

2-1 牛顿定律及其应用

教学目标

- 1、进一步学习分析物体(object)的受力情况,并能结合物体的运动情况进行受力分析
- 2、掌握应用牛顿运动定律解决问题的基本思路和方法(method)
- 3、学会如何从牛顿运动定律入手,求解有关物体运动状态参量
- 4、学会根据物体运动状态参量的变化,求解有关物体的受力情况

教学用具 小黑板一块

教学过程

一、引入新课

本章我们学过了牛顿运动定律。我们知道如果一个物体所受的合外力为零时,物体的运动状态就保持不变;如果一个物体所受的合外力不为零时,物体就有加速度(即:物体运动状态发生变化)牛顿第二定律确定了运动和力的关系,使我们能够把物体的运动情况和受力情况联系起来。如果已知物体的受力情况,由牛顿第二定律求出加速度,再由运动学公式就可以知道物体的运动情况;相反地,已知物体的运动情况,知道了加速度,由牛顿第二定律就可以求出未知的力。下面举例说明

二、新课教学

【例1】如图所示,质量为4 kg的物体静止于水平面上,物体与水平面间的动摩擦因数为0.5,物体受到大小为20 N,与水平方向成 30° 角斜向上的拉力 F 作用时沿水平面做匀加速运动,求物体的加速度是多大?(g 取 10 m/s^2)◆

解析:以物体为研究对象,其受力情况如图所示,建立平面直角坐标系把 F 沿两坐标轴方向分解,则两坐标轴上的合力分别为◆

$$F_x = F \cos \theta - F_\mu$$

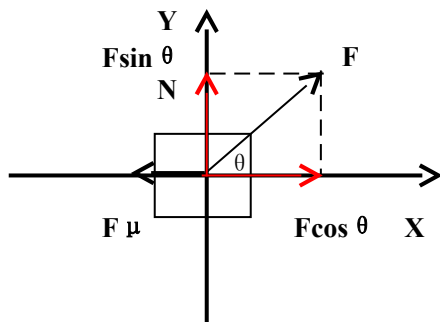
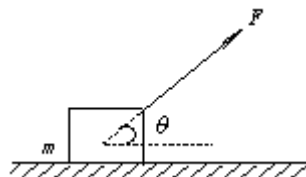
$$F_y = F_N + F \sin \theta - G,$$

物体沿水平方向加速运动,设加速度为 a ,则 x 轴方向上的加速度 $a_x = a$, y 轴方向上物体没有运动,故 $a_y = 0$,由牛顿第二定律得

$$F_x = ma_x = ma, F_y = ma_y = 0$$

$$\text{所以 } F \cos \theta - F_\mu = ma, F_N + F \sin \theta - G = 0$$

$$\text{又有滑动摩擦力 } F_\mu = \mu F_N$$



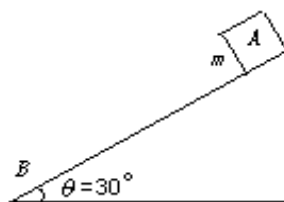
以上三式代入数据可解得◆

物体的加速度 $a=0.58 \text{ m/s}^2$ ◆

小结:当物体的受力情况较复杂时,根据物体所受力的具体情况和运动情况建立合适的直角坐标系,利用正交分解法来解. ◆

德育内容:

辩证唯物主义世界观,青少年正处于世界观的形成期,培养他们的辩证唯物主义世界观是十分重要的,这一工作涉及面广,需要时间长,自然科学知识和社会自然科学知识,是奠定形成世界观的基础,在讲授自然科学知识的同时引导他们树立辩证唯物主义世界观是十分重要的,即看到事物的两个方面,不能片面地想当然地看问题,帮助学生掌握正确认识问题的方法,促进他们世界观的形成。



【例2】一斜面 AB 长为 10 m , 倾角为 30° , 一质量为 2 kg 的小物体(大小不计)从斜面顶端 A 点由静止开始下滑, 如图所示 (g 取 10 m/s^2) ◎◆

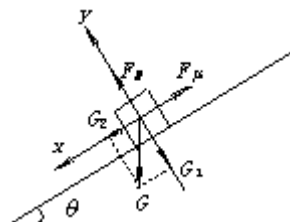
(1) 若斜面与物体间的动摩擦因数为 0.5 , 求小物体下滑到斜面底端 B 点时的速度及所用时间. ◆

(2) 若给小物体一个沿斜面向下的初速度, 恰能沿斜面匀速下滑, 则小物体与斜面间的动摩擦因数 μ 是多少? ◆

解析: (1) 以小物体为研究对象, 其受力情况如图所示, 建立直角坐标系, 把重力 G 沿 x 轴和 y 轴方向分解:

$G_1 = mg \cos \theta, G_2 = mg \sin \theta$ 小物体沿斜面即 x 轴方

向加速运动, 设加速度为 a , 则 $a_x = a$, 物体在 y 轴方向没有发生位移, 没有加速度则 $a_y = 0$, 由牛顿第二定律得,



$$\begin{cases} mg \sin \theta - F_{\mu} = ma \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_N \equiv mg \cos \theta = ma_y \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_y = F_N - G_1 = ma_y \end{cases}$$

又

$$F_{\mu} = \mu F_N \quad \text{所以}$$

$$a = \frac{mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta}{m} = g(\sin \theta - \mu \cos \theta)$$

$$= 10 \times (\sin 30^\circ - 0.5 \times \cos 30^\circ) \text{ m/s}^2 = 0.67 \text{ m/s}^2$$

设小物体下滑到斜面底端时的速度为 v , 所用时间为 t , 小物体由静止开始匀加速下滑,

$$\text{由 } v_t^2 = v_0^2 + 2as \text{ 得} \blacklozenge$$

$$v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \times 0.67 \times 10} \text{ m/s} = 3.7 \text{ m/s}$$

$$\text{由 } v_t - v_0 = at \text{ 得} \blacklozenge$$

$$t = \frac{v}{a} = \frac{3.7}{0.67} \text{ s} = 5.5 \text{ s}$$

(2) 小物体沿斜面匀速下滑时, 处于平衡状态, 其加速度 $a = 0$, 则在图示的直角坐标系中 $a_x = 0, a_y = 0$, 由牛顿第二定律, 得 $\blacklozenge$

$$\begin{cases} F_x = G_2 - F_\mu = ma_x = 0 \\ F_y = F_N - G_1 = ma_y = 0 \end{cases}$$

所以 $\begin{cases} F_\mu = mg \sin \theta \\ F_N = mg \cos \theta \end{cases}$

所以, 小物体与斜面间的动摩擦因数 $\blacklozenge$

$$\mu = \frac{F_\mu}{F_N} = \tan \theta = \tan 30^\circ = 0.58$$

小结: 若给物体一定的初速度, 当 $\mu = \tan \theta$ 时, 物体沿斜面匀速下滑; 当 $\mu > \tan \theta$ ($\mu mg \cos \theta > mg \sin \theta$) 时, 物体沿斜面减速下滑; 当 $\mu < \tan \theta$ ($\mu mg \cos \theta < mg \sin \theta$) 时, 物体沿斜面加速下滑. $\blacklozenge$

【例3】 静止在水平地面上的物体的质量为 2 kg, 在水平恒力 F 推动下开始运动, 4 s 末它的速度达到 4 m/s, 此时将 F 撤去, 又经 6 s 物体停下来, 如果物体与地面的动摩擦因数不变, 求 F 的大小. $\blacklozenge$

解析: 物体的整个运动过程分为两段, 前 4 s 物体做匀加速运动, 后 6 s 物体做匀减速运动.

前 4 s 内物体的加速度为 $\blacklozenge$

$$a_1 = \frac{v - 0}{t_1} = \frac{4}{4} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2 \quad \text{①} \blacklozenge$$

设摩擦力为 F_μ , 由牛顿第二定律得 $\blacklozenge$

$$F - F_{\mu} = ma_1 \quad \textcircled{2} \blacklozenge$$

后 6 s 内物体的加速度为 $\blacklozenge$

$$a_2 = \frac{0 - v}{t_2} = \frac{-4}{6} m/s^2 = -\frac{2}{3} m/s^2 \quad \textcircled{3} \blacklozenge$$

物体所受的摩擦力大小不变, 由牛顿第二定律得 $\blacklozenge$

$$-F_{\mu} = ma_2 \quad \textcircled{4} \blacklozenge$$

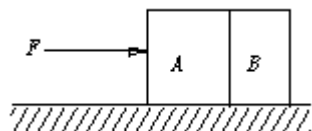
由 $\textcircled{2}\textcircled{4}$ 可求得水平恒力 F 的大小为 $\blacklozenge$

$$F = m(a_1 - a_2) = 2 \times (1 + \frac{2}{3}) N = 3.3 N$$

小结: 解决动力学问题时, 受力分析是关键, 对物体运动情况的分析同样重要, 特别是像这类运动过程较复杂的问题, 更应注意对运动过程的分析. $\blacklozenge$

在分析物体的运动过程时, 一定弄清整个运动过程中物体的加速度是否相同, 若不同, 必须分段处理, 加速度改变时的瞬时速度即是前后过程的联系量. 分析受力时要注意前后过程中哪些力发生了变化, 哪些力没发生变化.

【例 4】 如图所示, 质量为 $2m$ 的物块 A 和质量为 m 的物块 B 与地面的摩擦均不计. 在已知水平推力 F 的作用下, A 、 B 做加速运动. A 对 B 的作用力为多大?



解析: 取 A 、 B 整体为研究对象, 其水平方向只受一个力 F 的作用

根据牛顿第二定律知: $F = (2m + m)a \blacklozenge$

$$a = F / 3m \blacklozenge$$

取 B 为研究对象, 其水平方向只受 A 的作用力 F_1 , 根据牛顿第二定律知: $\blacklozenge$

$$F_1 = ma \blacklozenge$$

故 $F_1 = F / 3 \textcircled{0} \blacklozenge$

小结: 对连结体(多个相互关联的物体)问题, 通常先取整体为研究对象, 然后再根据要求的问题取某一个物体为研究对象.