

高中物理公式整理

YOU, SHENG-YU

October 23, 2022

Contents

1	運動學	3
1.1	直線運動	3
1.2	圓周運動	4
2	靜力學	5
2.1	虎克定律(Hooke's Law)	5
2.2	力矩(Torque)	5
2.3	質心(Center of Mass)	5
2.4	靜摩擦力(Stiction)	5
3	牛頓力學	6
3.1	牛頓三大運動定律(Newton's law of motion)	6
3.2	動量(Momentum)	6
3.3	動摩擦力(Kinetic friction force)	6
3.4	簡諧運動(Simple Harmonic Motion, SHM)	7
3.5	萬有引力(F_G)	7
3.6	克卜勒行星三大運動定律 (Kepler's laws of planetary motion)	7
4	能量	8
4.1	位能	8
4.2	動能	8
4.3	功 v.s. 能	8
4.4	能量守恆定律	8
5	熱	9
5.1	溫標換算	9
5.2	熱功當量	9

5.3	熱量	9
5.4	熱能	9
5.5	氣體熱運動	9
6	波動與聲波	11
6.1	波(wave)	11
6.2	聲波(sound wave)	11
6.3	光波	11
7	電磁學	12
7.1	靜電學	12
7.2	靜磁學	12
7.3	電磁波	12
8	近代物理	14
8.1	能階	14
8.2	光電效應	14
8.3	氫原子	14

1 運動學

1.1 直線運動

- 速度(Speed)

- 平均速度

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t}$$

其中 $\Delta \vec{S} = S_2 - S_1$

- 瞬時速度

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

- 速率(Velocity)

- 平均速度

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$$

- 瞬時速度

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

- 加速度(Acceleration)

- 平均加速度

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

其中 $\Delta \vec{v} = v_2 - v_1$

- 瞬時加速度

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

- 等加速度

- 三大基本公式

$$v(t) = v_0 + at$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2aS$$

$$S = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

1.2 圓周運動

- 角頻率(Angular frequency)

$$\vec{w} = \frac{\Delta \vec{\theta}}{\Delta t}$$

其中 $\Delta \vec{\theta} = \theta_2 - \theta_1$

$$w = \frac{2\pi}{T}$$

其中 T 為週期

- 切向速率

$$v = rw$$

其中 r 為旋轉軌道半徑

- 向心加速度

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

- 向心力

$$F_c = ma_c = m \frac{v^2}{r} = mrw^2$$

2 靜力學

2.1 虎克定律(Hooke's Law)

$$\Delta F = -k\Delta x$$

其中 k 為彈力(彈簧)常數、 Δx 為伸長量

2.2 力矩(Torque)

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = rF \sin \theta$$

其中 θ 為 \vec{r} 和 \vec{F} 的夾角

2.3 質心(Center of Mass)

- 質心位置(\vec{r}_{CM})

$$\vec{r}_{CM} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots + m_n \vec{r}_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{k=1}^n m_k \vec{r}_k}{\sum_{k=1}^n m_k}$$

- 質心速度(\vec{v}_{CM})

$$\vec{v}_{CM} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{k=1}^n m_k \vec{v}_k}{\sum_{k=1}^n m_k}$$

2.4 靜摩擦力(Stiction)

$$f_s = \mu_s N$$

其中 μ_s 為靜摩擦係數、 N 為正向力

3 牛頓力學

3.1 牛頓三大運動定律(Newton's law of motion)

- 牛頓第一運動定律(慣性定律)

靜者恆靜，動者作等速度運動 \Rightarrow 物體保有原本的運動狀態

- 牛頓第二運動定律

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

- 牛頓第三運動定律(作用力 v.s. 反作用力)

\Rightarrow 大小相同、方向相反、作用在同一直線上但不同物體

3.2 動量(Momentum)

- 定義

$$\vec{p} = m\vec{v} \text{ or } \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

- 動量 v.s. 動能

$$K = \frac{p^2}{2m} \text{ or } p = \sqrt{2mK}$$

- 動量守恆定律(The conservation of momentum)

$$\text{當 } \vec{F} = 0 \text{ 則 } \frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} = 0$$

$$\Rightarrow p = \text{常數}$$

3.3 動摩擦力(Kinetic friction force)

$$f_k = \mu_k N$$

其中 μ_k 為動摩擦係數

3.4 簡諧運動(Simple Harmonic Motion, SHM)

- 位置

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

其中 A 為振幅、 ϕ 為相位角

- 速度

$$v(t) = -A\omega \sin(\omega t + \phi)$$

- 加速度

$$a(t) = -A\omega^2 \cos(\omega t + \phi) = -\omega^2 x(t)$$

3.5 萬有引力(F_G)

- 萬有引力公式

$$F = \frac{GMm}{R^2}$$

其中 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

- 重力加速度(g)

$$F = \frac{GMm}{R^2} = mg \Rightarrow g = \frac{GM}{R^2} \approx 9.83 \text{ m/s}^2$$

3.6 克卜勒行星三大運動定律 (Kepler's laws of planetary motion)

- 軌道定律

行星繞太陽運動，運行軌道為橢圓，且太陽為橢圓其中一焦點

- 等面積定律

行星繞太陽運動，在單位時間內掃過的面積相等

\Rightarrow 角動量守恆

- 週期定律

同一行星繞太陽公轉週期的平方及其軌道半徑的立方成正比

$$\Rightarrow \frac{R^3}{T^2} = \text{常數}$$

4 能量

4.1 位能

- 重力位能(Gravitational potential energy)

$$U_g = mgh$$

其中 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

- 彈力位能(Spring potential energy)

$$U_s = \frac{1}{2}kx^2$$

4.2 動能

- 動能(Kinetic energy)

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

4.3 功 v.s. 能

- 功(Work)

$$W = \vec{F} \bullet \vec{S} = FS\cos\theta$$

其中 θ 為 \vec{F} 和 \vec{S} 的夾角

- 功能定理(Work-kinetic energy theorem)

$$W = \Delta E_K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

- 功率(Power)

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

4.4 能量守恆定律

- 能量守恆定律(The conservation of energy)

$$U + K = \text{常數}$$

5 熱

5.1 溫標換算

- 華氏-攝氏

$$^{\circ}F = \frac{9}{5}(^{\circ}C - 32)$$

- 克氏-攝氏

$$K = 273.15 + ^{\circ}C$$

5.2 熱功當量

- 熱量-熱能

$$1cal = 4.18J$$

5.3 熱量

- 熱量(Heat)

$$\Delta H = ms\Delta T$$

其中 s 為比熱

5.4 熱能

- 熱能(Heat energy)

$$\Delta U = \Delta H \times 4.18$$

5.5 氣體熱運動

- 理想氣體方程式(The equation of ideal gas)

$$PV = nRT = Nk_B T$$

其中 $k_B = 1.38 \times 10^{-23} J/K$ 、
 $R = 8.31 J/mole K = 0.082 atm L/mole K$

- 波以耳定律(Boyle's law)
定溫下：

$$PV = \text{常數} \quad (P_1V_1 = P_2V_2)$$

- 定壓查理-給呂薩克定律
(Charles-Gay Lussac's law for constant pressure)
定壓下：

$$\frac{V}{T} = \text{常數}$$

- 定容查理-給呂薩克定律
(Charles-Gay Lussac's law for constant volume)
定容下：

$$\frac{P}{T} = \text{常數}$$

6 波動與聲波

6.1 波(wave)

- 分類
 - 橫波：介質振動方向和波行進方向垂直
 - 縱波：介質振動方向和波行進方向平行
- 波速

$$v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$$

6.2 聲波(sound wave)

- 波速

$$v = 331 + 0.6T$$

其中 T 為溫度

- 都卜勒效應(Doppler effect)

$$f' = \left(\frac{v \pm v_0}{v \mp v_s} \right) f$$

其中 f' 為觀測的頻率、 f 為發射源的頻率、

v_0 為觀察者相對於介質的移動速度、 v_s 為發射源相對於介質的移動速度

6.3 光波

- 反射定律(The law of reflection)

$$\theta_1 = \theta_2$$

其中 θ_1 為入射角、 θ_2 為反射角

- 斯乃耳定律(Snell's law)

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

其中 n_1 、 n_2 為兩個不同介質的折射率

其中 θ_1 、 θ_2 為兩個不同介質的折射角

7 電磁學

7.1 靜電學

- 庫倫定律(Coulomb's law)

$$F = \frac{kQq}{r^2}$$

其中 k 為庫倫常數 $= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

- 電場(Electric field)

$$E = \frac{kQ}{r^2} \text{ (對點電荷 } q \text{ 而言)}$$

7.2 靜磁學

- 磁場

– 無限長直導線

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

– 圓形線圈(中心)

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

– 螺線管(內部)

$$B = \mu_0 n I$$

7.3 電磁波

- 馬克士威方程式(Maxwell's equation)

– 積分型式

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q}{\epsilon_0} \text{ (高斯電定律)}$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \text{ (高斯磁定律)}$$

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\frac{\partial \Phi_B}{\partial t} \text{ (法拉第定律)}$$

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \Phi_E}{\partial t} \text{ (安培-馬克士威定律)}$$

– 微分型式

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = \mu_0 J + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$$

8 近代物理

8.1 能階

- 原子能階

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2}$$

其中 n 為原子處在的階層

(K 層 : $n = 1$ 、 L 層 : $n = 2 \dots$)

8.2 光電效應

- 光子能量

$$E = h\nu$$

其中 $h = 6.626 \times 10^{-34} J \cdot s$ 為普朗克常數 、 ν 為光子的頻率

- 功函數(W)

$$W = h\nu_0$$

其中 ν_0 為光子逸出的底限頻率

- 最大動能(K_{max})

$$K_{max} = h\nu - W = h(\nu - \nu_0)$$

8.3 氫原子

- 氫原子譜線

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

其中 $R = 1.097 \times 10^7 m^{-1}$ 為芮得柏常數