



东北师范大学

质点运动学

东北师范大学

01 直角坐标系

■ 抛体运动

例1 离地高 h 的大厅吊灯爆炸成碎片, 朝各个方向射出, 初速度同为 v_0 . 设吊灯离屋顶和墙较远, 碎片不会与之相撞; 再设地面铺有毛毯, 碎片落地后不会反弹. 试求解地面上碎片分布区域的半径 R

东北师范大学

01 直角坐标系

例2 质点沿 x 轴作直线运动, 速度 $v = 1 + 2x$, 初始时刻质点位于原点,求质点的位置和加速度.

东北师范大学

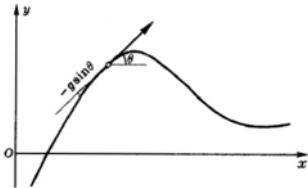
02 自然坐标系

例1 一质点沿半径为 R 的圆周运动, 在 $t = 0$ 时经过 P 点, 此后它的速率 v 按 $v = A + Bt$ (A, B 为正的已知常量)变化, 试求质点沿圆周运动一周再经过 P 点时的加速度.

东北师范大学

02 自然坐标系

例2 由光滑钢丝弯成竖直平面里一条曲线, 质点穿在此钢丝上, 可沿着它滑动. 已知其切向加速度为 $-g \sin \theta$, θ 是曲线切向与水平方向的夹角. 试求质点在各处的速率.



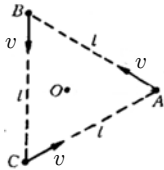
东北师范大学

02 自然坐标系

例3 已知炮弹的发射角为 θ ，初速为 v_0 ，求抛物线轨道的曲率半径随高度的变化.

03 平面极坐标系

例1 平面上有三个动点 A, B, C . $t = 0$ 时刻三者连线构成边长为 l 的等边三角形, 如图所示. 若 A, B, C 均在此平面内作匀速率运动, 速率同为 v ,过程中 始终朝着 运动, 始终朝着 运动 C 始终朝着 运动4 试求 点运动轨道及三点相遇的时间.



03 平面极坐标系

例2 开普勒第二定律

地球 E 受万有引力作用, 绕太阳 S 作平面椭圆轨道运动. 已知地球的加速度 恒指向太阳, 其大小随地球运动而改变. 试证明由太阳指向地球的位置矢量在单位时间内扫过的面积 (称为面积速度) 等于常量(开普勒行星运动第二定律).

牛顿运动定律

01 自由质点的运动

例 有空气阻力情况下的抛体运动

设空气阻力与质点速度成正比, 即 $\vec{f} = -k\vec{v}$ (k 为正值常量). 质点初速度为 v_0 .

02 非自由质点动力学方程组

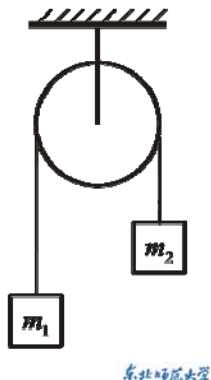
例1 单摆

不可伸长的摆线长度为 l , 一端悬于固定点 O , 一端与摆锤相连; 摆锤质量为 m , 可视为质点; 系统在过 O 点的竖直平面内运动. 试求单摆在小摆角情况下的运动学方程和摆线内的张力.

02 非自由质点动力学方程组

例2 阿特伍德机

如图所示，一根细绳跨过定滑轮，在细绳两侧各悬挂质量分别为 m_1 和 m_2 的物体，且 $m_1 > m_2$ 。假设滑轮的质量与细绳的质量均略去不计。滑轮与细绳间的摩擦力以及轮轴的摩擦力亦略去不计。试求重物释放后，物体的加速度和细绳的张力。

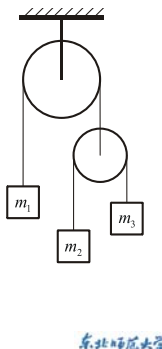


东北师范大学

02 非自由质点动力学方程组

拓展

如图所示，质量为 m_2 和 m_3 的两个物体分别系在一根跨过滑轮B的细绳的两端，而滑轮B又与质量为 m_1 的物体系在另一根跨过定滑轮A的细绳的两端。

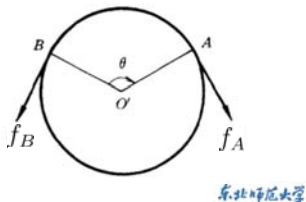


东北师范大学

02 非自由质点动力学方程组

例3 绳内的张力

如图所示，有一绳索围绕在圆柱上，绳索绕圆柱的张角为 θ ，绳与圆柱间的静摩擦系数为 μ 。求绳索处于滑动的边缘时，绳两端的张力 f_A 和 f_B 间的关系。设绳索的质量略去不计。



东北师范大学

03 进阶问题

例1 由轻弹簧连接的二体问题

两个质量均为 m 的质点A和B连在一个劲度系数为 k 的弹簧的两端。开始两质点静放在光滑的水平面上，弹簧处于原长，然后沿AB方向给B以恒力 ka 。求两质点的运动学方程。

东北师范大学

03 进阶问题

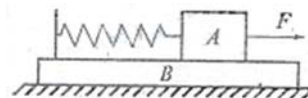
拓展

两个质量分别为 m_1 与 m_2 的质点A和B连在一个劲度系数为 k 的弹簧的两端。开始两质点静放在光滑的水平面上，弹簧处于原长，然后沿AB方向给B以恒力 F 。求两质点的运动学方程。

东北师范大学

03 进阶问题

题目原型



如图所示，两质量相等的物块A、B通过一轻质弹簧连接，B足够长、放置在水平面上，所有接触面均光滑。弹簧开始时处于原长，运动过程中始终处在弹性限度内。在物块A上施加一个水平恒力，A、B从静止开始运动到第一次速度相等的过程中，下列说法中正确的有

- A. 当A、B加速度相等时，系统的机械能最大
- B. 当A、B加速度相等时，A、B的速度差最大
- C. 当A、B的速度相等时，A的速度达到最大
- D. 当A、B的速度相等时，弹簧的弹性势能最大

东北师范大学

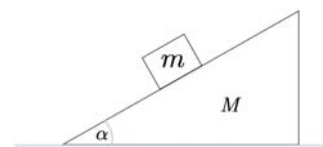
非惯性系

东北师范大学

01 平动非惯性系

例1

如图所示，在光滑的水平面上放一质量为 M 的劈形物体，其光滑斜面上放一质量为 m 的物体，劈形物体倾角 α 。

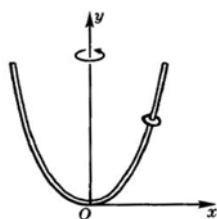


东北师范大学

02 转动非惯性系

例1

抛物线形弯管的表面光滑，可绕铅直轴以匀角速率转动。抛物线方程为 $y = ax^2$ ， a 为常数。小环套于弯管上。求(1)弯管角速度多大，小环可在管上任意位置相对弯管静止。(2)若为圆形光滑弯管，情形如何？

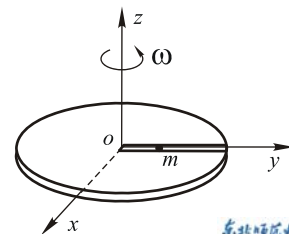


东北师范大学

02 转动非惯性系

例2

一圆盘绕其竖直的对称轴以恒定的角速度 ω 旋转。在圆盘上沿径向开有一光滑小槽，槽内一质量为 m 的质点以 v_0 的初速从圆心开始沿半径向外运动。

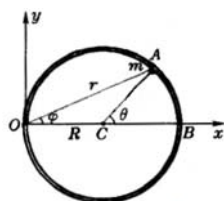


东北师范大学

02 转动非惯性系

例3

质量为 m 的小环套在半径为 R 的光滑大圆环上，后者在水平面内以匀角速度 ω 绕其上一点 O 转动。试分析小环在大环上运动时的切向加速度和所受约束力。



东北师范大学

