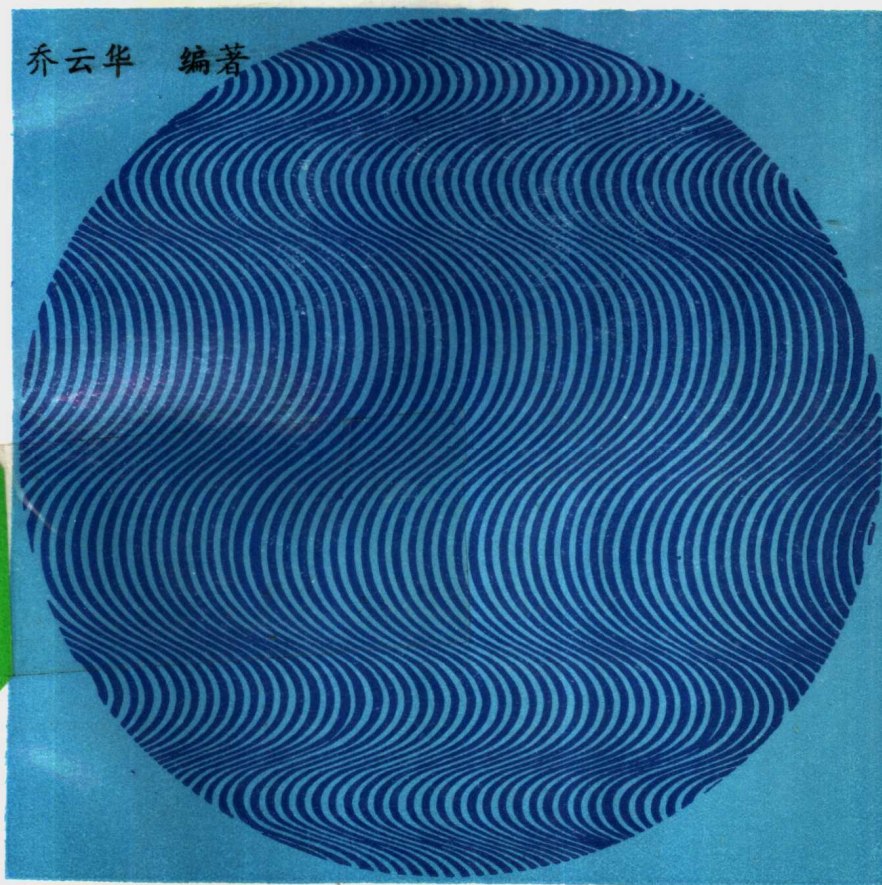


高中物理教与学新探

(中 册)

乔云华 编著



北京师范学院出版社

高中物理教与学新探

(中 册)

乔云华 编著

北京师范学院出版社

内 容 简 介

本书是作者多年指导高中物理总复习教学改革成功经验的总结。是受到众多专家肯定的教学研究新成果。其教学方法与传统方法不同，有其自己独特模式。本书有立体网络型知识结构；能力培养注重思维的发散性；例题注重解法的多样化；练习多为作者自编，新颖、有趣，巧妙。该书是物理教师教学改革的参考资料，也可供高中学生复习参考。

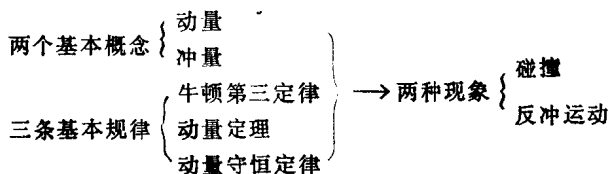
全书共三册，本书为中册。

目 录

第四章 物体的相互作用	(1)
§1 牛顿第三定律	(1)
§2 动量定理	(10)
§3 动量守恒定律	(42)
§4 碰撞	(69)
§5 反冲运动	(88)
第五章 曲线运动 万有引力	(96)
§1 曲线运动	(97)
§2 平抛物体的运动	(111)
§3 斜抛物体的运动	(135)
§4 匀速圆周运动	(154)
§5 万有引力定律及其应用	(196)
第六章 机械能	(215)
§1 功、功率和能	(215)
§2 动能定理	(245)
§3 机械能守恒定律	(265)
综述 怎样解物理题	(293)

第四章 物体的相互作用

本章所讲述的知识不仅在力学中，而且在整个物理学领域中都居于重要地位，它的任务就是揭示物体相互作用时所遵循的规律，它所涉及的主要内容是：



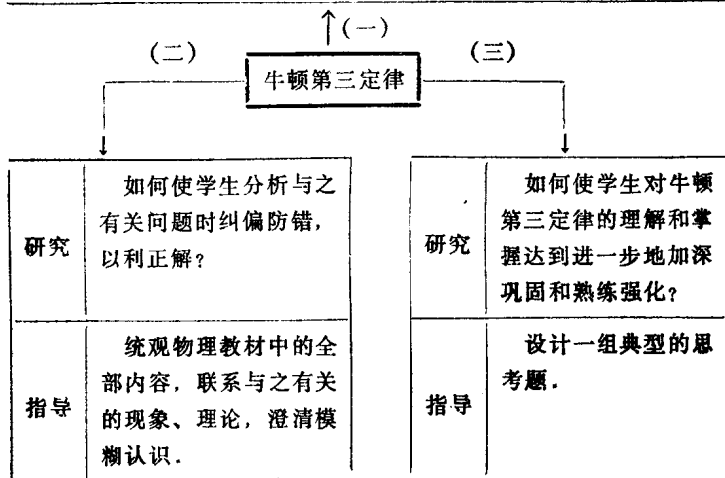
下面，按照教材编排顺序通过五方面，牛顿第三定律、动量定理、动量守恒定律、碰撞、反冲运动及其应用，来对本章所讲述的知识进行研究。

§1 牛顿第三定律

牛顿第三定律是牛顿运动定律的重要组成部分，没有牛顿第三定律就不能表述物体间相互作用的关系。只有掌握了包括牛顿第三定律在内的牛顿三定律，才能全面认识物体间的相互作用及其产生的效果，

一、教研指导

研究	如何引导学生加深理解和掌握牛顿第三定律?
指导	从牛顿第三定律的物理涵义、物理实质及其所考察的研究对象和它反映的“物体间的力的相互作用性”这四个角度着手



二、教研详解

(一)引导学生从以下四方面来加深理解和掌握牛顿第三定律

1. 牛顿第三定律的物理涵义

两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等,方向相向——这就是牛顿第三定律.

2. 牛顿第三定律的物理实质

可从以下两方面来加深理解牛顿第三定律的实质：

(1) 牛顿第三定律独立地反映了力学规律的一个重要侧面，它是牛顿第一、第二定律的重要补充，牛顿第一定律、牛顿第二定律、牛顿第三定律，这三条定律之间有着内在的联系，三者作为一个整体，构成了牛顿力学的理论基础。

牛顿第一定律的实质意义在于揭示了物体的一种重要的基本属性——惯性，并定性地反映了物体机械运动状态的变化决定于其它物体对它的作用，即决定于物体所受的外力。牛顿第二定律定量地描述了物体机械运动状态的变化与所受合外力之间的必然关系，即具体地确定了加速度和力、质量之间的定量关系。但是这两个定律考虑的对象都仅仅是一个给定的受力物体，而没有反映出物体之间相互作用的规律。然而事实上自然界中一切“力”的现象都不是施力物体对受力物体单方面的作用，而总是表现为物体之间的相互作用，由牛顿第三定律的物理涵义可看出，牛顿第三定律正是定量地反映出了物体间力的这种相互作用所遵循的规律的。

(2) 牛顿第三定律是以力为基本概念的定律，它确定了物体在相互作用的每一瞬间相互作用力的大小和方向的关系。

牛顿第三定律指明了质点运动的最终原因，在物体体系内部，在于质点之间的相互作用；指明了一个真实存在的力的标志，在于总能找到它的反作用力，并在其它物体的运动中表现出来。

牛顿第三定律阐明了有关力的一般性质的规则（这一点请读者自己分析和总结）。

3. 牛顿第三定律考察的对象

牛顿第三定律考察的对象总是相互作用着的物体系统的

整体。如果我们考察的对象只是两个物体的局部，则牛顿第三定律就不一定成立，例如图4-1所示的两个通电直导线间的作用力，电流 I_1 受到电流 I_2 的磁场的作用力 F_1 与电流 I_2 受到电流 I_1 的磁场作用力 F_2 显然并不反向，而是相互垂直的。

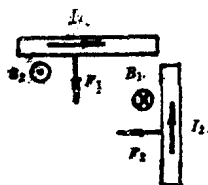


图 4-1

说明 象图4-1中的无“头”无“尾”的两段孤立电流在实际中是不存在的，它们总是闭合回路的一部分，如果要研究电流 I_1 与 I_2 的全部间的相互作用，可以证明：将安培定律的表达式

$$dF_{12} = K \frac{I_1 I_2 dl_2 \times (dl_1 \times \hat{r}_{12})}{r_{12}^2}$$

沿闭合回路积分，得到的合成作用力总是与反作用力大小相等、方向相反即满足牛顿第三定律的。

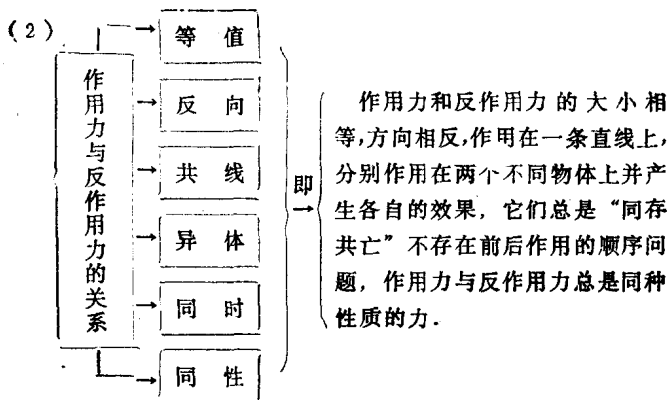
4. 牛顿第三定律所反映的“物体间力的作用的相互性”

关于“物体间力的作用的相互性”应了解和掌握以下三个问题：

(1) 物体间的力的作用总是相互的，每个力都有“施”“受”双方，而每个施力者也必然是受力者，反之每个受力者也同时是施力者。我们称这对力为作用力和反作用力。

说明 要区别哪个是作用力，哪个是反作用力是没有实际意义的，作用力和反作用力可以任意选择，一个被选做作用力，另一个就是反作用力。习惯上我们常把研究对象受到的力称为作用力，而把研究对象对其它物体所施的力叫反作用力。

(3) 物体间的相互作用形式（参见《上册》第一章的第一节）



(二)应用牛 顿第三定律分析、解决问题时应注意的问题

1. 注意区别一对作用力与反作用力和一对平衡力

两对力 区 别	一对作用力和反作用力	一 对 平 衡 力
牵涉物体	两个物体, 它们互为施力物和受力物	三个物体, 两个施力物所施的力共同作用在另一个物体上
力的性质	力的性质一定相同	力的性质不一定相同
力的效果	作用力和反作用力分别作用在不同物体上产生各自的效果	两个力共同作用在一个物体上, 使它保持平衡
力的变化	同时产生、同时变化、同时消失	一个力变化或消失时, 另一个力不一定变化或消失

2. 牛顿第三定律与参照系的选择无关

牛顿第三定律所阐明的物体间的作用力与反作用力的关系，不仅适用于静止的物体之间，也适用于运动的物体之间，与参照系的选择无关。

3. 牛顿第三定律在力学领域中是普遍适用的

但需要引起我们注意的是并非一切物理现象都遵从牛顿第三定律。例如若把牛顿第三定律应用于电磁场，分析两个运动的带电粒子间的作用力时，将会遇到困难。这时两个带电粒子间的相互作用并不是在瞬间从一个粒子立即施加给另一粒子的，电磁相互作用是以有限速度即以光速传播的，在相互作用传播的过程中，分别作用于带电粒子的力并不符合牛顿第三定律；另外，运动电荷之间的电磁相互作用即使在它们传播好后也是不满足牛顿第三定律的。

(三)一组有关牛顿第三定律的典型思考题

思考

4-1 作用力和反作用力在相同时间间隔内必满足：

- A. 作用力的功与反作用力的功相同；
- B. 作用力的功与反作用力的功大小相同，但符号相反；
- C. 作用力与反作用力的冲量相同；
- D. 作用力与反作用力的冲量大小相同，但方向相反。

答：D

4-2 试判断下面哪种说法是正确的？

A. 在自由飞行的宇宙飞船中，纵使赤脚踢大石子，脚也不会感到疼痛；

B. 严格地讲，陨石从高空落向地面是陨石和地球彼此相向运动的；

C. 尽管人不能抓住自己的头发把自己提起来,但有些头足类软体动物象乌贼、水母等却可以利用类似的方法使自己在 水中游动;

D. 火箭之所以会飞,是因为利用它在里面燃烧的火药所产生的气体来推开空气的.

答: B、C.

4-3 试应用牛顿第三定律加以分析和说明:

(1) 既然作用力和反作用力大小相等、方向相反,为什么“切留斯金”号船会在北极发生惨剧?

(2) 能否由固定在船上的鼓风机对着帆吹风来推动船前进?

答: (1) 当北极的冰紧挤住“切留斯金”号船身的时候,它的舷也同样用相等的力压在冰上. 至于发生惨剧,那是因为强大的冰块抵住了船壳的压力,没有被压碎;可是船身呢,虽然是钢做的,却不是实心的,所以经受不住这种压力,到底被冰压坏了,致使发生了惨剧.

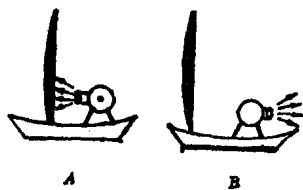


图 4-2

(2) 鼓风机要对着帆吹风,必置于帆后,向前吹风(如图4-2A),帆受到风的作用后,确会得到向前的作用力,但空气对鼓风机本身却产生一个向后的作用力. 前者的大小不可能大于后者,最多两者数值

相等,但方向相反,船仍然无法前进,若考虑空气的阻力时,向前的力只能小于向后的力,因而,船不但不能前进,反而会后退.

要使船前进, 只有将鼓风机背着帆向后吹风 (如图4-2

B)，这时鼓风机得到一个向前的力，船才会前进。

4-4 在等臂的平台天平的两盘中，一边站着一个人，另一边分别放着盛水的容器(如图4-3A)、密闭的箱子(其中有鸟静伏在箱底，如图4-3B)、电磁铁(如图4-3C)，两边的



图 4-3

重力恰相平衡。问：在下面几种情况下天平是否还会保持平衡？若不能保持平衡，将会发生怎样的变化？

(1) 站在右边秤盘上的人把手指伸入左边容器的水中，但不跟容器底接触(说明：左右两盘离的很近，人伸手指时，可认为其重心位置保持不变)。

(2) 鸟在箱内飞起与飞翔；

(3) 电磁铁电路(图中未画出电路)接通的那一时刻(铁块被吸离了盘底又未到达电磁铁)。

答：(1) 天平将不保持平衡，天平向盛水容器一边倾斜。

(2) 当鸟匀速飞翔时天平仍能保持平衡。

当鸟起飞时，或向上加速飞行，或向下减速飞行时，由于有一铅直向上的加速度，空气对鸟的向上托力必大于鸟的重力，因此，由牛顿第三定律可知，箱底受到空气的压力也大于鸟的重力，致使鸟箱端重，天平向鸟箱一边倾斜。

反之，当鸟铅直向下加速，或向上减速飞行时，则有一铅直向下的加速度，空气对鸟的托力小于鸟的重力，因此，由牛顿第三定律可知，箱底受到空气的压力也小于鸟的重力，鸟箱端轻，天平向站人端倾斜。

(3) 铁块被吸而离开天平盘的瞬间，铁块有一向上的加速度，电磁铁对铁块的吸引力必大于铁块的重力，因此，由牛顿第三定律可知，铁块虽然离开了天平盘，对天平不产生直接的压力，但却对电磁铁产生一个向下的拉力，这个拉力大于铁块本身的重力，故天平将不再保持平衡，向电磁铁端倾斜。

4-5 质量为 m 的蹄形磁铁，两极面立 在无摩擦的桌面

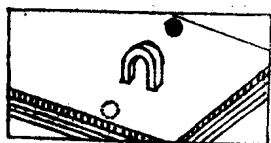


图 4-4

上。一个质量为 m 的钢球从很远的地方以速度 v 滚向磁铁，并且通过磁铁滚到对面的远处。假定吸引力 F 随距离而变，而且在磁铁的前方和后方都相同（如图4-4）。

问：(1) 磁铁和钢球谁先到达它们距离的中点？

(2) 磁铁和钢球的末速度各是多大？

答：(1) 由牛顿第三定律可知，磁铁和钢球它们每时每刻所分别受到的相互间作用力的大小是相等的；又由题设条件可知，磁铁和钢球的质量相等，所以我们根据牛顿第二定律可判断出，磁铁和钢球它们各自运动的加速度的大小在每时每刻也是相等的，考虑到磁铁的初速度为零，钢球的初速度为 v ，因而可判断出，钢球先到达它们距离的中点。

(2) 由于磁铁与钢球之间的磁力，使它们相向地作加速运动。磁铁从静止开始加速，钢球从初速 v 开始加速。当钢球和磁铁在相向运动靠近时，力(加速度)稳定地增加，直到钢球从磁铁的两“腿”中间穿过，它们之间的力很快地经过零值而反向。当钢球离开磁铁时，作用于钢球和磁体的力是减速力，对每一个分离距离值，减速力与它们相互接近时的加速力大小相等而方向相反。在一个很大的分离距离上，磁铁将

达到静止，钢球将慢至它的初速度 v 。

注：对上题的第(2)问，我们也可把它归结为弹性碰撞的问题，根据动量守恒定律和能量守恒定律自然也可得到上述的答案。

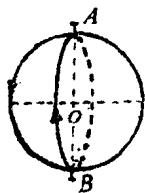


图 4-5

4-6 有两个半径相等竖直放置的环形导体，可以绕轴线 AB 自由转动，把它们放在互相垂直的位置上，如图4-5所示。如果通过它们的电流的方向如图中箭头所示，问它们将发生怎样的运动？

答：它们同时转动起来，并互相靠近，从上往下看，带虚线的线圈逆时针转，另一个线圈顺时针转，最后转到同一平面，电流方向相同，两个圆环几乎重迭。

4-7 马戏团里有这样的表演节目：一个人站在大圆球上，并使球滚动。问他怎样才能站住不动？又怎样才能前进？

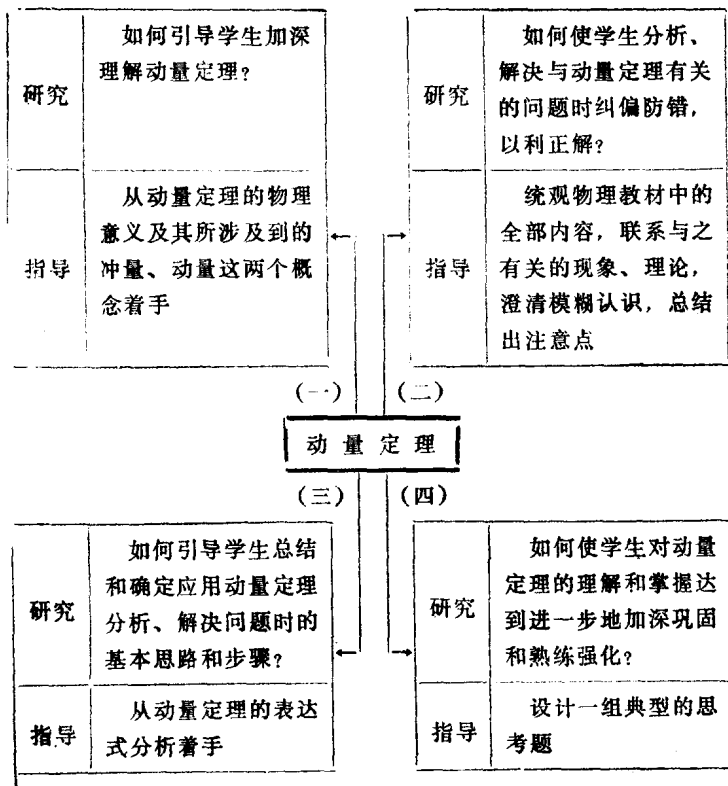
答：两脚向左右分开站立在球顶上，就可以站得稳。如果他要向左方前进，只要向右移动脚步即可；反之，如果他要向右方前进，只要向左移动脚步即可。

§2 动量定理

作为在牛顿运动定律基础上派生出来的动量定理，它跟牛顿运动定律一样，在物理学中占居着相当重要的地位。一方面是它从不同于牛顿运动定律的另一侧面阐明了物体相互作用所遵循的规律；另一方面，更重要的是它为我们研究、探索更为复杂的运动现象，饶有趣味的一些问题的规律和特征带来了方便和可能。因而，它不仅是本章而且也是整个

中学物理中学习的重点。

一、教研指导



二、教研详解

(一) 引导学生加深理解动量定理

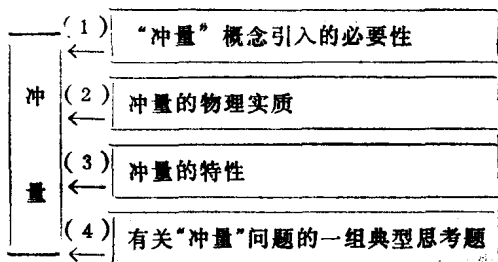
物体所受合外力的冲量等于它的动量的变化, 这个结论叫做动量定理, 用表达式表示就是

$$Ft = p' - p$$

可从以下三方面来对动量定理的物理涵义加深理解:

1. 动量定理表示的是力在一段时间内连续作用所产生的累积效果, 它表述了一个过程矢量与两个状态矢量间的关系即物体所受外力的冲量等于这个力对物体作用的终、始两时刻物体动量的增量。

2. 动量定理表达式 “ $Ft = p' - p$ ” 中等号左边中的 “ Ft ” 是力和作用时间的乘积, 叫做冲量, 它是物体受到的合力的冲量, 也可理解为各力冲量的矢量和, 如果在一个过程中物体先后受到几个力的作用, 它也可以是每个力在不同时间里的冲量的矢量和。关于 “冲量” 还应结合以下四个问题加深对其含义地理解:



(1) “冲量” 这个概念引入的必要性

在有些比较复杂的问题中, 如在碰撞过程中, 物体相互作用的时间极短, 但力却很大, 而且力在这段短暂的时间内变化十分剧烈, 因此很难对力和物体的加速度作准确地测量; 况且对这类问题有时也并不需要了解每一时刻的力和速度的变化问题, 而只要了解力在作用时间内的累积作用和它所产生的效果即可。象这类问题, 虽然原则上可以用牛顿运动定律来研究, 但实际上却很不方便。为了能简单地处理这类问

题，就需要应用“冲量”这一概念。

(2) 冲量的物理实质

冲量是描述作用力的时间累积效果的物理量，也就是说冲量是定量地反映了力作用于物体上一段时间这个物理过程中所引起的动量变化。一句话冲量是使物体动量变化的原因，也是动量变化的量度，力施加冲量的过程就是物体与物体之间进行动量传递的过程。

(3) 冲量的特性

① 冲量是一个过程矢量（某个过程或某段时间内的矢量），因此我们提到冲量首先应明确是哪个力或哪几个力的合力在哪段时间内的冲量；其次要明确冲量的“过程性”即只要有力，而且力作用了一段时间，那么不论此力的大小，作用时间的长短，总有力的冲量；再次要明确冲量的“矢量性”即冲量不仅有大小而且有方向，它可以象力一样依据平行四边形法则进行合成与分解。

② 当作用力 F 是恒力时，其冲量就可直接由定义式来确定，即冲量的大小等于“ Ft ”，冲量的方向就是作用力的方向；当作用力 F 是变力时，其冲量应由动量定理来确定，即冲量的大小和方向就是动量增量的大小和方向。

③ 物体相互作用时作用力的冲量与反作用力冲量也象作用力和反作用力一样满足这样的关系：等值、反向、共线、异体、同时、同性（具体地解释可参看本章第一节）。

(4) 有关“冲量”问题的一组典型思考题

思考

4-8 试判断下面哪种说法是正确的？

A. 作变速运动的物体，在任何一段时间内所受的冲量必不为零；