

2018 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) 高铁列车在启动阶段的运动可看作初速度为零的匀加速直线运动，在启动阶段，列车的动能 ()
- A. 与它所经历的时间成正比 B. 与它的位移成正比
C. 与它的速度成正比 D. 与它的动量成正比

【考点】64：动能。

【专题】31：定性思想；43：推理法；52D：动能定理的应用专题。

【分析】根据车作匀加速直线运动，结合运动学公式，动能定理，及动能与动量关系式，即可求解。

【解答】解：A、因列车做初速度为零的匀加速直线运动，则有： $v=at$ ，而动能表达式 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}ma^2t^2$ ，可知动能与所经历的时间平方成正比，故 A 错误

B、依据动能定理，则有： $F_{合}x = \frac{1}{2}mv^2 - 0$ ，可知，动能与它的位移成正比，故 B 正确；

C、由动能表达式 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ，可知，动能与它的速度平方成正比，故 C 错误；

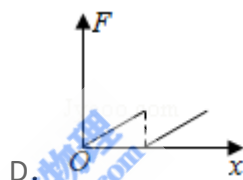
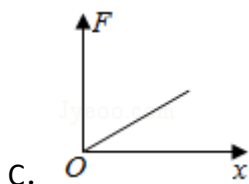
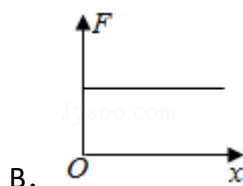
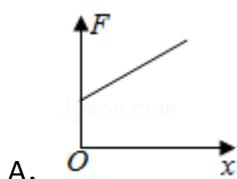
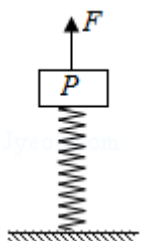
D、依据动能与动量关系式， $E_k = \frac{p^2}{2m}$ ，可知，动能与它的动量平方成正比，故 D 错误；

故选：B。

【点评】考查动能的表达式，掌握影响动能的因素，理解动能定理的内容，及运动学公式的运用。

2. (6 分) 如图，轻弹簧的下端固定在水平桌面上，上端放有物块 P，系统处于

静止状态，现用一竖直向上的力 F 作用在 P 上，使其向上做匀加速直线运动，以 x 表示 P 离开静止位置的位移，在弹簧恢复原长前，下列表示 F 和 x 之间关系的图象可能正确的是（ ）



【考点】 2S: 胡克定律; 37: 牛顿第二定律.

【专题】 12: 应用题; 34: 比较思想; 43: 推理法.

【分析】 以物块 P 为研究对象，分析受力情况，根据牛顿第二定律得出 F 与物块 P 的位移 x 的关系式，再选择图象。

【解答】 解：设物块 P 的质量为 m ，加速度为 a ，静止时弹簧的压缩量为 x_0 ，弹簧的劲度系数为 k ，

由力的平衡条件得， $mg=kx_0$ ，

以向上为正方向，木块的位移为 x 时弹簧对 P 的弹力： $F_1=k(x_0-x)$ ，

对物块 P ，由牛顿第二定律得， $F+F_1-mg=ma$ ，

由以上式子联立可得， $F=kx+ma$ 。

可见 F 与 x 是线性关系，且 F 随着 x 的增大而增大，

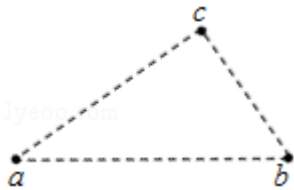
当 $x=0$ 时， $kx+ma=ma>0$ ，故 A 正确，BCD 错误。

故选：A。

【点评】 解答本题的关键是要根据牛顿第二定律和胡克定律得到 F 与 x 的解析式，再选择图象，这是常用的思路，要注意物块 P 的位移与弹簧形变量并不

相等。

3. (6分) 如图，三个固定的带电小球 a, b 和 c, 相互间的距离分别为 $ab=5\text{cm}$, $bc=3\text{cm}$, $ca=4\text{cm}$, 小球 c 所受库仑力的合力的方向平行于 a, b 的连线, 设小球 a, b 所带电荷量的比值的绝对值为 k, 则 ()



- A. a, b 的电荷同号, $k=\frac{16}{9}$ B. a, b 的电荷异号, $k=\frac{16}{9}$
C. a, b 的电荷同号, $k=\frac{64}{27}$ D. a, b 的电荷异号, $k=\frac{64}{27}$

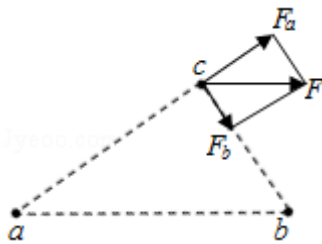
【考点】2G: 力的合成与分解的运用; A4: 库仑定律.

【专题】31: 定性思想; 43: 推理法; 53E: 电荷守恒定律与库仑定律专题.

【分析】对小球 c 受力分析, 根据库仑定律, 与矢量的合成法则, 结合几何关系, 及三角知识, 即可求解.

【解答】解: 根据同种电荷相斥, 异种电荷相吸, 且小球 c 所受库仑力的合力的方向平行于 a, b 的连线, 可知, a, b 的电荷异号,

对小球 c 受力分析, 如下图所示:



因 $ab=5\text{cm}$, $bc=3\text{cm}$, $ca=4\text{cm}$, 因此 $ac \perp bc$, 那么两力的合成构成矩形,

依据相似三角形之比, 则有: $\frac{F_a}{F_b} = \frac{ac}{bc} = \frac{4}{3}$;

而根据库仑定律, $F_a = k \frac{Q_c Q_a}{ac^2}$, 而 $F_b = k \frac{Q_c Q_b}{bc^2}$

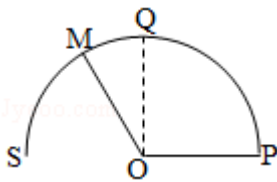
综上所述, $\frac{q_a}{q_b} = \frac{4}{3} \times \frac{4^2}{3^2} = \frac{64}{27}$, 故 ABC 错误, D 正确;

故选：D。

【点评】考查库仑定律与矢量的合成法则，掌握几何关系，与三角形相似比的运用，注意小球C的合力方向可能向左，不影响解题的结果。

4. (6分)如图，导体轨道OPQS固定，其中PQS是半圆弧，Q为半圆弧的中点，O为圆心。轨道的电阻忽略不计。OM是有一定电阻。可绕O转动的金属杆，M端位于PQS上，OM与轨道接触良好。空间存在与半圆所在平面垂直的匀强磁场，磁感应强度的大小为B，现使OM从OQ位置以恒定的角速度逆时针转到OS位置并固定(过程I)；再使磁感应强度的大小以一定的变化率从B增加到B'(过程II)。在过程I、II中，流过OM的电荷量相等，则 $\frac{B'}{B}$ 等于

()



A. $\frac{5}{4}$

B. $\frac{3}{2}$

C. $\frac{7}{4}$

D. 2

【考点】D8：法拉第电磁感应定律。

【专题】31：定性思想；4C：方程法；538：电磁感应——功能问题。

【分析】再根据法拉第电磁感应定律，即可求出电动势，然后结合闭合电路欧姆定律求得感应电流大小；依据电量的表达式 $q=It$ 求出即可。

【解答】解：设圆的半径为R，金属杆从Q到S的过程中： $\Delta\Phi=B\Delta S=\frac{1}{4}B\pi R^2$

根据法拉第电磁感应定律有： $E_1=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t_1}=\frac{\frac{\pi}{4}BR^2}{\Delta t_1}$

设回路的总电阻为r，第一次通过线圈某一横截面的电荷量为： $q_1=I_1\Delta t_1$

$$t_1=\frac{E_1}{r}\Delta t_1=\frac{\pi BR^2}{4r}\dots\textcircled{1}$$

磁感应强度的大小以一定的变化率从B增加到B'的过程中设时间为 Δt_2 ， $\Delta\Phi'=\frac{\pi}{2}(B'-B)R^2$

第二次通过线圈某一横截面的电荷量为： $q_2 = I_2 \Delta t_2 = \frac{\Delta \Phi'}{r} = \frac{\pi (B' - B) R^2}{2r} \dots \textcircled{2}$

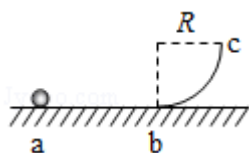
由题， $q_1 = q_2 \textcircled{3}$

联立①②③可得： $\frac{B'}{B} = \frac{3}{2}$. 故 B 正确，ACD 错误，

故选：B。

【点评】考查法拉第电磁感应定律与切割感应电动势的公式，掌握求解线圈的电量综合表达式的含义是关键。

5. (6分) 如图，abc 是竖直面内的光滑固定轨道，ab 水平，长度为 2R；bc 是半径为 R 的四分之一圆弧，与 ab 相切于 b 点。一质量为 m 的小球，始终受到与重力大小相等的水平外力的作用，自 a 点处从静开始向右运动。重力加速度大小为 g。小球从 a 点开始运动到其轨迹最高点，机械能的增量为 ()



A. 2mgR

B. 4mgR

C. 5mgR

D. 6mgR

【考点】 6B: 功能关系.

【专题】 12: 应用题; 32: 定量思想; 4C: 方程法; 52E: 机械能守恒定律应用专题.

【分析】根据动能定理求出小球在 c 点的速度，再根据竖直上抛运动求解达到最高点的时间，根据水平方向的运动规律求解离开 c 后达到最高点时的水平位移，根据功能关系求解机械能的增加。

【解答】解：由题意知水平拉力为： $F = mg$;

设小球达到 c 点的速度为 v，从 a 到 c 根据动能定理可得： $F \cdot 3R - mgR = \frac{1}{2} m v^2$

解得： $v = \sqrt{4gR}$;

小球离开 c 点后，竖直方向做竖直上抛运动，水平方向做初速度为零的匀加速直线运动，

设小球从 c 点达到最高点的时间为 t，则有： $t = \frac{v}{g} = \sqrt{\frac{4R}{g}}$;

此段时间内水平方向的位移为： $x = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times \frac{F}{m} \times \left(\sqrt{\frac{4R}{g}}\right)^2 = 2R$,

所以小球从 a 点开始运动到其轨迹最高点，小球在水平方向的位移为：

$$L = 3R + 2R = 5R,$$

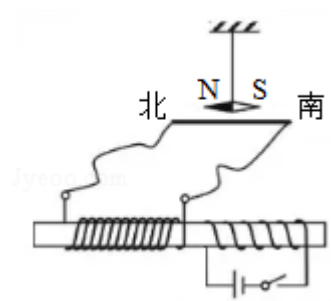
此过程中小球的机械能增量为： $\Delta E = FL = mg \times 5R = 5mgR$ 。

故 C 正确、ABD 错误。

故选：C。

【点评】本题主要是考查功能关系；机械能守恒定律的守恒条件是系统除重力或弹力做功以外，其它力对系统做的功等于零；除重力或弹力做功以外，其它力对系统做多少功，系统的机械能就变化多少；注意本题所求的是“小球从 a 点开始运动到其轨迹最高点”，不是从 a 到 c 的过程，这是易错点。

6. (6分) 如图，两个线圈绕在同一根铁芯上，其中一线圈通过开关与电源连接，另一线圈与远处沿南北方向水平放置在纸面内的直导线连接成回路。将一小磁针悬挂在直导线正上方，开关未闭合时小磁针处于静止状态，下列说法正确的是 ()



- A. 开关闭合后的瞬间，小磁针的 N 极朝垂直纸面向里的方向转动
- B. 开关闭合并保持一段时间后，小磁针的 N 极指向垂直纸面向里的方向
- C. 开关闭合并保持一段时间后，小磁针的 N 极指向垂直纸面向外的方向
- D. 开关闭合并保持一段时间再断开后的瞬间，小磁针的 N 极朝垂直纸面向外的方向转动的方向转动

【考点】 C6：通电直导线和通电线圈周围磁场的方向； D2：感应电流的产生条件； NF：研究电磁感应现象。

【专题】 31：定性思想； 43：推理法； 53C：电磁感应与电路结合。

【分析】干电池通电的瞬间，在左线圈中产生感应电流，根据楞次定律判断出感应电流的方向，结合安培定则得出直导线周围磁场的方向，从而确定指南针的偏转方向。同理当开关断开后，左边线圈的磁场从有到无，从而根据楞次定律判断出感应电流的方向，结合安培定则得出直导线周围磁场的方向，从而确定指南针的偏转方向。

【解答】解：A、干电池开关闭合后的瞬间，根据楞次定律，左边线圈中产生电流，电流的方向由南到北，根据安培定则，直导线上方的磁场方向垂直纸面向里，则小磁针 N 极向纸里偏转，故 A 正确。

BC、干电池开关闭合并保持一段时间后，根据安培定则，可知，左边线圈中有磁通量，却不变，因此左边线圈中不会产生感应电流，那么小磁针也不会偏转，故 BC 错误。

D、干电池开关闭合并保持一段时间再断开后的瞬间，由 A 选项分析，可知，根据楞次定律，左边线圈中产生电流，电流的方向由北到南，根据安培定则，直导线上方的磁场方向垂直纸面向外，则小磁针 N 极朝垂直纸面向外的方向转动，故 D 正确；

故选：AD。

【点评】本题考查了楞次定律和安培定则的基本运用，知道小磁针静止时 N 极的指向为磁场的方向，同时掌握感应电流产生的条件。

7. (6分) 2017年，人类第一次直接探测到来自双中子星合并的引力波。根据科学家们复原的过程，在两颗中子星合并前约 100s 时，它们相距约 400km，绕二者连线上的某点每秒转动 12 圈。将两颗中子星都看作是质量均匀分布的球体，由这些数据、万有引力常量并利用牛顿力学知识，可以估算出这一时刻两颗中子星 ()

- A. 质量之积
- B. 质量之和
- C. 速率之和
- D. 各自的自转角速度

【考点】4F：万有引力定律及其应用。

【专题】12：应用题；32：定量思想；4C：方程法；529：万有引力定律在天体

运动中的应用专题.

【分析】双星系统靠相互间的万有引力提供向心力，结合牛顿第二定律求出双星总质量与双星距离和周期的关系式，从而分析判断。结合周期求出双星系统旋转的角速度和线速度关系。

【解答】解：AB、设两颗星的质量分别为 m_1 、 m_2 ，轨道半径分别为 r_1 、 r_2 ，相距 $L=400\text{km}=4\times 10^5\text{m}$ ，

根据万有引力提供向心力可知：

$$\frac{Gm_1 \cdot m_2}{L^2} = m_1 r_1 \omega^2$$

$$\frac{Gm_1 \cdot m_2}{L^2} = m_2 r_2 \omega^2,$$

整理可得：
$$\frac{G(m_1+m_2)}{L^2} = (r_1+r_2) \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$
，解得质量之和 (m_1+m_2)

$$= \frac{4\pi^2 L^3}{GT^2}, \text{ 其中周期 } T = \frac{1}{12}\text{s}, \text{ 故 A 错误、B 正确;}$$

CD、由于 $T = \frac{1}{12}\text{s}$ ，则角速度为：
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 24\pi \text{ rad/s}$$
，这是公转角速度，不是自转角速度

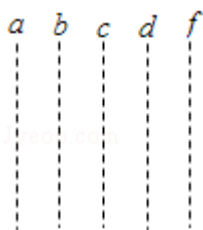
根据 $v=r\omega$ 可知： $v_1=r_1\omega$ ， $v_2=r_2\omega$

解得： $v_1+v_2 = (r_1+r_2)\omega = L\omega = 9.6\pi \times 10^6\text{m/s}$ ，故 C 正确，D 错误。

故选：BC。

【点评】本题实质是双星系统，解决本题的关键知道双星系统的特点，即周期相等、向心力大小相等，结合牛顿第二定律分析求解。

8. (6分) 图中虚线 a、b、c、d、f 代表匀强电场内间距相等的一组等势面，已知平面 b 上的电势为 2V，一电子经过 a 时的动能为 10eV，从 a 到 d 的过程中克服电场力所做的功为 6eV。下列说法正确的是 ()



- A. 平面 c 上的电势为零
- B. 该电子可能到达不了平面 f
- C. 该电子经过平面 d 时，其电势能为 4eV
- D. 该电子经过平面 b 时的速率是经过 d 时的 2 倍

【考点】 AF: 等势面; AK: 带电粒子在匀强电场中的运动.

【专题】 31: 定性思想; 43: 推理法; 531: 带电粒子在电场中的运动专题.

【分析】 根据只有电场力做功，动能与电势能之和不变，当电场力做负功时，动能转化为电势能，在电势为零处，电势能为零，从而即可一一求解。

【解答】 解: A、虚线 a、b、c、d、f 代表匀强电场内间距相等的一组等势面，一电子经过 a 时的动能为 10eV，从 a 到 d 的过程中克服电场力所做的功为 6eV，动能减小了 6eV，电势能增加了 6eV，因此等势面间的电势差为 2V，因平面 b 上的电势为 2V，由于电子的电势能增加，等势面由 a 到 f 是降低的，因此平面 c 上的电势为零，故 A 正确；

B、由上分析，可知，当电子由 a 向 f 方向运动，则电子到达平面 f 的动能为 2eV，由于题目中没有说明电子如何运动，因此也可能电子在匀强电场中做抛体运动，则可能不会到达平面 f，故 B 正确；

C、在平面 b 上电势为 2V，则电子的电势能为 -2eV，动能为 8eV，电势能与动能之和为 6eV，当电子经过平面 d 时，动能为 4eV，其电势能为 2eV，故 C 错误；

D、电子经过平面 b 时的动能是平面 d 的动能 2 倍，电子经过平面 b 时的速率是经过 d 时的 $\sqrt{2}$ 倍，故 D 错误；

故选: AB。

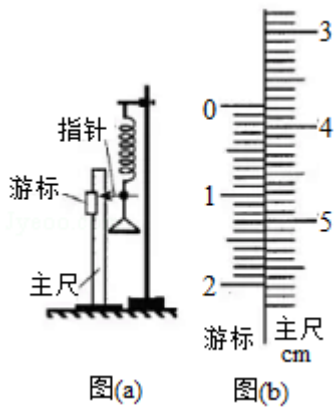
【点评】 考查电场力做功与电势能变化的关系，掌握电势能与动能之和不变，理解电势为零处的电势能为零是解题的关键。

二、非选择题：共 174 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 129 分。

9. (5 分) 如图 (a)，一弹簧上端固定在支架顶端，下端悬挂一托盘；一标尺由游标和主尺构成，主尺竖直固定在弹簧左边；托盘上方固定有一能与游标刻度线准确对齐的装置，简化为图中的指针。

现要测量图 (a) 中弹簧的劲度系数。当托盘内没有砝码时，移动游标，使其零刻度线对准指针，此时标尺读数为 1.950cm；当托盘内放有质量为 0.100kg 的砝码时，移动游标，再次使其零刻度线对准指针，标尺示数如图 (b) 示数，其读数为 3.775 cm。当地的重力加速度大小为 9.80m/s^2 ，此弹簧的劲度系数为 53.7 N/m (保留 3 位有效数字)。



【考点】M7：探究弹力和弹簧伸长的关系。

【专题】13：实验题；23：实验探究题；32：定量思想；43：推理法。

【分析】先读出游标卡尺主尺的读数，然后读出与主尺对齐的刻度线，即可根据游标的分度为 0.05mm 得到分度尺读数，从而相加得到游标卡尺读数；

根据两次游标卡尺读数得到添加砝码后弹簧伸长量的增量，从而由弹簧弹力增量和伸长量的增量得到劲度系数。

【解答】解：图 (b) 中主尺读数为 3.7cm，游标卡尺的读数为 $0.05\text{mm} \times 15 = 0.75\text{mm}$ ，故读数为 $3.7\text{cm} + 0.75\text{mm} = 3.775\text{cm}$ ；

由题意可得：托盘内放质量 $m = 0.100\text{kg}$ 的砝码，弹簧伸长量 $\Delta x = 3.775\text{cm} - 1.950\text{cm} = 1.825\text{cm}$ ；

根据受力分析可得： $mg = k \Delta x$ ，故弹簧的劲度系数

$$k = \frac{mg}{\Delta x} = \frac{0.100 \times 9.80}{1.825 \times 10^{-2}} \text{N/m} = 53.7 \text{N/m}$$

故答案为：3.775；53.7。

【点评】游标卡尺的分度尺刻线为 n （10，20，50）时，游标的分度为 $1/n$ （mm），那么，游标读数根据对齐的刻度线和分度相乘求得；主尺读数为零刻度线前一刻线的读数。

10.（10分）某实验小组利用如图（a）所示的电路探究在 $25^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ 范围内某热敏电阻的温度特性，所用器材有：置于温控室（图中虚线区域）中的热敏电阻 R_T ，其标称值（ 25°C 时的阻值）为 900.0Ω ；电源 E （6V，内阻可忽略）；电压表 V （量程 150mV ）；定值电阻 R_0 （阻值 20.0Ω ），滑动变阻器 R_1 （最大阻值为 1000Ω ）；电阻箱 R_2 （阻值范围 $0 \sim 999.9\Omega$ ）；单刀开关 S_1 ，单刀双掷开关 S_2 。

实验时，先按图（a）连接好电路，再将温控室的温度 t 升至 80.0°C 。将 S_2 与 1 端接通，闭合 S_1 ，调节 R_1 的滑片位置，使电压表读数为某一值 U_0 ；保持 R_1 的滑片位置不变，将 R_2 置于最大值，将 S_2 与 2 端接通，调节 R_2 ，使电压表读数仍为 U_0 ；断开 S_1 ，记下此时 R_2 的读数。逐步降低温控室的温度 t ，得到相应温度下 R_2 的阻值，直至温度降到 25.0°C ，实验得到的 $R_2 - t$ 数据见表。

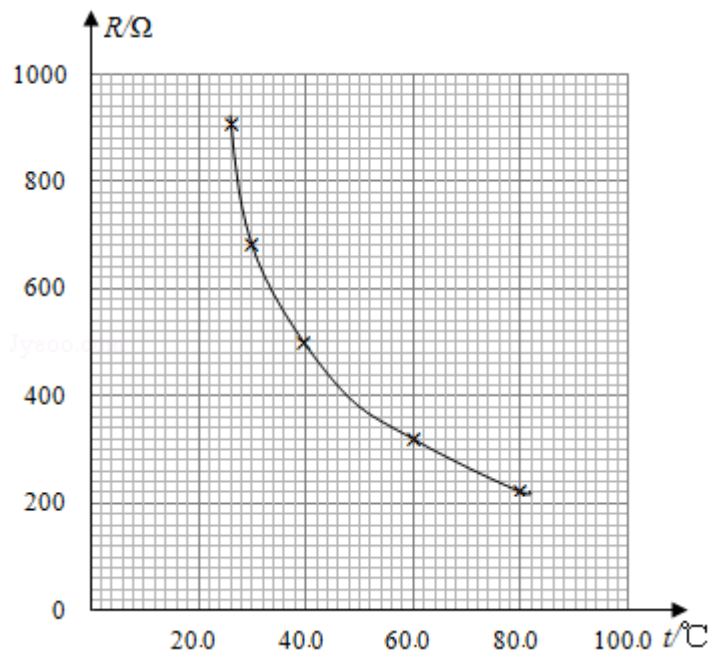
$t/^\circ\text{C}$	25.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
R_2/Ω	900.0	680.0	500.0	390.0	320.0	270.0	240.0

回答下列问题：

- （1）在闭合 S_1 前，图（a）中 R_1 的滑片应移动到 b（填“a”或“b”）端；
- （2）在图（b）的坐标纸上补齐数据表中所给数据点，并做出 $R_2 - t$ 曲线；

电流最小，所以滑动变阻器接入电阻应为最大，故开始时滑片应移动到 b 端

(2) 根据描点法可得出对应的图象如图所示；



(3) 由图 b 可知，当 $t=44.0^\circ\text{C}$ 时，对应的坐标约为 450Ω ；可得： $R_T=450\Omega$ ；

(4) 根据电阻箱的读数方法可知，电阻箱的读数为： $6 \times 100 + 2 \times 10 = 620.0\Omega$ ，由图可知对应的温度为 33.0°C ；

故答案为：(1) b；(2) 如图所示；(3) 450.0 ($440.0 - 460.0$)；(4) 620.0 ；
 33.0 。

【点评】 本题考查电学中描绘图象和应用图象的能力，只需要明确图象的基本性质即可正确解答，是历年高考电学实验中较为简单的一题。

11. (12 分) 一质量为 m 的烟花弹获得动能 E 后，从地面竖直升空。当烟花弹上升的速度为零时，弹中火药爆炸将烟花弹炸为质量相等的两部分，两部分获得的动能之和也为 E ，且均沿竖直方向运动，爆炸时间极短，重力加速度大小为 g ，不计空气阻力和火药的质量。求

- (1) 烟花弹从地面开始上升到弹中火药爆炸所经过的时间；
- (2) 爆炸后烟花弹向上运动的部分距地面的最大高度。

【考点】 1N： 竖直上抛运动； 6C： 机械能守恒定律。

【专题】 11： 计算题； 22： 学科综合题； 32： 定量思想； 4T： 寻找守恒量法；

52G: 动量和能量的综合.

【分析】 (1) 烟花弹从地面开始上升的过程中做竖直上抛运动, 由速度时间公式求上升的时间。

(2) 研究爆炸过程, 由动量守恒定律和能量守恒定律结合求爆炸后瞬间两部分的速度, 再由运动学求最大高度。

【解答】 解: (1) 设烟花弹的初速度为 v_0 . 则有: $E = \frac{1}{2}mv_0^2$

$$\text{得: } v_0 = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

烟花弹从地面开始上升的过程中做竖直上抛运动, 则有: $v_0 - gt = 0$

$$\text{得: } t = \frac{1}{g} \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

(2) 烟花弹从地面开始上升到弹中火药爆炸上升的高度为: $h_1 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{E}{mg}$

对于爆炸过程, 取竖直向上为正方向, 由动量守恒定律得:

$$0 = \frac{1}{2}mv_1 - \frac{1}{2}mv_2.$$

根据能量守恒定律得: $E = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}mv_2^2$ 。

$$\text{联立解得: } v_1 = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

爆炸后烟花弹向上运动的部分能继续上升的最大高度为: $h_2 = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{E}{mg}$

所以爆炸后烟花弹向上运动的部分距地面的最大高度为: $h = h_1 + h_2 = \frac{2E}{mg}$

答:

(1) 烟花弹从地面开始上升到弹中火药爆炸所经过的时间是 $\frac{1}{g} \sqrt{\frac{2E}{m}}$;

(2) 爆炸后烟花弹向上运动的部分距地面的最大高度是 $\frac{2E}{mg}$ 。

【点评】 分析清楚烟花弹的运动过程, 把握每个过程的物理规律是解题的关键。

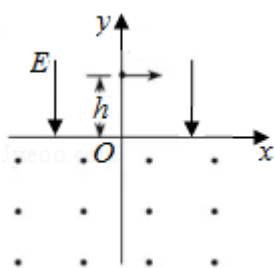
要知道爆炸过程内力远大于外力, 系统遵守两大守恒定律: 动量守恒定律与能量守恒定律, 解题时要注意选择正方向。

12. (20分) 如图, 在 $y > 0$ 的区域存在方向沿 y 轴负方向的匀强电场, 场强大

小为 E ，在 $y < 0$ 的区域存在方向垂直于 xOy 平面向外的匀强磁场。一个氕核 ${}^1_1\text{H}$ 和一个氘核 ${}^2_1\text{H}$ 先后从 y 轴上 $y=h$ 点以相同的动能射出，速度方向沿 x 轴正方向。已知 ${}^1_1\text{H}$ 进入磁场时，速度方向与 x 轴正方向的夹角为 60° ，并从坐标原点 O 处第一次射出磁场。 ${}^1_1\text{H}$ 的质量为 m ，电荷量为 q ，不计重力。

求

- (1) ${}^1_1\text{H}$ 第一次进入磁场的位置到原点 O 的距离；
- (2) 磁场的磁感应强度大小；
- (3) ${}^2_1\text{H}$ 第一次离开磁场的位置到原点 O 的距离。



【考点】 C1：带电粒子在匀强磁场中的运动。

【专题】 11：计算题； 31：定性思想； 4C：方程法； 536：带电粒子在磁场中的运动专题。

【分析】 (1) ${}^1_1\text{H}$ 在电场中做类平抛运动，应用类平抛运动规律求出 ${}^1_1\text{H}$ 第一次进入磁场时到 O 点的距离。

(2) ${}^1_1\text{H}$ 在磁场中做圆周运动，洛伦兹力提供向心力，求出 ${}^1_1\text{H}$ 的轨道半径，应用牛顿第二定律求出磁感应强度。

(3) ${}^2_1\text{H}$ 在电场中做类平抛运动，应用类平抛运动规律可以求出 ${}^2_1\text{H}$ 第一次离开磁场的位置到原点 O 的距离。

【解答】 解：(1) ${}^1_1\text{H}$ 在电场中做类平抛运动，

水平方向： $x_1 = v_1 t_1$ ，

竖直方向： $h = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$ ，

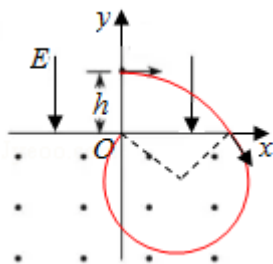
粒子进入磁场时竖直分速度： $v_y = a_1 t_1 = v_1 \tan 60^\circ$,

解得： $x_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3}h$;

(2) ${}^1_1\text{H}$ 在电场中的加速度： $a_1 = \frac{qE}{m}$,

${}^1_1\text{H}$ 进入磁场时的速度： $v = \sqrt{v_1^2 + (a_1 t_1)^2}$,

${}^1_1\text{H}$ 在磁场中做圆周运动，运动轨迹如图所示：



由几何知识得： $x_1 = 2r_1 \sin 60^\circ$,

${}^1_1\text{H}$ 在磁场中做匀速圆运动，洛伦兹力提供向心力，

由牛顿第二定律得： $qvB = m \frac{v^2}{r_1}$,

解得： $B = \sqrt{\frac{6mE}{qh}}$;

(3) 由题意可知： ${}^1_1\text{H}$ 和 ${}^2_1\text{H}$ 的初动能相等，即： $\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 2mv_2^2$,

由牛顿第二定律得： $qE = 2ma_2$,

${}^2_1\text{H}$ 在电场中做类平抛运动，

水平方向： $x_2 = v_2 t_2$,

竖直方向： $h = \frac{1}{2}a_2 t_2^2$,

${}^2_1\text{H}$ 进入磁场时的速度： $v' = \sqrt{v_2^2 + (a_2 t_2)^2}$,

$\sin \theta' = \frac{v_{y2}}{v_2} = \frac{a_2 t_2}{v_2}$,

解得： $x_2 = x_1$, $\theta' = \theta = 60^\circ$, $v' = \frac{\sqrt{2}}{2}v$,

${}^2_1\text{H}$ 在磁场中做圆周运动，圆周运动的轨道半径： $r' = \frac{2mv'}{qB} = \sqrt{2}r$,

射出点在原点左侧， ${}^2_1\text{H}$ 进入磁场的入射点到第一次离开磁场的出射点间的距

离: $x_2' = 2r' \sin \theta'$,

${}^2_1\text{H}$ 第一次离开磁场时的位置距离 O 点的距离为: $d = x_2' - x_2$,

解得: $d = \frac{2\sqrt{3}(\sqrt{2}-1)h}{3}$;

答: (1) ${}^1_1\text{H}$ 第一次进入磁场的位置到原点 O 的距离为 $\frac{2\sqrt{3}}{3}h$;

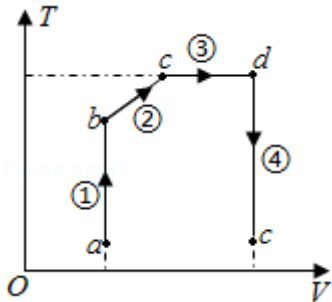
(2) 磁场的磁感应强度大小为 $\sqrt{\frac{6mE}{qh}}$;

(3) ${}^2_1\text{H}$ 第一次离开磁场的位置到原点 O 的距离 $\frac{2\sqrt{3}(\sqrt{2}-1)h}{3}$ 。

【点评】 本题考查了带电粒子在匀强电场与匀强磁场中的运动, 粒子在电场中做类平抛运动、在磁场中做匀速圆周运动, 分析清楚粒子运动过程与运动性质是解题的前提与关键, 应用类平抛运动规律、牛顿第二定律即可解题, 解题时注意几何知识的应用。

三、选考题: 共 45 分. 请考生从 2 道物理题、2 道化学题、2 道生物题中每科任选一题作答. 如果多做, 则每科按所做的第一题计分. [物理--选修 3-3] (15 分)

13. (5 分) 如图, 一定质量的理想气体从状态 a 开始, 经历过程①、②、③、④到达状态 e。对此气体, 下列说法正确的是 ()



- A. 过程①中气体的压强逐渐减小
- B. 过程②中气体对外界做正功
- C. 过程④中气体从外界吸收了热量
- D. 状态 c、d 的内能相等
- E. 状态 d 的压强比状态 b 的压强小

【考点】 8F: 热力学第一定律; 99: 理想气体的状态方程.

【专题】34：比较思想；4B：图析法；54B：理想气体状态方程专题。

【分析】过程①中气体作等容变化，根据查理定律分析压强的变化。过程②中气体对外界做正功。过程④中气体作等容变化，根据温度的变化分析气体内能的变化，由热力学第一定律分析吸放热情况。一定质量的理想气体的内能只跟温度有关。根据气态方程分析状态 d 与 b 的压强关系。

【解答】解：A、过程①中气体作等容变化，温度升高，根据查理定律 $\frac{p}{T}=c$ 知气体的压强逐渐增大，故 A 错误。

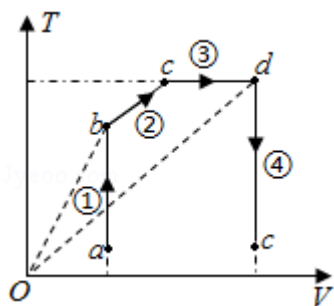
B、过程②中气体的体积增大，气体对外界做正功，故 B 正确。

C、过程④中气体作等容变化，气体不做功，温度降低，气体的内能减少，根据热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$ 知气体向外界放出了热量，故 C 错误。

D、状态 c、d 的温度相等，根据一定质量的理想气体的内能只跟温度有关，可知，状态 c、d 的内能相等。故 D 正确。

E、连接 bO 和 dO，根据数学知识可知，状态 d 的 $\frac{V}{T}$ 值大于状态 b 的 $\frac{V}{T}$ 值，根据气态方程 $\frac{pV}{T}=c$ 知状态 d 的压强比状态 b 的压强小，故 E 正确。

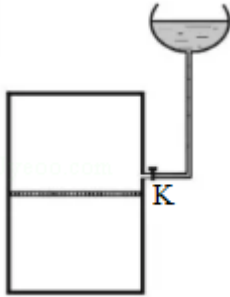
故选：BDE。



【点评】本题主要考查了理想气体的状态方程和热力学第一定律，要能够根据温度判断气体内能的变化；在应用热力学第一定律时一定要注意各量符号的意义； ΔU 为正表示内能变大， Q 为正表示物体吸热； W 为正表示外界对物体做功。

14. (10分) 如图，容积为 V 的汽缸由导热材料制成，面积为 S 的活塞将汽缸分成容积相等的上下两部分，汽缸上都通过细管与装有某种液体的容器相连，细管上有一阀门 K 。开始时， K 关闭，汽缸内上下两部分气体的压强均为

p_0 . 现将 K 打开, 容器内的液体缓慢地流入汽缸, 当流入的液体体积为 $\frac{V}{8}$ 时, 将 K 关闭, 活塞平衡时其下方气体的体积减小了 $\frac{V}{6}$. 不计活塞的质量和体积, 外界温度保持不变, 重力加速度大小为 g . 求流入汽缸内液体的质量.



【考点】 99: 理想气体的状态方程.

【专题】 11: 计算题; 32: 定量思想; 34: 比较思想; 4E: 模型法.

【分析】 液体缓慢地流入汽缸的过程中, 活塞上、下两部分气体的温度均保持不变, 作等温变化. 对两部分气体分别运用玻意耳定律列式, 可求得活塞再次平衡后上下两部分气体的压强, 再对活塞, 由平衡条件列式, 可求得流入汽缸内液体的质量.

【解答】 解: 设活塞再次平衡后, 活塞上方气体的体积为 V_1 , 压强为 p_1 ; 下方气体的体积为 V_2 , 压强为 p_2 . 在活塞下移的过程中, 活塞上、下两部分气体的温度均保持不变, 作等温变化, 由玻意耳定律得:

$$\text{对上部分气体有 } p_0 \frac{V}{2} = p_1 V_1$$

$$\text{对下部分气体有 } p_0 \frac{V}{2} = p_2 V_2$$

由已知条件得

$$V_1 = \frac{V}{2} + \frac{V}{6} - \frac{V}{8} = \frac{13}{24}V$$

$$V_2 = \frac{V}{2} - \frac{V}{6} = \frac{V}{3}$$

设活塞上方液体的质量为 m , 由力的平衡条件得

$$p_2 S = p_1 S + mg$$

$$\text{联立以上各式得 } m = \frac{15 p_0 S}{26 g}$$

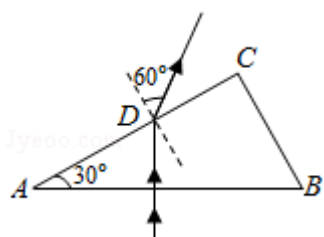
答：流入汽缸内液体的质量是 $\frac{15p_0S}{26g}$ 。

【点评】本题是多体问题，解答此类问题的方法是：找出不同状态下的三个状态参量，分析封闭气体发生的是何种变化，利用理想气体的状态方程列方程，同时要抓住两部分之间的关系，如体积关系、压强关系；本题要能用静力学观点分析两部分气体压强的关系。

四、[物理--选修 3-4] (15 分)

15. (5 分) 如图， $\triangle ABC$ 为一玻璃三棱镜的横截面， $\angle A=30^\circ$ ，一束红光垂直 AB 边射入，从 AC 边上的 D 点射出。其折射角为 60° ，则玻璃对红光的折射率为 $\sqrt{3}$ 。

若改用蓝光沿同一路径入射，则光线在 D 点射出时的折射角 大于 (填“小于”“等于”或“大于”) 60° 。



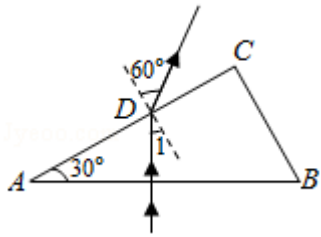
【考点】 H3：光的折射定律。

【专题】 32：定量思想；43：推理法；54D：光的折射专题。

【分析】先根据题意画出光路图，结合几何关系计算出入射角的大小，再利用折射定律可求出折射率的大小；根据蓝光的折射率比红光的折射率大，再利用折射定律可以定性判断出其折射角的变化情况。

【解答】解：由下图可知，当红光进入玻璃三棱镜后，在 AB 界面上垂直进入，到达 AC 界面发生了折射现象，根据几何关系可得：入射角的大小为 $\angle 1=30^\circ$ ，又因为已知折射角的大小为 $\gamma=60^\circ$ ，

利用折射定律可解得：玻璃对红光的折射率 $n=\frac{\sin r}{\sin \angle 1}=\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ}=\sqrt{3}$ 。



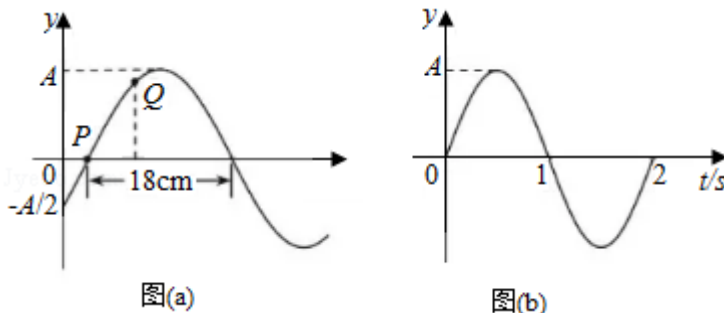
若改用蓝光沿同一路径入射，在 AB 界面上仍是垂直进入，由几何关系可知，其入射角不变；当到达 AC 界面发生折射现象，由于蓝光的折射率比红光的折射率大，再利用折射定律 $n = \frac{\sin r'}{\sin \angle 1}$ ，

在 $\angle 1 = 30^\circ$ 不变的情况下，由于折射率增加，可得出其折射角将增加，即：光线在 D 点射出时的折射角大于 60° 。

故答案为： $\sqrt{3}$ ；大于。

【点评】解答本题的关键是：理解和记忆蓝光和红光的折射率的大小关系，熟练掌握折射定律的具体应用，特别要注意本题的隐含条件是光线从 AB 面垂直进入。

16. (10 分) 一列简谐横波在 $t = \frac{1}{3} \text{s}$ 的波形图如图 (a) 所示，P、Q 是介质中的两个质点，图 (b) 是质点 Q 的振动图象。求：



- (i) 波速及波的传播方向；
- (ii) 质点 Q 的平衡位置的 x 坐标。

【考点】 F4：横波的图象； F5：波长、频率和波速的关系。

【专题】 11：计算题； 32：定量思想； 4C：方程法； 51D：振动图像与波动图像专题。

【分析】 (i) 由图 (a) 得到波长，由图 (b) 得到周期，根据 $v = \frac{\lambda}{T}$ 计算波速，

根据振动情况确定传播方向；

(ii) 首先确定 P 点平衡位置横坐标，再根据向 x 轴负方向传播到 P 点处经过的时间，由此求出质点 Q 的平衡位置的 x 坐标。

【解答】解：(i) 由图 (a) 可以看出，该波的波长为 $\lambda=36\text{cm}$ ，

由图 (b) 可以看出周期 $T=2\text{s}$ ，

故波速为 $v=\frac{\lambda}{T}=18\text{cm/s}$ ，

由 (b) 可知，当 $t=\frac{1}{3}\text{s}$ 时，Q 向上振动，结合图 (a) 可知，该波沿 x 轴负方向传播；

(ii) 设质点 P、Q 的平衡位置的 x 轴分别为 x_P 、 x_Q ，由图 (a) 可知， $x=0$ 处 $y=-\frac{A}{2}=A\sin(-30^\circ)$

因此 $x_P=\frac{30^\circ}{360^\circ}\lambda=3\text{cm}$

由图 (b) 可知，在 $t=0$ 时 Q 点处于平衡位置，经过 $\Delta t=\frac{1}{3}\text{s}$ ，其振动状态向 x 轴负方向传播到 P 点处，

所以 $x_Q - x_P = v\Delta t = 6\text{cm}$ ，

解得质点 Q 的平衡位置的 x 坐标为 $x_Q=9\text{cm}$ 。

答：(i) 波速为 18cm/s ，该波沿 x 轴负方向传播；

(ii) 质点 Q 的平衡位置的 x 坐标为 $x_Q=9\text{cm}$ 。

【点评】 本题主要是考查了波的图象；解答本题关键是要掌握振动的一般方程 $y=A\sin\omega t$ ，知道方程中各字母表示的物理意义，能够根据图象直接读出振幅、波长和各个位置处的质点振动方向，知道波速、波长和频率之间的关系。