第17周答疑安排

时间：
周一：8:00-13:00
周三：10:00-13:15

地点：A教二楼教师休息室

第一篇力学

1.质点运动的描述

一、物理量

位置矢量(位矢)： $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$

位移：$\Delta\vec{r} = \vec{r}_B - \vec{r}_A$ $\qquad \vec{v} = \dfrac{d\vec{r}}{dt} = \dfrac{dx}{dt}\vec{i} + \dfrac{dy}{dt}\vec{j} + \dfrac{dz}{dt}\vec{k}$

二、二个方程

运动方程： $\vec{r} = \vec{r}(t) \Longrightarrow \begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$

轨道方程： **f(x,y,z)=0** （轨迹方程）

三、运动学的两类问题

$$\vec{r}(t) \;\underset{\text{积分}}{\overset{\text{求导}}{\rightleftharpoons}}\; \vec{v}(t) \;\underset{\text{积分}}{\overset{\text{求导}}{\rightleftharpoons}}\; \vec{a}(t)$$

四、匀变速运动

$\vec{a}$为常矢量

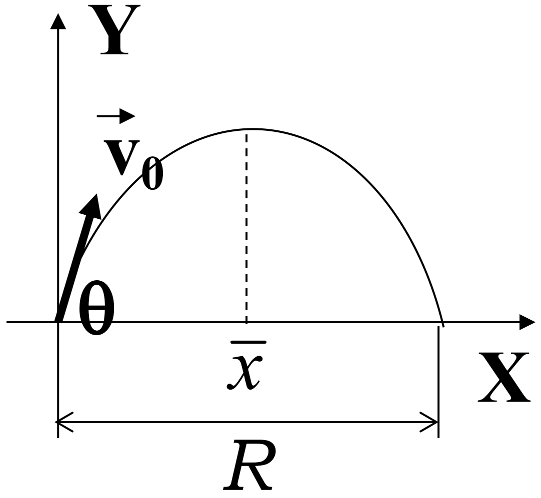
得：$\vec{v} = \vec{v}_o + \vec{a}t$

得：$\vec{r} = \vec{r}_o + \vec{v}_o t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$

五、抛体运动：

$$\vec{v}=v_0\cos\theta\vec{i}+\left(v_0\sin\theta-gt\right)\vec{j}$$

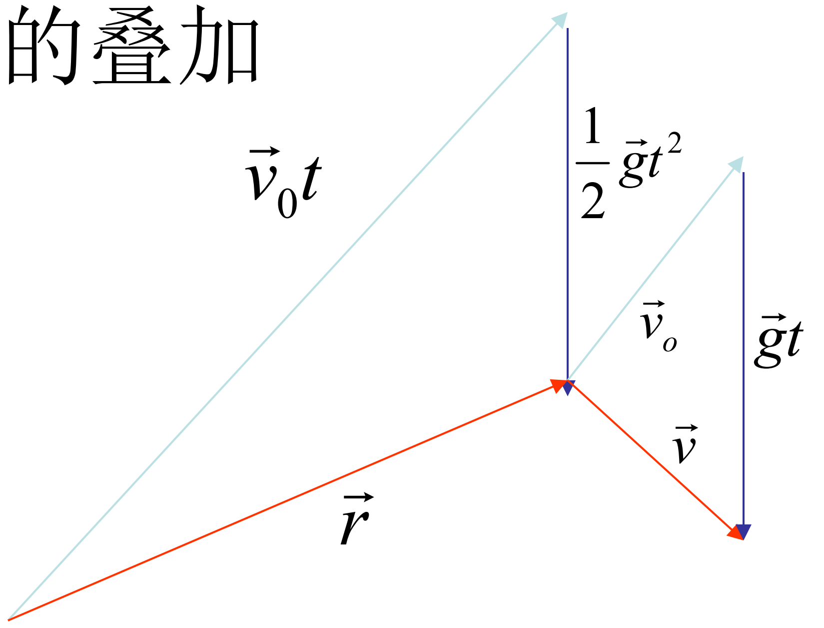
$$\vec{r}=\left(v_0\cos\theta\cdot t\right)\vec{i}+\left(v_0\sin\theta\cdot t-\frac{1}{2}gt^2\right)\vec{j}$$



抛体运动：初速$\vec{v}_0$方向的匀速直线运动与竖直方向上自由落体运动的叠加

$$\vec{v}=\vec{v}_o+\vec{g}t$$

$$\vec{r}=\vec{v}_0t+\frac{1}{2}\vec{g}t^2$$



六、角量与线量之间的关系

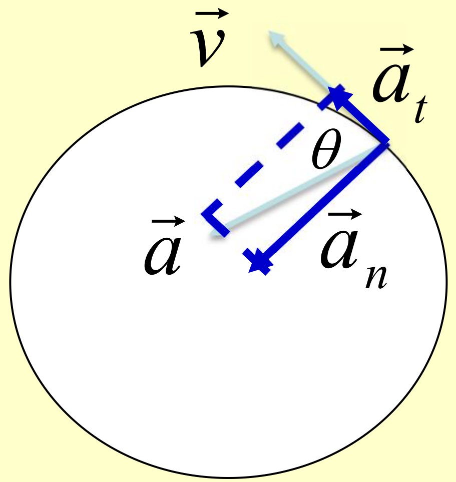
$$v = R\omega$$

$$a_n = v\omega = \omega^2 R = \frac{v^2}{R}$$

$$a_t = \frac{dv}{dt} = R\frac{d\omega}{dt} = R\alpha$$

加速度的大小：$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$

与速度的夹角：$\theta = arctg\dfrac{a_n}{a_t}$



角量表示的（匀角加速）运动方程

$$\omega - \omega_0 = \alpha t$$

$$\theta - \theta_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

$$\omega^2 - \omega_0^2 = 2\alpha(\theta - \theta_0)$$

七、相对运动 一般关系式：$\vec{M}_{po} = \vec{M}_{po'} + \vec{M}_{o'o}$

八、动力学的二类问题

1. 已知作用在物体上的力，由力学规律来决定该物体的运动状态或平衡状态。

2. 已知物体的运动状态或平衡状态，由力学规律来推断作用在物体上的力。

隔离体法解题步骤

- 选隔离体——研究对象
- 确定参照系，建坐标系
- 受力分析并作受力图
- 初定运动状态
- 列方程并求解

九、非惯性参照系的力学规律

$$\vec{F} + \vec{F}' = m\vec{a}' \quad \vec{F}' = -m\vec{a}''$$

2. 守恒定律

一、能量守恒

一般力的功：

$$A=\int dA=\int \vec{F}\cdot d\vec{s}=\int F\cos\theta ds=\frac{1}{2}mv_b^2-\frac{1}{2}mv_a^2$$

保守力的功：$\boxed{A_{保内}=-(E_{pb}-E_{pa})}$

$$E_{p重}=mgh$$

$$\boxed{E_p(x,y,z)=\int_{(x,y,z)}^{E_{pa}=0}\vec{F}\cdot d\vec{r}}$$

$$E_{p弹}=\frac{1}{2}kx^2$$

$$E_{p引}=-\frac{GMm}{r}$$

系统的动能定理

$$A=A_{外}+A_{保内}+A_{非保内}=E_{k2}-E_{k1}$$

系统的功能原理

$$A_{外}+A_{非保内}=E_2-E_1$$

机械能守恒定律

当$A_{外}+A_{非保内}=0$　　则：$E_{k2}+E_{P2}=E_{k1}+E_{P1}=C$

二、动量守恒

质点系的动量定理

$$\boxed{\int_{t_1}^{t_2} \vec{F}\mathrm{d}t = \sum_{i=1}^{n} m_i\vec{v}_i - \sum_{i=1}^{n} m_i\vec{v}_{i0}}$$

质点系动量守恒定律

若质点系所受的合外力为零 $\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i = 0$

则系统的总动量守恒，即 $\vec{p} = \sum_i \vec{p}_i$ 保持不变 .

质心 $\vec{r}_c = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} m_i\vec{r}_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}$ $\vec{r}_c = \int r dm / m$

质心运动定律 $\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}_c$

三、碰撞

碰撞
- 弹性碰撞: 碰后分开，动量守恒，动能守恒；
- 完全非弹性碰撞：碰后不分开，动量守恒，动能不守恒；
- 非弹性碰撞：碰后分开，动量守恒，动能不守恒。

四、角动量守恒

质点的角动量 $\vec{L} \overset{def}{=} \vec{r} \times \vec{p} = \vec{r} \times m\vec{v}$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d(\vec{r} \times \vec{p})}{dt} = \vec{r} \times \vec{F}$$

质点角动量守恒定律

$$\int_0^t \vec{M} dt = \int_{\vec{L}_0}^{\vec{L}} d\vec{L} = \vec{L} - \vec{L}_0$$

条件：$\vec{M} = 0$
- ①质点不受外力
- ②外力通过固定点

则：$\vec{L} = \vec{L}_0$ ——恒矢量

3. 刚体的定轴转动

一、刚体的运动

刚体：彼此间距离保持不变的“**质点系**”

刚体运动：大量质点运动的**总效应**

刚体的定轴转动：各点都有相同的$\Delta\theta$、ω、α

二、刚体的转动定律

力矩是改变刚体转动状态的原因

$$\boldsymbol{M} = \boldsymbol{J\alpha}$$ ——转动定律

转动惯量：

$$J = \begin{cases} \sum_i r_i^2 \Delta m_i & \text{质量非连续分布} \\ \int_m r^2 dm & \text{质量连续分布} \end{cases}$$

r为质元到转轴距离

三、刚体转动的功能关系

定轴转动动能定理 $A=\int_{\theta_1}^{\theta_2} M d\theta=\frac{1}{2}J\omega_2{}^2-\frac{1}{2}J\omega_0^2$

既有质点平动又有刚体定轴转动的系统：

$$A_{所有力矩}+A_{所有力}=E_{k2}-E_{k1}$$ ——**系统的动能定理**

其中：$E_k=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}J\omega^2$

$$A_{外力矩}+A_{外力}+A_{非保内力矩}+A_{非保内力}=E_2-E_1$$

其中：$E=E_k+E_p$ ——**系统的功能原理**

若： $\boldsymbol{A_{外力矩}+A_{外力}+A_{非保内力矩}+A_{非保内力}=0}$

则： $\boldsymbol{E_2=E_1}$ ——**系统机械能守恒**

四、刚体的角动量和角动量守恒定律

刚体定轴转动的角动量 $\boxed{L = J\omega}$

刚体定轴转动的角动量定理 $\boxed{\int_{t_1}^{t_2} M\mathrm{d}t = J\omega_2 - J\omega_1}$

刚体定轴转动的角动量守恒定律

若 $M = 0$，则 $\boxed{L = J\omega = \text{常量}}$

4. 振 动

一、振动

谐振动的运动方程

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\omega^2 x=0 \Longrightarrow x=A\cos(\omega t+\varphi)$$

$$v=\frac{dx}{dt}=-\omega A\sin(\omega t+\varphi)$$

$$a=\frac{dv}{dt}=-\omega^2 A\cos(\omega t+\varphi)$$

数学式

$$T=\frac{2\pi}{\omega}$$

数学式：$\nu=1/T$

数学式：$\omega=2\pi\nu$

$$\begin{cases} A=\sqrt{x_0^2+v_0^2/\omega^2} \\ \varphi=tg^{-1}(-v_0/\omega x_0)=[-\pi,+\pi] \end{cases}$$

谐振动的能量：

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m[-A\omega\sin(\omega t+\varphi)]^2$$

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k[A\cos(\omega t+\varphi)]^2$$

$$E = \frac{1}{2}kA^2 \qquad A = \sqrt{\frac{2E}{K}}$$

谐振动是等幅振动，振动过程中机械能守恒

二、谐振动的合成

振动的合成　　　　同方向同频率振动的合成

$$x_1=A_1\cos(\omega t+\varphi_1) \qquad x_2=A_2\cos(\omega t+\varphi_2)$$

$$x=x_1+x_2=A\cos(\omega t+\varphi)$$

$$\varphi=\operatorname{arctg}\frac{A_1\sin\varphi_1+A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1+A_2\cos\varphi_2}$$

$$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos(\varphi_2-\varphi_1)}$$

$$\begin{cases} \Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1=\pm 2k\pi & A=A_1+A_2 \quad \text{相互加强} \\ \Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1=\pm(2k+1)\pi & A=A_1-A_2 \quad \text{相互消弱} \\ K=0,1,2---- & \end{cases}$$

5. 波 动

一、平面简谐波

$$y = A\cos[\omega(t-\frac{x}{u})+\varphi]$$ u 沿 x 轴正向

$$y = A\cos[\omega(t+\frac{x}{u})+\varphi]$$ u 沿 x 轴负向

➢ 波动方程的其它形式

$$y(x,t) = A\cos[2\pi(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda})+\varphi]$$

$$v = \frac{\partial y}{\partial t} = -\omega A\sin[\omega(t-\frac{x}{u})+\varphi]$$

$$a = \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -\omega^2 A\cos[\omega(t-\frac{x}{u})+\varphi]$$

同一时刻相位法

$$\Delta\phi_{12} = \phi_1 - \phi_2 = -2\pi\frac{x_1 - x_2}{\lambda} \in [-\pi,\pi] > 0, 1超前2;$$

$$< 0, 1落后2;$$

二、机谐波的能量

机械波的能量

$$\Delta W_{\mathrm{k}} = \Delta W_{\mathrm{p}} = \frac{1}{2}\rho \Delta V A^2 \omega^2 \sin^2 \omega(t - \frac{x}{u})$$

$$\Delta W = \rho \Delta V A^2 \omega^2 \sin^2 \omega(t - \frac{x}{u})$$

能量密度

$$w = \rho A^2 \omega^2 \sin^2 \omega(t - \frac{x}{u})$$

平均能量密度

$$\overline{w} = \frac{1}{2}\rho \omega^2 A^2$$

平均能流：

$$\boxed{\overline{P} = \overline{w} u S}$$

能流密度

$$\boxed{I = \frac{1}{2}\rho A^2 \omega^2 u}$$

三、波的干涉

波源振动 $\begin{cases} y_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) \\ y_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2) \end{cases}$

点*P* 的两个分振动 $\begin{cases} y_{1p} = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1 - 2\pi \dfrac{r_1}{\lambda}) \\ y_{2p} = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2 - 2\pi \dfrac{r_2}{\lambda}) \end{cases}$

$$y_p = y_{1p} + y_{2p} = A\cos(\omega t + \phi)$$

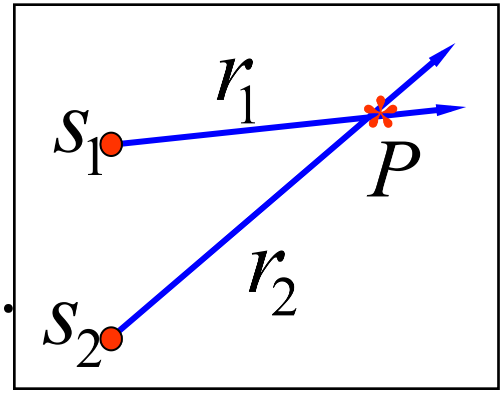
$$\tan\phi = \frac{A_1 \sin(\varphi_1 - \dfrac{2\pi r_1}{\lambda}) + A_2 \sin(\varphi_2 - \dfrac{2\pi r_2}{\lambda})}{A_1 \cos(\varphi_1 - \dfrac{2\pi r_1}{\lambda}) + A_2 \cos(\varphi_2 - \dfrac{2\pi r_2}{\lambda})}$$

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\phi}$$

$$\Delta\phi = \varphi_2 - \varphi_1 - 2\pi\frac{r_2 - r_1}{\lambda}$$

常量

$$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos\Delta\phi}$$



$$\Delta\phi=\varphi_2-\varphi_1-2\pi\frac{r_2-r_1}{\lambda}$$ 常量

1）

$$\Delta\phi=\pm 2k\pi \quad k=0,1,2,\cdots$$

$$A=A_1+A_2$$ 振动始终加强

$$\Delta\phi=\pm(2k+1)\pi \quad k=0,1,2,\cdots$$

$$A=|A_1-A_2|$$ 振动始终减弱

$\Delta\phi=$ 其他 $|A_1-A_2|<A<A_1+A_2$

若 $\varphi_1=\varphi_2$ 则 $\Delta\phi=-2\pi\dfrac{\delta}{\lambda}$ 波程差 $\delta=r_2-r_1$

2）

$$\delta=\pm k\lambda \quad k=0,1,2,\cdots$$

$$A=A_1+A_2$$ 振动始终加强

$$\delta=\pm(2k+1)\lambda/2 \quad k=0,1,2,\cdots$$

$$A=|A_1-A_2|$$ 振动始终减弱

$\delta=$ 其他 $|A_1-A_2|<A<A_1+A_2$

四、驻波

$$y_1 = A\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right), \quad y_2 = A\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$y = y_1 + y_2 = \left(2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\cdot\cos\frac{2\pi}{T}t$$

合振幅 A' 随**x** 作周期性变化 $\quad A' = \left|2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\right|$

1. $\frac{2\pi}{\lambda}x = \pm k\pi \quad k = 0, 1, 2, \cdots \quad A' = 2A$

波腹 $x = \pm k\frac{\lambda}{2} \quad x = 0, \ \pm\frac{\lambda}{2}, \ \pm\lambda\cdots$

2. $\frac{2\pi}{\lambda}x = \pm(2k+1)\frac{\pi}{2} \quad k = 0, 1, 2, \cdots \quad A' = O$

波节 $x = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{4} \quad x = \pm\frac{\lambda}{4}, \ \pm\frac{3\lambda}{4}\cdots$

3. 相邻两波节之间质点振动同相位，任一波节两侧振动相位相反，在波节处产生π的相位跃变．（与行波不同，无相位的传播）．

相位跃变（半波损失）

当波从波疏介质垂直入射到波密介质被反射到波疏介质时形成波节. 入射波与反射波在此处的相位时时相反，即反射波在分界处产生 π 的相位跃变，相当于出现了半个波长的波程差，称半波损失.

五、多普勒效应

$$\nu' = \frac{u \pm v_o}{u \mp v_s}\nu$$

v_o 观察者向波源运动 +，远离 −.

v_s 波源向观察者运动 −，远离 +.

第二篇 热学

6 气体动理论

一、理想气体状态方程

$$\boxed{pV = \frac{m}{M}RT}$$

摩尔气体常量 $\boxed{R = 8.31\,\mathrm{J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}}}$

二、压强和温度的微观解释

压强 $\boxed{p = \frac{2}{3}n\bar{\varepsilon}_{\mathrm{k}}}$

温度 $\boxed{\bar{\varepsilon}_{\mathrm{k}} = \frac{1}{2}\mu\overline{v^2} = \frac{3}{2}kT}$

$$k = \frac{R}{N_{\mathrm{A}}} = 1.38\times10^{-23}\,\mathrm{J\cdot K^{-1}}$$

三、理想气体的内能

- $\frac{m}{M}$ mol 理想气体的内能 $E=\frac{m}{M}\frac{i}{2}RT$
- 理想气体内能变化 $\Delta E=\frac{m}{M}\frac{i}{2}R\Delta T$

四、麦克斯韦速率分布率

$$\frac{\mathrm{d}N}{N}=4\pi\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2}\mathrm{e}^{-\frac{mv^2}{2kT}}v^2\mathrm{d}v=\frac{4}{\sqrt{\pi}v_p}\frac{v^2}{v_p^{\ 2}}e^{-\frac{v^2}{v_p^{\ 2}}}dv$$

$$v_\mathrm{p}=\sqrt{\frac{2RT}{M}}\qquad \bar{v}=\sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}\qquad \sqrt{\overline{v^2}}=\sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

五、分子的平均碰撞次数和平均自由程

- 分子平均碰撞次数

$$\boxed{\overline{Z} = \sqrt{2}\pi d^2 \overline{v} n}$$

- 平均自由程

$$\boxed{\overline{\lambda} = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 p}}$$

7　热力学基础

- 热力学
  - 状态量、内能；状态方程
  - 热力学第一定律
  - 过程量 功、热量
- 热力学第一定律的应用
  - 等体过程
  - 等压过程
    - 摩尔热容
  - 等温过程
  - 绝热过程
    - 多方过程
  - 循环过程
    - 热机效率
    - 致冷系数
  - 卡诺循环
    - 卡诺热机效率
    - 卡诺致冷系数

热力学

$PV=\frac{m}{M}RT$

$E=\frac{m}{M}C_VT$

$Q=\Delta E+A$

$A=\int_{V_1}^{V_2}PdV$

$Q=\frac{m}{M}C\Delta T$

热力学第一定律的应用

$dV=0$； $P/T=C$

$dP=0$； $V/T=C$

$C_p=C_v+R;$

$C_v=\frac{i}{2}R,\gamma=\frac{C_P}{C_V}$

$dT=0$； $PV=C$

$dQ=0$； $PV^r=C$

$PV^n=C$； $n=0$，1，γ，∞

$\Delta E=0$；

$Q_1-Q_2=A_{净}$

$\eta=1-\frac{Q_2}{Q_1}$

$\omega=\frac{Q_2}{Q_1-Q_2}$

$\eta=1-\frac{T_2}{T_1}$

$\omega=\frac{T_2}{T_1-T_2}$