

# 2024 年普通高中学业水平等级性考试（北京卷）

## 物理

本试卷分第一部分和第二部分。满分 100 分，考试时间 90 分钟。

### 第一部分

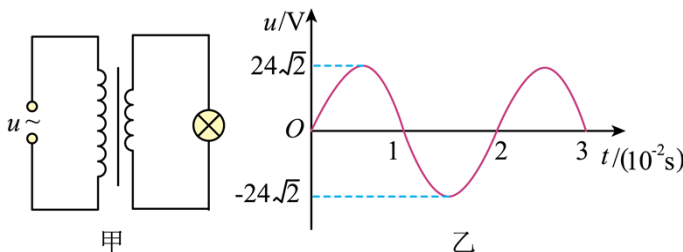
本部分共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。在每小题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 已知钍 234 的半衰期是 24 天。1g 钍 234 经过 48 天后，剩余钍 234 的质量为（ ）  
A. 0g                              B. 0.25g                              C. 0.5g                              D. 0.75g
2. 一辆汽车以 10m/s 的速度匀速行驶，制动后做匀减速直线运动，经 2s 停止，汽车的制动距离为（ ）  
A. 5m                              B. 10m                              C. 20m                              D. 30m
3. 一个气泡从恒温水槽的底部缓慢上浮，将气泡内的气体视为理想气体，且气体分子个数不变，外界大气压不变。在上浮过程中气泡内气体（ ）  
A. 内能变大                      B. 压强变大                      C. 体积不变                      D. 从水中吸热
4. 如图所示，飞船与空间站对接后，在推力  $F$  作用下一起向前运动。飞船和空间站的质量分别为  $m$  和  $M$ ，则飞船和空间站之间的作用力大小为（ ）



- A.  $\frac{M}{M+m}F$                       B.  $\frac{m}{M+m}F$                       C.  $\frac{M}{m}F$                               D.  $\frac{m}{M}F$

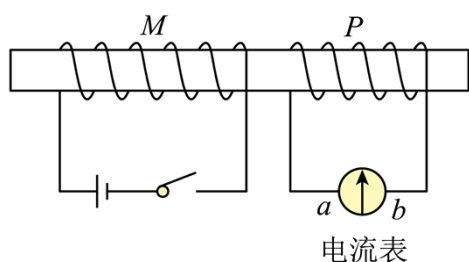
5. 如图甲所示，理想变压器原线圈接在正弦式交流电源上，输入电压  $u$  随时间  $t$  变化的图像如图乙所示，副线圈接规格为“6V, 3W”的灯泡。若灯泡正常发光，下列说法正确的是（ ）



- A. 原线圈两端电压的有效值为  $24\sqrt{2}\text{V}$   
B. 副线圈中电流的有效值为 0.5A  
C. 原、副线圈匝数之比为 1:4

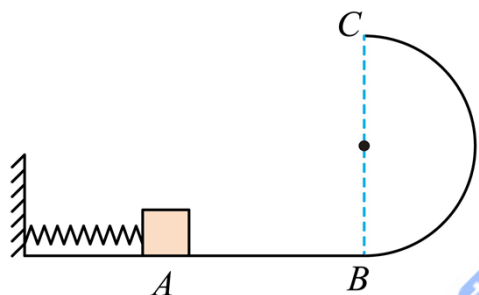
D. 原线圈的输入功率为 12W

6. 如图所示，线圈  $M$  和线圈  $P$  绕在同一个铁芯上，下列说法正确的是 ( )



- A. 闭合开关瞬间，线圈  $M$  和线圈  $P$  相互吸引
- B. 闭合开关，达到稳定后，电流表的示数为 0
- C. 断开开关瞬间，流过电流表的电流方向由  $a$  到  $b$
- D. 断开开关瞬间，线圈  $P$  中感应电流的磁场方向向左

7. 如图所示，光滑水平轨道  $AB$  与竖直面内的光滑半圆形轨道  $BC$  在  $B$  点平滑连接。一小物体将轻弹簧压缩至  $A$  点后由静止释放，物体脱离弹簧后进入半圆形轨道，恰好能够到达最高点  $C$ 。下列说法正确的是 ( )



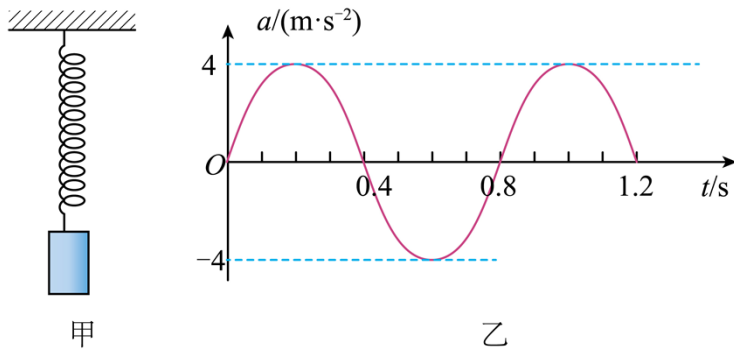
- A. 物体在  $C$  点所受合力为零
- B. 物体在  $C$  点的速度为零
- C. 物体在  $C$  点的向心加速度等于重力加速度
- D. 物体在  $A$  点时弹簧的弹性势能等于物体在  $C$  点的动能

8. 将小球竖直向上抛出，小球从抛出到落回原处的过程中，若所受空气阻力大小与速度大小成正比，则下列说法正确的是 ( )

- A. 上升和下落两过程的时间相等
- B. 上升和下落两过程损失的机械能相等
- C. 上升过程合力的冲量大于下落过程合力的冲量
- D. 上升过程的加速度始终小于下落过程的加速度

9. 图甲为用手机和轻弹簧制作的一个振动装置。手机加速度传感器记录了手机在竖直方向的振动情况，以向上为正方向，得到手机振动过程中加速度  $a$  随时间  $t$  变化的曲线为正弦曲线，如图乙所示。下列说法正

确的是 ( )

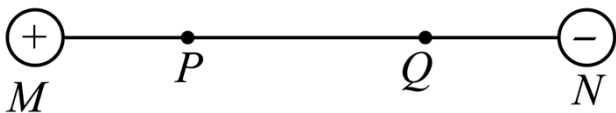


- A.  $t = 0$  时, 弹簧弹力为 0
- B.  $t = 0.2\text{s}$  时, 手机位于平衡位置上方
- C. 从  $t = 0$  至  $t = 0.2\text{s}$ , 手机的动能增大
- D.  $a$  随  $t$  变化的关系式为  $a = 4\sin(2.5\pi t)\text{m/s}^2$

10. 水平传送带匀速运动, 将一物体无初速度地放置在传送带上, 最终物体随传送带一起匀速运动。下列说法正确的是 ( )

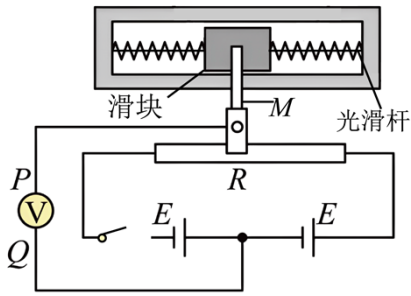
- A. 刚开始物体相对传送带向前运动
- B. 物体匀速运动过程中, 受到静摩擦力
- C. 物体加速运动过程中, 摩擦力对物体做负功
- D. 传送带运动速度越大, 物体加速运动的时间越长

11. 如图所示, 两个等量异种点电荷分别位于  $M$ 、 $N$  两点,  $P$ 、 $Q$  是  $MN$  连线上的两点, 且  $MP = QN$ 。下列说法正确的是 ( )



- A.  $P$  点电场强度比  $Q$  点电场强度大
- B.  $P$  点电势与  $Q$  点电势相等
- C. 若两点电荷的电荷量均变为原来的 2 倍,  $P$  点电场强度大小也变为原来的 2 倍
- D. 若两点电荷的电荷量均变为原来的 2 倍,  $P$ 、 $Q$  两点间电势差不变

12. 如图所示为一个加速度计的原理图。滑块可沿光滑杆移动, 滑块两侧与两根相同的轻弹簧连接; 固定在滑块上的滑动片  $M$  下端与滑动变阻器  $R$  接触良好, 且不计摩擦; 两个电源的电动势  $E$  相同, 内阻不计。两弹簧处于原长时,  $M$  位于  $R$  的中点, 理想电压表的指针位于表盘中央。当  $P$  端电势高于  $Q$  端时, 指针位于表盘右侧。将加速度计固定在水平运动的被测物体上, 则下列说法正确的是 ( )

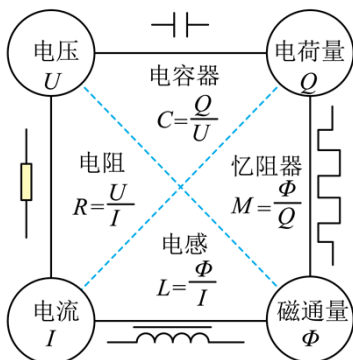


- A. 若  $M$  位于  $R$  的中点右侧， $P$  端电势低于  $Q$  端
- B. 电压表的示数随物体加速度的增大而增大，但不成正比
- C. 若电压表指针位于表盘左侧，则物体速度方向向右
- D. 若电压表指针位于表盘左侧，则物体加速度方向向右

13. 产生阿秒光脉冲的研究工作获得 2023 年的诺贝尔物理学奖，阿秒 (as) 是时间单位， $1\text{as} = 1 \times 10^{-18}\text{s}$ ，阿秒光脉冲是发光持续时间在阿秒量级的极短闪光，提供了阿秒量级的超快“光快门”，使探测原子内电子的动态过程成为可能。设有一个持续时间为  $100\text{as}$  的阿秒光脉冲，持续时间内至少包含一个完整的光波周期。取真空中光速  $c = 3.0 \times 10^8\text{m/s}$ ，普朗克常量  $h = 6.6 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$ ，下列说法正确的是 ( )

- A. 对于  $0.1\text{mm}$  宽的单缝，此阿秒光脉冲比波长为  $550\text{nm}$  的可见光的衍射现象更明显
- B. 此阿秒光脉冲和波长为  $550\text{nm}$  的可见光束总能量相等时，阿秒光脉冲的光子数更多
- C. 此阿秒光脉冲可以使能量为  $-13.6\text{eV}$  ( $-2.2 \times 10^{-18}\text{J}$ ) 的基态氢原子电离
- D. 为了探测原子内电子的动态过程，阿秒光脉冲的持续时间应大于电子的运动周期

14. 电荷量  $Q$ 、电压  $U$ 、电流  $I$  和磁通量  $\Phi$  是电磁学中重要的物理量，其中特定的两个物理量之比可用来描述电容器、电阻、电感三种电磁学元件的属性，如图所示。类似地，上世纪七十年代有科学家预言  $\Phi$  和  $Q$  之比可能也是一种电磁学元件的属性，并将此元件命名为“忆阻器”，近年来实验室已研制出了多种类型的“忆阻器”。由于“忆阻器”对电阻的记忆特性，其在信息存储、人工智能等领域具有广阔的应用前景。下列说法错误的是 ( )



- A.  $QU$  的单位和  $\Phi I$  的单位不同
- B. 在国际单位制中，图中所定义的  $M$  的单位是欧姆

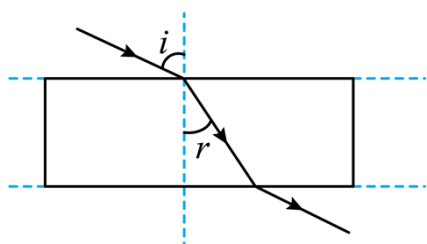
C. 可以用  $\frac{I}{U}$  来描述物体的导电性质

D. 根据图中电感  $L$  的定义和法拉第电磁感应定律可以推导出自感电动势的表达式  $E = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$

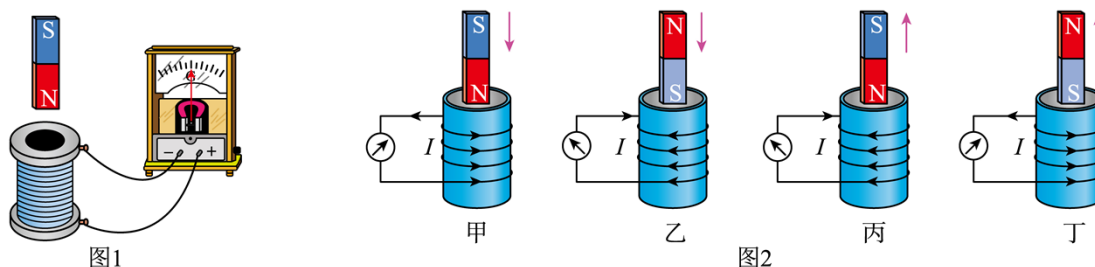
## 第二部分

本部分共 6 小题，共 58 分。

15. 某同学测量玻璃的折射率，作出了如图所示的光路图，测出了入射角  $i$  和折射角  $r$ ，则此玻璃的折射率  $n = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



16. 用如图 1 所示的实验装置探究影响感应电流方向的因素。如图 2 所示，分别把条形磁体的 N 极或 S 极插入、拔出螺线管，观察并标记感应电流的方向。



关于本实验，下列说法正确的是            (填选项前的字母)。

- A. 需要记录感应电流的大小
- B. 通过观察电流表指针的偏转方向确定感应电流的方向
- C. 图 2 中甲和乙表明，感应电流的方向与条形磁体的插入端是 N 极还是 S 极有关

17. 某兴趣小组利用铜片、锌片和橘子制作了水果电池，并用数字电压表（可视为理想电压表）和电阻箱测量水果电池的电动势  $E$  和内阻  $r$ ，实验电路如图 1 所示。连接电路后，闭合开关  $S$ ，多次调节电阻箱的阻值  $R$ ，记录电压表的读数  $U$ ，绘出图像，如图 2 所示，可得：该电池的电动势  $E = \underline{\hspace{2cm}}$  V，内阻  $r = \underline{\hspace{2cm}}$  k $\Omega$ 。（结果保留两位有效数字）

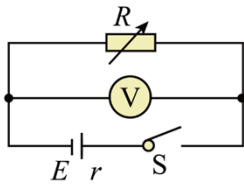


图1

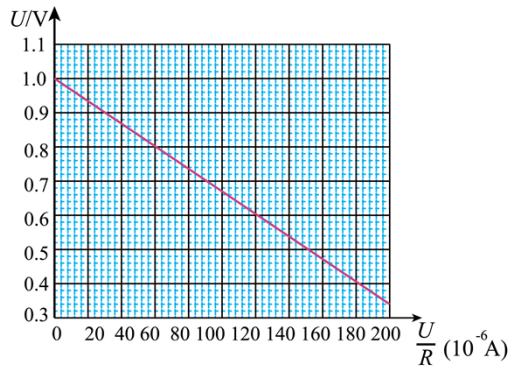
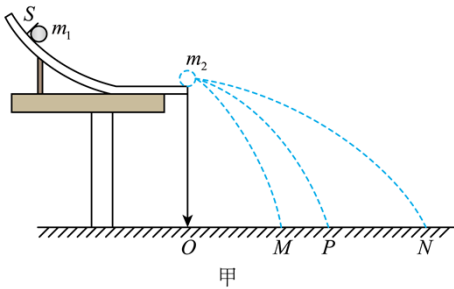


图2

18. 如图甲所示，让两个小球在斜槽末端碰撞来验证动量守恒定律。



甲

(1) 关于本实验，下列做法正确的是\_\_\_\_\_（填选项前的字母）。

- A. 实验前，调节装置，使斜槽末端水平
- B. 选用两个半径不同的小球进行实验
- C. 用质量大的小球碰撞质量小的小球

(2) 图甲中  $O$  点是小球抛出点在地面上的垂直投影，首先，将质量为  $m_1$  的小球从斜槽上的  $S$  位置由静止释放，小球落到复写纸上，重复多次。然后，把质量为  $m_2$  的被碰小球置于斜槽末端，再将质量为  $m_1$  的小球从  $S$  位置由静止释放，两球相碰，重复多次。分别确定平均落点，记为  $M$ 、 $N$  和  $P$  ( $P$  为  $m_1$  单独滑落时的平均落点)。

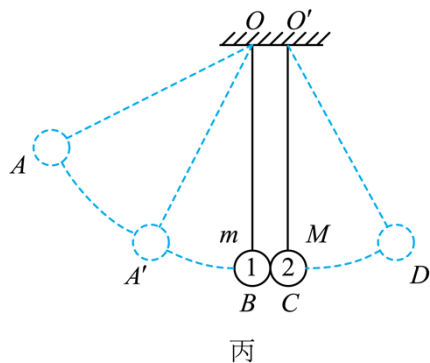


乙

- a. 图乙为实验的落点记录，简要说明如何确定平均落点\_\_\_\_\_；
- b. 分别测出  $O$  点到平均落点的距离，记为  $OP$ 、 $OM$  和  $ON$ 。在误差允许范围内，若关系式\_\_\_\_\_成立，即可验证碰撞前后动量守恒。

(3) 受上述实验的启发，某同学设计了另一种验证动量守恒定律的实验方案。如图丙所示，用两根不可伸长的等长轻绳将两个半径相同、质量不等的匀质小球悬挂于等高的  $O$  点和  $O'$  点，两点间距等于小球的直径。将质量较小的小球 1 向左拉起至  $A$  点由静止释放，在最低点  $B$  与静止于  $C$  点的小球 2 发生正碰。碰后小球 1 向左反弹至最高点  $A'$ ，小球 2 向右摆动至最高点  $D$ 。测得小球 1, 2 的质量分别为  $m$  和  $M$ ，弦长

$AB = l_1$ 、 $A'B = l_2$ 、 $CD = l_3$ 。

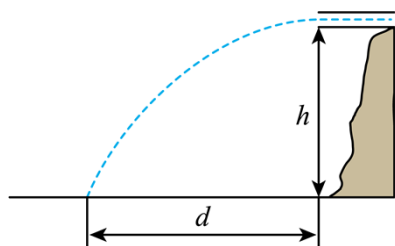


推导说明， $m$ 、 $M$ 、 $l_1$ 、 $l_2$ 、 $l_3$  满足\_\_\_\_\_关系即可验证碰撞前后动量守恒。

19. 如图所示，水平放置的排水管满口排水，管口的横截面积为  $S$ ，管口离水池水面的高度为  $h$ ，水在水池中的落点与管口的水平距离为  $d$ 。假定水在空中做平抛运动，已知重力加速度为  $g$ ， $h$  远大于管口内径。

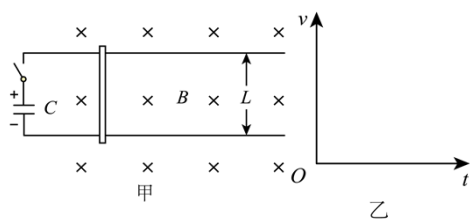
求：

- (1) 水从管口到水面的运动时间  $t$ ；
- (2) 水从管口排出时的速度大小  $v_0$ ；
- (3) 管口单位时间内流出水的体积  $Q$ 。



20. 如图甲所示为某种“电磁枪”的原理图。在竖直向下的匀强磁场中，两根相距  $L$  的平行长直金属导轨水平放置，左端接电容为  $C$  的电容器，一导体棒放置在导轨上，与导轨垂直且接触良好，不计导轨电阻及导体棒与导轨间的摩擦。已知磁场的磁感应强度大小为  $B$ ，导体棒的质量为  $m$ 、接入电路的电阻为  $R$ 。开关闭合前电容器的电荷量为  $Q$ 。

- (1) 求闭合开关瞬间通过导体棒的电流  $I$ ；
- (2) 求闭合开关瞬间导体棒的加速度大小  $a$ ；
- (3) 在图乙中定性画出闭合开关后导体棒的速度  $v$  随时间  $t$  的变化图线。



21. 科学家根据天文观测提出宇宙膨胀模型：在宇宙大尺度上，所有的宇宙物质（星体等）在做彼此远离

运动，且质量始终均匀分布，在宇宙中所有位置观测的结果都一样。以某一点  $O$  为观测点，以质量为  $m$  的小星体（记为  $P$ ）为观测对象。当前  $P$  到  $O$  点的距离为  $r_0$ ，宇宙的密度为  $\rho_0$ 。

- (1) 求小星体  $P$  远离到  $2r_0$  处时宇宙的密度  $\rho$ ；
- (2) 以  $O$  点为球心，以小星体  $P$  到  $O$  点的距离为半径建立球面。 $P$  受到的万有引力相当于球内质量集中于  $O$  点对  $P$  的引力。已知质量为  $m_1$  和  $m_2$ 、距离为  $R$  的两个质点间的引力势能  $E_p = -G \frac{m_1 m_2}{R}$ ， $G$  为引力常量。仅考虑万有引力和  $P$  远离  $O$  点的径向运动。
  - a. 求小星体  $P$  从  $r_0$  处远离到  $2r_0$  处的过程中动能的变化量  $\Delta E_k$ ；
  - b. 宇宙中各星体远离观测点的速率  $v$  满足哈勃定律  $v = Hr$ ，其中  $r$  为星体到观测点的距离， $H$  为哈勃系数。 $H$  与时间  $t$  有关但与  $r$  无关，分析说明  $H$  随  $t$  增大还是减小。

22. 我国“天宫”空间站采用霍尔推进器控制姿态和修正轨道。图为某种霍尔推进器的放电室（两个半径接近的同轴圆筒间的区域）的示意图。放电室的左、右两端分别为阳极和阴极，间距为  $d$ 。阴极发射电子，一部分电子进入放电室，另一部分未进入。稳定运行时，可视为放电室内有方向沿轴向向右的匀强电场和匀强磁场，电场强度和磁感应强度大小分别为  $E$  和  $B_1$ ；还有方向沿半径向外的径向磁场，大小处处相等。放电室内的大量电子可视为处于阳极附近，在垂直于轴线的平面绕轴线做半径为  $R$  的匀速圆周运动（如截面图所示），可与左端注入的氙原子碰撞并使其电离。每个氙离子的质量为  $M$ 、电荷量为  $+e$ ，初速度近似为零。氙离子经过电场加速，最终从放电室右端喷出，与阴极发射的未进入放电室的电子刚好完全中和。

已知电子的质量为  $m$ 、电荷量为  $-e$ ；对于氙离子，仅考虑电场的作用。

- (1) 求氙离子在放电室内运动的加速度大小  $a$ ；
- (2) 求径向磁场的磁感应强度大小  $B_2$ ；
- (3) 设被电离的氙原子数和进入放电室的电子数之比为常数  $k$ ，单位时间内阴极发射的电子总数为  $n$ ，求此霍尔推进器获得的推力大小  $F$ 。

