

世界科普巨匠经典译丛·第一辑



青少年 科普图书馆

中国科学院院士 **叶叔华**、**郑时龄** 郑重推荐

● 一部比故事更有趣，比童话更神奇，比游戏更具吸引力的趣味科学启蒙书 ●

INTERESTING
MECHANICS

趣味

力学

(苏)别莱利曼 / 著

姚焕春 / 译



上海科学普及出版社

世界科普巨匠经典译丛·第一辑

INTERESTING
MECHANICS

趣味

力学

(苏) 别莱利曼 / 著 姚焕春 / 译

图书在版编目 (CIP) 数据

趣味力学 / (苏) 别莱利曼著; 姚焕春译. —上海: 上海科学普及出版社,
2013.10 (2014.5 重印)

(世界科普巨匠经典译丛·第一辑)

ISBN 978-7-5427-5828-6

I. ①趣… II. ①别… ②姚… III. ①力学-普及读物 IV. ①03-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 173933 号

责任编辑: 李 蕾

世界科普巨匠经典译丛·第一辑

趣味力学

(苏) 别莱利曼 著 姚焕春 译

上海科学普及出版社出版发行

(上海中山北路 832 号 邮编 200070)

<http://www.pspsh.com>

各地新华书店经销 三河市恒彩印务有限公司

开本 787×1092 1/12 印张 14.5 字数 176 000

2013 年 10 月第 1 版 2014 年 5 月第 2 次印刷

ISBN 978-7-5427-5828-6 定价: 22.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题
请向出版社联系调换

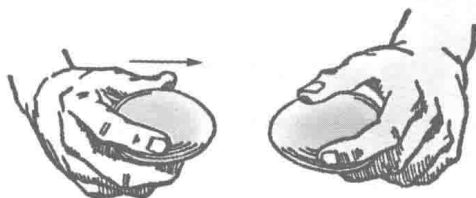
目录

第1章 力学的基本定律

1.1 两只鸡蛋	2
1.2 骑士的神奇之旅	4
1.3 基础力学	5
1.4 枪手的决斗	6
1.5 风洞的故事	7
1.6 煤水车的原理	8
1.7 惯性定律的解释	10
1.8 牛顿第三定律	12
1.9 两匹马的拉力	13
1.10 两条游艇的拉力	14
1.11 内力解答	15
1.12 铅笔的奇怪滑动	17
1.13 克服惯性	18
1.14 车辆的启动和维持匀速运行	19

第2章 力和运动

2.1 常用公式列表	22
2.2 步枪的后座力	23
2.3 日常感知和科学的差异	26
2.4 把大炮搬上月球	27



2.5 大洋深处的气枪	29
2.6 撬动地球	30
2.7 重心移动定律	33
2.8 找寻火箭的重心	35

第3章 重力

3.1 悬锤和摆	38
3.2 水中的摆	40
3.3 斜面上的容器	41
3.4 水平尺的倾斜	43
3.5 有磁性的山	46
3.6 向上流的河水	47
3.7 转动的铁棒	49

第4章 抛掷物的降落

4.1 七里靴	52
4.2 有趣的杂技	55
4.3 勇过危桥	60
4.4 三颗铁球	62
4.5 四块石头	64
4.6 两块石头的距离	65
4.7 抛球	65

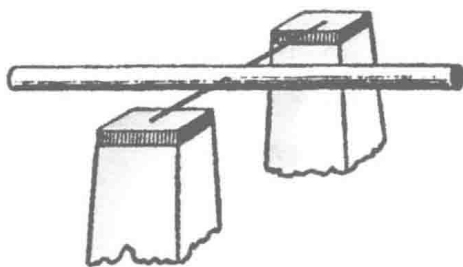


第5章 圆周运动

5.1 向心力	68
5.2 宇宙中的最高速度	70
5.3 如何增加自己的体重	72
5.4 旋转的飞机	75
5.5 在列车上观察转弯	76
5.6 自行车赛道	78
5.7 盘旋的飞机	79
5.8 弯弯的小河	81

第6章 碰撞

6.1 对碰撞现象的研究	86
6.2 力学的碰撞知识	86
6.3 皮球的弹性	89
6.4 不碰球运动	94
6.5 列车和马车的相撞	95
6.6 杂技中的锤击	97



第7章 略谈强度

7.1 测量海洋的深度	100
7.2 悬垂线的材料	101
7.3 强度最好的材料	103
7.4 头发的强韧度	104
7.5 为什么要用管子来造自行车车架	105
7.6 七根树枝	107

第8章 功·功率·能

8.1 功的另外含义	110
8.2 如何得到 1 千瓦时的功	111
8.3 功的计算	112
8.4 拖拉机的前进动力	113
8.5 动物发动机和机械发动机	114
8.6 活发动机的功率	116
8.7 人类的“新奴隶”——机械	117
8.8 狡猾的称量	121
8.9 亚里士多德的力学问题	122
8.10 脆性物体的包装	123
8.11 捕兽机关	125
8.12 测步仪	127



- 8.13 摩擦生火 129
8.14 弹簧熔化能量的去处 132

第9章 摩擦和介质阻力

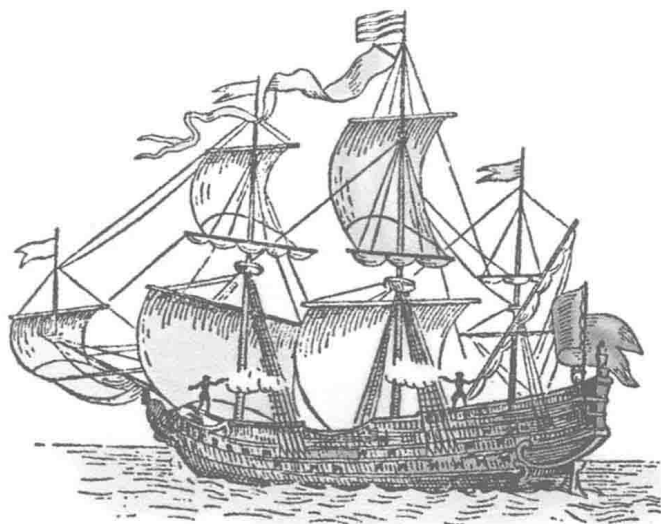
- 9.1 滑雪 136
9.2 发动机停止后 137
9.3 马车的前轮为什么小? 138
9.4 机车和轮船的能量应用在何处? 139
9.5 石块如何被水冲走 140
9.6 雨水下落的速度 142
9.7 物体下落的问题 146
9.8 顺着流水下落 148
9.9 船只如何被舵操控 150

- 9.10 什么情况下会被雨水

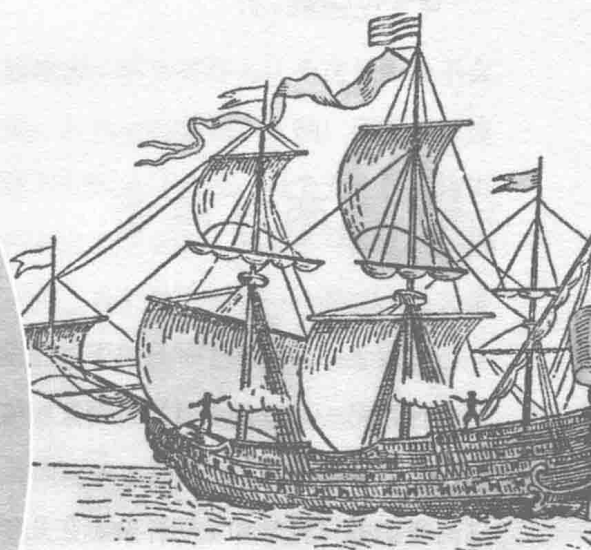
淋得更透 151

第10章 生命环境中的力学

- 10.1 格列佛里的巨人 156
10.2 笨拙迟缓的河马 157
10.3 陆地生物的结构 159
10.4 巨兽为什么注定要灭绝 160
10.5 跳得更高的是哪一个? 161
10.6 最能飞行的是哪一个? 163
10.7 落地后的毫无损伤 165
10.8 树木长高不到天际的原因 166
10.9 伽利略著作摘录 167



第1章



力学的基本定律

力学是研究物体运动规律的一门科学。它研究物体在力的作用下的运动规律，以及物体之间的相互作用。力学的基本定律是物理学的基础，也是工程技术的基石。本章将介绍力学的基本定律，包括牛顿运动定律、万有引力定律、能量守恒定律等。通过这些定律，我们可以理解物体的运动规律，并应用于实际问题的解决。



1.1

两只鸡蛋

你双手中分别拿了一只鸡蛋，假设两只鸡蛋有着相同的硬度，用其中的一只去撞击另一只（图 1-1），而且相撞的是两只鸡蛋的同一部位。请问被撞破的鸡蛋是哪一只呢？

美国的《科学和发明》杂志在几年前提出了这个问题。杂志上给出了确定答复：依据实验，“运动着的鸡蛋”被撞坏的几率比较大，也就是说，是用来撞击的那只鸡蛋。

有关这种说法，该杂志解释为：鸡蛋的外壳不是平面的，两只鸡蛋相互撞击时，那只被撞击的鸡蛋所受到的作用力，是施加在鸡蛋壳的表面的；所有人都明白，所有的外表像鸡蛋壳一样的拱形的物体，承受外界压力的能力是很强的。可是，去撞击的鸡蛋所受到的力，就会产生完全不同的情况。在这个实验中，去撞击的鸡蛋内部的蛋黄和蛋白，在相互撞击的一瞬间，是要产生对外壳的压力的。这种压力对拱形物体的破坏力，要比外来的压力对物体的破坏力强烈得多，所以鸡蛋壳就会被撞破了。

当列宁格勒一种销量非常大的报纸上登载了这个题目之后，五花八门、千奇百怪的答案四面飞来。

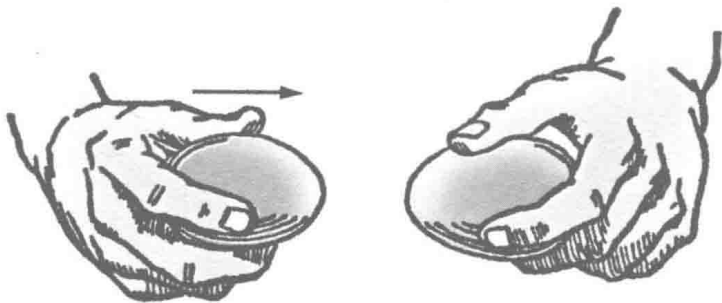


图 1-1 撞破的会是哪一只



有些人认为去撞击的那只鸡蛋一定被撞破；另外有些人认为这只鸡蛋不会被撞破。两方给出的理由好像都没有错误，但两种回答都不正确！两只相互撞击的鸡蛋哪一只会被撞破，是根本不可能用推断来证明的，因为无论是去撞击的鸡蛋还是被撞击的鸡蛋，它们之间是没有什么区别的。我们不可以突出去撞击的鸡蛋是运动的，而另外的一只是静止的。我们说它静止——是相对什么参照物来说呢？如果说参照物是地球，那么，我们应当明白，我们的地球自身在诸多的行星间并不是静止的，而是一直以多种不同的运动形式运动着的呀！被撞击的鸡蛋同去撞击的鸡蛋两者也都做着同样的多种运动。假如印证两只鸡蛋的命运只是依据动和静，就只有在所有的天文学著作里，找到相互撞击的两只鸡蛋中的每一只，和固定不动的星球相对运动的根据。但是，即便这样，还是行不通，因为所有我们看到的星球没有静止的，由它们组成的整体——银河星系，相对于其他星系也是运动的。

瞧，蛋壳撞击的讨论竟把我们的话题扯到了广袤无边的星系空间去了，可是这并没有接近我们所要的答案。事实上，应当是接近了的，如果说通过这次星空旅行，我们有所收获，这收获便是一个重要的真理被呈现在我们面前：我们只说一个物体在运动，而没有指出是相对于哪一个物体而言的话，那就等于没有说。就一个单独的物体来说，是没办法讲运动的。只要是讲运动，就必须要有两个或以上的物体——彼此接近或是彼此远离。以上两个相互撞击的鸡蛋，都是运动着的，它们是在彼此接近——就运动来说，我们只能这样说。要说撞击的结果，不能因为我们自己的喜好说一只是静止的，一只是运动的而有所差异。

匀速运动和静止的相对性，伽利略在 300 多年前第一个提了出来。读者应当区分这是“经典力学的相对论”而不是“爱因斯坦的相对论”。我们在 20 世纪初提出的“爱因斯坦相对论”是对“经典力学相对论”的进一步发展。

1.2 骑士的神奇之旅

由上一节内容可知，当一个物体相对它周围的景物作匀速直线运动时，完全可以说，这个物体是静止的，而它周围的景物正以相反的方向做匀速直线运动。“一个匀速运动的物体”和“物体静止，四周景物作反方向匀速运动”这两种说法其实是一致的。直到现在，在所有学过力学和物理学的人们中仍有一部分人还是这样认为。但是这两种说法其实不严密，不恰当，“物体和四周的一切都是在互为参照物并相对运动着”，这才是比较正确的说法。其实塞万提斯早在几百年前就已经认识到了这一点，他虽然没有读过伽利略的著作，但是这个认识的确出现在了《堂·吉珂德》这部作品里。关于这一点，《堂·吉珂德》里面有一段生动的描写，来看一下人们对光荣的骑士和他的侍从骑木马旅行的相关描写：

“在马背上坐好，蒙上自己的眼睛，不然你会在高空中感到头晕的，然后转动马脖子上的机关，木马就会飞翔着送你们到玛朗布鲁诺去。”

堂·吉珂德和侍从蒙了自己的眼睛，然后转动了木马开关。

骑士真的相信了，一旁的人们没有说谎，他此刻飞翔在高空，速度比离弦的箭还要快。

堂·吉珂德对待从赞叹道：“我发誓，这是我这辈子做过的最平稳的坐骑了，好似一切都在动，还有风。”

侍从桑丘回答说：“对极了，我这边好像有一千只风箱正在对着我吹，好大的风呀！”

这风其实就是几只大风箱吹出来的，这是不容争辩的事实。

今天，人们设计的各种供人们玩耍的诸如此类的游戏，包括摆放在展览会



和公园里的，其原型就是《堂·吉珂德》里描述的木马。其实木马和当今所有类似的游戏的制作原理是一样的，那就是静止和匀速运动两者在机械运动上的对立统一性。

1.3

基础力学

对于静止和运动，很多人通常把它们像天和地，水和火一样对立起来看。可人们丝毫不关心火车是静止还是飞速行驶着的，仍放心地在上过夜。他们认为飞速行驶的火车不可以看作是静止的，而车下的轨道，大地和四周的一切事物也不可以看作是反方向运动着，他们认为这种理论是不成立的。

爱因斯坦在提及这个问题的时候曾问过一个司机：“凭借你们的常识能不能接受这样的说法？”司机的回答是：“我们不同意这样的说法，我们工作平台是机车，而不是四周的一切，所以我们认为应当是机车在运动，而不是四周的环境。”

乍一想，这个回答是非常具有说服力的，似乎是可以肯定的。可是，假如有这样一条铁轨，它是顺着赤道修建的，火车在上面向地球旋转的反方向——西方飞速行驶着。火车的行驶只是为了不被地球自转带向东方，它和周围环境其实是一样的，都在向东运动着，不过是比环境运动得慢而已。假设司机要脱离地球的自转运动，他就要驾驶机车达到每小时 2 000 千米的速度。

现实中根本没有这样的机车，除非他驾驶喷气式飞机。

当火车在铁轨上行驶的时候，是没有办法确定它和四周的环境到底谁是运动的。在物质世界的任何一个瞬间，都不可能解决匀速运动和静止的问题，因为人们只能研究两个物体之间的相对运动，毕竟作为观察者的本人也和观察对象一样做着匀速运动，这不会影响他们的研究结果。

1.4 枪手的决斗

让我们假设一种大家很难运用相对论来解决的问题：有两个枪手在一艘行驶的船上相互射击。（图 1-2）让我们考虑：他们是否具有相同的地理条件，背向船头的枪手是否存在地理劣势，他的子弹是不是要比对方走的慢？

以海面做参照，站在船头射出的子弹要比站在船尾向船行驶的方向射出的子弹慢很多。但这并不影响两个枪手的地理条件，因为射向船尾的子弹减慢的速度和目标跟随船只行驶的速度正好相等，两者相互抵消；而同样的道理，射向船头的子弹增加的速度和目标行驶的速度也相等，可以相互抵消。

两发子弹命中目标的结果和船的行驶与静止没有关系。当然，这只是我们假想这条船是在一条直线上做着匀速运动的结果，其他的情况就不一定了。

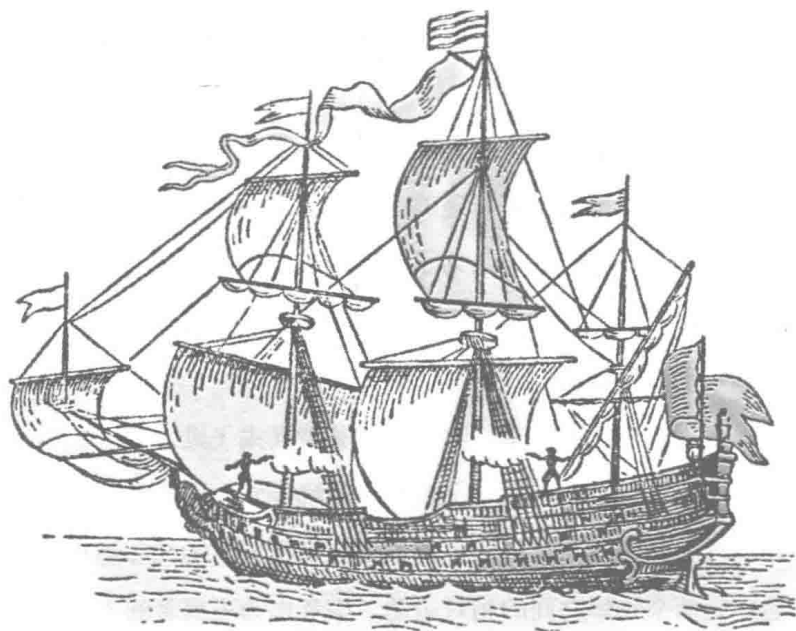


图 1-2 哪一颗的子弹飞得快

让我们引用伽利略书中的一段话，这是他在最初谈经典相对论时写的，虽然伽利略曾因为这本书而被宗教裁判所推上火堆差点烧死。

“设想在一条匀速行驶的大船上，甲板下面关着你和你的朋友，你们是无法知道船在行驶着还是停止着的。无论船是行驶还是停止的，你们在那里跳出的距离应当是一致的。虽然你向船尾跳的时候，船仍在向你跳起的反方向高速行驶，但是你们跳出的距离和船的行驶无关。无论你是站在船头还是船尾，你抛东西给你的朋友，所用的力气是一样大的……船上飞行着的苍蝇也不会因为船的行驶而都聚集在船尾”等等。

“一个体系无论是静止不动的，还是在和地面做着同样的匀速运动，在它里面所进行的运动特征都是一样的。”用此来讲解经典相对论就非常容易理解了。

1.5 风洞的故事

根据经典相对论的原理，在实际工作中，人们经常把运动和静止相互替代，以提高工作的效率。例如为了研究空气阻力对行驶着的飞机和汽车的作用，我们经常用风洞（图 1-3）来研究流动的空气对静止的飞机或汽车的作用。风洞

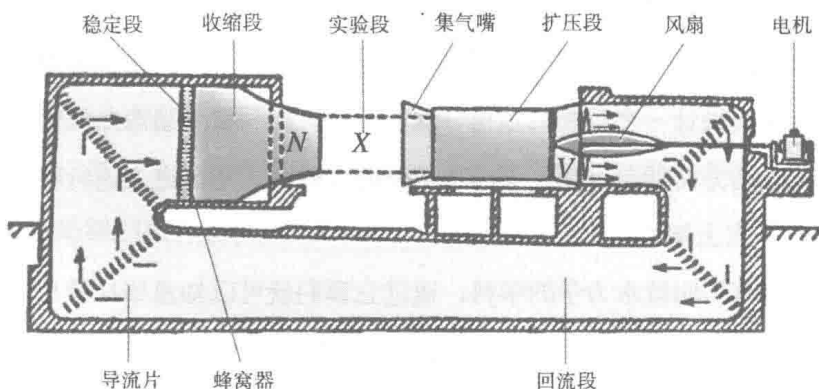


图 1-3 这是风洞的立剖面，有 X 号的工作室是用来挂飞机模型的。由风扇 V 煽动的空气会沿着箭头所指的方向运动，经过狭颈 N，最后吹入管子

是一个很大的管子，它里面可以产生很大的气流，人们就是通过这股气流对里面悬挂的静止飞机或是汽车的作用来进行研究的。这种现象和实际中空气不动，飞机和汽车高速行驶的情况正好相反，但是得出的结论却是相同的，很有实践意义。

现在有些风洞的大小已经可以放置实际尺寸大小的飞机和汽车模型了，风洞里的气流速度也早已达到了音速。

1.6 煤水车的原理

现在的铁路上也有运用经典相对论取得很大成效的例子，那就是飞速行驶的煤水车——旧时蒸汽机车后挂的装煤和水的车厢，在行驶过程中加水，这是个对机械现象反面巧妙利用的好办法。铁路工程师们的根据是：把一根下端弯曲的管子，垂直放入流动的水中，它的开口对准水流来的方向，这样水就会自动流进这个人们常说的毕托管里，管子里的水平面比外面的水面高度 H 要高出一部分， H 的大小取决于水流的大小。他们把这一现象调转了一下，将弯曲的管子放在静止的水里快速地移动，于是管子里的水就会上升到比外面的水平面高的位置。这这也是一个运动和静止相互替代的典型例子。

假如经过一些车站，火车不能停下来但是又需要加水，这就需要在车站的轨道中间设计一个很长的水槽（图 1-4）。把一根下端弯曲的管子开口向着火车前进的方向伸向下面。下面水槽里的水就会主动流进飞速行驶的煤水车里（图 1-4 右上部分）。

力学里有门叫做水力学的学科，通过它我们就可以知道毕托管里的水究竟可以上升到多高。这是一个专业探究液体运动的学科，该定律是这样说的：毕托管里水的上升高度和物体被水流速度垂直推上去的高度是一致的；假设忽略能量在摩擦和涡流等方面的消耗，则可得高度 H 的计算公式：

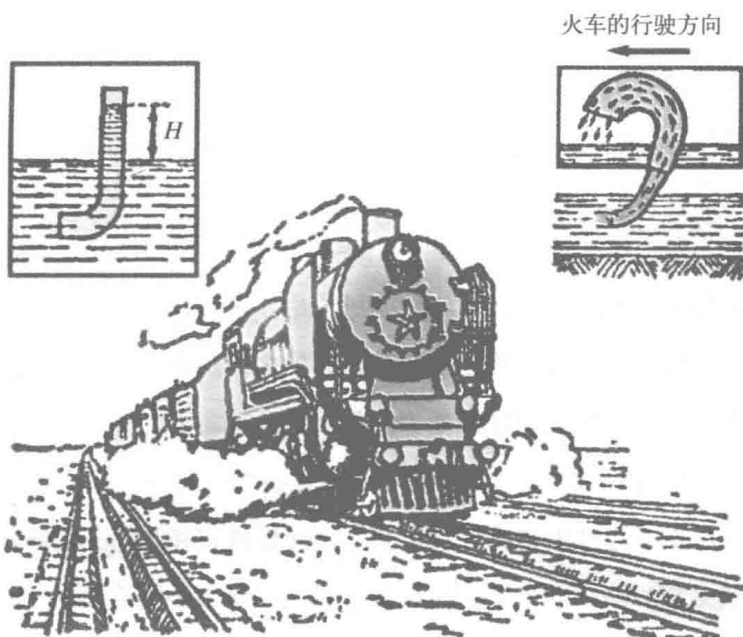


图 1-4 任何给急速行驶火车加水，把一个水槽铺设在两条铁轨的中间，然后在煤水车的下面伸出一根管子浸入水槽里。图的左上角是毕托管，在流动的水里放这样一根管子，它里面的水平面会比水槽里的水平面高。图的右上角是给火车加水用的毕托管

$$H = \frac{V^2}{2g}$$

其中 V 代表水流的速度， g 代表重力加速度，为 9.8m/s^2 。在这个情况下，我们可以认为水管的速度和火车的速度是一致的；以一个很小的速度 36km/h 计算可得 $V=10\text{m/s}$ ，所以 H 为：

$$H = \frac{V^2}{2 \times 9.8} = \frac{100}{2 \times 9.8} \approx 5\text{m}$$

由此可以得出一个非常明显的结论，无论我们忽略的能量消耗怎样大，煤水车还是有足够的条件被加满水的。

1.7 惯性定律的解释

当我们对运动的相对性进行了细致的讨论后，还应当对“力”——产生运动的根源有所了解。我们首先要了解的是力的独立作用定律，定义是：无论物体是静止还是受惯性作用或者在其他力的作用下运动，力对其所起的作用是一样的，不会受到任何影响。

这也是牛顿第二定律的推论，加上第一定律惯性定律和第三定律作用力和反作用力等值定律，这三个牛顿定律构成了我们经典力学的基础。

有关牛顿的第二定律我们以后重点讨论，这里只讲一下它的定义。第二定律是讲物体的加速度和作用力之间是成正比，跟物体的质量成反比，加速度的方向就是作用力的方向。公式为：

$$F = m \cdot a$$

公式中的 F 表示物体所受到的作用力； m 表示物体自身的质量； a 表示加速度。其中当属质量 m 最难让人弄明白了，很多人总是把它和物体的重量混为一谈，可实际的情况是这两者根本就是两回事。由上面的公式可以看得出，当在同一个力的作用下，不同物体间的质量大小可以通过加速度来进行比较（加速度越大，那么这个物体的质量就越小）。

下面我们重点讲惯性定律，它虽然有悖于人们的日常看法，但却是牛顿三定律中最简单的一个。但是许多人还是不能完全理解这个定律，总有一些人对它持有错误的理解。例如：把惯性理解为当受到外来原因破坏它自身的状态时，物体保持自身原有状态不变的性质。他们把惯性定律理解为原因定律，即没有起因事物的原有状态就不会变。这种理解是不正确的。惯性定律只是对应物体静止和运动两种状态，对其他状态并不适用。惯性定律的含义是：

除非受到外力的作用，否则一切物体都会保持它的静止状态或者匀速直线

运动状态不变。

换句话说，当一个物体在运动的时候，假如想要改变自己的运动方向；或想要使自己的运动停止，或是改变运动速度的时候。——我们只有用一个力作用于它才能行。

可是假如没有任何外力作用于物体，即使物体运动得飞快，也不会发生上面的变化。这是必须牢记的一点，假如没有任何外力的作用，或者作用于物体本身的几个力相互抵消了，那么物体会一直保持匀速直线运动。这是现代力学和中世纪（也就是伽利略之前）思想家们在认识上的重大区别。科学思维和普通思维在这一点上的认识区别很大。

就上面的观点看来，相对静止的物体间产生的摩擦在力学上也称作“力”，尽管相互摩擦的物体是相对静止的，但恰恰是这摩擦力使它们处于相对静止的状态。

需要再一次说明的是，所有物体的静止状态只是相对静止，并不是它趋向于停留在这样的状态。这就好比经常不出家门和有点小事也要出去的两种人的区别。一个不受任何阻力的物体，只要受到极微弱的力的作用，也会改变自己的运动状态，所以说运动才是它们本身具有的性质。在忽略各种摩擦阻力的情况下，物体一旦进入运动状态，它就会永远保持这个状态，绝不会自己主动停下来回到静止状态，因此物体趋向于停留在静止状态的说法是不正确的。

另一种错误的说法是，当有力作用于物体时，物体本身有抵抗性质。例如在向茶水里加糖使其变甜时，杯中的茶水有抵抗作用。

人们对惯性的错误认识大多都是从 20 世纪 30 年代的（本书是 20 世纪 30 年代写的）物理和力学课本里的“趋向于”三字来的，这主要是由于课本里用词不严谨造成的。要正确理解牛顿的第三定律，就要克服这些困难，接下来让我们来学习这个定律。