

工程力學問題詳解

動力篇

曉園出版社
世界圖書出版公司

内 容 简 介

本书是 J. L. 梅里安著“Engineering Mechanics”一书的习题详解。

工程力学问题详解《动力篇》

J. L. 梅里安 原著

刘明仁 译著

•
晓园出版社出版

世界图书出版公司北京公司重印

北京朝阳门内大街 137 号

北京通州印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

•
1993 年 6 月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

1993 年 6 月第一次印刷 印张: 18.5

印数: 0001-1200 字数: 47 万字

ISBN: 7-5062-1613-2/Z·79

定价: 13.50 元 (W_{9303/15})

世界图书出版公司通过中华版权代理公司向台湾晓园出版社购得重印权

限国内发行

4102791

前 言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉着習題的印證，才能對書中的原理原則澈底的吸收與瞭解。

有鑒於此，曉園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與鋪路的工作。

一個問題的解答方法，常因思惟的角度而異。曉園題解叢書，毫無疑問的都是經過一番精微的思考與分析而得。其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於一般的自修者，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉着這一系列題解叢書的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。

Meriam工程力學問題詳解

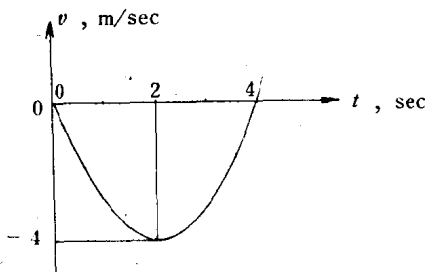
(動力篇目錄)

第一章	動力學緒論.....	0
第二章	質點運動學.....	1
第三章	質點動力學.....	93
第四章	特殊應用.....	199
第五章	質點系統之動力學.....	247
第六章	剛體平面運動.....	283
第七章	剛體平面動力學.....	373
第八章	剛體三向度動力學緒論.....	499
附錄 A	質量慣性矩.....	553

第二章 質點運動學

- 2/1 一質點的運動方程式為 $s = \frac{1}{3}t^3 - 2t^2 - 6$, s 為位置座標, 單位 m ; t 為時間, 單位 sec 。試繪質點之速度-時間圖, 並求出 $t = 0, 2, 4$ 秒時之加速度。

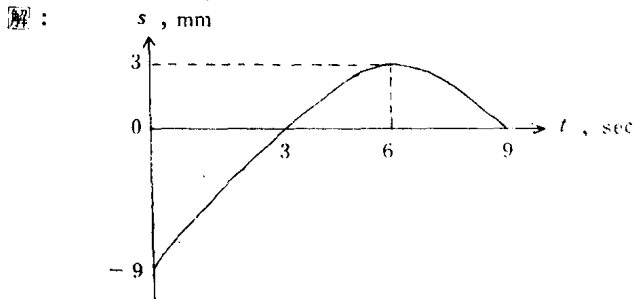
解: $s = \frac{1}{3}t^3 - 2t^2 - 6$
 $v = \dot{s} = t^2 - 4t$
 $\quad = t(t - 4)$
 $a = \dot{v} = 2t - 4$
 $a_0 = -4 \text{ m/sec}^2$
 $a_2 = 4 - 4 = 0$
 $a_4 = 4 \text{ m/sec}^2$

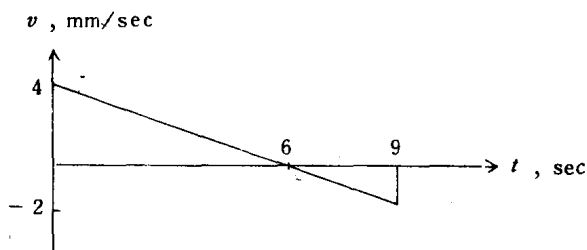


- 2/2 某質點之位置為 $s = 4t^3 + 15t^2 - 18t + 6$, s 單位為 m , t 單位為 sec 。試決定 $v = 0$ 時, 時間 t 與加速度 a 之值。考慮 t 為正值。

解: $s = 4t^3 + 15t^2 - 18t + 6$
 $v = \dot{s} = 12t^2 + 30t - 18 = 6(2t - 1)(t + 3)$
 $v = 0 \Rightarrow t = \frac{1}{2} \text{ sec} \text{ (} -3 \text{ sec 不合)}$
 $a = \dot{v} = 24t + 30 = 24\left(\frac{1}{2}\right) + 30 = 42 \text{ m/sec}^2$

- 2/3 一質點之運動方程式為 $s = -9 + 4t - \frac{1}{3}t^2$, s 單位為 mm , t 單位為 sec 。試繪 $s-t$, $v-t$ 圖, 並求出 $t = 9 \text{ sec}$ 時之 v, s 。並求出 $t = 3 \text{ sec}$ 到 $t = 9 \text{ sec}$ 時之位移 Δs 和總距離 D 。你能由 $s-t$ 圖次數說出加速度性質嗎?





$$s = -9 + 4t - \frac{1}{3}t^2$$

$$v = \dot{s} = 4 - \frac{2}{3}t$$

$$a = \dot{v} = -\frac{2}{3} \text{ mm/sec}^2$$

$$t = 9 \text{ sec 時, } v = 4 - \frac{2}{3}(9) = -2 \text{ mm/sec}$$

$$s = -9 + 4(9) - \frac{1}{3}(9)^2 = 0$$

$$t = 3 \text{ sec 到 } t = 9 \text{ sec 時, 位移 } \Delta s = 0 - 0 = 0$$

$$\text{總距離 } D = +3 + |-3| = 6 \text{ mm}$$

s 為 t 之二次式, 故 $a = \ddot{s}$ = 常數

- 2/4** 一登月小艇以降落引擎之反衝力進行降落, 此時高度為 5 m, 下降速度為 4 m/sec。若此時突然關掉降落引擎, 試求登月小艇撞及月球地面時之速度。月球之重力加速度為地球重力加速度之 $\frac{1}{6}$ 。

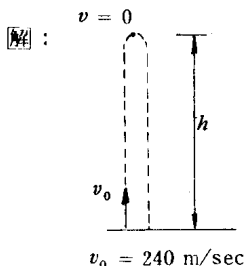
$$\begin{aligned} \text{解: } v^2 &= v_0^2 + 2a\Delta s \\ &= (4)^2 + 2 \cdot \frac{9.8}{6} \cdot (5) = 32.3 \end{aligned}$$

$$\therefore v = 5.69 \text{ m/sec}$$



圖 2/4

- 2/5** 一子彈以 240 m/sec 初速度鉛直向上發射, 試計算子彈可達到之最大高度 h , 及發射後至降落地面之總時間 t 。地球重力加速度為 9.81 m/sec^2 , 不考慮空氣阻力。



$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$$

$$0 = (240)^2 + 2(-9.81)h$$

$$\therefore h = 2936 \text{ m}$$

$$v = v_0 + at_1$$

$$0 = 240 - 9.81t_1$$

$$\therefore t_1 = 24.46 \text{ sec}$$

$$\text{總時間 } t = 48.9 \text{ sec}$$

- 2/6** 噴射機原來靜止在跑道上，駕駛員鬆開煞車後，發動引擎全速起飛。若飛機噴射動力保持定值，飛機之加速度為 $0.6g$ 之近似常數，起飛離地之速度為 200 km/h ，試計算起飛前滑行距離 s 與時間 t 。

解： $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$

$$\left(200 \times \frac{1000}{3600}\right)^2 = 0 + 2(0.6 \times 9.81)s$$

$$s = \frac{\left(200 \times \frac{1000}{3600}\right)^2}{2(0.6)(9.81)} = 262.18 \text{ m}$$

$$v = v_0 + at, \quad t = \frac{200 \times \frac{1000}{3600}}{(0.6)(9.81)} = 9.41 \text{ sec}$$

- 2/7** 一質點初速為 100 m/sec ，受一減速力持續作用 4 sec ，減速度之振盪情形如圖所示，試估計 $t = 12 \text{ sec}$ 時質點之速度。

解： $\Delta v = \int a \, dt = \int_0^4 (-5g) \, dt$

$$= -4(5)(9.81)$$

$$= -196.2 \text{ m/sec}$$

$$v_{12} - 100 = -196.2$$

$$\therefore v_{12} = -96.2 \text{ m/sec}$$

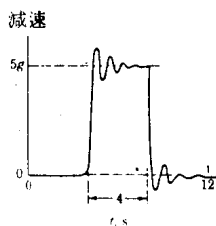


圖 2/7

- 2/8** 一噴射機之降落速度為 200 km/h ，跑道最大長度為 600 m ，跑道末端飛機之速度減至 30 km/h ，試計算在煞車期間飛機之平均加速度。

解： $200 \text{ km/h} = 200 \times \frac{1000}{3600} = 55.6 \text{ m/sec}$

$$30 \text{ km/h} = 30 \times \frac{1000}{3600} = 8.33 \text{ m/sec}$$

$$\int v \, dv = \int a \, ds$$

$$\int_{55.6}^{8.33} v \, dv = a \int_0^{600} ds$$

$$\frac{1}{2} (8.33^2 - 55.6^2) = 600a$$

$$\therefore a = -2.52 \text{ m/sec}^2$$

- 2/9** 一單節火箭由靜止鉛直發射升空，火箭動力可提供 6 m/sec^2 之向上加速度。若火箭之燃料發射後 20 sec 用盡，試求火箭之最大速度 v_m 及爬升最大高度 h 。

解： $a = \frac{dv}{dt}$, $v_m = \int a \, dt = at = 6(20) = 120 \text{ m/sec}$

由 $h = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} (6)(20)^2 = 1200 \text{ m}$

燃料用盡後仍有 120 m/sec 向上之初速

$$v_m^2 = 2g\Delta h, \Delta h = \frac{120^2}{2(9.81)} = 734 \text{ m}$$

$$\therefore h_{\max} = 1200 + 734 = 1934 \text{ m}$$

- 2/10** 一質點作直線運動，測量質點在不同位置 s 時之速度 v ，其實驗值作成如圖之平滑曲線，試求質點在 $s = 40 \text{ m}$ 時之加速度。

解：

$v, \text{ m/sec}$

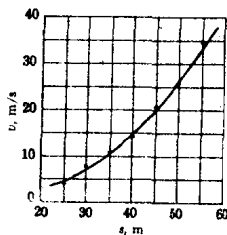
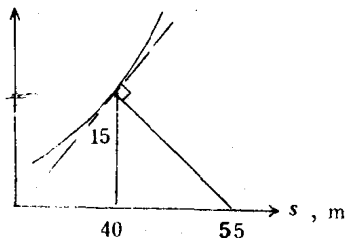


圖 2/10

$$v \, dv = a \, ds$$

$$a = v \frac{dv}{ds} = 15 \frac{55 - 40}{10} = 15 \text{ m/sec}^2$$

- 2/11 某質點之速度 v 對位置 s 之變化如圖所示。試求當 $s = 40 \text{ m}$ ，質點減速度為每秒 30 m/sec 時之速度。

解： $v dv = a ds$

$$v = a / \frac{dv}{ds} = -30 / \left(\frac{-25}{50} \right) \\ = 60 \text{ m/sec}$$

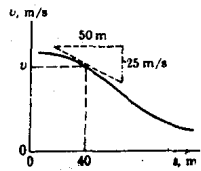


圖 2/11

- 2/12 一試驗車以某初速在風洞內抵抗空氣流，進行空氣阻力試驗，試驗車與起點之距離 x 對時間 t 之關係如表所示。試繪出 $x-t$ 圖，並以圖解法求出 $t = 2 \text{ sec}$ 時之速度 v 與加速度 a 。

t, sec	x, mm	t, s	x, mm
0	0	3.5	2000
0.5	475	4.0	2100
1.0	800	4.5	2075
1.5	1225	5.0	2050
2.0	1425	5.5	1975
2.5	1700	6.0	1725
3.0	1875		

解：

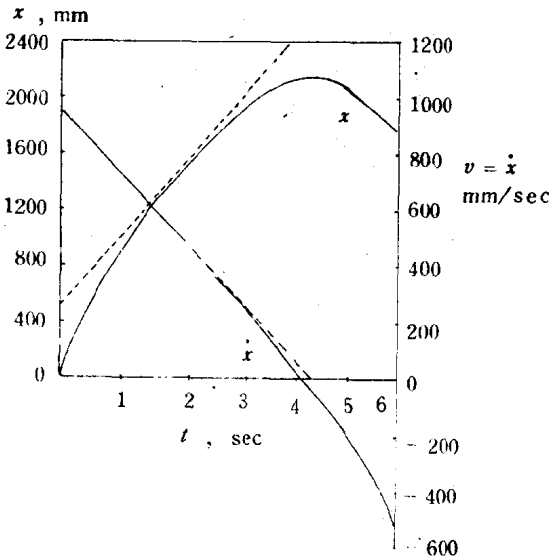


表 2/12

先繪 $x-t$ 圖，再繪 $\dot{x}-t$ 圖，於 $t = 2 \text{ sec}$ 時

$$\dot{x} = \frac{1900}{4} = 475 \text{ mm/sec}$$

$$\ddot{x} = \frac{-950}{4.5} = -210 \text{ mm/sec}^2$$

- 2/13 一質點沿 x 軸移動，其方程式為 $x = 3t^3 - 18t^2 + 24t$ ， t 單位為秒。 x 隨 t 變化之圖如圖所示。試描繪此質點運動之 $v-t$ 圖和 $a-t$ 圖，並於圖中表出 v 與 a 之數學式。

解: $x = 3t^3 - 18t^2 + 24t \quad \text{m}$
 $v = \dot{x} = 9t^2 - 36t + 24 \quad \text{m/sec}$
 $a = \dot{v} = 18t - 36 \quad \text{m/sec}^2$

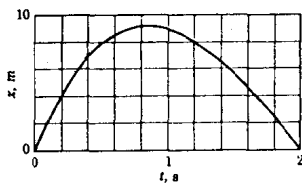
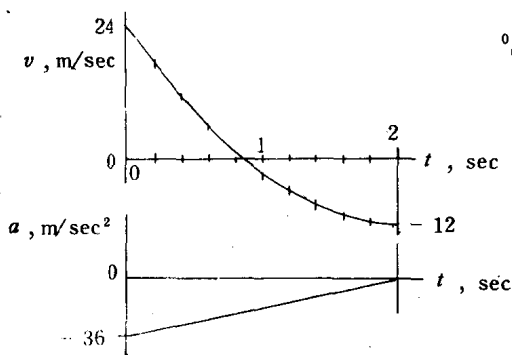


圖 2/13

- 2/14 已知某質點運動之 $s-t$ 圖, 又知道曲線上 $t = 2 \text{ min}$, 和 $t = 6 \text{ min}$ 兩點之斜率皆為 0.33 km/min 。試以 km/h 為 v 之單位, 繪出 $v-t$ 圖。

解:

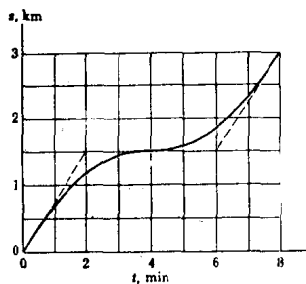
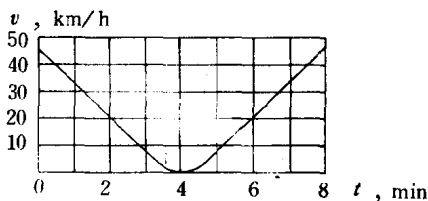


圖 2/14

$$v_0 = v_8 = \frac{1.5}{2/60} \text{ km/h} = 45 \text{ km/h}$$

$$v_2 = v_6 = 0.33(60) = 20 \text{ km/h}$$

- 2/15 某彈簧—重錘構造如圖, 重錘在鉛直方向振盪, 方程式為 $y = y_0 \sin 2\pi n t$, y 從平衡位置量起。 y 的最大值為 y_0 , n 為單位時間之週期數。試求完全振盪的 $\frac{1}{4}$ 時間 $t = \frac{1}{(4n)}$ 時之 $v_{1/4}$ 與加速度 $a_{1/4}$ 。

解: $y = y_0 \sin 2\pi n t$

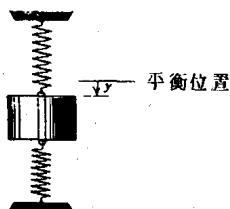


圖 2/15

$$v = \dot{y} = 2\pi n y_0 \cos 2\pi n t$$

$$a = \dot{v} = -4\pi^2 n^2 y_0 \sin 2\pi n t$$

$$\text{當 } t = 1/(4n), v = v_{1/4} = 2\pi n y_0 \cos \frac{\pi}{2} = 0$$

$$\begin{aligned} a &= a_{1/4} = -4\pi^2 n^2 y_0 \sin \frac{\pi}{2} \\ &= -4\pi^2 n^2 y_0 \end{aligned}$$

- 2/16** 某機器滑動部分之運動方程式為 $v = 0.4(t - 2)$ ， v 單位為 m/sec， t 單位為 sec。若 $t = 0$ 時之位置為 0.6 m，試求 $t = 0$ 起 3 秒內移動之位移 Δs 與總距離 D ，並繪出開始 4 秒內之 $s-t$ 圖。

解： $v = \frac{ds}{dt} = 0.4(t - 2)$

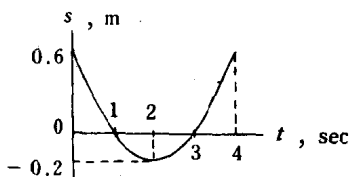
$$\int_{0.6}^s ds = 0.4 \int_0^t (t - 2) dt$$

$$s = 0.6 + 0.2t^2 - 0.8t$$

$$\Delta s_{0-3} = s_3 - s_0$$

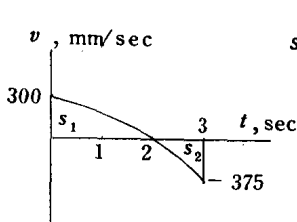
$$= (0.6 + 0.2 \times 3^2 - 0.8 \times 3) - 0.6 = -0.6 \text{ m}$$

$$\therefore D = 0.6 + 0.2 + 0.2 = 1.0 \text{ m}$$



- 2/17** 一質點沿直線運動，其速度方程式為 $v = 300 - 75t^2$ ， v 單位 mm/sec， t 為 sec，試求 $t = 0$ 到 $t = 3$ sec 間，質點移動之總距離 D 及總位移 Δs 。

解：



$$s_1 = \int v dt$$

$$\begin{aligned} &= \int_0^2 (300 - 75t^2) dt = 300t - 25t^3 \Big|_0^2 \\ &= 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$s_2 = \int_2^3 (300 - 75t^2) dt$$

$$= 300t - 25t^3 \Big|_2^3 = -175 \text{ mm}$$

$$\text{總距離 } D = 400 + 175 = 575 \text{ mm}$$

$$\text{總位移 } \Delta s = 400 - 175 = 225 \text{ mm}$$

- 2/18 一船在靜水中減速駛入港口，經過第一個浮標時船速為 10 哩，6 分鐘後經過第二個浮標時船速為 4 哩。試利用此圖估計兩浮標間之距離 Δs ，以海里為單位。(1 哩 = 1 海里/小時)

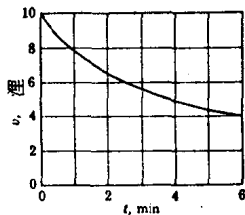


圖 2/18

解： $\Delta s = \int v \, dt = v-t$ 圖曲線下面積

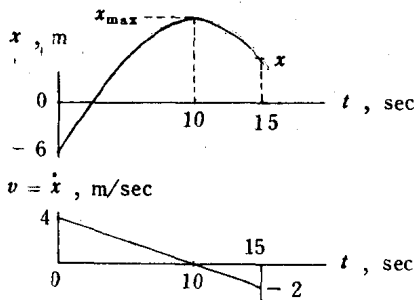
$$\Delta s = \sum \Delta t \, v_{av}$$

$$= \frac{1}{60} (8.7 + 7.0 + 6.0 + 5.2 + 4.6 + 4.2)$$

$$= \frac{1}{60} (35.7) = 0.60 \text{ mi (nau.)}$$

- 2/19 某物體沿 x 軸作等加速運動。 $t = 0$ 時 $x = -6 \text{ m}$ ， $\dot{x} = 4 \text{ m/sec}$ ， $t = 10 \text{ sec}$ 時 x 為最大值。試求 $x_{\max}$ 及 $t = 15 \text{ sec}$ 時之 x 值。

解：



$$\Delta x = \int \dot{x} \, dt = \dot{x}-t \text{ 圖曲線下面積}$$

$$x - (-6) = \frac{1}{2} (4)(10) - \frac{1}{2} (2)(5)$$

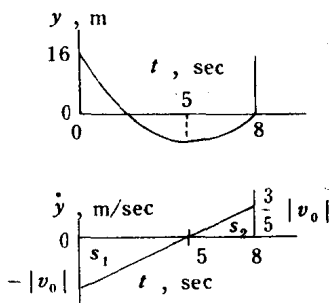
$$x = 9 \text{ m}$$

$$x_{\max} - (-6) = \frac{1}{2} (4)(10)$$

$$x_{\max} = 14 \text{ m}$$

- 2/20 某質點在一段時間內沿 y 軸作等加速運動。當 $t = 0$ 時 $y = 16 \text{ m}$ ， $t = 8 \text{ sec}$ 時， $y = 0$ 。且 $t = 5 \text{ sec}$ 時質點瞬間靜止。試求 $t = 0$ 時之初速 v_0 。
提示：利用 $y-t$ 圖及 $\dot{y}-t$ 圖。

解：



$$\Delta s = \int v \, dt = v-t \text{ 圖曲線下面積}$$

$$0 - 16 = s_2 - s_1$$

$$= -\frac{1}{2}(5|v_0|) + \frac{1}{2}(3)\left(\frac{3}{5}|v_0|\right)$$

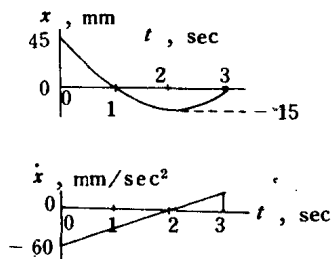
$$= \left(-\frac{5}{2} + \frac{9}{10}\right)|v_0| = -\frac{16}{10}|v_0|$$

$$|v_0| = \frac{10}{16} 16 = 10 \text{ m/sec}$$

$$v_0 = -10 \text{ m/sec}$$

- 2/21** 某質點沿 x 軸作等加速運動， $t = 0$ 時位置在 x 軸正向 45 mm 處，速度為 60 mm/sec 朝 x 軸負向。三秒後，質點通過原點，朝 x 軸正向運動。試求該質點朝 x 軸之負向移動了多遠？

解：



$$x = x_1 + v_1 t + \frac{1}{2} a t^2, \quad 0 = 45 - 60(3) + \frac{1}{2} a (3^2)$$

$$a = 30 \text{ mm/sec}^2$$

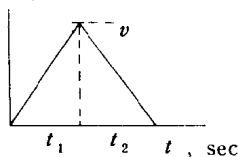
$$\therefore x = 45 - 60t + 15t^2$$

$$\text{當 } t = 1 \text{ sec}, \quad x = 0$$

$$t = 2 \text{ sec}, x = -15 \text{ mm}$$

- 2/22** 一摩托車自靜止開始，從A點沿水平直線到B點行駛300 m。若摩托車加速度極限為 $0.7g$ ，減速度之極限為 $0.6g$ ，試求所需之最短時間及所達到之最大速度 v 。

解： v , m/sec



$$v^2 = 2as; 2a_1s_1 = 2a_2s_2$$

$$0.7gs_1 = 0.6gs_2$$

$$s_1 + s_2 = 300 \text{ m}$$

$$\text{因此 } \frac{0.6}{0.7}s_2 + s_2 = 300, s_2 = 161.5 \text{ m}$$

$$s_1 = 300 - 161.5 = 138.5 \text{ m}$$

$$s = \frac{1}{2}at^2; t_1 = \sqrt{\frac{2(138.5)}{0.7(9.81)}} = 6.35 \text{ sec}$$

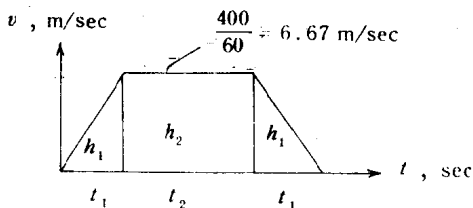
$$t_2 = \sqrt{\frac{2(161.5)}{0.6(9.81)}} = 7.41 \text{ sec}$$

$$t = t_1 + t_2 = 6.35 + 7.41 = 13.76 \text{ sec}$$

$$v = at; v = 0.7(9.81)6.35 = 43.6 \text{ m/sec} = 157.0 \text{ km/h}$$

- 2/23** 某高速電梯加速與減速之極限為 $0.4g$ ，最大鉛直速度為400 m/min，試求從第10樓靜止開始，到第30樓，升高100 m所需之最短時間 t 。

解：



$$v^2 = v_0^2 + 2as$$

$$6.67^2 = 0 + 2(0.4)(9.81)h_1$$

$$h_1 = 5.67 \text{ m}$$

$$h_2 = 100 - 2(5.67) = 88.67 \text{ m}$$

$$v = v_0 + at, 6.67 = 0 + 0.4(9.81)t_1, t_1 = 1.7 \text{ sec}$$

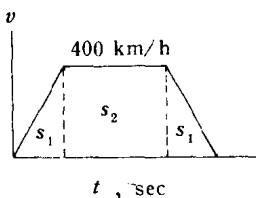
$$s = vt, t_2 = \frac{88.67}{6.67} = 13.3 \text{ sec}$$

$$\therefore t = 2t_1 + t_2 = 2(1.7) + 13.3 = 16.7 \text{ sec}$$

- 2/24** 一真空推進式的高速運輸系統將要設計在距離8 km的兩站間營運，若其

最大加速度與減速度皆為 $0.7g$ ，最大速度為 400 km/h ，試求此運輸系統行走此 8 km 旅程所需之最短時間。

解：



$$400 \text{ km/h} = 111.1 \text{ m/sec}$$

$$v^2 = 2as$$

$$s_1 = \frac{(111.1)^2}{2(0.7)(9.81)} = 899 \text{ m}$$

$$s_2 = 8000 - 899(2) = 6200 \text{ m}$$

$$\left. \begin{aligned} t_1 &= \frac{v}{a} = \frac{111.1}{0.7(9.81)} = 16.18 \text{ sec} \\ t_2 &= \frac{s}{v} = \frac{6200}{111.1} = 55.8 \text{ sec} \end{aligned} \right\}$$

$$\Rightarrow t = 2t_1 + t_2 = 2(16.18) + 55.8 = 88.2 \text{ sec 或 } 1.47 \text{ min}$$

- 2/25** A點到D點距離 3 km ，一汽車以 100 km/h 速度由A點開到B點費時 $t \text{ sec}$ ，以 60 km/h 速度由C點開到D點費時亦 $t \text{ sec}$ 。若B點到C點煞車時用 4 sec 使汽車均勻減速，試求A點到B點間時間 t 和距離 s 。

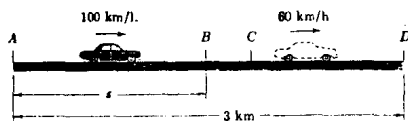


圖 2/25

$$\begin{aligned} \text{解：} v_C &= v_B + a\Delta t_{B-C} ; a = \frac{(60 - 100)/3.6}{4} \\ &= -2.78 \text{ m/sec}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta s_{B-C} &= v_B \Delta t_{B-C} + \frac{1}{2} a \Delta t_{B-C}^2 \\ &= \frac{100}{3.6} 4 + \frac{1}{2} (-2.78) 4^2 = 88.87 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\Delta s_{A-D} = \Delta s_{A-B} + \Delta s_{B-C} + \Delta s_{C-D}$$

$$3000 = \frac{100}{3.6} t + 88.87 + \frac{60}{3.6} t, \quad t = 65.50 \text{ sec}$$

$$s = \Delta s_{A-B} = \frac{100}{3.6} (65.50) = 1819 \text{ m 或 } s = 1.819 \text{ km}$$

- 2/26** 兩質點運動之 $v-t$ 圖如圖所示。試以 $t=0$ 時 $s=0$ ，分別描繪其對應之 $s-t$ 圖。

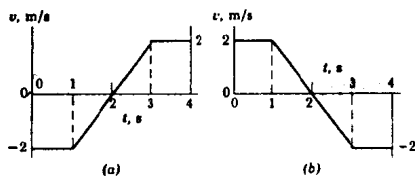
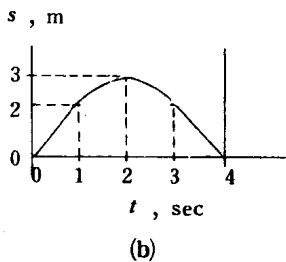
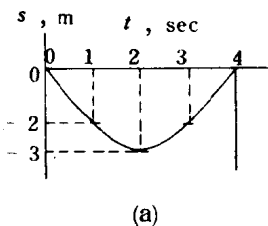


圖 2/26

解：



- 2/27** 某質點 $t = 0$ 時初速度為 -0.3 km/min ，其 $a-t$ 圖如圖所示。試描繪其 $v-t$ 圖， v 單位 km/min ，並求出 $v = 0$ 時之 t 值。

解：

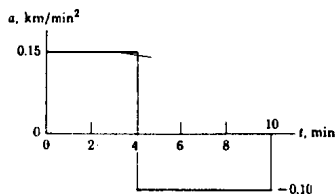
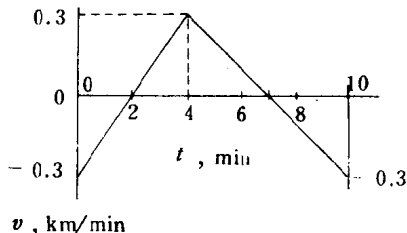


圖 2/27

$v = 0$ 時， $t = 2 \text{ min}$
或 $t = 7 \text{ min}$

- 2/28** 一地下鐵行駛於兩站之間，其加速度變化如圖所示。試求加速度為 2 m/sec^2 時之行駛時間 Δt ，及兩站間之距離 s 。

解：0～8 秒：

$$v_8 = at,$$

$$v_8 = 1(8) = 8 \text{ m/sec}$$

$$s_8 = \frac{1}{2}at^2$$

$$s_8 = \frac{1}{2}(1)(8^2) = 32 \text{ m}$$

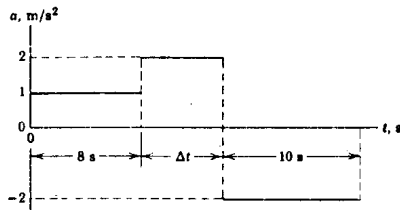


圖 2/28

$$\therefore \Delta v = \int a \, dt$$

$$0 = (1)(8) + 2\Delta t - 10(2) = 0$$

$$\therefore \Delta t = 6 \text{ sec}$$

8 ~ 14 秒：

$$v_{14} = v_8 + a\Delta t, \quad v_{14} = 8 + 2(6) = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

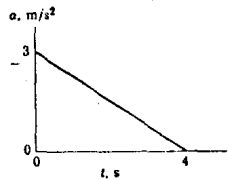
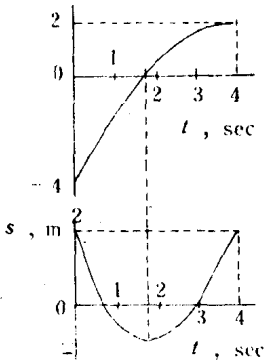
$$\begin{aligned} s_{14} &= s_8 + v_8\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2 \\ &= 32 + 8(6) + \frac{1}{2}(2)6^2 = 116 \text{ m} \end{aligned}$$

14 ~ 24 秒：

$$\begin{aligned} s &= s_{14} + v_{14}\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2 \\ &= 116 + 20(10) + \frac{1}{2}(-2)(10^2) \\ &= 216 \text{ m} \end{aligned}$$

2/29 一質點加速度隨時間之線性變化如圖所示。若 $t = 0$ 時，位置為 2 m，速度為 -4 m/sec 。試描繪 4 秒內之 $s-t$ 圖與 $v-t$ 圖。

解： $v, \text{ km/min}$



例 2/29

$$a = 3 \left(1 - \frac{t}{4} \right) = \frac{dv}{dt}$$

$$\int_{-4}^v dv = \int_0^t 3 \left(1 - \frac{t}{4} \right) dt$$

$$\therefore v = -4 + 3t - \frac{3}{8}t^2 \text{ m/sec}$$

$$\text{當 } v = 0 \quad -3t^2 + 24t - 32 = 0$$

$$\therefore t = 4 \pm \frac{1}{6}\sqrt{192}, \quad t = 1.69 \text{ sec}$$

$$\text{或 } t = 6.31 \text{ sec}$$