

## 2018 年全国高考一模试卷（新课标Ⅲ卷）物理

一、选择题：本题共 8 小题，每小题 6 分。在每小题给出的四个选项中，第 1~5 题只有一项符合题目要求，第 6~8 题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错或不答的得 0 分。

1. (6 分) 关于近代物理的相关知识，下列说法正确的是( )

- A. 根据玻尔原子理论，氢原子的核外电子由能量较高的定态轨道跃迁到能量较低的定态轨道时，会辐射一定频率的光子，同时核外电子的动能变小
- B. 汤姆孙根据气体放电管实验断定阴极射线是带负电的粒子流，并求出了这种粒子的比荷
- C. 玻尔大胆提出假设，认为实物粒子也具有波动性
- D. 玻尔将量子观念引入原子领域，成功地解释了所有原子光谱的实验规律

解析：A、能级跃迁时，由于高能级轨道半径较大，速度较小，电势能较大，故氢原子的核外电子由较高能级跃迁到较低能级时，要释放一定频率的光子，同时电子的动能增大，电势能减小，故 A 错误；

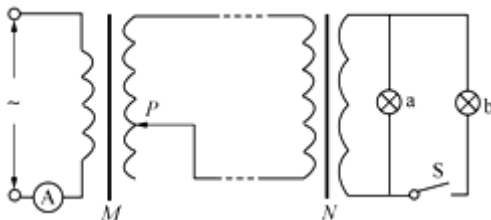
B、汤姆孙通过研究求出了阴极射线的比荷，明确阴极射线是电子，故 B 正确；

C、德布罗意大胆提出假设，认为实物粒子也具有波动性，故 C 错误；

D、玻尔原子理论第一次将量子观念引入原子领域，成功地解释了氢原子光谱的实验规律，不能解释所有原子光谱的实验规律，故 D 错误。

答案：B

2. (6 分) 如图所示为远距离输电的简易图，其中升压变压器 M 副线圈的匝数可通过滑动触头 P 调节，除升压变压器 M 副线圈与降压变压器 N 原线圈之间导线的电阻不能忽略外，其余部分的电阻均可忽略，其中灯泡 a、b 的电阻值不受温度的影响。保持滑动触头的位置不变，断开开关 S，灯泡 a 发光。则下列说法正确的是( )



- A. 保持滑动触头的位置不变，闭合开关，灯泡 a 的亮度变亮
- B. 保持滑动触头的位置不变，闭合开关，输电线上损耗的功率增大
- C. 保持开关闭合，将滑动触头向下滑动，输电线上损耗的功率减小
- D. 保持开关闭合，将滑动触头向上滑动，电流表的读数增大

解析：AB、闭合开关，负载电阻减小，变压器 N 副线圈中的电流增大，根据变压器的工作原理可知，变压器 N 原线圈中的电流增大，即输电线上的电流增大，输电线上损失的电压  $\Delta U = Ir$  增大，损失的功率  $\Delta P = I^2 r$  增大，变压器 N 的输入电压  $U_3 = U_2 - Ir$  减小，所以输出电压  $U_4$  减小，即灯泡 a 两端的电压减小，则灯泡 a 的亮度变暗，A 错误，B 正确；

C、保持开关闭合，将滑动触头向下滑动，变压器 M 副线圈的匝数增大，根据变压器的工作原理， $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$  可知， $U_2$  增大，所以变压器 N 的输入电压  $U_3$  增大，输出电压  $U_4$  增大，再结

合欧姆定律  $I_4 = \frac{U_4}{R}$  的负载电流增大，整个电路中的电流增大，则输电线路上的损失功率  $\Delta$

$P = I^2 r$  增大，故 C 错误；

D、保持开关闭合，将滑动触头向上滑动，同理可得输电线中的电流减小，电流表读数减小，故 D 错误。

答案：B

3. (6分) 我国ETC(电子不停车收费系统)已实现全国联网,大大缩短了车辆通过收费站的时间。一辆汽车以20m/s的速度驶向高速收费口,到达自动收费装置前开始做匀减速直线运动,经4s的时间速度减为5m/s且收费完成,司机立即加速,产生的加速度大小为 $2.5\text{m/s}^2$ ,假设汽车可视为质点。则下列说法正确的是( )

- A. 汽车开始减速时距离自动收费装置110 m
- B. 汽车加速4 s后速度恢复到20 m/s
- C. 汽车从开始减速到速度恢复到20 m/s通过的总路程为125 m
- D. 汽车由于通过自动收费装置耽误的时间为4 s

解析: A、根据平均速度的推论知,汽车开始减速时距离自动收费装置的距离

$$x_1 = \frac{v_0 + v}{2} t_1 = \frac{20 + 5}{2} \times 4\text{m} = 50\text{m}, \text{ 故 A 错误。}$$

B、汽车恢复到20m/s所需的时间 $t_2 = \frac{v_0 - v}{a_2} = \frac{20 - 5}{2.5}\text{s} = 6\text{s}$ , 故 B 错误。

C、汽车加速运动的位移 $x_2 = \frac{v_0 + v}{2} t_2 = \frac{20 + 5}{2} \times 6\text{m} = 75\text{m}$ , 则总路程

$$x = x_1 + x_2 = 50 + 75\text{m} = 125\text{m}, \text{ 故 C 正确。}$$

D、这段路程匀速运动通过的时间 $t = \frac{x}{v_0} = \frac{125}{20}\text{s} = 6.25\text{s}$ , 则通过自动收费装置耽误的时间

$$\Delta t = t_1 + t_2 - t = 4 + 6 - 6.25\text{s} = 3.75\text{s}, \text{ 故 D 错误。}$$

答案: C

4. (6分) 新的一年,我校足球活动蓬勃开展,在一场比赛中,小明掷界外球给小华,他将足球水平掷出时的照片如图所示。掷出后的足球可视为做平抛运动。掷出点的实际高度为1.8m,小华的高度为1.6m,根据照片估算,则下列说法中正确的是( )



- A. 为使足球恰好落在小华头顶,小明掷足球的初速度约为30 m/s
- B. 小明减小掷出点的实际高度,则足球落点一定在小华前面
- C. 小明增大掷足球的初速度,则足球落点一定在小华后面
- D. 为使足球恰好落在小华脚下,小明掷足球的初速度约为20 m/s

解析: A、球做平抛运动,根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 可得足球在空中运动的时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ,由于足球恰

好落在小华的头顶,则 $t_1 = \sqrt{\frac{2 \times (1.8 - 1.6)}{10}}\text{s} = 0.2\text{s}$ ,有图可估算出两者间的距离约为抛出

点高度的3.3倍,即6m,足球运动的初速度为 $v_1 = \frac{x}{t_1} = 30\text{m/s}$ ,故 A 正确

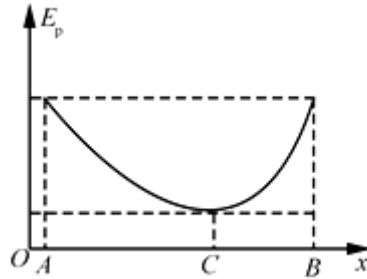
BC、水平位移 $x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ,故水平位移有高度和初速度共同决定,故 BC 错误;

D、足球在空中运动的时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.6\text{s}$ ,所以足球的初速度为 $v_2 = \frac{x}{t} = 10\text{m/s}$ ,故 D 错

误。

答案：A

5. (6分) 将两个点电荷 A、B 分别固定在水平面上 x 轴的两个不同位置上，将一正试探电荷在水平面内由 A 点的附近沿 x 轴的正方向移动到 B 点附近的过程中，该试探电荷的电势能随位置变化的图象如图所示，已知  $x_{AC} > x_{CB}$ ，图中的水平虚线在 C 点与图线相切，两固定点电荷的电荷量分别用  $q_A$ 、 $q_B$  表示。则下列分析正确的是( )



- A. 两固定点电荷都带负电，且  $q_A > q_B$
- B. C 点的电场强度最小但不等于零
- C. 如果将试探电荷改为负电荷，则该电荷在 C 点的电势能最大
- D. A、B 两点间沿 x 轴方向的电场强度始终向右

解析：B、由图可知：C 点处电势能斜率为零，故电势变化为零，那么由电场强度为电势图斜率可知：电场强度为零，故 B 错误；

C、试探电荷为正时，电势能为正，C 点电势能最小；那么，试探电荷为负时，电势能为负，C 点电势的绝对值最小，则电势能最大，故 C 正确；

D、由图可知：电势能先减小后增大，故电势先减小后增大，那么，电场强度方向先向右，后向左，故 D 错误；

A、由电场强度方向先向右，后向左可知：两个点电荷同为正；又有  $x_{AC} > x_{CB}$ ，故中点电场方向向右，那么， $q_A > q_B$ ，故 A 错误。

答案：C

6. (6分) Extreme Access Flyers 是 NASA 研制的火星探测机器人，这种机器人能够在非常稀薄甚至完全没有空气的环境下运作。已知火星的质量为地球质量的  $\frac{1}{a}$ ，火星的半径为地

球半径的  $\frac{1}{b}$ ，假设空气的阻力可忽略不计。在火星表面上方 h 处自由释放一物体，物体落在火星表面时的速度为  $v_1$ ，自释放到着地的时间为  $t_1$ ；在地面上方同样的高度处自由释放一物体，物体落在地面时的速度为  $v_2$ ，自释放到着地的时间为  $t_2$ 。则下列说法正确的是( )

A. 火星表面的重力加速度与地球表面的重力加速度之比为  $b : a$

B. 火星的第一宇宙速度与地球的第一宇宙速度之比为  $\sqrt{b} : \sqrt{a}$

C.  $t_1 : t_2 = a : b$

D.  $v_1 : v_2 = b : \sqrt{a}$

解析：A、设火星的质量为  $M_1$ ，半径为  $R_1$ ，其表面的重力加速度为  $g_1$ ，地球的质量为  $M_2$ ，半径为  $R_2$ ，其重力加速度为  $g_2$ ，则：

$$\frac{GM_1 m}{R_1^2} = mg_1, \quad \frac{GM_2 m}{R_2^2} = mg_2, \quad \text{解得：} \frac{g_1}{g_2} = \frac{b^2}{a}, \quad \text{故}$$

A 错误；

B、星球表面的第一宇宙速度为  $v = \sqrt{gR}$ ，由以上数据可以解得火星的第一宇宙速度与地球的第一宇宙速度之比为  $\sqrt{b} : \sqrt{a}$ ，故 B 正确；

C、物体自释放到着地所需的时间为： $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ，时间与重力加速度的平方根成反比，因此

可得  $t_1 : t_2 = \sqrt{a} : \sqrt{b}$ ，故 C 错误；

D、由运动学公式可知，在火星表面下落的物体有： $v_1^2 = 2g_1h$

在地球表面下落的物体有： $v_2^2 = 2g_2h$ ，

解得： $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{b}}{\sqrt{a}}$ ，故 D 正确。

答案：BD

7. (6分) 如图 1 所示，将一光滑的足够长的斜面固定在水平面上，其倾角为  $\theta$ ，在斜面的中间位置放置一质量为  $m$  可视为质点的滑块，并用销钉将其锁定，现在该滑块上施加一平行于斜面向上的外力  $F$ ，同时将锁定解除，滑块由静止开始沿斜面运动，滑块在开始的一段时间内，其机械能  $E$  随位移  $x$  的变化规律如图 2 所示。其中  $0 \sim x_1$  为曲线、 $x_1 \sim x_2$  为平行于  $x$  轴的直线。则( )

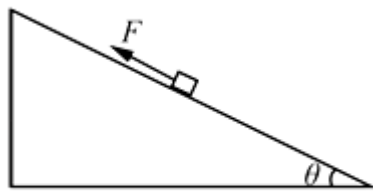


图 1

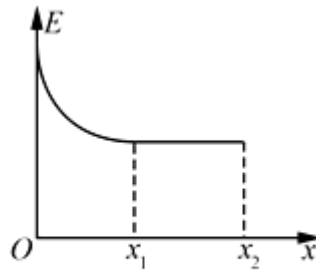


图 2

- A.  $0 \sim x_1$  的过程中滑块的运动方向沿斜面向下
- B.  $0 \sim x_1$  的过程中滑块的加速度逐渐减小到零
- C.  $0 \sim x_2$  的过程中滑块先沿斜面向下做加速运动再沿斜面向下做匀速运动
- D.  $x_1 \sim x_2$  的过程中滑块的加速度大小为  $g \sin \theta$

解析：A、开始时只有拉力与重力做功，拉力做的功等于小物块机械能的增加，由图乙可知，开始时滑块的机械能减小，则拉力做负功，所以滑块运动的方向向下。故 A 正确；

B、由  $\Delta E = W = F_{\text{合}} \cdot S$  可知，即图乙中，图线的斜率表示拉力的大小，由题可知，该拉力逐渐减小。

滑块受到重力、支持力和拉力，在沿斜面方向根据牛顿第二定律可得： $ma = mg \sin \theta - F$ ，则：

$$a = \frac{mg \sin \theta - F}{m}$$

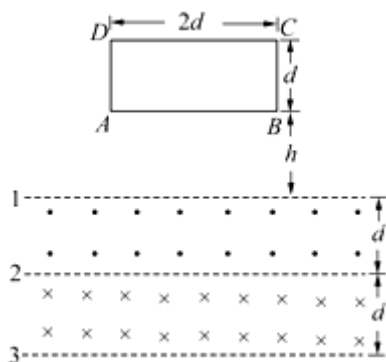
可知在  $0 \sim x_1$  的过程中滑块的加速度逐渐增大。故 B 错误；

C、D、 $x_1 \sim x_2$  的过程中滑块的机械能保持不变，可知拉力  $F$  已经减小为 0，所以物体只受到重力和支持力，沿斜面方向： $ma = mg \sin \theta$

所以加速度大小为  $g \sin \theta$ 。所以在  $0 \sim x_2$  的过程中滑块先沿斜面向下做加速度增大的加速运动，再沿斜面向下做匀加速运动。故 C 错误，D 正确。

答案：AD

8. (6分) 如图所示，一长为  $2d$ 、宽为  $d$ 、质量为  $m$ 、阻值为  $r$  的矩形导线框放在具有理想边界的匀强磁场上方，已知虚线 1、2 之间的磁场方向垂直纸面向外，虚线 2、3 之间的磁场方向垂直纸面向里，且磁感应强度的大小均为  $B$ 。现将导线框无初速度地释放，导线框的 AB 边到达虚线 1 位置时刚好匀速，当导线框的 AB 边到达虚线 2、3 之间时再次匀速。假设整个过程中导线框的 AB 边始终与虚线平行，忽略空气的阻力，重力加速度为  $g$ 。则下列说法正确的是( )



- A. 导线框从进入磁场到完全离开的整个过程中，安培力的大小恒定  
 B. 从导线框的 AB 边与虚线 1 重合到导线框的 AB 边刚到虚线 2 的过程中，导线框中产生的热量为  $2mgd$   
 C. 导线框释放瞬间，AB 边与虚线 1 的间距为  $\frac{m^2gr^2}{32B^4d^4}$   
 D. 当 AB 边运动到虚线 2、3 之间再次匀速时，导线框的速度大小为  $\frac{mgr}{16B^2d^2}$

解析：A、导线框向下运动的过程中，由楞次定律可知，安培力总是阻碍导线框的运动，即导线框所受的安培力方向与运动方向相反，因此导线框所受的安培力方向始终向上，但安培力大小随速度的变化而变化，故 A 错误。

B、因为导线框的 AB 边到达虚线 1 位置时刚好匀速，所以导线框在虚线 1、2 之间做匀速运动，故从导线框的 AB 边与虚线 1 重合到导线框的 AB 边刚到虚线 2 的过程中，导线框中产生的热量为  $mgd$ ，故 B 错误。

C、导线框的 AB 边到达虚线 1 位置时刚好匀速，由平衡条件得  $mg = \frac{B^2(2d)^2v_1}{r}$ ，解得  $v_1 = \frac{mgr}{4B^2d^2}$ 。从导线框刚释放到 AB 边与虚线 1 重合时，由机械能守恒定律得  $mgh = \frac{1}{2}mv_1^2$ ，解得  $h = \frac{m^2gr^2}{32B^4d^4}$ ，故 C 正确。

D、当导线框的 AB 边到达虚线 2、3 之间时再次匀速，导线框所受的安培力大小为

$$F_A = 2BI \cdot 2d = 4Bd \frac{2B \cdot 2dv_2}{r} = \frac{16B^2d^2v_2}{r}$$

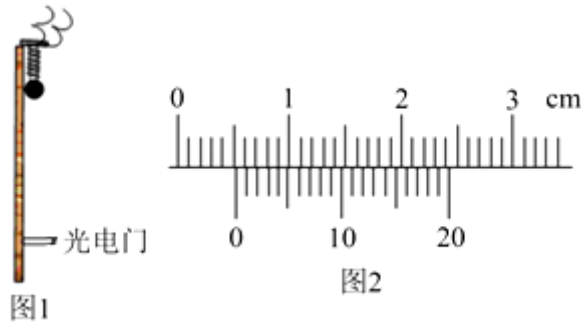
由力的平衡条件知  $mg = \frac{16B^2d^2v_2}{r}$

解得  $v_2 = \frac{mgr}{16B^2d^2}$ ，故 D 正确。

答案：CD

二、非选择题：本卷包括必考题和选考题两部分。第 9~12 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 13~16 题为选考题，考生根据要求作答。（一）必考题

9. (6 分) 如图 1 所示的实验装置，可用来测定重力加速度，也可用来验证机械能守恒定律。在铁架台的顶端有一电磁铁，下方某位置固定一光电门，电磁铁通电后小铁球被吸起，此时小铁球距离光电门  $h$ ，从电磁铁断电的瞬间开始计时，小铁球到达光电门的时间为  $t$ ，小铁球经过光电门的时间为  $\Delta t$ 。请回答下列问题：

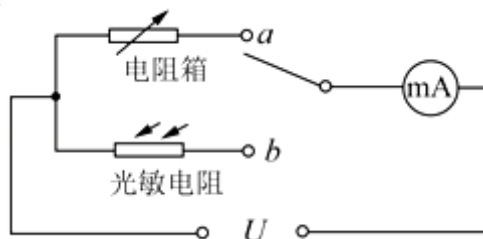


(1)用游标卡尺测得小铁球的直径为  $d$ ，如图 2 所示，则该示数为\_\_\_\_\_cm；  
 解析：游标卡尺的主尺读数为：0.5cm，游标尺上第 4 个刻度和主尺上某一刻度对齐，所以游标读数为  $4 \times 0.05\text{mm} = 0.20\text{mm} = 0.020\text{cm}$ ，  
 所以最终读数为： $0.5\text{cm} + 0.020\text{cm} = 0.520\text{cm}$ 。  
 答案：0.520。

(2)当地重力加速度的关系式为  $g = \underline{\hspace{2cm}}$ ；（用以上字母表示）  
 解析：自由落体运动的公式， $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，可知，当地的重力加速度为  $g = \frac{2h}{t^2}$ 。  
 答案： $\frac{2h}{t^2}$ 。

(3)若小铁球的机械能守恒，则满足的关系式应为\_\_\_\_\_。（用以上字母表示）  
 解析：小铁球通过光电门时的速度大小为  $v = \frac{d}{\Delta t}$ ，若上述测量的物理量满足关系式为  
 $\frac{1}{2}m\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2 = mgh$ ，即  $\frac{d^2}{2(\Delta t)^2} = \frac{2h^2}{t^2}$ ，则小铁球的机械能守恒。  
 答案： $\frac{d^2}{2(\Delta t)^2} = \frac{2h^2}{t^2}$ 。

10.（9分）某物理小组欲利用如图所示的电路同时测量一只只有 30 格刻度的毫安表的量程、内阻和光敏电阻的阻值与光照强度之间的关系。实验室能提供的实验器材有：学生电源（输出电压为  $U = 18.0\text{V}$ ，内阻不计）、电阻箱  $R$ （最大阻值  $9999.9\Omega$ ）、单刀双掷开关一个、导线若干。



(1)该小组实验时先将电阻箱的阻值调至最大，然后将单刀双掷开关接至 a 端，开始调节电阻箱，发现将电阻箱的阻值调为  $1700\Omega$  时，毫安表刚好能够偏转一个格的刻度，将电阻箱的阻值调为  $500\Omega$  时，毫安表刚好能偏转三个格的刻度，实验小组据此得到了该毫安表的量程为\_\_\_\_\_mA，内阻  $R_g = \underline{\hspace{2cm}}\Omega$ 。  
 解析：设毫安表每格表示电流大小为  $I_0$ ，  
 则当电阻箱的阻值为  $R_1 = 1700\Omega$  时，由闭合电路的欧姆定律可得： $I_0(R_1 + R_g) = U$

当电阻箱的阻值为  $R=500\Omega$  时，则有  $3(R_2+R_1)I_0=U$ ，  
两式联立并代入数据可解得： $R_g=100\Omega$ ， $I_0=10\text{mA}$ 。

故该毫安表的量程为  $300\text{mA}$ 。

答案：300，100。

(2) 该小组查阅资料得知，光敏电阻的阻值随光照强度的变化很大，为了安全，该小组需将毫安表改装成量程为  $3\text{A}$  的电流表，则需在毫安表两端\_\_\_\_\_（选填“串联”或“并联”）一个阻值为\_\_\_\_\_  $\Omega$  的电阻。

解析：要将量程为  $300\text{mA}$  的毫安表改成量程为  $I_A=3\text{A}$  电流表，则需在毫安表两端并联一个电阻，设其电阻为  $R'$ ，则有

$$I_g R_g = (I_A - I_g) R'$$

代入数据可解得  $R' = \frac{10}{9} \Omega \approx 11.1\Omega$ 。

答案：并联， $11.1\Omega$ 。

(3) 该小组将单刀双掷开关接至  $b$  端，通过实验发现，流过毫安表的电流  $I$ （单位： $\text{mA}$ ）与光照强度  $E$ （单位： $\text{cd}$ ）之间的关系满足  $I = \frac{1}{3} E$ ，由此可得光敏电阻的阻值  $R$ （单位： $\Omega$ ）与光照强度  $E$  之间的关系为  $R = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

解析：由题意可知，改装后电流表的内阻为  $R_0=10\Omega$ ，

设通过光敏电阻的电流大小为  $I'$ （单位： $\text{A}$ ）则有

$$(R+R_0) I' = U \text{ 成立，且 } I' = \frac{R_g + R'}{R'} I \times 10^{-3}$$

即  $(R+10) \times \frac{10}{3} E \times 10^{-3} (\text{V}) = 18.0\text{V}$ ，

整理可得： $R = \frac{54000}{E} - 10 (\Omega)$ 。

答案： $\frac{54000}{E} - 10$ 。

11. (14分) 如图所示的装置，一长度为  $L=1.2\text{m}$ 、质量为  $m_c=3.5\text{kg}$  的长木板  $C$  放在光滑的水平面上，与另一等高的固定长木板并排放在一起。质量为  $m_a=1\text{kg}$  的可视为质点的滑块  $A$  放在固定的长木板上，将弹簧压缩并处于锁定状态，但滑块  $A$  与弹簧不拴接，开始时弹簧储存的弹性势能为  $E_p=5.8\text{J}$ ，弹簧的自然长度小于固定长木板的长度。解除锁定后，滑块  $A$  向右滑动一段时间与弹簧分离，与放在长木板  $C$  最左端的质量为  $m_b=0.5\text{kg}$  的滑块  $B$  发生碰撞，最终滑块  $B$  停在长木板  $C$  的最右端，而滑块  $A$  在长木板  $C$  上滑动的距离为  $s=0.5\text{m}$ 。已知滑块  $A$  在固定长木板上滑动的距离为  $x=0.95\text{m}$ ，滑块  $A$  与固定长木板之间的动摩擦因数为  $\mu_1=0.4$ ，滑块  $A$ 、 $B$  与长木板  $C$  之间的动摩擦因数均为  $\mu_2=0.1$ ，重力加速度  $g=10\text{m/s}^2$ 。求：



(1) 长木板  $C$  的最终速度应为多大？

解析：设滑块  $A$  运动到固定长木板的最右端时，滑块  $A$  的速度大小为  $v_0$ 。

对滑块  $A$ ，由功能关系得：

$$E_p - \mu_1 m_a g x = \frac{1}{2} m_a v_0^2$$

代入数据解得： $v_0=2\text{m/s}$

由题意可知，最终滑块 A、B 与长木板 C 保持相对静止，设三者共同速度大小为  $v$ 。

对 A、B 与 C，取向右为正方向，由动量守恒定律得：

$$m_A v_0 = (m_A + m_B + m_C) v$$

代入数据解得： $v = 0.4 \text{ m/s}$ 。

答案：长木板 C 的最终速度应为  $0.4 \text{ m/s}$ 。

(2) 当滑块 B 停在长木板 C 的最右端时，长木板 C 向右运动的距离为多少？

解析：假设滑块 A、B 碰后的瞬间速度大小分别为  $v_A$ 、 $v_B$ 。对滑块 A、B 组成的系统，由动量守恒定律得：

$$m_A v_0 = m_A v_A + m_B v_B$$

由动能定理得：

$$\mu_2 m_A g s + \mu_2 m_B g L = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 - \frac{1}{2} (m_A + m_B + m_C) v^2$$

联立以上两式解得：

$$v_A = 1 \text{ m/s}$$

$$v_B = 2 \text{ m/s}$$

另一组解为：

$$v_A' = \frac{5}{3} \text{ m/s}$$

$$v_B' = \frac{2}{3} \text{ m/s}$$

因为  $v_A' > v_B'$ ，所以该组解不符合题意，舍去。

假设整个过程中，滑块 B 向右滑动的距离为  $x'$ ，滑块 B 在长木板 C 上的加速度大小为  $a$ 。根据牛顿第二定律有：

$$\mu_2 m_B g = m_B a$$

解得： $a = \mu_2 g = 1 \text{ m/s}^2$

$$\text{由匀变速直线运动的规律得：} x' = \frac{v_B^2 - v^2}{-2a}$$

解得： $x' = 1.92 \text{ m}$

长木板 C 向右运动的距离为：

$$x_C = x' - L = 1.92 - 1.2 = 0.72 \text{ m}$$

答案：当滑块 B 停在长木板 C 的最右端时，长木板 C 向右运动的距离为  $0.72 \text{ m}$ 。

12. (18 分) 在矩形区域  $abcd$  中，存在如图 1 所示的磁场区域（包括边界），规定磁场方向垂直纸面向里为正，其中  $bc = 2ab = 2l$ 、 $e$  为  $bc$  边界上的一点，且  $ce = \frac{1}{2}$ 。重力可忽略不计的正粒子从  $d$  点沿  $dc$  方向以初速度  $v_0$  射入磁场，已知粒子的比荷为  $k$ 。求：



图 1



图 2



(1) 如果在 0 时刻射入磁场的粒子经小于半个周期的时间从边界上的 e 点离开，则磁场的磁感应强度  $B_0$  应为多大？

解析：由题意作出粒子的运动轨迹，如图 1 所示，

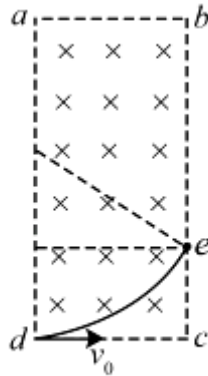


图 1

在磁场中，洛伦兹力提供向心力，有：
$$B_0 v_0 q = \frac{mv_0^2}{R_0}$$

由几何关系，有：
$$R_0^2 = l^2 + \left(R_0 - \frac{l}{2}\right)^2$$

解得：
$$R_0 = \frac{5}{4}l$$

由于  $\frac{q}{m} = k$

解得  $B_0 = \frac{4v_0}{5kl}$ 。

答案：如果在 0 时刻射入磁场的粒子经小于半个周期的时间从边界上的 e 点离开，则磁场的磁感应强度  $B_0$  应为  $\frac{4v_0}{5kl}$  s。

(2) 如果磁场的磁感应强度  $B_0 = \frac{2v_0}{kl}$ ，欲使在小于半个周期的任意时刻射入磁场的粒子均不能由 ad 边离开磁场，则磁场的变化周期  $T_0$  应满足什么条件？

解析：由  $R = \frac{mv_0}{qB_0}$  可知，粒子运动的半径为  $R = \frac{l}{2}$ ，临界情况为粒子从  $t=0$  时刻射入，并且轨迹恰好与 ad 边相切，如图 2 所示

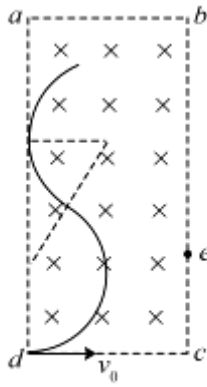


图 2

圆周运动的周期为:  $T = \frac{2\pi m}{qB_0} = \frac{\pi l}{v_0}$

由几何关系可知,  $t = \frac{T_0}{2}$  内, 粒子转过的圆心角为  $\frac{5}{6}\pi$

对应运动时间为:  $t_1 = \frac{\frac{5}{6}\pi}{2\pi} T = \frac{5}{12} T$

应满足  $t_1 \geq \frac{T_0}{2}$

联立可得:  $T_0 \leq \frac{5\pi l}{6v_0}$ 。

答案: 如果磁场的磁感应强度  $B_0 = \frac{2v_0}{kl}$ , 欲使在小于半个周期的任意时刻射入磁场的粒子

均不能由 ad 边离开磁场, 则磁场的变化周期  $T_0$  应满足条件  $T_0 \leq \frac{5\pi l}{6v_0}$ 。

(3) 如果磁场的磁感应强度  $B_0 = \frac{2v_0}{kl}$ , 在 bc 边的右侧加一垂直 bc 边向左的匀强电场, 0 时

刻射入磁场的粒子刚好经过  $T_0$  垂直 bc 边离开磁场, 经过一段时间又从 a 点离开磁场区域, 则电场强度 E 以及粒子在电场中的路程 x 分别为多大?

解析: 根据题意画出粒子的运动轨迹如图 3 所示

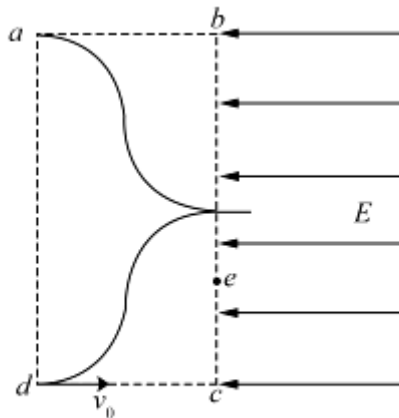


图 3

由题意有： $T_0 = \frac{1}{2} \times \frac{2\pi m}{qB_0}$

得： $T_0 = \frac{\pi l}{2v_0}$

在电场中有： $qE=ma$

往返一次用时为： $\Delta t = \frac{2v_0}{a}$

应有： $\Delta t = (n + \frac{1}{2})T_0$

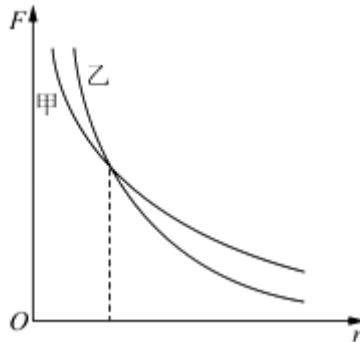
可得： $E = \frac{8v_0^2}{(2n + 1)\pi kl}$ ，(n=0, 1, 2, ...)

运动的路程为： $x = \frac{1}{2} v_0 \cdot \frac{\Delta t}{2} \cdot 2 = \frac{(2n + 1)\pi l}{8}$ ，(n=0, 1, 2, 3, ...)

答案：如果磁场的磁感应强度  $B_0 = \frac{2v_0}{kl}$ ，在 bc 边的右侧加一垂直 bc 边向左的匀强电场，0 时刻射入磁场的粒子刚好经过  $T_0$  垂直 bc 边离开磁场，经过一段时间又从 a 点离开磁场区域，则电场强度 E 为  $\frac{8v_0^2}{(2n + 1)\pi kl}$  (n=0, 1, 2, 3, ...)，粒子在电场中的路程为  $\frac{(2n + 1)\pi l}{8}$  (n=0, 1, 2, 3, ...)。

(二) 选考题：共 15 分。请考生从 2 道物理题中任选一题作答。如果多做，则按所做的第一题计分。[物理—选修 3-3] (15 分)

13. (5 分) 如图所示，图线甲和图线乙为两分子之间的引力以及斥力随两分子之间距离的变化规律图线，且两图线有一交点，假设分子间的平衡距离为  $r_0$ 。则下列说法正确的是( )

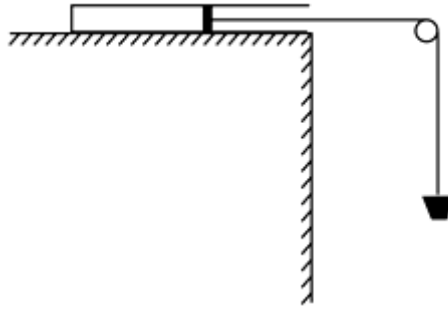


- A. 图线甲为分子引力随分子间距离变化的图线
  - B. 图线乙为分子引力随分子间距离变化的图线
  - C. 两图线的交点对应的横坐标约为  $r_0$
  - D. 如果两分子之间的距离增大，则分子间的斥力比引力减小得慢
  - E. 如果两分子之间的距离小于交点的横坐标时，分子力为斥力
- 解析：AB、为斥力比引力变化的快，所以图线甲为分子引力随着距离变化的图线，图线乙为分子斥力随着分子间距变化的图线，故 A 正确，B 错误；  
 C、当分子间距为  $r_0$  时，两个分子间的引力等于斥力，而两图线的交点表示该位置引力与斥力大小相等，对应的横坐标约为  $r_0$ ，故 C 正确；  
 D、由于分子斥力比分子引力变化的快，因此当两个分子间的距离增大时，分子间的斥力比引力减小的快，故 D 错误；  
 E、如果两个分子之间的距离小于交点的横坐标时，分子间的斥力大于分子间的引力，因此分子力表现为斥力，故 E 正确。

答案：ACE

14. (10分) 将一厚度不计粗细均匀的导热性能良好的长直玻璃管水平固定在桌面上，现用一厚度不计的活塞封闭一定质量的理想气体，已知活塞与玻璃管之间的摩擦可忽略不计。已知外界大气压强为  $p$ ，封闭气柱的长度为  $L$ ，外界环境温度为  $T$ 。现用质量不计的细绳跨过光滑的定滑轮连接活塞与质量为  $m$  的重物，连接活塞的细绳呈水平状态，当系统再次平衡时，活塞向右移动的距离为  $\frac{L}{3}$ 。假设整个过程中外界大气压强恒为  $p$ ，重力加速度大小为  $g$ 。

求：



(1) 玻璃管的横截面积为多大？

解析：由题意可知，该过程中气体的温度保持不变，则由玻意耳定律可知：

$$pLS = p'(L + \frac{1}{3}L)S$$

对活塞，由力的平衡条件可知： $p'S = pS - mg$

$$\text{联立解得：} S = \frac{4mg}{p}。$$

答案：玻璃管的横截面积为  $\frac{4mg}{p}$ 。

(2) 当外界环境的温度降为  $\frac{5}{6}T$  时，系统再次达到平衡，气柱的长度为多少？

解析：由题意可知，该过程中气体的压强保持不变，则由盖·吕萨克定律有：

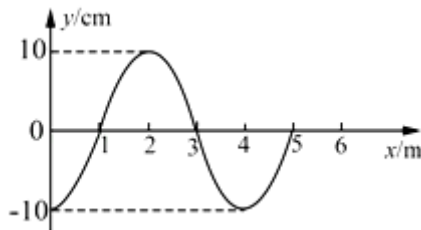
$$\frac{(L + \frac{1}{3}L)S}{T} = \frac{L'S}{\frac{5T}{6}}$$

$$\text{解得：} L' = \frac{10}{9}L。$$

答案：当外界环境的温度降为  $\frac{5}{6}T$  时，系统再次达到平衡，气柱的长度为  $\frac{10}{9}L$ 。

[物理—选修 3-4] (15分)

15. (5分) 一振源位于坐标原点，其振动形成一列水平向右传播的简谐横波，在  $t=0$  时， $x=5\text{m}$  处的质点刚开始起振，且在以后的振动过程中该质点相邻两次出现波谷的时间差为  $\Delta t=0.4\text{s}$ 。则下列说法正确的是( )



- A. 该简谐横波在 0.1s 的时间内波形向右平移 1m
- B. x=1m 处的质点在 0.1s 的时间内向右运动 1m
- C. 在 0.1s 的时间内 x=1.5m 处的质点通过的总路程为 0.1m
- D. 在 t=0.2s 时, x=1.5m 处的质点的运动方向沿 y 轴的正方向
- E. 在 t=0.7s 时, x=9m 处的质点第一次运动到波峰

解析: A、由波动图象可知相邻波谷间的距离为 4m, 所以波长  $\lambda = 4\text{m}$ 。已知 x=5m 处的质点相邻两次出现波谷的时间差为  $\Delta t = 0.4\text{s}$ , 所以振动周期  $T = 0.4\text{s}$ , 则波速为  $v = \frac{\lambda}{T} = 10\text{m/s}$ ,

所以波在 0.1s 内向右传播的距离为  $x = vt = 1\text{m}$ , 波形向右平移 1m, 故 A 正确。

B、介质中质点不随波向前移动, 故 B 错误。

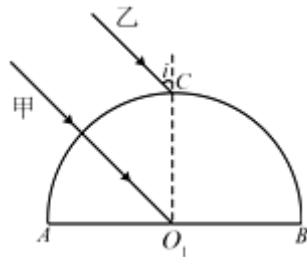
C、由图可知, 在 t=0 时刻, x=1.5m 处的质点不在平衡位置和最大位移处, 所以在 0.1s 的时间内 x=1.5m 处的质点通过的总路程不是一个振幅 (0.1m), 故 C 错误。

D、由图可知, 在 t=0 时刻, x=1.5m 处质点的振动方向沿 y 轴负方向, 因此在  $t = 0.2\text{s} = \frac{T}{2}$  时, x=1.5m 处的质点的运动方向沿 y 轴的正方向, 故 D 正确。

E、当图中 x=2m 处波峰传到 x=9m 处时, x=9m 处的质点第一次运动到波峰, 用时  $t = \frac{x}{v} = \frac{9-2}{10} = 0.7\text{s}$ , 故 E 正确。

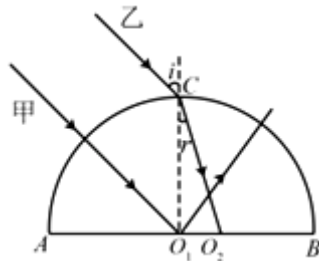
答案: ADE

16. (10 分) 如图为一半圆柱形玻璃砖的横截面, 图中的 AB 为直径, 其长度为 d,  $O_1$  为圆心, 图中的虚线过圆心且与直径 AB 垂直并与半圆交于 C 点。两束同种单色光甲、乙平行地斜射入半圆柱形玻璃砖中, 甲射入玻璃砖后过圆心  $O_1$  且在该点刚好发生全反射, 乙刚好由图中的 C 点射入玻璃砖, 且与虚线的夹角为  $i = 45^\circ$ , 已知光在真空中的传播速度为 c。求:



(1) 玻璃砖的折射率 n 应为多大?

解析: 作出光路图如图所示。由已知可知单色光甲刚好发生全反射的临界角  $C = 45^\circ$



由  $\sin C = \frac{1}{n}$  得  $n = \sqrt{2}$ 。

答案：玻璃砖的折射率  $n$  应为  $\sqrt{2}$ 。

(2) 甲、乙两束单色光从射入玻璃砖到第一次从玻璃砖中射出，两束光在玻璃砖中传播的时间差应为多少？

解析：设单色光乙射入玻璃砖时的折射角为  $r$ ，由折射定律有  $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

代入数据解得  $r = 30^\circ$

光在玻璃砖中传播的速度  $v = \frac{c}{n}$

单色光甲从射入玻璃砖到第一次从玻璃砖中射出经过的路程  $s_{\text{甲}} = 2R$

单色光乙从射入玻璃砖到第一次从玻璃砖中射出经过的路程  $s_{\text{乙}} = \frac{R}{\cos r}$

甲、乙两束单色光从射入玻璃砖到第一次从玻璃砖中射出的时间差  $\Delta t = \frac{s_{\text{甲}} - s_{\text{乙}}}{v}$

联立解得  $\Delta t = \frac{(3\sqrt{2} - \sqrt{6})d}{3c}$ 。

答案：甲、乙两束单色光从射入玻璃砖到第一次从玻璃砖中射出的时间差是  $\frac{(3\sqrt{2} - \sqrt{6})d}{3c}$ 。