

2024 学年第二学期浙江省县域教研联盟高三年级模拟考试

物 理

命题：柯桥区教师发展中心 审题：长兴县教育研究中心 慈溪市教育局教研室

考生须知：

1. 本卷满分 100 分，考试时间 90 分钟；
2. 答题前，在答题卷指定区域填写班级、姓名、考场、座位号及准考证号并核对条形码信息；
3. 所有答案必须写在答题卷上，写在试卷上无效，考试结束后，只需上交答题卷；
4. 本卷重力加速度取 $g=10\text{m/s}^2$ ；
5. 参加联批学校的学生可关注“启望教育”公众号查询个人成绩分析。

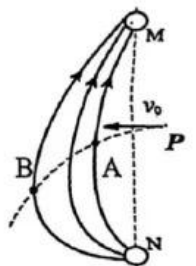
选择题部分（共 42 分）

一、选择题 I（本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分。每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的，不选、多选、错选均不得分）

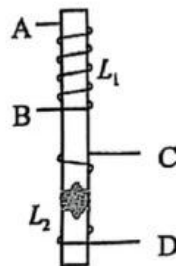
1. 下列物理量和相应的单位符号一致的是
A. 电容 C B. 自感系数 H C. 功 W D. 质量 m
2. 巴黎奥运会跳水女子双人 10 米跳台决赛，中国选手双人跳水以绝对优势获得金牌。比赛中两位运动员的动作一致，同步分为满分 10 分，则下列说法正确的是
A. 10m 指运动员比赛中的通过的路程
B. 裁判员在评同步分时，只能以水面为参考系
C. 研究运动员的空中翻转动作时，不可将运动员视为质点
D. 跳水运动员在起跳后，若忽略空气阻力，其运动可视为自由落体运动
3. 春节期间，小红在逛公园的过程中看到公园里挂着红红灯笼，洋溢着浓浓的年味。若三个串接的灯笼悬挂在轻绳上，呈竖直排列，从上到下依次标为 1, 2, 3，下列说法正确的是
A. 三个灯笼可能受到水平风力的作用
B. 灯笼 2 受到其上、其下两个灯笼对其的拉力是一对作用力和反作用
C. 灯笼 3 受到的重力与灯笼 2 对其的拉力是一对平衡力
D. 若灯笼 1 上面的轻绳突然断裂瞬间，灯笼 2 加速度仍为零
4. 光在科学技术、生产和生活中有着广泛的应用，关于光学现象下列说法正确的是



- A. 甲图，夏天高速公路上看到远处的路面好像水面且格外明亮，这是光的干涉现象
 - B. 乙图，相机镜头呈绿色，是因为增透膜的厚度为绿光在真空中的波长四分之一
 - C. 丙图，全息照相电影技术利用了光的偏振特性
 - D. 丁图，DNA 的双螺旋结构是通过 X 射线的衍射现象建立起来的模型
5. 如图所示为位于 MN 两点的点电荷周围的电场线示意图，若将不计重力的带电粒子沿垂直 MN 连线的方向以速度 v_0 抛出，粒子运动轨迹如图中虚线所示，经过 A、B 两点，则下列说法正确的是
A. 粒子带正电
B. M 处点电荷的电荷量小于 N 处点电荷的电荷量
C. 粒子在 A、B 两点之间运动时运动过程中加速度越来越小
D. 粒子从 A 点到 B 点运动过程中电势能越来越大



6. 如图所示为某科技兴趣小组自制变压器，线圈匝数如图所示，但线圈 L_2 的匝数已看不清，若在 AB 端输入电压为 24V 的交流电，则 CD 端输出的交流电电压为 6V，则下列说法正确的是

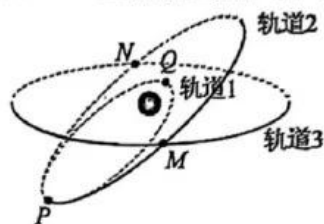


- A. L_1 和 L_2 的线圈匝数比为 4:1
- B. 若在 AB 端输入功率 24W，则 CD 端输出功率为 6W
- C. 若把铁芯从变压器中移除，则 CD 端输出电压会变小
- D. 若 CD 端输入 6V 交流电压，则 AB 端亦能输出 24V 交流电压

7. 碳 14 的半衰期为 5730 年，因此在考古中经常用碳 14 测定年代，已知其自发衰变的核反应式： ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + \text{X}$ ，(X 为新粒子)。若一个静止的 ${}^{14}_6\text{C}$ 衰变后释放的能量为 E ，以下说法正确的是

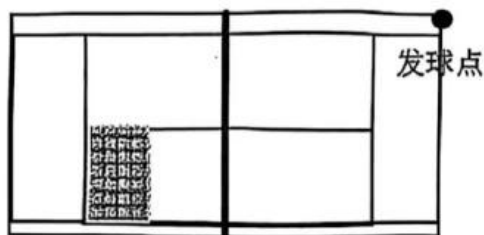
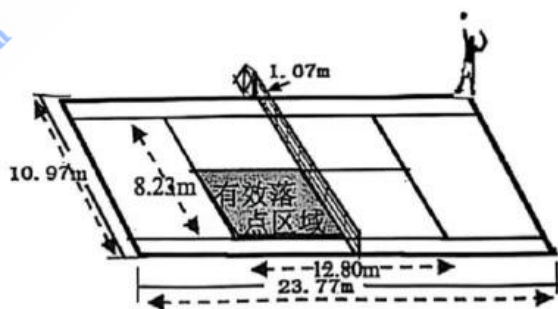
- A. X 射线的电离作用非常强
- B. 经过 5730 年，100 个碳原子一定只剩下 50 个
- C. ${}^{14}_6\text{C}$ 的结合能小于 ${}^{14}_7\text{N}$ 的结合能
- D. 假设该核反应是可逆的，则用一个能量为 E 的 X 撞击 ${}^{14}_7\text{N}$ ，可以得到一个 ${}^{14}_6\text{C}$

8. 某卫星发射的过程图简化如下，位于椭圆轨道 1 的卫星变速后进入圆形同步轨道 2，然后再 M 点再次改变方向进入同步静止轨道 3 上，Q 点为椭圆轨道 1 的最近点，P 点为椭圆轨道 1 上的最远点，忽略变速过程中卫星质量的变化，则下列说法正确的是：

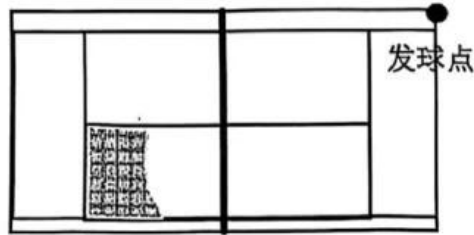


- A. 卫星沿轨道 2 运动时可能始终在某两条经线组成的圆的正上方
- B. 卫星在轨道 2 上经过 P 点时的加速度大于其在轨道 1 上运动时经过 P 点的加速度
- C. 卫星在 3 个轨道上的机械能存在的关系式为 $E_1 > E_2 = E_3$
- D. 卫星在 Q 点的速度大于其在 M 点的速度

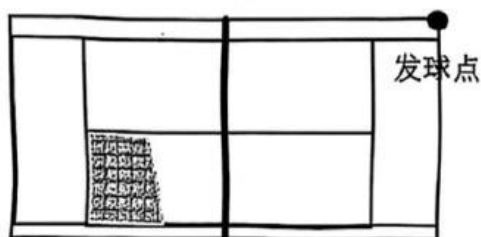
9. 网球比赛是一项大众都非常喜爱的体育运动，我国网球运动员在巴黎奥运会网球比赛夺得金牌。如图所示为某次发球训练中运动员在球场的底角处发球时，发球时将网球上抛到最高处水平击出，要求落地点位于斜角的长方形区域内且不触网即为发球有效。假设每次发球时的最高点高度不变，击球水平速度大小可变，已知比赛场地尺寸如图所示，是 23.77 米（长） \times 10.97 米（宽）。发球落点有效区长 6.4m，宽 4.115m。网高度为 $h=1.07\text{m}$ ，不考虑空气阻力的影响，则下列阴影部分表示有效发球的网球可能落点区域正确的是



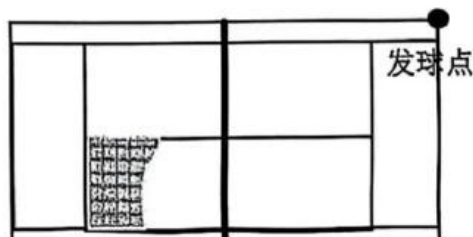
A



B

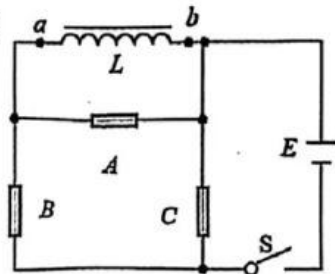


C



D

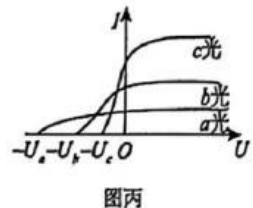
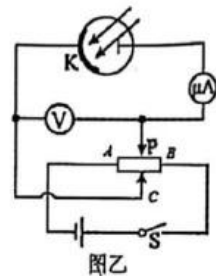
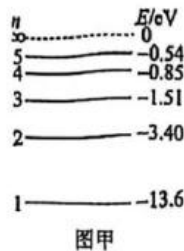
10. 如图所示，电路中包含电动势为 E 、内阻为 r 的电源，三个阻值均为 R 的定值电阻 A 、 B 、 C ，以及一个自感系数较大、直流电阻可忽略的线圈 L 。针对电路不同状态，下列分析正确的是：



- A. S 闭合瞬间，流过 A 、 B 、 C 的电流之比为 $1:1:1$
 B. S 闭合到电路稳定过程中， C 的功率变小
 C. 电路稳定后， B 与 C 两端的电压之比为 $1:2$
 D. 电路稳定后断开 S 瞬间， B 两端的电压与稳定时 B 两端电压之比为 $1:2$

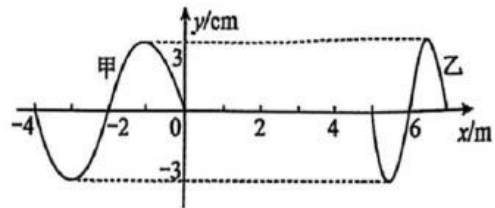
二、选择题II (本题共 3 小题，每小题 4 分，共 12 分。每小题列出的四个备选项中至少有一个是符合题目要求的。全部选对的得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分)

11. 氢原子能级如图甲所示。用某一频率的光照射一群处于基态的氢原子后向低能级跃迁时能发出 6 种频率的光，分别用这些频率的光照射图乙电路的阴极 K ，其中只有 3 种不同频率的光 a 、 b 、 c 能够发生光电效应，用如图乙所示的电路研究光电效应规律，可得电压 U 与光电流之间的关系如图丙所示，元电荷为 e 。下列说法正确的是



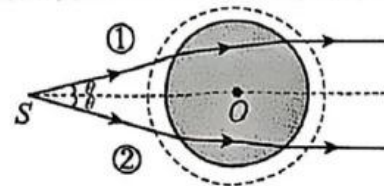
- A. 当滑片 P 向 A 端移动时，光电流 I 将增大
 B. 阴极 K 材料的逸出功大于 $10.2eV$
 C. a 光照射得到的光电流最弱，但 a 光光子能量最大
 D. 图丙中 3 条图线对应的遏止电压，一定有 $U_b - U_c = 1.89V$

12. 在 y 轴左右两侧存在两种不同的均匀介质，两波源分别位于 x 轴上 $-4m$ 和 $7m$ 处，产生两列频率相同持续传播的简谐横波沿 x 轴相向传播，甲向右传播、乙向左传播， $t=0$ 时刻的波形如图所示，甲波恰好传至 $x=0$ 处，乙波恰好传至 $x=5m$ 处，已知波在负半轴的波速大小为 $0.5m/s$ ，下列说法中正确的是



- A. 正半轴的波速大小为 $0.25m/s$
 B. x 轴上第一个位移到 $+6cm$ 的质点是横坐标为 $x=3m$
 C. $t=17s$ 时刻 $x=2m$ 处质点的位移为 $6cm$
 D. 两个波源之间一共 6 个加强点

13. 激光束可视为大量同向动量的粒子流，当其照射到介质小球时，除发生反射、折射和吸收外，还会对物体施加作用力（如光镊效应）。如图，一束激光从点 S 分出两细光束①和②，入射时与球心 O 的夹角均为 θ ，经折射后出射方向均与 SO 连线平行。已知小球折射率大于周围介质，忽略反射和吸收，试通过折射、动量变化分析两束光对小球产生的合力情况

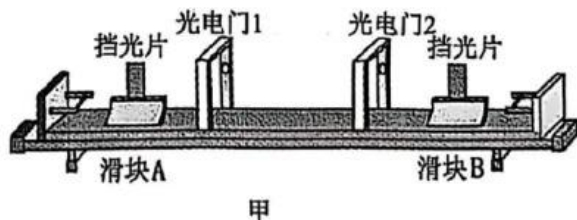


- A. 若光束①和②强度相同，两光束因折射对小球产生的作用力水平向左
 B. 若光束①比②的强度小，两光束因折射对小球的作用力的方向指向左上方
 C. 若只增大激光的频率，则光对小球的作用一定变大
 D. 若激光束不变，只增大小球的半径，光对小球的作用会变小

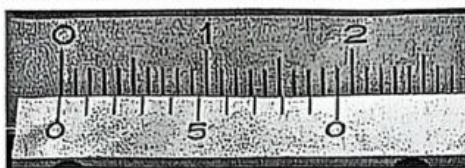
非选择题部分 (共 58 分)

三、实验题 (本题共 3 小题，共 14 分)

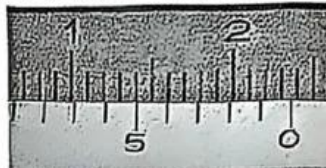
14. (5 分) 某同学用如图甲所示的实验装置来研究动量守恒定律，光电门 1、2 固定在气垫导轨上，质量分别为 $m_A=0.4kg$ 和 $m_B=0.1kg$ 的两个滑块 (含遮光片) 从光电门 1、2 的外侧匀速相向运动，在两



个光电门之间某位置发生碰撞并粘在一起继续运动，运动到气垫导轨一端时立刻被锁定。



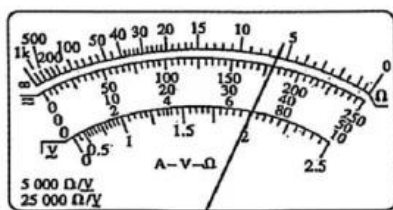
乙



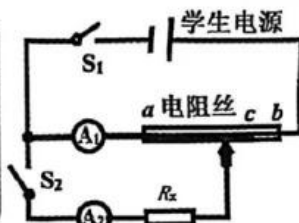
- (1) 两滑块上的遮光片宽度相同，为测定其宽度，用图乙游标卡尺测量，该游标卡尺分为 10 格，但有 19mm 长，则其精度为 mm，测量时遮光片宽度的结果如图丙所示，则遮光片的宽度为 mm。
- (2) 实验中光电门 2 记录了几次挡光时间？ 。若每次挡光时间均为 $\Delta t = 0.005\text{s}$ ，则碰撞前滑块 B 的速度大小为 m/s。
- (3) 实验过程中，该同学忘了记录滑块 A 经过光电门 1 的时间，若碰撞过程中两滑块的动量守恒，则滑块 A 通过光电门 1 的速度为 m/s。（结果保留三位有效数字）

14-II. (5 分) 在高中阶段，我们学过了很多测量电阻值的方法，某兴趣小组为了测量某个电阻 R_x 的阻值，同学们先用多用表粗略测量了该电阻的阻值，多用表的示数如图甲所示。然后设计了如图乙所示的电路再次测量了 R_x 的阻值。已知电路中电源的输出电压可调，电流表量程均选择 0.6A（内阻 $R_A = 0.5\Omega$ ），标有刻度的粗细均匀电阻丝 ab ，总长度为 20cm，总电阻为 10Ω ）。

- (1) 利用多用表测量时，选择的档位为 $\times 1$ 档，则由多用表指示示数可知，该电阻的阻值为 Ω



甲

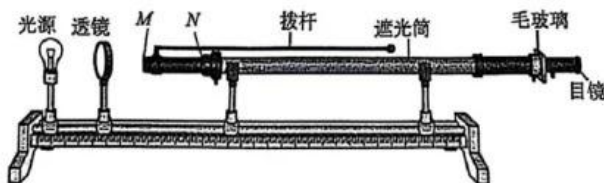


乙

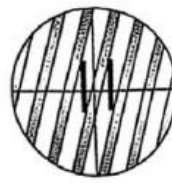
- (2) 利用如图乙所示设计的电路测量电阻时：
 - ①先断开 S_2 ，合上 S_1 ，当调节电源输出电压为 3.0V 时，单位长度电阻丝分得的电压 $U =$ V/m，记录此时电流表 A_1 的示数。
 - ②保持 S_1 闭合，合上 S_2 ，此时 A_1 的示数将 （填“变大”，“变小”或“不变”），然后滑动 c 点改变 ac 的长度 L ，同时调节电源输出电压，使电流表 A_1 的示数与步骤①记录的值相同，记录长度 L 和 A_2 的示数 I_2 。写出 R_x 与 L 、 U 、 R_A 、 I_1 、 I_2 的关系式 $R_x =$ 。

14-III (4 分) (下列两题均为不定项选择)

- (1) 关于“用双缝干涉测量光的波长”实验，则下列说法正确的是 。



甲

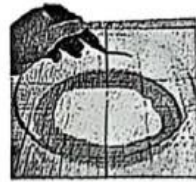


乙

- A. 甲图中， M 位置应装双缝，其目的是形成两个振动情况相同的光源
- B. 若实验时图像比较模糊则可以尝试调节光源，使光源更亮
- C. 若在毛玻璃上出现如图乙所示的图像，则应调节拨杆
- D. 若用图乙图平移测量头继续测量，则测量值会变大

(2) “用油膜法估测分子大小”实验中，下列说法正确的是 ▲。

- A. 丙图中，往浅盘中滴入的油酸酒精溶液在空气中已搁置较长时间，会使测量直径偏大
- B. 若按丁图示的油膜形状进行测量计算，油酸分子的直径测量值将偏大
- C. 计算 1mL 有几滴油酸酒精溶液时，多数了 1 滴，则测得的油酸分子直径偏大
- D. 计算油膜面积时，舍去了所有不足一格的方格，则测得的油酸分子直径偏大



丙



丁

四、分析计算题 (44 分)

15. (8 分) 某古老点火器如图所示，用牛角做套筒，木制轻质推杆前端粘着艾线，若猛推推杆，位于底部的艾线就会燃烧起来，压缩前牛角套筒内封闭一定质量的理想气体，温度与环境温度 T_0 相同，体积 V_0 ，压强 P_0 。已知牛角套的内部截面积为 S ，推杆和牛角套内部的摩擦力为 f ，艾线的着火点为 T_1 ，某次猛推推杆之后，气体的体积减小到原来的 $\frac{1}{9}$ ，艾线刚好燃烧起来，压缩过程十分短暂。

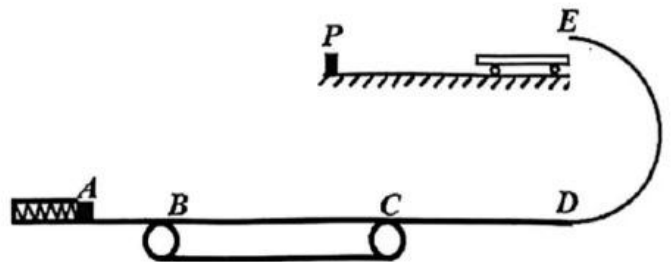
(1) 猛推推杆过程中，气体分子平均动能 ▲ (填“增大”、“不变”或“减小”)，气体的压强将 ▲ (填“增大”、“不变”或“减小”)

(2) 求压缩后气体的压强 P_1 ;

(3) 若气体的内能变化可描述为 $\Delta U = C\Delta T$ 其中 C 为与气体种类相关常数，求此过程中手对推杆做的功 W 。



16. (11 分) 如图所示为某游戏装置的结构示意图，该装置由光滑水平轨道 AB ，长度为 $l_1 = 2.5\text{m}$ 的传送带 BC ，长度为 $l_2 = 4.0\text{m}$ 的水平轨道 CD 和半径 $R=1.6\text{m}$ 的光滑半圆轨道 DE 构成。质量为 $m = 0.2\text{kg}$ 的小物块在弹簧弹力作用下从 A 点弹出，沿水平轨道从 B 点进入传送带，此后经过 CDE ，无碰撞地进入质量为 $M = 0.2\text{kg}$ 的小车上表面。小车右端恰好位于 E 点正下方，小车左端与固定在水平面上的挡板 P 相距 $l_3 = 1.5\text{m}$ ，当小车碰到挡板时即停止运动。已知小物块与传送带之间，与 CD 间，与小车的上表面的动摩擦系数均为 $\mu = 0.4$ ，传动带沿顺时针方向以速度 $v = 4\sqrt{7}\text{m/s}$ 转动，若小物块能恰好从 E 点飞出，则



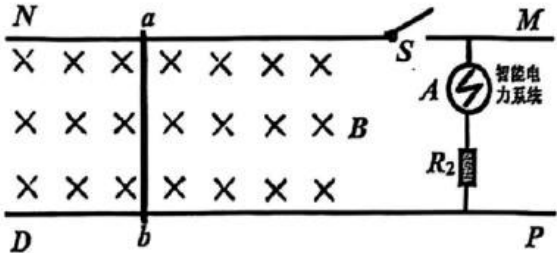
(1) 求小物块经过 D 点时对轨道的压力;

(2) 求弹簧弹性势能的取值范围;

(3) 若物块在运动过程中始终不会和挡板 P 发生碰撞，求小车长度 L 的最小值。

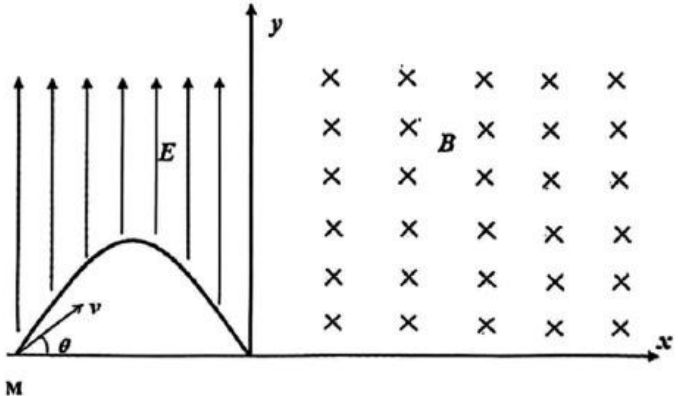
17. (12分) 某智能电力系统可提供或回收电能, 其工作方式简要理解如下。如图所示, 水平面内有光滑轨道 MN 和 PD , 间距为 L , 在 MN 轨道上设置了一个开关 S , 在 MN 和 PD 间用导线接了智能电力系统 A , 接了阻值为 R_2 的定值电阻。在水平面上布置垂直水平面的足够大的匀强磁场, 磁感应强度为 B , 现在轨道上放置光滑导体杆 ab , 阻值为 R_1 , 在 ab 上施加水平向左的恒力, 闭合开关 S , 使之由静止开始向右做加速度大小为 a 的匀加速运动。

- (1) 若此过程电路中电流恒定大小为 I ,
- ①判断电流流过 ab 棒的方向
 - ②求恒力的大小
 - ③求智能电力系统输出的功率 P 随时间 t 的变化关系
- (2) 若恒力为 F , ab 由静止开始向左运动, 加速度大小仍为 a , 经过时间 t , 智能电力系统被充的电能 E (只考虑被充的电能, 不考虑净值) 与时间 t 的关系



18. (13分) 如图所示直角坐标系 xoy 中, 第一象限存在垂直纸面向里磁感应强度 B 的匀强磁场, 第二象限以某曲线为界, 上部存在沿 y 轴正方向, 大小为 $E = \frac{mv_0^2}{2qd}$ 的电场, 下部和 x 轴所围的部分无电场, 当位于 $M(-4d, 0)$ 的粒子源沿与 x 轴正方向成 θ 角发射的同种粒子以不同的速度大小射入电场, 射入电场的粒子最终均能以相同大小的速度 v_0 沿 x 轴正方向, 从 y 轴上 $y=d$ 到 $y=2d$ 到的范围内射入第一象限的磁场中, 已知粒子质量 m , 电荷量 $-q$, 距离 d , 不计粒子间的相互作用力。

- (1) 若 $B = \frac{mv_0}{qd}$, 求粒子在电场中加速度 a 和在磁场中运动的半径 r ; (用 v_0 、 d 表示)
- (2) 若 $B = \frac{mv_0}{2qd}$, 求 x 轴上有粒子击中的坐标范围;
- (3) 若第一象限的磁感应强度随纵坐标 y 变化, 满足 $B = \frac{kmv_0}{2qd^2}y$, 从 $y = d$ 处入射的粒子刚好能击中 x 轴, 求 k 的值;
- (4) 求粒子从 M 点发射时 $\tan\theta$ 的取值范围;



2024 学年第二学期浙江省县域教研联盟高三年级模拟考试

物理参考答案

一. 单项选择题+二. 不定项选择题

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

三. 实验题

14-I (5分) (1) 0.1mm 4.5mm (2) 3次 0.90m/s (3) 1.35 (每空1分)

14-II (5分) (1) 6.0 (2) ① $\frac{10}{7} = 14.3$ ②变小 $R_x = \frac{(I_1 R_A + UL)}{I_2} - R_A$ (每空1分, 最后一空2分)

14-III (4分) (1) BD (2) BD (每空2分)

15. (8分)

解析:

(1) 增大; 增大 (2分)

(2) 由理想气体状态方程可知 $\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_0 \frac{1}{9}}{T_1}$ 解得 $P_1 = \frac{9P_0 T_1}{T_0}$ (3分)

(3) 由热力学第一定律可知 $\Delta U = W + Q$, 由于压缩过程十分短暂, 故可将其视为绝热过程, 即此过程中气体和外界不发生热交换, 此变化过程看成绝热过程,

$$\text{故有 } W = \Delta U + f \times \frac{(1 - \frac{1}{9} V_0)}{S} = C(T_1 - T_0) + \frac{8fV_0}{9S} \quad (3\text{分})$$

16. (11分)

解析 (1) 小物块经过 E 点时 $mg = m \frac{v_E^2}{R}$, 解得 $v_E = 4\text{m/s}$ (1分)

由动能定理可知由 D 点到 E 点: $\frac{1}{2}mv_E^2 - \frac{1}{2}mv_D^2 = -mg2R$ 解得 $v_D = 4\sqrt{5}\text{m/s}$ (1分)

则小物块经过 D 点时 $F_N - mg = m \frac{v_D^2}{R}$ 解得 $F_N = 6mg = 12\text{N}$ (1分)

由牛顿第三定律可知, 小物块对轨道的压力为 12N (1分)

(2) 小物块从 C 点到 E 点, 由动能定理有 $\frac{1}{2}mv_E^2 - \frac{1}{2}mv_C^2 = -mg2R - \mu_2 mgl_2$

解得 $v_C = 4\sqrt{7}\text{m/s}$ (1分)

若小物块进入传送带后全程减速, 则有 $\frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = -\mu mgl_1$,

则 $E_P = \frac{1}{2}mv_B^2 = 13.2\text{J}$ (1分)

若小物块进入传送带后全程加速, 则有 $\frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = \mu mgl_1$,

则 $E_P = \frac{1}{2}mv_B^2 = 9.2\text{J}$ (1分)

故弹簧弹性势能的取值范围为 $9.2\text{J} \leq E_P \leq 13.2\text{J}$

(3) 小物块进入小车后, 假设小物块和小车达到共速, 则有 $mv_E = (m + M)v_{共}$

解得 $v_{共} = 2\text{m/s}$

令这段时间内小车向前运动的距离为 x , 则有 $\mu mgx = \frac{1}{2}Mv_{共}^2$,

解得 $x = 0.5\text{m} < 1.5\text{m}$ (1分)

故物块和小车达到共速后, 小车再撞上挡板的,

此过程中滑块在小车上滑行的相对位移为 ΔL_1 ,

则有 $\mu_3 mg \Delta L_1 = \frac{1}{2}mv_E^2 - \frac{1}{2}(M + m)v_{共}^2$ 得 $\Delta L_1 = 1\text{m}$ (1分)

小车撞上挡板后, 小物块在木板上表面做匀减速直线运动至停止,

有 $\mu_3 mg \Delta L_2 = \frac{1}{2}mv_{共}^2$, 解得 $\Delta L_2 = 0.5\text{m}$ (1分)

则小车的长度至少为 $L = \Delta L_1 + \Delta L_2 = 1.5\text{m}$ (1分)

17. (12分)

(1) ①因为 ab 向右运动, 所以安培力向右, 电流由 a 端流向 b 端 (1分)

②由牛顿第二定律得: $BIL - F = ma$

得: $F = BIL - ma$ (1分)

③智能电力系统输出功率, 则它输出的电压高于切割的感应电动势,

由闭合电路欧姆定律得: $u - BLat = I(R_1 + R_2)$ (1分)

智能电力系统输出功率: $P = uI = (BLat + IR_1 + IR_2)I = BLaIt + I^2R_1 + I^2R_2$ (1分)

(2) 因为向左做匀加速运动, 由牛顿第二定律得:

$$F - BI_2L = ma \quad (1分)$$

由闭合电路欧姆定律得: $BLat - u_2 = I_2(R_1 + R_2)$

$$u_2 = BLat - I_2(R_1 + R_2) = BLat - \frac{F - ma}{BL}(R_1 + R_2) \quad (1分)$$

$$\text{当 } u_2 = 0 \text{ 时, } t = \frac{(F - ma)(R_1 + R_2)}{B^2L^2a} = t_0 \quad (1分)$$

$$u_2 > 0 \text{ 时, 即 } t > \frac{(F - ma)(R_1 + R_2)}{B^2L^2a}, \text{ 智能电力系统被充电} \quad (1分)$$

$$\text{①若 } t < \frac{(F - ma)(R_1 + R_2)}{B^2L^2a}, \text{ 不被充电, 回收的能量 } E = 0 \quad (1分)$$

$$\text{②若 } t > \frac{(F - ma)(R_1 + R_2)}{B^2L^2a}, P = u_2I_2 \quad (1分)$$

$$\text{回收的能量: } E = \frac{1}{2}(t - t_0)u_2I_2 = \frac{1}{2}(t - t_0)[BLat - \frac{F - ma}{BL}(R_1 + R_2)]\frac{F - ma}{BL} \quad (2分)$$

18. (13分)

(1) 粒子在电场中的加速度 $a = \frac{qE}{m} = \frac{2v_0^2}{d}$ (1分)

粒子在磁场中的运动半径为 $r = \frac{mv_0}{qB} = d$ (1分)

(2) 半径 R 将变成原来的两倍, 即 $R = 2d$ (1分)

可知, 从 y 轴上 $y = 2d$ 处进入磁场的粒子在 x 轴上击中的坐标位置最大 $x_1 = 2d$

(1分)

可知, 从 y 轴上 $y = d$ 处进入磁场的粒子在 x 轴上击中的坐标位置最小

则有 $(2d)^2 = x_2^2 + d^2$ 解得 $x_2 = \sqrt{3}d$ (1分)

(3) 对粒子沿 x 方向应用动量定理得 $-qBv_y \Delta t = m \Delta v_x$; $-q \frac{kmv_0 y}{2qd^2} \Delta y = m \Delta v_x$ (1分)

设进入 B 区域时的纵坐标为 y 的粒子的轨迹恰与 x 轴相切, 则 $\frac{qkmv_0}{2qd^2} \frac{1}{2} y^2 = 2mv_0$ (1分)

则当 $y = d$ 时解得 $k = 8$ (1分)

(4) 由逆向思维, 令粒子在 y 轴上出射点的坐标为 y_0 , 轨迹与电场边界的交点为 (x, y) ,

由题中 $E = \frac{mv_0^2}{2qd}$

则有 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{y_0 - y}{\frac{x}{2}} = \frac{y}{4d - x}$ (1分)

同时将 $v_y = at = \frac{qE}{m} \frac{x}{v_0}$ 代入可得 $\frac{x}{2d} = \frac{y}{4d - x}$ 和 $\frac{x}{2d} = \frac{y_0 - y}{\frac{x}{2}}$ (1分)

可解得当 $y_0 = d$ 时得 $x = (4 - 2\sqrt{3})d$, $\tan \theta_1 = \frac{x}{2d} = 2 - \sqrt{3}$ (1分)

$y_0 = 2d$ 时得 $x = (4 - 2\sqrt{2})d$, $\tan \theta_2 = \frac{x}{2d} = 2 - \sqrt{2}$ (1分)

故 $\tan \theta$ 的取值范围为 $[2 - \sqrt{3} \sim 2 - \sqrt{2}]$ (1分)

