2s}{g} = \sqrt{\frac{2 \times 1000}{9.8}} \\ &= 1.43 \text{秒。} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{射出之水平距離} &= vt = 737 \times 1.43 = \\ &= 10.97 \text{米。} \end{aligned}$$

十五. 氣體之性質

95. 設其真正重量 = w , 則

$$w - \frac{w}{2} \times 0.0013 = 100 - \frac{100}{9} \times 0.0013, \therefore w = 100.05 \text{克}$$

96. 壓力之減小 = 15 毫米水銀 = 1.5 厘米水銀。

$$= 1.5 \times 13.6 \times 980 \text{達因/厘米}^2 = 19692 \text{達因/厘米}^2.$$

97. 池底之壓力 = $76 \times 13.6 + 600 \times 1 = 1633.6 \text{克/厘米}^2$,

$$\text{池面之壓力} = 76 \times 13.6 = 1033.6 \text{克/厘米}^2,$$

設氣泡在水面之體積為 V , 則依 Boyle 氏定律

$$1633.6 \times 1 = 1033.6V \quad \therefore V = 1.58 \text{立方厘米。}$$

98. 設其所示之壓力為 h 厘米,

$$15 \times 5 = (85 - h)(72 - h) \quad \therefore h = 67.67.$$

99. $P = 73 \times 13.6 \times 100^2 = 9928000 \text{克重} = 9928 \text{仟克重。}$

100. $76V = 10 \times 2(10 + 10), \quad \therefore V = 5.26 \text{立方厘米。}$

101. $73 \times 13.6 - 0.0013 h = (73 - 0.1) \times 13.6,$

$$\therefore h = 1046 \text{厘米} = 10.46 \text{米。}$$

102. $(76 \times 13.6 + 1.026h) \times 5 = 76 \times 13.6 \times 60,$

$$\therefore h = 11080 \text{厘米} = 110.8 \text{米。}$$

103. 氧之分壓力 = $P_1 = \frac{P_1' V_1'}{V_1} = \frac{1 \times 1}{1} = 1 \text{氣壓,}$

$$\text{氦之分壓力} = P_2 = \frac{\times 2}{1} = 6 \text{ 氣壓,}$$

$$\text{氧之分壓力} = P_3 = \frac{9 \times 3}{1} = 6 \text{ 氣壓.}$$

依 Dalton 氏分壓定律, 得

$$\text{混合氣體之壓力} = P_1 + P_2 + P_3 = 1 + 6 + 6 = 18 \text{ 氣壓.}$$

$$104. 14 \times 18 \times 6 = \left(\frac{100}{6} + 14 \right) (18 - h) 3, \quad \therefore h = 9.2 \text{ 呎.}$$

105. 設水進入鐘內之高 h 呎, 按 Boyle 氏定律, 得

$$\begin{aligned} \frac{30}{12} \times 18.6 \times 62.4 \times 7 &= \left[(20 + 7 - h) \times 62.4 \right. \\ &\quad \left. + \frac{30}{12} \times 18.6 \times 62.4 \right] (7 - h) \quad \therefore h = 2.94 \text{ 呎.} \end{aligned}$$

設鐘內空氣之壓力為 P 時, 始可將水完全排出, 則

$$(20 + 7) 62.4 + \frac{30}{12} \times 18.6 \times 62.4 = P \times 18.6 \times 62.4.$$

$$\therefore P = 1.48 \text{ 呎水銀} = 1.82 \text{ 氣壓.}$$

$$106. \text{(a) 所求之分數} = \frac{0.0018 \times 1}{.6 \times 18.6} = 126 \times 10^{-3} \\ = 126 \times 10^{-6} \%$$

(b) 設水平差 h 厘米, 則

$$\frac{0.0018h}{76 \times 18.6} \times 100 = 0.01, \quad \therefore h = 80 \text{ 厘米.}$$

第二節 附加題

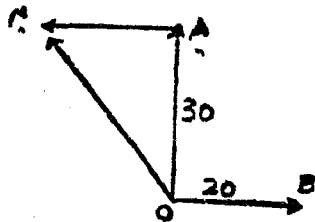
一. 速度及加速度

1. 二者分離之速度, 即二者速度之差。

設 OA, OB 分別表二汽車開行之速度; 則

A 對 B 之分離速度, 等於視 B 為靜止時 A 之速度, 亦即 A 之速度 OA 與

B 之速度 OB 之差; 作 AC 與 OB 大小相等而方向相反, 則 OC 即為所求之速度。



故分離之速度 $= \sqrt{20^2 + 30^2} = 36.06$ 哩/時。

2. 參閱原題第 7 題。 $\cos\theta = \frac{3}{5} = 0.6$ 。 $\therefore \theta = 53^\circ 8'$ 。
3. 設加速度為 a , 則該車獲得指定速度 v 所需之時間為

$$t_2 = v \frac{v}{a};$$

若加速度減為 50% a , 即 $\frac{1}{2}a$ 時, 則所需之時間為

$$t_1 = v \frac{a}{\frac{1}{2}a} = \frac{2v}{a}.$$

故 $t_1 : t_2 = 1 : 2$ 。

4. 汽車駛行此距離之平均速度 $= \frac{1}{2}(30 + 0) = 15$ 哩/時
 $= 2$ 呎/秒。

故所需之時間 $= \frac{s}{v} = \frac{40}{2} = 20$ 秒。

5. $v = 30$ 哩/時 $= 44$ 呎/秒, $v_0 = 20$ 哩/時 $= \frac{88}{3}$ 呎/秒。

$$44^2 = \left(\frac{88}{3}\right)^2 + 2a \times 1000, \quad \therefore a = 0.5378 \text{ 呎/秒}^2.$$

$$6. \quad v = gt = 980 \times \frac{8}{2} = 3920 \text{ 厘米/秒.}$$

$$7. \quad t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 58.57}{32.2}} = 57.9 \text{ 秒.}$$

$$s = vt = 100 \times \frac{5280}{60^2} \times 57.9 = 8492 \text{ 呎.}$$

$$8. \quad \text{球降落 } y = 12.5 \text{ 厘米之時間 } - t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 12.5}{980}}$$

$$\approx 0.16 \text{ 秒;}$$

$$\therefore \text{球之初速 } = v_0 = \frac{25}{t} = \frac{25}{0.16} \\ = 156 \text{ 厘米/秒}$$

設 x, y 之值於拋出後 t' 秒時相

$$\text{等, 則 } 156t' = \frac{1}{2} \times 980t'^2;$$

$$\therefore t' = 0.318 \text{ 秒.}$$

當時球之水平分速度 $= v_1 = v_0$

$$\rightarrow 156 \text{ 厘米/秒.}$$

垂直分速度 $= v_2 = gt' = 980 \times 0.318 = 299 \text{ 厘米/秒;}$

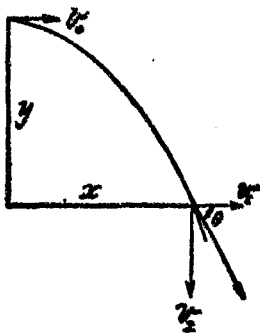
$$\therefore \text{球之運動方向對水平所成之角 } = \theta = \tan^{-1} \frac{v_2}{v_1} = 62^\circ 25'$$

$$9. \quad \text{投擲水平分速度 } = 2000 \cos 60^\circ = 1000 \text{ 厘米/秒 } = v_1,$$

$$\text{投擲垂直分速度 } = 2000 \sin 68^\circ = 1782 \text{ 厘米/秒 } = v_2$$

$$\therefore \text{上升之高度 } = \frac{v_2^2}{2g} = \frac{1782^2}{2 \times 980} = 1530 \text{ 厘米 } = 15.3 \text{ 米.}$$

$$\text{達最高點所需之時間 } = \frac{v_2}{g} = \frac{1782}{980} = 1.767 \text{ 秒 } = t.$$



$$\begin{aligned} \therefore \text{水平射程} &= v_1 \cdot 2t = 1000 \times 2 \times 1.767 = 3534 \text{ 厘米} \\ &= 35.34 \text{ 米。} \end{aligned}$$

10. 垂直投射速度 $= v_1 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 32 \times 64} = 64$ 呎/秒;

達最高點時所需之時間 $= t = \frac{v}{g} = \frac{64}{32} = 2$ 秒,

水平投射速度 $= v_2 = \frac{s}{t} = \frac{128}{2 \times 2} = 32$ 呎/秒。

\therefore 初速 $= \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{64^2 + 32^2} = 71.7$ 呎/秒。

投射角 $= \tan^{-1} \frac{v_1}{v_2} = \tan^{-1} \frac{64}{32} = 63^\circ 26'$ 。

11. 垂直投射速度 $= v_1 = gt = 980 \times \frac{5}{2} = 2450$ 厘米/秒,

\therefore 初速 $= v_0 = \frac{v_1}{\sin 45^\circ} = \frac{2450}{\sin 45^\circ} = 3464.3$ 厘米/秒;

水平投射速度 $= v_0 \cos 45^\circ = v_1 = 2450$ 厘米/秒,

\therefore 水平投射程 $= 2450 \times 5 = 12250$ 厘米 $= 122.5$ 米。

12. 計算本題前,宜先作適當之計算,以察明噴出角應為仰角或俯角;設水注沿水平方向噴出,則

降下垂直距離 8 呎所需之時間 $= \frac{\sqrt{2}}{g} = \sqrt{\frac{2 \times 8}{32}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ 秒

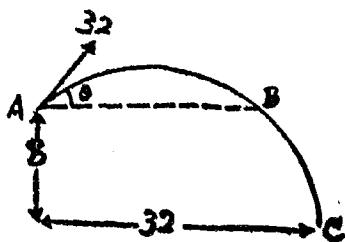
噴出之水平距離

$$= vt = 32 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ 呎}$$

故噴出角應為仰角也無疑矣:

設 θ = 噴出角,

t_1 = 由 A 至 B 所需之時間 t_2 = 由 B 至 C 所需之時間



t = 由 A 至 C 所需之時間則因噴出時之水平分速率 = $32\cos\theta$ 呎/秒,

噴出時之垂直分速率 = $32\sin\theta$ 呎/秒;

在 B 點之速率 = 在 A 點之速率 = 82 呎/秒

$$\text{故有 } 32 = 32 \cdot \cos\theta \cdot t, \quad (1)$$

$$32 \sin\theta = g \cdot \frac{t_1}{2}, \quad (2)$$

$$8 = 32 \sin\theta \cdot t_2 + \frac{1}{2}gt_2^2, \quad (3)$$

$$t = t_1 + t_2. \quad (4)$$

解以上四式, 得 $\theta = 13^\circ 20'$,

$$13. \quad v = 80 \text{ 哩/時} = 14 \text{ 呎/秒}^2.$$

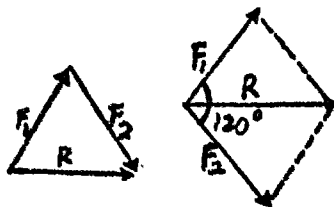
$$\therefore a = \frac{v^2}{r} = \frac{44^2}{100} = 19.36 \text{ 呎/秒}^2.$$

$$14. \quad v = \frac{2\pi r}{t} = \frac{2\pi \times 6400000}{24 \times 60 \times 60} = \frac{400000\pi}{27} \text{ 厘米/秒}.$$

$$\therefore a = \frac{v^2}{r} = \left(\frac{400000\pi}{27}\right)^2 / 6400000 = 3.89 \text{ 厘米/秒}^2.$$

二. 力及質量

15. 依向量合成法, 知合力與分力定可構成一封閉三角形. 三力之大小既等, 故必構成一等邊三角形. 故依圖得二分力間之夾角為 120° .



16. 參閱原題第15題, 可得

$$\cos \theta_1 = \frac{4^2 - 5^2 - 6^2}{2 \times 5 \times 6} = -0.75, \quad \therefore \theta_1 = 138^\circ 35',$$

$$\cos \theta_2 = \frac{5^2 - 4^2 - 6^2}{2 \times 4 \times 6} = -0.5625, \quad \therefore \theta_2 = 124^\circ 14',$$

$$\cos \theta_3 = \frac{6^2 - 4^2 - 5^2}{2 \times 4 \times 5} = -0.125, \quad \therefore \theta_3 = 97^\circ 11'.$$

$$17. a = \frac{2g}{t^2} = \frac{2 \times 200}{5^2} = 16 \text{ 厘米/秒}^2,$$

$$\therefore F = ma = 1000 \times 16 = 16000 \text{ 達因}.$$

$$18. a = \frac{F}{m} = \frac{(12-10) \times 32.2}{10} = 6.44 \text{ 呎/秒}^2.$$

$$19. a = \frac{2g}{t^2} = \frac{2 \times 40 \times 3}{10^2} = 2.40 \text{ 呎/秒}^2,$$

$$F = ma = \frac{160}{32.2} \times 2.40 = 11.9 \text{ 磅重}.$$

$$20. F = \frac{m(v-v_1)}{t} = \frac{100}{32.2}(0-100)/0.01 = -31056 \text{ 磅重}.$$

$$21. 105 \times 980 = 100(980 + a), \quad \therefore a = 49 \text{ 厘米/秒}^2.$$

$$22. T = ma = \frac{100}{32.2}(32.2 - 0.5) = 98.4 \text{ 磅重}.$$

$$23. (60 \cos 30^\circ - 100 \sin 30^\circ) 32.2 = 100a, \quad \therefore a = 0.631 \text{ 呎/秒}^2$$

$$24. a = g \sin 80^\circ = \frac{1}{2}g.$$

$$\therefore v = at = \frac{1}{2}g \cdot 8 = \frac{3}{2}g.$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = \frac{3}{2}g(4-3) + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}g(4-3)^2 = \frac{7}{4}g.$$

$$25. 100 \times 3 = \frac{0+v}{2} \times 18, \quad \therefore \text{末速} = v_1 = 46.1 \text{ 呎/秒}.$$

$$\text{若無摩擦, 則末速 } v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 32.2 \times 100 \times 8 \sin 10^\circ} \\ = 57.9 \text{ 呎/秒.}$$

故因摩擦減小之速度 $= v_2 - v_1 = 57.9 - 46.1 = 11.8$ 呎/秒

26. 設 v_1 = 童子對岸之速度, v_2 = 舟對岸之速度;

則 $v_1 + v_2$ = 童子對舟之速度.

依動量不減原理, 得 $120v_1 = 500v_2$,

$$\therefore \frac{v_1}{v_2} = \frac{500}{120},$$

$$\therefore \frac{v_1}{v_1 + v_2} = \frac{500}{500 + 120} = 0.827.$$

三. 功及能

27. 設 x 呎磅 = 1 米 仟克.

$$\text{則 } x = 1 \cdot \frac{\text{米}}{\text{呎}} \cdot \frac{\text{仟克}}{\text{磅}} = 1 \cdot \frac{100 \text{ 厘米}}{12} \cdot \frac{1000 \text{ 克}}{\text{磅}} = \frac{10^5}{12} \cdot \frac{\text{厘米}}{\text{吋}} \cdot \frac{\text{克}}{\text{磅}}$$

因 1 吋 = 2.54 厘米, 1 磅 = 454 克;

$$\therefore x = \frac{10^5}{12} \cdot \frac{1}{2.54} \cdot \frac{1}{454} = 7.28.$$

28. $v = \frac{120 \times 2\pi \times 25}{60} = 100\pi$ 厘米/秒.

$$F = ma = m \frac{v^2}{r} = 100 \cdot \frac{(100\pi)^2}{25} = 894.8 \times 10^3 \text{ 達因.}$$

因向心力與位移之方向, 常為相互垂直者, 故其在位移之方向, 並無分力; 故其每分內所作之功為零.

29. 增加之功率 $= \frac{40 \times 2000}{2 \times 60 \times 88000} = 0.0202$ 馬力

$$= 2.02 \times 10^{-2} \text{ 馬力.}$$

80. $W = F_s = (100 + 500 \sin 30^\circ) 10 = 3500$ 呎磅。

81. 獲得30哩/時所需之能 $= E_1 = \frac{1}{2} m v^2$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{32.2} \left(\frac{30 \times 5280}{60 \times 60} \right)^2 = 30.07 m \text{ 呎磅,}$$

舉起30呎所需之能 $= E_2 = 30 m$ 呎磅。

$$\therefore \frac{E_1}{E_2} = \frac{30.07}{30} = 1.002.$$

82. $5000 \times 2000 \sin 1^\circ = 5000 = 2000 a$, $\therefore a = 0.562$ 呎/秒²。

$$v = 10 \text{ 哩/時} = \frac{44}{3} \text{ 呎/秒,}$$

$$\therefore s = \frac{v^2}{2a} = \left(\frac{44}{3} \right)^2 / 2 \times 0.562 = 191.3 \text{ 呎.}$$

83. 設 $l =$ 擺長。

經過垂直位置時所具之動能 = 在最高位置時所具之位能
 $= 250 (1 - \cos 30^\circ) 980 = 32880$ 爾格。

84. $\therefore F \times 1 = \frac{1}{2} \times 4000 \times 4^2$, $\therefore F = 32000$ 達因。

$$\therefore [(d+1) 32000] d = \frac{1}{2} \times 4000 \times 4^2, \quad \therefore d = 0.618 \text{ 厘米.}$$

85. 位能之損失 $= (300 - 50) \times 10 \times 980 = 245 \times 10^4$ 爾格。

設 $v =$ 運動之速率, 因位能之損失 = 動能之獲得, 故

$$245 \times 10^4 = \frac{1}{2} (300 + 50) v^2, \quad \therefore v = 118.3 \text{ 厘米/秒.}$$

86. 設彈與木塊之共同速度為 v , 則依動量不減原理, 得

$$10 \times 80000 = (10000 + 10) v, \quad \therefore v = 79.92 \text{ 厘米/秒,}$$

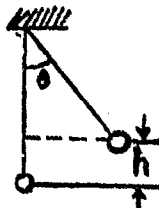
設 h = 木塊與彈共同上升之高度，則

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(79.92)^2}{2 \times 980} = 3.26 \text{ 厘米,}$$

設 θ = 擺重之角度，則

$$\cos \theta = \frac{200 - h}{200} = \frac{200 - 3.26}{200} = 0.9837,$$

$$\therefore \theta = 10^\circ 22'.$$



四. 轉動

37. $\omega = 20 \times 2\pi = 40\pi$ 弧度/秒,

$$\therefore \alpha = \frac{\omega}{t} = \frac{40\pi}{5} = 8\pi \text{ 弧度/秒}^2;$$

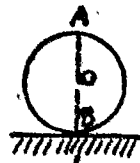
$$\phi = \frac{1}{2} \alpha t^2 = \frac{1}{2} \times 8\pi \times 5^2 = 100\pi \text{ 弧度} = 50 \text{ 週.}$$

38. 視輪與地之接觸點為瞬時轉動軸線。

o 之速度 = 30 哩/時 = 44 呎/秒。

A 對 B 之速度 = $2 \times 44 = 88$ 呎/秒。

A 對 O 之速度 = $88 - 44 = 44$ 呎/秒。



39. $\omega = \frac{2\pi}{24 \times 60 \times 60}$ 弧度/秒。

頂端之速率 = $\omega \cdot BD$,

底部之速率 = $\omega \cdot AC$,

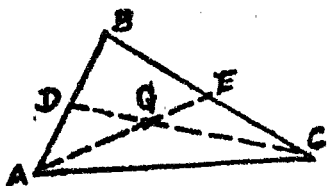
\therefore 速度之差 = $\omega (BD - AC) = \omega \cdot AF \cos 41^\circ$

$$= \frac{2\pi}{24 \times 60 \times 60} \times 1248 \times 0.7547 = 0.0685 \text{ 呎/秒.}$$

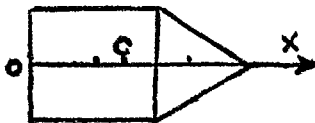


五. 質量中心

40. 由圖, A, B 質量中心在其中點 D, 故全體之質量中心必在 CD 上; 同理亦必在 AE 上; 故 CD 與 AE 之交點 G 即為質量中心。故全體之質量中心, 即為此三角形之重心。



41. 取 x-軸如圖所示。



$$\bar{x} = \frac{10 \times 10 \times \frac{10}{5} + \frac{1}{2} \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times 10 \left(10 + \frac{1}{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{10 \times 10 + \frac{1}{2} \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{3} \times 10}$$

= 7.87 厘米。

42. 參閱原題第31題; 得 $\bar{x} = \frac{v_1 x_1 + v_2 x_2}{v_1 + v_2} = 2.8$ 厘米。

43. 參閱原題第35題:

桌面之體積 = $\pi \left(\frac{3 \times 12}{2}\right)^2 \cdot 2 = 648\pi$ 立方呎,

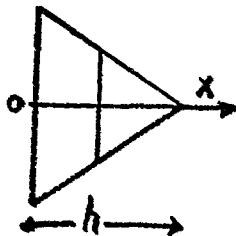
各桌足之體積 = $2 \times 2(2 \times 12) = 96$ 立方呎;

$$\therefore \bar{x} = \frac{3 \times 93 \left(\frac{12}{2} + \frac{2}{3}\right) + 648\pi \times 1}{3 \times 93 + 648\pi}$$

$$= 2.61 \text{ 呎.}$$

44. 設原三角形之面積 = A, 其高 = h; 則

$$\text{梯形之面積} = \frac{3}{4}A, \text{ 其高} = \frac{h}{2};$$



小三角形之面積 $= \frac{1}{4}A$, 其高 $= \frac{h}{2}$.

取 x -軸如圖所示, 設梯形之重心在 x -方向之坐標為 \bar{x} , 則因其與小三角形之重心為原三角形之重心, 故得

$$\frac{h}{8} = \frac{\frac{3}{4}A\bar{x} + \frac{1}{4}A\left(\frac{h}{2} + \frac{h}{6}\right)}{A},$$

$$\therefore x = \frac{2}{9}h = \frac{2}{9} \times 20 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 3.85 \text{ 厘米.}$$

六. 力矩

45. 參閱原題第45題, 可得

$$F\sqrt{3^2+3^2} = 800 \times \frac{3}{2}, \quad \therefore F = 288 \text{ 磅重.}$$

46. $K.E. = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}mr^2\omega^2$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 1000 \times 20^2 \times \left(\frac{300 \times 2\pi}{60}\right)^2$$

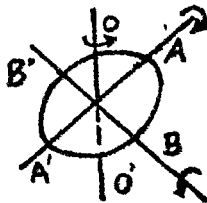
$$= 9.87 \times 10^7 \text{ 爾格} = 9.87 \text{ 焦耳.}$$

47. $\therefore I_{OO'} = I_{AA'} + I_{BB'} = 2I_{AA'}$,

$$\therefore I_{AA'} = \frac{1}{2}I_{OO'} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}mr^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 13.4 \times 1.5^2$$

$$= 7.54 \text{ 克·厘米}^2.$$



48. $\therefore mgh = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}(I_0 + mh^2)\omega^2$

$$= \frac{1}{2}(mr^2 + mr^2)\omega^2 = mr^2\omega^2 = m\omega^2 r^2 = m \cdot 2as.$$

$$\therefore a = \frac{gh}{2s} = \frac{g \cdot s \cdot \sin 20^\circ}{2s} = \frac{g}{2} \sin 20^\circ = 5.51 \text{ 呎/秒}^2.$$

49. 合成體對桿上端之轉動慣量 $= I_0 = Mk^2$

— 桿與球分別對桿上端之轉動慣量之和

$$= \frac{1}{3} m_1 l^2 + \left[\frac{2}{5} m_2 r^2 + m_2 (l+r)^2 \right]$$

$$= \frac{1}{3} \times 500 \times 100^2 + \left[\frac{2}{5} \times 1000 \times 5^2 + 1000(1000+5)^2 \right]$$

$$= 1.27 \times 10^7 \text{ 克-厘米}^2.$$

$$\therefore I = Mk^2.$$

$$\therefore \text{迴轉半徑} = k = \sqrt{\frac{I_0}{M}} = \sqrt{\frac{I_0}{m_1 + m_2}} = \sqrt{\frac{1.27 \times 10^7}{500 + 1000}} \\ = 92.0 \text{ 厘米}.$$

50. $\alpha = \frac{I}{I} = \frac{2000 \times 980(100+5)}{1.27 \times 10^7} = 1.62 \text{ 弧度/秒}^2.$

51. 因位能之損失與動能之獲得，二者相等，故有

$$mgh = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I\omega^2 = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} mr^2 \omega^2$$

$$= \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{4} mv^2 = \frac{3}{4} mv^2 = \frac{3}{4} m \cdot 2ah = \frac{3}{4} mah$$

$$\therefore a = \frac{2}{3}g.$$

〔註〕此題亦可用前述運動物體之分離物體法作出。視輪為單

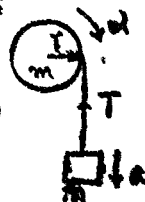
獨物體，則繩之張力 T 對輪心之力矩，必等

於此輪反抗轉動所生之力矩：

$$Tr = I\alpha = \frac{1}{2} mr^2 \cdot \frac{a}{r} = \frac{1}{2} mar. \quad (1)$$

視木塊為單獨物體，則使木塊運動之力，

必等於木塊所受之重力 mg 與繩中張力 T



之差： $ma = mg - T$. (2)

解(1)與(2), 得 $a = \frac{2}{3}g$.

52. 高烟突倒下時, 其運動情形常為以底端為支點之轉動; 故其頂端常先着地。當其質量中心方受重力力矩之作用向下轉動時, 忽有頂端處地面之反作用力矩同時作用於其上; 二力矩之方向違反, 且作用點不在同處, 故足使烟突折為二段。

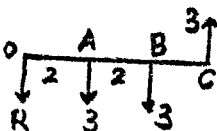


七. 平行力

53. $R = 3 + 3 - 3 = 3$ 磅。

對A點取力矩, $8 \cdot OA = 8 \times 4 - 8 \times 2$,

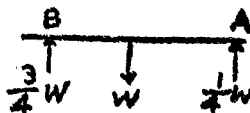
$\therefore OA = 2$ 呎。



54. 對盤子之端取力矩, $W = 200$.

$\therefore W \cdot \frac{10}{2} = AB \cdot W \cdot \frac{8}{4}$,

$\therefore AB = \frac{20}{3} = 6.67$ 呎。



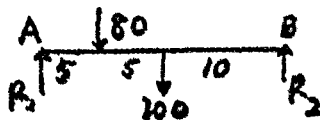
55. 對B點取力矩,

$100 \times 10 + 80(10 + 5)$

$= R_1 \times 20$,

$\therefore R_1 = 110$ 磅重。

$\therefore R_2 = 100 + 80 - 110 = 70$ 磅重。

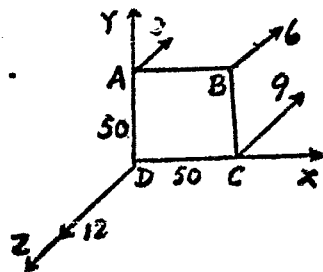


56. 四力既為平行力，其合力必為與原四力平行之力，或力偶；今設其大小為 R ，則 $R = 3 + 6 + 9 - 12 = 6$ 磅重； R 既不為零，故其為平行力也無疑。

取坐標軸如圖所示；該 (\bar{x}, \bar{y}) 為 R 在 xy 面上作用點之坐標，則

對 AD 取力矩，得 $6\bar{x} = 6 \times 50 + 9 \times 50$ ， $\therefore \bar{x} = 125$ 厘米；

對 CD 取力矩，得 $6\bar{y} = 3 \times 50 + 6 \times 50$ ， $\therefore \bar{y} = 75$ 厘米。



八. 平衡

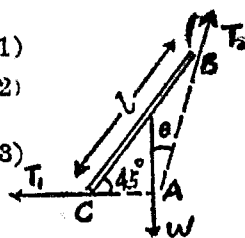
57. 三力平衡時，必通過同一點 A 。

$$\Sigma F_x = 0, \quad T_1 = T_2 \sin \theta, \quad (1)$$

$$\Sigma F_y = 0, \quad W = T_2 \cos \theta, \quad (2)$$

$$L_1 = 0, \quad T_1 \cdot l \cdot \cos 45^\circ = W \cdot \frac{1}{2} \cos 15^\circ \quad (3)$$

$$\therefore \theta = 26^\circ 34',$$

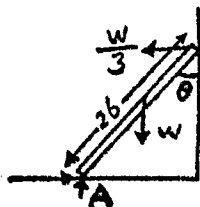


$$58. L_A = 0, \quad W \cdot l \cdot \sin \theta = \frac{W}{3} \cdot 2l \cdot \cos \theta,$$

$$\therefore \theta = 33^\circ 11'.$$

59. 設門闊 = b ,

$$\Sigma F_y = 0, \quad F_1 = 250;$$

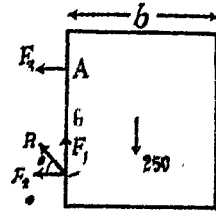


$$L_A = 0, \quad 6l \cdot F_2 = \frac{b}{2} \times 250,$$

$$\therefore F_2 = 20.8b.$$

$$\begin{aligned} \therefore R &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \\ &= \sqrt{250^2 + (20.8b)^2}, \end{aligned}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{F_1}{F_2} = \tan^{-1} \frac{250}{20.8b}.$$

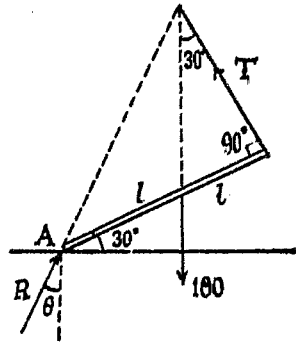


60. 繩中之張力，桿所受之重力，與板下端所受之合力，必相交於同一點，且可構成一閉合三角形。
對A點取力矩， $T \cdot 2l = 100 l \cos 30^\circ$ ，
 $\therefore T = 43.3$ 磅重。

依餘弦律

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{[100^2 + 43.3^2 \\ &\quad - 2 \times 100 \times 43.3 \times \cos 30^\circ]} \\ &= 66.1 \text{ 磅重。} \end{aligned}$$

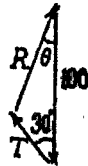
依正弦律， $\frac{66.1}{\sin 30^\circ} = \frac{43.3}{\sin \theta}$
 $\therefore \theta = 19^\circ 9'$



九. 週期運動

61. $T = \frac{1}{435}$ 秒

$$\begin{aligned} \therefore a &= -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 x = -\left(\frac{2\pi}{\frac{1}{435}}\right)^2 \times 0.2 \\ &= -1495000 \text{ 厘米/秒}^2. \end{aligned}$$



$$62. \alpha = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \theta = -\left(\frac{2\pi}{5}\right)^2 \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$= -1.24 \text{ 弧度/秒}^2.$$

$$63. \frac{T_1}{T_2} = \frac{\sqrt{\frac{1}{g_1}}}{\sqrt{\frac{1}{g_2}}} = \sqrt{\frac{g_2}{g_1}} = \sqrt{\frac{980.24}{980.07}} = 1.00008.$$

64. 該擺每日內原有之振動數 n_1 與延長後之振動數 n_2 之比等於其延長後之週期 T_2 與原有週期 T_1 之比；即

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{\sqrt{\frac{1}{g_2}}}{\sqrt{\frac{1}{g_1}}} = \sqrt{\frac{(1+0.0001)l_1}{l_1}} = \sqrt{1+0.0001}.$$

故此擺每日所遲之時刻 $= n_1 - n_2 = n_1 - (1+0.0001)^{-\frac{1}{2}} n_1$

$$= n_1 \left[1 - (1+0.0001)^{-\frac{1}{2}} \right]$$

$$= 24 \times 60 \times 60 \left[1 - (1+0.0001)^{-\frac{1}{2}} \right] = 4.32 \text{ 秒}.$$

$$65. T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{3}ml^2}{mgh}} = 2\pi \sqrt{\frac{l^2}{3gh}}$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{150^2}{3 \times 980 \times \frac{150}{2}}} = 2.005 \text{ 秒}.$$

欲得相同週期，則懸於棒之他端即可。

$$66. T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{2}mr^2 + mh^2}{mgh}} = 2\pi \sqrt{\frac{r^2 + 2h^2}{2gh}}$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{\left(\frac{30}{2}\right)^2 + 2\left(30 + \frac{30}{2}\right)^2}{2 \times 980 \left(30 + \frac{30}{2}\right)}} = 1.384 \text{ 秒}.$$

$$67. K - \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 I - \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \frac{1}{2} m r^2 = \left(\frac{2\pi}{\frac{60}{12}}\right)^2 \times \frac{1}{2} \times 1000 \times 5^2$$

$$= 19740 \text{ 克}\cdot\text{厘米}^2.$$

$$68. \text{ 設 } I = \text{該盤之轉動慣量, 則 } \frac{60}{10} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{K}}; \quad (1)$$

$$\text{圓板之轉動慣量} = \frac{1}{2} m r^2 = \frac{1}{2} \times 250 \times 5^2 = 3125 \text{ 克}\cdot\text{厘米}^2$$

$$\therefore \frac{60}{5} = 2\pi \sqrt{\frac{I + 3125}{K}}. \quad (2)$$

解(1)與(2), 得 $I = 1041.7 \text{ 克}\cdot\text{厘米}^2.$

十. 摩擦

$$69. F = \mu P = 0.22 \times 25 = 5.5 \text{ 磅重}.$$

$$70. 60 \times 8 = \frac{1}{2} a \times 12^2, \therefore a = 2.5 \text{ 呎/秒}^2.$$

$$\therefore F = ma = \frac{180}{32.2} \times 2.5 = 14.0 \text{ 磅重}.$$

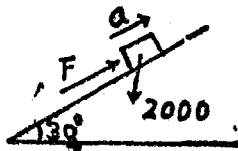
$$71. F = mg \sin \theta + \mu p + ma$$

$$= mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta + ma$$

$$= 2000(930 \sin 30^\circ$$

$$+ 0.80 \times 980 \cos 30^\circ + 50)$$

$$= 158.9 \times 10^4 \text{ 達因} = 1621 \text{ 克重} = 1.62 \text{ 仟克重}.$$



$$72. \text{ 正壓力} = N = 150 + 50 \sin 30^\circ = 175 \text{ 磅重}.$$

$$\therefore \text{摩擦} = \mu N = 0.20 \times 175 = 35 \text{ 磅重};$$

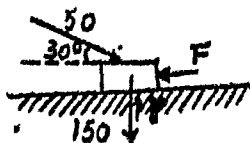
$$\text{又所施之力沿物體運動方向之分力} = 50 \cos 30^\circ$$

$$= 43.3 \text{ 磅重}; \text{ 故物體所生之加速變為 } a;$$

$$\therefore F = ma,$$

$$\therefore 43.3 - 35 = \frac{150}{32.2} \cdot a;$$

$$\therefore a = 1.76 \text{ 呎/秒}^2.$$

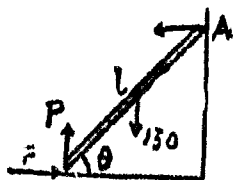


73. $\Sigma F_x = 0$, $P = 150$ 磅重;

$$\therefore F = \mu P = 0.5 \times 150 = 75 \text{ 磅重.}$$

$$L_A = 0, 150 \cdot \frac{1}{2} \cos \theta + 75 \cdot l \sin \theta$$

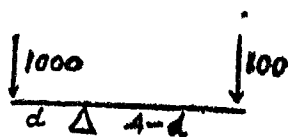
$$= 150 \cdot l \cdot \cos \theta; \therefore \theta = 45^\circ.$$



十一. 機械

74. $100(1-d) = 1000d$,

$$\therefore d = \frac{1}{11} \text{ 呎}$$



75. $100 \times 2\pi \times 12 = Q \times \frac{1}{8}$.

$$\therefore Q = 60300 \text{ 磅重.}$$

76. $\frac{3}{4}p \times 2\pi \times 12 = 2 \times 2000 \times 0.04$, $\therefore p = 2.83$ 磅重.

77. 人身升高 1 單位長度時, 繩須拉下 4 單位長度; 故

$$200 \times 1 = p \times 4, \therefore p = 50 \text{ 磅重.}$$

78. $\frac{1000}{P} = \frac{2 \times 30}{15 - 12}$, $\therefore P = 50$ 仟克重.

準虛功原理, $1000 \times 4 = 50s$, $\therefore s = 80$ 米.



十二. 萬有引力

79. 設地面與高空之 g 值各為 g_1 與 g_2 ;

地球與氣球之質量各為 m_1 與 m_2 .

$$\text{則 } m_2 g_1 = G \frac{m_1 m_2}{(4000 \times 5280)^2},$$

$$m_2 g_2 = G \frac{m_1 m_2}{[(4000 + 18.7) \times 5280]^2};$$

$$\therefore \frac{g_1}{g_2} = \left(\frac{4018.7}{4000} \right)^2,$$

$$\therefore g_1 - g_2 = g_1 \left[1 - \left(\frac{4000}{4018.7} \right)^2 \right] = 32.2 \left[1 - \left(\frac{4000}{4018.7} \right)^2 \right] \\ = 0.22 \text{ 呎/秒}^2.$$

80. 在地面上, $g = G \frac{M}{r^2};$

$$\text{在火星面上, } g' = G \frac{\frac{1}{10}M}{\left(\frac{1}{2}r\right)^2} = \frac{2}{5} G \frac{M}{r^2}.$$

$$\therefore g' = \frac{2}{5} g = \frac{2}{5} \times 32.2 = 12.9 \text{ 呎/秒}^2.$$

設 t = 飛行時間, 則依拋射體公式

$$x = vt \cos \theta \quad \text{及} \quad v \sin \theta = \frac{1}{2} g t$$

$$\text{得 } x = \frac{v^2 \sin 2\theta}{g}.$$

$$\text{在地面上, } x_1 = \frac{v^2 \sin 2\theta}{g},$$

$$\text{在火星面上, } x_2 = \frac{v^2 \sin 2\theta}{\frac{2}{5}g} = \frac{5}{2} \cdot \frac{v^2 \sin 2\theta}{g},$$

$$\therefore x_2 = \frac{5}{2} x_1 = \frac{5}{2} \times 300 = 750 \text{ 呎}.$$

81. 設該處距地球 d 哩；又月球，地球及物體之質量各為 $M/80M$ 及 m ；則得

$$G \frac{80Mm}{d^2} = G \frac{Mm}{(240000-d)^2},$$

$$\therefore d = 206,000 \text{ 哩}.$$

十三. 彈性

82. 設 V = 原有之體積， v = 減小之體積； R = 原有之半徑， r = 減短之半徑。

$$\text{則 } \frac{V}{V-v} = \frac{R^3}{(R-r)^3}, \quad (1)$$

$$\text{今 } R = 10 \text{ 厘米}, V = \frac{4}{3}\pi \times 10^3,$$

$$V = \frac{pV}{K} = \frac{100000 \times 980 \times \frac{4}{3}\pi \times 10^3}{17 \times 10^{11}};$$

代入(1)化簡之，得 $r = 0.00017 = 1.7 \times 10^{-4}$ 厘米。

$$88. M = \frac{FL}{Al} = \frac{10000 \times 980 \times 200}{\frac{\pi}{4} \times 0.1^2 \times 0.1} = 25 \times 10^{11} \text{ 達因/厘米}^2.$$

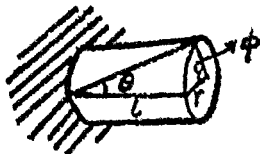
$$84. l = \frac{FL}{AM} = \frac{10 \times 454 \times 980 \times 10 \times 12 \times 2.54}{\frac{\pi}{4} \left(\frac{1}{20} \times 2.54\right)^2 \times 11 \times 10^{11}}$$

$$= 0.164 \text{ 厘米} = 0.065 \text{ 吋}.$$

85. 準切變之定義，得

$$\text{切變} = \theta = \frac{r\phi}{l} = \frac{0.1}{100} \times \frac{\pi}{2}$$

$$= \frac{\pi}{4000} \text{ 弧度}.$$



86. 準動量不滅原理, 知碰擊前後之總動量不變, 故有

$$40 \times 50 + 40 \times 0 = 40v + 40v', \quad (1)$$

準Newton氏公式, $v - v' = -0.8(50 - 0)$; (2)

$$\therefore v = 5 \text{ 厘米/秒}, \quad v' = 45 \text{ 厘米/秒}.$$

碰擊前之總能量 $= \frac{1}{2} \times 40 \times 50^2 + 0 = 50000$ 爾格,

$$\begin{aligned} \text{碰擊後之總能量} &= \frac{1}{2} \times 40 \times 5^2 + \frac{1}{2} \times 40 \times 45^2 \\ &= 41000 \text{ 爾格}; \end{aligned}$$

\therefore 能量之損失 $= 50000 - 41000 = 9000$ 爾格。

十四. 液體之性質

87. 設 w = 銀質之重量。

因戒指之體積為金質之體積與銀質之體積之和, 故有

$$\frac{w}{10.58} + \frac{8-w}{19.82} = 8 - 7.45, \quad \therefore w = 3.18 \text{ 克}.$$

88. 比重計沈入部分之體積 $= 200 + 175 = 375$ 立方厘米。

與沉入部分同體積之液重 $= 200 + 110 = 310$ 克;

$$\therefore \text{該液體之比重} = \frac{310}{375} = 0.826.$$

89. $w + 10 \times 0.918 \times 62.4 = 1 \times 1.086 \times 62.4$.

$$\therefore w = 78.6 \text{ 磅}.$$

90. 第一物體所受之浮力 $= 100 + (80 - 70) = 110$ 克,

第一物體之體積 $= 110$ 立方厘米;

$$\therefore \text{第一物體之比重} = \frac{100}{110} = 0.909.$$

91. 設鉛重為 w 磅, 則其體積為 $\frac{w}{11.37 \times 62.4}$ 立方呎, 故

$$w + 1 \times 62.4 \times 0.75 = \left(\frac{w}{11.37 \times 62.4} + 1 \right) \times 62.4,$$

$$\therefore w = 129.5 \text{ 磅.}$$

92. 鐵錘之體積 = $\frac{200}{7.60 \times 62.4}$ 立方呎,

$$\text{鐵錘所受之浮力} = \frac{200}{7.60 \times 62.4} \times 1.03 \times 62.4 = 27.1 \text{ 磅重,}$$

$$\therefore \text{舉至水面需作之功} = (200 - 27.1) \times 50 = 8645 \text{ 呎磅.}$$

93. 黃銅之體積 = $\frac{8.5 \times 1000}{8.5} = 1000$ 立方厘米,

$$\text{黃銅與空處之體積} = 500 - 7000 = 1500 \text{ 立方厘米;}$$

$$\therefore \text{空處之體積} = 1500 - 1000 = 500 \text{ 立方厘米.}$$

94. 底上之壓力 = $75 \times 13.6 = 1020$ 克重/厘米²,

$$\therefore \text{底上之總壓力} = 1020 \times 0.5 = 510 \text{ 克重.}$$

95. 總壓力 = $h\rho A$

$$= \frac{1}{2} \times 20 \cos 30^\circ \times 62.4 \times 20 \times 40 \times 3$$

$$= 1295400 \text{ 磅重} = 647.7 \text{ 噸重.}$$

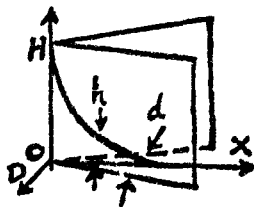
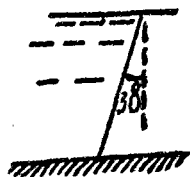
96. 取軸如圖所示; 則得

$$h = \frac{2T \cos \alpha}{g\rho d} \propto \frac{1}{d},$$

$$\therefore d \propto x, \therefore hc \propto \frac{1}{x}.$$

$$\therefore hx = \text{常數,}$$

故此曲線為等邊雙曲線。



97. $T = \frac{hg\rho r}{2\cos\alpha} = \frac{6 \times 980 \times \frac{1}{2} \times 0.05}{2 \cos 25^\circ} = 81 \text{ 達因/厘米.}$

$$98. 25 = \frac{1}{2} \times 980t^2, \therefore t = 0.226 \text{ 秒};$$

$$\therefore v = \frac{s}{t} = \frac{100}{0.226} = 443 \text{ 厘米/秒}.$$

依 Torricelli 氏定理, $h = \frac{v^2}{2g} = \frac{443^2}{2 \times 980} = 100 \text{ 厘米}.$

$$99. \therefore v = \frac{253}{10 \times 60} \text{ 立方厘米/秒}, p = 3 \times 13.6 \times 980 \text{ 達因/厘米}^2.$$

$$\therefore \eta = \frac{p \pi r^4}{8l v} = \frac{3 \times 13.6 \times 980 \times \pi \times (0.05)^4}{8 \times 25 \times \frac{235}{10 \times 60}}$$

$$= 0.010 \text{ c' g s' 單位}.$$

十五. 氣體之性質

100. 設 w = 槲木塞上真正重量, w' = 其在空氣中之視重。

$$\text{則 } w' = w - \frac{w}{0.24} \times 0.00129$$

$$\therefore \text{誤差} = \frac{w - w'}{w} = \frac{0.00129}{0.24} = 0.54\%$$

$$101. \text{ 負載力之減小} = 100^3 (0.0001785 - 0.00008988) \\ = 88.62 \text{ 克重}.$$

$$102. \text{ 壓力差} = \frac{1500 \times 0.00129}{13.6} = 0.148 \text{ 厘米水銀}.$$

此法不能用以測量山高; 因大氣之密度, 因高度而異, 即上昇愈高, 其密度愈小。山頂空氣之密度小於地表, 如悉以地表之情形計算, 則結果難免錯誤。

$$103. h = \frac{p}{\rho} = \frac{76 \times 13.6}{0.00129} = 800000 \text{ 厘米} = 8 \text{ 千米}.$$

$$104. \frac{P_1}{P_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1000}{10\pi\left(\frac{0.2}{2}\right)} = 318.3.$$

105. 設湖水進入鐘內之高度爲 h , 鐘之截面積爲 A ; 則得

$$100A \times 76 \times 13.6 = (100-h)A[76 \times 13.6 + 1(10000-h)]$$

$\therefore h = 90.0$ 厘米。

106 設其示數爲 h 厘米水銀。

$$(75-74)(80-74) = (76-h)(80-h).$$

$\therefore h = 74.84$ 厘米水銀。

107. $76 \times 13.6 \times \frac{2}{3} \times 100 = (76 \times 13.6 - h)(100 - h),$

$\therefore h = 31.3$ 厘米。

108. 依 Boyle 氏定律,

$$\text{氮單獨佔有兩容器之壓力} = P_1 = \frac{2 \times 2}{1+2} = \frac{4}{3} \text{ 氣壓,}$$

$$\text{氧單獨佔有兩容器之壓力} = P_2 = \frac{1 \times 1}{1+2} = \frac{1}{3} \text{ 氣壓;}$$

依 Dalton 氏分壓定律, 得

$$\text{混合氣體之壓力} = P_1 + P_2 = \frac{4}{3} + \frac{1}{3} = \frac{5}{3} = 1.67 \text{ 氣壓.}$$

109. 因 $pV = \frac{1}{3}M\bar{V}^2$, 若 $v=1$, 則 $M=p$;

$$\therefore p = \frac{1}{3} \rho \bar{V}^2, \quad \therefore \bar{V} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}.$$

取 $p =$ 標準壓力 $= 76 \times 13.6 \times 980$ 達因/厘米²,

$\rho =$ 氧於標準情形下之密度 $= 0.00143$ 克/立方厘米; 則

$$\bar{V} = \sqrt{\frac{3 \times 76 \times 13.6 \times 980}{0.00143}} = 46200 \text{ 厘米/秒} = 462 \text{ 米/秒.} \quad \text{③}$$

此速率並非平均速率。

附 錄

物 理 常 數

- (1) 長度. 1呎=12吋, 1碼=3呎, 1哩=5280呎;
 1米=39.37吋, 1吋=2.54厘米.
- (2) 角. 1弧度=57.2957°=57°17'45", 1°=0.01745弧度.
- (3) 質量. 1磅=16兩, 1噸=2000磅(美制)=2240磅(英制);
 1仟克=2.205磅, 1磅=453.6克.
- (4) 緯度45°處之重力加速度. $g=980$ 厘米/秒²=32.2呎/秒².
- (5) 功率. 1馬力=745.8瓦特.
- (6) 引力常數. $G=6.6579 \times 10^{-8}$ c.g.s. 單位.
- (7) 彈性係數.

	k	n	M
銅	17×10^{11}	4×10^{11}	11×10^{11}
生鐵	15×10^{11}	7×10^{11}	19×10^{11}
鋼	17×10^{11}	8×10^{11}	23×10^{11}

- (8) 比重
 冰: 0.917 鉛: 11.37,
 空氣(0°C, 1氣壓): 1.293×10^{-3} , 黃銅: 8.50(約), 銅: 8.92,
 氫(0°C, 1氣壓): 8.988×10^{-5} , 鐵: 7.60(約), 銀: 10.55,
 氣(0°C, 1氣壓): 1.937×10^{-4} , 水銀(20°C): 13.55, 金: 19.32.
- (9) 水之粘性係數: $\eta=0.010$ (20°C).
- (10) 水之表面張力: $T=73.5$ (20°C).
- (11) 固體與液體間之接觸角. 水與玻璃: 25°(約),
 水銀與玻璃: 140°(約).
- (12) 標準大氣壓力.
 1氣壓=760毫米水銀=1.0133達因/厘米²=1033.3克/厘米².

對數表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374											
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755											
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106											
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430											
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3 6	9	12	15	18	21	24	27			
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3 6	8	11	14	17	20	22	25			
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3 5	8	11	13	16	18	21	24			
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2 5	7	10	12	15	17	20	22			
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2 5	7	9	12	14	16	19	21			
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2 4	7	9	11	13	16	18	20			
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2 4	6	8	11	13	15	17	19			
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2 4	6	8	10	12	14	16	18			
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2 4	6	8	10	12	14	15	17			
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2 4	6	7	9	11	13	15	17			
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2 4	5	7	9	11	12	14	16			
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2 3	5	7	9	10	12	14	15			
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2 3	5	7	8	10	11	13	15			
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2 3	5	6	8	9	11	13	14			
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2 3	5	6	8	9	11	12	14			
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1 3	4	6	7	9	10	12	13			
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1 3	4	6	7	9	10	11	13			
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1 3	4	6	7	8	10	11	13			
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1 3	4	5	7	8	9	11	12			
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1 3	4	5	6	8	9	10	12			
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1 3	4	5	6	8	9	10	11			
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1 2	4	5	6	7	9	10	11			
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1 2	4	5	6	7	8	10	11			
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1 2	3	5	6	7	8	9	10			
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1 2	3	5	6	7	8	9	10			
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1 2	3	4	5	7	8	9	10			
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1 2	3	4	5	6	8	9	10			
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1 2	3	4	5	6	7	8	9			
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1 2	3	4	5	6	7	8	9			
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1 2	3	4	5	6	7	8	9			
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1 2	3	4	5	6	7	8	9			
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1 2	3	4	5	6	7	8	9			
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1 2	3	4	5	6	7	7	8			
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1 2	3	4	5	5	6	7	8			
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1 2	3	4	4	5	6	7	8			
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1 2	3	4	4	5	6	7	8			
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1 2	3	3	4	5	6	7	8			
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1 2	3	3	4	5	6	7	8			
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1 2	3	3	4	5	6	7	8			
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1 2	3	3	4	5	6	6	7			
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1 2	3	3	4	5	6	6	7			

對數表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	5	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9831	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	4	4

(4)

三角函數之自然值表

角度	sin	c	tan	角度	sin	co	tan
1°	.0175	.9998	.0175	46°	.7193	.6807	1.035
2	.0349	.9994	.0349	47	.7314	.6820	1.024
3	.0523	.9988	.0524	48	.7431	.6801	1.1106
4	.0698	.9976	.0699	49	.7547	.6861	1.1504
5	.0872	.9962	.0875	50	.7660	.6428	1.1918
6	.1045	.9945	.1051	51	.7771	.6293	1.2349
7	.1219	.9925	.1228	52	.7880	.6157	1.2799
8	.1392	.9903	.1405	53	.7986	.6018	1.3270
9	.1564	.9877	.1584	54	.8090	.5878	1.3761
10	.1736	.9848	.1763	55	.8192	.5736	1.4281
11	.1908	.9816	.1944	56	.8291	.5592	1.4826
12	.2079	.9781	.2126	57	.8387	.5446	1.5399
13	.2250	.9744	.2309	58	.8480	.5299	1.6003
14	.2419	.9703	.2403	59	.8572	.5150	1.6643
15	.2588	.9659	.2679	60	.8660	.5000	1.7321
16	.2756	.9613	.2867	61	.8746	.4848	1.8040
17	.2924	.9563	.3057	62	.8829	.4695	1.8807
18	.3091	.9511	.3249	63	.8910	.4540	1.9626
19	.3258	.9455	.3443	64	.8988	.4384	2.0503
20	.3424	.9397	.3640	65	.9063	.4226	2.1445
21	.3584	.9336	.3839	66	.9135	.4067	2.2460
22	.3746	.9272	.4040	67	.9205	.3907	2.3559
23	.3907	.9205	.4245	68	.9272	.3746	2.4751
24	.4067	.9135	.4452	69	.9336	.3584	2.6051
25	.4226	.9063	.4663	70	.9397	.3420	2.7475
26	.4384	.8988	.4877	71	.9455	.3256	2.9042
27	.4540	.8910	.5095	72	.9511	.3091	3.0777
28	.4693	.8829	.5317	73	.9563	.2924	3.2709
29	.4848	.8746	.5543	74	.9613	.2756	3.4874
30	.5000	.8660	.5774	75	.9659	.2588	3.7321
31	.5150	.8572	.6009	76	.9703	.2419	4.0108
32	.5299	.8480	.6249	77	.9744	.2250	4.3315
33	.5446	.8387	.6494	78	.9781	.2079	4.7046
34	.5592	.8291	.6745	79	.9816	.1908	5.1446
35	.5736	.8192	.7002	80	.9848	.1736	5.6713
36	.5878	.8090	.7265	81	.9877	.1564	6.3138
37	.6018	.7986	.7536	82	.9903	.1392	7.1154
38	.6157	.7880	.7813	83	.9925	.1219	8.1443
39	.6293	.7771	.8098	84	.9945	.1045	9.5144
40	.6428	.7660	.8391	85	.9962	.0872	11.4501
41	.6561	.7547	.8693	86	.9976	.0698	14.3006
42	.6691	.7431	.9004	87	.9986	.0523	19.0811
43	.6820	.7314	.9325	88	.9994	.0349	28.8363
44	.6947	.7193	.9657	89	.9998	.0175	57.2900
45	.7071	.7071	1.0000	90	1.0000	.0000	∞

三角函數之對數表

(5)

角度	L sin	L cos	L tan	角度	L sin	L cos	L tan
1°	8.2419	9.9999	8.2419	46°	9.8869	9.8418	10.0182
2	8.5428	9.9997	8.5431	47	9.8641	9.8338	10.0303
3	8.7188	9.9994	8.7194	48	9.8711	9.8255	10.0456
4	8.8436	9.9989	8.8446	49	9.8778	9.8169	10.0608
5	8.9403	9.9983	8.9420	50	9.8843	9.8181	10.0762
6	9.0192	9.9976	9.0216	51	9.8905	9.7999	10.0916
7	9.0859	9.9968	9.0891	52	9.8965	9.7893	10.1072
8	9.1486	9.9958	9.1478	53	9.9023	9.7795	10.1229
9	9.1943	9.9946	9.1997	54	9.9080	9.7692	10.1387
10	9.2397	9.9934	9.2463	55	9.9134	9.7586	10.1548
11	9.2806	9.9919	9.2887	56	9.9186	9.7476	10.1710
12	9.3179	9.9904	9.3275	57	9.9236	9.7361	10.1875
13	9.3521	9.9887	9.3634	58	9.9284	9.7242	10.2042
14	9.3837	9.9869	9.3968	59	9.9331	9.7118	10.2212
15	9.4130	9.9849	9.4281	60	9.9375	9.6990	10.2386
16	9.4403	9.9828	9.4575	61	9.9418	9.6856	10.2562
17	9.4659	9.9806	9.4853	62	9.9459	9.6716	10.2743
18	9.4900	9.9782	9.5118	63	9.9499	9.6570	10.2928
19	9.5126	9.9757	9.5370	64	9.9537	9.6418	10.3118
20	9.5341	9.9730	9.5611	65	9.9573	9.6259	10.3313
21	9.5543	9.9702	9.5842	66	9.9607	9.6093	10.3514
22	9.5736	9.9672	9.6064	67	9.9640	9.5919	10.3721
23	9.5919	9.9640	9.6279	68	9.9672	9.5736	10.3936
24	9.6093	9.9607	9.6486	69	9.9702	9.5543	10.4158
25	9.6259	9.9573	9.6687	70	9.9730	9.5341	10.4389
26	9.6418	9.9537	9.6882	71	9.9757	9.5126	10.4630
27	9.6570	9.9499	9.7072	72	9.9782	9.4900	10.4882
28	9.6716	9.9459	9.7257	73	9.9806	9.4659	10.5147
29	9.6856	9.9418	9.7436	74	9.9828	9.4403	10.5425
30	9.6990	9.9375	9.7614	75	9.9849	9.4130	10.5719
31	9.7118	9.9331	9.7786	76	9.9869	9.3837	10.6032
32	9.7242	9.9284	9.7958	77	9.9887	9.3521	10.6366
33	9.7361	9.9236	9.8125	78	9.9904	9.3179	10.6725
34	9.7476	9.9186	9.8290	79	9.9919	9.2806	10.7113
35	9.7586	9.9134	9.8452	80	9.9934	9.2397	10.7537
36	9.7692	9.9080	9.8613	81	9.9946	9.1943	10.8003
37	9.7795	9.9023	9.8771	82	9.9958	9.1456	10.8522
38	9.7893	9.8965	9.8928	83	9.9968	9.0959	10.9109
39	9.7989	9.8905	9.9084	84	9.9976	9.0452	10.9761
40	9.8081	9.8843	9.9238	85	9.9987	8.9403	11.0580
41	9.8169	9.8778	9.9392	86	9.9989	8.8436	11.1554
42	9.8255	9.8711	9.9544	87	9.9994	8.7188	11.2606
43	9.8336	9.8641	9.9697	88	9.9997	8.5436	11.4869
44	9.8418	9.8569	9.9848	89	9.9999	8.2419	11.7581
45	9.8495	9.8495	10.0000	90	10.0000	—∞	∞

(註) 表中各對數首數(即定位部)概減去10.

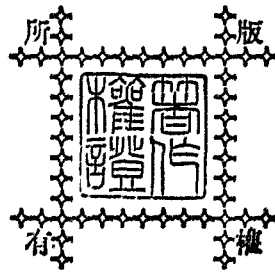


民國三十五年九月發行
民國三十六年十二月再版

達夫大學物理問題精解(上卷)

◎定價國幣一元八角

(郵遞匯費另加)



編者 樊恆鐸

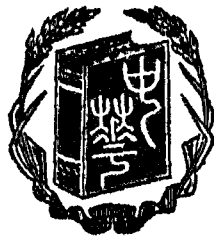
校者 張少墨
王象復

發行人 李虞杰
中華書局股份有限公司代表

印刷者 上海澳門路八十九號
中華書局永寧印刷廠

發行處 各埠中華書局

(二二一九三)(滬印)



(13193)