

## 第一章 运动学

1. 一石子从空中由静止下落，由于空气阻力，石子并非作自由落体运动。现测得石子加速度为  $a=A-Bv$ ，其中  $A$ 、 $B$  为正恒量， $v$  是石子的速率。在  $t=0$  时石子开始下落，选取石子下落方向为  $y$  轴正向，下落起点为坐标原点，试求石子下落时的速度和运动方程。

2. 一质点沿一直线运动，其加速度为  $a=-2x$ ，式中  $x$  的单位为  $m$ ， $a$  的单位为  $m/s^2$ 。试求该质点的速度  $v$  与位置坐标  $x$  之间的关系。设当  $x=0$  时， $v_0=4m/s$ 。

3. 一质点沿半径为  $R$  的圆周按规律  $s=v_0t-\frac{1}{2}bt^2$  运动， $v_0$  和  $b$  都是常量。

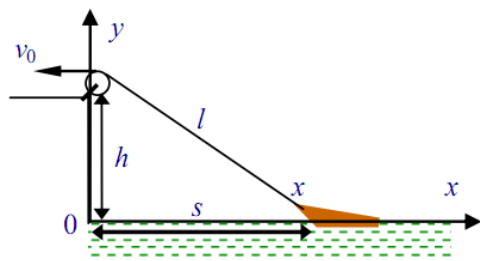
(1) 求  $t$  时刻质点的总加速度；

(2)  $t$  为何值时，总加速度在数值上等于  $b$ ？

(3) 当加速度达到  $b$  时，质点已沿圆周运行了多少圈？

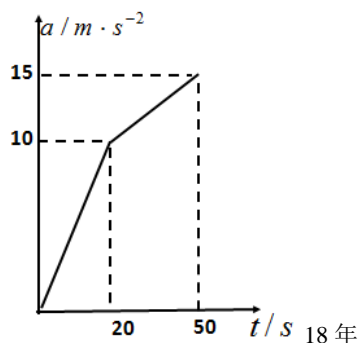
4. 一质点沿半径为  $0.1m$  的圆周运动，其用角坐标表示的运动学方程为  $\theta=2+4t^3$ ， $\theta$  的单位为  $rad$ ， $t$  的单位为  $s$ 。试求：(1) 在  $t=2s$  时，质点的切向加速度和法向加速度的大小；(2) 当  $\theta$  等于多少时，质点的加速度与半径的夹角成  $45^\circ$ ？

5. 在离水面高度为  $h$  的岸边，有人用绳子绕过岸上的定滑轮拉船靠岸，船在离岸边  $s$  距离处。当人以速率  $v_0$  匀速收绳时，试求船的速率和加速度大小（假设绳子不可伸长）。

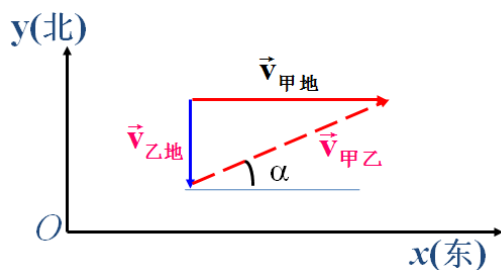


6. 在质点运动中，已知  $x=ae^{kt}$ ， $\frac{dy}{dt}=-bke^{-kt}$ ， $y|_{t=0}=b$ 。求质点的加速度和它的轨迹方程。

7. 火箭沿竖直方向由静止向上发射，加速度随时间的变化规律如图所示。试求火箭在  $t=50s$  时燃料用完那一瞬间所能达到的高度及该时刻火箭的速度。

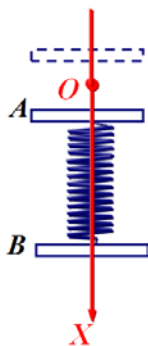


8. 甲乙两船同时航行，甲以  $10\text{ m/s}$  的速度向东，乙以  $5\text{ m/s}$  的速度向南。问：从乙船的人看来，甲的速度是多大？方向如何？反之，从甲船的人看来，乙的速度又是多大？方向如何？

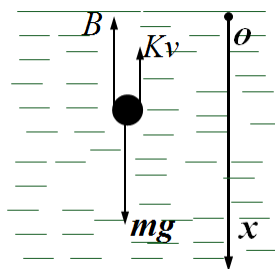


## 第二章 牛顿运动定律

1. 重物  $A$  和  $B$  分别重  $G_A = 200\text{N}$  和  $G_B = 400\text{N}$ ，并以弹簧互相连接。重物  $A$  沿铅垂线做简谐运动。以  $A$  的平衡位置为坐标原点，取坐标轴正向向下，如图所示。 $A$  的运动学方程为  $x = h \cos \omega t$ ，其中振幅  $h = 1.0 \times 10^{-2}\text{m}$ ，圆频率  $\omega = 8\pi \text{ rad/s}$ 。弹簧的质量不计。求：(1) 弹簧对  $A$  的作用力  $N$  的最大值和最小值；(2)  $B$  对支撑面的压力的最大值和最小值。



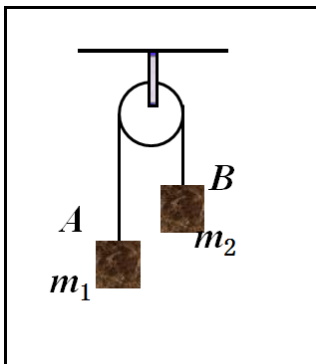
题 1



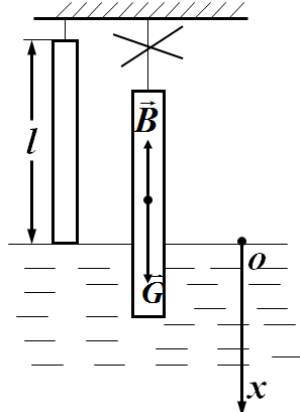
题 2

2. 有一小球在水中竖直沉降，已知小球的质量为  $m$ ，水对小球的浮力为  $B$ ，浮力小于重力。水对小球的阻力  $R$  正比于小球的速率， $R = -Kv$ ，式中负号表示阻力，常数  $K > 0$ 。在初始时刻  $t_0 = 0$  将小球浸没在水中，小球初速度  $v_0 = 0$ 。求  $t$  时刻小球在水中竖直沉降的速度和下沉的距离。

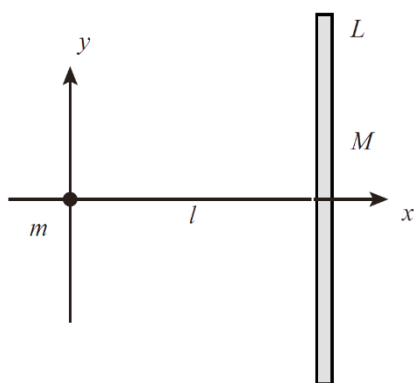
3. 电梯中有一质量可以忽略的滑轮，轮轴无摩擦，两侧用轻绳悬挂着质量分别为  $m_1$  和  $m_2$  的重物  $A$  和  $B$ 。(1) 当电梯匀速上升时，求绳中张力和物体  $A$  相对于地面的加速度。(2) 当电梯以加速度  $a_r$  上升时，求绳中张力和物体  $A$  相对于地面的加速度。



4. 密度为  $\rho$  的细棒，长度  $l$ ，面积为 1，上端用细线悬着，下端紧贴着密度为  $\rho'$  的液体表面。现剪断悬线，求细棒恰好全部没入水中时的沉降速度。设液体没有粘性。



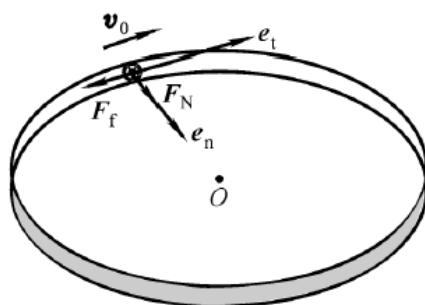
5. 如图，一质点  $m$  旁边放一根长度为  $L$ 、质量为  $M$  的匀质杆，质点位于细杆的中垂线上，离杆的距离为  $l$ 。求：细杆间受到质点的万有引力。



6. 光滑的水平桌面上放置一半径为  $R$  的固定圆环，物体紧贴环的内侧作圆周运动，其摩擦因数为  $\mu$ ，开始时物体的速率为  $v_0$ 。

求：(1)  $t$  时刻物体的速率；

(2) 当物体速率从  $v_0$  减少到  $\frac{1}{2}v_0$  时，物体所经历的时间及经过的路程。



### 第三章 能量

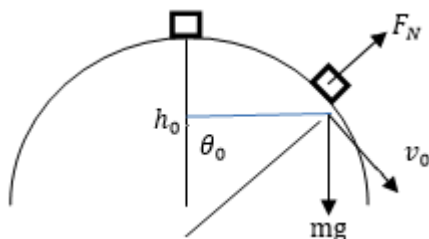
1. 某弹簧不遵守胡克定律，若施力  $F$ ，则相应伸长  $x$ ，力与伸长的关系为  $F=2x+3x^2(\text{SI})$ ，求：

- (1) 将弹簧从定长  $x_1=1\text{m}$  拉伸到定长  $x_2=2\text{m}$  时外力所需作的功；
- (2) 将弹簧横放在水平光滑桌面上，一端固定，另一端系一个质量为  $0.2\text{kg}$  的物体，然后将弹簧拉伸到一定长  $x_2=2\text{m}$ ，再将物体由静止释放，求当弹簧回到  $x_1=1\text{m}$  时，物体的速率。
- (3) 该弹簧的弹性力是保守力吗？为什么？

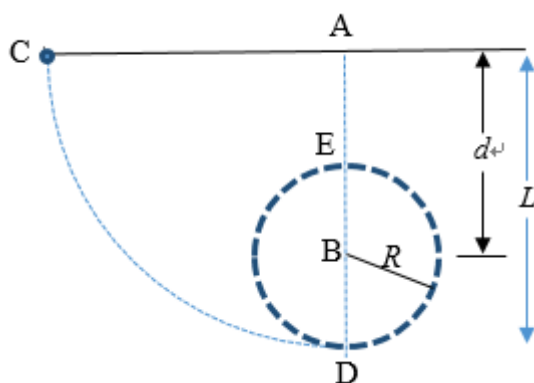
2. 一质量为  $m$  的陨石从距地球表面高为  $h$  处由静止开始落向地面，忽略空气阻力，问：

- (1) 陨石从开始到落地的下落过程中，万有引力所作的功是多少？
- (2) 陨石落地时的速率多大？（设地球质量为  $M$ ，半径为  $R$ ，引力常数为  $G$ ）

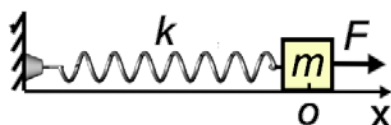
3. 由半径为  $R$  的光滑球面顶点处，物体  $m$  自静止开始滑落，求物体脱离球面时的临界角，即物体脱离球面处的半径与竖直方向的夹角。



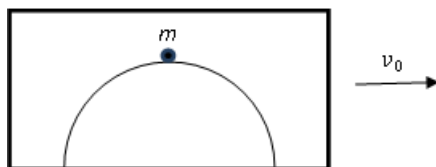
4. 有一个摆长为  $L$  的单摆，悬点在  $A$ ，在  $A$  的垂直下方置一个小钉  $B$ ，今使小球自  $C$  点释放，小球恰能绕  $B$  做圆周运动，问钉  $B$  与悬点  $A$  的距离  $d$  是多少？



5. 如图所示，在墙壁上固定一个水平放置的轻弹簧，弹簧的另一端连一质量为  $m$  的物体，弹簧的劲度系数为  $k$ ，物体  $m$  与水平面间的摩擦系数为  $\mu$ ，开始时，弹簧没有伸长，现以恒力  $F$  将物体自平衡位置开始向右拉动，试求此系统所具有的最大势能。



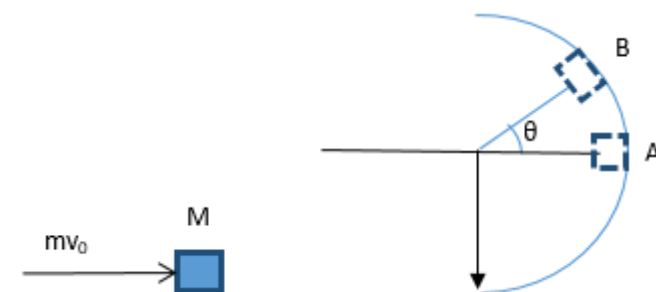
6. 大质量车厢在水平地面上以  $v_0$  的速度匀速向右行驶，车厢内有一半径  $R$  的光滑半圆柱面，顶部有一质量为  $m$  的小球。开始时小球静止，如图所示，而后因微小扰动向左侧下滑离开圆柱面，试求地面系下看，过程中圆柱面支持力  $N$  对小球所作功。



## 第四章 动量

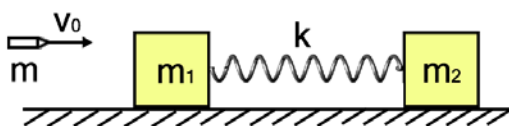
1. 假设一个质量为  $0.5\text{kg}$  的球被木棒击中，木棒对球的击打力满足抛物线规律，即为  $t$  的二次函数。已知  $t=0.5\text{ms}$  时，力  $F(t)=0$ ； $t=2\text{ms}$  时， $F(t)=2200\text{N}$  且  $F'(t)=0$ 。求木棒与球刚刚脱离接触的瞬间，球的速度是多大。

2. 如图，质量  $M=0.5\text{kg}$  的物块，自半径  $R=1.4\text{m}$  的光滑圆弧轨道的 A 点由静止开始下滑，当它滑到光滑水平面 C 点时，有一个质量为  $m=0.02\text{kg}$  的子弹射入木块中，使它们一起沿轨道上升，上升到 B 点时脱离轨道，求子弹射入木块前的速度（ $g$  取  $10\text{m/s}^2$ ，已知  $\theta = 30^\circ$ ）



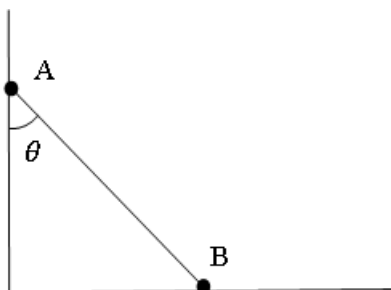
3. 如图所示，质量为  $m_1$  和  $m_2$  的两木块用劲度系数为  $k$  的弹簧相连，静止的放在光滑水平面上，今有一质量为  $m$  的子弹沿弹簧的轴线方向以速度  $v_0$  射入木块  $m_1$  后嵌在  $m_1$  内。试求：

- (1) 弹簧的最大压缩长度。
- (2) 木块  $m_2$  的最大速度和最小速度。



4. 系统如图所示，A 和 B 是两个质量均为  $m$  的小球，其间是一根长为  $l$  的轻杆，竖直线代表竖直光滑墙，水平线代表水平光滑地面，开始  $\theta = 0$ ，A、B 及杆静止，而后因微小扰动而下滑，试问  $\theta$  达到何值时 A 球离墙？





5. 一个箭体质量为  $M_0$ （不含燃料部分），载有燃料  $m_0$  的火箭在太空中由静止开始点火，燃烧后的炽热气体相对于火箭以  $u$  的速度向后喷出。求

(1) 燃料耗尽时火箭的速度是多少？

(2) 若火箭在均匀重力场  $g$  中垂直起飞， $T$  时间后燃料耗尽，则燃料耗尽瞬间火箭速度是多大？

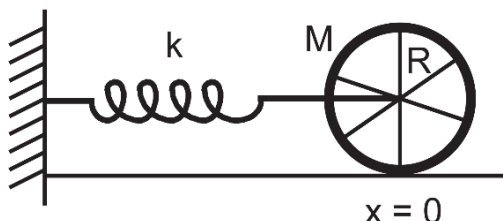
## 第六章 机械振动

1. 一物体作简谐振动，其速度最大值  $v_m=0.03 \text{ m/s}$ ，其振幅  $A=2\text{cm}$ 。若  $t=0$  时，物体位于平衡位置且向  $x$  轴的负方向运动。求：

- (1) 振动周期  $T$ ；
- (2) 加速度的最大值  $a_m$ ；
- (3) 振动函数的数值式。

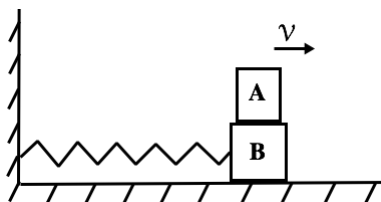
2\*(选做). 如图所示，有一轮子质量为  $M$ ，与劲度系数为  $k$  的弹簧的一端连接，在竖直平面内沿水平方向运动（质心围绕着平衡点  $x=0$  处作简谐运动）。弹簧以及轮子辐条的质量可忽略，轮子与地面无相对滑动。求

- (1) 用  $k, M, R, x$  给出系统总能量的表达式（因为轮子辐条质量可忽略，轮子的转动惯量为  $MR^2$ ）；
- (2) 给出轮子围绕平衡点附近的简谐振动的角频率。



3. 如图示，质量为  $m$  的砝码  $A$  放置在质量为  $M$  的滑块  $B$  上， $B$  与弹簧相连，它们一起在光滑的水平面上作简谐运动，弹簧的劲度系数为  $k$ ，砝码与滑块在振动过程中不发生相对运动，已知  $t=0$  时刻，滑块恰经过平衡位置且速度为  $v$ 。求

- (1) 滑块的振动函数；
- (2) 砝码与滑块之间的最大静摩擦系数  $\mu_m$  最小值；
- (3) 请给出任意时刻  $t$ ，系统的动能和势能。



4. 已知两谐振动的运动方程： $x_1 = 3\cos\left(10t + \frac{\pi}{3}\right)$ ， $x_2 = \sqrt{3}\cos\left(10t + \frac{5\pi}{6}\right)$ 。式中各物理量为国际单位制(SI)。求

(1) 合成振动的振幅和初位相;

(2) 如另有第三个谐振动 $x_3 = 9\cos(10t + \varphi_3)$ , 则 $\varphi_3$ 应为何值, 才能使 $x_1 + x_3$ 的合振动振幅最大? 又 $\varphi_3$ 应为何值, 才能使 $x_1 + x_2 + x_3$ 的合振动振幅最小?

## 第七章 机械波

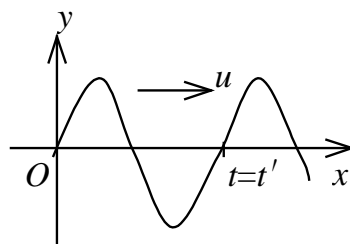
1. 已知一平面简谐波的表达式为  $y = 0.02\cos(4\pi t + 2\pi x)(SI)$ .

- (1) 求该波的波长 $\lambda$ , 频率 $\nu$ 和波速 $u$ 的值;
- (2) 求 $x_1 = 0.2\text{m}$  处和 $x_2 = 0.7\text{m}$  处二点振动的相位差;
- (3) 写出 $t = 0.6\text{ s}$  时刻各波峰位置的坐标表达式, 并求出此时离坐标原点最近的那个波峰的位置 $x_m$ ;
- (4) 求 $t = 0.6\text{ s}$  时离坐标原点最近的那个波峰通过坐标原点的时刻 $t$ .

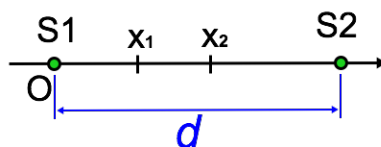
2. 平面简谐波沿  $x$  轴正方向传播, 振幅为  $2\text{cm}$ , 频率为  $50\text{Hz}$ , 波速为  $200\text{m/s}$ 。在  $t=0$  时,  $x=0$  处的质点正在平衡位置向  $y$  轴正方向运动, 求  $x=4\text{m}$  处媒质质点振动的表达式及该点在  $t=2\text{s}$  时的振动速度。

3. 一平面简谐波沿  $x$  轴正向传播, 其振幅为  $A$ , 频率为  $\omega$ , 波速为  $u$ 。设  $t = t'$  时刻的波形曲线如图所示。求:

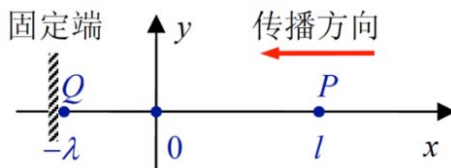
- (1)  $x=0$  处质点振动方程;
- (2) 该波的表达式。



4. 如图所示, 两相干波源在  $x$  轴上的位置为  $S_1$  和  $S_2$ , 其间距离为  $d = 30\text{ m}$ ,  $S_1$  位于坐标原点  $O$ 。设波只沿  $x$  轴正负方向传播, 单独传播时强度保持不变。 $x_1 = 9\text{ m}$  和  $x_2 = 12\text{ m}$  处的两点是相邻的两个因干涉而静止的点。求两波的波长和两波源间最小相位差。



5. 如图, 一列平面简谐横波沿着  $x$  轴负方向传播, 波长为 $\lambda$ , 角频率为 $\omega$ 。P 点距离原点为 $l$ , 已知 P 点的振幅为  $A$ ,  $t_0 = 0$  时 P 点的位移  $A/2$ , 速度方向指向平衡位置。



- (1) 试求 P 点的振动方程,  $y_P = ?$
- (2) 写出此平面简谐波的波函数.
- (3) 若此平面简谐波在距离原点一个波长处的 Q 点发生反射,  $x_Q = -\lambda$ , 且 Q 点为固定端, 求反射波的波函数.

6. 两辆汽车 A, B 分别以  $40\text{m/s}$ ,  $20\text{m/s}$  的速率在马路上相向而驶, 此时汽车 A 按下喇叭. 已知汽车 A 的喇叭发出的声音频率为  $400\text{Hz}$ , 声音在空气中的传播速度为  $340\text{m/s}$ , 求

- (1) 站在汽车 A 车头正前方地面上的人听到的声音频率;
- (2) 汽车 B 的司机听到的声音频率.

## 第十四章 相对论

1. 宇宙飞船相对于地面以速度  $v$  作匀速直线飞行，某一时该飞船头部的宇航员向飞船尾部发出一个光讯号，经过  $\Delta t$ （飞船上的钟）时间后，被尾部的接收器收到，则飞船的固有长度是\_\_\_\_\_。

2. 1905 年爱因斯坦提出了狭义相对论，狭义相对论是以两条基本假设为前提的，这两条基本假设是( )

- A 同时的绝对性与同时的相对性
- B 运动的时钟变慢与运动的尺子缩短
- C 时间间隔的绝对性与空间距离的绝对性
- D 相对性原理与光速不变原理

3.  $S$  系中平面上一个静止的圆的面积为  $12\text{ cm}^2$ ，已知  $S'$  系在  $t = t' = 0$  时与  $S$  系坐标轴重合，以  $-0.8c$  的速度沿公共轴  $x - x'$  运动，则在  $S'$  系测得该圆面积为\_\_\_\_\_？

4. 一艘宇宙飞船的船身固有长度为  $L_0 = 90\text{ m}$ ，相对于地面以  $v_0 = 0.8c$ （ $c$  为真空中光速）的速度在一观测站的上空飞过。

- (1) 观测站测得飞船的船身通过观测站的时间间隔是多少？
- (2) 宇航员测得船身通过观测站的时间间隔是多少？

5.  $S$  系中记录到两事件空间间隔  $\Delta x = 600\text{ m}$ ，时间间隔  $\Delta t = 8 \times 10^{-7}\text{ s}$ ，而  $s'$  系中记录  $\Delta t' = 0$ ，则  $s'$  系相对  $s$  系的速度为\_\_\_\_\_。

6. 一立方体，沿其一棱的方向以速度  $v$  运动。试证其体积和密度为  $V = V_0 \sqrt{1 - \beta^2}$  和  $\rho = \gamma^2 m_0 / V_0$ 。式中  $m_0$ 、 $v_0$  为静止质量和体积， $\beta = v/c$   $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ 。

7. 设某微观粒子的总能量是它静止能量的  $k$  倍，则其运动速度的大小是\_\_\_\_\_
8. 实验室中观察到宇宙射线一介子的寿命是它的固有寿命的 8 倍，则介子的动能是\_\_\_\_\_。
- （已知该介子的静止质量为  $m_0$ ）

## 第八章 热力学

1. 压强为  $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ ，体积为  $0.0082 \text{m}^3$  的氮气，从初始温度  $300 \text{K}$  加热到  $400 \text{K}$ ，如加热时：(1) 体积不变 (2) 压强不变，问各需热量多少？哪一个过程所需热量大？为什么？

2. 有一定量的理想气体，其压强按  $p = \frac{C}{V^2}$  的规律变化， $C$  是个常量。求气体从容积  $V_1$  增加到  $V_2$  所做的功，该理想气体的温度是升高还是降低？

3.  $1 \text{mol}$  的氢，在压强为  $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ ，温度为  $20^\circ \text{C}$  时，其体积为  $V_0$ 。今使它经以下两种过程达到同一状态：

(1) 先保持体积不变，加热使其温度升高到  $80^\circ \text{C}$ ，然后令它作等温膨胀，体积变为原体积的 2 倍；

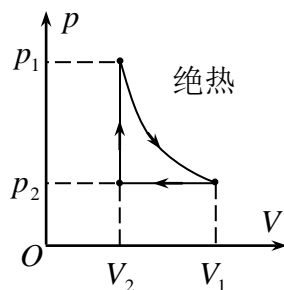
(2) 先使它作等温膨胀至原体积的 2 倍，然后保持体积不变，加热使其温度升到  $80^\circ \text{C}$ 。试分别计算以上两种过程中吸收的热量，气体对外作的功和内能的增量；并在

$p-V$  图上表示两过程。

4.  $1$  摩尔理想气体在  $400 \text{K}$  与  $300 \text{K}$  之间完成一个卡诺循环，在  $400 \text{K}$  的等温线上，起始体积为  $0.0010 \text{m}^3$ ，最后体积为  $0.0050 \text{m}^3$ ，试计算气体在此循环中所作的功，以及从高温热源吸收的热量和传给低温热源的热量。

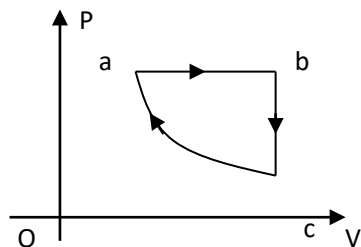
5. 以理想气体为工作热质的热机循环，如图所示。试证明其效率为

$$\eta = 1 - \gamma \frac{\left(\frac{V_1}{V_2}\right) - 1}{\left(\frac{P_1}{P_2}\right) - 1}$$



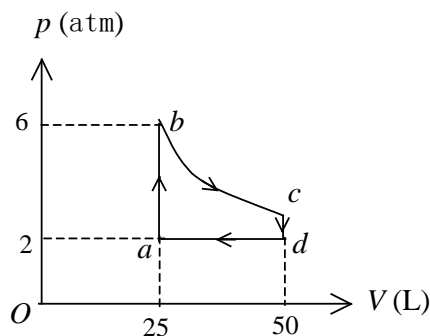


6. 有 5 摩尔单原子理想气体作如图所示正循环， $ca$  是等温过程，已知： $P_a=4.15\times 10^5 \text{ Pa}$ ， $V_a=2.0\times 10^{-2} \text{ m}^3$ ， $V_b=3.0\times 10^{-2} \text{ m}^3$ 。求：1) 气体在  $ab$  过程中吸收的热量； 2) 气体在  $bc$  过程中内能的增量； 3) 该循环的效率是多少？

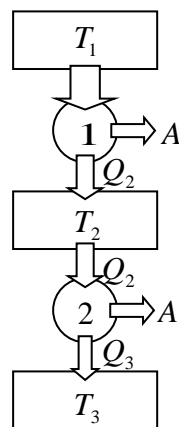


7. 气缸内贮有 36 g 水蒸汽(视为刚性分子理想气体)，经  $abcda$  循环过程如图所示。其中  $a-b$ 、 $c-d$  为等体过程， $b-c$  为等温过程， $d-a$  为等压过程。试求：

- (1)  $d-a$  过程中水蒸汽作的功  $W_{da}$
- (2)  $a-b$  过程中水蒸气内能的增量  $\Delta U_{ab}$
- (3) 循环过程水蒸汽作的净功  $W$
- (4) 循环效率  $\eta$



8. 两部可逆机串联起来，如图所示。可逆机 1 工作于温度为  $T_1$  的热源 1 与温度为  $T_2=400\text{K}$  的热源 2 之间。可逆机 2 吸收可逆机 1 放给热源 2 的热量  $Q_2$ ，转而放热给  $T_3=300\text{K}$  的热源 3。在两部热机效率和作功相同的情况下，求  $T_1$ 。



## 第九章 分子动理论

1. 有单原子理想气体，若绝热压缩使其容积减半，问气体分子的平均速率变为原来的速率的几倍？若为双原子理想气体，又为几倍？
2. 某些恒星的温度可达到约  $1.0 \times 10^8 \text{K}$ ，这是发生聚变反应（也称热核反应）所需的温度。通常在此温度下恒星可视为由质子组成。求（1）质子的平均动能是多少？（2）质子的方均根速率为多大？
3. 一容器被中间的隔板分成相等的两半，一半装有氦气，温度为  $250 \text{K}$ ；另一半装有氧气，温度为  $310 \text{K}$ 。二者压强相等。求去掉隔板两种气体混合后的温度。
4. 求氢气在  $300 \text{K}$  时分子速率在  $v_p - 10 \text{ m/s}$  到  $v_p + 10 \text{ m/s}$  之间的分子数占总分子数百分比。
5. 电工元件真空管中的真空度为  $1.33 \times 10^{-3} \text{Pa}$ ，试求在  $27^\circ \text{C}$  时单位体积中的分子数及分子碰撞自由程（设分子的有效直径  $3.0 \times 10^{-10} \text{m}$ ）。
6. 设氮分子的有效直径为  $10^{-10} \text{m}$ ，（1）求氮气在标准状态下的平均碰撞次数；（2）如果温度不变，气压降到  $1.33 \times 10^{-4} \text{Pa}$ ，则平均碰撞次数又为多少？