

# 2020年普通高等学校招生全国统一考试

## 理科综合能力测试

注意事项：

1. 答卷前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
2. 回答选择题时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑，如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其它答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上，写在本试卷上无效。
3. 考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 N 14 O 16 Na 23 Al 27 P 31 Cl 35.5 Ar 40 V 51 Fe 56

二、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. 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

【答案】D

【解析】

【详解】A. 因安全气囊充气后，受力面积增大，故减小了司机单位面积的受力大小，故 A 错误；

B. 有无安全气囊司机初动量和末动量均相同，所以动量的改变量也相同，故 B 错误；

C. 因有安全气囊的存在，司机和安全气囊接触后会有一部分动能转化为气体的内能，不能全部转化成汽车的动能，故 C 错误；

D. 因为安全气囊充气后面积增大，司机的受力面积也增大，在司机挤压气囊作用过程中由于气囊的缓冲故增加了作用时间，故 D 正确。

故选 D。

2. 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

【答案】 B

【解析】

【详解】 设物体质量为  $m$ ，则在火星表面有

$$F_1 = G \frac{M_1 m}{R_1^2}$$

在地球表面有

$$F_2 = G \frac{M_2 m}{R_2^2}$$

由题意知有

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{1}{10}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{2}$$

故联立以上公式可得

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{M_1 R_2^2}{M_2 R_1^2} = \frac{1}{10} \times \frac{4}{1} = 0.4$$

故选 B。

3.如图，一同学表演荡秋千。已知秋千的两根绳长均为 10 m，该同学和秋千踏板的总质量约为 50 kg。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 8 m/s，此时每根绳子平均承受的拉力约为 ( )



A. 200 N

B. 400 N

C. 600 N

D. 800 N

【答案】 B

【解析】

【详解】在最低点由

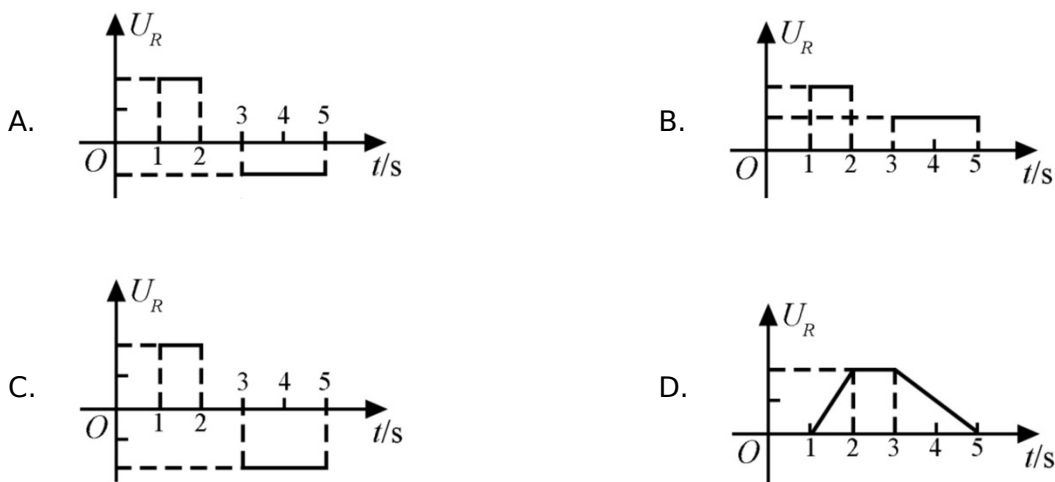
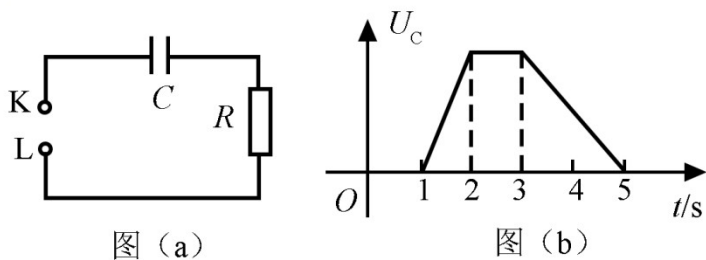
$$2T - mg = \frac{mv^2}{r}$$

知

$$T = 410\text{N}$$

即每根绳子拉力约为 410N，故选 B。

4. 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  $t$  变化的图像中，正确的是 ( )



【答案】A

【解析】

【详解】根据电容器的定义式  $C = \frac{Q}{U}$  可知

$$U_C = \frac{Q}{C} = \frac{I}{C}t$$

结合图像可知，图像的斜率为  $\frac{I}{C}$ ，则1: 2s内的电流  $I_{12}$  与3 ~5s内的电流  $I_{35}$  关系为

$$I_{12} = 2I_{35}$$

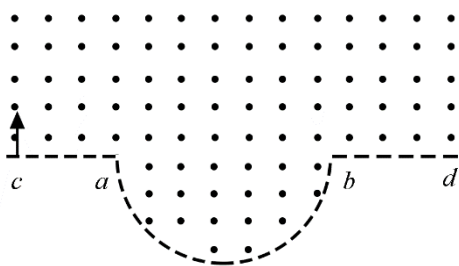
且两段时间中的电流方向相反，根据欧姆定律  $I = \frac{U}{R}$  可知  $R$  两端电压大小关系满足

$$U_{R12} = 2U_{R35}$$

由于电流方向不同，所以电压方向不同。

故选 A。

5. 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， $\overset{\square}{ab}$  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.  $\frac{3\pi m}{2qB}$

【答案】 C

【解析】

【详解】 粒子在磁场中做匀速圆周运动

$$qBv = \frac{mv^2}{r}, \quad T = \frac{2\pi r}{v}$$

可得粒子在磁场中 周期

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

粒子在磁场中运动的时间

$$t = \frac{\theta}{2\pi} \cdot T = \frac{\theta m}{qB}$$

则粒子在磁场中运动的时间与速度无关，轨迹对应的圆心角越大，运动时间越长。采用放缩圆解决该问题，粒子垂直  $ac$  射入磁场，则轨迹圆心必在  $ac$  直线上，将粒子的轨迹半径由零逐渐放大。

当半径  $r \leq 0.5R$  和  $r \geq 1.5R$  时，粒子分别从  $ac$ 、 $bd$  区域射出，磁场中的轨迹为半圆，运动时间等于半个周期。

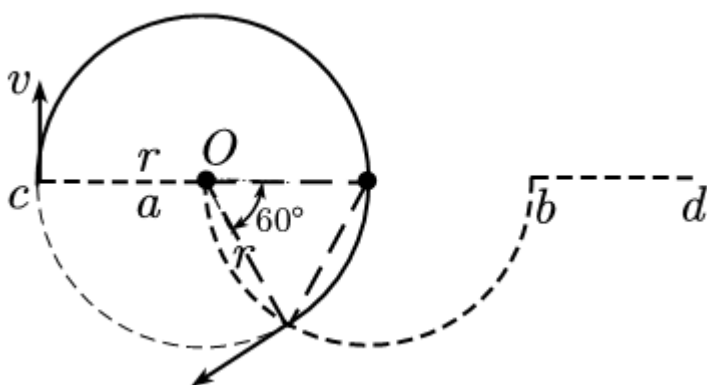
当  $0.5R < r < 1.5R$  时，粒子从半圆边界射出，逐渐将轨迹半径从  $0.5R$  逐渐放大，粒子射出位置从半圆顶端向下移动，轨迹圆心角从  $\pi$  逐渐增大，当轨迹半径为  $R$  时，轨迹圆心角最大，然后再增大轨迹半径，轨迹圆心角减小，因此当轨迹半径等于  $R$  时轨迹圆心角最大，即轨迹对应的最大圆心角

$$\theta = \pi + \frac{\pi}{3} = \frac{4}{3}\pi$$

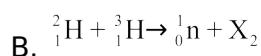
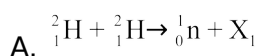
粒子运动最长时间为

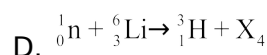
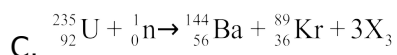
$$t = \frac{\theta}{2\pi} T = \frac{\frac{4}{3}\pi}{2\pi} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{4\pi m}{3qB}$$

故选 C。



6. 下列核反应方程中， $X_1$ ， $X_2$ ， $X_3$ ， $X_4$  代表  $\alpha$  粒子的有 ( )





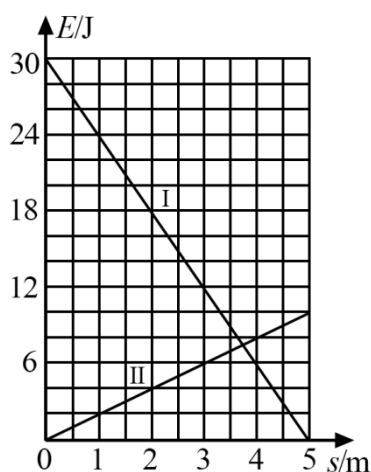
【答案】BD

【解析】

【详解】 $\alpha$  粒子为氦原子核  ${}^4_2\text{He}$ ，根据核反应方程遵守电荷数守恒和质量数守恒，A 选项中的  $\text{X}_1$  为  ${}^3_2\text{He}$ ，B 选项中的  $\text{X}_2$  为  ${}^4_2\text{He}$ ，C 选项中的  $\text{X}_3$  为中子  ${}_0^1\text{n}$ ，D 选项中的  $\text{X}_4$  为  ${}^4_2\text{He}$ 。

故选 BD。

7. 一物块在高 3.0 m、长 5.0 m 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  $10 \text{ m/s}^2$ 。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  $6.0 \text{ m/s}^2$
- D. 当物块下滑 2.0 m 时机械能损失了 12 J

【答案】AB

【解析】

【详解】A. 下滑 5m 的过程中，重力势能减少 30J，动能增加 10J，减小的重力势能并不等于增加的动能，所以机械能不守恒，A 正确；

B. 斜面高 3m、长 5m，则斜面倾角为  $\theta = 37^\circ$ 。令斜面底端为零势面，则物块在斜面顶端时的重力势能

$$mgh = 30\text{J}$$

可得质量

$$m = 1\text{kg}$$

下滑 5m 过程中，由功能原理，机械能的减少量等于克服摩擦力做的功

$$\mu mg \cdot \cos\theta \cdot s = 20\text{J}$$

求得

$$\mu = 0.5$$

B 正确；

C . 由牛顿第二定律

$$mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma$$

求得

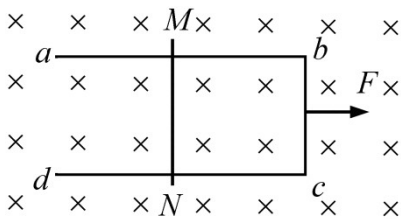
$$a = 2\text{m/s}^2$$

C 错误；

D . 物块下滑 2.0m 时，重力势能减少 12J，动能增加 4J，所以机械能损失了 8J，D 选项错误。

故选 AB。

8.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

**【答案】** BC

**【解析】**

**【详解】** 由  $bc$  边切割磁感线产生电动势，形成电流，使得导体棒  $MN$  受到向右的安培力，做加速运动， $bc$  边受到向左的安培力，向右做加速运动。当  $MN$  运动时，金属框的  $bc$  边和导体棒  $MN$  一起切割磁感线，设

导体棒  $MN$  和金属框的速度分别为  $v_1$ 、 $v_2$ ，则电路中的电动势

$$E = BL(v_2 - v_1)$$

电流中的电流

$$I = \frac{E}{R} = \frac{BL(v_2 - v_1)}{R}$$

金属框和导体棒  $MN$  受到的安培力

$$F_{\text{安框}} = \frac{B^2 L^2 (v_2 - v_1)}{R}, \text{ 与运动方向相反}$$

$$F_{\text{安}MN} = \frac{B^2 L^2 (v_2 - v_1)}{R}, \text{ 与运动方向相同}$$

设导体棒  $MN$  和金属框的质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$ ，则对导体棒  $MN$

$$\frac{B^2 L^2 (v_2 - v_1)}{R} = m_1 a_1$$

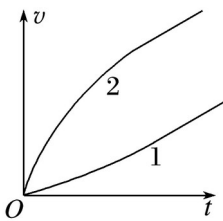
对金属框

$$F - \frac{B^2 L^2 (v_2 - v_1)}{R} = m_2 a_2$$

初始速度均为零，则  $a_1$  从零开始逐渐增加， $a_2$  从  $\frac{F}{m_2}$  开始逐渐减小。当  $a_1 = a_2$  时，相对速度

$$v_2 - v_1 = \frac{FRm_1}{2B^2 L^2 (m_1 + m_2)}$$

大小恒定。整个运动过程用速度时间图象描述如下。



综上可得，金属框的加速度趋于恒定值，安培力也趋于恒定值，BC 选项正确；

金属框的速度会一直增大，导体棒到金属框  $bc$  边的距离也会一直增大，AD 选项错误。

故选 BC。

**三、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 13~14 题为选考题，考生根据要求作答。**

**(一) 必考题：(共 47 分)**

9.某同学用伏安法测量一阻值为几十欧姆电阻  $R_x$ ，所用电压表的内阻为  $1\text{ k}\Omega$ ，电流表内阻为  $0.5\Omega$ 。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。

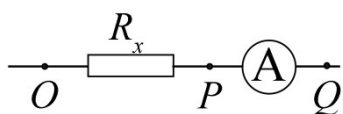


图 (a)

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\_\_\_\_\_ (填“ $O$ 、 $P$ ”或“ $O$ 、 $Q$ ”) 两点的方案测量得到的。

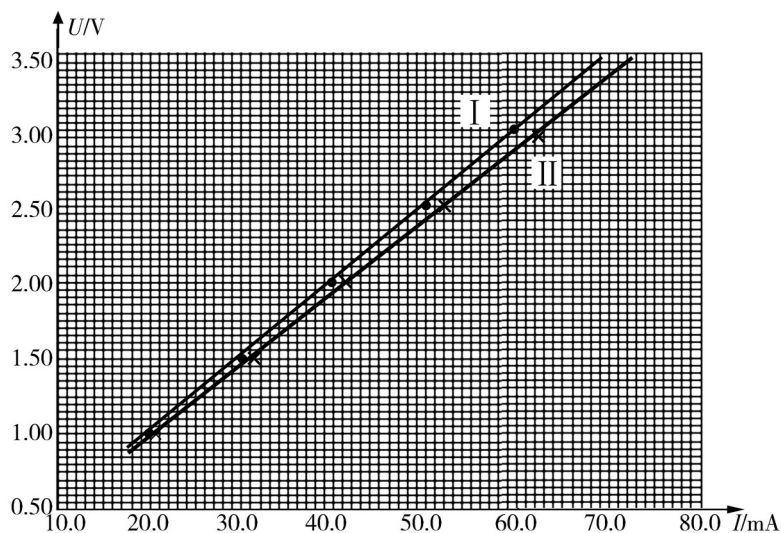


图 (b)

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

**【答案】** (1).  $O$ 、 $P$  (2).  $I$  (3).  $50.5$  (4).  $50.0$

**【解析】**

**【详解】** (1)[1]若将电压表接在  $O$ 、 $P$  之间，

$$I = \frac{U}{R_V} + \frac{U}{R_x}$$

则

$$U = \frac{R_x R_V}{R_x + R_V} \cdot I$$

根据一次函数关系可知对应斜率为  $\frac{R_x R_V}{R_x + R_V}$ 。

若将电压表接在  $O$ 、 $Q$  之间，电流表分压为

$$U_A = IR_A$$

根据欧姆定律变形可知

$$R = \frac{U - IR_A}{I}$$

解得

$$U = I(R + R_A)$$

根据一次函数可知对应斜率为  $(R + R_A)$ ，对比图像的斜率可知

$$k_I > k_{II}$$

所以 II 图线是采用电压表跨接在  $O$ 、 $P$  之间。

(2) [2] 因为待测电阻为几十欧姆的电阻，通过图像斜率大致估算待测电阻为  $50\Omega$  左右，根据

$$\frac{1k\Omega}{50\Omega} < \frac{50\Omega}{0.5\Omega}$$

说明电流表的分压较小，电流表的分流较大，所以电压表应跨接在  $O$ 、 $Q$  之间，所以选择图线 I 得到的结果较为准确。

[3] 根据图像可知

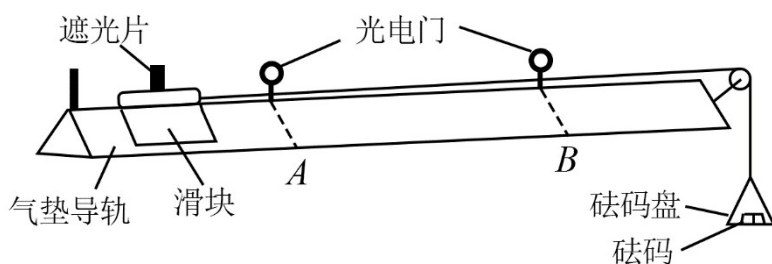
$$R_x = \frac{3V - 1V}{59.6mA - 20mA} \approx 50.5\Omega$$

[4] 考虑电流表内阻，则修正后的电阻为

$$R_x' = R_x - r_A = 50.5\Omega - 0.5\Omega = 50.0\Omega$$

10.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\_\_\_\_\_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  $\Delta t_1$ 、 $\Delta t_2$  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  $I=_____$ ，滑块动量改变量的大小  $\Delta p=_____$ ；（用题中给出的物理量及重力加速度  $g$  表示）

(6) 某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  $I=_____ \text{ N}\cdot\text{s}$ ， $\Delta p=_____ \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ；（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  $\delta=_____ \%$ （保留 1 位有效数字）。

**【答案】** (1). 大约相等 (2).  $m_1 g t_{12}$  (3).  $m_2 \left( \frac{d}{\Delta t_2} - \frac{d}{\Delta t_1} \right)$  (4). 0.221 (5). 0.212 (6). 4

**【解析】**

**【详解】** (1) [1]当经过  $A, B$  两个光电门时间相等时，速度相等，此时由于阻力很小，可以认为导轨是水平的。

(5) [2]由  $I = Ft$ ，知

$$I = m_1 g t_{12}$$

[3] 由  $\Delta p = mv_2 - mv_1$  知

$$\Delta p = m_2 \cdot \frac{d}{\Delta t_2} - m_2 \cdot \frac{d}{\Delta t_1} = m_2 \left( \frac{d}{\Delta t_2} - \frac{d}{\Delta t_1} \right)$$

6)[4] 代入数值知，冲量

$$I = m_1 g t_{12} = 1.5 \times 10^{-2} \times 9.8 \times 1.5 \text{ N} \cdot \text{s} = 0.221 \text{ N} \cdot \text{s}$$

[5] 动量改变量

$$\Delta p = m_2 \left( \frac{d}{\Delta t_2} - \frac{d}{\Delta t_1} \right) = 0.212 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(7) [6]

$$\delta = \frac{|I - \Delta p|}{I} \times 100\% = \frac{0.225 - 0.212}{0.225} \times 100\% \approx 4\%$$

11. 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  $66 \text{ m/s}$ ；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  $1521 \text{ m}$  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。

**【答案】** (1)  $v_2 = 78 \text{ m/s}$ ；(2)  $2 \text{ m/s}^2$ ,  $t = 39 \text{ s}$

**【解析】**

**【详解】** (1) 空载起飞时，升力正好等于重力：

$$kv_1^2 = m_1 g$$

满载起飞时，升力正好等于重力：

$$kv_2^2 = m_2 g$$

由上两式解得：

$$v_2 = 78 \text{ m/s}$$

(2) 满载货物的飞机做初速度为零的匀加速直线运动，所以

$$v_2^2 - 0 = 2ax$$

解得：

$$a = 2\text{m/s}^2$$

由加速的定义式变形得：

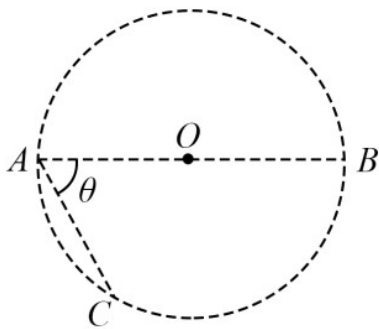
$$t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{v_2 - 0}{a}$$

解得：

$$t = 39\text{s}$$

12. 在一柱形区域内有匀强电场，柱的横截面积是以  $O$  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？



**【答案】** (1)  $E = \frac{mv_0^2}{2qR}$  ; (2)  $v_1 = \frac{\sqrt{2}v_0}{4}$  ; (3) 0 或  $v_2 = \frac{\sqrt{3}v_0}{2}$

**【解析】**

**【详解】** (1) 由题意知在  $A$  点速度为零的粒子会沿着电场线方向运动，由于  $q > 0$ ，故电场线由  $A$  指向  $C$ ，根据几何关系可知：

$$x_{AC} = R$$

所以根据动能定理有：

$$qEx_{AC} = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$$

解得：

$$E = \frac{mv_0^2}{2qR} ;$$

(2) 根据题意可知要使粒子动能增量最大则沿电场线方向移动距离最多，做  $AC$  垂线并且与圆相切，切点为  $D$ ，即粒子要从  $D$  点射出时沿电场线方向移动距离最多，粒子在电场中做类平抛运动，根据几何关系有

$$x = R \sin 60^\circ = v_1 t$$

$$y = R + R \cos 60^\circ = \frac{1}{2}at^2$$

而电场力提供加速度有

$$qE = ma$$

联立各式解得粒子进入电场时的速度：

$$v_1 = \frac{\sqrt{2}v_0}{4} ;$$

(3) 因为粒子在电场中做类平抛运动，粒子穿过电场前后动量变化量大小为  $mv_0$ ，即在电场方向上速度变化为  $v_0$ ，过  $C$  点做  $AC$  垂线会与圆周交于  $B$  点，故由题意可知粒子会从  $C$  点或  $B$  点射出。当从  $B$  点射出时由几何关系有

$$x_{BC} = \sqrt{3}R = v_2 t_2$$

$$x_{AC} = R = \frac{1}{2}at_2^2$$

电场力提供加速度有

$$qE = ma$$

联立解得  $v_2 = \frac{\sqrt{3}v_0}{2}$ ；当粒子从  $C$  点射出时初速度为 0。



[2]在  $r_2 \rightarrow r_1$  的过程中，分子间仍然体现引力，引力做正功，分子势能减小；

[3]在间距等于  $r_1$  之前，分子势能一直减小，取无穷远处分子间势能为零，则在  $r_1$  处分子势能小于零。

14.甲、乙两个储气罐储存有同种气体（可视为理想气体）。甲罐 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 压强；

(ii) 甲罐中气体的质量与甲罐中原有气体的质量之比。

**【答案】** (i)  $\frac{2}{3}p$ ； (ii)  $\frac{2}{3}$

**【解析】**

**【详解】** (i) 气体发生等温变化，对甲乙中的气体，可认为甲中原气体有体积  $V$  变成  $3V$ ，乙中原气体体积有  $2V$  变成  $3V$ ，则根据玻意尔定律分别有

$$pV = p_1 \cdot 3V, \quad \frac{1}{2}p \cdot 2V = p_2 \cdot 3V$$

则

$$pV + \frac{1}{2}p \cdot 2V = (p_1 + p_2) \times 3V$$

则甲乙中气体最终压强

$$p' = p_1 + p_2 = \frac{2}{3}p$$

(ii) 若调配后将甲气体再等温压缩到气体原来 压强为  $p$ ，则

$$p'V = pV'$$

计算可得

$$V' = \frac{2}{3}V$$

由密度定律可得，质量之比等于

$$\frac{m_{\text{现}}}{m_{\text{原}}} = \frac{V'}{V} = \frac{2}{3}$$

### [物理——选修 3-4]

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

【答案】 BCE

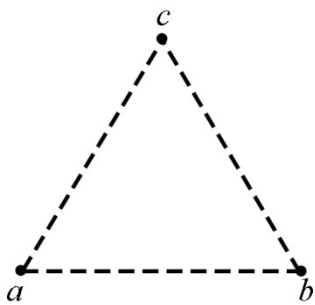
【解析】

【详解】 A. 之所以不能同时观察到是因为声音的传播速度比光的传播速度慢，所以 A 错误；  
B. 超声波与血液中的血小板等细胞发生反射时，由于血小板的运动使得反射声波的频率发生变化，B 正确；  
C. 列车和人的位置相对变化了，所以听得的声音频率发生了变化，所以 C 正确；  
D. 波动传播速度不一样是由于波的频率不一样导致的，D 错误；  
E. 双星在周期性运动时，会使得到地球的距离发生周期性变化，故接收到的光频率会发生变化，E 正确。  
故选 BCE。

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。



【答案】 (i)  $\frac{1}{4}l$  ; (ii)  $\frac{1}{4}fl$

【解析】

【详解】 (i) 设与  $c$  点最近的振幅极大点为  $d$ , 则

$$ad = l - \frac{3}{8}l = \frac{5}{8}l$$

$$bd = \sqrt{cd^2 + bc^2 - 2bc \times cd \cos 60^\circ} = \frac{7}{8}l$$

根据干涉加强点距离差的关系：

$$\Delta x = x_1 - x_2 = n\lambda$$

$$bd - ad = \frac{1}{4}l$$

所以波长为  $\frac{1}{4}l$

(ii) 由于受迫振动的频率取决于受迫源的频率由  $v = \lambda f$  知，

$$v = \frac{1}{4}fl$$