

高中物理知识点速查

第一单元 直线运动

- 定义质点使用的物理思想方法是【物理模型或理想模型】。
- 位移是描述物体【位置变化】的物理量，用一条【由起点指向终点的有向线段】表示，大小就是【起点到终点的直线距离】，方向【由起点指向终点】，是【矢量】。
路程是实际轨迹的长度，是【标量】。

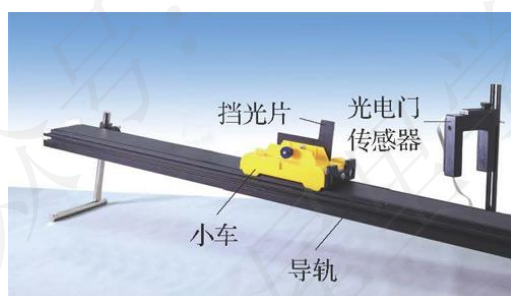
- 速度是描述物体【运动快慢和方向】的物理量， $v = \left[\frac{\Delta x}{\Delta t} \right]$ ，速度的定义体现了【比值定义法】。

对变速运动来说，常用平均速度和瞬时速度来描述。平均速度 $\bar{v}$ 定义为【位移除时间】，可粗略描述运动过程，体现了【等效替代】的物理思想方法，平均速度的方向为【位移方向】；平均速率定义为【路程除时间】。

若【 Δt 趋近于零或 Δx 趋近于零】，则【平均速度】趋近于【瞬时速度】。瞬时速度的定义体现了【极限法】的物理思想方法，方向为该时刻物体的【运动方向】，瞬时速度的大小也称为【速率】。

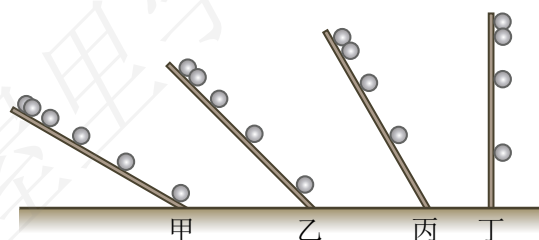
- 加速度是描述质点【速度变化快慢】的物理量，即【速度的变化率】，其方向与【 Δv 方向】相同。 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t}$ ，也体现了【比值定义法】。

实验 1 测量做直线运动物体的瞬时速度



每次都从【同一位置由静止释放】，光电门直接测量的是挡光时间 Δt 。挡光片宽度 d 越【窄】，瞬时速度 $\frac{d}{\Delta t}$ 的测量越精确。

- 物体【只在重力】作用下从【静止】开始下落的运动称为自由落体运动。
- 伽利略利用斜面实验，通过验证【 $x \propto t^2$ 】，并通过【外推法】推广到 90° ，证明了【 $v \propto t$ 】，即自由落体运动是【匀加速运动】。



斜面倾角越接近 90° ，小球沿斜面的运动越接近自由落体运动

- 高度越【大】，纬度越【低】（上海地区的重力加速度比赤道大，比两极小），重力加速度就【越小】。

- 匀变速直线运动 4 个基本公式：

已知 v_0 、 v 、 a 、 t 四个物理量中任意三个，求另外一个，应选用公式 **【 $v = v_0 + at$ 】**；

已知 v_0 、 x 、 a 、 t 四个物理量中任意三个，求另外一个，应选用公式 **【 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ 】**；

已知 v_0 、 v 、 a 、 x 四个物理量中任意三个，求另外一个，应选用公式 **【 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 】**；

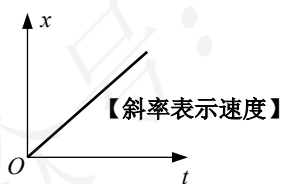
已知 v_0 、 v 、 x 、 t 四个物理量中任意三个，求另外一个，应选用公式 **【 $x = \bar{v}t = \frac{v_0 + v}{2} t$ 】**。

- 匀变速直线运动规律的推论：

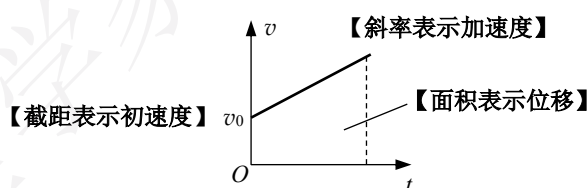
中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度；

$a = \frac{\Delta s}{T^2}$ ，式中 Δs 为相同的时间间隔内相邻的位移差， T 为相同的时间间隔。

- 运动图像



匀速直线运动的 $x-t$ 图像



匀变速直线运动的 $v-t$ 图像

第二单元 相互作用与力的平衡

- 力的三要素是 **【大小、方向、作用点】**

● 按 **【力的性质】** 分类，力可分为重力，弹力，摩擦力，万有引力，电场（库仑）力，磁场力；按 **【力的效果】** 分，力可分为拉力，压力，推力，阻力，向心力，回复力等。

● 从效果上看，我们可以认为各个部分受到的重力集中作用于一点，这个点称为物体的 **【重心】**，**【 $G = mg$ 】**

● 弹力的产生条件是 **【①接触、②接触面间有形变】**，弹力的大小与 **【形变量】** 有关，弹力的作用点在物体与物体的 **【接触点或面】** 上。有两种典型的弹力：（1）细绳的拉力 F_T (T) 的方向 **【沿绳】**，（2）支持力、压力 F_N (N) 的方向 **【垂直于支持面】**。

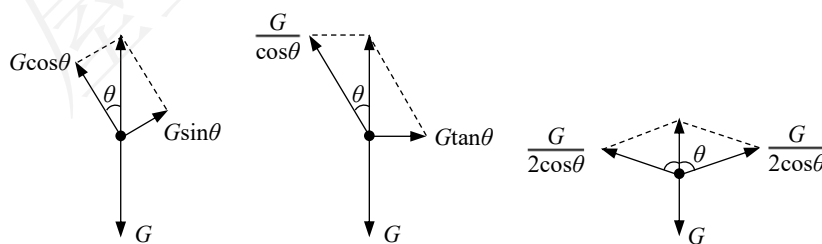
● 静摩擦力的方向与 **【相对运动趋势方向相反】**；滑动摩擦力的方向与 **【相对运动方向相反】**，滑动摩擦力的计算公式为：**【 $F_f = \mu F_N$ (或写成 $f = \mu N$)】**， μ 称为 **【动摩擦因数】**，无单位。

● 力的合成与分解遵循 **【平行四边形定则】**，体现了 **【等效替代】** 的物理思想方法。两力合成的大小范围 **【 $|F_1 - F_2| \leq F_{\text{合}} \leq F_1 + F_2$ 】**

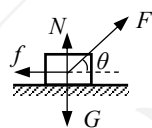
● 物体保持 **【静止或匀速直线运动】**，就处于平衡状态，满足的条件为 **【 $F_{\text{合}} = 0$ 】**。

● 常见的解题情景：

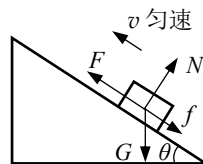
三力平衡：推荐合成法



三力以上平衡：推荐正交分解法

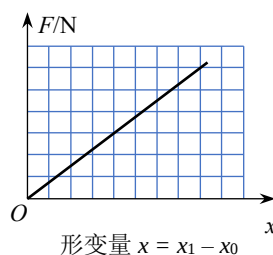
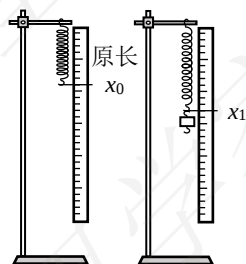


$$\begin{cases} F \cos \theta = f \\ N + F \sin \theta = mg \end{cases}$$



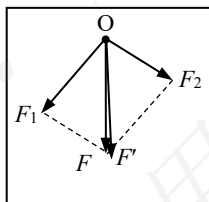
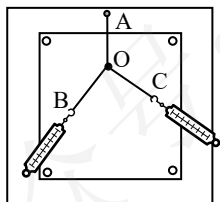
$$\begin{cases} F = mg \sin \theta + f \\ N = mg \cos \theta \end{cases}$$

实验2 探究弹簧弹力与形变量的关系



胡克定律：弹簧发生弹性形变时弹力的大小 F 与弹簧形变量的大小 x 成【**正比**】，即【 **$F = kx$** 】，式中的 k 称为弹簧的【**劲度系数**】，单位是【**N/m**】。

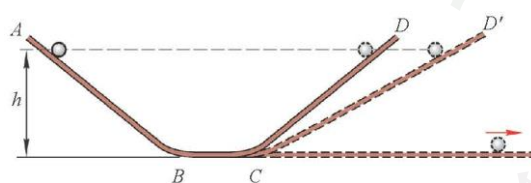
实验3 探究两个互成角度的力的合成规律



弹簧秤要【**调零**】，需要记录 F_1 、 F_2 、 F' 大小与方向，两次都【**拉到同一点 O**】；
画出对角线 F ，与 F' 比较（实验时由于有误差，两者不重合）

第三单元 运动定律

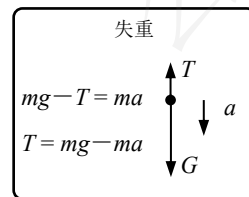
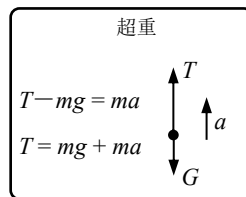
- **牛顿第一定律：**一切物体总保持【**静止**】或【**匀速直线状态**】，除非有【**外力**】迫使它改变这种状态。牛顿第一定律表明【**力不是维持速度的原因**】，而是【**改变物体运动状态的原因**】。这个结论首先是由【**伽利略**】提出的，他设计了一个【**斜面理想实验**】，并进行了合理外推。
- **惯性：**物体【**保持静止或匀速直线运动状态的性质**】。惯性是物体的固有属性，惯性的大小由【**质量**】决定是由**牛顿第二定律**揭示的。
- 国际单位制（SI）中基本单位有【**七个**】，涉及力学的有【**长度单位 m**】，【**质量单位 kg**】，【**时间单位 s**】；涉及电学的是【**电流单位 A**】；涉及热学的有【**物质的量的单位 mol**】，【**温度单位 K**】。（发光强度单位坎德拉不作要求）。
- **牛顿第二定律：**物体加速度的大小与物体受到的作用力成【**正比**】，与物体的质量成【**反比**】，加速度的方向与作用力的方向【**相同**】。公式为：【 **$F_{\text{合}} = ma$** 】。



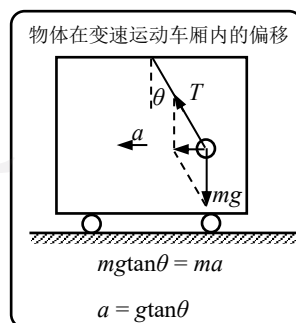
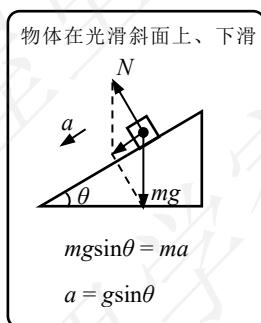
- 牛顿第三定律：两物体间的一对作用力 F 和反作用力 F' 总是【大小相等、方向相反、作用在同一条直线上】，【同时产生，同时消失】。

- 牛顿第二定律的典型情境

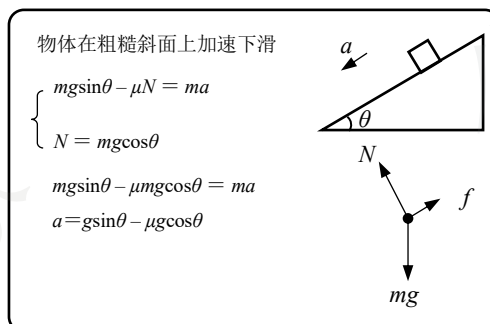
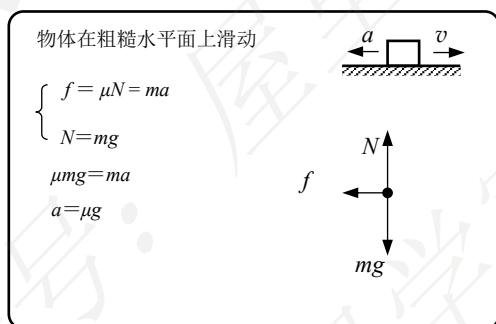
1、一直线上的变速运动：【加速度向上（加速上升或减速下降）】产生【超重】现象；【加速度向下（加速下降或减速上升）】产生【失重】现象。



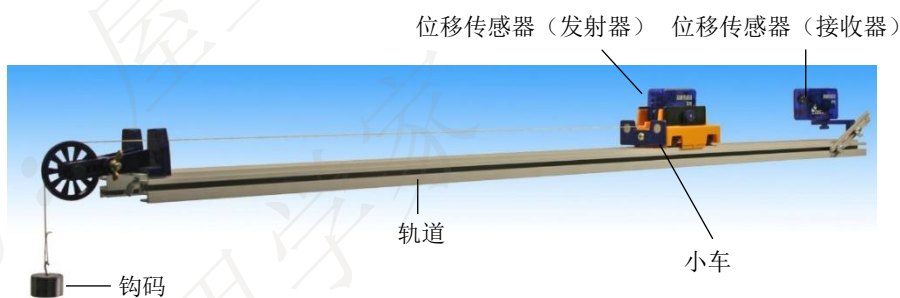
2、两力非一直线变速：推荐合成法



3、两力以上变速：推荐正交分解法

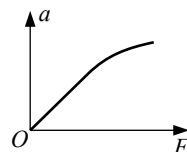
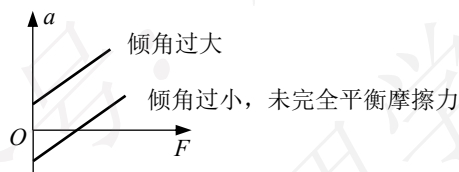


实验4 用 DIS 研究加速度与力和质量的关系

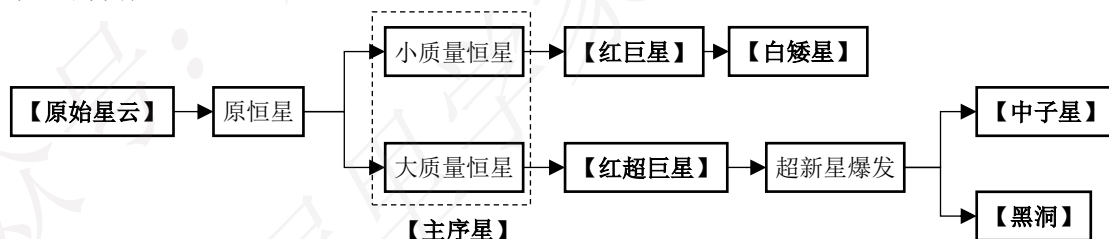


研究 a 与 F 的关系	研究 a 与 m 的关系
应保持小车质量不变，改变外力（钩码质量/重力/个数），绘制 $a-F$ 图像	应保持钩码质量/重力/个数不变，改变小车质量（通过配重片），绘制 $a-\frac{1}{m}$ 图像

- 测量前应【平衡摩擦力】（即：调节轨道的倾角，使小车在不受拉力时可在轨道上做匀速直线运动），否则图像不过原点
- 【钩码质量应该远小于小车质量】，否则由于线的拉力小于钩码重力，导致测量的 a 偏小，导致图线会弯曲。



- 牛顿力学的局限性：在【高速】、【微观】、【强引力场】情况下不再适用。
- 狭义相对论：两条原理：（1）【相对性原理】：物理规律在所有惯性系中都具有相同的形式。（2）光速不变原理：【真空中的光速在所有惯性系中都是相同的】，【光速是自然界的极限速度】。
推论：【同时相对性】，即在一个参考系中同时发生的事件，在另一个参考系中不再同时；【钟慢效应】，运动的钟比静止的钟要走得慢；【尺缩效应】，物体沿运动方向的长度会缩短；【质速关系】，即运动速度越大，相应的运动质量也越大；【质能关系 $E = mc^2$ 】，即一定质量的物质就具有与之相当的一定的能量。
- 广义相对论：两条原理：（1）【广义相对性原理】：物理规律在任何参考系中都具有相同的形式。（2）【等效原理】：一个均匀引力场与一个做匀加速运动的参考系等价。
理论证实的预言：【近日点进动】，【光线偏折】、【强引力场中的钟慢效应】、【引力红移】、【引力波】。
- 宇宙的起源：宇宙在【膨胀】，由此可以推断宇宙可能起源于 138 亿年前的一次【大爆炸】。【暗物质】和【暗能量】仍是科学前沿。
- 恒星的演化：

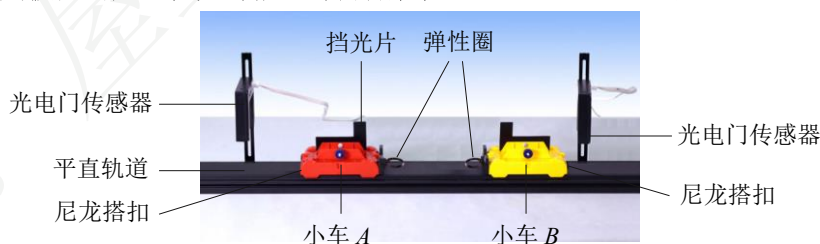


太阳目前所处的阶段

- 动量：【 $p = mv$ 】；冲量：【 $I = Ft$ 】。
- 动量定理：物体在 Δt 时间内动量的变化等于其所受合力在这段时间内的冲量，即 【 $F_{\text{合}}t = mv_t - mv_0$ 】
- 动量守恒定律：条件【系统不受外力或所受外力的矢量和为零】。表达式： $p_0 = p$ 或 $\Delta p = 0$ 。若是两个对象，通常也可写作：【 $m_1v_{10} + m_2v_{20} = m_1v_1 + m_2v_2$ 】

选必实验 1 验证动量守恒定律

用光电门传感器测量相互作用前、后两小车的速度。通过调整光电门传感器与小车的相对位置（使小车 B 上的挡光片在右侧光电门传感器刚结束挡光就能立即与静止的小车 A 相撞。小车 A 静止于两个光电门传感器之间，当其被撞击后，挡光片能立即开始挡光），减小阻力对小车相互作用前、后速度的影响。

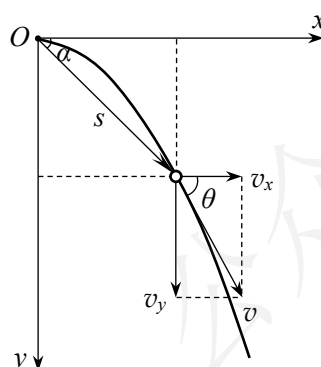


第一次实验（完全弹性碰撞）：两小车在内力作用下，由静止向相反的方向运动；

第二次实验（完全非弹性碰撞）：小车 B 碰撞静止的小车 A 后，两小车一起运动。

第四单元 曲线运动

- 物体做曲线运动的条件为【物体所受合力的方向与其速度方向不在同一直线上】，并指向曲线的【凹侧】。
- 已知分运动求合运动的方法，称为【运动的合成】，反之，由已知的合运动求分运动的方法，称为【运动的分解】。
- 平抛运动是【匀变速曲线运动】，加速度不变为【重力加速度】，【速度变化量 Δv 的方向竖直向下】。可分解为【水平方向的匀速直线运动】与【竖直方向的自由落体运动】。
- 平抛运动规律：

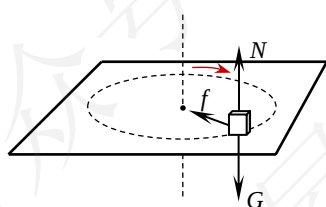


位移公式	
水平方向：	$x = v_0 t$
竖直方向：	$y = \frac{1}{2} g t^2$
合位移：	$s = \sqrt{x^2 + y^2}$
位移与水平方向夹角：	$\tan \alpha = \frac{y}{x} = \frac{g t}{2 v_0}$

速度公式	
水平方向：	$v_x = v_0$
竖直方向：	$v_y = g t$
合速度：	$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
速度与水平方向夹角：	$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{g t}{v_0}$

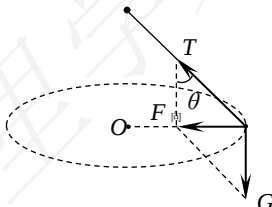
*推论： $\tan \theta = 2 \tan \alpha$

- 匀速圆周运动的线速度 $v = \frac{s}{t} = \left[\frac{2\pi r}{T} \right] = 2\pi r n$ ，方向为曲线的切线方向；角速度 $\omega = \frac{\theta}{t} = \left[\frac{2\pi}{T} \right] = 2\pi n$ ；线速度与角速度的关系为【 $v = \omega r$ 】，转速与周期的关系为【 $T = \frac{1}{n}$ 】；
- 同一皮带（摩擦轮）上的各点【线速度 v 大小】相同，同一转体上各点【角速度 ω 】、【周期 T 】、【转速 n 】相同。
- 物体做匀速圆周运动的条件为受到与速度方向【垂直】、始终指向【圆心】的合力，这个力叫做向心力。向心力大小为 $F_{\text{向}} = \left[m \omega^2 r \right] = \left[m \frac{v^2}{r} \right]$ 。
- 向心加速度 $a_{\text{向}} = \left[\omega^2 r \right] = \left[\frac{v^2}{r} \right]$ ，只【改变速度方向，不改变速度大小】。
- 圆周运动的典型应用



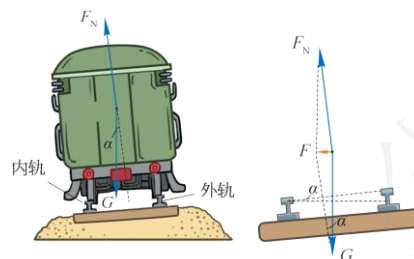
汽车转弯，摩擦力作为向心力

$$f = m a_{\text{向}} = m \frac{v^2}{r}$$



旋转飞椅，拉力与重力的合力作为向心力

$$m g \tan \theta = m \frac{v^2}{r}$$

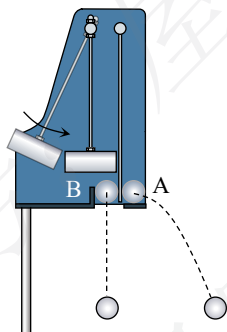


火车转弯时外轨高于内轨

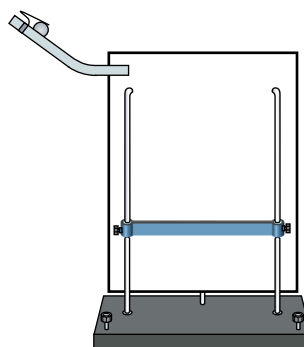
支持力和重力的合力作为向心力

- 离心现象：做圆周运动的物体，如果受到的力【不足以提供所需的向心力，物体就会远离圆心】。

实验 5 研究平抛运动的特点

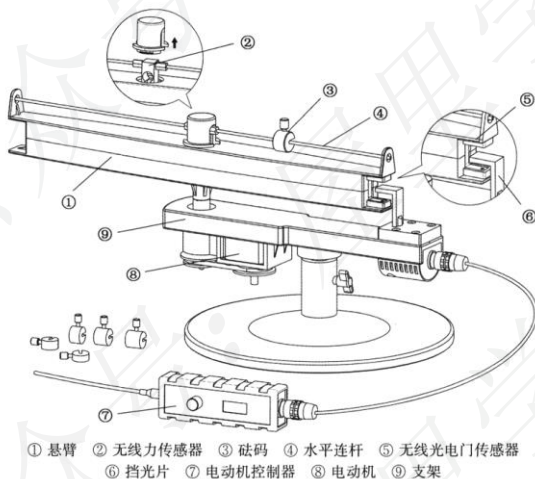


探究平抛运动竖直方向分运动的规律
两小球同时落地，说明平抛运动竖直方向分运动为自由落体运动

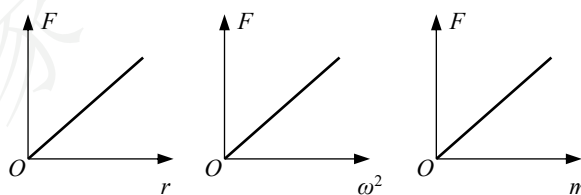


探究平抛运动水平方向分运动的规律
注意：小球每次应从同一位置由静止释放
用光滑曲线连接各落点位置，得到平抛运动的轨迹

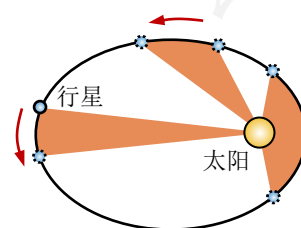
实验 6 探究向心力大小 F 与半径 r 、角速度 ω 、质量 m 的关系



分别控制 r 、 ω 、 m 不变，绘制 $F-r$ 图像、 $F-\omega^2$ 图像、 $F-m$ 图像。
结论：向心力 F 的大小与半径 r 、角速度 ω 、质量 m 的关系为 $F = m\omega^2 r$

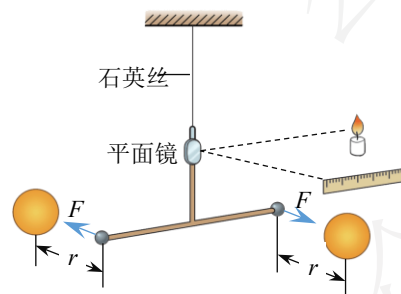


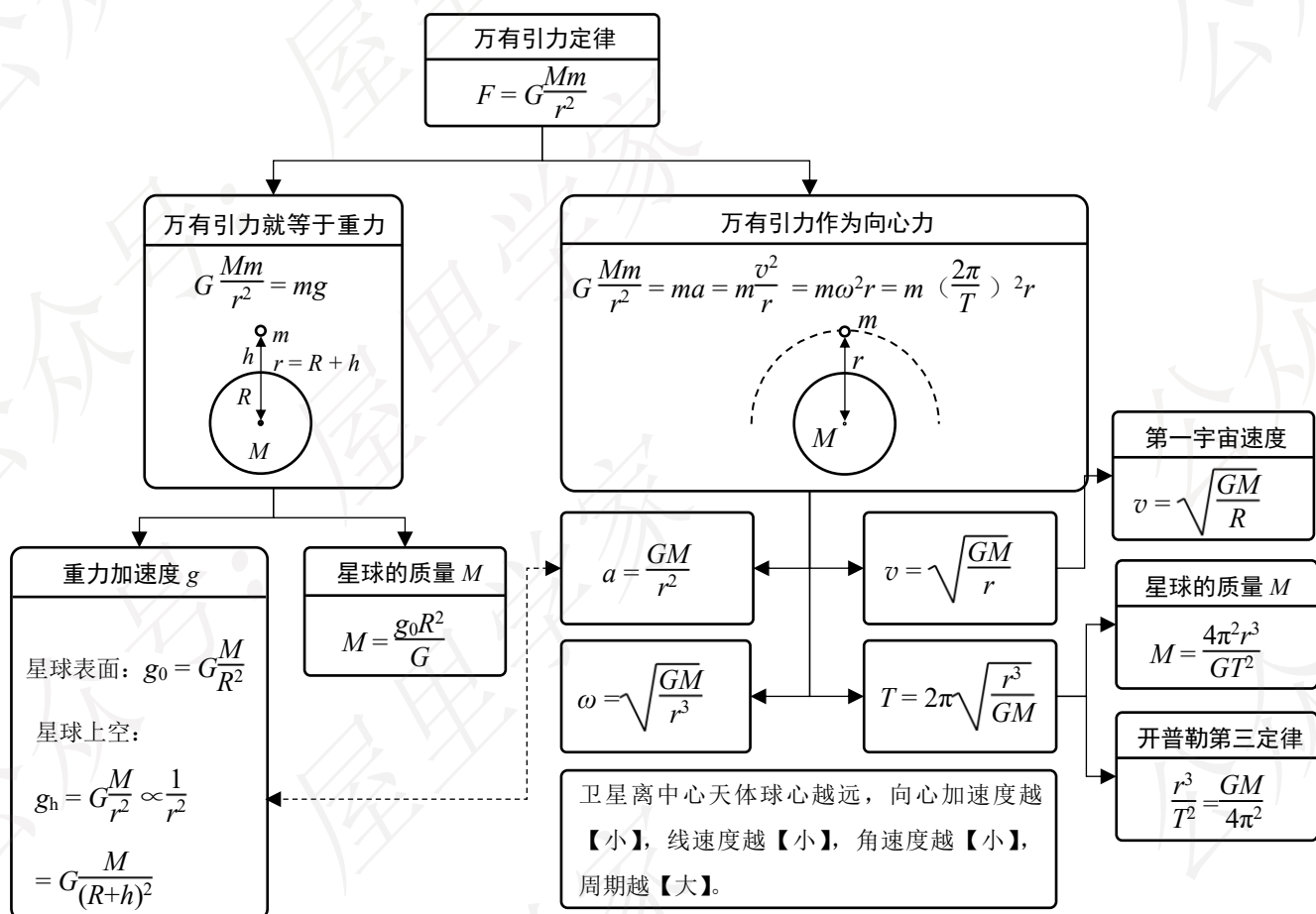
- 【托勒密】提出【地心说】，【哥白尼】提出【日心说】。
- 开普勒第一定律：各行星都在【椭圆】轨道上绕太阳运行，太阳位于椭圆的一个【焦点】上。
- 开普勒第二定律：也叫“面积定律”，提出行星与太阳的连线在相等时间内【扫过的面积】相等，可以解释了行星在【近日点运动快】、在【远日点运动慢】。
- 开普勒第三定律：行星绕太阳运行的椭圆轨道【半长轴 a 的三次方】与【周期 T 的二次方】之比是一个常量，即 $\frac{a^3}{T^2} = k$ ，在中学阶段的研究中我



们一般可近似地按圆轨道处理。因此，若用 r 表示行星圆轨道的半径，则有 $\frac{r^3}{T^2} = k$

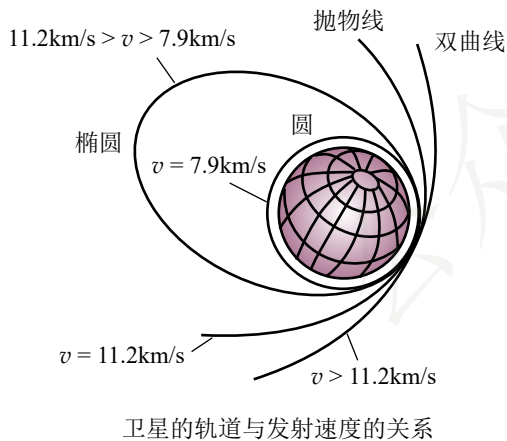
- 万有引力定律是【牛顿】总结出来的，万有引力恒量 G ($G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ (不需要背出，但要会推导单位) 是【卡文迪许】利用【扭秤】首先在实验室中较准确地测定的，此实验体现了【微小量放大】的物理思想方法。





以上物理量都与 m 无关

- 物体在地面附近绕地球做匀速圆周运动的速度，叫做【**第一宇宙速度**】， $v_1 = \left[\sqrt{\frac{GM}{R}} \right]$ (R 为地球半径)，其值为【**7.9 km/s**】。
- 超过【**第二宇宙速度**】(11.2 km/s) 卫星就能完全摆脱地球引力的束缚，成为围绕太阳运行的“人造行星”。超过【**第三宇宙速度**】(16.7 km/s) 则能摆脱太阳引力的束缚，飞到太阳系以外的宇宙空间去。



第五单元 振动与波

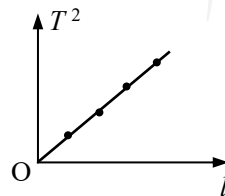
- 产生机械振动的条件是受到【**回复**】力；产生简谐振动的条件是受到跟位移大小成【**正比**】并且总是指向【**平衡位置**】的力作用（即【 $F_{\text{回}} = -kx$ 】）。
- 水平弹簧振子做简谐振动的回复力为【**弹簧弹力**】， $F_{\text{回}} = F_{\text{合}}$ ，水平方向弹簧振子的比例系数 k 为【**弹簧的劲度系数**】。
- 单摆振动周期的公式是【 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ 】。【**伽利略**】首先发现单摆振动的等时性（即周期与振幅无关），【**惠更斯**】得出单摆周期公式。单摆做简谐振动的回复力为【**重力沿切线方向的分力**】， $F_{\text{回}} \neq F_{\text{合}}$ ，比例系数 $k = \left[\frac{mg}{l} \right]$

选必实验 2 用单摆测重力加速度

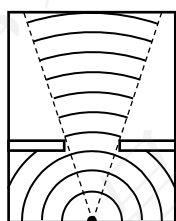
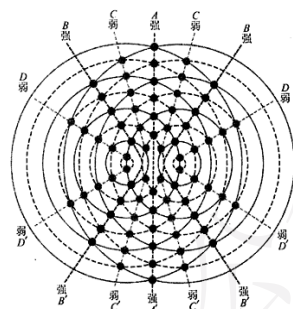
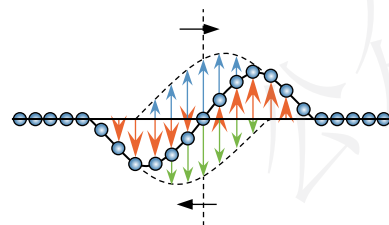
测量周期应在【最低点】开始计时

公式法: $T = \frac{t}{n} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ $g = \left[\frac{4\pi^2 l n^2}{t^2}\right]$

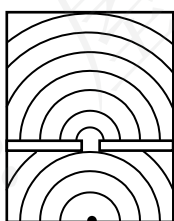
图像法: 由 $T^2 - l$ 图的斜率求 $g = \left[\frac{4\pi^2}{k}\right]$



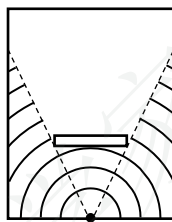
- 机械波向外传播的只是【振动形式】和【能量】，介质本身并【不随波迁移】。机械波的产生条件：【波源和介质】。质点的振动方向与波的传播方向【垂直】的波叫横波，横波的形状是【凹凸相间】，分别称做【波峰】和【波谷】。质点的振动方向与波的传播方向【一直线】的波叫纵波，纵波的形状【疏密相间】，分别称做密部和疏部，声波是【纵】波。
- 频率由【波源】决定，波速由【介质】决定，波长由【波源和介质】共同决定。
- $v = \left[\frac{s}{t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f\right]$ ，波在一个周期内平移的位移为一个波长；质点在一个周期运动的路程为【 $4A$ (A 为振幅)】。
- 波的传播方向与质点的振动方向的判断方法：【微平移法】
- 当几列波同时在介质空间中传播并相遇时，它们都能各自独立地【保持原来的特性继续前进】。介质质点在几列波的影响下产生的位移，等于每列波引起位移的【矢量和】，这个规律叫做波的叠加原理。
- 频率、波长相同的两列波叠加，使某些区域的振动【始终加强】，某些区域的振动【始终减弱】，并且振动加强和减弱的区域【相互间隔】，这种现象叫波的干涉。干涉的必要条件：【两列波的频率相同】。
- 波能绕过【障碍物】或【孔隙】继续传播的现象叫做波的衍射。能够发生明显衍射现象的条件是【障碍物或孔隙的尺寸比波长小或差不多】。波的干涉和衍射都是波的特有现象，是波的基本性质的反映。（下面四个图分别是孔-无明显衍射，孔-明显衍射，障碍物-无明显衍射，障碍物-明显衍射）



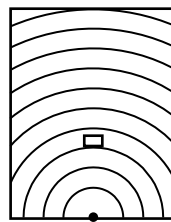
孔隙大
无明显衍射



孔隙小
有明显衍射



障碍物大
无明显衍射

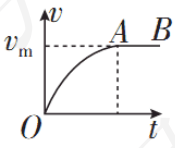
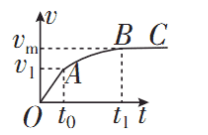


障碍物小
有明显衍射

第六单元 功和能

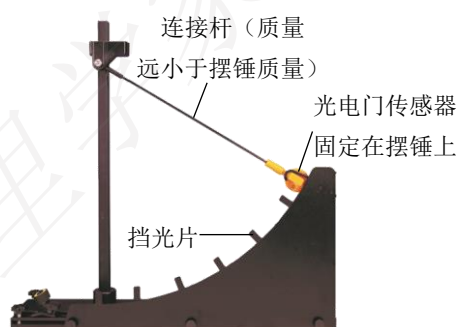
- 做功的两个必要因素是【力】和【力的方向上的位移】。功是【标量】，没有方向，但有正负值。功是【能量变化的量度】。
- 恒力做功【 $W = F \cos \theta$ 】。当【 $0 \leq \theta < \frac{\pi}{2}$ 】时， $W > 0$ ，称恒力做正功；当【 $\theta = \frac{\pi}{2}$ 】时， $W = 0$ ，称恒力不做功；当【 $\frac{\pi}{2} < \theta \leq \pi$ 】时， $W < 0$ ，称恒力做负功，或称【物体克服恒力做功】。
- 重力做功【与路径无关】，【 $W_G = \pm mg \Delta h$ 】。

- 功率：描述的是【做功的快慢】。 $P = \frac{W}{t}$ ，可计算 t 时间内的平均功率。 $P = Fv$ ，若 v 是平均速度则 P 就是平均功率；若 v 是瞬时速度，则 P 是瞬时功率。
- 汽车的启动问题

恒定功率启动	恒定加速度启动
 由 $F_{\text{牵}} = \frac{P_{\text{额}}}{v}$ 可知，【$F_{\text{牵}}$ 随速度 v 的增大而减小】。汽车【先做加速度不断减小的加速运动，最后匀速】，匀速时的最大速度为【$v_m = \frac{P_{\text{额}}}{f}$】。	 $v_m = \frac{P_{\text{额}}}{f}$, $v_1 = \frac{P_{\text{额}}}{ma + f}$

- 动能：【 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 】
- 动能定理：物体受到的【合力所做的功等于物体动能的变化量】，可表达为：【 $W_{\text{合}} = \Delta E_k = E_{k2} - E_{k0}$ 】，【合力做正功，动能增加；合力做负功，动能减小】。
- 重力势能：【 $E_p = mgh$ 】。（零势能面取得不同， E_p 的数值也不同）
- 重力做功与重力势能变化量之间的关系：【重力做正功，重力势能减少；重力做负功，重力势能增加，即 $W_G = -\Delta E_p$ 】。
- 弹性势能：弹性形变程度越大，物体所具有的弹性势能也越大。
- 机械能守恒定律：在【只有重力（弹力）做功，其他力不做功】的情况下，动能和势能可以相互转化，而机械能的总量保持不变。这个结论叫做机械能守恒定律。表达式为：【 $mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$ 】
- 【除重力外其他外力做功】是【机械能转化】的量度，即【 $W_{\text{除}G\text{外}} = \Delta E$ 】。

实验 7 验证机械能守恒定律



机械能 E 几乎为一平行直线，说明守恒



绘制 $E-h$ 、 E_p-h 、 E_k-h 图像

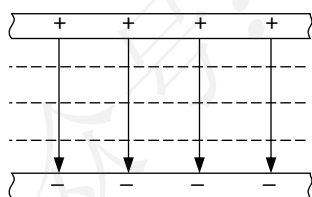
实验结论：在只有重力做功的情况下，物体的动能和势能可以相互转化，而机械能的总量保持不变。

第七单元 静电场

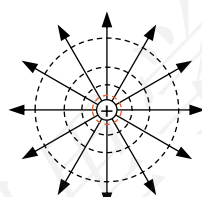
- 静电的产生：**【摩擦起电】、【接触起电】、【感应起电】**
- 电荷守恒定律：电荷可以从一个物体转移到其他物体，或者从物体的一部分转移到其他部分，但在转移过程中电荷的总量保持不变。若**两个完全相同**、带电量分别为 Q_1 、 Q_2 的带电体接触后，则分开后各自带电量为 **$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$** 。
- 元电荷 e 既不是电子，也不是质子，而是**【自然界最小的电荷量】**，任何带电体的带电量都是这个最小电量的**【整数倍】**。通常 e 取 **$1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$** ，是由**【密立根】**首先测定的。
- 摩擦起电的本质是**【电子的移动】**。静电的利用主要有**【静电除尘】、【静电喷雾】、【静电复印】**。防护静电的主要措施是**【良好接地】、【工艺控制（保持空气湿度）】、【使用避雷针】**。
- 库仑定律：**真空中两个静止点电荷**之间相互作用力的大小跟它们的**【电荷量的乘积成正比】**，跟它们之间的**【距离的二次方成反比】**，作用力的方向在它们的**【连线】**上。公式为 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 。式中 k 叫做**【静电力常量】**， $k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ （不需要背出，但要会推导单位）。
- 库仑定律是库仑利用**【扭秤】**装置，采用**【控制变量法】**找到电荷间的作用力与电荷量、距离的关系。
- 电场：**【电荷周围】**存在电场，它是一种**【物质】**，电场的基本性质是**【能够对放入其中的电荷有力的作用】**，这种力就叫做**电场力**。
- 电场强度：定义为 **$E = \frac{F}{q}$** ，适用于任何情况，体现的物理方法是**【比值定义法】**，是电场本身的固有属性；若场源电荷是点电荷，则还可以使用 **$E = k \frac{Q}{r^2}$** ，单位 **【N/C 或 V/m】**。电场强度是**【矢量】**，规定**【正电荷受力方向】**为电场方向。
- 场强的叠加：符合**【平行四边形定则】**
- 电场力 **$F = qE$** ，**【正电荷 F 、 E 同向，负电荷 F 、 E 反向】**。
- 电场线：场线是由**【法拉第】**提出的，是人们**【假想出来】**的用来形象地描述电场分布的一些曲线。电场线**【起始于正电荷（或无穷远），终止于负电荷（或无穷远）】**，不形成闭合曲线。电场线的每一

点的【切线方向】跟该点的场强方向一致，【电场线疏密】反映电场强度的强弱，电场线在空间【不相交】。

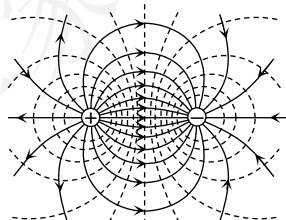
几种常见电场的等势面和电场线



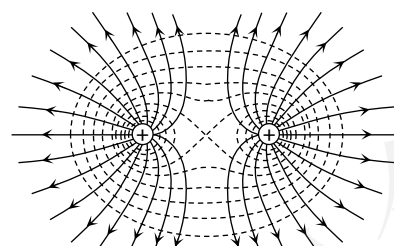
匀强电场



点电荷的电场

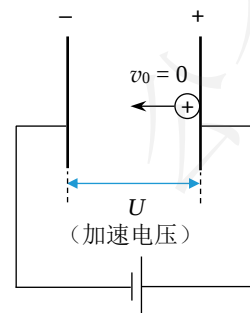


等量异号电荷的电场



(d) 等量同号电荷的电场

- 电势能 E_p : 电荷在电场中具有的能量, $E_p = [q\phi]$ 。若 q 为正电荷, 则 ϕ 大 E_p 也大, 若 q 为负电荷, 则 ϕ 大 E_p 反而小。
- 电势 ϕ : 电场中某点的电荷的电势能跟它的电量的比值, $\phi = [\frac{E_p}{q}]$ 。电势是【标量】, 它描述的是电场【能的性质】。【沿着电场线方向, 电势越来越低】。通常取【无穷远处】的电势为零。
- 等势面: 电场中电势相同的各点构成的面, 在等势面上移动电荷时电场力【不做功】; 等势面一定【跟电场线垂直】。
- 电势差: 电场中两点间电势的差值, 也叫【电压】, $[U_{AB} = \phi_A - \phi_B]$ 。
- 电场力做功: $[W_{AB} = E_{pA} - E_{pB} = qU_{AB}]$ 。电场力做功【与路径无关】, 电场力做正功, 电势能【减少】, 电场力做负功, 电势能【增加】。
- 匀强电场中电场强度和电势差的关系: $[U_{AB} = Ed]$, 式中 d 为【两点间沿电场线方向的距离】。



- 带电粒子在电场中的直线运动: 到达极板的速度 $[v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}]$

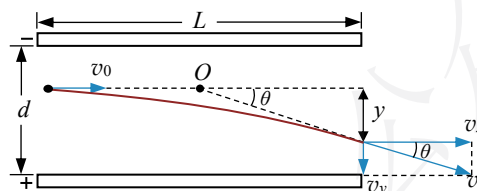
- 带电粒子在电场中的偏转【类平抛】

垂直于电场方向做匀速运动: $[L = v_0 t]$;

沿电场线方向做初速度为零的匀加速运动:

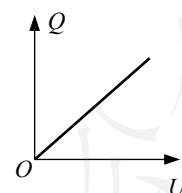
$$[a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{eU}{md}, y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{eUL^2}{2mdv_0^2}, v_y = at = \frac{eU}{md} \cdot \frac{L}{v_0}]$$

偏转角度为 θ , 有 $[\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{eU}{md} \cdot \frac{L}{v_0^2}]$

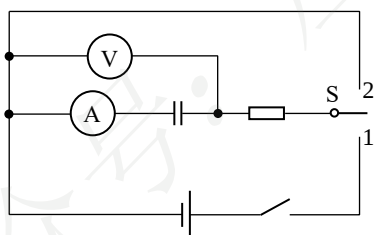


固定电容器 可变电容器

- 电容器: 存储电荷和电能的装置。符号如右图。
- 电容: 所带的电荷量 Q 与电容器两极板间的电势差 U 之比, $[C = \frac{Q}{U}]$, 单位是【法拉】, 简称【法】, 用符号【F】表示。常用微法 (μF)、纳法 (nF)、皮法 (pF) 等单位, 关系是: $1 \mu F = 10^{-6} F$, $1 nF = 10^{-9} F$, $1 pF = 10^{-12} F$ 。
- $Q-U$ 图的【斜率表示电容 C 】, C 是由电容器本身属性决定的。
- 通过控制变量法研究平行板电容器的电容与两板的正对面积 S 、两板的间距 d 、两板间的电介质的关系, 实验表明【 S 越大 C 越大, d 越小 C 越大, 插入电介质后 C 变大】。

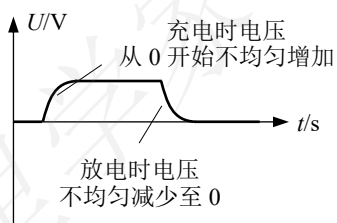


实验8 观察电容器的充、放电现象

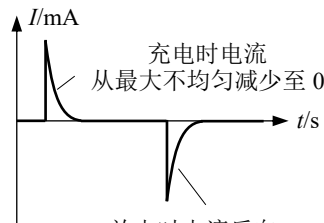


用传感器观察电容器的充、放电电路

S 置于 1 为充电，置于 2 为放电



$U-t$ 图像



$I-t$ 图像

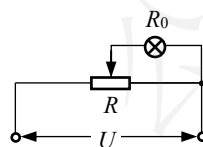
第八单元 电路

- 电流：电荷的定向移动形成电流。通过导体某一横截面的电荷量 Q 与所用时间 t 之比， $[I = \frac{Q}{t}]$ ，规定【正电荷移动方向】为电流方向。
- 串联电路： I 相同， $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ ， $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ 。
电压、功率与电阻成正比： $U_1 : U_2 = P_1 : P_2 = R_1 : R_2$
- 并联电路： U 相同， $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ ， $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$ （通常使用 $R_{\text{并}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ 求并联电阻）。
电流、功率与电阻成反比： $I_1 : I_2 = P_1 : P_2 = R_2 : R_1$ 。
- 电阻定律： $[R = \rho \frac{L}{S}]$ 。 ρ 叫做材料的电阻率，单位为 $[\Omega \cdot \text{m}]$ ，与导体的材料性质、温度有关，在中学物理中，除非特别指出，一般不考虑温度对电阻率的影响。
- 电功与电热： $W = [UIt \text{ (普遍适用)}]$ ，电热： $Q = [I^2 R t \text{ (普遍适用)}]$ 。

对于纯电阻电路： $[W = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t]$ ， $[P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}]$ ；

对于非纯电阻电路： $W = IUt > I^2 R t$ ， $P = IU > I^2 R$ ， $U > IR$ ，即【欧姆定律不适用】。

- 分压器接法：调节 R 可以使用电器 R_0 两端的电压发生变化，范围是 $[0 \leq U_0 \leq U]$
- 电动势：电源是把【其他形式的能量转化成电能】的装置，这种能量转化是通过【非静电力做功】实现的，对应公式 $[W_{\text{非}} = qE = Uq]$ 。电动势表征的是电源把其他形式的能量转化成电能的【本领】， $[E = U_{\text{内}} + U_{\text{外}}]$ 。电动势和内阻的大小是由【电源本身】决定的。
- 闭合电路欧姆定律：电流与电源电动势成【正比】，与内、外电阻的阻值之和成【反比】，即 $[I = \frac{E}{R+r}]$ ，常用的表达式还有 $[E = U_{\text{外}} + Ir]$ ， $U_{\text{外}} = \frac{R}{R+r} E$



- 闭合电路欧姆定律也符合能量守恒定律， $E = IR + Ir \Rightarrow EI = I^2 R + I^2 r \Rightarrow P_{\text{总}} = P_{\text{出}} + P_{\text{内}}$

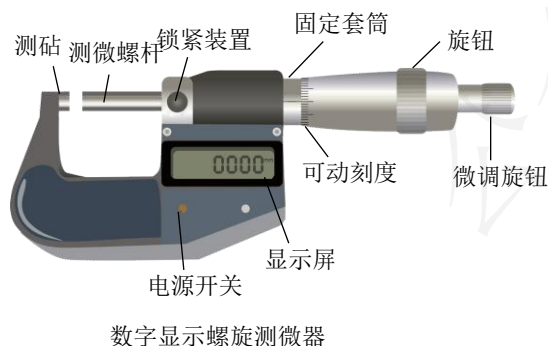
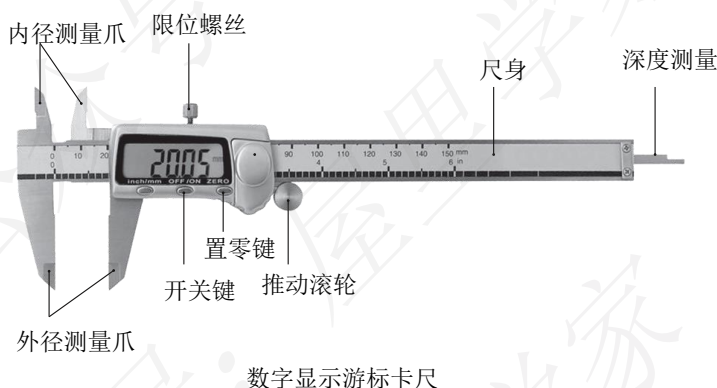
电源的总功率 $P_{\text{总}} = IE = I^2 (R+r) = \frac{E^2}{R+r}$ ，内电路发热消耗的内功率 $P_{\text{内}} = IU_{\text{内}} = I^2 r = \frac{U_{\text{内}}^2}{r}$

输出功率 $P_{\text{出}} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$

- 【外电阻增大，端电压增大】，当电路断路时（即外电阻为无穷大）， $U_{\text{外}} = [E]$ ；
【外电阻减小，端电压减小】，当电路短路时（即外电阻为零）， $U_{\text{外}} = [0]$ ，短路电流 $I_{\text{短}} = [\frac{E}{r}]$ 。

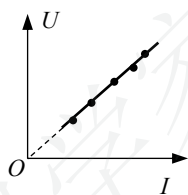
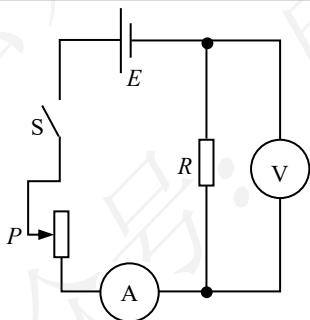
- **家庭电路**：用电器都是【**并联连接在相线（火线）、零线间**】，有的用电器还需与【**地线**】连接。低压断路器断路器与火线、零线连接，具有【**过载、短路保护**】功能。

实验 9 长度的测量及其测量工具的选用



金属丝的长度可用【**刻度尺**】测量，金属丝的直径需要选用精度更高的【**游标卡尺**】或【**螺旋测微器**】进行测量。

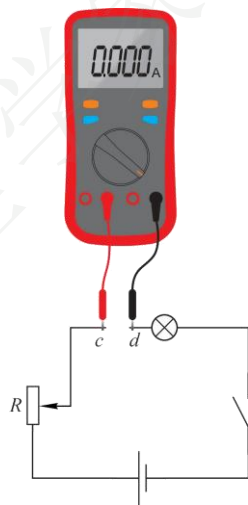
实验 10 测量金属丝的电阻率



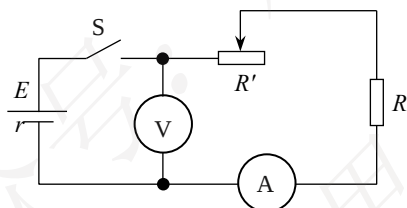
根据测得的金属丝长度 L 、直径 d 和阻值 R 计算金属丝的电阻率 $\rho = \frac{R\pi d^2}{4L}$

需测量多组数据，由 $U-I$ 图斜率求电阻 R

实验 11 用多用电表测量电学中的物理量

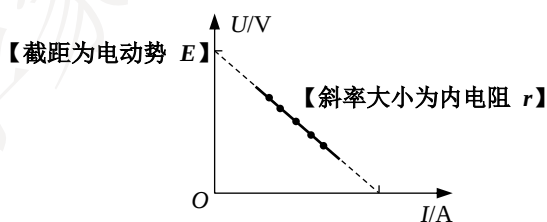


实验 12 测量电源的电动势和内阻



测量电源电动势和内阻的实验电路图

其中 R 起到【保护电路】的作用



实验得到多组数据，绘制 $U-I$ 图像

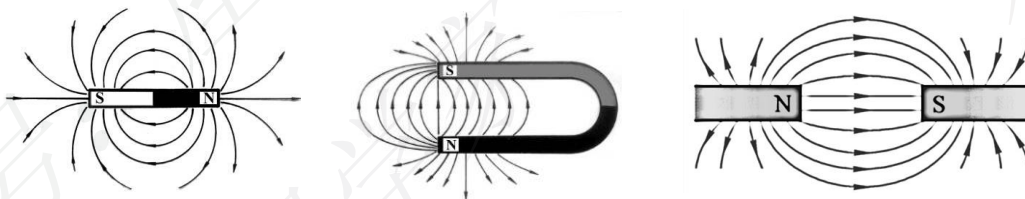
伏-安法	伏-阻法	安-阻法
由 $E = U + Ir$ 可得： $U = \text{【} -rI + E \text{】}$ 纵轴截距为【E】； 横轴截距为【$\frac{E}{r}$】； 斜率为【$-r$】。	由 $U = \frac{R}{R+r} E$ 可得： $\frac{1}{U} = \frac{r}{E} \frac{1}{R_{\text{外}}} + \frac{1}{E}$ 纵轴截距为【$\frac{1}{E}$】； 横轴截距为【$-\frac{1}{r}$】； 斜率为【$\frac{r}{E}$】。	由 $E = I(R + r)$ 可得： $\frac{1}{I} = \frac{1}{E} R_{\text{外}} + \frac{r}{E}$ 纵轴截距为【$\frac{r}{E}$】； 横轴截距为【$-r$】； 斜率为【$\frac{1}{E}$】。

- 传感器：是一种能将【非电学量变换为电学量】的检测装置。

第九单元 磁场

- 磁场：【磁体】或【电流】周围存在磁场，【奥斯特】发现电流周围存在磁场（电流的磁效应）。磁场的方向规定为【小磁针 N 极的受力方向】。
- 磁感应强度： $B = \left[\frac{F}{IL} \right]$ ，磁感应强度的单位为【T】，体现的物理方法是【比值定义法】，是磁场的本身固有属性。磁感应强度是【矢量】，叠加符合【平行四边形定则】
- 磁感线：①磁感线上任一点的【切线】方向表示该点的磁场方向。②磁感线在空间分布的【疏密程度】可以表示磁场的强弱。③在磁体外部：磁感线从【N 极出发，S 极终止】；在磁体内部又从【S 极回到 N 极】；磁感线是【闭合曲线】，【不相交】。

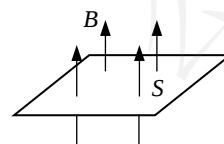
磁体的磁场



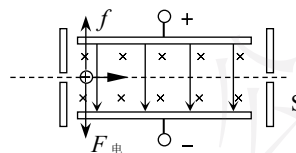
电流的磁场

	直线电流的磁场	通电螺线管的磁场	环形电流的磁场
特点	无磁极、非匀强，且距导线越远处磁场越弱	与条形磁铁的磁场相似，管内为匀强磁场且磁场由S→N，管外为非匀强磁场	环形电流的两侧是N极和S极，且离圆环中心越远，磁场越弱
【右手螺旋定则】			
立体图			
横截面图			
纵截面图			

- 磁通量：描述【穿过一个面的磁感线条数】，【当 $B \perp S$ 时， $\Phi = BS$ 】，若不垂直，则 $\Phi < BS$ ，当【 $B \parallel S$ 时， $\Phi = 0$ 】，磁通量的单位为【韦（伯）、Wb】。磁通量是【标量】，如果设定磁感应强度向上穿过这一面积的磁通量为正，那么，磁感应强度向下穿过这一面积的磁通量就为负。

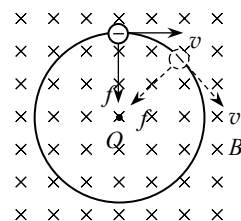


- 安培力：【电流】在磁场中的受力， $F_{\text{安}} = [BIL]$ ，方向由【左手定则】判定，【 $F_{\text{安}} \perp B$ 、 $F_{\text{安}} \perp I$ 】。
- 洛伦兹力：【运动电荷】在磁场中的受力， $f = [qvB]$ ，方向用【左手定则】判定，【 $f \perp B$ 、 $f \perp v$ 】，洛伦兹力【不做功】。
- 速度选择器：如右图所示装置，只有【 $v = \frac{E}{B}$ 】的粒子才能不偏转地从狭缝中穿过。
- 带电粒子磁场中做匀速圆周运动。



轨道半径：【 $r = \frac{mv}{qB}$ 】，周期【 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 】

式中 $\frac{q}{m}$ 称为【荷质比】或【比荷】。



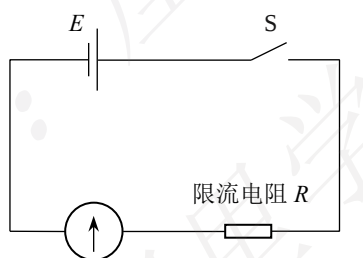
第十单元 电磁感应

- 电磁感应：**【法拉第】**把他发现的这种由**【磁产生电流】**的现象定名为**【电磁感应】**现象，产生的电流就叫做**【感应电流】**。
- 产生感应电流的条件：**【(1) 穿过回路的磁通量发生变化 (2) 电路闭合】**。

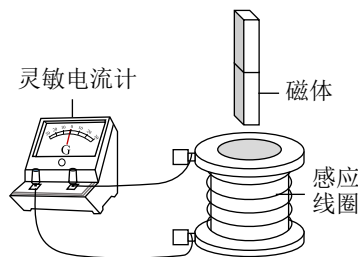
选必实验 5 探究影响感应电流方向的因素

首先要确定**【灵敏电流计与电流流入方向与指针偏转方向】**之间的关系。

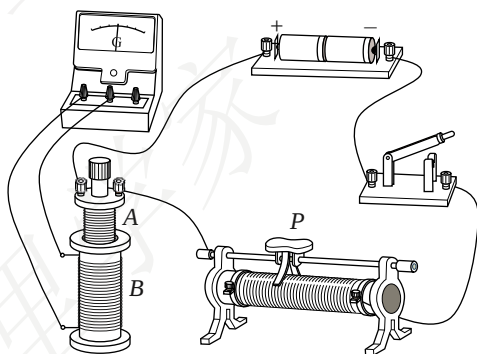
将条形磁体的 N 极或 S 极分别插入感应线圈，或从感应线圈中抽出，观察与感应线圈组成闭合回路的灵敏电流计指针的偏转情况。然后分析归纳感应线圈中感应电流方向的规律。



确定电流计偏转方向的电路图



研究感应电流的方向的实验装置

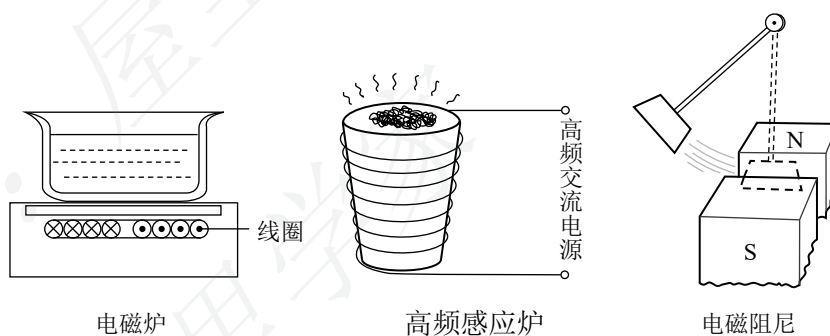


在上图所示实验装置中，可以采用三种方法在线圈 B 中产生感应电流：**【(1) 断开、闭合电键；A 线圈在 B 线圈中插入、拔出；(3) 移动滑动变阻器的滑片；* (4) 插入或拔出 A 中的铁芯】**。

- 感应电流的方向判定：**【楞次定律】**，如果导线在切割磁感线，则使用**【右手定则】**更简单。
- 法拉第电磁感应定律：回路中感应电动势的大小，跟穿过这一回路的**【磁通量的变化率】**成正比，

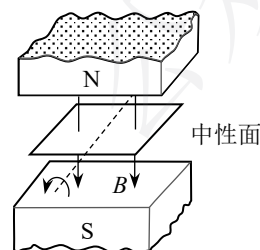
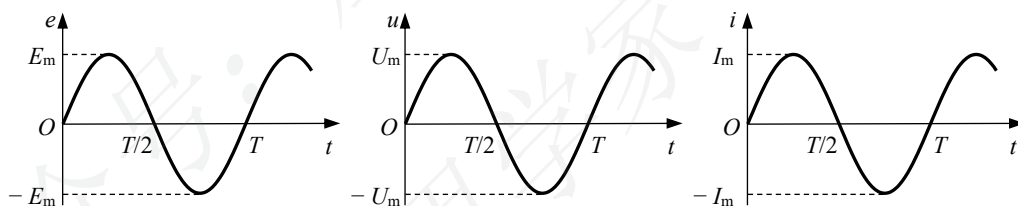
即：**【 $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 】**，求电量的推论：**【 $q = n \frac{\Delta \Phi}{R}$ 】**（注：调研卷中计算题直接用此推论不得分）

- 如果导线在垂直切割磁感线，则使用**【 $E = Blv$ 】**更简单。
- 感应电流：**【 $I = \frac{Blv}{R+r}$ 】**，安培力：**【 $F_{安} = BIl = \frac{B^2 l^2 v}{R+r}$ 】**
- 导体棒克服安培力做的功等于回路中产生的电能，若为纯电阻电路，则电能全部转化为内能（电路产生的总焦耳热），即**【 $W_{安克} = Q_{总}$ 】**。
- **自感**：因线圈中电流变化而在线圈自身引起的电磁感应现象。遵守楞次定律，即当**原电流增大**时，自感电动势与原电流**方向相反**；当**原电流减小**时，自感电动势与原电流**方向相同**。
- **涡流**：感应电动势在金属块内自成的闭合回路中产生感应电流。**电磁阻尼**：导体在磁场中运动产生感应电流，使导体受到安培力。安培力的方向与导体相对于磁场运动的方向相反，阻碍导体运动。



- 交流电：大小和方向都随时间做周期性变化的电流。

中性面：线圈平面与磁场方向【垂直】的位置，此时穿过线圈的磁通量为 0，磁通量的变化率最大，【每次经过中性面电流都会改变方向】。



正弦交流电

- **瞬时值**： $e = E_m \sin \omega t = E_m \sin 2\pi f t$, $U = U_m \sin \omega t = U_m \sin 2\pi f t$, $I = I_m \sin \omega t = I_m \sin 2\pi f t$
- **最大值（峰值）**： $E_m = NB\omega S$, U_m , I_m
- **有效值**：让直流电和交流电分别通过相同阻值的电阻，如果在相同时间内产生的【热量相等】，正弦（余弦）交流电的有效值与最大值的关系为：

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}, U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

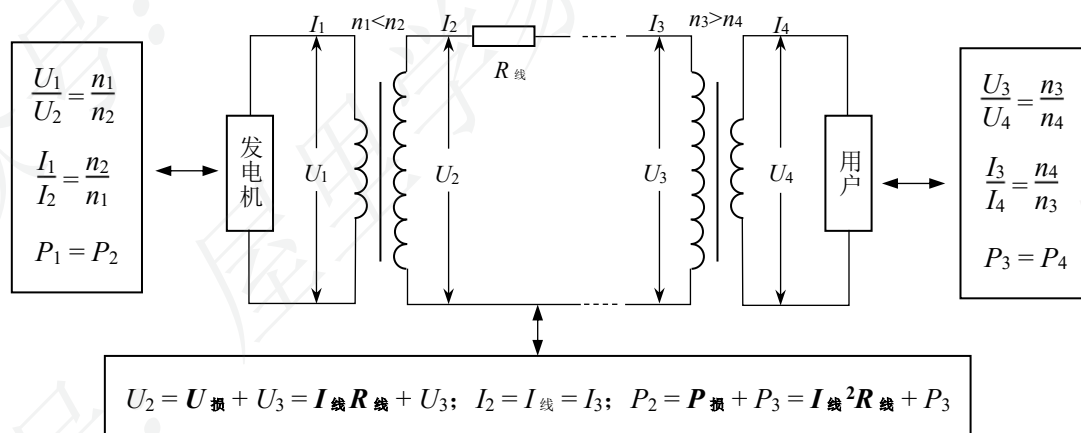
额定功率也是按**有效值**计算的；一般交流电压表和交流电流表测量的数值，都是**有效值**。我国生活用的是正弦交流电，【频率 $f = 50 \text{ Hz}$ ，电压有效值 $U = 220 \text{ V}$ 】。

- 理想变压器

特点：变压器铁芯无漏磁，无发热损失；原、副线圈不计内阻，即无能量损失；是一种理想化模型。

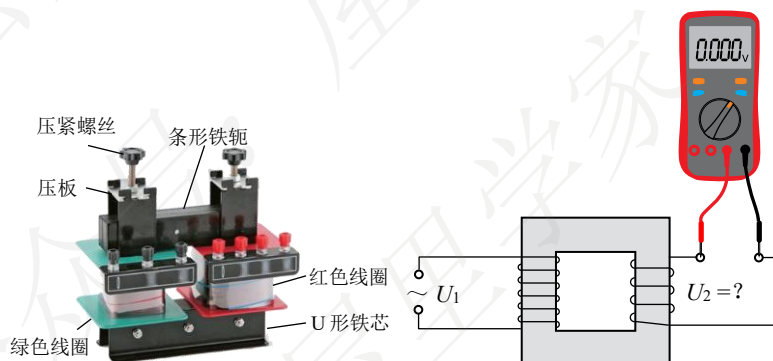
电压与匝数关系：【 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 】；电流与匝数关系：【 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ 】；功率关系：【 $P_1 = P_2$ 】。

- 远距离输电



可见：输电导线上损失的电功率： $P_{\text{损}} = \left(\frac{P_2}{U_2}\right)^2 R_{\text{线}}$ ，可见若【 $U_2' = nU_2$, $P_{\text{损}}' = \frac{1}{n^2} P_{\text{损}}$ 】。

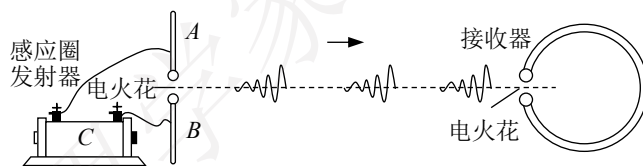
选必实验 6 探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系



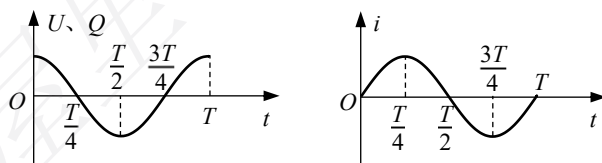
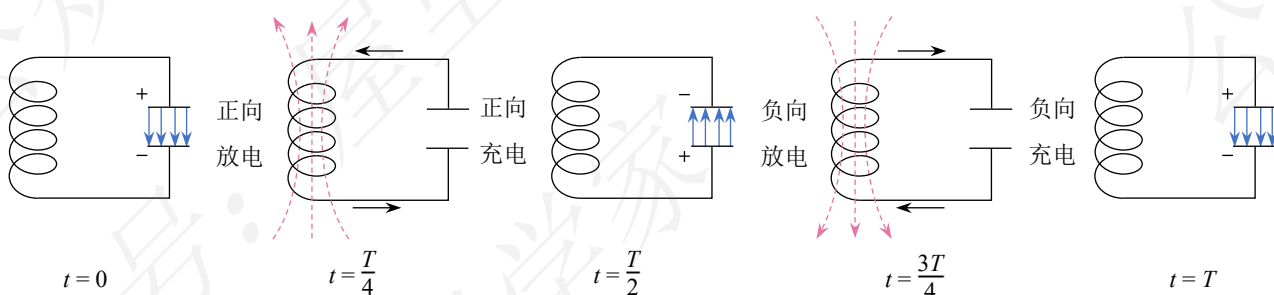
实验结论：在误差允许的范围内，变压器原、副线圈两端的电压与匝数成正比，即 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 。

主要误差来源：实际变压器存在各种损耗（【铁芯漏磁、铁芯涡流发热，线圈电阻发热】）等，实际输出 U_2 偏小。

- 电磁场和电磁波：【麦克斯韦】提出电磁场【理论】，并【预言了电磁波的存在】。空间中【交替变化的电场引起交替变化的磁场】；这个交替变化的电场和磁场又会在较远的空间引起新的交替变化的电场和磁场……交替变化的电场和磁场相互联系，形成一个不可分离的统一的场，这就是**电磁场**。电磁场由近及远向周围空间传播开去，就形成**电磁波**。电磁波【传播无需介质，可以在真空中传播】。
- 赫兹用【实验证实】了电磁波的存在，还证明电磁波和光波一样，能发生反射，折射，干涉，衍射，光速等现象，并测出了电磁波的传播速度正是光速。
- 赫兹实验

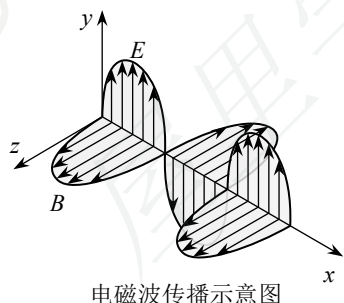


- 电磁振荡（LC 回路）

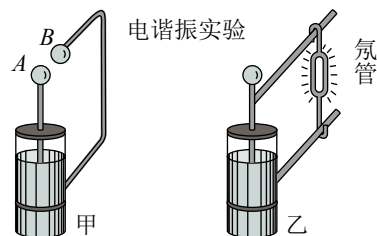


- 放电时：电容器极板上电荷量 Q 减小，极板电压 U 减小（因为 $C = \frac{Q}{U}$ ），两板间电场强度 E 减小（因为 $E = \frac{U}{d}$ ），电场能减小；电路中电流 I 增大，线圈产生的磁场的强度 B 增大，磁场能增大。
- 充电时：电容器极板上电荷量 Q 增加，极板电压 U 增大，两板间电场强度 E 增加，电场能增加；电路中电流 I 减小，线圈产生的磁场的强度 B 减小，磁场能减小。

- 有效发射电磁波的条件：**【(1) 开放电路、(2) 提高振荡频率】**。
- 无线电波三种传播方式：**地波**（地面传播）、**天波**（电离层反射传播）和**空间波**（直线传播）。
- 无线电波的传播**【不需要介质】**，在**【真空中的波速总为光速】**；在介质中传播时，**波速与介质有关**，频率由波源决定。**【 $\lambda = \frac{v}{f} = vT$ 】**



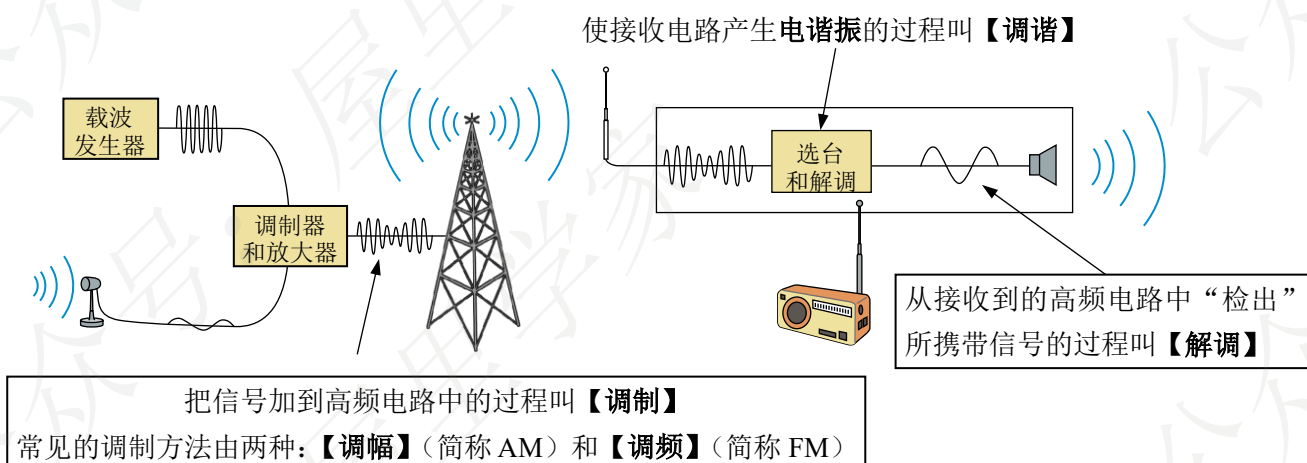
电磁波传播示意图



当两个矩形线圈面积相等时，振荡电流最大

- 无线电波的接收

当接收电路的固有频率跟接收到的电磁波的频率相同时，接收电路中产生的振荡电流最强，这种现象叫**【电谐振】**。



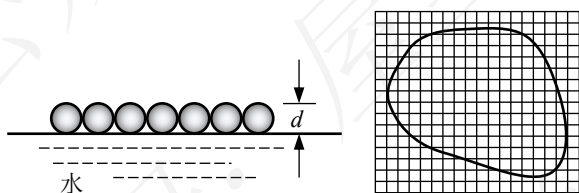
- 电磁波的种类和用途（6个）：**【无线电波**（微波属于无线电波），用于通信、雷达、微波加热、无线射频】、**【红外线**，用于遥控、自动控制、加热】、**【可见光】**、**【紫外线**，用于杀菌、荧光防伪】、**【X射线**，用于医疗透视、扫描】、**【 γ 射线**，用于医疗中切除肿瘤】。

第十一单元 热学

- 物体是由**【大量分子】**组成的，分子直径的数量级是**【 10^{-10} 】m**；1 mol 任何所含有的微粒个数是 N_A 个（阿伏伽德罗常数是 $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ **【 mol^{-1} 】**）。

$$\text{阿伏伽德罗常数} = \frac{\text{摩尔质量}}{\text{分子质量}} = \frac{\text{摩尔体积}}{\text{分子占有体积}}, \text{ 即: } N_A = \frac{M_A}{m} = \frac{V_A}{V}$$

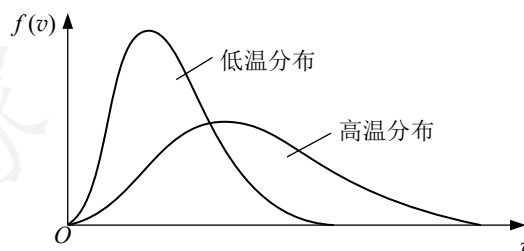
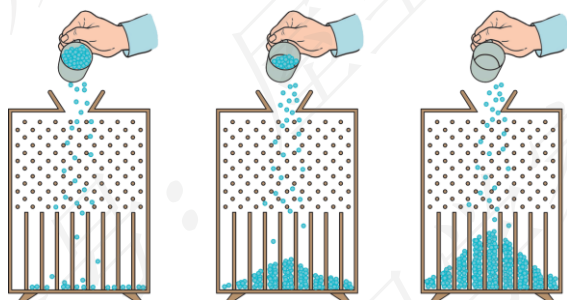
选必实验 8 用油膜法分子的大小



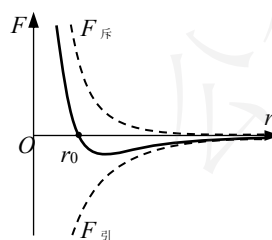
$$d = \frac{V}{S}$$

- 油酸需要酒精稀释有助于形成单分子油膜；
- 在量筒中滴入几十滴溶液可以较精确测量一滴溶液的体积（积累法）；
- 在水面撒痱子粉使油膜边界清晰；
- 理想化处理：单层、球形、紧密。

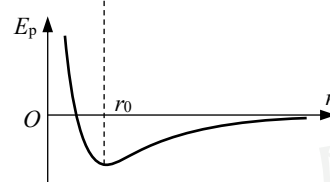
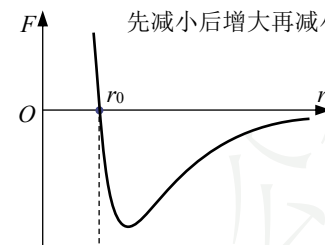
- 分子【永不停息】的做【无规则】的热运动。温度越【高】，运动越【剧烈】。
- 布朗运动：悬浮在液体中的【固体颗粒】所做的不停息的无规则运动叫布朗运动，它的无规则运动【间接反映】了液体分子的无规则运动。悬浮在液体中的固体微粒越【小】，温度越【高】，微粒的布朗运动越显著。
- 分子速率分布的统计规律
气体的大多数分子，其速率都在某个数值附近，离开这个数值越远，分子数越【少】。对同一个分子而言，速率也时大时小，【每个分子具有多大的速率是完全偶然】的，但【大量分子的速率分布却有一定的规律性】。这种大量分子速率分布的规律性是一种【统计规律】。
- 分子速率统计规律可用【“伽尔顿板”实验类比】。
- 分子速率分布函数 $f(v)$ 的图像： $f(v)$ 为在速率 v 附近单位速率间隔内气体分子数与分子总数的比。图线与横轴所围的【面积】表示物体分子的总数，所以温度变化时所围的【面积不变】。



- 分子间【同时存在着相互作用的引力和斥力】，它们的大小都跟分子间【距离】有关。当分子间距相对较大时，分子间的作用表现为【引】力；当分子之间的距离相对较小时，分子间的作用表现为【斥】力。此外，当分子间距离大到一定程度，分子间的作用力就迅速减小到【可以忽略】。
- 由于分子之间存在相互作用的【分子力】，因此分子具有与分子间距离有关的势能，这种势能叫做【分子势能】。
- 【温度是分子平均动能的标志】：分子势能与物体的【体积】与【状态】有关；物体中所有分子动能和分子势能的总和叫做【内能】。热现象是大量分子热运动的宏观表现，是大量分子运动的统计结果。讨论【个别分子的温度与内能是没有意义的】。改变物体的内能的两个途径是【做功】和【热传递】，两者在效果是等效的，但前者是【其他形式的能转化为内能】，后者是【物体间内能发生转移】。
- 热力学第一定律：【 $\Delta U = W + Q$ 】
外界对系统做功时， $W > 0$ ；系统对外界做功时， $W < 0$ ；（气体收缩→外界对气体做功；气体膨胀→气体对外界做功）
系统从外界吸收热量时， $Q > 0$ ；系统向外界放出热量时， $Q < 0$ 。
系统内能增加时， $\Delta U > 0$ ；系统内能减少时， $\Delta U < 0$ 。
- 理想气体：对于理想气体，分子间相互作用力忽略不计，分子势能为零。因此【一定质量理想气体的内能仅取决于它的温度】。



随 r 的增大，分子力先减小后增大再减小



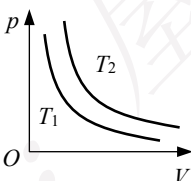
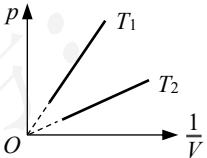
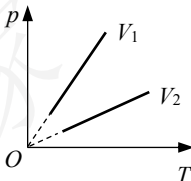
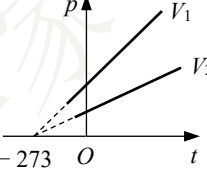
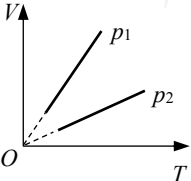
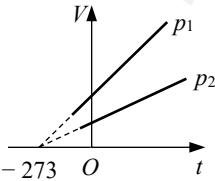
平衡位置 $F = 0$ ，分子势能最小

- **【热传递、摩擦生热、气体自由膨胀】**是物理学中所讨论的三种典型的单向性过程或不可逆过程。
- **【能量守恒定律】**：能量既不会凭空产生，也不会凭空消失，它只能从一种形式**【转化】**为其他形式，或者从一个物体**【转移】**到其他物体，从物体的一部分转移到其他部分，在转化或转移的过程中，能量的总量保持不变。热力学第一定律是能量守恒定律在热现象中的具体体现。**【第一类永动机】**违背了能量守恒定律因而不能制成。
- 热力学第二定律的**克劳修斯表述**：不可能把热量从低温物体传到高温物体，而不引起其他变化。
热力学第二定律的**开尔文表述**：不可能从单一热源吸收热量并把它全部用来做功，而不引起其他变化。**【第二类永动机】**违背了热力学第二定律因而不能制成。
 - 在宏观过程中，机械能可以完全转化为内能而不引起其他变化，但内能却不能完全转化为机械能而不引起其他变化。从机械能转化为内能时**【能量退降】**。自然界发生的各种变化中，能量的总值虽然保持不变，但是能量**【可被利用的价值越来越小】**，即能量退降了。能量退降是自然界中的宏观过程方向性的体现，是热力学第二定律的必然结果。
- **能源**：按生产方式可分为一次能源、二次能源，一次能源又分为可再生能源和不可再生能源；按能源性质又可分为燃料能源和非燃料能源、按能源的利用技术可分为常规能源和新能源。

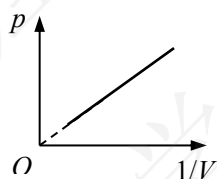
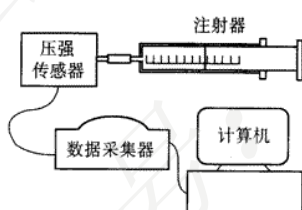
生产方式		能源性质		利用技术	
一次能源	二次能源	燃料能源	非燃料能源	常规能源	新能源
太阳能、水能、风能、煤、石油、天然气	电力、汽油、煤气	煤炭、石油、天然气	水能、风能	煤炭、石油、水能	风能、太阳能、核能

- **状态参量**：**体积 V** ：气体所充满的容器的容积；在标准状态下（0℃，1 标准大气压），1 摩尔的任何气体所占的体积为**【22.4 L】**。
- **温度 T** ：宏观上表示物体的冷热程度，微观上是**【物体内分子平均动能大小的标志】**。单位是**【开尔文】**，单位符号 K。热力学温度 T 与摄氏温度 t 的关系是：**【 $T = t + 273$ ， $\Delta T = \Delta t$ 】**。- 273 °C 叫做**绝对零度**，它是**【低温的极限，能够无限接近，但不可能达到】**。
- **压强 p** ：微观解释：大量气体分子无规则的运动而**【频繁撞击器壁】**，形成对器壁各处均匀、持续的的压力而产生的压强。1 标准大气压（atm）= 76 厘米汞柱（cmHg）= 1.01×10^5 Pa

● 气体定律

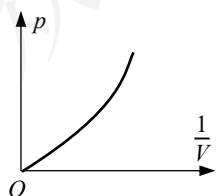
	等温变化—玻意耳定律	等容变化—查理定律	等压变化——盖-吕萨克定律
公式	$p_1V_1 = p_2V_2$	$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \frac{\Delta p}{\Delta T}$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{\Delta V}{\Delta T}$
图像	由 $pV = CT$ (温度越高, 常数 CT 越大) 可知: 双曲线离轴越远, 表示的温度越高, 图中 $T_1 < T_2$。  由 $p = CT \cdot \frac{1}{V}$ (温度越高, 常数 CT 越大) 可知: 直线斜率越大, 表示的温度越高, 图中 $T_1 > T_2$。 	由 $p = \frac{C}{V}T$ (体积越小, 常数 $\frac{C}{V}$ 越大) 可知: 直线斜率越大, 表示的体积越小, 图中 $V_1 < V_2$。  可利用坐标轴平移的思想, 将 -273 作为新坐标系的原点。可知: 直线的“斜率”越大, 表示的体积越小, 图中 $V_1 < V_2$。 	由 $V = \frac{C}{p}T$ (压强越小, 常数 $\frac{C}{p}$ 越大) 可知: 直线斜率越大, 表示的压强越小, 图中 $p_1 < p_2$。  可利用坐标轴平移的思想, 将 -273 作为新坐标系的原点。可知: 直线的“斜率”越大, 表示的压强越小, 图中 $p_1 < p_2$。 

选必实验 9 研究温度不变时, 一定质量的气体压强与体积的关系

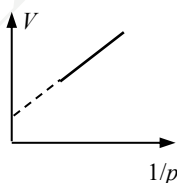


- 活塞涂润滑油防止漏气;
- 缓慢推拉活塞、不用手握注射器气体部分保持气体温度不变。

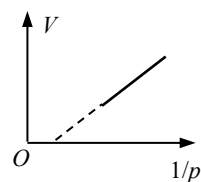
【实验误差分析】



此图像斜率为 pV , 图像弯曲表示气体质量和温度发生变化



此图像【正截距】表示注射器中有杂物



此图像【负截距】表示注射器与压强传感器连接软管的体积

- 液体的表面张力

来源：**【表面层】**液体分子间的**【引力】**作用。使液体的**【表面积趋于最小】**。而在体积相同的条件下，球形的表面积最小。

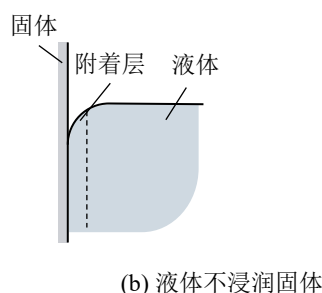
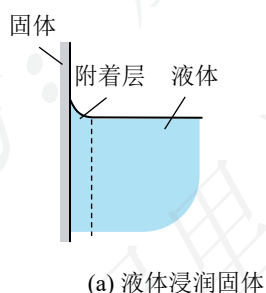
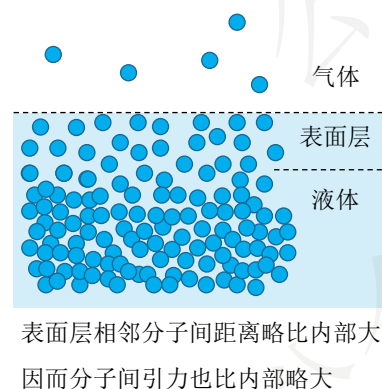
- 浸润现象

在液体与固体的接触处形成的液体薄层称为**【附着层】**。

①当固体分子对附着层内液体分子的吸引力**【大于】**液体内部分子间的吸引力时，附着层液体有沿固体壁扩展的趋势，这就形成了液体对固体的**【浸润】**现象。

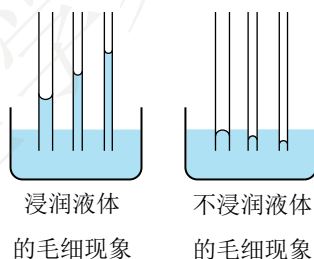
② 当固体分子对附着层内液体分子的吸引力**【小于】**液体内部分子间的吸引力时，附着层液体有收缩趋势，这就形成了液体对固体的**【不浸润】**现象。

液体浸润固体时，管内液面呈**【凹形】**；液体不浸润固体时，管内液面呈**【凸形】**。



- 毛细现象

浸润液体在细管中**【上升】**和不浸润液体在细管中的**【下降】**的现象。毛细管的**【内径越小，高度差越大】**。



- 晶体和非晶体

固体中分子或原子间距离约为**【 10^{-10} 】m (0.1 nm)**量级，组成晶体的微粒依照一定的规律在空间整齐地排列，构成**【空间点阵】**。

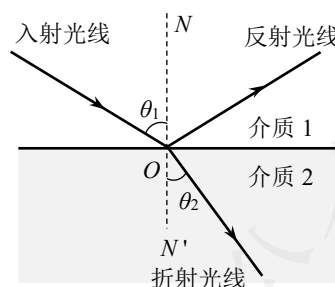
单晶体**【规则形状，各向异性，固定熔点】**、多晶体**【各向同性，固定熔点】**、非晶体**【各向同性，没有固定熔点】**

- 液晶

液晶既像液体一样具有**【流动性】**和**【连续性】**，其分子又保持着固态晶体特有的**【规则排列】**方式，在光学上具有**【各向异性】**等晶体特有的物理性质。**【不加电压时】**，液晶是**【透明】**的；**【加电压时】**，液晶**【不透明】**，光线不能通过。

第十二单元 光学

- **折射定律：**当光从介质 1 射入介质 2 时，折射光线与入射光线、法线处在【同一平面】内，折射光线与入射光线分别位于【法线】的两侧；入射角 θ_1 的正弦与折射角 θ_2 的正弦之比 $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ 为常数。



- **折射率：**当光从真空斜射入某种介质时，【 $n = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ ， $n > 1$ 】。
- **折射率与光速的关系：**【 $n = \frac{c}{v}$ 】， v 为光在介质中的速度。在光的折射现象中，【光路可逆】。

选必实验 3 测量玻璃的折射率

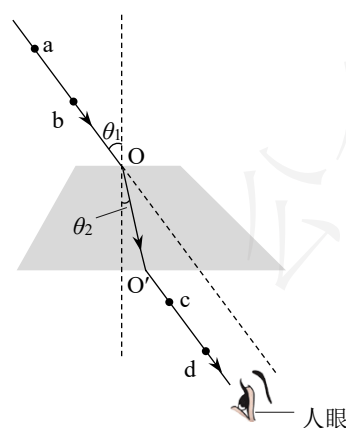
实验装置与操作：(1) 按照玻璃砖的宽度在白纸上画出两条平行线，将玻璃砖依平行线置于白纸上。

(2) 在玻璃砖的一侧垂直于纸面插两枚大头针 a、b，其连线与玻璃砖表面成一定角度。在另一侧透过玻璃砖观察，并在该侧的适当位置再插两枚大头针 c、d，使四枚大头针【依次遮挡】。此时，它们位于同一射入眼睛的光线上。

(3) 根据大头针的位置在白纸上画出入射光线和出射光线，确定【入射点 O 和出射点 O'】，画出玻璃砖中的【折射】光线。

(4) 测量并记录光在空气和玻璃分界面上的入射角和折射角。改变【入射】角，再次测量并记录。

(5) 实验结论：玻璃的折射率 $n = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ 。

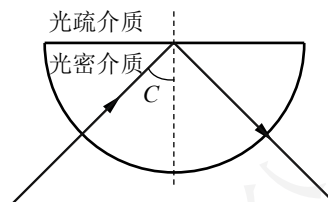


注意事项：实验时，尽可能将大头针【竖直】插在纸上，且 a 和 b 之间、b 和 O 点之间、c 与 d 之间、c 与 O' 之间距离要稍【大】一些，入射角 θ_1 应【适当大】一些，以减小测量角度的误差，但【不宜太大】，太大会导致反射光太强、折射光太弱，不易确定 c、d 的位置。

- **全反射**

产生条件：【光从光密介质射向光疏介质；入射角大于临界角】。

临界角：【 $\sin C = \frac{1}{n}$ ，或 $C = \arcsin \frac{1}{n}$ 】。



- **光的干涉**

必要条件：两束光【频率相等】。发出这两束光的光源称为【相干光源】。

(1) (杨氏) 双缝干涉

用单色光作为光源时，光屏上是【明暗相间，等间距】的条纹。红光的条纹间距最大，紫光的条纹间距最小。

用白光作为光源时，光屏上出现**彩色干涉条纹**，且**中央明纹为白色**。

相邻明条纹中心间距或相邻暗条纹中心间距

$$\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$$

式中 d 为双缝间距， L 为光屏到双缝的距离， λ 为光的波长。



紫光与红光的条纹间距不同

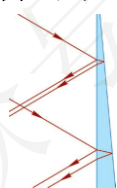


白光干涉出现的彩色条纹，中央为白色

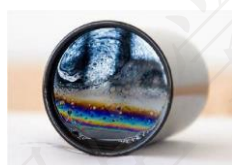
(2) 薄膜干涉

光照射到薄膜上，从膜的【两个表面分别反射】形成相干光而互相叠加的干涉现象。

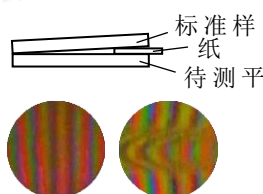
事例：阳光下的油膜和肥皂膜变得五彩斑斓，且竖直肥皂膜上出现水平的彩色条纹。



膜的两个表面反射光



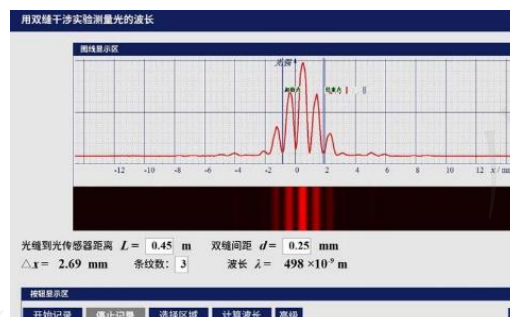
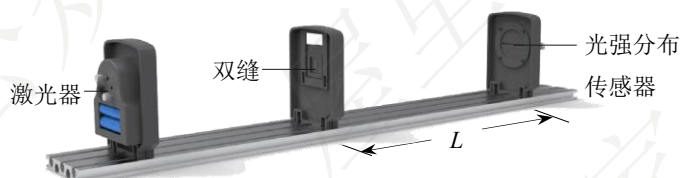
肥皂膜上出现的彩色



利用干涉检查平

选必实验3 用双缝干涉实验测量光的波长

实验装置如图所示。



双缝间隔 d 已知，可通过测量光屏上的光强分布数据得到干涉条纹间距 Δx ，测量双缝到传感器接收面的距离 L ，根据 $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$ ，可求得激光器发出的单色光的波长 $[\lambda = \frac{d \Delta x}{L}]$ 。

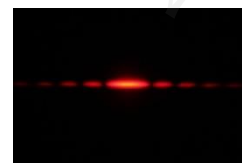
● 光的衍射

当光在传播过程中遇到孔隙（或障碍物）后，偏离原来的直线运动方向【**绕过孔隙（或障碍物）**】继续传播的现象。

条件：【**孔隙或障碍物的尺寸比光的波长小或跟波长差不多**】。

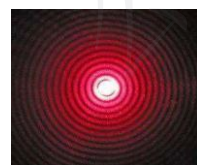
(1) 单缝衍射

条纹特点：【**中央明纹最宽最亮，两侧变窄变暗**】。



(2) 圆孔衍射

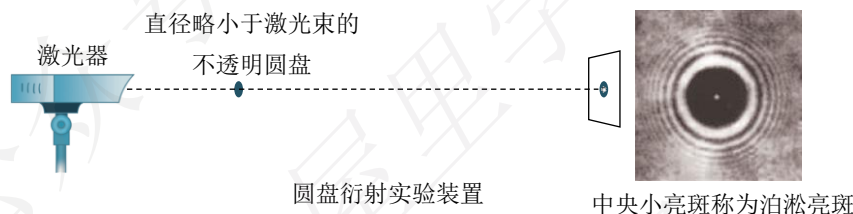
中央是大且亮的圆形亮斑，周围分布着明暗相间的同心圆环。【圆孔越小，中央亮斑的直径越大】。



圆孔衍射

(3) 圆盘衍射

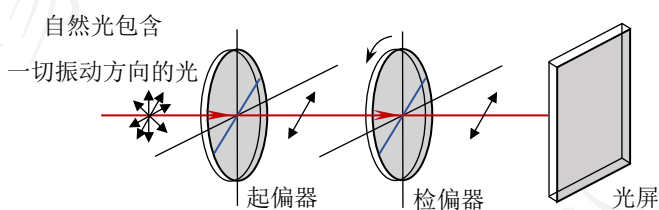
相对于圆孔衍射图样，泊松亮斑较小。



● 光的偏振

偏振现象表明【光是横波】。

自然光经过起偏器后，在垂直于传播方向的平面内只沿某一方向振动的光，可以通过检偏器加以检验。



应用：照相机镜头上加装偏振滤光片、立体电影等。

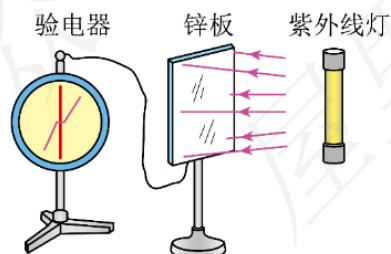
● 激光

特点：①单色性好，相干性好；③平行度好；②亮度高。

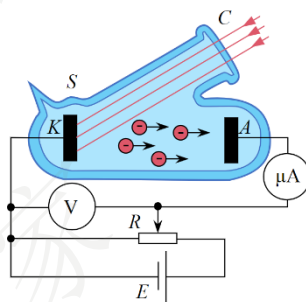
应用：光纤通信；激光测距；激光读写；激光加工；激光手术（亦称光刀手术）；激光武器。

● 光电效应现象

光电效应现象：在光的照射下，金属中的电子从表面逸出的现象，发射出来的电子叫【光电子】。



观察光电效应的实验装置



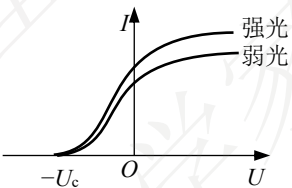
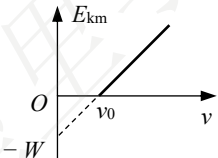
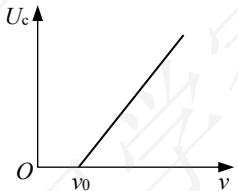
探究光电效应规律的实验装置

光电效应的产生条件：入射光的频率大于金属的【截止频率】。

● 光电效应规律：

1. 入射光的频率必须【大于截止频率】才能产生光电效应。
2. 当入射光的频率大于截止频率时，单位时间从金属表面逸出的【光电子数与入射光的强度成正比】。
3. 光电子的【最大初动能只随入射光频率的增大而增大】，与入射光的强度无关，。
4. 光电效应的发生几乎是【瞬时】的。

● 光电管研究光电效应实验图像：

图像名称	图线形状	获取信息
光电流与电压之间的关系图线		横轴截距：反向遏止电压的负值 $-U_c$ 。 饱和电流：电流的最大值
最大初动能 E_k 与入射光频率 ν 的关系图线		截距：逸出功的负值 $-W$ 横轴截距：截止频率 ν_0 斜率：普朗克常量 h
遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的关系图线		横轴截距：截止频率 ν_0 斜率： $\frac{h}{e}$

● 爱因斯坦光电效应方程

1. **光子说**：光是由一份一份能量子组成的，这些能量子叫做**光子**，光子的能 $E = h\nu$ 。

2. **逸出功 W** ：电子克服金属束缚所做功的最小值。

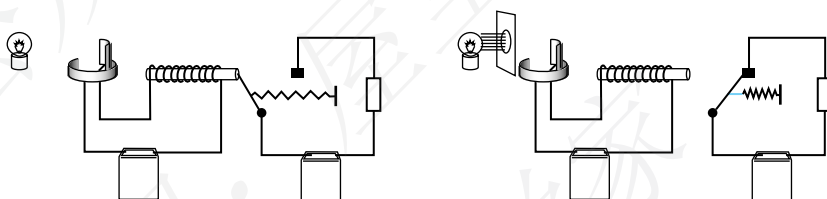
3. **最大初动能 E_{km}** ：发生光电效应时，金属表面上的电子吸收光子后克服原子核的引力逸出时所具有的动能的最大值。

4. **光电效应方程**： $E_{km} = h\nu - W$

物理意义：金属表面的电子吸收一个光子获得的能量是 $h\nu$ ，这些能量的一部分用来克服金属的逸出功 W ，剩下的表现为逸出后电子的最大初动能 E_{km} 。

● 光电效应的应用

光电管用于播放电影音轨、控制电路



有光时光电管导通

光被遮挡时光电管断开

● 光的波粒二象性

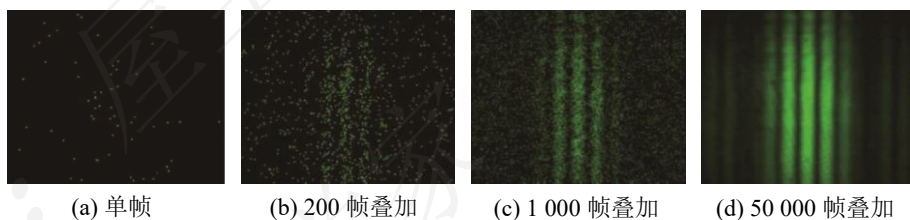
光的【干涉、衍射、偏振】现象证明光具有**波动性**，【光电效应、康普顿】效应说明光具有**粒子性**。光既具有波动性，又具有粒子性，称为光的【**波粒二象性**】。

个别光子的作用效果往往表现为粒子性；大量光子往往表现为波动性；

频率越低波动性越显著，越容易看到光的干涉和衍射现象；频率越高粒子性越显著，越不容易看到光的干涉和衍射现象，贯穿本领越强。

从传播与作用上看：光在传播过程中往往表现出波动性；在与物质发生作用时表现为粒子性。

● 单光子双缝干涉实验



(a) 单帧

(b) 200 帧叠加

(c) 1 000 帧叠加

(d) 50 000 帧叠加

每个光点代表一个光子到达，反映了光的**粒子性**；荧光屏上出现了规则的双缝干涉条纹，这是**波动性**的表现，从而体现了光的**波粒二象性**。明条纹代表光子到达的**【概率大】**，暗条纹代表光子到达的**【概率小】**。

● 量子力学的建立

【德布罗意】提出**【物质波】**：任何一个运动着的物体，小到微观粒子，大到宏观物体，都有一种波与它对应，其波长 $[\lambda = \frac{h}{p}]$ ， p 为运动物体的动量， h 为普朗克常量。实验证明：**【电子衍射】**。

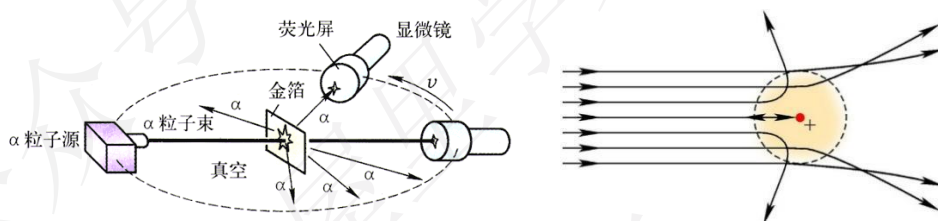
【薛定谔】建立了物质波的**【波动方程】**，【玻恩】提出了波函数的统计诠释，认为物质波是一种**【概率波】**。【海森堡】提出了**【不确定原理，矩阵力学】**

第十三单元 原子物理

● 原子核式结构模型

1. 【汤姆孙】发现电子（通过对**【阴极射线】**的研究，阴极射线是**【核外电子】**），使人们认识到**【原子可分】**。

2. 【卢瑟福】的核式结构模型。 α 粒子散射实验是用 α 粒子轰击**【金箔】**，实验现象：**【绝大多数】** α 粒子穿过金箔后基本上仍沿原来的方向前进，但是有**【少数】** α 粒子发生了较大角度的偏转，**【极少数】** α 粒子产生超过 90° 的大角度偏转，**【个别】** α 粒子甚至被弹回。 α 粒子散射实验说明**【原子有核】**。



3. α 粒子散射实验结论：在原子中心有**【一个很小的核】**，叫原子核，原子的**【全部正电荷】**和**【几乎全部质量】**都集中在原子核里，带负电的电子在**【核外空间运动绕核旋转】**。由 α 粒子散射实验的实验数据还可以估算出原子核大小的数量级是**【 $10^{-15} \sim 10^{-14}$ 】m**。

4. 核式结构模型的**局限性**：不能解释原子光谱是**特征光谱**和原子的**稳定性**。

● 玻尔原子模型

玻尔理论

【定态】：原子只能处于一系列**【不连续】**的能量状态中，在这些能量状态中原子是稳定的。

轨道：原子的不同能量状态跟电子在不同的**圆周轨道**绕核运动相对应。原子的定态是不连续的，因此电子的可能轨道也是不连续的。

跃迁：电子从能量较高（低）的定态轨道跃迁到能量较低（高）的定态轨道时，会放出（吸收）能量为 $h\nu$ 的光子，光子（电磁波）能量为 **【 $h\nu = |E_n - E_m|$ 】**。

● 氢原子的能量和能级变迁

1. 能级公式：**【 $E_n = \frac{1}{n^2} E_1$ 】** ($n = 1, 2, 3, \dots$ ，其中 E_1 为基态能量，其数值为 $E_1 = -13.6 \text{ eV}$)

2. 半径公式: $[r_n = n^2 r_1]$ ($n = 1, 2, 3, \dots$), 其中 r_1 为基态轨道半径, 其数值为 $r_1 = 0.53 \times 10^{-11} \text{ m}$ 。

3. 从量子力学的观点来看, 原子核外的电子不存在确定的运动轨道。玻尔的电子轨道就是电子出现【概率最大】的地方。用小黑点的疏密表示电子在核外各处出现的概率分布, 这种“云雾”称为【电子云】。



● 玻尔模型的局限性: 不能解释复杂原子形成的原子光谱。

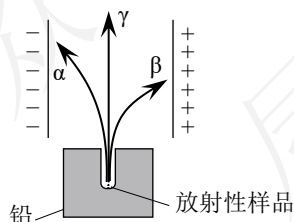
● 天然放射现象

天然放射现象: 元素自发地放出射线的现象, 首先由【贝克勒尔】发现。天然放射现象的发现, 【说明原子核是可分的】。

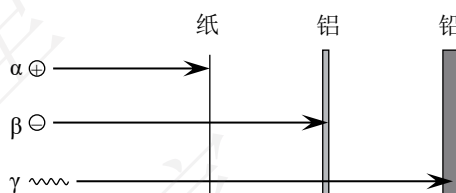
【三种射线】的成分和性质:

种类	本质	质量 (u)	电荷 (e)	电离性	贯穿性
α 射线	氦核	4	+2	最强	最弱, 纸能挡住
β 射线	电子	$\frac{1}{1840}$	-1	较强	较强, 穿几 mm 铝板
γ 射线	光子	0	0	最弱	最强, 穿几 cm 铅板

射线的应用: 消除静电、工业探伤、做示踪原子等。



三种射线在电场中的偏转



三种射线穿透能力的比较

● 原子核的衰变、半衰期

原子核放出 α 粒子或 β 粒子, 变成另一种原子核的变化称为【原子核的衰变】。

分类: 【 α 衰变】: ${}_Z^AX \rightarrow {}_Z-2^{A-4}Y + {}_2^4\text{He}$; 【 β 衰变】: ${}_Z^AX \rightarrow {}_Z+1^{A}Y + {}_{-1}^0\text{e}$

衰变类型	α 衰变	β 衰变
衰变过程	${}_Z^AX \rightarrow {}_Z-2^{A-4}Y + {}_2^4\text{He}$	${}_Z^AX \rightarrow {}_Z+1^{A}Y + {}_{-1}^0\text{e}$
衰变实质	2 个质子和 2 个中子结合成一个整体射出 $2{}_1^1\text{H} + 2{}_0^1\text{n} \rightarrow {}_2^4\text{He}$	【1 个中子转化为 1 个质子和 1 个电子】 ${}_0^1\text{n} \rightarrow {}_1^1\text{H} + {}_{-1}^0\text{e}$
衰变规律	电荷数守恒、质量数守恒、动量守恒	

γ 射线经常伴随着 α 衰变或 β 衰变同时产生。其实质是放射性原子核在发生 α 衰变或 β 衰变的过程中, 产生的新核由于具有过多的能量 (原子核处于激发态) 而辐射出光子。

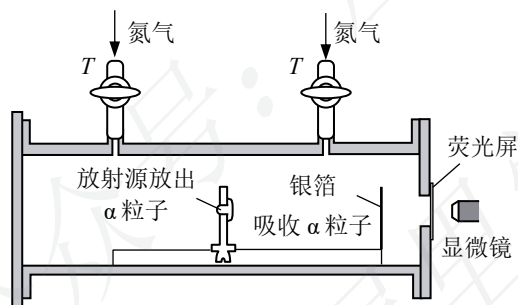
● 【半衰期】: 放射性元素的原子核有一半发生衰变所需的时间。放射性元素衰变的快慢是【由核内自身的因素决定】的, 跟原子【所处的化学状态和外部条件无关】。

*公式: $N_{\text{余}} = N_{\text{原}} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{\tau}}$, $m_{\text{余}} = m_{\text{原}} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{\tau}}$ 。

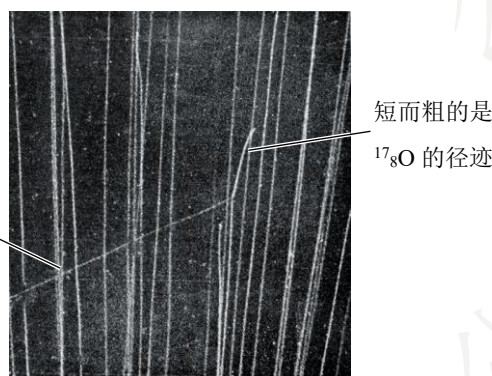
式中 $N_{\text{原}}$ 、 $m_{\text{原}}$ 表示衰变前的放射性元素的原子数和质量, $N_{\text{余}}$ 、 $m_{\text{余}}$ 表示衰变后尚未发生衰变的放射性元素的原子数和质量, t 表示衰变时间, τ 表示半衰期。

● 原子核的人工转变:

【卢瑟福】用 α 粒子轰击氮核发现质子的人工核反应方程: $[{}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}]$, 并【预言中子的存在】



卢瑟福发现质子的实验装置示意图



布拉凯特所摄的云室照片

【查德威克】用 α 粒子轰击铍核的核反应方程： ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$

● 原子核的组成

原子核由**质子**和**中子**组成，质子和中子统称为**核子**。质子带正电，中子不带电。

基本关系：（1）核电荷数（ Z ）= 质子数 = 元素的原子序数 = 原子的核外电子数。

（2）质量数（ A ）= 核子数 = 质子数 + 中子数。

X 元素的原子核的符号为 ${}_Z^AX$ ，其中 A 表示质量数， Z 表示核电荷数， $A - Z$ 表示中子数。

● 核力和核能

核力：原子核内部，核子间所特有的相互作用力。质子和质子、质子和中子以及中子和中子之间都存在核力，且核力大小是相同的，与核子是否带电无关。原子核中的每个核子仅仅与邻近的少数核子发生核力作用，核力比库仑力强 100 倍以上。

核子在结合成原子核时出现质量亏损 Δm ，其对应的能量 $\Delta E = \Delta mc^2$ 。

平均结合能越大，说明原子核越稳定。

● 核反应的四种类型

类型		可控性	核反应方程典例	
衰变	A 衰变	自发	$^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{234}_{90}\text{Th} + ^4_2\text{He}$	
	B 衰变	自发	$^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{234}_{91}\text{Pa} + ^0_{-1}\text{e}$	
人工转变		人工控制	$^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$ （卢瑟福发现质子）	
			$^4_2\text{He} + ^9_4\text{Be} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^1_0\text{n}$ （查德威克发现中子）	
人工转变		人工控制	$^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n}$	（约里奥—居里夫妇发现放射性同位素，同时发现正电子）
			$^{30}_{15}\text{P} \rightarrow ^{30}_{14}\text{Si} + ^0_{+1}\text{e}$	
重核裂变		比较容易进行人工控制	$^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{144}_{56}\text{Ba} + ^{89}_{36}\text{Kr} + 3^1_0\text{n}$	
轻核聚变		很难控制	$^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$	

熟记常见基本粒子的符号，是正确书写核反应方程的基础。如质子（ ${}^1_1\text{H}$ ）、中子（ ${}^1_0\text{n}$ ）、 α 粒子（ ${}^4_2\text{He}$ ）、 β 粒子（ ${}^0_{-1}\text{e}$ ）、正电子（ ${}^0_{+1}\text{e}$ ）、氘核（ ${}^2_1\text{H}$ ）、氚核（ ${}^3_1\text{H}$ ）等。核反应过程中质量数守恒，电荷数守恒。

● 重核裂变 链式反应

一些质量较大的原子核（主要是指铀核或钚核）在吸收一个中子以后会分裂成两个或更多个质量较小的原子核，同时放出二个到三个中子和很大的能量，这一过程称为【**重核裂变**】。

我国核物理学家钱三强、何泽慧夫妇及其合作者**首次发现铀三分裂、四分裂的现象发生**。

重核裂变时放出的中子引起其他重核的裂变，可以使裂变不断进行下去，这就是【**链式反应**】。

链式反应的条件：铀块体积超过【**临界体积**】。

用人工方法控制核裂变链式反应速度并获得核能的装置，叫做

【**核反应堆**】。

核电站的核反应为【**重核裂变**】。水和石墨作为【**减速剂**】，水还可以作为【**冷却剂**】，控制棒用于【**吸收中子**】，控制反应速度。

● 核聚变：太阳的能源为内部的【**热核反应（轻核聚变）**】。

● 粒子分三大类：媒介子—传递各种相互作用的粒子，如：光子；

轻子—不参与强相互作用的粒子，如：电子、中微子；

强子—参与强相互作用的粒子，如：重子（质子、中子、超子）和介子。

● 1964 年盖尔曼提出了夸克模型，认为介子是由夸克和反夸克所组成，重子是由三个夸克组成。

● 自然界四种相互作用：强相互作用、电磁相互作用、弱相互作用、引力相互作用。

● 物理学史

1. 【伽利略】在力学方面的贡献：

（1）对运动的描述。严格定义了匀速运动，将匀速引申到变速，把平均速度引向瞬时速度，定义了加速度这一重要概念，决定采用时间作为运动学内在变量，研究位置、速度随时间变化的规律。

（2）对自由落体运动的研究。伽利略为了“冲淡重力”，用斜面作实验，结合数学分析，总结出斜面运动为匀加速运动，其规律为 $x \propto t^2$ ，运用科学推理将斜面的倾角逐渐增大到 90° ，从而得到自由落体的运动规律。

（2）惯性定律方面的研究。通过巧妙构思理想斜面实验，得出力不是维持物体运动原因。

2. 【牛顿】在物理学中的贡献：

（1）牛顿在总结前人对力与运动研究成果基础上总结出牛顿运动三大定律：

①牛顿运动第一定律提出惯性概念，并指出力不是维持物体运动的原因，而是改变物体运动状态的原因，是牛顿物理学的基础。明确定义了力、惯性的概念。（注意：牛顿第一定律不能用实验直接验证）

②牛顿运动第二定律确定了物体的加速度与质量及其所受力关系，是牛顿物理学的核心。

③牛顿运动第二定律明确了相互作用力之间的关系。

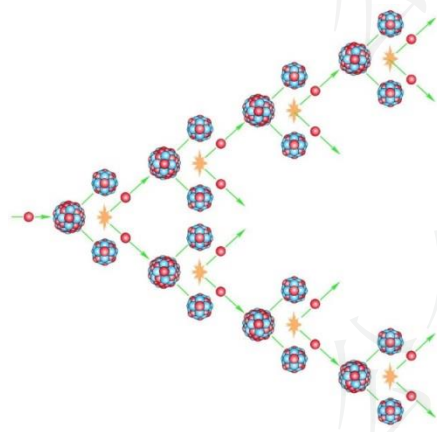
（2）牛顿于 1687 年正式发表万有引力定律。万有引力定律解释了天体运动规律，预言和发现了海王星和太阳系中其他星体，首次使地面上物体的运动规律与天上星体运动规律统一起来。

3. 【胡克】在物理学中贡献：发现并总结了胡克定律。

4. 【卡文迪什】用扭秤实验装置比较准确地测出了引力常量 G 。

5. 20 世纪初建立的量子力学和【**爱因斯坦**】提出的狭义相对论表明经典力学不适用于微观和高速运动粒子。

6. 1913 年，【**密立根**】通过油滴实验精确测定了元电荷 e 电荷量，获得诺贝尔奖。



7. 1785 年【库仑】利用扭秤实验发现了电荷之间的相互作用规律——库仑定律。
8. 【法拉第】在物理学中贡献 (1) 最早引入了场的概念, 并提出用场线表示场。
(2) 首先发现了电磁感应现象, 并制作出了人类第一台发电机。
9. 19 世纪, 【焦耳和楞次】先后各自独立发现电流通过导体时产生热效应的规律 (焦耳定律)。
10. 1820 年【奥斯特】在实验中发现电流可以使周围的小磁针发生偏转 (电流磁效应)。
11. 【安培】发现两根通有同向电流的平行导线相吸, 反向电流的平行导线则相斥, 同时提出了安培分子电流假说; 并总结出安培定则 (右手螺旋定则) 判断电流与磁场的相互关系和左手定则判断通电导线在磁场中受到磁场力的方向。
12. 【洛伦兹】提出运动电荷产生了磁场和磁场对运动电荷有作用力 (洛伦兹力)。
13. 【劳伦斯】发明了回旋加速器能在实验室中产生大量的高能粒子。(最大动能仅取决于磁场和 D 形盒直径, 带电粒子圆周运动周期与高频电源的周期相同)
14. 【楞次】发表确定感应电流方向的定律——楞次定律。
16. 【普朗克】为解释黑体热辐射规律提出能量子假说: 物质发射或吸收能量时, 能量不是连续的(电磁波的发射和吸收不是连续的), 而是一份一份的, 每一份就是一个最小的能量单位, 即能量子 $E = h\nu$ 。把物理学带进了量子世界。
17. 【爱因斯坦】为受到普朗克能量子假说提出光子说, 成功地解释了光电效应规律, 因此获得诺贝尔物理学奖。光电效应实验证实了光子具有能量, 光的粒子性。
18. 【康普顿】在研究石墨中的电子对 X 射线的散射, 发现散射的 X 射线中, 除了与入射波长相同的成分外, 还有波长大于原入射波长的现象——康普顿效应, 表面光子具有动量, 进一步证实了光的粒子性。
19. 【玻尔】提出了自己的原子结构假说, 最先得出氢原子能级表达式, 成功地解释和预言了氢原子的辐射电磁波谱, 为量子力学的发展奠定了基础。
20. 【德布罗意】提出假说: 实物粒子也具有波动性。
21. 戴维孙和汤姆孙分别用晶体做了电子衍射实验, 得到了电子束在金属晶体上的衍射图样, 证实了物质波的存在。
- 23., 【汤姆孙】利用阴极射线管发现了电子, 指出阴极射线是高速运动的电子流。说明原子可分, 有复杂内部结构, 并提出原子的枣糕模型。1906 年, 获得诺贝尔物理学奖。
24. 【卢瑟福】和助手们进行了 α 粒子散射实验, 并提出了原子的核式结构模型。由实验结果估计原子核直径数量级为 10^{-15} m 。
25. 【巴耳末】总结了氢原子光谱的波长规律——巴耳末系。
26. 【贝克勒尔】发现天然放射现象, 说明原子核有复杂的内部结构。天然放射现象: 有两种衰变 (α 、 β), 三种射线 (α 、 β 、 γ), 其中 γ 射线是衰变后新核处于激发态, 向低能级跃迁时辐射出的。衰变快慢与原子所处的物理和化学状态无关。
27. 【卢瑟福】用 α 粒子轰击氮核, 第一次实现了原子核的人工转变, 发现了质子, 并预言原子核内还有另一种粒子——中子。
28. 【查德威克】于在 α 粒子轰击铍核时发现中子, 获得诺贝尔物理学奖。
29. 【约里奥-居里夫妇】用 α 粒子轰击铝箔时, 发现了正电子和人工放射性同位素。
30. 【玛丽-居里夫妇】发现了两种放射性更强的新元素——钋 (Po) 和镭 (Ra)。
31. 哈恩和助手斯特拉斯曼用中子轰击铀核时, 铀核发生裂变。
32. 在费米、西拉德等人领导下, 美国建成第一个裂变反应堆 (由浓缩铀棒、控制棒、减速剂、水泥防护层等组成)。
33. 1952 年美国爆炸了世界上第一颗氢弹 (聚变反应、热核反应)。人工控制核聚变的一个可能途径是: 利用强激光产生的高压照射小颗粒核燃料。
34. 盖尔曼提出了夸克模型, 认为介子是由夸克和反夸克所组成, 重子是由三个夸克组成。