

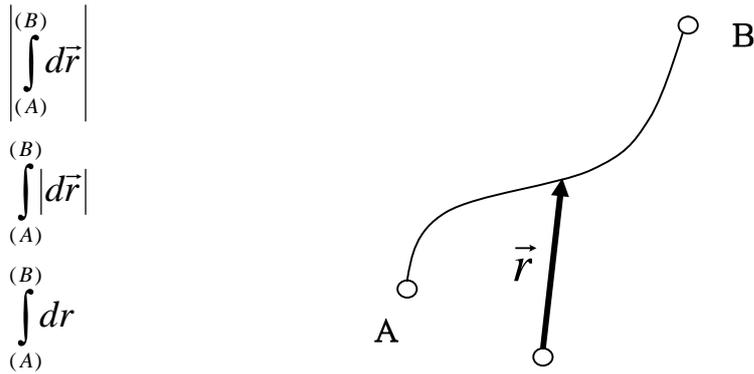
讨论课(一) 运动学和牛顿运动定律

参考教材： 《大学物理习题讨论课指导》 上、下册 (沈慧君 王虎珠)

教学要求：

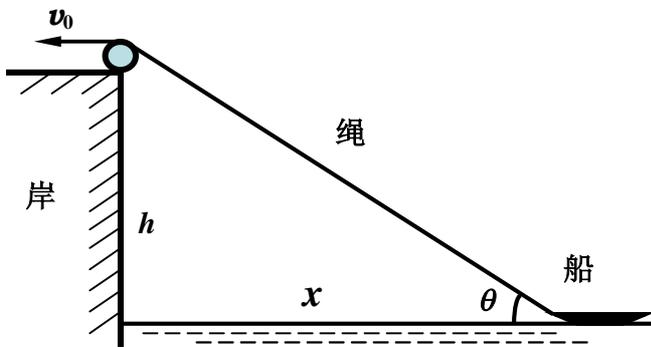
- 1、掌握运动学的基本概念和处理运动学问题的基本方法；
- 2、掌握力的概念和牛顿定律的应用方法；
- 3、理解惯性力的概念，基本掌握在非惯性系中处理力学问题的思路

题 1. 质点沿曲线运动，由 A → B，设 \vec{r} 表示位矢，则下列各式分别代表什么？

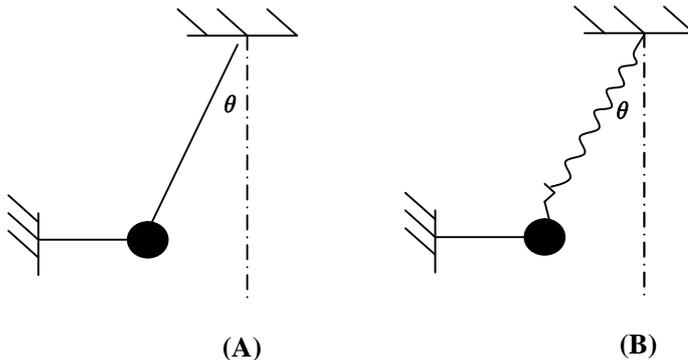


题 2. $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$ 与 $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u}$ 在数学上都是矢量合成，在物理上有何差别？

题 3. 如下图，绞车以恒定的速率 v_0 收绳。问：绳上各点速度的大小相同吗？方向呢？



题 4. 一质量为 m 的小球按如下图悬挂方式平衡。A 图的上端为绳索，B 图的上端为弹簧。现剪断水平绳索，两种情况下，剪断瞬间小球所受拉力各多大？为什么？



题5. 牛顿第二定律可表达为: $\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$ 有人把它用于正在自由空间 ($F=0$) 发射的火箭, 把火箭看作变质量物体 (质量随时间变化), 得 $\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v} \frac{dm}{dt} = 0$

即 $m d\vec{v} + \vec{v} dm = 0$

由此求得火箭速度 $v(t) = v_0 \frac{m_0}{m(t)}$ 这显然是一个错误的结果, 你知道他错在那里?

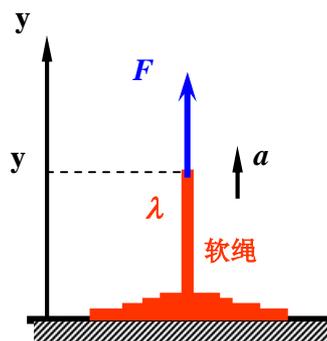
题 6. 斜抛一物体, 考虑空气阻力, 并设阻力大小与速率成正比, 比例系数为 Λ 。已知物体质量为 m , 初速度为 v_0 , 初速与水平方向的夹角为 θ , 求: 到达最高点的速度。

题 7. 如右图, 已知: 绳的线密度为 λ , 施加竖直外力。

求: 两种情况下 $F = ?$

(1) $v = \text{const.}$

(2) $a = \text{const.}$

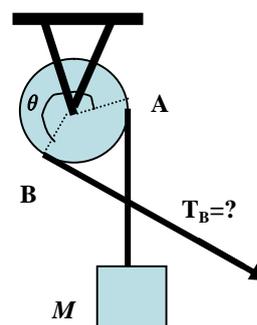


题 8. 如右图, 绞盘固定。用绞盘提升质量为 M 的重物,

设绳索质量不计, 绳索与绞盘间最大静摩擦系数

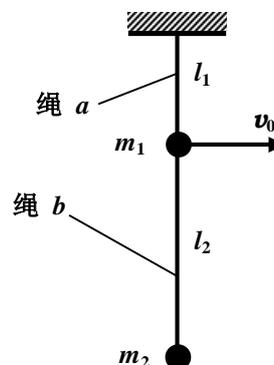
为 μ , 绳与绞盘接触的两端与轮心连线夹角为 θ ,

求: 欲提升重物, 至少需要多大的力?



题 9. 如右下图装置, 打击 m_1 使之有水平速度 v_0 , 而绳索仍保持竖直。

求: 该瞬时绳 b 中的张力 T



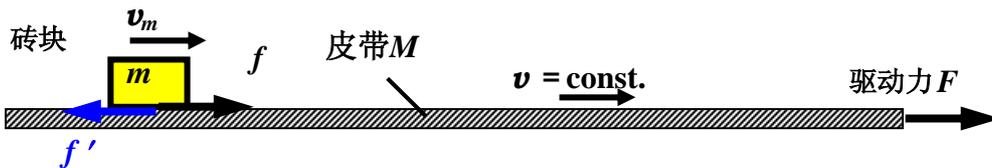
讨论课(二) 守恒定律、质点系力学

参考教材: 《大学物理习题讨论课指导》 上、下册 (沈慧君 王虎珠)

教学要求:

- 1、理解和区分三个守恒的条件;
- 2、掌握用守恒定律求解力学问题的方法;
- 3、初步掌握质心及质心运动规律;
- 4、初步掌握分解质点系复杂运动的方法。

题 1: 砖块 m 被皮带拖动, 判断下列说法是否正确:

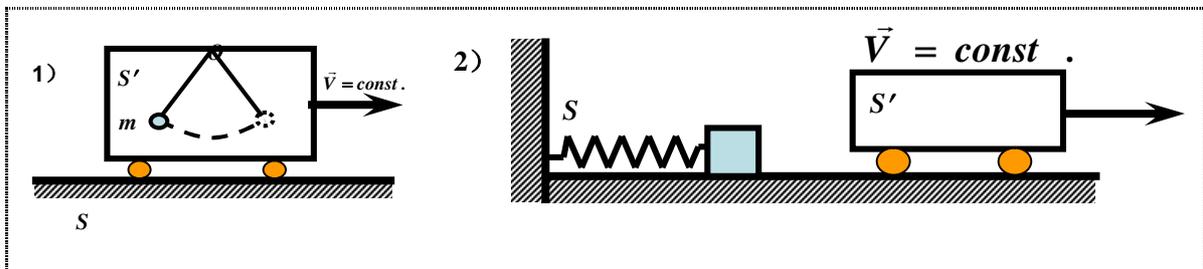


m 从 $v_m=0$ 到 $v_m=v$ 的过程中, 应该有:

- (1) f' 对 M 的功 = - (f 对 m 的功)
- (2) F 的功 + f' 的功 = m 获得的动能
- (3) F 的功 + f' 的功 = 0
- (4) F 的功 = m 获得的动能

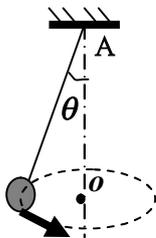
题 2: S' 和 S 系都是惯性系

- 1) 在 S' 和 S 系 中摆球 (+地球) 的机械能是否守恒?
- 2) 在 S' 和 S 系中弹簧振子的机械能是否守恒?



题 3: 分析下列情况的守恒量:

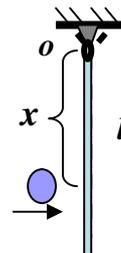
(1) 锥摆



(2) 两质点构成的
弹簧振子
(光滑水平面上)



(3) 球与匀质
杆的碰撞



(3) 中, 动量是否守恒? 一定不守恒? 当 $x=?$ 时, 动量也能守恒?

题 4: 质量为 M 的平板车静止在光滑地面上，车上有 N 个人，每个人的质量均为 m ，若每人消耗同样的体力（即每人做功相同）沿水平方向向后跳，忽略空气阻力。试问：怎样的跳法可使车得到最大的动能？

题 5: 如图 1.39 所示，在光滑水平地面上有一质量为 m_B 的静止物体 B ，在 B 上有一个质量为 m_A 的静止物体 A ，二者之间的摩擦系数为 μ 。今对 A 施一水平冲力使之以速度 v_A （相对于地面）开始向右运动，并随后又带动 B 一起运动。问 A 从开始运动到相对于 B 静止时，在 B 上移动了多少距离？

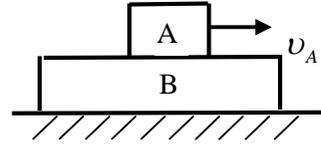


图 1.39

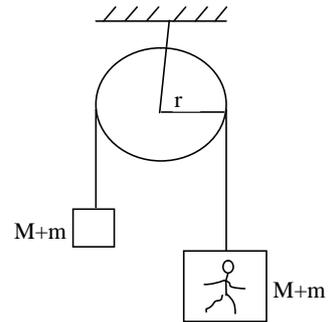
题 6: 将地球看作是半径 $R = 6400\text{km}$ 的球体，一颗人造地球卫星在地面上空 $h = 800\text{km}$ 的圆形轨道上，以 $v_1 = 7.5\text{km/s}$ 的速度绕地球运动。今在卫星外侧点燃一火箭，其反冲力指向地心，因而给卫星附加一个指向地心的分速度 $v_2 = 0.2\text{km/s}$ 。求此后卫星轨道的最低点和最高点位于地面上空多少千米？

题 7: 已知两带电粒子之间的静电力服从库仑定律，即：
$$\vec{f} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

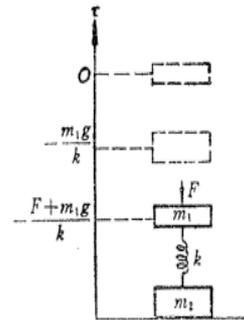


如上图，带电粒子 1 以某一初速度正对远处的静止带电粒子 2 运动，已知： $m_1, q_1, v_{10}, m_2, q_2$ ，粒子电荷同号。求：两粒子的最近距离（万有引力远小于库仑力）。

题 8: 轻绳跨过光滑滑轮，一端系升降亭，亭中人的质量为 m ，绳的另一端系一重物与升降亭平衡，设人在地面上跳时所能达到的最大高度为 h ，若人在升降亭中消耗同样的能量上跳，试问最大高度是多少？忽略滑轮的质量，设升降亭质量为 M 。

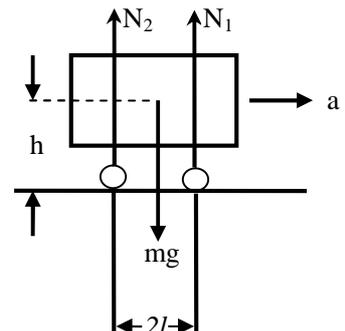


题 9: 质量为 m_1 和 m_2 的物体用弹簧相连，弹簧劲度系数为 k ， m_2 放置于桌面。以大小为 $F = (m_1 + m_2)g$ 的作用力作用于 m_1 ，使弹簧压缩，然后释放。以两物体为物体系。



- (1) 试求质心加速度的最大值。
- (2) 试问 m_1 位于何处时，质心加速度为零？

题 10: 汽车在后轮的推动下，以加速度 a 在地面上沿直线前进。已知汽车前、后轮间距为 $2l$ ，质心位于前、后轮的中央，离地高度为 h ，后轮与地面之间的摩擦系数为 μ ，前轮为非驱动轮，与地面的摩擦可略。试问： μ 至少为多大时，后轮不致打滑。



讨论课(三) 刚体的定轴转动

参考教材: 《大学物理习题讨论课指导》 上、下册 (沈慧君 王虎珠)

教学要求:

- 1、掌握描述刚体定轴转动的角量和线量及有关的运动学公式,并灵活运用;
- 2、掌握转动惯量的计算方法;
- 3、掌握刚体定轴转动的规律,并能够求解定轴转动刚体和质点联动的问题;
- 4、掌握刚体定轴转动的功和能、对固定轴的角动量、角动量守恒定律。

题 1: 刚体绕一定轴作匀变速转动,刚体上任一点是否有切向加速度? 是否有法向加速度? 切向和法向加速度的大小是否变化?

题 2: 有两个力作用在一个有固定轴的刚体上,下述说法中哪些正确,为什么?

- (1) 这两个力都平行于轴作用时,它们对轴的合力矩一定是零。
- (2) 这两个力都垂直于轴作用时,它们对轴的合力矩可能是零。
- (3) 当这两个力的合力为零时,它们对轴的合力矩也一定是零。
- (4) 当这两个力对轴的合力矩为零时,它们的合力也一定是零。

题 3: 写出下列刚体对 O 轴的转动惯量 (O 轴垂直纸面)。

(1) 半径为 R 、质量为 M 的均匀圆盘连接一长为 L 、质量为 m 的均匀直棒,如图 1.45 所示。

(2) 有一直棒长为 L , 其中 $\frac{L}{2}$ 长的质量为 m_1 (均匀分布), 另 $\frac{L}{2}$ 长的质量为 m_2 (均匀分布), 如图 1.46。

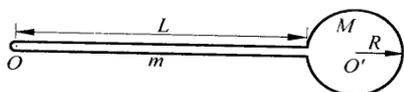


图 1.45



图 1.46

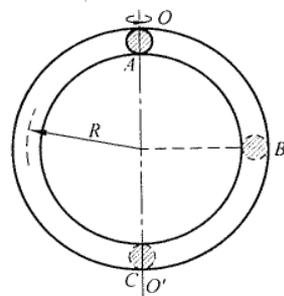
题 4: 一个质量均匀分布的物体可以绕定轴作无摩擦的匀角速转动。当它受热或受冷(即膨胀或收缩)时,角速度是否改变? 为什么?

题 5: 一个内壁光滑的圆环形细管,正绕竖直光滑固定轴 OO' 自由转动。管是刚性的,转动惯量为 J 。环的半径为 R , 初角速度为 ω_0 , 一质量为 m 的小球静止于管内最高点 A 处。如题 5 图所示,由于微小干扰,小球向下滑动。

试判断小球在管内下滑过程中,下列三种说法是否正确,并说明理由。

- (1) 地球、环与小球系统的机械能不守恒;
- (2) 小球的动量不守恒;
- (3) 小球对 OO' 轴的角动量守恒;

(4) 求出当小球滑到环的水平直径的端点 B 时,环的角速度为多少? 小球相对于环的速度为多少? 当小球滑到最低处 C 点时,环的角速度及小球相对于环的速度又各是多少?

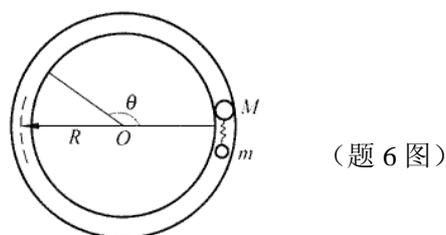


(题 5 图)

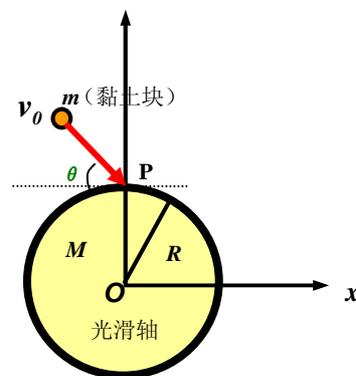
题 6: 两个质量分别为 m 与 M 的小球，位于一固定的、半径为 R 的水平光滑圆形沟槽内。一轻弹簧被压缩在两球间（未与球连接），用线将两球缚紧，并使之静止，见图 6 图。

(1) 今把线烧断，两球被弹开后沿相反方向在沟槽内运动，问此后 M 转过多大角度会与 m 相碰？

(2) 设原来储存在被压缩的弹簧中的势能为 U_0 ，问线断后两球经过多长时间发生碰撞？



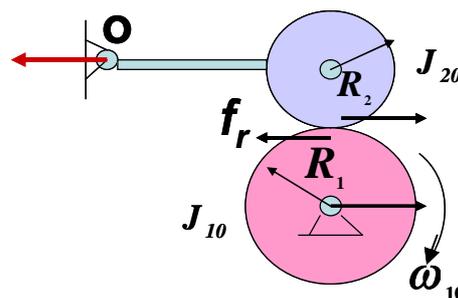
(题 6 图)



(题 7 图)

题 7: 如题 7 图所示，质量为 m 的黏土块以初速度 v_0 斜射在匀质圆盘的顶端 P 点，后与圆盘黏合。已知：圆盘半径为 R ，质量 $M=2m$ ，黏土块斜射时与水平方向的夹角 $\theta=60^\circ$ ，求：当 P 转到与 x 轴重合时，圆盘的角速度和轴 O 对盘 M 的作用力 N 。

题 8: 如题 8 图，轮 1 无驱动力，有初始角速度 ω_{10} ，各轴承光滑，轮 2 初静止，放平后，恰与轮 1 接触，设两轮的质量及转动惯量已知，杆质量不计。求：稳定后各自的角速度



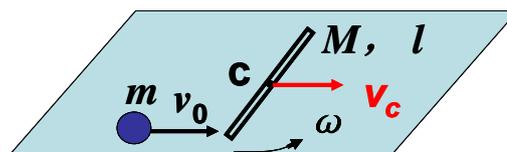
(题 8 图)

题 9: 现象：在台面上合适地搓动乒乓球，乒乓球在桌面上前进一段距离后将会自动返回？

- 1) 试对此现象作定性解释；
- 2) 设乒乓球可看成匀质刚性球壳，导出能产生上述现象、其初始条件应满足的关系。

题 10: 如下图所示，已知：光滑水平面上有一匀质细杆，杆长 l ，质量 M ，一小球以初速度 v_0 垂直于杆身在杆端处与杆发生弹性碰撞，小球质量 m ，且有 $M=3m$ 。

求：碰后杆的角速度



设运动方向如图

(题 10 图)

讨论课(四) 狭义相对论

参考教材： 《大学物理习题讨论课指导》 上、下册 (沈慧君 王虎珠)

教学要求：

- 1、理解同时性的相对性；
- 2、理解时间膨胀、长度收缩的概念，会判断原时、原长；
- 3、掌握洛伦兹变换公式；
- 4、掌握相对论动量、能量关系。

题 1. 列车静长为 l_0 ，以速度 u 沿车身方向相对地面运动。若在车尾 B 处发一闪光，此闪光经车头 A 处的反射镜反射后回到车尾 B。设在地面参考系测量：闪光从 B 到车头 A 的时间为 Δt_1 ，从 A 返回车尾 B 所需的时间为 Δt_2 。

关于 Δt_1 、 Δt_2 ，有下述两种解法和答案：

1) 地面测量：

光向 A 运动，与车的相对速度为 $(c-u)$ ，返回 B 的过程，与车的相对速度为 $(c+u)$ ，

$$\therefore \Delta t_1 = \frac{l_0}{c-u}, \quad \Delta t_2 = \frac{l_0}{c+u}$$

2) 在地面测量，车长为运动长，应缩短；而光速不变。故有

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = l_0/(c\gamma); \quad \gamma = 1/\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}$$

试判断两种解法的正误，说明理由。

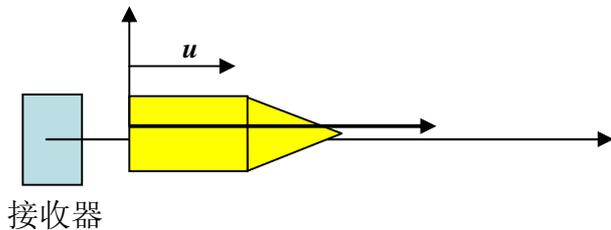
题 2. 两个惯性系 S_1 和 S_2 ，其中 S_2 相对 S_1 以速度 u 沿 $+x$ 方向运动。已知一细棒与 x 轴平行，在 S_1 系中测量，细棒以速度 $v_1(\neq u)$ 沿 $+x$ 方向运动，长度为 l_1 ，若在 S_2 系中测量细棒长为 l_2 ，若要比较两测量长度，你将如何回答？

题 3. 如右图，飞船以 $0.6c$ 沿地面接收站与飞船连线方向向外飞行，飞船上的光源以 $T_0 = 4s$ 的周期发光脉冲。

求：地面接收站接收到的脉冲周期。

有人说：飞船上的发生器相继两次发出信号是在同一地点，应是原时，所以地面测量周期为 5 秒；

另一人说：地面上的接收器相继两次接收信号是在同一地点，这才是原时，所以接收周期应为 3.2 秒。他们两人谁对？

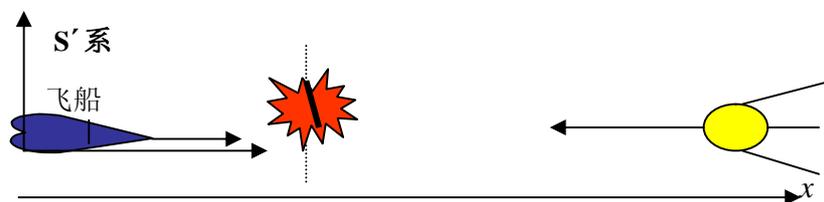


题 4. 一列车静长为 20 米，山洞静长为 10 米，车速为 $\frac{\sqrt{3}}{2}c$ 在地面观测，车头到达洞出口时，一闪电击中洞入口。试回答：

- 1) 闪电能在车尾留下痕迹吗？
- 2) 列车参考系对此如何解释？由计算验证之。

题 5. 如下图。地面观测：飞船以速度 $0.6c$ 向东，不明飞行物以速度 $0.8c$ 向西，相向而行。发现时它们将在 5 秒后相撞。

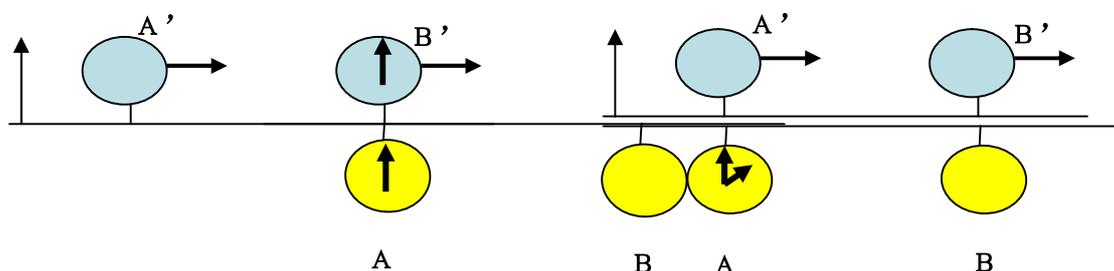
- 1) 地面测量，发现时它们相距多远？
- 2) 从飞船参考系，不明飞行物的速度是多大？
- 3) 飞船中飞行员有多长时间采取措施，避免相撞？（设飞船一经发现立即得到地面警示）



题 6. 如下图。两惯性系 S 、 S' ， S' 相对 S 以速度 $u=0.6c$ 运动。它们各自有两个自己的同步钟 A 、 B 和 A' 、 B' 。

S 中测量： A 、 B' 相遇时， A 、 B' 均指零； A 、 A' 相遇时， A 指 2:00，且此时 B 、 B' 恰好也相遇。

- 求
- 1) A 、 A' 相遇时， A' 的指示；
 - 2) B 与 B' 相遇时，此两钟指示。



题 7. 在光源静止的参考系中，光的频率为 ν ，一接收器正沿着二者的连线向着光源匀速运动，速率为 u ，从光的量子性，即光子观点出发，求接收器接收到的光的频率。

讨论课(五) 振动与波动

参考教材： 《大学物理习题讨论课指导》 上、下册 (沈慧君 王虎珠)

教学要求：

- 1、理解和掌握简谐振动的概念及其三个特征量的意义和决定因素，掌握旋转矢量法；
- 2、理解和掌握简谐振动的动力学特征、能量特征，并能够灵活分析问题；
- 3、掌握在同一直线上两个同频率简谐振动的合成规律，理解两个相互垂直、同频率简谐振动的合成规律；
- 4、理解和掌握机械波产生的条件、描述波的物理量、及波传播的物理图象；
- 5、理解和掌握相位传播的概念、波函数、波形曲线的意义、波的能量密度、能流、能流密度、波的强度、波的叠加与干涉等概念；
- 6、理解多普勒效应，掌握波源和观察者在同一直线上运动时频率的变化。

5.1 节 讨论题 2： 将单摆拉到与竖直夹角为 ϕ 后，放手任其摆动，则 ϕ 是否就是其初相位？

为什么？又，单摆的角速度是否是谐振动的圆频率？

5.1 节 讨论题 10： 两个同频率互相垂直的谐振动 $x = A_1 \cos(\omega t + \phi_1)$ ，

$y = A_2 \cos(\omega t + \phi_2)$ ，其合振动的轨迹可能出现的各种情形列于下表中，试在表中空格内

填写 A_1 ， A_2 的关系 ($A_1 \neq 0, A_2 \neq 0$) 以及 $(\phi_2 - \phi_1)$ 的取值范围。

合振动矢端所画的图形	A_1 ， A_2 的关系	$\phi_2 - \phi_1$ 的取值
直线段		
圆		
长轴重合于 x 轴或 y 轴的椭圆		
长轴不平行于 x 轴或 y 轴的椭圆		
右旋的圆或椭圆	—	
左旋的圆或椭圆	—	

5.1 节 计算题 2： 已知一谐振动的表达式为

$$x = 0.002 \cos(8\pi t + \pi/4) \text{ (SI)}$$

求圆频率 ω ，频

率 ν ，周期 T，振幅 A 和初位相 ϕ 。并画出：(1)

5.1 节 计算题 7： 横截面均匀的光滑 U 形管中有适量液体如图 5.7 所示，液体的总长度为 L，求液面上下微小起伏的自由振动频率。

5.2 节 讨论题 5： 弹性波在媒质中传播时，取一质元来看，它的振动动能和振动势能与自由弹簧

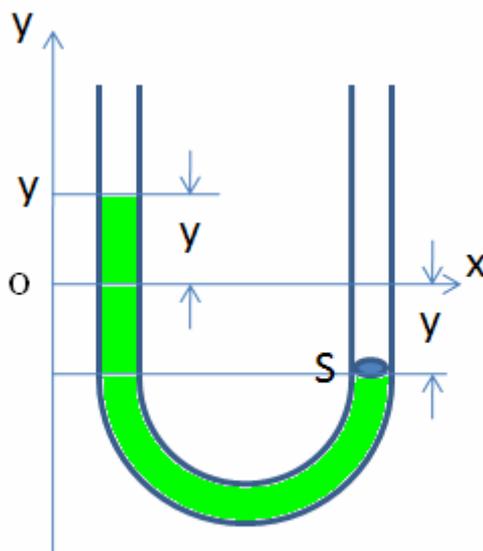
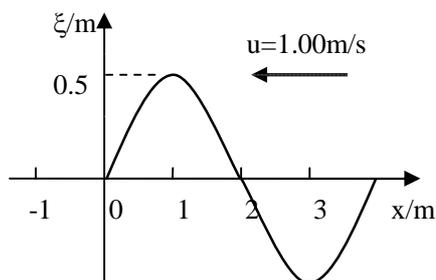


图 5.7

振子的情况有何不同？这又如何反映了波在传播能量？

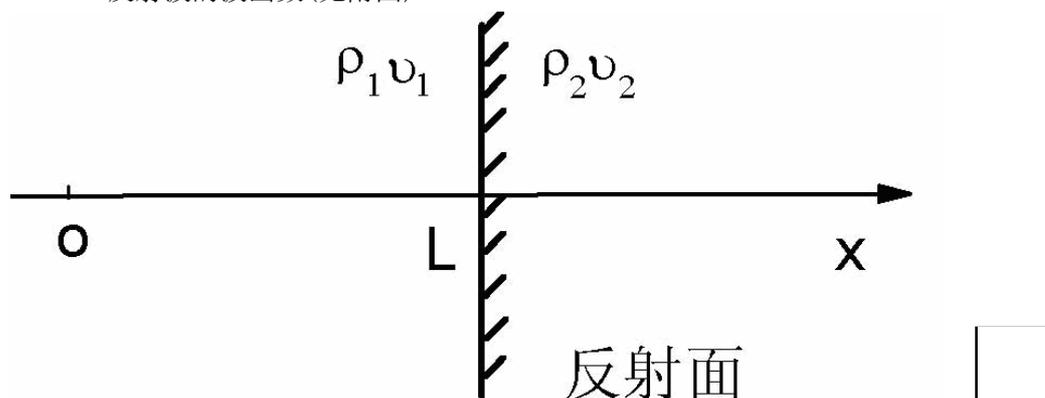
一平面简谐波在弹性媒质中传播，某媒质质元从最大位移处回到平衡位置的过程中及从平衡位置运动到最大位移处的过程中，能量是怎样变化的？



5.2 节 讨论题 6: 一沿 x 轴负向传播的平面简谐波在 $t=2s$ 时的波形曲线如右图所示，写出原点 O 的振动表达式。

5.2 节 计算题 3: 一列波长为 λ 的平面简谐波沿 x 轴正方向传播，已知在 $x=\lambda/2$ 处振动表达式为 $\xi=A\cos\omega t$,

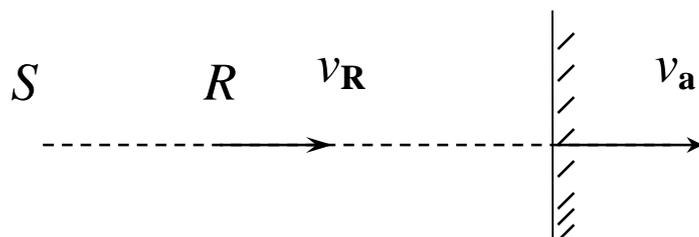
- (1) 求该平面简谐波的波函数；
- (2) 若在波线上 $x=L$ ($L>\lambda/2$) 处放一反射面， $\rho_1 v_1 < \rho_2 v_2$ ，且反射波的振幅为 A' ，求反射波的波函数(见附图)。



5.3 节 计算题 8: 音叉与频率为 250.0Hz 的标准声源同时发音时，产生 1.5Hz 的拍音。当音叉粘上一小块橡皮泥时，拍频增大了。现将该音叉放在的盛水的细玻璃管口，调节管内水面高度，当管中空气柱高度 L 从零连续增加时，发现在 $L=0.34m$ 和 $1.03m$ 时产生相继的两次共鸣。求

- (1) 音叉固有频率
- (2) 声波在空气中的传播速度
- (3) 画出管内空气柱中的驻波图

加题: 一声源 S ，频率 300Hz，声速 300m/s，观察者 R 以速度 60m/s 向右运动，一反射镜以速度 100m/s 向右运动，求：观察者 R 测得的拍频。



讨论课(六) 气体分子运动论

参考教材: 《大学物理习题讨论课指导》 上、下册 (沈慧君 王虎珠)

教学要求:

- 1、理解和掌握理想气体状态方程、理想气体压强和温度的微观统计意义、能量均分定理;
- 2、理解和掌握速率分布函数及麦克斯韦速率分布律,理解玻耳兹曼分布律;
- 3、理解和掌握范德瓦耳斯方程、平均自由程、平均碰撞频率等概念;
- 4、理解气体中三种输运过程的物理本质及规律。

讨论题 1. 令金属棒的一端插入冰水混合的容器,另一端与沸水接触,待一段时间后棒上各处的温度不随时间变化,这时金属棒是否处于平衡态?为什么?

讨论题 4. 把一个长方形容器的一个绝热而无摩擦的隔板分开。最初平衡时,左边为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的 CO_2 ,右边为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的 H_2 。试分析当左边 CO_2 温度增至 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$,右边 H_2 温度增至 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,隔板是否移动?如何移动?

讨论题 5. 当盛有理想气体的密封容器相对某惯性系运动时,有人说:“容器内的气体分子相对该惯性系的速度也增大了,从而气体的温度因此就升高了。”试分析这种说法对不对?为什么?若容器突然停止运动,容器内气体的状态将如何变化?

讨论题 12. 若盛有某种理想气体的容器漏气,使气体的压强、分子数密度各减为原来的一半,问气体的内能以及气体分子的平均动能是否改变?为什么?

讨论题 13. 在恒压下,加热理想气体,则气体分子的平均自由程和平均碰撞频率将如何随温度的变化而变化?怎样理解?

讨论题 14. 范德瓦耳斯方程为 $(p+a/v^2)(v-b)=RT$,我们所说的气体压强是指 $p+a/v^2$,还是 p ?式中 v 代表什么意义?

计算题 5. 一长为 L ,半径为 $R_1=2\text{cm}$ 的蒸汽导管,外面包着一层厚度为 2cm 的绝热材料 ($\kappa=0.1\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$),蒸汽的温度为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,绝热套的外表面温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$,保持恒定。

(1) 试问绝热材料柱层中不同半径处的温度梯度 dT/dr 是否相同?

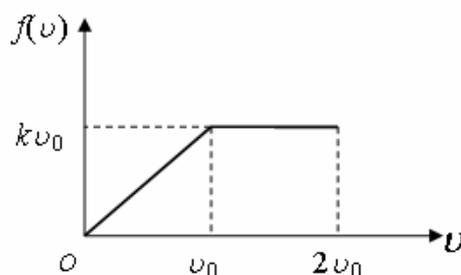
(2) 单位时间内单位长度传出的热量是多少?

加题 1. 求麦克斯韦速度分布中速度分量 v_x 满足以下条件的分子数占总分子数的比率。

(1) 大于 $2v_p$; (2) 在 $v_p \sim 1.01v_p$ 之间。

加题 2. 速率分布函数如图. 求: (1) \bar{v} , (2) $\overline{v^2}$,

(3) v_p , (4) 设粒子质量 m , 求粒子按动能的分布 $\varphi(\varepsilon)d\varepsilon$



加题 3. 何谓速度空间?速度空间中的一点代表什么?

一个体积元 $dv_x dv_y dv_z$ 代表什么?如何求在速度空间

中代表点的数密度?速度分布函数 $\propto e^{-mv^2/2kT}$,但速率分布却 $\propto v^2 e^{-mv^2/2kT}$,为什么?

***加题 4.** 何谓状态空间? 状态空间中的一点代表什么? 一个体积元 $dx dy dz dv_x dv_y dv_z$ 代表什么? 如何求在状态空间中代表点的数密度? 从玻尔兹曼分布律如何求得分子按高度的分布函数?

***计算题 1.** 当 1 摩尔水蒸气分解成同温度的氢气和氧气时, 热运动动能增加了百分之几? (不计振动自由度)

*号题由老师根据讨论课的具体进度决定是否课上讨论。

讨论课(七) 热力学第一定律

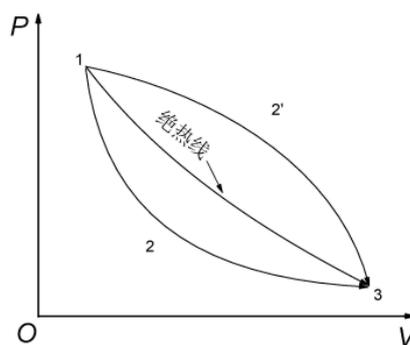
参考教材： 《大学物理习题讨论课指导》 上、下册 (沈慧君 王虎珠)

教学要求：

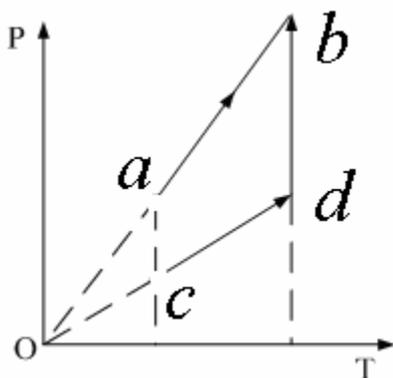
- 1、理解准静态过程、体积功、热量、热容量、内能等概念，理解功、热量、内能的微观意义，并熟练掌握其计算；
- 2、理解和掌握热力学第一定律，并灵活运用；
- 3、理解和掌握理想气体绝热过程的状态变化特征和能量转换关系；
- 4、理解和掌握循环过程，并能够计算热循环、致冷循环的相关参数。

讨论题 7. 过程如右图所示，讨论理想气体在下列过程中 ΔE , ΔT , W , Q 的正负.

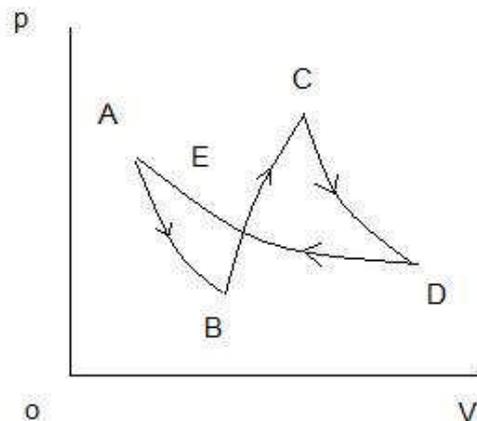
- (1) $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ 过程；
- (2) $1 \rightarrow 2' \rightarrow 3$ 过程；
- (3) 比较上述两过程吸、放热的绝对值的大小。



讨论题 10. 一定量的理想气体分别由初态 a 经过 ab 过程，和由初态 c 经 cdb 过程到达同一终态 b ，如下图所示，试比较这两个过程中气体与外界传递热量 Q_1 、 Q_2 的大小。



讨论题 13. 如右图，由绝热过程 AB, CD ，等温过程 DEA 和任意过程 BEC 组成一循环过程 $ABCDEA$ ，已知图中 $ECDE$ 所包围的面积为 70J ， $EABE$ 所包围的面积为 30J ， DEA 过程中系统放热 100J ，求整个循环过程 $ABCDEA$ 中系统对外做功和 BEC 过程中系统从外界吸热各为何？



加题 1. 一热机在 1000K 和 300K 的两热源之间工作，如果 (1) 高温热源提高为 1100K ，(2) 低温热源降低为 200K 。试问，从理论上说，热机效率各可增加多少？为了提高热机效率，哪一种方案为好？

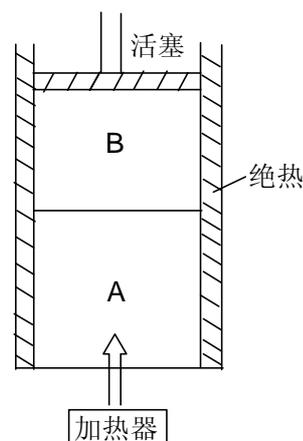
加题 2. 设一动力暖气装置由一个热机和一个致冷机组合而成，即致冷机靠热机做功来运转。热机靠燃料燃烧时放出的热量工作，向暖气系统中的水放热。设热机锅炉的温度为 $T_1 = 210^\circ\text{C}$ ，天然水的温度为 $T_2 = 15^\circ\text{C}$ ，暖气系统的温度为 $T_3 = 60^\circ\text{C}$ ，燃料的燃烧热为 $5000\text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。试求燃烧 1.00kg 燃料，暖气系统所得的热量。假设热机和致冷机的工作循环都是理想卡诺循环。

计算题 6. 在高温热源为 127°C ，低温热源为 27°C 之间工作的卡诺热机，对外做净功 8000J 。若维持低温热源温度不变，提高高温热源温度，使其对外做净功 10000J 。假设这两次循环该热机都工作在相同的两条绝热线之间，试求：

- (1) 后一个卡诺循环的效率；
- (2) 后一个卡诺循环的高温热源的温度。

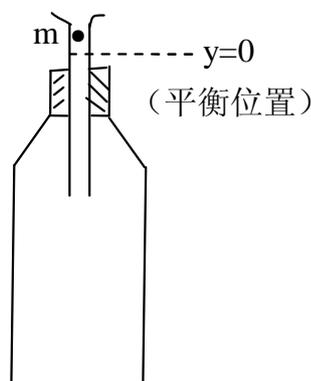
计算题 7. 右图为一气缸，除底部导热外，其余部分都是绝热的。其容积被一位置固定的轻导热板隔成相等的两部分 A 和 B ，其中各盛有 1mol 的理想氮气。今将 335J 的热量缓慢地由底部传给气体，设活塞上的压强始终保持为 1atm 。

- (1) 求 A, B 两部分温度的改变及吸收的热量（导热板的吸热、活塞的重量及摩擦均不计）；
- (2) 若将位置固定的导热板换成可自由滑动的绝热隔板，上述温度改变和热量又如何？



加题 3. 如右图，瓶内盛有气体，一横截面为 A 的玻璃管通过瓶塞插入瓶内。玻璃管内放有一质量为 m 的光滑金属小球（象一个活塞）。设小球在平衡位置时，气体的体积为 V ，压强为 $p = p_0 + \frac{mg}{A}$ ，其中 p_0 为大气压强。现将小球稍向下移，然后放手，则小球将以周期 T 在平衡位置附近作简谐振动。假定在小球上下振动的过程中，瓶内气体进行的过程可看作准静态绝热过程，试求：

- (1) 使小球作简谐振动的准弹性力 F 与小球相对其平衡位置的位移 y 之间的关系；
- (2) 小球作简谐振动的周期 T 。



加题 4. 2 摩尔单原子理想气体从某初态经历热容量为 $C=2R(1+0.01T)$ 的准静态过程，到达温度为初态温度 2 倍、体积为初态体积 $\sqrt{2}$ 倍的终态。试求内能增量 ΔE 及系统对外所作的功 W 。

加题 5. 环境温度 T_0 ，现一物体热容量 C ，温度 T 。利用物体与环境的温差设计一热机，使热机效率最高，求最大输出功。

讨论课(八) 热力学第二定律

参考教材: 《大学物理习题讨论课指导》 上、下册 (沈慧君 王虎珠)

教学要求:

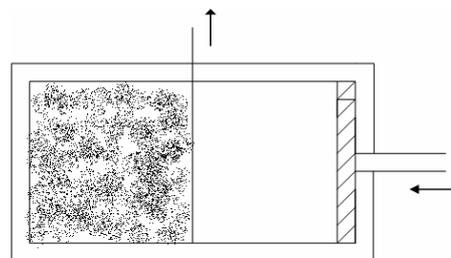
- 1、理解实际的宏观过程的不可逆性的意义, 掌握可逆过程的概念;
- 2、理解热力学第二定律的表述、微观意义以及规律的统计性质;
- 3、理解热力学概率的意义, 理解玻耳兹曼熵公式及熵增加原理;
- 4、理解和掌握克劳修斯熵公式, 并能够灵活运用;
- 5、掌握利用温熵图表示过程和求热量。

讨论题 2. 证明两条绝热线不能相交。

讨论题 4. 为什么要引入可逆过程的概念? 准静态过程是否一定是可逆过程? 可逆过程是否一定是准静态过程?

有人说: “凡是有热接触的物体, 它们之间进行热交换的过程都是不可逆过程。” 这种说法对不对? 为什么?

讨论题 5. 如右图所示, 体积为 $2V_0$ 的导热容器, 中间用隔板隔开, 左边盛有理想气体, 体积为 V_0 , 压强为 P_0 , 温度为 T_0 ; 右边为真空, 外界温度恒定为 T_0 。



- (1) 将隔板迅速抽掉, 气体自由膨胀到整个容器, 此过程中气体对外做功及传热各等于多少?
- (2) 利用活塞将气体缓慢地压缩到原来体积 V_0 , 在这过程中外界对气体做功及传热各等于多少?
- (3) 有人说: 气体回到原状态, 则过程 (1) 是可逆过程. 这种说法对不对? 为什么?

讨论题 7. 有人说, 计算不可逆过程的熵变可以用可逆过程代替, 那么绝热自由膨胀的熵变可以用可逆绝热过程计算, 从而 $\Delta S = 0$, 这不是违背了熵增加原理吗? 试说明之。

计算题 5. 将温度为 -10°C 的 10g 冰块放进温度为 $+15^\circ\text{C}$ 的湖水中, 试计算当冰块和湖水达到热平衡时, 冰块和湖水这个系统熵的变化. (水的比热: $c_{\text{水}} = 4.18 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, 冰的比热: $c_{\text{冰}} = 2.09 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, 冰的溶解热 $\lambda_{\text{冰}} = 3.34 \times 10^5 \text{ J}/\text{kg}$)

计算题 8. 两绝热容器 A 和 B 中各有同种理想气体 $\nu \text{ mol}$, A 、 B 中气体的初状态分别为 V_1, p_1, T 和 V_2, p_2, T . 此后将两容器接通使其达到平衡, 求这一过程中系统的熵变。

(1) 有人采用下述解法:

已知理想气体熵公式 $S = \nu C_{V,m} \ln T + \nu R \ln V + S_0$

由题设, 在接通后温度 T 不变, A 、 B 中的气体体积均扩展至 $V_1 + V_2$, 所以

$$\Delta S = \Delta S_A + \Delta S_B = \nu R \ln \frac{(V_1 + V_2)^2}{V_1 V_2} \quad \text{①}$$

又由理想气体状态方程有 $p_1 V_1 = \nu R T = p_2 V_2$ 即 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1}$ ②

将式②带入式①得
$$\Delta S = \nu R \ln \frac{(p_1 + p_2)^2}{p_1 p_2} \quad \text{③}$$

试说明结果是否正确？并说明错在哪里？

- (2) 如果在 A、B 中是不同种气体，其他条件不变，结果如何？为什么？

加题 1. 将温度为 312K、质量为 2.00kg 的水与 300K、1.00kg 的水相混合。设混合前后二者压强相同，且已知水的比热为 $4.18J \cdot g^{-1} \cdot K^{-1}$ 。试问：

- (1) 混合后的熵增为多少？
(2) 在达到热平衡后，由于涨落缘故使 2kg 水的温度恢复到 312K、1kg 水的温度恢复到 300K（即混合前的状态）的概率是多少？

加题 2. 小型可逆热机在温度为 T_1 的大热物体与温度为 T_0 ($T_0 < T_1$) 的冷源之间工作，工作过程中设热物体的热容量 C 为常量，最后物体温度降到 T_0 ，此时热机也恰好处在原始状态。

- (1) 试计算热机、热物体与冷源各自的熵增；
(2) 试计算热机对外所作的总功；
(3) 若热物体通过直接与冷源热传导降温到冷源温度，试求系统熵增。

加题 3. 匀质细棒长度为 L，质量线密度为 λ ，比热为 c。开始时棒一端的温度为 T_0 ，另一端的温度为 $2T_0$ ，两端之间各处的温度按线性变化。设棒与外界绝热，通过自身各部分之间的热传导，最后达到棒处处温度相同。试求棒的熵的增量。