

2015 年海峽兩岸教學觀摩研討會

宓奇 老師教學設計

教學主題	碰撞（第 1 課時）	教學年級	高一
設計者	宓奇	教學者	宓奇
教學目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 理解碰撞過程的動量與能量特徵、知道碰撞的分類。 2. 掌握彈性碰撞相關物理量的計算方法。 3. 能運用彈性碰撞的知識解決實際問題。 4. 能對彈性碰撞進行實驗設計、資料獲取和定量分析。 		
設計理念	<p>本節《碰撞》是《動量守恆定律》一章的第 4 節，共安排 2 課時，由於其內容涉及動量和能量的綜合應用，因此屬於本章教學的難點。第 1 課時主要探討碰撞的特徵、分類和一維彈性碰撞。第 2 課時主要探討完全非彈性碰撞和二維碰撞。本節課的第一階段通過對生活中常見的碰撞過程的觀察和猜測激發學生的學習興趣，隨後通過討論讓學生理解碰撞的特徵和分類方法。第二階段通過對一維彈性碰撞的理論推導和結果討論，結合前期的疑問讓學生掌握應用動量守恆定律和能量守恆解決實際問題的能力。第三階段引導學生對演示實驗現象進行資料獲取和驗證分析。</p>		
教材來源	人民教育出版社普通高中教材《物理》選修 3-5		
教 學 活 動			
配合之教學目標	教學流程	教學資源	評量基準
激發學習興趣	展示幾個與碰撞相關的情境（如牛頓擺、玩具小車碰撞等），讓學生猜測碰撞後的結果。	牛頓擺、品質不同的彈性小球若干	能積極回應問題猜測答案
理解碰撞過程的動量與能量特徵。	展示日常生活和影片中的一些片段。如網球和球拍的碰撞、氣墊導軌上的滑塊發生彈性碰撞、汽車碰撞測試等。	相關視頻片段	能說出碰撞的特徵，對將生活現象與碰撞相應的類別進行對應
知道碰撞的分類。	討論碰撞的特徵和分類。		

<p>掌握對心彈性碰撞相關物理量的計算方法。</p> <p>能運用彈性碰撞的知識解決實際問題。</p>	<p>在教師的引導下對彈性碰撞的動量守恆、機械能守恆方程組求解。</p> <p>討論碰後速度與品質的關係。對前期提出的問題（如牛頓擺、小車碰撞）應用彈性碰撞的結論進行分析，驗證結論。</p>	<p>牛頓擺等裝置</p>	<p>全部學生能推導出彈性碰撞的末速度運算式，大部分同學能對案例進行合理解釋</p>
<p>能對彈性碰撞實驗進行定量分析。</p>	<p>對“超球”現象進行觀察和分析，建立運動學模型，由兩名同學操作實驗，教師分析實驗資料，驗證假設。</p>	<p>“超球”裝置</p>	<p>大部分學生能積極參與討論，對超球的資料獲取和分析過程能提出見解</p>
<p>作業</p>	<p>觀察和研究非對心碰撞</p>	<p>硬幣或其他可形成非對心碰撞的物體</p>	<p>課後完成，第二節課討論</p>
<p>本節結束</p>			

高中物理選修 3-5 第十六章《動量守恆定律》第 4 節《碰撞》

碰撞是十分普遍的现象，特别是在了解微观粒子的结构与性质的过程中，碰撞的研究起着重要的作用。

弹性碰撞和非弹性碰撞 从前两节的分析可以看到，碰撞过程遵从动量守恒定律。那么，碰撞过程也一定遵从能量守恒定律吗？例如，两个物体相碰，碰撞之前它们的动能之和与碰撞之后的动能之和相等吗？

思考与讨论

在本章第1节开始的演示中，一个钢球与另一个静止的钢球相碰，如果两个钢球的质量相等，第一个钢球停止运动，第二个钢球能摆到同样的高度，说明这个碰撞过程中没有能量损失，碰撞过程能量守恒。

碰撞过程中能量总是守恒的吗？我们分析一个例子。

如图16.4-1，两个物体的质量都是 m ，碰撞以前一个物体静止，另一个以速度 v 向它撞去。碰撞以后两个物体粘在一起，成为一个质量为 $2m$ 的物体，以速度 v' 继续前进。

这个碰撞过程中能量(总动能)守恒吗？

可以先根据动量守恒定律求出碰撞后的共同速度 v' ，也就是用 v 表示 v' ，然后分别计算碰撞前后的总动能。

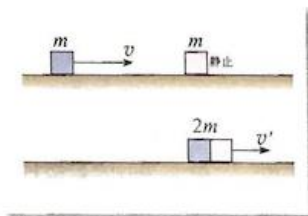


图16.4-1 碰撞后两个物体结合在一起，碰撞过程中能量守恒吗？

如果碰撞过程中机械能守恒, 这样的碰撞叫做弹性碰撞 (elastic collision); 如果碰撞过程中机械能不守恒, 这样的碰撞叫做非弹性碰撞 (inelastic collision)。

近代物理学中, 经常遇到的是微观粒子间的碰撞。微观粒子碰撞时没有能量损失, 所以我们重点研究弹性碰撞。

钢球、玻璃球碰撞时的形变能够完全恢复, 能量损失很小, 它们的碰撞可以看做弹性碰撞; 木制品碰撞时的形变不能完全恢复, 一般情况下不能作为弹性碰撞处理; 橡皮泥球之间的碰撞是典型的非弹性碰撞。

思考与讨论

我们考虑一维弹性碰撞。在本章第1节开始时的演示中, 大家已经观察了两个质量相等物体的碰撞、两个质量相差悬殊的物体的碰撞, 了解了它们碰撞前后速度变化的特点。现在把它们的碰撞看做弹性碰撞, 从理论上分析不同情况下碰撞前后速度的变化情况。

假设物体 m_1 以速度 v_1 与原来静止的物体 m_2 碰撞, 碰撞后它们的速度分别为 v_1' 和 v_2' 。我们的任务是得出用 m_1 、 m_2 、 v_1 表达 v_1' 和 v_2' 的公式。

碰撞过程遵从动量守恒定律, 据此可以列出包含上述各已知量和未知量的方程。弹性碰撞中没有机械能损失, 于是可以列出另一个方程。两个方程联立, 把 v_1' 和 v_2' 作为未知量解出来就可以了。

图 16.4-2 所示的碰撞发生后, 两个物体的速度分别为

$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 \quad (1)$$

$$v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1 \quad (2)$$



图 16.4-2 一个物体以速度 v_1 与另一个静止物体碰撞

我们对几种情况下这两个式子的结果做些分析。

- $m_1 = m_2$, 即两个物体的质量相等

这时 $m_1 - m_2 = 0$, $m_1 + m_2 = 2m_1$ 。根据 (1)、(2) 两式, 有

$$v_1' = 0$$

$$v_2' = v_1$$

这表示第一个物体的速度由 v_1 变为 0, 而第二个物体由静止开始运动, 运动的速度等于第一个物体原来的速度。

- 若 $m_1 \gg m_2$, 即第一个物体的质量比第二个物体大得多

这时 $m_1 - m_2 \approx m_1$, $m_1 + m_2 \approx m_1$ 。根据 (1)、(2) 两式, 有

$$v_1' = v_1$$

$$v_2' = 2v_1$$

这表示碰撞后第一个物体的速度没有改变，而第二个物体以 $2v_1$ 的速度被撞出去。

• 若 $m_1 \ll m_2$ ，即第一个物体的质量比第二个物体小得多

这时 $m_1 - m_2 \approx -m_2$ ， $\frac{2m_1}{m_1 + m_2} \approx 0$ 。根据 (1)、(2) 两式，有

$$v_1' = -v_1$$

$$v_2' = 0$$

这表示碰撞以后第一个物体被撞了回去，以原来的速率向反方向运动，而第二个物体仍然静止。

这里从理论上讨论了本章第 1 节开始时的实验。如果在这些讨论之后再那个实验，你是不是对科学理论与实验的关系有些新的体验？

对心碰撞和非对心碰撞 如图 16.4-3 甲，一个运动的球与一个静止的球碰撞，碰撞之前球的运动速度与两球心的连线在同一条直线上，碰撞之后两球的速度仍会沿着这条直线。这种碰撞称为**正碰 (direct impact)**，也叫对心碰撞。

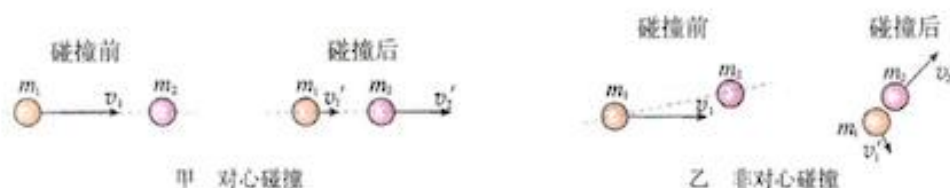


图 16.4-3 两种碰撞

一个运动的球与一个静止的球碰撞，如果碰撞之前球的运动速度与两球心的连线不在同一条直线上，碰撞之后两球的速度都会偏离原来两球心的连线。这种碰撞称为**非对心碰撞**。

发生对心碰撞的两个物体，碰撞前后的速度都沿同一条直线，它们的动量也都沿这条直线，可以在这个方向上应用动量守恒定律。前面我们已经多次遇到这种情形。

发生非对心碰撞的两个物体，碰撞后的速度都不与原来的速度在同一条直线上，所以非对心碰撞比较复杂，是平面内的二维问题。

对一个问题进行理论分析之后，我们会关心分析的过程是否正确，分析的根据是否可靠。可以有多种方法进行评价。方法之一是，把分析的结果应用于几个比较简单的特例，如果所得的结论与常识或已有的知识一致，那么理论分析可能是正确的，否则一定出了问题。

对于非对心碰撞，应该在相互垂直的两个方向上分别应用动量守恒定律。

思考与讨论

如图16.4-4, A球以速度 v_1 与同样质量且处于静止的B球碰撞。已知碰撞后B球的速度如图所示, 请你大致画出碰撞后A球的速度。



图 16.4-4 画出碰撞后 A 球的速度

散射 在粒子物理和核物理中,常常使一束粒子射入物体, 粒子与物体中的微粒碰撞, 研究碰撞后粒子的运动方向, 可以得到与物质微观结构有关的很多信息。微观粒子相互接近时并不像宏观物体那样“接触”, 因此微观粒子的碰撞又叫做**散射 (scattering)**。由于粒子与物质微粒发生对心碰撞的概率很小, 所以多数粒子在碰撞后飞向四面八方。

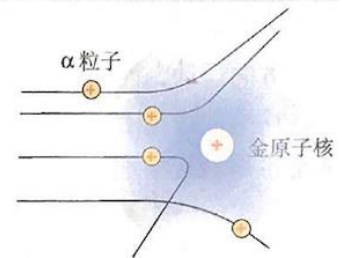


图 16.4-5 金原子核对 α 粒子的散射。由于原子之间强大的相互作用, 碰撞时原子相当于质量极大的物体, 不会移动。