一、运动学

1．匀变速直线运动

⑴．加速度：$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$　　　速度变化：$\Delta v=v_2-v_1$

⑵．四个基本公式：

$$\begin{cases} v=v_0+at \\ x=v_0t+\frac{1}{2}at^2 \\ v^2-v_0^2=2ax \\ x=\frac{v_0+v}{2}t \end{cases}$$

⑶．三个平均速度

$$\begin{cases} \bar{v}=\frac{x}{t} \quad \text{（任何运动）} \\ \bar{v}=\frac{v_0+v}{2} \\ v_{\frac{t}{2}}=\bar{v}=\frac{v_0+v}{2} \end{cases}$$

⑷．两个推论

匀变速判别式
$$\begin{cases} \Delta x=aT^2 \\ x_m-x_n=(m-n)aT^2 \end{cases}$$

位移中点　$v_{\frac{x}{2}}=\sqrt{\frac{v_0^2+v^2}{2}}$　（$v_{\frac{x}{2}}>v_{\frac{t}{2}}$）

⑸．六个比例关系

等 t

- $v=at$　速度比　**1:2:3:　······:n**
- $x=\frac{1}{2}at^2$　位移比　**1:4:9:　···:n^2**
- 每一段位移比　**1：3：5：······：（2n-1）**

等 x

- $v^2=2ax$　速度比　**1:**$\sqrt{2}$ **:** $\sqrt{3}$ **:　······:** $\sqrt{n}$
- $x=\frac{1}{2}at^2$　时间比　**1:** $\sqrt{2}$ **:** $\sqrt{3}$ **:　······:** $\sqrt{n}$
- 每一段时间比　**1：**（$\sqrt{2}$-1）：（$\sqrt{3}$-$\sqrt{2}$）：**······:**（$\sqrt{n}$-$\sqrt{n-1}$）

⑹．自由落体

$$\begin{cases} v=gt \\ h=\frac{1}{2}gt^2 \\ v^2=2gh \end{cases}$$

⑺．上抛运动

(向上为正）

$$\begin{cases} v=v_0-gt \\ h=v_0t-\frac{1}{2}gt^2 \\ v^2=-2gh \end{cases}$$

2．小船过河

渡河时间：$t=\frac{d}{v_{船}\sin\theta}$　　　　最短时间：$t=\frac{d}{v_{船}}$

渡河位移：
$$\begin{cases} v_{水}<v_{船}\begin{cases} S=d \\ \cos\theta=\frac{v_{水}}{v_{船}} \end{cases} \\ v_{水}>v_{船}\begin{cases} S=\frac{d}{\cos\theta} \\ \cos\theta=\frac{v_{船}}{v_{水}} \end{cases} \end{cases}$$

3．平抛运动

⑴．速度关系 $\begin{cases} v_x=v_0 \\ v_y=gt \end{cases}$　　$v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}\begin{cases} v\cos\theta=v_x \\ v\sin\theta=v_y \end{cases}$　速度角：$\tan\theta=\frac{v_y}{v_x}=\frac{gt}{v_0}$

⑵．位移关系 $\begin{cases} x=v_0t \\ y=\frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$　　$s=\sqrt{x^2+y^2}\begin{cases} s\cos\theta=x \\ s\sin\theta=y \end{cases}$　位移角：$\tan\alpha=\frac{y}{x}=\frac{gt}{2v_0}$

$\tan\theta=2\tan\alpha$

4．圆周运动

⑴．周期、频率、转速关系：$T=\frac{1}{f}=\frac{1}{n}$

⑵．线速度：$v=\frac{\triangle L}{\triangle t}=\frac{2\pi r}{T}=2\pi rf=2\pi rn$

⑶．角速度：$\omega=\frac{\triangle\theta}{\triangle t}=\frac{2\pi}{T}=2\pi f=2\pi n$

$v=\omega r$

⑸．向心加速度：$a_n=v\omega=\frac{v^2}{r}=r\omega^2$

⑹．向心力：$F_n=mv\omega=m\frac{v^2}{r}=mr\omega^2$

$F_n=ma_n$

5．天体运动

⑴．两个定律

开普勒行星运动定律：

第二定律：$\frac{v_{近}}{v_{远}}=\frac{r_{远}}{r_{近}}$

第三定律：椭圆 $\frac{a^3}{T^2}=K$

圆 $\frac{r^3}{T^2}=K$

⑵．地面物体

两极：$G\frac{Mm}{r^2}=mg_0$

赤道：$G\frac{Mm}{r^2}-mg=mr\omega^2$

⑶．圆模型

环绕速度：$v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$

- 第一宇宙速度：$v_1=\sqrt{\frac{GM}{R}}$　$v_1=7.9km/s$
  $v_1=\sqrt{g_0R}$
- 第二宇宙速度：$v_2=\sqrt{2}v_1$　$v_2=11.2km/s$
- 第三宇宙速度：　$v_3=16.7km/s$

环绕角速度：$\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$

环绕周期：$T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$　（$\frac{r^3}{T^2}=\frac{GM}{4\pi^2}$）

天体密度：$\rho=\frac{M}{V_{体积}}$，$V_{体积}=\frac{4}{3}\pi R^3$　$\rho=\frac{3\pi}{GT^2}$

向心加速度：$g=\frac{GM}{r^2}$

- 天体表面加速度：$g_0=\frac{GM}{R^2}$　（地表）
  $g_0=\frac{4}{3}\pi G\rho R$　（地表、地下）
- 黄金代换：　$GM=g_0R^2$

⑶．双星系统　$\omega_1=\omega_2$

- $\frac{m_1}{m_2}=\frac{r_2}{r_1}=\frac{v_2}{v_1}$
- $T=2\pi\sqrt{\frac{L^3}{G(M_1+M_2)}}$

⑷．天体追及（每隔相同时间有一次最近或最远）

最近：　$\theta_A-\theta_B=2\pi \Longrightarrow (\omega_A-\omega_B)t=2\pi \Longrightarrow \frac{1}{T_A}-\frac{1}{T_B}=\frac{1}{t}$

最远：　$\theta_A-\theta_B=\pi \Longrightarrow (\omega_A-\omega_B)t=\pi \Longrightarrow \frac{1}{T_A}-\frac{1}{T_B}=\frac{1}{2t}$

6．带电粒子在匀强电场中运动

⑴．**V∥E**　匀变速直线　　加速：$qU=\triangle E_k$

⑵．**V⊥E**　匀变速曲线　　偏转：类平抛运动

- $x=v_0t$
- $y=\frac{1}{2}at^2$
- $a=\frac{qE}{m}=\frac{qU}{md}$

7．带电粒子在匀强磁场中运动

(1)．**V∥B** 匀速直线

(2)．**V⊥B** 匀速圆周

- 半径：$Bqv = m\frac{v^2}{R}$ ⟹ $R = \frac{mv}{Bq} = \frac{\sqrt{2mE_K}}{Bq}$
- 周期：$v = \frac{2\pi R}{T}$ ⟹ $T = \frac{2\pi m}{Bq}$
- 在磁场中运动时间：$t = \frac{\theta}{360}T$

8．带电粒子在复合场中运动

速度选择器： $Bqv = qE$ ⟹ $v = \frac{E}{B}$

霍尔元件 $Bqv = qE = q\frac{U}{d}$ ⟹ $U = Bdv$

磁流体发电机 $Bqv = qE = q\frac{U}{d}$ ⟹ $U = Bdv$

9．带电粒子在组合场中运动

质谱仪 速度选择器 **V** 相同

在磁场偏转 $R = \frac{mv}{Bq} = \frac{\sqrt{2mE_K}}{Bq}$ 比荷$\frac{q}{m}$越大，**R** 越小

回旋加速器 在电场中加速 $qU = \Delta E_k$

在磁场中偏转 $R = \frac{mv}{Bq} = \frac{\sqrt{2mE_K}}{Bq}$ 比荷$\frac{q}{m}$、**B**、**R** 越大，离开时动能越大，与 **U** 无关

二、力学、牛顿定律

1．重力、万有引力

- 重力： $G = mg$
- 万有引力：$F_{万} = G\frac{Mm}{r^2}$

2．弹力:胡克定律： $F_{弹} = k\Delta x$

3．摩擦力:滑动摩擦力：$F_{动} = \mu F_N$

4．电场力：

- $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$
- $F = qE$

5．安培力：

- $B \perp I$ $F_{安} = BIL$
- $B \parallel I$ $F_{安} = 0$
- B 和 I 有夹角 θ $F_{安} = BIL\sin\theta$

6．洛伦兹力：

- $B \perp v$ $f_{洛} = Bqv$
- $B \parallel v$ $f_{洛} = 0$
- B 和 v 有夹角 θ $f_{洛} = Bqv\sin\theta$

7．牛顿第二定律： $F_{合}=ma_{合}\begin{cases}F_x=ma_x\\F_y=ma_y\end{cases}$

三、功能、动量

1． 功： $W=FL\cos\theta$ （恒力）

合外力功： $\begin{cases}W_{合}=F_{合}L\cos\theta & （恒力）\\W_{合}=W_1+W_2+\cdots & （代数和）\end{cases}$

冲量： $I=Ft$

合外力冲量： $\begin{cases}I_{合}=F_{合}t & （恒力）\\I_{合}=I_1+I_2+\cdots & （矢量和）\end{cases}$

$p^2=2mE_k$

2． 动能： $E_K=\frac{1}{2}mv^2$

动能变化： $\Delta E_K=E_{K_2}-E_{K_1}$

动量： $P=mv$

动量变化： $\triangle P=P_2-P_1$

3． 动能定理： $W_{合}=\Delta E_K$

动量定理： $I_{合}=\triangle P$

4． 机械能守恒： $\begin{cases}E_1=E_2\\\triangle E_k=-\triangle E_P\\\triangle E_A=-\triangle E_B\end{cases}$

动量守恒定律 $\begin{cases}P_1=P_2\\\triangle P_1=-\triangle P_2\end{cases}$

5． 功率： $\begin{cases}P=\frac{W}{t} & \text{(平均功率)}\\P=Fv\cos\theta & \text{（平均功率和瞬时功率）}\end{cases}$

6． 机车启动（水平面启动）

⑴．匀速阶段：求阻力或最大速度 $\begin{cases}a=0 \quad v_{最大}\\P=fv_m\end{cases}$

⑵．变加速阶段：求速度或加速度 $\begin{cases}P=Fv\\F-f=ma\end{cases}$

⑶．匀加速阶段：求匀加速阶段末速度、时间、位移 $\begin{cases}P=Fv\\F-f=ma\end{cases}$

⑷．变加速阶段：求位移或时间 $\quad Pt-fx=\frac{1}{2}mv_m^2$

匀加速+变加速阶段：求位移或时间 $\quad \frac{P}{2}t_1+Pt_2-f(x_1+x_2)=\frac{1}{2}mv_m^2$

7. 重力的功：$W_G = mgh$

重力的功率：
- 平均功率：$P_G = \frac{W_G}{t}$；$P_G = mg\bar{v}_y$
- 瞬时功率 $P_G = mgv_y$

8.
- 重力势能：$E_P = mgh$
- 弹性势能：$E_P = \frac{1}{2}kx^2$

9. 功能关系

<u>动能变化</u>由与<u>合外力功</u>决定： ⟹ $W_{合} = \Delta E_K$

<u>重力势能变化</u>由<u>重力功</u>决定： ⟹ $W_G = -\Delta E_P$

<u>弹性势能变化</u>由<u>弹力功</u>决定： ⟹ $W_{弹} = -\Delta E_P$

<u>电势能变化</u>由<u>电场力功</u>决定： ⟹ $W_{电} = -\Delta E_P$

<u>机械能变化</u>由<u>除 **G**（弹）外其它力功</u>决定： ⟹ $W_{除G(弹)外其他力} = \Delta E$

摩擦生热（内能）由一对动摩擦合功决定： ⟹ $Q_{热} = f \cdot S_{相对}$

10. 斜面上摩擦力的功（条件：当 $f_{动} = \mu mg\cos\theta$ 时）$W_f = -\mu mgL_{水平}$

11. 关联速度：沿绳、沿杆、垂直接触面方向速度相等

12. 机械能守恒时：$\Delta E = \Delta E_K + \Delta E_{P_G} + \Delta E_{P_{弹}}$　　求某两个能量之和的变化时寻找第三个能量变化

13. 弹性碰撞时：运动小球 v_0 与静止小球正碰，碰后两球速度

$$v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v_0$$

$$v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}v_0$$

14. 人船模型：

$$m_{人}x_{人} = m_{船}x_{船}$$

$$x_{人} + x_{船} = L_{相对}$$

四、电场

1．电场强度：

- $E=\frac{F}{q}$（定义式）（任何电场）
- $E=k\frac{Q}{r^2}$（决定式）（点电荷电场）
- $E=\frac{U}{d}$（匀强电场）

2．电势：

- $\varphi_A=\frac{E_{P_A}}{q}$（定义式）
- $\varphi_A=U_{AB}$　$\varphi_B=0$

3．电势差：

- $U_{AB}=\frac{W_{AB}}{q}$（定义式）
- $U_{AB}=\varphi_A-\varphi_B$
- $U=Ed$（d:沿电场方向距离或等势面间距离）

4．电势能：

- $E_{P_A}=\varphi_A q$
- $E_{P_A}=W_{AB}$　$\varphi_B=0$

5．电场力的功：

- $\mathrm{W}_{\mathrm{AB}}=qU_{AB}$　任何电场
- $\mathrm{W}=qEd$　匀强电场
- $\mathrm{W}_{\mathrm{AB}}=-\Delta E_P$　正功势能减少，负功势能增加

6．电容：

- $C=\frac{Q}{U}=\frac{\Delta Q}{\Delta U}$（定义式）（任何电容器）
- $C=\frac{\varepsilon s}{4\pi kd}$（决定式）（平行板电容器）

7．将三个电荷放在一条直线上

- 使三个电荷都平衡：两同夹异，两大夹小
- 使第三个电荷 Q_3 平衡：同种放中间，异种放外侧，离电量小的近，正负均可
- Q_3 平衡条件　$\frac{Q_1}{r_1^2}=\frac{Q_2}{r_2^2}$

五、恒定电流

1．电流：

- $I=\frac{q}{t}$（定义式）
- $I=nqvs$（微观表达式）

2．电阻：

- $R=\frac{U}{I}$（定义式）
- $R=\rho\frac{L}{S}$（决定式）

3．电动势和电势差

- $U=\frac{W_{静电力}}{q}$（定义式）
- $E=\frac{W_{非静电力}}{q}$（定义式）

4．串并联电路特点

串联：$\begin{cases} I_1 = I_2 \\ U = U_1 + U_2 \\ R = R_1 + R_2 \end{cases}$ $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$ 并联 $\begin{cases} U_1 = U_2 \\ I = I_1 + I_2 \\ \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \end{cases}$ $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$

5．部分电路欧姆定律： $I = \frac{U}{R}$ （纯电阻电路）

6．闭合电路欧姆定律

$\begin{cases} \text{伏安：} E = U_{内} + U_{外} \Longrightarrow U_{外} = E - Ir \\ \text{伏阻：} \frac{U}{E} = \frac{R}{R+r} \Longrightarrow \frac{1}{U} = \frac{r}{E} \bullet \frac{1}{R} + \frac{1}{E} \\ \text{安阻：} I = \frac{E}{R+r} \Longrightarrow \frac{1}{I} = \frac{1}{E}R + \frac{r}{E} \end{cases}$

$\begin{cases} P_{电源} = EI \\ P_{外} = U_{外}I \text{（电源输出功率）} \quad P_{电源} = P_{内} + P_{外} \quad \text{效率：} \eta = \frac{P_{外}}{P_{电源}} = \frac{U}{E}\text{（任何电路）} = \frac{R}{R+r}\text{（纯电阻）} \\ P_{内} = U_{内}I = I^2 r = \frac{U_{内}^2}{r} \end{cases}$

7．功率极值：当 $R_{外} = r_{内}$ 时输出功率最大 $P_{输出} = \frac{E^2}{4r}$

9.改装表 $\begin{cases} \text{改 A 表：并联一个 } R = \frac{1}{n-1}R_g \\ \text{改 V 表：串联一个 } R = (n-1)R_g \end{cases}$

8.电功、电功率、热功、热功率

⑴.纯电阻 $P_{电} = P_{热} = UI = I^2R = \frac{U^2}{R}$

$W_{电} = W_{热} = UIt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t$

⑵.非纯电阻

$P_{电} = P_{热} + P_{其他} \begin{cases} P_{电} = UI \\ P_{热} = I^2R \\ P_{机械} = Fv \end{cases}$ $W_{电} = W_{热} + W_{其他} \begin{cases} W_{电} = UIt \\ W_{热} = I^2Rt \\ W_{机械} = FL\cos\theta \end{cases}$

六、磁场、电磁感应

1．磁通量 $\begin{cases} B \perp S \quad \varphi = BS \\ B \parallel S \quad \varphi = 0 \\ \text{B 和 S 有夹角} \quad \varphi = BS\sin\theta \end{cases}$

2. 磁通量变化 $\triangle\varphi=\varphi_2-\varphi_1$

- B 变化　$\triangle\varphi=\triangle B\cdot S$
- S 变化　$\triangle\varphi=B\cdot\triangle S$
- B 与 S 变化　$\triangle\varphi=B_2S_2-B_1S_1$

3. 磁通量变化率 $\frac{\triangle\varphi}{\triangle t}$

- B 变化　$\frac{\triangle\varphi}{\triangle t}=\frac{\triangle B\cdot S}{\triangle t}$
- S 变化　$\frac{\triangle\varphi}{\triangle t}=\frac{B\cdot\triangle S}{\triangle t}$
- B 与 S 变化　$\frac{\triangle\varphi}{\triangle t}=\frac{B_2S_2-B_1S_1}{\triangle t}$

4. 感应电动势

- $E=n\frac{\triangle\varphi}{\triangle t}$
- $E=nBLv\sin\theta$
  - n=1 且 B L V 三者垂直　$E=BLv$
  - n=1 且 B L V 其中两个有夹角　$E=BLv\sin\theta$

5. 自感电动势: $E=L\frac{\triangle I}{\triangle t}$

6. 感应电流受到的安培力:

- 大小:
  - $F_{安}=BIL$
  - $I=\frac{E}{R_{总}}$　　$F_{安}=\frac{B^2L^2v}{R_{总}}$
  - $E=BLv$
- 方向：与切割方向相反

7. 电磁感应现象中的电量:

- $E=n\frac{\triangle\varphi}{\triangle t}$
- $I=\frac{q}{t}$　　$q=n\frac{\triangle\varphi}{R_{总}}$
- $I=\frac{E}{R_{总}}$

8. 电磁感应现象中的安培力功率和电路电功率:

$$\begin{cases} P_{电}=P_{热}=P_{安}=\frac{B^2L^2v^2}{R_{总}} \\ W_{电}=Q_{热}=-W_{安} \\ \frac{Q_{外}}{Q_{总}}=\frac{R}{R_{总}} \end{cases}$$

七、交变电流

1 正弦式交变电流

⑴. 瞬时值

$$\begin{cases} \text{电流：} & i=I_m\sin\omega t \ \text{（从中性面开始）} \\ \text{电压：} & u=U_m\sin\omega t \ \text{（从中性面开始）} \\ \text{电动势：} & E=E_m\sin\omega t \ \text{（从中性面开始）} \end{cases}$$

⑵. 最大值

$$\begin{cases} I_m=\frac{E_m}{R_{总}} \\ U_m=\frac{R_{外}}{R_{总}}E_m \\ E_m=nBS\omega \end{cases}$$

⑶. 有效值

$$\begin{cases} \text{正弦式交流电} \begin{cases} I_{有}=\frac{I_m}{\sqrt{2}} \\ U_{有}=\frac{U_m}{\sqrt{2}} \\ E_{有}=\frac{E_m}{\sqrt{2}} \end{cases} \\ \text{非正弦式交流电} \ Q_{直流}=Q_{交流} \begin{cases} I_{有}^2RT=I_1^2Rt_1+I_2^2Rt_2+\ldots\ldots \\ \frac{U^2}{R}T=\frac{U_1^2}{R}t_1+\frac{U_2^2}{R}t_2+\cdots\cdots \end{cases} \end{cases}$$

⑷. 平均值

$$\overline{E}=n\frac{\triangle\varphi}{\triangle t}\begin{cases} 0\text{---}\frac{T}{4} & \overline{E}=\frac{2}{\pi}nBS\omega \\ 0\text{---}\frac{T}{2} & \overline{E}=\frac{2}{\pi}nBS\omega \\ 0\text{---}\frac{3T}{4} & \overline{E}=\frac{2}{3\pi}nBS\omega \\ 0\text{---}T & \overline{E}=0 \end{cases}$$

2. 变压器规律

⑴. 电压：$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$ (一原一副)

⑵. 电流：$\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$ (一原一副)

⑶．功率：$P_{入} = P_{出}$

3. 远距离输电

$$\begin{cases} P_{输入} = P_{损失} + P_{用户} \\ P_{损} = \mathrm{I}^2 r = (\frac{P}{U})^2 r \\ U_{损} = \mathrm{I}r = (\frac{P}{U})r \end{cases}$$

八、振动、机械波、光、光电效应、原子核、气体

1. 简谐运动

回复力：$\mathrm{F} = -kx$

表达式：$x = A\sin(\omega t + \phi)$

2. 单摆周期公式：$\mathrm{T} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

3. 波速公式：$v = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$

4. 波的干涉（振动同步）到振源路程差满足

$$\begin{cases} 加强区：\Delta \mathrm{x} = 2n \cdot \frac{\lambda}{2} & (半波长偶数倍) \\ 减弱区：\Delta \mathrm{x} = (2n+1) \cdot \frac{\lambda}{2} & (半波长奇数倍) \end{cases}$$

5. 折射率：$\mathrm{n} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\mathrm{c}}{v}(\frac{真空}{介质})$

全反射临界角：$\sin C = \frac{1}{n}$

6. 双缝干涉条纹间距：$x = \frac{L}{d}\lambda$

7. 能量子：$\varepsilon = \mathrm{h}\gamma = h\frac{c}{\lambda}$

8. 德布罗意波：$\lambda = \frac{h}{P}$

9.

$$\begin{cases} 爱因斯坦光电效应方程：\begin{cases} E_k = h\gamma - W_0 \\ 逸出功：W_0 = \mathrm{h}\gamma_0 = h\frac{c}{\lambda_0} \end{cases} \\ 爱因斯坦质能方程：E = \triangle mc^2 \end{cases}$$

10. 半衰期剩余质量：$m = \frac{1}{2^n} m_0$

11. 跃迁：$E_{光子}=E_m-E_n$

能级：$\mathrm{E_n}=\frac{1}{n^2}E_1$

半径：$\mathrm{r_n}=n^2r_1$

12．理想气体状态方程：$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

- 等温变化 $P_1V_1=P_2V_2$
- 等压变化 $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$
- 等容变化 $\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}$

13．热力学第一定律：$\Delta U=W+Q$