新新学案

全国教育科学『十一五』教育部规划课题

新课程新理念

经陕西省中小学教材审定委员会
2008年审查通过（试用）

升华智能——成功面对高考

分层讲练——关注个性发展

创新体例——注重开放探究

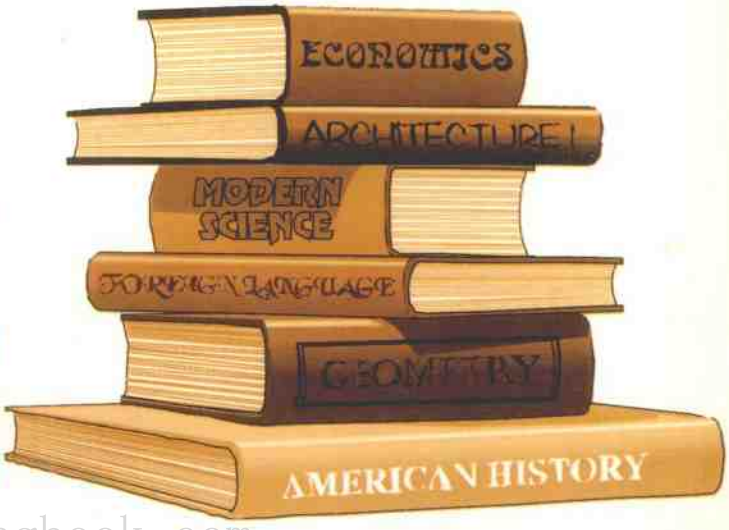
科学设计——实现教学一体

XINXINXUEAN

高中 物理 选修3-5

上海科技版

◎总 主 编／薛金星 王彦锋
◎执行主编／杨德义
◎陕西人民教育出版社



需要全本请访问 www.ertongbook.com

新新学案

全国教育科学『十一五』教育部规划课题

新课程新理念

高中 物理 选修3-5

上海科技版

总主编 薛金星 王彦锋

执行主编 杨德义

陕西人民教育出版社

图书在版编目（CIP）数据

新新学案：上海科技版．高中物理．3-5：选修／薛金星主编．-西安：陕西人民教育出版社，2008.8(2009.8重印)
ISBN 978-7-5450-0206-5

Ⅰ．新… Ⅱ．薛… 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118702号

新新学案
高中物理（选修3-5）
（上海科技版）
丛书主编　薛金星

出版发行　陕西人民教育出版社
地　　址　西安市长安南路181号
经　　销　各地新华书店
印　　刷　西安镐都印务有限公司
规　　格　850×1168毫米　1/16
印　　张　12.25
字　　数　310千字
版　　次　2008年8月第1版
　　2009年8月第2次印刷
书　　号　ISBN 978-7-5450-0206-5
定　　价　19.00元

出版前言

“新新学案”是全国教育科学“十一五”教育部规划课题“提高课堂教学实效性的教学策略研究”的一项重要研究成果。本丛书紧紧围绕总课题的研究目标，在符合传统课堂教学基本规律的前提下，着力全面体现新课程标准要求，设计了合理的课堂教学流程，是科学性、实用性、可操作性强的课堂导学型学案。

一、教育部重点科研课题研究成果，代表先进导学理念。

“新新学案”贯彻教育部“课堂教学要加强研究、提高课堂教学实效性”的指导方针，围绕“提高课堂教学实效性的教学策略研究”的课题目标，以结构主义和人本化教育理论为指导，以探究模式、讨论模式、合作模式、学导型模式为基础，以课堂导学流程设计为核心，通过导学式教（学）案的研、编、用、修，探索出传授知识、培养能力和提高学生素质的最有效的方式方法，体现了先进的课堂教学理念。

二、全国教育名家名师心智结晶，体现科学导学策略。

“新新学案”作为“提高课堂教学实效性的教学策略研究”的子课题，由北师大课程论资深专家、中央教育科学研究所专家、北京教育科学研究院专家、全国教育科学规划办专家等全国知名专家权威指导，由金星国际教育集团董事长薛金星和苍山县教育局局长王彦锋挂帅攻关，大批学者、骨干教师倾力打造，是全国教育名家名师的心智结晶，体现了科学的导学策略。

三、全国第一个县级实验区实践总结，导学模式科学实效。

“新新学案”是陕西人民教育出版社、金星国际教育集团与课题组——全国第一个县级实验区山东省苍山县合力打造的课堂导学第一品牌，是先进课堂教学理论与课堂教学实践完美结合的产物，导学模式科学实效。

如果您发现了本书的错误与不足，或者您有宝贵的意见或建议，欢迎及时与我们联系。

联系电话：029－88167827
029－88167832

编者

2009年8月

目 录

第 1 章　碰撞与动量守恒 …… (1)
1.1　探究动量变化与冲量的关系 …… (2)
1.2　探究动量守恒定律 …… (12)
1.3　动量守恒定律的案例分析 …… (23)
1.4　美妙的守恒定律 …… (28)
全程优化复习 …… (41)
本章检测 …… (43)
第 2 章　波和粒子 …… (47)
2.1　拨开黑体辐射的疑云 …… (48)
2.2　涅槃凤凰再飞翔 …… (52)
2.3　光是波还是粒子 …… (58)
2.4　实物是粒子还是波 …… (58)
全程优化复习 …… (63)
本章检测 …… (65)
第 3 章　原子世界探秘 …… (69)
3.1　电子的发现及其重大意义 …… (70)
3.2　原子模型的提出 …… (76)
3.3　量子论视野下的原子模型 …… (80)
3.4　光谱分析在科学技术中的应用 …… (86)
全程优化复习 …… (90)
本章检测 …… (92)
第 4 章　从原子核到夸克 …… (95)
4.1　原子核结构探秘 …… (96)
4.2　原子核的衰变 …… (100)
4.3　让射线造福人类 …… (105)
4.4　粒子物理与宇宙的起源 …… (111)
全程优化复习 …… (116)
本章检测 …… (117)
第 5 章　核能与社会 …… (120)
5.1　核能来自何方 …… (121)
5.2　裂变及其应用 …… (126)
5.3　聚变与受控热核反应 …… (131)
5.4　核能利用与社会发展 …… (136)
全程优化复习 …… (140)
本章检测 …… (141)
本册标准测控 A …… (144)
本册标准测控 B …… (150)
附:参考答案及点拨

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第1章

碰撞与动量守恒

开篇领读 KAIPIANLINGDU

教材分析

动量守恒定律是自然界的基本规律之一，是研究微观粒子所必需的知识，要研究原子结构和原子核的内容，动量守恒定律是不可缺少的. 对动量守恒定律的学习，是为进一步认识微观粒子的相互作用问题做好铺垫，是为进一步探究真理奠定基础.

考纲解读

动量守恒定律与现实生活联系密切，是高考中的常规考点. 高考中经常考查碰撞、爆炸、炮弹发射、人在船上走等问题，如2005年全国卷Ⅱ、Ⅲ都有考查动量守恒定律的计算题，2006年天津卷、广东卷、江苏卷，2007年广东、江苏卷、全国卷都有考查动量守恒定律的题目，在以后的高考中对其考查将还会出现。

学习策略

探究“不变量”与“守恒量”

点拨与提示：从实验结论得出动量是“不变量”，但是应当知道“不变量”绝不是“守恒量”，“不变量”是几次实验的结果体现的，而“守恒量”是任何情况下都不变的量，准确理解“守恒量”是学习物理的关键，探究动量守恒的条件.

点拨与提示：系统总动量守恒的条件是系统不受外力或所受外力的矢量和为零.

动量守恒定律为解决力学问题开辟了一条重要途径. 利用动量守恒定律解题时可以不考虑作用时的复杂过程，而只需要考虑作用前后的较为简单的状态，因为满足动量守恒定律时，任何时刻的动量矢量和是恒定的，任何两个时刻系统的动量都相等. 把过程的运算转化为状态量的运算，简化了解决问题的步骤.

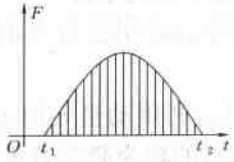
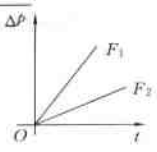
1.1 探究动量变化与冲量的关系

第1课时 探究动量变化与冲量的关系

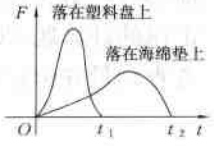
基础梳理与思考

阅读与积累

阅读课本,梳理知识,完成填空

动量、冲量概念	1. 冲量是_____的乘积,国际单位制中,其单位是_____,是一个_____量,方向跟_____方向相同.	力和作用时间 N·s 矢 力的
	2. 动量是_____的乘积,国际单位制中,其单位是_____,是一个_____量,方向跟_____方向相同.	质量和速度 kg·m/s 矢 速度
动量定理及图象的物理意义	3. 如下图所示,阴影面积的含义是_____,用这个值和(t_2-t_1)的比值可以表示_____. 	该变力在$(t_1\sim t_2)$时间内的冲量 $(t_1\sim t_2)$时间内平均作用力
	4. 如下图所示,则F_1和F_2的大小关系是_____. 	$F_1>F_2$

续表

	5. 如下图所示,鸡蛋落在_____上比落在_____上时间长,由$I=F\cdot t=\Delta p$知,在_____上受平均作用力较大.  鸡蛋所受合力随时间的变化	海绵垫 塑料盘 塑料盘

问题与思考

问题:一质量为M的木块在水平地面上以速度v_0做匀速直线运动,另一质量为m的小钢球自由落下正好落到木块上,已知小球和木块之间的动摩擦因数为μ,如图1-1-1所示,小球与木块相互接触t时间后被反弹,则小球是否会沿竖直方向弹起?

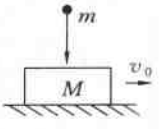


图1-1-1

提示 小球与木块相互接触时,除在竖直方向受到木块的弹力F_N外,在水平方向还会受到木块的摩擦力F_f的作用,$F_f=\mu F_N$.有力作用,这个力的冲量就会改变物体在这个力的方向上的动量.因此,小球水平方向的动量会改变.原来小球的水平动量为零,弹起后的水平动量就不为零了,故小球不会沿竖直方向弹起.

重难疑点解析与探究

难点·疑点·方法

一、如何区别动量 p、动量变化量 Δp、动量变化率 $\frac{\Delta p}{\Delta t}$?

解答:(1)动量 $p=mv$ 是矢量,既有大小,也有方向,是状态量,与状态有关.

(2)$\Delta p=p_2-p_1$ 是动量变化量,也是矢量,既有大小也有方向;是过程量,与状态变化有关.

(3)$\frac{\Delta p}{\Delta t}=F_{合}$,是物体所受的合外力,也叫动量变化率.

(4)它们之间没有任何变化关系.

名师讲析 在物理上很多物理量之间,比如速度 v、速度的变化量 Δv、速度的变化率 $\frac{\Delta v}{\Delta t}=a$,磁通量 Φ、磁通量的变化量 $\Delta\Phi$、磁通量的变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=E$ 等. 它们与上述所讲的关系类似,所表达的物理意义各不相同. 同时要注意 v、Δv、$\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 及 p、Δp、$\frac{\Delta p}{\Delta t}$ 都为矢量,而 Φ、$\Delta\Phi$、$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 均为标量.

二、如何理解冲量 I 和功 W 的关系?

解答:(1)联系:I 与 W 都是力作用过程的积累,效果都是引起物体机械运动的量的变化.

(2)区别:冲量 I 是矢量,功 W 是标量;I 是力在时间上的积累,W 是力在空间上的积累. 冲量的作用效果是引起物体动量发生变化,而功的作用效果是使物体的能量发生变化.

名师讲析 冲量和功都是过程量,都要在一段时间内产生. 冲量与物体是否运动无关,但功则不然,运动是功不为零的前提.

三、如何理解动量 p 和动能 E_k 的关系?

解答:(1)动量的大小与速度大小成正比,动能的大小与速度的平方成正比. 也就是说,动量相同而质量不同的物体,其动能不同;动能相同而质量不同的物体其动量不同.

(2)动量是矢量,而动能是标量,因此,物体的动量变化时,其动能不一定变化;而物体的动能变化时,其动量一定变化.

(3)因动量是矢量,故引起动量变化的原因也是矢量,即物体受到外力的冲量;动能是标量,引起动能变化的原因亦是标量,即外力对物体做功.

(4)动量和动能都与物体的质量和速度有关,两者从不同的角度描述了运动物体的特性,且二者大小间存在一定的关系.

名师讲析 物体的动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{(mv)^2}{2m}=\frac{p^2}{2m}$,即 $p=\sqrt{2mE_k}$,质量一定时,动量的大小 p 与物体动能的平方根成正比,即 $p\propto\sqrt{E_k}$. 带电粒子在磁场中的运动中比较某物理量关系时经常运用此关系式,比如:$r=\frac{mv}{qB}=\frac{\sqrt{2mE_k}}{qB}$,或 $E_k=\frac{(rqB)^2}{2m}$ 等.

新理念典题探究

题型1 用动量定理求平均作用力

例1 (物理与生活)把一只鸡蛋从 $h=0.8$ m 高处自由落下,第一次让鸡蛋落在水泥地面上,蛋壳与水泥地面的作用时间是 $t_1=0.01$ s,第二次让鸡蛋落在泡沫垫上,蛋壳与垫的作用时间是 1 s,设两次鸡蛋的质量都是 $m=50$ g,比较两次蛋壳受到的平均冲力大小.

审题指导 由自由下落高度可求出着地初速度,再表示出初动量;作用后的速度为零,末动量为零. 由于作用时间已知,由 $F\cdot\Delta t=p_2-p_1$ 可求出平均冲力.

解答:蛋壳与地面或垫的作用时间是指蛋壳与地面或垫接触到安然无恙地静止的这段时间. 第一次鸡蛋下落到与地开始接触前瞬间的速度 $v=\sqrt{2gh}=4$ m/s,动量 $p_1=mv=0.05\times4$ kg·m/s $=0.2$ kg·m/s,

作用后的动量为零,设平均作用力为 F,以向下为正,由动量定理可得 $F_1t_1=\Delta p$,则 $F_1=\frac{\Delta p}{t_1}=\frac{p_2-p_1}{t}=\frac{0-0.2}{0.01}$ N $=-20$ N,负号表示方向向上,考虑到重力向下,所以平均冲力大小 $F_{1冲}=20.5$ N.

同理第二次有 $F_2=\frac{\Delta p}{t_2}=-0.2$ N,同样考虑到重力,平均冲力大小 $F_{2冲}=0.7$ N.

这说明鸡蛋落到泡沫垫上所受的平均冲力比落到水泥地面上所受到的平均冲力要小得多,因而鸡蛋不易破.

答案:落到泡沫垫上所受的平均冲力比落到水泥地面上所受到的平均冲力小

方法点拨 $\left.\begin{matrix}h\to v_1=\sqrt{2gh}\to p_1=mv_1\\ v_2=0\to p_2=0\end{matrix}\right\}\Rightarrow\Delta p=p_2-p_1\Rightarrow F\cdot\Delta t=\Delta p\Rightarrow F=\frac{\Delta p}{\Delta t}$.

变式训练1:一质量为 $m=100$ g 的网球,以10 m/s的速度垂直射到网球拍上,与球拍的作用时间是0.01 s,后又以45 m/s 的速度被反射出去,则球拍对球的平均作用力为多大?

答案:550 N

点拨 利用动量定理先规定正方向,表达初、末动量及 Δp,再由 $F\cdot\Delta t=\Delta p$ 求出 F.

题型2 学科内综合

例2 (物理与体育)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 取 10 m/s^2).

审题指导 由两个高度求出初末速度进而求出初末动量及 Δp,特别注意 $F\cdot\Delta t=\Delta p$ 中 F 的含义是物体所受的合外力.

解答:方法(一):运动员刚接触网时速度的大小:$v_1=\sqrt{2gh_1}=\sqrt{2\times10\times3.2}$ m/s $=8$ m/s,方向向下

刚离网时速度的大小:$v_2=\sqrt{2gh_2}=\sqrt{2\times10\times5.0}$ m/s $=10$ m/s,方向向上

运动员与网接触的过程中,设网对运动员的作用力为 F,对运动员运用动量定理(以向上为正方向)有:$(F-mg)\Delta t=mv_2-mv_1$

解得 $F=\frac{mv_2-mv_1}{\Delta t}+mg=\frac{60\times10-60\times(-8)}{1.2}$ N $+60\times10$ N $=1.5\times10^3$ N,方向向上.

方法(二):此题也可以对运动员下降、与网接触、上升的全过程应用动量定理:

从3.2 m高处自由下落的时间为:

$$t_1=\sqrt{\frac{2h_1}{g}}=\sqrt{\frac{2\times3.2}{10}}\text{ s}=0.8\text{ s}$$

运动员弹回到5.0 m高处所用的时间为:

$$t_2=\sqrt{\frac{2h_2}{g}}=\sqrt{\frac{2\times5}{10}}\text{ s}=1\text{ s}$$

整个过程中运动员始终受重力作用,仅在与网接触的 $t_2=1.2$ s的时间内受到网对他向上的弹力 F_N 的作用,对全过程应用动量定理,有 $F_Nt_3-mg(t_1+t_2+t_3)=0$

则 $F_N=\frac{t_1+t_2+t_3}{t_3}mg=\frac{0.8+1+1.2}{1.2}\times60\times10$ N $=1\,500$ N,方向向上.

答案:1.5×10^3 N,方向向上

方法点拨 若物体在运动过程中所受的力不是同时的,可按受力情况分成若干阶段来解,也可当成一个全过程来求解.

变式训练2:质量为1.0 kg的小球从高20 m处自由下落到软垫上,反弹后上升的最大高度为5.0 m.小球与软垫接触的时间是1.0 s,在接触的时间内小球受到的合力的冲量大小为(空气阻力不计,g 取 10 m/s^2)(　　)

A. 10 N·s　B. 20 N·s　C. 30 N·s　D. 40 N·s

答案:C　**点拨** 此题考查了对冲量的理解和应用.在应用时,明确物理过程以及与过程对应的初、末状态是很重要的.

题型3 用动量定理解释现象

例3 (物理与社会)有一种硬气功表演,表演者平卧在地面上,将一块大石板置于他的身上,另一人将重锤举到高处并砸向石板,石板被砸碎,而表演者却安然无恙. 假设重锤与石板碰撞后二者具有相同的速度,表演者在表演时尽量挑选质量较大的石板. 对这一现象,下面的说法中正确的是(　　)

A. 重锤在与石板撞击的过程中,重锤与石板的总机械能守恒

B. 石板的质量越大,石板获得的动量就越小

C. 石板的质量越大,石板所受到的打击力就越小

D. 石板的质量越大,石板获得的速度就越小

审题指导 "假设"的内容说明质量不同的石板,受到重锤相同的冲量. 而 m 不同,v 不同,对人的伤害不同.

解答:由动量定义 $p = m_{石}v_{石}$ 知,$m_{石}$ 越大,$v_{石}$ 越小,对人体的伤害就越小.

答案:D　**方法点拨** 理解 $F\Delta t = \Delta p = p_2 - p_1$ 的物理意义,并用来解决现实生活中的实际问题.

变式训练3:人从高处跳到低处时,为了安全,一般都是让脚先着地,然后弯腿,这是为了(　　)

A. 减少冲量　　B. 使动量的增量变得更小

C. 增大与地面的冲击时间,从而减小冲力

D. 增大人与地面的压强,起到安全作用

答案:C　**点拨** "安全"措施,没有改变人受到的冲量,但延长了作用时间,使受到的作用力减小.

综合·探究·实践

问题:质量为 M 的汽车拖着质量为 m 的拖车在平直公路上由静止开始以加速度 a 做匀加速直线运动,经过时间 t,拖车脱钩,再经过时间 t',拖车停止运动,则此时汽车的速度 v 多大?(设汽车牵引力不变,汽车和拖车运动过程中所受阻力恒定)

分析(一)隔离法:汽车拖着拖车一起以加速度 a 前进,它们所受合力 $F = (M+m)a$. 设两车分开后,汽车所受合力大小为 F_1,方向与 F 相同,拖车所受合力大小为 F_2,方向与 F 相反,则这时汽车的加速度大小 $a_1 = \frac{F_1}{M}$,拖车的加速度大小为 $a_2 = \frac{F_2}{m}$,$F = F_1 - F_2$. 由题意可知,拖车停止时,汽车的速度 $v = at + a_1t'$,$at = a_2t'$. 以上各式联立求得 $v = \frac{(M+m)a(t+t')}{M}$.

(二)整体法:取两车整体研究,因为全过程两车所受到的合力不变均为 $F = (M+m)a$,由动量定理,$F(t+t') = \Delta p_{汽} + \Delta p_{拖}$,即 $(M+m)a(t+t') = Mv - 0 + 0$,所以 $v = \frac{(M+m)a(t+t')}{M}$.

比较以上两种解决方法,你有什么体会?

思维误区警示

动量定理公式 $Ft = p' - p$ 中的 $F \cdot t$ 指的是包括重力在内的一切外力的冲量. 而不是某个力或某些力的冲量,而初学者在这一点上极易出错.

例 质量为 50 kg 的体操运动员从吊环上落下,落到垫子上的速度大小为 2.0 m/s,方向竖直向下,经过 0.5 s 的缓冲时间,运动员停下来,求垫子对运动员的作用力.

典型误解:选竖直向上为正方向,由动量定理 $Ft = p' - p$,得垫子对运动员的作用力 $F = \frac{p'-p}{t} = \frac{0+50\times2.0}{0.5}$ N $= 200$ N,方向竖直向上.

走出误区 造成错误的原因是将运动员所受的合力的冲量当成了垫子对运动员的冲量. 因此,在解此类问题时,一定要注意:若物体只受一个力,则公式中 F 就指这一个力,若物体同时受几个力,则 F 指这几个力的合力,Ft 是这几个力的合冲量.

正确解答:取竖直向上为正方向,由动量定理 $Ft = p' - p$,得 $(F_N - mg)t = p' - p$,即垫子对运动员的作用力 $F_N = \frac{p'-p}{t} + mg = 700$ N,方向竖直向上.

能力达标与测控

(时间:45分钟 分值:60分)

共同基础

1. 对于一个运动的物体,用一个恒力使它停下来,所需要的时间决定于物体的(　　)
   A. 速度　　B. 加速度
   C. 动量　　D. 质量
2. 某物体受到 $-2\ \mathrm{N\cdot s}$ 的冲量作用,则(　　)
   A. 物体原来的动量方向一定与这一冲量方向相反
   B. 物体的末动量一定是负值
   C. 物体的动量一定减少
   D. 物体的动量变化一定与规定的正方向相反
3. 下面关于物体的动量和冲量的说法正确的是(　　)
   A. 物体所受合外力冲量越大,它的动量也越大
   B. 物体所受合外力冲量不为零,它的动量一定要改变
   C. 物体动量增量的方向,就是它所受冲量的方向
   D. 物体所受合外力越大,它的动量变化就越快
4. 物体在恒定合外力 F 作用下运动,则以下说法正确的是(　　)
   A. 物体所受冲量的大小与时间成正比
   B. 物体动量的变化率恒定
   C. 物体动量的变化恒定
   D. 物体动量的变化与时间成正比

能力训练

5. 一位质量为 m 的运动员从下蹲状态向上起跳,经 Δt 时间,身体伸直并刚好离开地面,速度为 v. 在此过程中(　　)
   A. 地面对他的冲量为 $mv+mg\Delta t$,地面对他做的功为 $\frac{1}{2}mv^2$
   B. 地面对他的冲量为 $mv+mg\Delta t$,地面对他做的功为零
   C. 地面对他的冲量为 mv,地面对他做的功为 $\frac{1}{2}mv^2$
   D. 地面对他的冲量为 $mv-mg\Delta t$,地面对他做的功为零
6. (学科综合题)下列运动中,物体在相等的时间内,动量变化一定相同的是(　　)
   A. 匀变速直线运动
   B. 平抛运动
   C. 匀速圆周运动
   D. 无往复的匀变速直线运动
7. 质量相等的两个物体 P 和 Q,并排静止放在光滑的水平面上,现用一水平恒力 F 推 P 物体,同时给 Q 物体一个与恒力 F 同向的瞬时冲量 I,使两物体开始运动,当两物体重新相遇时,所经历的时间为(　　)
   A. I/F　　B. $2I/F$　　C. $2F/I$　　D. F/I
8. 一质量为 m 的铁锤,以速度 v 竖直打在木桩上,经过 Δt 时间而停止,则在打击时间内,铁锤对木桩的平均冲力的大小是(　　)
   A. $mg\cdot\Delta t$　　B. $\frac{mv}{\Delta t}$
   C. $\frac{mv}{\Delta t}+mg$　　D. $\frac{mv}{\Delta t}-mg$

创新拓展

9. (学科综合题)从距地面相同的高度,以相同的初速率抛出质量相等的甲、乙两球,甲球竖直上抛,乙球竖直下抛,不计空气阻力,两球最后都落在地面上,以下说法中正确的是(　　)
   A. 两球的动量变化量及落地时的动量均相同
   B. 两球的动量变化量及落地时的动量均不相同
   C. 两球的动量变化量相同,但落地时的动量不相同
   D. 两球的动量变化量不相同,但落地时的动量相同
10. 如图 1-1-2 所示,把重物 G 压在纸带上,用一水平力 F 缓慢地拉动纸带,重物跟着一起运动,若迅速拉动纸带,纸带会从重物下

需要全本请访问 www.ertongbook.com

抽出. 解释这一现象正确的是(　　)

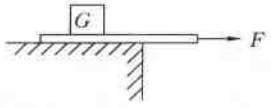


图 1-1-2

A. 在缓慢拉动纸带时,纸带给重物的摩擦力小
B. 在迅速拉动纸带时,纸带给重物的摩擦力小
C. 在迅速拉动纸带时,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

11. 采煤方法中,有一种方法是用高压水流将煤层击碎而采下,今有一高压采煤水枪出水口的截面积为 S,水的射速为 v,射到煤层后,水速变为零,若水的密度为 ρ,则水对煤层的冲击力多大?

12. 如图 1-1-3 所示,一铁块压着一纸条放在水平桌面上,当以速度 v 抽出纸条后,铁块掉在地上的 P 点,若以 $2v$ 速度抽出纸条,则铁块落地点为(　　)

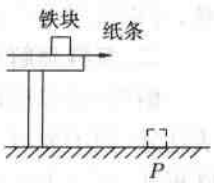


图 1-1-3

A. 仍在 P 点
B. 在 P 点左边
C. 在 P 点右边不远处
D. 在 P 点右边原水平位移的两倍处

第 2 课时　动量定理的应用

重难疑点解析与探究

难点·疑点·方法

一、怎样理解动量定理?

解答: 可以从研究对象、F 的含义、矢量性、物理意义、适用范围等角度加深对该规律的理解.

名师讲析 (1)动量定理的研究对象是单个物体或可视为单个物体的系统,当对象为系统时,系统内各物体间的作用力为内力,不影响系统的总动量,仅是改变系统内物体动量的原因之一,物体系统总动量的增量等于相应时间内物体系统所受的合外力的冲量.

(2)动量定理公式中的 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. 当合外力为变力时,F 是合外力在作用时间内的平均值.

(3)动量定理公式中的 $F \cdot \Delta t$ 是合外力的冲量,是使研究对象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作用时间相同,求合外力的冲量可先求所有外力的合力,然后乘以时间,也可以求出各个力的冲量再按矢量运算法则求出所有力的合冲量. 如果作用在所研究对象上的各个外力的作用时间不同,就只能先求每个外力在相应时间的冲量,然后再求所有外力冲量的矢量和.

(4)动量定理公式中的 $m \cdot \Delta v$ 是研究对象的动量的改变,是过程终态的动量减去(矢量减法)过程始态的动量,公式中的"$-$"号是运算符号,与正方向的选取无关.

(5)动量定理中的等号(=),表明合外力的冲量与研究对象的动量增量的数值相等,方向一致,单位等效,但决不能认为合外力的冲量就是动量的增量.合外力的冲量是引起研究对象动量变化的原因.

(6)$F\cdot\Delta t=m\Delta v$ 是矢量式,在应用动量定理时,应该遵循矢量运算的平行四边形定则,也可以采用正交分解法,将矢量运算转化为标量运算.

(7)动量定理不仅适用于宏观物体的低速运动,对微观现象和高速运动仍然适用.

二、怎样理解动量定理和牛顿第二定律的关系?

解答:可以应用牛顿第二定律推导出动量定理表达式,但不要以为动量定理是牛顿第二定律的特殊形式,事实上牛顿第二定律最初表达为动量表述.

名师讲析 (1)联系:在一定条件下,动量定理即为牛顿第二定律的动量表述:物体所受的合外力等于物体的动量变化率,即:

$$F_{合}=ma=m\frac{v_t-v_0}{\Delta t}=\frac{mv_t-mv_0}{\Delta t}=\frac{\Delta p}{\Delta t}.$$

(2)区别:一是两者反映的对应关系不同,牛顿第二定律是反映力和加速度之间的瞬时对应关系;而动量定理是反映在某段运动过程中力对时间的积累(冲量)与该过程初、末状态物体的动量变化之间的对应关系.二是两者的适用范围不同,牛顿第二定律只适用宏观低速物体,对高速和微观粒子不适用,但动量定理对此却是适用的.

三、动量定理应用有哪些技巧?

解答:(1)运用 $I=\Delta p$ 可求变力冲量.

(2)应用 $F\cdot t=\Delta p$ 求恒力作用下曲线运动中的物体动量的变化.

名师讲析 动量定理表明冲量的作用效果是物体的动量变化,动量变化 Δp 和合外力的冲量 I 有等量替换关系,即等大同向.据此有 $I=\Delta p$.

如果物体受到变力作用,则不直接应用 $I=F\cdot t$ 求变力的冲量,这时可以求出该力作用下物体动量的变化 $\Delta p=F\cdot t$,等效代换变力的冲量 I.

曲线运动中物体速度方向时刻在改变,求动量变化 $\Delta p=p'-p$ 需要应用矢量运算方法,比较复杂.如果作用力是恒力,可以求恒力的冲量,等效代换动量的变化.

新理念典题探究

题型1 平均冲力的估算

例1 (学科与科技)据报道,1980年一架英国战斗机在威尔士上空与一只秃鹰相撞,飞机坠毁.小小的飞鸟撞坏庞大、坚实的飞机,真难以想像.试通过估算,说明鸟类对飞机飞行的威胁,设飞鸟的质量 $m=1$ kg,飞机的飞行速度为 $v=800$ m/s,若两者相撞,试估算鸟对飞机的撞击力.

审题指导 以鸟为研究对象,和飞机相撞前其速度可忽略(与飞机速度相比),相撞后可认为鸟和飞机一起运动,速度为 $v=800$ m/s(因鸟的质量远小于飞机,故相撞后飞机的速度几乎不变).

解答:设鸟与飞机相撞变形改变的尺寸为 $l=0.2$ m(基本为鸟的尺寸),则撞击时间为 $t=\frac{l}{v}$

由动量定理得 $F\cdot t=mv$

所以,鸟对飞机平均撞击力的大小约为 $F=\frac{mv}{t}=\frac{mv^2}{l}=\frac{1\times800^2}{0.2}\ \text{N}\approx3\times10^6\ \text{N}$.

可见,鸟对飞机的威胁很大,所以,在大型机场附近,都设有驱赶鸟的装置.

答案:3×10^6 N **方法点拨** 在求解有关现实生活的题目时,经常会遇到题目中有许多条件没给出的情况,这就需要根据实际情况进行恰当的取舍及合理的假设,如本题中鸟的尺寸、质量、速度等.然后再根据适用的物理规律求解.

变式训练1:一只母鸡腾空而起横穿公路,恰与一辆疾驰的130型汽车相撞,试估计汽车受到的撞击力.

答案:3×10^3 N

点拨 母鸡横穿公路,在汽车前进方向上速度为零.可以认为碰撞结束后鸡附在汽车上一起前进,车速估计为 $v_1=15$ m/s,鸡体宽取 $L=15$ cm 左右,质量取 $m=2$ kg 左右,由 $F\cdot\Delta t=p'-p$ 可求 $F=3\times10^3$ N.

题型2 用动量定理解决变质量问题

例2 (微元法应用)一艘帆船在静水中由于风力的推动做匀速直线运动,帆面的面积为 S,风速为 v_1,船速为 $v_2(v_2<v_1)$,空气密度为 ρ,帆船在匀速前进时帆面受到的平均风力大小为多少?(设风垂直吹到帆面上,

且吹在帆面上后就跟帆保持相对静止)

审题指导 把一定时间内到达帆面的空气看做长方体,则质量可表达,而风速在此过程中由 v_1 变为 v_2,应用动量定理求解.

解答:取 Δt 时间到达帆面的空气为研究对象,如图 1-1-4 所示,这部分空气的质量为 $\Delta m = \rho S(v_1 - v_2)\Delta t$,这部分气体经过时间 Δt 后都由 v_1 变为 v_2,取船前进方向为正方向,对这部分气体由动量定理得:

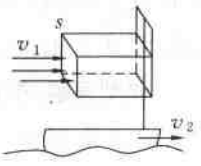


图 1-1-4

$$-F\Delta t = \Delta m(v_2 - v_1)$$

$$F = \frac{\Delta m}{\Delta t}(v_1 - v_2) = \frac{\rho S(v_1 - v_2)\Delta t}{\Delta t}(v_1 - v_2) = \rho S(v_1 - v_2)^2$$

由牛顿第三定律知帆面受到的平均风力大小为 $F' = \rho S(v_1 - v_2)^2$.

答案:$\rho S(v_1 - v_2)^2$ **方法点拨** 构建物理模型,化流动(运动)物体问题为静态问题,化无形为有形,是连续介质类问题常用的处理方法.

变式训练 2:宇宙飞船在飞行过程中有很多技术问题需要解决,其中之一就是当飞船进入宇宙微粒尘区时如何保持速度不变的问题,我国科学家对这些问题的解决,使得"神舟"五号飞行成功,假设一宇宙飞船以 $v = 2.0 \times 10^3$ m/s 的速度进入密度 $\rho = 2.0 \times 10^{-6}$ kg/m^3 的微粒尘区,飞船垂直于运动方向上的最大截面积 $S = 5$ m^2,且认为微粒与飞船相碰后都附着在飞船上,则飞船要保持速度 v 不变,所需牵引力多大?

答案:40 N **点拨** 解答此类问题在于正确地建立"物理模型",然后找出动量发生变化的那部分质量与时间的关系,从而解决这类由于质量变化而引起动量变化的问题.

题型 3 借助图像物理意义分析动量问题

例 3 (物理与数学方法)一个物体静置于光滑水平面上,当同时受到在一条水平直线上的两个力 F_1、F_2 作用,F_1、F_2 与时间的关系如图1-1-5所示,则物体的最大动量值是____kg·m/s.

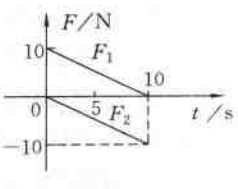


图 1-1-5

审题指导 物体在水平方向上同时受到两个变力,题目给出的是两个力变化的规律,但如何求变力的冲量课本并未阐述.但由图线的意义分析可得,图线与坐标轴所围的面积值就是它们冲量的大小.题目给出的变力 F_1、F_2 是线性变力,F_1、F_2 方向相反,物体的最大动量值无法用 mv 表示,但可用某段时间内物体受到的最大冲量来表述.

解答:设 F_1 的方向为正方向,F_1 使物体加速,F_2 使物体减速,由图分析得出当 $t = 5$ s 时,F_1 的冲量与 F_2 的冲量之差最大,其差值为 37.5 kg·m/s − 12.5 kg·m/s = 25 kg·m/s,所以物体的最大动量值是 25 kg·m/s.

答案:25 **方法点拨** 理解图像所表达的物理意义,结合题目所给信息及要求,明确"面积"意义,做出正确分析与判断.

变式训练 3:质量为 10 kg 的物体做直线运动,其速度图像如图1-1-6所示,物体在前 10 s 内和后10 s内所受合外力的冲量分别是(　　)

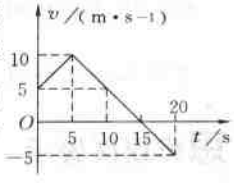


图 1-1-6

A. +100 N·s, +100 N·s

B. +100 N·s, −100 N·s

C. 0, +100 N·s

D. 0, −100 N·s

答案:D **点拨** 由 v-t 图像求出对应时刻的动量,再用 $F \cdot \Delta t = p' - p$ 求解.

综合·探究·实践

问题:(海淀区)如图 1-1-7 所示,水平面上有两个物体 A、B,质量均为 m. A 以角速度 ω_0 绕半径为 R 的圆周做逆时针匀速圆周运动,当它经过 P 点时,物体 B 在恒力 F 作用下开始运动,F 方向与 A 物体在 P 点时的速度方向垂直.当 F 满足什么条件时,两物体在运动过程中的某时刻具有相同的动量?

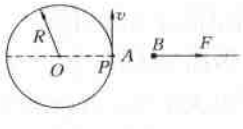


图 1-1-7

分析 动量是矢量,两物体动量相同须大小、方向

均相同,故物体A只有运动到圆周上的M点时才有可能与物体B具有相同的动量(如图1-1-8所示),所以物体B运动时间t应满足$t=\left(n+\frac{3}{4}\right)T$　①

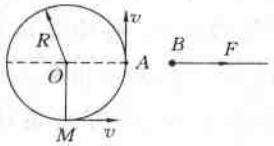


图1-1-8

其中$n=0,1,2,\cdots\cdots$,T为物体A做匀速圆周运动的周期,所以$T=\frac{2\pi}{\omega_0}$　②

物体B做匀加速运动,则$v_B=at$　③

由牛顿第二定律得$F=ma$　④

物体A的动量大小$p_A=mv_A$　⑤

物体B的动量大小$p_B=mv_B$　⑥

由匀速圆周运动规律得$v_A=\omega_0 R$　⑦

两物体动量相同,所以$p_A=p_B$　⑧

由以上各式解得$F=\frac{2m\omega_0^2 R}{(4n+3)\pi}$.

思维误区警示

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性,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$F_1=1.5$ N作用下运动2 s,然后水平拉力的大小改为$F_2=2$ N,方向改为向南,又拉了2 s,则该物体在这4 s内动量改变多大?

典型误解:根据动量定理$Ft=\Delta p$,得$\Delta p=F_1t_1+F_2t_2=(1.5\times2+2\times2)$ kg·m/s,即物体动量大小改变$\Delta p=7$ kg·m/s.

走出误区　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.

正确解答:由动量定理$F\cdot t=p'-p$,得F_1对物体的冲量$I_1=F_1t_1=\Delta p_1$,即$\Delta p_1=1.5\times2$ kg·m/s=3 kg·m/s,方向水平向东.F_2对物体的动量变化$\Delta p_2=F_2\cdot t_2=2\times2$ kg·m/s=4 kg·m/s,方向水平向南.所以在这4 s内物体的动量变化$\Delta p=\sqrt{\Delta p_1^2+\Delta p_2^2}=5$ kg·m/s,方向是东偏南α角,且$\tan\alpha=\frac{4}{3}$.

能力达标与测控

(时间:45分钟　分值:60分)

共同基础

1. 一质量为m的物体放在光滑水平面上,今以恒力F沿水平方向推该物体,在相同的时间间隔内,下列说法正确的是(　　)
   A. 物体的位移相等
   B. 物体动能的变化量相等
   C. F对物体做的功相等
   D. 物体动量的变化量相等
2. 杂技演员做高空表演时,为了安全,常在下面挂起一张很大的网.当演员失误从高处掉下落在网上时,与落在相同高度的地面上相比较,下列说法正确的是(　　)
   A. 演员落在网上时的动量变小
   B. 演员落在网上时的动量变化较小
   C. 演员落在网上时的动量变化率较小
   D. 演员落在网上时受到网的作用力较小
3. 若两个物体的质量相等,则当它们的(　　)
   A. 动能相同时,动量必定相同
   B. 动量相同时,动能必定相同
   C. 动能不相同时,动量必定不同
   D. 动量不相同时,动能必定不同
4. 竖直上抛一个物体,不计阻力,取向上为正方向,则物体在空中运动的过程中,动量p随时间t变化的图线是图1-1-9中的哪一个(　　)

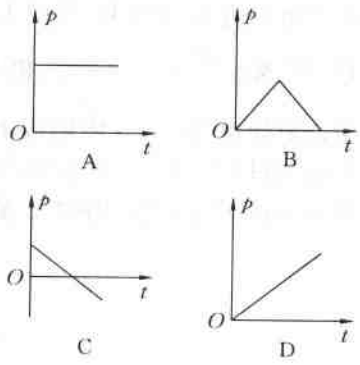


图 1-1-9

能力训练

5. 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Ⅰ，进入泥潭直到停住的过程称为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中重力的冲量大小

C. 过程Ⅱ中阻力的冲量的大小等于过程Ⅰ与过程Ⅱ中重力的冲量大小

D. 过程Ⅱ中钢珠动量的改变量等于阻力的冲量

6. 某物体由静止开始做匀加速直线运动，经过时间 t_1 后，在阻力作用下做匀减速直线运动，经时间 t_2 速度为零，若物体一直在同样的水平面上运动，则前一段的牵引力与后一段的阻力大小之比为(　　)

A. $t_2 : t_1$

B. $(t_2 + t_1) : t_2$

C. $(t_1 + t_2) : t_1$

D. $t_2 : (t_1 + t_2)$

7. 甲、乙两物体的质量相等，以相同的初速度在粗糙的水平面上滑行，甲物体比乙物体先停下来，下面说法正确的是(　　)

A. 甲物体所受冲量大

B. 乙物体所受冲量大

C. 两物体所受冲量一样大

D. 两物体所受摩擦力一样大

8. 一质量为 m 的小球，以初速度 v_0 沿水平方向射出，恰好垂直地射到一倾角为 30° 的固定斜面上，并立即沿反方向弹回. 已知反弹速度的大小是入射速度大小的 $\frac{3}{4}$. 求在碰撞中斜面对小球的冲量的大小.

9. 一质量为 $m = 2$ kg 的木块在水平面上静止，现对它施加一水平打击力 $F = 60$ N，该力作用于木块的时间是 $t = 0.1$ s，已知木块与水平地面间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$，则该木块在水平地面上滑行_____s 后才能停下来(g 取 10 m/s^2).

10. 一个质量 $m = 10$ kg 的物体，以 $v = 10$ m/s 的速度做直线运动，受到一个与运动方向在同一直线上的力 F 作用，经过 4 s 后，物体的速度大小变为 $v' = 2$ m/s，则这个力多大?

创新拓展

11. 一个质量为 m 的小球,以初速度 v_0 竖直上抛,又落到原抛出点时速度大小变为 v,则物体从抛出到落回原抛出点需要多少时间?(已知物体运动过程中所受空气阻力与它的速度大小成正比,重力加速度为 g)

12. 在光滑平直的铁轨上,质量为 m 的机车挂着质量都是 $\frac{m}{2}$ 的车厢两节,机车以恒定的牵引力由静止启动,t s 内前进了 s m,然后将车厢与机车解脱,机车牵引力不变,试求再过 $2t$ s 机车与车厢的距离 L 多大?

1.2 探究动量守恒定律

第1课时 探究动量守恒定律

基础梳理与思考

阅读与积累

阅读课本,梳理知识、完成填空

有关动量守恒概念	1. 物理学中,把有相互作用的几个物体所组成的_____,叫系统.	整体
	2. 系统内各物体间的相互作用力叫_____.	内力
	3. 系统外的物体对系统内物体的作用力叫_____.	外力
	4. 系统内所有物体_____,叫系统的总动量.	动量的矢量和
成立条件	5. 一个系统动量守恒的条件是_____.	系统不受外力或所受合外力为零
定律的适用范围	6. 动量守恒定律和_____定律一样,是自然界最普遍、最基本的规律之一,它比_____定律适用范围更广. 无论内力是_____的作用力,它总是适用的.	能量守恒 牛顿运动 什么性质

续表

定律矢量性	7. 动量守恒定律数学表达式是_____式,不仅要注意动量的大小,而且还要特别注意动量的_____性.	矢量 方向

问题与思考

问题:如图 1-2-1 所示,F_1、F_2 等大反向,同时作用于静止在光滑水平面上的 A、B 两物体上,已知 $m_A > m_B$,经过相同时间后撤去两力,以后两物体相碰并粘成一体,这时 A、B 将如何运动?

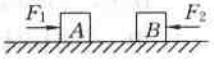


图 1-2-1

点拨 把 A、B 看做一个系统,在外力(F_1、F_2)作用前两者均静止,初动量 $p_1 = 0$. 由于 F_1 和 F_2 作用于系统的时间相等,则系统 A、B 所受合外力冲量 $I = F_1 t - F_2 t = 0$,因此系统动量没有改变,即 $p_2 = 0$ 因此 $v_A = v_B = 0$.

需要全本请访问 www.ertongbook.com