

中央教育科学研究所专家推荐
素质教育与能力培养丛书



新概念物理

(高中第一册)

■ 素质教育与能力培养研究组

G 高材生
gaisheng

G 高能
gaoneng

G 高分
gaofen

中国人民大学出版社

素质教育与能力培养丛书
新概念学材系列

新概念物理

(高中第一册)

素质教育与能力培养研究组
撰稿人 沈文略 石琦

中国人民大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新概念物理·高中第一册/素质教育与能力培养研究组编.
北京:中国人民大学出版社,2001
(素质教育与能力培养丛书·新概念学材系列)

ISBN 7-300-03797 6/G·794

I. 新…

II. 素…

III. 物理课-高中-教学参考资料

IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 038424 号

素质教育与能力培养丛书
新概念学材系列
新概念物理
(高中第一册)
素质教育与能力培养研究组

出版发行:中国人民大学出版社
(北京中关村大街 31 号 邮编 100080)
邮购部:62515351 门市部:62514148
总编室:62511242 出版部:62511239
E-mail:rendafx@public3.bta.net.cn

经 销:新华书店
印 刷:三河市新世纪印刷厂

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:13
2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷
字数:289 000

定价:17.00 元
(图书出现印装问题,本社负责调换)

素质教育与能力培养丛书·新概念学材系列

学术委员会

主任：江山野（中央教育科学研究所研究员）

委员：吕 达（博士，编审，人民教育出版社副社长）

俞启定（博士，教授，北京师范大学教师培训中心主任）

劳凯声（博士，教授，北京师范大学教育系主任）

田慧生（博士，研究员，中央教育科学研究所所长助理）

总策划：甘华鸣

编辑委员会

主编：滕 纯（研究员，中央教育科学研究所原副所长，中国教育学会研究会副理事长）

程方平（博士，中央教育科学研究所研究员）

编委：（按姓氏笔画排列）

刘录正 刘诚岭 李超源 李 红 李 颖

陆 维 段伟文 唐德春

编者的话

根据全国教育工作会议推进素质教育的原则精神以及国务院基础教育工作会议指出的教育发展方向，在总结前一段“减负”和教改经验的同时，在阶段性、区域性实验探索的基础上，我们编写了这套蕴涵创新精神和思路的高效学习用书——《素质教育与能力培养丛书》，从多方面适应了不同类型和不同水平学生的学习需求。

《素质教育与能力培养丛书》分为三个系列，即新概念学材系列、知识网络图系列、能力开发系列。

新概念学材系列包括中学各年级数学、物理、化学、生物四科。具体包括：《新概念数学》共六册，初中一至三册、高中一至三册；《新概念物理》共四册，初中一至二册、高中一至二册；《新概念化学》共四册，初中一册、高中一至三册；《新概念生物》高中一册。

所谓“学材”是相对于“教材”而言的。“学材”是以学习者为中心的助学读物，主要用来自学，也可用来教授。新概念学材系列以中学教学大纲为依据，用发现法、探究法、自主学习法介绍教学大纲所规定的学科知识。这是该系列各书区别于一般教材、教参、教辅以及其他课外读物的显著特点和重大优点。

用发现法、探究法、自主学习法介绍教学大纲所规定的学科知识，可以取得培养素质和准备应试的双重好处。

一个好处是培养素质，引导学生用自己的头脑发现知识，逐渐学会探索和研究，掌握思维和认识的方法，形成提出问题和解决问题的能力，锻炼创新能力；在发展理智的同时发展情感，树立怀疑意识和批判态度，构建创新精神和创新个性，提高自主性和独立性。

另一个好处是准备应试，促使学生对要考试的知识充分关注，多侧面、多层次、大视野、大纵深地把握学科知识，从而加深理解，吃得透，化得开，巩固记忆，记得住，想得起，促进应用，用得上，用得活，解题稳、准、快，对付考试得心应手，游刃有余。

书中“动手空间”、“你知道吗”、“想一想”、“考考你”、“思考与实践”、“科学前沿”、“数学家的故事”、“化学史”、“小资料”、“生活小常识”等小栏目，可以锻炼学生的动手能力，开阔视野，拓展思路，把知识、生活、实践联系起来，把科学、技术、社会联系起来。

书中点缀着科技发展史上的真实故事以及日常生活现象，可以极大地调动学生的求知热情和学习兴趣。精心挑选的大量插图，使各书更加形象、生动、轻松、活泼。

该系列各书是体现素质教育要求的助学读物，是新型的“教材”、“教参”、“教辅”，适合广大中学生、教师、家长阅读。

《素质教育与能力培养丛书》以教育部制定的教学大纲为依据，因此适用于全国各个地区，而不受不同版本教材的限制。

目 录

第一章 质点运动学	(1)
第一节 引言	(1)
一、运动的世界.....	(1)
二、质点的概念.....	(2)
三、“刻舟求剑”的问题.....	(2)
四、度量“宇宙”.....	(3)
第二节 直线运动	(7)
一、沿直线的位置和位移.....	(7)
二、速度、平均速度和瞬时速度.....	(9)
三、变化的速度.....	(12)
四、两种特殊的直线运动.....	(14)
第三节 简单的曲线运动	(21)
一、矢量和运动的矢量表示.....	(21)
二、曲线运动.....	(24)
三、抛体运动.....	(25)
四、匀速圆周运动.....	(27)
第四节 相对运动	(28)
第二章 运动与力	(33)
第一节 惯性与质量	(33)
一、惯性与惯性定律.....	(33)
二、物体的质量.....	(36)
第二节 力的学问	(38)
一、力是什么.....	(38)
二、力是一种矢量.....	(39)
三、力矩与物体平衡.....	(42)
四、自然界中常见的力.....	(45)
五、力与运动.....	(49)
第三节 动量与动量守恒	(52)
一、动量、冲量与动量定律.....	(52)
二、动量守恒与牛顿第三定律.....	(56)
三、漫谈火箭.....	(62)
第四节 诠释运动	(63)

一、大力士与物理学家	(64)
二、“过山车”的启发	(65)
三、超重与失重	(68)
第五节 相对性原理	(71)
一、伽利略的相对性原理	(71)
二、非惯性系与离心现象	(73)
第三章 功与能	(77)
第一节 动能	(77)
一、动能与做功	(77)
二、做功的快慢	(84)
第二节 势能	(87)
一、重力做功与重力势能	(87)
二、弹性势能	(89)
三、保守力与势能	(91)
第三节 机械能守恒定律	(93)
第四节 能量与能量守恒	(97)
一、“能量”的由来	(97)
二、能量的转化与守恒定律	(98)
第五节 碰撞中的动量与能量	(102)
一、几个预备问题	(102)
二、两体碰撞	(106)
第四章 机械振动与机械波	(112)
第一节 概述	(112)
第二节 简谐振动	(113)
一、简谐振动	(113)
二、简谐力	(117)
三、简谐振动的能量	(121)
四、受迫振动与共振	(124)
第三节 简谐波	(126)
一、波是什么	(126)
二、波的描述	(129)
三、波的叠加和干涉	(130)
四、波的衍射	(134)
第四节 声音的学问	(136)
一、声音是什么	(136)
二、声波	(138)
三、音乐点滴	(139)
第五章 天体运动与万有引力	(143)

第一节 万有引力定律·····	(143)
一、太阳系的运动·····	(143)
二、牛顿的万有引力学说·····	(146)
三、牛顿的疑惑·····	(150)
四、引力场与“黑洞”·····	(152)
第二节 再论“重力”·····	(154)
一、理想地球的重力·····	(154)
二、重力异常·····	(155)
第三节 探索宇宙·····	(156)
一、笔尖上的发现·····	(156)
二、走向太空时代·····	(158)
第六章 分子运动理论、热与功·····	(163)
第一节 构建宇宙的砖瓦·····	(163)
一、元素的来由·····	(163)
二、原子、分子和离子·····	(164)
三、分子世界“知多少”·····	(166)
第二节 分子世界的力和运动·····	(168)
一、分子间的力与分子势能·····	(168)
二、分子运动与分子动能·····	(170)
三、物体的内能、热和功·····	(172)
第七章 物质的性质·····	(175)
第一节 认识固体·····	(175)
一、晶体和非晶体·····	(175)
二、空间点阵·····	(176)
第二节 液体新知识·····	(178)
一、表面张力·····	(178)
二、毛细现象·····	(180)
第三节 气体的性质·····	(182)
一、描述气体·····	(182)
二、理想气体状态方程与热力学温标·····	(185)
第四节 物质状态的转化·····	(188)
一、凝固和融化·····	(188)
二、气液转化·····	(190)
三、饱和汽和饱和汽压·····	(192)

第一章 质点运动学

“我听见有人把不灭不变等等说成是宇宙中各个天生的、完整的天体之所以完善和高贵的最主要原因,而把生灭变化等等说成是很大的缺陷,总觉得非常诧异,甚至可以说是我的理性所不能容忍的。

在我看来,地球之所以可贵、可亲,恰恰是因为它在不断地发生着各种不同的变动、变化和生灭。”

——(意)伽利略

第一节 引言

一、运动的世界

每当提及运动,我们很容易想到田径场里飞奔的运动员,高速铁路上疾驰的列车,天空中闪电般掠过的战斗机……但自然界的丰富多彩往往令人始料不及,物质的燃烧、无线电波的漫天飞舞、放射性元素的衰变、不同温度物体之间的热传递,甚至人类社会变更等都是运动的不同形式。其实在我们生活的这个世界上,小到组成物质的基本粒子,大到托起我们的海陆板块,乃至整个星球、整个宇宙,都无时无刻不在运动之中。

在各种形态的运动中最简单壮观的一类就是机械运动,即宏观物体之间(或物体各部分之间)相对位置的改变。“鱼翔浅底,鹰击长空”、“日升月落、车水马龙”,还有人类在有生之年无法体会到的大地的“沧海桑田”等等,都是机械运动的具体形式。

力学的研究对象就是机械运动。

真理总是有一定的适用范围的。经典力学研究的是弱力场(如地球引力场)中宏观物体的低速运动,如果物体速度接近光速,或是在强力场(如黑洞)中,或是涉及微观粒子运动,经典力学就失效了,取而代之的是相对论和量子力学。

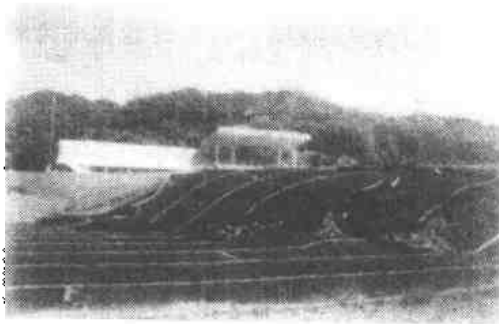


图 1-1 台湾 1999 年大地震
大地不动吗?校园运动场像被推土机掀起了

二、质点的概念

世间万物大小不一、形态各异,在研究机械运动时,是否需要考虑物体形状的影响得由我们研究的目的来决定。体操运动员跳鞍马或是做单、双杠表演,他的形体姿态决定了拿金牌还是回家继续努力;而铅球运动员在投掷以后,我们实在没有必要去讨论铅球的旋转究竟是顺时针的还是逆时针的;“有朋自远方来”,我们热切关心的是他乘的火车已经到了哪里而不必考虑车头车尾各在何地,当然除了“不亦乐乎”之外,我们还得去站台接人,这时朋友究竟坐在靠前的硬座还是躺在后面的软卧就显得很重要了。当物体各部分运动没有差别或是这种差别对我们的研究毫无意义时,我们就可以把物体抽象成一个只有质量而没有具体形状大小的几何点,这就是质点。

确切地说,当我们研究的问题只涉及平动而不关心转动和形变的时候,我们就能把物体简化成质点的物理模型。所谓平动,就是当物体运动时其上每一点在空间划出的轨迹都彼此平行、全等;而转动就是物体上每一点都绕某一中心做圆周运动;如果物体上点与点之间的相对距离改变了,物体就发生了形变。后两种运动分别涉及到了刚体力学和连续介质力学。物体无论做多么复杂的机械运动,最终总是可以被分解为这三种基本运动的叠加。

有些运动,如流体、刚体运动,虽然不能直接当成质点来处理,但我们可以把这些运动的主体看成是许多质点的组合(质点组),这样就能在质点运动的基础上解决这些复杂物体的运动问题。

想一想

1. 相传伽利略在比萨斜塔上做过两个物体同时落地的实验,他为什么用两个铁球而不是两根羽毛?铁球能被看成质点吗?那羽毛呢?
2. 研究地球运动,何时能把它看做质点?何时不能?

三、“刻舟求剑”的问题

“楚人有涉江者,其剑自舟中坠于水,遽契其舟曰:‘是吾剑之所以坠’。舟止,从其所契者入水求之。舟已行矣,而剑不行,求剑若此,不亦惑乎?”这便是《吕氏春秋·察今》中著名的“刻舟求剑”的故事,人们常用这个寓言来讽喻不会随机应变的拘泥的人;但就事论事地讲,这是一个机械运动的问题,他找不到剑的根本原因在哪里呢?

运动总是“相对”而言的。当讨论一个物体的位置是否改变时,我们不得不找到另一个“位置不变”的物体,其实就是假定一个“静止”的参照物。通常把描述物体运动时参照的物体(或彼此不做相对运动的物体群)称为“参照系”。

参照系的选择显然是任意的,但是在不同的参照系中描述同一运动,其结果往往大相径庭。500年前,“地心说”和“日心说”之间的那场激烈论战,甚至发展为血与火的较量就是一个著名的例子,这在以后的章节中还会详细地讨论。究竟选择怎样的参照系合适,从

纯粹的运动学角度考虑是没有标准答案的。骑着毛驴上京城,可以认为首都和大地岿然不动,而我们正虔诚地赶路;当然我们也可以自觉稳如泰山,北京正向我们奔来,这虽然有点阿 Q 的感觉,但决不妨碍你进京赶考。

参照系是任意的,可一经选定,就不能朝三暮四了。楚人潜意识里认为“剑不行”,是以江岸为参照系;而当我们继续以江岸为参照,正确指出“舟已行”时,楚人却改以船为参照系而念念不忘“剑自舟中坠”,所以永远地失去了他心爱的宝剑。

其实说“剑不行”也并不确切,如果考虑江水的流动,剑落水以后的运动(仍以江岸为参照系)是很复杂的,它首先有与江流垂直的初始水平运动,然后一边下沉一边被江水推向下流,这牵涉到三个互相垂直方向上的运动的合成,所以分析和打捞工作都不简单,如何避免再犯错误是尤其值得注意的。

用实物或实物群做参照系很直观,但当运动需要定量描述时就显得很不方便了,因为我们无法确定空间中的任何一个位置,而只能大概地说甲在乙的上方、乙跑到了丙的左边,如此等等世界就会彻底乱套。我们知道,平面上任何一点都可以用事先规定在平面内的直角坐标的两个坐标值来惟一确定;为了指定屋子里一只苍蝇的位置(这当然很难),我们只要先找到它在地面上投影的位置,然后再给出它飞行的高度就可以了,最方便的办法是以墙角顶点为公共零点沿三条互相垂直的交线刻度,这样我们就得到了最常见的空间直角坐标系;要描述地球围绕太阳运行的情况,可以认为太阳不动,并以之为原点引出一条时刻指向地球的射线,规定了零角度位置之后,我们就能用地球与太阳之间的距离和射线转过的角度来确定地球的位置,这正是极坐标的方法。所以说,坐标系就是实物参照系的数学抽象。在讨论运动一般性问题时,人们往往给出坐标系而不必具体指明它所参照的物体。

四、度量“宇宙”

这个标题乍看来似乎有“蚂蚁打呵欠——好大的口气”之嫌,这只是因为我们对宇宙有着一种莫名其妙的敬畏感。所谓“宇宙”,古人云“四方上下曰宇,往古今来曰宙”,就是空间和时间的总和的意思,而机械运动的本质就是物体的空间位置随着时间的变化,没有时间和空间,机械运动就无从谈起,因此度量时间和空间是表达机械运动的前提。

中国春秋时期的墨子已认识到运动和时空是不可分割的。《经》第一百一十四条指出:“宇,或徙,说在长宇久。”意思是物体的移动,就是空间随着时间的持续自近而远的变化。《经说》又解释道,“长,宇徙而有处。宇南宇北,在旦又在暮,宇徙久。”就是说,物体移动,必须离开原有的空间而占有别的空间。例如,目前铁路客运希望“朝发夕至”,你乘车北上,早晨还占有南方空间,经过一天的时间,晚上你就占着北方的地盘了。从空间上讲是由南而北,从时间上讲,就是“在旦又在暮了”。所

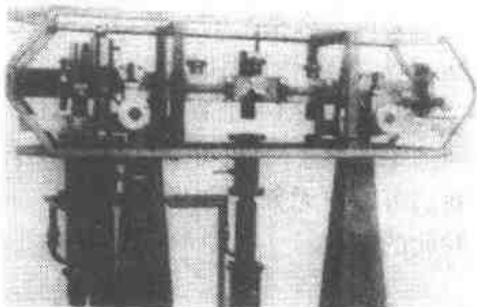


图 1-2 精密的铯原子钟

以,时间的流逝和空间的变迁是紧密地结合在一起的,空间和时间统一于物质运动之中。

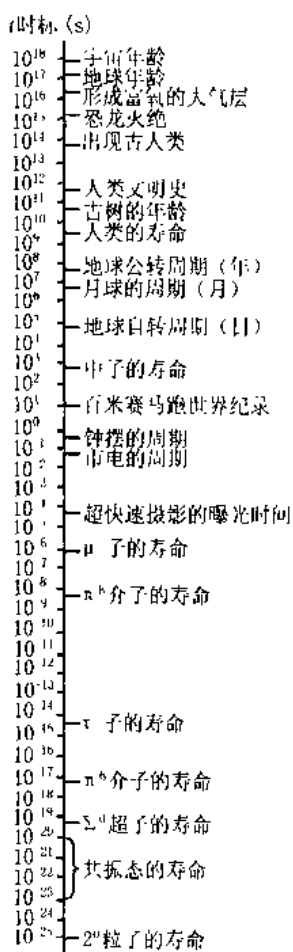


图 1-3 物质世界的时间尺度

时间反映的是物质运动的持续性。如果我们掌握了某一运动的规律,那么这个物理过程就可以用来作为计量时间的基本单位,剩下的工作就是一个计数的过程。知道了物理摆的等时性,就可以制造出各种摆钟;发现了石英晶体在电流的作用下能产生稳定的振动,就发明了石英表;我们还可以微微拧开水龙头,让水一滴滴地溅落在杯子里,不妨把杯子由空到满的一段时间称为“一杯”;没有秒表怎么测 800 米跑?用教练的脉搏不就可以了么?总之,自然界里有许多周而复始的现象,都可以被人们用来度量时间。1967 年第 13 届国际计量大会决定采用铯原子钟(图 1-2)作为新的时间计量基准,定义 1 秒(sec) 的长度等于与铯 133 原子基态两个超精细能级之间跃迁相对应的辐射周期的 9 192 631 770 倍。

人们对计时准确性的要求不尽相同。在“面朝黄土背朝天”的刀耕火种时代,大家只要“日出而作日落而息”就可以了;长跑用某人的脉搏计时足够精确(奥林匹克竞赛除外),但百米冲刺却必须用秒表;核物理学家要测量某些微观粒子的寿命就非得用超精密的原子钟不可。时钟的准确性依赖于人们对用以计时的“标准”物理过程的了解是否精确无误。脉搏作为时钟标准实在是过于粗糙,它的快慢甚至随着你的心情任意改变;地球的自转和公转、月球绕地球的公转、木星和金星绕太阳的公转、木星的四个卫星绕木星的公转等都能准确观察而足以用作时钟;摆钟和石英表则帮助我们将计时精确到秒;以上铯原子钟跃迁频率测量的准确度达到 $10^{-12} \sim 10^{-13}$ 秒;还有许多科学家建议用遥远的脉冲星产生的周期性射电辐射来校正时间基

准。目前,时间是测量得最准的基本物理量。

无论多么精密的测量,给出的总是一段时间间隔。我们容易体会时间所描述的延续性,但却很容易忽略时间的另一个特性:截止性。我们把没有时间间隔的“时间点”称为“时刻”,如果用一个数轴来表示时间,那么数轴上的每一个点都表示一个时刻,点与点之间的距离就是时间间隔。“时刻”使我们得以用“闪光照相”般的思维去截停物质运动,使我们可以无穷短的时间间隔里去讨论物质运动的过程,真正做到了把物质运动表述为时间的函数。

太阳日和恒星日的差别

人们一向采用地球绕自己轴线的转动(自转)作为时间的计量基准,通常所说的一天就是一个太阳日,即太阳连续两次经过同一子午面的时间间隔;而一个恒星日就是同一恒

星连续两次通过观察处所在的子午面经过的时间。由于地球绕太阳在一个近圆的轨道上公转,所以太阳日和恒星日并非严格相等,我们来研究一下这两种“日子”的差别。

为简化问题,不妨将地球绕日公转轨道近似看做圆形,且已知地球公转周期 T_1 和严格的自转周期 T_2 。由于恒星距离我们极遥远,可将星光视为平行光,当星光连续两次直射同一子午线(如图 1-4 所示,图中 A 点表示这一子午线),地球正好完成了一次自转(从 E_1 到 E_2),所以一个恒星日就等于地球自转周期 T_2 ;但太阳日就不同了,因为公转, A 点必须再转一定的角度才能被太阳直射(从 E_2 到 E_3),即一个太阳日(记作 t_1)长于一个恒星日。二者之差可以通过两段时间里公转角度的不同来求出。

一个恒星日 T_2 里地球公转的角度是:

$$\theta = \frac{2\pi}{T_1} \cdot T_2$$

一个太阳日 t_1 里地球公转的角度是:

$$\theta + \Delta\theta = \frac{2\pi}{T_1} \cdot t_1$$

地球从 O_1 公转到 O_2 ,注意到星光的平行特性,其自转的角度也是:

$$\begin{aligned} \alpha &= \theta + \Delta\theta \\ &= \frac{2\pi}{T_2} (t_1 - T_2) \end{aligned}$$

用时差 $\Delta t = t_1 - T_2$ 代入后两个方程,则得到:

$$\theta + \Delta\theta = \frac{2\pi}{T_1} \cdot (\Delta t + T_2)$$

$$\text{和 } \theta + \Delta\theta = \frac{2\pi}{T_2} \cdot \Delta t;$$

这样就有:

$$\frac{2\pi}{T_1} \cdot (\Delta t + T_2) = \frac{2\pi}{T_2} \cdot \Delta t$$

$$\text{容易求得时差: } \Delta t = \frac{T_2^2}{T_1 - T_2}$$

根据上式,我们可以估算一下太阳日和恒星日差别的大小。不妨按 $T_2 \approx 24$ (小时); $T_1 \approx 24 \times 365 = 8760$ (小时),则 $\Delta t = \frac{24^2}{8760 - 24} \approx 0.066$ (小时),约合 4 分钟,即实际一天只有 23 小时 56 分左右(请注意,这并不是真正的天文恒星日,而只是一个估算值)。不过,尽管恒星日可以精确的测定,但地球的自转并不是一个理想的时钟,因为地球的自转正在逐渐地变慢,每经过一个世纪,一天将增加 0.001 秒!造成这种现象的长期原因是潮汐摩擦,它使得地球自转的动能逐渐被消耗。地球是否会停止转动?黎明是否将永远不会到来?这真的很可怕,但好在它超出了本书讨论的范围,就先让我们做一回寒号鸟——“得过且过”吧!

空间反映的是物质运动的广延性。房子里的一只小苍蝇要用三个独立的参数才能将

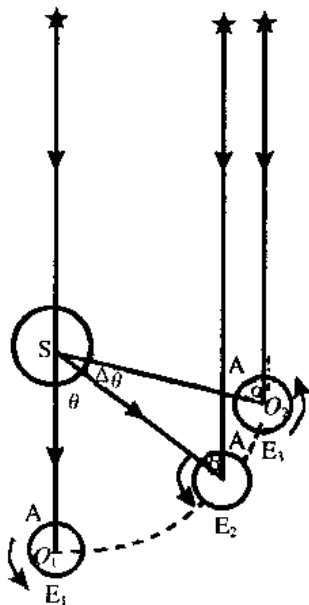


图 1-4 太阳日与恒星日

其定位,用数学的语言来说就是空间里的一点需要三个独立的坐标值来确定,这样的空间就称三维空间。人们用“长度”来描述空间中两点间的距离,任何长度的计量都是通过与某一长度基准比较而进行的。目前我们使用的长度基准“米”是在1983年10月第17届国际计量大会上通过的:米(m)是光在真空中 $1/299\,792\,458$ 秒的时间间隔内运行路程的长度。

“米”最早定义为通过巴黎的子午线从北极到赤道之间长度的千万分之一;1889年第一

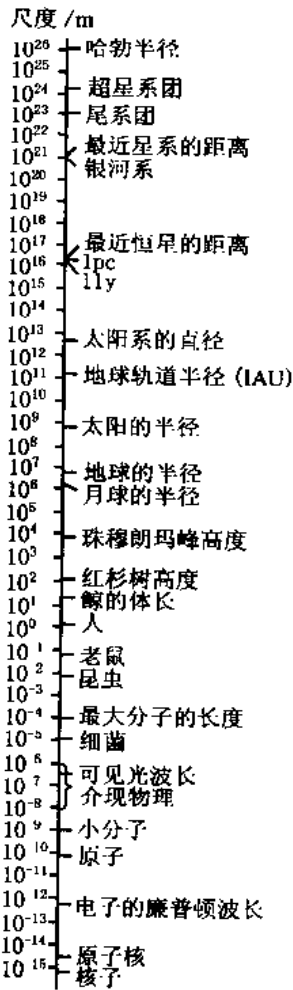


图 1-5 物质世界的空间尺

届国际计量大会规定保存在法国的国际计量局中铂铱合金棒在 0°C 时两条刻线间的距离为 1 米。这是长度计量的实物基准,这种基准很难保证不随时间改变,也很难防止意外(如被战争、地震或其他灾害所毁坏),物理学家想到像时钟那样用长度的自然基准代替实物基准。第一次实现长度的自然基准是在 1960 年第十一届国际计量大会上,人们决定用氪 86 原子的橙黄色光波波长的 $1\,650\,763.73$ 倍来定义“米”,其精度达到了 4×10^{-9} 。后来根据相对论的观点,在任何惯性系中真空光速都是相同的。由于稳频激光器的进展,使激光频率的复现性远优于氪 86 灯米定义的精度,测得的真空中的光速值的准确度受到了原来米的定义的限制,于是科学家们决定采用上文的“真空光速定义”。

视差法与“秒差距”

假定你站在华北大平原上,视野开阔,为你提供一个小刻度为 0.5° 的罗盘和一卷 40 米的皮尺,5 分钟内你能测量到的最远直线距离约是多少(暂时不考虑误差影响)? 稍有想象力就能想到,肯定不止 40 米、80 米或 120 米;罗盘虽然可以保证你基本走直线,但如果你用“走步法”测量,那么你仍然没有充分发挥手里仪器的威力,用这种方法顶多能测不到 1 千米的距离。在此介绍一种“视差法”,它在以上仪器的基础上可以将测距扩大到近 5 千米远。

原理就是利用直角三角形的正切公式: $\text{tga} = l/d$;

罗盘的用途是很重要的。首先,它可以帮我们建立一个基于观察点 A 的南北坐标架。然后再用它来确定目标物 C 的方位角,这时只要在保持罗盘水平的前提下,用罗盘上的目标箭头指向目标 C,读出罗盘北针的角度值 α ($0 \sim 359.5^{\circ}$) 即可。假设我们的目标方位是 45° , 任选一个与之垂直的方向 AB (135° 度或 315° 度) 拉

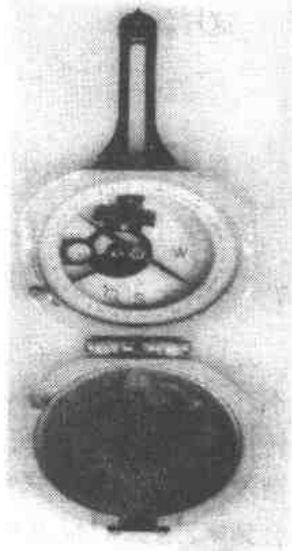


图 1-6 地质罗盘

直皮尺；在皮尺的另一端 B ，我们再测量一次 C 的方位角 b ，假设是 40 度。于是我们可以得一个直角三角形 $\triangle ABC$ (如图 1-7)， $\angle ABC$ 显然为 $a + b = 45 + 40 = 85$ 度，取正切值后即可求得距离： $AC = 40 \times \text{tg}85^\circ \approx 457$ 米。 $\angle ABC$ 的余角 $\angle ACB$ 就称作目标的视差。用所给的罗盘，我们可以测得最小的视差是 0.5 度，所以从理论上讲可测到的最远距离 AC 应该是： $40 \times \text{tg}(90^\circ - 0.5^\circ) \approx 4583$ 米。

结果的确令人兴奋，不过遗憾的是，用这套工具在小视差（接近 0 度）测量时误差大得可怕，误差分析告诉我们，要想使测量结果的误差控制在 10 米以内，那么视差不能小于 10 度，也就是说超过 200 米的测量值是毫无意义的！想要提高精度、加大测量距离就必须同时提高方位角测量精度和加大基线长度 (AB)。然而这种“视差法”最大的优点不在于高精度，而是在保证一定精度的情况下，我们可以测量那些可能无法到达的目标的距离，所以在天文学测量上，“视差法”有着极为重要的意义。早在牛顿时代，人们就用这种方法测量了月球与地球之间的距离；以地球的直径为基线，甚至可以测量日地距离；超出了太阳系范围，用地球直径做基线就嫌短了，不过人们还有一个更长的极限，那就是地球的公转半径，其长度记做 1AU 。天文学上规定，选此基线，视差为 1 角秒 ($1/3600$ 度) 的距离叫做 1 秒差距 (单位 pc)。用上面同样的方法很容易算得：

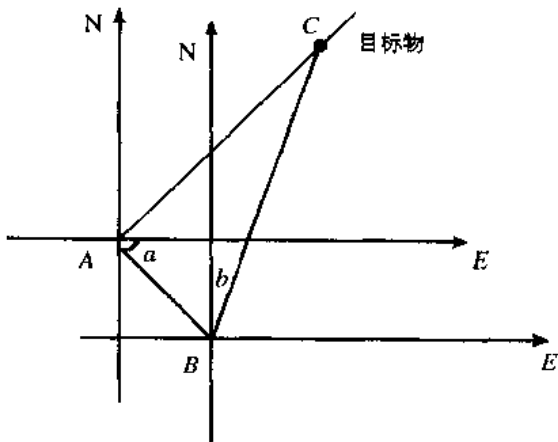


图 1-7 用视差法测量距离

$$\begin{aligned}
 1\text{pc} &= \frac{1\text{AU}}{1''} \\
 &= \frac{1\text{AU}}{\pi/180 \div 3600} \\
 &= 2.062\,648 \times 10^5 \text{AU} \\
 &= 2.062\,648 \times 10^5 \times 1.495\,978\,92 \times 10^{11} \\
 &= 3.085\,678 \times 10^{16} (\text{m})
 \end{aligned}$$

第二节 直线运动

一、沿直线的位置和位移

顾名思义，**直线运动就是轨迹为直线的机械运动**。物体（质点）在做直线运动时，其位置始终保持在一一条直线上。不考虑空气影响，物体静止由空中释放下落是典型的直线运动，箱式电梯的上上下下算是一种，车辆偶尔在笔直的高速公路上行驶也可以近似看做直线运动，但是严格的直线运动在日常生活当中并不常见。

有人想去瞻仰毛主席的故居,那就先得乘一次列车从北京跑到长沙,这一段路较为平直,所以不妨把列车的行驶看做直线运动。列车在城市乡村中穿行,为了准确地描述乘客们的位置,我们可以从北京西站引一条直线连接长沙站,以起点站为参考零点并规定指向终点站的方向为正,这样就建立起一根数轴,选择适当的比例和单位之后,列车的位置就和数轴上的实数点一一对应了;然而无论对于旅客还是铁路工作人员(尤其是扳道工)而言,最令人关心的莫过于在什么时候列车到达了哪座城市,也就是列车的位置与时间的对应关系。其实打开列车时刻表我们不难发现:选择了计时起点后,运动的位置和时间就构成了映射关系。这不禁让人想到函数——时间 t 为自变量,代表位置的实数值 s 为函数值, $s = s(t)$ 就称为列车行驶的位置-时间函数;更直观地将实数对 (s, t) 点到位置轴和时间轴决定的平面上就得到了列车的位置-时间图像。

如果你上学不需要绕太多的弯路,你不妨为自己画一个上学的位置-时间图像,然后与下面两幅图对照一下,以便对号入座。

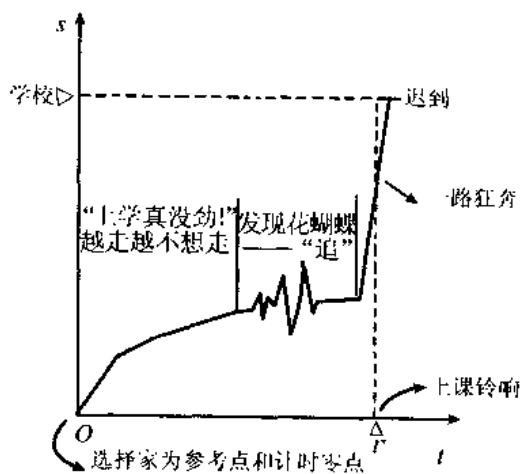


图 1-8 儿童 A 位置-时间图像

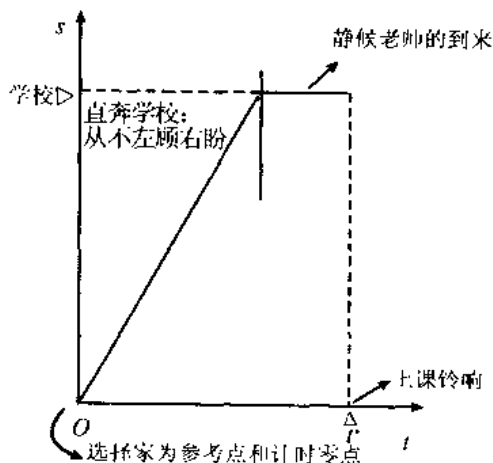


图 1-9 儿童 B 位置-时间图像

当列车在某站停留几分钟然后再度出发时,你一定能听到列车员亲切的声音:“列车行驶前方将到达 $\times\times$ 站,行程 $\times\times$ 公里,用时 \times 小时 \times 分钟。”这个“行程”指的是什么呢?列车从一个城市开往另一个城市,它的位置发生了改变,我们常用位移来描述做机械运动的物体(质点)位置改变的情况。在某时刻 (t) ,质点处于一定的位置,经过一段时间 (Δt) 后,它的位置改变了,那么由初始时刻 (t) 质点所在位置指向末时刻 $(t + \Delta t)$ 质点位置的有向线段就称为该质点在这段时间 (Δt) 内的位移。线段的长短代表了位移的大小,其单位就是长度单位(米);线段的指向则反映了位移的方向性,对于直线行驶的列车而言,按规定的正方向(位置轴的正向)正常行驶的位移就为正值;有时由于隧道塌方、山洪暴发等紧急情况,列车不得不返回,它发生的位移就可被视为负位移,当然这绝不是我们所愿意遇到的。

无论你乘坐什么交通工具,都常常会听到“里程”或“路程”的说法,且单位与位移一模一样,那么它们与位移有什么差别呢?某日,你外出办事要打记程车(假定走笔直的大

道)往返,你可以对记程车司机说:“我们按位移计费吧。”如果司机也学过物理,那他一定会这样回答:“我就送你单程吧。”为什么?原来位移只与考察选择的始末位置有关,并不关心行驶的路径,而路程就是质点运动所经路径的总长度,记程车是按路程收费的,否则司机就赔惨了。当你乘车返回家里时,你的位移为零,司机一分钱也捞不到!对于直线运动而言,如果运动方向保持不变,那么位移和路程完全相等;如果运动方向有了改变,位移就有正有负,叠加时可以抵消,路程却是由各段不同方向位移的绝对值叠加起来的,二者截然不同。

二、速度、平均速度和瞬时速度

奥运会的田径比赛中最引人注目的要数百米赛跑,人们用“世界飞人”来赞誉这项比赛的冠军。可是你有没有听说过永远追不上乌龟的赛跑冠军?让乌龟先跑一段距离,然后叫“世界飞人”去追它,追上的判据是在某时刻“飞人”能够和乌龟在同一条垂直于跑道的直线上。假设乌龟先跑了5米,当“飞人”追到5米处时,乌龟又已经向前跑了0.5米;而当“飞人”再向前跑0.5米时,锲而不舍的乌龟又跑出了5厘米……如此推论下去,不论“飞人”与乌龟之间的差距有多小,这种差距将一直存在,所以“飞人”永远追不上乌龟!

真有这等逻辑,世界岂不是乱套了吗?其实这只是一个诡辩,稍加考虑就能看出:诡辩者将有限的时间做了无限次的分割,企图用分割的无限性来冒充时间延续的无限性;对称到空间领域,就相当于将一段有限长的木棒每天取走它的一半,然后就说因为这根木棒可以无限期地截取,所以它有无限长一样。

古希腊爱利亚学派是一个竭力否定物质运动的哲学学派,其代表人物芝诺(公元前5世纪)提出了四个著名的诘难来否定运动的可能性,以上的问题就是其中之一,原本叫做“阿基里斯(Achillsus)追不上乌龟”。他想通过这个问题来证明:承认运动就会导致混乱。另外的三个诘难分别是:

“二分法”——为了通过距离 $AB = a$,必须先走过它的一半 $AB_1 = a/2$,但在通过 AB_1 之前又要先走过它的一半 $AB_2 = a/4$,如此以往,想要在有限多的时间内走过无限多的间隔是不可能的,所以从 A 点到 B 点的距离不可能通过,运动不存在;

“飞矢不动”——在每一给定时刻,“矢”都占有与自身相等的空间,因而静止在相应的位置。时时如此,所以飞矢总的来说也是静止的;

“纵列”——设有 A 、 B 、 C 三列骑兵,让 A 列不动, B 列和 C 列以相同的速度沿相反方向运动。在某一时刻 B 列通过了 A 列的一半而通过了 C 列的全列。即在相同的时间间隔内, B 列通过了全部路程和一半路程,所以 $1 = 1/2$ 。

芝诺的诘难在哲学史和数学史上都产生了深远的影响,他提出了可分和不可分、一和多、间断和连续的矛盾;虽然否定运动最终陷入了诡辩的泥沼,但占人这种善于思辨,敢于挑战现象追求本质的精神的确值得我们钦佩。

揭穿了诡辩,我们得到了什么启示呢?这个诡辩本质上是一个关于运动快慢的诘难,而在讨论过程中人们却不自觉地撇开了时间的因素,陷进了位置与位移的纠缠之中,于是得出了一个荒谬的结论。由此看来,要描述机械运动的快慢仅有位置和位移是远远不够