1988 年全国

1. 电梯内有一个物体，质量为 m，用细线挂在电梯的天花板上。当电梯以 $\frac{g}{3}$ 的加速度竖直加速下降时（g 为重力加速度），细线对物体的拉力为 (A)

A. $\frac{2}{3}mg$　　B. $\frac{1}{3}mg$　　C. $\frac{4}{3}mg$　　D. mg

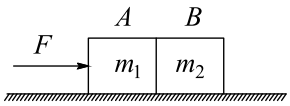
> 由题意知，设绳力为 T，由牛顿第二定律得 $mg-T=ma$，又 $a=\frac{g}{3}$，解得 $T=\frac{2}{3}mg$，故 A 正确。

2. 一个人站在阳台上，以相同的速度 v_0 分别把三个球竖直向上抛出、竖直向下抛出、水平抛出，不计空气阻力，则三球落地时的速率 (D)

A. 上抛球最大　　B. 下抛球最大　　C. 平抛球最大　　D. 三球一样大

> 设落地速率为 v，由机械能守恒得 $mgh=\frac{1}{2}mv^2$，解得 $v=\sqrt{2gh}$，故 D 正确。

3. 两物体 A 和 B，质量分别为 m_1 和 m_2，互相接触放在光滑水平面上，如图所示。对物体 A 施以水平的推力 F，则物体 A 对物体 B 的作用力等于 (B)



A. $\frac{m_1}{m_1+m_2}F$　　B. $\frac{m_2}{m_1+m_2}F$　　C. F　　D. $\frac{m_2}{m_1}F$

> 对系统整体分析，有 $F=(m_1+m_2)a$；隔离 B 有 $F_{AB}=m_2a$，联立解得 $F_{AB}=\frac{m_2}{m_1+m_2}F$，故 B 正确。

4. 单色光从真空射入玻璃时，它的 (D)

A. 波长变长，波速变小　　B. 波长变短，波速变大

C. 波长变长，波速变大　　D. 波长变短，波速变小

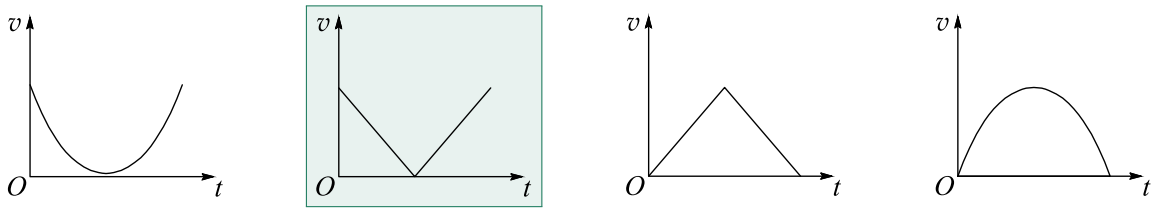
> 由光的折射特性知 $v=\frac{c}{n}$，因 $n>1$，所以 $v<c$。又 $c=f\lambda_0$，$v=f\lambda_1$，而光折射是频率 f 不变，所以 $\lambda_1<\lambda_0$，故 D 正确。

5. 原子的核式结构学说，是卢瑟福根据以下哪个实验或现象提出来的？(C)

A. 光电效应实验　　B. 氢原子光谱实验　　C. α 粒子散射实验　　D. 天然放射现象

> 卢瑟福根据 α 粒子散射实验提出原子的核式结构学说，故 C 正确。

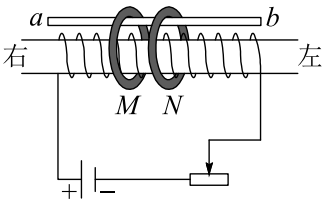
6. 将一物体以某一初速竖直上抛，在下列四幅图中，哪一幅能正确表示物体在整个运动过程中的速率 v 与时间 t 的关系（不计空气阻力）？(B)



A. B. C. D.

> 由小球运动的规律知 $v=v_0-gt$，所以速率先变小后变大，故 B 正确。

7. 在水平放置的光滑绝缘杆 ab 上，挂有两个金属环 M 和 N，两环套在一个通电密绕长螺线管的中部，如图所示。螺线管中部区域的管外磁场可以忽略。当变阻器的滑动接头向左移动时，两环将怎样运动？(C)



A. 两环一起向左移动　　B. 两环一起向右移动

C. 两环互相靠近　　D. 两环互相离开

> 接头向左滑动时，电阻 R 减小，电流 I 变大，管内磁通量向右增大，金属环中感生电流的磁场向左，两环感应电流都沿顺时针方向（从左向右看），所以两环互相靠近，故 C 正确。

8. 把两根同种材料的电阻丝分别连在两个电路中。甲电阻丝长为 l，直径为 d；乙电阻丝长为 $2l$，直径为 $2d$。要使两电阻丝消耗的功率相等。加在两电阻丝上的电压比应满足 (C)

A. $U_{甲}:U_{乙}=1$　　B. $U_{甲}:U_{乙}=\sqrt{2}:2$

C. $U_{甲}:U_{乙}=\sqrt{2}$　　D. $U_{甲}:U_{乙}=2$

> 由电阻定律得 $R=\rho\frac{L}{S}$，又 $S=\frac{1}{4}\pi d^2$，得 $\frac{R_{甲}}{R_{乙}}=\frac{1}{2}\times\left(\frac{2}{1}\right)^2=\frac{2}{1}$，由功率表达式得 $P=\frac{U^2}{R}$，得 $U=\sqrt{PR}$，所以 $\frac{U_{甲}}{U_{乙}}=\sqrt{\frac{R_{甲}}{R_{乙}}}=\frac{\sqrt{2}}{1}$，故 C 正确。

9. 要使 LC 振荡电路的周期增大一倍。可采用的办法是 (A)

A. 自感系数 L 和电容 C 都增大一倍

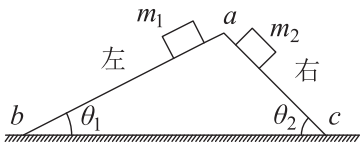
B. 自感系数 L 和电容 C 都减小一半

C. 自感系数 L 增大一倍，而电容 C 减小一半

D. 自感系数 L 减小一半，而电容 C 增大一倍

> LC 振荡电路的周期公式为 $T=2\pi\sqrt{LC}$，当 L 与 C 都增大 1 倍时，则 T 增大 1 倍，故 A 正确；当 L 与 C 都减小一半时，则 T 减小一半，故 B 错误；当 L 增大 1 倍，C 减小一半时，则 T 不变，故 C 错误；当 L 减小一半，C 增大 1 倍时，则 T 不变，故 D 错误。

10. 在粗糙水平面上有一个三角形木块 abc，在它的两个粗糙斜面上分别放两个质量 m_1 和 m_2 的木块，$m_1>m_2$，如图所示。已知三角形木块和两物体都是静止的，则粗糙水平面对三角形木块 (D)



A. 有摩擦力的作用，摩擦力的方向水平向右

B. 有摩擦力的作用，摩擦力的方向水平向左

C. 有摩擦力的作用，但摩擦力的方向不能确定，因为 m_1、m_2、θ_1、θ_2 的数值并未给出

D. 以上结论都不对

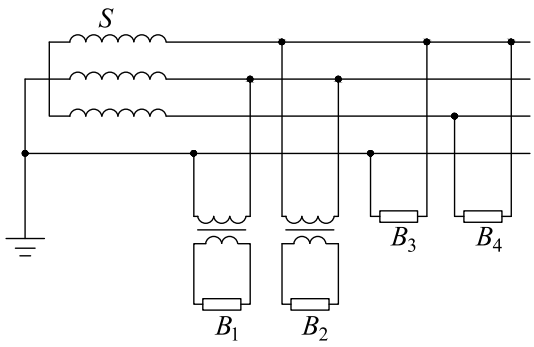
> 隔离 m_1，压力 $N_1=m_1g\cos\theta_1$，摩擦力 $f_1=m_1g\sin\theta_1$；同理，对 m_2，压力 $N_2=m_2g\cos\theta_2$，摩擦力为 $f_2=m_2g\sin\theta_2$；三角形木块在水平方向的受力为 $F_x=(f_2\cos\theta_2-N_2\sin\theta_2)-(f_1\cos\theta_1-N_1\sin\theta_1)=0$，所以无摩擦力作用，故 D 正确。

11. 两个球形行星 A 和 B 各有一卫星 a 和 b，卫星的圆轨道接近各自行星的表面。如果两行星质量之比 $M_A/M_B=p$，两行星半径之比 $R_A/R_B=q$，则两卫星周期之比 T_A/T_B 为 (A)

A. $q\sqrt{\frac{q}{p}}$　　B. $q\sqrt{p}$　　C. $p\sqrt{\frac{p}{q}}$　　D. $\sqrt{pq}$

> 万有引力提供向心力得 $G\frac{Mm}{R^2}=m\cdot\frac{4\pi^2}{T^2}R$，得 $T=2\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM}}$，所以 $\frac{T_A}{T_B}=\sqrt{\left(\frac{R_A}{R_B}\right)^3\cdot\frac{M_B}{M_A}}=q\sqrt{\frac{q}{p}}$，故 A 正确。

12. 图中 S 为三相交流电源。连在电路中的各电阻丝 B_1、B_2、B_3、B_4 的阻值都相同。变压器都是电压比为 2:1 的降压变压器。这些电阻丝，按消耗功率大小的顺序排列（从大到小）应为 (B)



A. $B_1B_2B_3B_4$　　B. $B_4B_3B_2B_1$　　C. $B_4B_2B_3B_1$　　D. $B_3B_1B_4B_2$

变压器初级电压为 $U_1 = U_{相}$，$U_2 = U_{线}$，变压器次级电压为 $U_1' = \frac{U_{相}}{2}$，$U_2' = \frac{U_{线}}{2}$，又 $U_3 = U_{相}$，$U_4 = U_{线}$，线电压与相电压的关系 $U_{线} = \sqrt{3}U_{相}$，又功率 $P = \frac{U^2}{R}$，所以 $P_1 : P_2 : P_3 : P_4 = \frac{1}{4} : \frac{3}{4} : 1 : 3$，所以这些电阻丝按消耗功率从大到小的顺序排列应为 $B_4B_3B_2B_1$，故 B 正确。

13. 下列核反应方程中，哪些是平衡的？(BC)

A. ${}^{10}_{5}\mathrm{B} +$（α 粒子）$\rightarrow {}^{13}_{7}\mathrm{N} + {}^{1}_{1}\mathrm{H}$　　B. ${}^{27}_{13}\mathrm{Al} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{27}_{12}\mathrm{Mg} +$（质子）

C. ${}^{9}_{4}\mathrm{Be} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow {}^{12}_{6}\mathrm{C} +$（中子）　　D. ${}^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} +$（氘核）

核反应方程满足质量数守恒和核电荷数守恒，分析每个选项后知 BC 正确。

14. 在有关布朗运动的说法中，正确的是 (BC)

A. 液体的温度越低，布朗运动越显著　　B. 液体的温度越高，布朗运动越显著

C. 悬浮微粒越小，布朗运动越显著　　D. 悬浮微粒越大，布朗运动越显著

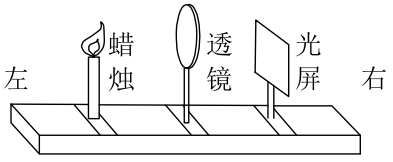
液体的温度越高，液体分子运动越剧烈，布朗运动越显著，故 A 错误 B 正确；悬浮微粒越小，同时液体分子碰撞的几率小，不平衡性越显著，布朗运动越显著，故 C 正确 D 错误。

15. 下列哪些现象说明光具有波动性？(AB)

A. 光的干涉　　B. 光的衍射　　C. 光的反射　　D. 光电效应

光的干涉和光的衍射现象说明光具有波动性，故 AB 正确；光电效应说明光具有粒子性，故 D 错误；光的反射不能说明光具有波动性，故 C 错误。

16. 如图表示的是透镜成像实验的装置。(D)



A. 如透镜是凸透镜，则不论物体放在透镜左方何处，只要把光屏移到适当位置，一定能在屏上得到物体的像

B. 如透镜是凸透镜，则不论物体放在透镜左方何处，去掉光屏而用眼睛从右向左沿主轴直接观察，一定看不到物体的像

C. 如透镜是凹透镜，则不论物体放在透镜左方何处，只要把光屏移到适当位置，一定能在屏上得到物体的像

D. 如透镜是凹透镜，则不论物体放在透镜左方何处，去掉光屏而用眼睛从右向左沿主轴直接观察，一定能看到物体的像

> 当物体放在透镜焦距之内时，屏上得不到物体的像，故 A 错误；当物体放在透镜焦距之外时，用眼睛看不到物体的像，故 B 错误；物体放在凹透镜左侧时，一定不能在屏上得到物体的像，故 C 错误；物体放在凹透镜左侧时，成与物同侧的虚像，所以能看到，故 D 正确。

17. 两块平行金属板带等量异号电荷，要使两板间的电压加倍，而板间的电场强度减半，采用的办法有 (C)

A. 两板的电量加倍，而距离变为原来的 4 倍

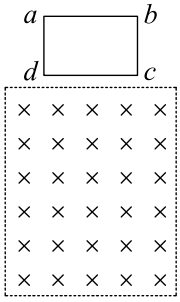
B. 两板的电量加倍，而距离变为原来的 2 倍

C. 两板的电量减半，而距离变为原来的 4 倍

D. 两板的电量减半，而距离变为原来的 2 倍

> 平行板电容器决定式为 $C=\frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$，又 $U=\frac{Q}{C}$，$E=\frac{U}{d}$，故 $E=\frac{Q}{Cd}=\frac{4\pi k}{\varepsilon}\cdot\frac{Q}{S}$，则 E 与板间距 d 无关，仅与 Q、S、ε 有关。当 Q 加倍时，E 加倍，故 AB 错误；当 Q 减半时，E 减小为原来的一半，故 C 正确 D 错误。

18. 如图所示，闭合矩形线圈 abcd 从静止开始竖直下落，穿过一个匀强磁场区域，此磁场区域竖直方向的长度远大于矩形线圈 bc 边的长度。不计空气阻力，则 (BC)



A. 从线圈 dc 边进入磁场到 ab 边穿出磁场的整个过程，线圈中始终有感应电流

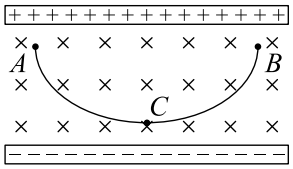
B. 从线圈 dc 边进入磁场到 ab 边穿出磁场的整个过程中，有一个阶段线圈的加速度等于重力加速度

C. dc 边刚进入磁场时线圈内感应电流的方向，与 dc 边刚穿出磁场时感应电流的方向相反

D. dc 边刚进入磁场时线圈内感应电流的大小，与 dc 边刚穿出磁场时感应电流的大小一定相等

> 当线圈全部在磁场中时，磁通量不变，无感应电流，故 A 错误；当线圈全部在磁场中时，磁通量不变，无感应电流，无安培力，$a = g$，故 B 正确；dc 边进入磁场时，产生感生电动势，感应电流逆时针，ab 穿出磁场时，产生感应电动势，电流感应顺时针，方向相反，故 C 正确；感生电流 $I = \frac{BLv}{R}$，因速度不等，所以感生电流大小不等，故 D 错误。

19. 设空间存在竖直向下的匀强电场和垂直纸面向里的匀强磁场，如图所示。已知一离子在电场力和洛仑兹力的作用下，从静止开始自 A 点沿曲线 ACB 运动，到达 B 点时速度为零。C 点是运动的最低点。忽略重力，以下说法中正确的是 (ABC)



A. 这离子必带正电荷

B. A 点和 B 点位于同一高度

C. 离子在 C 点时速度最大

D. 离子到达 B 点后，将沿原曲线返回 A 点

> 根据粒子的轨迹，由左手定则判断离子带正电荷，故 A 正确；因洛伦兹力不做功，A、B 重力势能相等，所以在同一高度，故 B 正确；重力势能转化为动能，轨迹中 C 点的重力势能最小，故动能最大，即速度最大，故 C 正确；由左手定则知，离子到达 B 点后向右做相似轨迹的运动（摆线运动），故 D 错误。

20. 一物体放在光滑水平面上，初速为零。先对物体施加一向东的恒力 F，历时 1 秒钟；随即把此力改为向西，大小不变，历时 1 秒钟；接着又把此力改为向东，大小不变，历时 1 秒钟；如此反复，只改变力的方向，共历时 1 分钟。在此 1 分钟内 (D)

A. 物体时而向东运动，时而向西运动，在 1 分钟末静止于初始位置之东

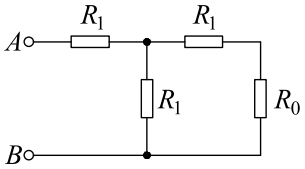
B. 物体时而向东运动，时而向西运动，在 1 分钟末静止于初始位置

C. 物体时而向东运动，时而向西运动，在 1 分钟末继续向东运动

D. 物体一直向东运动，从不向西运动，在 1 分钟末静止于初始位置之东

> 物体在第 1 个 1 s 向东做匀加速运动，在第 2 个 1 s 向东做匀减速运动，速度恰好减至 0，后续运动与前 2 s 的运动规律相同，所以物体一直向东运动，从不向西运动，在 1 分钟末静止于初始位置之东，故 D 正确。

21. 如图所示电路中，R_0 是已知的，要使 AB 间的总电阻恰等于 R_0，则 $R_1 =$ $\frac{\sqrt{3}}{3}R_0$。



> $\frac{\sqrt{3}}{3}R_0$

> 由题意知 $R_{AB} = R_1 + \frac{R_1(R_1+R_0)}{2R_1+R_0} = \frac{3R_1^2+2R_1R_0}{2R_1+R_0}$，令 $R_{AB} = R_0$，解得 $R_1 = \frac{\sqrt{3}}{3}R_0$。

22. 有一真空容器，在室温下容器内的气压为 $10^{-8}\,\mathrm{Pa}$。估算该容器内 $1\,\mathrm{cm}^3$ 气体中的分子数。估算取 1 位有效数字即可。答：3×10^6。

1 标准大气压 $= 1\times10^5\,\mathrm{Pa}$。阿伏伽德罗常数 $N = 6\times10^{23}\,\mathrm{mol}^{-1}$。

> 3×10^6

> 标准状况下，1 mol 气体的体积为 $22.4\,\mathrm{L} = 22.4\times10^{-3}\,\mathrm{m}^3$。
>
> $1\,\mathrm{cm}^3$ 该气体室温下的压强 $p_1 = 10^{-8}\,\mathrm{Pa}$，体积为 $V_1 = 1\,\mathrm{cm}^3 = 1\times10^{-6}\,\mathrm{m}^3$，室温取 $0\,^\circ\mathrm{C}$，$T_1 = 273\,\mathrm{K}$。
>
> $1\,\mathrm{cm}^3$ 该气体在标准状况下的体积为 V_2，压强为 $p_2 = 1\times10^5\,\mathrm{Pa}$，温度为 $T_2 = 273\,\mathrm{K}$，由玻意耳定律得
>
> $p_1V_1 = p_2V_2$，解得 $V_2 = p_1V_1/p_2 = 1\times10^{-19}\,\mathrm{m}^3$，
>
> 则 $N = \frac{V_2}{V_{标}}N_\mathrm{A} = \frac{1\times10^{-19}}{22.4\times10^{-3}}\times6.02\times10^{23}$ 个 $= 3\times10^6$ 个。

23. 一均匀木杆，每米重 $10\,\mathrm{N/m}$，支点位于离木杆的左端点 $0.3\,\mathrm{m}$ 处。现将一重量为 $11\,\mathrm{N}$ 的物体挂在木杆的左端点上。设在木杆的右端点施一大小为 $5.0\,\mathrm{N}$ 的竖直向上的力，恰能使木杆平衡，则木杆的长度 $L =$ $1.8\,\mathrm{m}$。

> $1.8\,\mathrm{m}$

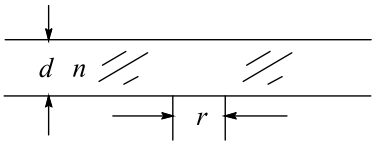
> 设木杆的长度为 l，由力矩平衡得 $11\times0.3+5(l-0.3) = 10l\left(\frac{l}{2}-0.3\right)$，即 $5l^2-8l-1.8=0$，解得 $l = 1.8\,\mathrm{m}$。

24. 绳上有一简谐横波向右传播，当绳上某质点 A 向上运动到最大位移时，在其右方相距 0.30 m 的质点 B 刚好向下运动到最大位移。已知波长大于 0.15 m，则该波的波长等于多少米？答：0.6 m，0.2 m。

> 0.6 m，0.2 m

满足要求 A、B 间的最短间距为 $\frac{\lambda}{2}$，由波的周期性知 $n\lambda+\frac{1}{2}\lambda=0.3$，解得 $\lambda=\frac{0.3}{n+\frac{1}{2}}$，当 $n=0$，$\lambda=0.6\,\mathrm{m}$；当 $n=1$，$\lambda=0.2\,\mathrm{m}$；当 $n=2$，$\lambda=0.12\,\mathrm{m}$，因 $\lambda>0.15\,\mathrm{m}$，所以波长为 0.6 m 或 0.2 m。

25. 在厚度为 d、折射率为 n 的大玻璃板的下表面，紧贴着一个半径为 r 的圆形发光面。为了从玻璃板的上方看不见圆形发光面，可在玻璃板的上表面贴一块纸片，所贴纸片的最小面积为$\pi\left(r+\frac{d}{\sqrt{n^2-1}}\right)^2$。



> $\pi\left(r+\frac{d}{\sqrt{n^2-1}}\right)^2$

设发生全反射临界角为 C，则 $\sin C=\frac{1}{n}$，临界情况为发光面边缘发出的光，经过玻璃板向空气中折射时，折射角为 90°，此时的入射角为 C，设发光点与折射点的水平间距为 x，由几何关系得 $\tan C=\frac{x}{d}$，解得 $x=d\tan C=\frac{d}{\sqrt{n^2-1}}$，又 $R=r+x$，故 $S=\pi R^2=\pi\left(r+\frac{d}{\sqrt{n^2-1}}\right)^2$。

26. 右图是测定电流表内电阻实验的电路图。电流表的内电阻约在 100 Ω 左右，满偏电流为 500 μA。用电池作电源。

(1) 实验室中配有的可变电阻为：

（A）电阻箱，阻值范围为 0 ~ 10 Ω。

（B）电阻箱，阻值范围为 0 ~ 9999 Ω。

（C）电位器，阻值范围为 0 ~ 200 Ω。

（D）电位器，阻值范围为 0 ~ 20 kΩ。

在上述配有的可变电阻中，电路图中的 R 应选用 D，R' 应选用 B。（填写字母代号）

(2) 某学生进行的实验步骤如下：

① 先将 R 的阻值调到最大，合上 K_1，调节 R 的阻值，使电流表的指针偏转到满刻度。

② 合上 K_2，调节 R' 和 R 的阻值，使电流表的指针偏转到满刻度的一半。

③ 记下 R' 的阻值。

指出上述实验步骤中有什么错误。答：合上 K_2 后，不应再调节 R 的阻值。

(3) 如果按正确实验步骤测得的 R' 值为 100 Ω，已知电流表的满偏电流为 500 μA，现在要把它改装成量程为 2 V 的伏特表，则应串联的分压电阻为3900 Ω。

(4) 由以下四种说法中选出正确说法，并将正确说法前的字母填在题后方括号内。

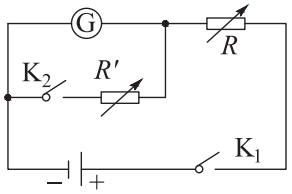
（A）上述电流表内电阻的测得值比其真实值小，这一因素使得用上述改装成的伏特表测定电压时，其读数比伏特表两端的实际电压小

（B）上述电流表内电阻的测得值比其真实值大，这一因素使得用上述改装成的伏特表测定电压时，其读数比伏特表两端的实际电压小

（C）上述电流表内电阻的测得值比其真实值小，这一因素使得用上述改装成的伏特表测定电压时，其读数比伏特表两端的实际电压大

（D）上述电流表内电阻的测得值比其真实值大，这一因素使得用上述改装成的伏特表测定电压时，其读数比伏特表两端的实际电压大

答：A。



(1) D，B　(2) 合上 K_2 后，不应再调节 R 的阻值　(3) 3900　(4) A

（1）因要读出电阻的阻值，所以应使用电阻箱，因 $R_g \approx 100\,\Omega$，A 项的阻值不够用，故 B 正确；因电阻 $R = \frac{E}{I} = \frac{3}{500\times10^{-6}}\,\mathrm{k\Omega} \approx 6\,\mathrm{k\Omega}$；C 项的阻值不够用，故 D 正确。

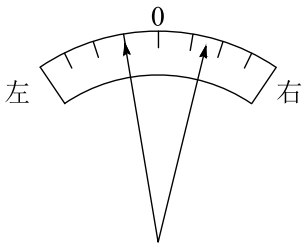
（2）因电流表半偏时认为是满偏时电流的一半，所以②中不应再调节 R。

（3）电流表的满偏电压为 $U_\mathrm{g} = I_\mathrm{g}R_\mathrm{g} = 500 \times 10^{-6} \times 100\,\mathrm{V} = 0.05\,\mathrm{V}$，故与之串联的分压电阻为 $\frac{R}{R_g} = \frac{U-U_g}{U_g} = \frac{2}{0.05} - 1 = 39$，解得 $R = 3900\,\Omega$。

（4）因为合上 K_2 后，R_g 并联一个 R'，总电流比满偏电流大，所以 R' 上电流大于半偏，并联电路电阻与电流成反比，所以 $R' < R_g$，故 BD 错误；因此测得值小于真实值，即 $R' < R_g$，所以 $I(R'+R) < I(R_g+R)$，即读数小于真实值。例如：$R' = 100\,\Omega$，$R_g = 110\,\Omega$，当 $I_g = 500\,\mu\mathrm{A}$ 时，改装的电压表读数为 2 V，实际电压为 2.005 V，故 A 正确 B 错误。

27. 有一架托盘天平，没有游码，最小砝码为 100 mg。用这架天平称量一个物体，当右盘中加上 36.20 g 砝码时，天平指针向左偏 1.0 小格，如图中实箭头所示。如果在右盘中再

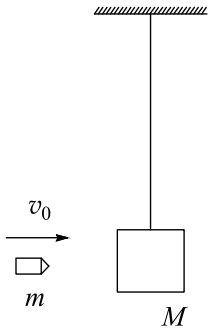
加上 100 mg 的砝码，天平指针则向右偏 1.5 小格，如图中虚箭头所示。这个物体的质量可读为36.24 g。



36.24 g

100 mg 对应 2.5 格，每格对应 40 mg，$m = 36.20\,\mathrm{g} + 0.040\,\mathrm{g} = 36.24\,\mathrm{g}$。

28. 用细线悬挂一质量为 M 的木块，木块静止，如下左图所示。现有一质量为 m 的子弹自左方水平地射穿此木块，穿透前后子弹的速度分别为 v_0 和 v。求木块能摆到的最大高度。（设子弹穿过木块的时间很短，可不计）



$h = \frac{1}{2g}\left(\frac{mv_0 - mv}{M}\right)^2$

射穿过程中，水平方向动量守恒，可得

$mv_0 = MV + mv$ ①

射穿后，木块在摆动过程中机械能守恒，可得

$\frac{1}{2}MV^2 = Mgh$ ②

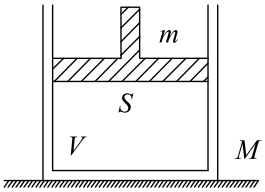
由以上两式可得

$h = \frac{1}{2g}\left(\frac{mv_0 - mv}{M}\right)^2$ ③

评分标准：本题共 7 分。列出（1）式给 3 分；列出（2）式给 3 分；得出（3）式给 1 分。

29. 一圆筒形气缸静置于地面上，如右图所示。气缸筒的质量 M，活塞（连同手柄）的质量为 m，气缸内部的横截面积为 S。大气压强为 p_0。平衡时气缸内的容积为 V。现用手握

住活塞手柄缓慢向上提。设气缸足够长，在整个上提过程中气体温度保持不变，并不计气缸内气体的重量及活塞与气缸壁间的摩擦。求将气缸刚提离地面时活塞上升的距离。



$x = \frac{(M+m)gV}{(p_0S-Mg)S}$

设气缸内气体原来的压强为 p_1，后来的压强为 p_2，由活塞的受力平衡得

$p_1S = p_0S + mg$ ①

$p_0S = p_2S + Mg$ ②

由玻意耳-马略特定律可知

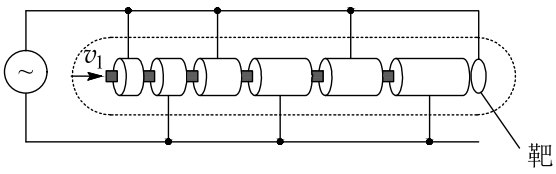
$p_1V = p_2(V + xS)$ ③

其中 x 为活塞上升的距离。由（1）（2）（3）式可得

$x = \frac{(M+m)gV}{(p_0S-Mg)S}$ ④

评分标准：本题共 9 分。列出（1）式给 2 分；列出（2）式给 2 分；列出（3）式给 3 分；得出（4）式再给 2 分。

30. N 个长度逐个增大的金属圆筒和一个靶，它们沿轴线排列成一串，如图所示（图中只画出了六个圆筒，作为示意）。各筒和靶相间地连接到频率为 ν、最大电压值为 U 的正弦交流电源的两端。整个装置放在高真空容器中。圆筒的两底面中心开有小孔。现有一电量为 q、质量为 m 的正离子沿轴线射入圆筒，并将在圆筒间及圆筒与靶间的缝隙处受到电场力的作用而加速（设圆筒内部没有电场）。缝隙的宽度很小，离子穿过缝隙的时间可以不计。已知离子进入第一个圆筒左端的速度为 v_1，且此时第一、二两个圆筒间的电势差 $V_1 - V_2 = -U$。为使打到靶上的离子获得最大能量，各个圆筒的长度应满足什么条件？并求出在这种情况下打到靶上的离子的能量。



(1) $L_n = \frac{1}{2\nu}\sqrt{\frac{2(n-1)qU}{m} + v_1^2}$（$n = 1, 2, 3 \ldots\ldots N$） (2) $E_k = NqU + \frac{1}{2}mv_1^2$

为使正离子获得最大能量，要求离子每次穿越缝隙时，前一个圆筒的电势比后一个圆筒的电势高 U，这就要求离子穿过每个圆筒的时间都恰好等于交流电的半个周期。由于圆筒内无电场，离子在筒内做匀速运动。设 v_n 为离子在第 n 个圆筒内的速度，则有

$qU=\frac{1}{2}mv_{n+1}^2-\frac{1}{2}mv_n^2$ ①

第 n 个圆筒的长度为 $L_n=v_n\frac{T}{2}=\frac{v_n}{2\nu}$ ②

由（1）式得 $(n-1)qU=\frac{1}{2}mv_n^2-\frac{1}{2}mv_1^2$，解得 $v_n=\sqrt{\frac{2(n-1)qU}{m}+v_1^2}$ ③

将（3）代入（2），得第 n 个圆筒的长度应满足的条件为：

$L_n=\frac{1}{2\nu}\sqrt{\frac{2(n-1)qU}{m}+v_1^2}$ ④

$n=1,2,3\ldots\ldots N$。

打到靶上的离子的能量为：

$E_k=NqU+\frac{1}{2}mv_1^2$ ⑤

评分标准：本题共 9 分。列出（1）式给 2 分；列出（2）式给 3 分；得出（4）式再给 2 分；得出（5）式给 2 分。