质点力学习题课

习题课的目的是培养一种良好的解题习惯和规范化解题。解题的一般注意事项如下：

①在认真复习的基础上解题，解题过程中绝不能对照例题；

②搞清题意，分清已知量、未知量，并用适当的符号来表示，且每一个符号只能代表一个物理量；

③画出简练正确的示意图，建立坐标系，进行受力分析，搞清各物理量之间的关系；

④选用最简便的定律或公式列方程（平时学习一定要注意各种定律及公式的适用条件和范围）；

⑤列联立方程，先用字母符号运算，最后代入原始数据。并对答案进行讨论。

质点力学习题课

一、基本物理量

1. $\vec{r}$ $\vec{v}$ $\vec{a}$ $\Delta\vec{r}$ $\Delta\vec{v}$ $\bar{\vec{v}}$ $\bar{\vec{a}}$ $\vec{a}_n$ $\vec{a}_t$

θ ω β

2. 动量 $\vec{P} = m\vec{v}$

3. 动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

4. 势能 $E_P(B) = \int_B^{\text{势能零点}} \vec{F}_{\text{保}} \cdot d\vec{r}$

势能曲线 $\vec{F}=-\left(\frac{\partial E_P}{\partial x}\vec{i}+\frac{\partial E_P}{\partial y}\vec{j}+\frac{\partial E_P}{\partial z}\vec{k}\right)=-\nabla E_p$

5. 功 $A_{a-b}=\int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{r}$

功率 $P=\frac{dA}{dt}=\overrightarrow{F}\cdot\vec{v}$

6. 冲量 $\vec{I}=\int_{t_1}^{t_2}\vec{F}\cdot \mathrm{d}t$

二、基本定理

1.牛顿三大定律 $\vec{F}=m\vec{a}$

2.非惯性系中的力学规律 $\vec{F}+\vec{F}_i=m\vec{a}'$

3.质心运动定律 $\vec{F}=m\vec{a}_c$

4.密舍尔斯基方程 $m\dfrac{d\vec{v}}{dt}=\vec{F}+(\vec{u}-\vec{v})\dfrac{dm}{dt}=\vec{F}+\vec{v}'\dfrac{\mathrm{dm}}{\mathrm{dt}}$

5.动量定理 $\vec{\mathrm{F}}=\dfrac{\mathrm{d}\vec{\mathrm{P}}}{\mathrm{dt}}=\dfrac{\mathrm{d}(\mathrm{m}\vec{\mathrm{v}})}{\mathrm{dt}}$ $\vec{I}=\int_{t_1}^{t_2}\vec{F}\cdot\mathrm{d}t=m\vec{v}_2-m\vec{v}_1$

6.动量守恒定律 当$\vec{F}=0$时 $\vec{P}=\sum_{i=1}^{N}\vec{p}_i=\sum_{i=1}^{N}m_i\vec{v}_i=$常矢量

7.动能定理 $A=\frac{1}{2}mv_b^2-\frac{1}{2}mv_a^2$

8.功能原理

$$A_{外}+A_{内非}=(E_{k2}+E_{p2})-(E_{k1}+E_{p1})$$

9.机械能守恒定律

当$A_{外}+A_{内非}=0$时，$E_k+E_p=const$

质点力学习题课

牛顿定律的应用问题也分为两类：

(1)、已知(或分析已知)系统的受力,求各物体的加速度及相互作用力，用隔离物体图法来求解；

(2)、如受的力是变力$F(t)$、$F(v)$、$F(x)$,用牛顿定律的微分形式求解。

质点力学习题课

动量定理解题方法和步骤是：

1　确定研究对象。

2　分析物体受力，正确区分物体系内力和外力。

3　确定体系初终态的动量，注意动量的矢量性。

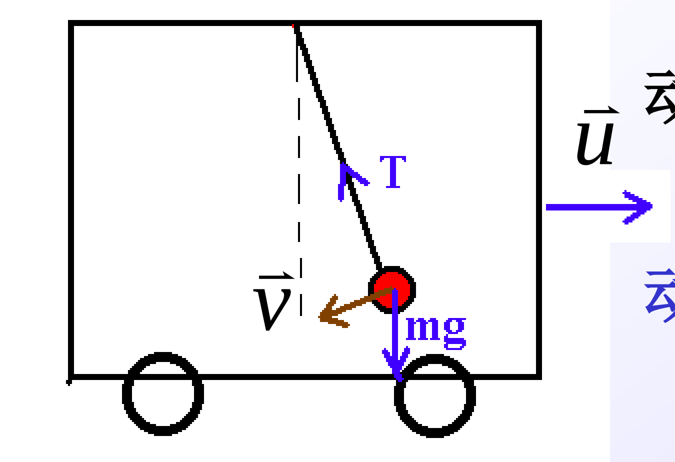
4　根据动量定理列方程并解题。

用动量守恒定律处理问题关键步骤是：

（1）　分析物体受力时，注意：系统动量守恒的条件是体系所受合外力为零，而不是合外力的冲量为零。

（2）　系统内存在的任何性质内力不影响系统的动量守恒。

【讨论题一】在地面上观察者看：



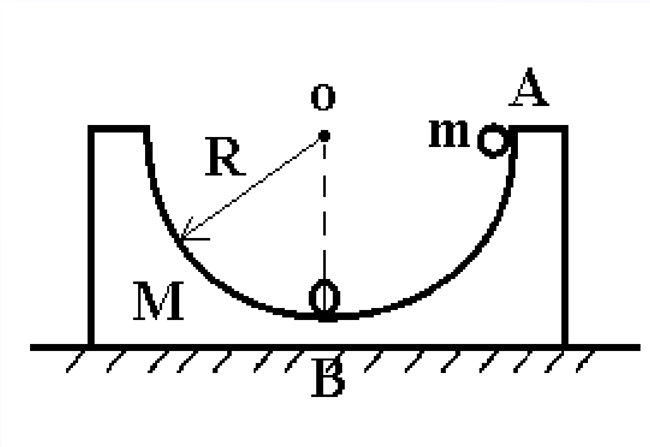
（1）当汽车静止，小球摆动过程中，动量，动能，机械能是否守恒？

动量不守恒，动能不守恒，机械能守恒（张力与和速度方向垂直，不做功）。

（2）当汽车作匀速直线运动，小球摆动过程中，动量，动能，机械能是否守恒？

动量不守恒，动能不守恒，机械能不守恒（张力与和速度方向不垂直，做功）。

【讨论题二】如图所示：所有接触面都光滑。为求出小球到B点时，m和M的作用力，有人用如下的方法：



设：m运动到B时，m和M相对地的速度分别为v_m和v_M，则有：

$$\begin{cases} mv_m + Mv_M = 0 \\ \frac{1}{2}mv_m^2 + \frac{1}{2}Mv_M^2 = mgR \\ N - mg \cancel{=} m\frac{v_m^2}{R} \end{cases}$$

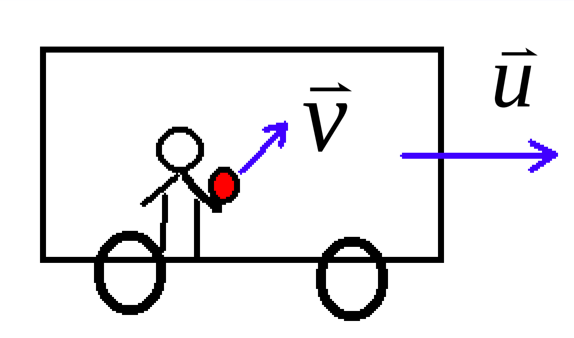
?

$$v_{mM} = v_m - v_M$$

$$N - mg = m\frac{(v_m - v_M)^2}{R}$$

【讨论题三】小车以 $\vec{u}$ 作匀速直线运动，车中一人以速度 $\vec{v}$ （相对于车）抛出一小球。

（1）在地面上的人认为刚抛出瞬时小球的动能



$$E_k = \frac{1}{2}mu^2 + \frac{1}{2}mv^2$$

对不对？

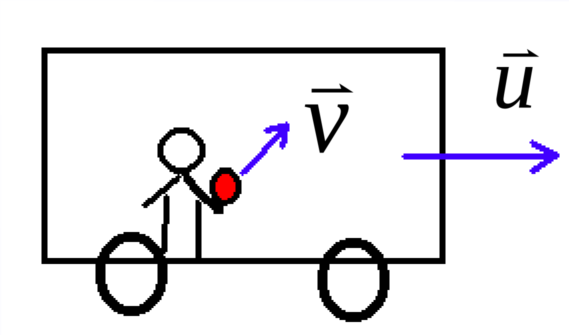
$$\vec{u}_{地} = \vec{u} + \vec{v}$$

$$E_k = \frac{1}{2}mu_{地}^2 = \frac{1}{2}mu^2 + \frac{1}{2}mv^2 + m\vec{u}\cdot\vec{v}$$

（2）当车上的人沿车前进的方向抛出小球，车上和地上的人看抛出小球过程所作的功是否一样？

$$A_{车} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$A_{地} = \frac{1}{2}m(\vec{u}+\vec{v})^2 - \frac{1}{2}mu^2 = \frac{1}{2}mv^2 + muv$$



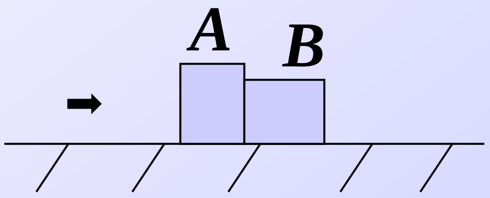
$$\vec{u}_{地}=\vec{u}+\vec{v}$$

（3）当车上的人沿垂直方向抛出小球，作功的结果又如何？

$$A_{车}=\frac{1}{2}mv^2 \qquad A_{地}=\frac{1}{2}mv^2$$

【例1】如图所示，A、B两木块，质量分别为m_A、m_B，并排在光滑的水平面上。今有一子弹水平地穿过木块A、B，所用时间分别为Δt_1和Δt_2，若木块对子弹的阻力为恒力F，求子弹穿过后，两木块的速度各为多少？

解：设子弹穿过后两物体的速度分别为v_A、v_B，子弹穿过物体A时有：



$$F \cdot \Delta t_1 = (m_A + m_B) v_A$$

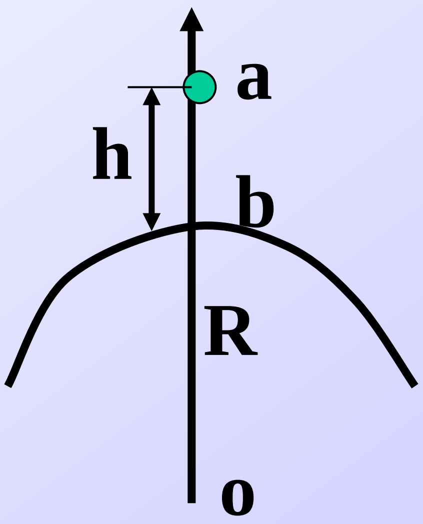
$$v_A = \frac{F\Delta t_1}{m_A + m_B}$$

子弹继续穿过物体B时有

$$F \cdot \Delta t_2 = m_B v_B - m_B v_A$$

$$v_B = v_A + \frac{F\Delta t_2}{m_B}$$

例2、一陨石从距地面高为h处由静止开始落向地面，忽略空气阻力，求陨石下落过程中，万有引力的功是多少？



解：取地心为原点，引力与矢径方向相反

$$A=\int_{R+h}^{R}\vec{F}\cdot d\vec{r}$$

$$=\int_{R+h}^{R}-G\frac{Mm}{r^2}dr$$

$$=-GMm\int_{R+h}^{R}\frac{dr}{r^2}=GMm\left(\frac{1}{R}-\frac{1}{R+h}\right)$$

$$=\frac{GMmh}{R(R+h)}$$

质点力学习题课

【例3】已知质点运动方程 $\vec{r} = 2t\vec{i} + (4 - t^2)\vec{j}$ (SI)，求：
①质点的初速度和加速度；
②质点从 t =1s 到 t =2s 的平均速度；
③t=1s时的切向加速度和法向加速度。

解：（1）、$\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t} = 2\vec{i} - 2t\vec{j}$, $\quad \vec{a} = -2\vec{j}$

故$\vec{v}_0 = 2\vec{i}\,(\mathrm{m \cdot s^{-1}})$, $\quad \vec{a}_0 = -2\vec{j}\,(\mathrm{m \cdot s^{-2}})$

(2)、$\vec{r}_1 = 2\vec{i} + 3\vec{j} \qquad \vec{r}_2 = 4\vec{i}$

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = 2\vec{i} - 3\vec{j}\,(\mathrm{m})$$

$$\bar{\vec{v}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = 2\vec{i} - 3\vec{j}\,(\mathrm{m \cdot s^{-1}})$$

质点力学习题课

【例3】已知质点运动方程 $\vec{r}=2t\vec{i}+(4-t^2)\vec{j}$　(SI)，求：
①质点的初速度和初加速度；
②质点从 t =1s 到 t =2s 的平均速度；
③t=1s时的切向加速度和法向加速度。

(3)、因为任一时刻的速度大小为

$$v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}=2\sqrt{1+t^2}$$

$$a_t=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\frac{2t}{\sqrt{1+t^2}}=\sqrt{2}(\mathrm{m\cdot s^{-2}})\qquad \vec{a}=-2\vec{j}$$

$$a_n=\sqrt{a^2-a_\tau^2}=\frac{2}{\sqrt{1+t^2}}=\sqrt{2}(\mathrm{m\cdot s^{-2}})$$