



丛书主编 陈东旭

2007

同步辅导用书

高二上册

学习的艺术



物理

吉林文史出版社

学习的艺术

物 理

江西金太阳教育研究所

主 编:谭锦生

副主编:黄正玉 刘占想 聂磊铃

编 委:(按姓氏笔划排列)



王志军	刘占想	刘建伟	李长青
吴俊	肖平习	张玉杰	忻传森
郑春旺	贺继忠	都和平	聂磊铃
黄正玉	程永忠	谭锦生	瞿琦

吉林文史出版社

(吉)新登字 07 号

书 名 学习的艺术(高二)
丛书主编 陈东旭
责任编辑 周海英
出版发行 吉林文史出版社
地 址 长春市人民大街 4646 号 130021
印 刷 江西省农业科学院印刷厂
规 格 787 mm×1092 mm
开 本 16 开本
印 张 110 印张
字 数 3498 千字
版 次 2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-80702-395-3
定 价 132.00 元



成功者说：“学而有道。”那么，何为学之“道”？“道”在何方？让我们一起翻开金太阳教育研究所倾情打造的《学习的艺术》一书吧！书中的讲解深入浅出，翔实高效；练习新颖别致，难易适中，这就是问题的答案。

古人常说，授人以鱼，不如授人以渔。《学习的艺术》这套丛书，在经过长期、广泛、细致地调研的基础上，集合全国一大批教学一线的名师，将他们的教学心得、复习方法和应试技巧融于书中，让大家在学习中懂得更多的艺术，考试更轻松。

本丛书以课时为编写单元，与实际教学保持同步，教师与学生使用很方便。在内容上既有知识的辅导、技巧和方法的指导，又有生动活泼的相关情景，体现实用性与趣味性的紧密结合。

《学习的艺术》高二物理栏目设置及特点如下：

课前导航 兴趣是学习的动力。我们在每一讲的开始，根据本讲内容设置了一则趣味性的阅读材料，并针对性地设置了2-3个问题。学生通过对材料的阅读，能激发学习的兴趣及对问题探究的欲望。

知识精析 经验丰富的一线教师，根据《教学大纲》的要求并结合他自己的实际教学经验，对本讲知识进行归纳性梳理，精析重点，突破难点。翻开本书你就会发现，这里精析的重、难点内容，正是你感到困难的、难以理解的内容，读后能使你茅塞顿开。

方法指导 有道是“技巧胜于力量”。我们聘请了经验丰富，指挥有度的教练，给你传授布阵经验和破敌绝招。在这里，经验丰富的一线教师给你介绍对规律的理解、记忆及对知识的总结，归纳等方面的技巧和方法；以例题为主线分类介绍分析和解决实际问题的方法，重要的方法还设置了变式训练题，使你能触类旁通，举一反三。

互动平台 通过诙谐幽默的师生或生生对话，在一种轻松的氛围中，解决本讲知识的疑点、学习中的困惑及容易出现的典型错误，达到释疑、解惑、纠错的目的。

高考链接 在每一单元的单元小结中，通过高考链接栏目，分析本单元知识在以前的高考中是怎么考的，在以后的高考中可能的考查方向，目的是让同学们知道本单元知识在高考中的表现形式，尽早熟悉高考题型，了解高考命题思路和动向。

同步达标 设置了与书配套的梯度性很强的训练题，分基础闯关和拔高训练两个层次。基础闯关题重在构建知识、巩固知识、应用和迁移知识；拔高训练题则注重综合应用，供学有余力的同学选做。

一位名师能引领你走进科学的殿堂，一本好书能改变你一生的命运。认真研读这套丛书吧，拥有她，你会领略到学习的艺术，她会成为你的良师益友，会照亮你前进的道路。愿《学习的艺术》助你顺利走向高考。

本书读者如有疑难问题，可来信、来电与我们联系，本研究所将及时帮您排忧解难。联系方式见书后。

编者

金 太 阳 系 列 丛 书

特别鸣谢以下学校的大力协助：

- | | | | | | |
|------|---|--|---|---|--|
| 江西省： | 南昌二中
南昌十七中
新余四中
临川二中
赣县中学
贵溪一中 | 江西师大附中
临川一中
瑞昌一中
赣州一中
修水一中
鹰潭一中 | 南昌一中
吉安一中
新建二中
江西南大附中
安福中学
赣州市三中 | 南昌三中
白鹭洲中学
上高二中
玉山一中
上饶一中
安义中学 | 南昌十中
新余一中
宜春中学
南康中学
萍乡中学
峡江中学 |
| 北京市： | 北京四中
首都师大附中 | 北京景山学校
北师大附中 | 清华大学附中
北京二中 | 北师大附属实验中学
北京二十中 | |
| 天津市： | 南开中学 | 耀华中学 | 天津实验中学 | 大港一中 | 静海县一中 |
| 河北省： | 邯郸一中 | 唐山市一中 | 衡水中学 | 正定中学 | 遵化一中 |
| 内蒙古： | 内蒙古师大附中 | 呼和浩特市二中 | 赤峰市二中 | | |
| 山西省： | 太原五中 | 临汾一中 | 平遥中学 | 运城中学 | 大同一中 |
| 辽宁省： | 沈阳市二中 | 东北育才中学 | 大连市八中 | 庄河高中 | |
| 吉林省： | 东北师大附中
松原前第五中 | 省实验中学
松原市第二中学 | 长春市实验中学 | 吉林市一中 | 延边市二中 |
| 黑龙江： | 哈尔滨市六中 | 哈尔滨市九中 | 鸡西市一中 | 齐齐哈尔市实验中学 | |
| 江苏省： | 南京师大附中
姜堰中学 | 南京外国语学校
盐城中学 | 南京一中
徐州一中 | 南通中学
张家港高中 | 启东中学 |
| 浙江省： | 杭州高级中学
浙师大附中 | 浙江大学附中
东阳中学 | 宁波效实中学
衢州二中 | 诸暨中学
绍兴柯桥中学 | 金华市一中
温州中学 |
| 山东省： | 省实验中学
滨州市北镇中学 | 济南市一中
烟台市二中 | 青州市二中
济宁市实验中学 | 曲阜师大附中
牟平一中 | 潍坊市一中 |
| 安徽省： | 合肥市一中 | 马鞍山市二中 | 安庆市一中 | 淮溪中学 | |
| 福建省： | 福建师大附中 | 南平高级中学 | 福州三中 | 龙岩二中 | 龙岩一中 |
| 河南省： | 河南大学附中 | 开封市高中 | 潢川一中 | 新乡市一中 | 平舆二高 |
| 湖北省： | 华中师大一附中
水果湖中学 | 黄冈中学
武汉二中 | 荆州中学
荆门市一中 | 武汉中学
仙桃中学 | 天门中学 |
| 湖南省： | 湖南师大附中
沅江市三中 | 长沙市一中
岳阳市一中 | 郴州市一中
岳阳县一中 | 株洲市二中
桑植一中 | 衡阳市八中
株洲市南方中学 |
| 广东省： | 华南师大附中
深圳教育学院附中 | 广东省实验中学
顺德市一中 | 汕头金山中学
高州中学 | 惠州市一中 | |
| 广西： | 广西师大附中 | 南宁市二中 | 北海市教科所 | 桂林市临桂中学 | |
| 四川省： | 成都市七中
彭州中学 | 成都石室中学
南充高级中学 | 成都市十二中
攀枝花市三中 | 四川师大附中 | 新都一中 |
| 重庆市： | 西南师大附中 | 重庆市一中 | 重庆市十一中 | 重庆市三中 | 重庆市八中 |
| 贵州省： | 凯里市一中 | 贵阳师大附中 | 兴义市一中 | | |
| 云南省： | 昆明一中 | 昆明三中 | 宣威一中 | 大理一中 | 曲靖一中 |
| 西藏： | 拉萨中学 | | | | |
| 陕西省： | 陕西师大附中
咸阳中学 | 西安中学
韩城象山中学 | 安康中学
绥德中学 | 延安中学
榆林市第一中学 | 渭南市瑞泉中学
榆林中学 |
| 甘肃省： | 西北师大附中 | 兰州市一中 | 天水一中 | | |
| 宁夏： | 宁夏大学附中 | 银川市一中 | 银川市唐徕回民中学 | | |
| 新疆： | 新疆实验中学 | 乌鲁木齐市一中 | 库尔勒华山中学兵团二中 | | 乌鲁木齐铁路三中 |

(限于篇幅仅列部分学校,敬请谅解)

读者意见反馈表

科目: _____

姓名		电话		就读年级	
学校		电话		任课教师	
地址				邮政编码	
书名					

读者意见

1. 您认为本书最大的特点是什么?
2. 本书有什么不足之处?
3. 您对本书的封面、体例等等,有什么意见和建议?
4. 您还需要什么书?

①为了提高我所图书的品质,更好地为读者服务,便于再版时修订,特制订本表以征求各地读者的意见,我们热诚欢迎读者们能为我们指出本书的错误和不足之处,提出修改意见!

②凡能正确指出本书中某一处错误(限前十位,以收到信函或传真日期为准),并详细标明正确的改正措施者,经本书编辑部确认后,将能获得一份精美的礼品。

③能对本书的编排、体例以及创新方面提出切实可行的建议者,经采用后,同样能获得一份精美的礼品。

④能在图书上详细标注出错误或不足并附文字说明者,经采用后,除能获得礼品外,还将有机会被聘为我所的“特约编审”。

地址:江西省南昌市上海路 349 号 江西金太阳教育研究所
电话(传真):0791-8312162

邮编:330029
网址:<http://www.jtyjy.com>

《金太阳》系列丛书

——江西金太阳教育研究所编著

——吉林文史出版社出版

《学习的艺术》(上册)

——2007 高二同步辅导用书

邮 购 目 录

书 名	邮购代码	邮购价(元)	数量
《学习的艺术》·语文分册	YSS21	14.50	
《学习的艺术》·数学分册	YSS22	15.50	
《学习的艺术》·英语分册	YSS23	19.00	
《学习的艺术》·物理分册	YSS24	19.00	
《学习的艺术》·化学分册	YSS25	12.00	
《学习的艺术》·生物分册	YSS26	15.50	
《学习的艺术》·政治分册	YSS27	11.50	
《学习的艺术》·历史分册	YSS28	12.00	
《学习的艺术》·地理分册	YSS29	13.00	

邮购方法:

注明所购图书代码、数量以及您的详细收件地址、姓名、邮编,将书款通过邮局汇至**330046 江西省南昌市省府大院北二路七十六号 96 号信箱 黄利平 老师 收**。款到三日内发书。

起邮数 100 册。

联系电话:13077966176



Contents

课时1	冲量和动量	(1)
课时2	动量定理	(3)
课时3	动量定理的应用	(6)
课时4	动量守恒定律	(9)
课时5	动量守恒定律的应用(I)	(12)
课时6	动量守恒定律的应用(II)	(15)
课时7	反冲运动 火箭	(18)
课时8	实验:验证动量守恒定律	(20)
课时9	《动量》单元小结	(23)
课时10	简谐运动	(27)
课时11	振幅、周期和频率	(29)
课时12	简谐运动的图象	(31)
课时13	单摆	(33)
课时14	简谐运动的能量 阻尼振动	(35)
课时15	受迫振动 共振	(36)
课时16	实验:用单摆测定重力加速度	(38)
课时17	《机械振动》单元小结	(40)
课时18	波的形成和传播	(43)
课时19	波的图象	(45)
课时20	波长、频率和波速	(47)
课时21	波的衍射	(50)
课时22	波的干涉	(51)
课时23	多普勒效应	(53)
课时24	超声波与次声波	(55)
课时25	《机械波》单元小结	(56)
课时26	物体是由大量分子组成的	(59)
课时27	分子的热运动	(61)
课时28	分子间的相互作用力	(63)
课时29	物体的内能 热量	(65)
课时30	热力学第一定律 能量守恒定律	(67)
课时31	热力学第二定律 能源 环境	(69)
课时32	实验:用油膜法估测分子的大小	(71)
课时33	气体的压强	(73)



Contents

课时34	气体的压强、体积、温度间的关系	(75)
课时35	《热学》单元小结	(77)
课时36	电荷 库仑定律	(81)
课时37	电场 电场强度	(83)
课时38	电场线	(85)
课时39	静电屏蔽	(86)
课时40	电势差 电势	(87)
课时41	等势面	(89)
课时42	电势差与电场强度的关系	(91)
课时43	电容器 电容	(92)
课时44	带电粒子在匀强电场中的运动(I)	(94)
课时45	带电粒子在匀强电场中的运动(II)	(96)
课时46	用描迹法画出电场中平面上的等势线	(98)
课时47	《电场》单元小结	(100)
课时48	欧姆定律	(103)
课时49	电阻定律 电阻率	(105)
课时50	半导体及其应用 超导及其应用	(107)
课时51	电功和电功率	(109)
课时52	闭合电路欧姆定律(I)	(111)
课时53	闭合电路欧姆定律(II)	(114)
课时54	电压表和电流表	(117)
课时55	电阻的测量	(119)
课时56	描绘小灯泡的伏安特性曲线	(122)
课时57	测定金属的电阻率	(124)
课时58	把电流表改装为电压表	(126)
课时59	测定电源电动势和内阻	(129)
课时60	练习使用示波器	(131)
课时61	用多用电表探索黑箱内的电学元件	(133)
课时62	传感器的简单应用	(136)
课时63	《恒定电流》单元小结	(138)
参考答案		(143)

课时 1 冲量和动量

课 前导航

中国足球第一前锋“老妖精”郝海东总是能给人带来惊喜,北京时间 2005 年 3 月 10 日凌晨,他亮相英伦谢菲尔德联队,表现不俗,正是他的头球摆渡助攻队友打入制胜一球,帮助本队 1:0 击败对手,“多么好的表现!”主教练情不自禁地称赞道。我们经常看到“郝海东”在足球场上运用头球建功,但如果是在铅球场上的话,即使飞过来的是一个质量与足球差不多的小铅球,请问他还敢做他的招牌动作——“头球摆渡”吗?可见,不同的物体运动效果可以不相同,不同的物体间的相互作用效果也可以不同。

请你思考:

1. 你知道用哪些物理量来描述物体的运动状态吗?
2. 物体运动状态改变的多少可能与哪些因素有关?
3. $I = Ft$, 即 I 为力对时间的累积效果, 请问 I 是过程量还是瞬时量?

知 识 精 析

1. 冲量

(1) 定义: 力和力的作用时间的乘积 $F \cdot t$ 叫力的冲量, $I = F \cdot t$ 。

(2) 矢量性: 对于方向不变的力来说, 冲量的方向就是力的方向; 对于方向变化的力来说, 合力的冲量与物体动量变化的方向一致, 这些我们将在下一节学到。

(3) 累积性: 冲量是过程量, 它反映的是力在一段时间内的累积效果, 这种累积的效果是使物体的状态发生变化, 求冲量时一定要明确是哪一个力在一段时间内的冲量。

(4) 大小的计算:

① 当力 F 为恒力时, 直接用 $I = Ft$ 求出。

② 若力随时间均匀变化, 可先求出平均值 $\bar{F}$, 再用公式 $I = \bar{F}t$ 来求, 由 $\bar{F} = \frac{F_0 + F_t}{2}$ 或 $F-t$ 图象包围的面积求冲量。

③ 合外力的冲量的运算应运用平行四边形定则, 合冲量的计算, 可先求合外力再求合冲量(各力作用时间

相同时); 也可以先求每个力的冲量再将这些冲量合成, 求某一个力的冲量时与物体是否受到其他的力无关。

(5) 两个相互作用的物体, 作用力与反作用力的冲量总是大小相等、方向相反的。

2. 动量

(1) 定义: 物体的质量与速度的乘积叫动量, $p = mv$ 。

(2) 矢量性: 物体动量的方向与物体瞬时速度的方向相同。

(3) 瞬时性: 动量是状态量, 求动量时要明确是哪一物体在哪一状态(时刻)的动量, 一个时刻对应一个动量。

(4) 相对性: 冲量具有绝对性, 因力和时间都与参考系的选择无关; 而动量却有相对性, 同一物体对于不同的参考系的速度不同, 因而动量也不同。

(5) 大小的计算: 用 $p = mv$ 直接计算, 若 m 或 v 未知, 则可用动量定理求解, 这在下一节将会学到。

(6) 动量的变化及变化量的计算

① 动量的变化, 一个物体的动量随着速度的变化而变化, 因而动量的变化有三种情况:

- a. 动量大小的变化, 如物体做变速直线运动时。
- b. 动量方向的变化, 如物体做匀速圆周运动时。
- c. 动量大小和方向均变化, 如物体做平抛运动时。

② 动量的变化量 Δp 。在某一时间内或某一过程中, 物体动量的变化 $\Delta p = mv_2 - mv_1 = p' - p$, 式中 v_2 为这一时间的末速度, v_1 为初速度, Δp 也是矢量, 计算时应遵循平行四边形定则, 如果初、末速度的方向在同一直线上, 可规定一正方向, 再用正、负号表示初、末动量的方向。

(7) 动量与动能的关系, 动量(mv)和动能($\frac{1}{2}mv^2$)都是反映物体运动状态的物理量, 二者的大小关系为:

$$p = \sqrt{2mE_k} \text{ 或 } E_k = \frac{p^2}{2m}$$

方 法 指 导

1. 力的独立性作用原理

【例 1】如图 1-1 所示, 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 后速度为零, 然后下滑, 经过时间 t_2 回到斜面底端。若滑块在运动过程中受

到的摩擦力大小始终为 f , 则在整个运动过程中, 重力对滑块的冲量为 ()

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

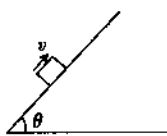


图 1-1

[解析] 此题常见的错误分析有: 认为滑块沿斜面方向运动, 而重力又可以分解为沿斜面向下的分力 $mg \sin \theta$ 和垂直斜面的分力 $mg \cos \theta$, 且垂直斜面的分力对运动的变化没有贡献, 因此 $I_G = mg \sin \theta (t_1 + t_2)$, 即选 A; 或者误认为物体在斜面上做匀速运动, 因此 $f = mg \sin \theta$, 滑块向上滑时摩擦力向下, 滑块向下滑时摩擦力向上, 因此有 $I_G = I_f = mg \sin \theta (t_1 - t_2)$, 故选 B; 更有同学误认为滑块回到原位置, 位移为零, 因此重力的冲量也为零, 故选 D.

产生这些错误的原因都是没有紧扣冲量的概念, 重力对滑块的冲量应为重力乘以作用时间, 所以 $I_G = mg(t_1 + t_2)$, 即 C 项正确.

[答案] C

[点评] 本题考查力的独立性作用原理, 求某一个力的冲量(或作用效果)就是该力的大小与其作用时间的乘积, 与物体的运动状态、力的方向、是否存在其他的力等因素无关.

2. 利用图象来求变力的冲量

【例 2】某物体受到一个方向不变、大小与时间成正比的力 F 的作用, 在头 5 s 内力 F 的冲量为一定值, 问: 再经过多少时间, 变力 F 的冲量会加倍?

[解析] 由题意可得力 F 与时间 t 的关系为 $F = kt$, 故可用图象法求此变力的冲量. 如图 1-2 所示, 设再经过时间 Δt 变力的冲量加倍. 由图可知, 头 5 s 内, 力 F 的冲量等于 $\triangle OAC$ 的面积, 在 $(5 + \Delta t)$ s 内力的冲量等于 $\triangle OBD$ 的面积, 由题可知: $S_{\triangle OBD} = 2S_{\triangle OAC}$; 又因为 $\triangle OBD \sim \triangle OAC$, 所以有 $S_{\triangle OBD} : S_{\triangle OAC} = OD^2 : OC^2$, 即 $2 : 1 = (5 + \Delta t)^2 : 5^2$, 解之得: $\Delta t = 5(\sqrt{2} - 1)$ s.

[答案] $5(\sqrt{2} - 1)$ s

[点评] 1. 力随时间均匀变化时, 可用 $F-t$ 图象所包围的面积求冲量.

2. 用图象法来解题是一条非常重要而高效的捷径. 我们要善于从图中获得信息, 加工信息, 从而成功解题.

【变式训练】质量为 1 kg 的

物体沿直线运动, 其 $v-t$ 图线如图 1-3 所示, 则此物体在前 4 s 和后 4 s 内的动量变化分别为

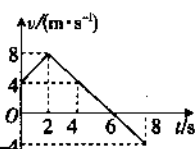


图 1-3

3. 注意动量与冲量的矢量性

【例 3】将质量为 0.2 kg 的小球从离地 15 m 高处竖直上抛, 初速度为 10 m/s, 求:

- (1) 小球从抛出至落地的过程中动量的变化量.
(2) 小球从抛出至落地的过程中受到的重力的冲量.

[解析] (1) 由 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$, 得小球落地时的速度为: $v_t = \sqrt{v_0^2 + 2as} = \sqrt{10^2 + 2 \times 10 \times 15}$ m/s = 20 m/s, 方向向下.

取向向下为正方向, 则小球的初动量为:

$$p_1 = mv_0 = -0.2 \times 10 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = -2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$\text{末动量 } p_2 = mv_t = 0.2 \times 20 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

则小球动量变化为:

$$\Delta p = p_2 - p_1 = 4 - (-2) = 6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}, \text{方向向下.}$$

(2) 由 $v_t = v_0 + gt$, 得小球从抛出到落地的时间为:

$$t = \frac{v_t - v_0}{g} = \frac{20 - (-10)}{10} \text{ s} = 3 \text{ s}$$

则重力的冲量为:

$$I_G = mgt = 0.2 \times 10 \times 3 \text{ N} \cdot \text{s} = 6 \text{ N} \cdot \text{s}, \text{方向向下.}$$

[答案] (1) $6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 方向向下

(2) $6 \text{ N} \cdot \text{s}$, 方向向下

[点评] (1) 动量是矢量, Δp 也是矢量, 速度共线时, 一定要选择一个正方向, 从而确定各量的正、负号.

(2) 从本题可以看出, 在只有重力作用时, 重力对小球的冲量恰好等于小球动量变化.(下课时介绍)

4. 综合应用

【例 4】如图 1-4 所示,

水平面上有 A、B 两个质量均为 m 的物体, A 以角速度 ω 绕半径为 R 的圆逆时针做匀速圆周运动, 当它经过图示位

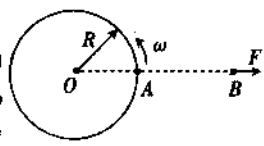


图 1-4

置的时刻, 物体 B 在水平恒力 F 作用下从静止开始运动. 问: F 满足什么条件时, 两物体在运动过程中的某一时刻具有相同的动量?

[解析] 因为动量是矢量, A、B 两物体要有相同的动量, 不但速度大小要相等, 而且方向也要相同. 物体 B 向右匀加速, 动量大小改变而方向不变, 物体 A 做匀速圆周运动, 动量大小不变而方向改变, 只有 A 运动到 O 点的正下方时, 才会有水平向右的动量. 即:

$$p_A = mv = m\omega R$$

A 运动到 O 点正下方所需时间为:

$$t = (n + \frac{3}{4})T = (n + \frac{3}{4})\frac{2\pi}{\omega} \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

而 B 在 F 作用下, 经过时间 t 获得的动量为:

$$p_B = mv_B = mat = Ft$$

由 $p_A = p_B$, 得: $F = \frac{2m\omega^2 R}{(4n+3)\pi} \quad (n=0, 1, 2, \dots)$

[答案] $F = \frac{2m\omega^2 R}{(4n+3)\pi} \quad (n=0, 1, 2, \dots)$

[点评] 本题是一道综合运用题, 它涉及到动量的矢量性、圆周运动、匀变速直线运动等知识, 特别是时间的多解性容易被漏掉。试问本题难住你了吗?

变式训练 2 如图 1-5 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滑下, 在到达斜面底端的过程中 ()

- A. 重力的冲量相同
- B. 弹力的冲量相同
- C. 合力的冲量相同
- D. 以上说法均不对

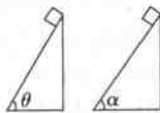


图 1-5

互动平台

粗心同学与细心同学关于动量变化的对话

细心: 我出一道题考考你怎么样?

粗心: 你放马过来吧!

细心: 那好。质量为 m 的钢球从某一高处落下, 落地速度大小为 v , 与地面碰撞后, 又以等大的速度被弹回, 求钢球被碰撞过程中动量的变化量。

粗心: 你这问题也太“simple”点了吧! 我现在就很负责地回答你, 由于小球速度没变, 所以 $\Delta p = mv - mv = 0$, 怎样?

细心: 那我也很负责任地告诉你, “不怎么样。难道速度真的没变吗?”

粗心: 速度大小绝对没变, 只不过方向倒是相反了。

细心: 请注意, 动量是矢量, 对于在同一直线上的动量变化的计算, 首先要选取一个正方向, 再确定初、末动量的正负, 最后代入 $\Delta p = p_2 - p_1$ 进行计算。

粗心: 哦! 我明白了, 如选取反弹方向为正方向, 则 $\Delta p = mv - (-mv) = 2mv$, 且 Δp 方向与正方向相同。唉, 我弄不明白, 都是同一个老师教的, 咋就差别这么大呢?

细心: 你还能举出一些矢量的例子来么?

粗心: 速度、加速度都是矢量。

课时 2 动量定理

课前导航

1991 年香港中学生举行了一次趣味性大赛——“鸡蛋撞地球”的比赛, 参赛者需自己设计一个容器, 里面装一个生鸡蛋, 然后让它从大约 13 m 的指定高度落到地面, 要求是容器内的鸡蛋在着地后还完好无损! 比赛以容器最轻、体积最小和实用性较高的设计为优胜, 所有的设计不得使用填充材料、气袋等防撞材料。这次比赛的冠军是容器材料只有 6.5 g! 那么, 为了减少鸡蛋所受的撞击力, 我们应该根据什么原理来进行设计呢? 请别急, 学了本课知识后, 相信你一定会想出绝妙的办法来的。下一次大赛的冠军肯定非你莫

属了!

请你思考:

1. 物体动量变化的原因是什么?
2. 鸡蛋受到的撞击力与其动量变化有关吗?
3. 见过杂技中的“开石”表演吗, 演员真有“硬气功”吗?

知识精析

1. 动量定理的内容

物体所受合外力的冲量等于物体动量的变化。

2. 动量定理表达式

$$I = \Delta p \text{ (或 } F \cdot t = p' - p)$$

动量定理的表达式是矢量式,它说明合外力的冲量跟物体动量的变化不仅大小相等,而且方向相同。

3. 动量定理的理解要点

(1)动量定理揭示了物体所受合外力的冲量与动量变化的因果关系。

(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 应该是作用时间内的平均值。

(3)动量定理公式中的 Ft 是合外力的冲量,是使研究对象的动量发生变化的原因,而不是产生动量的原因。若整个过程中作用在研究对象上的各个外力的作用时间相同,则 $I_{\text{合}} = F_{\text{合}} \cdot t$;若作用在研究对象上各个外力的作用时间不同,则 $I_{\text{合}} = I_1 + I_2 + \dots = F_1 t_1 + F_2 t_2 + \dots$ 。

(4)如果合外力为变力,且力随时间作线性变化时,可以用图象法求变力的冲量。以时间为横轴,力为纵轴,当力随时间作线性变化时,力随时间变化的关系图线如图 2-1 所示,该图线与时间轴围成的面积(图中阴影部分)在量值上代表力的冲量。这样求力的冲量问题就变为求 $F-t$ 图上的面积问题了。

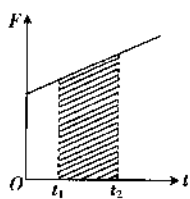


图 2-1

(5)动量定理公式中的 $p' - p$ 或 $mv' - mv$,是研究对象的动量的改变量,公式中的“-”号是运算符号,与正方向的选取无关。

(6) $Ft = mv' - mv$ 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,将矢量运算转化为代数运算。

(7)动量定理说明合外力的冲量与研究对象的动量增量的数值相同,方向一致,单位等效,合外力的冲量是物体动量变化的原因。

4. 动量定理的研究对象

动量定理的研究对象可以是单个物体,也可以是物体系统。对物体系统,只需分析系统受的外力,不必考虑系统内力,因为外力的冲量使系统的动量发生改变,而系统内力的冲量不改变整个系统的总动量。

5. 牛顿第二定律的动量表述形式

由 $Ft = p' - p$,得 $F = \frac{p' - p}{t}$,这是牛顿第二定律的另一种表述形式,该式说明物体所受的合外力等于物体动量的变化率。物体动量变化的快慢取决于物体所受的合外力,合外力大的物体,动量变化的快;合外力小的物体,动量变化的慢。物体动量变化的大小不仅与力有关,还与作用时间有关,物体动量变化的大小取决

于合外力的冲量。

方法指导

1. 应用动量定理解题的思路和步骤

(1)确定研究对象(单个物体或系统),明确研究的物理过程。

(2)分析研究对象在运动过程中的受力情况,画出受力图。

(3)选取正方向,确定物体在运动过程中初末状态的动量。

(4)依据动量定理列方程,求解。列式时要特别注意各矢量的正负,所有矢量(力、速度)均按正方向确定其正负。

【例 1】质量为 0.4 kg 的小球

沿光滑水平面以 5 m/s 的速度冲向墙壁,又以 4 m/s 的速度被反向弹回,如图 2-2 所示。已知球跟墙的作用时间为 0.05 s,求:



图 2-2

(1)小球动量的增量。

(2)球受到墙的平均作用力。

【解析】取 v_1 方向为正,则 $v_1 = 5 \text{ m/s}$, $v_2 = -4 \text{ m/s}$

(1)由动量定理得:

$$\Delta p = mv_2 - mv_1 = 0.4 \times (-4) - 0.4 \times 5 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = -3.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

负号表示动量增量与初动量方向相反。

$$(2) F = \frac{mv_2 - mv_1}{t} = \frac{-3.6}{0.05} \text{ N} = -72 \text{ N}$$

平均作用力大小为 72 N,负号表示方向与初速度反向。

【答案】(1) $-3.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ (2) -72 N

【点评】(1)在动量定理公式中, Ft 、 mv 、 p 、 Δp 都是矢量,在一维情况下,首先要规定正方向,然后根据各已知量的方向,确定其正负,再将各量代入公式计算。

(2)动量定理也适用于变力,若物体受到的合外力是变力,则用动量定理求得的合力是物体在力的作用时间内所受合力的平均值。

2. 动量定理公式中的 F 是物体所受的合外力而不是某个分力

【例 2】一个体重为 50 kg 的杂技演员,走钢丝时不慎落下,当他落下 5 m 时,安全带被拉直。已知安全带缓冲时间为 1 s,则这条安全带给人的平均作用力为 ()

A. 250 N B. 500 N C. 1000 N D. 1500 N

【解析】演员从高空落下,经历了自由落体过程和

能求出平均力。设自由落体运动的末速度为 v_1 ，则 $v_1 = \sqrt{2gh} = 10 \text{ m/s}$ 。在缓冲过程中， $t = 1 \text{ s}$ ，初速度为 v_1 ，末速度为 0，人受到拉力、重力，取竖直向上为正方向，据动量定理有：

$$(\bar{F} - mg)t = 0 - (-mv_1)$$

$$\text{得：}\bar{F} = mg + \frac{mv_1}{t} = 1000 \text{ N，方向竖直向上。}$$

[答案]C

[点评]本题易犯两个方面的错误：一是应用动量定理时，忽视了重力的存在，没有正确理解定理中的 F 是指合外力，只有当物体受的作用力远大于重力时，才能忽略重力的存在；另一种是没有确定正方向，从而出现错误。

3. 动量定理公式 $I = \Delta p$ 中的 I 是“合外力的冲量”，但有时也可认为是“外力的合冲量”。

【例3】质量为 m 的物体放在水平面上，在水平外力 F 的作用下由静止开始运动，经时间 t_1 撤去该力。若物体与水平面间的动摩擦因数为 μ ，则物体在水平面上共运动了多长时间？

[解析]解法一：物体在整个运动过程中受力情况是变化的，根据受力情况可将物体的运动分为两个阶段： F 撤去前和 F 撤去后。 F 撤去前，物体受力如图 2-3 甲所示，在初状态 $p_1 = 0$ ，在末状态 $p_1' = mv$ ，由动量定理得：

$$(F - \mu mg)t_1 = mv - 0$$

F 撤去后，受力情况如图 2-3 乙所示，在初状态 $p_2 = mv$ ，在末状态 $p_2' = 0$ ，则有：

$$-\mu mg t_2 = 0 - mv$$

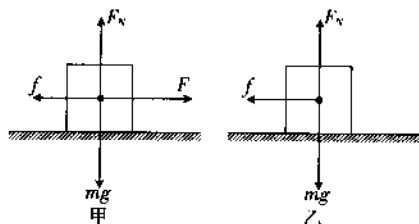


图 2-3

$$\text{由上两式可得：} t = t_1 + t_2 = \frac{Ft_1}{\mu mg}$$

解法二：物体在开始的 t_1 时间内受到水平外力 F 作用，其冲量为 Ft_1 。物体从开始运动直到停止，一直受到摩擦力作用，设物体运动时间为 t ，取水平外力 F 的方向为正方向，则摩擦力的冲量为 $-\mu mgt$ ，对全过程由动量定理有： $Ft_1 - \mu mgt = 0$

$$\text{所以，物体运动的时间 } t = \frac{Ft_1}{\mu mg}$$

$$[\text{答案}] \frac{Ft_1}{\mu mg}$$

[点评]物体在运动过程中受力不同时，可接受力

情况分成若干阶段求解，也可当一个全过程来求解，此时将“合外力的冲量”改为“外力的总冲量”。

【变式训练】质量 $m = 0.1 \text{ kg}$ 的小钢球从 $h_1 = 5 \text{ m}$

的高处自由下落，与地板碰撞后上升到 $h_2 = 1.8 \text{ m}$ 处时速度变为零。设钢球与地面的碰撞时间 $t = 0.05 \text{ s}$ ，求钢球对地板的平均冲力（取 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ）。

4. 用动量定理来解释日常生活现象类问题

一类是物体所受的合力一定，由于作用时间长短不同，而引起物体运动状态的改变不同；另一类是物体动量变化相同，由于作用时间的长短不同，使物体受到的作用力不同。

【例4】杂技表演时，常可见有人用铁锤猛击放在“大力士”身上的人条石，结果石裂而人不伤，这是什么道理？请分析其力学原理。

[解析]条石不论大小，其结构力是相同的，设为 F_0 ，条石质量为 M ，铁锤质量为 m 。

取铁锤为研究对象，则锤打条石前瞬间速率为 v ，反弹速率为 v' ，如图 2-4 所示，根据动量定理有：

$$(F - mg)\Delta t = m(v + v')$$

$$\text{即 } F = \frac{m(v + v')}{\Delta t} + mg$$

当 Δt 很短时， $F = \frac{m(v + v')}{\Delta t}$ ，打击力很大， $F > F_0$ ，则条石裂开。

而对条石下面的人来说，原来所受压力为 Mg ，开石时，所受的压力 $F' = Mg + \frac{\Delta p}{t}$ 。由牛顿第三定律知条石的 Δp 大小等于 $m(v + v')$ ，但由于条石放在人腹部上，软接触，缓冲时间 t 长，所以

$$F' = Mg + \frac{m(v + v')}{t} \approx Mg$$

人受的压力几乎不变，故能“石开而人无恙”。

[答案](略)

[点评]此题联系了杂技中的“开石”，其表演成功的关键是两条：一是条石要大，二是锤击条石的时间要短。

不过请注意，你千万别去试哟！因为光躺在钉板

上就要经过一定的锻炼,而且躺上去时还要注意一定的方法,不过你现在有信心去参加“鸡蛋撞地球”大赛吗?

变式训练 某消防队员从一平台上跳下,下落2 m后双脚触地,接着他用双腿弯屈的方法缓冲,使自身的重心又下降了0.5 m,则在着地过程中,地面对他双脚的平均作用力 F_N 估计为 ()

- A. 自身重力的2倍 B. 自身重力的5倍
C. 自身重力的8倍 D. 自身重力的10倍

互动平台

师生关于鸡蛋的一次对话

育才:试问鸡蛋不小心摔在了地面上,是否会破掉?

粗心:那要看什么地面了,如果是水泥地面那肯定没戏了,而地面换成地毯的话说不定还有救了!

细心:我认为粗心你说得有点武断了,任何现象的发生都得有条件的,应该说在相同的高度下摔下来,蛋在水泥地面比在地毯上容易破,但如果高度不同,你认为还能比较吗?

育才:说得很好!细心同学分析问题很周到,还有一个问题要你们讨论一下,你用握在右手的鸡蛋去碰握在左手静止的相同的鸡蛋,结果会如何?

粗心:相同的鸡蛋,那结果两蛋肯定相同。

细心:似乎有些道理。

育才:结果是左手的鸡蛋容易破,想想为什么?

粗心:哦,我知道了,因为右手的鸡蛋是主动的,而左手的蛋却是被动受力,就好像挨打的人总觉得吃亏一样,所以它更容易破。

细心:两个蛋之间的作用力是一对相互作用力,始终是等大反向的,没有主、被动之分,更无吃亏之说。

育才:细心说得对,本题要从惯性方面考虑。

细心:哦,老师,是不是这样分析的:右手运动的蛋壳由于碰到左手蛋壳而静止,而壳内的蛋清、蛋黄由于惯性继续向左运动,由此对壳产生向左的作用力,正好与左手蛋壳向右的作用力反向而使右手鸡蛋壳所受合力变小,从而小于左手蛋壳受的作用力。

育才:真是聪明的孩子。

粗心:这个题目好难啊,不过我还是听懂了,最妙的是,今天晚上我可以吃蛋炒饭了!——亲手敲它两个鸡蛋!

课时3 动量定理的应用

课前导航

飞机场每年都要花费大量的资金用在机场的建设与防护上,其中光花在驱赶鸟类一项便是一笔不菲的开支!飞机场为什么要赶鸟?难道怕鸟儿搭乘免费飞机?事实上,机场赶鸟是为了避免机毁人亡的悲剧。不信请看实例两则:1962年,一架“子爵号”客机,在美国的伊利奥特市上空与一只天鹅相撞,客机坠毁,17人丧生;1980年,一架英国的“鸽式”战斗机在威尔士地区上空与一只秃鹰相撞,飞机坠毁,飞行员弹射逃生。小小飞鸟竟能撞坏庞大、坚实的飞机,真是令人难以想像!

请你思考:

- 你能举出生活中应用动量定理的实例吗?
- 你能否通过计算谈谈飞鸟对飞机造成的威胁。(设飞鸟质量约1 kg,体长约20 cm,飞机速度为800 m/s)

知识精析

1. 动量定理的适用范围

- (1)适用于单个物体或物体系。
- (2)动量定理不仅适用于宏观低速物体,对微观粒子和高速运动仍然适用。
- (3)动量定理不仅适用于处理恒力作用问题,也适用于处理变力作用问题。
- (4)动量定理不仅适用于处理物体的直线运动问题,也适用于处理曲线运动问题。

(5)动量定理是由牛顿运动定律导出的两个重要定理之一,定理体现出动量的变化只取决于冲量的总效果,而无需考虑冲击过程中冲量变化的细节,所以使用起来比较方便。

2. 与牛顿第二定律的区别与联系

(1)从牛顿第二定律出发可以导出动量定理,因此牛顿第二定律和动量定理都反映了外力作用与物体运

动状态变化的因果关系。

$$F_{\text{合}} = \frac{mv' - mv}{t} = m \frac{v' - v}{t} = ma$$

$$\text{也可以写成: } F_{\text{合}} = \frac{\Delta p}{t}$$

此式说明,物体所受的合外力与物体的动量变化率成正比。

从上式可以看出, $p-t$ 图象中的斜率就是物体所受到的合外力,斜率越大,动量变化越快,物体所受的合外力就越大。如图3-1所示, $F_1 > F_2$ 。

(2)牛顿第二定律反映力与加速度之间的瞬时对应关系;而动量定理则反映力在一段时间内的冲量与物体动量变化间的关系。

动量定理与牛顿第二定律相比较,有其独特的优点。因在公式 $Ft = mv - mv_0$ 中,只涉及两个状

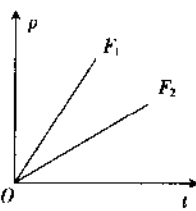


图3-1

态量 mv 和 mv_0 及一个过程量 Ft 。至于这两个状态中间是怎样的过程、轨迹怎样、加速度怎样、位移如何全不考虑。在力 F 作用的过程中,不管物体是做直线运动还是做曲线运动,动量定理总是适用的。

动量定理除用来解决在恒力持续作用下的问题外,尤其适合解决作用时间短、而力的变化又十分复杂的问题,如冲击、碰撞、反冲运动等。

(3)牛顿第二定律和动量定理都适用于地面参考系。

3. 应用动量定理联系实际解释有关现象

(1)在动量变化一定的情况下,如果需要增大作用力,必须缩短作用时间。

(2)在动量变化一定的情况下,如果需要减小作用力,必须延长作用时间——缓冲作用。

方法指导

1. 应用动量定理分析物理现象

【例1】玻璃杯从高处落下,掉在水泥地上容易破碎,而掉在草地上不易碎。这是为什么?

【答案】由动量定理 $I = \Delta p$, 有 $(F - mg)\Delta t = \Delta p$, 得 $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} + mg$ 。玻璃杯从高处落下,掉在水泥地上与掉在草地上动量变化相同,但掉在草地上的接触时间较长,因此作用力小,所以不易破碎。

2. 用动量定理求速度、力或时间

【例2】课前导航思考题中飞鸟对飞机的撞击力的计算。

【解析】选取飞鸟为研究对象,飞机飞行速度的方向作为正方向,鸟和飞机相撞前的速度可以忽略。相撞后鸟的速度 $v = 800 \text{ m/s}$,和飞机一起运动,即撞击过程中鸟的速度变化量 $\Delta v = 800 \text{ m/s}$ 。撞击过程中,鸟相对于飞机因挤压变形而减小的距离为 $L = 20 \text{ cm}$ (可认为是鸟的尺寸),则撞击时间为 $t = \frac{L}{v}$ 。由动量定理得: $Ft = mv$,代入数据得: $F \approx 3 \times 10^6 \text{ N}$ 。由牛顿第三定律知鸟对飞机的平均撞击力的大小约为 $3 \times 10^6 \text{ N}$,如此巨大的撞击力足以让飞机坠毁。

【答案】(略)

【点评】动量定理不仅适用于恒力的作用过程,也适用于随时间变化的力的作用过程。对于变力,动量定理中的力 F 应理解为变力在作用时间内的平均值。

3. 用动量定理求变力的冲量

【例3】物体A和B用轻绳相连挂在轻质弹簧下静止不动,如图3-2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上升经某一位置时速度大小为 v ,这时物体B下落速度大小为 u ,如图3-2乙所示,在这段时间里,弹簧的弹力对物体A的冲量为

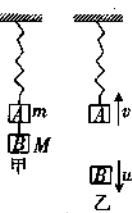


图3-2

- A. mv B. $mv - Mu$
C. $mv + Mu$ D. $mv + mu$

【解析】欲求在指定过程中弹簧弹力的冲量,思路有两条:一是从冲量概念入手计算;二是由动量定理入手。

重力是恒力,重力的冲量为 mgt 。弹力是变力,弹力的冲量不能直接由 Ft 求得。

以A物体为研究对象,由动量定理得:

$$I_{\text{弹}} - mgt = mv \text{ (取向上为正方向)}$$

以B物体为研究对象,B仅受重力作用,取向下为正方向,则 $Mgt = Mu$

$$\text{得 } t = \frac{u}{g}$$

$$\therefore I_{\text{弹}} = mu + mv$$

故本题选D。

【答案】D

【点评】如果物体受到大小、方向或大小方向都改变的力的作用,则不能直接用 $F \cdot \Delta t$ 求变力的冲量,这时可以求出在该力冲量作用下物体动量改变 Δp 的大小和方向,等效代换求变力的冲量 I 。

4. 用动量定理求恒力作用下的曲线运动中物体动量的变化,即用 I 代替 Δp .

【例4】如图3-3所示,原来静止的质量为8 kg的物体跟水平桌面间的动摩擦因数 $\mu=0.5$,力 $F=100\text{ N}$,作用 $t_1=0.8\text{ s}$ 后突然撤去,物体再经过 0.6 s 落到地面,求物体从离开桌面到落到地面过程中动量的变化量。(物体视为质点, g 取 10 m/s^2 , $\sin 37^\circ=0.6$,其他数据标在图上)

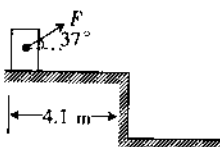


图3-3

【解析】设撤力时物体的速度为 v , 则:

$$[F\cos 37^\circ - \mu(mg - F\sin 37^\circ)] \cdot t_1 = mv - 0$$

得 $v = 7\text{ m/s}$

$$t_1 \text{ 内的位移 } s' = \frac{v}{2} t_1 = 2.8\text{ m}$$

设撤力后物体经时间 t_2 到达桌边.

$$\text{则 } s - s' = vt_2 - \frac{1}{2}at_2^2$$

$$\text{而 } a = \mu g = 5\text{ m/s}^2$$

$$\therefore 4.1 - 2.8 = v \cdot t_2 - \frac{1}{2} \times 5 t_2^2$$

$$\therefore t_2 = 0.2\text{ s}$$

故物体离开桌面到落地的时间 $t_3 = t - t_2 = 0.6\text{ s} - 0.2\text{ s} = 0.4\text{ s}$, 在这个过程中, 物体动量变化量

$$\Delta p = mg \cdot t_3 = 32\text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

【答案】32 kg·m/s

【点评】本题也可直接计算动量的变化,即先求物体离开桌面时的动量,再求物体落地时的动量,然后再求落地过程中动量的变化.此过程是比较麻烦的,还需要运用矢量运算方法.而像该题落地过程中作用力为恒力,将 Δp 转化为恒力的冲量来求解,运算过程就简单得多.

5. 整体法

以物体系统组成的“整体”为研究对象,或以物体运动的“整个过程”为研究对象,利用动量定理求解,能提高解题效率.

【例5】如图3-4所示

物体A、B的质量分别为 m_1 、 m_2 , 两物体间用细绳相连,在水平恒

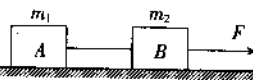


图3-4

力 F 的作用下以加速度 a 从静止开始运动,经过时间 t 后,A、B间细绳断裂,再经时间 t' 后,A物体恰好停止运动,求此时B物体的速度.(F 的大小未知)

【解析】系统所受的合外力 $F_{\text{合}} = (m_1 + m_2)a$

经过 $t+t'$ 时间,A物体的速度恰为零,设此时物体B的速度为 v ,对系统在 $t+t'$ 这段时间内,由动量定理得: $F_{\text{合}}(t+t') = m_1 \times 0 + m_2 v$

$$\text{由上式解得: } v = \frac{m_2 + m_1}{m_2} (t+t')a$$

$$\text{【答案】 } \frac{m_2 + m_1}{m_2} (t+t')a$$

【点评】本题是一道力学综合题,由于拉力及物体与地面的摩擦力未知,给解题带来一定的困难.如果隔离两物体进行解答,则列式多,较繁琐.由于能求出系统所受的合外力,因此以两物体组成的系统为研究对象分析解答,能简化解题的步骤.

【变式训练】如图3-5所示,

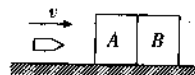


图3-5

A、B两木块紧挨着放在光滑平台上,质量分别为 m_A 和 m_B . 现有一质量为 m 、水平速度为 v_0 的子弹射入木块,若木块对子弹的阻力恒为 F_f ,子弹穿过A的时间 t_1 ,穿过B的时间 t_2 ,则子弹射出木块后子弹的速度及A、B的速度分别为 $v_f =$ _____, $v_A =$ _____, $v_B =$ _____.

6. 微元法

【例6】一艘迎面截面积为 50 m^2 、初速度为 8 km/s 的宇宙飞船在飞行中进入宇宙尘埃区域,该区域尘埃密度为 $2.0 \times 10^{-4}\text{ kg/m}^3$. 为了使飞船的速度不改变,推力应增加(不计空气阻力,设飞船与尘埃的碰撞是完全非弹性的,即尘埃吸附在飞船上) ()

- A. $2 \times 10^5\text{ N}$ B. $6.4 \times 10^5\text{ N}$
C. $4.0 \times 10^5\text{ N}$ D. $5.4 \times 10^5\text{ N}$

【解析】宇宙飞船进入尘埃区域后,尘埃不断聚集在飞船上,使其质量不断增加,是一个变质量问题,无法直接运用动量定理求出增加的推力.若运用“微元”思想分析解答本题,就能别开生面,化难为易.

假如取 Δt 时间内吸附在飞船上尘埃的质量 Δm 为研究对象,在此时间内其速度由零增加到 v ,受到飞船的平均作用力为 F ,根据动量定理得:

$$F \cdot \Delta t = \Delta m \cdot v$$

$$\text{而 } \Delta m = \rho v S \Delta t$$

$$\text{解得: } F = \rho v^2 S = 2.0 \times 10^{-4} \times (8 \times 10^3)^2 \times 50\text{ N} = 6.4 \times 10^5\text{ N}$$

由牛顿第三定律得知,飞船受到的向后的平均作用力也为 F . 因此,为使飞船的速度不改变,其推力也应增加 $6.4 \times 10^5\text{ N}$. 故答案B正确.

【答案】B

【点评】本题关键在于研究对象的选取,即“微元”思想的应用,这是一种解决“连续体”的有效方法,同学们要加强训练,好好体会.