

# 第十章

## 自然时空观

爱因斯坦很神奇，在相对论首文中强调“ $L$ ，地球自转带来的力学上的差别是微小的，按照麦克斯韦电动力学， $L$ ，空间本不该对称”。他之所以对照起来强调这句话，依我看是因为他已经意识到地球自转中的惯性就是绝对空间的象征。所以他要人们忽视这个象征着绝对空间的物体惯性，而要让人们注意到麦克斯韦非对称方程造成的非对称空间。本书前五章已经否定了狭义相对论的第一个论据--麦克斯韦的非对称方程组，第八章推翻了相对论的第二个论据--光速不变假设，第七章否定了狭义相对论的数学工具，第六章否定了狭义相对论的论点，第九章否定了狭义相对论对历史重大实验的辩解，并用光速叠加原理和牛顿定律重新解释了历史重大物理实验，包括Michelson-Morley实验。本章进一步根据牛顿力学原理把时空观恢复到本来面目的自然属性上来。之所以选择力学来讨论而不选择电磁学和光学，这是因为电场磁场和光场的质量等于零，没有惯性，关键是场不占据绝对空间，因此电磁学和光学难以用纸上谈兵的方法鉴别绝对空间的存在性。

本章内容有：

正确的质量观。质量不变性：牛顿第一定律告诉我们，一切物体都有阻止其速度改变的特性，任何物体都具有惯性，惯性表明了物质运动的不灭性是物体固有的属性。“质量是惯性的度量”是从惯性大小上来定义的，质量越大，惯性越大，质量与加速度成反比，与速度大小无关。惯性质量表明，惯性质量与速度大小无关，更不能说速度大小决定了惯性质量。质量的可加性表明，质量是标量，它是由物质组成的，质量的大小取决于物质的组成结构。伽利略相对性原理早已证明质量是一个与运动无关的常量。现在有种说法，引力质量等于惯性质量，在我看来，从另一个角度来讲，这恰恰是航天工程师在设计卫星轨道时所用的卫星引力质量等于牛顿的惯性质量，许多力学工程师包括航天工程师都没有看过爱因斯坦相对论，无论是现实工作生活中或者是航天领域里，都是按照牛顿定律而设计的。无论引力质量或是惯性质量都是牛顿质量 $m_0$ ，这就是质量，尽管人们在书写过程中没有书写下标“ $0$ ”，这是因为人们在工作中从来就不使用爱因斯坦的变质量。换句话说，大量工程实践包括微观领域的康普顿实验也都证明了质量不变性。

正确的时间观。时间的绝对性：如果从参考系 $S$ 测得某一些事件所经过的时间为 $\Delta t$ ，而从参考系 $S'$ 测得在同一事件所经过的时间为 $\Delta t'$ ，则存在关系： $\Delta t = \Delta t'$ 。即任一事件所经过的时间的长短是一个与所选择的参考系无关的绝对量。这个结论称为时间的绝对性。根据时间的绝对性，如果我们以某一事件开始发生的那一时刻作为参考系 $S$ 和 $S'$ 的计时原点，那么

参考系  $S$  的时刻  $t$  和参考系  $S'$  的时刻  $t'$  就应当是一样的, 即  $t = t'$ 。这是物理学的基础, 被日常经验和物理实验所证实。至于赤道时钟变慢问题, 根据牛顿力学定律, 地球两极的钟摆周期

是  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ , 再根据牛顿惯性定律, 地球赤道线上的钟摆周期是  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g - a_{\text{离}}}}$ 。钟摆置于

电梯内, 在电梯加速地上升过程中, 钟摆变快; 在电梯加速地下降过程中, 钟摆变慢。一切由物体运动 (包括粒子运动) 产生的时钟, 都会受到附加加速度的影响。时钟的快慢不是匀速直线运动所致, 而是加速度所致。时钟是人为的度量属性, 取决于度量工具和环境。但是时间不等于时钟, 时间则是自然属性, 时间是绝对的且是一维流逝的, 伽利略变换原理早已证明了时间是绝对的且是一维流逝的。

正确的空间观。长度的绝对性: 对于同一个物体, 如果从参考系  $S$  测得的长度为  $l$ , 从参考系  $S'$  测得的长度为  $l'$ , 则存在的关系:  $l = l'$ 。即同一个物体的长度是一个与所选择的参考系无关的绝对量。这个结论称为长度的绝对性。根据时间和长度的绝对性, 就可以解决任意两个参考系  $S$ 、 $S'$  之间的变换关系, 亦即可以解决一切相对运动问题。建立在时间和长度的绝对性这两个基本假设上的时空观称为绝对时空观。它是物理学的基础。此外, 让绳索上的小球作圆周运动后, 当绳索断开时, 小球沿着惯性作切线运动并不仍作圆周运动, 原本是圆周运动, 当失去控制之后, 无论小球质量大小, 都作切线运动, 这说明什么呢? 说明惯性是通过欧几里德空间的“直线型”反映出来, 说明通过空间表现出来的惯性不因运动状态而变, 而是有自己的固有属性, 也说明空间本身就不因运动状态而变, 而是有自己的固有属性, 即, 物体在绝对空间中运动, 不会改变空间的性质, 只会表现出绝对空间的某些属性来。同时我们不难发现, 惯性在各个方向上是相同的, 不会出现左手边的惯性大而右手边的惯性小之情形。这正说明, 物体在空间里运动所表现出来的惯性是各向同性的, 从而说明空间本身也是各向同性的。这正如伽利略相对性原理所证明的那样, 空间是绝对的且是各向同性的, 也如 James 恒星光偏差观测所证明的那样, 空间是绝对静止的。

绝对空间带来物体惯性。物体为何具有“直线型”惯性, 这是绝对空间的性质决定的。我们说“直线型”惯性, 因为惯性总是带来直线运动, 而且我们证明了柯氏加速度是许多直线惯性在转动的运动中叠加而成的曲线, 但其本性是直线形惯性。牵连力和柯氏力都是惯性力, 惯性力带来了许多地球物理现象, 傅科摆的曲线轨迹, 自由落体东偏, 列车西轨磨损厉害, 河流西岸冲刷厉害, 大气中气旋流, 下水道口漩涡等等地球物理现象, 都是地球在绝对空间中自转带来的惯性力所致, 惯性力是真实的, 可测的, 惯性力通过绝对空间反映出来, 是绝对空间的表征。正因为惯性力通过绝对空间表现出来, 而不是直接来源于物体间的相互作用, 所以它没有反作用力。正因惯性力仅仅是表征, 所以物体在绝对空间中运动, 不会改变空间的性质, 只会表现出绝对空间的某些属性来。空间就是空间, 相对论炮制出来的“物理空间”是从数学游戏中变出来的, 它不是自然界的空间。自然界的空间是绝对的且是各向同性的, 伽利略相对性原理证明了空间是绝对的且是各向同性的, James 恒星光偏差观测实验也证明了绝对空间。

本章结论是: 根据牛顿定律、伽利略相对性原理和惯性力的表征以及 James 恒星光偏差观

测实验，本章进一步。论证了牛顿-伽利略时空观的正确性，质量是恒定的，时间是绝对的且是一维流逝的，空间是绝对的且是各向同性的。

## 10.1 牛顿定律的伟大贡献

自然界中物体的运动状态千差万别，并且不断地变化。为什么在物体运动中是一个物体作用于另一个物体呢？亦即物体的运动到底是什么因素决定的呢？物体为什么静止，而又为什么运动呢？这个问题在16世纪以前一直被权威人士统治为“自然而然的哲学观”。直到哥白尼冒着绞刑台的危险推翻亚里士多德和托勒密的地心说、伽利略否定了大名鼎鼎的亚里士多德的权威说法开始，牛顿全面总结了自然科学原理，才有当今的力学原理。

### 10.1.1 物体的惯性

最初人们只是看到一些物体运动的表面现象。根据古代权威的感性经验，人们曾以认为静止与运动是“自然状态”，譬如古人发现许多星体都保持着一定的运动状态，既不加快、也不减慢，找不到维持它们运动的明显的外来作用。于是权威人士认为“是静止或是运动都是上帝规定的”，没有物体惯性的概念。虽然近代科学家爱因斯坦定义了“惯性系”，但他的“惯性”之含义是“相对静止的坐标系”和“相对运动的坐标系”，他似乎不承认物体的惯性，正如他在1905年的首文中叙述的那样“地球自转带来的力学上的差别是微小的”，从来不讨论物体的惯性，暗指麦克斯韦的非对称方程组带来的非对称空间是明显的。他还用数学抽象的Riemannian几何替代欧几里德几何，把人们居住的三维空间改造成弯曲的四维空间，他从概念上抛弃了物体的惯性。

“只有人们的社会实践才是人们对于外界认识的真理性的标准”。即使对于物体最简单的机械运动，人们也是通过长期的生产活动和科学实验才逐步认识的。回顾科学史，约四百年前，从伽利略等人开始才摒弃了古代权威观念。伽利略抓住了水平地面上抛出的物体能够在水平面上滑行一段距离这一现象进行深入的探索。伽利略发现木块在水平面上滑行的距离与木块及水平面的光滑程度大有关系。实验发现，如果木块在水平地面上抛出的初速度相同，则较光滑的木块在较光滑的水平面上滑行距离比粗糙木块在粗糙水平地面上滑行距离大。如果再继续用更光滑的木块、水平地面来作多次实验，发现愈光滑则滑行的距离就愈大，木块速度的减少就愈慢。这样伽利略就得出结论：如果木块与水平面非常光滑，在极限的情况下，木块就在水平地面上沿直线以恒定的速度运动，直到受其它物体对它的作用才能改变速度。

这个结论对一切运动的物体都是成立的。一辆行驶的汽车在关闭发动机后还能向前滑行一段距离，路面愈光滑向前冲的距离就愈大。在冰地上行驶的汽车就很不容易刹住车。大量事实的分析中，人们认识到，外界对物体的作用不是维护物体运动速度不变的原因，而是使物体运动速度发生变化的原因。若是物体不受到其他物体的作用的话，静止的物体将永远保持其静止状态，运动着的物体将永远保持它的运动速度不变。亦就是说，物体具有保持自己

运动状态(指运动速度)不变的特性,这个特性叫做物体的惯性。

惯性正表明了物质运动的不灭性是物体固有的属性。与此同时,当我们观察转盘运动时将会发现,从转盘掉下来的物体,它作切线运动而不是仍作圆周运动。让绳索上的小球作圆周运动,当绳索断开时,小球作切线运动而不是仍作圆周运动,这说明什么呢?正说明惯性不仅是物体固有的属性,而且也反映空间的固有属性。欧几里得空间表明这种空间不是圆形,而是各向同性的直线型。不难发现,惯性在各个方向上是相同的,不会出现左边惯性不等于右边惯性之情形。也就是说,惯性的各向同性反映了我们这个宇宙里的空间是各向同性的。

### 10.1.2 力的概念

孤立的物体是不存在的,每一事物的运动都和周围其他事物相互联系着和相互影响着。周围其他物体将怎样影响物体的运动呢?要使停着的小车运动起来,必须要有人去推动,大家知道是人用了力才使小车运动起来。力使小车由静止状态变为运动状态。汽车也可以把停着的小车拉动,可见汽车对小车的作用也是力。抛过来的球我们把它接住使它停下来,我们就要用力,力使球由运动状态变为静止状态。石块在地面上滑行,速度不断减小以至停止,那么,地面对石块的作用必定也是一种力——摩擦力,它使石块的运动速度不断变小,最后成为静止状态。可见,不仅是人对物体有力作用,而物体与物体之间的作用也是力。力是使物体运动状态发生变化的原因。物体之所以下落,并且在空中下落时速度不断增大,也正是由于地球对物体有引力(重力)作用的结果。

人们通过对大量事物的观察和体验,逐步地对力形成了一个更完整的概念:力是物体间的相互作用。由于这种作用使物体机械运动状态了生变化,亦即使物体获得加速度。

我们常常把物体受到周围其他物体的作用力称为外力,而把物体内部各部分之间的相互作用力称这内力。

### 10.1.3 牛顿第一定律

在上面的讨论中,我们可以清楚地看到力是使物体运动状态发生变化的原因,而不是维持物体运动状态的原因。维持运动状态的原因是物体的内部——惯性,至此,我们可以把物体惯性这一性质说得更完整一些:“任何物体保持静止或匀速度直线运动状态,直到外力迫使它改变这种状态为止”。这就是牛顿第一定律,也称惯性定律。

由于从不同参考系看来,同一物体的运动轨道、速度、加速度是不同的,亦即参考系  $S$  作匀速运动的物体从参考系  $S'$  看不可能是作非匀速的。因此,一个不受外力作用的物体在某些参考系看来也会作非匀速运动,这样就发生一个问题:牛顿第一定律是相对于什么参考系而言的呢?我们把牛顿第一定律成立的参考系称为惯性参考系或惯性系。牛顿第一定律的意义就在于断言,对于一个不受外力作用的物体,一定存在一个参考系  $S$ ,从参考系  $S$  看来,它是作匀速直线运动或静止的,而且其他所有不受外力作用的物体,从参考系  $S$  看来,也都是作匀速直线运动的或静止的,换言之,一定存在着这样的参考系,在其中所有不受外力作用的物体都保持着自己的速度不变。这样的参考系就是惯性系。所以牛顿第一定律的意义也在

于断言存在着惯性系。

### 10.1.4 质量的量度和质量的可加性

牛顿第一定律告诉我们，任何物体都具有惯性，即从惯性系看来，任何物体具有保持自己运动速度不变的固有属性。大量的事实都证明：不同物体的惯性是有大小之分的。为了表征物体惯性的大小，人们引入一个物理量——惯性质量。物体的惯性质量是物体惯性大小的量度。惯性大的物体惯性质量大，惯性小的物体惯性质量小。惯性质量简称质量。

“质量是惯性的度量”这是从惯性大小上来定义的。比如说，电场磁场和光场的质量等于零，它们就没有惯性。为了精确研究力、质量、加速度之间的定量关系，我们必须解决如何用实验方法来量度物体的质量。

用标定好的弹簧秤分别以相同大小的力  $F$  去拉放在光滑水平面上的物体甲和物体乙，测定物体甲物体乙所获得的相对于惯性系的加速度  $a_1$  和  $a_2$ ，然后改变力的大小即以大小为  $F'$  的力去拉物体甲和物体乙，再测定物体甲和物体乙所获得的相对于惯性系的加速度  $a_1'$  和  $a_2'$ 。实验发现，在相同拉力作用下，物体甲和物体乙所获得加速度之比和拉力的大小无关。也就是说这个比值仅反映这两个物体惯性的大小。所以我们可以定义物体甲和物体乙的惯性质量比等于它们在相同的大小的拉力作用下所获得的相对于惯性系的加速度的反比，即

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{a_1}{a_2} \quad (10-1)$$

为什么定义成反比呢？这是因为质量大的物体惯性也大。如果我们约定物体甲是标准物体，取它的质量作为质量的单位，即令  $m_1 = 1$  个质量单位，则如果在相同大小的外力作用下，标准物体和欲测物体所获得的相对于惯性系的加速度为  $a_1$  和  $a_2$ ，则欲测物体的质量等于  $\frac{a_2}{a_1}$  个质量单位。

惯性质量表明，质量越大，惯性越大，同样作用力的情况下，所获得的加速度越小。惯性质量与速度大小无关，反过来更不能说速度大小决定了惯性质量。

这样定义的惯性质量具有下列重要性质：如果用上述实验方法测定物体1和物体2的质量分别为  $m_1$  和  $m_2$ 。当把两个物体结合在一起，再用上述实验方法测定这个结合体的质量  $m_0$ 。结果发现这个结合体的质量  $m_0$  就等于原来各块物体的质量之和，即

$$m_0 = m_1 + m_2 \quad (10-2)$$

即实验证明惯性质量是可加的。这个重要结论叫做质量的可加性。它说明质量是一个标量，遵守着普通实数的运算法则。

质量的可加性表明，质量是标量，它是由物质组成的，物质是由分子组成，分子由原子组成。质量的大小取决于物质的组成结构。伽利略相对性原理业已证明质量是一个于运动无关的常量。现在有种说法，惯性质量等于引力质量，在我看来，这恰恰是航天工程师在设计卫星轨道时所用的引力质量就是牛顿的惯性质量  $m_0$ ，许多力学工程师包括航天工程师就没有

看过爱因斯坦相对论，无论是现实生活工作或者是航天领域，都是按照牛顿定律而设计的。所使用的质量是牛顿质量  $m_0$ ，尽管在书写过程中没有书写下标“0”，因为人们根本就不承认爱因斯坦的变质量。光子  $m_0$  以  $c_0$  的速度撞击光电管，他的  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} = \infty$ 。显然错。

### 10.1.5 牛顿第二定律

解决了力和质量的量度方法之后，我们就可以用实验方法来研究力、质量、加速度之间的定量关系。

首先来看物体的质量  $m_0$  和加速度  $a$  之间的关系。在前面关于物体质量的讨论中，我们已经用实验方法得知，在惯性系中不同的物体在相同外力作用下，质量大的物体获得的加速度小，而质量小的物体获得的加速度大。亦即实验证明了，在惯性系中，在同样大小的外力作用下，物体所获得的加速度和它的质量成反比，即

$$a \propto \frac{1}{m_0} \quad (10-3)$$

这里提醒读者注意，加速度大小与质量有关，却不是速度大小与质量有关，更不是质量与速度大小有关。这是被几千年来的人类实践证明它是真理。其次，我们再看外力  $F$  和加速度  $a$  之间的关系。实验证明：在惯性系中，物体所获得的加速度  $a$  的大小是与作用在此物体上的合外力  $F$  的大小成正比，方向与合外力  $F$  的方向一致，即

$$F \propto a \quad (10-4)$$

把上述两个由大量实验得出的结果归纳在一起，就得出结论：“在惯性系中，当物体受到一个或许多个外力作用时，它所获得的加速度  $a$  的大小与合外力  $F$  的大小成正比，与物体的惯性质量  $m_0$  成反比，方向是沿着合外力  $F$  的方向”。这个结论就称作为牛顿第二定律。它是一个实验定律。用数学式来表示，就可表述成

$$F = km_0a \quad (10-5)$$

其中  $k$  是一个决定于力、质量、加速度的单位的比例常数。如选用适当的单位，可令  $k=1$ ，于是牛顿第二定律就可简化为

$$F = m_0a \quad (10-6)$$

应该指出，牛顿第二定律中所说的物体必须是质点。在这种情况下，物体的运动，用位移矢量、速度、加速度就可以描述清楚的。但是当两个天体之间的距离较近时，我认为不能简单地用两个理想质点来计算，而应该用牛顿-莱布尼兹微积分来详细计算。

牛顿第一定律告诉我们，在惯性参考系中，质点运动状态的变化是由于受到其它物体的作用力(即外力)的结果。那么这个物体对于其他物体(作用于它的物体)有没有力作用呢？实验发现，当我们推车时，人对车的作用力使车前进，同时也感到车对人也有力作用。当我们接住投掷过来的篮球时，我们需要用力，使篮球由运动状态变为静止，同时也感到我们的手被篮球撞了一下，亦即篮球对手有力的作用。如果两个篮球相碰，那么它们的运动状态都要改

变，也就是说，两个篮球都要受到力的作用，篮球甲受到篮球乙的作用力，同时篮球乙也受到篮球甲的作用力。

通过对大量实验事实上的观察，发现物体间的力作用总是相互的。即一个物体对另一个物体有力作用，则另一个物体亦必有力用于该物体，总是成对存在的。我们通常把一个物体对另一个物体用用的力叫做作用力，而把另一个物体对这个物体作用的力叫做反作用力。牛顿把这个普遍现象归纳成牛顿第三定律：“任何两物体间的作用力和反作用力总是大小相等，方向相反，并且在一条直线上”。设以  $F$  表示作用力， $F'$  表示反作用力，则牛顿第三定律可表示成：

$$F = -F' \quad (10-7)$$

为了使我们正确理解牛顿第三定律，强调三点：

1、作用力和反作用力在相互作用的界面上是同时存在的，其大小永远相等。也就是说，作用力和反作用力是同时出现，同时消失的。所以决不能理解成作用力引起了反作用力。把这一对相互作用力中那个叫做作用力都可以。

2、作用力  $F$  和反作用力  $F'$  是分别作用在不同物体上的，因此它们不可抵消。譬如篮球甲作用于篮球乙的作用力  $F$  是作用在篮球乙上，而它的反作用力  $F'$  则作用在篮球甲上。所以篮球乙的运动状态的变化决定于  $F$ ，而与  $F'$  是没有关系的，因为  $F'$  是作用在篮球甲上的，它只能对篮球甲的运动状态的变化起作用。

3、作用力  $F$  和反作用力  $F'$  是性质相同的力。如果  $F$  是弹性力，则  $F'$  亦必须是弹性力。如果  $F$  是摩擦力，则  $F'$  亦必须是摩擦力。决不会出现作用力  $F$  是弹性力而反作用  $F'$  是摩擦力的情形。

总之，作用力  $F$  和反作用力  $F'$  是对称的，也可以把  $F'$  叫做作用力而把  $F$  叫做反作用力。

牛顿第三定律有许多重要的应用。许多动力学问题只有应用了牛顿第三定律才能求解。

除了作用力之外还有一种力，这就是惯性力或惯性离心力，这种力是客观存在的，可测的，也是真实的，由于这种力不是来自物体间的相互作用，而是通过绝对空间表现出来的，所以它没有反作用力。地球在绝对空间中转动带来了惯性力，惯性力引起了大量地球物理现象，如傅科摆的曲线轨迹，自由落体东偏，列车西轨磨损厉害，河流西岸冲刷厉害，大气中气旋流，下水道口漩涡，等等地球物理现象，都是地球在绝对空间中自转带来的惯性力所致，因此我们说，惯性力是真实的，可测的，是因为惯性力最初来自非惯性系的原始动力（详见 10.2 节），它通过绝对空间表现出来的，是绝对空间的表征。我们之所以说它是绝对空间的表征，原因在于：让绳索上的小球作圆周运动，当绳索断开时，小球作切线运动而不是仍作圆周运动，这说明什么呢？正说明惯性不仅是物体固有的属性，而且也是空间的固有属性。欧几里得空间表明这种空间不是圆形，而是各向同性的直线型。不难发现，惯性在各个方向上是相同的，不会出现左边惯性不等于右边惯性之情形。也就是说，我们这个宇宙里的空间是各向同性的。

### 10.1.6 惯性参考系

大家知道在动力学中，惯性参考系占有特殊的地位。只有当我们选用惯性参考系，动力学基本规律才取牛顿第二定律  $F = m_0 a$  这样简单的形式。

下面我们来证明：凡是对上述惯性系匀速直线运动的平移参考系都是惯性系，而对上述惯性系作变速运动或转动的参考系则不是惯性系。设有一个不受外力作用的质点  $P$ ，则根据牛顿第一定律得知，质点  $P$  相对于太阳参考系  $S$  是作匀速直线运动的，亦即从太阳参考系(惯性系)看来，这个不受外力作用的质点  $P$  的加速度等于零  $a_{p0} = 0$ 。现在我们从另一个参考系  $S'$  来观察质点  $P$  的运动。设参考系  $K'$  相对于参考系  $K$  是平移参考系，则质点  $P$  相对于参考系  $S'$  的加速度  $a'_{p0}$  由公式  $a_{p0} = a'_{p0} + a_{0'}$  得出为  $a'_{p0} = a_{p0} - a_{0'0} = -a_{0'0}$ 。这个结果说明，只要平移参考系  $S'$  的加速度  $S$  是作匀速直线运动，即  $a_{0'0} = 0$ ，则从平移参考系  $S'$  看来，一个不受外力作用的质点  $P$  亦必是作匀速直线运动的  $a'_{p0} = 0$ ，即牛顿第一定律在参考系  $S'$  中是成立的。所以相对于参考系作匀速直线运动的平移参考系亦必是一个惯性系。反之，如果平移参考系  $S'$  相对于参考系  $S$  不是作匀速直线运动，即  $a_{0'0} \neq 0$ ，则从平称参考系  $S'$  看来，一个不受外力作用的质点  $P$  亦必具有不为零的加速度  $a_{p0}$ 。所以这个平移参考系  $S'$  必定是非惯性系。如果参考系  $S'$  相对于参考系  $S$  是一个定轴转动参考系，则有

$$a_p = a'_p + 2\omega \times v'_p + \omega \cdot r'_p \omega - \omega^2 r'_p + \beta \times r'_p \quad (10-8)$$

得知，从定轴转动参考系  $S'$  看来，一个不受外力作用的质点 ( $a_p = 0$ ) 必具有不恒为零的加速度  $a'_p$ 。所以相对于参考系  $S$  作定轴转动的参考系  $S'$  必定是非惯性系。

这样我们就得出结论，只要我们用观察或实验方法找到了一个惯性系，然后选择任何相对这个惯性系  $S$  作匀速直线运动的平移刚体作为新的参考系，就可以得到一个新的惯性系。所以惯性系不是唯一的，而有许许多多。这些不同惯性系之间的相对运动都是作匀速直线平移运动。这样我们不难得出这些不同的惯性系之间的变换关系为：

$$x' = x - ut, y' = y, z' = z, t' = t \quad (10-9)$$

这里选取了两个惯性系  $S$  与  $S'$  的  $y$  与  $y'$ 、 $z$  与  $z'$  平行，而  $x$  与  $x'$  相重和，而且选  $o'$  点与  $o$  重合为计时原点。这个变换关系称为伽利略变换。

### 10.1.7 相对性原理

应该着重指出，说所有的惯性系都是等价的，只是指“所有的惯性系中物体运动的动力规律都是一样的”，而绝不能理解成：从不同的惯性系观察同一个物体运动会得到一样的结论。譬如，在相对地面匀速直线行驶的列车上的自由落体运动，从地面上看是作抛物运动，显然是不一样的。这种“不一样”是否与“所有的惯性系都是等价的”这一结论相矛盾吗？不矛盾。因为地面人观测地面上的落体是垂线轨迹，同样的，列车人看见列车上的垂体也是垂线轨迹；列车人看见地面上的垂体轨迹是抛物线，同样的，地面人看见列车上的垂体轨迹也是抛物线。所以他们的观测不矛盾。



所有的惯性系都是等价的，这个结论就叫做力学相对性原理，或称伽利略相对性原理。力学相对原理告诉我们，牛顿第二定律对所有的惯性系都成立，如果在惯性系  $S$  中，牛顿第二定律写成  $F = m_0 a$ ，则在另一个惯性系  $S'$  中，则有  $F' = m_0' a'$ 。所有的量都加撇号，表示这些量都是相对于  $S'$  测量的。由于  $S$  和  $S'$  都是惯性系，它们之间相对作匀速直线平移运动，所以质点对这两个惯性系  $S$ 、 $S'$  的加速度  $a$ 、 $a'$  是相同的，即  $a = a'$ 。物体相互作用力的大小与方向，就力学中常遇到的万有引力、重力、弹性力、摩擦力等而言，是取决于物体间的相对位置、物体的形变、接触面之间的相对运动，而这些我们知道都是与所选择的参考系无关的。所以一个物体所受的合外力，其在大小和方向不论从哪个惯性系中测量都是一样的。即同一个作用力，在不同的惯性系  $S$ 、 $S'$  中都是一样的： $F = F'$ 。代入  $F = m_0 a$  和  $F' = m_0' a'$  就得到，同一个物体的质量，在不同的惯性系  $S$ 、 $S'$  中都是一样的，即

$$m_0 = m' \quad (10-10)$$

由于从不同惯性系  $S$ 、 $S'$  观察同一个质点的速度  $v$  和  $v'$  是不等的，所以上式就说明：一个质点的质量  $m_0$  是与质点运动速度  $v$  无关的常量。这是自然观的重要结论。

### 10.1.8 惯性力、平移参考系

在上一节中我们指出了：相对于惯性系作变速运动或转动的参考系一定不是惯性系。这种参考系我们称之为非惯性参考系或简称非惯性系。在非惯性系中，表面上看起来，牛顿第一定律不再成立了，正因为这种计算上的“不成立”，恰恰证明了惯性定律的真实性，也说明了绝对空间的存在。例如坐在公共汽车中的乘客虽然没有推他，但在汽车开动时、突然刹车、转弯时会不由自主的向后、向前、向一旁倾倒。即在汽车相对于地作加速度。这个加速度是怎样来的呢？根据牛顿第二定律，既然乘客没有受到外力作用，那么相对于他必须保持静止或作匀速直线运动，即他相对于地加速度  $a_{人地} = 0$ 。但是汽车相对于地是以加速度  $a_{地地}$  运动的。这样乘客相对汽车必具有加速度

$$a_{人地} = a_{人地} - a_{地地} = -a_{地地} \quad (10-11)$$

我们有时说，惯性力来自绝对空间，并不是说绝对空间可以产生力。从本节的讨论中可以清楚的认识，惯性力最初或最终来自非惯性系提供的原始动力。也就是说，原始动力通过绝对空间反映出惯性力来。本章在10.2节的柯氏力讨论中证明了这一点。

所以在采用非惯性系作为参考系时，会出现不与物体间相互作用力相联系的加速度。亦即动力学规律不再采取牛顿第二定律这样简单的形式了。这似乎说明，在讨论动力学问题时，采用非惯性系是不合适的。但是在许多实际问题中，经常要选用非惯性系。譬如地球严格说来是一个非惯性系。因此，研究一下在非惯性系中如何处理动力学问题是十分有必要的。

设有一质点  $P$ ，所受的合外力为  $F$ ，根据牛顿第二定律，这个质点  $P$  相对于惯性系  $S$  的加速度  $a$  应满足关系

$$F = m_0 a \quad (10-12)$$

非惯性系  $S'$  中的观察者看来，质点  $P$  的加速度为  $a'$ ，一般  $a' \neq a$ 。写成等式即  $a' = a + a_i$ ，

这里  $a_i = a' - a$  是与所选用的非惯性系  $S'$  有关的。代入  $F = m_0 a$  即得  $F = m_0 a' - m_0 a_i$ ，移项即得

$$F + m_0 a_i = m_0 a' \quad (10-13)$$

这外加项清楚地说明：在非惯性系  $S'$  中，牛顿第二定律需要补进惯性力，这是牛顿未来得及补进的内容。即非惯性系  $S'$  中，质点的加速度  $a'$  与质量  $m_0$  的乘积  $m_0 a'$  不再等于作用在质点上合外力  $F$  了。差额  $m_0 a_i$  反映了所选用的这个非惯性系的惯性力。即

$$F_i = m_0 a_i \quad (10-14)$$

于是我们得到，在非惯性系  $S'$  中

$$F + F_i = m_0 a' \quad (10-15)$$

这就是说，在非惯性系  $S'$  中，如果认为作用在质点上的合外力除了真实的物体间的相互作用力的矢量和  $F$  之外，还要加上一项由于所用的参考系  $S'$  的非惯性性质而引入的来自绝对空间的惯性力  $F_i$ ，则“合”外力  $F + F_i$  仍等于质点的质量  $m_0$  与加速度  $a'$  和乘积  $m_0 a'$ 。(10-15) 式就是非惯性系中质点动力学的基本方程，它在形式上与惯性系中的牛顿第二定律是一样的。至于这个方程 (10-14) 中的惯性力  $F_i = m_0 a_i$  的具体表达式是与你所选用的具体的非惯性系的性质有关的。

总之，在非惯性系中，引入由于参考系的非惯性性质而引起的惯性力，那么质点动力学的基本方程仍然采用牛顿第二定律的惯性力。应该着重指出，惯性力  $F_i = m_0 a_i$  它起源于参考系的非惯性性质，并不是物体之间的相互作用，它没有反作用力。惯性力  $F_i = m_0 a_i$  的大小方向取决于参考系的非惯性性质。例如转动中的柯氏力  $F_c = 2m_0 \omega \times r$  是来自绝对空间的惯性力。下一节将证明这一结论。

## 10.2 惯性力是通过绝对空间反映出来的真实力

一些动力学书籍把惯性力说成是虚构的、不真实的，本章节就来论述惯性力是真实的，可测量的，是绝对空间的表征。

### 10.2.1 Coriolis力来源推导

运用欧勒-达郎泊定理可推出匀速转动刚体内一定点的加速度  $a_b = a_0 + \omega \times (\omega \times r)$ ， $r$  是某点到定点的距离， $\omega$  是角速度。科里奥利 Coriolis 在一个狭窄的转动直槽中推出了刚体直槽中一动点的加速度  $a_b = a_0 + 2\omega \times u_r + a_r$ 。由于  $a_b$  常称为牵连加速度， $a_r$  是相对加速度 (刚体的径向加速度)， $2\omega \times u_r$  称为科氏加速度。本节指出科氏加速度是惯性在转动运动中的表现，科氏力是来自惯性，是惯性力。

让我们首先从正碰开始，假设连心线在  $y$  轴上，有公式

$$V_{1y} = \frac{m_1 u_{1y} + m_2 u_{2y}}{m_1 + m_2} - k \frac{m_2 (u_{1y} - u_{2y})}{m_1 + m_2} \quad (10-16)$$

式中  $m_1$ 、 $m_2$  是两刚体球的质量， $u_{1y}$ 、 $u_{2y}$  是碰撞前的速度， $V_{1y}$  是碰撞后  $m_1$  的速度， $k$  是恢复系数。

对于两刚体以  $\theta$  夹角作斜碰撞，如图 10-1 所示。 $m_1$  的绝对速度是  $u_1$ ， $m_2$  的绝对速度是  $u_2$ ，于是将动量转化为对心碰撞时，其对心速度为

$$\begin{cases} u_{1y} = u_1 \sin \theta \\ u_{2y} = u_2 \end{cases} \quad (10-17)$$

将此两式代入 (10-16) 式，有

$$V_{1y} = \frac{m_1 u_1 \sin \theta + m_2 u_2}{m_1 + m_2} - k \frac{m_2 (u_1 \sin \theta - u_2)}{m_1 + m_2} \quad (10-18)$$

再来看一下科氏力的来历。

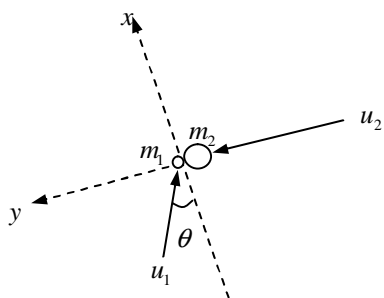


图 10-1 斜碰撞

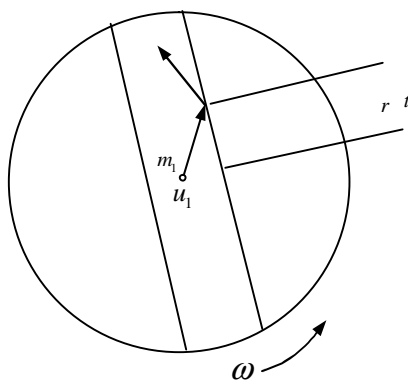


图 10-2 转动中的碰撞

现设转动刚体盘  $m_2$  上开有一光滑直槽，并以角速度  $\omega$  作逆时针转动，见图 10-2。考虑动点  $m_1$  再转轴中心以绝对速度是  $u_1$  向外作匀速运动，经过时间  $t$  与光滑直槽壁发生碰撞，则在  $t$  时刻  $m_1$  所走过的绝对距离为

$$R = u_1 t \quad (10-19)$$

那么在碰撞  $t$  时刻对应的槽壁长度是

$$r = R \cos \theta = (u_1 t) \cos \theta \quad (10-20)$$

相应地，在碰撞点处的槽壁切向速度是

$$u_2 = \omega r = \alpha (u_1 t) \cos \theta \quad (10-21)$$

比较图 10-1 可知图 10-2 也是斜碰撞。于是将式 (10-21) 代入 (10-18) 式，得

$$V_{1y} = \frac{m_1 u_1 \sin \theta + m_2 \alpha (u_1 t) \cos \theta}{m_1 + m_2} - k \frac{m_2 u_1 \sin \theta - m_2 \alpha (u_1 t) \cos \theta}{m_1 + m_2} \quad (10-22)$$

这就是  $m_1$  在碰撞时刻获得的横向速度  $V_{1y}$ 。

考虑到刚体球与光滑直槽属于弹性碰撞，则  $k = 1$ ，于是上式成为

$$V_{1y} = \frac{m_1 u_1 \sin \theta + m_2 u_1 \sin \theta + 2m_2 \alpha (u_1 t) \cos \theta}{m_1 + m_2} \quad (10-23)$$

进一步, 当直槽很狭窄时, 有  $\theta \rightarrow 0$ , 将  $\theta=0$  代入 (10-23) 式, 得到

$$V_{1y} = \frac{2m_2\omega(u_1t)}{m_1 + m_2} \quad (10-24)$$

再进一步考虑到转盘  $m_2$  远远大于动点  $m_1$ , 即  $m_2 \gg m_1$ , 于是上式成为

$$V_{1y} = 2\omega(u_1t) \quad (10-25)$$

于是有加速度

$$a_{1y} = \frac{dV_{1y}}{dt} = 2\omega u_1 \quad (10-26)$$

考虑到径向速度  $u_r = u_1 \cos \theta$ , 而在狭窄直槽中  $\theta \rightarrow 0$ , 则  $u_r = u_1$ , 这个  $u_1$  正是转盘上观察者看见的径向速度  $u_r$ , 所以把 (10-26) 式写成矢量形式就是

$$\mathbf{a}_{1y} = 2 \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{u}_r \quad (10-27)$$

这就是科氏加速度的来历。其科氏力就是大家熟悉的  $\mathbf{F}_c = 2m_0 \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{u}_r$ 。从以上的计算过程中, 不难看出: 科氏力来自牛顿第一定律中的惯性力, 科氏力的计算遵循牛顿第二定律。

### 10.2.2 Coriolis力的物理内涵

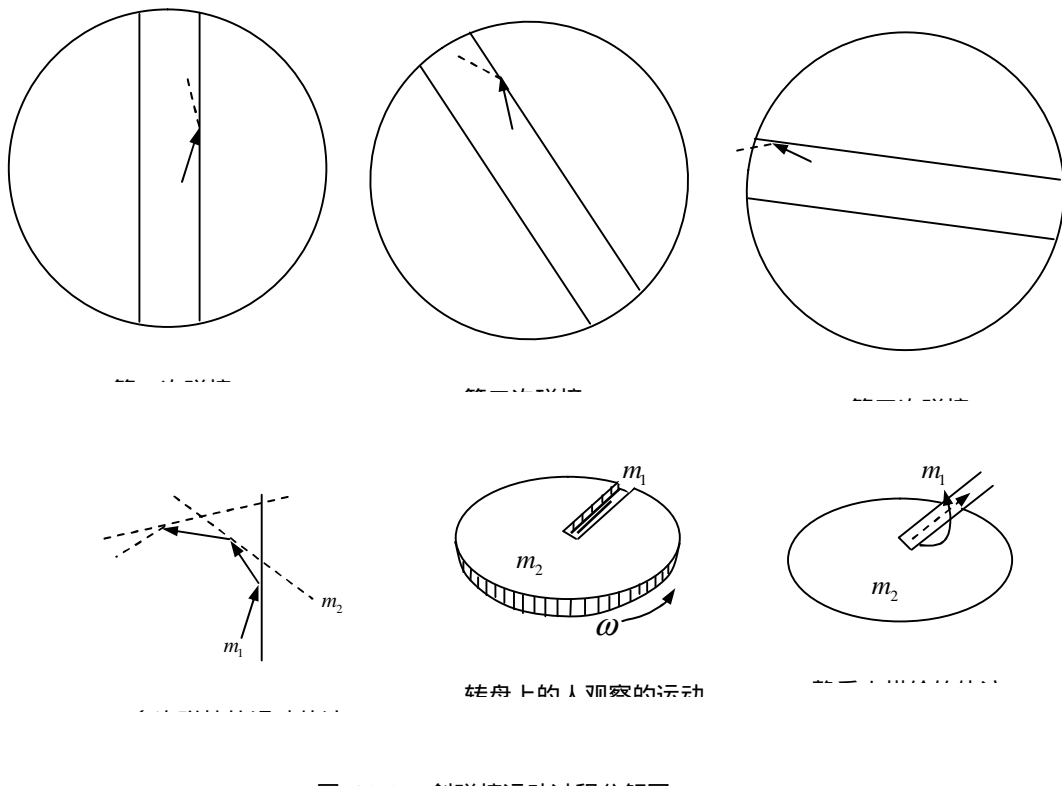
为了读者看清运动过程, 我们在宽直槽中分解运动过程。其运动轨迹如图 10-3 所示。当斜碰角  $\theta \rightarrow 0$  时, 它就是一个连续碰撞, 其运动轨迹就是一个连续的曲线。

那么, 沿着直槽径向运动的动点  $m_1$  为什么会与槽壁发生碰撞呢? 究其原因是惯性所致。直槽中的动点 (比如站在转轴中心沿着直槽方向发射以弹丸), 由于惯性, 动点将沿着直线运动, 然而槽壁在转动过程中给动点施加了  $2m_1 \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{u}_r$  的作用力, 这个力的大小方向之所以与  $m_1$  和  $\mathbf{u}_r$  的大小方向有关, 是因为  $m_1$  沿着  $\mathbf{u}_r$  方向的惯性所致。

在运动方程  $F_a = F_b + F_c + F_r$  中, 牵连力  $F_b$  是平动中的惯性力, 科氏力  $F_c$  是转动中的惯性力, 他们来自惯性; 相对力  $F_r$  是外加的, 来自物体间的相互作用。惯性力是贯穿在运动方程中, 可以感受到, 也可测量到, 它来自于绝对空间, 是绝对空间的表征。我们说惯性力来自绝对空间, 并不是说绝对空间可以产生力, 而是说, 惯性力最初或最终来自非惯性系提供的原始动力, 原始动力(平动或转动)通过绝对空间反映出惯性力来。牵连力和柯氏力都是如此。落体东偏也是如此, 因为落体的初始切向速度是  $\omega(R + \Delta h)$ , 而地表面的切向速度是  $\omega R$ , 惯性力是由动量  $m_0\omega\Delta h$  提供的。所以我们说它是真实的。

在 10.1 节我们曾指出, 当绳索断开时, 小球沿着惯性作切线运动并不仍作圆周运动, 原本是圆周运动, 当失去控制之后, 无论小球质量大小, 都作切线运动, 这说明惯性是通过欧几里得空间的“直线型”反映出来。在上述系列图中清楚的发现, 惯性确实是通过欧几里得空间的“直线型”反映出来, 出现的曲线轨迹是许多个微小直线叠加而成。这就进一步表明了, 通过空间表现出来的惯性不因运动状态而变, 而是有自己的固有属性, 也说明空间本身不因运动状态而变, 而是有自己的固有属性, 即, 物体在绝对空间中运动, 不会改变空间的性质, 只会表现出绝对空间的某些属性来。同时我们不难发现, 惯性在各个方向上是相同的, 不会出现左手边的惯性大而右手边的惯性小之情形。这正说明, 物体在空间里运动所表现出

来的惯性是各向同性的，从而说明空间本身也是各向同性的。



### 10.3 赤道时钟变慢是牛顿定律的必然

可以说上个世纪初的时钟都是机械钟，而且主要以摆钟为著名。现在我们来讨论摆钟的周期问题。

如图 10-4 所示，质点受重力作用并保持在铅直圆周上运动时，便称为单摆。作用于摆球  $P$  的力有重力  $m_0g$  和约束力  $N$ 。因自由度为 1，故去偏角  $\theta$  为参数。在  $OC$  右侧为正，并命悬线长为  $l$ ，便得自然坐标系的运动方程

$$\begin{cases} m_0 \frac{dv}{dt} = -m_0g \sin \theta \\ m_0 \frac{v^2}{l} = -m_0g \sin \theta + N \end{cases} \quad (10-28)$$

因弧长  $s = l\theta$ ，故  $v = \dot{s} = l\dot{\theta}$ ，代入上，则得

$$\ddot{\theta} = -\frac{g}{l} \sin \theta \quad (10-29)$$

解上式即得运动规律  $\theta(t)$ ，再由 (10-28) 式决定约束力  $N$ 。

由于  $N$  不做功 ( $N \perp v$ ) 应有能量积分。的确, 用  $\frac{g}{l} dt = d\theta$  乘上式两边后, 积分之, 便得

$$\frac{1}{2} \dot{\theta}^2 = \frac{g}{l} \cos \theta + h \quad (10-30)$$

现在假设初始条件为  $\theta = \theta_0$  时,  $\dot{\theta} = 0$  (即初速度为零), 由此求得能量常数  $h = -g \cos \theta_0 / l$ 。于是, 上式应为

$$\frac{1}{2} \dot{\theta}^2 = \frac{g}{l} (\cos \theta - \cos \theta_0) \quad (10-31)$$

积分此式即得运动规律。

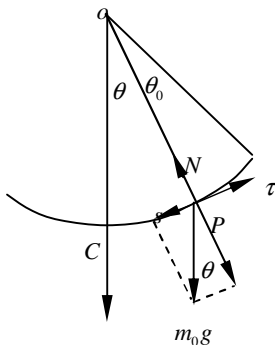


图 1C 4 摆钟

利用能量积分可得约束力  $N$ 。为此, 自上式先求出  $v^2 = l^2 \dot{\theta}^2$ , 再代入 (10-28) 式, 便得

$$N = m_0 g (3 \cos \theta - 2 \cos \theta_0) \quad (10-32)$$

上式表明: 当  $\theta = \cos^{-1}(2 \cos \theta_0 / 3) \equiv \theta_M$  时,  $N = 0$ , 当  $\theta > \theta_M$  时,  $N$  将变为负。由此可见: 若单摆系用轻杆悬挂或系套入铅直圆圈的质点, 则  $\theta > \theta_M$  时, 张力已变为压力; 若单摆系用柔绳悬挂, 由于柔绳不能产生压力, 则  $\theta > \theta_M$  时, 已成为自由运动。为了积分能量方程, 先按

$\cos \theta = 1 - 2 \sin^2 \frac{\theta}{2}$  将 (10-31) 右边变换后, 再开方并分离变数, 便得

$$\frac{d(\theta/2)}{\sqrt{\sin^2 \frac{\theta_0}{2} - \sin^2 \frac{\theta}{2}}} = \sqrt{\frac{g}{l}} dt \quad (10-33)$$

为了积分上式, 我们先按下列关系引入新变量  $\varphi$  :

$$\sin \frac{\theta}{2} = \sin \frac{\theta_0}{2} \sin \varphi = k \sin \varphi \quad (10-34)$$

式中  $k \equiv \sin \frac{\theta_0}{2}$ , 再由  $\theta/2 = \sin^{-1}(k \sin \varphi)$ , 便有

$$d \frac{\theta}{2} = \frac{k \cos \varphi \cdot d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}} \quad (10-35)$$

于是经变数变换后，(10-34)式变为

$$\frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi}} = \sqrt{\frac{g}{l}} dt \quad (10-36)$$

积分之，便得到

$$t = \sqrt{\frac{l}{g}} \int_0^\varphi \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi}} \quad (10-37)$$

由于此积分很复杂，我们只求近似解。于是有

$$t = \sqrt{\frac{l}{g}} \left[ \varphi + \frac{k^2}{4} \left( \varphi - \frac{1}{2} \sin 2\varphi \right) + L \right] \quad (10-38)$$

从变换式(10-34)看出： $\theta$ 由 $\theta \rightarrow \theta_0$ ，相当于 $\varphi$ 由 $0 \rightarrow \pi/2$ 。但是， $\theta$ 由 $0 \rightarrow \theta_0$ 所需时间为 $T/4$ ，故在上式中，若命 $\varphi = \pi/2$ ， $k = \theta_0/2$ ，即得 $T/4$ 。于是我们得到下列两种近似解：

一级近似：

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (10-39)$$

二级近似：

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left( 1 + \frac{\theta_0^2}{16} \right) \quad (10-40)$$

值得大家注意的是，上式的计算没有考虑其它外力作用，或者说没有考虑其它加速度造成的影响。但是，如果某种原因改变重力加速度 $g$ 时，周期将发生改变。

如图10-5所示，钟摆在赤道线上，钟摆摆球跟随地球转动，具有惯性离心力 $f = 3.39 \times 10^{-2} m_0$ (牛顿)，因此具有惯性离心加速度 $a_{\text{离}} = 3.39 \times 10^{-2}$ ，这个惯性离心加速度的方向正好与重力加速度方向相反，因此将 $a_{\text{离}}$ 代入(10-39)式，即得

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g - a_{\text{离}}}} \quad (10-41)$$

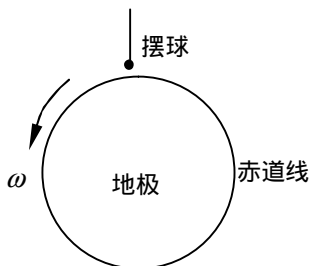


图 10-5 赤道线上的钟摆

所以赤道线上的时钟周期增长，从而时钟变慢。而(10-39)式是地极上的时钟。所以相比之下，地极上的时钟要快一些。

归纳起来说，就是，当钟摆置于赤道线上，摆球跟随地球一起在绝对空间中自转，由于

惯性带来的离心力之作用，使得摆球周期增加，从而时钟变慢。也就是说，根据牛顿力学定律，地球两极的钟摆周期第一级近似解是  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ，地球赤道线上的钟摆周期第一级近似解

是  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g - a_{\text{离}}}}$ 。钟摆置于电梯内，在电梯加速的上升过程中，时钟变快；在电梯加速的下

降过程中，钟摆变慢。一切由物体运动（包括粒子运动）产生的时钟，都会受到附加加速度的影响。钟摆置于月球，其周期也会明显变慢。时钟的快慢与匀速直线运动无关，而是加速度所致。时钟是度量属性，度量是人为的，取决于度量工具和环境。但是时间不等于时钟，时间则是自然属性，时间是绝对的且是一维流逝的，伽利略变换原理早已证明了时间是绝对的且是一维流逝的。我们千万不能因为在加速飞行过程中的加速度造成时钟变慢而误认为是运动使时间变慢。如果那样，将是特错而大错。

也就是说，两个同样的钟摆，或者两个同样的金表，或者两个同样的电子表，在地球上与在月球上，其快慢程度是不同的，这是牛顿三大定律的必然结论。我在这里呼吁，千万不要迷信错误的爱因斯坦相对论，否则，将阻碍我们探索真理的信心。

## 10.4 惯性是绝对空间的表征

爱因斯坦为了抹杀惯性力的存在，试图否定绝对空间，于是他在相对论首文中就忽悠读者，说什么“地球自转带来的力学上的差别是微小的”。本节就来证明地球自转带来力学上的差别是显著的。按照牛顿定律，惯性与绝对空间联系在一起，惯性是绝对空间的表征，那么物体的惯性力就应该可测，这就是惯性力实验。其中最早的就是傅科摆的惯性力实验。

### 10.4.1 傅科摆现象

既然空间是绝对的、各向同性的，那么地球在绝对空间中转动，就应该是非惯性系统，就应该有可能通过力学实验来测量地球本身的转动。1851年，傅科首先做到了这一点。

1) 运动方程。如图 10-6 所示，假设悬点坐标为  $A(0,0,l)$ ，则摆球  $m_0$  受到张力  $N$  和重力  $m_0g$ ，其运动方程就是

$$\begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} &= -\frac{N}{m_0} \frac{x}{l} + 2\omega \frac{dy}{dt} \sin \theta \\ \frac{d^2y}{dt^2} &= -\frac{N}{m_0} \frac{y}{l} - 2\omega \frac{dx}{dt} \sin \lambda - 2\omega \frac{dz}{dt} \cos \theta \\ \frac{d^2z}{dt^2} &= -\frac{l-z}{m_0 l} N - g + 2\omega \frac{dy}{dt} \cos \theta \end{aligned} \quad (10-42)$$

式中  $\omega$  是地球的角速度， $\theta$  是地球的纬度。解此方程组得到



$$\begin{aligned} x &= x_0 \cos pt \cdot \cos(t\omega \sin \theta) \\ y &= -x_0 \cos pt \cdot \sin(t\omega \sin \theta) \end{aligned} \quad (10-43)$$

式中  $x_0$  是摆球的初始位置,  $p = \sqrt{\frac{g}{l}}$ , 其周期  $T_0 = \frac{2\pi}{p}$ 。式 (10-43) 的轨迹如图 10-7 所示。

上述结论是在理论力学由于惯性系与非惯性系处于“不平等”地位时得到的。也就是说, 是在伽利略相对性原理的前提下得到的。如果我们放弃惯性系的“优越性”, 那么就该得出错误的结论。换句话说, 傅科摆证明了惯性系的优越性, 证明了伽利略相对性原理, 也就证明了这个用惯性表现出来的绝对空间。根据物体的惯性和牛顿的惯性定律, 本章认为惯性系就是象征绝对空间的系, 却不是爱因斯坦定义的匀速直线运动坐标系。

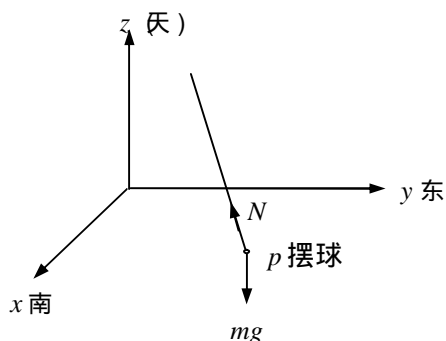


图 10-6 傅科摆受力图

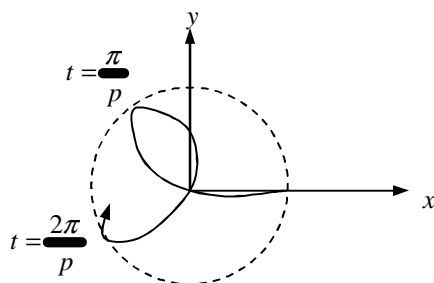


图 10-7 北半球傅科摆轨迹

### 10.4.2 自由落体东偏现象

根据牛顿定律不难得出自由落体的运动方程是

$$x = 0, \quad y = \frac{1}{3}\omega g t^3 \cos \lambda, \quad z = -\frac{1}{2}g t^2 \quad (10-44)$$

其中最后一项与通常的自由落体公式一致, 第二项表明, 除在两极 ( $\lambda = \pm\pi/2$ ) 外, 恒有  $y > 0$ 。换言之, 由于地球自转的影响, 自由落体恒离铅直线而向东偏。

请读者参见有关经典力学书籍, 解得的轨迹如图 10-8 所示。这里要阐述的是从物理概念上讲清落体东偏的原因。设自由落体初始位置距离地面的高度为  $\Delta h$ , 当我们站在地极上面来测量时, 显然落体的初始切向速度是  $v_t = \omega(R + \Delta h)$ , 而地面的切向速度是  $v_{t地} = \omega R$ , 动量差

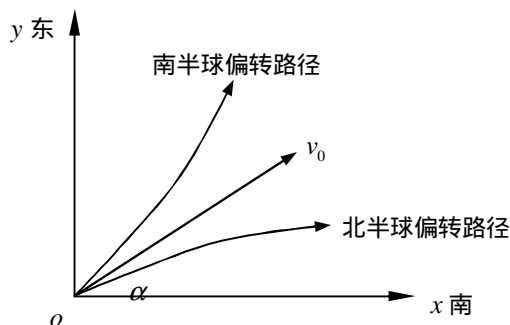


图 10-8 落体在水平运动方向上的偏转

值  $\Delta P = m_0 \omega \Delta h$  使得落体东偏，从这个意义上将，惯性力造成落体东偏，那么这个惯性力是动量差值  $\Delta P = m_0 \omega \Delta h$  提供的，通过绝对空间表现出来的，所以说惯性力是真实的，不是虚构的。

除此之外，还有伯尔河岸冲刷原理及列车西轨磨损，贸易风的定常方向以及旋风的形成，均可根据这个结论来解释。

### 10.4.3 气旋流现象

当气体微粒团在压力梯度  $\nabla p \neq 0$  而沿水平方向运动时，柯氏力对它有显著的影响，我们用  $\rho$  表示流体密度， $p$  表示立体静压强，则气体微粒的运动方程是

$$\frac{dv}{dt} = 2v \times \omega - \frac{1}{\rho} \nabla p \quad (10-45)$$

解算此方程得到的气旋流轨迹如图 10-9 所示。

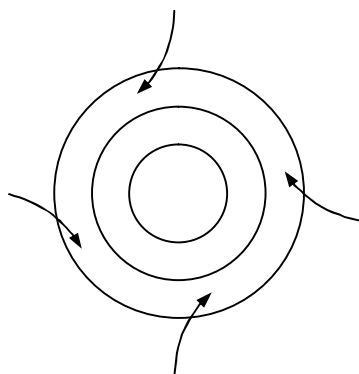


图 10-9 气旋流

粗略计算，对于下水道道口的漩涡，其形成原理也是 (10-45) 式。本章节的目的不是详细讨论力学计算问题，因为在有关力学书籍中已经介绍得很清楚了。这里主要是讨论惯性力带来的地球物理现象与绝对空间之间的内在联系。

我们说惯性是绝对空间的表征，其实，在我看来，爱因斯坦是最清楚的。爱因斯坦在相对论首文中首先强调“讨论绝对空间是没有意义的，地球自转带来的力学上的差别是微小的，按照麦克斯韦电动力学，L 可见，空间本不该对称”。他为什么这样对照起来说这句话，因为爱因斯坦很聪明，他已经意识到地球自转中的惯性就是绝对空间的象征。所以他要让人们忽略这个象征着绝对空间的惯性，而要让人们注意到麦克斯韦非对称方程引起的非对称空间。单就爱因斯坦的这些“联想”事件，我不得不佩服爱因斯坦的聪敏才智。看来爱因斯坦因波粒二相性获奖之后，在人的吹捧下，他最终是要改造空间，另造宇宙，让我们稀里糊涂地钻进他那个梦幻世界里，从事他那种稀奇古怪的游戏变换——广义相对论。

本章讨论绝对空间是依据牛顿力学原理来讨论的，之所以选择力学来讨论而不选择电磁学和光学，这是因为电场磁场和光场的质量等于零，没有惯性，而且不占据绝对空间，因此电磁学和光学不能鉴别绝对空间的存在性（除非观测遥远恒星光的偏差），这也是爱因斯坦在时空问题上纸上谈兵而使用方法不当的原因之一。他讨论空间是依据麦克斯韦的非对称旋度

场和光速不变假设。我们说他的这种选择是不对的，因为电场磁场和光场的质量等于零，没有惯性，而且不占据绝对空间，因此电磁学和光学无法鉴别绝对空间的存在性，更何况非对称旋度方程组带来的是数学空间，并非物理空间。

说来也奇怪，物体质量大于零而且占据空间，所以物体具有惯性，电磁场质量等于零而且不占据空间，所以电磁场没有惯性，这是物质与场的重大区别。除此之外，还有什么属性差别呢？是速度吗？可能。既然物质占据空间而且有惯性，那么物质的最大速度就该小于光速才合乎自然属性的逻辑。这里我们说的光子极限速度  $c_0$  是相当于源而言的，不是两个运动者之间的相对速度。比方说光速是相当于辐射源的相对速度，其极限是  $c_0$ ，高速电子的速度  $u$  是相当于对撞机的相对速度，不可能超过  $c_0$ ，但两个高速粒子的相对速度  $2u$  已经超过了  $c_0$ 。

本章定义的极限速度  $c_0$  是相对于发射源的相对速度，不是绝对速度，不可以戴上“宇宙速度”这个帽子，我们只能说任何场的运动，它相对于源的相对速度不会超过  $c_0$ 。既然这种不占据绝对空间的场辐射速度是常数  $c_0$ ，那么占据绝对空间的物体运动显然不可能超过这个数字。

在真空中存在  $(\epsilon_0, \mu_0)$ ，而在物质中存在  $(\epsilon_0\epsilon_r, \mu_0\mu_r)$ ，能否定义  $(\epsilon_0, \mu_0)$  为以太呢？这个问题一直困扰着我的大脑，左右着我的思想。因为，如果定义为以太，但是它却不拖曳光速；如果不定义以太，但是真空中的光速又是  $c_0 = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$ ，而且，辐射的电场速度又与  $\mu_0$  有关、辐射的磁场速度又与  $\epsilon_0$  有关。但是，关键问题还是：非均匀的地磁场和磁铁之磁力线跟随地球以  $3 \times 10^4 \frac{m}{s}$  的速度相对于  $(\epsilon_0, \mu_0)$  运动，所有的磁力线不被  $(\epsilon_0, \mu_0)$  拖曳，也不被  $(\epsilon_0, \mu_0)$  压缩，所有的光速和电波速度也不被  $(\epsilon_0, \mu_0)$  拖曳及压缩。而且，如果变化的磁场产生变化的电场、新生的电场又产生新的时变磁场，犹如电容板之间的时变场，整个地球被时变电场和时变磁场笼罩着，那么根本就无法测量与发现地磁场（因为地球是被  $\epsilon_0, \mu_0$  笼罩着的）。就目前的实验与工程实践来看， $(\epsilon_0, \mu_0)$  的作用只有三个：一是限制辐射运动的极限速度，二是导致物体具有惯性，三是代表了绝对静止空间的存在。无论怎么定义  $(\epsilon_0, \mu_0)$ ，但是有些关键内容还得定性：其一，分布在自由空间的静电场与静磁场随地球一起在自由空间里作刚性运动、不会被  $(\epsilon_0, \mu_0)$  拖曳而改变电磁场的分布状态；其二，电磁波和光波的辐射具有刚性，不会因辐射源的运动而被  $(\epsilon_0, \mu_0)$  拖曳，舞台上的激光束和雷达波束都是刚性的随源而转动。并不因  $(\epsilon_0, \mu_0)$  的存在而拖曳场。激光束和平行反射镜随地球一起运动将准确的反射在激光源上， $(\epsilon_0, \mu_0)$  不会拖曳光场。否则，如果两边都有反射镜，那么其光束（轨迹）将是一个锯齿状路径，从而迈克逊-莫雷的干涉实验就不是零性结果了；其三，时变电场与时变磁场是独立辐射的。电容板上通过良导体（或超导体）施加高频电压源，则电容板间的电场辐射速度是  $c_0$ ，如果该时变电场与传导电流一样的产生时变磁场的话，那么由于麦克斯韦定义的  $I_D \equiv \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} = I_c$ ，这意味着电容短路、电荷无积累，即，电压源提供了近似无穷大的电流。这显然不是事实。

第四章曾经提到过，或许有的人士把 $(\epsilon_0, \mu_0)$ 定义为绝对空间。单就定义而言，我没什么可指责的，反而认为值得研究，因为光速为什么受 $(\epsilon_0, \mu_0)$ 的限制？物体为什么具有惯性？或许就是它们在起作用。但是，提醒注意的是 $(\epsilon_0, \mu_0)$ 不是物质也不是媒质，这样的空间或真空并不影响光辐射的刚性，即，它不拖曳光速，也不占据物体的位置。它仅仅决定光辐射的极限速度 $c_0$ 和施加物体的惯性罢了。前面还提到过，电场、磁场和光场是客观存在的，但他们不是物质也不占据绝对空间。所以 $(\epsilon_0, \mu_0)$ 与场一样，不是物质也不是媒质，它不拖曳光速的刚性运动，比如雷达波束在光场中运动一样，不受光场的拖曳。同样的，激光束在电场和磁场中运动，也不被电磁场的拖曳。其道理是一样的。我们在第8章和第9章中论证而指出以太不存在。即使您把 $(\epsilon_0, \mu_0)$ 定义成以太空间，但是光速实验证明 $(\epsilon_0, \mu_0)$ 没有拖曳光速。所以光辐射仍然具有刚性。无论静态场随地球运动或是时变场随辐射源运动，至今无法测量到场的运动被 $(\epsilon_0, \mu_0)$ 拖曳的现象；无论读者怎样定义空间，只要不拖曳电磁场和光场的空间都是绝对的静止空间。在我们这个宇宙里至今还没有发现拖曳电磁场和光场的空间，所以我认为目前我们这个宇宙里的空间是绝对的静止的空间，除非您飞到其他宇宙里改造空间或另造宇宙。假如按照麦克斯韦理论，当磁铁运动时在自由空间产生了漩涡电场，即产生了漩涡位移电流，那么这漩涡位移电流又产生了感生磁场，则由于感生磁场与原磁场方向相反、大小相等，那么根本测量不到运动磁铁的磁场 - 这与客观事实不符。其实呀，如果按照麦克斯韦的**互生场**理论，那么在充满 $(\epsilon_0, \mu_0)$ 的空间里是无法形成雷达波束的，更无法形成激光束。实际上是，微波专家在实践中总结出独立矢量场的几何光学法、斯耐尔定理、惠更斯原理、菲涅耳原理、洛仑兹磁力、契比雪夫多项式等等实现方法。另外，有一位同步辐射源专家问我：光子是否是电磁波？我的回答是：NO! 因为单就速度相同就认为物理本质相同，似乎太草率了。光子的尺寸不可能比电子大，而形成电磁波需要电荷的震荡才能完成物理过程，因此从尺寸上来看，两者不是一回事。火柴被点燃的火焰不可能是电磁波。萤火虫辐射的荧光，它不能形成电磁波的物理过程，显然它不是电磁波。X射线或 $\gamma$ 射线应该是粒子流才对，辐射过程中的疏密程度(几率)表现为波长 $\lambda$ 。电磁波的波长满足 $c_0 = \lambda f$ ，而粒子的辐射速度不一定满足这个关系，我在这里仅仅是预料，需要高能物理研究所给出精确测量。无论 $(\epsilon_0, \mu_0)$ 是什么，但绝对静止空间是存在的。

本章主要是支持牛顿的自然时空观，并用牛顿定律解释了赤道线上的时钟变慢之原因。可以说牛顿是我们这个宇宙里最伟大的科学家，他十分严谨的揭示了宇宙奥秘，为我们人类奉献了毕生精力。遗憾的是，他的生命有限，他的时间无法膨胀，更无法倒流，所以未能揭示第一推动力，也没想到光速将受到限制。可贵的是伟大牛顿面对未解之谜，没有假想、猜想和狂想，更没有玩耍数学游戏。否则，将把我们这些后人对科学的研究引入歧途。

目前世界两大难题仍然是牛顿遗留下来的。宇宙第一推动的物理原因是什么？光辐射的速度受到限制的物理原因是什么？虽然我可以用佛教语言来回答：万物自有定数，但这种回答不是物理学语言。宇宙奥秘很深，还有许多未解之谜，有待人们去揭示，但不是去创造奇迹。

物理学是反映客观的定律集合，从事自然科学研究的人士也要学习邓小平的实事求是精

神，对错误的东西拨乱反正。我们不可想当然，不可以用数学游戏去“创新”，更不可以像爱因斯坦那样去创造奇迹、改造时空、另造宇宙。我们应该学习牛顿、伽利略和洛仑兹的实事求是的科学精神，通过广泛而深入地研究，归纳总结，揭示客观规律。因此我把本书起名为“总结”，副标题起名为“解读”。希望有志人士进一步对广义相对论这个数学游戏进行拨乱反正，祝愿天体物理学研究少走弯路，沿着正确的时空观去揭示更深层次的宇宙奥秘。迎接科学的春天。

本章结论是：本章证明了赤道线上的时钟变慢是牛顿定律的必然，证明了惯性力是绝对空间的表征，也证明了科氏加速度是惯性力的作用结果，同时论述了地球自转带来的力学上的差别是显著的。换言之，本章进一步论证了牛顿-伽利略时空观是绝对正确的。