

2023 年普通普通高等学校招生全国统一考试物理风向卷（二）

注意事项：

1. 答题前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
2. 回答选择题时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上，写在本卷上无效。
3. 考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

二、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 14~17 题只有一项符合题目要求，第 18~21 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。

14. 下列关于物理学中常见的思想方法以及物理学史的相关内容，说法正确的是
- A. 汤姆生发现了电子，并测定了电子的电荷量大小
 - B. 贝克勒尔发现铀的天然放射现象，说明原子核内部有复杂结构
 - C. 库仑利用扭秤实验装置研究电荷间相互作用力的大小跟电荷量和电荷间距离的关系时，采用了理想实验法
 - D. 运动的合成与分解是研究曲线运动的一般方法，该方法不适用于研究匀速圆周运动

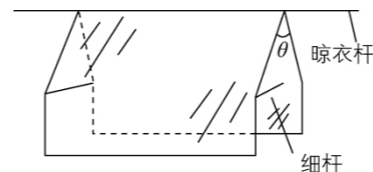
【答案】B

【考点】物理学史

选项	解析	正误
A	汤姆生发现了电子，测出荷质比；密立根测得电荷量	<input type="checkbox"/>
B	贝克勒尔发现铀的天然放射现象，并观察到射线中存在带正电的粒子	<input checked="" type="checkbox"/>

C	库仑的扭秤实验采用的是控制变量法	<input type="checkbox"/>
D	运动的合成与分解同样适用匀速圆周运动	<input type="checkbox"/>

15. 如图所示，在水平晾衣杆(可视为光滑杆)上晾晒床单时，为了尽快使床单晾干，可在床单间支撑轻质细杆，随着细杆竖直方向位置的不同，细杆上边两侧床单间夹角 $\theta(\theta < 150^\circ)$ 将改变，则下列说法正确的是



- A. 增大 θ 角，晾衣杆受到床单的压力大小不会变化
- B. 增大 θ 角，与晾衣杆接触的小部分床单受到的拉力大小不会变化
- C. 只要 θ 取值合适，细杆可以不受床单的摩擦力作用
- D. 细杆两端受到床单的作用力不一定沿细杆方向

【答案】A

【考点】对物体的受力分析

【详解】对床单和轻质细杆进行受力分析可知，整体受重力和晾衣杆给的支持力，根据牛顿第三定律可知，晾衣杆给床单的支持力大小等于晾衣杆所受的压力大小，根据平衡条件可知，晾衣杆受到床单的压力大小与整体重力相等，与细杆上边两侧床单间夹角 θ 无关，A 正确；对小部分床单受力分析， $2F_{\text{拉}} \cdot \cos \frac{\theta}{2} + G = F_{\text{支}}$ ，则增大 θ 角，与晾衣杆接触的小部分床单受到的拉力大小会变大，B 错误；细杆受到床单给的弹力有竖直向下的分力，故一定存在静摩擦力，不然轻细杆不会平衡，C 错误；如果细杆两端受到床单的作用力不沿细杆方向，轻细杆又不受重力，则轻细杆将不会平衡，D 错误。

16. 从空中同一点沿水平方向同时抛出两个小球，它们的初速度大小分别为 v_1 和 v_2 ，初速度方向相反。当两小球速度之间的夹角为 90° 时，经过的时间为

A. $\frac{\sqrt{v_1 v_2}}{g}$ B. $\frac{\sqrt{v_1 v_2}}{2g}$ C. $\frac{\sqrt{2v_1 v_2}}{g}$ D. $\frac{\sqrt{2v_1 v_2}}{g^2}$

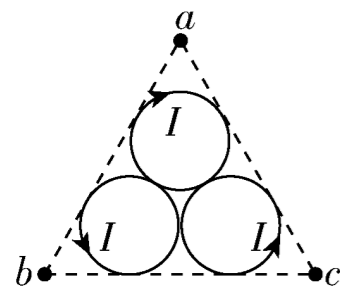
【答案】A

【考点】抛体运动

【详解】当两小球速度夹角为 90° 时，二者速度的偏角互余，设初速度大小为 v_1 的小球速度偏

角为 θ ，则 $\tan \theta = \frac{gt}{v^1} = \frac{v^2}{gt}$ ，解得 $t = \frac{\sqrt{v^1 v^2}}{g}$ ，A 正确。

17. 三个完全相同的彼此绝缘的刚性金属圆形线圈两两相切并固定在同一平面内，公切线分别交于 a、b、c 三点，在线圈中通有大小相等、方向如图所示的电流 I。测得 a、b 两点的磁感应强度大小分别为 B_1 、 B_2 ，则 c 点的磁感应强度

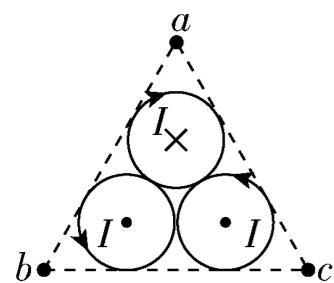


- A. 大小为 B_2 ，方向垂直纸面向里
- B. 大小为 B_2 ，方向垂直纸面向外
- C. 大小为 B_1 ，方向垂直纸面向里
- D. 大小为 B_1 ，方向垂直纸面向外

【答案】A

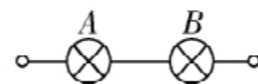
【考点】磁感应强度

【详解】根据安培定则，上面的线圈产生的磁场方向与下面的两个线圈产生的磁场方向相反；由对称性结合磁场的叠加原理可知，c 点的磁感应强度大小与 b 点处的磁感应强度大小相等，都等于最邻近的线圈在该点产生的磁感应强度的大小(离该点较远的两线圈在该点产生的磁场叠加后为零)，大小为 B_2 ，对 c 点来说，最邻近的线圈在 c 点的磁感应强度方向垂直纸面向里，A 正确。

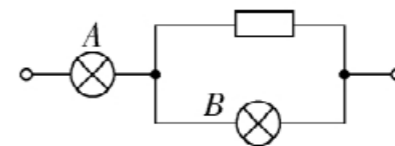


18. 已知，灯泡 A、B 额定电压均为 $U=110\text{ V}$ ，额定功率分别为 $P_A=100\text{ W}$ ， $P_B=40\text{ W}$ ，两灯泡内阻阻值不随温度变化。则两灯泡直接串联如图甲所示，灯泡不被烧坏且两端电压最

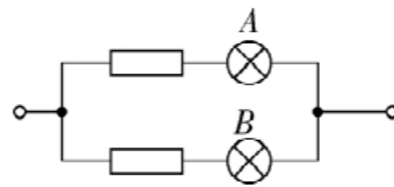
大；为让灯泡 A、B 和电阻连接后接在 220 V 电压上，且灯泡均正常发光，分别设计如图乙、丙、丁所示三种电路图，下列说法正确的是



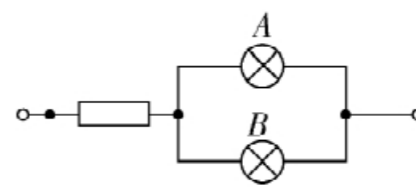
甲



乙



丙



丁

- A. 图甲中 B 更亮，两端电压为 154 V
- B. 图乙中电阻上消耗的功率为 45 W
- C. 图丙中与 A 串联的电阻消耗的功率比与 B 串联的电阻消耗的功率小
- D. 图丁中电路消耗的总功率与图丙中电路消耗的总功率一样大

【答案】AD

【考点】电功率的计算

【详解】A、B 灯泡的电阻分别为 $R_A = \frac{U^2}{P_A} = \frac{110^2}{100}\ \Omega = 121\ \Omega$ ， $R_B = \frac{U^2}{P_B} = \frac{110^2}{40}\ \Omega = 302.5\ \Omega$ ，

所以在电流相同时，B 更亮，在串联加最大电压时，B 正常发光，电路中电流为 $\frac{4}{11}\text{ A}$ ，此时

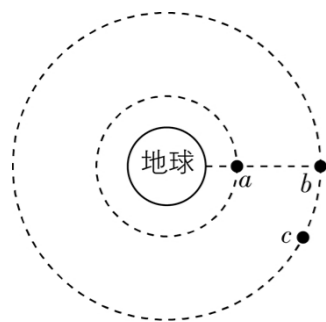
A 分到的电压为 44 V ，B 分到的电压为 110 V ，于是串联能加的最大电压为 154 V ，A 正确；

题图乙中电阻的作用为分流，其功率为 $P = \left(\frac{P_A}{U} - \frac{P_B}{U}\right)U = 60\text{ W}$ ，B 错误；题图丙中，对 A 所在

支路，灯泡 A 与电阻两端电压相等，所以二者功率相等，均为 100 W ，同理，灯泡 B 与电阻两端电压相等，所以二者功率相等，均为 40 W ，C 错误；题图丁中电路的总功率可以直接利用等效思想，得出电路的总功率为 280 W ，D 正确。

19. 如图所示为三颗卫星 a、b、c 绕地球沿逆时针方向做匀速圆周运动的示意图，其中 b、c 是地球同步卫星，a 在半径为 r 的轨道上，此时 a、b 恰好相距最近，已知地球质量为 M ，地

球自转的角速度为 ω ，引力常量为 G ，则



- A. 卫星 a、c 与地心的连线单位时间扫过的面积相等
 B. 卫星 c 加速一段时间后就可能追上卫星 b
 C. 到卫星 a 和 b 下一次相距最近，还需经过时间 $\frac{2\pi}{\sqrt{\frac{GM}{r^3}} - \omega}$
 D. 若已知近地卫星的周期为 T ，则可计算得出地球的平均密度 ρ

【答案】CD

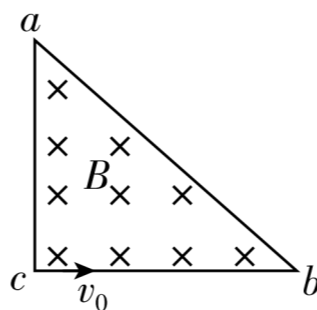
【考点】万有引力与航天

【详解】卫星 a、c 为不同轨道的卫星，由题给条件无法比较它们与地心的连线单位时间扫过的面积是否相等，A 错误；卫星 c 加速后，将脱离原轨道做离心运动，不可能追上同轨道的卫星 b，B 错误；卫星 a 做圆周运动，由万有引力提供向心力有 $\frac{GMm}{r^2} = m\omega_a^2 r$ ，可得 $\omega_a = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ ，b 为地球同步卫星，其角速度与地球自转的角速度相同，则卫星 a、b 连续两次相距最近还需经过的时间 t 满足 $(\omega_a - \omega)t = 2\pi$ ，解得 $t = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{GM}{r^3}} - \omega}$ ，C 正确；若已知近地卫星的周期为 T ，

设地球半径为 R ，由万有引力提供向心力有 $\frac{4}{3}\pi R^3 \rho m = m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R$ ，解得 $\rho = \frac{3\pi}{GT^2}$ ，D 正确。

20. 空间中存在直角三角形有界磁场，直角边 ac 长度为 L ，磁感应强度大小为 B 。c 点有一个可沿纸面内各个方向射出速度大小为 v_0 、质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的粒子的发射源，从 c 点沿 cb 方向射入磁场的粒子，运动轨迹恰好垂直于边界 ab 射出磁场。粒子重力不计，则关于粒子

的运动，下列说法正确的是



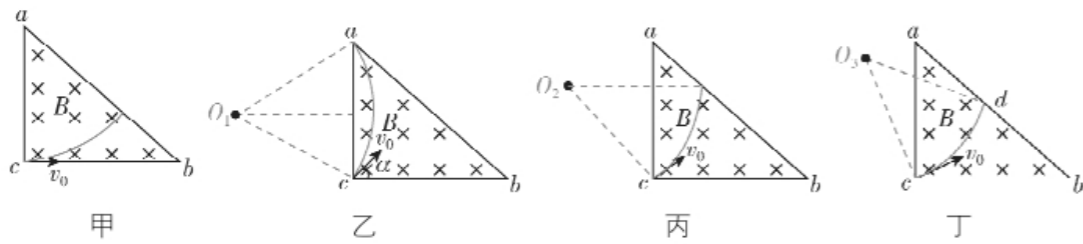
- A. 粒子速度 v_0 的大小满足 $v_0 = \frac{qBL}{2m}$
 B. 从 a 点射出磁场的粒子在 c 点的速度方向与 bc 夹角为 60°
 C. 若三角形为等腰三角形，则与 bc 夹角为 45° 的入射粒子在磁场中的运动时间为 $\frac{\pi m}{4qB}$
 D. 若 c 点到 ab 边界的距离为 $\frac{\sqrt{7}}{4}L$ ，则所有从边界 ab 射出的粒子中在磁场中运动的最短时间为 $\frac{\pi m}{4qB}$

【答案】BC

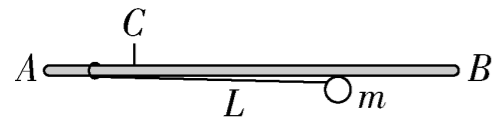
【考点】带电粒子在有界磁场中的运动

【详解】根据题意，从 c 点沿 cb 方向射入磁场的粒子，运动轨迹恰好垂直于边界 ab 射出磁场，如图甲所示，根据几何关系可知，a 点为粒子运动轨迹的圆心，则粒子做圆周运动的半径为 $r = L$ ，由洛伦兹力提供向心力有 $qv_0 B = m \frac{v_0^2}{r}$ ，联立解得 $v_0 = \frac{qBL}{m}$ ，A 错误；粒子从 a 点射出磁场，根据题意，粒子的运动轨迹如图乙所示，根据几何关系可知 $\angle O_1ca = 60^\circ$ ， $\alpha = 60^\circ$ ，即粒子在 c 点的速度方向与 bc 夹角为 60° ，B 正确；根据题意，与 bc 夹角为 45° 入射的粒子在磁场中的运动轨迹如图丙所示，根据几何关系可知，粒子运动轨迹所对圆心角为 45° ，则粒子在磁场中的运动时间为 $t = \frac{45^\circ}{360^\circ} \times \frac{2\pi r}{v_0} = \frac{\pi m}{4qB}$ ，C 正确；根据题意可知，所有从 ab 边界出射的粒子中在磁场中运动轨迹对应的弦长最短的情况为弦与 ab 垂直，此时粒子运动的时间最短，

最短时间的运动轨迹为弧线 cd，如图丁所示，根据题意结合余弦定理有 $\cos \theta = \frac{25\sqrt{2}}{32} > \frac{1}{2}$ ，可知 $\theta < \frac{\pi}{4}$ ，结合 C 选项分析可知，从 ab 边界出射的粒子中在磁场中运动的最短时间 $t_{\min} < \frac{\pi m}{4qB}$ ，D 错误。



21. 如图所示, AB 为一足够长的光滑水平横杆, 横杆上固定一个阻挡钉 C。杆上套一质量不计的轻环, 环上系一长为 L 且足够牢固、不可伸长的轻细绳, 绳的另一端拴一质量为 m 的小球, 现将轻环拉至 C 左边 0.2L 处并将绳拉直, 让绳与 AB 平行, 然后由静止同时释放轻环和小球。重力加速度为 g, 则关于之后的整个运动过程, 下列描述正确的是



- A. 小球先做自由落体运动, 再做圆周运动, 最后做匀速运动
- B. 小球运动到最低点时速度大小为 $\sqrt{2gL}$
- C. 小球运动到最低点前瞬间对绳子的拉力大小等于 $\frac{321}{125}mg$
- D. 阻挡钉 C 对轻环冲量等于全过程小球动量的增加量

【答案】AC

【考点】单物体的多过程运动

【详解】轻环运动到阻挡钉 C 之前的过程中, 细绳中没有张力, 故该过程小球做自由落体运动, 轻环与阻挡钉 C 碰撞后到球运动到最低点的过程中, 轻环被限制不动, 故该过程小球绕轻环做圆周运动, 当球运动至阻挡钉 C 正下方时, 小球速度的方向变为水平, 之后继续向左运动, 轻绳将一直保持竖直, 即小球做匀速运动, A 正确; 小球自由落体运动结束时, 绳子绷直瞬间小球沿绳方向的速度瞬间变为零, 有机械能损失, 系统机械能不守恒, 设轻环与阻挡钉 C 碰撞时, 绳子与水平方向的夹角为 θ , 根据几何关系有 $\cos \theta = 0.8$, 解得 $\theta = 37^\circ$, 设轻绳绷紧前的瞬间小球的速度为 v , 对小球, 从开始运动到轻绳绷紧前瞬间, 根据动能定理有

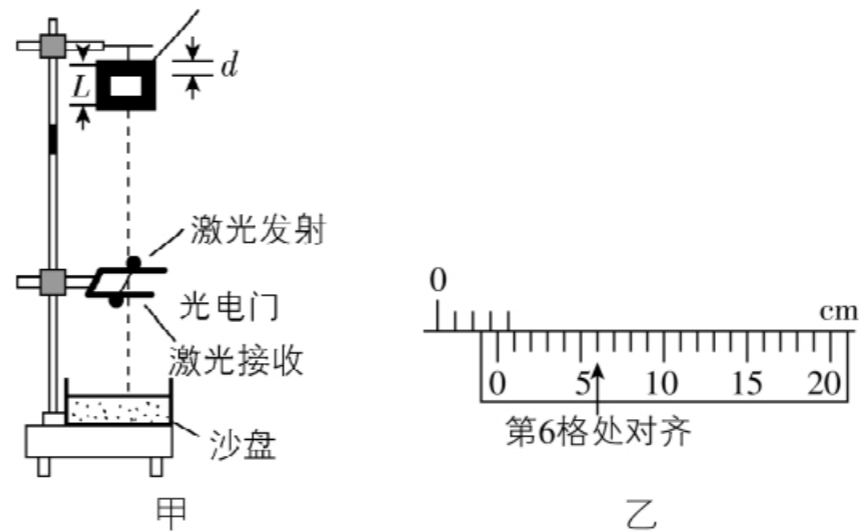
$$mgL \sin \theta = \frac{1}{2}mv^2, \text{ 解得 } v = \sqrt{2g \frac{3}{5}L} = \sqrt{\frac{6}{5}gL}, \text{ 轻绳绷紧后瞬间, 小球垂直绳子的速度 } v_{\perp} = v \cos$$

$37^\circ = \frac{4}{5}\sqrt{\frac{6}{5}gL}$, 沿绳方向的速度变为零, 从此时到小球运动到最低点的过程中, 对小球根据动能定理有 $mgL(1 - \sin \theta) = \frac{1}{2}mv_{\text{最低点}}^2 - \frac{1}{2}mv_{\perp}^2$, 解得 $v_{\text{最低点}} = \frac{14}{25}\sqrt{5gL}$, B 错误; 小球在运动到最低点前瞬间, 根据牛顿第二定律得 $F - mg = m\frac{v_{\text{最低点}}^2}{L}$, 解得 $F = \frac{321}{125}mg$, C 正确; 轻环与阻挡钉 C 相互作用的过程中, 阻挡钉 C 对轻环的作用力大小与轻绳对轻环的拉力的水平分量大小相等, 对应的冲量大小也应相等, 再对小球运动的全过程分析, 由水平方向的动量定理可知轻绳对小球水平方向拉力的冲量等于小球水平方向动量的变化量, 但由于重力作用, 小球竖直方向动量也增加, D 错误。

三、非选择题: 共 62 分。第 22~25 题为必考题, 每个试题考生都必须作答。第 33~24 题为选考题, 考生根据要求作答。

(一)必考题: 共 47 分。

22. (5 分)某学校物理探究社团计划测量重力加速度, 王霞同学提出自己的设计方案, 将用到一个四边都为 d 的等宽“回”字形遮光铁片、光电门和游标卡尺等器材。



(1)如图乙, 用游标卡尺测得“回”字形铁片遮光宽度 $d = 3.30 \text{ mm}$, 该读数是游标尺中第 6 格刻度线与主尺第 _____ mm 刻度线对齐得到的。

(2)测出铁片上下两边中线间距离 $L (L \gg d)$ 。

(3)用丝线将铁片悬挂于光电门正上方, 让铁片平面与光电门的激光发射接收方向垂直, 烧断悬线, 铁片自由下落。

- (4) 读出铁片通过光电门时第一次挡光时间 Δt_1 和第二次挡光时间 Δt_2 。
 (5) 由此可测得当地的重力加速度 $g = \underline{\hspace{2cm}}$ (用字母 L 、 d 、 Δt_1 、 Δt_2 表示)。

【答案】(1)9(2分) (5) $\frac{1}{2L} \left[\left(\frac{d}{\Delta t^2} \right)^2 - \left(\frac{d}{\Delta t^1} \right)^2 \right]$ (3分)

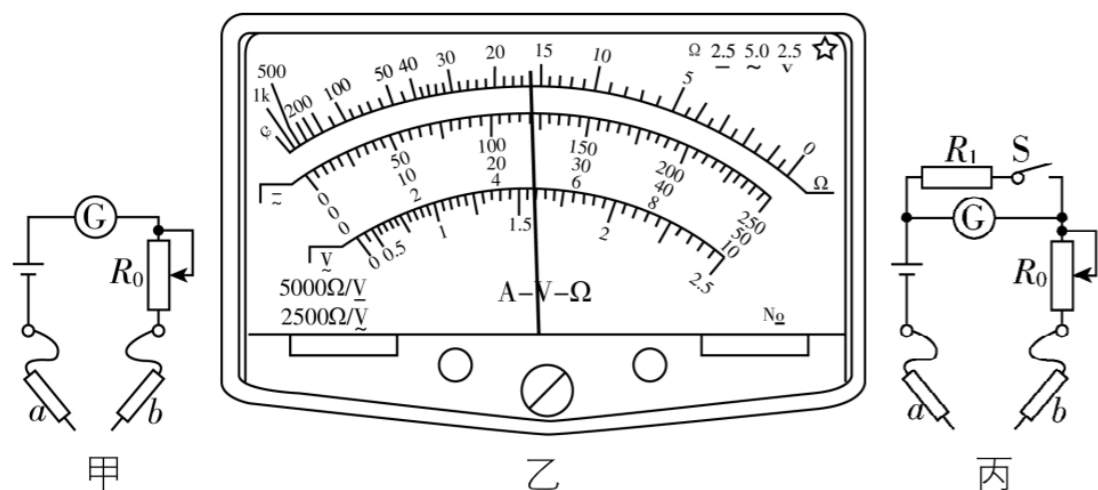
【考点】重力加速度的测量实验

【详解】(1) 因为游标卡尺分度值为 0.05 mm ，游标尺上每个小格实际长度为 0.95 mm ，所以可得游标尺中第 6 格刻度线与主尺对齐刻度线为 $3.30 \text{ mm} + 0.95 \times 6 \text{ mm} = 9 \text{ mm}$ 。

(5) 研究铁片上下两边依次通过光电门的运动过程，根据公式有 $2gL = \left(\frac{d}{\Delta t^2} \right)^2 - \left(\frac{d}{\Delta t^1} \right)^2$ ，解得 $g =$

$$\frac{1}{2L} \left[\left(\frac{d}{\Delta t^2} \right)^2 - \left(\frac{d}{\Delta t^1} \right)^2 \right]$$

23. (10分) 如图甲所示为一个多用电表欧姆挡内部电路示意图。电流表满偏电流为 1 mA 、内阻为 10Ω ；电池电动势 1.5 V 、内阻 1Ω 。



(1) 图甲中表笔 a 为 色(填“红”或“黑”)。调零电阻 R_0 可能是下面两个滑动变阻器中的 (填选项序号)。

- A. 阻值范围 $0 \sim 200 \Omega$
 B. 阻值范围 $0 \sim 2000 \Omega$

(2) 在进行欧姆调零后，正确使用该多用电表测量某电阻的阻值，电表读数如图乙所示，被测电阻的阻值为 Ω 。

(3) 如图丙所示，某同学利用定值电阻 R_1 给欧姆表增加“ $\times 10$ ”挡位，则定值电阻 $R_1 =$ Ω 。(结果保留 1 位小数)

(4) 若该欧姆表换了一个电动势为 1.5 V 、内阻为 10Ω 的电池，调零后测量某电阻的阻值，其测量结果 (填“偏大”“偏小”或“准确”)。

【答案】(1)红(2分) B(2分) (2)1 600(2分) (3)1.1(2分) (4)准确(2分)

【考点】多用电表欧姆挡的使用实验

【详解】(1) 根据欧姆表的要求，黑表笔接内部电源的正极，可以判断 a 为红表笔；当电表满偏时，电表总内阻为 $R_{\text{内}} = \frac{E}{I_g} = 1500 \Omega$ ，所以电阻应选择 B。

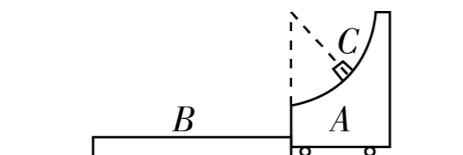
(2) 先求欧姆表的中值电阻，当表针指在表盘的正中央时对应的电流为满偏电流的一半，对应的电阻为中值电阻 $E = \frac{1}{2} I_g (R_{\text{中}} + R_{\text{内}})$ ， $R_{\text{中}} = R_{\text{内}} = 1500 \Omega$ ，即表盘指针指向刻度 15 时代表 1500Ω ，倍率为“ $\times 100$ ”，所以被测电阻的阻值为 1600Ω 。

(3) 倍率为“ $\times 10$ ”时，中值电阻为 150Ω ，则内阻变为 150Ω ，由此可知，满偏电流变为原来的 10 倍，即 0.01 A ，由 $1 \times 10^{-3} \times 10 \text{ V} = (0.01 \text{ A} - 1 \times 10^{-3} \text{ A}) R_1$ ，解得 $R_1 \approx 1.1 \Omega$ 。

(4) 设电源电动势为 E ，满偏电流为 I_g ，调零后电表内阻为 R_0 ，电表指针指到表盘某处时，电表的电流为 I ，对应的待测电阻为 R_x ，根据闭合电路欧姆定律 $E = I_g R_0$ ， $E = I(R_x + R_0)$ ，整理得 $R_x = E \left(\frac{1}{I} - \frac{1}{I_g} \right)$ ，由于满偏电流相同，电动势相同，指针指相同的位置时电流相同，所以 R_x 相同，即读数准确。

24. (12分) 如图所示，光滑水平面上有一质量为 $m_A = 0.9 \text{ kg}$ 、带有半径为 $R = 0.5 \text{ m}$ 的 $\frac{1}{4}$ 光滑圆弧的小车 A，圆弧的下端出口切线水平，紧靠着小车 A 的左侧有质量为 $m_B = 0.1 \text{ kg}$ 的木板 B。一质量为 $m_C = 0.1 \text{ kg}$ 、可以视为质点的滑块 C，从圆弧最高点无初速度释放，圆弧下端出口到 B 上表面的高度差为 $h = 0.8 \text{ m}$ 。若滑块 C 落到木板 B 上不反弹只相对滑动，且最终二者共速，已知 C 与 B 之间的动摩擦因数为 0.5 ，重力加速度为 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。求：

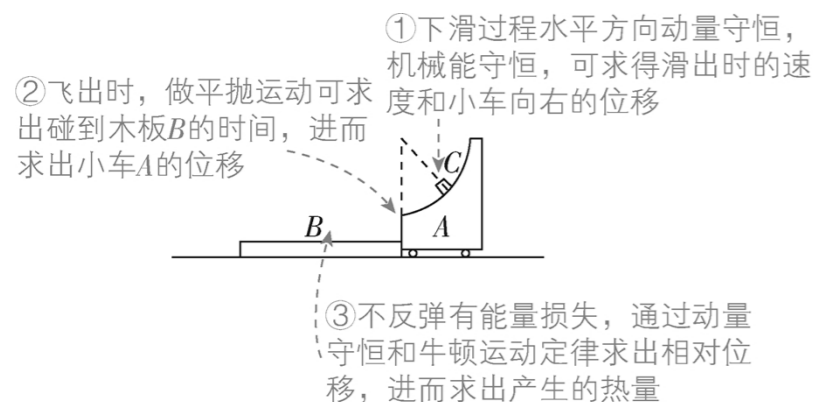
- (1) 当滑块 C 碰到木板 B 时，小车 A 和木板 B 之间的距离是多少；
 (2) 木板 B 和滑块 C 之间产生了多少热量。



【答案】(1) $\frac{11}{60}$ m (2) 0.225 J

【考点】动量和能量的综合应用

【题图剖析】



【详解】(1)滑块在小车上下滑过程，由于滑块和小车在水平方向不受外力作用，所以滑块和小车组成的系统在水平方向动量守恒，有 $0 = m_C v_C - m_A v_A$ (1分)

运动过程，由于水平面和圆弧光滑，故小车和滑块组成的系统机械能守恒，有

$$m_C g R = \frac{1}{2} m_C v_C^2 + \frac{1}{2} m_A v_A^2 \quad (1 \text{分})$$

联立解得滑块到小车最低点时，小车及滑块的速度大小分别为

$$v_A = \frac{1}{3} \text{ m/s}, \quad v_C = 3 \text{ m/s} \quad (1 \text{分})$$

由 $0 = m_C v_C - m_A v_A$ ，且运动时间相同，变形可得 $m_C x_C = m_A x_A$ ，

其中 x_A 、 x_C 是 A、C 的水平位移，由几何关系可知 $x_C + x_A = R$ ，

解得 A 向右后退的距离 $x_A = 0.05 \text{ m}$ ，

滑块从小车落到木板上的过程做平抛运动，运动时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.4 \text{ s}$ ，

这段时间，小车以速度 v_A 做匀速直线运动，位移为 $x_{A1} = v_A t = \frac{0.4}{3} \text{ m}$ (1分)

$$x = x_{A1} + x_A = \frac{11}{60} \text{ m} \quad (1 \text{分})$$

(2)由题可知，滑块落到木板上后竖直方向的速度为零，那么滑块落到木板上后的速度为 $v_C = 3$

m/s，

滑块的加速度大小为 $a_C = \frac{\mu m_C g}{m_C} = \mu g = 5 \text{ m/s}^2$ (1分)

方向与速度方向相反，木板的加速度大小为 $a_B = \frac{\mu m_C g}{m_B} = \mu g = 5 \text{ m/s}^2$ (1分)

滑块刚落到木板上时在木板上向左做匀减速直线运动，木板做向左的加速直线运动，当滑块和木板速度相同时有 $v_{共} = v_C - a_C t = a_B t$ (1分)

解得滑块和木板共速时的速度为 $v_{共} = 1.5 \text{ m/s}$ ，

共速时滑块的位移为 $x_C = \frac{v_C^2 - v_{共}^2}{2a_C} = 0.675 \text{ m}$ (1分)

共速时木板的位移为 $x_B = \frac{v_{共}^2}{2a_B} = 0.225 \text{ m}$ (1分)

滑块相对木板发生的位移为 $\Delta x = x_C - x_B = 0.45 \text{ m}$ (1分)

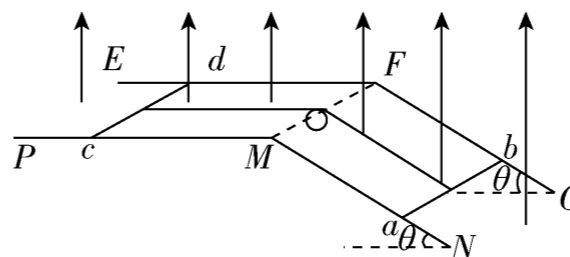
$$Q = \mu m_C g \Delta x = 0.225 \text{ J} \quad (1 \text{分})$$

25. (20分)电阻不计的平行金属导轨 EFG 与 PMN 如图所示放置，EF 与 PM 段水平且粗糙，FG 与 MN 段倾斜且光滑，F、M 连接处接触良好，FG、MN 与水平面成 $\theta = 37^\circ$ 角，空间中存在匀强磁场，磁感应强度大小为 $B = 5 \text{ T}$ ，方向竖直向上，导轨间距均为 $L = 1 \text{ m}$ ，金属棒 ab、cd 与轨道垂直放置，两金属棒质量相等，均为 $m = 0.1 \text{ kg}$ ，电阻均为 $R = 2 \Omega$ ，ab、cd 间用一不可伸长的轻质绝缘细线相连，中间跨过一个理想定滑轮，两金属棒始终垂直于导轨，cd 棒与水平导轨间的动摩擦因数为 $\mu = 0.4$ ，两金属棒始终不会与滑轮相碰，金属导轨足够长， $g = 10 \text{ m/s}^2$ ， $\sin 37^\circ = 0.6$ ，现将两金属棒由静止释放。

(1)释放瞬间 cd 棒的加速度大小是多少；

(2)判断释放后 ab 棒上感应电流的方向，并求出两金属棒的最大速度；

(3)假设金属棒 ab 沿倾斜导轨下滑 $s = 4 \text{ m}$ 时达到最大速度，由静止释放至达到最大速度所用的时间为多少，该过程中 ab 棒产生的焦耳热是多少。

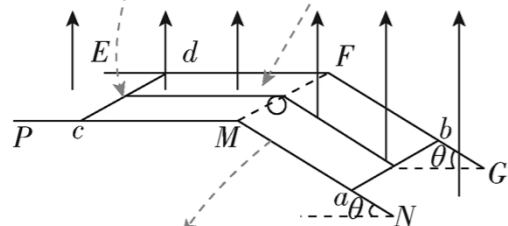


【答案】(1) 1 m/s^2 (2) 从 a 到 b 0.8 m/s (3) 5.8 s 0.368 J

【考点】电磁感应现象

【题图剖析】

- ① 牛顿第二定律可求得释放瞬时加速度
- ② 楞次定律可求得电流方向，加速度为零时有最大速度



③ 动量定理和电磁感应定律可求得运动到最大速度的时间，由能量守恒定律可得 ab 产生的焦耳热

【详解】(1) 释放瞬间对金属棒 ab 、 cd ，由牛顿第二定律分别可得

$$mg \sin \theta - T = ma \quad (2 \text{ 分})$$

$$T - \mu mg = ma \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } a = 1 \text{ m/s}^2 \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 由楞次定律可知，金属棒 ab 中的电流方向从 a 到 b ，经分析，当两金属棒加速度为零时速度最大，设最大速度为 v_m ，对 ab 棒由牛顿第二定律有

$$F_{\text{安}} \cos \theta + mg \sin \theta - T' = 0 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{对 } cd \text{ 棒由牛顿第二定律有 } T' - \mu mg - F_{\text{安}} = 0 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{又 } cd \text{ 棒的安培力大小为 } F_{\text{安}} = BIL \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{此时感应电动势为 } E = BLv_m - BLv_m \cos \theta \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{由闭合电路欧姆定律可得 } I = \frac{E}{2R} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } v_m = 0.8 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 设金属棒由静止释放至最大速度所需时间为 t ，对 ab 棒根据动量定理有

$$mg \sin \theta \cdot t + BIL \cos \theta \cdot t - I_T = mv_m - 0 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{对 } cd \text{ 棒有 } I_T - \mu mgt - BILt = mv_m - 0 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{其中 } q = It, I = \frac{E}{2R}, E = \frac{\Delta \Phi}{t}, \Delta \Phi = BLs - BLs \cos \theta \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } t = 5.8 \text{ s},$$

$$\text{设系统产生的焦耳热为 } Q, \text{ 由能量守恒定律可得 } mg \sin \theta = Q + \frac{1}{2}(2m)v_m^2 + \mu mgs \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{故金属棒 } ab \text{ 产生的焦耳热为 } Q_{ab} = \frac{1}{2}Q \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } Q_{ab} = 0.368 \text{ J} \quad (1 \text{ 分})$$

(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。

33. [物理——选修 3-3](15 分)

(1)(5 分) 下列说法正确的是_____。(填正确答案标号。选对 1 个得 2 分，选对 2 个得 4 分，选对 3 个得 5 分；每选错 1 个扣 3 分，最低得分为 0 分)

- A. 在显微镜下可以观察到煤油中小粒灰尘的布朗运动，这说明煤油分子在做无规则运动
- B. 液晶是一种特殊的晶体，且具有各向异性的特点
- C. 在宇宙飞船中的水滴会呈完美的球形，是因为表面张力的作用
- D. 脱脂棉吸水性很强，是因为脱脂棉内部有许多细小的孔道，它们相当于很多毛细管，会发生毛细现象
- E. 由热力学第二定律可知一切过程总是沿着分子热运动的无序性增大的方向进行

(2)(10 分) 我国的古代青铜器在原始社会后期开始萌芽，现今保存下来的青铜器，为了使其得到更好的保护，科学家一般会在展柜中充入惰性气体(可视为理想气体)，形成低氧环境。如图

所示为用活塞式抽气筒从存放青铜鼎的展柜内抽出空气的示意图。已知展柜容积为 V_0 ，开始时展柜内空气压强为 p_0 ，抽气筒每次抽出空气的体积为 $\frac{V_0}{16}$ ；抽气一次后，展柜内压强传感器

显示内部压强为 $\frac{14}{15}p_0$ ；不考虑抽气引起的温度变化。求：

- (i) 青铜鼎材料的总体积；
- (ii) 抽气两次后，展柜内剩余空气与开始时空气的质量之比。



【答案】(1) ACD

【考点】布朗运动、晶体、表面张力和毛细现象

【详解】煤油中小粒灰尘的布朗运动是由煤油分子的无规则运动引起的，A 正确；液晶不是

晶体，是一种特殊的化合物，且具有光学各向异性，B 错误；在宇宙飞船中的水滴处于完全失重状态，在表面张力的作用下水滴呈完美的球形，C 正确；脱脂棉吸水性很强，是因为脱脂棉内部有许多细小的孔道，它们起到了毛细管的作用，D 正确；一切自发过程总是沿着分子热运动的无序性增大的方向进行，E 错误。

(2)(i) $\frac{1}{8}V_0$ (ii) $\frac{196}{225}$

【考点】玻意耳定律

【详解】(i)由玻意耳定律得 $p_0(V_0 - \Delta V) = \frac{14}{15}p_0\left(V_0 - \Delta V + \frac{1}{16}V_0\right)$ (2分)

解得 $\Delta V = \frac{1}{8}V_0$ (2分)

(ii)设第二次抽气后气体压强为 p_2 ，有 $\frac{14}{15}p_0(V_0 - \Delta V) = p_2\left(V_0 - \Delta V + \frac{1}{16}V_0\right)$ (2分)

设剩余气体压强为 p_0 时体积为 V ，则 $p_0V = p_2(V_0 - \Delta V)$ ，

剩余气体与原气体的质量比 $\frac{m^1}{m^2} = \frac{V}{V_0 - \Delta V}$ (2分)

解得 $\frac{m^1}{m^2} = \frac{196}{225}$ (2分)

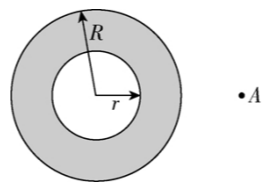
34. [物理——选修 3-4](15 分)

(1)(5 分)下列说法正确的是_____。(填正确答案标号。选对 1 个得 2 分，选对 2 个得 4 分，选对 3 个得 5 分；每选错 1 个扣 3 分，最低得分为 0 分)

- A. 发生多普勒效应时，波源的频率并未发生改变
- B. 人耳能接收到的声波频率为 20 Hz~20 kHz，其中 20 kHz 的声波最容易绕开障碍物传到入耳中
- C. 在检测光学元件表面的平整程度时可以利用薄膜干涉来检测
- D. 汽车的夜视系统是利用不可见光中的紫外线来实现的
- E. 通过偏振片可检测出单色光为横波

(2)(10 分)如图所示，有一个圆柱形玻璃瓶，内、外半径分别为 r 和 R ，杯子内壁涂满了荧光物质(可当作光源)。已知玻璃的折射率为 n 。小明在一暗室内从距玻璃瓶外表面 d 处的 A 点观察，则玻璃瓶内表面荧光物质发射的光线直接通过玻璃瓶外表面后到达 A 点需要的最长时间

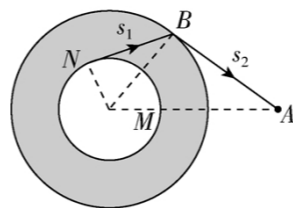
是多少。(已知真空中光速为 c)



【答案】(1)ACE

【考点】电磁波

【详解】多普勒效应是观察者与波源有相对运动，观察者观察到波源的频率发生变化，波源自身的频率未发生改变，A 正确；波长越大越容易发生衍射，且波速一定时，波长越大，频率越小，故 20 Hz 的声波更容易绕开障碍物传到入耳中，B 错误；在精密光学仪器的质检时，常用薄膜干涉来检测，C 正确；汽车的夜视系统是利用不可见光中的红外线来实现的，D 错误；偏振是横波特有的现象，故偏振片可检测单色光为横波，E 正确。



(2) $\frac{n\sqrt{R^2 - r^2} + \sqrt{(R+d)^2 - R^2}}{c}$

【考点】光的折射和全反射

【详解】玻璃瓶内表面荧光物质发射的光线直接通过玻璃瓶外表面后到达 A 点的最长时间对应光路为 $N \rightarrow B \rightarrow A$ (2分)

光在玻璃中的速度为 $v = \frac{c}{n}$ (2分)

光在玻璃中的路程 $s_1 = \sqrt{R^2 - r^2}$ (1分)

光在玻璃外的路程 $s_2 = \sqrt{(R+d)^2 - R^2}$ (1分)

最长时间为 $t_{\max} = \frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{v} + \frac{\sqrt{(R+d)^2 - R^2}}{c}$ (2分)

解得 $t_{\max} = \frac{n\sqrt{R^2 - r^2} + \sqrt{(R+d)^2 - R^2}}{c}$ (2分)