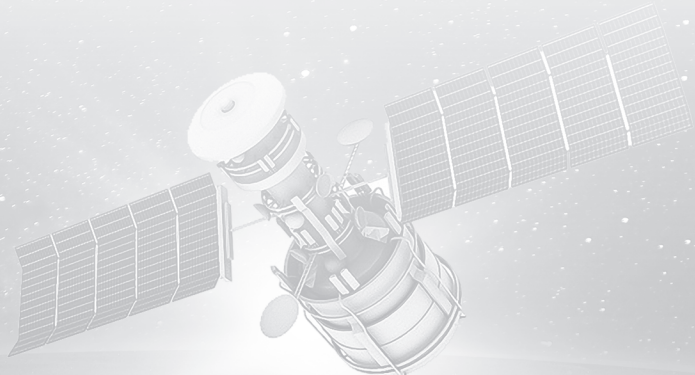


职业学校新课程标准教材

物理

主编 丁蕾

PHYSICS



本教材紧扣教育部 2020 年颁布的《中等职业学校物理课程标准》(以下简称物理新课标),结合当前中等职业学校对基础模块的教学需求以及未来教育的特点编写而成。突出立体性,是集纸质阅读、PPT 串讲、三维动画演示、演示实验视频及创客实验于一体的复合型教材。突出应用性,为教师备课上课准备了大量且恰当的教学资源,化繁为简;为学生预习复习提供了各种形式的微课,化难为易。突出通用性,以提高学生物理学科核心素养为主要目的,同时关注职业岗位的需求,希望为中职教师的教学提供参考,并为中职学生的可持续发展奠定基础。

1. 编写思路

教材在内容选择、呈现方式上,坚持以立德树人为根本宗旨,以提升学生物理核心素养为任务,以促进学生从物理学的视角认识自然界和社会生产、生活环境的关系为重点,侧重引导学生经历科学探究过程,学会科学研究方法,养成科学思维习惯,增强创新意识和实践能力,形成科学态度、科学精神以及科学的世界观、人生观和价值观,为学生的职业发展和终身学习奠定基础。

2. 教材内容

教材按照物理新课标中基础模块的知识范围与难度进行编写。体系完整,涵盖了物理学传统的力学、热学、电学、光学和原子物理的全部内容,但在难度上与传统教材相比要稍低一点。融合衔接,突出基本概念与规律的地位,强化学生物理观念的形成,尽可能匹配学生的数学水平,进行一般物理问题的解决,还注意了小学科学、初中物理知识与教材内容的衔接。强化素养,为了突出物理实验的地位,将分组实验从章节内容中抽取出来,单独放在附录中,并增加了创客实验,以期创设学

生熟知的物理情境,激发其探索自然、研究自然的兴趣,培养创新精神和实践能力。在教材中还增加了著名物理学家的介绍及物理学在生产生活中的一些应用,希望能培养学生的科学情怀。

3. 使用建议

请注意发挥本教材对教学的支架作用,促进物理课程育人功能的落实。教材中不仅有技术性支架,如前言、目录、标志符号等,以此帮助师生了解教材的相关信息,而且还有教学性支架,如章后的知识梳理、思维导图、实验步骤、教学提示及各类独具特色的栏目等,以此帮助师生的教与学。另外还有一些科技小短文,以拓展学生的知识面,激发学生的学习热情,培养学生主动探索科学问题的意识与能力,帮助师生在以教科书为依托的同时又能走出教科书。

请注意有效利用信息技术。本教材依托凤凰职教云平台,通过扫描书中的二维码,可以获得丰富的课程资源,包括教学参考课件、各种形式的实验视频和与一些知识点对应的物理情境等。还可通过凤凰职教云平台进行互动交流。师生可以充分利用这些资源,开展线上线下的混合式教学。

4. 编写成员

本书由丁蕾担任主编并统稿。各章的编写分工为:第一章由师中配老师编写,第二章、第三章由李波老师编写,第四章由李先知老师编写,第五章由张文枚老师编写,第六章由王俊岭老师编写。

由于编者水平有限,书中可能会有欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者



目录

第一章 运动与相互作用	1
第一节 运动的描述	2
第二节 匀变速直线运动	7
第三节 相互作用 重力 弹力 摩擦力	14
第四节 力的合成与分解	20
第五节 牛顿运动定律	23
第二章 功与能	35
第一节 功 功率	36
第二节 动能 动能定理	40
第三节 势能 机械能守恒定律	45
第三章 热现象及能量守恒	55
第一节 分子动理论	56
第二节 能量守恒定律	61
第四章 电和磁	71
第一节 静电场 电场强度	72
第二节 电势能 电势 电势差	76

第三节	全电路欧姆定律	80
第四节	磁场 磁感强度	86
第五节	磁场对电流的作用	90
第六节	电磁感应	92
第七节	交流电及安全用电	96
第五章	光现象及应用	105
第一节	光的反射 折射 透射	106
第二节	光的全反射及其应用	111
第六章	原子和原子核	117
第一节	原子结构	118
第二节	核能 核技术	122
附录一	分组实验	129
实验一	长度的测量	130
实验二	测运动物体的速度和加速度	133
实验三	数字式多用表的使用	135
实验四	测电源电动势和内阻(设计性实验)	137
附录二	创客实验	139
实验一	制作弹簧测力计	140
实验二	制作重力小车	141
实验三	制作潜望镜	143
实验四	制作简易直流电动机	145

第一章



运动与相互作用

在我们周围，随处可以看到物体在运动，如鸟儿在空中自由地飞翔，火车在轨道上快速地行驶，轮船在海面上畅快地航行……连我们生活的地球也在一刻不停地自转、公转。运动是自然界最普遍的现象，可以说小到分子、原子，大到恒星、天体，一切物体都在以不同的形式运动着。

通过初中物理的学习，我们已经知道，物体的空间位置随时间的变化是自然界最简单、最基本的运动形式，称为机械运动，简称运动。那么，运动有哪些形式呢？运动和力之间的关系又是怎样的呢？希望通过本章的学习，我们能对这些问题有更加深入、系统的认识。



参考 PPT

第一节 运动的描述

随着社会的发展,我国高铁进入快速发展阶段,人们的出行越来越方便。当你坐上高铁时(图 1-1-1),你会很惊讶:“列车跑得真快啊!”那么,你能准确地说出列车到底跑得多快吗?

宇宙间的万物都在不停地运动着,运动是永恒的、绝对的。在物理学中,要准确描述物体的运动状态并不是一件容易的事,首先需要明确一些基本概念。



图 1-1-1 飞驰的列车

一、参考系

研究一个物体运动时,需要选取其他物体作参考。例如,我们说房屋、桥梁是静止的,行驶中的列车是运动的,这是将地面作为参考物来说的。房屋、桥梁对地面来说位置没有发生变化,行驶的列车对地面来说位置发生了变化。坐在行驶列车车厢里的乘客是静止的,在车厢里走动的乘务员是运动的,这是以车厢为参考物来说的。在描述物体运动时,被选来作为参考的物体叫作**参考系**。

描述一个物体的运动时,参考系是可以任意选取的。实际上选取参考系时,往往要考虑研究问题的方便性,使运动的描述尽可能简单。例如,研究地面上物体的运动,一般选取地面为参考系比较方便;而在研究太阳系中的行星运动时,太阳是理想的参考系。

二、质点

上足球课时不难发现,足球在绿茵场上飞滚,它在向前运动的同

时还在滚动,足球上各个点的运动也不相同,因此要准确描述物体的运动是相当复杂的。

为了便于研究物体的运动,可以根据要研究问题的性质,对物体进行简化,突出影响问题的主要因素,忽略次要因素。例如,在研究地球绕太阳公转时,地球上各点的运动并不相同。如果考虑地球到太阳的距离约为 1.5×10^8 km,而地球本身的尺寸只有 1.3×10^4 km 左右,还不到它与太阳距离的万分之一,这时由地球的大小而引起的地球上各部分的运动差异就可以忽略不计了。在这种情况下,可以忽略地球的大小和形状,而把它看成是有质量的一个点。这种只有质量、没有大小的理想的点叫作质点。于是,对实际物体运动的描述,就转化成对质点运动的描述。

质点是一个理想化的物理模型,是一种科学的抽象,并不是所有的物体在任何时候都可以当成质点来处理。例如,研究列车沿平直轨道的运动时,车厢各点的运动完全一样,当运动路程远远大于列车长度时,可以把列车看作质点,如图 1-1-2 所示;但研究某一个车轮的运动时,就不能把列车看作质点了,如图 1-1-3 所示。



图 1-1-2 列车整体沿直线运动



图 1-1-3 车轮在铁轨上滚动

三、时刻和时间

物理学中,时刻和时间是两个不同的概念,它们既有联系又有区别。一场电影,上午 8 点开始、10 点结束,这里的“8 点”和“10 点”是电影的开始和结束的时刻,而这两个时刻之间的间隔——120 分钟称为时间(图 1-1-4)。

在表示时间的数轴上,时刻用点表示,时间用线段表示。质点运动中,时刻与质点所在某一位置相对应,时间与质点所经历的某一运动过程相对应。

一段时间的起始时刻叫作初时刻,终止时刻叫作末时刻。例如,第 2 s 初和第 2 s 末分别是第 2 s 这 1 s 时间的初时刻和末时刻。第 2 s 初和第 1 s 末是同一时刻的不同叫法。第 1 s 和第 2 s 是时序有先后的相等时间,都是 1 s 时间(图 1-1-5)。

在国际单位制中,时间的单位是秒(s),常用的单位还有分(min)、时(h)。

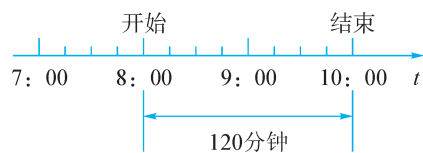


图 1-1-4 时刻与时间

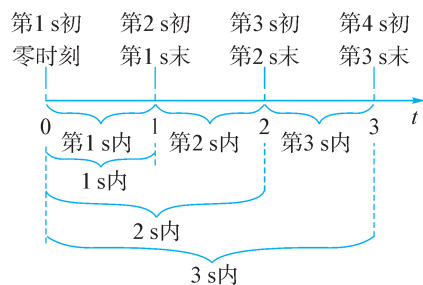


图 1-1-5 初时刻与末时刻

四、路程和位移

一位旅游爱好者从北京去上海,可以选择不同的交通方式。既可以乘火车,也可以坐飞机,还可以乘客轮。显然,使用不同的交通工具,他所经过的路线,也就是他运动的轨迹是不一样的。在初中已经学习过,路程是物体运动轨迹的长度。可见,他所经过的路程也不

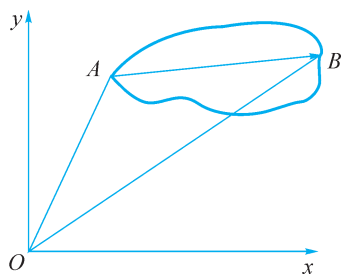


图 1-1-6 路程与位移

相同。但是,就位置的变动来讲,无论走过了怎样不同的路程,从北京到上海的直线距离约为 1 080 km,即位置的变化是相同的。

一般说来,当物体从某一点 A 运动到另一点 B 时,可以沿不同的轨迹,走不同的路程,但是位置的变化是相同的,如图 1-1-6 所示。在物理学中,用物理量**位移**表示物体(质点)的位置变化。我们从初位置 A 到末位置 B 作一条有向线段 \overrightarrow{AB} ,用这条有向线段表示物体在运动中发生的位移。有向线段的长度表示位移的大小,有向线段的方向表示位移的方向。

在物理学中,像位移这样既有大小又有方向的物理量,叫作**矢量**,如力、速度等。

像路程这样只有大小没有方向的物理量,叫作**标量**,如温度、时间、质量、功等。

位移一般用字母 s 表示,在国际单位制中单位是米(m)。在日常应用中,有时也用千米(km)、厘米(cm)等作为位移的单位。



五、速度和速率

不同物体的运动,位置变化的快慢往往不同,也就是说,运动的快慢不同。要比较物体运动的快慢,可以用两种方法。一种方法是位移相同,比较所用时间的长短,时间越短,运动越快。例如,百米赛跑,学生甲用了 11.9 s,学生乙用了 12.8 s,则学生甲跑得快些。另一种方法是在相同时间内,比较物体运动位移的大小,位移越大,运动得越快。例如,某直线跑道上,学生甲 10 s 时间跑了 81 m,学生乙 10 s 时间跑了 84 m,则学生乙跑得快些。

那么,如何描述物体运动的快慢呢?在直线运动中,位移与发生这个位移所用时间的比值叫作物体的**速度**,通常用 v 表示,即

$$v = \frac{s}{t}$$

在国际单位制中,速度的单位是米每秒(m/s),交通运输工具的速度单位常用千米每小时(km/h)。

$$1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h}$$

速度是矢量,既有大小又有方向。速度的大小在数值上等于单位时间内物体位移的大小,速度的方向就是物体位移的方向。

一般说来,物体在某一时间间隔内,运动的快慢不一定是时刻一样的,所以用上面的公式求得的速度,表示的只是物体在时间间隔 t 内的平均快慢程度,称为**平均速度**。

2004 年的雅典奥运会上,中国运动员刘翔在男子 110 m 栏决赛中以 12 秒 91 的成绩夺得金牌,他在比赛中的平均速度是

$$v = \frac{s}{t} = \frac{110 \text{ m}}{12.91 \text{ s}} = 8.52 \text{ m/s}$$

显然,平均速度只能粗略地描述运动的快慢。那么怎样才能精确地表示运动物体在某一时刻或经过某一位置时的快慢程度呢?为了使描述精确些,可以把时间取得小一些。如果时间非常非常小,这时物体的平均速度可以认为是某一时刻(或经过某一位置)的速度,这个速度叫作**瞬时速度**。在初中学习的匀速直线运动,就是瞬时速度保持不变的运动,在这种运动中,平均速度与瞬时速度相等。所以,瞬时速度可以精确地描述物体运动的快慢。“速度”一词有时指瞬时速度,有时指平均速度,需要根据上下文判断。

用数字化信息系统可以测量瞬时速度。数字化信息系统主要由传感器、数据采集器、实验软件、计算机构成。将光电门固定在多用力学轨道的大约中间位置,抬高多用力学轨道的一端并固定好。用传感器连接线把光电门和数据采集器连接好,用计算机通信线将数据采集器与计算机连接好。将宽度为 8 cm 的挡光片固定到小车上,进入专用软件“瞬时速度的测量”实验,单击“开始记录”,让小车从轨道上自由下滑。

显示屏上即会显示小车上挡光片的宽度、通过光电门的时间及小车通过光电门时的平均速度。

分别更换宽度为 6 cm、4 cm、2 cm 的挡光片,重复上述步骤,让小车从轨道同一位置自由下滑,可得到不同的数据。

根据实验结果,挡光片宽度不同时,小车的平均速度不同。由于小车通过光电门的时间很短,所以可以用平均速度代表小车通过光电门的瞬时速度(图 1-1-7)。

瞬时速度的大小叫作**速率**,是标量。但值得注意的是,物体运动中通过的路程与所用时间的比值叫作**平均速率**。汽车上的速度计不能显示车辆运动的方向,它显示的实际是汽车的速率,如图 1-1-8 所示。乘汽车时,注意一下司机面前的速度计不难发现,指针所指的数值随着行驶的快慢而不断改变。

在科学上,人们把听到音调与发声体音调不同的现象,称为多普勒效应。雷达测速就是利用了多普勒效应原理,经过计算得到移动物体的速率。日常生活和物理学中说到的“速度”,有时是指速率。表 1-1-1 列出的是一些常见物体的速率或平均速率。

表 1-1-1 一些常见物体的速率或平均速率

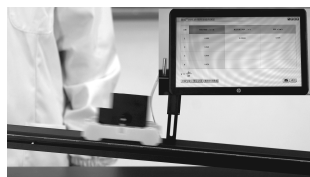
运动物体	速率(m/s)	运动物体	速率(m/s)
步行的人	1.5	磁悬浮列车	160
自行车	5	声速	340
短跑的人	10	步枪子弹	9.0×10^2



瞬时速度的测量



(1) 连接装置



(2) 测量平均速度

图 1-1-7 测量瞬时速度



图 1-1-8 汽车速度计

续表

运动物体	速率(m/s)	运动物体	速率(m/s)
核动力航母	17	普通炮弹	1.0×10^3
核潜艇	23	单级火箭	4.5×10^3
普通列车	33	地球绕日	3.0×10^4
高速列车	80	光在真空中传播	3.0×10^8



物理与生活

中国北斗卫星导航系统

中国北斗卫星导航系统是中国自行研制的全球卫星导航系统(图 1-1-9),是继美国全球定位系统、俄罗斯格洛纳斯卫星导航系统、欧洲伽利略卫星导航系统之后的第四个成熟的卫星导航系统。

北斗卫星导航系统由空间段、地面段和用户段三部分组成,可在全球范围内全天候、全天时为各类用户提供高精度、高可靠定位、导航、授时服务,已经初步具备区域导航、定位和授时能力,定位精度 10 米,测速精度 0.2 米/秒,授时精度 10 纳秒。

2017 年 11 月 5 日,中国第三代导航卫星顺利升空。它标志着中国正式开始建造北斗全球卫星导航系统。2020 年 7 月 31 日,北斗三号全球卫星导航系统全面建成并开通服务,我国成为世界上第三个独立拥有全球卫星导航系统的国家。目前,全球已有一百二十余个国家和地区使用北斗系统。

卫星导航有利于减缓交通阻塞,提升道路管理水平。通过在车辆上安装卫星导航接收机和数据发射机,车辆的位置信息就能在几秒钟内自动转发到中心站。这些位置信息可用于道路管理。通过卫星导航接收机对卫星信号的接收计算,可以测算出车辆行驶的具体速度,比一般的里程表准确很多。

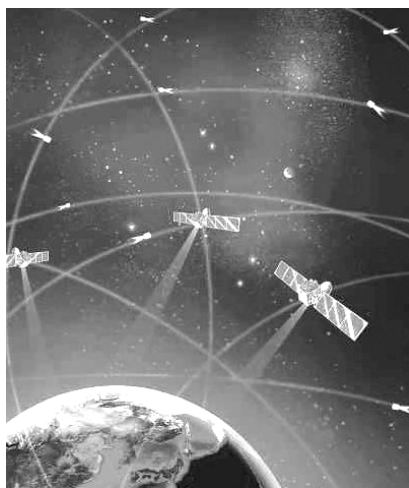


图 1-1-9 中国北斗卫星导航系统



练习 1-1

1. 北京到上海的总里程约为 1 500 km, 当研究一列总长度约为 150 m 的列车运行时, 能不能把它看成质点? 当研究该列车通过南京长江大桥时, 能不能把它看成质点?

2. 一位运动员跑过一个半径为 60 m 的半圆形弯道, 他的路程和位移大小各为多少?

3. 百米比赛中, 运动员甲在前 45 m 的平均速度是 9 m/s, 后 55 m 的平均速度是 10 m/s, 他全程的平均速度是多少?

4. 日常生活中物体运动速度通常是时刻变化着的, 你能比较准确地测量出运动物体的瞬时速度吗? 课后想办法实践一下, 同学之间可以分享交流。



第二节 匀变速直线运动



参考 PPT



亲人远行, 依依惜别。如果在火车站送行, 你可以沿着站台跟随起动的火车, 挥动手臂送一小段路程; 如果在高速公路服务区告别, 当你跟在汽车后, 跑不了几步就追不上了, 只能目送亲人的远去。这里因为起动后, 火车用较长的时间才能达到的速度, 汽车用较少的时间就可以达到, 两者速度变化的快慢不同(图 1-2-1)。那么, 如何描述速度的变化快慢呢?



(1) 火车站台



(2) 高速公路

图 1-2-1 速度的变化快慢

一、变速直线运动

初中时我们已经学习了匀速直线运动,它是一种在任意相等的时间内位移都相同的直线运动。也就是说匀速直线运动的速度是恒定的,不随时间而变化。日常生活中所见到的直线运动大都不是匀速直线运动,速度在不断发生着变化。例如,列车出站时速度会越来越快,而进站时速度会越来越慢。人们把速度不断变化的直线运动,叫作**变速直线运动**。

二、匀变速直线运动

假设一辆汽车沿一条直线从静止开始加速(图 1-2-2),观察汽车速度里程表在不同时刻的示数,并记录在表 1-2-1 中。

表 1-2-1 汽车速度里程表在不同时刻的示数

时刻(每秒末)	第 1 s 末	第 2 s 末	第 3 s 末	第 4 s 末	……
汽车速度(m/s)	2	4	6	8	……

分析表 1-2-1 中的数据可知,汽车速度随时间的变化,每经过 1 s 就增加 2 m/s,即在相等的时间间隔内,汽车速度的变化相等。

直线运动的物体,如果在任意相等的时间间隔内,速度的变化量(增加或减少)都相等,这种运动就叫作**匀变速直线运动**。匀变速直线运动是一种理想化的模型。例如,成熟的果实从树上落下、列车启动时的运动、子弹在枪筒里的运动等,都可以看成是匀变速直线运动。匀变速直线运动是一种速度均匀变化的变速直线运动。依据速度大小的变化,匀变速直线运动分为两类,即**匀加速直线运动**和**匀减速直线运动**。

三、加速度

不同物体的运动,速度变化的快慢往往是不同的。例如,一架飞机起飞时,它的速度在 2 s 内可以从 0 增加到 10 m/s;迫击炮射击时,炮弹在炮筒中的速度在 0.005 s 内可以从 0 增加到 250 m/s。谁的速度改变得快一些呢?

为了方便比较,可以选择相同时间(1 s)来研究飞机、炮弹速度变化的大小。

飞机速度的变化与发生这个变化所用时间之比为

$$\frac{10 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}^2$$



图 1-2-2 运动着的汽车

炮弹速度的变化与发生这个变化所用时间之比为

$$\frac{250 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{0.005 \text{ s}} = 5 \times 10^4 \text{ m/s}^2$$

可见,炮弹速度的变化比飞机起飞速度的变化快得多。

为了描述物体运动速度变化的快慢这一特征,人们引入加速度的概念。加速度是速度的变化量与发生这一变化所用时间的比值。用 a 表示加速度,用 v_0 表示物体运动的初速度,用 v_t 表示物体经过一段时间 t 的末速度,则有:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}$$

由上式可以看出,加速度在数值上等于单位时间内速度的变化。在国际单位制中,加速度的单位是米/秒² (m/s^2)。

将分体式位移传感器接收端安装在多用力学轨道的一端,并将接收端垫高,连接好装置。

将分体式位移传感器发射端固定在小车上,靠近接收端,打开开关。进入专用软件,单击“开始记录”,让小车沿轨道自由滑下(图 1-2-3)。

小车停止运动后,单击“停止记录”,获得如图 1-2-4 所示的“ $v-t$ 图线”。单击“选择区域”,自行选择研究区间,系统会自动计算出在该时间内的初速度、末速度、时间差和加速度的数值。

加速度不但有大小,而且有方向,因此是矢量。在直线运动中,通常规定初速度的方向为正方向。当加速度的方向和初速度的方向一致时,加速度为正值;当加速度的方向与初速度的方向相反时,加速度为负值。在匀变速直线运动中,加速度是恒定的,它的大小和方向都不改变,所以匀变速直线运动是加速度恒定的运动。

[例题 1] 一辆做匀变速直线运动的汽车,在 10 s 内速度从 5 m/s 增加到 12 m/s,求汽车的加速度。

分析: 已知汽车的初速度为 5 m/s,速度变化所用的时间为 10 s,末速度为 12 m/s,可直接利用加速度公式求解。

解: 由加速度公式得

$$\begin{aligned} a &= \frac{v_t - v_0}{t} \\ &= \frac{12 \text{ m/s} - 5 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} \\ &= 0.7 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

汽车在做匀加速直线运动,加速度为正值,表示加速度方向和汽车初速度方向相同。



利用分体式
位移传感器
测量加速度



图 1-2-3 开始记录

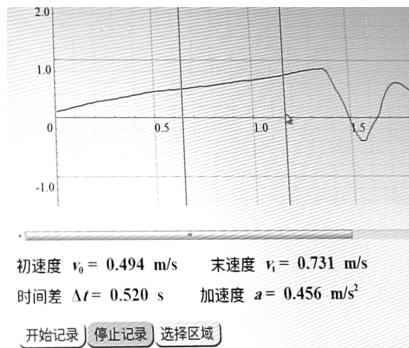


图 1-2-4 $v-t$ 图线

四、速度公式

由匀变速直线运动的加速度公式 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$, 可以求解得到末速度 v_t , 即

$$v_t = v_0 + at$$

上式为匀变速直线运动的速度公式。

[例题 2] 火车过桥时需要提前减速, 一列火车以 108 km/h 的速度行驶, 到达桥头前的匀减速时间是 80 s, 加速度的大小是 0.2 m/s^2 。求火车到达桥时的速度。

分析: 这是一个匀减速直线运动的问题, 可直接利用速度公式求解, 注意将题目中初速度的单位换算成国际单位制下的单位。由于是减速运动, 加速度应该为负值。

解: $v_0 = 108 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$, 由速度公式可得

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 + at \\ &= 30 \text{ m/s} - 0.2 \text{ m/s}^2 \times 80 \text{ s} \\ &= 14 \text{ m/s} \end{aligned}$$

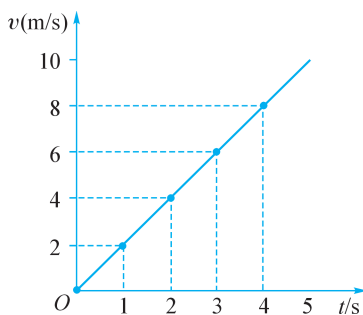
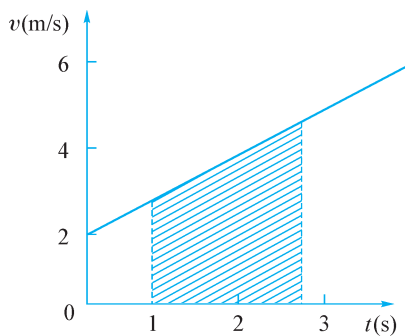
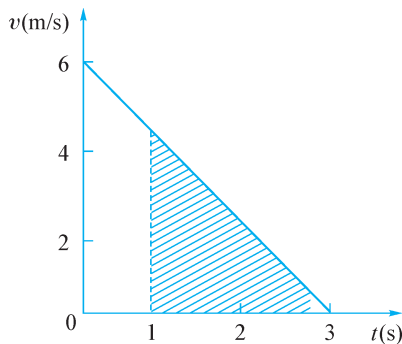


图 1-2-5 速度图像($v_0=0$)



(1) 匀加速



(2) 匀减速

图 1-2-6 匀变速直线运动的速度图像

五、速度图像

以速度 v 为纵轴, 时间 t 为横轴, 把速度与时间的关系用图像表示出来, 这种图像叫作**速度图像**($v-t$ 图像), 如图 1-2-5 所示。

在匀变速直线运动中, 当速度和时间的关系用图像表示时, 在 $v_t = v_0 + at$ 中, v_t 是 t 的一次函数, 所以它的速度图像是一条倾斜的直线, 如图 1-2-6 所示。

利用 $v-t$ 图像可以求质点任一时刻的瞬时速度, 还可以求出达到某一速度所需要的时间, 以及利用图像下的面积求位移。

六、位移公式

匀变速直线运动中, 通过推导可以得到

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

[例题 3] 一列火车以 10 m/s 的速度从斜坡上匀加速下行, 加速度的大小是 0.2 m/s^2 , 火车通过斜坡的时间是 25 s 。求这段斜坡的长度。

分析: 这是一个匀加速直线运动的问题, 已知初速度、加速度和时间, 可以直接用位移公式计算。

解:由匀变速直线运动的位移公式,得

$$\begin{aligned} s &= v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ &= 10 \text{ m/s} \times 25 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 0.2 \text{ m/s}^2 \times 25^2 \text{ s}^2 \\ &= 312.5 \text{ m} \end{aligned}$$

七、自由落体运动

物体在空中从静止开始下落是一种常见的运动。例如,秋天成熟的苹果从树上落到地面;挂在线上的重物,如果把线剪断,它就沿着竖直方向下落。不同的物体,它们下落的快慢是否相同呢?

在同一高度同时下落的一块小石头和一片树叶,人们发现总是小石头先落地。公元前4世纪,古希腊哲学家亚里士多德根据对类似现象的观察得出结论,重的物体比轻的物体下落得快。直到16世纪末,意大利物理学家伽利略才认识到这个观点是错误的。他指出,在忽略空气阻力的情况下,物体下落速度的快慢与物体重量的大小无关。

牛顿管是一根长120 cm,一端封闭、另一端带有通气口的金属盖封住的玻璃管(图1-2-7)。

将形状、质量都不同的羽毛、金属片封闭到竖直放置的牛顿管中。当管内充有空气时迅速将玻璃管转过来,我们看到这些物体下落时,最快的是金属片,最慢的是羽毛;用抽气机抽掉牛顿管中的小部分空气,再迅速倒转玻璃管,看这些物体的下落,最快的仍然是金属片,最慢的是羽毛;用抽气机接着抽掉牛顿管中的绝大部分空气,再迅速倒转玻璃管,看这些物体的下落,它们下落的快慢大致相同。

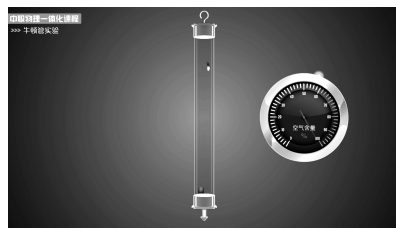
可以判断如果完全没有空气阻力,不同物体下落的快慢完全相同。

当空气阻力可以忽略不计时,重的物体和轻的物体下落得同样快。

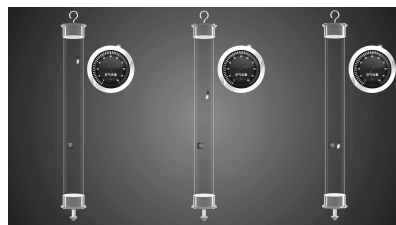
物体只在重力作用下从静止开始下落的运动,叫作**自由落体运动**。这种运动只有在真空中才能发生。现实生活中,物体的下落除受重力作用外还会受到空气的阻力作用。如果空气阻力的作用比重力小很多时,空气阻力可以忽略不计,则物体下落的运动可以近似看作自由落体运动。



牛顿管实验



(1) 牛顿管



(2) 实验过程

图1-2-7 牛顿管实验

伽利略经过反复研究指出,自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动。

在同一地点,从同一高度自由下落的不同物体同时到达地面。根据初速度为零的匀变速直线运动的位移公式 $s = \frac{1}{2}at^2$ 可知,在同一地点,一切物体在自由落体运动中的加速度都相同。这个加速度叫作自由落体加速度,也叫作重力加速度,通常用 g 表示。

重力加速度的方向总是竖直向下的。通过精确的实验发现,在地球上不同的地方, g 的大小是不同的。在通常计算中取 g 为 9.8 m/s^2 ,在粗略计算中 g 可以取 10 m/s^2 。

自由落体运动符合初速度为零的匀变速直线运动的规律,初速度 $v_0 = 0$,加速度 $a = g$,位移 $s = h$,则

速度公式 $v_t = gt$

位移公式 $h = \frac{1}{2}gt^2$



日常工作中,有时需要人们反应灵敏,对于军人、运动员、驾驶员等人群更是如此。从发现情况到采取相应行动所经过的时间叫作反应时间。怎样测定反应时间呢?利用自由落体运动的知识可以测定反应时间。

甲同学用两个手指捏住直尺的上端,乙同学在直尺的下方做捏住直尺的准备,但手指不能碰到直尺,记住这时手指在直尺上的位置。看到甲同学放开直尺时,乙同学立即捏住直尺,算出直尺下降的高度值 h 。在乙同学的反应时间里,直尺下降了 h ,所以乙同学的反应时间等于直尺做自由落体运动的下降时间 t (图 1-2-8)。

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$



(1) 乙同学做捏住直尺的准备



(2) 乙同学捏住直尺

图 1-2-8 测定反应时间



物理与历史

对自由落体运动的思考和研究

最先对自由落体进行研究的是古希腊哲学家亚里士多德(公元前 384—公元前 322 年),他是世界古代史上最伟大的哲学家、科学家和教育家之一。亚里士多德提出,物体下落的快慢是由物体本身的重量决定的,物体越重,下落得越快;反之,则下落得越

慢。他的这一论断符合人们的常识,在其后 2 000 年的时间里,一直被认为是正确的。直到 16 世纪末,意大利科学家、物理学家伽利略(1564—1642 年)提出了不同的意见。伽利略在 1636 年的《两种新科学的对话》中写道,如果依照亚里士多德的理论,假设有两块石头,大的下落速率为 8,小的下落速率为 4,当两块石头被绑在一起的时候,下落快的石块会因为下落慢的石块而被拖慢。所以整个联合体的下落速率应该在 4~8 之间。但是,两块绑在一起的石头的整体重量大于速率为 8 的大石头重量,下落速度也就应该大于 8,这就陷入了一个自相矛盾的境地。伽利略由此推断物体下落的速度应该不是由其重量决定的。他在书中设想,自由落体运动的速度是均匀变化的。伽利略研究得出自由落体定律:物体下落的速度与时间成正比,它下落的距离与时间的平方成正比,物体下落的加速度与物体的重量无关,也与物体的质量无关。为了彻底改变亚里士多德的错误所造成的影响,传说伽利略特意在比萨斜塔上当众用两个大小不一的铁球做了一次实验,结果让所有在场的人大吃一惊,两个铁球几乎同时落地(图 1-2-9)。



图 1-2-9 意大利比萨斜塔

练习 1-2

1. 一列做匀变速直线运动的火车,在 40 s 内速度由 20 m/s 增加到 30 m/s。求火车加速度的大小是多少?
2. 一辆汽车原来的速度是 36 km/h,然后以 0.25 m/s^2 的加速度匀加速行驶。求加速 40 s 时汽车速度的大小是多少?
3. 一列火车出站时做匀加速直线运动,加速度的大小为 0.2 m/s^2 。求由静止开始加速 100 s 后经过的距离是多少?
4. 利用手机连续拍照的功能,拍摄物体从静止到下落的图像,研究自由落体运动的规律,并在课堂上与同学分享交流。



第三节 相互作用 重力 弹力 摩擦力

自然界中物体不是独立存在的,它们之间存在着各种各样的相互作用(图 1-3-1)。由于这些相互作用的存在,物体的形状、运动状态等发生着变化。在物理学中,把物体间的相互作用抽象为一个概念——力。



(1) 马拉雪橇



(2) 踢足球

图 1-3-1 物体间的相互作用

一、力和力的图示

力是物理学中一个非常重要的基本概念,在初中时已被同学们所熟悉。虽然人们看不见力,但是能够看到力产生的效果。可以从实际事例中理解这个概念。例如,足球运动员踢球,球从静止到运动起来;守门员接住球,球从运动到停下来。这两种情况下足球的运动状态发生了改变。用手压弹簧,弹簧会缩短;跳水运动员压跳板,跳板弯曲。弹簧和跳板的形状发生了改变。通过长期实践,人们认识到,物体运动状态的改变或物体形状的改变,都是由于物体间相互作用的结果。于是人们归纳出,力是物体间的相互作用。

力的大小可以用弹簧测力计测量。在国际单位制中,力的单位是牛顿,简称牛(N)。

力是矢量,力对物体的作用效果不仅与力的大小、方向有关,还跟力作用在物体上的作用点有关。因此,要把一个力准确地表达出来,就要表明力的这三个要素。人们常用有向线段表示力。线段按一定比例(标度)画出,线段的长短表示力的大小,线段的指向表示力的方向,箭尾(或箭头)表示力的作用点,线段所在的直线叫作力的作

用线。这种表示力的方法,叫作力的图示。

例如,一个大小为 50 N,与水平方向的夹角为 30° 的拉力的图示,如图 1-3-2 所示。

有时只需画出力的示意图,即只画出力的作用点和方向,表示物体在这个方向上受到了力,如图 1-3-3 所示。

二、重力

自然界的各种物体之间存在着多种相互作用。例如,空中的物体落向地面,这是因为地球与物体之间存在着相互吸引的作用,并且地球不需要跟物体接触就能吸引物体。地面附近一切物体都受到地球的吸引。物体由于地球的吸引而受到的力叫作重力。我们初中时已经学过,物体所受重力 G 与物体质量 m 的关系是

$$G=mg$$

其中 g 就是重力加速度。

重力不仅有大小,而且有方向。成熟的苹果从树上落向地面时,总是竖直下落;悬挂小球的细绳静止时,总是竖直下垂。可见重力的方向总是竖直向下的。

一个物体的各部分都受到重力的作用。从效果上看,可以认为各部分受到的重力作用集中于一点,这一点叫作重心。如果物体的质量分布均匀且形状规则,它的重心就在该物体的几何中心上,如图 1-3-4 所示。

不均匀物体的重心位置,既跟物体的形状有关,又跟物体内部质量的分布有关。例如,水泥电线杆一端粗、一端细,吊运时钢丝绳的悬挂处要靠近粗的一端。由于重力的方向总是竖直向下的,所以物体总有自发的取重心最低的趋势,重心越低,物体的稳定性越好。

三、弹力

物体在力的作用下体积或形状发生改变,叫作形变(图 1-3-5)。在外力停止作用后,能够恢复原状的形变叫作弹性形变。发生形变的物体,由于要恢复原状,对与它接触的物体施加力的作用,这种力叫作弹力。例如,弹簧受力后会伸长或缩短,于是会对与它接触的物体产生弹力的作用。如果形变过大,超过一定的限度,撤去作用力后,物体就不能恢复原来的形状,这个限度叫作弹性限度。

弹力是发生弹性形变的物体恢复原状本领的表现,弹力的方向与物体弹性形变的方向相反。通常所说的物体间相互挤压而产生的压力和支持力都是弹力,方向都垂直于物体的接触面。拉力也是一种弹力,绳的拉力沿着绳,指向绳收缩的方向。

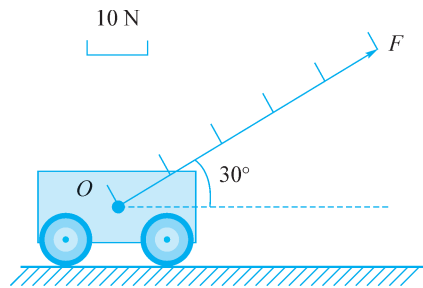


图 1-3-2 力的图示

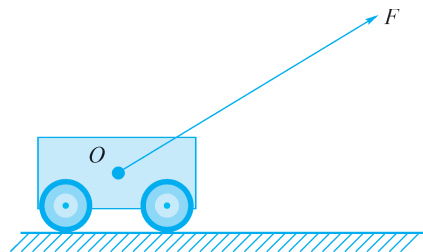


图 1-3-3 力的示意图



图 1-3-4 均匀物体重心的位置

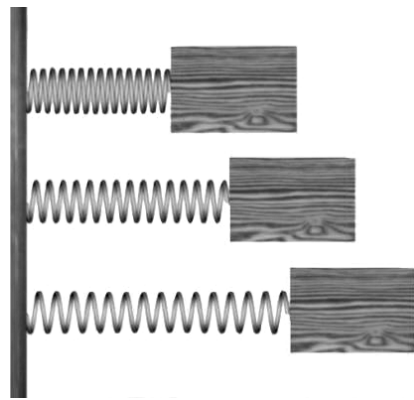
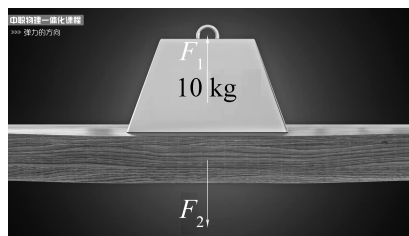


图 1-3-5 弹簧受力形变



(1) 弹簧的弹力



(2) 支持力和压力



(3) 绳子的拉力

图 1-3-6 弹力的方向

弹簧的弹力:弹簧处于自然伸长状态时,既不受拉也不受压,不存在弹力;当弹簧被压缩时,形变方向向左,弹簧要恢复原状,对与它接触的物体产生向右的弹力(压力);当弹簧被拉伸时,形变方向向右,弹簧要恢复原状,对与它接触的物体产生向左的弹力(拉力),如图 1-3-6(1)所示。

支持力和压力:物体放在桌面上,由于物体有重量,因此物体与桌面之间产生相互挤压,从而使物体和桌面同时产生微小的形变。桌面由于发生向下的微小形变,对物体产生垂直于桌面向上的弹力 F_1 ,即桌面对物体的支持力;物体由于发生向上的微小形变,对桌面产生垂直于桌面向下的弹力 F_2 ,即物体对桌面的压力,如图 1-3-6(2)所示。

绳子的拉力:绳子未悬挂重物时处于自然伸长状态,当悬挂重物,重物与绳子同时产生微小形变,绳子向下产生微小形变,由于要恢复原状,对重物产生向上的弹力,这就是绳子对重物的拉力,如图 1-3-6(3)所示。

弹力的大小跟形变的大小有关系。形变越大,弹力也越大;形变消失,弹力随着消失。英国物理学家胡克通过实验研究发现,弹簧发生弹性形变时,弹力 F 的大小跟弹性形变的长度 x (伸长或缩短的长度)成正比,这个规律叫作胡克定律。用公式表示为

$$F=kx$$

式中的 k 叫作弹簧的**劲度系数**,是个比值,单位是牛顿/米(N/m)。不同弹簧的劲度系数一般是不同的。

四、摩擦力

两个相互挤压的物体,当它们发生相对运动或具有相对运动的趋势时,就会在接触面上产生阻碍相对运动或相对运动趋势的力,这种力叫作**摩擦力**。

静摩擦力

一个人轻推木箱,箱子就有相对地面运动的趋势,但箱子和地面仍然保持相对静止。根据二力平衡的知识,这时一定有一个力和推力平衡。这个力就是箱子与地面之间的**静摩擦力**。静摩擦力的方向总是沿着接触面,并且跟物体相对运动趋势的方向相反。例如,皮带运输机靠着货物与传送带之间的静摩擦力,把货物输送到指定区域。当人用更大的力推箱子时,箱子仍然没动,静摩擦力的大小就随着推

力的增大而增大,并且与推力大小保持相等。静摩擦力的增大有一个限度,当推力大于这个限度时,箱子就不能再相对于地面保持静止。这个限度叫作**最大静摩擦力**。当推力大于最大静摩擦力时,箱子发生滑动(图 1-3-7)。

可见,静摩擦力的大小随着物体受力情况的变化而变化,它的大小介于零和最大静摩擦力之间。在生活中,人们走路、拿筷子、取杯子等都需要依赖静摩擦力。

滑动摩擦力

当一个物体在另一个物体表面滑动时,会受到另一个物体阻碍它滑动的力,这种力叫作**滑动摩擦力**。滑动摩擦力总比最大静摩擦力小一些,所以在推物体时,一旦物体滑动起来,所需的推力将减小。滑动摩擦力的方向总是沿着接触面,并且跟物体的相对运动方向相反。实验证明,滑动摩擦力的大小跟正压力成正比,也就是跟两个物体表面间的垂直作用力成正比。如果用 F_f 表示滑动摩擦力的大小,用 F_N 表示正压力的大小,则用公式表示为

$$F_f = \mu F_N$$

式中的比例常数 μ 叫作动摩擦因数,它是没有单位的常数。 μ 的大小取决于相互摩擦的两个物体的材料和表面状况(如干湿程度、粗糙程度等)。表 1-3-1 列出的是一般情况下几种材料间的动摩擦因数。

表 1-3-1 几种材料间的动摩擦因数

材料	动摩擦因数	材料	动摩擦因数
钢—钢	0.25	钢—冰	0.02
木—木	0.30	木头—冰	0.03
木—金属	0.20	橡胶轮胎—干路面	0.71
皮革—铸铁	0.28	—	—



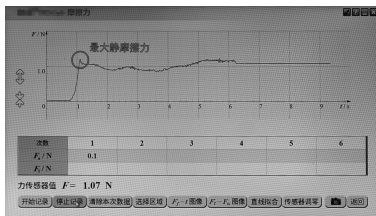
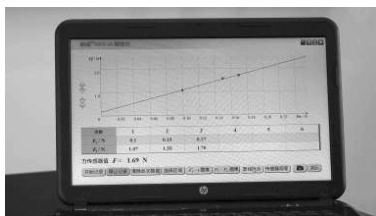
图 1-3-7 静摩擦力



摩擦力



(1) 摩擦力实验器

(2) F_f-t 图线

(3) 直线拟合

图 1-3-8 摩擦力与正压力的关系



图 1-3-9 滚动轴承

用数字化信息系统探究滑动摩擦力和正压力之间的关系(图 1-3-8)。

将力传感器固定在摩擦力实验器上,通过传感器连接线接入数据采集器,连接好实验装置。

进入专用软件“摩擦力”实验。点击“开始记录”,对传感器进行软件调零。

将质量为 100 g 的摩擦块毛毡面朝下放置在摩擦台上,用棉线连接摩擦块与力传感器。打开摩擦力实验器电源开关,使摩擦块下底板在电动机的牵引下由静止变为匀速运动状态。点击“停止记录”,观察实验曲线,可找出最大静摩擦力与滑动摩擦力。

在摩擦块上增加 50 g 的砝码,重复上述操作,可得到滑动摩擦力与时间的关系。将实验获得的 F_f-t 图线置于显示区域中间,点击“选择区域”,选择需要研究的一段 F_f-t 图线,即可得到相应的滑动摩擦力数值。

在摩擦块上再增加 20 g 的砝码,重复实验,可得到一组摩擦力数据。点击“ F_f-F_N 图像”得到一组数据点,对数据点进行“直线拟合”。

根据实验结果,总结出滑动摩擦力和正压力的正比关系。

【例题】在东北的林海雪原中,人们常用马拉的雪橇作为运输工具。一个有钢制滑板的雪橇,连同木头的总质量为 5 000 kg,钢制滑板和冰面之间的动摩擦因数 $\mu=0.02$ 。在水平的冰道上,马要在水平方向用多大的力才能够拉着雪橇匀速前进?

分析:雪橇在水平方向受到两个力作用:马对雪橇的拉力 F 与冰道的滑动摩擦力 F_f 。在这两个力的作用下,雪橇匀速前进, $F=F_f$ 。

解: $G=mg=5\,000\text{ kg}\times 9.8\text{ N/kg}=4.9\times 10^4\text{ N}$

$$\mu=0.02$$

因为雪橇匀速前进,拉力和摩擦阻力大小相等,所以 $F=F_f$

$$F_f=\mu F_N$$

又因为

$$F_N=G$$

所以 $F=\mu G=0.02\times 4.9\times 10^4\text{ N}=980\text{ N}$

马必须在水平方向用 980 N 的力才能够拉着雪橇在冰道上匀速前进。

除滑动摩擦外,还有滚动摩擦。滚动摩擦是一个物体在另一个物体表面上滚动时产生的摩擦。当压力相同时,滚动摩擦力比滑动摩擦力小很多。生产中常见的滚动轴承就是根据这一点造成的,如图 1-3-9 所示。



物理与生活

生活中的摩擦力

在我们周围,处处有摩擦力的存在。人们有时需要利用摩擦力,就想方设法增大摩擦力;有时又要尽可能减小摩擦力,达到减小危害的目的(图 1-3-10)。

汽车的轮胎增加花纹,自行车安装橡胶车把,冰雪天气在汽车车轮上缠上的防滑链等,都是为了增大摩擦力。火车在铁路上启动和制动,依靠的也是车轮与钢轨间的摩擦力。人走路、端茶杯、用筷子夹食物、在黑板上写字等都需要摩擦力。

举世瞩目的长江三峡大坝,在水利技术中属于重力坝,它是依靠坝体的重力在坝基上获得足够大的最大静摩擦力,用静摩擦力抵抗水对坝体的压力,使坝体不会被水的压力所推动。

利用摩擦制动可以减小汽车、火车的速度,利用金属摩擦发热可进行摩擦焊接,微波使食物分子相互摩擦和碰撞从而加热食物,都是利用摩擦力的例子。

在有些场合摩擦力是有害的,需要减小摩擦力。例如,机器转动或滑动时摩擦力会使机器发热和器件磨损,让机器失去原有的精度和功能,缩短机器的使用寿命,通常采用滚动摩擦代替滑动摩擦和添加润滑油等措施来减小摩擦力。



(1) 传送带



(2) 自行车轮胎



(3) 轮滑

图 1-3-10 生活中的摩擦力



练习 1-3

1. 画出图 1-3-11 中的几个物体所受力的图示:

- (1) 人对箱子施加水平向左 400 N 的推力。
- (2) 抛出后在空中飞行的质量 $m=6\text{ kg}$ 的铅球受到的重力。
- (3) 电线对电灯的拉力为 12 N。

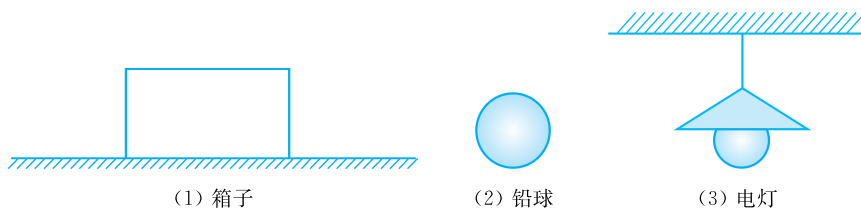


图 1-3-11 练习 1-3-1 图示

2. 一个物体在斜面上处于静止状态,如图 1-3-12 所示,画出物体受力的示意图。

3. 列举人们在生产、生活中利用或减小摩擦力的案例,课堂上进行分组讨论、交流。

4. 一辆重力为 6 000 N 的雪橇和货物,在 180 N 的水平拉力作用下沿着冰面匀速前进,求雪橇和冰面之间的动摩擦因数。

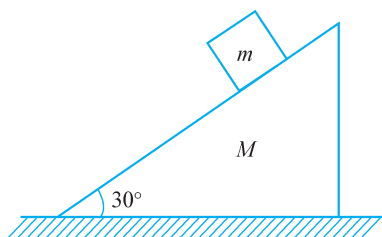


图 1-3-12 练习 1-3-2 图示



参考 PPT

第四节 力的合成与分解

桥梁设计师为了驾驶员的安全和方便,往往将桥面坡度设计得越小越好。高大的桥梁往往需要建造很长的引桥,来减小斜面的倾角。例如,上海南浦大桥桥面高 46 m,主桥全长 846 m,引桥全长 7 500 m(图 1-4-1)。你知道这背后的物理原理是什么吗?



图 1-4-1 上海南浦大桥

一、合力与分力

生活中常常见到这样的情景:一桶水,需要两个小孩才能抬得动,而一个成年人就可以把它提起来,如图 1-4-2 所示。从作用效果上看,两个小孩的力的作用效果与一个大人的力的作用效果相同,一个力 F 可以代替两个力 F_1 和 F_2 。

在物理学中,如果一个力的作用效果与几个力的作用效果相同,那么就把这个力叫作那几个力的**合力**,那几个力就叫作这个力的**分力**。

如果一个物体受到两个或更多力的作用,而它们都作用在物体的同一点或者它们的作用线交于一点,这样的一组力就叫作**共点力**。

二、力的合成

求几个力的合力,叫作**力的合成**。图 1-4-3(1)表示橡皮条 GE 自然伸长的长度。图 1-4-3(2)表示橡皮条 GE 在力 F_1 和 F_2 的共同作用下,沿着直线 GC 伸长了 EO 这样的长度。图 1-4-3(3)表示

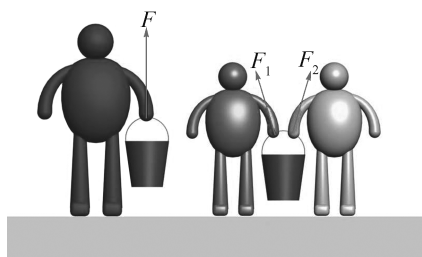


图 1-4-2 一个成年人与两个小孩的力的作用效果相同

撤去 F_1 和 F_2 , 用一个力 F 作用在橡皮条上, 使橡皮条沿着相同的直线伸长相同的长度 EO 。力 F 对橡皮条产生的效果跟力 F_1 和 F_2 共同产生的效果相同, 所以力 F 是 F_1 和 F_2 的合力。那么, 它们之间到底有什么样的关系呢?

在力 F_1 和 F_2 的方向上各作线段 OA 和 OB , 根据选定的标度, 使它们的长度分别表示力 F_1 和 F_2 的大小, 如图 1-4-3(4) 所示。以 OA 和 OB 边为邻边作平行四边形 $OACB$ 。量出平行四边形的对角线 OC 的长度, 根据同样的标度, 合力 F 的大小和方向恰好可以用对角线 OC 表示出来。

改变力 F_1 和 F_2 的大小和方向, 重复上述实验, 可以得到同样的结论。

可见, 两个互成角度的共点力合成时, 遵循这样的法则: 以表示这两个力大小的线段为邻边作平行四边形, 这两个邻边之间的对角线就表示合力的大小和方向。这个法则叫作力的平行四边形定则。力的平行四边形如图 1-4-4 所示。

【例题】 力 $F_1 = 80 \text{ N}$, 方向水平向右; $F_2 = 60 \text{ N}$, 方向竖直向上。求出这两个力合力的大小和方向。

解: 用作图法求解。选择标度, 用 1 cm 长的线段表示 20 N 的力, 作出力的平行四边形(图 1-4-5)。表示 F_1 的线段长 4 cm , 表示 F_2 的线段长 3 cm 。用刻度尺量的合力 F 的对角线长 5 cm , 所以合力的大小 $F = 20 \text{ N} \times 5 = 100 \text{ N}$ 。用量角器量的合力 F 与 F_1 的夹角为 37° 。

如果求两个以上力的合力, 也可利用平行四边形定则: 先求出任意两个力的合力, 再求出这个力与第三个力的合力, 以此类推, 最后求出这些力的合力。

两个分力的夹角可以在 $0 \sim 180^\circ$ 之间变化。当两个分力的大小不变, 只有夹角改变时, 合力随夹角的变化而变化。

两个大小一定的共点力 F_1 、 F_2 , 夹角越大, 合力越小; 夹角为 180° 时, 两力方向相反, 合力等于两力数值之差, 其方向跟较大力的方向相同。共点力 F_1 、 F_2 夹角越小, 合力越大; 夹角为零, 两力方向相同, 合力等于两力数值之和, 其方向跟两力方向相同, 如图 1-4-6 所示。

通过如上分析, 我们可以归纳出两共点力合力的范围:

$$|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$$

三、力的分解

求一个力的分力叫作力的分解。力的分解是力的合成的逆运

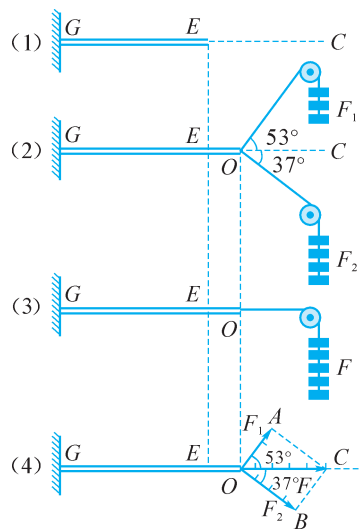


图 1-4-3 研究合力与分力的关系

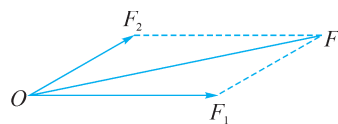


图 1-4-4 力的平行四边形

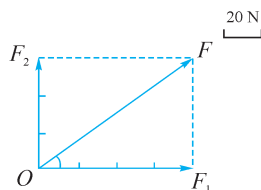


图 1-4-5 例题图示



互成角度的
两个分力与
合力的关系

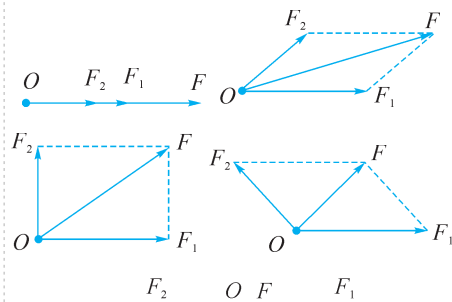


图 1-4-6 合力随夹角的变化而变化

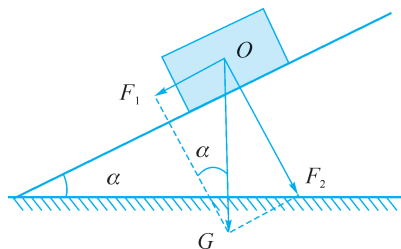


图 1-4-7 根据效果将力分解

算,仍然遵循力的平行四边形定则。

如果没有限制,对于同一条对角线,可以作出无数个不同的平行四边形。也就是说,同一个力 F 可以分解成无数对大小、方向不同的分力。所以一个力如何分解,要根据实际情况来确定。

例如,斜面上的物体受到竖直向下的重力,重力产生两个效果,即平行于斜面使物体下滑的分力 F_1 与垂直于斜面使物体挤压斜面的分力 F_2 ,如图 1-4-7 所示。

如果已知重力 G 和斜面的倾角 α ,则根据三角函数关系两个分力的大小分别为

$$F_1 = G \sin \alpha \quad F_2 = G \cos \alpha$$

可以看出, F_1 、 F_2 的大小与斜面的倾斜角 α 有关。 α 增大时, F_1 增大, F_2 减少。所以,车辆上桥时,分力 F_1 阻碍车辆前进;车辆下桥时,分力 F_1 加速车辆前进。



物理与生活

逆风行船原理

大家可能困惑帆船怎样能够逆风前进。帆船运动员会告诉我们,正顶着风驾驶帆船是不可能的,帆船只能在跟风的方向成很小锐角的时候前进,这个锐角大约是 22° 。帆船是如何跟风向成小角度逆着风前进的呢?首先,当风吹在帆上的时候,无论风往哪个方向吹,它总产生一个垂直帆面的力,这个力推动船的帆,假定风向就是箭头所指的方向。 AB 线代表帆,因为风力是平均分布在全部帆面上的,所以可以用 R 来代表风的压力,它作用在帆的中心。把这力分解成两个:跟帆面垂直的力 Q 和跟帆面平行的力 P 。力 P 不能推动帆,因为风跟帆的摩擦太小了。力 Q 沿着垂直帆面的方向推动着帆,如图 1-4-8 所示。

理解了这一点,就容易懂得为什么帆船能够在跟风向成锐角的情况下前进了。用 KK 线代表船的龙骨线,如图 1-4-9 所示。风按箭头所表示的方向成锐角吹向这条线。 AB 线代表帆面,把帆转到这样的位置,使帆面刚好平分龙骨的方向和风的方向之间的那只角。风对帆的压力,用力 Q 来表示这个力,该力与帆面垂直。

把力 Q 分解成两个力:力 N 垂直龙骨线,力 S 沿着龙骨线指向前。当船朝着力 N 的方向运动时,是要遇到水的强大的阻力的(帆船的龙骨在水里很深),力 N 几乎全部被抵消。只有指向前

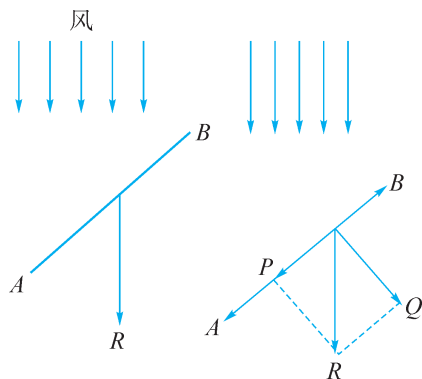


图 1-4-8 风吹在帆面上

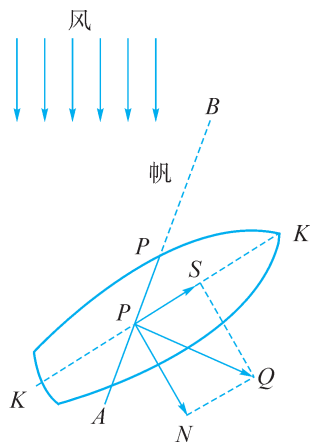


图 1-4-9 根据效果将力分解

面的力 S 在推动船, 船跟风向成一个角度在前进, 好像逆风一样。这种运动通常采取“之”字形路线, 帆船运动员把这种行船法叫作“抢风行船”。



练习 1-4

1. 画出图 1-4-10 中分力 F_1 和 F_2 的合力, 并与同学分享。
2. 有两个分力, 一个力的大小是 5 N, 另一个力的大小是 8 N, 求它们的合力大小范围。
3. 一个物体受到向东 300 N 拉力的作用, 同时还受到向北 400 N 拉力的作用, 求该物体受到的合力大小。
4. 解救陷入泥潭的汽车: 用一根结实的长绳、一棵大树、一位同学就可能将陷入泥潭的汽车拉出。这是真的吗? 该如何做呢?

先将长绳的一端系在大树上, 另一端系在汽车上, 绳子尽可能拉直绷紧; 然后在绳子中间位置用力下压, 汽车会被拉出来一点。再把绳子重新系紧, 重复先前的动作, 汽车就会一点一点地被拉出来(图 1-4-11)。

两分力间夹角越大, 分力远远大于合力。

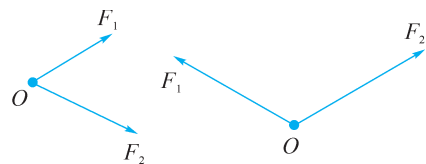
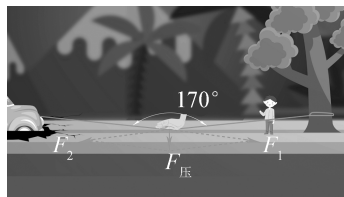


图 1-4-10 练习 1-4-1 图示



(1) 将长绳系在大树与汽车上



(2) 在绳子中间位置用力下压

图 1-4-11 拉汽车图示



拉汽车



参考 PPT

第五节 牛顿运动定律

前面我们学习了怎样描述物体的运动, 但还不清楚物体为什么会做这种或那种运动。要讨论这样的问题, 就需要研究运动和力的关系。在物理学中, 只研究物体怎样运动的理论称为运动学,



研究运动与力的关系的理论称为动力学。例如,运动学使我们能够描述天体是怎样运动的,而动力学使我们能够把宇宙飞船和人造卫星送到太空(图 1-5-1),使人类登上月球……这一节我们学习牛顿运动定律。



图 1-5-1 动力学的应用



一、牛顿第一定律

长期以来人们认为物体的运动需要力来维持。没有力的作用,物体就会停下来。例如,没有推力的作用,摇摆的秋千会慢慢停下来。早在公元前 4 世纪,古希腊哲学家亚里士多德凭着丰富的直觉观察,他认为必须有力作用在物体上,物体才能运动;没有力的作用,物体就要静止下来。在此后的 2 000 年里,没有人质疑过此观点。直到 16 世纪末,伽利略对亚里士多德的论断表示了怀疑。他认识到,摩擦力是难以避免的,而正是摩擦力将人们引入歧途。为此,他精心设计了理想斜面实验,经过严密的逻辑推理,彻底推翻了亚里士多德的错误结论。

牛顿在伽利略等人的研究基础上,经过长期的实践和探索总结出:一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态,直到有外力迫使它改变这种状态为止。这就是牛顿第一定律。

牛顿第一定律表明,如果物体不受力的作用,物体将做匀速直线运动或保持静止状态。

物体具有保持原来匀速直线运动状态或静止状态的性质,这种性质叫作惯性。牛顿第一定律也叫作惯性定律。

在日常生活中,人们每天都要和惯性打交道。例如,人在奔跑时,脚下被绊,容易向前跌倒。这是因为脚被绊住的时候,脚停下来,上半身由于惯性继续向前冲,身体失去平衡,跌倒在地。当公交车突然启动时,乘客会向后倾斜,这是因为乘客下半身随车前进,而上半身由于惯性要保持静止状态,所以身体后倾。

一切物体在任何情况下都具有惯性,惯性是物体固有的一种属性。惯性的大小与物体的运动状态无关,只与物体的质量有关。实

验和分析表明,质量大的物体保持原有运动状态的本领大,即惯性大。这就是说,质量是物体惯性大小的量度。

牛顿第一定律揭示了运动和力的关系:物体的运动不需要力来维持,力是改变物体运动状态的原因。

二、牛顿第二定律

牛顿第一定律指出力是物体运动状态改变的原因,物体运动状态发生改变时,会产生加速度,因此可以说力是使物体产生加速度的原因。在匀变速直线运动中,加速度的大小与哪些因素有关呢?

加速度与力的关系 通过实验和研究发现,对质量相同的物体来说,物体的加速度与作用在物体上的力成正比,即 m 一定时,有

$$a \propto F$$

可见,要使物体速度在较短时间内发生较大的变化,即使物体获得较大的加速度,就必须对物体施加较大的力。例如,在水平地面上拖动同样的物体,使物体在 5 s 内和 10 s 内速度由 0 增加到 10 m/s,前者所用的力比后者大。

加速度与质量的关系 通过实验与研究发现,在相同力的作用下,物体的加速度与物体的质量成反比,即 F 一定时,有

$$a \propto \frac{1}{m}$$

例如,用同样大小的牵引力来启动公交车时,空车启动得快,即获得的加速度大;载满客人的公交车启动得慢,即获得的加速度小。

取两个质量相同的小车,放在光滑的水平滑道上。小车的前端各系上细绳,绳的另一端跨过定滑轮挂上不同质量的钩码,钩码的质量要远小于小车的质量,使两个小车在不同的拉力下做匀加速运动,如图 1-5-2(1)所示。小车所受的水平拉力 F 的大小可以认为等于钩码所受重力的大小。车的后端也分别系上细绳,用一只夹子夹住这两根细绳,以便同时控制两辆小车的运动。

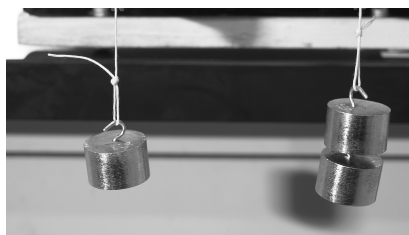
加速度与物体受力的关系

打开夹子,让两辆小车同时从静止开始运动。小车走过一段距离后,再合上夹子,让它们同时停下,如图 1-5-2(2)所示。

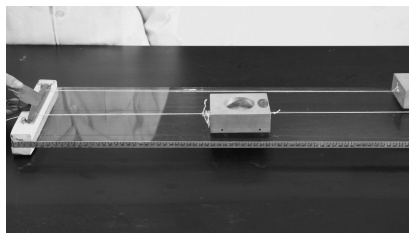
在这段时间内,两辆小车发生的位移不同,所受拉力大的小车发生的位移大。由公式 $s = \frac{1}{2}at^2$ 可知,位移与加速度成正比,所以,比较小车的位移就可以比较它们的加速度大小。通过实验发现,小车的加速度与其所受的拉力成正比。



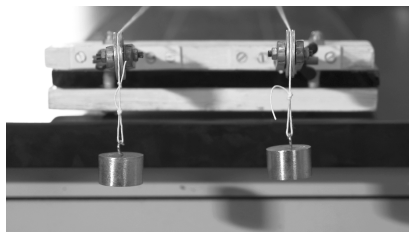
加速度与物体
受力、物体质量
的关系



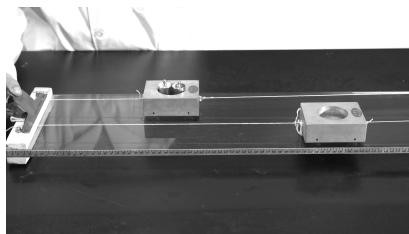
(1) 挂不同质量的钩码



(2) 加速度与物体受力的关系



(3) 挂相同质量的钩码



(4) 加速度与物体质量的关系

图 1-5-2 加速度的影响因素

在多次实验的基础上可以归纳出,质量相同的物体,加速度与其所受的外力成正比,即

$$a \propto F$$

加速度与物体质量的关系

在两边的绳端挂上相同质量的钩码,使两辆小车所受的拉力相同,如图 1-5-2(3)所示。在一辆小车上加放砝码,增大其质量。再打开夹子,让两辆小车同时从静止开始运动。小车走过一段距离后,合上夹子,让它们同时停下,如图 1-5-2(4)所示。

通过实验可以发现,在相同的时间内,质量小的小车位移大。测出位移和质量,再通过计算可知,小车通过的位移与它们的质量成反比。这也表明,小车的加速度与其质量成反比。

在多次实验的基础上可以归纳出,在相同外力的作用下,物体的加速度与其质量成反比,即

$$a \propto \frac{1}{m}$$

牛顿第二定律 物体加速度的大小跟作用力成正比,跟物体的质量成反比,加速度的方向跟作用力的方向相同,这就是牛顿第二定律。数学表达式为

$$a \propto \frac{F}{m}$$

或者

$$F \propto ma$$

如果采用国际单位制,可将上式写成

$$a = \frac{F}{m}$$

或者

$$F = ma$$

实际上物体所受到的力往往不止一个,这时式中 F 指的是物体所受的合力。

牛顿第二定律揭示了力和加速度之间的关系,同时指出,加速度的方向和力的方向相同。利用牛顿第二定律,只要知道物体的受力情况,就可以知道物体将要发生的运动状态,牛顿第二定律深刻揭示了力和运动的关系。

[例题] 一个物体的质量为 5 kg,放在粗糙的水平面上,在水平拉力 $F=10\text{ N}$ 的作用下由静止开始运动,运动过程中受到的摩擦力为 2 N,求物体在 5 s 末的速度和 5 s 内的位移。

分析: 要求物体的运动情况,关键要求出物体的加速度,然后利用速度公式和位移公式求出速度和位移。

解: 由于物体在水平面内运动,因此竖直方向的支持力和重力平

衡,物体的合力在水平方向。

由牛顿第二定律得

$$F - F_f = ma$$

$$\text{所以 } a = \frac{F - F_f}{m} = \frac{10 \text{ N} - 2 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 1.6 \text{ m/s}^2$$

物体在 5 s 末的速度和 5 s 内的位移分别为

$$\begin{aligned} v &= v_0 + at \\ &= 0 + 1.6 \text{ m/s}^2 \times 5 \text{ s} \\ &= 8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \\ &= 0 + \frac{1}{2} \times 1.6 \text{ m/s}^2 \times 5^2 \text{ s}^2 \\ &= 20 \text{ m} \end{aligned}$$

用弹簧秤测量物体的重力,其读数(称为视重)在不同的运动状态下是不同的,可能大于重力(称为超重),也可能小于重力(称为失重,图 1-5-3)。例如,一个人站在电梯内的体重计上,当电梯静止时,观察体重计的读数为人的实际体重。电梯上升时,会发现开始启动阶段,体重计的读数比原先的读数要大,此为超重现象;而刚下降阶段,体重计的读数比原先的读数要小,此为失重现象。



(1) 失重现象 1



(2) 失重现象 2

图 1-5-3 在太空中完全失重

三、牛顿第三定律

运动员踢足球时脚会感到疼,这说明脚给足球一个力时,足球同时也给脚一个力。物体间力的作用总是相互的,一个物体对另一个物体施加了力,后一个物体一定同时对前一个物体也施加了力。物体间相互作用的这一对力,称为作用力和反作用力。作用力和反作用力总是同时存在、同时消失,属于同性质的力。习惯上将其中一个力叫作作用力,另一个力叫作反作用力。

连接好装置,进入专用软件“力的相互作用”实验。

单击“开始记录”,先用手拉、推每个力传感器的测量端,检查测量端受力时,力的大小能否以图线的形式实时、正确地显示在计算机屏幕上。

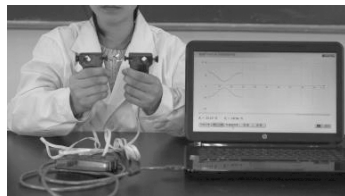
单击“开始记录”按钮,两只手各持一只传感器,将传感器的测钩相互钩住,保持测钩轴心在同一直线上,单击“传感器调零”。

用两只手轻拉传感器,得出实验曲线 $F-t$,两测量端受力情况都实时地显示在屏幕上。由显示的两条曲线图形可以看出,两个测量端的受力图线在任何时刻都是沿时间轴对称分布的,说明任何时刻两个力都大小相等、方向相反。

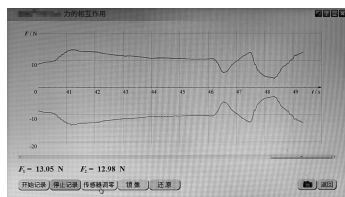
用两只手握紧两个力传感器用力互推时,也可以得到近似的结果。



作用力与反作用力



(1) 传感器调零



(2) 实验曲线 $F-t$

图 1-5-4 力的相互作用实验

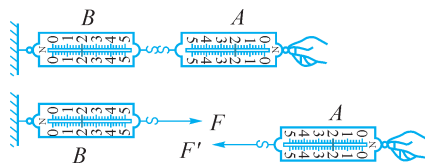


图 1-5-5 作用力与反作用力的关系



(1) 划龙舟



(2) 骑自行车

图 1-5-6 牛顿第三定律在生活中的应用

演示实验

把两个弹簧秤 A、B 连接在一起,将弹簧秤 B 的一端固定,用手拉弹簧秤 A,如图 1-5-5 所示,可以看到两个弹簧秤的指针同时移动。弹簧秤 A 受到弹簧秤 B 的拉力 F' ,弹簧秤 B 受到弹簧秤 A 的拉力 F 。可以看出,两个弹簧秤的示数是相等的,改变手拉弹簧秤 A 的力,弹簧的示数也发生变化,但两个示数总是相等的。

大量实验证明,两个物体之间的作用力与反作用力总是大小相等,方向相反,作用在同一条直线上,这就是牛顿第三定律。用公式可表示为

$$F = -F'$$

作用力与反作用力总是分别作用在两个物体上,各自产生作用效果,两者既不能平衡,也不能抵消。

在生活中应用牛顿第三定律的例子很多。例如,划龙舟比赛时,在同一号令下,木桨向后推水,水给木桨反作用力使龙舟前进。自行车爱好者骑自行车时,蹬踏使后轮转动,后轮对地面产生向后的摩擦力,地面对后轮产生向前的摩擦力,推动自行车前进(图 1-5-6)。

国际单位制

1960 年,第 11 届国际计量大会制定了一种国际通用的、包括一切计量领域的单位制,叫作国际单位制,简称 SI。在国际单位制中,长度、质量和时间的单位叫作基本单位,长度、质量、时间是基本量。由基本量根据物理关系推导出来的其他物理量的单位叫作导出单位,如速度、加速度的单位。基本单位和导出单位一起组成了单位制(表 1-5-1)。

在力学范围内,国际单位制规定长度、质量、时间为三个基本量,它们的单位米、千克、秒为基本单位。对于电磁学、热学、光学等学科,还要加上电流、热力学温度、发光强度、物质的量四个基本量和它们的基本单位安培、开尔文、坎德拉、摩尔,才能导出其他物理量的单位。

表 1-5-1 国际单位制的基本单位

物理量名称	物理量符号	单位名称	单位符号
长度	L	米	m
质量	m	千克	kg
时间	t	秒	s
电流	I	安(培)	A
热力学温度	T	开(尔文)	K
物质的量	N	摩(尔)	mol
发光强度	I_v	坎(德拉)	cd



物理与技术

航空航天技术

航空航天技术使人类文明进入三维时代。航空是指一切与天空有关的人类活动,譬如飞行。这些活动也包括与天空有关的组织,如飞机制造、发展和设计等。航天又称空间飞行或宇宙航行。航空是在大气层内的飞行活动,航天是穿越大气层的飞行活动。

1. 航空技术

航空技术是以理论和设计为基础,以材料技术为关键,以电子技术为灵魂的综合性的科学技术。航空指飞行器在地球大气层内的航行活动。气球、飞艇是利用空气的浮力在大气层内飞行(图 1-5-7),飞机则是利用与空气相互作用产生的空气动力在大气层内飞行(图 1-5-8)。

2. 航天技术

航天技术是探索、开发和利用宇宙空间的技术。它是一门高度综合性的科学技术,涉及各类航天飞行器的设计、制造、发射和应用(图 1-5-9、图 1-5-10)。载人航天是航天技术的最前沿。

航天技术有巨大的科学技术价值,应用范围十分广泛,已经通过应用取得了巨大的经济效益和显著的社会效益。例如,卫星通信信息容量大,传输距离远,传输质量好,能全天候通信,广泛用于国际通信、电视转播、移动通信、电视广播教育等。卫星定位系统可向地面提供全天候导航,气象卫星可观测气候变化,地球资源卫星可预报病虫害、探矿、监视环境污染。

3. 我国航天梦想成真

1992年,中国载人航天工程正式启动。2003年10月15日9时,我国神舟五号宇宙飞船在酒泉卫星发射中心成功发射,把中国第一位航天员杨利伟送入太空。飞船绕地飞行14圈后,于10月16日6时23分安全降落在内蒙古主着陆场。这次成功的发射标志着中国成为世界上第三个能够独立开展载人航天活动的国家。

2005年10月12日,我国成功发射第二艘载人飞船神舟六号,并首次进行多人多天飞行试验。

2008年9月25日至28日,航天员翟志刚、刘伯明、景海鹏乘神舟七号载人飞船,成功进行了我国第三次载人航天飞行。

2011年9月29日,天宫一号发射成功,标志着中国已经拥有建立初步空间站,即短期无人照料的空间站的能力。

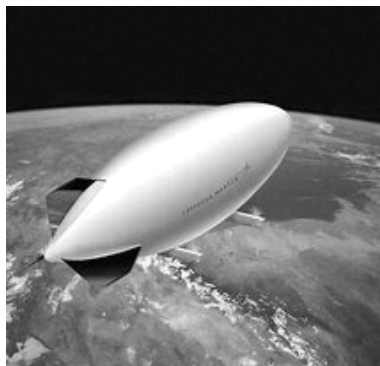


图 1-5-7 飞艇



图 1-5-8 飞机



图 1-5-9 航天飞机



图 1-5-10 运载火箭

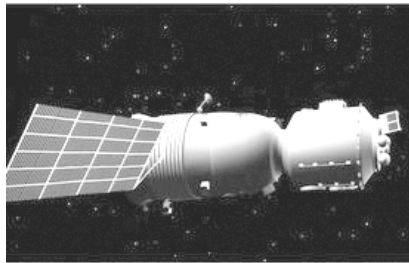


图 1-5-11 载人飞船



图 1-5-12 飞船对接

2011年11月3日和14日,神舟八号与天宫一号进行了两次空间无人自动交会对接,突破和掌握了自动交会对接技术(图1-5-11、图1-5-12)。

2012年6月16日,航天员乘组景海鹏、刘旺、刘洋乘神舟九号载人飞船,与天宫一号“太空牵手”。

2013年6月11日,航天员聂海胜、张晓光、王亚平乘神舟十号,开启首次应用性太空飞行。

2016年9月15日,天宫二号发射成功。天宫二号空间实验室是继天宫一号之后中国自主研发的第二个空间实验室,也是中国第一个真正意义上的空间实验室,将用于进一步验证空间交会对接技术及进行一系列空间试验。

2016年10月17日,神舟十一号飞船进入太空,神舟十一号飞行时间长达33天。神舟十一号飞船与天宫二号自动交会对接,形成组合体,航天员进驻天宫二号,组合体在轨飞行30天。两名航天员按计划开展了有关科学实验。

2017年4月20日,天舟一号进入太空。天舟一号是我国自主研制的首艘货运飞船,将与天宫二号空间实验室完成交会对接,实施推进剂在轨补加,突破和掌握推进剂在轨补加等关键技术。

2018年12月8日,嫦娥四号在西昌卫星发射中心由长征三号乙运载火箭成功发射。2019年1月3日,嫦娥四号成功登陆月球背面,全人类首次实现月球背面软着陆。2019年1月11日,嫦娥四号着陆器与玉兔二号巡视器正常工作,在“鹊桥”中继星的支持下顺利完成互拍,地面接收图像清晰完好,搭载的科学实验项目顺利开展,达到工程既定目标,标志着嫦娥四号任务圆满成功。

练习 1-5

1. 在匀速行驶的动车上,我们竖直向上跳起来,为什么落下来还会落到原地?

2. 一辆质量 $2\,000\text{ kg}$ 的汽车在平直的柏油路面上以 25 m/s 的速度行驶,某时刻突然关闭发动机,同时制动,汽车开始做匀减速直线运动,经过 20 s 停了下来,求关闭发动机后阻力的大小。

3. 在光滑水平面上有一个静止的物体,物体质量是 10 kg ,在 25 N 水平拉力作用下, 10 s 末的速度是多大? 20 s 内通过的位移大小是多少?

4. 将体重计放在电梯里,体会一下当电梯升降时“超重”和“失重”的感觉。

物理与伟人

近代科学之父——伽利略

一、伽利略生平

伽利略(Galileo Galilei, 1564—1642年),出生于意大利的比萨城。在12岁时,接受了古典教育。17岁时,他进入比萨大学学医,同时潜心钻研物理学和数学。在艰苦的环境下,他仍坚持科学研究,攻读了欧几里得和阿基米德的许多著作,做了许多实验,并发表了许多有影响的论文,从而受到当时学术界的高度重视,被誉为“当代的阿基米德”。

伽利略在25岁时被聘为比萨大学的数学教授。2年后,伽利略因为著名的比萨斜塔实验触怒了教会,失去了这份工作。伽利略离开比萨大学后,1592年去威尼斯的帕多瓦大学任教,一直到1610年。这一时期是伽利略从事科学研究的黄金时期。在此时期,他深入、系统地研究了落体运动、抛射体运动、静力学、水力学等;发现了惯性原理,研制了温度计和望远镜。

1610年,伽利略把他的著作以通俗读物的形式发表出来,取名为《星空信使》。这本书在威尼斯出版,轰动了当时的欧洲,也为伽利略赢得了崇高的荣誉。

伽利略在佛罗伦萨的宫廷里继续进行科学研究,但是他的天文学发现以及他的天文学著作明显地支持哥白尼日心说的观点。因此,伽利略开始受到教会的注意。1616年开始,伽利略开始受到罗马宗教裁判所长达二十多年的残酷迫害。

1642年1月8日,伟大的伽利略离开了人世,享年78岁。

二、伽利略和他的科学发现

18岁那年,有一次他到比萨教堂去做礼拜,注意到教堂里悬挂的长明灯被风吹得一左一右有规律地摆动,他按自己脉搏的跳动来计时,发现它们往复运动的时间总是相等的。就这样他发现了摆的等时性,后来荷兰物理学家惠更斯根据这个原理制成挂摆时钟,人们称之为“伽利略钟”。

1613年,他在罗马出版了《论太阳黑子》。该书以书信的形式明确指出哥白尼学说是正确的,托勒密学说是错误的。由此伽利略触怒了教会,开始受到宗教裁判所的审讯。1632年1月,伽利略在佛罗伦萨出版了《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》。这部著作一经出版便受到广大读者的欢迎,但遭到了罗马教会的反对,伽利略因此而受到长期的监禁。

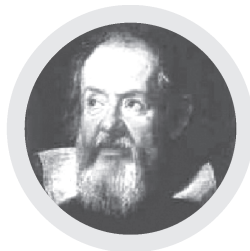
1636年,伽利略在监禁中偷偷地完成了另一部伟大的著作《关于两种新科学的对话》。该书于1638年在荷兰出版,这一巨著从根本上否定了亚里士多德的运动学说。

三、伽利略的科学研究方法

伽利略对物理规律的论证非常严格。他创立了对物理现象进行实验研究并把实验的方法与数学方法、逻辑论证相结合的科学研究方法。伽利略设计的实验虽然是想象中的,但是建立在可靠的事实基础上的。把研究的事物理想化,就可以更加突出事物的主要特征,化繁为简,易于认识其规律。伽利略的这一自然科学新方法,有力地促进物理学的发展,他因此被誉为是“经典物理学的奠基人”。

四、伽利略在科学史上的地位

伽利略的科学发现,不仅在物理学史上而且在整个科学史上都占有极其重要的地位。他不仅纠正



伽利略
Galileo Galilei

了统治欧洲近两千年的亚里士多德的错误观点,而且创立了研究自然科学的新方法。

伽利略在总结自己的科学研究方法时说过:“这是第一次为新的方法打开了大门,这种将带来大量奇妙成果的新方法,在未来的年代里,会博得许多人的重视。”

伟大的科学巨匠——牛顿

牛顿(Isaac Newton, 1643—1727年)是英国著名的物理学家、天文学家和数学家,经典力学理论体系的建立者,是17世纪最伟大的科学巨匠。

1643年1月4日,牛顿出生于英格兰林肯郡乡下的一个自耕农家庭。他12岁进入中学,成绩并不出众,但他热爱读书,喜欢动脑动手,爱做小实验,对自然现象有很强的好奇心。牛顿于1661年6月进入剑桥大学三一学院,1664年成为奖学金获得者,1665年大学毕业获学士学位。1665—1666年,伦敦流行鼠疫,剑桥离伦敦不远,唯恐波及,学校停课,他回到家乡。这两年牛顿才华横溢,做出了多项发明。1667年他重返剑桥大学,1668年3月16日被选为三一学院的正院侣。1669年10月27日巴罗推荐年仅26岁的牛顿接替担任卢卡斯讲座教授。1672年他成为皇家学会会员,1703年被选为皇家学会主席。牛顿于1696年谋得造币厂监督职位,1699年升任厂长,1701年辞去剑桥大学工作。因改革币制有功,1705年他被封为爵士。



牛顿

Isaac Newton

牛顿晚年患有膀胱结石、风湿等多种疾病,于1727年在伦敦逝世,终年84岁。人们为了纪念牛顿,用他的名字来命名力的单位,简称“牛”。

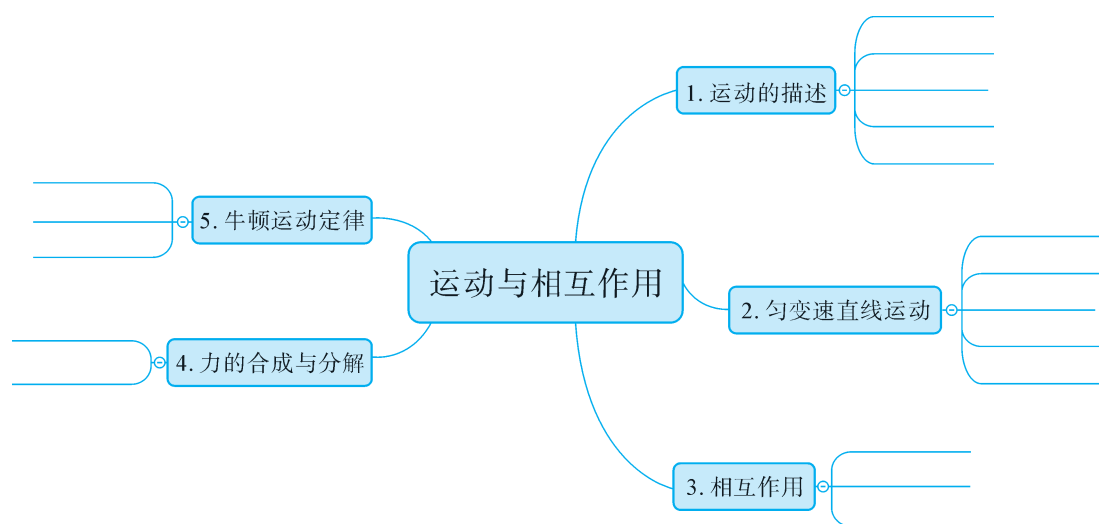
牛顿一生对科学事业所做的贡献,遍及物理学、数学和天文学等领域。在物理学方面,牛顿把地球上物体的力学和天体力学统一到一个基本的力学体系中,创立了经典力学理论体系,从而完成了物理学史上的第一次大综合。1687年出版的《自然哲学的数学原理》,阐述了他的三大运动定律。对于光学,牛顿致力于光的颜色和光的本性的研究,1704年出版了《光学》一书,系统阐述他在光学方面的研究成果。在数学方面,牛顿总结和发展的前人的工作,提出了“流数法”,建立了二项式定理。1665年年初,他创立了数学中的级数,1665年11月创立了微积分学,1666年5月开始研究积分学。在天文学方面,牛顿发现了万有引力定律,发明了反射式天文望远镜,并用它初步观察到行星的运动规律。牛顿在17世纪70年代设计的望远镜被称为反射式望远镜,效果远优于伽利略所设计的折射式望远镜。

牛顿有句名言:“我不知道世人怎样看我,但我自己以为我不过像一个在海边玩耍的孩子,不时为发现比寻常更为美丽的一块卵石或一片贝壳而沾沾自喜,至于展现在我面前的浩瀚的真理海洋,却全然没有发现。”从中我们不难一窥他那博大深邃的精神世界。



扫一扫 看答案

知识梳理



一、运动的描述

(1) 参考系是在描述物体运动时被选来作为参考物体的。原则上,描述一个物体的运动时,参考系是可以任意选取的。

(2) 质点是一个理想化的物理模型,是一种科学的抽象。它忽略了物体的大小和形状等因素,将物体看成一个只有质量、没有大小的理想的点。

(3) 时刻是指某一瞬间,时间是指两个时刻之间的间隔。质点运动中,时刻与质点所在的某一位置相对应,时间与质点所经历的某一段位移或路程相对应。

(4) 路程是质点运动轨迹的长度,是标量;位移是从初位置到末位置的有向线段,是矢量。

(5) 速度可分为平均速度和瞬时速度。

二、匀变速直线运动

(1) 变速直线运动是速度不断变化的直线运动。

(2) 匀变速直线运动是一种理想化的过程模型,可分为两类,即匀加速直线运动和匀减速直线运动。

(3) 加速度是描述物体运动速度变化快慢的物理量。加速度是速度的变化量与发生这一变化所用时间的比值,用 a 表示加速度,单位是米/秒²。

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}$$

(4) 速度公式:

$$v_t = v_0 + at$$

(5) 位移公式:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

(6) 物体只在重力作用下从静止开始下落的运动,叫作自由落体运动。这种运动只有在真空中才能发生。自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动。

三、相互作用——重力 弹力 摩擦力

(1) 力是物体间的相互作用,人们经常用有向线段表示力。线段的长短表示力的大小,线段的指向表示力的方向,箭尾(或箭头)表示力的作用点,线段所在的直线叫作力的作用线。

(2) 地面附近一切物体都受到地球的吸引,由于地球的吸引而受到的力叫作重力。重力的方向总是竖直向下的。

(3) 发生形变的物体,由于要恢复原状,对与它接触的物体施加力的作用,这种力叫作弹力。物体间相互挤压而产生的压力和支持力都是弹力,方向都垂直于物体的支持面指向受力物体。拉力也是一种弹力,绳的拉力沿着绳指向收缩的方向。

(4) 胡克定律:弹簧发生弹性形变时,弹力 F 的大小跟弹性形变的长度 x (伸长或缩短的长度)成正比。

$$F = kx$$

(5) 摩擦力可分为静摩擦力和滑动摩擦力。静摩擦力的大小随着物体受力情况的变化而变化,它的大小介于零和最大静摩擦力之间,静摩擦力的方向总沿着接触面,并且跟物体相对运动趋势的方向相反。

滑动摩擦力的大小跟压力成正比,也就是跟两个物体表面间的垂直作用力成正比。

$$F_f = \mu F_N$$

滑动摩擦力的方向总沿着接触面,并且跟物体的相对运动方向相反。

四、力的合成与分解

(1) 求几个力的合力的过程或求合力的方法,叫作力的合成。两个互成角度的共点力合成时,遵循力的平行四边形定则。

(2) 求一个力的分力叫作力的分解。力的分解是力的合成的逆运算,仍然遵循力的平行四边形定则。一个力如何分解,要根据实际情况来确定。

五、牛顿运动定律

(1) 一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态,直到有外力迫使它改变这种状态为止。这就是牛顿第一定律,又叫惯性定律。一切物体在任何情况下都具有惯性,惯性是物体固有的一种属性,质量是物体惯性大小的量度。

(2) 物体加速度的大小跟作用力成正比,跟物体的质量成反比,加速度的方向跟作用力的方向相同,这就是牛顿第二定律。

$$F = ma$$

物体所受到的力往往不止一个,这时式中 F 指的是物体所受的合力。

(3) 两个物体之间的作用力与反作用力总是大小相等,方向相反,作用在同一条直线上,这就是牛顿第三定律。

$$F = -F'$$