

2023-2024 学年度上学期高三期末考试

大连二十四中、大连八中、辽宁省实验中学、东北育才学校、鞍山一中五校联考物理试题

2023-2024 学年度上学期期末考试高三年級物理科试卷

一、选择题（本题共 10 小题，共 46 分。在每小题给出的四个选项中，第 1-7 题只有一项符合题目要求，每小题 4 分；第 8-10 题有多项符合题目要求，每小题 6 分，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. 下列关系式中不是利用物理量之比定义新的物理量的是（ ）

A. $E = \frac{F}{q}$ B. $\varphi = \frac{E_p}{q}$ C. $a = \frac{F}{m}$ D. $\omega = \frac{\theta}{t}$

【答案】C

【解析】

【详解】A. 比值定义法，就是用两个基本的物理量的“比”来定义一个新的物理量的方法。比值法定义的基本特点是被定义的物理量往往是反映物质的最本质的属性，它不随定义所用的物理量大小的变化而变化。由于电场强度由场源电荷与空间位置到场源电荷的距离决定，与试探电荷与试探电荷所受电场力的大小没有决定的关系，因此 $E = \frac{F}{q}$ 是比值定义式，A 错误；

B. 根据上述，由于电势是由场源电荷、空间位置到场源电荷的距离已经零电势的选择决定，与试探电荷、电势能没有决定的关系，因此 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 是比值定义式，B 错误；

C. 根据上述，由于加速度与合力成正比，与质量成反比，即加速度大小由物体所受外力的合力与物体的质量共同决定，则表达式 $a = \frac{F}{m}$ 不属于比值定义式，C 正确；

D. 根据上述，由于角速度由圆周运动的受力与线速度决定，与物体转过的角度与时间没有决定的关系，因此 $\omega = \frac{\theta}{t}$ 是比值定义式，D 错误。

故选 C。

2. 2023 年 9 月，杭亚会滑板男子碗池决赛，中国年仅 15 岁的小将陈焱以 84.41 分夺冠。图示为陈焱在比赛中腾空越过障碍物，若忽略空气阻力，那么腾空过程中（ ）



- A. 在最高点的时候人的速度为零，但加速度不为零
- B. 运动员和滑板构成的系统机械能守恒
- C. 运动员和滑板构成的系统动量守恒
- D. 上升过程是超重状态，滑板对人的作用力不为零

【答案】B

【解析】

【详解】A. 在最高点的时候人的竖直方向的速度为零，水平方向的速度不为零，故在最高点的时候人的速度不为零，受到重力作用，加速度为重力加速度，加速度不为零，故 A 错误；

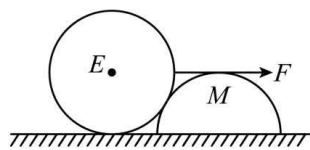
B. 运动员和滑板构成的系统只有重力做功，系统机械能守恒，故 B 正确；

C. 在开始起跳到脱离滑板瞬间，在竖直方向上运动员和滑板所受合力不为零，故运动员和滑板构成的系统动量不守恒，故 C 错误；

D. 上升过程是运动员只受重力作用，有竖直向下的重力加速度，运动员处于完全失重状态，滑板对人的作用力为零，故 D 错误。

故选 B。

3. 如图所示，半径相同、质量均匀的圆柱体 E 和半圆柱体 M 靠在一起静止在水平地面上， E 、 M 之间无摩擦力， M 下表面粗糙。现用过 E 的轴心的水平力 F ，缓慢地将 E 拉离地面直至滑到 M 的顶端， M 始终处于静止状态。则 E 拉离地面后的过程中（ ）



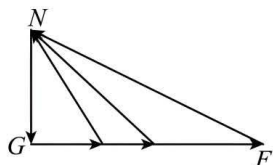
- A. 地面所受 M 的压力变大
- B. E 对 M 的弹力逐渐增大
- C. 拉力 F 由最大逐渐减小为 0
- D. 地面对 M 的作用力等于拉力 F

【答案】C

【解析】

【详解】A. 取整体为研究对象，根据平衡条件和牛顿第三定律，地面所受 M 的压力不变，大小等于二者的总重力，故 A 错误；

BC. 对圆柱体受力分析, 圆柱体 E 受重力 G 、拉力 F 、半圆柱体的支持力 N 作用处于平衡状态, 这三个力构成封闭三角形, 如图所示



开始时 N 与竖直方向成 60° 角, 对应图中的最大三角形。此时拉力 F 和半圆柱体的支持力 N 都最大, 其大小为

$$F_{\max} = G \tan 60^\circ = \sqrt{3}G$$

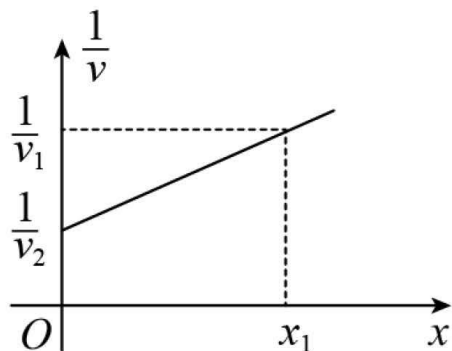
$$N_{\max} = \frac{G}{\cos 60^\circ} = 2G$$

随着 E 向上移动, 三角形逐渐减小, 拉力 F 、半圆柱体的支持力 N 都逐渐减小, 当 E 移动到 M 顶端时, F 减小到零, N 减小到 G 。根据牛顿第三定律, 半圆柱体的支持力 N 等于 E 对 M 的压力, 故开始时拉力 F 最大, 且为 $\sqrt{3}G$, 以后逐渐减小为 0, 故 C 正确, B 错误;

D. 地面对 M 的作用力是地面的支持力和摩擦力的合力, 而取整体为研究对象, 地面对 M 的摩擦力等于拉力 F , 所以地面对 M 的作用力大于拉力 F , 故 D 错误。

故选 C。

4. 如图所示, 小明“跑饭”的 $\frac{1}{v}-x$ 图像为一不过坐标原点的直线, 假定从小明的教室门口到餐厅的道路为一水平直线道路, 以教室门口为坐标原点, 教室到餐厅方向为 x 轴正方向, 下列说法正确的是 ()



- A. 小明运动到 x_1 的时间为 $\frac{x_1}{2v_0} + \frac{x_1}{2v_1}$
- B. 小明运动到 x_1 的时间为 $\frac{2x_1}{v_0 + v_1}$
- C. 小明运动的速度与位移成线性规律变化

D. 小明运动的速度随位移的增加而增加，但不成线性规律

【答案】A

【解析】

【分析】

【详解】AB. 根据位移公式可知 $x=vt$ ，则有

$$x \times \frac{1}{v} = t$$

则可知，图象的面积可以表示运动的时间，因此时间

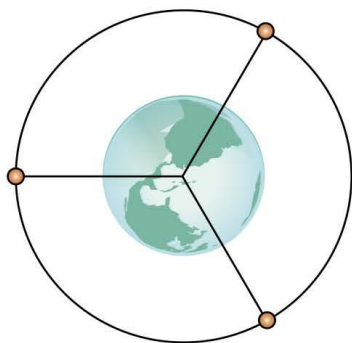
$$t = \frac{\frac{1}{v_0} + \frac{1}{v_1}}{2} \times x_1 = \frac{x_1}{2v_0} + \frac{x_1}{2v_1}$$

故 A 正确，B 错误；

CD. 由图可知，位移随速度的减小而增大，二者不是线性关系，故 CD 错误。

故选 A。

5. 华为 mate 60 实现了手机卫星通信，只要有卫星信号覆盖的地方，就可以实现通话。如图所示三颗赤道上空通信卫星就能实现环赤道全球通信，已知三颗卫星离地高度均为 h ，地球的半径为 R ，地球同步卫星离地高度为 $6R$ ，地球表面重力加速度为 g ，引力常量为 G ，下列说法正确的是（ ）



A. 三颗通信卫星受到地球的万有引力的大小相等

B. 能实现全球通信时，卫星离地高度至少 $2R$

C. 其中一颗质量为 m 的通信卫星的动能为 $\frac{mgR^2}{2(R+h)}$

D. 通信卫星和地球自转周期之比为 $\sqrt{\frac{(7R)^3}{(R+h)^3}}$

【答案】C

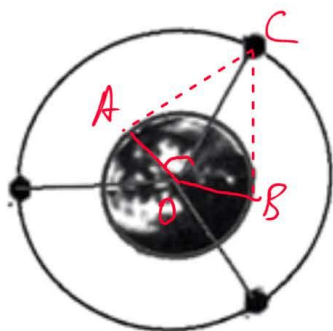
【解析】

【详解】A. 通信卫星受到的万有引力大小为

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

由于不知道三颗通信卫星的质量大小关系，所以三颗通信卫星受到地球的万有引力大小不一定相等，故 A 错误；

B. 三颗通信卫星若要全面覆盖，则其如图所示



由几何关系可知， $\angle AOB = 120^\circ$ ， $\angle AOC = 60^\circ$ ，其 OA 为地球半径 R ，所以由几何关系有

$$\cos 60^\circ = \frac{AO}{OC}$$

解得

$$OC = 2R = R + h$$

所以解得

$$h = R$$

所以通信卫星高度至少为 R ，故 B 错误；

C. 对卫星有，其万有引力提供做圆周运动的向心力，有

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

在地球表面有

$$G \frac{Mm}{R^2} = mg$$

其动能为

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{mgR^2}{2(R+h)}$$

故 C 正确；

D. 对通信卫星有

$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m \frac{4\pi^2}{T_{\text{通}}^2} (R+h)$$

地球的自转周期与同步卫星相同，对同步卫星有

$$G \frac{Mm}{(7R)^2} = m \frac{4\pi^2}{T_{\text{地}}^2} (7R)$$

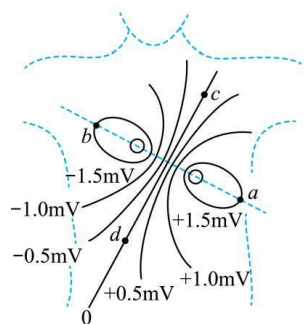
整理有

$$\frac{T_{\text{通}}}{T_{\text{地}}} = \sqrt{\frac{(R+h)^3}{(7R)^3}}$$

故 D 错误。

故选 C。

6. 有研究表明，当兴奋情绪传播时，在人的体表可以测出与之对应的电势变化。某一瞬间人体表面的电势分布图如图所示，图中实线为等差等势面，标在等势面上的数值分别表示该等势面的电势， a 、 b 、 c 、 d 为等势面上的点，该电场可等效为两等量异种电荷产生的电场， a 、 b 为两电荷连线上对称的两点， c 、 d 为两电荷连线中垂线上对称的两点。下列说法中正确的是（ ）



- A. c 点的电势大于 d 点的电势
- B. a 、 b 两点的电场强度大小相等，方向相反
- C. 负电荷在 c 点的电势能小于在 a 点的电势能
- D. 将带正电的试探电荷从 b 点移到 d 点，电场力做负功

【答案】D

【解析】

【详解】A. c 、 d 两点位于同一条等势线上，则 c 点的电势等于 d 点的电势，故 A 错误；

B. 该电势分布图可等效为等量异种电荷产生的， a 、 b 为两电荷连线上对称的两点，根据等量异种电荷的电场的特点，可以判断、这两个对称点的电场强度大小相等、方向相同，故 B 错误；

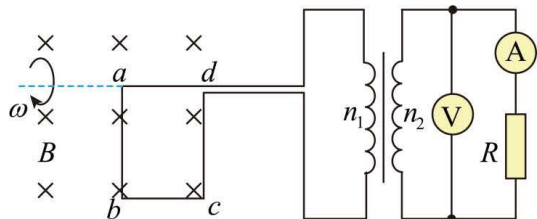
C. 负电荷在电势低的地方电势能大，所以负电荷在电势低的 c 点的电势能大于在电势高的 a 点的电势

能，故 C 错误；

D. 正电荷在电势高的地方电势能大，所以将带正电的试探电荷从电势低 b 点移到电势高 d 点，电场力做负功，电势能增加，故 D 正确。

故选 D。

7. 一小型发电机通过变压器和电阻 R 连成如图所示电路，已知匀强磁场（范围足够大）的磁感应强度为 B ，线圈面积为 S ，匝数为 n ，电阻为 r ，副线圈中电流的变化周期为 T 。下列说法中正确的是（ ）



A. 原线圈两端的电压为 $\frac{\sqrt{2}\pi nBS}{T}$

B. 图示时刻电流表的示数为 0

C. 原线圈中电流大小为 $\frac{\sqrt{2}\pi BS n_1^2}{T(n_2^2 r + n_1^2 R)}$

D. 电阻 R 消耗的功率为 $\frac{2n^2 \pi^2 B^2 S^2 n_1^2 n_2^2 R}{T^2 (n_2^2 r + n_1^2 R)^2}$

【答案】D

【解析】

【详解】A. 由题意可知，发电机产生的电动势的最大值为

$$E_m = nBS\omega = \frac{2n\pi BS}{T}$$

电动势的有效值为

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}n\pi BS}{T}$$

但由于线圈有电阻，所以线圈两端电压

$$U_1 \neq E = \frac{\sqrt{2}n\pi BS}{T}$$

故 A 错误；

B. 图示时刻发电机电动势的瞬时值为 0，但通过副线圈的电流的瞬时值不为 0，电流表示数表示电流的有效值，不随时间变化，故 B 错误；

C. 根据闭合电路欧姆定律, 有

$$U_1 = E - I_1 r$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$U_2 = I_2 R$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

解得

$$I_1 = \frac{En_2^2}{n_2^2 r + n_1^2 R} = \frac{\sqrt{2}n\pi BS n_2^2}{T(n_2^2 r + n_1^2 R)}$$

故 C 错误;

D. 根据变压器原副线圈电流与匝数的关系

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

可得

$$I_2 = \frac{\sqrt{2}n\pi BS n_1 n_2}{T(n_2^2 r + n_1^2 R)}$$

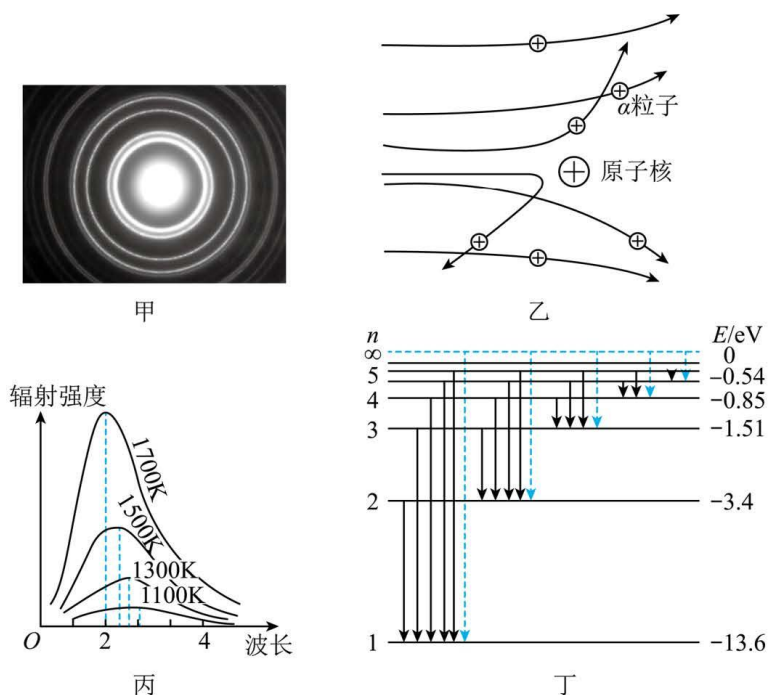
所以电阻 R 消耗的功率

$$P = I_2^2 R = \frac{2n^2 \pi^2 B^2 S^2 n_1^2 n_2^2 R}{T^2 (n_2^2 r + n_1^2 R)^2}$$

故 D 正确。

故选 D。

8. 下列四幅图涉及不同的近代物理知识, 其中说法正确的是 ()



- A. 图甲：电子束穿过铝箔的衍射图样，证实电子具有波动性，质子、原子与分子同样具有波动性
- B. 图乙：卢瑟福通过分析 α 粒子散射结果，提出原子核式结构模型，并发现了质子和中子
- C. 图丙：普朗克最早提出能量子概念，并成功解释黑体辐射实验规律，他是量子力学的奠基人之一
- D. 图丁：玻尔提出电子轨道是连续变化的，氢原子能级是分立的，成功解释氢原子发光的规律

【答案】AC

【解析】

【详解】A. 图甲：电子束穿过铝箔的衍射图样，证实电子具有波动性，质子、原子与分子同样具有波动性，故 A 正确；

B. 图乙：卢瑟福通过分析 α 粒子散射结果，提出原子核式结构模型；卢瑟福在用 α 粒子轰击氮原子核的实验中发现了质子，并预言了中子的存在，查德威克发现了中子，故 B 错误；

C. 图丙：普朗克最早提出能量子概念，并成功解释黑体辐射实验规律，是量子力学的奠基人之一，故 C 正确；

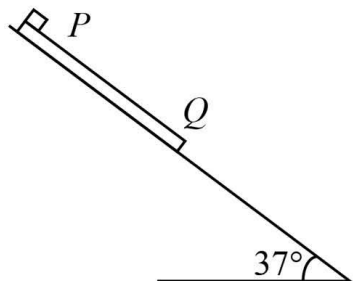
D. 图丁：玻尔提出电子轨道是量子化的，氢原子能级是分立的，成功解释氢原子发光的规律，故 D 错误。

故选 AC。

9. 倾角为 37° 的足够长斜面，上面有一质量为 2kg ，长 8m 的长木板 Q ，木板上下表面与斜面平行。木板 Q 最上端放置一质量为 1kg 的小滑块 P 。 P 、 Q 间光滑， Q 与斜面间的动摩擦因数为 $\frac{1}{3}$ 。若 P 、 Q 同时从静

止释放，以下关于 P 、 Q 两个物体运动情况的描述正确的是 ($\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$, g 取 10m/s^2)

()



- A. P 、 Q 两个物体加速度分别为 6m/s^2 、 4m/s^2
- B. P 、 Q 两个物体加速度分别为 6m/s^2 、 2m/s^2
- C. P 滑块在 Q 上运动时间为 1s
- D. P 滑块在 Q 上运动时间为 2s

【答案】BD

【解析】

【详解】AB. 对 P 受力分析，受重力和 Q 对 P 的支持作用，根据牛顿第二定律有：

$$m_P g \sin 37^\circ = m_P a_P$$

解得： $a_P = g \sin 37^\circ = 6\text{m/s}^2$

对 Q 受力分析，受重力、斜面对 Q 的支持力、摩擦力和 P 对 Q 的压力作用，根据牛顿第二定律有：

$$m_Q g \sin 37^\circ - \mu(m_P + m_Q)g \cos 37^\circ = m_Q a_Q$$

解得： $a_Q = 2\text{m/s}^2$ ，A 错误，B 正确；

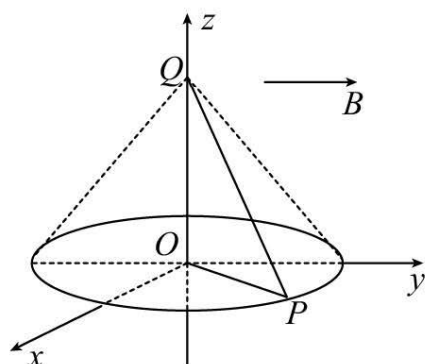
CD. 设 P 在 Q 上面滑动的时间为 t ，因 $a_P = 6\text{m/s}^2 > a_Q = 2\text{m/s}^2$ ，故 P 比 Q 运动更快，根据位移关系有：

$$L = \frac{1}{2} a_P t^2 - \frac{1}{2} a_Q t^2$$

代入数据解得： $t = 2\text{s}$ ，C 错误，D 正确。

故选 BD。

10. 如图所示在空间直角坐标系 $O-xyz$ 中有一等腰直角三角形线框，其中一条直角边与 z 轴重合，另一条直角边在 xOy 平面内，线框总电阻为 r ，直角边长为 l ，当线框在外力作用下绕着 z 轴以角速度 ω 匀速转动时，线框上的 P 点先后经过 x 轴和 y 轴，整个装置处于沿 y 轴方向的匀强磁场中，磁感应强度大小为 B ，则下列判断正确的是 ()



- A. 当线框经过 x 轴时, OP 两点间的电势差 $U_{OP} = \frac{1}{2}Bl^2\omega$
- B. 当线框经过 y 轴时, P 、 Q 两点电势差为 $U_{PQ} = \frac{Bl^2\omega}{2+\sqrt{2}}$
- C. 线框由 x 轴位置转到 y 轴位置的过程中, 通过线框截面的电量为 $q = \frac{Bl^2}{2r}$
- D. 线框在转动一圈的过程中电流方向改变一次

【答案】BC

【解析】

【分析】公众号：高中试卷君

【详解】A. 当线框经过 x 轴时, 此时线框平面与磁场垂直, 属于中性面, 中性面的电压为零 $U_{OP} = 0$,

故 A 错误;

B. 当线框经过 y 轴时, 线框的有效切割长度为 l , 此时产生的感应电动势

$$E = Blv = \frac{Bl^2\omega}{2}$$

根据几何关系可知 PQ 的长度为 $\sqrt{2}l$, 由右手定律可知 PQ 切割磁感线, P 点的电势高于 Q 点的电势,

P 、 Q 两点电势差为路端电势差

$$U_{PQ} = \frac{2l}{(2+\sqrt{2})l}E = \frac{Bl^2\omega}{2+\sqrt{2}}$$

故 B 正确;

C. 线框由 x 轴位置转到 y 轴位置的过程中, 线框中磁通量的变化量为

$$\Delta\phi = \frac{1}{2}Bl^2$$

$$q = I\Delta t$$

$$I = \frac{E}{r}$$

$$E = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

联立解得

$$q = \frac{Bl^2}{2r}$$

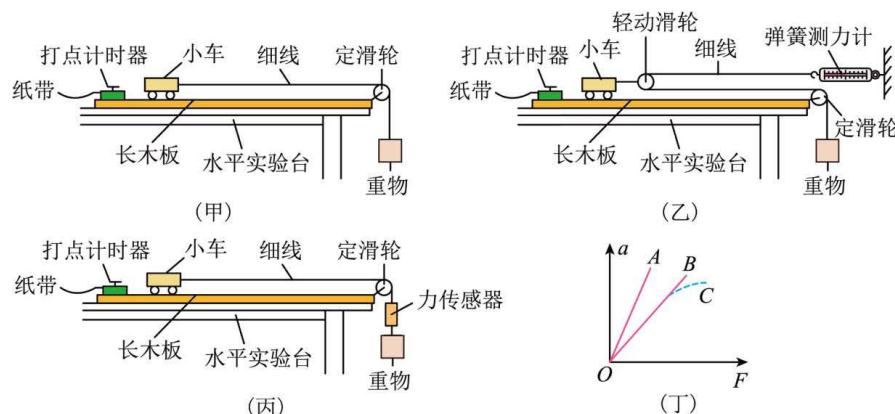
故 C 正确；

D. 每经过一次中性面，电流方向改变一次，线框在转动一圈的过程中，经过两次中性面，所以电流方向改变两次，故 D 错误。

故选 BC。

二、非选择题（本题共 5 小题，共 54 分）

11. (1) 甲、乙、丙三个实验小组分别采用如图（甲）、（乙）、（丙）所示的实验装置，验证“当质量一定时，物体运动的加速度与它所受的合力成正比”这一物理规律。已知他们使用的小车完全相同，小车的质量为 M ，重物的质量为 m ，试回答下列问题：



①实验时，必须满足“ M 远大于 m ”的实验小组是_____（填“甲”、“乙”或“丙”）。

②实验时，甲、乙、丙三组同学的操作均完全正确，他们作出的 $a-F$ 图线如图（丁）中 A、B、C 所示，则甲、乙、丙三组实验对应的图线依次是_____。（选填“ABC”、“BCA”或“CAB”）。

(2) 小明同学采用（乙）图实验装置探究质量一定时加速度与力的关系的实验时，以弹簧测力计的示数 F 为横坐标，加速度 a 为纵坐标，画出的 $a-F$ 图像是图（丁）中的一条直线，根据图线与横坐标的夹角求得图线的斜率为 k ，则小车的质量为_____。

【答案】 ①. 甲 ②. CAB ③. $\frac{2}{k}$

【解析】

【详解】 (1) ①[1]乙有弹簧测力计测量绳的拉力，丙有力的传感器测量绳的拉力，甲图中没有弹簧测力

计，必须用重物的重力替代绳的拉力，为了使绳的拉力近似等于重物的重力，甲图必须满足“ M 远大于 m ”。

②[2]根据牛顿第二定律，三个小车的加速度分别为

$$\begin{aligned} a_{\text{甲}} &= \frac{mg}{M} = \frac{1}{M}F \\ a_{\text{乙}} &= \frac{2mg}{M} = \frac{2}{M}F \\ a_{\text{丙}} &= \frac{mg}{M} = \frac{1}{M}F \end{aligned}$$

乙的比例系数最大，斜率最大，对应图线 A ；甲和丙的比例系数相等，斜率相等，但是甲不能直接测量绳的拉力，用重物的重力替代，小车的加速度越大，重物的重力与绳的拉力相差越大，实验误差越大，图线弯曲程度越大，而丙有弹簧测力计直接测量绳的拉力，不产生实验误差，图线不发生弯曲，所以丙对应图线 B ，甲对应图线 C 。故甲、乙、丙对应图线 C 、 A 、 B 。

(2) [3]由

$$a_{\text{乙}} = \frac{2mg}{M} = \frac{2}{M}F$$

其中

$$k = \frac{2}{M}$$

求得

$$M = \frac{2}{k}$$

12. 某实验小组用多用电表、电流表 G 和电阻箱进行一系列实验，分别是练习使用多用电表、测量电流表的内阻、改装电压表，实验器材如下：

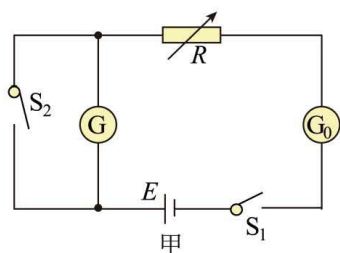
- A. 多用电表
- B. 电流表 G （满偏电流 $I_g = 15\text{mA}$ ，内阻未知）
- C. 标准电流表 G_0
- D. 电阻箱 R （最大阻值为 9999.9Ω ）
- E. 电源（电动势 $E = 3.0\text{V}$ ，内阻可忽略不计）
- F. 导线、开关若干

(1) 用多用电表欧姆挡粗略测量电流表的内阻；

(2) 精确测量电流表 G 的内阻 R_g ；

①按如图甲所示的电路图连接好电路，先将电阻箱 R 的阻值调到最大，闭合开关 S_1 ，断开开关 S_2 ，调节电阻箱 R ，使标准电流表 G_0 的示数大于量程的 $\frac{1}{3}$ ，且两电流表的示数都没有超过量程，读出标准电流表

G_0 的示数为 I_0 ，电阻箱的示数为 R_1 ；



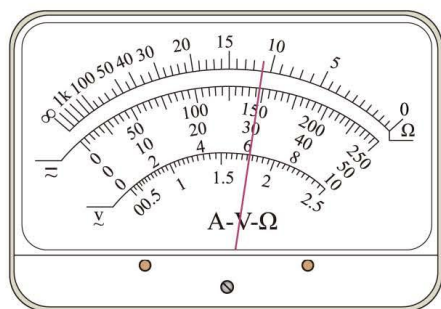
②保持开关 S_1 闭合，再闭合开关 S_2 ，调节电阻箱 R ，使标准电流表 G_0 的示数仍为 I_0 ，读出电阻箱的示数为 R_2 。

(3) 用该电流表 G 和电阻箱 R 改装一个电压表；

根据实验回答以下问题：

①用多用电表欧姆挡“ $\times 10$ ”挡测量电流表 G 的阻值，指针如图乙所示，那么电流表阻值为 _____ Ω 。

②电流表 G 内阻的表达式为 $R_g =$ _____ (用 R_1 、 R_2 表示)。



乙

③通过以上测量得到电流表 G 内阻为 $R_g = 100\Omega$ ，用电流表 G 和电阻箱 R 改装成量程为 $0 \sim 5V$ 的电压表，应将电阻箱 R 与电流表 G _____ (填“串联”或“并联”)，将电阻箱 R 的阻值调到 _____ Ω 。

【答案】 ①. 110 ②. $R_2 - R_1$ ③. 串联 ④. 233.3

【解析】

【详解】①[1]电流表阻值为读数为

$$R = 11 \times 10\Omega = 110\Omega$$

②[2]第一次和第二次电流表读数相同，说明两次电路中总电阻相同，闭合开关 S_2 后电流表 G 短路，则电阻箱的阻值要增大，电阻箱增大的阻值，即为电流表 G 的内阻，即

$$R_g = R_2 - R_1$$

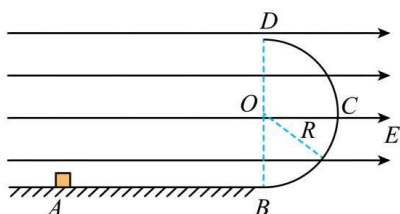
③[3][4]改装电压表应将电阻箱 R 与电流表 G 串联，串联的电阻为

$$R = \frac{U}{I_g} - R_g = \frac{5}{15 \times 10^{-3}} - 100 \Omega \approx 233.33 \Omega$$

电阻箱的最大阻值为 9999.9Ω ，可精确到 0.1Ω ，故电阻箱阻值调到 233.3Ω 。

13. 如图所示，在水平轨道 AB 的末端处，平滑连接一个半径 $R = 0.4 \text{ m}$ 的光滑半圆形轨道，半圆形轨道与水平轨道相切， C 点为半圆形轨道的中点， D 点为半圆形轨道的最高点，整个轨道处在电场强度水平向右、大小 $E = 4 \times 10^3 \text{ V/m}$ 的匀强电场中、将一个质量 $m = 0.1 \text{ kg}$ 、带正电的小物块（视为质点），从水平轨道的 A 点由静止释放，小物块恰好能通过 D 点。小物块的电荷量 $q = +2 \times 10^{-4} \text{ C}$ ，小物块与水平轨道之间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$ ，取重力加速度大小 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。求：

- (1) 小物块通过 D 点的速度；
- (2) A 、 B 两点间的距离 L ；
- (3) 小物块通过 C 点时对轨道的压力大小 F_N 。



【答案】(1) 2 m/s ，水平向左；(2) $\frac{5}{3} \text{ m}$ ；(3) 5.4 N

【解析】公众号：高中试卷君

【详解】(1) 小物块恰好能通过 D 点，由牛顿第二定律可知

$$mg = m \frac{v_D^2}{R}$$

解得

$$v_D = 2 \text{ m/s}$$

方向水平向左

(2) 从 A 点到 D 点由动能定理得

$$(qE - \mu mg)L - 2mgR = \frac{1}{2}mv_D^2$$

解得 A 、 B 两点间的距离

$$L = \frac{5}{3} \text{ m}$$

(3) 从 C 点到 D 点由动能定理得

$$-mgR - qER = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$$

在 C 点由牛顿第二定律得

$$N - qE = m\frac{v_C^2}{R}$$

根据牛顿第三定律，小物块通过 C 点时对轨道的压力大小

$$F_N = N = 5.4\text{N}$$

14. 如图所示，传统爆米花机的“爆米”原理是：密封铁炉内米粒和空气同时受热，米粒中的水分蒸发，与空气形成混合气，炉内产生高压，让米粒中水分继续蒸发受阻。打开铁炉，米粒突遇低温产生内外压力差，米粒中水分急剧膨胀使米粒爆炸形成爆米花。某型爆米花机的铁炉仓体积为 $V = 2 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ 。工人师傅封装米粒的实物体积为 $V_0 = 4.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ，翻滚铁炉均匀加热，同时观察仪表，当炉内温度升高到 1527°C 时，决定开炉，只闻“砰”的一声响，洁白香脆的爆米花应声出炉。已知环境温度为 27°C ，大气压强为 $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。忽略米粒因水分蒸发对自身体积的影响，将炉内气体视为理想气体，试求：

- (1) 不计水蒸气的体积，开炉前瞬间炉内空气的压强是多少；
- (2) 达到开炉温度时，水蒸气占混合气的体积比例为 20%，则开炉前瞬间炉内混合气体的压强是多少。



【答案】(1) $6 \times 10^5 \text{ Pa}$ ；(2) $7.5 \times 10^5 \text{ Pa}$

【解析】

【详解】(1) 对炉内空气系统，刚封装时，状态 1

$$p_1 = p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} + 273 = 300 \text{ K}$$

开炉前瞬间，状态 2

$$T_2 = 1527^\circ\text{C} + 273 = 1800 \text{ K}$$

因忽略米粒体积变化，不计水蒸气的体积，空气系统作等容变化，由查理定律

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

$$p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 = 6 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(2) 对炉内空气系统，刚封装时，状态 1

$$p_1 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$V_1 = V - V_0 = 1.55 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

开炉前瞬间，因水蒸气占混合气的体积比例为 20%，状态 3

$$T_3 = T_2 = 1800 \text{ K}$$

$$V_3 = (1 - 20\%)V_1 = 1.24 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

由理想气体状态方程

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{T_3}$$

$$p_3 = \frac{V_1}{V_3} \times \frac{T_3}{T_1} p_1 = 7.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

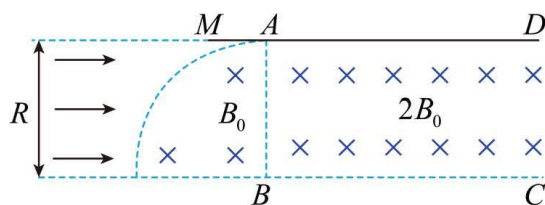
因炉内空气是混合气的一部分，在相同状态下，混合气的压强同为 $7.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

15. 有一磁场区域，左边 $\frac{1}{4}$ 圆内与中间 $ABCD$ 矩形区域分布如图所示的磁场，磁感应强度大小分别为 B_0 和 $2B_0$ ，方向垂直纸面向里，其中圆半径为 R ，圆心在 B 点， $AD=2R$ ， MN 为与 AD 共线的绝缘弹性挡板，粒子与挡板发生弹性碰撞(不计碰撞时间)，且碰撞前后水平方向速度大小不变。现有宽度为 R 均匀分布的带电粒子群以相同的初速度向右射入磁场区域，粒子电荷量为 q ($q > 0$)，质量为 m ，不计重力及粒子间相互作用，所有粒子经 $\frac{1}{4}$ 圆内部磁场偏转后均汇聚于 A 点，并在 A 点发生弹性碰撞后进入矩形区域。

(1) 求带电粒子初速度 v_0 的大小；

(2) 某个粒子与挡板碰撞四次(不包括 D 点碰撞)后恰好到达 D 点，求该粒子在两个磁场区域运动的总路程 s ；

(3) 求粒子在矩形磁场区域中运动的时间范围。



【答案】(1) $\frac{qB_0R}{m}$; (2) $\frac{5\pi R}{6}$; (3) $\frac{2R}{v_0} < t < \frac{\pi R}{v_0}$

【解析】

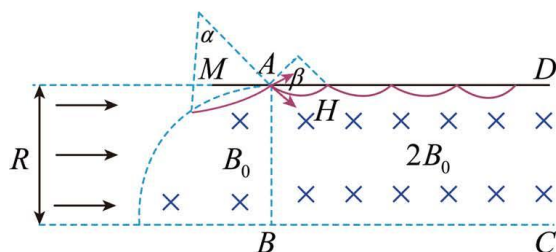
【详解】(1) 根据题意所有粒子经 $\frac{1}{4}$ 圆内部磁场偏转后均汇聚于 A 点, 在对下边缘的粒子在圆形磁场中恰好做 $\frac{1}{4}$ 圆, 可知圆周运动半径为 R , 根据洛伦兹力提供向心力有

$$qv_0B_0 = m\frac{v_0^2}{R}$$

解得

$$v_0 = \frac{qB_0R}{m}$$

(2) 某个粒子与挡板碰撞四次(不包括 D 点碰撞)后恰好到达 D 点, 作出运动轨迹如图



由几何关系可知

$$AH = \frac{1}{2}R$$

因为粒子与挡板发生弹性碰撞, 则在矩形区域内根据洛伦兹力提供向心力有

$$qv_0 \times 2B_0 = m\frac{v_0^2}{R'}$$

解得

$$R' = \frac{1}{2}R$$

则由几何关系可知

$$\alpha = 30^\circ = \frac{\pi}{6}, \quad \beta = 60^\circ = \frac{\pi}{3}$$

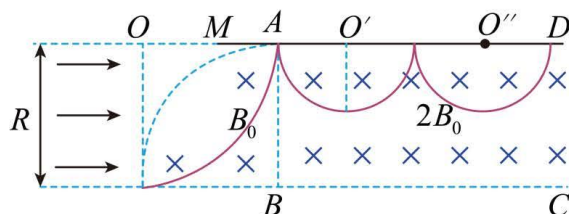
所以该粒子在两个磁场区域运动的总路程

$$s = R \times \beta + \frac{1}{2}R \times \alpha = \frac{5\pi R}{6}$$

(3) 上边界的粒子沿着边界通过矩形区域, 则时间为

$$t_1 = \frac{2R}{v_0}$$

下边界的粒子运动，在圆形区域内轨迹如图



周期

$$T = \frac{2\pi \times R'}{v_0} = \frac{2\pi \times \frac{1}{2}R}{v_0} = \frac{\pi R}{v_0}$$

时间为

$$t_2 = 2 \times \frac{1}{2}T = \frac{\pi R}{v_0}$$

所以粒子在矩形磁场区域中运动的时间范围为

$$\frac{2R}{v_0} < t < \frac{\pi R}{v_0}$$

关于我们

自主选拔在线是致力于提供新高考生涯规划、强基计划、综合评价、三位一体、学科竞赛等政策资讯的升学服务平台。总部坐落于北京，旗下拥有网站（[网址：www.zizzs.com](http://www.zizzs.com)）和微信公众平台等媒体矩阵，用户群体涵盖全国 90% 以上的重点中学师生及家长，在全国新高考、自主选拔领域首屈一指。

如需第一时间获取相关资讯及备考指南，请关注**自主选拔在线**官方微信信号：**zizzsw**。



 微信搜一搜

 自主选拔在线

