

● 思远教辅精品绿色通道系列丛书 ●

■ 依据《课程标准》《考试大纲》编写

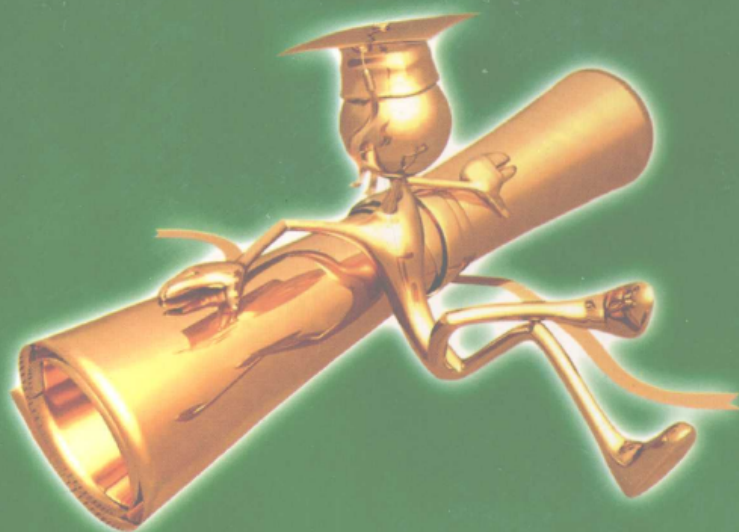


绿色通道

□ 丛书主编 贾鸿玉

● 学生用书

高中
同步
用书



物 理

高二上册

天津人民美術出版社



品牌教辅 畅销全国
GREEN PASSAGE

绿色通道

高中同步用书

物理

高二上册

丛书主编/贾鸿玉

本册主编/吕印权

副主编/张春明

喻小东

编委/常素丽

王建更

李常成

李铁成

庞 炜

王小燕

黄 琴

韩云利

李英志

王贵军

陈华领

张清芳

崔礼庆

杜 平

任文果

冀 笋

邹春晖

齐素玲

王辉锋

张书杰

冯亚民

天津人民美術出版社

L S T D

绿色通道



图书在版编目 (CIP) 数据

高中同步用书. 高二物理. 上册/贾鸿玉主编; 吕印权,
编著. —天津: 天津人民美术出版社, 2008. 2
(绿色通道)
依据《课程标准》、《考试大纲》编写
ISBN 978-7-5305-3626-1

I. 高… II. ①贾… ②吕… III. 物理课—高中—
教学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第020707号

敬告读者:

《高考绿色通道》系列的成功, 引发盗版仿作的狂潮, 为了
维护著作和广大消费者的合法权益, 请远离盗版, 我们坚决打击
盗版, 维护知识产权。

书 名: 绿色通道·高二物理

出 版 人: 刘子瑞 责任编辑: 邢立宏 技术编辑: 高 振
封面设计: 思远文化 营销策划: 老 多 责任印制: 刘艳娜

出版发行: 天津人民美术出版社 邮编: 300050
地 址: 天津市和平区马场道150号 电话: (022) 23287429
经 销: 全国新华书店 印刷: 河北光明印业有限公司

版 次: 2008年2月第1版 2008年2月第1次印刷
开 本: 860×1200 1/16 印 张: 152
印 数: 0001-30000 全套定价: 304.00元 (共九册)

(如出现印装错误, 请与承印厂家调换)

思远《高考绿色通道》丛书在继承以往优秀成果的基础上,更加注重创新,强化知识的系统与综合应用。学生也已逐步适应了高中的学习方式和氛围,对基础知识有了一定的把握,寻找其中的规律,强化记忆,弥补知识系统链中不完整处,这对于基础知识的巩固和较深入的学习都会有很大的帮助。

本丛书以“创新、实用”两点为总原则,增加新教材的内容。该内容包括充实了相关的信息、材料,每一知识点增加测试反馈、评估的内容,检测学生学习能力达成的情况,编写过程中还补充了新题型、新情景、新材料,修正传统教辅书中存在的问题,并使教材最新补充部分得到充分体现。整套丛书不但可作为学生同步练习使用,也可作为学生课下自主探究;更是教师备课、讲课和布置练习的好助手。

思远《高考绿色通道》丛书有以下几个特点:

讲解细致完备

全面的剖析,对知识点的讲解自然更细致。一些问题及例题、习题后的特殊点评标识,能使学生对本专题的知识掌握起来难度更小,更易于理解和记忆,学生可以有针对性地选择,以实现在较短时间里对某一整块知识学透、练透的愿望。

栏目科学实用

丛书编者多为全国知名的高考研究专家和富有教学经验的特级教师。主要栏目有“双基概要”“名师辅导”“技巧解说”“基础练习”“模拟提高”“课外拓展”等内容,有较强的针对性和指导意义。

设题规范有度

丛书习题内容都经过编写者的反复推敲斟酌和认真梳理。从培养学生创新能力和实践能力出发,书中还精编、精选了许多“创新题”“模拟题”,并做了精辟分析,努力使学生从习题的形式到内容都适应高考的要求。

学科联系密切

丛书充分体现在新旧知识网络的交汇点处和能力层次的交叉区内命题的原则,生动演绎“在知识的交汇点上出新颖题型,考查学生能力”的思想,即一个问题面临多个知识点的组合,多种解法的选择,注重对学科内知识的综合渗透,适度体现跨学科综合渗透的思想,突出综合性。

答案细致有序

丛书从实战出发,经典问题、梯度难题等从各个方面细细剖析,还配上标准答案以供参考,可谓详细之至。有利于提高学生的知识水平、能力水平和素质水平。具有较强的针对性、指导性和实用性,有助于学生结合具体教学内容进行巩固练习。

思远《高考绿色通道》丛书策划部不断根据市场调研的反馈,及时调整丛书的编排体例,也衷心感谢全国师生在使用中及时提出各类宝贵意见,我们相信:这套倾注了众多专家、名师心血的丛书,必将成为广大高中学生的良师益友,定能引领你走上高考成功的绿色通道。

思远《高考绿色通道》丛书策划部于北京

鸣谢:丛书的策划、编写及审定得到了北京师范大学、华中师范大学、人大附中、景山中学、湖南师大附中等单位的专家、特高级教师的鼎力相助,特此致谢!

心血铸品牌

思远《高考绿色通道》丛书总序

绿色伴君行

高考状元 ——你的成功秘密是什么？

一、从没想过当状元

当面对“是否想过当状元”这个问题时，几乎所有的状元都回答了“没有”。原因也惊人的相似：其一，要保持良好的心态，急功近利反而会无功而返；其二，状元是偶然因素与必然因素作用的结果，不可强求；其三，状元仅仅是个称号，并无多大实际意义。状元的光环并没有冲昏他们的头脑，良好的心态是他们成功的关键。

结论：不想当将军的士兵不是好士兵，但一心想着当状元的学生往往当不上状元。

二、学习环境宽松

绝大部分状元在谈及成功的因素时，大都会感谢父母和老师给了自己一个轻松的环境。父母不看重名次、老师不看重分数，而都是注重给考生营造良好宽松的学习氛围，注意给考生塑造积极向上的考试心态。如此一来，考生没有了包袱，轻装上阵，自然能发挥出平时的水平。

不过话说回来，状元们之所以会得到家长和老师如此的态度，其基础是对考生的充分信任，考生“毋须扬鞭自奋蹄”的学习态度是父母老师敢于这么做的关键所在。

结论：壁立千仞，无欲则刚！自觉的考生无须太多管教，宽松的环境往往孕育成功。

三、注重方法，讲求效率

很多状元都强调，其实自己和一般的同学没什么两样。若要真说起状元与众不同的地方，应该是善于学习、注重方法、讲求效率。

为什么很多状元既能玩又能学还能兼顾参加课外活动？因为讲求效率。为什么很多状元学习起来得心应手，考起来左右逢源？因为注重方法。细节之处见真章，汲取、总结出适合自己的学习方法，是状元们成功的不二法门。

状元们有一个共同的心得，方法因人而宜，不见得对别人有用的方法就对自己也有用。如果想着用别人现成的方法，往往生搬硬套，效果也就可想而知了。

结论：勤奋是路，方法是灯，照亮前程。

四、立根源在课本中，紧跟老师不放松

他们认为，考试的内容在课本上都能找出答案，而课本上提供的方法和思路，又往往是最基础、最普遍的。更有状元同学把“对政治课本目录的深刻理解”作为自己高考的一个重要经验。而且，状元们大都不会脱离老师而自己另辟蹊径，老师们丰富的经验成为了他们高考成功的利器。深刻理解了课本，课堂上跟着老师走，也就打牢了基础，扎稳了根基。这样，就像一个内功深厚的武林高手，在高考的“江湖”里便可以任尔东西南北风了。

结论：基础扎实、吃透课本、紧跟老师。

第八章 动 量

第一课时	冲量和动量	1
第二课时	动量定理	7
第三课时	习题课(一)	12
第四课时	动量守恒定律	15
第五课时	动量守恒定律的应用	20
第六课时	反冲运动、火箭	26
第七课时	习题课(二)	31
第八课时	习题课(三)	34
第九课时	实验:验证动量守恒定律	38
单元小结		43
综合能力测试		44

第九章 机械振动

第一课时	简谐运动	47
第二课时	振幅 周期和频率	52
第三课时	简谐运动的图象	57
第四课时	单摆	62
第五课时	简谐运动的能量 受迫振动 共振	67
第六课时	实验:用单摆测定重力加速度	73
单元小结		77
综合能力测试		79

第十章 机械波

第一课时	波的形成和传播	81
第二课时	波的图象	86
第三课时	波长、频率和波速	92
第四课时	习题课	97
第五课时	波的衍射 波的干涉	100
第六课时	多普勒效应 次声波和超声波	106
单元小结		111
综合能力测试		111
高二上学期期中综合能力测试		114

第十一章 分子热运动 能量守恒

第一课时	物体是由大量分子组成的	116
第二课时	分子的热运动	120
第三课时	分子间的相互作用力	124
第四课时	物体的内能 热量	127
第五课时	热力学第一定律 能量守恒定律	133
第六课时	热力学第二定律 能源 环境	137
第七课时	实验:用油膜法估测分子的大小	141
单元小结		143
综合能力测试		145

第十二章 固体、液体和气体

第一课时	气体的压强	147
第二课时	压强 体积 温度间的关系	151
单元小结		155
综合能力测试		155

第十三章 电 场

第一课时	电荷 库仑定律	157
第二课时	习题课(一)	163
第三课时	电场 电场强度	166
第四课时	电场线	171
第五课时	静电屏蔽	175
第六课时	电势差 电势	181
第七课时	等势面	186
第八课时	电势差和电场强度的关系	191
第九课时	习题课(二)	195
第十课时	电容器 电容	198
第十一课时	带电粒子在匀强电场中的运动	203
第十二课时	习题课(三)	209
第十三课时	用描迹法画出电场中平面上的等势线	212
单元小结		215
综合能力测试		217

高二上学期期末综合能力测试	219
---------------------	-----

参考答案	221
------------	-----

第8章

动量

高考考纲要求

知识点	要求	说明
动量、冲量、动量定理	Ⅱ	动量定理和动量守恒定律的应用只限于一维的情况
动量守恒定律	Ⅱ	
动量知识和机械能知识的应用(碰撞、反冲、火箭)	Ⅱ	
航天技术的发展和宇宙航行	I	

2008年《考试大纲》对各部分知识内容要求掌握的程度,在“知识内容表”中用字母I、II标出。I、II的含义如下:

I. 对所列知识要知道其内容及含义,并能在有关问题中识别和直接使用它们。

II. 对所列知识要理解其确切含义及与其他知识的联系,能够进行叙述和解释,并能在实际问题的分析、综合、推理和判断等过程中运用。

高考考情分析

从历年的高考试题中可以看到,在高考中本章知识考查的重点是动量定理和动量守恒定律,单纯关于动量问题并不是太多,其分值约占全卷的10%左右。一般在选择、填空、解答三种题型中均有出现。

由于动量守恒定律研究的对象是相互作用的物体所构成的系统,因此,在高考中,其所涉及的物理情境往往较

为复杂,且常常需要将动量和机械能问题结合起来考虑,特别是多次出现动量守恒和能量守恒相结合的综合计算题。有时是压轴题,有时还与带电粒子在电场和磁场中的运动等联系起来综合考查。故对同学们的能力要求较高。具体表现在对理解、推理能力的要求更高了,包括正向推理问题和逆向推理问题。对较复杂的物理问题或新的具体问题的分析、综合能力要求较高。同时对运用数学知识解决物理问题的能力要求较高。因此,对本章的综合训练应予以重视,以提高同学们综合解决问题的能力。

本章综合解说

全章综述

这一章可以看作是牛顿力学的进一步拓展,主要学习动量的概念以及动量定理和动量守恒定律。教材从汽车启动的具体实例出发,根据牛顿第二定律和运动学公式,经过演绎推理得出,进而引入动量和冲量的概念,然后讲述动量定理、动量守恒定律及其应用,为解决力学问题开辟了新的途径。因此,这一章是力学部分的重点篇章。

重点难点

本章学习重点:动量、冲量、动量定理、动量守恒定律、反冲运动、碰撞

本章学习难点:

1. 冲量和动量的矢量特性,特别是对动量变化方向的理解和判定。

2. 对动量定理和动量守恒定律的理解和应用。

学习方法指导

学习本章知识,要联系前面的动能、功的概念,注意动量与动能、力的冲量、力做功的区别。注意动量和冲量的方向,理解从牛顿运动定律所派生出的动量定理和动量守恒定律,掌握定律的适用条件,培养从动量的思维角度分析和解决物理问题的能力。

第一课时

冲量和动量

课时目标导航

知识目标

1. 理解动量的概念,知道动量的定义,知道动量是矢量。
2. 理解冲量的概念,知道冲量的定义,知道冲量是矢量。
3. 知道动量的变化是矢量,会正确计算一维的动量变

化。

能力目标

4. 会计算力的冲量和物体的动量。
5. 会计算一维情况下动量的变化。

情感、态度、价值观目标

6. 培养创新思维能力,建立正确的认识论和方法论。





重点难点解读

考点一 力的冲量

1. 冲量

(1)定义:作用在物体上的力和力的作用时间的乘积,叫做该力对物体的冲量。

(2)公式:通常用符号 I 表示冲量,即 $I = Ft$ 。

(3)理解冲量概念必须明确的要点

①冲量的时间性:冲量不仅由力决定,还由力的作用时间决定,恒力的冲量等于力与力的作用时间的乘积,此公式 $I = Ft$ 只适用于恒力。

②冲量的矢量性:对于具有恒定方向的力来说,冲量的方向与力的方向一致;对于作用时间内方向变化的力来说,冲量的方向与相应时间内动量的变化量的方向一致,冲量的运算应用平行四边形定则。(详见下节内容)

③冲量的绝对性:由于力和时间都跟参考系的选择无关,所以力的冲量也跟参考系的选择无关。

④单位:在国际单位制中,力 F 的单位是 N ,时间 t 的单位是 s ,所以冲量的单位是 $N \cdot s$,动量与冲量的单位关系是: $1kg \cdot m/s = 1N \cdot s$,但要区别使用。

思维拓展

a. 冲量描述的是力 F 对作用时间 t 的累积效果。力越大,作用时间越长,冲量就越大。

b. 冲量是一过程量,讲冲量必须明确研究对象和作用过程,即必须明确是哪个力在哪段时间内对哪个物体的冲量。

c. 计算冲量时,一定要明确是计算分力的冲量还是合力的冲量,如果是计算分力的冲量还必须明确是哪个分力的冲量。

d. 在 $F-t$ 图象上的面积,就是力的冲量,如图 8-1-1 所示,若求变力的冲量,仍可用“面积法”表示,如图 8-1-2 所示,还可以求平均力 $\bar{F} = \frac{I}{t}$ 。

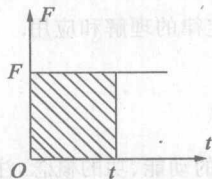


图 8-1-1

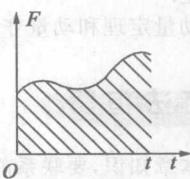


图 8-1-2

e. 作用力和反作用力的冲量大小相等,方向相反,即 $I = -I'$ 。

2. 冲量的计算

冲量的表达式 $I = Ft$ 只适用于计算恒力的冲量,要计算变力的冲量一般可采用动量定理。对于多个力的作用,即计算合力的冲量,可分两种情况:第一种情况,当各个力作用的时间相同时, $I_{\text{合}} = F_{\text{合}} t$;第二种情况,当各个力作用的时间不同时, $I_{\text{合}} = F_1 t_1 + F_2 t_2 + F_3 t_3 + \dots$,是每个力冲量的矢量和。

3. 力和冲量的区别和联系

力和冲量的区别及联系:力 F 和力的冲量 Ft 都是描述力对物体作用的物理量,都是矢量。但力是瞬时作用量,有力的作用,物体的运动状态就会发生变化,即产生加速度,而力的冲量是一个与时间有关的过程作用量,要改变物体的速度必须经过一段时间的作用才能实现。此外,冲量的方向一般不是力的方向。

4. 冲量和功的区别

①冲量的定义式为 $I = Ft$,功的定义式为 $W = Fscos\theta$,即冲量表示作用力在时间上的积累效果,功表示作用力在空间上的积累效果。

②冲量是矢量,既有大小又有方向,而功是标量,只有大小没有方向。求物体所受的合冲量应按矢量合成法则来计算,而求物体所受外力的总功只需要按代数和来计算。

③有力有位移必有冲量,而有力有位移不一定做功还与角度有关,如图 8-1-3 所示,在滑块下滑的过程中,斜面对滑块的支持力 N 不做功,但支持力的冲量不为零。

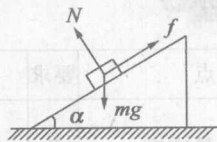


图 8-1-3

④冲量和功都是过程量,它们都只与力的作用过程相联系。冲量是量度动量变化多少的,并不是动量的多少,正像功是量度物体能量变化多少的,并不是能量多少一样。

误点点拨

误区 1:力的方向就是冲量的方向。(×)

点拨:如果在力的作用时间内,力的方向保持不变,则力的方向就是冲量的方向。如果力的方向在不断变化,如一绳拉一物体做圆周运动,则绳的拉力在时间 t 内的冲量就不能说与力的方向相同。对于方向不断变化的力的冲量,其方向可以通过动量变化的方向间接得出。学习过动量定理后,自然也就明白了。

误区 2:物体不运动时,力对物体没有冲量。(×)

点拨:冲量是描述力对物体作用一段时间的累积效应的物理量,物体所受某个力的冲量只取决于该力及其作用时间,与物体的运动状态无关。只要有作用力存在,又有一定的作用时间,这个力的冲量就不能为零。

自主练习 1-1

一匹马拉着货车从甲地到乙地,在这段时间内,下列说法中正确的是 ()

- 马拉车的冲量大于车拉马的冲量
- 两者互施的冲量大小相等
- 如果中间某段时间马拉车,而车不动,马的拉力对车的冲量为零
- 无法比较冲量大小

考点二 动量

1. 理解动量 $p = mv$

(1)由于速度 v 具有瞬时性,所以动量 mv 是描述物体某一瞬间所具有的瞬时值,即动量是状态量。

(2)由于速度 v 是矢量,故动量 mv 也是矢量,其方向与速度的方向相同。

(3)动量具有相对性。由于物体的运动速度与参考系的选择有关,所以物体的动量也跟参考系的选择有关。选取不同的参考系时,物体的动量具有不同的数值,通常在没有特别说明的情况下,物体的动量是指物体相对于地球而言的。

(4)动量的大小由物体的质量与物体运动的速度大小共同决定,物体的质量越大,速度越大,其动量越大。

(5)当物体的速度大小变化,或速度方向变化,或速度的大小和方向都变化时,物体的动量都将发生变化。

2. 动量 P 与速度 v 、动能 $\frac{1}{2}mv^2$ 的区别

(1) 动量与速度的区别: 动量和速度都是描述物体运动状态的物理量, 它们都是矢量, 动量的方向与速度的方向相同. 速度是运动学中描述物体运动快慢的物理量, 在运动学中只需知道物体的快慢, 而无须知道物体的质量, 例如两个运动员跑百米, 是比速度的大小, 而无须考虑运动员的质量; 动量是动力学中描述物体运动状态的物理量, 可以直接反映物体受到外力的冲量后, 其机械运动的变化情况, 动量是与冲量及物体运动变化的原因相联系的. 如以相同速度向你滚过来的铅球和足球, 你敢用脚踢哪一个? 当然是足球, 因为足球的质量小, 让它停下来所需的冲量小.

(2) 动量与动能的区别: 动量是矢量, 动能是标量, 物体动量变化时, 动能不一定变化; 但动能一旦发生改变, 动量必发生变化, 如做匀速圆周运动的物体, 动量不断变化而动能保持不变.

动量的大小与速度成正比, 动能大小与速率的平方成正比. 不同物体动能相同时动量可以不同, 反之亦然. $p = \sqrt{2mE_k}$, 常用于比较动能相同而质量不同的物体的动量大小; $E_k = \frac{p^2}{2m}$, 常用来比较动量相同而质量不同物体的动能大小.

误点点拨

误区: 只要速度的大小没有变化, 物体的动量就没有变化. (×)

点拨: 动量是矢量, 它的大小或方向发生了变化, 动量就发生了变化. 只有速度的大小和方向都不变, 物体的动量才不变.

自主练习 2-1

下列关于动量的说法正确的是 ()

- A. 质量大的物体动量一定大
- B. 质量和速率都相同的物体的动量一定相同
- C. 一物体的速率改变, 它的动量一定改变
- D. 一物体的运动状态变化, 它的动量一定改变

考点 动量的变化 Δp

1. 因为 $p = mv$ 是矢量, 只要 m 的大小、 v 的大小和 v 的方向三者中任何一个或几个发生了变化, 动量 p 就发生变化.

2. 动量变化量 Δp 也称为动量的增量, 是末动量 p_t 与初动量 p_0 的矢量差 $p_t - p_0$.

3. 动量变化量 Δp 是矢量, 由 $\Delta p = p_t - p_0 = mv_t - mv_0 = m\Delta v$, Δp 的方向与速度的改变量 Δv 的方向相同.

4. 以下是几种特殊运动的动量变化情况

① 物体做匀速直线运动时, 其动量不变——动量的大小和方向都不变.

② 物体做自由落体运动时, 其动量时刻改变——动量的方向不变, 但大小时刻改变.

③ 物体做匀速圆周运动时, 其动量时刻改变——动量的大小不变, 但方向时刻改变.

④ 物体做平抛运动时, 其动量时刻改变——动量的大小时刻改变, 方向也时刻改变.

⑤ 在曲线运动中, 由于物体的速度方向时刻改变, 所以物体的动量也时刻改变.

5. 动量的变化与参考系的选取无关.

6. 比较冲量、动量和动量的变化量

物理量	冲量	动量	动量的变化
定义	力和力的作用时间的乘积	质量和速度的乘积	末动量和初动量之差
表达式	$I = Ft$	$p = mv$	$\Delta p = p' - p$
单位	牛秒 (N·s)	千克米每秒 (kg·m/s)	千克米每秒 (kg·m/s)
方向	与 F 的方向相同	与 v 的方向相同	与 Δv 的方向相同
性质	过程矢量	状态矢量	过程矢量

思维拓展

曲线运动 (如平抛运动, 圆周运动) 中速度方向时刻都在发生变化, 因此, 其动量方向亦时刻变化, 计算做曲线运动的物体在一段时间内动量的变化量 Δp , 可按照平行四边形定则进行.

解法一: 直接合成 (如图 8-1-4 所示)

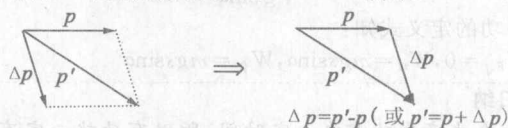


图 8-1-4

解法二: 先分解, 后合成 (如图 8-1-5 所示).

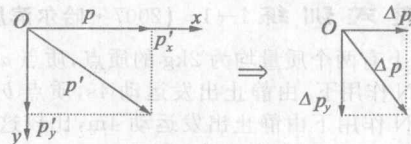


图 8-1-5

自主练习 3-1

一个质量是 0.1 kg 的钢球以 6 m/s 的速度水平向右运动, 碰到一个坚硬的障碍物后被弹回, 沿着同一直线以 6 m/s 的速度水平向左运动 (图 8-1-6). 碰撞前后钢球的动量有没有变化? 变化了多少?

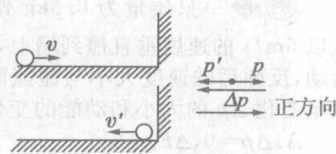


图 8-1-6



典例师生互动

题型一 冲量和功的比较与计算

例 如图 8-1-7 所示,倾角为 α 的光滑斜面长为 s ,一个质量为 m 的物体自 A 点由静止滑下,在由 A 到 B 的过程中,求斜面对物体的弹力的冲量、重力的冲量以及合外力的冲量(斜面固定不动)和它们对物体所做的功。

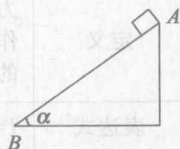


图 8-1-7

分析:本题主要考查冲量和功的区别与联系。

解析:物体沿光滑斜面下滑,加速度 $a = g \sin \alpha$,滑到底端的时间由 $s = \frac{at^2}{2}$ 知 $t = \sqrt{\frac{2s}{g \sin \alpha}}$,由冲量的定义式知:

$$I_{F_N} = F_N \cdot t = mg \cos \alpha \cdot \sqrt{\frac{2s}{g \sin \alpha}}$$

$$I_G = mgt = mg \sqrt{\frac{2s}{g \sin \alpha}}$$

$$I_{\text{合}} = F_{\text{合}} \cdot t = mg \sin \alpha \sqrt{\frac{2s}{g \sin \alpha}}$$

由功的定义式知:

$$W_{F_N} = 0, W_G = mgs \sin \alpha, W_{\text{合}} = mgs \sin \alpha$$

方法归纳

一个力产生功需要一定时间,所以有功就一定有冲量。但一个力作用一段时间,物体若没有位移则这个力就有冲量而没有功。

变式训练 1-1 (2007·哈尔滨质检)在

光滑水平面上有两个质量均为 2kg 的质点,质点 a 在水平恒力 $F_a = 4\text{N}$ 作用下,由静止出发运动 4s,质点 b 在水平恒力 $F_b = 4\text{N}$ 作用下由静止出发运动 4m,比较这两质点所经历的过程,可以得到的正确结论是 ()

- A. 质点 a 的位移比质点 b 的位移大
- B. 质点 a 的末速度比质点 b 的末速度小
- C. 力 F_a 做的功比力 F_b 做的功多
- D. 力 F_a 的冲量比力 F_b 的冲量小

题型二 Δp 和 ΔE_k 的理解和计算

例 一只质量为 0.3kg 弹性小球,在光滑水平面上以 6m/s 的速度垂直撞到墙上,碰撞后小球沿相反方向运动,反弹后的速度大小与碰撞前相同,则碰撞前后小球动量变化 Δp 的大小和动能的变化 ΔE_k 分别为 ()

- A. $\Delta p = 0, \Delta E_k = 0$
- B. $\Delta p = 3.6\text{kg} \cdot \text{m/s}, \Delta E_k = 0$
- C. $\Delta p = 0, \Delta E_k = 10.8\text{J}$
- D. $\Delta p = 3.6\text{kg} \cdot \text{m/s}, \Delta E_k = 10.8\text{J}$

答案:B

分析: Δp 是求矢量差,与大小、方向都有关; ΔE_k 是求标量差,只与大小有关,与方向无关。

解析:动量是矢量,它的大小或方向发生了变化,动量就发生了变化,由于碰撞前后小球的动量在同一条直线上,因此,可选定一个正方向,用“+”“-”号表示动量的方向。

选取初速度的方向为正方向,则碰前小球的动量为 $p = mv = 0.3 \times 6\text{kg} \cdot \text{m/s} = 1.8\text{kg} \cdot \text{m/s}$

碰撞后小球的动量为

$$p' = mv' = 0.3 \times (-6)\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

$$= -1.8\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

碰撞前后小球的动量变化为

$$\Delta p = p' - p = -1.8\text{kg} \cdot \text{m/s} - 1.8\text{kg} \cdot \text{m/s} = -3.$$

$$6\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

负号表示 Δp 的方向与选取的正方向相反,大小为 3.

$$6\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

动能是标量,因此,无论速度方向是否变化,只要速度大小不变,动能就不发生变化,则碰撞前后小球动能的变化为 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv^2 = 0$ 。

$$\Delta E_k = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv^2 = 0.$$

方法归纳

计算物理量的变化时,无论是标量还是矢量,总是用这个变化过程中的末值减初值,但应注意,若是矢量,应按照矢量的运算规则进行运算。

变式训练 2-1 一只小球沿光滑水平地面

运动,撞向竖直的墙壁,小球撞墙前后动量的变化 Δp 和动能的变化 ΔE_k 有多种可能值,其中正确的是 ()

- A. 若 Δp 最大,则 ΔE_k 最大
- B. 若 Δp 最大,则 ΔE_k 为零
- C. 若 Δp 最小,则 ΔE_k 最小
- D. 若 Δp 最小,则 ΔE_k 最大

题型三 不共线时动量变化量的计算

例 如图 8-1-8 所示,质量为 m 的小球以初速度 v_0 做平抛运动,经过一段时间 t 后,速度方向与水平方向的夹角为 45° ,求:在这一过程中小球动量的变化量。

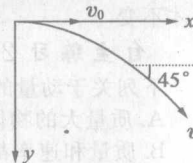


图 8-1-8

答案: mv_0 , 方向竖直向下

解析:平抛运动的轨迹是曲线,

曲线运动中速度方向时刻都在变化,因此其动量方向亦时刻变化,计算动量变化量 Δp ,可按平行四边形定则进行。

解法一(直接合成法):如图 8-1-9(a)(b)

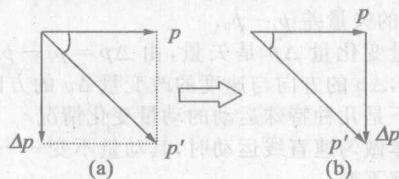


图 8-1-9

小球的初动量为 $p = mv_0$

由平抛运动的特点, t 秒末的速度 v 与 v_0 的关系为:

$$\cos 45^\circ = v_0 / v \quad \text{所以} \quad v = \sqrt{2}v_0$$

所以 t 秒末动量 $p' = mv = \sqrt{2}mv_0$, 方向与水平方向的夹角为 45° , 斜向右下方。

由矢量合成法则: $\Delta p = p' - p = p' + (-p)$, 可得: $\Delta p = mv_0$, 方向竖直向下。

解法二(先分解,后合成法):如图 8-1-10(a)(b)

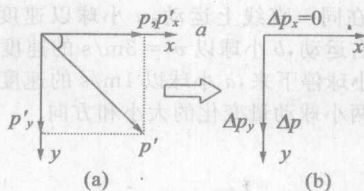


图 8-1-10

将末动量 p' 分解为 p'_x 、 p'_y , 易知:

$$p'_x = p' \cos 45^\circ = p = mv_0$$

$$p'_y = p' \sin 45^\circ = p = mv_0$$

$$\text{所以 } \Delta p_x = p'_x - p = 0$$

$$\Delta p_y = p'_y - 0 = p$$

所以 $\Delta p = \Delta p_y = p = mv_0$, 方向竖直向下。

方法归纳

此题为不在同一直线上的动量变化问题, 计算 $\Delta p = p' - p$ 应遵循平行四边形定则, 由矢量的合成法则: $\Delta p = p' - p = p' + (-p)$, 即将矢量相减转化为学生熟悉的矢量相加。

变式训练 3-1

如图 8-1-11 所示, 质量为 m 的小球以速度 v_0 水平抛出, 恰好与固定斜面垂直碰撞, 其反向弹回的速率恰与抛出时的速率相等, 则小球与斜面碰撞过程中小球动量的变化量为_____。

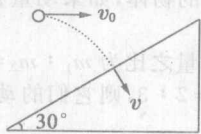


图 8-1-11

思维盲点击

点击 易错点

在进行某个力的冲量的计算时, 同学们容易出错的地方在于将合力的冲量与某一个力的冲量弄混、搞错, 或者是认为若物体不运动时, 力对物体的冲量就为零这一错误。要弄清这点, 只要我们把握好冲量概念: 如果物体受的力是恒力, 则该力的冲量即为力与其作用时间的乘积。方向与该力方向相同, 不需考虑物体的运动状态或受的其他力。另外, 对于冲量大小的求解公式 $I = Ft$ 只适用于求恒力的冲量, 对于变力的冲量的大小不能应用这一公式。因为冲量是力 F 在时间 t 内的积累效应。如果力 F 是变力, 则不同时刻力 F 不一样, 对物体的作用效应就不一样, 当然也就不能按同一效应来计算。

例 4 一物体在光滑的水平面上被一根细绳拉着做匀速圆周运动, 若绳子的拉力是 10N , 物体运动的周期为 2s , 则在一个周期内拉力对物体的冲量大小为 $20\text{N} \cdot \text{s}$, 这一结论是否正确? 为什么?

错解: 由冲量公式 $I = Ft$, 得 $I = 10 \times 2\text{N} \cdot \text{s} = 20\text{N} \cdot \text{s}$, 所以结论正确。

错解分析: 造成错解原因, 是由于忽略了公式 $I = Ft$ 的适用范围, 由于做圆周运动的物体受到绳子的拉力是变力(方向变), 所以不能使用公式 $I = Ft$ 求解, 只有作用力是恒力(大小、方向都不变)时, 才能用该公式求解。

正确答案: 这一结论错误, 因为绳子的拉力是变力, 因

此不能根据公式 $I = Ft$ 求解, 当然也就得不到冲量 $I = 20\text{N} \cdot \text{s}$ 的结论。

点击 易忽略点

不注意动量的矢量性及冲量的矢量性, 这主要在于平时练习矢量太少, 因此通过本节的学习, 应提高对矢量性的认识。

例 5 下列几组物体运动中其动量不变的是 ()

- A. 做匀速直线运动的物体
- B. 做平抛运动的物体
- C. 做匀速圆周运动的物体
- D. 做自由落体运动的物体

错解: C

错解分析: 产生错误的原因是忽略了动量的矢量性, 而错误地认为只要物体的质量和速度大小不变, 物体的动量就不变, 要避免此类错误的产生, 应时刻牢记动量是与速度相联系的物理量, 同样是矢量。

正确答案: A

高考名题演练

命题方向

冲量是力在时间上的积累。只要有作用力存在, 又有一定的作用时间, 这个力的冲量就不能为零。物体受到的冲量, 是指这个物体是受力物体, 而施力物体通过力对它产生的冲量, 主要考查冲量、动量概念。

【考例 1】 (2007·高考全国卷 II)

如图 8-1-12 所示, PQS 是固定于竖

直平面内的光滑的 $\frac{1}{4}$ 圆周轨道, 圆心 O

在 S 点的正上方。在 O 和 P 两点各有一

质量为 m 的小物块 a 和 b, 从同一时刻

开始, a 自由下落, b 沿圆弧下滑。以下说

法正确的是 ()

- A. a 比 b 先到达 S, 它们在 S 点的动量不相等
- B. a 与 b 同时到达 S, 它们在 S 点的动量不相等
- C. a 比 b 先到达 S, 它们在 S 点的动量相等
- D. b 比 a 先到达 S, 它们在 S 点的动量相等

答案: A

解析:

a 自由下落, b 沿圆弧下滑, a 比 b 先到达 S, 二者下落高度相同, 由机械能守恒定律可知, 二者到达 S 时速度大小相同但方向不同, 故动量不同, A 项正确。

小结: 本题考查了自由落体运动和圆周运动的知识, 解题时要明确动量的矢量性。

课堂归纳小结

知识要点	关键总结	注意事项
冲量	冲量和力的作用过程有关	求冲量时弄清求哪个过程、哪个力的冲量很关键
动量	动量是状态量	动量与物体某时刻的 m 、 v 有关



动量变化量	动量变化量是矢量	选取正方向转化为代数运算将会更简单
解题方法	关键总结	
三角形法 (平行四边形法)	冲量、动量、动量变化量都是矢量,运算时尽量选取正方向或建立 xOy 坐标系转化为代数运算	

课后层级演练

基础训练(A层面)

- (2007·合肥模拟)对于力的冲量,下列说法正确的是 ()
A. 力越大,力的冲量就越大
B. 作用在物体上的力很大,力的冲量不一定很大
C. 竖直上抛运动中,上升和下降过程时间相等,则重力在整个过程中的冲量等于零
D. 竖直上抛运动中,上升和下降过程时间相等,则上升和下降过程中重力的冲量等大、反向
- (2007·南京模拟)关于动量,下列说法中正确的是 ()
A. 某物体的动量改变,一定是速度的大小改变
B. 动量 $p=20\text{kg}\cdot\text{m/s}$ 大于 $p=-25\text{kg}\cdot\text{m/s}$
C. 某物体的速度改变,其动量一定改变
D. 做匀速圆周运动的物体,其动量保持不变
- 若一个物体的动量发生了变化,则物体(质量不变)运动的 ()
A. 速度大小一定改变了
B. 速度方向一定改变了
C. 速度一定变化了
D. 加速度一定不为零
- 质量为 m 的物体放在水平地面上,在与水平方向成 θ 角的拉力作用下由静止开始运动,经过时间 t 速度达到 v ,在这段时间内拉力 F 和重力的冲量大小分别为 ()
A. $Ft, 0$
B. $Ft\cos\theta, mgt$
C. $mv, 0$
D. Ft, mgt
- 一物体的质量为 2kg ,此物体竖直落下,以 10m/s 的速度碰到水泥地面上,随后又以 8m/s 的速度反弹,则碰撞过程中小球动量的变化为_____,方向_____.
- 如图 8-1-13 所示,质量 $m=5\text{kg}$ 的物体,静止在光滑水平面上,在与水平面成 37° 角斜向上 50N 的拉力 F 作用下,水平向右开始做匀变速直线运动.在前 2s 内,拉力的冲量大小为_____ $\text{N}\cdot\text{s}$,水平面对物体支持力的冲量大小为_____ $\text{N}\cdot\text{s}$,重力的冲量大小为_____ $\text{N}\cdot\text{s}$,合外力的冲量大小为_____ $\text{N}\cdot\text{s}$. (g 取 10m/s^2)

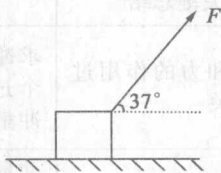


图 8-1-13

- (2007·苏州模拟)两个小球 a 、 b 质量分别为 $m_1=2\text{kg}$,

$m_2=4\text{kg}$,在同一直线上运动, a 小球以速度 $v_1=5\text{m/s}$ 的速度向右运动, b 小球以 $v_2=3\text{m/s}$ 的速度向左运动,碰撞后 b 小球停下来, a 小球以 1m/s 的速度反向弹回,求碰撞后两小球动量变化的大小和方向.

能力训练(B层面)

- 关于动量与动能的关系的下列说法中,不正确的是 ()
A. 一个质量为 m 的物体,其动量 p 与动能 E_k 间有 $p=\sqrt{2mE_k}$
B. 两个质量相同的物体,如果动能相等,则它们的动量相同
C. 两个质量相同的物体,如果动量相同,则它们的动能一定相等
D. 两个物体的质量之比为 $m_1:m_2=1:2$,动量大小之比为 $p_1:p_2=2:3$,则它们的动能之比为 $E_{k1}:E_{k2}=8:9$
- 竖直上抛一小球,后又落回原地,小球运动时所受空气阻力大小不变,则 ()
A. 从抛出到落回原地的时间内,重力的冲量为零
B. 上升阶段阻力的冲量小于下落阶段空气阻力的冲量
C. 从抛出到落回原地的时间内,空气阻力的冲量为零
D. 上升阶段小球的动量变化大于下落阶段动量的变化
- (2007·安庆模拟)2005 年,我国自行研制的“神舟”六号载人飞船的成功发射与返回,标志着我国已进入航天大国行列,向科技大国又前进了一大步.火箭与飞船在起飞的一小段时间内可以看成匀加速竖直上升,已知火箭总质量为 m ,点火起飞后经 t 时间上升的高度为 s ,求火箭在 t 时间内所受发动机动力的冲量以及火箭动量的变化.(忽略空气阻力).
- 质量为 3kg 的滑块沿水平面以初速度 $v_0=10\text{m/s}$ 向前滑行,滑行过程中受到大小为 3N 的摩擦力作用.慢慢停下.试求:
(1)滑块在滑动过程中动量的变化;

(2)滑动过程中滑块所受摩擦力的冲量.

课外精彩阅读

没有翅膀的汽车如何飞行

第二课时

动量定理

课时目标导航

知识目标

1. 能够自行推导出动量定理的表达式.
2. 理解动量定理的确切含义和表达式. 知道动量定理也适用于求变力的冲量. 能解释有关现象.
3. 会用动量定理分析、计算简单的问题.

能力目标

4. 培养自己的推理能力和说明说理能力.
5. 学会用动量定理解释现象和处理问题.

情感、态度、价值观目标

6. 通过动量定理的推导和应用, 了解物理学的研究方法. 培养具体问题具体分析、理论联系实际的能力.

重点难点解读

考点一 动量定理

物体所受合外力的冲量等于物体动量的变化. 表达式为: $I_{\text{合}} = \Delta p = p' - p = mv' - mv$.

特别是 $F_{\text{合}} t = mv' - mv$ 这种形式用得最多.

思维拓展

1. 动量定理表达式中的 F 是研究对象所受的包括重力在内的所有外力的合力, 它可以是恒力, 也可以是变力. 当合外力是变力时, F 应该是合外力在作用时间内的平均值, 即 $F_{\text{合}} t = p' - p$, 还可以求变力的冲量.

2. 动量定理的研究对象可以是单个物体, 也可以是物体系统. 对物体系统, 只需分析系统受的力, 不必考虑系统内力, 系统内力的作用不改变整个系统的总动量.

3. 动量定理是过程定理, 解题时必须明确过程及初末状态的动量.

①动量定理是矢量方程, 其矢量性是: $I_{\text{合}}$ 的方向和 Δp 方向一致. $I_{\text{合}}$ 的方向与初动量(末动量)可以同向、反向, 可以成任意角度. Δp 的大小、方向由合外力的冲量决定, 冲量的作用效果是产生动量的变化量, 不是产生动量, 或者说冲量是动量变化的原因.

②动量定理公式中的 $p' - p$ 是物体动量的变化, 是某过程的末态动量减去初态动量, 是矢量减法, 对一维情况

直升机没有机翼, 它能垂直起降和飞行, 靠的是头顶上几片狭长的旋翼. MX-400 空中汽车飞行依仗的是它的可转动的发动机及专门为提供升力的风扇. 其实, 这两种动力的巧妙组合是当代最受宠的垂直起降飞机的核心. 莫勒是一位力学和空气动力学教授. 30 多年来, 他一门心思扑在“空中汽车”上, 顽强拼搏, 锲而不舍. 此前, 他成功研制出能垂直起降、平移和盘旋的小型无人飞行器. 后来, 他将成果与专长倾注在 MX-400 上, 给空中汽车注入了生机.

一旦汽车重量、乘员增加时, 风扇的升力会显得力不从心. 此时 MX-400 空中汽车前后 4 个发动机会向上倾斜 45 度, 便可提供约一半的升力. MX-400 在发动机转动 45 度时, 位于发动机舱内的风扇可顺着气流再转 45 度. 两个 45 度的组合便产生了垂直向上的升力, 且升力为两个力的合力. 于是, 空中汽车便能轻盈起飞.

在选定正方向后可简化为代数运算, 公式中的“-”号是运算符号, 与正方向的选取无关.

③根据 $F = ma$ 得 $F = ma = m \frac{v' - v}{\Delta t} = \frac{p' - p}{\Delta t}$, 即 $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$. 这是牛顿第二定律的另一种表达形式: 作用力 F 等于物体的动量的变化率 $\frac{\Delta p}{\Delta t}$.

④从上式可以看出, $p-t$ 图象中图线的斜率就是物体所受到的合外力. 斜率越大, 动量变化的越快, 物体所受的合外力就越大, 如图 8-2-1 所示, $F_1 > F_2$.

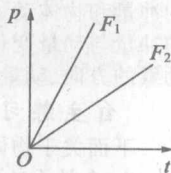


图 8-2-1

⑤动量定理表达式中的 Ft 是合外力的冲量, 是使研究对象的动量发生变化的原因, 在所研究的物理过程中, 如果作用在研究对象上的各个外力的作用时间相同, 则可以用 $F_{\text{合}} t$ 求合外力的冲量; 对一维的情况, 也可选定一个正方向把矢量运算简化为代数运算, 用 $F_1 t + F_2 t + \dots$ 求出合力的冲量, 若作用时间不同, 则只能在选定正方向后用 $F_1 t_1 + F_1 t_2 + \dots$ 求出合力的动量.

⑥一定选地面作为参考系, 若不是相对于地面的, 一定要变成相对于地面的.

⑦动量定理是根据牛顿第二定律 $F = ma$ 和运动学公式 $v_t = v_0 + at$, 在设力恒定的情况下推导出来的. 因此用牛顿第二定律和运动学公式能解的恒力作用下的匀变速直线运动的问题, 凡不涉及加速度和位移的, 用动量定理也能求解, 且较为简便.

⑧动量定理不仅适用于宏观物体的低速运动, 而且对微观现象和高速运动同样适用. 动量定理是由牛顿运动定律导出的两个重要定理之一, 定理体现出动量的变化只取决于冲量的总效果, 而无需考查运动过程中冲量变化的细节, 所以应用起来比较方便.

4. 冲量的两种求解方法:

求冲量时, 先要分清是求恒力的冲量还是求变力的冲量.

若求恒力的冲量, 可以由冲量的定义式直接求出, 亦





可采用动量定理,用动量的变化代替冲量。

若求变力的冲量,则可以用动量定理,用动量的变化代替冲量,也可以用定义式求解,这时 F 指变力在作用时间内的平均值。

5. 动量变化量的两种求解方法:

求解动量变化量的方法有两个:一个是利用动量变化量的定义式,即 $\Delta p = p_2 - p_1$;

另一个是利用动量定理,用物体所受外力的冲量来代替动量变化量。

6. 比较 p 、 Δp 、 $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ 的不同

(1) p 是物体的动量,是矢量,为状态量。

(2) Δp 是物体动量的改变量,也是矢量,为过程量。

(3) $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ 为动量的变化率,等于物体所受合外力,与物体的质量及速度无关。

(4) p 、 Δp 、 $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ 三量大小之间无必然关系,只是 Δp 与

$\frac{\Delta p}{\Delta t}$ 的方向相同。

误点点拨

误区 1: 动量定理中的 Ft 是某个力的冲量。(×)

点拨: 以上说法是错误的。结合动量定理的推导过程,可以确定 F 为物体所受的合外力, Ft 为合外力的冲量。

误区 2: 动量定理指出物体所受合力的冲量等于物体的动量变化,只反映合力的冲量和物体动量变化的大小相等。(×)

点拨: 动量定理 $Ft = p' - p$ 是矢量式,不仅反映合力的冲量和物体动量变化的大小相等,而且也反映出了合力的冲量与动量变化的方向相同。注意不要把冲量的方向、动量的方向、动量变化的方向混淆了。

自主练习 1-1

下面关于物体动量和冲量的说法正确的是 ()

- A. 合外力冲量越大,动量也越大
- B. 合外力冲量不为零,动量一定要变
- C. 动量增量的方向,就是它所受冲量的方向
- D. 合外力越大,动量变化就越快

考点 动量定理与牛顿第二定律的区别与联系

1. 从牛顿第二定律出发可以导出动量定理,因此牛顿第二定律和动量定理都反映了外力作用与物体运动状态变化的因果关系。

2. 牛顿第二定律反映力与加速度之间的瞬时对应关系;而动量定理则反映力作用一段时间的过程中,合外力的冲量与物体初、末态动量变化间的关系。

动量定理与牛顿第二定律相比较,有其独特的优点,因在公式 $Ft = mv - mv_0$ 中,只涉及两个状态量 mv 和 mv_0 及一个过程量 Ft 。至于这两个状态中间是怎样的过程,轨迹是怎样的,加速度怎样,位移怎样全不考虑,在力 F 作用的过程中不管物体是做直线运动还是做曲线运动,动量定理总是适用的。

动量定理除用来解决在恒力持续作用下的问题外,尤其适合用来解决作用时间短,而力的变化又十分复杂的问题,如冲击、碰撞、反冲运动等。应用时只需知道运动物体的始末状态,无需深究其中间过程的细节,只要动量的变化具有确定的值,就可以用动量定理求冲力或平均冲力,

而这是用牛顿第二定律很难解决的,因此,从某种意义上说,应用动量定理解题比牛顿第二定律更为直接,更加简单。

3. 牛顿第二定律只适用于宏观物体的低速运动情况,对高速运动的物体及微观粒子不再适用,而动量定理却是普遍适用的。

4. 牛顿第二定律和动量定理都适用于地面参考系,

考点 动量定理和动能定理的区别和联系

1. 动量定理反映的是合外力冲量与物体动量变化的规律,是两个矢量之间的关系,动能定理反映的是合外力的功与物体动能变化的关系,是两个标量之间的关系。

2. 有外力作用(合外力不为零),这个外力对物体一定有冲量,有外力作用(合外力不为零),这个外力对物体有可能不做功,物体的动能不一定变化。

如做匀速圆周运动物体受到向心力的作用,在一段时间 t 内(t 不等于其运动的周期),物体的动量一定变化,而向心力对物体不做功,则物体的动能不变。

3. 当初速度为零的物体在恒定的合外力作用下,有如下关系式:

$$W = F \cdot s = mv^2/2 = p^2/2m = (\Delta p)^2/2m = I^2/2m$$

这时可以说外力对物体所做的功越多,外力对同一个物体的冲量也越大,物体动量的变化越大,物体动能的变化也越大。

如果初、末速度都不为零时,即使是恒力作用,也不一定物体动量变化(外力冲量)越大,物体的动能变化也越大的情况。

如一物体以初速度 v_0 冲上光滑斜面,然后沿原路返回,物体由斜面底部冲上到返回底部这段时间内,物体动量变化很大,但外力所做的功(或物体动能的变化)就不一定大。

考点 应用举例

1. 应用动量定理解释物理现象

用动量定理解释的现象一般可分为两类:

(1) 物体的动量变化 Δp 一定,由动量定理 $Ft = \Delta p$ 可知,若力的作用时间 t 越短,则作用力 F 越大。因此在需要增大作用力时,可尽量缩短作用时间,如打击、碰撞等过程;反之,若力的作用时间越长,则作用力 F 就越小,因此,在需要减小作用力时,可设法延长力的作用时间,如利用软垫、弹簧的缓冲作用来延长作用时间。

(2) 作用力 F 一定,由动量定理 $Ft = \Delta p$ 可知,力的作用时间越长,动量的变化就越大;力的作用时间越短,动量的变化就越小。

2. 应用 $I = \Delta p$ 求变力的冲量或平均冲力

如果物体受到变力的作用,则一般不能直接用定义式 $I = Ft$ 求变力的冲量,这时可以求出在该变力作用下物体动量的变化 Δp ,等效代替变力的冲量 I 。

3. 应用 $\Delta P = Ft$ 求恒力作用下的曲线运动中物体动量的变化

曲线运动中物体速度方向时刻在变化,求动量的变化 $\Delta p = p' - p$ 需要应用矢量运算,且运算过程比较复杂。如果作用力是恒力,可以求出恒力的冲量,等效代替动量的变化。例如平抛运动。

4. 应用动量定理解题的思路

- (1) 选取研究对象;
- (2) 确定所研究的物理过程及其初、末状态;
- (3) 分析研究对象在所经历的物理过程中的受力情

况;

- (4) 选定正方向, 根据动量定理列出方程;
(5) 统一单位, 解方程求解.

典例师生互动

题型一 冲量与动量改变量的方向关系

例 某物体受到一个 $-6\text{N}\cdot\text{s}$ 的冲量作用, 则

- A. 物体的动量变化量一定与规定的正方向相反
B. 物体原来的动量方向一定与这个冲量的方向相反
C. 物体的末动量一定为负值
D. 物体的动量一定减小

答案: A

解析: 动量定理的矢量性. 题干中所说的 $-6\text{N}\cdot\text{s}$ 只能说明冲量的数值为 $6\text{N}\cdot\text{s}$, 方向与规定的正方向相反, 至于初、末动量的方向及动量大小的变化均不能确定. 故正确答案为 A.

方法归纳

矢量的表示方法以及矢量的运算往往借助带有正、负号的标量来讨论, 一定要注意其物理含义.

变式训练 1-1 原来静止的物体 A 和

B, 分别受到冲量 I_A 和 I_B 的作用, 则

- A. 若 $I_A = I_B$, A, B 两物体受到的作用力必相等
B. 若 $I_A = I_B$, A, B 两物体的动量变化必相等
C. 若 $|I_A| = |I_B|$, A, B 两物体的速度变化的大小必相等
D. 若 $|I_A| = |I_B|$, 且 A 物体的质量是 B 物体质量的 2 倍, A, B 两物体的速度变化必相等

题型二 应用动量定理解释物理现象

例 如图 8-2-2 所示, 把重物 G 压在纸带上. 用一水平力缓慢拉动纸带. 重物跟着一起运动, 若迅速拉动纸带, 纸带将会从重物下抽出, 解释这些现象的正确说法是



图 8-2-2

- A. 在缓慢拉动纸带时, 纸带给重物的摩擦力大
B. 在迅速拉动纸带时, 纸带给重物的摩擦力小
C. 在缓慢拉动纸带时, 纸带给重物的冲量大
D. 在迅速拉动纸带时, 纸带给重物的冲量小

答案: CD

解析: 在缓慢拉动时, 重物与纸带之间的摩擦力是静摩擦力, 在迅速拉动时, 它们之间的摩擦力是滑动摩擦力, 所以一般情况是: 缓拉, 摩擦力小; 快拉, 摩擦力大. 故 A、B 错误. 缓慢拉纸带时, 摩擦力虽小些, 但作用时间可以很长, 故重物获得的冲量, 即动量的改变可以很大, 所以能把重物带动; 快拉时, 摩擦力虽大些, 但作用时间很短, 故冲量小, 所以重物动量变化很小, 纸带能从重物下面

抽出. 故 C、D 正确.

方法归纳

用动量定理解释物理现象一般可分为两类: 一是动量变化相同, 因作用时间不同而引起作用力不同; 二是作用力相同, 因作用时间不同而引起动量变化不同 (如本例). 这两类题的解题关键都是要分析清楚作用力、作用时间及动量变化的情况.

变式训练 2-1 从同一高度自由落下的

玻璃杯, 掉在水泥地上易碎, 掉在软泥地上不易碎, 这是因为

- A. 掉在水泥地上, 玻璃杯的动量大
B. 掉在水泥地上, 玻璃杯的动量变化大
C. 掉在水泥地上, 玻璃杯受到的冲量大, 且与水泥地的作用时间短, 因而受到水泥地的作用力大
D. 掉在水泥地上, 玻璃杯受到的冲量和掉在软泥地上一样大, 但与水泥地的作用时间短, 因而受到水泥地的作用力大

题型三 动量定理的矢量性

例 质量为 60kg 的建筑工人, 不慎从高空跌落, 由于弹性安全带的保护, 使他不致跌到地面受伤, 若弹性安全带长 5m , 缓冲时间为 1.2s , 求安全带所受的平均作用力的大小 (g 取 10m/s^2).

答案: 1100N

分析: 下落高度的前 5m 工人做自由落体运动, 5m 以后安全带开始起作用, “缓冲时间”应该是指从安全带开始起作用到工人下落到最低点所用的时间, 此题如果研究不同的过程可有不同的解决方案

解法一: 对从开始下落到人下落到最低点这一全过程进行分析, 前 5m 自由落体运动所用时间

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 5}{10}} \text{s} = 1\text{s}$$

t_2 为缓冲时间, 设向下为正, 据动量定理

$$0 - 0 = mg(t_1 + t_2) - Ft_2$$

$$\text{则 } F = \frac{mg(t_1 + t_2)}{t_2} = \frac{600 \times (1 + 1.2)}{1.2} \text{N} = 1100\text{N}$$

解法二: 从下落 5m 后开始到人落到最低点作为一个过程分析, 下落 5m 时的速度

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 5} \text{m/s} = 10\text{m/s}$$

设向下为正, 据动量定理 $0 - mv = mgt_2 - Ft_2$

$$\text{则 } F = \frac{mv + mgt_2}{t_2} = \frac{600 + 600 \times 1.2}{1.2} \text{N} = 1100\text{N}$$

方法归纳

研究对象和过程的选取有时对解题很重要, 做题时应尽量选取列方程简单的过程去分析.

变式训练 3-1 一个质量为 0.10kg 的

小球从 0.80m 高处自由下落到一软垫上. 若从小球接触软垫到小球陷至最低点经历了 0.20s , 则这段时间内软垫对小球的平均作用力为 _____; 若小球落在水泥地面上, 反弹高度为 0.2m , 小球与接触地面经历了 0.01s , 则该段时间内地面对小球的平均作用力为 _____ (g 取 10m/s^2)

题型四 应用 $\Delta p = Ft$ 求恒力作用下的曲线运



动中物体动量的变化

例 以速度 v_0 水平抛出一个质量为 1kg 的物体, 若在抛出后 5s 落地, 求它在后 3s 内动量的变化。

答案: $30\text{kg} \cdot \text{m/s}$

解析: 本题若运用 $\Delta p = p' - p$ 直接求 Δp 要涉及到矢量运算, 比较麻烦, 但应用 $\Delta p = F \cdot \Delta t$, 求 Δp 却非常容易, 即: $\Delta p = mg \cdot t = 1 \times 10 \times 3 = 30\text{kg} \cdot \text{m/s}$

所以, 后 3s 内动量的变化为 $30\text{kg} \cdot \text{m/s}$, 方向竖直向下

方法归纳

曲线运动中物体速度方向时刻在变化, 求动量的变化 $\Delta p = p' - p$ 需要应用矢量运算, 且运算过程比较复杂, 如果作用力是恒力, 可以求出恒力的冲量, 等效代替动量的变化。

变式训练 4-1 3kg 的物体以 5m/s 的初速度做斜抛运动, 3s 后速度变为 4m/s , 求这 3s 内物体动量的增量。

由匀变速直线运动的平均速度公式 $\frac{s}{t} = \frac{v_0 + v_t}{2}$, 得 $\frac{s_1}{t} = \frac{v}{2}$, $\frac{s_2}{t} = \frac{v}{2}$

可见 $s_1 = s_2$, $F - F_1 = F_1$

解得 $F_1 = \frac{1}{2}F$

方法三: 运用动量定理进行处理。

若分阶段处理, 在力 F 作用过程中, 有 $(F - F_1)t = mv$

在撤去力 F 后的过程中, 有 $-F_1 t = -mv$

可见 $F - F_1 = F_1$, 解得 $F_1 = \frac{1}{2}F$

若全过程进行处理, 有 $Ft - F_1(t + t) = 0$, 解得 $F_1 = \frac{1}{2}F$

变式训练 5-1 如图 8-2-3 所示, 一

物体质量为 $m = 2\text{kg}$, 放在光滑水平面上, 在恒定的牵引力 F 的作用下, 由位置 A 直线运动到位置 B。已知 $v_A = 1\text{m/s}$, $v_B = 4\text{m/s}$, $\theta = 60^\circ$, 在这个过程中, 牵引力对物体做的功为 $\quad \text{J}$, 其冲量大小为 $\quad \text{N} \cdot \text{s}$ 。

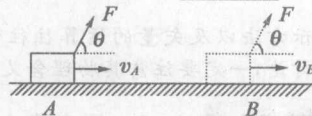


图 8-2-3

思维盲点点击

点击 易错点

动量定理公式是矢量式, 其中冲量、动量及动量变化都有方向, 因此在学习时一定要注意矢量的运算法则, 避免错误。

例 一质量为 m 的物体在光滑的水平面上, 先在一个水平向东的拉力 $F_1 = 1.5\text{N}$ 作用下运动 2s , 然后水平拉力的大小改为 $F_2 = 2\text{N}$, 方向改为向南, 又拉了 2s , 则该物体在这 4s 内动量改变多大?

错解: 根据动量定理 $Ft = \Delta p$, 得 $\Delta p = F_1 t_1 + F_2 t_2 = (1.5 \times 2 + 2 \times 2)\text{kg} \cdot \text{m/s}$, 即物体动量大小改变 $\Delta p = 7\text{kg} \cdot \text{m/s}$

错解分析: 造成错解是由于忽略了冲量的矢量性。由于冲量是矢量, 因而, 在对两个冲量计算求合冲量时应根据平行四边形定则求解。

正确解法: 由动量定理 $F \cdot t = p' - p$, 得 F_1 对物体的冲量 $I_1 = F_1 t_1 = \Delta p_1$, 即 $\Delta p_1 = 1.5 \times 2\text{kg} \cdot \text{m/s} = 3\text{kg} \cdot \text{m/s}$, 方向水平向东。 F_2 使物体的动量变化 $\Delta p_2 = F_2 \cdot t_2 = 2 \times 2\text{kg} \cdot \text{m/s} = 4\text{kg} \cdot \text{m/s}$, 方向水平向南。所以在这 4s 内物体的动量变化 $\Delta p = \sqrt{\Delta p_1^2 + \Delta p_2^2} = 5\text{kg} \cdot \text{m/s}$, 方向是东偏南 α , 且 $\tan \alpha = \frac{4}{3}$ 。

高考名题演练

[命题方向]

考题定性判断和定量计算均可能涉及, 常见的命题形式是计算题和选择题。

【考例 1】 (2006 · 全国 I) 一位质量为 m 的运动员

题型 5 牛顿第二定律、动量定理、动能定理的应用比较

例 水平面上静止地放置一个物体, 现用水平恒力 F 拉这一物体使其运动, 运动一段时间后撤去力 F , 物体又运动同样长的时间后停下来, 求物体所受的摩擦力的大小。

分析: 物体受力 F 作用时, 做初速为零的匀加速直线运动; 撤去力 F 后物体做匀减速直线运动, 最终停下。因此可以根据牛顿运动定律进行处理。考虑到物体运动中, 力 F 做正功, 摩擦力对物体做负功, 因此可以运用动能定理进行处理。物体在运动中, 涉及到运动时间, 因此可以根据动量定理进行处理。

解析: 方法一: 运用牛顿第二定律和运动学规律进行处理。

设物体的质量为 m , 在力 F 作用下加速运动的时间为 t , 物体所受摩擦力为 F_1 , 撤去力 F 时物体的速度为 v , 则由牛顿第二定律有: 用力 F 拉物体时 $F - F_1 = ma_1$; 撤去力 F 后 $F_1 = ma_2$ 。

由运动学规律有 $a_1 = \frac{v}{t}$, $a_2 = \frac{v}{t}$, 可见 $F - F_1 = F_1$

解得 $F_1 = \frac{1}{2}F$ 。

方法二: 运用动能定理进行处理。

根据动能定理, 在力 F 拉物体的过程中有 $(F - F_1)s_1 = \frac{1}{2}mv^2$

在撤去力 F 后的过程中有 $-F_1 s_2 = -\frac{1}{2}mv^2$