

从历史上看,一般说来,这(引入新的概念)永远是走向科学进步的最有力的方法之一。

——霍耳顿^①

1 动量

问题 ?

用两根长度相同的线绳,分别悬挂两个完全相同的钢球A、B,且两球并排放置。拉起A球,然后放开,该球与静止的B球发生碰撞。可以看到,碰撞后A球停止运动而静止,B球开始运动,最终摆到和A球拉起时同样的高度。为什么会发生这样的现象呢?



从实验的现象似乎可以得出:碰撞后,A球的速度大小不变地“传给”了B球。这意味着,碰撞前后,两球速度之和是不变的。那么所有的碰撞都有这样的规律吗?

寻求碰撞中的不变量

演示



图 1.1-1 质量不同小球的碰撞

质量不同小球的碰撞

如图 1.1-1,将上面实验中的A球换成大小相同的C球,使C球质量大于B球质量,用手拉起C球至某一高度后放开,撞击静止的B球。我们可以看到,碰撞后B球获得较大的速度,摆起的最大高度大于C球被拉起时的高度。

^① 霍耳顿 (Gerald Holton, 1922—), 美国著名科学史家, 哈佛大学物理学教授兼科学史教授。

从实验可以看出，质量大的C球与质量小的B球碰撞后，B球得到的速度比C球碰撞前的速度大，两球碰撞前后的速度之和并不相等。

仔细观察你会发现，两球碰撞前后的速度变化跟它们的质量有关系。质量大、速度较小的C球，使质量小的B球获得了较大的速度。对于图1.1-1所示实验的现象，可能的同学会猜想，两个物体碰撞前后动能之和不变，所以质量小的球速度大；也有的同学会猜想，两个物体碰撞前后速度与质量的乘积之和可能是不变的……

那么，对于所有的碰撞，碰撞前后到底什么量会是不变的呢？

下面我们通过分析实验数据来研究上述问题。

实验如图1.1-2，两辆小车都放在滑轨上，用一辆运动的小车碰撞一辆静止的小车，碰撞后两辆小车粘在一起运动。小车的速度用滑轨上的光电计时器测量。下表中的数据是某次实验时采集的。其中， m_1 是运动小车的质量， m_2 是静止小车的质量； v 是运动小车碰撞前的速度， v' 是碰撞后两辆小车的共同速度。

表 两辆小车的质量和碰撞前后的速度

	m_1 / kg	m_2 / kg	$v / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	$v' / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
1	0.519	0.519	0.628	0.307
2	0.519	0.718	0.656	0.265
3	0.718	0.519	0.572	0.321

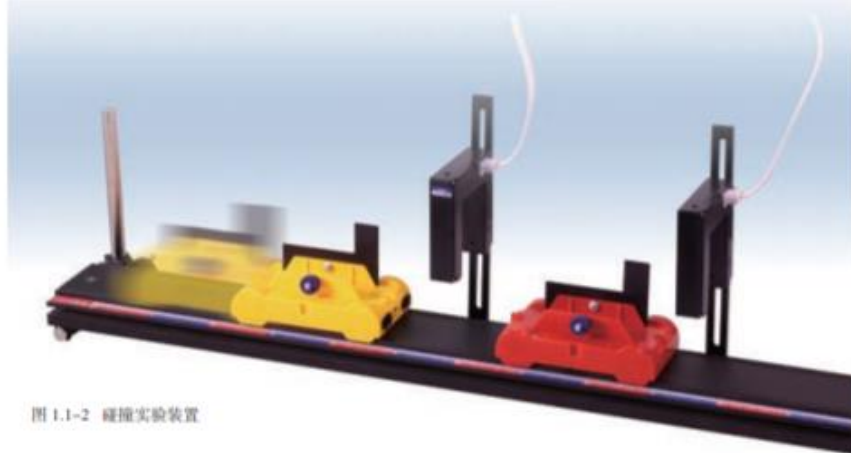


图 1.1-2 碰撞实验装置

► 本书所说的“碰撞前”是指即将发生碰撞的那一时刻，“碰撞后”是指碰撞刚结束的那一时刻。

请你根据表中的数据，计算两辆小车碰撞前后的动能，比较此实验中两辆小车碰撞前后动能之和是否不变。再计算两辆小车碰撞前后质量与速度的乘积，比较两辆小车碰撞前后质量与速度的乘积之和是否不变。

从实验的数据可以看出，此实验中两辆小车碰撞前后，动能之和并不相等，但是质量与速度的乘积之和却基本不变。

动量

► 物理学家始终在寻求自然界万物运动的规律，其中包括在多变的世界里找出某些不变量。

上面的实验提示我们，对于发生碰撞的两个物体来说，它们的 mv 之和在碰撞前后可能是不变的。这使我们意识到， mv 这个物理量具有特别的意义。

物理学中把**质量和速度的乘积 mv** 定义为**物体的动量** (momentum)，用字母 p 表示

$$p = mv$$

动量的单位是由质量的单位与速度的单位构成的，是**千克米每秒**，符号是 $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 。动量是矢量，动量的方向与速度的方向相同。

【例题】

一个质量为 0.1 kg 的钢球，以 6 m/s 的速度水平向右运动，碰到坚硬的墙壁后弹回，沿着同一直线以 6 m/s 的速度水平向左运动（图 1.1-3）。碰撞前后钢球的动量变化了多少？



图 1.1-3

分析 动量是矢量，虽然碰撞前后钢球速度的大小没有变化，但速度的方向变化了，所以动量的方向也发生了变化。为了求得钢球动量的变化量，需要先选定坐标轴的方向，确定碰撞前后钢球的动量，然后用碰撞后的动量减去碰撞前的动量求得动量的变化量。

解 取水平向右为坐标轴的方向。碰撞前钢球的速度为 6 m/s ，碰撞前钢球的动量为

$$p = mv = 0.1 \times 6 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

► 如果物体沿直线运动，即动量始终保持在同一条直线上，在选定坐标轴的方向之后，动量的运算就可以简化成代数运算。

碰撞后钢球的速度 $v' = -6 \text{ m/s}$ ，碰撞后钢球的动量为

$$p' = mv' = -0.1 \times 6 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = -0.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

碰撞前后钢球动量的变化量为

$$\begin{aligned} \Delta p &= p' - p = (-0.6 - 0.6) \text{ kg} \cdot \text{m/s} \\ &= -1.2 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \end{aligned}$$

动量的变化量是矢量，求得的数值为负值，表示它的方向与坐标轴的方向相反，即 Δp 的方向水平向左。

做一做

让一位同学把一个充气到直径1.5 m左右的大乳胶气球，以某一速度水平投向你，请你接住（图1.1-4）。把气球放掉后气球变得很小，再把气球以相同的速度投向你。两种情况下，你的体验有什么不同？这是为什么呢？



图 1.1-4 投接气球

练习与应用

1. 解答以下三个问题，总结动量与动能概念的不同。

(1) 质量为2 kg的物体，速度由3 m/s增大为6 m/s，它的动量和动能各增大为原来的几倍？

(2) 质量为2 kg的物体，速度由向东的3 m/s变为向西的3 m/s，它的动量和动能是否发生变化？如果发生变化，变化量各是多少？

(3) A物体质量是2 kg，速度是3 m/s，方向向东；B物体质量是3 kg，速度是4 m/s，方向向西。它们动量的矢量和是多少？它们的动能之和是多少？

2. 一个质量为2 kg的物体在合力 F 的作用下从静止开始沿直线运动。 F 随时间 t 变化的图像如图1.1-5所示。

(1) $t = 2 \text{ s}$ 时物体的动量大小是多少？

(2) $t = 3 \text{ s}$ 时物体的动量大小是多少？

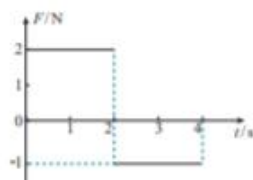


图 1.1-5