2004 年北京理综

1. 下列说法正确的是 (D)

   A. 外界对气体做功，气体的内能一定增大

   B. 气体从外界吸收热量，气体的内能一定增大

   C. 气体的温度越低，气体分子无规则运动的平均动能越大

   D. 气体的温度越高，气体分子无规则运动的平均动能越大

   > 由热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ 可知，ΔU 由 W 和 Q 共同决定，故 AB 错误；温度是分子平均动能的标志，故 C 错误 D 正确。

2. 声波属于机械波。下列有关声波的描述中正确的是 (C)

   A. 同一列声波在各种介质中的波长是相同的

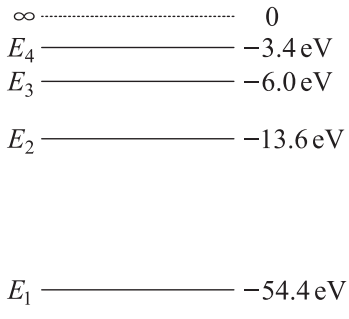
   B. 声波的频率越高，它在空气中传播的速度越快

   C. 声波可以绕过障碍物传播，即它可以发生衍射

   D. 人能辨别不同乐器同时发生的声音，证明声波不会发生干涉

   > 声波的频率由波源决定，波速由介质决定，波长由波源和介质共同决定 $\left(\lambda = \frac{v}{f}\right)$，故 AB 错误；一切波都能发生干涉和衍射，故 C 正确 D 错误。

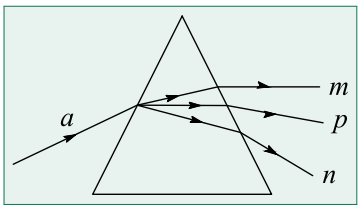
3. 氢原子被电离一个核外电子，形成类氢结构的氦离子。已知基态的氦离子能量为 $E_1 = -54.4\,\mathrm{eV}$，氦离子能级的示意图如图所示。在具有下列能量的光子中，不能被基态氦离子吸收而发生跃迁的是 (B)

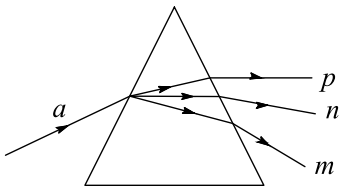
   A. 40.8 eV　　B. 43.2 eV　　C. 51.0 eV　　D. 54.4 eV

   > 要吸收光子发生跃迁需满足一定条件，即吸收的光子能量必须是某两个能级的差值，由 $E_2 - E_1 = 40.8\,\mathrm{eV}$，$E_4 - E_1 = 51.0\,\mathrm{eV}$，$E_\infty - E_1 = 54.4\,\mathrm{eV}$（电离），故 ACD 都可以，只有 B 不满足，故 B 正确。

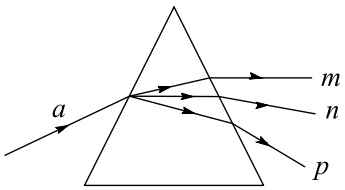
4. 已知一束可见光 a 是由 m、n、p 三种单色光组成的。检测发现三种单色光中，n、p 两种色光的频率都大于 m 色光；n 色光能使某金属发生光电效应，而 p 色光不能使该金属发生光电效应。那么，光束 a 通过三棱镜的情况是 (A)



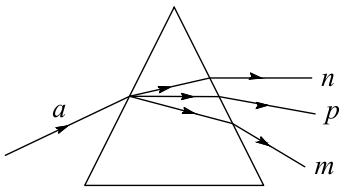
A.



B.



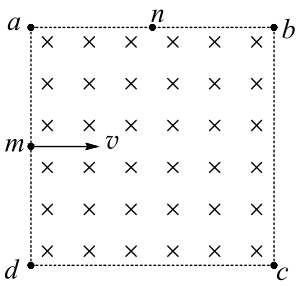
C.



D.

> 由题意，n、p 色光的频率比 m 色光大，故 n、p 色光的折射率比 m 色光大，再由 n 色光能使某金属发生光电效应，而 p 色光不能，故 n 色光的折射率比 p 色光大，故 A 正确。

5. 如图所示，正方形区域 abcd 中充满匀强磁场，磁场方向垂直纸面向里。一个氢核从 ad 边的中点 m 沿着既垂直于 ad 边又垂直于磁场的方向，以一定速度射入磁场，正好从 ab 边中点 n 射出磁场。若将磁场的磁感应强度变为原来的 2 倍，其他条件不变，则这个氢核射出磁场的位置是 (C)



A. 在 b、n 之间某点

B. 在 n、a 之间某点

C. a 点

D. 在 a、m 之间某点

> 带电粒子在磁场中的匀速圆周运动，由 $qvB = m\frac{v^2}{R}$ 得 $R = \frac{mv}{qB}$，且 a 点为圆心，若磁感应强度变为原来的 2 倍，半径变为原来的 $\frac{1}{2}$，所以氢核从 a 点射出，故 C 正确。

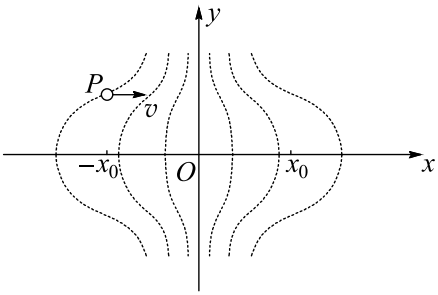
6. 1990 年 5 月，紫金山天文台将他们发现的第 2752 号小行星命名为吴健雄星，该小行星的半径为 16 km。若将此小行星和地球均看成质量分布均匀的球体，小行星密度与地球

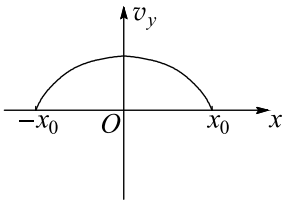
相同。已知地球半径 $R=6400\,\mathrm{km}$，地球表面重力加速度为 g。这个小行星表面的重力加速度为 (B)

A. $400g$　　B. $\frac{1}{400}g$　　C. $20g$　　D. $\frac{1}{20}g$

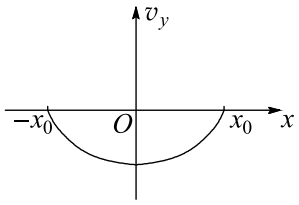
> 设小行星和地球的密度均为 ρ，小行星的半径为 r、质量为 m，地球的半径为 R、质量为 M，星球表面重力加速度分别为 g'、g，物体质量为 m_0。在小行星表面有 $G\frac{mm_0}{r^2}=m_0g'$，$m=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi r^3$；在地球表面有 $G\frac{Mm_0}{R^2}=m_0g$，$M=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3$。联立解得 $g'=\frac{1}{400}g$，故 B 正确。

7. 静电透镜是利用静电场使电子束会聚或发散的一种装置，其中某部分静电场的分布如下图所示。虚线表示这个静电场在 xOy 平面内的一簇等势线，等势线形状相对于 Ox 轴、Oy 轴对称。等势线的电势沿 x 轴正向增加，且相邻两等势线的电势差相等。一个电子经过 P 点（其横坐标为 $-x_0$）时，速度与 Ox 轴平行。适当控制实验条件，使该电子通过电场区域时仅在 Ox 轴上方运动。在通过电场区域过程中，该电子沿 y 方向的分速度 v_y 随位置坐标 x 变化的示意图是 (D)

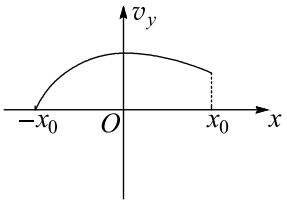




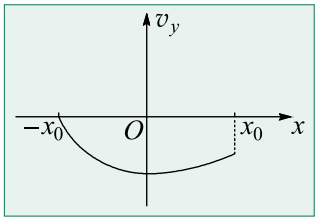
A.



B.



C.



D.

> 在 x 轴负方向，电子所受电场力为右偏下，则电子的竖直速度沿 y 轴负方向增加，到达 O 点时最大，电子到达 x 轴正方向时，所受电场力为右偏上，竖直分速度不断减小，由于电子一直向 x 轴靠近，所经过区域在 x 轴负向区电场线密，相应的加速度大，而在 x 轴正向区加速度小，在经过相同的水平距离过程中，其竖直分速度不能

减小到零，故 D 正确。

8. 为了测定电流表 A_1 的内阻，采用如图 1 所示的电路。其中：A_1 是待测电流表，量程为 300 μA，内阻约为 100 Ω；

A_2 是标准电流表，量程是 200 μA；

R_1 是电阻箱，阻值范围 0 ～ 999.9 Ω；

R_2 是滑动变阻器；

R_3 是保护电阻；

E 是电池组，电动势为 4 V，内阻不计；

S_1 是单刀单掷开关，S_2 是单刀双掷开关。

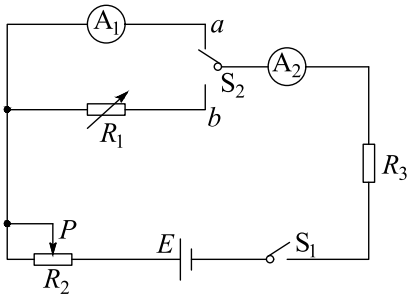


图 1

(1) 根据电路图 1，请在图 2 中画出连线，将器材连接成实验电路。

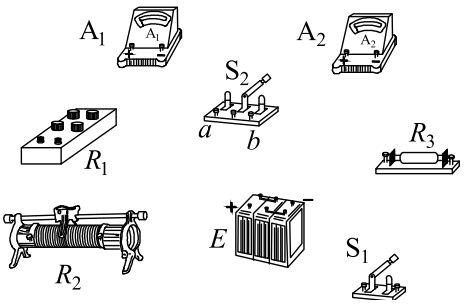


图 2

(2) 连接好电路，将开关 S_2 扳到接点 a 处，接通开关 S_1，调整滑动变阻器 R_2 使电流表 A_2 的读数是 150 μA；然后将开关 S_2 扳到接点 b 处，保持 R_2 不变，调节电阻箱 R_1，使 A_2 的读数仍为 150 μA。若此时电阻箱各旋钮的位置如图 3 所示，电阻箱 R_1 的阻值是 86.3 Ω，则待测电流表 A_1 的内阻 $R_g = 86.3$ Ω。

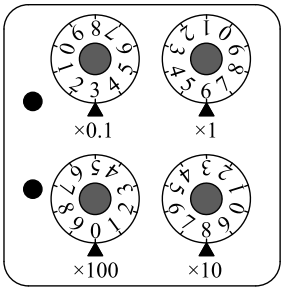


图 3

(3) 上述实验中，无论怎样调整滑动变阻器 R_2 的滑动端位置，都要保证两块电流表的安全。在下面提供的四个电阻中，保护电阻 R_3 应选用：B（填写阻值相应的字母）。

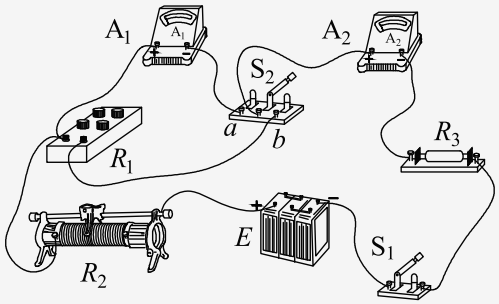
（A）200 kΩ　　（B）20 kΩ　　（C）15 kΩ　　（D）20 Ω

(4) 下面提供最大阻值不同的四个滑动变阻器供选用。既要满足上述实验要求，又要调整方便，滑动变阻器 C（填写阻值相应的字母）是最佳选择。

（A）1 kΩ　　（B）5 kΩ　　（C）10 kΩ　　（D）25 kΩ

(1) 如解析图所示　(2) 86.3，86.3　(3) B　(4) C

（1）器材连接如图所示；



（2）86.3；86.3；（3）B；（4）C。

9. 如图 1 所示，两根足够长的直金属导轨 MN、PQ 平行放置在倾角为 θ 的绝缘斜面上，两导轨间距为 L。M、P 两点间接有阻值为 R 的电阻。一根质量为 m 的均匀直金属杆 ab 放在两导轨上，并与导轨垂直。整套装置处于磁感应强度为 B 的匀强磁场中，磁场方向垂直斜面向下。导轨和金属杆的电阻可忽略。让 ab 杆沿导轨由静止开始下滑，导轨和金属杆接触良好，不计它们之间的摩擦。

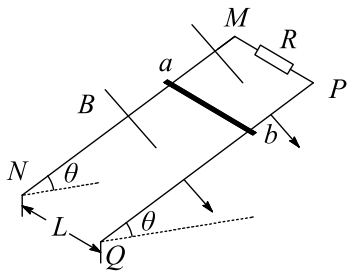


图 1

(1) 由 b 向 a 方向看到的装置如图 2 所示，请在此图中画出 ab 杆下滑过程中某时刻的受力示意图；

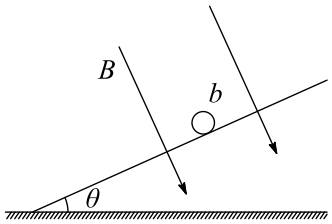


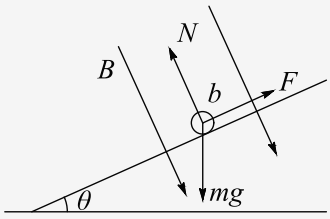
图 2

(2) 在加速下滑过程中，当 ab 杆的速度大小为 v 时，求此时 ab 杆中的电流及其加速度的大小；

(3) 求在下滑过程中，ab 杆可以达到的速度最大值。

(1) 受力示意图如解析图所示（重力 mg，竖直向下；支持力 N，垂直斜面向上；安培力 F，沿斜面向上） (2) $I=\frac{BLv}{R}$，$a=g\sin\theta-\frac{B^2L^2v}{mR}$ (3) $v_m=\frac{mgR\sin\theta}{B^2L^2}$

（1）对 ab 杆受力分析如图所示，重力 mg，竖直向下；支持力 N，垂直斜面向上；安培力 F，沿斜面向上。



（2）当 ab 杆速度为 v 时，切割产生的感应电动势为 $E=BLv$，此时电路中电流为 $I=\frac{E}{R}=\frac{BLv}{R}$，ab 杆受到安培力为 $F=BIL=\frac{B^2L^2v}{R}$，由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta-F=mg\sin\theta-\frac{B^2L^2v}{R}=ma$，解得 $a=g\sin\theta-\frac{B^2L^2v}{mR}$。

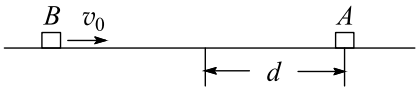
（3）当 ab 杆的向下的加速度为 0 时，速度达到最大速度 v_m，此时 ab 杆的合力为零，则有 $\frac{B^2L^2v}{R}=mg\sin\theta$，解得 $v_m=\frac{mgR\sin\theta}{B^2L^2}$。

10. 对于两物体碰撞前后速度在同一直线上，且无机械能损失的碰撞过程，可以简化为如下模型：A、B 两物体位于光滑水平面上，仅限于沿同一直线运动。当它们之间的距离大于等于某一定值 d 时，相互作用力为零；当它们之间的距离小于 d 时，存在大小恒为 F 的斥力。设 A 物体质量 $m_1=1.0\,\mathrm{kg}$，开始时静止在直线上某点；B 物体质量 $m_2=3.0\,\mathrm{kg}$，以速度 v_0 从远处沿该直线向 A 运动，如图所示。若 $d=0.10\,\mathrm{m}$，$F=0.60\,\mathrm{N}$，$v_0=0.20\,\mathrm{m/s}$，求：

(1) 相互作用过程中 A、B 加速度的大小；

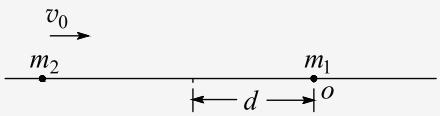
(2) 从开始相互作用到 A、B 间的距离最小时，系统（物体组）动能的减少量；

(3) A、B 间的最小距离。



(1) $a_1 = 0.60\,\mathrm{m/s^2}$，$a_2 = 0.20\,\mathrm{m/s^2}$　(2) $|\Delta E_k| = 0.015\,\mathrm{J}$　(3) $\Delta s_{\min} = 0.075\,\mathrm{m}$

（1）由题意知，在两物体相互作用的范围内，由牛顿第二定律得 $F = m_1 a_1$，$F = m_2 a_2$，代入解得 $a_1 = 0.60\,\mathrm{m/s^2}$，$a_2 = 0.20\,\mathrm{m/s^2}$。



（2）两者速度相同时，相距最近，由动量守恒得 $m_2 v_0 = (m_1+m_2)v$，解得 $v = \frac{m_2 v_0}{(m_1+m_2)} = 0.15\,\mathrm{m/s}$，由能量守恒得 $|\Delta E_k| = \frac{1}{2}m_2 v_0^2 - \frac{1}{2}(m_1+m_2)v^2 = 0.015\,\mathrm{J}$。

（3）由匀变速直线运动规律得 $v_1 = a_1 t$，$v_2 = v_0 - a_2 t$，当 $v_1 = v_2$ 时，解得 A、B 两者距离最近时所用时间 $t = 0.25\,\mathrm{s}$，由运动学公式得 $s_1 = \frac{1}{2}a_1 t^2$，$s_2 = v_0 t - \frac{1}{2}a_2 t^2$，$\Delta s = s_1 + d - s_2$，将 $t = 0.25\,\mathrm{s}$ 代入解得 A、B 间的最小距离 $\Delta s_{\min} = 0.075\,\mathrm{m}$。

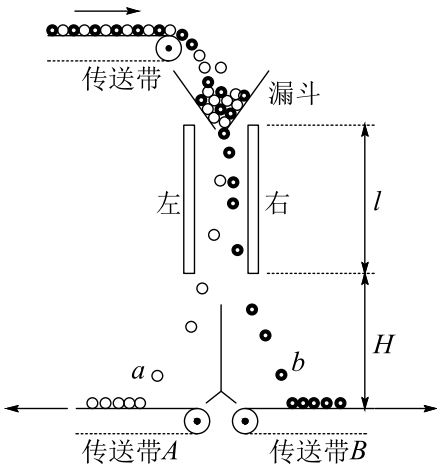
11. 下图是某种静电分选器的原理示意图。两个竖直放置的平行金属板带有等量异号电荷，形成匀强电场。分选器漏斗的出口与两板上端处于同一高度，到两板距离相等。混合在一起的 a、b 两种颗粒从漏斗出口下落时，a 种颗粒带上正电，b 种颗粒带上负电。经分选电场后，a、b 两种颗粒分别落到水平传送带 A、B 上。

已知两板间距 $d = 0.1\,\mathrm{m}$，板的长度 $l = 0.5\,\mathrm{m}$，电场仅局限在平行板之间；各颗粒所带电量大小与其质量之比均为 $1 \times 10^{-5}\,\mathrm{C/kg}$。设颗粒进入电场时的初速度为零，分选过程中颗粒大小及颗粒间的相互作用力不计。要求两种颗粒离开电场区域时，不接触到极板但有最大偏转量。

(1) 左右两板各带何种电荷？两极板间的电压多大？

(2) 若两带电平行板的下端距传送带 A、B 的高度 $H = 0.3\,\mathrm{m}$，颗粒落至传送带时的速度大小是多少？

(3) 设颗粒每次与传送带碰撞反弹时，沿竖直方向的速度大小为碰撞前竖直方向速度大小的一半。写出颗粒第 n 次碰撞反弹高度的表达式。并求出经过多少次碰撞，颗粒反弹的高度小于 $0.01\,\mathrm{m}$。



(1) $U=1\times10^4\,\mathrm{V}$ (2) $v\approx4\,\mathrm{m/s}$ (3) $h_n=\left(\frac{1}{4}\right)^n\times0.8\,\mathrm{m}$；当 $n=4$ 时，$h_n<0.01\,\mathrm{m}$

（1）左板带负电荷，右板带正电荷。

依题意，颗粒在平行板间的竖直方向上满足

$$l=\frac{1}{2}gt^2,$$

①

在水平方向上满足

$$s=\frac{d}{2}=\frac{1}{2}\cdot\frac{qU}{dm}t^2,$$

②

①②两式联立得 $U=\frac{gmd^2}{2lq}=1\times10^4\,\mathrm{V}$。

（2）颗粒落到水平传送带上，由动能定理得 $\frac{1}{2}qU+mg(l+H)=\frac{1}{2}mv^2$，解得 $v=\sqrt{\frac{qU}{m}+2g(l+H)}\approx4\,\mathrm{m/s}$。

（3）在竖直方向颗粒做自由落体运动，它第一次落到水平传送带上沿竖直方向的速度为 $v_y=\sqrt{2g(l+H)}=4\,\mathrm{m/s}$，反弹的高度为 $h_1=\frac{(0.5v_y)^2}{2g}=\left(\frac{1}{4}\right)\left(\frac{v_y^2}{2g}\right)$，由题设条件，颗粒第 n 次反弹后上升高度为 $h_n=\left(\frac{1}{4}\right)^n\left(\frac{v_y^2}{2g}\right)=\left(\frac{1}{4}\right)^n\times0.8\,\mathrm{m}$，当 $n=4$ 时，$h_n<0.01\,\mathrm{m}$。