

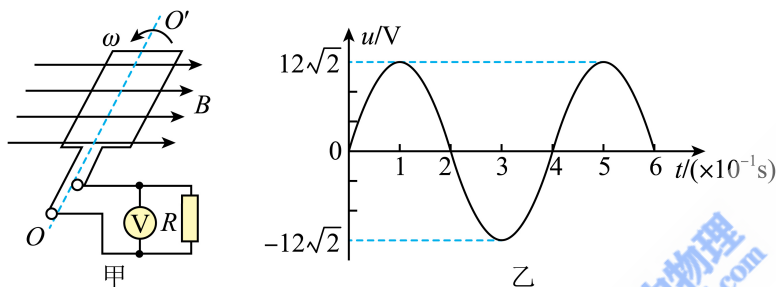
四校联考物理试卷

一、单选题（本题共 8 小题，每小题 3 分，共 24 分。在每个小题给出的四个选项中，只有一个选项符合题意）

1. 据新闻报道，我国科学家在江门地下 700m 的实验室捕捉到中微子 ν 。中微子 ν 是最基本的粒子之一，它几乎没有质量且不带电，民间戏称为“幽灵粒子”。中微子 ν 与水中的 ${}^1_1\text{H}$ 发生核反应的方程式为 $\nu + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^0_{+1}\text{e} + x$ ，则 x 粒子为（ ）

- A. ${}^1_1\text{H}$ B. ${}^0_{-1}\text{e}$ C. ${}^1_0\text{n}$ D. ${}^2_1\text{H}$

2. 甲图为某小型发电机原理图，不计发电机线圈电阻，外接电阻 $R=6\Omega$ ，当线圈匀速转动时，产生的电动势随时间变化如图乙所示，则（ ）

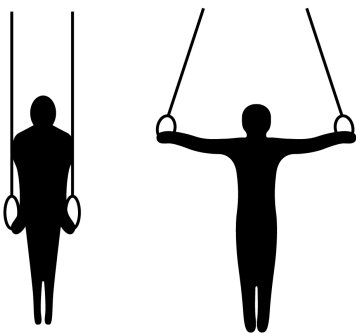


- A. 电压表的示数为 12V
 B. 线圈产生的电动势的表达式为 $u = 12\sin 50\pi t$ (V)
 C. 电阻 R 的热功率为 48W
 D. 若将电阻 R 换成击穿电压为 12V 的电容器，电容器不会被击穿

3. 2024 年 8 月 4 日在巴黎奥运会体操男子吊环决赛中，中国选手刘洋和邹敬园包揽冠亚军。如图甲所示是刘洋在比赛中的“十字支撑”动作。要完成该动作，运动员先双手向下撑住吊环，此时两根等长的吊绳沿竖直方向，然后双臂缓慢张开身体下移，如图乙所示。若吊环的两根绳的拉力大小均为 F_1 ，它们的合力大小为 F ，则在运动员双臂张开两手距离增大的过程中（ ）



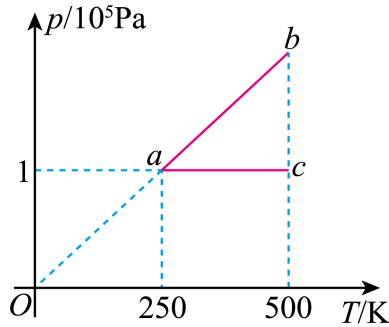
图甲



图乙

- A. F_T 增大, F 不变 B. F_T 不变, F 增大 C. F_T 减小, F 不变 D. F_T 增大, F 增大

4. 一定质量的理想气体从状态 a 开始分别变化到状态 b 和状态 c , 气体的 $p-T$ 图像如图所示。已知气体在 a 状态时的体积为 1L。下列说法正确的是 ()

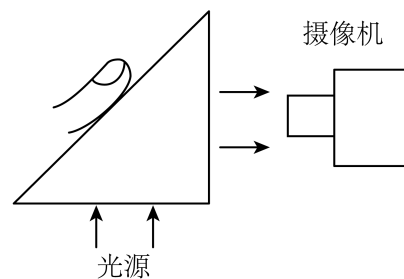


- A. 状态 b 气体分子的平均动能小于状态 c 气体分子的平均动能
 B. a 到 c 过程, 单位体积内的气体分子数减少, 单位时间内撞击到单位面积器壁上的气体分子数减少
 C. 气体在 c 状态时的体积为 0.5L
 D. a 到 c 过程, 气体向外界放出热量

5. 质量为 m 的某国产新能源汽车在平直道路上以恒定功率 P 由静止启动, 经过时间 t 达到最大速度, 汽车在行驶时所受阻力恒为 f , 该过程中 ()

- A. 汽车做匀加速直线运动 B. 汽车达到的最大速率为 Pf
 C. 汽车的平均速率为 $\frac{P}{2f}$ D. 汽车行驶的距离为 $\frac{Pt}{f} - \frac{mP^2}{2f^3}$

6. 利用全反射棱镜可以方便地获取指纹图像而制成指纹锁。如图所示, 在棱镜的两个直角边外侧分别放置照明光源和摄像孔, 当手指按在斜边的折射面上时, 指纹的突出部分因与棱镜的折射面紧密接触而破坏了全反射条件, 因而相应位置的反射光较弱, 而指纹的凹槽部分因其未与折射面接触而反射光线强, 从而在摄像机所在位置可以清楚地摄得折射面上明暗相间的指纹图像。光在真空中的传播速度为 c 。关于全反射棱镜, 下列说法正确的是 ()

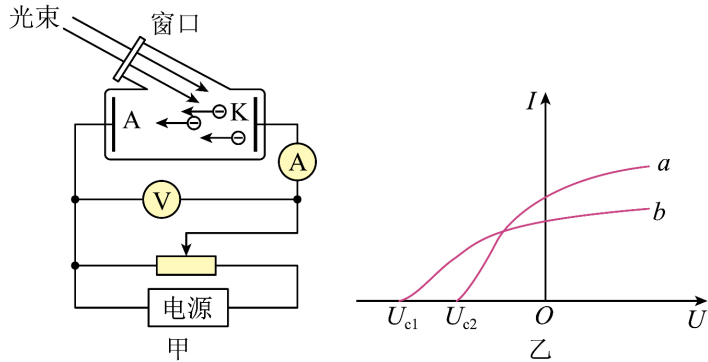


- A. 能形成明暗相间的指纹图像是因为光的干涉
 B. 光在棱镜中的传播速度可能为 $0.75c$

C. 制作棱镜材料的折射率应不小于 $\sqrt{2}$

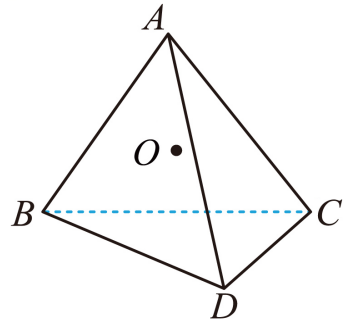
D. 棱镜截面可以是一个顶角为 30° 的直角三角形

7. 采用如图甲所示电路来研究光电效应规律，现分别用 a 、 b 两束单色光照射同一光电管，得到光电流 I 与光电管两极间所加电压 U 的关系图像如图乙所示。下列说法正确的是 ()



- A. 若直流电源左端为正极，将滑动变阻器滑片 P 向右滑动，则电流表示数一定增大
- B. 若直流电源右端为正极，电流表示数可能为零
- C. 用 a 光照射时比用 b 光照射时，所获得的光电子最大初动能大
- D. a 光照射时的遏止电压大于 b 光照射时的遏止电压

8. 如图所示，边长为 L 的正四面体 $ABCD$ 的中心为 O ， A 、 B 两点分别固定等量异种点电荷 $-q$ 、 $+q$ ，设无穷远处电势为零，则下列说法正确的是 ()



- A. C 、 D 两点电场强度大小相等，方向不同
- B. O 点场强大小为 $\frac{16kq}{3L^2}$
- C. 电子在 C 点的电势能比在 D 点的电势能小
- D. 将位于 A 点的 $-q$ 电荷移到 C 点， D 点的电势不变

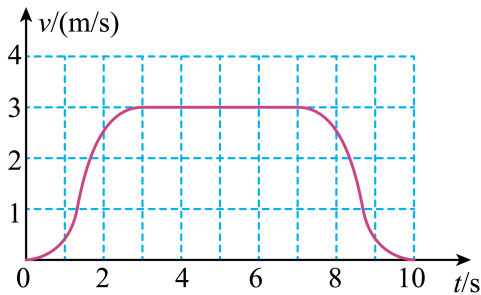
二、多选题 (本题共 5 小题，每小题 4 分，共 20 分。在每个小题给出的四个选项中，有多个选项符合题意，全部选对的得 4 分，选对而不全的得 2 分，错选或不选的得 0 分)

9. 6G 通信技术有望在未来引领新的通信变革，相较于 5G，它有着更卓越的性能提升。已知 5G 网络通信技术采用 3.3GHz-5GHz 频段的电磁波，而 6G 网络预计将使用太赫兹频段

($0.1\text{THz} - 10\text{THz}$, $1\text{THz} = 1000\text{GHz}$) 的电磁波。以下关于 5G 和 6G 的说法正确的是 ()

- A. 6G 信号是横波, 5G 信号是纵波
- B. 6G 信号的光子能量比 5G 信号的光子能量大
- C. 相同情况下 6G 信号衍射现象比 5G 信号衍射现象更明显
- D. 6G 信号和 5G 信号相遇不会发生干涉现象

10. 某高层住宅楼层高为 3m, 小明从一楼乘电梯回家, 用智能手机记录了电梯运行的速度随时间变化关系, 如图所示。取竖直向上为正方向, 根据图像可知 ()



- A. 2s 末电梯速度方向与 8s 末速度方向相反
- B. 2s 末电梯加速度方向与 8s 末加速度方向相反
- C. 0~3s 内, 小明处于超重状态
- D. 小明家所在楼层为 14 层

11. 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播, $t = 0$ 时刻波传播到 $x = 5\text{m}$ 处 M 点, 波形如图 1 所示; 图 2 是 $x = 3\text{m}$ 处质点 N 的振动图像, Q 是位于 $x = 10\text{m}$ 处的质点。下列说法正确的是 ()

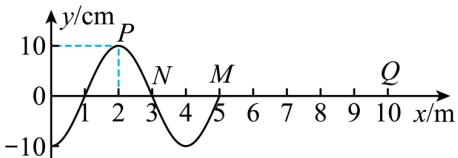


图1

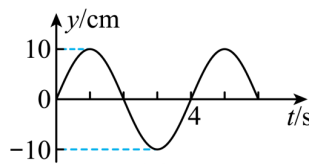
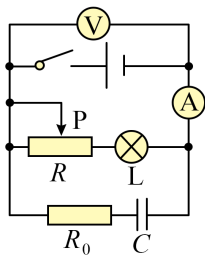


图2

- A. 这列波的传播速度是 1m/s
- B. 该简谐横波的起振方向为 y 轴正方向
- C. $t = 8\text{s}$ 时质点 Q 首次到达波谷位置
- D. 从开始计时到波刚传到 Q 点时, P 点通过的路程为 50cm

12. 如图所示, 电源电动势为 E 、内阻为 r , R_0 为定值电阻, 且 $r < R_0$, 电容器 电容为 C , 灯泡电阻也为 R_0 且保持不变, 电表均为理想电表。闭合开关 S , 电流稳定时, 灯泡正常发光, 电压表示数为 U , 电流表示数为 I , 向右调节滑动变阻器滑片 P 到特定位置, 待电路稳定, 该过程电压表示数的变化量为 ΔU , 电流

表示数的变化量为 ΔI ，则 ()

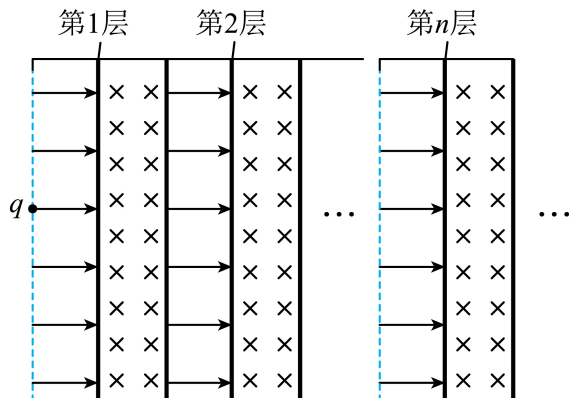


- A. $\frac{\Delta U}{\Delta I} = r$
- B. 电压表、电流表示数均变大，灯泡变亮
- C. 通过 R_0 的电荷量为 $C\Delta U$
- D. 电源的输出功率减小，总功率增大

13. 现代科学仪器常利用电场、磁场控制带电粒子的运动，真空中存在着如图所示的多层紧密相邻的匀强电场和匀强磁场，电场与磁场的宽度均为 d ，电场强度为 E ，方向水平向右；磁感应强度为 $B = \sqrt{\frac{mE}{2qd}}$ ，方向

垂直纸面向里。电场、磁场的边界互相平行且与电场方向垂直，粒子在电场、磁场交界处只受磁场力的作用。一个质量为 m 、电荷量为 q 的带正电粒子在第 1 层电场左侧边界某处由静止释放，粒子始终在电场、

磁场中运动。不计粒子重力及运动时的电磁辐射，不考虑相对论效应。下列说法正确的是 ()

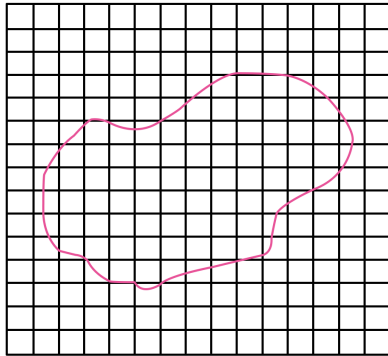


- A. 粒子在第 1 层磁场中运动的时间为 $t = \frac{\pi}{6} \sqrt{\frac{2md}{qE}}$
- B. 粒子无法进入第 5 层磁场
- C. 粒子运动的最大速度为 $2\sqrt{\frac{3qEd}{m}}$
- D. 若粒子恰好不能从第 n 层磁场右边界穿出，换成比荷较大的其它带正电粒子也无法从第 n 层磁场右边界穿出

三、实验题（其中 14 题 10 分，15 题 10 分，共 20 分。把答案写在答题卡中指定的答题处）

14. 某学习小组进行“用油膜法估测分子大小”的实验。

(1) 该实验中，将油酸分子看成是球形的，所采用的方法是_____。

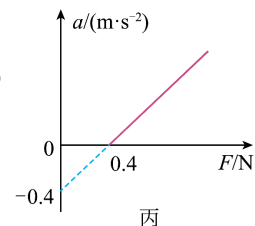
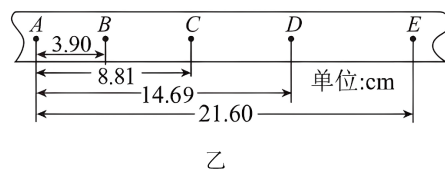
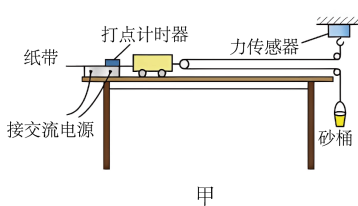


- A. 等效替代法 B. 理想模型法 C. 控制变量法 D. 比值定义法

(2) 在实验中，已知实验室中使用的油酸酒精溶液的体积百分比为 A ， N 滴溶液的总体积为 V 。在浅盘中的水面上均匀撒上痱子粉，将一滴溶液滴在水面上，待油膜稳定后，在带有边长为 a 的正方形小格的玻璃板上描出油膜的轮廓（如图所示），测得油膜占有的正方形小格个数为 x 。用以上字母表示油酸分子的半径约为_____。

15. 某同学用如图甲所示装置测量滑块与水平桌面间的动摩擦因数，重力加速度 g 取 10 m/s^2 。

(1) 在砂桶中放入适量细砂，接通电源，由静止释放滑块，打出一条纸带。从比较清晰的点迹起，每 5 个点取 1 个计数点，在纸带上连续标出 5 个计数点 A 、 B 、 C 、 D 、 E ，测出各计数点到 A 点之间的距离，如图乙所示。电源频率为 50 Hz ，则滑块运动的加速度 $a = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$ （结果保留 1 位小数）



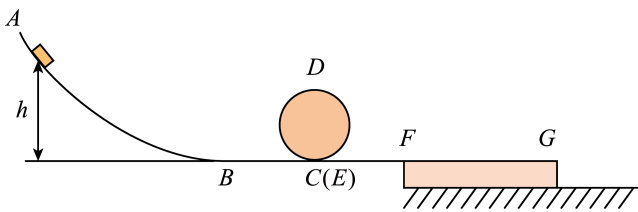
(2) 实验中多次改变砂桶中细砂的质量，重复实验，测得多组力传感器示数 F 及对应的滑块运动的加速度 a ，以 a 为纵坐标、 F 为横坐标描点得到如图丙所示的 $a-F$ 图像。由图中数据可知，滑块和动滑轮的总质量为 $M = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kg}$ ，滑块与桌面间的动摩擦因数 $\mu = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

16. 某实验小组使用某个多用电表测量电学中的物理量，并探究欧姆表的原理。

入地月转移轨道，6月2日，嫦娥六号探测器组合体成功着陆月背预选着陆区，并从月背上采集月壤，为我国研究月球做出巨大的贡献。假设嫦娥六号在月球表面做如下实验，在距离月球表面高度为 h 的位置将一小球以初速度为 v_0 水平抛出（不计阻力），实验测量落点离抛出点水平距离为 x 。将月球视为质量分布均匀且不考虑自转的球体，月球半径为 R ，万有引力常量为 G 。求：

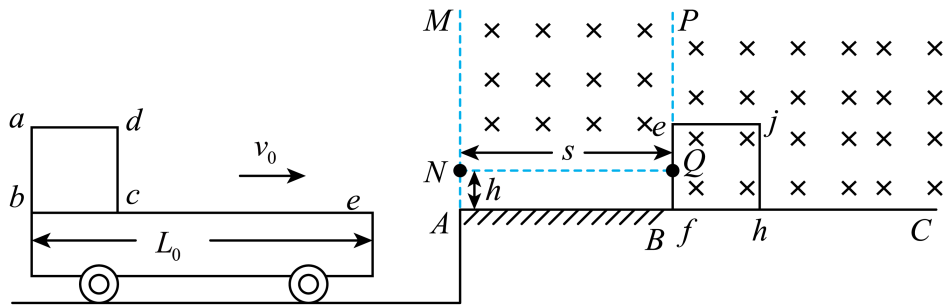
- (1) 月球表面重力加速度 g 的大小及月球质量 M ；
- (2) 月球的第一宇宙速度 v 。

18. 某轨道模型如图所示， AB 为光滑弧形轨道，在 B 处与光滑水平轨道 BC 平滑相接。 CDE 为半径 $R = 0.2\text{m}$ 的光滑圆形光滑轨道， C 、 E 略微错开，圆形轨道在 E 处与光滑水平轨道 EF 平滑相接，轨道 EF 末端 F 处放置一长度 $L = 3\text{m}$ ，质量 $M = 0.3\text{kg}$ 的木板。质量 $m = 0.1\text{kg}$ 可视为质点的滑块从距水平轨道高 h 处静止释放。已知滑块与木板间的动摩擦因数为 $\mu = 0.5$ ，滑块在通过各连接处时均无能量损失。重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ ，求：



- (1) 滑块静止释放高度 $h = 0.2\text{m}$ ，滑块在通过圆轨道最高点 D 时对轨道的压力大小；
- (2) 滑块始终不脱离轨道前提下，讨论 h 不同时滑块与木板摩擦所产生的热量 Q 与滑块静止释放高度 h 的关系。

19. 如图所示，一质量为 $m_1 = 1\text{kg}$ 、电阻 $R_1 = 2\Omega$ ，边长为 $L = 0.4\text{m}$ 的正方形单匝线框 $abcd$ 放在平板小车上，线框 $abcd$ 的 ab 边刚好与小车左端对齐，小车上表面与水平台 AC 等高，小车长度 $L_0 = 4.8\text{m}$ ，小车和线框一起以速度 $v_0 = 12\text{m/s}$ 向右匀速运动。当小车与水平台左侧碰撞后立即停止运动，线框 $abcd$ 继续向右运动进入水平台。 AB 间距离为 $s = 4\text{m}$ 。在离台面高度为 $h = 0.2\text{m}$ 空间上方（以虚线 NQ 为边界），有一匀强磁场区域 $MNQP$ ，区域内磁场方向垂直纸面向里，磁感应强度大小为 $B = 1\text{T}$ 。当线框 $abcd$ 的 cd 边刚到达虚线 MA 时，给线框施加一个水平外力 F ，使线框匀速进入匀强磁场区域 $MNQP$ ，当线框 $abcd$ 的 ab 边刚到达虚线 MA 时，撤去外力 F 。已知线框与小车和水平面间的动摩擦因数均为 $\mu = 0.5$ 。重力加速度大小为 $g = 10\text{m/s}^2$ 。求：



- (1) 线框 $abcd$ 进入磁场区域 $MNQP$ 的过程中，线框 $abcd$ 中的电流大小；
- (2) 外力 F 做功的大小；
- (3) 已知水平台 BC 区光滑，在虚线 PB 右侧存在方向垂直纸面向里、磁感应强度大小随距离均匀增强的磁场。紧靠虚线 PB 竖直放置一个边长 $L = 0.4\text{m}$ ，质量 $m_2 = 3\text{kg}$ 、匝数 $n = 25$ 匝、电阻 $R_2 = 10\Omega$ 的正方形线框 $efhj$ 。在线框左边界 ef 处的磁感应强度大小为 $B_1 = 1\text{T}$ ，线框右边界 hj 处的磁感应强度 $B_2 = 2\text{T}$ 。线框 $abcd$ 的 cd 边运动到虚线 PB 时，与静止的线框 $efhj$ 发生弹性碰撞，线框 $abcd$ 与线框 $efhj$ 碰撞后，直到两线框都静止时，求线框 $abcd$ 的 cd 边与线框 $efhj$ 的 ef 边间的距离大小。

四校联考物理试卷

一、单选题（本题共 8 小题，每小题 3 分，共 24 分。在每个小题给出的四个选项中，只有一个选项符合题意）

1. 据新闻报道，我国科学家在江门地下 700m 的实验室捕捉到中微子 ν 。中微子 $\bar{\nu}$ 是最基本的粒子之一，它几乎没有质量且不带电，民间戏称为“幽灵粒子”。中微子 $\bar{\nu}$ 与水中的 ${}^1_1\text{H}$ 发生核反应的方程式为 $\bar{\nu} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^0_{+1}\text{e} + x$ ，则 x 粒子为（ ）

- A. ${}^1_1\text{H}$ B. ${}^0_{-1}\text{e}$ C. ${}^1_0\text{n}$ D. ${}^2_1\text{H}$

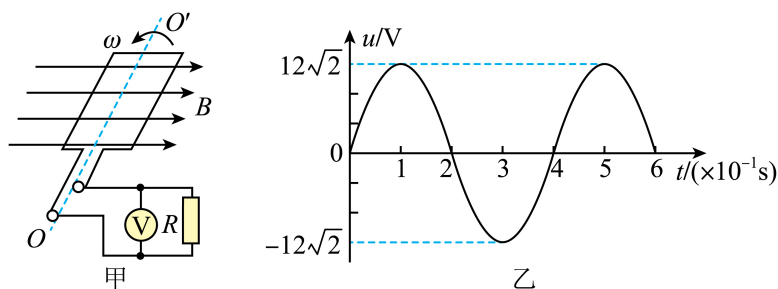
【答案】 C

【解析】

【详解】 根据质量数守恒和电荷数守恒可知 x 粒子的电荷数为 0，质量数为 1，即 x 粒子为 ${}^1_0\text{n}$ 。

故选 C。

2. 甲图为某小型发电机原理图，不计发电机线圈电阻，外接电阻 $R=6\Omega$ ，当线圈匀速转动时，产生的电动势随时间变化如图乙所示，则（ ）



- A. 电压表的示数为 12V
 B. 线圈产生的电动势的表达式为 $u = 12\sin 50\pi t$ [V]
 C. 电阻 R 的热功率为 48W
 D. 若将电阻 R 换成击穿电压为 12V 的电容器，电容器不会被击穿

【答案】 A

【解析】

【详解】 A. 电压表的示数为电压的有效值 $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{12\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \text{ V} = 12 \text{ V}$

故 A 正确；

B. 由图乙可知周期 $T = 0.4 \text{ s}$

则 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 5\pi \text{ rad/s}$

线圈产生的电动势的表达式为 $u = 12\sqrt{2}\sin 5\pi t \text{ V}$

故 B 错误；

C. 电阻 R 的热功率为 $P = I^2 R = \frac{U^2}{R} = \frac{12^2}{6} \text{ W} = 24 \text{ W}$

故 C 错误；

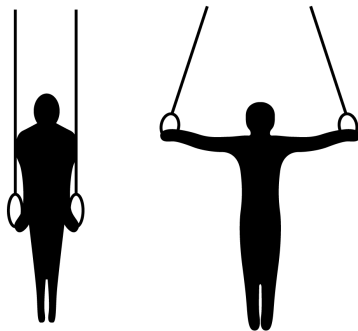
D. 电容器的击穿电压是交变电压的最大值，将电阻 R 换成击穿电压为 12 V 的电容器，电容器会被击穿，故 D 错误。

故选 A。

3. 2024 年 8 月 4 日在巴黎奥运会体操男子吊环决赛中，中国选手刘洋和邹敬园包揽冠亚军。如图甲所示是刘洋在比赛中的“十字支撑”动作。要完成该动作，运动员先双手向下撑住吊环，此时两根等长的吊绳沿竖直方向，然后双臂缓慢张开身体下移，如图乙所示。若吊环的两根绳的拉力大小均为 F_T ，它们的合力大小为 F ，则在运动员双臂张开两手距离增大的过程中（ ）



图甲



图乙

- A. F_T 增大， F 不变 B. F_T 不变， F 增大 C. F_T 减小， F 不变 D. F_T 增大， F 增大

【答案】 A

【解析】

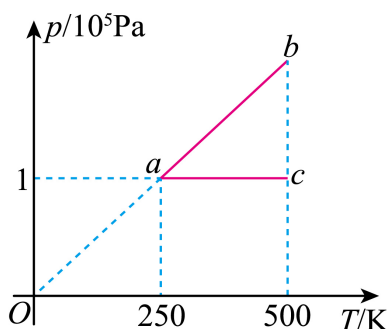
【详解】 对运动员受力分析，受到两根绳的拉力 F_T 和重力 mg ，两根绳拉力的合力 F 与重力 mg 等大反向，所以 $F = mg$

设两根绳的夹角为 2θ ，则 $F = 2F_T \cos \theta$

在运动员双臂张开两手间距增大的过程中， θ 增大， $\cos \theta$ 减小，而 F 不变，所以 F_T 增大。

故选 A。

4. 一定质量的理想气体从状态 a 开始分别变化到状态 b 和状态 c ，气体的 p - T 图像如图所示。已知气体在 a 状态时的体积为 1L。下列说法正确的是（ ）



- A. 状态 b 气体分子的平均动能小于状态 c 气体分子的平均动能
- B. a 到 c 过程，单位体积内的气体分子数减少，单位时间内撞击到单位面积器壁上的气体分子数减少
- C. 气体在 c 状态时的体积为 0.5L
- D. a 到 c 过程，气体向外界放出热量

【答案】 B

【解析】

【详解】 A. 温度是分子平均动能的标志，图像可知状态 b 、状态 c 温度相等，所以状态 b 和状态 c 气体分子的平均动能相等，故 A 错误；

B. 图像可知 a 到 c 过程，压强 p 不变，温度 T 升高，则体积 V 增大。单位体积内的气体分子数减少；又因为压强不变，温度升高，分子平均动能增大，根据压强的微观解释，单位时间内撞击到单位面积器壁上的气体分子数减少，故 B 正确；

C. a 到 c 过程，压强 p 不变，根据盖-吕萨克定律有 $\frac{1\text{L}}{250\text{K}} = \frac{V_c}{500\text{K}}$

可得气体在 c 状态时的体积 $V_c = 2\text{L}$

故 C 错误；

D. a 到 c 过程，温度升高，气体内能增加 ($\Delta U > 0$)，体积 V 增大，气体对外做功 $W < 0$ ，根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$

可知 $Q > 0$ ，气体从外界吸收热量，故 D 错误。

故选 B。

5. 质量为 m 的某国产新能源汽车在平直道路上以恒定功率 P 由静止启动，经过时间 t 达到最大速度，汽车在行驶时所受阻力恒为 f ，该过程中（ ）

A. 汽车做匀加速直线运动

B. 汽车达到的最大速率为 Pf

C. 汽车的平均速率为 $\frac{P}{2f}$

D. 汽车行驶的距离为 $\frac{Pt}{f} \square \frac{mP^2}{2f^3}$

【答案】 D

【解析】

【详解】 A. 对汽车，由牛顿第二定律可得 $F_{\text{牵}} \square f \square ma$

因为 $F_{\text{牵}} \square \frac{P}{v}$

可知功率不变时，随着速度增大， $F_{\text{牵}}$ 减小，合力减小，加速度减小，故 A 错误；

B. 速度最大时，汽车加速度为 0，此时牵引力等于阻力，即 $F_{\text{牵}} \square f \square \frac{P}{v_m}$

得最大速度 $v_m \square \frac{P}{f}$

故 B 错误；

C. 若汽车做匀加速运动，则汽车的平均速率为 $\frac{v_m \square 0}{2} \square \frac{P}{2f}$

但汽车做的是加速度减小的加速运动，故平均速率不等于 $\frac{P}{2f}$ ，故 C 错误；

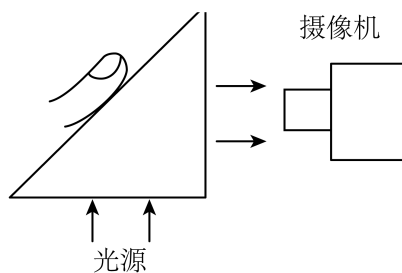
D. 对汽车，由动能定理有 $Pt \square fx \square \frac{1}{2}mv_m^2$

联立解得汽车行驶的距离为 $x \square \frac{Pt}{f} \square \frac{mP^2}{2f^3}$

故 D 正确。

故选 D。

6. 利用全反射棱镜可以方便地获取指纹图像而制成指纹锁。如图所示，在棱镜的两个直角边外侧分别放置照明光源和摄像孔，当手指按在斜边的折射面上时，指纹的突出部分因与棱镜的折射面紧密接触而破坏了全反射条件，因而相应位置的反射光较弱，而指纹的凹槽部分因其未与折射面接触而反射光线强，从而在摄像机所在位置可以清楚地摄得折射面上明暗相间的指纹图像。光在真空中的传播速度为 c 。关于全反射棱镜，下列说法正确的是 ()



- A. 能形成明暗相间的指纹图像是因为光的干涉
- B. 光在棱镜中的传播速度可能为 $0.75c$
- C. 制作棱镜材料的折射率应不小于 $\sqrt{2}$
- D. 棱镜截面可以是一个顶角为 30° 的直角三角形

【答案】 C

【解析】

【详解】 A. 能形成明暗相间的指纹图像是因为指纹的突出部分与棱镜折射面紧密接触破坏全反射条件，反射光弱；凹槽部分未接触，反射光强，这是基于全反射原理，而非光的干涉，故 A 错误；

BC. 题图中光路可知，该棱镜为等腰直角三角形，若恰好在斜面发生全发射，则有 $\sin C = \frac{1}{n} = \sin 45^\circ$

解得折射率 $n = \sqrt{2}$

则光在棱镜中的传播速度 $v = \frac{c}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}c$

题意知棱镜得全反射临界角小于等于 45° ，则棱镜对光的折射率大于等于 $\sqrt{2}$ ，则光在棱镜中的传播速度

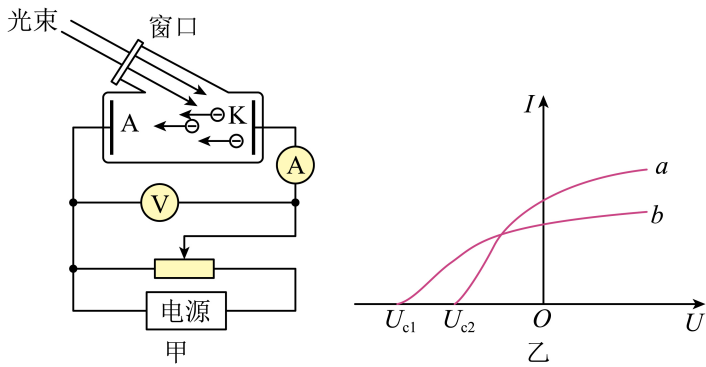
小于等于 $\frac{\sqrt{2}}{2}c = 0.71c$

故 B 错误，C 正确；

D. 若棱镜截面顶角为 30° ，几何关系可知光在棱镜斜面上的入射角与反射角均为 60° ，则光线在直角边的入射角为 60° ，大于了棱镜的临界角，将发生全发射，光不能从棱镜直角边射出，则收集不到指纹，故 D 错误。

故选 C。

7. 采用如图甲所示电路来研究光电效应规律，现分别用 a 、 b 两束单色光照射同一光电管，得到光电流 I 与光电管两极间所加电压 U 的关系图像如图乙所示。下列说法正确的是 ()



- A. 若直流电源左端为正极，将滑动变阻器滑片 P 向右滑动，则电流表示数一定增大
- B. 若直流电源右端为正极，电流表示数可能为零
- C. 用 a 光照射时比用 b 光照射时，所获得的光电子最大初动能大
- D. a 光照射时的遏止电压大于 b 光照射时的遏止电压

【答案】 B

【解析】

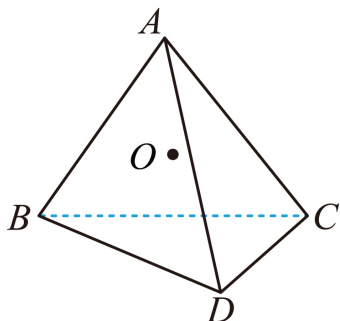
【详解】 A. 若直流电源左端为正极，光电管两端是正向电压，将滑动变阻器滑片 P 向右滑动，正向电压增大，若电流达到饱和电流后不再增大，故 A 错误；

B. 若直流电源右端为正极，光电管两端是反向电压，将滑动变阻器滑片 P 向右滑动，反向电压增大，达到遏止电压后电流表示数为零，故 B 正确；

CD. 根据 $eU_c = E_k = h\nu - W_0$ 可知，入射光的频率越大，光电子的最大初动能越大，其对应的遏止电压越大，所以 a 光的频率比 b 光的小，用 a 光照射时，遏止电压小于 b 光照射时的遏止电压，获得的光电子最大初动能较小，故 CD 错误。

故选 B。

8. 如图所示，边长为 L 的正四面体 $ABCD$ 的中心为 O ， A 、 B 两点分别固定等量异种点电荷 $-q$ 、 $+q$ ，设无穷远处电势为零，则下列说法正确的是 ()



- A. C 、 D 两点电场强度大小相等，方向不同

B. O 点场强大小为 $\frac{16kq}{3L^2}$

C. 电子在 C 点的电势能比在 D 点的电势能小

D. 将位于 A 点的 $-q$ 电荷移到 C 点, D 点的电势不变

【答案】 D

【解析】

【详解】 A. A 、 B 两点分别固定等量异种点电荷 $-q$ 、 $+q$, 根据几何关系可知 C 、 D 两点位于 A 、 B 两点连线的中垂面上, 根据等量异种点电荷中垂线电场分布特点可知, C 、 D 两点电场强度大小相等, 方向相同, 故 A 错误;

B. 正四面体的高为 $h = \sqrt{L^2 - \left(\frac{\sqrt{3}}{3}L\right)^2} = \frac{\sqrt{6}}{3}L$

设 $OA = OB = r$, 根据几何关系可得 $r = \sqrt{r^2 - \left(\frac{\sqrt{3}}{3}L\right)^2} = h$

解得 $r = \frac{\sqrt{6}}{4}L$

A 、 B 两点的点电荷在 O 点产生的场强大小均为 $E = \frac{kq}{\left(\frac{\sqrt{6}}{4}L\right)^2} = \frac{8kq}{3L^2}$

设 OA 、 OB 与 AB 的夹角为 θ , 则 $\cos\theta = \frac{\frac{1}{2}L}{\frac{\sqrt{6}}{4}L} = \frac{\sqrt{6}}{3}$

则 O 点场强大小为 $E_O = 2E \cos\theta = 2 \times \frac{8kq}{3L^2} \times \frac{\sqrt{6}}{3} = \frac{16\sqrt{6}kq}{9L^2}$

故 B 错误;

C. C 、 D 两点位于 A 、 B 两点连线的中垂面上, 因为等量异种点电荷连线的中垂面为等势面, 所以 C 、 D 两点的电势相同, 则电子在 C 点的电势能等于在 D 点的电势能, 故 C 错误;

D. 将位于 A 点的 $-q$ 电荷移到 C 点, 由于 D 、 A 两点距离与 D 、 C 两点距离相等, 所以 D 点的电势不变, 故 D 正确。

故选 D。

二、多选题 (本题共 5 小题, 每小题 4 分, 共 20 分。在每个小题给出的四个选项中, 有多个选项符合题意, 全部选对的得 4 分, 选对而不全的得 2 分, 错选或不选的得 0 分)

9. 6G 通信技术有望在未来引领新的通信变革，相较于 5G，它有着更卓越的性能提升。已知 5G 网络通信技术采用 3.3GHz-5GHz 频段的电磁波，而 6G 网络预计将使用太赫兹频段 $[0.1\text{THz} \sim 10\text{THz}, 1\text{THz} \sim 1000\text{GHz}]$ 的电磁波。以下关于 5G 和 6G 的说法正确的是 ()

- A. 6G 信号是横波，5G 信号是纵波
- B. 6G 信号的光子能量比 5G 信号的光子能量大
- C. 相同情况下 6G 信号衍射现象比 5G 信号衍射现象更明显
- D. 6G 信号和 5G 信号相遇不会发生干涉现象

【答案】 BD

【解析】

【详解】 A. 5G 信号和 6G 信号都是横波，选项 A 错误；

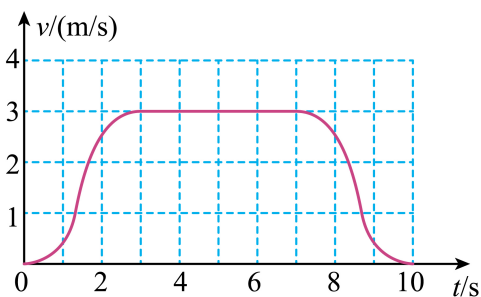
B. 根据 $E = h\nu$ 可知，6G 信号的光子能量比 5G 信号的频率更大，则光子能量大，选项 B 正确；

C. 6G 信号比 5G 信号的波长短，则相同情况下 6G 信号衍射现象比 5G 信号衍射现象更不明显，选项 C 错误；

D. 6G 信号和 5G 信号频率不同，则相遇不会发生干涉现象，选项 D 正确。

故选 BD。

10. 某高层住宅楼层高为 3m，小明从一楼乘电梯回家，用智能手机记录了电梯运行的速度随时间变化关系，如图所示。取竖直向上为正方向，根据图像可知 ()



- A. 2s 末电梯速度方向与 8s 末速度方向相反
- B. 2s 末电梯加速度方向与 8s 末加速度方向相反
- C. 0~3s 内，小明处于超重状态
- D. 小明家所在楼层为 14 层

【答案】 BC

【解析】

【详解】 A. 电梯在 10s 内一直向上运动，可知 2s 末电梯速度方向与 8s 末速度方向相同，选项 A 错误；

- B. 图像的斜率等于加速度，可知 2s 末电梯加速度方向与 8s 末加速度方向相反，选项 B 正确；
- C. 0~3s 内，小明加速度向上，处于超重状态，选项 C 正确；
- D. 图像的面积等于位移可知，电梯向上运动的位移 $h = 21 \times 1 \times 1 \text{m} = 21 \text{m}$

小明家所在楼层为 8 层，选项 D 错误。

故选 BC。

11. 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播， $t = 0$ 时刻波传播到 $x = 5 \text{m}$ 处的 M 点，波形如图 1 所示；图 2 是 $x = 3 \text{m}$ 处质点 N 的振动图像， Q 是位于 $x = 10 \text{m}$ 处的质点。下列说法正确的是 ()

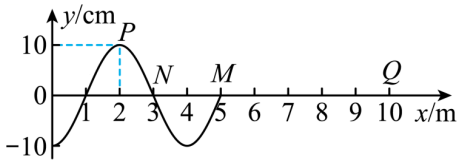


图1

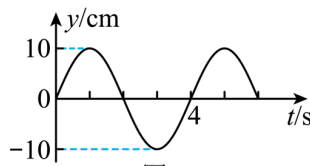


图2

- A. 这列波的传播速度是 1m/s
- B. 该简谐横波的起振方向为 y 轴正方向
- C. $t = 8 \text{s}$ 时质点 Q 首次到达波谷位置
- D. 从开始计时到波刚传到 Q 点时， P 点通过的路程为 50cm

【答案】 AD

【解析】

【详解】 A. 由图 1 可知波长 $\lambda = 5 \text{m} - 1 \text{m} = 4 \text{m}$

由图 2 可知周期 $T = 4 \text{s}$

所以这列波的传播速度是 $v = \frac{\lambda}{T} = 1 \text{m/s}$

故 A 正确；

B. 由图 1 可知质点 M 的起振方向是 y 轴负方向，所以该简谐横波的起振方向为 y 轴负方向，故 B 错误；

C. 波从 M 传播到 Q 的时间 $t_1 = \frac{MQ}{v} = \frac{10 - 5}{1} \text{s} = 5 \text{s}$

$t = 8 \text{s}$ 时质点 Q 振动的时间 $t_2 = 8 \text{s} - 5 \text{s} = 3 \text{s} = \frac{3}{4} T$

$t = 8 \text{s}$ 时质点 Q 首次到达波峰位置，故 C 错误；

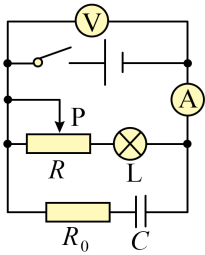
D. 从开始计时到波刚传到 Q 点用时 $t_1 = 5 \text{s} = 1 \frac{1}{4} T$

从开始计时到波刚传到 Q 点时， P 点通过的路程为 $s = 4A = 4 \times 10 \text{cm} = 50 \text{cm}$

故 D 正确。

故选 AD。

12. 如图所示，电源电动势为 E 、内阻为 r ， R_0 为定值电阻，且 $r \square R_0$ ，电容器的电容为 C ，灯泡电阻也为 R_0 且保持不变，电表均为理想电表。闭合开关 S，电流稳定时，灯泡正常发光，电压表示数为 U ，电流表示数为 I ，向右调节滑动变阻器滑片 P 到特定位置，待电路稳定，该过程电压表示数的变化量为 $\square U$ ，电流表示数的变化量为 $\square I$ ，则 ()



A. $\frac{\square U}{\square I} \square r$

B. 电压表、电流表示数均变大，灯泡变亮

C. 通过 R_0 的电荷量为 $C\Delta U$

D. 电源的输出功率减小，总功率增大

【答案】 C

【解析】

【详解】 A. 由电路图可知 $\frac{\square U}{\square I} \square R_0$

故 A 错误；

B. 滑动变阻器滑片 P 向右滑动，滑动变阻器接入电路中的阻值减小，电路中总电阻减小，由闭合电路欧姆定律可得电流表示数增大，灯泡变亮，电源内压增大，则路端电压减小，故 B 错误；

C. 通过 R_0 的电荷量为 $Q \square C\Delta U$

故 C 正确；

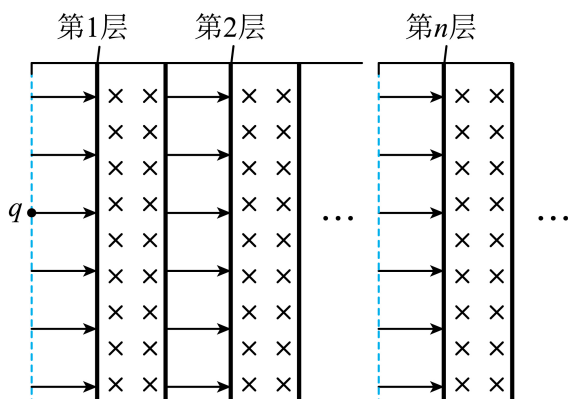
D. 电源的输出功率 $P \square \frac{E^2 R}{R \square r} \square \frac{E^2}{R \square \frac{r^2}{R} \square 2r}$

当 $R \square r$ 时电源输出功率最大，由于 $r \square R_0$ ，滑动变阻器接入电路中的电阻减小时，电源的外阻依然大于

内阻，但更接近内阻，电源的输出功率增大；电源的总功率 $P_{\text{总}} \square EI$ ，增大，故 D 错误。

故选 C。

13. 现代科学仪器常利用电场、磁场控制带电粒子的运动，真空中存在着如图所示的多层紧密相邻的匀强电场和匀强磁场，电场与磁场的宽度均为 d ，电场强度为 E ，方向水平向右；磁感应强度为 $B = \sqrt{\frac{mE}{2qd}}$ ，方向垂直纸面向里。电场、磁场的边界互相平行且与电场方向垂直，粒子在电场、磁场交界处只受磁场力的作用。一个质量为 m 、电荷量为 q 的带正电粒子在第 1 层电场左侧边界某处由静止释放，粒子始终在电场、磁场中运动。不计粒子重力及运动时的电磁辐射，不考虑相对论效应。下列说法正确的是（ ）



A. 粒子在第 1 层磁场中运动的时间为 $t = \frac{\pi}{6} \sqrt{\frac{2md}{qE}}$

B. 粒子无法进入第 5 层磁场

C. 粒子运动的最大速度为 $2\sqrt{\frac{3qEd}{m}}$

D. 若粒子恰好不能从第 n 层磁场右边界穿出，换成比荷较大的其它带正电粒子也无法从第 n 层磁场右边界穿出

【答案】 ABD

【解析】

【详解】 A. 粒子在第一个电场中被加速 $Eqd = \frac{1}{2}mv_1^2$

进入第一个磁场时 $qv_1B = m\frac{v_1^2}{r_1}$

解得 $r_1 = 2d$

可知 $\sin\theta = \frac{d}{2d} = \frac{1}{2}$

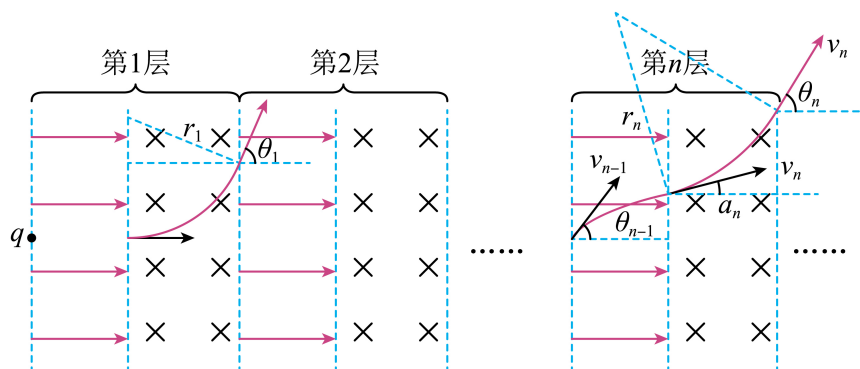
粒子在第 1 层磁场中运动的时间为 $t = \frac{d}{v} T = \frac{d}{v} \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi}{6} \sqrt{\frac{2md}{qE}}$

选项 A 正确；

B. 粒子在磁场中所受洛伦兹力不做功，运动到第 n 层磁场时，则有： $nEqd = \frac{1}{2}mv_n^2$

$$qv_n B = m \frac{v_n^2}{r_n}$$

设粒子在进入第 n 层磁场时，速度方向与水平方向的夹角为 α_n ，从第 n 层磁场射出时，速度方向与水平方向的夹角为 θ_n ，局部轨迹图如下图所示：



由于粒子穿过电场的过程，垂直于电场方向分速度不变，因此有： $v_{n-1} \sin \theta_{n-1} = v_n \sin \alpha_n$

同时由几何关系得： $r_n \sin \theta_n - r_n \sin \alpha_n = d$

联立可得： $r_n \sin \theta_n = r_{n-1} \sin \theta_{n-1} + d$

由等差数列的知识，可得到关系式： $r_n \sin \theta_n = r_1 \sin \theta_1 + (n-1)d$

由几何关系可得粒子在第一层磁场偏转时有： $r_1 \sin \theta_1 = d$

可得： $r_n \sin \theta_n = nd$

联立解得： $\sin \theta_n = B \sqrt{\frac{qnd}{2Em}}$

令 $\theta_n = 90^\circ$ ，则有： $\sin \theta_n = 1$ ，即： $B \sqrt{\frac{qnd}{2Em}} = 1$

解得： $n = \frac{2Em}{B^2 qd}$

代入 $B \leq \sqrt{\frac{mE}{2qd}}$

可得: $n=4$

说明粒子穿过第四层磁场时速度方向恰好沿边界竖直向上, 粒子无法进入第 5 层磁场, 选项 B 正确;

C. 根据 $nEqd \leq \frac{1}{2}mv_n^2$

当 $n=4$ 时粒子速度最大, 可知粒子运动的最大速度为 $v_m \leq 2\sqrt{\frac{2qEd}{m}}$

选项 C 错误;

D. 若粒子恰好不能从第 n 层磁场右侧边界穿出, 则 $\theta_n=90^\circ$, $\sin\theta_n=1$

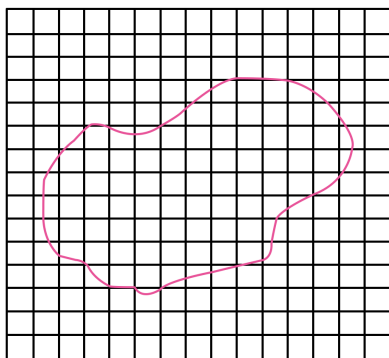
在其他条件不变的情况下, 换用比荷更大的粒子, 设其比荷为 $\frac{q'}{m'}$, 假设能穿出第 n 层磁场右侧边界, 粒子穿出时速度方向与水平方向的夹角为 θ_n' , 由于 $\frac{q'}{m'} \leq \frac{q}{m}$, 则导致 $\sin\theta_n' > 1$, 说明 θ_n' 不存在, 即原假设不成立。所以比荷较该粒子大的粒子不能穿出该层磁场右侧边界, 故 D 正确。

故选 ABD。

三、实验题 (其中 14 题 10 分, 15 题 10 分, 共 20 分。把答案写在答题卡中指定的答题处)

14. 某学习小组进行“用油膜法估测分子大小”的实验。

(1) 该实验中, 将油酸分子看成是球形的, 所采用的方法是_____。



- A. 等效替代法 B. 理想模型法 C. 控制变量法 D. 比值定义法

(2) 在实验中, 已知实验室中使用的油酸酒精溶液的体积百分比为 A , N 滴溶液的的总体积为 V 。在浅盘中的水面上均匀撒上痱子粉, 将一滴溶液滴在水面上, 待油膜稳定后, 在带有边长为 a 的正方形小格的玻璃板上描出油膜的轮廓 (如图所示), 测得油膜占有的正方形小格个数为 x 。用以上字母表示油酸分子的半径约为_____。

【答案】 (1) B (2) $\frac{VA}{Nxa^2}$

【解析】

【小问 1 详解】

在这个实验中，将油酸分子看成球形，且认为它们紧密排布形成单分子油膜，把油酸分子简化成了一个理想的球形模型，用单分子油膜厚度来等效油酸分子直径，采用的就是理想模型法。

故选 B。

【小问 2 详解】

题意可知一滴溶液所含纯油酸体积为 $V_0 \square \frac{V}{N} A$

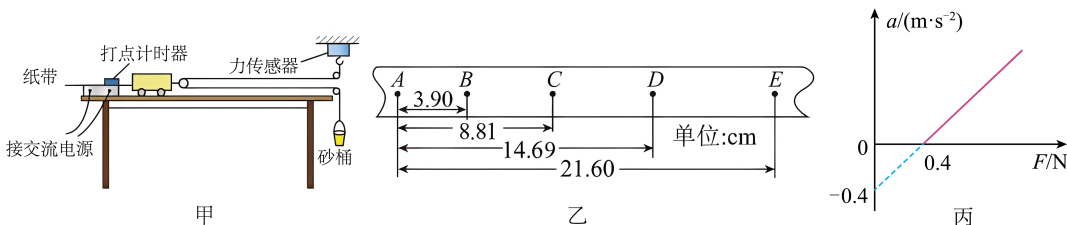
每一滴所形成的油膜的面积为 $S \square xa^2$

所以油膜的厚度，即为油酸分子的直径为 $d \square \frac{V_0}{S} \square \frac{VA}{Nxa^2}$

15. 某同学用如图甲所示装置测量滑块与水平桌面间的动摩擦因数，重力加速度 g 取 10m/s^2 。

(1) 在砂桶中放入适量细砂，接通电源，由静止释放滑块，打出一条纸带。从比较清晰的点迹起，每 5 个点取 1 个计数点，在纸带上连续标出 5 个计数点 A、B、C、D、E，测出各计数点到 A 点之间的距离，

如图乙所示。电源频率为 50Hz，则滑块运动的加速度 $a \square$ _____ m/s^2 (结果保留 1 位小数)



(2) 实验中多次改变砂桶中细砂的质量，重复实验，测得多组力传感器示数 F 及对应的滑块运动的加速度 a ，以 a 为纵坐标、 F 为横坐标描点得到如图丙所示的 $a-F$ 图像。由图中数据可知，滑块和动滑轮的总质量为 $M \square$ _____ kg ，滑块与桌面间的动摩擦因数 $\mu \square$ _____。

【答案】 (1) 1.0 (2) ① . 2 ② . 0.04

【解析】

【小问 1 详解】

每 5 个点取 1 个计数点，则相邻计数点的时间间隔为 $T \square 5 \square 0.02\text{s} \square 0.1\text{s}$

根据逐差法可得加速度为 $a \square \frac{x_{CE} \square x_{AC}}{4T^2} \square \frac{(21.60 \square 8.81 \square 8.81) \square 10^2}{4 \square 0.1^2} \text{m/s}^2 \square 1.0\text{m/s}^2$

【小问 2 详解】

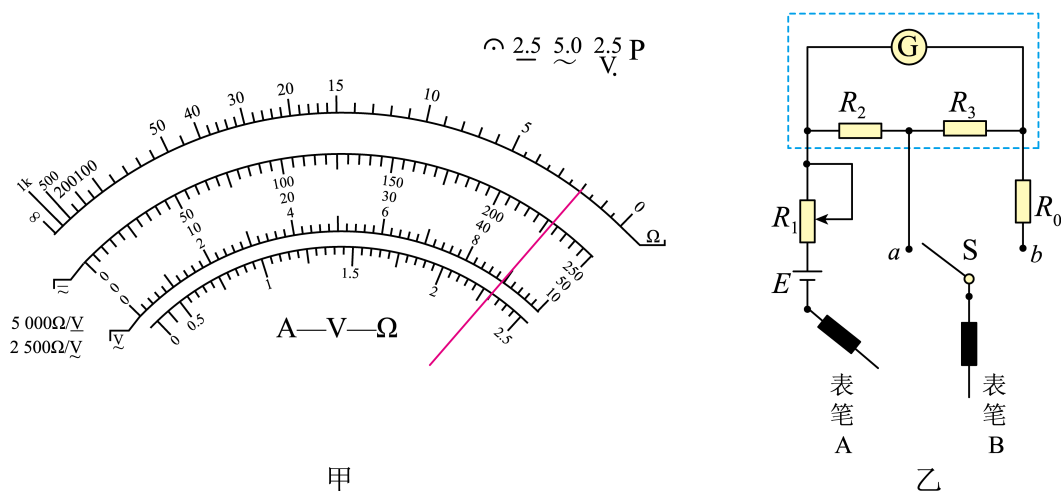
[1][2]以滑块和动滑轮为对象，根据牛顿第二定律可得 $2F - Mg = Ma$

可得 $a = \frac{2}{M}F - g$

由图丙可得 $\frac{2}{M} = \frac{0.4}{0.4} \text{ kg}^{-1}$ ， $g = 0.4 \text{ m/s}^2$

解得 $M = 2 \text{ kg}$ ， $\mu = 0.04$

16. 某实验小组使用某个多用电表测量电学中的物理量，并探究欧姆表的原理。



(1) 使用多用电表粗测电阻时，将选择开关拨至欧姆挡“ $\times 100$ ”挡，经欧姆调零后进行测量，指针指在如图甲所示的位置，为了使多用电表测量的结果更准确，该同学应该选择欧姆挡_____挡（选填“ $\times 1000$ ”或“ $\times 10$ ”）；

(2) 该小组进一步探究欧姆表的原理，设计了如图乙所示的电路，通过调节开关 S，可使欧姆表具有“ $\times 1$ ”和“ $\times 10$ ”的两种倍率，可用器材如下：

- A. 干电池（电动势 $E = 1.5 \text{ V}$ ，内阻不计）；
- B. 电流表 G （满偏电流 $I_g = 1 \text{ mA}$ ，内阻 $R_g = 90 \Omega$ ）；
- C. 定值电阻 R_0 （阻值为 5.0Ω ）；
- D. 滑动变阻器 R_1 （最大阻值为 150Ω ）；
- E. 定值电阻 R_2 （阻值为 1.0Ω ）、 R_3 （阻值未知）；
- F. 开关一个，红、黑表笔各一支，导线若干。

虚线框内是双量程电流表，已知当 S 接 a 时，对应电流表量程是 $0 \sim 0.1 \text{ A}$ ；

- ①. 定值电阻 R_3 \square _____ Ω ;
- ②. 测电阻时, B 表笔应是_____ (填“红”或“黑”) 表笔。
- ③. 当开关 S 拨向_____ (填“ a ”或“ b ”) 时, 欧姆表的倍率是“ $\times 10$ ”
- ④. 使用一段时间后电池老化, 电动势下降到 1.45V 、内阻增大到 3Ω , 但仍可调零, 正确操作后, 测量另一个定值电阻, 欧姆表读数为 150Ω , 则这个电阻的实际阻值应为_____ Ω 。

【答案】 (1) \square 10

(2) ①. 9 ②. 黑 ③. a ④. 145

【解析】

【小问 1 详解】

使用多用电表粗测电阻时, 将选择开关拨至欧姆挡“ $\square 100$ ”挡, 经欧姆调零后进行测量, 指针指在如图甲所示的位置, 即指针偏角过大, 倍率档选择过大, 为了使多用电表测量的结果更准确, 该同学应该选择欧姆挡 $\square 10$ 挡;

【小问 2 详解】

①. [1]由电路可知 $I_g(R_g \square R_3) \square (I \square I_g)R_2$

解得定值电阻 $R_3 \square 9\square$;

②. [2]测电阻时, B 表笔接内部电源的正极, 可知应是黑表笔。

③. [3]当开关 S 拨向 a 时, 电流表量程较大, 根据 $I_m \square \frac{E}{R_{\text{内}}}$

则欧姆表内阻较小, 即欧姆表的倍率是“ $\times 10$ ”。

④. [4]电池没有老化时, 满偏电流 $I_m=0.1\text{A}$, 当读数为 150Ω 时对应的电流为 I , 可知 $I_m \square \frac{E}{R_{\text{内}}}$,

$$I \square \frac{E}{R_x \square R_{\text{内}}}$$

电池老化时, 指针对应的电流仍为 I , $I_m \square \frac{E'}{R'_{\text{内}}}$, $I \square \frac{E'}{R_x \square R'_{\text{内}}}$

解得 $R'_x \square 145\square$

四、计算题 (本题共 3 小题, 第 16 题 8 分, 第 17 题 12 分, 第 18 题 16 分, 共 36 分。把答案写在答题卡中指定的答题处, 要求写出必要的文字说明、方程式和演算步骤)

17. 2024 年 5 月 3 日, 搭载嫦娥六号探测器的长征五号遥八运载火箭, 在中国文昌航天发射场点火发射, 进

入地月转移轨道，6月2日，嫦娥六号探测器组合体成功着陆月背预选着陆区，并从月背上采集月壤，为我国研究月球做出巨大的贡献。假设嫦娥六号在月球表面做如下实验，在距离月球表面高度为 h 的位置将一小球以初速度为 v_0 水平抛出（不计阻力），实验测量落点离抛出点水平距离为 x 。将月球视为质量分布均匀且不考虑自转的球体，月球半径为 R ，万有引力常量为 G 。求：

- (1) 月球表面的重力加速度 g 的大小及月球质量 M ；
- (2) 月球的第一宇宙速度 v 。

【答案】 (1) $g = 2h \frac{v_0^2}{x^2}$, $M = \frac{2hv_0^2 R^2}{Gx^2}$

(2) $v = \frac{v_0}{x} \sqrt{2hR}$

【解析】

【小问1详解】

根据平抛运动规律有 $h = \frac{1}{2}gt^2$, $x = v_0 t$

联立解得 $g = 2h \frac{v_0^2}{x^2}$

由黄金代换式有 $GM = gR^2$

联立解得月球质量 $M = \frac{2hv_0^2 R^2}{Gx^2}$

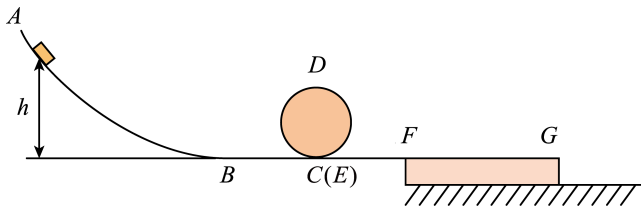
【小问2详解】

第一宇宙速度是卫星在星球表面附近做匀速圆周运动的速度，此时万有引力提供向心力，在星球表面重力

等于万有引力，则有 $mg = m \frac{v^2}{R}$

联立解得 $v = \frac{v_0}{x} \sqrt{2hR}$

18. 某轨道模型如图所示， AB 为光滑弧形轨道，在 B 处与光滑水平轨道 BC 平滑相接。 CDE 为半径 $R = 0.2\text{m}$ 的光滑圆形光滑轨道， C 、 E 略微错开，圆形轨道在 E 处与光滑水平轨道 EF 平滑相接，轨道 EF 末端 F 处放置一长度 $L = 3\text{m}$ ，质量 $M = 0.3\text{kg}$ 的木板。质量 $m = 0.1\text{kg}$ 可视为质点的滑块从距水平轨道高 h 处静止释放。已知滑块与木板间的动摩擦因数为 $\mu = 0.5$ ，滑块在通过各连接处时均无能量损失。重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ ，求：



(1) 滑块静止释放高度 $h = 0.2\text{m}$ ，滑块在通过圆轨道最高点 D 时对轨道的压力大小；

(2) 滑块始终不脱离轨道前提下，讨论 h 不同时滑块与木板摩擦所产生的热量 Q 与滑块静止释放高度 h 的关系。

【答案】 (1) 0.6N

(2) 见解析

【解析】

【小问 1 详解】

滑块从 A 点静止释放到 D 点，根据机械能守恒定律 $mgh = mg \cdot 2R + \frac{1}{2}mv_D^2$

在 D 点根据牛顿第二定律 $F_N - mg = \frac{mv_D^2}{R}$

联立解得 $F_N = 0.6\text{N}$

根据牛顿第三定律，滑块在通过圆轨道最高点 D 时对轨道的压力大小 $F_N' = F_N = 0.6\text{N}$

【小问 2 详解】

滑块恰好通过圆轨道最高点 D 时，在 D 点由重力提供向心力 $mg = \frac{mv_{D0}^2}{R}$

解得 $v_{D0} = \sqrt{2}\text{m/s}$

从 A 点到 D 点，由机械能守恒定律 $mgh_0 = mg \cdot 2R + \frac{1}{2}mv_{D0}^2$

解得 $h_0 = 0.5\text{m}$

当 $0 < h < 0.2\text{m}$ 时，滑块不会脱离轨道，且滑块不会滑上木板，此时热量为 $Q = 0$

当 $h > 0.5\text{m}$ 时，滑块能通过 D 点，从 A 点到木板上停止，设 x 为滑块在木板滑行的距离，根据能量守恒定律 $mgh = \frac{1}{2}mv_0^2 + \mu mgx$

若滑块恰好滑到木板右端，设滑块滑上木板的速度为 v_0 ，共同速度为 v ，由动量守恒 $mv_0 = (m + M)v$

再由能量守恒 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}(m + M)v^2 + \mu mgL$

联立解得 $v_0 = 2\sqrt{10}\text{m/s}$

从 A 点到 F 点, 由机械能守恒 $mgh_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$

解得 $h_1 = 2\text{m}$

当 $0.5\text{m} < h < 3.2\text{m}$ 时, 根据 $mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$

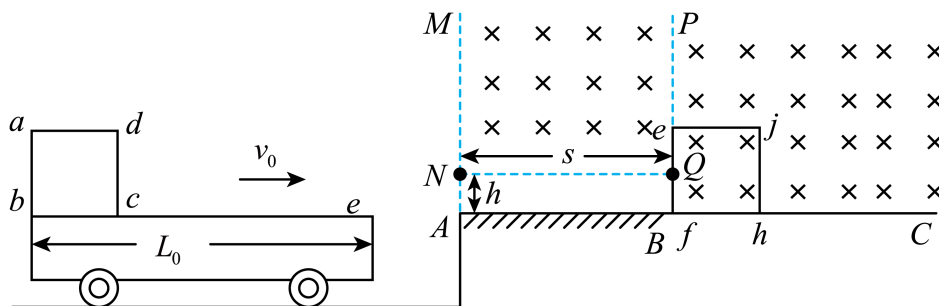
由动量守恒 $mv_0 = (m + M)v$

再由能量守恒 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}(m + M)v^2 + Q$

联立可得滑块在木板上滑行热量为 $Q = \frac{3}{4}h$

当 $h = 3.2\text{m}$ 时, 滑块从木板右端滑落, 热量为 $Q = \mu mgL = 1.5\text{J}$

19. 如图所示, 一质量为 $m_1 = 1\text{kg}$ 、电阻 $R_1 = 2\Omega$, 边长为 $L = 0.4\text{m}$ 的正方形单匝线框 $abcd$ 放在平板小车上, 线框 $abcd$ 的 ab 边刚好与小车左端对齐, 小车上表面与水平台 AC 等高, 小车长度 $L_0 = 4.8\text{m}$, 小车和线框一起以速度 $v_0 = 12\text{m/s}$ 向右匀速运动。当小车与水平台左侧碰撞后立即停止运动, 线框 $abcd$ 继续向右运动进入水平台。 AB 间距离为 $s = 4\text{m}$ 。在离台面高度为 $h = 0.2\text{m}$ 空间上方 (以虚线 NQ 为边界), 有一匀强磁场区域 $MNQP$, 区域内磁场方向垂直纸面向里, 磁感应强度大小为 $B = 1\text{T}$ 。当线框 $abcd$ 的 cd 边刚到达虚线 MA 时, 给线框施加一个水平外力 F , 使线框匀速进入匀强磁场区域 $MNQP$, 当线框 $abcd$ 的 ab 边刚到达虚线 MA 时, 撤去外力 F 。已知线框与小车和水平面间的动摩擦因数均为 $\mu = 0.5$ 。重力加速度大小为 $g = 10\text{m/s}^2$ 。求:



- (1) 线框 $abcd$ 进入磁场区域 $MNQP$ 的过程中, 线框 $abcd$ 中的电流大小;
- (2) 外力 F 做功的大小;
- (3) 已知水平台 BC 区光滑, 在虚线 PB 右侧存在方向垂直纸面向里、磁感应强度大小随距离均匀增强的磁场。紧靠虚线 PB 竖直放置一个边长 $L = 0.4\text{m}$, 质量 $m_2 = 3\text{kg}$ 、匝数 $n = 25$ 匝、电阻 $R_2 = 10\Omega$ 的正

方形线框 $efhj$ 。在线框左边界 ef 处的磁感应强度大小为 $B_1 = 1\text{T}$ ，线框右边界 hj 处的磁感应强度 $B_2 = 2\text{T}$ 。线框 $abcd$ 的 cd 边运动到虚线 PB 时，与静止的线框 $efhj$ 发生弹性碰撞，线框 $abcd$ 与线框 $efhj$ 碰撞后，直到两线框都静止时，求线框 $abcd$ 的 cd 边与线框 $efhj$ 的 ef 边间的距离大小。

【答案】 (1) 1A (2) 2.08
(3) 1.72m

【解析】

【小问 1 详解】

线框和小车一起向右以 $v_0 = 12\text{m/s}$ 匀速运动

当小车与水平台相撞后小车立即停止运动，此后滑块将向右减速运动

设滑块运动到磁场时的速度为 v ，根据牛顿第二定律 $\mu m_1 g = m_1 a_1$

$$v_0^2 - v^2 = 2a_1(L_0 - L)$$

则线框进入磁场后 cd 边部分切割磁感线，则 $E = B(L - h)v$

$$\text{回路电流 } I = \frac{E}{R_1}$$

解得 $I = 1\text{A}$

【小问 2 详解】

线框 cd 边刚进入磁场时，在外力 F 作用下做匀速运动，则 $F = F_{\text{安}} + \mu m_1 g$

$$F_{\text{安}} = BI(L - h) = \frac{B^2(I - h)^2 v}{R_1}$$

因为线框匀速运动，则外力 F 为恒力，所以外力 F 做的功 $W_F = FL$

解得 $W_F = 2.08\text{J}$

【小问 3 详解】

线框 $abcd$ 的 cd 边恰好运动到 PB 边界时的速度为 v_1

$$\text{则 } v^2 - v_1^2 = 2a_1(s - L)$$

解得 $v_1 = 8\text{m/s}$

线框 $abcd$ 与线框 $efhi$ 发生弹性碰撞。则

$$m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$$

解得 $v_1' = 4\text{m/s}$, $v_2' = 4\text{m/s}$

①对线框 $abcd$ 分析

$$v_1'^2 = 2a_1 x_1$$

解得 $x_1 = 1.6\text{m}$

②对线框 $efhi$ 分析

磁场 $B = B_1 = kx$

当 $x = L = 0.4\text{m}$ 时, $B_2 = 2\text{T}$

故 $B = 1 + \frac{5}{2}x(\text{T})$

则线框切割磁感线产生的电动势为 $E' = nBLv_2'$

$$\text{电流 } I = \frac{E'}{R_2}$$

$$F_{\text{安}} = nBIL$$

$$\text{联立得 } F_{\text{安}} = \frac{n^2 (kB)^2 L^2 v_2'}{R_2}$$

$$\text{由动量定理得 } \int \frac{n^2 (kB)^2 L^2 \bar{v}}{R_2} dt = 0 - m_2 v_2'$$

解得 $x_2 = \bar{v} t = 0.12\text{m}$

所以最终停下来 cd 与 ef 的间距为 $x = x_1 + x_2 = 1.72\text{m}$