

325140

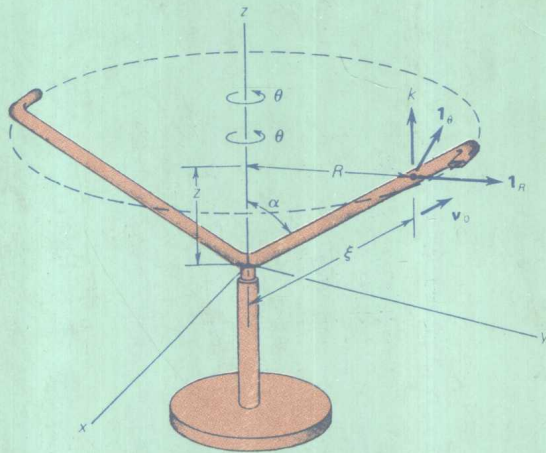
工程力學解題綱要

(動力學篇)

3rd Edition

原著者：I.H.Shames

解題者：M.Jones and D.Bob



科技圖股份有限公司

525146

工程力學解題綱要

(動力學篇)

3rd Edition

原著者：I.H.Shames

解題者：M.Jones and D.Bob



095005

科技圖股份有限公司

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：工程力學解題綱要（動力學篇）

原著者：I. H. Shames

解題者：M. Jones and D. Bob.

發行人：趙國華

發行者：科技圖書股份有限公司

台北市復興南路一段360號7樓之三

電話：7056781・7073230

郵政劃撥帳號15697

七十二年五月初版

特價新台幣160元

編印者言

Shames (休姆) 教授所著工程力學自 1959 年發行以來至今改版三次，第三次離第二次改版相距達十四年之久，故其內容更改頗多而且增添不少。此次本公司將第三版原書全部重譯印行，由於原書第二版的習題解答早在坊間印行，但第三版的解答迄無印行者，茲應讀者要求將該書解答重編印行以便讀者隨時檢查參對。由於該書習題數達 1733 題（靜力學部分有 714 題，動力學部分有 919 題）其中增加國際制的習題計靜力學部分達 63 %，動力學部分達 70 %，因之教師與學生們對此鉅大改變深感困擾。茲為減輕壓力，使讀者容易接受，將原版改排只列綱要，不列細節。希望學生能先自作解答，再用本書查證，如此方不致妨害學生的獨立思考訓練，且能引導興趣而得上進。此為印行本書的主旨，幸勿盲目照抄，失却良好學習機會以自誤，是所企盼。

科技圖書公司編輯部謹識

工程力學(動力學篇)解題綱要

目 錄

編印者言

第十一章 質點運動學—簡單相對運動

習 題.....	1
習題解答.....	25

第十二章 質點動力學

習 題.....	52
習題解答.....	79

第十三章 質點的能量法

習 題.....	123
習題解答.....	152

第十四章 質點的動量法

習 題.....	182
習題解答.....	214

第十五章 剛體運動學—相對運動

習 題.....	257
習題解答.....	286

第十六章 剛體平面運動學

習題..... 332

習題解答..... 362

第十七章 剛體用能量與衝量—動量法

習題..... 423

習題解答..... 450

第十八章 一般剛體運動動力學

習題..... 494

習題解答..... 514

第十九章 振動學

習題..... 544

習題解答..... 570

第十一章 質點運動學-簡單 相對運動習題

- 11.1 一質量由四個彈簧所支承。此質量在水平方向 (x) 給一振動位移，同時在垂直方向 (y) 又給一振動位移。這些運動所給的條件如下：

$$x = 2 \sin 2t \text{ mm/sec}$$

$$y = 2 \cos (2t + .3) \text{ mm/sec}$$

問在 $t = 4 \text{ sec}$ 的加速度向量值為何？此相應的加速度有多少個 g ？

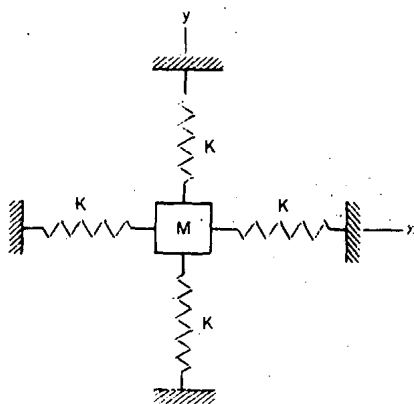


圖 P.11.1

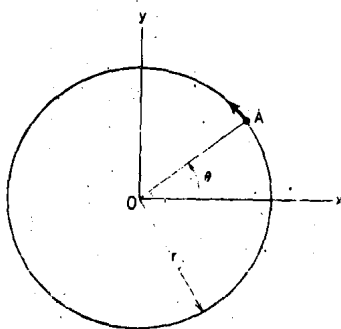


圖 P.11.2

- 11.2 一質點沿半徑 1 ft 的圓平面路徑作移動。OA 位置所給的時間函數如下：

$$\theta = 6 \sin 5t \text{ rad}$$

其中 t 為 sec 。對質點在 $t = \frac{1}{5} \text{ sec}$ 的速度，問其直角座標分量為何？

- 11.3 一質點其初位置向量為 ($r = 5j + 6j + k \text{ m}$)，所附加的加速度為

2 動力學解題綱要

$$a = 6ti + 5t^2j - 10k \text{ m/sec}^2$$

若此質點的初速為零，問當 $t = 10 \text{ sec}$ 時，其加速度、速度與位置為何？

11.4 質點分別在 $t = 10 \text{ sec}$ ， $t = 5 \text{ sec}$ 與 $t = 2 \text{ sec}$ 時的位置為：

$$r(10) = 10i + 5j - 10k \text{ ft}$$

$$r(5) = 3i + 2j + 5k \text{ ft}$$

$$r(2) = 8i - 20j + 10k \text{ ft}$$

若質點的加速度向量形式為

$$a = C_1ti + C_2t^2j + C_3 \ln tk \text{ ft/sec}^2$$

其中 C_1 、 C_2 與 C_3 為常數，且 t 為 sec 。問當 $t = 5 \text{ sec}$ 時，質點的加速度為何？

- 11.5 一高理想化的加速度計如圖所示，用來量測沿某一方向的加速度分量，此時為 x 方向。質量 B 束縛此加速度計之側面，僅能在線性彈簧上作 x 方向的運動，當此加速度計沿此方向作加速度。假設質量的位移為 δ ，如圖所示的虛線。在此位置，彈簧力給 B 質量的加速度，相當於此加速度計的情形。本例中質量的位移 δ 由一電敏感器接收，並繪成以時間的函數。阻尼流體代表消去此質量外來的振動。若已繪出 a_x 對時間的圖形，則在 10 sec 、 30 sec 與 45 sec 後，問此物體的速率為何？此加速度 a_x 用 g 來量測，亦即，以 32.2 ft/sec^2 或 9.81 m/sec^2 為單位。假設物體從 $x = 0$ 的靜止位置開始。

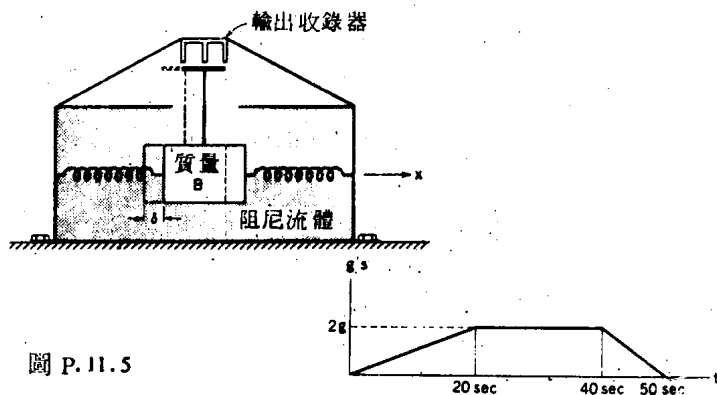


圖 P. 11.5

4 動力學解題綱要

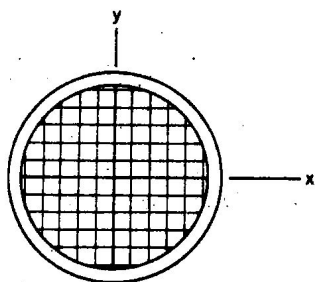


圖 P.11.9

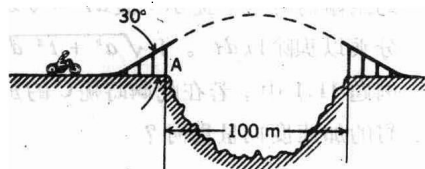


圖 P.11.10

- 11.10 一機車絕技表演者，欲嘗試跳過一深坑。跳離點與着陸點的距離為 100 m。如你是這位表演者的顧問，問在超越跳離點 A 的速率，你需告訴他要多少？此一循環作流線型。使其風阻力減至最小。將結果用 km/hr 來表示。
- 11.11 一帶電質點在 $t = 0$ ，角度 45° 以 10 ft/sec 的速率射出。若此物體在電場的加速度為 $-200t^2 \mathbf{j}$ ft/sec²，問軌跡的方程式為何？落地撞擊時的 d 值為何？

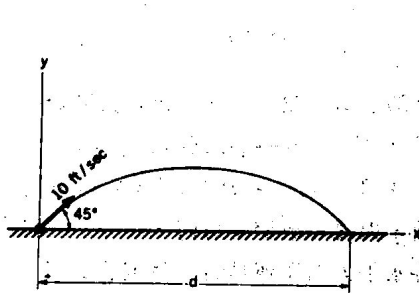


圖 P.11.11

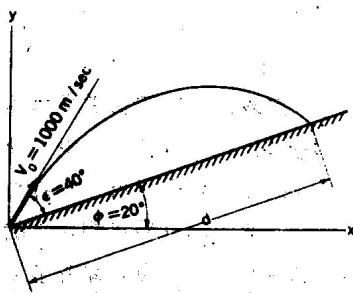


圖 P.11.12

- 11.12 一拋射體用 1000 m/sec 的速率在 ϵ 角為 40° 時射出。此 ϵ 角從傾斜角中為 20° 的表面量起。若忽略摩擦，問拋射體打到傾斜面的距離 d 為何？
- 11.13 穀粒用 V_0 為 20 ft/sec 的速率吹入一敞式車櫃，為確定所有穀粒均能進入火車，問最小與最大的高度 d 應為若干？忽

略風的摩擦。

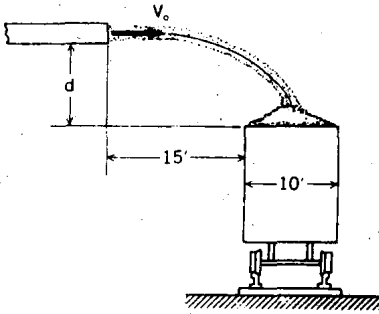


圖 P. 11.13

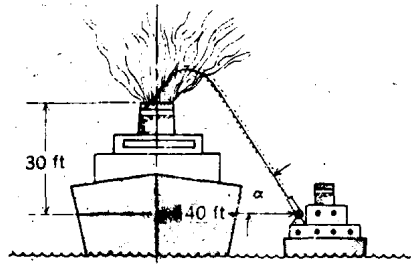


圖 P. 11.14

- 11.14 一貨船的引擎室發火。一救火拖船噴射水流到貨船烟囱。若噴射水流的速率為 70 ft/sec ，問完成此工作而所需的 α 角為何？（提示： α 角只有一個。）
- 11.15 一動力火箭的試驗滑橇（sled slides）在鐵軌上滑動。此試驗滑橇是用來實驗當人們遭遇大的持續加速度時的能力。在高速率下欲煞住滑橇，小杓子降到使固定槽水在靠近完成末端的水為轉向。若滑橇的移動速率為 100 km/hr ，計算轉向水流的 h 與 d ，當從滑橇看去時。假設水相對杓子的速率沒有損失。考慮滑橇為一慣性座標 $x y$ 。

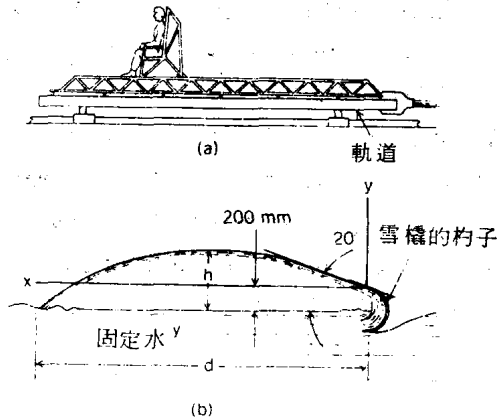


圖 P. 11.15

6 動力學解題綱要

- 11.16 在山谷中一獵者欲射在小丘上一隻鹿。他迅速估計鹿離他的直線距離為 500 碼，而山丘的高為 100 碼。槍的出口速度為 3000 ft/sec。若其視線沒有刻度，為要打中鹿，問他瞄準的高度需在鹿的上方幾呎處？（忽略摩擦。）
- 11.17 一救火員將水管指向燃燒屋的破窗。水離開水管的速度為 15 m/sec。問所需的 α 角為何？

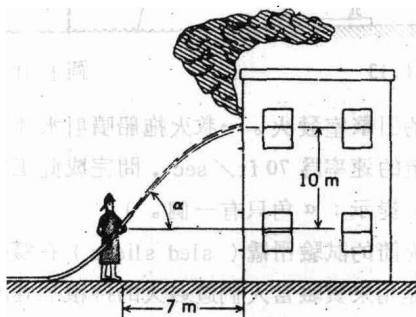


圖 P.11.17

- 11.18 在吉普車上的射手欲捕獵一隻鹿。吉普車速度為 30 mi/hr 鹿以 15 mi/hr 的速率沿相同的方向運動。若鹿在吉普車前 100 碼且箭與射手相對的初速率為 200 ft/sec 時，問箭射出時的傾斜度為何？（忽略摩擦。）
- 11.19 一戰鬥機直接飛過一高射砲在時間 $t = 0$ 。飛機速率 V_1 為 500 km/hr。砲彈在 $t = 0$ 時發射欲擊中飛機。若出口速度 V_0 為 1000 m/sec，問砲在飛機前所瞄準的目標距離 d 為多少 m？擊中時的時間為何？

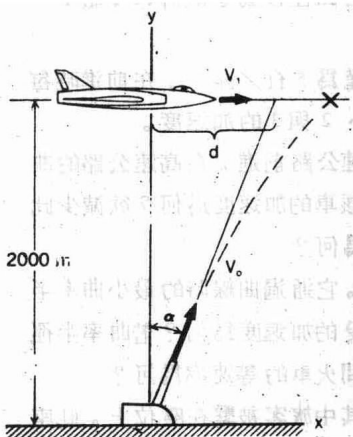


圖 P.11.19

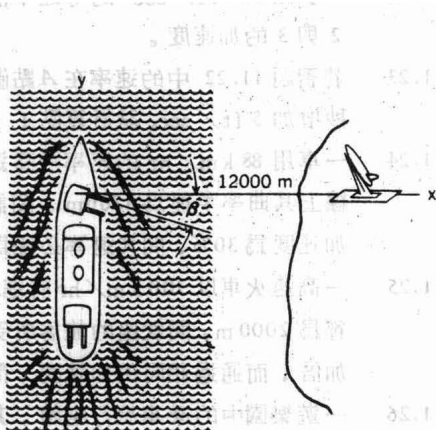


圖 P.11.20

- 11.20 一驅逐艦用全速率 75 km/hr 航行。當與一飛彈基地目標並肩時，它發射兩枚砲彈。此目標離艦為 $12,000 \text{ m}$ 。若出口速度為 400 m/sec ，問計算時必需安置的發射角 α 與水平成幾度？同時，砲塔相對的瞬時視線必需旋轉的 β 角為何？（提示：欲擊中目標，問砲彈的 V_x 必需為何？結果： $\alpha = 23.7^\circ$ 而 $\beta = 3.26^\circ$ 。）

- *11.21 吉普車上一射手以 30 mi/hr 的速率前進。距離吉普車 100 碼處有一隻鹿以 15 mi/hr 的速率前進其方向與吉普車成垂直。若射手補殺鹿用箭的初速為 200 ft/sec ，問與水平的傾斜角與 AB 直線相對的 β 角為何？

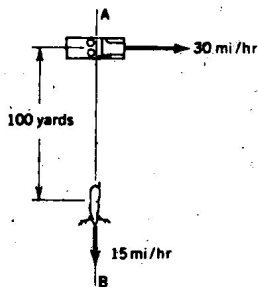


圖 P.11.21

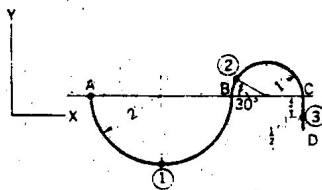


圖 P.11.22

- 11.22 一質點以 5 ft/sec 的等速率沿路徑移動。試計算，點 1、2 與 3 的加速度。
- 11.23 若習題 11.22 中的速率在 A 點僅為 5 ft/sec ，在前進時每秒增加 5 ft/sec ，試計算點 1、2 與 3 的加速度。
- 11.24 一車用 88 km/hr 的速率沿高速公路前進。在高速公路的曲線上其曲率半徑為 1300 m 。問該車的加速度為何？欲減少此加速度為 30%，問其速率必需為何？
- 11.25 一高速火車以 100 km/hr 前進。它通過曲線時的最小曲率半徑為 2000 m 。問就座的旅客所受的加速度為何？若曲率半徑加倍，而通過相同的加速度，問火車的等速率為何？
- 11.26 一遊樂園中的乘車旅行座艙，其中旅客被繫在座位上。此座艙以 ω 的角速率對 A 作旋轉。人頭的平均離旋轉軸 A 為 10 ft 。我們知道，若人的頭在從肩膀到頭的方向上遭受 $3g$ 或更多的加速度，則就會感到不舒服，或許會暫失去知覺。欲防止這些影響，問最大的 ω (rpm) 值為何？安全係數用 3。(提示：圓路徑的速率為 $R\omega$ 。)

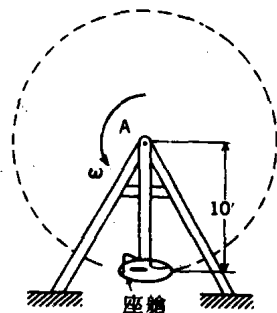


圖 P. 11.26

- 11.27 一摩托車表演者，沿一圓形路徑其曲率半徑為 400 m 。他沿此路徑以 5 km/hr/sec 的比率以增加其速率。若他以 48 km/hr 的速率進入此曲線，問在沿此路徑前進 10 sec 後，其總加速度為何？

- 11.28 求在曲線 a 位置的方向法線向量，與曲率半徑值為何？

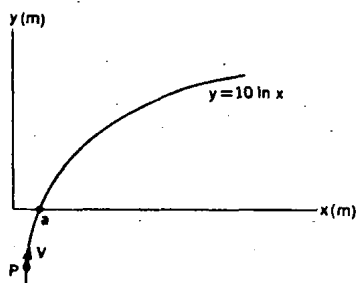


圖 P.11.28

- 11.29 一質點 P ，以等速率 V 沿曲線 $y = 10 \log x$ m 移動。問在何位置 x 其加速度為最大？若 $V = 1 \text{ m/sec}$ ，問此加速度值為何？
- 11.30 一質點，以等速率 3 m/sec 沿路徑移動。問位置 $x = 1.5 \text{ m}$ 的加速度 a 為何？又求 a 的垂直分量。

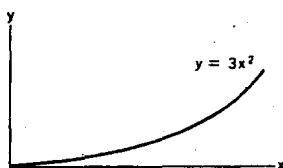


圖 P.11.30

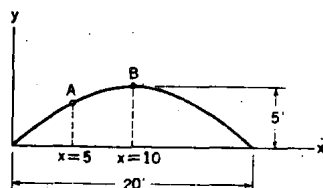


圖 P.11.31

- 11.31 一質點沿正弦路徑移動。若質點在 A 的速率為 10 ft/sec 與速率改變率為 5 ft/sec^2 ，問此加速度的大小為何？若在 B 點的質點，其速率為 20 ft/sec ，且速率改變率為 3 ft/sec^2 ，問質點在 B 的加速度其大小與方向為何？
- 11.32 一客機以 200 km/hr 的等速率在等高的模型路徑前進。在一瞬時，速度向量與 x 軸所夾的 β 角為 30° 。此向量，由迴轉儀知， β 的改變率為 $-5^\circ/\text{sec}$ 。問在瞬時此路徑的曲率半徑為何？

[提示： $a = \frac{d(V\mathbf{e}_t)}{dt} = \frac{V^2}{R}\mathbf{e}_n$]

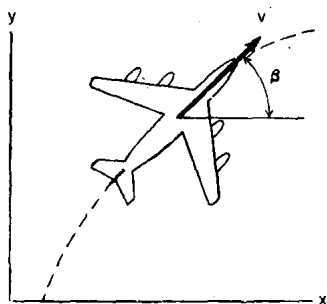


圖 P.11.32

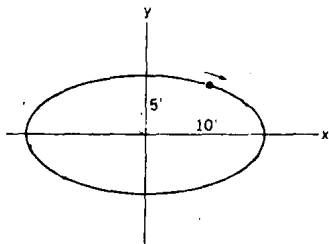


圖 P.11.33

- 11.33 如圖所示為一橢圓路徑，若法線方向的一組方向餘弦為 $(.707, .707, 0)$ ，問其位置為何？回想，橢圓的方程式為 $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$ 。

- 11.34 一質點的移動路徑為

$$y = 3x^2 \text{ ft}$$

質點沿 x 軸投影的變化為 $0.2t^2 \text{ ft}$ （其中 t 為 sec ）。從原點在 $t = 0$ 開始，問在 $t = 2 \text{ sec}$ 時，其在路徑上的法線與切線的加速度分量為何？此點的曲率半徑為何？

- 11.35 一質點沿路徑 $y^2 = 10x$ （ x 與 y 用 m 計）移動。從原點開始沿此路徑所橫過的距離 s 為

$$s = \frac{t}{2} + \frac{t^2}{100} \text{ m}$$

其中， t 的單位為 sec 。當 $y = 10m$ 時，問此質點的法線與切線的加速度分量為何？（提示： $\int \sqrt{y^2 + a^2} dy$ ）的積分，如

附錄 I。注意： $ds = \sqrt{dx^2 + dy^2} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dy}\right)^2 + 1} dy$ 。

- 11.36 用類似本書所導的關係 $(d\epsilon_1/ds = (1/R)\epsilon_1)$ 來證明 $d\epsilon_1/ds = -(1/R)\epsilon_1$ 。
- 11.37 (a) 對與 xy 平面共面的路徑，求 α 的公式。亦即“急跳”（

jerk)。

- (b) 若質點在半徑為 5 m 的圓平面路徑以 5 m/sec 的速率移動，若速度改變率為 2 m/sec²。沿路徑速率的二次導數為 10 m/sec³，問質點的 $\dot{a}$ 為何？(提示：用習題 11.36 的結果。)

- 11.38 一車沿一半徑為 40 ft 的圓軌跡移動。沿此路徑的位置為

$$S = 3t^2 + \frac{t^3}{6} \text{ ft}$$

時間 t 為秒。問此車在 $t = 5 \text{ sec}$ 時的角速度與角加速度為何？

- 11.39 固定在旋轉板上的一點 P ，在 x 方向的加速度為 -10 m/sec^2 。若此點的 r 為 1 m，問板的角加速度為何？此瞬時的角速率為 2 rad/sec 逆時針。

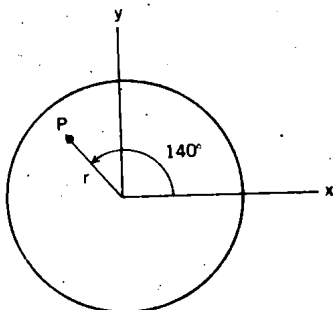


圖 P.11.39

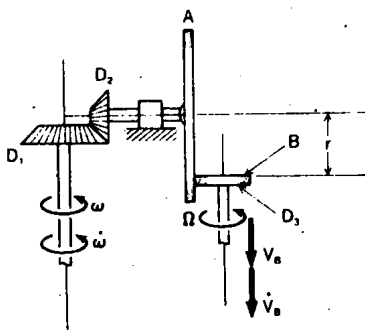


圖 P.11.40

- 11.40 一平圓盤 A 的橡皮表面，由直徑 $D_1 = 8 \text{ in}$ 與 $D_2 = 3 \text{ in}$ 的斜齒輪帶動。第二橡皮圓盤 B 的直徑 $D_3 = 2 \text{ in}$ 係由與 A 接觸的摩擦帶動。形成一摩擦驅動系統。在瞬時， $\omega = 5 \text{ rad/sec}$ 且 $\dot{\omega} = 3 \text{ rad/sec}^2$ 。若 B 輪在此瞬時以 $V_B = 3 \text{ ft/sec}$ 的速率向下移動，問 B 圓盤的旋轉速率 Ω ，與旋轉速率改變率 $\dot{\Omega}$ 為何？ B 與 A 間的滑動僅發生於圓盤 A 的徑向方向。此瞬時 r 的距離為 4 in。

- 11.41 一垂直構件的旋轉依：

$$\omega = 3 \sin(.1t) \text{ rad/sec}$$