

新實用物理學

薛鴻達編

民國三十七年八月初版
民國三十七年八月初版



新實用物理學（全一冊）

◎定價國幣五元二角

（郵運匯費另加）

編者 薛鴻達

發行人 李虞杰
中華書局股份有限公司代表

印刷者 上海澳門路八九號
中華書局永寧印刷廠

發行處 各埠中華書局

（14063X中）

例 言

(1) 本書和拙著日用物理學淺說是相輔的，在本書裏偏重於實用上必需的物理學原理的敘述，在日用物理學淺說裏偏重物理學的應用方面的說明，所以讀者最好將兩書參閱，

(2) 本書的取材，一方面將普通高中教科書的材料做一個綜合說明，以供複習的需要；一方面還採入比較深奧一些的材料，以供進修的需要。全書的系統，在可能中求其嚴正明晰，使讀者對於物理學的整個系統，有一個正確的觀念。

(3) 因為篇幅的限制，和不採用微分積分學的算式，所以許多地方的說明，祇示概括，不能周詳。

(4) 編寫時承劉遂生、張海珊、黃素封諸先生等給予指導與助力不少，特此謝謝。

新實用物理學目次

例 言

第一章 緒論	1
--------	---

第二章 質點力學	6
----------	---

第一節 運動	6
--------	---

第二節 運動的定律	13
-----------	----

第三節 質點的運動	19
-----------	----

第四節 功和能	26
---------	----

第三章 剛體力學	32
----------	----

第一節 剛體的運動	32
-----------	----

第二節 剛體的平衡	41
-----------	----

第四章 物性	46
--------	----

第一節 固體	46
--------	----

第二節 液體	53
--------	----

第三節 氣體	61
--------	----

第四節 表面張力和毛細管現象	65
----------------	----

第五章 熱學	70
--------	----

第一節 溫度和物質	70
-----------	----

第二節 熱量	75
--------	----

第三節 熱能和分子運動	79
-------------	----

第四節 狀態的變化	84
第六章 波動與聲學	91
第一節 振動和波動	91
第二節 聲	98
第七章 光學	112
第一節 光的反射和折射	112
第二節 稜鏡和透鏡	121
第三節 光的色散	130
第四節 光學儀器	133
第五節 光波	137
第六節 輻射波與輻射能	148
第八章 電磁學	154
第一節 磁性	154
第二節 電流與磁的關係	160
第三節 電流的性質	169
第四節 電流與熱的關係	178
第五節 電流的化學作用	180
第六節 電磁感應	183
第七節 電的本性	193
第八節 電流的本性	206
第九節 電磁波	212
第十節 真空放電與X射線	223
第十一節 放射性與原子構造	227

新實用物理學

第一章 緒論

1. 物理學 宇宙間的許多物體，都不絕地發生變化，從我們的感覺，便可認識這種種的自然現象 (natural phenomena)。把自然現象當做研究對象的學問，就是自然科學 (natural science)。在自然現象裏，關於力的作用，聲、熱、光、電、磁等的現象，稱做物理現象 (physical phenomena)。所謂物理學 (physics) 是把物理現象做研究對象的，所以是自然科學的一個分科。

在各種自然現象中，同因者必得同果，無論到何處，無論在何時，因與果恆有一定不易的關係。自然科學就是把這種種的因果律 (causality) 做基礎而建立的。物理學所研究的，便是各種物理現象的因果性，而以發見支配各種現象的少數概括和基本的因果律做目的。這樣的因果律，便是定律 (law)。

最初我們從感覺來認識各種現象的究竟，這稱做觀察 (observation)。自然界的現象，大都複雜萬分，往往幾種原因同時存在，難由觀察來認別清楚，所以更要進一步人爲的安排種種條件，使某一已知的原因所發生的結果，能够明白顯出，這稱做實

驗(experiment)。同時，我們對於觀察的結果有了一種解釋，也可以人爲的布置實驗，來加以證明。所以觀察和實驗，是物理學研究的基本方法。

物理現象是在空間的物質中間發生的，並且伴着時間的關係，所以空間(space)、時間(time)和物質(matter)，是物理學的三種基本觀念。物質具有空間的限界，能够認做一體的，稱做物體(body)。

2. 單位 在物理學中，用來區別大小多少的是各種的量(quantity)。選定某量做標準，來測計同種類的他量是這標準量的幾倍時，稱做量度(measurement)。選做標準量的，稱做這一類量的單位(unit)。

長度的單位 物理學中測計長度，是用巴黎國際度量衡局的米原器(standard meter)上刻出的二線間的距離做單位的，這種長度稱做1米(meter)。我國現在也採用國際度量衡制，把米特稱做公尺。因為便於民間的實際應用，又規定市用制，把1公尺分做3市尺。

名稱	仟 米	米	分 米	厘 米	毫 米
	kilometer	meter	decimeter	centimeter	millimeter
簡號	(公 里)	(公 尺)	(公 寸)	(公 分)	(公 釐)
	km.	m.	dm.	cm.	mm.
當量	1000米	1米	10^{-1} 米	10^{-2} 米	10^{-3} 米

1 微米(micron) = $1\mu = 10^{-6}$ 米 = 10^{-3} 毫米 (計算光的波長用)

1 毫微米(millimicron) = $1m\mu = 10^{-9}$ 米 (計算光的波長用)

質量的單位 物理學中測計質量，用巴黎國際度量衡局所

藏的仟克原器的質量做單位，這種質量稱做 1 仟克 (kilogram)。在 4°C 時純粹的水 1000 立方厘米 (c.c.) 的質量略等於 1 仟克。我國定 1 仟克的質量做公制的單位，稱做 1 公斤。在市用制中，1 公斤等於 2 市斤。

名稱	仟 克	克	分 克	厘 克	毫 克
	kilogram	gram	decigram	centigram	milligram
簡號	(公 斤)	(公 分)	(公 厘)	(公 毫)	(公 絲)
	kg.	g.	dg.	cg.	mg.
當量	1000克	1克	10^{-1} 克	10^{-2} 克	10^{-3} 克

在實際的應用上，還常採用英美制，有如下表：

長度	名稱	哩(mi)	碼(yd)	呎(ft)	吋(in.)	1米=3.281呎
		mile	yard	foot	inch	
進率	1760碼	3呎	12吋			1吋=2.54厘米
質量	名稱	噸(t.)	磅(lb.)	兩(oz)	喱(gr.)	1仟克=2.2磅
		ton	pound	ounce	grain	1磅=453.6克
進率	2240磅或 2000磅	16兩	437.5喱			1克=15.3喱

時間的單位 從太陽通過某地的子午線面，到再通過同一子午線面的時間，稱做 1 真太陽日 (true solar day)。在一年間的真太陽日是有些長短的，所以把一年間的真太陽日的平均值，即平均太陽日 (mean solar day) 當做時間的單位，稱做 1 日 (day)。

1 日 = 24 小時 (hour, h.) 1 小時 = 60 分 (minute, min.)
1 分 = 60 秒 (second, sec.)

角的單位 理論上用弧度 (radian) 做單位。實用上把度 (degree) 做單位。與半徑等長的圓弧在圓心所張的角度，稱做

1 弧度.

1 度或 $1^\circ = 60'$, 1 分(minute) 或 $1' = 60''$, 1 秒(second) $= 1''$,
 2π 弧度 $= 360^\circ$, 1 弧度 $= 57.3^\circ$, $1^\circ = 0.0175$ 弧度.

3. 基本單位和量的因次 在物理學上, 先定幾種量的單位做基本單位 (fundamental units), 其他種類的量的單位, 便可從這些基本單位導出, 稱做導出單位 (derived units). 例如長度的單位是基本單位, 面積就可把每邊單位長度的正方形的面積做單位, 所以是導出單位. 物理學上選定長度, 質量和時間三種單位做基本單位. 這三種單位連同所導出的單位, 總稱做絕對單位制 (system of absolute unit). 三種基本單位若是採用厘米、克和秒時, 便稱做 C. G. S. 單位制 (C. G. S. system).

面積的 C. G. S. 單位是平方厘米, 記做厘米²; 體積的 C. G. S. 單位, 是立方厘米 (c.c.), 記做厘米³. 1000 立方厘米特稱做升 (liter), 升便是我國標準制裏的公升, 也就是市用制中的市升.

像厘米², 厘米³ 那樣, 導出單位的大小是與基本單位的某冪數成比例的, 這冪數稱做因次 (dimension). 例如, 面積和體積的 C. G. S. 單位的因次, 就厘米說是 2 和 3. 普通用 L , M , 和 T 來分別代表長度, 質量和時間的單位, 任何種量的單位可由 $[L^x M^y T^z]$ 的形式來代表, x, y, z 是其因次. 例如:

$$[\text{面積}] = [L^2], \quad \text{體積} = [L^3]$$

這樣的式子, 稱做因次式 (dimensional formula). 角度的因次

式如下：設圓的半徑是 r ，長度是 s 的圓弧在圓心所張的角是 θ ，
那末

$$\theta = \frac{s}{r} \quad \therefore [\text{角}] = \left[\frac{\text{長度}}{\text{長度}} \right] = \left[\frac{L}{L} \right] = [L^0]$$

所以知道角的因次是零。

第二章 質點力學

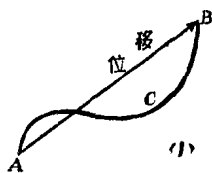
第一節 運動

4. 運動和位移 物體對於基準隨時間改變位置(position)的,稱做運動(motion),不改變的稱做靜止(rest)。物體端放在行駛的車中,對於車說,物體是靜止的,對於路旁的一根電柱說,物體是運動的,所以運動和靜止的觀念是相對的。普通所謂運動和靜止,是把地球當做基準的。

把物體當做一點看待,稱做質點(material point),質點持有質量卻沒有大小。例如地球那樣巨大的物體,在討論對於太陽的公轉運動時,常當做質點看待。像分子那末微小的物體,在討論原子結構時,卻不能當做質點看待了。把物體當做質點來討論運動,容易把複雜的事象簡化,因而容易明瞭狀況。

質點在運動中所經過的路徑,稱做運動路線(path of motion),路徑是直線的稱做直線運動(rectilinear motion),是曲線的,稱做曲線運動(curvilinear motion)。

質點在某時間中運動時(第1圖),最初取位置 A ,最後達位置 B ,那末聯結 A 、 B 的直線 AB 稱做在此時間內的位移(displacement)。 AB 的長度是位移的大小



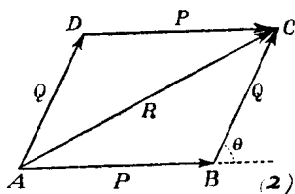
第1圖

(magnitude), 直線的方向是位移的方向 (direction), 位移是由 A 到 B , 或是由 B 到 A 的性質, 稱做位移的向性 (sense)。

有一點應該注意, 質點從 A 到 B , 不問實際所採取的路線怎樣, 祇要 A 和 B 的位置不改變, 那末位移 AB 的值也是不變的, 所以位移的因次是: $[\text{位移}] = [\text{長度}] = [L]$

5. 向量和純量 像位移那般的量, 有大小、方向和向性的, 稱做向量 (vector)。向量可以用直線來表示。直線按比例的长度代表向量的大小, 直線繪引的方向代表向量的方向, 另外用矢尖來表示向量的向性。像長度、質量等具有大小 (有正負的區別) 的量, 不具方向性的, 稱做純量或無向量 (scalar)。純量可以用通常的算學計算來處理, 向量卻需要特別的算法, 下節便是把位移來做計算的例。

6. 向量的合成和分解 質點做着大小是 P 和 Q 的二個位移時 (第 2 圖), 若從平行四邊形 $ABCD$ 的頂點 A 起, 順次位移或是同時並進, 都是達到點 C 。所以二個位移 P, Q 的結果, 與一個自 A 向 C 的位移 R 相同。於是得到向量的

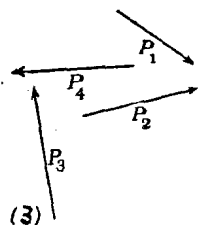


第 2 圖

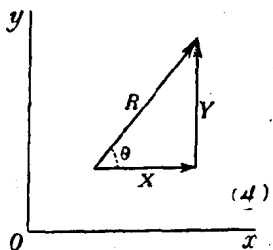
的平行四邊形定律 (law of parallelogram) 如下: 與二個向量的和相等的向量, 可由這二向量做二邊的三角形的第三邊來表示, 或是由做相隣二邊的平行四邊形的對角線來表示。

根據這方法類推, 幾個向量也可以合成 (composition) 一個

相等的合向量。例如(第3圖)中，向量 R 是向量 P_1, P_2, P_3, P_4 的合向量 (resultant)，同時， P_1, P_2, P_3, P_4 是向量 R 的分向量 (component)。



第3圖



第4圖

在第2圖中，設二位移的夾角是 θ ，那末

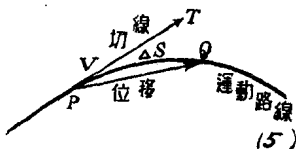
$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ \cos \theta}$$

若 $\theta = \frac{\pi}{2}$ ，那末 $R = \sqrt{P^2 + Q^2}$ 。

一個向量，可以分解 (resolution) 成幾個分向量。如第4圖向量 R 可以按直交軸的方向分解成 X, Y 兩個分向量。設 θ 是向量 R 與 X 軸的正方向間的夾角時，那末

$$X = R \cos \theta, \quad Y = R \sin \theta, \quad R = \sqrt{X^2 + Y^2}, \quad \tan \theta = Y/X$$

7. 速和速度 質點運動的快慢，從單位時間中的位移來表示。設質點在時間 Δt 中自 P 移到 Q (第5圖)，位移 PQ 通常與運動路線 PQ 並不一致。可是 Δt 次第變小時， Q 就與 P 趨近。路線



第5圖

PQ 也與位移 IQ 趨近。如果 Δt 是無限小 (瞬時), 那末路線 PQ 與位移 IQ 就可當做具有同樣的大小 Δs , 而且在運動路線的 P 點上的切線方向 PT , 可以當做位移的方向。此時以 Δt 除 Δs 得到的比率, 就是質點在 P 處的瞬時的狀況下, 單位時間內能够進行的距離 v , 也就是運動中的質點在 P 處的速 (speed)。

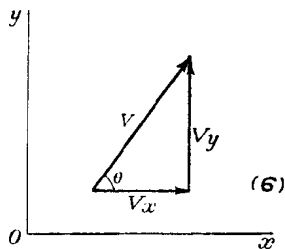
即
$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

如果質點不改變在 P 處那瞬時的運動方向和速, 那末質點在單位時間內便要按着切線 PT 的方向進行大小是 v 的位移。這種位移稱做運動中的質點在 P 處的速度 (velocity)。速是純量, 速度是向量, 但是速和速度的大小相同。根據這個定義, 所謂具有一定的速的運動, 可以是直線運動, 也可以是曲線運動。所謂具有一定速度的運動, 其方向必定是不變的, 祇限於直線運動才有一定速度。

速度既是向量, 也可按着平行四邊形定律去合成和分解。設速度 v 按着直交軸的方向分解而得的速度是 V_x, V_y , (第 6 圖), 那末

$$V_x = V \cos \theta \quad V_y = V \sin \theta$$

$$v = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad \tan \theta = V_y / V_x$$



第 6 圖

8. 等速運動 依據一定的速進行的直線運動, 稱做等速直線運動 (uniform rectilinear motion)。在這運動裏, 質點無

論在路線上的何處，在相等的時間內，常通過相等的距離。設速是 v ，那末在時間 t 內質點所動經的距離 s 是：

$$s = vt \quad \therefore v = s/t$$

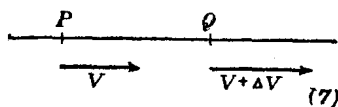
質點的運動路線是圓的，稱做圓運動 (circular motion)，其速是一定的，稱做等速圓運動。在等速圓運動裏，設速是 v ，圓半徑是 r ，那末質點循圓周一週所需要的時間 T ，是

$$T = 2\pi r/v$$

單位時間的迴轉數 n 是 $n = 1/T = v/2\pi r$ 。

設在時間 t 內質點所動經的距離是 s ，此 s 在圓心張的角是 θ ，那末 $s = vt$ ， $s = r\theta$ ， $\therefore v = r\theta/t$ 。

9. 加速度 在 Δt 的時間內，做直線運動的質點從 P 移到 Q ，(第7圖) 設其速度在 P 處是 v ，到 Q 處已增加 Δv 而變成 $(v + \Delta v)$ 。因為在 Δt 中，

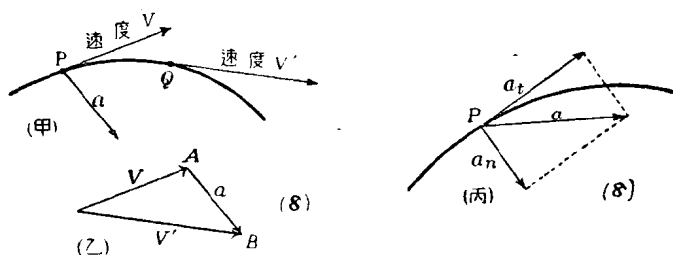


速度的變化可以是不一律的，所以把 Δt 除 Δv 所求得的單位時間內的速度變化程度的值 $\Delta v/\Delta t$ ，是在 Δt 時間內的平均加速度 (mean acceleration)。按照質點在 P 處的一瞬的速度增加 (減少) 的比率，在單位時間中所可增加 (減少) 的速度的值，稱做質點在 P 處的加速度 (減速度或負加速度)。在平均加速度 $\Delta v/\Delta t$ 內， Δt 愈小，便愈趨近此瞬時加速度的值。所以設加速度的值是 a 時，那末

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

加速度的方向就是直線運動的方向，其向性則由 a 值的正負決定。

做着曲線運動的質點，在時間 Δt 內，自 P 移到 Q (第 8 圖甲)，設其速度自 v 變到 v' ，那末如乙圖，可以用向量 AB 來表示速度自 v 變到 v' 的變化的大小和方向。於是此變化對於時間的比率的值是 $\overline{AB}/\Delta t$ ，方向是 AB 的方向。可是變化的大小和方向在 Δt 時間中，是隨時改變的。如果按照質點在 P 處的瞬時速度上的變化比率，來推求單位時間內要有怎樣的的速度變化，那便是質點在 P 處的加速度。設此加速度是向量 a ，則 a 的值是在 Δt 無限小時， $\overline{AB}/\Delta t$ 所取的值， a 的方向是那時 AB 所取的方向。在 P 處的速度，持有着曲線在 P 處的切線方向，但那裏的加速度的方向，普通與切線並不一致。



第 8 圖

加速度既是向量，也可按了 §6 的方法分解。設 P 處的加速度是 a (丙圖)，按照運動路線的切線和法線來分解時，得到兩分加速度 a_t, a_n ，那末 a_t 稱做切線加速度(tangential acceleration)， a_n 稱做法線加速度(normal acceleration)。若 a_n 是零，

那末質點依着切線方向做直線運動，所以 a_n 是具有改變運動方向的作用的。

速度的值，既是質點在單位時間中所經過的距離，所以其因次式如下：

$$\text{速度} = \frac{\text{距離}}{\text{時間}} \quad \therefore [\text{速度}] = \left[\frac{\text{長度}}{\text{時間}} \right] = [LT^{-1}]$$

在 C. G. S. 制中，速度的單位是厘米·秒⁻¹ (每秒厘米)。

加速度的值，是質點的速度在單位時間中的變化率，所以

$$\text{加速度} = \frac{\text{速度的變化}}{\text{時間}}$$

$$\therefore [\text{加速度}] = \left[\frac{\text{速度}}{\text{時間}} \right] = \left[\frac{LT^{-1}}{T^{-1}} \right] = [LT^{-2}]$$

在 C. G. S. 制中，加速度的單位是厘米·秒⁻² (每秒每秒厘米)。

10. 等加速直線運動 在直線運動中，加速度是增加的，稱做增速運動 (accelerated motion)。若是減少的稱做減速運動 (retarded motion)。加速度的值是一定的，稱做等加速直線運動 (uniformly acce. rect. motion)。設加速度是 a , (>0 , 且是定值)，在時間開始計算時的速度，即初速度 (initial velocity) 是 V_0 ，那末時刻 t 的速度 v 是：

$$v = V_0 + at \dots \dots \dots (1)$$

又設時刻 t_1, t_2 的速度各是 v_1, v_2 ，那末

$$V_1 = V_0 + at_1, \quad V_2 = V_0 + at_2,$$

$$\therefore a = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} \dots \dots \dots (2)$$