

物理學習題解答

下 冊

M·阿朗索 E·J·芬恩 原著

曉園出版社
世界圖書出版公司

内 容 简 介

本书是 M.阿朗索和 E.J.芬恩著
“Physics”一书的习题详解(下册)

物理学学习题解答

下 册

M.阿朗索 E.J.芬恩 原著

晓 园 出 版 社 出版

世界图书出版公司北京分公司重印

(北京朝阳门内大街 137 号)

北 京 中 西 印 刷 厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1992 年 5 月 重印	开本 850×1168	1/32
1992 年 5 月第一次印刷	印张 14.25	

印数: 0,001—2,200

ISBN: 7-5062-1173 · 4 / O · 31

定价: 11.00 元

世界图书出版公司通过中华版权代理公司

购得重印权 限国内发行

物理學習題解答

下册目錄

第十五章	重力交互作用.....	1 ~ 30
第十六章	電力交互作用.....	31 ~ 62
第十七章	磁的交互作用.....	63 ~ 102
第十八章	原子的電結構.....	103 ~ 122
第十九章	靜電磁場.....	123 ~ 156
第二十章	時變電磁場.....	157 ~ 180
第廿一章	電路.....	181 ~ 216
第廿二章	強交互作用與弱交互作用.....	217 ~ 246
第廿三章	波動.....	247 ~ 278
第廿四章	電磁波.....	279 ~ 302
第廿五章	電磁輻射與物質之交互作用.....	303 ~ 330
第廿六章	反射、折射、及偏極化.....	331 ~ 354
第廿七章	波動幾何.....	355 ~ 384
第廿八章	干涉.....	385 ~ 412
第廿九章	繞射.....	413 ~ 434
第三十章	量子力學.....	435 ~ 453

第十五章 重力交互作用

公 式 整 理

$$1. F = \nu \frac{mm^1}{r^2} \quad \nu = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

$$2. \text{地球質量 } M = \frac{gR^2}{\nu} = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$3. g = \frac{\nu m}{R^2}$$

$$4. g = \left(\frac{mg}{m} \right) \frac{\nu M}{R^2}$$

$$5. \text{重力位能 } E_p = \frac{\nu mm^1}{r}$$

$$6. \text{總能 } E = \sum \frac{1}{2} m_i v_i^2 - \sum \frac{\nu m_i m_j}{r_{ij}}$$

$$7. F = -\text{grad } E_p$$

$$8. E < C \quad \text{橢圓}$$

$$E > 0 \quad \text{雙曲線}$$

$$E = 0 \quad \text{拋物}$$

$$9. \text{一物體脫離地球之速度 } v = \sqrt{\frac{2\nu M}{R}}$$

$$10. \text{重力場強度 } \vec{g} = \frac{\vec{F}}{m^1} = -\frac{\nu m}{r^2} \vec{u}_r$$

11. 重力位 $V = -\frac{E_p}{m}$, $E_p = m v$

12. $\vec{g} = -\frac{dv}{dr} \vec{u}_r$

13. 球殼 $\vec{g} = -\frac{\nu m}{r^2} \vec{u}_r$ $v = -\frac{\nu m}{m}$ $r > a$

$\vec{g} = 0$ $v = -\frac{\nu m}{a}$ $r < a$

14. 重力交互作用之關係式見重點整理。

重 點 整 理

1. 克卜勒定律：

I. 行星以太陽為一焦點，描述一橢圓軌道。

II. 自太陽至行星之位置向量，於相等時間掃過相等面積。（面積定律）

III. 各行星繞太陽之週期平方，與各行星至太陽間平均距離立方成正比。（ $P^2 = k r^3$ ）

2. 牛頓萬有引力定律：藉一正比於兩物質量，而反比於兩物間距離平方的中心引力，能表示兩物體間的重力交互作用。

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

$$\nu = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N}_m^2 \text{ kg}^{-2}$$

3. 慣性質量與重力質量：

$$(a) k = \frac{\text{重力質量 } mg}{\text{慣性質量 } m}$$

$$(b) g = \left(\frac{mg}{m} \right) \frac{rM}{R^2}$$

4. 重力位能： $E_p = \frac{\nu mm^1}{r}$

5. 重力場：

(a) 設想質量 m 於其周遭空間產生一物理境遷 (physical situation)，此境遷稱為重力場。

$$(b) g = \frac{F}{m^1} = -\frac{\nu m}{r^2} u_r$$

$$(c) F = mg_1 + mg_2 + \dots$$

$$= m (g_1 + g_2 + \dots)$$

6. 重力位 $V = \frac{E_p}{m}$

單位為 $J kg^{-1}$ 或 $m^2 s^{-2}$ 表示

7. $F = -g \text{ grad } E_p$

$$F_s = \frac{d E_p}{ds}$$

$$F = mg$$

$$E_p = mv$$

$$\therefore g = -g \text{ grad } V \text{ 或 } g_s = -\frac{dv}{ds}$$

8. a 為球殼半徑， m 為其質量，則距球殼中心 r 之重力場，重力位為

$$g = -\frac{\nu m}{r^2} u_r, \quad v = -\frac{\nu m}{r}, \quad r > a$$

$$g = 0, \quad v = -\frac{\nu m}{a}, \quad r < a$$

9. 若 a 為實體球的半徑

$$\text{則} \quad g = -\frac{\nu m}{r^2} u_r \quad r > a$$

$$g = -\frac{\nu m r}{a^3} u_r \quad r < a$$

10. 等效原理：一觀察者無法區別彼之實驗室，究竟係在一均勻重力場中抑或在一加速度參考坐標中。

1915 年愛因斯坦發表之廣義相對論，即以等效原理為其基礎。

11. 基本關係式

量	定 義	關 係 式
重力場強度與 重 力 位	$g = F/m$ $v = E_p/m$	$g = -g \operatorname{grad} v$ $g_s = -dv/ds$
質量 m 之重力場 與 重 力 位	$g = -u_r \nu m/r^2$ $v = -\nu m/r$	$g = -u_r dv/dr$ $g = -dv/dr$
對質點所作之功 質 點 總 能 量	$W = m(v_1 - v_2)$ $E = \frac{1}{2} m v^2 + mV$	

中英名詞對照

1. theory of epi cycles
2. deferent cycle
3. epi cycles

周轉圓理論
歸順圓
外擺線

4. Kepler	刻卜勒
5. Reduced mass	折合質量
6. gravitational charge	重力荷
7. velocity of approach	接近速度
8. advance of the perihelion	近日點之前進
9. rms velocity	均方根速度
10. physical situation	物理境遷
11. gravitational field	重力場
12. gravitational field strength	重力場強度
13. line of force	力線
14. gravitational potential	重力位
15. equipotential surface	等位面
16. principle of equivalence	等效原理
17. harmonic	簡諧的

習題解答

15-1 試計算地球與(a)月球，(b)太陽，之重力吸引。並求此二力比率。

【解】 (a) $M_e = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$, $m_m = 7.34 \times 10^{22} \text{ kg}$

$$\therefore F = r \frac{M_e m_m}{r^2}$$

$$= 6.670 \times 10^{-11} \times \frac{5.98 \times 10^{24} \times 7.34 \times 10^{22}}{(3.84 \times 10^8)^2}$$

$$= 19.8 \times 10^{10} \text{ N} = 1.98 \times 10^{20} \text{ N}$$

$$(b) F = 6.670 \times \frac{1.99 \times 10^{30} \times 5.98 \times 10^{24}}{(1.49 \times 10^{11})^2} \times 10^{-11}$$

$$= 3.57 \times 10^{22} \text{ N}$$

$$\text{Ratio} = \frac{19.8 \times 10^{19}}{35.7 \times 10^{21}} = 0.544 \times 10^{-2} = 5.44 \times 10^{-3}$$

$$\text{or. ratio} = \frac{35.7 \times 10^{21}}{19.8 \times 10^{19}} = 1.80 \times 10^2$$

15-2 試計算氫分子中二質子之重力吸引。兩質子相距 $0.74 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。

【解】 $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

$$\begin{aligned} F &= \delta \frac{m_p \cdot m_p}{r^2} \\ &= \frac{6.670 \times 10^{-11} \times (1.67 \times 1.67) \times 10^{-54}}{(0.74 \times 10^{-10})^2} \\ &= 3.46 \times 10^{-64} \end{aligned}$$

15-3 試求氫原子中，質子與電子之重力吸引，假定電子以半徑為 $0.53 \times 10^{-10} \text{ m}$ 圓軌道，繞質子運行。

【解】 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

$r = 0.53 \times 10^{-10} \text{ m}$

$\delta = 6.670 \times 10^{-11}$

$$\therefore F = \delta \frac{m_e \cdot m_p}{r^2}$$

$$\begin{aligned} F &= 6.670 \times 10^{-11} \times \frac{9.11 \times 1.67 \times 10^{-31} \times 10^{-27}}{(0.53)^2 \times 10^{-20}} \\ &= 3.612 \times 10^{-47} \text{ N} \end{aligned}$$

15-4 質量各為 10 kg 的兩鐵球，彼此相接觸。試求其重力吸引，並與地球對各球之吸引比較之。如果你試分離此二球，是否

會感覺二球間有吸引存在？（提示：鐵之密度已列於表 2.2 中。）

【解】 from table 2-2, page 23,

density of iron $\rho = 7.86 \text{ gm/cm}^3$

$$\rho = 7.86 \times 10^{-3} \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$= 7.86 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$10 \text{ kg} = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho$$

$$\therefore r = \sqrt[3]{\frac{3 \times 10}{4 \times 3.14 \times 7.86 \times 10^3}} \doteq \frac{1}{15}$$

$$F = 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{10 \times 10}{\left(\frac{2 \times 1}{15}\right)^2}$$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \times 10^2 \times \frac{225}{4} = 3.751 \times 10^{-7} \text{ N}$$

We would not "feel" the attraction because the force is too small to be "felt"

- 15-5 質量為 m 的一物，位於地球表面，試以 (a) 月球對此物之引力，(b) 太陽對此物之引力，與地球對該物之引力比較之。因地球之旋轉，關於物體重量之變更，你有何結論？

【解】 $r_m = \text{radius of moon's orbit}$
 $= 3.84 \times 10^8 \text{ m.}$

$$(a) \quad r_{\text{by moon}} = \delta \frac{M_m m}{r_m^2}$$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{7.34 \times 10^{22} \times m}{(3.84 \times 10^8)^2}$$

$$r_e = \text{radius of earth} : 6.37 \times 10^6 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned}
 F_{\text{by earth}} &= \delta \frac{M \cdot m}{r_e^2} \\
 &= 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{5.98 \times 10^{24} \text{ m}}{(6.37 \times 10^6)^2} \\
 \frac{F_{\text{by moon}}}{F_{\text{by earth}}} &= \frac{\delta M_m m}{r_m^2} \times \frac{r_e^2}{\delta M \cdot m} \\
 &= \left(\frac{r_e}{r_m} \right)^2 \frac{M_m}{M} \\
 &= \left(\frac{6.37 \times 10^6}{3.84 \times 10^8} \right)^2 \frac{7.34 \times 10^{22}}{5.98 \times 10^{24}} \\
 &= 2.7225 \times 10^{-4} \times 1.227 \times 10^{-2} \\
 &= 3.31 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

$$\text{or } \frac{F_{\text{by moon}}}{F_{\text{by earth}}} = 2.96 \times 10^6 : 1$$

$$(b) F_{\text{by sun}} = \delta \frac{M \cdot m}{r_s^2}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{F_{\text{by earth}}}{F_{\text{by sun}}} &= \delta \frac{M_m m}{r_m^2} \frac{r_s^2}{\delta M \cdot m} = \left(\frac{r_s}{r_e} \right)^2 \cdot \frac{M}{M_m} \\
 &= \left(\frac{1.49 \times 10^{11}}{6.37 \times 10^6} \right)^2 \frac{5.98 \times 10^{24}}{1.99 \times 10^{30}} \\
 &= 1.65 \times 10^3 : 1
 \end{aligned}$$

15-6 以質量 5.0 kg 之球，置於等臂天平之一盤中，在平衡狀況下。當另一質量為 5.8×10^4 kg 之大球，恰滾至此球之正下方，欲保持平衡，另一盤中須加質量若干？假定 $g = 9.80 \text{ ms}^{-2}$ 。十九世紀德國貴族若利 (G, Von Jolly)

曾以此法測定 r 之值。

$$\text{【解】 } F = 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{5 \times 5.8 \times 10^8}{5 \times 5 \times 10^{-2}}$$

$$= 7.737 \times 10^{-6} \text{ N}$$

$$\frac{7.737 \times 10^{-6}}{9.8} = 7.89 \times 10^{-7} \text{ kg}$$

$\therefore$ Should be $5 \text{ kg} + 7.89 \times 10^{-7} \text{ kg}$.

15-7 一人重 70 Kgf ，若地球半徑加倍，(a)當地球質量不變，(b)地球平均密度不變，此人之重各為若干？

【解】 m is the mass of man

$$F = \delta \frac{M \cdot m}{r^2} \quad \text{Now } r \rightarrow 2r$$

(a) if M remain Constant

$$F' = \delta \frac{M \cdot m}{(2r)^2} = \frac{\delta M \cdot m}{4r^2} = \frac{1}{4} F$$

$\therefore$ man's weight 為原來之 $1/4$

$$\text{i.e. } 70 \times \frac{1}{4} = 17.5 \text{ kgf}$$

(b) If the Average Density of earth remain Constant

$$M = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot \rho$$

$$M' = \frac{4}{3} \pi (2r)^3 \rho = 8M$$

$$\therefore F' = \delta r \frac{8 M \cdot m}{(2r)^2} = 2 F$$

$\therefore$ Man's Weight 爲原來之兩倍
ie, $2 \times 70 = 140 \text{ kgf}$

15-8 計算太陽表面之重力加速度，但太陽之半徑 110 倍於地球之半徑，質量爲地球之 330,000 倍。關於金星、木星月球重複此問題。

【解】 (i) for Sun

$$r_s = 110 r_e, \quad M_s = 3 \times 10^5 M_e$$

$$F = \delta \frac{3.3 \times 10^5 M_e m}{(110 r_e)^2}$$

$$= \frac{3.3 \times 10^5}{1.21 \times 10^4} \times \frac{\delta M_e m}{r_e^2}$$

$$= (27.2 g_e) m$$

$$\therefore g_s = 27.2 g_e = 26724 \text{ cm/s}^2$$

$$\text{Standard Value } g_s = 27440 \text{ cm/s}^2$$

(ii) for Venus

$$g_v = 6.670 \times 10^{-11} \times \frac{4.87 \times 10^{24}}{(6.08 \times 10^6)^2}$$

$$= 878 \text{ cm/s}^2$$

$$\text{Standard Value } g_v = 882 \text{ cm/s}^2$$

(iii) for Jupiter

$$g_j = 6.670 \times 10^{-11} \times \frac{1.90 \times 10^{27}}{(6.98 \times 10^7)^2}$$

$$= 2601 \text{ cm/s}^2$$

$$\text{Standard Value} = 2646 \text{ cm/s}^2$$

(iv) for moon

$$g_m = 6.670 \times 10^{-11} \times \frac{7.34 \times 10^{22}}{(1.74 \times 10^6)^2}$$

$$= 161.7 \text{ cm/s}^2$$

$$\text{Standard Value } g_m = 167 \text{ cm/s}^2$$

15-9 一人重 110 Kgf，計算此人於太陽與月球表面之重量，在此二處，此人之質量如何？

【解】 (i) Weight on Sun = 110×26724
 $= 2.93 \times 10^4 \text{ N}$

(ii) Weight on Moon = 110×1.61
 $= 177.1 \text{ N}$

$$\frac{177.1}{9.8} = 18.06 \text{ kgf}$$

(a) $\frac{2.93 \times 10^4}{267.24} = 109.6 \text{ kgf}$

(b) $\frac{177.1}{1.61} = 110 \text{ kgf}$

} Same Mass

15-10 在凱文狄西實驗中，二小質量均等於 10.0 gm，而棒（略其質量）長為 0.50 m。此系統之扭振動週期為 700s。兩大質量均為 10.0 Kg，大小質量間之中心距離為 0.10m，試求棒之偏轉角。

【解】 $\tau = KQ$ ， $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{K}}$

Now, $T = 770 \text{ Sec}$

$$\begin{aligned}
 I &= \Sigma mr^2 = 10 \times 10^{-3} \times (0.25)^2 + 10 \times 10^{-3} \times (0.25)^2 \\
 &= 6.25 \times 10^{-4} + 6.25 \times 10^{-4} \\
 &= 12.5 \times 10^{-4} \text{ kg-m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{4\pi^2 I}{T^2} = \frac{4 \times (3.14)^2 \times 12.5 \times 10^{-4}}{(770)^2} \\
 &= 8.473 \times 10^{-8} \text{ kg-m}^2/\text{sec}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau &= 2 \delta \frac{M_m}{r^2} \times \frac{l}{2}, \quad l = 0.50 \text{ m} \\
 &= \frac{\delta M_m}{r^2} l = \frac{6.670 \times 10^{-11} \times 10 \times 10 \times 10^{-3}}{(0.1)^2} \\
 &= 6.67 \times 10^{-10} \text{ Nt-m.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{by } \tau &= KQ, \quad Q = \frac{\tau}{k} = 6.670 \times 10^{-10} / 8.473 \times 10^{-8} \\
 &= 0.787 \times 10^{-2} \text{ radian}
 \end{aligned}$$

15-11 一人須離地面多高方能測得重力加速度變更 1% 欲測得同樣的結果，此人應離地面多深？

【解】 from page 322. Examp 15.4
above the earth

$$G' = g \left(1 - \frac{2h}{R} \right)$$

$$0.99g = g \left(1 - \frac{2h}{R} \right)$$

$$\therefore \frac{2h}{R} = 0.01$$

$$\therefore h = 0.005 R = 0.005 \times 6.37 \times 10^6 \text{ m}$$

$$\therefore h_{ap} = 3.185 \times 10^4 \text{ km} = 31.85 R_m$$

$$\text{Under the earth : } g' = g \left(1 - \frac{h}{R} \right)$$

$$0.99 = 1 - \frac{h}{R}, \quad \therefore \frac{h}{R} = 0.01$$

$$\begin{aligned} \therefore h &= 0.01 R = 0.01 \times 6.37 \times 10^3 \text{ km} \\ &= 63.7 \text{ km.} \end{aligned}$$

15-12 一人造衛星於赤道面上繞地運行，若設衛星對地面靜止，試求其高度與速度。

【解】 設其軌道半徑為 r ，其 w 須與地球自轉之角速相等

$$\therefore \delta \frac{M_m}{r^2} = m r w^2 \quad w = \frac{8.64 \times 10^4}{2\pi}$$

$$\therefore \delta \frac{M}{R_e^2} - \frac{R_e^2}{r^2} = r w^2, \rightarrow g \frac{R_e^2}{r^2} = w^2 r$$

$$\therefore r = g^{1/3} \left[\frac{R_e^2}{w^2} \right]^{1/3} = 4.22 \times 10^7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{故其高度 } h \text{ 為 } h &= 4.22 \times 10^7 - 6.37 \times 10^6 \\ &= 3.583 \times 10^7 \text{ m} \end{aligned}$$

15-13 一人造衛星於離地 300 Km 高度處，繞地球行圓周運動。試求其(a)速度，(b)週期，(c)向心加速度，(d)直接由例題 15.4 之方法，計算該高度處之重力加速度，並與(c)之結果比較

$$\text{【解】 (a) } m \frac{V^2}{(r+h)} = \delta \frac{mM}{(r+h)^2}$$

$$\therefore V^2 = \frac{6.670 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{6.67 \times 10^6},$$

$$\therefore V = 7.75 \times 10^3 \text{ ms}^{-1}$$

$$(b) T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{6.28 \times 6.67 \times 10^6}{7.75 \times 10^3} = 5.4 \times 10^3 \text{ sec}$$

$$(c) a = \frac{v^2}{r} = \frac{(7.75 \times 10^3)^2}{6.67 \times 10^6} = 8.89 \text{ ms}^{-2}$$

$$(d) \text{ by Examp 15-4, } g' = g \left(1 - \frac{2h}{R} \right)$$

$$g' = 9.8 \left(1 - \frac{2 \times 3 \times 10^5}{6.37 \times 10^6} \right) = 8.878 \text{ ms}^{-2}$$

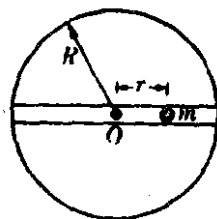
$a = g'$, the results are the same

15-14 假定沿地球之直徑掘一貫穿地球之洞 (15-25)。(a)若地球之密度均勻者，試證，質量 m 作用於離地心 r 處之力為

$$15.25 F = -mgt/R$$

(b) m 之運動為簡諧者，其週期約

為 90 min 試證之。(c) 以時間為函數，用各常數之數值，寫出位置，速度以及加速度之方程式。



【解】 (a) $F = \delta \frac{Mm}{r^2}$

$$= \delta \frac{\frac{4}{3} \pi r^3 \rho m}{r^2} = \delta \frac{4}{3} \pi r \rho m$$

$$= \delta \frac{4}{3} \pi \frac{R^3}{R^2} \cdot \rho \frac{rm}{R}$$

$$= \delta \frac{M}{R^2} \cdot \frac{mr}{R} = g r m / R$$