理物解部

學精卷之

大題上學

夫問力

達

譯者　樊恒　墨復

編者　

校者　張少象　王

中華書局印行

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

（郵運匯費另加）

編者　樊恆鐸
校者　張少墨　王象復
發行人　李虞杰
印刷者　中華書局永寧印刷廠
上海澳門路八十九號
發行處　各埠中華書局

編者贅言

一、西哲 Plato 氏曾云："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。輓近物理學之突飛猛進，實賴高深之數理計算爲其工具。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，足爲自學之益友，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、爲便於查考計，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，揮汗爲此；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。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbo

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—90

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爲憑藉；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。蓋後者源自臆想，爲具有確值之數；其運算之結果，自亦爲具有確

值之數。而前者則源自量度；習見之量，其能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，皆爲有效數字：

如 123400，12.34 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。如量得某物之長度爲 127厘米餘，因儀器欠精之故，其畸零之數僅能約估爲 3 毫米；則此長度即可記爲127.3厘米。其末位必爲可疑數字，且僅此位爲可疑數字。

2.遇有須經多步運算始可獲得結果之計算時，（爲精確計，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 入爲原則。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，常較任何一數爲大。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爲準；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爲準。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，卽應作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爲宜。此外尙有二習用之簡法。茲舉例釋明如下：

1. 乘法：
   a. 將被乘數及乘數均書爲標準式。
   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]

8.732	$\times10^{-2}$
5.14	$\times10^{3}$
43 660	
873	
348	
44.9	$\times10^{-2+3}=4.49\times10^{2}$.

2. 除法：
   a. 將被除數及除數均書爲標準式。
   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棄去一位，而被除數之位數不復下移，求得第二位商數。倣此進行，宜至除數用盡爲止。

d. 10之乘冪之商，可由指數律得之。

〔例〕 2.73×10^{2} | 3.574×10^{-1} | $1.31\times10^{-1-3}=1.31\times10^{-4}$.

2 73

84

81

3

3

(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. $(a\pm b)^n=a^n\pm na^{n-1}b$；誤差約值$=\frac{n(n-1)}{2}a^{n-2}b^2$其中n爲任意有理數均可。

當a=1時，此公式化爲$(1\pm b)^n\doteq1\pm nb$；尤爲習用。

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

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

三．單位換算法

物理量之大小，胥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。

將一量由此種單位變換爲他種單位，在計算中甚爲需要。其法習用者有二：

(1) 將該量以原用之基本單位表出，逐步變爲以所需之基本

單位表出者。

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

〔例〕試將 980 厘米/秒^2 以呎/分^2 爲單位表出。

(1) $980\ \dfrac{\text{厘米}}{\text{秒}^2}=\dfrac{980}{12\times2.54}\cdot\dfrac{\text{呎}}{\text{秒}^2}$ (因1呎$=12\times2.54$厘米)

$$=\frac{980\times60^2}{12\times2.54}\cdot\frac{\text{呎}}{\text{分}^2}\quad(\text{因}1\text{分}=60\text{秒})$$

$$=1.16\times10^5\ \text{呎/分}^2.$$

(2) 設 x呎/分^2 $=980$厘米/秒^2，

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

因 1呎$=12\times2.54$厘米，1分$=60$秒，

故 $x=980\left(\dfrac{1}{12\times2.54}\right)\left(\dfrac{60}{1}\right)^2=1.16\times10^5$.

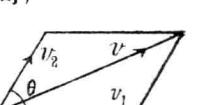
第二節　計算題解法分論

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；

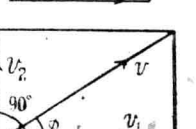
$$s=vt. \qquad (1)$$



(b) 合速度與分速度　設 v＝合速度，

v_1, v_2＝分速度；

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



若 $\theta=90°$，　$v^2=v_1^2+v_2^2$. 　(3)

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

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

(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；

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

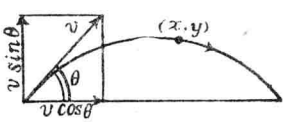
$$s=v_0t+\frac{1}{2}at^2.\qquad(7)$$

$$v^2=v_0{}^2+2as.\qquad(8)$$

(d) 拋射運動　設(x, y)爲以初速 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。

$$X=vt\cos\theta.\qquad(9)$$

$$y=vt\sin\theta-\frac{1}{2}gt^2.\qquad(10)$$



(e) 向力運動　設 v＝等速，a＝向心加速度，r＝曲率半徑；

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

解題要點：

(a) 物理量可分爲二類：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，尙須指定其方向，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) 位移之習用單位爲厘米，呎；速度之習用單位爲厘米/秒，呎/秒；加速度之習用單位爲厘米/秒^2，呎/秒^2。餘可推得。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbo

(c) 同一計算中，所有有關諸量之基本單位，須先化爲相同者，始可從事計算。如於等加速直線運動，速度之單位定爲呎/分，則位移之單位須爲呎，加速度之單位須爲呎/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：

a. 物體之拋射運動，可分爲水平及垂直二方向：若不計空氣阻力，前者當爲等速運動；後者則受重力作用，作等加速運動。

b. 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，當以垂直方向運動爲主體；如拋行之時間等條件，均由垂直方向運動決定。

c. 拋射體任何時間之速度，即爲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：

a. 先求第一未知量，次求第二，仿此分別求得各未知量。此法之次第頗爲清楚，惟計算工作失於繁瑣。

b. 將諸量間之關係列爲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；

$$F = ma \qquad (1)$$

(b) 力之衝量　設t＝施力之時間，v_0＝初速，v＝末速；

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

(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，……與 x-軸所成之角爲 $\alpha_1, \alpha_2, \cdots\cdots$；其合力 R 與 x-軸所成之角爲 θ. R 沿 x-軸方向之分力爲X，沿 y-軸方向者爲Y；

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

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

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

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，而重量則爲物體所受力之一種；二者之關係，可以 $w = mg$ 表之，其中w爲重量。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(達因) = m(克) × a(厘米/秒^2).

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

式中之 m 或用質量單位斯辣計出，斯辣由次式確定：

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

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

(B) 重力單位:

a. c.g.s.制

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

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

(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。然後將此系分爲適當之數部, 分離時以使所究之各力及各加速度均能表出爲原則.繪時注意:

1. 繪力必註明其方向及作用點.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,列爲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；

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

(c) 動能　設 K.E.＝動能，m＝質量，v＝速度；

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

(d) 由重力具有之位能　設 P.E.＝位能，h＝物體之高度；

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

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

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

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

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

解題要點：

(a) 物理量之由一向量與無向量相乘(或除)而得者，仍爲向量；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，每爲無向量。前所研究之力，動量及衝量

等均仍爲向量；而功，功率，動能及位能則皆爲無向量。

(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(爾格)＝F(達因)×s(厘米)。

焦耳：1焦耳＝10^7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(呎磅)＝F(磅)×s(呎)。

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

馬力：1馬力＝550呎磅/秒＝33000呎磅/分。

(3) f.p.s.制

功　呎-磅達：W(呎-磅達)＝F(磅達)×s(呎)

(B) 動單位：

c.g.s.制 功 仟克-米：W (仟克-米) ＝F (仟克重) ×s(米)

(C) 計算此類問題時，應牢記下列二事：

a. 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。

b. 如某物體系不自系外物體取得能量或對其輸送能量，且系內所有諸力均爲保守力時，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；

$$\phi = \omega t. \tag{1}$$

(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；

$$\omega = \omega_0 + \alpha t. \tag{2}$$

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

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\phi. \tag{4}$$

(c) 角量與線量之關係　設r爲轉動點與轉動軸之距離：

$$s = r\phi,\quad v = r\omega,\quad a = r\alpha. \tag{5}$$

解題要點：角移、角速度與角加速度均爲向量，表示時須應用"右手螺旋法則"，計算時與相應之線量相仿．其習用之單位爲：

角移：弧度；角速度：弧度/秒；角加速度：弧度/秒^2。

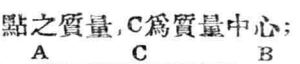
五. 質量中心

備查公式.

(a) 質點之質量中心

a. 二質點　設m_1，m_2爲二質點之質量，C爲質量中心；

$m_1 \cdot AC = m_2 \cdot BC$　(1)



b. 三及三以上質點　先求任二質點之質量中心，視此點爲二質點質量之集合點；逐次用同法推算之．

(b) 質量中心之普遍公式　設$(\bar{x},\bar{y},\bar{z})$爲質量爲M之物體之質量中心之位置，$(x_1,y_1,z_1)$，$(x_2,y_2,z_2)$，…爲其各質

點m_1, m_2……之位置；

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

(c) 質量中心之速度與加速度　設質量中心之速度與加速度爲$\bar{v}$及$\bar{a}$：

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

解題要點：求物體質量中心之位置或研究其運動時，若其中可視爲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：

a. 均質之物體若有一對稱中心時，此中心顯係其質量中心，可視爲其全部質量集合之質點。

b. 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，可逕取該面或軸爲坐標面或坐標軸，以省計算。

c. 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　設將質量爲M之物體分爲N份，各份與轉動軸之距離爲r_1, r_2，……；且全體之轉動慣量爲I，迴轉半徑爲k。

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

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

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbo