

本试卷共8页，100分。考试时长90分钟。考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 关于天然放射现象，下列说法正确的是

- A. 天然放射现象表明原子核内部是有结构的
- B. β 射线是原子核外电子形成的电子流
- C. 升高温度可以减小放射性元素的半衰期
- D. β 射线比 α 射线的穿透能力弱

2. 如图所示，光束 a 射入玻璃三棱镜，出射光为 b 、 c 两束单色光。比较 b 、 c 两束光，下列说法正确的是

- A. 玻璃对光束 b 的折射率较大
- B. 光束 b 的频率更高
- C. 光束 b 在玻璃中的传播速度较大
- D. 经同一双缝干涉装置后光束 b 的干涉条纹间距较小



3. “拔火罐”是我国传统医学的一种治疗手段。操作时，医生用点燃的酒精棉球加热一个小罐内的空气，随后迅速把小罐倒扣在需要治疗的部位，冷却后小罐便紧贴在皮肤上，如图所示。小罐倒扣在身体上后，在罐中气体逐渐冷却的过程中，罐中气体质量和体积均可视为不变。若罐中气体可视为理想气体，下列说法正确的是

- A. 罐中气体的压强不变
- B. 罐中气体的内能不变
- C. 罐中气体分子的平均动能不变
- D. 罐中单位体积内气体分子数不变



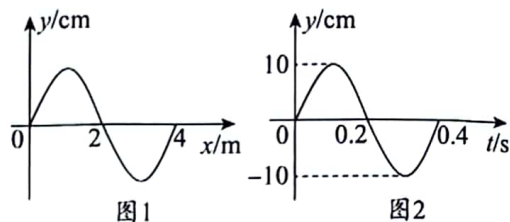
4. 如图所示，某人站上向右上的智能电动扶梯，他随扶梯先加速，再匀速运动。在此过程中，人与扶梯保持相对静止，下列说法正确的是

- A. 扶梯加速运动阶段，人处于超重状态
- B. 扶梯加速运动阶段，人受到的摩擦力水平向左
- C. 扶梯匀速运动阶段，人受到重力、支持力和摩擦力
- D. 扶梯匀速运动阶段，人受到的支持力大于重力



5. 一列沿 x 轴传播的简谐横波，某时刻波形如图 1 所示，以该时刻为计时零点， $x = 2\text{m}$ 处质点的振动图像如图 2 所示。根据图中信息，下列说法正确的是

- A. 波的传播速度 $v = 0.1\text{m/s}$
 B. 波沿 x 轴负方向传播
 C. $t = 0$ 时， $x = 3\text{m}$ 处的质点加速度为 0
 D. $t = 0.2\text{s}$ 时， $x = 3\text{m}$ 处的质点位于 $y = 10\text{cm}$ 处



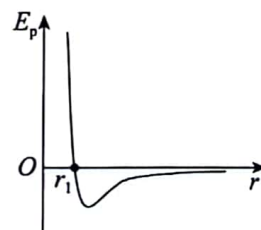
6. 在空间站中，宇航员长期处于失重状态，为缓解这种状态带来的不适，科学家设想建造一种环形空间站，如图所示。圆环形旋转舱绕中心匀速旋转，宇航员站在旋转舱内的侧壁上，可以受到与他站在地球表面时相同大小的支持力，宇航员可视为质点。下列说法正确的是

- A. 宇航员可以站在旋转舱内靠近旋转中心的侧壁上
 B. 以地心为参考系，宇航员处于平衡状态
 C. 旋转舱的半径越大，转动的角速度应越小
 D. 宇航员的质量越大，转动的角速度应越小



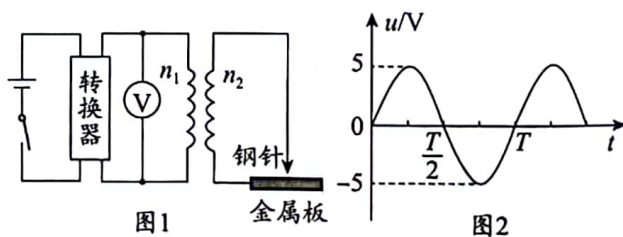
7. 两个分子相距无穷远，规定它们的分子势能为 0。让分子甲不动，分子乙从无穷远处逐渐靠近分子甲。它们的分子势能 E_p 随分子间距离 r 变化的情况如图所示。分子乙从无穷远到 r_1 的过程中，仅考虑甲、乙两个分子间的作用，下列说法正确的是

- A. 分子力始终表现为引力
 B. 分子力先变大后一直减小
 C. 分子力对乙先做正功后做负功
 D. 分子乙的动能先变小后变大

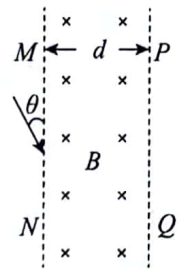


8. 图 1 是某燃气灶点火装置的原理图。转换器将直流电压转换为图 2 所示的正弦交流电压，并加在一理想变压器的原线圈上，变压器原、副线圈的匝数分别为 n_1 、 n_2 。当变压器副线圈电压的瞬时值大于 5000V 时，就会在钢针和金属板间引发电火花进而点燃气体。取 $\sqrt{2} = 1.4$ ，下列说法正确的是

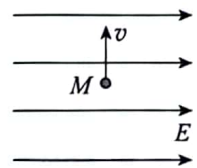
- A. 开关闭合后电压表的示数为 5V
 B. $\frac{n_1}{n_2} < \frac{1}{1000}$ 才能实现点火
 C. $\frac{n_1}{n_2} < \frac{1}{1400}$ 才能实现点火
 D. 将钢针替换为钢球，更容易引发电火花



9. 如图所示，真空区域内有宽度为 d 、磁感应强度为 B 的匀强磁场，方向垂直纸面向里， MN 、 PQ 是磁场的边界。质量为 m 、电荷量为 q 的带正电的粒子（不计重力），沿着与 MN 夹角 θ 为 30° 的方向以某一速度射入磁场中，粒子恰好未能从 PQ 边界射出磁场。下列说法不正确的是

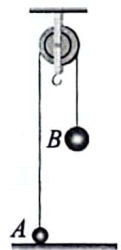


- A. 可求出粒子在磁场中运动的半径
 B. 可求出粒子在磁场中运动的加速度大小
 C. 若仅减小射入速度，则粒子在磁场中运动的时间一定变短
 D. 若仅增大磁感应强度，则粒子在磁场中运动的时间一定变短
10. 如图所示，在范围足够大的水平向右的匀强电场中，将一个带电小球以一定的初速度 v 从 M 点竖直向上抛出，在小球从 M 点运动至与抛出点等高的位置 N 点（图中未画出）的过程中，不计空气阻力，下列说法正确的是

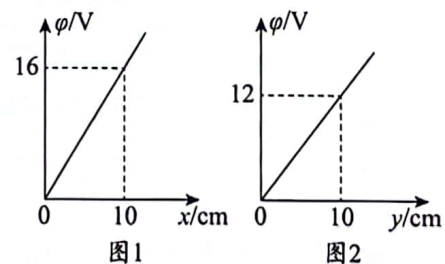


- A. 小球运动到最高点时的速度为零
 B. 小球在 M 点和 N 点的动能相等
 C. 小球上升过程和下降过程水平方向位移相同
 D. 小球上升过程和下降过程动量的变化量相同

11. 如图所示，一条不可伸长的轻绳跨过定滑轮，绳的两端各系一个小球 A 和 B ， B 球的质量是 A 球的 3 倍。用手托住 B 球，使轻绳拉紧， A 球静止于地面。不计空气阻力、定滑轮的质量及轮与轴间的摩擦，重力加速度为 g 。由静止释放 B 球，到 B 球落地前的过程中，下列说法正确的是

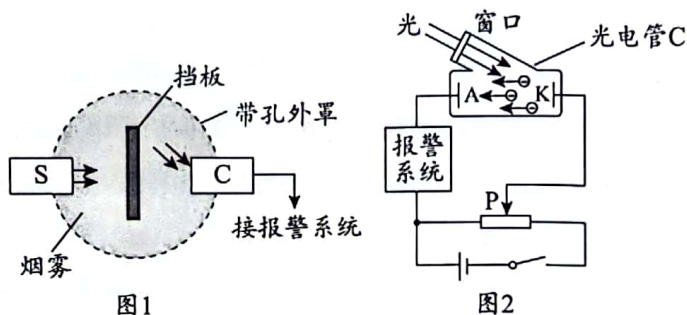


- A. A 球的加速度大小为 $2g$
 B. 拉力对 A 球做的功等于 A 球机械能的增加量
 C. 重力对 B 球做的功等于 B 球动能的增加量
 D. B 球机械能的减少量大于 A 球机械能的增加量
12. 空间内有一与纸面平行的匀强电场，为研究该电场，在纸面内建立直角坐标系。规定坐标原点的电势为 0，测得 x 轴和 y 轴上各点的电势如图 1、2 所示。下列说法正确的是

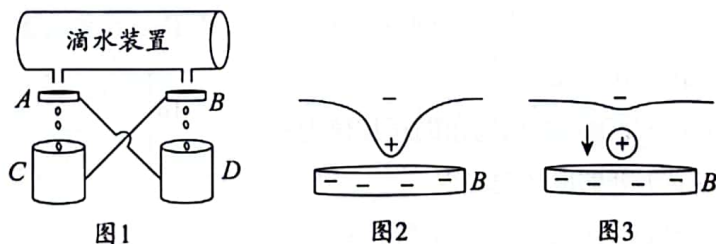


- A. 电场强度的大小为 160V/m
 B. 电场强度的方向与 x 轴负方向夹角的正切值为 $\frac{4}{3}$
 C. 点 $(10\text{cm}, 10\text{cm})$ 处的电势为 20V
 D. 纸面内距离坐标原点 10cm 的各点电势最高为 20V

13. 同学们设计的一种光电烟雾报警器的结构和原理如图 1 和图 2 所示。光源 S 向外发射某一特定频率的光，发生火情时有烟雾进入报警器内，由于烟雾对光的散射作用，会使部分光改变方向进入光电管 C 从而发生光电效应，于是有电流输入报警系统，电流大于 I_0 就会触发报警系统报警。某次实验中，当滑动变阻器的滑片 P 处于图 2 所示位置、烟雾浓度增大到 n 时恰好报警。假设烟雾浓度越大，单位时间内光电管接收到的光子个数越多。已知元电荷为 e ，下列说法正确的是



- A. 仅将图 2 中电源的正负极反接，在烟雾浓度为 n 时也可能触发报警
 B. 为使烟雾浓度达到 $1.2n$ 时才触发报警，可以仅将滑片 P 向左移动到合适的位置
 C. 单位时间内进入光电管的光子个数为 $\frac{I_0}{e}$ 时，一定会触发报警
 D. 报警器恰好报警时，将图 2 中的滑片 P 向右移动后，警报有可能会被解除
14. 某种滴水起电机装置如图 1 所示，滴水装置左右相同的两管口形成的水滴分别穿过距管口较近的铝环 A、B 后滴进铝筒 C、D，铝环 A 用导线与铝筒 D 相连，铝环 B 用导线与铝筒 C 相连，导线之间彼此绝缘，整个装置与外界绝缘。由于某种偶然的原因，C 筒带上微量的负电荷，则与之相连的 B 环也带有负电荷，由于静电感应，B 环上方即将滴落的水滴下端会带正电荷，上端带负电荷，如图 2 所示。水滴在落下瞬间，正负电荷分离，如图 3 所示，带正电荷的水滴落下穿过 B 环滴入 D 筒，C、D 两筒之间产生电势差。为了研究问题方便，假设滴水装置中水足够多，每滴水的质量相同，忽略筒内液面高度的变化，下列说法正确的是



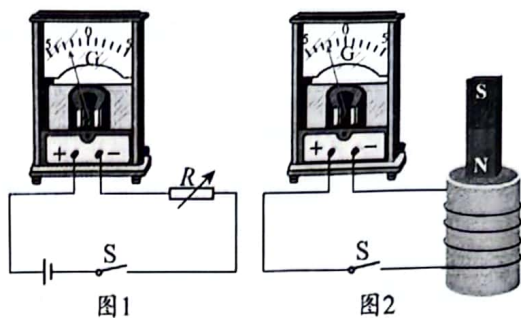
- A. 滴水装置中会产生从左向右的电流
 B. 水滴下落到筒内的时间越来越短
 C. C、D 两筒之间的电势差会一直增大
 D. 在起电的过程中，水的重力势能完全转化为电能

第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15. (8 分)

- (1) 在“探究影响感应电流方向的因素”实验中，所用灵敏电流表的 0 刻度位于表盘的正中央。如图 1 所示电路，闭合开关 S 时，电流表的指针向左偏转。如图 2 中，当磁铁相对螺线管运动时，电流表的指针向左偏转。可以判断：感应电流在螺线管内部产生的磁场方向_____。(选填“向上”或“向下”)



- (2) 某同学用图 3 所示装置验证机械能守恒定律。

- ① 安装好实验装置，正确进行实验操作，从打出的纸带中选出符合要求的纸带，如图 4 所示。O 点为打点起始点，打下该点时重锤速度为零。选取纸带上打出的连续点 A、B、C 作为计数点，测出三点距起始点 O 的距离分别为 h_1 、 h_2 、 h_3 。已知重锤质量为 m ，当地重力加速度为 g ，打点计时器打点周期为 T 。从打下 O 点到打下 B 点的过程中，重锤的重力势能减少量 $\Delta E_p =$ _____，动能增加量 $\Delta E_k =$ _____。(用题中所给字母表示)

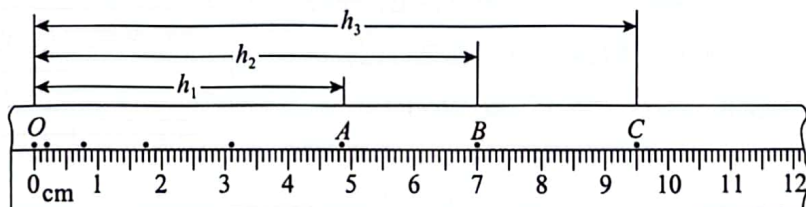
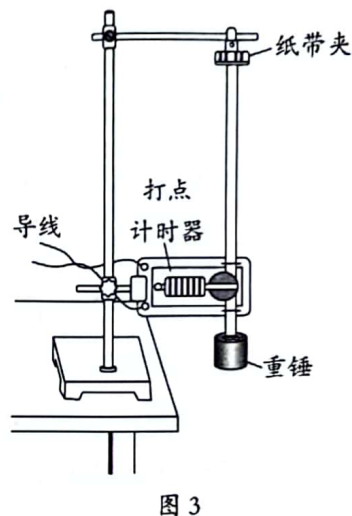


图 4

- ② 图 4 中，起始点 O 和刻度尺的 0 刻线对齐，OC 间的距离为 _____ cm。由 A、B、C 三个计数点求得重锤下落的加速度 a ，_____ (选填“可以”或“不可以”) 用该值作为重力加速度计算①中重锤重力势能的减少量。

16. (10 分)

某实验小组用电阻箱和电压表按图 1 所示电路测定一个水果电池的电动势和内阻。闭合开关 S 后调节电阻箱，记录电阻箱阻值 R 和电压表示数 U ，并计算对应的电流值 I 。

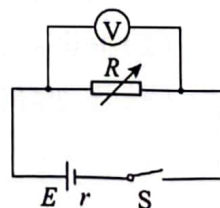


图 1

- (1) 在图 2 所示的坐标纸上已经描好了 6 组数据点，请作出 $U-I$ 图像。
- (2) 根据作出的 $U-I$ 图像得出该电池电动势 $E = \underline{\hspace{2cm}}$ V，内阻 $r = \underline{\hspace{2cm}}$ Ω 。(结果保留两位有效数字)
- (3) 若只考虑电压表内阻的影响，图 1 中，通过电源的电流为 I_1 ，通过电阻箱的电流为 I_2 ，图 3 中实线表示 U 与 I_1 的关系，虚线表示 U 与 I_2 的关系，则图 3 中所示图像可能正确的是 。

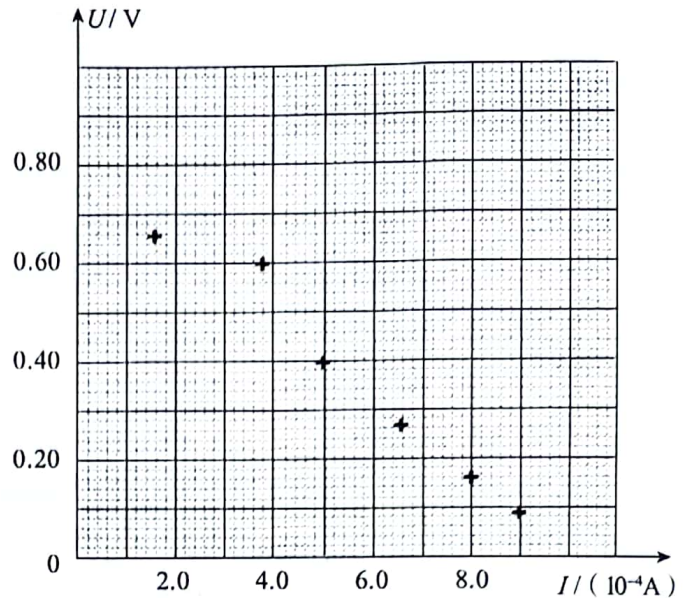


图 2

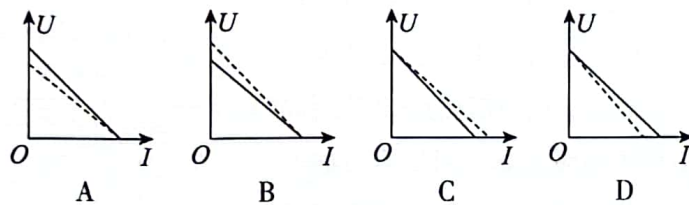


图 3

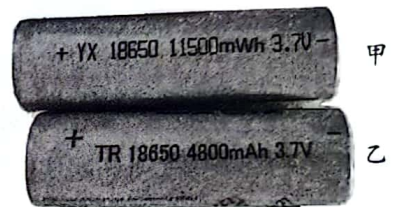


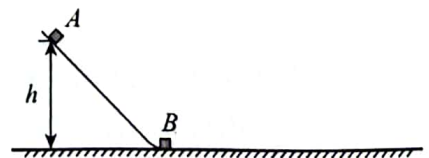
图 4

- (4) 除了电动势和内阻，电池的另一个重要参数是容量。电池的容量就是电池放电时能输出的总电荷量。如图 4 所示，甲、乙两节锂电池所标参数真实可靠，对这两节充满电的电池进行比较，填写表格。(选填“大于”“等于”或“小于”)
- | 电池的容量 | 电池储存的能量 |
|---------------------|---------------------|
| 甲 <u> </u> 乙 | 甲 <u> </u> 乙 |

17. (9分)

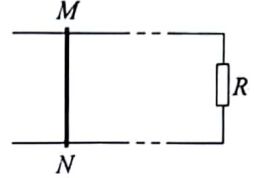
如图所示，水平地面上固定着光滑斜槽，斜槽的末端和粗糙地面平滑连接，设物块通过连接处时速率不发生改变。质量 $m_1 = 0.4\text{kg}$ 的物块 A 从斜槽上端距水平地面高度 $h = 0.8\text{m}$ 处由静止下滑，并与静止在斜槽末端的质量 $m_2 = 0.8\text{kg}$ 的物块 B 相碰，相碰后物块 A 立即停止运动，物块 B 滑行一段距离后停止运动。取重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ ，两物块均可视为质点。求：

- (1) 物块 A 与物块 B 碰撞前瞬间的速度大小。
- (2) 物块 A 与物块 B 碰撞过程中 A 、 B 系统损失的机械能。
- (3) 滑动摩擦力对物块 B 做的功。



18. (9分)

有关列车电气制动，可以借助如图所示模型来理解，图中水平平行金属导轨处于竖直方向的匀强磁场中，导轨间距为 L ，磁场的磁感应强度为 B ，金属棒 MN 的质量为 m ，导轨右端接有阻值为 R 的电阻，金属棒接入电路部分的电阻为 r ，导轨的电阻不计。 MN 在安培力作用下向右减速运动的过程对应于列车的电气制动过程，金属棒 MN 开始减速时的初速度为 v_0 。



(1) 求开始减速时：

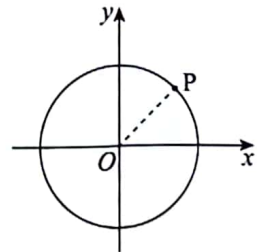
- ①导体棒两端的电压 U 。
- ②安培力的功率 P 。

(2) 在制动过程中，列车还会受到轨道和空气阻力的作用，为了研究问题方便，设这些阻力总和大小恒定，对应于棒受到的大小恒定的摩擦阻力 f ，在金属棒的速度从 v_0 减至 $\frac{v_0}{2}$ 的过程中，金属棒的位移大小为 x 。求该过程中电路中产生的焦耳热 Q 。

19. (10分)

1610年，伽利略用他制作的望远镜发现了木星的四颗主要卫星。根据观察，他将其中一颗卫星 P 的运动视为一个振幅为 A 、周期为 T 的简谐运动，并据此推测，他观察到的卫星振动是卫星圆运动在某方向上的投影。

如图所示，是伽利略推测的卫星 P 运动的示意图，在 xOy 平面内，质量为 m 的卫星 P 绕坐标原点 O 做匀速圆周运动。已知引力常量为 G ，不考虑各卫星之间的相互作用。



(1) 若认为木星位于坐标原点 O ，根据伽利略的观察和推测结果：

- ①写出卫星 P 做圆周运动的向心力大小 F_n 的表达式。
- ②求木星的质量 M 。
- ③物体做简谐运动时，回复力应该满足 $F = -kx$ 。请据此证明：卫星 P 绕木星做匀速圆周运动在 x 轴上的投影是简谐运动。

(2) 若将木星与卫星 P 视为双星系统，彼此围绕其连线上的某一点做匀速圆周运动，计算出的木星质量为 M' 。请分析比较 (1) ②中得出的质量 M 与 M' 的大小关系。

20. (12分)

在量子力学诞生以前，玻尔提出了原子结构假说，建构了原子模型：电子在库仑引力作用下绕原子核做匀速圆周运动时，原子只能处于一系列不连续的能量状态中（定态），原子在各定态所具有的能量值叫做能级，不同能级对应于电子的不同运行轨道。

电荷量为 $+Q$ 的点电荷 A 固定在真空中，将一电荷量为 $-q$ 的点电荷从无穷远移动到距 A 为 r 的过程中，库仑力做功 $W = k \frac{Qq}{r}$ 。

已知电子质量为 m 、元电荷为 e 、静电力常量为 k 、普朗克常量为 h ，规定无穷远处电势能为零。

- (1) 若已知电子运行在半径为 r_1 的轨道上，请根据玻尔原子模型，求电子的动能 E_{k1} 及氢原子系统的能级 E_1 。
- (2) 为了计算玻尔原子模型的这些轨道半径，需要引入额外的假设，即量子化条件。物理学家索末菲提出了“索末菲量子化条件”，它可以表述为：电子绕原子核（可看作静止）做圆周运动的轨道周长为电子物质波波长（电子物质波波长 λ 与其动量 p 的关系为 $\lambda = \frac{h}{p}$ ）的整数倍，倍数 n 即轨道量子数。
 - ①请结合索末菲量子化条件，求氢原子轨道量子数为 n 的轨道半径 r_n 及其所对应的能级 E_n 。
 - ②玻尔的原子模型除了可以解释氢原子的光谱，还可以解释核外只有一个电子的一价氦离子（ He^+ ）的光谱。已知氢原子基态的能级为 -13.6eV ，请计算为使处于基态的 He^+ 跃迁到激发态，入射光子所需的最小能量。

高三物理

2024.04

第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	C	D	A	D	C	C	B	C	D	B	D	B	A

第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15. (8 分)

(1) 向下

(2) ① mgh_2 $\frac{m(h_3 - h_1)^2}{8T^2}$

② 9.50 (9.48~9.52) 不可以

16. (10 分)

(1) 见右图

(2) 0.78 (0.76~0.80)
 7.8×10^2 (7.3~8.2)

(3) A

(4) 小于, 小于

17. (9 分)

(1) 设物块 A 滑到斜面底端与物块 B 碰撞前时的速度大小为 v_0 ，根据机械能守恒定律有

$$m_1gh = \frac{1}{2}m_1v_0^2$$

解得 $v_0=4.0\text{m/s}$

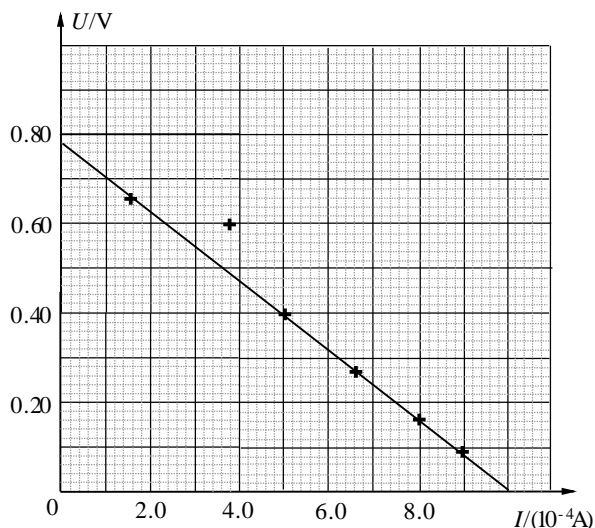
(2) 设物块 A 与物块 B 碰撞后，物块 B 的速度为 v ，碰撞损失的机械能为 ΔE ，根据动量守恒定律和能量守恒

$$m_1v_0 = m_2v \quad \text{解得 } v = 2.0\text{m/s}$$

$$\frac{1}{2}m_1v_0^2 = \frac{1}{2}m_2v^2 + \Delta E \quad \text{解得 } \Delta E = 1.6\text{J}$$

(3) 设摩擦力做功为 W ，根据动能定理有 $W = 0 - \frac{1}{2}m_2v^2$

解得 $W = -1.6\text{J}$



18. (9分)

(1) 开始减速时

① 电动势 $E = BLv_0$

依据欧姆定律有 $I = \frac{BLv_0}{R+r}$

导体棒两端的电压 $U = IR = \frac{BLv_0 R}{R+r}$

② 安培力 $F_{安} = BIL$

功率 $P = F_{安} v_0 = \frac{B^2 L^2 v_0^2}{R+r}$

(2) 依据能量守恒定律有 $\frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{1}{2} m \left(\frac{v_0}{2}\right)^2 = fx + Q$

解得 $Q = \frac{3}{8} m v_0^2 - fx$

19. (10分)

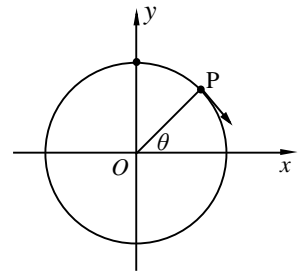
(1) ① 简谐运动是匀速圆周运动的投影，二者周期相同，简谐运动的振幅等于圆周运动的半径。依据牛顿第二定律有 $F_n = m \frac{4\pi^2}{T^2} A$

② 木星与卫星间万有引力提供了卫星绕其做圆周运动的向心力，设卫星的质量为 m ，

依据牛顿第二定律有 $G \frac{Mm}{A^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} A$

解得木星质量 $M = \frac{4\pi^2 A^3}{GT^2}$

③ 设卫星 P 做匀速圆周运动运动如图中所示位置时，与 x 轴的夹角为 θ 。



则向心力向 x 轴的投影 $F_x = -m \frac{4\pi^2}{T^2} A \cdot \cos \theta$

位移在 x 轴方向上的投影为 $x = A \cos \theta$

满足 $F_x = -kx$ ，其比例系数 $k = m \frac{4\pi^2}{T^2}$ ，这说明星 P 绕木星做匀速圆周运动

向 x 轴的投影是简谐运动。

(2) 若木星与卫星为双星模型，设木星质量为 M' ，木星与卫星的距离为 L ，卫星绕连线某点做圆周运动的半径等于观测到的简谐运动的振幅 A 。

对卫星列牛顿第二定律，有 $G \frac{M'm}{L^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} A$

得木星质量 $M' = \frac{4\pi^2 L^2 A}{GT^2}$

因为 $A < L$ ，所以 $M < M'$ ，即 (2) 问计算出的木星质量 M 偏小。

20. (12分)

(1) 氢原子核对电子的库仑力提供电子做圆周运动的向心力, 根据牛顿第二定律, 有

$$k \frac{e^2}{r_1^2} = m \frac{v_1^2}{r_1}$$

$$\text{得电子的动能 } E_{k1} = \frac{1}{2} m v_1^2 = k \frac{e^2}{2r_1}$$

库仑力做功与电势能的关系为 $W = -\Delta E_p$

$$\text{因此电子轨道为 } r_1 \text{ 时氢原子系统的电势能 } E_{p1} = -k \frac{e^2}{r_1}$$

$$\text{氢原子系统的能级 } E_1 = E_{k1} + E_{p1} = -k \frac{e^2}{2r_1}$$

(2) ①电子在轨道 r_n 上做圆周运动, 由牛顿第二定律有 $k \frac{e^2}{r_n^2} = m \frac{v_n^2}{r_n}$

$$\text{索末菲量子化条件为 } n\lambda_n = 2\pi r_n, \text{ 其中 } \lambda_n = \frac{h}{p_n} = \frac{h}{mv_n}, \text{ 得 } v_n = \frac{nh}{2\pi m r_n}$$

$$\text{两式联立得 } r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 k m e^2}$$

$$\text{由上问可知 } E_n = -k \frac{e^2}{2r_n}$$

$$\text{解得 } E_n = -\frac{2\pi^2 k^2 m e^4}{n^2 h^2}$$

② He^+ 原子核电量为 $2e$, 类比以上分析可知, He^+ 系统基态的能量为氢原子基态能量

的 4 倍, 即 He^+ 的基态能量为 $E_1 = -54.4\text{eV}$

使处于基态的 He^+ 跃迁到第一激发态需要的能量最少,

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -\frac{3E_1}{4} = 40.8\text{eV}$$