2005 年北京春季理综

1. 有关红、蓝两束单色光，下述说法正确的是 (D)

A. 在空气中的波长 $\lambda_{红} < \lambda_{蓝}$

B. 在水中的光速 $v_{红} < v_{蓝}$

C. 在同一介质中的折射率 $n_{红} > n_{蓝}$

D. 蓝光光子的能量大于红光光子的能量

> 由光谱规律知，可见光光谱中，红光到紫光波长由大到小排列，频率由小到大排列，在同一介质中折射率由小到大排列。光子能量公式为 $E = h\nu$，故 D 正确。

2. 一电池外电路断开时的路端电压为 3 V，接上 8 Ω 的负载电阻后路端电压降为 2.4 V，则可以判定电池的电动势 E 和内电阻 r 为 (B)

A. $E = 2.4\,\mathrm{V}$，$r = 1\,\Omega$

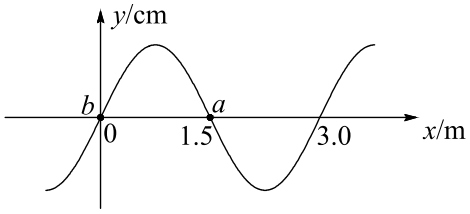
B. $E = 3\,\mathrm{V}$，$r = 2\,\Omega$

C. $E = 2.4\,\mathrm{V}$，$r = 2\,\Omega$

D. $E = 3\,\mathrm{V}$，$r = 1\,\Omega$

> 外电路断开时，路端电压等于电源电动势，故 A、C 错误；再利用闭合电路欧姆定律求得 $r = 2\,\Omega$，故 B 正确。

3. 一列沿 x 轴正方向传播的简谐横波，波速为 60 m/s，在 $t = 0$ 时波的图像如图所示，则 (C)



A. 此波频率为 40 Hz，此时质元 b 的速度为零

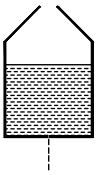
B. 此波频率为 40 Hz，此时质元 b 的速度向着 y 轴负方向

C. 此波频率为 20 Hz，此时质元 a 的速度向着 y 轴正方向

D. 此波频率为 20 Hz，此时质元 a 的速度为零

> 由波的图像知，此波波长 $\lambda = 3\,\mathrm{m}$，又 $v = 60\,\mathrm{m/s}$，所以 $f = \frac{v}{\lambda} = 20\,\mathrm{Hz}$，故 A、B 错误；波沿 x 轴正方向传播，a 质点在平衡位置，速度最大，故 D 错误；a 质点处于“下坡”应向上振动，故 C 正确。

4. 如图所示，一个盛水的容器底部有一小孔。静止时用手指堵住小孔不让它漏水，假设容器在下述几种运动过程中始终保持平动，且忽略空气阻力，则 (D)



A. 容器自由下落时，小孔向下漏水

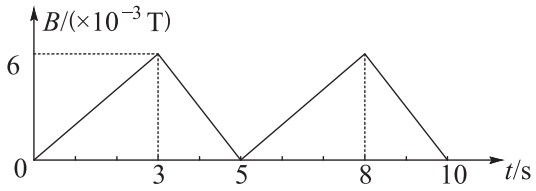
B. 将容器竖直向上抛出，容器向上运动时，小孔向下漏水；容器向下运动时，小孔不向下漏水

C. 将容器水平抛出，容器在运动中小孔向下漏水

D. 将容器斜向上抛出，容器在运动中小孔不向下漏水

> 完全失重情况下，物体对支持面的压力或水平面对物体的支持力都变为零，故 D 正确。

5. 一个边长为 6 cm 的正方形金属线框置于匀强磁场中，线框平面与磁场垂直，电阻为 0.36 Ω。磁感应强度 B 随时间 t 的变化关系如图所示，则线框中感应电流的有效值为 (B)



A. $\sqrt{2}\times10^{-5}$ A　　B. $\sqrt{6}\times10^{-5}$ A　　C. $\frac{\sqrt{2}}{2}\times10^{-5}$ A　　D. $\frac{3\sqrt{2}}{2}\times10^{-5}$ A

> 在一个周期内，前 3 s 的感应电流 $I_1=n\frac{\Delta B_1}{\Delta t_1}S\cdot\frac{1}{R}=2\times10^{-5}$ A，后 2 s 的感应电流 $I_2=n\frac{\Delta B_2}{\Delta t_2}S\cdot\frac{1}{R}=3\times10^{-5}$ A，又由有效值的定义得 $I^2RT=I_1^2R\cdot\frac{3T}{5}+I_2^2R\cdot\frac{2T}{5}$，解得 $I=\sqrt{6}\times10^{-5}$ A，故 B 正确。

6. (1) 图 1 中螺旋测微器的读数为 2.720 mm。

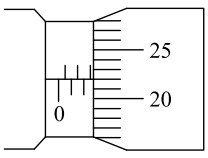


图 1

(2) 原始的电话机将听筒和话筒串联成一个电路，当自己对着话筒讲话时，会从话筒中听到自己的声音，导致听觉疲劳而影响通话。现代的电话将听筒电路与话筒电路分开，改进的电路原理示意图如图 2 所示，图 2 中线圈 I 与线圈 II 匝数相等，$R_0=1.2\,\text{k}\Omega$，$R=3.6\,\text{k}\Omega$，R_x 为可变电阻。当 R_x 调到某一值时，从听筒中就听不到话筒传出的声音了，这时 $R_x=$ 1.8 kΩ。

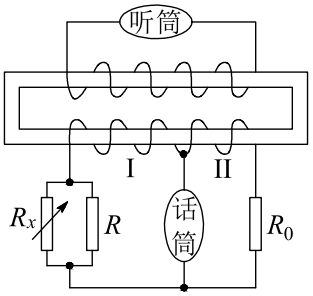


图 2

(3) 在测量电阻的实验中，提供的器材有：3 V 稳压电源 E、滑线变阻器 R、电压表 V、电流表 A、待测电阻 R_x，以及开关 S、导线等。要求：①电流表内接；②调节滑线变阻器可使电压表的示数在 0 V ～ 3 V 间变化。

在实验中，有的同学连成图 3、图 4 所示的电路，其中 a，b，c，…，k 是表示接线柱的字母。请将图 3、图 4 中接线错误（用导线两端接线柱的字母表示）、引起的后果、改正的方法（改接、撤消或增添），分别填在图下面相应的表格中。

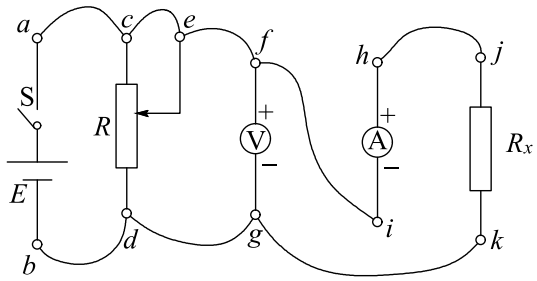


图 3

接线错误	引起的后果	改正的方法

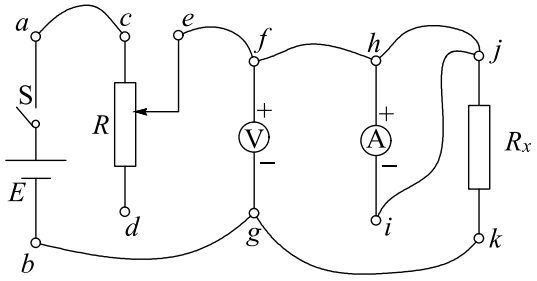


图 4

接线错误	引起的后果	改正的方法

(1) 2.720 mm。

(2) 1.8 kΩ。

(3) 图 3 对应的表格：

接线错误	引起的后果	改正的方法
ce	电源可能短路，损坏电源	撤销 ce 连线
fi，hj	电流表指针反偏，损坏电流表	fi→fh，hi→ij

图 4 对应的表格：

接线错误	引起的后果	改正的方法
缺 db（或 dg 或 dk）连线	电压表的示数无法调到 0 V	增添 db（或 dg 或 dk）连线
hj	电流表短路，指针无示数	撤销 hj 连线

（1）主尺刻度为 2.5 mm，再读可动尺读数为 $22.0 \times 0.01 = 0.220$ mm，故螺旋测微器的读数为 2.720 mm。

（2）听筒听到声音是话筒中变化的电流产生变化的磁场所致。当听筒回路中磁通量不变或为零时，就不会传出声音了。当 I 回路和 II 回路电流相等时，听筒回路磁通量为零，不会有声音传出。

（3）电路连接题目基本要求用电器安全，电源不能短路，电表不能反偏。

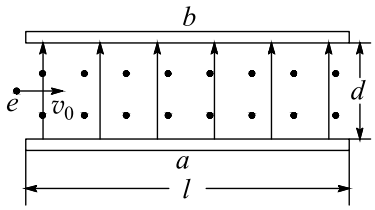
7. 两块金属板 a、b 平行放置，板间存在与匀强电场正交的匀强磁场，假设电场、磁场只存在于两板间的空间区域。一束电子以一定的初速度 v_0 从两极板中间，沿垂直于电场、磁场的方向射入场中，无偏转地通过场区，如图所示。

已知板长 $l = 10$ cm，两板间距 $d = 3.0$ cm，两板间电势差 $U = 150$ V，$v_0 = 2.0 \times 10^7$ m/s。

（电子所带电荷量的大小与其质量之比 $\frac{e}{m} = 1.76 \times 10^{11}$ C/kg，电子电荷量的大小 $e = 1.60 \times 10^{-19}$ C）

(1) 求磁感应强度 B 的大小；

(2) 若撤去磁场，求电子穿过电场时偏离入射方向的距离，以及电子通过场区后动能增加多少？



(1) $B = 2.5 \times 10^{-4}\,\mathrm{T}$。 (2) $y_1 = 1.1 \times 10^{-2}\,\mathrm{m}$，$\Delta E_k = 8.8 \times 10^{-18}\,\mathrm{J} = 55\,\mathrm{eV}$。

（1）电子进入正交的电磁场不发生偏转，则满足 $Bev_0 = e\frac{U}{d}$，解得 $B = \frac{U}{v_0 d} = 2.5 \times 10^{-4}\,\mathrm{T}$。

（2）设电子通过场区偏转的距离为 y_1，则 $y_1 = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{eU}{md} \cdot \frac{l^2}{v_0^2} = 1.1 \times 10^{-2}\,\mathrm{m}$；电子通过场区后动能增加 $\Delta E_k = eEy_1 = e\frac{U}{d}y_1 = 8.8 \times 10^{-18}\,\mathrm{J} = 55\,\mathrm{eV}$。

8. 下雪天，卡车在笔直的高速公路上匀速行驶。司机突然发现前方停着一辆故障车，他将刹车踩到底，车轮被抱死，但卡车仍向前滑行，并撞上故障车，且推着它共同滑行了一段距离 l 后停下。事故发生后，经测量，卡车刹车时与故障车距离为 L，撞车后共同滑行的距离 $l = \frac{8}{25}L$。假定两车轮胎与雪地之间的动摩擦因数相同。已知卡车质量 M 为故障车质量 m 的 4 倍。

   (1) 设卡车与故障车相碰前的速度为 v_1，两车相撞后的速度变为 v_2，求 $\frac{v_1}{v_2}$；

   (2) 卡车司机至少在距故障车多远处采取同样的紧急刹车措施，事故就能免于发生。

(1) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{5}{4}$。 (2) $L' = \frac{3}{2}L$。

（1）由碰撞过程动量守恒 $Mv_1 = (M+m)v_2$，又 $M = 4m$，则 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{M+m}{M} = \frac{5}{4}$。

（2）设卡车刹车前速度为 v_0，轮胎与雪地之间的动摩擦因数为 μ。两车相撞前卡车动能变化 $\frac{1}{2}Mv_0^2 - \frac{1}{2}Mv_1^2 = \mu MgL$，碰撞后两车共同向前滑动，动能变化 $\frac{1}{2}(M+m)v_2^2 - 0 = \mu(M+m)gl$。由以上两式得 $v_0^2 - v_1^2 = 2\mu gL$，$v_2^2 = 2\mu gl$，又 $l = \frac{8}{25}L$，得 $v_0^2 = 3\mu gL$。如果卡车滑到故障车前就停止，由 $\frac{1}{2}Mv_0^2 - 0 = \mu MgL'$，故 $L' = \frac{3}{2}L$。这意味着卡车司机在距故障车至少 $\frac{3}{2}L$ 处紧急刹车，事故就能够免于发生。

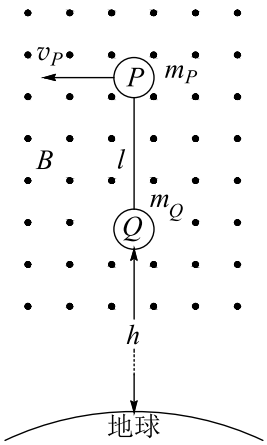
9. 近期《科学》中文版的文章介绍了一种新技术——航天飞缆，航天飞缆是用柔性缆索将两个物体连接起来在太空飞行的系统。飞缆系统在太空飞行中能为自身提供电能和拖曳力，它还能清理“太空垃圾”等。从 1967 年至 1999 年 17 次试验中，飞缆系统试验已获得部分成功。该系统的工作原理可用物理学的基本定律来解释。

   下图为飞缆系统的简化模型示意图，图中两个物体 P，Q 的质量分别为 m_P、m_Q，柔性金属缆索长为 l，外有绝缘层，系统在近地轨道作圆周运动，运动过程中 Q 距地面高为 h。设缆索总保持指向地心，P 的速度为 v_P。已知地球半径为 R，地面的重力加速度为 g。

   (1) 飞缆系统在地磁场中运动，地磁场在缆索所在处的磁感应强度大小为 B，方向垂直于纸面向外。设缆索中无电流，问缆索 P、Q 哪端电势高？此问中可认为缆索各处的速度均近似等于 v_P，求 P、Q 两端的电势差；

(2) 设缆索的电阻为 R_1，如果缆索两端物体 P、Q 通过周围的电离层放电形成电流，相应的电阻为 R_2，求缆索所受的安培力多大；

(3) 求缆索对 Q 的拉力 F_Q。



(1) $U_{PQ}=Blv_P$，P 点电势高。 (2) $F_A=\frac{B^2l^2v_P}{R_1+R_2}$。 (3) $F_Q=m_Q\left[\frac{gR^2}{(R+h)^2}-\frac{(R+h)v_P^2}{(R+h+l)^2}\right]$。

（1）缆索的电动势 $E=Blv_P$，P、Q 两点电势差 $U_{PQ}=Blv_P$，P 点电势高。

（2）缆索电流 $I=\frac{E}{R_1+R_2}=\frac{Blv_P}{R_1+R_2}$，安培力 $F_A=BIl=\frac{B^2l^2v_P}{R_1+R_2}$。

（3）设 Q 的速度为 v_Q，Q 受地球引力和缆索拉力 F_Q 作用，$G\frac{Mm_Q}{(R+h)^2}-F_Q=m_Q\frac{v_Q^2}{R+h}$；P、Q 角速度相等，$\frac{v_P}{v_Q}=\frac{R+h+l}{R+h}$；又 $g=\frac{GM}{R^2}$，联立解得 $F_Q=m_Q\left[\frac{gR^2}{(R+h)^2}-\frac{(R+h)v_P^2}{(R+h+l)^2}\right]$。