

理科综合能力测试物理部分

理科综合能力测试分为物理、化学、生物三部分，共300分，考试用时150分钟。

本部分为物理试卷，本试卷分第卷（选择题）和第Ⅱ卷两部分，共120分。第Ⅰ卷1至3页，第Ⅱ卷3至6页。

答卷前，考生务必将自己的姓名、准考证号涂写在答题卡上。答卷时，考生务必将卷Ⅰ答案涂写在答题卡上，卷Ⅱ答案在答题纸上，答在试卷上的无效。

第Ⅰ卷

注意事项：

1. 每小题选出答案后，把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案。
2. 本卷共 8 题，每题 6 分，共 48 分。

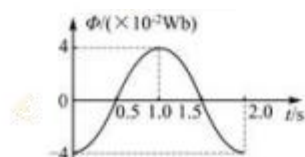
一、选择题（每小题 6 分，共 30 分。每小题给出的四个选项中，只有一个选项是正确的）

1. 2018 年 8 月 23 日，位于广东东莞的国家大科学工程—中国散裂中子源（CSNS）投入正式运行，这一设施将为诸多领域的基础研究和高新技术开发提供强有力的研究平台，对于有关中子的研究，下面说法正确的是（ ）

- A. 在原子核中，中子和质子依靠库仑力聚合在一起
- B. 在 β 衰变中，一个中子转变为一个质子和一个电子
- C. 卢瑟福通过分析 α 粒子散射实验结果，发现了质子和中子
- D. 一个氦核和一个氟核经过核反应后生成氮核和中子是裂变反应

【答案】B

2. 在匀强磁场中，一个 100 匝的闭合矩形金属线圈，绕与磁感线垂直的固定轴匀速转动，穿过该线圈的磁通量 Φ 随时间 t 的变化关系如图所示，已知线圈总电阻为 2Ω ，则（ ）

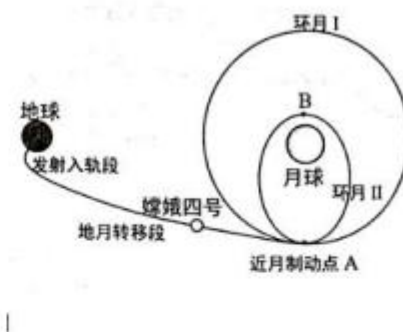


- A. $t=1.0s$ 时线圈平面平行于磁感线
- B. $t=1.5s$ 时线圈中感应电流为 0
- C. $t=2.0s$ 时线圈中的感应电动势为 0
- D. 一个周期内线圈产生的热量为 8J

【答案】C

3. 2018 年 12 月 12 日 16 时 39 分，“嫦娥四号”探测器结束地月转移段飞行，按计划顺利完成近月制动，并成

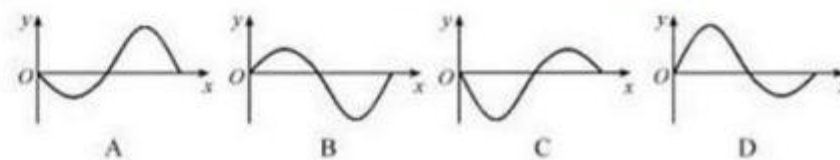
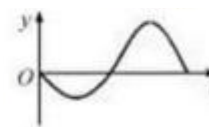
功进入 100km~400km 环月椭圆轨道Ⅱ，其轨道示意如图，环月轨道Ⅰ为圆形轨道，环月轨道Ⅱ为椭圆轨道，两轨道在点 A 相切，则“嫦娥四号”（ ）



- A. 由 A 向 B 点运动过程中机械能增大
- B. 由 A 向 B 点运动过程中速度大小不变
- C. 由轨道Ⅰ进入轨道Ⅱ需要在 A 点进行点火加速
- D. 沿轨道Ⅰ运动的周期大于沿轨道Ⅱ运动的周期

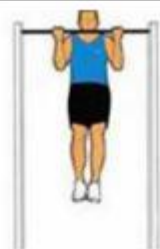
【答案】D

4. 在均匀介质中，一列沿 x 轴正向传播的横波，其波源 O 在第一个周期内的振动图像如右图所示，则该波在第一个周期末的波形图是（ ）



【答案】A

5. 体育课上某同学做引体向上，他两手握紧单杠，双臂竖直，身体悬垂，接着用力上拉使下颌超过单杠（身体无摆动），然后使身体下降，最终悬垂在单杠上，下列说法正确的是（ ）

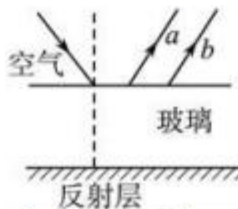


- A. 在上升过程中单杠对人的作用力始终大于人的重力
- B. 在下降过程中单杠对人的作用力始终小于人的重力
- C. 若增大两手间的距离，最终悬垂时单臂的拉力变小
- D. 该同学速度最大时的机械能大于最低点时的机械能

【答案】D

二、不定项选择题（每小题 6 分，共 18 分。每小题给出的四个选项中，都有多个选项正确，全对 6 分，不全的 3 分，选错或者不答的 0 分）

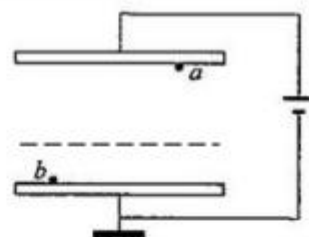
6. 如图所示，一光束包含两种不同频率的单色光，从空气射向两面平行玻璃砖的上表面，玻璃砖下表面有反射层，光束经两次折射和一次反射后，从玻璃砖上表面分为两束单色光射出，a、b 分别为两束单色光的出射点，下列说法正确的是（ ）



- A. a 光的频率大于 b 光的频率
- B. 在空气中 a 光的波长大于 b 光的波长
- C. 出射光束 a、b 一定相互平行
- D. a、b 两色光从同种玻璃射向空气时，a 光发生全发射的临界角大

【答案】AC

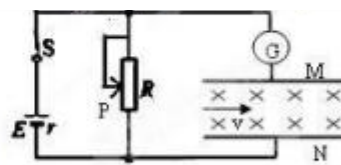
7. 如图，一平行板电容器连接在直流电源上，电容器的极板水平，两微粒 a、b 所带电荷量大小相等，符号相反，使它们分别静止于电容器的上、下极板附近，与极板距离相等，现同时释放 a、b，它们由静止开始运动，在随后的某时刻 t，a、b 进过电容器两极板间下半区域的同一水平面（如图中虚线所示），a、b 间的相互作用和重力可忽略，下列说法正确的是（ ）



- A. a 的质量比 b 的大
- B. 在 t 时刻，a 的动能比 b 的大
- C. 在 t 时刻，a 和 b 的电势能相等
- D. 在 t 时刻，a 和 b 的动量大小相等

【答案】BD

8. 如图所示的电路中，电源电动势为 E，内阻为 r，滑动变阻器的最大阻值为 R，G 为灵敏电流计，开关闭合，两平行金属板 M、N 之间存在垂直纸面向里的匀强磁场，一带正电的粒子恰好以速度 v 匀速穿过两板，不计粒子重力，以下说法中正确的是（ ）



- A. 保持开关闭合，滑片 P 向下移动，粒子可能从 M 板边缘射出
- B. 保持开关闭合，滑片 P 的位置不动，将 N 板向上移动，粒子可能从 M 板边缘射出
- C. 将开关断开，粒子将继续沿直线匀速射出
- D. 开关断开瞬间，灵敏电流计 G 指针将发生短暂偏转

【答案】AD

第 II 卷

注意事项：

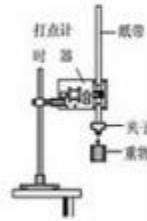
1. 用黑色墨水的钢笔或签字笔将答案写在答题纸上。
2. 本卷共 4 题，共 72 分。
9. （18 分）（1）质量是 20g 的子弹，以 400m/s 的速度射入质量是 300g、静止在光滑水平桌面上的木块，并留在木块中，在此过程中产生的内能是_____J，子弹对木块的冲量大小为_____N·s。

【答案】1500, 7.5

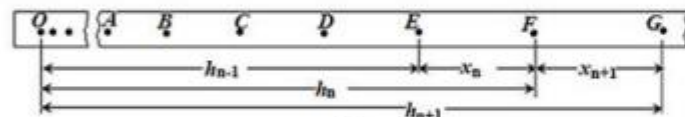
(2) 某同学用图甲所示的实验装置验证机械能守恒定律。

①在实验得到的纸带中，选用如图乙所示的起点 O 与相邻点之间距离约为 2mm 的纸带来进行计算。图中 A、B、C、D、E、F、G 为七个相邻的原始点，F 点是第 n 个点，设相邻点间的时间间隔为 T，下列表达式可以用在本实验中计算 F 点速度 v_F 的是_____

- A. $v_F = g(nT)$
B. $v_F = \sqrt{2gh_n}$
C. $v_F = \frac{h_{n+1} - h_n}{2T}$
D. $v_F = \frac{X_{n+1} - X_n}{2T}$

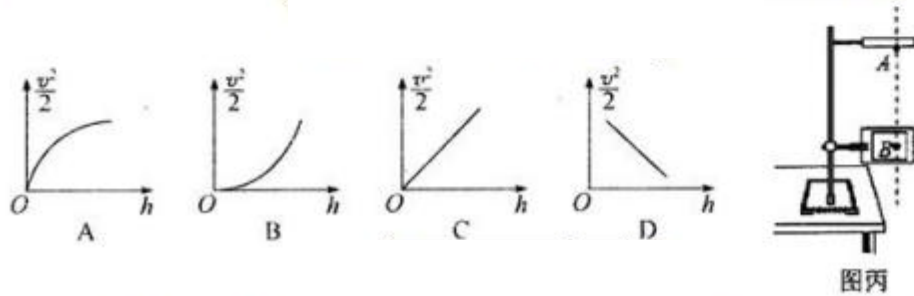


图甲



图乙

②测量出各计数点到 O 点的距离 h，并计算出各点的瞬时速度 v，然后以 $v^2/2$ 为纵轴，以下落距离 h 为横轴作图，画出的图像应是_____



图丙

③进一步分析发现，本实验存在较大误差，为此设计出用如图丙所示的实验装置，通过电磁铁控制的小铁球从 A

点自由下落，下落过程中经过光电门 B 时，通过与之相连的毫秒计时器（图中未画出）记录挡光时间 t，用毫米刻度尺测出 AB 之间的距离 h，用游标卡尺测得小铁球的直径 d，重力加速度为 g，如果 d、t、h、g 存在关系式_____，则可验证机械能守恒定律，比较两个方案，改进后的方案比原方案的系统误差减小了主要是因为_____。

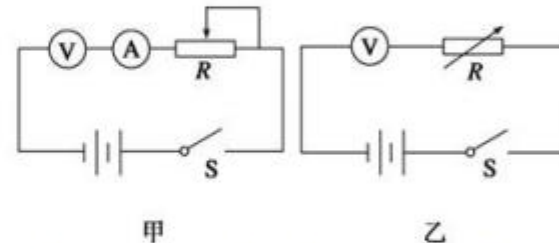
【答案】①C ②C ③ $d^2 = 2ght^2$ ，消除了纸带与打点计时器之间的阻力的影响

(3) 实际电压表内阻并不是无限大，可等效为理想电流表与较大较大的电阻的串联。现要测量一只量程已知的电压表的内阻，器材如下：

- A. 待测电压表（0~3V，内阻约 3KΩ待测）
B. 电流表（0~3A，内阻 0.1Ω）
C. 电池组（电动势约为 3V，内阻不计）
D. 滑动变阻器
E. 变阻箱（可以读出电阻值，0~9999Ω）
F. 开关和导线若干

某同学利用上面所给器材，进行如下实验操作：

①该同学设计了如图甲、乙两个实验电路，为了更准确地测出该电压表内阻的大小，你认为其中相对比较合理的是_____（填“甲”或“乙”）电路



甲

乙

②用你选择的电路进行实验时，闭合电键 S，调节变阻箱的阻值，记录需要直接测量的物理量：电压表的度数 U 和_____（填上文字和符号）

③由所测物理量选择下面适当坐标轴，能作出相应的直线图线，最方便的计算出电压表内阻的是_____

- A. $U - I$ B. $U - \frac{1}{I}$ C. $\frac{1}{U} - R$ D. $U - R$

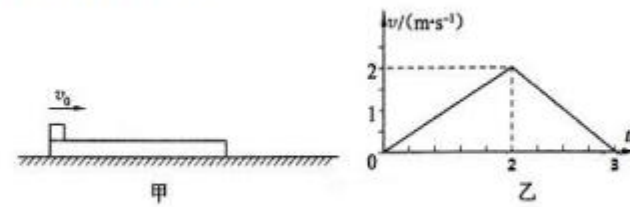
④设直线图像的斜率为 k，截距为 b，请写出待测电压表内阻表达式 $R_v =$ _____

【答案】①乙 ②变阻箱的阻值 R ③C ④ $\frac{b}{k}$

10.（16 分）如图甲所示，一长木板静止在水平地面上，在 $t=0$ 时刻，一小物块以一定速度从左端滑上长木板，以后长木板运动 v-t 图像如图所示，已知小物块与长木板的质量均为 $m=1\text{kg}$ ，已知木板足够长，（ $g=10\text{m/s}^2$ ），求：

(1) 小物块与长木板间动摩擦因数的值

(2) 在整个运动过程中，系统所产生的热量



甲

乙

(1) $0 \sim 2s$ 内长木板与小物块间发生相对滑动，则小物块与长木板间的滑动摩擦力

$$f_1 = \mu mg \dots\dots(1)$$

以向右为正方向，由动量定理有：

$$-f_1 t_1 = mv - mv_0 \dots\dots(2)$$

$$(f_1 - f_2)t_1 = mv \dots\dots(3)$$

$2 \sim 3s$ 内长木板与小物块一起向前做匀减速直线运动，由动量定理有：

$$-f_2 t_2 = -2mv \dots\dots(4)$$

解得： $\mu = 0.5, v_0 = 12 m/s$

(2) 整个过程中能量守恒， 则有：

$$Q = \frac{1}{2}mv_0^2 \dots\dots(5)$$

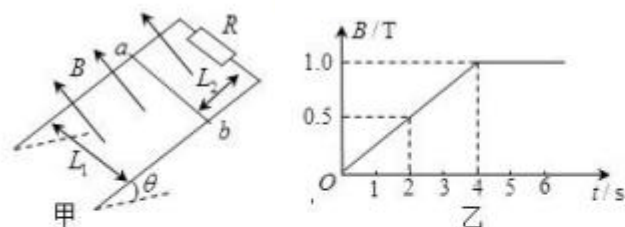
解得： $Q = 72J$

11. （18 分）如图甲所示，两根足够长、电阻不计的光滑平行金属导轨相距 $L_1 = 1m$ ，导轨平面与水平面成 $\theta = 30^\circ$ 角，上端连接阻值 $R = 1.5\Omega$ 的电阻，质量为 $m = 0.2kg$ 、阻值 $r = 0.5\Omega$ 的匀质金属棒 ab 放在两导轨上，距离导轨最上端为 $L_2 = 4m$ ，棒与导轨垂直并保持良好接触，整个装置处于一匀强磁场中，该匀强磁场方向与轨道平面垂直，磁感应强度大小随时间变化的情况如图乙所示，在 $0 \sim 4s$ 内，为了保持 ab 棒静止，需要在棒的中点施加一平行于导轨平面的外力 F ， $4s$ 后，撤去外力 F ，金属棒将由静止开始下滑，这时用电压传感器将 R 两端的电压即时采集并输入计算机，在显示器显示的电压达到某一恒定值时，记下该时刻棒的位置，测出棒从静止开始运动到该位置过程中通过的距离为 $x = 1.6m$ ($g = 10m/s^2$) 求：

(1) 当 $t = 3s$ 时，外力 F 的大小和方向

(2) R 两端电压达到恒定值时，金属棒的速度

(3) 从 $t = 0$ 时刻到 R 两端电压达到恒定，电阻 R 上产生的焦耳热



(1) $0 \sim 4s$ 内，由法拉第电磁感应定律：

$$E_1 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} L_1 L_2 \dots\dots(1)$$

由闭合电路欧姆定律：

$$I_1 = \frac{E_1}{R + r} \dots\dots(2)$$

当 $t = 3s$ 时， ab 棒受到沿斜面向上的安培力：

$$F_1 = B_1 I_1 L_1 \dots\dots(3)$$

对 ab 棒受力分析,由平衡条件：

$$F + F_1 = mg \sin \theta \dots\dots(4)$$

解得： $F = 0.625 N$

(2) ab 棒沿斜面下滑切割磁感线产生感应电动势，有：

$$E_2 = B_2 L_1 v \dots\dots(5)$$

由闭合电路欧姆定律：

$$I_2 = \frac{E_2}{R + r} \dots\dots(6)$$

ab 棒受到沿斜面向上的安培力作用：

$$F_2 = B_2 I_2 L_1 \dots\dots(7)$$

当棒两端电压稳定时， ab 棒受力也平衡；

对 ab 棒受力分析，由平衡条件：

$$mg \sin \theta = F_2 \dots\dots(8)$$

解得： $v = 2 m/s$

(3) $0 \sim 4s$ 内，由焦耳定律有：

$$Q_1 = I_1^2 R t_1 \dots\dots(9)$$

$4s$ 后，由能量守恒有：

$$mgx \sin \theta = \frac{1}{2}mv^2 + Q \dots\dots(10)$$

由串联电路特征有：

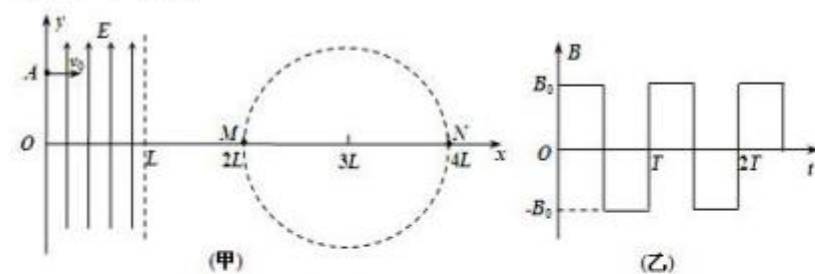
$$\frac{Q_2}{Q} = \frac{R}{R + r} \dots\dots(11)$$

$$Q_{\text{总}} = Q_1 + Q_2 \dots\dots(12)$$

解得： $Q_{\text{总}} = 2.4J$

12. （20 分）如图（甲）所示，在直角坐标系 $0 \leq x \leq L$ 区域内有沿 y 轴正方向的匀强电场，右侧有一个以点 $(3L, 0)$ 为圆心、半径为 L 的圆形区域，圆形区域与 x 轴的交点分别为 M 、 N 。现有一质量为 m ，带电量为 e 的电子，从 y 轴上的 A 点以速度 v_0 沿 x 轴正方向射入电场，飞出电场后从 M 点进入圆形区域，速度方向与 x 轴夹角为 30° 。此时在圆形区域加如图（乙）所示周期性变化的磁场（磁场从 $t = 0$ 时刻开始变化，且以垂直于纸面向外为磁场正方向），最后电子运动一段时间后从 N 点飞出，速度方向与进入磁场时的速度方向相同（速度方向与 x 轴夹角

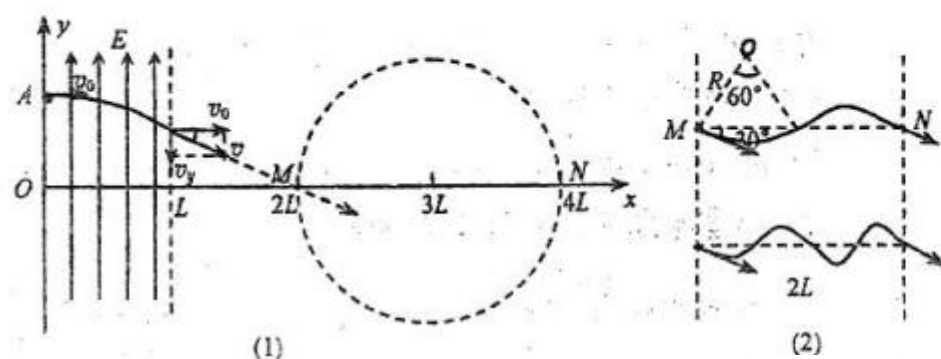
也为 30°)，求：



- (1) 电子进入圆形磁场区域时的速度大小；
- (2) $0 \leq x \leq L$ 区域内匀强电场场强 E 的大小；
- (3) 写出圆形磁场区域磁感应强度 B_0 的大小、磁场变化周期 T 各应满足的表达式

(1) 电子在电场中做类平抛运动，射出电场时，如图 (1) 所示，由速度关系 $\cos 30^\circ = \frac{v_0}{v}$

$$\text{解得 } v = \frac{2\sqrt{3}v_0}{3}$$



$$(2) \text{ 由速度关系可得 } v_y = v_0 \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}v_0}{3} \quad (3)$$

$$\text{在竖直方向: } v_y = at = \frac{eE}{m}t \quad (4)$$

$$\text{又 } t = \frac{L}{v_0} \quad (5), \text{ 由 } (3)(4)(5) \text{ 可得 } E = \frac{\sqrt{3}mv_0^2}{3eL} \quad (6)$$

(3) 在磁场变化的半个周期内粒子的偏转角为 60° ，如图 (2)，所以，在磁场变化的半个周期内，粒子在 x 轴方向上的位移恰好等于 R ，粒子到达 N 点且速度符合要求的空间条件是 $2nR = 2L$ (7)

$$\text{电子在磁场中作圆周运动, } evB_0 = m \frac{v^2}{R} \quad (8)$$

$$\text{由 } (2)(7)(8) \text{ 可得 } B_0 = \frac{2\sqrt{3}nmv_0}{3eL} (n=1,2,3,\dots) \quad (9)$$

若粒子在磁场变化的半个周期恰好转过 $\frac{1}{6}$ 圆周，同时在 MN 间运动时间是磁场变化周期的整数倍时，可使粒子到

达 N 点并且速度满足题设要求，应满足的时间条件： $2n \cdot \frac{1}{6} T_0 = nT$ (10)，

$$T_0 = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{eB_0} \quad (11)$$

$$\text{由 } (9)(10)(11) \text{ 可得 } T = \frac{\sqrt{3}\pi L}{3nv_0} (n=1,2,3,\dots)$$