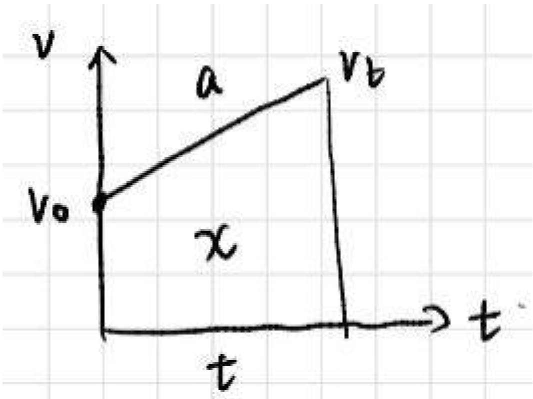
1. 切线和割线（求导）

对于一段 x-t 图像，平均速度就是两点连线的割线斜率

而瞬时速度就是Δt趋向无穷小时的斜率，此时割线即为此时间点的切线斜率

2. 面积和积分



对于一段 vt 图像而言，如图围成的面积就是位移 x

对于匀加速运动来说，求面积有很多种方法

$v_t = v_0 + at$ ①基础公式

$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ ②基础公式

$v_t^2 - v_0^2 = 2ax$ ③速方差公式

$x = 1/2(v_0 + v_t)t$ ④平均速度

$x = v_t t - \frac{1}{2}at^2$ ⑤不常用

根据求面积可知：v_0，v_b，x，a，t 这五个物理量，知道任意三个就可以求另外两个

3. 匀加速运动的结论

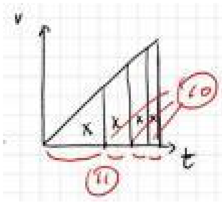
1. 对于初速度为 0 的连续相等时间情景

$v_{末}$ 1: 2: 3: 4: ... ①

$x_{总}$ 1: 4: 9: 16: ... ②

$x_{分}$ 1: 3: 5: 7: ... ③

对于初速度为 0 的连续相等位移情景



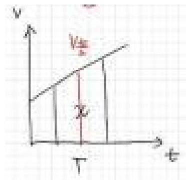
$t_{总}$　1:　2:　3:　4: ... ④

$t_{分}$　$1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):(\sqrt{4}-\sqrt{3}):...$⑥

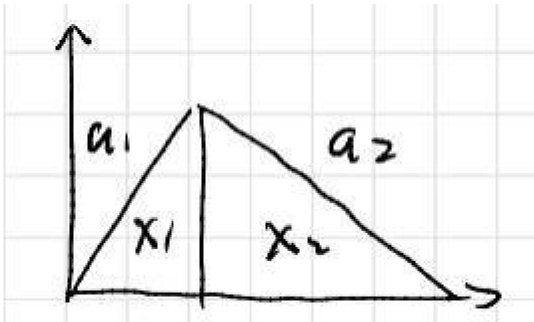
平均速度 = 中时速度

$\bar{v}=\frac{x}{t}=v_{\frac{t}{2}}=\frac{v_0+v_t}{2}$　⑦

$v_{\frac{x}{2}}=\sqrt{\frac{v_0^2+v_t^2}{2}}$　⑧



4. 0V0 问题，（消防员问题，跳蚤问题）



$a_1x_1=a_2x_2=\frac{h^2}{2}$（距离和 a 成反比）

5. 平均速度问题

识别标志： 给 x 和对应的 t（直角梯形有面接有高）

1　求$\frac{x}{t}$，记为$v_{\frac{t}{2}}$（画中位线，算出速度）

2　横连构造 rtΔ，求 a，求 v（a 的定义）

3　有 a 和 v 求 x（速方差或者$\frac{1}{2}at^2$）

6. 追及问题结论

追击相遇问题中，追击者距离目标初始距离为S_0， 以匀速追匀加速为例子，

□0交点是共速点，且前后换速

□1 图像上下夹出的面积永远是相对位移，记为$x_{相}$

□2交点左右两侧的相对位移永远相减（一正一反）

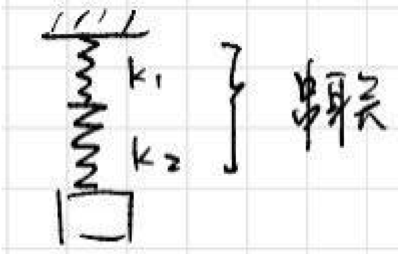
□3交点左侧为关键$\Delta x_{相}$记作s_1，$\Delta x_{相\ max}=s_1$

比大小	相遇次数	交点意义	交点间距

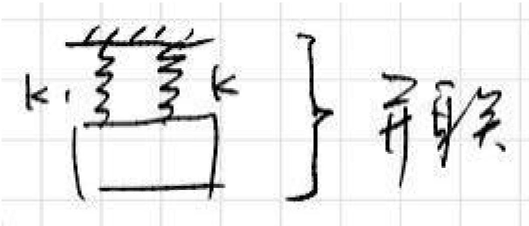
$S_0 > S_1$	0	最近点	$S_0 - S_1$
$S_0 = S_1$	1	最近点	0
$S_0 < S_1$	2	反追最远	$S_1 - S_0$

7.　弹簧的串并联问题

弹簧的串并联问题

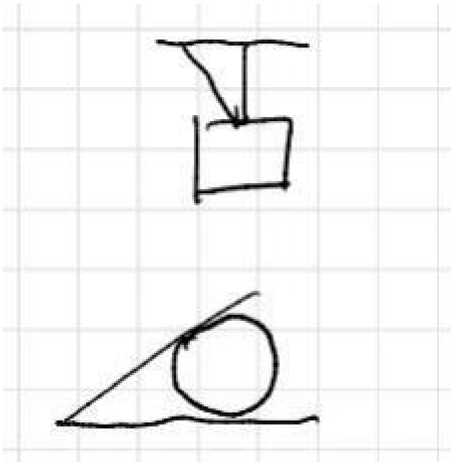


弹簧的串联，$k_{串}=\frac{k_1\cdot k_2}{k_1+k_2}$



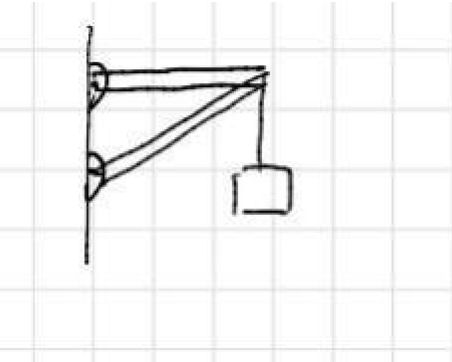
弹簧的并联（变形量相同）：$k_{并}=k_1+k_2$

8.　假设法求力的方向



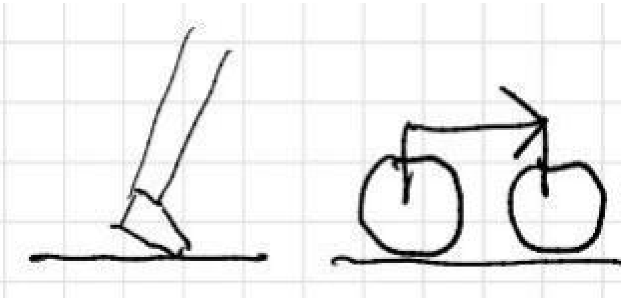
1

假设这个物体消失，如果不影响作用物体状态则表示此绳或面对物体没有作用力。



2

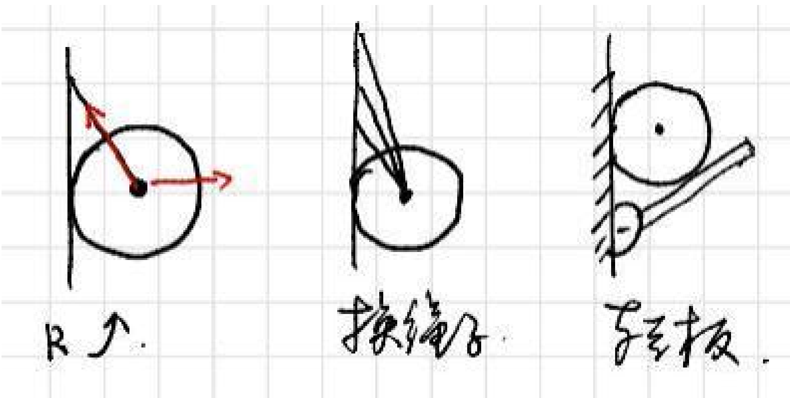
假设杆为绳，分析作用物块状态是否改变，如果改变说明此处杆不能为绳，即力作用方向必须提供支持力而不是拉力（判断杆作用力方向）

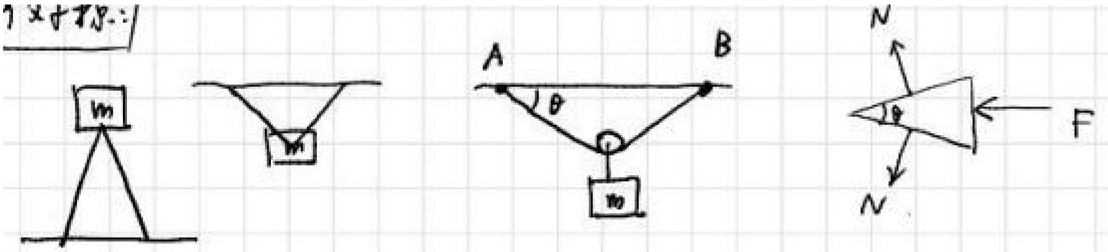


3

假设地面光滑，如果物体运动状态和地面不光滑时不一样，则代表两者有摩擦力作用

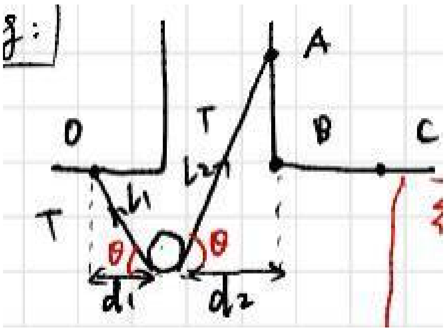
9. 竖小平大/Y 对称/定长绳及滑轮





特征：①三力共点平衡。②有横竖斜三个方向的力，只有斜边力转动，或者 Y 字形，对称转

结论： 竖小平大， 竖直不变



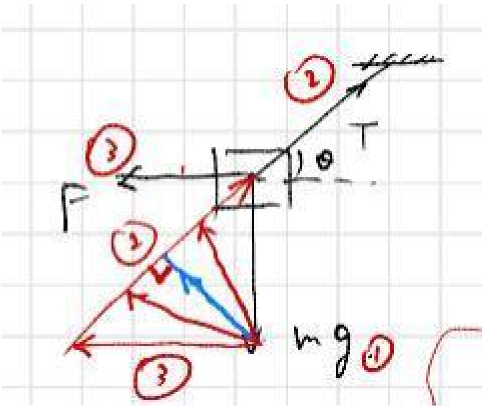
问： 绳挂点从 A 到 B 和从 B 到 C,T 如何变化

结论： ①。Y 相等，必对称 （θ相同）

②θ只由水平宽度决定

③$\cos\theta=\frac{d_1}{L_l}=\frac{d_2}{L_2}=\frac{d_1+d_2}{L_1+L_2}=\frac{d_{总}}{L_{总}}$

10. 一般单边旋转问题/二三傻问题



如图 F 方向改变而 T 方向不变， 求 F 和 T 的变化

1） 编号①②③

2） 反向延长②， 竖直向下移③

3） 绕与 mg 交点转，观察长度变化

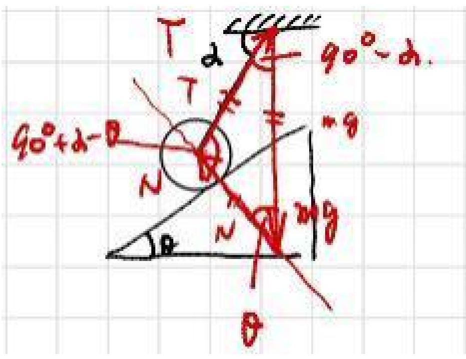
结论： ②③垂直时，③最小，②单调变化

11. 双斜边静态平衡/相似三角形+正弦定理

注意： 讲第二类动态平衡固定（一般单边旋转问题/二三傻问题），往往会变成此类问题

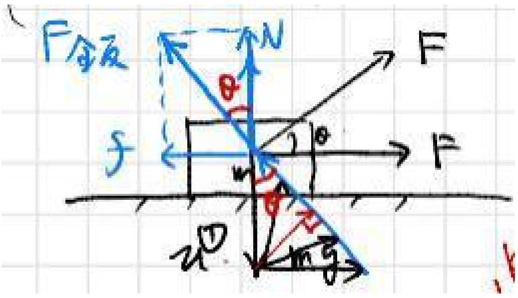
结论： 给角度，考虑正弦定理

给边长，考虑相似比/直接比



沿类： 直接描线
垂类： 画长垂线
Mg， 找特殊点画竖线

12. 全反力问题



如图，物体在 F 作用下，缓慢向上旋转，且一直保持匀速运动，研究 F/N 的大小关系
由于 f=uN， 且方向不变， N 和 f 的合力的方向也会不变， 此时讲四个力的问题变为三个力问题，继续用 23 傻方法求解

13. 双边转，动态平衡（很难）

① 某长度可见且固定， 为第三类的变形（相似三角形）
② M 变化/有多个 m→比例尺变化类
③ 两边夹角固定一起转→构造辅助圆

14. 量纲分析法

$$K\frac{Qq}{r}=E$$

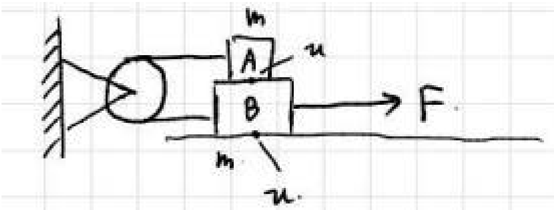
$$K\frac{Q}{r}=\varphi$$

$$P=\frac{E\cdot\frac{s_0}{4\pi r^2}}{t}$$

通过公式计算中对单位计算来判断等式是否成立的方法
常和估算法/数量级计算一同使用

15. 整体法

1） 相对静止
先整体再隔离是一般思路
2） 不相对静止，但是都平衡时照常使用



注：当系统各物均处于静止或者匀直状态，即使有相对运动，整体法也可以随便使用

3）整体法进阶-反向添加 ma

特征：系统中物体存在 a，且常常不共速/共加速

操作，看见 a，擦掉 a，反向添加 ma 的力

注意：1 本质是一种假设法。2 其他力都不变

效果：变有 a 为无 a，整体法随时可用

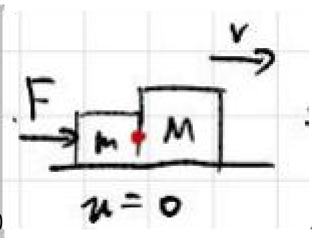
4）连接体求内力/整体法求内力

特征：①系统内各物体相对静止（共 v 共 a）

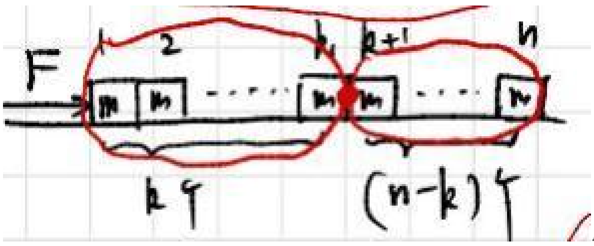
②所求力为系统内力

一般思路：先整体再隔离求内力

进阶思路：力按质量分配$F_{内}=\frac{M_{(远)}}{M+m}F_{外}$

0.0 

$F_{内}=\frac{M}{M+m}F$

1.0 

$F_k=\frac{n-k}{n}F$

2.0 远端近端上成对出现的力

已按质量分配的力对内力无影响

亦可称作：给各自带来了相同加速度变化的力

常见形式有：mg umg mgsinθ umgcosθ

3.0 远近端物体各有弹力的时候，各自分配，正减反加（增反减同）

注意：不要与正常的力的合成（叠加或抵消）混淆

4.0 远近端不按质量分配的一对力（$F_1:F_2\neq m_1:m_2$）

只需要计算不按质量分配的多余部分

按质量分配的部分无需计算

16. 超重和失重问题

只用看 a

a 向上则超重:
a 向下则失重
a 向下且大小等于 g 则完全失重

17. 传送带问题

类型一：有限长 L，需要讨论:

若v_1和v_2反向:

物块进行匀减速直线运动：$a_1 = \mu g$

物块运动到速度为零时的位移$X=\frac{v_1^2}{2\mu g}$

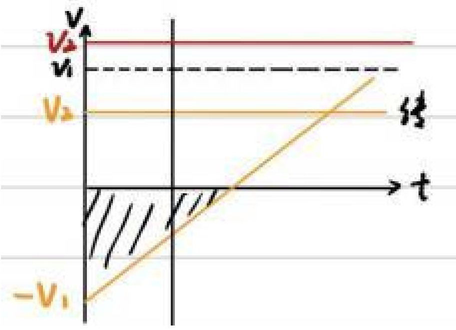
A） 当 X > L 的时候

$v' = \sqrt{V_1^2 - 2\mu gL}$

B） 当 X≤L 时

（1）若$v_1 \le v_2$，则对称往复$v' = v_1$

（2）若$v_1 > v_2$，则最终v_2匀直



若v_1和v_2同向

A） $\left|\frac{v_1^2-v_2^2}{2\mu g}\right| < L$ 时

在飞出前达到共速

（1）$v_1 > v_2$ 先减速后匀速

（2）$v_1 < v_2$ 先加速后匀速

B） $\left|\frac{v_1^2-v_2^2}{2\mu g}\right| > L$

（1）$v_1 > v_2$一直减速

（2）$v_1 < v_2$ 一直加速

类型二：无限长，求划痕

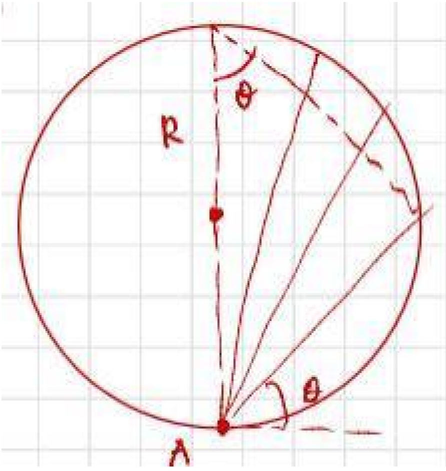
难点 1：传送带有加速度a_0时，需要讨论

如果$|a_0| > ug$，速度交点以后不共速，物体以 ug 为加速度加减速

如果$|a_0| \le ug$，速度交点以后共速，物体以a_0为加速度加减速

难点 2：划痕长为最大相对位移（一般为S_1）

18. 等时圆



条件：（1）有一个端点在圆的最高点或者最低点

（2）另一个端点在圆上

（3）光滑杆

（4）初始速度为 0

结论：物体沿杆下滑的时间等于自由落体直径高度所用的时间

19. 关联运动

因为绳杆不可伸长，两端速度沿绳杆投影永远相等

因为弧面不可，其半径两端速度沿半径投影永远相等

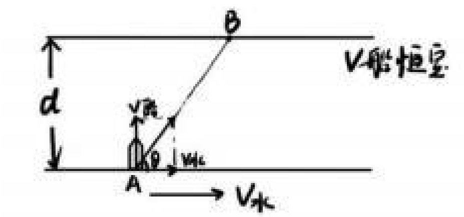
其中，$V_{沿}$常被称为牵连/关联速度

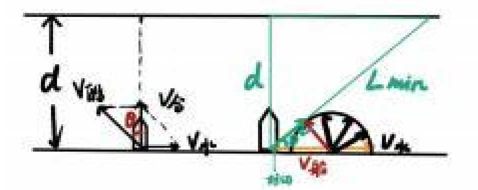
操作方法：

① 沿绳杆半径方向分解

2 $V_{A沿} = V_{B沿}$，求解

20. 小船过河问题





过河时间最短的情况： (船速直接指向对岸)

$t_{min} = \frac{d}{v_{船}}$　　$|AB|_x = \frac{v_{水}d}{v_{船}}$　　$|AB| = d^2 + x^2$　　$\tan\theta = \frac{d}{x} = \frac{v_{船}}{v_{水}}$

过河距离最短的情况：

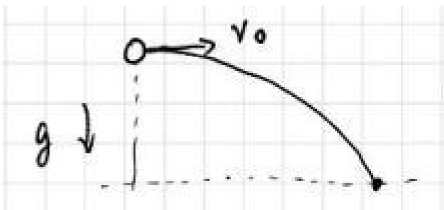
（1）$v_{船} > v_{水}$： 这种情况下可以使得船的绝对速度指向对岸， 以便 AB 距离为两岸距离

$L_{min}=d$　　$\sin\theta = \frac{v_{水}}{v_{船}}$　　$t = \frac{d}{v_{船}\cos\theta}$

（2）$v_{船} < v_{水}$： 这种情况需要调整船速方向， 以便和速度与岸的夹角最大，使得 AB 最短

$\sin\theta = \frac{v_{船}}{v_{水}} < 1$　　$L_{min} = \frac{d}{\sin\theta} = \frac{d \cdot v_{水}}{v_{船}}$

21. 平抛运动



$$v_x = v_0$$
$$v_y = gt$$
$$x = v_0 t$$
$$y = \frac{1}{2}gt^2$$

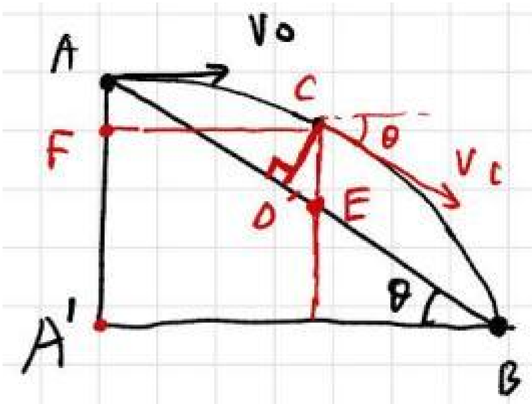
常规思路： 先求 t ①$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ (最常规) ②$t = \frac{x}{v_0}$ (较多) ③$t = \frac{v_y}{g}$ (较少)

平抛运动的结论：$\tan\theta = \frac{gt}{v_0}$　　$\tan\varphi = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}$　　所以 $\tan\theta = 2\tan\varphi$ (θ是速度角，φ是位移角)

几何结论： 以任意时刻的末位置反向延长末速度， 交水平位移于中点

解法： 平抛运动中， 有斜面角度想两角正切， 其次反向延长

22. 斜面上的平抛



1　对于 AB 而言，

$$2\tan\theta=\frac{gt}{V_0}$$

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

$$AB=\frac{V_0\cdot t}{\cos\theta}=\frac{2V_0^2+\tan\theta}{g\cdot\cos\theta}$$

2　对于弧 AC 而言，c 点速度于 AB 平行，θ是速度角

$\tan\theta=\frac{gt'}{v_0}$　　$t'=\frac{\tan\theta v_0}{g}=\frac{t}{2}$

所以 c 点是 ab 段的时间中点

3　求 CD，　及 dmax

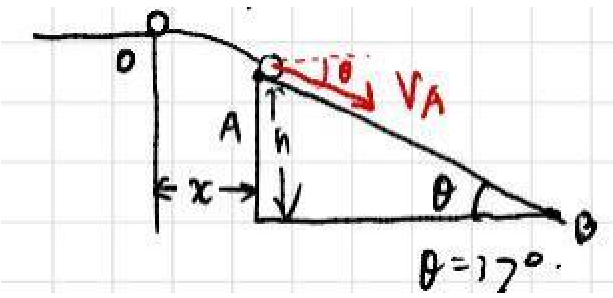
$r_y=v_0\sin\theta$　$a_y=g\cdot\cos\theta$

$$d_{\max}=\frac{v_y^2}{2a_y}=\frac{v_0^2\cdot\sin^2\theta}{2g\cos\theta}$$

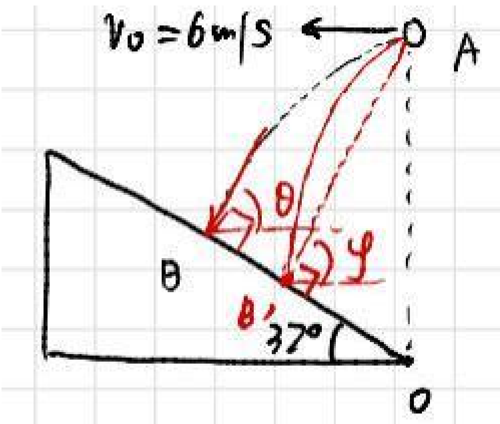
④ D 点不是 ab 中点，且 ad < db，因为沿斜面是匀加速运动

⑤ E 点才是 ab 中点，且 F 点是 AA' 的四等分点、

除此以外，还有顺着斜面和垂直于斜面的平抛：



末速度和斜面面平行



末速度和斜面垂直

总结：

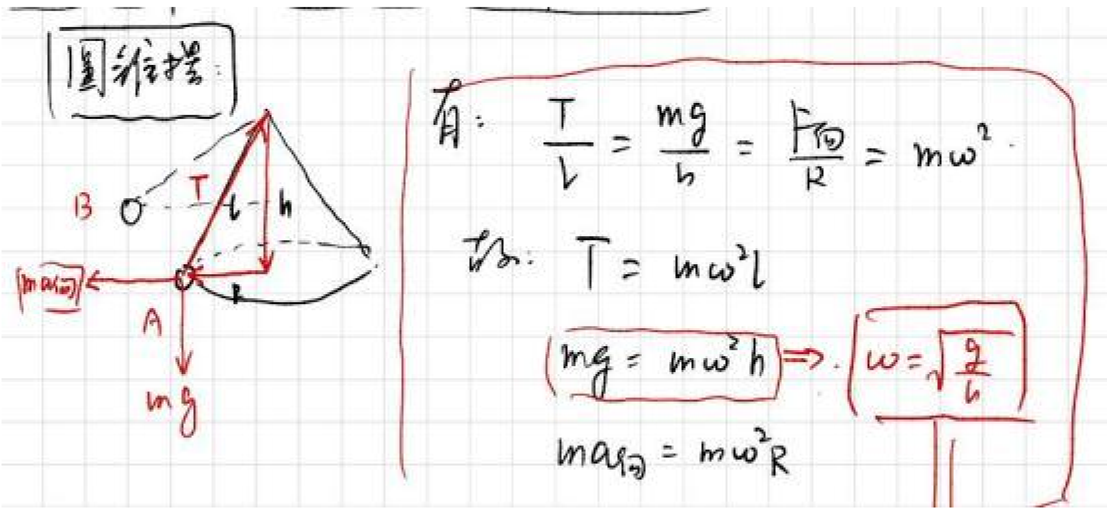
1. 速度角 $\tan\theta = \frac{gt}{V_0}$
2. 位移角 $2\tan\theta = \frac{gt}{V_0}$
3. 速度余角 $\frac{1}{\tan\theta} = \frac{gt}{V_0}$

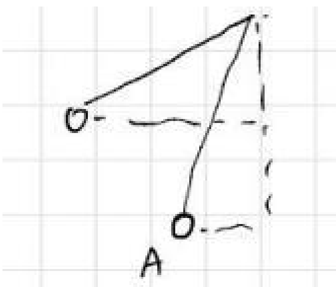
   位移余角 $\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{tan\theta}} = \frac{\boldsymbol{gt}}{\boldsymbol{V_0}}$

23. 圆锥摆结论

在圆锥摆问题中，通过反向添加 ma 使得受力分析变成受力三角形问题

$$w = \sqrt{\frac{g}{h}}\begin{cases} T = mw^2L \\ mg = mw^2h \rightarrow w = \sqrt{\frac{g}{h}} \\ ma = mw^2R \end{cases}$$





24. 机车起动问题

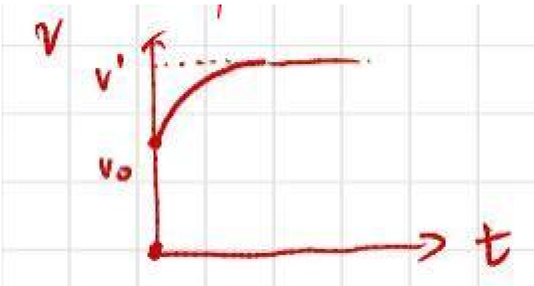
1. 恒力启动：

F-f=ma， 以恒定加速度启动

2. 恒功率启动

P=Fv　　F=$\frac{P}{v}$　　F-f=ma

则汽车 vt 图如图所示



25. 机械能

1.功能关系

能量：物体所具有做功的本领

功：能量转移或者转化的量度

2.动能定理

合外力对物体做功的总和等于物体动能的变化量

3.机械能守恒定理

当只有 mg 和 kΔx 做功的时候，机械能（动能+重力势能+弹性形式）守恒

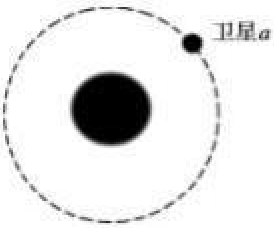
26. 竖直圆问题

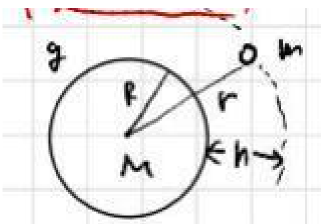
1. 求某点速度，用动能定理
2. 求任何弹力，做径向受力分析
3. 求力必求向心力，求向心力必求动能
4. 恰好问题，

   恰好能到最高点：最低点速度等于 5gR，恰能达到圆心等高点，最低点速度等于 gR

5. 一个物体能够做完整的竖直圆运动的话，上下压力差等于 6mg

27. 卫星环绕飞行





轨道半径$r = R + h$

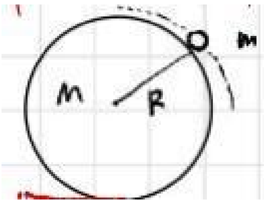
由牛顿第二定律，有$\frac{GMm}{r^2} = m\frac{v^2}{r} = mw^2r = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$（根据题设选择合适的等式）

有$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$，$\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$，$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

由万能代换$GM = gR^2$（解答题中需要推导）

有$v = \sqrt{\frac{gR^2}{r}}$，$\omega = \sqrt{\frac{gR^2}{r^3}}$，$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{gR^2}}$

28. 卫星近地飞行



轨道半径$r = R$

由牛顿第二定律，有$\frac{GMm}{R^2} = m\frac{v^2}{R} = mw^2R = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R$

有$v = \frac{GM}{R}$，$w = \frac{GM}{R^3}$，$T = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM}}$

由万能代换

有$v = gR$（竖直圆最高点），$w = \sqrt{\frac{g}{R}}$（圆锥摆），$T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$（单摆周期）

要点：只需记第一排$v = \frac{GM}{r}$，$\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$，$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$，其余速推即可

29. 高轨低速大周期

前提：$r\uparrow$

$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}\downarrow$，$w = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}\downarrow$，$a = \frac{GM}{r^2}\downarrow$，$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}\uparrow$，$n = \frac{1}{T}\downarrow$

$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{2r}\downarrow$，$E_G = -\frac{GMm}{r}\uparrow$，$E_M = E_k + E_G = -\frac{GMm}{2r}\uparrow$

高轨（r）低速（v、w、a、n）大周期（T）　大机大势（m不变）

力和能量看小m

30. 同步卫星

（1）赤道上空

（2）$w = w_{自}$，$T = T_{自} = 24h$，w极小

（3）r在人造卫星中最大，v、w最小

赤道上物体，w与同步卫星相同，但是v、a更大

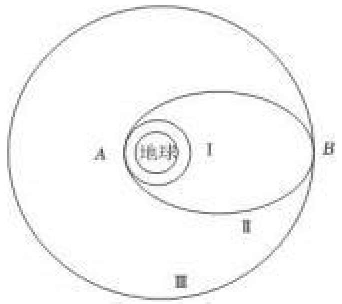
31. 变轨问题

同一点： 外侧的v更大（离心）

内外a相同

外侧T更大（开三）

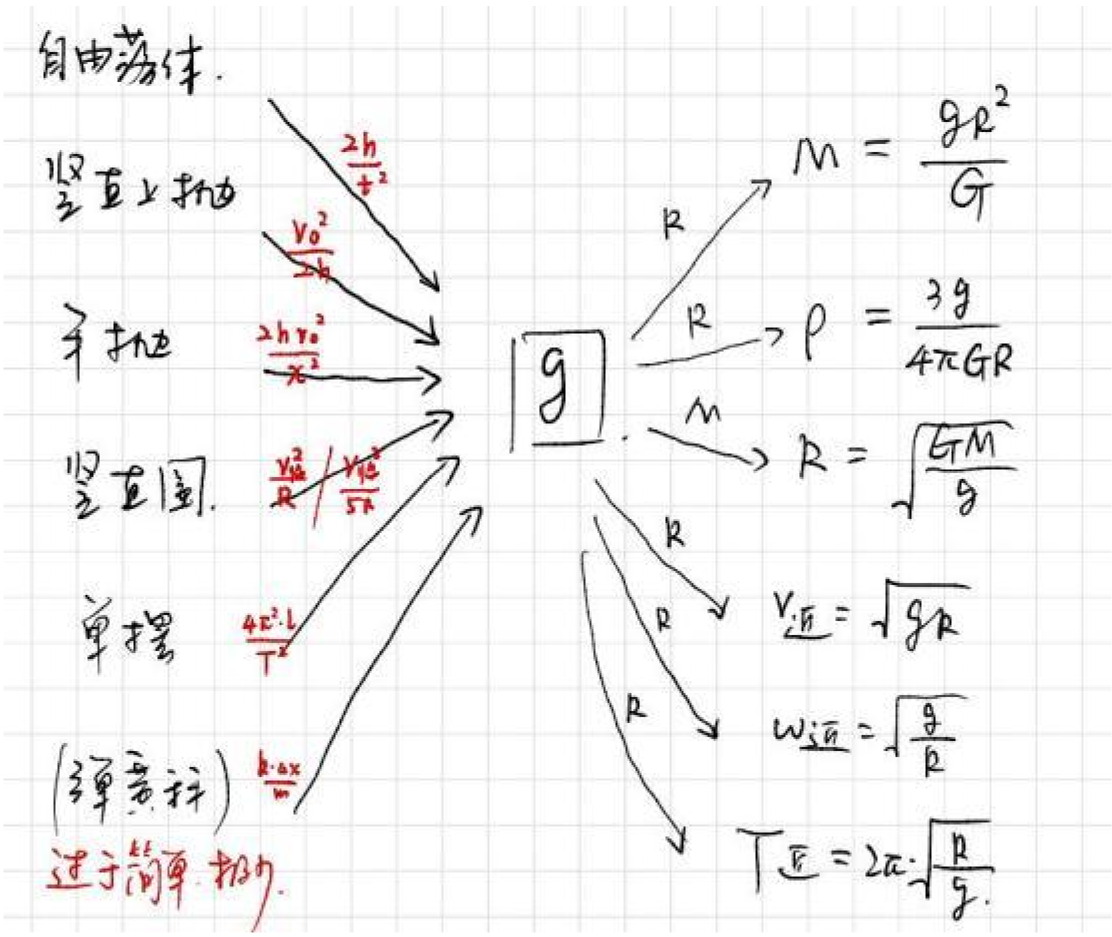
不同点： 高轨低速大周期



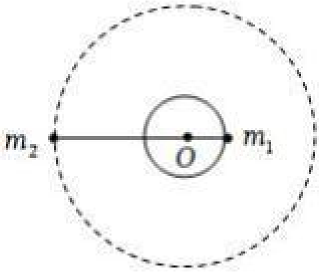
32. 开普勒三定律：

1. 椭圆定律（轨道定律）：环绕天体在以中心天体为焦点的椭圆轨道上移动
2. 速度定律（面积定律）：单位时间内焦半径划过面积相等（线速度v近大远小）
3. 周期定律：公转周期T的平方和椭圆轨道半长轴a的三次方成正比$T^2 \propto a^3$

33. 宇航员问题



34. 双星问题



$r_1+r_2=L$①（几何关系）

$\frac{Gm_1m_2}{L^2}=m_1w^2r_1=m_2w^2r_2$②（核心方程）

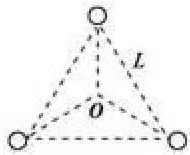
由①②知$\begin{cases}r_1=\frac{m_2}{m_1+m_2}L\\ r_1=\frac{m_1}{m_1+m_2}L\end{cases}$③（距离r按质量反比分配）

③代入②，解得$w=\sqrt{\frac{G(m_1+m_2)}{L^3}}$④

$T=2\pi\sqrt{\frac{L^3}{G(m_1+m_2)}}$⑤（w、T形式不变，m、r加“总”）

$\begin{cases}v_1=\omega r_1=\sqrt{\frac{G(m_1+m_2)}{L}}\frac{m_2}{m_1+m_2}\\ v_2=\omega r_1=\sqrt{\frac{G(m_1+m_2)}{L}}\frac{m_1}{m_1+m_2}\end{cases}$⑥（v加“总”后再分配（质量反比））

35. 多星问题



$\sqrt{3}\frac{Gm^2}{L^2}=m\omega^2(\frac{\sqrt{3}}{3}L)$（$F_{引}=F_{向}$）

36.　宇宙速度

引力势能$E_{P引} = -\frac{GMm}{r}$

1. 选无穷远初为 0 势能点

2. 靠近星球过程中，$W_{引} > 0$，$E_{PG} = 0 - W_{引}$

第一宇宙速度（环绕速度，最大环绕速度，最小离地速度）

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{gR} = 7.9km/s$$

第二宇宙速度（脱离速度，脱离地球引力）

$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2gR} = 11.2km/s$$

第三宇宙速度（逃逸速度，飞出太阳系，只考理解）

$v_3 = 16.7km/s$

能使物体在无动力条件下脱离星球引力场范围的最小速度

$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2gR} = \sqrt{2}v_1$$

37.　黑洞

$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}} > c$（M ↑R ↓，密度极大）

能量

$$E_k = \frac{GMm}{2r}$$

$$E_{pG} = -\frac{GMm}{r}$$

$$E_M = -\frac{GMm}{2r}$$

38.　碰撞中的一般方程和问题

完全弹t $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$

$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1{v'_1}^2 + \frac{1}{2}m_2{v'_2}^2$

非完全$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v'_1 + m_2v_2'$

$\Delta E_k = (\frac{1}{2}m_1v_1^{'2} + \frac{1}{2}m_2v_2^{'2}) - (\frac{1}{2}m_1v_1^{'2} + \frac{1}{2}m_2v_2^{'2})$

完全非$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v'$

$\Delta E_k = \left(\frac{1}{2}m_1v_1^{'2} + \frac{1}{2}m_2v_2^{'2}\right) - \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^{'2}$

1）完全弹性碰撞结论

$\begin{cases} v_1' = \frac{(m_1-m_2)v_1+2m_2v_2}{m_1+m_2} \\ v_2' = \frac{2m_1v_1-(m_1-m_2)v_2}{m_1+m_2} \end{cases}$手柄公式（完整版）

$\begin{cases} v_1' = 2v_{共} - v_1 = 2\frac{m_1v_1+m_2v_2}{m_1+m_2} - v_1 \\ v_2' = 2v_{共} - v_2 = 2\frac{m_1v_1+m_2v_2}{m_1+m_2} - v_2 \end{cases}$另一种记忆方法

2）动撞静完全弹（$v_2 = 0$ 时）

$\begin{cases} v_1' = \frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v_1 \\ v_2' = \frac{2m_1}{m_1+m_2}v_1 \end{cases}$半手柄公式

3）$m_1 = m_2$时

$\begin{cases} v_1' = v_2 \\ v_2' = v_1 \end{cases}$

结论：质量相等时发生完全弹，速度交换

4）动撞静连续多次弹碰，传递系数

每次碰撞后，被碰物体和碰前物体的速度、动量、动能等量的比值均为定值

$k_v = \frac{v_2'}{v_1} = \frac{2m_1}{m_1+m_2}$

$k_p = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{v_2'}{v_1} = \frac{2m_2}{m_1+m_2}$

$k_{E_k} = \frac{E_{k2}'}{E_{k1}} = \frac{m_2v_2^{'2}}{m_1v_1^2} = k_v \cdot k_p = \frac{4m_1m_2}{(m_1+m_2)^2}$

5）类完全弹性碰撞

1. 放慢、缓和

2. 依然有相互作用

3. 合外力冲量为 0，且无动能损失

4. 一般会经过共速点

例：

1. 绳模型

2. 弹簧连接体

3. 电荷相互作用

4. 悬垂摆和弧面滑块

6）循环弹碰

原理：能量和动量守恒的二次方程组存在两组解

$$\begin{matrix} v_1 \\ v_2 \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} v_1' \\ v_2' \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \end{matrix} \Rightarrow \ldots$$

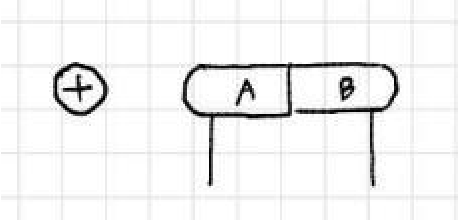
7）小结论：

动量守恒：$v_1 + v'_1 = v_2 + v_2'$

完全碰撞前后：$v_{相} = -v_{相}'$

最大形变，为共速时刻，速度前后对称

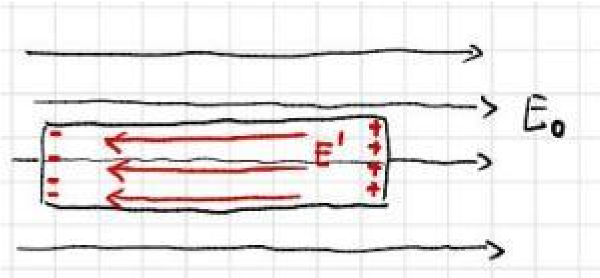
39. 感应起电问题



接地情况	操作	A	B
不接地	先分离再撤走电荷	负电	正电
不接地	先撤走电荷再分离	中性	中性

B 接地	先分离再撤走电荷	负电	中性
A 接地	先分离再撤走电荷	中性	负电

40. 静电平衡



1.导体放在电场中，达到静电平衡后，此时导体内部处处合场强$E_{合}=0$，$E_{内}=-E_{外}$，

达内部处处无宏观电荷，电荷只分布在其外表面

2.金属球壳可以屏蔽外部电场

3.金属球壳只能屏蔽外部电场，但不能屏蔽内部电场（除非接地）

41. 三球平衡问题

三个带电小球如何自发平衡

结论：

1.共线

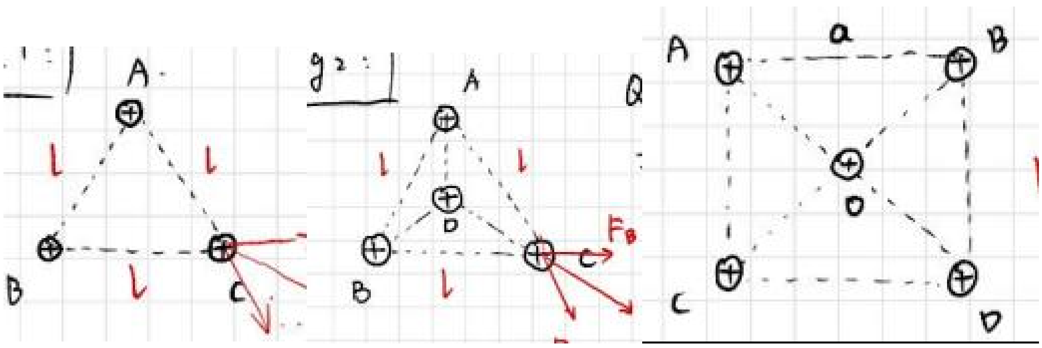
2.两同夹异

3.两大夹小

4.$\frac{1}{\sqrt{q_2}}=\frac{1}{\sqrt{q_1}}+\frac{1}{\sqrt{q_3}}$

距离$\sqrt{\frac{q_1}{q_3}}=\frac{r_1}{r_3}$

42. 多场源特殊图形

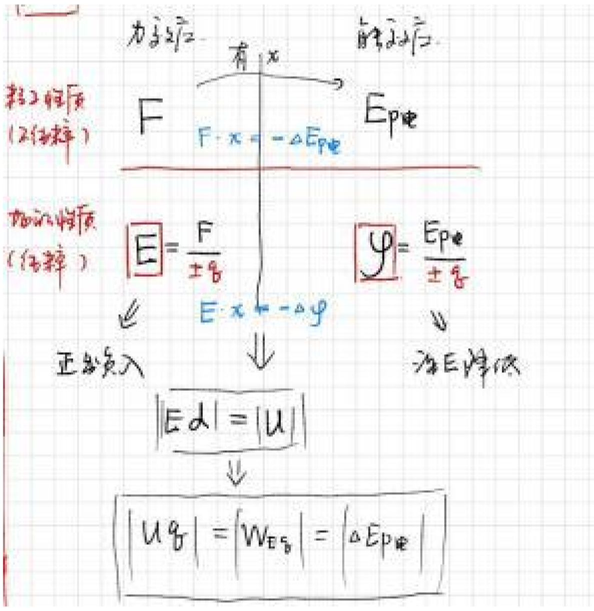


1.反复检查 Q 和 r 的数值/倍数

2.矢量合成，不要直接加成

43. 电场和电势

正电荷沿电场线方向，电势能做正功，电势能减小，电势降低
负电荷沿电场线方向，电势能做负功，电势能增大，电势降低
等势线/面与电场线处处垂直



44. 电场线和等势面

注意：
1.切线表示合场强
2.正出负入
3.场线平滑（处处可导）
4.不能重合或相交
5.静电场是开放曲线，不闭合
6.电场 E：疏小密大
电势φ：沿低逆高

E、F、a：看疏密

φ：看沿逆

v、p、E_k、W、$E_{p电}$：看 F 的方向，用加速减速/做功正负定性判断

结论：
等势线交点处，垂直等势线指向凹侧
等势线疏密 = 电场线疏密

45. 开放电场

思路总结：换场/换力/换 g Eq = mg'

1.$E=\frac{U}{d}, F=Eq=\frac{Uq}{d}$

$2.a=\frac{Eq}{m}or\frac{Uq}{md}$

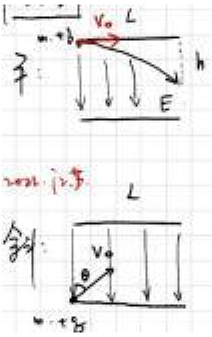
3.将 a 换成g'等效重力加速度

a 的指向定义为力学下方

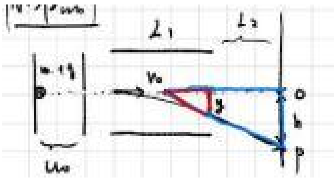
46. 封闭电场/加速 、偏转 、示波器

加速电场：与匀变速直线运动处理相同

偏转电场：与平抛/斜抛处理相同



示波器：加速电场和偏转电场的组合



结论：y 和 h 与粒子无关

47. 电容器

解题思路：

$1.\frac{U}{d}=E=\frac{Q}{S}$

2.有电源用 U，无电源用 Q

3.同侧同，交叉反

4.插入导体：间距 d 减小

插入电介质：面积 S 增大

5.接地电势为 0 看 Ed，Ed 都变则看比值

6.静电计测 U，验电器测 Q，$C=\frac{Q}{U}$

决定式：$C=\frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$

48. 电学其他结论

$E_p=\pm\frac{kQq}{r},\varphi=\pm\frac{kQ}{r}$

可以使用该结论做 E-x 图定性判断

49. 电流相关

注意：电流是标量只有正负和顺逆
决定式：$I = nqsv$
方向：正电荷定向移动方向
在外电路中，电流从高电势流向低电势，正极流向负极

50. 电阻相关

定义式：$R = \frac{U}{I}$

只能用于纯电阻电路（电能完全转化为热量，不转化其他能量）

决定式：$R = p\frac{l}{S}$

ρ：金属随温度上升电阻率上升，半导体相反

纯电路欧姆定律：$E = U_{端} + I_{干}r$

51. 电功相关

任何情况总功率$P = UI$
任何情况热功率$P = I^2R$

纯电阻电路功率其他求法$P = \frac{U^2}{R}$

52. 串并联相关

串联结论：
1. 电流处处相同
2. 串联分压，阻值正比分配功率
3. 总电阻=各电阻之和

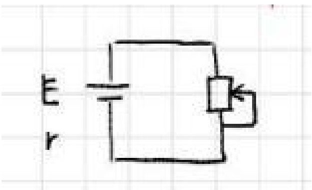
并联结论：
1. 两端电压相同
2. 并联分流，阻值反比分配功率
3. 总电阻倒数=各支路电阻倒数之和

只有两项时$R_{总} = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$

53. 动态电路

总结：串反并同
解释：
与变化的电阻R_P串联的用电器和电表，其电学参数（U、I、P）的变化与R_P阻值变化相同
并联则相反

54. 均值相关



当 E、r 已知且确定时

$R = r$时，外电路功率有最大值$P_{Rmax} = \frac{E^2}{4r}$

55. 复杂电路化简

基本原则:

1.正出负入

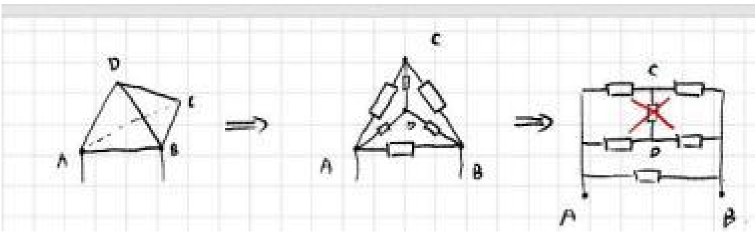
2. 由一根导线直接相连的两端电势φ相等

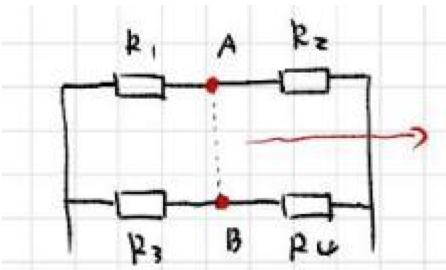
3.任意节点的穿入电流总和等于穿出电流总和

4.沿电流方向穿过 R， 电势φ下降 IR， 穿过电源， 电势φ上升 E

沿电流方向绕任意回路回到起点， $\Delta\varphi = 0$

56. 电桥





$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$时， 电桥无电流

57. 节点法化简

1.标记等电势点

2.按电流方向排序

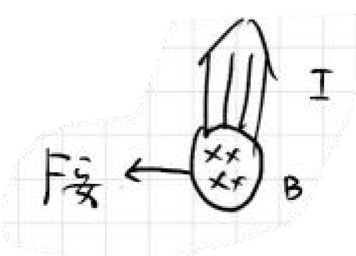
3.重画电 、开 、点

4.按原位置安装用电器

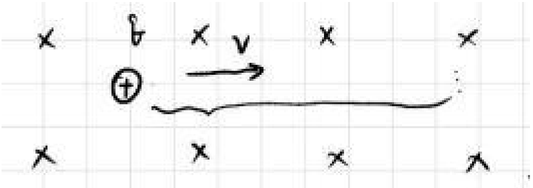
5.安放特殊原件（电表 、 电容）

58. 安培力与左手定则

$\bar{F} = \bar{B}I\bar{L}$

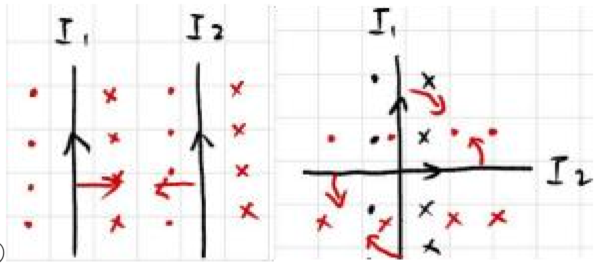


推论：①



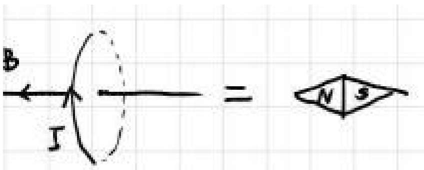
洛伦兹力本质与安培力相同，互为宏微观形式

左手定则判断洛伦兹力时，四指指向电荷运动形成的电流方向。

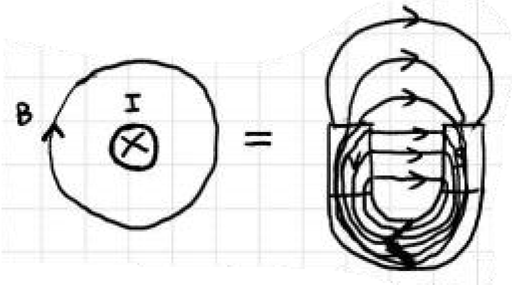
②


电流间的安培力趋同！(同向：吸引　反向：排斥　夹角：转至相同）

③磁感线形状相似的磁体可相互替换



环导线≈直磁体

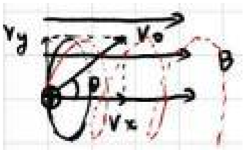


直导线≈环磁体（u 型）

59. 单一有界场

① $R=\frac{mv}{qB}$， $v=\frac{qBR}{m}$， $T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi m}{qB}$， $\omega=\frac{Bq}{m}$

当 B 与v 夹 θ 时，等距螺旋线



水平： $v_x = v_0\cos\theta$， 匀速直线运动

竖直： $v_y = v_0\sin\theta$， $R=\frac{mv_0\sin\theta}{qB}$，匀速圆周运动

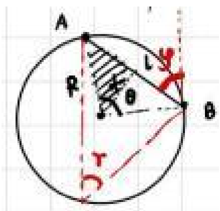
则螺旋线粗细 $d=2R=\frac{2mv_0\sin\theta}{qB}$

周期$T=\frac{2\pi m}{qB}$

圈距 $x=v_xT=\frac{2\pi mv_0\cos\theta}{qB}$

②数学基础：

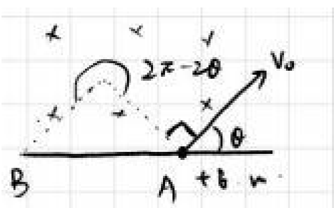
垂经定理及弦长公式：



$l=2R\sin\frac{\theta}{2}$

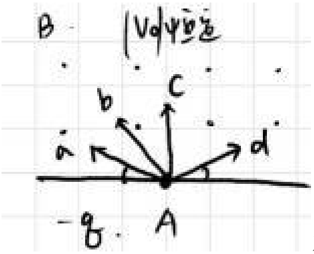
弦切角定理：弦切角φ=圆周角 r，圆心角 θ =2φ=2r

60.　单一直线边界磁场



活用弦切角：弦长： $2R\sin\frac{\theta_{心}}{2}=2\frac{mv_0}{qB}\sin(\pi-m)$

时间：$\dfrac{\theta_{心}}{\omega}=\dfrac{2m\theta_{弦切}}{Bq}$



本质上是同一围绕 A 点旋转→旋转圆问题

61. 双边界磁场

常规思路：作垂线，找圆心，画轨迹，找几何关系

奇葩思路：微元法/积分法/洛伦兹力分量式

$$F_{洛}=Bqv\{\begin{matrix} F_{洛y}=Bqv_x\Rightarrow\Delta v_y=\dfrac{Bq}{m}x \\ F_{洛x}=Bqv_y\Rightarrow\Delta v_x=\dfrac{Bq}{m}y \end{matrix}$$

标志：①在由初末速度方向，或一直某方向分位移

②带电粒子只受洛伦兹力，或某方向上只受洛伦兹力时，可以用

优势：①在 $\Delta v_y=\dfrac{Bq}{m}x$ 中寻找要求的答案

②省去几何关系寻找圆心和画角

③不需要确定圆心和轨迹

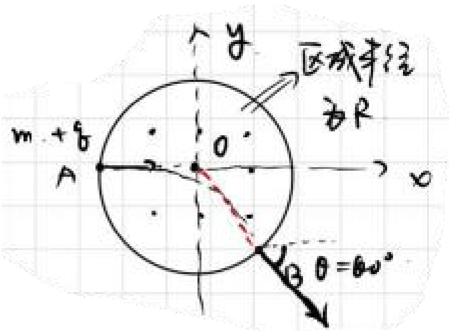
过程：①严格使用微元法证明

②亦可画出轨迹装作“ 由图中几何关系可知 ”

62. 三角形边界（纯几何）

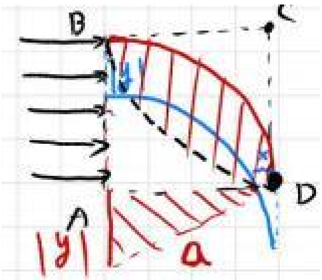
找临界→相切→几何求 R

63. 圆形磁场（对称，找直径）



对心进入，必离心出（经入经出）

64. 隐形磁场→磁聚焦



特点：入射平行，发射汇聚

磁场边界为圆形

$r_{轨迹} = R_{边界}$

结论：①平行粒子束 ⇔ 汇聚到同一点（识别标志）

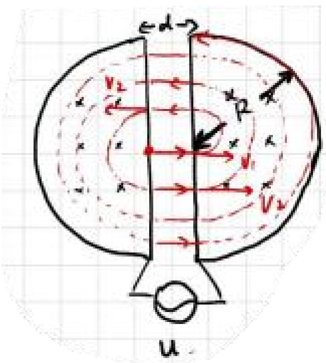
②磁场是圆形

③$r_{轨迹} = R_{磁场}$

④找汇聚点：过圆心，做平行束垂线→找等效最低点

找磁场圆：过汇聚点，做平行束垂线，上方 r 处为区域圆心

65. 回旋加速器



①$v_1=\sqrt{\frac{2uq}{m}}, R_1=\frac{mv_1}{qB}$

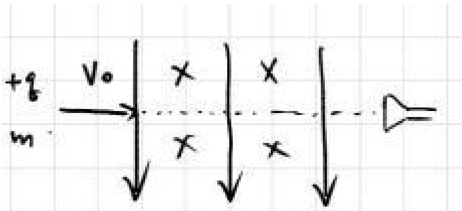
②$T_B=T_{交}$，通过调节 B 来匹配周期

③每次加速获得同样的动能 $\Delta E_k=uq$

④ $v_{\max}=\frac{BqR}{m}$

⑤求 n，$\left.\begin{matrix} v_n=v_{\max} \\ \sqrt{\frac{2nuq}{m}}=\frac{BqR}{m} \end{matrix}\right\} \rightarrow n=\frac{B^2qR^2}{2mu}$ 向下取整

66. 速度选择器

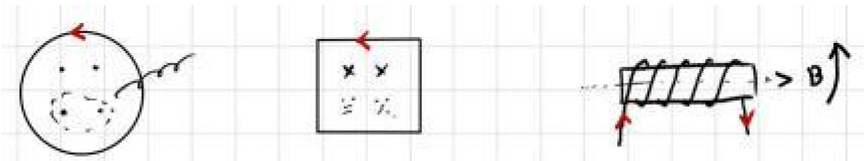


$$qvB=Eq\rightarrow v=\frac{E}{B}$$

注意：与 $\frac{q}{m}$和 ± 无关，含重力场会导致 q、m 无法消除

67. 楞次定律

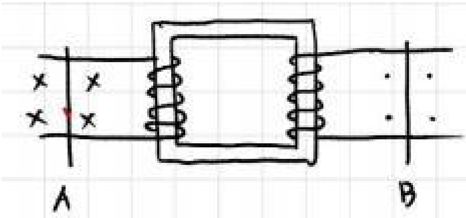
增反减同：



来拒去留

增缩减扩

68. 互感



若 B 杆向右运动，可知右侧线框电流方向为顺时针，右侧线圈的磁场方向在线圈内部由下向上，则左侧线圈外侧产生的磁场为增大的由上向下或减小的由下向上，对应的 A 杆运动分别为向右侧加速或向左侧减速。

69. 单杆导轨及线框问题

1）单杆滑行类（有v_0无外力）

$F_1 = BIL \rightarrow F_1 t = BqL$

$F_{安} = \frac{B^2L^2v}{R_{总}} \rightarrow F_{安}t = \frac{B^2L^2x}{R_{总}}$

2）恒力单杆类

①看见稳定：$F = F_{安}$

②看见功率：$P=F_{安}v$

③看见 a，列牛二$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{F-F安}{m}$

④看见$Q/W_{安}$，列动能定理

$$O + Fx - Q = \frac{1}{2}mv'^2$$

$$Q = \left|W_{F安}\right| = Fx - \frac{m}{2} \cdot \left(\frac{F(R+r)}{B^2l^2}\right)^2$$

⑤看见 q，列 q=it

$q = I \cdot t = \frac{Blv \cdot t}{R+r} = \frac{BlX}{R+r}$

同时$q = It = \frac{\frac{\Delta\phi}{\Delta t}}{R_{总}} \cdot t = \frac{\Delta\phi}{R_{总}}$

⑥看见 x，给 q 变成⑤　给 Q 变成④

⑦看见 t，列动量定理

$$\Sigma F \cdot t = \Delta mv$$
$$(F - F\dot{l})t = m \cdot v'$$
$$F \cdot t - \frac{B^2l^2x}{k+r} = \frac{m \cdot F(R+r)}{B^2l^2}$$

$t = [\frac{m \cdot F \cdot (R+r)}{B^2l^2} + \frac{B^2l^2x}{R+r}]/F$

70. 双杆导轨问题

(1) $V_1^{'} = V_2^{'} = V_{共} \leftleftarrows = \frac{m_1}{m_1+m_2} v_0$

(2) $Q_{总} = |\Delta E_k| = \dfrac{m_2}{m_1+m_2} \cdot \dfrac{1}{2} m_1 v_0^2$

$Q_1 = \dfrac{r_1}{r_1+r_2} \cdot Q_{总}, Q_2 = \dfrac{r_2}{r_1+r_2} \cdot Q_{总}.$

结论同力学问题一样

71. 分子间作用力

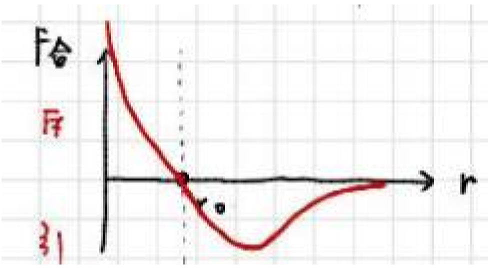
①包含引力、斥力，本质都是电磁力/库仑力

②与距离反相关

③r 较小时，斥力为主，（太近了嫌弃），r 降低，斥力增加快

R 较大时，引力为主，（太远了思念），r 增大。斥力减小快

④r=r0 时，引力斥力相等，合力为零



⑤做功

0→r0，斥力做正功，Ep 减小

r0→ + ∞， 斥力做负功，Ep 增大

72. 理想气体方程

V 不变，等容过程，查理定律，$\dfrac{P}{T} = C$

P 不变，等压过程，盖-吕萨定律，$\dfrac{V}{T} = C$

T 不变，等温过程，玻意耳定律，$PV = C$

综合：$\dfrac{PV}{T} = C$，$PV = nRT$

73. y-x、y-t 图联系 、转化问题

方法：互切观察法

①观察时刻、坐标，确定切割位置

②结合 V 波方向，找相同的 V 振方向，确定答案
高端技巧：左同右反

V 波←， 切口处图像一致

V 波→， 切口处图像左右对称

74. 多解问题

操作：①确定△t 或△x

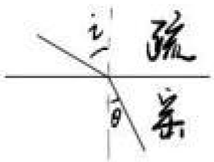
②讨论 V 波←或→， 或 a、b 两质点先后，确定其中之一的关键分数 $\frac{b}{a}$

③$T_{通解}=\frac{\Delta t}{n+\frac{b}{a}}, \lambda_{通解}=\frac{\Delta x}{n+\frac{b}{a}}$

④解出通解，结合条件进行取舍。

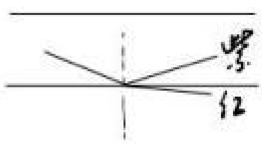
75. NB 光

1. 折射-牛光被暴打



越 NB，n越大，波速$v=\frac{c}{n}$越小，偏折程度越大

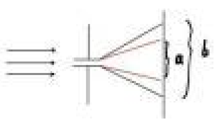
2. 全反射-牛光再被打



临界角$\mathrm{Sin}i_0=\frac{1}{n}$

越 NB，临界角i_0越小，越容易发生全反射

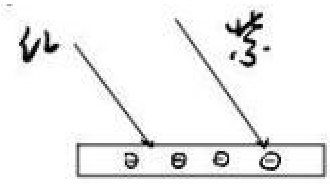
3. 干涉-牛光撞出去



条纹宽度$\Delta x=\frac{L}{d}\cdot\lambda$

越 NB，波长λ越短，干涉条纹越窄

4.光电效应-牛光打小朋友



最大初动能$\mathrm{E_k} = h\mathrm{v} - \mathrm{W_0}$

越 NB，越容易发生光电效应，最大初动能越大

76. 核反应方程式

${}^{A}_{Z}\mathrm{X} \to {}^{A-4}_{Z-2}\mathrm{X} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}(+ \mathrm{y})$

注意：反应前后质量数守恒，但质量不守恒（质量亏损）

反应前后电荷数守恒， 电荷守恒

77. 能级跃迁

第 n 级跃迁到第 m 级：$h\mathrm{v} = \mathrm{E_n} - \mathrm{E_m} = \mathrm{E_1}(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2})$

注意：一个电子由最高级 n 向下跃迁，最多 n-1 种光

一系列电子由最高级 n 向下跃迁，最多有 C_n^2种光

78. 打点计时器研究 v 和 a

①有器无表，有尺无平，低压交流

②先接通电源，后释放小车

③换线带，反复做，择优用

④计时点△t=0.02s，计数点△T=n ·△t

⑤v：取前段后段求平均速度

⑥$a = \frac{\Delta x}{T^2}$

⑦$a = \frac{x_6 - x_1}{5T^2}$（不好，未能充分利用所有数据）

⑧光电门$v = \frac{d}{\Delta t}$

79. 测量力与弹簧形变量的关系

①原理$\mathrm{F} = \mathrm{k} \cdot \Delta \mathrm{x}$

实操：根据数据列表画图求k

②注意横纵左边物理量

③非线性→超过弹性限度

80. 探究力的合成的规律

要点：①等效替换

②力的图示，注意单位长度

③重复次数，推测规律

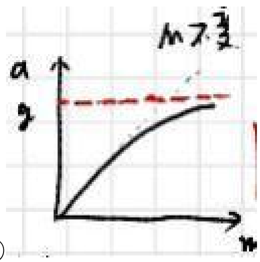
④超过弹性限度问题

81. 打点计时器验证牛顿第二定律

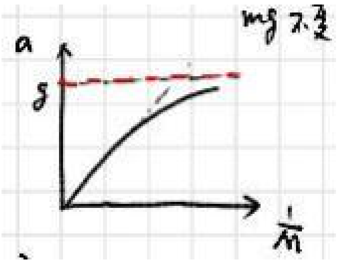
①木块（垫高木板），天平（测m）

②mg-T（实际上$T=\dfrac{M}{M+m}mg$），故要求$M\gg m$

③平衡+检验（无重物，匀直纸带）

④ 

割线k 代表$\dfrac{a}{mg}$，理论 k 为$\dfrac{1}{M}$



割线 k 代表 T，理论 k 为mg

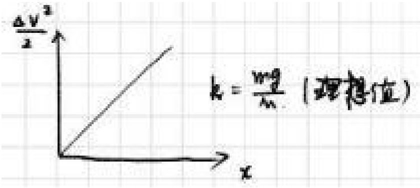
82. 打点计时器验证动能定理

①器材与步骤类验证牛二律

②所测内容不同，$|\Delta E_k| = W_{F合}$，$mgh=\dfrac{1}{2}M(v'^2-v_0^2)$

③永远左侧大

④图像处理



83. 验证机械能守恒定律

①原理简化：m 和 M 是同一物体，器材竖直放置，k=g

②误差分析：阻力（空气、纸带摩擦）

改进：增大物块密度、降低空气阻力、减小纸带摩擦

③变形：单程-光电门

竖直圆-拉力传感器

84. 研究平抛运动

①坐标纸，铅垂线，木板，大头钉，胶带，记号笔，频闪相机

②同一高度、末端水平，可有摩擦

③$g=\dfrac{\Delta y}{T^2}$，$v_x=\dfrac{x}{T}$，$v_y=\dfrac{y_1+y_2}{2T}$，$v_{合}=\sqrt{v_x^2+v_y^2}$

85. 油膜法估算分子直径

①稀释！！！

目的：形成单分子层油膜

算法：1 份→k 份，N 滴→1mL，则 1 滴=$\dfrac{1}{N}\times\dfrac{1}{k}mL$

②数格子算面积

半格及以上→1，小于半格→0

注意边长及面积单位

③求直径$d=\dfrac{V}{S}=\dfrac{\frac{1}{Nk}mL}{Scm^2}=\dfrac{1}{NKS}cm$

86. 插针法测玻璃折射率

①面距大：偏高配置

针距大：好画光路图

②注意偏折方向

③有光路：折射 $n=\dfrac{\sin_{大}}{\sin_{小}}$

遮挡消失：全反射$n=\dfrac{1}{\sin i_0}$