2018 年江苏

1. 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 705 km，之前已运行的“高分四号”轨道高度约为 36 000 km，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)

A. 周期　　B. 角速度　　C. 线速度　　D. 向心加速度

> 设地球质量为 M，人造卫星质量为 m，人造卫星做匀速圆周运动时，由万有引力提供向心力得 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}=m\omega^2r=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2r=ma$，解得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，$\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$，$T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$，$a=\frac{GM}{r^2}$，因“高分四号”的轨道半径比“高分五号”的轨道半径大，故 A 正确，B、C、D 错误。

2. 采用 220 kV 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 (C)

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

> 输电功率 $P=UI$，U 为输电电压，I 为输电线路中的电流，输电线路损失的功率为 $P_{损}=I^2R$，R 为输电线路的电阻，即 $P_{损}=\left(\frac{P}{U}\right)^2R$。当输电功率一定时，输电线路损失的功率为原来的 $\frac{1}{4}$，则输电电压为原来的 2 倍，即 440 kV，故 C 正确。

3. 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 (B)

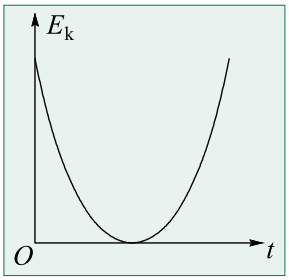
A. 时刻相同，地点相同　　B. 时刻相同，地点不同

C. 时刻不同，地点相同　　D. 时刻不同，地点不同

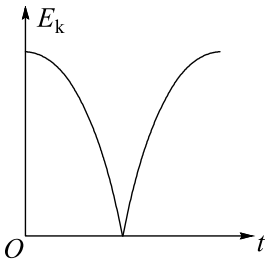
> 小球弹出后做曲线运动，该运动可分解成水平方向的匀速运动和竖直方向的匀加速直线运动，竖直方向两球速度相同并且始终在同一高度上，水平方向速度也相同，由于后弹出的小球在空中运动的时间较短，所以两球落地的时刻相同但水平方向通过的距离不同，所以落地点不同，故 B 正确。

4. 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

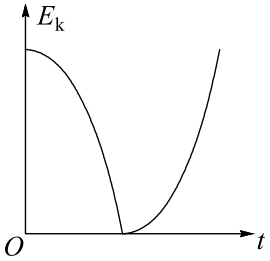
中小球的动能 E_k 与时间 t 的关系图像是 (A)



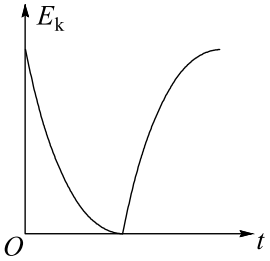
A.



B.



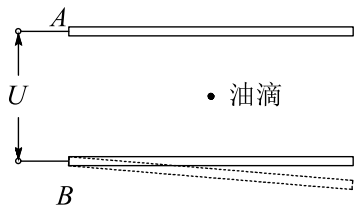
C.



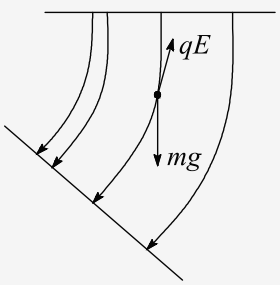
D.

> 小球做竖直上抛运动时，速度 $v = v_0 - gt$，由动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 得 $E_k = \frac{1}{2}m(v_0 - gt)^2$，故图象 A 正确。

5. 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 (D)



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

> 两极板平行时带电粒子处于平衡状态，则重力等于电场力；当下极板旋转时，板间距离增大，场强减小，电场力小于重力；由于电场线垂直于金属板表面，所以电荷处的电场线如图所示，所以重力与电场力的合力偏向右下方，故粒子向右下方运动，故 D 正确。
>
> 
>

6. 火车以 60 m/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 10 s 内匀速转过了约 10°。在此 10 s 时间内，火车 (AD)

A. 运动路程为 600 m

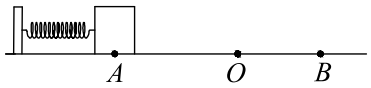
B. 加速度为零

C. 角速度约为 1 rad/s

D. 转弯半径约为 3.4 km

> 圆周运动的弧长 $s = vt = 60\,\mathrm{m/s} \times 10\,\mathrm{s} = 600\,\mathrm{m}$，故 A 正确；火车转弯是圆周运动，圆周运动是变速运动，所以合力不为零，加速度不为零，故 B 错误；由题意得圆周运动的角速度 $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\frac{10^\circ}{360^\circ} \times 2\pi}{10\,\mathrm{s}} = \frac{3.14}{180}\,\mathrm{rad/s}$，又 $v = \omega r$，所以 $r = \frac{v}{\omega} = \frac{60}{3.14} \times 180\,\mathrm{m} = 3439\,\mathrm{m}$，故 C 错误，D 正确。

7. 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 (AD)



A. 加速度先减小后增大

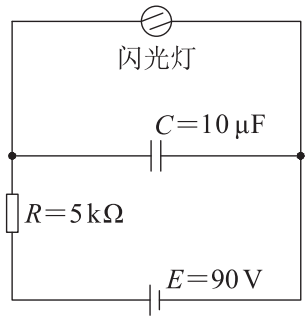
B. 经过 O 点时的速度最大

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

> 物体从 A 点到 O 点过程，弹力逐渐减为零，刚开始弹簧弹力大于摩擦力，故可分为弹力大于摩擦力过程和弹力小于摩擦力过程：弹力大于摩擦力过程，合力向右，加速度也向右，由于弹力减小，摩擦力不变，小球所受合力减小，加速度减小，弹力等于摩擦力时速度最大，此位置在 A 点和 O 点之间；弹力小于摩擦力过程，合力方向与运动方向相反，弹力减小，摩擦力大小不变，物体所受合力增大，物体的加速度随弹簧形变量的减小而增加，物体做减速运动；从 O 点到 B 点的过程弹力增大，合力向左，加速度继续增大，故 A 正确，B 错误；从 A 点到 O 点过程，弹簧由压缩恢复原长，弹力做正功，从 O 点到 B 点的过程，弹簧伸长，弹力做负功，故 C 错误；从 A 到 B 的过程中由动能定理知，弹簧弹力做的功等于物体克服摩擦力做的功，故 D 正确。

8. 如图所示，电源 E 对电容器 C 充电，当 C 两端电压达到 80 V 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 (BCD)



A. 充电时，通过 R 的电流不变

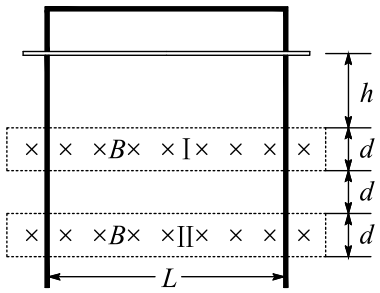
B. 若 R 增大，则充电时间变长

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 85 V，闪光灯闪光一次通过的电荷量不变

> 电容器充电时两端电压不断增大，所以电源与电容器极板间的电势差不断减小，因此充电电流变小，故 A 错误；当电阻 R 增大时，充电电流变小，电容器所充电荷量不变的情况下，充电时间变长，故 B 正确；若 C 增大，由 $Q=CU$，电容器的带电荷量增大，故 C 正确；当电源电动势为 85 V 时，电源给电容器充电仍能达到闪光灯击穿电压 80 V，所以闪光灯仍然发光，闪光一次通过的电荷量不变，故 D 正确。

9. 如图所示，竖直放置的 ∩ 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 (BC)



A. 刚进入磁场 Ⅰ 时加速度方向竖直向下

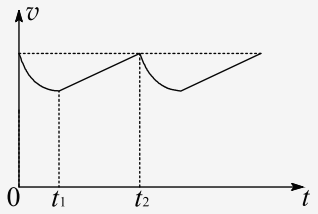
B. 穿过磁场 Ⅰ 的时间大于在两磁场之间的运动时间

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 $\frac{m^2gR^2}{2B^4L^4}$

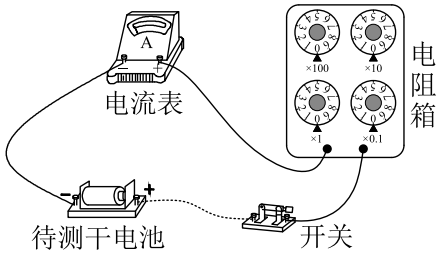
> 由于金属棒进入两个磁场的速度相等，而穿出磁场后金属杆做加速度为 g 的加速运动，所以金属杆进入磁场时应做减速运动，故 A 错误；对金属杆受力分析，由 $\frac{B^2L^2v}{R}-mg=ma$ 可知，金属杆做加速度减小的减速运动，其进出磁场的 $v-t$ 图象如图所示，

由于 $0\sim t_1$ 和 $t_1\sim t_2$ 的图线与 t 轴包围的面积相等（都为 d），所以 $t_1>(t_2-t_1)$，故 B 正确；从进入 I 磁场到进入 II 磁场之前过程中，由能量守恒，金属棒减小的机械能全部转化为焦耳热，所以 $Q_1=mg\cdot 2d$，所以穿过两个磁场过程中产生的热量为 $4mgd$，故 C 正确；若金属杆进入磁场做匀速运动，则 $\frac{B^2L^2v}{R}-mg=0$，得 $v=\frac{mgR}{B^2L^2}$，由前面分析可知金属杆进入磁场的速度大于 $\frac{mgR}{B^2L^2}$，由 $h=\frac{v^2}{2g}$ 得金属杆进入磁场的高度应大于 $\frac{m^2g^2R^2}{2gB^4L^4}=\frac{m^2gR^2}{2B^4L^4}$，故 D 错误。



10. 一同学测量某干电池的电动势和内阻。

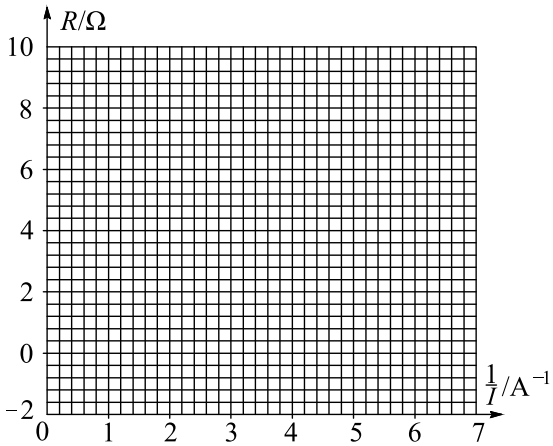
(1) 如图所示是该同学正准备接入最后一根导线（图中虚线所示）时的实验电路。请指出图中在器材操作上存在的两个不妥之处开关未断开；电阻箱阻值为零。



(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：

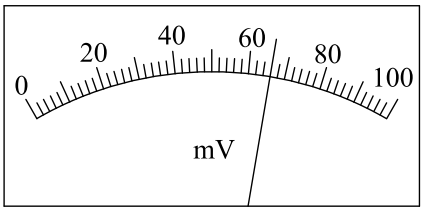
R/Ω	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0
I/A	0.15	0.17	0.19	0.22	0.26
$\frac{1}{I}/\mathrm{A}^{-1}$	6.7	6.0	5.3	4.5	3.8

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



由图像可计算出该干电池的电动势为 1.4 V；内阻为 1.2 Ω。

(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 100 mV 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 0.33 A 时，电压表的指针位置如图所示，则该干电池的电动势应为 1.4 V；内阻应为 1.0 Ω。

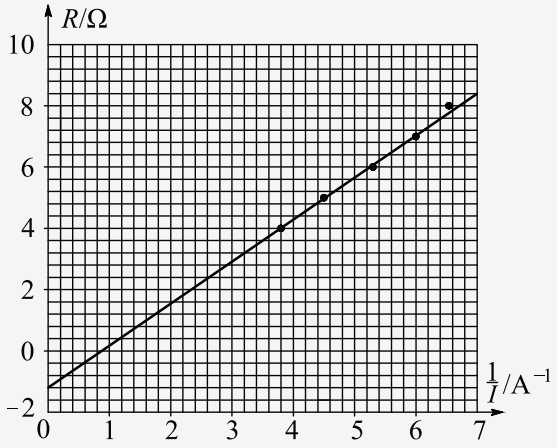


(1) 开关未断开，电阻箱阻值为零　(2) 1.4（1.30 ～ 1.44 都算对），1.2（1.0 ～ 1.4 都算对）　(3) 1.4（结果与（2）问第一个空格一致），1.0（结果比（2）问第二个空格小 0.2）

（1）连接电路时电源应与电路断开，所以开关要断开；另一错误是电阻箱接入电路的电阻是零，这样容易烧坏电流表和电源。

（2）将数据描点连线，作出一条倾斜的直线。由闭合电路欧姆定律 $E = I(R + r)$ 得 $R = E \cdot \frac{1}{I} - r$，所以图线的斜率表示电源电动势 $E = \frac{8-(-1.2)}{6.7-0}\,\mathrm{V} = 1.37\,\mathrm{V}$，截距绝对值表示内阻，$r = 0.4 \times 3.0\,\Omega = 1.20\,\Omega$；用电压表与电流表并联，可测得电流表的内阻 $R_A = \frac{U_V}{I_A} = \frac{66.0\times10^{-3}}{33\times10^{-3}}\,\Omega = 0.20\,\Omega$，考虑电表内阻对实验的影响，则 $E = I(R + R_A + r)$，得 $R = E \cdot \frac{1}{I} - (R_A + r)$，所以图线的斜率仍表示电动势，电动势的准确值为 1.37 V，图线的截距表示 $(R_A + r)$，所以内阻精确值为 $r = (1.20 - 0.20)\,\Omega = 1.00\,\Omega$。

图像如图所示：



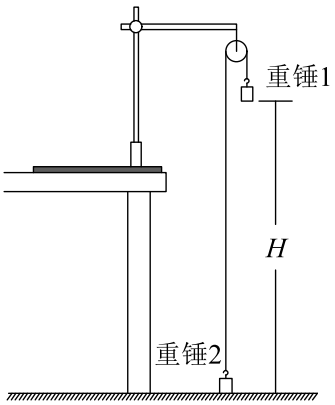
11. 某同学利用如图所示的实验装置来测量重力加速度 g。细绳跨过固定在铁架台上的轻质滑轮，两端各悬挂一只质量为 M 的重锤。实验操作如下：

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 测量的偶然（选填“偶然”或“系统”）误差。

(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

(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？

(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 $g=\frac{2(2M+m+m_0)H}{mt^2}$。

(1) 偶然　(2) B　(3) 在重锤 1 上粘上橡皮泥，调整橡皮泥质量直至轻拉重锤 1 能观察到其匀速下落　(4) $\frac{2(2M+m+m_0)H}{mt^2}$

（1）时间测量的误差是人为操作快慢和读数问题带来的误差，所以属于偶然误差。

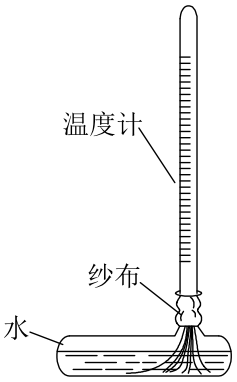
（2）由于自由落体的加速度较大，下落 H 高度的时间较短，为了减小测量时间的实验误差，就要使重锤下落的时间长一些，因此系统下降的加速度要小，所以小钩码的质量要比重锤的质量小很多。

（3）为了消除滑轮的摩擦阻力，可用橡皮泥粘在重锤 1 上，轻拉重锤放手后若系统做匀速运动，则表示平衡了阻力。

（4）由牛顿第二定律有 $mg=(M+m_0+M+m)a$，又 $H=\frac{1}{2}at^2$，解得 $g=\frac{2(2M+m_0+m)H}{mt^2}$。

12. **A.**（选修模块 3-3）

(1) 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）



A. 空气的相对湿度减小　　B. 空气中水蒸汽的压强增大

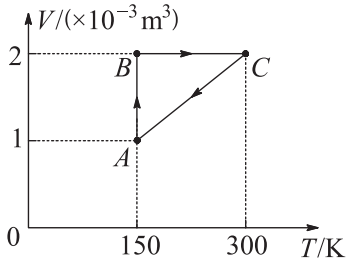
C. 空气中水的饱和气压减小　　D. 空气中水的饱和气压增大

(2) 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右表。则 T_1 大于（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 ~ 500 m/s 区间的氧气分子数占总分子数的百分比等于（选填“大于”“小于”或“等于”）18.6%。

速率区间/ $\mathrm{m\cdot s^{-1}}$	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

(3) 如图所示，一定质量的理想气体在状态 A 时压强为 2.0×10^5 Pa，经历 A→B→C→A 的过程，整个过程中对外界放出 61.4 J 热量。求该气体在 A→B 过程中对外界所

做的功。



B.（选修模块 3-4）

(1) 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（AD）

A. 是横波

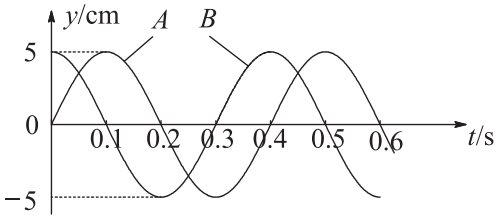
B. 不能在真空中传播

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 $3\times10^8\,\mathrm{m/s}$

(2) 两束单色光 A、B 的波长分别为 λ_A、λ_B，且 $\lambda_A>\lambda_B$，则 A（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 A（选填“A”或“B”）产生的条纹间距较大。

(3) 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，在 $x=0$ 和 $x=0.6\,\mathrm{m}$ 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 0.6 m，求其波速和波长。



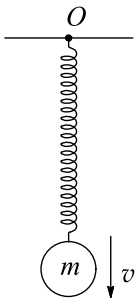
C.（选修模块 3-5）

(1) 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，剩有的 A 和 B 质量之比为（B）

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

(2) 光电效应实验中，用波长为 λ_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$\frac{hc}{\lambda_0}$，A、B 两种光子的动量之比为1 : 2。（已知普朗克常量为 h、光速为 c）

(3) 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。



(1) A：（1）A；（2）大于，等于；（3）气体对外界做的功为 138.6 J。 (2) B：（1）AD；（2）A，A；（3）$v=2\,\mathrm{m/s}$；$\lambda=0.8\,\mathrm{m}$。 (3) C：（1）B；（2）$\frac{hc}{\lambda_0}$，1 : 2；（3）$2mv+mgt$。

A.（1）温度计示数减小说明蒸发加快，空气中水蒸气的压强减小，故 B 错误；因空气中水的饱和汽压只与温度有关，空气温度不变，所以水的饱和汽压不变，故 C、D 错误；由相对湿度的定义，空气的相对湿度减小，故 A 正确。（2）分子速率分布与温度有关，温度升高，分子的平均速率增大，速率大的分子数所占比例增加，速率小的分子数所占比例减小，所以 T_1 大于 T_2；泄漏前后容器内温度不变，则在泄漏后的容器中，速率处于 $400\sim500\,\mathrm{m/s}$ 区间的氧气分子数占总分子数的百分比不变，仍为 18.6%。（3）整个过程中，外界对气体做的功为 $W=W_{AB}+W_{CA}$，且 $W_{CA}=p_A(V_C-V_A)$。由热力学第一定律 $\Delta U=Q+W$ 得 $W_{AB}=-(Q+W_{CA})$。代入数据得 $W_{AB}=-138.6\,\mathrm{J}$，即气体对外界做的功为 138.6 J。

B.（1）摇动的梳子在空中产生电磁波，电磁波是横波，故 A 正确；电磁波能在真空中传播，故 B 错误；电磁波传播的方向与振动方向垂直，故 C 错误；电磁波在空气中传播的速度约为光速，故 D 正确。（2）波长越长，频率越小，折射率越小，由临界角公式 $\sin C=\frac{1}{n}$，可知波长越大临界角越大，所以 A 光的临界角大；双缝干涉条纹的间距 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$，因为 A 光的波长较长，所以 A 光产生的条纹间距较大。（3）由图象可知，周期 $T=0.4\,\mathrm{s}$，由于波长大于 0.6 m，由图象可知，波从 A 到 B 的传播时间 $\Delta t=0.3\,\mathrm{s}$，波速 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$，代入数据得 $v=2\,\mathrm{m/s}$，波长 $\lambda=vT$，代入数据得 $\lambda=0.8\,\mathrm{m}$。

C.（1）由半衰期公式 $m=m_0\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ 知，经过 $2T$，A 剩有的质量为 $m_A=m_0\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2T}{T}}=\frac{1}{4}m_0$，B 剩有的质量为 $m_B=m_0\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2T}{2T}}=\frac{1}{2}m_0$，故 $m_A:m_B=1:2$，故 B 正确。（2）根据光电效应方程 $E_\mathrm{k}=h\nu-W_0$，又 $\nu=\frac{c}{\lambda}$，所以有 $0=\frac{hc}{\lambda_0}-W_0$，$E_\mathrm{k}=\frac{2hc}{\lambda_0}-W_0$，解得 $E_\mathrm{k}=\frac{hc}{\lambda_0}$；又光子动量 $p=\frac{h}{\lambda}$，所以 A、B 两种光子的动量之比为 1 : 2。（3）取向上为正方向，由动量定理得 $mv-(-mv)=I$，且 $I=(\overline{F}-mg)t$，解得 $I_F=\overline{F}t=2mv+mgt$。

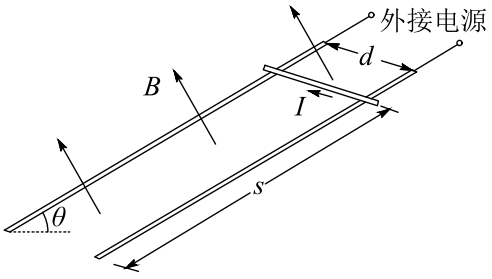
13. 如图所示，两条平行的光滑金属导轨所在平面与水平面的夹角为 θ，间距为 d。导轨处于匀强磁场中，磁感应强度大小为 B，方向与导轨平面垂直。质量为 m 的金属棒被固定在导轨上，距底端的距离为 s，导轨与外接电源相连，使金属棒通有电流。金属棒被

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；

(2) 通过的电流大小 I；

(3) 通过的电荷量 Q。



（1）匀加速直线运动 $v^2=2as$，解得 $v=\sqrt{2as}$。

（2）安培力 $F_{安}=IdB$，金属棒所受合力 $F=mg\sin\theta-F_{安}$，牛顿运动定律 $F=ma$，解得 $I=\frac{mg(\sin\theta-a)}{dB}$。

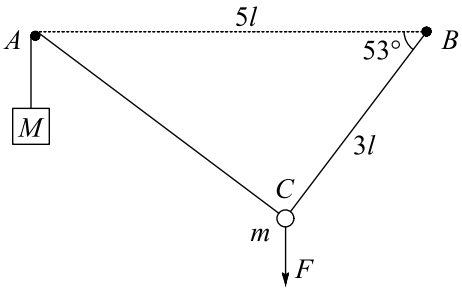
（3）运动时间 $t=\frac{v}{a}$，电荷量 $Q=It$，解得 $Q=\frac{\sqrt{2as}\,m(g\sin\theta-a)}{dBa}$。

14. 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°。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；

(2) 物块和小球的质量之比 $M:m$；

(3) 小球向下运动到最低点时，物块 M 所受的拉力大小 T。



(1) $F=\frac{5}{3}Mg-mg$　(2) $\frac{M}{m}=\frac{6}{5}$　(3) $T=\frac{8mMg}{5(m+M)}$（$T=\frac{48}{55}mg$ 或 $T=\frac{8}{11}Mg$）

（1）设小球受 AC、BC 的拉力分别为 F_1、F_2，由平衡条件得 $F_1\sin 53^\circ = F_2\cos 53^\circ$，$F + mg = F_1\cos 53^\circ + F_2\sin 53^\circ$，且 $F_1 = Mg$，解得 $F = \frac{5}{3}Mg - mg$。

（2）小球运动到与 A、B 相同高度过程中，小球上升高度 $h_1 = 3l\sin 53^\circ$，物块下降高度 $h_2 = 2l$，由机械能守恒定律得 $mgh_1 = Mgh_2$，解得 $\frac{M}{m} = \frac{6}{5}$。

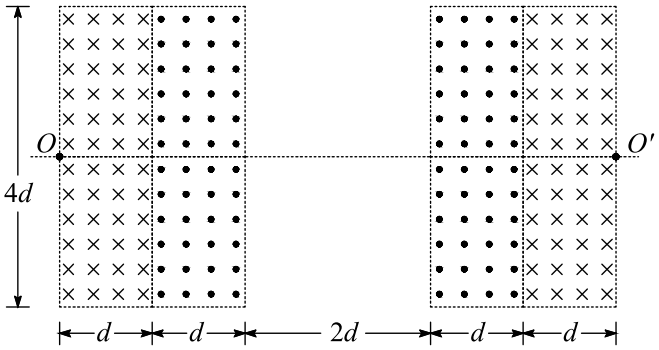
（3）根据机械能守恒定律，小球回到起始点。设此时 AC 方向的加速度大小为 a，重物受到的拉力为 T，牛顿运动定律 $Mg - T = Ma$，小球受 AC 的拉力 $T' = T$，牛顿运动定律 $T' - mg\cos 53^\circ = ma$，解得 $T = \frac{8mMg}{5(m+M)}$（$T = \frac{48}{55}mg$ 或 $T = \frac{8}{11}Mg$）。

15. 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；

(2) 入射速度为 $5v_0$ 时，求粒子从 O 运动到 O′ 的时间 t；

(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 Δt，求 Δt 的最大值。



(1) $B = \frac{4mv_0}{qd}$ (2) $t = \left(\frac{53\pi+72}{180}\right)\frac{d}{v_0}$ (3) $\Delta t_m = \frac{d}{5v_0}$

（1）粒子在磁场中，由洛伦兹力提供向心力得 $qvB = m\frac{v^2}{r}$，解得 $r_0 = \frac{mv_0}{qB}$，由几何关系知 $r_0 = \frac{d}{4}$，联立解得 $B = \frac{4mv_0}{qd}$。

（2）设粒子在矩形磁场中的偏转角为 α，由 $d = r\sin\alpha$，得 $\sin\alpha = \frac{4}{5}$，即 $\alpha = 53^\circ$。在一个矩形磁场中的运动时间 $t_1 = \frac{\alpha}{360^\circ}\cdot\frac{2\pi m}{qB}$，解得 $t_1 = \frac{53\pi d}{720v_0}$；直线运动的时间 $t_2 = \frac{2d}{v}$，解得 $t_2 = \frac{2d}{5v_0}$；则 $t = 4t_1 + t_2 = \left(\frac{53\pi+72}{180}\right)\frac{d}{v_0}$。

（3）将中间两磁场分别向中央移动距离 x，粒子向上的偏移量 $y = 2r(1-\cos\alpha) + x\tan\alpha$，由 $y \le 2d$，解得 $x \le \frac{3}{4}d$，则当 $x_m = \frac{3}{4}d$ 时，Δt 有最大值。粒子直线运动路程的最大值 $s_m = \frac{2x_m}{\cos\alpha} + (2d - 2x_m) = 3d$，增加路程的最大值 $\Delta s_m = s_m - 2d = d$，

> 增加时间的最大值 $\Delta t_m = \frac{\Delta s_m}{v} = \frac{d}{5v_0}$。