

## 高中物理基础知识和基本公式总结

晋机中学高级教师 王东升 编辑整理

### 力学部分

#### 一、高中阶段常见的几种力

1. 重力： $G = mg$  ( $g$  随高度、纬度而变化) 方向：竖直向下

2. 弹力：

产生条件：两个物体接触并发生形变

常见的几种弹力：

(1) 压力、支持力：方向与支持面垂直

(2) 细线的拉力：方向沿着绳

(3) 弹簧力： $F = kx$  ( $k$ —弹簧的劲度系数、 $x$ —弹簧的形变量) ——胡克定律

(4) 杆的弹力：大小和方向需结合物体的运动状态由力的平衡条件或牛顿第二定律确定。

3. 摩擦力：

滑： $f = \mu N$  方向：与物体相对运动方向相反

静：大小： $0 < f \leq f_m$  方向：与物体相对运动趋势方向相反

大小、方向一般需由力的平衡条件或牛顿第二定律计算确定。

最大静摩擦力  $f_m$ ：一方面指明了静摩擦力变化的范围，另一方面也指明了使静止的物体运动起来所需的最小作用力。

说明：

a、摩擦力可以与运动方向相同，也可以与运动方向相反，还可以与运动方向成一定夹角。

b、摩擦力可以作正功，也可以作负功，还可以不作功。

c、静止的物体可以受滑动摩擦力的作用，运动的物体可以受静摩擦力的作用。

4. 万有引力： $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  ——万有引力定律 (适用于两个质点或均匀球体)

5. 库仑力： $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$  (库仑定律——真空中两个点电荷之间的相互作用力)

6. 电场力： $F = qE$

方向： $+q$  的受力方向与电场方向相同

$-q$  的受力方向与电场方向相反

7. 安培力： $I // B$  时  $F = 0$

$I \perp B$  时  $F = BIL$  方向： $F$  与  $B$ 、 $I$  垂直，由左手定则判断

8. 洛伦兹力： $v = 0$  或  $v // B$  时  $f = 0$

$v \perp B$  时  $f = Bqv$

方向： $f$  与  $B$ 、 $v$  垂直， $+q$  所受  $f$  的方向由左手定则判断， $-q$  所受  $f$  的方向与  $+q$  相反。

注意：洛伦兹力对带电粒子不做功。

#### 二、基本的运动模型

1. 匀速直线运动： $v$  不变  $s = vt$   $a = 0$

2. 匀变速直线运动： $v$  均匀变化  $a$  不变

(1) 基本公式：

$$v = v_0 + at$$

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

$$v^2 - v_0^2 = 2as$$

$$v = \frac{v_0 + v_t}{2}$$

注意：1. 选  $v_0$  为正方向，则：匀加速： $a > 0$  匀减速： $a < 0$

2. ( $v_0$ 、 $v$ 、 $s$ 、 $a$ 、 $t$ ) 五个物理量中，已知其中的三个可求出另外两个。

——知三求二

(2) 重要结论：

①时间中点： $v_{t/2} = \frac{v_0 + v_t}{2}$

②位移中点： $v_{s/2} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_t^2}{2}}$

③连续相等的时间  $T$  内，相邻的两个位移之差是一个定值。

$$\Delta s = aT^2$$

④ $v_0 = 0$  的匀加速直线运动

时间等分：

1s 末、2s 末、3s 末……

$$v_1 : v_2 : v_3 \dots = 1 : 2 : 3 \dots$$

$$s_1 : s_2 : s_3 \dots = 1^2 : 2^2 : 3^2 \dots$$

第 1s 内、第 2s 内、第 3s 内……

$$s_1 : s_{II} : s_{III} \dots = 1 : 3 : 5 \dots$$

位移等分：

通过连续相等的位移

$$v_1 : v_2 : v_3 \dots = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} \dots$$

$$t_1 : t_2 : t_3 \dots = 1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) \dots$$

(3) 自由落体运动： $v_0 = 0$   $a = g$

$$v = gt$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$v^2 = 2gh$$

落地时间  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

(4) 竖直上抛运动： $v_0 \neq 0$  方向竖直向上

$$a = g$$

上升的最大高度： $H = \frac{v_0^2}{2g}$

落地时间： $t = \frac{2v_0}{g}$

3. 平抛运动：水平方向：匀速直线运动；竖直方向：自由落体运动。

实质：加速度为  $g$  的匀变速曲线运动

$t$  时刻的速度

$$v_x = v_0$$

$$V_y = gt$$

$$V = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad \text{方向:} \quad \tan \theta = v_y/v_x$$

t 时刻的位置

$$x = V_0 t$$

$$y = \frac{1}{2} g t^2$$

飞行时间  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$  与抛出时的水平初速度  $v_0$  无关, 只与抛出高度  $h$  有关。

水平位移  $s = V_0 t = V_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$  ——由  $V_0$  和  $h$  共同决定。

4. 匀速圆周运动: 速率大小不变, 但方向时刻变化。

$$(1) \text{ 线速度 } v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f = 2\pi r n$$

$$\text{角速度 } \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = 2\pi n$$

$$\text{关系: } v = \omega r$$

$$(2) \text{ 向心加速度: } a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

a 的大小不变, 方向时刻指向圆心。故, 匀速圆周运动是变加速运动。

$$\text{向心力: } F = m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r$$

(3) 物体做匀速圆周运动的条件:  $F_{\text{合}} = F_{\text{向}}$

$F_{\text{合}} > F_{\text{向}}$  时, 近心运动

$F_{\text{合}} < F_{\text{向}}$  时, 离心运动

(4) 物体在竖直平面内做圆周运动的条件:

绳系小球 (无支撑):

$$\text{最高点的速度: } v_{\min} = \sqrt{Rg} \quad \text{最低点的速度: } v_{\min} = \sqrt{5Rg}$$

杆端固定小球 (有支撑):

$$\text{最高点的速度: } v_{\min} = 0$$

5. 简谐运动:

(1) 回复力:  $F = -kx$  方向: 与物体偏离平衡位置位移  $x$  的方向相反, 而总是指向平衡位置。

$$\text{加速度: } a = -\frac{kx}{m} \quad \text{方向与 } F \text{ 相同}$$

(2) 简谐振动系统:  $T$ 、 $f$  (固有周期、固有频率) 与振幅  $A$  无关, 由振动系统本身决定。

弹簧振子: 回复力由弹簧力提供。

单摆: 回复力由重力的切向分力提供。

周期  $T$  与振幅  $A$ 、摆球质量  $m$  无关。(单摆的等时性)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

(3) 受迫振动: 稳定后的  $f_{\text{受迫}}$  与驱动力的  $f_{\text{驱}}$  相同。

当  $f_{\text{驱}} = f_{\text{固}}$  时, 发生共振——物体做受迫振动的振幅最大。

6. 机械波:

(1) 波的形成: 波源处质点的振动带动相邻质点发生振动, 每一个质点只在各自的平衡位置附近振动, 并不随波迁移。同一时刻不同质点的位移不同, 形成波形。

形成条件：有波源、有介质。

波的种类：横波：有波峰、波谷

纵波：有疏部、密部

(2) 波的传播：波的传播是机械振动在介质中的传播，也是波形的平移，也是能量的一种传播形式。

波在一个周期内传播一个波长，波形重复出现一次。(空间周期性反映着时间周期性)

$$v = \lambda / T = \lambda f$$

波速  $v$  由介质本身的性质决定，频率由波源决定。

波从一种介质进入另一种介质时， $f$  不变， $v$  改变，导致  $\lambda$  改变。

机械波在固体中传播最快，在气体中传播最慢。

(3) 质点的振动特点：

沿着波的传播方向：上坡下 下坡上

每一个质点的起振方向都与波源处质点的起振方向相同。后边质点的振动总比前面质点的振动晚一些。

相距  $n\lambda$  的两个质点振动总是同步，相距  $n\lambda + 1/2\lambda$  的两个质点振动总是反向。

(4) 波的干涉——波的叠加的特例

波的干涉的必要条件：两列波的  $f$  相同

干涉图样：有的质点的振动总是加强，有的质点的振动总是减弱，并且振动加强区与减弱区互相隔开。

振动加强点的振幅  $A_1 + A_2$ ，振动减弱点的振幅  $A_1 - A_2$

(5) 波的衍射：发生明显衍射的条件：障碍物的尺寸、缝、孔的宽度  $D$  与波长  $\lambda$  差不多或比  $\lambda$  更小。

7. 常用的一些结论：

(1) 末速度为零的匀减速运动反过来可作为初速度为零的匀加速运动处理。

(2) 注意“刹车陷阱”：给出的时间大于滑行时间。

(3) 运动图象： $v-t$  图中：面积=位移

斜率=加速度

$s-t$  图中：斜率=速度

(4) 物体沿光滑斜面下滑  $a = g \sin \theta$

物体沿斜面匀速下滑  $\mu = \tan \theta$

物体在水平面上滑行  $a = -\mu g$

(5) 追击问题中，二者速度相等时，间距取极值。(极大或极小)

(6) 一般  $a = 0$  时， $v$  最大。

(7) 汽车启动问题：发动机的功率  $P = F_{\text{牵}} v$

额定功率启动时， $P$  不变，变加速运动。

$v \uparrow \rightarrow F \downarrow \rightarrow a \downarrow \rightarrow F = f$  时， $a = 0, v$  最大， $v_m = \frac{P}{f} \rightarrow$  以  $v_m$  匀速运动

恒力启动时， $F$  不变，先匀加速，再变加速，后匀速。

$v \uparrow \rightarrow a$  不变， $P \uparrow \rightarrow P = P_{\text{额}}$  时， $P$  不变  $\rightarrow F \downarrow \rightarrow F = f$  时， $a = 0, v$  最大， $v_m = \frac{P}{f} \rightarrow$  以

$v_m$  匀速运动

(8) 天体问题：地表处  $F_{\text{引}} \approx mg$

$$g = \frac{GM}{r^2} \text{ -- 黄金代换}$$

中心天体的质量:  $G \frac{Mm}{r^2} = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r \rightarrow M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$

星体质量:  $M = \frac{R^2 g}{G}$

星体密度:  $\rho = \frac{M}{V} = \frac{3g}{4\pi R G}$

(9) 人造卫星的运动:

计算模型:  $F_{引} = F_{向}$

结论:  $a = \frac{GM}{r^2} \rightarrow a \propto \frac{1}{r^2}$

$\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}} \rightarrow \omega \propto \frac{1}{\sqrt{r^3}}$

$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \rightarrow v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$

$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}} \rightarrow T \propto \sqrt{r^3}$

(a、v、 $\omega$ 、T)由r唯一确定,牵一发而动全身。

(10) 第一宇宙速度:  $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{Rg} = 7.9\text{km/s}$ —是卫星稳定运行的最大速度,也是卫星的最小发射速度。(环绕速度)

第二宇宙速度:  $v_2 = 11.2\text{km/s}$  (脱离速度)

第三宇宙速度:  $v_3 = 16.7\text{km/s}$  (逃逸速度)

(11) 卫星的变轨问题:

V 增大,  $F_{引} < F_{向}$ , 离心运动, 转向高轨道。

V 减小,  $F_{引} > F_{向}$ , 近心运动, 转向低轨道。

(12) 同步卫星:  $\omega$  与地球自转角速度相同。

同步轨道只有一条, 在赤道平面内, 距赤道表面约 36000 km。

稳定运行的卫星里的物体, 处于完全失重状态, 与重力有关的实验都不能做, 与重力有关的一切现象都消失。

(13) 纸带分析方法:

某点的瞬时速度:  $v_{t/2} = v$

加速度:  $a = \Delta S / T^2$

或  $a = (s_t - s_1) / 3T^2$

(14) 由波的图象讨论波的传播问题时, 要注意波的传播的“双向性”、“周期性”。

当传播时间  $t <$  周期  $T$  时, 不考虑“周期性”。

当传播时间  $t >$  周期  $T$  时, 考虑“周期性”。

### 三、解决力学问题常用的思维

1. 解决力学问题的五大工具:

牛二定律:  $F_{合} = ma$

动量定理:  $F_{合}t = \Delta p$

动能定理:  $F_{合}S = \Delta E_k$

动量守恒定律: 系统不受外力或所受外力之和为零时,

$p_{初} = p_{末}$  或  $\Delta p = 0$

机械能守恒定律: 只有重力和弹簧力做功时,  $E_{初} = E_{末}$

或  $\Delta E = 0$  或  $\Delta E_{增} = \Delta E_{减}$

2. 三个角度看问题: 用牛二定律分析情景, 确定问题的性质。从动量、能量角度去寻找解题的途径。

用牛二定律分析:  $F_{\text{合}}=0$ , 则  $a=0$

$F_{\text{合}}$ 变化, 则  $a$  变化

$F_{\text{合}}$ 增大, 则  $a$  增大

$F_{\text{合}}$ 减小, 则  $a$  减小。

$F_{\text{合}}$ 恒定, 则  $a$  恒定

用动量、能量分析: 优先使用守恒律 (动量、能量守恒)。

一般涉及时间  $t$  时, 用动量定理。涉及位移  $s$  时, 用动能定理。

3. 常用的功能关系: 功是能量转化的量度。

(1) 合力做功:  $W_{\text{合}} = \Delta E_k$  (动能定理)

(2) 重力做功:

$$W_G = mg \Delta h = -\Delta E_p \quad (\text{重力做功与路径无关})$$

重力做正功, 重力势能减少。

重力做负功, 重力势能增加。

(3) 功能关系  $W_{\text{非重非弹}} = \Delta E$

$$\text{摩擦生热 } Q = f \Delta s = -\Delta E$$

(4) 分子力做功:  $W > 0$ , 分子势能减少。

$W < 0$ , 分子势能增加。

(5) 电场力做功: 与路径无关。

$$W = q U$$

$W > 0$ , 电势能减少。 $W < 0$ , 电势能增加。

(6) 安培力做功: 是机械能与电能转化的量度。

4. 常用的思维模式

(1) 平衡问题求解策略: 摩擦平衡找临界; 三力平衡几何法;

多力平衡化二力; 正交分解列方程。

(2) 几个力平衡, 则其中一个力必定与其它力的合力平衡。

(3) 三个大小相等的力平衡, 夹角互成  $120^\circ$ 。

(4) 两个力的合力:  $F_1 - F_2 \leq F_{\text{合}} \leq F_1 + F_2$ ,  $F_{\text{合}}$ 随夹角的增大而减小。

(5) 三个力的合力: 可能  $0 \leq F_{\text{合}} \leq F_1 + F_2 + F_3$

(6) 合力不变时: 两个相等的分力的夹角越大, 分力越大。

(7) 绳端速度分解法: 绳端的速度常分解为沿着绳、垂直于绳两个方向的分速度。

(8) 物体脱离约束的条件: 约束力 = 0

(9) 冲量的计算: 恒力的冲量: 由定义计算  $I = Ft$

变力的冲量: 由效果计算  $I = \Delta P$

一对力的冲量大小相等、方向相反, 矢量和为零。

(10) 功的计算: 恒力的功: 由定义计算  $W = FS$

变力的功: 由效果计算  $W = \Delta E_k$

由功率的定义  $W = Pt$  计算

摩擦力做功与路径有关, 恒力做功与路径无关。

一对力做功的代数和不一定为零。

(11) 功率的计算: 平均功率  $P = \frac{W}{t}$

$$P = FV \quad (F \text{ 与 } V \text{ 共线})$$

$$\text{瞬时功率 } P = FV \quad (F \text{ 与 } V \text{ 共线})$$

(12) 动量与动能的关系:  $E_k = \frac{P^2}{2m}$

(13) 与动量、能量有关的问题模型

反弹:  $I = m(v_1 + v_2)$

落地: 注意重力的冲量是否可以忽略。一般  $\Delta t < 0.01s$  可忽略。

抛物、打击: 冲量:  $I = mv - 0$

$$\text{做功: } W = \frac{1}{2}mv^2 - 0$$

爆炸: 动量守恒, 动能增加。因为有化学能转化为动能。

弹开:  $0 = P_1 + P_2 \rightarrow P_1 = -P_2 \rightarrow m_1v_1 = -m_2v_2 \rightarrow$  分开时, 质量大的速度小, 质量小的速度大。

两体系统动量守恒:  $\Delta P = 0 \rightarrow \Delta P_1 + \Delta P_2 = 0 \rightarrow \Delta P_1 = -\Delta P_2 \rightarrow I_1 = -I_2$

人船模型: 应用平均动量守恒求位移

$$m(L-s) = Ms \rightarrow s = \frac{m}{M+m}L$$

s—船的位移      L—船长

(14) 碰撞问题: 动量守恒, 动能不增加。

弹性碰撞: 动量守恒, 动能守恒。

动碰静时: 大碰小, 齐向前。小碰大, 向后转。

质量相等时: 速度互换。

非完全弹性碰撞: 动量守恒, 动能不守恒。

完全非弹性碰撞: 动量守恒, 动能损失最大。

类完全非弹性碰撞问题: 细线绷紧、滑块上车、子弹打木块等。

对系统:  $m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)V$

对  $m_1$ :  $-Ft = m_1V - m_1v_1$

$$-Fs = \frac{1}{2}m_1V^2 - \frac{1}{2}m_1v_1^2$$

对  $m_2$ :  $Ft = m_2V - m_2v_2$

$$Fs = \frac{1}{2}m_2V^2 - \frac{1}{2}m_2v_2^2$$

系统损失的机械能

$$Q = f \Delta s = -\Delta E = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 - \frac{1}{2}(m_1 + m_2)V^2$$

(15) 轻弹簧、轻绳、轻杆:

轻绳只能提供拉力。轻杆既能提供拉力, 又能提供支持力。但要注意: 轻杆的弹力不一定沿着杆, 必须结合物体的运动状态考虑。

轻弹簧的弹力变化需要时间, 不能发生突变。

(16) 高中阶段涉及到的势能:

重力势能: 有定量的表达式,  $E_p = mgh$

弹性势能: 无定量表达式

分子势能: 无定量表达式

电势能: 无定量表达式

## 热学部分

1. 油膜法估测分子直径:  $d = \frac{\text{一滴油酸溶液的体积} \times \text{浓度}}{\text{油膜面积}}$

2. 微观量估算时用到的分子的两个模型:



2. 电势差:  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$        $U_{AB} = \phi_A - \phi_B$

匀强电场中,  $U = Ed$  —沿场强方向两点的电势差

3. 电容器: 电容  $C = \frac{Q}{U}$  (定义式)

带电量  $Q = CU$

平行板电容器的电容:  $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$

注意: 1. 电容器充电后与电源相连, 则电压不变。

电容器充电后与电源断开, 则电荷量不变。

2. 电容器在电路中, 随两端电压的变化而进行充、放电, 稳定后电容器是断路, 与他相连的电阻是摆设。电压与并联的电阻两端电压相同。

4. 带电粒子在电场中的运动:

加速:  $qU = \frac{1}{2}mv_0^2 \rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$  (由静止开始加速)

偏转: 水平方向: 匀速运动  $L = V_0 t$

竖直方向: 由静止开始匀加速

$$a = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md}$$

$$\text{竖直偏移: } y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \frac{qU}{md} \left(\frac{L}{V_0}\right)^2$$

$$= \frac{qL^2}{2dmV_0^2} U$$

速度:  $V_x = V_0$

$$V_y = at$$

$$\text{偏角: } \tan \theta = \frac{V_y}{V_x} = \frac{qL}{dmV_0^2} U$$

注意: 带电粒子从中间进入偏转电场, 飞出时, 速度的反向延长线, 通过电场中心。

5. 电流的宏观定义:  $I = \frac{q}{t}$

电流的微观定义:  $I = nqvs$  (柱体微元)

6. 部分电路欧姆定律:  $I = \frac{U}{R}$

闭合电路欧姆定律:  $I = \frac{E}{R+r}$  或  $E = U + Ir$

路端电压:  $U = E - Ir \rightarrow$  纯电阻电路  $U = IR$

非纯电阻电路  $U \neq IR$

7. 路端电压随外电阻的增大而增大, 随外电阻的减小而减小。

$$R \uparrow \rightarrow I \downarrow \rightarrow U \uparrow = E - Ir$$

$$\text{断路时, } R = \infty \rightarrow I = 0 \rightarrow U = E$$

$$\text{短路时, } R = 0 \rightarrow U = 0 \rightarrow E = Ir \rightarrow I_{\text{短}} = \frac{E}{r}$$

8. 闭合电路中的能量关系:  $EI = IU + I^2r$

电源总功率:  $P_{\text{总}} = EI$

电源内阻消耗功率:  $P_{内} = I^2 r$

电源输出功率:  $P_{出} = U I = E I - I^2 r$

对纯电阻电路  $P_{出} = U I = I^2 R$ , 当  $R = r$  ( $E$ 、 $r$  不变) 时, 电源输出功率最大,

$$P_{出} = \frac{E^2}{4r}$$

9. 电阻定律:  $R = \rho \frac{L}{S}$

金属导体的  $\rho$  随温度升高而增大;

半导体的  $\rho$  随温度的升高而减小;

超导体的  $\rho = 0$

10. 电功:  $W = UI t$ ——纯电阻  $W = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$

电功率:  $P = U I$ ——纯电阻  $P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$

注意: 非纯电阻电路, 电能  $\neq$   $Q$ , 应从能量角度考虑。

11. 电路的设计:

供电电路: 限流电路、分压电路

选择方法: 大控小, 用限流。(用全值电阻大的滑变控制小电阻)

小控大, 用分压。(用全值电阻小的滑变控制大电阻)

连续可调, 用分压。(要求电流表、电压表的读数从零开始连续变化)

测量电路: 电流表内接、 电流表外接

选择方法: (1) 好表内接误差小。注:  $\frac{R_V}{R_X}$ 、 $\frac{R_X}{R_A}$  比值大者为好表。

(2) “兄弟原则”:  $R_A$ 、 $R_X$  大小差不多用电压表分开, 相差很多则不分。

注意: 1. 考虑电表内阻的影响时, 电表可看作是一个有“自报”功能的电阻; 已知电表的内阻时则更是一个“宝贝”, 既是电流表, 又是电压表, 还是一个具有“自报”功能的电阻。

2. 电流表、电压表的选用: (1) 不超量程 (2) 接近满偏

3. 滑变的选用: 在能完成任务的前提下, 选阻值小的便于调节。

分压、限流都可用时, 限流优先。

12. 磁感应强度:  $B = \frac{F}{I L}$  ( $I \perp B$ ) 方向: 与磁场方向相同。

13. 磁通量:  $\Phi = BS$  ( $B \perp S$ )

14. 带电粒子在磁场中的运动 —— 匀速圆周运动

$$f_{洛} = F_{向} \rightarrow Bqv = m \frac{v^2}{r} \rightarrow \text{回旋半径 } r = \frac{mv}{Bq}$$

$$\text{回旋周期 } T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{Bq}$$

求解策略: 速度垂线交圆心, 几何关系求半径, 运动时间

$$t = \frac{\theta}{\omega} = \frac{\theta}{2\pi} T$$

应用: 速度选择器: 粒子沿直线通过正交的匀强电磁场

$$f_{洛} = F_{电} \rightarrow Bqv = qE \rightarrow v = \frac{E}{B}$$

回旋加速器: 磁场回旋, 电场加速, 金属盒屏蔽电场。

交变电场的变化周期 = 粒子的回旋周期

质谱仪：经电场加速、磁场回旋后，荷质比不同的粒子的回旋半径不同。

磁流体发电机：稳定后  $f_{洛} = F_{电}$

霍尔效应：通电金属导体放在磁场中，金属中的自由电子受洛仑兹力而向金属导体的上下两个侧面聚集，稳定后  $f_{洛} = F_{电}$ ，形成霍尔电势差。

15. 电磁感应：

(1) 感应电动势：
$$E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$\Delta S$  变化时，
$$E = B \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$\Delta B$  变化时，
$$E = S \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

导体切割磁感线时，
$$E = BLV$$

线圈转动时，
$$E_m = NBS \omega$$

转杆发电机，
$$E = \frac{1}{2} B \omega L^2$$

(2) 感应电流：大小：
$$I = \frac{E}{R}$$

方向：“右手定则”

楞次定律：阻碍  $\Phi$  的变化。

阻碍导体与磁体的相对运动。

(3) 感应电量的求法：
$$\Delta q = I \Delta t = \frac{E}{R} \Delta t = \frac{\Delta \Phi}{R}$$

由动量定理，安培力的冲量计算。

$$F_{安} t = BILt = BLQ$$

16. 冲击电流的冲量： $I = mv - 0$

17. 自感电动势：阻碍引起自感的电流的变化，大小与电流变化的快慢、自感系数  $L$  成正比。

18. 平行双杆的运动：

轨道宽度相同时，在平行双杆所围面积不变时，趋于稳定。类似于完全非弹性碰撞。动量守恒。（系统所受安培力的和为零）

轨道宽度不同时，两杆所受安培力大小不同，动量不守恒。可由动量定理求解。

19. 正弦交流的产生：线圈在匀强磁场中匀速转动

$S \perp B$  时（中性面）： $\Phi$  最大，但  $e=0$ ， $i=0$ 。

$S // B$  时： $\Phi=0$ ，但  $e$  最大， $i$  最大。

感应电动势的最大值： $E_m = nBS \omega$

20. 正弦交流的有效值：
$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

交流有效值的计算：交流与直流在相等的时间内、通过相同的电阻、产生相等的热量，所需的直流值等于交流的有效值。——其它交流的有效值 必须严格按照有效值的定义计算。（ $I^2 RT =$  一个周期内产生的总热量）

注意：交流的“四值”：

(1) 最大值 ( $U_m$ 、 $I_m$ )：反映交流的变化范围

(2) 有效值 ( $U$ 、 $I$ )：反映交流产生的效果

(3) 瞬时值 ( $e$ 、 $i$ 、 $u$ )：反映交流在每一时刻的数值

(4) 平均值：一般求感应电量时用  $\Delta q = I \Delta t = \frac{E}{R} \Delta t = \frac{\Delta \Phi}{R}$ 。

21. 理想变压器：

$$\text{变压比: } \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\text{功率关系: } P_{\text{输入}} = P_{\text{输出}} \rightarrow \text{副线圈只有一匝时 } \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\text{副线圈有多匝时: } IU = I_1 U_1 + I_2 U_2 + I_3 U_3 + \dots$$

注意：变压器只能改变变化的电压，不改变 T、f。

22. 远距离输电：

输电功率：P = UI    U——输电电压    I——输电电流

输电线上的能量损失： $\Delta p = I^2 R$

输电线上的电压损失： $\Delta U = IR$

23. 麦克斯韦电磁场理论的两大支柱：变化的磁场产生电场；

变化的电场产生磁场；

注意：均匀变化的场产生稳定的场。

24. 电磁波是横波；不需介质传播；

真空中的速度：c

介质中的速度：v = λ f

25. 比值法定义的物理量： $E = \frac{F}{q}$ 、 $U = \frac{W}{q}$ 、 $C = \frac{Q}{U}$ 、 $B = \frac{F}{IL}$  等，大小可用比值去量度，但却由

本身的性质决定。

26. 电阻、电感、电容对交流都有阻碍作用。

电阻：电学公式仍然适用于交流，但必须用交流的有效值。

电感：L 越大、f 越大，感抗越大。

通直流、阻交流，通低频、阻高频。

电容：C 越大、f 越大，容抗越小。

通交流、隔直流，通高频，阻低频。

## 光学部分

一、几何光学

1. 平面镜“视场”问题的思维方法：

(1) 利用成像的对称性把光路拉直，相当于通过平面镜这个“窗口”看物体。

(2) 利用光路的可逆性分析。

2. 光的折射定律： $n_1 \sin i = n_2 \sin r$

$$\text{光对真空的折射率: } n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c}{v}$$

3. 视深： $h = \frac{1}{n} H$

4. 全反射的条件：(1) 光从光密射入光疏介质

(2) 入射角  $i \geq$  临界角 C

$$\text{临界角 } \sin C = \frac{1}{n}$$

5. 光的色散：表明同一种介质对不同色光的折射率不同，对红光的折射率最小，对紫光的折射率最大。

6. 光通过平行玻璃砖，发生侧移，出射光与入射光平行。

光射到球面、柱面、圆形玻璃砖，半径是法线。

光通过三棱镜向底边偏折。

光在不均匀介质中传播，向折射率大的一侧弯曲。

7. 平面镜只改变光路，不改变光束的性质。

8. 两种临界折射：

光从光疏介质射向光密介质时，入射角 =  $90^\circ$  时，折射角 = 临界角 C

光从光密介质射向光疏介质时，入射角 = 临界角 C 时，折射角 =  $90^\circ$

## 二、物理光学

1. 光的波动性：

(1) 光的电磁说：光是一种电磁波。

电磁波谱：

无线电波 → 红外线 → 可见光 → 紫外线 → X 射线 →  $\gamma$  射线

$\lambda$  依次减小、 $\nu$  依次增大、本质相同、但产生的机理不同。

无线电波是自由电子定向移动形成振荡电流，产生电磁场。红外线、可见光、紫外线都是原子的外层电子受到激发而产生的。X 射线是原子的内层电子受到激发而产生的。 $\gamma$  射线是原子核受到激发而发生衰变产生的。

(2) 光的干涉：必要条件：两列光的 f 相同

① 双缝干涉：

干涉图样：各种色光的干涉条纹都是等宽的、明暗相间的条纹，且中心处都是亮条纹。红光的干涉条纹间距最宽，紫光最窄。

白光的干涉条纹是彩色条纹，中心处为白色。

光的路程差： $\delta = n\lambda$  干涉加强 明条纹

$$\delta = (2n+1)\frac{\lambda}{2} \text{ 干涉相消 暗条纹}$$

干涉级  $n = 0, 1, 2, 3 \dots$

干涉条纹的宽度： $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$

其中 L—双缝到光屏的距离

d—双缝的宽度

② 薄膜干涉——等厚干涉：厚度相同的地方出现同一级干涉条纹。

(3) 光的衍射：明显衍射的条件：D 与  $\lambda$  可以相比或更小。

各种色光的衍射图样中，中心处为亮条纹，最宽，两边宽度依次减小。

白光的衍射条纹是彩色的，中心处为白色条纹。

注意：泊松亮斑是光的衍射现象。

(4) 光的偏振：表明光是横波。纵波不发生偏振现象。

2. 光的粒子性：光子能量  $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$

(1) 光电效应：金属在光的照射下发射电子的现象。

条件：光的频率  $\nu \geq$  金属的极限频率  $\nu_0$

爱因斯坦光电效应方程：

光电子的最大初动能

$$E_{km} = h\nu - W$$

当  $E_{km} = 0$  时，逸出功  $W = h\nu_0$

$$\text{金属的极限频率 } \nu_0 = \frac{W}{h}$$

(2) 康普顿效应：光子与其它粒子发生相互作用时，遵守动量守恒、能量守恒，光子的能量减少，频率减小。

3. 光的本性：光具有波粒二象性。

少数粒子的行为表现出粒子性，大量光子的行为表现出波动性。波动性是指光子在空间各点出现的几率只能用波动规律来描述。

4. 德布罗意波： $\lambda = \frac{h}{p}$  ——只有运动物体才有物质波。

5. 一般考虑光的传播时，考虑光的波动性。考虑光与物质的相互作用时，考虑光的粒子性。

## 原子、原子核物理

1. 卢瑟福  $\alpha$  粒子散射实验：

现象：绝大多数  $\alpha$  粒子不发生偏转，只有少数  $\alpha$  粒子发生偏转。极少数粒子发生大角度偏转。

2. 原子的核式结构模型：原子由原子核和核外电子组成。原子核很小。

3. 玻尔的氢原子模型：

三个假设：

①定态假设：电子绕核运动时并不向外辐射电磁波，原子处于稳定状态。

②轨道量子化假设：电子绕核运动的轨道是不连续的。

③跃迁假设：原子的能量状态叫能级。电子从一个能级跃迁到另一个能级时会以光子的形式放出（或吸收）能量。

$$\text{跃迁公式：} \Delta E = E_m - E_n$$

4. 天然放射现象：

(1) 三种射线： $\alpha$  射线： $\alpha$  粒子流

$\beta$  射线：电子流

$\gamma$  射线：高频电磁波

(2) 衰变的类型： $\alpha$  衰变

$\beta$  衰变

注意： $\gamma$  射线总是伴随  $\alpha$ 、 $\beta$  衰变放出的，没有单纯的  $\gamma$  衰变。 $\beta$  射线中的电子是由原子核中的中子变为质子和中子释放出来的。

(3) 半衰期：反映原子核衰变的快慢

定义：有半数原子核衰变所需要的时间。

半衰期与原子核所处的物理（温度、压力等）状态、化学（单质、化合物）状态无关，由原子核本身决定。

(4) 磁场中的衰变：两圆外切： $\alpha$  衰变

两圆内切： $\beta$  衰变

注意：放出的粒子与反冲核的轨迹的半径与电量成反比

5. 核反应的类型：

(1) 衰变 (2) 人工核反应：质子、中子的发现

(3) 裂变 (4) 聚变

注意：1. 核反应过程中，质量守恒、电荷守恒、能量守恒，动量守恒。

2. 核反应过程中，存在质量亏损，但质量守恒。

6. 爱因斯坦质能方程： $E = mc^2$

7. 核能： $\Delta E = \Delta m c^2$

8. 人类认识到原子有内部结构，是从电子的发现开始的。  
人类认识到原子核有内部结构是从天然发射现象开始的。