

与人教社最新教材配套使用

2004 年高中新教材同步

特种导学

物理
(高二上)

丛书主编：申安和

本册主编：蔡新中

根据 2003 年教育部颁布的新课标要求编写



有此防伪标皆为正版

教育科学出版社

知识 实践 探究 精准 科学 实用



聚焦最佳设计丛书

大凡游走于教辅书柜台前的人，不外乎学生、家长和老师三类。学生们有心向上，却因知识局限和信心不足对形形色色的教辅书缺乏有效甄别；家长们望子成龙、心怀虔诚，却因远离今天的实际而只能囿于选购；对教辅书心存借鉴诉求的老师们虽具备了购书的睿智和冷静，却因其可借鉴的目标价值有限，也难免无奈与失落。这些具有普遍性的现象告诉我们——教辅书太多！

综观教辅书，从其拓学助考、拾遗补缺的功效上讲，确实是不可或缺的营养品，这是不争的事实。但目前平庸的教辅书呈泛滥之势，一些文化品格失位的出版商将以前的教辅书改头换面后，以所谓的“新课标”教辅的形式重新招摇上市。这就为读者从漫无边际的教辅海洋里撷取所需而人为地设置了难度。

细心的读者不难发现，林林总总的商家们不断用心炒作的不外乎是“内容好”、“体例新”、“实用性强”等概念。还有的出版商为了吸引眼球，追求商业制胜，更在书名奇特、装帧别致上穷尽心思、下足功夫。然而，他们都不约而同地回避了内容上的“鲜活原创”和“精准”这两个至关重要的概念。他们很少愿腾出时间，到学校中去、到课堂上去寻找新鲜而富有原创生命力的作品，更谈不上对新课标、新教改以及由新课标引发的教育创新成果了然于胸。以这种编写模式和出版品质为前提，就出现了一个版本反复炒，一道题到处套的现象。而实现这一切的快捷有效手段已经简略到一支鼠标或几瓶浆糊！面对此局，读者也就“伤心总是难免的”了。这就是教辅书市场已经延续了多少代的卖与买的现状！

在全新的“e”时代，社会对人才的知识结构和实践能力提出了全新的要求，新课标、新教材、新高考都是这一要求在普教层面的具体体现。教学在改革，教辅要换代，当旧教材已经封存入库的时候，鼠标已经找不到感应点，征战于教辅市场的商家们就必须不惜代价，找到新的键盘手和蘸水笔，并要求他们忠实地记下来自灵魂深处的思考。

那么，在新课标、新教材、新高考的背景下，生产出优质教辅书须具备哪些物态保

证呢？

首先，扮演设计师角色的策划人应具备到位的文化品格。作为新教辅的出版人除了不断创新、勇于实践外，最好是一个新课标、新课程的制定者、实施者、发展者或推动者，至少应是研究型专家。这是新生代优质教辅书诞生的实践基础和理论前提。

其次，新生代优质教辅书应具有鲜活、原创的特质。它应是立足教改、来自全新教与学的实践、贴近课堂、易于操作、便于评价、易于自主学习的读物。

再次，新生代优质教辅书的执笔者必须是一群优秀的一线教改精英。要实现内容上的鲜活、原创、精准，出版人就必须深入到一线，物色到真正优秀的高素质作者群，并投入相对较长的创作时间和相对高昂的创作代价。

最后，策划人须担负起其不容辞咎的责任。每本书都必须有一个严谨科学的编辑加工过程。为保证内容的精准，必须投入大量的人力、财力、物力进行十分严谨的编辑加工。

总之，今天的教辅书既要回归其营养品的功效本色，又要与时俱进，方能获得新的生命力。否则，新课标时代的到来只能把教辅书加速推向冰河期。

当我们对教辅书的品质有了基于读者层面的新的评价标准，即“原创、科学、实用、精准”时，面对那些换汤不换药的非目标读物，读者们将不再困惑；对于符合当代教改要求的、不失教辅功效本色的目标读物，读者也将很容易锁定。

适应新教学的高中新教材同步《特种导学》系列正是基于这一标准在努力，值得关注。

使用说明

高中新教材同步《特种导学》系列以“知识、实践、探究”三元合一为支撑点和出发点,对课本知识进行有效的深层次的整合,渗透了“全新自主学习”的理论成果,引导学生质疑、动手调查、探究发现,使学习成为主动的、富有个性化的实践、认知过程;同时渗透了社会意识、环境意识、公民道德等方面的教育,全面提高学生自主探究能力和创新能力,使其个性得以彰显,情感得以升华。

在选材上,鲜活灵动、关注社会热点、充盈时代信息;在设计上,突破传统,遵循由浅入深、循序渐进的学习规律,进行全面创新整合。从课堂入手,进行知识拓展,然后再进行知识综合,并指导学生进行研究探索,最后配以适量的思维新训练,这样就完成了从知识立意向能力立意的质变。

具体讲,数学、物理、化学更注重与实践和生活的联系,从根本上解决了学生学以致用过程中遇到的难题。语文与英语摒弃了传统教辅中的题海战术,主要从语言的灵活运用,并让学生整体感悟不同语言的独特魅力等方面激发起学生强烈的学习愿望,培养其持久的学习兴趣。

读者在使用本套图书时,需注意以下几点:第一,要立足于教材。教材是学习之本。特别是教材中的基本概念、公式、定理、原理等都必须弄清楚。第二,有针对性地使用本套图书。本套图书覆盖面广,对低、中、高层次学生均适用,读者可根据自身的学习实际情况有取舍地使用,如,基础较差的学生,可从课堂导学入手;成绩中等的学生可直接进入知识延伸阶段学习;成绩较好的学生可以针对研究探索方面的知识进行深层次的思考和探究。第三,使用中要做到举一反三,甚至批判性地吸纳。能力只有在不断实践和思考中才能得到提高,知识只有批判地吸纳才会有效。为此,我们将会在 <http://www.kaoshi.tv> 网站中开辟专栏,供广大读者交流、探讨相关问题,或对某些内容作进一步的讲解、深化、更新。

教材,是学生学知识、长见识不可替代的源泉;教辅,是学生长能力、过考试不可或缺的营养剂。而本套图书就是为广大读者适应新课程改革而科学调配的一种新型营养品。呈现在您面前的不仅是一本书,而且是一种责任、一种使命,更是一份真诚的祝愿:学习进步!

当然,由于编写时间有限,书中难免有不当之处,恳请广大读者批评指正。

目 录

第8章 动量	(1)	知识反馈(习题新探究)	(30)
一、冲量和动量	(1)	二、振幅、周期和频率	(32)
知识见证(课堂新导学)	(1)	知识见证(课堂新导学)	(32)
知识延伸(技法新探索)	(1)	知识延伸(技法新探索)	(33)
知识反馈(习题新探究)	(3)	知识反馈(习题新探究)	(34)
二、动量定理	(4)	三、简谐运动的图象	(36)
知识见证(课堂新导学)	(4)	知识见证(课堂新导学)	(36)
知识延伸(技法新探索)	(5)	知识延伸(技法新探索)	(37)
知识反馈(习题新探究)	(6)	知识反馈(习题新探究)	(38)
三、动量守恒定律	(8)	四、单摆	(41)
知识见证(课堂新导学)	(8)	知识见证(课堂新导学)	(41)
知识延伸(技法新探索)	(9)	知识延伸(技法新探索)	(42)
知识反馈(习题新探究)	(10)	知识反馈(习题新探究)	(44)
四、动量守恒定律的应用	(12)	五、简谐运动的能量 阻尼振动	(46)
知识见证(课堂新导学)	(12)	知识见证(课堂新导学)	(46)
知识延伸(技法新探索)	(12)	知识延伸(技法新探索)	(46)
知识反馈(习题新探究)	(15)	知识反馈(习题新探究)	(47)
五、反冲运动 火箭	(17)	六、受迫振动 共振	(49)
知识见证(课堂新导学)	(17)	知识见证(课堂新导学)	(49)
知识延伸(技法新探索)	(18)	知识延伸(技法新探索)	(49)
知识反馈(习题新探究)	(19)	知识反馈(习题新探究)	(51)
六、实验:验证动量守恒定律	(20)	七、实验:用单摆测定重力加速度	(53)
知识见证(课堂新导学)	(20)	知识见证(课堂新导学)	(53)
知识反馈(习题新探究)	(21)	知识延伸(技法新探索)	(53)
本章知识小结	(23)	知识反馈(习题新探究)	(54)
一、精彩回放	(23)	本章知识小结	(55)
二、走向高考	(23)	一、精彩回放	(55)
三、研究探索	(24)	二、走向高考	(55)
本章综合测试	(26)	三、研究探索	(56)
第9章 机械振动	(28)	本章综合测试	(58)
一、简谐运动	(28)	第10章 机械波	(60)
知识见证(课堂新导学)	(28)	一、波的形成和传播	(60)
知识延伸(技法新探索)	(29)	知识见证(课堂新导学)	(60)

知识延伸(技法新探索)	(61)	知识延伸(技法新探索)	(90)
知识反馈(习题新探究)	(61)	知识反馈(习题新探究)	(91)
二、波的形象	(62)	三、分子间的相互作用力	(92)
知识见证(课堂新导学)	(62)	知识见证(课堂新导学)	(92)
知识延伸(技法新探索)	(63)	知识延伸(技法新探索)	(93)
知识反馈(习题新探究)	(64)	知识反馈(习题新探究)	(93)
三、波长、频率和波速	(65)	四、物体的内能 热量	(94)
知识见证(课堂新导学)	(65)	知识见证(课堂新导学)	(94)
知识延伸(技法新探索)	(66)	知识延伸(技法新探索)	(96)
知识反馈(习题新探究)	(68)	知识反馈(习题新探究)	(97)
四、波的衍射	(71)	五、热力学第一定律 能量守恒定律	(98)
知识见证(课堂新导学)	(71)	知识见证(课堂新导学)	(98)
知识延伸(技法新探索)	(71)	知识延伸(技法新探索)	(99)
知识反馈(习题新探究)	(71)	知识反馈(习题新探究)	(100)
五、波的干涉	(72)	六、能源 环境	(102)
知识见证(课堂新导学)	(72)	知识见证(课堂新导学)	(102)
知识延伸(技法新探索)	(73)	知识延伸(技法新探索)	(103)
知识反馈(习题新探究)	(74)	知识反馈(习题新探究)	(104)
六、多普勒效应	(75)	七、实验:用油膜法估测分子的大小	(105)
知识见证(课堂新导学)	(75)	知识见证(课堂新导学)	(105)
知识反馈(习题新探究)	(77)	知识反馈(习题新探究)	(106)
七、次声波和超声波	(77)	本章知识小结	(107)
知识见证(课堂新导学)	(77)	一、精彩回放	(107)
知识反馈(习题新探究)	(78)	二、走向高考	(108)
本章知识小结	(80)	三、研究探索	(109)
一、精彩回放	(80)	本章综合能力测试	(111)
二、走向高考	(81)	第12章 固体、液体和气体	(113)
三、研究探索	(82)	一、固体	(113)
本章综合能力测试	(84)	知识见证(课堂新导学)	(113)
第11章 分子热运动 能量守恒	(87)	知识延伸(技法新探索)	(113)
一、物体是由大量分子组成的	(87)	知识反馈(习题新探究)	(114)
知识见证(课堂新导学)	(87)	二、固体的微观结构	(115)
知识延伸(技法新探索)	(88)	知识见证(课堂新导学)	(115)
知识反馈(习题新探究)	(88)	知识延伸(技法新探索)	(115)
二、分子的热运动	(89)	知识反馈(习题新探究)	(116)
知识见证(课堂新导学)	(89)	三、液体 表面张力	(117)
		知识见证(课堂新导学)	(117)

知识延伸〈技法新探索〉	(118)	知识见证〈课堂新导学〉	(145)
知识反馈〈习题新探究〉	(118)	知识延伸〈技法新探索〉	(146)
四、毛细现象	(119)	知识反馈〈习题新探究〉	(147)
知识见证〈课堂新导学〉	(119)	五、电势差 电势	(148)
知识延伸〈技法新探索〉	(120)	知识见证〈课堂新导学〉	(148)
知识反馈〈习题新探究〉	(120)	知识延伸〈技法新探索〉	(150)
五、液晶	(121)	知识反馈〈习题新探究〉	(152)
知识见证〈课堂新导学〉	(121)	六、等势面	(154)
知识延伸〈技法新探索〉	(122)	知识见证〈课堂新导学〉	(154)
知识反馈〈习题新探究〉	(122)	知识延伸〈技法新探索〉	(155)
六、湍流现象	(123)	知识反馈〈习题新探究〉	(156)
知识见证〈课堂新导学〉	(123)	七、电势差与电场强度的关系	(158)
知识延伸〈技法新探索〉	(124)	知识见证〈课堂新导学〉	(158)
知识反馈〈习题新探究〉	(124)	知识延伸〈技法新探索〉	(159)
七、气体的压强、体积、温度间的关系	(125)	知识反馈〈习题新探究〉	(160)
知识见证〈课堂新导学〉	(125)	八、电容器 电容	(161)
知识延伸〈技法新探索〉	(126)	知识见证〈课堂新导学〉	(161)
知识反馈〈习题新探究〉	(127)	知识延伸〈技法新探索〉	(162)
本章知识小结	(128)	知识反馈〈习题新探究〉	(164)
一、精彩回放	(128)	九、带电粒子在匀强电场中的运动	(166)
二、走向高考	(128)	知识见证〈课堂新导学〉	(166)
三、研究探索	(129)	知识延伸〈技法新探索〉	(168)
本章综合能力测试	(131)	知识反馈〈习题新探究〉	(170)
第13章 电场	(133)	十、实验:用描迹法画出电场中平面上的等势线	(173)
一、电荷 库仑定律	(133)	知识见证〈课堂新导学〉	(173)
知识见证〈课堂新导学〉	(133)	知识延伸〈技法新探索〉	(174)
知识延伸〈技法新探索〉	(134)	知识反馈〈习题新探究〉	(174)
知识反馈〈习题新探究〉	(135)	本章知识小结	(176)
二、电场 电场强度	(137)	一、精彩回放	(173)
知识见证〈课堂新导学〉	(137)	二、走向高考	(177)
知识延伸〈技法新探索〉	(138)	三、研究探索	(179)
知识反馈〈习题新探究〉	(139)	本章综合能力测试	(181)
三、电场线	(141)	期中考试题	(184)
知识见证〈课堂新导学〉	(141)	期末考试题	(186)
知识延伸〈技法新探索〉	(142)	参考答案及详解	(189)
知识反馈〈习题新探究〉	(142)		
四、电场中的导体	(145)		

第8章 动量

一、冲量和动量

知识见证 <课堂新导学>

【基础赏析】

【例1】如图8-1-1所示,质量为 m 的物体沿倾角为 θ 的斜面匀速下滑,下滑过程所用时间为 t ,求物体在下滑过程中所受重力 G 、支持力 N 、摩擦力 f 及合力 F 的冲量。

【剖析】冲量是过程量,且为矢量,由力和力的作用时间决定,同一过程中不同的力的冲量是不同的,恒力的冲量可由 $I=Ft$ 求得,冲量的方向与恒力方向相同。

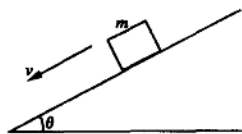


图8-1-1

【答案】重力的冲量: $I_G = mgt$,方向竖直向下;
支持力的冲量: $I_N = Nt = mgt \cos \theta$,方向垂直斜面向上;
摩擦力的冲量: $I_f = ft = mgt \sin \theta$,方向平行斜面向上;
合力 F 的冲量: $I_F = Ft = 0$ 。

【例2】下列情况中,物体的动量不变的是 ()

- 在平直路面上匀速前进的汽车
- 汽车在转弯过程中保持速度大小不变
- 水平飞出的球撞到竖直墙壁后速度大小不变沿原路返回
- 匀速直线运动的洒水车正在洒水

【剖析】物体的质量与物体的速度的乘积叫做动量。动量是矢量,方向与速度方向相同。动量的变化包括速度变化(大小变、方向变、大小和方向都变)、质量变化、质量和速度同时变化。故以上说法中只有A正确。

【答案】A

【学习目标】

1. 动量

定义:把物体的质量和运动速度的乘积叫物体的动量。

公式: $P = mv$ 单位:千克·米/秒

理解:动量是矢量,其方向就是瞬时速度的方向,是一个状态量。因为速度是相对的,所以动量也是相对的,我们一般取地面或相对地面静止的物体做参照物来确定动量的大小和方向。

2. 冲量

定义:把力和力的作用时间的乘积叫做力的冲量。

公式: $I = Ft$ 单位:牛顿·秒或千克·米/秒

理解:冲量是矢量,其大小为力和作用时间的乘积,是一个过程量。其方向由作用力决定;当作用力为恒力或作用力的方向保持不变时,冲量的方向与力的方向相同;当作用力方向变化时,冲量的方向与动量的变化量方向相同。如果物体在时间 t 内受到几个恒力的作用,则合力的冲量等于各力冲量的矢量和,其合成规律遵守平行四边形法则。

3. 动量的变化

定义:物体的末动量减初动量叫物体动量的变化。

公式: $\Delta P = P' - P = mv' - mv$ 单位:千克·米/秒或牛顿·秒

理解:动量的变化是矢量,方向与速度的变化 Δv 方向相同,“减”是末动量矢量减初动量矢量,遵守平行四边形法则。动量的变化包括速度变化(大小变、方向变、大小和方向都变)、质量变化、质量和速度同时变化三种情况。

知识延伸 <技法新探索>

【典例赏析】

【例1】将质量为 $m = 1 \text{ kg}$ 的小球,从距水平地面高为 $h = 5 \text{ m}$ 处,以 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 的水平速度抛出,不计空气阻力,取 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。求:(1)平抛运动过程中小球动量的增量 ΔP ;(2)小球落地时的动量 P ;(3)飞行过程中小球所受的合外力的冲量 I 。

【剖析】平抛运动的物体在水平方向作匀速直线运动,水平方向的动量不变;在竖直方向作自由落体运动,竖直方向的动量不断增加。故平抛运动过程中小球动量的增量为竖直方向的动量的增量。由平抛运动的知识易得小球落地时的速度 v 和在空中飞行的时间 t ,从而求出小球落地时的动量 P 和飞行过程中小球所受的合外力的冲量 I 。如图8-1-2所示:

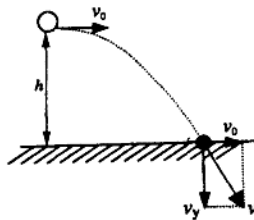


图8-1-2

【解】(1)平抛运动的物体在竖直方向作自由落体运动,有

$$h = gt^2/2 \quad \text{①}$$

$$v_y = gt \quad \text{②}$$

由①②二式代入数据解得 $t = 1 \text{ s}$, $v_y = 10 \text{ m/s}$

$$\Delta v = \Delta v_y = v_y = 10 \text{ m/s}$$

平抛运动过程中小球动量的增量 $\Delta P = m\Delta v = 10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

(2)由速度合成,有

$$v^2 = v_0^2 + v_y^2 \quad \text{③}$$

代入数据解得小球落地时的速度: $v = 14.14 \text{ m/s}$

小球落地时的动量大小: $P = mv = 14.14 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

小球落地时的动量方向,与水平方向成 45° 角

(3)飞行过程中小球只受重力作用,故飞行过程中小球所受的合外力的冲量

$$I = mgt = 1 \times 10 \times 1 \text{ N} \cdot \text{s} = 10 \text{ N} \cdot \text{s}, \text{方向竖直向下.}$$

【易错点】动量、冲量及动量的变化均为矢量,运算时注意它的矢量性.

【重难点点拨】知道动量、冲量及动量的变化的概念,并能用来求解相关问题.矢量的求解,除了求出大小,还要指出它们的方向.不在同一直线上的矢量的运算必须要用平行四边形定则.

【例2】如图8-1-3所示,分别用两个恒力 F_1 和 F_2 先后两次将质量为 m 的物体从静止开始,沿同一粗糙的固定斜面由底端推到顶端,第一次力 F_1 的方向沿斜面向上,第二次力 F_2 的方向沿水平向右,两次所用时间相同,则在这两个过程中,试比较 F_1 和 F_2 对物体的冲量大小及物体动量变化的大小.

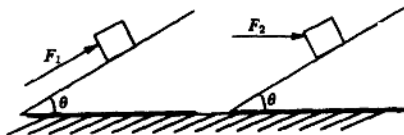


图8-1-3

【剖析】因两次所用时间相同,要比较 F_1 和 F_2 对物体的冲量大小,只要比较 F_1 和 F_2 大小.因初动量均为零,则物体动量变化的大小等于物体末动量的大小.根据 $s = at^2/2$ 及两次 s, t 相同,可知两次运动的加速度 a 相同,由 $v = at$ 知物体到达斜面顶端的末速度相同,故物体在这两个过程中物体动量变化的大小相同.

【解】设物体与斜面间的动摩擦因数为 μ ,由牛顿第二定律,

$$\text{第一次用 } F_1 \text{ 推时: } F_1 = \mu mg \cos \theta + mg \sin \theta + ma$$

第二次用 F_2 推时:

$$F_2 \cos \theta = \mu(mg \cos \theta + F_2 \sin \theta) + mg \sin \theta + ma$$

$$\text{所以, } F_2 \cos \theta > F_1, \text{ 从而 } F_2 > F_1$$

故 F_2 对物体的冲量大小大于 F_1 对物体的冲量大小.

【易错点】不会先确定加速度的关系而导致其他判断出错.

【重难点点拨】本题是运动学、牛顿定律和动量的综合应用,解

题的关键是能灵活应用有关公式和正确进行受力分析.

【知识综合】

动量和动能

1. 动量是矢量,可以有分量式;动能是标量,不能写分量式.

2. 动量的变化表现着力对时间累积效应,动量的变化与外力的冲量相等;动能的变化表现着力对空间的累积效应,动能的变化与合外力的功相等.

3. 动量与冲量密切相关,动量决定物体反抗阻力能够运动多久;动能与功密切相关,动能决定物体反抗阻力能够运动多远.

4. 动量和动能都是一个瞬时的状态量,其大小关系是 $P^2 = 2mE_k$,质量一定的物体,若动能发生变化,动量一定发生变化;但动量发生变化时,动能不一定发生变化.

【例1】对于任何一个质量不变的物体,下列说法中正确的是 ()

- A. 物体的动量发生变化,其动能一定变化
- B. 物体的动量发生变化,其动能不一定变化
- C. 物体的动能发生变化,其动量一定变化
- D. 物体的动能发生变化,其动量不一定变化

【剖析】根据 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 和 $P = mv$,可得 $P^2 = 2mE_k$,但这个式子只是动能 E_k 和动量 P 的数值关系,而动能与动量的主要区别在于动能是标量,动量是矢量,具有方向性.

当质量不变的物体的动量发生变化时,可以是速度的大小发生变化,也可以是速度的方向发生变化,还可以是速度的大小和方向都发生变化.当只有物体的速度方向发生变化而速度大小不变时,物体的动量发生变化,但动能不发生变化,如匀速圆周运动,故A错,B对.

当质量不变的物体的动能发生变化时,必定是其速度的大小发生了变化,不管速度方向是否变化,物体的动量必发生变化.故C对,D错.

【答案】BC

【例2】两个小球的质量分别为 m_1 和 m_2 ,且 $m_1 = 2m_2$,当它们的动能相等时,它们的动量之比 $P_1 : P_2$ 为

- A. $1 : \sqrt{2}$
- B. $\sqrt{2} : 1$
- C. $2\sqrt{2} : 1$
- D. $3 : \sqrt{2}$

【剖析】依题意有

$$m_1 = 2m_2 \quad \text{①}$$

$$E_{k1} = E_{k2} \quad \text{②}$$

又由动量和动能的关系式 $P^2 = 2mE_k$ 可得

$$P_1 = 2m_1 E_{k1} \quad \text{③}$$

$$P_2 = 2m_2 E_{k2} \quad \text{④}$$

由①~④可得

$$\frac{P_1}{P_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = \sqrt{2}$$

【答案】B

知识反馈 <习题新探究>

基础题新编

一、选择题(每题至少有一个正确答案)

- 对同一质点,下面说法中正确的是 ()
 - 匀速圆周运动中,动量是不变的
 - 匀速圆周运动中,在相等的时间内,动量的改变量大小相等
 - 平抛运动、竖直上抛运动,在相等的时间内,动量的改变量相等
 - 只要质点的速度不变,则它的动量就一定不变
- 质量为 m 的物体自由下落,在第一秒末到第二秒末的时间内,物体所受的冲量数值为 ()
 - $1mg$
 - $2mg$
 - $3mg$
 - 0
- 关于物体的动量,下列说法中正确的是 ()
 - 动量越大的物体,越难停下来,其惯性也越大
 - 物体所受合外力越大,其动量也越大
 - 物体动量变化的方向与其运动方向一定是相同的
 - 做平抛运动的物体,它的动量变化是均匀的
- 物体沿倾角为 θ 的斜面匀速下滑,在整个运动过程中 ()
 - 重力的冲量最大
 - 摩擦力的冲量最大
 - 弹力的冲量最大
 - 三个力的冲量一样大
- 从地面上方 h 高处,分别以速率 v 竖直向上和竖直向下抛出两个质量相同的小球,两小球着地时的动量相对于抛出时的动量的变化量 ()
 - 大小、方向均相同
 - 大小相同、方向不同
 - 大小不同、方向相同
 - 大小、方向均不同
- 如图 8-1-4 所示,两个质量相等的物体在同一高度沿倾角不同的两个光滑斜面由静止自由下滑,到达斜面底端的过程中,两个物体具有的相同物理量是 ()

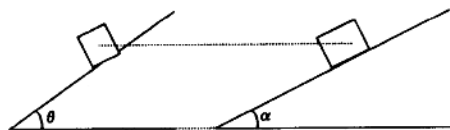


图 8-1-4

- 重力的冲量
- 弹力的冲量
- 合外力的冲量
- 刚到达斜面底端的动量大小

二、填空题

- 以初速度 $v_0 = 40 \text{ m/s}$ 竖直向上抛出的物体,质量为 4 kg ($g = 10 \text{ m/s}^2$),则第 2 秒末的动量为 $\underline{\hspace{2cm}} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,第 5 秒末动量为 $\underline{\hspace{2cm}} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,从第 2 秒末到第 5 秒末动量的变化量为 $\underline{\hspace{2cm}} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$.

- 质量为 0.4 kg 的小球以 10 m/s 的速度从 5 m 高的平台边缘水平抛出,小球落地时动量的大小和方向是 $\underline{\hspace{2cm}}$,小球运动全过程中动量的变化是 $\underline{\hspace{2cm}}$ ($g = 10 \text{ m/s}^2$).
- 一个质量为 m 的物体,在光滑的水平面上以线速度 v 做半径为 R 的匀速圆周运动,则从图 8-1-5 所示的 A 点运动到 B 点,物体的动量变化为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

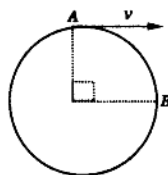


图 8-1-5

提高题新编

一、选择题(每题至少有一个正确答案)

- 如果物体所受的合外力为零,则 ()
 - 物体的动量为零
 - 物体所受的冲量为零
 - 物体速度的增量为零
 - 物体动量的增量为零
- 如图 8-1-6 所示,一木楔固定在水平地面上,木楔的倾角为 θ ,在斜面上有一质量为 m 的小物块,处于静止状态,则在 t 时间内,斜面对物块的冲量大小和方向是 ()

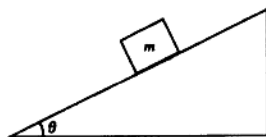


图 8-1-6

- $mg \cos \theta \cdot t$, 垂直斜面向上
 - $mg t$, 竖直向上
 - 0
 - $mg t$, 竖直向下
- 在光滑的水平面上有质量均为 2 kg 的 a, b 两物块, a 在水平恒力 $F_1 = 4 \text{ N}$ 作用下由静止开始运动 4 s , b 在水平恒力 $F_2 = 4 \text{ N}$ 作用下由静止开始移动 4 m . 比较两物块经历的过程, 下列结论正确的是 ()
 - a 的位移比 b 的位移大
 - a 的末速度比 b 的末速度小
 - 力 F_1 的冲量比力 F_2 的冲量小
 - a 的末动量与 b 的末动量大小相等
 - 关于动量和冲量, 下列说法中正确的是 ()
 - 冲量是反映力在时间上的积累过程的物理量
 - 动量是描述物体运动状态的物理量
 - 冲量是引起物体动量变化的原因
 - 冲量的方向和动量的方向一定相同



5. 关于冲量和加速度,下列说法正确的是 ()
- A. 有冲量必有加速度
B. 合外力对物体的冲量方向与物体的加速度方向一定相同
C. 合外力对物体的冲量越大,物体的加速度也越大
D. 合外力对物体的冲量大小发生变化,则物体的加速度大小也发生变化
6. 静止在水平面上的物体,用水平恒力 F 推它 t 秒,物体始终处于静止状态.则,在这 t 秒内,恒力 F 对物体的冲量和该物体所受合力的冲量大小分别是 ()
- A. $0, 0$ B. $Ft, 0$
C. Ft, Ft D. $0, Ft$
7. 质量为 10 kg 的物体,静止在斜面上,斜面倾角为 37° ,在 10 秒内,下列说法正确的是 ()
- A. 重力的冲量为 $50\text{ N}\cdot\text{s}$
B. 支持力的冲量为零
C. 摩擦力的冲量无法计算
D. 合外力的冲量为零

二、填空题

8. 如图 8-1-7 所示,物体质量 $m=2\text{ kg}$,放在光滑水平桌面上,在恒定的牵引力 F 作用下由位置 A 运动到位置 B ,速度由 2 m/s 增加到 4 m/s ,力 F 与水平面成 60° 角,则在此过程中力 F 的冲量为_____.

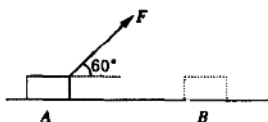


图 8-1-7

9. 将一个质量为 0.2 kg 的小球,从距地面高 10 m 处以 5 m/s 的水平初速度抛出.从刚抛出到着地的过程中,小球所受到的冲量大小为_____ $\text{N}\cdot\text{s}$,方向为_____.(空气阻力不计, $g=10\text{ m/s}^2$)

三、计算题

10. 质量为 1 kg 的物体,原来以速度 $v_0=4\text{ m/s}$ 沿光滑的水平面做匀速直线运动,从某个时刻起,设此时刻 $t=0$,受到一个与 v_0 同方向的力 F 的作用,该力随时间的变化情况如图 8-1-8 所示,求:

- (1) 变力 F 在 4 s 内对物体作用的冲量大小;
(2) 物体受冲量作用结束时的速度大小.

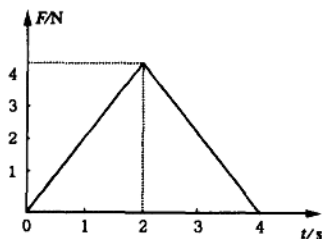


图 8-1-8

【学习札记】

二、动量定理



知识见证 <课堂新导学>

【基础浅析】

- 【例 1】质量为 m 的钢球自高处落下,以速率 v_1 碰地,竖直向上弹回,碰撞时间极短,离地的速率为 v_2 ,在碰撞过程中,地面对钢球的冲量的方向和大小为 ()
- A. 向下, $m(v_1 - v_2)$
B. 向下, $m(v_1 + v_2)$
C. 向上, $m(v_1 - v_2)$
D. 向上, $m(v_1 + v_2)$

【剖析】由于碰撞时间极短,因此重力的冲量可忽略不计,钢球只受到地面对它的冲量,取竖直向上为正,由动量

定理,有

$$I = mv_2 - (-mv_1) = m(v_1 + v_2)$$

【答案】D

【例 2】如果物体所受的合外力为零,则 ()

- A. 物体的动量为零
B. 物体所受的冲量为零
C. 物体速度的增量为零
D. 物体动量的增量为零

【剖析】由动量定理知:物体所受合外力的冲量等于物体动量的增量,因物体所受的合外力为零,故物体所受的冲量为零,物体动量的增量为零,物体速度的增量为零,但物体的动量不一定为零,因物体可以保持静止或作匀速直线运动.





【答案】BCD

【学习目标】

1. 动量定理

语言表述:合外力对物体的冲量等于物体动量的变化。

$$\text{公式: } F_{\text{合}} \cdot t = \Delta P = mv' - mv$$

理解:(1) $F_{\text{合}}$ 是合外力而不是某个力,合外力是恒力或方向不变时 ΔP 与 $F_{\text{合}}$ 同向且为冲量的方向,合外力的方向变化时冲量与 ΔP 同向。

(2)动量发生变化是由于力对时间积累——冲量而产生,因此冲量是物体动量变化的原因。

(3)动量定理的表达式是个矢量式,运用过程中要遵守矢量运算法则。

(4)动量定理不仅适用于恒定的力,也适用于随时间变化的力,对于变力,动量定理中的力 F 应当理解为变力在作用时间内的平均值。

(5)求变力的冲量,不能直接用 $F \cdot t$ 求解,应该由动量定理根据动量的变化间接求解,也可以用 $F-t$ 图象下的“面积”的计算方法求解。

2. 动量定理的推导

根据牛顿第二定律 $F = ma$ 及加速度的定义式 $a = (v' - v)/t$ 可得

$$F = (v' - v)/t$$

$$\text{整理得 } F \cdot t = mv' - mv$$

3. 动量定理与牛顿第二定律的比较

(1)动量定理是由牛顿第二定律导出的,是牛顿第二定律的另一种表述,实质是相同的。

(2)但动量定理反映一个物理过程,一个过程量(力的冲量)对应初、末两个状态量(动量)的改变量。而牛顿第二定律具有瞬时性,物体受到合外力作用立即产生相应的加速度,而不要经过一个积累的过程。

4. 应用动量定理解题的方法和步骤

(1)根据题意确定研究对象,可以是系统,也可以是单个物体

(2)定研究对象在初、末两态的动量 mv 、 mv'

(3)建立坐标系,一维或直角坐标系,选定正方向

(4)分析研究对象所受的外力,可以先求合外力 F (各力作用时间相同时)再求合外力的冲量 Ft ;也可以先求各外力的冲量(各力作用时间不同时)再求各力的合冲量。

(5)确定各矢量的正负,根据动量定理列方程求解。



知识延伸 < 技法新探索 >

【典例赏析】

【例1】如图8-2-1所示,质量为 $m=2\text{ kg}$ 的物体在光滑水平面上以速度 $v_0=5\text{ m/s}$ 运动,受到一个与水平方向成 $\theta=60^\circ$ 角的恒定拉力 F 的作用, $t=2\text{ s}$ 后速度变为 $v=10\text{ m/s}$,求拉力在 2 s 内的冲量。

【剖析】本题可以用冲量的定义求,先用牛顿运动定律和运动学公式求出 F ,然后由定义式 $I = Ft$ 求冲量;也可以用动量定理直接求解。

【解】方法1:设 F 作用于物体后,物体的加速度为 a ,由牛

顿第二定律,有

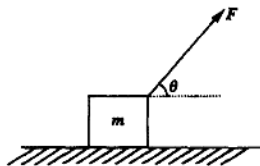


图 8-2-1

$$F \cos \theta = ma \quad \text{①}$$

$$\text{又 } v = v_0 + at \quad \text{②}$$

由①②代入数据解得 $F = 10\text{ N}$

$$\text{故 } I = Ft = 10 \times 2\text{ N} \cdot \text{s} = 20\text{ N} \cdot \text{s}$$

方法2:根据动量定理,有

$$F \cos \theta \cdot t = mv - mv_0$$

所以拉力在 2 s 内的冲量为

$$\begin{aligned} I &= Ft = (mv - mv_0) / \cos \theta \\ &= 2 \times (10 - 5) / \cos 60^\circ\text{ N} \cdot \text{s} \\ &= 20\text{ N} \cdot \text{s} \end{aligned}$$

【易错点】不能正确理解动量定理中的冲量是指合外力的冲量,从而列出错误方程式 $Ft = mv - mv_0$ 。有的同学误认为 F 的冲量为 $F \cos \theta \cdot t = 10\text{ N} \cdot \text{s}$ 。

【思维拓展】冲量的计算有两种方法:(1)用 $I = Ft$ 求(恒力);(2)用 $I = \Delta P$ 求(变力)

【重难点点拨】正确理解动量定理的含义,弄清运动过程及受力情况,确定好正方向,注意矢量性,是快速而准确解决问题的关键。

【例2】质量为 m 的物体静止在水平面上,物体与水平面间的动摩擦因数为 μ ,现有一水平恒力 F 作用在物体上,使物体从静止开始做加速直线运动,经时间 t_1 秒撤去此力,求物体运动的总时间。

【剖析】撤去恒力 F 后,物体在不变的摩擦力作用下做匀减速直线运动,一定时间后停止,求总时间即两个运动过程所用时间的总和。如图8-2-2所示,物体运动的全过程可分加速和减速两个过程,前一过程物体在重力 mg 、支持力 N 、恒力 F 、摩擦力 f 四个力作用下做初速为零的匀加速运动,经时间 t_1 速度变为 v_1 ;后一过程撤去 F ,其余各力不变,物体作匀减速运动经时间 t_2 停止。因涉及力和作用时间关系,故可选择动量定理进行求解。

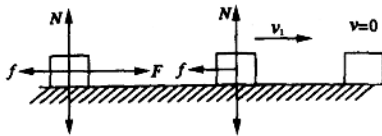


图 8-2-2

【解】方法1:分二个过程列式,取水平向右为正。加速过程:由动量定理,得

$$(F - f)t_1 = mv_1 - 0 \quad \text{①}$$

减速过程,由动量定理,得

$$-ft_2 = 0 - mv_1 \quad \text{②}$$

$$\text{又 } f = \mu mg \quad \text{③}$$

$$t = t_1 + t_2 \quad \text{④}$$

由①②③④解得

$$t = F t_1 / \mu mg$$

方法2:对全程列式,根据动量定理,有

$$F t_1 - f t = 0 \quad \text{⑤}$$

由③⑤二式解得

$$t = F t_1 / \mu mg$$

【易错点】各力在运动过程中的作用时间不同。

【思维拓展】可以选择不同的运动过程分别应用动量定理求解,根据实际情况合理选择运动过程列式,可使问题变得简单。本题也可用牛顿定律求解,不妨一试。

【重难点点拨】当问题牵涉到多个物理过程时,应根据题意画出过程草图,再分过程对物体进行受力分析,画出受力图,以便于利用物理规律列式求解。

【知识综合】

动量定理与动能定理

1. 动量定理是指物体所受合力的冲量等于物体的动量变化,表达式为 $F_{\text{合}} t = \Delta P$; 动能定理是指合外力对物体所做的功等于物体的动能变化,表达式为 $W_{\text{合}} = \Delta E_k$ 。

2. 动量定理是一个矢量式,运算遵循平行四边形定则,若公式中各量均在同一直线上,规定正方向后,可以把矢量运算简化为代数运算; 动能定理是一个代数式,直接用代数运算。

3. 动量定理描述的是一个过程,它表明物体所受合力的冲量是物体动量变化的原因,物体的动量变化是由它受到的外力经过一段时间后积累的效果; 动能定理描述的也是一个过程,它表明物体所受合外力对物体所做的功是物体动能变化的原因,物体的动能变化是由它受到的外力在空间上积累的效果。

4. 动量定理和动能定理研究的对象一般均为单个物体,它们既适用于恒力,也适用于变力; 既适用于直线运动,也适用于曲线运动。

【例1】一颗子弹穿过固定的三块同样材料,同样厚度的木块后,速度恰好减小为零,设子弹在木块中所受阻力与速度无关,则子弹穿过这三块木块的时间之比 $t_1 : t_2 : t_3 =$ _____。

【剖析】本题牵涉到力、速度、距离和时间,可从动量和动能角度分别由动量定理和动能定理求解。

【解】设木块厚度为 d , 子弹所受阻力为 F , 由动能定理和动量定理有:

$$F \cdot 3d = \frac{1}{2} m v_0^2 \quad \text{①}$$

$$F \cdot (t_1 + t_2 + t_3) = m v_0 \quad \text{②}$$

$$F \cdot 2d = \frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 \quad \text{③}$$

$$F \cdot (t_1 + t_2) = m v_0 - m v_1 \quad \text{④}$$

$$F d = \frac{1}{2} m v_1^2 - 0 \quad \text{⑤}$$

$$F t_3 = m v_1 - 0 \quad \text{⑥}$$

联立①~⑥式解得

$$t_1 : t_2 : t_3 = (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : (\sqrt{2} - 1) : 1$$

【例2】质量相同的两物体 A、B 并排静止在光滑水平面上, 现用一水平恒力 F 推 A, 同时给 B 物体施加一个与 F 同方向的瞬时冲量 I , 使两个物体同时开始运动, 当两物体重新相遇时, 所经历的时间为 ()

- A. I/F B. $2I/F$
C. F/I D. $2F/I$

【剖析】设 A、B 两物体再相遇时, 所经历时间为 t , 发生的位移为 s , 此时 A 的动量为 P , 动能为 E_k , 则由动能和动量的量值关系有

$$P^2 = 2mE_k \quad \text{①}$$

对 A 由动能定理, 有

$$FS = E_k \quad \text{②}$$

对 A 由动量定理, 有

$$Ft = P \quad \text{③}$$

对 B 由动量定理, 有

$$I = mv \quad \text{④}$$

又 B 作匀速直线运动, 有

$$S = vt \quad \text{⑤}$$

由①②③④联立解得

$$t = 2I/F$$

【答案】B

知识反馈 < 习题新探究 >

基础题新编

一、选择题 (每题至少有一个正确答案)

- 下列说法正确的是 ()
A. 物体的动量改变, 则速度大小一定变化
B. 物体所受合外力越大, 物体动量变化越大
C. 物体所受合外力越大, 物体动量变化率一定越大
D. 物体的运动状态改变, 其动量一定改变
- 竖直上抛一个物体, 不计空气阻力, 在上升过程与下落到出发点的两过程中 ()
A. 经历的时间相等
B. 发生的位移相等
C. 重力对物体的冲量相同
D. 动量变化相同
- 玻璃杯从同一高度落下掉在石头上比掉在草地上容易碎是由于玻璃杯与石头撞击过程中 ()
A. 玻璃杯的动量较大
B. 玻璃杯受到的冲量较大
C. 玻璃杯的动量变化较快
D. 玻璃杯的动量变化较大
- 下列判断正确的是 ()
A. 物体动量的方向总是与它所受的合外力的方向一致
B. 物体动量变化的方向总与它受到的合冲量的方向一致
C. 静止在水平面上的物体, 其重力在任一时间内的冲量为



零

D. 物体有加速度时其动量不可能为零

5. 如图 8-2-3 所示, 质量为 $m=2\text{ kg}$ 的物体 A 静止在光滑的水平面上, 与水平方向成 $\theta=30^\circ$ 角的恒力 $F=3\text{ N}$ 作用于该物体, 历时 10 s , 则: ()

- A. 力 F 的冲量大小为零
B. 力 F 对物体的冲量大小为 $30\text{ N}\cdot\text{s}$
C. 力 F 对物体的冲量大小为 $15\text{ N}\cdot\text{s}$
D. 物体动量的变化量为 $15\text{ kg}\cdot\text{m/s}$

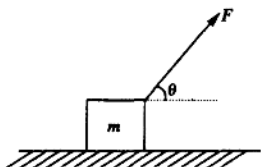


图 8-2-3

6. 一质量为 10 kg 的物体, 以 10 m/s 的速度沿水平面直线运动, 在仅受到一个恒力作用 5 s 后速度变为反方向 5 m/s , 以下说法正确的是 ()

- A. 物体动量变化大小是 $50\text{ kg}\cdot\text{m/s}$
B. 物体的动量变化大小是 $150\text{ kg}\cdot\text{m/s}$
C. 5 s 内, 此恒力对物体的冲量大小是 $150\text{ N}\cdot\text{s}$
D. 5 s 内, 合外力对物体的冲量大小是 $150\text{ N}\cdot\text{s}$

7. 质量为 2 kg 的物体, 速度由 4 m/s 变为 -6 m/s , 则此过程中, 它所受到的合外力的冲量为 ()

- A. $-20\text{ N}\cdot\text{s}$ B. $20\text{ N}\cdot\text{s}$
C. $-4\text{ N}\cdot\text{s}$ D. $-12\text{ N}\cdot\text{s}$

8. 物体在做下面几种运动时, 物体在任何相等的时间内动量变化总是相等的是 ()

- A. 做匀变速直线运动
B. 做竖直上抛运动
C. 做平抛运动
D. 做匀速圆周运动

二、填空题

9. 一只 50 g 的网球以 25 m/s 的速度水平飞来, 又以 30 m/s 的速度被网球拍水平击回去, 则网球受到的冲量为 _____, 如果作用在球上的平均打击力为 30 N , 则球与拍接触的时间为 _____.

10. 如图 8-2-4 所示, 质量为 2 kg 的小球以 $V_0=3\text{ m/s}$ 的速度沿光滑地面撞击墙壁后以 2 m/s 反弹, 以向右为正方向, 则小球初动量 P_0 _____, 末动量 P_t _____, 动量变化 ΔP _____, 受墙的冲量 I _____.

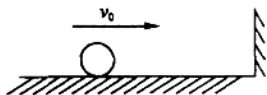


图 8-2-4

11. 有两个物体 $m_1=2\text{ kg}$, $m_2=3\text{ kg}$, 它们开始具有相同的动量, 当受到相同的恒定阻力作用, 逐渐停下来, 则此过程中

它们通过的位移之比 $s_1:s_2$ = _____, 运动时间之比为 $t_1:t_2$ = _____.

提高题新编

1. 力 F 作用在质量为 m 的物体上, 经过时间 t , 物体的速度从 v_1 增加到 v_2 . 如果力 F 作用在质量为 $\frac{m}{2}$ 的物体上, 物体的初速度仍为 v_1 , F 的方向与 v_1 的方向相同, 则经过相同的时间 t , 该物体的末动量大小为 ()

- A. $m(v_2-v_1)/2$
B. $2m(2v_2-v_1)$
C. $m(2v_2-v_1)$
D. $m(2v_2-v_1)/2$

2. 物体沿粗糙的斜面上滑, 到最高点后又滑回原处, 则 ()

- A. 上滑时重力的冲量比下滑时小
B. 上滑时摩擦力冲量比下滑时大
C. 支持力的冲量为 0
D. 整个过程中合外力的冲量为零

3. 粗糙水平面上物体在水平拉力 F 作用下从静止起加速运动, 经过时间 t , 撤去 F , 在阻力 f 作用下又经 $3t$ 停下, 则 $F:f$ 为 ()

- A. $3:1$ B. $4:1$
C. $1:4$ D. $1:3$

4. 对同一质点, 下面说法中正确的是 ()

- A. 匀速圆周运动中, 动量是不变的
B. 匀速圆周运动中, 在相等的时间内, 动量的改变量大小相等
C. 平抛运动、竖直上抛运动, 在相等的时间内, 动量的改变量相等
D. 只要质点的速度不变, 则它的动量就一定不变

5. 长为 $l=0.2\text{ m}$ 的细绳, 一端固定, 另一端拴一质量 $m=0.1\text{ kg}$ 的小球, 把小球拉至水平, 从静止释放到小球运动到最低点. 若 $g=10\text{ m/s}^2$, 对于这一过程以下说法中正确的是 ()

- A. 重力对小球的冲量的大小为 $0.2\text{ N}\cdot\text{s}$
B. 细绳对小球拉力的冲量为 0
C. 细绳对小球拉力的冲量的大小一定等于重力对小球冲量的大小
D. 小球受合力的冲量大小为 $0.2\text{ N}\cdot\text{s}$

6. 如果物体所受的合外力为零, 则 ()

- A. 物体的动量为零
B. 物体所受的冲量为零
C. 物体速度的增量为零
D. 物体动量的增量为零

7. 一粒钢珠从静止状态开始自由下落, 然后陷入泥潭中. 若把在空中下落的过程称为过程 I, 进入泥潭直到停住的过程称为过程 II, 则 ()

- A. 过程 I 中钢珠动量的改变量等于重力的冲量
B. 过程 II 中阻力的冲量的大小等于过程 I 中重力冲量的大小



- C. 过程Ⅱ中钢珠克服阻力所做的功等于过程Ⅰ与过程Ⅱ中钢珠所减少的重力势能之和
D. 过程Ⅱ中损失的机械能等于过程Ⅰ中钢珠所增加的动能

二、填空题

8. 如图8-2-5,用传送带给煤车装煤,20 s内有0.5 t的煤粉落于车上.要使车保持2 m/s的速度匀速前进,则对车应再施以水平力的大小为_____N.

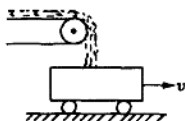


图8-2-5

9. 子弹水平穿过两个并排静止地放在光滑水平面上的木块.木块的质量分别为 m_1 和 m_2 .设子弹穿过两木块所用时间分别为 t_1 、 t_2 .木块对子弹的阻力始终为 f ,子弹穿过两木块后,两木块运动速度分别为 v_1 = _____, v_2 = _____.

10. 质量均为 m 的两个物体 P 、 Q 并排放置在光滑的水平面上静止不动,现用一水平推力 F 推 P ,同时与恒力 F 同方向给 Q 物一个瞬时冲量 I ,使两物体开始运动,当两物体重新相遇时经历时间为_____.此时 P 物体的速度为_____.
11. 质量为50 g的机枪子弹出膛的速度为500 m/s,设机枪水平发射子弹为每秒4发,则机枪手抵住枪托的力为_____.
12. 宇宙飞船以 $v_0 = 10^4$ m/s的速度进入分布均匀的宇宙微粒尘区,飞船每前进 $s = 10^3$ m,要与 $n = 10^4$ 个微粒相碰,设每一微粒的质量为 $m = 2 \times 10^{-2}$ kg,与飞船相碰后附在飞船上,为了使飞船的速度保持不变,飞船的牵引力应为_____N.

【学习札记】

三、动量守恒定律



知识见证 < 课堂新导学 >

【基础赏析】

- 【例1】如图8-3-1所示,弹簧一端与竖直墙固定,另一端与木块 M 拴接,木块 M 放在光滑水平桌面上.子弹 A 沿水平方向射入木块后留在木块内,并将弹簧压缩到最短.如取子弹 A 和木块 M 为系统,在子弹射入木块且相对静止的过程中,此系统动量是否守恒?如取子弹 A 、木块 M 和弹簧为系统,在子弹射入木块到压缩弹簧到最短的过程中,此系统动量是否守恒?

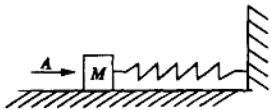


图8-3-1

- 【剖析】在子弹射入木块且相对静止的过程中,由于子弹和木块的作用时间极短,木块位置无明显变化,可认为弹簧无形变,弹簧对木块无作用力,子弹和木块组成的系统受重力和支持力作用,外力之和为零,故系统动

量守恒.

如取子弹 A 、木块 M 和弹簧为系统,在子弹射入木块到压缩弹簧到最短的过程中,系统除受重力和支持力外,还受到墙壁的弹力作用,系统所受外力之和不为零,此过程中系统动量不守恒.

【答案】守恒,不守恒

- 【例2】如图8-3-2所示,质量为 m_1 的车厢静止在光滑的水平面上,车厢内有一质量为 m_2 的物体以初速度 v_0 沿水平方向地板向右运动,与车厢两壁发生若干次碰撞后,最后静止在车厢中,此时车厢的速度为 ()

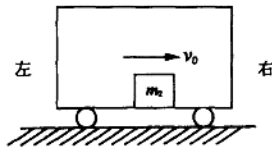


图8-3-2

- A. 0
B. $m_2 v_0 / (m_1 + m_2)$, 方向一定水平向右
C. $m_2 v_0 / (m_1 + m_2)$, 方向可能水平向左
D. v_0 , 方向一定水平向右

【剖析】以物体和车厢组成的系统为研究对象,在整个过程

中其所受外力之和为零,故以 m_1, m_2 组成的系统动量守恒,取 v_0 方向为正方向,有 $m_2 v_0 = (m_1 + m_2) v$, 可得车厢速度 $v = m_2 v_0 / (m_1 + m_2)$, 方向与 v_0 方向相同。

【答案】 B

【学习目标】

1. 动量守恒定律

相互作用的物体,如果不受外力作用或者它们所受的外力的合力为零,它们的总动量保持不变,这个结论叫做动量守恒定律。

如果相互作用的两个物体的动量都在一条直线上时,则动量守恒的数学表达式为

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

式中 m_1, m_2 表示相互作用的两个物体的质量, v_1, v_2 表示它们相互作用前的速度, v_1', v_2' 表示它们相互作用后的速度,等式左边表示两个物体作用前的总动量,等式右边表示两个物体作用后的总动量。

2. 动量守恒定律的研究对象

应用动量守恒定律分析问题,它研究的对象不是一个物体,而是有相互作用的两个或多个物体组成的系统。

3. 动量守恒定律的适用条件

(1) 系统不受外力或所受外力的合力为零。

(2) 系统所受外力的合力虽不为零,但比系统内力小得多,如碰撞过程中的摩擦力,爆炸过程中的重力等外力比起相互作用的内力来小得多,可以忽略不计。

(3) 系统所受外力的合力虽不为零,但在某个方向上的分量为零,则在该方向上的系统的总动量的分量保持不变。

以上情况下动量守恒定律成立。

4. 动量守恒定律的适用范围

只要系统不受外力或所受的外合力为零,那么系统内部各物体的相互作用,不论是万有引力、弹力、摩擦力,还是电力、磁力,动量守恒定律都适用。系统内部各物体相互作用时,不论具有相同或相反的运动方向;在相互作用时不论是否直接接触;在相互作用后不论是粘在一起,还是分裂成碎块,动量守恒定律也都适用。不仅适用于宏观物体的相互作用,而且适用于电子、中子、质子等微观粒子。

知识延伸 < 技法新探索 >

【典例赏析】

【例 1】如图 8-3-3 所示,光滑圆槽质量为 M , 静止在光滑的水平面上,其内表面有一小球被细线吊着恰好位于槽的边缘处,如将线烧断,小球滑到圆槽另一边的最高点时,圆槽的速度为 ()

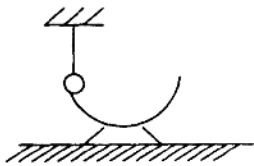


图 8-3-3

A. 0 B. 向左 C. 向右 D. 无法确定

【剖析】 小球和槽组成的系统在水平方向不受外力作用,故系统在水平方向上动量守恒。

【解】 细线被剪断瞬间,系统在水平方向的总动量为零,小球滑到圆槽另一边的最高点时,球与槽水平方向上有共同速度,设为 v ,由动量守恒定律,有

$$0 = (M + m)v$$

故 $v = 0$

正确选项为 A。

【易错点】不能正确应用单方向动量守恒。

【思维拓展】小球滑到圆槽另一边能否达到原来的高度? 回答是肯定的,由系统机械能守恒可得。

【重难点点拨】正确理解动量守恒定律,能根据动量守恒的条件判断系统的动量是否守恒,并注意动量的矢量性,确定系统初末状态的动量。

【例 2】质量为 M 的小车尾部有一质量为 m 的人,人和车以共同的速度 v 在光滑的水平面上向前行驶,当人相对车以水平速度 u 向后跳出时,车的速度为多少?

【剖析】 人从车上跳出时,人和车组成的系统在水平方向所受合外力为零,系统动量守恒。因题中已知的是人相对车的速度,而动量守恒定律中所有速度均为相对于同一惯性参考系的速度,通常取地面为参考系,故应将人相对于车的速度转换成人对地的速度。

【解】 以人、车原来的速度方向为正方向,设人跳出车后,车的速度变为 v' (设方向仍然沿正方向) 则人从车上跳出时对地的速度为 $(v' - u)$, 对系统由动量守恒定律

$$(M + m)v = Mv' + m(v' - u)$$

解得 $v' = v + mu / (M + m)$

【易错点】不能准确确定末状态的动量,误认为人从车上跳出时对地的速度为 $(v - u)$ 或者不把人相对车的速度进行转换。人以相对于车的速度 u 跳出时,车的速度已发生变化,人相对车的速度是相对车作用后的速度,而不是相对车原来的速度,故人对地的速度为 $(v' - u)$, 而不是 $(v - u)$ 。

【思维拓展】本题若人相对于车向前以速度 u 跳出,动量守恒的表达式如何? 若以上两种情况人以相对于地的速度 u 从车上跳出,情况又如何?

【重难点点拨】动量守恒定律参考系的同一性,速度与参考系的选择有关,系统内各物体相互作用前后的速度都必须相对于同一惯性参考系,通常以地面为参考系。

【知识综合】

动量守恒定律和机械能守恒定律

1. 两个守恒定律的联系

两个守恒定律均是在一定条件下,用“守恒量”表示自然界的变化规律,研究的对象均为物体系统,求解问题时,都只考虑运动的初状态和末状态,而不必考虑两个状态之间的过程细节。

2. 两个定律的区别

(1) 守恒条件不同。动量守恒定律的适用条件是系统不受

外力或系统所受的外力的合力等于零,或者系统在某一方向上所受外力的合力为零,或者系统之间的内力远大于系统的外力,机械能守恒定律运用的条件是只有重力做功或弹力做功,或者除了重力和弹力做功之外,还有其他力做功,但这些力做功的代数和为零。

(2)动量守恒定律的表达式为矢量式,在列方程时,应先规定正方向。机械能守恒定律的表达式为标量式,列方程时无需规定正方向,但要先选取零势能面。

【例】 如图8-3-5所示的装置中,木块B与水平桌面间的接触是光滑的,子弹A沿水平方向射入木块后留在木块内,将弹簧压缩到最短。现将子弹、木块和弹簧合在一起作为研究对象(系统),则此系统在从子弹开始射入木块到弹簧压缩至最短的过程中()

- A. 动量守恒,机械能守恒
B. 动量不守恒,机械能不守恒
C. 动量守恒,机械能不守恒
D. 动量不守恒,机械能守恒

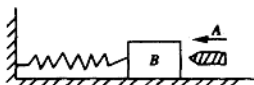


图8-3-5

【剖析】 子弹射入木块瞬间,弹簧来不及发生形变,仍保持原长,子弹与木块间有摩擦力在子弹射入木块过程中要做功,将机械能转化为内能,机械能不守恒,但子弹与木块间的摩擦力为系统的内力,系统所受外力之和为零,故动量守恒。

子弹射入木块后,与木块一起压缩弹簧,系统受墙面弹力(外力)不为零,但不做功,所以该过程中系统动量不守恒,机械能守恒。

综合以上分析,系统在从子弹开始射入木块到弹簧压缩至最短的整个过程中动量、机械能均不守恒。

【答案】 B

知识反馈 <习题新探究>

基础题新编

一、选择题(每题至少有一个正确答案)

- 两个球沿直线相向运动,碰后两球都静止,则下列说法正确的是()

A. 碰前两球的动量相等
B. 两球碰前速度一定相等
C. 碰撞前后两球的动量的变化相同
D. 碰前两球的动量大小相等、方向相反
- 由相互作用的A、B两物体组成的系统,它们的总动量始终为零,则()

A. A、B两物体各自的动量始终为零
B. A、B两物体组成的系统受到的外力的合力一定为零
C. A、B两物体各自所受合外力为零
D. A、B两物体各自的动量始终不变

- 在下列情况下,两物体组成的系统动量不守恒的是()

A. 在光滑水平面上两球发生斜碰
B. 车原来静止在光滑水平面上,车上的人从车头走到车尾
C. 在水平地面上有一门炮,沿与水平方向成 45° 角发射炮弹
D. 一斜面放在光滑水平面上,一物体沿着斜面由静止开始下滑
- A、B两个相互作用的物体,在相互作用过程中系统所受外力的合力为零,下列说法中正确的是()

A. A的动量变大,B的动量一定变大
B. A的动量变大,B的动量一定变小
C. A与B的动量变化相等
D. A与B受到的冲量大小相等
- 在水平直轨道上放置一门质量为M的炮车(不包括炮弹),炮管与路轨平行。当质量为m的炮弹相对地面以速度v沿水平方向射出时,炮车的反冲速度(相对地面)是()

A. $-mv/(m+M)$
B. $-mv/(M-m)$
C. $-mv/M$
D. 以上都不对
- 甲、乙两船质量都是M,开始船尾靠近且静止在平静的湖面上,一质量为m的人先站在甲船上,然后由甲船跳到乙船,再由乙船跳回甲船,最后从甲船以乙船相同的速度跳入水中,不计水对船的阻力,则甲、乙两船速度大小之比是()

A. 人从甲船跳入水中前,两船速度之比是 $M:(M+m)$
B. 人从甲船跳入水中前,两船速度之比 $(M+m):m$
C. 人从甲船跳入水中后,两船速度之比是 $(M+m):M$
D. 人从甲船跳入水中后,两船速度之比是 $1:1$
- 一只小船静止在湖面上,一个人从小船的一端走到另一端,以下说法正确的是(水的阻力不计)()

A. 人受的冲量与船受的冲量大小相等
B. 人向前走的速度一定大于小船后退的速度
C. 当人停止走动时,小船也停止后退
D. 人向前走时,人与船的总动量守恒

二、填空题

- 子弹水平穿过两个并排静止地放在光滑水平面上的木块,木块的质量分别为 m_1 和 m_2 ,设子弹穿过两木块所用时间分别为 t_1 、 t_2 ,木块对子弹的阻力始终为f,子弹穿过两木块后,两木块运动速度分别为 $v_1=$ _____, $v_2=$ _____。
- 总质量为M的热气球由于故障在高空以匀速v竖直下降。为了阻止继续下降,在 $t=0$ 时刻,从热气球中释放了一个质量为m的沙袋。不计空气阻力,当 $t=$ _____时热气球停止下降,这时沙袋的速度为_____。(此时沙袋尚未着地)。

三、计算题

- 甲、乙两小孩各乘一辆小车在光滑水平面上匀速相向行驶,速率均为 $v_0=6$ m/s。甲车上有质量 $m=1$ kg的小球若干个,甲和他的车及所带小球的总质量为 $M_1=50$ kg,乙和他的车总质量 $M_2=30$ kg,甲不断地将小球一个一个

地以 $v=16.5\text{ m/s}$ 的水平速度(相对于地面)抛向乙,并且被乙接住.问:甲至少要抛出多少个小球,才能保证两车不会相碰?

提高题新编

一、选择题(每题至少有一个正确答案)

1. 小车静止在光滑水平面上, A、B 两人分别站在车的左、右两端, A、B 两人同时相向运动, 此时小车向左运动, 则可能是 ()
 A. A、B 质量相等, 速率相等
 B. A、B 质量相等, A 的速率小
 C. A、B 速率相等, A 的质量大
 D. A、B 速率相等, B 的质量大
2. 冰车原来在光滑的水平冰面上匀速滑行, 若一人在冰车上先后向前向后各抛出一个沙包, 两沙包质量和对地速度大小都相同, 沙包都抛出去之后, 冰车的速度与原来相比 ()
 A. 增大了
 B. 减小了
 C. 不变
 D. 无法确定
3. A、B 两球在光滑的水平面上相向运动, 两球相碰后有一球静止, 下列说法正确的是 ()
 A. 若碰后 A 球速度为 0, 则碰前 A 的动量一定大于 B 的动量
 B. 若碰后 A 球速度为 0, 则碰前 A 的动量一定小于 B 的动量
 C. 若碰后 B 球速度为 0, 则碰前 A 的动量一定大于 B 的动量
 D. 若碰后 B 球速度为 0, 则碰前 A 的动量一定小于 B 的动量
4. 在高速公路上发生一起交通事故, 一辆质量为 1500 kg 向南行驶的长途客车迎面撞上了一辆质量为 3000 kg 向北行驶的卡车, 碰后两车接在一起, 并向南滑行了一定距离后停止. 根据测速仪的测定, 长途客车碰前以 20 m/s 的速度行驶, 由此可判断卡车碰前的行驶速率为 ()
 A. 小于 10 m/s
 B. 大于 10 m/s 小于 20 m/s
 C. 大于 20 m/s 小于 30 m/s
 D. 大于 30 m/s 小于 40 m/s

二、填空题

5. 质量为 2 kg 的小车在水平地面上以 0.4 m/s 速度运动, 小车与地摩擦不计. 一质量为 2 kg 的铁块从 1 m 高处由静止释放, 恰落入车内, 则小车速度变为 $\underline{\hspace{2cm}}\text{ m/s}$.
6. 质量为 m , 速度为 v_0 的子弹, 水平射入固定在地面上质量为 M 的木块中, 深入木块的距离为 L . 如果将该木块放在光滑的水平面上, 欲使同样质量的子弹水平射入木块的深度也为 L , 则其水平速度应为 $\underline{\hspace{2cm}}$.
7. 质量为 M 的气球下面吊一质量为 m 的物块以速度 v 匀速上升, 上升到某一高度时悬绳突然断裂, 物块落地时速度大小为 v_1 , 若不计空气阻力, 则物块落地时气球的速度大小

为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

8. 甲、乙两船的质量(包括船上的人和物)分别为 300 kg 和 200 kg , 以 2 m/s 速率相向运动, 甲船上的人将质量为 50 kg 的物体抛入乙船后, 乙船停止运动, 此时甲船的速度大小为 $\underline{\hspace{2cm}}\text{ m/s}$.

三、计算题

9. 甲乙两物体以 2 m/s 的速度在光滑的水平面上共同前进, 在二者之间的弹力作用下, 乙加快了向前的速度而甲变成静止. 乙与前方的丙相碰后粘合, 使原来静止的丙获得 4 m/s 的速度. 已知甲、乙的质量分别为 10 kg , 4 kg , 求丙的质量.
10. 质量分别为 m 和 M 的两个粒子发生碰撞, 碰撞前后两粒子都在同一直线上. 在碰撞过程中损失的动能为定值 E_0 . 今要求碰撞前两粒子的总动能为最小, 求碰撞前两粒子的速度大小和方向.
11. 如图 8-3-4 所示, 表示质量为 M 的密闭气缸置于光滑水平面上, 缸内设一隔板 P , 隔板右面是真空, 隔板的左面是质量为 m 的高压气体, 若将隔板突然抽去, 则气缸将怎样运动?

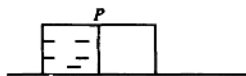


图 8-3-4

【学习札记】
