2020 年全国理综 I

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 (D)

   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

   > 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 (B)

   A. 0.2　　B. 0.4　　C. 2.0　　D. 2.5

   > 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。

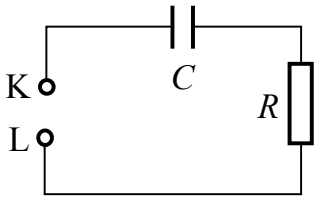
3. 如图所示，一同学表演荡秋千。已知秋千的两根绳长均为 10 m，该同学和秋千踏板的总质量约为 50 kg。绳的质量忽略不计，当该同学荡到秋千支架的正下方时，速度大小为 8 m/s，此时每根绳子平均承受的拉力约为 (B)



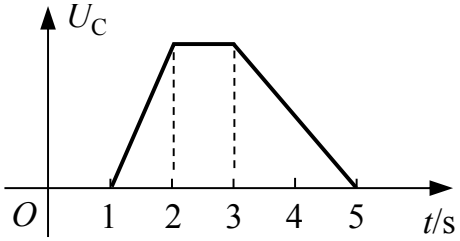
A. 200 N　　B. 400 N　　C. 600 N　　D. 800 N

> 在最低点由 $2T-mg=\frac{mv^2}{r}$，可知 $T=410\,\mathrm{N}$，即每根绳子拉力约为 410 N，故选 B。

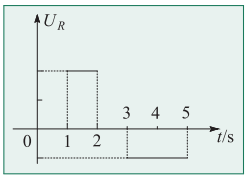
4. 图（a）所示的电路中，K 与 L 间接一智能电源，用以控制电容器 C 两端的电压 U_C。如果 U_C 随时间 t 的变化如图（b）所示，则下列描述电阻 R 两端电压 U_R 随时间 t 变化的图像中，正确的是 (A)



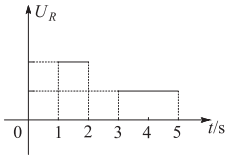
图（a）



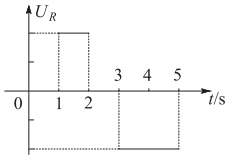
图（b）



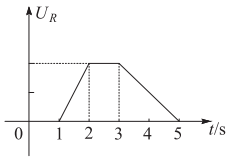
A.



B.



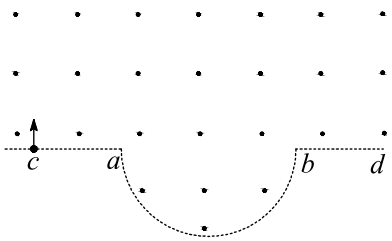
C.



D.

> 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 $1\sim2\,\mathrm{s}$ 内的电流 I_{12} 与 $3\sim5\,\mathrm{s}$ 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，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 (C)



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

粒子在磁场中做匀速圆周运动的周期 $T=\frac{2\pi m}{qB}$，粒子在磁场中运动的时间 $t=\frac{\theta}{2\pi}\cdot T=\frac{\theta m}{qB}$

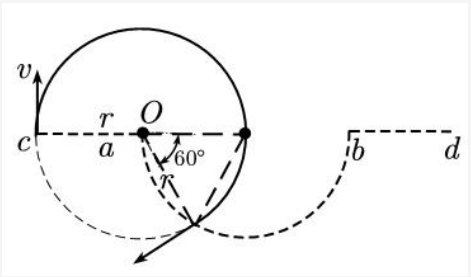
则粒子在磁场中运动的时间与速度无关，轨迹对应的圆心角越大，运动时间越长。采用放缩圆解决该问题，粒子垂直 ac 射入磁场，则轨迹圆心必在 ac 直线上，将粒子的轨迹半径由零逐渐放大。

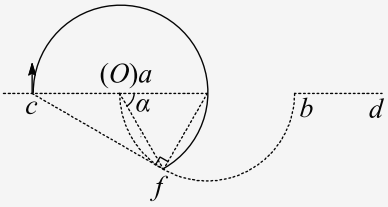
当半径 $r\le 0.5R$ 和 $r\ge 1.5R$ 时，粒子分别从 ac、bd 区域射出，磁场中的轨迹为半圆，运动时间等于半个周期。

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 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。





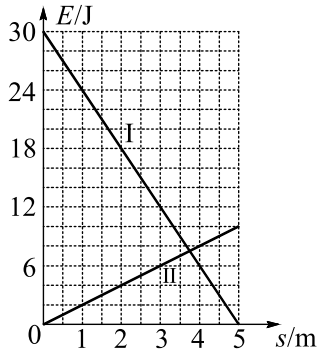
6. 下列核反应方程中，X_1，X_2，X_3，X_4 代表 α 粒子的有 (BD)

A. ${}_1^2\mathrm{H}+{}_1^2\mathrm{H}\longrightarrow{}_0^1\mathrm{n}+X_1$　　B. ${}_1^2\mathrm{H}+{}_1^3\mathrm{H}\longrightarrow{}_0^1\mathrm{n}+X_2$

C. ${}_{92}^{235}\mathrm{U}+{}_0^1\mathrm{n}\longrightarrow{}_{56}^{144}\mathrm{Ba}+{}_{36}^{89}\mathrm{Kr}+3X_3$　　D. ${}_0^1\mathrm{n}+{}_3^6\mathrm{Li}\longrightarrow{}_1^3\mathrm{H}+X_4$

α 粒子为氦原子核 ${}_2^4\mathrm{He}$，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 X_1 为 ${}_2^3\mathrm{He}$，B 选项中的 X_2 为 ${}_2^4\mathrm{He}$，C 选项中的 X_3 为中子 ${}_0^1\mathrm{n}$，D 选项中的 X_4 为 ${}_2^4\mathrm{He}$。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 $10\,\mathrm{m/s^2}$。则 (AB)



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 $6.0\,\mathrm{m/s^2}$

D. 当物块下滑 2.0 m 时机械能损失了 12 J

A．下滑 5 m 的过程中，重力势能减少 30 J，动能增加 10 J，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 3 m、长 5 m，则斜面倾角为 $\theta = 37°$。令斜面底端为零势面，则物块在斜面顶端时的重力势能 $mgh = 30\,\mathrm{J}$，可得质量 $m = 1\,\mathrm{kg}$。

下滑 5 m 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

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

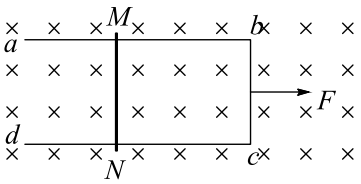
求得 $\mu = 0.5$。B 正确；

C．由牛顿第二定律 $mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma$，求得 $a = 2\,\mathrm{m/s^2}$。C 错误；

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



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

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 $E=BL(v_2-v_1)$

电路中的电流 $I=\frac{E}{R}=\frac{BL(v_2-v_1)}{R}$

金属框和导体棒 MN 受到的安培力 $F_{安框}=\frac{B^2L^2(v_2-v_1)}{R}$，与运动方向相反；$F_{安MN}=\frac{B^2L^2(v_2-v_1)}{R}$，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

$\frac{B^2L^2(v_2-v_1)}{R}=m_1a_1$

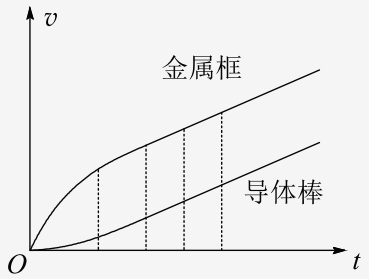
对金属框

$F-\frac{B^2L^2(v_2-v_1)}{R}=m_2a_2$

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

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

大小恒定。整个运动过程用速度时间图象描述如下。

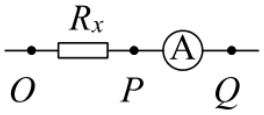


综上可得，金属框的加速度趋于恒定值，安培力也趋于恒定值，BC 选项正确；

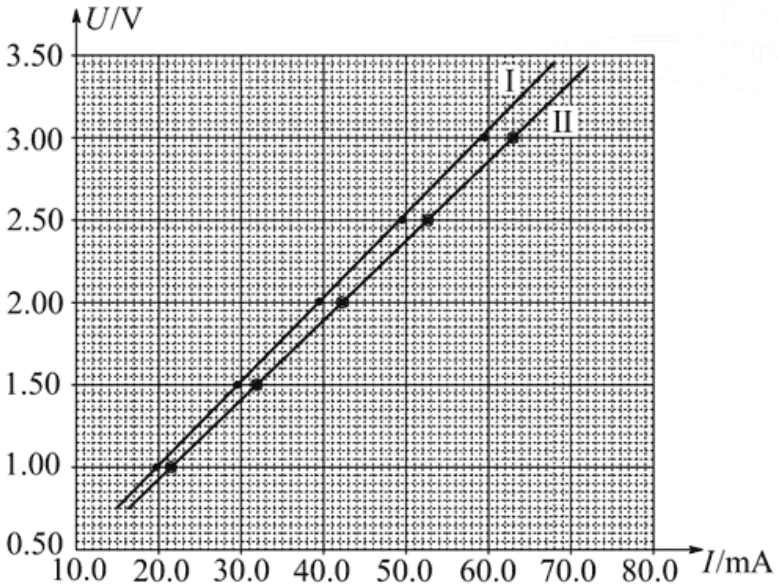
金属框的速度会一直增大，导体棒到金属框 bc 边的距离也会一直增大，AD 选项错误。

故选 BC。

9. 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 kΩ，电流表内阻为 0.5 Ω。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)



图（b）

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）。

(1) O、P (2) I，50.5 Ω (3) 50.0 Ω

（1）若将电压表接在 O、P 之间，

则 $U=\frac{R_xR_V}{R_x+R_V}\cdot I$

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

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：

$U = I(R + R_{\mathrm{A}})$

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 $k_1 > k_{II}$

所以 II 图线是采用电压表跨接在 O、P 之间。

（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

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

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。

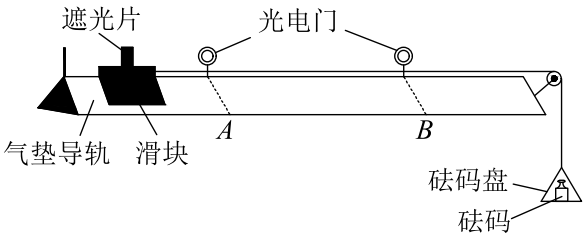
根据图像可知

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

（3）考虑电流表内阻，则修正后的电阻为

$R'_{\mathrm{x}} = R_x - r_{\mathrm{A}} = 50.5\,\Omega - 0.5\,\Omega = 50.0\,\Omega$

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 $I=$ m_1gt_{12}，滑块动量改变量的大小 $\Delta p=$ $m_2\left(\frac{d}{\Delta t_2}-\frac{d}{\Delta t_1}\right)$；（用题中给出的物理量及重力加速度 g 表示）

⑥ 某次测量得到的一组数据为：$d=1.000\,\mathrm{cm}$，$m_1=1.50\times10^{-2}\,\mathrm{kg}$，$m_2=0.400\,\mathrm{kg}$，$\Delta t_1=3.900\times10^{-2}\,\mathrm{s}$，$\Delta t_2=1.270\times10^{-2}\,\mathrm{s}$，$t_{12}=1.50\,\mathrm{s}$，取 $g=9.80\,\mathrm{m/s^2}$。计算可得 $I=$ $0.221\,\mathrm{N\cdot s}$，$\Delta p=$ $0.212\,\mathrm{kg\cdot m/s}$；（结果均保留 3 位有效数字）

⑦ 定义 $\delta=\left|\frac{I-\Delta p}{I}\right|\times100\%$，本次实验 $\delta=$ 4%（保留 1 位有效数字）。

（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）由 $I=Ft$，知 $I=m_1gt_{12}$

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）代入数值知，冲量 $I=m_1gt_{12}=1.5\times10^{-2}\times9.8\times1.5\,\mathrm{N\cdot s}=0.221\,\mathrm{N\cdot s}$

$\Delta p=m_2\left(\frac{d}{\Delta t_2}-\frac{d}{\Delta t_1}\right)=0.212\,\mathrm{kg\cdot m/s}$

动量改变量

（7）$\delta=\frac{|I-\Delta p|}{I}\times100\%=\frac{0.221-0.212}{0.221}\times100\%\approx4\%$

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 $1.21\times10^5\,\mathrm{kg}$ 时，起飞离地速度为 $66\,\mathrm{m/s}$；装载货物后质量为 $1.69\times10^5\,\mathrm{kg}$，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 $1521\,\mathrm{m}$ 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。

(1) $v_2=78\,\mathrm{m/s}$ (2) $2\,\mathrm{m/s^2}$，$t=39\,\mathrm{s}$

（1）空载起飞时，升力正好等于重力：$kv_1^2=m_1g$

满载起飞时，升力正好等于重力：$kv_2^2=m_2g$

由上两式解得：$v_2=78\,\mathrm{m/s}$

（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：$a=2\,\mathrm{m/s^2}$

由加速的定义式变形得：$t = \frac{v_2}{a}$

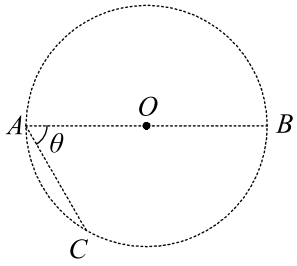
解得：$t = 39\,\mathrm{s}$

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 $\theta = 60°$。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？



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

（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：$E = \frac{mv_0^2}{2qR}$

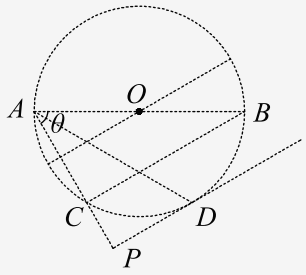
（2）根据题意可知要使粒子动能增量最大则沿电场线方向移动距离最多，做 AC 垂线并且与圆相切，切点为 D，即粒子要从 D 点射出时沿电场线方向移动距离最多，粒子在电场中做类平抛运动，根据几何关系有

$x = R\sin 60° = v_1 t$

$y = R + R\cos 60° = \frac{1}{2}at^2$

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

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

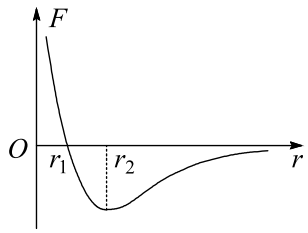
$x_{AC} = R = \frac{1}{2}at_2^2$

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。

另解：由题意知，初速度为 0 时，动量增量的大小为 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，动量变化都相同，自 B 点射出电场的粒子，其动量变化量也恒为 mv_0，由几何关系及运动学规律可得，此时入射速率为 $v_2 = \frac{\sqrt{3}v_0}{2}$。

13. **（1）**（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。



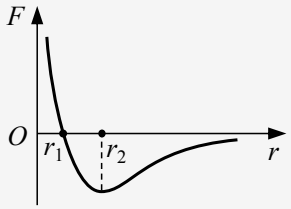
（2）（10 分）甲、乙两个储气罐储存有同种气体（可视为理想气体）。甲罐的容积为 V，罐中气体的压强为 p；乙罐的容积为 $2V$，罐中气体的压强为 $\frac{1}{2}p$。现通过连接两罐的细管把甲罐中的部分气体调配到乙罐中去，两罐中气体温度相同且在调配过程中保持不变，调配后两罐中气体的压强相等。求调配后：

(1) 两罐中气体的压强；

(2) 甲罐中气体的质量与甲罐中原有气体的质量之比。

(1) $\frac{2}{3}p$　(2) $\frac{2}{3}$

（1）从距 O 点很远处向 O 点运动，两分子间距减小到 r_2 的过程中，分子间体现引力，引力做正功，分子势能减小；



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

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。

（2）(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 $3V$，则根据玻意耳定律分别有

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

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的压强为 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

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

14. **（1）**（5 分）在下列现象中，可以用多普勒效应解释的有（BCE）

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

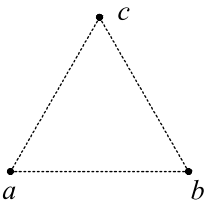
D. 同一声源发出的声波，在空气和水中传播的速度不同

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

（2）（10 分）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：

(1) 波的波长；

(2) 波的传播速度。



(1) $\frac{1}{4}l$ (2) $\frac{1}{4}fl$

（1）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；

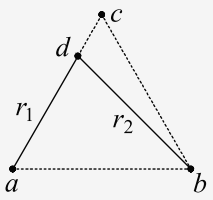
B．超声波与血液中的血小板等细胞发生反射时，由于血小板的运动会使得反射声波的频率发生变化，B 正确；

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。

（2）(i) 如图，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。则

$r_2 - r_1 = \lambda$

由几何关系有

$r_1 = l - s$

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

联立各式并代入题给数据得

$\lambda = \frac{1}{4} l$

(ii) 波的频率为 f，设波的传播速度为 v，有

$v = f\lambda$

联立得 $v = \frac{fl}{4}$。