

# 2025 北京东城高三二模

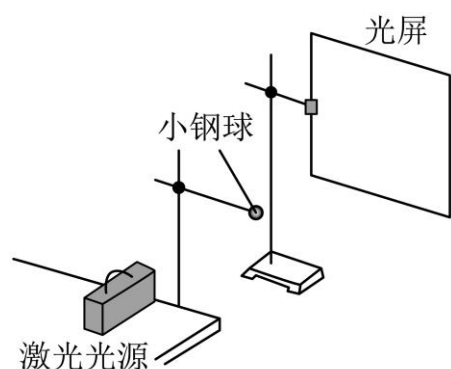
## 物 理

本试卷共 10 页，100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

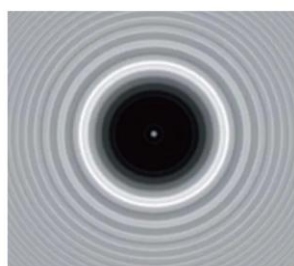
### 第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 如图甲所示，用激光照射一个小钢球，光屏上出现如图乙所示的图样，在阴影中心有一个小亮斑。这种现象是光的（ ）



甲



乙

A. 衍射现象

B. 偏振现象

C. 折射现象

D. 多普勒效应

2. 在  $\beta$  衰变中通常会产生一种被称为“中微子”的粒子。中微子很难被直接探测，但是可以利用中微子与  ${}^1_1\text{H}$  的核反应间接证实中微子的存在。相应的核反应方程为：中微子 +  ${}^1_1\text{H} \rightarrow {}^1_0\text{n} + {}^0_{+1}\text{e}$ 。由此可知，中微子的质量数和电荷数分别是（ ）

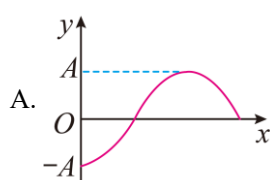
A. 0 和 0

B. 0 和 1

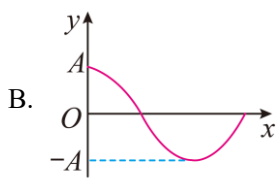
C. 1 和 0

D. 1 和 1

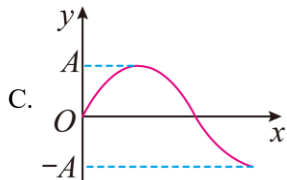
3. 某振源位于坐标原点处， $t = 0$  时从平衡位置开始沿  $y$  轴负方向做简谐运动，沿  $x$  轴正方向发出一列简谐横波。则  $t = \frac{3T}{4}$  时的波形图为（ ）



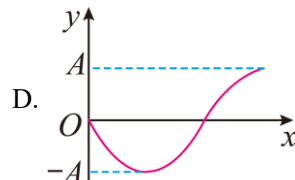
A.



B.

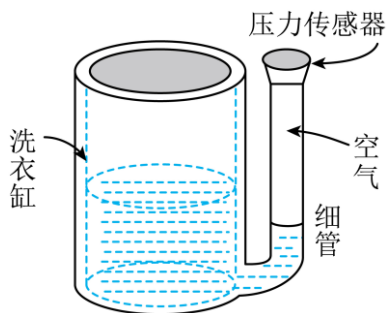


C.



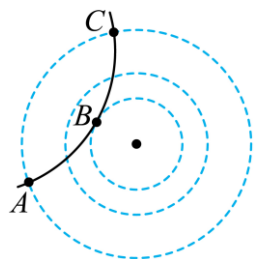
D.

4. 如图所示，某种自动洗衣机进水时，与洗衣缸相连的细管中会封闭一定质量的空气，通过压力传感器感知管中的空气压力，从而控制进水量。设温度不变，洗衣缸内水位升高，则细管中被封闭的空气（ ）



- A. 体积不变，压强变小
- B. 体积变小，压强变大
- C. 体积不变，压强变大
- D. 体积变小，压强变小

5. 如图所示，虚线为某点电荷产生的电场的等势线，相邻等势线间的电势差相等；实线为一个  $\alpha$  粒子仅在电场力作用下的运动轨迹。在  $\alpha$  粒子从 A 经 B 运动到 C 的过程中（ ）



- A.  $\alpha$  粒子的加速度先减小后增大
- B. 静电力对  $\alpha$  粒子先做负功后做正功
- C.  $\alpha$  粒子的动能先增大后减小
- D.  $\alpha$  粒子的电势能先减小后增大

6. 质量为  $m$  的物块静止放置于地球赤道某处的水平桌面上。已知地球质量为  $M$ ，半径为  $R$ ，自转周期为  $T$ ，引力常量为  $G$ 。若考虑地球自转，将地球视为质量均匀分布的球体，则物块对桌面的压力大小  $F$  等于（ ）

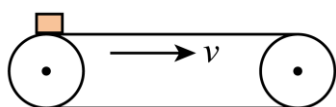
A.  $G \frac{Mm}{R^2}$

B.  $m \frac{4\pi^2}{T^2} R$

C.  $G \frac{Mm}{R^2} - m \frac{4\pi^2}{T^2} R$

D.  $G \frac{Mm}{R^2} + m \frac{4\pi^2}{T^2} R$

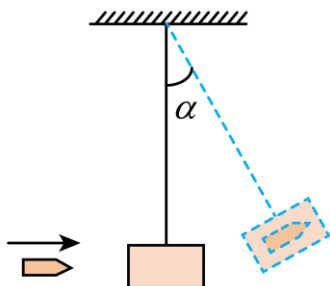
7. 如图所示，水平传送带以速度  $v$  匀速运动，将质量为  $m$  的小物块无初速度放在传送带的左端，传送带足够长，物块到达右端之前已经与传送带共速。下列说法正确的是（ ）



- A. 物块与传送带共速后，物块受到向右的静摩擦力
- B. 传送带运动速度越大，物块加速运动的时间越短
- C. 物块与传送带共速前，摩擦力对物块做负功

D. 物块与传送带之间因摩擦产生的热量等于  $\frac{1}{2}mv^2$

8. 如图所示，将质量为  $M$  的沙箱用长为  $l$  的不可伸长的轻绳悬挂起来，一颗质量为  $m$  的子弹水平射入沙箱（未穿出），沙箱摆动的最大摆角为  $\alpha$   $\left(\alpha < \frac{\pi}{2}\right)$ 。摆动过程中，沙箱可视为质点，重力加速度为  $g$ ，则子弹将要射入沙箱时的速度大小等于（ ）



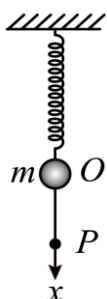
A.  $\frac{M+m}{M}\sqrt{2gl\cos\alpha}$

B.  $\frac{M+m}{m}\sqrt{2gl(1-\cos\alpha)}$

C.  $\sqrt{\frac{2(M+m)}{M}gl(1-\cos\alpha)}$

D.  $\sqrt{\frac{2(M+m)}{m}gl\cos\alpha}$

9. 如图所示，一轻质弹簧上端固定在天花板上，下端连接一质量为  $m$  的小钢球。以弹簧原长时钢球所在的位置为坐标原点  $O$ ，竖直向下为正方向建立坐标轴  $Ox$ 。将钢球从  $O$  点处由静止释放，钢球在  $O$ 、 $P$  间做往复运动。弹簧劲度系数为  $k$ ，且弹簧始终处于弹性限度内，重力加速度为  $g$ ，不计空气阻力。下列说法正确的是（ ）



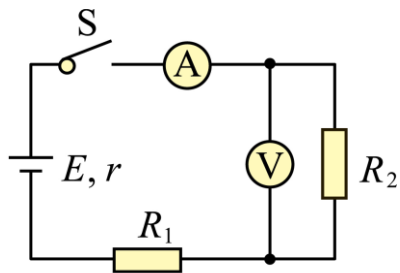
A. 在  $P$  点处，小球的加速度最小

B. 在  $P$  点处，小球所受弹力的大小为  $mg$

C. 在  $x = \frac{mg}{k}$  处，小球的速度最大

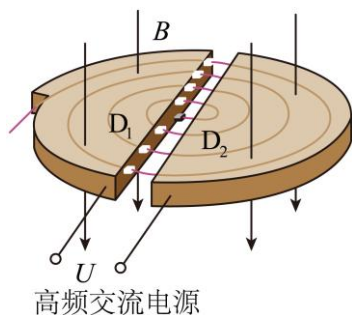
D.  $O$ 、 $P$  两点间的距离为  $\frac{3mg}{k}$

10. 人体中的脂肪因缺乏自由电子或离子，不容易导电，某脂肪测量仪的工作原理是根据人体等效电阻阻值的大小来判断脂肪所占比例的高低，简化电路如图所示，其中定值电阻  $R_1$  与人体等效电阻  $R_2$  的阻值相差不多。下列说法正确的是（ ）



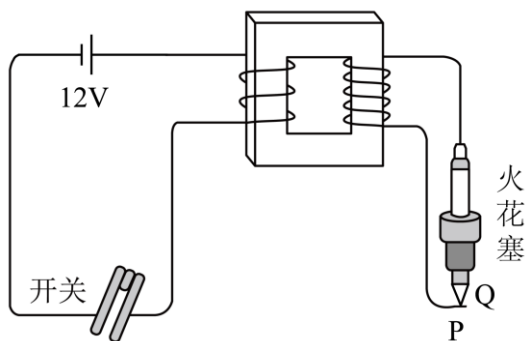
- A. 脂肪所占比例低者对应的电压表的示数较大
- B. 脂肪所占比例高者对应的电流表的示数较小
- C. 脂肪所占比例低者对应的电源内阻消耗的功率较小
- D. 脂肪所占比例高者对应的电源消耗的总功率较大

11. 回旋加速器的工作原理如图所示，其主体部分是两个 D 形金属盒，两金属盒处在垂直于盒底面的匀强磁场中。现用该回旋加速器对氦核( ${}^4_2\text{He}$ )进行加速，高频交流电源的电压最大值为  $U$ 、频率为  $f$ ，匀强磁场的磁感应强度大小为  $B$ 。已知元电荷为  $e$ ，氦核( ${}^4_2\text{He}$ )的质量为  $m$ 。不计粒子在两 D 形盒之间的运动时间，不考虑相对论效应。下列说法正确的是 ( )



- A. 氦核( ${}^4_2\text{He}$ )能够从 D 形盒内的磁场中直接获得能量
- B. 仅增大电压  $U$ ，氦核( ${}^4_2\text{He}$ )最终获得的动能一定变大
- C. 若满足  $f = \frac{eB}{\pi m}$ ，可对氦核( ${}^4_2\text{He}$ )加速
- D. 若保持加速氦核( ${}^4_2\text{He}$ )时的各参数不变，则也能加速氚核( ${}^3_1\text{H}$ )

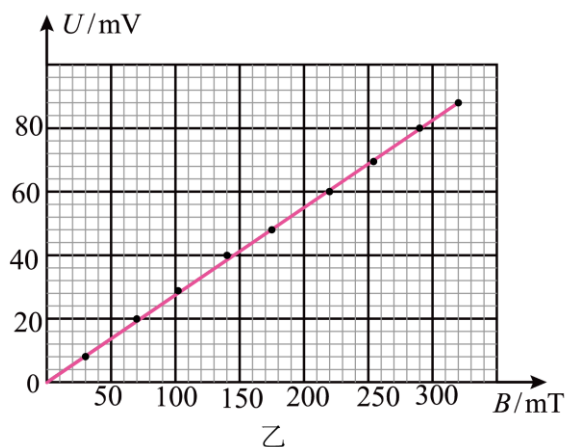
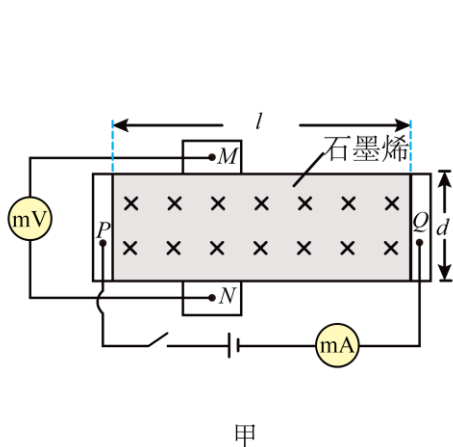
12. 燃油汽车启动时，火花塞产生电火花的简化电路如图所示，初级线圈回路中的电源电动势为  $12\text{V}$ ，次级线圈回路中的火花塞的两个电极 P、Q 靠得很近。汽车启动时，开关不停地闭合、断开，次级线圈产生的瞬时高压可达千伏甚至万伏，使电极 P、Q 间产生电火花，点燃汽缸中的可燃混合气。下列说法正确的是 ( )



- A. 开关闭合瞬间，P、Q 间无电压
- B. 开关断开瞬间，火花塞会产生电火花
- C. 初级线圈的匝数应远大于次级线圈的匝数
- D. P、Q 间的高压是由于次级线圈的自感现象产生的

13. 石墨烯是一种由碳原子组成的单层二维蜂窝状结构的新材料，其导电能力远超银和铜等传统材料。现设计一电路测量石墨烯样品的载流子（自由导电粒子）浓度  $n$ ， $n$  为单位面积上的载流子个数。该载流子的电性及所带电荷量均与电子相同。

图甲为测量原理图，长为  $l$ 、宽为  $d$  的石墨烯材料垂直于磁场放置， $P$ 、 $Q$ 、 $M$ 、 $N$  为电极。电极  $P$ 、 $Q$  间通以恒定电流  $I$ ，电极  $M$ 、 $N$  间产生大小为  $U$  的霍尔电压。改变磁场的磁感应强度  $B$ ，测量霍尔电压  $U$ ，获得多组数据，得到  $U-B$  关系图线如图乙所示。已知某次测量中所通电流大小  $I=1.0\text{mA}$ ，元电荷  $e=1.6\times 10^{-19}\text{C}$ 。下列说法正确的是（ ）



- A. 石墨烯与半导体的导电能力相当
- B. 电极  $M$  的电势比电极  $N$  的电势高
- C. 图乙中图线的斜率  $k = \frac{I}{ned}$
- D. 该样品的载流子浓度  $n$  约为  $2.3\times 10^{16}$  个  $/\text{m}^2$

14. 机械波在介质中传播时会受到介质的阻碍作用，介质密度  $\rho$  与波在介质中的传播速度  $u$  的乘积称为波阻  $z$ ，即  $z = \rho u$ 。波阻大的介质称为波密介质，波阻小的介质称为波疏介质。当一列简谐波自介质 1 垂直

入射至介质 2，在边界上同时发生反射和透射，反射系数  $R$  与透射系数  $T$  分别为  $R = \frac{(z_1 - z_2)^2}{(z_1 + z_2)^2}$  和

$T = \frac{4z_1z_2}{(z_1 + z_2)^2}$ ，其中  $z_1$ 、 $z_2$  分别为机械波在介质 1、2 中的波阻；反射系数  $R$  等于反射波的强度与入射波的强度之比，透射系数  $T$  等于透射波的强度与入射波的强度之比。下表给出了部分介质对声波在其中传播时的波阻。已知空气的密度约为  $1\text{kg/m}^3$ ，水的密度为  $1\times 10^3\text{kg/m}^3$ 。下列说法正确的是（     ）

介质	波阻 $z/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$
空气	$4.16\times 10^2$
水	$1.48\times 10^6$
蓖麻油	$1.36\times 10^6$
脂肪	$1.36\times 10^6$
肌肉	$1.63\times 10^6$
岩石	大于 $10\times 10^6$

- A. 声波垂直入射到波阻相差很小的两介质界面上，主要发生反射现象  
 B. 声波由空气垂直入射到岩石壁，主要发生透射  
 C. 声波由空气垂直入射到水面，主要发生透射，传播速度变大  
 D. 用超声波检查身体时，在探头与皮肤之间涂蓖麻油可以增大透射系数

第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15.

图1

图2

图3

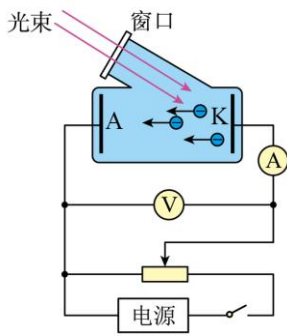


图4

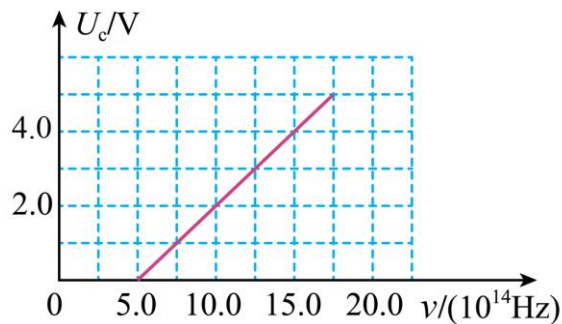


图5

(1) 在“插针法测量玻璃砖的折射率”的实验中，作出的光路图及测出的相关角度如图1所示。此玻璃砖的折射率  $n = \underline{\hspace{2cm}}$  (用图中的  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  表示)。

(2) 在“利用双缝干涉测光的波长”的实验中，双缝间距  $d = 0.40 \text{ mm}$ ，双缝到光屏间的距离  $l = 500 \text{ mm}$ 。用某种单色光照射双缝得到的干涉条纹如图2所示，分划板的“十”字在图中  $A$ 、 $B$  位置时，游标卡尺的读数分别为  $x_A = 11.1 \text{ mm}$ ， $x_B = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$ ，如图3所示。则该单色光的波长  $\lambda = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$ 。

(3) 探究光电效应规律的装置如图4所示，光电管阴极  $K$  的材料是金属铷。用不同频率的光照射该光电管的阴极  $K$ ，测得铷的遏止电压  $U_c$  与入射光频率  $\nu$  的关系图像如图5所示，则普朗克常量  $h = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J} \cdot \text{s}$ ，该金属的截止频率  $\nu_c = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Hz}$ 。已知电子电荷量  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。(结果均保留两位有效数字)

16. 某同学在“练习使用多用电表”的实验中，正确测量了一个阻值大约是  $20 \Omega$  的电阻，如图1所示。

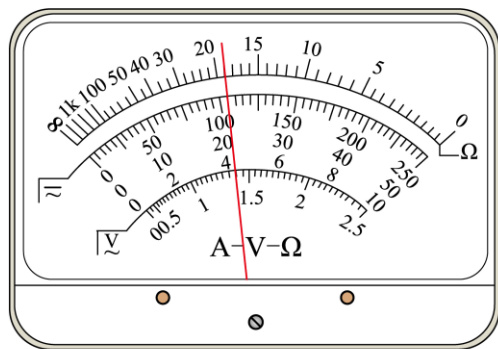


图1

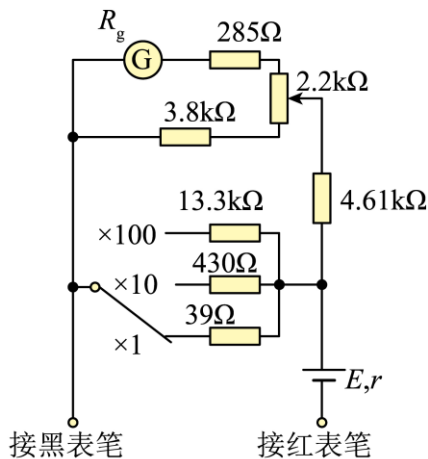


图2

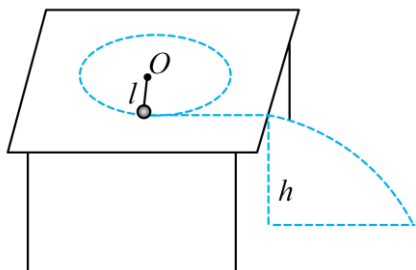
(1) 该同学继续测量一个阻值大约是  $200 \Omega$  的电阻，用红、黑表笔接触这个电阻的两端之前，应进行哪些操作，请选出必要的操作并写出正确的顺序  $\underline{\hspace{2cm}}$  (选填选项前的字母)。

- A. 将红表笔和黑表笔短接
- B. 把选择开关旋转到“ $\times 100$ ”位置
- C. 把选择开关旋转到“ $\times 10$ ”位置
- D. 调节欧姆调零旋钮使指针指向欧姆零点

(2) 在(1)中调节选择开关换挡后，将红、黑表笔短接，发现此时表头的指针指向图1中欧姆零点的右

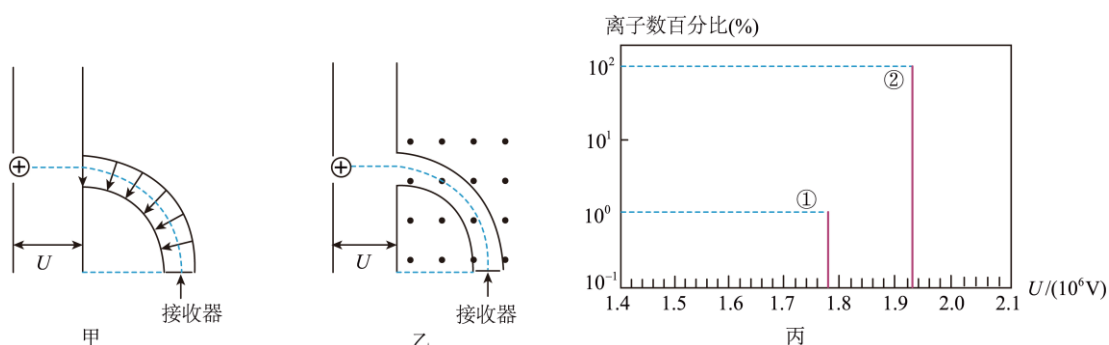
侧。为了解释该现象，此同学查阅欧姆表的内部电路原理图，如图 2 所示。请结合电路图，分析出现该现象的原因。

17. 如图所示，长为  $l$  的细线，一端系有质量为  $m$  的小球，另一端通过光滑的轻质小圆环套在  $O$  点的钉子上，小球在高为  $h$  的光滑水平桌面上做匀速圆周运动。若小球的速度缓慢增大，当细线的拉力达到  $F$  时，细线断裂，小球垂直桌面边缘抛出。重力加速度为  $g$ ，不计空气阻力。



- (1) 小球从水平桌面上抛出时的速度大小  $v_0$ ；
- (2) 小球落地点到桌面边缘的水平距离  $s$ ；
- (3) 小球落地时的动能  $E_k$ 。

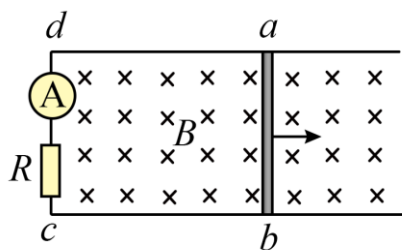
18. 在物理实验中，静电分析器或者磁分析器都可将比荷不同的带电粒子分离。已知质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的正离子由静止释放，经过电压  $U$  加速后分别进入静电分析器或磁分析器的细管中，该离子在细管中均做半径为  $R$  的匀速圆周运动，如图甲、乙所示。静电分析器细管中的电场强度大小可认为处处相等，磁分析器中的磁场方向如图乙所示。不计离子重力。



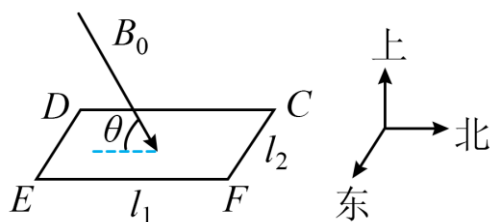
- (1) 求静电分析器细管中的电场强度大小  $E$ ；
- (2) 求磁分析器中匀强磁场的磁感应强度大小  $B$ ；
- (3) 为了分离  $^{12}_6\text{C}$  和  $^{13}_6\text{C}$  两种同位素，将它们都电离成三价正离子 ( $\text{C}^{3+}$  离子)，采用磁分析器分离。保持磁场不变，改变加速电压，接收器可以在不同的加速电压下分别接收到其中的一种同位素离子，如图丙所示。请分析判断图丙中的①、②哪条线对应  $^{12}_6\text{C}$  的  $\text{C}^{3+}$  离子？

19. 利用电磁感应现象，可以测量空间某处的磁场。





甲



乙

(1) 如图甲所示, 电阻为  $r$ 、长为  $l$  的导体棒  $ab$  放置在光滑的水平导轨上, 导轨左侧接一阻值为  $R$  的定值电阻, 导轨间距也为  $l$ 。导轨处在竖直向下的匀强磁场中, 导体棒  $ab$  在外力作用下沿导轨水平向右做匀速直线运动, 速度大小为  $v$ , 电流表的示数为  $I$ 。导体棒  $ab$  始终与导轨接触良好, 导轨电阻不计。

a. 求磁感应强度的大小  $B$ ;

b. 撤去外力后, 经过一段时间, 穿过该闭合回路的磁通量的变化量为  $\Delta\Phi$ , 通过电阻  $R$  的电荷量为  $q$ 。请证明:  $\Delta\Phi = q(R+r)$ 。

(2) 已知北半球某处地磁场的磁感应强度没有东西方向的分量, 磁感应强度方向与水平方向夹角为  $\theta$ 。在该处一水平面内放置一个长、宽分别为  $l_1$ 、 $l_2$  的单匝矩形线框  $CDEF$ , 线框总电阻为  $r_0$ , 其中  $CD$  沿南北方向、 $DE$  沿东西方向, 如图乙所示。线框分别以  $CD$ 、 $DE$  为轴向下转动到竖直平面内, 两次通过线框导线某横截面的电荷量分别为  $Q_1$ 、 $Q_2$ , 线框所在处的磁场可视为匀强磁场。求该处磁感应强度大小  $B_0$  和  $\theta$  的正切值。

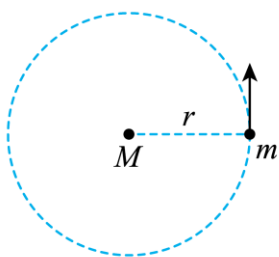
20. 开普勒三定律是描述行星运动的基本规律。

开普勒第一定律: 所有行星绕太阳运动的轨道都是椭圆, 太阳处在椭圆的一个焦点上。

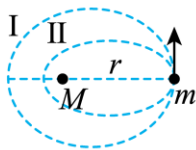
开普勒第二定律: 对任意一个行星来说, 它与太阳的连线在相等的时间内扫过的面积相等。

开普勒第三定律: 所有行星轨道的半长轴的三次方跟它的公转周期的二次方的比都相等。

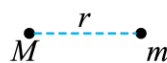
这三条规律也适用于卫星绕行星的运动。



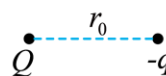
甲



乙



丙



丁

(1) 一个质量为  $m$  的探测器绕某行星  $P$  做匀速圆周运动, 轨道半径为  $r$ , 如图甲所示。行星  $P$  的质量为  $M$  ( $M \gg m$ ), 引力常量为  $G$ 。行星  $P$  和探测器均视为质点。

a. 设探测器做匀速圆周运动的周期为  $T$ , 求  $\frac{r^3}{T^2}$  的表达式;

b. 探测器在极短的时间内沿运动方向喷射高温气体减速制动, 其运动轨迹变为椭圆, 如图乙中的轨道 I 所示; 若制动后的速度越小, 则椭圆越扁, 椭圆轨道的长轴越短, 如图乙中的轨道 II 所示。假设探测器在极

短的时间内减速到  $v$ ， $v$  趋近于零。请结合开普勒第二定律，分析并计算探测器的“近  $P$  点”到行星  $P$  的距离  $d$ ；

c. 假设探测器在极短的时间内制动减速至零，其在万有引力的作用下向行星  $P$  做变加速直线运动，如图丙所示。请结合开普勒第三定律，求探测器到达行星  $P$  所用的时间  $t$ 。

(2) 真空中固定着一带正电的点电荷，所带电荷量为  $Q$  ( $Q > 0$ )，距离为  $r_0$  处有一质量为  $m_0$ 、带电量为  $-q$  ( $q > 0$ ) 的点电荷，该电荷由静止释放，如图丁所示。静电力常量为  $k$ 。库仑力与万有引力都与距离的平方成反比，结合运动与相互作用观，类比 (1)，求带电量为  $-q$  的点电荷仅在静电力作用下到达  $Q$  所用的时间  $\tau$ 。不计带电量为  $-q$  的点电荷运动过程中的电磁辐射。

# 参考答案

## 第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 【答案】A

【详解】用激光照射一个小钢球，光屏上出现如图乙所示的图样，在阴影中心有一个小亮斑，这是光的衍射造成的，即这种现象是光的衍射现象。

故选 A。

2. 【答案】A

【详解】发生核反应前后，粒子的质量数和核电荷数均不变，据此可知中微子的质量数和电荷数分都是 0。

故选 A。

3. 【答案】B

【详解】题意知  $t = 0$  时振源从平衡位置开始沿  $y$  轴负方向做简谐运动，则  $t = \frac{3T}{4}$  时，振源到达波峰处，波传播了  $\frac{3}{4}$  个波长，B 选项符合题意。

故选 B。

4. 【答案】B

【详解】试题分析：由于气体温度不变，属于等温变化，水位升高，封闭气体的体积减小，根据理想气体状态方程  $PV = C$ （ $C$  为定值），压强增大，故 B 正确。

考点：考查了理想气体状态方程

5. 【答案】B

【详解】A. 图像可知  $\alpha$  粒子从 A 经过 B 运动到 C 的过程中， $\alpha$  粒子先靠近点电荷后远离点电荷，所受静电力先增大后减小，加速度也先增大后减小，故 A 错误；

BCD. 由轨迹的弯曲情况，静电力应指向曲线凹侧，且与等势面垂直(电场线垂直该处等势面)，所以可以判断粒子受到的静电力为排斥力，故  $\alpha$  粒子从 A 经 B 运动到 C 的过程中，静电力对  $\alpha$  粒子先做负功后做正功， $\alpha$  粒子的动能先减小后增大， $\alpha$  粒子的电势能先增大后减小，故 B 正确，CD 错误。

故选 B。

6. 【答案】C

【详解】对物块，由牛顿第二定律有  $\frac{GMm}{R^2} - F_N = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$

解得物块受到的支持力  $F_N = \frac{GMm}{R^2} - m \frac{4\pi^2}{T^2} R$

根据牛顿第三定律，可知物块对桌面的压力  $F$  大小为  $\left(\frac{GMm}{R^2} - m\frac{4\pi^2}{T^2}R\right)$ 。

故选 C。

#### 7. 【答案】D

【详解】A. 物块与传送带共速后，做匀速直线运动，则水平方向上处于平衡状态，故不受摩擦力，故 A 错误；

BC. 物块在与传送带共速前，受到水平向右的滑动摩擦力，使物块向右加速，摩擦力做正功；根据牛顿第二定律可得加速度为定值，根据  $v = at$  可得，若达到与传送带相同的速度，则加速度为定值，传送带运动速度越大，物块加速运动的时间越长，故 BC 错误；

D. 对物体分析  $fx = \frac{1}{2}mv^2$ ， $v = \frac{f}{m}t$

传送带的位移为  $x_2 = vt$ ，划痕为  $\Delta x = x_2 - x$

摩擦产生的热量  $Q = f\Delta x = \frac{1}{2}mv^2$

故 D 正确。

故选 D。

#### 8. 【答案】B

【详解】设子弹射入沙箱时整体速度为  $v$ ，由机械能守恒有  $\frac{1}{2}(m+M)v^2 = (m+M)gl(1-\cos\alpha)$

设子弹将要射入沙箱时的速度大小为  $v_0$ ，规定向右为正方向，子弹射入沙箱过程，由动量守恒有

$$mv_0 = (m+M)v$$

$$\text{联立解得 } v_0 = \frac{M+m}{m}\sqrt{2gl(1-\cos\alpha)}$$

故选 B。

#### 9. 【答案】C

【详解】A. 钢球在  $O$ 、 $P$  间做往复运动，故其在  $P$  点回复力最大，即加速度最大，故 A 错误；

B. 由 A 可知在  $P$  点处， $kx - mg = ma_{\max}$

此时  $kx = mg + ma_{\max}$

故 B 错误；

C. 速度最大时，弹力与小球重力相等，后小球继续向下运动，弹力增大，速度减小，则  $mg = kx$

$$\text{故 } x = \frac{mg}{k}$$

故 C 正确；

D. 从  $O$  到  $P$ ，根据动能定理可得  $mgx_{\max} = \frac{1}{2}kx_{\max}^2$

$$\text{解得 } x_{\max} = \frac{2mg}{k}$$

故 D 错误。

故选 C。

10. 【答案】B

【详解】A. 题意知人体脂肪缺乏等效电阻变小，脂肪所占比例低者等效电阻较小，根据闭合电路欧姆定

$$\text{律可得 } I = \frac{E}{R_1 + R_2 + r}$$

可知电流较大，则电压表示数  $U = E - I(r + R_1)$

可知  $U$  较小，故 A 错误；

B. 脂肪所占比例高者等效电阻较大，根据闭合电路欧姆定律可知电流较小，电流表的示数较小，故 B 正确；

C. 脂肪所占比例低者对应的电流较大，根据  $P_r = I^2 r$

可知电源内阻消耗的功率较大，故 C 错误；

D. 脂肪所占比例高者对应的电流较小，根据  $P = EI$

可知电源消耗的总功率较小，故 D 错误。

故选 B。

11. 【答案】C

【详解】A. 因洛伦兹力对电荷不做功，即氦核( ${}^4_2\text{He}$ )能够从 D 形盒内的电场中获得能量，选项 A 错误；

B. 氦核( ${}^4_2\text{He}$ )最终出离加速器时  $qv_m B = m \frac{v_m^2}{R}$

$$\text{获得的动能 } E_{km} = \frac{1}{2} m v_m^2 = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$$

可知仅增大电压  $U$ ，氦核( ${}^4_2\text{He}$ )最终获得的动能不变，选项 B 错误；

C. 若对氦核( ${}^4_2\text{He}$ )加速，则电场变化的频率必须等于粒子做圆周运动的频率，即若满足  $f = \frac{qB}{2\pi m} = \frac{eB}{\pi m}$

可对氦核( ${}^4_2\text{He}$ )加速，选项 C 正确；

D. 因氦核( ${}^3_1\text{H}$ )与氦核( ${}^4_2\text{He}$ )的比荷不相等，在磁场中做圆周运动的频率不等，则若保持加速氦核( ${}^4_2\text{He}$ )时的各参数不变，则不能加速氦核( ${}^3_1\text{H}$ )，选项 D 错误。

故选 C。

12. 【答案】B

【详解】A. 闭合开关的瞬间，初级线圈的电流发生变化，铁芯内的磁通量发生变化，次级线圈产生高电压，P、Q 间有电压，故 A 错误；

B. 断开开关的瞬间，初级线圈的电流发生变化，铁芯内的磁通量发生变化，次级线圈产生高电压，火花塞会产生电火花，故 B 正确；

C. 根据变压器电压比等于匝数比有  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$

可知，为了使次级线圈产生高电压，初级线圈的匝数应远小于次级线圈的匝数，故 C 错误；

D. P、Q 间的高压是由于互感现象产生的，故 D 错误。

故选 B。

### 13. 【答案】D

【详解】A. 已知石墨烯导电能力远超银和铜等传统材料，而半导体导电能力介于导体和绝缘体之间，石墨烯导电能力远强于半导体，故 A 错误；

B. 左手定则可知电子向电极 M 端偏转，电极 M 的电势比电极 N 的电势低，故 B 错误；

C. 题意知样品每平方米载流子（电子）数为  $n$ ，则时间  $t$  内通过样品的电荷量  $q = nevdt$

根据电流的定义式得  $I = \frac{q}{t} = nevdt$

电流稳定时有  $qvB = \frac{U}{d}q$

整理得  $U = Bdv$

可知  $k = dv$

联立解得  $k = \frac{I}{ne}$

故 C 错误；

D. 图像可知斜率  $k = \frac{(88-0) \times 10^{-3}}{(320-0)10^{-3}} \text{ V/T} = \frac{I}{ne}$

其中  $I = 1.0 \times 10^{-3} \text{ A}$ ， $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

联立数据  $n \approx 2.3 \times 10^{16} \text{ 个/m}^2$

故 D 正确。

故选 D。

### 14. 【答案】D

【详解】A. 声波垂直入射到波阻相差很小（ $(z_1 - z_2 \approx 0)$ ）的两介质界面上时，根据  $R = \frac{(z_1 - z_2)^2}{(z_1 + z_2)^2}$

可知反射系数  $R$  趋于 0，可知反射波强度很小，则此时声波主要发生了透射现象，故 A 错误；

B. 声波由空气垂直入射到岩石壁，图表数据可知此时波阻相差很大，即反射系数

$$R = \frac{(10 \times 10^6 - 4.16 \times 10^2)^2}{(10 \times 10^6 + 4.16 \times 10^2)^2} \approx 1$$

可知反射波强度很大，则此时声波主要发生了反射现象，故 B 错误；

C. 声波由空气垂直入射到水面，图表数据可知此时波阻相差较大，可知反射系数  $R$  趋于 1，可知反射波强度较大，则此时声波主要发生了反射现象，故 C 错误；

D. 用超声波检查身体时，在探头与皮肤之间涂蓖麻油，是因为蓖麻油的波阻介于探头材料和皮肤之间。

根据透射系数公式 
$$T = \frac{4z_1 z_2}{(z_1 + z_2)^2}$$

这样能使探头与皮肤之间波阻差异减小，从而增大透射系数，让更多超声波透射到身体内部便于检查，故 D 正确。

故选 D。

## 第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15. 【答案】(1)  $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$

(2) ①. 15.6 ②.  $0.6 \times 10^{-6}$

(3) ①.  $6.4 \times 10^{-34}$  ②.  $5.0 \times 10^{14}$

【小问 1 详解】

根据折射率定义可知 
$$n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

【小问 2 详解】

[1]图 3 可知游标卡尺为 10 分度，精度为 0.1mm，故  $x_B = 15\text{mm} + 0.1\text{mm} \times 6 = 15.6\text{mm}$

[2]结合图 2 易得相邻两条纹间距  $\Delta x = \frac{x_B - x_A}{6} = \frac{15.6 - 11.1}{6} \times 10^{-3} \text{m} = \frac{L}{d} \lambda$

代入题中数据，解得  $\lambda = 0.6 \times 10^{-6} \text{m}$

【小问 3 详解】

[1]根据光电效应方程有  $E_k = eU_c = h\nu - W_0$

整理得 
$$U_c = \frac{h}{e} \nu - \frac{W_0}{e}$$

可知图像斜率  $k = \frac{h}{e} = \frac{h}{1.6 \times 10^{-19} \text{C}} = \frac{5 - 0}{(17.5 - 5) \times 10^{14}} \text{V/Hz}$

解得  $h \approx 6.4 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$

[2]遏止电压为 0 时，可知  $E_k = 0$ ，此时的入射光频率等于金属的截止频率，结合图 2 易得金属的截止频率

$\nu_c = 5.0 \times 10^{14} \text{Hz}$

16. 【答案】(1) CAD (2) 见解析

【小问 1 详解】

该同学测量大约是  $20\Omega$  的电阻时用 “ $\times 1$ ” 档，若继续测量一个阻值大约是  $200\Omega$  的电阻，这应该用 “ $\times 10$ ” 档，则应该换挡后调零再进行测量，则正确实验步骤是 CAD。

【小问 2 详解】

由图 2 可知，当由 “ $\times 1$ ” 档换做 “ $\times 10$ ” 档后所接的电阻由  $39\Omega$  变为了  $430\Omega$ ，电阻变大，当两表笔短接时，电路的总电阻变大，总电流减小，路端电压变大，则通过电流计所在支路的电流变大，即电流计中的电流变大，则指针右偏一些。

17. 【答案】(1)  $v_0 = \sqrt{\frac{Fl}{m}}$

(2)  $s = \sqrt{\frac{2hFl}{mg}}$

(3)  $E_k = \frac{1}{2}Fl + mgh$

【小问 1 详解】

细绳拉力为  $F$  时，根据牛顿第二定律可知  $F = m \frac{v_0^2}{l}$

解得  $v_0 = \sqrt{\frac{Fl}{m}}$

细绳拉断后小球将以速度  $v_0 = \sqrt{\frac{Fl}{m}}$

从水平桌面上抛出。

【小问 2 详解】

根据平抛运动的规律  $h = \frac{1}{2}gt^2$ ， $s = v_0t$

解得  $s = \sqrt{\frac{2hFl}{mg}}$

【小问 3 详解】

由机械能守恒定律可知，小球落地时的动能  $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh = \frac{1}{2}Fl + mgh$

18. 【答案】(1)  $E = \frac{2U}{R}$

(2)  $B = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$

(3) ②对应  ${}^{12}_6\text{C}$  的  $\text{C}^{3+}$  离子

【小问 1 详解】



由动能定理可得  $qU = \frac{1}{2}mv^2$

$$\text{解得 } v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

静电力提供向心力，由牛顿第二定律得  $Eq = \frac{mv^2}{R}$

$$\text{解得 } E = \frac{2U}{R}$$

【小问 2 详解】

洛伦兹力提供向心力，由牛顿第二定律可得  $qvB = \frac{mv^2}{R}$

$$\text{解得 } B = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$$

【小问 3 详解】

由 (2) 中的结果可知  $U = \frac{B^2 R^2 q}{2m}$

当离子在磁分析器中做圆周运动的半径  $R$ 、以及磁感应强度大小  $B$  一定时，比荷越大，则加速电压越大。

根据图丙可知，加速度  $U = 1.93 \times 10^6 \text{ V}$  的线②对应  $^{12}_6\text{C}$  的  $\text{C}^{+3}$  的离子。

$$19. \text{【答案】} (1) \text{ a. } B = \frac{I(R+r)}{lv} \quad \text{b. } \Delta\Phi = q(R+r)$$

$$(2) \quad B_0 = \frac{r_0}{l_1 l_2} \sqrt{Q_1^2 + (Q_2 - Q_1)^2}, \tan \theta = \frac{Q_1}{Q_2 - Q_1}$$

【小问 1 详解】

a. 由法拉第电磁感应定律  $E = Blv$

$$\text{由闭合电路欧姆定律有 } I = \frac{E}{R+r}$$

$$\text{联立解得 } B = \frac{I(R+r)}{lv}$$

b. 设在这段时间  $\Delta t$  内的平均电流为  $\bar{I}$ ，则  $q = \bar{I} \Delta t$

$$\text{由法拉第电磁感应定律有 } \bar{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\text{根据欧姆定律有 } \bar{I} = \frac{\bar{E}}{R+r}$$

$$\text{联立解得 } \Delta\Phi = q(R+r)$$

【小问 2 详解】

利用 (1) b 的结果, 以  $CD$  为轴转动, 则  $l_1 l_2 B_0 \sin \theta = Q_1 r_0$

以  $DE$  为轴转动, 则  $l_1 l_2 B_0 (\sin \theta + \cos \theta) = Q_2 r_0$

$$\text{联立解得 } B_0 = \frac{r_0}{l_1 l_2} \sqrt{Q_1^2 + (Q_2 - Q_1)^2}, \tan \theta = \frac{Q_1}{Q_2 - Q_1}$$

$$20. \text{【答案】} (1) \text{ a. } \frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2} \quad \text{b. } d = \frac{v}{v_1} r \quad \text{c. } t = \frac{\sqrt{2}\pi}{4} \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$$

$$(2) \tau = \frac{\sqrt{2}\pi}{4} \sqrt{\frac{m_0 r_0^3}{kQq}}$$

【小问 1 详解】

$$\text{a. 万有引力提供向心力, 有 } G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

$$\text{解得 } \frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$$

$$\text{b. 设近 } P \text{ 点的速度为 } v_1, \text{ 根据开普勒第二定律 } \frac{1}{2} r v \Delta t = \frac{1}{2} d v_1 \Delta t$$

$$d = \frac{v}{v_1} r$$

由于  $v$  趋于零, 探测器从远  $P$  点到近  $P$  点的过程中, 万有引力对探测器做正功, 所以  $d$  趋于零。

c. 因制动后探测器做更扁的椭圆轨道, 若减速至零时, 可认为做长轴为  $r$ 、短轴为零的无限扁椭圆轨道,

$$\text{其周期为 } T'。 \text{ 由开普勒第三定律, 得 } \frac{r^3}{T^2} = \frac{\left(\frac{r}{2}\right)^3}{T'^2}$$

$$\text{因为 } t = \frac{T'}{2}$$

$$\text{联立解得 } t = \frac{\sqrt{2}\pi}{4} \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$$

【小问 2 详解】

万有引力、库仑力均与距离  $r$  的平方成反比, 结合运动与相互作用观, 图丙中的  $m$  与图丁中的  $-q$  两者的运

$$\text{动也具有相似性, 设电荷 } -q \text{ 在距离 } Q \text{ 为 } r_0 \text{ 处做匀速圆周运动时, 周期为 } T_0, \text{ 则有 } \frac{kQq}{r_0^2} = m \frac{4\pi^2}{T_0^2} r_0$$

荷  $-q$  由静止释放可认为做无限扁的椭圆运动, 长轴  $2a = r$ , 设其周期为  $T_0'$ 。类比天体运动中的开普勒第

$$\text{三定律, 有 } \frac{r_0^3}{T_0^2} = \frac{\left(\frac{r_0}{2}\right)^3}{T_0'^2}$$

$$\text{且 } \tau = \frac{T_0'}{2}$$

$$\text{综上可得 } \tau = \frac{\sqrt{2}\pi}{4} \sqrt{\frac{m_0 r_0^3}{kQq}}$$