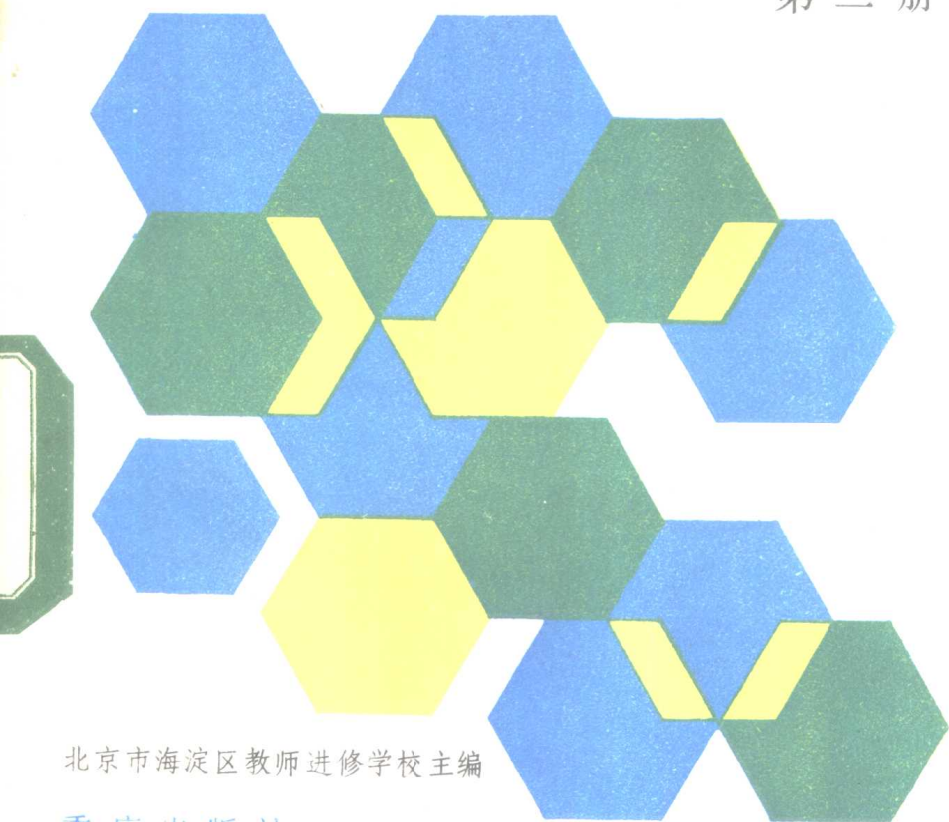


中学理科学习指导丛书

高中物理辅导与练习

第二册



北京市海淀区教师进修学校主编

重庆出版社



高中物理辅导与练习

第 二 册

北京市海淀区教师进修学校主编

重 庆 出 版 社

一九八三年·重庆

编 者

北京师范大学附属中学	唐朝智
中国人民大学附属中学	蒋国垣
北京大学附属中学	陈育林
北京市海淀区教师进修学校	张治本

高中物理辅导与练习 第二册

重庆出版社出版 (重庆李子坝正街102号)
四川人民出版社重印 (成都盐道街三号)
四川省新华书店发行
国营五二三厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4.125 字数 67 千
1983 年 11 月第一版 1983 年 11 月成都第一次印刷
印数: 1—622,800

书号: 7114·158 定价: 0.31 元

前 言

为了帮助学生阅读物理教材，理解并掌握物理概念和物理规律，培养学生观察与动手实验的能力以及分析问题、解决问题的能力，我们按照全日制十年制学校所用各册物理课本的体系和教学要求编写了这套丛书。内容紧密结合教材，力求对教材的重点、难点知识和学生容易混淆的物理概念，以及物理定律、物理公式的适用条件做些分析和归纳，并配备一定数量的练习。

本丛书紧扣教材的章节进行编写，每章均包括“本章内容说明”、“学习指导”、“观察与实践”、“例题与习题”、“单元测验”五部分。“本章内容说明”简述全章的基本内容及重点、难点知识。“学习指导”对课本中每一节的重点、难点知识作出分析和讨论，介绍编者的教学体会和学习方法，每节后均附有1—3个巩固练习。“观察与实践”引导学生联系实际，加深对物理知识的理解，培养观察与实践能力。“例题与习题”对本章解题方法作出示范，并提供必要的练习，以巩固所学知识。“单元测验”供读者检查学习效果，附有答案及评分标准供查阅。

为了紧密配合教学进度，本丛书物理部分共分八册，即初中四册，高中四册。

由于我们的水平和教学经验有限，对每章每节教学要求

的理解和例题、习题的选择一定存在许多缺点和问题，望广大读者多多提出宝贵意见。

本书编写中，我校物理组全体同志参加了部分工作。

北京市海淀区教师进修学校

1983年8月

目 录

第七章 动量	(1)
一、本章内容说明	(1)
二、学习指导	(2)
三、例题与习题	(21)
四、单元测验	(27)
第八章 机械振动和机械波	(32)
一、本章内容说明	(32)
二、学习指导	(33)
三、观察与实践	(56)
四、例题与习题	(57)
五、单元测验	(65)
第九章 气态方程 气体分子运动论	(71)
一、本章内容说明	(71)
二、学习指导	(72)
三、观察与实践	(93)
四、例题与习题	(94)
五、单元测验	(102)
第十章 内能 能的转化和守恒定律	(108)
一、本章内容说明	(108)

二、学习指导.....	(108)
三、观察与实践.....	(115)
四、例题与习题.....	(115)
五、单元测验.....	(122)

第七章 动 量

一、本章内容说明

本章内容是动力学的继续和深化。动力学的核心是牛顿第二定律，它是研究力的瞬时效果的，即质量一定的物体在某一时刻的加速度总是跟物体在该时刻受到的合外力的大小成正比。

即
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} .$$

我们经常遇到这样的情况，即物体受到持续力的作用，而且力的大小可能是变化的。那么当物体受到恒力（或变力）持续作用的情况下，所能引起物体运动状态变化的累积效果又如何呢？这就是本章研究的主题。

本章首先介绍了冲量、动量两个重要物理概念，接着讲述了力持续作用于物体在时间上的累积效果的规律——动量定理，最后又研究了物体相互作用时所遵从的动量守恒定律及这一定律的应用。

动量守恒定律是物理学最基本的规律之一，既适用于宏观物体间相互作用，也适用于微观粒子间的相互作用，具有普遍的意义。因此这一定律是本章的重点。

通过本章内容的学习，可以提高我们解决动力学问题的

能力，丰富我们研究动力学问题的方法和途径。

二、学习指导

1. 动量、冲量、动量定理

什么是力的冲量？什么是物体的动量？这两个物理概念的含意是什么？什么是动量定理？它是用来研究什么问题的？以上这些问题都是初学者极为关心的。

力学中一个十分重要的课题是研究作用力的效果，即力作用于物体会产生什么效果？前几章的知识已经告诉我们：第一，力可以使物体发生形变，这是静力学的主要课题；第二，力可以使物体的运动状态发生改变。这是动力学的主要课题。在研究第二种效果时，有一个力的瞬间作用的效果和力的持续作用的累积效果的区别。牛顿第二定律已经为我们解决了力的瞬时效果问题。动能定理解决了力的空间累积效果问题。

如果我们从时间的角度出发，研究力的作用在时间上的累积效果，会得到什么样的结论呢？

我们不妨回忆一下动能定理的结论，即

$$Fs = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2.$$

公式中的 Fs ，我们可以理解为力的空间累积效果，联想到这一点，我们可以把力的时间累积效果写成表达式 $\vec{F}\Delta t$ ，并且把它叫做力的冲量 $\vec{I}$ ，即

$$\vec{I} = \vec{F}\Delta t.$$

①

由动量定理 $\vec{F}\Delta t = \Delta \vec{p}$ 可知，力的冲量与物体的动量变化相联系，力的冲量是物体动量变化的原因。动量定理反映了力的时间累积效果所遵循的规律。

动量定理又可写成：

$$\vec{F}\Delta t = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1. \quad (2)$$

要了解②式的物理意义，首先要掌握动量 $m\vec{v}$ 的物理意义。为此，举例加以说明。

例如一列满载货物的列车，沿着平直的轨道高速奔驰，人们要想让它安全地立即停下来，肯定是办不到的。因为这列火车的质量很大，速度也很大，即质量和速度的乘积太大了，或者说这列火车的运动量太大了，实有不可阻挡之势。而一个骑自行车的人，当他遇到危险而作紧急刹车时，他就能较迅速地停下。这是由于自行车的质量小，速度也小，质量和速度的乘积（即 $m\vec{v}$ 的值）与前面提到的火车相比，是很小的，也就是说这辆自行车的运动量很小。

由上例的分析中可知：一个物体在某一时刻的 $m\vec{v}$ 的值，反映了这个物体在该时刻运动量的大小。即 $m\vec{v}$ 的值是物体运动量的量度，故取名动量。并以 $\vec{P}$ 表示，即 $\vec{P} = m\vec{v}$ 。

关于动量定理的有关问题再作如下说明。

(1) 动量是矢量，某一时刻动量的方向就是该时刻物体运动速度的方向。动量的合成与分解均遵从矢量运算法则。在直角坐标系中，动量的分量应为：

$$P_x = mv_x, \quad P_y = mv_y.$$

(2) 力是矢量，力的冲量也是矢量，冲量的方向就是作用力（合外力）的方向。冲量的方向总是跟物体的动量增量的方向一致。在直角坐标系中： $F_x\Delta t = \Delta p_x, F_y\Delta t = \Delta p_y$ 。

在应用动量定理时要先规定正方向。例如：

① 甲乙两球沿同一直线、同一方向运动时相碰，碰撞前后的情况见图 7-1 所示。

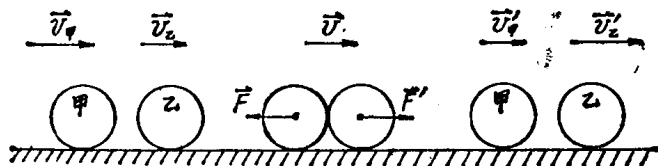


图 7-1

从图 7-1 中可知，甲球动量增量的方向如图 7-2(1) 所示，乙球动量增量的方向如图 7-2(2) 所示。



图 7-2

对比图 7-1 中两个球碰撞时的受力方向和图 7-2 中两个球动量增量方向可知，上述结论是正确的。

② 一个斜上抛物体，初速度 v_0 的方向与水平面成 30° 角，并运动至最高点，空气阻力不计。我们来研究物体在这一过程中冲量方向与物体的动量增量方向是否一致？这一过程的情况见图 7-3。

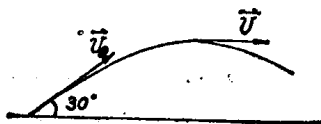


图 7-3

物体从抛出至最高点，受到的合外力 G 是竖直向下的，即重力的冲量方向竖直向下。在同一过程中，由于速度的增量的方向是竖直向下的，所以动量增量的

方向也是竖直向下的（图7-4）。可见重力的冲量方向与动量的增量的方向是一致的结论，具有普遍意义。



图 7-4

（3）如果某一物体同时受到几个外力的作用，②式中的 F 表示外力的合力，即表示合外力。举例如下：

① 质量为10千克的物体，从某一高度处下落，经10秒钟，速度增至80米/秒，求这一过程中物体受到的空气的平均阻力。

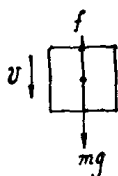


图 7-5

物体在下落过程中受到两个力的作用，即重力和空气阻力（图7-5）。

显然，合外力 F 为：

$$F = G - f = mg - f.$$

根据动量定理，规定速度方向为正方向。

$$(mg - f)t = mv - mv_0.$$

$$\text{解出 } f = mg - \frac{mv - mv_0}{t} = 10 \times 10 - \frac{10 \times 80 - 0}{10}$$

$$= 20 \text{ (牛顿)}.$$

方向和运动方向相反。

② 质量为20千克的物体沿粗糙的水平面运动，突然受到50牛顿水平拉力作用，拉力的方向与物体运动方向一致，开始施力时，速度为5米/秒，20秒后，速度增加到15米/秒，

求物体受到摩擦力是多大？

设拉力为 T ，摩擦力为 f 。

即合外力 F 为：

$$F = T - f.$$

根据动量定理，规定初速度方向为正方向

$$Ft = mv - mv_0,$$

$$(T - f)t = mv - mv_0,$$

$$f = T - \frac{mv - mv_0}{t} = 50 - \frac{20(15 - 5)}{20} = 40 \text{ (牛顿)}.$$

(4) 动量定理不仅适用于物体受到恒力作用，也适用于变力作用。碰撞或冲击时，两个相互作用的物体受到的冲力就是变化的力。这时动量定理中的力 F ，就是作用力对时间的平均值 $\bar{F}$ 。

如图 7-6 所示，质量为 1 千克的木球，沿着光滑水平地面运动，速度为 10 米/秒，当它与竖直墙碰撞后，又以 8 米/秒的速度反向弹回，若碰撞时间为 0.1 秒，求墙受到的平均冲力是多大？

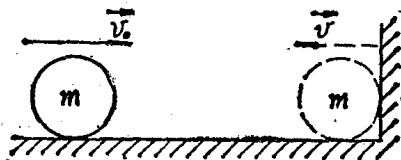


图 7-6

取木球为研究对象，设木球受到墙的平均冲力为 $\bar{F}$ 。根据动量定理，规定 v_0 方向为正方向。

$$\bar{F}t = mv - mv_0.$$

$$\begin{aligned}\bar{F} &= \frac{mv - mv_0}{t} \\ &= \frac{1 \times (-8) - 1 \times 10}{0.1} \\ &= -180 (\text{牛顿}).\end{aligned}$$

负号表示力的方向与速度 v 的方向相反。

设墙受到的平均冲力为 $\bar{F}'$ ，根据牛顿第三定律有：

$$\bar{F}' = -\bar{F} = 180 \text{ 牛顿}.$$

$\bar{F}'$ 的方向垂直指向墙面。

巩固练习

(1) 有人说：“物体的动量越大，说明它受到的力的冲量也越大。”这种说法对吗？为什么？

(2) 有人认为：物体受到的力的冲量越大，则物体的动量必然大。这种看法对吗？为什么？

(3) 从19.6米的高处平抛出一个质量为5千克的物体，经2秒落地，求物体受到的重力的冲量是多大？如果落地时物体的动量是200千克·米/秒，那么，物体的初速度是多大？

2. 动量的变化

课本217页图7-3的闪光照片表明，两个质量不同的滑块，原来都处于静止状态，通过弹簧相互作用而分离，通过每秒钟闪光次数及闪光照片上的线度，可计算出大滑块的速度小，小滑块的速度大，但是动量的变化总是大小相等方向相反，即 $\Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2$ 。

课文218页—219的图7-5所示的闪光照片，表明大滑块朝着静止的小滑块运动，碰撞后结合在一起运动，速度减

小，其结果还是保持如下的关系：两者的动量变化的大小相等方向相反，即 $\Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2$ 。

初学者对于这种情况不太理解，认为运动方向总是一致的，为什么说动量变化的方向相反呢？

设大滑块向右运动，其动量及动量的变化见图 7-7，动量的方向向右，而动量变化的方向却向左。

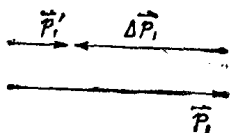


图 7-7

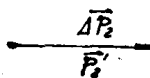


图 7-8

原来静止的小滑块，碰撞后随大滑块一起向右运动，显然碰撞前的动量为零，碰撞后的动量就是动量的变化量，方向应向右(图7-8)。由图7-7、图7-8可知， $\Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2$ 的结论是正确的。

课本219页—220页图7-6、图7-8的闪光照片，是反映象牙球（或钢球）发生斜碰的情况，碰撞的结果仍然有如下的关系：

$$\Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2.$$

课本219页图7-7是矢量分析图，其中矢量三角形的虚线有向线段表示 $\Delta \vec{p}_1$ ，而 $\Delta \vec{p}_2$ 的方向在该图中未表示出来， $\Delta \vec{p}_2$ 的方向从图7-6的闪光照片中可以看出，是沿右上方的，即球2的运动方向，实际上是跟表示 $\Delta \vec{p}_1$ 的虚线有向线段的方向是反的。

有的初学者根据课本图7-7上标出的数据提出疑问：

$$\Delta P_2 = 0.481 \text{ 千克/秒,}$$

$$\Delta P_1 = P_1' - P_1 = 0.559 - 0.247 = 0.312 (\text{千克米/秒}),$$

由此看来，两者动量变化的大小不相等了。为什么还说相等呢？

关键在于这些初学者忘记了 $\Delta \vec{p}_1 = \vec{p}_1' - \vec{p}_1$ 不是代数式，而是矢量式。他们的计算方法是错误的。

巩固练习

(1) 质量为100克的小球沿水平地面作直线运动，初速度 $v_0 = 20$ 米/秒，经 t 秒钟后，速度变为 $v = 5$ 米/秒，若速度的方向向右，那么小球在 t 秒内的动量变化量是多大？方向如何？作出矢量图。

(2) 质量为100克的小球以 20 米/秒作匀速直线运动，经 t 秒钟后与墙碰撞而反向弹回，弹回的速度为 5 米/秒，求碰撞前后的动量及动量变化量的大小和方向。并作出矢量图。

(3) 质量为50克的小球从20米的高处自由落下，与地面碰撞后反跳高度为10米，求小球与地面碰撞过程中的动量改变量。（ $g = 10$ 米/秒²，空气阻力不计）

3. 动量守恒定律

动量守恒定律是本章的核心内容。

课本216页—220页的《动量的变化》一节中所阐明的三个实验，尽管实验的条件不同，结论却是相同的，即 $\Delta \vec{P}_1 = -\Delta \vec{P}_2$ 。

$$\because \Delta \vec{P}_1 = \vec{P}_1' - \vec{P}_1,$$

$$\Delta \vec{P}_2 = \vec{P}_2' - \vec{P}_2,$$

$$\therefore \vec{P}_1' - \vec{P}_1 = -(\vec{P}_2' - \vec{P}_2),$$

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}_1' + \vec{P}_2'.$$

①

$\vec{P}_1 + \vec{P}_2$ 表示两个物体作用前的总动量， $\vec{P}_1' + \vec{P}_2'$ 表示两个物体作用后的总动量。①式的物理意义是：两个物体组

成的物体系统在不受外力或所受外力的合力为零的条件下，这个物体系统的总动量是保持不变的。

课本虽然仅仅是以两个物体组成的系统作为讨论对象，但理论和实验都证明：多个物体组成的物体系统也遵从上面的规律。因此我们的结论是：系统不受外力或所受外力的合力为零，这个系统的总动量就保持不变。这就是动量守恒定律。其表达式为：

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \cdots = \vec{P}'_1 + \vec{P}'_2 + \cdots \quad (2)$$

$$\text{或 } m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \cdots = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 + \cdots \quad (3)$$

动量是矢量，动量守恒定律可以写成分量的形式：当系统符合如下条件时，即：

$$\text{当 } \Sigma \vec{F} = 0 \quad \text{时，则} \quad \Delta \vec{p} = 0.$$

$$\text{其分量式：当 } \Sigma F_x = 0, \text{ 则 } \Delta p_x = 0.$$

$$\text{当 } \Sigma F_y = 0, \text{ 则 } \Delta p_y = 0.$$

如果 $\Sigma F_x \neq 0$ ，而 $\Sigma F_y = 0$ ，这时 $\Sigma F \neq 0$ ，所以 $\Delta P \neq 0$ ，从整体上看物体系统的动量不再守恒。但是，由于 $\Sigma F_y = 0$ ，即沿 y 轴方向所受外力的合力为零，根据力的独立作用原理可知：沿 y 轴方向的动量是守恒的。即

$$\text{当 } \Sigma F_y = 0 \text{ 时，}$$

$$\text{有 } \Delta P_y = 0.$$

以上就是沿某一方向的动量守恒定律，下面的实验便是例证。

取两个质量相等的弹性球 A 与 B ，用等长的丝线拴住小球，且并排相靠悬于木架上（图7-9）

先使 A 球偏离竖直方向 α 角，然后释放 A 球， A 球运动到最低点时与 B 球发生弹性正碰， A 球经碰撞后停止运动， B