

## 第2节 动量定理

### 导学案

#### 【学习目标】

- 1.能在恒力情况下进行理论推导，得出动量定理及其表达式。
- 2.知道冲量概念，知道动量定理及其表达式的物理意义。
- 3.知道动量定理适用于变力情况，领会求解变力冲量时的极限思想。
- 4.会用动量定理解释生活生产中的相关现象和解决实际问题。

#### 【学习重难点】

- 1.教学重点：（1）动量定理的推导和对动量定理的理解（2）利用动量定理解释有关现象和一维情况下的定量分析。
- 2.教学难点：动量定理的矢量性，也就是如何正确理解“合”外力的冲量等于物体“动量的变化”。尤其是方向的一致性，即合外力的冲量的方向和动量变化量的方向一致。

#### 【课堂探究】

#### 【新课导入】

问题 1：有些船和码头常悬挂一些老旧轮胎，你知道这些轮胎有什么作用吗？



问题 2：以下图片中的原理和上述例子相同的有哪些？(图片在课件)

问题 3：以上情景中物体的受力与各自的动量变化有怎样的关系呢？

#### 【新课教学】

#### 任务一、动量定理

##### （一）利用牛顿第二定律推导动量定理

【情景 1】在光滑水平面上的质量为  $m$  的物体在水平恒力  $F$  的作用下，经过时间  $t$ ，速度由  $v$  变为  $v'$ 。



【情景 2】假设在拉力  $F$  和阻力  $f$  的共同作用下，质量为  $m$  的物块的速度由  $v_1$  变为  $v_2$ ，已知两力作用的时间为  $t$ ，试运用运动学公式和牛顿第二定律来表述加速度，联立两式消去加速度，找出力与质量和速度的关系。



(二) 类比复习

高一物理我们曾经学过类似的知识，假定一个质量为  $m$  的物体在光滑的水平面上受到恒力  $F$  的作用，做匀变速直线运动，初始时刻物体的速度为  $v$ ，经过一段位移  $\Delta x$ ，它的速度为  $v'$ 。

那么我们是不是可以把  $F\Delta t$  认为是力对时间的累积呢？

(三) 冲量

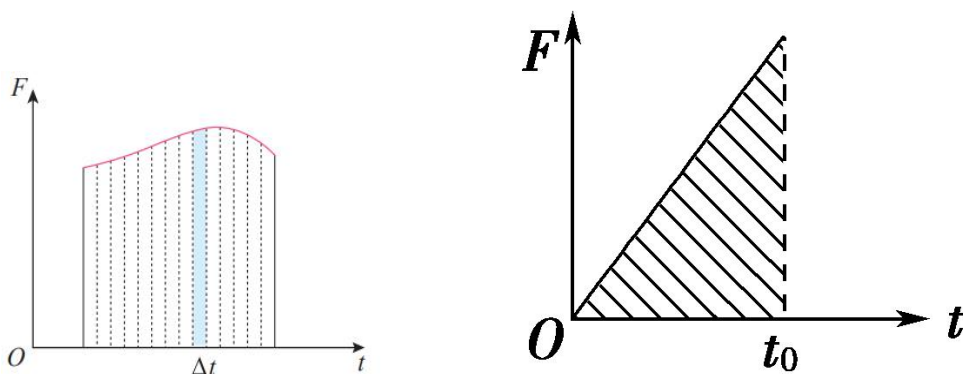
请同学们阅读课文，总结找一下有关冲量的概念。

回想一下之前学习过的功，想想它与冲量有哪些异同？

5.冲量与功的比较

		冲量	功
区别	公式		
	标、矢量		
	单位		
	意义		
	正负		
	作用效果		

如果在一段时间内的作用力是一个变力，又该怎样求这个变力的冲量？



(1) 把碰撞过程细分为很多短暂过程, 每个短暂过程中物体所受得力没有很大的变化, 这样对于每个短暂过程就能够应用  $Ft = \Delta p$ , 把应用于每个短暂过程的关系式相加, 就得到整个过程的动量定理。在应用  $Ft = \Delta p$  处理变力问题时, 式中  $F$  应该理解为变力在作用时间内的平均值。

(2) 对于方向不变、大小随时间均匀变化的变力, 冲量也可用  $I = F(t' - t)$  计算, 但式中的  $F$  应为  $\Delta t$  时间内的

平均力, 即 
$$I = \frac{F_1 + F_2}{2} \Delta t$$

冲量与物体动量的改变量间的关系有什么具体定量关系?

1. 内容: 物体所受合外力的            等于物体的           , 这就是动量定理。

2. 表达式:                                  或                                 

3. 理解:

(1) 表明                                  是动量变化的原因;

(2) 动量定理是                                 , 合外力的                                  与物体                                  相同;

(3) 动量的变化率: 动量的变化跟发生这一变                                  的比值。由动量定理, 得                                 , 可见, 动量的变化率等于物体所受的                                 。当动量变化较快时, 物体所受合力                                 , 反之较小; 当动量均匀变化时, 物体所受合力为                                 。

## 任务二 动量定理的应用

### (一) 典例精析

**【例题】** 一个质量为  $0.18\text{kg}$  的垒球, 以  $25\text{m/s}$  的水平速度飞向球棒, 被球棒打击后反向水平飞回, 速度大小变为  $45\text{m/s}$ , 设球棒与垒球的作用时间 为  $0.01\text{s}$ 。球棒对垒球的平均作用力是多大?

你能总结一下利用动量定理解答问题方法和注意事项吗?

### (二) 动量定理的应用步骤

### (三) 动量定理解释生活现象

(1) 这些场景中的垫子、沙坑、轮胎的缓冲为什么可以保护好人和船不受到太大力作用?



跳高比赛



跳远比赛



悬挂轮胎的游船准备靠岸

(2)这些场景中为什么物体可以获得更大的作用力呢?



锤子钉钉子



棒球比赛



高尔夫球比赛

#### (四) 流体模型

想一想：人们常说“滴水穿石”，请你根据下面所提供的信息，估算水对石头的冲击力的大小。一瀑布落差为  $h = 20\text{ m}$ ，水流量为  $Q = 0.10\text{ m}^3/\text{s}$ ，水的密度  $\rho = 1.0 \times 10^3\text{ kg/m}^3$ ，水在最高点和落至石头上后的速度都认为是零。(落在石头上的水立即流走，在讨论石头对水的作用时可以不考虑水的重力， $g$  取  $10\text{ m/s}^2$ )

解答这个问题需要建立“流体模型”，请同学们结合以下处理思路解得上述问题：

- 1.基本方法：用动量定理解决流体问题，一般采用微元法：即取一个很短时间 $\Delta t$ ，对 $\Delta t$ 内流出液体 $\Delta m$ 用动量定理。
- 2.解题的关键：
  - (1) 确定 $\Delta m$  与 $\Delta t$ 、液体的速度、密度等关系。
  - (2) 确定 $\Delta m$  作用前后速度的变化。
  - (3)  $\Delta t$  趋近零时， $\Delta m$  很小，所受的重力均不计。
- 3.特点：
  - (1)对水枪喷射问题，当空中水柱稳定后，空中水的体积不变，任何时间内从枪口射出的水等于射向墙壁或物体的水。
  - (2)若水柱不散开，水柱的横截面积与水的速度成反比。

## 1、判断对错

- (1)力越大, 力对物体的冲量就越大. ( )
- (2)用力推物体, 但没有推动, 则该力对物体的冲量为零. ( )
- (3)若物体在一段时间内动量发生了变化, 则物体在这段时间内受到的合外力一定不为零 ( )
- (4)某人跳远时, 跳在沙坑里比跳在水泥地上安全, 这是由于人跳到沙坑受到的冲量比跳在水泥地上小 ( )

2. 想一想: 在运动会上, 跳高运动员落下的地方为什么要放上厚厚的海绵垫? 用物理知识解释其原理.

3.(冲量的理解)下面关于冲量的说法正确的是( )

- A.物体受到很大的冲力时,其冲量一定很大
- B.当力与位移垂直时,该力的冲量为零
- C.不管物体做什么运动,在相同时间内重力的冲量相同
- D.只要力的大小恒定,其相同时间内的冲量就恒定

4.(动量定理的理解)(多选)在任何相等时间内,物体动量的变化量总是相等的运动可能是( )

- A.匀速圆周运动                      B.匀变速直线运动
- C.自由落体运动                      D.平抛运动

5.(定性分析问题)如图所示,从高处跳到低处时,为了安全,一般都要屈腿,这样做是为了( )

- A.减小冲量
- B.减小动量的变化量
- C.增大与地面的冲击时间,从而减小冲力
- D.增大人对地面的压强,起到安全作用

6.(动量定理的应用)将质量为  $m=1\text{ kg}$  的小球,从距水平地面高  $h=5\text{ m}$  处,以  $v_0=10\text{ m/s}$  的水平速度抛出,不计空气阻力, $g$  取  $10\text{ m/s}^2$ . 求:

(1)抛出后  $0.4\text{ s}$  内重力对小球的冲量; (2)平抛运动过程中小球动量的增量  $\Delta p$ ; (3)小球落地时的动量  $p'$ .

## 答案

1、 $\times \times \sqrt{\quad} \times$ 。

2、答案 运动员落地过程中动量变化量是一定的，作用力与时间成反比，用海绵垫可以延长作用时间，从而减少运动员所受到的冲力。

3、C      4、BCD      5、答案:C

6.(1) $4 \text{ N} \cdot \text{s}$  方向竖直向下      (2) $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$  方向竖直向下