

2016年10月浙江省普通高校招生选考科目考试物理试题

一、选择题

1. 下列物理量中，属于标量的是（ ）

- A. 力 B. 位移 C. 动能 D. 加速度

【答案】C

【解析】

【详解】ABD. 矢量既有大小又有方向，运算时遵循平行四边形定则，故力、位移、加速度均为矢量，ABD 错误；

C. 标量只有大小没有方向，动能是标量，C 正确。

故选 C。

2. 下列均属于国际基本单位的是

- A. m, N, J B. m, kg, J C. m, kg, s D. kg, m/s, N

【答案】C

【解析】

【详解】长度，质量，时间等为基本物理量，基本物理量的单位为基本单位。长度、质量、时间在国际单位制中的基本单位为米、千克、秒即 m、kg、s，故 C 正确，ABD 错误。

故选 C。

3. 中国女排在 2016 年奥运会比赛中再度夺冠。图为比赛中精彩瞬间的照片，此时排球受到的力有（ ）



- A. 推力
B. 重力、推力
C. 重力、空气对球的作用力
D. 重力、推力、空气对球的作用力

【答案】C

【解析】

【详解】图中排球受到的力是：重力、空气对球的阻力，此刻人手与球并没有接触，所以没有推力，故 C 正确，ABD 均错误。故选 C。

4. 如图所示，无人机在空中匀速上升时，不断增加的能量是（ ）



- A. 动能
B. 动能、重力势能
C. 重力势能、机械能
D. 动能、重力势能、机械能

【答案】C

【解析】

【详解】无人机在匀速上升过程中，它的质量不变，速度不变，则动能不变；同时高度增加，其重力势能增加；因机械能等于动能与势能的总和，所以无人机的机械能增加。

故选 C。

5. 在 G20 峰会“最忆是杭州”的文化文艺演出中，芭蕾舞演员保持如图所示姿势原地旋转，此时手臂上 A、B 两点角速度大小分别为 ω_1 、 ω_2 ，线速度大小分别为 v_A 、 v_B ，则（ ）



- A. $\omega_1 < \omega_2$
B. $\omega_1 > \omega_2$
C. $v_A < v_B$
D. $v_A > v_B$

【答案】D

【解析】

【详解】可以把 A、B 两点看成是同轴转动的两个质点，则 $\omega_1 = \omega_2$ ，由 $v = \omega r$ 得， $v_A > v_B$ 故 D 选项正确。

故选 D

点睛：同轴角速度相等，同皮带线速度相等，然后借助于 $v = \omega r$ 求解。

6. 某探险者在野外攀岩时，踩落一小石块，约 5s 后听到石头直接落到崖底的声音，探险者离崖底的高度最接近的是（ ）



- A. 25m B. 50m C. 110m D. 150m

【答案】 C

【解析】

【详解】 由于声音在空气中传播的速度比自由落体下落 5s 的速度大的多，可以忽略声音在空气中的传播时间，由自由落体规律 $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 5^2 \text{ m} = 125\text{m}$ 则选 C.

7. 一水平固定的水管，水从管口以不变的速度源源不断地喷出，水管距地面高 $h = 1.8\text{m}$ ，水落地的位置到管口的水平距离 $x = 1.2\text{m}$ ，不计空气及摩擦阻力，水从管口喷出的初速度大小是（ ）

- A. 1.2m/s B. 2.0m/s C. 3.0m/s D. 4.9m/s

【答案】 B

【解析】

【分析】

【详解】 水平喷出的水，运动规律为平抛运动，根据平抛运动规律，在竖直方向上有

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

解得水在空中的时间为

$$t = 0.6\text{s}$$

在水平方向上有，根据

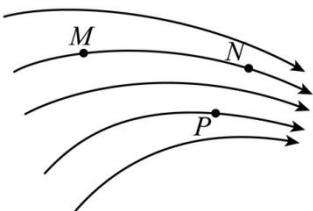
$$x = v_0t$$

解得水平速度为

$$v_0 = 2.0 \text{ m/s}$$

故选 B。

8. 如图为某一电场的电场线，M、N、P 为电场线上的三个点，M、N 是同一电场线上两点，下列判断正确的是（ ）



- A. M、N、P 三点中 M 点的场强最大
- B. M、N、P 三点中 N 点的电势最高
- C. 负电荷在 N 点的电势能大于在 M 点的电势能
- D. 正电荷从 M 点自由释放，电荷将沿电场线运动到 N 点

【答案】C

【解析】

【详解】电场线的疏密反应了场的强弱，N 点处电场线最密，所以 N 点场强最大，故 A 错误；顺着电场线的方向，电势降低，所以 M 点的电势最高，故 B 错误；根据 $E_p = q\varphi$ ， $\varphi_M > \varphi_P > \varphi_N$ 可知，负电荷在 N 点电势能大于在 M 点的电势能，故 C 正确；在 M 点静止释放，正电荷在电场力的作用下运动，但是运动轨迹并不是电场线，故 D 错误。故选 C。

【点睛】解答此题的关键是知道电场线的特点：电场线的疏密反应了场的强弱；顺着电场线的方向，电势降低。判断电势能的大小也可通过电场力做功来判断：电场力做正功，电势能减小，电场力做负功，电势能增加。

9. 一根细橡胶管中灌满盐水，两端用短粗铜丝塞住管口，管中盐水柱长为 16cm 时，测得电阻为 R ，若溶液的电阻随长度、横截面积的变化规律与金属导体相同。现将管中盐水柱均匀拉长至 20cm（盐水体积不变，仍充满橡胶管）。则盐水柱电阻为（ ）

- A. $\frac{4}{5}R$
- B. $\frac{5}{4}R$
- C. $\frac{16}{25}R$
- D. $\frac{25}{16}R$

【答案】D

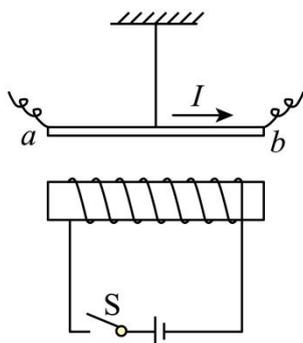
【解析】

【详解】由于总体积不变，设 16cm 长时的横截面积为 S 。所以长度变为 20cm 后，横截面积 $s' = \frac{4}{5}s$ ，根

据电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S}$ 可知： $R = \rho \cdot \frac{16}{s}$ ， $R' = \rho \frac{\frac{5}{4}L}{\frac{4}{5}S}$ ，联立两式得 $R' = \frac{25}{16}R$ 。

- A. $\frac{4}{5}R$ 与计算结果 $R' = \frac{25}{16}R$ 不相符，故 A 错误；
- B. $\frac{5}{4}R$ 与计算结果 $R' = \frac{25}{16}R$ 不相符，故 B 错误；
- C. $\frac{16}{25}R$ 与计算结果 $R' = \frac{25}{16}R$ 不相符，故 C 错误；
- D. $\frac{25}{16}R$ 与计算结果 $R' = \frac{25}{16}R$ 相符，故 D 正确；

10. 如图所示，把一根通电的硬直导线 ab 用轻绳悬挂在通电螺线管正上方，直导线中的电流方向由 a 向 b。闭合开关 S 瞬间，导线 a 端所受安培力的方向是（ ）



- A. 向上
- B. 向下
- C. 垂直纸面向外
- D. 垂直纸面向里

【答案】D

【解析】

【详解】根据安培定则可知，开关闭合后，螺线管产生的磁场等效为N极在右端的条形磁铁产生的磁场。根据左手定则可知，导线a端所受安培力垂直纸面向里，选项D正确。

11. 如图为一种服务型机器人，其额定功率为48W，额定工作电压为24V，机器人的锂电池容量为20A·h，则机器人（ ）



- A. 额定工作电流为20A
- B. 充满电后最长工作时间为2h
- C. 电池充满电后总电量为 $7.2 \times 10^4 \text{C}$
- D. 以额定电流工作时每秒消耗能量为20J

【答案】C

【解析】

【详解】A. $P = UI$ 得，额定工作电流：

$$I = \frac{P}{U} = \frac{48}{24} \text{A} = 2\text{A},$$

A 错误；

B. 充满电后最长工作时间：

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{20}{2} \text{h} = 10 \text{h},$$

B 错误;

C. 电池充满电后总电量为

$$Q = It = 20 \times 3600 \text{C} = 7.2 \times 10^4 \text{C}$$

C 正确;

D. 额定电流工作时每秒消耗能量

$$E = UI t' = 24 \times 2 \times 1 \text{J} = 48 \text{J}.$$

D 错误.

12. 如图所示,“天宫二号”在距离地面 393 km 的近圆轨道运行. 已知万有引力常量 $G=6.67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, 地球质量 $M=6.0 \times 10^{24} \text{kg}$, 地球半径 $R=6.4 \times 10^3 \text{km}$. 由以上数据可估算()



- A. “天宫二号”的质量
- B. “天宫二号”的运行速度
- C. “天宫二号”受到的向心力
- D. 地球对“天宫二号”的引力

【答案】 B

【解析】

【详解】 根据万有引力提供向心力, 即

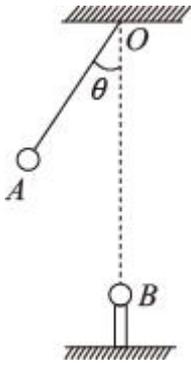
$$\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

可知

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

所以可求出“天宫二号”的运行速度, 在上等式中“天宫二号”的质量在两边会消去, 故无法求出“天宫二号”的质量, 同时其受到的向心力、引力都因为不知质量而无法求解, 故 B 正确, ACD 错误。

13. 如图所示质量为 m 、电荷量为 q 的带电小球 A 用绝缘细线悬挂于 O 点, 带有电荷量也为 q 的小球 B 固定在 O 点正下方绝缘柱上. 其中 O 点与小球 A 的间距为 l . O 点与小球 B 的间距为 $\sqrt{3}l$, 当小球 A 平衡时, 悬线与竖直方向夹角 $\theta = 30^\circ$, 带电小球 A、B 均可视为点电荷, 静电力常量为 k , 则()



A. A、B 间库仑力大小 $F = \frac{kq^2}{2l^2}$

B. A、B 间库仑力 $F = \frac{\sqrt{3}mg}{3}$

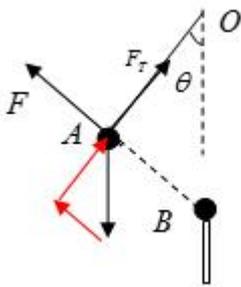
C. 细线拉力大小 $F_T = \frac{kq^2}{3l^2}$

D. 细线拉力大小 $F_T = \sqrt{3}mg$

【答案】B

【解析】

【详解】A 的受力如图所示，



几何三角形 OAB 与力三角形相似，由对应边成比例 $\frac{F_T}{mg} = \frac{l}{\sqrt{3}l}$ ，则 $F_T = \frac{\sqrt{3}mg}{3}$ ，由余弦定理

$$AB = \sqrt{l^2 + (\sqrt{3}l)^2 - 2\sqrt{3}l^2 \cos 30^\circ} = l, \text{ 则 } F_T = F = \frac{\sqrt{3}mg}{3} = \frac{kq^2}{l^2}, \text{ 故 B 正确.}$$

点睛：本题借助于相似三角形和余弦定理求解拉力的大小，对于此类题要正确的画出受力图，组建三角形。

14. 用 a 、 b 两种不同波长的光，先后用同一装置做双缝干涉实验，得到两种干涉条纹，其中 a 光的干涉条纹间距大于 b 光的条纹间距，则()

A. a 光的波长大于 b 光的波长

B. a 光的频率大于 b 光的频率

- C. 在玻璃中, a 光的速度等于 b 光的速度
 D. 从玻璃射向空气发生全反射时, a 光的临界角大于 b 光的临界角

【答案】AD

【解析】

【详解】根据双缝干涉的条纹间距公式 $\Delta x = \frac{l\lambda}{d}$ 可知, 同一实验装置, 条纹间距越大, 说明波长越长, 即频率越小. 根据题意, a 光的波长长, 所以 A 正确, B 错误. 频率越小, 介质对它的折射率越小, 根据 $n = \frac{c}{v}$ 可知, 在介质中的传播速度越大, 即 a 光在介质中的传播速度要大, 所以 C 错误. 根据 $\sin C = \frac{1}{n}$ 可知, 介质的折射率越小, 则全反射的临界角越大, 所以 a 光的全反射临界角要大, 选项 D 正确. 故选 AD.

15. 如图为氢原子能级图, 氢原子中的电子从 $n=5$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级可产生 a 光; 从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级可产生 b 光. a 光和 b 光的波长分别为 λ_a 和 λ_b , 照射到逸出功为 2.29eV 的金属钠表面均可产生光电效应, 遏止电压分别为 U_a 和 U_b , 则:

n	E/eV
∞	0
5	-0.54
4	-0.85
3	-1.51
2	-3.4
1	-13.6

- A. $\lambda_a > \lambda_b$
 B. $U_a < U_b$
 C. a 光的光子能量为 2.86eV
 D. b 光产生的光电子最大初动能 $E_k=0.26\text{eV}$

【答案】CD

【解析】

【详解】AC、氢原子中的电子从 $n=5$ 跃迁到 $n=2$ 产生的 a 光, $\Delta E = E_5 - E_2 = -0.54 - (-3.40) = 2.86\text{eV}$, 氢原子中的电子从 $n=4$ 跃迁到 $n=2$ 产生的 b 光, $\Delta E = E_4 - E_2 = -0.85 - (-3.40) = 2.55\text{eV}$, 能量越高频率越大, 波长越小, 则 $\lambda_a < \lambda_b$, 选项 C 正确, A 错误;

BD、由光电效应方程 $eU_c = \frac{1}{2}m_e v_e^2 = h\nu - W_0$ 有频率越高的 U_c 越大, 即 $U_a > U_b$,

$\frac{1}{2}m_e v_e^2 = h\nu - W_0 = 2.55 - 2.29\text{eV} = 0.26\text{eV}$, 则 B 错误、D 正确

点睛: 电子跃迁释放的能量等于两个能级的能量差值, 并结合光电效应方程求遏制电压的大小

16. 用中子 (${}_0^1\text{n}$) 轰击铀核 (${}_{92}^{235}\text{U}$) 产生裂变反应, 会产生钡核 (${}_{56}^{141}\text{Ba}$) 和氪核 (${}_{36}^{92}\text{Kr}$) 并释放中子 (${}_0^1\text{n}$), 达到某些条件时可发生链式反应, 一个铀核 (${}_{92}^{235}\text{U}$) 裂变时, 释放的能量约为 200MeV ($1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{J}$)。以下说法正确的是 ()

A. ${}_{92}^{235}\text{U}$ 裂变方程为 ${}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + {}_0^1\text{n}$

B. ${}_{92}^{235}\text{U}$ 裂变方程为 ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$

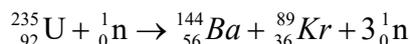
C. ${}_{92}^{235}\text{U}$ 发生链式反应的条件与铀块的体积有关

D. 一个 ${}_{92}^{235}\text{U}$ 裂变时, 质量亏损约为 $3.6 \times 10^{-28}\text{kg}$

【答案】 BCD

【解析】

【详解】 AB. ${}_{92}^{235}\text{U}$ 的裂变方程为



方程两边的中子不能相约, 故 A 错误, B 正确;

C. 链式反应在进行过程中, 还需要铀块达到临界体积才能维持链式反应持续不断进行下去, 故 C 正确;

D. 一个铀核 (${}_{92}^{235}\text{U}$) 裂变时, 释放的能量约为 200MeV , 根据爱因斯坦质能方程得, 质量亏损

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{200 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{16}} \text{kg} = 3.6 \times 10^{-28} \text{kg}$$

故 D 正确。

故选 BCD。

二、非选择题

17. 在“探究小车速度随时间变化的规律”实验中

(1) 下列说法中不正确或不必要的是 _____ (填字母)。

A. 长木板的一端必须垫高, 使小车在不挂钩码时能在木板上做匀速运动

B. 连接钩码和小车的细线应与长木板保持平行

C. 小车应靠近打点计时器, 先接通电源, 后释车

D. 选择计数点时, 必须从纸带上第一个点开始

(2)图 1 是实验中打下的一段纸带.算出计数点 2 的速度大小为_____m/s，并在图 2 中标出，其余计数点 1、3、4、5 对应的小车瞬时速度大小在图 2 中已标出.

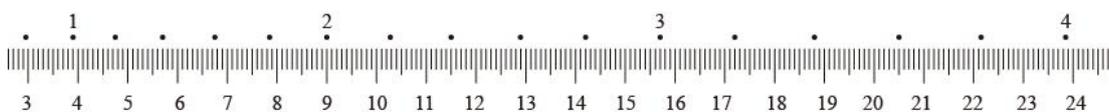


图1

(3) 作图_____并求得小车的加速度大小为_____m/s²

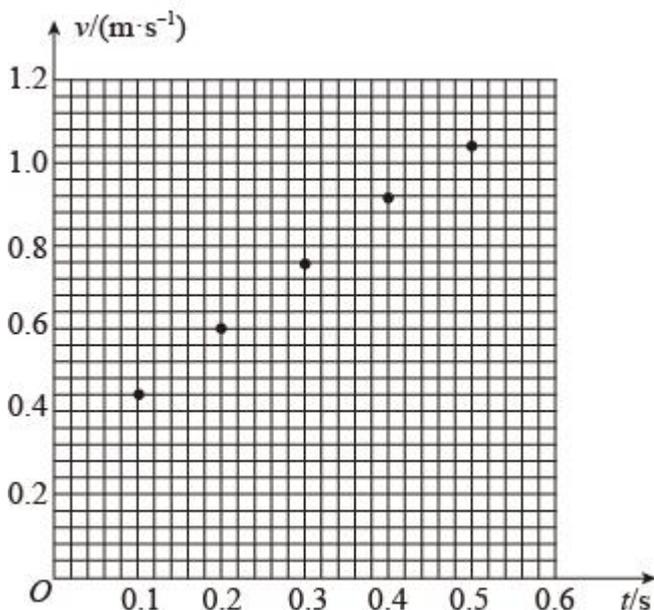


图2

【答案】 ①. AD ②. 0.58-0.61 ③. 见解析 ④. 1.43~1.53

【解析】

【详解】(1)[1]A. 探究小车的速度与时间的变化，并没有要求小车只在拉力作用下运动，即平衡摩擦力不是必要的，A 不是必要的，符合题意；

B、连接小车的细绳需要与木板平行，否则就要涉及到绳子拉力分解问题，即拉力是一个变力，B 是必要的，不符合题意；

C. 操作时应先开电源再释放小车，C 是必要的，不符合题意；

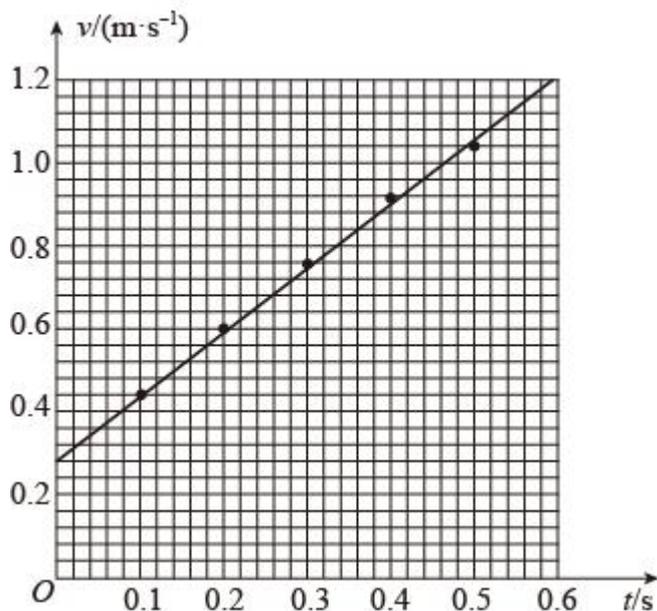
D. 在处理纸带时，由于第一点并不确定，因此常常将前面的点去掉，从清晰可辨的点取点后处理实验数据，D 不是必要的，符合题意；

故选 AD。

(2)[2]根据图中 $x_1=3.80\text{cm}=0.0380\text{m}$ ， $x_3=15.70\text{cm}=0.1570\text{m}$ ，所以有

$$v_2 = \frac{x_3 - x_1}{2T} = \frac{0.1570 - 0.0380}{2 \times 0.1} \text{m/s} = 0.60 \text{m/s}$$

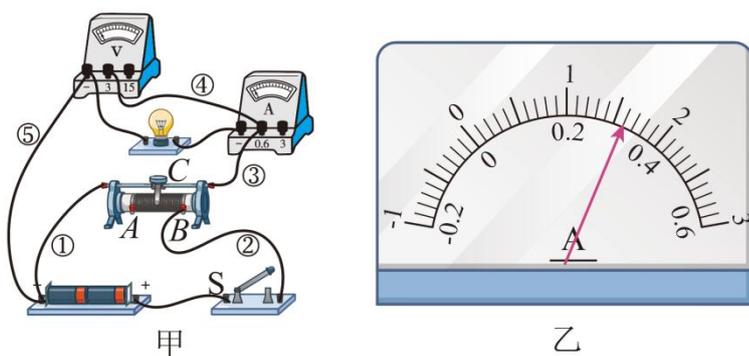
(3)[3]根据描点作一条过原点的直线，如图所示



[4]直线的斜率即为小车的加速度，所以加速度为

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1.2 - 0.3}{0.6} \text{ m/s}^2 = 1.50 \text{ m/s}^2$$

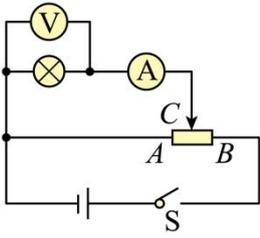
18. 做“测绘小灯泡的伏安特性曲线”实验，要求采用分压电路，电流表外接。小王的连接如图甲所示，闭合开关S前请老师检查，老师指出图中标示的①、②两根连线有一处错误，错误连线是_____（填“①”或“②”）；图中标示的③、④和⑤三根连线有一处错误，错误连线是_____（填“③”“④”或“⑤”）。小王正确连线后，闭合开关S前，应将滑动变阻器滑片C移到_____处（填“A”或“B”）。闭合开关S，此时电压表读数为_____V，缓慢移动滑片C至某一位置时，电流表指针如图乙所示，电流表的示数为_____A。



【答案】 ①. ① ②. ④ ③. A ④. 0 ⑤. 0.32

【解析】

【详解】本实验的等效电路图如下：



应该采用分压式、外接法，所以①、④两根导线有问题。

实验开始时为了保证实验仪器的正常使用，需要将 C 拨到最左端，即 A 处，开关闭合后，电压表读数为 0 V。电流表的量程应为 0.6A，图乙中电流表的读数为 0.32 A(不需要估读)。

19. 在某段平直的铁路上，一列以 324km/h 高速行驶的列车某时刻开始匀减速行驶，5min 后恰好停在某车站，并在该站停留 4min，随后匀加速驶离车站，经 8.1km 后恢复到原速 324km/h。

- (1) 求列车减速时的加速度大小；
- (2) 若该列车总质量为 $8.0 \times 10^5 \text{kg}$ ，所受阻力恒为车重的 0.1 倍，求列车驶离车站加速过程中牵引力的大小；
- (3) 求列车从开始减速到恢复原速这段时间内的平均速度大小。



【答案】 (1) 0.3m/s^2 ；(2) $1.2 \times 10^6 \text{N}$ ；(3) 108km/h

【解析】

【详解】 (1) $v_0 = 324 \text{km/h} = 90 \text{m/s}$ ，设匀减速的加速度为 a_1 ，则

$$a_1 = \frac{90}{300} \text{m/s}^2 = 0.3 \text{m/s}^2$$

(2) 由运动学公式

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

可得

$$a_2 = 0.5 \text{m/s}^2$$

根据牛顿运动定律

$$F - f = ma$$

有

$$F = 1.2 \times 10^6 \text{N}$$

(3) 列车减速行驶的时间

$$t_1 = 300\text{s}$$

减速行驶的位移

$$x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 13500\text{m}$$

列车在车站停留时间

$$t_2 = 240\text{s}$$

列车加速行驶的时间

$$t_3 = \frac{v_0}{a_2} = 180\text{s}$$

列出加速行驶的位移

$$x_2 = 8100\text{m}$$

则平均速度的大小为

$$\bar{v} = \frac{x_1 + x_2}{t_1 + t_2 + t_3} = 30\text{m/s} = 108\text{km/h}$$

20. 如图 1 所示，游乐场的过山车可以底朝上在竖直圆轨道上运行，可抽象为图 2 的模型。倾角为 45° 的直轨道 AB 、半径 $R=10\text{m}$ 的光滑竖直圆轨道和倾角为 37° 的直轨道 EF ，分别通过水平光滑衔接轨道 BC 、平滑连接，另有水平减速直轨道 FG 与 EF 平滑连接， E 、 G 间的水平距离 $l=40\text{m}$ 。现有质量 $m=500\text{kg}$ 的过山车，从高 $h=40\text{m}$ 的 A 点静止下滑，经 $BCDC'EF$ 最终停在 G 点，过山车与轨道 AB 、 EF 的动摩擦因数均为 $\mu_1 = 0.2$ ，与减速直轨道 FG 的动摩擦因数均为 $\mu_2 = 0.75$ ，过山车可视为质点，运动中不脱离轨道，求



图1

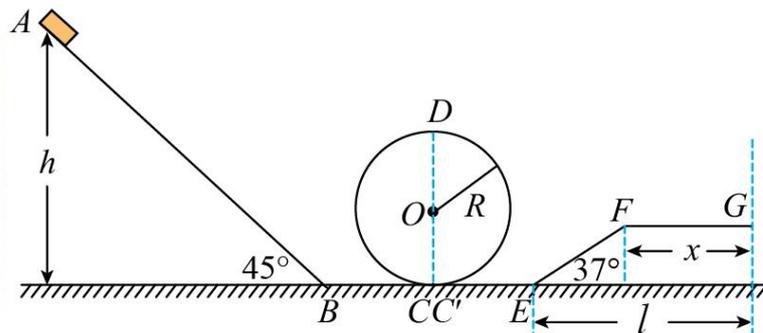


图2

- (1) 过山车运动至圆轨道最低点 C 时的速度大小；
- (2) 过山车运动至圆轨道最高点 D 时对轨道的作用力；
- (3) 减速直轨道 FG 的长度 x 。（已知 $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ ）

【答案】(1) $8\sqrt{10}\text{m/s}$ ；(2) 7000N，竖直向上；(3) 30m

【解析】

【详解】(1)设过山车到达 C 点的速度为 v_C ，由动能定理可得

$$mgh - \mu_1 mg \cos 45^\circ \frac{h}{\sin 45^\circ} = \frac{1}{2}mv_C^2$$

代入数据可得

$$v_C = 8\sqrt{10}\text{m/s}$$

(2)设过山车到达 D 点的速度为 v_D ，由动能定理可得

$$-mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$$

由牛顿第二定律可得

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

联立代入数据可得

$$F_D = 7000\text{N}$$

由牛顿第三定律可知，过山车对轨道的作用力大小为 7000N，方向竖直向上。

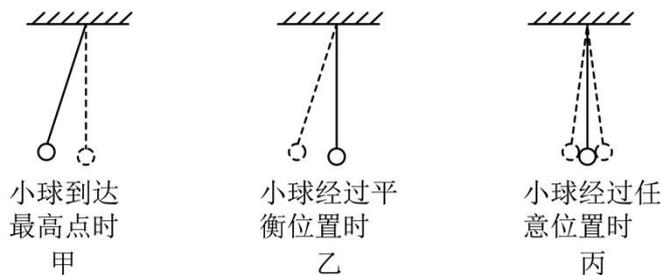
(3)过山车从 A 到达 G 点的过程，由动能定理可得

$$mgh - mg(l-x) \tan 37^\circ - \mu_1 mgh \cot 45^\circ - \mu_1 mg(l-x) - \mu_2 mgx = 0$$

代入数据可得，减速直轨道 FG 的长度为

$$x = 30\text{m}$$

21. (1)在“探究单摆周期与摆长的关系”的实验中，测量单摆的周期时，图中_____ (填“甲”“乙”或“丙”) 作为计时开始与终止的位置更好些。



(2)如图所示，在用可拆变压器“探究变压器线圈两端的电压与匝数的关系”的实验中，下列说法正确的是_____ (填字母)。



- A. 用可拆变压器，能方便地从不同接线柱上选取不同匝数的线圈
- B. 测量原、副线圈的电压，可用“测定电池的电动势和内阻”实验中的直流电压表
- C. 原线圈接 0、8 接线柱，副线圈接 0、4 接线柱，则副线圈电压大于原线圈电压
- D. 为便于探究，先保持原线圈匝数和电压不变，改变副线圈的匝数，研究其对副线圈电压的影响

【答案】 ①. 乙 ②. AD##DA

【解析】

【详解】(1)[1]在测量单摆的周期时，一般选取摆球经过最低处时记录，所以选择乙图；

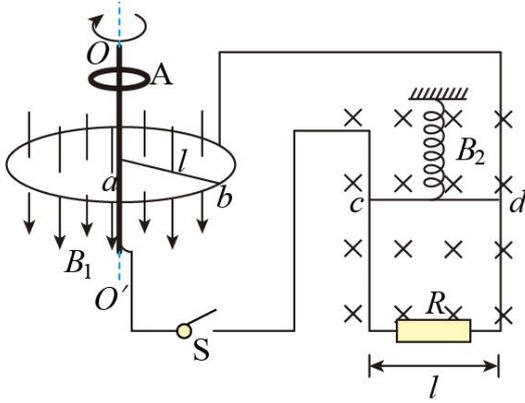
(2)[2]AD. 变压器的输出电压跟输入电压以及原、副线圈匝数之比都有关，因此需要用可拆卸的变压器研究，AD 正确；

B. 变压器只能对交变电流的电压有作用，不能用直流电压表，B 错误；

C. 根据理想变压器原、副线圈匝数之比等于输入、输出电压之比可知，原线圈接 0、8，副线圈接 0、4，那么副线圈的电压小于原线圈电压，C 错误。

故选 AD。

22. 为了探究电动机转速与弹簧伸长量之间的关系，小明设计了如图所示的装置。半径为 l 的圆形金属导轨固定在水平面上，一根长也为 l ，电阻为 R 的金属棒 ab 一端与导轨接触良好，另一端固定在圆心处的导电转轴 OO' 上，由电动机 A 带动旋转。在金属导轨区域内存在垂直于导轨平面，大小为 B_1 ，方向竖直向下的匀强磁场。另有一质量为 m 、电阻为 R 的金属棒 cd 用轻质弹簧悬挂在竖直平面内，并与固定在竖直平面内的 U 型导轨保持良好接触，导轨间距为 l ，底部接阻值也为 R 的电阻，处于大小为 B_2 ，方向垂直导轨平面向里的匀强磁场中。从圆形金属导轨引出导线和通过电刷从转轴引出导线经开关 S 与 U 型导轨连接。当开关 S 断开，棒 cd 静止时，弹簧伸长量为 x_0 ；当开关 S 闭合，电动机以某一转速匀速转动，棒 cd 再次静止时，弹簧伸长量变为 x （不超过弹性限度）。不计其余电阻和摩擦等阻力，求此时



- (1) 通过棒 cd 的电流 I_{cd} ;
- (2) 电动机对该装置的输出功率 P ;
- (3) 电动机转动角速度 ω 与弹簧伸长量 x 之间的函数关系。

【答案】 (1) $\frac{mg(x-x_0)}{B_2lx_0}$; (2) $\frac{6m^2g^2R(x-x_0)^2}{B_2^2l^2x_0^2}$; (3) $\omega = \frac{6mgR(x-x_0)}{B_1B_2l^3x_0}$

【解析】

【详解】 (1) S 断开时, cd 棒静止, 有

$$mg = kx_0$$

S 闭合时, cd 棒静止, 有

$$mg + B_2I_{cd}l = kx$$

联立解得

$$I_{cd} = \frac{mg(x-x_0)}{B_2lx_0}$$

(2) 回路总电阻为

$$R_{\text{总}} = R + \frac{1}{2}R = \frac{3}{2}R$$

总电流为

$$I = 2I_{cd} = \frac{2mg(x-x_0)}{B_2lx_0}$$

电动机对该装置的输出功率为

$$P = I^2R_{\text{总}} = \frac{6m^2g^2R(x-x_0)^2}{B_2^2l^2x_0^2}$$

(3) 由法拉第电磁感应定律可得

$$E = B_1l \cdot \frac{l\omega}{2} = \frac{1}{2}B_1\omega l^2$$

回路总电流为

$$I = \frac{E}{R_{\text{总}}} = \frac{B_1 \omega l^2}{3R}$$

联立解得

$$\omega = \frac{6mgR(x-x_0)}{B_1 B_2 l^3 x_0}$$

23. 如图所示，在 x 轴的上方存在垂直纸面向里，磁感应强度大小为 B_0 的匀强磁场。位于 x 轴下方的离子

源 C 发射质量为 m 、电荷量为 q 的一束负离子，其初速度大小范围 $0 \sim \sqrt{3}v_0$ ，这束离子经电势差 $U = \frac{mv_0^2}{2q}$

的电场加速后，从小孔 O （坐标原点）垂直 x 轴并垂直磁场射入磁场区域，最后打到 x 轴上。在 x 轴上 $2a \sim 3a$

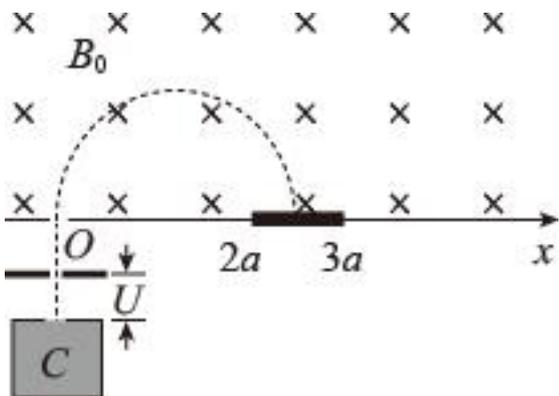
区间水平固定放置一探测板（ $a = \frac{mv_0}{qB_0}$ ），假设每秒射入磁场的离子总数为 N_0 ，打到 x 轴上的离子数均匀分

布（离子重力不计）。

（1）求离子束从小孔 O 射入磁场后打到 x 轴上的区间；

（2）调整磁感应强度的大小，可使速度最大的离子恰好打在探测板右端，求此时的磁感应强度大小 B_1 ；

（3）保持磁感应强度 B_1 不变，求每秒打在探测板上的离子数 N ；若打在板上的离子 80% 被吸收，20% 被反向弹回，弹回速度大小为打板前速度大小的 0.6 倍，被吸收和被弹回的离子数在探测板上沿 x 轴均匀分布，求探测板受到的作用力大小。



【答案】（1） $2a \leq x \leq 4a$ ；（2） $B_1 = \frac{4}{3}B_0$ ；（3） $F = \frac{56}{45}N_0mv_0$

【解析】

【分析】（1）初速度不同的粒子被同一加速电场加速后，进入磁场的速度也不同，做匀速圆周运动的半径不同，转半圈后打在 x 轴上的位置不同。分别求出最大和最小速度，从而求出最大半径和最小半径，也就知道打在 x 轴上的区间；

（2）打在探测板最右端的粒子其做匀速圆周运动的半径为 $1.5a$ ，由半径公式也就能求出磁感应强度；

(3) 取时间 $t=1\text{s}$, 分两部分据动量定理求作用力。两者之和就是探测板受到的作用力。

【详解】(1) 对于初速度为 0 的离子, 根据动能定理

$$qU = \frac{1}{2}mv_1^2$$

解得

$$v_1 = \sqrt{\frac{2qU}{m}} = v_0$$

在磁场中洛伦兹力提供向心力 $qBv = m\frac{v^2}{r}$, 所以此情况下离子在磁场中运动轨迹的半径

$$r_1 = \frac{mv_1}{qB_0} = a$$

恰好打在 $x=2a$ 的位置;

对于初速度为 $\sqrt{3}v_0$ 的离子, 根据动能定理

$$qU = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}m(\sqrt{3}v_0)^2$$

解得

$$v_2 = 2v_0$$

在磁场中洛伦兹力提供向心力 $qBv = m\frac{v^2}{r}$, 所以此情况下离子在磁场中运动轨迹的半径

$$r_2 = \frac{mv_2}{qB_0} = 2a$$

恰好打在 $x=4a$ 的位置。

故离子束从小孔 O 射入磁场打在 x 轴上的区间为 $[2a, 4a]$

(2) 由 (1) 问计算可知, 速度最大的离子以 $v_2 = 2v_0$ 进入磁场, 离子恰好打在探测板右端, 则离子在磁场中运动轨迹的半径

$$r_3 = \frac{3}{2}a$$

在磁场中

$$qB_1v_2 = m\frac{v_2^2}{r_3}$$

计算可得

$$B_1 = \frac{4}{3} B_0$$

(3) 对初速度为 0 的离子，经过电场加速后，以速度 $v_1 = v_0$ 进入磁场，在磁场中有

$$qB_1 v_1 = m \frac{v_1^2}{r_4}$$

解得

$$r_4 = \frac{3}{4} a$$

则在磁感应强度为 B_1 时，离子打在 x 轴上的区间为 $[1.5a, 3a]$ ，则每秒打在探测板上的离子数为

$$N = \frac{a}{1.5a} \cdot N_0 = \frac{2}{3} N_0$$

对打探测板最左端 ($x=2a$) 的离子，轨道半径为 a ，则离子在磁场中

$$qB_1 v_3 = m \frac{v_3^2}{a}$$

计算可得

$$v_3 = \frac{4}{3} v_0$$

打到 x 轴上的离子均匀分布，所以打在探测板上的离子的平均速度为

$$\bar{v} = \frac{v_2 + v_3}{2} = \frac{5}{3} v_0$$

被吸收和被弹回的离子数在探测板上沿 x 轴均匀分布，由动量定理可得

$$-Ft = 0.8N(0 - m\bar{v}) + 0.2N(-m \cdot 0.6\bar{v} - m\bar{v})$$

解得单位时间内探测板受到的作用力

$$F = \frac{56}{45} N_0 m v_0$$

