

● 按教育部新大纲新教材同步编写

龙门 新教案

在线课堂



学生专用版

丛书主编 周益新
本册主编 刘 祥

高二物理 (上)



龍門書局

www.Longmen.com.cn

龙门教案 新教

在线课堂

高二物理(上)

主 编 刘 祥
撰 稿 张再良
郭金权
顾家林
吴定雷

李 华 刘卫鹏 陈茂林
黄敬伟 陈 锐 牛真平
陈 湘 丁汝群 何中林

龙 门 书 局

北 京

版权所有 翻印必究

本书封面贴有科学出版社、龙门书局激光防伪标志,凡无此标志者均为非法出版物。

举报电话:(010)64034160 13501151303(打假办)

邮购电话:(010)64000246

图书在版编目(CIP)数据

龙门新教案.在线课堂.高二物理.上/周益新主编;刘祥
编. —北京:龙门书局,2004.5

ISBN 7-80160-919-0

I. 龙… II. ①周… ②刘… 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(2004)第 033618 号

责任编辑:田旭 段晓雅

封面设计:耕者设计工作室

龙门书局出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

化学工业出版社印刷厂印刷

科学出版社总发行 各地书店经销

*

2003年6月第 一 版 开本:880×1230 大16开

2004年4月修 订 版 印张:12

2004年6月第四次印刷 字数:306 000

印数:59 001—69 000

定 价:13.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



学会学习，轻松考高分

你会学习吗？

在学习中，你是否存在以下问题：

❶ 你上课会不会经常走神？老师讲课有些内容你没有听懂怎么办？

如果你上课经常走神，或者没有听懂老师的讲解，而你又不喜欢问老师问题，那你学习的过程中就会有很多不懂的问题，一个个不懂的问题积攒在一起，形成一片片知识空白，长此以往，你的成绩能提高吗？

因此，你需要一个能够像播放 VCD 一样将老师讲解再现的“纸上课堂”。

❷ 你在家学习，有问题不会怎么办？

老师不在身边，家长帮不上你的忙，问题不会，无处可问，成绩怎样，可想而知。

所以，你需要一个随时可以提问，不受约束的“便携式纸上教练”。

❸ 你有一套自己的学习方法吗？

教材你理解透彻了吗？你是不是比较喜欢做有难度的题目，而对那些看似简单的问题不屑一顾呢？这是大多数学生的通病——不会走，怎么能够跑呢？即便可以，也肯定会摔跤。

记住，在你开始大量做题之前，别忘了先问下自己：教材我理解透了没？

以上只是你在学习过程中遇到的问题中很小的一部分，但这些都导致你的成绩老是徘徊不前。我们策划这套书的初衷，就是为了解决大家在学习中的这些问题——你可以在较短的时间内学得更多，记得更牢，练得更精。

如何利用本丛书迅速提高学习成绩？

本套丛书是专门为那些渴望成为优等生的同学设计的，它可以用于预习、上课、课后作业时。栏目设计新颖别致，有自己独特的功能，你在使用时一定要特别注意以下几个栏目：

教材全解

你必须完全掌握教材的重要知识点，这是你解决一切问题的基础，也是前提。千万不要教材知识点还没搞明白就去追难题！

这一部分就像老师上课一样，帮你透彻理解教材知识点，在此基础上匹配典型例题，加深你对该知识的理解，老师还为你总结了解题规律、方法技巧、易错点、误区等，然后通过一两个同类变式的练习，检测你是否全面理解与掌握了该知识点。

问题研讨

综合延伸

创新探究

此部分根据重点内容的不同、针对你遇到的问题不同，分为三种情况：

① 你经常容易出错的概念、误区、易错点用“问题研讨”，通过几位同学的讨论让你知道哪里容易出错、为什么会出这样的错，从而避免你在做题的过程中重蹈他们的覆辙。

只要你是聪明人，一定能品味出其中的味道的。

② 对经常会出现综合应用、拓展延伸的重点内容，我们为你设计了“综合延伸”栏目，这部分的例题都有相

当的综合性和一定的难度。

你一定要特别关注“延伸总结”栏目,因为它将知识点向何处延伸、发散点等内容总结得十分详尽。吃透此栏目,“举一反三”没问题!

③最近的中高考试大纲都明确提出“着重考察学生运用知识分析和解决实际问题的能力”,在高考试题中,研究性学习的内容不仅是考试热点,而且比重在不断增加。

为了从一开始就培养你的创新能力和研究性学习的能力,本书特别设计了“创新探究”这一栏目。你可一定要特别注意哦!

要点记忆

在你身边,肯定有很多同学特别喜欢做题,以为做题是取得好成绩的“法宝”。其实不然!我们老祖宗有句古语“磨刀不误砍柴工”,如果你的刀快,那么砍起柴来肯定既快又多又省劲。“要点记忆”这一栏目就是你的磨刀石,它把你最需要掌握的问题全部归纳在一起,尤其是在期中、期末复习时,只要你完全记在心中,相信你一定会取得满意的成绩!

总而言之,本套丛书是龙门书局两年多来的研究成果,也是黄冈重点中学学科带头人的呕心沥血之作,它既是一本可以随时播放的“纸上课堂”,又是一位可随时交流的“纸上教师”,其中“宝藏多多”,善于发掘者一定会“满载而归”。

“世上无难事,只怕有心人。”渴望成为优等生的你,一定要做生活的有心人,那么,开始行动起来吧!

《龙门新教案·在线课堂》

丛书策划组

2004年5月于北京



主编寄语

这种方法最有效

多少年来,许多教育学家一直在探索:老师怎样教,学生怎样学,才最有效果?经过长期探索、实验、比较,结论是——紧扣教材,边讲边练,师生双方交流合作探究,达到融会贯通。通过典型例题的讲解,使学生全面掌握知识要点和解题方法、技巧、规律。通过举一反三的训练和实践、探究、应用活动,加强学生发散性思维的培养。

《龙门新教案·在线课堂》丛书正是这种科学训练方法的结晶。本丛书与同类书相比,其突出的特点是:

一、课堂教学的真实性

丛书将开发学生潜能的“同步学案”融化在“同步教案”之中,像VCD一样再现黄冈重点中学一代名师每一节课的精彩讲解,师生双向交流、合作探究的思路贯穿教师授课的全过程。

二、教材讲解的细致性

丛书的语文、英语学科对教材逐字逐词、逐句逐段讲解,细致入微;数学、物理、化学学科对教材重点内容采用“一点、一讲、一例、一练”的方法,即每一个重要知识点对应一段解析、一道典型例题,然后总结这类题目的解题规律、方法技巧、警示误区,并进行变式训练,训练题新颖灵活,步步升级。

三、教育理念的超前性

丛书每一节课的创设意境、导入新课,关注学生的学习兴趣和生活经验,师生互动情感交流,体现了以学生为主体的意识。每一课时还根据教材内容,设置对易错点和易混淆点进行思维诊断的“问题研讨”、对知识进行拓展迁移的“综合延伸”、课外开展研究性学习活动的“创新探究”栏目,体现了倡导学生“主动参与、乐于探究、勤于动手、张扬个性、开发潜能”的现代教育理念。

四、教学风格的务实性

丛书按教育部规定的课时进行教学,课外探究、课题案例应有尽有,真正实现了同步配套课堂教学。既符合课堂师生双向交流发现、探究知识的规律,又留足空隙让学生记录课堂笔记。课堂作业适度适量、灵活、新颖;答案另附,并有详细点拨,便于测评,适合全国各地重点中学和普通中学学生课堂和课外集体使用或个人自学使用。

新世纪、新教材、新课堂、新的考试模式,对每一个学生都是一种新的感悟、新的考验。读完这本书,你会对新课程理念有更深的体会,从而在全新教育理念营造的新课堂内焕发新的活力。

丛书主编 周益新

2004年5月



编委会

总策划：龙门书局

主 编：周益新

执行编委：田 旭

编 委：樊霞玲 刘 祥 卞清胜 李显晟
阮祥富 周春来 黄孝银 金立淑
胡良君 李文溢 刘兆航 徐奉林

创意策划：田 旭 周益新



目录

龙门新教案

高二物理(上)

第八章

动量

课时一	冲量和动量	1
课时二	动量定理	4
课时三	动量守恒定律及其应用 反冲运动 火箭	7
课时四	验证动量守恒定律	12
小结与复习		14
第八章创新能力综合测试		15

第九章

机械振动

课时一	简谐运动 振幅 周期和频率 简谐运动图象	17
课时二	单摆	21
课时三	简谐运动的能量 阻尼振动 受迫振动 共振	24
课时四	用单摆测定重力加速度	27
小结与复习		29
第九章创新能力综合测试		30

第十章

机械波

课时一	波的形成和传播	32
课时二	波的图象	35
课时三	波长、频率和波速	39
课时四	波的衍射和干涉	44
课时五	多普勒效应 超声波和次声波	47
小结与复习		49
第十章创新能力综合测试		50

第十一章

分子热运动 能量守恒

课时一	物体是由大量分子组成的	52
课时二	分子的热运动 分子间的相互作用力	55
课时三	物体的内能 热量	58
课时四	热力学第一定律 能量守恒定律 热力学第二定律 能源 环境	61
课时五	用油膜法估测分子的大小	65
小结与复习		67
第十一章创新能力综合测试		68

第十二章

固体、液体和气体

课时一	气体的压强	70
课时二	气体的压强、体积、温度间的关系	73
小结与复习		76
第十二章创新能力综合测试		77

第十三章

电场

课时一	电荷 库仑定律	79
课时二	电场 电场强度	83
课时三	电场线	87
课时四	静电屏蔽	89
课时五	电势差 电势	92
课时六	等势面 电势差与电场强度的关系	96
课时七	电容器 电容	100
课时八	带电粒子在匀强电场中的运动	103
课时九	用描迹法画出电场中平面上的等势线	109
小结与复习		111
第十三章创新能力综合测试		113

第十四章

恒定电流

课时一	欧姆定律 电阻定律 电阻率 半导体及其应用 超导及其应用	116
课时二	电功和电功率	120
课时三	闭合电路欧姆定律	124
课时四	电压表和电流表	129
课时五	伏安法测电阻	133
课时六	描绘小灯泡的伏安特性曲线	138
课时七	测定金属的电阻率	140
课时八	把电流表改装为电压表	142
课时九	研究闭合电路欧姆定律	144
课时十	测定电源电动势和内电阻	146
小结与复习		148
第十四章创新能力综合测试		149

附赠:参考答案提示与点拨

第八章 动量



本章讲述动量的概念、动量定理和动量守恒定律,这一章可视为牛顿力学的进一步展开.在牛顿运动定律的基础上,通过引入动量的概念,得出有关动量的规律,特别是动量守恒定律,为解决力学问题开辟了新的途径.

动量是矢量,动量定理和动量守恒定律具有矢量性.高中阶段,一般仅讨论一维的情形,在运算中先选定正方向,然后转换成代数运算.动量定理和动量守恒定律不但适用于恒力,而且适用于变力,因此,它们有广泛的应用.



课时一 冲量和动量

生产、生活中的许多现象,如垒球场上,击球员挥动球棒将迎面飞来的垒球击回去;两个物体发生碰撞等,如果直接应用牛顿运动定律分析这类问题时,往往很困难,因为,此时我们涉及到的力是随时变化的.物理学家在研究这类问题时,引入了动量的概念,并研究了与动量有关的规律,确立了动量守恒定律.



教材全解

重点1 ☆☆☆

力 F 和力的作用时间 t 的乘积 $F \cdot t$ 叫做力的冲量.用符号 I 表示冲量,即 $I = F \cdot t$.

在线课堂

骑过自行车的同学可能有这样的经验:骑上车后,若用较大力踩车,短时间内即可获得较大速度;若用较小力踩车,经历较长时间后,同样可以获得较大速度.可见,对一定质量的物体,力所产生的改变物体速度的效果不仅与力 F 有关,而且与力 F 的作用时间 t 有关,即是由 $F \cdot t$ 这个物理量决定的.物理学中定义:力 F 和力的作用时间 t 的乘积 $F \cdot t$ 叫做力的冲量,通常用 I 表示力的冲量,即 $I = F \cdot t$.

冲量是矢量,其方向由力的方向决定.高中阶段,一般只讨论恒力的冲量,此时,冲量的方向就是力的方向.高中阶段涉及到的变力的冲量通常通过动量定理求解.

冲量的单位由力 F 的单位和时间 t 的单位决定,在国际单位制中是牛·秒,符号是 $N \cdot s$.

【例1】质量为 m 的物体,在倾角为 θ 的光滑斜面上由静止开始下滑,如图8-1-1所示.求在时间 t 内物体所受的重力、斜面支持力以及合外力对物体的冲量.



图8-1-1



思路导引

某一个力的冲量只取决于力及该力对应的作用时间,与物体的运动状态无关.冲量是矢量,既要确定其大小,还应指出其方向.

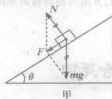
解 根据冲量的定义,重力对物体的冲量大小为 $I_G = \underline{\hspace{2cm}}$, 方向 $\underline{\hspace{2cm}}$.

斜面对物体的支持力的冲量大小为 $I_N = \underline{\hspace{2cm}}$, 方向 $\underline{\hspace{2cm}}$.

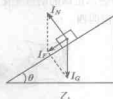
合外力对物体的冲量可分别用下列两种方法求出.

(1)先求出合外力,再根据定义求出其冲量.

由图8-1-2甲可知,作用于物体上的合力为 $F = mg \cdot \sin \theta$, 方向沿斜面向下.



甲



乙

图8-1-2

所以合外力的冲量大小为

$I_F = \underline{\hspace{2cm}}$, 方向 $\underline{\hspace{2cm}}$.

(2)合外力的冲量等于各外力冲量的矢量和.先求出各外力的冲量,然后求出合外力的冲量.

利用前面求出的重力和支持力冲量,结合图8-1-2乙可知合外力冲量大小为

$I_F = \sqrt{I_G^2 - I_N^2} = \underline{\hspace{2cm}}$,

方向 $\underline{\hspace{2cm}}$.

重点2 ☆☆☆

物体的质量 m 和速度 v 的乘积 mv 叫做动量.动量通常用符号 p 表示,即 $p = mv$.

在线课堂

原来静止的物体,在相同的冲量(用恒力 F 作用一定时间 t)作用下,如果物体的质量 m 小,物体获得的速度 v 大;如果物体的质量 m 大,物体获得的速度 v 小,但它们的质量和速度的乘积 mv 却是相同的,都等于它们受到的冲量.物理学中定义:物体的质量和速度的乘积 mv 叫做物体的动量,通常用 p 表示物体的动量,即 $p = mv$.动量也是矢量,如何确定物体动量的方向呢?

某时刻物体动量的方向就是该时刻物体的速度方向.此外还应该明确:动量概念中,速度是指物体对地的瞬时速度,物体的动量与物体的运动状态无关.

动量的运算服从矢量的运算规则.

【例2】一个质量为0.5kg的足球,以20m/s的速度向东运动,受到足球队员的作用力后,改为以20m/s的速度向西运动,问足球的动量有没有变化?变化了多少?



计算某个量的变化时,总是用后来的值减去原来的值.动量的运算服从矢量运算规则,如果物体的运动在同一直线上,在选定一个正方向之后,动量的运算就可以简化成代数运算.

解 足球的动量变化了,因为初动量方向向东,而末动量方向向西,动量的方向发生了改变,以向东的速度方向为正方向,则足球的

初动量 $p_1 =$ _____

末动量 $p_2 =$ _____

可见足球动量的变化为

$$\Delta p = p_2 - p_1 =$$

负号表示足球的动量变化量的方向与初动量的方向相反,即 Δp 方向向西.



综合延伸

延伸点 物体不在一条直线上运动时动量变化的运算.

【例3】如图8-1-3所示,一质量是0.2kg的钢球,以2m/s的速度斜射到坚硬的大大理石板上,入射的角度是45°,碰撞后被斜着弹出,弹出的角度也是45°,速度仍为2m/s.你能不能求出钢球动量变化的大小和方向?



图8-1-3



动量是矢量,动量的变化量 $\Delta p = p' - p$ 也是矢量,当初动量 p 、末动量 p' 不在同一直线上时,求 Δp 时应按矢量的运算规则(平行四边形定则)进行运算.

动量的变化量 $\Delta p = p' - p$

可写成 $p' = \Delta p + p$

即矢量 p' 可看成是矢量 Δp 和 p 的合矢量,也就是说 p' 是以 Δp 和 p 为邻边的平行四边形的对角线.如图8-1-4所示,由于 p' 和 p 相互垂直且等大,所以 Δp 方向垂直向上,大小为

$$\Delta p =$$

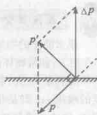


图8-1-4



延伸总结

- 体会动量的矢量性.
- 所求动量的变化量 Δp 是末动量 p' 和初动量 p 的矢量

差,设法转换成求矢量和是关键.

随堂练习

如图8-1-5所示,质量为 m 的质点,在光滑水平面内做匀速圆周运动,在质点由位置 A 运动到相隔 $\frac{1}{4}$ 圆弧的位置 B 的过程中,试求质点动量变化的大小和方向.

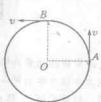


图8-1-5

要点记忆

1. 冲量

(☆☆)

$I = Ft$ 冲量的方向由力的方向决定.

冲量的运算服从矢量运算的规则

2. 动量

(☆☆☆)

$p = mv$ 动量的方向就是物体(对地)的速度方向.

动量的运算服从矢量运算的规则.

心得笔记

【例1】 $mg \cdot t$ 竖直向下

$N \cdot t = mg \cos \theta \cdot t$ 垂直斜面向上

$F \cdot t = mg \sin \theta \cdot t$ 沿斜面向下

$\sqrt{(mgt)^2 - (mg \cos \theta \cdot t)^2} = mg \sin \theta \cdot t$

沿斜面向下

【例2】 $mv_1 = 10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

$mv_2 = -10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

$-10 - 10 = -20 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

【例3】 $\sqrt{2}mv = \sqrt{2} \times 0.2 \times 2 = 0.57 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$



课后作业

班级 _____ 姓名 _____ 分数 _____

[基础演练]

1. 关于冲量与动量的下列说法中,正确的是 ()
- A. 冲量反映的是力对时间的积累
B. 动量是描述物体运动状态的物理量
C. 冲量与动量均有方向
D. 冲量的方向与动量的方向一致
2. 下列说法中,正确的是 ()
- A. 做匀速圆周运动的物体的动量不变
B. 速度变化了动量必定变化
C. 动量变化了速率必定变化
D. 凡是做曲线运动的物体动量都在变化

3. 原来静止的物体受到一个大小不变的力作用, t_s 前, $\frac{1}{2} s$ 内与后 $\frac{1}{2} s$ 内此力的方向相反, 下面说法中正确的是 ()
- A. t_s 末这个物体的速度为零; t_s 内物体受到的冲量也为零
B. t_s 末这个物体的速度为零; t_s 内物体受到的冲量不为零
C. t_s 末这个物体的速度不为零; t_s 内物体受到的冲量为零
D. t_s 末这个物体的速度不为零; t_s 内物体受到的冲量不为零

4. 恒力 F 与水平方向成 θ 角, 作用在质量为 m 的物体上, 如图 8-1-6 所示, 作用时间为 t , 则力 F 的冲量为 ()

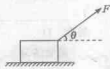


图 8-1-6

- A. Ft
B. mgt
C. $Ft \cos \theta$
D. $(mg - F \sin \theta)t$
5. 质量为 m 的小滑块沿倾角为 θ 的斜面向上滑动, 经过时间 t_1 滑至最高点, 而后又经过时间 t_2 回到斜面底端, 滑块在运动过程中受到的摩擦力大小始终为 f , 在整个运动过程中, 重力对滑块的总冲量为 ()

- A. $mgs \sin \theta (t_1 + t_2)$
B. $mgs \sin \theta (t_1 - t_2)$
C. $mg(t_1 + t_2)$
D. 0

[综合测试]

6. 质量为 0.4 kg 的小球在光滑的水平面上以 10 m/s 的速度运动, 经打击后以 15 m/s 的速度向相反方向运动, 则小球动量变化的大小为 $\text{kg} \cdot \text{m/s}$, 动量变化的方向是 _____。
7. 质量为 2 kg 的物体沿水平地面运动, 物体受到向东 4 N 的力作用 6 s , 接着受到向西的 5 N 的力作用 4 s , 则 10 s 内物体所受的冲量大小为 $\text{N} \cdot \text{s}$, 方向为 _____。
8. 质量 $m = 1.0 \text{ kg}$ 的滑块从倾角为 37° 、长 5 m 的斜面以速度 $v = 1.0 \text{ m/s}$ 由顶端匀速下滑到底端, 物体下滑过程中, 重力的冲量大小是 _____, 方向 _____; 支持力的冲量大小是 _____, 方向 _____; 摩擦力的冲量大小是 _____, 方向 _____; 合外力的冲量是 _____。

9. 两物体的质量比为 $4:1$, 动量大小之比是 $3:4$, 两物体速度大小之比为 _____。

10. 质量 $m = 1.0 \text{ kg}$ 的球以 5 m/s 的水平速度撞在竖直墙面上, 以 3 m/s 的水平速度弹回, 选初速度方向为正方向, 那么初状态的动量是 _____, 末状态的动量是 _____, 动量的变化量 Δp 是 _____。

[探究升级]

11. 物体 A 初动量大小是 $7.0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 碰撞某物体后动量大小是 $4.0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 那么物体碰撞过程中动量的变化量 Δp 的大小范围是 _____。

12. 质量为 1 kg 的物体, 从 $H = 5 \text{ m}$ 高处以 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 的速度水平抛出, 如图 8-1-7 所示, 不计空气阻力, 求物体落地时的动量。(取 $g = 10 \text{ m/s}^2$)

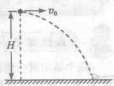


图 8-1-7



课时二 动量定理

大家可能注意到,跳高比赛中,运动员落地处往往要垫上很厚的海绵垫;玻璃杯掉到水泥地上易碎,而掉在软泥地上不易碎,这是什么道理呢?学了动量定理,你就可以解释这类现象。



教材全解

重点1 ☆☆☆

物体所受合外力的冲量等于物体的动量变化。



在线课堂

这个结论就叫动量定理。用 I 表示物体所受合外力的冲量, p 表示物体初动量, p' 表示物体的末动量, 即 $I = p' - p = \Delta p$ 。这个结论在课本中虽然是物体在恒力作用下推导出来的,但它同样适用于物体在变力作用下的情形。此时, F 为作用时间内的平均值。

冲量和“动量的变化”都是矢量。动量定理表明了物体所受合外力的冲量与物体动量的变化大小相等、方向相反。对于一条直线上的情形,在选定一个正方向后,可变成代数运算。

【例1】 从同一高度自由落下的玻璃杯,掉在水泥地上易碎,掉在软泥地上不易碎,这是因为 ()

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



思路导引

从同一高度自由落下的玻璃杯,在与地面接触前,速度相同,即具有_____,与地面接触后静止,末速度为零,即具有_____,故玻璃杯_____相同,即玻璃杯掉在水泥地上和掉在软泥地上受到的冲量相同。

掉在水泥地上,玻璃杯与地面_____。根据动量定理 $Ft = \Delta p$ 可知,玻璃杯受到的作用力大;掉在软泥地上,玻璃杯与地面_____,玻璃杯受到的作用力小。

答案 D

重点2 ☆☆☆

动量定理除了用于定性解释一些现象之外,还常用于讨论变力的冲量。



在线课堂

动量定理一般用于讨论单个物体的某一运动过程,物体在这一过程中动量的变化(包括大小和方向)等于物体所受合外力的冲量,物体所受的几个力中,如果有一个是变力,我们可以根据物体动量的变化和其他恒力的冲量,确定变力的冲量。

【例2】 物体A和B用轻绳相连,挂在轻弹簧下静止不动,如图8-2-1甲所示。A的质量为 m , B的质量为 M 。当连接A、B的绳突然断开后,物体A上升经某一位置时的速度大小为 v ,这时物体B的下落速度为 u ,如图8-2-1乙所示。在这段时间内,弹簧的弹力对物体A的冲量为 ()

- mv
- $mv - Mu$
- $mv + Mu$
- $mv + mu$



图8-2-1



思路导引

显然,所求弹簧的弹力对物体A的冲量是一变力的冲量,不能根据冲量的定义 $I = F \cdot t$ 求解。设所求冲量为 I , 讨论的这段时间为 t , 根据动量定理有:

对物体A: _____ ①

对物体B: _____ ②

联立①②解得:

$I =$ _____

答案 D

随堂练习

- 质量为 m 的钢球自高处落下,以速度 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 ()
 - 向下, $m(v_1 - v_2)$
 - 向下, $m(v_1 + v_2)$
 - 向上, $m(v_1 - v_2)$
 - 向上, $m(v_1 + v_2)$



综合延伸

延伸点 动量定理还可以用于估算变力的大小。

【例3】 质量 $m = 60 \text{ kg}$ 的杂技演员,走钢丝时不慎摔下,下落5m后安全带开始绷直,经1s停止下落,求安全带绷直过程中对人的平均作用力。



思路导引

将人抽象为一个质点,安全带对人的作用力视作恒力。

解1: 安全带开始绷直前,人自由下落,安全带开始绷直时,人下落的速度 v 为:

$$v =$$

设安全带绷直过程中,对人的平均作用力为 F ,以竖直向上方向为正,则

$$F \cdot t - mgt = 0 - (-mv)$$

$$F =$$

$$= 1200 \text{ N}$$

即安全带对人的平均作用力为 1200 N.

解 II: 安全带绷直前人自由下落, 时间设为 t_1 , 则

$$t_1 =$$

$$=$$

设安全带绷直过程中对人的平均作用力为 F , 以竖直向上方向为正, 对整个过程有:

$$F \cdot t - mgt(t_1 + t) = 0$$

$$F =$$

$$= 1200 \text{ N}$$

即安全带对人的平均作用力为 1200 N.



延伸总结

1. 演员受两个力作用: 重力, 安全带的作用力.
2. 比较解 I、解 II, 不难发现, 选取适当的过程运用动量定理分析实际问题可以简化运算.

随堂练习

2. 一个钢球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 中钢球动量的改变量等于重力的冲量
 - B. 过程 II 中阻力的冲量大小等于过程 I 中重力的冲量大小
 - C. 过程 II 中钢球克服阻力所做的功等于过程 I 与过程 II 中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 中所增加的动能
3. 一质量为 100 g 的小球从 0.80 m 高处自由下落到一厚软垫上. 若从小球接触软垫到小球陷至最低点经历了 0.20 s, 则这段时间内软垫对小球的冲量为多少? (取 $g = 10 \text{ m/s}^2$, 不计空气阻力)

要点记忆

1. 动量定理

(☆☆☆)

$$Ft = p' - p \quad \text{或} \quad I = \Delta p$$

2. 动量定理的应用

(☆☆☆)

- (1) 定性解释现象
- (2) 求变力的冲量
- (3) 估算变力的大小

心得笔记

[例 1] 相同初动量 相同末动量 动量的变化
接触时间短 接触时间长

$$[例 2] \quad I = mg \cdot t = mv - 0$$

$$Mg \cdot t = Mu - 0$$

$$mv + m(gt) = mv + mu$$

$$[例 3] \quad \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 5} = 10 \text{ m/s}$$

$$\frac{mv}{t} + mg = \frac{60 \times 10}{1} + 60 \times 10$$

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

$$\frac{t_1 + t}{t} \cdot mg = \frac{1+1}{1} \times 60 \times 10$$



课后作业

班级 _____ 姓名 _____ 分数 _____

[基础演练]

- 跳高比赛中,运动员着地时必须垫上很厚的海绵垫子,这是为了减小运动员 ()
 - 着地过程中受到的冲量
 - 着地过程中动量的变化
 - 着地过程中受到的冲力
 - 着地时的速度
- 质量 4kg 的物体,以 $v_0 = 10\text{m/s}$ 的初速度滑到水平面上,物体与水平面间动摩擦因数 $\mu = 0.2$,取 $g = 10\text{m/s}^2$,初速度方向为正,则 10s 内,物体受到的冲量为 ()
 - $80\text{N}\cdot\text{s}$
 - $-80\text{N}\cdot\text{s}$
 - $40\text{N}\cdot\text{s}$
 - $-40\text{N}\cdot\text{s}$
- 质量为 1.0kg 的小球从高 20m 处自由下落到软垫上,反弹后上升的最大高度为 5.0m . 小球与软垫接触时间为 1.0s ,在接触时间内小球受到合力的冲量大小为(空气阻力不计,取 $g = 10\text{m/s}^2$) ()
 - $10\text{N}\cdot\text{s}$
 - $20\text{N}\cdot\text{s}$
 - $30\text{N}\cdot\text{s}$
 - $40\text{N}\cdot\text{s}$
- 物体以初始动量 p 在水平面上滑行,物体受恒定的摩擦力 f 作用,经时间 t 后停下,则 ()
 - 由 p 、 f 和 t 可求出物体的质量
 - 由 p 、 f 和 t 可求出物体的初速度
 - t 与 p 无关
 - t 与 p 成正比
- 物体在恒定的合力 F 作用下做直线运动,在时间 Δt_1 内速度由 0 增大到 v ,在时间 Δt_2 内速度由 v 增大到 $2v$. 设 F 在 Δt_1 内冲量是 I_1 ,在 Δt_2 内冲量是 I_2 ,那么 ()
 - $I_1 < I_2$
 - $I_1 > I_2$
 - $I_1 = I_2$
 - 无法比较

[综合测试]

- 古有“守株待兔”的寓言. 设兔子的头部受到大小等于自身体重的打击力时即可致死,并设兔子与树桩作用时间为 0.2s ,则被撞死的兔子其奔跑速度可能为(取 $g = 10\text{m/s}^2$) ()
 - 1m/s
 - 1.5m/s
 - 2m/s
 - 2.5m/s
- 一物体从某高处自静止释放,设所受空气阻力恒定,当它下落 h 时的动量大小为 p_1 ,当它下落 $2h$ 时的动量大小为 p_2 ,那么 $p_1:p_2$ 等于 ()
 - $1:1$
 - $1:\sqrt{2}$
 - $1:2$
 - $1:4$
- 水平地面上有一物块,质量为 m ,它与地面间的摩擦因数为 μ ,在水平恒力 F 作用下由静止开始运动,经过时间 t ,撤去此力,木块又向前滑行一段时间 $2t$ 才停下,此恒力 F 的大

小为

- μmg
- $2\mu mg$
- $3\mu mg$
- $4\mu mg$

- 沿同一直线,甲、乙两物体分别在阻力 F_1 、 F_2 作用下做直线运动,甲在 t_1 时间内,乙在 t_2 时间内动量 p 随时间 t 变化的 $p-t$ 图象如图 8-2-2 所示,设甲物体在 t_1 时间内受到的冲量大小为 I_1 ,乙物体在 t_2 时间内所受到的冲量大小为 I_2 ,则两物体所受外力 F 及其冲量 I 的大小关系是 ()
 - $F_1 > F_2, I_1 = I_2$
 - $F_1 < F_2, I_1 < I_2$
 - $F_1 > F_2, I_1 > I_2$
 - $F_1 = F_2, I_1 = I_2$
- 一个质量是 64kg 的人从墙上跳下,以 7m/s 的速度着地,与地面接触 0.1s 后停下来,地面对人的平均作用力多大?如果他着地时弯曲了双腿,用了 1s 才停下来,地面对他的平均作用力又是多大?(取 $g = 10\text{m/s}^2$)

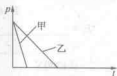


图 8-2-2

[探究升级]

- 质量 $m = 5\text{kg}$ 的物体在恒定水平推力 $F = 5\text{N}$ 的作用下,自静止开始在水平路面上运动, $t_1 = 2\text{s}$ 后,撤去力 F ,物体又经 $t_2 = 3\text{s}$ 停了下来,求物体运动过程中所受摩擦力的大小.

课时三 动量守恒定律及其

应用 反冲运动 火箭



单个物体的动量变化可以利用动量定理来讨论,那么,多个物体的动量变化如何讨论呢?相互作用的物体,它们的动量分别怎样变化,是否存在一定规律呢?



教材全解

重点1 ☆☆☆

一个系统不受外力或者所受外力之和为零,这个系统的总动量保持不变。

在线课堂

通常,我们把有相互作用的物体称为系统。系统中各物体之间的相互作用力叫做内力,外部其他物体对系统的作用力叫做外力。大量实验事实表明,一个系统不受外力或者所受外力之和为零,这个系统的总动量保持不变,这个结论叫做动量守恒定律。

动量守恒定律不仅适用于正碰(碰撞前后在同一直线上运动),也适用于斜碰(碰撞前后不在同一直线上运动),也适用于任何形式的相互作用。它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。

【例1】光滑水平面上A、B两小车间有一弹簧(如图8-3-1),用手抓住小车并将弹簧压缩后使小车处于静止状态,将两小车及弹簧看作系统,下列说法中正确的是()

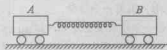


图 8-3-1

- A. 两手同时放开后,系统总动量始终为零
 B. 先放开左手,再放开右手后,系统动量不守恒
 C. 先放开左手,后放开右手,系统总动量向左
 D. 无论何时放手,两手放开后,在弹簧恢复原长的过程中,系统总动量都保持不变,但系统的总动量不一定为零



思路导引

A选项,在两手同时放开后,水平方向无外力作用,故动量守恒,而系统_____,即系统的总动量始终为零。

B选项,先放开左手,再放开右手后,是指两手对系统都无作用力之后的那一段时间,这段时间内_____,即动量是守恒的,但总动量不为零。

C选项,先放开左手,系统在弹力作用下,产生向左的冲

量,故有_____,再放开右手后,系统的动量守恒,即此后的总动量_____。

D选项,无论何时放开手,两手都放开后都满足动量守恒的条件,即系统的总动量保持不变。若同时放开,那么作用后系统的总动量就等于放手前的总动量,_____;若两手先后放开,那么两手放开后的总动量就与放开一只手后系统所具有的总动量相等,_____。

答案 A、C、D

重点2 ☆☆☆

动量守恒定律的重要应用之一,是处理碰撞问题。



在线课堂

在碰撞现象中,相互作用的时间很短,相互作用力先急剧增大,然后急剧减小,平均作用力很大。把相互碰撞的物体作为一个系统来看待,外力通常远小于碰撞物体之间的内力,可以忽略不计,认为碰撞过程中动量守恒。

【例2】如图8-3-2所示是A、B两滑块碰撞前后的闪光照片示意图(部分)。图中滑块A的质量为0.14kg,滑块B的质量为0.22kg,所用标尺的分度值是0.5cm,闪光快慢为每秒10次。试根据图示回答:

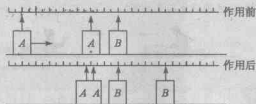


图 8-3-2

- (1)作用前后滑块A动量的变化为多少?方向如何?
 (2)碰撞前后系统动量是否守恒?



思路导引

这是用频闪照相的方法研究碰撞中动量守恒问题,关键是要通过照片分析出碰撞前后两滑块的速度。

解 从图中A、B两滑块位置的变化可得知,作用前A向右运动,B是静止的;作用后A向左运动,B向右运动。

取向右为正方向,

根据速度公式 $v = \frac{s}{t}$ 得

(1)作用前A的速度大小为

$$v_A = \frac{s_A}{t} = \underline{\hspace{2cm}}$$

作用后A的速度大小为

$$v_A' = \frac{s_A'}{t} = \underline{\hspace{2cm}}$$

故 $\Delta p_A = m_A v_A' - m_A v_A$

(2)碰撞前总动量

解 I: (1) 设车初速度为 v_0 , 扔上第一只沙袋后车速为 v_1 , 如图 8-3-5 所示, 根据动量守恒定律有

$$Mv_0 - m \cdot 2v_0 = (M + m)v_1$$

$$\text{易得: } v_1 = \frac{M - 2m}{M + m} v_0$$

$$\text{扔第二只沙袋: } (M + m)v_1 - m \cdot 2(2v_1) = (M + 2m)v_2$$

$$\text{解得: } v_2 = \frac{M - 4m}{M + 2m} v_0$$

$$\text{扔第三只沙袋: } (M + 2m)v_2 - m \cdot 2(3v_2) = (M + 3m)v_3$$

$$\text{解得: } v_3 = \frac{M - 6m}{M + 3m} v_0$$

$$\text{可见: } v_n = \frac{M - 2nm}{M + nm} v_0$$

若扔上第 n 只沙袋后反向, 则 $v_{n-1} > 0$, 而 $v_n < 0$, 即

$$\frac{M - 2(n-1)m}{M + (n-1)m} v_0 > 0, \quad \frac{M - 2nm}{M + nm} v_0 < 0$$

由于 n 为自然数, 故取 $n = 3$, 即空车出发后, 车上堆积了 3 只沙袋时车反向滑行。

(2) 依题意, 车最终将静止, 车反向滑行后, 令 $M + 3m = M'$, 同理

$$v_0' = \frac{M' - 2m}{M' + m} v_1$$

其中 v_0' 为车反向时的速度。

若扔上第 k 只沙袋后车静止, 则

$$\frac{M' - 2km}{M' + km} v_0' = 0$$

$$k = \frac{M'}{2m} = \frac{M + 3m}{2m}$$

故最终车上共有大小沙袋 k 只。

解 II: 考虑一般情况

(1) 设扔第 n 只沙袋前, 车速为 v_{n-1} (此时车上有 $n-1$ 只沙袋), 第 n 只沙袋扔上车后, 车速为 v_n , 则

$$[M + (n-1)m]v_{n-1} - m \cdot 2n \cdot v_{n-1} = (M + nm)v_n$$

$$\text{解得: } v_n = \frac{M - 2nm}{M + nm} v_{n-1}$$

若扔上第 n 只沙袋后车就反向, 则:

$$v_{n-1} > 0, \quad v_n < 0$$

$$\text{即 } \frac{M - 2(n-1)m}{M + (n-1)m} v_0 > 0, \quad \frac{M - 2nm}{M + nm} v_0 < 0$$

$$n > 2.4 \quad \text{取 } n = 3$$

(2) 同理, 令 $M + 3m = M'$, 则

$$v_0' = \frac{M' - 2m}{M' + m} v_1$$

若扔上第 k 只沙袋后车静止, 则

$$\frac{M' - 2km}{M' + km} v_0' = 0$$

$$k = \frac{M'}{2m} = \frac{M + 3m}{2m}$$

故最终车上共有大小沙袋 k 只。

解 III: (1) 设扔第 n 个沙袋后车反向滑行, 则第 n 个沙袋扔上车前的动量大小应大于此时车的动量大小。

$$\text{即 } 14 \times 2nv_{n-1} > [48 + 14(n-1)]v_{n-1}$$

$$\text{解得 } n > 2.4, \text{ 又 } n \text{ 为整数, 故 } n = 3.$$

即车上堆积 3 个沙袋后车就反向运动。

(2) 同解 I 或解 II

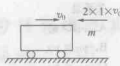


图 8-3-5

运动的条件。思考问题的角度不同, 但最后是殊途同归。

不论哪个解法, 需研究每个已知条件对解题的作用, 抓主要矛盾, 明确关键所在, 集中精力突破。从“当车经过一人身旁时, 人就把沙袋以水平速度 u 朝与车速相反的方向沿车面反作用到车上, 以 u 的大小等于此沙袋之前的瞬间车速大小的 $2n$ 倍”这句话可以知道: 从序号为 $n-1$ 的人身旁以 v_{n-1} 的速度驶向序号为 n 的人身旁, 车上已有 $n-1$ 个沙袋, 而车从接受了第 n 个沙袋到从序号为 n 的人身旁离开的过程中, 车及车上的沙袋动量守恒, 可列方程

$$[48 + 14(n-1)]v_{n-1} - 14 \times 2nv_{n-1} = (48 + 14n)v_n$$

许多学生列出了这个方程, 但不知所措。其实只要仔细审题, 反复体会“车反向滑行”这几个字便可发现, 使车反向滑行的条件是: $v_{n-1} > 0$, $v_n < 0$ 。这便是本题的关键所在, 突破了关键, 解决问题就易如反掌。

要点记忆

1. 动量守恒定律

(☆☆☆)

一个系统不受外力或所受外力的合力为零, 系统的总动量保持不变。

2. 动量守恒定律应用

(☆☆☆)

(1) 碰撞问题 (2) 多物体系 (3) 其他

心得笔记

【例 1】最初总动量为零, 系统所受合外力也为零

向左的动量 向右

即为零 即不为零

$$\text{【例 2】} \frac{0.5 \times 10 \times 10^{-2}}{0.1} = 0.5 \text{ m/s}$$

$$\frac{0.5 \times 10^{-3}}{0.1} = 0.05 \text{ m/s}$$

$$0.14 \times (-0.05) - 0.14 \times 0.5 = -0.077 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$0.14 \times 0.5 = 0.07 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$0.14 \times (-0.05) + 0.22 \times \frac{0.035}{0.1} = 0.07 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$\text{【例 3】} Mv_1 + mv_2 = (M + m)v_2 \quad v_1 = v_2$$

$$\text{【例 4】} \frac{M - 2m}{M + m} \cdot \frac{M - 3m}{M + 2m} \cdot \frac{M - 4m}{M + 3m}$$

$$\frac{M - (n+1)m}{M + nm} \cdot M - (n+1)m \cdot \frac{M}{m} - 1 = \frac{48}{14} - 1 = 2.4$$

$$\frac{M' - (k+1)m}{M' + km} \cdot M' - (k+1)m = 0$$

$$k = \frac{M'}{2m} - 1 = \frac{48 + 3 \times 14}{10} - 1 = 8 \quad 8 + 3 = 11$$

$$\frac{M - (n+1)m}{M + nm} \cdot M - (n+1)m \cdot \frac{M' - (k+1)m}{M' + km}$$

$$M' - (k+1)m \cdot \frac{M'}{m} - 1 = 8 \quad 8 + 3 = 11$$



延伸思维

上述三种解法中, 解 I 突出了物理过程, 对每一个过程列出方程式, 最后得到通式。解 II 找出了车反向运动的条件, 直接列出通式。而解 III 是比较沙袋和车的动量大小, 得出了车反向

$$p = p_A = m_A v_A$$

碰撞后总动量

$$p' = m_A v_A' + m_B v_B'$$

所以作用前后总动量守恒。

重点3 ☆☆

动量守恒定律应用于多个物体组成的系统。



在线课堂

多个物体组成的系统,物体相互作用时,系统总动量守恒。但在实际中,往往需要选取适当的研究对象和物理过程,分步运用动量守恒定律处理问题。

【例3】甲、乙两个小孩各乘一辆冰车在水平冰面上游戏,甲和他的冰车质量共为 $M=30\text{kg}$,乙和他的冰车的质量也是 30kg 。游戏时,甲推着一个质量为 $m=15\text{kg}$ 的箱子,和他一起以大小为 $v_0=2\text{m/s}$ 的速度滑行,乙以同样大小的速度迎面而来,如图 8-3-3 所示。为了避免相撞,甲突然将箱子沿冰面推给乙,箱子滑到乙处时乙迅速把它抓住。若不计冰面的摩擦力,求甲至少要以多大的速度(对地)将箱子推出,才能避免与乙相撞?

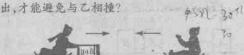


图 8-3-3



思路导引

甲、乙两小孩(包括冰车)和箱子三个物体组成系统,在冰面上相互作用,系统总动量守恒。我们分甲推箱子、乙抓住箱子两个过程研究。

解 甲将箱子推出的速度越大,甲、乙相撞的可能性越小,找出甲、乙刚好不撞的临界条件可求解问题。

甲推箱子、乙抓住箱子后,速度均将发生变化,设甲推出箱子、乙抓住箱子后速度分别变为 v_1 、 v_2 , 所求箱子被推出的速度为 v , 以原来甲的速度方向为正, 则应有

$$(M+m)v_0 = \quad \quad \quad \textcircled{1}$$

$$mv - Mv_0 = \quad \quad \quad \textcircled{2}$$

显然, 两个方程无法解出三个未知量, 我们还要分析出在不懂的前提下, v 最小的条件。

甲推出箱子后, 速度 v_1 有三种可能, 对应乙抓住箱子后也有不同可能, 见下表(以原来甲的速度方向为正, 系统总动量为正)

甲推出箱子后		乙抓住箱子后		
v_1	$\Delta p = mv$	v_2		
反向	$v_1 < 0$	$Mv_0 + Mv_1 $ (最大)	$v_2 > 0$	不撞

续表

甲推出箱子后			乙抓住箱子后		
静止	$v_1=0$	Mv_0	$v_2>0$	不撞	
前进	$v_1>0$	Mv_0-Mv_1 (最小)	$v_2=0$	撞	
			$v_2<0$	撞	
			$v_2>0$	$v_2<v_1$	撞
				$v_2\geq v_1$	不撞

由以上分析可知, 当 $v_1 = v_2$ 时, 甲、乙不撞且 v 最小。(箱子动量变化与甲动量变化大小相等)

故刚好不撞的条件是

联立①②③解得

$$v = \frac{2M^2 + 2Mm + m^2}{2Mm + m^2} \cdot v_0 = 5.2\text{m/s}$$

随堂练习

两只小船逆向航行, 船及船上的物体总质量分别为 $m_1=500\text{kg}$, $m_2=1000\text{kg}$, 当它们相互擦过时, 由每只船上各投质量 $m=50\text{kg}$ 的物体到另一只船上, 结果第 1 只小船停了下来, 而第 2 只船以 $v=8.5\text{m/s}$ 的速度沿原方向继续航行。若水对船的阻力不计, 则两只船原来的航行速度各为多大?



综合延伸

延伸点 动量守恒定律与追碰规律的综合运用。

【例4】如图 8-3-4 所示, 一排在沿 x 轴的水平轨道上, 原点 O 两侧的人序号都记为 n ($n=1, 2, 3, \dots$), 每人只有一个沙袋, $x>0$ 一侧的每一个沙袋质量为 $m=14\text{kg}$; $x<0$ 一侧的每个沙袋质量 $m=10\text{kg}$ 。一质量 $M=48\text{kg}$ 的小车以某初速度从原点出发向正 x 方向滑行, 不计轨道阻力, 当车每经过一人身旁时, 此人就把沙袋以水平速度 v 朝反方向沿车面扔到车上, v 的大小等于扔此袋之前瞬间车速大小的 $2n$ 倍 (n 为此人的序号数)。

(1) 空车出发后, 车上堆积了几只沙袋时车就反向滑行?

(2) 车上最终有大小沙袋几只?



思路导引

每一只沙袋扔到车上的过程, 系统动量守恒(但每一次总动量不同), 这一点不想到, 问题有两点: 第一, “转向”如何转化为物理语言? 第二, 每扔一次, 应用一次动量守恒定律, 如果需扔十次、几十次, 我们可能逐一求解吗?

显然, 每扔一次沙袋, 车速就减小一些, 若扔第 n 只沙袋后车反向, 则 $v_{n-1} > 0$, $v_n < 0$, 同时, 通过扔第一、二乃至第三只沙袋, 求出 v_1 、 v_2 、 v_3 , 应该可以总结出速度变化的规律性, 再求解 $v_n = -1 \cdot v_{n-1}$ 。