

南京市 2021-2022 高三年级学情调研

物理

2021.09

本试卷分选择题和非选择题两部分，共 100 分。考试用时 75 分钟。

注意事项：

答题前，考生务必将自己的学校、班级写在答题卡上。选择题答案按要求填涂在答题卡上；非选择题的答案写在答题卡上对应题目的答案空格内，答案不写在试卷上。考试结束后，交回答题卡。

一、单项选择题：共 11 题，每题 4 分，共 44 分，每题只有一个选项最符合题意。

1. 玻璃的出现和使用在人类生活里已有四千多年的历史，它是一种非晶体。关于玻璃，下列说法正确的是
- A. 天然具有规则的几何形状
 - B. 分子在空间上周期性排列
 - C. 沿不同方向的导热性能不同
 - D. 没有固定的熔点

【答案】D

【解析】由题知：玻璃为非晶体，无固定熔点，故选 D。

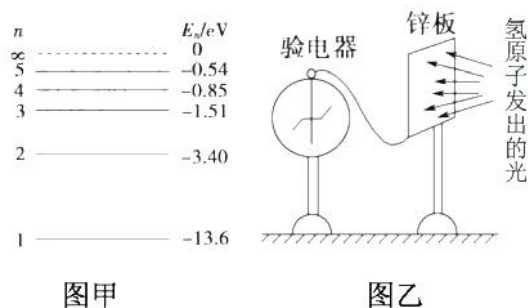
2. 中科院近代物理研究所利用兰州重离子加速器(HIRFL) 通过“熔合蒸发”反应合成超重核 ${}_{110}^{271}\text{Ds}$ ，并同时辐射出一个中子。下列可能合成该超重核的原子核组合是

- A. ${}_{28}^{64}\text{Ni}$, ${}_{82}^{207}\text{Pb}$
- B. ${}_{28}^{64}\text{Ni}$, ${}_{82}^{208}\text{Pb}$
- C. ${}_{28}^{64}\text{Ni}$, ${}_{83}^{209}\text{Bi}$
- D. ${}_{28}^{64}\text{Ni}$, ${}_{83}^{210}\text{Bi}$

【答案】B

【解析】由题知：在反应过程中应满足质量数守恒，电荷数守恒，故选 B。

3. 图甲是氢原子的能级图，图乙是光电效应演示装置，已知金属锌的逸出功为 3.4eV 。用大量处于 $n=4$ 能级的氢原子跃迁时发出的光去照射锌板，下列说法正确的是



- A. 锌板不会发生光电效应
B. 锌板会发生光电效应，且验电器内的金属杆带负电
C. 从锌板打出来的光电子的最大初动能为 9.35eV
D. 光电效应在本质上是 β 衰变

【答案】C

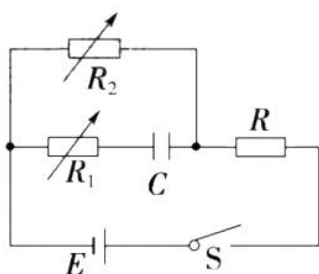
【解析】由题知：当氢原子从 $n=4$ 跃迁到 $n=1$ 时，释放出的能量为 12.75eV 。金属锌的逸出功是 3.4eV ，所以可以发生光电效应。锌板上逸出光电子，锌板带正电。逸出的光电子最大初动能为 9.35eV 。 β 衰变的本质是自发的释放出电子。故选C。

4. 2021年4月29日，中国空间站天和核心舱发射升空，准确进入预定轨道。根据任务安排，后续将发射问天实验舱和梦天实验舱，计划2022年完成空间站在轨建造。核心舱绕地球飞行的轨道可视为圆轨道，轨道离地面的高度约为地球半径的 $\frac{1}{16}$ 。下列说法正确的是
- A. 核心舱进入轨道后所受地球的万有引力大小约为它在地面时的 $\frac{16}{17}$ 倍
B. 核心舱在轨道上飞行的速度大于 7.9km/s
C. 核心舱在轨道上飞行的周期小于 24h
D. 后续加挂实验舱后，空间站由于质量增大，轨道半径将变小

【答案】C

【解析】由题知：根据计算得，此时万有引力大小约为在地面时的 $(\frac{16}{17})^2$ 倍。此时轨道高度略微高于近地卫星，低于同步卫星，所以速度小于 7.9km/s ，周期小于 24h ，根据公式可得，轨道半径与质量无关。故选C。

5. 如图所示电路中, 电源电动势和内阻恒定, R 为定值电阻, R_1 、 R_2 为可变电阻, C 为平行板电容器. 闭合开关 S 后, 能使电容器带电荷量增加的方法是

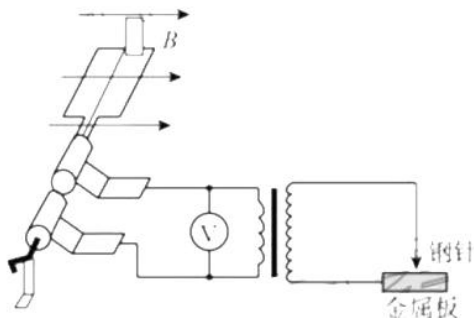


- A. 将电容器两极板间的距离减小一些
- B. 将电容器的两极板错开一些
- C. 减小 R_1 的阻值
- D. 减小 R_2 的阻值

【答案】A

【解析】根据 $Q = \frac{C}{U} = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ 可得, 减小两极板间距电荷量增大, 将两极板错位电荷量减小。减小 R_1 阻值不影响所带电荷量, 减小 R_2 阻值电容器两端电压降低, 电荷量降低。故选 A。

6. 某款手摇点火器原理如图所示, 当钢针和金属板间瞬时电压超过 5000V 时可以产生电火花. 已知匀强磁场的磁感应强度 B 大小为 0.2T, 手摇发电机线圈的面积为 $0.5m^2$, 共 50 匝, 不计内阻. 变压器可视为理想变压器, 其原副线圈匝数比为 1: 100. 则

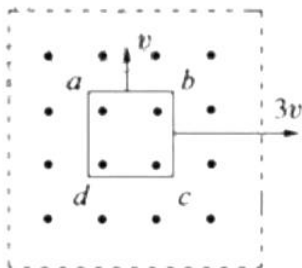


- A. 电压表的示数为 5V 时, 点火器可以产生电火花
- B. 电压表的示数为 25V 时, 点火器可以产生电火花
- C. 线圈转速等于 $1r/s$ 时, 点火器可以产生电火花
- D. 线圈转速等于 $2r/s$ 时, 点火器可以产生电火花

【答案】D

【解析】由题意: 若要钢针和金属板瞬间电压超过 5000V, 那么原线圈的电压需要超过 50V, 则 AB 错误, 根据 $E_m = NBS\omega$, 可得当转速达到 $2r/s$ 时满足题意。故选 D。

7. 如图，垂直纸面的正方形匀强磁场区域内，有一位于纸面的正方形导体框 $abcd$ ，现将导体框分别朝两个方向以 v 、 $3v$ 速度匀速拉出磁场，则导体框从两个方向移出磁场的两个过程中

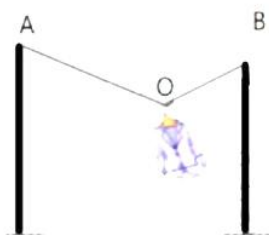


- A. 导体框中产生的感应电流方向相反
B. 导体框 ad 边两端电势差之比为 1:3
C. 导体框中产生的焦耳热之比为 1:3
D. 通过导体框截面的电荷量之比为 1:3

【答案】C

【解析】由题知：根据判断，两种方式拉出磁场产生的电流方向相同。 $3v$ 拉出磁场时， ad 两端电压为 $\frac{9}{4}Blv$ ； v 拉出磁场时， ad 两端电压为 $\frac{1}{4}Blv$ 。根据 $Q = \frac{U^2}{R}t$ ，可知电压之比为 1:9。所用时间之比为 3:1，故满足题意。根据公式 $Q = \frac{n\Delta\Phi}{R}$ 可得，电荷量之比为 1:1。故选 C。

8. 如图所示，轻质不可伸长的晾衣绳两端分别固定在两根竖直杆上， A 端高于 B 端，绳上挂有一件衣服，为防止滑动，将悬挂衣服的衣架钩固定在绳上，当固定在适当位置 O 处时，绳子两端对两杆的拉力大小相等。则

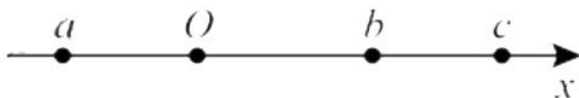


- A. 绳子 OA 段与竖直杆夹角比 OB 段与竖直杆夹角大
B. O 点位置与衣服重力有关，衣服重力越大， O 点离 B 端越近
C. 若衣架钩固定在绳子上中点处，则绳子两端对杆的拉力大小仍然相等
D. 若衣架钩固定在绳子上中点处，则绳子 A 端对杆的拉力大于 B 端对杆的拉力

【答案】D

【解析】由题知：此时绳子两端的拉力相同，由正交分解可得，绳子与竖直杆的夹角相等根据晾衣杆模型特点， O 点位置取决于绳长和两杆间的距离，与重力无关。当 O 点移动到中点时，由受力分析得， A 杆拉力大于 B 杆拉力。故选 D。

9. 如图所示 x 轴上, 波源在原点 O 处, $Oa=3m$, $Ob=4m$, $Oc=6m$, $t=0$ 时, 波源从平衡位置开始竖直向上振动, 形成分别沿 x 轴正方向和负方向传播的简谐横波, $t=6s$ 时, 质点 a 第一次到达最高点, 同时质点 c 刚好开始振动, 下列说法正确的是



- A. 该波的周期为 12s
- B. 该波的波速为 0.5m/s
- C. $t=6s$ 时 b 处的质点正在向下振动
- D. 若波源停止振动, 则 a 、 b 、 c 、三点处的质点将同时停止振动

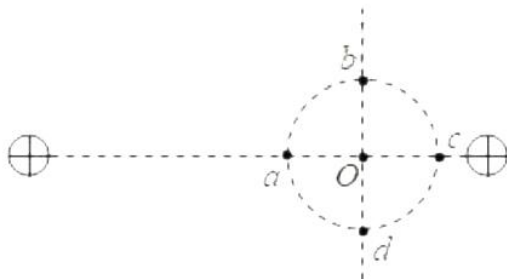
【答案】A

【解析】AB、 $t = 6s$ 时, 质点 c 开始振动, 说明该波 $6s$ 传播了 $6m$, 故波速为 $v = \frac{x}{t} = \frac{6}{6} m/s = 1m/s$, $t = 6s$ 时, 质点 a 第一次到达最高点, 说明 a 从开始振动到第一次到达最高点用时 $3s$, 则 $\frac{T}{4} = 3s$, 故 $T = 12s$. 故 A 对, B 错。

C、 $t = 4s$ 时, 质点 b 开始向上振动, 经 $3s$ 时间, b 振动到最高点, 故 $t = 6s$ 时, 质点 b 在向上运动, 故 C 错。

D、根据波的传播特点, 波源停止振动, 波仍然在传播, 其他质点依旧在运动, 而不是立即停止振动, 故 D 错。

10. 如图所示, 真空中有两个固定的正点电荷, 一个带负电的试探电荷置于二者连线上的 O 点时, 仅在电场力的作用下恰好保持静止状态。过 O 点作两正电荷连线的垂线, 以 O 点为圆心的圆与连线和垂线分别交于 a 、 c 和 b 、 d , 则



- A. a 点电势低于 O 点
- B. b 点电势低于 O 点
- C. 该试探电荷在 a 点的电势能大于在 b 点的电势能

D. 该试探电荷在 c 点的电势能大于在 d 点的电势能

【答案】B

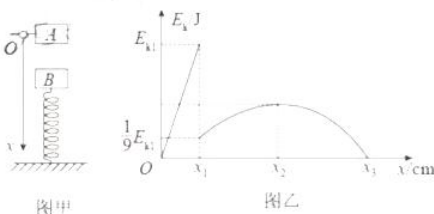
【解析】A、由题意可知 O 点合电场强度为零，根据同种电荷之间电场线的分布可知 aO 之间电场线由 a 到 O，故 a 点电势高于 O 点电势，故 A 错。

B、根据受力分析，从 o 到 b 的过程中，始终受到向下的电场力，即电场力做负功，电势能变大，而负电荷在电势能高的地方电势低，故 B 正确。

C、a 点电势高于 O 点电势，b 点电势低于 O 点电势，则 a 点电势高于 b 点电势，试探电荷为负电荷，故试探电荷在 a 点的电势能小于在 b 点的电势能，故 C 错。

D、根据电荷电场的对称分布可得，b、d 两点电势相等，则 c 点电势高于 d 点，试探电荷为负电荷，则该试探电荷在 c 点的电势能小于在 d 点的电势能，故 D 对。

11. 如图甲所示，劲度系数为 k 的竖直轻弹簧下端固定在地面上，上端与物块 B 相连并处于静止状态。一物块 A 在外力作用下静止在弹簧正上方某高度处，取物块 A 静止时的位置为原点 O、竖直向下为正方向建立 x 轴。某时刻撤去外力，物块 A 自由下落，与物块 B 碰撞后以共同的速度一起向下运动，碰撞过程时间极短，物块 A 的动能 E_k 与其位置坐标 x 的关系如图乙所示，物块 A、B 均可视为质点，则



A. 物块 A、B 的质量之比为 1: 3

B. 弹簧的劲度系数 $k = \frac{E_{k1}}{x_1(x_2 - x_1)}$

C. 弹簧弹性势能最大时的形变量为 $x_3 - x_1$

D. 从 x_1 到 x_3 的过程中，弹簧的弹性势能增加了 $\frac{3E_{k1}(x_3 - x_1)}{x_1}$

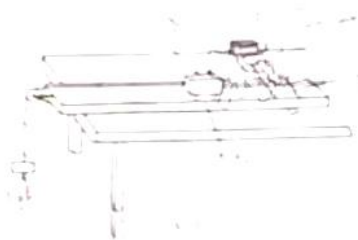
【答案】B

【解析】碰撞后 A 的动能变为 $\frac{1}{9}E_{k1}$ ，所以速度变为 $\frac{1}{3}v_1$ ，根据 $m_A v_1 = (m_A + m_B)v_1$ ，所以 $m_B = 2m_A$ ，A 错误；设刚开始弹簧的压缩量为 x ，则有 $kx = 2mg$ ①，当向下的位移为 x_2 时，动能最大，即速度最大，整体加速度为 0，此时弹簧形变量为 $x_2 - x_1 + x$ ，有 $k(x_2 - x_1 + x) = 3mg$ ②，a 物体下落 x_1 时动能为 E_{k1} ，有

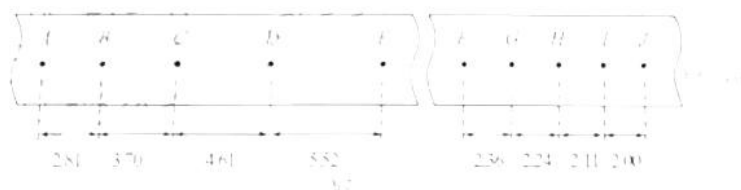
$mgx_1 = E_{k1}$ ③, 三式联立, 得 B 选项正确。

二、非选择题:共 5 题, 共 56 分.其中第 13 题~第 16 题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤, 只写出最后答案的不能得分;有数值计算时, 答案中必须明确写出数值和单位.

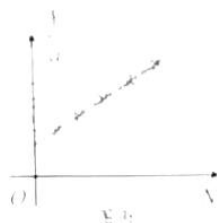
12. (15 分) 如图甲是某同学探究小车加速度与质量关系的实验装置, 一端带有定滑轮的长木板放在水平桌面上, 滑轮刚好伸出桌面, 带有凹槽的小车放在长木板上, 小车通过细绳绕过定滑轮和钩码相连, 小车后面连有纸带, 纸带穿过打点计时器, 打点计时器使用的是频率为 50Hz 的交流电, 不计滑轮摩擦及空气阻力, 重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$.



(1) 打开电源, 释放小车, 钩码运动一段时间落地停止后, 小车还持续运动了一段时间, 打出的纸带如图乙, 纸带左端与小车相连, 纸带上相邻两个计数点间还有 4 个计时点未画出, 则打 C 点时小车的速度大小 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s; 小车受到的阻力是其重力的 $\underline{\hspace{2cm}}$ 倍. (结果均保留两位有效数字)



(2) 调节木板的倾斜度, 使小车在不受牵引时能拖动纸带沿木板匀速运动. 左端挂一个质量远小于小车质量的钩码, 小车自身的质量保持不变, 在小车上加一个砝码, 并测出此时小车的加速度 a , 调整小车上的砝码个数 N , 进行多次实验, 得到多组数据. 以小车上砝码个数 N 为横坐标, 相应加速度的倒数 $\frac{1}{a}$ 为纵坐标, 在坐标纸上作出如图丙所示的 $\frac{1}{a} - N$ 关系图线, 其纵轴截距为 b , 斜率为 k . 若小车上每个砝码的质量均为 m_0 , 则小车受到的拉力大小为 $\underline{\hspace{2cm}}$, 小车的质量为 $\underline{\hspace{2cm}}$.



(3)如果左端挂的钩码质量不满足远小于小车质量的条件，再重复上述实验，得到的 $\frac{1}{a}$ - N 图线是

▲ (选填直线或曲线).

【答案】(1) 0.42 m/s ; 0.012

(2) $\frac{m_0}{k}$; $\frac{m_0 b}{k}$.

(3) 曲线

【解析】(1) $v_c = \frac{x_{BD}}{2T} = \frac{(3.70+4.61) \times 0.01}{0.2} \text{ m/s} = 0.42 \text{ m/s}$

钩码落地之后小车在阻力作用下做匀减速运动，由 $\Delta x = aT^2$ 可得：

$$a = \frac{\Delta x}{T^2} = \frac{0.12 \times 0.01}{0.01} \text{ m/s}^2 = 0.12 \text{ m/s}^2,$$

又因为阻力 $f = ma$ ，所以可得 $\frac{f}{mg} = \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g} = \frac{0.12}{10} = 0.012$.

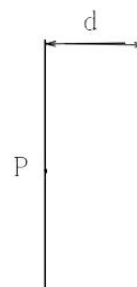
(2) 设小车的质量为 m ，小车和砝码的总质量为 $M = Nm_0 + m$ ，则根据牛顿第二定律有：

$F = Ma = (Nm_0 + m)a$ ，变形得： $\frac{1}{a} = N \frac{m_0}{F} + \frac{m}{F}$ ，由 $k = \frac{m_0}{F}$ 得小车所受拉力为： $\frac{m_0}{k}$ ；由 $b = \frac{m}{F}$ 得小车质量为： $\frac{m_0 b}{k}$.

(3) 若不满足钩码质量远小于小车质量，则绳上的拉力在变化，即小车所受拉力在变，则在 $\frac{1}{a} = N \frac{m_0}{F} + \frac{m}{F}$ 中，斜率 $\frac{m_0}{F}$ 发生变化，故为曲线。

13. (6分) 人造树脂是人工合成的一类高分子聚合物，是一种常见的眼镜镜片材料，如图所示为厚度为 d 的足够大的透明树脂平板截面，点光源置于其左边界上 P 点处。已知平板对该光的折射率 $n = \sqrt{2}$ ，光在真空中的传播速度为 c 。不考虑光在平板中的多次反射，求：

- (1) 光在平板中传播的最短时间；
- (2) 从右侧观察到平板右边界上透光区域的面积。



【答案】 (1) $t = \frac{\sqrt{2}d}{c}$; (2) $S = \pi d^2$

【解析】

(1) 当光垂直射入平板时，传播时间最短，此时光的传播速度为

$$v = \frac{c}{n} = \frac{\sqrt{2}c}{2}$$

故传播时间为

$$t = \frac{\sqrt{2}d}{c}$$

(2) 由于光入射和出射平板时光线平行，从平板中出射时角度最大为材料的临界角，即

$$\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

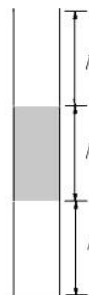
从右侧观察到有透光的区域为半径为 d 的圆，其面积为

$$S = \pi d^2$$

14. (8分) 如图所示，上端开口、下端封闭的导热细玻璃管竖直放置，管内用长为 l 的水银柱封闭有一定质量的理想气体，当环境温度为 T_0 ，大气压强为 p_0 时，封闭气体的长度也为 l 。已知玻璃管粗细均匀，横截面积为 S ，总长为 $3l$ ，水银密度为 ρ ，重力加速度为 g 。

(1) 求管内封闭气体的压强；

(2) 现缓慢加热管内气体，使气体膨胀，直至水银柱上端与玻璃管口平齐。已知封闭气体的内能 U 与温度 T 的关系为 $U = kT$ ， k 为已知常数，求此过程中气体从外界吸收的热量？



【答案】 (1) $p = p_0 + \rho gl$; (2) $Q = kT_0 + (p_0 + \rho gl)Sl$

【解析】

(1) 对水银柱进行受力分析，可得

$$pS = p_0S + G_{\text{水银}} = p_0S + \rho gSl$$

化简得

$$p = p_0 + \rho gl$$

(2) 根据题意, 此过程中封闭气体发生等温变换, 可得

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

计算可得此时封闭气体温度为 $T_2 = 2T_0$, 根据热力学第一定律

$$\Delta U = W + Q$$

$$\Delta U = k(2T_0 - T_0) = kT_0, \quad W = p(Sl - 2Sl) = -(p_0 + \rho gl)Sl$$

联立可得此过程中吸收热量为

$$Q = kT_0 + (p_0 + \rho gl)Sl$$

15. (12分) 如图所示 xOy 平面内, 在 $x \leq 15\text{cm}$ 的区域内有沿 x 轴负方向的匀强电场, 电场强度 $E = 125\text{V/m}$. 在以 $O'(25\text{cm}, 0\text{cm})$ 为圆心, $R = 10\text{cm}$ 为半径的圆形区域内有垂直于纸面向里的匀强磁场, 磁感应强度 $B = 1 \times 10^{-4}\text{T}$, 两区域边界相切于 x 轴上 P 点. 一粒子源在 y 轴上某处沿 y 轴负方向发射比荷 $\frac{q}{m} = 5 \times 10^{11}\text{C/kg}$ 的负电粒子, 粒子的初速度 $v_0 = 2.5 \times 10^6\text{m/s}$, 恰好从电场区域经切点 P 进入磁场区域, 不计粒子重力, 求:

- (1) 粒子经过点 P 时的速度大小;
- (2) 粒子源在 y 轴上的位置;
- (3) 粒子在磁场中运动的时间.

【答案】 (1) $v_P = 5 \times 10^6\text{m/s}$; (2) $y = 10\sqrt{3}\text{cm}$; (3) $t = \frac{\pi}{15} \times 10^{-7}\text{s}$

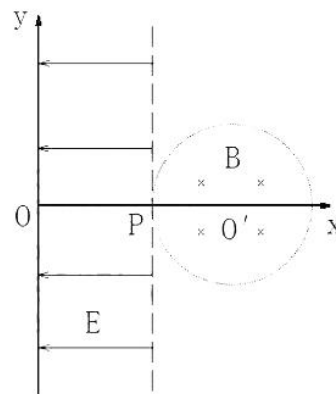
【解析】

(1) 由于粒子在电场中运动仅受到电场力的作用, 根据电场力做功可得

$$U_{OP} = \frac{1}{2}mv_P^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = Eqd_{OP}$$

计算可得粒子到达 P 点的速度为

$$v_P = 5 \times 10^6\text{m/s}$$



(2) 根据平抛运动的推论, 粒子的速度夹角 θ 与位移夹角 α 满足关系

$$\tan \theta = 2 \tan \alpha$$

计算可得粒子入射点在 y 轴上的位置为

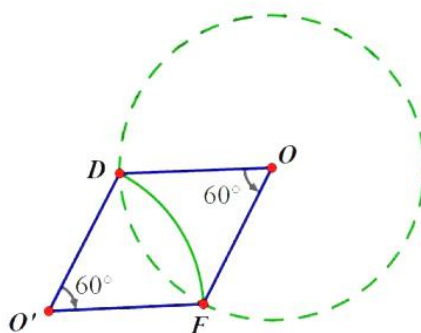
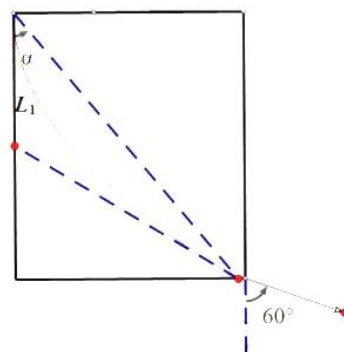
$$y = 10\sqrt{3} \text{ cm}$$

(3) 由计算可得粒子在磁场中运动的半径以及周期分别为

$$R = \frac{mv_p}{qB} = 10 \text{ cm}; \quad T = \frac{2\pi m}{qB} = \frac{2\pi}{5} \times 10^{-7} \text{ s}$$

根据粒子在磁场中运动的图像, 可得带电粒子在磁场中的运动时间为

$$t = \frac{T}{6} = \frac{\pi}{15} \times 10^{-7} \text{ s}$$



16. (15分) 如图所示, 光滑固定弧形轨道末端水平, 与地面上足够长的水平木板 C 的上表面等高、平滑对接, 但不粘连. 现将质量 $m_A = 2 \text{ kg}$ 的物块 A 从轨道上距末端高 $h = 0.8 \text{ m}$ 处由静止释放, 物块 A 滑上木板 C 后经过一定时间与 C 上另一物块 B 发生碰撞, 碰撞时间极短, 且碰后 A 、 B 粘在一起. 已知开始时 B 、 C 均静止, B 到 C 左端的距离 $d = \frac{11}{8} \text{ m}$, B 、 C 的质量 $m_B = m_C = 1 \text{ kg}$, A 、 B 与 C 的动摩擦因数相同, $\mu_A = \mu_B = 0.3$, C 与地面间动摩擦因数 $\mu_C = 0.05$. 重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$, 物块 A 、 B 均可视为质点, 求:

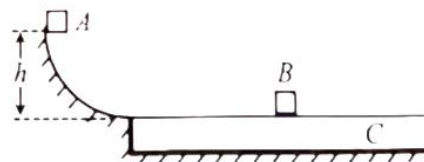
- (1) 物块 A 刚滑上木板 C 时的速度大小;
- (2) 从 A 滑上 C 直至 A 、 B 发生碰撞所需的时间;
- (3) 从释放 A 到三个物体最终均停止运动, 全过程系统产生的摩擦热.

【答案】 (1) $v_0 = 4 \text{ m/s}$; (2) $t_1 = 0.5 \text{ s}$; (3) $Q = 15.25 \text{ J}$

【解析】 (1) 对木块 A 使用动能定理, 可得

$$mgh = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$$

故木块 A 刚滑上木板 C 时的速度为



$$v_0 = 4m/s$$

(2) 当木块 A 滑上木板 C 时, 木块 A 和木板 C 之间的摩擦力以及木块 C 与地面之间的滑动摩擦力分别为

$$f_{AC} = \mu_A m_A g = 6N, \quad f_{地} = \mu_C (m_A + m_B + m_C) g = 2N$$

此时对木块 B 与木块 C 进行分析, 当两者恰好发生相对滑动时, 有

$$a_B = \frac{f_{BC}}{m_B} = a_C = \frac{f_{AC} - f_{BC} - f_{地}}{m_C}$$

由于此时 $f_{BC} < \mu_B m_B g$, 木块 B 与木板 C 之间的摩擦力还没达到最大静摩擦力, 因此木块 B 与木板 C 没有发生相对滑动, 规定向右为正方向, 三个物体的加速度分别为

$$a_A = -3m/s^2; a_B = a_C = 2m/s^2$$

当木块 A 与木块 B 发生碰撞时, 木块 A 与木板 C 的相对位移为 d, 故有

$$d = x_1 - x_2 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_A t_1^2 - \frac{1}{2} a_C t_1^2 = \frac{11}{8} m$$

计算可得碰撞前需要的时间为

$$t_1 = 0.5s \text{ 或 } t_1 = 1.1s$$

当 $t_1 = 1.1s$ 时, 木块 A 的速度小于木板 C 的速度, 不符合题意, 故舍去。

(3) 当木块 A 与 B 发生碰撞时使用动量守恒公式

$$m_A v_A + m_B v_B = (m_A + m_B) v$$

根据本题第二问计算结果, 可得碰撞之前 $v_A = 2.5m/s; v_B = 1m/s$, 故有

$$v = 2m/s$$

对碰撞过程中的 A 与 B 使用能量守恒公式

$$\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 = \frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2 + \Delta E$$

可得在碰撞过程中损失的能量

$$\Delta E = \frac{3}{4} J$$

对于系统在整个运动过程中使用能量守恒公式

$$m_A gh = \Delta E + Q$$

可得系统在整个运动过程中由于摩擦产生的内能为

$$Q = 15.25J。$$