

2024 北京海淀高三一模

物 理

2024.04

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。

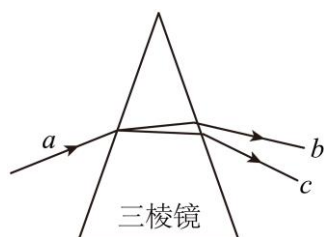
第一部分

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

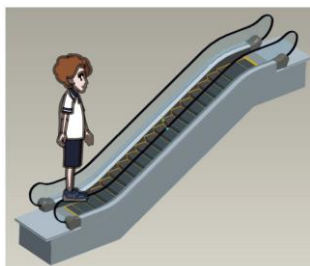
3. “拔火罐”是我国传统医学的一种治疗手段。操作时，医生用点燃的酒精棉球加热一个小罐内的空气，随后迅速把小罐倒扣在需要治疗的部位，冷却后小罐便紧贴在皮肤上，如图所示。小罐倒扣在身体上后，在罐中气体逐渐冷却的过程中，罐中气体质量和体积均可视为不变。若罐中气体可视为理想气体，下列说法正确的是（ ）



- 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

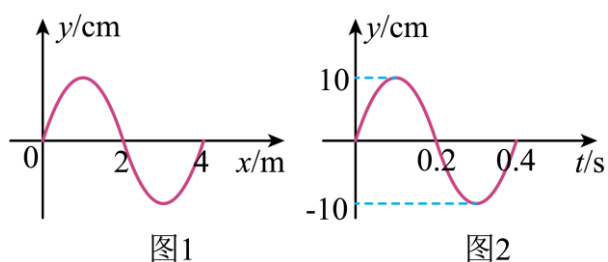
D. 罐中单位体积内气体分子数不变

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

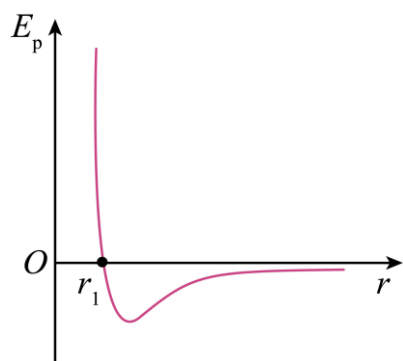
6. 在空间站中，宇航员长期处于失重状态，为缓解这种状态带来的不适，科学家设想建造一种环形空间站，如图所示。圆环状旋转舱绕中心匀速旋转，宇航员站在旋转舱内的侧壁上，可以受到与他站在地球表面时相同大小的支持力，宇航员可视为质点。下列说法正确的是（ ）



- 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

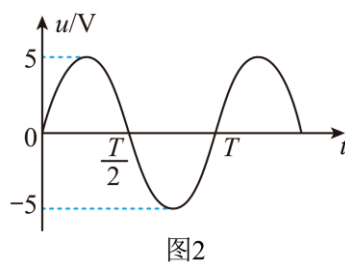
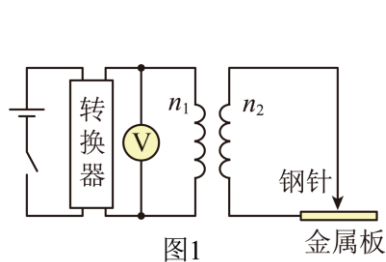
7. 两个分子相距无穷远，规定它们的分子势能为 0。让分子甲不动，分子乙从无穷远处逐渐靠近分子甲。

它们的分子势能 E ，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（ ）



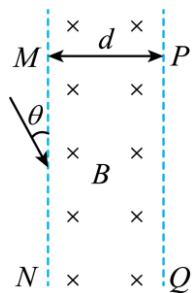
- A. 开关闭合后电压表的示数为 5V

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

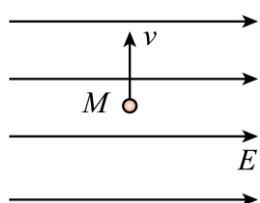
- D. 将钢针替换为钢球，更容易引发电火花

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（ ）



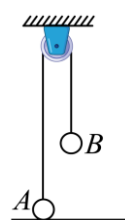
- A. 可求出粒子在磁场中运动的半径
- B. 可求出粒子在磁场中运动的加速度大小
- C. 若仅减小射入速度，则粒子在磁场中运动的时间一定变短
- D. 若仅增大磁感应强度，则粒子在磁场中运动的时间一定变短

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（ ）



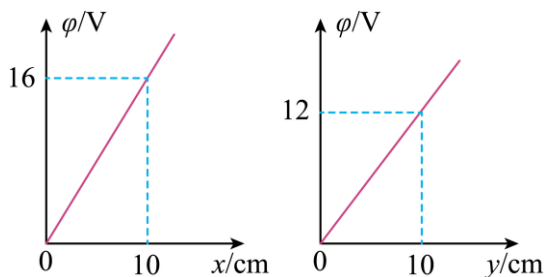
- A. 小球运动到最高点时的速度为零
- B. 小球在 M 点和 N 点的动能相等
- C. 小球上升过程和下降过程水平方向位移相同
- D. 小球上升过程和下降过程动量的变化量相同

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（ ）



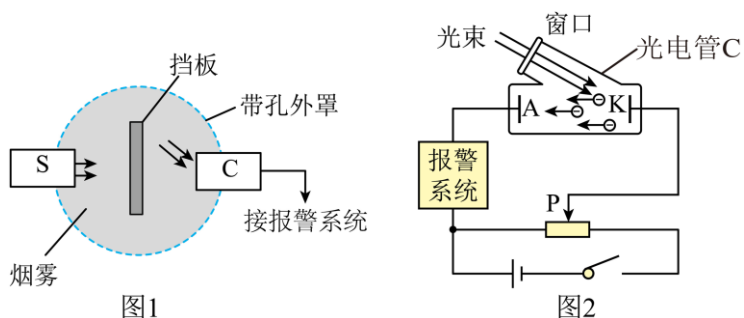
- A. A 球的加速度大小为 $2g$
- B. 拉力对 A 球做的功等于 A 球机械能的增加量
- C. 重力对 B 球做的功等于 B 球动能的增加量
- D. B 球机械能的减少量大于 A 球机械能的增加量

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（ ）

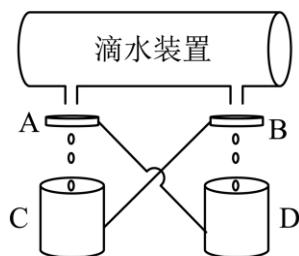


图1

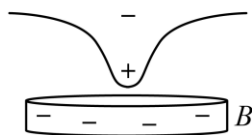


图2

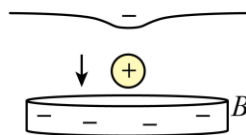


图3

- 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。

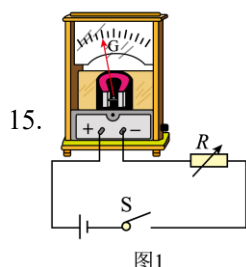


图1

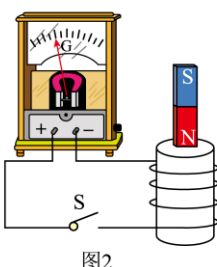


图2

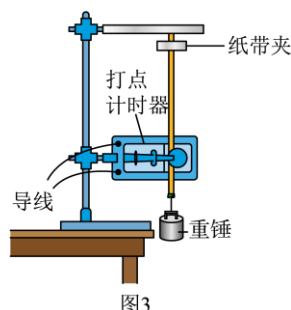


图3

(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）

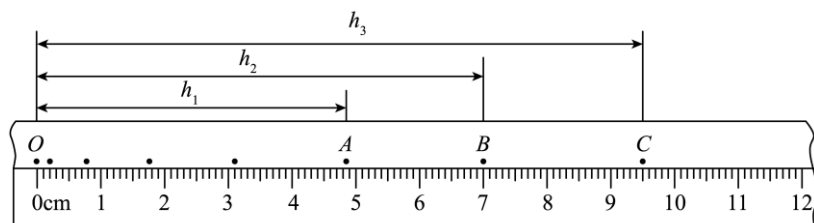


图4

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. 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 。

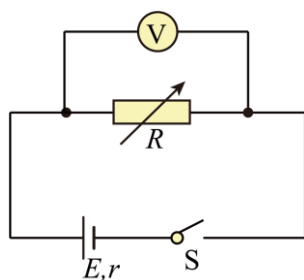


图1

(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。()

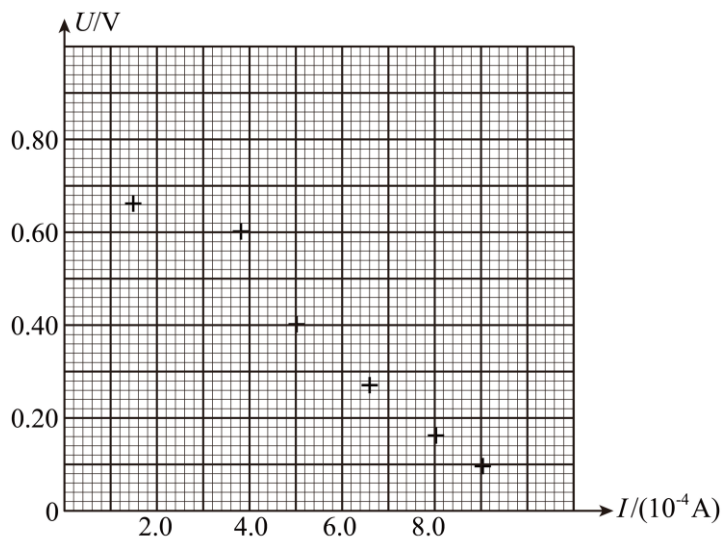
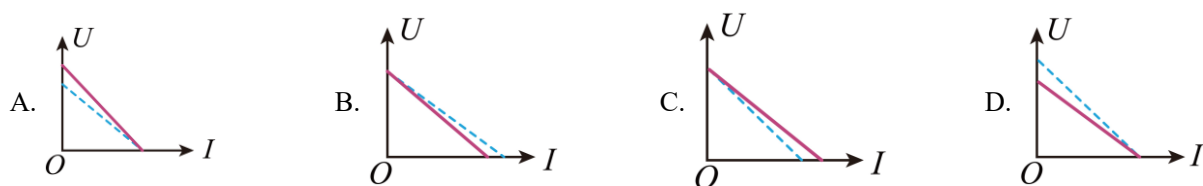


图2

(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 。



(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”)

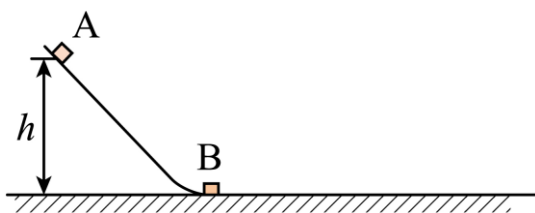
电池的容量	电池储存的能量
甲 <u> </u> 乙	甲 <u> </u> 乙

YX 18650 11500m·Wh 3.7V 甲

TR 18650 4800m·Ah 3.7V 乙

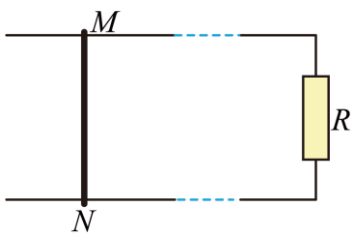
17. 如图所示，水平地面上固定着光滑斜槽，斜槽的末端和粗糙地面平滑连接，设物块通过连接处时速率不发生改变。质量 $m_1=0.4\text{kg}$ 的物块 A 从斜槽上端距水平地面高度 $h=0.8\text{m}$ 处由静止下滑，并与静止在斜槽末端的质量 $m_2=0.8\text{kg}$ 的物块 B 相碰，相碰后物块 A 立即停止运动，物块 B 滑行一段距离后停止运动。取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ ，两物块均可视为质点。求：

- (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. 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 。



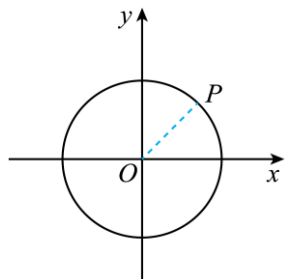
19. 1610 年，伽利略用他制作的望远镜发现了木星的四颗主要卫星。根据观察，他将其中一颗卫星 P 的运动视为一个振幅为 A 、周期为 T 的简谐运动，并据此推测，他观察到的卫星振动是卫星圆周运动在某方向上的投影。如图所示，是伽利略推测的卫星 P 运动的示意图，在 xOy 平面内，质量为 m 的卫星 P 绕坐标原点 O 做匀速圆周运动。已知引力常量为 G ，不考虑各卫星之间的相互作用。

- (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 的表达式。

②求木星的质量 M_0

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_0 与 M' 的大小关系。



20. 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。

参考答案

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. 【答案】A

【详解】A. 射线的放射表明原子核内部存在着复杂的结构和相互作用。例如 α 衰变过程中，2 个质子和 2 个中子结合在一起形成 α 粒子。所以天然放射现象表明原子核内部有一定结构，故 A 正确；

B. 发生一次 β 衰变，实际是原子核内的一个中子转化为一个质子和一个电子，这个电子被抛射出来，故 B 错误；

C. 原子核衰变的半衰期由自身结构决定，与物理条件和化学状态无关，故升高温度不能改变原子核衰变的半衰期，故 C 错误；

D. 放射性元素衰变时放出的三种射线， γ 射线穿透能力最强， β 射线穿透能力居中， α 射线穿透能力最弱，故 D 错误。

故选 A。

2. 【答案】C

【详解】A. 根据光路图可知，在入射角相同的情况下， b 光的折射角大于 c 光的折射角，由此可知， b 光的折射率小于 c 光的折射率，故 A 错误；

B. 折射率越大，则光的频率越大，由于光束 b 的折射率小于光束 c 的折射率，因此光束 b 的频率低于光束 c 的频率，故 B 错误；

C. 根据光在介质中的传播速度与折射率之间的关系

$$v = \frac{c}{n}$$

可知，折射率越小，则光在介质中传播的速度越大，由于光束 b 的折射率小于光束 c 的折射率，因此光束 b 在玻璃中的传播速度大于光束 c 在玻璃中的传播速度，故 C 正确；

D. 由于 b 光的频率小于 c 光的频率，而根据

$$c = \lambda \nu$$

可知，频率越小则波长越长，而根据双缝干涉的条纹间距公式

$$\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$$

可知，在经同一双缝干涉装置后，波长大的光产生的条纹间距更大，因此光束 b 的干涉条纹间距要大于光束 c 的条纹间距，故 D 错误。

故选 C。

3. 【答案】D

【详解】罐中气体质量和体积均可视为不变，根据 $\frac{pV}{T} = C$ 可知，气体逐渐冷却的过程中，压强逐渐减小，内能降低，平均动能减小，由于气体质量和体积均可视为不变，则罐中单位体积内气体分子数不变。故选 D。

4. 【答案】A

【详解】AB. 依题意可知在加速运动过程中，人的加速度向右上方，加速度在竖直向上的方向上有分量和在水平向右方向有分量，可知人处于超重状态，人受到的摩擦力水平向右，故 A 正确，B 错误；

CD. 扶梯匀速运动阶段，由平衡条件可知人受到自身重力，扶梯对它竖直向上的支持力，共计两个力的作用，且扶梯对人的支持力大小等于重力大小，故 C、D 错误。

故 A。

5. 【答案】D

【详解】A. 由图 1 可得，波的波长为

$$\lambda = 4\text{m}$$

由图 2 可得，波的周期为

$$T = 0.4\text{s}$$

所以，波速为

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{4}{0.4} \text{m/s} = 10\text{m/s}$$

故 A 错误；

B. 由图 2 可得， $t = 0$ 时， $x = 2\text{m}$ 处的质点向 y 轴正方向振动，根据“同侧法”，波的传播方向为沿 x 轴正方向，故 B 错误；

C. 由图 1 可得， $t = 0$ 时， $x = 3\text{m}$ 处的质点在负向最大位移处，则该质点的加速度为正向最大，故 C 错误；

D. $t = 0.2\text{s}$ 时，质点振动时间为

$$t = 0.2\text{s} = \frac{T}{2}$$

$x = 3\text{m}$ 处的质点振动半个周期，由负向最大位移振动到正向最大位移处，即位移为

$$y = 10\text{cm}$$

故 D 正确。

故选 D。

6. 【答案】C

【详解】A. 宇航员如果站在旋转舱内靠近旋转中心的侧壁上受到支持力，但此时支持力方向沿半径向外，不指向圆心，不能提供向心力，故 A 错误；

B. 旋转舱中的宇航员做匀速圆周运动，圆环绕中心匀速旋转使宇航员感受到与地球一样的“重力”是向心力所致，合力指向圆心，处于非平衡状态，故 B 错误；

CD. 根据题意可知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，向心

加速度大小为 g ，由

$$g = r\omega^2$$

得

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{r}}$$

得旋转舱的半径 r 越大，转动的角速度 ω 应越小，转动的角速度与宇航员的质量无关，故 C 正确，D 错误。
故选 C。

7. 【答案】C

【详解】A. 分子势能最小时，分子之间的距离为平衡距离，则分子乙从无穷远到 r_1 的过程中，分子力先表现为引力，后表现为斥力，故 A 错误；

B. 分子乙从无穷远到 r_1 的过程中，分子力先增大后减小，过了平衡距离之后又增大，故 B 错误；

CD. 分子乙从无穷远到 r_1 的过程中，分子力先表现为引力做正功，势能减小，动能增加，过平衡距离之后，表现为斥力做负功，势能增加，动能减小，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

8. 【答案】B

【详解】A. 电压表显示的是有效值，由题图可知，其正弦式交流电的最大值为 $5V$ ，所以其有效值为

$$U_1 = \frac{U_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{5}{\sqrt{2}} V = \frac{5\sqrt{2}}{2} V$$

故 A 错误；

BC. 有题意可知，瞬时电压大于 $5000V$ 即火花放电，也就是副线圈输出电压最大值

$$U_{2m} = 5000V$$

由于是理想变压器有

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_{1m}}{U_{2m}} = \frac{5}{5000} = \frac{1}{1000}$$

所以实现燃气灶点火的条件是

$$\frac{n_1}{n_2} < \frac{1}{1000}$$

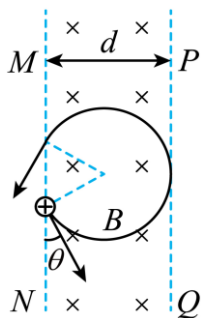
故 B 正确，C 错误；

D. 引发电火花利用的是尖端放电，所以钢针更容易引发电火花，故 D 错误。

故选 B。

9. 【答案】C

【详解】AB. 根据题意可以分析粒子到达 PQ 边界时速度方向与边界线相切，如图所示



则根据几何关系可知

$$d = r + r \cos 30^\circ$$

在磁场中做圆周运动，洛伦兹力提供向心力

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

解得

$$v = \frac{qBr}{m}$$

则加速度为

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{q^2 B^2 r}{m^2}$$

故 AB 正确；

CD. 根据

$$t = \frac{\alpha}{2\pi} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\alpha m}{qB}$$

若仅减小射入速度，则粒子在磁场中运动的半径减小，可知粒子运动轨迹的圆心角不变，时间不变，若仅增大磁感应强度，粒子运动轨迹的圆心角不变，粒子在磁场中运动的时间变短，故 C 错误，D 正确；

本题选择错误选项；

故选 C。

10. 【答案】D

【详解】A. 小球运动到最高点时，竖直方向的分速度减为零，而由于受到水平方向电场力的作用，因此小球在水平方向做初速度为零的匀加速直线运动，则小球在最高点时的速度为竖直方向速度速度为零，但水平方向速度不为零，故 A 错误；

B. 小球从 M 点到 N 点，重力做功为零，但电场力对小球做正功，因此合外力做功不为零，小球的大动能增加，即小球在 M 点的动能小于在 N 点的动能，故 B 错误；

C. 根据竖直上抛的对称性可知，小球上升和下降的时间相同，设上升和下降的时间均为 t ，小球水平方向的加速度为 a ，由于小球水平方向做初速度为零的匀加速直线运动，则上升过程的水平位移

$$x_1 = \frac{1}{2} at^2$$

下降过程的水平位移

$$x_2 = \frac{1}{2}a(2t^2) - \frac{1}{2}at^2$$

可得

$$x_1 : x_2 = 1 : 3$$

故 C 错误；

D. 上升过程竖直方向小球速度的变化量

$$\Delta v_{y_1} = 0 - v = -v$$

水平方向速度的变化量

$$\Delta v_{x_1} = at$$

该过程速度的变化量

$$\Delta v_1 = \sqrt{v^2 + (at)^2}$$

下降过程竖直方向小球速度的变化量

$$\Delta v_{y_2} = v - 0 = v$$

水平方向速度的变化量

$$\Delta v_{x_2} = at$$

该过程速度的变化量

$$\Delta v_2 = \sqrt{v^2 + (at)^2}$$

可知上升和下降过程中速度的变化量相同，而动量的变化量

$$\Delta p = m \cdot \Delta v$$

由此可知小球上升过程和下降过程动量的变化量相同，故 D 正确。

故选 D。

11. 【答案】B

【详解】A. 设 A 球质量 m ，则 B 球质量 $3m$ ，绳子张力大小 T ，根据牛顿第二定律

$$3mg - T = 3ma$$

$$T - mg = ma$$

解得

$$a = \frac{g}{2}$$

故 A 错误；

B. 拉力对 A 球做正功，拉力对 A 球做的功等于 A 球机械能的增加量，故 B 正确；

C. 根据动能定理，重力与绳子拉力的合力对 B 球做的功等于 B 球动能的增加量，故 C 错误；

D. 对 A、B 整体，整体只有重力做功，机械能守恒，则 B 球机械能的减少量等于 A 球机械能的增加量，

故 D 错误。

故选 B。

12. 【答案】D

【详解】A. 由图像斜率可知电场在 x 轴和 y 轴上的分电场分别为

$$E_x = \frac{16}{0.1} \text{ V/m} = 160 \text{ V/m}, \quad E_y = \frac{12}{0.1} \text{ V/m} = 120 \text{ V/m}$$

则电场大小为

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = 200 \text{ V/m}$$

B. 电场强度的方向与 x 轴负方向夹角的正切值为

$$\tan \alpha = \frac{E_y}{E_x} = \frac{3}{4}$$

故 B 错误;

C. 规定坐标原点的电势为 0, 点 (10cm, 10cm) 处的电势为

$$\varphi = Ed = 200 \times 10\sqrt{2} \cos(45^\circ - 37^\circ) \times 0.01 = 28 \text{ V}$$

故 C 错误;

D. 纸面内距离坐标原点 10cm 的各点电势最高为

$$\varphi' = Ed' = 200 \times 10 \times 0.01 \text{ V} = 20 \text{ V}$$

沿着电场线方向电势逐渐降低, 则点 (10cm, 10cm) 处的电势大于 20V, D 正确;

故选 D。

13. 【答案】B

【详解】A. 图 2 中光电管两端加的是正向电压, 若正负极反接则光电管两端加负向电压, 光照强度一定时, 根据光电流与电压的关系, 可知接正向电压在单位时间内会比接负向电压有更多光电子到达 A 极, 所以反接后光电流会减小, 在烟雾浓度为 n 时无法触发报警系统。故 A 错误;

BD. 为使烟雾浓度达到 $1.2n$ 时才触发报警, 就是要降低烟雾报警器的灵敏度, 烟雾浓度增加时, 单位时间内光电管接收到的光子个数增多, 则要减小从 K 极打到 A 极的光电子数占产生总光电子数的比例, 滑片 P 需要向左滑动到合适位置, 减小两极间的电压, 才能达到目的。而恰好报警时将滑片 P 向右移动, 会增大两极间的电压, 只可能增强烟雾报警器的灵敏度或保持灵敏度不变, 不可能降低报警器的灵敏度, 所以不会解除警报。故 B 正确, D 错误;

C. 单位时间内进入光电管的光子个数为 $\frac{I_0}{e}$ 时, 但是可能受到两端电压的限制, 在阴极产生的光电子不一定全部到达 A 极, 所以不一定能让报警系统的电流达到 I_0 , 不一定能触发报警。故 C 错误。

故选 B。

14. 【答案】A

【详解】C. 根据题意知, 水滴在落下过程, 先加速后减速运动, 随着滴落到铝筒的带点水滴在增加, 排斥力先增大, 直到水滴到达桶底恰好速度减为零时, 不再滴落到铝筒, 之后 C、D 两筒之间的电势差不变, 故 C 错误;

B. 滴落到铝筒的带点水滴在逐渐增加, 电荷量先增加, 后 C、D 两筒之间产生的电势差增大到一定时会放

电，电荷量又减小，故排斥力先增大后减小，下落时间会先增大，后减小，故 B 错误；

A. 水滴在落下瞬间，正负电荷分离，带负电荷的水滴留在 B 环上方的滴水装置，同理，带正电荷的水滴留在 A 环上方的滴水装置，左右形成电势差，会产生从左向右的电流，故 A 正确；

D. 在起电的过程中，水的重力势能转化为电能和水的动能，故 D 错误。

故选 A。

第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15. 【答案】(1) 向下 (2) ①. mgh_2 ②. $\frac{m(h_3-h_1)^2}{8T^2}$ ③. 9.50 ④. 不可以

【小问 1 详解】

由题意可知，当电流方向为顺时针时，电流表指针向左偏转，则图 2 中电流方向为顺时针，由右手定则可知，螺线管内部产生的磁场方向向下。

【小问 2 详解】

[1]从打下 O 点到打下 B 点的过程中，重力势能的减小量为

$$\Delta E = mgh_2$$

[2]根据运动学规律推论可知，B 点的速度为

$$v_B = \frac{h_3 - h_1}{2T}$$

则动能的增加量为

$$\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{m(h_3 - h_1)^2}{8T^2}$$

[3]根据刻度尺读数可知，OC 的距离为 9.50cm。

[4]由于空气阻力对实验的影响，所以利用由 A、B、C 三个计数点求得重锤下落的加速度 a 小于重力加速度 g ，所以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. 【答案】(1)

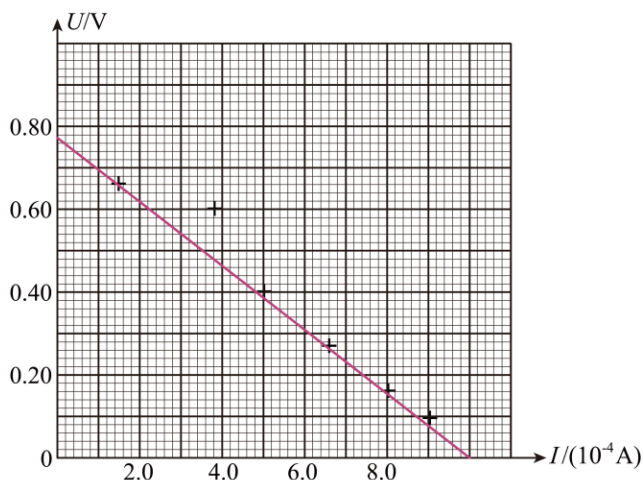


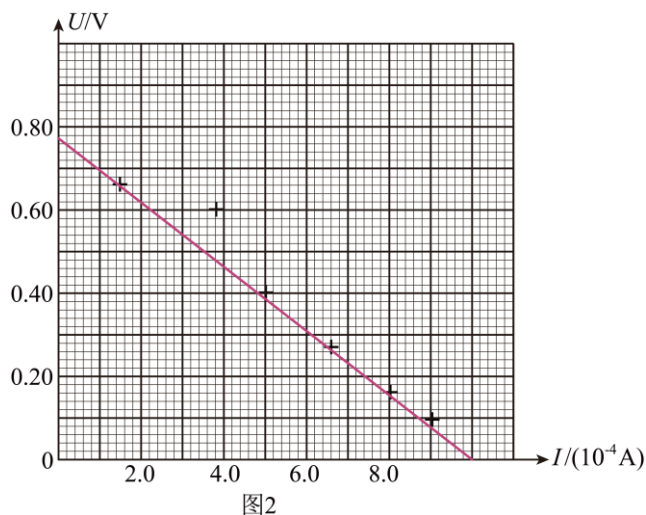
图2

- (2) ①. 0.77 ②. 7.7×10^2

- (3) A (4) ①. 小于 ②. 小于

【小问 1 详解】

描点画图，让更多的点在直线上，偏离太多的点舍去，如图



【小问 2 详解】

[1][2] $U - I$ 图像中纵轴截距表示电源电动势，斜率的绝对值表示电源的阻，所以有

$$E = 0.77\text{V}$$

$$r = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| \approx 7.7 \times 10^2 \Omega$$

【小问 3 详解】

根据

$$E = U + Ir$$

且

$$I_1 > I_2$$

有

$$E_1 > E_2$$

根据

$$I_{\text{短}} = \frac{E}{r}$$

可知，短路电流不变。

故选 A。

【小问 4 详解】

对于甲，mwh 为能量单位，即

$$W = Pt = 11500\text{mwh} = 11.5\text{W} \times 3600\text{s} = 41400\text{J}$$

电量为

$$q = \frac{W}{U} = \frac{41400\text{J}}{3.7\text{V}} \approx 11189\text{C}$$

对于乙，mAh 为电量的单位，即

$$q = It = 4800\text{mAh} = 4.8\text{A} \times 3600\text{s} = 17280\text{C}$$

能量为

$$W = Uq = 17280\text{C} \times 3.7\text{V} = 63936\text{J}$$

所以电池的容量有甲小于乙，电池储存的能量甲小于乙。

17. 【答案】(1) 4m/s; (2) 1.6J; (3) -1.6J

【详解】(1) 物块 A 与物块 B 碰撞前，根据动能定理有

$$m_1gh = \frac{1}{2}m_1v^2$$

解得

$$v = 4\text{ m/s}$$

(2) 物块 A 与物块 B 碰撞过程中，根据动量守恒定律有

$$m_1v = m_2v_1$$

根据能量守恒定律有

$$\Delta E = \frac{1}{2}m_1v^2 - \frac{1}{2}m_2v_1^2$$

解得

$$\Delta E = 1.6\text{ J}$$

(3) B 运动到停止的过程中，根据动能定理有

$$W_f = 0 - \frac{1}{2}m_2v_1^2$$

解得

$$W_f = -1.6\text{ J}$$

18. 【答案】(1) ① $\frac{RBLv_0}{R+r}$; ② $\frac{B^2L^2v_0^2}{R+r}$; (2) $\frac{3}{8}mv_0^2 - fx$

【详解】(1) ①根据法拉第电磁感应定律可知

$$E = BLv_0$$

导体棒两端的电压为

$$U = \frac{R}{R+r}E = \frac{RBLv_0}{R+r}$$

②电路中的电流为

$$I = \frac{E}{R+r}$$

安培力的功率为

$$P = BILv_0$$

解得

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

(2) 根据能量守恒定律可知

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2 = fx + Q$$

解得

$$Q = \frac{3}{8}mv_0^2 - fx$$

19. 【答案】(1) ① $F = m\frac{4\pi^2}{T^2}A$; ② $M_0 = \frac{4\pi^2 A^3}{GT^2}$; ③ 见解析; (2) $M' > M_0$

【详解】(1) ① 卫星 P 做圆周运动的向心力大小 F 的表达式

$$F = m\omega^2 r = m\frac{4\pi^2}{T^2}A$$

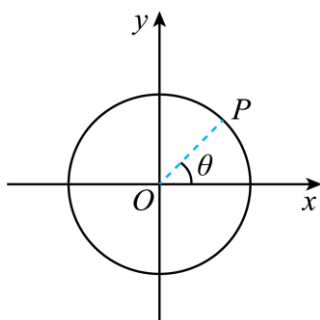
② 根据

$$G\frac{M_0 m}{A^2} = m\frac{4\pi^2}{T^2}A$$

得木星的质量

$$M_0 = \frac{4\pi^2 A^3}{GT^2}$$

③ 如图



取向右为正方向

$$F_{\text{回复}} = -m\frac{4\pi^2}{T^2}r \cos \theta = -m\frac{4\pi^2}{T^2}x = -kx$$

则卫星 P 绕木星做匀速圆周运动在 x 轴上的投影是简谐运动。

(2) 根据

$$G\frac{M'm}{L_M^2} = m\frac{4\pi^2}{T^2}A$$

得

$$M' = \frac{4\pi^2 L^2 A}{GT^2}$$

由于

$$A < L$$

则

$$M' > M_0$$

20. 【答案】(1) $E_{k1} = \frac{ke^2}{2r_1}$, $E_1 = -\frac{ke^2}{2r_1}$; (2) ① $r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m k e^2}$, $E_n = -\frac{2\pi^2 m k^2 e^4}{n^2 h^2}$; ② 40.8eV

【详解】(1) 设电子在轨道上运动的速度大小为 v , 根据牛顿第二定律有

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

电子在轨道运动的动能

$$E_{k1} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{ke^2}{2r_1}$$

电子在轨道运动的势能

$$E_{p1} = -W = -\frac{ke^2}{r_1}$$

电子在轨道运动时氢原子的能量即动能和势能之和

$$E_1 = E_{k1} + E_{p1} = -\frac{ke^2}{2r_1}$$

(2) ① 电子绕原子核做圆周运动的轨道周长为电子物质波波长的整数倍, 即

$$2\pi r_n = n \frac{h}{p}$$

设此时电子的速率为 v_n , 则

$$p = m v_n$$

根据牛顿第二定律

$$k \frac{e^2}{r_n^2} = m \frac{v_n^2}{r_n}$$

以上各式联立, 解得

$$r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m k e^2}$$

此时, 电子的动能为

$$E_{kn} = \frac{1}{2} m v_n^2 = \frac{2\pi^2 m k^2 e^4}{n^2 h^2}$$

电子的势能为

$$E_{pn} = -W_n = -\frac{ke^2}{r_n} = -\frac{4\pi^2 m k^2 e^4}{n^2 h^2}$$

所以此时的能级为

$$E_n = E_{kn} + E_{pn} = -\frac{2\pi^2 m k^2 e^4}{n^2 h^2}$$

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

$$E_1 = -13.6\text{eV} \times 4 = -54.4\text{eV}$$

为使处于基态的 He^+ 跃迁到激发态，即跃迁到第二能级，则入射光子所需的最小能量

$$E_2 = \frac{E_1}{4} = -13.6\text{eV}$$

解得

$$E_{\text{光}} = \Delta E = E_2 - E_1 = 40.8\text{eV}$$