经全国中小学教材审定委员会 2004 年初审通过

普通高中课程标准实验教科书

物理

WULI

必修 1



教育科学出版社
ESPH
Educational Science Publishing House

微信公众号：电子课本大全

经全国中小学教材审定委员会 2004 年初审通过

普通高中课程标准实验教科书

物理

WULI

必修 1



教育科学出版社

·北 京·

微信公众号：电子课本大全

主　　编　陈熙谋　吴祖仁
副 主 编　刘炳昇
本册主编　管寿沧
本册副主编　叶　兵　李　容
本册执笔人　王永生　刘晓晴　马宇澄　杨树崤
　　陶昌宏　赵　薇　陈琪兮　武淑清

责任编辑　郑　军　莫永超　石雷先
责任校对　刘永玲
责任印制　曲凤玲　黄　萍

经全国中小学教材审定委员会2004年初审通过

普通高中课程标准实验教科书

物　理　必修1

教育科学出版社出版
（北京·朝阳区安慧北里安园甲9号　邮政编码：100101）
四川出版集团　四川教育出版社重印
（成都市槐树街2号　邮政编码：610031）
新华文轩出版传媒股份有限公司发行
成都新华印务有限责任公司印装
成品规格：210毫米×297毫米　印张：7
2005年11月第1版　2011年6月四川第2次印刷

ISBN 978-7-5041-3108-9
定价：13.20元（含光盘1）

（如有印装质量问题，请与新华文轩出版传媒股份有限公司调换。电话：028-83157594）

微信公众号：电子课本大全

面向全体同学 提高科学素养

高一新学年，小明、小芳、小聪又升入同一个班，开学的第一天就一起去看望将给他们上物理课的郝老师，并请教高中物理学习的有关问题.

他们谈了些什么呢？同学们大概都感兴趣吧！

小聪：老师，初中物理挺有趣，我很喜欢. 听说高中物理比较难，是吗？

老师：初中物理大多是定性描述. 高中物理定量内容较多，许多基本的物理问题都通过建立典型的物理模型、采用数学公式进行定量描述. 高中物理不但注重实验探究，而且有一定的理论探究，即通过类比分析、逻辑演绎、推理论证等方法去寻找问题的结论，因此要求有一定的抽象思维和逻辑推理能力.

小芳：哇，怪不得难了！

老师：别担心！过去初、高中物理之间台阶确实较大，高中物理教材一开始理论性就比较强，较为抽象，解题练习多，实验动手少，缺乏物理情景，与同学们的生活经验和学习能力距离较大，有些难以适应. 所以，“高一物理分化比较严重！”但高中物理课程标准教材与以前的教材相比，已经发生了很大的变化. 首先体现了“面向全体学生”的思想，强调从高一同学的实际情况出发，联系生活，联系实际，关注初、高中物理衔接，具有起步低、坡度小的特点，使每一位同学都能走上高中物理学习的台阶，不断进步.

众同学：太好了！

老师：这次课程改革根据现代教育理论，提出了以“提高全体高中学生的科学素养”为目标的课程标准. 过去的教学大纲主要是强调科学知识，而现在的课程标准则强调“知识与技能，过程与方法，情感、态度与价值观”的三维教学目标，强调以学生为本，提倡在老师的指导下让同学们经历动手动脑的自主学习过程，不但学习知识，还学习科学思想、方法，要学会学习.

小聪：这些想法很好，但如何体现在教材中呢？

老师：新教材注重“情景创设”，每节课都力求从同学们熟悉的生活现象、自然现象或课堂上看到的实验现象开始，引导同学们“观察思考”，“提出问题”，然后让大家“讨论交流”，对问题的解决提出“猜想”和“假设”，并组织同学们去经历问题解决的过程.



为了促进同学们经历探究性学习活动过程，培养观察思考、提出问题和解决问题的能力，新教材专门设置了若干体现活动过程的栏目，图标如下：

讨论交流　　观察思考

活动　　实验探究

微信公众号：电子课本大全

练习与评价　发展空间　物理在线

物理学史启示　课外阅览　小资料

小明：这种形式挺有意思！一看见图标就知道该做什么，兴趣就来了.

小聪：老师，提高科学素养为什么要强调“三维教学目标”呢?

老师：一般地说，知识可以进行传播、讲授，容易接受也容易遗忘，但科学素养是一个人内在的东西，不可能通过传播的方式简单形成，必须通过同学们亲自经历学习过程才能逐渐形成，而一旦形成就能成为一个人比较稳定的品质. 当然，就知识而言，也是通过同学们自己经历动手动脑的过程，学起来才会生动有趣，理解得深，记得牢.

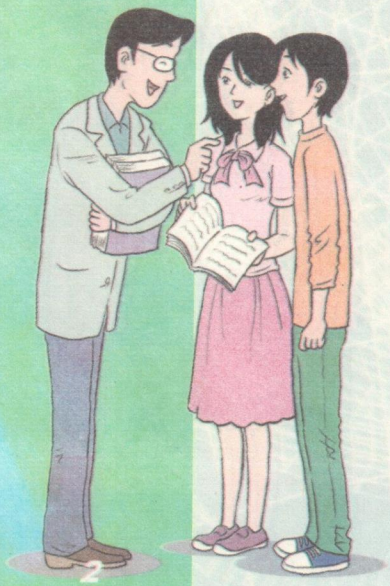
小芳：明白了！我们一定在老师的指导下积极参与动手动脑的物理学习过程.

小聪：老师，在初中物理课程标准中也有“三维教学目标”，不知初、高中“三维教学目标”有什么区别?

老师：初、高中物理课程标准“三维教学目标”从字面上看差不多，但高中物理进一步强调以人为本，自主学习，适应不同兴趣和个性发展需要；强调时代性、基础性、选择性；注重实验探究和理论探究的结合等.

小芳：老师！什么是时代性、基础性、选择性呢?

老师：高中物理课程采用“模块”式结构，分成一个基础平台和三个选修方向. 基础平台由两个模块构成，这是每个高中生都要学的；三个选修方向是平行的. 各个选修方向在课程内容和要求方面都不一样，同学们可以根据自己的兴趣和特长进行选择.



小明：这样好!我就喜欢多一些推理论证的内容. 物理学既有实验，又有理论才有意思. 我的目标是将来争取报考物理、生命科学或材料科学等专业.

老师：好啊!选修3系列，就是为你这样的同学准备的.

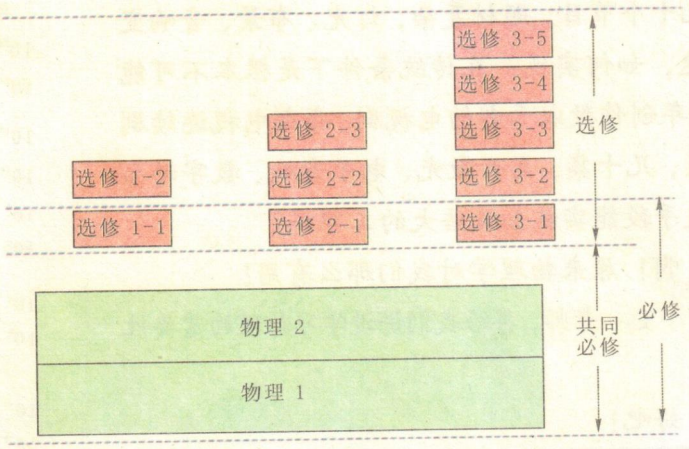
小聪：我不太喜欢那么多的理论，但喜欢多动手，多做些实验，联系实际解决一些具体问题，将来在技术上有所创造发明.

老师：那在学完公共必修课后，你可以学习选修2系列啊!

小芳：那我呢?我既不想学理论，也不想学技术，因为我在文学艺术方面有爱好，有特长. 爸爸妈妈希望我将来学习文学艺术类专业.

老师：你可以选择选修1系列啊!

微信公众号：电子课本大全



高中物理课程模块式结构图

众同学：噢!既有共同要求，又可以自由选择，这次课改为我们想得真周到!

老师：现在给你们讲讲课程的“时代性”问题. 时代性，一方面是指高中物理内容上要联系现代科技、经济、文化和生活，联系一些现代物理的知识，另一方面从教材编写思想、呈现方式和教学过程上要体现现代教育理念，适应同学们的学习特点，有利于自主学习，有利于培养创新思想、创新精神和创新能力.

小聪：老师，是不是可以这么理解，这次课程改革，从国家考虑是想把“科教兴国”“普及科学发展观”“建设创新型国家”等这样一些国家发展的重大战略思想与中学课程改革联系起来了!

老师：真聪明! 党中央和国务院就是把这场课程改革作为21世纪争取中华民族伟大复兴的大事来抓的.

众同学：难怪这次课程改革从上到下那么重视，声势那么大!

小芳：老师，我还有个问题不明白，我将来想去从事文艺创作，干吗还要学物理?

老师：高中物理是一门科学文化基础课，是国家对每个受过高级中学教育的学生的一种基本要求. 当今时代的文化基础不再局限于读、写、算和文史哲方面的传统概念上的文化. 科学与人文的结合是当代文化的重要特征，缺乏科学文化，就会成为“科盲”，就不能正确地观察、理解现代社会的种种现象. 物理文化是科学文化的基础，是进一步学习化学、生物、医学等自然学科和工程技术专业的基础，也是学习哲学、经济、教育、文学、艺术的基础. 文化艺术工作者的使命是研究社会现象、进行创作、服务于广大群众. 如果不懂科学文化，不懂得将科学与人文融于艺术之中，就不能体现现代艺术创作的时代性. 就说大家熟悉的一年一度的春节晚会，



微信公众号：电子课本大全

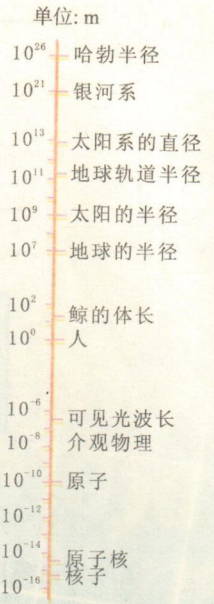
认识世界　改变世界的物理学

一个晚上几十个节目，题材复杂，灯光、布景、音响变化频繁迅速，如何实现？在传统条件下是根本不可能的．全国每年创作数以千部的电视剧，每部电视连续剧长达十几集，几十集，离开激光、电子音响、数字动画等现代科技手段能实施如此浩大的工程吗？

小芳：啊！原来物理学对我们那么有用！

小明，小聪：老师，再给我们讲讲学习物理的重要性吧！

老师：好吧！



从微观、介观、宏观到宇观的物质世界空间尺度

物理学是认识世界的科学．物理学的发展已经从微观、介观、宏观和宇观四个不同的空间尺度上，对物质世界的结构、相互作用和运动规律方面描绘出了一幅幅清晰的图像．作为21世纪的公民，对物理世界的这个图像应该有一个基本了解，否则就不能科学地看待自己生活着的世界，就不能在封建迷信、邪教和形形色色的伪科学面前保持清醒的头脑和应有的警惕．物理学的理论和思想是我们鉴别真伪、认识周围事物的有力武器．

物理学也是改变世界的科学，是物理学的发展驱动第一次、第二次工业革命，开创了机械化、电气化时代，使人类经历了几千年农业社会后进入工业社会；20世纪现代物理学的发展奠定了一个个划时代的技术创新的基础，使人类社会在短短一个世纪里就经历了原子能时代、半导体时代、激光时代、纳米时代、数字时代和信息时代等巨大变化，不系统地学习物理学就不能理解现代社会为什么会有如此迅速的变化！



物理学的上述两大特点决定了其在培养人的科学文化素质方面具有的特殊教育功能．另外，几百年来一代代物理学家，在科学思想和方法上的创新，不怕困难艰辛、不图名、不求利、追求真理、坚持真理的科学态度，以及不迷信权威、敢于质疑、敢于创新的科学精神等都是后人学习的宝贵精神财富．

众同学：老师，您这一席话大大地提高了我们学习物理的兴趣、信心和决心！我们一定要努力学好物理课程！

老师：同学们，每个人只有一个中学时代，你们遇到了一个课程改革的大好时机，希望同学们珍惜时代机遇！

微信公众号：电子课本大全

目录



第一章　运动的描述

1. 质点　参考系　空间　时间……2
2. 位置变化的描述——位移……6
3. 运动快慢与方向的描述——速度……10
4. 速度变化快慢的描述——加速度……15
5. 匀变速直线运动速度与时间的关系……19
6. 匀变速直线运动位移与时间的关系……23
7. 对自由落体运动的研究……27
8. 匀变速直线运动规律的应用……33
9. 测定匀变速直线运动的加速度……36
本章小结……40
习　题……41



第二章　力

1. 力……44
2. 重力……47
3. 弹力……50
4. 摩擦力……54
5. 力的合成……59
6. 力的分解……63
本章小结……67
习　题……68



第三章　牛顿运动定律

1. 牛顿第一定律……70
2. 探究加速度与力、质量的关系……73
3. 牛顿第二定律……77
4. 牛顿第三定律……80
5. 牛顿运动定律的应用……84
6. 超重与失重……88
本章小结……91
习　题……92



第四章　物体的平衡

1. 共点力作用下物体的平衡……94
2. 共点力平衡条件的应用……97
3. 平衡的稳定性（选学）……99
本章小结……102
习　题……103

附录　中英文索引……104

微信公众号：电子课本大全

第一章 运动的描述

- 质点　参考系　空间　时间
- 位置变化的描述——位移
- 运动快慢与方向的描述——速度
- 速度变化快慢的描述——加速度
- 匀变速直线运动速度与时间的关系
- 匀变速直线运动位移与时间的关系
- 对自由落体运动的研究
- 匀变速直线运动规律的应用
- 测定匀变速直线运动的加速度

物理学对物体运动的描述是从一个“点”开始的，她用数学的方法描述这个“点”的位置、位置的改变，及位置改变的快慢……

从描述物质世界最简单的理想模型开始，建立理论，并用以去研究整个宇宙，这是物理学的一个重要研究方法. 这一方法常被人们认为是“科学方法”的典范.



微信公众号：电子课本大全

力学（mechanics）可分为两个部分：一部分是对物体运动的描述，称为运动学（kinematics）；另一部分是对物体运动的原因和相关规律的研究，称为动力学（dynamics）. 下面我们首先来学习运动学的内容.

1 质点 参考系 空间 时间

机械运动

宇宙间的一切物体，大到天体，小到微观粒子都处在永恒的运动之中. 物体运动有多种形式，其中最简单的一种是一个物体相对于另一个物体位置的改变，如列车的行驶、河水的流动、天体的运行等，这种运动称为**机械运动**（mechanical motion）.

质 点

由于机械运动的形式多种多样，要精确描述某个物体的运动情况是非常困难的. 例如，在高速公路上行驶的汽车，虽然车身正在向前运动，但车轮却在向前运动的同时还发生着转动，因此车上各点的运动情况也不尽相同. 怎样描述汽车的运动情况呢？可以做一些简化吗？

经验告诉我们，在解决汽车从甲地行驶到乙地这类问题时，可以不考虑车轮的转动情况. 这样，我们就可以把整个汽车当成一个“点”来考虑. 也就是说，在研究一个物体的运动时，如果被研究物体的形状、大小在所讨论的问题中可以忽略，就可把整个物体简化为一个有质量的点，这个用来代替物体的有质量的点称为**质点**（mass point）. 在这种情况下，对实际物体运动的描述就转化为对质点运动的描述.

那么，在什么条件下，我们能够把物体看做质点呢？

小资料

这种保留主要因素而忽略次要因素的思维方法通常称为**理想化方法**，而这种从实际物体中抽象出来的、被理想化了的研究对象称为**理想模型**.

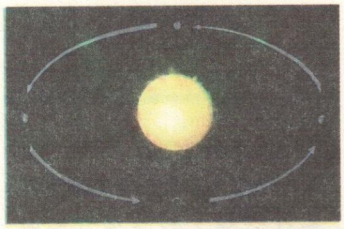
微信公众号：电子课本大全

讨论交流

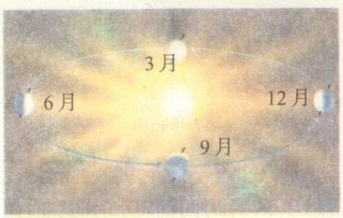
1. 如图 1-1-1 所示，你认为在研究什么问题时能把地球当作质点？什么情况下不能？为什么？

2. 如果要计算一列火车从上海行驶到北京所需的时间，能否把列车看成一个质点？

说出你对这两个问题的看法，并说明理由.



（a）研究地球绕太阳公转一周所需的时间



（b）研究地球绕太阳公转一周，地球上不同地区季节的变化、昼夜长短的变化

图 1-1-1

首先在图 1-1-1（a）的这个问题中，由于地球直径不足它与太阳之间距离的万分之一，因此，在研究地球公转的周期时，地球的大小能够忽略不计，可以把它视为质点；而对图 1-1-1（b）所示的问题，由于季节和昼夜长短的变化与不同地区在地球上的位置有关，因此不能将地球视为质点. 第二个问题中，由于火车由上海到北京运动的距离比其自身的长度大得多，此时该列火车可视为质点；倘若要研究火车车轮的运动情况，显然就不能将火车视为质点. 可见，一个物体能否看做质点，完全取决于所研究问题的性质，而不是看物体实际体积的大小.

参考系

我们知道，物体的运动和静止是相对的，要确定一个物体的位置并描述它的运动情况，就要选定某个其他物体做参考，这个被选作参考的物体叫做参照物，也称为**参考系**（reference frame）.

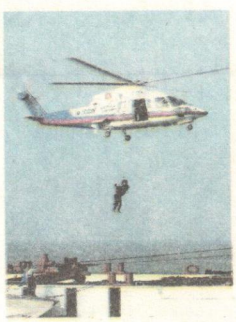


图 1-1-2 直升机空中救援

讨论交流

1. 如图 1-1-2 所示，一架直升飞机正在执行救援任务，它悬停在大海中的钻井平台上空，救生员抱着受援者通过缆绳将其提升到飞机上. 试分别以飞机驾驶员、救生员和平台上的其他人员为参考系，描述受援者的运动情况.

2. 雨天，站在路旁的小明与坐在行驶的汽车中的小聪看到雨滴的轨迹有什么不同（图 1-1-3）？

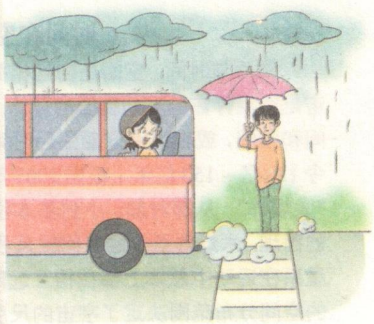


图 1-1-3 两人看到的雨滴轨迹是不同的

微信公众号：电子课本大全

由此可见，选择的参考系不同，对同一研究对象运动情况的描述就可能不同. 为解决问题简洁、方便，通常需要选取合适的参考系. 在中学阶段，除特别说明外，一般都选取地面或相对于地面静止的物体作为参考系.

空间　时间　时刻

任何物体的运动都是在空间（space）和时间（time）中进行的.

在日常生活中，“时间”与“时刻”是容易混淆的两个名词. 譬如，“火车什么时间开？”这句话中的“时间”实际上指的是“时刻”. 在物理学中，常用时间轴上的一个点表示时刻，用时间轴上的一段距离表示时间.

例如，公共汽车8:00经过某一个车站，8:05经过下一个车站. 其中8:00指的是一个时刻，用t_1表示；8:05指的是另一个时刻，用t_2表示. 如图1-1-4所示，t_1、t_2分别对应于时间轴上的两个点. 两时刻之间的间隔用Δt表示，它对应于时间轴上的一段距离，这段距离就表示时间，显然$\Delta t = t_2 - t_1 = 5$ min.

时间是物理的，是物理世界的一部分，而不是物理世界之外和超乎物理世界之上的. ……时间是人们在时钟上测到的物理量.

——阿特·霍布森

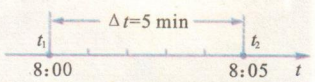


图1-1-4　用时间轴表示时间和时刻

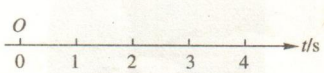


图1-1-5　时间轴

讨论交流

如图1-1-5所示，时间轴的起点O叫做零时刻，时间间隔的单位为1 s. 请说明第2 s末、第3 s初、第3 s末、第3 s内与前3 s内的区别，并在时间轴上标出来.

小资料

时间和空间是否有限

物质与时间、空间是密切相关的，它们是不可分割的统一体，而宇宙是客观存在的一切物质的总体. 因此，在宇宙诞生的同时才出现了时间和空间，或者说宇宙诞生后时间和空间概念才有意义. 宇宙诞生于距今120亿～150亿年（根据2003年的数据为137亿±2亿年）前的一次“大爆炸”. 从那时起，小到基本粒子大到各个星系逐渐形成，直至生命的出现. 大爆炸至今的时间就是我们所在宇宙的年龄；人们已观察到各星系在运动中总体上都在相互远离，这反映了空间还在不断膨胀. 物质的空间分布范围决定了宇宙的尺度. 然而，时间会不会有一个终点？空间会不会永远膨胀下去？这些“宇宙之谜”还有待人们继续研究.


图1-1-6　这是通过哈勃太空望远镜拍摄到的距地球约100亿光年的遥远星系

微信公众号：电子课本大全

练习与评价

1. 开始，两列火车平行地停在某一站台上，过了一会儿，甲车内的乘客发现窗外树木在向西运动，乙车内的乘客发现甲车仍没有动. 如以地面为参考系，上述事实说明（　　）.

A. 甲车向东行驶，乙车不动　　B. 乙车向东行驶，甲车不动

C. 甲车向西行驶，乙车向东运动　　D. 甲、乙两车以相同的速度向东行驶

2. 分析下列情境中的研究对象哪些能看做质点，哪些不能看做质点.

（1）研究跳水运动员在空中做的转体运动；

（2）研究运行中的人造地球卫星的轨道；

（3）研究运动中的自行车车轮的转动快慢；

（4）研究乒乓球在空中飞旋的轨迹.

3. 关于时间与时刻，下列说法中正确的是（　　）.

A. 手表上指针所指的某一位置表示的是时间

B. 作息时间表上的 7:40 表示的是时刻

C. 2 s 内与第 2 s 内是指同一段时间

D. 第 5 s 内和第 3 s 末都是指时刻

发展空间

观察图 1-1-7，分别以太阳和地球为参考系，火星运行的轨迹形状相同吗？

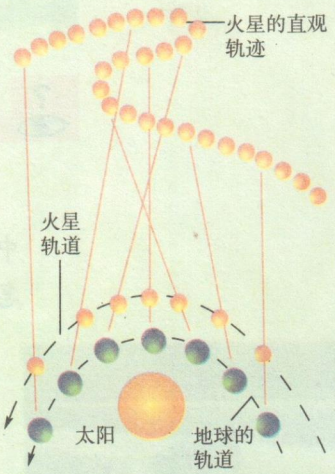


图 1-1-7　在不同参考系中看到的火星运动轨迹

微信公众号：电子课本大全

2 位置变化的描述——位移

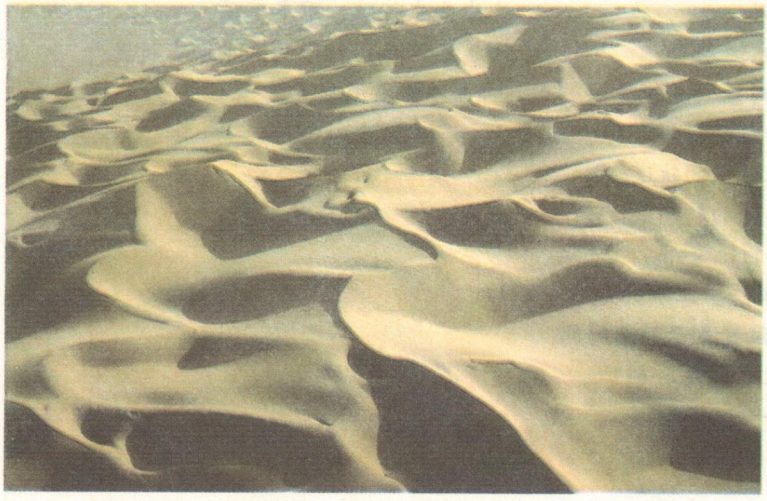


图 1-2-1 塔克拉玛干沙漠是我国最大的沙漠. 大漠中，远眺不见边际，抬头不见飞鸟，满目沙丘，仿佛置身于巨浪滚滚的大海中，人们把它称为“死亡之海”

许多穿越塔克拉玛干沙漠（图 1-2-1）的勇士常常迷路，甚至因此而丧生. 他们之所以失败，常常是因为在沙漠中弄不清这样三个问题：我在哪里？我要去的地方在哪里？选哪条路线最佳？20 世纪末，一位欧洲妇女成功穿越了这个“死亡之海”，这是因为她携带了 GPS 接收机（见本节末“课外阅览”），时时都能找出上述三个问题的答案.

这三个问题涉及三个描述物体运动的物理量：位置、位移和路程.

确定位置的方法

观察思考

疾驶在高速公路上的汽车（图 1-2-2），航行在浩瀚大海中的轮船（图 1-2-3），翱翔在蔚蓝天空上的飞机（图 1-2-4），怎样确定它们在某个时刻的位置呢？

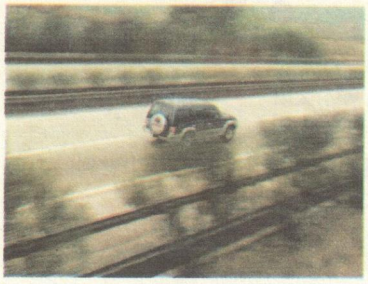


图 1-2-2 高速公路上的汽车



图 1-2-3 大海中的轮船



图 1-2-4 蔚蓝天空上的飞机

为了定量地描述物体（质点）的位置以及位置的变化，需要在参考系上建立一个**坐标系**（coordinate system）.

微信公众号：电子课本大全

例如，甲虫在东西向的直铁丝上向东爬行，若以 O 为原点沿铁丝建立一个直线坐标系（图1-2-5），甲虫在任何时刻的位置就可用它在该时刻的位置坐标表示，坐标值 $x_1=-2\ \text{cm}$ 和 $x_2=3\ \text{cm}$ 表示它在初、末两时刻的位置．再如，一只蚂蚁在坐标纸上爬行，若以 O 为原点建立平面直角坐标系，则该蚂蚁任何时刻的位置即可由位置坐标表示．图1-2-6中蚂蚁该时刻的位置为：$x=9\ \text{cm}$，$y=5.5\ \text{cm}$.

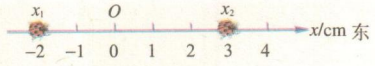


图 1-2-5

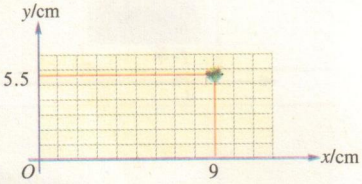


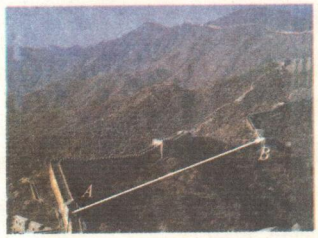
图 1-2-6

讨论交流

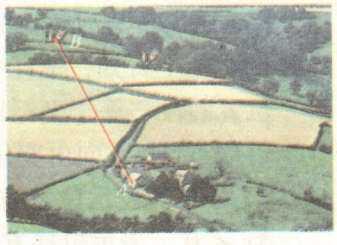
怎样建立坐标系来研究汽车、轮船与飞机的位置及其位置的变化呢？

位 移

假如你去山区旅游，从一个景点到另一个景点，可以走平缓的盘山公路，也可以走陡峭的山路．虽然经过的路径不同，但初、末位置相同，即位置的变化是一样的．物理学中把物体在一段时间内位置的变化称为**位移**（displacement），用从初位置到末位置的一条有向线段表示，如图1-2-7中的带箭头的线段 AB.



（a）同学甲从长城的烽火台 A 到烽火台 B 的位移是图中带箭头的线段



（b）同学乙从家（A）到学校（B）的位移是图中带箭头的线段

图 1-2-7

为了研究物体的位移，我们可以建立坐标系进行分析．例如，在图1-2-8中，物体沿直线从点 A 运动到点 B，点 A、B 对应的坐标分别为 x_1、x_2，则物体位置坐标的变化量（即位移）可表示为

$$\Delta x=x_2-x_1$$

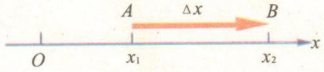


图 1-2-8

如果把上图中的 A 选作坐标原点，位移就可用 x 来表示．这是我们通常的做法．在后续的学习中，大都以 x 表示位移．

【例题】汽车在北京长安街上由东向西沿直线行驶，10:00经过王府井站，10:05经过天安门，10:12到达西单站．已知王府井站离天安门1.2 km，西单站离天安门1.8 km，求汽

微信公众号：电子课本大全

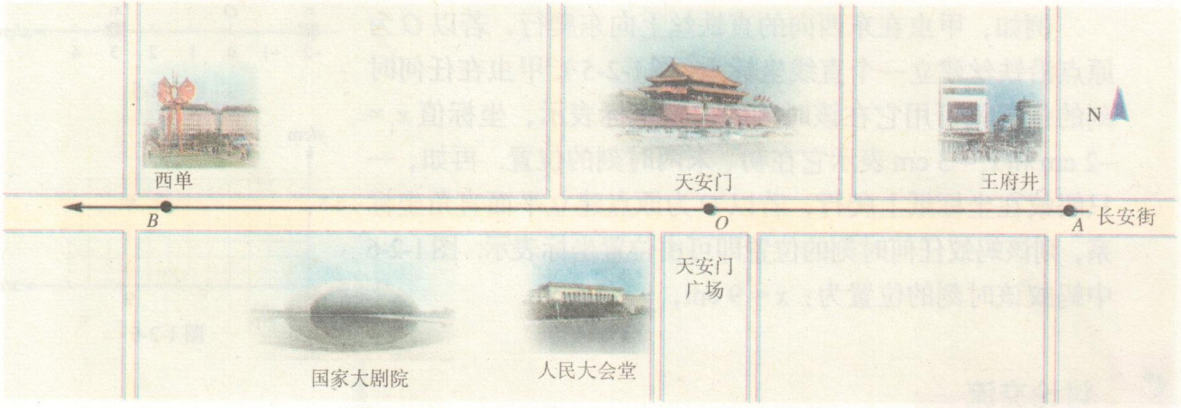


图 1-2-9　直线坐标系

车从王府井站到西单站以及再从西单站返回王府井站的位移.

【解】沿长安街建立一个直线坐标系，坐标轴方向向西，如图 1-2-9 所示. 以天安门为原点 O，王府井站用点 A 表示，西单站用点 B 表示，则点 A 的位置坐标 $x_A = -1.2$ km，点 B 的位置坐标 $x_B = 1.8$ km.

当汽车从王府井站到西单站即从点 A 到点 B 时，其位移

$$\Delta x_1 = x_B - x_A = 1.8\ \text{km} - (-1.2\ \text{km}) = 3\ \text{km}.$$

当汽车从西单站到王府井站即从点 B 到点 A 时，其位移

$$\Delta x_2 = x_A - x_B = (-1.2\ \text{km}) - 1.8\ \text{km} = -3\ \text{km}.$$

汽车两次的位移大小都相同，前者为正值，表示位移方向与坐标轴选定方向一致（向西）；后者为负值，表示位移方向与坐标轴选定方向相反（向东）.

由上可知，做直线运动的物体，由一个位置到另一个位置的位移等于坐标轴上对应位置坐标的变化量 Δx（$\Delta x = x_2 - x_1$），其方向由变化量的正负来表示. 如果 $x_2 > x_1$，则 $\Delta x > 0$，表示位移方向沿 x 轴正方向；如果 $x_2 < x_1$，则 $\Delta x < 0$，表示位移方向沿 x 轴负方向.

标量和矢量

在物理学中，只有大小没有方向的物理量称为**标量**（scalar），如质量、时间、路程、温度等；而像位移那样既有大小又有方向的物理量，称为**矢量**（vector），如力、速度等物理量都是矢量. 矢量可用一根带有箭头的线段（有向线段）表示，线段的长短表示矢量的大小，箭头的指向表示矢量的方向.

标量加减遵循“算术法则”，但矢量的加减却有所区别，我们将在第二章讨论这个问题.

微信公众号：电子课本大全

讨论交流

1. 如图 1-2-10 所示，蚂蚁从 A 点出发，位移大小为 0.5 m，方向为东偏南 30°，你能确定蚂蚁的末位置 B 吗？如果已知蚂蚁从 A 点出发，路程为 0.5 m，你能确定蚂蚁的末位置 B 吗？能确定它的末位置范围吗？

2. 上面的问题中，假如蚂蚁从 A 点出发到达终点 B，其位移大小为 0.5 m，方向为东偏南 30°，它爬行的路径可能有多少条？路程与位移大小的关系如何？

3. 若蚂蚁恰好沿半径为 R 的圆爬行一周，则位移与路程各是多少？

请总结位移与路程的区别.

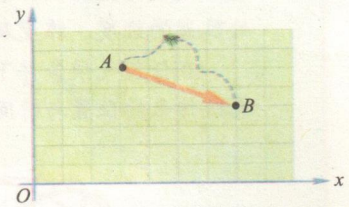


图 1-2-10 蚂蚁运动的位移和路程

练习与评价

1. 皮球从 3 m 高处自由落下，被地板弹起后，在 1 m 高处被接住，则小球在整个过程中通过的路程为_____ m，位移的大小为_____ m，方向_____.

2. 如图 1-2-11 所示，一个长方形的运动场，长为 120 m，宽为 80 m. 学生甲在 Δt_1 时间内，从 A 点出发，沿着 AB、BC、CD 到达 D 点. 他在 Δt_1 时间内行走的路程是多少？位移的大小是多少？位移的方向如何？学生乙在 Δt_2 时间内，从 A 点出发沿着四条边运动一周，回到 A 点，他在 Δt_2 时间内的位移是多少？

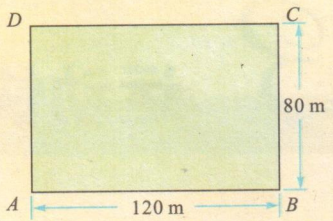


图 1-2-11

发展空间

课外阅览

全球定位系统（GPS）

对于旅行家和探险家来说，在险恶的环境中，如果不知道自己所处的位置及时间，将会非常危险.

过去，人们靠地图、海图、罗盘来确定位置，靠沙漏、钟表、太阳和其他星体的位置等来确定时间，但这些方法不仅准确度差，而且有时无法实现，这就给他们的旅行或探险带来了极大困难. 以通信卫星为依托的全球定位系统（GPS）的出现较好地解决了这一难题. 如

微信公众号：电子课本大全

图1-2-12所示，地面的任一点，在任何时刻都处在至少4颗卫星的覆盖范围内，这些卫星不断地发射有关位置、时间的无线电信号，地面的接收系统接收到这些信号后，就能确定你所处位置的经度、纬度及海拔高度，从而精确地确定这一点的方位并显示时间.

在任何气候条件下，在地球上任何位置的人，只要持有一部GPS接收机，就可以接收该系统传来的位置与时间的准确信息.

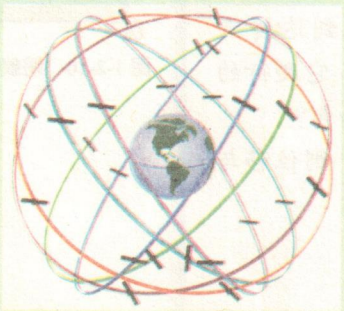


图1-2-12　GPS由24颗导航通信卫星组成，它们运行在6条轨道上

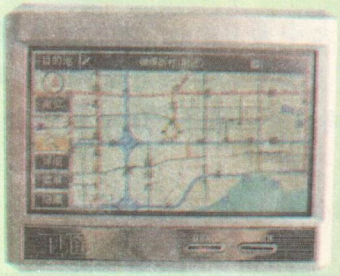


图1-2-13　车用GPS接收机

3 运动快慢与方向的描述——速度

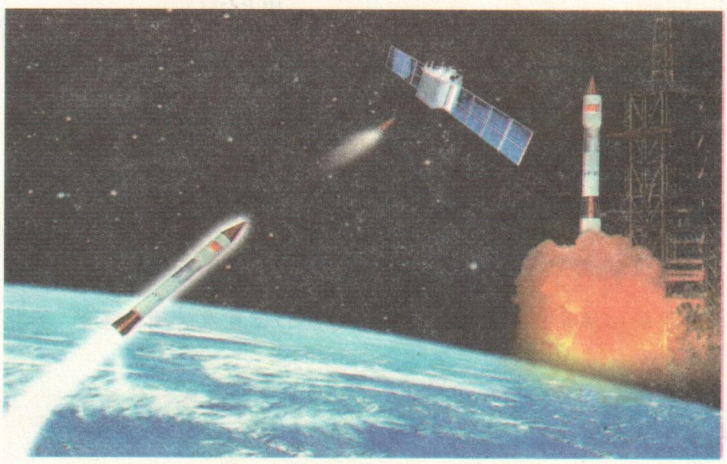


图1-3-1　反卫星导弹实验示意图

2007年1月11日，我国进行了一次反卫星导弹实验，成功摧毁了已失效的“风云”一号卫星. 导弹能否击中在轨卫星，除了要迅速准确地收集和处理卫星与地球所提供的信息外，还取决于对自身速度的精确控制.

微信公众号：电子课本大全

运动快慢的描述——速度

如图 1-3-2 所示，物体沿直线坐标系 Ox 做匀速直线运动. 在 t_1 时刻，物体的坐标为 x_1；在 t_2 时刻，物体的坐标为 x_2（图 1-3-2）. 为了准确反映物体位置变化的快慢（即运动的快慢）和方向，物理学中将位移与发生这段位移所用时间的比值定义为**速度**（velocity），用公式表示为

$$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{x_2-x_1}{t_2-t_1}$$

速度是矢量，其方向就是物体运动的方向. 当物体在一条直线上运动时，若 $x_2>x_1$，则速度为正值，说明速度方向（也就是运动方向）与 Ox 轴正方向相同［图 1-3-2（a）］；若 $x_2<x_1$，则速度为负值，说明速度方向与 Ox 轴正方向相反［图 1-3-2（b）］.

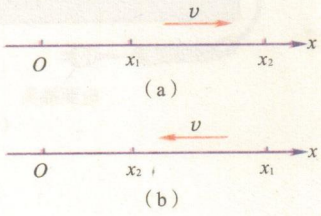


图 1-3-2

在国际单位制中，速度的单位是**米每秒**，符号是 **m/s**（或 **m·s⁻¹**）. 常用的单位还有千米每小时（km/h 或 km·h⁻¹）、厘米每秒（cm/s 或 cm·s⁻¹）等.

平均速度

做匀速直线运动的物体在相等时间内的位移都相等，我们用 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 就可以准确地描述其运动的快慢. 但是在许多情况下，物体在相等时间内的位移并不相等，这种运动叫做变速运动. 做变速运动的物体其位移与时间的比值不是恒定不变的，这时用公式 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 求得的速度只能粗略地描述物体在 Δt 时间内运动的快慢，这个速度叫做**平均速度**（average velocity），通常用符号 $\bar{v}$ 表示. 平均速度也是矢量，其方向由位移的方向决定.

学生实验：用打点计时器测量平均速度

打点计时器是记录做直线运动物体的位置和时间的仪

微信公众号：电子课本大全

器. 电火花打点计时器是其中的一种，它的构造如图1-3-3所示，当接通50 Hz交流电源时，放电针与墨粉纸盘间产生时间间隔为0.02 s的电火花脉冲，当物体带着纸带做直线运动时，纸带上便留下了一系列点迹，通过对纸带上点迹的分析，可以测知物体运动的位移和时间，进而推算出描述物体运动的其他物理量*.

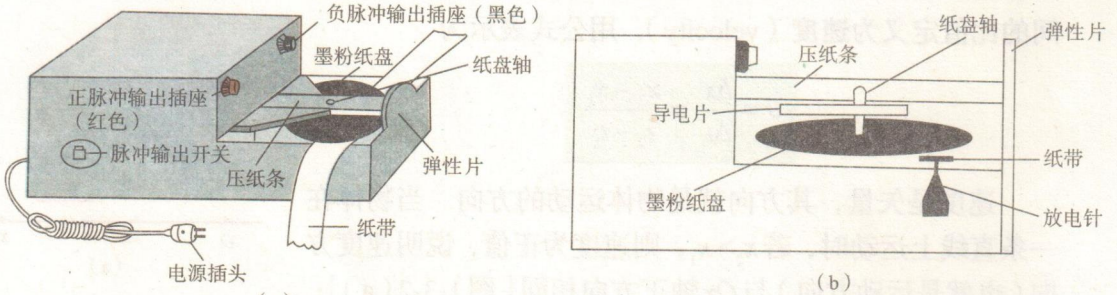


图 1-3-3　电火花打点计时器

实验步骤

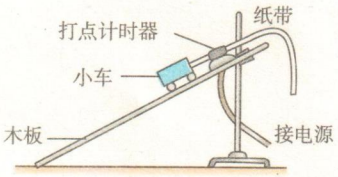


图 1-3-4

1. 如图 1-3-4 所示，将木板固定在铁架台上，把电火花打点计时器安装在倾斜的木板上，把小车与纸带装好，接好电源.

2. 接通电源，将小车从斜面上由静止开始释放，纸带上就会打出一系列点迹.

3. 关闭电源，取下纸带，以0.1 s为周期标注计数点，如图 1-3-5 所示.

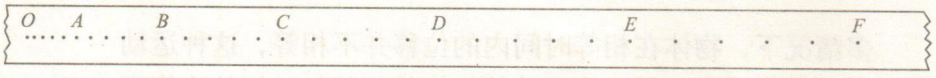


图 1-3-5

分析与处理实验数据

1. 观察纸带上的点迹，说明如何通过点迹判断小车运动的快慢.

2. 说明小车的速度是如何变化的.

3. 测定小车在计数点 O—A、O—B、O—C、O—D、O—E、O—F 区间的平均速度.

4. 通过数据分析，你能推断出哪一区间的平均速度能比较准确地反映小车经过 D 点时运动的快慢？

*用电火花打点计时器，纸带受到的阻力较小. 如果没有它，可以用电磁打点计时器替代.

微信公众号：电子课本大全

瞬时速度

在变速运动中，物体运动的快慢是随时间（或地点）变化的，即它的速度是变化的．要精确描述物体在某时刻或经过某位置时的运动快慢，就要知道运动物体在某时刻或经某位置的速度，这种在某一时刻或某一位置的速度称为**瞬时速度**（instantaneous velocity）．瞬时速度是一个矢量，它的大小表示物体在某一时刻（或某一位置）运动的快慢，它的方向就是物体在某一时刻（或某一位置）运动的方向．瞬时速度的大小称为瞬时速率，简称**速率**（speed）．汽车速度表上的示数、路旁限速牌上的数字都是指速率．那么，实验中怎么来求物体的速率呢？

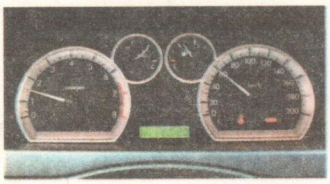


图 1-3-6　汽车速度表

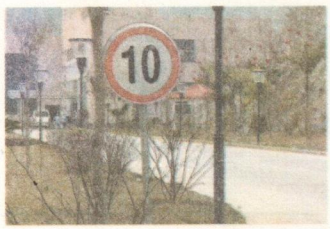


图 1-3-7　限速牌

在前面用打点计时器测量平均速度的实验中，我们可以发现，当所取的 2 个计数点越来越接近 B 点时，求得的平均速度变化越来越小，就越能较准确地反映该点的运动快慢．由此可以看出，围绕某待测点所取的时间 Δt 越来越小时，测得的平均速度大小就越来越接近该点（该时刻）的速率，所取位移的方向就是物体在该点（该时刻）的运动方向．通常，实验中取计数周期为 0.1 s，则纸带上与某一点相邻的 2 个计数点间的时间为 0.2 s，这比一条纸带所记录的总时间要小得多，因此，可以将与某一点相邻的 2 个计数点间的平均速度当作该点的瞬时速度．

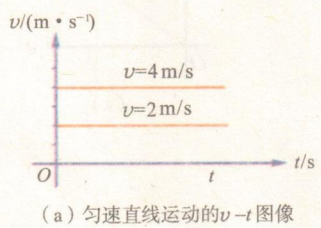
讨论交流

怎样根据图 1-3-5 的纸带求出打 A、B、C、D、E 各计数点时的瞬时速度？

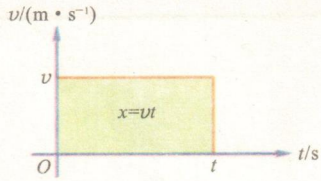
速度—时间图像

以速度为纵轴，时间为横轴，建立一个平面直角坐标系，在该坐标系中画出物体的速度随时间的变化关系，这种描述速度 v 与时间 t 关系的图像叫做**速度—时间图像**（v-t 图像），简称**速度图像**．

匀速直线运动的速度图像是与横轴平行的直线．从图像中不仅可看出速度的大小［图 1-3-8（a）］，而且可以求出



（a）匀速直线运动的 v-t 图像



（b）矩形面积表示位移的大小

图 1-3-8

微信公众号：电子课本大全

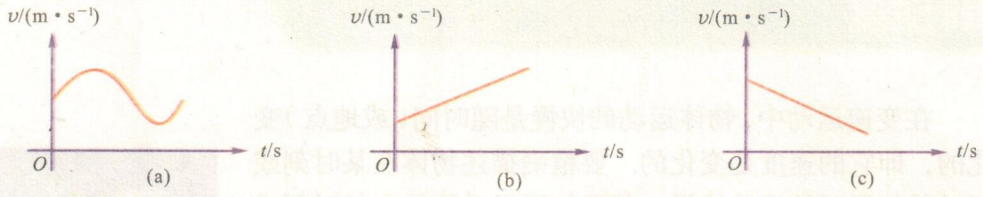


图 1-3-9　一些变速直线运动的$v-t$图像

位移. 运动物体在时间 t 内的位移 $x=vt$，在速度图像中就对应了边长分别为 v 和 t 的一块矩形面积［图 1-3-8（b）］.

变速直线运动的瞬时速度随时间而改变，图1-3-9是几种变速直线运动的 $v-t$ 图像.

练习与评价

1. 天狼星发出的光到达地球需要 2.5×10^8 s，即大约 8 年的时间，求天狼星与地球的距离.（光在真空中的传播速率 $c=3.0\times10^8$ m/s）

2. 下列所说的速度中，哪些是平均速度？哪些是瞬时速度？

（1）百米赛跑的运动员以 9.5 m/s 的速度冲过终点线；

（2）列车提速后的速度达到 250 km/h；

（3）由于堵车，汽车的车速仅为 1.2 m/s；

（4）返回地面的太空舱以 8 m/s 的速度落入太平洋中；

（5）子弹以 800 m/s 的速度撞击到墙上.

3. 图 1-3-10 是物体做直线运动的 $v-t$ 图像，请分别指出这几个物体在做什么运动.

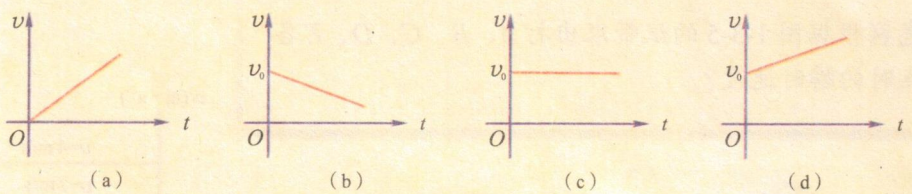


图 1-3-10

微信公众号：电子课本大全

发展空间

实验室

应用数据实时采集系统（DIS）测速度

随着科技的发展，人们不断地运用各种工具和仪器延伸着自身器官的感知范围和准确程度，这种工具和仪器就是传感器.传感器担负着信息采集的任务，它能感受到力、热、声、光等的各种微弱信号，并将信息转换成便于测量的电学量，通过放大、传输、存储，最终显示或作出必要的控制输出.

常用的测量物体瞬时速度大小的传感器有两种：

光电门传感器 如图1-3-11所示，A为发光管，B为接收管，被测物体与遮光板相连，一旦光线被遮光板挡住，遮挡的时间间隔能被光电门测出来. 根据遮光板的宽度Δs和测得的遮光时间Δt，就可以求出极短时间内的平均速度，这个平均速度可以认为就是所测物体运动到光电门位置时的瞬时速度.



图1-3-11 测量瞬时速度大小的装置

运动传感器 由发射器和接收器两个部分组成（图1-3-12），固定在运动物体上的发射器，同时发射出一组红外线信号和超声波信号；接收器保持静止，它将接收到的光信号和声波信号的时间差输入计算机，计算机按照这个时间差和声波的传播速度计算运动物体到接收器之间的距离x_1.

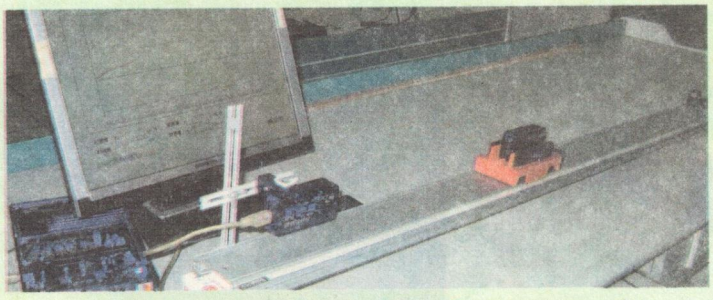


图1-3-12 数据实时采集系统（DIS）

发射器随即发射第二组信号，测得运动物体的新位置到接收器之间的距离x_2. 计算机根据算出的两个位置之间的距离$\Delta x = x_2 - x_1$与两次信号发射时间之差Δt，就可算出速度$v = \Delta x/\Delta t$，并显示在屏幕上. 由于Δt足够小，所以所测速度可以看做此时运动物体的瞬时速度.

传感器连续工作，还可以在屏幕上得到运动物体的v–t图像.

4 速度变化快慢的描述——加速度

在日常生活中，我们常常会说走了多“远”，大家知道这是指路程. 也常常会说走得多“快”，知道这是指速度. 有时还会说“越走越快”或“越走越慢”，这是指速度随时间的变化，对于这种情况，应当用一个什么样的物理量来描述呢？

微信公众号：电子课本大全

讨论交流

观察图 1-4-1 至 1-4-4，各物体都在做直线运动，其运动的速度都在发生变化，但速度变化的快慢不同. 你打算怎样比较速度随时间变化的快慢呢？

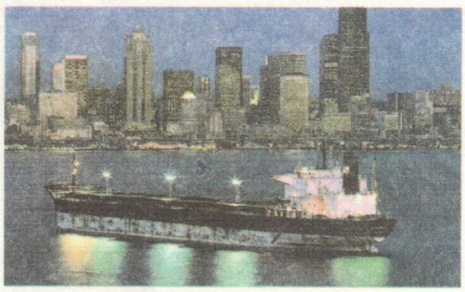


图 1-4-1　万吨货轮起航，10 s 内速度增到 0.2 m/s

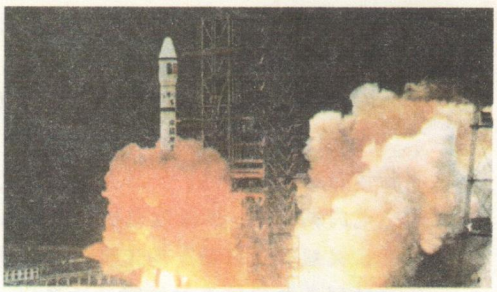


图 1-4-2　火箭发射时，10 s 内速度能增到约 10^2 m/s

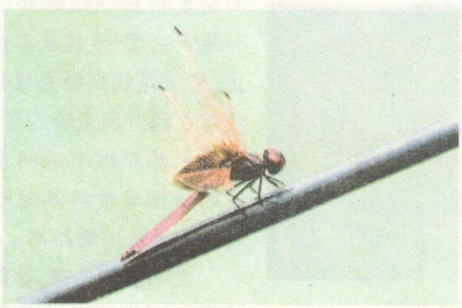


图 1-4-3　以 8 m/s 的速度飞行的蜻蜓，能在 0.7 s 内停下来



图 1-4-4　以 8 m/s 的速度行驶的汽车，急刹车时能在 2.5 s 内停下来

加速度

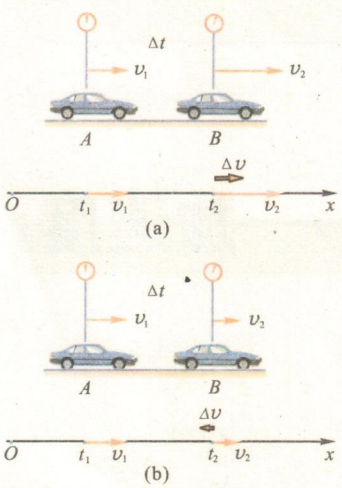


图 1-4-5　汽车做变速直线运动

如图 1-4-5 所示，一辆汽车做直线运动，沿直线建立 Ox 轴（即取 Ox 轴正向为正方向），如果汽车在 t_1 时刻的速度为 v_1，t_2 时刻的速度为 v_2，在这段时间（$\Delta t = t_2 - t_1$）内，速度的改变量用 Δv 表示，有 $\Delta v = v_2 - v_1$. 那么，在 Δt 时间内速度变化的快慢可用 Δv 与 Δt 的比值表示

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

图 1-4-2 中的火箭从静止加速到 10^2 m/s，耗时 10 s，其 Δv 与 Δt 的比值为

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{10^2\ \text{m/s} - 0}{10\ \text{s} - 0} = 10\ \text{m/s}^2$$

微信公众号：电子课本大全

这个结果表明，火箭运动在 1 s 内速度增加 10 m/s. *

图 1-4-4 中的小汽车从 8 m/s 刹车到静止的过程耗时 2.5 s，其 Δv 与 Δt 的比值为

$$\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{v_2-v_1}{t_2-t_1}=\frac{0-8\ \text{m/s}}{2.5\ \text{s}-0}=-3.2\ \text{m/s}^2$$

这个结果表明，小汽车在 1 s 内速度减少 3.2 m/s.

显然，火箭速度的变化要比一般的小汽车快得多.

物理学中，用速度的改变量 Δv 与发生这一改变所用时间 Δt 的比值定量地描述物体速度变化的快慢，并将这个比值定义为**加速度**（acceleration），用公式表示为

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

加速度也是矢量，它不仅有大小而且有方向，其方向由 Δv 决定. 在直线运动中，沿物体运动方向建立一个坐标系，若 $\Delta v>0$，则 $a>0$，表示加速度的方向沿 x 轴正方向；若 $\Delta v<0$，则 $a<0$，表示加速度的方向沿 x 轴负方向. 由此可见，用一个带正负号的数值也可以把加速度矢量的大小与方向都表示出来.

在国际单位制中，加速度的单位是**米每二次方秒**，符号是 **m/s²**.

小资料

一些物体运动的加速度的数量级（单位：m/s^2）

高速离心机中的物体	10^6
子弹在枪膛中	10^5
弓箭射出时	10^3
地球上自由落体、汽车刹车、飞机着陆	10^1
卡车起步、月球上自由落体	10^0
列车开出	10^{-1}
万吨货轮起航	10^{-2}
地球绕太阳公转	10^{-3}
太阳绕银河系中心公转	10^{-10}

讨论交流

如图 1-4-6 所示，是某物体运动的速度—时间图像. 若在图中任意设定两个时刻 t_1 与 t_2，则其对应的速度分别为 v_1 与 v_2. 请在图中分别画出从 t_1 与 t_2 时刻开始，经过相同的时间 Δt 后，速度的变化量 Δv_1 与 Δv_2.

1.该物体速度的变化有什么特点？

2.该物体运动的加速度有什么特点？

3.有没有求物体运动加速度的简捷方法？

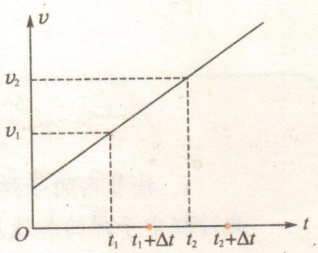
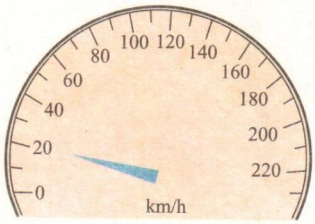


图 1-4-6

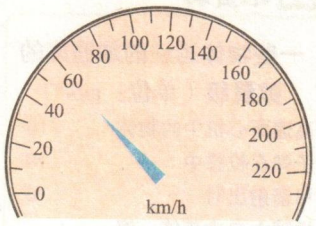
【例题】某同学坐在沿直线行驶的汽车中观察速度表指针位置的变化（图 1-4-7）. 若开始时指针位置如图（a）所示，经过 7 s 后指针位置如图（b）所示，则汽车加速度约为

* 这里及下面的小汽车的运动，我们都认为速度是均匀变化的.

微信公众号：电子课本大全



（a）



（b）

图 1-4-7

多少？若开始时指针位置如图（b）所示，经过 7 s 后指针指示位置如图（a）所示，则汽车加速度约为多少？

【解】沿汽车的运动路径建立直线坐标系，设汽车运动的方向为正方向.

速度表显示了汽车的瞬时速度. 若初速度$v_0 = 20\ \text{km/h} \approx 5.6\ \text{m/s}$，末速度$v_t = 60\ \text{km/h} \approx 16.7\ \text{m/s}$，$t = 7\ \text{s}$，则根据公式可知加速度为

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{16.7\ \text{m/s} - 5.6\ \text{m/s}}{7\ \text{s}} \approx 1.59\ \text{m/s}^2$$

加速度为正值，即加速度方向与汽车运动方向相同，汽车做加速运动.

若初速度为$v_0' = 60\ \text{km/h} \approx 16.7\ \text{m/s}$，末速度$v_t' = 20\ \text{km/h} \approx 5.6\ \text{m/s}$，$t' = 7\ \text{s}$，则加速度为

$$a' = \frac{\Delta v'}{\Delta t'} = \frac{v_t' - v_0'}{t'} = \frac{5.6\ \text{m/s} - 16.7\ \text{m/s}}{7\ \text{s}} \approx -1.59\ \text{m/s}^2$$

加速度为负值，说明加速度方向与汽车运动方向相反，汽车做减速运动.

讨论交流

结合图 1-4-1 至图 1-4-4，你认为速度v、速度变化量Δv与速度变化率$\frac{\Delta v}{\Delta t}$有什么区别？

练习与评价

1. 枪管内的子弹在某一时刻的速度是 100 m/s，经过 0.001 5 s，速度增加到 700 m/s，求此过程中子弹的加速度.

2. 猎豹由静止开始起跑，经过 2 s 速度达到 70 km/h，猎豹的加速度是多大？

3. 已知物体做直线运动，试判断下列说法是否正确，并说明理由.

（1）加速度增大，速度一定增大；

（2）速度的变化量Δv越大，加速度就越大；

（3）物体有加速度，速度不一定增加；

（4）物体速度很大，加速度可能为零；

（5）物体速度为零，加速度一定为零.

微信公众号：电子课本大全

发展空间

1. 某质点做方向不变的直线运动，加速度的方向始终与速度的方向相同，但加速度大小逐渐减小直至为零，则在此过程中（　　）.

A. 速度逐渐减小，当加速度减小到零时，速度达到最小值

B. 速度逐渐增大，当加速度减小到零时，速度达到最大值

C. 位移逐渐增大，当加速度减小到零时，位移将不再增大

D. 位移逐渐减小，当加速度减小到零时，位移达到最小值

2. 某物体运动的$v-t$图像如图 1-4-8 所示，则该物体（　　）.

A. 做往复运动

B. 做匀速直线运动

C. 沿某一方向做直线运动

D. 以上说法均不正确

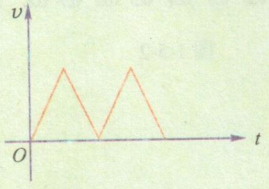


图 1-4-8

5 匀变速直线运动速度与时间的关系

活动

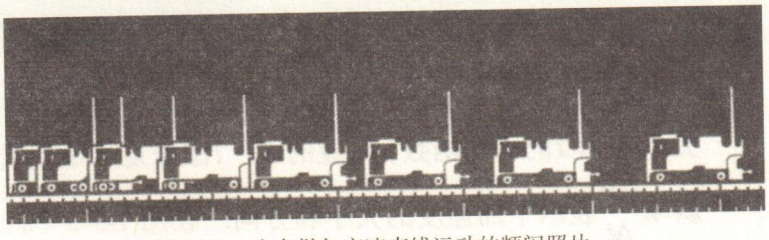


图 1-5-1　小车做匀变速直线运动的频闪照片

图 1-5-1 是玩具小车的频闪照片，频闪的时间间隔为 0.1 s，测得的小车运动的数据如下表所示.

1. 取与某点相邻的两个计数点间的平均速度为该点的瞬时速度，并填在下表中.

时间t / s	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
位置坐标x / cm	0.08	0.32	0.72	1.28	1.99	2.87	3.91	5.10
瞬时速度v /（cm · s^{-1}）	—							—

小资料

频闪摄影技术

在摄影室里，先把照相机用三脚架固定好，再设定闪光灯的频闪间隔时间. 在黑暗的拍摄环境中，打开快门（在拍摄中快门始终开着）开始拍摄，闪光灯闪光一次，就曝光一次（记录一个影像）. 这样，在同一画面上就会出现一连串运动物体的影像. 通过这样的技术，可成功地把物体运动的过程拍摄下来，然后根据照片上的影像，对物体的运动进行研究.

频闪照片与打点计时器打出的纸带是否有异曲同工之处?

微信公众号：电子课本大全

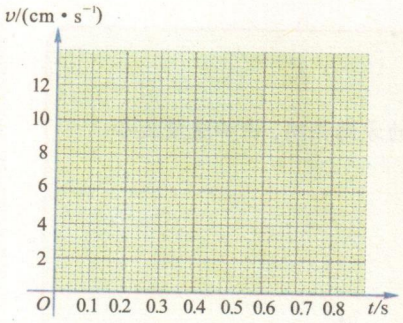


图 1-5-2

2. 在图 1-5-2 中按实验数据描点，并用一条平滑曲线将坐标系中的点连接起来，你能看出该物体速度的变化有什么特点吗？从图中求出该运动物体的加速度.

在物理学中，速度随时间均匀变化即加速度恒定的运动被称为**匀变速直线运动**（uniformly accelerated rectilinear motion）.

飞机在起飞阶段的运动，火车、汽车等交通工具在起动和刹车阶段的运动，小车在斜面上的运动等，都可以看成是匀变速直线运动.

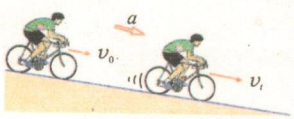
速度与时间的关系

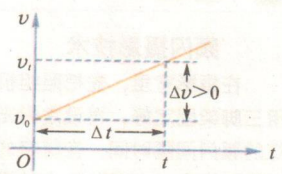
通过上面的讨论可以看出，匀变速直线运动的速度随时间均匀变化，是加速度不变的运动. 设初始时刻速度为 v_0，t 时刻速度为 v_t，由加速度的定义得

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

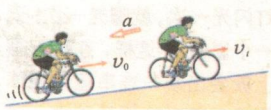
则匀变速直线运动的速度公式为

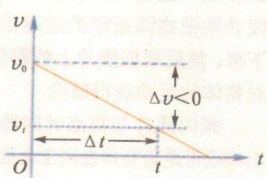
$$v_t=v_0+at$$





（a）匀加速直线运动





（b）匀减速直线运动

图 1-5-3

匀变速直线运动的 $v-t$ 图像

公式 $v_t=v_0+at$ 表示了匀变速直线运动速度和时间的关系，v_t 是 t 的一次函数，对应的 $v-t$ 图像是一条斜线，其斜率 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 表示了加速度的大小和方向. 在图 1-5-3（a）中，$\Delta v>0$，$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}>0$，加速度为正值，表示 a 与 v_0 同向，速度随时间增大，物体做加速运动；在图 1-5-3（b）中，$\Delta v<0$，$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}<0$，加速度为负值，表示 a 与 v_0 反向，速度随时间减小，物体做减速运动.

微信公众号：电子课本大全

讨论交流

1. 如图1-5-4所示，分析物体在各段时间内分别做何种运动，哪一段时间内的加速度最大？

2. 图1-5-5（a）、（b）中物体的初速度各是多少？加速度又各是多少？

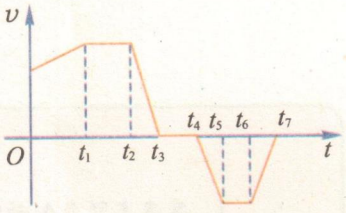


图1-5-4

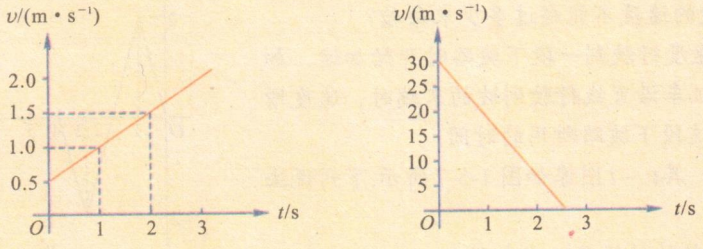


图1-5-5

【例题】 一汽车从车站由静止开出，15 s后速度增加到9 m/s，该汽车的加速度是多少？后来汽车在行驶中遇到情况开始制动，在2 s内速度由10 m/s减小到零，在此过程中加速度又是多少？

【分析】 汽车的运动过程可分为两段：前一段是初速度为零、末速度为9 m/s的匀加速运动；后一段是初速度为10 m/s、末速度为零的匀减速运动. 汽车在两段运动过程中的时间题目中均已给出，由公式$v_t = v_0 + at$就可以求得加速度a.

【解】 如图1-5-6所示建立坐标系，取车站为坐标原点，汽车的运动方向为x轴正方向.

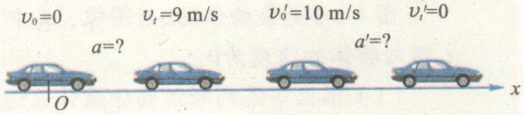


图1-5-6

汽车在加速过程中，已知

$$v_0 = 0,\ v_t = 9\ \text{m/s},\ t = 15\ \text{s}$$

由公式$v_t = v_0 + at$有

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{9\ \text{m/s} - 0}{15\ \text{s}} = 0.6\ \text{m/s}^2$$

汽车在制动过程中，已知

$$v_0' = 10\ \text{m/s},\ v_t' = 0,\ t' = 2\ \text{s}$$

所以

$$a' = \frac{v_t' - v_0'}{t'} = \frac{0 - 10\ \text{m/s}}{2\ \text{s}} = -5\ \text{m/s}^2$$

微信公众号：电子课本大全

a' 为负值，表示加速度方向与 x 轴的正方向相反，即加速度方向与运动方向相反，汽车减速.

练习与评价

1. 某汽车紧急制动时加速度的大小是 6 m/s²，如果必须在 2 s 内停下来，那么该汽车行驶的速度不能超过多少米每秒?

2. 机车以 36 km/h 的速度行驶到一段下坡路时开始加速，加速度的大小为 0.2 m/s²，当机车沿直线行驶到坡的末端时，速度增加到 54 km/h. 求机车通过这段下坡路所用的时间.

3. 某物体沿直线运动，其 $v-t$ 图像如图 1-5-7 所示.下列说法中正确的是（　　）.

A. 第 1 s 内和第 2 s 内物体的速度方向相反

B. 第 1 s 内和第 2 s 内物体的加速度方向相反

C. 第 3 s 内物体的速度方向和加速度方向相反

D. 第 2 s 末物体的加速度为零

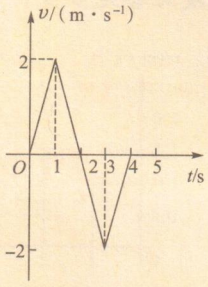


图 1-5-7

4. 某物体做直线运动的 $v-t$ 图像如图 1-5-8 所示，通过图像可知：

（1）物体 OA 阶段做_____运动，加速度为_____；AB 阶段做_____运动，加速度为_____.

（2）物体在 2 s 末的瞬时速度为_____，在 5 s 末的瞬时速度为_____.

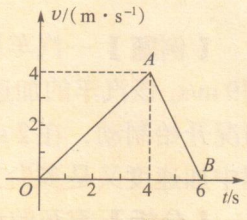


图 1-5-8

发展空间

图 1-5-9 是某物体的 v–t 图像，其中 t_1 时刻物体的速度为 v_1，t_2 时刻物体的速度为 v_2.

（1）根据图像判断该物体做什么运动.

（2）根据图像判断物体的加速度如何变化，为什么?

（3）根据图像如何判断变加速运动的加速度大小?

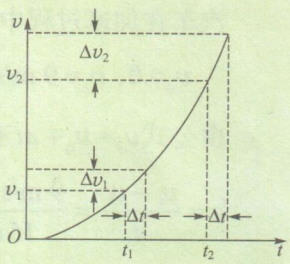


图 1-5-9

微信公众号：电子课本大全

6 匀变速直线运动位移与时间的关系

讨论交流

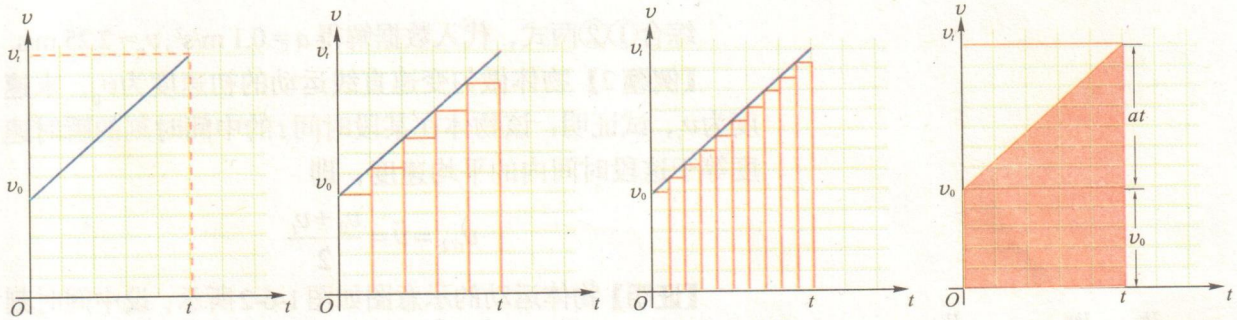
某物体做匀变速直线运动的v–t图像如图1-6-1（a）所示．已知该物体在0时刻的速度为v_0，在t时刻的速度为v_t，加速度为a，怎样求t时间内物体的位移？

（1）对于匀变速直线运动位移与时间的关系，你有什么见解？

（2）我们知道，匀速直线运动位移的数值等于v–t图像中的矩形“面积”，这个信息对于解决匀变速直线运动位移与时间的关系会有帮助吗？你有什么发现？

（3）如果将v–t图像中的时间分成5个小的时间间隔Δt，在每个间隔中物体以某一速度近似地做匀速直线运动［图1-6-1（b）］，这种组合起来的运动能够取代原来的匀变速直线运动吗？为什么？

（4）如果将v–t图像中的时间间隔划分得更小些［图1-6-1（c）］，这种组合起来的运动能够取代原来的匀变速直线运动吗？在什么情况下才能用这些小矩形的“面积”之和来表示匀变速直线运动的位移呢？为什么？



（a）物体做匀变速直线运动的v–t图像

（b）每一个Δt时间内的位移的数值等于这一矩形的“面积”

（c）若Δt取得更小，则“台阶”就变得更密，Δt时间内位移的数值仍等于细长的矩形的“面积”

（d）若$\Delta t \to 0$时，“台阶”形的折线就变成了一条直线．这就是匀变速直线运动的图像，图中梯形的“面积”就等于位移的数值

图1-6-1

微信公众号：电子课本大全

不难看出，当Δt足够小时，“台阶”形的折线就变成了一条直线[图1-6-1(d)]. 它说明在匀变速直线运动的图像中，对应t时间内的图像与横轴间围成的梯形，即图中画阴影部分的“面积”在数值上就等于位移的值. 取初始时刻($t=0$)的位置为坐标原点，则物体在t时间内发生的位移Δx在数值上就等于它在t时刻的位置坐标x，由梯形面积公式知

$$x=\frac{v_0+v_t}{2}\cdot t \qquad ①$$

又因为

$$v_t=v_0+at \qquad ②$$

综合①②两式可得匀变速直线运动的位移公式为

$$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$$

【例题1】某物体做匀加速直线运动，且第3 s内的位移是2.5 m，第7 s内的位移是2.9 m，求物体的加速度与初速度.

【分析】物体在第3 s内的位移Δx_3应是前3 s内的位移x_3与前2 s内的位移x_2之差；在第7 s内的位移Δx_7应是前7 s内的位移x_7与前6 s内的位移x_6之差.

【解】已知：$t_2=2$ s，$t_3=3$ s，$\Delta x_3=2.5$ m；$t_6=6$ s，$t_7=7$ s，$\Delta x_7=2.9$ m.

设物体做匀加速直线运动的初速度为v_0，加速度为a，根据公式可得

$$\Delta x_3=x_3-x_2=v_0t_3+\frac{1}{2}at_3^2-\left(v_0t_2+\frac{1}{2}at_2^2\right)=2.5\text{ m} \qquad ①$$

$$\text{同理}\ \Delta x_7=x_7-x_6=v_0t_7+\frac{1}{2}at_7^2-\left(v_0t_6+\frac{1}{2}at_6^2\right)=2.9\text{ m} \qquad ②$$

综合①②两式，代入数据解得$a=0.1\text{ m/s}^2$，$v_0=2.25\text{ m/s}$.

【例题2】物体做匀变速直线运动的初速度为v_0，末速度为v_t，试证明：该物体在某段时间t的中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度，即

$$v_{t/2}=\bar{v}=\frac{v_0+v_t}{2}$$

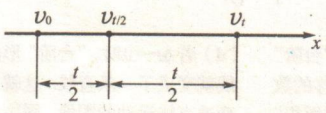


图1-6-2

【证明】物体运动的示意图如图1-6-2所示，设中间时刻的速度为$v_{t/2}$，因为做匀变速直线运动，由公式$v_t=v_0+at$知

从0～$t/2$时间段内，$v_{t/2}=v_0+a\cdot\frac{t}{2}$ ①

而从0～t时间段内，$v_t=v_0+at$ ②

微信公众号：电子课本大全

综合①②两式解得 $v_{t/2}=\dfrac{v_0+v_t}{2}$

因为匀变速直线运动的速度是均匀变化的，故

$$\bar{v}=\frac{v_0+v_t}{2}$$

所以得 $v_{t/2}=\bar{v}=\dfrac{v_0+v_t}{2}$，证毕.

利用这个结论，就可以较简便地从纸带上求出各计数点的瞬时速度.

位移—时间图像

为了画出物体做直线运动时位移随时间变化的图像，可建立一个直角坐标系，横坐标表示时间 t，纵坐标表示位移 x. 在 t 时刻物体相对于 $t=0$ 时刻的位移为 x，在坐标平面上用点标出不同时刻对应的位移值，并用平滑的线连接各点，形成的图线就是**位移－时间图像**（$x-t$ 图像），简称**位移图像**.

讨论交流

根据在初中数学中学过的一次函数或二次函数知识，在图 1-6-3 中：

（1）画出匀速直线运动（$x=vt$）的 x–t 图像. 你有什么发现（例如，图像有什么特点，速度不同时图像有什么不同）?

（2）粗略画出匀变速直线运动 $x=v_0t+\dfrac{1}{2}at^2$ 的 x–t 图像. 你又有什么发现（例如，图像有什么特点，初速度或加速度不同时图像怎样变化）?

（3）x–t 图像是曲线，这与物体做直线运动相互矛盾吗?

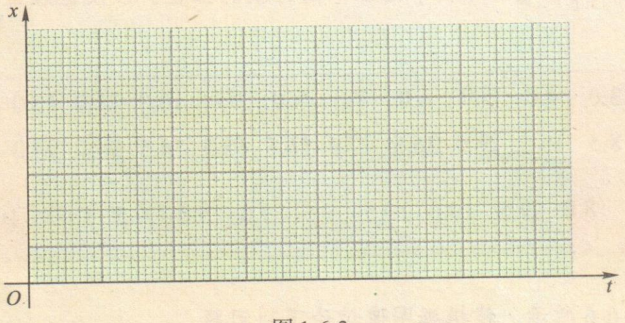


图 1-6-3

微信公众号：电子课本大全

练习与评价

1. 一辆汽车以 2 m/s² 的加速度做匀减速直线运动，求它在停止运动前最后 1 s 内的位移.

2. 一辆汽车从静止开始由甲地出发，沿平直公路开往乙地. 汽车先做匀加速运动，接着做匀减速运动，到达乙地时刚好停止. 其 $v-t$ 图像如图 1-6-4 所示，那么，汽车在 0 ~ t_0 和 t_0 ~ $3t_0$ 两段时间内（　　）.

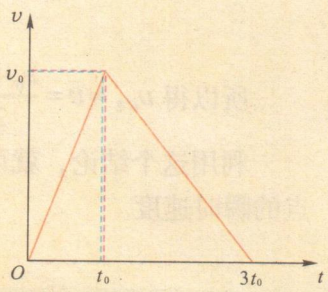


图 1-6-4

A. 加速度大小之比为 3 : 1

B. 位移大小之比为 1 : 2

C. 平均速度大小之比为 2 : 1

D. 平均速度大小之比为 1 : 1

3. 某人骑自行车以 4 m/s 的初速度沿直线加速驶上一斜坡，若加速度大小为 0.3 m/s²，则经 10 s 后，车在斜坡上通过的距离是多少？

4. 试证明：做匀变速直线运动的物体在任意两个连续相等的时间内的位移差为定值. 设加速度为 a，连续相等的时间为 T，位移差为 Δx，则 $\Delta x = aT^2$.

发展空间

1. 在图 1-6-5 中，各图像分别表示物体做何种直线运动？

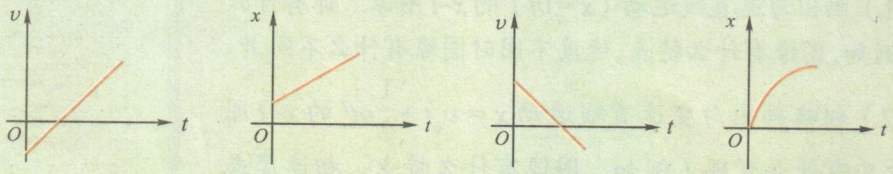


图 1-6-5

2. 同学 A 百米短跑成绩是 12.6 s. 跑动过程中他在不同时刻的位置，以及他在每 1 s 内的平均速度见下表.

时刻 /s	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	12.6
位置 /m	0	1.0	3.0	8.5	16.5	26.0	36.5	47.0	56.5	65.5	74.5	84.0	94.0	100
平均速度 /（m · s⁻¹）	1.0	2.0	5.5	8.0	9.5	10.5	10.5	9.5	9.0	9.0	9.5	10.0	10.0	

根据上表画出的图像如图 1-6-6 所示. 请根据图像讨论下列问题.

微信公众号：电子课本大全

（1）在$x-t$图像［图（a）］中，$\frac{\Delta x}{\Delta t}$表示什么？

（2）当$\Delta t \to 0$时，$Q \to P$，PQ变为P点的切线，切线的斜率表示什么？

（3）在根据平均速度与时间的关系画出的图像［图（b）］中，每个细长的矩形面积表示什么？

（4）找出每个细长的矩形顶边的中点，连接这些中点形成如图（b）所示的一条曲线．你怎样理解这条曲线，能把它看做是$v-t$图像吗？

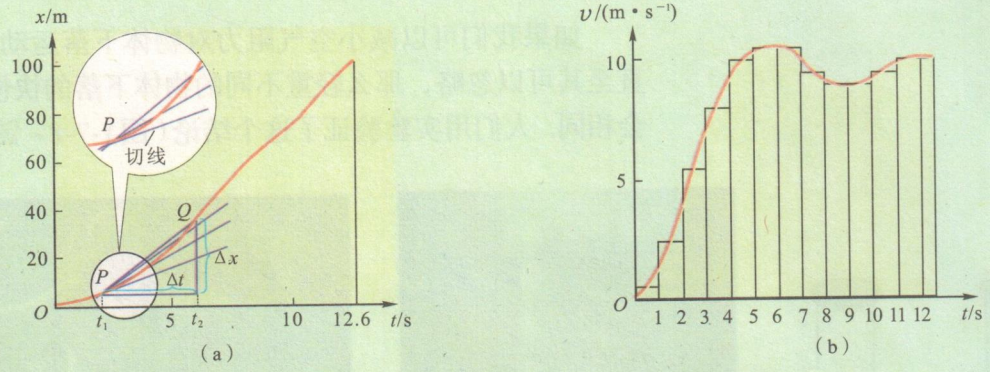


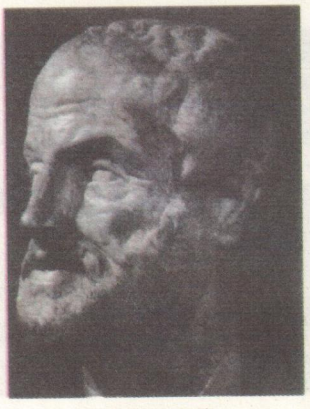
图 1-6-6

7 对自由落体运动的研究

观察思考

1．生活中，经常会看到物体从高处下落，如熟透的果实从树上坠落，树叶或纸片飘然落下……这些现象似乎说明重的物体下落得快，轻的物体下落得慢．其实，早在公元前4世纪，古希腊哲学家亚里士多德就提出了物体越重下落得越快的观点，有相当多的现象能够支持这一观点．例如，石块就比羽毛下落得快．

你想过是什么原因使得石块比羽毛下落得快吗？是否所有较重的物体都比较轻的物体下落得快呢？你对他的观点产生过怀疑吗？



亚里士多德
（Aristotle，B.C.384—B.C.322）

2．比较橡皮和纸片的下落，谁先落地？

取一张纸和一块橡皮，让它们同时从同一高度由静止

微信公众号：电子课本大全

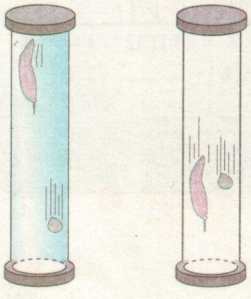
亚里士多德是古希腊伟大的哲学家和科学家. 他生活在古希腊文化的鼎盛时期. 他的著作集当时西方文化和思想之大成，对后世产生了重大影响.

释放，你观察到了什么？把纸对折，再对折……再揉成纸团，每次对折后都让它与橡皮一起从同一高度释放，你又观察到了什么？

通过实验你认为造成“重快轻慢”的真正原因可能是什么？

自由落体运动

如果我们可以减小空气阻力对物体下落运动的影响，直至其可以忽略，那么轻重不同的物体下落的快慢程度将会相同. 人们用实验验证了这个结论（图 1-7-1 ~ 图 1-7-3）.



有空气　　真空

图 1-7-1　钱毛管实验

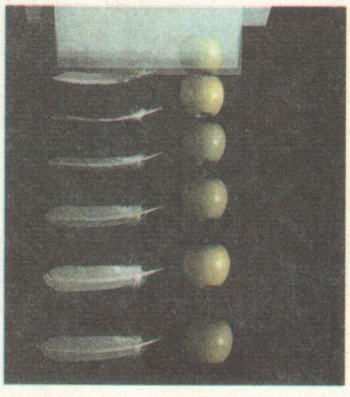


图 1-7-2　在真空实验室里拍摄的羽毛和苹果同时开始下落的频闪照片

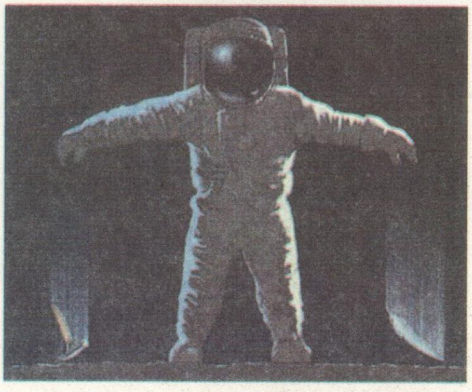
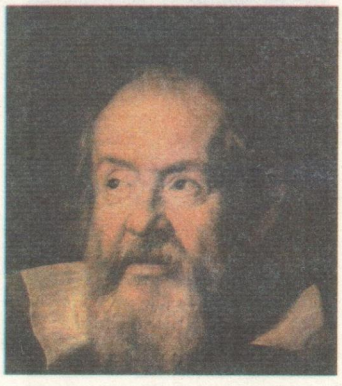


图 1-7-3　月球上的落体实验：1971 年阿波罗 15 号（Apollo 15）登月，宇航员大卫·斯科特在没有空气的月球上将一根羽毛和一把铁锤同时释放，发现它们同时竖直地落到月球表面

我们把只在重力的作用下，物体由静止开始下落的运动叫做**自由落体运动**（free fall）. 如果物体下落时所受空气阻力与重力相比，可以忽略不计，那么也可看成是做自由落体运动.



伽利略
（Galileo Galilei，1564—1642）

伽利略对落体运动规律的探究

16 世纪末，意大利物理学家伽利略对亚里士多德的观点提出了质疑，并对落体运动进行了系统的研究.

发现问题

为了揭示亚里士多德观点的错误，伽利略提出：把轻重不同的两个物体连在一起让它们下落，与单独一个物体

微信公众号：电子课本大全

下落比较，是快了还是慢了？

伽利略认为，如果亚里士多德的观点是正确的，由于两个物体原来各自的下落速度不同而相互牵制，那么它们只能以某个中间大小的速度下落；但两个物体又连在了一起，当然要比原来较重的物体更重一些，下落的速度就应当比较重的物体更大. 显然，这两个推论是相互矛盾的，由此说明亚里士多德的观点是错误的.

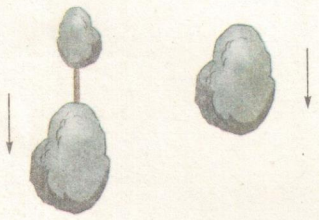


图1-7-4 大石块牵着小石块一起下落，与大石块单独下落比较，哪一个更快

提出假说

为了寻求落体运动的规律，伽利略进行了反复思考，在“自然界总是习惯于运用最简单和最容易的手段”的信念引导下，最终提出了一个假说：物体下落的过程是一个速度逐渐增大的过程，其速度与时间成正比，即

$$v \propto t$$

伽利略又从这一假设出发，巧妙地导出了物体下落的距离与时间的平方成正比的关系，即

$$h \propto t^2$$

间接验证

在当时，由于计时技术很难满足测定自由落体时间的要求，因此伽利略采用了间接实验的方法：他让一个黄铜小球从阻力很小的斜槽上滚下（图1-7-5），并用水钟测定时间. 经过数百次实验，他发现“一个从静止开始滚下的物体在连续的相等时间间隔内通过的各段距离之比，等于从1开始的一系列奇数之比”，即1∶3∶5∶7…由此可知，由静止开始到每个相等的时间间隔末物体运动的距离之比为1∶4∶9∶16…这也就完全证实了运动距离与时间的平方成正比的关系，同时也就间接证实了他所提出的落体速度与时间成正比的假说.



图1-7-5 著名的斜槽实验

微信公众号：电子课本大全

合理外推

在斜面实验的基础上，伽利略设想，将斜面的倾角逐渐加大，直到90°，小球的运动仍应当满足距离与时间的平方成正比的关系（图1-7-6）. 他还通过多方论证，说明他提出的假设是正确的.

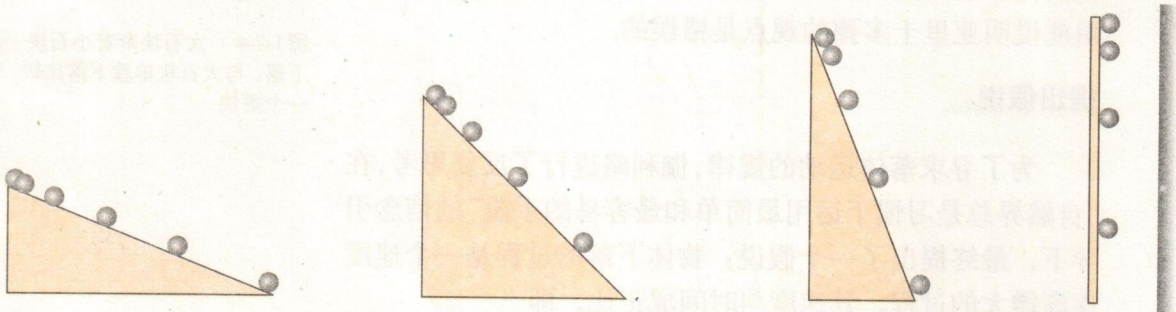


图 1-7-6　伽利略“外推”实验示意图

其假设可用公式表示为$v = kt$，即

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

由于自由落体运动的初速度v_0为零，由加速度的定义式可知，初速度为零时，$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{v_t}{t}$. 因此$k$即为自由落体的加速度，物理学中用$g$表示，称为**自由落体加速度**或**重力加速度**（acceleration due to gravity）. 由此可得

$$v_t = gt$$

这说明自由落体运动是初速度为零、加速度恒定的匀加速直线运动.

伽利略在对落体运动的探究中，大致经历了如下的研究过程：发现问题—对现象的观察—提出假设—运用数学和逻辑手段得出推论—实验验证—合理外推—得出结论. 爱因斯坦曾高度赞扬伽利略的成就以及获得成就的方法，并指出“伽利略的发现以及他所应用的科学的推理方法是人类思想史上最伟大的成就之一，它标志着物理学的真正开端.”

自由落体加速度

当年由于实验条件所限，伽利略无法直接对自由落体运动进行实验研究，而今天即使在中学实验室里，我们也

微信公众号：电子课本大全

已经具备了足够的技术条件，可以通过实验来验证自由落体运动的规律.

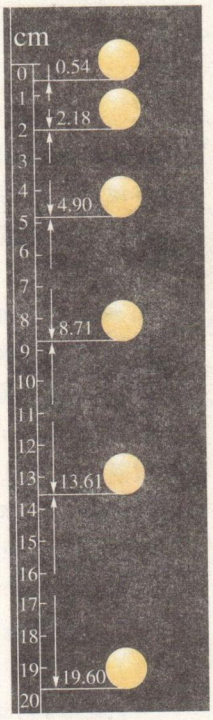


图1-7-7 自由落体运动的频闪照片

活动

请根据自由落体运动的频闪照片（图1-7-7），测算其加速度的大小.

若频闪的时间间隔为$\frac{1}{30}$ s，则你算出的自由落体运动的加速度大小为_____ m/s².

实验会有误差吗？实验误差的来源可能是什么？

研究表明，自由落体加速度（即重力加速度）的方向是竖直向下的，其大小可由实验来测定.

在同一地点，一切物体的重力加速度都相同，地球上纬度和海拔不同的区域，重力加速度的数值略有差别. 下表为世界上几个地区的重力加速度值. 在通常的计算中，可以把g取作9.8 m/s²，粗略计算时还可把g取作10 m/s².

一些地区的重力加速度值

地区	赤道	广州	上海	北京	莫斯科	北极
纬度	0°	23°06′	31°12′	39°56′	55°45′	90°
重力加速度g/（m·s⁻²）	9.780	9.788	9.794	9.801	9.816	9.832

【例题】物体从高H处自由下落，当下落到距地面的高度为$\frac{H}{2}$时，它的速度为落地时速度的几分之几？

【解】自由落体运动属于初速为零的匀加速直线运动，加速度为g. 设下落$\frac{H}{2}$耗时t，而落地时间为T，则由公式$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$得

$$\frac{H}{2}=\frac{1}{2}gt^2,\quad H=\frac{1}{2}gT^2$$

故
$$\frac{t}{T}=\frac{\sqrt{H/g}}{\sqrt{2H/g}}=\sqrt{\frac{1}{2}}$$

再由公式$v_t=v_0+at$得$\frac{v_t}{v_T}=\frac{gt}{gT}=\sqrt{\frac{1}{2}}$.

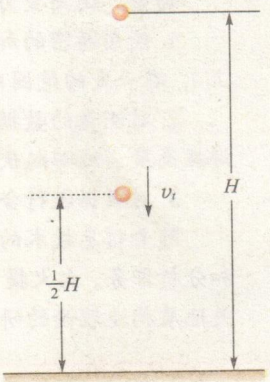


图 1-7-8

微信公众号：电子课本大全

练习与评价

1. 什么是自由落体运动？它的特点是什么？它的加速度是多大？方向如何？怎样求出自由落体运动下落的速度和下落的距离？

2. 关于自由落体运动，下列说法中正确的是（　　）.

A. 在空气中，不考虑空气阻力的运动是自由落体运动

B. 物体做自由落体运动时不受任何外力作用

C. 质量大的物体受到的重力大，落到地面时的速度也大

D. 自由落体运动是初速度为零的匀加速运动

3. 在高 11.25 m 的屋檐上，每隔一定时间有一滴水落下. 已知第一滴水落到地面时，正好第四滴水离开屋檐，设水滴的运动是自由落体运动，求第一滴水落地瞬间空中各相邻两滴水间的距离.（g 取 10 m/s^2）

4. 一花盆从距地面 6.2 m 高的窗台由静止坠落，不计空气阻力的影响. 求：

（1）花盆从开始下落到着地要用多长时间？

（2）花盆着地时的速度是多大？

（3）从开始下落到 0.50 s 末下落的距离为多大？

（4）0.50 s 时速度是多大？

（5）0.50 s 时加速度是多大？

发展空间

课外阅览

重力勘探

重力加速度的大小除了随纬度和海拔的不同而不同外，还随地质构造、其他天体对地球的影响等因素的变化而稍有变化. 科技工作者从测得的重力加速度数值中可获得研究区域地质构造的重要信息，为勘探石油、天然气、煤和其他矿产资源以及预报地壳异常活动提供参考依据.

通常，运用重力加速度的微小变化进行勘探的方法是：

1. 使用精密的加速度测量仪器测定重力加速度（这些仪器的测量精度一般在 10^{-6} m/s^2 以上），在一定的范围内，布置合理的观测网，进行多点测量；

2. 对测量的数据进行校正、处理，消除那些与地下物质密度无关的因素的干扰，如纬度、海拔高度、地形起伏、潮汐等因素的影响，保留有用的信息；

3. 对数据进行合理推论，解释这种变化与观测地区地下物质构造或资源分布的关系.

随着信息技术的发展，计算机技术被直接应用于重力勘探领域，承担了繁杂的数据处理和分析任务，大大提高了重力加速度测量的精度，促进了更多矿产资源的发现，也促进了相关地质构造理论的研究.

微信公众号：电子课本大全

8 匀变速直线运动规律的应用

飞机跑道的设计

活动

请你设计一条飞机跑道，给一种特殊类型的喷气式飞机使用.

该飞机在跑道上加速滑行时加速度 $a = 4.0\ \text{m/s}^2$. 设当飞机速率达到85 m/s时就可升空. 如果允许飞机在达到起飞速率的瞬间停止起飞，且以大小为 $5.0\ \text{m/s}^2$ 的恒定加速度减速，为确保飞机不滑出跑道，则跑道的长度至少应当设计为多长?



图 1-8-1 喷气式飞机起飞

1. 由公式 $v_t = v_0 + at$ 与 $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$，导出设计跑道长度用到的公式：

$$v_t^2 - v_0^2 = 2ax$$

2. 画出分析的草图.

3. 计算出你的结果.

喷气式飞机制动系统的设计

活动

机场跑道长为 2 500 m. 喷气式飞机以恒定的加速度 $a = 3.5\ \text{m/s}^2$ 加速，当速率达 95 m/s 时可升空. 假定飞机在到达此速率时因故要停止飞行，则喷气式飞机的制动系统至少要能产生多大的加速度?

1. 画出分析的草图.

2. 写出设计所依据的公式.

3. 计算出你的结果.

微信公众号：电子课本大全

估测楼房的高度

活动

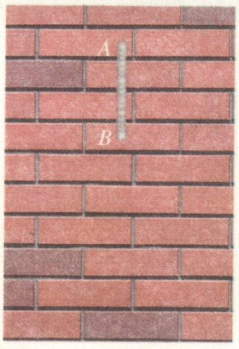


图 1-8-2　小球下落的径迹

为了估测楼房的高度，大家想了很多主意，但大多数都是数学方法，能不能用物理方法来测定呢？你有什么好的建议？

从楼房顶端使一个小球自由落下，用曝光时间为 $\frac{1}{100}$ s 的照相机拍摄小球在空中的运动，得到的照片上有一条模糊的径迹，如图 1-8-2 所示．通过分析照片上的径迹，可以估测楼房的高度吗？

用刻度尺量出每块砖的厚度为 6 cm，径迹的下端刚好与一个已有的记号平齐，该记号距地面的高度是 1.2 m，你能估算出楼房的高度吗？

练习与评价

1. 沿直线运动的汽车刹车后匀减速运动，经 3.5 s 停止，它在刹车开始后的 1 s 内、2 s 内、3 s 内的位移之比为多少？

2. 一辆汽车由 A 站出发，前 5 min 做匀加速直线运动，然后做匀减速直线运动，3 min 后停在 B 站．已知 A、B 两站相距 2.4 km，求汽车在这段路程中的最大速度．

3. 证明做自由落体运动的物体从静止开始连续的相等时间间隔内的位移比为 1 : 3 : 5….

4. 在自由落体运动中，第一个 2 s、第二个 2 s 和第 5 s 内的位移之比为（　　）．

A. 1 : 3 : 5　　B. 2 : 6 : 5　　C. 2 : 8 : 7　　D. 4 : 12 : 9

5. 试证明在匀变速直线运动中，位移中点处的瞬时速度是

$$v_{x/2}=\sqrt{\frac{v_0^2+v_t^2}{2}}$$

6. 根据我国对机动车运行安全的技术标准，一辆满载时总质量在 3.5 t ~ 12 t 之间的大型汽车，如行驶速度为 30 km/h，其制动距离必须在 8.0 m 以内．则该车的制动系统产生的加速度至少是多大？若该车制动加速度不变，当它以 60 km/h 的速度行驶时，它的制动距离为多少米？

注：制动距离是指，机动车在一定的初速度下紧急制动（脚接触制动踏板或手触动制动手柄）时起，至机动车停止时止机动车驶过的距离．

微信公众号：电子课本大全

发展空间

走向社会

对一起交通事故的分析

为了车辆的行驶安全，国家对各种车辆的车速和车距都有限制. 譬如，许多城市的交通繁忙路段，机动车辆的速度限制在25 km/h以内，并要求驾驶员必须保持至少5 m的车距. 在高速公路上行驶，车距就要更大. 以速度为70 km/h行驶的汽车为例，它在干的沥青路面上行驶时制动距离为50 m，在积雪路面上时为117 m，在结冰路面上时可达216 m. 学习了这一节的内容，就能对上面的有些数据进行分析.

下面来分析一起交通事故.

1. 事故

某公路上发生了一起交通事故. 总质量大于12 t的载重汽车与一辆总质量小于3.5 t的空载小型汽车迎面相撞，空载小型汽车的前部车体损坏，驾驶员受伤. 载重汽车的前车灯被撞坏.

2. 数据

机动车运行安全技术标准之一

项目 车型	装载	初速度/ (km·h^{-1})	制动距离/ m
大型汽车 总质量＞12 t	空	20	≤4.4
	重	30	≤9.5
小型汽车 总质量＜3.5 t	空	30	≤6.5
	重		≤7.0

国家对于机动车辆要进行定期检验，不符合技术指标的不能上路. 这两辆车都符合表中的技术标准. 假定两车的制动性能可用上表中对应的制动距离的最大值来进行分析.

交警测得两车制动点之间的距离为96 m，开始制动时载重汽车的速度为60 km/h，空载小型汽车的速度为90 km/h. 事故地点距载重汽车的开始制动点38 m，如图1-8-3所示.

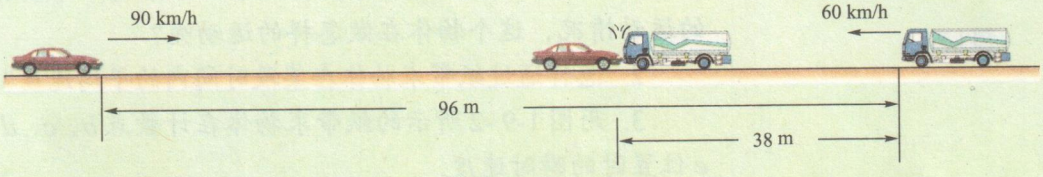


图1-8-3

3. 分析

两车的自身长度可以略去，当做两个质点进行分析. 根据上表中的数据进行计算，并将结果填入下表.

微信公众号：电子课本大全

车型 \ 项目	制动前车速 /（km·h⁻¹）	制动加速度 /（m·s⁻²）	制动距离 / m	出事地点车速 /（m·s⁻¹）
载重汽车	60			
空载小型汽车	90			

4. 结论

写出你对事故原因的分析.

9 测定匀变速直线运动的加速度

将纸带穿过打点计时器并与小车相连，当小车向前运动时，纸带上所打的点就记录了小车在不同时刻时的位置，测量纸带上各点之间的间隔长度就可研究小车的运动规律.

学生实验

讨论交流

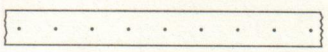


图 1-9-1

1. 图 1-9-1 是打点计时器在纸带上记录的一个物体的运动情况，这个物体在做怎样的运动呢?

2. 怎样通过纸带求物体在某段时间内的平均速度?

3. 用图 1-9 -2 所示的纸带求物体在计数点 b、c、d、e 位置时的瞬时速度.

4. 怎样求物体运动的加速度?

5. 怎样根据纸带上点的分布特征判断物体是否在做

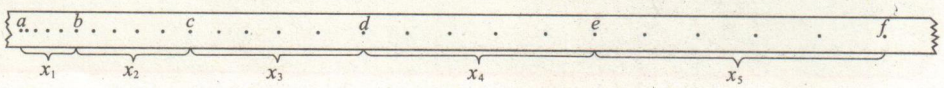


图 1-9-2

微信公众号：电子课本大全

匀变速直线运动？又怎样通过对有关量进行测量，得出匀变速直线运动的加速度？

实验步骤

利用所给的器材进行实验.

1. 如图 1-9-3 所示，把一端装有定滑轮的长木板平放在实验桌上，并使滑轮伸出桌面，把打点计时器固定在长木板上没有滑轮的一端，连接好电路.

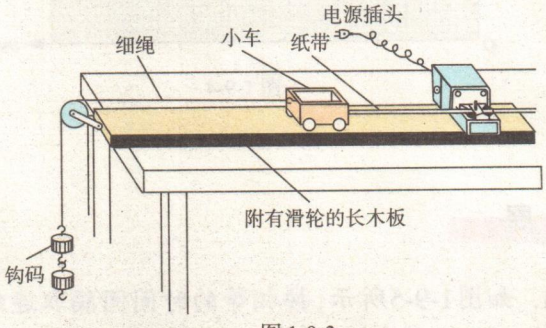


图 1-9-3

实验器材

打点计时器、纸带、交流电源、小车、细绳、一端固定有滑轮的长木板、刻度尺、钩码.

2. 把细绳拴在小车上，并在另一端挂上适当的钩码，使之跨过定滑轮，调整装置，使小车能在长木板上平稳地加速滑行.

3. 把纸带穿过打点计时器，并将其一端固定在小车的后面.

4. 把小车停在靠近打点计时器处，接通电源，放开小车，让小车拖着纸带运动. 于是，打点计时器就在纸带上打下一系列的点. 换上新纸带，重复实验三次.

数据处理

从几条纸带中，选择一条比较理想的纸带. 为了便于测量，舍去开始比较密集的点，先确定一个合适的点作为计数起始点，然后选择时间间隔为 0.1 s 的若干相邻的点为计数点，计算出各计数点的瞬时速度，并把结果填入下表中.

小车在各计数点的瞬时速度

计数点						
时间 t/s						
瞬时速度 v /（cm · s^{-1}）						

微信公众号：电子课本大全

在图 1-9-4 中按实验数据描点，并画出速度—时间图像，利用图像求出小车运动的加速度.

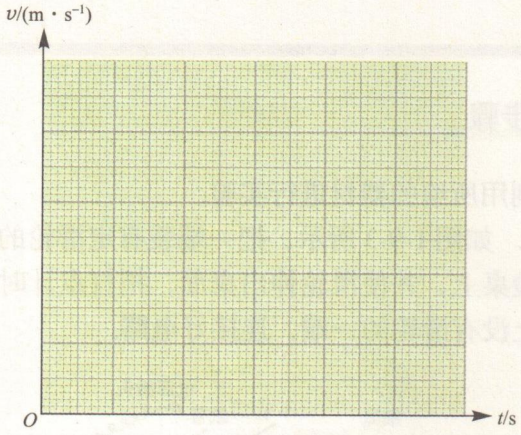


图 1-9-4

拓 展

1. 如图1-9-5所示，按相等的时间间隔取连续的几段位移，从它们的分界点处将纸带剪开，将剪得的几段纸带像图 1-9-6 那样按顺序贴在坐标中，各段紧靠但不重叠，然后连接每段纸带上端的中点，可得到一条表示 $v-t$ 关系的图像，从而求出加速度. 做一做，并说出这是为什么.

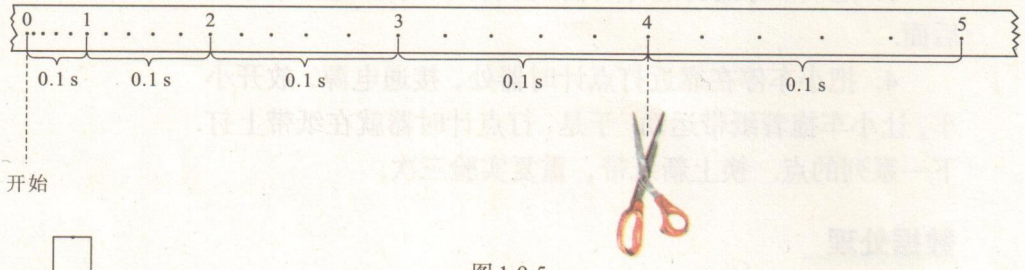


图 1-9-5

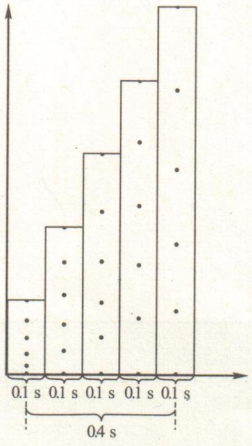


图 1-9-6

2. 快速估测匀变速直线运动的加速度.

根据本章第 6 节“练习与评价”第 4 题中推导出的公式 $\Delta x = aT^2$，取计数周期 T 为 0.1 s，测出相邻两段的位移 x_1 和 x_2，则 $a = \dfrac{x_2 - x_1}{T^2}$.

这样，我们就可以很容易地估算出实验小车的加速度值.

微信公众号：电子课本大全

误差和有效数字

做物理实验，不仅要观察物理现象，还要从现象中找出各物理量之间的数量关系，这就必须对物理量进行测量. 在测量中，测量的结果是不可能绝对精确的，测出的数值（测量值）与真实值之间的差异叫做**误差**（error）. 从误差来源上看，误差可分为系统误差和偶然误差两种.

系统误差是由于仪器本身不精确，或实验方法粗略，或实验原理不完善产生的. 例如，在测量质量时，由于天平两臂不严格相等或砝码不准，做热学实验时，没有考虑散热损失等，这些都会产生系统误差. 系统误差的特点是，在多次重复测量时，测量值总是大于（或小于）真实值. 要减小系统误差，必须校准测量仪器，改进实验方法，设计在原理上更完善的实验.

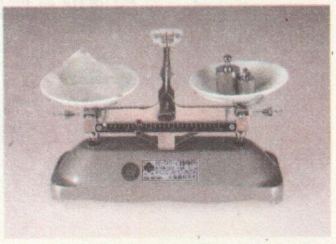


图 1-9-7 如果砝码破损或受到污物沾染，利用天平称量物体的质量时，将会产生系统误差

偶然误差是由于各种偶然因素对实验者、测量仪器、被测物理量的影响而产生的. 偶然误差的特点是，测量值与真实值相比有时偏大、有时偏小，并且偏大和偏小的概率相同. 例如，用毫米刻度尺测量物体的长度，毫米以下的数值只能用眼睛来估读，各次测量的结果就会不一致. 因此可进行多次重复测量，然后求出几次测量值的平均值，通常这个平均值比较合理.

既然测量有误差，那么测得的数值只能是近似数. 例如，用厘米刻度尺测得人的身高为160.5 cm，最末一位数字5就是估读出来的，是具有一定意义的近似数字. 我们把通过直接读数获得的准确数字叫做可靠数字；把通过估读得到的那部分数字叫做存疑数字；把测量结果中能够反映被测量大小的带有一位存疑数字的全部数字叫做**有效数字**（significant figure）.

在有效数字中，3.2，3.20，3.200的含义是不同的，它们分别代表两位、三位、四位有效数字. 3.2表示最末一位数字2是估读的，而3.20和3.200则表示最末一位数字0是估读的. 因此小数后的零是有意义的，不能随便舍去或添加. 对于小数，如0.92、0.085、0.003 2都是两位有效数字，非零数字前面的零是表示小数点位置的，不是有效数字. 对于大的数目如 3.65×10^4 km，就表示三位有效数字，如写成 3.650×10^4 km 就表示四位有效数字.

在实验中，测量时要按照有效数字的规则来读数，运算时现阶段只取两位或三位有效数字就可以了.

微信公众号：电子课本大全



本章小结

1. 描述某个物体的运动情况时，被选做参考的其他物体叫做参考系.

2. 用来代替物体的有质量的点叫做质点. 它是根据研究问题的具体情况由实际物体抽象出来的没有大小和形状的理想化物理模型.

3. 位移是描述质点位置变动的物理量，位移的大小等于起点至终点的直线距离，位移的方向从起点指向终点. 位移是矢量.

4. 平均速度是描述质点在一段时间（或一段位移）内运动快慢和方向的物理量.

$$\bar{v}=\frac{\Delta x}{\Delta t}$$

5. 瞬时速度是描述质点在某一时刻（或某一位置）运动快慢和方向的物理量.

$$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}\ （\Delta t\text{ 足够小}）$$

6. 加速度是描述速度变化快慢的物理量. 加速度是矢量.

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

7. 图像也可描述质点运动的规律，在匀速直线运动中，$x-t$ 图像为直线，直线的“斜率”表示速度；在变速直线运动中，$x-t$ 图像是曲线. 在匀速直线运动中，$v-t$ 图像是平行于 t 轴的直线；在匀变速直线运动中，$v-t$ 图像是一条直线，直线的“斜率”表示加速度. $v-t$ 图像与横坐标轴（t 轴）间的梯形的“面积”等于这段时间内的位移值.

8. 匀变速直线运动的基本公式有

$$v_t=v_0+at$$

$$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$$

主要推论有

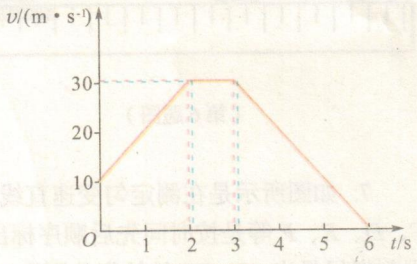
$$v_t^2-v_0^2=2ax$$

$$v_{t/2}=\bar{v}=\frac{v_0+v_t}{2}$$

微信公众号：电子课本大全

习 题

1. 根据如图所示的$v-t$图像，分析物体在做什么运动，并计算出物体在各时间段内运动的速度和加速度.



（第1题图）

2. 如图所示是A、B两物体做直线运动的$v-t$图像，试对图像进行分析，并回答下列问题.

（1）A的图像与v轴交点的意义；

（2）A、B两图像与t轴交点的意义；

（3）A、B两图像交点P的意义；

（4）说明两物体分别做什么运动.

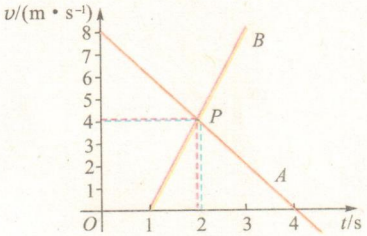
3. 一质点做直线运动，其$v-t$图像如图所示，在下列时间内该质点加速度的方向和速度方向相同的是（　　）.

A. $0<t<2\ \mathrm{s}$和$5\ \mathrm{s}<t<6\ \mathrm{s}$

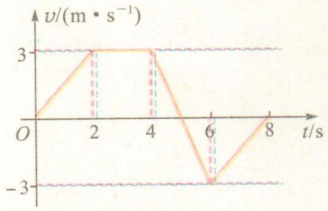
B. $0<t<2\ \mathrm{s}$和$6\ \mathrm{s}<t<8\ \mathrm{s}$

C. 只有$0<t<2\ \mathrm{s}$

D. 只有$4\ \mathrm{s}<t<6\ \mathrm{s}$



（第2题图）



（第3题图）

4. 物体沿一条直线运动，在t时间内的位移为x. 设它在中间位置$\frac{1}{2}x$处的速度为v_1，在中间时刻$\frac{1}{2}t$时的速度为v_2，则v_1和v_2的大小关系为（　　）.

A. 当物体做匀加速直线运动时，$v_1>v_2$

B. 当物体做匀减速直线运动时，$v_1>v_2$

C. 当物体做匀速直线运动时，$v_1=v_2$

D. 当物体做匀减速直线运动时，$v_1<v_2$

5. 为了得到塔身的高度（超过5层楼高），某人在塔顶让一颗石子做自由落体运动，若已知当地重力加速度，则还需测量的物理量有（　　）.

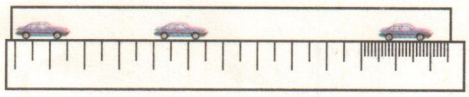
A. 最初1 s内的位移　　B. 石子落地的速度

C. 石子在最后1 s内下落的高度　　D. 石子下落的总时间

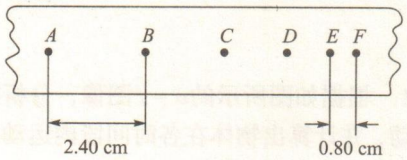
6. 为了测定某辆轿车在平直公路上启动时的加速度（轿车启动时可近似看做是匀加速运动），某人采用在同一底片上多次曝光的方法拍摄了一张照片（如图所示）. 如果拍摄时每隔2 s曝光一次，轿车车身总长为4.5 m，则这辆轿车的加速度约为（　　）.

A. $1\ \mathrm{m/s^2}$　　B. $2\ \mathrm{m/s^2}$　　C. $3\ \mathrm{m/s^2}$　　D. $4\ \mathrm{m/s^2}$

微信公众号：电子课本大全



（第 6 题图）



（第 7 题图）

7. 如图所示是在测定匀变速直线运动加速度的实验中打点计时器打出的纸带，图中 A、B、C、D、E、F 等是按时间先后顺序标出的计数点（每两个计数点间有 4 个实验点未画出），现用刻度尺量出 AB、EF 的长度分别为 2.40 cm 和 0.80 cm，则小车的加速度大小是_____ m/s^2，方向是_____.

微信公众号：电子课本大全

第一章 力

- 力
- 重力
- 弹力
- 摩擦力
- 力的合成
- 力的分解

它不是物体，但不能离开物体而存在；它不孤独，总是成双成对地出现；它不让你看见，但你能觉察到它的存在；它不能像数那样相加，而是要遵循另外的法则.



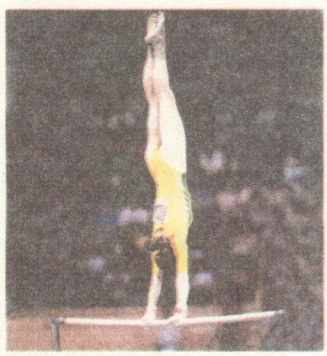
微信公众号：电子课本大全

1 力

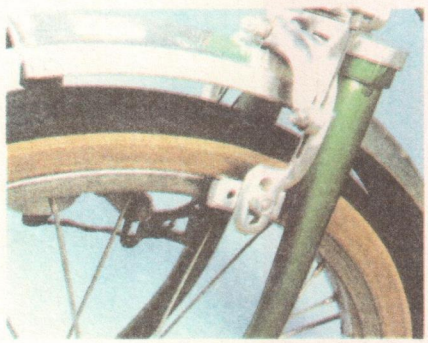
力的概念

在我们周围处处都可以感受到力的存在，但是要说清楚力究竟是什么，并不是一件容易的事．观察图 2-1-1 所示各例，并思考提出的问题．

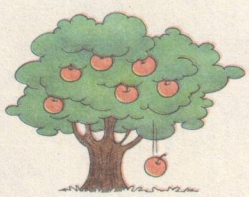
观察思考



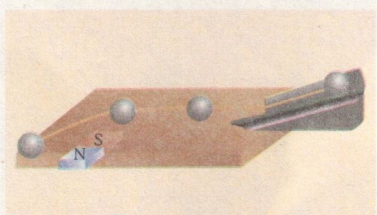
（a）双手压杠，杠发生弯曲，杠对运动员的双手有力的作用吗



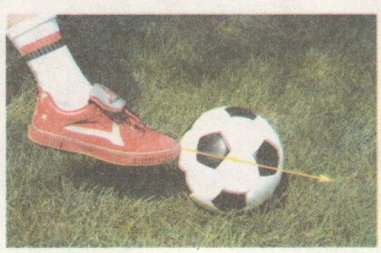
（b）刹车时，是什么力的作用使车轮停止转动



（c）在地球引力作用下苹果将如何运动？苹果也对地球有引力作用吗



（d）在磁体的作用下小钢球的运动有什么变化





（e）踢球瞬间，如果力的大小、方向以及脚与球接触的位置不同，球的运动情况会一样吗

图 2-1-1

微信公众号：电子课本大全

讨论交流

1. 根据对图 2-1-1 的观察和分析，以及你原有的知识和经验，你认为什么是力？

2. 力的作用效果有哪几种情况？力具有哪些性质？

3. 指出图 2-1-1 中有几种类型的力？

力（force）是物体与物体之间的一种相互作用，在这种相互作用下，物体的运动状态发生变化（静到动，动到静；慢到快，快到慢；运动方向改变），或者物体体积和形状发生变化（伸长、缩短、弯曲、扭转等）. 简言之，力能使物体的运动状态或形状发生改变.

力的大小、方向、作用点不同，它的作用效果就不同. **力的大小、方向和作用点**称为**力的三要素**.

力的单位与图示

力的大小可以用测力计来测量. 在国际单位制中，力的单位是**牛顿**，简称**牛**，符号为 **N**.

力是矢量，可以用一根带箭头的线段来表示. 线段按一定比例（标度）画出，它的长短表示力的大小，它的指向表示力的方向，箭头（或箭尾）表示力的作用点，线段所在的直线叫做力的作用线. 这种表示方法叫做**力的图示**.

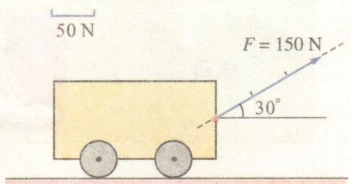


图 2-1-2 力的图示

图 2-1-2 表示作用在小车上的力的大小为 150 N，方向为斜向右上方且与水平方向成 30°.

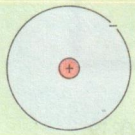
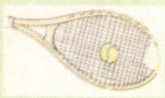
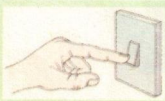
分析力学问题时，在许多情况下，只需画出**力的示意图**，即只需要表示出力的方向和作用点就可以了.

力的分类

在力学范围内经常遇到的力有重力、弹力、摩擦力. 其中重力为非接触力；弹力、摩擦力为接触力. 下面我们还会见到拉力、压力、支持力、动力、阻力等各种名称的力. 实质上，它们是上述三种力由于作用的效果不同而获得的别名.

微信公众号：电子课本大全

几种力的类型与大小

施力物体		受力物体	类型	作用力的近似值/N
太阳		地球	万有引力	3.5×10^{22}
地球		月亮	万有引力	2.0×10^{20}
氢原子核		核外电子	万有引力	4×10^{-47}
氢原子核		核外电子	电场力	8×10^{-8}
手		硬币	弹力	0.17
手		乒乓球	弹力	2.7×10^{-2}
网球拍		球	弹力	2×10^{3}
手		电灯开关	弹力	5
手		拉环	弹力	20
地面		人（起跑时，地面推动人前进）	摩擦力	3×10^{3}

练习与评价

1. 力能脱离物体而存在吗？单个物体能否产生力的作用？举出几个实例，说明力是物体之间的相互作用，并指出每个力的施力物体和受力物体.

2. 请你用一个点代表受力物体，画出下面几个力的图示，并说明这几个力的施力物体和受力物体分别是什么.

（1）机车对列车水平向右的牵引力，大小为 1.5×10^{5} N；

（2）悬绳对重物竖直向上的拉力，大小为 50 N；

（3）铁锤对钉子竖直向下的打击力，大小为 250 N.

微信公众号：电子课本大全

2 重 力

什么是重力

讨论交流

我们在初中已经学过有关重力的一些知识，图2-2-1表示在地球表面上的一个人，正在用弹簧测力计测定一个物体所受的重力. 为了能更好地说明问题，这张图把一个真实的情景夸大了. 请观察该图后思考以下问题.

1. 什么是重力?
2. 重力是如何测定的?
3. 重力的方向又如何?



图2-2-1 用弹簧测力计测量物体所受的重力

在地球表面附近的物体都会受到地球的吸引，这种由于地球的吸引而使物体受到的力，叫做**重力**（gravity），重力的方向竖直向下.

重力的大小

重力的大小与物体质量的关系可以用公式$G = mg$来表示，式中G为重力，m为物体的质量，g为重力加速度，严格地说，地球上不同高度、不同纬度处的g值一般不同，我们通常取$g = 9.8\ \mathrm{m/s^2}$（见第一章第7节）. 物体所受重力的大小常被简称为**物重**（weight）. 重力的大小可以用弹簧测力计测量.

重心

由于地球吸引，物体各部分都会受到重力的作用. 在研究重力对一个物体的作用效果时，我们可以认为各部分所受的重力作用集中于一点，这一点叫做物体的**重心**（center of gravity）.

微信公众号：电子课本大全

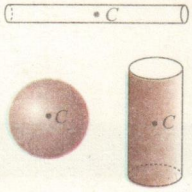


图 2-2-2

质量均匀分布的物体（常简称为“均匀物体”）的重心位置只与物体的形状有关. 形状规则的均匀物体，它的重心比较容易确定. 例如，均匀细直棒的重心在棒的中点，均匀球体的重心在球心，均匀圆柱体的重心在轴线的中点，如图 2-2-2 所示.

质量分布不均匀物体的重心除了与物体的形状有关外，还与物体内质量的分布有关. 载重汽车的重心随着装货多少和装载位置的变化而变化，如图 2-2-3 所示.

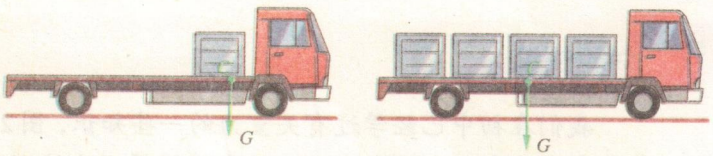


图 2-2-3

重力影响着我们的世界

在地球上，任何物体都会受到重力的作用. 它们的运动和变化也会受到重力的制约（图 2-2-4 ~ 图 2-2-6）.

陆地上如果出现巨人，由于重力的作用，他的身体与常人相比，会变得不成比例的粗大、笨重. 1638 年出版的意大利科学家伽利略所著的《关于两门新科学的对话》中，就有关于上述问题的精彩描述：“在自然界也不可能产生超长尺寸的树，因为树枝会在他们的自重下折断；同样，如果人、马或其他动物增大到非常的高度，那么要构造它们的骨骼结构，并把这些骨骼结合在一起，执行它们的正



图 2-2-4　世界上最高的植物是美洲红杉，它可高达 117 m，直径可达 11 m. 但树木不能无限长高，这是因为由于重力的作用会使树木顶部叶子缺水，而且无限高大的树木自身的重力还会使树干碎裂

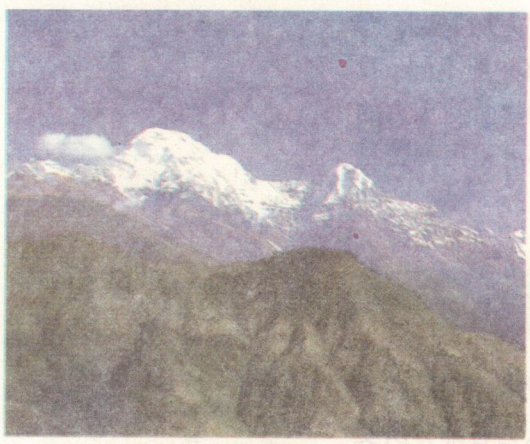


图 2-2-5　喜马拉雅山脉是地球上海拔最高的山脉. 珠穆朗玛峰海拔达 8844.43 m，但由于重力作用，地球上山的高度会受到一定的限制



图 2-2-6　黑犀牛之所以不被自身的重力压垮，并能正常行动，是因为它的骨骼特别粗大

微信公众号：电子课本大全

常功能是不可能的，因为这种高度的增大只能通过采用一种比通常更硬更强的材料，或者增大骨骼的尺寸才能实现. 这样就改变了它们的外形，以至于动物的外貌和形状呈现一种畸形.”

练习与评价

1. 什么是重力？重力的方向如何？重力的大小与哪些因素有关？

2. 画出下面几个物体所受重力的图示.

（1）放在地面上的质量为 50 kg 的箱子；

（2）沿着滑梯下滑的质量为 30 kg 的小孩；

（3）被抛在空中的质量为 0.5 kg 的小球.

3. 蚂蚁可称为“六脚大力士”. 一只质量约为 5 mg 的蚂蚁，能举起质量是它自身体重 20 倍的树叶，蚂蚁对这个树叶的支持力约是多大？

4. 八个鸡蛋正好是 0.5 kg，用手托住其中一个，则这个鸡蛋对手的压力约为多少牛？画出手所受的压力的图示.

发展空间

1. 关于重力.

万物之间都相互吸引，地球表面的物体不仅受到地球的吸引，还会受到其他种种物体的吸引，但实验表明后一种引力与地球引力相比微不足道，完全可以略去. 所以在研究地球表面的物体受到的引力时，一般只考虑重力.

重力还与地球的自转有关，重力的大小一般不等于引力，而且重力与引力在方向上也略有差异. 不过这个差异最大不会超过千分之四. 例如，北京地区的重力比引力约小千分之二. 如略去地球自转的影响，则物体所受的重力就是地球的引力.

在有些读物上，重力也可以指地球以外的其他星体对其表面附近物体的引力. 比如说一个物体在月球表面时所受的重力只有地球上的 1/6，而它在木星上时所受的重力又是地球上的 2.64 倍.

2. 英国作家斯威夫特创作的《格列佛游记》一书中，有这样一幅漂亮的插图（图 2-2-7）. 我们假定把这儿的故事改一下：图中的巨人生活在我们地球上，周围的“小人”就是我们人类，在重力的作用下，巨人能有与周围的“小人”相似的身材吗？发挥你的想象，描述他的样子，你也可以画一幅图来表达自己的看法.

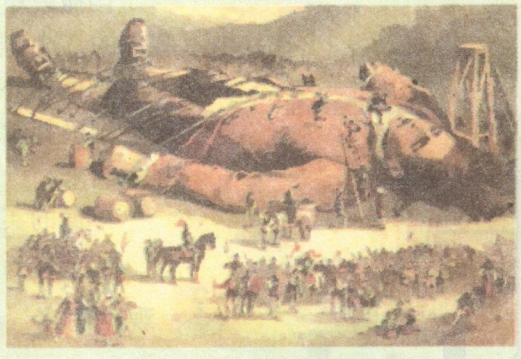


图 2-2-7 《格列佛游记》插图

微信公众号：电子课本大全

3 弹 力

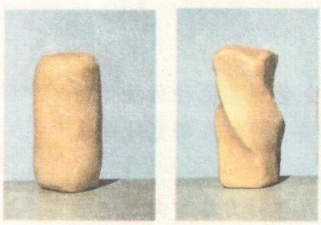
弹力与物体的形变直接相关. 要认识弹力，就先要了解物体的形变.

物体的形变

物体形状或体积的变化叫做**形变**（deformation）. 物体的伸长、缩短、弯曲等都是形变. 我们可能都有过这样的经验：脚踏在木板上，木板往下弯，当你一走开，它便会恢复原状；脚踩在泥地上，当你走开后地面上会留下脚印. 由此可见，木板和泥土的形变是有区别的.



（a）拉开弹簧，弹簧发生了形变



（b）揉捏橡皮泥，橡皮泥发生了形变

图 2-3-1

观察思考

在图 2-3-1 中，弹簧与橡皮泥的形变有什么不同？

物体在外力作用下，发生的形变通常可以分为两类.

当撤去外力作用后物体能恢复原状的，这类形变称为**弹性形变**（elastic deformation）. 但作用在物体上的外力也不能过大，如果外力过大，超出了一定的限度，那么撤去外力后，物体就不能恢复原状，这个限度叫做**弹性限度**（elasticity limit）.

当撤去外力作用后物体的形变或多或少仍有保留而不能复原的，这类形变称为**范性形变**（plastic deformation）.

物体在外力作用下发生的形变，有的形变明显，有的形变则极其微小，以致不能直接观察到，只有用仪器才能显示出来.

下面的实验我们将看到用仪器“放大”了的微小形变.

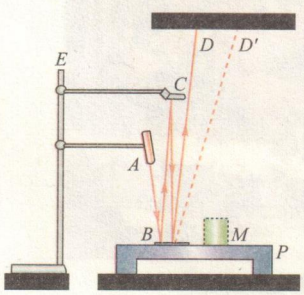


图 2-3-2 放大了的微小形变

观察思考

如图 2-3-2 所示，A 为激光笔，B、C 是两块平面镜，把重物 M 放到桌面 P 上，就可以看到激光束反射在屏上的光

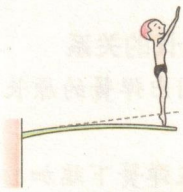
微信公众号：电子课本大全

斑由 D 移动到 D'，从而把桌面的微小形变显示出来.

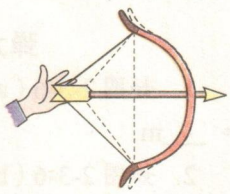
什么是弹力

观察思考

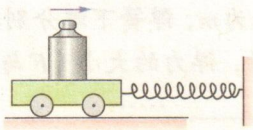
在图 2-3-3 中，人、箭、小车都受到了弹力的作用，这些弹力是怎么产生的？弹力的方向又如何？



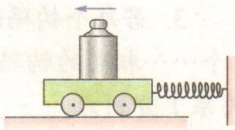
（a）跳板弹起跳水运动员



（b）张紧的弦把箭射出



（c）伸长的弹簧使小车向右加速运动



（d）压缩的弹簧使小车向左加速运动

图 2-3-3

发生弹性形变的物体由于要恢复原状，对与它接触的物体产生力的作用，这种力称为**弹力**（elastic force）. 弹力的方向总是与引起形变的作用力的方向相反. 弹力常表现为拉力、压力、支持力.

常见的弹力

如图2-3-4所示，是书与桌面相互接触并在重力作用下相互挤压的情况. 书与桌面都会发生微小形变：书的形变使书对桌面产生垂直向下的弹力，这就是书对桌面的压力，如图（b）所示；桌面的形变使桌面对书产生垂直向上的弹力，这就是桌面对书的支持力，如图（c）所示. 压力或支持力的方向总是垂直于支持面而指向被压或被支持的物体.

如图2-3-5所示，是绳子悬挂重物的情况. 挂在绳子下端的重物在重力作用下拉紧绳子，使重物与绳子都发生微小形变：重物的形变对绳子产生向下的弹力，这就是重物对绳子的拉力，如图（b）所示；绳子的形变对重物产生向

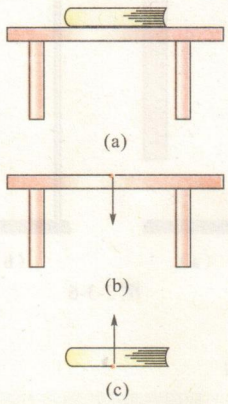


图 2-3-4 压力和支持力

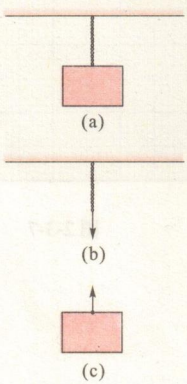


图 2-3-5 拉力

微信公众号：电子课本大全

上的弹力，就是绳子对重物的拉力，如图（c）所示. 绳子的拉力的方向总是沿着绳子而指向绳子要收缩的方向.

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. 弹力与形变的定量关系一般来讲比较复杂，而弹簧的弹力与弹簧的伸长量（或压缩量）的关系则比较简单.

下面我们通过实验来找出弹簧的弹力与长度变化的关系.

实验探究

弹力与弹簧伸长的关系

1. 如图 2-3-6（a）所示，测出弹簧的原长（自然长度）l_0= ___m.

2. 如图 2-3-6（b）所示，在弹簧下端加 1 个、2 个……相同的钩码，测出弹簧静止时的伸长量 $x = l_i - l_0$.

3. 若每个钩码的质量均为 m，弹簧下端分别挂上 1 个、2 个……相同的钩码，平衡时，弹力的大小（F 与 m 之间的关系）分别为_____；_____……

4. 把所测得的数据填在下表中.

序号	1	2	3	4	5
F/N					
x/m					

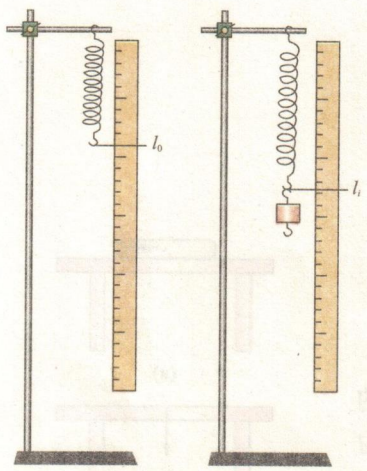


图 2-3-6

5. 以 F 为纵轴，x 为横轴建立坐标系，根据表中的数据，在图 2-3-7 的坐标纸上描点，画出 $F-x$ 图像.

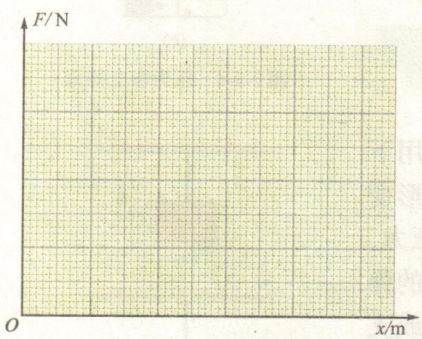


图 2-3-7

6. 通过实验得出弹簧的弹力与弹簧伸长量之间有怎样的关系？

7. 如果压缩弹簧，你认为会得出什么结论？

实验表明：在弹性限度内，弹力和弹簧形变大小（伸长或缩短的量）成正比，即

$$F = kx$$

式中的比例系数 k 叫做弹簧的**劲度系数**（stiffness），单位为 N/m，它取决于弹簧本身的结构（材料、匝数、直径等）. 这个规律是英国科学家胡克发现的，叫做**胡克定律**（Hooke law）. 胡克定律只在一定的弹性限度内适用.

微信公众号：电子课本大全

练习与评价

1. 形变有哪两种类型？
2. 何谓弹性限度？请你举一个具体例子加以说明.
3. 什么是弹力？如何确定弹力的方向？
4. 弹簧的弹力与弹簧形变的大小（缩短或伸长）之间有怎样的关系？
5. 你能举出两个物体互相接触，但它们之间却并无相互作用的例子吗？
6. 放在水平桌面上的书对桌面的压力等于书受到的重力. 能不能说书对桌面的压力就是重力？为什么？
7. 在图 2-3-8 中画出书、灯所受力的示意图，并指出各个力分别是哪一种作用力.

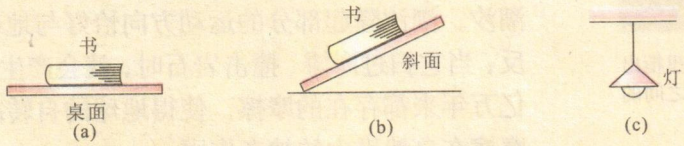


图 2-3-8

发展空间

1. 根据胡克定律，解释初中用过的弹簧测力计的工作原理.
2. 观察自动伞的结构，说明伞能自动打开的原因.
3. 图 2-3-9 是形变的几种形式. 请你举例说明日常生活中利用这几种形变的实例，并说明使用的目的是什么（如减缓振动、获得弹力等）.

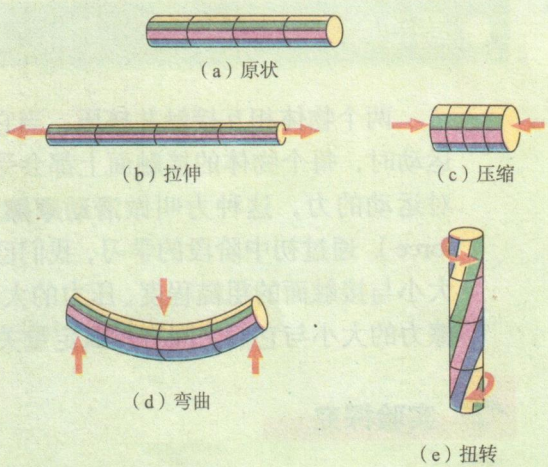


图 2-3-9

微信公众号：电子课本大全

4 摩擦力



图2-4-1 鸟儿把蚯蚓从地里衔出来，也要克服蚯蚓与泥土之间的摩擦力

据科学家考证，地球在5.7亿年前，一昼夜只有20.47 h，每年428天；在3.7亿年前，一昼夜为22 h，每年为398天. 根据这些数据，人们估算出地球自转一周的时间每100年约增加0.00164 s，即每10万年增加1.64 s. 是什么魔力使地球的自转变慢了呢？

后来人们发现，由于月球、太阳对地球的吸引会产生潮汐，潮汐隆起部分的运动方向恰好与地球的自转方向相反，当它扫过海滩、撞击岩石时，就会产生摩擦. 正是这种亿万年来都存在的摩擦，使得地球的自转减慢. 由此可见摩擦在自然界中的神奇作用.

讨论交流

在我们日常生活中处处可以见到摩擦现象. 请你分析一个你熟悉的与摩擦有关的实例，说一说什么是摩擦力，它的大小与哪些因素有关，它的方向如何.



图2-4-2 这位大力士能否拉动这辆车，不仅仅取决于他牙齿的拉力，还和车轮与地面之间以及他的鞋底与地面之间的摩擦力有关

摩擦力是自然界中一种常见的力，是在两个相互接触并发生挤压的物体之间产生的阻碍相对运动的力.

滑动摩擦力

两个物体相互接触并挤压，当它们沿接触面发生相对运动时，每个物体的接触面上都会受到对方作用的阻碍相对运动的力，这种力叫做**滑动摩擦力**（sliding friction force）. 通过初中阶段的学习，我们已经知道滑动摩擦力的大小与接触面的粗糙程度、压力的大小有关，那么，滑动摩擦力的大小与它们之间有什么定量关系呢？

实验探究

研究滑动摩擦力的大小

如图2-4-3所示，将一木块和木板叠放于水平桌面上，弹簧测力计一端固定，另一端与木块水平相连，用力拉动

微信公众号：电子课本大全

木板，使之在桌面上滑动，读出弹簧测力计的示数．根据二力平衡的条件，想一想，如何测出木块与木板间滑动摩擦力 f 的大小以及木块对木板压力 N 的大小？实验可按下列步骤进行．

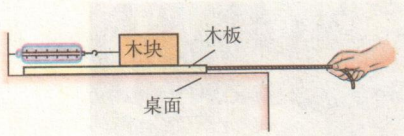


图 2-4-3

实验中可通过在木块上添加重物的方法，改变木块对木板的压力，并分别测出滑动摩擦力 f 的大小；

把木板换成玻璃板，重复上面的实验；

把测得的数据填入下表中，并完成有关计算．

压力 N / N	滑动摩擦力 f / N	
	木块与木板	木块与玻璃板
计算 f / N		

完成有关计算后，请你和同学讨论下列问题：滑动摩擦力 f 的大小与压力 N 的大小有何关系？滑动摩擦力 f 的大小与接触面的材料有何关系？

大量实验表明：在通常情况下，两个物体间的滑动摩擦力 f 的大小跟压力 N 成正比，也就是跟两个物体接触面间的垂直作用力 N 成正比，即

$$f=\mu N$$

式中的比例系数 μ 叫做**动摩擦因数**（dynamic friction factor），它是两个力的比值，没有单位．它的大小与两个接触面的材料、粗糙程度等情况有关．

滑动摩擦力的方向总是跟物体的接触面相切，并且跟它们相对运动的方向相反，如图 2-4-4 所示．所谓相对运动的方向，是指在发生相对运动的两个物体中，把其中一个物体作为参照物（当做静止）时另一个物体的运动方向．

几种材料间的动摩擦因数

接触面材料	动摩擦因数
钢－钢	0.25
钢－木	0.40
钢－冰	0.02
木－木	0.30
木－冰	0.03
木－皮革	0.30
橡胶轮胎－水泥路面	0.70

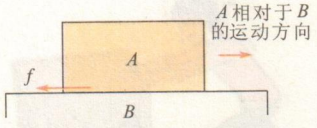


图 2-4-4 f 为物体 A 所受的摩擦力

讨论交流

如图 2-4-5 所示，汽车 B 以速度 v_1 行驶，车上的货物 A 速度为 v_2（相对于地面），$v_1>v_2$．如在 A、B 间出现滑动摩擦力，则 B 作用于 A 的滑动摩擦力的方向是_____，A 作用于 B 的滑动摩擦力的方向是_____．

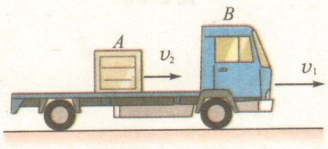


图 2-4-5

微信公众号：电子课本大全



图 2-4-6　狗拉雪橇

【例题】对于寒冷地区的居民来说，狗拉雪橇（图 2-4-6）是一种十分重要的交通工具. 狗拉着一个有钢制滑板的雪橇在冰面上滑行，如果雪橇连同其上的物品和人所受的总重力为 9.8×10^3 N，这些狗要用多大的水平力，才能拉着雪橇匀速前进？

【分析】先分析雪橇的受力情况. 如图 2-4-7 所示，雪橇在水平方向上受到两个力的作用：狗对雪橇的拉力 F 和雪橇受到的滑动摩擦力 f；雪橇在竖直方向上也受到两个力的作用：重力 G 和冰面对雪橇的支持力 N.

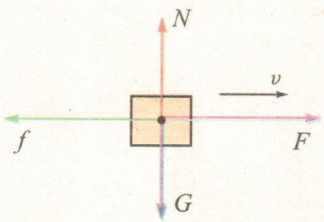


图 2-4-7

再分析雪橇的运动情况：在这四个力的作用下，雪橇在水平方向上匀速前进.

根据二力平衡的条件可知 $F = f$，$N = G$. 滑动摩擦力的大小可以由 $f = \mu N'$ 求出. 其中，N' 是雪橇对冰面的压力，它是支持力 N 的反作用力，大小等于雪橇的总重 G，而钢与冰之间的动摩擦因数 μ 则可以在表中查出，由此可以求出狗的拉力.

【解】已知 $G = 9.8 \times 10^3$ N，$\mu = 0.02$. 因为雪橇做匀速直线运动，所以

$$F = f = \mu N'$$

而　　$N' = G$

所以　　$F = f = \mu N' = \mu G$

代入数据得

$$F = 0.02 \times 9.8 \times 10^3 \text{ N} = 1.96 \times 10^2 \text{ N}$$

即这些狗要施加 196 N 的水平力，才能拉着雪橇在水平方向上沿直线匀速前进.

静摩擦力

观察思考

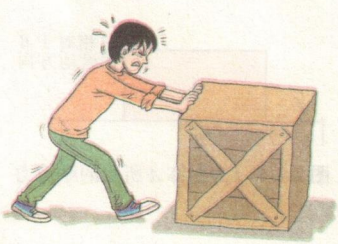


图 2-4-8

图 2-4-8 中的木箱在推力的作用下没有运动，是什么力阻碍它的运动呢？

当两个彼此接触且相互挤压的物体之间没有发生相对滑动，但它们之间存在相对运动的趋势时，在它们的接触面上会产生一种阻碍物体间发生相对运动的力，这种力叫做**静摩擦力**（static friction force）.

活动

在水平桌面上，用弹簧测力计水平拉动书本等物品，观察

微信公众号：电子课本大全

这些物品从静止到拉动的过程中弹簧测力计示数的变化情况.

图2-4-9显示的是实验中出现的情况，你能在图中找出哪些与静摩擦力有关的知识?

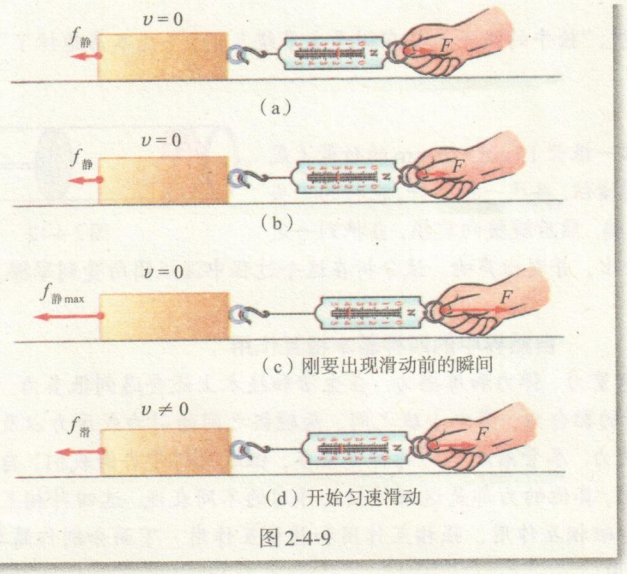


图 2-4-9

静摩擦力的大小和方向与两个相互接触且存在挤压的物体之间的相对运动趋势有关. 实验表明，当运动的趋势增大时，静摩擦力也随着增大，但静摩擦力的增大有一个限度，这个静摩擦力的最大值叫做最大静摩擦力，我们用$f_{静max}$表示. $f_{静max}$在数值上等于物体将要发生相对运动时的摩擦力，而两物体间实际发生的静摩擦力f在0与$f_{静max}$之间. 静摩擦力的方向总是跟物体间相对运动趋势的方向(是指假定接触面光滑而出现相对滑动的方向)相反.

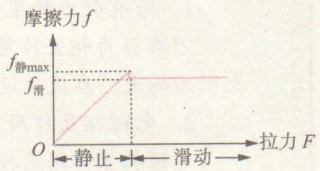


图2-4-10 物体从静止到滑动，所受摩擦力的变化情形

摩擦与我们的生活息息相关，有时我们要用滚珠轴承、润滑油等来尽量减少摩擦力的作用，但有时摩擦力又是必不可少的，没有摩擦，我们就不能固定物体，不能刹车，不能带动机器运转，甚至不能走路. 一个没有摩擦的世界，我们是很难生活在其中的.

练习与评价

1. 滑动摩擦力的大小与哪些因素有关? 它的方向如何?

2. 你认为静摩擦力的大小与使物体产生相对运动趋势的外力之间有什么关系?

3. 如图2-4-11所示，一个65 kg的消防员沿杆匀速下滑，试分析在竖直方向上他受哪些力的作用，并求出摩擦力的大小.

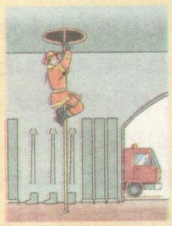


图 2-4-11

微信公众号：电子课本大全

发展空间

1. 木箱的质量比小明的质量要大一些，箱与地面之间的动摩擦因数也比小明与地面之间的动摩擦因数大，小明用水平的力能推动这只木箱吗？如果不能，小明用什么方法才可能移动木箱？

2. 你能否定性地说明，“拴牛的绳子只要在树干上多绕几圈，牛就不易跑掉了”的道理？

△△实验室

如图 2-4-12 所示，取一根长 15 cm～20 cm 的竹管（或塑料管），一端用湿纸团堵住. 再找一根细杆，在杆的一头缠上湿布，塞紧管的另一端. 然后缓缓向前推，当推到一定距离时，湿纸团会突然滑出，并发出声响. 试分析在这个过程中湿纸团所受到摩擦力的情况.

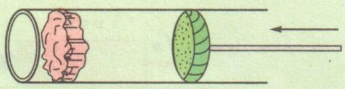


图 2-4-12

自然界中的四种基本相互作用

我们已经知道的力有重力、弹力和摩擦力. 在生活和技术上还会遇到很多力. 例如气体的压力，水的浮力，胶带的黏合力，带电小球之间、两磁极之间的引力或斥力以及在微观世界中存在的这样或那样的力. 尽管看起来力的种类繁多，但近代科学告诉我们，自然界中只存在四种基本的相互作用，其他的力都是这四种相互作用的不同表现. 这四种相互作用分别是万有引力相互作用、电磁相互作用、强相互作用和弱相互作用. 下面分别作简单介绍.

1. 万有引力相互作用.

万有引力相互作用是指存在于任何两个物体之间的吸引力，它源于物体的质量，质量越大引力越大. 在天体运行中引力起着重要作用，但在研究微观粒子的相互作用时可略去.

2. 电磁相互作用.

电磁相互作用是指带电粒子或带电的宏观物体之间的作用力. 运动的电荷之间除了有电力的作用外，还有磁力的相互作用，统称为电磁力.

由于分子或原子都是由带电粒子构成的，它们之间的作用力主要就是电磁力. 在力学中提到的相互接触物体之间的弹力、摩擦力、流体的阻力、空气的压力、浮力以及黏合力等都是相互靠近的原子或分子之间的电磁相互作用的宏观表现.

3. 强相互作用.

强相互作用是微观粒子之间的作用力. 它与电荷无关，无论粒子是否带电，此力都存在，正是这种力把原子核内的质子及中子紧紧地束缚在一起. 在核内两个相邻质子之间的作用力可以达到 10^4 N，但作用范围很小，距离超过约 10^{-15} m 时，这种作用力就小得可以略去不计.

4. 弱相互作用.

弱相互作用也是发生在各种微观粒子（光子等除外）之间的一种作用. 如一些不稳定的原子核，从核内会自发地射出电子流，就是弱相互作用引起的. 它的作用范围更小，通常认为小于 10^{-18} m，力也很弱，两个相邻质子之间的弱力约仅有 10^{-2} N.

1680年牛顿用万有引力定律统一了天上和地上的引力. 1864年麦克斯韦用他的电磁理论统一了电与磁的相互作用. 20世纪30年代，爱因斯坦就曾试图把万有引力相互作用和电磁相互作用统一起来，但没有成功. 到20世纪60年代，温伯格和萨拉姆在杨振宁等人提出的理论基础上，提出了一种把电磁相互作用和弱相互作用统一起来的理论——电弱统一理论. 现在物理学家们仍在努力建立将四种相互作用都能统一起来的大统一理论. 因为许多科学家都有一种信念，深信“从本质上讲，自然界是简单的”. 如果这种理论能够成功建立，那就意味着人类对自然界的本质有了更深刻的认识.

微信公众号：电子课本大全

5 力的合成

● 几个力可用一个力来替代

讨论交流

1. 在同一直线上的两个力的合力怎么求？图2-5-1中小球受的合力大小为多少牛？合力的方向怎么确定？

2. 从图2-5-2中可以看出，两根绳的作用完全可以用一根绳来替代．那么F_1、F_2和F三者之间有怎样的关系？

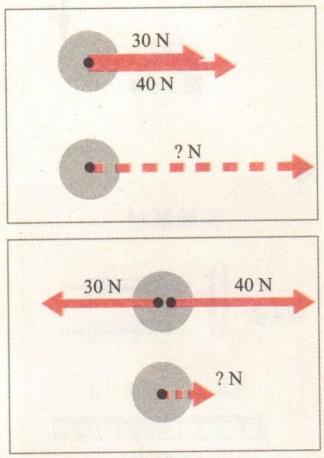


图 2-5-1 力的合成

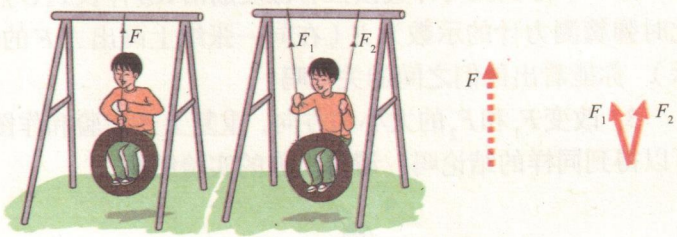


图 2-5-2

在图 2-5-2 中，力F的作用效果与力F_1和F_2共同作用的效果相同，我们就称F为F_1和F_2的**合力**（resultant force），F_1和F_2为F的**分力**（component force）.

求几个力的合力叫做**力的合成**（composition of forces）. 力的合成是一种等效替代的方法，即用一个力去替代几个共同作用的力，替代后产生的作用效果与原来相同.

我们只研究**共点力**（concurrent force）的合成问题. 所谓共点力是指作用于物体上同一点，或者力的作用线相交于同一点的几个力．图 2-5-3 所示的两种情况中的力都是共点力.

显然，把物体当做质点的情况下，物体所受的力都是共点力.

如何求两个共点力的合力呢？

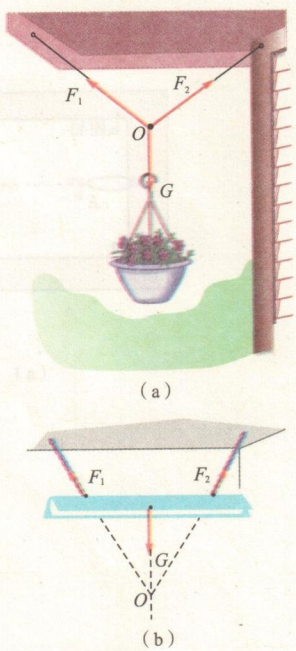


图 2-5-3 共点力

微信公众号：电子课本大全

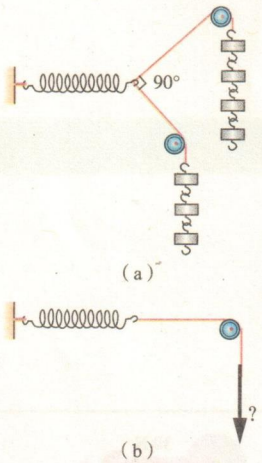
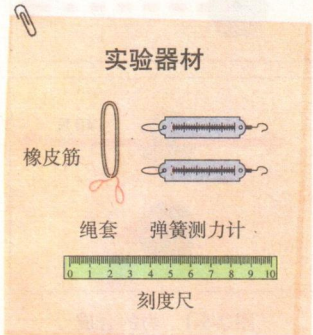


图 2-5-4



●学生实验：探究共点力合成的规律

演示

用如图2-5-4(a)所示的两个力拉弹簧使之伸长至某一位置，并适当调整力的方向，使两力之间的夹角为90°.

换用一根线牵引弹簧，使弹簧的伸长与两个力作用时相同，此时，共挂了多少钩码?

猜一猜，合力与分力可能遵循什么样的规律?

实验步骤

1. 在水平放置的图板上固定一张白纸，将橡皮筋的一端固定在图板上的K点处，橡皮筋的自然长度为KE，如图 2-5-5（a）所示.

2. 如图2-5-5(b)所示，让橡皮筋在互成120° 的两个弹簧测力计的共同作用下，沿KE方向由E点伸长至O点，此时弹簧测力计的示数分别为F_1和F_2(在同一张纸上画出力F_1和F_2的图示). 然后撤去F_1和F_2，如图2-5-5(c)所示，用一个弹簧测力计直接拉着橡皮筋沿KE伸长到O点，此时弹簧测力计的示数为F(在同一张纸上画出力F的图示). 你能看出他们之间的关系吗?

3. 改变F_1和F_2的大小和方向，重复上述实验和作图，可以得到同样的结论吗? 请写出你的实验结论.

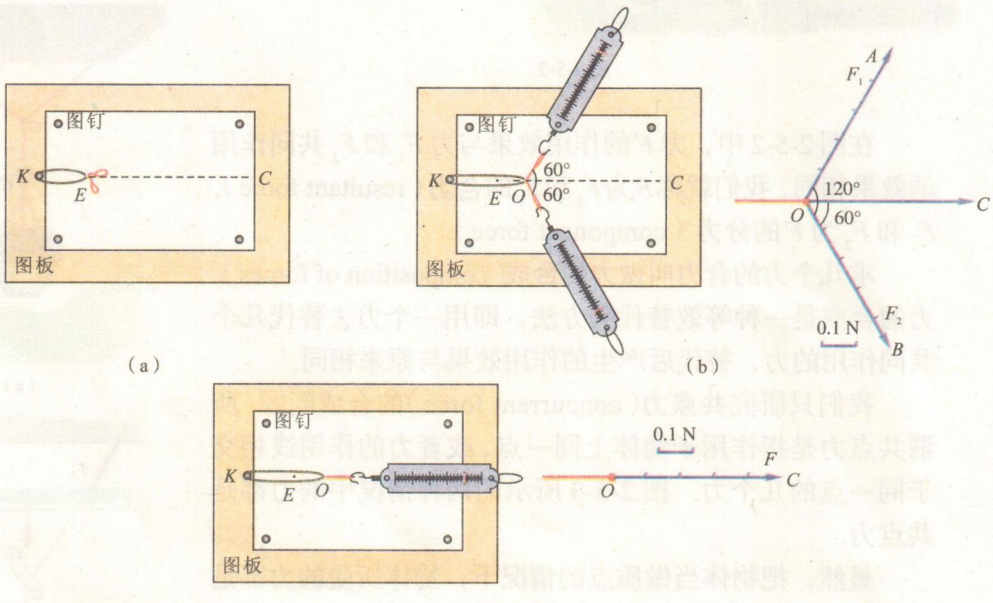


图 2-5-5

微信公众号：电子课本大全

如果用表示两个共点力F_1和F_2的线段为邻边作平行四边形，那么合力F的大小和方向就可以用这两个邻边之间的对角线表示出来，这叫做力的**平行四边形定则**（parallelogram rule）.

互成直角的两个力的合成

如图2-5-6所示，有两个互成直角的共点力：F_1= 30 N，沿水平方向；F_2= 40 N，沿竖直方向. 可根据平行四边形定则，分别用计算法和作图法来求它们的合力.

先用计算法求合力. 根据勾股定理，合力的大小是

$$F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$$

代入数值

$$F=\sqrt{30^2+40^2}\ \text{N}=50\ \text{N}$$

合力的方向可用F与F_1之间的夹角来表示. 设这个夹角为θ，则

$$\tan\theta=\frac{F_2}{F_1}=\frac{4}{3}\qquad \theta=53°$$

再用作图法求合力. 选择某一标度表示10 N的力，作出力F_1和F_2的图示，再以F_1、F_2为邻边，作平行四边形，再作对角线F，如图2-5-6所示. 用刻度尺量出F的长度，按标度折算出F的大小，再用量角器量得合力F与F_1的夹角，同样可求得F= 50 N，θ= 53°.

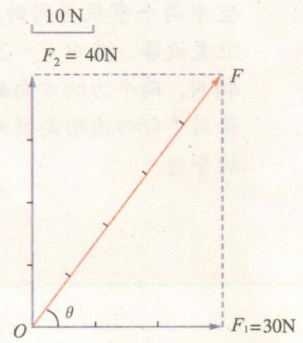


图2-5-6 互成直角的两个力的合成

若要求多个共点力的合力，可先求任意两个力的合力，再求这个合力与第三个力的合力，依次进行，最终求得全部共点力的合力.

力是矢量，它的合成遵守平行四边形定则. 在物理学中的矢量，都是既有大小，又有方向，并且在合成时遵循平行四边形定则的物理量.

活动

有两个力F_1和F_2，请自行设定它们的大小. 用作图法求出它们之间的夹角分别为θ= 0°、60°、150°、180°时合力F的大小.

微信公众号：电子课本大全

根据你所作的图，研究下面的问题.

（1）θ 由 0° 增大到 180° 的过程中，合力 F 的大小怎样变化?

（2）什么情况下合力最大? 最大值是多少? 什么情况下合力最小? 最小值等于多少?

（3）合力 F 是否总能大于原来的两个力中的一个（F_1 或 F_2）?

练习与评价

1. 什么叫做力的合成? 力的合成遵循什么规律?

2. 已知两共点力的大小分别为 3 N 和 4 N，用作图法求出这两个力互成 30°，60°，90°，120° 几种情况下的合力.

3. 两个共点力的合力最大为 15 N，最小为 5 N，则这两个力的大小分别为多少? 若两个力的夹角是 90°，则合力的大小是多少?

4. 求在图 2-5-7 中所示的情况下，弹簧测力计提起的物体各是多重.

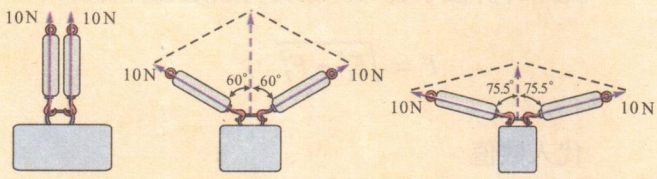


图 2-5-7

5. 如图 2-5-8 所示，在太空中两个宇航员同时推动一个卫星设备. 其中 F_1= 20 N，F_2= 40 N，两个力的方向如图所示. 请用平行四边形定则画出 F_1、F_2 的合力.

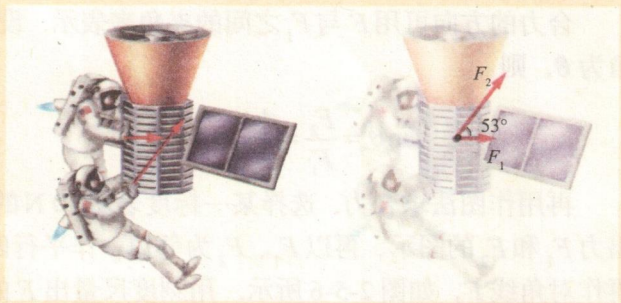


图 2-5-8

发展空间

实验室

用木片（或塑料片）制作一个平行四边形模型（图 2-5-9），两条邻边表示两个共点力，夹角可以随意改变，对角线表示合力. 模型做好后，观察当两分力间夹角从 0° 到 180° 的变化过程中，合力的大小和方向如何变化.

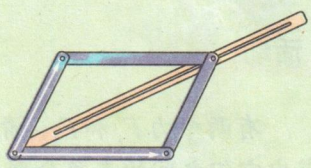


图 2-5-9

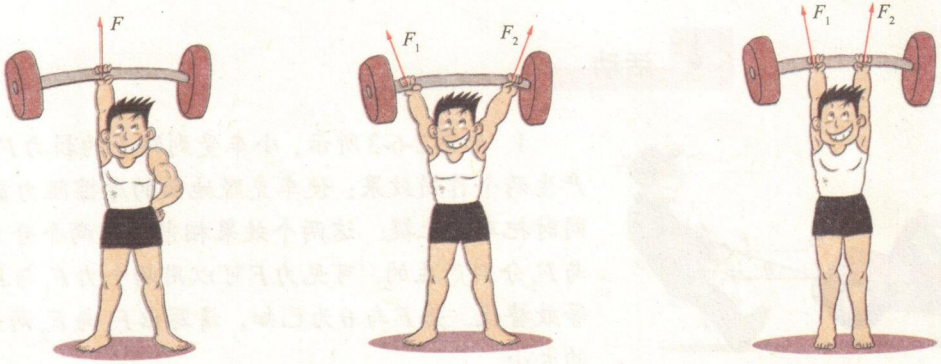
微信公众号：电子课本大全

6 力的分解

一个力可用几个力来替代

讨论交流

举重运动员分别用一只胳膊［图2-6-1（a）］、两只胳膊［图2-6-1（b）（c）］把杠铃举了起来．若已知F的大小和方向，你用什么方法能求得F_1、F_2呢？



（a）　（b）　（c）

图2-6-1

我们已经知道，几个力的作用可以用一个力来等效替代，这就是力的合成．相反，一个力的作用也可以用几个力的共同作用来等效替代，这几个力称为那一个力的分力．求一个已知力的分力叫做**力的分解**（decomposition of force）．图2-6-1中F_1、F_2就是F的分力．

力的分解方法

力的分解是力的合成的逆问题，因此力的分解必然遵循平行四边形定则．

微信公众号：电子课本大全

求一个力 F 的分力时，把这个力作为平行四边形的对角线，那么，与力 F 共点的平行四边形的两个邻边就是这个力的两个分力.

由图 2-6-2 可见，一个 60 N 的力，由于两分力的方向不同，就会有多种分解结果.

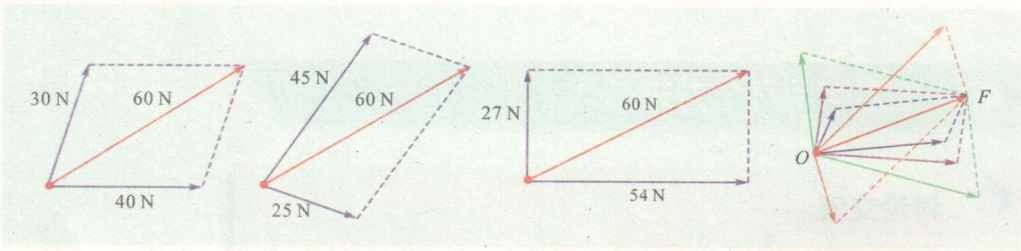


图 2-6-2　力的分解

如果对一个力的分解没有什么条件限制，那么一个力可以由无数组分力来替代. 在一个具体问题中，对一个已知力的分解可根据力的实际作用效果来确定.

活动

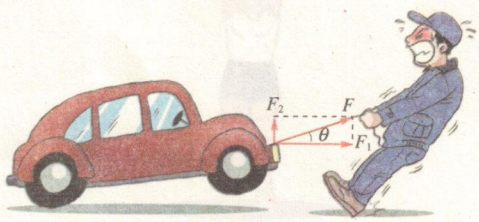


图 2-6-3

1. 如图 2-6-3 所示，小车受到绳子的拉力 F，它产生两个作用效果：使车克服地面的摩擦阻力前进；同时把车向上提. 这两个效果相当于是两个分力 F_1 与 F_2 分别产生的. 可见力 F 可以用两个力 F_1 与 F_2 来等效替代. 若 F 与 θ 为已知，请写出 F_1 与 F_2 两分力的大小.

F_1= _____ ；F_2= _____.

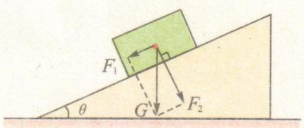


图 2-6-4

2. 如图 2-6-4 所示，把一个木块放置在光滑斜面上，重力对木块能产生怎样的作用效果呢？让我们通过下面的实验找出结论（实验中要保持斜面静止不动）.

（1）把木块放置在斜面上端，观察其运动；

（2）沿斜面给木块一个向上的拉力，阻止木块下滑，并在木块与斜面间铺垫上软泡沫塑料或橡皮泥，观察其形变.

请你说出，重力对放置在斜面上的木块所产生的作用效果是什么？在图 2-6-4 中，把 G 分解为 F_1、F_2 的理由是什么？

若已知斜面的倾角为 θ，则 F_1、F_2 的大小分别是

F_1= _____ ；F_2= _____.

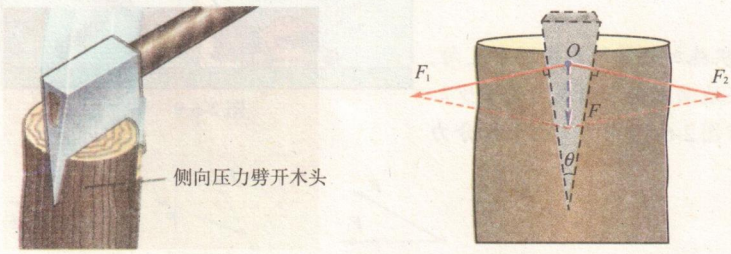
微信公众号：电子课本大全

讨论F_1与θ的关系，从而说明为什么高大的桥梁要建造很长的引桥.



图 2-6-5 立交桥的引桥

在人们的日常活动中，力的分解有着十分广泛的应用. 我们来分析斧子劈开树桩的例子. 人们不可能用双手掰开一段木桩，然而，若用斧子就容易把树桩劈开. 这是因为楔形的斧锋在砍进木桩时会产生很大的侧向压力. 如图2-6-6所示，斧子对木桩施加一个向下的力F时，斧子与木桩的劈开面之间就会相互挤压，产生压力F_1与F_2（即两个劈开面受到的侧向压力），从图2-6-6（b）可看出，与F相比，F_1和F_2比F大得多.



（a）斧子劈树桩　　（b）一个较小的力可以分解为两个较大的力

图 2-6-6

力的正交分解

将一个力沿着相互垂直的两个方向分解是应用最多的分解方法. 按图2-6-7建立直角坐标系，把F沿x、y方向进行分解，这种方法通常称为力的正交分解. 前面图2-6-3和图2-6-4的两个实例都是力的正交分解.

如图2-6-7所示，当直升飞机倾斜飞行时，螺旋桨产生的升力F垂直于机身，此力可以分解为竖直方向和水平方向的两个力，竖直向上的分力$F_y = F\cos\theta$，它或与飞机的重力平衡，或者大于重力而使飞机向上加速运动；水平方向的分力$F_x = F\sin\theta$，它使飞机向前加速运动. 这就是升力对直升飞机产生的两个作用效果.

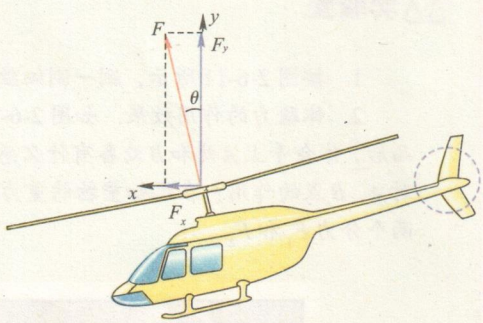


图 2-6-7 力的正交分解

微信公众号：电子课本大全

练习与评价

1. 在图 2-6-8 中，两个体重相同的小孩坐在秋千上，两秋千的绳子是一样的. 问：哪个秋千的绳子容易断，为什么？

2. 一个物体重为 60 N，把它放在斜面上，斜面的长与高之比是 5 : 3. 试求出平行于斜面使物体下滑的分力和垂直于斜面使物体压紧斜面的分力.

3. 图 2-6-9 中工人在推动一台割草机，施加的力大小为 100 N，方向如图示.

（1）画出 100 N 力的水平和竖直分力.

（2）若割草机重 300 N，则它作用在地面上向下的压力是多少？

（3）如果工人对割草机施加的作用力与图中反向，力的大小不变，则它作用在地面上向下的压力是多少？

4. 用作图法分别画出图 2-6-10 中力 F 的未知分力（虚线为分力的方向）.



图 2-6-8

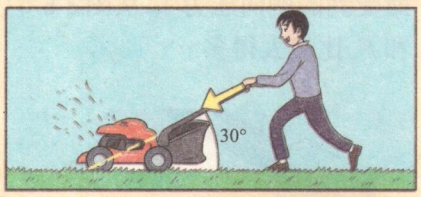


图 2-6-9

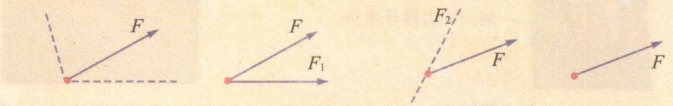


图 2-6-10

发展空间

实验室

1. 按图 2-6-11 所示，测一测细丝或头发丝能承受的最大拉力.

2. 体验力的作用效果. 如图 2-6-12 所示，使 OA 水平，用细绳在 O 处悬挂不太重的物品后，体会手上 A 处和 B 处各有什么感觉. 绳对 O 点的拉力 F 分解为哪两个方向的力能反映对 A、B 点的作用？在已知重物的重力 G 和 θ 的情况下，用平行四边形定则作图求出 F 的这两个分力 F_1 和 F_2.

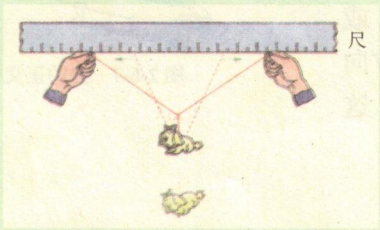


图 2-6-11

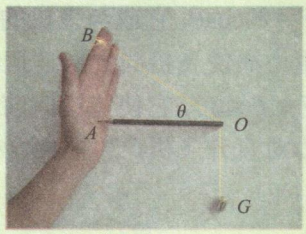


图 2-6-12

微信公众号：电子课本大全

本章小结

1. 物体间的相互作用能使物体的运动状态发生变化或使物体发生形变. 力的大小、方向、作用点称为力的三要素. 力是矢量，可用力的图示或力的示意图来表示. 在国际单位制中，力的单位是牛顿，符号为N.

2. 重力是物体在地球表面附近时，由于地球的吸引而受到的力. 重力的大小可根据$G=mg$来计算. 重力的方向是竖直向下的. 地球对物体重力作用的等效作用点称为重心.

3. 物体形状或体积的变化叫做形变. 当撤去外力作用后能恢复原状的形变叫做弹性形变；撤去外力作用后不能恢复原状的形变称为范性形变.

4. 发生弹性形变的物体，由于要恢复原状，会对跟它接触的物体产生力的作用，这种力叫做弹力. 弹力产生在直接接触并发生弹性形变的物体之间，弹力的方向总是指向恢复形变的方向. 弹力常表现为拉力、压力或支持力.

5. 在弹性限度内弹簧的弹力与弹簧伸长（或压缩）的长度成正比，即$F=kx$.

6. 两个物体互相接触并挤压，当它们沿接触面有相对运动时，在它们的接触面上会受到对方作用的阻碍相对运动的力，这种力叫做滑动摩擦力. 滑动摩擦力的大小与压力成正比，即$f=\mu N$，μ叫做动摩擦因数. 滑动摩擦力的方向与接触面相切并与相对运动的方向相反.

7. 两个相互接触并挤压，且保持相对静止的物体，当它们之间存在相对运动趋势时，在它们的接触面上会产生一种阻碍物体间发生相对运动的力，这种力叫做静摩擦力. 静摩擦力的方向与相对运动趋势的方向相反. 静摩擦力的大小随相对运动趋势的增大而增大，直至增大到最大静摩擦力.

8. 如果几个力都作用在物体的同一点，或者它们的作用线相交于同一点，那么这几个力叫做共点力.

9. 共点力的合成与分解都按照平行四边形定则来进行：以表示两个分力的有向线段为邻边作平行四边形，两个邻边之间的对角线就表示合力的大小和方向.

10. 一个力可分解为无数对分力. 假如知道两个分力的方向，或者知道一个分力的大小和方向，则力的分解就有确定的解.

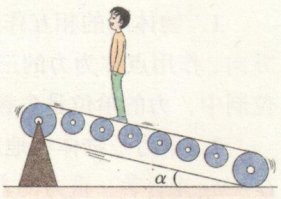
微信公众号：电子课本大全

习　题

1. 向斜上方踢出的足球，在离开脚向上运动的过程中受哪些力的作用？

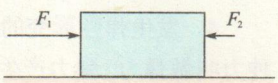
2. 一个跳伞运动员在空中匀速下落，试分析运动员所受的力，并画出力的示意图.

3. 如图所示，人站在与水平面成 α 角的扶梯上，与扶梯一起匀速运动. 试问人受到哪些力的作用？



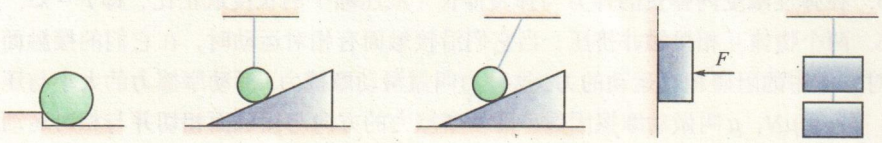
（第 3 题图）

4. 如图所示，水平桌面上的木块水平方向受到 F_1、F_2 和摩擦力的作用而处于静止状态，其中 $F_1 = 10$ N，$F_2 = 2$ N. 试分析当撤去 F_1 后木块的受力及所处的状态.



（第 4 题图）

5. 图中小球和木块都静止，试画出它们所受弹力的示意图.

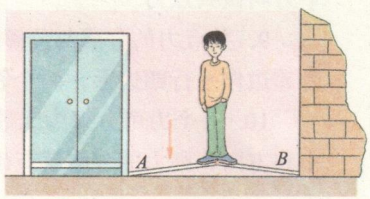


（第 5 题图）

6. 一个弹簧测力计，由于更换了弹簧，以致原先的刻度板所标数值不能准确反映实际情况. 经测试，此弹簧测力计不挂重物时示数为 2 N；挂 100 N 的重物时，示数为 92 N（弹簧仍在弹性限度内）. 那么当弹簧测力计示数为 20 N 时，所挂物体的实际重多少牛？

7. 假如你要撑住一扇用弹簧拉着的门，在门前地面上放一小块石头，门往往能推动石头慢慢滑动. 然而，在门下缝隙处塞紧一个木楔，虽然木楔比石头的质量更小，却能把门卡住. 这是什么缘故？

8. 如图所示，用 A、B 两块木板搭成一个底角较小的人字形架，当小明站在中央时，衣橱居然被推动了. 请你对此现象进行分析，并说出木板为什么能产生很大的推力.



（第 8 题图）

微信公众号：电子课本大全

第三章 牛顿运动定律

- 牛顿第一定律
- 探究加速度与力、质量的关系
- 牛顿第二定律
- 牛顿第三定律
- 牛顿运动定律的应用
- 超重与失重

300多年前，牛顿提出的三条基本运动定律，对宏观物体的运动给出了精确的描述，并把地上和天上的运动都统一在他的定律中，从而实现了人类关于自然科学的第一次大综合.

他的定律揭示了自然界存在着普遍适用的客观规律. 这些规律可用数学语言来描述.



微信公众号：电子课本大全

1 牛顿第一定律

物体的运动与人类的生活密切相关. 古人狩猎、耕作等各种行为都涉及运动. 大量物体的运动也是人们最易观察到和引起思考的自然现象. 例如，日月星辰的运动就常常使人们浮想联翩，产生了许多关于太阳、月亮及其他星辰的美丽神话. 人类认识世界大概就是从认识物体的运动开始的.

如何描述物体的运动？物体为什么会做这样那样的运动？古希腊人最先提出了这些问题，并建立了最早的运动理论.

● 从亚里士多德到伽利略

在古希腊的众多学者中，最认真、最系统地研究运动、空间和时间问题的是亚里士多德. 这些工作体现在他的《物理学》一书中，这是世界上最早的物理学著作. 英语中的物理学一词“physics”就源于此书.

然而，由于历史的局限性，他的有些认识是错误的. 他把地上的运动分为两类：一类是天然运动，如气、火这样轻的东西向上运动，重的东西向下运动，这样的运动无须外力的帮助，它自身就能实现；另一类是受迫运动，如拉动地面上的小车和推动桌面上的书本，他认为这类运动必须依靠外力的不断作用才能维持. 外力一旦消失，受迫运动也就停止了.

亚里士多德因其在多个学术领域的成就和影响，被人们看成是不可动摇的权威，这在相当程度上束缚了人们的思想. 再者，他对运动的看法比较符合人们的日常直觉，当时的人们还没有掌握认识世界的正确方法，所以在此后 2 000 多年的漫长岁月中，人们一直把他的理论当作金科玉律.

讨论交流

1. 如图 3-1-1 所示的情景是不是就能支持“物体的运动是要靠力来维持的”这一观点？

微信公众号：电子课本大全



（a）用力推石头，才能移动它



（b）用力踢球，球才会运动起来

图 3-1-1

意大利科学家伽利略对亚里士多德的理论进行了深入的研究，他指出：在地面上运动的物体之所以会停下来，是因为摩擦力的缘故．为了说明运动和力的关系，伽利略设计了如图 3-1-2 所示的理想实验．

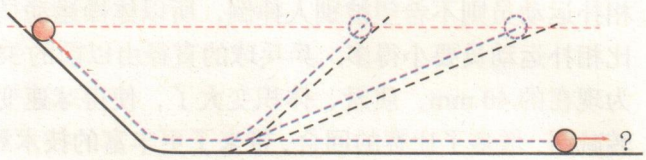


图 3-1-2　伽利略的理想实验示意图

图3-1-2中的小球沿左斜面向下运动，会越来越快；随后小球沿右斜面向上运动，会越来越慢．若摩擦可以忽略不计，小球最终会到达与左斜面同样的高度．改变右斜面的坡度，坡度越小，小球要达到同样的高度经过的坡长就会越长．由此，伽利略推测，如果右斜面变成水平面，并且没有任何阻力，小球将达不到原来的高度，就应永远运动下去，从而否定了亚里士多德关于运动和力关系的错误认识．

伽利略第一次用科学的实验方法改变了人类对物体运动的认识．他第一次用自制的望远镜看到了月球上的山脉、太阳的黑子、金星的盈亏、土星的光环……看到了邻近我们的这部分宇宙的面貌．他在科学史上永远是一位不朽的伟人，在科学的领域里他永远是一位老师．

理想实验是一种以可靠的事实为依据，忽略次要因素，并把实验的情况合理外推到一种理想状态，从而来揭示自然现象本质的假想实验．

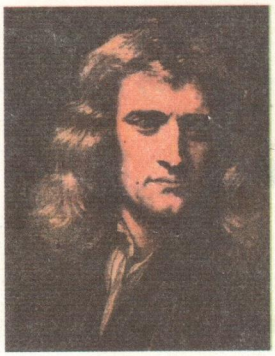
爱因斯坦曾高度评价伽利略的工作："这个理想实验指出了真正建立运动力学基础的线索．"他自己在提出相对论时也用到了理想实验的方法．

牛顿第一定律　惯性

牛顿总结了伽利略等人的工作，并提出了三条运动定律．其中**牛顿第一定律**（Newton first law）的内容如下：

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．

微信公众号：电子课本大全



牛顿
（Isaac Newton，1643 — 1727）

牛顿运动定律发表在1687年出版的《自然哲学的数学原理》一书中. 这是牛顿撰写的一本划时代的巨著. 他只用几个基本的概念和原理，就以简单而完备的方式说明了行星和卫星的运行、彗星和落体的运动、海洋的潮汐、大气的流动、车辆行驶及桥梁的受力等，使人类对大自然的了解获得了前所未有的扩展与统一.

这本书的出版，促进了自然科学各门学科的发展，同时在人类的文化领域也产生了巨大的影响.

牛顿第一定律揭示了力是迫使物体的运动状态发生变化（产生加速度）的一种作用，是物体获得加速度的原因，而物体具有的速度并不与力直接相关.

牛顿第一定律还指出了一切物体都有保持匀速直线运动状态或静止状态的性质. 我们把物体本身要保持运动状态不变的性质，叫做**惯性**（inertia）. 因此这个定律也称为**惯性定律**（law of inertia）.

任何物体都有惯性，这是物体具有的共同的内在属性. 当物体受到外力作用时，惯性的存在会阻碍物体自身运动状态的变化. 物体惯性的大小，就表现为保持自身原有的运动状态不变的能力大小. 物体为什么具有惯性，这是一个至今还无法解释的事实.

在相同力的作用下，质量大的物体运动状态难改变，我们就说它惯性大；质量小的物体运动状态容易改变，我们就说它惯性小. 因此，可用物体质量的大小来表示它惯性的大小，即**质量是物体惯性大小的量度**.

在体育运动中，体操运动员要求有灵活的动作表现，而相扑运动员则不希望被别人摔倒，所以体操运动员的质量比相扑运动员要小得多. 乒乓球的直径由以前的 38 mm 改为现在的 40 mm，质量、体积变大了，使得球速变慢，旋转减缓，增多了比赛的回合，带来了更丰富的技术展现，增添了比赛的观赏性.

练习与评价

1. 有的同学说：物体不受外力作用时，才有惯性；受外力作用时，就没有了惯性. 这种说法对吗？

2. 牛顿第一定律指出运动不需要力来维持，但我们骑自行车时必须不断地蹬脚踏板，才能维持车的运动，这与牛顿第一定律相矛盾吗？

3. 牛顿第一定律中的“匀速直线运动状态或静止状态”以及“改变这种状态”通常情况下都是相对什么参考系而言的？

4. 你能举例说明固体、液体和气体都具有惯性吗？

微信公众号：电子课本大全

发展空间

1. 地球自西向东自转，为什么我们向上跳起来以后还能落到原地，而不是落到原地的西边？

2. 地球绕太阳做圆周运动. 设想地球与太阳之间的引力突然消失，且其他星体对地球的作用亦可忽略不计，那么，地球将沿怎样的轨道运动？

3. 分别在做匀速、匀减速、匀加速水平运动的小车内，竖直上抛一个小球，小球将会落在抛出点的哪一方？为什么？

4. 爱因斯坦曾多次阐述惯性定律："当一物离开他物足够远时，将一直保持静止状态或匀速直线运动状态."试将此表述与牛顿的表述进行比较.

5. 惯性是指物体具有的保持原有速度不变的属性，而力具有改变物体原有速度的作用. 牛顿第一定律揭示了物体运动中的这对矛盾，这对于人类认识物体的运动有何重要意义？

2 探究加速度与力、质量的关系

影响物体加速度的因素

讨论交流

用生活中的实例说明影响物体运动加速度的因素有哪些，并定性说明这些因素是怎样影响加速度的大小和方向的.

在图 3-2-1（a）、（b）中，被推物体的质量相同；图（c）、（d）中，人所施加的推力大小相同.

微信公众号：电子课本大全

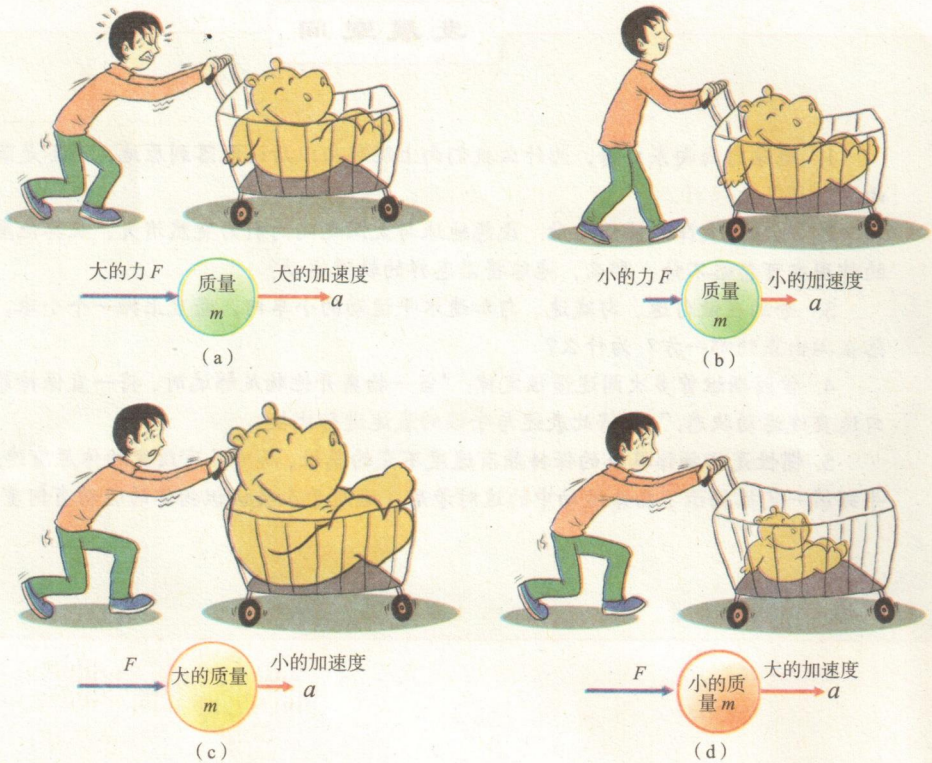


图 3-2-1

上图中的情况与我们的经验是完全一致的. 你能定性地说出图中 F、m、a 三者之间的关系吗?

学生实验: 探究 a 与 F、m 之间的定量关系

为了探究一个量与几个量之间的关系, 我们常采用控制变量法. 例如, 可先让 m 不变, 找出 a 与 F 之间的关系; 再让 F 不变, 找出 a 与 m 之间的关系; 然后再分析 a、F 和 m 三者之间的关系.

实验方案的设计

1. 如何使物体在力的作用下做匀加速直线运动?

用质量为 m 的重物通过滑轮牵引被研究的物体 (质量为 M 的滑块或小车), 使它做匀加速直线运动 (图 3-2-2). 这个过程中需要消除摩擦力的影响. 如果将小车放在一端带有定滑轮的长木板上做实验, 通常可以将木板适当倾斜, 使小车在不受拉力作用时能在木板上近似做匀速直线运动.

微信公众号: 电子课本大全

如果采用气垫导轨，让滑块在水平导轨上运动，此时摩擦力很小，可以忽略不计.

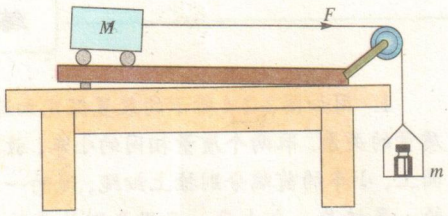


图 3-2-2 用带滑轮的长木板做实验

2. 如何测量被研究物体的质量及其所受的拉力?

小车或滑块的质量可以用天平称量. 在运动中直接测出物体所受拉力在操作上有一定困难，但当被研究物体的质量 M 远大于重物的质量 m 时，可以近似认为其所受拉力 $F = mg$. 如果实验室有能将数据进行无线传输的力传感器，那么可以将传感器固定在小车上，将所测数据传输给计算机. 这样，就可以直接在计算机上读出拉力 F 的大小.

3. 如何测量物体运动的加速度?

如果用小车在木板上做实验，可以在小车上连接纸带，利用打点计时器在纸带上记录小车的运动情况，通过测量纸带上的点迹，我们可以求出加速度的大小. 如果将位移传感器的发射器装在运动的小车上，将接收器装在小车运动轨道的末端，并通过数据采集器输入计算机(图3-2-3)，就可以描绘出小车的速度图像并测量出其加速度的大小.

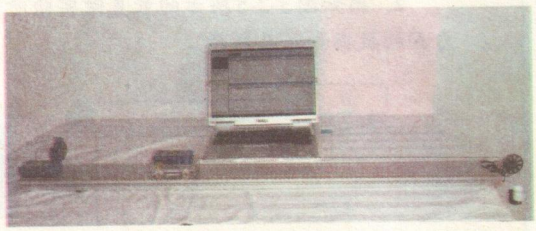


图 3-2-3 用具有无线数据传输功能的传感器仪器进行实验

实验操作与数据处理

1. 探究加速度与力之间的关系.

保持物体的质量不变，改变力的大小，进行实验，将测得的数据记录在自己设计的表格中.

以 a 为纵轴，F 为横轴，作出 a –F 图像.

2. 探究加速度与质量的关系.

保持力的大小不变，改变物体的质量，进行实验，将测得的数据记录在自己设计的表格中.

以 a 为纵轴，M 为横轴，作出 $a - M$ 图像.

在探究加速度与质量的关系时，你所描出的 $a - M$ 图像是否是一条直线? 如果不是，你认为加速度与质量可能是什么关系? 又如何尝试确定它们的关系呢?

尝试以质量的倒数 $\frac{1}{M}$ 为横坐标，并画出图像，你有什么发现?

如果我们描出的图线是一条曲线，我们可以根据曲线的特点作出某种猜测，然后尝试将其中的一个坐标参量做适当变换，使曲线变为直线. 这是寻求两个量之间函数关系的一种很好的方法.

微信公众号：电子课本大全

练习与评价

1. 用如图 3-2-4 所示的装置探究加速度与外力、质量的关系. 取两个质量相同的小车，放在光滑的平面上，小车的前端分别拴上细绳，绳的一端跨过定滑轮，各挂着一个小盘，盘里分别放着数目不同的砝码. 小车的后端各系上一根细绳，一起用夹子夹住. 打开夹子，让两个小车在不同的拉力作用下，同时从静止开始做匀加速运动. 经过一段时间后关上夹子，让两个小车同时停下来. 改变盘里所放砝码的数目，可以改变小车所受合力的大小，我们希望通过上述实验操作，得到物体的加速度与合力之间关系的实验数据. 你认为接下来要测量的物理量是什么？怎样推断加速度与合力之间的关系？为了探究合力相同时加速度与质量之间的关系，实验又该如何操作？数据又该如何分析？

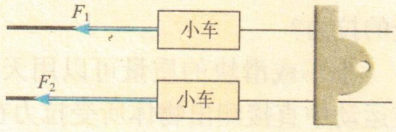


图 3-2-4

2. 用如图 3-2-5 所示的装置做实验时，保持小车的质量不变，测得小车的加速度 a 和拉力 F 的数据如下表所示.

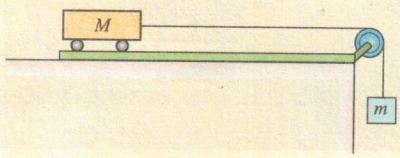


图 3-2-5

F/N	0.20	0.30	0.40	0.50
a/(m·s^{-2})	0.10	0.21	0.29	0.40

（1）根据表中的数据在图 3-2-6 中画出 a–F 图线.

（2）把图线延长，看看图线是否通过原点？如果不通过原点，试分析在操作过程中可能遗漏了哪个步骤.

（3）这条图线在 F 轴上的截距有何物理意义？

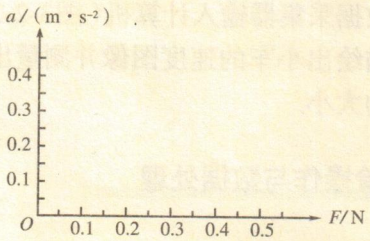


图 3-2-6

发展空间

实验室

小李准备通过实验来探究加速度与合力、质量的关系. 他的实验装置如图 3-2-7 所示，实验步骤如下：①保持滑块质量不变，改变斜面的倾角就改变了滑块所受的合力 F，②用打点计时器测量滑块的加速度 a，研究 a 与 F 的关系；③保持滑块所受的合力不变，改变滑块的质量 m，研究 a 与 m 的关系.

（1）在步骤①中，滑块所受的合力可以通过哪些物理量来测量？你是如何考虑摩擦力的影响的？

（2）在步骤②中，如何控制滑块的质量和斜面的倾角，才能保持滑块所受的合力不变？

（3）实验数据表格应该怎样设计？

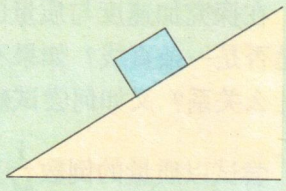


图 3-2-7

微信公众号：电子课本大全

3 牛顿第二定律

牛顿第二定律

上一节的实验告诉我们：当物体的质量相同时，加速度跟作用在物体上的合力成正比；当物体受到的合力相同时，加速度跟质量成反比.

综合上面的两个实验结果，关于力、质量和加速度的关系，我们可用下面的比例式来表示.

$$a \propto \frac{F}{m} \quad \text{或者} \quad F \propto ma$$

上式可以改写为 $F = kma$，式中 k 为比例常数. 如果一个力作用在 1 kg 的物体上，使物体产生的加速度为 1 m/s^2，我们即定义这个力的大小是 1 N，则可使式中的比例系数 $k = 1$. 这样，公式就简化为

$$F = ma$$

如果一个物体受到几个力的作用，那么牛顿第二定律公式中的 F 就表示为合力，这样**牛顿第二定律**（Newton second law）的表述为：

物体的加速度跟所受的合力成正比，跟物体的质量成反比，加速度的方向跟合力方向相同.

$$F_{合} = ma$$

公式中的各物理量是针对同一物体而言的. 在通常情况下，我们讨论的对象大都是质量不变的质点. 公式表明了 F 与 a 的瞬时关系. 式中的 F 与 a 都是矢量，且它们在任何时刻方向都相同.

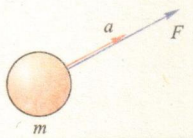


图 3-3-1　加速度与合力方向相同

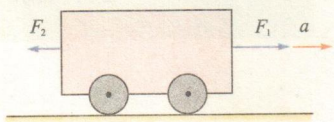


图 3-3-2　因为 F_1 大于 F_2，所以小车有沿 F_1 方向的加速度

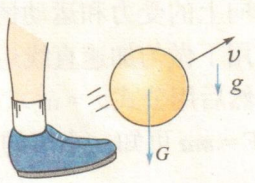


图 3-3-3　足球一旦离开脚，就不再受到脚对它的作用力，而仅仅只受到重力的作用（若空气阻力可略去），其运动的加速度就是重力加速度 g

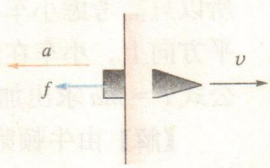


图 3-3-4　子弹射入墙壁的过程中，受到墙的阻力，子弹的加速度方向与阻力方向一致

微信公众号：电子课本大全

讨论交流

从牛顿第二定律可以知道，无论怎样小的力都可以使物体产生加速度. 可是，当我们用力推一辆静止的汽车时，却推不动它，这与牛顿第二定律有无矛盾？为什么？

力学单位制

由公式 $F = ma$ 我们可以看出，如果质量用千克做单位，加速度用米每二次方秒做单位，那么力的单位就是千克米每二次方秒，也就是牛顿，用符号 N 表示.

可见物理公式在确定物理量的数量关系的同时，也确定了物理量的单位关系. 在物理学中，先选定几个物理量的单位作为**基本单位**，再根据物理公式中其他物理量和这几个物理量的关系，导出其他物理量的单位. 例如，选定了位移单位（m）和时间单位（s）为基本单位，利用公式 $v = \frac{x}{t}$ 可以导出速度的单位（m/s），再利用公式 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ 可以导出加速度的单位（m/s^2）. 这些导出来的单位叫做**导出单位**，基本单位和导出单位一起组成了**单位制**.

大自然这部伟大的书是用数学符号写成的.

——E. T. 贝尔

在力学中，选定长度、质量和时间这三个物理量的单位作为基本单位，就可以导出其余物理量的单位. 在国际单位制（SI）中，取米（长度单位）、千克（质量单位）、秒（时间单位）作为基本单位，我国的法定计量单位以国际单位制为基础，本书采用国际单位制.



图 3-3-5

【例题】 如图 3-3-5 所示，小慧推动小车前进. 已知小车的质量是 7.0 kg，假定水平推力为 14 N，不计阻力，求小车的加速度和从静止开始 2.0 s 末的速度大小.

【分析】 小车在竖直方向上所受的重力与支持力平衡，所以只需考虑小车在水平方向上的受力和运动情况，在水平方向上，小车在恒力的作用下做匀加速直线运动. 先用公式 $F = ma$ 求出加速度 a，然后用公式 $v_t = at$ 求出 v_t.

【解】 由牛顿第二定律 $F = ma$ 可知，小车的加速度

$$a = \frac{F}{m} = \frac{14\,\mathrm{N}}{7.0\,\mathrm{kg}} = \frac{14\,\mathrm{kg \cdot m/s^2}}{7.0\,\mathrm{kg}} = 2.0\,\mathrm{m/s^2}$$

小车的末速度

利用单位还可以对一些公式进行初步的检验. 在统一单位制后，等式两边的单位应该是一致的，否则等式不成立.

微信公众号：电子课本大全

$$v_t = at = 2.0\ \text{m/s}^2 \times 2.0\ \text{s} = 4\ \text{m/s}$$

由上述例题可以看到，只要代入的数据都用国际单位制的单位，那么得到的物理量的单位也一定是国际单位制的单位. 因此，解题过程中就没有必要一一写出各个物理量的单位，只要在表达式末尾写出所求量的单位就可以了. 在上面的例题中，可以这样写：

$$a = \frac{F}{m} = \frac{14}{7.0}\ \text{m/s}^2 = 2.0\ \text{m/s}^2$$

$$v_t = at = 2.0 \times 2.0\ \text{m/s} = 4\text{m/s}$$

小资料

关于牛顿第二定律导出过程的说明

在实验中，m 一定时，$a \propto F$；F 一定时，$a \propto \frac{1}{m}$. 为什么能立即得出 $a \propto \frac{F}{m}$（或 $F = kma$）？我们不妨用如图 3-3-6 所示的方法进行理解.

由状态 1→中间态，m 不变，必有 $\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_0}$ ①

由中间态→状态 2，F 不变，必有 $m_1 a_0 = m_2 a_2$ ②

由 ②式得 $a_0 = \frac{m_2}{m_1} a_2$ ③

将③式代入①式得 $\frac{F_1}{a_1} = \frac{m_1 F_2}{m_2 a_2}$

即 $\frac{F_1}{m_1 a_1} = \frac{F_2}{m_2 a_2}$

外推得 $\frac{F_1}{m_1 a_1} = \frac{F_2}{m_2 a_2} = \frac{F_3}{m_3 a_3} = \cdots = \frac{F}{ma} = k$

即有 $F = kma$

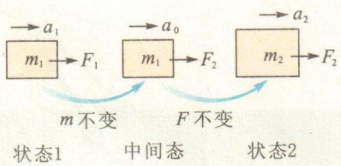


图 3-3-6

练习与评价

1. 分别用语言和数学式表述牛顿第二定律.

2. 一恒力作用在一个质量不变的物体上，这个物体可能做什么运动？

3. 用多大的合力才能使质量为 2×10^4 kg 的火箭产生 1 m/s² 的竖直向上的加速度？

4. 作用在质量为 3 kg 的物体上的合力为 12 N，该物体的加速度为多少？如果作用力为 6 N，那么加速度又为多少？

5. 一个物体的加速度为 2 m/s²，如果作用在物体上的合力增大到原来的 3 倍，物体的质量减小为原来的一半，那么此时该物体的加速度是多少呢？

6. 一个物体受力情况如图 3-3-7 所示，此物体以 $a = 5\ \text{m/s}^2$ 的加速度水平向右做匀加速

微信公众号：电子课本大全

运动，请根据图中的数据求出物体与水平面之间的动摩擦因数.（g 取 10 m/s²）

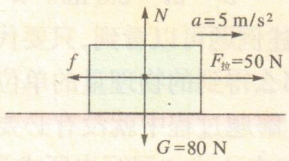


图 3-3-7

发展空间

1. 一辆质量为 2×10^3 kg 的汽车在平直的高速公路上行驶，当车速达到 105 km/h 时开始拉空挡滑行，并准备好秒表，记录下车速由 100 km/h 减少为 95 km/h 的过程中所用时间为 10 s，请计算出此过程中汽车所受的阻力.（假设汽车所受阻力为恒力）

2. 一辆以 20 m/s 的速度运行的汽车在发现前方有一障碍物时紧急刹车，0.2 s 后静止. 若此过程可看做匀减速直线运动，则该汽车的加速度为多少？在车内有个质量为 50 kg 的物体与汽车一起做减速运动（它们相互之间保持静止），则此物体受到的合力是多大？

3. 从牛顿第二定律的角度，如何理解质量是物体惯性大小的量度？

4 牛顿第三定律

作用力与反作用力



图 3-4-1 在海中游动的鱼儿

鱼儿用鳍向后划水，水给鱼儿向前的力，使得鱼儿能在水中穿梭；鸟儿的翅膀向下推压空气，空气给鸟儿一个向上的力，使鸟儿能在空中翱翔；人的脚底给地面一个向后的蹬力，地面给人向前的力，使人向前行走；汽车发动机驱动车轮转动，给地面向后的力，地面也给车轮一个向前的力，使汽车前进……

这种两个物体间相互作用的一对力叫做**作用力**（action）和**反作用力**（reaction）. 我们可以把这一对力中的任一个叫做作用力，则另一个力就叫做这个力的反作用力.

微信公众号：电子课本大全

活动

1. 将两只弹簧测力计互相钩拉（注意要缓慢拉动，不要超过弹性限度），两弹簧测力计所示的力是一对作用力与反作用力. 观察两弹簧测力计上的示数以及两个力的方向（图 3-4-2）.



图 3-4-2

2. 如图 3-4-3 所示，台秤上放有一杯水，弹簧测力计下拴一个小球，分别读出两者示数. 将小球浸没到水中，再分别读出两者示数. 小球在水中所受浮力的大小和方向如何？该浮力的反作用力的大小和方向又如何呢？

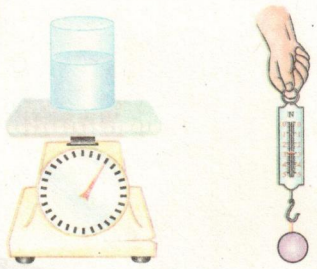


图 3-4-3

牛顿第三定律

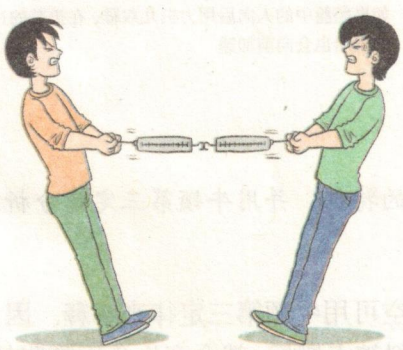
大量的现象和实验都表明：**两个物体之间的作用力（F）和反作用力（F'）总是大小相等、方向相反，且作用在同一条直线上**. 这就是**牛顿第三定律**（Newton third law）. 用公式表示为

$$F = -F'$$

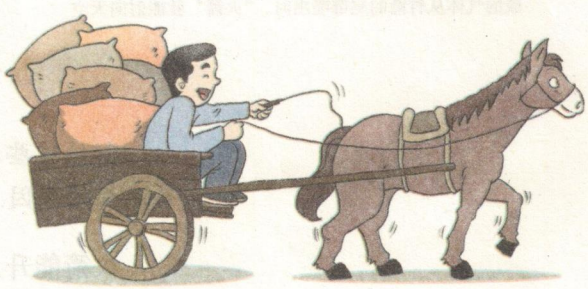
式中的负号表示作用力与反作用力方向相反.

作用力和反作用力分别作用在两个不同的物体上，它们总是性质相同的两个力，且同时存在，同时变化，同时消失.

讨论交流



（a）甲、乙两同学想通过对方弹簧测力计的示数来比出谁的力气大，这可能吗



（b）“马拉车的力始终等于车拉马的力.”你认为这话正确吗？如果是对的，那么车为什么还能向前运动呢

图 3-4-4

微信公众号：电子课本大全

反冲现象

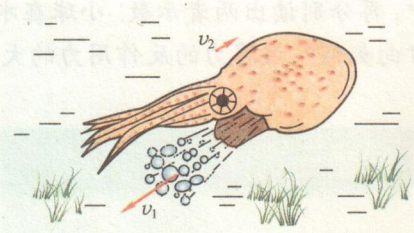
当物体中的一部分向某方向抛出时，其余部分就会同时向相反方向运动，这种现象叫做**反冲**（recoil）.

观察思考

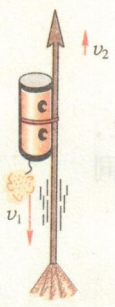
观察图 3-4-5 中的几张图片.



（a）当枪发射子弹时，枪身会同时向后运动，持枪者就会感觉到“后坐力”



（b）乌贼是海洋中的软体动物. 它的头下有一个漏斗，肌肉收缩时把外套膜中的水从漏斗中向前喷出，从而使自己向后游去



（c）我国在宋代就发明了“火箭”. 这种“火箭”是在竹筒内装上火药，把竹筒前端封住，并捆在箭杆上，当火药燃烧生成的气体从竹筒的尾部喷出时，“火箭”就能射向天空



（d）可以想象，在远离星体的天空中，有一艘飞船. 如果船舱中的人向后用力扔几双鞋，在扔鞋的过程中飞船也会向前加速

图 3-4-5

归纳这些现象的特征，并用牛顿第三定律分析这些现象产生的原因.

火箭能升入太空可用牛顿第三定律来解释. 因为火箭储存燃料舱内的燃料被点燃后，就会产生急剧膨胀的燃气，舱壁对这部分燃气的作用力使气体从火箭尾部喷出，燃气对火箭的反作用力把火箭推上太空.

微信公众号：电子课本大全

活动

如图3-4-6所示，制作一辆反冲小车．观察酒精灯燃烧一段时间，塞子喷出时小车的运动情况，并回答下列问题．

（1）小车在什么情况下能运动？为什么？

（2）小车向哪个方向运动？

（3）用牛顿第三定律进行分析，指出增大小车速度的办法有哪些．

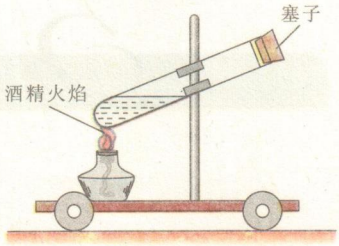


图3-4-6

练习与评价

1．如图3-4-7所示，甲、乙两船原来静止在平静的水面上，甲船上的人用力推乙船，甲船也会朝相反的方向运动，这是为什么？

2．汽车在快车道上行驶时，一只小虫撞到挡风玻璃上，小虫和挡风玻璃受到的力哪个大？

3．在你的一生中，质量在变化（有时大，有时小）；位置在变化（在空中，在水中等）；运动状态也在变化（静止，加速）．任何时候地球对你的作用力都等于你对地球的作用力吗？

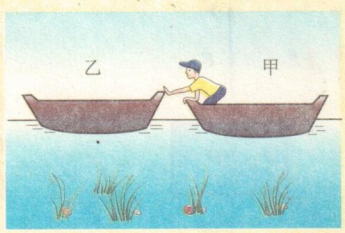


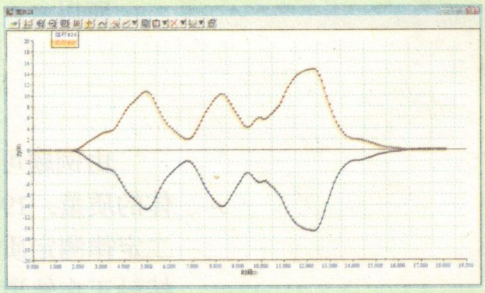
图3-4-7

发展空间

如图3-4-8所示，大人很轻松地就能将小孩拉过来，这能说明大人拉小孩的力就比小孩拉大人的力大吗？用两个力传感器与计算机相连，显示出这两个力的变化情况，试分析大人和小孩的受力，并说出大人保持静止，却能轻松地把小孩拉过来的原因．



（a）



（b）

图3-4-8

微信公众号：电子课本大全

5 牛顿运动定律的应用

牛顿第二定律给出了质量、力及加速度三者之间的定量关系. 我们可由这个关系式利用一些已知的物理量求得未知的物理量.

【例题 1】 一个物体受到竖直向上的拉力，由静止开始向上运动. 已知向上的拉力 F 为 640 N，物体在最初的 2 s 内的位移为 6 m，问物体的质量是多少?

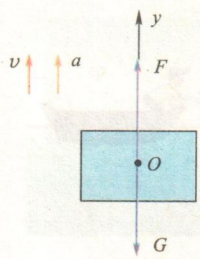


图 3-5-1

【分析】 物体在竖直方向上受到两个力的作用: 一个是竖直向上的大小为640 N的拉力，另一个是重力. 由物体向上做初速度为零的匀加速直线运动，且最初2 s内的位移为6 m，即可以求得加速度. 已知拉力和加速度，由牛顿第二定律，即可求得质量.

【解】 如图3-5-1所示建立直线坐标系，以物体的运动方向为 y 轴的正方向，在图中作出拉力 F 和重力 G 的示意图，并标出速度 v 和加速度 a 的方向，由匀变速直线运动公式得

$$y=\frac{1}{2}at^2$$

所以

$$a=\frac{2y}{t^2}=\frac{2\times 6}{2^2}\,\mathrm{m/s^2}=3\,\mathrm{m/s^2}$$

由牛顿第二定律

$$F-G=ma$$

$$F-mg=ma$$

所以

$$m=\frac{F}{g+a}=\frac{640}{9.8+3}\,\mathrm{kg}=50\,\mathrm{kg}$$

由例题可知，已知物体的受力和运动情况，可求得物体的质量. 1966 年，科学家在地球上空完成了根据牛顿第二定律测定质量的实验. 实验时用“双子星”号宇宙飞船去接触正在轨道上运行的火箭组，接触后开动飞船尾部的推进器，使飞船和火箭组共同加速. 根据已知的推进器的推力，以及飞船和火箭组的运动情况，求出了飞船和火箭组的质量.

微信公众号：电子课本大全

【例题 2】 质量为 4 kg 的物体，以 2 m/s 的速度在水平面上匀速前进，如图 3-5-2（a）所示. 若物体与水平面间的动摩擦因数是 0.2，则水平拉力 F_1 为多大？若 F_1 突然变为 $F_1'=6\ \mathrm{N}$，并持续作用 2 s，问：在这 2 s 内，物体的位移是多大？（g 取 10 m/s²）

【分析】 先分析物体的受力情况：物体共受四个力的作用：在竖直方向上受到重力和支持力；在水平方向上受到拉力和摩擦力. 再分析物体的运动情况：在竖直方向上，物体的运动状态没有发生变化，水平面对物体的支持力 N 应等于物体的重力 G；在水平方向上，物体开始时做匀速直线运动，F_1 应等于物体所受的摩擦力 f. 当 F_1 突然变为 F_1' 时，物体的运动状态发生变化，可根据牛顿第二定律求得物体运动的加速度. 再根据运动学的公式，求得物体在 2 s 内的位移.

【解】 如图 3-5-2（b）和（c）所示建立平面直角坐标系（注意此坐标不随物体运动，下面的情况也如此），在图上作出物体受力示意图，以初始时物体运动的方向为 x 轴的正方向，沿两个坐标轴方向分别建立方程

$$N-G=0 \qquad ①$$

$$F_1-f=0 \qquad ②$$

$$f=\mu N=0.2\times 4\times 10\ \mathrm{N}=8\ \mathrm{N} \qquad ③$$

由②式与③式可知，水平拉力 F_1 等于 8 N.

当 F_1 突然变为 F_1' 后，可建立如下方程

$$F_1'-f=ma \qquad ④$$

$$a=\frac{F_1'-f}{m}=\frac{6-8}{4}\ \mathrm{m/s^2}=-0.5\ \mathrm{m/s^2}$$

式中“－”号表示加速度方向与 x 轴正方向相反，即与物体的运动方向相反，表明物体在做匀减速运动. 物体做匀减速运动持续的时间为

$$T=\frac{0-v_0}{a}=\frac{0-2}{-0.5}\ \mathrm{s}=4\ \mathrm{s}>2\ \mathrm{s}$$

故在 2 s 时间内物体始终做匀减速运动.

物体在 F_1' 作用下 2 s 内的位移为

$$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$$

$$=2\times 2\ \mathrm{m}+\frac{1}{2}\times(-0.5)\times 2^2\ \mathrm{m}$$

$$=3\ \mathrm{m}$$

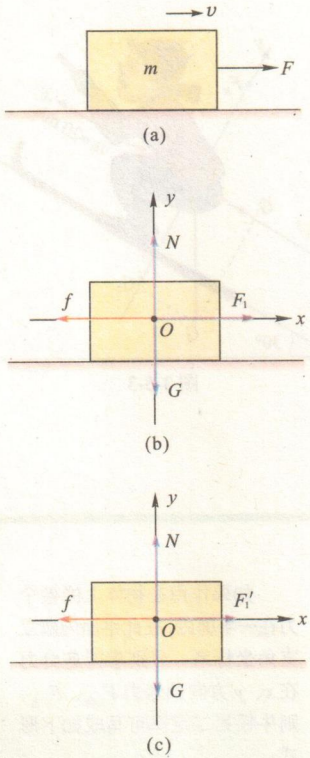


图 3-5-2

思考一下，在 5 s 内物体的位移又是多少？

微信公众号：电子课本大全

可见，根据物体的受力和初始运动情况，由牛顿运动定律就可以确切地知道物体以后的运动．解决宇宙飞船在飞行过程中的问题与我们这里的解题思路是相似的，只是前者的分析与计算要复杂得多．

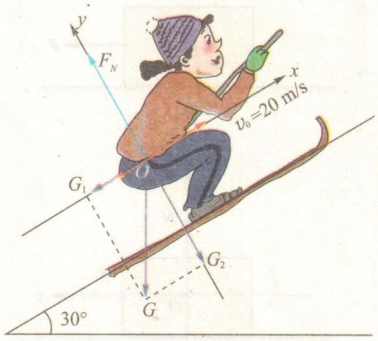


图 3-5-3

【例题 3】 滑雪者以$v_0 = 20$ m/s 的初速度沿直线冲上一倾角为 30° 的山坡，从刚上坡即开始计时，至 3.8 s 末，滑雪者速度变为零．如果雪橇与人的总质量为 $m = 80$ kg，求雪橇与山坡之间的摩擦力是多少．（g 取 10 m/s²）

【分析】 滑雪者在斜坡上的运动情况：初速度为20 m/s，末速度为零，运动时间为 3.8 s．根据匀变速直线运动的公式，可以先求得加速度 a，然后再求出雪橇与山坡之间的摩擦力．

【解】 如图 3-5-3 所示建立平面直角坐标系，以v_0方向为 x 轴的正方向，把滑雪者看做质点，作出他的受力示意图，并将重力进行正交分解．

$$G_1 = G\sin 30°$$
$$G_2 = G\cos 30°$$

在 x 方向上，f 为物体受到的摩擦力大小；在 y 方向上，因为物体的运动状态没有变化，所以重力的一个分力 G_2 与山坡提供的支持力 N 大小相等，即

$$G_2 = N$$

由 x 方向的受力和运动情况可建立方程

$$-f - G_1 = ma \qquad ①$$

又因为

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} \qquad ②$$

所以

$$a = \frac{0-20}{3.8}\ \text{m/s}^2 \approx -5.26\ \text{m/s}^2$$

其中“－”号表示加速度方向与 x 轴正方向相反．

将上述结果代入①式可得

$$f = -80 \times 10 \times \frac{1}{2}\ \text{N} - 80 \times (-5.26)\ \text{N}$$
$$= -400\ \text{N} + 420.8\ \text{N}$$
$$= 20.8\ \text{N}$$

可见，根据物体的运动情况，由牛顿运动定律就可推知物体的受力情况．牛顿正是在前人研究工作的基础上了解到月球、行星的运动情况，从而发现了万有引力定律．

如果作用在物体上的各个力在一平面内，在此平面内建立直角坐标系，分别求得各分力在 x、y 方向的合力 $F_{x合}$、$F_{y合}$，则牛顿第二定律可写成如下形式：

$$F_{x合} = ma_x$$
$$F_{y合} = ma_y$$

应用牛顿运动定律解题时，首先要确定研究对象，并分析研究对象的受力和运动情况，画出简单图示，建立坐标，再列方程求解．其中，加速度是解决问题的桥梁，正确分析物体的受力和运动情况是解决问题的关键．

微信公众号：电子课本大全

在解决了上面几个问题后，你能归纳一下应用牛顿运动定律解决有关物体运动问题的一般方法和思路吗？

练习与评价

1. 将质量为2 kg的物体放在水平地面上，用10 N的水平拉力使它由静止开始运动，已知第3 s末物体的速度为6 m/s，则物体与地面间的动摩擦因数为多大？若这时撤去拉力，则物体继续滑行的时间和距离各为多少？（g取10 m/s^2）

2. 如图3-5-4所示，手拉着小车静止在倾角为30°的光滑斜坡上．已知小车的质量为2.6 kg，求：

（1）绳子对小车的拉力；

（2）斜面对小车的支持力；

（3）如果绳子突然断开，求车的加速度大小．

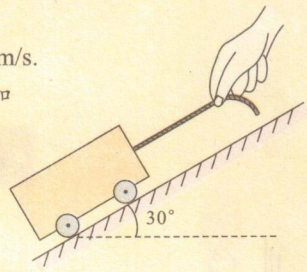


图3-5-4

3. 当网球被击出时，可近似认为球从静止加速到大约50 m/s．网球的质量约为0.06 kg，请估算球拍对球施加的力（假设球加速运动的距离为0.3 m，且在这个过程中加速度大小不变）．

4. 枪管长0.5 m，质量为2 g的子弹从枪口射出时的速度为400 m/s，假设子弹在枪管内受到的高压气体的力是恒定的，试估算此力的大小．

5. 电视机的显像管中有一电子枪用于发射电子束．假设电子枪中发出的某电子从静止加速到2×10^7 m/s的过程中，通过了0.01 m的距离．请估算电子枪对电子的作用力大小．（电子质量$m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg）

发展空间

1. 质量为m的物体静止在水平面上．当它受到大小为F的恒力作用时开始运动．经过时间t后撤去外力，又经过时间t后物体刚好停下来．则物体受到的摩擦力为多大？外力F撤去前物体的加速度为多大？

2. 要用绳索把钢琴从阳台吊运到地面．已知钢琴的质量为175 kg，绳索能承受的最大拉力为1 785 N．吊运过程中钢琴以0.5 m/s的速度在竖直方向上匀速降落至底部距地面的高为h时，即以恒定加速度减速，最终钢琴落地时刚好速度为零．问：h的最小值是多少？（g取10 m/s^2）

微信公众号：电子课本大全

6 超重与失重

乘电梯时的发现

小明随着十几个人一起乘电梯上楼，走进电梯时电梯没有显示超载，但电梯刚向上启动时报警器却响了起来. 小明觉得很奇怪，难道人所受的重力会因电梯的运动状态变化而变化吗？你能解释这一现象吗？

活动

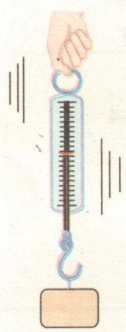


图 3-6-1　用手提着弹簧测力计的吊环向上、向下运动

如图 3-6-1 所示，在弹簧测力计下挂一重物，用手提着弹簧测力计，使重物在竖直方向上做多种方式的运动. 观察并记录弹簧测力计示数的变化情况.

	弹簧测力计的示数	加速度的方向
静止		
由静止到向上运动		
由向上运动到静止		
由静止到向下运动		
由向下运动到静止		

讨论交流

分析下列问题中的重物的受力情况.

（1）在重物上下运动的过程中，其重力是否变化？

（2）弹簧测力计的示数是由哪一个力的大小决定的？

（3）在哪些情况下弹簧测力计的示数等于物体所受的重力？在哪些情况下弹簧测力计的示数不等于物体的重力？

微信公众号：电子课本大全

根据牛顿运动定律推导重物的加速度为 a 时弹簧测力计示数的表达式.

超重和失重现象

用弹簧测力计测量物体所受重力的原理如图 3-6-2 所示. 物体对弹簧测力计的拉力 F 的大小决定了弹簧测力计的示数，弹簧测力计对物体的拉力和物体对弹簧测力计的拉力是一对作用力与反作用力，即 F 与 F' 大小相等. 但是物体所受的重力与弹簧测力计对物体的拉力大小相等，即 $G = F'$ 是有条件的. 条件是物体在竖直方向上加速度等于零，只有在这种情况下，弹簧测力计的示数才等于物体所受的重力.

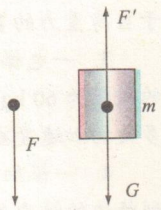


图 3-6-2

如果物体具有竖直向上的大小为 a 的加速度，由此可知弹簧测力计的示数 F 就大于物体所受的重力. 此时

$$F = m(g + a)$$

我们把物体对悬挂物的拉力（或对支持物的压力）大于物体所受重力的现象称为**超重**（overweight）现象.

如果物体具有竖直向下的大小为 a 的加速度，由此可知弹簧测力计的示数就小于物体所受的重力. 同样可推得此时

$$F = m(g - a)$$

我们把物体对悬挂物的拉力（或对支持物的压力）小于物体所受重力的现象称为**失重**（weightlessness）现象.

如果物体竖直向下的加速度 $a = g$，那么弹簧测力计的示数就等于零，我们把物体对悬挂物的拉力（或对支持物的压力）等于零的现象称为完全失重.

物体处于“超重”或“失重”状态时，其所受重力并没有消失，而且还是那么大，仅是对支持物的压力（或对悬挂物的拉力）发生了变化，看起来好像是物体所受的重力增大了或减小了.


图 3-6-3 处于完全失重状态的宇航员

讨论交流

在本章第 2 节采用如图 3-6-4 所示的实验装置探究加速度与力、质量的关系时，为什么要求 $m \ll M$ 呢?

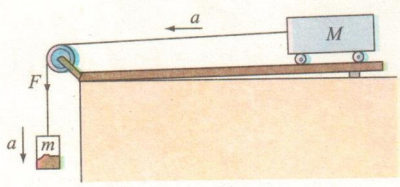


图 3-6-4

微信公众号：电子课本大全

练习与评价

1. 什么情况下会产生超重、失重、完全失重现象？这些情况下物体的质量变了吗？物体所受的重力变了吗？

2. 在火箭竖直升空的加速阶段，当加速度达到 70 m/s² 时，宇航员对座椅的压力大小等于自身重力的多少倍？此刻宇航员处于超重状态还是失重状态？

3. 一电梯由三楼向四楼运动，接近四楼时以 0.65 m/s² 的加速度减速，电梯内一名乘客的质量为 60 kg，则电梯底面对他的支持力为多少？他处于超重状态还是失重状态？电梯以多大的加速度减速时，电梯底面对他的支持力为零？

4. 一根细绳下端挂一个质量为 2 kg 的物体，在竖直方向上做匀变速直线运动，若绳受到物体的拉力为 23.6 N，试确定物体的运动情况．若绳的拉力为 15.6 N，物体的运动情况又如何？

发展空间

1. 在完全失重的情况下，一切由重力产生的现象都会消失，想一想天平还能测出物体的质量吗？浸在水中的物体还受浮力的作用吗？水银气压计还能测出气压吗？你还能想象出一些失重情况下出现的其他现象吗？

2. 如图 3-6-5 所示，吊篮 P 悬挂在天花板上，与 P 质量相同的物体 Q 被固定在吊篮中的轻弹簧上端，保持静止状态．当悬挂吊篮的细绳被剪断的瞬间，吊篮 P 与物体 Q 的加速度各为多少？P 与 Q 分别处于什么状态？

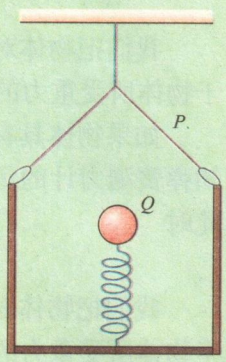


图 3-6-5

微信公众号：电子课本大全

本章小结

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. 由牛顿第一定律可知，力不是维持物体运动的原因，而是改变物体运动状态的原因.

2. 物体保持原有的匀速直线运动状态或静止状态的性质叫做惯性. 惯性是物体的固有属性. 一切物体都有惯性. 质量是物体惯性大小的量度.

3. 物体的加速度跟物体所受的合力成正比，跟物体的质量成反比，加速度的方向跟合力的方向相同，用公式表示为 $F_{合} = ma$.

4. 两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等、方向相反、作用在一条直线上. 作用力与反作用力同时产生、同时消失，是同种性质的力，且作用在不同物体上.

5. 当物体中的一部分向某方向抛出时，其余部分就会同时发生向反方向的运动，这种现象叫做反冲.

6. 当研究对象在竖直方向处于加速状态时，它受到的重力和支持力（拉力）不再是一对平衡力，会出现物体对支持物的压力（或对悬挂物的拉力）大于或小于它自身重力的情况，这就是所谓的超重或失重现象.

微信公众号：电子课本大全

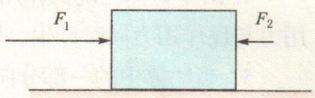
习 题

1. 某物体从倾角为 30°，长为 $15\sqrt{3}$ m 的斜面顶端匀速下滑．若保持斜面长度不变，将斜面倾角变为 60°，则物体从斜面顶端由静止滑至底端所需的时间是多少？（g 取 10 m/s²）

2. 用 2 N 的水平拉力拉一物体沿水平地面运动时，可使它获得 1 m/s² 的加速度；用 3 N 的水平力拉此物体沿原地面运动时，可使它获得 2 m/s² 的加速度．那么，若用 4 N 的水平力拉此物体沿原地面运动时，它获得的加速度为多大？

3. 质量为 2 kg 的木箱在水平恒力 F 的作用下由静止开始运动，4 s 末速度达 4 m/s，此时将力 F 撤去，又经过 6 s 后物体停止运动．求力 F 的大小．

4. 如图所示，静止在水平桌面上的木块，在水平方向上共受到三个力即 F_1、F_2 和摩擦力的作用，其中 $F_1 = 12$ N、$F_2 = 4$ N．若撤去外力 F_1，则木块在水平方向上受到的合力为（　　）．



（第 4 题图）

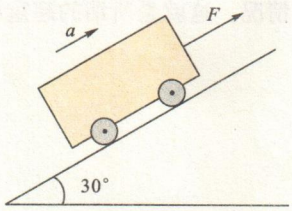
A. 12 N，方向向左　　B. 8 N，方向向右

C. 2 N，方向向左　　D. 0

5. 质量为 58 kg 的人站在电梯里的台秤上，当台秤的示数分别为 570 N、420 N、710 N 时，电梯加速度的大小和方向如何？（g 取 10 m/s²）

6. 质量为 75 kg 的人站在电梯的台秤上，当电梯以 2.8 m/s² 的加速上升、以 3.1 m/s² 的加速度加速下降、以 4.4 m/s 的速度匀速上升时，台秤的示数分别是多少？（g 取 10 m/s²）

7. 沿倾角为 30° 的斜坡向上拉质量为 3.7 kg 的小车，车沿斜坡向上的加速度大小为 1.7 m/s²．求绳子的拉力 F．（g 取 10 m/s²）



（第 7 题图）

微信公众号：电子课本大全

第四章

物体的平衡

- 共点力作用下物体的平衡
- 共点力平衡条件的应用
- 平衡的稳定性（选学）

物体的平衡对人们的日常生活是十分重要的. 桥梁、建筑物等都需要处于平衡状态，家里的桌子、椅子、电视机及各种摆设等也要处于平衡状态，否则人们就无法正常生活.

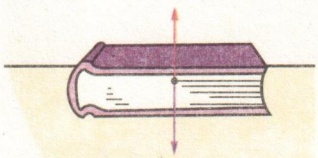
前面我们讨论了物体运动状态为什么能改变，这一章我们将探讨物体为什么能平衡.



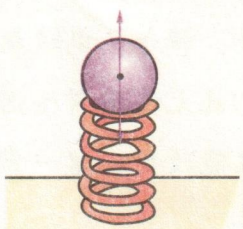
微信公众号：电子课本大全

1 共点力作用下物体的平衡

共点力作用下物体的平衡状态



(a)



(b)



(c)

图 4-1-1

物体在共点力的作用下，保持静止或做匀速直线运动，我们就说这个物体处于**平衡状态**（equilibrium state）.

讨论交流

在图 4-1-1 中，书、小球、小孩都处于平衡状态. 你能说出它们各自受到哪些力的作用吗？你认为这些力应当满足怎样的条件？为什么？

共点力作用下物体的平衡条件

要使物体保持平衡状态，作用在物体上的力必须满足一定的条件，这个条件叫做**力的平衡条件**. 下面我们由实验来讨论共点力的平衡条件.

实验探究

1. 将一方形薄木板平放在桌面上，并在板面上用图钉固定好白纸，将三个弹簧测力计的挂钩用细线系在小铁环上，如图 4-1-2（a）所示.

2. 先将其中两个弹簧测力计固定在图板上，再沿某一方向拉着第三个弹簧测力计. 当铁环平衡时，分别记下弹簧测力计的示数 F_1、F_2、F_3 和它们的方向，并按各个力的大小和方向作出力的图示.

3. 按平行四边形定则作出 F_1、F_2 的合力 F_{12}，比较 F_{12} 和 F_3，如图 4-1-2（b）所示（或合成 F_2、F_3，作出 F_{23}，比较 F_{23} 与 F_1）. 由此，找出三个力 F_1、F_2、F_3 的关系.

通过这个实验，你认为三个共点力平衡的条件应当是什么？

微信公众号：电子课本大全

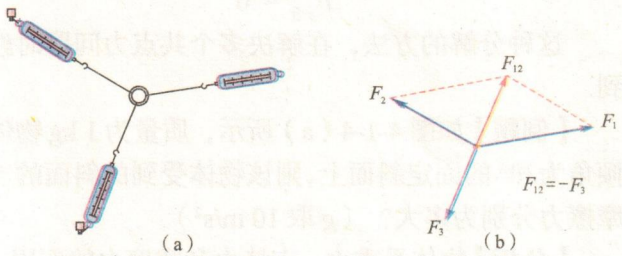


图 4-1-2

实验器材

图板、白纸、图钉、弹簧测力计三个（J2104型）、刻度尺、小铁环.

理论探究

上述实验探究中，我们得到了三个共点力平衡的条件. 那么，若是四个共点力、五个共点力……其平衡条件又是怎样的呢？你不妨运用力的合成法，将多个共点力的平衡转化为二力平衡进行分析.

从牛顿第二定律也可推导出共点力的平衡条件，请你试一试.

通过实验和理论探究，我们得到共点力作用下物体的平衡条件是

$$F_{合}=0$$

作用在物体上的几个力的合力为零，叫做**力的平衡**. 当物体只受到同一直线上的两个共点力的作用，且合力为零时，就是我们在初中所学过的二力平衡情况.

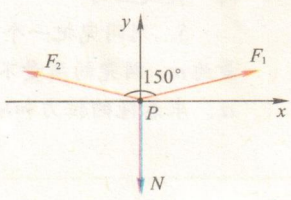
活动

走钢丝的杂技演员质量为 50 kg，他单脚踩在钢丝的 P 点上，处于平衡状态. P 点受演员施加的压力 N（与演员所受的重力大小相等）、两侧钢丝的拉力 F_1 和 F_2 这三个共点力的作用（如图 4-1-3 所示），且 $F_1=F_2$. 若 F_1 和 F_2 这两个力之间的夹角为 150°，请用作图法求出 F_1（F_2）的大小.

再以 P 点为坐标原点，建立直角坐标，将三力分别沿 x、y 方向分解. 求出 x、y 方向的合力各为多少？



(a)



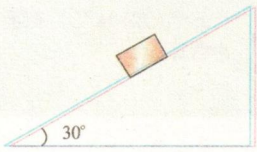
(b)

图 4-1-3

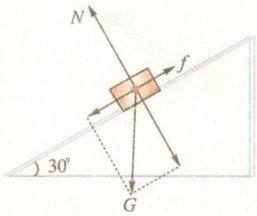
当物体受到多个共点力（在同一平面内）的作用时，也可用正交分解的方法，将各个力沿选定的直角坐标分解，如沿 x 轴方向的合力为零，沿 y 轴方向的合力也为零，则物体处于平衡状态. 平衡条件可写成

$$F_{x合}=0$$

微信公众号：电子课本大全



(a)



(b)

图 4-1-4

$$F_{y合} = 0$$

这种分解的方法，在解决多个共点力问题时经常会用到.

【例题】如图 4-1-4（a）所示，质量为 1 kg 物体静止在倾角为30°的固定斜面上，则该物体受到的斜面的支持力和摩擦力分别为多大？（g 取 10 m/s²）

【分析】物体受重力、支持力和摩擦力的作用，处于平衡状态，由平衡条件可知，该物体所受合力为零.

【解】作出物体的受力分析图，并将重力分解到垂直于斜面和平行于斜面方向，如图 4-1-4（b）所示. 根据共点力作用下物体的平衡条件，可得

该物体所受斜面的支持力

$$N = mg\cos 30° = 1 \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2}\ \text{N} \approx 8.66\ \text{N}$$

该物体所受斜面的摩擦力

$$f = mg\sin 30° = 1 \times 10 \times \frac{1}{2}\ \text{N} = 5\ \text{N}$$

请进一步思考：若该物体与斜面间的动摩擦因数为0.3，要使该物体沿斜面匀速向上滑动，则需对物体施加多大的沿斜面的推力？

练习与评价

1. 什么是物体的平衡？

2. 物体在共点力的作用下，平衡的条件是什么？

3. 二力平衡是共点力作用下物体平衡的一个特例. 回忆一下，在前两章的学习中，哪些地方用到了二力平衡的条件？

4. 如果物体受到三个共点力的作用而处于平衡状态. 你能用共点力的平衡条件，证明其中任意两个力的合力与第三个力大小相等、方向相反且在同一直线上吗？

5. 用网兜把一个足球挂在光滑墙壁上的 A 点处（图 4-1-5），足球的质量为 m，网兜的质量不计. 足球与墙壁的接触点为 B，悬绳与墙壁的夹角为 α. 求悬绳的拉力和墙壁对球的弹力.

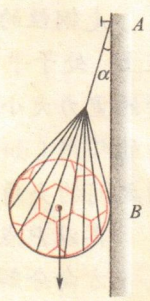


图 4-1-5

微信公众号：电子课本大全

2 共点力平衡条件的应用

活动

关于移动货物箱的疑问

工人在移动放在水平地面上的货物箱时，通常会采用“推”与“拉”两种方法. 这两种方法的作用力方向不同：推力斜向下，而拉力则斜向上. 实践证明，“推”往往要比“拉”费力，这是为什么呢？

下面我们可以用共点力的平衡条件来进行分析.

如图4-2-1所示，G为货物箱所受的重力，F为拉（推）力，N为地面对货物箱的支持力，f为摩擦力，货物箱受到四个共点力的作用. 若箱与地面之间的动摩擦因数为μ，则：

在向前拉的情况下，拉力水平向前的分力等于_____，地面的支持力等于_____，摩擦力等于_____，能拉动货物箱的条件是_____；

在向前推的情况下，推力水平向前的分力等于_____，地面的支持力等于_____，摩擦力等于_____，能推动货物箱的条件是_____.

根据以上结果，回答前面的提问.

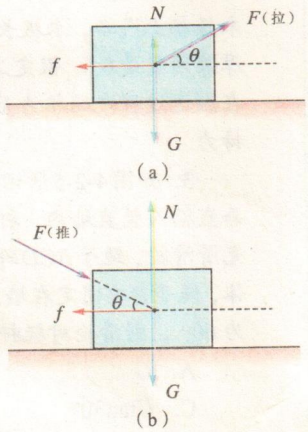


图4-2-1

活动

如何选择绳子的粗细

如图4-2-2所示，为了使插入地面的排球网架的直杆能垂直于地面，需要用绳子把杆拉住. 假设绳子OA、OB、OC在同一平面内，OA与OB两绳的拉力大小相同，夹角为60°.

1. 画出O点的受力示意图.

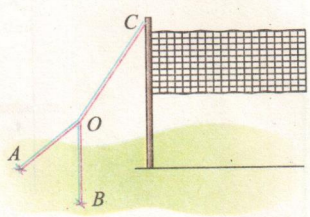


图4-2-2

2. 根据共点力的平衡条件，建立坐标，列出平衡方程.

微信公众号：电子课本大全

3. 解出三个力之间的关系.

4. 如果绳能承受的拉力跟绳的横截面积成正比，那么 OC 绳的直径至少应是 OA（OB）绳的几倍才合理？

练习与评价

1. 如图4-2-3所示，某同学拉动一个30 kg的箱子匀速前进，已知箱子与地面的动摩擦因数 $\mu=0.4$，拉力 F 与水平面的夹角为 30°，问绳子的拉力 F 为多大？（g 取 10 m/s²）

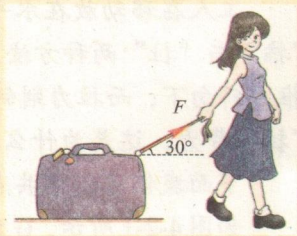


图 4-2-3

2. 如图4-2-4所示，工人要把重为 1 000 N 的货物沿倾斜的木板推上汽车，木板长 5 m，一端离地 1 m. 货物与木板间的动摩擦因数是0.6. 假定工人推力的方向始终与板面平行，求工人在搬运过程中的推力至少应是多少牛，并求出木板对货物的支持力.

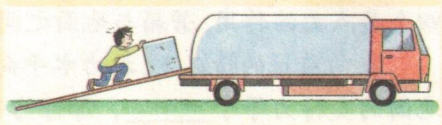


图 4-2-4

3. 如图4-2-5所示，一根不计质量的轻杆 AC 垂直插入竖直墙内，杆的另一端装一质量不计的光滑滑轮，绳子 BCD 跨过滑轮挂着一重为 G 的物体，绳子 B 端固定在墙上，且 BC 与墙之间的夹角为 60°，则滑轮对轻杆的作用力大小是（　　）.

A. G　　B. $G\cos30°$

C. $G\tan30°$　　D. $G\cot30°$

4. 如图4-2-6所示，两物体 A、B 的质量分别为 M 和 m，用跨过定滑轮的轻绳相连，A 物体静止在水平面上. 若不计摩擦，A 物体对绳的作用力大小与地面对 A 物体的作用力大小分别是（　　）.

A. mg，$(M-m)g$　　B. mg，Mg

C. $(M-m)g$，mg　　D. $(M+m)g$，$(M-m)g$

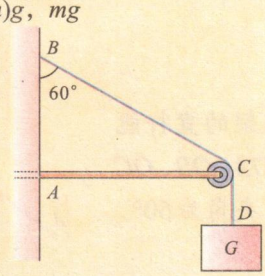


图 4-2-5

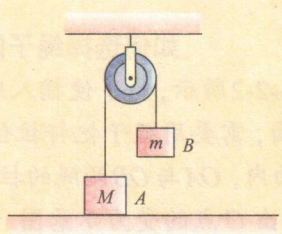


图 4-2-6

微信公众号：电子课本大全

3 平衡的稳定性（选学）

平衡的分类

讨论交流

图 4-3-1 中的物体都处于平衡状态，请指出图中的三种平衡有什么区别？

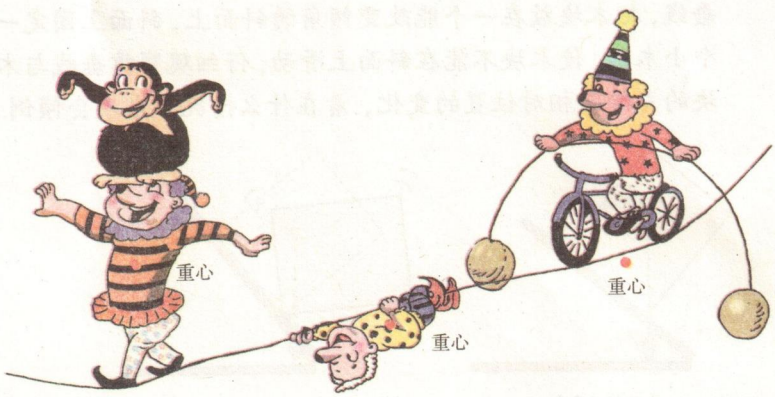


图 4-3-1

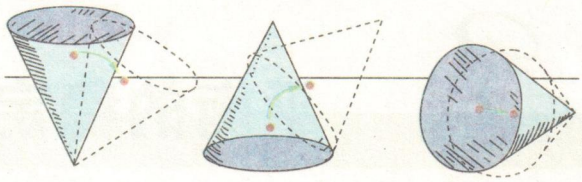
物体的平衡是有区别的．处于平衡状态的物体在受到外力的微小扰动而偏离平衡位置时，若物体能自动恢复到原先的状态，这样的平衡叫做**稳定平衡**；若物体不能自动回到原先的状态，这种平衡叫做**不稳定平衡**；若物体在新的位置也能平衡，这种平衡就叫做**随遇平衡**．

平衡物体处于何种平衡状态，决定于平衡物体偏离平衡位置时重心高度的变化情况．

观察思考

图 4-3-2 中（a）、（b）、（c）三个圆锥体分别处于什么类型的平衡？观察当它们偏离平衡状态时重心高度如何变化（升高 / 降低 / 不变），从而归纳出物体重心高度的变化与物体平衡分类之间的关系，并由此讨论图 4-3-1 的平衡情况．

微信公众号：电子课本大全



(a)　(b)　(c)

图 4-3-2

物体为什么会倾倒

物体的倾倒是有原因的，我们来看下面的实验.

观察思考

如图 4-3-3 所示，在一均匀木块侧面的中心上拴一根重垂线，把木块放在一个能改变倾角的斜面上，斜面上固定一个小木桩，使木块不能在斜面上滑动，仔细观察重垂线与木块的支持面相对位置的变化，看在什么情况下木块会倾倒.

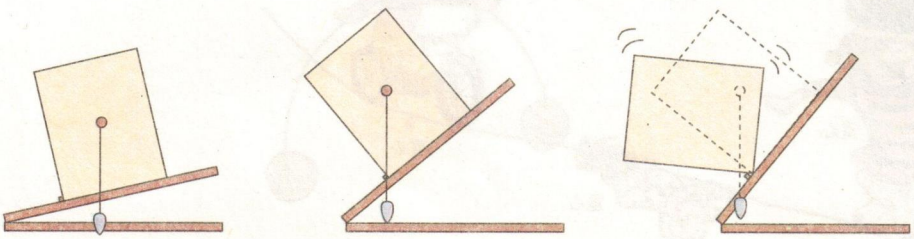


图 4-3-3

从上面的实验可以看出，只要偏转的角度不大，重垂线不超出物体的支持面，物体就不会倾倒.

始建于 1174 年的著名的比萨斜塔，塔高 56.7 m，塔基直径 19.6 m，总质量为 1.45×10^4 t，它至今倾斜度已达 5.5°，塔顶中心点偏离中心垂线近 5 m，但仍未倒塌，就是因为它的重力作用线仍通过其支持面.

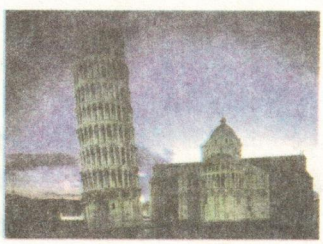


图 4-3-4　比萨斜塔



图 4-3-5　平衡的奇迹

微信公众号：电子课本大全

自然界和人类都创造了平衡的奇迹. 然而平衡能否稳定，仍取决于重力作用线与支持面的相对位置.

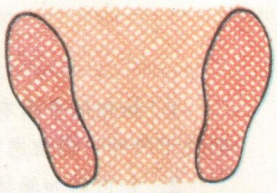


图 4-3-6 人站立时，重力作用线通过图示的支持面，才能保持身体的平衡



图 4-3-7 有的动物有长长的尾巴，用它可以改变重心的位置，从而便于保持身体的平衡

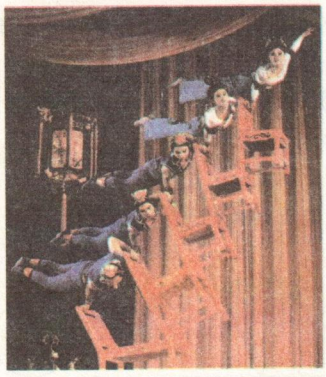


图 4-3-8 杂技演员掌握平衡的技巧令人赞叹不已

稳度

处于稳定平衡状态的物体，它们倾倒的难易程度（即物体的稳定程度）一般是不同的. 物体的稳定程度叫做**稳度**（stability).

活动

如图 4-3-9 所示，书有三种不同的放置方式，试讨论哪种放置方式稳度最大，为什么?

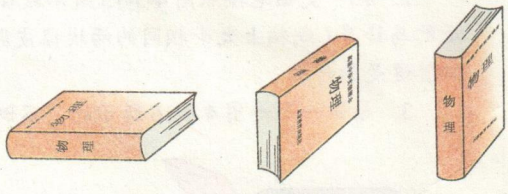


图 4-3-9

小资料

地动仪

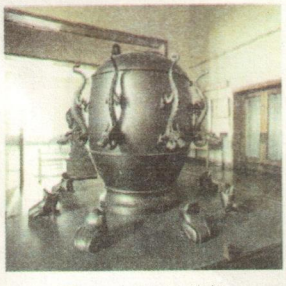


图 4-3-10 地动仪

我国东汉时期的科学家张衡（78—139）建造了世界上第一架地震仪——地动仪. 地动仪用精铜铸成，外形像个大酒樽（古代盛酒的器具），直径为 8 尺. 其外八方镶有 8 条龙，每条龙口中衔着一个铜丸，龙头正下方铸有一个向上张嘴的蟾蜍；其内中央立有一根铜柱，能沿导轨向八个方向侧移.

张衡利用不稳定平衡原理，使铜柱稍受地震波的扰动，就向震源方向移动，并推开一组控制启、闭开关的杠杆，使该方向龙头吐出铜丸，落入蟾蜍口中.

地动仪制成后，安置在洛阳. 公元138年（汉顺帝永和三年）的一天，洛阳城里和往常一样平静，而某方龙口中的小球突然掉入蟾蜍嘴里，“后数日，驿至，果地震陇西”.

这是世界上第一架测定地震及方位的仪器，比欧洲早 1 700 多年.

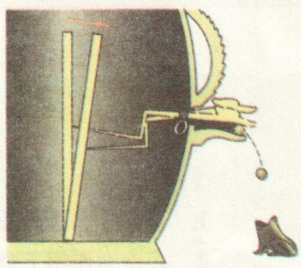


图 4-3-11

微信公众号：电子课本大全

练习与评价

1. 物体的平衡有哪几种类型？图 4-3-12 中的三个物体（图上的黑点为物体的重心）分别处于何种平衡状态？你是如何判定的？

2. 如何增加物体的稳度？请举出几个你所见到的关于增大物体稳度的例子.

3. 图 4-3-13 中的硬币处于平衡状态.

（1）找出硬币重心的大致位置；

（2）这个硬币如何放置才能增大稳度？为什么？

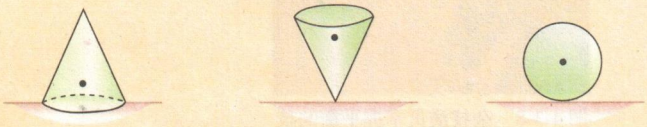


图 4-3-12

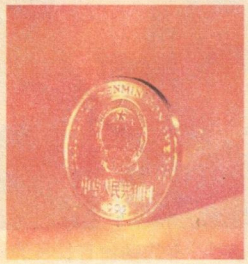


图 4-3-13

发展空间

实验室

1. 如图 4-3-14 所示，把酒瓶插入木支架里，放在桌面上，它们均处于平衡状态，如把酒瓶与支架作为整体来考虑，你能画出它们的重力作用线吗？

2. 把一支铅笔按照图 4-3-15 所示放在手指上是不稳定的；在笔的两头插入两个质量相近的马铃薯（或粘上大小相同的两块橡皮泥），再放在手指上，就会较稳定. 自己做一做，并回答这是为什么.

3. 请做一个如图 4-3-16 所示的“不倒翁”，你知道“不倒翁”之所以不倒的奥秘吗？

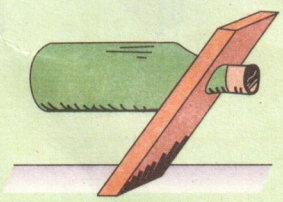


图 4-3-14

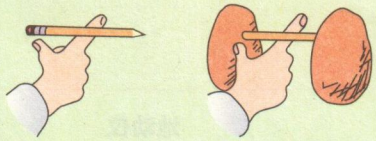


图 4-3-15



图 4-3-16

本章小结

1. 当物体保持静止或者做匀速直线运动的状态时，我们就可以说该物体平衡.

2. 共点力作用下物体的平衡条件是共点力的合力为零.

3. 作用在物体上的几个力的合力为零，这种情形叫力的平衡.

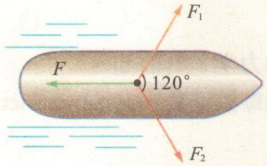
微信公众号：电子课本大全

4. 解决共点力作用下的物体平衡问题，首先要确定研究对象，再对研究对象进行受力分析，并画出力的示意图，然后根据平衡条件 $F_{合}=0$（或 $F_{x合}=0$、$F_{y合}=0$）来求解.

5*. 物体的平衡可分为稳定平衡、不稳定平衡和随遇平衡.

习　题

1. 由两根绳子拉着小船逆水匀速航行，若拉力 F_1、F_2 的夹角为 120°，且 $F_1=F_2$，则船所受的阻力 F 与 F_1、F_2 之间的关系怎样?

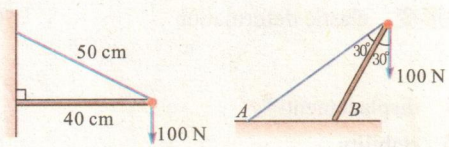


（第 1 题图）

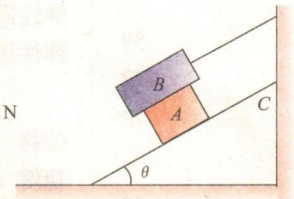
2. 计算下列各图所示的支架中，轻杆和轻绳所受的弹力.

3. 如图所示，A、B 两物体质量相等，B 用细绳拉着，绳与倾角为 θ 的斜面平行. A 与 B、A 与斜面间的动摩擦因数相同. 若 A 沿斜面匀速下滑，求动摩擦因数的值.

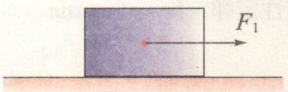
4. 如图所示，放在水平面上的物体，与水平面的动摩擦因数为 μ，物体在水平恒力 F_1 的作用下，恰好能做匀速直线运动. 若对物体再施加一个大小与 F_1 相等的水平恒力 F_2，要使物体仍能在水平面上做匀速直线运动，那么 F_2 的方向应满足什么条件?



（第 2 题图）



（第 3 题图）



（第 4 题图）

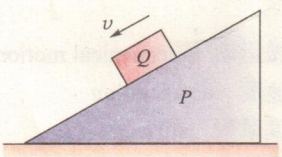
5. 如图所示，质量为 m 的滑块 Q，沿质量为 M 的斜面 P 匀速下滑，斜面 P 静止在水平面上，则在滑块 Q 下滑的过程中地面对 P 的（　　）.

A. 摩擦力方向向右，支持力大小为 $(M+m)g$

B. 摩擦力为零，支持力大小为 $(M+m)g$

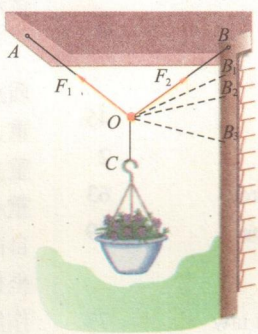
C. 摩擦力为零，支持力小于 $(M+m)g$

D. 摩擦力方向向右，支持力小于 $(M+m)g$



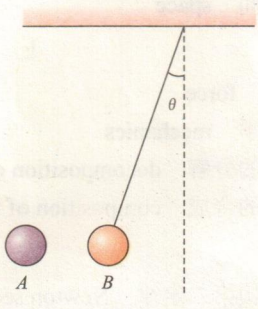
（第 5 题图）

6. 如图所示，两根细绳 AO 和 BO 连接于 O 点，O 点的下方用绳子 CO 悬挂一重物，并处于静止状态. 保持绳子 AO 不动，而将细绳 BO 的悬点缓慢地向 B_1、B_2、B_3 逐渐移动. 试分析在这个过程中绳子 AO、BO 受到的拉力如何变化.



（第 6 题图）

7. 磁体 A 在磁体 B 的左边，磁体 A 对 B 有一个水平吸引力. 磁体 B 的质量为 0.2 kg，且悬挂在一根绳子上，磁体静止时，$\theta=37°$. 求：（1）绳子的拉力；（2）磁体 A 对 B 施加的力的大小和方向.



（第 7 题图）

微信公众号：电子课本大全

附 录

中英文索引

（名词后面的数字是它第一次出现的页码）

B

标量 scalar 8

C

参考系 reference frame 3
超重 overweight 89

D

动力学 dynamics 2
动摩擦因数 dynamic friction factor 55

F

反冲 recoil 82
范性形变 plastic deformation 50
反作用力 reaction 80
分力 component force 59

G

共点力 concurrent force 59
惯性 inertia 72
惯性定律 law of inertia 72

H

合力 resultant force 59
胡克定律 Hooke law 52
滑动摩擦力 sliding friction force 54

J

机械运动 mechanical motion 2
加速度 acceleration 17
劲度系数 stiffness 52
静摩擦力 static friction force 56

K

空间 space 4

L

力 force 45
力学 mechanics 2
力的分解 decomposition of force 63
力的合成 composition of forces 59

N

牛顿第二定律 Newton second law 77
牛顿第三定律 Newton third law 81
牛顿第一定律 Newton first law 71

P

平衡状态 equilibrium state 94
平均速度 average velocity 11
平行四边形定则 parallelogram rule 61

S

时间 time 4
矢量 vector 8
失重 weightlessness 89
瞬时速度 instantaneous velocity 13
速度 velocity 11
速率 speed 13

T

弹力 elastic force 51
弹性限度 elasticity limit 50
弹性形变 elastic deformation 50

W

位移 displacement 7
稳度 stability 101
误差 error 39
物重 weight 47

X

形变 deformation 50

Y

有效数字 significant figure 39
匀变速直线运动 uniformly accelerated rectilinear motion 20
运动学 kinematics 2

Z

质点 mass point 2
重力 gravity 47
重力加速度 acceleration due to gravity 30
重心 center of gravity 47
自由落体运动 free fall 28
坐标系 coordinate system 6
作用力 action 80

微信公众号：电子课本大全



教科版 物理 WULI

定价：13.20元（含光盘1）

ISBN 978-7-5041-3108-9

批准文号：川发改物价［2010］392 号

举报电话：12358

微信公众号：电子课本大全