2014 年上海

1. 下列电磁波中，波长最长的是（A）

A. 无线电波　　B. 红外线　　C. 紫外线　　D. γ 射线

> 由电磁波波长的长短关系知，在四个选项中，无线电波的波长最长，γ 射线波长最短，故 A 正确。

2. 核反应方程 ${}^{9}_{4}\mathrm{Be}+{}^{4}_{2}\mathrm{He}\longrightarrow{}^{12}_{6}\mathrm{C}+\mathrm{X}$ 中的 X 表示（D）

A. 质子　　B. 电子　　C. 光子　　D. 中子

> 由电荷数守恒和质量数守恒得，X 的质量数为 1，电荷数为 0，所以为中子，故 D 正确。

3. 不能用卢瑟福原子核式结构模型得出的结论是（B）

A. 原子中心有一个很小的原子核　　B. 原子核是由质子和中子组成的

C. 原子质量几乎全部集中在原子核内　　D. 原子的正电荷全部集中在原子核内

> 由卢瑟福原子核的 α 粒子散射实验，可以得到选项 ACD 的结论；查德威克通过 α 粒子轰击铍原子核实验发现了中子，从而说明原子核是由质子和中子组成的，故 B 正确。

4. 分子间同时存在引力和斥力，当分子间距增加时，分子间（C）

A. 引力增加，斥力减小　　B. 引力增加，斥力增加

C. 引力减小，斥力减小　　D. 引力减小，斥力增加

> 当分子间距离增大时，分子间的引力和斥力都减小，故 C 正确。

5. 链式反应中，重核裂变时放出的可以使裂变不断进行下去的粒子是（B）

A. 质子　　B. 中子　　C. β 粒子　　D. α 粒子

> 由重核裂变的核反应方程知，使裂变不断进行下去的粒子是中子，故 B 正确。

6. 在光电效应的实验结果中，与光的波动理论不矛盾的是（C）

A. 光电效应是瞬时发生的

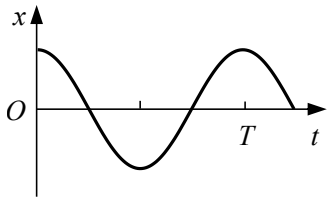
B. 所有金属都存在极限频率

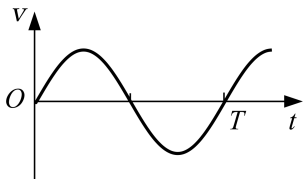
C. 光电流随着入射光增强而变大

D. 入射光频率越大，光电子最大初动能越大

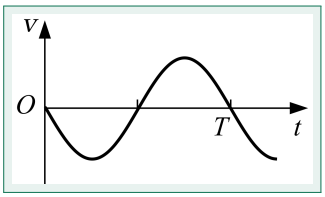
光电效应说明光具有粒子性，与光的波动性不矛盾的只有选项 C，故 C 正确。

7. 质点做简谐运动，其 $x-t$ 关系如图，以 x 轴正向为速度 v 的正方向，该质点的 $v-t$ 关系是 (B)

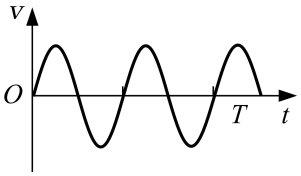




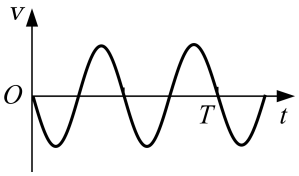
A.



B.



C.



D.

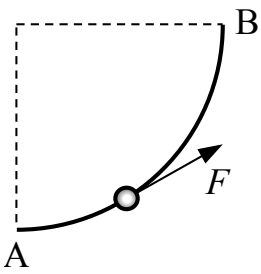
由振动图象可得，在 $t=0$ 时刻质点的速度为零，之后向负方向运动，速度先负向增大后负向减小，且振动周期为 T，故 B 正确。

8. 在离地高 h 处，沿竖直方向同时向上和向下抛出两个小球，它们的初速度大小均为 v，不计空气阻力，两球落地的时间差为 (A)

A. $\frac{2v}{g}$　　B. $\frac{v}{g}$　　C. $\frac{2h}{v}$　　D. $\frac{h}{v}$

两球落地的时间差为竖直上抛的小球从抛出到返回出发点的时间，$t=\frac{-v-v}{-g}=\frac{2v}{g}$，故 A 正确。

9. 如图，光滑的四分之一圆弧轨道 AB 固定在竖直平面内，A 端与水平面相切，穿在轨道上的小球在拉力 F 作用下，缓慢地由 A 向 B 运动，F 始终沿轨道的切线方向，轨道对球的弹力为 N，在运动过程中 (A)



A. F 增大，N 减小　　B. F 减小，N 减小

C. F 增大，N 增大　　D. F 减小，N 增大

> 设小球与圆心的连线与竖直方向的夹角为 θ，由共点力的平衡条件得 $F = mg\sin\theta$，$F_N = mg\cos\theta$，θ 逐渐变大，所以 F 变大，F_N 变小，故 A 正确。

10. 如图，竖直放置、开口向下的试管内用水银封闭一段气体，若试管自由下落，管内气体 (B)

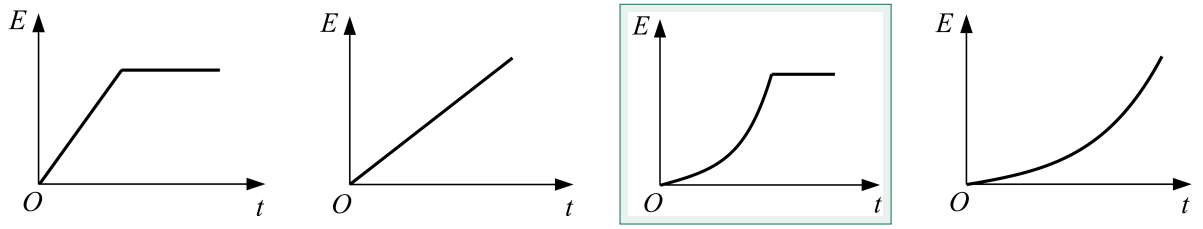


A. 压强增大，体积增大　　B. 压强增大，体积减小

C. 压强减小，体积增大　　D. 压强减小，体积减小

> 试管自由下落处于完全失重状态，一切与重力有关的现象都消失了，管内气体的压强由原来的 $p_0 - \rho gh$ 变为大气压强 p_0，是增大的，又由 $\frac{pV}{T} = C$ 知，温度不变，故气体的体积变小，故 B 正确。

11. 静止在地面上的物体在竖直向上的恒力作用下上升，在某一高度撤去恒力。不计空气阻力，在整个上升过程中，物体机械能随时间变化关系是 (C)

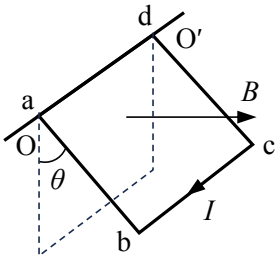


A.　　B.　　C.　　D.

> 物体在恒力作用下的上升过程中，恒力做正功，物体的机械能变大，$E = Fx = F \times \frac{1}{2}at^2$，又因 a 恒定，图线为开口向上的抛物线，撤掉恒力后，只有重力做功，机械能守恒，图线是水平的直线，故 C 正确。

12. 如图，在磁感应强度为 B 的匀强磁场中，面积为 S 的矩形刚性导线框 abcd 可绕过 ad 边的固定轴 OO′ 转动，磁场方向与线框平面垂直，在线框中通以电流强度为 I 的稳恒

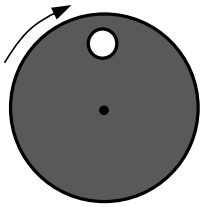
电流，并使线框与竖直平面成 θ 角，此时 bc 边受到相对 OO′ 轴的安培力力矩大小为 (A)



A. $BIS\sin\theta$　　B. $BIS\cos\theta$　　C. $BIS/\sin\theta$　　D. $BIS/\cos\theta$

> 由题意知，安培力大小为 $F=BI\cdot bc$，安培力的力矩 $F\cdot ab\sin\theta=BIS\sin\theta$，故 A 正确。

13. 如图，带有一白点的黑色圆盘，可绕过其中心、垂直于盘面的轴匀速转动，每秒沿顺时针方向旋转 30 圈，在暗室中用每秒闪光 31 次的频闪光源照射圆盘，观察到白点每秒沿 (D)



A. 顺时针旋转 31 圈　　B. 逆时针旋转 31 圈

C. 顺时针旋转 1 圈　　D. 逆时针旋转 1 圈

> 圆盘的转动频率小于闪光的频率，我们看着白点好像是逆时针转动，且每秒转一圈，故 D 正确。

14. 一列横波沿水平放置的弹性绳向右传播，绳上两质点 A、B 的平衡位置相距 3/4 波长，B 位于 A 右方，t 时刻 A 位于平衡位置上方且向上运动，再经过 1/4 周期，B 位于平衡位置 (D)

A. 上方且向上运动　B. 上方且向下运动　C. 下方且向上运动　D. 下方且向下运动

> t 时刻 A 位于平衡位置上方且向上运动，且 A、B 相距 $\frac{3}{4}$ 波长，则 t 时刻 B 位于平衡位置上方，且向下运动，再过 $\frac{1}{4}$ 个周期 B 的振动情况与 t 时刻 A 的振动情况相反，即位于平衡位置下方且向下运动，故 D 正确。

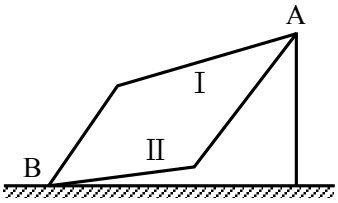
15. 将阻值随温度升高而减小的热敏电阻 I 和 II 串联，接在不计内阻的稳压电源两端，开始时 I 和 II 阻值相等，保持 I 温度不变，冷却或加热 II，则 II 的电功率在 (C)

A. 加热时变大，冷却时变小　　B. 加热时变小，冷却时变大

C. 加热或冷却都变小　　D. 加热或冷却都变大

> 加热时电阻变小，冷却时电阻变大，将 I 等效为电源的内阻，II 的电阻等于 I 的电阻时，II 的功率最大，所以无论加热还是冷却，II 的电功率都变小，故 C 正确。

16. 如图，竖直平面内的轨道 I 和 II 都由两段细直杆连接而成，两轨道长度相等，用相同的水平恒力将穿在轨道最低点 B 的静止小球，分别沿 I 和 II 推至最高点 A，所需时间分别为 t_1、t_2，动能增量分别为 ΔE_{k1}、ΔE_{k2}，假定球在经过轨道转折点前后速度大小不变，且球与 I 和 II 轨道间的动摩擦因数相等，则（B）

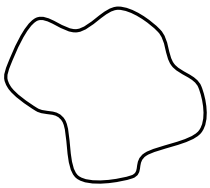


A. $\Delta E_{k1} > \Delta E_{k2}$，$t_1 > t_2$　　B. $\Delta E_{k1} = \Delta E_{k2}$，$t_1 > t_2$

C. $\Delta E_{k1} > \Delta E_{k2}$，$t_1 < t_2$　　D. $\Delta E_{k1} = \Delta E_{k2}$，$t_1 < t_2$

> 两种情况下，水平恒力和摩擦力对球做的总功相等，所以 $\Delta E_{k1} = \Delta E_{k2}$，但由于第 II 种情况的平均速度大，所以用的时间就少，$t_1 > t_2$，故 B 正确。

17. 如图，匀强磁场垂直于软导线回路平面，由于磁场发生变化，回路变为圆形，则该磁场（CD）

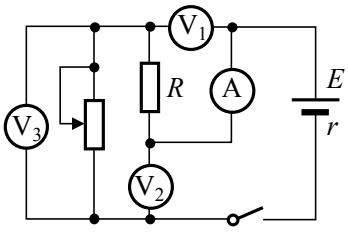


A. 逐渐增强，方向向外　　B. 逐渐增强，方向向里

C. 逐渐减弱，方向向外　　D. 逐渐减弱，方向向里

> 圆形的面积比题图所示的面积大，由楞次定律“增缩减扩”的结论，该磁场可能是方向向里减弱，也可能是方向向外减弱，故 CD 正确。

18. 如图，电路中定值电阻阻值 R 大于电源内阻阻值 r，将滑动变阻器滑片向下滑动，理想电压表 V_1、V_2、V_3 示数变化量的绝对值分别为 ΔU_1、ΔU_2、ΔU_3，理想电流表 A 示数变化量的绝对值为 ΔI，则（ACD）



A. A 的示数增大

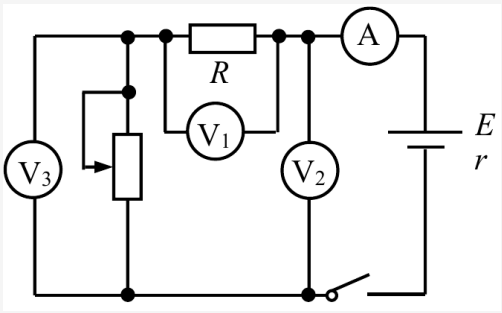
B. V_2 的示数增大

C. ΔU_3 与 ΔI 的比值大于 r

D. ΔU_1 大于 ΔU_2

定值电阻 R 与滑动变阻器串联，滑动变阻器的滑片向下移动，滑动变阻器接入电路的电阻变小，A 的示数增大，故 A 正确；V_2 的示数是路端电压，根据 $U_2=E-Ir$ 可知，V_2 的示数变小，故 B 错误；又 $E=U_3+I(R+r)$，则 ΔU_3 和 ΔI 的比值等于 $R+r$，大于 r，故 C 正确；ΔU_1 是 R 两端电压的变化量，ΔU_2 是路端电压变化量，ΔU_1 大于 ΔU_2，故 D 正确。

首先应将此电路化简成一个易于识别的电路如右图所示。电流表 A 测的是干路电流，电压表 V_1 测的是定值电阻 R 两端的电压，电压表 V_2 测的是电源两端的电压，电压表 V_3 测的是滑动变阻器两端的电压。



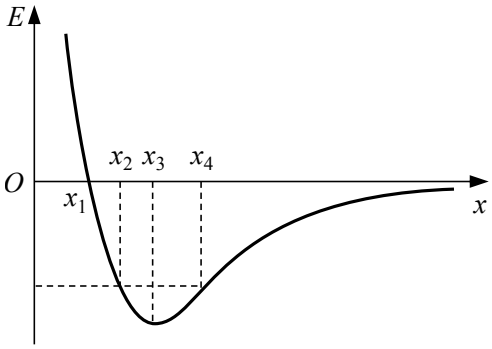
当滑动变阻器滑片向下滑动时，接入电路的有效电阻减小，整个电路的电流 I 变大，则 A 表和 V_1 表的示数变大，选项（A）正确。

由 $U_2=E-Ir$，E、r 不变，I 增大，所以 U_2 减小，选项（B）错误。

由 $\frac{\Delta U_3}{\Delta I}=R+r$ 可知，$\frac{\Delta U_3}{\Delta I}>r$，选项（C）正确。

由 $\frac{\Delta U_1}{\Delta I}=R$、$\frac{\Delta U_2}{\Delta I}=r$，且题中已知 $R>r$，可得 $\Delta U_1>\Delta U_2$，选项（D）正确。

19. 静电场在 x 轴上的场强 E 随 x 的变化关系如图所示，x 轴正方向为场强正方向，带正电的点电荷沿 x 轴运动，则点电荷（ BC ）



A. 在 x_2 和 x_4 处电势能相等

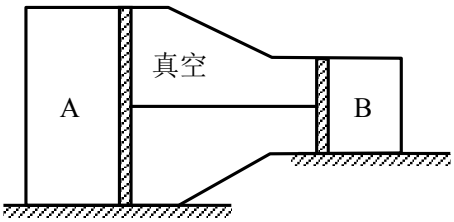
B. 由 x_1 运动到 x_3 的过程中电势能增大

C. 由 x_1 运动到 x_4 的过程中电场力先增大后减小

D. 由 x_1 运动到 x_4 的过程中电场力先减小后增大

> 正点电荷从 x_2 移动到 x_4，电场力做负功，所以点电荷在 x_2 和 x_4 处的电势能不相等，故 A 错误；由 x_1 运动到 x_3 过程中，电场力做负功，电势能增大，故 B 正确；由 x_1 运动到 x_4 过程中，场强先变大后变小，电场力也先增大后减小，故 C 正确 D 错误。

20. 如图，在水平放置的刚性气缸内用活塞封闭两部分气体 A 和 B，质量一定的两活塞用杆连接，气缸内两活塞间保持真空，活塞与气缸壁之间无摩擦，左侧活塞面积较大，A、B 的初始温度相同，略抬高气缸左端使之倾斜，再使升高相同温度，气体最终达到稳定状态。若始末状态 A、B 的压强变化量 Δp_A、Δp_B 均大于零，对活塞压力的变化量为 ΔF_A、ΔF_B，则 (AD)



A. A 体积增大　　B. A 体积减小　　C. $\Delta F_A > \Delta F_B$　　D. $\Delta p_A < \Delta p_B$

> 升高相同的温度，活塞要向右移动一定距离，A 体积增大，故 A 正确 B 错误；两活塞用同一轻杆相连，所以 $(p_A + \Delta p_A)S_A = (p_B + \Delta p_B)S_B$，又初始时 $p_A S_A = p_B S_B$，所以 $\Delta p_A < \Delta p_B$，故 C 错误 D 正确。

21. 牛顿第一定律表明，力是物体运动状态发生变化的原因；该定律引出的一个重要概念是惯性。

牛顿第一定律说明，力是改变物体运动状态（速度）的原因，任何物体在任何状态下都具有惯性。

22. 本题为分叉题，分 A、B 两类，考生可任选一类答题，若两类试题均做，一律按 A 类题计分。

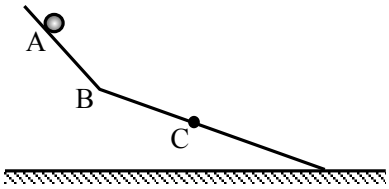
A. 动能相等的两物体 A、B 在光滑水平面上沿同一直线相向而行，它们的速度大小之比 $v_A : v_B = 2 : 1$，则动量大小之比 $p_A : p_B =$ $1 : 2$，两者碰后粘在一起运动，其总动量与 A 原来动量大小之比 $p : p_A =$ $1 : 1$。

B. 动能相等的两颗人造地球卫星 A、B 的轨道半径之比为 $R_A : R_B = 1 : 2$，它们的角速度之比 $\omega_A : \omega_B =$ $2\sqrt{2} : 1$，质量之比 $m_A : m_B =$ $1 : 2$。

A. 由动能定义可知 $E_{kA} = \frac{1}{2}m_A v_A^2$、$E_{kB} = \frac{1}{2}m_B v_B^2$，且 $E_{kA} = E_{kB}$，由动量定义可知 $p_A = m_A v_A$、$p_B = m_B v_B$，代入速度比解得 $\frac{p_A}{p_B} = \frac{1}{2}$；由动量守恒定律可知，两者碰撞粘合后的总动量与 A 原来的动量之比为 $\frac{|p_A - p_B|}{p_A} = \frac{1}{1}$。

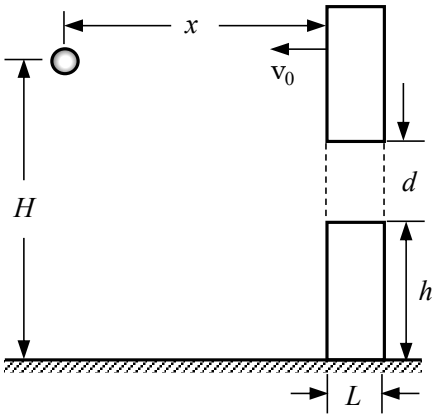
B. 由动能定义、线速度与角速度关系可知 $E_{\mathrm{kA}} = \frac{1}{2}m_A(R_A\omega_A)^2$、$E_{\mathrm{kB}} = \frac{1}{2}m_B(R_B\omega_B)^2$，且 $E_{\mathrm{kA}} = E_{\mathrm{kB}}$，对两卫星的环绕运动，由牛顿第二定律及万有引力定律得 $G\frac{Mm_A}{R_A^2} = m_A R_A \omega_A^2$、$G\frac{Mm_B}{R_B^2} = m_B R_B \omega_B^2$，代入轨道半径比解得 $\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{2\sqrt{2}}{1}$，$\frac{m_A}{m_B} = \frac{1}{2}$。

23. 如图，两光滑斜面在 B 处连接，小球由 A 处静止释放，经过 B、C 两点时速度大小分别为 3 m/s 和 4 m/s，AB = BC。设球经过 B 点前后速度大小不变，则球在 AB、BC 段的加速度大小之比为$9 : 7$，球由 A 运动到 C 的过程中平均速率为 $2.1\,\mathrm{m/s}$。



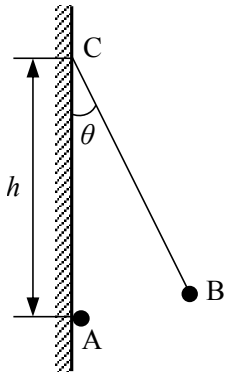
设 $AB = BC = s$，对小球在 A、B 间和 B、C 间的运动，由匀变速直线运动规律得 $v_B^2 = 2a_1 s$ 和 $v_C^2 - v_B^2 = 2a_2 s$，解得 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{9}{7}$；由 $s = \frac{v_B}{2}t_1$、$s = \frac{v_B + v_C}{2}t_2$、$\overline{v} = \frac{2s}{t_1 + t_2}$，解得 $\overline{v} = 2.1\,\mathrm{m/s}$。

24. 如图，宽为 L 的竖直障碍物上开有间距 $d = 0.6\,\mathrm{m}$ 的矩形孔，其下沿离地高 $h = 1.2\,\mathrm{m}$，离地高 $H = 2\,\mathrm{m}$ 的质点与障碍物相距 x。在障碍物以 $v_0 = 4\,\mathrm{m/s}$ 匀速向左运动的同时，质点自由下落，为使质点能穿过该孔，L 的最大值为 $0.8\,\mathrm{m}$；若 $L = 0.6\,\mathrm{m}$，x 的取值范围是$0.8\,\mathrm{m} \le x \le 1\,\mathrm{m}$。（取 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$）



对小球的自由落体运动有 $H-h-d=\frac{1}{2}gt_1^2$、$H-h=\frac{1}{2}gt_2^2$，解得 $t_2-t_1=0.2\,\mathrm{s}$，则 $L=v_0(t_2-t_1)=0.8\,\mathrm{m}$；若 $L=0.6\,\mathrm{m}$，则 $t_2-t_1'=\frac{L}{v_0}=0.15\,\mathrm{s}$，因此 x 的最小值为 $v_0t_1=0.8\,\mathrm{m}$，最大值为 $v_0(t_2-0.15)=1.0\,\mathrm{m}$。因此，$0.8\,\mathrm{m}\le x\le 1.0\,\mathrm{m}$。

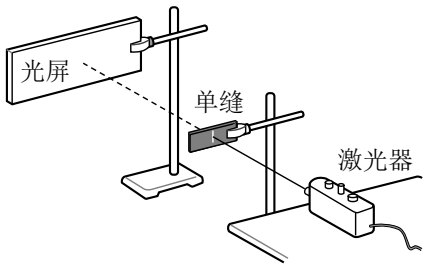
25. 如图，竖直绝缘墙上固定一带电小球 A，将带电小球 B 用轻质绝缘丝线悬挂在 A 的正上方 C 处，图中 $\mathrm{AC}=h$，当 B 静止在与竖直方向夹角 $\theta=30^\circ$ 方向时，A 对 B 的静电力为 B 所受重力的 $\frac{\sqrt{3}}{3}$ 倍，则丝线 BC 长度为$\frac{\sqrt{3}}{3}h$ 或 $\frac{2\sqrt{3}}{3}h$。若 A 对 B 的静电力为 B 所受重力的 0.5 倍，改变丝线长度，使仍能在 $\theta=30^\circ$ 处平衡，以后由于 A 漏电，B 在竖直平面内缓慢运动，到 $\theta=0^\circ$ 处 A 的电荷尚未漏完，在整个漏电过程中，丝线上拉力大小的变化情况是先不变后增大。



由共点力平衡条件可知，由表示带电小球 B 所受重力、静电力及丝线拉力三力的线段组成的三角形与三角形 ABC 相似，因此 $\frac{h}{G}=\frac{AB}{\frac{\sqrt{3}G}{3}}$，解得 $AB=\frac{\sqrt{3}}{3}h$，在三角形 ABC 中，由余弦定理可解得 $BC=\frac{\sqrt{3}}{3}h$ 或 $BC=\frac{2\sqrt{3}}{3}h$。A 对 B 的静电力恰好是 B 所受重力的 0.5，有 $\frac{h}{G}=\frac{BC}{F_\mathrm{T}}$，若 $BC=\frac{\sqrt{3}}{3}h$，得 $F_\mathrm{T}=\frac{\sqrt{3}}{3}G$，若 $BC=\frac{2\sqrt{3}}{3}h$，得 $F_\mathrm{T}=\frac{2\sqrt{3}}{3}G$，可知，A 球漏电过程中，丝线拉力先是大小保持不变，当 $\theta=0^\circ$ 时突变（增大）为 mg。

26. 如图，在“观察光的衍射现象”实验中，保持缝到光屏的距离不变，增加缝宽，屏上衍射条纹间距将减小（选填：“增大”、“减小”或“不变”）；该现象表明，光沿直线传播只是一种近似规律，只有在光的波长比障碍物小得多情况下，光才可以看作是沿直线传

播的。



由缝宽与衍射图像条纹宽度关系可知，增大缝宽后，衍射条纹宽度减小；当光的波长比障碍物小得多的情况下，光不会发生明显衍射现象，才可看成直线传播。

27. 在“用 DIS 研究在温度不变时，一定质量的气体压强与体积的关系”实验中，某同学将注射器活塞置于刻度为 10 mL 处，然后将注射器连接压强传感器并开始实验，气体体积 V 每增加 1 mL 测一次压强 p，最后得到 p 和 V 的乘积逐渐增大。

(1) 由此可推断，该同学的实验结果可能为图 a。

(2)（单选题）图线弯曲的可能原因是在实验过程中 C

（A）注射器中有异物　　（B）连接软管中存在气体

（C）注射器内气体温度升高　　（D）注射器内气体温度降低

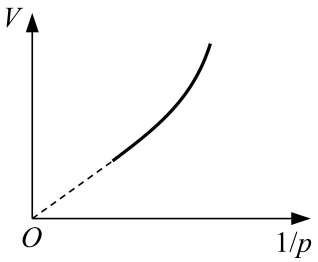


图 a

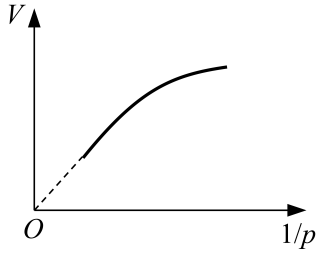


图 b

(1) a　(2) C

（1）温度不变时，理想气体的体积与压强成反比，即与压强倒数成正比，因此，实验时得到的图象应是图 a；（2）由理想气体状态方程可知，$V-\frac{1}{p}$ 图象斜率与温度 T 成正比，因此，注射器内气体温度升高，将导致图象发生图 a 所示弯曲，故 ABD 错误 C 正确。

28. 在“用 DIS 测电源电动势和内阻”的实验中

(1) 将待测电池组、滑动变阻器、电流传感器、电压传感器、定值电阻、电键及若干导线连接成电路如图（a）所示，图中未接导线的 A 端应接在 C 点（选填：“B”、“C”、“D”或“E”）。

(2) 实验得到的 $U-I$ 关系如图（b）中的直线 I 所示，则电池组的电动势为 2.8 V，内电阻阻值为 2 Ω。

(3) 为了测量定值电阻的阻值，应在图(a)中将“A”重新连接到 D 点(选填:“B”、“C”、“D”或“E”)，所得到的 $U-I$ 关系如图（b）中的直线 II 所示，则定值电阻的阻值为 3 Ω。

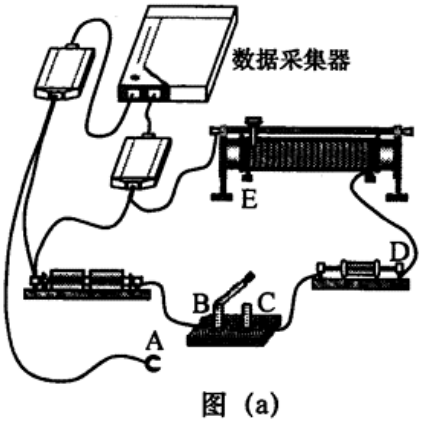


图 (a)

图 a

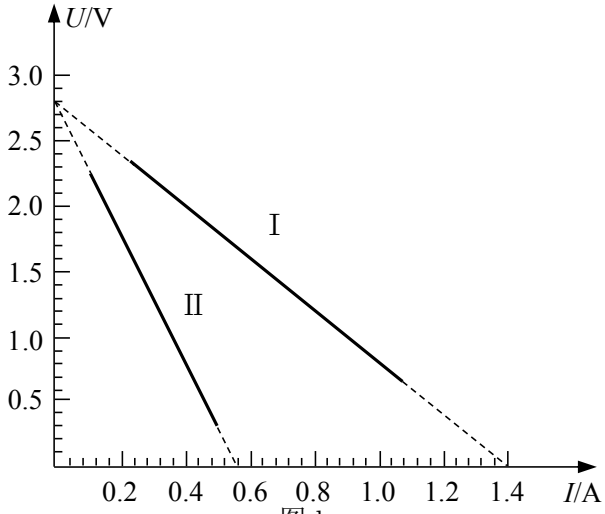


图 b

(1) C　(2) 2.8，2　(3) D，3

（1）图中未接导线 A 所连接的是电压传感器，应将其接在开关的 C 接线柱上。

（2）由图象 I 纵截距可知电池组电动势为 $E=2.8\,\mathrm{V}$，由图象 I 斜率绝对值可知，电池阻内阻为 $r=2.0\,\Omega$。

（3）若将“A”接到“D”点，则图象 II 斜率的绝对值表示 R 与电池组内阻之和，因此 $R=5.0\,\Omega-2.0\,\Omega=3.0\,\Omega$。

29. 某小组在做“用单摆测定重力加速度”实验后，为进一步探究，将单摆的轻质细线改为刚性重杆。通过查资料得知，这样做成的“复摆”做简谐运动的周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{I_C+mr^2}{mgr}}$，$I_C$ 为由该摆决定的常量，m 为摆的质量，g 为重力加速度，r 为转轴到重心 C 的距离。如图（a）所示，实验时在杆上不同位置打上多个小孔，将其中一个小孔穿在光滑水平轴 O 上，使杆做简谐运动，测量并记录 r 和相应的运动周期 T，然后将不同位置的孔穿在轴上重复实验，实验数据见表，并测得摆的质量 $m=0.50\,\mathrm{kg}$。

r/m	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
T/s	2.11	2.14	2.20	2.30	2.43	2.64

(1) 由实验数据得出图（b）所示拟合直线，图中纵轴表示T^2r。

(2) I_C 的国际单位为$\mathrm{kg\cdot m^2}$，由拟合直线得到 I_C 的值为$0.17\,\mathrm{kg\cdot m^2}$（保留到小数点后二位）。

(3) 若摆的质量测量值偏大，重力加速度 g 的测量值不变。（选填“偏大”、“偏小”或“不变”）

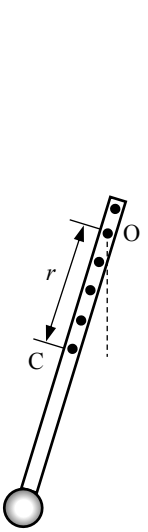


图 a

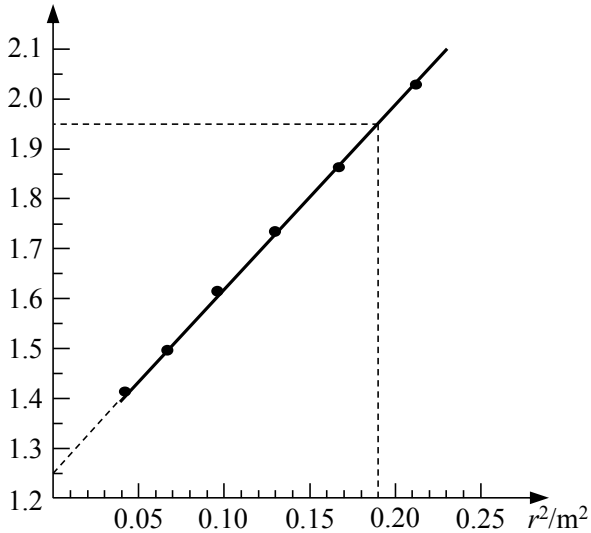


图 b

(1) T^2r (2) $\mathrm{kg\cdot m^2}$，0.17 (3) 不变

（1）由 $T=2\pi\sqrt{\frac{I_C+mr^2}{mgr}}$ 知，$T^2r=\frac{4\pi^2 I_C}{mg}+\frac{4\pi^2}{g}r^2$，因此图象的纵轴表示 T^2r。

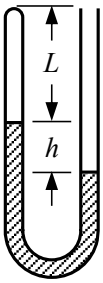
（2）由上式可知，I_C 的单位是 $\mathrm{kg\cdot m^2}$；由图象纵截距 $b=1.25\,\mathrm{s^2\cdot m}$ 及 $b=\frac{4\pi^2 I_C}{mg}$、$m=0.50\,\mathrm{kg}$、$k=\frac{4\pi^2}{g}$ 可得 $I_C\approx 0.17\,\mathrm{kg\cdot m^2}$。

（3）由上式可知图象斜率 $k=\frac{4\pi^2}{g}$，则 $g=\frac{4\pi^2}{k}$。因此摆的质量的测量值不会影响 g 的测量值。

30. 如图，一端封闭、粗细均匀的 U 形玻璃管开口向上竖直放置，管内用水银将一段气体封闭在管中，当温度为 280 K 时，被封闭的气柱长 $L=22\,\mathrm{cm}$，两边水银面高度差 $h=16\,\mathrm{cm}$，大气压强 $p_0=76\,\mathrm{cmHg}$。

(1) 为使左端水银面下降 3 cm，封闭气体温度应改变为多少？

(2) 封闭气体的温度重新回到 280 K 后，为使封闭气体长度变为 20 cm，需向开口端注入的水银柱长度为多少？



(1) $T_2 = 350\,\mathrm{K}$　(2) $l = 10\,\mathrm{cm}$

（1）初态压强

$p_1 = (76 - 16)\,\mathrm{cmHg} = 60\,\mathrm{cmHg}$，

末态时左右水银面高度差为

$(16 - 2 \times 3)\,\mathrm{cm} = 10\,\mathrm{cm}$，

压强 $p_2 = (76 - 10)\,\mathrm{cmHg} = 66\,\mathrm{cmHg}$，

由理想气体状态方程得

$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$，

解得 $T_2 = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} T_1 = \frac{66 \times 25}{60 \times 22} \times 280\,\mathrm{K} = 350\,\mathrm{K}$。

（2）设加入的水银高度为 l，末态时左右水银面高度差为

$h' = (16 + 2 \times 2) - l$，

由玻意耳定律得

$p_1 V_1 = p_3 V_3$，

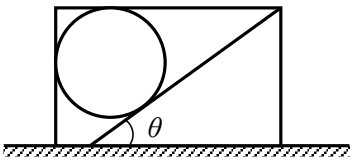
式中 $p_3 = 76 - (20 - l)$，

解得 $l = 10\,\mathrm{cm}$。

31. 如图，水平地面上的矩形箱子内有一倾角为 θ 的固定斜面，斜面上放一质量为 m 的光滑球，静止时，箱子顶部与球接触但无压力。箱子由静止开始向右做匀加速运动，然后改做加速度大小为 a 的匀减速运动直到静止，经过的总路程为 s，运动过程中的最大速度为 v。

(1) 求箱子加速阶段的加速度大小 a'。

(2) 若 $a > g\tan\theta$，求减速阶段球受到箱子左壁和顶部的作用力。



(1) $a' = \frac{av^2}{2as - v^2}$　(2) $P = 0$，$Q = m(a\cot\theta - g)$

（1）设加速过程中加速度为 a'，由匀变速运动公式得

$s_1 = \frac{v^2}{2a}$，$s_2 = \frac{v^2}{2a'}$，$s = s_1 + s_2 = \frac{v^2}{2a} + \frac{v^2}{2a'}$，

解得 $a'=\frac{av^2}{2as-v^2}$。

（2）设球不受箱子作用，由受力分析和牛顿第二定律得

$F_N\sin\theta=ma$，

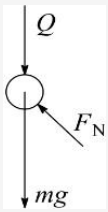
$F_N\cos\theta=mg$，

联立解得 $a=g\tan\theta$。

减速时加速度向左，此加速度由斜面支持力 F_N 与左壁支持力 P 共同决定，$a>g\tan\theta$ 时

$P=0$，

球受力如图所示，由受力分析和牛顿第二定律得



$F_N\sin\theta=ma$，

$F_N\cos\theta-Q=mg$，

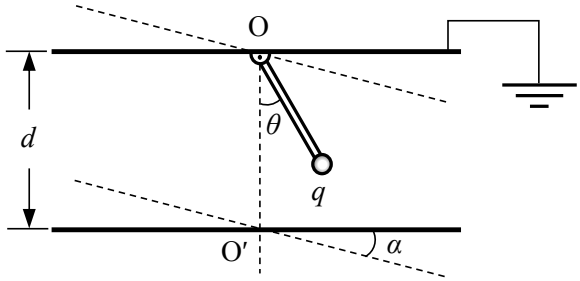
解得 $Q=m(a\cot\theta-g)$。

32. 如图，一对平行金属板水平放置板间距为 d，上板始终接地，长度为 $d/2$、质量均匀分布的绝缘杆，上端可绕上板中央的固定轴 O 在竖直平面内转动，下端固定一带正电的轻质小球，其电荷量为 q。当两板间电压为 U_1 时，杆静止在与竖直方向 OO′ 夹角 $\theta=30°$ 的位置，若两金属板在竖直平面内同时绕 O、O′ 顺时针旋转 $\alpha=15°$ 至图中虚线位置时，为使杆仍在原位置静止，需改变两板间电压。假定两板间始终为匀强电场。求：

(1) 绝缘杆所受重力 G；

(2) 两板旋转后板间电压 U_2；

(3) 在求前后两种情况中带电小球的电势能 W_1 与 W_2 时，某同学认为由于在两板旋转过程中带电小球位置未变，电场力不做功，因此带电小球的电势能不变。你若认为该同学的结论正确，计算该电势能，若认为该同学的结论错误，说明理由并求 W_1 与 W_2。



(1) $G=\frac{2qU_1}{d}$　(2) $U_2=\frac{\sqrt{3}+1}{4}U_1$　(3) 该同学的结论错误，因为上板接地，当板旋转 α 角度后，板间电场强度发生变化，电场的零势能面改变了，带电小球所在处相对零势能面的位置也改变了。所以，带电小球的电势能也改变了。$W_1=\frac{\sqrt{3}}{4}qU_1$，$W_2=\frac{1}{4}qU_1$。

（1）设杆长为 L，杆受到的重力矩与球受到的电场力矩平衡，有

$G\frac{L}{2}\sin 30^\circ=\frac{qU_1}{d}L\sin 30^\circ$ ①，

解得 $G=\frac{2qU_1}{d}$。

（2）金属板转过 α 角后，同样满足力矩平衡，有

$G\frac{L}{2}\sin 30^\circ=\frac{qU_2}{d\cos 15^\circ}L\sin 45^\circ$ ②，

联立①、②式解得

$U_2=\frac{\sin 30^\circ\cos 15^\circ}{\sin 45^\circ}U_1=\frac{\sqrt{3}+1}{4}U_1$。

（3）该同学的结论错误。因为上板接地，当板旋转 α 角度时，板间电场强度发生变化，电场的零势能面改变了，带电小球所在处相对零势能面的位置也改变了。所以，带电小球的电势能也改变了。

设带电小球与零势能面间的电势差为 U'，

金属板转动前 $U_1'=\frac{L\cos 30^\circ}{d}U_1=\frac{\sqrt{3}}{4}U_1$，

电势能 $W_1=qU_1'=\frac{\sqrt{3}}{4}qU_1$，

金属板转动后 $U_2'=\frac{L\cos 45^\circ}{d\cos 15^\circ}U_2=\frac{1}{4}U_1$，

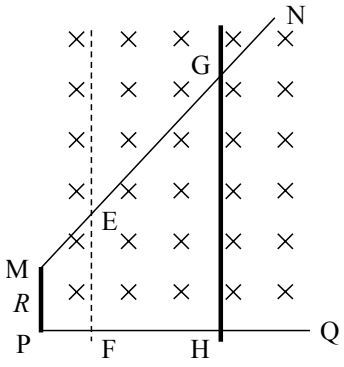
电势能 $W_2=qU_2'=\frac{1}{4}qU_1$。

33. 如图，水平面内有一光滑金属导轨，其 MN、PQ 边的电阻不计，MP 边的电阻阻值 $R=1.5\,\Omega$，MN 与 MP 的夹角为 135°，PQ 与 MP 垂直，MP 边长度小于 1 m。将质量 $m=2\,\mathrm{kg}$、电阻不计的足够长直导体棒搁在导轨上，并与 MP 平行。棒与 MN、PQ 交点 G、H 间的距离 $L=4\,\mathrm{m}$，空间存在垂直于导轨平面的匀强磁场，磁感应强度 $B=0.5\,\mathrm{T}$。在外力作用下，棒由 GH 处以一定的初速度向左做直线运动，运动时回路中的电流强度始终与初始时的电流强度相等。

(1) 若初速度 $v_1=3\,\mathrm{m/s}$，求棒在 GH 处所受的安培力大小 F_A；

(2) 若初速度 $v_2 = 1.5\,\mathrm{m/s}$，求棒向左移动距离 $2\,\mathrm{m}$ 到达 EF 所需时间 Δt；

(3) 在棒由 GH 处向左移动 $2\,\mathrm{m}$ 到达 EF 处的过程中，外力做功 $W = 7\,\mathrm{J}$，求初速度 v_3。



(1) $F_A = 8\,\mathrm{N}$ (2) $\Delta t = 1\,\mathrm{s}$ (3) $v_3 = 1\,\mathrm{m/s}$

（1）棒在 GH 处速度为 v_1，切割产生的电动势为 $E = BLv_1$，

回路中产生的感应电流为

$I_1 = \frac{BLv_1}{R}$，

由此得 $F_A = \frac{B^2L^2v_1}{R} = 8\,\mathrm{N}$。

（2）设棒移动距离 $a = 2\,\mathrm{m}$，由几何关系知，EF 间距也为 $a = 2\,\mathrm{m}$，磁通量变化量为 $\Delta\Phi = \frac{1}{2}a(a+L)B$，

题设运动时回路中电流保持不变，即感应电动势不变，有

$E = BLv_2$，

因此 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{a(a+L)B}{2\Delta t}$，

解得 $\Delta t = \frac{a(a+L)}{2Lv_2} = 1\,\mathrm{s}$。

（3）设外力做功为 W，克服安培力做功为 W_A，导体棒在 EF 处的速度为 v_3'，由动能定理 $\Delta E_k = W - W_A$ 得

$W = W_A + \frac{1}{2}mv_3'^2 - \frac{1}{2}mv_3^2$，

导体棒克服安培力做的功

$W_A = I_3^2R\Delta t'$ ①

式中 $I_3 = \frac{BLv_3}{R}$，$\Delta t' = \frac{a(a+L)}{2Lv_3}$，

代入①式得

$W_A = \frac{a(a+L)B^2Lv_3}{2R}$，

由于电流始终不变，有

$v_3' = \frac{L}{a} v_3$，

因此 $W = \frac{a(a+L)B^2 L v_3}{2R} + \frac{1}{2} m \left(\frac{L^2}{a^2} - 1 \right) v_3^2$，

代入数值得 $3v_3^2 + 4v_3 - 7 = 0$，

解得 $v_3 = 1\,\mathrm{m/s}$ 或 $v_3 = -\frac{7}{3}\,\mathrm{m/s}$（舍去）。