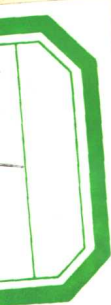


朱 久 运 编

相对论浅说

XIANG DUI LUN QIAN SHUO

湖南科学技术出版社



相 对 论 浅 说

朱 久 运 编

责任编辑 陈清山

•

湖南科学技术出版社出版

湖南省新华书店发行

湖南省新生印刷厂印刷

•

1979年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1—15,000 印张: 4.25

统一书号: 13204·6 定价: 0.26 元

编 辑 说 明

向广大工农兵和青少年普及科学知识，对提高整个中华民族的科学文化水平，加速四个现代化，具有十分重要的作用。为此，我们编辑了《科学知识普及小丛书》。

这套小丛书应该根据新时期总任务的需要，紧密结合三大革命斗争实践，用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点和方法，着重介绍自然科学的基础知识和科学技术发展的新成就，做到题材力求广泛一点，内容力求简明一点，文字力求通俗一点，这就是我们编辑这套小丛书的指导思想。

编辑出版这样的科普读物，我们缺乏经验，希望广大读者经常给我们提出宝贵意见。

前 言

1979年是伟大的物理学家爱因斯坦诞生一百周年，他创立著名的“相对论”至今已有七十四年了。我们知道，相对论和量子力学的建立，是物理学发展史中划时代的大事，可以说，没有相对论和量子力学，就没有近代物理学。

列宁曾经把爱因斯坦誉为伟大的自然科学革新家。的确，由相对论所确立的新的时间、空间和运动的观念，对有史以来人们形成的传统观念作出了根本性的变革，这一变革不仅对物理学及有关的其他科学产生极为深远的影响，而且还大大地丰富了辩证唯物主义关于时间、空间的学说。

现在，相对论不仅已为无数实验事实所证明，而且它是设计现代粒子加速器、原子弹和氢弹等所不可缺少的知识。可以说，没有相对论知识，就无法了解和研究高能物理学、相对论天体物理学等科学。相对论中的相对性原理，是探索新的物理学规律的指导思想之一。

本书是普及相对论基础知识的通俗读物。它向具有初中以上文化程度的读者介绍相对论产生的历史背景、

它的主要内容和它的应用等等。为了使更多的读者了解这些内容，本书在写法上力求通俗易懂，在内容的编排上由浅入深。有极少数章节，以附注形式，写了一点数学计算，以满足求知欲强的青少年学生的需要，加深对相对论的理解。

编者的思想水平和业务水平有限，谬误在所难免，敬希读者批评指正。

湖南师范学院 朱久运

目 录

第一章 经典时空观	(1)
§ 1 运动的相对性 参考物体	(1)
§ 2 牛顿运动定律 惯性参考系	(4)
§ 3 坐标系 观察者	(11)
§ 4 经典时空观	(15)
§ 5 经典速度变换定理	(23)
§ 6 经典相对性原理	(26)
第二章 经典时空观的困难	(31)
§ 7 什么是波	(31)
§ 8 “以太”世界	(35)
§ 9 一朵乌云	(41)
§ 10 一切都是徒劳	(47)
第三章 狭义相对论时空观	(54)
§ 11 狭义相对论的基本原理	(54)
§ 12 同时的相对性 早与晚	(57)
§ 13 运动的时钟变慢了	(63)
§ 14 “山中方七日，世上已千年”	(67)
§ 15 时钟的疑难问题	(70)

§ 16	运动的尺沿运动方向缩短了.....	(74)
§ 17	时钟的同步.....	(81)
§ 18	洛仑兹变换.....	(88)
§ 19	速度之王.....	(92)
§ 20	爱因斯坦速度变换定理.....	(96)
§ 21	狭义相对论时空观小结.....	(101)
第四章	相对论力学	(105)
§ 22	经典力学的局限性.....	(105)
§ 23	运动物体的质量增加了.....	(107)
§ 24	质能联系定律.....	(113)
§ 25	星际航行.....	(120)
结束语		(124)

第一章 经典时空观

§1 运动的相对性 参考物体

(一) 物体是运动的还是静止的

一个古代哲学家说过：“人不能两次踏进同一条河流”。道理很简单，因为河水在流动，当第二次在原来涉水的地方再过河时，这时的河水已非第一次涉水时的河水了。这句话揭示了一个简单的真理，世界上万事万物，无不都在运动、变化着，而且它们相互联系，相互影响。我们要认识自然现象，掌握自然界的运动变化规律，进一步去改造自然，为人类造福，就必须有武器，这个武器就是自然科学。

在物质形形色色运动、变化中，最简单、最基本、最普遍的莫过于机械运动了。所谓物体的机械运动，就是物体位置的变化。在自然界，远至日月星辰，近至机车、机器，它们的运动都包含机械运动在内。物理学中的力学部分，就是研究机械运动的。我们要研究机械运动，首先得明确物体是在运动着还是静止着的，然后再进一步讨论物体如何运动。粗看起来，一个物体是运动

的还是静止的，这是一个小孩也知道的事情。难道谁不知道天上的飞机在运动呀？可是，这个“谁”就讲得不科学。如果这个“谁”是指站在地面上的人，他认为地面是不动的，看到飞机在时刻改变它的位置，于是他说飞机在运动，这当然是对的。如果这个“谁”是指一个安闲地坐在飞机密封舱里的乘客，则乘客认为自己是不动的，飞机里的座位、地板、天花板、机舱壁等都和他一样，也是不动的。因此他就会认为飞机是处于静止状态。这个例子告诉我们，判断某个物体是运动的还是静止的，总要拿一个我们认为是不动的东西（也可以是我们本身）作为标准，把这个标准与考察的物体相比较，如果这个物体改变它的位置，我们就说它是运动的；如果不改变位置，我们就说它是静止的。

所以，说某个物体是运动或者静止，必定是相对另一个标准物体而言。不选定作标准的物体，或者说作参考的物体，妄言某物是运动的或者静止的，那是毫无意义的事情。

让我们再来考虑一个例子。假设在地球赤道上某个地方，有一株参天大树，比如说是高达一百五十米以上的“世界爷”树。试问，这株树是运动的还是静止的？当然，在赤道上的人，以赤道地面作参考，会说这株树是静止的。实际上，“坐地日行八万里”，这株树一昼夜走

了八万华里，当然是在运动的。这是怎么一回事呢？原来地球每昼夜自西向东绕地轴旋转一圈，叫做自转。所谓地轴是通过地球南极、北极正中的一根假想的直线。如果我们以地轴为参考，地球自转的快慢在地面上各处是不同的，在地轴通过的那些地方，例如南极、北极正中点，速度是零，而在赤道上，速度最大，每秒465米。这就与唱片在留声机上转动的情形一样，外圈各点跑得快，内圈各点跑得慢，转轴处速度为零。因为一昼夜等于24小时，一小时等于3600秒，所以：

$$1\text{昼夜} = 3600\text{秒} \times 24 = 86400\text{秒}$$

因为“世界爷”树在赤道上跟地面一起转，每秒转动465米，故此树一昼夜所走的路程是：

$$465\text{米} \times 86400 \approx 40000000\text{米} = 8\text{万华里}$$

“ $\approx$ ”符号表示约等于的意思。上式就说明了为什么“坐地日行八万里”了。

以上两个例子说明，讲某物体是运动或静止是相对的，与我们选取那个物体作参考有关，这叫做运动的相对性。

（二）参考物体

描写或判断一个物体是运动或静止，必须事先选定一个物体作参考。例如以公路路基作参考，把它认为是

静止的，根据对它的位置是否变化来判断汽车是动还是静。同理，以地球为参考来判断月球的动与静，以太阳为参考判断地球的动与静，等等。

我们把选作参考以描述其它物体对它的运动情况的物体，叫做参考物体。自然，选作参考的物体不一定是一个，也可以是“一群”物体。例如说，选择地面作参考，实际上可以认为是选择相对于地面静止的许许多多东西，如房屋、树木、桥梁等物体作参考之意。我们把选作参考的“一群”物体，叫做参考物体系统，简单地称之为参考系。

§2 牛顿运动定律 惯性参考系

（一）惯性定律

赛跑运动员到了终点不能立刻停住，还要向前冲一段距离。石头绊脚使人跌跤子，是因为石头绊了脚，脚不能继续前进，而人的上身还要继续前进引起的。这些例子说明，一个原来运动的物体，如果没有什么外力阻止它，就要保持原来的运动状态，动者恒动。这个特性有时被一些表面现象掩盖了。例如把一个球，用同样大的速度，依次抛到沙滩上、操坪上、冰面上，在此三种情况下，球最终都会停下来。停下来的原因是它受到了

沙滩、操坪、冰面的摩擦阻力作用。但是我们看到，球在沙滩上很快就停下来了，而在操坪上停下来所经过的时间则长得多，至于在冰面上，球要很久、很久才停下来。这显然是沙滩表面粗糙，摩擦阻力大，操坪次之，而冰面摩擦阻力最小之故。所以，表面越光滑，摩擦阻力也越小。由此推知，如果表面是理想光滑的，则没有摩擦阻力，球将永远匀速直线运动下去。所谓匀速直线运动是在一条直线上，以同样快慢运动，在相等的时间内通过相等的距离的意思。由此可见，物体在没有受到其他外力作用时，恒保持自己的匀速直线运动状态。

桌子不搬不动，板车不拉不走。这表明原来静止的物体，恒保持自己原来的静止状态：静者恒静。

一切物体在没有受到外力作用时，动者恒动，静止恒静。或者说得更准确些，总是保持自己匀速直线运动或静止状态。这个结论叫做惯性定律，也叫做牛顿第一定律。

物体保持自己匀速直线运动或静止状态的特性，叫做物体的惯性。所有的物体都有惯性，但是，不同物体的惯性是否一样呢？以同样大的速度运动的火车与汽车，汽车刹住就比火车容易得多。这说明火车的惯性大，汽车的惯性小。同样，装满货物的车子惯性比空车的惯性大些。

物体惯性的大小用什么来表示呢？我们知道，物体是由物质组成的，如水、铁等都是物质。每一物体都含有一定量的物质，我们把物体所含物质的多少，叫做这个物体的质量。火车的质量比汽车大，所以要改变火车原有的运动状态就比改变汽车原有运动状态困难些。故物体惯性大小可用物体质量的大小来量度。质量大的惯性大，质量小的惯性小。我们通常用拉丁字母“ m ”表示物体质量的大小。人们平常说的“不费吹灰之力”，意思是说，灰的质量小，惯性也小，容易吹动，容易改变它的运动状态。

（二）惯性参考系

为了描述物体的机械运动，必须事先选定一个参考系。乍看来，选定任何参考系都是可以的，实际上却不尽然。为了最方便、最有效地描述物体的运动，并非随便选一个参考系就办得到的。譬如摄影师给某人拍一张工作证上用的照片，他就不能随便站一个位置，胡乱摄一张照片就交差。摄影师必须站在此人正面拍摄，而不应在背后摄一张背影。

存在两类参考系，第一类叫惯性参考系，第二类叫非惯性参考系。所谓惯性参考系是指牛顿第一定律成立的参考系。在惯性参考系里，一个物体当它不受其他任

何物体作用(亦即不受外力作用)时,将保持自己匀速直线运动或相对静止状态。

注意,可以有许多惯性参考系存在,因为凡相对于某惯性参考系作匀速直线运动或静止的所有参考系,在其中,牛顿第一定律也同样成立,因此这些参考系也是惯性参考系。

是不是任何物体都可以选作参考系,而且还是惯性参考系呢?完全不是这回事。

例如火车从车站出发,速度必定是变化的,由最初是零增加到某个数值。此时火车是在作加速运动,如果选此段时间内的火车作参考系,在火车参考系中将会看到,放在车厢里光滑桌面上的杯子会由静止开始向后退,乘客也会向后仰,并且也是加速运动的。但是,桌面既是光滑的,当然不会在水平方向给杯子施一个什么力,而杯子的运动状态却改变了。由此可见,在作加速运动的火车参考系里,牛顿第一定律是不成立的,也就是说,作加速运动的参考系,不是惯性参考系。同样,火车进站时,速度是逐渐减慢的,取它作参考系,也不是惯性参考系。对于这些不是惯性参考系的其他参考系,统称为非惯性参考系。

在现实生活中,哪些参考系是惯性参考系呢?这与研究的问题有关系。例如我们研究太阳系中各行星的运

动时，太阳就是一个很好的惯性参考系。由于地球绕太阳作椭圆轨道运动，同时又绕地轴自转，对太阳而言，地球不是匀速直线运动的，所以严格地说起来，地球并不是一个惯性参考系。不过大量实验证明，只在很少的一些现象中，不能把地球当作惯性参考系。一般而言，是可以近似地把地球看作一个惯性参考系的。

附带声明一下，在本书中，以后凡讲到参考系，均指惯性参考系，不管其前冠有“惯性”二字与否。但特别指明是非惯性参考系者则除外。

(三) 牛顿第二定律

当一物体由静止到运动或由运动到静止，这时物体的速度发生了变化。物体的速度增加或减少，都可以说物体在作加速运动。例如汽车开动后15秒，它的速度从零均匀地增加到每秒20米，汽车速度的变化是：

$$20\text{米/秒} - 0\text{米/秒} = 20\text{米/秒}$$

每一秒钟速度的变化是：

$$20\text{米/秒} \div 15\text{秒} = 1.33\text{米/秒}^2$$

我们把单位时间(例如1秒)内速度的变化叫做物体的加速度，则：

$$\text{加速度} = \frac{\text{速度的变化量}}{\text{发生速度变化的时间}}$$

一般用字母“ a ”表示加速度，字母 v_0 、 v 分别表示初速度和末速度，字母 t_0 、 t 分别表示速度为 v_0 和 v 时的时间，那么：

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} \quad (2.1)$$

式中 $(v - v_0)$ 是速度的变化量， $(t - t_0)$ 是发生速度变化所经历的时间。

一个物体的运动速度为什么会变化呢？显然是由于它受到别的物体的作用力的结果，力是产生加速度的原因。

大量精确实验证明，对同一物体，外力改变多少倍，加速度也改变多少倍。外力不变，加速度也不变。外力为零，加速度也为零。外力与加速度是成正比例的。

在外力一定的情况下，物体质量增大多少倍，加速度就减少多少倍，反之亦然。加速度与物体的质量成反比例。

综合起来，物体运动的加速度 a 与所受的力 f 成正比，与物体的质量成反比。加速度的方向，与外力方向相同，写成公式就是：

$$a = \frac{f}{m} \quad \text{或者} \quad f = ma \quad (2.2)$$

这个结论叫做牛顿第二定律。

从牛顿第二定律，我们可以得到量度物体惯性大小的方法。由 $m = \frac{f}{a}$ ，我们可通过作用于物体上的外力与它的加速度 a 的比值来确定该物体惯性的大小。若有一力加到物体上，使该物体产生一单位加速度（例如 1 米/秒²），则这个力的大小就恰恰等于此物体的惯性大小。还应当着重指出，牛顿第二运动定律中的质量，讲的既是惯性的大小，而不是讲该物体所含物质多少，故牛顿第二定律中的质量，应叫做惯性质量。虽然惯性质量大小与所含物质之量多少二者数值完全一样，但是在本质上二者却是有所区别的。

如果一个物体所受外力 $f = 0$ ，则它的加速度 $a = 0$ ，此时物体将处于静止或匀速直线运动状态，这就是牛顿第一定律。所以，牛顿第一定律是牛顿第二定律的特殊情形。以后我们把牛顿第一、第二定律，统称牛顿运动定律。

请注意，牛顿第二定律是在地球上所作实验总结出来的，即在惯性参考系中总结出来的，因此它只适用于惯性参考系。如果忘记这一点，就会犯大错误。正如前面所指出的，在作加速运动的火车参考系里，放在车厢中光滑桌面上的小球会逆火车前进方向作加速运动，可是此时作用在小球上的力却是零。换句话说，力为零，加速度不为零，因此，在非惯性参考系中，牛顿第二定律失效了。