

## 2021 届高三第一次联考

## 物理试题

考试时间：2020 年 12 月 30 日下午 14:10—15:25

试卷满分 100 分

考试时间 75 分

钟

## 选择题部分

一、单项选择题：本题共 7 小题，每小题 4 分，共 28 分。每小题只有一项符合题目要求。

1. 在国际单位制中，力学的基本单位有：m(米)、kg(千克)、s(秒)，导出单位 W(瓦特)用上述基本单位可表示为

A.  $\text{m} \cdot \text{kg}^2 \cdot \text{s}^{-3}$

B.  $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$

C.  $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$

D.  $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

2. 伽利略在《关于两门新科学的对话》中写道：“我们将木板的一头抬高，使之略呈倾斜，再让铜球由静止滚下……为了测量时间，我们把一只盛水的大容器置于高处，在容器底部焊上一根口径很细的管子，用小杯子收集每次下降时由细管流出的水，然后用极精密的天平称水的重量……”。若将小球由静止滚下的距离记为  $L$ ，对应时间内收集的水的质量记为  $m$ ，则  $m$  与  $L$  的比例关系为

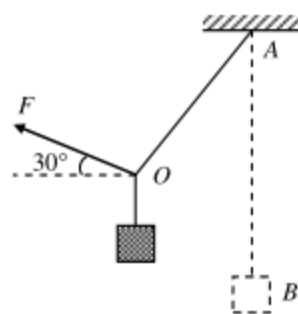
A.  $m \propto L$

B.  $m \propto \frac{1}{L}$

C.  $m \propto \sqrt{L}$

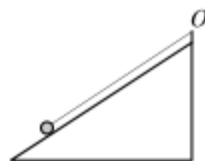
D.  $m \propto \frac{1}{\sqrt{L}}$

3. 如图所示，质量为  $m$  的物体用轻绳  $AB$  悬挂于天花板上。用方向始终与水平面成斜向上  $30^\circ$  的力  $F$  作用于绳上的  $O$  点，用  $T$  表示  $AO$  段绳上拉力的大小，在  $AO$  绳由竖直缓慢变为水平过程中

A.  $F$  逐渐变大， $T$  先变小后变大B.  $F$  逐渐变大， $T$  先变大后变小C.  $F$  逐渐变小， $T$  先变小后变大D.  $F$  逐渐变小， $T$  先变大后变小

4. 如图所示，一根不可伸长的轻绳一端系住小球，另一端固定在光滑直角斜劈顶端  $O$  点，轻绳与斜面平行，斜劈底面水平。使小球和斜劈做下列运动：

- ①一起水平向左加速；
- ②一起水平向右加速；
- ③一起竖直向上加速；
- ④一起竖直向下加速；
- ⑤绕过  $O$  点的竖直轴一起匀速转动。

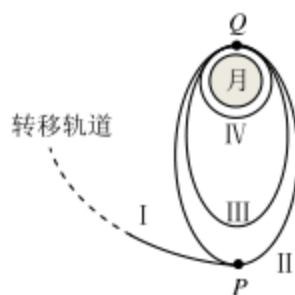


上述 5 种运动中，小球对斜面的压力可能为零的是

- A. ①②③      B. ②③⑤      C. ②④⑤      D. ①③④

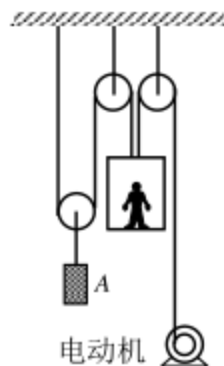
5. 飞天揽月，奔月取壤，嫦娥五号完成了中国航天史上一次壮举。如图所示为嫦娥五号着陆月球前部分轨道的简化示意图，I 是地月转移轨道，II、III 是绕月球运行的椭圆轨道，IV 是绕月球运行的圆形轨道。 $P$ 、 $Q$  分别为椭圆轨道 II 的远月点和近月点。已知圆轨道 IV 到月球表面的高度为  $h$ ，月球半径为  $R$ ，月球表面的重力加速度为  $g$ ，不考虑月球的自转，下列关于嫦娥五号说法正确的是

- A. 由 I 轨道进入 II 轨道需在  $P$  处向前喷气，由 II 轨道进入 III 轨道需在  $Q$  处向后喷气
- B. 在 II 轨道上稳定运行时经过  $P$  点的加速度大于经过  $Q$  点的加速度
- C. 在 III 轨道上的机械能比 IV 轨道上小
- D. 在 IV 轨道上绕月运行的速度大小为  $\sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$



6. 某种升降机的装置原理如图所示，各钢绳保持竖直方向，升降机只能在竖直方向运动。已知升降机和人的总质量为  $150\text{kg}$ ，配重  $A$  质量为  $200\text{kg}$ ，当电动机的输出功率为  $1.2\text{kW}$  时，若不计滑轮、钢绳的质量和所有摩擦损耗，升降机向上匀速运动的速度为 ( $g=10\text{m/s}^2$ )

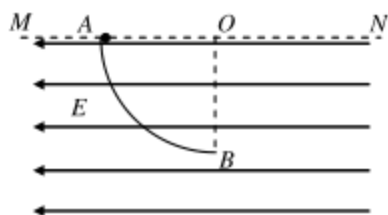
- A.  $1.2\text{m/s}$       B.  $1.6\text{m/s}$       C.  $2.4\text{m/s}$       D.  $4.8\text{m/s}$



7. 如图所示, 虚线  $MN$  下方存在着方向水平向左、范围足够大的匀强电场, 场强  $E = \frac{3mg}{4q}$ ,  $AB$

为绝缘光滑且固定的四分之一圆弧轨道, 轨道半径为  $R$ ,  $O$  为圆心,  $B$  位于  $O$  点正下方。一质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的带正电小球, 从  $A$  点由静止释放进入轨道。空气阻力不计, 下列说法正确的是

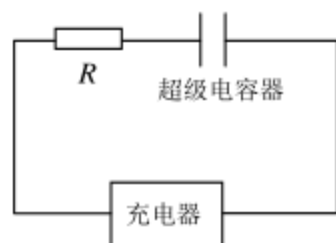
- A. 小球在运动过程中机械能守恒  
B. 小球不能到达  $B$  点  
C. 小球沿轨道运动的过程中, 对轨道的压力一直增大  
D. 小球沿轨道运动的过程中, 动能的最大值为  $\frac{1}{2}mgR$



二、多项选择题: 本题共 3 小题, 每小题 5 分, 共 15 分。每小题有多项符合题目要求。全部选对的得 5 分, 选对但不全的得 3 分, 有选错的得 0 分。

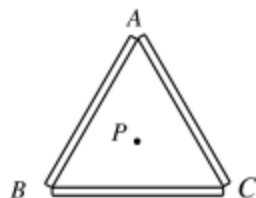
8. 超级电容器是电容  $C$  达到上千法拉甚至上万法拉的大容量电容器, 具有功率密度高、充电速度快、循环寿命长等优点。现采用如下图所示的电路对某个超级电容器充电。充电器具有控制输出电压和输出电流的功能。充电过程分为两个阶段: 第一阶段是恒流 (即充电器输出的电流不变) 充电, 当充电器检测到电压达到一定值后, 进入第二阶段, 进行恒压充电 (即充电器输出的电压不变), 直到充电终止。若电阻  $R$  阻值恒定, 关于充电过程, 下列说法正确的是

- A. 恒流充电时, 充电器的输出功率逐渐减小  
B. 恒流充电时, 超级电容器两端电压随时间均匀增加  
C. 恒压充电时, 电阻  $R$  两端的电压逐渐减小  
D. 恒压充电时, 充电器的输出功率逐渐增大



9. 如图所示, 三根均匀带电的等长绝缘棒组成等边三角形  $ABC$ , 在三角形的正中心  $P$  放置电荷量为  $-q$  ( $q > 0$ ) 的试探电荷, 所受电场力大小为  $F_1$ , 方向由  $P$  指向  $A$ 。将  $BC$  棒取走, 试探电荷所受电场力大小变为  $F_2$ , 方向由  $A$  指向  $P$ 。设  $AB$  棒在  $P$  处激发的电场强度大小为  $E_1$ ,  $BC$  棒在  $P$  处激发的电场强度大小为  $E_2$ , 则

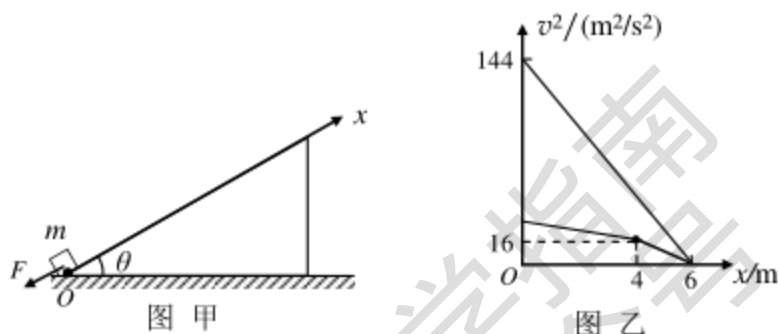
- A.  $AB$  棒带正电, 所带电荷量绝对值大于  $BC$  棒  
B.  $AB$  棒带负电, 所带电荷量绝对值小于  $BC$  棒



$$C. E_1 = \frac{F_1}{q} \quad E_2 = \frac{F_1 - F_2}{q}$$

$$D. E_1 = \frac{F_2}{q} \quad E_2 = \frac{F_1 + F_2}{q}$$

10. 如图甲所示, 质量  $m=1\text{kg}$  小物块在平行斜面向下的恒力  $F$  作用下, 从固定粗糙斜面底端开始以  $v_0=12\text{m/s}$  的初速度向上运动, 力  $F$  作用一段时间后撤去。以出发点  $O$  为原点沿斜面向上建立坐标系, 整个运动过程中物块速率的平方随位置坐标变化的关系图象如图乙所示, 斜面倾角  $\theta=37^\circ$ , 取  $\cos 37^\circ=0.8$ ,  $\sin 37^\circ=0.6$ ,  $g=10\text{m/s}^2$ , 下列说法正确的是



- A. 沿斜面上行阶段物体的加速度大小为  $24\text{m/s}^2$   
 B. 恒力  $F$  大小为  $4\text{N}$   
 C. 物块与斜面间的动摩擦因数为  $0.5$   
 D. 物块返回斜面底端时速度大小为  $4\sqrt{2}\text{m/s}$

11. (6 分)

硅光电池是一种太阳能电池, 具有广泛的应用。某课外兴趣小组设计了如图 (甲) 所示的电路, 在不变的光照条件下探究硅光电池组的输出电压和输出电流的关系。他们根据实验数据绘出电池组的输出电压和输出电流的关系图线如乙所示。

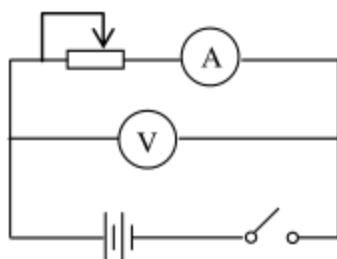


图 甲

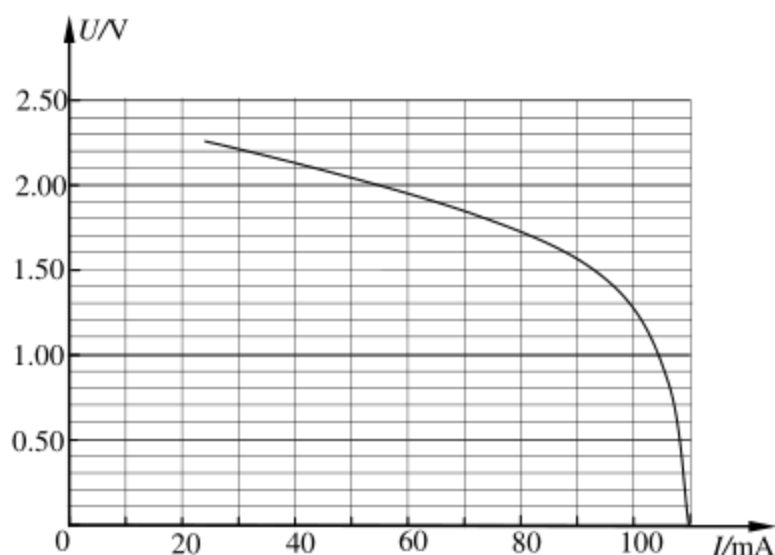


图 乙

(1) 关于本实验，下列说法正确的是\_\_\_\_\_。

- A. 这个实验的系统误差是由于电压表分流引起的
- B. 这个实验的系统误差是由于电流表分压引起的
- C. 仅把滑动变阻器和电流表换成电阻箱，其他器材都不变，也可以完成实验
- D. 仅把滑动变阻器和电流表换成电阻箱，其他器材都不变，无法完成实验

(2) 在题中所述光照条件下，将一个  $20\Omega$  的负载电阻接在该硅光电池组两端，电池组的输出功率约为\_\_\_\_\_W。（结果保留 2 位有效数字）

12. (10 分)

2020 年 12 月 8 日，中尼两国共同宣布了珠穆朗玛峰的最新高度为海拔 8848.86 米，此次珠峰高度测量实现了北斗卫星导航系统首次应用、首次实测珠峰峰顶重力值等多项第一。同时，雪深探测雷达、重力仪、超长距离测距仪等一大批国产现代测量设备纷纷亮相。重力仪的内部包含了由弹簧组成的静力平衡系统。

为测量某弹簧劲度系数，某探究小组设计了如下实验，实验装置如下图（1）图（2）所示，角度传感器与可转动“T”形螺杆相连，“T”形螺杆上套有螺母，螺母上固定有一个力传感器，力传感器套在左右两个固定的套杆（图 2 中未画出）上，弹簧的一端挂在力传感器下端挂钩上，另一端与铁架台底座的固定点相连。

当角度传感器顶端转盘带动“T”形螺杆转动时，力传感器会随着“T”形螺杆旋转而上下平移，弹簧长度也随之发生变化。



图 1

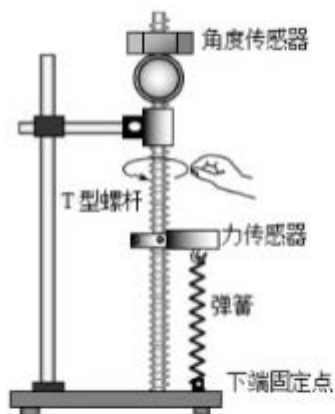


图 2

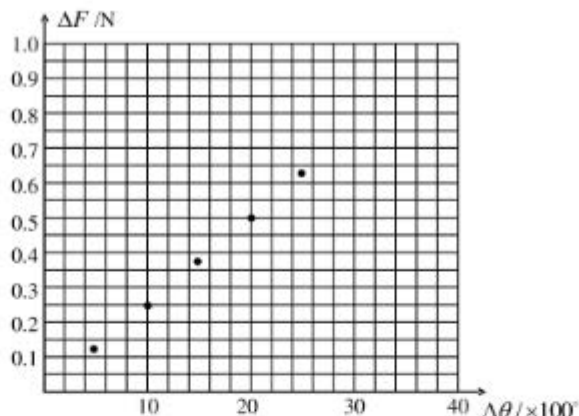
(1) 已知“T”形螺杆的螺纹间距  $d=4.0 \times 10^{-3}$  m, 当其旋转  $300^\circ$  时, 力传感器在竖直方向移动 \_\_\_\_\_ m。(结果保留 2 位有效数字)

(2) 该探究小组操作步骤如下:

- ① 旋转螺杆使初状态弹簧长度大于原长。
- ② 记录初状态力传感器示数  $F_0$  以及角度传感器示数  $\theta_0$ 。
- ③ 旋转“T”形螺杆使弹簧长度增加, 待稳定后, 记录力传感器示数  $F_1$ , 其增加值  $\Delta F_1 = F_1 - F_0$ ; 角度传感器示数  $\theta_1$ , 其增加值  $\Delta \theta_1 = \theta_1 - \theta_0$ 。
- ④ 多次旋转“T”形螺杆, 重复步骤③的操作, 在表格中记录多组  $\Delta F$ 、 $\Delta \theta$  值:

| 序号 | $\Delta F$ (单位: N) | $\Delta \theta$ (单位: $^\circ$ ) |
|----|--------------------|---------------------------------|
| 1  | 0.121              | 499.7                           |
| 2  | 0.247              | 999.9                           |
| 3  | 0.373              | 1500.5                          |
| 4  | 0.498              | 2000.2                          |
| 5  | 0.623              | 2500.6                          |
| 6  | 0.747              | 3000.3                          |

下图已描出 5 个点, 请将剩余点在图中描出并连线。

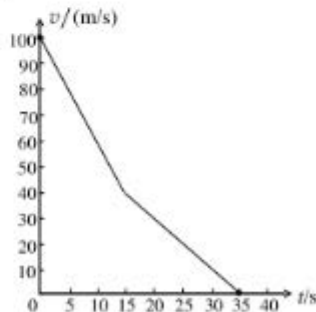


⑤用  $\Delta F$ 、 $\Delta\theta$  (单位为度)、 $d$  三个量计算弹簧劲度系数  $k$  的表达式为\_\_\_\_\_；结合图线算出弹簧的劲度系数  $k$  = \_\_\_\_\_ N/m。(结果保留 2 位有效数字)

### 13. (12 分)

航天飞机着陆时速度很大，常用阻力伞使它减速。阻力伞也叫减速伞，可有效减少飞机着陆时滑行的距离。航天飞机在平直的跑道上降落时，若不考虑空气阻力与速度的关系，其减速过程可以简化为两个匀减速直线运动。在某次降落过程中，航天飞机以水平速度  $v_0=100\text{m/s}$  着陆后，立即打开阻力伞减速，以大小为  $a_1$  的加速度做匀减速运动，经时间  $t_1=15\text{s}$  后阻力伞脱离，航天飞机再以大小为  $a_2$  的加速度做匀减速直线运动直至停止，其着陆到停止的速度—时间图线简化后如图所示。已知飞机滑行的总距离为  $x=1450\text{m}$ ， $g=10\text{m/s}^2$ ，求：

- (1) 阻力伞脱离以后航天飞机的加速度  $a_2$  的大小。
- (2) 使用减速伞使航天飞机的滑行距离减小了多少米？

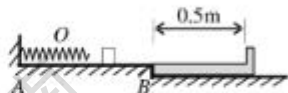


## 14. (13 分)

如图所示,光滑平台  $AB$  左端墙壁固定有一个轻弹簧,弹簧右侧有一个质量为  $m$  的小物块。紧靠平台右端放置一个带挡板的木板,木板质量  $m_1=1\text{kg}$ ,上表面长度  $L=0.5\text{m}$ 。物块与木板上表面、木板与地面的动摩擦因数均为  $\mu=0.2$ ,且最大静摩擦力等于滑动摩擦力。已知弹簧被压缩至  $O$  点时弹性势能为  $E_{p0}=3\text{J}$ ,重力加速度取  $10\text{m/s}^2$ 。物块与木板右端挡板发生的碰撞为完全非弹性碰撞。

(1) 若  $m=2\text{kg}$ ,利用外力使物块向左压缩弹簧至  $O$  点,然后由静止释放,求最终木板向右滑行的距离  $x$ 。

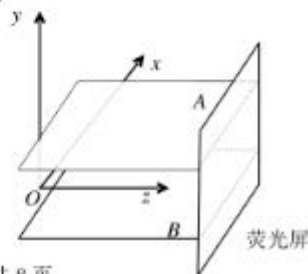
(2) 若仅改变物块质量  $m$ ,其他条件不变,仍旧将物块压缩到  $O$  点由静止释放,问  $m$  为多大时木板向右滑行的距离最大? 求出这个最大距离。



## 15. (16 分)

如图所示,真空中有两块正方形平行正对金属极板  $A, B$ ,边长为  $L=10\text{cm}$ ,两板间距  $d=1\text{cm}$ 。紧贴两极板右边缘有一个与极板同宽,上下长度足够长的荧光屏。在  $A, B$  间加  $U=100\text{V}$  恒定电压,  $B$  板电势较高。在两板左端面正中央位置  $O$  处有一离子源。以  $O$  点为原点,以垂直于荧光屏方向为  $z$  轴,垂直于极板方向为  $y$  轴,平行于荧光屏方向为  $x$  轴,建立图示坐标系。离子源发射的正离子的比荷为  $\frac{q}{m}=10^8\text{C/kg}$ ,离子的速度大小介于  $0$  到  $2\times 10^6\text{m/s}$  之间,打在极板上的离子均被吸收。

- (1) 若离子源沿  $z$  轴正方向不断发射离子,试求能打在荧光屏上的离子的速度范围?
- (2) 若离子源发射了一个离子,分速度分别为  $v_x=5\times 10^5\text{m/s}$ ,  $v_y=0$ ,  $v_z=1.5\times 10^6\text{m/s}$ ,求该离子打在荧光屏上点的坐标。
- (3) 若离子源沿  $xOz$  平面内各方向发射离子,且所有离子的速度大小均为  $2\times 10^6\text{m/s}$ ,写出这些离子打在荧光屏上的图像的坐标  $x, y$  满足的关系式。



# 2021 届高三第一次联考

## 物理参考答案

2020.12.30

评分说明：

1. 考生如按其他方法或步骤解答，正确的，同样给分；有错的，根据错误的性质，参照评分参考中相应的规定评分。
2. 计算题只有最后答案而无演算过程的，不给分；只写出一般公式但未能与试题所给的具体条件联系的，不给分。

一、选择题（单选  $4 \times 7 = 28$  分，多选  $5 \times 3 = 15$ ，共 43 分）

1. B    2. C    3. A    4. C    5. D    6. C    7. D    8. BC    9. BD    10. CD

二、非选择题

11. (6 分)

(1) AC (3 分)

(2)  $0.14 \pm 0.01 \text{ W}$  (3 分)

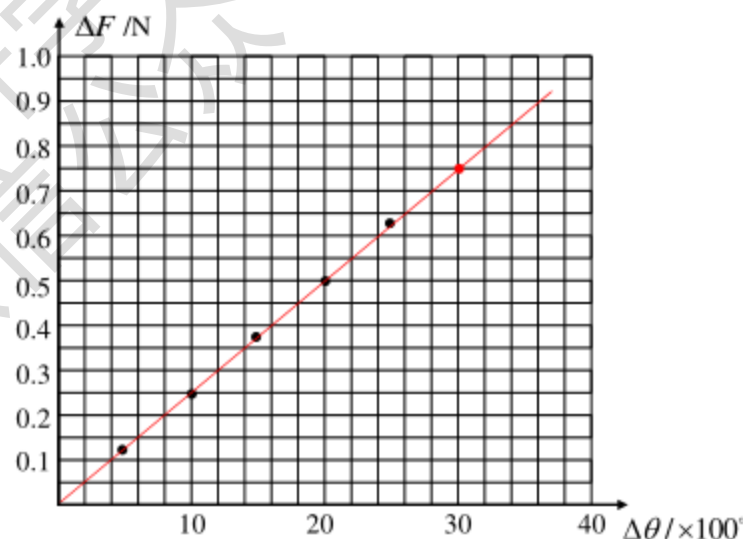
12. (10 分)

(1)  $3.3 \times 10^{-3}$  (2 分)

(2) ④ 如右图 (2 分)

$$\textcircled{5} k = \frac{\Delta F \times 360^\circ}{d\Delta\theta} \quad (3 \text{ 分})$$

22.3-22.7 (3 分)



13. (12 分)

(1) 设飞阻力伞脱离时速度为  $v$ ，由图像可知，脱离后继续运动  $t_2 = 20\text{s}$  停下，由运动学公式

$$\frac{v_0 + v}{2} t_1 + \frac{v}{2} t_2 = x \quad \textcircled{1}$$

解得

$$v = 40 \text{ m/s}$$

阻力伞脱离后，由加速度定义

$$a_2 = \frac{v-0}{t_2} \quad ②$$

解得

$$a_2 = 2\text{m/s}^2 \quad ③$$

(2) 设没有阻力伞飞机停下来的位移为  $x_3$ ，由运动学公式

$$x_3 = \frac{v_0^2 - 0}{2a_2} \quad ④$$

解得

$$x_3 = 2500\text{m}$$

使用阻力伞使飞机的滑行距离减小

$$\Delta x = x_3 - x \quad ⑤$$

解得

$$\Delta x = 1050\text{m} \quad ⑥$$

评分参考：第(1)问6分，①②③式各2分；第(2)问6分，④⑤⑥式各2分。其他解法参照给分。

14. (13分)

(1) 设物块滑上木板前、与木板碰撞前的速度分别为  $v_0$ 、 $v_1$ ，由能量守恒

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = E_{p0} \quad ①$$

物块在木板上滑行时，木板不动，对物块，由动能定理

$$-\mu mgL = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad ②$$

设物块与木板碰撞后速度为  $v_2$ ，碰撞过程动量守恒

$$mv_1 = (m_1 + m)v_2 \quad ③$$

碰撞后，两者一起减速，由动能定理

$$-\mu(m_1 + m)gx = 0 - \frac{1}{2}(m_1 + m)v_2^2 \quad ④$$

联立①②③④解得

$$x = \left(\frac{m}{m_1 + m}\right)^2 \left(\frac{E_{p0}}{m\mu g} - L\right) \quad ⑤$$

代入数据得

$$x = \frac{1}{9}\text{m} \quad ⑥$$

(2) 将⑤式代入数据整理得

$$x = \frac{-\frac{1}{2}(m^2 - 3m)}{(m+1)^2}$$

⑦

将⑦式去分母整理得

$$(x + \frac{1}{2})m^2 + (2x - \frac{3}{2})m + x = 0$$

此式为  $m$  的二次方程, 要  $m$  有解, 须判别式大于零, 即

$$\Delta = (2x - \frac{3}{2})^2 - 4x(x + \frac{1}{2}) \geq 0 \quad \text{⑧}$$

$$x \leq \frac{9}{32} \text{ m}.$$

故最大值

$$x = \frac{9}{32} \text{ m}, \quad \text{⑨}$$

代入⑦式得

$$m = \frac{3}{5} \text{ kg} \quad \text{⑩}$$

【方法二】求第⑦式最值也可用如下方法

$$x = -\frac{1}{2} + \frac{\frac{5}{2}m + \frac{1}{2}}{(m+1)^2}$$

令  $u = \frac{5}{2}m + \frac{1}{2}$ , 则

$$x = -\frac{1}{2} + \frac{25}{4} \frac{u}{(u+2)^2}$$

故

$$x = -\frac{1}{2} + \frac{25}{4} \frac{1}{u + \frac{4}{u} + 4}$$

可知, 当  $u=2$  时,  $x$  取最大值, 此时  $m = \frac{3}{5} \text{ kg}$ ,  $x = \frac{9}{32} \text{ m}$

评分参考：第（1）问 8 分，②④⑥各 2 分，①③各 1 分；第（2）问 5 分，⑦（或者⑤）2 分，⑨⑩共 3 分，得出其中某一个结果得 2 分（含数学极值处理的得分），再得到另一结果得 1 分。【方法二】参照方法一评分。

15.（16 分）

（1）设发射速度为  $v_0$  的离子刚好打在极板边缘，离子在  $z$  方向做匀速直线运动

$$L = v_0 t_0 \quad ①$$

$y$  方向做匀加速直线运动

$$\frac{d}{2} = \frac{1}{2} a t^2 \quad ②$$

$$Eq = ma \quad ③$$

$$E = \frac{U}{d} \quad ④$$

由①②③④联立解得

$$v_0 = \sqrt{\frac{UqL^2}{md^2}} = 10^6 \text{ m/s} \quad ⑤$$

因此，速度介于  $10^6 \text{ m/s}$  到  $2 \times 10^6 \text{ m/s}$  之间的离子能达到荧光屏上。⑥

（2）离子在  $x$ 、 $z$  方向做匀速直线运动

$$x = v_x t_1 \quad ⑦$$

$$L = v_z t_1 \quad ⑧$$

故

$$x = \frac{Lv_x}{v_z} = \frac{10}{3} \text{ cm}$$

离子在  $y$  方向做匀加速直线运动

$$y = \frac{1}{2} a t_1^2 \quad ⑨$$

联立②③⑧得

$$y = \frac{UqL^2}{2mv_z^2 d} = \frac{2}{9} \text{ cm} \quad ⑩$$

该离子打在荧光屏上点的坐标为  $(\frac{10}{3} \text{ cm}, \frac{2}{9} \text{ cm}, 10 \text{ cm})$

（3）设离子发射速度方向与  $z$  轴夹角为  $\theta$ ，记  $v = 2 \times 10^6 \text{ m/s}$ ，则离子在  $x$ 、 $z$  方向的分速度分别为  $v_x = v \sin \theta$ ， $v_z = v \cos \theta$

离子  $z$  方向和  $x$  方向都做匀速直线运动，故打到屏上位置的  $x$  坐标

$$x = L \tan \theta \quad (11)$$

y 方向做匀变速直线运动，由第 (2) 问结果可得，离子打在屏上位置的 y 坐标

$$y = \frac{aL^2}{2v^2 \cos^2 \theta} \quad (12)$$

$$\text{其中 } a = \frac{Uq}{md} = 10^{12} \text{ m/s}^2$$

利用  $\tan^2 \theta + 1 = \frac{1}{\cos^2 \theta}$ ，由 (11)(12) 式消去  $\theta$  可得

$$\left(\frac{x}{L}\right)^2 + 1 = \frac{2v^2 y}{aL^2}$$

整理得

$$y = \frac{a}{2v^2} (x^2 + L^2)$$

代入数据得

$$y = \frac{1}{8} (x^2 + \frac{1}{100}) \quad (x, y \text{ 单位都取为 m}) \quad (13)$$

故图像为一条抛物线。

【方法二】设离子发射时的 x、z 方向的分速度分别为  $v_x$ 、 $v_z$

z 方向和 x 方向都做匀速直线运动，故轰击到屏上的 x 坐标

$$x = \frac{v_x}{v_z} L$$

y 方向做匀变速直线运动，由 (2) 问的计算可得，离子轰击到荧光屏上 y 坐标

$$y = \frac{aL^2}{2v_z^2}$$

$$\text{其中 } a = \frac{Uq}{md} = 10^{12} \text{ m/s}^2$$

离子的速度大小满足

$$v_x^2 + v_z^2 = v^2$$

消去  $v_x$ 、 $v_z$  得

$$\frac{a}{2} \frac{x^2}{y} + \frac{aL^2}{2y} = v^2$$

整理得

$$x = L \tan \theta \quad (11)$$

y 方向做匀变速直线运动，由第 (2) 问结果可得，离子打在屏上位置的 y 坐标

$$y = \frac{aL^2}{2v^2 \cos^2 \theta} \quad (12)$$

$$\text{其中 } a = \frac{Uq}{md} = 10^{12} \text{ m/s}^2$$

利用  $\tan^2 \theta + 1 = \frac{1}{\cos^2 \theta}$ ，由⑪⑫式消去  $\theta$  可得

$$\left(\frac{x}{L}\right)^2 + 1 = \frac{2v^2 y}{aL^2}$$

整理得

$$y = \frac{a}{2v^2} (x^2 + L^2)$$

代入数据得

$$y = \frac{1}{8} (x^2 + \frac{1}{100}) \quad (x, y \text{ 单位都取为 m}) \quad (13)$$

故图像为一条抛物线。

【方法二】设离子发射时的 x、z 方向的分速度分别为  $v_x$ 、 $v_z$

z 方向和 x 方向都做匀速直线运动，故轰击到屏上的 x 坐标

$$x = \frac{v_x}{v_z} L$$

y 方向做匀变速直线运动，由 (2) 问的计算可得，离子轰击到荧光屏上 y 坐标

$$y = \frac{aL^2}{2v_z^2}$$

$$\text{其中 } a = \frac{Uq}{md} = 10^{12} \text{ m/s}^2$$

离子的速度大小满足

$$v_x^2 + v_z^2 = v^2$$

消去  $v_x$ 、 $v_z$  得

$$\frac{a}{2} \frac{x^2}{y} + \frac{aL^2}{2y} = v^2$$

整理得