

锦囊妙解

主编/王孟槐

中学生 数理化系列

PHYSICS

高二物理

不可不知的
素材



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中学生数理化系列

不可不知的素材

高二物理

总 策 划	司马文				
丛 书 主 编	万强华				
编 委	毛宗致	徐水秀	李华荣	李 敏	
	徐奇峰	盛文英	胡金有	陈秀梅	
	王孟槐	赖圣宝	陈国芬	胡利华	
	钟庐文	顾 文	胡纪明		
本 册 主 编	王孟槐				
编 者	聂玉林	孙小玲	王仲卿	刘润华	孙小琴
	崔昌平	张莉卿	王仲槐	王孟玮	



机械工业出版社

本书是“锦囊妙解中学生数理化系列”的《不可不知的素材 高二物理》分册,它体现了新课标改革精神,不受任何版本限制。书中体现了系统的知识讲解(不含实验部分),不设置习题。设置有知识表解、知识与规律、身边的物理和联系生活应用题四个栏目。本书内容新颖,题材广泛,目的是要从本质上提高学生的知识理解能力、分析问题及解决问题的能力。

图书在版编目(CIP)数据

不可不知的素材. 高二物理/王孟槐主编. —北京:
机械工业出版社, 2006.6
(锦囊妙解中学生数理化系列)
ISBN 7-111-18923-X

I. 不… II. 王… III. 物理课—高中—教学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 056598 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑: 石晓芬 责任编辑: 郑文斌
责任印制: 洪汉军
北京机工印刷厂印刷
2006 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷
169mm×230mm·11.5 印张·302 千字
定价: 17.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话:(010) 68326294
编辑热线:(010) 88379037
封面无防伪标均为盗版

前言

武林竞技,想要取胜,或“一把枪舞得风雨不透”,或有独门绝技,三招之内,挑敌于马下。古有“锦囊妙计”,今有“锦囊妙解”辅导系列。继“锦囊妙解——中学生英语系列”、“锦囊妙解——中学生语文系列”之后,我们又隆重推出了“锦囊妙解——中学生数理化系列”。

这是一套充满智慧的系列丛书,能使你身怀绝技,轻松过关斩将,技增艺长。这更是一套充满谋略的系列丛书,能使你做到“风雨不透”,意外脱颖而出,圆名校梦。

这套丛书紧密结合教材内容,力求将教学需求和实际中高考要求完美结合。在体例设计、内容编排、方法运用、训练考查等方面都充分考虑各个年级学生的实际,由浅入深,循序渐进,稳步提高,并适度、前瞻性地把握中高考动态和趋向,在基础教学中渗透中高考意识。

本丛书作者均为多年在初中、高中一线教学的精英,每册都由有关专家最后审稿定稿。

这套丛书按中高考数、理、化必考的知识点分成三大系列:《不可不读的题》、《不可不知的素材》和《不可不做的实验》。从七年级到高考,并按数学、物理、化学分类,配套中学新课标教材,兼顾老教材,共有36册。

本丛书有如下特点:

1. 选材面广,知识点细,针对性强

在《不可不读的题》中,我们尽量选用当前的热点题,近几年各地的中高考题,并有自编的创新题。在《不可不知的素材》中,我们力求做到:知识面广、知识点细而全、知识网络清晰,并增加一些中高考的边缘知识和前瞻性知识。在《不可不做的实验》中,我们针对目前中学生实验水平低、实验技能差、实验知识缺乏的情况,结合课本教材的知识网络,详细而全面地介绍了实验。有实验目的、原理、步骤、仪器,实验现象、结论、问题探讨,并增加了实验的一般思路和方法。除介绍课本上的学生实验和教师的演示实验外,还增加了很多中高考中出现的课外实验和探究实验。

2. 指导到位

本丛书在指导学生处理好学习中的基础知识的掌握、解题能力的娴熟、实验能力的提高方面,有意想不到的功效。选择本丛书潜心修炼,定能助你考场上游



刃有余,一路顺风,高唱凯歌。

3. 目标明确

在强调学生分析问题和解决问题能力的同时,在习题、内容上严格对应中高考命题方式,充分体现最新中高考的考试大纲原则和命题趋势。

梦想与你同在,我们与你同行。我们期盼:静静的考场上,有你自信的身影。我们坚信:闪光的金榜上,有你灿烂的笑颜。

本丛书特邀江西师范大学附属中学高级教师、南昌市学科带头人万强华担任主编。本分册由王孟槐主编。

我们全体策编人员殷切期待广大读者对丛书提出宝贵意见。无边的学海仍然警示着我们:只有不懈努力,才会取得胜利,走向辉煌。

编 者

2006年6月

目 录

前言		知识与规律	86
第一章 动量	1	身边的物理	93
知识表解	1	联系生活应用题	95
知识与规律	3	第七章 恒定电流	96
身边的物理	7	知识表解	96
联系生活应用题	8	知识与规律	100
第二章 机械振动	12	身边的物理	112
知识表解	12	联系生活应用题	113
知识与规律	13	第八章 磁 场	117
身边的物理	19	知识表解	117
联系生活应用题	25	知识与规律	121
第三章 机械波	27	身边的物理	128
知识表解	27	联系生活应用题	130
知识与规律	29	第九章 电磁感应	134
身边的物理	37	知识表解	134
联系生活应用题	40	知识与规律	136
第四章 分子热运动 能量守恒	41	身边的物理	140
知识表解	41	联系生活应用题	144
知识与规律	44	第十章 交流电	146
身边的物理	60	知识表解	146
联系生活应用题	62	知识与规律	150
第五章 固体、液体和气体	64	身边的物理	159
知识表解	64	联系生活应用题	161
知识与规律	67	第十一章 电磁场和电磁波	163
身边的物理	77	知识表解	163
联系生活应用题	80	知识与规律	165
第六章 电场	81	身边的物理	173
知识表解	81	联系生活应用题	174

第一章 动 量

知识表解

	定义	表达式	单位	方向性	说明
动量	运动物体的质量与速度的乘积	$p=mv$	$\text{kg} \cdot \text{m/s}$	方向与速度方向一致	①动量是一个状态量,对应某一时刻或某一位置
冲量	力和力的作用时间的乘积	$I=Ft$	$\text{N} \cdot \text{s}$	矢量,方向由力的方向决定	②冲量是一个过程量,对应某一段时间或一段位移
动量变化量	物体的末状态动量与初状态动量之差	$\Delta p=p_2-p_1$ $=mv_2-mv_1$	$\text{kg} \cdot \text{m/s}$	矢量,方向即物体受到的合外力的方向	③某过程动量变化量要根据平行四边形定则且要假定正方向

	p', p 同向, $p' > p$	p', p 同向, $p' < p$	p', p 反向
图示 Δp			

选正方向,选末动量 p' 方向为正方向

确定初动量中的正负, p 与 p' 同向则为正,反向则为负

用代数法相减求 Δp	$\Delta p = p' - p > 0$	$\Delta p = p' - p < 0$	$\Delta p = p' - (-p) > 0$
--------------------	-------------------------	-------------------------	----------------------------

Δp 的方向,计算的 Δp 为正,则 p' 相向,反之则与 p' 反向

实例(曲线运动)	平抛运动	斜抛运动	匀速圆周运动
图 示			

计算方法:根据平行四边形法则,先画出矢量图,再运用数学知识计算 Δp 的大小和方向



动量定理

内容	物体所受合力的冲量等于物体动量的变化
表达式	$I = \Delta p$, 即 $Ft = mv_2 - mv_1$
研究对象	一个物体
适用条件	无论所受作用力是恒力还是变力, 运动轨迹是直线还是曲线, 动量定理都适用
方向性	矢量表达式, 使用时应假定正方向, 且根据正方向确定每个量的正负号
用动量定理解题的步骤	①确定研究对象 一个物体 ②对物体进行受力分析, 要分析每个力的冲量, 或合力在该过程中的冲量 ③选定正方向, 并确定该过程初、末状态的动量的符号及力的冲量的符号, 并列式 I 、 p 、 p' 各物理量 ④根据动量定理建立方程 ⑤代入数值运算
说明	①若 F 为变力, 动量定理中的 F 应理解为变力在作用时间内的平均值 ②用动量定理可以间接求解变力的冲量

动量守恒定律的理解及应用

内容	一个系统不受外力作用或者所受外力之和为零, 这个系统的总动量保持不变
表达式	对于在同一直线上运动的相互作用的两个物体组成的系统 $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$
方向性	矢量表达式运用时须假定正方向以确定每个量的符号
研究对象	两个以上物体所组成的系统
守恒条件	①系统不受外力或系统所受外力的合力为零 ②系统受到的外力的合力虽不为零, 但内力远远大于外力 ③系统受到的外力的合力虽不为零, 但在某方向上合力为零, 则在该方向系统总动量分量保持不变
应用该定律解题的步骤	①分析题意, 明确研究对象是由哪几个物体组成的系统 ②对系统内物体进行受力分析, 并判定是否满足守恒条件 ③明确研究的相互作用过程, 确定过程的始、末状态及其动量值的表达式 ④设定正方向, 建立动量守恒方程, 求解

知识与规律

【动量】用物体的质量(m)和它的速度(v)的乘积来描述物体运动状态的物理量叫做“动量(p)”。用公式表示为 $p=mv$ 。它是一个矢量,方向跟速度的方向相同。其大小等于物体的质量跟速度的乘积。一物体的机械运动转移为另一物体的机械运动,反映为物体之间动量的传递,因而动量是物体运动的一种量度。动量的单位是千克米每秒($\text{kg} \cdot \text{m/s}$),从量纲上看它跟冲量的单位是一致的。由于速度还具有瞬时性和相对性,所以,动量也具有瞬时性和相对性。

【冲量】作用在物体上的力和力的作用时间的乘积,叫做该力对这物体的“冲量”。冲量的作用是使受力物体的动量发生变化。冲量的数学公式为 $I=Ft$ 。冲量是矢量,它的方向跟作用力的方向相同。因为冲量是力对时间的累积效应,它是一个过程物理量。只要有力,而且力作用了一段时间,不论力的大小,作用时间的长短,总有力的冲量。在国际单位制中,力的冲量的单位为牛秒 $\text{N} \cdot \text{s}$ (过去常用的单位还有达因·秒)。

【动量定理】物体的动量的增量,等于相应时间间隔内物体所受合外力的冲量。它表明具有动量的物体受合外力作用,经过一段时间速度将发生变化,因而动量也发生变化。此时,物体所受的合外力的冲量等于它的动量的变化。数学表达式是: $\Sigma I = p_2 - p_1 = \Delta p$ 。其中 ΣI 表示各外力冲量的矢量和,即 $\Sigma(F \cdot t)$,它等于合外力的冲量。 p_1 、 p_2 各表示物体在始、末状态时的动量。冲量和动量都是矢量。冲量的方向是动量增量的方向。冲量是对力而言,动量是对物体而言的。只能说“某力的冲量”、“某物体的动量”,而不能讲“某力的动量”、“某物体的冲量”。国际单位制中,冲量和动量具有相同的量纲。动量单位和冲量单位等同,即1牛顿·秒=1千克·米/秒(1达因·秒=1克·厘米/秒)。

【动量守恒定律】物体系不受外力作用,或所受外力的合力为零,则系统的总动量守恒,这一结论叫“动量守恒定律”。其数学表达式为: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2 = \text{恒量}$ 。式中的 m_1 、 m_2 分别为两个物体的质量, v_1 和 v_2 分别为它们原来的速度, v'_1 和 v'_2 分别为它们相互作用后的速度,等号左边是两物体原来的总动量,右边是它们相互作用后的总动量。该定律是指相互作用的物体的总动量是守恒的。但在作用过程中,动量从一个物体传递给其他物体,即每一物体的动量并不守恒。运用此定律时还应注意守恒条件:要求系统不受外力或所受外力的合力为零。但当外力远小于内力时亦可运用。如外力不为零,但在某一方向上的外力为零,则可在这一方向运用该定律。从大到星系的宏观系统,小到基本粒子的微观系统,无论系统内各物体之间相互作用是什么力,只要能满足守恒条件,都可运用动量守恒定律。所以它是自然界最重要最普遍的规律之一。

【碰撞】相对运动着的物体靠近时在极短时间内运动状态发生显著变化的过程叫做“碰撞”。碰撞是一种常见的现象。碰撞的一个特点是冲力很大。在碰撞过程中,可以不考虑外力对碰撞质点运动的影响,往往将外力忽略不计,而用动量守恒定律处理质点系的运动问题。碰撞过程的另一特点是时间短,而运动状态在碰撞前后的变化又非常显著。因此,很容易分清哪是在碰撞前,哪是在碰撞后,哪是碰撞开始,哪是碰撞过程的结束。这为运用动量守恒定律,创造了有利条件。

物体(或质点)之间相互作用实际是交换能量和动量的过程。碰撞不仅指物体相互接触时的冲击过程,微观粒子间非接触的相互作用而干扰它们的运动状态的过程也叫碰撞。若以物体间碰撞的形式区分,可分为对心碰撞(正碰)、非对心碰撞(斜碰)。如以物体碰撞前后两物体的总动能是否变化来区分,可分为弹性碰撞和非弹性碰撞,而完全非弹性碰撞则是非弹性碰撞的特例。



各类碰撞都遵守动量守恒定律和能量守恒定律,即物体系内各物体碰撞前的总动量和总能量分别等于碰撞后的总动量和总能量。不过在非弹性碰撞中,有一部分动能转变为其他形式的能量,因此,动能就不守恒了。碰撞的过程一般伴随着两种力学过程:机械运动的传递;机械运动和其他运动形式的转化。

【正碰】亦称“对心碰撞”。物体在相互作用前后都沿着同一直线(即沿着两球球心连线)运动的碰撞。在碰撞时,相互作用力沿着最初运动所在的直线,因此,碰撞后仍将沿着这条直线运动。研究正碰时,可如上述沿两小球球心的连线作 x 轴。碰撞前后的速度就在 x 轴上,根据动量守恒定律则可判断两小球碰撞前后的总动能是否守恒,从而将碰撞分为弹性碰撞和非弹性碰撞。在原子或原子核的碰撞中,把碰撞后两个粒子沿同方向或相反方向运动的碰撞亦称为正碰。

【斜碰】亦称“非对心碰撞”。两球在碰撞前的相对速度不沿两球球心连线的碰撞叫“斜碰”。研究斜碰问题时,运用正交分解法较为方便。斜碰也可分为弹性碰撞、非弹性碰撞两类。

【弹性碰撞】参加碰撞的所有粒子或物体的总动能在碰撞前或在碰撞后彼此相等的碰撞,叫做“弹性碰撞”。动量和动能同时守恒的碰撞也称“完全弹性碰撞”。设 m_1 、 m_2 代表两个物体的质量, u_1 、 u_2 表示碰撞前两物体的速度, v_1 、 v_2 表示碰撞后两物体的速度。以下只讨论两物体的对心碰撞,即 u_1 、 u_2 、 v_1 、 v_2 都沿同一直线。弹性碰撞的过程遵守动能守恒定律和动量守恒定律,即

$$\frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2,$$

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2.$$

如两物体的质量和碰撞前的速度已知,则碰撞后的速度

$$v_1 = \frac{u_2(m_1 - m_2) + 2m_2 u_1}{m_1 + m_2}$$

$$v_2 = \frac{u_1(m_2 - m_1) + 2m_1 u_2}{m_1 + m_2}$$

两式相减得 $v_1 - v_2 = u_2 - u_1$ 。

上式 $v_1 - v_2$ 是两物体碰撞后的相对速度(分离速度), $u_2 - u_1$ 是它们碰撞前的相对速度。

对于弹性碰撞,两物体碰撞前后的相对速度大小不变,但方向相反。完全弹性碰撞的一个基本条件:两物体相碰时,它们之间的相互作用力是弹性力,不存在耗散力。而且碰撞过程可分为两个理想的阶段,把两个理想阶段也定为完全弹性碰撞的条件是因为它能保证两球相碰后,每个小球都不具有内部发生的弹性振动。压缩阶段,由开始发生变形至两物体相对速度为零,两物体克服弹性力做功,一部分动能转化为弹性势能;在恢复阶段,弹性力做功,两接触物体形变完全消失,弹性势能又全部转化为两球的动能,而以不同速度分离。微观粒子的弹性碰撞,相碰撞的粒子速度的大小和方向都发生改变,但它们的内部状态没有变化,如低能电子在分子上的散射。

【非弹性碰撞】碰撞前后物体系的总动能不守恒(但总能量仍是守恒的),碰撞过程有一部分机械能转换为其他形式的能量,称为非弹性碰撞。此过程中,碰撞体的内部状态发生变化,如物体变热、变形(不能恢复)或破裂、原子受到激发、粒子的种类或性质发生改变等。

【完全非弹性碰撞】它是非弹性碰撞中的特例。这种碰撞,当两物体碰撞后粘合为一体,以同一速度 v 运动,即 $v_1 = v_2 = v$, 这样的碰撞叫“完全非弹性碰撞”,这时碰撞的系统只遵守动量守恒定律,即

$$(m_1 + m_2) v = m_1 v_1 + m_2 v_2,$$

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

如果物体碰撞后,各自具有不同的速度,但系统的总动能减小,这种碰撞叫“非完全弹性碰撞”。 $0 < e < 1$, 即分离速度小于接近速度。对于完全非弹性碰撞, $e = 0$, 即分离速度为零,两物体粘合在一起活动。

【反冲运动】枪或火箭等系统由于发射



子弹或喷射气体而发生的枪身或火箭本身沿子弹或气体速度的相反方向运动的现象,称之为反冲运动。可通过动量守恒定律加深对射击和喷气等反冲运动特点的理解。在中学教学中常涉及三种不同形式的反冲运动。①步枪的后坐。处理这一问题常选择子弹与枪身这一质点系为研究的对象。首先判断从击发开始到子弹离开枪管为止,这段时间是否守恒。由于作用于枪身的爆发力(内力)比肩窝的抵抗力(外力)大得多,后者对枪身运动的影响可忽略不计。所以,在发射子弹的过程中,可应用动量守恒定律近似求解。②炮身以仰角 α 发射炮弹问题。炮弹向斜上方飞出后,炮身除沿水平方向后退外,还要朝下运动。地面对炮身则产生极大的竖直向上的弹力,阻碍炮身下沉,这一竖直向上的巨大弹力属于外力,质点系所受的合外力不等于零,因此动量不守恒。但是,合外力在水平方向上的分量为零(炮身运动的摩擦力与爆炸力相比,可忽略不计),所以质点系的动量在该方向上的分量是守恒的。这就是沿某一方向的动量守恒问题。③喷气火箭的飞行。这类反冲运动的物体,在运动中不断地释放某些气体(如气体)而运动,或在运动中不断地俘获另外一些物体而共同运动,这属于可变质量物体运动的问题。

【内力】 研究对象内部各部分之间的相互作用力称为“内力”。它不能改变系统的运动状态。例如,汽车的制动是依靠制动器的闸瓦和车轮的相互作用力来使汽车的车轮停止旋转,这种力对汽车来说只是内力,它只能使车轮停止转动,但不能使整个汽车停下来。

【外力】 研究对象受到研究对象以外的物体的作用。外力改变研究对象整体的运动状态。例如,车轮由于受内力作用停止旋转,但不能使整个汽车停下来,制动的作用只不过是使车轮停止旋转,车轮和地面之间由滚动摩擦变成滑动摩擦,由于受到滑动摩擦力的作用,汽车才能迅速地停止下来。

系统的选择往往是依解决问题的方便而

定,所以在同一个问题中,内力与外力又不是绝对不变的。例如,马拉车在地面上行驶,如果将马和车看成一个系统,那么马和车之间相互作用力(马对车的作用力与车对马的反作用力)就是内力;而地面给予马和车的摩擦力就是外力,如果将车当作一个系统,此时马对车的拉力就不再是内力而是外力了。

【动量概念的延伸】

(1) 动量是描述物体运动状态的一个状态量,它与时刻相对应。

(2) 动量是矢量,它的方向和速度的方向相同。

(3) 动量的相对性:由于物体的速度与参考系的选取有关,所以物体的动量也与参考系选取有关,因而动量具有相对性。题中没有特别说明的,一般取地面或相对地面静止的物体为参考系。

(4) 动量的变化: $\Delta p = p_1 - p_0$ 。由于动量为矢量,则求解动量的变化时,其运算遵循平行四边形定则。

①若初末动量在同一直线上,则在选定正方向的前提下,可化矢量运算为代数运算。

②若初末动量不在同一直线上,则运算遵循平行四边形定则。

(5) 动量与动能的关系: $p = \sqrt{2mE_k}$,注意动量是矢量,动能是标量,动量改变,动能不一定改变,但动能改变动量是一定要变的。

【冲量概念的延伸】

(1) 冲量是描述力的时间积累效应的物理量,是过程量,它与时间相对应。

(2) 冲量是矢量,它的方向由力的方向决定(不能说和力的方向相同)。如果力的方向在作用时间内保持不变,那么冲量的方向就和力的方向相同。如果力的方向在不断变化,如绳子拉物体做圆周运动,则绳的拉力在时间 t 内的冲量,就不能说是力的方向就是冲量的方向。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。

(3) 高中阶段只要求会用 $I = Ft$ 计算恒力



的冲量.对于变力的冲量,高中阶段只能利用动量定理通过物体的动量变化来求.

(4)要注意的是:冲量和功不同.恒力在一段时间内可能不做功,但一定有冲量.特别是力作用在静止的物体上也有冲量.

【动量定理的延伸】

(1)动量定理表明冲量是使物体动量发生变化的原因,冲量是物体动量变化的量度.这里所说的冲量必须是物体所受的合外力的冲量(或者说是物体所受各外力冲量的矢量和).

(2)动量定理给出了冲量(过程量)和动量变化(状态量)间的互求关系.

(3)现代物理学把力定义为物体动量的变化率: $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ (牛顿第二定律的动量形式).

(4)动量定理的表达式是矢量式.在一维的情况下,各个矢量必须以同一个规定的方向为正.

运用动量定理可以求解力、质量、速度三方面问题.解决具体问题的思路和方法是:明确物理过程;确定研究对象;进行受力分析;确定作用前的动量和作用后的动量;建立坐标系或规定正方向,根据动量定理列出方程;求解.

遇到涉及力、时间和速度变化的问题时,运用动量定理解答往往比运用牛顿运动定律及运动学规律求解简便.应用动量定理解题的思路和一般步骤为:

①明确研究对象和物理过程;

②分析研究对象在运动过程中的受力情况;

③选取正方向,确定物体在运动过程中始末两状态的动量;

④依据动量定理列方程、求解.

【动量守恒定律的延伸】

(1)动量守恒定律成立的条件

①系统不受外力或者所受外力之和为零;

②系统受外力,但外力远小于内力,可以

忽略不计;

③系统在某一个方向上所受的合外力为零,则该方向上动量守恒.

④全过程的某一阶段系统受的合外力为零,则该阶段系统动量守恒.

(2)动量守恒定律的表达形式

① $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$, 即 $p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2$,

② $\Delta p_1 + \Delta p_2 = 0$, $\Delta p_1 = -\Delta p_2$ 和 $\frac{m_1}{m_2} = -\frac{\Delta v_2}{\Delta v_1}$.

(3)动量守恒定律的重要意义

从现代物理学的理论高度来认识,动量守恒定律是物理学中最基本的普适原理之一(另一个最基本的普适原理就是能量守恒定律).从科学实践的角度来看,迄今为止,人们尚未发现动量守恒定律有任何例外.相反,每当在实验中观察到似乎是违反动量守恒定律的现象时,物理学家们就会提出新的假说来补救,最后总是以有新的发现而胜利告终.例如静止的原子核发生 β 衰变放出电子时,按动量守恒,反冲核应该沿电子的反方向运动.但云室照片显示,两者径迹不在一条直线上.为解释这一反常现象,1930年泡利提出了中微子假说.由于中微子既不带电又几乎无质量,在实验中极难测量,直到1956年人们才首次证明了中微子的存在(2000年高考综合题23②就是根据这一历史事实设计的).又如人们发现,两个运动着的带电粒子在电磁相互作用下动量似乎也是不守恒的.这时物理学家把动量的概念推广到了电磁场,把电磁场的动量也考虑进去,总动量就又守恒了.

(4)应用动量守恒定律解决问题的基本思路 and 一般方法

①分析题意,明确研究对象.在分析相互作用的物体总动量是否守恒时,通常把这些被研究的物体总称为系统.对于比较复杂的物理

过程,要采用程序法对全过程进行分段分析,要明确在哪些阶段中,哪些物体发生相互作用,从而确定所研究的系统是由哪些物体组成的。

②要对各阶段所选系统内的物体进行受力分析,弄清哪些是系统内部物体之间相互作用的内力,哪些是系统外物体对系统内物体作用的外力。在受力分析的基础上根据动量守恒定律的条件,判断能否应用动量守恒。

③明确所研究的相互作用过程,确定过程的始、末状态,即系统内各个物体的初动量和末动量的量值或表达式。

注意:在研究地面上物体间相互作用的过程时,各物体运动的速度均应取地球为参考系。

④确定好正方向建立动量守恒方程求解。

身边的物理

驾驶员开车时为什么要系安全带

我国的交通管理部门规定,驾驶员开车的时候必须系安全带。安全带是什么呢?它是一根宽约5 cm的一根高弹力的尼龙带,带子两端一端固定在座椅上,另一端固定在汽车上,开车时,汽车驾驶员把它挎在胸前。

安全带有什么作用呢?

现在城市中的汽车,车速在50 km/h左右,上了高速公路以后,速度最高可以达到120 km/h,发生车祸时,假如车以108 km/h行驶的汽车在两秒钟内停下来,如果要使司机同汽车一同停在自己的位置上,那么应当有一个与车运动方向相反的力作用在他身上,该力大小可以计算出来。

假定乘客的质量为70 kg,车的最终速度为零,设这个停止过程是在一个恒定力作用下产生的,作用时间是2 s,那么人需要1050 N的力反方向的作用在人的身上,这样,为了使司机与汽车一同停止,必须对他作用一个1050 N的力,假设乘客裤子与车座之间的摩擦力为

300 N,驾驶员必须在短时间内使出750 N的力才能使其不离开座椅,这对于一个驾驶员来说是是不可能做到的。

实际上,刹车时,车已经被制动,人还无法迅速减速,这时人以相当大的速度冲向汽车挡风玻璃,经过专家计算必须提供1120 N的力,才能使司机在撞在玻璃之前停下来,谁来提供这么大的力呢?安全带,现在你明白了为什么需要系安全带了吧!那么以后上了汽车千万别忘了把它系好呀!

民航飞机的飞行高度

中型以上的民航飞机都在高空飞行,此处的高空是指海拔7000~12000 m的空间,在这个空间以1 km为1个高度层,共分为6个高度层:7 km、8 km、9 km、10 km、11 km和12 km,高空飞行的飞机只允许飞以上给定高空。

另外,民航飞机在飞行时,以正南正北方向为零度界限,凡航向偏右(偏东)的飞机飞双数高度层,即8 km、10 km、12 km高度层;凡航向偏左(偏西)的飞机飞单数高度层,即7 km、9 km、11 km高度层。

例如:民航飞机从北京飞往杭州,杭州位于北京南面偏东方向,飞机须飞双数高度层,回程则飞单数层,又如飞机从沈阳飞往杭州,杭州在沈阳的南面偏西方向飞机须飞单数高度层,回程则飞双数层,这样,相向飞行的飞机不在同一空高,避免了相撞。

为什么公共汽车后面的窗子是不打开的

你坐在疾驰的公共汽车中的时候,是否发现,汽车的后窗总是关闭的,这是怎么回事,为什么在很热的夏季,都不打开车的后窗呢?

如果有一条小鱼在茫茫的大海里游泳,水面是不会产生什么波浪的,如果大鲸鱼游来就会激起浓浓的浪花,这是由于鲸的身体很大,它要占据很大的体积,当他往前游的时候,它离开的地方就会有水补充进来,因此,鲸的尾部常常出现巨大的浪头。



公共汽车也是这样的。在车身刚经过的地方,就要有空气来补充,因此,空气就由两旁和后面这些地方涌来,形成一股涡流。空气的涡流卷起地上的尘土。紧跟在汽车后面,卷起一个大灰柱;这就是我们看到的汽车后面的飞扬的尘土。如果我们把公共汽车的后面的窗子打开,那么空气必然夹带着尘土,一个劲地往车里挤。因此,公共汽车后面的窗子,大多是不打开的。

为什么小铁锚能拖住大军舰

军舰上的锚通常要比军舰轻成百上千倍,但却可以利用锚力使军舰在水上停止不前,这是为什么呢?俗话说:秤砣虽小压千斤,小小的铁锚之所以能拖住身躯庞大的巨舰,同样也是这个道理。

我们知道,军舰抛锚后,锚拖着锚链沉入海底。由于锚链比水深要长几十倍,使锚身在海底平躺。当军舰在波浪的作用下缓缓移动时,在锚的自身重量及与锚杆一端连接的部分锚链的重量作用下,锚爪深深扎入海底沙石泥土之中,产生出抓持力;同时,锚链的一部分在海底会产生摩擦力;再加上锚链本身产生的重力,这3种力合成为锚力,使军舰在抛锚时能在水上停止。一般军舰的舰艏两侧有两个大型锚,为锚泊军舰的主要力源,被称为主锚;在舰艏还有中/小型锚各一个,通常用来保证锚泊军舰的方向。潜艇在水下抛锚,就是使潜艇在水中某一深度悬停。只要抛锚保持住浮力与重力平衡,潜艇就可以在某一深度上停止不动。

另外,不知你注意到没有,舰艇抛锚时都是逆水抛锚,这其中也有很大的学问。舰艇之所以要逆水抛锚,主要是由舰艇本身的形状所决定的。为了减少舰艇在水中航行时的阻力,舰艇都被造得头尖尾大。当它处在逆水的时候,舰艇头朝着水流方向,水的冲力被舰艇头分成两股分力,从两舷流走,舰艇头受到的冲力就比较小。锚通常安置在舰艏,逆水抛锚时,

舰艇顺流倒退,使锚紧抓海底,舰艇可以保持相对稳定。如果使舰艇按顺水方向抛锚,由于舰艇尾大,受到水的冲力也较大,舰艇容易出现位移,甚至旋转,导致铁锚翻转,影响锚的抓力。因此,船舶都要逆水抛锚。

需要注意的是,舰艇在海上是不能随便抛锚的,而必须根据海底的情况,决定能否抛锚。不同的底质对锚的抓力影响大不一样。比如:在细泥和泥沙底质上锚的抓力最大,而在石质海底,锚抓力几乎等于零。锚抓力大的地方,船舶就可以抛锚,抓力差的地方就不能抛锚,即使抛锚,锚也抓不住海底,舰艇仍然会随波漂移,甚至造成舰艇搁浅或触礁。

联系生活应用题

例1 某同学

要把压在木块下的纸抽出来,如图1-1所示。第一次他将纸迅速抽出,木块

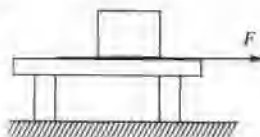


图 1-1

几乎不动;第二次他将纸较慢地抽出,木块反而被拉动了,这是为什么?

解 物体动量的改变不是取决于合力的大小,而是取决于合力冲量的大小。在水平方向上,第一次木块受到的是滑动摩擦力,一般来说大于第二次受到的静摩擦力;但第一次力的作用时间极短,摩擦力的冲量小,因此木块没有明显的动量变化,几乎不动。第二次摩擦力虽然较小,但它的作用时间长,摩擦力的冲量反而大,因此木块会有明显的动量变化。

例2

百米跑运动员在起跑阶段,猛力蹬击踏板,在短时间内完成加速过程,获得很大的起跑速度。起跑的好坏直接影响着比赛成绩。试分析其中包含的物理道理。

解 我们可以先假设 t 相同,讨论 F 与 Δv 的关系;或假设 $m \cdot \Delta v$ 一定,讨论 F 与 t 的关系。

如果起跑时间 t 相同,则爆发力越大,获得

的冲量就越大,速度变化就越快,起跑速度也越大.如果想要获得某一起跑速度 v ,由动量定理知,爆发力越大,所需时间越小.

实际起跑时,运动员是靠猛力蹬击踏板,脚踏踏板一个作用力,从而获得踏板的反作用力来充当爆发力达到加速的目的,因此起跑时要猛力蹬击踏板.

这是一道以生活实例为载体的试题,以此考查应用理论知识分析解决实际问题的能力.

生活中有许多现象,可以用动量定理去解释.如玻璃杯子掉到水泥地上容易摔碎,而掉在软垫上就不会损坏;在躺着的人身上放一块较大的石板,用大铁锤快速打击石板,只要石板不碎,人就不会受到伤害等.用动量定理解释的现象一般分两类:一类是物体的动量的变化一定时,力的作用时间越短,力就越大;另一类是作用力一定,此时力的作用时间越长,动量的变化就越大.

例5 从同一高度落下的玻璃杯掉在水泥地上易碎,是因为掉在水泥地上时,杯子

- ()
- A. 受到的冲量大
 - B. 受到的作用力大
 - C. 动量的变化量大
 - D. 动量大

解 分析其物理情景,应用动量定理处理,物体的动量变化一定,力的作用时间越短,力就越大.从同一高度落下的玻璃杯,落地时的初速相同,最终速度为零.不管落在什么样的地面上,其动量变化相同,根据动量定理,所受的冲量也相同.落在水泥地上的过程,作用时间比一般其他地面短,故作用力大,易超过杯子强度,故容易破碎.选B.

例5 在行车过程中,如果车距不够,刹车不及时,汽车将发生碰撞,车里的人可能受到伤害,为了尽可能地减轻碰撞引起的伤害,人们设计了安全带(如图1-2),假定乘客质量为70 kg,汽车车速为108 km/h,从踩下刹车到车完全停止需要的时间为5 s,安全带对乘客的

作用力大小约为

- ()
- A. 400 N
 - B. 600 N
 - C. 800 N
 - D. 1 000 N



图1-2

解 根据动量

定理 $Ft = mv$ 代入

数据得 $F = 420$ N, 所以A正确.

例5 蹦床是运动员在一张绷紧的弹性网上蹦跳、翻滚并做各种空中动作的运动项目.一个质量为60 kg的运动员,从离水平网面3.2 m高处自由下落,着网后沿竖直方向蹦回到离水平网面5.0 m高处.已知运动员与网接触的时间为1.2 s.若把在这段时间内网对运动员的作用力当作恒力处理,求此力的大小. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

解 蹦床运动员的运动过程可分为三个过程:下落→触网→弹起,对三个过程进行受力分析,下落至触网过程运动员做自由落体运动,根据机械能守恒得运动速度 $v_1^2 = 2gh_1$ (方向竖直向下),离网弹起过程运动员做竖直上抛运动,离网时速度 $v_2^2 = 2gh_2$ (方向竖直向上).根据动量定理 $(F - mg)t = mv_2 - (-mv_1)$,代入数据求得 $F = 1500$ N.

例5 质量是60 kg的建筑工人,不慎从高空跌下,由于弹性安全带的保护作用,最后使人悬挂在空中.已知弹性安全带缓冲时间为1.2 s,安全带伸直后长5 m,求安全带所受的平均冲量. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

解 人下落为自由落体运动,下落到底端时的速度为: $v_1^2 = 2gh$,

$$\therefore v_1 = \sqrt{2gh} = 10 \text{ m/s},$$

取人为研究对象,在人和安全带相互作用的过程中,人受到重力 mg 和安全带给的冲力 F ,取 F 方向为正方向,由动量定理得: $Ft = mv - mv_1$.

所以 $F = mg + \frac{mv_1}{t} = 1100$ N (方向竖直向下).



例 7 自动步枪每分钟射出的子弹 300 发,每发子弹的质量为 20 g,子弹出枪口时的速度为 500 m/s,则射击时的平均反冲力大小是 N.

解 本题变化点在于射击时是不连续地发射子弹,可以以一发子弹为研究对象,计算出子弹射出的时间;也可设想一等效过程,将 300 发子弹总质量算出,且在 1 min 内,将这颗“大”子弹射出.

300 颗子弹总质量 $m = 300m_0 = 300 \times 0.02 \text{ kg} = 6 \text{ kg}$.

在 1 min 即 $t = 60 \text{ s}$ 内射击完,射击时平均作用力 F .

根据动量定理,对这些子弹有: $Ft = mv - 0$.

$$\therefore F = \frac{mv}{t} = \frac{6 \times 500}{60} \text{ N} = 50 \text{ N}.$$

由牛顿第三定律,子弹对步枪的平均反冲力大小是 50 N.

例 7 由高压水枪中竖直向上喷出的水柱,将一个质量为 m 的小铁盒开口向下倒顶在空中,如图 1-3 所示.已知水以恒定速率 v_0 从横截面积为 S 的水枪中持续不变地喷出,向上运动并冲击铁盒后,以不变的速率竖直返回,求稳定状态下铁盒距水枪口的高度 h .

解 由水枪喷出的水做竖直上抛运动.当水柱上升到 h 高处时,水柱顶端速度为

$$v = \sqrt{v_0^2 - 2gh},$$

单位时间内,由水枪喷出的水的质量为

$$\Delta m = \rho v_0 S.$$

水柱喷射到铁盒上时,由于速度 v 减小,水柱与铁盒接触面积 $S' > S$.由于水柱持续喷出,有 $Sv_0 = S'v$,所以单位时间内喷射到铁盒上水的质量保持 $\Delta m = \rho v_0 S$ 不变.

取质量为 Δm 的水为研究对象,研究 Δm 与铁盒相互作用的过程.由于 Δm 水中每一水滴与铁盒作用的时间极短,可忽略作用过程中

每一水滴所受重力影响,取向上为正方向,根据动量定理,有: $F' \Delta t = -2\rho v_0 S v$.

由于 $\Delta t = 1 \text{ s}$,可得 Δm 的水受铁盒作用力为: $F' = -2\rho v_0 S v$.

铁盒所受 Δm 水的冲击力 $F = -F' = 2\rho v_0 S v$,处于稳定状态时,铁盒所受合外力为零,有 $2\rho v_0 S v = mg$.

将 v 代入上式,解得: $h = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{1}{2} \left(\frac{m}{2\rho v_0 S} \right)^2 g$.

例 9 据报道,一辆轿车高速强行超车时,与迎面驶来的另一辆轿车相撞.两车相撞后连为一体,两车身因碰撞挤压,皆缩短了约 0.5 m,据测算相撞时两车速均约 109 km/h,试求碰撞过程中车内质量是 60 kg 的人受到的平均冲击力约为多少?(运算过程及结果均保留两位有效数字).

解 两车相碰后,人随车一起做匀减速运动直到停止.此过程位移为 0.5 m.设人随车做匀减速运动的运动时间为 t .

例 7 气球质量为 200 kg,载有质量为 50 kg 的人,静止在空中距地面 20 m 高的地方.气球下方悬根质量可忽略不计的绳子,此人想从气球上沿绳慢慢下滑至地面,为了安全到达地面,则这根绳长至少为多少米?(不计人的高度)

解 人和气球静止空中,所以人球组成的系统所受合外力为零,人沿绳下滑,不论人以何种方式运动,根据动量守恒,气球都要向相反的方向(向上)运动.当人下滑到地时,气球上升一段距离,此时人相对气球运动的距离为原离地高度与气球上升的距离之和.如图 1-4 所示,即为 $s_1 + s_2$,正是人安全到地的绳长.

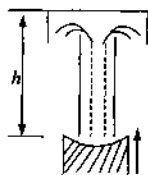


图 1-3

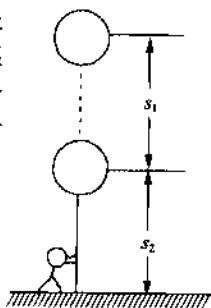


图 1-4

解法 1 设人下滑速度为 v_1 , 气球上升速度为 v_2 , 选向下为正方向, 因系统合外力为零, 故系统动量守恒.

$$0 = m_1 v_1 + m_2 v_2,$$

由于人球运动规律相同, 所以上式两边同乘以时间 t 得

$$\therefore s_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot s_1 = \frac{50}{200} \times 20 \text{ m} = -5 \text{ m},$$

故绳长为 $l = -s_1 + s_2 = 20 \text{ m} - 5 \text{ m} = 25 \text{ m}$.

解法 2 设人的下滑速度为 v'_1 , 球上升速度为 v'_2 , 选向下为正方向, 则人对地速度为 v'_1

$-v'_2$, 由系统动量守恒得

$$0 = m_1(v'_1 - v'_2) + m_2 v'_2,$$

因作用时间相同, 上式两边同乘以 t 得

$$0 = m_1 s'_1 - (m_1 + m_2) s'_2,$$

$$\text{又 } (v'_1 - v'_2)t = -s_1,$$

$$\text{即 } s'_1 - s'_2 t = -s_1.$$

$$\text{解 } s'_1 = \frac{m_1 + m_2}{m_2} s'_2,$$

$$s_2 = \frac{50 + 200}{200} \times 20 \text{ m} = 25 \text{ m}.$$