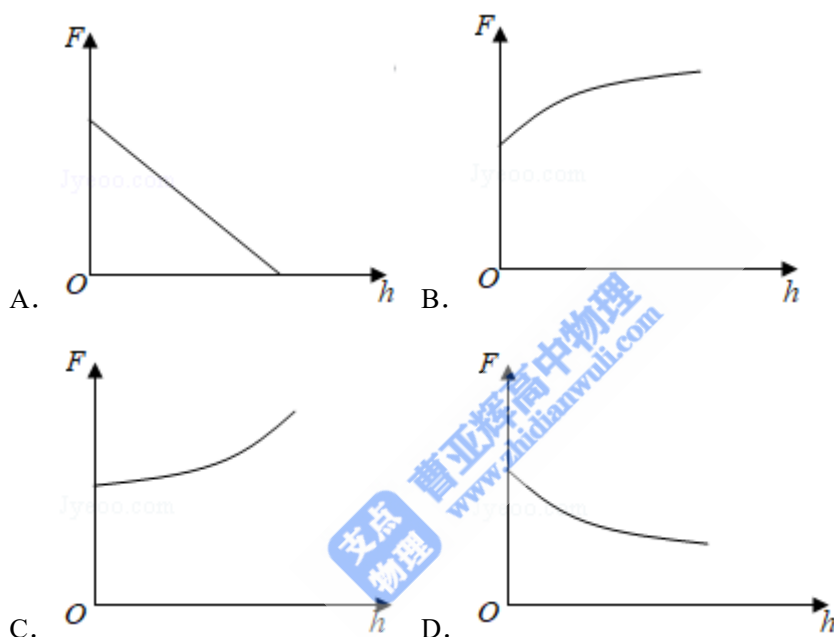


2019 年全国统一高考物理试卷（新课标 II）

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 1~4 题只有一项符合题目要求，第 5~8 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) 2019 年 1 月，我国嫦娥四号探测器成功在月球背面软着陆。在探测器“奔向”月球的过程中，用 h 表示探测器与地球表面的距离， F 表示它所受的地球引力，能够描述 F 随 h 变化关系的图象是 ()



【分析】根据万有引力定律写出 F 与 h 的关系式，再根据数学知识确定图象的形状。

【解答】解：设地球的质量为 M ，半径为 R 。探测器的质量为 m 。根据万有引力定律得：

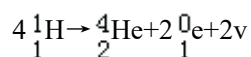
$$F = G \frac{Mm}{(R+h)^2}$$

可知， F 与 h 是非线性关系， $F-h$ 图象是曲线，且随着 h 的增大， F 减小，故 ABC 错误，D 正确。

故选：D。

【点评】解决本题的关键要掌握万有引力定律，知道公式 $F = G \frac{Mm}{r^2}$ 中 r 是探测器到地心的距离，等于地球半径加上离地的高度。

2. (6 分) 太阳内部核反应的主要模式之一是质子-质子循环，循环的结果可表示为



已知 ${}^1_1\text{H}$ 和 ${}^4_2\text{He}$ 的质量分别为 $m_p=1.0078\text{u}$ 和 $m_\alpha=4.0026\text{u}$, $1\text{u}=931\text{MeV}/c^2$, c 为光速。

在 4 个 ${}^1_1\text{H}$ 转变成 1 个 ${}^4_2\text{He}$ 的过程中, 释放的能量约为 ()

- A. 8MeV B. 16MeV C. 26MeV D. 52MeV

【分析】 求出核反应过程中的质量亏损, 再根据爱因斯坦质能方程进行求解。

【解答】 解: 反应过程中的质量亏损约为:

$$\Delta m = 4m_p - m_\alpha = 4 \times 1.0078\text{u} - 4.0026\text{u} = 0.0286\text{u},$$

由于 $1\text{u} = 931\text{MeV}/c^2$,

根据爱因斯坦质能方程可得: $\Delta E = \Delta mc^2 = 26\text{MeV}$, 故 C 正确, ABD 错误。

故选: C。

【点评】 本题主要是考查核反应过程中的能量计算, 会计算质量亏损, 能够利用爱因斯坦质能方程进行解答是关键。

3. (6分) 物块在轻绳的拉动下沿倾角为 30° 的固定斜面向上匀速运动, 轻绳与斜面平行。

已知物块与斜面之间的动摩擦因数为 $\frac{\sqrt{3}}{3}$, 重力加速度取 10m/s^2 . 若轻绳能承受的最大张力为 1500N , 则物块的质量最大为 ()

- A. 150kg B. $100\sqrt{3}\text{kg}$ C. 200kg D. $200\sqrt{3}\text{kg}$

【分析】 以物体为研究对象, 沿斜面方向根据平衡条件列方程求解物块的最大质量。

【解答】 解: 以物体为研究对象, 沿斜面方向根据平衡条件可得:

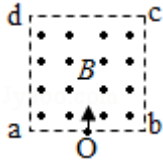
$$F = mg\sin 30^\circ + \mu mg\cos 30^\circ$$

当拉力最大时质量最大, 解得: $m = 150\text{kg}$, 故 A 正确, BCD 错误。

故选: A。

【点评】 本题主要是考查了共点力的平衡问题, 解答此类问题的一般步骤是: 确定研究对象、进行受力分析、利用平行四边形法则进行力的合成或者是正交分解法进行力的分解, 然后在坐标轴上建立平衡方程进行解答。

4. (6分) 如图, 边长为 l 的正方形 $abcd$ 内存在匀强磁场, 磁感应强度大小为 B 、方向垂直于纸面 ($abcd$ 所在平面) 向外。 ab 边中点有一电子发射源 O , 可向磁场内沿垂直于 ab 边的方向发射电子。已知电子的比荷为 k 。则从 a 、 d 两点射出的电子的速度大小分别为 ()



- A. $\frac{1}{4}kBl, \frac{\sqrt{5}}{4}kBl$ B. $\frac{1}{4}kBl, \frac{5}{4}kBl$
 C. $\frac{1}{2}kBl, \frac{\sqrt{5}}{4}kBl$ D. $\frac{1}{2}kBl, \frac{5}{4}kBl$

【分析】画出电子运动轨迹，根据几何关系求解半径，根据洛伦兹力提供向心力可得速度大小。

【解答】解：从 a 点和 d 点射出的电子运动轨迹如图所示，根据几何关系可得： $R_a = \frac{1}{4}l$,

根据洛伦兹力提供向心力可得： $qv_a B = m \frac{v_a^2}{R_a}$

解得： $v_a = \frac{1}{4}kBl$;

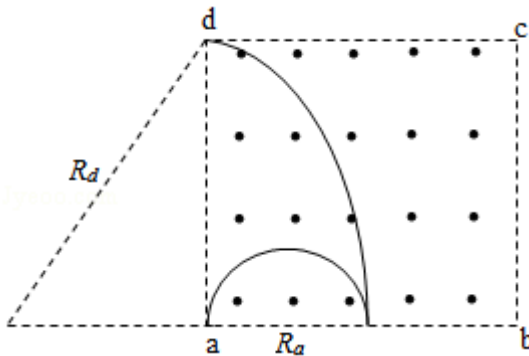
对于从 d 点射出的电子，根据几何关系可得： $R_d^2 = l^2 + (R_d - \frac{1}{2}l)^2$

解得： $R_d = \frac{5l}{4}$

根据洛伦兹力提供向心力可得： $qv_d B = m \frac{v_d^2}{R_d}$

解得： $v_d = \frac{5}{4}kBl$ ；故 B 正确，ACD 错误。

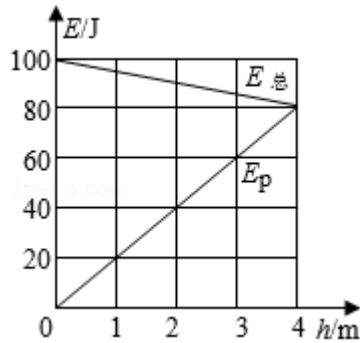
故选：B。



【点评】对于带电粒子在磁场中的运动情况分析，一般是确定圆心位置，根据几何关系求半径，结合洛伦兹力提供向心力求解未知量。

5. (6分) 从地面竖直向上抛出一物体，其机械能 $E_{\text{总}}$ 等于动能 E_k 与重力势能 E_p 之和。取地面为重力势能零点，该物体的 $E_{\text{总}}$ 和 E_p 随它离开地面的高度 h 的变化如图所示。重力

加速度取 10m/s^2 。由图中数据可得 ()



- A. 物体的质量为 2kg
- B. $h=0$ 时, 物体的速率为 20m/s
- C. $h=2\text{m}$ 时, 物体的动能 $E_k=40\text{J}$
- D. 从地面至 $h=4\text{m}$, 物体的动能减少 100J

【分析】根据 $h=4\text{m}$ 时的 E_p 值和 $E_p=mgh$ 求出物体的质量。根据 $h=0$ 时的动能求物体的速率。 $h=2\text{m}$ 时, 物体的动能为 $E_k=E_{\text{总}}-E_p$ 。根据动能与机械能、重力势能的关系求物体的动能减少量。

【解答】解: A、由图知, $h=4\text{m}$ 时 $E_p=80\text{J}$, 由 $E_p=mgh$ 得 $m=2\text{kg}$, 故 A 正确。

B、 $h=0$ 时, $E_p=0$, $E_{\text{总}}=100\text{J}$, 则物体的动能为 $E_k=E_{\text{总}}-E_p=100\text{J}$, 由 $E_k=\frac{1}{2}mv_0^2$, 得 $v_0=10\text{m/s}$, 故 B 错误。

C、 $h=2\text{m}$ 时, $E_p=40\text{J}$, $E_{\text{总}}=90\text{J}$, 则物体的动能为 $E_k=E_{\text{总}}-E_p=50\text{J}$, 故 C 错误。

D、从地面至 $h=4\text{m}$, 物体的机械能减少了 20J , 重力势能增加了 80J , 因此, 物体的动能减少 100J , 故 D 正确。

故选: AD。

【点评】解决本题的关键要从图象读取有效信息, 明确动能、重力势能和机械能的关系, 根据功能关系进行解答。

6. (6分) 如图 (a), 在跳台滑雪比赛中, 运动员在空中滑翔时身体的姿态会影响下落的速度和滑翔的距离。某运动员先后两次从同一跳台起跳, 每次都从离开跳台开始计时, 用 v 表示他在竖直方向的速度, 其 $v-t$ 图象如图 (b) 所示, t_1 和 t_2 是他落在倾斜雪道上的时刻。则 ()

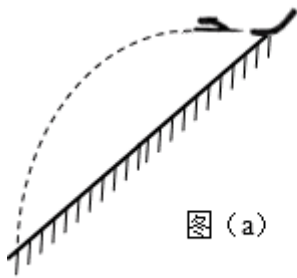


图 (a)

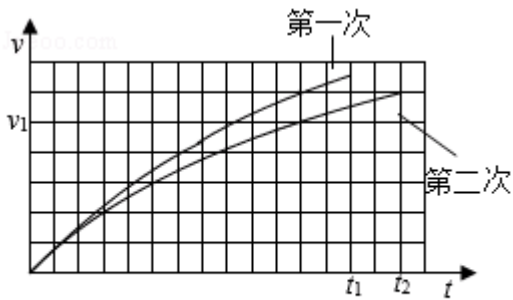


图 (b)

- A. 第二次滑翔过程中在竖直方向上的位移比第一次的小
- B. 第二次滑翔过程中在水平方向上的位移比第一次的大
- C. 第二次滑翔过程中在竖直方向上的平均加速度比第一次的大
- D. 竖直方向速度大小为 v_1 时，第二次滑翔在竖直方向上所受阻力比第一次的大

【分析】 $v-t$ 图象中，图象与时间轴所围图形的面积表示位移，图象上某点的切线的斜率表示该时刻加速度的大小，结合牛顿第二定律分析求解。

【解答】解：A、根据图象与时间轴所围图形的面积表示竖直方向上位移的大小可知，第二次滑翔过程中的位移比第一次的位移大，故 A 错误；

B、运动员两次从同一跳台起跳，则运动员离开跳台时水平方向的速度大小相等，故离开跳台做平抛运动，水平方向的位移由运动时间决定，由图象知，第二次的运动时间大于第一次运动的时间，所以第二次滑翔过程中在水平方向上的位移比第一次的大，故 B 正确；

C、由图象知，第二次滑翔时的竖直方向末速度小，运动时间长，据加速度的定义式可知其平均加速度小，故 C 错误；

D、当竖直方向速度大小为 v_1 时，第一次滑翔时图象的斜率大于第二次滑翔时图象的斜率，而图象的斜率表示加速度的大小，故第一次滑翔时速度达到 v_1 时加速度大于第二次时的加速度，据 $mg - f = ma$ 可得阻力大的加速度小，故第二次滑翔时的加速度小，故其所受阻力大，故 D 正确。

故选：BD。

【点评】读懂 $v-t$ 图象，知道 $v-t$ 图象中加速度与位移的表示方法是正确解题的关键。

7. (6分) 静电场中，一带电粒子仅在电场力的作用下自 M 点由静止开始运动，N 为粒子运动轨迹上的另外一点，则 ()

- A. 运动过程中，粒子的速度大小可能先增大后减小
- B. 在 M、N 两点间，粒子的轨迹一定与某条电场线重合
- C. 粒子在 M 点的电势能不低于其在 N 点的电势能
- D. 粒子在 N 点所受电场力的方向一定与粒子轨迹在该点的切线平行

【分析】电场线是一种理想化的物理模型，不是带电粒子的运动轨迹；电场力做正功时，电势能减小；曲线运动的条件是物体受到的合力的方向与运动方向不在同一条直线上。

【解答】解：A、由于电场的特点未知，对于带电粒子，其运动过程中，粒子的速度大小可能先增大后减小。故 A 正确；

B、带电粒子在只受电场力，且电场线是直线时运动轨迹才与电场线重合，由于该电场未知，所以粒子的轨迹不一定与某条电场线重合。故 B 错误；

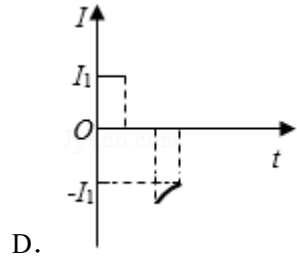
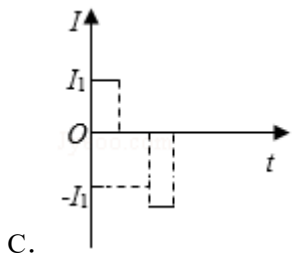
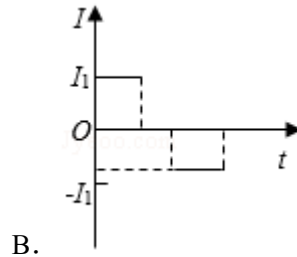
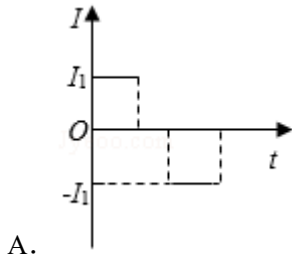
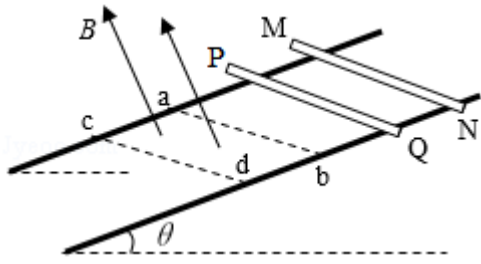
C、粒子从静止开始运动，电场力一定做正功，所以粒子在 M 点的电势能不低于其在 N 点的电势能。故 C 正确；

D、若粒子运动的轨迹为曲线，粒子在 N 点所受电场力的方向为电场线的切线方向，粒子轨迹的切线方向为速度的方向，根据曲线运动的条件可知，此时电场力的方向与速度的方向一定不能平行。故 D 错误

故选：AC。

【点评】该题考查对电场线的理解以及带电粒子在电场中运动的特点，要注意电场线的特点：电场线疏密表示场强大小，切线方向表示场强的方向，电场线不是带电粒子的运动轨迹。

8. (6分) 如图，两条光滑平行金属导轨固定，所在平面与水平面夹角为 θ ，导轨电阻忽略不计。虚线 ab、cd 均与导轨垂直，在 ab 与 cd 之间的区域存在垂直于导轨所在平面的匀强磁场。将两根相同的导体棒 PQ、MN 先后自导轨上同一位置由静止释放，两者始终与导轨垂直且接触良好。已知 PQ 进入磁场时加速度恰好为零。从 PQ 进入磁场开始计时，到 MN 离开磁场区域为止，流过 PQ 的电流随时间变化的图象可能正确的是 ()



【分析】 根据导体棒切割磁感应线产生的感应电动势计算公式求解感应电流大小与速度的关系，根据 PQ 和 MN 进入磁场的先后顺序判断电流的变化，根据右手定则判断电流方向。

【解答】 解：设 PQ 进入磁场匀速运动的速度为 v ，匀强磁场的磁感应强度为 B ，导轨宽度为 L ，两根导体棒的总电阻为 R ；

根据法拉第电磁感应定律和闭合电路的欧姆定律可得 PQ 进入磁场时电流 $I_0 = \frac{BLv}{R}$ 保持

不变，根据右手定则可知电流方向 $Q \rightarrow P$ ；

如果 PQ 离开磁场时 MN 还没有进入磁场，此时电流为零；当 MN 进入磁场时也是匀速运动，通过 PQ 的感应电流大小不变，方向相反；

如果 PQ 没有离开磁场时 MN 已经进入磁场，此时电流为零，当 PQ 离开磁场时 MN 的速度大于 v ，安培力大于重力沿斜面向下的分力，电流逐渐减小，通过 PQ 的感应电流方向相反；

故 AD 正确、BC 错误。

故选：AD。

【点评】 对于电磁感应现象中的图象问题，经常是根据楞次定律或右手定则判断电流方

向，根据法拉第电磁感应定律和闭合电路的欧姆定律求解感应电流随时间变化关系。

二、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 13~16 题为选考题，考生根据要求作答。（一）必考题：共 47 分。

9. (5 分) 如图 (a)，某同学设计了测量铁块与木板间动摩擦因数的实验。所用器材有：铁架台、长木板、铁块、米尺、电磁打点计时器、频率 50Hz 的交流电源、纸带等。回答下列问题：

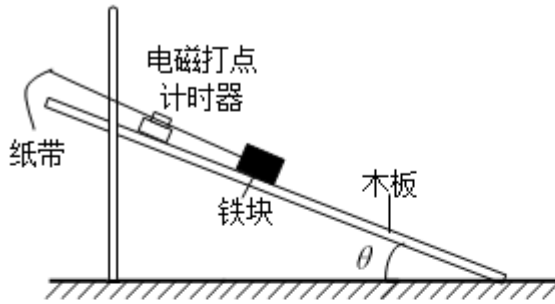


图 (a)

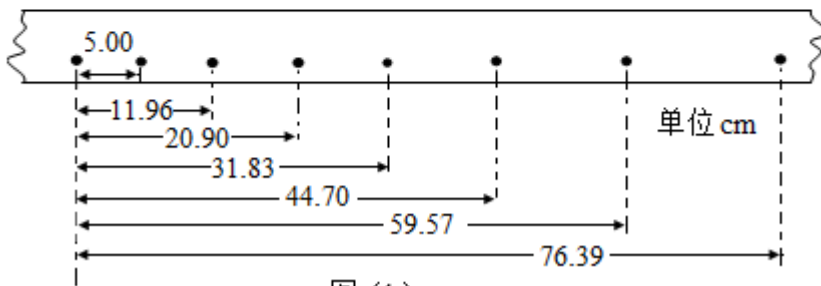


图 (b)

(1) 铁块与木板间动摩擦因数 $\mu = \frac{g \sin \theta - a}{g \cos \theta}$ (用木板与水平面的夹角 θ 、重力加速度 g 和铁块下滑的加速度 a 表示)。

(2) 某次实验时，调整木板与水平面的夹角使 $\theta = 30^\circ$ 。接通电源，开启打点计时器，释放铁块，铁块从静止开始沿木板滑下。多次重复后选择点迹清晰的一条纸带，如图 (b) 所示。图中的点为计数点 (每两个相邻的计数点间还有 4 个点未画出)。重力加速度为 9.80 m/s^2 。可以计算出铁块与木板间的动摩擦因数为 0.35 (结果保留 2 位小数)。

【分析】 (1) 根据牛顿第二定律可求得动摩擦因数的表达式；

(2) 由逐差法可求得加速度的大小，再得出动摩擦因数的大小。

【解答】 解：(1) 由牛顿第二定律可得：

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

$$\mu = \frac{g \sin \theta - a}{g \cos \theta},$$

(2) 每相邻两计数点间还有 4 个打点，说明相邻的计数点时间间隔为 0.1s。

利用匀变速直线运动的推论 $\Delta x=at^2$ ，即逐差法可以求物体的加速度大小：

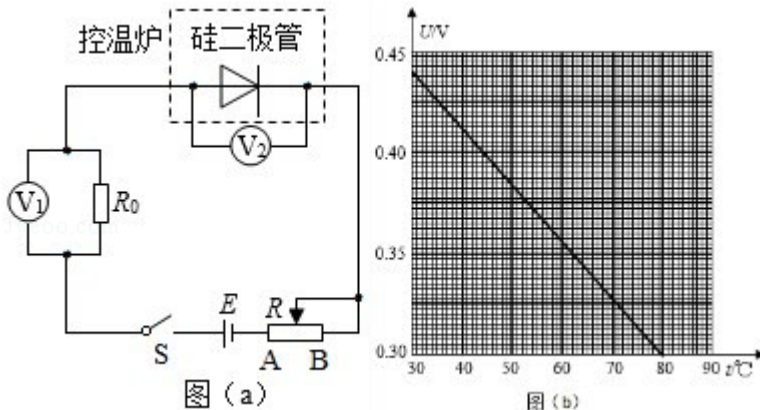
$$a = \frac{(0.7639 - 0.3183) - (0.3183 - 0.05)}{(3 \times 0.1)^2} = 1.97 \text{ m/s}^2,$$

代入 $\mu = \frac{g \sin \theta - a}{g \cos \theta}$ 得铁块与木板间的动摩擦因数为 0.35。

故答案为： $\frac{g \sin \theta - a}{g \cos \theta}$ ，0.35

【点评】 本题通过牛顿第二定律得出动摩擦因数的表达式，从而确定要测量的物理量。要先确定实验的原理，然后依据实验的原理解答即可。

10. (10 分) 某小组利用图 (a) 所示的电路，研究硅二极管在恒定电流条件下的正向电压 U 与温度 t 的关系，图中 \textcircled{V}_1 和 \textcircled{V}_2 为理想电压表， R 为滑动变阻器， R_0 为定值电阻（阻值 100Ω ）； S 为开关， E 为电源。实验中二极管置于控温炉内，控温炉内的温度 t 由温度计（图中未画出）测出。图 (b) 是该小组在恒定电流为 $50.0\mu\text{A}$ 时得到的某硅二极管 $U-t$ 关系曲线。回答下列问题：



(1) 实验中，为保证流过二极管的电流为 $50.0\mu\text{A}$ ，应调节滑动变阻器 R ，使电压表 \textcircled{V}_1 的示数为 $U_1 = \underline{5.00} \text{ mV}$ ；根据图 (b) 可知，当控温炉内的温度 t 升高时，硅二极管正向电阻 变小（填“变大”或“变小”），电压表 \textcircled{V}_1 示数 增大（填“增大”或“减小”），此时应将 R 的滑片向 B（填“A”或“B”）端移动，以使 \textcircled{V}_1 示数仍为 U_1 。

(2) 由图 (b) 可以看出 U 与 t 成线性关系。硅二极管可以作为测温传感器，该硅二极管的测温灵敏度为 $|\frac{\Delta U}{\Delta t}| = \underline{2.8} \times 10^{-3} \text{ V/}^\circ\text{C}$ （保留 2 位有效数字）。

【分析】 (1) 已知定值电阻阻值与电路电流，应用欧姆定律可以求出电压表的示数；分析图示图线可知当控温炉内的温度 t 升高时，硅二极管正向电阻如何变化；

根据二极管电阻变化应用闭合电路欧姆定律分析答题。

(2) 根据图示图线求出二极管的测温灵敏度。

【解答】解：(1) 电压表 V_1 测定值电阻 R_0 两端电压，其示数为： $U_1 = IR_0 = 50.0 \times 10^{-6} \times 100 = 5.00 \times 10^{-3} \text{V} = 5.00 \text{mV}$ ；

由图 (b) 所示图线可知，当控温炉内的温度 t 升高时，硅二极管正向电阻变小，由于二极管电阻减小，二极管分压减小，由串联电路特点可知，定值电阻分压变大，

电压表 V_1 示数增大，为保持电压表示数不变，应减小定值电阻分压增大滑动变阻器分压，滑动变阻器接入电路的阻值应增大，滑动变阻器滑片应向 B 端移动；

(2) 由图 (b) 所示图线可知，该硅二极管的测温灵敏度为： $|\frac{\Delta U}{\Delta t}| = \frac{0.44 - 0.30}{80 - 30} = 2.8 \times 10^{-3} \text{V}/\text{C}$ ；

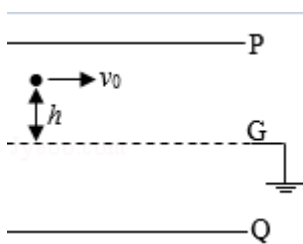
故答案为：(1) 5.00，变小，增大，B；(2) 2.8。

【点评】 本题考查了实验数据处理，根据题意分析清楚图 (a) 所示电路结构与图 (b) 所示图线是解题的前提与关键，应用欧姆定律、串联电路特点根据题意即可解题。

11. (12分) 如图，两金属板 P、Q 水平放置，间距为 d 。两金属板正中间有一水平放置的金属网 G，P、Q、G 的尺寸相同。G 接地，P、Q 的电势均为 φ ($\varphi > 0$)。质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子自 G 的左端上方距离 G 为 h 的位置，以速度 v_0 平行于纸面水平射入电场，重力忽略不计。

(1) 求粒子第一次穿过 G 时的动能，以及它从射入电场至此时在水平方向上的位移大小；

(2) 若粒子恰好从 G 的下方距离 G 也为 h 的位置离开电场，则金属板的长度最短应为多少？



【分析】(1) 根据电场强度与电势差的关系求解电场强度，根据动能定理求解动能；根据牛顿第二定律求解加速度，根据类平抛运动求解位移；

(2) 若粒子穿过 G 一次就从电场的右侧飞出，则金属板的长度最短，根据对称性求解金属板的长度。

【解答】解：(1) PG、QG 间的电场强度大小相等、方向相反，设为 E ，则有：

$$E = \frac{\Phi}{\frac{d}{2}} = \frac{2\Phi}{d},$$

设粒子第一次到达 G 时动能为 E_k ，根据动能定理可得：

$$qEh = E_k - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{解得： } E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{2qh\Phi}{d};$$

$$\text{粒子在 PG 间运动的加速度为： } a = \frac{qE}{m} = \frac{2q\Phi}{md}$$

$$\text{此过程中粒子运动时间为 } t, \text{ 则有： } h = \frac{1}{2}at^2$$

在水平方向上的位移大小为： $x = v_0t$ ；

$$\text{解得： } x = v_0\sqrt{\frac{mdh}{q\Phi}}$$

(2) 若粒子穿过 G 一次就从电场的右侧飞出，则金属板的长度最短，根据对称性可知，此时金属板的长度为：

$$L = 2x = 2v_0\sqrt{\frac{mdh}{q\Phi}}.$$

答：(1) 粒子第一次穿过 G 时的动能 $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{2qh\Phi}{d}$ ；它从射入电场至此时在水平方向上的位移大小为 $v_0\sqrt{\frac{mdh}{q\Phi}}$ ；

(2) 若粒子恰好从 G 的下方距离 G 也为 h 的位置离开电场，则金属板的长度最短应为 $2v_0\sqrt{\frac{mdh}{q\Phi}}$ 。

【点评】有关带电粒子在匀强电场中的运动，可以从两条线索展开：其一，力和运动的关系。根据带电粒子受力情况，用牛顿第二定律求出加速度，结合运动学公式确定带电粒子的速度和位移等；其二，功和能的关系。根据电场力对带电粒子做功，引起带电粒子的能量发生变化，利用动能定理进行解答。

12. (20 分) 一质量为 $m=2000\text{kg}$ 的汽车以某一速度在平直公路上匀速行驶。行驶过程中，司机突然发现前方 100m 处有一警示牌，立即刹车。刹车过程中，汽车所受阻力大小随时间的变化可简化为图 (a) 中的图线。图 (a) 中， $0\sim t_1$ 时间段为从司机发现警示牌到采取措施的反应时间 (这段时间内汽车所受阻力已忽略，汽车仍保持匀速行驶)， $t_1=0.8\text{s}$ ； $t_1\sim t_2$ 时间段为刹车系统的启动时间， $t_2=1.3\text{s}$ ；从 t_2 时刻开始汽车的刹车系统稳定工作，直至汽车停止。已知从 t_2 时刻开始，汽车第 1s 内的位移为 24m，第 4s 内的位移为 1m。

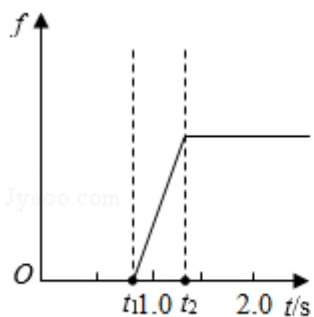


图 (a)

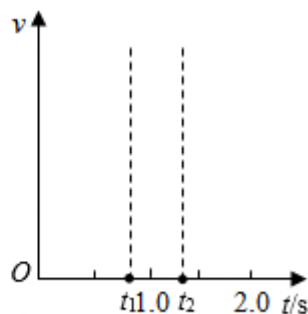


图 (b)

(1) 在图 (b) 中定性画出从司机发现警示牌到刹车系统稳定工作后汽车运动的 $v-t$ 图线;

(2) 求 t_2 时刻汽车的速度大小及此后的加速度大小;

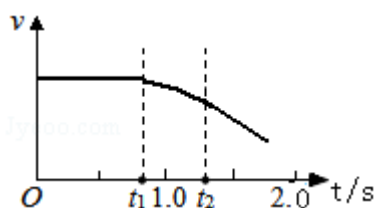
(3) 求刹车前汽车匀速行驶时的速度大小及 $t_1 \sim t_2$ 时间内汽车克服阻力做的功; 从司机发现警示牌到汽车停止, 汽车行驶的距离约为多少 (以 $t_1 \sim t_2$ 时间段始末速度的算术平均值替代这段时间内汽车的平均速度)?

【分析】(1) 根据运动情况画出速度图象;

(2) 若汽车在 $t_2+3\Delta t \sim t_2+4\Delta t$ 时间未停止, 根据运动学公式求解速度, 再判断运动情况; 由于在 $t_2+3\Delta t \sim t_2+4\Delta t$ 时间汽车停止, 根据运动学公式列方程求解;

(3) 根据牛顿第二定律求解阻力, 根据动量定理、动能定理列方程求解汽车克服阻力做的功和速度大小, 根据位移时间关系求解从司机发出警示牌到汽车停止, 汽车行驶的距离。

【解答】解: (1) $v-t$ 图象如图所示;



(2) 设刹车前汽车匀速行驶的速度大小为 v_1 , 则 t_1 时刻的速度也为 v_1 , t_2 时刻的速度为 v_2 , 在 t_2 时刻以后汽车做匀减速运动, 设其加速度大小为 a , 取 $\Delta t=1s$, 设汽车在 $t_2+(n-1)\Delta t \sim t_2+n\Delta t$ 内的位移为 s_n , $n=1, 2, 3, \dots$ 。

若汽车在 $t_2+3\Delta t \sim t_2+4\Delta t$ 时间内未停止, 设它在 $t_2+3\Delta t$ 时刻的速度为 v_3 , 在 $t_2+4\Delta t$ 时刻的速度为 v_4 , 根据运动学公式有:

$$s_1 - s_4 = 3a (\Delta t)^2 \text{ ①}$$

$$s_1 = v_2 \Delta t - \frac{1}{2} a (\Delta t)^2 \text{ ②}$$

$$v_4 = v_2 - 4a\Delta t \quad (3)$$

联立①②③式，代入数据解得： $v_4 = -\frac{17}{6}\text{m/s}$ (4)

这说明在 $t_2+4\Delta t$ 时刻前，汽车已经停止。因此，①式子不成立；

由于在 $t_2+3\Delta t \sim t_2+4\Delta t$ 时间内汽车停止，根据运动学公式可得：

$$v_3 = v_2 - 3a\Delta t \quad (5)$$

$$2as_4 = v_3^2 \quad (6)$$

联立②⑤⑥式，代入数据解得 $a = 8\text{m/s}^2$ ， $v_2 = 28\text{m/s}$ (7)

或者 $a = \frac{288}{25}\text{m/s}^2$ ， $v_2 = 29.76\text{m/s}$ (8)

但⑧式子情境下， $v_3 < 0$ ，不合题意，舍去；

(3) 设汽车的刹车系统稳定工作时，汽车所受阻力大小为 f_1 ，根据牛顿第二定律可得：

$$f_1 = ma \quad (9)$$

在 $t_1 \sim t_2$ 时间内，阻力对汽车冲量的大小为 $I = \frac{1}{2} f_1 (t_2 - t_1)$ (10)

根据动量定理可得： $I = mv_1 - mv_2$ (11)

根据动能定理，在 $t_1 \sim t_2$ 时间内，汽车克服阻力做的功为 $W = \frac{1}{2} mv_1^2 - \frac{1}{2} mv_2^2$ (12)

联立⑦⑨⑩⑪⑫式，代入数据可得：

$$v_1 = 30\text{m/s}, \quad (13)$$

$$W = 1.16 \times 10^5 \text{J}; \quad (14)$$

从司机发出警示牌到汽车停止，汽车行驶的距离 s 约为：

$$s = v_1 t_1 + \frac{1}{2} (v_1 + v_2) (t_2 - t_1) + \frac{v_2^2}{2a} \quad (15)$$

联立⑦⑬⑮，代入数据解得 $s = 87.5\text{m}$ 。 (16)

答：(1) 从司机发现警示牌到刹车系统稳定工作后汽车运动的 $v-t$ 图线如图所示。

(2) t_2 时刻汽车的速度大小 28m/s ，此后的加速度大小为 8m/s^2 ；

(3) 刹车前汽车匀速行驶时的速度大小为 30m/s ， $t_1 \sim t_2$ 时间内汽车克服阻力做的功为 $1.16 \times 10^5 \text{J}$ ；从司机发现警示牌到汽车停止，汽车行驶的距离约为 87.5m 。

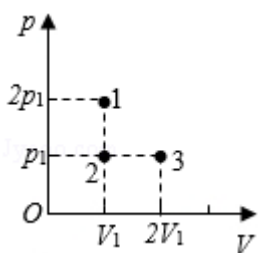
【点评】 本题考查了动能定理、动量定理、牛顿第二定律的综合应用等问题，涉及的物理过程比较复杂，弄清楚运动情况和受力情况是关键；

注意汽车速度减为零后不再运动，所以解答此类问题的一般方法是先判断速度减为零的

时间，判断给定的时间内汽车是否已经静止，再选用合适的公式进行解答。

(二) 选考题：共 15 分。请考生从 2 道物理题中任选一题作答。如果多做，则按所做的第一题计分。[物理-选修 3-3] (15 分)

13. (5 分) 如 $p-V$ 图所示，1、2、3 三个点代表某容器中一定量理想气体的三个不同状态，对应的温度分别是 T_1 、 T_2 、 T_3 。用 N_1 、 N_2 、 N_3 分别表示这三个状态下气体分子在单位时间内撞击容器壁上单位面积的平均次数，则 N_1 大于 N_2 ， T_1 等于 T_3 ， N_2 大于 N_3 。(填“大于”“小于”或“等于”)



【分析】 单位时间内气体分子对单位器壁上的压力是气体的压强，根据图示图线求出各状态气体的压强与体积，然后应用理想气体状态方程分析答题。

【解答】 解：由 $pV=nRT$ 得：
$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2},$$

由图示图线可知，在状态 1 气体压强大于状态 2 气体压强，两状态下气体体积相等；

即： $V_{\text{状态}1} = V_{\text{状态}2}$ ， $p_{\text{状态}1} = 2p_{\text{状态}2}$ ，

故 $\frac{p_{\text{状态}1}}{T_1} = \frac{p_{\text{状态}2}}{T_2}$ ，解得： $T_1 = 2T_2$ ，即 $T_1 > T_2$ ，

由于分子密度相同，温度高，分子单位时间内撞击器壁单位面积的分子数就多，故 $N_1 > N_2$ ；

由于 $p_{\text{状态}1} V_{\text{状态}1} = p_{\text{状态}3} V_{\text{状态}3}$ ；故 $T_1 = T_3$ ；

则 $T_3 > T_2$ ，又 $p_2 = p_3$ ，

状态 2 气体分子密度大，分子运动缓慢，单个分子平均作用力小，状态 3 气体分子密度小，分子运动剧烈，单个分子平均作用力大。故在状态 2 单位时间内撞击器壁单位面积的分子数大于状态 3 单位时间内撞击器壁单位面积的分子数，即 $N_2 > N_3$ ；

故答案为：大于；等于；大于。

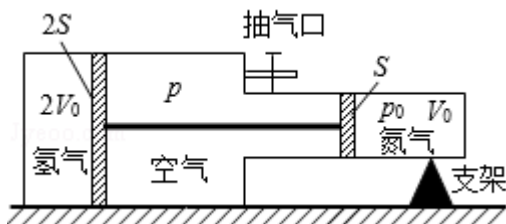
【点评】 本题考查了理想气体状态方程的应用，根据题意分析清楚图示气体状态变化过程求出各状态气体状态参量是解题的前提，掌握基础知识、应用理想气体状态方程即可

解题。

14. (10分) 如图，一容器由横截面积分别为 $2S$ 和 S 的两个汽缸连通而成，容器平放在水平地面上，汽缸内壁光滑。整个容器被通过刚性杆连接的两活塞分隔成三部分，分别充有氢气、空气和氮气。平衡时，氮气的压强和体积分别为 p_0 和 V_0 ，氢气的体积为 $2V_0$ ，空气的压强为 p 。现缓慢地将中部的空气全部抽出，抽气过程中氢气和氮气的温度保持不变，活塞没有到达两汽缸的连接处，求

(i) 抽气前氢气的压强；

(ii) 抽气后氢气的压强和体积。



【分析】 (i) 对两活塞应用平衡条件可以求出抽气前氢气的压强。

(ii) 气体温度保持不变，根据题意求出气体的状态参量，应用玻意耳定律可以求出抽气后氢气的压强和体积。

【解答】 解：(i) 抽气前活塞静止处于平衡状态，

对活塞，由平衡条件得： $(p_{\text{氢}} - p) \cdot 2S = (p_0 - p) S$ ，

解得，氢气的压强： $p_{\text{氢}} = \frac{1}{2} (p_0 + p)$ ；

(ii) 设抽气后氢气的压强与体积分别为 p_1 、 V_1 ，氮气的压强和体积分别为 p_2 、 V_2 ，

对活塞，由平衡条件得： $p_2 S = p_1 \cdot 2S$ ，

气体发生等温变化，由玻意耳定律得：

$$p_1 V_1 = p_{\text{氢}} \cdot 2V_0$$

$$p_2 V_2 = p_0 V_0$$

由于两活塞用刚性杆连接，由几何关系得：

$$V_1 - 2V_0 = 2(V_0 - V_2)$$

$$\text{解得： } p_1 = \frac{1}{2} p_0 + \frac{1}{4} p$$

$$V_1 = \frac{4(p_0 + p)V_0}{2p_0 + p}$$

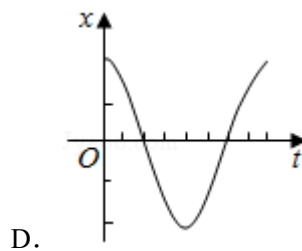
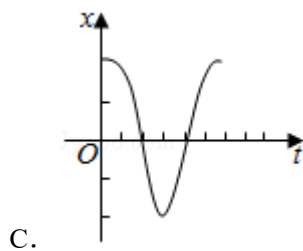
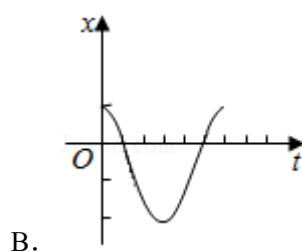
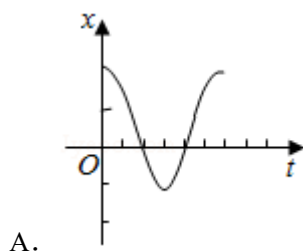
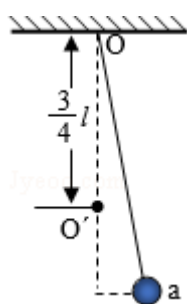
答：(i) 抽气前氢气的压强为 $\frac{1}{2}(p_0+p)$ ；

(ii) 抽气后氢气的压强为 $\frac{1}{2}p_0 + \frac{1}{4}p$ ，体积为 $\frac{4(p_0+p)V_0}{2p_0+p}$ 。

【点评】 本题为理想气体状态变化中的等温变化，但是涉及初态平衡和末态平衡，受力分析时力的数量较多，特别是选择对活塞整体为研究对象的受力分析容易漏掉力，如果每个活塞都受力分析，问题会更加麻烦，容易出错。

[物理-选修 3-4] (15 分)

15. 如图，长为 l 的细绳下方悬挂一小球 a，绳的另一端固定在天花板上 O 点处，在 O 点正下方 $\frac{3}{4}l$ 的 O' 处有一固定细铁钉。将小球向右拉开，使细绳与竖直方向成一小角度（约为 2° ）后由静止释放，并从释放时开始计时。当小球 a 摆至最低位置时，细绳会受到铁钉的阻挡。设小球相对于其平衡位置的水平位移为 x ，向右为正。下列图象中，能描述小球在开始一个周期内的 $x-t$ 关系的是（ ）



【分析】 分析摆长的变化，根据周期公式确定运动时间的变化。

根据位移的大小和正负分析一个周期内的位移随时间变化的图线。

【解答】解：小球属于单摆模型，从右向左运动到平衡位置的过程，相当于运动第一个 $\frac{1}{4}$

个周期，根据周期公式可知， $t = \frac{1}{4} \times 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{l}{g}}$ ，从平衡位置向左运动的过程中，

相当于运动了第二个 $\frac{1}{4}$ 周期， $t' = \frac{1}{4} \times 2\pi\sqrt{\frac{\frac{1}{4}l}{g}} = \frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{l}{g}}$ ，由此可知，第一个 $\frac{1}{4}$ 个周期的

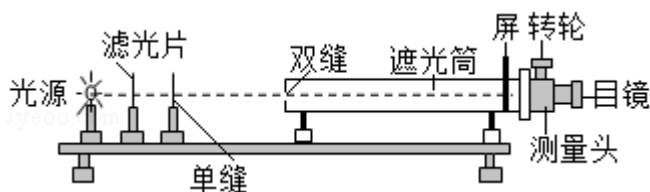
的时间长，第二个 $\frac{1}{4}$ 个周期的时间短，结合位移来分析，第一个 $\frac{1}{4}$ 个周期的位移大，第

二个 $\frac{1}{4}$ 个周期的位移小，故 A 正确，BCD 错误。

故选：A。

【点评】本题考查了单摆的周期公式，解题的关键是灵活运用周期公式，当碰到铁钉后，摆长变短，周期变短。

16. 某同学利用图示装置测量某种单色光的波长。实验时，接通电源使光源正常发光，调整光路，使得从目镜中可以观察到干涉条纹。回答下列问题：



(i) 若想增加从目镜中观察到的条纹个数，该同学可 B；

- A. 将单缝向双缝靠近
- B. 将屏向靠近双缝的方向移动
- C. 将屏向远离双缝的方向移动
- D. 使用间距更小的双缝

(ii) 若双缝的间距为 d ，屏与双缝间的距离为 l ，测得第 1 条暗条纹到第 n 条暗条纹之间的距离为 Δx ，则单色光的波长 $\lambda = \frac{\Delta x \cdot d}{(n-1)l}$ ；

(iii) 某次测量时，选用的双缝的间距为 0.300mm ，测得屏与双缝间的距离为 1.20m ，第 1 条暗条纹到第 4 条暗条纹之间的距离为 7.56mm 。则所测单色光波长为 630 nm (结果保留 3 位有效数字)。

【分析】(1) 根据双缝干涉条纹间距公式： $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ 分析答题；

(2) 根据双缝干涉条纹间距公式： $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ 分析即可求出；

(3) 将数据代入公式： $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ ，求出该色光的波长；

【解答】解：(1) 增加从目镜中观察到的条纹个数，则条纹的宽度减小，根据相邻亮条纹间的距离为 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ ，为减小相邻亮条纹（暗条纹）间的宽度，可增大双缝间距离或减小双缝到屏的距离；故 B 正确，ACD 错误

故选：B；

(2) 第 1 条暗条纹到第 n 条暗条纹之间的距离为 Δx ，则两个相邻明纹（或暗纹）间的距离 $\Delta x' = \frac{\Delta x}{n-1}$

则单色光的波长 $\lambda = \frac{\Delta x \cdot d}{(n-1)l}$

(3) 将双缝的间距为 0.300mm，测得屏与双缝间的距离为 1.20m，以及 n=4 代入公式可得： $\lambda = 6.3 \times 10^{-7} \text{m} = 630 \text{nm}$ ；

故答案为：(1) B；

(2) $\frac{\Delta x \cdot d}{(n-1)l}$ ；

(3) 630

【点评】本题考查了实验装置、条纹间距公式的应用，知道双缝干涉实验的原理；要掌握干涉条纹的间距公式 $\frac{L}{d}\lambda$ 。