

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. α 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. 正电荷均匀分布在整個原子内

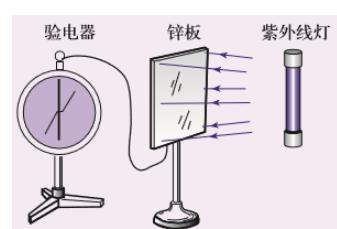
【答案】A

【解析】

卢瑟福通过 α 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 $h\nu = W_{逸} + E_k$ ，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

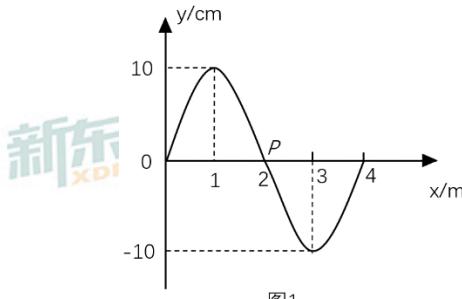


图1

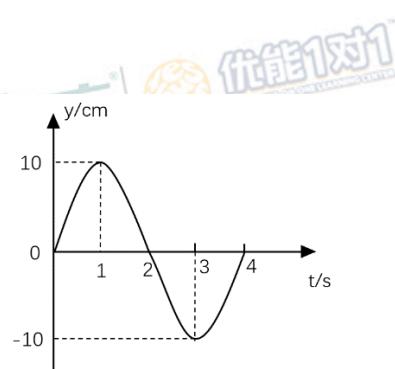


图2

- A. 该波的波速为 2m/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；

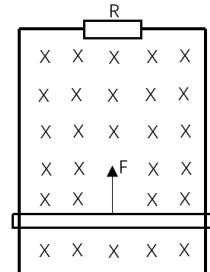
B 选项：P 点处质点在 $t = 0\text{s}$ 时向上运动，根据上下坡法知，波沿 x 轴正方向传播，

故 B 错误；

C 选项： $t = 1s$ 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 $0 \sim 2s$ 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 θ ($0^\circ \leq \theta < 90^\circ$), 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 θ
- 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

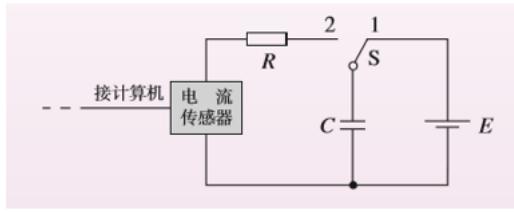


图1

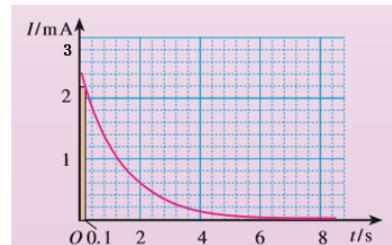


图2

- 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

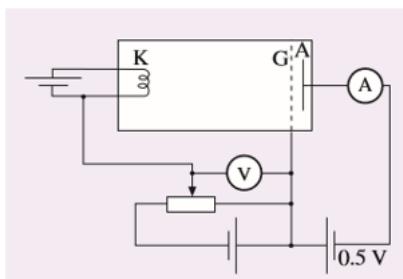


图1

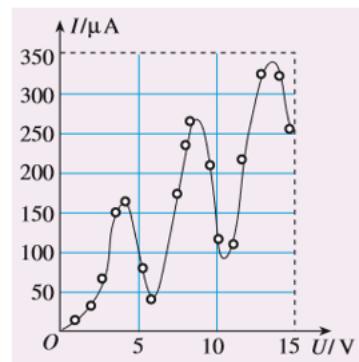


图2

- 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。

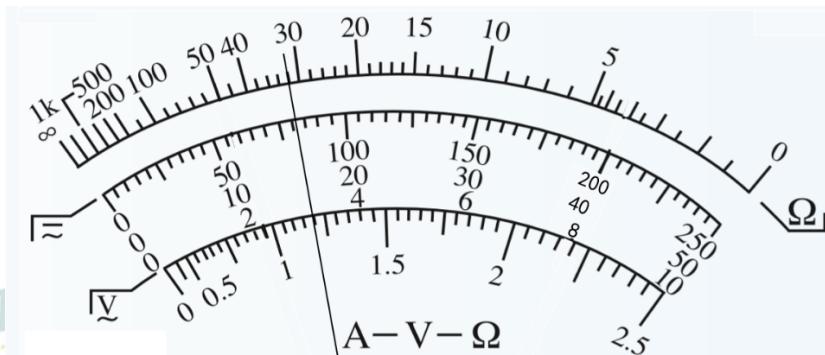
① 下列操作符合多用电表使用规范的是_____。

- 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_____ Ω 。



(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 。

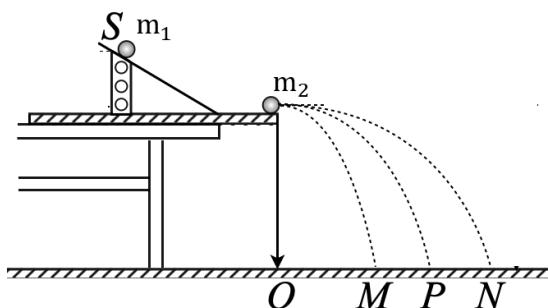


图1

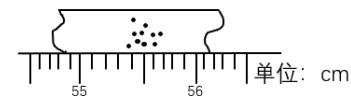
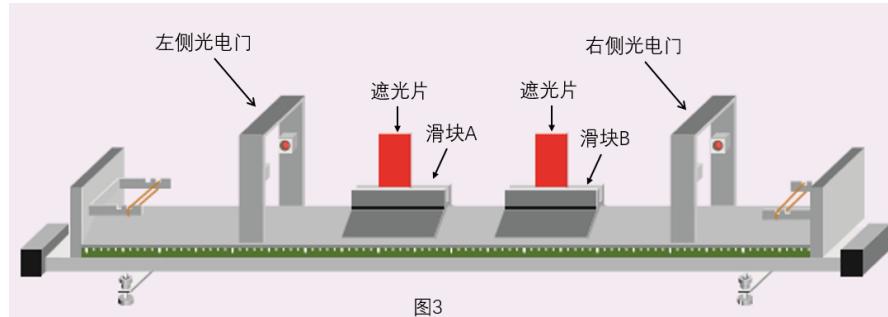


图2

- 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_____。
- 可选用半径不同的两小球
 - 选用两球的质量应满足 $m_1 > m_2$
 - 小球 m_1 每次必须从斜轨同一位置释放
 - 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_4	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 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

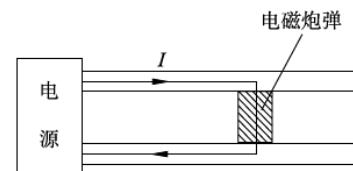
有 $m_1 \frac{\Delta v_1}{\Delta t} = -m_2 \frac{\Delta v_2}{\Delta t}$

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 1.0kg 的物块，受变力作用由静止开始沿直线运动，在 2.0s 的时间内运动了 2.5m 的位移，速度达到了 2.0m/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。

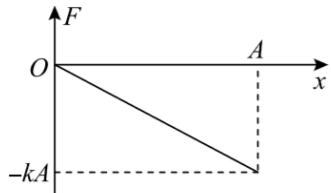


图 2

【答案】(1) 1.0N

0.8N

(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 $F_1 \cdot t = mv_t$

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

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

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

(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 φ_A , 射出点 B 处电势为 φ_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 θ 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。

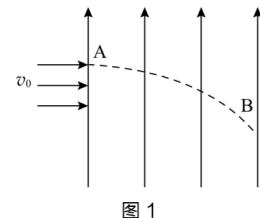


图 1

(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 φ_1 , 内部各处电势均为 φ_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。

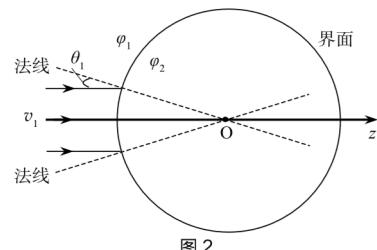


图 2

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 θ_1 , 求它射入球形界面后的运动方向与法线的夹角 θ_2 的正弦值 $\sin\theta_2$ 。

【答案】

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

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

$$(2) ① \text{见答图 1}$$

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

【解析】

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

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

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

可见不同电子有相同轨迹, 所以运动方向平行

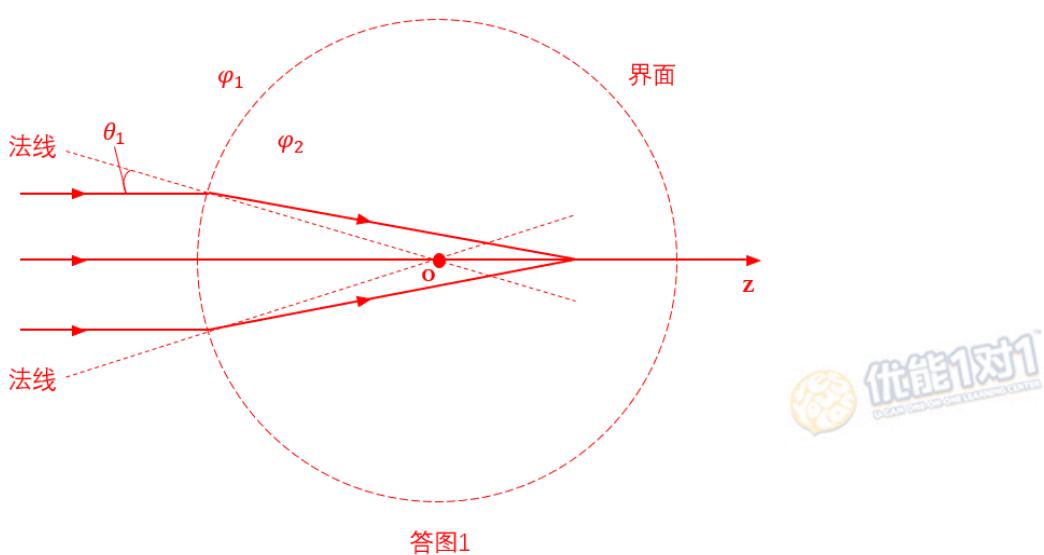
$$W_{AB} = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2$$

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

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

(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

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