



上海科技教育出版社欢迎广大师生来电来函指出教材的差错和不足，提出宝贵意见。

上海科技教育出版社地址：上海市冠生园路 393 号。

邮政编码：200235。

联系电话：021-64367970 转 202 分机。

传真电话：021-64702835。

网址：www.sste.com。

邮件地址：office@sste.com。

ISBN 7-5428-3745-1



9 787542 837455 >

此书如有印、装质量问题，请向本社调换
上海科技教育出版社 电话：64367970

普通高中课程标准实验教科书

物理 3-5

选修 3-5

世纪出版集团 出版发行
上海科技教育出版社

(上海冠生园路 393 号 邮政编码 200235)

各地新华书店经销 上海书刊印刷有限公司印刷

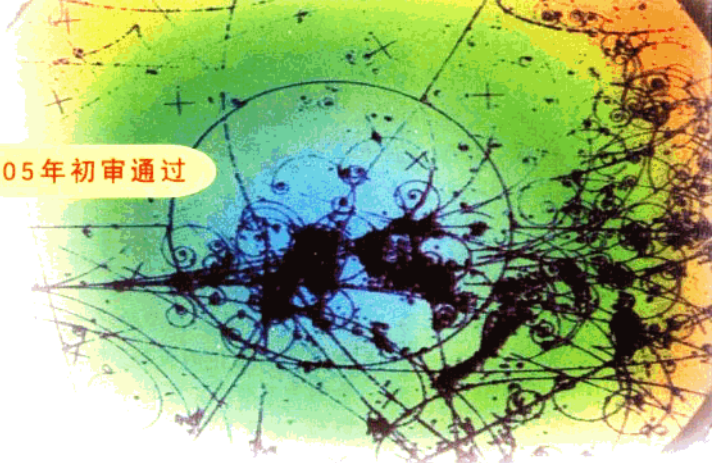
开本 890 × 1240 1/16 印张 7

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 7-5428-3745-1/G · 2190

定价：8.95 元

批准文号：沪价商专(2005)18 号 举报电话：12358



经全国中小学教材审定委员会 2005 年初审通过

选修 3-5

普通高中课程标准实验教科书

物理 3-5

PHYSICS

主 编 束炳如 何润伟

上海科技教育出版社

亲爱的同学:

欢迎你选择学习物理 3-5!

通过物理必修模块和有关选修模块的学习,你已经领略了物理学的神奇,感受了物理学的魅力。在那些激动人心的探索活动中,我们共同度过了一段段令人难忘的美好时光。

现在,你迈进了物理 3-5 的大门。你首先会在碰撞问题中再次享受守恒定律的美妙。接着你将探幽入微,进入一个你既熟悉、又陌生的微观世界。在这个世界里,你将看到一些似乎不可思议的现象,例如,光既是波又是粒子,一个粒子的位置和动量是不可能同时准确地测定的;你还将探究一连串的问题:小小的原子内部到底有些什么?为什么在原子内部储存着那么大的能量?科学家为什么要千方百计地打开原子、原子核、质子、中子……

在你面前展示的是:科学家面对一个个挑战,突破了经典物理学的框架,把人类对微观世界的探索跟对宇观世界的认识结合在一起,在奥妙无穷的科学世界中开拓出一片片新天地。

你将在一个全新的物理世界中遨游,尽情地享受自然界的美妙、和谐和统一。

为了让你在学习物理 3-5 的过程中获得更大的成功,请浏览以下的本书栏目介绍。

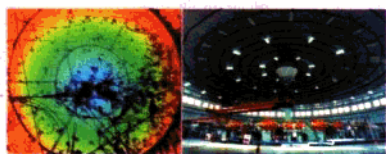


图 1-1 高能物理探测器

第 4 章 从原子核到夸克

20 世纪初,物理学研究已从宏观世界进入了微观世界。卢瑟福的 α 粒子散射实验使人们最初,原子内部存在着比原子小得多的原子核。之后,科学家利用放射性物质和核力实验手段,并借助理论推算相结合,对原子核结构进行深入研究,经历了从原子核到夸克的漫长而曲折的过程。

图 1-2 高能物理探测器

每章的开头都会呈现一些情景,提出一些问题,你知道怎样研究与解决这些问题吗?

实验探究

这里将要求你提出问题,设计实验方案,动手做一些有趣的实验,进行科学探究。你得到的回报是探索科学奥秘的喜悦。

在光的照射下物体发射电子的现象叫做光电效应(photoelectric effect),发射出来的电子叫做光电子(photoelectron)。

实验探究 探究光电效应产生的条件

如图 2-10 所示,取一洁净板,用砂纸将每一面磨一遍,将洁净板的氧化层,连接在验电器上,设法将板带上静电,验电器的

锌板是金属板,经氧化,带正电,验电器应在氧化中板磨一遍。

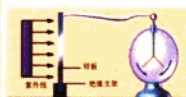


图 2-10 光电效应实验

2. 在什么情况下, v_x 跟 v_y 方向相反?
3. 在什么情况下,碰撞后两球速度互换? (注:这是英国皇家学会会员提出的问题。)

多学一点 研究碰撞问题

在台球比赛中,我们经常看到有趣的碰撞事例(图 1-30)。研究碰撞问题时,运用正交分解法很方便。碰撞也可分为弹性碰撞和非弹性碰撞两类。

如图 1-31 所示,我们用红球 A 撞击蓝球 B,设碰撞前 A 球是静止的,且不考虑球的转动。把 A、B 两球看作一个系统,在碰撞中,动量守恒,在 x 的方向上和垂直于 x 的方向上,动量都应守恒,因而有

$$m_A v_A = m_A v_A \cos \theta + m_B v_B \cos \phi$$
$$m_A v_A \sin \theta = m_B v_B \sin \phi$$

又因 A、B 两球的碰撞可能为弹性碰撞,故动能也守恒:

两球碰撞前后的动量守恒,碰撞前后两球的动能也守恒。



图 1-30 台球中的碰撞事例

多学一点

这里有更多的奥秘,你愿意去探索吗?

分析论证

在这里,你将经历分析、综合、应用数学工具进行推理、得出物理学规律和公式的过程,体会到物理学理论思维的魅力。

动量守恒定律

分析论证

如图 1-17 所示,有 A、B 两个木球,在同一直线上做同方向的匀速运动。它们的质量分别是 m_1 和 m_2 , 速度分别是 v_1 和 v_2 , 且 $v_2 > v_1$ 。经过一定时间后 B 追上了 A, 发生碰撞, 此后 A、B 的速度分别变为 v_1' 和 v_2' 。

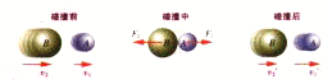


图 1-17 两球的碰撞过程

课题研究

估算子弹的射出速度

如图 1-21 所示,取一只乒乓球,在球上挖一个圆孔,向球内灌进一些橡皮泥或碎泡沫塑料,放在桌子的边缘处。将玩具枪平放在桌面上,瞄准球的圆心,扣动扳机,让子弹射入孔中,与乒乓球一同水平抛出。只测出球的质量 M 、子弹的质量 m 、桌面的高度 h 和乒乓球落地点离桌子边缘的水平距离 s ,就可估算出玩具枪子弹的射出速度 v ,你能推导出计算 v 的表达式吗? 试着做一做这个实验。

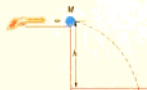


图 1-21

安全告诫:
实验中注意安全,
不要把枪口对准人!

课题研究

这里提供了一些课题供你选择研究,这种研究将让你经历激动人心的探索,使你的才智得到充分的展示。

家庭作业与活动

这里为你提供了丰富多彩的学习活动,让你通过回顾进行自我评价,使你体验到成功的喜悦。

家庭作业与活动

1. 在日常生活中,我们不会注意到光是由光子构成的,这是因为普朗克常量很小,每个光子的能量很小。如果我们观察到的光学现象中涉及大量光子,这些量 $h\nu$ 的白炽灯向四周发出的光子数。
2. 在生活中我们会拍很多照片。通常我们都认为,这是外人和景物发出或反射的光线经过照相机的镜头聚焦在底片上形成的。实际上照片上的图像也是由光子撞击底片,使底片上的感光材料发生化学反应形成的。请通过查阅不同曝光量底片的照片,请你根据自己对光的理解,做出说明。

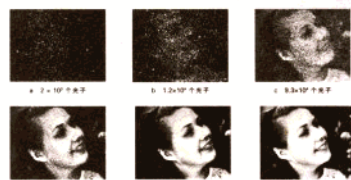


图 2-22 同一景物不同曝光量的照片

信息浏览、STS 栏目

这里为你提供了各种有趣、有用的资料,包括物理学史上的经典事例、科学家小故事等,它们反映了物理学与技术、社会的紧密联系。你的视野将更开阔,你会更加热爱科学。

信息浏览

揭开太阳能之谜

太阳是人类最大的能源。它向地球、它向宇宙发射大量的辐射。那么,如此巨大而持久的太阳能量是怎样产生的呢?

最初,人们曾猜测太阳是一个巨大的、燃烧着的火球。太阳表面温度约 6000 K,太阳辐射功率约 3.9×10^{26} W。根据热力学定律,太阳辐射的能量,必须靠太阳内部燃烧燃料来补充。但是,太阳燃料是什么?物质燃烧能产生多大能量,这是天文学家必须回答的问题。

1911 年发现原子核以后,人们开始猜测太阳是一个巨大的核反应堆。

1928 年,意大利物理学家埃托雷·塞格雷(Ettore Majorana)和莉齐·塞格雷(Lise Meitner)等人提出了太阳内部核聚变产生能量的理论。他们

认为,氢原子核的聚变,是太阳内部能量主要来源。在聚变过程中,四个氢原子核聚变成一个氦原子核,同时放出大量的能量。根据热力学定律,太阳的寿命大约 100 亿年,目前只有 45 亿年,因此太阳内部核聚变反应是更合理的解释。

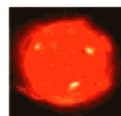
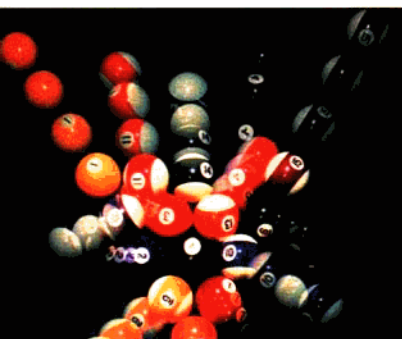


图 3-15 太阳释放的能量是通过核反应产生的

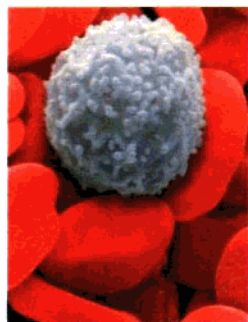
目 录

第 1 章 碰撞与动量守恒 6



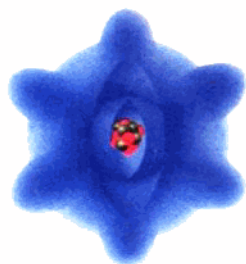
- 1.1 探究动量变化与冲量的关系 7
- 1.2 探究动量守恒定律 11
- 1.3 动量守恒定律的案例分析 16
- 1.4 美妙的守恒定律 19

第 2 章 波和粒子 24



- 2.1 拨开黑体辐射的疑云 25
- 2.2 涅槃凤凰再飞翔 29
- 2.3 光是波还是粒子 37
- 2.4 实物是粒子还是波 40

第 3 章 原子世界探秘 46



- 3.1 电子的发现及其重大意义 47
- 3.2 原子模型的提出 51
- 3.3 量子论视野下的原子模型 55
- 3.4 光谱分析在科学技术中的应用 59

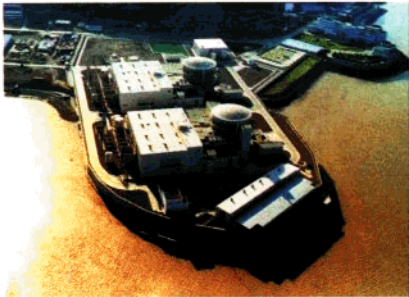
第 4 章 从原子核到夸克 64

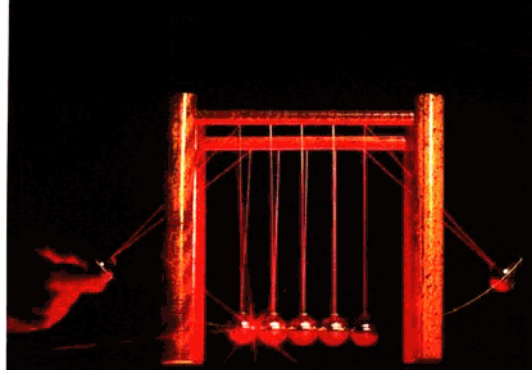
4.1 原子核结构探秘	65
4.2 原子核的衰变	70
4.3 让射线造福人类	76
4.4 粒子物理与宇宙的起源	81

第 5 章 核能与社会 88

5.1 核能来自何方	89
5.2 裂变及其应用	94
5.3 聚变与受控热核反应	100
5.4 核能利用与社会发展	104

总结与评价 课题研究成果报告会	110
研究课题示例	110
评价表	111





a 奇妙的碰撞实验

图 1-1 实验中和生活中的碰撞



b 台球的碰撞(频闪照片)

第 1 章

碰撞与动量守恒

你做过如图 1-1a 所示的实验吗?横杆上并排地悬吊着 5 个小球,当你将最左边的小球拉起后放手,你将观察到什么现象?

如果将最左边的两个小球拉起后放手,你又会观察到什么现象?

类似的实验现象曾使 17 世纪的科学家们惊讶不已。你是否也有同感?其中有着怎样的规律?

在自然界中,从微观、宏观到宇观,碰撞的事例很多(图 1-2)。由于碰撞时相互作用的时间很短,而且在碰撞过程中作用力是变化的,直接运用牛顿运动定律来分析就很困难。那么,怎样分析、研究这类碰撞问题呢?

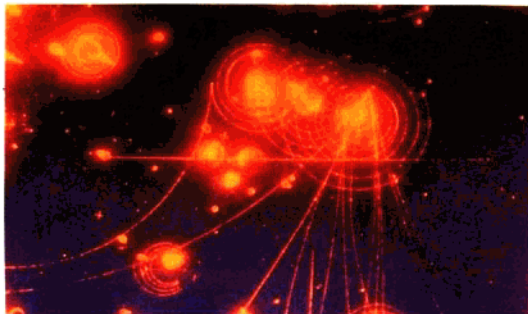
本章将引入新的物理量——动量和冲量;通过实验,探究碰撞中所遵循的物理原理——动量定理和动量守恒定律,并从动量和能量的角度分析弹性碰撞和非弹性碰撞等问题;最后,将对你学过的守恒定律进行总结。你将进一步体会自然规律的和谐和统一,感受物理学之美。

图 1-2 自然界中的碰撞

a 陨石与地面碰撞留下的坑



b 微观粒子的碰撞



1.1

探究动量变化与冲量的关系

从1990年起,我国香港的中学生每年都要举行趣味科学比赛,其中的一个项目叫“鸡蛋撞地球”,要求设计一个保护装置,使鸡蛋从大约13m的高度落地后完好无损。

假如你受邀参加比赛,你的方案是什么?制定方案的依据是什么?

动量和冲量 动量定理

为了参加这项比赛,有一位同学做了如图1-3所示的实验。

让鸡蛋从约1.5m的高处自由落下,分别落在海绵垫上和塑料盘上。

你会看到什么现象?能猜想一下其中的物理原理吗?

分析论证

先用牛顿第二定律,分析鸡蛋落到海绵垫上或塑料盘上时,它的运动变化情况。

如图1-4所示,设鸡蛋的质量为 m ,它从某一高度落到海绵垫上或塑料盘上时,速度为 v_0 ,在合力 $F = N - G$ 的作用下,经过一段时间 t 后,速度变为 $v_t = 0$ 。

$$\text{由牛顿第二定律 } F = ma = m \frac{\Delta v}{t}$$

$$\text{可得 } Ft = m\Delta v = mv_t - mv_0$$

那么,式中的 Ft 和 mv 各有什么物理意义呢?

物理学中,力和力的作用时间的乘积 Ft 叫做冲量(impulse),用 I 表示。在国际单位制中,冲量的单位是 $\text{N}\cdot\text{s}$ 。由于力是矢量,冲量也是矢量,其方向跟力的方向相同。

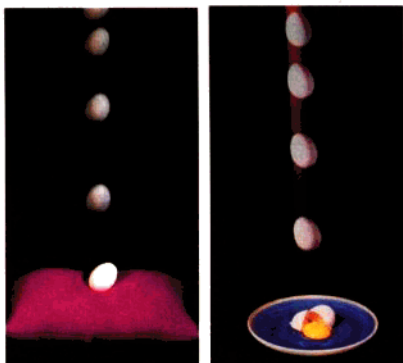


图1-3 下落的鸡蛋

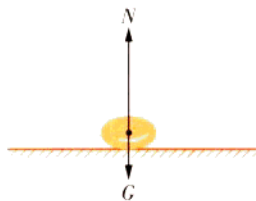


图1-4 鸡蛋受到撞击时的受力示意图

物体的质量 m 和速度 v 的乘积 mv 叫做**动量**(momentum), 用 p 表示。在国际单位制中, 动量的单位是 $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ 。动量也是矢量, 它的方向跟物体的速度方向相同。

上式可写成:

$$I = Ft = \Delta p$$

可见, 物体所受合力的冲量等于物体的动量变化。这个结论叫做**动量定理**(impulse-momentum theorem)。

$$F = \frac{\Delta p}{t}$$

的最早表达式。

讨论与思考

1. 运用动量定理分析: 鸡蛋从高处落到海绵垫上时, 为什么不会破碎?

2. 鸡蛋受到的合力是变力, 还是恒力? 如果是变力, 那么上式中的 F 表示什么?

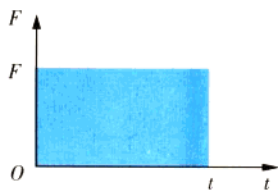


图 1-5 恒力 F 的冲量

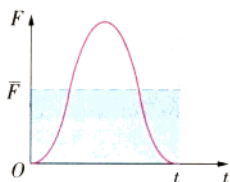


图 1-6 碰撞中的平均作用力

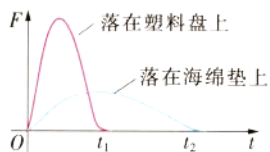


图 1-7 鸡蛋所受合力随时间的变化

多学一点 变力的冲量

如图 1-5 所示, 冲量的大小也可以用 $F-t$ 图像表示。当物体受到大小和方向不变的恒力作用时, $F-t$ 图像是一条平行于 t 轴的直线, 力 F 在 t 时间内的冲量大小在数值上等于图中蓝色矩形的“面积”。

当发生碰撞时, 物体所受的外力不是恒定的, 而且作用时间也很短。在这极短的时间内, 力先是急剧地增大, 然后又急剧地减小为零, 其大小变化情况如图 1-6 所示。可设想有一恒力 $\bar{F}$, 它在 t 时间内的冲量与变力 F 在该段时间内的冲量大小相等, 这个恒力 $\bar{F}$ 即为变力 F 在 t 时间内的平均值。

前面在分析鸡蛋的受力情况时, 我们是把鸡蛋与接触面之间的作用力当作恒力处理的, 实际上它们之间的作用力是变力, 如图 1-7 所示。由于两次碰撞中鸡蛋的动量变化量相等, 因而它两次所受合力的冲量也相等, 即两条 $F-t$ 图像下方的“面积”相同。但鸡蛋与塑料盘的碰撞时间很短, 受到的最大作用力很大, 所以鸡蛋碎了; 而落在海绵垫上的鸡蛋因碰撞时间较长, 受到的最大作用力较小, 因而安然无恙。

案例分析

案例 蹦床运动是一项激动人心的运动项目。运动员在一张

绷紧的弹性网上蹦跳、腾翻,做出各种惊险优美的动作(图1-8)。现有一位质量为50 kg的运动员,从离水平网面3.2m的高处自由落下,着网后沿竖直方向蹦回到离水平网面5m的高处。若这位运动员与网接触的时间为1.2s,求网对运动员的平均作用力的大小(取 $g = 10\text{m/s}^2$)。

分析 以运动员为研究对象,首先需分析运动员与网碰撞时的受力情况及碰撞前后的运动状态(图1-9)。设竖直向上的方向为正方向。

由题意可知,这位运动员的质量 $m = 50\text{kg}$,碰撞前的速度 $v_0 = -\sqrt{2gh}$,碰撞后的速度 $v_t = \sqrt{2gh'}$,所受合外力的冲量 $Ft = (N - G)t$,碰撞中的动量变化 $\Delta p = p_t - p_0 = mv_t - mv_0$ 。由动量定理即可求得网对运动员的平均作用力 N 的大小。

请你自行完成有关的计算。

动量定理的应用

动量定理在生产、生活中有着广泛的应用。

由动量定理可知,如果物体的动量变化一定,那么它受到的冲量也一定。因此作用时间越短,力就越大;作用时间越长,力就越小。

如图1-10所示,用铁锤钉钉子时,铁锤的质量越大,打击钉子时的速度越大,作用时间越短,钉子受到的力就越大。

相反,有时则需要延长作用时间,以减小力的作用。赛车赛道边上,要设置用轮胎组成的防撞墙(图1-11)。当赛车因故撞到轮胎上时,轮胎的良好弹性可使作用时间延长,从而减小赛车受到的冲击力。当我们从高处跳下,快要接触地面时,会本能地弯曲膝盖,其实也是不自觉地用到了同样的原理(图1-12)。

你还能举出一些生活中应用动量定理的例子吗?



图 1-11 赛车赛道的防撞墙



图 1-8 蹦床

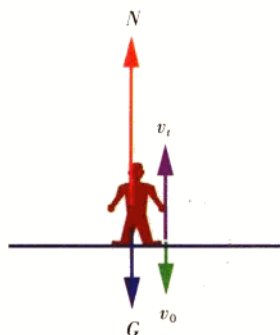


图 1-9 运动员与网碰撞时的受力情况及其前后的运动状态



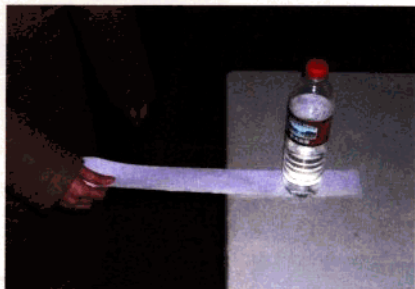
图 1-10 钉钉子



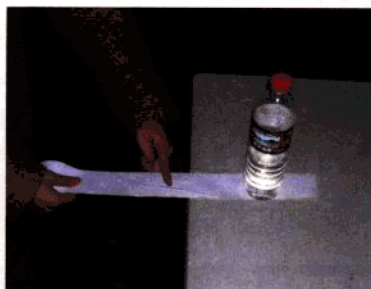
图 1-12 从高处跳下的人

家庭作业与活动

1. 一个质量为 5 kg 的物体从离地面 20 m 的高处自由下落。不计空气阻力, 试求在下落的这段时间内物体所受重力的冲量。
2. 质量为 5 kg 的小球以 5 m/s 的速度竖直落到地板上, 随后以 3 m/s 的速度反向弹回。若取竖直向下的方向为正方向, 则小球动量的变化为
A. $10\text{ kg}\cdot\text{m/s}$ B. $-10\text{ kg}\cdot\text{m/s}$
C. $40\text{ kg}\cdot\text{m/s}$ D. $-40\text{ kg}\cdot\text{m/s}$
3. 将纸带的一端压在装满水的饮料瓶底下, 如图 1-13a 所示, 用手慢慢地拉动纸带, 可以看到瓶子跟着移动起来。拉紧纸带, 用指头向下快速击打纸带, 可以看到纸带从瓶底抽出, 而饮料瓶却平稳地停留在原处, 如图 1-13b 所示。试说明产生上述现象的原因。



a



b

图 1-13

课题研究

组织“鸡蛋撞地球”的比赛

以小组为单位, 在班上组织“鸡蛋撞地球”的比赛。要求让鸡蛋从 3 楼自由落下, 着地后不会破碎。比赛要在老师的指导下进行, 特别要注意安全。

对活动的评价可从以下几方面考虑:

1. 实验的效果怎样;
2. 选用的材料是否符合经济、安全、取材便利等原则;
3. 对实验的现象能否做出令人信服的、科学的解释;
4. 小组的团队合作精神怎样。

1.2

探究动量守恒定律

两位同学在公园里划船。租船时间将到,她们把小船划向码头。当小船离码头大约 1.5 m 左右时,有一位同学心想:自己在体育课上立定跳远的成绩从未低于 2 m,跳到岸上绝对没有问题。于是她纵身一跳,结果却掉到了水里(图 1-14)。她为什么不能如她所想的那样跳到岸上呢?显然这里涉及到人和船两个物体相互作用的问题。动量定理只反映了一个物体受力作用一段时间后的动量变化规律。当两个物体相互作用时,它们各自的动量怎样变化呢?

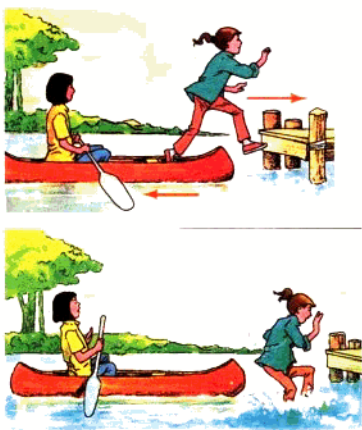


图 1-14 这位自信的同学为什么会掉到水里

探究物体碰撞时动量的变化规律

图 1-15 是小球碰撞的频闪照片,当左边的小球撞到右边的小球后,小球之间发生了多次碰撞,最终动量传递给了最右边的小球。那么,当小球碰撞时,它们的动量变化将遵循怎样的规律呢?

实验探究 探究物体碰撞时动量变化的规律

猜想与假设

为了使问题简化,这里先研究两个物体碰撞时动量变化的规律。

请写出你的猜想,并与同学讨论。

制定计划与设计实验

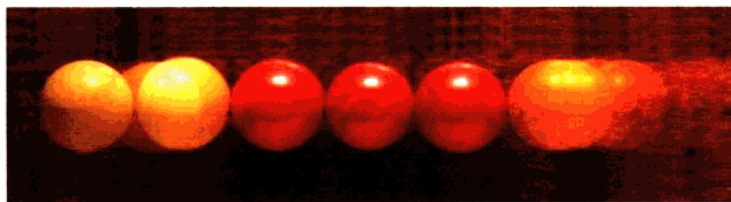


图 1-15 小球碰撞的频闪照片

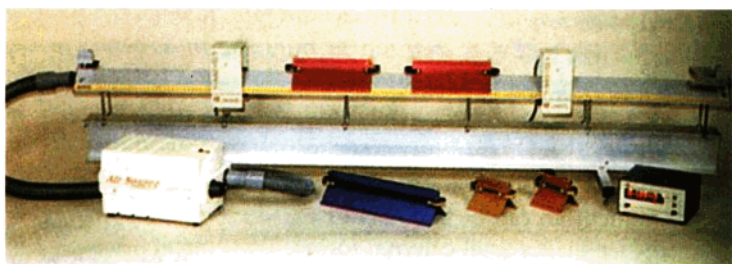


图 1-16 用气垫导轨研究物体间的碰撞

为了定量地研究这个问题,需要测量两个物体碰撞前后的动量。

你怎样设计实验?应选择哪些实验仪器和器材?需要测量哪些物理量?

请写出探究计划,设计出实验方案。

以下是用气垫导轨进行实验的方案,供你参考。

1. 使导轨上的一个滑块静止,推动另一个滑块去碰它(图 1-16),相碰后分开。
2. 使两个滑块相向运动,相碰后粘在一起。
3. 使一个滑块静止,推动另一个滑块去碰它,相碰后粘在一起。

你也可以根据自己制定的计划,选用 DIS 系统等来设计实验。

进行实验与收集证据

请写出主要实验步骤,设计出记录数据的表格,与同学组成小组,合作进行实验,记录实验中收集到的数据。

分析与论证

请写出处理数据的主要过程。

通过分析,你们小组得出的结论是什么?

评估

实验结论与你的猜想一致吗?

实验误差产生的原因是什么?你们是如何减小误差的?

你认为如何改进,可使实验做得更好?

交流与合作

与其他小组交流、讨论,了解他们制定的探究计划和设计的

实验方案。你认为他们哪些方面值得学习?

请完成一份实验探究报告。

动量守恒定律

分析论证

如图 1-17 所示,有 A、B 两个木球,在同一直线上做同方向的匀速运动,它们的质量分别是 m_1 和 m_2 , 速度分别是 v_1 和 v_2 , 且 $v_2 > v_1$ 。经过一定时间后 B 追上了 A, 发生碰撞, 此后 A、B 的速度分别变为 v_1' 和 v_2' 。

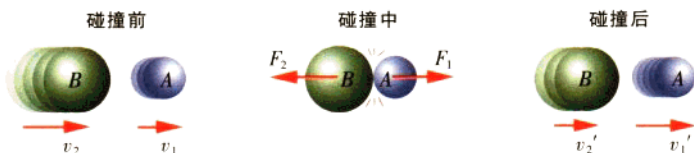


图 1-17 两球的碰撞过程

1. 请你分别写出两球在碰撞前后的总动量:

碰撞前: $p_1 + p_2 =$

碰撞后: $p_1' + p_2' =$

2. 根据动量定理和牛顿第三定律, 分析两球碰撞前后总动量之间有什么关系。

实验探究和理论分析都表明: 两物体在碰撞前后总动量的大小、方向均不变。但这个结论的成立是有条件的。

在物理学中, 把几个有相互作用的物体合称为系统(system), 系统内物体间的相互作用力叫做内力(internal force), 系统外的物体对系统内物体的作用力叫做外力(external force)。上面两个木球在碰撞过程中就组成了一个最简单的系统, 该系统受到的外力有重力和支持力, 但它们彼此平衡, 即系统所受外力的合力为零, 这就是上述结论成立的条件。于是, 我们得到:

如果一个系统不受外力, 或者所受合外力为零, 那么这个系统的总动量保持不变。这个结论叫做动量守恒定律 (law of conservation of momentum)。

动量守恒定律和能量守恒定律一样, 是自然界最普遍、最基本的规律之一。它比牛顿运动定律的适用范围更广, 不仅适用于

宏观、低速领域,而且适用于微观、高速领域。小到微观粒子,大到天体,无论内力是什么性质的作用力,动量守恒定律总是适用的。

案例分析



图 1-18 保龄球

案例 如图 1-18 所示,一只质量为 5.4 kg 的保龄球,撞上一只质量为 1.7 kg 、原来静止的球瓶,此后球瓶以 3.0 m/s 的速度向前飞出,而保龄球以 1.8 m/s 的速度继续向前运动,求保龄球碰撞前的运动速度。

分析 保龄球与球瓶碰撞时的相互作用力是内力,它远大于它们所受的外力,因此外力可忽略不计,满足动量守恒定律的适用条件。

保龄球的质量 $m_1 = 5.4\text{ kg}$,球瓶的质量 $m_2 = 1.7\text{ kg}$ 。设碰撞前保龄球的速度为 v_1 ,球瓶的速度 $v_2 = 0$,两者组成的系统的总动量

$$p = m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1。$$

碰撞后保龄球的速度 $v_1' = 1.8\text{ m/s}$,球瓶的速度 $v_2' = 3.0\text{ m/s}$,系统的总动量 $p' = m_1 v_1' + m_2 v_2'。$

请你自己完成有关的计算。

现在,你应该能用动量守恒定律分析本节开始时提出的问题了:那位同学为什么不能如她所想的那样跳上岸?

信息浏览



笛卡儿 (R. Descartes, 1596—1650), 法国哲学家、数学家、物理学家。解析几何的奠基人之一。

动量守恒定律的发现历程

早在 17 世纪,法国科学家笛卡儿首先对运动守恒进行了探讨。他把物体的大小和速度的乘积定义为“运动量”。当时还没有对质量的概念做出明确的定义,实际上他已经把动量作为运动的量度。1644 年,笛卡尔提出了运动量守恒的结论。他还具体地总结出了 7 条碰撞定律,但由于他不了解动量的矢量性,所以其中的 5 条是错误的。

荷兰物理学家惠更斯(C. Huygens)从 1652 年起对笛卡儿的碰撞定律产生了怀疑。他通过对碰撞的探索,明确指出了动量的矢量性,并于 1669 年提出了动量守恒定律的完善表述:“两个物体所具有的运动量在碰撞中都可以增多或减少,但是它们的量值在同一方向的总和却保持不变,如果减去反方向的运动量的话。”

家庭作业与活动

1. 一个质量为 60 kg 的人,以 5.0 m/s 的水平速度跳到一条静止在水面、质量为 120 kg 的小船上。小船将以多大的速度离岸而去(水的阻力忽略不计)?
2. 如图 1-19 所示,在水平桌面上有 A、B 两辆静止的小车,质量分别是 0.5 kg 和 0.2 kg 。两车用细线拴在一起,中间有一被压缩的弹簧。剪断细线后,两车被弹开,小车 A 以 0.8 m/s 的速度向左运动,那么小车 B 的速度是多大?方

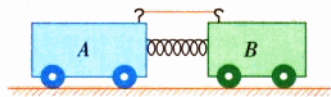


图 1-19

向如何? 请你将此题改成一个验证动量守恒定律的实验,并把实验方案写出来,与同学交流。

3. 如图 1-20 所示,在风平浪静的水面上,停着一条帆船,船尾有一台电风扇,正把风水平地吹向帆面。船能向前行驶吗? 为什么?

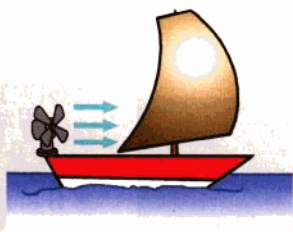


图 1-20

课题研究

估算子弹的射出速度

如图 1-21 所示,取一只乒乓球,在球上挖一个圆孔,向球内填进一些橡皮泥或碎泡沫塑料,放在桌子的边缘处。将玩具枪平放在桌面上,瞄准球的圆孔,扣动板机,让子弹射入孔中,与乒乓球一同水平抛出。只需测出球的质量 M 、子弹的质量 m 、桌面的高度 h 和乒乓球落地点离桌子边缘的水平距离 s ,就可估算出玩具枪子弹的射出速度 v 。你能推导出计算 v 的表达式吗? 试着做一做这个实验。

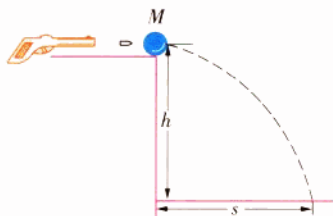


图 1-21

安全告诫:
实验中注意安全,
不要把枪口对着人!



图 1-22 碰碰车

1.3

动量守恒定律的案例分析



图 1-23 缤纷的礼花

用动量守恒定律来研究碰撞、爆炸等问题时,只需考虑物体初、末状态的动量,因此往往比运用牛顿运动定律更为简便。下面来分析几个具体案例。

分析碰碰车的碰撞

案例 如图 1-24 所示,游乐场上,两位同学各驾着一辆碰碰车迎面相撞,此后,两车以共同的速度运动。设甲同学和他的车的总质量为 150 kg ,碰撞前向右运动,速度的大小为 4.5 m/s ;乙同学和他的车的总质量为 200 kg ,碰撞前向左运动,速度的大小为 3.7 m/s 。求碰撞后两车共同的运动速度。

分析 本题的研究对象为两辆碰碰车(包括驾车的同学)组成的系统,在碰撞过程中此系统的内力远远大于所受的外力,外力可以忽略不计,满足动量守恒定律的适用条件。

设甲同学的车碰撞前的运动方向为正方向,他和车的质量 $m_1 = 150\text{ kg}$,碰撞前的速度 $v_1 = 4.5\text{ m/s}$;乙同学和车的质量 $m_2 = 200\text{ kg}$,碰撞前的速度 $v_2 = -3.7\text{ m/s}$ 。

设碰撞后两车的共同速度为 v ,则系统碰撞前的总动量为

$$p = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

碰撞后的总动量为

$$p' = (m_1 + m_2)v$$

根据动量守恒定律可求得 v , v 的符号表示速度的方向。

请自行完成计算。

请思考:假如这两辆碰碰车碰撞后没有以共同的速度运动,而是各自朝着相反的方向运动,你打算怎样分析这种情况?你的依据是什么?

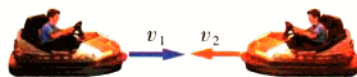


图 1-24 碰碰车的碰撞示意图