

# 平谷区 2019—2020 学年度第二学期高三年级质量监控

## 物理试卷

2020.3

注意事项:

1. 本试卷共 8 页, 包括两部分, 满分 100 分, 考试时间 90 分钟。
2. 在答题卡上准确填写学校名称、班级、姓名和考号。
3. 试题答案一律填涂或书写在答题卡上, 在试卷上作答无效。
4. 在答题卡上, 选择题用 2B 铅笔作答, 其他题用黑色字迹签字笔作答。
5. 考试结束后, 请将答题卡交回。

### 第一部分 选择题 (共 42 分)

一、单项选择题 (本题共 14 小题, 在每小题给出的四个选项中, 只有一个选项符合题意。每小题 3 分, 共 42 分)

1. 核反应方程  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$  表示中子轰击  ${}_{92}^{235}\text{U}$  原子核可能发生的一种核反应, 该核反应中质量亏损了  $\Delta m$ 。关于这个核反应, 下列说法中正确的是

- A. 该反应属于核聚变                      B.  ${}_{36}^{89}\text{Kr}$  中的 X 为 33  
C.  ${}_{56}^{144}\text{Ba}$  中含有 56 个中子              D. 该核反应释放出的核能为  $\Delta mc^2$

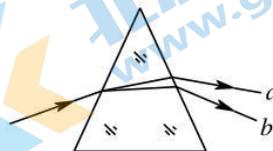
2. 下列说法中正确的是

- A. 布朗运动是指液体分子的无规则运动  
B. 物体对外做功, 其内能一定减小  
C. 两分子间距离减小, 分子间的引力和斥力都增大  
D. 用打气筒往自行车轮胎内打气时需要用力, 说明气体分子间存在斥力

3. 一束由  $a$ 、 $b$  两种单色光组成的复色光射向玻璃制成的三棱镜, 通过三棱镜的传播情况如图所示。

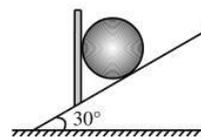
关于  $a$ 、 $b$  两种单色光, 下列说法正确的是

- A. 玻璃对  $a$  色光的折射率大于对  $b$  色光的折射率  
B.  $a$  色光的光子能量小于  $b$  色光的光子能量  
C.  $a$  色光在玻璃中的传播速度比  $b$  色光小  
D.  $a$  色光发生全反射的临界角比  $b$  色光小

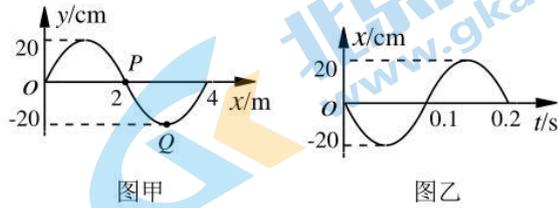


4. 如图所示, 一个钢球放在倾角为  $30^\circ$  的固定斜面上, 用一竖直的挡板挡住, 处于静止状态。各个接触面均光滑。关于球的重力大小  $G$ 、球对斜面的压力大小  $F_{N1}$ 、球对挡板的压力大小  $F_{N2}$  间的关系, 正确的是

- A.  $F_{N1} > G$   
B.  $F_{N2} > G$   
C.  $F_{N2} = G$   
D.  $F_{N1} < F_{N2}$

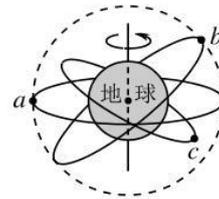


5. 图甲为一列简谐横波在  $t=0$  时刻的波形图，图甲中质点  $Q$  运动到负向最大位移处时，质点  $P$  刚好经过平衡位置。图乙为质点  $P$  从此刻开始的振动图像。下列判断正确的是

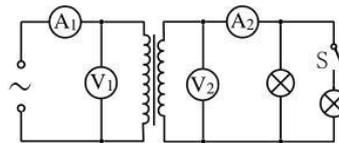


- A. 该波的波速为 40m/s
- B. 质点  $P$  的振幅为 0
- C. 该波沿  $x$  轴负方向传播
- D.  $Q$  质点在 0.1s 时的速度最大

6. 2019 年 11 月 23 日，我国在西昌卫星发射中心用长征三号乙运载火箭，以“一箭双星”方式成功发射第五十、五十一颗北斗导航卫星。如图所示的  $a$ 、 $b$ 、 $c$  为中国北斗卫星导航系统中的三颗轨道为圆的卫星。 $a$  是地球同步卫星， $b$  是轨道半径与卫星  $a$  相同的卫星， $c$  是轨道半径介于近地卫星和同步卫星之间的卫星。下列关于这些北斗导航卫星的说法，正确的是

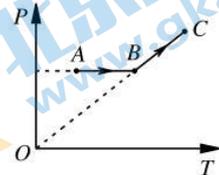


- A. 卫星  $a$  的运行速度大于第一宇宙速度
  - B. 卫星  $a$  的向心加速度大于卫星  $c$  的向心加速度
  - C. 卫星  $b$  可以长期“悬停”于北京正上空
  - D. 卫星  $b$  的运行周期与地球的自转周期相同
7. 在如图所示的理想变压器供电线路中，原线圈接在有效值恒定的交流电源上，副线圈接有两个灯泡，电流表、电压表均为理想电表。开关  $S$  原来是断开的，现将开关  $S$  闭合，则



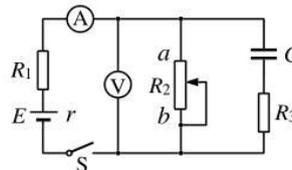
- A.  $A_1$  的示数增大， $A_2$  的示数增大
- B.  $A_1$  的示数不变， $A_2$  的示数增大
- C.  $V_1$  的示数减小， $V_2$  的示数减小
- D.  $V_1$  的示数不变， $V_2$  的示数减小

8. 一定质量的理想气体由状态  $A$  沿平行  $T$  轴的直线变化到状态  $B$ ，然后沿过原点的直线由状态  $B$  变化到状态  $C$ ， $P-T$  图像如图所示。关于该理想气体在状态  $A$ 、状态  $B$  和状态  $C$  时的体积  $V_A$ 、 $V_B$ 、 $V_C$  的关系正确的是



- A.  $V_A = V_B = V_C$
- B.  $V_A < V_B = V_C$
- C.  $V_A > V_B > V_C$
- D.  $V_A < V_B < V_C$

9. 在如图所示电路中，电源内阻不可忽略。开关  $S$  闭合后，在滑动变阻器  $R_2$  的滑动端由  $a$  向  $b$  缓慢滑动的过程中



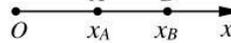
- A. 电压表的示数增大，电流表的示数减小
- B. 电容器  $C$  所带电荷量减小
- C.  $R_1$  的电功率增大
- D. 电源的输出功率一定增大

10. 木箱内的地板上放置一个  $5\text{kg}$  的物体，钢绳吊着木箱静止在某一高度处。从计时时刻开始钢绳拉着木箱向上做初速度为零的匀加速直线运动，加速度为  $4\text{m/s}^2$ ，至第  $3\text{s}$  末钢绳突然断裂，此后木箱先向上做匀减速运动，到达最高点后开始竖直下落， $7\text{s}$  末落至地面。木箱在空中运动的过程中地板始终保持水平，重力加速度取  $10\text{m/s}^2$ 。下列说法正确的是

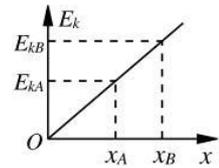
- A. 第 2 秒末物体的重力增大到  $70\text{N}$
- B. 第 4 秒末物体对木箱地板的压力为  $70\text{N}$
- C. 第 4 秒末物体对木箱地板的压力为  $50\text{N}$
- D. 第 6 秒末物体对木箱地板的压力为  $0$

11. 如图甲所示，在某电场中建立  $x$  坐标轴， $A$ 、 $B$  为  $x$  轴上的两点， $x_A$ 、 $x_B$  分别为  $A$ 、 $B$  两点在  $x$  轴上的坐标值。一电子仅在电场力作用下沿  $x$  轴运动，该电子的动能  $E_k$  随其坐标  $x$  变化的关系如图乙所示。则下列说法中正确的是

- A.  $A$  点的电场强度小于  $B$  点的电场强度
- B.  $A$  点的电场强度等于  $B$  点的电场强度
- C.  $A$  点的电势高于  $B$  点的电势
- D. 电子由  $A$  点运动到  $B$  点的过程中电势能的改变量  $\Delta E_p = E_{kB} - E_{kA}$



图甲



图乙

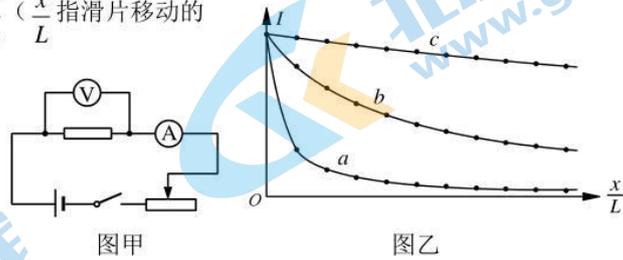
12. 2019 年的诺贝尔物理学奖于 10 月 8 日公布，有一半的奖金归属了一对师徒——瑞士的天文学家 Michel Mayor 和 Didier Queloz，以表彰他们“发现了一颗围绕类太阳恒星运行的系外行星”。

由于行星自身不发光，所以我们很难直接在其他恒星周围找到可能存在的系外行星，天文学家通常都采用间接的方法来侦测太阳系外的行星，视向速度法是目前为止发现最多系外行星的方法。行星自身的质量使得行星和恒星围绕着他们共同的质量中心在转动，在地球上用望远镜就有可能看到行星引力对于恒星的影响。在视线方向上，恒星受行星引力作用，时而远离时而靠近我们，这种细微的摇摆反应在光谱上，就会造成恒星光谱不断地红移和蓝移。我们称这种探测系外行星的方法为视向速度法。

结合以上信息，下列说法正确的是

- A. 在绕着共同的质量中心转动的恒星和行星组成的双星系统中，恒星和行星做圆周运动的线速度大小一定相等
- B. 在绕着共同的质量中心转动的恒星和行星组成的双星系统中，由于恒星质量大，转动半径小，所以恒星做圆周运动的周期比行星的周期小
- C. 若某恒星在靠近我们，该恒星发出光的频率将变高，因此接收到的频率就会变高，即恒星光谱会出现蓝移
- D. 若某恒星在远离我们，该恒星发出光的频率不变，但我们接收到的频率会比它发出时的频率低，即恒星光谱会出现红移

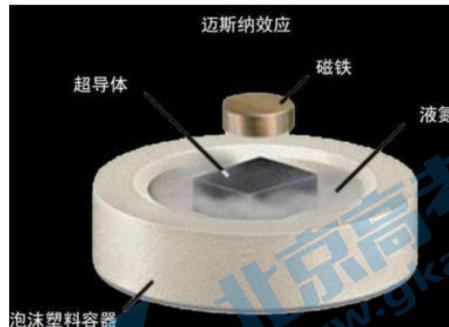
13. 如图甲所示为用伏安法测量某合金丝电阻的实验电路。实验中分别用最大阻值是  $5\Omega$ 、 $50\Omega$ 、 $500\Omega$  的三种滑动变阻器做限流电阻。当滑动变阻器的滑片由一端向另一端移动的过程中，根据实验数据，分别作出电流表读数  $I$  随  $\frac{x}{L}$  ( $\frac{x}{L}$  指滑片移动的距离  $x$  与滑片在变阻器上可移动的总长度  $L$  的比值) 变化的关系曲线  $a$ 、 $b$ 、 $c$ ，如图乙所示。



则图乙中的图线  $a$  对应的滑动变阻器及最适合本实验的滑动变阻器是

- A. 最大阻值为  $5\Omega$  的滑动变阻器；图线  $a$  对应的滑动变阻器  
 B. 最大阻值为  $50\Omega$  的滑动变阻器；图线  $b$  对应的滑动变阻器  
 C. 最大阻值为  $500\Omega$  的滑动变阻器；图线  $b$  对应的滑动变阻器  
 D. 最大阻值为  $500\Omega$  的滑动变阻器；图线  $c$  对应的滑动变阻器
14. 有人做过这样一个实验：将一锡块和一个磁性很强的小永久磁铁叠放在一起，放入一个浅平的塑料容器中。往塑料容器中倒入液态氮，降低温度，使锡出现超导性。这时可以看到，小磁铁竟然离开锡块表面，飘然升起，与锡块保持一定距离后，便悬空不动了。产生该现象的原因是：

磁场中的超导体能将磁场完全排斥在超导体外，即超导体内部没有磁通量（迈斯纳效应）。如果外界有一个磁场要通过超导体内部，那么在磁场作用下，超导体表面就会产生一个无损耗感应电流。这个电流产生的磁场恰恰与外加磁场大小相等、方向相反，这就形成了一个斥力。当磁铁受到的向上的斥力大小刚好等于它重力大小的时候，磁铁就可以悬浮在空中。根据以上材料可知



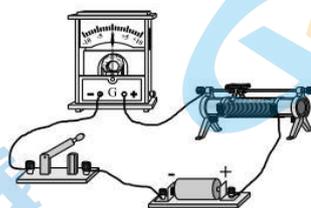
- A. 超导体处在恒定的磁场中时它的表面不会产生感应电流  
 B. 超导体处在均匀变化的磁场中时它的表面将产生恒定的感应电流  
 C. 将磁铁靠近超导体，超导体表面的感应电流增大，超导体和磁铁间的斥力就会增大  
 D. 将悬空在超导体上面的磁铁翻转  $180^\circ$ ，超导体和磁铁间的作用力将变成引力

## 第二部分 非选择题（共 58 分）

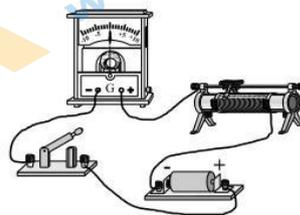
### 二、填空题（本题共 2 小题，共 18 分）

15. （8 分）某小组的同学做“探究影响感应电流方向的因素”实验。

(1) 首先按图甲（1）所示方式连接电路，闭合开关后，发现电流计指针向右偏转；再按图甲（2）所示方式连接电路，闭合开关后，发现电流计指针向左偏转。进行上述实验的目的是\_\_\_\_\_。



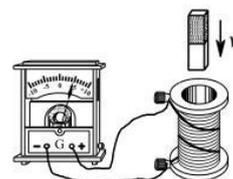
图甲（1）



图甲（2）

- A. 检查电流计测量电路的电流是否准确
- B. 检查干电池是否为新电池
- C. 推断电流计指针偏转方向与电流方向的关系。

(2) 接下来用图乙所示的装置做实验，图中螺线管上的粗线标示的是导线的绕行方向。某次实验中在条形磁铁插入螺线管的过程中，观察到电流计指针向右偏转，说明螺线管中的电流方向（从上往下看）是沿\_\_\_\_\_（选填“顺时针”或“逆时针”）方向。



图乙

(3) 下表是该小组的同学设计的记录表格的一部分，表中完成了实验现象的记录，还有一项需要推断的实验结果未完成，请帮助该小组的同学完成（选填“垂直纸面向外”或“垂直纸面向里”）。

实验记录表（部分）

操作	N 极朝下插入螺线管
从上往下看的平面图（ $B_0$ 表示原磁场，即磁铁产生的磁场）	
原磁场通过螺线管磁通量的增减	增加
感应电流的方向	沿逆时针方向
感应电流的磁场 $B'$ 的方向	_____

(4) 该小组同学通过实验探究，对楞次定律有了比较深刻的认识。结合以上实验，有同学认为，理解楞次定律，关键在于抓住\_\_\_\_\_（选填“ $B_0$ ”或“ $B'$ ”）总是要阻碍\_\_\_\_\_（选填“ $B_0$ ”或“ $B'$ ”）磁通量的变化。

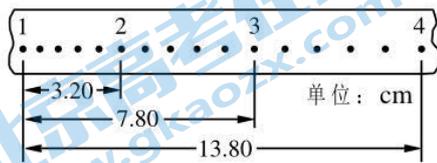
16. (10分) 研究物体做匀变速直线运动的情况可以用打点计时器,也可以用光电门传感器。

(1) 一组同学用打点计时器研究匀变速直线运动,打点计时器使用交流电源的频率是 50Hz,

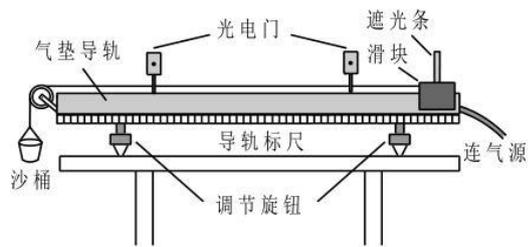
打点计时器在小车拖动的纸带上打下一系列点迹,以此记录小车的运动情况。

①打点计时器的打点周期是\_\_\_\_\_s。

②图甲为某次实验打出的一条纸带,其中 1、2、3、4 为依次选中的计数点(各相邻计数点之间有四个点迹)。根据图中标出的数据可知,打点计时器在打出计数点 3 时小车的速度大小为\_\_\_\_\_m/s,小车做匀加速直线运动的加速度大小为\_\_\_\_\_m/s<sup>2</sup>。



图甲



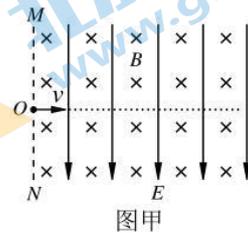
图乙

(2) 另一组同学用如图乙所示装置研究匀变速直线运动。滑块放置在水平气垫导轨的右侧,并通过跨过定滑轮的细线与一沙桶相连,滑块与定滑轮间的细线与气垫导轨平行。滑块上安装了宽度为 3.0cm 的遮光条,将滑块由静止释放,先后通过两个光电门,配套的数字计时器记录了遮光条通过第一个光电门的时间为 0.015s,通过第二个光电门的时间为 0.010s,遮光条从开始遮住第一个光电门到开始遮住第二个光电门的时间为 0.250s。则滑块的加速度大小为\_\_\_\_\_m/s<sup>2</sup>,若忽略偶然误差的影响,测量值与真实值相比\_\_\_\_\_ (选填“偏大”、“偏小”或“相同”)。

### 三、计算题 (本题共 4 小题,共 40 分)

17. (8 分)

如图所示,虚线 MN 的右侧空间存在竖直向下的匀强电场和水平方向(垂直纸面向里)的匀强磁场,一质量为  $m$  的带电粒子以速度  $v$  垂直电场和磁场方向从  $O$  点射入场中,恰好沿纸面做匀速直线运动。已知匀强磁场的磁感应强度为  $B$ ,粒子的电荷量为  $+q$ ,不计粒子的重力。



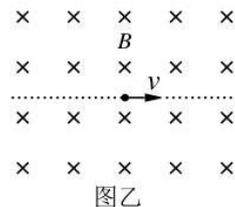
图甲

(1) 求匀强电场的电场强度  $E$ 。

(2) 当粒子运动到某点时撤去电场,如图乙所示,粒子将在磁场中做匀速圆周运动。求:

a. 带电粒子在磁场中运动的轨道半径  $R$ ;

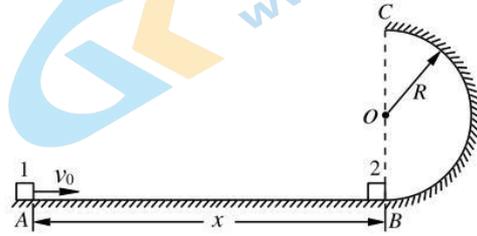
b. 带电粒子在磁场中运动的周期  $T$ 。



图乙

18. (10分)

如图所示，半径  $R = 0.4\text{m}$  的竖直半圆形光滑轨道  $BC$  与水平面  $AB$  相切， $AB$  间的距离  $x = 3.6\text{m}$ 。质量  $m_2 = 0.15\text{kg}$  的小滑块 2 放在半圆形轨道的最低点  $B$  处，另一质量为  $m_1 = 0.25\text{kg}$  的小滑块 1，从  $A$  点以  $v_0 = 10\text{m/s}$  的初速度在水平面上滑行，到达  $B$  处两滑块相碰，碰撞时间极短，碰后两滑块粘在一起滑上半圆形轨道。已知滑块 1 与水平面之间的动摩擦因数  $\mu = 0.5$ 。重力加速度  $g$  取  $10\text{m/s}^2$ 。两滑块均可视为质点。求：



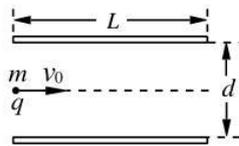
- (1) 滑块 1 与滑块 2 碰撞前瞬间的速度大小  $v_1$ ；
- (2) 两滑块在碰撞过程中损失的机械能  $\Delta E$ ；
- (3) 在半圆形轨道的最高点  $C$  处，轨道对两滑块的作用力大小  $F_N$ 。

19. (10分)

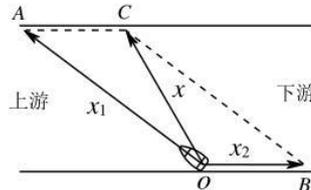
研究比较复杂的运动时，可以把一个运动分解为两个或几个比较简单的运动，从而使问题变得容易解决。

- (1) 如图，一束质量为  $m$ ，电荷量为  $q$  的粒子，以初速度  $v_0$  沿垂直于电场方向射入两块水平放置的平行金属板中央，受到偏转电压  $U$  的作用后离开电场，已知平行板长为  $L$ ，两板间距离为  $d$ ，不计粒子受到的重力及它们之间的相互作用力。试求：

- a. 粒子在电场中的运动时间  $t$ ；
- b. 粒子从偏转电场射出时的侧移量  $y$ 。



图甲



图乙



图丙

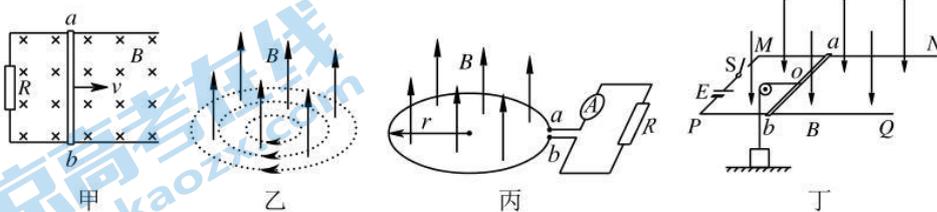
- (2) 深刻理解运动的合成和分解的思想，可以帮助我们轻松处理比较复杂的问题。小船在流动的河水中行驶时，如图乙所示。假设河水静止，小船在发动机的推动下沿  $OA$  方向运动，经时间  $t$  运动至对岸  $A$  处，位移为  $x_1$ ；若小船发动机关闭，小船在水流的冲击作用下从  $O$  点沿河岸运动，经相同时间  $t$  运动至下游  $B$  处，位移为  $x_2$ 。小船在流动的河水中，从  $O$  点出发，船头朝向  $OA$  方向开动发动机行驶时，小船同时参与了上述两种运动，实际位移  $x$  为上述两个分运动位移的矢量和，即此时小船将到达对岸  $C$  处。请运用以上思想，分析下述问题：

弓箭手用弓箭射击斜上方某位置处的小球，如图丙所示。弓箭手用箭瞄准小球后，以初速度  $v_0$  将箭射出，同时将小球由静止释放。箭射出时箭头与小球间的距离为  $L$ ，空气阻力不计。请分析说明箭能否射中小球，若能射中，求小球下落多高时被射中；若不能射中，求小球落地前与箭头的最近距离。

20. (12分)

在电磁感应现象中，感应电动势分为动生电动势和感生电动势两种。产生感应电动势的那部分导体就相当于“电源”，在“电源”内部非静电力做功将其它形式的能转化为电能。

- (1) 利用图甲所示的电路可以产生动生电动势。设匀强磁场的磁感应强度为  $B$ ，金属棒  $ab$  的长度为  $L$ ，在外力作用下以速度  $v$  水平向右匀速运动。此时金属棒中电子所受洛伦兹力  $f$  沿棒方向的分力  $f_1$  即为“电源”内部的非静电力。设电子的电荷量为  $e$ ，求电子从棒的一端运动到另一端的过程中  $f_1$  做的功。



- (2) 均匀变化的磁场会在空间激发感生电场，该电场为涡旋电场，其电场线是一系列同心圆，单个圆上的电场强度大小处处相等，如图乙所示。在某均匀变化的磁场中，将一个半径为  $r$  的金属圆环置于相同半径的电场线位置处。从圆环的两端点  $a$ 、 $b$  引出两根导线，与阻值为  $R$  的电阻和内阻不计的电流表串接起来，如图丙所示。金属圆环的电阻为  $R_0$ ，圆环两端点  $a$ 、 $b$  间的距离可忽略不计，除金属圆环外其他部分均在磁场外。此时金属圆环中的自由电子受到的感生电场力  $F$  即为非静电力。若电路中电流表显示的示数为  $I$ ，电子的电荷量为  $e$ ，求：

- 金属环中感应电动势  $E_{\text{感}}$  大小；
- 金属圆环中自由电子受到的感生电场力  $F$  的大小。

- (3) 直流电动机的工作原理可以简化为如图丁所示的情景。在竖直向下的磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中，两根光滑平行金属轨道  $MN$ 、 $PQ$  固定在水平面内，相距为  $L$ ，电阻不计。电阻为  $R$  的金属杆  $ab$  垂直于  $MN$ 、 $PQ$  放在轨道上，与轨道接触良好。轨道端点  $MP$  间接有内阻不计、电动势为  $E$  的直流电源。杆  $ab$  的中点  $O$  用水平绳系一个静置在地面上、质量为  $m$  的物块，最初细绳处于伸直状态（细绳足够长）。闭合电键  $S$  后，杆  $ab$  拉着物块由静止开始做加速运动。由于杆  $ab$  切割磁感线，因而产生感应电动势  $E'$ ，且  $E'$  同电路中的电流方向相反，称为反电动势，这时电路中的总电动势等于直流电源电动势  $E$  和反电动势  $E'$  之差。

- 请分析杆  $ab$  在加速的过程中所受安培力  $F$  如何变化，并求杆的最终速度  $v_m$ ；
- 当电路中的电流为  $I$  时，请证明电源的电能转化为机械能的功率为  $E'I$ 。

# 平谷区 2019—2020 学年度第二学期高三年级质量监控 物理试题答案

## 第一部分 选择题（共 42 分）

一、单项选择题（本题共 14 小题，在每小题给出的四个选项中，只有一个选项符合题意。每小题 3 分，共 42 分）

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
D	C	B	A	C	D	A	B	A	D	B	D	C	C

## 第二部分 非选择题（共 58 分）

二、填空题（本题共 2 小题，共 18 分）

15. (1) C 【2 分】 (2) 顺时针 【2 分】 (3) 垂直纸面向外 【2 分】

(4)  $B'$ ,  $B_0$  【2 分，每空 1 分】

16. (1) ① 0.02 【2 分】 ② 0.53, 1.4 【4 分，每空 2 分】

(2) 4.0, 偏小 【4 分，每空 2 分】

三、计算题（本题共 4 小题，共 40 分，以下各道小题，除参考答案之外的其他正确解法也给分）

17. (8 分)



根据物体的平衡条件  $qvB = qE$  【2 分】

得  $E = vB$  【1 分】

(2) 粒子在磁场中做圆周运动，洛伦兹力提供向心力，

由牛顿运动定律  $qvB = m \frac{v^2}{R}$  【2 分】

得  $R = \frac{mv}{qB}$  【1 分】

(3) 粒子在磁场中运动的周期  $T = \frac{2\pi R}{v}$  【1 分】

得  $T = \frac{2\pi \cdot m}{qB}$  【1 分】

18. (10 分)

(1) 滑块 1 从 A 运动到 B，

根据动能定理  $-\mu m_1 g x = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 - \frac{1}{2} m_1 v_0^2$  【2 分】

得  $v_1 = 8 \text{ m/s}$  【1 分】

(2) 设两滑块碰后的共同速度为  $v$ ,

根据动量守恒定律  $m_1 v_1 = (m_1 + m_2)v$  【1分】

得  $v = 5 \text{ m/s}$

根据能量守恒定律  $\Delta E = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 - \frac{1}{2} (m_1 + m_2)v^2$  【1分】

得  $\Delta E = 3 \text{ J}$  【1分】

(3) 设两滑块到达最高点  $C$  处时的速度为  $v_C$ ,

根据机械能守恒定律  $\frac{1}{2} (m_1 + m_2)v^2 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2)v_C^2 + (m_1 + m_2)g \times 2R$  【2分】

得  $v_C = 3 \text{ m/s}$



根据牛顿第二定律  $F_N + (m_1 + m_2)g = (m_1 + m_2) \frac{v_C^2}{R}$  【1分】

得  $F_N = 5 \text{ N}$  【1分】

19. (10分)

(1) a. 沿垂直电场方向粒子不受外力, 做匀速直线运动  $t = \frac{L}{v_0}$  【1分】

b. 粒子在偏转电场中运动的加速度  $a = \frac{qU}{md}$  【1分】

根据运动学公式  $y = \frac{1}{2} a t^2$  【1分】

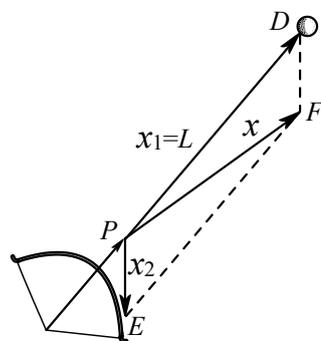
得  $y = \frac{qUL^2}{2mdv_0^2}$  【1分】

(2) 箭能够射中小球 【1分】。

如答图 1 所示。箭射出后, 若不受重力, 将沿初速度方向做匀速直线运动, 经时间  $t$  从  $P$  运动至小球初始位置  $D$  处, 位移为  $x_1=L$ ; 脱离弓后, 若箭的初速度为零, 将沿竖直方向做自由落体运动, 经相同时间  $t$  从  $P$  运动至  $E$ , 位移为  $x_2$ ; 箭射出后的实际运动, 同时参与了上述两种运动, 实际位移  $x$  为上述两个分运动位移的矢量和 (遵循平行四边形定则), 即此时箭将到达  $F$  处。

小球由静止释放后做自由落体运动, 经相同时间  $t$  运动的位移与箭在竖直方向的分位移  $x_2$  相同, 即小球与箭同时到达  $F$  处, 能够射中小球。 【2分】

若不受重力, 箭从  $P$  运动至小球初始位置  $D$  处的时间  $t = \frac{L}{v_0}$  【1分】



答图 1

射中时小球下落的高度  $h = \frac{1}{2}gt^2$  【1分】

解得  $h = \frac{gL^2}{2v_0^2}$  【1分】

20. (12分)

(1) 金属棒中电子所受洛伦兹力  $f$  沿棒方向的分力  $f_1 = evB$  【1分】

棒方向的分力  $f_1$  做的功  $W_1 = f_1L$  【1分】

得  $W_1 = evBL$  【1分】

(2) a. 金属环中感应电动势  $E_{\text{感}} = I(R_0 + R)$  【1分】

b. 金属环中电子从  $a$  沿环运动  $b$  的过程中, 感生电场力  $F$  做的功

$$W_F = F \cdot 2\pi r \quad \text{【1分】}$$

由电动势的定义式  $E_{\text{感}} = \frac{W_F}{e}$  【1分】

得  $F = \frac{I(R_0 + R)e}{2\pi r}$  【1分】

(3) a. 杆  $ab$  在加速的过程中, 杆切割磁感线的速度  $v$  增大。

杆切割磁感线产生的感应电动势  $E' = BLv$ , 故  $E'$  增大,

由  $I = \frac{E - E'}{R}$  可知, 电路中的电流  $I$  减小,

杆所受安培力  $F = BIL$  故  $F$  减小。 【1分】

设细绳的拉力为  $T$ , 杆的质量为  $m_0$ , 根据牛顿第二定律  $F - T = m_0a$

物块以相同的加速度大小向上做加速运动, 根据牛顿第二定律  $T - mg = ma$

$$\text{得 } F - mg = (m + m_0)a$$

$F$  减小, 杆的加速度  $a$  减小, 当  $F = mg$  时,  $a$  为零, 此时, 杆达到最终速度  $v_m$ 。

此时杆上产生的感应电动势  $E' = BLv_m$  【1分】

得  $v_m = \frac{E}{BL} - \frac{mgR}{B^2L^2}$  【1分】

b. 由  $I = \frac{E - E'}{R}$

$$\text{得 } IR = E - E'$$

两边同乘以  $I$ , 经整理得  $EI = I^2R + E'I$  【1分】

由上式可以看出, 电源提供的电能 (功率为  $EI$ ), 一部分转化为了电路中产生的焦耳热 (热功率为  $I^2R$ ), 另一部分即为克服反电动势做功 (功率为  $E'I$ ) 消耗的电能, 这部分能量通过电磁感应转化为了杆和物块的机械能。 【1分】