

物 理

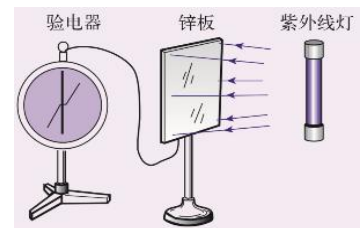
2019 年 5 月

第一部分 (选择题 共 48 分)

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

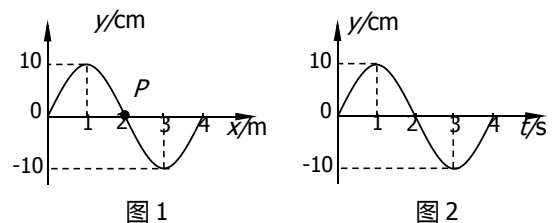
14. α 粒子散射实验说明了
- A. 原子具有核式结构
 - B. 原子内存在着带负电的电子
 - C. 原子核由质子和中子组成
 - D. 正电荷均匀分布在原子内

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, 验电器的指针一定会偏转
- D. 若改用同等强度频率更高的紫外线照射锌板, 验电器的指针也会偏转

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



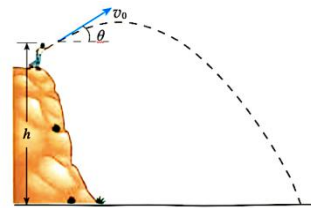
- A. 该波的波速为 2m/s
- B. 该波沿 x 轴负方向传播
- C. $t=1.0\text{s}$ 时, 质点 P 的速度最小, 加速度最大
- D. 在 $t=0$ 到 $t=2.0\text{s}$ 的时间内, 质点 P 的速度和加速度方向均未发生改变

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



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的过程中的“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

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。定值电阻 R 已知，且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

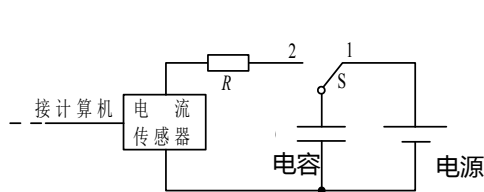


图 1

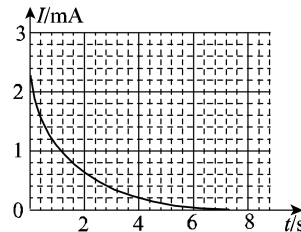


图 2

- 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

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

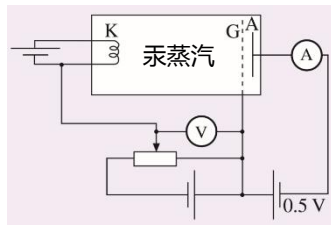


图 1

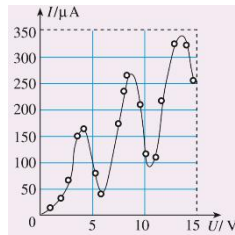


图 2

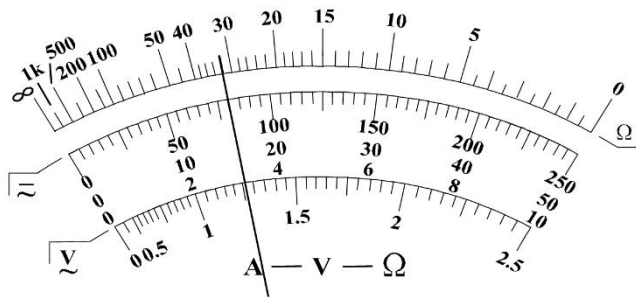
- A. 汞原子的能量是连续变化的
- B. 存在同一个电子使多个汞原子发生跃迁的可能
- C. 相对于 G 极，在 K 极附近时电子更容易使汞原子跃迁
- D. 电流上升，是因为单位时间内使汞原子发生跃迁的电子个数减少

第二部分（非选择题 共 72 分）

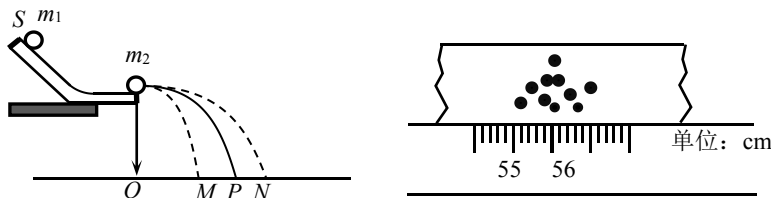
21. （18 分）

(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“×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 。



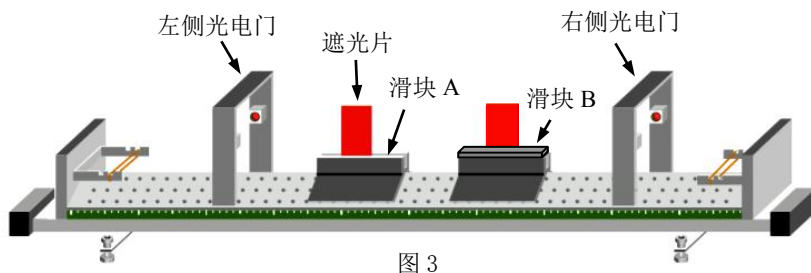
① 图 2 是小球 m_2 的多次落点痕迹，由此可确定其落点的平均位置对应的读数为_____cm。

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 的总质量为 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。



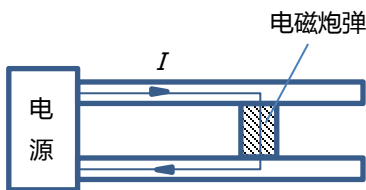
	左侧光电门	右侧光电门
碰前	T_1	T_2
碰后	T_3 、 T_3	无

- 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. 关于实验，也可以根据牛顿运动定律及加速的定义，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（推导过程中对我用的物理量做必要的说明）。

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 。



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 是合力指对位移的平均值。

- (1) 质量为 1.0 kg 的物块，受变力作用下由静止开始沿直线运动，在 2.0 s 的时间内运动了 2.5 m 的位移，速度达到了 2.0 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 时，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。

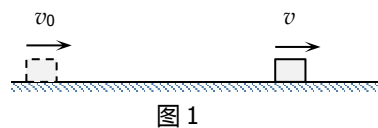


图1

- (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

$$t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$$

求此过程中物块所受合力对时间 t 的平均值。

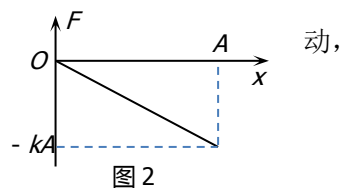


图2

24. (20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 。

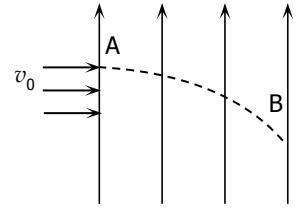


图 1

- 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，运动方向是否仍然彼此平行？若平行，请求出速度方向偏转角 θ 的余弦值 $\cos \theta$ （速度方向偏转角是指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。
- (2) 某电子枪除了加速电子外，同时还有使电子束会聚或发散作用，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 ($\phi_2 > \phi_1$)，球心位于 z 轴上 O 点。一束靠近 z 轴且关于 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。

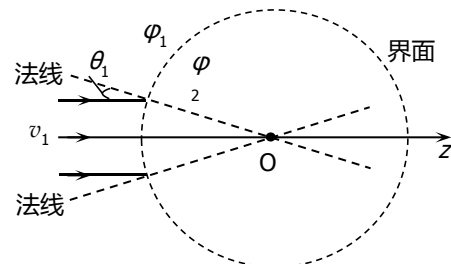


图 2

- 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 $\sin \theta_2$ 。

(3) 炮弹作为导体受到磁场施加的安培力为 $F=ILB$

解得 $I=6.0 \times 10^4 \text{ A}$ (6分)

23. (18分)

(1) 物块在加速运动过程中，应用动量定理有

$$F_1 \cdot t = mv_t$$

$$\text{解得 } F_1 = \frac{mv_t}{t} = \frac{1.0 \times 2.0}{2.0} \text{ N} = 1.0 \text{ N}$$

物块在加速运动过程中，应用动能定理有 $F_2 \cdot x = \frac{1}{2}mv_t^2$

$$\text{解得 } F_2 = \frac{mv_t^2}{2x} = \frac{1.0 \times 2.0^2}{2 \times 2.5} \text{ N} = 0.8 \text{ N} \quad (6分)$$

(2) 物块在运动过程中，应用动量定理有 $F_1 t = mv - mv_0$

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

物块在运动过程中，应用动量定理有 $F_2 x = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

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

$$\text{当 } F_1 = F_2 \text{ 时，由上两式得： } \bar{v} = \frac{x}{t} = \frac{v_0 + v}{2} \quad (6分)$$

(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

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

设在 t 时间内物块所受平均力的大小为 F ，由动量定理得

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

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

解得 $F = \frac{2kA}{\pi}$ (6分)

24. (20分)

(1) ①A、B 两点的电势差 $U_{AB} = \phi_A - \phi_B$

在电子由 A 运动到 B 的过程中电场力做的功 $W_{AB} = -eU_{AB} = e(\phi_B - \phi_A)$ (4分)

②平行。

设电子在 B 点处的速度大小为 v ，根据动能定理

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

由于 $v \cos \theta = v_0$ (2分)

可得 $\cos \theta = \frac{v_0}{v} = \frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + \frac{2e(\phi_B - \phi_A)}{m}}}$ (6分)

(2) ①见答图 1。 (2分)

②设电子穿过界面后的速度为 v_2 ，由于电子只受法线方向的作用力，其沿界面方向速度不变。则

$$v_1 \sin \theta_1 = v_2 \sin \theta_2$$

电子穿过界面的过程中，能量守恒，则 $\frac{1}{2}mv_1^2 - e\phi_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - e\phi_2$

可解得 $v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2e(\phi_2 - \phi_1)}{m}}$

则 $\sin \theta_2 = \frac{v_1 \sin \theta_1}{\sqrt{v_1^2 + \frac{2e(\phi_2 - \phi_1)}{m}}}$ (8分)