2003 年广东广西

1. 下列说法中正确的是（A）

   A. 质子与中子的质量不等，但质量数相等

   B. 两个质子之间，不管距离如何，核力总是大于库仑力

   C. 同一种元素的原子核有相同的质量数，但中子数可以不同

   D. 除万有引力外，两个中子之间不存在其他相互作用力

   > 质子和中子的质量数均为 1，但质量并不相等，故 A 正确；核力是短程力，只在很小的距离范围内显著，距离较大时小于库仑力，故 B 错误；同一种元素的不同同位素中子数不同，质量数也不同，故 C 错误；两个中子之间除万有引力外，还存在核力等相互作用，故 D 错误。

2. 用某种单色光照射某种金属表面，发生光电效应。现将该单色光的光强减弱，则（AC）

   A. 光电子的最大初动能不变　　B. 光电子的最大初动能减少

   C. 单位时间内产生的光电子数减少　　D. 可能不发生光电效应

   > 由光电效应规律知，光电子的最大初动能由入射光的频率决定，与光强无关，故 A 正确、B 错误；光强减弱时，单位时间内产生的光电子数减少，故 C 正确；能否发生光电效应只取决于入射光的频率，故 D 错误。

3. 相距很远的两个分子，以一定的初速度相向运动，直到距离最小。在这个过程中，两分子间的分子势能（D）

   A. 一直增大　　B. 一直减小　　C. 先增大，后减小　　D. 先减小，后增大

   > 当两个分子相距较远时，分子力表现为引力，至到达平衡位置时，引力做正功，分子势能减小；到达平衡位置后，分子力表现为斥力，斥力做负功，分子势能增加，故 D 正确。

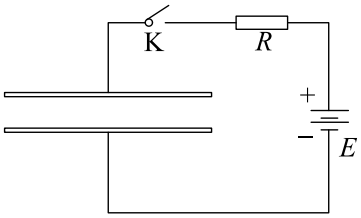
4. 铀裂变的产物之一氪 90（$^{90}_{36}\mathrm{Kr}$）是不稳定的，它经过一系列衰变最终成为稳定的锆 90（$^{90}_{40}\mathrm{Zr}$），这些衰变是（B）

   A. 1 次 α 衰变，6 次 β 衰变　　B. 4 次 β 衰变

   C. 2 次 α 衰变　　D. 2 次 α 衰变，2 次 β 衰变

   > 由 $^{90}_{36}\mathrm{Kr}$ 衰变到 $^{90}_{40}\mathrm{Zr}$ 可知，质量数不变，而核电荷数增加了 4，说明发生了 4 次 β 衰变，故 B 正确。

5. 两块大小、形状完全相同的金属平板平行放置，构成一平行板电容器，与它相连接的电路如图所示，接通开关 K，电源即给电容器充电（BC）



A. 保持 K 接通，减小两极板间的距离，则两极板间电场的电场强度减小

B. 保持 K 接通，在两极板间插入一块介质，则极板上的电量增大

C. 断开 K，减小两极板间的距离，则两极板间的电势差减小

D. 断开 K，在两极板间插入一块介质，则极板上的电势差增大

> 平行板电容器的电容 $C=\frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$。保持 K 接通时两极板间电压 U 不变，由 $E=\frac{U}{d}$ 知减小板间距离会使电场强度增大，故 A 错误；插入介质使电容 C 增大，而 U 不变，由 $Q=CU$ 知极板电量增大，故 B 正确。断开 K 后极板电量 Q 不变，减小板间距离使 C 增大，由 $U=\frac{Q}{C}$ 知电势差减小，故 C 正确；插入介质也使 C 增大，电势差减小，故 D 错误。

6. 一定质量的理想气体（CD）

A. 先等压膨胀，再等容降温，其温度必低于起始温度

B. 先等温膨胀，再等压压缩，其体积必小于起始体积

C. 先等容升温，再等压压缩，其温度有可能等于起始温度

D. 先等容加热，再绝热压缩，其内能必大于起始内能

> 由理想气体状态方程 $\frac{pV}{T}=C$ 知 $T=\frac{pV}{C}$。先等压膨胀再等容降温时，pV 的变化无法确定，温度不一定低于初温，故 A 错误；先等温膨胀再等压压缩时，$\frac{T}{p}$ 的变化无法确定，体积不一定小于初体积，故 B 错误；先等容升温再等压压缩，pV 可能不变，温度可能等于初温，故 C 正确；先等容加热再绝热压缩，气体温度始终升高，内能必大于初内能，故 D 正确。

7. 一弹簧振子沿 x 轴振动，振幅为 4 cm。振子的平衡位置位于 x 轴上的 0 点。图 1 中的 a、b、c、d 为四个不同的振动状态：黑点表示振子的位置，黑点上的箭头表示运动的方向。图 2 给出的①②③④四条振动图线，可用于表示振子的振动图像（AD）

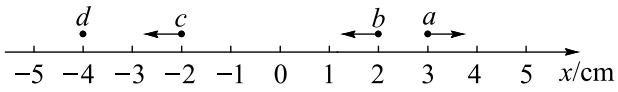


图 1

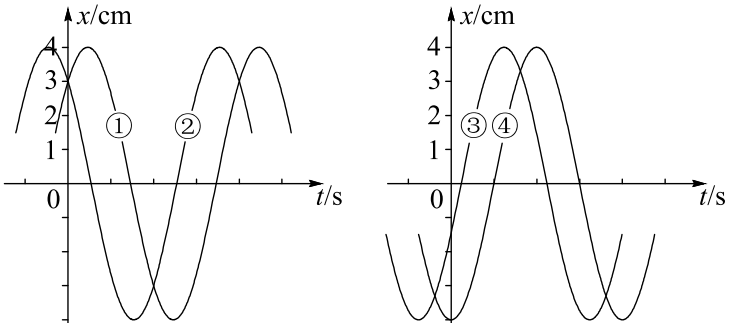


图 2

A. 若规定状态 a 时 $t=0$ 则图象为①

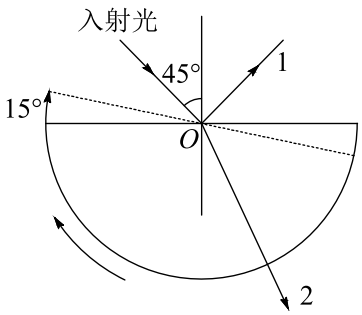
B. 若规定状态 b 时 $t=0$ 则图象为②

C. 若规定状态 c 时 $t=0$ 则图象为③

D. 若规定状态 d 时 $t=0$ 则图象为④

> $t=0$ 时状态 a 的位移为 3 cm 且向正方向运动，对应图象①，故 A 正确；状态 b 的位移为 2 cm，而图象②在 $t=0$ 时位移为 3 cm，故 B 错误；状态 c 的位移为 -2 cm 且向左运动，而图象③在 $t=0$ 时速度向右，故 C 错误；状态 d 的位移为 -4 cm、速度为零，对应图象④的最低点，故 D 正确。

8. 如图，一玻璃柱体的横截面为半圆形。细的单色光束从空气射向柱体的 O 点（半圆的圆心），产生反射光束 1 和透射光束 2。已知玻璃折射率为 $\sqrt{3}$，入射角为 45°（相应的折射角为 24°）。现保持入射光不变，将半圆柱绕通过 O 点垂直于图面的轴线顺时针转过 15°，如图中虚线所示，则 (BC)



A. 光束 1 转过 15°

B. 光束 1 转过 30°

C. 光束 2 转过的角度小于 15°

D. 光束 2 转过的角度大于 15°

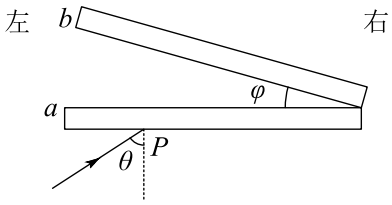
> 转动前，反射光束 1 与入射光的夹角为 $2\times45°=90°$，折射光束 2 与入射光的夹角为 $45°+(180°-24°)=201°$。转动后入射角变为 60°，反射光与入射光的夹角为 $2\times60°=120°$，故光束 1 转过 30°，B 正确；由 $\frac{\sin 60°}{\sin r}=\sqrt{3}$ 得 $r=30°$，折射光与入射光的夹角为 $60°+(180°-30°)=210°$，光束 2 转过 $9°<15°$，故 C 正确、D 错误。

9. 原子从一个能级跃迁到一个较低的能级时，有可能不发射光子。例如在某种条件下，铬原子的 $n=2$ 能级上的电子跃迁到 $n=1$ 能级上时并不发射光子，而是将相应的能量转交给 $n=4$ 能级上的电子，使之能脱离原子，这一现象叫做俄歇效应。以这种方式脱离了原子的电子叫做俄歇电子。已知铬原子的能级公式可简化表示为 $E_n=-\frac{A}{n^2}$，式中 $n=1,2,3\cdots$ 表示不同的能级，A 是正的已知常数。上述俄歇电子的动能是（C）

A. $\frac{3}{16}A$　　B. $\frac{7}{16}A$　　C. $\frac{11}{16}A$　　D. $\frac{13}{16}A$

> 由能级公式得 $E_2=-\frac{A}{4}$，$E_1=-A$，$E_4=-\frac{A}{16}$。电子从 $n=2$ 跃迁到 $n=1$ 释放的能量为 $\Delta E=E_2-E_1=\frac{3A}{4}$，这部分能量交给 $n=4$ 能级上的电子使其电离，故俄歇电子的动能为 $E_k=\Delta E+E_4=\frac{3A}{4}-\frac{A}{16}=\frac{11A}{16}$，C 正确。

10. 如图，a 和 b 都是厚度均匀的平玻璃板，它们之间的夹角为 φ。一细光束以入射角 θ 从 P 点射入，$\theta>\varphi$。已知此光束由红光和蓝光组成。则当光束透过 b 板后（D）



A. 传播方向相对于入射光方向向左偏转 φ 角

B. 传播方向相对于入射光方向向右偏转 φ 角

C. 红光在蓝光的左边

D. 红光在蓝光的右边

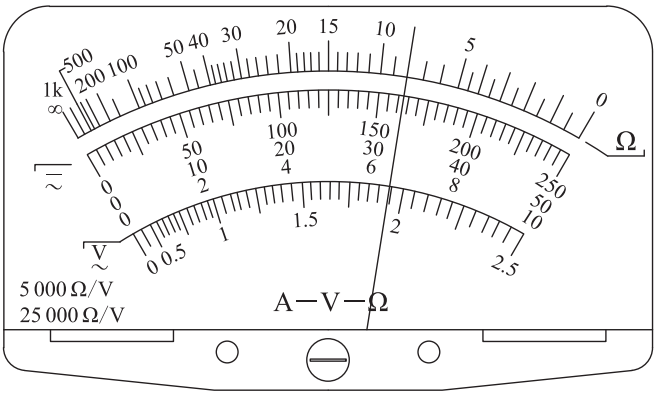
> 光束通过厚度均匀的平行玻璃板后，透射光方向与入射光方向平行，故 A、B 错误；由于红光的频率小于蓝光，玻璃对红光的折射率较小，红光通过玻璃板后的侧移量较小，故红光在蓝光的右边，C 错误、D 正确。

11. 下图为一正在测量中的多用电表表盘。

(1) 如果是用直流 10 V 挡测量电压，则读数为 6.5 V。

(2) 如果是用 $\times 100\,\Omega$ 挡测量电阻，则读数为 $8.0\times10^2\,\Omega$。

(3) 如果是用直流 5 mA 挡测量电流，则读数为 3.25 mA。



（1）6.5 V；（2）$8.0 \times 10^2\,\Omega$；（3）3.25 mA。

（1）用直流 10 V 挡测量电压，准确值 6.4 V，估计值 0.5 V，读数为 6.5 V。（2）用 $\times 100\,\Omega$ 挡测量电阻，指示值 8.0 Ω，倍率为 ×100，读数为 $8.0 \times 10^2\,\Omega$。（3）用直流 5 mA 挡测量电流，准确值 3.2 mA，估计值 0.05 mA，读数为 3.25 mA。

12. 实验装置如图 1 所示：一木块放在水平长木板上，左侧拴有一细软线，跨过固定在木板边缘的滑轮与一重物相连。木块右侧与打点计时器的纸带相连。在重物牵引下，木块在木板上向左运动，重物落地后，木块继续向左做匀减速运动，图 2 给出了重物落地后，打点计时器在纸带上打出的一些点，试根据给出的数据，求木块与木板间的摩擦因数 μ。要求写出主要的运算过程。结果保留 2 位有效数字。（打点计时器所用交流电频率为 50 Hz，不计纸带与木块间的拉力。取重力加速度 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$）

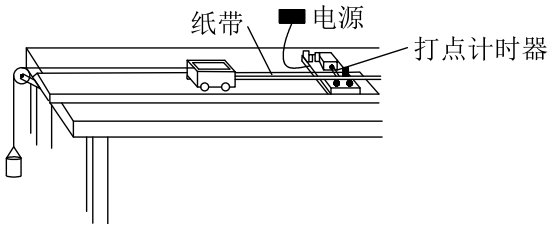


图 1

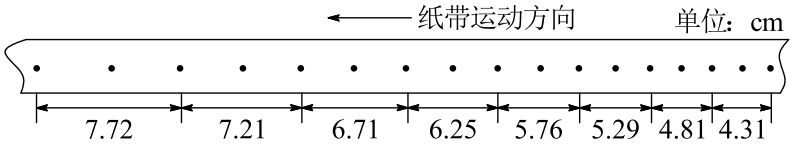


图 2

$\mu = 0.30$。

由纸带数据可知，重物落地后木块在连续相等时间 T 内的位移分别为 $s_1 = 7.72\,\mathrm{cm}$，$s_2 = 7.21\,\mathrm{cm}$，$s_3 = 6.71\,\mathrm{cm}$，$s_4 = 6.25\,\mathrm{cm}$，$s_5 = 5.76\,\mathrm{cm}$，$s_6 = 5.29\,\mathrm{cm}$，$s_7 = 4.81\,\mathrm{cm}$，$s_8 = 4.31\,\mathrm{cm}$。相邻计数点间的时间间隔 $T = 0.04\,\mathrm{s}$。由逐差法得 $a = \frac{(s_5-s_1)+(s_6-s_2)+(s_7-s_3)+(s_8-s_4)}{16T^2} = -3.0\,\mathrm{m/s^2}$。重物落地后木块只受摩擦力作用，由牛顿第二定律得 $-\mu mg = ma$，解得 $\mu = 0.30$。

13. 要测量一块多用电表直流 10 mA 档的内阻 R_A（约 40 Ω）。除此多用电表外，还有下列器材：直流电源一个（电动势 E 约为 1.5 V，内阻可忽略不计），电阻一个（阻值 R 约为 150 Ω），电键一个，导线若干。要求：

(1) 写出实验步骤。

(2) 给出 R_A 的表达式。

（1）实验步骤：①用多用电表的直流电压挡测量电源电动势 E；②用多用电表的欧姆挡测量电阻阻值 R；③将多用电表置于直流 10 mA 挡，与电阻 R 及电键串联后接在电源两端，合上电键，记下多用电表读数 I。（2）$R_A = \frac{E}{I} - R$。

（1）①用多用电表的直流电压挡测量电源电动势 E；②用多用电表的欧姆挡测量电阻阻值 R；③将多用电表置于直流 10 mA 挡，与电阻 R 及电键串联后接在电源两端，合上电键，记下多用电表读数 I。（2）由闭合电路欧姆定律得 $E = I(R_A + R)$，故 $R_A = \frac{E}{I} - R$。

14. 据美联社 2002 年 10 月 7 日报道，天文学家在太阳系的 9 大行星之外，又发现了一颗比地球小得多的新行星，而且还测得它绕太阳公转的周期约为 288 年。若把它和地球绕太阳公转的轨道都看作圆，问它与太阳的距离约是地球与太阳距离的多少倍？（最后结果可用根式表示）

$\frac{R}{R_0} = 44$（或 $\sqrt[3]{288^2}$）。

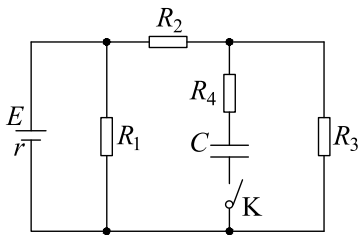
设太阳质量为 M，地球质量为 m_0、公转周期为 T_0、与太阳距离为 R_0；新行星质量为 m、公转周期为 T、与太阳距离为 R。由万有引力定律和牛顿定律得 $\frac{GMm_0}{R_0^2} = m_0\frac{4\pi^2}{T_0^2}R_0$，$\frac{GMm}{R^2} = m\frac{4\pi^2}{T^2}R$，两式相比得 $\frac{R}{R_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{\frac{2}{3}}$。已知 $T = 288$ 年，$T_0 = 1$ 年，故 $\frac{R}{R_0} = 288^{\frac{2}{3}} = 44$（或 $\sqrt[3]{288^2}$）。

15. 当物体从高空下落时，空气阻力随速度的增大而增大，因此经过一段距离后将匀速下落，这个速度称为此物体下落的终极速度。已知球形物体速度不大时所受的空气阻力正比于速度 v 且正比于球半径 r，即阻力 $f = krv$，k 是比例系数。对于常温下的空气，比例系数 $k = 3.4 \times 10^{-4}\,\mathrm{N \cdot s/m^2}$。已知水的密度 $\rho = 1.0 \times 10^3\,\mathrm{kg/m^3}$，取重力加速度 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$。试求半径 $r = 0.10\,\mathrm{mm}$ 的球形雨滴在无风情况下的终极速度 v_r。（结果取两位数字）

$v_r = 1.2\,\mathrm{m/s}$。

雨滴下落时受竖直向下的重力和竖直向上的空气阻力。达到终极速度 v_T 时加速度为零，由平衡条件得 $mg - krv_T = 0$。又 $m = \frac{4}{3}\pi r^3\rho$，代入得 $v_T = \frac{4\pi r^2\rho g}{3k}$。代入 $r = 0.10\,\mathrm{mm}$、$\rho = 1.0 \times 10^3\,\mathrm{kg/m^3}$、$g = 10\,\mathrm{m/s^2}$、$k = 3.4 \times 10^{-4}\,\mathrm{N \cdot s/m^2}$，得 $v_T = 1.2\,\mathrm{m/s}$。

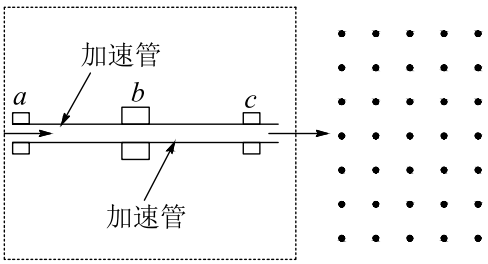
16. 在如图所示的电路中，电源的电动势 $E = 3.0\,\mathrm{V}$，内阻 $r = 1.0\,\Omega$；电阻 $R_1 = 10\,\Omega$，$R_2 = 10\,\Omega$，$R_3 = 30\,\Omega$，$R_4 = 35\,\Omega$；电容器的电容 $C = 100\,\mu\mathrm{F}$。电容器原来不带电。求接通电键 K 后流过 R_4 的总电量。



$Q = 2.0 \times 10^{-4}\,\mathrm{C}$。

闭合电路的总电阻为 $R = \frac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3} + r$，总电流 $I = \frac{E}{R}$，路端电压 $U = E - Ir$。电阻 R_3 两端电压 $U' = \frac{R_3}{R_2+R_3}U$。通过 R_4 的总电量等于电容器所带电量 $Q = CU'$。代入数据得 $Q = 2.0 \times 10^{-4}\,\mathrm{C}$。

17. 串列加速器是用来产生高能离子的装置。图中虚线框内为其主体的原理示意图，其中加速管的中部 b 处有很高的正电势 U，a、c 两端均有电极接地（电势为零）。现将速度很低的负一价碳离子从 a 端输入，当离子到达 b 处时，可被设在 b 处的特殊装置将其电子剥离，成为 n 价正离子，而不改变其速度大小。这些正 n 价离子从 c 端飞出后进入一与其速度方向垂直的、磁感应强度为 B 的匀强磁场中，在磁场中做半径为 R 的圆周运动。已知碳离子的质量为 $m = 2.0 \times 10^{-26}\,\mathrm{kg}$，$U = 7.5 \times 10^5\,\mathrm{V}$，$B = 0.50\,\mathrm{T}$，$n = 2$，基元电荷 $e = 1.6 \times 10^{-19}\,\mathrm{C}$，求 R。



$R = 0.75\,\mathrm{m}$。

设碳离子到达 b 处时的速度为 v_1，从 c 端射出时的速度为 v_2。由动能定理得 $eU = \frac{1}{2}mv_1^2$，$\frac{1}{2}mv_1^2 + neU = \frac{1}{2}mv_2^2$。进入磁场后，洛伦兹力提供向心力，$nev_2B = m\frac{v_2^2}{R}$。由

以上三式解得 $R=\frac{1}{Bn}\sqrt{\frac{2mU(n+1)}{e}}$。代入数据得 $R=0.75\,\mathrm{m}$。

18. 在如图 1 所示的区域（图中直角坐标系 Oxy 的 1、3 象限）内有匀强磁场，磁感应强度方向垂直于图面向里，大小为 B。半径为 l、圆心角为 60° 的扇形导线框 OPQ 以角速度 ω 绕 O 点在图面内沿逆时针方向匀速转动，导线框回路电阻为 R。

(1) 求线框中感应电流的最大值 I_0 和交变感应电流的频率 f。

(2) 在图 2 上画出线框转一周的时间内感应电流 I 随时间 t 变化的图像。（规定与图 1 中线框的位置相应的时刻为 $t=0$）

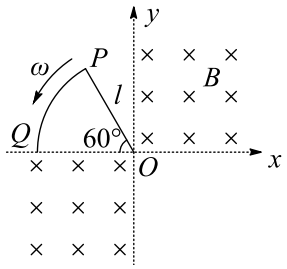


图 1

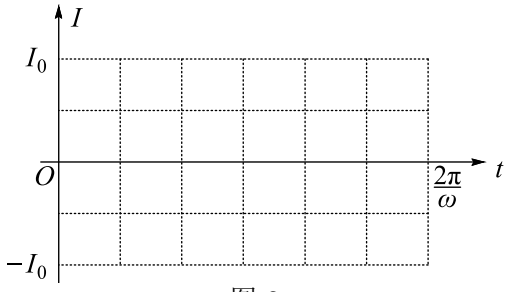
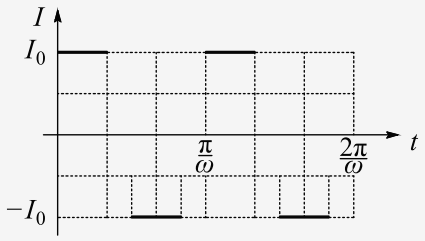


图 2

（1）$I_0=\frac{\omega Bl^2}{2R}$，$f=\frac{\omega}{\pi}$；（2）图像如图 3 所示。

（1）从图 1 中位置开始（$t=0$）转过 60° 的过程中，经时间 Δt，转角 $\Delta\theta=\omega\Delta t$，回路磁通量增量为 $\Delta\Phi=\frac{1}{2}\Delta\theta l^2B$。由法拉第电磁感应定律，感应电动势 $E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{1}{2}\omega Bl^2$，因匀速转动，这就是最大的感应电动势。由欧姆定律得 $I_0=\frac{E}{R}=\frac{\omega Bl^2}{2R}$。前半圈和后半圈 $I(t)$ 相同，故感应电流频率等于旋转频率的 2 倍，$f=\frac{\omega}{\pi}$。（2）图像如图 3 所示。



19. 图 1 所示为一根竖直悬挂的不可伸长的轻绳，下端拴一小物块 A，上端固定在 C 点且与一能测量绳的拉力的测力传感器相连。已知有一质量为 m_0 的子弹 B 沿水平方向以速度 v_0 射入 A 内（未穿透），接着两者一起绕 C 点在竖直面内做圆周运动。在各种阻力都可忽略的条件下测力传感器测得绳的拉力 F 随时间 t 的变化关系如图 2 所示。已知子弹射入的时间极短，且图 2 中 $t=0$ 为 A、B 开始以相同速度运动的时刻。根据力学规律和题中（包括图）提供的信息，对反映悬挂系统本身性质的物理量（例如 A 的质量）及 A、B 一起运动过程中的守恒量，你能求得哪些定量的结果？

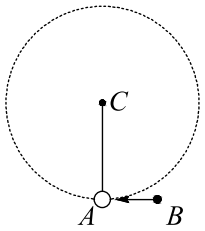


图 1

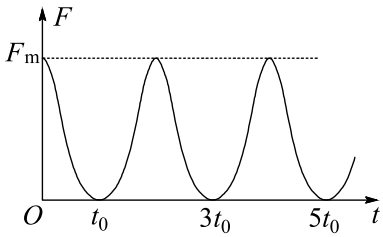


图 2

$T=2t_0$，$m=\frac{F_m}{6g}-m_0$，$l=\frac{36m_0^2v_0^2g}{5F_m^2}$，$E=\frac{3m_0^2v_0^2g}{F_m}$。

由图 2 可直接看出，A、B 一起做周期性运动，周期为 $T=2t_0$。设 A 的质量为 m，绳长为 l；v_1、v_2 分别为 A、B 在最低点和最高点的速度，F_1、F_2 分别为最低点和最高点时绳的拉力。由动量守恒得 $m_0v_0=(m+m_0)v_1$。在最低点和最高点，由牛顿第二定律得 $F_1-(m+m_0)g=(m+m_0)\frac{v_1^2}{l}$，$F_2+(m+m_0)g=(m+m_0)\frac{v_2^2}{l}$。由机械能守恒得 $(m+m_0)g\cdot 2l=\frac{1}{2}(m+m_0)v_1^2-\frac{1}{2}(m+m_0)v_2^2$。由图 2 知 $F_2=0$，$F_1=F_m$。联立解得 $m=\frac{F_m}{6g}-m_0$，$l=\frac{36m_0^2v_0^2g}{5F_m^2}$。A、B 一起运动过程中机械能守恒，以最低点为势能零点，则 $E=\frac{1}{2}(m+m_0)v_1^2=\frac{3m_0^2v_0^2g}{F_m}$。

20. (1) 如图 1，在光滑水平长直轨道上，放着一个静止的弹簧振子，它由一轻弹簧两端各联结一个小球构成，两小球质量相等。现突然给左端小球一个向右的速度 u_0，求弹簧第一次恢复到自然长度时，每个小球的速度。

(2) 如图 2，将 N 个这样的振子放在该轨道上。最左边的振子 1 被压缩至弹簧为某一长度后锁定，静止在适当位置上，这时它的弹性势能为 E_0。其余各振子间都有一定的距离。现解除对振子 1 的锁定，任其自由运动，当它第一次恢复到自然长度时，刚好与振子 2 碰撞，此后，继续发生一系列碰撞，每个振子被碰后刚好都是在弹簧第一次恢复到自然长度时与下一个振子相碰。求所有可能的碰撞都发生后，每个振子弹性势能的最大值。已知本题中两球发生碰撞时，速度交换，即一球碰后的速度等于另一球碰前的速度。

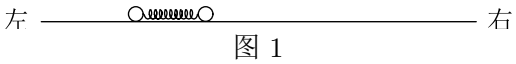


图 1

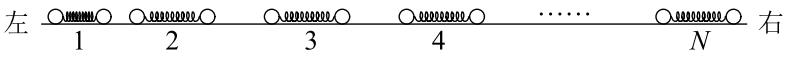


图 2

(1) $u_1=0$，$u_2=u_0$。 (2) 每个振子弹性势能的最大值均为 $\frac{1}{4}E_0$。

（1）设每个小球质量为 m，弹簧恢复自然长度时左、右两端小球速度分别为 u_1、u_2。由动量守恒和机械能守恒得 $mu_0=mu_1+mu_2$，$\frac{1}{2}mu_0^2=\frac{1}{2}mu_1^2+\frac{1}{2}mu_2^2$，解得 $u_1=u_0$、$u_2=0$ 或 $u_1=0$、$u_2=u_0$。由于过程中右端小球一直加速，实际解为 $u_1=0$，$u_2=u_0$。（2）设振子 1 解除锁定后弹簧恢复自然长度时左、右两端小球速度分别为

v_1、v_1'，向右为正。由动量守恒和机械能守恒得 $mv_1+mv_1'=0$，$\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}mv_1'^2=E_0$，解得 $v_1=-\sqrt{\frac{E_0}{m}}$、$v_1'=\sqrt{\frac{E_0}{m}}$（取两球分别向左、右加速的解）。振子 1 与振子 2 碰撞交换速度后，振子 1 右端小球速度变为 0，左端小球速度仍为 v_1，此后两球都向左运动。当两球速度相同时弹簧弹性势能最大，设共同速度为 v_{10}，则 $mv_1=2mv_{10}$；由能量守恒得 $\frac{1}{2}mv_{10}^2+\frac{1}{2}mv_{10}^2+E_1=\frac{1}{2}mv_1^2$，解得 $E_1=\frac{1}{4}E_0$。同理可得每个振子弹性势能的最大值均为 $\frac{1}{4}E_0$。