

2009年江苏省高考物理试卷解析版

参考答案与试题解析

一、单项选择题：本题共5小题，每小题3分，共计15分，每小题只有一个选项符合题意。

1. (3分) 两个分别带有电荷量 $-Q$ 和 $+3Q$ 的相同金属小球 (均可视为点电荷)，固定在相距为 r 的两处，它们间库仑力的大小为 F 。两小球相互接触后将其固定距离变为 $\frac{r}{2}$ ，则两

球间库仑力的大小为 ()

- A. $\frac{1}{12}F$ B. $\frac{3}{4}F$ C. $\frac{4}{3}F$ D. $\frac{1}{4}F$

【考点】A2：电荷守恒定律；A4：库仑定律。

【专题】11：计算题。

【分析】清楚两小球相互接触后，其所带电量先中和后均分。

根据库仑定律的内容，根据变化量和不变量求出问题。

【解答】解：接触前两个点电荷之间的库仑力大小为 $F = k\frac{Q \cdot 3Q}{r^2}$ ，两个相同的金属球各自

带电，接触后再分开，其所带电量先中和后均分，所以两球分开后各自带电为 $+Q$ ，距离

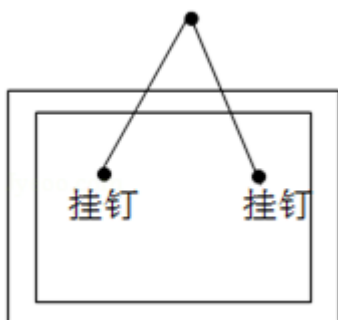
又变为原来的 $\frac{1}{2}$ ，库仑力为 $F' = k\frac{Q \cdot Q}{(\frac{r}{2})^2}$ ，

所以两球间库仑力的大小为 $\frac{4}{3}F$ 。

故选：C。

【点评】本题考查库仑定律及带电题电量的转移问题。

2. (3分) 用一根长 1m 的轻质细绳将一副质量为 1kg 的画框对称悬挂在墙壁上，已知绳能承受的最大张力为 10N ，为使绳不断裂，画框上两个挂钉的间距最大为 (g 取 10m/s^2) ()

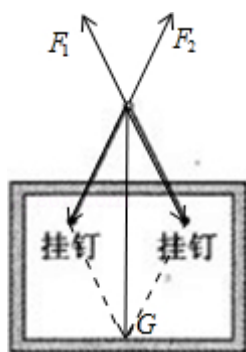


- A. $\frac{\sqrt{3}}{2}m$ B. $\frac{\sqrt{2}}{2}m$ C. $\frac{1}{2}m$ D. $\frac{\sqrt{3}}{4}m$

【考点】 2G: 力的合成与分解的运用; 3C: 共点力的平衡.

【分析】 将重力按照力的效果进行分解, 即沿两细线的方向分解, 求出绳子即将断开时的临界角度 (两细线夹角) 即可得出画框上两个挂钉的最大间距.

【解答】 解: 一个大小方向确定的力分解为两个等大的力时, 合力在分力的角平分线上, 且两分力的夹角越大, 分力越大, 因而当绳子拉力达到 $F=10\text{N}$ 的时候, 绳子间的张角最大, 为 120° , 此时两个挂钉间的距离最大; 画框受到重力和绳子的拉力, 三个力为共点力, 受力如图.



绳子与竖直方向的夹角为 $\theta=60^\circ$, 绳子长为 $L_0=1\text{m}$, 则有 $mg=2F\cos\theta$, 两个挂钉的

间距离 $L=2 \cdot \frac{L_0}{2} \sin\theta$, 解得 $L=\frac{\sqrt{3}}{2}m$, A 项正确;

故选: A.

【点评】 熟练应用力的合成和分解以及合成与分解中的一些规律, 是解决本题的根本.

3. (3分) 英国《新科学家 (New Scientist)》杂志评选出了 2008 年度世界 8 项科学之最, 在 XTEJ1650 - 500 双星系统中发现的最小黑洞位列其中, 若某黑洞的半径 R 约 45km,

质量 M 和半径 R 的关系满足 $\frac{M}{R} = \frac{c^2}{2G}$ (其中 c 为光速, G 为引力常量), 则该黑洞表面重

力加速度的数量级为 ()

- A. 10^8m/s^2 B. 10^{10}m/s^2 C. 10^{12}m/s^2 D. 10^{14}m/s^2

【考点】4F：万有引力定律及其应用。

【专题】11：计算题；21：信息给予题。

【分析】根据物体与该天体之间的万有引力等于物体受到的重力，列出等式表示出黑洞表面重力加速度。

结合题目所给的信息求解问题。

【解答】解：黑洞实际为一天体，天体表面的物体受到的重力近似等于物体与该天体之间的万有引力，

对黑洞表面的某一质量为 m 物体有：

$$G \frac{Mm}{R^2} = mg,$$

$$\text{又有 } \frac{M}{R} = \frac{c^2}{2G},$$

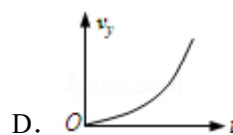
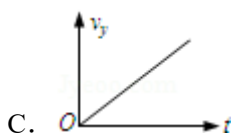
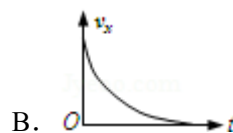
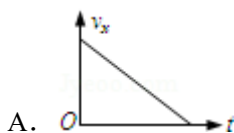
$$\text{联立解得 } g = \frac{c^2}{2R},$$

代入数据得重力加速度的数量级为 10^{12}m/s^2 ，

故选：C。

【点评】处理本题要从所给的材料中，提炼出有用信息，构建好物理模型，选择合适的物理方法求解。

4. (3分) 在无风的情况下，跳伞运动员从水平飞行的飞机上跳伞，下落过程中受到空气阻力，下列描绘下落速度的水平分量大小 v_x 、竖直分量大小 v_y 与时间 t 的图象，可能正确的是 ()



【考点】45：运动的合成和分解。

【专题】16：压轴题.

【分析】跳伞运动员下落过程中受到的空气阻力并非为恒力，与速度有关，且速度越大受到的阻力越大，明确这一点后，把跳伞运动员的下落运动与受的阻力分解为水平方向和竖直方向，竖直方向运动员受重力和空气阻力，合力向下，速度逐渐增大，阻力增大合力减小，加速度减小；水平方向只受阻力，开始由于惯性具有水平初速度，跳后速度减小，阻力减小，加速度减小. 再根据 $v-t$ 图象中图线的斜率作出判断.

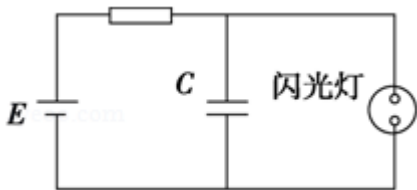
【解答】解：A、B：跳伞运动员下落过程中受到的空气阻力并非为恒力，与速度有关，且速度越大受到的阻力越大，把阻力向水平方向分解，水平方向只受阻力，同时跳伞运动员具有水平方向速度，所以做减速运动，且速度减小，阻力减小，加速度减小。在 $v-t$ 图象中图线的斜率表示加速度， \therefore A 选项错误，B 选项正确。

C、D：竖直方向运动员受重力和空气阻力，竖直方向的速度逐渐增大，空气阻力增大，竖直方向的合力减小，竖直方向的加速度 a_y 逐渐变小，图象中的图线的斜率减小，而由斜率表示加速度知，C 图中，竖直方向的加速度不变，D 图中加速度增大，与实际不符，故 C、D 错误。

故选：B。

【点评】知道速度与所受阻力的规律是解决本题的关键，再利用分解的思想把跳伞运动员的受力和运动向水平方向和竖直方向分解，在两个方向上分别分析判断.

5. (3分) 在如图所示的闪光灯电路中，电源的电动势为 E ，电容器的电容为 C 。当闪光灯两端电压达到击穿电压 U 时，闪光灯才有电流通过并发光，正常工作时，闪光灯周期性短暂闪光，则可以判定 ()



- A. 电源的电动势 E 一定小于击穿电压 U
- B. 电容器所带的最大电荷量一定为 CE
- C. 闪光灯闪光时，电容器所带的电荷量一定增大
- D. 在一个闪光周期内，通过电阻 R 的电荷量与通过闪光灯的电荷量一定相等

【考点】AN：电容器与电容.

【专题】16：压轴题.

【分析】 本题重在理解题意并能明确电路的工作原理，根据工作原理才能明确电源电压与击穿电压 U 之间的关系，由 $Q=UC$ 可知极板上的电荷量。

【解答】 解：A、电容器两端的电压与闪光灯两端的电压相等，当电源给电容器充电，达到闪光灯击穿电压 U 时，闪光灯被击穿，电容器放电，放电后闪光灯两端电压小于 U ，断路，电源再次给电容器充电，达到电压 U 时，闪光灯又被击穿，电容器放电，如此周期性充放电，使得闪光灯周期性短暂闪光。要使得充电后达到电压 U ，则电源电动势一定大于等于 U ，A 项错误；

B、电容器两端的最大电压为 U ，故电容器所带的最大电荷量为 $Q=CU$ ，B 项错误；

C、闪光灯闪光时电容器放电，所带电荷量减少，C 项错误；

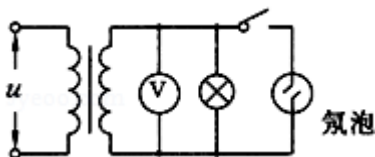
D、充电时电荷通过 R ，通过闪光灯放电，故充放电过程中通过电阻 R 的电荷量与通过闪光灯的电荷量一定相等，D 项正确。

故选：D。

【点评】 本题有效地将电路及电容器结合在一起，考查学生的审题能力及知识的迁移应用能力，对学生要求较高。

二、多项选择题：本题共 4 小题，每小题 4 分，共计 16 分，每小题有多个选项符合题意。全部选对的得 4 分，选对但不全的得 2 分，错选或不答的得 0 分。

6. (4 分) 如图所示，理想变压器的原、副线圈匝数比为 1: 5，原线圈两端的交变电压为 $u = 20\sqrt{2}\sin 100\pi t \text{V}$ 氖泡在两端电压达到 100V 时开始发光，下列说法中正确的有 ()



A. 开关接通后，氖泡的发光频率为 100Hz

B. 开关接通后，电压表的示数为 100V

C. 开关断开后，电压表的示数变大

D. 开关断开后，变压器的输出功率不变

【考点】 BG：电功、电功率；E3：正弦式电流的图象和三角函数表达式；E8：变压器的构造和原理。

【专题】 53A：交流电专题。

【分析】 根据电压与匝数成正比，电流与匝数成反比，变压器的输入功率和输出功率相等，逐项分析即可得出结论。

【解答】解：A、交变电压的频率为 $f = \frac{100\pi}{2\pi} = 50\text{Hz}$ ，一个周期内电压两次大于 100V，

即一个周期内氖泡能两次发光，所以其发光频率为 100Hz，所以 A 项正确；

B、由交变电压的瞬时值表达式知，原线圈两端电压的有效值为 $U_1 = \frac{20\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\text{V} = 20\text{V}$ ，由

$\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}$ 得副线圈两端的电压为 $U_2 = 100\text{V}$ ，电压表的示数为交流电的有效值，所以 B 项

正确；

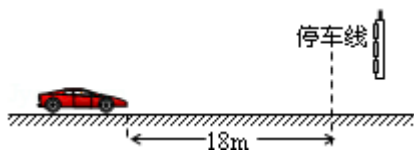
C、开关断开前后，输入电压不变，变压器的变压比不变，故输出电压不变，所以 C 项错误；

D、断开后，电路消耗的功率减小，输出功率决定输入功率，所以 D 项错误。

故选：AB。

【点评】本题主要考查变压器的知识，要能对变压器的最大值、有效值、瞬时值以及变压器变压原理、功率等问题彻底理解。

7. (4分) 如图所示，以 8m/s 匀速行驶的汽车即将通过路口，绿灯还有 2s 将熄灭，此时汽车距离停车线 18m。该车加速时最大加速度大小为 2m/s^2 ，减速时最大加速度大小为 5m/s^2 。此路段允许行驶的最大速度为 12.5m/s ，下列说法中正确的有 ()



- A. 如果立即做匀加速运动，在绿灯熄灭前汽车可能通过停车线
- B. 如果立即做匀加速运动，在绿灯熄灭前通过停车线汽车一定超速
- C. 如果立即做匀减速运动，在绿灯熄灭前汽车一定不能通过停车线
- D. 如果距停车线 5m 处减速，汽车能停在停车线处

【考点】1E：匀变速直线运动的位移与时间的关系。

【专题】11：计算题；32：定量思想；43：推理法；511：直线运动规律专题。

【分析】本题中汽车有两种选择方案

方案一、加速通过

按照 AB 选项提示，汽车立即以最大加速度匀加速运动，分别计算出匀加速 2s 的位移和速度，与实际要求相比较，得出结论；

方案二、减速停止

按照 CD 选项提示，汽车立即以最大加速度匀减速运动，分别计算出减速到停止的时间和位移，与实际要求相比较，即可得出结论。

【解答】解：AB、如果立即做匀加速直线运动， $t_1=2\text{s}$ 内的位移 $x = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 20\text{m}$

$>18\text{m}$ ，此时汽车的速度为 $v_1 = v_0 + a_1 t_1 = 12\text{m/s} < 12.5\text{m/s}$ ，汽车没有超速，A 项正确、B 错误；

C、不管是用多大的加速度做匀减速运动，在绿灯熄灭前汽车一定不能通过停车线，因为即使不减速，匀速行驶，2 秒所能行驶的距离也只是 $16\text{m} < 18\text{m}$ ；故 C 正确

D、如果立即以最大加速度做匀减速运动，速度减为零需要的时间为： $t_2 = \frac{v_0}{a_2} = 1.6\text{s}$ ，

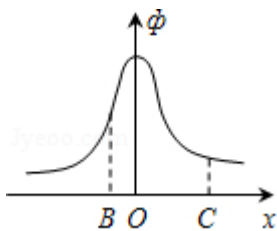
此过程通过的位移为 $x_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 = 6.4\text{m}$ ，即刹车距离为 6.4m，所以如果距停车线 5m 处

减速，则会过线；D 错误。

故选：AC。

【点评】熟练应用匀变速直线运动的公式，是处理问题的关键，对汽车运动的问题一定要注意所求解的问题是否与实际情况相符。

8. (4 分) 空间某一静电场的电势 ϕ 在 x 轴上分布如图所示，x 轴上两点 B、C 点电场强度在 x 方向上的分量分别是 E_{Bx} 、 E_{Cx} ，下列说法中正确的有 ()



- A. E_{Bx} 的大小大于 E_{Cx} 的大小
B. E_{Bx} 的方向沿 x 轴正方向
C. 电荷在 O 点受到的电场力在 x 方向上的分量最大
D. 负电荷沿 x 轴从 B 移到 C 的过程中，电场力先做正功，后做负功

【考点】 AB：电势差；AC：电势；AG：电势差和电场强度的关系。

【专题】 16：压轴题。

【分析】 本题的入手点在于如何判断 E_{Bx} 和 E_{Cx} 的大小，由图象可知在 x 轴上各点的电

场强度在 x 方向的分量不相同，如果在 x 方向上取极小的一段，可以把此段看做是匀强电场，用匀强电场的处理方法思考，从而得到结论，此方法为微元法。

【解答】解：在 B 点和 C 点附近分别取很小的一段 d ，由图象，B 点段对应的电势差大于 C 点段对应的电势差，看做匀强电场有 $E = \frac{\Delta\varphi}{d}$ ，可见 $E_{Bx} > E_{Cx}$ ，A 项正确；

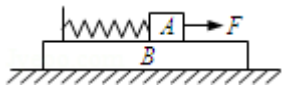
同理可知 O 点场强最小，电荷在该点受到的电场力最小，C 项错误；

沿电场方向电势降低，在 O 点左侧， E_{Bx} 的方向沿 x 轴负方向，在 O 点右侧， E_{Cx} 的方向沿 x 轴正方向，所以 B 项错误，D 项正确。

故选：AD。

【点评】本题需要对电场力的性质和能的性质由较为全面的理解，并要求学生能灵活运用微分法；故此题的难度较高。

9. (4 分) 如图所示，两质量相等的物块 A、B 通过一轻质弹簧连接，B 足够长、放置在水平面上，所有接触面均光滑，弹簧开始时处于原长，运动过程中始终处在弹性限度内。在物块 A 上施加一个水平恒力，A、B 从静止开始运动到第一次速度相等的过程中，下列说法中正确的有 ()



- A. 当 A、B 加速度相等时，系统的机械能最大
- B. 当 A、B 加速度相等时，A、B 的速度差最大
- C. 当 A、B 速度相等时，A 的速度达到最大
- D. 当 A、B 速度相等时，弹簧的弹性势能最大

【考点】37：牛顿第二定律；6B：功能关系。

【专题】16：压轴题。

【分析】对于整体而言，有力 F 对整体做正功，所以系统的机械能将不断的增大；

A 从静止开始运动，弹簧的被拉长，产生弹力，从而使 B 开始运动，在运动的过程中 A 的合力逐渐的减小，而 B 的合力在逐渐的增大，当加速度相同之后，A 的速度增加不如 B 速度增加的快了，此时，它们的速度之差也就减小了；

当 A、B 的速度相等时，弹簧的形变量最大，此时弹簧的弹性势能最大；

【解答】解：对 A、B 在水平方向受力分析如图， F_1 为弹簧的拉力；

当加速度大小相同为 a 时，对 A 有 $F - F_1 = ma$ ，对 B 有 $F_1 = ma$ ，得 $F_1 = \frac{F}{2}$ ，

在整个过程中 A 的合力（加速度）一直减小，而 B 的合力（加速度）一直增大，
在达到共同加速度之前 A 的合力（加速度）一直大于 B 的合力（加速度），之后 A 的合力（加速度）一直小于 B 的合力（加速度）。

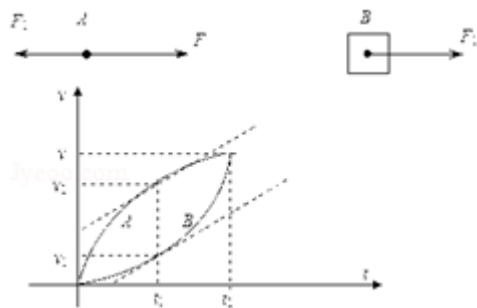
两物体运动的 $v - t$ 图象如图所示， t_1 时刻，两物体加速度相等，斜率相同，速度差最大，
 t_2 时刻两物体的速度相等，A 速度达到最大值，

两实线之间围成的面积有最大值即两物体的相对位移最大，此时弹簧被拉到最长；

除重力和弹簧弹力外其它力对系统正功，所以系统机械能增加，

t_1 时刻之后拉力依然做正功，即加速度相等时，系统机械能并非最大值。

故选：BCD。

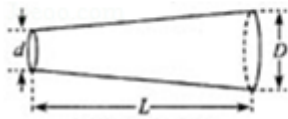


【点评】 处理本题的关键是对物体进行受力分析和运动过程分析，使用图象处理则可以使问题大大简化。

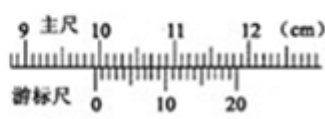
三、简答题：本题分必做题（第 10、11 题）和选做题（第 12 题）两部分，共计 42 分。[选做题] 本题包括 A、B、C 三个小题，请选定其中两题作答。若三题都做，则按 A、B 两题评分

10.（8 分）有一根圆台状均匀质合金棒如图甲所示，某同学猜测其电阻的大小与该合金棒的电阻率 ρ 、长度 L 和两底面直径 d 、 D 有关。他进行了如下实验：

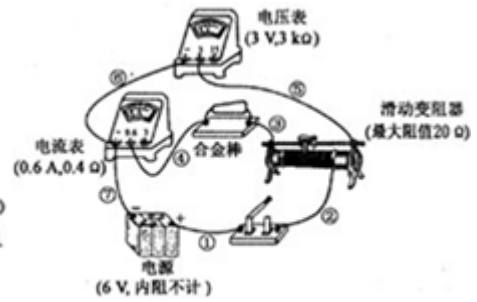
（1）用游标卡尺测量合金棒的两底面直径 d 、 D 和长度 L 。图乙中游标卡尺（游标尺上有 20 个等分刻度）的读数 $L = \underline{9.940}$ cm。



图甲



图乙



图丙

(2) 测量该合金棒电阻的实物电路如图丙所示（相关器材的参数已在图中标出）。该合金棒的电阻约为几个欧姆。图中有一处连接不当的导线是 ⑥。（用标注在导线旁的数字表示）

(3) 改正电路后，通过实验测得合金棒的电阻 $R=6.72\Omega$ 。根据电阻定律计算电阻率为 ρ 、长为 L 、直径分别为 d 和 D 的圆柱状合金棒的电阻分别为 $R_d=13.3\Omega$ 、 $R_D=3.38\Omega$ 。他发现：在误差允许范围内，电阻 R 满足 $R^2=R_d \cdot R_D$ ，由此推断该圆台状合金棒的电阻 $R=$

$$R = \frac{4\rho L}{\pi d D} \text{。 (用 } \rho、L、d、D \text{ 表述)}$$

【考点】 B7：电阻定律；BE：伏安法测电阻；L3：刻度尺、游标卡尺的使用；ND：探究决定导线电阻的因素。

【专题】 13：实验题。

【分析】 (1) 20 分度游标卡尺游标每一分度表示长度为 0.05mm ，由主尺读出整毫米数，根据游标尺上第几条刻度线与主尺对齐，读出毫米的小数部分。

(2) 电路分为测量电路和控制电路两部分。测量电路采用伏安法。根据电压表、电流表与待测电阻阻值倍数关系，选择电流表外接法；

(3) 电阻定律的公式 $R=\rho \frac{l}{S}$ 进行求解。

【解答】 解：(1) 游标卡尺的读数，按步骤进行则不会出错。首先，确定游标卡尺的精度为 20 分度，即为 0.05mm ，然后以毫米为单位从主尺上读出整毫米数 99.00mm ，注意小数点后的有效数字要与精度一样，再从游标尺上找出对的最齐一根刻线，精度 \times 格数 $=0.05 \times 8\text{mm} = 0.40\text{mm}$ ，最后两者相加，根据题目单位要求换算为需要的数据， $99.00\text{mm} + 0.40\text{mm} = 99.40\text{mm} = 9.940\text{cm}$ 。

(2) 本实验为测定一个几欧姆的电阻，在用伏安法测量其两端的电压和通过电阻的电流时，因为安培表的内阻较小，为了减小误差，应用安培表外接法，⑥线的连接使用的是

安培表内接法.

(3) 审题是处理本题的关键, 弄清题意也就能找到处理本题的方法. 根据电阻定律计算电阻率为 ρ 、长为 L 、直径分别为 d 和 D 的圆柱状合金棒的电阻分别为 $R_d=13.3\Omega$ 、

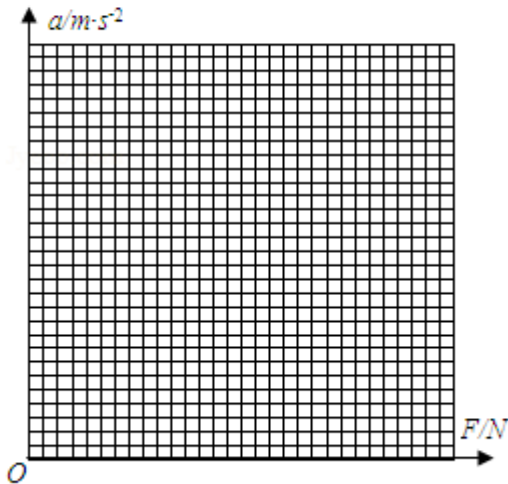
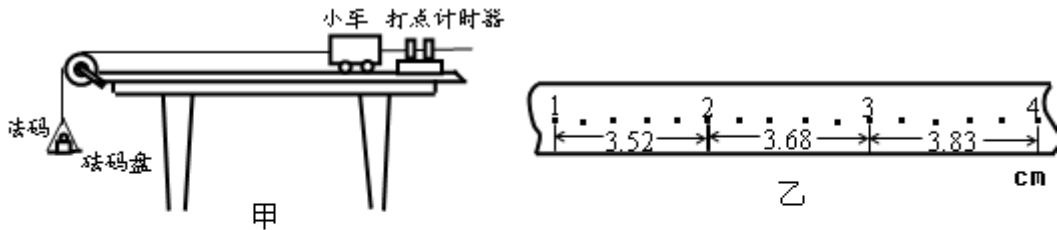
$R_D=3.38\Omega$. 即 $R_d = \rho \frac{L}{\pi(\frac{d}{2})^2}$, $R_D = \rho \frac{L}{\pi(\frac{D}{2})^2}$, 而电阻 R 满足 $R^2=R_d R_D$, 将 R_d 、 R_D 带入

$$\text{得 } R = \frac{4\rho L}{\pi d D}$$

答案: (1) 9.940 (2) ⑥ (3) $\frac{4\rho L}{\pi d D}$

【点评】 本题是研究“导体对电流的阻碍作用与哪些因素有关”的实验题, 应用了控制变量法, 认真分析实验条件及实验数据, 找出不同条件下, 根据实验数据的不同得出结论, 是本题的解题关键.

11. (10分) “探究加速度与物体质量、物体受力的关系”的实验装置如图甲所示.



图丙

(1) 在平衡小车与桌面之间摩擦力的过程中, 打出了一条纸带如图乙所示. 计时器大点的时间间隔为 0.02s . 从比较清晰的点起, 每 5 个点取一个计数点, 量出相邻计数点之间的距离. 该小车的加速度 $a = \underline{0.16} \text{ m/s}^2$. (结果保留两位有效数字)

(2) 平衡摩擦力后, 将 5 个相同的砝码都放在小车上. 挂上砝码盘, 然后每次从小车上

取一个砝码添加到砝码盘中，测量小车的加速度。小车的加速度 a 与砝码盘中砝码总重力 F 的实验数据如表

砝码盘中砝码	0.196	0.392	0.588	0.784	0.980
总重力 F (N)					
加速度 a ($m \cdot s^{-2}$)	0.69	1.18	1.66	2.18	2.70

请根据实验数据作出 $a - F$ 的关系图象。

(3) 根据提供的试验数据作出的 $a - F$ 图线不通过原点，请说明主要原因_____。

【考点】 M8: 探究加速度与物体质量、物体受力的关系.

【专题】 16: 压轴题.

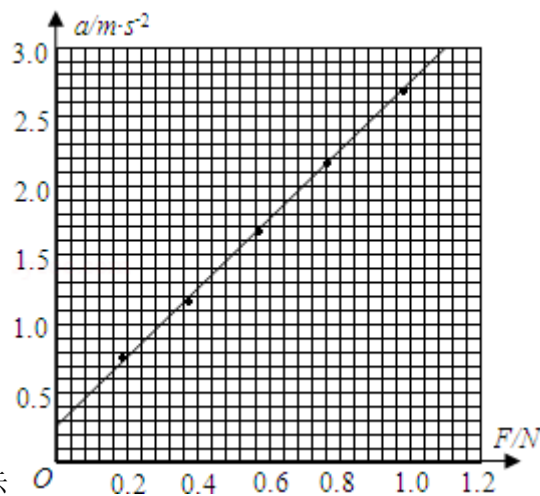
【分析】 该实验是探究加速度与力、质量的三者关系，研究三者关系必须运用控制变量法。

纸带法实验中，若纸带匀变速直线运动，测得纸带上的点间距，利用匀变速直线运动推论，可计算出打出某点时纸带运动加速度。

根据图中的数据，合理的设计横纵坐标的刻度值，据数据确定个点的位置，将个点用一条直线连起来，延长交与坐标轴某一点。

知道为什么需要平衡摩擦力以及不平衡摩擦力带来什么问题。

【解答】 解：(1) 处理匀变速直线运动中所打出的纸带，求解加速度用公式 $\Delta x = at^2$ ，由于每 5 个点取一个点，则连续两点的的时间间隔为 $t = 0.1s$ ， $\Delta x = (3.68 - 3.52) \times 10^{-2}m$ ，带入可得加速度 $a = 0.16m/s^2$ 。



(2) 如图所示

(3) 未放入砝码时，小车已有加速度，可以判断未计入砝码盘的重力。

答案：(1) 0.16 (2) (见图)

(3) 未计入砝码盘的重力

【点评】实验问题需要结合物理规律去解决。

处理图象问题要注意图线的斜率、交点、拐点、面积等意义，能正确理解这些量的意义则很多问题将会迎刃而解。

对于实验我们要清楚每一项操作存在的理由。其中平衡摩擦力的原因以及做法在实验中应当清楚。

数据处理时注意单位的换算和有效数字的保留。

12. (24分) **【选做题】**A. (1) 若一气泡从湖底上升到湖面的过程中温度保持不变，则在此过程中关于气泡中的气体，

下列说法正确的是 D。(填写选项前的字母)

(A) 气体分子间的作用力增大 (B) 气体分子的平均速率增大

(C) 气体分子的平均动能减小 (D) 气体组成的系统熵增加

(2) 若将气泡内的气体视为理想气体，气泡从湖底上升到湖面的过程中，对外界做了 0.6J 的功，则此过程中的气泡 吸收 (填“吸收”或“放出”) 的热量是 0.6 J. 气泡到达湖面后，温度上升的过程中，又对外界做了 0.1J 的功，同时吸收了 0.3J 的热量，则此过程中，气泡内气体内能增加了 0.2 J

(3) 已知气泡内气体的密度为 1.29kg/m^3 ，平均摩尔质量为 0.29kg/mol 。阿伏加德罗常数 $N^A=6.02\times 10^{23}\text{mol}^{-1}$ ，取气体分子的平均直径为 $2\times 10^{-10}\text{m}$ ，若气泡内的气体能完全变为液体，请估算液体体积与原来气体体积的比值。(结果保留以为有效数字)

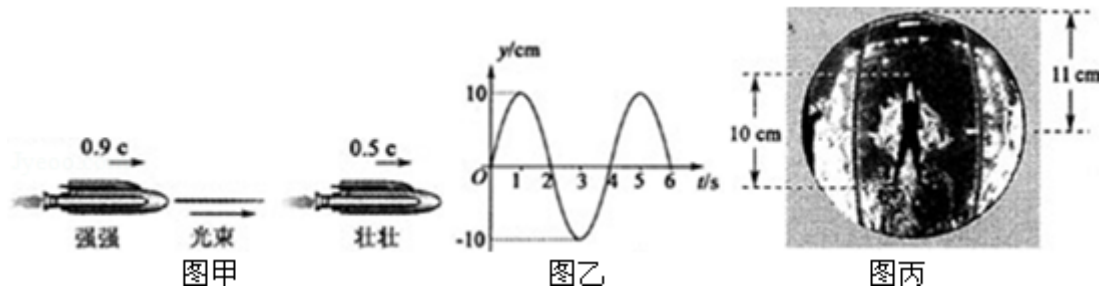
B. (1) 如图甲所示，强强乘电梯速度为 $0.9c$ (c 为光速) 的宇宙飞船追赶正前方的壮壮，壮壮的飞行速度为 $0.5c$ ，强强向壮壮发出一束光进行联络，则壮壮观测到该光束的传播速度为 D。(填写选项前的字母)

(A) $0.4c$ (B) $0.5c$

(C) $0.9c$ (D) $1.0c$

(2) 在 $t=0$ 时刻, 质点 A 开始做简谐运动, 其振动图象如图乙所示。质点 A 振动的周期是 4 s; $t=8$ s 时, 质点 A 的运动沿 y 轴的 正 方向 (填“正”或“负”); 质点 B 在波动的传播方向上与 A 相距 16m, 已知波的传播速度为 2m/s, 在 $t=9$ s 时, 质点 B 偏离平衡位置的位移是 10 cm

(3) 图丙是北京奥运会期间安置在游泳池底部的照相机拍摄的一张照片, 照相机的镜头竖直向上。照片中, 水利方运动馆的景象呈限在半径 $r=11$ cm 的圆型范围内, 水面上的运动员手到脚的长度 $l=10$ cm, 若已知水的折射率为 $n = \frac{4}{3}$, 请根据运动员的实际身高估算该游泳池的水深 h , (结果保留两位有效数字)



C. 在 β 衰变中常伴有一种称为“中微子”的粒子放出。中微子的性质十分特别, 因此在实验中很难探测。1953 年, 莱尼斯和柯文建造了一个由大水槽和探测器组成的实验系统, 利用中微子与水中 ${}^1_1\text{H}$ 的核反应, 间接地证实了中微子的存在。

(1) 中微子与水中的 ${}^1_1\text{H}$ 发生核反应, 产生中子 (${}^1_0\text{n}$) 和正电子 (${}^0_{+1}\text{e}$), 即中微子 + ${}^1_1\text{H} \rightarrow {}^1_0\text{n} + {}^0_{+1}\text{e}$ 可以判定, 中微子的质量数和电荷数分别是 A。(填写选项前的字母)

- (A) 0 和 0 (B) 0 和 1 (C) 1 和 0 (D) 1 和 1

(2) 上述核反应产生的正电子与水中的电子相遇, 与电子形成几乎静止的整体后, 可以转变为两个光子 (γ), 即 ${}^0_{+1}\text{e} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow 2\gamma$

已知正电子和电子的质量都为 $9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$, 反应中产生的每个光子的能量约为 8.2×10^{-14} J. 正电子与电子相遇不可能只转变为一个光子, 原因是 遵循动量守恒定律。

(3) 试通过分析比较, 具有相同动能的中子和电子的物质波波长的长短。

【考点】53: 动量守恒定律; 73: 简谐运动的振动图象; 89: 温度是分子平均动能的标志; 8F: 热力学第一定律; H3: 光的折射定律; IG: 物质波; JH: 质量亏损; JI: 爱因斯坦质能方程。

【专题】16：压轴题.

【分析】A、本题考查热学内容，熟练掌握分子动理论和热力学定律才能准确处理本题。

B、(1) 光速在任何参考系中的数值是不变的；

(2) 要理解振动图象的意义，由图象的横坐标可得出周期；要求 B 点的位置，应先求得 B 起振的时刻，及振动的时间；

(3) 根据题意能画出光路图，正确使用物象比解决本题的关键。

C、(1) 由质量数和电荷数守恒可求中微子的质量数和电荷数；

(2) 光子的能量来自于原子核的质量亏损，由质能方程可求得光子能量；根据动量守恒可知能否只产生一个光子；

(3) 由物质波的波长公式可求得电子与中子的波长关系。

【解答】解：A. (1) 气泡的上升过程气泡内的压强减小，温度不变，由玻意尔定律知，上升过程中体积增大，微观上体现为分子间距增大，分子间引力减小，温度不变所以气体分子的平均动能、平均速率不变，此过程为自发过程，故熵增大。D 项正确。

(2) 本题从热力学第一定律入手，抓住理想气体内能只与温度有关的特点进行处理。理想气体等温过程中内能不变，由热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ ，物体对外做功 0.6J，则一定同时从外界吸收热量 0.6J，才能保证内能不变。而温度上升的过程，内能增加了 0.2J。

(3) 微观量的运算，注意从单位制检查运算结论，最终结果只要保证数量级正确即可。

设气体体积为 V_0 ，液体体积为 V_1

$$\text{气体分子数 } n = \frac{\rho V_0}{m} N_A, \quad V_1 = n \frac{\pi d^3}{6} \quad (\text{或 } V_1 = n d^3)$$

$$\text{则 } \frac{V_1}{V_0} = \frac{\rho}{6m} \pi d^3 N_A \quad (\text{或 } \frac{V_1}{V_0} = \frac{\rho}{m} d^3 N_A)$$

$$\text{解得 } \frac{V_1}{V_0} = 1 \times 10^{-4} \quad (9 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-4} \text{ 都算对})$$

B. (1) 根据爱因斯坦相对论，在任何参考系中，光速不变。D 项正确。

(2) 振动图象和波形图比较容易混淆，而导致出错，在读图是一定要注意横纵坐标的物理意义，以避免出错。题图为波的振动图象，图象可知周期为 4s，波源的起振方向与波头的振动方向相同且向上， $t=6s$ 时质点在平衡位置向下振动，故 8s 时质点在平衡位置

向上振动；波传播到 B 点，需要时间 $t_1 = \frac{x}{v} = \frac{16}{2} s = 8s$ ，故 $t=9s$ 时，质点又振动了 $1s$ ($\frac{1}{4}$)

个周期), 处于正向最大位移处, 位移为 10cm。

(3) 设照片圆形区域的实际半径为 R , 运动员的实际长为 L , 光路如图:

折射定律 $n \sin \alpha = \sin 90^\circ$

几何关系 $\sin \alpha = \frac{R}{\sqrt{R^2 + h^2}}$, 物象比 $\frac{R}{r} = \frac{L}{l}$

得 $h = \sqrt{n^2 - 1} \cdot \frac{L}{l} r$

取 $L = 2.2\text{m}$, 解得 $h = 2.1\text{ (m)}$

(本题为估算题, 在取运动员实际长度时可以有一个范围, 但要符合实际, 故求得 h 值可以不同 $1.6\text{m} \sim 2.6\text{m}$ 均可)

C. (1) 发生核反应前后, 粒子的质量数和核电荷数均不变, 据此可知中微子的质量数和电荷数分都是 0, A 项正确。

(2) 产生的能量是由于质量亏损。两个电子转变为两个光子之后, 质量变为零, 由 $E = \Delta mc^2$, 故一个光子的能量为 $\frac{E}{2}$, 代入数据得 $\frac{E}{2} = 8.2 \times 10^{-14}\text{J}$ 。

正电子与水中的电子相遇, 与电子形成几乎静止的整体, 故系统总动量为零, 故如果只产生一个光子是不可能的, 因为此过程遵循动量守恒。

(3) 物质波的波长为 $\lambda = \frac{h}{p}$, 要比较波长需要将中子和电子的动量用动能表示出来即

$p = \sqrt{2mE_k}$, 因为 $m_n < m_e$, 所以 $p_n < p_e$, 故 $\lambda_n < \lambda_e$ 。

故答案为: A. (1) D; (2) 吸收, 0.6, 0.2;

(3) 设气体体积为 V_0 , 液体体积为 V_1

气体分子数 $n = \frac{\rho V_0}{m} N_A$, $V_1 = n \frac{\pi d^3}{6}$ (或 $V_1 = nd^3$)

则 $\frac{V_1}{V_0} = \frac{\rho}{6m} \pi d^3 N_A$ (或 $\frac{V_1}{V_0} = \frac{\rho}{m} d^3 N_A$)

解得 $\frac{V_1}{V_0} = 1 \times 10^{-4}$ ($9 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-4}$ 都算对)

B. (1) D; (2) 4, 正, 10;

(3) 设照片圆形区域的实际半径为 R ，运动员的实际长为 L ，折射定律 $n\sin\alpha = \sin 90^\circ$

$$\text{几何关系 } \sin\alpha = \frac{R}{\sqrt{R^2+h^2}}, \quad \frac{R}{r} = \frac{L}{l}$$

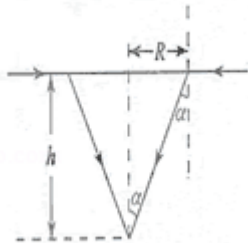
$$\text{得 } h = \sqrt{n^2 - 1} \cdot \frac{L}{l} r$$

取 $L=2.2\text{m}$ ，解得 $h=2.1$ (m) ($1.6 \sim 2.6\text{m}$ 都算对)

C. (1) A; (2) 8.2×10^{-14} 遵循动量守恒;

(3) 粒子的动量 $p = \sqrt{2mE_k}$ ，物质波的波长 $\lambda = \frac{h}{p}$

由 $m_n < m_c$ ，知 $p_n < p_c$ ，则 $\lambda_n > \lambda_c$



【点评】 本题包括了三个选修内容，由题目可以看出，该题考查的知识点较多，但都难度不大；故在选修的学习中应全面选修内容的知识点，不能忽视任何一个。

四、计算题： 本题共 3 小题，共计 47 分。解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分。有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

13. (15 分) 航模兴趣小组设计出一架遥控飞行器，其质量 $m=2\text{kg}$ ，动力系统提供的恒定升力 $F=28\text{N}$ 。试飞时，飞行器从地面由静止开始竖直上升。设飞行器飞行时所受的阻力大小不变， g 取 10m/s^2 。

(1) 第一次试飞，飞行器飞行 $t_1=8\text{s}$ 时到达高度 $H=64\text{m}$ 。求飞行器所阻力 f 的大小；

(2) 第二次试飞，飞行器飞行 $t_2=6\text{s}$ 时遥控器出现故障，飞行器立即失去升力。求飞行器能达到的最大高度 h ；

(3) 为了使飞行器不致坠落到地面，求飞行器从开始下落到恢复升力的最长时间 t_3 。

【考点】 1G：匀变速直线运动规律的综合运用；37：牛顿第二定律。

【分析】 (1) 第一次试飞时，飞行器从地面由静止开始竖直上升做匀加速直线运动，根据位移时间公式可求出加速度，再根据牛顿第二定律就可以求出阻力 f 的大小；

(2) 失去升力飞行器受重力和阻力作用做匀减速直线运动，当速度减为 0 时，高度最高，等于失去升力前的位移加上失去升力后的位移之和；

(3) 求飞行器从开始下落时做匀加速直线运动，恢复升力后做匀减速直线运动，为了使飞行器不致坠落到地面，到达地面时速度恰好为 0，根据牛顿第二定律以及运动学基本公式即可求得飞行器从开始下落到恢复升力的最长时间 t_3 。

【解答】解：(1) 第一次飞行中，设加速度为 a_1

$$\text{匀加速运动 } H = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

$$\text{由牛顿第二定律 } F - mg - f = ma_1$$

$$\text{解得 } f = 4\text{N}$$

(2) 第二次飞行中，设失去升力时的速度为 v_1 ，上升的高度为 s_1

$$\text{匀加速运动 } s_1 = \frac{1}{2} a_1 t_2^2$$

设失去升力后的加速度为 a_2 ，上升的高度为 s_2

$$\text{由牛顿第二定律 } mg + f = ma_2 \quad v_1 = a_1 t_2 \quad s_2 = \frac{v_1^2}{2a_2}$$

$$\text{解得 } h = s_1 + s_2 = 42\text{m}$$

(3) 设失去升力下降阶段加速度为 a_3 ；恢复升力后加速度为 a_4 ，恢复升力时速度为 v_3

$$\text{由牛顿第二定律 } mg - f = ma_3$$

$$F + f - mg = ma_4$$

$$\text{且 } \frac{v_3^2}{2a_3} + \frac{v_3^2}{2a_4} = h$$

$$v_3 = a_3 t_3$$

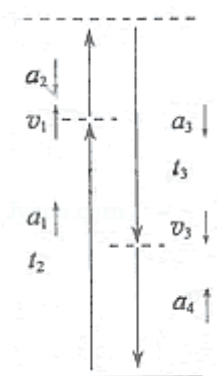
$$\text{解得 } t_3 = \frac{3\sqrt{2}}{2}\text{s} \text{ (或 } 2.1\text{s)}$$

答：(1) 飞行器所阻力 f 的大小为 4N；

(2) 第二次试飞，飞行器飞行 $t_2 = 6\text{s}$ 时遥控器出现故障，飞行器立即失去升力，飞行器能达到的最大高度 h 为 42m；

(3) 为了使飞行器不致坠落到地面，飞行器从开始下落到恢复升力的最长时间为

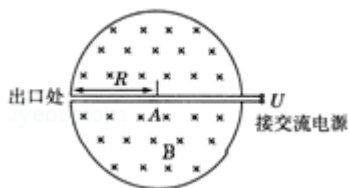
$$\frac{3\sqrt{2}}{2}\text{s}.$$



【点评】 本题的关键是对飞行器的受力分析以及运动情况的分析，结合牛顿第二定律和运动学基本公式求解，本题难度适中。

14. (16分) 1932年，劳伦斯和利文斯设计出了回旋加速器。回旋加速器的工作原理如图所示，置于高真空中的D形金属盒半径为R，两盒间的狭缝很小，带电粒子穿过的时间可以忽略不计。磁感应强度为B的匀强磁场与盒面垂直。A处粒子源产生的粒子，质量为m、电荷量为+q，在加速器中被加速，加速电压为U。加速过程中不考虑相对论效应和重力作用。

- (1) 求粒子第2次和第1次经过两D形盒间狭缝后轨道半径之比；
- (2) 求粒子从静止开始加速到出口处所需的时间t；
- (3) 实际使用中，磁感应强度和加速电场频率都有最大值的限制。若某一加速器磁感应强度和加速电场频率的最大值分别为 B_m 、 f_m ，试讨论粒子能获得的最大动能 E_{km} 。



【考点】 65：动能定理；CK：质谱仪和回旋加速器的工作原理。

【专题】 16：压轴题；537：带电粒子在复合场中的运动专题。

【分析】 (1) 狭缝中加速时根据动能定理，可求出加速后的速度，然后根据洛伦兹力提供向心力，推出半径表达式；

(2) 假设粒子运动n圈后到达出口，则加速了2n次，整体运用动能定理，再与洛伦兹力提供向心力，粒子运动的固有周期公式联立求解；

(3) B_m 对应粒子在磁场中运动可提供的最大频率， f_m 对应加速电场可提供的最大频率，

选两者较小者，作为其共同频率，然后求此频率下的最大动能。

【解答】解：（1）设粒子第 1 次经过狭缝后的半径为 r_1 ，速度为 v_1

$$qU = \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$qv_1B = m\frac{v_1^2}{r_1}$$

$$\text{解得 } r_1 = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$$

$$\text{同理，粒子第 2 次经过狭缝后的半径 } r_2 = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{4mU}{q}}$$

$$\text{则 } r_2 : r_1 = \sqrt{2} : 1.$$

（2）设粒子到出口处被加速了 n 圈

$$2nqU = \frac{1}{2}mv^2 \quad \#/\text{DEL}/\#$$

$$qvB = m\frac{v^2}{R} \quad \#/\text{DEL}/\#$$

$$T = \frac{2\pi m}{qB} \quad \#/\text{DEL}/\#$$

$$t = nT \quad \#/\text{DEL}/\#$$

$$\text{解得 } t = \frac{\pi BR^2}{2U}.$$

（3）加速电场的频率应等于粒子在磁场中做圆周运动的频率，即 $f = \frac{qB}{2\pi m}$

当磁场感应强度为 B_m 时，加速电场的频率应为 $f_{Bm} = \frac{qB_m}{2\pi m}$

粒子的动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

当 $f_{Bm} \leq f_m$ 时，粒子的最大动能由 B_m 决定 $qv_mB_m = m\frac{v_m^2}{R}$


$$\text{解得 } E_{km} = \frac{q^2 B_m^2 R^2}{2m}$$

当 $f_{Bm} \geq f_m$ 时，粒子的最大动能由 f_m 决定 $v_m = 2\pi f_m R$ 解得 $E_{km} = 2\pi^2 m f_m^2 R^2$

答：(1) $r_2: r_1 = \sqrt{2}: 1$ (2) $t = \frac{\pi B R^2}{2U}$ (3) 当 $f_{Bm} \leq f_m$ 时， $E_{km} = \frac{q^2 B_m^2 R^2}{2m}$ ；当 $f_{Bm} \geq f_m$

时， $E_{km} = 2\pi^2 m f_m^2 R^2$ 。

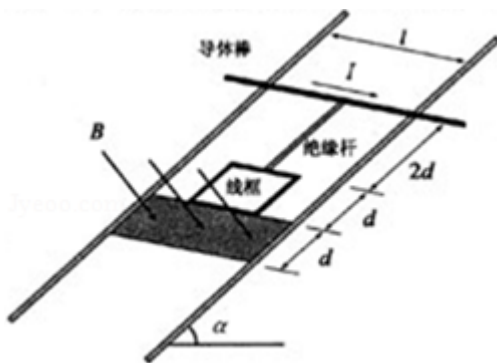
【点评】此题是带电粒子在复合场中运动与动能定理的灵活应用，本题每一问都比较新颖，需要学生反复琢磨解答过程。

15. (16分) 如图所示，两平行的光滑金属导轨安装在一光滑绝缘斜面上，导轨间距为 l 、足够长且电阻忽略不计，导轨平面的倾角为 α ，条形匀强磁场的宽度为 d ，磁感应强度大小为 B 、方向与导轨平面垂直。长度为 $2d$ 的绝缘杆将导体棒和正方形的单匝线框连接在一起组成“”型装置，总质量为 m ，置于导轨上。导体棒中通以大小恒为 I 的电流（由外接恒流源产生，图中未画出）。线框的边长为 d ($d < l$)，电阻为 R ，下边与磁场区域上边界重合。将装置由静止释放，导体棒恰好运动到磁场区域下边界处返回，导体棒在整个运动过程中始终与导轨垂直。重力加速度为 g 。

求：(1) 装置从释放到开始返回的过程中，线框中产生的焦耳热 Q ；

(2) 线框第一次穿越磁场区域所需的时间 t_1 ；

(3) 经过足够长时间后，线框上边与磁场区域下边界的最大距离 x_m 。



【考点】37：牛顿第二定律；65：动能定理；BB：闭合电路的欧姆定律；CC：安培力；D9：导体切割磁感线时的感应电动势。

【专题】16：压轴题。

【分析】(1) 线框中产生的焦耳热 Q 等于克服安培力做的功，安培力所做的功可以通过动能定理去求；

(2) 设线框刚离开磁场下边界时的速度为 v_1 ，则接着向下运动 $2d$ ，可由动能定理可列出方程，再根据感应电动势公式，感应电流的公式，安培力的公式表达出这些物理量，最后由牛顿第二定律求出在 t 到 $t+\Delta t$ 时间内速度的变化量，最后再两边同时求和，速度求和就是 v_1 ，这样就可以求出时间 t ；

(3) 经过足够长时间后，线框在磁场下边界与最大距离 x_m 之间往复运动，可以根据动能定理直接求出最大距离。

【解答】解：(1) 设装置由静止释放到导体棒运动到磁场下边界的过程中，作用在线框上的安培力做功为 W

$$\text{由动能定理 } mgsin\alpha \cdot 4d + W - BIl d = 0$$

$$\text{且 } Q = -W$$

$$\text{解得 } Q = 4mgdsin\alpha - BIl d$$

(2) 设线框刚离开磁场下边界时的速度为 v_1 ，则接着向下运动 $2d$

$$\text{由动能定理得： } mgsin\alpha \cdot 2d - BIl d = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$\text{装置在磁场中运动时收到的合力 } F = mgsin\alpha - F'$$

$$\text{感应电动势 } E = Bdv$$

$$\text{感应电流 } I' = \frac{E}{R}$$

$$\text{安培力 } F' = BI'd$$

$$\text{由牛顿第二定律，在 } t \text{ 到 } t+\Delta t \text{ 时间内，有 } \Delta v = \frac{F}{m} \Delta t$$

$$\text{则 } \sum \Delta v = \sum [gsin\alpha - \frac{B^2 d^2 v}{mR}] \Delta t$$

$$\text{有 } v_1 = gt_1 sin\alpha - \frac{2B^2 d^3}{mR}$$

$$\text{解得 } t_1 = \frac{\sqrt{2m(BIl d - 2mgdsin\alpha) + \frac{2B^2 d^3}{R}}}{mgsin\alpha}$$

(3) 经过足够长时间后，线框在磁场下边界与最大距离 x_m 之间往复运动

$$\text{由动能定理 } mgsin\alpha \cdot x_m - BIl (x_m - d) = 0$$

解得 $x_m = \frac{Bld}{Bil - mgsin\alpha}$

答：(1) 装置从释放到开始返回的过程中，线框中产生的焦耳热为 $4mgdsin\alpha - Bld$ ；(2)

线框第一次穿越磁场区域所需的时间 t_1 为 $\frac{\sqrt{2m(Bld - 2mgdsin\alpha) + \frac{2B^2d^2}{R}}}{mgsin\alpha}$ ；(3) 经过足够

长时间后，线框上边与磁场区域下边界的最大距离 x_m 为 $\frac{Bld}{Bil - mgsin\alpha}$ 。

【点评】 该题考查了动能定理以及微元法在磁场中的运用，微元法思想的渗透对加深学生对物理概念、物理规律的理解，提高解决物理问题的能力有很大的帮助。该题难度很大，涉及的知识点比较多，对同学们的能力要求很高，属于难题。