

2023年全国统一高考物理试卷（甲卷）

1. 一同学将铅球水平推出，不计空气阻力和转动的影响，铅球在平抛运动过程中（ ）

- A. 机械能一直增加
- B. 加速度保持不变
- C. 速度大小保持不变
- D. 被推出后瞬间动能最大

【考点】机械能守恒定律；平抛运动.

【专题】定性思想；推理法；平抛运动专题；机械能守恒定律应用专题；推理能力.

【答案】B

【分析】铅球在平抛运动过程中只受重力，加速度恒定为重力加速度，方向竖直向下，重力势能减少，动能增加，但总机械能守恒。

【解答】解：A、铅球在平抛运动过程中，仅受重力，机械能守恒，故A错误；

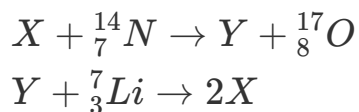
B、铅球在平抛运动过程中加速度为重力加速度，保持不变，故B正确；

CD、运动过程中减少的重力势能转化为动能，铅球的动能越来越大，速度也越来越大，故 CD 错误。

故选：B。

【点评】本题考查了机械能守恒在平抛运动中的应用，难度不大。

2. 在下列两个核反应方程中



X 和 Y 代表两种不同的原子核，以 Z 和 A 分别表示 X 的电荷数和质量数，则（ ）

- A. $Z = 1, A = 1$
- B. $Z = 1, A = 2$
- C. $Z = 2, A = 3$
- D. $Z = 2, A = 4$

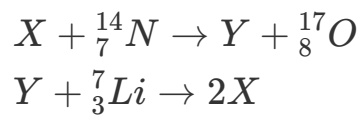
【考点】原子核的人工转变.

【专题】定量思想；推理法；方程法；重核的裂变和轻核的聚变专题；推理能力.

【答案】D

【分析】由核反应方程结合反应中质量数和电荷数守恒列方程组进行求解。

【解答】解：由题中的两个核反应方程



两方程可简化为： ${}^7_3Li + {}^{14}_7N \rightarrow {}^A_ZX + {}^{17}_8O$

由质量数和电荷数守恒可得：

$$14 + 7 = A + 17$$

$$7 + 3 = Z + 8$$

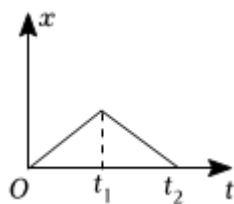
解得： $Z = 2$ ， $A = 4$ ，故D正确，ABC错误。

故选：D。

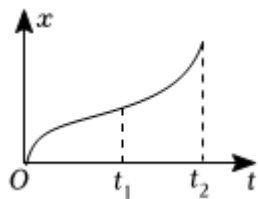
【点评】本题考查了核反应中核子的质量数和电荷数守恒，进而用来判断参与反应的物质的电荷数和质量数。

3. 一小车沿直线运动，从 $t = 0$ 开始由静止匀加速至 $t = t_1$ 时刻，此后做匀减速运动，到 $t = t_2$ 时刻速度降为零。在下列小车位移 x 与时间 t 的关系曲线中，可能正确的是（ ）

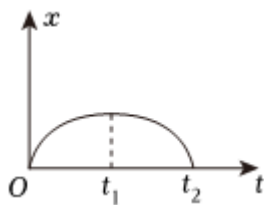
A.



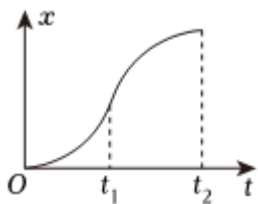
B.



C.



D.



【考点】 $x - t$ 图像.

【专题】定性思想；推理法；图析法；运动学中的图象专题；分析综合能力.

【答案】D

【分析】小车沿直线运动，先匀加速后匀减速，从 $0 \sim t_2$ 位移一直增加，在 $x - t$ 图像上斜率代表速度， t_2 时刻速度为零，斜率为零，结合这些内容进行判断选择出正确答案。

【解答】解:AC、小车沿直线运动，先匀加速后匀减速，从 $0 \sim t_2$ 位移一直增加，速度一直沿正方向，在 $x - t$ 图像上斜率不等于负值，故AC错误；

BD、小车在 t_2 时刻速度为零， $x - t$ 图像上斜率为零，故B错误，D正确。

故选: D。

【点评】本题考查学生对基本概念的理解以及对 $x - t$ 图像的掌握情况，解题的关键是知道小车位移随时间一直增加，速度为零时，图像斜率为零。

4. 一质点做匀速圆周运动，若其所受合力的大小与轨道半径的 n 次方成正比，运动周期与轨道半径成反比，则 n 等于 ()

- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4

【考点】向心力；牛顿第二定律；线速度、角速度和周期、转速.

【专题】信息给予题；定量思想；推理法；方程法；匀速圆周运动专题；分析综合能力.

【答案】C

【分析】质点合力的大小与轨道半径的 n 次方成正比，即 $F_n \propto r^n$ ，结合运动周期与轨道半径成反比，列方程即可求解。

【解答】解：根据题意质点做匀速圆周运动，所受合力的大小与轨道半径的 n 次方成正比：

$$F_n \propto r^n$$

运动周期与轨道半径成反比可知： $T = \frac{K}{r}$ (K 为常数)

解得: $F_n = m \frac{4\pi^2}{K^2} r^3$ ，其中 $m \frac{4\pi^2}{K^2}$ 均为常数， r 的指数为 3，故 $n = 3$ ，故C正确，ABD错误。

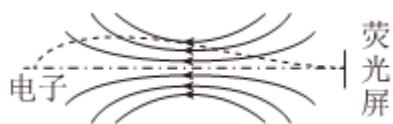
故选: C。

【点评】本题考查了向心力方程的应用，结合题中的定义式即可求解。

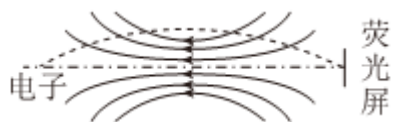
5. 在一些电子显示设备中，让阴极发射的电子束通过适当的非匀强电场，可以使发散的电子束聚集。

下列 4 幅图中带箭头的实线表示电场线，如果用虚线表示电子可能的运动轨迹，其中正确的是 ()

- A.



B.



C.



D.



【考点】电场线；带电粒子在电场中的运动综合.

【专题】定性思想；推理法；电场力与电势的性质专题；推理能力.

【答案】A

【分析】电子在电场中只受电场力，电场力沿电场线的切线方向，与电场线方向相反，指向电子运动轨迹的凹侧，电子做曲线运动过程中力的方向与轨迹切线不平行。

【解答】解：电子在电场中只受电场力，电场力沿电场线的切线方向，与电场线方向相反，指向电子运动轨迹的凹侧。

B：选项中电子在图1 E 处受力指向凸侧，故B错误；

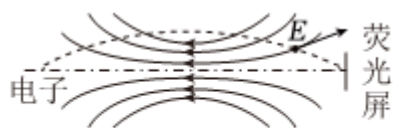


图1

C：选项中电子在图2 F 处受力指向凸侧，故C错误；



图2

D：选项中电子在图3 G 处受力指向凸侧，故D错误；



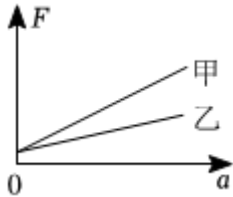
图3

A：选项电子各处的运动轨迹和受的电场力相符合，故A正确。

故选：A。

【点评】本题考查了电子在电场中的运动轨迹和受力问题，难度不大。

6. 用水平拉力使质量分别为 $m_{\text{甲}}$ 、 $m_{\text{乙}}$ 的甲、乙两物体在水平桌面上由静止开始沿直线运动，两物体与桌面间的动摩擦因数分别为 $\mu_{\text{甲}}$ 和 $\mu_{\text{乙}}$ 。甲、乙两物体运动后，所受拉力 F 与其加速度 a 的关系图线如图所示。由图可知 （ ）



- A. $m_{\text{甲}} < m_{\text{乙}}$
B. $m_{\text{甲}} > m_{\text{乙}}$
C. $\mu_{\text{甲}} < \mu_{\text{乙}}$
D. $\mu_{\text{甲}} > \mu_{\text{乙}}$

【考点】牛顿第二定律的图像问题；牛顿第二定律.

【专题】比较思想；图析法；牛顿运动定律综合专题；应用数学处理物理问题的能力.

【答案】BC

【分析】甲、乙两物体均受拉力、滑动摩擦力，均做加速运动，由牛顿第二定律可以列出方程，将方程变形为 F 关于 a 的一次函数，则由数形结合思想可知，图像的斜率、截距与变形后的方程对应部分相等，分别列出上述等式，即可求解。

【解答】解：对甲、乙两物体，由牛顿第二定律有

$$F - \mu mg = ma$$

$$\text{则 } F = ma + \mu mg$$

对照已知图像，根据数形结合思想，可知

$$\text{图像斜率 } k = m$$

$$\text{图像截距 } b = \mu mg$$

由于 $k_{\text{甲}} > k_{\text{乙}}$ ，故 $m_{\text{甲}} > m_{\text{乙}}$

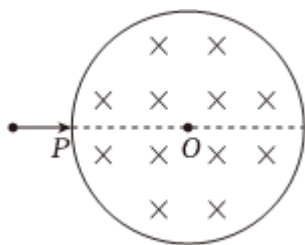
由于 $\mu_{\text{甲}} m_{\text{甲}} g = \mu_{\text{乙}} m_{\text{乙}} g$ ，故 $\mu_{\text{甲}} < \mu_{\text{乙}}$

故AD错误，BC正确。

故选:BC。

【点评】本题主要考查牛顿第二定律的图像问题，解题关键是要运用数形结合思想，列出物体运动的牛顿第二定律方程，并结合已知图像，找出方程与图像的关联关系，进而求解。

7. 光滑刚性绝缘圆筒内存在着平行于轴的匀强磁场，筒上 P 点开有一个小孔，过 P 的横截面是以 O 为圆心的圆，如图所示。一带电粒子从 P 点沿 PO 射入，然后与筒壁发生碰撞。假设粒子在每次碰撞前、后瞬间，速度沿圆上碰撞点的切线方向的分量大小不变，沿法线方向的分量大小不变、方向相反；电荷量不变。不计重力。下列说法正确的是 （ ）



- A. 粒子的运动轨迹可能通过圆心 O
- B. 最少经 2 次碰撞，粒子就可能从小孔射出
- C. 射入小孔时粒子的速度越大，在圆内运动时间越短
- D. 每次碰撞后瞬间，粒子速度方向一定平行于碰撞点与圆心 O 的连线

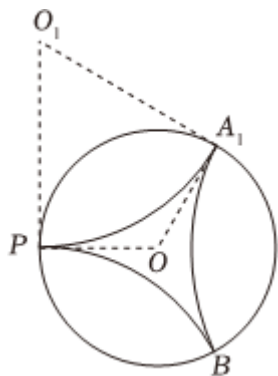
【考点】带电粒子在匀强磁场中的运动；牛顿第二定律；向心力；洛伦兹力.

【专题】定量思想；推理法；带电粒子在磁场中的运动专题；分析综合能力.

【答案】BD

【分析】根据粒子运动轨迹结合沿半径方向射入则沿半径方向射出，结合几何知识可证明轨迹不过 O 点，两次反弹后从原入射点离开磁场；由粒子在磁场中运动的时间表达式可判断出粒子在磁场中运动的时间的长短；粒子沿半径方向射向圆筒，碰撞后沿半径方向返回圆筒。

【解答】解:ABC、粒子从 P 点沿磁场半径方向进入磁场区域，以 O_1 为圆心做圆周运动，从 A 点离开圆筒，轨迹如图所示



由几何关系可知 $\triangle PO_1O \cong \triangle AO_1O$ ，由于 $\angle OPO_1 = 90^\circ$ ，所以 $\angle OAO_1 = 90^\circ$ ，则粒子一定会沿半径方向离开磁场区域，与筒壁碰撞后依然沿半径方向进入磁场区域，所以粒子不可能通过圆心 O ；由图可知粒子至少与筒壁碰撞两次（分别与 A 和 B 碰撞），然后从小孔 P 射出；由于最终粒子是从 P 点射出，增大速度碰撞次数会可能增多，粒子运动时间不一定减少，故B正确，AC错误。D、由前面分析可知粒子沿半径圆筒半径方向射向圆筒，碰撞后沿半径方向返回圆筒，故D正确。

故选：BD。

【点评】本题考查了带电粒子在匀强磁场中的圆周运动规律，其中几何关系是解题的关键要素。体现了四层四翼中的综合性和创新性，对学生而言有一定的难度。

8. 一有机玻璃管竖直放在水平地面上，管上有漆包线绕成的线圈，线圈的两端与电流传感器相连，线圈在玻璃管上部的 5 匝均匀分布，下部的 3 匝也均匀分布，下部相邻两匝间的距离大于上部相邻两

匝间的距离。如图 (a) 所示。现让一个很小的强磁体在玻璃管内沿轴线从上端口由静止下落，电流传感器测得线圈中电流 I 随时间 t 的变化如图 (b) 所示。则 ()



图(a)



图(b)

- A. 小磁体在玻璃管内下降速度越来越快
- B. 下落过程中，小磁体的 N 极、 S 极上下顺倒了8次
- C. 下落过程中，小磁体受到的电磁阻力始终保持不变
- D. 与上部相比，小磁体通过线圈下部的过程中，磁通量变化率的最大值更大

【考点】法拉第电磁感应定律；牛顿第三定律；安培力；楞次定律.

【专题】定性思想；推理法；图析法；电磁感应与图象结合；分析综合能力.

【答案】AD

【分析】本题应从图 (b) 入手，分析图 (b) 可知，电流方向一共反复变化了8次，且最大值越来越大，而且后面3次的电流最大值要高于前面5次电流最大值，每次电流都是先逐渐变大、再方向突变、然后反方向逐渐变小。下面分析原因。小磁体下落通过每一匝线圈过程中，对单匝线圈来说，其磁通量都是先增加后减小，由楞次定律可知，每一个单匝线圈中都会产生感应电动势（相当于电源）、感应电流，且方向也会由正方向变到负方向。小磁体下落速度越来越大，导致通过后面单匝线圈过程中，磁通量变化率越来越大，根据法拉第电磁感应定律可知，后面单匝线圈产生的最大感应电动势、最大感应电流越来越大。小磁体下落过程中，由于线圈中的电流是变量，所以线圈受到的安培力会一直变化，根据牛顿第三定律可以判断线圈给小磁体的作用力也一直变化。

【解答】解:A、从图 (b) 可知，线圈中电流的最大值随着时间的增加而越来越大，由闭合电路欧姆定律 $I = \frac{E}{R}$ (E 为单匝线圈产生的瞬时电动势、 R 为电路总电阻) 可知，线圈中感应电动势的最大值 E_{\max} 越来越大，根据法拉第电磁感应定律 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t}$ 可知， S 不变，则 $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ 越来越大，可知小磁体在玻璃管内下降速度越来越快，故A正确；

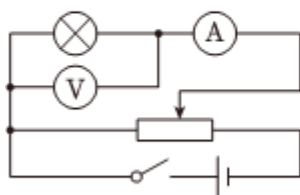
B、从图 (b) 可知，电流的方向反复改变了8次，这是由于小磁体下落通过每一匝线圈过程中，对单匝线圈来说，其磁通量都是先增加后减小，由楞次定律可知，每一个单匝线圈中感应电动势、感应电流的方向也会由正方向变到负方向，而不是小磁体的 N 、 S 极上下颠倒，故B错误；

C、从图 (b) 可知，小磁体下落过程中，线圈中的电流，大小在变，方向会变，最大值也在变，所以线圈受到的安培力会一直在变、且最大值逐渐增大，由牛顿第三定律可知，线圈给小磁体的作用力也一直在变、且最大值逐渐增大，即小磁体受到的电磁阻力一直在变，故C错误；

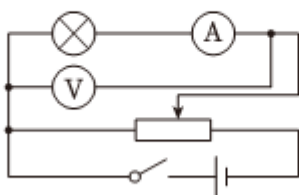
D、从图 (b) 可知，小磁体通过线圈下部过程中线圈中电流最大值大于小磁体通过线圈上部过程中线圈中电流最大值，由闭合电路欧姆定律 $I = \frac{E}{R}$ 可知，小磁体通过线圈下部过程中线圈中产生的感应电动势最大值要相对更大，根据法拉第电磁感应定律 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 可知，与上部相比，小磁体通过线圈下部的过程中，磁通量变化率的最大值更大，故D正确。故选:AD。

【点评】本题主要考查法拉第电磁感应定律、楞次定律、安培力等知识，要求学生具有较强的理解能力和分析综合能力，解题关键是要理解小实验的原理、能够从给出的图像中分析出有用的信息，再结合相应的物理定律和公式可解。

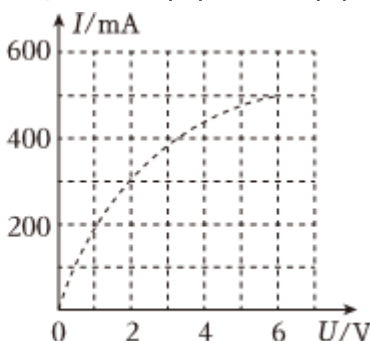
9. 某同学用伏安法测绘一额定电压为 $6V$ 、额定功率为 $3W$ 的小灯泡的伏安特性曲线，实验所用电压表内阻约为 $6k\Omega$ 电流表内阻约为 1.5Ω 。实验中有图 (a) 和 (b) 两个电路图供选择。



图(a)



图(b)



图(c)

- (1) 实验中得到的电流 I 和电压 U 的关系曲线如图 (c) 所示，该同学选择的电路图是图 (a) (填“a”或“b”)。

- (2) 若选择另一个电路图进行实验，在图 (c) 上用实线画出实验中应得到的关系曲线的示意图。

【考点】描绘小灯泡的伏安特性曲线。

【专题】实验题；定量思想；实验分析法；恒定电流专题；实验能力。

【答案】(1) a；(2) 见解析。

【分析】(1) 由 $R < \sqrt{R_V R_A}$ 判断电路中电流表内接；

(2) 当小灯泡正常发光时，电流表示数为 $0.5A$ ，而电压表示数要大于 $6V$ ，在电路图上做出示意图即可。

【解答】

解：(1) 由 $R = \frac{U^2}{P}$ 计算出小灯泡正常发光时的电阻： $R = 12\Omega$

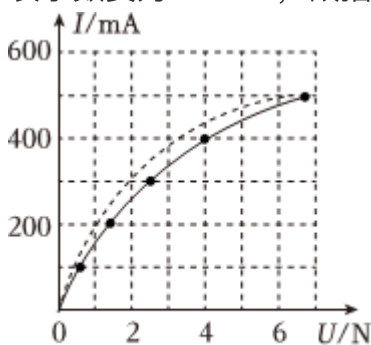
$$R^2 = 144\Omega^2 < R_V R_A = 6 \times 10^3 \times 1.5\Omega^2 = 9 \times 10^3\Omega^2$$

即 $R < \sqrt{R_V R_A}$ ，故采用电流表外接法，即选择 a 电路图。

(2) 若选用图 (b) 进行实验，则有 $U = U_{\text{灯}} + IR_A$ ，则分别代入电流

$100mA$ 、 $200mA$ 、 $300mA$ 、 $400mA$ 、 $500mA$ ，可知对应的电压应分别增加

$0.15V$ 、 $0.3V$ 、 $0.45V$ 、 $0.6V$ 、 $0.75V$ ，当小灯泡正常发光时，电流表示数为 $0.5A$ ，而电压表示数要为 $6.75V$ ，故描点连线得到的关系示意图应如下图实线所示。

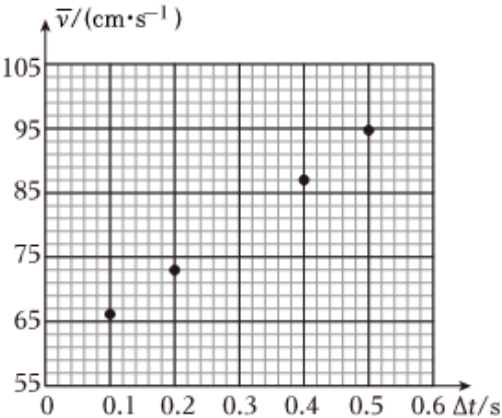
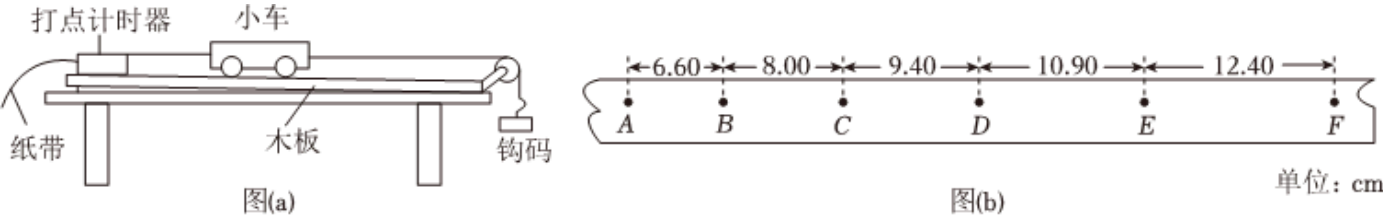


图(c)

故答案为：（1）a；（2）见解析。

【点评】本题考查学生对内、外接两种测量电路原理的理解和两种接法的正确选择，并要求考生画出另外一种实验的电流—电压关系曲线示意图，具有一定的探究性。

10. 某同学利用如图（a）所示的实验装置探究物体做直线运动时平均速度与时间的关系。让小车左端和纸带相连。右端用细绳跨过定滑轮和钩码相连。钩码下落，带动小车运动，打点计时器打出纸带。某次实验得到的纸带和相关数据如图（b）所示。



（1）已知打出图（b）中相邻两个计数点的时间间隔均为 0.1s。以打出A点时小车位置为初始位置，将打出 B、C、D、E、F 各点时小车的位移 Δx 填到表中，小车发生相应位移所用时间和平均速度分别为 Δt 和 \bar{v} 。表中 $\Delta x_{AD} = 24.00\text{cm}$ ， $\bar{v}_{AD} = 80.0\text{cm/s}$ 。

位移区间	AB	AC	AD	AE	AF
Δx (cm)	6.60	14.60	Δx_{AD}	34.90	47.30
\bar{v} (cm/s)	66.0	73.0	\bar{v}_{AD}	87.3	94.6

（2）根据表中数据得到小车平均速度 \bar{v} 随时间 Δt 的变化关系，如图（c）所示。在答题卡上的图中补全实验点。

（3）从实验结果可知，小车运动的 $\bar{v} - \Delta t$ 图线可视为一条直线，此直线用方程 $\bar{v} = k\Delta t + b$ 表示，其中 $k = 70.0\text{cm/s}^2$ ， $b = 59.0\text{cm/s}$ 。（结果均保留3位有效数字）

（4）根据（3）中的直线方程可以判定小车做匀加速直线运动，得到打出A点时小车速度大小 $v_A = b$ ，小车的加速度大小 $a = 2k$ 。（结果用字母 k 、 b 表示）

【考点】探究小车速度随时间变化的规律.

【专题】定量思想；推理法；直线运动规律专题；运动学中的图象专题；推理能力.

【答案】 (1) 24.00, 80.0; (2) 见解析; (3) 70.0, 59.0; (4) b , $2k$ 。

【分析】 (1) 根据图 (b) 求解小车的位移, 根据平均速度公式求解平均速度;

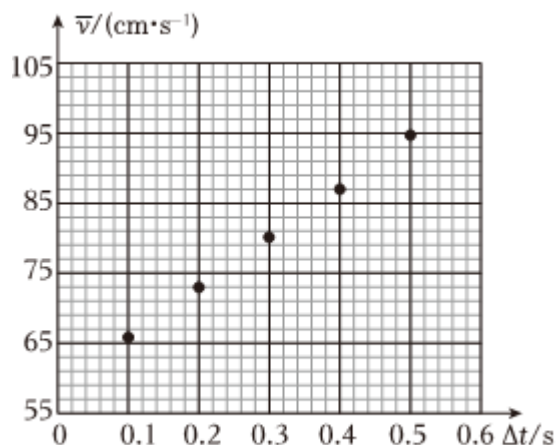
(2) 根据数据描点即可;

(3) 在图中做 $v - \Delta t$ 图像, 结合图像分析即可;

(4) 对比匀变速直线运动速度—时间公式和小车的运动公式, 求解即可。

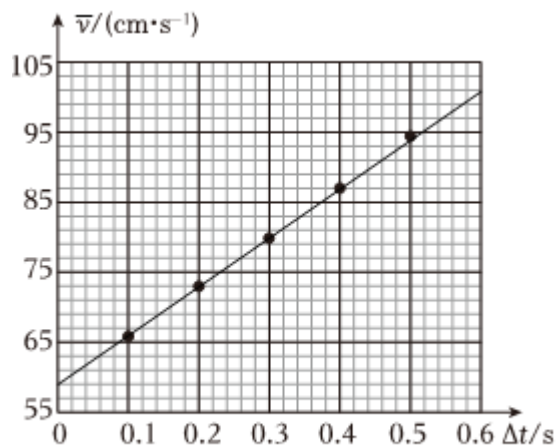
【解答】解: (1) 由图 (b) 得, $\Delta x_{AD} = x_{AB} + x_{BC} + x_{CD} = 6.60\text{cm} + 8.00\text{cm} + 9.40\text{cm} = 24.00\text{cm}$ AD段的平均速度 $\bar{v}_{AD} = \frac{\Delta x_{AD}}{3\Delta t} = \frac{24.00}{3 \times 0.1} \text{cm/s} = 80.0\text{cm/s}$

(2) 如图



图(c)

(3) 在 $\bar{v} - \Delta t$ 图像中, 将点迹用直线连接, 如图:



图(c)

由图像得: $k = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} = \frac{101-59}{0.6} \text{cm/s}^2 = 70.0\text{cm/s}^2$

$$b = 59.0\text{cm/s}$$

(4) 小车做匀加速直线运动, 由匀变速直线运动位移—时间公式得: $x = v_A t + \frac{1}{2} a t^2$

整理得: $\frac{x}{t} = v_A + \frac{1}{2} a t$,

即: $\bar{v} = v_A + \frac{1}{2} a t$

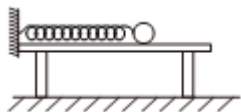
则打出A点时小车速度大小 $v_A = b$

小车的加速度大小为 $a = 2k$

故答案为：(1) 24.00, 80.0; (2) 见解析; (3) 70.0, 59.0; (4) $b, 2k$ 。

【点评】本题考查匀变速直线运动，解题关键是掌握匀变速直线运动规律，掌握平均速度的定义式，结合题意分析即可。

11. 如图，光滑水平桌面上有一轻质弹簧，其一端固定在墙上。用质量为 m 的小球压弹簧的另一端，使弹簧的弹性势能为 E_P 。释放后，小球在弹簧作用下从静止开始在桌面上运动，与弹簧分离后，从桌面水平飞出。小球与水平地面碰撞后瞬间，其平行于地面的速度分量与碰撞前瞬间相等；垂直于地面的速度分量大小变为碰撞前瞬间的 $\frac{4}{5}$ 。小球与地面碰撞后，弹起的最大高度为 h 。重力加速度大小为 g ，忽略空气阻力。求：



(1) 小球离开桌面时的速度大小；

(2) 小球第一次落地点距桌面上其飞出点的水平距离。

【考点】机械能守恒定律；平抛运动。

【专题】计算题；定量思想；合成分解法；平抛运动专题；机械能守恒定律应用专题；推理能力。

【答案】(1) 小球离开桌面时的速度大小为 $\sqrt{\frac{2E_P}{m}}$ ；

(2) 小球第一次落地点距桌面上其飞出点的水平距离为 $\frac{5}{2}\sqrt{\frac{E_P h}{mg}}$ 。

【分析】(1) 释放小球过程中，弹簧与小球组成的系统机械能守恒，根据机械能守恒定律求解小球离开桌面时的速度大小；

(2) 小球离开桌面后做平抛运动，水平方向为匀速直线运动，竖直方向为自由落体运动，与地面碰撞后，小球竖直方向做竖直上抛运动，结合运动学公式列式求解即可。

【解答】解：(1) 设小球离开桌面时速度大小为 v_0 ，对小球和弹簧组成的系统，由机械能守恒定律得： $E_P = \frac{1}{2}mv_0^2$

解得： $v_0 = \sqrt{\frac{2E_P}{m}}$

(2) 设小球从离开桌面到第一次落地所用时间为 t ，则落地点距飞出点的水平距离 $x = v_0 t$
落地瞬间竖直分速度 $v_y = gt$

与地面撞击后瞬间，竖直速度大小为 $v_y' = \frac{4}{5}v_y = \frac{4}{5}gt$

小球竖直方向做竖直上抛运动，有： $0 - v_y'^2 = -2gh$

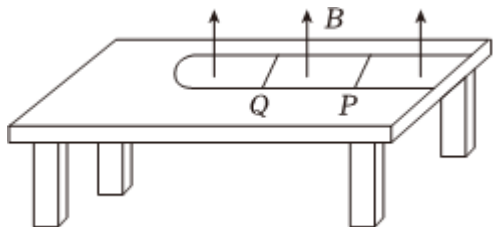
联立解得： $x = \frac{5}{2}\sqrt{\frac{E_P h}{mg}}$

答：(1) 小球离开桌面时的速度大小为 $\sqrt{\frac{2E_P}{m}}$ ；

(2) 小球第一次落地点距桌面上其飞出点的水平距离为 $\frac{5}{2}\sqrt{\frac{E_P h}{mg}}$ 。

【点评】本题考查机械能守恒定律和平抛运动，解题关键是将小球的运动分解到水平方向和竖直方向，结合运动学公式和机械能守恒定律列式求解即可。

12. 如图，水平桌面上固定一光滑 U 形金属导轨，其平行部分的间距为 l ，导轨的最右端与桌子右边缘对齐，导轨的电阻忽略不计。导轨所在区域有方向竖直向上的匀强磁场，磁感应强度大小为 B 。一质量为 m 、电阻为 R 、长度也为 l 的金属棒 P 静止在导轨上。导轨上质量为 $3m$ 的绝缘棒 Q 位于 P 的左侧，以大小为 v_0 的速度向 P 运动并与 P 发生弹性碰撞，碰撞时间很短。碰撞一次后， P 和 Q 先后从导轨的最右端滑出导轨，并落在地面上同一地点。 P 在导轨上运动时，两端与导轨接触良好， P 与 Q 始终平行。不计空气阻力。求



- (1) 金属棒 P 滑出导轨时的速度大小；
- (2) 金属棒 P 在导轨上运动过程中产生的热量；
- (3) 与 P 碰撞后，绝缘棒 Q 在导轨上运动的时间。

【考点】导体切割磁感线时产生的感应电动势；动量定理；动量守恒定律；能量守恒定律。

【专题】计算题；定量思想；推理法；动量与动能定理或能的转化与守恒定律综合；电磁感应与电路结合；分析综合能力。

- 【答案】 (1) 金属棒 P 滑出导轨时的速度大小为 $\frac{1}{2}v_0$ ；
 (2) 金属棒 P 在导轨上运动过程中产生的热量为 mv_0^2 ；
 (3) 与 P 碰撞后，绝缘棒 Q 在导轨上运动的时间为 $\frac{2mR}{B^2l^2}$ 。

【分析】 (1) Q 与 P 发生弹性碰撞，碰撞过程动量守恒、机械能守恒，根据动量守恒定律和机械能守恒定律求解碰撞后两棒的速度；对两棒受力分析，分析两棒的运动情况：金属棒 P 切割磁感线产生感应电流，根据左手定则，金属棒 P 受到与运动方向相反的安培力，金属棒 P 做加速度减小的减速运动，绝缘棒 Q 切割磁感线不产生感应电流，不受安培力的作用，绝缘棒做匀速直线运动；两棒离开导轨后做平抛运动，落到同一位置，水平位移和竖直位移均相同，则初速度相同，据此求解即可；

(2) 从碰撞后到离开导轨过程中，对金属棒 P 列能量守恒定律即可求解；

(3) 从碰撞后到离开导轨过程中，对金属棒 P 列动量定理求解平均安培力大小，根据 $F = BIl$ 、 $E = Blv$ 和闭合电路欧姆定律求解金属棒 P 的平均速度，进而求解碰撞时 P 到桌子边缘的距离， Q 做匀速直线运动，根据 $x = vt$ 求解 Q 运动时间。

【解答】解：(1) Q 与 P 发生弹性碰撞，以 Q 初速度方向为正方向，由动量守恒定律得：

$$3mv_0 = 3mv_Q + mv_P$$

$$\text{由机械能守恒定律得：} \frac{1}{2} \cdot 3mv_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 3mv_Q^2 + \frac{1}{2}mv_P^2$$

$$\text{联立解得：} v_Q = \frac{1}{2}v_0$$

$$v_P = \frac{3}{2}v_0$$

金属棒 P 切割磁感线产生感应电流，根据左手定则，金属棒 P 受到与运动方向相反的安培力，且安培力 $F_{\text{安}} = BIl = \frac{B^2l^2v}{R}$

则金属棒 P 做加速度减小的减速运动；

绝缘棒 Q 切割磁感线不产生感应电流，不受安培力的作用，绝缘棒做匀速直线运动；

P 和 Q 离开导轨后做平抛运动，由于落在地面上同一地点，则两棒做平抛运动的初速度相同，即

金属棒 P 滑出导轨时的速度大小 $v_{P1} = v_Q = \frac{1}{2}v_0$

(2) 对 P ，从碰撞后到离开导轨过程中，由能量守恒定律得： $\frac{1}{2}mv_P^2 = Q + \frac{1}{2}mv_{P1}^2$

解得： $Q = mv_0^2$

(3) 以 P 运动方向为正方向，对 P ，从碰撞后到离开导轨过程中，由动量定理得： $-\bar{F}_{\text{安}}t = mv_{P1} - mv_P$

$$\bar{F}_{\text{安}} = B\bar{I}l = \frac{B^2l^2\bar{v}}{R}$$

金属棒 P 的位移 $x = \bar{v}t$

联立解得： $x = \frac{mv_0R}{B^2l^2}$

Q 做匀速直线运动，时间为 $t = \frac{x}{v_Q} = \frac{2mR}{B^2l^2}$

答：(1) 金属棒 P 滑出导轨时的速度大小为 $\frac{1}{2}v_0$ ；

(2) 金属棒 P 在导轨上运动过程中产生的热量为 mv_0^2 ；

(3) 与 P 碰撞后，绝缘棒 Q 在导轨上运动的时间为 $\frac{2mR}{B^2l^2}$ 。

【点评】本题考查碰撞问题、电磁感应问题和动量定理，解题关键是知道碰撞过程满足动量和机械能守恒，知道两棒的区别，会分析两棒的受力，结合动量定理、动量守恒定律、能量守恒定律等列式求解即可。

13. 在一汽缸中用活塞封闭着一定量的理想气体，发生下列缓慢变化过程，气体一定与外界有热量交换的过程是 ()

- A. 气体的体积不变，温度升高
- B. 气体的体积减小，温度降低
- C. 气体的体积减小，温度升高
- D. 气体的体积增大，温度不变
- E. 气体的体积增大，温度降低

【考点】理想气体及理想气体的状态方程；热力学第一定律及其应用。

【专题】定性思想；推理法；热力学定律专题；推理能力。

【答案】ABD

【分析】气体体积增大，气体对外界做功，体积减小，外界对气体做功；温度升高，气体内能增大，温度降低，气体内能减小；根据热力学第一定律分析 Q 的正负，进而判断气体的吸热和放热情况。

【解答】解：根据热力学第一定律得： $\Delta U = Q + W$

A、气体的体积不变，外界对气体做功 W 为零，温度升高，气体的内能增大，内能的变化量 ΔU 为正值，由热力学第一定律得， Q 为正值，气体从外界吸热，故A正确；

B、气体的体积减小，外界对气体做功， W 为正值，温度降低，气体的内能减小，内能的变化量 ΔU 为负值，由热力学第一定律得， Q 为负值，气体向外界放热，故B正确；

C、气体的体积减小，外界对气体做功， W 为正值，温度升高，气体的内能增大，内能的变化量 ΔU 为正值，由热力学第一定律得， Q 可能为零，即气体可能与外界没有热交换，故C错误；

D、气体的体积增大，气体对外界做功， W 为负值，温度不变，气体的内能不变，内能的变化量 ΔU 为 0，由热力学第一定律得， Q 为正值，气体从外界吸热，故 D 正确；

E、气体的体积增大，气体对外界做功， W 为负值，温度降低，气体的内能减小，内能的变化量 ΔU 为负值，由热力学第一定律得， Q 可能为零，即气体可能与外界没有热交换，故 E 错误；
故选：ABD。

【点评】本题考查热力学第一定律，解题关键是知道热力学第一定律的内容，知道表达式中 Q 、 W 和 ΔU 的正负的含义。

14. 一高压舱内气体的压强为 1.2 个大气压，温度为 17°C ，密度为 $1.46\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(i) 升高气体温度并释放出舱内部分气体以保持压强不变，求气体温度升至 27°C 时舱内气体的密度；

(ii) 保持温度 27°C 不变，再释放出舱内部分气体使舱内压强降至 1.0 个大气压，求舱内气体的密度。

【考点】理想气体及理想气体的状态方程；气体的等温变化及玻意耳定律；气体的等压变化及盖—吕萨克定律。

【专题】计算题；定量思想；推理法；理想气体状态方程专题；分析综合能力。

【答案】(i) 升高气体温度并释放出舱内部分气体以保持压强不变，气体温度升至 27°C 时内气体的密度为 $1.41\text{kg}/\text{m}^3$ ；

(ii) 保持温度 27°C 不变，再释放出舱内部分气体使舱内压强降至 1.0 个大气压，舱内气体的密度为 $1.175\text{kg}/\text{m}^3$ 。

【分析】(i) 以释放舱内部分气体后舱内气体为研究对象，气体发生等压变化，根据盖—吕萨克定律求解初状态的体积，结合密度公式列式求解即可；

(ii) 以释放舱内部分气体后舱内气体为研究对象，气体发生等温变化，根据玻意耳定律求解初状态的体积，结合密度公式列式求解即可。

【解答】解：(i) 以释放舱内部分气体后舱内气体为研究对象，设气体的质量为 m ，气体初状态：压强 $p_1 = 1.2p_0$ ，体积 V_1 ，温度 $T_1 = (17 + 273)\text{K} = 290\text{K}$

末状态：压强 $p_2 = 1.2p_0$ ，体积 V_2 ，温度 $T_2 = (27 + 273)\text{K} = 300\text{K}$

由盖—吕萨克定理得： $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

代入数据解得： $V_1 = \frac{29}{30}V_2$

气体初状态的密度为 $\rho_1 = \frac{m}{V_1}$

末状态的密度为 $\rho_2 = \frac{m}{V_2}$

代入数据联立解得： $\rho_2 = 1.41\text{kg}/\text{m}^3$

(ii) 以释放部分气体后舱内气体为研究对象，设气体的质量为 m' ，气体初状态：压强 $p_3 = 1.2p_0$ ，体积 V_3 ，温度 $T_2 = 300\text{K}$

末状态：压强 $p_4 = p_0$ ，体积 $V_4 = V_2$ ，温度 $T_2 = 300\text{K}$

由玻意耳定律得： $p_3V_3 = p_4V_4$

解得： $V_3 = \frac{5}{6}V_2$

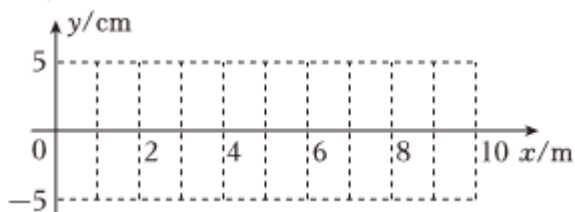
气体初状态的密度为 $\rho_3 = \frac{m'}{V_3} = \rho_2$

末状态的密度为 $\rho_4 = \frac{m'}{V_4}$

角等于 $90^\circ - \angle ofb$ ，乙光线在棱镜内 bc 边反射时的入射角等于 $90^\circ - \angle oeb$ ，故在棱镜内 bc 边反射时的入射角，甲光比乙光的大，故 E 正确。故选:ACE。

【点评】本题考查了两束光在等腰三棱镜内的折射问题，难度不大。

16. 分别沿 x 轴正向和负向传播的两列简谐横波 P 、 Q 的振动方向相同，振幅均为 5cm ，波长均为 8m ，波速均为 4m/s 。 $t = 0$ 时刻， P 波刚好传播到坐标原点，该处的质点将自平衡位置向下振动； Q 波刚好传到 $x = 10\text{m}$ 处，该处的质点将自平衡位置向上振动。经过一段时间后，两列波相遇。



(i) 在给出的坐标图上分别画出 P 、 Q 两列波在 $t = 2.5\text{s}$ 时刻的波形图 (P 波用虚线， Q 波用实线)；

(ii) 求出图示范围内的介质中，因两列波干涉而振动振幅最大和振幅最小的平衡位置。

【考点】波的叠加；横波的图像；波长、频率和波速的关系。

【专题】计算题；定量思想；推理法；波的多解性；推理能力。

【答案】(i) 见解析；

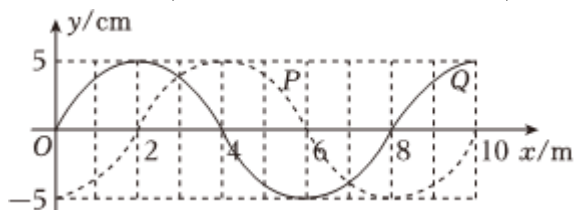
(ii) 两列波干涉而振动振幅最大的平衡位置为 3m 、 7m ，振幅最小的平衡位置为 1m 、 5m 、 9m 。

【分析】(i) 根据 $x = vt$ 求解波传播的距离，利用同侧法作图即可；

(ii) 两列波振动波速相同，频率相同，振动方向相反，则振幅最小点的平衡位置到 $x = 0$ 和 $x = 10\text{m}$ 处的距离差为波长的整数倍，振幅最大点的平衡位置到 $x = 0$ 和 $x = 10\text{m}$ 处的距离差为半波长的奇数倍，据此列式求解即可。

【解答】解：(i) $t = 2.5\text{s}$ 时，两波传播的距离为 $\Delta x_P = \Delta x_Q = vt = 4 \times 2.5\text{m} = 10\text{m}$ 即 P 波刚好传播到 $x = 10\text{m}$ 处，且 $x = 10\text{m}$ 处质点自平衡位置向下振动， Q 波刚好传播到 $x = 0$ 处，且 $x = 0$ 处质点自平衡位置向上振动；

由题意可知，两波的振幅均为 5cm ，波长均为 8m ，由同侧法画波形图，如图：



(ii) 两列波振动波速相同，频率相同，振动方向相反，则振幅最小点的平衡位置到 $x = 0$ 和 $x = 10\text{m}$ 处的距离差为波长的整数倍，则有： $|10 - x - (x - 0)| = n\lambda$ ($n = 0, 1, 2, \dots$)

代入数据解得，图示范围内振幅最小点的平衡位置为 $x = 1\text{m}$ 、 5m 、 9m

振幅最大点的平衡位置到 $x = 0$ 和 $x = 10\text{m}$ 处的距离差为半波长的奇数倍，则有： $|10 - x -$

$$(x - 0) \mid = n \cdot \frac{1}{2} \lambda \quad (n = 1, 3, 5 \dots)$$

代入数据解得，图示范围内振幅最大点的平衡位置为 $x = 3m$ 、 $7m$

答: (i) 见解析;

(ii) 两列波干涉而振动振幅最大的平衡位置为 $3m$ 、 $7m$ ，振幅最小的平衡位置为 $1m$ 、 $5m$ 、 $9m$ 。

【点评】本题考查波的多解性问题，解题关键是知道两列波频率相同，传播方向相反时，振动减弱点到两波源的距离差为半波长的奇数倍，振动加强点到两波源的距离差为波长的整数倍。