

學 力 用 實

王 濟 仁 編

中 華 書 局 印 行

民國二十四年三月發行
民國二十五年十二月再版

算學實用力學（全一冊）



實價國幣五角五分

（郵運匯費另加）

編者 樂清王濟仁

行者

中華書局有限公司
代表人 路錫三

印刷者

上海澳門
中華書局印刷所

上海福州路中華書局

各埠中華書局

編輯大意

1. 本書就高中工科程度編輯成篇，用作該科之教科書，並可作普通科高年級選讀教本，或其他同程度學校之參考書。
2. 本書編輯宗旨注重實用方面。故借例說明，取題練習，多爲吾人日常所見聞之事實；原以引起學者對於環境觀察之趣味，並示力學之應用也。
3. 書中譯語，係採用最近教育部公布之物理學名詞，並各附英語，以便對照。
4. 書中計算單位，用標準制（萬國公制）居多，英制次之，因世界各國，現尙用英制者不少，仍須有深切認識。
5. 本書材料，如因有學校性質或教授時間上關係，教員可酌量取捨，以求適當。例如第六章迴轉器運動，有時可以略去，或僅授其大意。
6. 著者課餘編輯此篇，罣漏之處，在所不免。尙祈海內專門家，加以指正，則幸甚矣！
7. 本書脫稿時，多蒙老友王君鶴清，詳爲校正；用特附誌於此，以表謝忱。
8. 本書編輯中參考最多之書如下：

森總之助：力學

愛知敬一：力學

中原淳藏：實用力學

田中三四郎：力學講義

Fuller and Johnston: Applied Mechanics.

Goodman: Mechanics Applied to Engineering.

Low: Applied Mechanics.

A. Morley and W. Inchley: Elementary Applied Mechanics.

Rankine: Applied Mechanics.

實 用 力 學

目 次

第一章 緒論

第一節 導言	1
第二節 測算用單位	1
1. 時間之單位 2. 距離之單位(附)容量之單位 3. 質量之單位 應用問題	

第二章 運動之定律

第一節 物體之運動	7
1. 運動 2. 直線運動圓運動 3. 速度 4. 速度之單位 5. 平均速度 6. 角速度 7. 速度圖示法 8. 速度合成法 9. 速度分解法 應用問題	
第二節 加速度	14
1. 加速度 2. 加速度之合成及分解 3. 加速度與力之關係 4. 力之單位 5. 質量與重量之區別 6. 質量之單位 7. 拋體運動 8. 等速圓運動 應用問題	

第三章 力之平衡

第一節 力之合成及分解.....30

1. 力之平行四邊形 2. 力之平衡 3. 力之三角形
4. 力之分解 5. 二以上諸力之合成法
6. 力之多角形 7. 向量之加減法
8. 會於同平面上一點諸力之直角分力 9. 平行力之合成
10. 力矩 11. 力偶 12. 在同平面上力之平衡條件 應用問題

第二節 重心.....49

1. 重心 2. 求重心法 3. Guldinus之性質
- 應用問題

第四章 動力及抵抗

第一節 動力及抵抗.....57

1. 動力及抵抗 2. 重力 3. 彈簧之彈力
4. 氣體之壓力 5. 動物之力 應用問題

第二節 摩擦.....62

1. 摩擦 2. 運動摩擦及靜止摩擦 3. 迴轉
- 軸之摩擦 4. 車輪之抵抗 應用問題

第五章 功之原理

第一節 功.....67

1. 功及能 2. 功及能之單位 3. 功之測算法
4. 功之圖示法 5. 有効功及消耗功
6. 功率 應用問題

第二節 功之原理.....77

1. 功之原理 2. 動力與抵抗保平衡之例
3. 機械 4. 槓桿 5. 輪軸 6. 滑車 7. 差動滑車
8. 斜面 9. 二重斜面 10. 劈 11. 螺旋
12. 差動螺旋 13. 齒輪 14. 帶輪 應用問題

第三節 功之原理(續).....107

1. 物體之動能 2. 動力與抵抗不保平衡之例
3. 迴轉體之動能及其慣矩 4. 關於任意平行軸或互相垂直軸之慣矩變換法
5. 迴轉半徑 6. 飛輪 7. 飛壓機 8. 簡諧運動
9. 單擺 10. 力矩與角加速度之關係
11. 車輪之轉動 應用問題

第四節 動量之原理.....124

1. 動量之原理 2. 衝力 3. 物體之衝突
4. 水注之壓力 應用問題

第六章 迴轉器運動

-
1. 迴轉器 2. 迴轉器運動之特性 3. 迴轉
器運動之說明(其一) 4. 迴轉器運動之說明
(其二) 5. 迴轉器運動之應用

第一章

緒論

第一節 導言

力學(Mechanics)者，論力的作用之學科也。吾人日常所見聞之機械橋梁，固無論矣。即自身體、家屋、舟車，以至於瑣細之日用器具，其所表示諸現象，無非有力之作用存乎其間；而說明力學之定律也。譬如農家門戶之傾斜，示重力及於構造物之影響也；行商之擔桿，示力臂之要則也。故其學科，極為重要。而學者於研究其要則外，對於普通實物，不怠觀察，以相闡明，不難得其健全之知識也。

第二節 測算用單位

於研究力學之前，熟習測算用單位及其變換法最為緊要；而測算用基本單位有三：即時間、距離、質量之三單位也。

1. 時間之單位 現世一般所言時間單位為秒，即平均太陽日之秒也。太陽日者，乃太陽重過某地子午線中所經過之時間也。然此時間常有些少增減，其平均之值，謂之平均太陽日。秒乃平均太陽日之八萬六千四百分之一之時間也。而六十秒為一分，六十分為一小時，二十四小時為一日，則又吾人所習知也。

2. 距離之單位 工學上距離單位，舊用英制

尺度爲多；法制或稱萬國公制次之。英制尺度之基本單位爲碼，以銅錫鋅合金製成之標準器，在華氏溫度計六十二度時，其上兩標間之線長也。法制尺度之基本單位爲公尺，乃按地球子午線長之四千萬分之一，用合金製成標準器，在攝氏溫度計零度時首尾兩標點間之距離也。日本制尺度之單位爲尺。吾國歷來常用者，則爲營造尺。

際此世界漸晉大同，科學日有進步，爲便於計算計，各國均有採用萬國公制傾向；而吾國營造尺以外，尚有所謂裁縫尺、魯班尺等，各自爲制，換算尤不容易。所以國民政府十八年二月公布，採用萬國公制爲標準制；同時以公尺三分之一爲市尺，爲市用制，以其介於營造尺與海關尺之間，合於國民之習慣與心理也。

今將各制之遞進方法，及互相比較關係，列表如後，以便對照。

至於面積爲長之二乘，體積爲長之三乘，故各制面積度，及體積度，可由各制長度表中數字之二乘或三乘推定之。

附 容量之單位 測流體之立積普通別定容量單位，如吾國之舊用斗升，及將採用公升，而英美之用加倫(Gallon)等是也。其實亦不過體積度中之特例耳。普通所用者，如第二表量制表所示。

3. 質量(Mass)之單位 各國所用質量單位各有不同。譬如吾國舊用斤及現採用公斤，日本用貫，英美用磅，法用公分(克)；然各準於一定之標準器而定。今於第

三表各國衡制表中,示其相互關係,及其遞進之法。

標準(萬國公制)度制表

公里	公引	公丈	公尺	公寸	公分	公釐
1=	10=	100=	1000=	10000=	100000=	1000000
	1=	10=	100=	1000=	10000=	100000
		1=	10=	100=	1000=	10000
			1=	10=	100=	1000
				1=	10=	100
					1=	10

1公尺=3市尺=英制3.281呎

市 用 度 制 表

里	引	丈	尺	寸
1=	15=	150=	1500=	15000
	1=	10=	100=	1000
		1=	10=	100
			1=	10

寸以下爲分,釐,毫,皆遞以十進

英 美 度 制 表

哩	碼	碼	呎	吋
1=	880=	1760=	5280=	63360
	1=	2=	6=	72
		1=	3=	36
			1=	12

1呎=0.9144市尺=0.3048公尺

日 本 度 制 表

里	町	丈	間	鯨尺	尺	寸
1=	36=	1296=	2160=	10368=	12960=	129600
	1=	36=	60=	288=	360=	3600
		1=	1 $\frac{2}{3}$ =	8=	10=	100
			1=	4 $\frac{4}{5}$ =	6=	60
				1=	1.25=	12.5
					1=	10

日本1尺=0.9091市尺=0.3030公尺

標準(萬國公制)量制表

公秉	公石	公斗	公升	公合	公勺	公撮
1=	10=	100=	1000=	10000=	100000=	1000000
	1=	10=	100=	1000=	10000=	100000
		1=	10=	100=	1000=	10000
			1=	10=	100=	1000
				1=	10=	100
					1=	10

1公升=1000立方公分=1市升=0.220英加倫

市 用 量 制 表

石	斗	升
1=	10=	100
	1=	10

升以下爲合,勺,撮,皆遞以十進

英1加倫=0.1604立方呎=美1.2加倫=4.5460公升.

美1加倫=0.1337立方呎=3.7853公升

日 本 量 制 表

石	斗	升	合	勺
1=	10=	100=	1000=	10000
	1=	10=	100=	1000
		1=	10=	100
			1=	10

日本一升=日本64.827立方寸=1.8039公升

標準(萬國公制)衡制表

公鎰…公擔…公衡…公斤…公兩…公錢…公分…公釐…公毫…公絲
各數皆以十進

1公分=純水一立方公分在攝氏四度之質量=3.200市分

1公斤=2市斤=2.204磅

市 用 衡 制 表

擔	斤	兩	錢
1=	100=	1600=	16000
	1=	16=	160
		1=	10

錢以下爲分,釐,毫,絲,皆遞以十進

英 美 衡 制 表

磅.....	噶(溫司).....	打蘭.....	噶(克冷)
1=	16=	256=	7000
	1=	16=	437½
		1=	27.3438

英1噸	=20擔	=2240磅
美1噸	=20擔	=2000磅
1磅	=0.9072市斤	=0.4536公斤

日 本 衡 制 表

貫.....	斤.....	匁.....	分.....	厘.....	毛.....
1=	6.25=	1000=	10000=	100000=	1000000
	1=	160=	1600=	16000=	160000
		1=	10=	100=	1000
			1=	10=	100
				1=	10

日本1斤=1.200市斤=0.600公斤

應 用 問 題

(一)水 1 立方呎之重量,在常溫時爲 62.5 磅。問 1 公升水之重量爲幾公斤?

(二)鐵道軌條之重量,每長 1 碼,約爲 85 磅。問長 1 哩之軌條共重幾公斤?

(三)有鑄鐵之中空柱,長 $4\frac{1}{4}$ 公尺,橫斷面之外圍爲正六角形,一邊長 200 公釐,內側爲圓形,直徑長 125 公釐。若鑄鐵之比重爲 7 時,問此柱之重量爲日本幾斤?

(四)有圓筒形之橫鍋爐,直徑 10 呎,長 12 呎。鍋內之水,高達直徑之四分之三。問水之容積爲幾加倫?並其重量共爲

幾磅！

注意 上題重量之換算，可照前列質量衡制表行之。
至於質量與重量之關係，後將詳論之。

第二章

運動之定律

第一節 物體之運動

力及於物體之顯著作用爲物體之運動(Motion)。蒸汽力能迴轉蒸汽機,電力能推進電車,皆吾人日常所見聞之例;故研究力的作用,不可不先明運動意味。

1. 運動 甲物體對乙物體變其位置之謂也。如謂列車之進行,係以其對地球之一部變其位置而言。靜止爲運動之反,甲物體對乙物體不變其位置之謂也。如人靜立船中對船爲靜止。故言物體之運動或否,不可不有標準之物。至於標準物之運動與否,普通在所不問也。

2. 直線運動 (Rectilinear Motion) 圓運動 (Circular Motion) 兩物體之相對位置,以其相互之方向及距離決定之,固吾人所習知也。而一物體對他物體變其位置,即一物體對他物體作運動時,若單變其距離者,謂之直線運動;若單變其方向者,謂之圓運動。自由落體,乃示直線運動之例;車輪對車軸,則爲圓運動也。

3. 速度 (Velocity) 物體在運動方向內,對他物體變更其位置時,其所變位置之距離,以其所費時間除之,爲該時此物體運動之速度。速度有變者,有不變者。變者爲變速運動 (Variable motion); 不變者爲等速運動 (Uniform

motion)。列車初發車站，由慢變速，及漸着車站時之由速變慢，均為變速運動也。其在中途，則多為等速運動。

測定等速直線運動物體之速度極易，即若 S 為 t 秒間此物體變動位置之距離時，其速度

$$V = \frac{S}{t}.$$

測定變速運動物體之速度，則以其某瞬間之時間 Δt ，除該瞬間物體之位置變動距離 Δs ，為該瞬時之速度 V 也，即

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

因於如斯些小之時間內，可視為等速運動也。

4. 速度之單位 測速度通常用秒及公分，其單位為公分/秒 $\left(\frac{\text{cm.}}{\text{sec.}}\right)$ ，讀如每秒公分 (Centimeter per second)。所謂一公分/秒者，即一秒間移動一公分之速度也。如一秒間移動三公分或四公分時，稱三公分/秒或四公分/秒。然亦有以分、時等代秒，呎、哩、Knot 等代公分者，其單位即變為呎/分、呎/時或哩/時等，其意味可由上之說明推定之。

$$1 \text{ 哩/時} = 88 \text{ 呎/分} = 1\frac{7}{15} \text{ 呎/秒}$$

$$1 \text{ 哩} = 5280 \text{ 呎}$$

$$1 \text{ Knot/時} = 1 \text{ 哩/時} = 1\frac{5}{33} \text{ 哩/時}$$

$$1 \text{ 哩} = 6080 \text{ 呎}$$

5. 平均速度 (Mean Velocity) 某物體在某時間內移動某距離之位置時，其移動中速度之變否不問，但以該時間除該距離時，所得結果謂之平均速度。譬如由太

原至石家莊爲七百二十里,乘火車八時可達。其中途之時急時緩不問,其平均速度爲 $\frac{720}{8}=90$ 里/時。自由落體最初二秒間落下一九六〇公分,落下中速度之漸增不問,其平均速度爲 $\frac{1960}{2}=980$ 公分/秒。故平均速度恆以算等速直線運動速度式測定之,即

$$V = \frac{S}{t}.$$

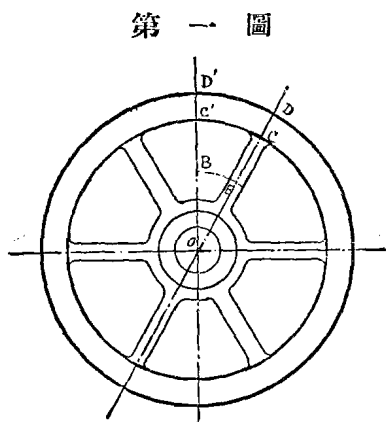
6. 角速度(Angular Velocity) 如第一圖當鐵輪迴轉際,其輪周上一點 D 至 D' 時,則通過其點之直徑上他點 B 至 B' 而 C 至 C' 也。各點所移動之距離,各爲 $\widehat{DD'}$ 、 $\widehat{BB'}$ 、 $\widehat{CC'}$;若所費時間爲 t 秒者,則

$$D \text{ 點之速度} = \frac{\text{弧 } DD'}{t},$$

謂之 D 點之線速度 (Linear velocity)。同理

$$B \text{ 點之線速度} = \frac{\text{弧 } BB'}{t};$$

$$C \text{ 點之線速度} = \frac{\text{弧 } CC'}{t}.$$



而弧 $\widehat{DD'}$ 大於弧 $\widehat{BB'}$, 弧 $\widehat{BB'}$ 小於弧 $\widehat{CC'}$, 故 D 點之線速度, 大於 B 點之線速度; B 點之線速度, 小於 C 點之線速度也。如斯一物體上各點, 各以其不同線速度, 同時迴轉時, 欲以其上某一點之線速度決定全體運動之狀態, 實屬難能。然 D、B、C 在運動中所成圓弧 $\widehat{DD'}$ 、 $\widehat{BB'}$ 、 $\widehat{CC'}$ 所對之中心角, 則各無異。今若依此中心角, 定此迴轉體之速度, 最爲適當也明