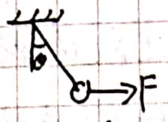
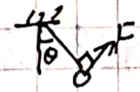
目录：

力与运动



$F_T=\frac{mg}{\cos\theta}$

$F=mg\tan\theta$



$F=mg\sin\theta$

运动学公式 ①仅适用于匀变速 ②规定正方向

$v=v_0+at$

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

$v^2-v_0^2=2ax$

$\bar{v}=\frac{x}{t}=\frac{v_0+v}{2}\Rightarrow x=\frac{v_1+v_2}{2}t \quad v_{\frac{x}{2}}=\sqrt{\frac{v_0^2+v_t^2}{2}}$

$\Delta x=aT^2 \Rightarrow x_m-x_n=(m-n)aT^2$ (逐差法)

- 竖直上抛与自由落体 $a=-g$ 或 g
- 比例

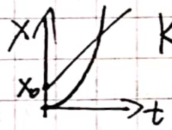
①时间等分 $x=\frac{1}{2}at^2 \quad x\propto t^2$

前T，前2T，前3T位移比 $x_1:x_2:x_3:\cdots:x_n=1:4:9:\cdots:n^2$ → 可判断两段时间是否有时间重叠

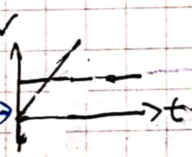
②位移等分 $t=\sqrt{\frac{2x}{a}} \quad t\propto\sqrt{x}$

前x，前2x，前3x时间比 $t_1:t_2:t_3:\cdots:t_n=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\cdots:\sqrt{n}$

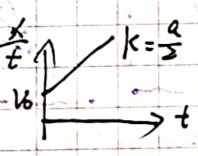
- 图像



$k=v$ 求导



$k=a$



$k=\frac{a}{2}$

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

$\frac{x}{t}=v_0+\frac{1}{2}at$ (运用原始公式推导)

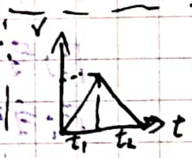
- 追及相遇

$x_后<x_前+x_0$ $(\Delta x<x_0)$ 追不上

$x_后=x_前+x_0$ $(\Delta x=x_0)$ 追上一次

$x_后>x_前+x_0$ $(\Delta x>x_0)$ 追上并超过前车。

0-v-0模型：



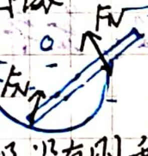
$\frac{t_1}{t_2}=\frac{x_1}{x_2}=\frac{a_2}{a_1}$

$\therefore t_1=\frac{a_2}{a_1+a_2}t_总$

$x_1=\frac{a_2}{a_1+a_2}x_总$

- 大题解决思路：画出运动示意图与图像

受力分析

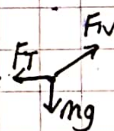


垂直于切线 F_N → 有线则垂直于线

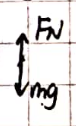
- 弹力方向：有面⊥面，有线⊥线，都没有则垂直于公切线
- 轻杆 { 活杆：有转轴，杆提供的弹力沿杆向外或向里
  死杆：根据运动状态分析

绳

活杆



死杆



- 晾衣杆：必须是同一根绳，不可打结

口诀：竖小平大，上下不变

→滑轮

- $F_弹=k\Delta x$

·静摩擦力与弹力三种情况 { 正向 / 反向 / 为0

·没有弹力就一定没有摩擦力

·静摩擦力方向判断 → 假设光滑去找趋势

1) 方向与相对运动趋势相反

2) 受力分析平衡

3) 牛顿第三定律

·动摩擦力

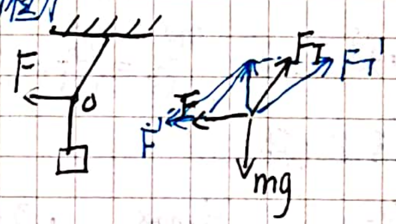
方向：先动的受阻力，后动的为动力

·整体法：$a=0$ 或 a 相等才可化为一个整体 → 先整体后隔离

动态平衡

① 图解法（矢量三角形）

·适用范围：三个力 { ① 一个力是重力 → 即恒力 / ② 一个力方向不变 / ③ 一个力方向改变



·方法：① 将两个变力合成合力

② 找方向变化的转动，不能超过之前的 a 大小（绕作用点，顺/逆）

③ 看长短，确定力的变化

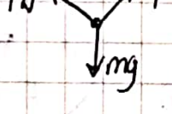
② 相似三角形

·适用范围：三个力 { ① 一个力是重力 → 恒力 / ② 另两个力方向都变，但都沿特定方向

·方法：① 受力分析：确定力的特点

② 将力平移：谁的力平移到谁的位置

③ 力与边长成比例关系



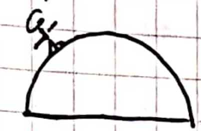
$$\frac{mg}{OB}=\frac{F_N}{OA}=\frac{T}{AB}=k\text{（定值）}$$

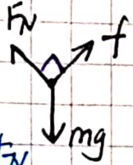
③ 旋转圆、正弦定理与结论

·适用范围：三个力 { ① 一个力是恒力 / ② 另外两个力夹角一定

旋转整个装置

① 法一：画圆

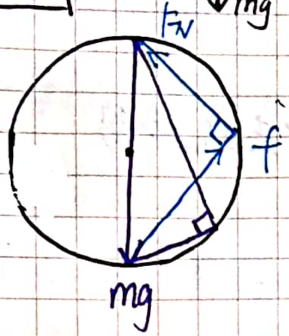




重力为恒力

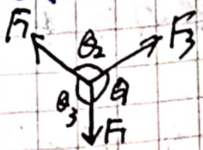
F_N与f永远都成90°

小孩向上走，即顺时针旋转



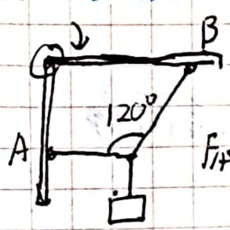
定弦定角必有定圆

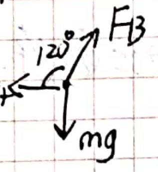
⑥拉密定理

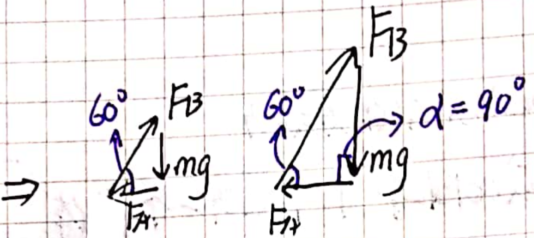


$$\frac{F_1}{\sin\theta_1}=\frac{F_2}{\sin\theta_2}=\frac{F_3}{\sin\theta_3}$$

② 法二：正弦定理







将整个装置旋转90° ⟶ F_A与F_B夹角为120°永远不变，F_A与mg夹角由α变为0°

由正弦定理：$\frac{mg}{\sin60°}=\frac{F_B}{\sin\alpha}=\frac{F_A}{\sin(60°+\alpha)}=K$

③ 法三：结论（转合力）

· θ>90°，$F_合\perp F_1$ 则 F_{2max}

$F_合\perp F_2$ 则 F_{1max}

· θ≤90° $F_合$离谁近，谁就大

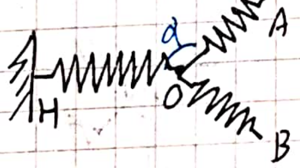
④ 动态三角形（切线圆）

· 适用范围（三力）①一个力是恒力

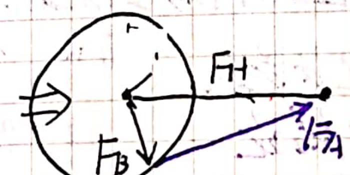
②一个力大小不变，方向改变

③求最后一个力的大小与方向的变化

保持O不动，F_B大小不变，顺时针移动，求F_A的大小与方向及α角的变化情况



HO和OB的长度不变→F_H与F_B的大小不变



当$F_B\perp F_A$，即F_A与圆相切时，α角最小

· F_A一直↗

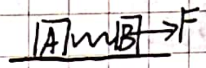
· α先↘后↗

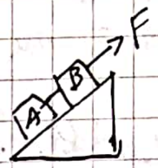
⑤正交分解

牛顿定律的延伸

内力公式(连接体)

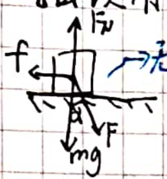
$$F_{内} = \frac{m_A}{m_A+m_B}F$$





↳ 整体隔离的联立推导

自锁角



→无法构成矢量三角形

α 满足什么条件,无论F多大都推不动?

解. $F\sin\alpha \le \mu(mg+F\cos\alpha)$

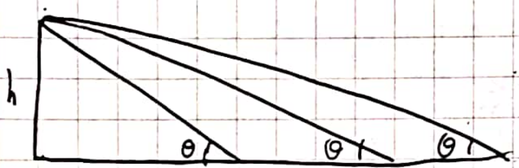
$\therefore F(\sin\alpha-\mu\cos\alpha)\le\mu mg$

若要求 $F\to+\infty$ 仍成立,则 $\sin\alpha-\mu\cos\alpha\le 0$ $\therefore \mu\cos\alpha\ge\sin\alpha$

$\therefore \tan\alpha\le\mu \Leftrightarrow \alpha\le\arctan\mu$

光滑斜面

①等高:



$$\left.\begin{array}{l} x=\frac{h}{\sin\theta} \\ x=\frac{1}{2}at^2 \\ a=g\tan\theta \end{array}\right\} \Rightarrow t=\frac{1}{\sin\theta}\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

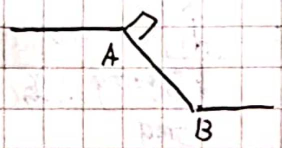
②等宽:

$$\left.\begin{array}{l} x=\frac{d}{\cos\theta} \\ x=\frac{1}{2}at^2 \\ a=g\sin\theta \end{array}\right\} \Rightarrow t=\sqrt{\frac{2d}{g\cos\theta\sin\theta}} \Rightarrow t=\sqrt{\frac{4d}{g\sin2\theta}}$$

- $\theta=45^\circ$ 时, $t_{min}=\sqrt{\frac{4d}{g}}$
- $\theta=30^\circ$ 与 $\theta=60^\circ$ 时间相等(角度互余即可)

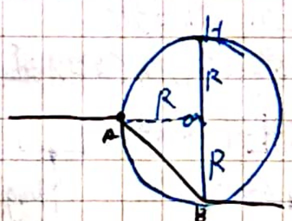
等时圆(弦)

- 光滑轨道
- 交于同一最高点/最低点
- 从一端滑至另一端(静止释放)
- 时间相等且等于自由落体直径(直径 $2R=\frac{1}{2}gt^2$)



求 t_{AB}=?

⇒



$t_{AB}=t_{HB}$

$2R=\frac{1}{2}g t_{HB}^2$

超失重

- 超重 a向上 $F_N-mg=ma$ $F_N=mg+ma$ $\therefore F_N>mg$
- 失重 a向下 $mg-F_N=ma$ $F_N=mg-ma$ $\therefore F_N<mg$

剪断细绳，问称示数的变化。

球上浮，反作用力给水，水有向下加速度，失重，示数减小。

· 超失重只需有加速度的竖直分量即可。

$m=1kg$ $g=10m/s^2$，剪断细绳，称秤的示数如何变化？

光滑

$a=g\sin30°=\frac{g}{2}$　　$a_y=a\sin30°=\frac{g}{4}$ 加速度竖直分量向下，失重

原先 $F_N=mg$

现在 $F_N'=mg-ma$　　示数减少了ma，即 $\frac{1}{4}mg$，即2.5N

瞬时性

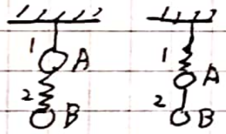
①突变的力：绳、杆、摩擦力（形变几乎特别微小）

②不突变的力：弹簧、橡皮筋（形变的力）

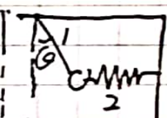
步骤 ①受力分析（三个以上才整体）→平衡状态

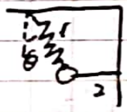
②剪掉或撤去后，力一定消失，看剩下的是否突变

③求 $F_合=ma$



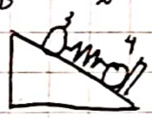
	A	B
剪1	$a_A=2g$	$a_B=0$
剪2	$a_A=0$	$a_B=g$



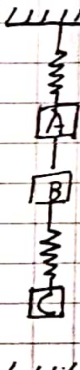


剪1 $a=\frac{g}{\cos\theta}$　　$a=g$

剪2 $a=g\sin\theta$　　$a=g\tan\theta$



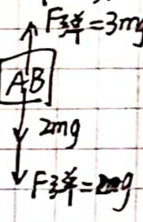
$a_1=a_2=g\sin\theta$　　$a_3=0$ $a_4=2g\sin\theta$



把上方弹簧剪断 → 剪断立即消失

原先

对AB整体



$3mg=2ma_{AB}$

$\therefore a_{AB}=a_A=a_B=1.5g$

$a_C=0$

注：①同一绳或杆瞬时a也必须相等

②弹簧瞬间两侧a可不等

③当题中有3个以上物体时，瞬间时对任意整体

$m_A=m$　$m_B=2m$　$m_C=3m$

(1)求剪断绳瞬时A,B,C的加速度

(2)求B对C的推力

(1) 对A：$F_弹=mg$，mg　$\therefore a_A=0$

对BC整体：$T=6mg$（剪断消失），$F_弹=mg$，$5mg$　$\therefore 6mg=5ma_{BC}$　$\therefore a_{BC}=a_B=a_C=1.2g$

(2) 对C：$3mg$，$F_推$

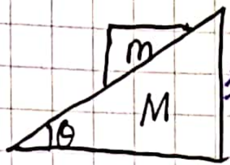
$3mg+F_推=3ma_C$

$\therefore F_推=0.6mg$

临界、传送带与板块

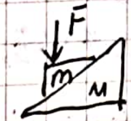
斜面的二级结论

A

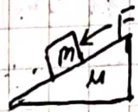


已知m可匀速下滑，则$\mu=\tan\theta$

变式 · 若m质量增大/放一个小物块：
- 仍匀速下滑
- 地面$f_{地}=0$　$N_{地}\uparrow$

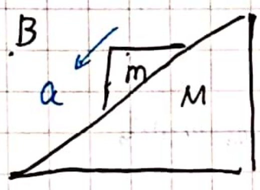


· 若受到竖直向下的F：
- 仍匀速下滑 $(mg+F)\sin\theta=\mu(mg+F)\cos\theta \Rightarrow \mu=\tan\theta\ \therefore a=0$ 匀速
- 地面$f_{地}=0$　$N_{地}\uparrow$



· 若力F沿斜面向下
- m匀加速下滑　$a=\frac{F}{m}$
- 地面$f_{地}=0$，$N_{地}=(M+m)g$不变　F对斜面无力的作用

B



已知m匀加速下滑，则$\mu<\tan\theta$，$a=g\sin\theta-\mu g\cos\theta$

由牛二：$f_{地}=ma\cos\theta$ 方向向左

整体：$(M+m)g-N_{地}=ma\sin\theta \Rightarrow N_{地}=(M+m)g-ma\sin\theta$

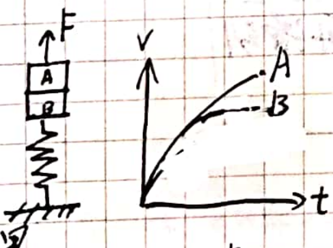
变式 · 若m↑或增放一个物块：
- a不变
- $N_{地}\uparrow$　$f_{地}\uparrow$　($f_{地}=ma\cos\theta$　$m\uparrow$　$f_{地}\uparrow$)

· 若F竖直向下
- a变大　$a=(g+\frac{F}{m})(\sin\theta-\mu\cos\theta)$ → $a=\underbrace{g\sin\theta-\mu g\cos\theta}_{原加速度}+\frac{F}{m}(\sin\theta-\mu\cos\theta)$
- $N_{地}\uparrow$　$f_{地}\uparrow$　($a\uparrow$，$f_{地}\uparrow$)

· 若F斜向下
- a变大
- $N_{地}$不变　$f_{地}$不变（既不改变F_N又不改变$f_{滑}$）

临界

(1)求AB何时脱离？（之间$F_N=0$，保持共同a）(2)求B何时V_{max}？



甲

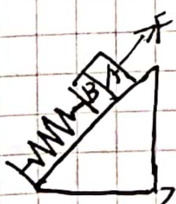
F使A匀加速

甲：对B　$F_{弹}=k\Delta x$，mg

$k\Delta x-mg=ma\ \therefore \Delta x=m(a+g)$

……不想写了

总之，脱离$F_N=0$，v.a相等



乙

$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 弹簧振子

分析传送带：

① 受力分析列牛二，求加速度（小心f方向）

② 分析共速$v_共$求时间t（$v_共=v_0+at$）// 共速必讨论

③ 计算X $\begin{cases} x=v_0t+\frac{1}{2}at^2 \\ x=\frac{v_0+v}{2}t \end{cases}$ 讨论X与长度关系

④ 共速后观察f方向，若突变，重复①②③④

⑤ 注意相对位移、Q、划痕

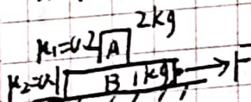
同向 $\Delta x=|x_物-x_传|$

反向 $\Delta x=x_物+x_传$

⑥ 分析过程要画 v-t 图像

板块问题

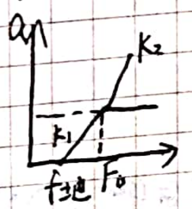
1. 相对滑动（选择题）突破 $f_{max}=\mu F_N$



① $F\in[0,3N]$，AB静止

② $F\in[3N,9N]$ AB一起运动 → $\begin{cases} 对A:\ a_0=\mu_1 g=2m/s^2 \\ 整体:\ F_0-\mu_2(m_A+m_B)g=(m_A+m_B)a_0 \\ 解得:\ F_0=9N \end{cases}$

③ $F\in[9N,+\infty)$ 相对滑动



$k_1=\frac{1}{m_A+m_B}$

$k_2=\frac{1}{m_A}$

$\mu_2=0.2$时

$F\in[0,4N]$ AB静止

$F\in[4N,+\infty)$，B不动A动

若$\mu_1 mg\le\mu_2(m_1+m_2)g$

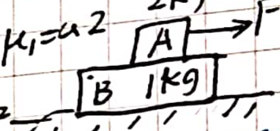
无论F多大B都不动

$\mu_2=0.1$时

$F\in[0,3N]$不动

$F\in[3N,6N]$一起运动

$F\in[6N,+\infty)$相对滑动

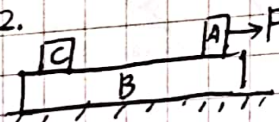


$\begin{cases} 对B:\ \mu_1 m_A g-\mu_2(m_B+m_A)g=m_Ba_0 \quad a_0=1 \\ 对A:\ F_0-\mu_1 m_A g=m_A a_0 \quad \therefore F_0=6N \end{cases}$

结论：① 不受外力的物体会有最大加速度

② 求临界F_0 ③ 若已知F，判断是否相对滑动 ⟨ 整体求a；隔离物块求f ⟨ $\le\mu mg$成立；$>\mu mg$不成立

2.



AB之间为μ $m_A=2m$

BC之间$\frac{1}{4}\mu$ $m_B=m_C=m$

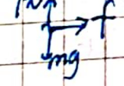
B与地面$\frac{1}{8}\mu$

类型题技巧

① 若$f_{AB}>f_{BC}$，随F从0增到 C与B先滑动，之后A与B再滑动

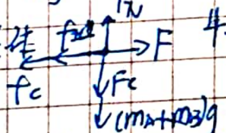
② 若$f_{AB}<f_{BC}$，BC之间不会相对滑动

解：对C



牛二：$\frac{1}{4}\mu mg=ma$ $a_{max}=\frac{1}{4}\mu g$

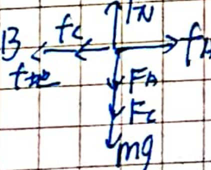
对AB整体



牛二：$F-f_C-f_地=(m_A+m_B)a$

$F_临=\frac{3}{2}\mu mg$

对B



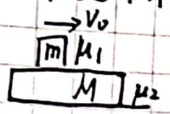
牛二：$f_A-f_地-f_C=m_Ba'$ $a'_{max}=\frac{5}{4}\mu g$

对A

$F'-\mu\cdot 2mg=2ma'$ $F_临'=\frac{9}{2}\mu mg$

大题的板块问题

1. 不受外力



对m: $\mu_1 mg = ma_m$ $\therefore a_m = \mu_1 g$ 做匀减

对M: $\mu_1 mg - \mu_2 (m+M)g = Ma_M$ $a_M =$ __ 做匀加

设经过t时间达到$v_共$ $\begin{cases} v_共 = v_0 - a_m t \\ v_共 = a_M t \end{cases}$ $x_m = \frac{v_0 + v_共}{2} t$ $x_M = \frac{v_共}{2} t$

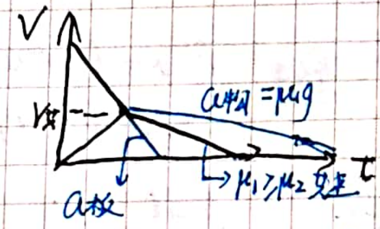
① $\Delta x < L$ 不滑出

② $\Delta x > L$ 共速前以后滑出

板块共速后 ① 地面光滑，一起匀速

② $\mu_1 > \mu_2$ 一起匀减 $a = \mu_2 g$

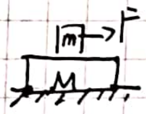
③ $\mu_2 > \mu_1$ 各走各的



① $\mu_上 > \mu_下$，共速匀减

② $\mu_上 < \mu_下$，M先停m后停

2. 受外力



板块分析

① 分别受力分析，求两个a（注意运动状态）

② 计算v与x，求Δx（同向相减反向相加）→ 若一匀加一匀减考虑共速

③ 受力发生突变，重新①②再找临界

④ v-t图像快速解题

机车启动

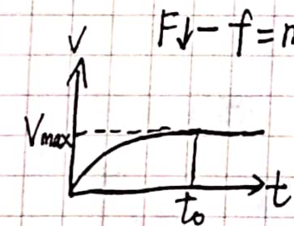
1. 恒定功率

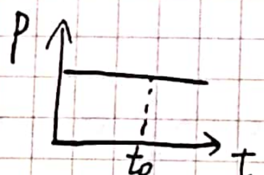
$f \leftarrow \square \rightarrow F$ $F - f = ma$ $P = Fv$

$P = F\downarrow v\uparrow$ $a\downarrow v\uparrow$

$F\downarrow - f = ma\downarrow$

标志 $\left.\begin{matrix} a = 0 \\ F = f \\ v_{max} = \frac{P}{f} \end{matrix}\right\} \rightarrow v_{max}$ 匀速

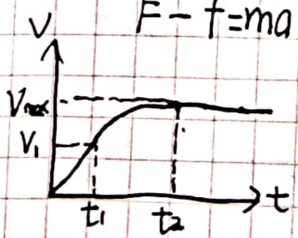


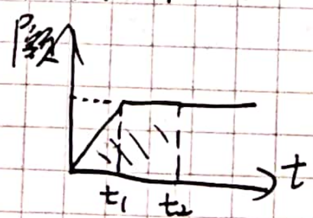


• 加速阶段，由动能定理：$Pt_0 - fx_0 = \frac{1}{2} m v_{max}^2 - 0$ （$t_0 \leftrightarrow x_0$）

2. 恒定加速度（f, m, a已知）

$F - f = ma$ $P = Fv = F \cdot at$ 标志 $\left.\begin{matrix} P = P_额 \\ a \\ v_1 = \frac{P_额}{f + ma} \end{matrix}\right\}$ 匀加速 $\xrightarrow[a\downarrow v\uparrow]{P_额 = F\downarrow v\uparrow \quad F\downarrow - f = ma\downarrow}$ $\begin{cases} a = 0 \\ F = f \\ v_{max} = \frac{P_额}{f} \end{cases}$ 匀速



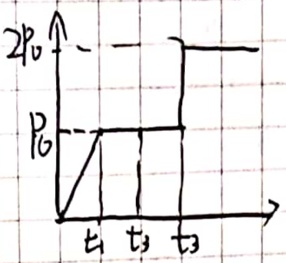


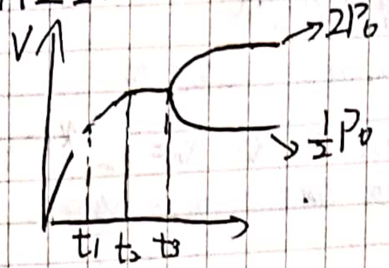
• 全程，由动能定理：

$\underset{\frac{1}{2}P_额 t_1}{\underline{Fx_1}} + P_额 t_2 - f(x_1 + x_2) = \frac{1}{2} m v_{max}^2 - 0$

变式:

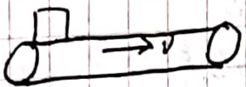
在t_3时间将功率 { 升至$2P_0$ / 降至$\frac{1}{2}P_0$ } 如何变化?

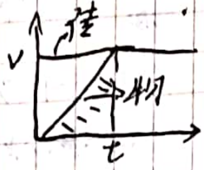




t_3: $F=f$, $P_0=FV_m$ $\xrightarrow{变化后}$ $F'\downarrow - f = ma\downarrow$, $2P_0 = F'\downarrow v\uparrow$ $\therefore V_m' = \frac{2P}{f}$

传送带的功能关系





(1) $t=\frac{v}{\mu g}$

(2) $X_{物}=\frac{v^2}{2\mu g}(\frac{v}{2}t)$ $X_{传}=\frac{v^2}{\mu g}(vt)$ $X_{相对}=\frac{v^2}{2\mu g}(X_{传}-X_{物})$

(3) $W_{f物}=\frac{1}{2}mv^2$(动能定理) $W_{传克f}=\mu mg\cdot X_{传}=mv^2$ $Q=\mu mg\cdot X_{相对}=\frac{1}{2}mv^2$

(4) $E_{电}=mv^2$

→ 法一:能量守恒: $E_{电}=\Delta E+Q=f(X_{物}+X_{相对})=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}mv^2=mv^2$

→ 法二:功能关系: $E_{电}=W_{传克f}=mv^2$

气体

碰撞分子数 → 主要因素: $\rho=\frac{m}{V}$(体积)

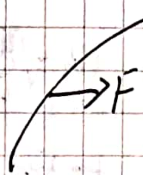
次数/概率 → 次要因素: $T\Rightarrow(E_k)$

作用力 → 压强 $F=PS$ $P=\frac{F}{S}$

热力学第一定律: $\Delta U=Q+W$

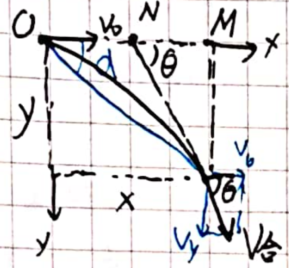
曲线与能量

曲线
- 分解—化曲为直
- 能量
  - 动能定理
  - 功能关系
  - 能量守恒



F 力指向轨迹弯曲一侧

平抛



①快速推导 $\tan\theta=2\tan\alpha$（速度角正切=2×位移角正切）

$\tan\theta=\frac{v_y}{v_0}$

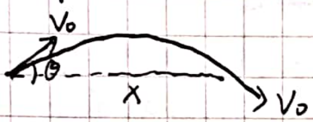
$\tan\alpha=\frac{y}{x}$

$\begin{cases} y=\frac{v_y}{2}t \\ x=v_0t \end{cases}$

$\therefore \tan\alpha=\frac{\frac{v_y}{2}t}{v_0}=\frac{v_y}{2v_0}=\frac{1}{2}\tan\theta$

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

斜抛



射程 $x=\frac{v_0^2\sin2\theta}{g}$　$\theta=45°$时，$x_{max}=\frac{v_0^2}{g}$

飞行时间 $t=\frac{2v_0\sin\theta}{g}=\frac{2v_y}{g}$ 时间只与竖直分速度有关

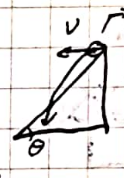
圆周

$v=\frac{\Delta s}{\Delta t}=\frac{2\pi r}{T}$

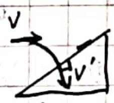
$\omega=\frac{\Delta\theta}{\Delta t}=\frac{2\pi}{T}$

$T=\frac{2\pi r}{v}=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{1}{f}=\frac{1}{n}$

时间结论：



$t=\frac{2v_0\tan\theta}{g}$



$t=\frac{v_0}{g\tan\theta}$

垂直打板

$v=\omega r=\frac{2\pi}{T}r=2\pi fr=2\pi nr$；

$a_n=\frac{v^2}{r}=\omega^2r=\frac{4\pi^2}{T^2}r=\boxed{\omega v}$

$F_n=ma_n$

转台问题

1.

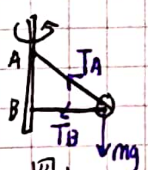


图1

图1: $\omega\uparrow$ T_A不变，$T_B\uparrow$

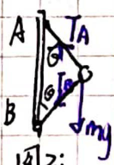


图2:

图2: $\omega\uparrow$，$F_A\uparrow$ $F_B\uparrow$

$\Delta F_A=\Delta F_B$

但$F_A>F_B$

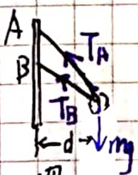


图3:

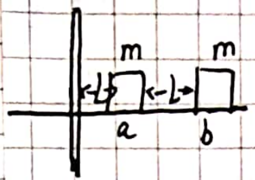
图3: $\omega_A=\sqrt{\frac{g}{d}}$ B伸直无力

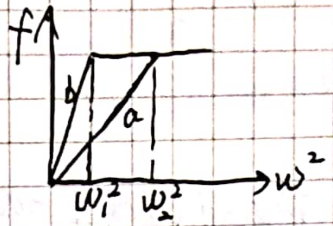
$\omega_B=\sqrt{\frac{g\tan60°}{d}}=\sqrt{\frac{\sqrt{3}g}{d}}$ A伸直无力

① $\omega<\omega_A$，A有力

② $\omega_A<\omega<\omega_B$，A、B都有力

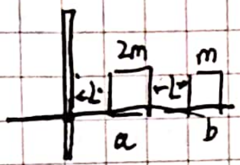
③ $\omega>\omega_B$，B有力

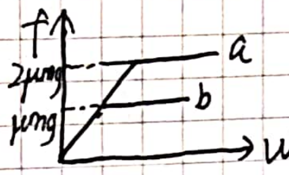




$W_b = \sqrt{\frac{\mu g}{2L}}$

$W_a = \sqrt{\frac{\mu g}{L}}$





$f = F_向$

(1) 刚开始,绳无力,直至 $\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{2L}}$,绳绷直

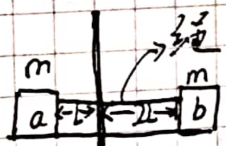
(2) 之后绳的拉力逐渐增大,直至 $\omega_2 = \sqrt{\frac{2\mu g}{3L}}$.

$a: \mu mg - F_T = m\omega_2^2 L$

$b: \mu mg + F_T = m\omega_2^2 \cdot 2L$

$\rangle\ \omega_2 = \sqrt{\frac{2\mu g}{3L}}$

或整体: $\mu mg + \mu mg = m\omega_2^2 L + m \cdot \omega_2^2 \cdot 2L$

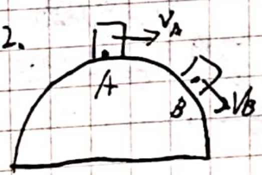


(1) 绳有张力时, $\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{2L}}$

(2) $f_a = 0$时, $\begin{cases} a: F_T = m\omega_2^2 L \\ b: F_T + \mu mg = m\omega_2^2 \cdot 2L \end{cases}$ $\omega_2 = \sqrt{\frac{\mu g}{L}}$

(3) 一起滑时, $\begin{cases} a: F_T - \mu mg = m\omega_3^2 L \\ b: F_T + \mu mg = m\omega_3^2 \cdot 2L \end{cases}$ $\omega_3 = \sqrt{\frac{2\mu g}{L}}$

2.

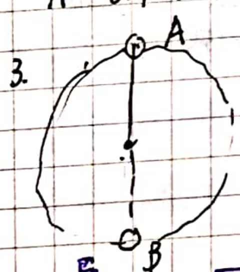


A: $mg = mV_A^2/R$ $\therefore V_A \le \sqrt{gR}$

B: $mg\cos\theta = mV_B^2/R$ $\therefore V_B \le \sqrt{gR\cos\theta}$

A→B不脱轨: $V_B \le \sqrt{gR\cos\theta}$

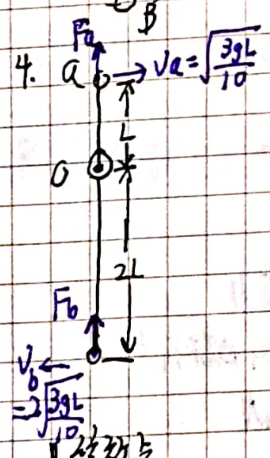
3.



$V^2 - V_0^2 = 4gR$

$F_A - F_B = 6mg$

4.



求 F_a 方向: 向上

求 F_b 方向: 向上

求F轴方向: 向下

临界点

· 物理最高点, V_{min}

· 物理最低点, V_{max}, $F_{T\,max}$, 静止平衡, 等效对称点

天体

开普勒三定律

- 开一：轨道定律。椭圆，不同行星，轨道不同
- 开二：面积定律。同一轨道前提下且 机械能守恒 〈 向心：$\frac{GMm}{r_{远}^2} > \frac{mv_{远}^2}{r_{远}}$；离心：$\frac{GMm}{r_{近}^2} < \frac{mv_{近}^2}{r_{近}}$
- 开三：周期定律。同一中心天体前提下 $\frac{a^3}{T^2}=k$

$\frac{GMm}{R^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}R \Rightarrow \frac{R^3}{T^2}=\frac{GM}{4\pi^2}=k$ ↑ 同一中心天体

星表与卫星区分

- $G=6.67\times10^{-11}\,N\cdot m^2/kg$，为卡文迪许所测 | 若题中未给G，则不能当成已知量
- 地球：$\frac{GMm}{R^2}=mg$（极地/忽略自转） $GM=gR^2$ → R为星表半径
- 环绕：$\frac{GMm}{r^2}=ma_n$ ∴ $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$ $\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ $T=2\pi\sqrt{\frac{r^2}{GM}}$ ∴ $\frac{r^3}{T^2}=\frac{GM}{4\pi^2}$ r↑，$E_{机}$↑

宇宙速度

$v_1=7.9km/s$ 近地卫星 $T=1.4h$ 高轨低速长周期，一高三速低

$v_2=11.2km/s$ 同步卫星 $T=24h$ → 与地球上赤道物体周期角速度相同

$v_3=16.7km/s$

变轨

- 加速离心跑外圈 $v_{环}$↓ E↑
- 减速向心跑里圈 $v_{环}$↑ E↓

追及相遇

1.共面同向

①相距最近：A比B多走n圈

圈数：$\frac{t}{T_A}-\frac{t}{T_B}=n\ (n\in N^*)$ → n为次数

角度：$\omega_A t-\omega_B t=2\pi n\ (n\in N^*)$

②相距最远：多走半圈

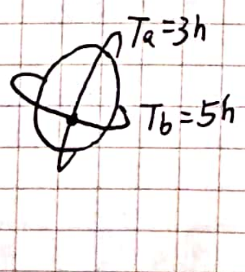
圈数：$\frac{t}{T_A}-\frac{t}{T_B}=\frac{2n-1}{2}\ (n\in N^*)$

角度：$\omega_A t-\omega_B t=(2n-1)\pi$

③共线：

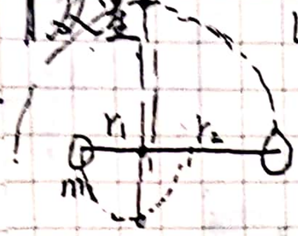
$\frac{t}{T_A}-\frac{t}{T_B}=\frac{n}{2}\ (n\in N^*)$

2.不共面



找最小公倍数 〈 $t_{前}=15h$（都转一圈）；$t_{后}=7.5h$（都转半圈）

双星　ω、T相同



对1：$\frac{Gm_1m_2}{L^2}=m_1\omega^2r_1$

对2：$\frac{Gm_1m_2}{L^2}=m_2\omega^2r_2$

$\left.\right\}$ $m_1r_1=m_2r_2$，$r_1+r_2=L$ $\Rightarrow \begin{cases} r_1=\frac{m_2}{m_1+m_2}L \\ r_2=\frac{m_1}{m_1+m_2}L \end{cases}$

$\omega=\sqrt{\frac{G(m_1+m_2)}{L^3}}$　　$T=2\pi\sqrt{\frac{L^3}{G(m_1+m_2)}}$ $\Rightarrow$ $m_1+m_2=\frac{4\pi^2L^3}{GT^2}$

$v_1+v_2=\omega L=\sqrt{\frac{G(m_1+m_2)}{L}}$

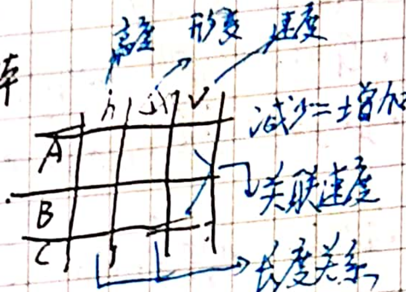
能量守恒：守恒意味着时时刻刻都不向外界流动

① 动能定理　$W_1+W_2+W_3=\frac{1}{2}mv_t^2-\frac{1}{2}mv_0^2$　单个物体

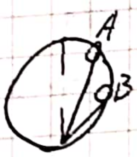
② 能量守恒　$\Delta E_{减}=\Delta E_{增}$，系统多个物体　列表格

③ 功能关系　能量变化量

④ 动量 $\begin{cases} \text{守恒：碰撞/反冲} \\ \text{定理：变力，t，单个物体} \end{cases}$



动量



$I_{GA}=I_{GB}$

$I_{NA}<I_{NB}$

$I_{合A}>I_{合B}$

- 规定正方向
- 矢量运算 $\begin{cases} \text{共线：规定正方向} \\ \text{不共线：矢量合成分解} \end{cases}$
- $Ft=mv-mv_0$（动量定理）
- 流体问题 $\begin{cases} \text{质量连续 } \Delta m=\rho v\Delta t\cdot S \\ \text{不连续 } v=\frac{h}{t} \Rightarrow \Delta m=\rho\cdot\frac{h}{t}\cdot\Delta t\cdot S \end{cases}$
- 已知单位体积粒子个数n　$\Delta m=\frac{1}{6}\underbrace{v\Delta t\cdot S}_{体积}\cdot n m \longrightarrow$ 一个(某方向)
- 已知单位时间质量J　$\Delta m=J\Delta t$
- 人船模型　$P_{合}=0$　　① P等大反向，$I_{合}=0$　③ 共速/停下

  ② $\frac{v_人}{v_船}=\frac{x_人}{x_船}=\frac{m_船}{m_人}$

  $m_人v_人-m_船v_船=0$

  $\Downarrow$

  $\begin{cases} m_人x_人=m_船x_船 \\ x_人+x_船=L\text{（相对位移）} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_人=\frac{m_船}{m_人+m_船}L \\ x_船=\frac{m_人}{m_人+m_船}L \end{cases}$

- 弹碰一动一静

  $m_1v_0=m_1v_1+m_2v_2$

  $\frac{1}{2}m_1v_0^2=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2$

  $\therefore \begin{cases} v_1=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v_0 \text{ 最小速度} \\ v_2=\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_0 \text{ 最大速度} \end{cases}$

- 完全非弹性　$\Delta E_{损}=\frac{1}{2}\frac{m_1m_2}{m_1+m_2}(v_1-v_2)^2$

电场

人物

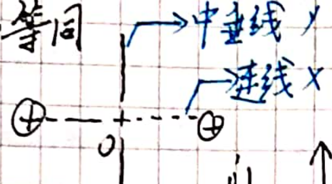
- 元电荷：$e=1.6\times10^{-19}C$ 密立根 整数个
- 电场线：法拉第

图像

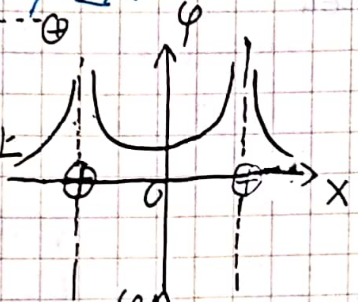
- 某-x（v-t）：K=E
- E-x：K无意义，面积为U

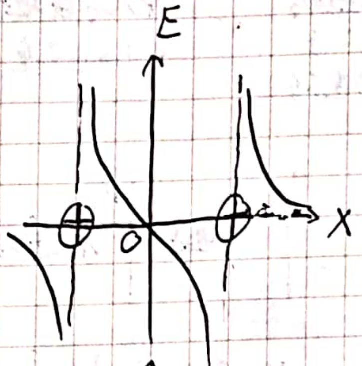
电荷

- 等同

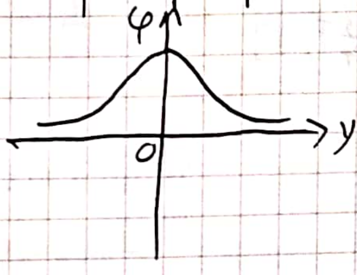


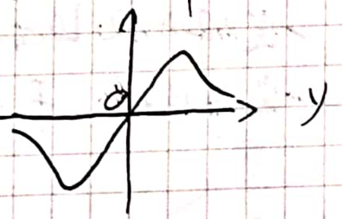
- 连线上



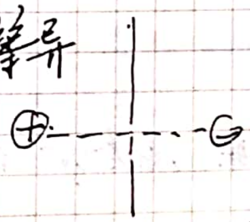


- 中垂线

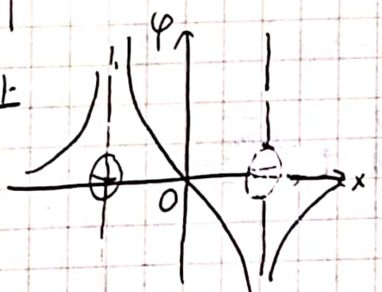


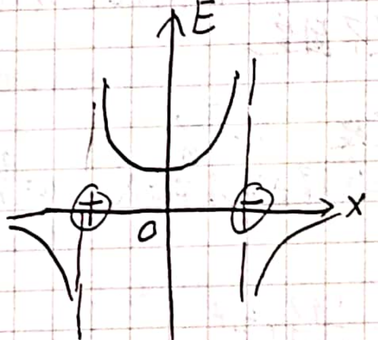


- 等异

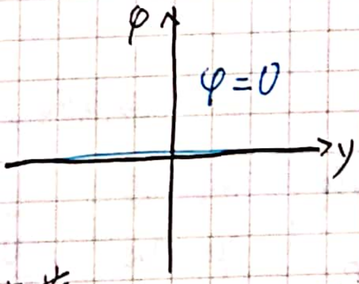


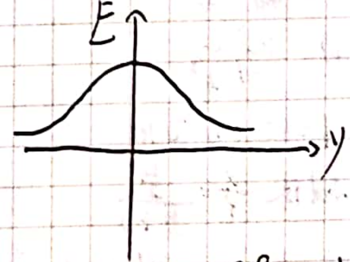
- 连线上



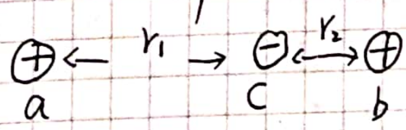


- 中垂线





- 三个自由电荷



两同夹一异
两大夹一小
近小远大

对C：$\frac{kq_Aq_C}{r_1^2}=\frac{kq_Bq_C}{r_2^2}$ $\frac{r_1^2}{r_2^2}=\frac{q_A}{q_B}$

若 $q_A>q_B$，则 $r_1>r_2$

对A：$\frac{kq_Aq_C}{r_1^2}=\frac{kq_Aq_B}{(r_1+r_2)^2}$ $\frac{r_1^2}{(r_1+r_2)^2}=\frac{q_C}{q_B}$

∴ $q_C<q_B$ 同理 $\frac{q_C}{q_A}=\frac{r_2^2}{(r_1+r_2)^2}$ ∴ $q_C<q_A$

$1=\sqrt{\frac{q_C}{q_B}}+\sqrt{\frac{q_C}{q_A}}\Rightarrow\sqrt{q_Cq_A}+\sqrt{q_Cq_B}=\sqrt{q_Aq_B}$

电容器

有源定U　　　　无源定Q

$C=\frac{\varepsilon_r S}{4\pi k d}$

$C=\frac{Q}{U}$

$E=\frac{U}{d}$　E只与d有关　　　　$E=\frac{4\pi kQ}{\varepsilon_r S}$　d无关

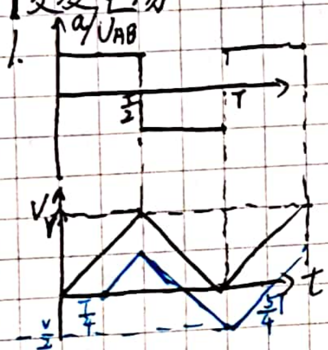
φ　　中点电势法　　　　φ只与接地板距离有关

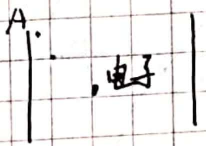
↳U不变　　　　↳E不变　$U=Ed$

中点φ也不变

交变电场

1.





加速场

一定砸A板: $[0,\frac{T}{4})\cup(\frac{3}{4}T,T]$

一定砸B板: $(\frac{T}{4},\frac{3T}{4})$

2、偏转场

① $t=\frac{L}{v_0}\leq T$ 则为恒定电场

② 穿过电场时间为整数个周期时 ($t=nT, n\in Z$), 不管哪个时间射入, 最终 $v_y=0$ 水平射出, 但位置不固定

带电粒子

1. 加速场 { 动能定理　$v=\sqrt{\frac{2qU}{m}}$
　　　　　牛顿第二定律+运动学公式　$a=\frac{qU}{md}$　$t=d\sqrt{\frac{2m}{qU}}$

2. 偏转场(类平抛)

· 侧移量　$y=\frac{1}{2}\frac{qU}{md}(\frac{L}{v_0})^2$

· 偏转角　$\tan\theta=\frac{qU}{md}\frac{L}{v_0^2}$

· 大侧移　① $Y=(\frac{L}{2}+b)\tan\theta$

② 相似　$\frac{y}{Y}=\frac{\frac{L}{2}}{\frac{L}{2}+b}$

　　　　　　$v_y t_0$

③ $Y=y+y'=\frac{1}{2}\frac{qU}{md}(\frac{L}{v_0})^2+\frac{qU}{md}\frac{L}{v_0^2}b$

3. 综合

$y=\frac{U_2L^2}{4U_1d}$　　$\tan\theta=\frac{U_2L}{2U_1d}$　　电性相同, 粒子轨迹重合

$t_{总}=\sqrt{\frac{2d+L+b}{v_0}}\propto\sqrt{\frac{m}{q}}$

磁场

公式

- 安培力 $F=BIL\sin\theta$ 宏观
- 洛伦兹力 $F_{洛}=qvB\sin\theta$ 微观

带电粒子

- 牛顿第二定律，由洛伦兹力提供向心力可知：$qvB=m\frac{v^2}{r}$ ∴ $r=\frac{mv}{qB}$
- 周期 $T=\frac{2\pi r}{v}=\frac{2\pi m}{qB}$（与 v, r 大小无关）
- 时间 $t=\frac{\theta}{2\pi}T=\frac{\theta m}{qB}$（已知B）

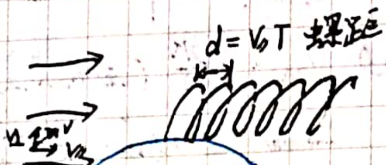
  $t=\frac{s}{v}=\frac{\theta r}{v}$（已知v）

- V与B有夹角

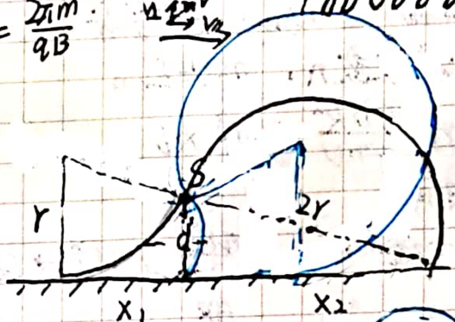
  ▫水平：$V_{//}$ 匀直

  ▫竖直：$V_{\perp}$ 匀圆 $r=\frac{mV_{\perp}}{qB}=\frac{mV\sin\theta}{qB}$ $T=\frac{2\pi r}{V_{\perp}}=\frac{2\pi m}{qB}$

$d=V_{//}T$ 螺距



- 滚动圆 已知 $r>d$



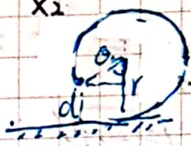
1) 范围

   左 $x_1=\sqrt{r^2-(r-d)^2}$

   右 $x_2=\sqrt{(2r)^2-d^2}$

2) 射出粒子

   $t_{max}=\frac{2\pi-\theta_1}{2\pi}T$，$\cos\theta_1=\frac{r-d}{r}$；即末速度为切线方向



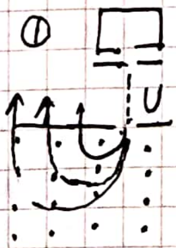
   $t_{min}=\frac{2\theta_2}{2\pi}T$，$\sin\theta_2=\frac{d}{2r}$。即位移为d

- 圆边界（半径为R）
  - 经向射入经向射出
  - 沿θ角进，沿θ角出（θ为速度与半径夹角）
  - 磁扩散⇌磁聚焦（$R=r=\frac{mv}{qB}$）→ 平入点出与点入平出

应用

1. 质谱仪（阿斯顿）

①



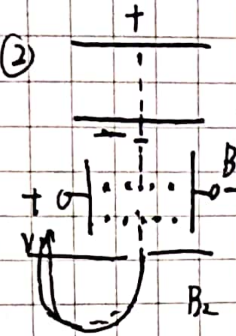
$qU=\frac{1}{2}mv^2$

$qvB=m\frac{v^2}{r}$ $\Big\}$ $r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$

① 分离同位素 q相同的同位素 $r\propto\sqrt{m}$

② 测质量 $m=\frac{qB^2r^2}{2U}$

③ 测比荷 $\frac{q}{m}=\frac{2U}{B^2r^2}$

② 

加速 $v=\frac{E}{B_1}$ ($qvB=qE$)

选择 $r=\frac{mv}{qB_2}$

} $r=\frac{mE}{qB_1B_2}$

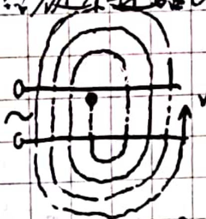
偏转

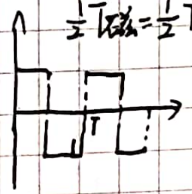
① 同位素 $r\propto m$

② 测 $m=\frac{qB_1B_2r}{E}$

③ 测 $\frac{q}{m}=\frac{E}{B_1B_2}$

2. 回旋加速器(劳伦斯)





$\frac{1}{2}T_{磁}=\frac{1}{2}T_{电}$, 无法同时对不同粒子加速

① $v_{max}=\frac{qBR}{m}$ (由R决定)

$E_{kmax}=\frac{1}{2}mv_{max}^2=\frac{1}{2}\cdot\frac{q^2B^2R^2}{2m}$

② 加速次数n: $nqU=E_{km}$

$n=\frac{qB^2R^2}{2mU}$ $U\uparrow$ $n\downarrow$

③ 时间:

$t_{磁}=n\frac{T}{2}=\frac{\pi R^2B}{2U}$ ($U\uparrow\rightarrow t_{磁}\downarrow$)

$t_{电}=\frac{v_m}{a}=\frac{BR}{U}$ ($U\uparrow\rightarrow t_{电}\downarrow$)

} 与m,q无关

④ 半径

$v=\sqrt{\frac{2nqU}{m}}$

$r=\frac{mv}{qB}$

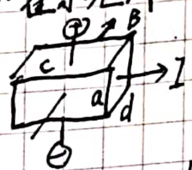
$\Rightarrow r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2nmU}{q}}$ (n次数) $r\propto\sqrt{n}$ 越来越密

⑤ $t_{电}$累加 $t_{电}>\frac{T_{电}}{2}$ 出现减速 →超过90%粒子射出,满足条件?

$t_{电}<\frac{T}{2}(1-90\%)$

$v\rightarrow c$时, $m\uparrow$ $T_{磁}\uparrow\neq T_{电}$

6. 霍尔元件



$qvB=q\frac{U_H}{a}$

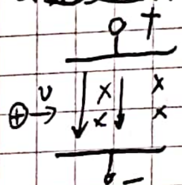
$I=nqvad$

} $U_H=\frac{1}{nq}\frac{IB}{d}=k\frac{IB}{d}\propto B$

d—导体沿磁场方向厚度

k—霍尔系数

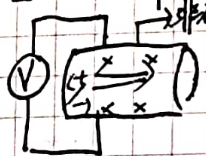
3. 速度选择器



$qvB=qE$

$v=\frac{E}{B}$

5. 电磁流量计

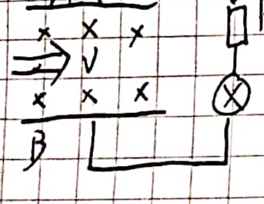


→非磁性材料

$qvB=q\frac{U}{d}$ $v=\frac{U}{Bd}$ ($v\propto U$)

$Q=vS=\frac{\pi dU}{4B}\propto U$

4. 磁流体发电机



进入磁场,偏转积累

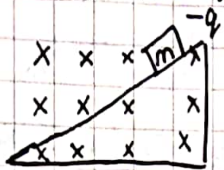
直至 $qvB=q\frac{U}{d}$

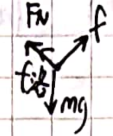
$U=Bdv$ 稳定不偏转 A→正极

$I=\frac{U}{R+\rho\frac{d}{S}}$

叠加场

1) 重力场+磁场





从静止释放

y: $F_N + f_洛 = mg\cos\theta$

x: $mg\sin\theta - \mu F_N = ma$

加速 $v\uparrow$ $f_洛\uparrow$ $F_N\downarrow$

$F_N=0$时，飞了 $qvB = mg\cos\theta$

$v_临 = \frac{mg\cos\theta}{qB}$

2) 重力场+电场+磁场

+q, m, L足够长

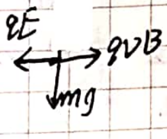
光滑静止释放

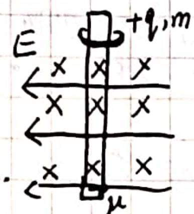
y: $F_N + qvB + qE\sin\theta = mg\cos\theta$

x: $qE\cos\theta + mg\sin\theta = ma$ 匀加速

$F_N=0$时 脱离斜面

3) 套环问题





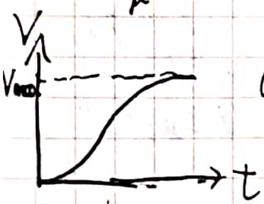
a_{max}: $qE = f_洛 + F_N$ $v\uparrow$ $F_N\downarrow$ $a\uparrow$

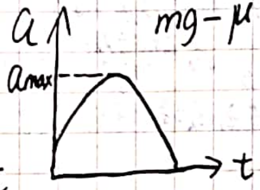
$mg - \mu F_N = ma$ 当$F_N=0$时，$v=\frac{E}{B}$ $a_{max}=g$

v_{max}: $qE + F_N = qvB$ $v\uparrow$ $F_N\uparrow$ $a\downarrow$

$mg - \mu F_N = ma$ 当$a=0$时，$mg = \mu F_N = \mu(qvB - qE)$

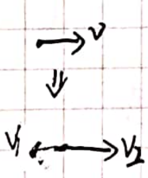
$v_{max} = \frac{mg}{\mu qB} + \frac{E}{B}$





4) 配速法：有重力或电场力

将v分解为两个共线的v_1和v_2

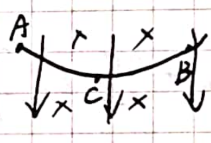


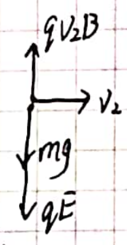
$v_2 - v_1 = v$

v_1 提供qv_1B抵消mg或qE做匀速直线

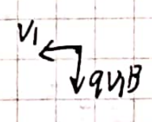
v_2 匀速圆周

若静止释放 $v_1 = v_2$

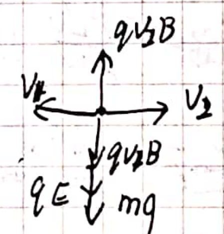




+



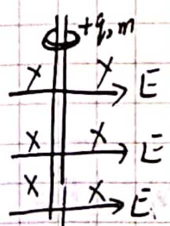
=



匀直 $qv_2B = mg + qE$ 匀速圆周

$v_1 = v_2$

3)的补充：

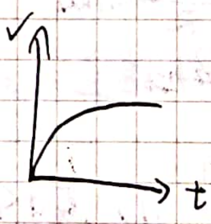


$mg - \mu(qE + qvB) = ma$

$v\uparrow$ $F_N\uparrow$ $a\downarrow$

当$a=0$时，匀速直线运动

若qE或μ特别大，则不动



电磁感应

- 楞次定律　又多补点，又顺点逆

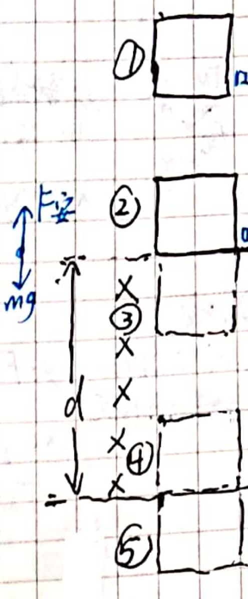
①增反减同

②来拒去留

③增缩减扩

④增扩减缩 → 套在螺线管上

⑤右手定则



①→② 自由落体

$E_{pG}\to E_k$

②→③ 三种可能

1) $F_安-mg=ma$

则 $E_{pG}+E_k\Rightarrow Q_热$，

a↓ v↓

2) $F_安=mg$ 匀速

$E_{pG}\Rightarrow Q_热$

3) $mg-F_安=ma$

$E_{pG}\Rightarrow E_k+Q_热$，

a↓ v↑

③→④ $a=g$ 的匀加

④→⑤ 同样为三种可能

- 公式：$E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=n\frac{|B_2S_2-B_1S_1|}{\Delta t}$

　Φ 韦伯 wb 标量

若进入磁场的速度=出磁场的速度

则进出 $Q_热$ 相等　(②→③产生)

②→④ 动能定理：$mgd-W_安=0$　∴ $Q_热=mgd$

进出磁场 对称 ∴ ④→⑤ $Q_热=mgd$

导体棒

- 平动切割 $E=nBLv$ → L是垂直于v方向上的长度
- 转动切割 $E=nBL\bar{v}$ → $E=nBL^2\omega$

B匀强

1) 电荷量

$$\begin{cases}E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\\ I=\frac{E}{R+r}\\ q=It\end{cases}\Rightarrow q=\frac{n\Delta\Phi}{R+r}$$

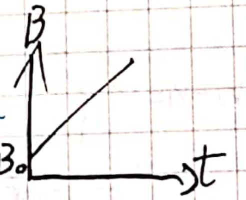
①小心并联电路

②不适用于电容器

- 动生：$q=\frac{nBLx}{R+r}$
- 感生：$q=\frac{n\Delta B\cdot S}{R+r}$

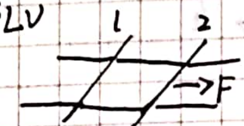
2) 力与运动

- $F_安=n(B_0+\frac{\Delta B}{\Delta t}\cdot t)\frac{n\frac{\Delta B}{\Delta t}S}{R+r}L$ (感生)　L → 有效长度

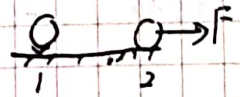


$$\begin{cases}F_安=nBIL\\ I=\frac{E}{R+r}\\ E=nBLv\end{cases}\Rightarrow F_安=\frac{n^2B^2L^2v}{R+r}\ (动生)$$

例：



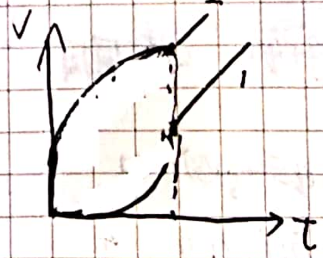
化平面

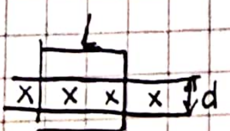


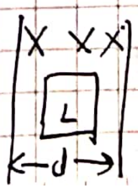
对1，$\frac{B^2L^2v_{相对}}{R}=ma_1$

对2，$F-\frac{B^2L^2v_{相对}}{R}=ma_2$

当 $a_1=a_2$ 时 系统稳定



- 



d>L或d<L时，线框通过时都有一段时间不受 $F_安$

3) 能量问题

· 单棒：动能定理 $W_{安} = Q_{焦}$

· 双棒：P守恒，E守恒

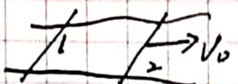
4) 动量问题

· 单个物体：$F_{安}t = mv - mv_0$

$$F_{安}t = \begin{cases} BILt = BqL \\ \dfrac{B^2L^2vt}{R+r} = \dfrac{B^2L^2x}{R+r} \end{cases}$$

· 双棒问题

① 动量守恒：$F_{合} = 0$（系统）



$$\begin{cases} m_2v_0 = (m_1+m_2)v_{共} \\ \frac{1}{2}m_2v_0^2 = \frac{1}{2}(m_1+m_2)v_{共}^2 + Q_{焦} \end{cases}$$

$Q_{焦} = \frac{1}{2}\frac{m_B m_C}{m_B+m_C}v_{相对}^2$

· 初态 → 中间态：当1速度是2的一半时，1的加速度为多少？

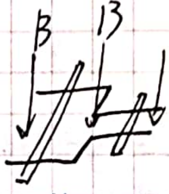
· 动量守恒：

$m_2v_0 = m_1\frac{v}{2} + m_2v$　　$v=$ __

· 牛二：

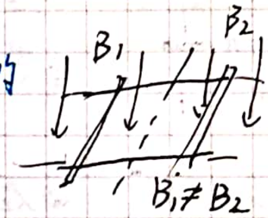
$F_{安} = ma$　　$a=$ __

$\hookrightarrow \dfrac{B^2L^2(v-\frac{v}{2})}{R+r}$



② 动量不守恒：动量定理

系统稳定条件：$E_1 = E_2$　$I_{感}=0$　$F_{安}=0$（仅适用于无外力的



解法：$E_1 = E_2$ 则 $BL_1v_1 = BL_2v_2$　$\therefore \frac{v_1}{v_2} = $ __　①

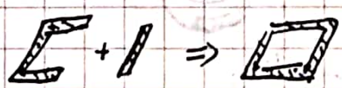
设稳定时 $\begin{cases} 1棒\ v_1 \\ 2棒\ v_2 \end{cases}$

对1：$-F_{安}t = m_1v_1 - m_1v_0 \Rightarrow -BqL_1 = m_1v_1 - m_1v_0$　(1)

对2：$-F_{安}t = m_2v_2$　　$\Rightarrow BqL_2 = m_2v_2$　　(2)

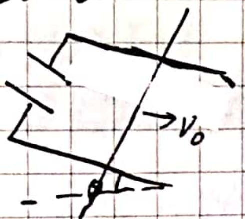
$\frac{(1)}{(2)} = \frac{v_1 - v_0}{v_2}$　③　　联立①③式 $\begin{cases} v_1 = \text{\_\_} \\ v_2 = \text{\_\_} \end{cases}$

③ 注意质量

1) 

2) S横截面积可计算质量或电阻 $R = \rho\frac{L}{S}$

5) 电容器



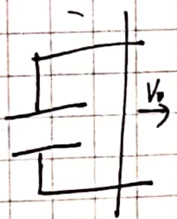
$I=\frac{q}{t}=\frac{cE}{t}=\frac{cBLv}{t}=cBLa$ $F-cB^2L^2a=ma$

$\Uparrow$

$F-F_安=m\frac{\Delta v}{\Delta t}$

$\therefore F_安=BIL=cB^2L^2a$

通过牛二($mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta-cB^2L^2a=ma$)或动量[$(F-F_安)t=mv-mv_0$]均可判断出导体棒做匀加速直线运动 $v=at$



$-F_安t=mv-mv_0$

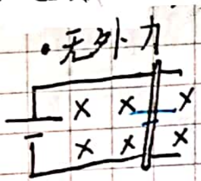
$\therefore BqL=mv_0-mv$

$\therefore q=cU=cBLv$ $\begin{cases} q=\_\_ \\ v=\_\_ \end{cases}$

能量守恒: $\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv^2+E_电$

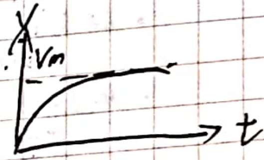
6) 电源

·无外力

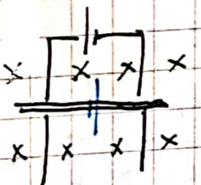


$E_合=E-BLv$ $BIL=ma$ $I\downarrow$ $a\downarrow$ $v\uparrow$ $a=0$ $I=0$

$E=BLv_m$ 匀速 $v_m=\frac{E}{BL}$



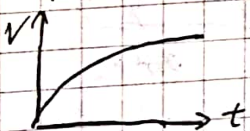
·有外力



① 若 $mg=BIL=BL\frac{E}{R_总}$ 不动

② 若 $mg>BL\frac{E}{R_总}$，则 $E_总=E+BLv$ $mg-B\frac{E+BLv}{R_总}L=ma$

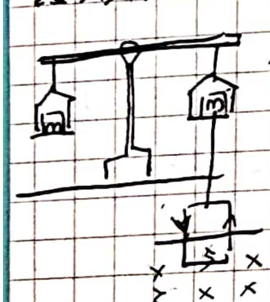
$v\uparrow$ $a\downarrow$ $I\uparrow$ 至 $a=0$ 匀速直线 $v_{max}=\frac{mgR_总}{B^2L^2}-\frac{E}{BL}$



③ 若 $mg<BL\frac{E}{R_总}$ 则 $BL\frac{E-BLv}{R_总}-mg=ma$ $v\uparrow$ $I\downarrow$ $a\downarrow$ $a=0$时

$v_{max}=\frac{E}{BL}-\frac{mgR_总}{B^2L^2}$

|安培力



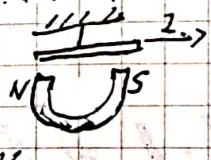
若I变向，$\Delta F_安=2BIL$

砝码的重力 $mg=\Delta F_安$

非匀强F安的四种做法

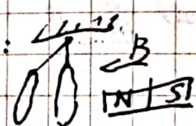
1)结论法：同向导线相吸，反向导线相斥

2)微元法：



俯视逆时针

3)等效法：



4)相互作用法：

电路

微观表达式 $I=nqvS$

n —— 单位体积所带电荷个数

q —— 一个自由电荷电量

v —— 定向移动 $10^{-5}m/s$

S —— 垂直 I 方向截面积

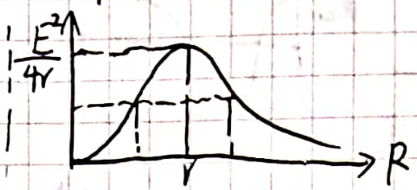
电动机 $W=Q+E_{机}$

$P=P_Q+P_{机}$

$UI=I^2R+Fv$

$\eta=\frac{P_{机}}{P}=\frac{P-P_Q}{P}$

功率

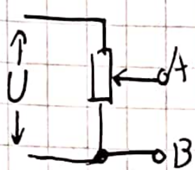


$P_{出}=I^2R=\frac{E^2}{(R+r)^2}R=\frac{E^2}{\frac{(R-r)^2}{R}+4r}$

- $R=r$，$P_{max}=\frac{E^2}{4r}$ $\eta=50\%$
- $R<r$ $R\uparrow P_{出}\uparrow$
- $R>r$ $R\downarrow P_{出}\uparrow$
- 不对称 $R_1R_2=r^2$

$\frac{(R_1-r)^2}{R_1}=\frac{(R_2-r)^2}{R_2}$

电路



① 空载 $U_{AB}=\frac{U}{2}$

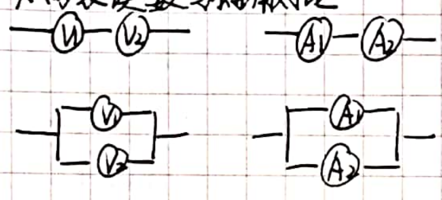
② 负载 R_x $U_{AB}<\frac{U}{2}$

③ 负载 $R_x\uparrow$ 则 $U_{AB}\uparrow$ $U_{AB}=\frac{U\cdot R_{并}}{R_{上}+R_{并}}=\frac{U}{\frac{R_{上}}{R_{并}}+1}<\frac{U}{2}$

④ R_x 不变，A 上移，则 U_{AB} 在 $0\sim U$ 可调

电表

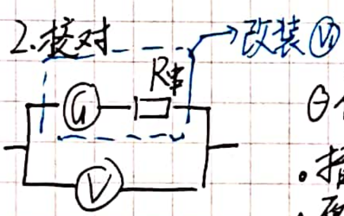
1. 两表读数与偏角对比



偏角 θ 相同，量程大，读数大

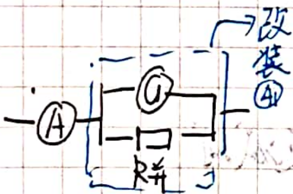
读数相同，量程大，偏角小

2. 校对



θ 偏小，误差分析 $U=I_g(R_g+R_{串})$

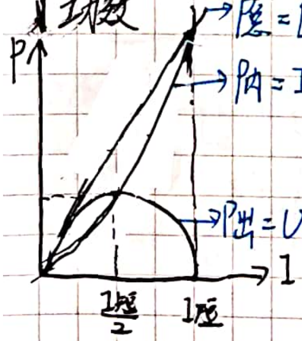
- 措施：$R_{串}\downarrow$
- 原因：R_g 实际偏大



θ 偏大 ·措施：$R_{并}\downarrow$

· R_g 实际值偏大

功率

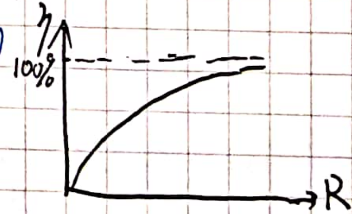


$P_{总}=EI$（所有）$\Rightarrow I^2(R+r)=\frac{E^2}{R+r}$（纯电阻）

$P_{内}=I^2r$

$P_{出}=UI$（所有）$=EI-I^2r$（所有）$\Rightarrow I^2R=\frac{U^2}{R}$（纯电阻）

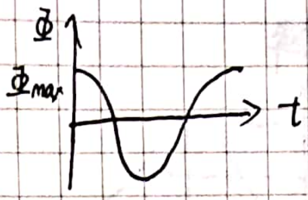
$\eta=\frac{P_{出}}{P_{总}}=\frac{U}{E}$（所有）$=\frac{R}{R+r}$（纯）$R\uparrow\ \eta\uparrow$

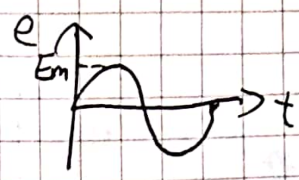


动态分析

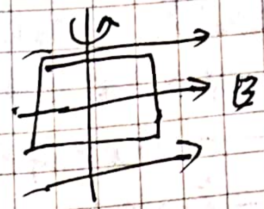
- 串反并同 · $\frac{\Delta U}{\Delta I}=R$ 不变

交流电





$E=nBS\omega\sin(\omega t+\varphi_0)$



两面四值

1.两面(位置)

- 中性面 $B\perp S$ Φ_{max} $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=0 \Rightarrow \begin{cases}E=0\\U=0\\I=0\end{cases}$
- 峰面 $B\parallel S$ $\Phi=0$ $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\ max \Rightarrow E,U,I\ max$

□注：电流 $\begin{cases}\text{经中性面一次，I方向变一次}\\\text{转一周变两次}\end{cases}$

□快慢描述 $\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi f=2\pi n$

2.四值

- 峰值 $E_m=NBS\omega$ (最大) → 击穿电压
- 瞬时值 $e=NBS\omega\sin\omega t$ (V) (瞬时) → 两个 时间t / 角度$\theta=\omega t$
- 有效值 电流的热效应 $E=\frac{E_m}{\sqrt{2}}$ (额定) → 熔断电流
- 平均值 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow q=\frac{n\Delta\Phi}{R+r}$ (电荷量)

□中国家电 $e=311\sin 314t$ (V)
I方向1s中变100次
$E_m=220\sqrt{2}$ V $f=50$ Hz
$\omega=100\pi$ rad/s $T=0.02$ s

□电表测量结果为恒定有效值

容感

- 容抗 $X_C=\frac{1}{2\pi fC}$ (Ω)
- 感抗 $X_L=2\pi fL$ (Ω) 自感电动势 $E_L=L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ → "增反减同"
- 口诀：变的喜欢直的 直的喜欢变的
- 电磁振荡 $T=2\pi\sqrt{LC}$

变压器

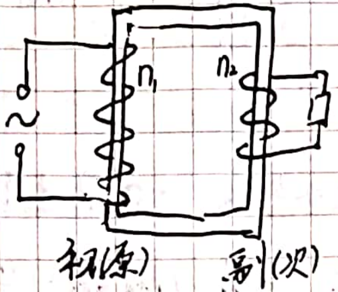
基本关系

① $U_1:U_2=n_1:n_2$

② $P_1=P_2$

③ f不变

④ $n_1I_1=n_2I_2$



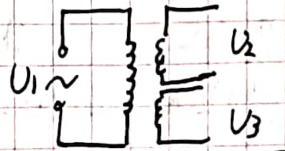
· 永远适用于峰值

· 副线圈无二极管时，适用于有效值

· 不适用于瞬时值

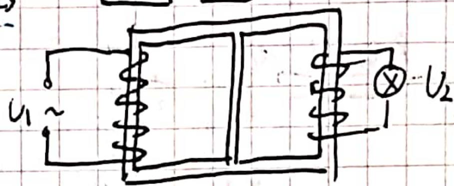
⑤ $U_1:U_2:U_3=n_1:n_2:n_3$

⑥ $P_1=P_2+P_3 \Rightarrow n_1I_1=n_2I_2+n_3I_3$



⑦ $U_1:U_2=2n_1:n_2$

⑧ $P_1:P_2=1:1 \Rightarrow 2n_1I_1=n_2I_2$



$U_1=n_1\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t}$　$U_2=n_2\frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t}$

$\Phi_1=2\Phi_2$

$\Downarrow$

$\frac{U_1}{U_2}=2\frac{n_1}{n_2}$

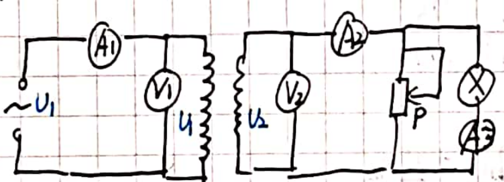
动态分析

· U_1决定U_2

· I_2产生I_1

· P_2决定P_1

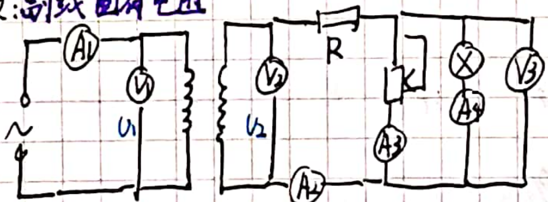
1.0版：



P上滑：$R_滑\uparrow$ A2$\downarrow$ A1$\downarrow$，其余不变

口诀：$R_总\uparrow \Rightarrow I_2\downarrow \Rightarrow I_1\downarrow$

2.0版：副线圈有电阻

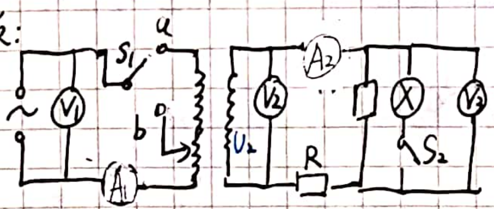


P上滑：$R_滑\uparrow$ A3$\downarrow$ A2$\downarrow$ // $R_总\uparrow$ $I_总\downarrow$ A1$\downarrow$

⊗变亮 A4$\uparrow$ V3$\uparrow$ // 并联的一个支路$I\downarrow$，其余支路$I\uparrow$

$\Delta I_3>\Delta I_4$ // $\Delta I_2\uparrow=\Delta I_3\downarrow+\Delta I_4\uparrow$

3.0版：



① S_1由$a\to b$：

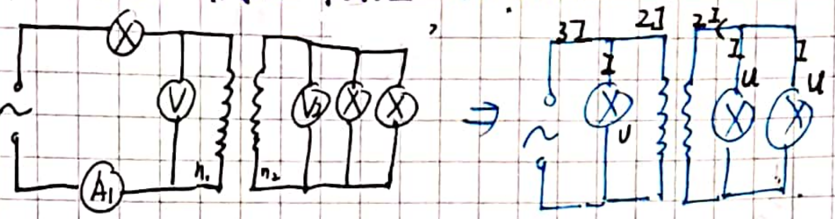
$\frac{U_1}{U_2\uparrow}=\frac{n_1}{n_2}\downarrow \Rightarrow U_2\uparrow \Rightarrow I_2\uparrow \Rightarrow I_1\uparrow, P_2\uparrow, P_1\uparrow$

② S_1接a不变，S_2从断开到闭合

U_1不变 U_2不变，V3$\downarrow$，$I_2=\frac{U_2}{R_总\downarrow} \Rightarrow I_2\uparrow \to I_1\uparrow$

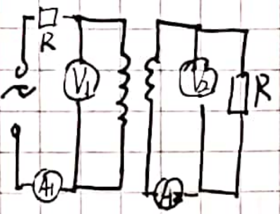
并联 { 增加支路 $R_并\downarrow$; 增加某一支路电阻，$R_并\uparrow$ }

4.0版 额定功率灯泡正常发光 → 设I,U,R,P



$\therefore n_1=n_2$

5.0版 等效电阻(原线圈有电阻)



原线圈上 $R_{等效}=\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R$ → 等效电阻

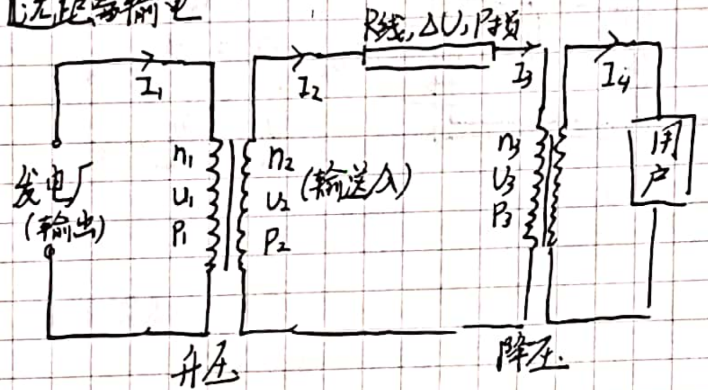
副线圈上 $E_{等效}=\frac{n_2}{n_1}U_1$　$r_{内阻等效}=\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 r$ → 等效电源

推导: $E=U_R+U_1=I_1R_1+\frac{n_1}{n_2}U_2$　　　$I_1=\frac{E}{R_1+\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2R_2}$ → 等效电阻

$=I_1R_1+\frac{n_1}{n_2}I_2R_2$　　　⇑

$=I_1R_1+\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2I_1R_2=I_1\left[R_1+\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2R_2\right]$

远距离输电



①电压

$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$ → $U_2=U_3+\Delta U_{损}$ → $\frac{U_3}{U_4}=\frac{n_3}{n_4}$

②电流

$I_4=\frac{P_4}{U_4}$ → $\frac{I_4}{I_3}=\frac{n_4}{n_3}$ → $I_2=I_3$ → $I_1n_1=I_2n_2$

③电功率

$P_4=U_4I_4$　$P_4=P_3$　$P_3=P_3+P_{损}$　$P_2=P_1$

$\eta_{损}=\frac{P_{损}}{P_2}\times100\%$　　$\eta_{效}=\frac{P_3}{P_2}\times100\%$

④解题关键: $P_{损}$

$P_{损}=I_2^2R_{线}=I_1^2R_{线}=\left(\frac{P_2}{U_2}\right)^2R_{线}=\left(\frac{P_3}{U_3}\right)^2R_{线}$

$P_{损}=\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2I_1^2R_{线}=\left(\frac{n_4}{n_3}\right)^2I_4^2R_{线}$

$=\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2\left(\frac{P_1}{U_1}\right)^2R_{线}=\left(\frac{n_4}{n_3}\right)^2\left(\frac{P_4}{U_4}\right)^2R_{线}$

⑤结论: ·当用户增多,所有的$P_{损}$都↑　U_4↓　U_3↓

·当U_2↑,所有损失都↓　U_2提高到nU_2时,$\Delta U_{损}'=\frac{1}{n}\Delta U_{损}$　$P_{损}'=\frac{1}{n^2}P_{损}$

考前必知40条物理学史

一、力学

1	亚里士多德	①力是维持物体运动的原因(错误的观点!); ②重的物体下落得快(错误的观点!)。
2	伽利略	①首先建立了加速度、平均速度和瞬时速度等基本概念; ②自由落体运动的规律(开创了实验和逻辑推理相结合的研究方法); ③力不是维持物体运动的原因(理想实验)。
3	笛卡尔	指出如果运动中的物体没有受到力的作用,它将继续以同一速度沿同一直线运动,既不停下来,也不偏离原来的方向。
4	开普勒	根据天文学家第谷的行星观测记录发现行星运动的规律(开普勒行星运动定律),为牛顿发现万有引力定律奠定了基础。
5	胡克	①胡克定律($F=kx$); ②胡克等人证明了"如果行星的轨道是圆形的,它所受引力的大小跟行星到太阳距离的二次方成反比"。
6	牛顿	①提出三大运动定律(奠定了经典力学的基础);②发现万有引力定律。
7	卡文迪许	利用扭秤装置比较准确地测出了引力常量 G 的值。
8	亚当斯、勒维耶、伽勒	亚当斯和勒维耶各自独立地利用万有引力定律计算出海王星的轨道,伽勒在勒维耶预言的位置附近发现了这颗行星。
9	哈雷	预言哈雷彗星的回归,并被证实。
10	惠更斯	指出了动量的方向性和守恒性。

二、电磁学

11	富兰克林	首先命名正、负电荷,发明了避雷针。
12	欧姆	发现欧姆定律。
13	库仑	利用库仑扭秤做实验总结出了库仑定律。
14	奥斯特	发现了电流的磁效应(梦圆"电生磁")。
15	法拉第	①最早提出电场、磁场的概念,提出用电场线、磁感线来描述电场和磁场; ②发现电磁感应现象,并总结归纳了产生电磁感应现象的五种情况(心系"磁生电"); ③制成世界上第一台发电机(法拉第圆盘发电机)。

16	纽曼、韦伯	法拉第电磁感应定律(闭合电路中感应电动势的大小,跟穿过这一电路的磁通量的变化率成正比)。
17	安培	①安培定则(即右手螺旋定则); ②分子电流假说。
18	楞次	提出楞次定律。
19	麦克斯韦	预言电磁波的存在,把光现象与电磁现象统一起来,建立麦克斯韦方程组。
20	赫兹	证实电磁波的存在。
21	洛伦兹	提出洛伦兹力公式。
22	劳伦斯	设计出回旋加速器。
23	阿斯顿	最早设计出质谱仪。
24	密立根	首次比较准确地测定了电子的电荷量(油滴实验)。

三、原子物理

25	普朗克	提出能量子假说 $\varepsilon=h\nu$,解释了黑体辐射的实验规律(开启了物理学的量子时代)。
26	巴耳末	总结出氢原子光谱波长的经验公式——巴耳末公式。
27	爱因斯坦	①光子说及爱因斯坦光电效应方程(成功解释光电效应); ②建立狭义相对论,提出了质能方程。
28	康普顿	康普顿效应,揭示了光的粒子性(石墨对 X 射线的散射)。
29	吴有训	测试了多种物质对 X 射线的散射,证实了康普顿效应的普遍性。
30	德布罗意	提出物质波概念、提出假设实物粒子也具有波动性。
31	戴维孙、G. P. 汤姆孙	分别利用晶体做了电子束衍射的实验,证实了电子的波动性。
32	J. J. 汤姆孙	①发现电子并测得电子的比荷 $\frac{e}{m}$; ②提出原子的“枣糕模型”(原子可分,有复杂内部结构)。
33	卢瑟福	①原子的核式结构模型(根据 α 粒子散射实验结果提出);②发现质子(首次实现原子核的人工转变);③提出了中子存在的猜想。
34	玻尔	玻尔原子理论,成功地解释了氢原子光谱的实验规律。
35	查德威克	证实了中子的存在。
36	贝可勒尔	天然放射现象。
37	居里夫妇	发现放射性元素镭和钋。
38	威尔逊	1912 年发明了威尔逊云室。
39	盖革、米勒	1928 年研制成盖革-米勒计数器。
40	约里奥·居里夫妇	发现了人工放射性,获得了 1935 年诺贝尔化学奖。

高校风景

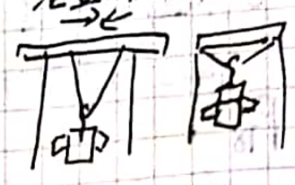
哈尔滨工业大学主楼始建于 1959 年,其左挽电机楼,右携机械楼,于中间地带拔地而起,层层上升。哈工大主楼大气巍峨,是哈尔滨欧式建筑风格的典范之一。

补充篇

P_7：晾衣杆模型 $\left\{ \boxed{\begin{array}{l}\text{竖小平大}\\ \text{上下不变}\end{array}} \right.$

上下移动力不变

绳竖则力大，平则加小



P_{12}：① 快速推导 $\tan\theta = 2\tan\alpha$：

$\tan\theta = \frac{V_y}{V_0}$

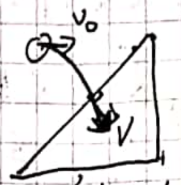
$\tan\alpha = \frac{y}{x} = \frac{\frac{V_y}{2}t}{V_0 t} = \frac{V_y}{2V_0}$

$\Downarrow$

$\therefore \boxed{\tan\alpha = \frac{1}{2}\tan\theta}$

②

$\boxed{t = \frac{2V_0\tan\theta}{g}}$ ；



$\boxed{t = \frac{V_0}{g\tan\theta}}$

垂直打板

③ 物理中求最小值方法

- 基本不等式 $a^2+b^2 \geq 2ab$；$a=b$ 时取得最小值
- 二次函数对称轴 $x = -\frac{b}{2a}$
- 辅助角公式 $y = \sqrt{A^2+B^2}\sin(\omega\theta+\varphi)$

P_{14}：

环绕卫星，高轨低速长周期 —— 高三速低

对卫星：$\frac{GMm}{R^2} = m\frac{4\pi^2}{T^2}R$ $\therefore \frac{R^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$

开普勒第三定律 $\frac{a^3}{T^2} = k$

$\longrightarrow \frac{GM}{4\pi^2} = k = \frac{R^3}{T_1^2} = \frac{a^3}{T_2^2}$

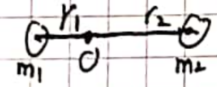
P_{15}：

- 第一宇宙速度：最大环绕/最小发射速度 $V_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{gR} = 7.9km/s$
- 第二宇宙速度：脱离地球 $V_2 = \sqrt{2}\sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{2} \times 7.9 km/s = 11.2km/s$
- 第三宇宙速度：脱离太阳 $V_3 = 16.7km/s$

P_{17}：

① 变轨 $\left\{ \begin{array}{l}\boxed{\text{加速}}\text{离心跑外圈 能量}\boxed{\text{高}}\text{，环速减}\\ \boxed{\text{减速}}\text{向心跑内圈 能量}\boxed{\text{低}}\text{，环速高}\end{array} \right.$

② 双星：



$r_1 + r_2 = L$

$m_1 r_1 = m_2 r_2$

$\boxed{\begin{array}{l} r_1 = \frac{m_2}{m_1+m_2}L \\ r_2 = \frac{m_1}{m_1+m_2}L \end{array}}$ → 反比（类似人船模型）

$\boxed{\omega = \sqrt{\frac{G(m_1+m_2)}{L^3}}} \Rightarrow \boxed{T = \frac{2\pi}{\omega}} = 2\pi\sqrt{\frac{L^3}{G(m_1+m_2)}}$

$\Downarrow$

$m_1 + m_2 = \frac{4\pi^2 L^3}{GT^2}$

$\boxed{V_1 + V_2 = \omega L} = \sqrt{\frac{G(M_1+M_2)}{L}}$

③加速度→F合

向心加速度→F_n(向心力:由合力或合力的分力提供)

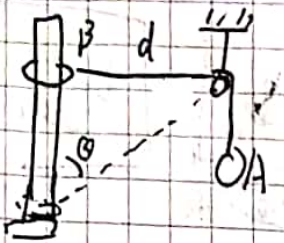
P_{18}

·单个物体→动能定理

·多物体连接体系统→机械能/能量守恒 > 曲线直线形式

·求加速度时间→牛顿第二定律

·ΔE减=ΔE增如何使用? 答:画表格



如图,光滑杆上套B环,静止释放,达到θ角时B的速度:

解: ΔE减=ΔE增
(机械能守恒)

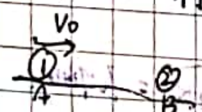
E / 物体	h	Δx (形变量)	v
A	↑	—	↑
B	↓	—	↑

则 $m_B g h = m_A g h' + \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2$

注: h可用d换
v_A与v_B速度满足 $v_B \cos\theta = v_A = v_{绳}$

P_{21}

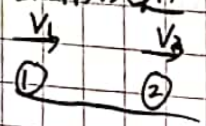
·一动碰一静弹性:



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

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

·完全非弹性碰撞



$$\Delta E_{损} = \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (v_1 - v_2)^2$$