

物理

知识精讲与能力训练

(高中二年级用)

(增补本)

说明：因教育部在2003年5月份对人教版新教材审订时，增加第八章和第九章两章内容，将部分标题略作变动，（其他内容基本未变），我们及时组织作者对《知识精讲与能力训练》做了更正与内容补充。该书增补本虽为读者查阅带来不便，但该书是今年投放市场最新、最全的版本，望广大读者鉴别。

本书编写组

2003年6月



+ 人民日报出版社

目 录 (正)

(上 册)

第八章 动量(见增补本第 1 页)

- 第一节 冲量和动量(见增补本第 1 页)
- 第二节 动量定理(见增补本第 7 页)
- 第三节 动量守恒定律(见增补本第 13 页)
- 第四节 动量守恒定律的应用(见增补本第 19 页)
- 第五节 反冲运动 火箭(见增补本第 25 页)
- 第八章综合检测试题(见增补本第 32 页)

第九章 机械振动(见增补本第 35 页)

- 第一节 简谐运动(见增补本第 35 页)
- 第二节 振幅、周期和频率(见增补本第 42 页)
- 第三节 简谐运动的图象(见增补本第 47 页)
- 第四节 单摆(见增补本第 52 页)
- 第五节 相位(见增补本第 59 页)
- 第六节 简谐运动的能量 阻尼振动(见增补本第 62 页)
- 第七节 受迫振动 共振(见增补本第 67 页)
- 第九章综合检测试题(见增补本第 72 页)

第十章 机械波 (3)

- 第一节 波的形成和传播 (3)
- 第二节 波的图象 (7)
- 第三节 波长、频率和波速 (15)
- 第四节 波的衍射 (32)
- 第五节 波的干涉 (35)
- * 第六节 驻波 (41)
- 第七节 多普勒效应 (45)

第八节 次声波和超声波(略)	
第十章综合检测试题	(46)
期中综合检测试题(见增补本第 76 页)	
第十一章 分子热运动 能量守恒	(51)
第一节 物质是由大量分子组成的	(51)
第二节 分子的热运动	(59)
第三节 分子间的相互作用力	(64)
第四节 物体的内能 热量	(69)
第五节 热力学第一定律 能量守恒定律	(80)
第六节 热力学第二定律	(86)
第七节 能源 环境	(88)
第十一章综合检测试题	(92)
第十二章 固体、液体和气体	
★第一节 固体(见增补本第 81 页)	
★第二节 固体的微观结构(见增补本第 81 页)	
★第三节 液体 表面张力(见增补本第 81 页)	
★第四节 毛细现象(见增补本第 81 页)	
★第五节 液晶(见增补本第 81 页)	
★第六节 伯努利方程(见增补本第 85 页)	
★第七节 湍流现象(略)	
第八节 气体的压强	(101)
第九节 气体的压强、体积、温度间的关系	(109 - 144)
第十二章综合检测试题	(145)
第十三章 电场	(150)
第一节 电荷 库仑定律	(150)
第二节 电场 电场强度	(158)
第三节 电场线	(164)
第四节 静电屏蔽	(171)
第五节 电势差 电势	(178)
第六节 等势面	(184)
第七节 电势差与电场强度的关系	(191)
第八节 电容器的电容	(197)

第九节 带电粒子在匀强电场中的运动	(202)
★第十节 静电的利用和防止(略)	
第十三章综合检测试题	(213)

(下 册)

第十四章 恒定电流	(245)
第一节 欧姆定律	(245)
第二节 电阻定律 电阻率	(254)
第三节 半导体及其应用(见增补本第 89 页)	
第四节 超导及其应用(见增补本第 92 页)	
第五节 电功和电功率	(259)
第六节 闭合电路欧姆定律	(264)
第七节 电压表和电流表 伏安法测电阻	(277)
第十四章综合检测试题(A 卷)	(334)
第十四章综合检测试题(B 卷)	(339)
第十五章 磁场	(344)
第一节 磁场 磁感线	(344)
第二节 安培力 磁感应强度	(353)
第三节 电流表的工作原理	(366)
第四节 磁场对运动电荷的作用	(374)
第五节 带电粒子在磁场中的运动 质谱仪	(389)
第六节 回旋加速器	(408)
第十五章综合检测试题(A 卷)	(418)
第十五章综合检测试题(B 卷)	(422)
第十六章 电磁感应	(426)
第一节 电磁感应现象	(426)
第二节 法拉第电磁感应定律——感应电动势的大小	(439)
第三节 楞次定律——感应电流的方向	(453)
第四节 楞次定律的应用	(459)
第五节 自感现象	(480)
第六节 日光灯原理	(487)

★第七节 涡流(略)	
第十六章综合检测试题(A卷)	(492)
第十六章综合检测试题(B卷)	(497)
期中综合检测试题	(502)
第十七章 交变电流	(508)
第一节 交变电流的产生和变化规律	(508)
第二节 表征交变电流的物理量	(516)
第三节 电感和电容对交变电流的影响	(524)
第四节 变压器	(529)
第五节 电能的输送	(539)
★第六节 三相交变电流	(547)
第十七章综合检测试题	(555)
第十八章 电磁场和电磁波	(559)
第一节 电磁振荡	(559)
第二节 电磁振荡的周期和频率	(566)
第三节 电磁场	(573)
第四节 电磁波	(575)
第五节 无线电波的发射和接收(略)	
第六节 电视 雷达(略)	
第十八章综合检测试题	(580)
高二毕业会考模拟试题	(583)
附录:能力训练与综合检测试题参考答案	
	(增补本第96页)和(588)

第八章 动 量

第一节 冲量和动量

知 识 精 讲

【学习指导】

1. 冲量

(1)为什么要引入冲量的概念

因为对一定质量的物体,力所产生的改变物体速度的效果,是由力 F 与力的作用时间 t 的乘积 Ft 这个物理量决定的.既然力和力的作用时间的乘积可以用来描述力的某种作用效果,所以物理学中就把它作为一个物理量引入.

(2)冲量的定义和单位

定义:力 F 和力的作用时间 t 的乘积 Ft 叫做力的冲量(定义式: $I = Ft$).

单位:在国际单位制中,冲量的单位是牛秒,符号是 $\text{N}\cdot\text{s}$.

(3)冲量是矢量,它的方向是由力的方向决定的.

(4)冲量的物理意义

冲量是描述作用在物体上的力对时间累积效应的物理量,冲量是改变物体运动状态的一种作用.

因为力的冲量总与具体的作用过程相联系,因而它是一个过程量.

(5)冲量的绝对性

在经典力学中,由于力与力的作用时间均与参考系的选取无关,故力的冲量也与参考系的选取无关.

2. 动量

(1)动量的定义和单位

定义:物体的质量 m 和速度 v 的乘积 mv 叫做动量.定义式为: $p = mv$.

单位:在国际单位制中,动量的单位是千克米每秒,符号是 $\text{kg}\cdot\text{m/s}$.

可以证明,动量的单位跟冲量的单位是相同的: $1\text{N} = 1\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$,故 $1\text{N}\cdot\text{s} = 1\text{kg}\cdot\text{m/s}$.但在应用中要各自使用自己的单位.

由定义式 $p = mv$ 可知,动量与物体的瞬时速度相对应,所以动量具有瞬时性.

(2) 动量是矢量

它的方向与速度的方向相同.动量的运算服从矢量运算规则,即要按平行四边形定则进行.对于做直线运动的物体,若先选定一个正方向,则动量的运算可以简化成代数运算.

(3) 动量的物理意义

动量是描述物体运动状态的物理量.物体处在一定的状态下,就具有确定的动量,因而动量是一个状态量.

(4) 动量的相对性

由于物体在某一时刻的运动速度,对不同的参考系来说并不相同,因此物体的动量与参考系的选取有关,即动量具有相对性.中学阶段一般选取地球为参考系.

3. 动量的变化的计算

设初状态时物体的动量为 p ,末状态时物体的动量为 p' ,则物体动量的变化 $\Delta p = p' - p$.式中 p 、 p' 、 Δp 均为矢量,须按矢量运算规则进行运算.

当 p 和 p' 在一条直线上时,可选定一个正方向,确定 p 和 p' 的值,代入公式 $\Delta p = p' - p$ 进行计算,计算结果为正值,说明 Δp 的方向与所取的正方向相同;为负值说明 Δp 的方向与所取的正方向相反.

【巧学妙思】

1. 怎样确定变力冲量的方向?

当物体受到的作用力为恒力或虽非恒力但方向始终不变时,该力冲量的方向与力的方向相同.当物体受到的作用力的方向不断改变时,根据定义确定冲量方向比较困难.对于其中比较简单的情况,可

以用矢量累加的方法去求。

[例 1]质量 $m = 1\text{kg}$ 的物体在水平外力作用下沿着粗糙的水平面运动,先由西向东运动了 5s ,接着又由南向北运动了 4s ,物体与平面间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$,求在这个过程中摩擦力的冲量。(g 取 10m/s^2)

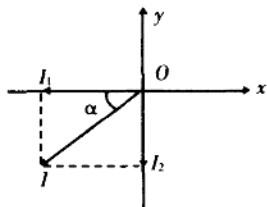


图 8-1

解析:

前 5s 内与后 4s 内的摩擦力均为恒力,故摩擦力在前 5s 内的冲量 I_1 及在后 4s 内的冲量 I_2 可分别求出.用作图法或投影法均可求出总冲量 I . $I = I_1 + I_2$.投影法的解题方法如下:

建立直角坐标系如图 8-1,使 x 轴正方向由西向东, y 轴正方向由南向北,则:

$$I_{1x} = -\mu mgt_1 = -0.2 \times 1 \times 10 \times 5\text{N}\cdot\text{s} = -10\text{N}\cdot\text{s} \quad I_{1y} = 0$$

$$I_{2x} = 0 \quad I_{2y} = -\mu mgt_2 = -0.2 \times 1 \times 10 \times 4\text{N}\cdot\text{s} = -8\text{N}\cdot\text{s}$$

所以,摩擦力的总冲量 I 的分量分别为:

$$I_x = -10\text{N}\cdot\text{s} \quad I_y = -8\text{N}\cdot\text{s}$$

$$I \text{ 的大小为 } I = \sqrt{I_x^2 + I_y^2} = 12.8\text{N}\cdot\text{s}$$

$$I \text{ 与 } x \text{ 轴负方向之间的夹角 } \alpha = \text{tg}^{-1} 0.8$$

2. 当 p' 与 p 不在一条直线上时如何求 Δp ?

因为 p' 和 p 都是矢量,要求 Δp 可有二法:一为作图法,即以 p' 和 $(-p)$ 为邻边作平行四边形, Δp 的大小和方向就可以用这两个邻边之间的对角线表示出来;二为投影法,即将 p' 和 p 分别投影到直角坐标系的 x 轴和 y 轴上,并分别计算 $\Delta P_x = P'_x - P_x$ 和 $\Delta P_y = P'_y - P_y$,最后再求出 Δp 的大小,并表示出它的方向。

[例 2]如图 8-2 所示,一个质量为 0.2kg 的钢球,以 2m/s 的速度斜射到坚硬的大理石板上,入射的角度是 45° ,碰撞后被斜着弹出,弹出的角度也是 45° ,速度仍为 2m/s .求钢球动量变化的大小和方向。

解法一:作图法(略)

解法二:投影法.方法如下:

在钢球所在的竖直面内建立直角坐标系,使 x 轴正方向水平向右, y 轴正方向竖直向上,则有

$$v_x = -2\sin 45^\circ = -\sqrt{2} \text{ m/s}, \quad v_y = -2\cos 45^\circ = -\sqrt{2} \text{ m/s}$$

$$v'_x = -2\sin 45^\circ = -\sqrt{2} \text{ m/s}, \quad v'_y = 2\cos 45^\circ = \sqrt{2} \text{ m/s}$$

$$\text{即 } \Delta p_x = m(v'_x - v_x) = 0$$

$$\Delta p_y = m(v'_y - v_y) = 0.2 \times 2\sqrt{2} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$\text{所以, } \Delta p = \Delta p_y = 0.4\sqrt{2} \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.57 \text{ kg} \cdot \text{m/s}.$$

其方向与 y 轴正方向同,即竖直向上.

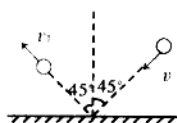


图 8-2

能力训练

【双基过关】

一、选择题

1. 对于力的冲量的说法, 正确的是 ()

A. 力大, 力的冲量也一定大
 B. 力大, 力的冲量不一定大
 C. 当物体处于静止状态时, 各个力的冲量一定都等于零
 D. 冲量是矢量, 不仅有大小, 而且有方向

2. 如图 8-3 所示, 两个质量相等的物体, 从同一高度沿倾角不同的两个光滑斜面由静止自由滑下到达斜面底端, 在这个过程中 ()

A. 重力的冲量相同
 B. 弹力的冲量相同
 C. 滑至底端时的动量相同
 D. 滑至底端时的速率相同

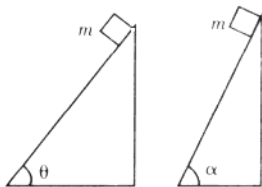


图 8-3

3. 关于动量, 下列说法中不正确的是 ()

A. 速度大的物体, 它的动量一定大
 B. 动量大的物体, 它的速度也一定大
 C. 只要物体运动的速率不变, 物体的动量就不改变
 D. 做竖直上抛运动的物体, 返回到抛出点时的动量与初动量相同

二、填空题

4. 质量为 50g 的钢球, 以 10m/s 的水平速度与竖直墙碰撞后, 仍以 10m/s 的水平速度反弹回去, 在这个过程中小球动量变化的大小为 _____, 方向为 _____.

5. (本学科内综合题) 在地面上以速度 v_0 竖直向上抛出一个质量为 m 的物体, 物体从抛出到落地过程中动量变化的大小为 _____, 方向

_____ ;物体在全过程中受到的冲量大小为 _____ ,方向为 _____ .

三、计算题

6. 一粒 50 g 的子弹以 400 m/s 的初速度射入木板中,从木板穿出时的速度为 100 m/s ,求子弹在穿过木板的过程中动量的变化.

第二节 动量定理

知识精讲

【学习指导】

1. 动量定理

(1) 定理的内容、表达式

内容:物体所受合外力的冲量等于物体的动量变化.

表达式: $Ft = mv' - mv = P' - P$, 或 $Ft = \Delta P$

式中 F 为物体所受的合外力, P 为初动量, P' 为末动量, t 为合外力的作用时间.

(2) 定理的物理意义及表达式的矢量性

动量定理揭示了合外力的冲量与物体动量变化之间的因果联系,合外力冲量为因,物体动量变化是果.

表达式的左边为合外力的冲量,右边为动量的变化,二者均为矢量,因此动量定理的表达式是矢量关系式.对做直线运动的物体,在选定一个正方向之后,式中各个矢量即可用代数量来表示,对未知量可先以正值代入,计算结果为正时,说明它的方向与选定的正方向相同,为负值说明它的方向与选定的正方向相反.

(3) 定理的适用条件

既适用于恒力,也适用于变力;式中的 v 、 v' 必须是对同一惯性参考系的速度.

2. 动量定理的应用

(1) 要得到很大的作用力

当物体的动量变化一定(即 ΔP 一定)时,要得到很大的作用力,由 $Ft = \Delta P$ 可知,须尽量减少作用时间 t . 打击问题即属此类应用.

(2) 要尽量减小力的作用

当物体的动量变化一定时,要使作用力尽量小,由 $Ft = \Delta P$ 可知,必须尽量延长力的作用时间 t . 缓冲装置即属此类应用.

【巧学妙思】

1. 利用动量定理巧求变力冲量

从上节我们知道,冲量的定义式 $I = Ft$,只能用来求恒力的冲量,而不能用来求变力的冲量.学习动量定理之后,我们可以利用动量定理巧求变力冲量.

[例1]如图8-4所示,质量为 m 的小球紧靠在被压缩了的弹簧上,松手后在弹簧的作用下,小球被加速,当小球的速度达到 v 时与弹簧脱离,求从松手到脱离的过程中弹力的冲量.



图 8-4

解析:

小球运动过程中,弹簧对小球的作用力显然是变力,且弹簧的劲度系数 k 及形变量 x 均不清楚,故既不能用定义式求弹力的冲量,也无法用图解法求冲量.但由于物体所受合外力即等于弹簧的弹力,而小球的动量变化可求,故利用动量定理即可求得弹力的冲量.取小球运动方向为正方向,由动量定理 $I = mv - 0$.

即弹力的冲量大小为 mv ,方向与 v 同.

[例2]光滑水平桌面一个质量为 m 的小球在细线的拉力作用下,绕 O 点以角速度 ω 做匀速圆周运动,已知细线长为 L ,求小球转过 $\pi/2$ 的过程中,绳对小球的冲量大小是多少?

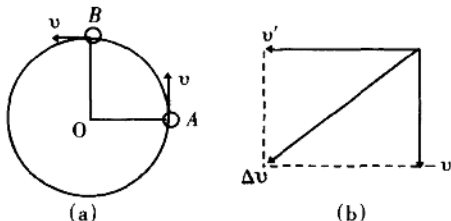


图 8-5

解析:

小球在竖直方向上所受的重力与支持力为一对平衡力,水平方向只受到绳的拉力作用如图 8-5(a),因此小球所受的合力即等于绳的拉力.

小球由 A 转到 B,速度的增量大小由图 8-5(b)可知为 $\Delta v = \sqrt{2}v = \sqrt{2}\omega L$

所以,小球动量变化的大小为

$$\Delta P = m\Delta v = \sqrt{2}mv = \sqrt{2}m\omega L$$

根据动量定理 $I_{\text{合}} = \Delta P = \sqrt{2}mv = \sqrt{2}m\omega L$

即在这一过程中绳对小球的冲量大小为 $\sqrt{2}m\omega L$.

2. 利用动量定理巧求匀变速曲线运动物体的动量变化

要求匀变速曲线运动物体在 t 内的动量变化,若根据定义式 $\Delta P = P' - P$ 去求(P 已知),则先需将匀变速曲线运动分解为两个相互垂直的分运动(一为匀速直线运动,一为匀变速直线运动),并分别求出 t 秒末时的两个分速度;再根据运动合成法则,求出 t 秒末的速度 v' 及动量 P' ;最后再根据定义应用矢量运算方法求得 ΔP ($\Delta P = P' - P$).这一方法颇为繁复,不可取.若用动量定理来解,则甚为便捷,只须求出合力(恒力)的冲量,即可知动量的变化.

[例 3] 从距地面高 h 处以水平初速度 v_0 抛出一个质

量为 m 的小球,求:

① 从抛出到落地的这段时间内,小球动量的变化.

② 小球落地时的动量.

解析:

① 小球在空中飞行时,只受到重力 mg 作用,飞行

时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. 根据动量定理

$$\Delta P = mgt = mg\sqrt{\frac{2h}{g}} = m\sqrt{2gh}, \Delta P \text{ 的方向与重力相同(竖直向下)}.$$

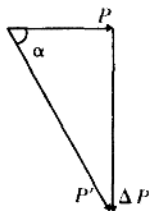


图 8-6

②小球的初动量 $P = mv_0$, 方向水平. 设小球落地时的动量为 P' . 则 $P' = \Delta P + P$, 如图 8-6 所示.

$$P' = \sqrt{P^2 + \Delta P^2} = \sqrt{(mv_0)^2 + (m\sqrt{2gh})^2}$$

$$\text{所以, } P' = m\sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

$$P' \text{ 与水平方向的夹角 } \alpha \text{ 为: } \alpha = \arctg \frac{\sqrt{2gh}}{v_0}.$$

3. 利用动量定理求平均作用力

动量定理既适用于恒定的外力, 也适用于随时间而变化的变力.

在后一种情况下, 动量定理中的力 F 应理解为变力在作用时间内的平均值.

[例 4] 用 5.0kg 的铁锤把道钉打进铁路的枕木里去, 打击时铁锤的速度是 5.0m/s. 如果打击的时间 0.01s, 求打击时的平均作用力. 不计铁锤的重力.

解析:

打击时, 铁锤受力如图 8-7 所示. 取竖直向上的方向为正方向. 不计铁锤的重力, 只考虑铁锤受到的道钉的作用力 F . 铁锤在这个力作用下, 在 $t = 0.01\text{s}$ 内, 速度由 $v = -5.0\text{m/s}$, 变为 $v' = 0$. 应用动量定理即可求出平均作用力:

$$F = \frac{P' - P}{t} = \frac{mv' - mv}{t} = \frac{0 - 5.0 \times (-5.0)}{0.01} \text{ N} = 2.5 \times 10^3 \text{ N}$$

道钉所受的打击力 F' , 与铁锤所受的力大小相等, 方向相反, 也是 $2.5 \times 10^3 \text{ N}$.

注意:

- 铁锤对道钉的打击力实际上并非恒力, 而是变力. 利用动量定理可以求出变力在作用时间内的平均值.
- 当打击作用时间很短时, 因为打击力远大于重力 (如本题), 故计算时可不计铁锤的重力. 若打击作用时间不是很短时, 则物体的重力不能忽略不计.

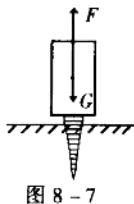


图 8-7

能力训练

【双基过关】

一、选择题

- 关于力的冲量和物体的动量之间的关系,正确的是 ()
 - 物体所受合外力的冲量越大,物体的动量就越大
 - 物体所受合外力的冲量越大,物体受到的冲力也一定越大
 - 物体所受合外力的冲量越大,物体的动量变化也一定越大
 - 上述说法均不正确
- 在光滑的水平地面上,有两个静止的物体 A 和 B ,它们的质量分别为 m 和 $2m$,当它们同时受到相同的水平力 F 作用相等的一段时间后,下列说法正确的是 ()
 - 物体 A 的动量大
 - 物体 B 的动量大
 - 两个物体的动量一样大
 - 条件不足,无法判定
- 甲、乙两个物体的质量相同,以相同的初速度在粗糙的水平面上滑行,甲物体比乙物体先停下来,下面说法正确的是 ()
 - 甲物体所受的冲量大
 - 乙物体所受的冲量大
 - 两物体所受的冲量一样大
 - 条件不够,无法比较
- 质量相等的物体 P 和 Q ,并排静止在光滑的水平面上,现用一水平恒力 F 推物体 P ,同时给 Q 一个与 F 同方向的瞬时冲量 I ,使两物体开始运动,当两物体重新相遇时,所经历的时间为 ()
 - I/F
 - $2I/F$
 - $2F/I$
 - F/I

二、填空题

- 质量为 0.4 kg 的足球以 5 m/s 的速度迎面飞来,被守门员一脚踢回,速度为 20 m/s ,在此过程中,守门员所受的冲量大小为_____.

【拔高挑战】

- 原来静止的质点受到两个相互垂直的恒力 F_1 和 F_2 的作用,其中

F_1 的大小为 10N, 作用时间为 4s; F_2 的大小为 8N, 作用时间为 5s. 该质点在此过程中动量变化的大小为 _____, 动量变化的方向跟 F_1 的方向夹角为 _____.

三、计算题

7. 如图 8-8 所示, 质量分别为 m_A 和 m_B

的两木块紧挨着置于光滑的水平地面上, 现有一质量为 m 的子弹以水平速



图 8-8

度 v 射入木块, 若子弹对木块的作用力恒为 f , 子弹穿过木块 A 和 B 的时间分别为 t_A 和 t_B , 求子弹穿出 A 、 B 后子弹及两木块的速度.