



丛书主编 凯歌

导学与评价

高中选修 3-5

物 理



人教版

学生用书

XINKEBIAO

DAOXUEYUPINGJIA



星球地图出版社

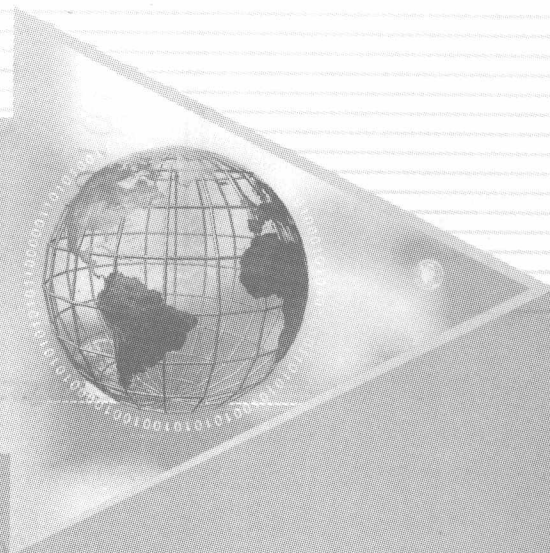


丛书主编 凯歌

导学与评价

高中选修 3-5

物 理



人教版

XINKEBIAO
DAOXUEYUPINGJIA

星球地图出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高中新课标导学与评价丛书: 人教版. 物理. 3-5: 选修/

凯歌编.—北京: 星球地图出版社, 2007.12

ISBN 978-7-80212-608-4

I.高… II.凯… 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 (2007) 第 198458 号

丛书策划: 金九州文化

责任编辑: 朱 峰

导 学 与 评 价

高 中 物 理 选 修 3-5

DAOXUEYUPINGJIA

GAOZHONGWULIXUANXIUSANGANGWU

丛书主编: 凯 歌

星 球 地 图 出 版 社 出 版

(北京市北三环中路 69 号)

邮政编码: 100088

网 址: www.starmap.com.cn

星球地图出版社总发行

郑州文华印务有限公司

2007 年 12 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

880×1230 16 开本 10 印张 480000 字

ISBN 978-7-80212-608-4

定价: 16.00 元 (书+检测题卷)

(如有印刷装订质量问题请与承印厂调换)

联系电话: 010-62052349

主 编 徐金良

编 者 王旭升 葛昭海

王志德 刘长峰



心愿

XIN YUAN

DAOXUE YU PINGJIA

国家基础教育课程改革已经全面启动,它给学科教材带来了实质性变革。自主、合作、探究、创新等新理念得到积极提倡和实行,教育、教学、考试也发生了重大变化,这引起全社会特别是教师和学生的广泛关注。为了帮助广大师生适应全新的课改理念,提高教育教学质量,我们由专家引领、一线教师执笔,特编写这套集新理念和新课标为一体、熔科学性与实用性为一炉的教辅丛书《导学与评价》。该丛书有以下特点:

1. 最新的课改理念。丛书充分融入课改新理念和新课标要求,广泛汲取教育专家对课改的思想认识;着眼三维目标,注重人文、情感态度与价值观的渗透和融合;体现知识、能力、素质合一,方法、实践、创新一体。

2. 全新的作者队伍。我们精心组织的所有作者全都来自新课标教材实验区,均为各地学科带头人,多为一线特高级教师;他们既有对新课标理念深刻的认识又有丰富的实际教育教学经验,他们用自己选择教辅、评判教辅的标准严格规范自己的写作。

3. 科学的编排体例。丛书在体例设计时,充分遵循课改理念和吸收专家的教育智慧,充分考虑课堂教学的实际需要,注重学生自主学习和教师精要导学相结合,注重知识构建与能力提升相结合,注重素质培养、思维训练和考试能力相结合,从而达到科学性和实用性的完美统一。

【赢在起点】

总体解读章节或单元学习目标、重点难点和核心要求,概括说明,明确方向,激情导入,并提供教学方略。

【自主学习与知识构建】

学生自主梳理章节基础知识,整合知识结构,培养学生动手动脑的良好习惯,增强学生学习、思考的自觉性、积极性,并夯实基础。

【精要导学与方法策略】

阐述章节或单元重点知识、能力要点、思维体系,使学生立足基础,抓住关键,突破难点;精要讲解,言简意赅,重点突出,使学生准确把握核心内容,逾越思维障碍,走出思维误区;典型例题引导感悟,创设好题、新题,揭示思路方法和学习方略,讲练结合,学以致用,从而培养学生获取和解读信息、调动和运用知识、描述和阐释事物、论证和探讨问题的四维能力。

【迁移应用与探究创新】

针对重点知识和能力训练要求,精编习题,自练自查和探究创新相结合,梯度训练,循序渐进,以达到知识和能力的自然转化、过程和方法的有机统一、思维和素质的综合提升。

【回顾、思考、升华】

遵循系统性原理,整合、梳理章节知识,构建能力框架,把握规律;归纳专题考点,精选典型例题,充分体现基础能力和拓展综合要求;对近三年高考真题详尽解读,把握考查重点,明确能力发展方向。

4. 新颖的成书模式。我们充分满足一线广大师生的需求,丛书各学科的“学生用书”将本章(单元)测试卷、综合测试卷独立成册,夹放在学科教辅书中,并提供“教师用书”,补充丰富的教学参考资料,方便老师们在教学过程中灵活使用。

编写一套师生满意的教辅资料是我们最大的心愿,为实现这个心愿,我们一直孜孜以求、精益求精。“精诚所至,金石为开”,我们这套教辅丛书,希望得到您的关注和厚爱!

《导学与评价》丛书编委会

星球地图出版社

二〇〇七年十二月



物理选修3-5(人教版)

第十六章 动量守恒定律	(1)
第一节 实验 探究碰撞中的不变量	(2)
第二节 动量守恒定律(一)	(4)
第三节 动量守恒定律(二)	(8)
第四节 碰撞	(11)
第五节 反冲运动 火箭	(14)
第六节 用动量概念表示牛顿第二定律	(17)
回顾、思考、升华	(21)
第十七章 波粒二象性	(24)
第一节 能量量子化、物理学的新纪元	(25)
第二节 科学的转折:光的粒子性	(27)
第三节 崭新的一页:粒子的波动性	(30)
第四节 概率波	(33)
第五节 不确定性关系	(33)
回顾、思考、升华	(36)
第十八章 原子结构	(39)
第一节 电子的发现	(40)
第二节 原子的核式结构模型	(43)
第三节 氢原子光谱	(46)
第四节 玻尔的原子模型	(48)
回顾、思考、升华	(52)
第十九章 原子核	(56)
第一节 原子核的组成	(57)
第二节 放射性元素的衰变	(59)
第三节 探测射线的方法	(62)
第四节 放射性的应用与防护	(65)
第五节 核力与结合能	(67)



阅读索引

YUEDU SUOYIN
DAOXUE YU PINGJIA

第六节 重核的裂变	(71)
第七节 核聚变	(73)
第八节 粒子和宇宙	(75)
回顾、思考、升华	(79)
随堂测试(一)	(83)
随堂测试(二)	(85)
随堂测试(三)	(87)
随堂测试(四)	(89)
随堂测试(五)	(91)
随堂测试(六)	(93)
随堂测试(七)	(95)
随堂测试(八)	(97)
随堂测试(九)	(99)
随堂测试(十)	(101)
随堂测试(十一)	(103)
随堂测试(十二)	(105)
第十六章 检测题(A卷)	(107)
第十六章 检测题(B卷)	(111)
第十七章 检测题(A卷)	(115)
第十七章 检测题(B卷)	(119)
第十八章 检测题(A卷)	(123)
第十八章 检测题(B卷)	(127)
第十九章 检测题(A卷)	(131)
第十九章 检测题(B卷)	(135)
综合检测题	(139)
参考答案	(143)

第十六章

动量守恒定律

赢在起点

课程标准

• 知识与技能

理解动量、动量守恒定律及守恒条件,能利用动量守恒定律分析碰撞和反冲问题;理解动量定理,能用动量定理解决相关问题.

• 过程与方法

通过科学探究活动主动获取知识,培养学生的探究能力,学习过程中要重视结论形成过程的方法,以加深对物理知识和技能的学习.

• 情感、态度与价值观

领悟科学的思想,体验科学探究活动的乐趣,培养实事求是的科学态度和敢于创新的探索精神.

专题探究

运用动量的观点分析物理问题是研究力学问题的重要手段之一,所谓动量观点,就是在准确把握动量、冲量概念的基础上,灵活运用动量定理和动量守恒定律解决实际问题,高考对本部分的考查特点是灵活性强,能力要求高.

学法点津

动量守恒定律多用于两个或两个以上物体间的相互作用,在学习时要求着重理解动量守恒定律成立的条件和范围,明确物体作用前后的运动状态,动量定理多用于物体瞬间作用的情景,用来求变力的冲量或平均冲力,在学习时要注意对力的分析,明确作用过程中动量的矢量性.

第一节 实验 探究碰撞中的不变量

自主学习与知识构建



自主·预习·思考

1. 打点计时器打出的纸带能记录运动物体在不同时刻的_____,通过分析纸带可以确定物体的运动情况,若物体做匀速直线运动,由纸带可以计算物体运动的_____.

2. 利用气垫导轨进行一维碰撞寻找“不变量”的实验时,与运动有关的物理量只有物体的质量和速度 v ,若两物体的质量分别为 m_1 、 m_2 ,碰前速度分别为 v_1 、 v_2 ,则在寻求不变量时,碰前 m 、 v 的常见可能组合有_____.

3. 猜想与假设是科学结论的先导,如果猜想与假设一旦得到_____结果的支持,它就可能发展成为科学结论,因此,猜想与假设能帮助科学研究者明确研究的方向.

精要导学与方法策略



要点·剖析·突破

1. 实验的基本思路

(1) 两个物体碰撞前沿同一直线运动,碰撞后仍沿同一直线运动,这种碰撞叫一维碰撞.在一维碰撞的情况下,与运动相关的物理量只有物体的质量和速度,设两个物体的质量分别为 m_1 、 m_2 ,碰撞前的速度分别为 v_1 、 v_2 ,碰撞后的速度分别为 v_1' 、 v_2' ,因为速度是矢量,如果物体的速度与我们设定的方向一致,取正值;否则取负值.

(2) 碰撞前后哪个物理量可能是不变的? 猜想:

① $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ 是否成立? 如成立则物体的质量与速度的乘积之和在碰撞前、后是不变量.

② $m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2$ 是否成立? 如成立则物体的质量与速度的二次方的乘积之和在碰撞前、后是不变量.

③ $\frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2} = \frac{v_1'}{m_1} + \frac{v_2'}{m_2}$ 是否成立? 如成立,则物体的质量与速度的比值之和在碰撞前、后是不变量.

(3) 质量可以用天平测量,速度可以借助光电计时器或与物体相连的纸带测出.另外还要保证物体碰撞前后沿同一直线运动.

2. 现以课本,参考案例三为例作分析如下:

(1) 实验器材:小车 A(一端装上撞针)、小车 B(一端装上橡皮泥)、打点计时器、纸带、学生电源、导线、长木板、薄木片、天平.

(2) 实验步骤

① 用天平分别测出小车 A、小车 B 的质量,记为 m_1 、 m_2 .

② 将打点计时器固定在光滑桌面的一端,把纸带穿过打点计时器,连在小车 A 的后面,用导线将打点计时器与电源相连.

③ 在固定打点计时器的长木板一端下面垫上小木片用以平衡摩擦力,使小车 A 带动纸带做匀速直线运动.

④ 接通电源,推动小车 A 使之匀速运动,然后与原来静止在前方的小车 B 相碰并粘成一体,并继续做匀速运动.

⑤ 取下纸带通过纸带测出它们碰撞前后的速度,分别为 v_1 、 v_2 、 v_1' 、 v_2' .

⑥ 将数据填入下方表格,并做处理.

	碰撞前		碰撞后	
质量	m_1	m_2	m_1	m_2
速度	v_1	v_2	v_1'	v_2'
mv	$m_1 v_1 + m_2 v_2$		$m_1 v_1' + m_2 v_2'$	
mv^2	$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2$		$m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2$	
$\frac{m}{v}$	$\frac{m_1}{v_1} + \frac{m_2}{v_2}$		$\frac{m_1}{v_1'} + \frac{m_2}{v_2'}$	

(3) 实验结论:碰撞前后小车的质量与速度乘积之和是相等的,即碰撞过程中质量与速度的乘积之和是不变量.



典题·引导·感悟

题型一 实验操作的要求

例 在用两细绳悬挂的小球探究验证不变量的实验(教材案例)中,以下说法正确的是 ()

- A. 悬挂两球的细绳长度要适当,且等长
- B. 实验是通过小球摆起的角度计算小球碰撞速度的
- C. 两小球碰后可以粘合在一起共同运动
- D. 由静止释放小球是为便于计算小球运动的时间

引导:悬挂小球的细绳要远大于小球的直径,且两细绳要等长,以保证两小球能发生对心碰撞,以此来减小实验造成的误差,故 A 选项正确;该实验是一个探究性验证不变量的实验,而对小球运动状态起作用的是小球质量和小球碰撞前、后的速度,因此实验需要知道小球的质量和求解小球碰撞前、后的速度,小球的质量可用天平测量,小球碰撞前、后的速度需要通过小球摆动的角度计算,因小球摆动过程中机械能守恒,故 B 项正确,D 项错误;两小球碰撞以后可能有多种形式的运动,即可能同向运动,也可能粘合以后一起运动,还可能碰后反向运动,故 C 项正确.

答案:ABC

题型二 实验设计及数据处理

例 某同学设计了一个用打点计时器探索碰撞中不变量的实验:在小车 A 的前端装有橡皮泥,推动小车 A 使之匀速运动,然后与原来静止在前方的小车 B 相碰并粘成一体,继续做匀速运动.他设计的装置如图 16-1-1 所示,在小车 A 的后面连着纸带,电磁打点计时器电源频率为 50 Hz,长木板的一端下垫着小木片用以平衡摩擦力.

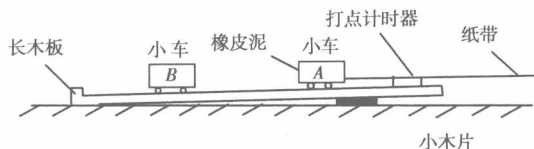


图 16-1-1

(1) 若已得到打点纸带如图 16-1-2,并测得各计数点间距标在图上,A 为运动起始的第一个点,则应选_____段来计算 A 碰前速度,应选_____段来计算 A 和 B 碰后的共同速度.

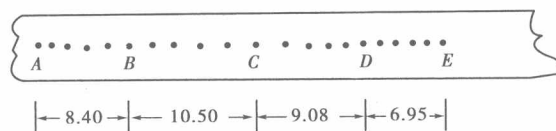


图 16-1-2

(2) 已测得小车 A 质量为 $m_1 = 0.40$ kg,小车 B 的质量为 $m_2 = 0.20$ kg,由以上测量可得:

碰前两车质量与速度乘积之和=_____ kg·m/s.

碰后两车质量与速度乘积之和=_____ kg·m/s.

(3)结论_____.

引导:(1)从分析纸带上打点的情况看,BC段既表示小车做匀速运动,又表示小车有较大速度,而AB段相同时间内间隔不一样,说明刚开始不稳定,因此BC段较准确描述小车A碰前的速度,应选用BC段计算A碰前的速度.从CD段打点情况看,小车的运动情况还没稳定,而在DE段小车运动稳定,故应选DE段计算小车碰后A和B的共同速度.

(2)小车A碰前速度

$$v_1 = \frac{BC}{5 \times \frac{1}{50}} = \frac{10.50 \times 10^{-2}}{5 \times 0.02} \text{ m/s} = 1.050 \text{ m/s}$$

小车A碰前的质量和速度的乘积为

$$m_1 v_1 = 0.40 \times 1.050 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.420 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

碰后A、B有共同速度 v' ,则

$$v' = \frac{DE}{5 \times \frac{1}{50}} = \frac{6.95 \times 10^{-2}}{5 \times 0.02} \text{ m/s} = 0.695 \text{ m/s}$$

两车碰后的共同质量与速度乘积之和为

$$(m_1 + m_2) v' = (0.40 + 0.20) \times 0.695 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.417 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

因此,在误差允许的范围内,碰撞过程中的不变量为质量与速度乘积之和.

答案:(1)BC DE (2)0.420 0.417 (3)碰前的质量与速度乘积之和等于碰后的质量与速度乘积之和,即碰撞过程中的不变量为质量与速度乘积之和.

点拨:要学会通过纸带的分析来研究小车的运动.



练一练 某同学用如图16-1-3

所示装置通过半径相同的A、B两球的碰撞来探究碰撞过程中的不变量,图中PQ是斜槽,实验时先使A球从斜槽上某一固定位置G由静止开始滚下,落到位于水平地面的记录纸上,留下痕迹.重复上述操作10次,得到10个落点痕迹.再把B球放在水平槽上靠近槽末端的地方,让A球仍从位置G由静止开始滚下,和B球碰撞后,A、B球分别在记录纸上留下各自的落点痕迹.重复这种操作10次,图中O点是水平槽末端R在记录纸上的垂直投影点,B球落点

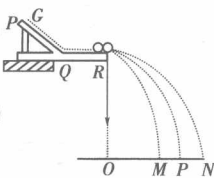


图16-1-3

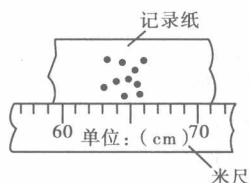


图16-1-4

痕迹如图16-1-4所示,其中米尺水平放置,且平行于G、R、O所在的平面,米尺的零点与O点对齐.

(1)碰撞后B球的水平射程应取为_____ cm.

(2)在以下选项中,本次实验必须进行的测量是_____

A. 水平槽上未放B球时,测量A球落点位置到O点的距离
B. 测量A球与B球碰撞后,A球和B球落点位置到O点的距离

C. 测量A球和B球的质量

D. 测量G点相对于水平槽面的高度

(3)另一同学实验记录下了如下数据,请根据数据求出两球碰前的质量与速度乘积之和为_____,两球碰后的质量与速度乘积之和为_____,由此得出的结论是:_____.

m_A (g)	m_B (g)	OM (cm)	ON (cm)	OP (cm)
20.0	10.0	15.17	63.91	47.29



实验·操作·体验

实验(一):两摆球的碰撞(质量已知: m_1 和 m_2)

(1)将图16-1-5中的装置,放置在带有角度刻度的量角器旁边.

(2)分别将连结两球的细绳拉一较小偏角 α 和 β ,同时释放.

(3)记录两球碰撞后各自的最大偏角.

(4)结合机械能守恒定律计算碰撞前后两球的速度大小,且记录速度方向.

(5)改变偏角 α 和 β 重做实验.

(6)验证你的猜想.

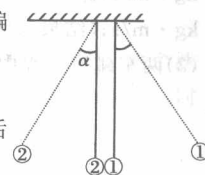


图16-1-5

实验(二):两车碰撞实验

(1)正确安装好气垫导轨.

(2)接通电源,利用配套的光电计时装置测出两车各种情况下的碰撞前后速度(①改变车的质量.②改变车的初速度大小和方向)

(3)用天平测出小车质量.

(4)验证你的猜想.

说明:做此实验最关键的是让两小球正碰,测得碰撞前、后的速度(包括速度大小和方向).



思维·误区·警示

实验的首要问题是保证碰撞是一维的,即保证两物体碰撞前后沿同一直线运动,对小球来说,要保证两球大小是一样的,以使其做对心碰撞.

迁移应用与探究创新



自练·自查·自评

1. 在利用斜槽上的两小球碰撞探究“不变量”的实验中,入射球质量 m_1 ,被碰球质量为 m_2 ,为顺利完成实验,对两小球的质量关系要求是_____

A. $m_1 > m_2$

B. $m_1 = m_2$

C. $m_1 < m_2$

D. 以上关系都可以

2. 在上述实验中,关于小球落点的确定方法,下列说法正确的是_____

A. 如果小球从同一点无初速释放,重复 n 次的落点一定是重合的

B. 由于偶然因素的存在,重复操作时落点不重合是正常的,但落点应比较密集

C. 测定P点位置时,应测量 n 次P点到起抛点正下方的O点距离的OP值: OP_1 、 OP_2 ... OP_n ,然后取平均值

D. 用半径尽量小的圆把 P_1 、 P_2 ... P_n 圈住,这个圆的圆心即小球落点P的平均位置

3. 有甲、乙两辆小车,质量分别为 $m_1 = 302 \text{ g}$, $m_2 = 202 \text{ g}$,甲车拖有纸带,通过电火花计时器记录它的运动情况,乙小车静止在

水平桌面上,甲小车以一定的速度向着乙小车运动,跟乙发生碰撞后与乙粘合在一起共同运动.这过程中电火花计时器在纸带上记录的点迹如图16-1-6所示,在图上还标出了用刻度尺量出的各点的数据,已知电火花计时器打点频率为50 Hz.

单位	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...
mm	0	13.2	26.7	40.2	52.8	64.5	75.3	85.2	94.2	102.3	110.3	118.3	...

图 16-1-6

- (1)从纸带上的数据可以得出:两车碰撞过程经历的时间大约为_____s;(结果保留两位有效数字)
- (2)碰前甲车的质量与速度的乘积大小为_____kg·m/s,碰后两车的质量与速度的乘积为_____kg·m/s;(结果保留三位有效数字)
- (3)两车碰撞过程中,两车的质量与速度的乘积如何变化?



实践·探究·创新

- 1.如图16-1-7(a)所示,在水平光滑轨道上停着甲、乙两辆实验小车,甲车系一穿过打点计时器的纸带,当甲车获得某一向右速度时,随即启动打点计时器,甲车运动一段距离后,与静止的乙车发生正碰并粘在一起运动,纸带记录下碰撞前甲车和碰撞后两车运动情况如图16-1-7(b)所示,电源频率为50 Hz,则碰撞前甲车运动速度大小为_____m/s,甲、乙两车碰撞后的速度大小为_____m/s.

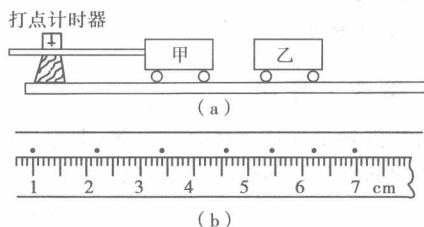


图 16-1-7

- 2.在实验室用两端带竖直挡板C和D的气垫导轨和有固定挡板的质量都是M的滑块A和B做探索碰撞中的不变量实验,实验步骤如下(图16-1-8):

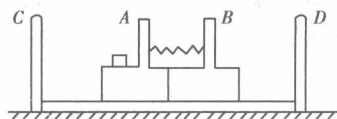


图 16-1-8

- (1)把两滑块A和B紧贴在—起,在A上放质量为m的砝码,置于导轨上,用电动卡销卡住A和B,在A和B的固定挡板间放入弹簧,使弹簧处于水平方向上压缩状态;
 - (2)按下电钮使电动卡销放开,同时起两个记录两滑块运动时间的电子计时器,当A和B与挡板C和D碰撞同时,电子计时器自动停表,记下A至C的运动时间 t_1 ,B至D的运动时间 t_2 .
 - (3)重复几次取 t_1 和 t_2 的平均值.
- 问题:①在调整气垫导轨时应注意_____.
- ②应测量的数据还有_____.

- ③作用前A、B两滑块速度与质量乘积之和为_____,作用后A、B两滑块速度与质量乘积之和为_____.

- 3.如图16-1-9是研究两小球碰撞的实验示意图,已知它们的质量分别为 m_1 和 m_2 ,且 $m_1=2m_2$,两小球的半径r相同,都等于1.2 cm.当小球 m_1 从G处沿斜槽滚下经槽的末端水平飞出后落在地面上的P点处.当 m_1 仍从G点滚下与支柱上的小球 m_2 对心碰撞后, m_1 、 m_2 分别落到M和N点处,用直尺测得 $OM=19.0$ cm, $ON=68.2$ cm, $OP=52.3$ cm.设碰后瞬间 m_1 、 m_2 的速度大小分别为 v_1' 、 v_2' ,小球做平抛运动的时间为T,则 $v_1=_____$ cm/s, $v_1'=_____$ cm/s, $v_2'=_____$ cm/s.
- 通过以上实验数据,可以得到的结论是:_____.

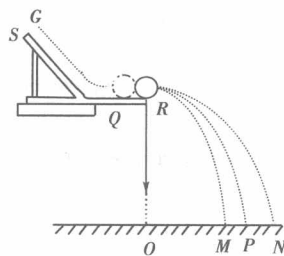


图 16-1-9

自我评价

通过以上的学习,你肯定收获多多,或许也有一些疑惑,你能把它记在下面吗?

第二节 动量守恒定律(一)

自主学习与知识构建

自主·预习·思考

1. 动量

(1)定义:物体的_____和_____的乘积,记作 $p=_____$,动量是状态量,在谈及动量时,必须明确物体在哪个_____或哪个_____的动量,在中学阶段,动量表达式中的速度一般是以_____为参考系的.

(2)矢量性:动量是_____,它的方向与物体的_____相同,服从矢量运算法则.

(3)动量单位:动量的单位是_____,符号为_____.

2. 动量的变化量

动量的变化量 Δp 是矢量,其方向与速度的_____的方向相同,动量变化量 Δp 的大小,一般都用_____减_____,也称为动量的增量,设初动量为 $p_1=mv_1$,末动量为 $p_2=mv_2$,则 $\Delta p=p_2-p_1=_____$ (矢量式).

3. 系统:碰撞时可以把具有相互作用的物体称为_____,一个系统可以含_____或_____以上的物体.

4. 内力:碰撞时系统内两个物体之间一定有相互作用力,由于这两个物体属于_____的,它们之间的力叫做_____.

5. 外力:物体碰撞时,系统_____对系统内物体的力叫做_____.

6. 动量守恒定律内容:如果一个系统_____,或者_____,这个系统的总动量_____,这就是动量守恒定律.

7. 表达式

(1) $p = p'$ (系统相互作用前总动量 p 等于相互作用后总动量 p')

(2) $\Delta p = 0$ (系统总动量增量为零)

(3) $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ (相互作用的两个物体组成系统,作用前的动量和等于作用后的动量和)

8. 动量守恒定律的成立条件

(1) 系统内的任何物体都不受外力作用,这是一种理想化的情形,如天空中两星球的碰撞,微观粒子间的碰撞可视为这种情形.

(2) 系统_____或_____,则系统的动量守恒.

(3) 系统所受外力比内力_____,则系统的动量守恒.

(4) 系统_____不受外力或所受外力的和为零,或所受外力比内力小很多,该方向的动量守恒.

精要导学与方法策略

要点·剖析·突破

1. 对动量的理解

(1) 动量是状态量,是运动的物体质量和速度的乘积,求动量时要明确是哪一物体在哪一状态(时刻)的动量, $p = mv$ 中的速度为该时刻的瞬时速度.

(2) 动量的矢量性,物体动量的方向与物体的瞬时速度方向相同,动量的运算使用平行四边形法则.

(3) 动量具有相对性,由于物体的速度与参考系的选择有关,选择不同的参考系时,同一运动物体的动量可能不同,通常在不说明参考系的情况下,物体的动量是指物体相对于地面的动量.

(4) 动量的变化量 Δp 也是矢量,运算时遵循平行四边形定则,如果物体的初、末状态的动量在一条直线上,可规定一正方向,用正、负号表示初、末状态的动量,计算时将它们的正、负号代入,所求结果的正、负号就表示了动量变化 Δp 的方向.

(5) 动量、速度与动能的区别

动量与速度、动能都是描述物体运动的量:①速度只是描述物体运动的快慢和方向;②动量对描述物体运动量改变的难易程度更进了一步,能反映运动的物体停止(动量变化)需要的作用力及作用时间;③动能描述物体的做功本领,或具有动能的物体停止(动能变化)需要的作用力及作用力的位移(动能定理).

2. 动量守恒定律

(1) 研究对象:该定律的研究对象是相互作用的物体组成的系统.

(2) 对系统“总动量保持不变”的理解

不仅是系统的初、末两个时刻的总动量相等,而是指系统在整个过程中任意两个时刻的总动量相等,但决不能认为系统

内的每一个物体的动量都保持不变,即系统的内力可改变系统内每个物体的动量,但不能改变系统的总动量.

(3) 动量守恒定律的“五性”

① 矢量性:定律的表达式应是一个矢量式,根据“教学大纲”,动量守恒定律的应用只限于一维的情况,这时,可根据所设的坐标方向确定速度的正、负,将矢量式化为代数式,对两个物体组成的系统,在一般情况下,定律可表示为 $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$.

② 相对性:动量的大小和方向与参照系的选择有关,应用动量守恒定律列方程时,应该注意各物体的速度必须是相对同一参照系的速度,通常以地面为参照系.

③ 条件性:动量守恒定律是有条件的,应用时一定要首先判断系统是否满足守恒条件.

④ 同时性:动量是状态量,动量守恒反映的是系统某两个状态的动量是相同的,应用动量守恒定律解题一定要注意同一时刻的动量才能相加,不是同一时刻的动量不能相加.

⑤ 普适性:动量守恒定律不仅适用于两个物体组成的系统,也适用于多个物体组成的系统,不仅适用于宏观物体组成的系统,也适用于微观粒子组成的系统.

典题·引导·感悟

题型一 对动量的理解

例 关于物体的动量,下列说法中正确的是 ()

A. 运动物体在任一时刻的动量方向,一定是该时刻的速度方向

B. 物体的加速度不变,其动量一定不变

C. 动量越大的物体,其速度一定越大

D. 物体的动量越大,其惯性也越大

引导:本题侧重于准确理解动量概念.动量具有瞬时性,任一时刻物体的动量方向,即为该时刻的速度方向,选项 A 正确;加速度不变,则物体的速度的变化恒定,而运动速度均匀变化,故其动量也均匀变化,选项 B 错误;物体的动量大小由物体质量及速度大小共同决定,故物体的动量越大,其速度不一定越大,选项 C 错误;惯性由物体质量决定,物体的动量越大,其质量不一定越大,惯性也不一定越大,故选项 D 错误.

答案:A

练一练 对于任何一个质量不变的物体,下列说法正确的是 ()

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

题型二 动量的变化量

例 一质量为 $m = 0.2 \text{ kg}$ 的皮球从高 $H = 0.8 \text{ m}$ 处自由落下,与地面相碰后反弹的最大高度为 $h = 0.45 \text{ m}$.则球与地面接触这段时间内动量的变化为多少?

引导:以向下的方向为正,则由 H 处下落,与地面接触前瞬间的速度 $v_1 = \sqrt{2gH} = 4 \text{ m/s}$,这时的动量 $p_1 = mv_1 = 0.8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,方向向下,为正,与地面接触后离开地面前瞬间的速度 $v_2 = \sqrt{2gh} = 3 \text{ m/s}$,这时的动量 $p_2 = mv_2 = 0.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,方向向上,为负.

则 $\Delta p = p_2 - p_1 = [(-0.6) - 0.8] \text{ kg} \cdot \text{m/s} = -1.4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$.

动量的变化为负,说明动量的变化方向向上.

如果以向上方向为正,则 $p_1 = -0.8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, $p_2 = 0.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$.

则 $\Delta p = p_2 - p_1 = [0.6 - (-0.8)] \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 1.4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 动量的变化为正,也说明动量的变化方向向上.

所以说,对于正方向的选定并不影响其最终的结果.

答案: $1.4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 动量变化的方向向上

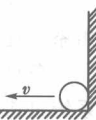
点拨:明确研究过程中初、末状态的动量大小和方向,对于初、末状态动量方向相反的,要先规定正方向,用“+”、“-”表明矢量的方向,以免计算错误.



练一练 如图 16-2-1 所示,质量是

0.1 kg 的钢球,水平向右运动,碰到一个坚硬的障碍物后被向左沿同一直线反弹回来,已知反弹后速度大小为 10 m/s ,在这一过程中,小球动量变化的大小为 $2.2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,方向与反弹后动量的方向相同,求小球未碰到障碍物时的速度大小?

图 16-2-1



题型三 动量守恒条件的分析

例 如图 16-2-2 所示,水平面上有两个木块,两木块的质量分别为 m_1 、 m_2 ,且 $m_2 = 2m_1$,开始两木块之间有一根轻绳缚住的压缩轻弹簧,烧断细绳后,两木块分别向左、右运动,若两木块 m_1 和 m_2 与水平面间的动摩擦因数为 μ_1 、 μ_2 ,且 $\mu_1 = 2\mu_2$,则在弹簧伸长过程中,对两木块的以下关系中,正确的是



图 16-2-2

A. 动量大小之比为 $1:1$

B. 速度大小之比为 $2:1$

C. 通过的距离之比为 $2:1$

D. 通过的距离之比为 $1:2$

引导:以两木块及弹簧为研究对象,绳断开后,弹簧对两木块有推力作用,弹簧对两木块的推力为系统的内力;水平面对两木块有方向相反的滑动摩擦力,且 $F_1 = \mu_1 m_1 g$, $F_2 = \mu_2 m_2 g$,因此系统所受合外力 $F_{\text{外}} = 0$,即满足动量守恒条件.

设弹簧伸长过程中的某一时刻,两木块速度分别为 v_1 、 v_2 ,由动量守恒定律有(以向右为正方向)

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

即两物体动量大小之比 $p_1 : p_2 = 1 : 1$, A 正确;

两物体速度大小之比 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} = 2 : 1$, B 项正确;

由于木块通过的路程正比于其速度,且两木块任一时刻运动速度之比都为 $2:1$,其通过的路程正比于速度,则路程之比 $\frac{s_1}{s_2}$

$$= \frac{v_1}{v_2} = 2 : 1, \text{故 C 对 D 错.}$$

答案: ABC

点拨:本题若水平面光滑,则很容易能想到用动量守恒定律解题,现在两木块受到了摩擦力作用,可能有些同学就认为不符合动量守恒成立的条件,其原因是:一没有认真受力分析,二误认为系统受摩擦作用,引起系统合外力不为零.



练一练 如图 16-2-3 所示, A、B

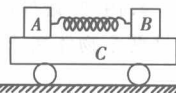


图 16-2-3

两物体的质量 $m_A > m_B$,中间用一段细绳相连并有一被压缩的弹簧,放在平板小车 C 上

后, A、B、C 均处于静止状态,若地面光滑,则在细绳被剪断后, A、B 从 C 上未滑离之前, A、B 在 C 上沿相反方向滑动过程中

A. 若 A、B 与 C 之间的摩擦力大小相同,则 A、B 组成的系统动量守恒, A、B、C 组成的系统动量也守恒

B. 若 A、B 与 C 之间的摩擦力大小不相同,则 A、B 组成的系统动量不守恒, A、B、C 组成的系统动量也不守恒

C. 若 A、B 与 C 之间的摩擦力大小不相同,则 A、B 组成的系统动量不守恒,但 A、B、C 组成的系统动量守恒

D. 以上说法均不对

题型四 动量守恒定律的理解应用

例 质量为 3 kg 的小球 A 在光滑水平面上以 6 m/s 的速度向右运动,恰遇上质量为 5 kg 的小球 B 以 4 m/s 的速度向左运动,碰撞后 B 球恰好静止.求碰撞后 A 球的速度.

引导:两球都在光滑水平面上运动,碰撞过程中系统所受合外力为零,因此系统动量守恒,碰撞前两球动量已知,碰撞后 B 球静止,取 A 球初速度方向为正,由动量守恒定律有 $m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$

$$v_A' = \frac{m_A v_A + m_B v_B}{m_A} = \frac{3 \times 6 + 5 \times (-4)}{3} \text{ m/s} = -0.67 \text{ m/s}$$

即碰后 A 球速度大小为 0.67 m/s ,方向向左.

答案:碰后 A 球速度大小为 0.67 m/s ,方向向左.

点拨:应用动量守恒定律列方程时,应注意其矢量性,规定正方向后将矢量式转化为代数式,对方向未定的速度,可假设其为正方向,若结果为正,说明假设成立;若结果为负,说明速度方向与规定正方向相反.



练一练 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,碰后两辆车撞在一起并向南滑行了一段距离后停止,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



思维·误区·警示

1. 求解动量的变化量时,要特别注意动量的方向,初、末动量方向相反时,要先规定正方向再求解.

2. 应用动量守恒定律时,要先分析动量守恒定律满足的条件,列方程时要注意它的矢量性、瞬时性和同一性(同一参考系).

迁移应用与探究创新



自练·自查·自评

1. 关于动量的大小,下列叙述中正确的是

A. 质量小的物体动量一定小

B. 质量小的物体动量不一定小

C. 速度大的物体动量一定大

D. 速度大的物体动量不一定大

2. 一个质量为 0.3 kg 的弹性小球, 在光滑水平面上以 6 m/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前相等, 则碰撞前、后小球动量变化量的大小 Δp 和碰撞过程中墙对小球做功 W 为 ()
- A. $\Delta p = 0$ B. $\Delta p = 3.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
C. $W = 0$ D. $W = 10.8 \text{ J}$
3. 光滑水平面上的两球做相向运动, 发生正碰后两球均变为静止, 于是可以判断碰撞前 ()
- A. 两球的动量大小一定相等
B. 两球的质量相等
C. 两球的动量一定相等
D. 两球的速率一定相等
4. 把一支枪水平固定在小车上, 小车放在光滑的水平地面上, 枪发射出子弹时, 关于枪、子弹、车的下列说法中正确的是 ()
- A. 枪和子弹组成的系统动量守恒
B. 枪和车组成的系统动量守恒
C. 只有忽略不计子弹和枪筒之间的摩擦, 枪、车和子弹组成系统的动量才近似守恒
D. 枪、子弹和车组成的系统动量守恒
5. 一质量为 2 kg 的物体竖直落下, 以 10 m/s 的速度碰到水泥地面上, 随后又以 8 m/s 的速度被反弹起, 若取竖直向上为正方向, 则小球与地相碰前的动量是 _____, 相碰后的动量是 _____, 相碰过程小球动量的变化是 _____. (g 取 10 m/s^2)



实践·探究·创新

1. 若一个物体的动量发生了变化, 则该物体(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. 速度一定发生了变化
D. 动能一定发生了变化
2. 一物体从某高处由静止下落, 设所受空气阻力恒定, 当它下落 h 时动量大小为 p_1 , 下落 $2h$ 时的动量大小为 p_2 , 那么 $p_1 : p_2$ 应为 ()
- A. $1 : 1$ B. $1 : \sqrt{2}$ C. $1 : 2$ D. $1 : 4$
3. 如图 16-2-4 所示, 在光滑水平面上放置 A、B 两物体, 其中 B 物体上固定着一个质量不计的弹簧, 并静止在水平面上, A 物体以速度 v_0 向 B 运动, 并压缩弹簧, 以下说法正确的是 ()
- A. 任意时刻, A、B 受到的弹簧作用力总是大小相等, 方向相反
B. 当 A、B 两物体距离最近时, B 物体的速度最大
C. 当 A、B 两物体距离最近时, 两物体的速度相等
D. 当弹簧再次恢复原长时, B 物体的速度达到最大值
4. 两个物体质量不同, 它们在合外力为零的情况下相向运动并发生正碰, 下列说法中正确的是 ()
- A. 碰撞后, 质量小的物体速度变化大
B. 碰撞后, 质量大的物体速度变化大
C. 若碰撞后连成整体, 则整体运动方向与原来动量大的物体运动方向相同
D. 若碰撞后连成整体, 则整体运动方向与原来速度大的物体运动方向相同
5. 质量 $m = 100 \text{ kg}$ 的小船静止在水面上, 船头站着质量 $m_{\text{甲}} = 40 \text{ kg}$ 的游泳者甲, 船尾站着质量 $m_{\text{乙}} = 60 \text{ kg}$ 的游泳者乙, 船头指向左方, 若甲、乙两游泳者同时在同一水平线上甲朝左, 乙朝右以 3 m/s 的速率跃入水中, 则 ()
- A. 小船向左运动, 速率为 1 m/s
B. 小船向左运动, 速率为 0.6 m/s
C. 小船向右运动, 速率大于 1 m/s
D. 小船仍静止
6. 如图 16-2-5 所示, A、B 木块紧靠在一起且静止于光滑水平面上, 木块 C 以一定的初速度 v_0 从 A 的左端开始向右滑行, 最后停在 B 木块的右端, 对此过程, 下列叙述正确的是 ()
- A. 当 C 在 A 上滑行时, A、C 组成的系统动量守恒
B. 当 C 在 B 上滑行时, B、C 组成的系统动量守恒
C. 无论 C 是在 A 上滑行还是在 B 上滑行, A、B、C 三物块组成的系统动量守恒
D. 当 C 在 B 上滑行时, A、B、C 组成的系统动量不守恒
7. 如图 16-2-6 所示, 质量为 m 的小球以速度 v_0 水平抛出, 恰好垂直撞击倾角为 30° 的斜面, 而后又以撞击前的速率反弹离开斜面, 规定撞击前瞬间的速度方向为正方向, 不计空气阻力, 求:
- (1) 撞击斜面前后小球的动量分别为 _____.
- (2) 撞击斜面过程中小球动量的增量为 _____.
8. 甲、乙两船自身质量为 120 kg , 都静止在静水中, 当一个质量为 30 kg 的小孩以相对于地面 6 m/s 的水平速度从甲船跳上乙船时, 不计阻力, 甲、乙两船速度大小之比 $v_{\text{甲}} : v_{\text{乙}} =$ _____, $v_{\text{甲}} =$ _____ m/s , $v_{\text{乙}} =$ _____ m/s .
9. 质量为 M 的小船以速度 v_0 在水面上行驶, 船上两个质量均为 m 的小孩 a 和 b , 分别静止站在船头和船尾, 现在小孩 a 沿水平方向以速率 v (相对于静止水面) 向前跃入水中, 然后小孩 b 沿水平方向以同一速率 (相对于静止水面) 向后跃入水中, 求小孩 b 跃出后小船的速度.

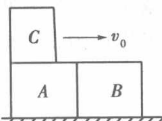


图 16-2-5

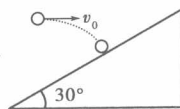


图 16-2-6

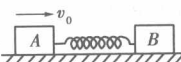


图 16-2-4

【提高题】

质量为 M 的木块在水平面上处于静止状态,有一质量为 m 的子弹以水平速度 v_0 击中木块并与其一起运动;若木块与水平面间的动摩擦因数为 μ ,则木块在水平面上滑行的距离大小为多少?

李明同学列出了动量守恒方程: $mv_0 = (M+m)v$,还列出了能量方程 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}(M+m)v^2 + \mu(M+m)gs$,请你判断他这样做正确吗?若正确,请求出结果,如不正确,请纠正错误,并求出你认为正确的结果.

自我评价

通过以上的学习,你肯定收获多多,或许也有一些疑惑,你能把它记在下面吗?

第三节 动量守恒定律(二)

自主学习与知识构建

自主·预习·思考

1. 动量守恒定律应用的广泛性

牛顿运动定律只适用于_____运动的问题,而动量守恒定律不仅适用于_____运动的问题,也适用于_____物体的运动问题,即适用于一切相互作用的问题.

2. 对动量守恒定律的理解

(1)动量守恒定律的数学表达式为_____关系式,利用该公式时不仅要注意动量的大小,而且还要特别注意动量的_____.

(2)碰撞是时间极短的一个强烈作用,作用过程很复杂,只考虑碰撞作用前后的瞬时变化情况,故动量守恒定律具有_____性和_____性的特点.

3. 动量守恒定律解题的一般步骤

(1)确定研究对象组成的_____,分析所研究的物理过程中系统受外力情况是否满足动量守恒的条件.

(2)设定_____,分别写出系统作用前、后的动量.

(3)根据动量守恒定律建立方程.

(4)解方程,统一单位后代入数值运算,解出结果.

精要导学与方法策略

要点·剖析·突破

1. 动量守恒定律与牛顿运动定律

两小球 m_1 、 m_2 碰前速度分别为 v_1 、 v_2 ($v_2 > v_1$)

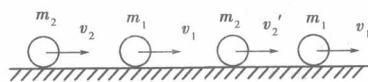


图 16-3-1

碰后速度分别为 v_1' 、 v_2' .

$$\text{对小球 } m_1: F_1 = m_1 a_1 = m_1 \frac{v_1' - v_1}{\Delta t}$$

$$\text{对小球 } m_2: F_2 = m_2 a_2 = m_2 \frac{v_2' - v_2}{\Delta t}$$

又有 $F_1 = -F_2$ (两力方向相反,是作用力与反作用力)

$$\text{所以得到: } m_1 \frac{v_1' - v_1}{\Delta t} = -m_2 \frac{v_2' - v_2}{\Delta t}$$

$$\text{整理可得 } m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

由此根据牛顿运动定律和运动学公式推导出了动量守恒定律.在推导过程中要注意 F 、 a 、 v 等各量均是矢量.

2. 动量守恒定律的普适性

动量守恒定律可由牛顿运动定律推导,但动量守恒定律比牛顿运动定律具有更广泛的意义.

(1)从适应范围看:牛顿运动定律只适用于宏观物体的低速率问题,而动量守恒定律不但能解决低速率问题,也能解决高速运动的问题;不但适用于宏观物体,也适用于微观粒子(如电子、质子、中子、原子核等).总之,小到微观粒子,大到宏观物体,只要满足守恒条件动量守恒定律都是适用的.

(2)从解决问题的过程看:运用牛顿运动定律解题时,须考虑物体运动过程中的每一个瞬间,每一细节,这就使得牛顿运动定律的应用显得繁琐,另外对于变力问题,直接应用牛顿运动定律解决时,既复杂又困难,而应用动量守恒定律时,由于可以不考虑系统内物体在内力作用下所经过的复杂变化过程的各个瞬间细节,只须考虑物体相互作用前、后的动量,因此应用动量守恒定律分析和解决问题时更简捷明快,这正是动量守恒定律的特点和优点,它为我们解决力学问题提供了一种新的方法和思路.

说明:那种见到力学问题就习惯运用牛顿运动定律解决问题的思维显然是较低层次的,须知用动量的观点,能量的观点分析解决问题更加有效.

3. 运用动量守恒定律解题的基本步骤和方法

(1)分析题意,确定研究对象,在选择研究对象时,应将运动过程的分析与系统的选择统一考虑.

动量守恒定律的研究对象是系统,为了满足守恒条件,系统的划分非常重要,往往通过适当变换选择系统的物体,可以找到满足守恒条件的系统.

(2)对系统内物体进行受力分析,分清内、外力,判断所划定的系统在其过程中是否满足动量守恒的条件,若满足则进行下一步列式,否则需考虑修改系统的划定范围(增减某些物体)或改变过程的起点或终点,再看能否满足动量守恒条件,若始终无法满足守恒条件,则应考虑采取其他方法求解.

(3)明确所研究的相互作用过程的始、末状态,规定正方向,

确定始、末状态的动量值表达式。

(4) 根据题意, 选取恰当的动量守恒定律的表达形式, 列出方程。

(5) 合理进行运算, 得出最后的结果, 并对结果进行讨论, 如求出其速度为负值, 说明该物体的运动方向与规定的正方向相反。

典题·引导·感悟

题型一 碰撞问题的分析

例 如图 16-3-2, 甲、乙两物体沿同一直线相向运动, 甲的速度是 3 m/s, 乙的速度是 1 m/s, 碰撞后甲、乙两物体都沿各自原方向的反方向运动, 速度的大小都是 2 m/s, 求甲、乙两物体的质量之比是多少?

引导: 对甲、乙两物体组成的系统来说, 由于其不受外力, 所以系统的动量守恒, 即碰撞前后的总动量大小、方向均一样。

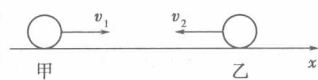


图 16-3-2

规定甲物体初速度方向为正方向, 则

碰前: $v_1 = 3 \text{ m/s}$; $v_2 = -1 \text{ m/s}$

碰后: $v_1' = -2 \text{ m/s}$; $v_2' = 2 \text{ m/s}$

据动量守恒定律得: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$

移项后代入数值得: $m_1 : m_2 = 3 : 5$

答案: 3 : 5

练一练 如图 16-3-3 所示, 长为 L , 质量为 M 的车厢,

静止在光滑的水平面上, 车厢内有一质量为 m 的物体以初速度 v_0 向右运动, 与车厢来回碰撞 n 次后, 静止在车厢中, 这时车厢的速度是 ()

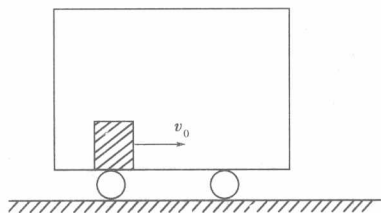


图 16-3-3

- A. v_0 , 水平向右
- B. 0
- C. $mv_0 / (M+m)$, 水平向右
- D. $mv_0 / (M-m)$, 水平向左

题型二 某方向动量守恒的应用

例 如图 16-3-4 所示, 带有半径为 R 的 $1/4$ 光滑圆弧的小车其质量为 M , 置于光滑水平面上, 一质量为 m 的小球从圆弧的最顶端由静止释放, 则球离开小车时, 球和车的速度分别为多少?

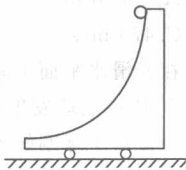


图 16-3-4

引导: 球和车组成的系统虽然总动量不守恒, 但在水平方向动量守恒, 且全过程满足机械能守恒, 设球分离时, 球的速度为 v_1 , 方向向左, 车的速度 v_2 , 方向向右,

$$\text{则: } mv_1 - Mv_2 = 0, mgR = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$$

$$\text{解得 } v_1 = \sqrt{\frac{2MgR}{M+m}}, v_2 = \sqrt{\frac{2m^2gR}{M(M+m)}}$$

$$\text{答案: } \sqrt{\frac{2MgR}{M+m}} \quad \sqrt{\frac{2m^2gR}{M(M+m)}}$$

练一练 将质量为 m 的铅球, 以大

小为 v_0 、仰角为 θ 的初速度抛入一个装着砂子的, 总质量为 M 的静止砂车中, 如图 16-3-5 所示, 砂车与地面间的摩擦可忽略, 求后来球和砂车的共同速度为多少?

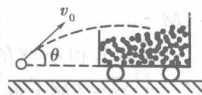


图 16-3-5

题型三 多体问题动量守恒分析

例 如图 16-3-6, 两只小船平行逆向航行, 船和船上的麻袋总质量分别为 $m_{\text{甲}} = 500 \text{ kg}$, $m_{\text{乙}} = 1000 \text{ kg}$, 当它们头尾相齐时, 由每只船上各投质量 $m = 50 \text{ kg}$ 的麻袋到另一只船上去, 结果甲船停下来, 乙船以 $v = 8.5 \text{ m/s}$ 的速度沿原方向继续航行, 求交换麻袋前两只船的速率各为多少? (水的阻力不计)

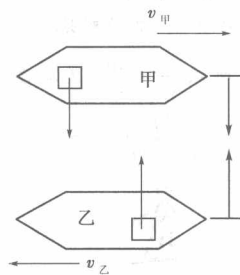


图 16-3-6

引导: 投掷麻袋时, 由于船与麻袋在前进方向上均未受外力作用, 故由动量守恒定律知道, 在麻袋未落到对方船上以前, 甲、乙二船及空中麻袋在各自前进方向上的速度未发生变化, 选两只麻袋和两只船组成的系统为研究对象, 则系统在行进方向上动量守恒, 选乙船前进方向为正方向, 由动量守恒定律:

$$m_{\text{乙}}v_{\text{乙}} - m_{\text{甲}}v_{\text{甲}} = m_{\text{乙}}v'_{\text{乙}}$$

再选从乙船上抛出的物体和抛出麻袋后的甲船为系统, 则该系统在行进方向上动量守恒, 则

$$mv_{\text{乙}} - (m_{\text{甲}} - m)v_{\text{甲}} = 0$$

$$\text{代入数据解之得 } v_{\text{甲}} = 1 \text{ m/s}, v_{\text{乙}} = 9 \text{ m/s}$$

答案: 1 m/s 9 m/s

点拨: (1) 利用动量守恒定律解决问题时, 一般涉及由两物体组成的系统, 但对多个物体组成的系统同样适用. (2) 利用动量守恒, 有时还可以解决多个物体组成不同系统的多过程情况, 解决此类问题的关键是研究对象的选取和过程的选取。

练一练 在质量为 M 的小车中用细

线悬挂一小球, 球的质量为 m_0 , 小车和球以恒定速度 v 沿光滑水平地面运动, 与位于正对面的质量为 m 的静止木块发生碰撞, 如图 16-3-7 所示, 碰撞时间极短, 在此碰撞过程中, 下列哪些情况是可能发生的 ()

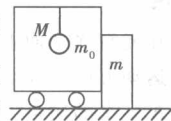


图 16-3-7

A. 小车、木块、小球的速度都发生变化, 分别变为 v_1 、 v_2 、 v_3 , 满足 $(M+m)v = Mv_1 + mv_2 + m_0v_3$

B. 小球的速度不变, 小车和木块的速度变为 v_1 和 v_2 , 满足 $Mv = Mv_1 + mv_2$

C. 小球的速度不变, 小车和木块的速度都变为 v' , 满足 Mv

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

D. 小车和小球的速度都变为 v_1 , 木块的速度变为 v_2 , 满足 $(M+m_0)v=(M+m_0)v_1+mv_2$

题型四 平均动量守恒的应用

例 如图 16-3-8 所示, 长为 L 、质量为 M 的船停在静水中, 一个质量为 m 的人(可视为质点)站在船的左端, 在人从船头走到船尾的过程中, 船与人相对地的位移大小分别为多少?(忽略水对船的阻力)

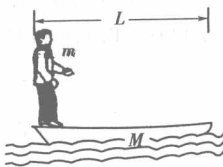


图 16-3-8

引导: 选人和船为一系统, 由于系统在水平方向上动量守恒, 设某一时刻的人对地速度为 v , 船的速度大小为 v' , 选人的运动方向为正方向, 由动量守恒定律得 $mv-Mv'=0$. 在人与船相互作用的过程中, 上式始终成立, 不难想到, 船的运动受人运动的制约. 当人加速运动时, 船亦加速运动; 当人匀速运动时, 船亦匀速运动; 当人停止运动时, 船也停止运动, 设人从船头到船尾的过程中, 人的对地位移大小为 s_1 , 船的对地位移大小为 s_2 , 由于上式

在整个过程始终成立, 所以 $\frac{s_1}{s_2}=\frac{v}{v'}$, 又从图 16-3-9 可见 s_1+s_2

$$=L, \text{ 联立三式可解得 } s_1=\frac{M}{M+m}L, s_2=\frac{m}{M+m}L.$$

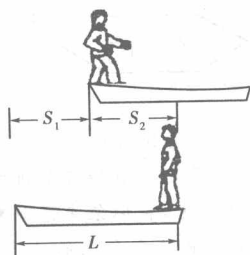


图 16-3-9

答案: $\frac{M}{M+m}L, \frac{m}{M+m}L$

思维·误区·警示

速度、位移、动量都是矢量, 它们的大小和方向都是相对的, 运用动量守恒定律解题时, 所列方程中的速度或位移必须是相对同一参考系, 一般取地面为参考系, 如果题目中给出的速度或位移不是相对同一参考系, 则必须先将它们转化为同一参考系, 然后再列方程求解.

迁移应用与探究创新

自练·自查·自评

- 在光滑水平面上相向运动的 a 、 b 两车相碰后, 都向 a 车原来的运动方向运动, 下列说法中正确的是 ()
A. a 车的质量一定比 b 车的大
B. a 车的动量一定比 b 车的大
C. a 车的速率一定比 b 车的大
D. a 车的动能一定比 b 车的大
- 如图 16-3-10 所示, 小车放在光滑的水平面上, 将系绳小球拉开到一定的角度, 然后同时放开小球和小车, 那么在以后的过程中 ()
A. 小球向左摆动时, 小车也向左运动, 且

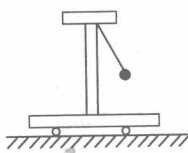


图 16-3-10

系统动量守恒

- 小球向左摆动时, 小车向右运动, 且系统水平方向动量守恒
 - 小球向左摆到最高点, 小球的速度为零而小车速度不为零
 - 在任意时刻, 小球和小车在水平方向上的动量一定大小相等、方向相反
- 质量 $m_1=10\text{ g}$ 的小球, 在光滑水平面上以 $v_1=30\text{ cm/s}$ 的速率向右运动, 恰好遇上质量为 $m_2=50\text{ g}$ 的小球以 $v_2=10\text{ cm/s}$ 的速率向左运动. 若碰撞后 m_2 恰好静止, 则碰后小球 m_1 的速率是 _____, 速度方向是 _____.
 - 质量相等的五个物块在一光滑水平面上排成一条直线, 且彼此隔开一定的距离, 具有初速度 v_0 的第 5 号物块向左运动, 依次与其余四个静止物块发生碰撞, 如图 16-3-11 所示, 最后这五个物块粘成一个整体, 求它们最后的速度为多少?

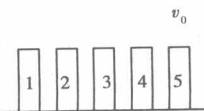


图 16-3-11

实践·探究·创新

- 假设一个人静止于完全光滑的水平冰面上, 现欲离开冰面, 下列方法中可行的是 ()
A. 向后踢腿
B. 手臂向后甩
C. 在冰面上滚动
D. 脱下外衣水平抛出
- 在匀速行驶的船上, 当船上的人相对于船竖直向上抛出一个物体时, 若水的阻力不变, 则船的速度将 ()
A. 变大
B. 变小
C. 不变
D. 无法判定
- 一颗手榴弹被投出后, 到达最高点时的速度 $v_0=10\text{ m/s}$, 炸裂成两块后, 质量为 0.4 kg 的大块速度大小为 250 m/s , 方向与原来方向相反, 若取 v_0 方向为正方向, 则质量为 0.2 kg 的小块速度为 ()
A. -470 m/s
B. 530 m/s
C. 470 m/s
D. 800 m/s
- 在光滑水平面上同一只小球先后以相同的速率与原来静止的 A 、 B 、 C 三球发生正碰, 与 A 相碰后, 小球沿原方向运动; 与 B 相碰后小球刚好停下; 与 C 相碰后, 小球弹回, 那么 A 、 B 、 C 相比获得动量最大的是 ()
A. A 球
B. B 球
C. C 球
D. 无法确定
- 装填好炮弹的大炮总质量为 M , 其中炮弹的质量为 m , 已知炮弹出口时对地的速度大小为 v , 方向与水平方向间的夹角为 α , 不计炮身与地面间的摩擦, 则炮车后退的速度大小是 ()
A. $\frac{mv}{M-m}$
B. $\frac{mv \cdot \cos \alpha}{M-m}$
C. $\frac{mv \cdot \cos \alpha}{M}$
D. $\frac{mv}{M}$