

向科学进军



ENTERTAINING MECHANICS 趣味力学

雅科夫·伊西达洛维奇·别莱利曼 (Я. И. ПЕРЕЛЬМАН) (俄) 【著】
谷羽 赵秋长【译审】

- 雅科夫·伊西达洛维奇·别莱利曼 ——
享誉世界的科普作家，
真正意义上的学者，
趣味科学的奠基人。





ENTERTAINING MECHANICS 趣味力学

雅科夫·伊西达洛维奇·别莱利曼 (Я. И. ПЕРЕЛЬМАН) (俄) 【著】
孙静萱 【译】 谷羽 赵秋长 【译审】

鄂新登字 04 号

图书在版编目 (C I P) 数据

趣味力学 / (俄罗斯) 别莱利曼著; 谷羽, 赵秋长译. — 武汉: 湖北少年儿童出版社, 2009.6

(别莱利曼趣味科学系列)

ISBN 978-7-5353-4615-5

I. 趣… II. ①别…②谷…③赵… III. 力学—普及读物
IV. 03-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 083805 号

书 名	趣味力学				
©	别莱利曼 著				
出版发行	湖北少年儿童出版社	业务电话	(027)87679199 (027)87679179		
网 址	http://www.hbcp.com.cn	电子邮件	hbcp@vip.sina.com		
承 印 厂	文字六〇三厂				
经 销	新华书店湖北发行所				
印 数	1-15 000	印 张	10.75	字 数	98 千字
印 次	2009 年 6 月第 1 版,2009 年 6 月第 1 次印刷				
规 格	680 毫米×980 毫米			开本	16 开
书 号	ISBN 978-7-5353-4615-5			定价	16.00 元

本书如有印装质量问题 可向承印厂调换

目 录

第一章 力学的基本定律



- | | | | |
|---------------------|----|-----------------------------|----|
| 1.1 关于两个鸡蛋的问题 | 6 | 1.8 作用力与反作用力 | 15 |
| 1.2 骑木马旅行记 | 7 | 1.9 关于两匹马的问题 | 17 |
| 1.3 常识与力学 | 8 | 1.10 关于两只船的问题 | 18 |
| 1.4 船上的决斗 | 9 | 1.11 步行者和蒸汽机车的奥秘 | 19 |
| 1.5 风洞 | 11 | 1.12 怪铅笔 | 20 |
| 1.6 疾驶的火车 | 12 | 1.13 所谓“克服惯性”，克服的是什么？ | 22 |
| 1.7 怎样理解惯性定律 | 13 | 1.14 火车车厢 | 22 |

第二章 力和运动



- | | | | |
|-----------------------|----|------------------------|----|
| 2.1 力学公式一览表 | 26 | 2.5 在海底射击 | 32 |
| 2.2 枪的后坐力 | 28 | 2.6 移动地球 | 34 |
| 2.3 日常生活经验与科学知识 | 30 | 2.7 错误的发明思路 | 36 |
| 2.4 月球上的大炮 | 31 | 2.8 飞行着的火箭重心在哪里？ | 38 |

第三章 重力



- | | | | |
|--------------------------|----|-------------------|----|
| 3.1 悬锤和摆的证明 | 42 | 3.5 磁山 | 49 |
| 3.2 在水里的摆 | 44 | 3.6 流上山的河 | 50 |
| 3.3 在斜面上 | 45 | 3.7 关于铁棒的问题 | 51 |
| 3.4 什么时候“水平”线并不水平？ | 46 | | |



第四章 下落和抛掷



4.1 日行千里靴	54	4.5 三条路	64
4.2 人体炮弹	57	4.6 关于四块石头的问题	66
4.3 掷球纪录	61	4.7 关于两块石头的问题	67
4.4 过危桥	62	4.8 掷球游戏	67

第五章 圆周运动



5.1 向心力	70	5.5 在铁路的弯道处	77
5.2 第一宇宙速度	72	5.6 飞车者之路	78
5.3 增加重量的简单方法	74	5.7 倾斜的大地	79
5.4 不安全的游乐设施	76	5.8 为什么河流是弯弯曲曲的? ...	82

第六章 碰撞



6.1 为什么研究碰撞现象很重要? ...	86	6.4 在槌球场上	92
6.2 碰撞力学	86	6.5 “力来自于速度”	93
6.3 研究一下自己的皮球	89	6.6 人体砧子	95

第七章 关于强度的一些问题



7.1 测量海洋深度	98	7.4 什么东西比头发的强度更大? ...	102
7.2 最长的悬垂线	100	7.5 为什么用管子制作自行车车架? ...	103
7.3 最强韧的材料	101	7.6 七根树枝的寓言	105



第八章 功 · 功率 · 能



- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 8.1 许多人对功的单位还不了解 ... 108 | 8.8 秤“高点儿” 119 |
| 8.2 怎样才能做出一千克的功? 109 | 8.9 亚里士多德的问题 120 |
| 8.3 怎样计算功? 110 | 8.10 易碎物品的包装 121 |
| 8.4 拖拉机的牵引力 111 | 8.11 这是谁的能量? 123 |
| 8.5 活体发动机和机械发动机 112 | 8.12 自动机械 125 |
| 8.6 一百只兔子和一头大象 114 | 8.13 摩擦取火 127 |
| 8.7 人类的机器奴仆 115 | 8.14 被溶解的弹簧的能 130 |

第九章 摩擦和介质阻力



- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 9.1 从冰山上滑下 134 | 9.6 雨滴的速度 140 |
| 9.2 关闭发动机之后 135 | 9.7 物体下落之谜 143 |
| 9.3 马车的车轮 135 | 9.8 顺流而下 146 |
| 9.4 机车和轮船的能量用到哪里了? 136 | 9.9 舵是怎样操纵船只的? 147 |
| 9.5 被水冲走的石头 137 | 9.10 什么时候被雨淋得更湿? ... 148 |

第十章 生物界中的力学

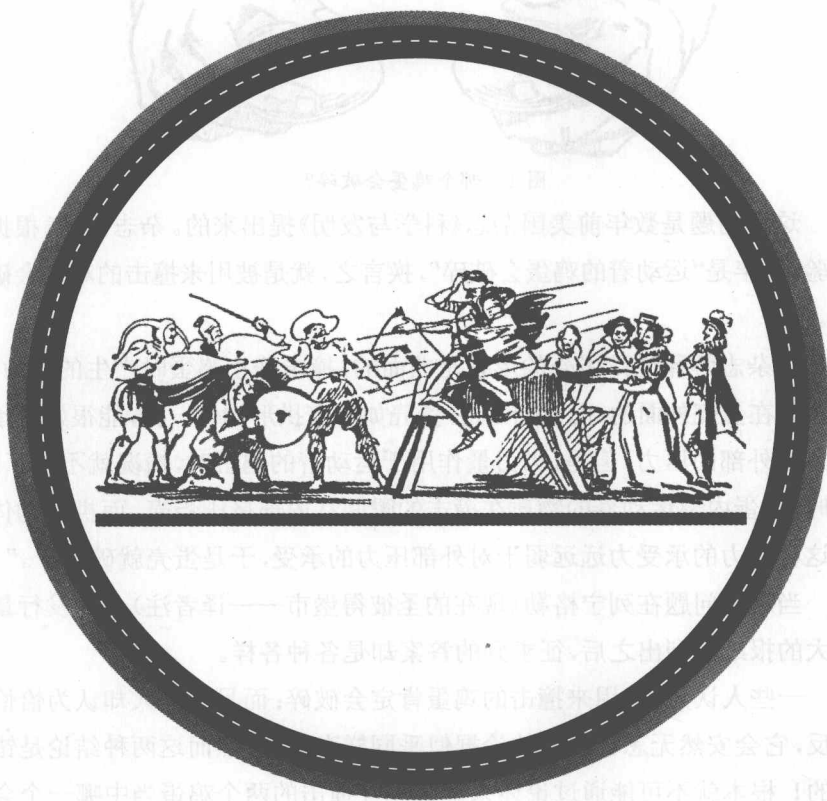


- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 10.1 格列佛和大人国 154 | 10.6 谁的飞行能力更强? 160 |
| 10.2 为什么河马的动作笨拙迟缓? 155 | 10.7 毫无损伤地落下 162 |
| 10.3 陆地生物的构造 156 | 10.8 为什么树木不会长得顶天高? 162 |
| 10.4 巨兽注定灭绝的命运 157 | 10.9 伽利略著作摘录 164 |
| 10.5 谁的跳跃能力更强? 158 | |



第 1 章

力学的基本定律





1.1 关于两个鸡蛋的问题

两手各持一个鸡蛋，然后用一个鸡蛋去撞击另一个鸡蛋（图1）。两个鸡蛋硬度相同，撞击的部位也相同。那么哪个鸡蛋会破碎呢？被撞击的还是用来撞击的？

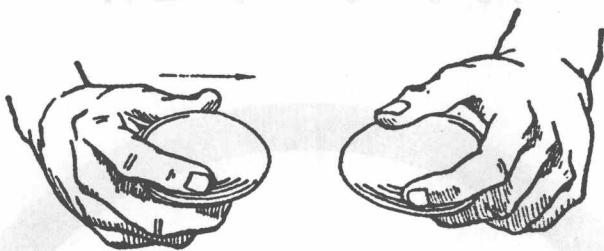


图1 哪个鸡蛋会破碎？

这个问题是数年前美国杂志《科学与发明》提出来的。杂志确信，根据实验，多半是“运动着的鸡蛋会破碎”，换言之，就是被用来撞击的鸡蛋会破碎。

该杂志解释说：“蛋壳的形状是曲面的，撞击静止鸡蛋时产生的压力，是作用在蛋壳外面的；而我们知道，蛋壳如所有拱形物体一样，能很好地承受来自外部的压力。但是，当力量作用于运动着的鸡蛋时，情况就不同了。此时，鸡蛋内部运动着的物质在撞击的瞬间从内部挤压蛋壳。而拱形物体对这种压力的承受力远远弱于对外部压力的承受，于是蛋壳就破碎了。”

当这个问题在列宁格勒（现在的圣彼得堡市——译者注）一家发行量极大的报纸上刊出之后，征求到的答案却是各种各样。

一些人认为，被用来撞击的鸡蛋肯定会破碎；而另一些人却认为恰恰相反，它会安然无恙。双方的论据似乎同样有道理，然而这两种结论是错误的！根本就不可能通过论述来确定相互撞击的两个鸡蛋当中哪一个会



破碎,因为撞击和被撞击的两个鸡蛋之间不存在差别。我们不应该强调去撞的鸡蛋是运动的,而被撞击的鸡蛋是静止的。静止是相对什么而言的呢?如果是相对地球而言,那么众所周知,我们的地球本身就是在星际之间进行着不同方式的各种运动。而“被撞击”的鸡蛋也和“去撞的”鸡蛋一样,也处于这种运动之中。谁也不会说它们当中的哪一个在星际之间运动得更快。要想根据运动和静止特征来预测鸡蛋的命运,那就只有翻阅全部天文学书籍,并参照静止的星球来确定相互撞击中的每个鸡蛋的运动。不过这样做也无济于事,因为我们看到的一个个星球也在运动,而且相对于其他星系来说,所有这些星球所属的星系——银河系也在运动。

看来,鸡蛋问题将我们引向了宇宙深处,却依然远没有解决问题。而如果对星空的观察能帮助我们明白一个重要的道理倒也有助于解决问题,这个道理就是,如果没有另外一个物体作为参照,所谓物体的运动简直就是谬论。一个孤立的物体是无所谓运动的;只有两个相互接近或相互远离的物体才可能实现位移。两个相互撞击的鸡蛋处于相同的运动状态:它们在相互靠近。这就是我们对它们的运动作出的结论。撞击的结果绝不取决于我们认为哪一个鸡蛋是静止的,而哪一个运动的。

三百年前伽利略第一次提出了匀速运动和静止的相对性。请读者务必不要将这个“经典力学的相对论”与上世纪初提出的、并且进一步发展了这种相对论的“爱因斯坦相对论”混为一谈。

1.2 骑木马旅行记

由 1.1 节可以得出结论,当周围物体处于反向匀速直线运动状态时,一个物体的匀速直线运动与静止是没有区别的。所以“物体做匀速运动”与“物体处于静止状态,但其周围物体在做反向匀速运动”实际上是同一个



现象。严格地讲, 我们不应该使用上述说法, 而应该说物体与其周围环境在做彼此相对的运动。这种观点如今也远没有被所有研究力学和物理学的人士所认识。然而生活在三百年前且从未读过伽利略著作的《堂吉诃德》的作者对这个观点却并不陌生。这个观点体现在塞万提斯作品中的一个饶有趣味的场景里——对光荣的骑士和他的仆从骑马马旅行那段描写:

“请骑上马背,” 人们对堂吉诃德说, “只要做到一点即可: 转动嵌入马脖子上的机关, 马就会飞起来并把我們带到玛拉姆布莫等待我们的地方。为了不至于因高度而感到头晕, 我们应该把眼睛蒙住。”

于是两个人蒙住了眼睛, 堂吉诃德转动了机关。

周围的人们开始使骑士相信自己已经飞得“比箭还快”了。

“我发誓,” 堂吉诃德对仆从郑重说道, “我这辈子从没有乘坐过如此平稳的坐骑, 一切顺利, 风儿扑面。”

“是啊,” 桑乔答道, “我感到了很大的风, 就好像有一千个风箱在对着我吹。”

事实果真如此, 因为有几个巨大的风箱正在对着他们猛吹。

塞万提斯的木马其实就是如今在展览会和公园里为娱乐大众而发明出的各种娱乐设施的原型。它们都是根据力学中不能将静止与匀速运动分割开来的原理而设计出来的。

1.3 常识与力学

许多人习惯于把静止和运动对立起来, 就像把天地、水火对立起来一样。但是这并没有影响他们在火车上过夜, 而且丝毫不必关心火车是停着



还是在疾驶。但是他们却在理论上拒不认为可将疾驶的火车看作静止，而火车下的铁轨、大地和整个周围环境在做反方向运动。

“火车司机凭借常识会不会接受这种说法呢？”爱因斯坦在论述这个观点时问道，“司机会反驳说，他烧热和润滑的是机车，而非周围环境。他工作的结果理应作用于机车，也就是说使机车运动。”

乍看上去，这个观点似乎理据充足，几乎无可反驳。但我们假设一下，如果火车沿一条顺赤道铺设的铁轨向西方，向与地球自转相反的方向疾驶，那么周围环境就将向火车迎面扑来，而此时燃料只能使火车不被拉向后退，确切地说，是使火车保持略微慢于周围环境向东方的运动速度。如果司机想使火车完全不受地球自转的影响，他就必须使火车达到大约每小时 2,000 千米的速度。

而实际上他根本找不到这样的机车，只有喷气式飞机可以达到这样的速度。

当火车保持匀速运动时，实际上根本不可能确定火车和周围环境究竟哪一个是静止的，哪一个是运动的。物质世界的构造就是如此。在任何类似情况下都不可能绝对解决诸如是否存在匀速运动或静止的问题。我们只能研究物体之间相对的匀速运动，因为观察者本身的匀速运动并未影响到被观察的现象及其规律。

1.4 船上的决斗

我们可以设想一种情况，此时大概许多人都很难去实际运用相对论了。比如说在航行的船甲板上有两个射手，他们彼此相互瞄准(图 2)。他们两人身处的条件毫无二致。那么背向船头站着的射手会不会抱怨说，他射出的子弹要比对方射出的子弹飞得慢？

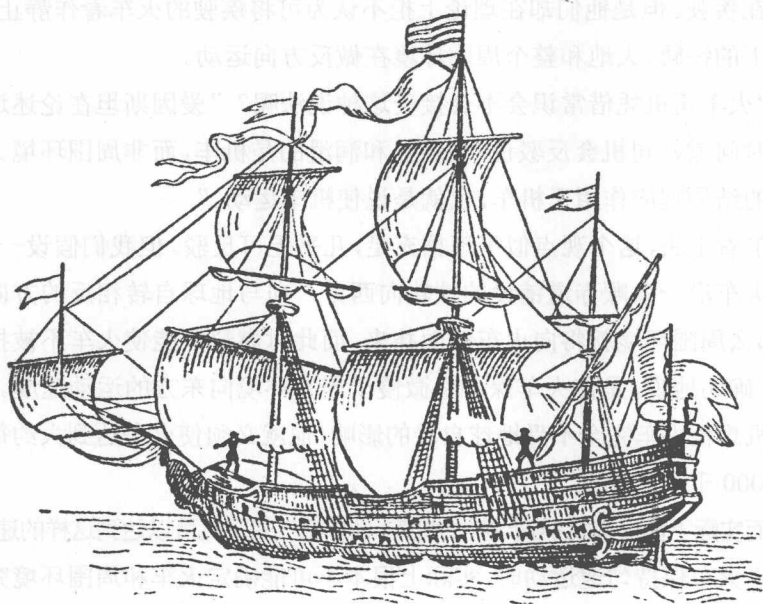


图2 谁的子弹先射中对方？

当然，相对海面来说，逆着船行方向射出的子弹要比在静止的船上射出的子弹飞得慢些，而向船头射出的子弹要飞得快些。但这丝毫没有影响决斗的条件，因为向船尾射去的子弹其目标也正向它迎面飞来，所以当船做匀速运动时，子弹速度上的欠缺恰好被目标迎面而来的速度抵消了。而射向船头的子弹却要追赶正远离自己的目标，这个目标的速度与子弹增加的速度相等。

结果是，与各自的目标相对而言，两个子弹的运动与其在静止船上的运动完全一样。

应该说明一下，这里所说的情况只适用于做直线匀速运动的船上。

这里可以引用伽利略第一次提及经典相对论的那本书中的一段话（这本书使它的作者险些被宗教裁判所烧死）。

“假设将自己和朋友关在一艘大船甲板下的大房间里，而且大船是在



匀速运动,那么你们就不能立刻判断出船是在运动还是静止着。如果你们跳远,那么在地板上跳出的距离和在静止的船上跳出的距离相同。尽管当你腾空向船尾跳起时脚下的地板正向与你相反的方向移动,你们也不会因为船在高速运动而向船尾跳得更远,向船头跳得近些。当你向同伴丢掷东西时,你从船尾向船头丢掷所用的力气绝不比向相反方向丢掷时用的力气大。苍蝇也会到处飞,它们不会只停留在靠近船尾的一边。”等等。

于是,常用来诠释经典相对论的定义就容易理解了:“某个体系中的运动的特性并不取决于该体系是静止的还是作与地面相对的匀速直线运动。”

1.5 风洞

在实际生活中,有时依据经典相对论的原理用静止代替运动,或用运动代替静止往往会收到很好的效果。为了研究飞机或汽车行进时空气阻力对它们的影响,一般会研究其“相反的现象”,即研究运动的气流对静止飞机的作用。在实验室设置一个很大的管子——风洞(图3),在其中形成空气流,然后研究该空气流对悬挂着的静止的飞机或汽车模型的作用。尽管实际情况恰恰相反:空气静止,而飞机或汽车却高速地在空气中运动,但研究的结果和发现的确适用于实践。

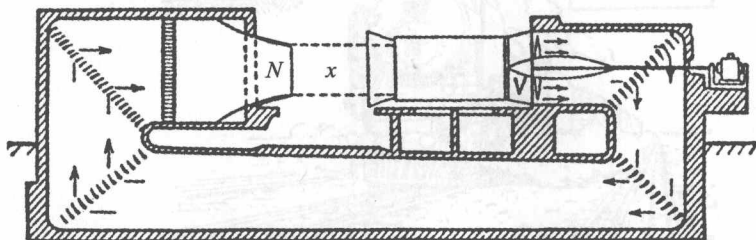


图3 风洞的纵剖面。

飞机或机翼的模型悬挂在标有 x 标记的工作舱里,空气在风扇 V 的作用下沿箭头方向运动,经过狭窄的喷口吹向工作舱,然后重新被吸入风洞中。



现在已经制造出体积巨大的风洞，里面放置的已不再是缩小的模型，而是装有螺旋桨的整架飞机或整部中型汽车。风洞中空气的流动速度可以达到音速的水平。

1.6 疾驶的火车

我们可以将铁路运输中的一个技术视为运用经典相对论原理的又一个成功范例。煤水车有时可以在火车疾速行驶的情况下加水。方法是巧妙地将大家熟知的一个力学现象“转换”一下：将一个下端弯曲的管子垂直放入水流中，管子下端的开口迎着水流的方向（图4），于是流动的水就会进入这个被称为“毕托管”的管子里面，并且使管子里的水面高出水流的水平面，所高出的部分 H 取决于水流速度。铁路工程师们将这个现象“转换”了：他们使弯管在静止的水中运动，于是管子里的水就上升到比水池的水平面高的地方。这里静止代替了运动，而运动也代替了静止。

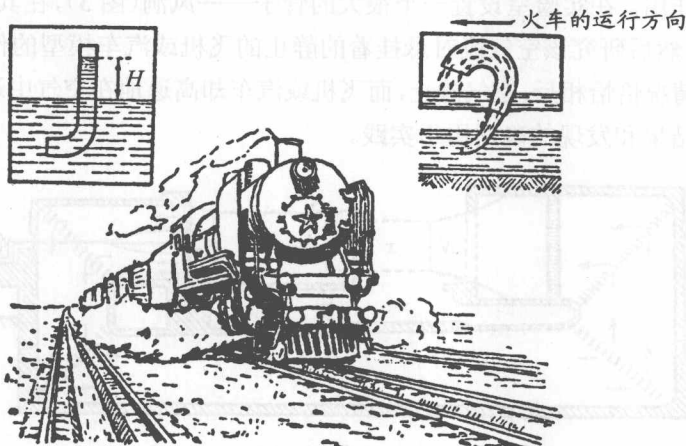


图4 疾驶的火车怎样加水。在两条铁轨之间修建一个长长的水槽，煤水车下端的管子浸入其中。左上图为毕托管。将其放入流动的水中，管子里的水平面会高出水槽的水平面。右上图为疾驶的火车利用毕托管为煤水车加水。



如果火车通过一些车站时需要在运行中给煤水车加水,那么就要在两条铁轨之间修建一个长长的水槽(图4),从煤水车上垂下一条弯曲的管子,管子下端的开口面向火车运行的方向。水在管子里上升进入到快速行驶的火车的煤水车里(图4的右上图)。

使用这个巧妙的方法能把水提升多高呢?力学中有一个分支叫做水力学,是研究液体运动的。根据水力学的定理,毕托管里的水所提升的高度应该等于用水流速度垂直向上抛掷物体的高度;如果忽略不计在摩擦、涡流等方面所消耗的能量,这个高度 H 可用下列公式求出:

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

式中, v 为水流速度, g 是重力加速度,等于 9.8 米/秒²。在上述的例子中,相对管子来说,水的速度等于火车的速度。我们权且用一个比较保守的速度 36 千米/小时来计算,那么 $v = 10$ 米/秒^①,所以水的提升高度应为:

$$H = \frac{v^2}{2 \times 9.8} = \frac{100}{2 \times 9.8} \text{米} \approx 5 \text{米}$$

从上面的计算可以明显看出,无论由于摩擦或其他什么没考虑到的原因而消耗多少能量,水的提升高度都足以用来给煤水车加满水。

1.7 怎样理解惯性定律

在我们详细谈了运动的相对性之后,不妨对产生运动的原因——力略加论述。首先我们应该指出力的独立作用定律,即力对物体的作用与该物体是否处于静止或受惯性作用运动,是否在其他力的作用下运动均无关系。

这是为经典力学奠定基础的牛顿三定律之一的“第二”定律的结论。

^①此处及后面计算中的千米/小时均表示每小时的千米数,米/秒表示每秒钟的米数,米/秒²是加速度单位,即在匀加速运动中1秒钟改变的速度为1米/秒。



其中第一定律是惯性定律,第三定律是作用力与反作用力相等定律。关于牛顿第二定律本书将在下一章去讨论,因此这里就不再赘述。第二定律的大意是:速度变化的量就是与作用力成比例且与其方向相同的加速度。这个定律可用下列公式表示:

$$F = m \cdot a。$$

式中, F 是作用于物体上的力, m 是物体的质量, a 是物体的加速度。在这个公式中的三个量中,最难理解的是质量。人们常把质量与重量混同起来,而实际上质量与重量是完全不同的概念。物体的质量可以根据它们在同—个力的作用下所得到的加速度来比较。从上面的公式可以看出,物体在力的作用下得到的加速度越小,它的质量就越大。

虽然惯性定律与没有物理学知识的人的习惯看法相反,但它却是牛顿三定律中最容易理解的^①。可是有些人却完全误解了这个定律。常常有人把惯性理解为物体“在外因尚未破坏其原有状态前该物体保持原有状态”的特性。这个普遍的观点把惯性定律理解为原因定律了,即没有原因什么都不会发生(也就是说任何物体都不会改变其状态)。真正的惯性定律不涉及物体的任何物理状态,它只关系到静止和运动。它的内容是:

在外力作用于物体并改变其状态之前,一切物体均保持自己静止或匀速直线运动的状态。

这就是说,每当物体

- 1)进入运动状态;
- 2)将自己的直线运动改变为曲线运动或原本就在进行曲线运动;
- 3)停止运动,运动速度加快或变慢——此时我们都应作出这样的结论:该物体受到了力的作用。

如果物体在运动的过程中没有发生上述变化中的任何一种,那么无论它的运动速度有多么快,该物体都没有受到力的作用。一定要牢牢记住,

^①与习惯看法相反,惯性定律的一部分说,做匀速直线运动的物体无需任何外力的作用。错误看法是,既然物体在运动,它就必定要受到外力的作用,如果这个外力消失,运动也就停止了。