



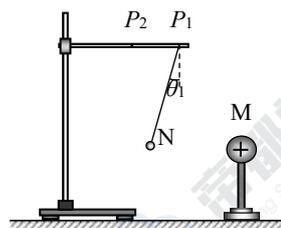
## 物 理

本试卷共 8 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，将答题卡交回。

## 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. 如图所示，一个带正电的球体 M 放在绝缘支架上，把系在绝缘丝线上的带电小球 N 先后挂在横杆上的  $P_1$  和  $P_2$  处。当小球 N 静止时，丝线与竖直方向的夹角分别为  $\theta_1$  和  $\theta_2$  ( $\theta_2$  图中未标出)。则



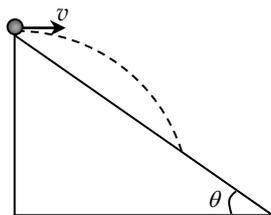
- A. 小球 N 带负电， $\theta_1 < \theta_2$   
 B. 小球 N 带负电， $\theta_1 > \theta_2$   
 C. 小球 N 带正电， $\theta_1 < \theta_2$   
 D. 小球 N 带正电， $\theta_1 > \theta_2$

2. “神舟十六号”载人飞船安全着陆需经过分离、制动、再入和减速四个阶段。如图所示，在减速阶段，巨型降落伞为返回舱提供阻力，假设返回舱做直线运动，则在减速阶段



- A. 伞绳对返回舱的拉力大于返回舱对伞绳的拉力  
 B. 伞绳对返回舱的拉力小于返回舱对伞绳的拉力  
 C. 合外力对返回舱做的功等于返回舱机械能的变化  
 D. 除重力外其他力对返回舱做的总功等于返回舱机械能的变化

3. 如图所示，倾角为  $\theta$  的斜面固定在水平地面上，一小球从斜面顶端向右水平抛出，初速度为  $v$ ，重力加速度为  $g$ ，不计空气阻力。下列说法正确的是



- A. 小球落到斜面上时，速度方向与水平方向的夹角为  $2\theta$   
 B. 小球做平抛运动的时间为  $\frac{2v \tan \theta}{g}$   
 C. 小球落到斜面上时，速度大小为  $v \tan \theta$   
 D. 小球做平抛运动的水平位移大小为  $\frac{v^2 \tan \theta}{2g}$

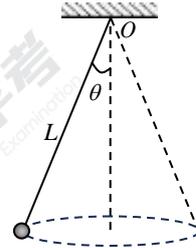
4. 我国首次火星探测任务被命名为“天问一号”。已知火星质量约为地球质量的 10%，半径约为地球半径的 50%，下列说法正确的是

- A. 火星探测器的发射速度应大于地球的第二宇宙速度  
 B. 火星探测器的发射速度应介于地球的第一和第二宇宙速度之间  
 C. 火星的第一宇宙速度大于地球的第一宇宙速度  
 D. 火星表面的重力加速度大于地球表面的重力加速度



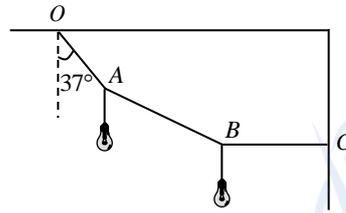
5. 如图所示，轻细线与竖直方向夹角为  $\theta$ ，长为  $L$ ，下端悬挂质量为  $m$  的小球，小球在水平面内做匀速圆周运动，忽略小球运动中受到的阻力。将小球视为质点，重力加速度为  $g$ 。则

- A. 轻细线对小球的拉力  $F=mg\cos\theta$   
 B. 小球匀速圆周运动的周期  $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$   
 C. 小球匀速圆周运动的线速度大小  $v=\sqrt{gL\sin\theta\tan\theta}$   
 D. 在半个周期内，合外力对小球的冲量大小  $I_{\text{合}}=m\sqrt{gL\sin\theta\tan\theta}$

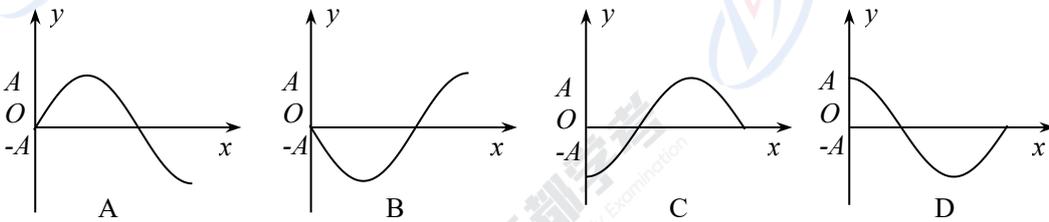


6. 如图所示，为营造节日气氛，同学们用轻质细线在墙角悬挂彩灯。已知两彩灯质量均为  $m$ ， $OA$  段细线与竖直方向夹角为  $37^\circ$  ( $\sin 37^\circ=0.6$ ,  $\cos 37^\circ=0.8$ )， $BC$  段细线保持水平，重力加速度为  $g$ 。关于三段细线拉力  $F_{OA}$ 、 $F_{AB}$ 、 $F_{BC}$ ，下列表达式正确的是

- A.  $F_{OA}=\frac{5}{2}mg$ 、 $F_{AB}=\frac{\sqrt{13}}{2}mg$ 、 $F_{BC}=\frac{3}{2}mg$   
 B.  $F_{OA}=\frac{10}{3}mg$ 、 $F_{AB}=\frac{\sqrt{73}}{3}mg$ 、 $F_{BC}=\frac{8}{3}mg$   
 C.  $F_{OA}=\frac{4\sqrt{3}}{3}mg$ 、 $F_{AB}=\frac{\sqrt{21}}{3}mg$ 、 $F_{BC}=\frac{2\sqrt{3}}{3}mg$   
 D.  $F_{OA}=4mg$ 、 $F_{AB}=\sqrt{13}mg$ 、 $F_{BC}=2\sqrt{3}mg$

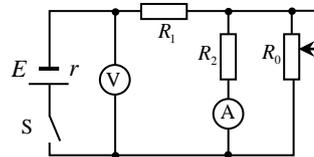


7. 位于坐标原点处的波源发出一列沿  $x$  轴正方向传播的简谐横波。 $t=0$  时波源开始振动，其位移  $y$  随时间  $t$  变化的关系式为  $y=A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$ ，则  $t=\frac{3}{4}T$  时的波形图为



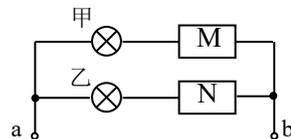
8. 如图所示，电路中电源内阻不可忽略。开关  $S$  闭合后，在滑动变阻器  $R_0$  的滑片向下滑动的过程中，下列说法正确的是

- A. 电压表与电流表的示数都减小  
 B. 电压表的示数减小，电流表的示数增大  
 C. 电阻  $R_2$  消耗的电功率增大  
 D. 电源内阻消耗的功率减小



9. 如图所示，甲、乙是规格相同的灯泡，分别与电学元件  $M$ 、 $N$  串联。当接线柱  $a$ 、 $b$  接某直流电源时，无论电源的正极与哪一个接线柱相连，甲灯均正常发光，乙灯不亮；当  $a$ 、 $b$  接某交流电源时，甲灯发出微弱的光，乙灯正常发光。则下列推断可能正确的是

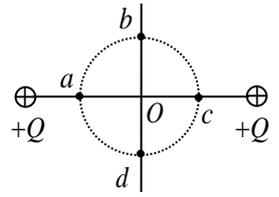
- A.  $M$  是电容器， $N$  是电感线圈  
 B.  $M$  是电感线圈， $N$  是电容器





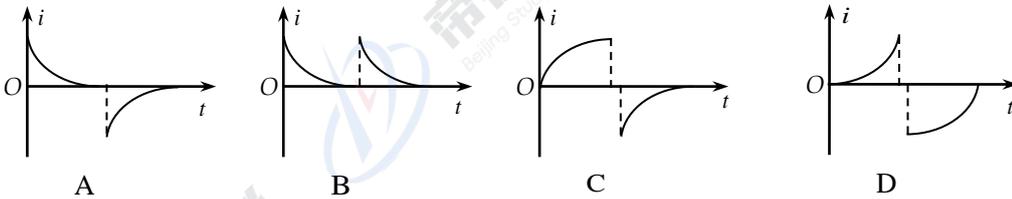
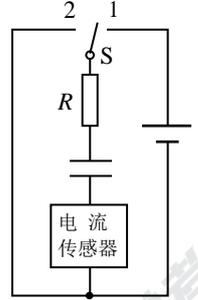
- C. M 是二极管, N 是电容器
- D. M 是电感线圈, N 是二极管

10. 如图所示, 两个固定的等量正点电荷, 其连线中点为  $O$ ,  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  四个点位于以  $O$  为圆心的同一个圆周上,  $bd \perp ac$ 。下列说法正确的是



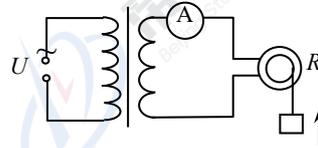
- A.  $a$ 、 $c$  两点的场强大小和方向均相同
- B. 若一电子从  $b$  点由静止释放, 以后将在  $b$ 、 $d$  之间沿直线往复运动
- C. 从  $O$  点开始, 沿  $Ob$  向上各处场强大小越来越小
- D. 从  $O$  点开始, 沿  $Ob$  向上各处电势越来越高

11. 某同学用传感器做“观察电容器的充放电”实验, 采用的实验电路如图所示。将开关先与“1”端闭合, 对电容器进行充电, 充电完毕后再将开关与“2”端闭合, 电容器放电。在下列通过传感器的电流  $i$  随时间  $t$  变化的四个图像中, 正确的是



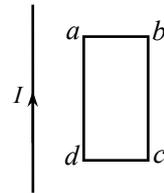
12. 一理想变压器, 原副线圈的匝数比为  $n$ , 原线圈接电压为  $U$  的正弦交流电, 输出端接有一个交流电流表和一个电动机, 电动机线圈电阻为  $R$ 。当输入端接通电源后, 电动机带动一重物匀速上升, 电流表读数为  $I$ 。下列说法正确的是

- A. 原线圈中的电流为  $nI$
- B. 变压器的输入功率为  $\frac{UI}{n}$
- C. 电动机输出的机械功率为  $I^2R$
- D. 电动机两端电压为  $IR$

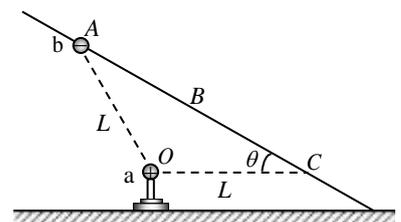


13. 如图所示的平面内, 在通有图示方向电流  $I$  的长直导线右侧, 固定一矩形金属线框  $abcd$ ,  $ad$  边与导线平行。调节电流  $I$  使得空间各点的磁感应强度随时间均匀减小, 则下列判断正确的是

- A. 线框中产生的感应电流方向为  $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$
- B. 线框中产生的感应电流逐渐减小
- C. 线框  $ad$  边所受的安培力大小恒定
- D. 线框整体受到的安培力方向水平向左



14. 如图所示, 用绝缘支架将带电荷量为  $+Q$  的小球  $a$  固定在  $O$  点, 一粗糙绝缘直杆与水平方向的夹角  $\theta=30^\circ$ , 直杆与小球  $a$  位于同一竖直面内, 杆上有  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点,  $C$  与  $O$  两点位于同一水平线上,  $B$  为  $AC$  的中点,  $OA=OC=L$ 。小球  $b$  质量为  $m$ , 带电荷量为  $-q$ , 套在直杆上, 从  $A$  点由静止开始下滑, 第一次经过  $B$  点时速度是  $v$ , 运动到  $C$  点时速度为  $0$ 。在  $+Q$  产生的电场中取  $C$  点的电势为  $0$ , 重力加速度为  $g$ , 最大静摩擦力等于滑动摩擦力。下列说法正确的是



- A. 小球  $b$  经过  $B$  点时加速度为  $0$



B. 小球 b 从 A 点到 C 点过程中产生的内能为  $\sqrt{3}mgL$

C. 小球 b 的电势能最小值为  $-\frac{1}{2}mv^2$

D. 小球 b 到 C 点后又从 C 点返回到 A 点

## 第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15. (10 分)

(1) 用单摆测重力加速度实验中，单摆摆线长为  $l$ ，摆球直径为  $d$ ，用秒表测得  $n$  个周期的总时间为  $t$ ，圆周率为  $\pi$ ，则实验中重力加速度的表达式  $g=$ \_\_\_\_\_

(2) 某同学采用图 1 所示的电路图测量一节干电池的电动势和内阻。

①实验时，闭合开关 S 前，滑动变阻器的滑片 P 应处在\_\_\_\_\_ (填“M”或“N”)端。

②按照图 1 连接实物图，如图 2 所示。闭合开关前检查电路时，发现有一根导线接错，该导线为\_\_\_\_\_ (填“a”“b”或“c”)。该错误连接会带来的是\_\_\_\_\_

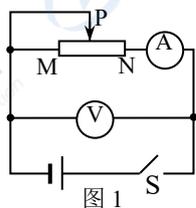


图 1

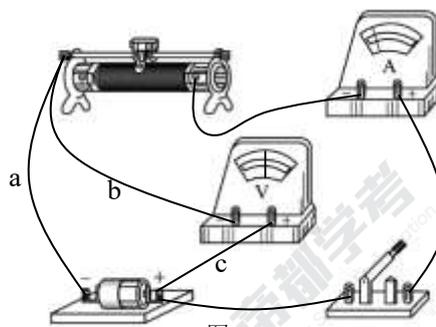


图 2

(3) 如图 3 所示，用伏安法测量待测电阻  $R_x$  的阻值，M、N 间电压为  $U_0$  保持不变。选用三种不同规格的滑动变阻器，最大阻值分别是  $R_1=5\Omega$ ， $R_2=20\Omega$ ， $R_3=200\Omega$ ，从左向右移动滑片 P，研究待测电阻  $R_x$  两端的电压  $U$  与滑片的滑动距离  $L$  (滑片从左向右滑动的最大距离为  $L_0$ ) 的关系，获得如图 4 所示的数据结果。请你结合数据结果判断：在使用图 3 所示电路测量待测电阻  $R_x$  阻值的实验中，选择哪一种规格的滑动变阻器最合适，简要说明理由。

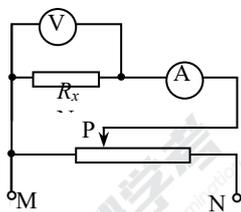


图 3

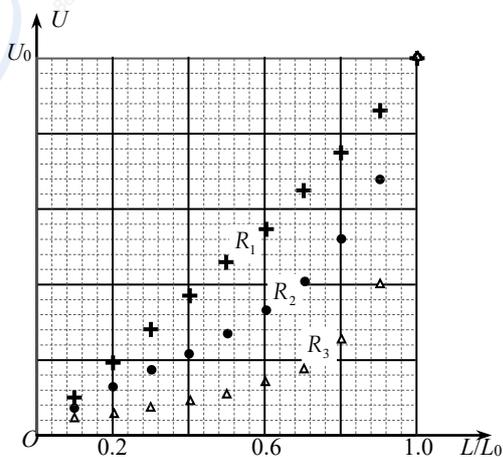


图 4

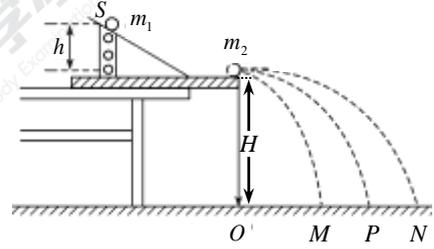


16. (8分)

如图所示，用“碰撞实验器”可以验证动量守恒定律。

(1) 图中 $O$ 点是小球抛出点在地面上的垂直投影。实验时，先让入射球 $m_1$ 多次从斜轨上 $S$ 位置由静止释放，找到其平均落点的位置 $P$ ，测量平抛射程 $OP$ 。然

后，把被碰小球 $m_2$ 静置于轨道的水平部分，再将入射球 $m_1$ 从斜轨上 $S$ 位置由静止释放，与小球 $m_2$ 相碰，并多次重复。接下来要完成的必要步骤是\_\_\_\_\_



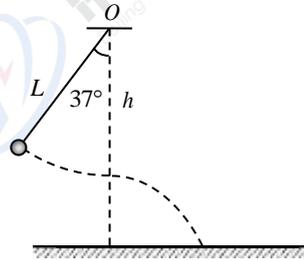
- A. 用天平分别测量两个小球的质量 $m_1$ 、 $m_2$
- B. 测量小球 $m_1$ 开始释放时的高度 $h$
- C. 测量抛出点距地面的高度 $H$
- D. 分别找到 $m_1$ 、 $m_2$ 相碰后平均落点的位置 $M$ 、 $N$ ，测量 $OM$ 、 $ON$ 的长度

(2) 若两球相碰前后的动量守恒，其表达式可表示为\_\_\_\_\_ (用前面测量的量表示)。

(3) 有同学认为若碰撞是弹性碰撞，则 $ON=OM+OP$ ，请判断该同学的结论是否正确，并说明理由。

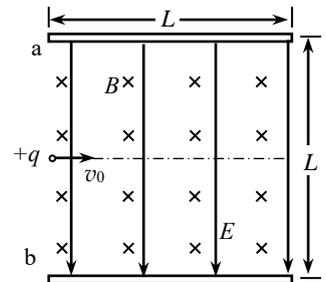
17. (9分) 如图所示，把一个质量  $m = 0.1 \text{ kg}$  的小钢球用细线悬挂起来，就构成一个摆。悬点  $O$  距地面的高度  $h = 1.45\text{m}$ ，摆长  $L = 1\text{m}$ 。将摆球拉至摆线与竖直方向成  $37^\circ$  角的位置，由静止释放，忽略空气阻力，取重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ 。

- (1) 求小球运动到最低点时细线对小球拉力的大小  $F$ ；
- (2) 若小球运动到最低点时细线断了，小球沿水平方向抛出，求它做平抛运动水平位移的大小  $x$ ；
- (3) 求小球落地时重力的瞬时功率  $P$ 。



18. (9分) 如图所示，水平放置的两块带电金属极板 a、b 平行正对，极板长度和极板间距都为  $L$ ，板间存在方向竖直向下、场强大小为  $E$  的匀强电场和垂直于纸面向里的匀强磁场。一质量为  $m$ 、带电荷量为  $+q$  的粒子，以水平速度  $v_0$  从两极板的左端正中央射入极板间，恰好做匀速直线运动。不计粒子的重力及空气阻力。

- (1) 求匀强磁场磁感应强度  $B$  的大小；
- (2) 若撤去磁场，粒子能从极板间射出，求粒子刚穿出电场时的动能  $E_k$ ；
- (3) 若撤去电场，调整磁感应强度  $B$  的大小使粒子刚好能从极板 a 的右端射出，求粒子穿过磁场过程中运动方向的偏转角度  $\theta$ 。

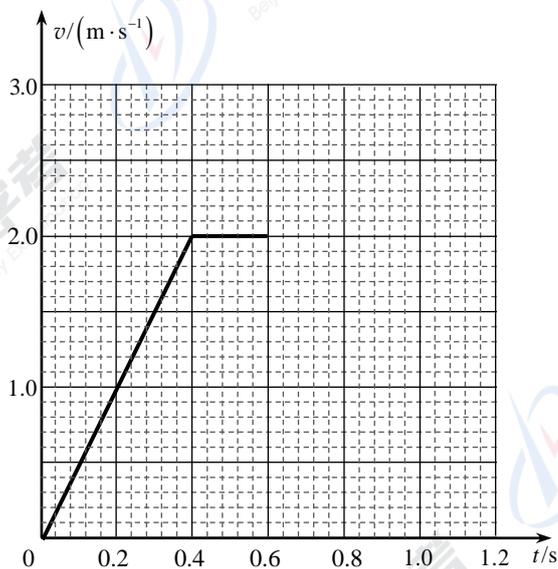
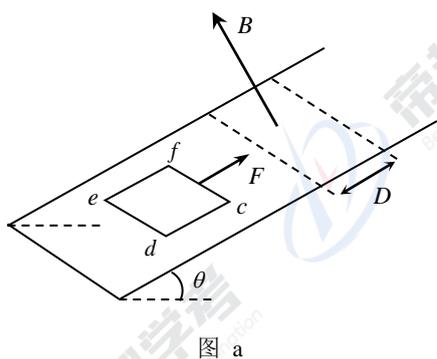


19. (10分) 如图 a 所示，在足够长的倾角  $\theta = 30^\circ$  的光滑斜面上，宽度  $D = 0.4\text{m}$  的区域有垂直斜面向上的匀强磁场，磁感应强度大小  $B = 0.5\text{T}$ ，单匝矩形线框  $cdef$  质量  $m = 0.1\text{kg}$ ，总电阻  $R = 0.25\Omega$ 。从  $t = 0$  时刻



开始，线框受到沿斜面向上的恒力  $F$ ，从静止开始沿斜面向上做直线运动，线框速度  $v$  随时间  $t$  变化的部分图像如图 b 所示。已知线框  $cd$  边的长度与磁场宽度  $D$  相等，重力加速度  $g=10\text{m/s}^2$ 。

- (1) 求恒力  $F$  的大小；
- (2) 求线框  $cf$  边的长度  $L$ ；
- (3) 求整个过程中线框产生的焦耳热  $Q$ ；
- (4) 请在图 b 中画出 0.6s 后线框速度随时间变化的图像。



20. (12 分) 黑洞是爱因斯坦广义相对论预言的一种质量极大的天体，即使光也不能逃离它的引力，因而无法通过光学观测直接确定黑洞的存在。但可以通过恒星运动、黑洞边缘的吸积盘及喷流乃至引力波来进行探测。已知引力常量为  $G$ ，光在真空中的传播速度为  $c$ 。

- (1) 因为黑洞对其他天体具有强大的引力影响，可以通过其他天体的运动来推测黑洞的存在。天文学家观测到一恒星独自在宇宙中做周期为  $T_0$ 、半径为  $r_0$  的匀速圆周运动，由此猜测，圆周轨道的中心可能有个黑洞。请利用所学知识推测该黑洞的质量  $M_0$ ；
- (2) 2019 年 4 月 10 日，天文学家公布了首次直接拍摄到黑洞的照片。此次探测动用了遍布全球的 8 个毫米/亚毫米波射电望远镜，组成了一个“事件视界望远镜”，该虚拟望远镜通过观测黑洞边缘的喷射情况而得到黑洞的照片。已知此次探测中，该虚拟望远镜单位面积上接收到的功率为  $P_1$ ，该黑洞到地球的距离为  $r_1$ 。求此次观测中黑洞边缘的喷射功率  $P$ ；
- (3) 严格解决黑洞问题需要利用广义相对论的知识，但早在相对论提出之前就有人利用牛顿力学体系预言过黑洞的存在。在牛顿力学中，当两个质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$  的质点相距  $r$  时具有引力势能  $E_p = -G \frac{m_1 m_2}{r}$ （规定无穷远处势能为零）。假定黑洞是质量分布均匀的球形天体，有一黑洞质量为  $M_1$ ，请利用所学知识推测它可能的最大半径  $R$ 。



# 参考答案

第一部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。

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

第二部分共 5 题，共 58 分。

15. (1)  $\frac{2\pi^2 n^2 (2l+d)}{t^2}$  (2分);

(2) ①M (2分); ②c; 开关不是接在干路上，无法控制电压表，闭合前电压表已经有示数，应该将 c 线接电源正极端改接至开关右端。(4分)

(3) 滑动变阻器  $R_1$  最合适；使用  $R_1$  可使待测电阻两端的电压随滑动头移动趋近线性变化，方便调节使用。(2分)

16. (1) AD (2分); (2)  $m_1 \cdot OP = m_1 \cdot OM + m_2 \cdot ON$  (2分)

(3) 结论正确；弹性碰撞动量守恒、机械能守恒，即

$$m_1 \cdot OP = m_1 \cdot OM + m_2 \cdot ON, \quad m_1 \cdot OP^2 = m_1 \cdot OM^2 + m_2 \cdot ON^2,$$

$$\text{解得 } OM = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} OP, \quad ON = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} OP, \quad \text{可得 } ON = OM + OP \text{ (4分)}$$

17. (9分)

(1) 由机械能守恒定律  $mgL(1 - \cos 37^\circ) = \frac{1}{2}mv^2$  解得  $v = 2\text{m/s}$  (1分)

由牛顿第二定律  $F - mg = m\frac{v^2}{L}$  (1分)

解得  $F = 1.4\text{N}$  (1分)

(2) 小球平抛运动  $h - L = \frac{1}{2}gt^2$

解得  $t = 0.3\text{s}$  (1分)

$$x = vt \text{ (1分)}$$

解得  $x = 0.6\text{m}$  (1分)

(3) 小球落地时  $v_y = gt$

解得  $v_y = 3\text{m/s}$  (1分)

重力的瞬时功率  $P = mgv_y$  (1分) 解得  $P = 3\text{W}$  (1分)

18. (9分)

(1) 由受力平衡  $qv_0B = qE$  解得  $B = \frac{E}{v_0}$  (3分)

(2) 粒子做类平抛运动  $L = v_0t$

$$y = \frac{1}{2}at^2$$



由牛顿第二定律

$$qE = ma$$

解得

$$y = \frac{qEL^2}{2mv_0^2}$$

由动能定理

$$qEy = E_k - \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得  $E_k = \frac{q^2 E^2 L^2 + m^2 v_0^4}{2mv_0^2}$  (3分)

(3) 粒子刚好从极板间射出, 如答图1所示, 由几何关系

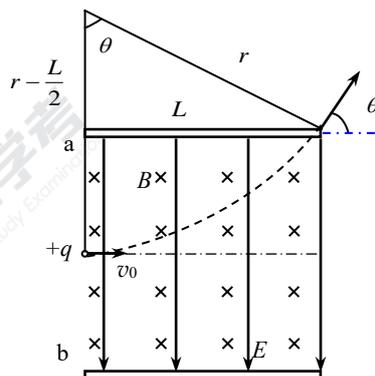
$$r^2 = L^2 + \left(r - \frac{L}{2}\right)^2$$

解得

$$r = \frac{5}{4}L$$

粒子偏转角等于圆心角  $\theta$

$$\sin \theta = \frac{L}{r} = \frac{4}{5} \quad \text{解得 } \theta = 53^\circ \quad (3分)$$



答图1

19. (10分)

(1) 由图像可知, 0-0.4s线框运动的加速度  $a = 5\text{m/s}^2$

由牛顿第二定律  $F - mg \sin \theta = ma$  解得  $F = 1\text{N}$  (3分)

(2) 线框进入磁场后匀速运动, 受力平衡

$$F = mg \sin \theta + BIL$$

由闭合电路欧姆定律  $I = \frac{BLv}{R}$

解得

$$L = 0.5\text{m} \quad (3分)$$

(3) 由于线框和磁场等宽, 线框穿过磁场的过程为匀速运动

$$2D = vt_1$$

解得

$$t_1 = 0.4\text{s}$$

由焦耳定律

$$Q = I^2 R t_1$$

解得

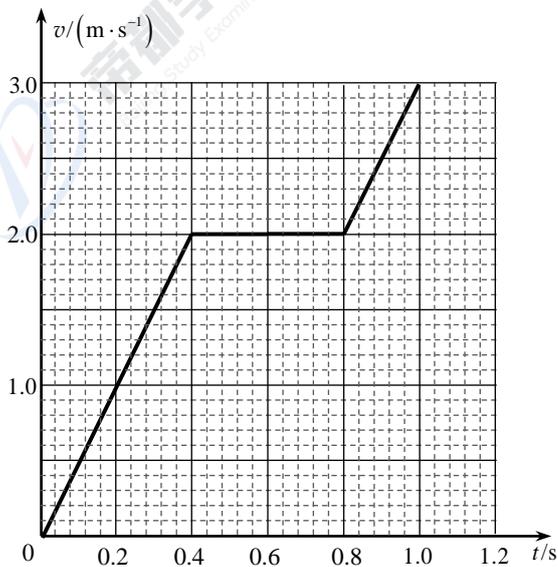
$$Q = 0.4\text{J} \quad (2分)$$

(4) 如答图2所示 (2分)

20. (12分)

(1) 设恒星质量为  $m$ , 由牛顿第二定律

$$\frac{GM_0 m}{r_0^2} = m \frac{4\pi^2 r_0}{T_0^2}$$



答图2

解得

$$M_0 = \frac{4\pi^2 r_0^3}{GT_0^2} \quad (4 \text{分})$$



(2) 由题意可知，以黑洞为中心， $r_1$ 为半径的球面上，单位面积上接收到的喷射功率为 $P_1$ ，则黑洞边缘的喷射功率 $P = 4\pi r_1^2 P_1$  (4分)

(3) 设质量为 $m$ 的物体，从黑洞表面至无穷远处，根据能量守恒定律

$$-\frac{GM_1 m}{R} + \frac{1}{2}mv^2 = 0 + 0 \quad \text{解得} \quad R = \frac{2GM_1}{v^2}$$

因为光也不能逃离黑洞，有 $v=c$ ，则黑洞的半径最大不能超过 $R = \frac{2GM_1}{c^2}$  (4分)