

## 2018 年普通高等学校招生全国统一考试（江苏卷）物理

一、单项选择题：本题共 5 小题，每小题 3 分，共计 15 分。每小题只有一个选项符合题意。

1. (3 分) 我国高分系列卫星的高分辨对地观察能力不断提高。今年 5 月 9 日发射的“高分五号”轨道高度约为 705km，之前已运行的“高分四号”轨道高度约为 36000km，它们都绕地球做圆周运动。与“高分四号”相比，下列物理量中“高分五号”较小的是( )

- A. 周期
- B. 角速度
- C. 线速度
- D. 向心加速度

解析：设卫星的质量为  $m$ ，轨道半径为  $r$ ，地球的质量为  $M$ ，卫星绕地球匀速做圆周运动，由地球的万有引力提供向心力，则得：

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = m\omega^2 r = m \frac{v^2}{r} = ma$$

$$\text{得： } T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}, \quad v = \sqrt{\frac{GM}{r}}, \quad a = \frac{GM}{r^2}$$

可知，卫星的轨道半径越小，周期越小，而角速度、线速度和向心加速度越大，“高分五号”的轨道半径比“高分四号”的小，所以“高分五号”较小的是周期，故 A 正确，BCD 错误。

答案：A

2. (3 分) 采用 220kV 高压向远方的城市输电。当输送功率一定时，为使输电线上损耗的功率减小为原来的  $\frac{1}{4}$ ，输电电压应变为( )

- A. 55kV
- B. 110kV
- C. 440kV
- D. 880kV

解析：输送电流  $I = \frac{P}{U}$ ，输电线上损失的功率  $\Delta P = I^2 R = \left(\frac{P}{U}\right)^2 R$ ；可知输电线损失的功率与

输送电压的平方成反比，所以为使输电线上损耗的功率减小为原来的  $\frac{1}{4}$ ，输电电压应变原

来的 2 倍，即输电电压增大为 440kV。故 C 正确，ABD 错误。

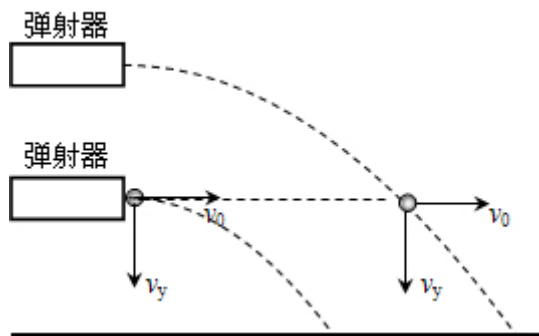
答案：C

3. (3 分) 某弹射管每次弹出的小球速度相等。在沿光滑竖直轨道自由下落过程中，该弹射管保持水平，先后弹出两只小球。忽略空气阻力，两只小球落到水平地面的( )

- A. 时刻相同，地点相同
- B. 时刻相同，地点不同
- C. 时刻不同，地点相同
- D. 时刻不同，地点不同

解析：根据题意可知，弹射器沿光滑竖直轨道在竖直方向自由下落且管口水平，不同时刻弹射出的小球在水平方向具有相同的初速度，在竖直方向的运动情况与枪管的运动情况相同，故先后弹出两只小球和弹射器同时落地；

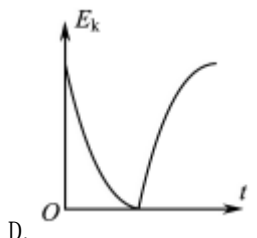
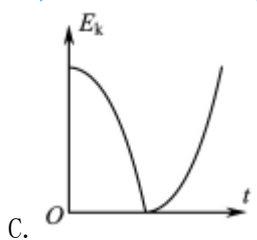
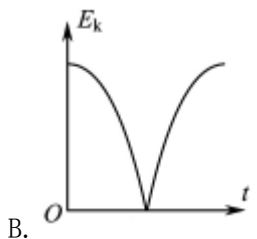
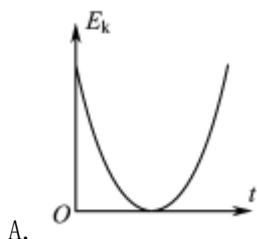
水平方向速度相同，而小球水平方向运动的时间不同，所以落地点不同，运动情况如图所示。



故 ACD 错误、B 正确。

答案：B

4. (3 分) 从地面竖直向上抛出一只小球，小球运动一段时间后落回地面。忽略空气阻力，该过程中小球的动能  $E_k$  与时间  $t$  的关系图象是( )



解析：竖直向上过程，设初速为  $v_0$ ，则速度时间关系为： $v = v_0 - gt$

此过程动能为： $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(v_0 - gt)^2 = \frac{mg^2}{2}t^2 - mv_0gt + \frac{mv_0^2}{2}$

即此过程  $E_k$  与  $t$  成二次函数关系，且开口向上，故 BC 错误；

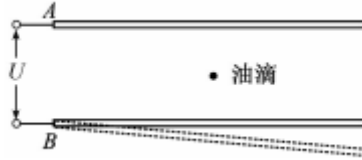
下落过程做自由落体运动，

此过程动能为： $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(gt)^2 = \frac{mg^2}{2}t^2$

即此过程  $E_k$  与  $t$  也成二次函数关系，且开口向上，故 A 正确，D 错误。

答案：A

5. (3分) 如图所示，水平金属板 A、B 分别与电源两极相连，带电油滴处于静止状态。现将 B 板右端向下移动一小段距离，两金属板表面仍均为等势面，则该油滴( )

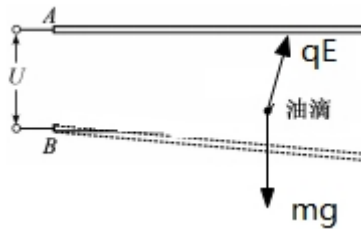


- A. 仍然保持静止
- B. 竖直向下运动
- C. 向左下方运动
- D. 向右下方运动

解析：B 板右端向下移动一小段距离，两板间的平均距离增大，根据  $E = \frac{U}{d}$  可知液滴所在处

电场强度减小，油滴竖直方向将向下运动；

由于两金属板表面仍均为等势面，电场线应该与等势面垂直，所以油滴靠近 B 板时，电场线方向斜向右上方，如图所示，故水平方向油滴向右运动；



所以油滴向右下方运动，故 D 正确、ABC 错误。

答案：D

二、多项选择题：本题共 4 小题，每小题 4 分，共计 16 分。每小题有多个选项符合题意。全部选对的得 4 分，选对但不全的得 2 分，错选或不答的得 0 分。

6. (4分) 火车以 60m/s 的速率转过一段弯道，某乘客发现放在桌面上的指南针在 10s 内匀速转过了约  $10^\circ$ 。在此 10s 时间内，火车( )

- A. 运动路程为 600m
- B. 加速度为零
- C. 角速度约为 1rad/s
- D. 转弯半径约为 3.4km

解析：A、由于火车的运动可看做匀速圆周运动，则可求得火车在此 10s 时间内的路程为  $s=vt=600m$ 。故 A 正确；

B、因为火车的运动可看做匀速圆周运动，其所受到的合外力提供向心力，根据牛顿第二定律可知加速度不等于零。故 B 错误；

C、利用指南针在 10s 内匀速转过了约  $10^\circ$ ，可推广出在 30s 内匀速转过了约  $30^\circ$ ，再根据

角速度的定义式  $\omega = \frac{\theta}{t}$ ，解得角速度的大小为  $\omega = \frac{\frac{\pi}{6}}{30} \text{ rad/s} = \frac{\pi}{180} \text{ rad/s}$ 。故 C 错误；

D、已知火车在此 30s 时间内通过的路程为 1800m，由数学知识可知，火车转过的弧长为  $l = \theta R$ ，

可解得： $R = \frac{l}{\theta} = \frac{1800}{\frac{\pi}{6}} \text{ m} \approx 3.4 \text{ km}$ 。故 D 正确。

答案：AD

7. (4分) 如图所示，轻质弹簧一端固定，另一端连接一小物块，O点为弹簧在原长时物块的位置。物块由A点静止释放，沿粗糙程度相同的水平面向右运动，最远到达B点。在从A到B的过程中，物块( )



- A. 加速度先减小后增大
- B. 经过O点时的速度最大
- C. 所受弹簧弹力始终做正功
- D. 所受弹簧弹力做的功等于克服摩擦力做的功

解析：A、由于水平面粗糙且O点为弹簧在原长时物块的位置，所以弹力与摩擦力平衡的位置在OA之间，加速度为零时弹力和摩擦力平衡，所以物块在从A到B的过程中加速度先减小后反向增大，故A正确；

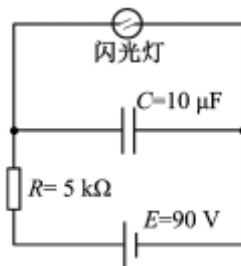
B、物体在平衡位置处速度最大，所以物块速度最大的位置在AO之间某一位置，故B错误；

C、从A到O过程中弹力方向与位移方向相同，弹力做正功，从O到B过程中弹力方向与位移方向相反，弹力做负功，故C错误；

D、从A到O过程中根据动能定理可得  $W_{弹} - W_{克f} = 0$ ，即  $W_{弹} = W_{克f}$ ，即弹簧弹力做的功等于克服摩擦力做的功，故D正确。

答案：AD

8. (4分) 如图所示，电源E对电容器C充电，当C两端电压达到80V时，闪光灯瞬间导通并发光，C放电。放电后，闪光灯断开并熄灭，电源再次对C充电。这样不断地充电和放电，闪光灯就周期性地发光。该电路( )



- A. 充电时，通过R的电流不变
- B. 若R增大，则充电时间变长
- C. 若C增大，则闪光灯闪光一次通过的电荷量增大
- D. 若E减小为85V，闪光灯闪光一次通过的电荷量不变

解析：A、充电时，电容器电荷量增加、电压增加，根据闭合电路的欧姆定律可得R两端电压减小，通过R的电流减小，故A错误；

B、若R增大，充电过程中平均电流I减小，根据  $Q=It$  可知充电时间变长，故B正确；

C、电容器两端的电压与闪光灯两端的电压相等，当电源给电容器充电，达到闪光灯击穿电压U时，闪光灯瞬间导通并发光，所以闪光灯发光电压U一定；

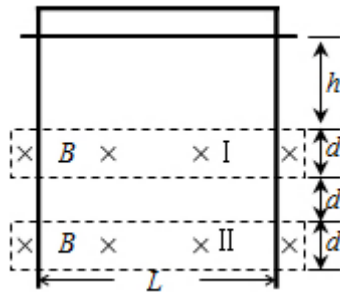
若C增大，根据  $Q=CU$  可知闪光灯闪光一次通过的电荷量增大，故C正确；

D、若E减小为85V，当电源给电容器充电，达到闪光灯击穿电压  $U=80V$  时，闪光灯瞬间导通并发光，根据  $Q=CU$  可知闪光灯闪光一次通过的电荷量不变，故D正确。

答案：BCD

9. (4分) 如图所示，竖直放置的“Π”形光滑导轨宽为L，矩形匀强磁场I、II的高和间距均为d，磁感应强度为B。质量为m的水平金属杆由静止释放，进入磁场I和II时的速度相等。金属杆在导轨间的电阻为R，与导轨接触良好，其余电阻不计，重力加速度为g。金

属杆( )



- A. 刚进入磁场 I 时加速度方向竖直向下  
 B. 穿过磁场 I 的时间大于在两磁场之间的运动时间  
 C. 穿过两磁场产生的总热量为  $4mgd$   
 D. 释放时距磁场 I 上边界的高度  $h$  可能小于  $\frac{m^2 g R^2}{2B^4 L^4}$

解析：A、金属杆在无场区做匀加速运动，而金属杆进入磁场 I 和 II 时的速度相等，所以金属杆刚进入磁场 I 时做减速运动，加速度方向竖直向上，故 A 错误。

B、金属杆在磁场 I 运动时，随着速度减小，产生的感应电流减小，受到的安培力减小，合力减小，加速度减小，所以金属杆做加速度逐渐减小的变减速运动，在两个磁场之间做匀加速运动，由题知，进入磁场 I 和 II 时的速度相等，所以金属杆在磁场 I 中运动时平均速度小于在两磁场之间运动的平均速度，两个过程位移相等，所以金属杆穿过磁场 I 的时间大于在两磁场之间的运动时间，故 B 正确。

C、金属杆从刚进入磁场 I 到刚进入磁场 II 的过程，由能量守恒定律得： $2mgd=Q$ ，金属杆通过磁场 II 时产生的热量与通过磁场 I 时产生的热量相同，所以总热量为  $Q_{总}=2Q=4mgd$ 。故 C 正确。

D、设金属杆释放时距磁场 I 上边界的高度为  $H$  时进入磁场 I 时刚好匀速运动，则有

$$mg=BIL=B \frac{BLv}{R} L = \frac{B^2 L^2 v}{R}, \text{ 又 } v=\sqrt{2gH}$$

$$\text{联立解得 } H=\frac{m^2 g R^2}{2B^4 L^4}$$

由于金属杆进入磁场 I 时做减速运动，所以  $h$  一定大于  $H=\frac{m^2 g R^2}{2B^4 L^4}$ 。故 D 错误。

答案：BC

三、简答题：本题分必做题（第 10、11 题）和选做题（第 12 题）两部分，共计 42 分。请将解答填写在答题卡相应的位置。【必做题】

10. (8 分) 一同学测量某干电池的电动势和内阻。

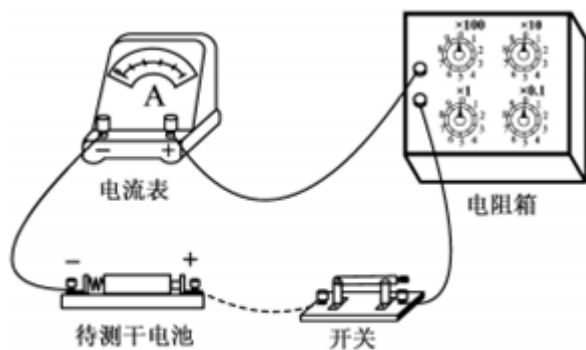


图 1

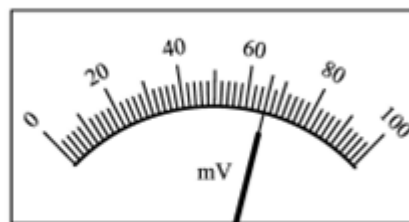


图 2

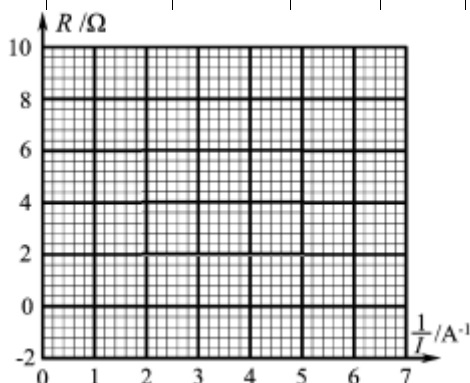
(1) 图 1 所示是该同学正准备接入最后一根导线（图中虚线所示）时的实验电路。请指出图中在器材操作上存在的两个不妥之处。

解析：由图可知，该同学将连接最后一根线，此时电路将接法，但由于开关没有断开，则电路中存在电流，可能损坏电表；同时电阻箱也不能为零，应使其阻值调至最大。

答案：①开关未断开；②电阻箱阻值为零。

(2) 实验测得的电阻箱阻值  $R$  和电流表示数  $I$ ，以及计算的  $\frac{1}{I}$  数据见下表：

$R/\Omega$	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0
$I/A$	0.15	0.17	0.19	0.22	0.26
$\frac{1}{I}/A^{-1}$	6.7	6.0	5.3	4.5	3.8



根据表中数据，在答题卡的方格纸上作出  $R - \frac{1}{I}$  关系图象。

由图象可计算出该干电池的电动势为\_\_\_\_\_V；内阻为\_\_\_\_\_Ω。

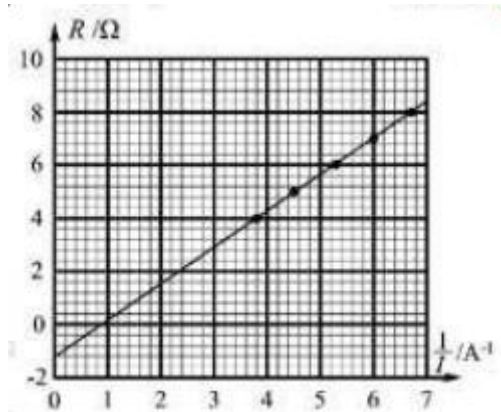
解析：根据描点法可得出对应的图象如图所示；

根据闭合电路欧姆定律可知， $I = \frac{E}{r + R}$ ，变形可得： $R = \frac{E}{I} - r$ ；

由图可知， $E = k = \frac{8 - 0}{6.7 - 1.1} \approx 1.4V$ ，

$r = 1.2\Omega$ 。

答案：如图所示；1.4（1.30 至 1.44）；1.2（1.0 至 1.4）。

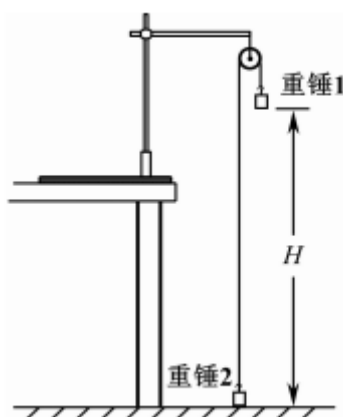


(3)为了得到更准确的测量结果,在测出上述数据后,该同学将一只量程为100mV的电压表并联在电流表的两端。调节电阻箱,当电流表的示数为0.33A时,电压表的指针位置如图2所示,则该干电池的电动势应为\_\_\_\_\_V;内阻应为\_\_\_\_\_Ω。

解析:本实验相当于采用的是相对电源的电流表内接法,故测量结果中电动势是准确的,故电动势1.43V,而内电阻的结果中包含电流表内阻;由图可知,电压表示数为65mV,由欧姆定律可知,电流表内阻  $R_A = \frac{0.065}{0.33} = 0.2\Omega$ ,故电源内阻为  $1.2 - 0.2 = 1.0\Omega$ ;

答案:1.43 (1.30至1.44); 1.0 (0.8至1.2)。

11. (10分)某同学利用如图所示的实验装置来测量重力加速度g。细绳跨过固定在铁架台上的轻质滑轮,两端各悬挂一只质量为M的重锤。实验操作如下:



- ①用米尺量出重锤1底端距地面的高度H;
- ②在重锤1上加上质量为m的小钩码;
- ③左手将重锤2压在地面上,保持系统静止。释放重锤2,同时右手开启秒表,在重锤1落地时停止计时,记录下落时间;
- ④重复测量3次下落时间,取其平均值作为测量值t。

请回答下列问题:

(1)步骤④可以减小对下落时间t测量的\_\_\_\_\_ (选填“偶然”或“系统”)误差。

解析:在数据测量的过程中会存在偶然误差,使用多次测量的方法可以减小测量的偶然误差。

答案:偶然。

(2)实验要求小钩码的质量m要比重锤的质量M小很多,主要是为了\_\_\_\_\_。

- A. 使H测得更准确
- B. 使重锤1下落的时间长一些

- C. 使系统的总质量近似等于  $2M$   
 D. 使细绳的拉力与小钩码的重力近似相等

解析：当两侧的重锤的质量不同时，质量大的重锤向下运动，质量小的重锤向上运动，运动的加速度的大小是相等的，由牛顿第二定律可得：

$$(M+M+m) a = (M+m) g - Mg$$

所以加速度：
$$a = \frac{mg}{2M + m}$$

可知， $m$  相比于重锤的质量越小，则加速度越小，运动的时间： $t = \sqrt{\frac{2H}{a}}$  就越大，测量的相对误差就越小。

A、由以上的分析可知，小钩码的质量  $m$  要比重锤的质量  $M$  小很多，与  $H$  的测量无关。故 A 错误；

B、由以上的分析可知，小钩码的质量  $m$  要比重锤的质量  $M$  小很多，可以增大运动的时间。故 B 正确；

C、由以上的分析可知，系统的总质量近似等于  $2M$  与小钩码的质量  $m$  要比重锤的质量  $M$  小很多没有关系。故 C 错误；

D、绳子对重锤 2 的拉力：
$$T = Mg + Ma = Mg + \frac{Mmg}{2M + m}$$

当小钩码的质量  $m$  要比重锤的质量  $M$  小很多时，细绳的拉力与重锤的重力近似相等。故 D 错误。

答案：B

(3) 滑轮的摩擦阻力会引起实验误差。现提供一些橡皮泥用于减小该误差，可以怎么做？

解析：滑轮的摩擦阻力会引起实验误差，减小该误差，可以采用平衡摩擦力的方法，如：在重锤 1 上粘上橡皮泥，调整橡皮泥的质量，直至轻拉重锤 1 时，能观察到重锤匀速下落，这时即可平衡摩擦力。

答案：可以在重锤 1 上粘上橡皮泥，调整橡皮泥的质量，直至轻拉重锤 1 时，能观察到重锤匀速下落，这时即可平衡摩擦力。

(4) 使用橡皮泥改进实验后，重新进行实验测量，并测出所用橡皮泥的质量为  $m_0$ 。用实验中的测量量和已知量表示  $g$ ，得  $g = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

解析：使用橡皮泥改进实验后，重新进行实验测量，并测出所用橡皮泥的质量为  $m_0$ 。

此时由牛顿第二定律可得： $(M+M+m+m_0) a = (M+m+m_0) g - Mg - f$ 。

其中： $f = m_0 g$ 。

联立得：
$$a = \frac{mg}{2M + m + m_0}$$
。

落的过程做匀加速直线运动，则： $H = \frac{1}{2} at^2$ 。

所以：
$$g = \frac{2(2M + m + m_0) H}{mt^2}$$
。

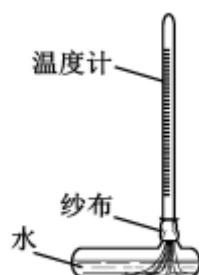
答案：
$$\frac{2(2M + m + m_0) H}{mt^2}$$
。

【选做题】本题包括 A、B、C 三小题，请选定其中两小题，并在相应的答题区域内作答。若多做，则按 A、B 两小题评分。A. [选修 3-3] (12 分)

12. (3 分) 如图所示，一支温度计的玻璃泡外包着纱布，纱布的下端浸在水中。纱布中的水在蒸发时带走热量，使温度计示数低于周围空气温度。当空气温度不变，若一段时间后发



现该温度计示数减小，则( )



- A. 空气的相对湿度减小
- B. 空气中水蒸汽的压强增大
- C. 空气中水的饱和气压减小
- D. 空气中水的饱和气压增大

解析：空气温度不变，但温度计示数减小，说明纱布中的水蒸发时带走部分热量，从而使温度减小，故说明空气中的绝对温度减小，而由于温度不变，故饱和气压不变，相对湿度减小；故 A 正确，BCD 错误。

答案：A

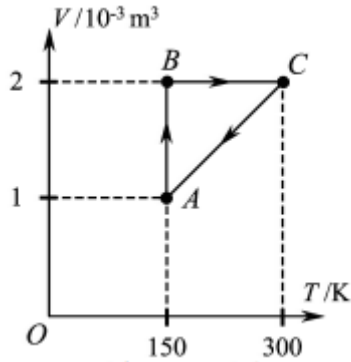
13. (4分) 一定量的氧气贮存在密封容器中，在  $T_1$  和  $T_2$  温度下其分子速率分布的情况见表。则  $T_1$  \_\_\_\_\_ (选填“大于”“小于”或“等于”)  $T_2$ 。若约 10% 的氧气从容器中泄漏，泄漏前后容器内温度均为  $T_1$ ，则在泄漏后的容器中，速率处于 400~500m/s 区间的氧气分子数占总分子数的百分比 \_\_\_\_\_ (选填“大于”“小于”或“等于”) 18.6%。

速率区间 ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	各速率区间的分子数占总分子数的百分比/%	
	温度 $T_1$	温度 $T_2$
100 以下	0.7	1.4
100~200	5.4	8.1
200~300	11.9	17.0
300~400	17.4	21.4
400~500	18.6	20.4
500~600	16.7	15.1
600~700	12.9	9.2
700~800	7.9	4.5
800~900	4.6	2.0
900 以上	3.9	0.9

解析：两种温度下气体分子速率都呈现“中间多、两头少”的分布特点。由于  $T_1$  时速率较高的气体分子占比例较大，则说明  $T_1$  大于  $T_2$ 。相同温度下，各速率占比是不变的，因此速率处于 400~500m/s 区间的氧气分子数占总分子数仍为 18.6%。

答案：大于；等于。

14. (5分) 如图所示，一定质量的理想气体在状态 A 时压强为  $2.0 \times 10^5 \text{Pa}$ ，经历  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$  的过程，整个过程中对外界放出 61.4J 热量。求该气体在  $A \rightarrow B$  过程中对外界所做的功。



解析：整个过程中，外界对气体做功  $W=W_{AB}+W_{CA}$ 。

CA 段发生等压变化，有  $W_{CA}=p_A(V_C - V_A)$

整个过程，由热力学第一定律得  $\Delta U=Q+W=0$ ，得  $W_{AB}=- (Q+W_{CA})$

将  $p_A=2.0 \times 10^5 \text{Pa}$ ， $V_C=2 \times 10^{-3} \text{m}^3$ ， $V_A=1 \times 10^{-3} \text{m}^3$ ， $Q=-61.4 \text{J}$  代入上式解得  $W_{AB}=-138.6 \text{J}$   
即气体在 A→B 过程中对外界所做的功是 138.6J。

答案：气体在 A→B 过程中对外界所做的功是 138.6J。

B. [选修 3-4] (12 分)

15. (3 分) 梳子在梳头后带上电荷，摇动这把梳子在空中产生电磁波。该电磁波( )

- A. 是横波
- B. 不能在真空中传播
- C. 只能沿着梳子摇动的方向传播
- D. 在空气中的传播速度约为  $3 \times 10^8 \text{m/s}$

解析：A、根据电磁波的特点可知，电磁波为横波。故 A 正确；

B、电磁波的传播不需要介质，可以在真空中传播。故 B 错误；

C、电磁波产生后，可以在任意方向传播。故 C 错误；

D、电磁波传播的速度在真空中等于光速，在空气中的传播速度约为  $3 \times 10^8 \text{m/s}$ 。故 D 正确。

答案：AD

16. (4 分) 两束单色光 A、B 的波长分别为  $\lambda_A$ 、 $\lambda_B$ ，且  $\lambda_A > \lambda_B$ ，则\_\_\_\_\_ (选填“A”或“B”) 在水中发生全反射时的临界角较大。用同一装置进行杨氏双缝干涉实验时，可以观察到\_\_\_\_\_ (选填“A”或“B”) 产生的条纹间距较大。

解析：束单色光 A、B 的波长分别为  $\lambda_A$ 、 $\lambda_B$ ，且  $\lambda_A > \lambda_B$ ，则根据  $\lambda = \frac{c}{f}$  知，A 光的频率小，

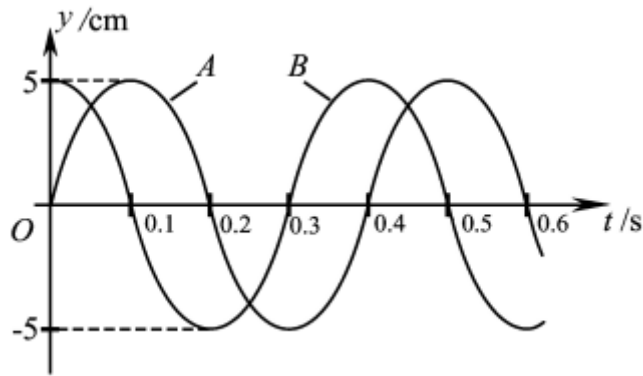
由折射率与频率的关系可知 A 的折射率小；根据  $\sin C = \frac{1}{n}$  可知折射率越大，全反射临界角越

小，所以 A 在水中发生全反射时的临界角较大。用同一装置进行杨氏双缝干涉实验时，根据

公式  $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$  可知 A 光的条纹间距大，可以观察到 A 产生的条纹间距较大。

答案：A，A。

17. (5 分) 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，在  $x=0$  和  $x=0.6 \text{m}$  处的两个质点 A、B 的振动图象如图所示。已知该波的波长大于 0.6m，求其波速和波长。



解析：从  $y-t$  图象可知，周期为： $T=0.4\text{s}$ ；

由于该波的波长大于  $0.6\text{m}$ ，由图象可知，波从 A 传到 B 的传播时间为： $\Delta t=0.3\text{s}$

$$\text{波速为：} v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.6}{0.3} = 2\text{m/s}$$

$$\text{波长为：} \lambda = vT = 2 \times 0.4\text{m} = 0.8\text{m}$$

答案：其波速是  $2\text{m/s}$ ，波长是  $0.8\text{m}$ 。

C. [选修 3-5] (12 分)

18. (3 分) 已知 A 和 B 两种放射性元素的半衰期分别为  $T$  和  $2T$ ，则相同质量的 A 和 B 经过  $2T$  后，剩下的 A 和 B 质量之比为 ( )

- A. 1: 4
- B. 1: 2
- C. 2: 1
- D. 4: 1

解析：设开始时它们的质量都是  $m_0$ ，根据半衰期的定义，经过时间  $2T$  后，A 经历了两个半衰期，剩下的放射性元素的质量：

$$m_A = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4} m_0,$$

经过时间  $2T$  后，B 经历了一个半衰期，剩下的放射性元素的质量： $m_B = \frac{1}{2} m_0$

故  $m_A : m_B = 1 : 2$ 。故 ACD 错误，B 正确。

答案：B

19. (4 分) 光电效应实验中，用波长为  $\lambda_0$  的单色光 A 照射某金属板时，刚好有光电子从金属表面逸出。当波长为  $\frac{\lambda_0}{2}$  的单色光 B 照射该金属板时，光电子的最大初动能为\_\_\_\_\_，

A、B 两种光子的动量之比为\_\_\_\_\_。(已知普朗克常量为  $h$ 、光速为  $c$ )

解析：由题知，金属板的逸出功为为：

$$W_0 = h\nu_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

当波长为  $\frac{\lambda_0}{2}$  的单色光 B 照射该金属板时，根据爱因斯坦光电效应方程得：

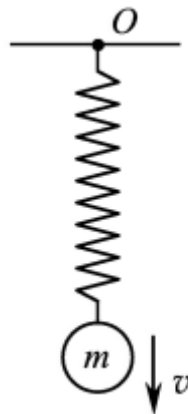
$$E_k = h \frac{c}{\frac{\lambda_0}{2}} - W_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

根据  $p = \frac{h}{\lambda}$  得 A、B 两种光子的动量之比为：

$$p_A: p_B = \frac{\lambda_0}{2} : \lambda_0 = 1:2.$$

$$\text{答案: } \frac{hc}{\lambda_0}, 1:2.$$

20. (5分) 如图所示, 悬挂于竖直弹簧下端的小球质量为  $m$ , 运动速度的大小为  $v$ , 方向向下。经过时间  $t$ , 小球的速度大小为  $v$ , 方向变为向上。忽略空气阻力, 重力加速度为  $g$ , 求该运动过程中, 小球所受弹簧弹力冲量的大小。



解析: 以小球为研究对象, 取向上为正方向, 整个过程中根据动量定理可得:

$$I - mgt = mv - (-mv)$$

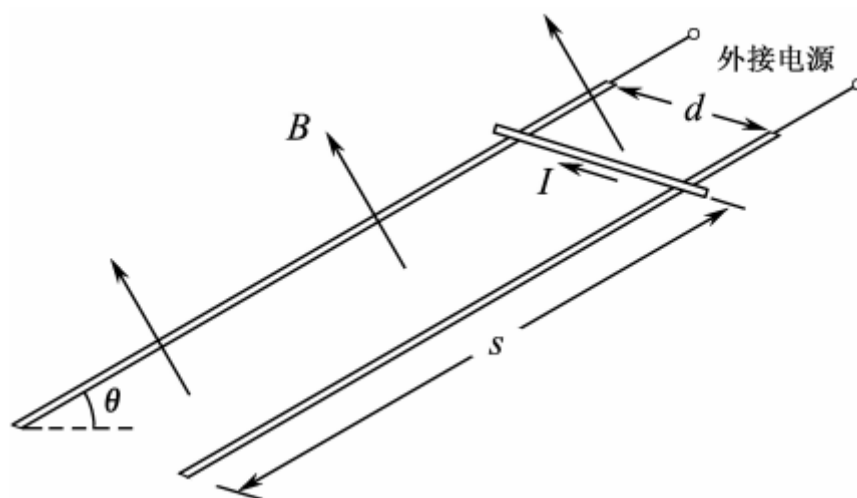
解得小球所受弹簧弹力冲量的大小为:

$$I = 2mv + mgt.$$

答案: 小球所受弹簧弹力冲量的大小为  $2mv + mgt$ 。

四、计算题: 本题共 3 小题, 共计 47 分。解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分。有数值计算的题, 答案中必须明确写出数值和单位。

21. (15分) 如图所示, 两条平行的光滑金属导轨所在平面与水平面的夹角为  $\theta$ , 间距为  $d$ 。导轨处于匀强磁场中, 磁感应强度大小为  $B$ , 方向与导轨平面垂直。质量为  $m$  的金属棒被固定在导轨上, 距底端的距离为  $s$ , 导轨与外接电源相连, 使金属棒通有电流。金属棒被松开后, 以加速度  $a$  沿导轨匀加速下滑, 金属棒中的电流始终保持恒定, 重力加速度为  $g$ 。求下滑到底端的过程中, 金属棒:



(1) 末速度的大小  $v$ ;

解析：金属棒沿导轨做匀加速运动，则有  $v^2=2as$

解得  $v=\sqrt{2as}$ 。

答案：末速度的大小  $v$  是  $\sqrt{2as}$ 。

(2)通过的电流大小  $I$ ；

解析：金属棒受到的安培力大小  $F_{安}=BI d$

金属棒所受的合力  $F=mgsin\theta - F_{安}$

根据牛顿第二定律得  $F=ma$

联立解得  $I=\frac{m(gsin\theta - a)}{dB}$ 。

答案：通过的电流大小  $I$  是  $\frac{m(gsin\theta - a)}{dB}$ 。

(3)通过的电荷量  $Q$ 。

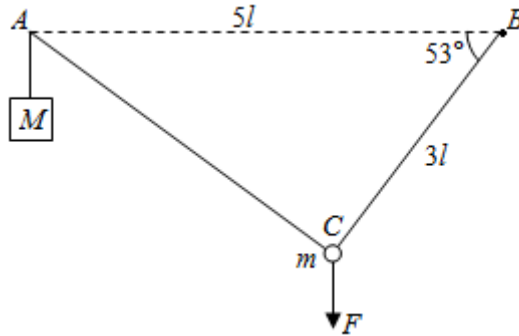
解析：金属棒运动时间  $t=\frac{v}{a}$

通过金属棒的电荷量  $Q=It$

结合  $v=\sqrt{2as}$ ， $I=\frac{m(gsin\theta - a)}{dB}$ ，解得  $Q=\frac{\sqrt{2asm}(gsin\theta - a)}{dBa}$ 。

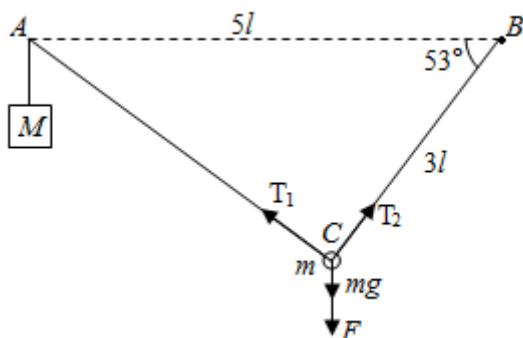
答案：通过的电荷量  $Q$  是  $\frac{\sqrt{2asm}(gsin\theta - a)}{dBa}$ 。

22. (16分) 如图所示，钉子 A、B 相距  $5l$ ，处于同一高度。细线的一端系有质量为  $M$  的小物块，另一端绕过 A 固定于 B。质量为  $m$  的小球固定在细线上 C 点，B、C 间的线长为  $3l$ 。用手竖直向下拉住小球，使小球和物块都静止，此时 BC 与水平方向的夹角为  $53^\circ$ 。松手后，小球运动到与 A、B 相同高度时的速度恰好为零，然后向下运动。忽略一切摩擦，重力加速度为  $g$ ，取  $\sin 53^\circ = 0.8$ ， $\cos 53^\circ = 0.6$ 。求：



(1) 小球受到手的拉力大小  $F$ ；

解析：松手前小球受力分析如图所示，由平衡得：



$$T_1 \sin 53^\circ = T_2 \cos 53^\circ$$

$$F + mg = T_1 \cos 53^\circ + T_2 \sin 53^\circ$$

$$\text{且 } T_1 = Mg$$

$$\text{联立解得: } F = \frac{5}{3}Mg - mg。$$

答案: 小球受到手的拉力大小  $F$  为  $\frac{5}{3}Mg - mg$ 。

(2) 物块和小球的质量之比  $M : m$ ;

解析: 小球运动到与  $A$ 、 $B$  相同高度过程中,

小球上升高度为:  $h_1 = 3l \sin 53^\circ$

物块下降高度为:  $h_2 = 2l$

整个过程系统机械能守恒, 则有:  $mgh_1 = Mgh_2$

$$\text{联立解得: } \frac{M}{m} = \frac{6}{5}。$$

答案: 物块和小球的质量之比为  $6 : 5$ 。

(3) 小球向下运动到最低点时, 物块  $M$  所受的拉力大小  $T$ 。

解析: 根据机械能守恒定律可知, 小球向下运动到最低点即为小球回到起始点, 设此时  $AC$  方向拉力为  $T$ , 由牛顿第二定律得:

$$\text{对物块: } Mg - T = Ma$$

$$\text{对小球: } T' - mg \cos 53^\circ = ma$$

$$\text{根据牛顿第三定律可知: } T' = T$$

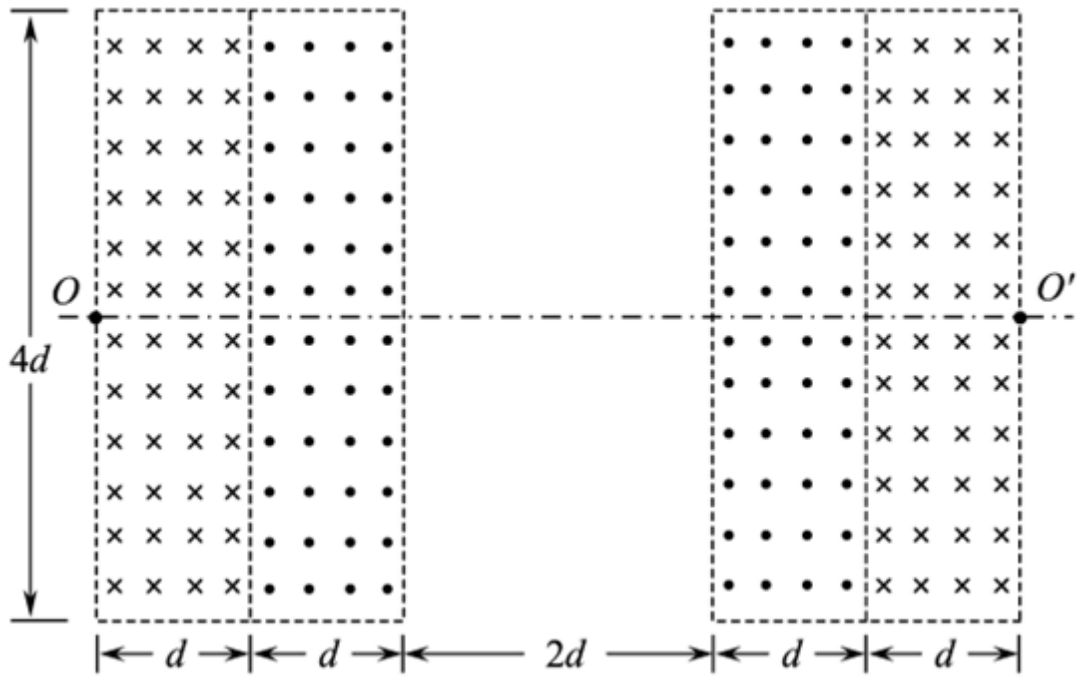
$$\text{解得: } T = \frac{48}{55}mg。$$

答案: 小球向下运动到最低点时, 物块  $M$  所受的拉力大小  $T$  为  $\frac{48}{55}mg$ 。

23. (16分) 如图所示, 真空中四个相同的矩形匀强磁场区域, 高为  $4d$ , 宽为  $d$ , 中间两个磁场区域间隔为  $2d$ , 中轴线与磁场区域两侧相交于  $O$ 、 $O'$  点, 各区域磁感应强度大小相等。

某粒子质量为  $m$ 、电荷量为  $+q$ , 从  $O$  沿轴线射入磁场。当入射速度为  $v_0$  时, 粒子从  $O$  上方  $\frac{d}{2}$

处射出磁场。取  $\sin 53^\circ = 0.8$ ,  $\cos 53^\circ = 0.6$ 。



(1) 求磁感应强度大小  $B$ ;

解析: 根据左手定则可知, 粒子进入第一个磁场后受到的洛伦兹力的方向向上, 粒子从  $O$  上方  $\frac{d}{2}$  处射出磁场, 可知粒子的半径:  $r_0 = \frac{d}{4}$

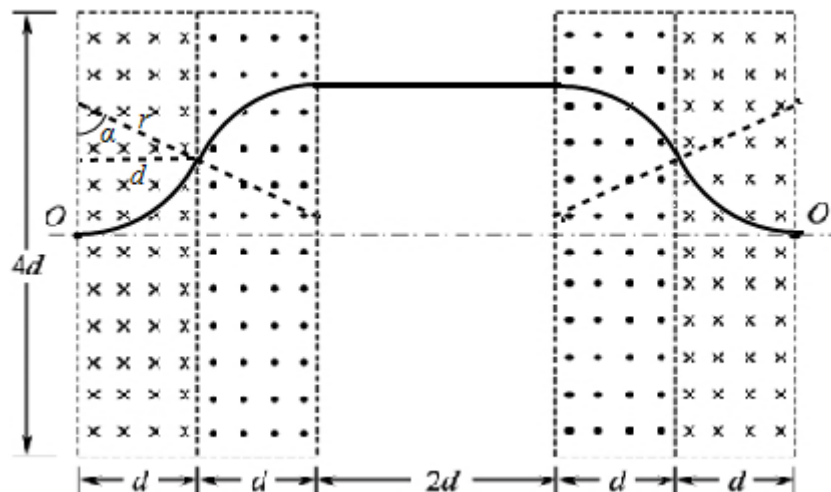
粒子受到的洛伦兹力提供向心力, 则:  $qv_0B = \frac{mv_0^2}{r_0}$

所以:  $B = \frac{4mv_0}{qd}$ 。

答案: 磁感应强度大小为  $\frac{4mv_0}{qd}$ 。

(2) 入射速度为  $5v_0$  时, 求粒子从  $O$  运动到  $O'$  的时间  $t$ ;

解析: 当入射速度为  $5v_0$  时, 粒子的半径:  $r = \frac{5mv_0}{qB} = 5r_0 = \frac{5}{4}d$



设粒子在矩形磁场中偏转的角度为  $\alpha$ ，则： $d=r \cdot \sin\alpha$

$$\text{所以：} \sin \alpha = \frac{4}{5}$$

则： $\alpha = 53^\circ$

粒子从第一个矩形磁场区域出来进入第二个磁场区域后，受到的洛伦兹力的方向相反，由运动的对称性可知，粒子出第二个磁场时，运动的方向与初速度的方向相同；粒子在没有磁场的区域内做匀速直线运动，最后在后两个磁场区域的情况与前两个磁场区域的情况相同。

$$\text{粒子在磁场中运动的周期：} T = \frac{2\pi r}{5v_0} = \frac{2\pi \times \frac{5}{4}d}{5v_0} = \frac{\pi d}{2v_0}$$

$$\text{粒子在一个矩形磁场中运动的时间：} t_1 = \frac{\alpha}{360^\circ} \cdot T = \frac{53\pi d}{720v_0}$$

$$\text{粒子在没有磁场的区域内运动的时间：} t_2 = \frac{2d}{5v_0}$$

$$\text{所以粒子运动的总时间：} t = 4t_1 + t_2 = \left(\frac{53\pi + 72}{180}\right) \frac{d}{v_0}$$

答案：入射速度为  $5v_0$  时，粒子从  $O$  运动到  $O'$  的时间为  $\left(\frac{53\pi + 72}{180}\right) \frac{d}{v_0}$ 。

(3) 入射速度仍为  $5v_0$ ，通过沿轴线  $OO'$  平移中间两个磁场（磁场不重叠），可使粒子从  $O$  运动到  $O'$  的时间增加  $\Delta t$ ，求  $\Delta t$  的最大值。

解析：将中间的两个磁场向中间移动距离  $x$  后，粒子出第一个磁场区域后，速度的方向与  $OO'$  之间的夹角为  $\alpha$ ，由几何关系可知，粒子向上的偏移量：

$$y = 2r(1 - \cos\alpha) + x \cdot \tan\alpha$$

由于： $y \leq 2d$

$$\text{联立解得：} x \leq \frac{3}{4}d$$

即： $x_m = \frac{3}{4}d$  时，粒子在没有磁场的区域内运动的时间最长，则粒子整个运动的过程中运动的时间最长。粒子直线运动路程的最大值：

$$s_m = \frac{2x_m}{\cos\alpha} + (2d - 2x_m)$$

则逐渐的路程的最大值： $\Delta s_m = s_m - 2d$

代入数据可得： $\Delta s_m =$

$$\text{所以增加的时间的最大值：} \Delta t_m = \frac{\Delta s_m}{5v_0} = \frac{d}{5v_0}$$

答案：入射速度仍为  $5v_0$ ，通过沿轴线  $OO'$  平移中间两个磁场（磁场不重叠），可使粒子从  $O$  运动到  $O'$  的时间增加  $\Delta t$ ， $\Delta t$  的最大值为  $\frac{d}{5v_0}$ 。