

量为 m ，行星的轨道半径为 r ，根据牛顿第二定律有：

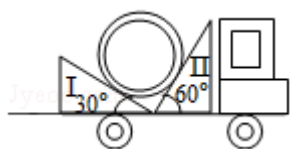
$$G \frac{Mm}{r^2} = ma = m \frac{v^2}{r}$$

可得向心加速度为 $a = G \frac{M}{r^2}$ ，线速度为 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，由题意有 $R_{\text{金}} < R_{\text{地}} < R_{\text{火}}$ ，所以有 $a_{\text{金}} > a_{\text{地}} > a_{\text{火}}$ ， $v_{\text{金}} > v_{\text{地}} > v_{\text{火}}$ ，故 A 正确，BCD 错误。

故选：A。

【点评】对于天体的运动，一般的分析思路要掌握：万有引力提供向心力；明确万有引力的表达式，会由向心力等于万有引力分析周期、线速度与半径的大小关系。

3. (6分) 用卡车运输质量为 m 的匀质圆筒状工件，为使工件保持固定，将其置于两光滑斜面之间，如图所示。两斜面 I、II 固定在车上，倾角分别为 30° 和 60° 。重力加速度为 g 。当卡车沿平直公路匀速行驶时，圆筒对斜面 I、II 压力的大小分别为 F_1 、 F_2 ，则 ()



A. $F_1 = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$, $F_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$

B. $F_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$, $F_2 = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$

C. $F_1 = \frac{1}{2}mg$, $F_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$

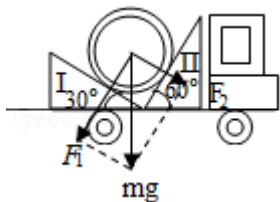
D. $F_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$, $F_2 = \frac{1}{2}mg$

【分析】将重力进行分解，根据几何关系求解圆筒对斜面 I、II 压力的大小。

【解答】解：将重力进行分解如图所示，根据几何关系可得 $F_1 = mg \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$ ，

$F_2 = mg \sin 30^\circ = \frac{1}{2}mg$ ，故 D 正确，ABC 错误。

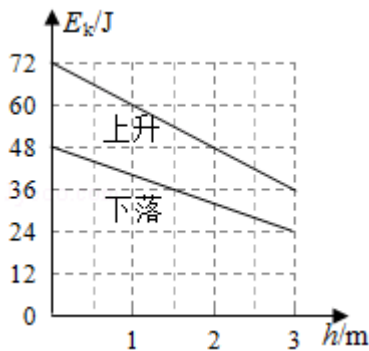
故选：D。



【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) 从地面竖直向上抛出一物体，物体在运动过程中除受到重力外，还受到一大小不

变、方向始终与运动方向相反的外力作用。距地面高度 h 在 3m 以内时，物体上升、下落过程中动能 E_k 随 h 的变化如图所示。重力加速度取 10m/s^2 。该物体的质量为（ ）



- A. 2kg B. 1.5kg C. 1kg D. 0.5kg

【分析】根据动能定理得到图象的斜率表示的物理量，再根据牛顿第二定律列方程求解质量。

【解答】解：根据动能定理可得： $m\Delta h = \Delta E_k$ ，解得斜率的大小为 $ma = \frac{\Delta E_k}{\Delta h}$ ；

$$\text{上升过程中：} ma_1 = \frac{\Delta E_{k1}}{\Delta h_1} = \frac{72-36}{3} \text{N} = 12\text{N}$$

$$\text{下落过程中：} ma_2 = \frac{\Delta E_{k2}}{\Delta h_2} = \frac{48-24}{3} \text{N} = 8\text{N}$$

设与运动方向相反的外力为 F ，根据牛顿第二定律可得：

$$\text{上升过程中：} mg + F = ma_1,$$

$$\text{下落过程中：} mg - F = ma_2,$$

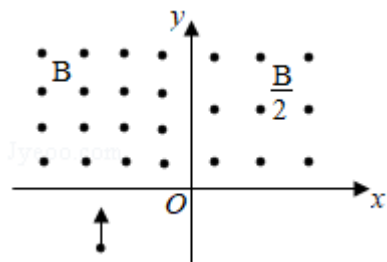
联立解得： $m = 1\text{kg}$ 。

故 C 正确，ABD 错误。

故选：C。

【点评】对于图象问题，关键是能够根据已知的公式、定律等推导出横坐标和纵坐标的关系式，分析斜率的变化，然后作出正确的判断。

5. (6分) 如图，在坐标系的第一和第二象限内存在磁感应强度大小分别为 $\frac{1}{2}B$ 和 B 、方向均垂直于纸面向外的匀强磁场。一质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子垂直于 x 轴射入第二象限，随后垂直于 y 轴进入第一象限，最后经过 x 轴离开第一象限。粒子在磁场中运动的时间为（ ）



- A. $\frac{5\pi m}{6qB}$ B. $\frac{7\pi m}{6qB}$ C. $\frac{11\pi m}{6qB}$ D. $\frac{13\pi m}{6qB}$

【分析】画出粒子在磁场中的运动轨迹，求出轨迹对应的圆心角，再根据周期公式求解时间。

【解答】解：粒子在磁场中的运动轨迹如图所示，

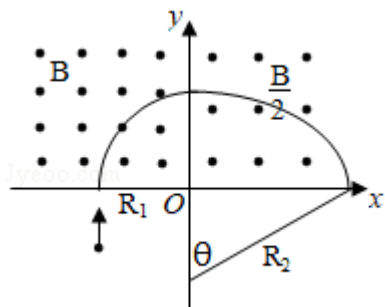
$$\text{则粒子在第二象限的运动时间为 } t_1 = \frac{1}{4} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi m}{2qB}$$

第一象限的磁感应强度为第二象限磁感应强度的一半，根据 $R = \frac{mv}{qB}$ 可知半径为原来的 2 倍，即 $R_2 = 2R_1$ ，

$$\text{根据几何关系可得 } \cos\theta = \frac{R_2 - R_1}{R_2} = \frac{1}{2}, \text{ 则 } \theta = 60^\circ, t_2 = \frac{1}{6} \times \frac{2\pi m}{q \frac{B}{2}} = \frac{2\pi m}{3qB}$$

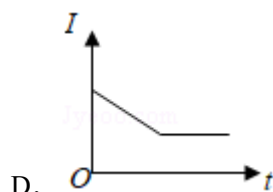
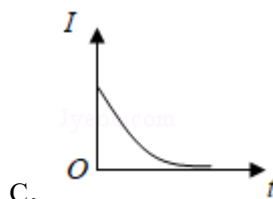
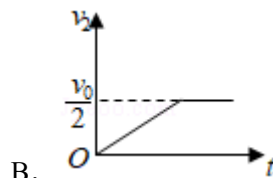
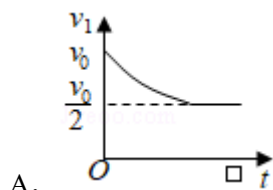
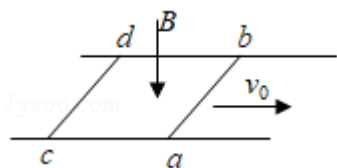
粒子在磁场中运动的时间为 $t = t_1 + t_2 = \frac{7\pi m}{6qB}$ ，故 B 正确，ACD 错误。

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；根据周期公式结合轨迹对应的圆心角求时间。

6. (6 分) 如图，方向竖直向下的匀强磁场中有两根位于同一水平面内的足够长的平行金属导轨，两相同的光滑导体棒 ab、cd 静止在导轨上。t=0 时，棒 ab 以初速度 v_0 向右滑动。运动过程中，ab、cd 始终与导轨垂直并接触良好，两者速度分别用 v_1 、 v_2 表示，回路中的电流用 I 表示。下列图象中可能正确的是 ()



【分析】根据动量守恒定律分析最终的速度大小，根据受力情况确定速度变化情况；根据导体棒切割磁感应线产生的感应电动势大小和闭合电路的欧姆定律分析电流强度的变化。

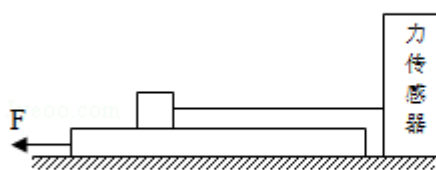
【解答】解：AB、金属棒滑动过程中，系统水平方向动量守恒，根据动量守恒定律可得： $mv_0 = 2mv$ ，则 $v = \frac{v_0}{2}$ ，所以 ab 的速度逐渐减小，cd 的速度逐渐增大，相对速度越来越小，最后为零，则安培力逐渐减小、加速度逐渐减小到零，故 A 正确、B 错误；

CD、设两根导体棒的总电阻为 R，由于 $I = \frac{BL(v_1 - v_2)}{R}$ ，二者的速度之差越来越小，最后速度之差为 0，则感应电流越来越小，最后为零，故 C 正确、D 错误。

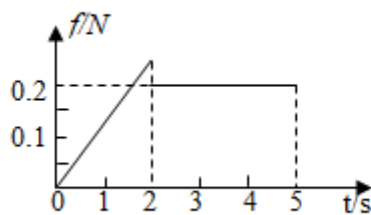
故选：AC。

【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，然后推导出纵坐标与横坐标的关系式，由此进行解答，这是电磁感应问题中常用的方法和思路。

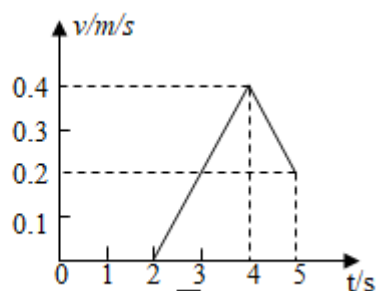
7. (6 分) 如图 (a)，物块和木板叠放在实验台上，物块用一不可伸长的细绳与固定在实验台上的力传感器相连，细绳水平。 $t = 0$ 时，木板开始受到水平外力 F 的作用，在 $t = 4\text{s}$ 时撤去外力。细绳对物块的拉力 f 随时间 t 变化的关系如图 (b) 所示，木板的速度 v 与时间 t 的关系如图 (c) 所示。木板与实验台之间的摩擦可以忽略。重力加速度取 10m/s^2 。由题给数据可以得出 ()



图a



图b



图c

- A. 木板的质量为 1kg
- B. 2s~4s 内，力 F 的大小为 0.4N
- C. 0~2s 内，力 F 的大小保持不变
- D. 物块与木板之间的动摩擦因数为 0.2

【分析】根据图象求出在 4s 后木板的加速度大小，根据牛顿第二定律求解木板的质量；2s~4s 内根据牛顿第二定律求解 F；根据平衡条件分析拉力的变化；物块的质量无法求出，物块与木板之间的动摩擦因数无法求解。

【解答】解：A、根据图象可知木块与木板之间的滑动摩擦力为 $f=0.2\text{N}$ ，在 4s 后撤去外力，此时木板在水平方向上只受到滑动摩擦力的作用，此时木板的加速度大小为 $a_2 = \frac{0.4-0.2}{5-4} = 0.2\text{m/s}^2$ ，根据牛顿第二定律可得 $f=ma_2$ ，解得木板的质量 $m=1\text{kg}$ ，故 A 正确；

B、2s~4s 内，木板的加速度 $a_1 = \frac{0.4}{4-2} \text{m/s}^2 = 0.2\text{m/s}^2$ ，根据牛顿第二定律可得 $F - f = ma_1$ ，解得力 $F=0.4\text{N}$ ，故 B 正确；

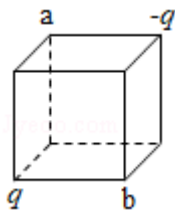
C、0~2s 内，整体受力平衡，拉力 F 的大小始终等于绳子的拉力，绳子的拉力增大，则力 F 增大，故 C 错误；

D、由于物块的质量无法求出，物块与木板之间的动摩擦因数无法求解，故 D 错误。

故选：AB。

【点评】对于牛顿第二定律的综合应用问题，关键是弄清楚物体的运动过程和受力情况，利用牛顿第二定律或运动学的计算公式求解加速度，再根据题目要求进行解答；知道加速度是联系静力学和运动学的桥梁。

8. (6 分) 如图，电荷量分别为 q 和 $-q$ ($q>0$) 的点电荷固定在正方体的两个顶点上，a、b 是正方体的另外两个顶点。则 ()



- A. a 点和 b 点的电势相等
- B. a 点和 b 点的电场强度大小相等
- C. a 点和 b 点的电场强度方向相同
- D. 将负电荷从 a 点移到 b 点，电势能增加

【分析】真空中两等量异号电荷叠加形成电场，根据等量异种电荷电场线以及等势面的性质即可确定 ab 两点的电势和场强关系；再根据电场线确定电场力做功情况，从而确定电势能的变化。

【解答】解：A、等量异号电荷形成的电场线和等势面如图所示；结合题图中对应的几何关系可知，a 靠近负电荷，而 b 靠近正电荷，则可知，a 点电势一定小于 b 点电势；故 A

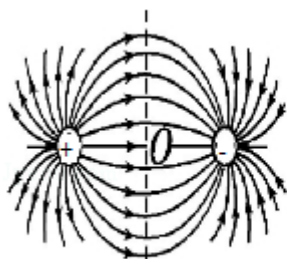


图1

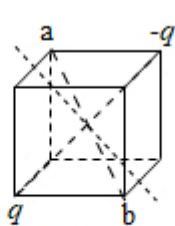


图2

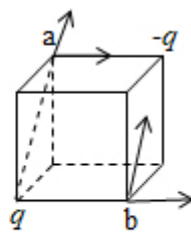


图3

错误；

B、ab 两点是两电荷单独在两点形成的电场强度的叠加，由图 3 可知，两点处的两分场强恰好相同，故合场强一定相同，故 BC 正确；

D、根据 A 中分析可知将负电荷从 a 点移到 b 点时，是从低点势移向高电势，因电荷带负电，故电势能减小，故 D 错误。

故选：BC。

【点评】本题考查等量异电电荷电场的分布情况，解题的关键在于明确立体几何关系的确定和应用，能想象出其对应的几何图象是解题的关键。

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）甲乙两位同学设计了利用数码相机的连拍功能测重力加速度的实验。实验中，甲同学负责释放金属小球，乙同学负责在小球自由下落的时候拍照。已知相机每间隔 0.1s

拍 1 幅照片。

(1) 若要从拍得的照片中获取必要的信息，在此实验中还必须使用的器材是 A。(填正确答案标号)

A. 米尺 B. 秒表 C. 光电门 D. 天平

(2) 简述你选择的器材在本实验中的使用方法。答： 将米尺竖直放置，使小球下落时尽量靠近米尺。

(3) 实验中两同学由连续 3 幅照片上小球的位置 a、b 和 c 得到 $ab = 24.5\text{cm}$ 、 $ac = 58.7\text{cm}$ ，则该地的重力加速度大小为 $g = \underline{9.7} \text{ m/s}^2$ 。(保留 2 位有效数字)

【分析】 根据实验的原理确定需要测量的物理量，从而确定所需的测量器材；根据匀变速直线运动的规律得出该地的重力加速度大小。

【解答】 解：(1) 若要从拍得的照片中获取必要的信息，在此实验中还必须使用的器材是米尺，所给器材测量距离，故 A 正确，BCD 错误。

故选：A。

(2) 选择的器材在本实验中的使用方法：将米尺竖直放置，使小球下落时尽量靠近米尺。

(3) 根据匀变速直线运动的规律得 $\Delta h = gT^2$ ，

该地的重力加速度大小为 $g = \frac{(0.587 - 0.245) - 0.245}{(0.1)^2} = 9.7 \text{ m/s}^2$ 。

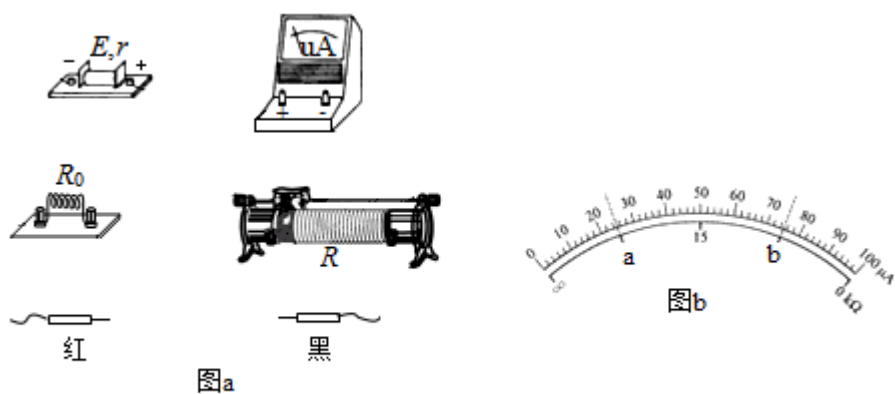
故答案为：(1) A；

(2) 将米尺竖直放置，使小球下落时尽量靠近米尺；

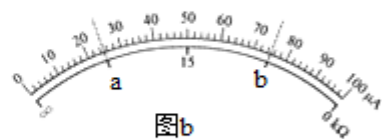
(3) 9.7。

【点评】 该题考查了匀变速直线运动规律以及推论的应用，在平时练习中要加强基本物理规律的理解与应用。

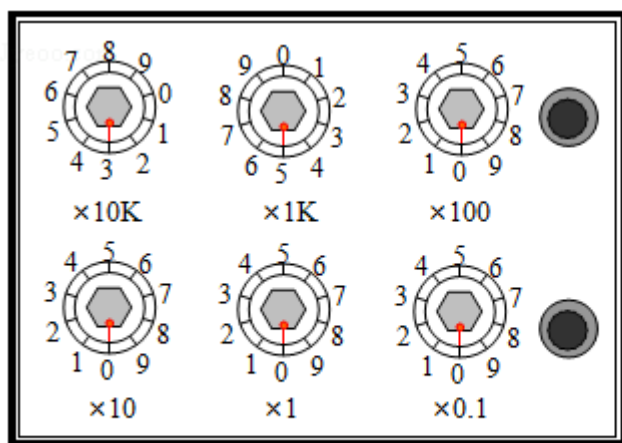
10. (10 分) 某同学欲将内阻为 98.5Ω 、量程为 $100\mu\text{A}$ 的电流表改装成欧姆表并进行刻度和校准，要求改装后欧姆表的 $15\text{k}\Omega$ 刻度正好对应电流表表盘的 $50\mu\text{A}$ 刻度。可选用的器材还有：定值电阻 R_0 (阻值 $14\text{k}\Omega$)，滑动变阻器 R_1 (最大阻值 1500Ω)，滑动变阻器 R_2 (最大阻值 500Ω)，电阻箱 ($0 \sim 99999.9\Omega$)，干电池 ($E = 1.5\text{V}$, $r = 1.5\Omega$)，红、黑表笔和导线若干。



图a



图b



图c

(1) 欧姆表设计

将图 (a) 中的实物连线组成欧姆表。欧姆表改装好后，滑动变阻器 R 接入电路的电阻应为 900 Ω ；滑动变阻器选 R_1 (填 “ R_1 ” 或 “ R_2 ”)。

(2) 刻度欧姆表表盘

通过计算，对整个表盘进行电阻刻度，如图 (b) 所示。表盘上 a、b 处的电流刻度分别为 25 和 75，则 a、b 处的电阻刻度分别为 45、5。

(3) 校准

红、黑表笔短接，调节滑动变阻器，使欧姆表指针指向 0 $k\Omega$ 处；将红、黑表笔与电阻箱连接，记录多组电阻箱接入电路的电阻值及欧姆表上对应的测量值，完成校准数据测量。若校准某刻度时，电阻箱旋钮位置如图 (c) 所示，则电阻箱接入的阻值为 35000.0 Ω 。

【分析】(1) 明确欧姆表的原理，从而确定内部结构；再根据闭合电路欧姆定律即可求出滑动变阻器接入阻值；

(2) 明确欧姆表的中值电阻，根据闭合电路欧姆定律和中值电阻的意义即可确定对应的刻度；

(3) 根据欧姆表使用前需要进行欧姆调零进行分析，同时明确电阻箱的读数方法。

【解答】解：(1) 将电源、电流表、定值电阻以及滑动变阻器串接即可组成欧姆表，故实物图如图所示；

根据闭合电路欧姆定律有：

$$50\mu\text{A} = \frac{E}{R_A + R + R_0 + R_1 + r}$$

解得： $R_1 = 900\Omega$ ；故滑动变阻器选择 R_1 ；

(2) 由 (1) 中解答可知，欧姆表的内阻即中值电阻 $R_{\text{中}} = 98.5 + 1.5 + 14000 + 900 = 15000\Omega$ ；

根据闭合电路欧姆定律有：

$$25\mu\text{A} = \frac{E}{R_{\text{中}} + R_a}$$

解得： $R_a = 45\text{k}\Omega$ ；

同理可知：

$$75\mu\text{A} = \frac{E}{R_{\text{中}} + R_b}$$

解得： $R_b = 5\text{k}\Omega$

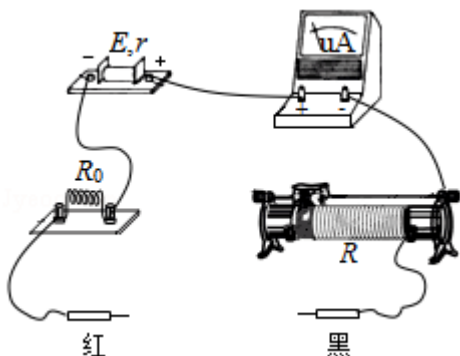
(3) 欧姆表在使用时应先将两表笔短接，使欧姆表指针指向满偏刻度，即 0Ω 处；

电阻箱的读数为： $3 \times 10\text{k} + 5 \times 1\text{k} + 0 \times 100 + 0 \times 10 + 0 \times 1 + 0 \times 0.1 = 35000.0\Omega$ 。

故答案为：(1) 900； R_1

(2) 45；5

(3) 0；35000.0



【点评】 本题考查多用电表中欧姆表的原理以及电路的改装，注意明确实物图的连接方法，同时能正确利用闭合电路欧姆定律进行分析，并能掌握欧姆表的正确使用方法。

11. (12 分) 空间存在一方向竖直向下的匀强电场，O、P 是电场中的两点。从 O 点沿水平方向以不同速度先后发射两个质量均为 m 的小球 A、B。A 不带电，B 的电荷量为 q ($q >$

0)。A 从 O 点发射时的速度大小为 v_0 ，到达 P 点所用时间为 t ；B 从 O 点到达 P 点所用时间为 $\frac{t}{2}$ 。重力加速度为 g ，求

(1) 电场强度的大小；

(2) B 运动到 P 点时的动能。

【分析】(1) 根据牛顿第二定律分析加速度，结合位移时间关系即可求出电场强度；

(2) 结合动能定理，位移时间关系、速度时间关系式进行分析，即可正确解答。

【解答】解：(1) 设电场强度的大小为 E ，小球 B 运动的加速度为 a 。根据牛顿定律、运动学公式和题给条件，有

$$mg + qE = ma$$

$$\frac{1}{2} a \left(\frac{t}{2} \right)^2 = \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{解得 } E = \frac{3mg}{q}$$

(2) 设 B 从 O 点发射时的速度为 v_1 ，到达 P 点时的动能为 E_k ，O、P 两点的高度差为 h ，根据动能定理有

$$E_k - \frac{1}{2} m v_1^2 = mgh + qEh$$

且有

$$v_1 \frac{t}{2} = v_0 t$$

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

联立各式得

$$E_k = 2m(v_0^2 + g^2 t^2)$$

答：(1) 电场强度的大小为 $\frac{3mg}{q}$ ；

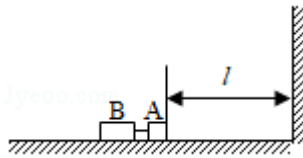
(2) B 运动到 P 点时的动能为 $E_k = 2m(v_0^2 + g^2 t^2)$ 。

【点评】本题的关键是正确的受力分析，通过受力分析判断物体的运动性质，理清物体的运动过程，正确的选择对应的物理规律列式进行分析。

12. (20 分) 静止在水平地面上的两小物块 A、B，质量分别为 $m_A = 1.0\text{kg}$ ， $m_B = 4.0\text{kg}$ ；两者之间有一被压缩的微型弹簧，A 与其右侧的竖直墙壁距离 $l = 1.0\text{m}$ ，如图所示。某时刻，将压缩的微型弹簧释放，使 A、B 瞬间分离，两物块获得的动能之和为 $E_k = 10.0\text{J}$ 。释放后，A 沿着与墙壁垂直的方向向右运动。A、B 与地面之间的动摩擦因数均为 $\mu = 0.20$ 。重

力加速度取 $g=10\text{m/s}^2$ 。A、B 运动过程中所涉及的碰撞均为弹性碰撞且碰撞时间极短。

- (1) 求弹簧释放后瞬间 A、B 速度的大小；
- (2) 物块 A、B 中的哪一个先停止？该物块刚停止时 A 与 B 之间的距离是多少？
- (3) A 和 B 都停止后，A 与 B 之间的距离是多少？



【分析】(1) A 与 B 分离的过程中二者的动量守恒，由动量守恒定律结合功能关系即可求出分离后的速度；

(2) 由动量定理即可分别求出停止的时间，由动量定理求出其中的一个停止运动时另一个的速度，由动能定理求出位移，由几何关系求出距离；

(3) 由动能定理求出位移，由几何关系求出距离。

【解答】解：(1) 设弹簧释放瞬间 A 和 B 的速度大小分别为 v_A 、 v_B ，以向右为正方向，由动量守恒定律和题给条件有：

$$0 = m_A v_A - m_B v_B$$

$$E_k = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2$$

联立①②式并代入题给数据得

$$v_A = 4.0 \text{ m/s}, v_B = 1.0 \text{ m/s}$$

(2) A、B 两物块与地面间的动摩擦因数相等，二者运动的过程中，若 A 一直向右运动，一直到停止，则对 A 由动量定理可得： $-\mu m_A g t_1 = 0 - m_A v_A$

$$\text{则： } t_1 = 2.0 \text{ s}$$

$$\text{B 一直向左运动，则： } -\mu m_B g t_2 = 0 - m_B v_B$$

$$\text{可得： } t_2 = 0.5 \text{ s}$$

$$\text{可知 B 先停止运动，该过程中 B 的位移： } x_B = \frac{\frac{1}{2} m_B v_B^2 - 0}{\mu m_B g}$$

$$\text{代入数据可得： } x_B = 0.25 \text{ m}$$

从二者分开到 B 停止，A 若一直向右运动，由动量定理可得： $-\mu m_A g t_2 = m_A v_A' - m_A v_A$

$$\text{B 停止时 A 的速度： } v_A' = v_A - \frac{\mu m_A g t_2}{m_A}$$

$$\text{代入数据可得： } v_A' = 2 \text{ m/s}$$

对 A 由动能定理可得: $-\mu m_A g \cdot x_A = \frac{1}{2} m_A v_A'^2 - \frac{1}{2} m_A v_A^2$

则位移: $x_A = 1.75\text{m} > l = 1.0\text{m}$

这表明在时间 t_2 内 A 已与墙壁发生碰撞, 但没有与 B 发生碰撞, 此时 A 位于出发点右边的距离为: $\Delta x = 2l - x_A = 2.0 - 1.75 = 0.25\text{m}$ 处。

B 位于出发点左边 0.25m 处, 两物块之间的距离 s 为: $s = x_B + \Delta x = 0.25\text{m} + 0.25\text{m} = 0.50\text{m}$

(3) t_2 时刻后 A 将继续向左运动, 假设它能与静止的 B 碰撞, 碰撞时速度的大小为 v_A'' , 由动能定理有: $-\mu m_A g \cdot \Delta x = \frac{1}{2} m_A v_A''^2 - \frac{1}{2} m_A v_A'^2$ ⑩

联立并代入题给数据得: $v_A'' = \sqrt{7}\text{m/s}$

故 A 与 B 将发生碰撞。设碰撞后 A、B 的速度分别为 v_{A0} 和 v_{B0} , 由动量守恒定律与机械能守恒定律有: $m_A (-v_A'') = m_A v_{A0} + m_B v_{B0}$

以及: $\frac{1}{2} m_A v_A''^2 = \frac{1}{2} m_A v_{A0}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{B0}^2$

联立并代入题给数据得: $v_{A0} = \frac{3\sqrt{7}}{5}\text{m/s}$, $v_{B0} = -\frac{2\sqrt{7}}{5}\text{m/s}$

这表明碰撞后 A 将向右运动, B 继续向左运动。设碰撞后 A 向右运动距离为 x_A' 时停止, B 向左运动距离为 x_B' 时停止, 由动能定理可得:

$$x_A' = \frac{\frac{1}{2} m_A v_{A0}^2 - 0}{\mu m_A g}, \quad x_B' = \frac{\frac{1}{2} m_B v_{B0}^2 - 0}{\mu m_B g}$$

代入数据得: $x_A' = 0.63\text{m}$, $x_B' = 0.28\text{m}$

x_A' 小于碰撞处到墙壁的距离。由上式可得两物块停止后的距离: $s' = x_A' + x_B' = 0.63 + 0.28 = 0.91\text{m}$

答: (1) 弹簧释放后瞬间 A、B 速度的大小分别为 4.0m/s 和 1.0m/s ;

(2) 物块 B 先停止, 该物块刚停止时 A 与 B 之间的距离是 0.50m ;

(3) A 和 B 都停止后, A 与 B 之间的距离是 0.91m 。

【点评】 本题关键要分析清楚物体运动过程, 明确能量是如何转化的, 熟练应用动量守恒定律、能量守恒定律即可正确解题。

该题除分离的过程外, 其余的步骤也可以使用牛顿第二定律结合运动学的公式解答。

(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) 用油膜法估算分子大小的实验中, 首先需将纯油酸稀释成一定浓度的油酸酒精溶液, 稀释的目的是使油酸在浅盘的水面上容易形成一块单分子层油膜。实验中为了测量出一滴已知浓度的油酸酒精溶液中纯油酸的体积, 可以把油酸酒精溶液一滴一滴地滴入小量筒中, 测出 1mL 油酸酒精溶液的滴数, 得到一滴溶液中纯油酸的体积。为得到油酸分子的直径, 还需测量的物理量是单分子层油膜的面积。

【分析】根据浓度按比例算出纯油酸的体积; 把油酸分子看成球形, 且不考虑分子间的空隙, 油膜的厚度近似等于油酸分子的直径, 由 $d = \frac{V}{S}$ 可以求出直径大小。

【解答】解: 用油膜法估算分子大小的实验中, 首先需将纯油酸稀释成一定浓度的油酸酒精溶液, 稀释的目的是使油酸在浅盘的水面上容易形成一块单分子层油膜; 在实验中为了测量出一滴已知浓度的油酸酒精溶液中纯油酸的体积, 可以把油酸酒精溶液一滴一滴地滴入小量筒中, 测出 1 mL 油酸酒精溶液的滴数, 得到一滴溶液中纯油酸的体积;

为得到油酸分子的直径, 由 $d = \frac{V}{S}$, 还需测量的物理量是单分子层油膜的面积;

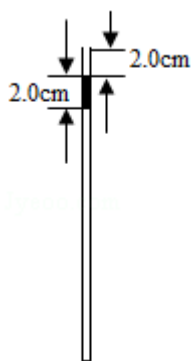
故答案为: 使油酸在浅盘的水面上容易形成一块单分子层油膜; 把油酸酒精溶液一滴一滴地滴入小量筒中, 测出 1 mL 油酸酒精溶液的滴数, 得到一滴溶液中纯油酸的体积, 单分子层油膜的面积。

【点评】本实验的模型是不考虑油酸分子间的空隙, 采用估算的方法求面积, 肯定存在误差, 但本实验只要求估算分子大小, 数量级符合要求就行了。计算时注意单位的换算。

14. (10分) 如图, 一粗细均匀的细管开口向上竖直放置, 管内有一段高度为 2.0cm 的水银柱, 水银柱下密封了一定量的理想气体, 水银柱上表面到管口的距离为 2.0cm。若将细管倒置, 水银柱下表面恰好位于管口处, 且无水银滴落, 管内气体温度与环境温度相同。已知大气压强为 76cmHg, 环境温度为 296K。

(i) 求细管的长度;

(ii) 若在倒置前, 缓慢加热管内被密封的气体, 直到水银柱的上表面恰好与管口平齐为止, 求此时密封气体的温度。



【分析】(i) 此过程中气体的温度不变，根据气体的初末状态的压强和体积的状态参量，由玻意耳定律列式计算即可。

(ii) 对管内气柱缓慢加热，气柱经历等压变化，根据盖 - 吕萨克定律列式求解。

【解答】解：(i) 设细管的长度为 L ，横截面的面积为 S ，水银柱高度为 h ；初始时，设水银柱上表面到管口的距离为 h_1 ，被密封气体的体积为 V ，压强为 p ；细管倒置时，气体体积为 V_1 ，压强为 p_1 。由玻意耳定律有：

$$pV = p_1V_1 \quad (1)$$

由力的平衡条件有

$$p = p_0 + \rho gh \quad (2)$$

$$p_1 = p_0 - \rho gh \quad (3)$$

式中， ρ 、 g 分别为水银的密度和重力加速度的大小， p_0 为大气压强。由题意有

$$V = S(L - h_1 - h) \quad (4)$$

$$V_1 = S(L - h) \quad (5)$$

由①②③④⑤式和题给条件得

$$L = 41 \text{ cm} \quad (6)$$

(ii) 设气体被加热前后的温度分别为 T_0 和 T ，由盖 - 吕萨克定律有： $\frac{V}{T_0} = \frac{V_1}{T} \quad (7)$

由④⑤⑥⑦式和题给数据得

$$T = 312 \text{ K} \quad (8)$$

答：(i) 细管的长度为 41cm；

(ii) 若在倒置前，缓慢加热管内被密封的气体，直到水银柱的上表面恰好与管口平齐为止，此时密封气体的温度为 312K。

【点评】本题主要考查理想气体的状态方程。以封闭的气体为研究对象，找出气体变化前后的状态参量，利用气体的状态方程计算即可。

[物理——选修3-4] (15分)

15. 水槽中,与水面接触的两根相同细杆固定在同一个振动片上。振动片做简谐振动时,两根细杆周期性触动水面形成两个波源。两波源发出的波在水面上相遇,在重叠区域发生干涉并形成了干涉图样。关于两列波重叠区域内水面上振动的质点,下列说法正确的是 ()

- A. 不同质点的振幅都相同
- B. 不同质点振动的频率都相同
- C. 不同质点振动的相位都相同
- D. 不同质点振动的周期都与振动片的周期相同
- E. 同一质点处,两列波的相位差不随时间变化

【分析】振动加强点的振幅等于两列波的振幅之和,振动减弱点的振幅等于两列波的振幅之差;介质中各质点振动的周期与波源的周期相同;质点在振动过程,不同时刻偏离平衡位置的位移大小会发生变化;对同一质点而言,两列波的相位差是恒定的。

【解答】解: ABD. 由题意可知两列波的周期与频率相同,即这两列波为相干波,形成干涉图样后,有加强与减弱区域,处在不同区域的质点的振幅不一样,但不同的质点,振动的频率和周期与波源的频率和周期相同,即不同的质点的振动频率相同,故 A 错误, BD 正确;

C. 不同位置处的质点起振的先后顺序不同,离波距离不同的质点,振动的相位是不同的,故 C 错误;

E. 同一质点,两列波传播到该质点的时间差是一定的,故两列波的相位差是恒定的,不随时间变化,故 E 正确。

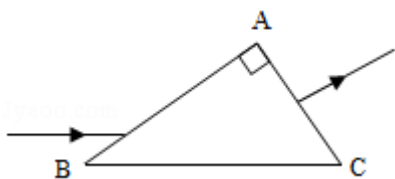
故选: BDE。

【点评】本题主要考查两列相干波叠加后,介质中质点的振动规律,对波的特点及振动加强点与减弱点的特点要掌握。

16. 如图,直角三角形 ABC 为一棱镜的横截面, $\angle A=90^\circ$, $\angle B=30^\circ$. 一束光线平行于底边 BC 射到 AB 边上并进入棱镜,然后垂直于 AC 边射出。

(i) 求棱镜的折射率;

(ii) 保持 AB 边上的入射点不变,逐渐减小入射角,直到 BC 边上恰好有光线射出。求此时 AB 边上入射角的正弦。



【分析】(i) 根据折射定律求出光线从 AC 边进入棱镜时的折射率；

(ii) 根据 $\sin\theta_c = \frac{1}{n}$ 求出临界角，判断光是在 BC 面上发生全反射的入射角，然后求出此时 AB 边上入射角的正弦。

【解答】解：(i) 光路图及相关量如图所示。

光束在 AB 边上折射，由折射定律得：

$$\frac{\sin i}{\sin \alpha} = n \quad (1)$$

式中 n 是棱镜的折射率。由几何关系可知： $\alpha + \beta = 60^\circ$ (2)

由几何关系和反射定律得： $\beta = \beta' = \angle B$ (3)

联立(1)(2)(3)式，并代入 $i = 60^\circ$ 得： $n = \sqrt{3}$ (4)

(ii) 设改变后的入射角为 i' ，折射角为 α' ，由折射定律得： $\frac{\sin i'}{\sin \alpha'} = n$ (5)

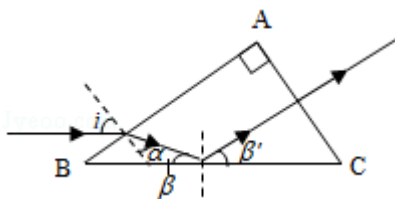
依题意，光束在 BC 边上的入射角为全反射的临界角 θ_c ，且： $\sin\theta_c = \frac{1}{n}$ (6)

由几何关系得： $\theta_c = \alpha' + 30^\circ$ (7)

由(4)(5)(6)(7)式得入射角的正弦为： $\sin i' = \frac{\sqrt{3}-\sqrt{2}}{2}$ (8)

答：(i) 棱镜的折射率为；

(ii) AB 边上入射角的正弦为 $\frac{\sqrt{3}-\sqrt{2}}{2}$ 。



【点评】本题考查几何光学，掌握光的折射定律以及临界角与折射率的大小关系，正确画出光路图，运用几何知识求解相关角度是关键。