运动的性质分类

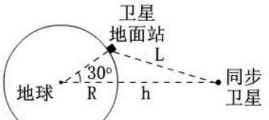
物体的受力和初始条件决定了物体的运动性质

直线运动

匀速直线运动（$\Sigma F=0$，$V_0\neq0$）

- 特点：在任意相等的时间内经过的位移相等，这样的运动称为匀速直线运动
- 规律：$S=V_0t$　　$V_t=V_0$
- 应用：一般不单独考（如例题）

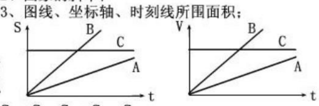
例：（如图）同步卫星把信号传递到地面所需时间？



匀变速直线运动（$\Sigma F\neq0$ 恒定且 $\Sigma F/\!/V_0$）

- 特点：在任意相等的时间内物体的速度改变量相等（注意速度是矢量），这种运动称为匀变速直线运动
- 规律：
  - 位移：$S=V_0t+\frac{1}{2}at^2$　　$S=V_tt-\frac{1}{2}at^2$
  - 速度：$V_t=V_0+at$　$\overline{V}=\frac{S}{t}=V_{\frac{t}{2}}=\frac{V_t+V_0}{2}$ 对匀变量都可用此法求均平均值，如匀速转动直杆的平均线速度$=\frac{1}{2}R\omega$
  - $V_{\frac{S}{2}}=\sqrt{\frac{V_t^2+V_0^2}{2}}$　　$V_t^2-V_0^2=2aS$

图象：1、图象的横、纵坐标；2、图象的斜率；3、图线、坐标轴、时刻线所围面积；

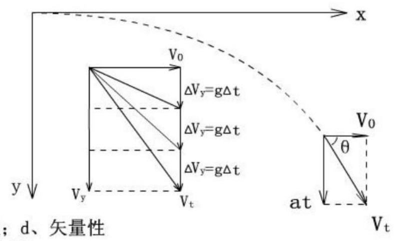


- 推论：
  - $\Delta S=aT^2=S_n-S_{n-1}$ 匀变速运动中连续相等的时间内的位移之差ΔS相等　$\Delta S=S_{II}-S_I=S_{III}-S_{II}=S_{IV}-S_{III}$
    - 1、测位移；
    - 2、求加速度：$a=\frac{S_{II}-S_I}{T^2}=\frac{S_{III}-S_{II}}{T^2}=\frac{S_{IV}-S_{III}}{T^2}$
    - 3、求速度：$V_B=\frac{S_I+S_{II}}{2T}$，$V_C=\frac{S_{II}+S_{III}}{2T}$
  - 初速度为零的匀变速直线运动在T末、2T末、3T末......
    - 1、$V_1:V_2:V_3:...:V_n=1:2:3:...:n$；
    - 2、$S_1:S_2:S_3:...:S_n=1^2:2^2:3^2:...:n^2$；
    - 3、$S_I:S_{II}:S_{III}:...:S_{第n个T}=1:3:5:...(2n-1)$；
  - 初速度为零的匀变速直线运动在连续通过第1米、第2米、第3米......所用的时间比
    $t_I:t_{II}:t_{III}:...:t_{第n}=1:\sqrt{2}-1:\sqrt{3}-\sqrt{2}:...:\sqrt{n}-\sqrt{n-1}$；
- 特例：
  - 自由落体运动：$S_I:S_{II}:S_{III}...=5:15:25...$ 米
  - 竖直上抛运动：上升、下降过程中同高处速度相等，同一段位移的时间相等；（对称性）
    $h_{max}=\frac{v_0^2}{2g}$　$t_上=t_下=\frac{v_0}{g}$
- 应用：在一条直线或在相互垂直方向上的追及问题；注意用上述结论对闪光照片的分析方法；

曲线运动

匀变速曲线运动（$\Sigma F\neq0$，$\Sigma F\perp V_0$）类平抛运动

- 特点：水平抛出的重物在重力作用下的曲线运动，称为平抛运动
- 规律：
  - x:匀速直线运动
  - y:方向满足匀变速直线的所有规律
  - $tg\theta=\frac{at}{V_0}=\frac{gt}{V_0}$



- 运动的合成分解：
  - 合运动与分运动具有：a、等时性；b、独立性；c、等效性；d、矢量性
  - 运算法则：运动的位移、速度、加速度都遵守平行四边形法则；
  - 分解运动的两种方法：a、根据合运动产生的实际效果进行分解；b、根据解题需要用正交分解法分解；
  - 运动的合成分解其实也就是的位移、速度、加速度的合成分解，也是矢量运算；（典型问题：小船渡河）

圆周运动 变力作用

匀速圆周运动（$\Sigma F\neq0$，$\Sigma F\perp V$）

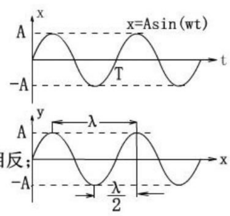
- 特点：物体在任意相等的时间内通过的弧长相等。
- 规律：$V=\frac{S}{t}=\frac{2\pi R}{T}$　线速度$=\frac{弧长}{时间}$　$\omega=\frac{\phi}{t}=\frac{2\pi}{T}$　$V=R\omega$
  做匀速圆周运动的物体所受的合外力必定指向圆心，称为向心力。圆心位置，轨迹所在平面是解题关键。
  $\Sigma F=ma=m\frac{V^2}{R}=mR\omega^2=mR\frac{4\pi^2}{T^2}=mR4\pi^2f^2$
- 应用：匀速圆周运动常与万有引力或洛仑兹力结合。

变速圆周运动（$\Sigma F\neq0$，$\Sigma F\not\perp V$，$\Sigma F\not\parallel V$）

- 特点：物体在任意相等的时间内通过的弧长不相等；合外力指向圆心的分量称为向心力。
- 物体在竖直面内的圆（或圆弧）轨道和重力（或电场力）共同约束下做变速圆周运动，此类习题一般只会考最低点或最高点
- 两个关键点：
  - “最低点”（动能最大）$\Sigma F=ma=m\frac{V^2}{R}=mR\omega^2=\frac{2E_k}{R}$
  - “最高点”（动能最小）$\Sigma F=ma=m\frac{V^2}{R}=mR\omega^2=\frac{2E_k}{R}$ 注意：通过最高点的临界状态（恰能、恰巧、刚好...）等对应的方程

简谐运动（$\Sigma F=-kx$）

- 特点：物体或物体的一部分在某一位置附近的往复运动称为机械振动，如果$\Sigma F=-kx$，则物体的机械振动称为简谐运动。
- $\Sigma F=-kx$按作用效果称为回复力。
- 周期T：振动物体完成一次全振动所用的时间；振子相邻的运动情况（S、V、a、E_k、E_p）完全相同的两个状态之间差等于一个周期。
- 机械波：机械振动在介质中的传播形成了机械波，振动过程中各质点都在重复波源的运动形式，但后一个质点的振动总是比前一个质点振动的迟滞一段时间。
- 周期T：机械波传出一个波长所用的时间等于一个波长
- 如果质点平衡位置间的距离$L=2n\frac{\lambda}{2}$，则质点的振动情况（S、V、a、E_k、E_p）在同一时刻完全相同；
- 如果质点平衡位置间的距离$L=(2n+1)\frac{\lambda}{2}$，则质点的振动情况（S、V、a、$E_k$、$E_p$）在同一时刻完全相反；



物体的运动过程分析

1、位移的变化率是速度，速度的变化率是加速度；

2、对于实际的物理力学习题，物体所做运动无非是上述几种性质运动的组合，题目越难或“并联”或“串联”组合的运动越多；越需要认真、耐心的分析以及良好的解题习惯；

3、在解力学习题的过程中必须对研究对象进行运动过程分析，要弄清楚初状态、中间状态、末状态（即能写出各个状态的t、v、s、E_k、E_p、P...等状态参量）；

4、要清楚状态之间的过渡一定是由于某个或某些力的作用而造成的结果，找出这个或这些力是解题分析的重点之一；

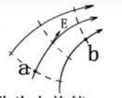
5、要清楚物体的运动形式和物体的受力情况有明确的对应关系；

6、知道了力就能写出物体所做运动对应的规律，如动量规律、能量规律；得到了方程解题还难吗？

电磁学

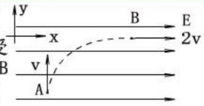
电场

- **力的性质**
  - 处于电场中的导体一定受到电场对它力的作用；
  - 电场强度：$E=\dfrac{F}{q}$　　电场线：



  - 电场的叠加：
- **能的性质**
  - 电势能：电荷因受到电场力的作用而具有的能称为电势能；
  - 电功：电场力做功与路径无关，只跟初位置的电势差有关；
  - 电势：$U_a=\dfrac{\varepsilon_a}{q}$ 选b为零势能位置$U_b=0$　$W_{ab}=qU_{ab}=qU_a=\varepsilon_a$
  - 等势面：电势相等的所有点的集合（等势线、等势面、等势体）
- 匀强电场、点电荷的电场、等量同种电荷的电场、等量异种电荷的电场
- 静电感应、静电平衡、静电屏蔽、电容器

电场例题：如图，一个带电小微粒以竖直向上的初速度v自A点射入场强为E，方向水平向右的匀强电场，微粒受到重力的大小等于电场力。当微粒到达B点时，速度大小等于2v，但方向变为水平，那么A、B两点的电势差等于多少？从A到B所经历的时间为多少？



解：建立如图所示的坐标系：

x：$(2v)^2-0=2aS_x$

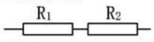
$a=\dfrac{qE}{m}$

$E=\dfrac{4mv_0^2}{2qS_x}$

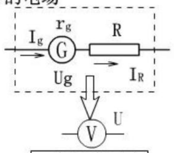
$U=\dfrac{2mv^2}{q}$

电路

- **串联电路的特点**
  - ①电流关系$I=I_1=I_2$　（电荷守恒）
  - ②电压关系$U=U_1+U_2$
  - ③电阻$R=R_1+R_2$



  - ④电压分配$I=\dfrac{U}{R}=\dfrac{U_1}{R_1}=\dfrac{U_2}{R_2}$　$U_1=I_1R_1=U\dfrac{R_1}{R_1+R_2}$
  - ⑤功率分配$I^2=\dfrac{P}{R}=\dfrac{P_1}{R_1}=\dfrac{P_2}{R_2}$



一个能显示自身电压的电阻

电表改装G→V：

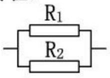
$I_g=I_R$　$\dfrac{U_g}{r_g}=\dfrac{U_R}{R}$

$R=r_g\dfrac{U_R}{U_g}=r_g\dfrac{U-U_g}{U_g}$

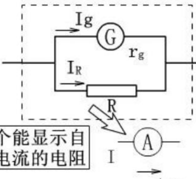
$\therefore R=(n-1)r_g$　$r_v=nr_g$

$n=\dfrac{U}{U_g}$　V与G的电压量程比值

- **并联电路的特点**
  - ①电流关系：$I=I_1+I_2$　（电荷守恒）
  - ②电压关系：$U=U_1=U_2$
  - ③电阻关系：$\dfrac{1}{R}=\dfrac{1}{R_1}=\dfrac{1}{R_2}$



  - $R=\dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2}=R_1\dfrac{R_2}{R_1+R_2}=R_2\dfrac{R_1}{R_1+R_2}$　$\therefore R<\min(R_1,R_2)$
  - ④电流分配：$U=IR=I_1R_1=I_2R_2$　$I_1=\dfrac{R_2}{R_1}I_2$
  - ⑤功率分配：$U^2=PR=P_1R_1=P_2R_2$



一个能显示自身电流的电阻

电表的改装G→A

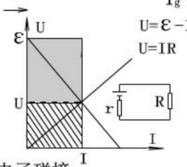
$U_g=U_R$　$I_gr_g=I_RR$

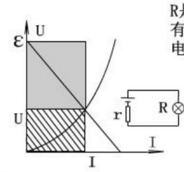
$R=r_g\dfrac{I_g}{I_R}=r_g\dfrac{I_g}{I-I_g}$

$R=r_g\dfrac{1}{n-1}$　$r_A=\dfrac{I_gr_g}{I}=\dfrac{1}{n}r_g$

$n=\dfrac{I}{I_g}$（A与G电流量程的比值）

- **闭合电路**
  - $\varepsilon=Ir+IR$　$P_总=I\varepsilon$　$I\varepsilon=I^2R+I^2r$
  - $U=\varepsilon-Ir$　$P_出=I^2R$（R=r时电源输出功率最大，$\eta=50\%$）





R是与温度有关的可变电阻

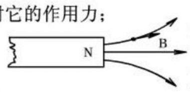
输出功率

内耗功率

- **电功与电热**
  - 纯电阻电路：$UI=I^2R=\dfrac{U^2}{R}$　电功=电热
  - 非纯电阻电路：$UI=I^2R+P_其$　电功>电热
  - 真空中：电能 $\underset{W=-qU}{\overset{W=qU}{\rightleftharpoons}}$ 带电粒子动能
  - 导体中：电能 $\underset{电源内：W=-qU}{\overset{W=qU}{\rightleftharpoons}}$ 带电子动能 $\underset{碰撞作用}{\xrightarrow{电子与原子实或其他电子碰撞}}$ 原子、分子振动动能（宏观：热能）

磁场

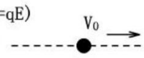
- **力的性质**
  - 同名磁极相互排斥、异名磁极相互吸引；
  - 垂直于磁场方向的通电直导线，在磁场中要受到磁场对它的作用力；
  - 磁感线：磁体内（南→北）　磁体外（北→南）

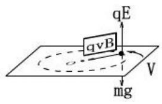


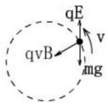
$B=\dfrac{F}{IL}$

$F=IBL$　$f=qvB$　$B=\dfrac{f}{qv}$

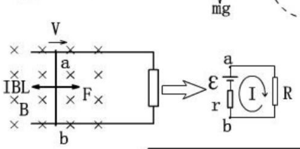
- **带电粒子在电场磁场中的运动**
  - 电场
    - 直线运动：电场对粒子加速或减速$V_0/\!/E$
    - 偏转：类平抛运动，一般分解两个分运动求解
    - 匀速圆周运动：以点电荷为圆心运动或受轨道约束运动（最低点、最高点）
  - 磁场
    - 直线运动：带电粒子的速度与磁场平行时
    - 匀速圆周运动：带电粒子速度与磁场垂直（找圆心、定半径、画轨迹、列方程）　$qvb=\dfrac{mv^2}{R}=mr\omega^2$　$R=\dfrac{mv}{qb}$　$T=\dfrac{2\pi m}{qB}$
  - 复合场
    - 直线运动：垂直运动方向的力必定平衡（mg=qvB、mg=qE、qvB=qE）
    - 圆周运动：重力与电场力一定平衡，只由洛伦兹力提供向心力
    - 一般的曲线运动：





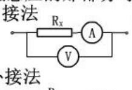


- **电磁感应**
  - 感应电动势：不论电路是否闭合只要有磁通量的变化都能产生感应电动势；
  - $\varepsilon=BLV$　（右手定则）　$\varepsilon=\dfrac{\triangle\phi}{\triangle t}$　（楞次定律）
  - 感应电流：闭合电路的磁通量发生变化时才会产生感应电流；
  - $I=\dfrac{\varepsilon}{R+r}$　当导体棒匀速运动时：$FV=-IBLV=I\varepsilon=I^2r+I^2R$
  - 安培力做负功：$E_其\to E_电$
  - 产生电磁感应的那部分导体相当于电源，其电阻相当于电源内阻，其两端电压相当于路端电压；



电阻测量

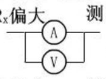
- **测量电路**（A、V表 R电阻箱 某种组合）
  - 伏安法
    - 内接法



$R_x>>R_A$时用内接法，测量值R_x'比真实值R_x偏大

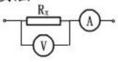
$R_x'=\dfrac{U_v}{I_A}=(R_x+r_A)=R_x(1+\dfrac{r_A}{R_x})$

测电流表内阻



$r_x=\dfrac{U_v}{I_A}$

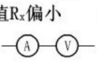
    - 外接法



$R_x<<R_V$时用外接法，测量值R_x'比真实值R_x偏小

$R_x'=\dfrac{U_v}{I_A}=(R_x/\!/r_A)=\dfrac{1}{(1+\dfrac{R_x}{R_V})}R_x$

测电压表内阻

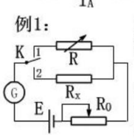


$r_x=\dfrac{U_v}{I_A}$

  - 替代法：

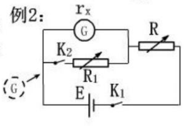
用已知量代替待测量，可以认为待测量与已知量等同，这就是替代法；此法无有系统误差但有偶然误差；（例1）

例1：



1、使R_0取最大值，K接通2；
2、调节R_0使G为一适当值I_0（比满偏电流略小）；
3、K接通1，调节R使G电流值　仍为I_0；
4、则R_x=R(变阻箱阻值)

例2：

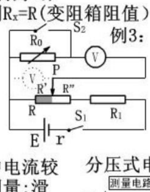


  - 半偏法：

并联电路中如果两条支路的电流相等，则可以认为两条支路的电阻相等；（例2）

串联电路中如果两个元件的电压相等，则可以认为两元件的电阻相等；（例3）

例3：

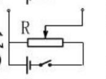


电流半偏法：
1、K_2断开K_1闭合，调节R使G满偏；
2、闭合K_2，只调节R_1，使G半偏；
3、当$R>>R_1$（总电流几乎不变）时，可认为$r_x=R1$；（测量值偏小）

电压半偏法：
1、把R滑到最左边，S_2、S_1闭合调节R使V满偏；
2、S_2断开，只调节R_0使V半偏；
3、当$R_v>>R'$时（R'的总电压几乎不变），可认为$R_v=R_0$；（测量值偏大）

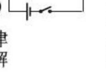
测量电路综述：
按习题提供器材的分类
1、AV：伏安法，选好内外
2、AA、VV：其中的A(V)必知内阻，用于测量U(I)；
3、AR、VR：
（有单刀双掷开关）替代法、
（两个单刀单掷开关）半偏法
4、小心处理器材中的定值电阻（已知阻值），通常用于保护量程不足的电表（V串、A并）和内阻太小的电源（串）

- **供电电路**（滑动变阻器）
  - 限流式（选大）



应用情况：若测量电路中电流较小，且不要求从零开始测量；滑动变阻器阻值相对较大时，可用“限流式”供电电路；

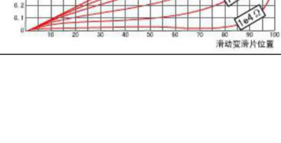
  - 分压式（选小）



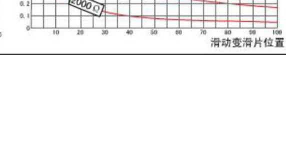
应用情况：若要求从零开始测量，且要连续测多组数据，滑动变阻器阻值相对较小时，可用“分压式”供电电路；

初中：串并联规律
高中：按功能理解

分压式电路供电特点

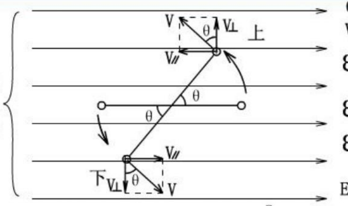


限流式电路供电特点



交流电

正弦式交流电的产生



$\theta=\omega t$

$V_{\perp}=V\cos\theta=V\cos\omega t$

$\mathcal{E}_{上}=BLV\cos\omega t=BL\frac{1}{2}L\omega\cos\omega t$

$\mathcal{E}_{下}=BLV\cos\omega t=BL\frac{1}{2}L\omega\cos\omega t$

$\mathcal{E}=\mathcal{E}_{上}+\mathcal{E}_{下}=BL^2\omega\cos\omega t=BS\omega\cos\omega t$

$E_m=BS\omega$ 适用于任意形状的线圈在匀强磁场转动产生的交变电流

由于线圈的初始位置不同，瞬时值表达式可以是下面两种：

$e=BS\omega\cos\omega t$ 线圈从图示位置开始转动

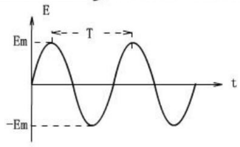
$e=BS\omega\sin\omega t$ 线圈从性面开始转动

计算通过线圈的电量时用感应电动势的平均值：

$\mathcal{E}=\frac{\triangle\phi}{\triangle t}$ 计算时注意磁通量的方向

表征交流电的物理量

- 瞬时值：$e=BS\omega\sin\omega t$
- 最大值：$E_m=BS\omega$
- 有效值：$E=BS\omega/\sqrt{2}$
- 平均值：$E=\frac{\triangle\phi}{\triangle t}$



周期：T
频率：f

变压器的原理

$\varepsilon_1=n_1\frac{\triangle\phi_1}{\triangle t}$

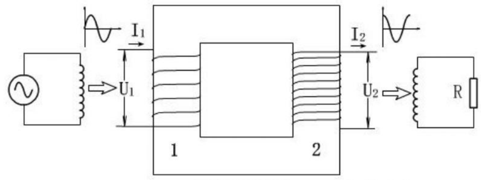
$\varepsilon_2=n_2\frac{\triangle\phi_2}{\triangle t}$

变压器铁芯的作用：$\triangle\phi_1=\triangle\phi_2$

$\frac{\varepsilon_1}{n_1}=\frac{\varepsilon_2}{n_2}=\frac{\triangle\phi_1}{\triangle t}$

忽略线圈电阻：$\frac{U_1}{n_1}=\frac{U_2}{n_2}$　$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$

理想变压器：$\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$



$\underbrace{\triangle U_1\rightarrow\triangle I_1}_{电能}\rightarrow\underbrace{\triangle B_1\rightarrow\triangle\phi_1\xrightarrow[\phi_1=\phi_2]{铁芯的作用}\triangle\phi_2}_{磁能}\xrightarrow[\varepsilon_2=n_2\frac{\triangle\phi_2}{\triangle t}]{电磁感应}\underbrace{\varepsilon_2}_{电能}$

远距离输电

$P_1=U_1I_1=U_2I_2$　　$P_{损}=I_2^2R_{线}$　$P_2'=P_2-P_{损}$

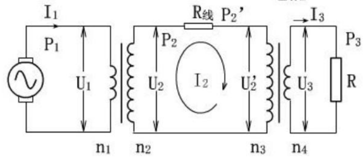
$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$　　$P_2'=P_3$

$\frac{U_2'}{U_3}=\frac{n_3}{n_4}$

$I_2=\frac{P_1}{U_2}$

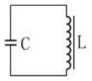
输电电压U_2升高10倍，电压损耗就降低为原来的10 分之一

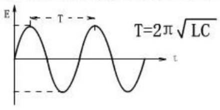
$U_{损}=I_2R_{线}$　$U_2'=U_2-U_{损}$　输电电压U_2升高10倍，功率损耗就降低为原来的100分之一



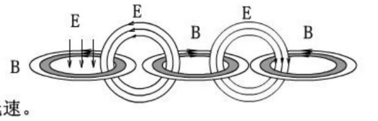
电磁波

- LC振荡电路
- $\varepsilon_{自}=L\frac{\triangle I}{\triangle t}$　L：自感系数（线圈面积、线圈匝数、有、无铁芯）
- 开放电路





$T=2\pi\sqrt{LC}$



电磁波：交变电场产生交变磁场，交变磁场产生交变电场，最终形成电磁波，其速度为光速。

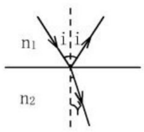
光学

几何光学

光的直线传播：光在同种均匀介质中沿直线传播，速度为3.0×10^8 m/s

光的反射：
1、反射光线、入射光线、法线在同一个面内；
2、反射光线、入射光线分居法线两侧；
3、反射角等于入射角；

光的折射：
1、反射光线、折射光线、法线在同一个面内；
2、反射光线、折射光线分居法线两侧；
3、$n=\frac{\sin i}{\sin r}$　或 $n_1\sin i=n_2\sin\gamma$

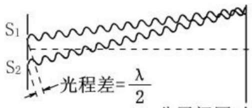


物理光学

光的偏振：偏振是一切横波都有的现象，直接从光源发出的光是自然光，经过水面、镜面...反射、折射的光线都是偏振光；自然光经偏振片后也能形成偏振光；

光的干涉：光波波长$=\frac{双缝间距}{双缝到光屏的距离}\times$ 亮条纹宽度　$\lambda=\frac{d}{L}\triangle x$

双缝干涉、薄膜干涉、增透膜



光程差$=2n\frac{\lambda}{2}$　亮条纹

光程差$=2(n+1)\frac{\lambda}{2}$　暗条纹

光的衍射：光绕过障碍物继续传播的现象；

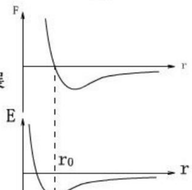
热学

热力学第一定律：$\triangle U=W_{外\rightarrow气}+Q_{吸}$

热力学第二定律：在自然条件下宏观物理过程都是朝着熵增加的方向发展的，如能量都是朝着越来越分散的方向变化。

内能：
- 布朗运动 → 分子热运动 → 分子动能
- 分子间的作用力 → 分子势能

内能：所有分子动能与势能的总和称为内能



1、分子间同时存在引力和斥力，并且引力和斥力都随分子间距离的增大而减小，但斥力比引力变化得快

2、当分子间距离$r=r_0$时，分子力$F=0$，当$r>r_0$即时，分子力表现为引力，当$r<r_0$时，分子力表现为斥力，当$r>10r_0$时，分子力可以忽略。

3、分子力引起的能叫分子势能，分子间距越接近r_0势能越小；

4、内能是由大量分子的热运动和分子间的相对位置所决定的能量，机械能是物体做机械运动和物体形变所决定的能量。

气体：

状态参量：温度、体积、压强

$N_A=M/m$（正确）

$N_A=V/v$（只对固液成立）

气体内能的特点：由于气体分子间的距离较远，气体分子间作用力很小，分子势能也很小，所以气体的内能主要由分子动能决定。忽略了分子势能、分子自身大小的气体称为理想气体，理想气体的内能只有分子动能，内能只跟温度有关。

理想气体状态方程：$\frac{PV}{T}=$恒量

原子物理

原子核式结构

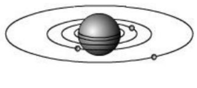
枣糕模型 汤姆逊 $\xrightarrow{\alpha粒子散射实验}$ 行星模型 卢瑟福 $\xrightarrow{原子不稳定}$ 能级假设 玻尔

1、能级假设$E_n=\frac{E_1}{n^2}$

2、轨道假设 $r_n=n^2r_1$

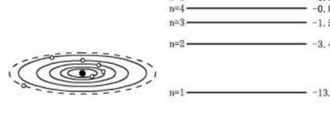
$r_1=0.53\times10^{-10}$ m

3、跃迁假设 $h\gamma=\frac{E_1}{m^2}-\frac{E_1}{n^2}$



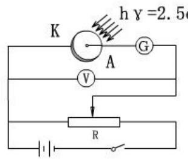
氢原子：质子及核外电子

地球及地球卫星



光谱：明线光谱、连续光谱、吸收光谱（暗线光谱）

光电效应：
1、
2、
3、
4、



光子说　波粒二象性　物质波：$\lambda=\frac{h}{p}$

爱因斯坦光电方程 $E_k=h\gamma-W_{逸}$

原子核的人工转变

半衰期：$m=m_0\frac{1}{2^n}$　$N=N_0\frac{1}{2^n}$ 统计规律

聚变反应：$4{}_1^1H\rightarrow{}_2^4He+2{}_1^0e$

裂变反应：${}_{92}^{238}U\rightarrow{}_{90}^{234}Th+{}_2^4He$

爱因斯坦质能方程：$\triangle E=\triangle MC^2$

发现质子核反应：

发现中子的核反应：

测量金属的逸出功：（电路图如上）

1、用能量为2.5ev的光子照射光电管的阴极K，灵敏电流计G有读数。（说明阴极K已经产生光电效应，有光电子到达阳极A）

2、逐渐向右滑动变阻器的滑片（增大光电管两端的电压），电流表的读数逐渐减小。到G表读数刚好为零时记下电压表的读数U；

3、则金属的逸出功为：W=(2.5-U)ev

力的性质分类

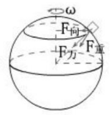
场力

12 万有引力 Ⅱ

- 产生：自然界中任何两个有质量的物体之间都存在的引力称为万有引力；
- 大小：$F=G\frac{Mm}{R^2}$　$G=6.67\times10^{-11}\ N.M^2/Kg^2$
- 方向：在表示两物体质点连线上，相互吸引；
- 力与能：$W_{引}=-\triangle E_p$　$E_p=G\frac{Mm}{R}$（万有引做正功引力势能减小、做负功引力势能增大，做功只与初末位置有关）
- 应用：
  - 基本公式：$G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{v^2}{R}=mrw^2$（人造卫星、天体运动）$GM=gR^2$
  - 1、天体：$G\frac{Mm}{R^2}=mR\frac{(2\pi)^2}{T^2}$　$\frac{R^3}{T^2}=\frac{GM}{4\pi^2}$　具有共同引力中心的天体系列 $\frac{R^3}{T^2}$=恒量（如太阳系中的行星、地球的卫星们）
  - 2、人造卫星：$G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{V^2}{R}$　$V=\sqrt{\frac{GM}{r}}$　∴r↑ V↓ 7.9km/s是最大轨道速度、也是最小发射速度　$M=\frac{4\pi^2R^3}{GT^2}$　$\rho=\frac{3\pi}{GT^2}$

重力

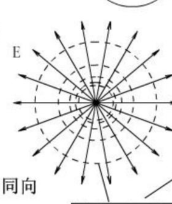
- 产生：地球表面或附近的物体由于受到地球的吸引而产生的力称为重力；
- 大小：F=mg　mg近似等于$G\frac{Mm}{R^2_{地}}$　g（纬度越高g越大，海拔越高g越小，ω越大g越小）



- 方向：与物体的运动状态无关，一律竖直向下（重心）
- 力与能：$W_{重}=-\triangle E_p$　$E_p=mgh$（重力做正功重力势能减小、做负功重力势能增大，做功大小只与初末位置有关）
- 应用：

电场力

- 产生：电场对放入其中的电荷的作用力称为电场力；
- 大小：$F=K\frac{Qq}{R^2}$（库仑定律：$K=9.0\times10^9\ N.m^2/C^2$）　$F=qE$（电场线）
- 方向：在两点电荷连线上，同性相斥、异性相吸。正电荷受力方向与电场同向
- 力与能：$W_{电}=-\triangle E_p$　$U_{ab}=\frac{W_{ab}}{q}$ 选b点零势能位置 $U_{ab}=U_a=\frac{W_{ab}}{q}=\frac{\varepsilon_a}{q}$　$\varepsilon_a=qU_a$
- 电场线 等势面：
  1. 电场线与等势面垂直，从高等势面指向低等势面；
  2. 电场越强电场线越密、等势面也越密；
  3. 沿等势面移动电荷电场力不做功，沿电场线移动电荷电场力一定做功；
  4. 匀强电场的电场线、等势面都是等间距、平行的，沿任何方向直线移动、电场各电电势均匀变化；
- 相关概念：$C=\frac{Q}{U}=\frac{\triangle Q}{\triangle U}$　$C=\frac{\varepsilon S}{4\pi Kd}$　能：$E=\frac{U}{d}$　力：$E=\frac{F}{q}$　$E=k\frac{Q}{R^2}$

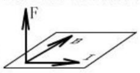


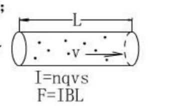
等势面（线）

磁场力

安培力

- 产生：磁场对放其中且垂直于磁场的通电直导线的作用力称为安培力；
- 大小：F = IBL　B 磁感应强度 $B=\frac{F}{IL}$
- 方向：左手定则　F垂直于IB平面（IB不一定垂直）
- 力与能：电能 $\underset{安培力做负功}{\overset{安培力做正功}{\rightleftharpoons}}$ 机械能　$-W_{安}=I\varepsilon t$
- 应用：导体切割磁感线 $\varepsilon=BLV$　$I=\frac{BLV}{R}$　$F=IBL=\frac{B^2L^2V}{R}$

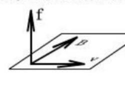




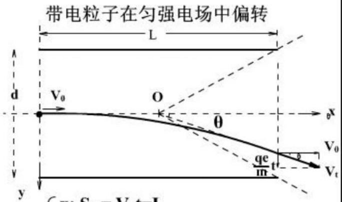
I=nqvs
F=IBL
=nsLqvB
=$N_{电子数目}$qvB
=$N_{电子数目}f_{洛}$

洛仑兹力

- 产生：带电粒子在磁场中以垂直于磁场的速度运动时，所受的磁场力称为洛仑兹力；
- 大小：f=qvB　$qvB=\frac{mv^2}{R}=mR\omega^2$　$t=\frac{\theta}{2\pi}T$
- 方向：左手定则　f垂直于vB平面（vB不一定垂直）注意四指为正电荷的速度方向
- 力与能：洛仑兹力不做功，不会引起能量变化。
- 应用：带电粒子在匀强磁场中的运动



带电粒子在匀强电场中偏转



$$\begin{cases}x: S_x=V_0t=L\\ y: S_y=\frac{1}{2}\frac{qE}{m}t^2=\frac{1}{2}\frac{qU}{md}t^2\end{cases}$$

$$\begin{cases}x: V_x=V_0\\ y: V_y=\frac{qE}{m}t\end{cases}$$

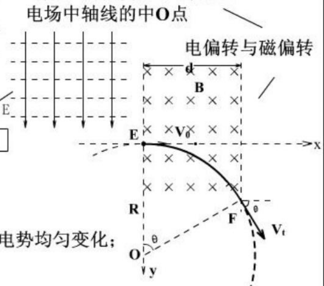
$$t=\frac{L}{V_0}$$

位移偏移 $S_y=\frac{1}{2}\frac{qU}{md}(\frac{L}{V_0})^2$

角度偏移 $tg\theta=\frac{\frac{qE}{m}t}{V_0}=\frac{qUL}{mdv_0^2}$

可见Vt的反向延长线通过电场中轴线的中O点

电偏转与磁偏转



$qvb=\frac{mv^2}{R}=mRw^2$

$R=\frac{mv}{qb}$　$T=\frac{2\pi m}{qb}$

$\theta=\arcsin(\frac{d}{R})$

接触力

会用假设法分析接触力

弹力

- 产生：已发生了弹性形变的物体对跟它接触的物体有力的作用，这种力称为弹力
- 大小：弹力的大小与弹性形变的大小有关（弹簧：F=Kx）
- 方向：与施力物体的弹性形变方向相反；
- 力与能：$W_{弹}=-E_p$
- 应用：压力、支持力、拉力
  注意：弹簧与不可伸长细线所产生弹力的区别

过程分析

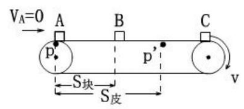
摩擦力

滑动摩擦力

- 产生：在已产生了弹力的粗糙接触面上，如果两物体有相对运动，那么两物体间存在滑动摩擦力的作用；
- 大小：f=μN　与接触面的面积无关；
- 方向：与受力相对于施力物体的运动方向相反；
- 力与能：滑动摩擦力作功与路径有关，与位移无关；
  滑动摩擦力做负功把机械能转化为热能，滑动摩擦力做正功使机械能转移；
  通过滑动摩擦力相互作用的两物体正负功并不相等；
  负功和正功的差值就是摩擦产生的热量；
  有时一对滑动摩擦力可能都做负功；

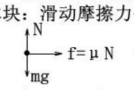
静摩擦力

- 产生：在已产生了弹力的粗糙接触面上，如果两物体有相对运动的趋势，那么两物体间存在静摩擦力的作用；
- 大小：相对运动的趋势越强，静摩擦力越大。$0\rightarrow f_{max}\approx\mu N$
- 方向：与受力物体相对施力物体的运动趋势方向相反；
- 力与能：通过静摩擦相互作用的两个物体，作用力对其中的一个物体做正功，对另一个物体必定做负功。由于两物体相对静止，正功与负功的值相等，静摩擦力做功使机械能转移；



木块刚放上皮带时有相对滑动，在摩擦力作用下加速运动加速运动的过程中（A→B）：

木块：滑动摩擦力做正功



ma=μN
a=μg
$V_B=V_A+at$

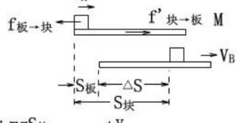
$\frac{1}{2}mV_B^2-\frac{1}{2}mV_A^2=\mu mgS_{块}$

皮带：滑动摩擦力对皮带做负功，且匀速运动。在t秒内皮带由P运动到P'

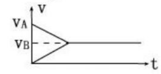
$\Delta E_{K皮}=P_{电动机}t-\mu mgS_{皮}=0$

$\therefore Q_{热}=\mu mg(S_{皮}-S_{块})$

木块匀速运动（B→C）：
......



木块：$\frac{1}{2}mV_B^2-\frac{1}{2}mV_A^2=-\mu mgS_{块}$



木板：$\frac{1}{2}MV_B^2-0=\mu mgS_{板}$

两式相加：$\frac{1}{2}(m+M)V_B^2-\frac{1}{2}mV_A^2=\mu mg(-S_{块}+S_{板})=-\mu mg\triangle S$

两物体动能总量的增量等于负值

$\frac{1}{2}mV_A^2+0=\frac{1}{2}(m+M)V_B^2+\mu mg\triangle S$

两物体初动能等于末动能加摩擦力乘相对位移

两物体组成的系统动量守恒：

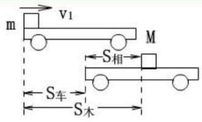
$mV_A+0=(m+M)V_B$

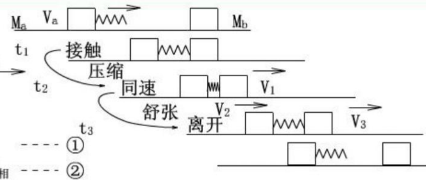
受力分析的方法：（要体现“受”字）

1、从力的产生条件分析物体受力情况，主动力、被动力；体现力的物质性；
2、从物体的运动状态分析物体受力情况；
3、假设法、反证法；
4、注意力的物质性、相互性、矢量性、独立性；

典型的力学模型：滑块与斜面　细线与弹簧

受力分析的顺序：重力肯定有 → 场力；弹力看四周 → 弹力；摩擦靠弹力 → 摩擦力





$mv_1+0=(m+M)V_2$ ---- ①

$\frac{1}{2}mv_1^2+0=\frac{1}{2}(m+M)V_2^2+fS_{相}$ ---- ②

木块：$\frac{1}{2}mV_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2=-fS_{木}$ ---- ③

小车：$\frac{1}{2}MV_2^2-0=fS_{车}$ ---- ④

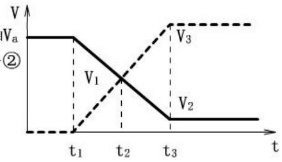
③ + ④ 等于小车滑块系统动能增量

$\frac{1}{2}mV_2^2+\frac{1}{2}MV_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2=-fS_{木}+fS_{车}=-fS_{相}V_a$

∴系统动能增量等于f做的正负功之差$-fS_{相}$→②

系统动能减少，机械能转化为热能$Q=fS_{相}$

动能 $\underset{舒张（弹力做正功）}{\overset{压缩（弹力做负功）}{\rightleftharpoons}}$ 势能



动量守恒定律成立的条件：
1、系统不受外力或所受外力的合力为零；
2、系统内物体相互作用时内力远大于外力，或系统内作用时间很短ΣFt趋近于零；
3、系统在某一方向上满足以上两种情况；

应用动量守恒定律解题要明确：
1、研究系统中有哪些物体；
2、作用过程的初末状态、作用过程是否符合动量守恒的条件；列式的正方向；
3、过程中哪些力做了功，能量如何转化，写能量方程；

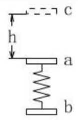
动量守恒的常见模型：
1、弹性小球相碰；
2、滑块与平板小车；
3、子弹射入木块；
4、作用前静止或不静止的反冲运动；
6、以上几种模型的串联组合；

完全非弹性碰撞的推导：

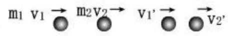
$m_1v_1+m_2v_2=(m_1+m_2)v$

$\frac{1}{2}m_1v_1^2+m_2v_2v_1^2=\frac{1}{2}(m_1+m_2)v^2+\triangle E$

△E为碰撞损失的动能。



弹性碰撞的推导：



$m_1v_1+m_2v_2=m_1v_1'+m_2v_2'$

$\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2=\frac{1}{2}m_1v_1'^2+\frac{1}{2}m_2v_2'^2$

以上两式变形可得：

$m_1(v_1-v_1')=m_2(v_2'-v_2)$

$\frac{1}{2}m_1(v_1^2-v_1'^2)=\frac{1}{2}m_1(v_2'^2-v_2^2)$

4式比3式，可得：$v_1+v_1'=v_2'+v_2$

导出v_2'表达式代入1式可得：

$v_1'=\frac{(m_1-m_2)v_1+2m_2v_2}{m_1+m_2}$

$v_2'=\frac{2m_1v_1+(m_2-m_1)v_2}{m_1+m_2}$

这是一个普遍形式，利用它可以推演出其他弹性碰撞的特例。

碰撞过程遵守的原则：
1、动量守恒；2、总动能不增加；弹性碰撞总动能不变，非弹性碰撞有动能损失，完全非弹性总动能损失最多；
3、$v_1>v_2$，$v_1'<v_2'$，v_1'甚至会反向；

动量联系

恢复系数

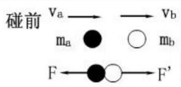
$e=\frac{v_2'-v_1'}{v_1-v_2}$

$v_1'=\frac{m_1v_1+m_2v_2}{m_1+m_2}-e\frac{m_2}{m_1+m_2}(v_1-v_2)$

$v_1'=\frac{m_1v_1+m_2v_2}{m_1+m_2}+e\frac{m_2}{m_1+m_2}(v_1-v_2)$

e=1 完全弹性碰撞
e=0 完全非弹性碰撞
0<e<1 一般碰撞

动量守恒定律



a: $Ft=m_av_a'-m_av_a$ b: $Ft=m_bv_b'-m_bv_b$

牛顿第三定律：$Ft=-F't$

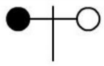
∴ $m_av_a'-m_av_a=-(m_bv_b'-m_bv_b)$ $\triangle P_{a\uparrow}=\triangle P_{b\downarrow}$

(动量由b物体转移到a物体，总量不变）

∴$m_av_a'+m_bv_b'=m_bv_b+m_av_a$ $P_{末}=P_{初}$

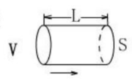
ab两物体组成的系统动量守恒

如图所示为很轻的两个圆盘，可以绕竖直轴转动、一黑一白。黑的能完全吸收光线，白的能完全反射光线，用一束光线同时照射到两个圆盘则圆盘的转动情况是：（由上往下看）



A、逆时针；B、顺时针；C、不转动；D、不能确定；

例：设水的密度为ρ，水枪口的截面积为S，水从枪口喷射出的速度为v，水平直射到煤层后变为零，则煤层受到水的平均冲力大小为多少？



解：取长为L，截面为S的一小段水柱为研究对象

$-Ft=0-mv$

$m=\rho LS=\rho VtS$

$F=\rho SV^2$

动量定理

$F=ma$

$Ft=m(V_t-V_0)$

$Ft=mat$

$Ft=mv_t-mv_0$

牛顿第一定律

牛顿第二定律：F=ma

牛顿第三定律

$F=ma$

$Fs=mas$

$V_t^2-V_0^2=2as$

$∴Fs=m\frac{V_t^2-V_0^2}{2}$

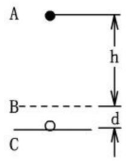
$Fs=\frac{1}{2}mV_t^2-\frac{1}{2}mV_0^2$

动能定理

例：一质量为5千克的铅球由静止下落5米，陷入沙子的深度为20cm求：
1、铅球在沙子中受到的平均阻力？
2、如果把铅球一沙子中的运动近似看成匀变速运动，求铅球在沙子中的运动时间？

解： 在A→B→C的过程中对铅球列动能定理：

$\frac{1}{2}mV^2_C-\frac{1}{2}mV^2_A=mg(h+d)-fd$



$f=\frac{h+d}{d}mg=1300$ N

在A→B→C的过程中对铅球列动量定理：

$mV_C-mV_A=mg(t_{AB}+t_{BC})-ft_{BC}$

$t_{BC}=\frac{mg}{f-mg}t_{AB}=0.04$ s

机械能守恒定律

功能原理

例：一小球从高为h的斜面顶端自由滑下，能无碰撞的进入竖直面的圆轨道，圆轨道的半径为R，小球刚好能在竖直面内完成圆周运动，求h和R的比值？

解：小球在A→B→C的过程中

$\frac{1}{2}mV^2_C-\frac{1}{2}mV^2_A=mg(h-2R)$

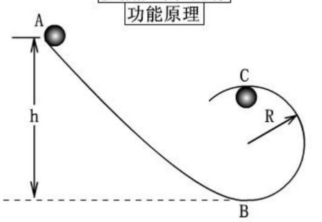
小球在C点只受重力的作用：

$mg=m\frac{v^2}{R}$

$v=\sqrt{gR}$

$\frac{h}{R}=2.5$

$\frac{1}{2}mgR-0=mg(h-2R)$



$5R=2h$

另外也可用机械守恒定律：
（选B点参考位置）
小球在A→B→C的过程中

$\frac{1}{2}mV^2_A+mgh=\frac{1}{2}mV^2_C+mg2R)$

......

动能联系