

## 2019 年北京市海淀区高三二模物理试卷

## 物 理

2019.5

13. 关于花粉颗粒在液体中的布朗运动，下列说法正确的是

- A. 液体温度越低，布朗运动越显著
- B. 花粉颗粒越大，布朗运动越显著
- C. 布朗运动是由液体分子的无规则运动引起的
- D. 布朗运动是由花粉颗粒内部分子无规则运动引起的

【答案】C

【解析】

温度越高，花粉颗粒越小，布朗运动越明显，故 AB 错误；

布朗运动是由液体分子无规则运动撞击花粉颗粒引起的，故 C 正确，D 错误。

14.  $\alpha$  粒子散射实验说明了

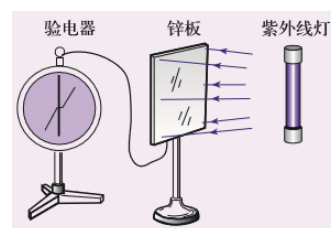
- A. 原子具有核式结构
- B. 原子内存在着带负电的电子
- C. 原子核由质子和中子组成
- D. 正电荷均匀分布在原子内

【答案】A

【解析】

卢瑟福通过  $\alpha$  粒子散射实验提出了原子的核式结构模型，故 A 正确，BCD 错误。

15. 如图所示，把一块不带电的锌板用导线连接在验电器上，当用某频率的紫外线照射锌板时，发现验电器指针偏转一定角度，下列说法正确的是



- A. 验电器带正电，锌板带负电

- B. 验电器带负电，锌板也带负电
- C. 若改用红光照射锌板，验电器的指针一定也会偏转
- D. 若改用同种强度频率更高的紫外线照射锌板，验电器的指针也会偏转

【答案】D

【解析】光电效应是光子将电子从金属板中打出，电子带负电所以金属板和验电器都带正电，故 AB 错误；

由光电效应方程  $h\nu = W_{\text{逸}} + E_k$ ，紫光可以发生光电效应，频率比紫光高的光线一定能发生光电效应，而红光频率低于紫光频率则不一定发生光电效应，故 D 正确，C 错误。

16. 图 1 所示为一列简谐横波在  $t = 0$  时的波动图像，图 2 所示为该波中在  $x = 2\text{m}$  处质点 P 的振动图像，下列说法正确的是

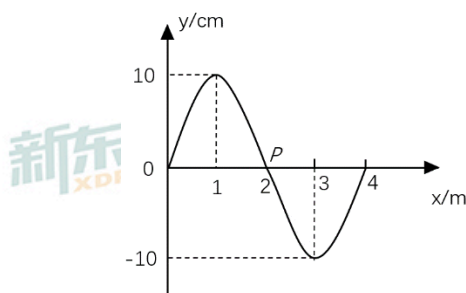


图1

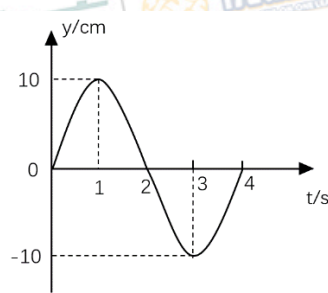


图2

- A. 该波的波速为  $2\text{m/s}$
- B. 该波沿  $x$  轴负方向传播
- C.  $t = 1.0\text{s}$  时，质点 P 的速度最小，加速度最大
- D. 在  $t = 0$  到  $t = 2.0\text{s}$  的时间内，质点 P 的速度和加速度方向均未发生改变

【答案】C

【解析】

A 选项：由图像读出波长和周期，利用公式  $v = \frac{\lambda}{T}$ ，得  $v = 1\text{m/s}$ ，故 A 错误；

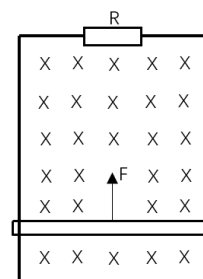
B 选项：P 点处质点在  $t = 0\text{s}$  时向上运动，根据上下坡法知，波沿  $x$  轴正方向传播，

故 B 错误；

C 选项：  $t = 1\text{s}$  时，质点 P 在最高点，速度为 0，加速度最大，故 C 正确；

D 选项：在  $0 \sim 2\text{s}$  内，质点 P 速度发生变化，故 D 错误。

17. 如图所示，竖直放置的两根平行金属导轨之间接有定值电阻  $R$ ，金属棒与两导轨始终保持垂直，并良好接触且无摩擦，棒与导轨的电阻均不计，整个装置放在水平匀强磁场中，棒在竖直向上的恒力  $F$  作用下匀速上升的一段时间内，下列说法正确的是



- A. 通过电阻  $R$  的电流方向向左
- B. 棒受到的安培力方向向上
- C. 棒机械能的增加量等于恒力  $F$  做的功
- D. 棒克服安培力做的功等于电路中产生的热量

【答案】D

【解析】

A：导体棒向上运动，根据右手定则，通过导体棒的电流水平向左。当电流流到电阻时，则电流的方向变为水平向右，故 A 错误。

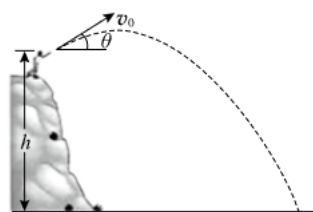
B：由 A 知道导体棒中电流方向水平向左，根据安培力方向判断方法，伸出左手，四指指向左，磁感线穿过掌心，此时大拇指向下，故安培力方向向下，B 选项错误。

C：根据功能关系的角度，安培力做的功一部分转化成了导体棒的重力势能，一部分转化为电路的焦耳热，故安培力做功不等于导体棒的机械能变化量，C 选项错误。

D：安培力做功为： $W = BILVt$ ，电路中产生的焦耳热为： $Q = I^2Rt = I(IR)t = IEt = IBLVt$ ，二者表达式相同，故克服安培力做功即等于电路中产生的焦耳热，D 选项正确。

18. 如图所示，把石块从高处抛出，初速度方向与水平方向夹角为 $\theta$  ( $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ )，石块最终落在水平地面上。若空气阻力可忽略，仅改变以下一个因素，可以对石块在抛出到落地过程中的“动能的变化量”和“动量的变化量”都产生影响，这个因素是

- A. 抛出石块的速率 $v_0$
- B. 抛出石块的高度 $h$
- C. 抛出石块的角度 $\theta$
- D. 抛出石块用力的大小



【答案】B

【解析】

根据动能定理：合外力做功等于动能变化量，结合题目可知动能的变化量等于重力做功，即动能变化量 $\Delta E_k = mgh$ ，变化量仅与物体质量和高度变化有关，故答案选B。

19. 某同学按如图 1 所示连接电路，利用电流传感器研究电容器的放电过程。先使开关 S 接 1，电容器充电完毕后，将开关掷向 2，可视为理想电流表的电流传感器将电流信息传入计算机，屏幕上显示出电流随时间变化的 $I-t$ 曲线，如图 2 所示。已知定值电阻 $R$ ，从图中可读出最大放电电流 $I_0$ ，以及图线与坐标轴围成的面积 $S$ 。但电源电动势、内电阻、电容器的电容均未知，根据题目所给的信息，下列物理量不能求出的是

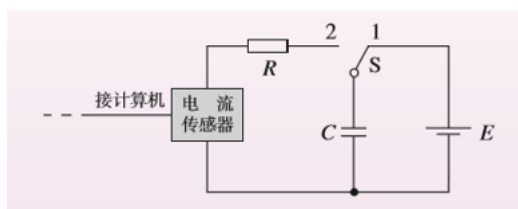


图1

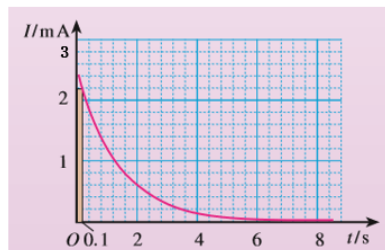


图2

- A. 电容器放出的总电荷量
- B. 电阻 $R$ 两端的最大电压

C. 电容器的电容

D. 电源的内电阻

【答案】D

【解析】

A: 结合  $Q = It$ , 可知图像与横坐标围成的面积表示电荷量, 故可以通过面积  $S$  直接求出电容器放出的总电荷量, A 选项可以求出。

B: 结合欧姆定理可知  $U = IR$ , 当流过电阻的电流最大时, 电阻两端的电压也为最大值, 故最大的电压为  $I_0 R$ , B 选项可以求出。

C: 结合电容的定义:  $C = \frac{Q}{U}$ , 通过 A 选项可得  $Q$ , 通过 B 选项可得  $E = I_0 R$ , 故可得出来电容器的电容  $C = \frac{Q}{I_0 R}$ , C 选项可以求出。

D: 通过上面的分析我们可以得出电源电动势为  $I_0 R$ , 但电源内阻与放电过程无关, 无法利用放电过程来求出, 故选 D。

20. “通过观测的结果, 间接构建微观世界图景”是现代物理学研究的重要手段, 如通过光电效应实验确定了光具有粒子性。

弗兰克-赫兹实验是研究汞原子能量是否具有量子化特点的重要实验。实验原理如图 1 所示, 灯丝 K 发射出初速度不计的电子, K 与栅极 G 间的电场使电子加速, GA 间加有 0.5V 电压的反向电场使电子减速, 电流表的示数大小间接反映了单位时间内能到达 A 极电子的多少。在原来真空的容器中充入汞蒸汽后, 发现 KG 间电压  $U$  每升高 4.9V 时, 电流表的示数  $I$  就会显著下降, 如图 2 所示。科学家猜测电流的变化与电子和汞原子的碰撞有关, 玻尔进一步指出该现象应从汞原子能量量子化的角度去解释。仅依据本实验结果构建的微观图景合理的是



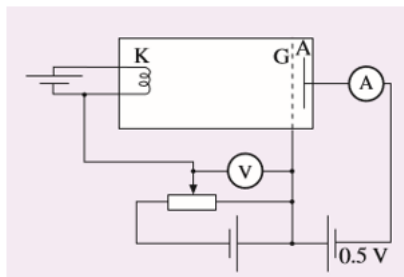


图1

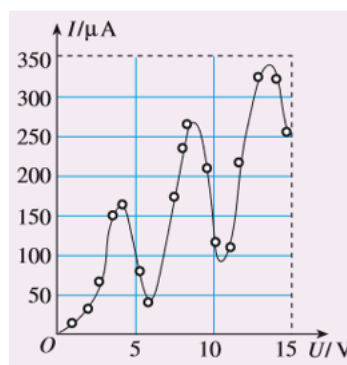


图2

- A. 汞原子的能量是连续变化的
- B. 存在同一个电子使多个汞原子发生跃迁的可能
- C. 相对于 G 极，在 K 极附近时电子更容易使汞原子发生跃迁
- D. 电流上升，是因为单位时间内汞原子发生跃迁的电子个数减少

【答案】B

【解析】

K 极发射的电子被电场加速，随着电压的升高，获得的能量逐渐增加，如果能量较大，能够克服 GA 间反向电压到达极板 A，就可以形成电流，在 K 极附近电子能量小，不容易使汞原子发生跃迁，C 错误。电子在加速中，有可能与汞原子发生碰撞，导致能量减小，剩下能量可能不够克服 GA 间反向电压，因而会出现电流减小的情况。

由于 U 到达 4.9V 前，电流一直在增加，而超过 4.9V 后，每经过 4.9V 电流都会减小，可以用量子化理论去解释，电子能量低于 4.9V 时，汞原子不能发生跃迁，电子能量不会减少，因而电流增加，而略高于 4.9V 时，会使电子与汞原子发生碰撞，损失大部分能量，剩下的能量不足以克服 GA 间反向电压，而导致电流减小。当电压更高时，有可能经过两次或更多次碰撞而使电流减小。故出现每增加 4.9V，电流会减小的情况。综上分析，选 B。

第二部分（非选择题 共 72 分）

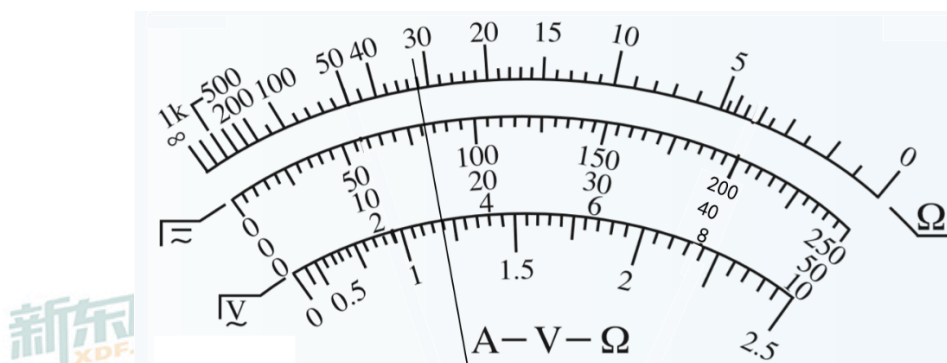
## 21. (18 分)

(1) 用多用电表测量一电阻的阻值。

① 下列操作符合多用电表使用规范的是\_\_\_\_\_。

- A. 测量前无需进行机械调零
- B. 先将被测电阻与工作电路断开，再进行测量
- C. 更换不同倍率的欧姆挡测量，无需再进行欧姆调零
- D. 测量结束后，应将选择开关置于“OFF”挡

② 当选择开关置于倍率为“ $\times 100$ ”的欧姆挡时，表盘指针位置如图所示，则被测电阻的阻值为\_\_\_\_\_  $\Omega$ 。



(2) 如图 1 所示，用“碰撞实验器”可以验证动量守恒定律，即研究两个小球在轨道水平部分碰撞前后的动量关系。 $O$  是小球抛出时球心在地面上的垂直投影点，实验时，先让入射小球  $m_1$  多次从斜轨上  $S$  位置由静止释放，找到其落地点的平均位置  $P$ ，测量平抛水平射程  $OP$ 。然后把被碰小球  $m_2$  静置于水平轨道的末端，再将入射小球  $m_1$  从斜轨上  $S$  位置由静止释放，与小球  $m_2$  相撞，多次重复实验，找到两小球落地的平均位置  $M$ 、 $N$ 。

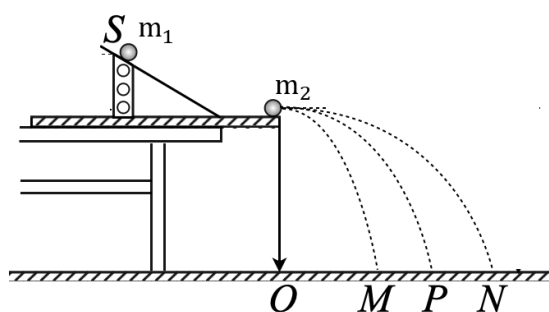


图1

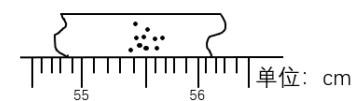


图2

① 图 2 是小球  $m_2$  的多次落点痕迹，由此可确定其落点的平均位置对应的读数为 \_\_\_\_\_ cm。

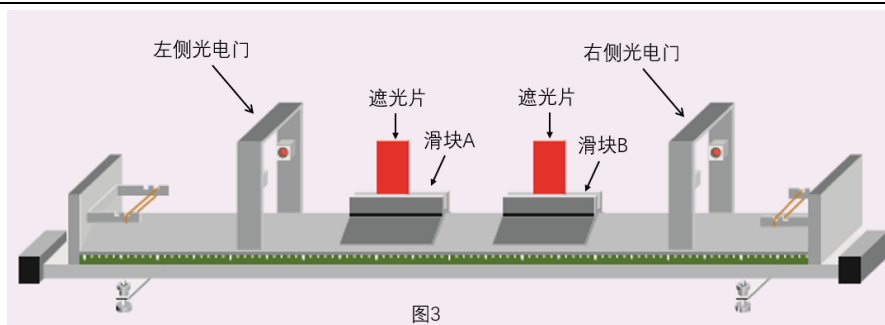
② 下列器材选取或实验操作符合实验要求的是 \_\_\_\_\_。

- A. 可选用半径不同的两小球
- B. 选用两球的质量应满足  $m_1 > m_2$
- C. 小球  $m_1$  每次必须从斜轨同一位置释放
- D. 需用秒表测定小球在空中飞行的时间

③ 在某次实验中，测量出两小球的质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$ ，三个落点的平均位置与  $O$  点的距离分别为  $OM$ 、 $OP$ 、 $ON$ 。在实验误差允许范围内，若满足关系式 \_\_\_\_\_，即验证了碰撞前后两小球组成的系统动量守恒。（用测量的物理量表示）

④ 验证动量守恒的实验也可以在如图 3 所示的水平气垫导轨上完成，实验时让两滑块分别从导轨的左右两侧向中间运动，滑块运动过程所受的阻力可忽略，它们穿过光电门后发生碰撞并粘连在一起。实验测得滑块 A 的总质量  $m_1$ 、滑块 B 的总质量为  $m_2$ ，两滑块遮光片的宽度相同，光电门记录的遮光片挡光时间如下表所示。





	左侧光电门	右侧光电门
碰前	$T_1$	$T_2$
碰后	$T_3$ 、 $T_3$	无

a. 在实验误差允许范围内，若满足关系式\_\_\_\_\_，即验证了碰撞前后两滑块组成的系统动量守恒。（用测量的物理量表示）

b. 关于该实验，也可以根据牛顿运动定律及加速度的定义，从理论上推导得出碰撞前后两滑块的动量变化量大小相等、方向相反。请写出推导过程（推导过程中对所用到的物理量做必要的说明）。

### 【答案】

(1) ①BD ②3200

(2) ①55.50 (55.40~55.60) ②BC

③ $m_1OP = m_1OM + m_2ON$

④a.  $\frac{m_1}{T_1} - \frac{m_2}{T_2} = -\frac{m_1+m_2}{T_3}$

b. 根据牛顿第三定律有  $F_1 = -F_2$

根据牛顿第二定律有  $m_1a_1 = -m_2a_2$

根据加速度定义  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

有  $m_1 \frac{\Delta v_1}{\Delta t} = -m_2 \frac{\Delta v_2}{\Delta t}$

有  $m_1 \Delta v_1 = -m_2 \Delta v_2$

### 【解析】

(1)

①测量前必须进行机械调零；欧姆表内部含电源，测量电阻时与工作电路断开；每次更换欧姆档倍率后需要进行欧姆调零；为保护电表，测量完成需要将选择开关置于“OFF”档。因而选 BD

②欧姆表读数： $32 \times 100 = 3200$

(2)

①毫米刻度尺读数：55.50

②为了对心对碰，两球半径需要相同；为防止 $m_1$ 被反弹，需要满足 $m_1 > m_2$ ；需要保证碰前 $m_1$ 速度相同，每次释放位置需要固定；本实验中竖直高度相同，不需要秒表测量时间

③设 $m_1$ 碰前速度为 $v_0$ ， $m_1$ 碰后速度为 $v_1$ ， $m_2$ 碰前速度为 $v_2$ ，则需要验证表达式为 $m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$  (1)

两球各自飞离轨道后做平抛运动，根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，高度相同，因而平抛时间相同，设为时间 $t$ ，

(1) 式同乘 $t$ ，根据 $x = vt$ ，可得 $m_1 OP = m_1 OM + m_2 ON$

④设遮光片长度为 $d$ ，遮光时间为 $t$ ，则滑块经过光电门时速度为 $v = \frac{d}{t}$ ，滑块 A 碰前速度为 $v_1 = \frac{d}{T_1}$ ，滑块 B 碰前速度为 $v_2 = \frac{d}{T_2}$ ，碰后滑块 AB 整体速度为 $v_3 = \frac{d}{T_3}$ ，代入 $m_1 v_1 - m_2 v_2 = - (m_1 + m_2) v_3$ 可得： $\frac{m_1}{T_1} - \frac{m_2}{T_2} = - \frac{m_1 + m_2}{T_3}$

⑤根据牛顿第三定律有  $F_1 = -F_2$

根据牛顿第二定律有  $m_1 a_1 = -m_2 a_2$

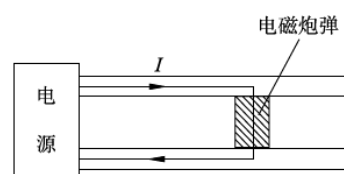
根据加速度定义  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

有  $m_1 \frac{\Delta v_1}{\Delta t} = -m_2 \frac{\Delta v_2}{\Delta t}$

有  $m_1 \Delta v_1 = -m_2 \Delta v_2$

## 22. (16 分)

电磁轨道炮的加速原理如图所示。金属炮弹静止置于两固定的平行导电导轨之间，并与轨道良好接触。开始时炮弹在导轨的一端，通过电流后炮弹会被安培力加速，最后从导轨另一端的出口高速射出。设两导轨之间的距离  $L = 0.10\text{m}$ ，导轨长  $s = 5.0\text{m}$ ，炮弹质量  $m = 0.030\text{kg}$ 。导轨上电流  $I$  的方向如图中箭头所示。可以认为，炮弹在轨道内匀加速运动，它所在处磁场的磁感应强度始终为  $B = 2.0\text{T}$ ，方向垂直于纸面向里。若炮弹出口速度为  $v = 2.0 \times 10^3\text{m/s}$ ，忽略摩擦力与重力的影响。求：



- (1) 炮弹在两导轨间的加速度大小  $a$ ；
- (2) 炮弹作为导体受到磁场施加的安培力大小  $F$ ；
- (3) 通过导轨的电流  $I$ 。

【答案】(1)  $a = 4.0 \times 10^5\text{m/s}^2$  (2)  $F = 1.2 \times 10^4\text{N}$  (3)  $I = 6.0 \times 10^4\text{A}$

【解析】

(1) 炮弹在两导轨间做匀加速直线运动，由公式得

$$v^2 = 2as$$

$$\text{解得 } a = 4.0 \times 10^5\text{ m/s}^2$$

(2) 不计阻力和重力，则只受安培力，根据牛二

$$F = ma$$

$$\text{解得 } F = 1.2 \times 10^4\text{ N}$$

(3) 炮弹作为导体受到磁场施加的安培力为  $F = BIL$

$$\text{解得 } I = 6.0 \times 10^4\text{ A}$$

## 23. (18 分)

动能定理和动量定理不仅适用于质点在恒力作用下的运动，也适用于质点在变力作用下的运动，这时两个定理表达式中的力均指平均力，但两个定理中的平均力的含义

不同，在动量定理中的平均力  $F_1$  是指合力对时间的平均值，动能定理中的平均力  $F_2$  是指合力对位移的平均值。

(1) 质量为  $1.0\text{kg}$  的物块，受变力作用由静止开始沿直线运动，在  $2.0\text{s}$  的时间内运动了  $2.5\text{m}$  的位移，速度达到了  $2.0\text{m/s}$ 。分别应用动量定理和动能定理求出平均力  $F_1$  和  $F_2$  的值。

(2) 如图 1 所示，质量为  $m$  的物块，在外力作用下沿直线运动，速度由  $v_0$  变化到  $v$ ，经历的时间为  $t$ ，发生的位移为  $x$ 。分析说明物体的平均速度  $\bar{v}$  与  $v_0$ 、 $v$  满足什么条件时， $F_1$  和  $F_2$  是相等的。



图 1

(3) 质量为  $m$  的物块，在如图 2 所示的合力作用下，以某一初速度沿  $x$  轴运动，当由位置  $x = 0$  运动至  $x = A$  处时，速度恰好为 0，此过程中经历的时间为  $t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$ 。求在此过程中物块所受合力对时间  $t$  的平均值。

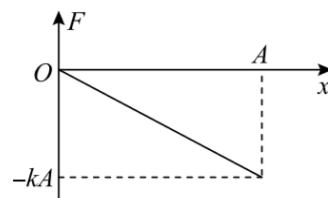


图 2

【答案】(1)  $1.0\text{N}$        $0.8\text{N}$       (2)  $\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2}$       (3)  $F = \frac{2kA}{\pi}$

【解析】

(1) 对物块应用动量定理，有  $F_1 \cdot t = mv_t$

$$\text{解得 } F_1 = \frac{mv_t}{t} = 1.0\text{N}$$

对物块应用动能定理，有  $F_2 \cdot x = \frac{1}{2}mv_t^2$

$$\text{解得 } F_2 = \frac{mv_t^2}{2x} = 0.8\text{N}$$

(2) 应用动量定理有  $F_1 t = mv - mv_0$

$$\text{解得 } F_1 = \frac{m(v - v_0)}{t}$$

应用动能定理有  $F_2 x = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

$$\text{解得 } F_2 = \frac{m(v^2 - v_0^2)}{2x}$$

当  $F_1=F_2$  时, 可得:  $\bar{v} = \frac{x}{t} = \frac{v_0 + v}{2}$

(3) 由图 2 可求得物块由  $x=0$  运动至  $x=A$  过程中, 外力所做的功为

$$W = -\frac{1}{2}kA \cdot A = -\frac{1}{2}kA^2$$

设物块的初速度为  $v'_0$ , 由动能定理得

$$W = 0 - \frac{1}{2}mv_0'^2 \quad \text{解得: } v'_0 = A\sqrt{\frac{k}{m}}$$

设在  $t$  时间内物块所受平均力的大小为  $F$ , 由动量定理得

$$-Ft = 0 - mv'_0$$

$$\text{由题已知条件 } t = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\text{解得 } F = \frac{2kA}{\pi}$$

24. (24 分)

利用电场可以控制电子的运动, 这一技术在现代设备中有广泛的应用。已知电子的质量为  $m$ , 电荷量为  $-e$ , 不计重力及电子之间的相互作用力, 不考虑相对论效应。

(1) 在宽度一定的空间中存在竖直向上的匀强电场, 一束电子以相同的初速度  $v_0$  沿水平方向射入电场, 如图 1 所示, 图中虚线为某一电子的轨迹, 射入点 A 处电势为  $\varphi_A$ , 射出点 B 处电势为  $\varphi_B$ 。

①求该电子在由 A 运动到 B 的过程中, 电场力做的功  $W_{AB}$ ;

②请判断该电子束穿过图 1 所示电场后, 运动方向是否依然彼此平行? 若平行, 请求出速度方向偏转角  $\theta$  的余弦值  $\cos\theta$  (速度方向偏转角是末速度方向与初速度方向之间的夹角); 若不平行, 请说明是会聚还是发散。

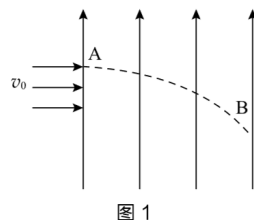
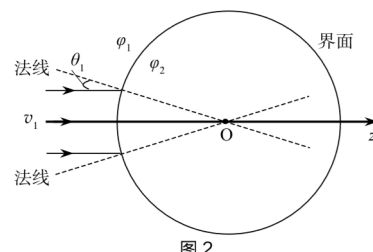


图 1



(2) 某设备除了加速电子外, 同时还会使电子束会聚或发散, 其原理可简化为图 2 所示。一球形界面外部空间中各处电势均为  $\varphi_1$ , 内部各处电势均为  $\varphi_2$  ( $\varphi_2 > \varphi_1$ ), 球心位于  $Z$  轴上  $O$  点。一束关于  $Z$  轴对称的电子以相同的速度  $v_1$



平行于  $z$  轴射入该界面, 由于电子在界面处只受到法线方向的作用力, 其运动方向将发生改变, 改变前后能量守恒。

①请定性画出这束电子射入球形界面后运动方向的示意图 (画出电子束边缘处两条即可);

②某电子入射方向与法线的夹角为  $\theta_1$ , 求它射入球形界面后的运动方向与法线的夹角  $\theta_2$  的正弦值  $\sin\theta_2$ 。

### 【答案】

(1) ①  $W_{AB} = (\varphi_B - \varphi_A)e$ ;

② 平行;  $\cos\theta = \frac{v_0}{v} = \frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + \frac{2e(\varphi_B - \varphi_A)}{m}}}$

(2) ① 见答图 1

②  $\sin\theta_2 = \frac{v_1 x}{v_2} = \frac{v_1 \sin\theta_1}{\sqrt{v_1^2 + \frac{2e(\varphi_2 - \varphi_1)}{m}}}$

### 【解析】

(1) ①  $W_{AB} = U_{AB} \cdot q = (\varphi_A - \varphi_B) \cdot (-e) = (\varphi_B - \varphi_A)e$

② 设匀强电场强度为  $E$ , 则  $a = \frac{Ee}{m}$

竖直位移:  $y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \frac{Ee}{m} \left(\frac{x}{v}\right)^2$  ( $x$  是水平位移)

可见不同电子有相同轨迹, 所以运动方向平行

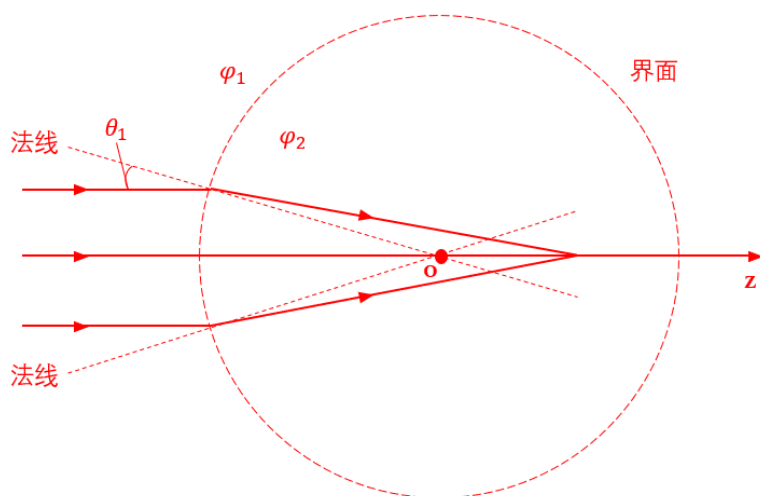
$$W_{AB} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得:  $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2e(\varphi_B - \varphi_A)}{m}}$

$$\cos\theta = \frac{v_0}{v} = \frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + \frac{2e(\varphi_B - \varphi_A)}{m}}}$$

(2)

①见答图 1



答图1

②将入射  $v_1$  分解为沿法线方向  $v_{1y}$  和垂直法线方向  $v_{1x}$ 

$$v_{1x} = v_1 \sin \theta_1 \quad v_{1y} = v_1 \cos \theta_1$$

经过界面时电场力做功

$$W = (\varphi_2 - \varphi_1) \cdot e = (\varphi_B - \varphi_A) e$$

由动能定理:

$$W = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 \quad (v_2 \text{ 是界面内的速度})$$

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2e(\varphi_2 - \varphi_1)}{m}}$$

电场力沿法线方向,  $v_{1x}$  不变,  $v_{1y}$  变大

$$\sin \theta_2 = \frac{v_{1x}}{v_2} = \frac{v_1 \sin \theta_1}{\sqrt{v_1^2 + \frac{2e(\varphi_2 - \varphi_1)}{m}}}$$