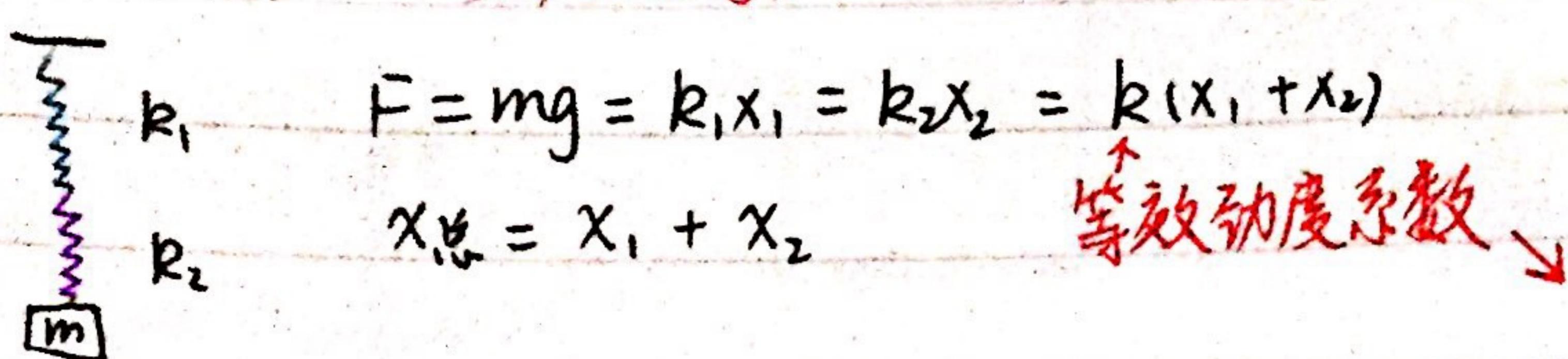


串联弹簧  
并联电阻  
串联电容} 相似

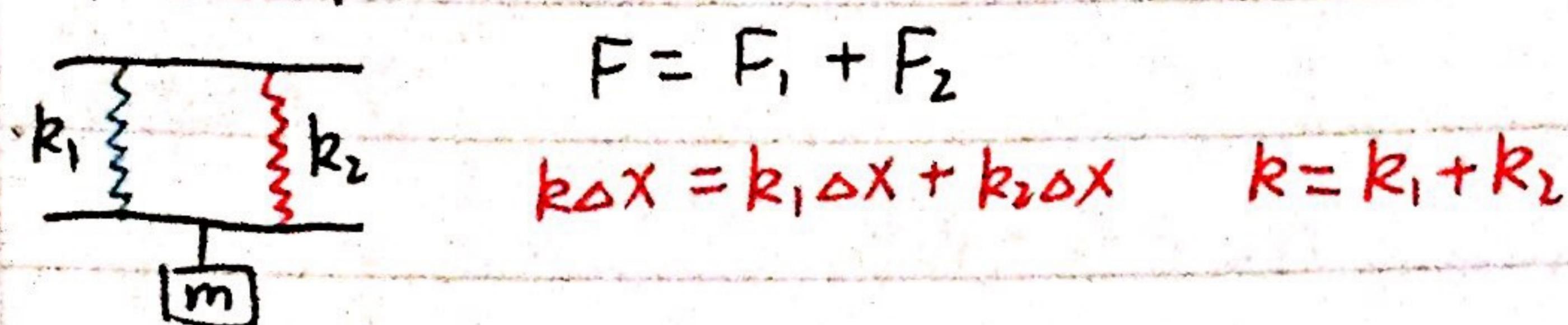
## 1) 弹簧的串联 (受力相等)



$$\frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2} = \frac{F}{k}$$

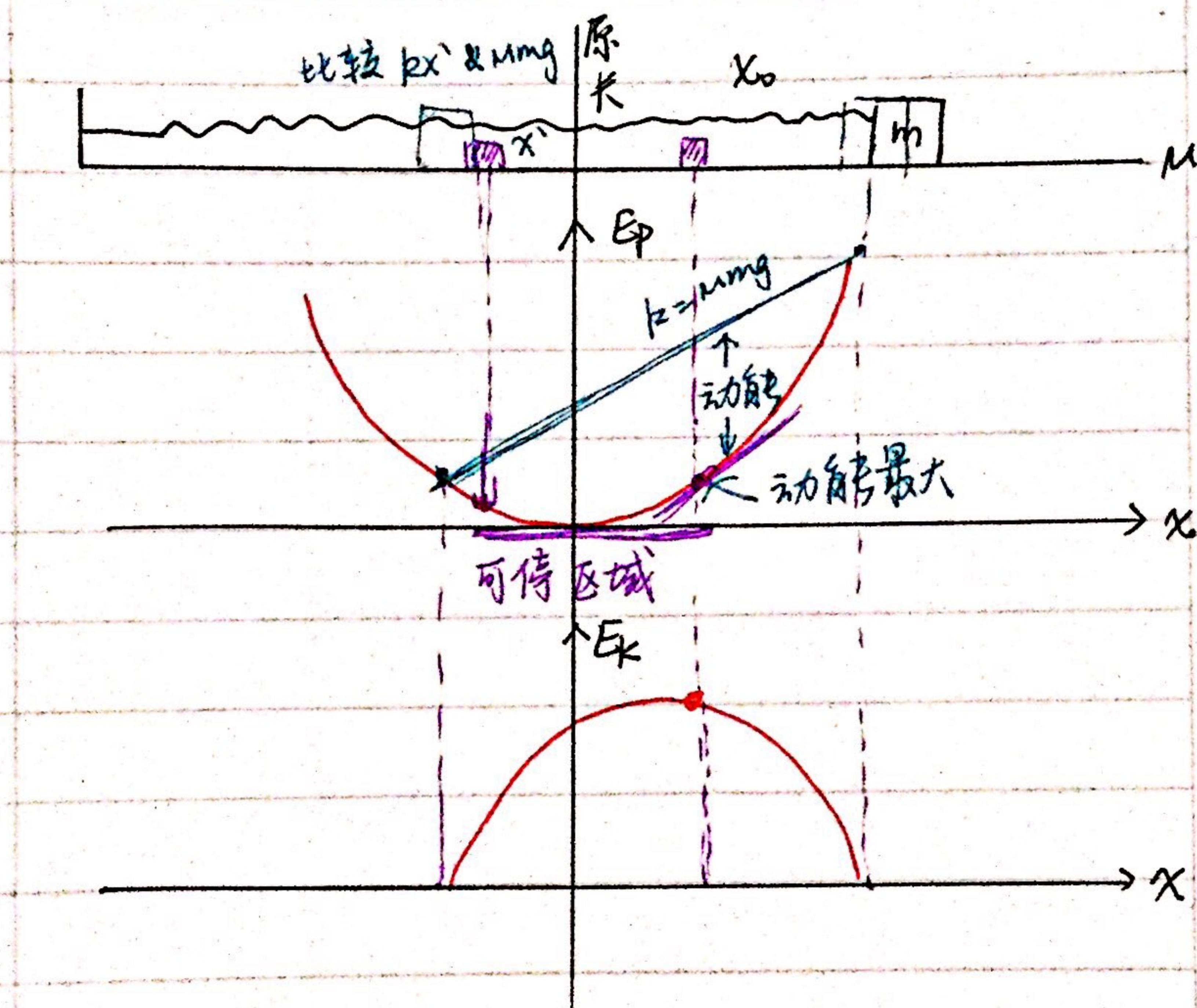
$$k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

## 2) 弹簧的并联 (形变量相等)



并联弹簧  
串联电阻  
并联电容} 相似

## 3) 粗糙平面的弹簧停摆问题



弹簧停摆一定发生在

$$x = \frac{\mu mg}{k}$$

$E_p = \frac{1}{2} k x^2$  斜率为弹力大小

$$E_p' = kx$$

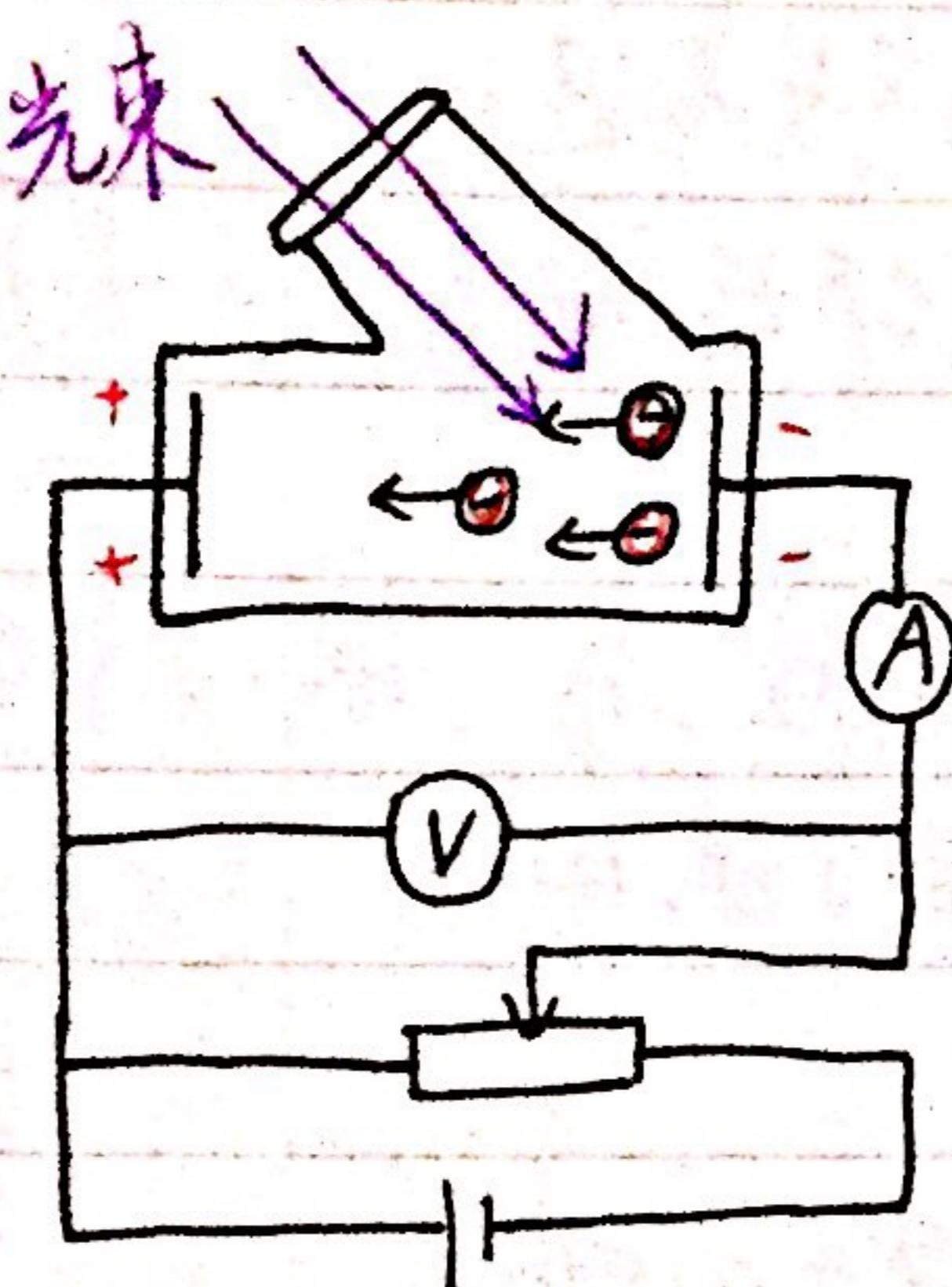
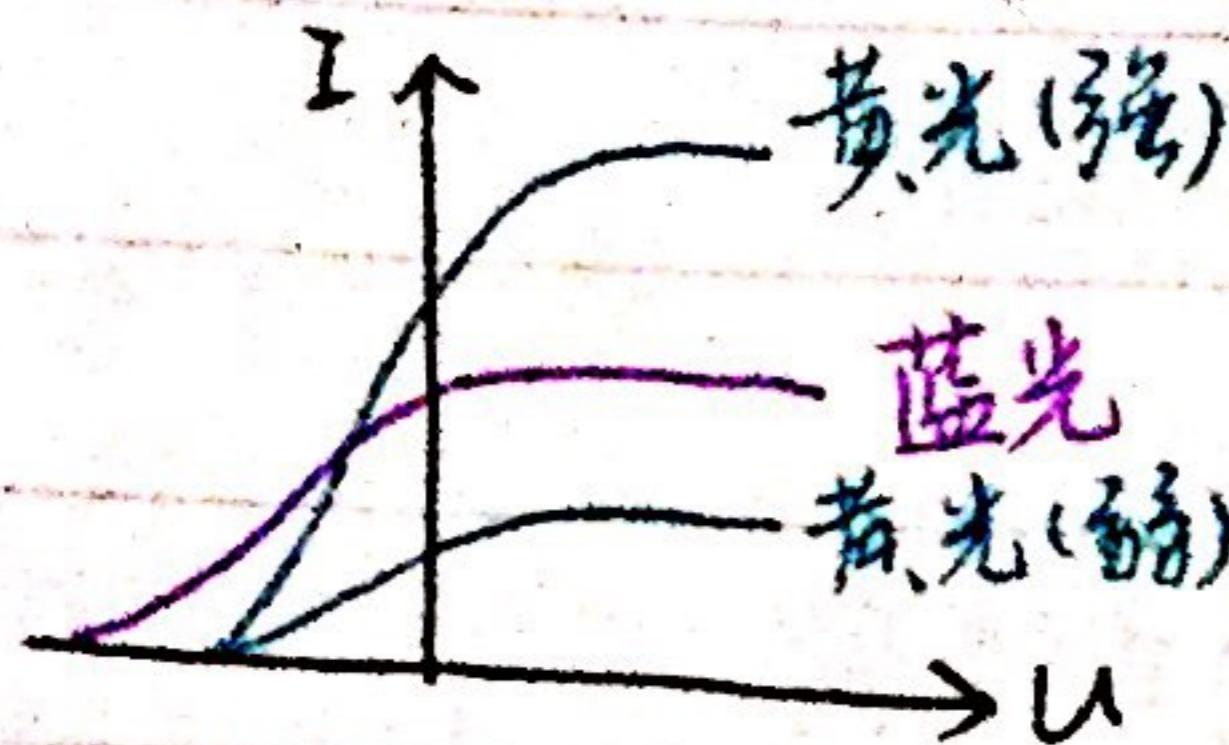
# 波粒二象性

## (1) 能量子

黑体辐射 → 普朗克假设：振动着的带电微粒的能量只能是某一最小能量值  $\epsilon$  的整数倍

光子有质量、动量

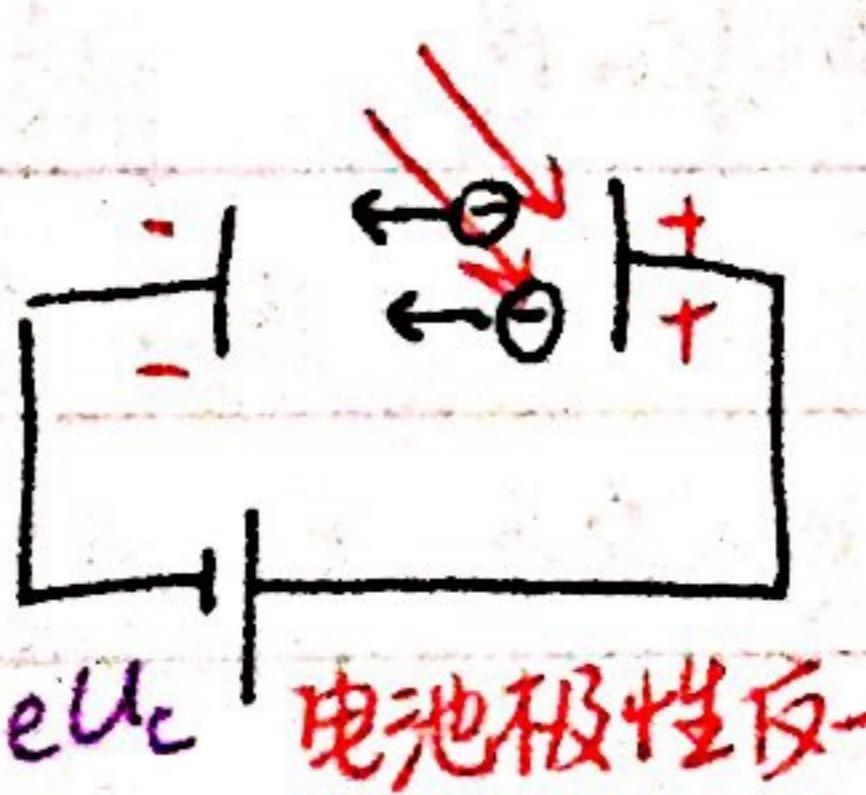
## (2) 光电效应



$$h\nu \begin{cases} \leq W_0 = h\nu_0 \text{ (截止频率)} & \text{Nothing happened} \\ > h\nu_0 \end{cases}$$

$$E_k = h\nu - W_0 \quad (\text{最大初动能})$$

爱因斯坦  
光电效应方程



$eU_c$  电池极性反一下

$$E_k \begin{cases} = eU_c & \text{恰好形成光电流 (遏止电压)} \\ < eU_c & \text{无电流} \\ > eU_c & \begin{cases} \text{①反向电压减小} \\ \text{②正向电压增大} \end{cases} \end{cases}$$

I↑ 趋向饱和  
提高光强 饱和光电流↑

$$= mc^2$$

$$\epsilon = \text{能量} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$T = \frac{\lambda}{c}$$

$$m = \frac{\epsilon}{c^2}$$

$$p = m \cdot c = \frac{\epsilon}{c^2} \cdot c = \frac{\epsilon}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

# 电磁感应

## II 电阻导棒

① 最大、最终、稳定、匀速:  $\sum F = 0$  } 牛顿定律

② 加速运动  $\sum F = ma$

③ 电路

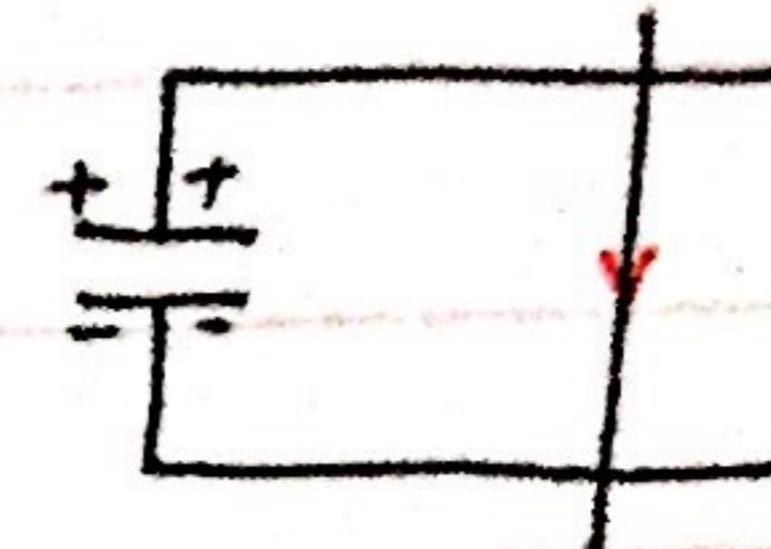
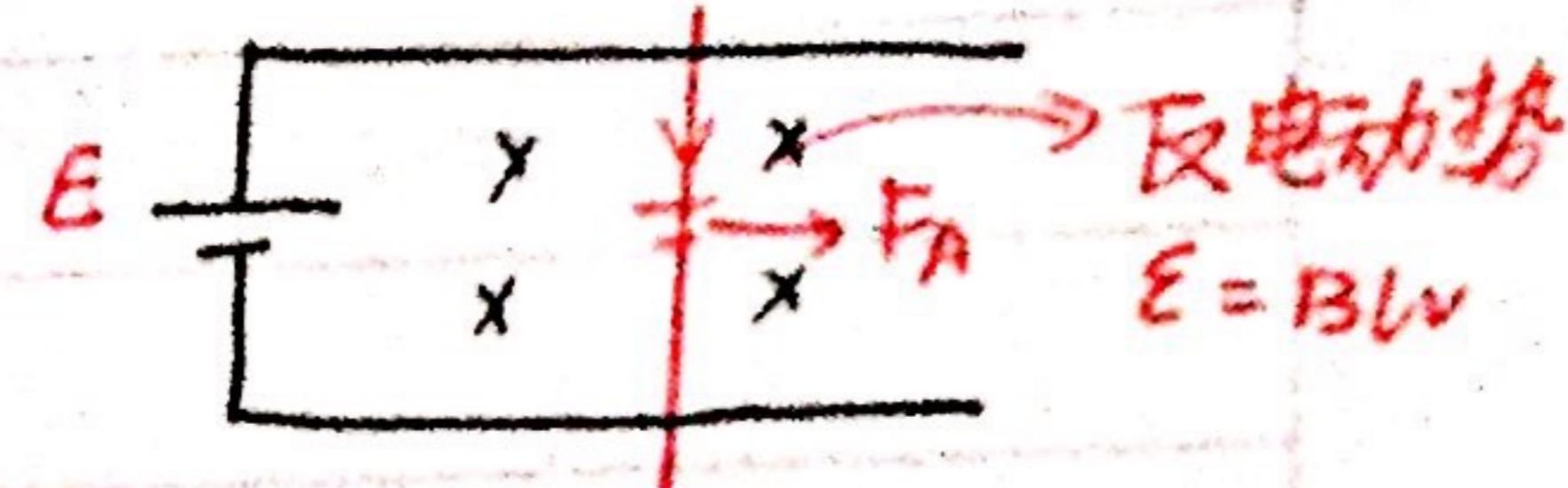
$$\left\{ \begin{array}{l} U = IR \\ E - \epsilon t = IR \end{array} \right.$$

电容器  $q = CU$

P, Q (电阻导棒)

$$q = \bar{I}t$$

④ 能量: 能量守恒



$$\bar{I} = \frac{q}{t}$$

$$\bar{V} = \frac{s}{t}$$

# 星表模型

口诀：

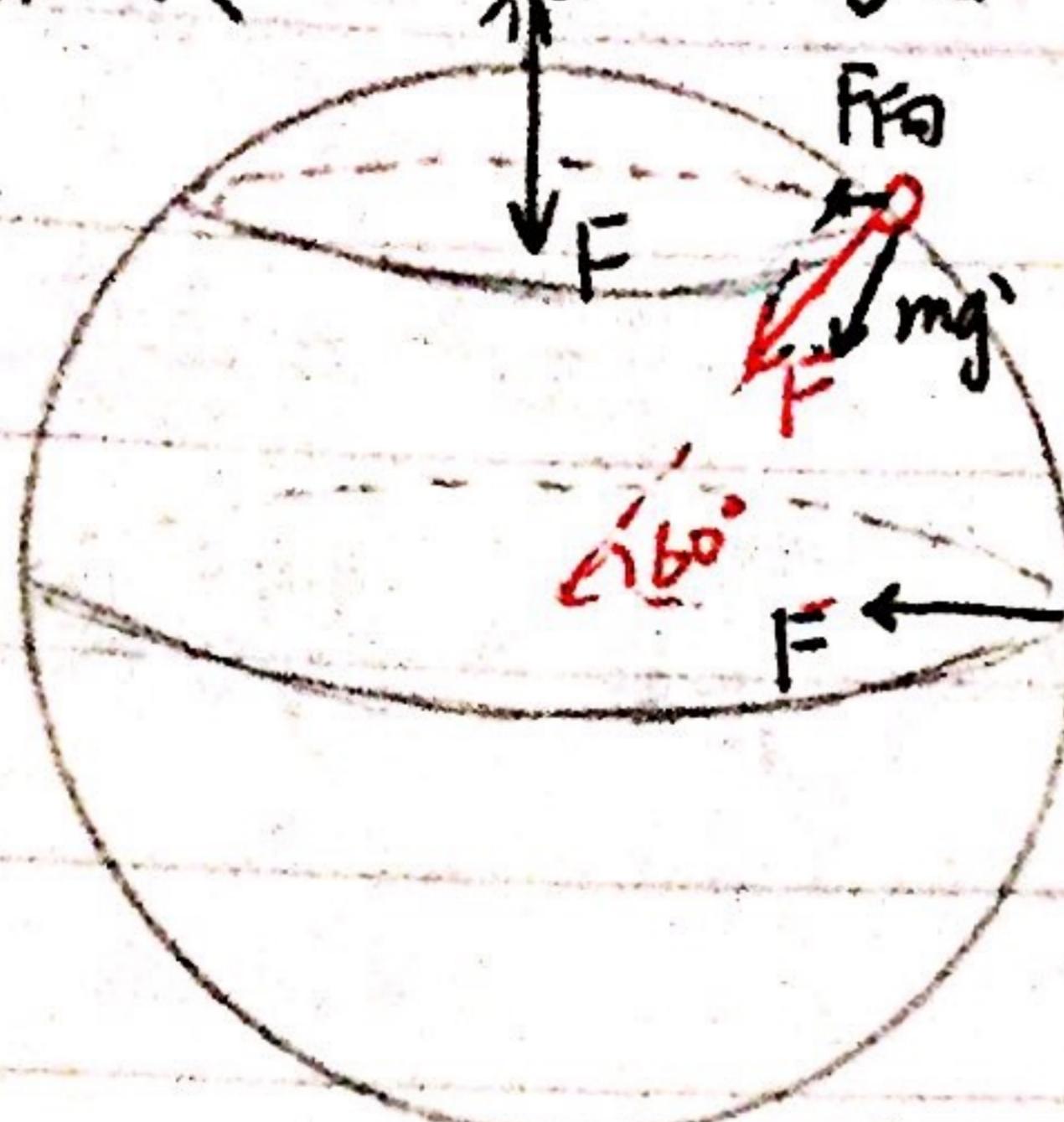
高轨低速大周期，大机大势小引力

(1) 向心力一条龙

$$G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R} = m \omega^2 R = m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R = m (2\pi f)^2 R = m \omega v = mg_{\text{地表}}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

(2) 自转  $\uparrow N = mg_{\text{极}}$



$$\text{极地: } F = G \frac{Mm}{R^2} = mg_{\text{极}}$$

$$\text{赤道: } F = G \frac{Mm}{R^2} = mg_{\text{赤道}} + m \frac{4\pi^2}{T^2} R$$

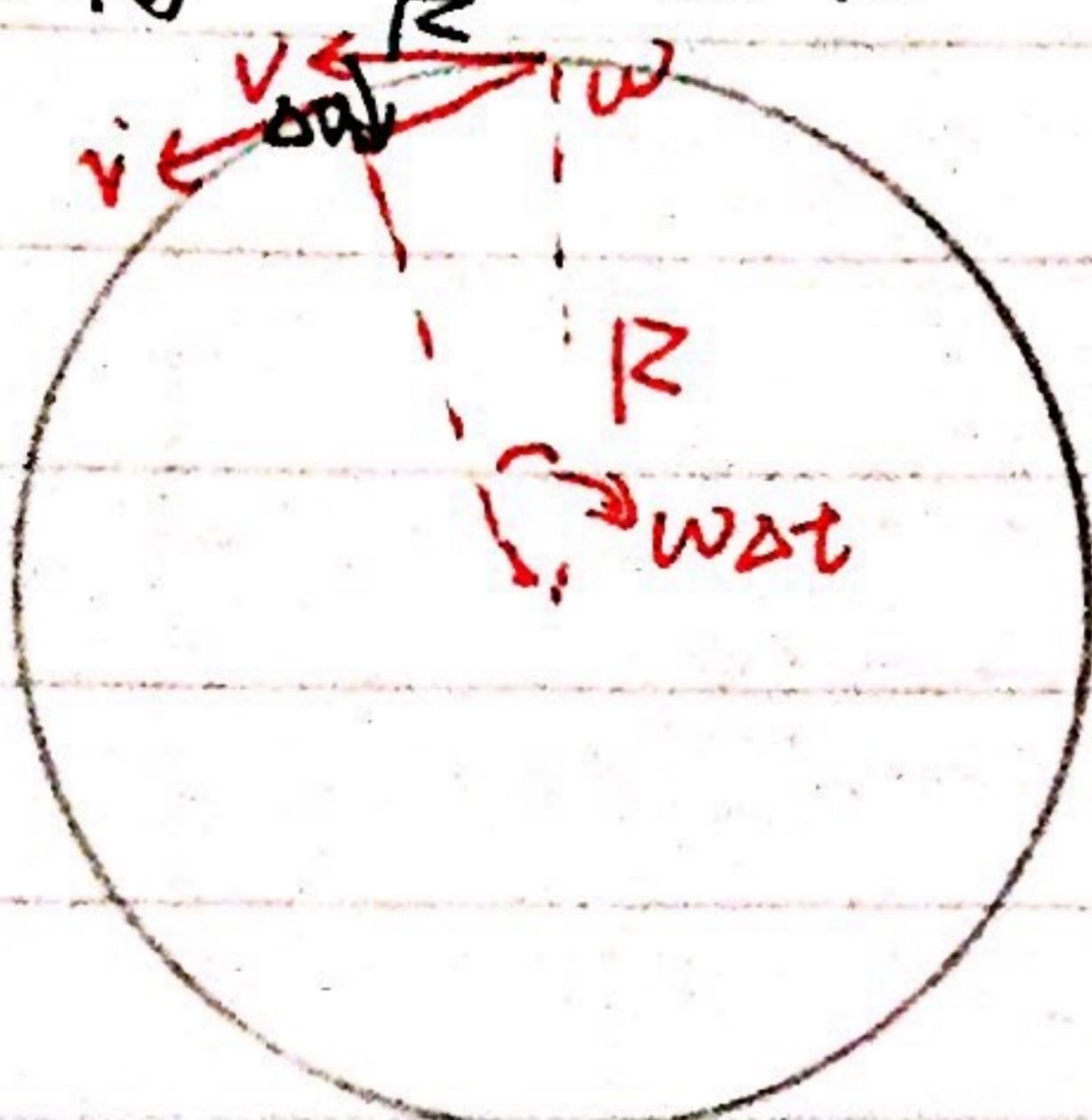
$$g_{\text{极}} = 9.832$$

$$g_{\text{赤道}} = 9.780$$

地球自转↑  $T \downarrow$

$g_{\text{赤道}} \downarrow \Rightarrow$  星球瓦解

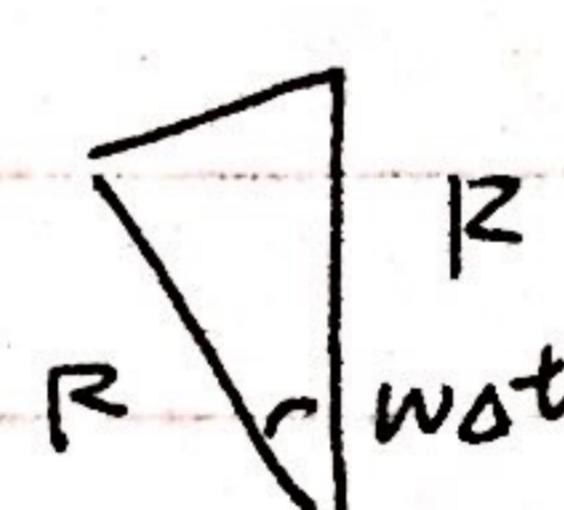
$$(3) a_{\text{向}} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \omega v$$



微元法

小量处理

$$\Delta\theta = \sin\Delta\theta = \tan\Delta\theta$$



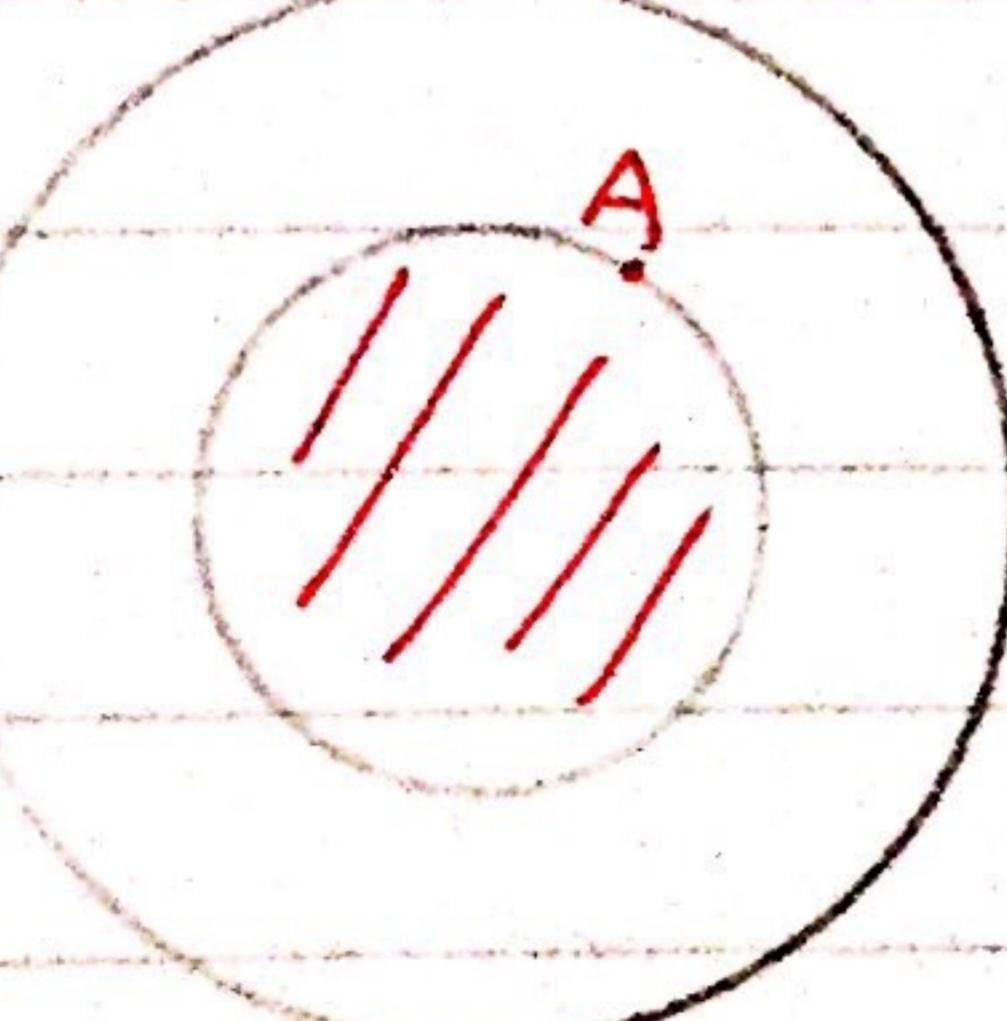
$$\Delta v = 2v \sin \frac{\omega_0 t}{2}$$

$$= 2v \cdot \frac{\omega_0 t}{2} = v \omega_0 t$$

$$\text{相对速度 } v_{\text{相对}} \quad a_{\text{向}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = v \cdot \omega = \omega^2 R = \frac{v^2}{R}$$

# 球壳模型

(1)



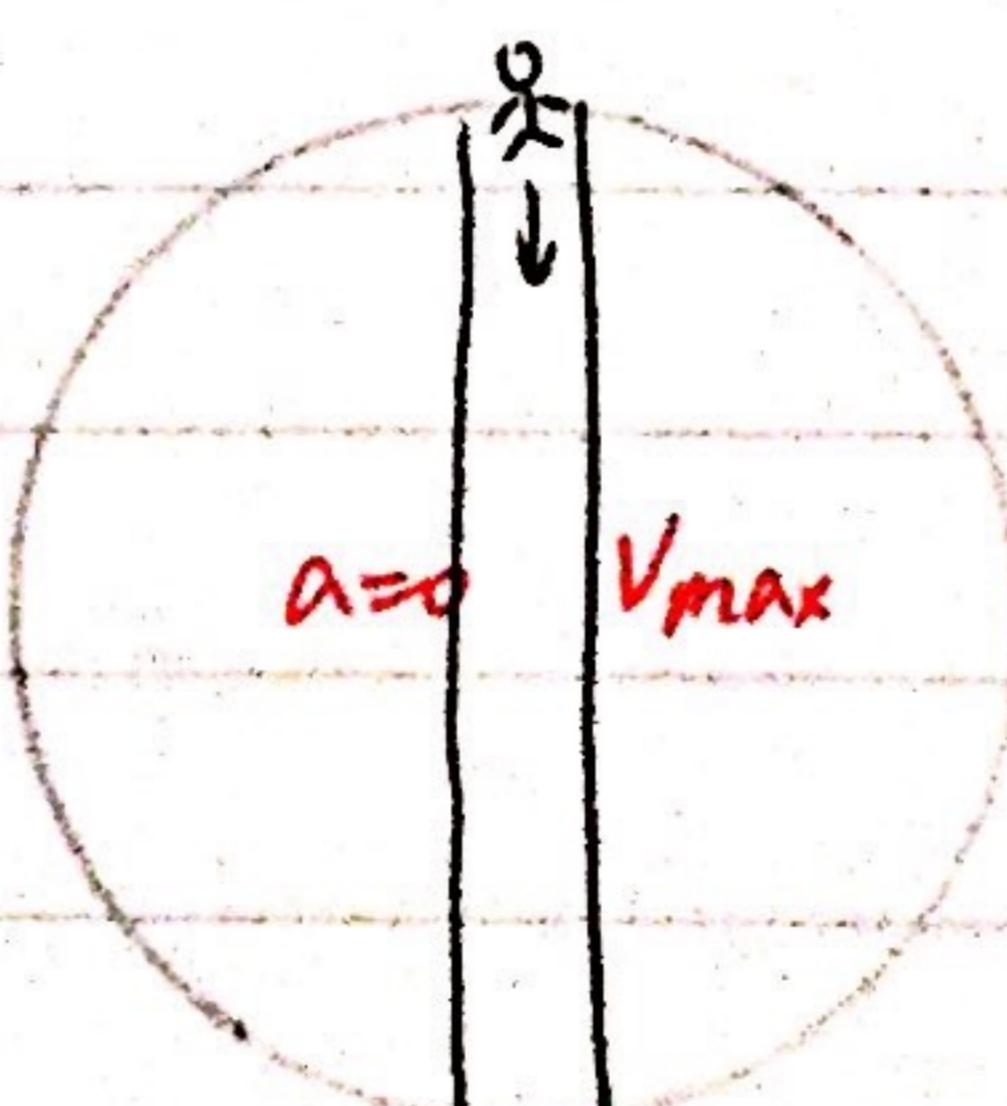
A点受到的万有引力只与里面那部分有关

$$mg = G \frac{Mm}{R^2} = \frac{G m p \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{R^2} = \frac{4}{3} \pi G m p R$$

$$(2) F_{\text{合}} = \left( \frac{4}{3} \pi G m p \right) R = k \cdot R$$

$F = k \Delta x$  "简谐振动"

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{k}}$$

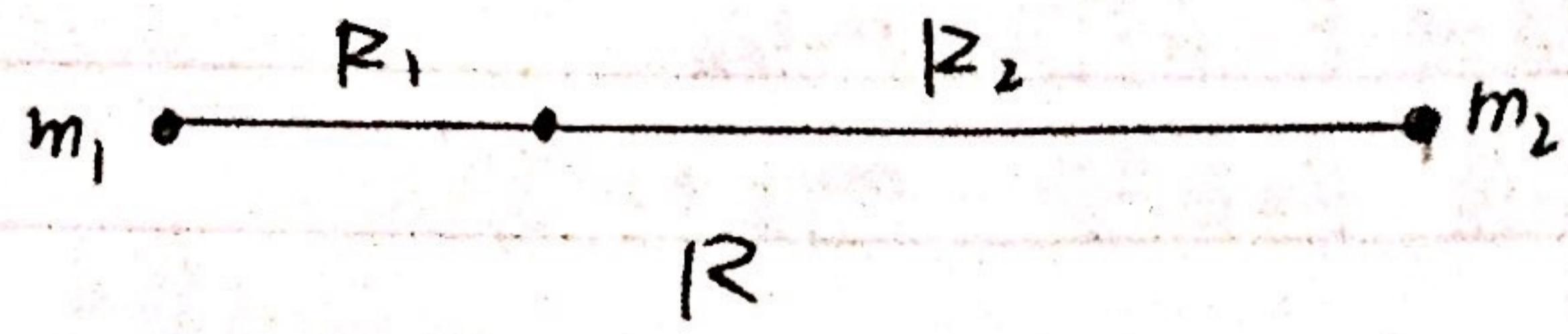


地球

等效于原长为0  
的弹簧做简谐运动

# 环绕模型

## (1) 双星模型



$$G \frac{m_1 m_2}{R^2} = m_1 \frac{4\pi^2}{T^2} R_1 \quad (1)$$

$$G \frac{m_1 m_2}{R^2} = m_2 \frac{4\pi^2}{T^2} R_2 \quad (2)$$

$$\textcircled{1} + \textcircled{2} \quad G \frac{(m_1 + m_2)}{R^2} = \frac{4\pi^2}{T^2} (R_1 + R_2)$$

$$\Rightarrow G \frac{M_{\odot}}{R^2} = \frac{4\pi^2}{T^2} R$$

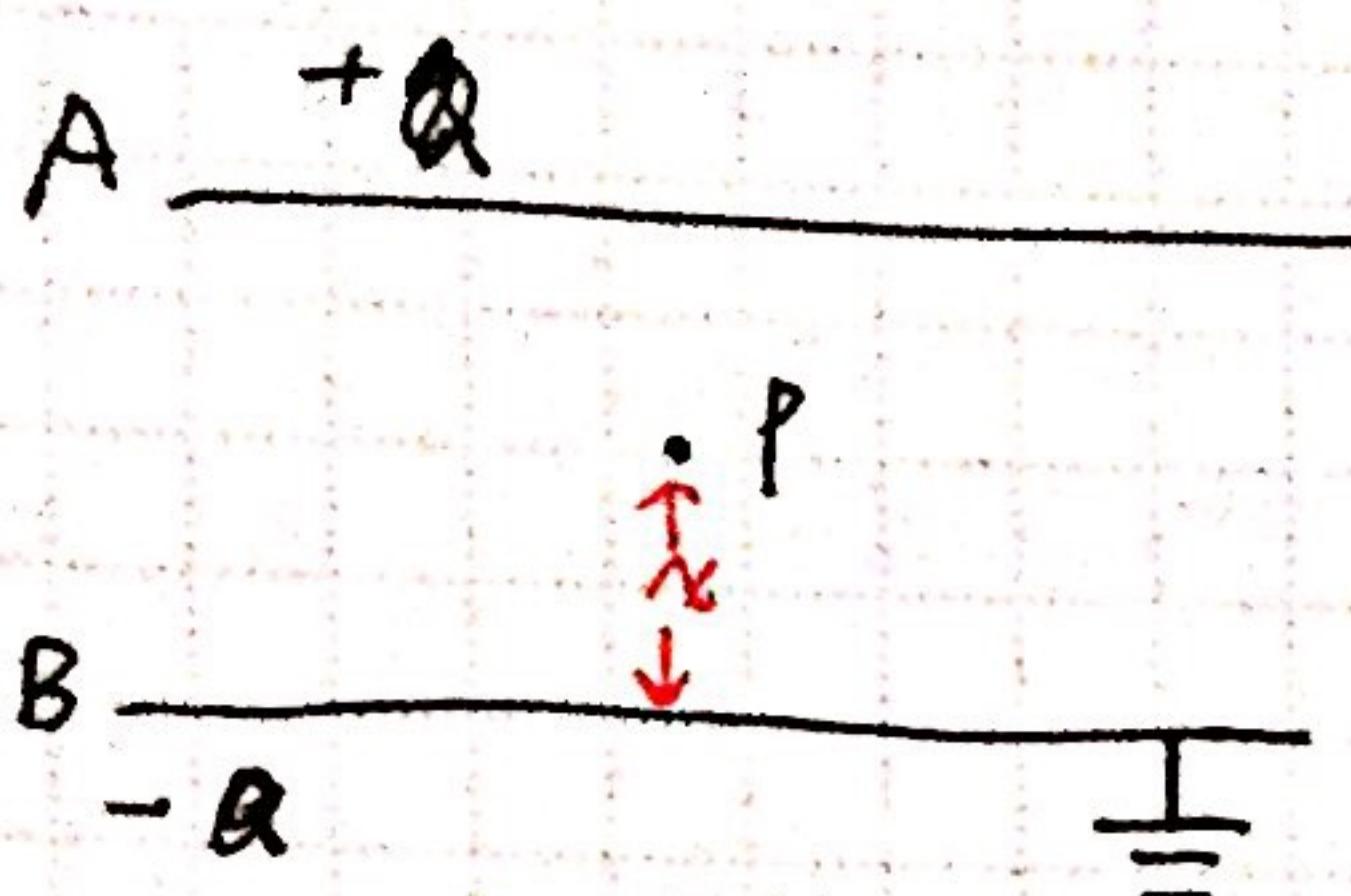
# 电磁学动态分析

## 一、含容电路的动态分析

有源    无源  
 ↓        ↓  
 $U$  恒定     $Q$  恒定

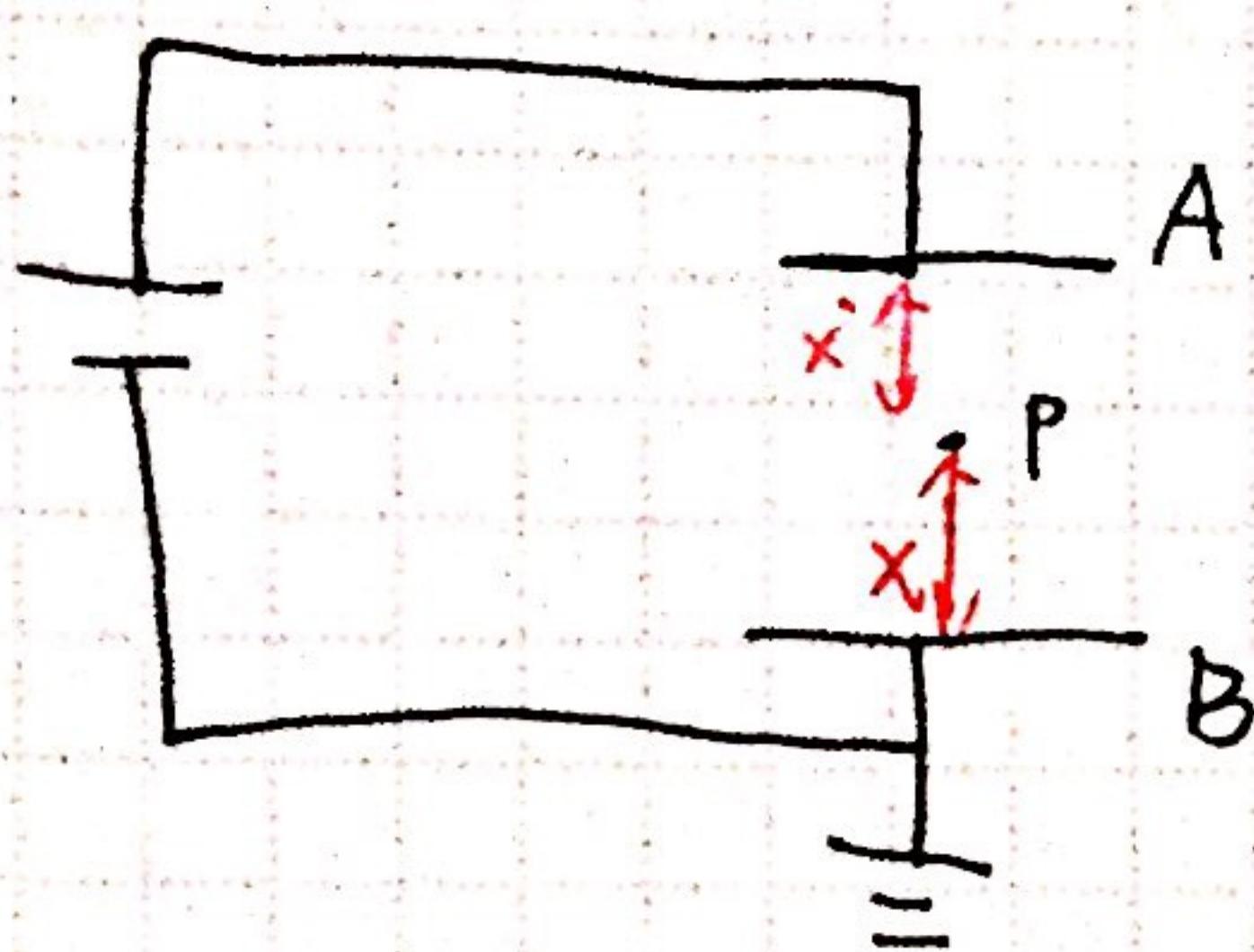
$$\text{有源 } q \uparrow = CU = \frac{\epsilon_0 S \uparrow}{4\pi k d} \cdot U \quad E \uparrow = \frac{U}{d}$$

$$\text{无源 } U \uparrow = \frac{q}{C} = \frac{q}{\frac{\epsilon_0 S}{4\pi k d}} = \frac{q \cdot 4\pi k d \uparrow}{\epsilon_0 S} \quad E \uparrow = \frac{U}{d} = \frac{4\pi k q}{\epsilon_0 S}$$



上板上移  $\varphi_p = Ex$  不变

下板下移  $\varphi_p \uparrow = Ex \uparrow$



找不变量  $\rightarrow x$

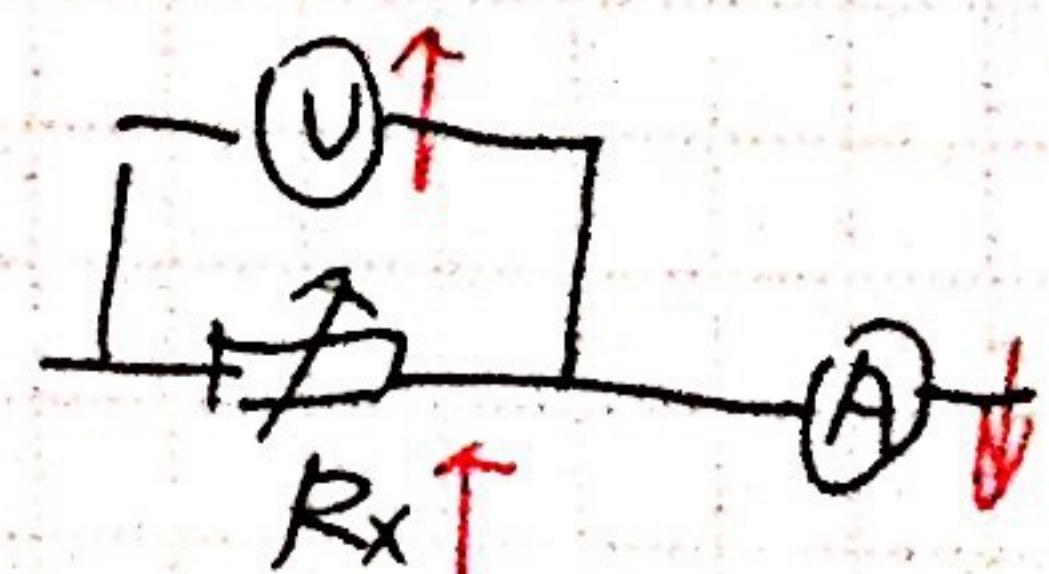
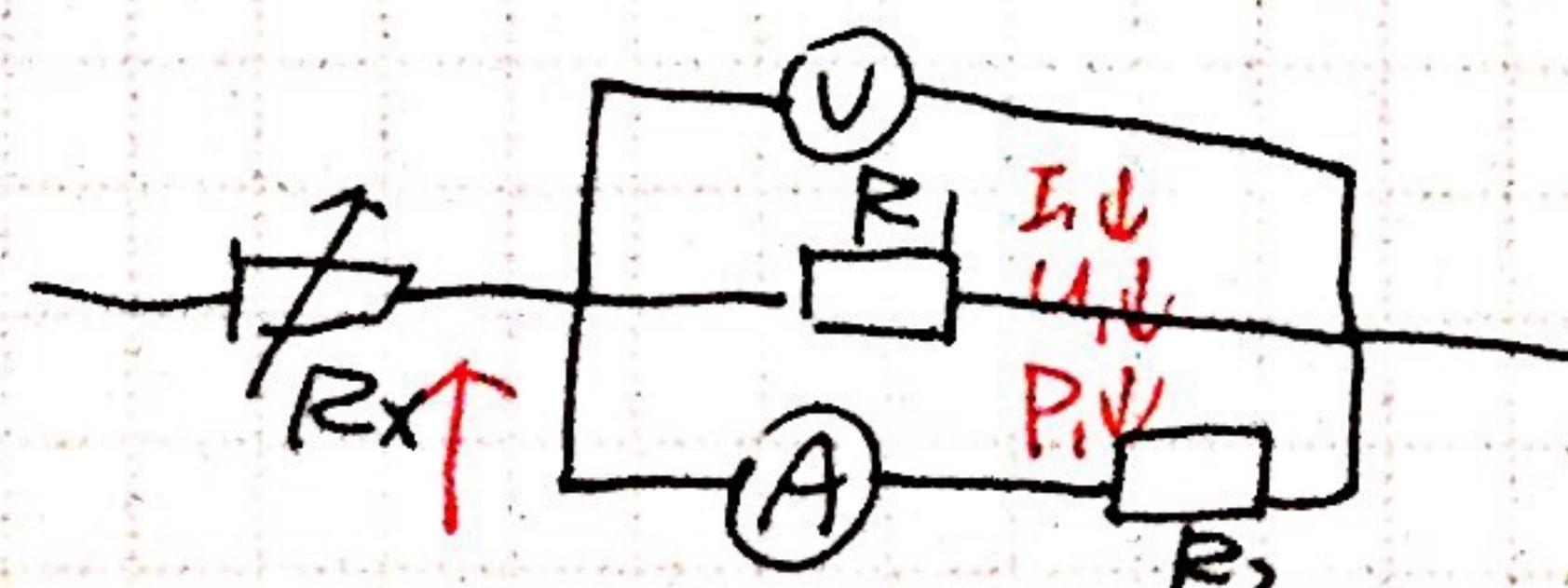
上板上移  $\varphi_p = Ex$

下板下移  $\varphi_A - \varphi_p \uparrow = Ex$

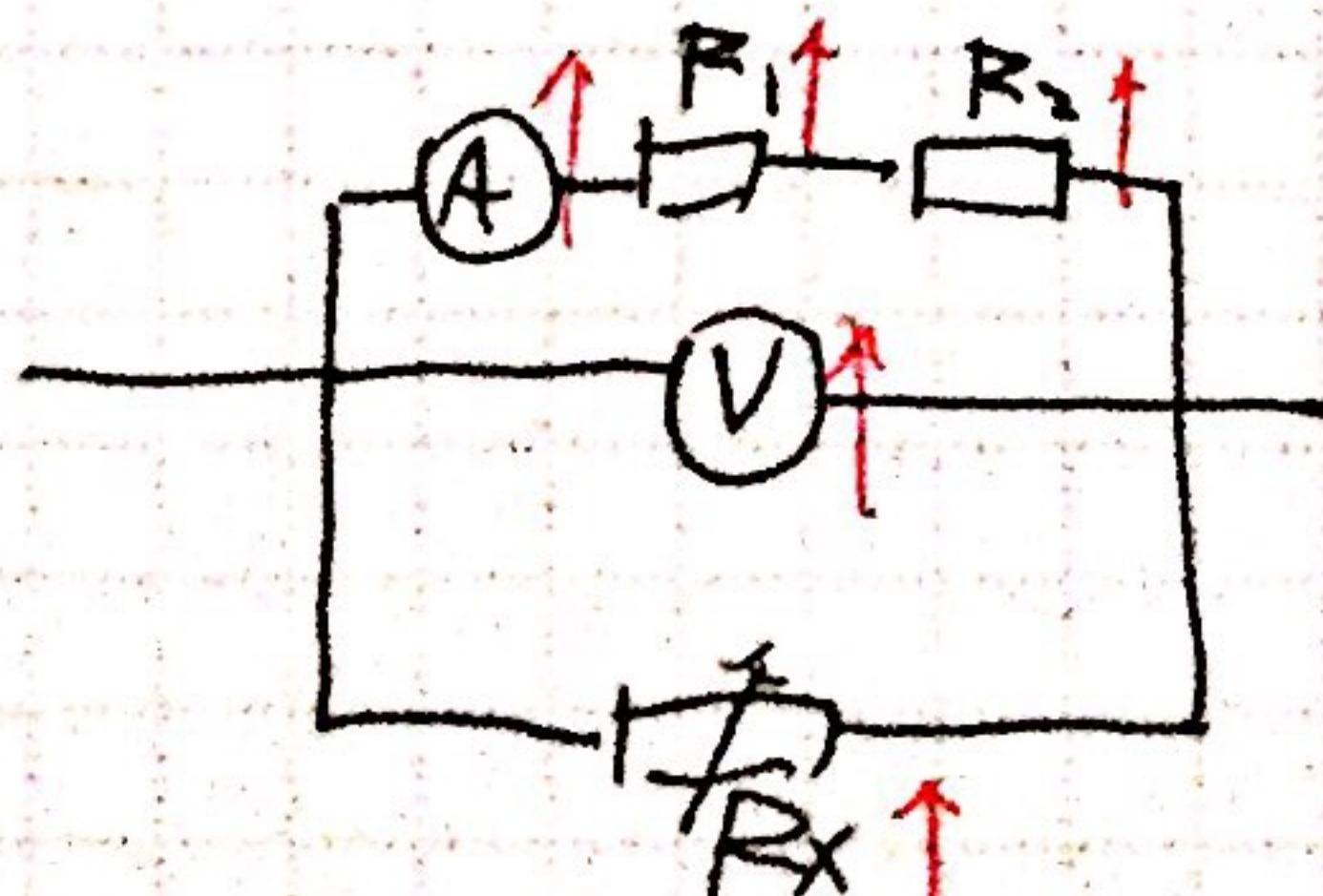
=

串反并同 ① 通路 ② 有且只有一个电阻发生变化

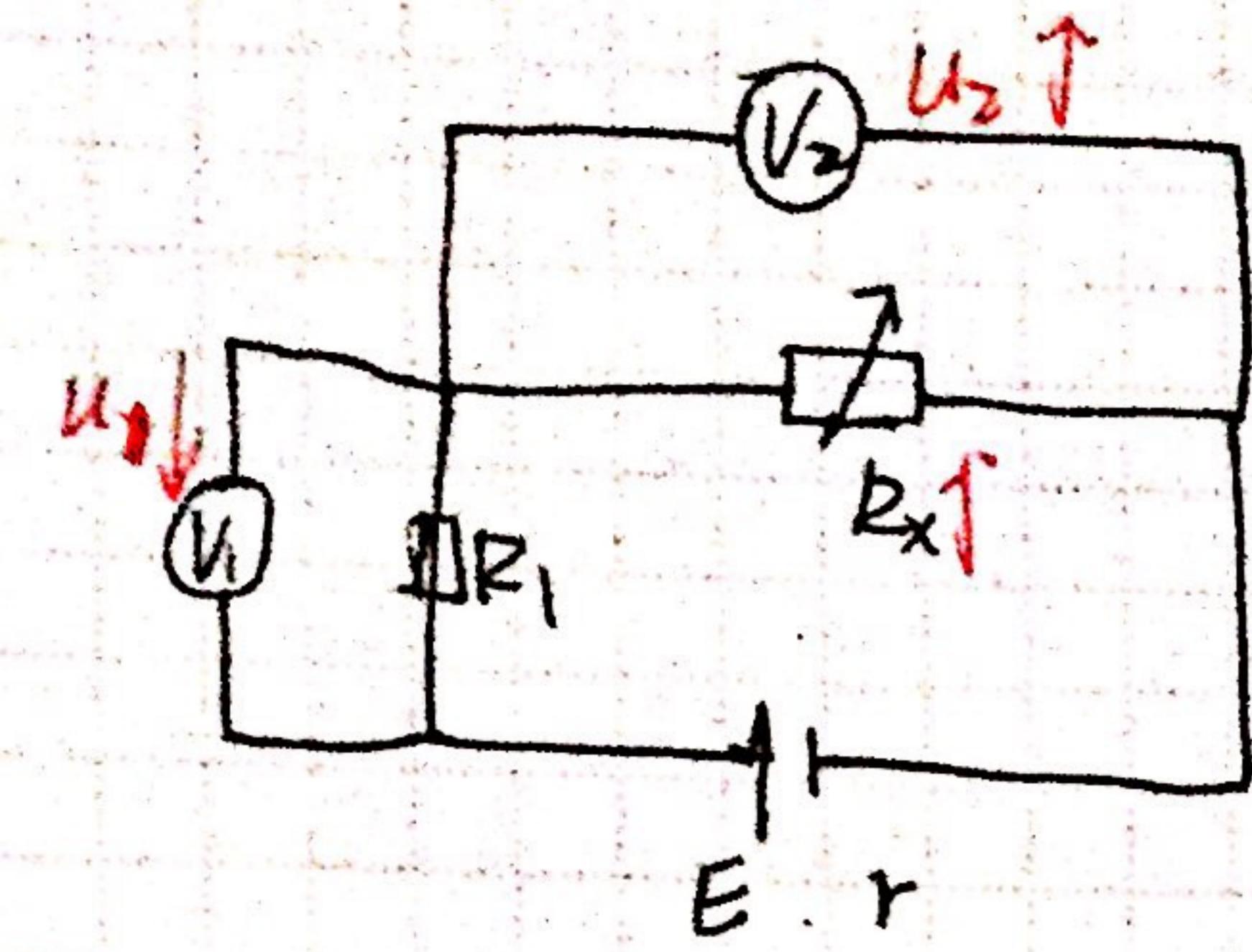
串反



并同



$R_x$  变化方式未知  
其他都可知



$$\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = R_1 + r$$

$$\frac{\Delta U_1}{\Delta I} = R_1$$

• 若电压表跨在可变电阻两端

则  $\frac{\Delta U}{\Delta I}$  = 其余电阻之和

• 若电压表跨在定值电阻两端

则  $\frac{\Delta U}{\Delta I}$  = 该定值电阻

# 原子 原子核

## ① 原子结构发现史

- ① 1858年 德国科学家普吕克尔发现在一个抽成真空的玻璃管两端加上高电压，这时正对阴极的玻璃管壁上出现绿色荧光。
- ② 1876年 德国科学家戈德斯坦认为这种荧光是由于玻璃受到阴极的某种射线的撞击引起的，将这种射线命名为阴极射线。
- ③ 1897年 英国 汤姆孙研究阴极射线并利用电偏转和磁偏转发现了电子，并指出：阴极射线是高速运动的电子流。说明原子可分，有复杂内部结构。
- ④ 1898年 汤姆孙提出了原子的枣糕模型
- ⑤ 1909~1911年 英国 卢瑟福进行 $\alpha$ 粒子散射实验，并提出原子的核式结构模型。由实验估计原子核  $10^{-15}$  绝大多数 / 少数 / 极少数 / 有的
- ⑥ 1910年 美国密立根通过油滴实验准确测得元电荷  $e$  的电荷量。并发现电荷是量子化的，任何带电体的电荷都是  $e$  的整数倍
- ⑦ 1919年 卢瑟福用 $\alpha$ 粒子轰击氮核，第一次实现了原子核的人工转变，发现了质子，并预言了中子
- ⑧ 1932年 查德威克在 $\alpha$ 粒子轰击Be核时发现中子由此人们意识到原子核由质子和中子组成

气体放电研究

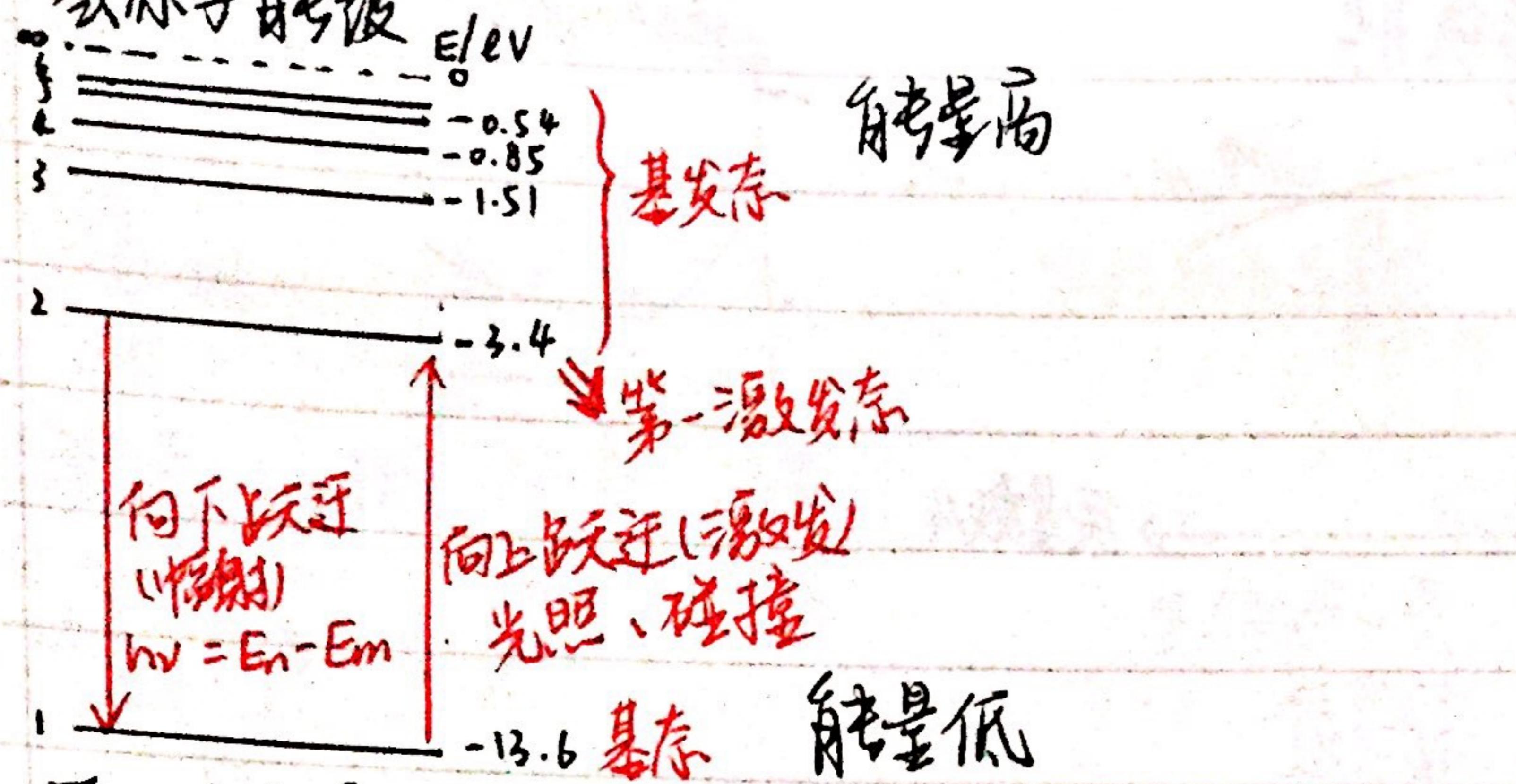
普吕克尔发现  
阴极射线

汤姆孙发现电子  
(枣糕模型)

卢瑟福核式模型

玻尔模型

### (2) 氢原子能级



$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

### (3) 原子核放射性

种类	$\alpha$ 射线	$\beta$ 射线	$\gamma$ 射线
组成	高速氦核流	高速电子流	光子流(高频电磁波)
带电量	$2e$	$-e$	0
发射速度	$0.1c$	$0.99c$	$c$
在电磁场中	偏转	与 $\alpha$ 射线反向偏转	不偏转
贯穿本领	最弱	较强	最强
对空气的电离作用	很强	较弱	很弱

### (4) 半衰期

- ① 原子核半数发生衰变的时间
- ② 统计规律
- ③ 不同元素，半衰期差别非常大
- ④ 由原子核内部因素决定，与外部条件无关
- (5) 四种相互作用 (说3种也对)

万有引力

电磁力 (库仑力、洛伦兹力、摩擦力、支持力等)

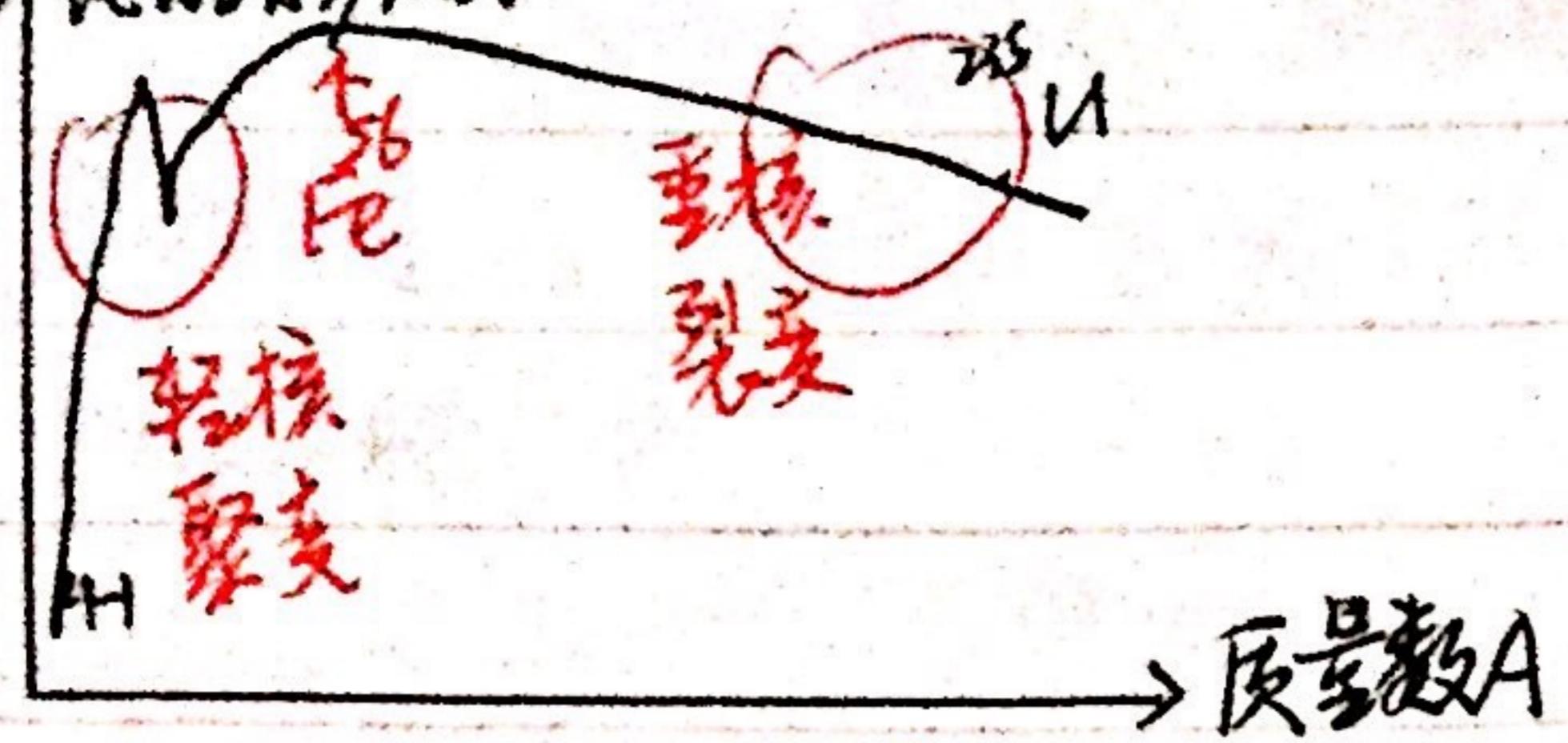
强相互作用 (核力) 短程力

弱相互作用

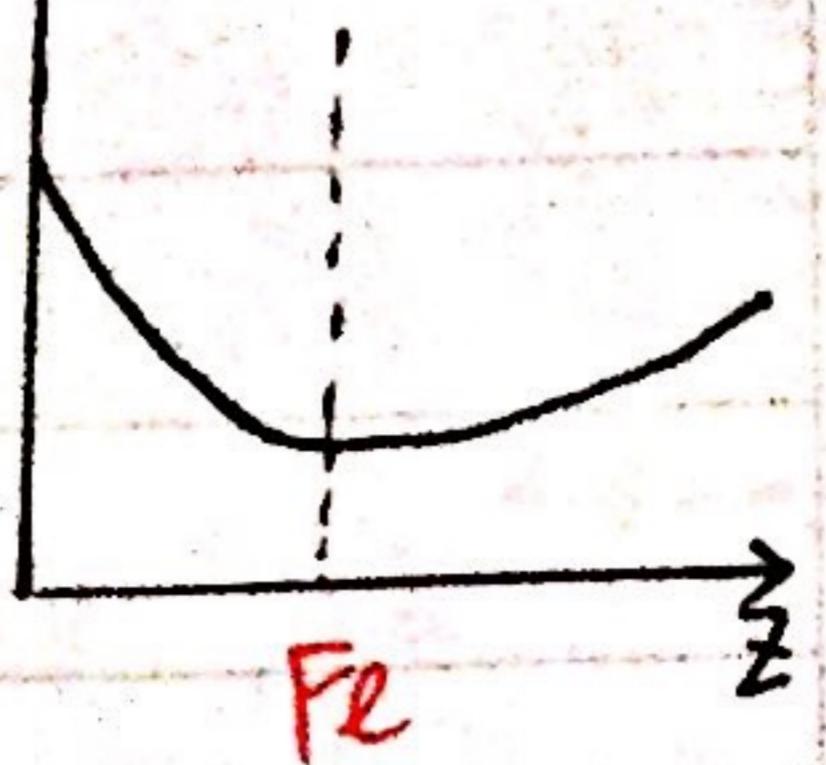
把原子核打散需要的能量

(6) 结合能、比结合能

1比结合能/Mev



核子平均质量越小，原子越稳定

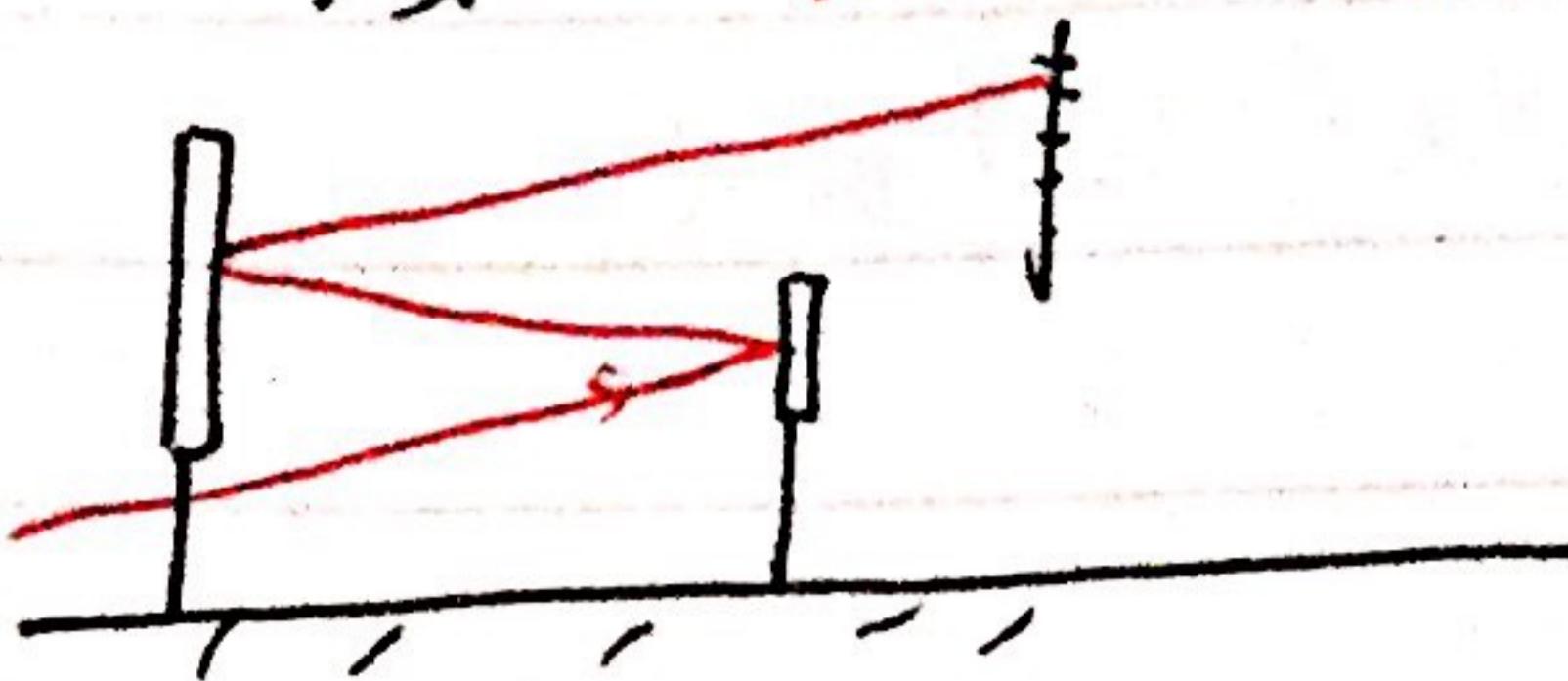


比结合能越大，原子越稳定

$$\text{比结合能} = \frac{\text{结合能}}{\text{质量数}}$$

# 回归教材

(1) 微小形变 放大法、累积法



(2) 图像面积

$$F - x \quad \frac{1}{2}kx^2 = E_F$$

$$q - U \quad \frac{1}{2}Uq = \frac{1}{2}U^2 C$$

(3) 摩擦力、动摩擦因素

钢 - 钢  $\mu = 0.02$  橡胶轮胎 - 路面  $\mu = 0.71$

流体的阻力与流体的速度、横截面积、形状有关

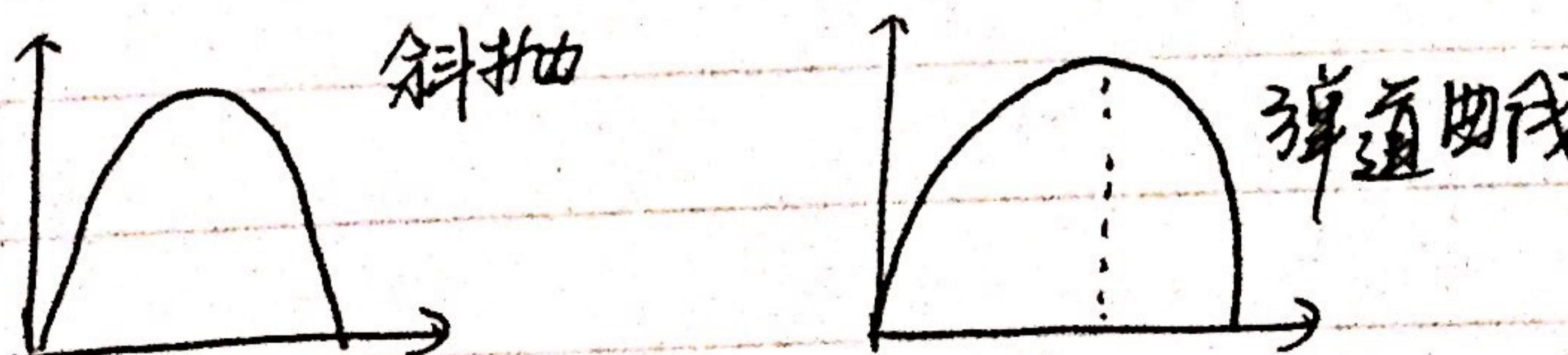
(4) 牛顿第二定律

用动力学方法反推  $F = (M+m)a$

(5) 力学单位制

长度	$l$	米	$m$
质量	$m$	千克	$kg$
时间	$t$	秒	$s$
电流	$I$	安培	$A$

(6) 考虑阻力的余抛物 — 弹道曲线



(7) 第二宇宙速度与黑洞半径估算

$$\frac{1}{2}mv^2 - G\frac{Mm}{R} = 0$$

$$\frac{1}{2}mc^2 - G\frac{Mm}{R} = 0 \Rightarrow R = \frac{2GM}{c^2}$$

### (8) 电动势

在数值上等于非静电力把1C的正电荷在电源内从负极移到正极所做的功

$$E = \frac{W}{q}$$

### (9) 焦尔定律 $P = I^2 R$

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

恒成立 闭合回路

### (10) 反电动势

电动机正常工作电流小于启动电流

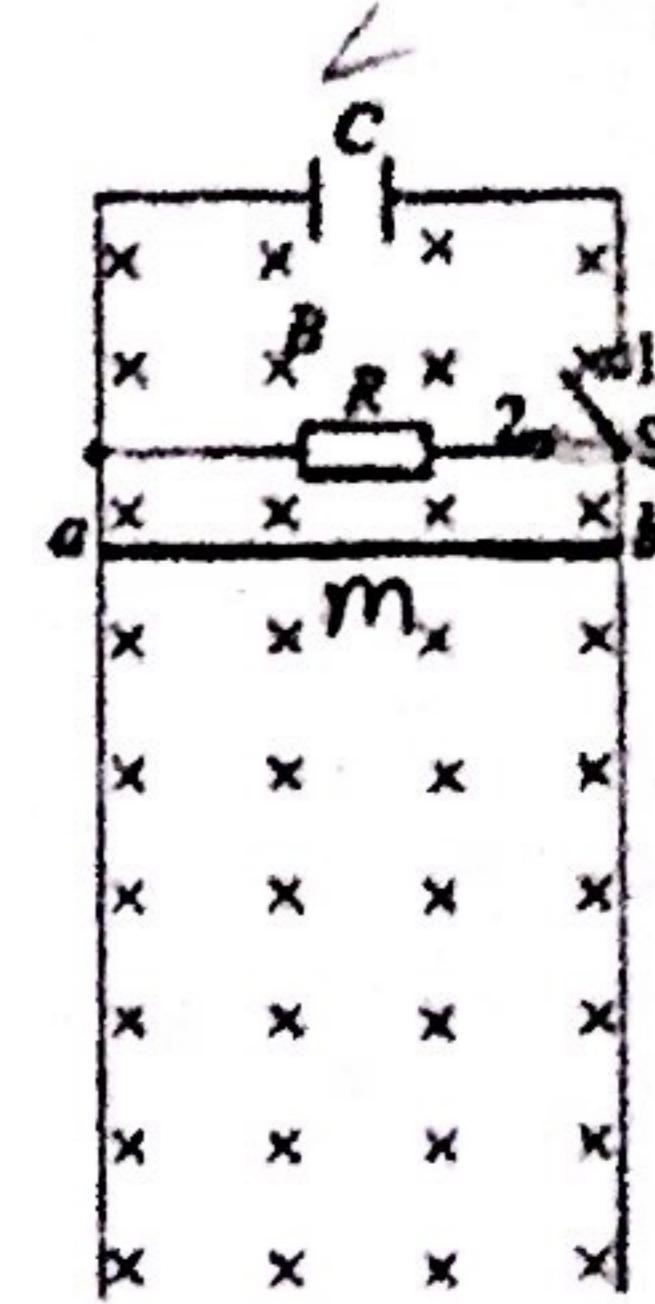
### (11) 涡流

变化电流  $\rightarrow$  变化磁场  $\rightarrow$  金属中产生涡流

金属检测仪

浪费能量  $\Rightarrow$  增大铁芯材料电阻率

25. (18分) 如图, 在竖直平面内有两条间距为  $L$  的足够长的平行直金属导轨, 上端接有一个阻值为  $R$  的电阻和一个耐压值足够大的电容器, 电容器的电容为  $C$ , 且不带电。质量为  $m$  的导体棒  $ab$  垂直跨在导轨上, 接触良好。导轨所在空间有垂直导轨平面向里的匀强磁场, 磁感应强度大小为  $B$ ,  $S$  为单刀双掷开关。现将开关  $S$  接 1, 由静止释放导体棒  $ab$ 。已知重力加速度为  $g$ , 不计导轨和导体棒的电阻, 不计一切摩擦。



- (1) 当金属棒向下运动的速度为  $v_1$  时, 电容器所带的电量  $q$ :
- (2) 求导体棒  $ab$  下落  $h$  高度时的速度大小  $v_2$ :
- (3) 当速度为  $v_2$  时迅速将开关  $S$  接 2, 请分析说明此后导体棒  $ab$  的运动情况; 并计算导体棒  $ab$  在开关接 2 后又下落足够大的高度  $H$  的过程中电阻  $R$  上所产生的电热  $Q$ 。

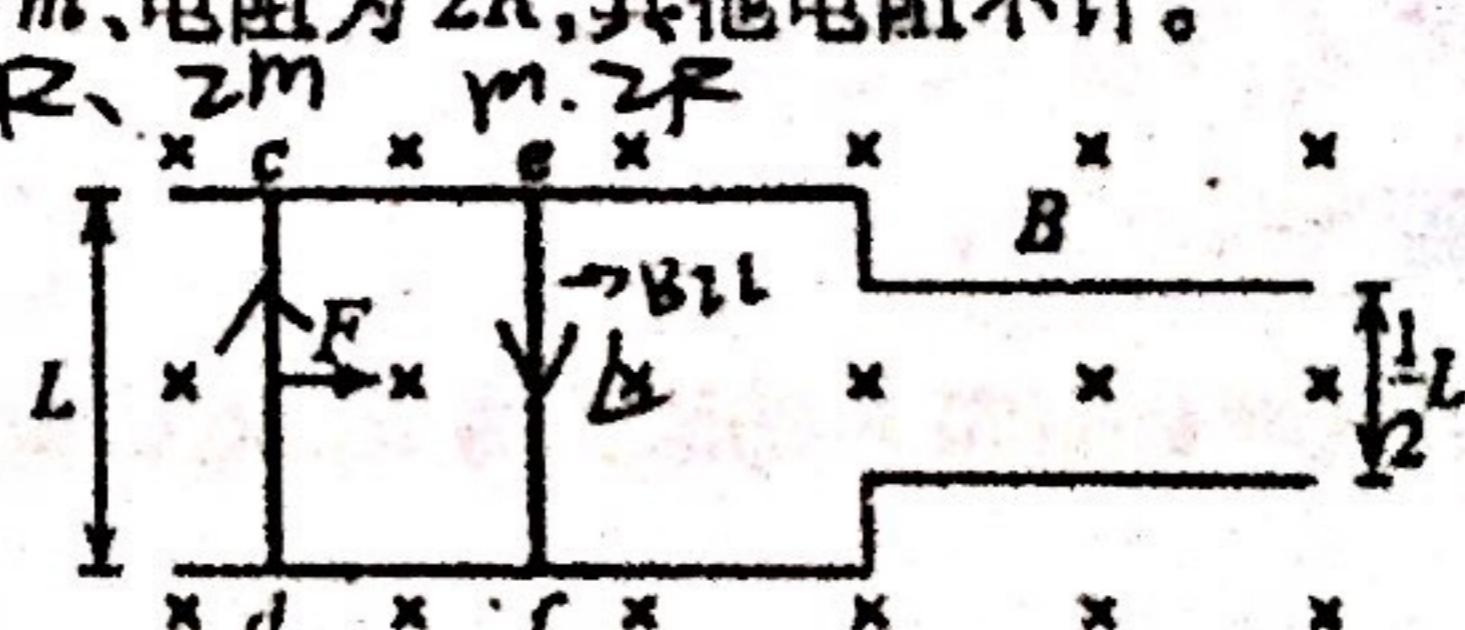
### 电容器 + 动生电动势 电阻不计

$\Delta E = BL\Delta V$   
 $\Delta U = BL\Delta V$   
 $\Delta q = C\Delta U = CB\Delta V$   
 $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{CB\Delta V}{\Delta t} = CBLa$   
 $mg - BIL = ma \quad a = \frac{mg}{m + B^2 L^2 C}$

25. (20分) 如图所示, 光滑足够长的金属导轨固定在水平绝缘桌面上, 宽处和窄处导轨间距分别为  $L$  和  $\frac{1}{2}L$ , 导轨所在区域分布有磁感应强度大小为  $B$ 、方向竖直向下的匀强磁场。

两金属杆  $cd$ 、 $ef$  静置在导轨上且相距足够远, 用大小为  $F$  的水平恒力向右拉  $cd$  杆使其从静止开始运动, 在运动过程中, 两杆与导轨始终垂直并接触良好, 且始终不相碰。已知两杆长度均为  $L$ ,  $cd$  杆质量为  $2m$ 、电阻为  $R$ ,  $ef$  杆质量为  $m$ 、电阻为  $2R$ , 其他电阻不计。

- (1) 若  $ef$  杆被锁定, 求此过程  $cd$  杆的最大速度  $v_m$ ;
- (2) 若  $ef$  杆不锁定, 且  $ef$  杆进入导轨窄处前, 由  $cdfec$  构成的回路中电流已经保持不变, 求这一过程中  $cd$  和  $ef$  杆的速度差的最大值  $\Delta v$ ;
- (3) 在(2)问中  $ef$  杆滑到窄处后, 再经过一段时间回路中的电流再次保持不变, 此时  $cd$  杆还未滑到窄处, 求此时回路的总电功率  $P$ 。



### △反电动势

$$E = BLV_1 - BLV_2$$