

2020 年全国统一高考物理试卷（新课标 I）

参考答案与试题解析

一、选择题：本题共 8 小题，每小题 6 分，共 48 分。在每小题给出的四个选项中，第 1~5 题只有一项符合题目要求，第 6~8 题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

1. (6 分) 行驶中的汽车如果发生剧烈碰撞，车内的安全气囊会被弹出并瞬间充满气体。若碰撞后汽车的速度在很短时间内减小为零，关于安全气囊在此过程中的作用，下列说法正确的是 ()

- A. 增加了司机单位面积的受力大小
- B. 减少了碰撞前后司机动量的变化量
- C. 将司机的动能全部转换成汽车的动能
- D. 延长了司机的受力时间并增大了司机的受力面积

【分析】在碰撞过程中，司机动量的变化量是一定的，都等于 $\Delta p = mv$ ，但安全气囊会延长作用时间，增加受力面积；再根据动量定理分析即可。

【解答】解：ABD、在碰撞过程中，司机的动量的变化量是一定的，但安全气囊会增加作用的时间，根据动量定理 $Ft = \Delta p$ 可知，可以减小司机受到的冲击力 F ，同时安全气囊会增大司机的受力面积，则司机单位面积的受力大小 $\frac{F}{S}$ 减小，故 AB 错误，D 正确。

C、安全气囊只是延长了作用时间，减小了司机的受力，将司机的动能转换成气囊的弹性势能，故 C 错误。

故选：D。

【点评】本题的关键是知道在碰撞过程中，司机动量的变化量是一定的；会熟练应用动量定理分析力的变化。

2. (6 分) 火星的质量约为地球质量的 $\frac{1}{10}$ ，半径约为地球半径的 $\frac{1}{2}$ ，则同一物体在火星表面与在地球表面受到的引力的比值约为 ()

- A. 0.2
- B. 0.4
- C. 2.0
- D. 2.5

【分析】根据星球表面的万有引力等于重力列出等式表示出重力加速度，进而求出火星与地球上重力加速度之比，结合星球表面的万有引力等于重力可得出同一物体在火星表面与在地球表面受到的引力的比值。

【解答】解：在星球表面的万有引力等于重力，即： $\frac{GMm}{R^2}=mg$ ，

$$\text{则有： } g = \frac{GM}{R^2}$$

所以火星与地球上重力加速度之比：

$$\frac{g_{\text{火}}}{g_{\text{地}}} = \frac{M_{\text{火}}}{M_{\text{地}}} \times \frac{R_{\text{地}}^2}{R_{\text{火}}^2} = \frac{1}{10} \times \left(\frac{2}{1}\right)^2 = \frac{2}{5} = 0.4,$$

由于星球表面的万有引力等于重力，所以， $F_{\text{万}}=mg$ ，

则同一物体在火星表面与在地球表面受到的引力的比值约为 0.4。

故选：B。

【点评】明确星球表面重力与万有引力相等，会根据星球质量和半径关系求得其表面的重力加速度大小关系是正确解题的关键。

3. (6分) 如图，一同学表演荡秋千。已知秋千的两根绳长均为 10m，该同学和秋千踏板的总质量约为 50kg。绳的质量忽略不计。当该同学荡到秋千支架的正下方时，速度大小为 8m/s，此时每根绳子平均承受的拉力约为 ()



- A. 200N B. 400N C. 600N D. 800N

【分析】秋千荡到最低点时，需要竖直向上的向心力，分析秋千和同学整体的受力，根据牛顿第二定律列式求解每根绳子平均承受的拉力。

【解答】解：以同学和秋千整体作为研究对象，整体受到竖直向下的重力以及竖直向上的绳子的拉力，令每根绳子的拉力为 T，绳长为 l，

$$\text{根据牛顿第二定律有： } 2T - mg = m \frac{v^2}{l}$$

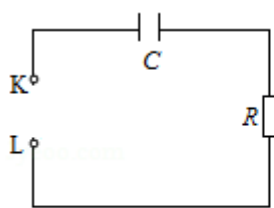
代入数据解得每根绳子的拉力为 $T=410\text{N}$ ，B 选项最为接近，故 ACD 错误，B 正确。

故选：B。

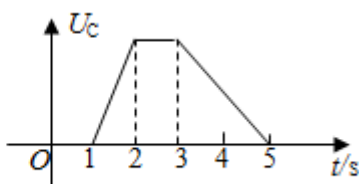
【点评】解决该题的关键是明确知道秋千运动到最低点时其合力不为零，且合力方向竖直向上，正确分析秋千和同学整体的受力情况。

4. (6分) 图 (a) 所示的电路中，K 与 L 间接一智能电源，用以控制电容器 C 两端的电压

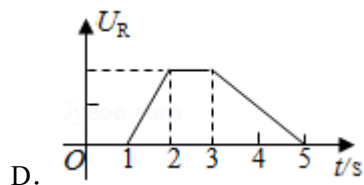
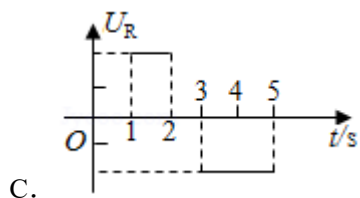
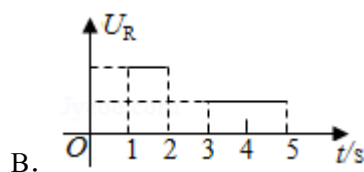
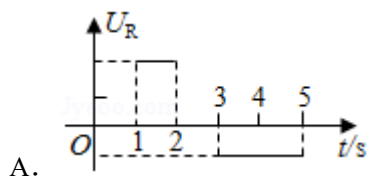
U_C 。如果 U_C 随时间 t 的变化如图 (b) 所示, 则下列描述电阻 R 两端电压 U_R 随时间 t 变化的图象中, 正确的是 ()



图(a)



图(b)



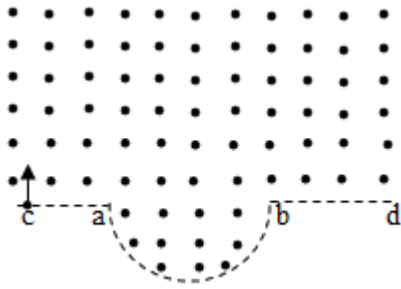
【分析】 根据 $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta(CU_C)}{\Delta t}$, 分析电路中电流的变化情况, 由欧姆定律确定 U_R 与 t 的关系。

【解答】 解: 电路中的电流为 $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta(CU_C)}{\Delta t} = C \frac{\Delta U_C}{\Delta t}$, $\frac{\Delta U_C}{\Delta t}$ 等于 $U_C - t$ 图象斜率的大小, 由图 b 知, 1 - 2s 内图象的斜率是 3 - 5s 内图象斜率的 2 倍, 则 1 - 2s 内电路中电流是 3 - 5s 内的 2 倍, 由 $U_R = IR$ 知, 1 - 2s 内电阻 R 两端电压 U_R 是 3 - 5s 内的 2 倍。1 - 2s 内, 电容器在充电, 3 - 5s 内电容器在放电, 电路中电流方向相反, 则 1 - 2s 内 R 的电压与 3 - 5s 内 R 的电压相反, 故 A 正确, BCD 错误。

故选: A。

【点评】 解决本题的关键要知道电路中电流与电容器带电量的关系, 即 $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta(CU_C)}{\Delta t} = C \frac{\Delta U_C}{\Delta t}$, 知道 $\frac{\Delta U_C}{\Delta t}$ 等于 $U_C - t$ 图象斜率的大小, 根据数学知识分析出电路中电流的变化情况。

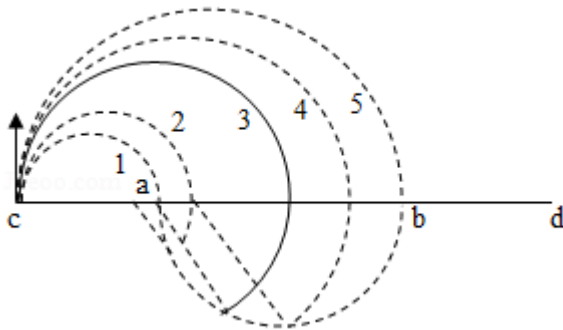
5. (6分) 一匀强磁场的磁感应强度大小为 B , 方向垂直于纸面向外, 其边界如图中虚线所示, \widehat{ab} 为半圆, ac 、 bd 与直径 ab 共线, ac 间的距离等于半圆的半径。一束质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子, 在纸面内从 c 点垂直于 ac 射入磁场, 这些粒子具有各种速率。不计粒子之间的相互作用。在磁场中运动时间最长的粒子, 其运动时间为 ()



- A. $\frac{7\pi m}{6qB}$ B. $\frac{5\pi m}{4qB}$ C. $\frac{4\pi m}{3qB}$ D. $\frac{3\pi m}{2qB}$

【分析】采用放缩法并画图，设 \widehat{ab} 半圆的半径为 R ，当轨迹半径为 R 时，轨迹圆心角最大，然后再增大轨迹半径，轨迹圆心角减小，因此当轨迹半径等于 R 时轨迹圆心角最大，然后根据 $t = \frac{\theta}{2\pi} T$ 求粒子在磁场中运动的最长时间。

【解答】解：粒子在磁场中运动的时间与速度大小无关，由粒子在磁场中运动轨迹对应圆心角决定，即 $t = \frac{\theta}{2\pi} T$ ；设 \widehat{ab} 半圆的半径为 R ，采用放缩法如图所示：



粒子垂直 ac ，则圆心必在 ac 直线上，将粒子的轨迹半径由零逐渐放大，在 $r \leq 0.5R$ 和 $r \geq 1.5R$ 时，粒子从 ac 、 bd 区域射出，磁场中的轨迹为半圆，运动时间等于半个周期；当 $0.5R < r < 1.5R$ 时，粒子从半圆边界射出，逐渐将轨迹半径从 $0.5R$ 逐渐放大，粒子射出位置从半圆顶端向下移动，轨迹圆心角从 π 逐渐增大，当轨迹半径为 R 时，轨迹圆心角最大，然后再增大轨迹半径，轨迹圆心角减小，因此当轨迹半径等于 R 时轨迹圆心角

最大，即 $\theta = \pi + \frac{\pi}{3} = \frac{4}{3}\pi$ ，粒子运动最长时间为 $t = \frac{\theta}{2\pi} T = \frac{\frac{4}{3}\pi}{2\pi} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{4\pi m}{3qB}$ ，

故 C 正确，ABD 错误。

故选：C。

【点评】本题考查的是带电粒子在匀强磁场中的匀速圆周运动，本题的难点是应用放缩法作图，找到当粒子运动轨迹半径等于半圆的半径时，轨迹对应的圆心角最大。

6. (6分) 下列核反应方程中， X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 代表 α 粒子的有 ()

- A. ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^1_0\text{n} + \text{X}_1$
- B. ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^1_0\text{n} + \text{X}_2$
- C. ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{144}_{56}\text{Ba} + {}^{89}_{36}\text{Kr} + 3\text{X}_3$
- D. ${}^1_0\text{n} + {}^6_3\text{Li} \rightarrow {}^3_1\text{H} + \text{X}_4$

【分析】根据核反应方程中电荷数守恒、质量数守恒确定 X 是否是 α 粒子。

【解答】解：A、根据电荷数守恒、质量数守恒知， X_1 的电荷数为 2，质量数为 3，但不是 α 粒子，故 A 错误；

B、根据电荷数守恒、质量数守恒知， X_2 的电荷数为 2，质量数为 4，为 α 粒子，故 B 正确；

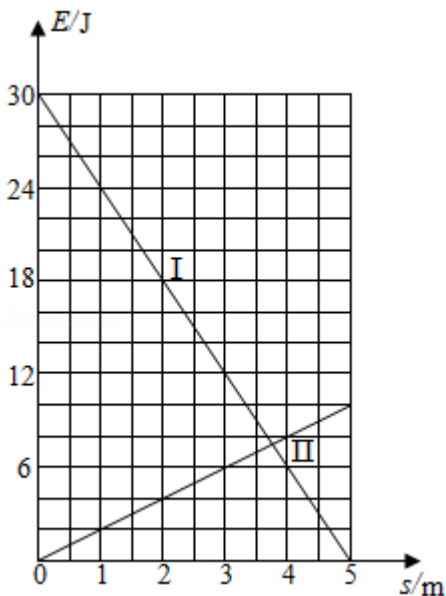
C、根据电荷数守恒、质量数守恒知， X_3 的电荷数为 0，质量数为 1，为中子，故 C 错误

D、根据电荷数守恒、质量数守恒知， X_4 的电荷数为 2，质量数为 4，为 α 粒子，故 D 正确。

故选：BD。

【点评】解决本题的关键知道在核反应过程中电荷数守恒、质量数守恒，注意 α 粒子是质子数为 2，质量数为 4，同时要会区别中子、电子，质子，离子。

7. (6分) 一物块在高 3.0m、长 5.0m 的斜面顶端从静止开始沿斜面下滑，其重力势能和动能随下滑距离 s 的变化如图中直线 I、II 所示，重力加速度取 10m/s^2 。则 ()



- A. 物块下滑过程中机械能不守恒

- B. 物块与斜面间的动摩擦因数为 0.5
 C. 物块下滑时加速度的大小为 6.0m/s^2
 D. 当物块下滑 2.0m 时机械能损失了 12J

【分析】分析初位置以及下滑 5m 时的机械能，从而判断机械能是否守恒；

根据功能关系分析求解物块与斜面间的动摩擦因数；

根据牛顿第二定律求解物块下滑时加速度的大小；

分析物块下滑 2.0m 时除重力以外其它力做功情况从而判断机械能的损失量。

【解答】解：A、物块在初位置其重力势能为 $E_p = mgh = 30\text{J}$ ，动能 $E_k = 0$

则物块的质量 $m = 1\text{kg}$ ，

此时物块具有的机械能为 $E_1 = E_p + E_k = 30\text{J}$

当下滑距离为 5m 时，物块具有的机械能为 $E_2 = E_p' + E_k' = 10\text{J} < E_1$ ，

所以下滑过程中物块的机械能减小，故 A 正确；

B、令斜面的倾角为 θ ，则 $\sin \theta = \frac{3}{5}$ ，

所以 $\theta = 37^\circ$

物体下滑的距离为 $x = 5\text{m}$ 的过程中，根据功能关系有 $W_f = \mu mg \cos \theta \cdot x = E_1 - E_2$ ，

代入数据 $\mu = 0.5$ ，故 B 正确；

C、根据牛顿第二定律可知，物块下滑时加速度的大小为 $a = \frac{mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta}{m} =$

2m/s^2 ，故 C 错误；

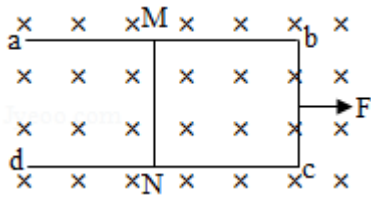
D、当物块下滑距离为 $x' = 2.0\text{m}$ 时，物体克服滑动摩擦力做功为 $W_f = \mu mg \cos \theta \cdot x' = 8\text{J}$ ，

根据功能关系可知，机械能损失了 $\Delta E' = W_f = 8\text{J}$ ，故 D 错误。

故选：AB。

【点评】解决该题需要掌握机械能守恒的条件，知道势能和动能之和统称为机械能，掌握与机械能相关的功能关系。

8. (6分) 如图，U形光滑金属框 abcd 置于水平绝缘平台上，ab 和 dc 边平行，和 bc 边垂直。ab、dc 足够长，整个金属框电阻可忽略。一根具有一定电阻的导体棒 MN 置于金属框上，用水平恒力 F 向右拉动金属框，运动过程中，装置始终处于竖直向下的匀强磁场中，MN 与金属框保持良好接触，且与 bc 边保持平行。经过一段时间后 ()



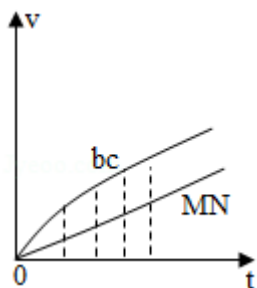
- A. 金属框的速度大小趋于恒定值
- B. 金属框的加速度大小趋于恒定值
- C. 导体棒所受安培力的大小趋于恒定值
- D. 导体棒到金属框 bc 边的距离趋于恒定值

【分析】 分别对金属框和导体棒进行受力分析，根据牛顿第二定律和电动势公式求出二者的加速度表达式及感应电流的表达式，解得加速度差值 $a_1 - a_2 = \frac{F}{M} - (\frac{1}{M} + \frac{1}{m}) BIL$ ，

当加速度差值为零时，解得 $I = \frac{BL(v_1 - v_2)}{R}$ ，画出 $v - t$ 图象分析即可。

【解答】 解：ABC、当金属框在恒力 F 作用下向右加速时，bc 边产生从 c 向 b 的感应电流 i，线框的加速度为 a_1 ，对线框，由牛顿第二定律得： $F - BIL = Ma_1$ ，导体棒 MN 中感应电流从 M 向 N，在感应电流安培力作用下向右加速，加速度为 a_2 ，对导体棒 MN，由牛顿第二定律得： $BIL = ma_2$ ，当线框和导体棒 MN 都运动后，线框速度为 v_1 ，MN 速度为 v_2 ，感应电流为： $I = \frac{BL(v_1 - v_2)}{R}$ ，感应电流从 0 开始增大，则 a_2 从零开始增加，

a_1 从 $\frac{F}{M}$ 开始减小，加速度差值为： $a_1 - a_2 = \frac{F}{M} - (\frac{1}{M} + \frac{1}{m}) BIL$ ，感应电流从零增加，则加速度差值减小，当差值为零时， $a_1 = a_2 = a$ ，故有： $F = (M+m)a$ ，联立解得： $I = \frac{mF}{(M+m)BL} = \frac{BL(v_1 - v_2)}{R}$ ，此后金属框与 MN 的速度差维持不变，感应电流不变，MN 受到的安培力不变，加速度不变， $v - t$ 图象如图所示：



故 A 错误；BC 正确；

D、MN 与金属框的速度差不变，但 MN 的速度小于金属框速，MN 到金属框 bc 边的距离越来越大，故 D 错误。

故选：BC。

【点评】本题考查的是电磁感应的动力学问题，综合性较强，难度较大，对学生综合分析物理问题的能力要求较高；本题难点是金属框和导体棒开始都做变加速直线运动，故必须抓住运动一段时间后，二者加速度差值为零。

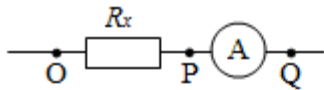
二、非选择题：共 62 分。第 9~12 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 13~16 题为选考题，考生根据要求作答。（一）必考题：共 47 分。

9. (6 分) 某同学用伏安法测量一阻值为几十欧姆的电阻 R_x ，所用电压表的内阻为 $1\text{k}\Omega$ ，电流表内阻为 0.5Ω 。该同学采用两种测量方案，一种是将电压表跨接在图 (a) 所示电路的 O、P 两点之间，另一种是跨接在 O、Q 两点之间。测量得到如图 (b) 所示的两条 U - I 图线，其中 U 与 I 分别为电压表和电流表的示数。回答下列问题：

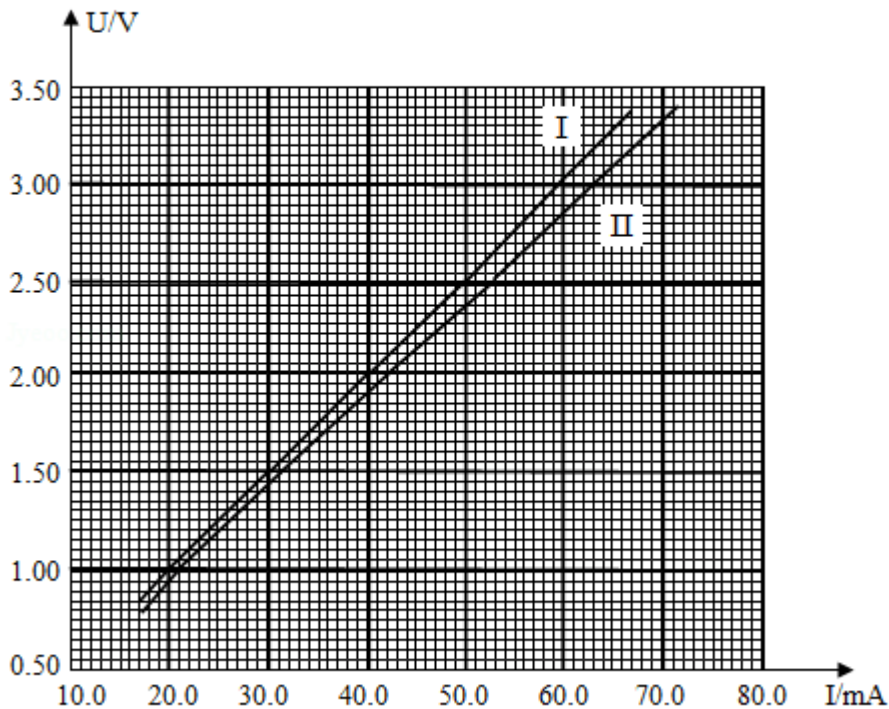
(1) 图 (b) 中标记为 II 的图线是采用电压表跨接在 O、P (填“O、P”或“O、Q”) 两点的方案测量得到的。

(2) 根据所用实验器材和图 (b) 可判断，由图线 I (填“ I ”或“ II ”) 得到的结果更接近待测电阻的真实值，结果为 50.5 Ω (保留 1 位小数)。

(3) 考虑到实验中电表内阻的影响，需对 (2) 中得到的结果进行修正，修正后待测电阻的阻值为 50.0 Ω (保留 1 位小数)。



图(a)



图(b)

【分析】(1) 根据电压表跨接在 O、P 两点时，电压表分流；电压表跨接在 O、Q 两点时，电流表分压，进行误差分析，结合 U - I 图象的斜率大小得到图线 II 为电压表跨接在 O、P 两点测量得到的；

(2) 根据 U - I 图象的斜率得到两种接法下的电阻，根据 $\frac{R_V}{R} < \frac{R}{R_A}$ ，电流表应采用内接法，从而判断图线 I 得到的结果更接近待测电阻的真实值；

(3) 根据电压表跨接在 O、Q 间，测得的阻值为电阻与电流表电阻之和求得修正后待测电阻的阻值。

【解答】解：(1) 当电压表跨接在 O、P 两点时，电流表外接，电压准确，电流测量值为电阻与电压表电流之和，由 $R = \frac{U}{I}$ 得电阻测量值偏小；电压表跨接在 O、Q 两点时，电流表内接，电流准确，电压测量值为电阻与电流表电压之和，电阻测量值偏大；U - I 图象的斜率大小等于电阻测量值，因此图线 II 为电压表跨接在 O、P 两点测量得到的。

(2) 由图线可得 I 图线测得电阻值为： $R_1 = \frac{3.00 - 1.00}{(59.6 - 20.0) \times 10^{-3}} \Omega \approx 50.5 \Omega$ ，图线 II

测得电阻阻值为 $R_{\parallel} = \frac{3.00 - 0.95}{(63.0 - 20.0) \times 10^{-3}} \Omega = 47.7 \Omega$ ，被测电阻值约为 50Ω ， $\frac{R_V}{R} =$

$\frac{1000 \Omega}{50 \Omega} = 20$ ， $\frac{R}{R_A} = \frac{50 \Omega}{0.5 \Omega} = 100$ ，因 $\frac{R_V}{R} < \frac{R}{R_A}$ ，电流表采用内接法，电压表跨接在 O、Q

两点，测量结果为 50.5Ω 。

(3) 电压表跨接在 O、Q 间，测得的阻值为电阻与电流表电阻之和，则有： $R = R_1 - R_A = 50.5 \Omega - 0.5 \Omega = 50.0 \Omega$ 。

故答案为：(1) O、P；(2) I，50.5 (50.3~50.9)；(3) 50.0 (49.8~50.4)。

【点评】 本题考查通过已知 U - I 图象的斜率来判断测电阻时，如何选择电压表的内外接法，考查了学生对实验误差的分析以及应用图象处理问题的能力，同时涉及到估算和保留小数的细节问题。

10. (9分) 某同学用如图所示的实验装置验证动量定理，所用器材包括：气垫导轨、滑块 (上方安装有宽度为 d 的遮光片)、两个与计算机相连接的光电门、砝码盘和砝码等。

实验步骤如下：

(1) 开动气泵，调节气垫导轨，轻推滑块，当滑块上的遮光片经过两个光电门的遮光时间 大约相等 时，可认为气垫导轨水平；

(2) 用天平测砝码与砝码盘的总质量 m_1 、滑块 (含遮光片) 的质量 m_2 ；

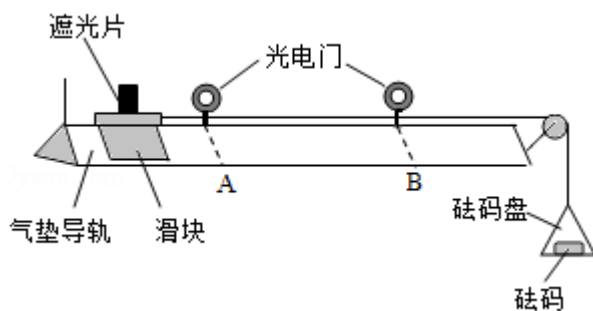
(3) 用细线跨过轻质定滑轮将滑块与砝码盘连接，并让细线水平拉动滑块；

(4) 令滑块在砝码和砝码盘的拉动下从左边开始运动，和计算机连接的光电门能测量出遮光片经过 A、B 两处的光电门的遮光时间 Δt_1 、 Δt_2 及遮光片从 A 运动到 B 所用的时间 t_{12} ；

(5) 在遮光片随滑块从 A 运动到 B 的过程中，如果将砝码和砝码盘所受重力视为滑块所受拉力，拉力冲量的大小 $I = \underline{m_1 g t_{12}}$ ，滑块动量改变量的大小 $\Delta p = \underline{m_2 \left(\frac{d}{\Delta t_2} - \frac{d}{\Delta t_1} \right)}$ ；(用题中给出的物理量及重力加速度 g 表示)

(6) 某一次测量得到的一组数据为： $d = 1.000 \text{ cm}$ ， $m_1 = 1.50 \times 10^{-2} \text{ kg}$ ， $m_2 = 0.400 \text{ kg}$ ， $\Delta t_1 = 3.900 \times 10^{-2} \text{ s}$ ， $\Delta t_2 = 1.270 \times 10^{-2} \text{ s}$ ， $t_{12} = 1.50 \text{ s}$ ，取 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ 。计算可得 $I = \underline{0.221} \text{ N}\cdot\text{s}$ ， $\Delta p = \underline{0.212} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ；(结果均保留 3 位有效数字)

(7) 定义 $\delta = \left| \frac{I - \Delta p}{I} \right| \times 100\%$ ，本次实验 $\delta = \underline{4} \%$ (保留 1 位有效数字)。



【分析】(1) 气垫导轨水平时，不考虑摩擦力时，滑块所受的合外力为零，此时滑块做匀速直线运动；

(5) 拉力冲量的大小 $I = Ft_{12} = m_1gt_{12}$ ；用经过光电门的平均速度代替滑块经过 A、B 两处的瞬时速度，则 $v_A = \frac{d}{\Delta t_1}$ ， $v_B = \frac{d}{\Delta t_2}$ ，滑块动量改变量的大小 $\Delta p = m_2 (v_B - v_A)$ ；

(6) 把数据代入 $I = m_1gt_{12}$ 和 $\Delta p = m_2 \left(\frac{d}{\Delta t_2} - \frac{d}{\Delta t_1} \right)$ 即可求出；

(7) 把 I 和 Δp 代入 $\delta = \left| \frac{I - \Delta p}{I} \right| \times 100\%$ 即可。

【解答】解：(1) 气垫导轨水平时，不考虑摩擦力时，滑块所受的合外力为零，此时滑块做匀速直线运动，而两个光电门的宽度都为 d ，根据 $t = \frac{d}{v}$ 得遮光片经过两个光电门的遮光时间相等，实际实验中，会存在摩擦力使得滑块做的运动近似为匀速直线运动，故遮光片经过两个光电门的遮光时间大约相等；

(5) 在遮光片随滑块从 A 运动到 B 的过程中，拉力的大小等于砝码和砝码盘所受重力，故 $F = m_1g$ ，而遮光片从 A 运动到 B 所用的时间为 t_{12} ，故拉力冲量的大小 $I = Ft_{12} = m_1gt_{12}$ ；

由于光电门的宽度 d 很小，所以我们用经过光电门的平均速度代替滑块经过 A、B 两处的瞬时速度，故滑块经过 A 时的瞬时速度 $v_A = \frac{d}{\Delta t_1}$ ，滑块经过 B 时的瞬时速度 $v_B = \frac{d}{\Delta t_2}$ ，故滑块动量改变量的大小 $\Delta p = m_2 (v_B - v_A) = m_2 \left(\frac{d}{\Delta t_2} - \frac{d}{\Delta t_1} \right)$ ；

(6) $I = m_1gt_{12} = 1.50 \times 10^{-2} \times 9.8 \times 1.50 \text{ N}\cdot\text{s} = 0.221 \text{ N}\cdot\text{s}$ ；

$\Delta p = m_2 \left(\frac{d}{\Delta t_2} - \frac{d}{\Delta t_1} \right) = 0.4 \times \left(\frac{1 \times 10^{-2}}{1.27 \times 10^{-2}} - \frac{1 \times 10^{-2}}{3.9 \times 10^{-2}} \right) \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} = 0.212 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ；

(7) $\delta = \left| \frac{I - \Delta p}{I} \right| \times 100\% = \left| \frac{0.221 - 0.212}{0.221} \right| \times 100\% = 4\%$ ；

故答案为：(1) 大约相等；(5) $m_1gt_{12} ; m_2 \left(\frac{d}{\Delta t_2} - \frac{d}{\Delta t_1} \right)$ ；(6) 0.221；0.212；

(7) 4

【点评】了解光电门测量瞬时速度的原理，实验中我们要清楚研究对象和研究过程，对于系统我们要考虑全面，同时明确实验原理是解答实验问题的前提

11. (12分)我国自主研制了运-20重型运输机。飞机获得的升力大小 F 可用 $F=kv^2$ 描写， k 为系数； v 是飞机在平直跑道上的滑行速度， F 与飞机所受重力相等时的 v 称为飞机的起飞离地速度。已知飞机质量为 $1.21 \times 10^5 \text{kg}$ 时，起飞离地速度为 66m/s ；装载货物后质量为 $1.69 \times 10^5 \text{kg}$ ，装载货物前后起飞离地时的 k 值可视为不变。

(1) 求飞机装载货物后的起飞离地速度；

(2) 若该飞机装载货物后，从静止开始匀加速滑行 1521m 起飞离地，求飞机在滑行过程中加速度的大小和所用的时间。

【分析】(1) 飞机装载货物的前后，飞机受到的升力和飞机的重力大小相等，方向相反，以此求解飞机装载货物后的起飞离地速度；

(2) 根据运动学中的速度和位移的关系求解加速度，根据速度和时间关系求解所用时间。

【解答】解：(1) 令飞机装载货物前的起飞速度为 v_1 ，飞机的质量为 m

离地时有 $kv_1^2 = mg$ ，

代入数据解得 $k = \frac{1}{36} \times 10^4 \text{N} \cdot \text{s}^2/\text{m}^2$ ，

令飞机装载货物后的质量为 m' ，飞机的起飞速度为 v_2 ，

则当飞机起飞时有 $kv_2^2 = m'g$ ，

则 $v_2 = 78 \text{m/s}$ ；

(2) 根据运动学公式可知，飞机在滑行过程中加速度的大小为 $a = \frac{v_2^2}{2x} = 2 \text{m/s}^2$ ，

所用时间为 $t = \frac{v_2}{a} = 39 \text{s}$ 。

答：(1) 飞机装载货物后的起飞离地速度为 78m/s ；

(2) 若该飞机装载货物后，从静止开始匀加速滑行 1521m 起飞离地，飞机在滑行过程中加速度的大小为 2m/s^2 ，所用的时间为 39s 。

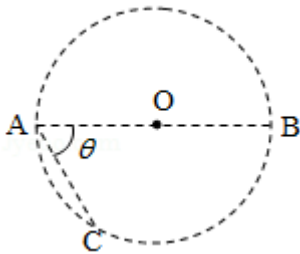
【点评】解决该题需要明确知道飞机装载货物的前后系数 k 保持不变，熟记匀变速直线运动的位移和速度的求解公式。

12. (20分) 在一柱形区域内有匀强电场，柱的横截面是以 O 为圆心，半径为 R 的圆， AB 为圆的直径，如图所示。质量为 m ，电荷量为 q ($q > 0$) 的带电粒子在纸面内自 A 点先后以不同的速度进入电场，速度方向与电场的方向垂直。已知刚进入电场时速度为零的粒子，自圆周上的 C 点以速率 v_0 穿出电场， AC 与 AB 的夹角 $\theta = 60^\circ$ 。运动中粒子仅受电场力作用。

(1) 求电场强度的大小；

(2) 为使粒子穿过电场后的动能增量最大，该粒子进入电场时的速度应为多大？

(3) 为使粒子穿过电场前后动量变化量的大小为 mv_0 ，该粒子进入电场时的速度应为多大？



【分析】(1) 粒子初速度为零时，沿电场力方向做匀加速直线运动，粒子由 C 点射出电场，所以电场方向与 AC 平行，由 A 指向 C 。根据动能定理求电场强度的大小。

(2) 为使粒子穿过电场后的动能增量最大，电场力做功最多，出射点的切线必定与电场垂直。粒子在电场中做类平抛运动，根据牛顿第二定律和分位移公式分别列式，结合几何关系求解。

(3) 以粒子进入电场时的方向为 x 轴，电场方向为 y 轴，建立坐标系，根据数学知识写出圆方程。为使粒子穿过电场前后动量变化量的大小为 mv_0 ，根据 $mv_0 = mat$ 求解粒子进入电场时的速度。

【解答】解：(1) 粒子初速度为零，由 C 点射出电场，故电场方向与 AC 平行，由 A 指向 C 。

由几何关系和电场强度的定义知：

$$AC = R \cdots \textcircled{1}$$

$$F = qE \cdots \textcircled{2}$$

由动能定理得

$$F \cdot AC = \frac{1}{2} m v_0^2 \cdots \textcircled{3}$$

联立①②③解得 $E = \frac{mv_0^2}{2qR} \dots \textcircled{4}$

(2) 如图，由几何关系知 $AC \perp BC$ ，故电场中的等势线与 BC 平行。作与 BC 平行的直线与圆相切于 D 点，与 AC 的延长线交于 P 点，则自 D 点从圆周上穿出的粒子的动能增量最大。

由几何关系知

$$\angle PAD = 30^\circ, AP = \frac{3}{2}R, DP = \frac{\sqrt{3}}{2}R \dots \textcircled{5}$$

设粒子以速度 v_1 进入电场时动能增量最大，在电场中运动的时间为 t_1 ，粒子在 AC 方向做加速度为 a 的匀加速运动，运动的距离等于 AP ；在垂直于 AC 方向上做匀速运动，运动的距离等于 DP ，由牛顿第二定律和运动学公式有：

$$F = ma \quad \textcircled{6}$$

$$AP = \frac{1}{2} a t_1^2 \quad \textcircled{7}$$

$$DP = v_1 t_1 \quad \textcircled{8}$$

联立②④⑤⑥⑦⑧式得 $v_1 = \frac{\sqrt{2}}{4} v_0 \quad \textcircled{9}$

(3) 设粒子以速度 v 进入电场时，在电场中运动的时间为 t 。以 A 为原点，粒子进入电场的方向为 x 轴正方向，电场方向为 y 轴正方向建立直角坐标系，由运动学公式有：

$$y = \frac{1}{2} a t^2 \quad (10)$$

$$x = vt \quad (11)$$

粒子离开电场的位置在圆周上，有

$$\left(x - \frac{\sqrt{3}}{2}R\right)^2 + \left(y - \frac{1}{2}R\right)^2 = R^2 \quad (12)$$

粒子在电场中运动时，其 x 方向的动量不变， y 方向的初动量为零，设穿过电场前后动量变化量的大小为 mv_0 的粒子，离子电场时其 y 方向的速度分量为 v_2 ，由题给条件及运动学公式有：

$$mv_2 = mv_0 = mat \quad (13)$$

联立②④⑥ (10) (11) (12) (13) 式得：

$$v = 0$$

或 $v = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0$

另解：

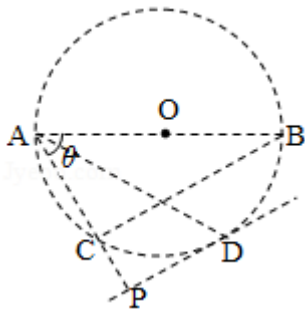
由题意知，初速度为 0 时，动量增量大小为 mv_0 ，此即问题的一个解。

自 A 点以不同的速率垂直于电场方向射入电场的粒子，沿 y 方向位移相等时，所用时间都相同，因此，不同粒子运动到线段 CB 上时，动量变化量都相同，自 B 点射出电场的粒子，其动量变化也为 mv_0 ，由几何关系和运动学规律可得，此时入射速率 $v = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$ 。

答：(1) 电场强度的大小为 $\frac{mv_0^2}{2qR}$ ；

(2) 为使粒子穿过电场后的动能增量最大，该粒子进入电场时的速度应为 $\frac{\sqrt{2}}{4}v_0$ 。

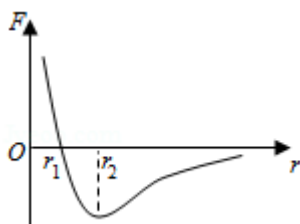
(3) 为使粒子穿过电场前后动量变化量的大小为 mv_0 ，该粒子进入电场时的速度应为 0 或 $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$ 。



【点评】本题考查带电粒子在电场中加速和偏转问题，要明确粒子的受力情况，确定其运动情况，会熟练运用运动的分解法处理类平抛运动，结合几何知识帮助解答。

(二) 选考题：共 15 分。请考生从 2 道物理题中任选一题作答。如果多做，则按所做的第一题计分。[物理--选修 3-3] (15 分)

13. (5 分) 分子间作用力 F 与分子间距 r 的关系如图所示， $r=r_1$ 时， $F=0$ 。分子间势能由 r 决定，规定两分子相距无穷远时分子间的势能为零。若一分子固定于原点 O，另一分子从距 O 点很远处向 O 点运动，在两分子间距减小到 r_2 的过程中，势能 减小 (填“减小”“不变”或“增大”)；在间距由 r_2 减小到 r_1 的过程中，势能 减小 (填“减小”“不变”或“增大”)；在间距等于 r_1 处，势能 小于 (填“大于”“等于”或“小于”) 零。



【分析】当分子间距离等于平衡距离时，分子力为零，分子势能最小；根据图象可知，分子间距与分子引力与斥力关系，再结合分子力做正功，分子势能减小，分子力做负功，分子势能增大，从而即可判定。

【解答】解：若一分子固定于原点 O，另一分子从距 O 点很远处向 O 点运动，在两分子间距减小到 r_2 的过程中，分子体现引力，分子力做正功，分子势能减小；

在间距由 r_2 减小到 r_1 的过程中，分子体现引力，分子做正功，分子势能减小；

规定两分子相距无穷远时分子间的势能为零，在间距小于 r_1 过程中，分子体现斥力，分子力负功，分子势能增加，因此在间距等于 r_1 处，势能小于零，

故答案为：减小；减小；小于。

【点评】分子间的势能及分子力虽然属于微观世界的关系，但是可运用我们所学过的力学中功能关系进行分析，注意分子体现引力还是斥力是解题的关键，同时理解分子力做功与分子势能的关系。

14. (10 分) 甲、乙两个储气罐储存有同种气体（可视为理想气体）。甲罐的容积为 V ，罐中气体的压强为 p ；乙罐的容积为 $2V$ ，罐中气体的压强为 $\frac{1}{2}p$ 。现通过连接两罐的细管把甲罐中的部分气体调配到乙罐中去，两罐中气体温度相同且在调配过程中保持不变，调配后两罐中气体的压强相等。求调配后

(i) 两罐中气体的压强；

(ii) 甲罐中气体的质量与甲罐中原有气体的质量之比。

【分析】(i) 根据玻意尔定律可得两罐中气体的压强；

(ii) 根据玻意尔定律和密度定律求得甲罐中气体的质量与甲罐中原有气体的质量之比。

【解答】解：(i) 对两罐中的甲、乙气体，气体发生等温变化，根据玻意尔定律有：

$$pV + \frac{1}{2}p \cdot 2V = p' \cdot 3V$$

$$\text{解得甲乙中气体最终压强为： } p' = \frac{2}{3}p$$

(ii) 若调配后将甲气体再等温压缩到气体原来的压强为 p ，根据玻意尔定律得： $p' V = pV'$

$$\text{计算可得： } V' = \frac{2}{3}V$$

$$\text{由密度定律解得质量之比等于： } \frac{m_{\text{现}}}{m_{\text{原}}} = \frac{V'}{V} = \frac{2}{3}$$

答：(i) 两罐中气体的压强为 $\frac{2}{3}p$ ；

(ii) 甲罐中气体的质量与甲罐中原有气体的质量之比为 $\frac{2}{3}$ 。

【点评】 本题考查的是玻意尔定律和密度定律，本题的难点是在求解甲罐中气体的质量与甲罐中原有气体的质量之比时，调配后将甲气体再等温压缩到气体原来的压强求解。

[物理——选修 3-4] (15 分)

15. 在下列现象中，可以用多普勒效应解释的有 ()

- A. 雷雨天看到闪电后，稍过一会儿才能听到雷声
- B. 超声波被血管中的血流反射后，探测器接收到的超声波频率发生变化
- C. 观察者听到远去的列车发出的汽笛声，音调会变低
- D. 同一声源发出的声波，在空气和水中传播的速度不同
- E. 天文学上观察到双星（相距较近、均绕它们连线上某点做圆周运动的两颗恒星）光谱

随时间的周期性变化

【分析】 多普勒效应是由于振源与观察者之间存在着相对运动，使观察者接受到的频率不同于振源频率的现象，据此判断即可。

【解答】 解：A、发生雷电时，人们利用看见闪电与听见雷声的时间间隔来估算自己与雷电发生处之间的距离是通过光速远大于声速，用这个时间间隔乘声速来估算的，故它不属于多普勒效应的应用，故 A 错误；

B、医生向人体内发射频率已知的超声波，根据接收到的被血管中的血流反射后的超声波的频率变化，判断血流的速度是否正常也属于声波多普勒效应的应用，故 B 正确；

C、根据多普勒效应可知，当波源和观察者间距变小，观察者接收到的频率一定比波源频率高；当波源和观察者距变大，观察者接收到的频率一定比波源频率低，因此观察者听到远去的列车发出的汽笛声，音调会变低，属于多普勒效应，故 C 正确；

D、同一声源发出的声波，在空气和水中传播的速度不同，是由于介质折射率不同导致的，与多普勒效应无关，故 D 错误；

E、天文学上观察到双星（相距较近、均绕它们连线上某点做圆周运动的两颗恒星）光谱随时间的周期性变化，可通过接收的光频率变化来判定双星运动情况，属于光波的多普勒效应的原理应用，故 E 正确；

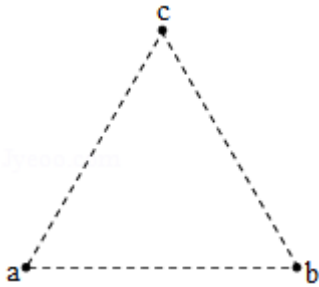
故选：BCE。

【点评】 本题考查的是多普勒效应在实际生活中的应用，能够很好地体现物理就在身边，

物理与生活中的一些现象息息相关的新课改理念，是一道非常好的试题。

16. 一振动片以频率 f 做简谐振动时，固定在振动片上的两根细杆同步周期性地触动水面上 a 、 b 两点，两波源发出的波在水面上形成稳定的干涉图样。 c 是水面上的一点， a 、 b 、 c 间的距离均为 l ，如图所示。已知除 c 点外，在 ac 连线上还有其他振幅极大的点，其中距 c 最近的点到 c 的距离为 $\frac{3}{8}l$ 。求

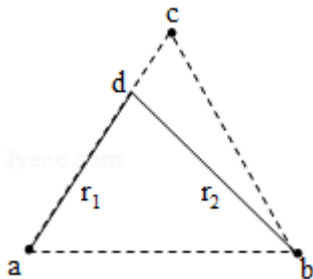
- (i) 波的波长；
- (ii) 波的传播速度。



【分析】 (i) 依据波程差等于一个波长即会发生振动加强，再依据几何关系，及三角函数，与勾股定理，即可求解；

(ii) 根据 $v = \lambda f$ ，结合波长，从而求解传播速度。

【解答】 解：(i) 如图所示，



设距 c 点最近的振幅极大的点为 d 点， a 与 d 的距离为 r_1 ， b 与 d 的距离为 r_2 ， d 与 c 的距离为 s ，波长为 λ ，

$$\text{则有： } r_2 - r_1 = \lambda$$

$$\text{由几何关系，则有： } r_1 = l - s$$

$$\text{且 } s = \frac{3}{8}l$$

$$\text{及 } r_2^2 = (r_1 \sin 60^\circ)^2 + (l - r_1 \cos 60^\circ)^2$$

$$\text{联立上式，代入数据，解得： } \lambda = \frac{1}{4}l$$

(ii) 波的频率为 f ，设波的传播速度为 v ，则有： $v = \lambda f$

解得： $v = \frac{f\lambda}{4}$

答：(i) 波的波长是 $\frac{1}{4}\lambda$ ；

(ii) 波的传播速度为 $\frac{f\lambda}{4}$ 。

【点评】 考查波的干涉条件，掌握波的振动加强的条件，理解几何知识及三角函数的应用，注意数学运算是解题的关键。