

Chapter



第一章
速度和运动

1.1 我们行动得有多快?

优秀的径赛运动员跑完1500米,大约需要3分35秒。如果想把这个速度跟普通步行速度——每秒钟1.5米——做一个比较,必须先做一个简单的计算。计算的结果告诉我们,这位运动员跑的速度竟达到每秒钟7米之多。当然,这两个速度实际上是不能够相比的,因为步行的人虽然每小时只能走5千米,却能连续走上几小时,而运动员的速度虽然很快,却只能够持续很短一会儿。步兵部队在急行军的时候,速度只有赛跑的人的三分之一;他们每秒钟走2米,或每小时走7千米多些,但是跟赛跑的人相比,他们的长处是能够走很远很远的路程。

假如我们把人的正常步行速度去跟行动缓慢的动物,像蜗牛或者乌龟的速度相比,那才有趣哩。蜗牛这东西,确实可以算是最缓慢的动物:它每秒钟一共只能够前进1.5毫米,也就是每小时5.4米——恰好是人步行速度的千分之一!另外一种典型的行动缓慢的动物,就是乌龟,它只比蜗牛爬得稍快一点,它的普通速度是每小时70米。

人跟蜗牛、乌龟相比,虽然显得十分敏捷,但是,假如跟周围另外一些行动还不算太快的东西相比,那就另当别论了。是的,人可以毫不费力地追过大平原上河流的流水,也不至于落在中等速度的微风后面。但是,如果想跟每秒钟飞行5米的苍蝇来较量,那人就只有用滑雪橇在雪地上滑溜的时候,才能够追得上。至于想追过一头野兔或是猎狗的话,那么人即使骑上快马也办不到。如果想跟老鹰比赛,那么人只有一个办法:坐上飞机。

人类发明了机器,这就成了世界上行动最快的一种动物。

相比较而言,苏联生产的带潜水翼的客轮速度可以达到60~70千米/时。而在陆地上人的移动速度可以更快。在某些路段上苏联的客运火车速度可以达到100千米/时。新型轿车吉尔—111(图1)时速可达170千米,而“海鸥”牌可以达到160千米/时。

而现代飞机的速度远远超过刚才的数字。在苏联的很多民用航线上使用的图—104和图—114(图2)的平均速度约800千米/时。在不久前对于飞



图1 吉尔-111型轿车

机制造而言，超越声速（330米/秒，即1200千米/时）还是一个难题，但如今这个难题已经被克服了。小型喷气式飞机的速度已经达到2000千米/时。

人类制造的工具还可以达到更快的速度。在接近浓密大气层的边缘处飞行的人造地球卫星速度大约8千米/秒。飞向太阳系行星的宇宙飞船获得的初始速度已经超过第二宇宙速度（11.2千米/秒，地球表面）。



图2 图-104型客机

读者现在可以看一看下面这个速度比较表：

	米/秒	千米/小时		米/秒	千米/小时
蜗牛	0.0015	0.0054	野兔	18	65
乌龟	0.02	0.07	鹰	24	86
鱼	1	3.5	猎狗	25	90
步行的人	1.4	5	火车	28	100
骑兵常步	1.7	6	小汽车	56	200
骑兵快步	3.5	12.6	竞赛汽车	174	633
苍蝇	5	18	大型民航飞机	250	900

滑雪的人	5	18	声音（空气中）	330	1200
骑兵快跑	8.5	30	轻型喷气飞机	550	2000
水翼船	17	60	地球的公转	30,000	108,000

1.2 与时间赛跑

能否在上午8点从符拉迪沃斯托克出发，然后同样在上午8点到达莫斯科？这个问题还是很有意义的。答案是，当然可以。要弄明白这个问题，只需要知道这样一个事实：在莫斯科与符拉迪沃斯托克之间有9小时时差。如果飞机用9个小时穿越莫斯科与符拉迪沃斯托克之间的距离，它到达莫斯科的时间正好是从符拉迪沃斯托克起飞的时间。

符拉迪沃斯托克与莫斯科之间的距离大约是9000千米。这就是说，飞机的速度大约是 $9000 \div 9 = 1000$ 千米/时。在现代技术水平下这个速度是完全可以达到的。

为了实现沿着纬线飞行“超过”太阳（或者，准确地说，超过地球），其实不需要很高的速度。在 77° 纬线上，飞机只要按照约450千米/时的速度飞行就能够在地球自转的同时在相应固定的时间间隔里经过某一固定点。对于这架飞机的乘客而言，太阳是静止不动地挂在天上，而永远不会落下的（当然，飞机必须按照合适的方向飞行）。

“超过”围绕地球旋转的月球也不是件难事。月球绕地旋转的速度只是地球自转速度的 $\frac{1}{29}$ （当然此处是指角速度，而不是线速度）。因此一艘普通的轮船按照25~30千米/时的速度航行就能够在中纬地区沿纬线“赶上”月亮。

而马克·吐温在自己的随笔中也提到了这一现象。在穿越大西洋从纽约到亚速尔群岛的航程中一路是夏日晴朗的天气，而晚上甚至比白天天气还要好。我们观察到了一种奇怪的现象：月亮在每晚的同一时刻出现在天空的同一位置。对于我们来说这一现象最初是令人费解的，但我们很快就理解了其中原委：我们按照每小时在经度上跨越20分的速度向东行驶，就是说正好是使我们与月球保持同步的速度。

1.3 千分之一秒

我们已经习惯使用人类的计时单位，因此，对于我们，千分之一秒的意义简直就等于零。但是，这个微小的计时单位，却在不久之前开始在我们的实际生活上找到了应用。当人类还只是根据太阳的高度或者阴影的长短来判定时间的时候，即使想计算时间准确到几分钟也是不可能的（图3）；当时，人们把一分钟看成是无所谓的时间，根本不值得去量它。古时候，人们过着毫不着急的生活，在他们的日晷、滴漏、沙漏等時計上，根本就没有“分钟”的分度（图4）。直到18世纪初叶，時計面上才出现了指示“分钟”的指针——分针，而秒针还直到19世纪初才出现。

千分之一秒，在这样短促的时间里能够做些什么事情呢？能够做的事情多得很！是的，火车在这一点时间里只能跑3厘米，可是声音就能够走33厘米，超音速飞机大约能够飞出50厘米；至于地球，它可以在千分之一秒里绕太阳转30米；而光呢，可以走300千米。

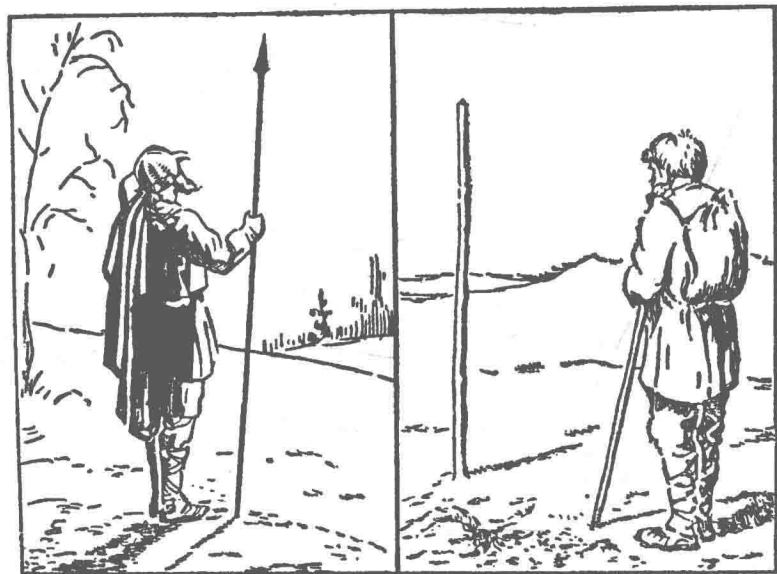


图3 根据太阳的高低（左）或者阴影的长短（右）来判定时间。

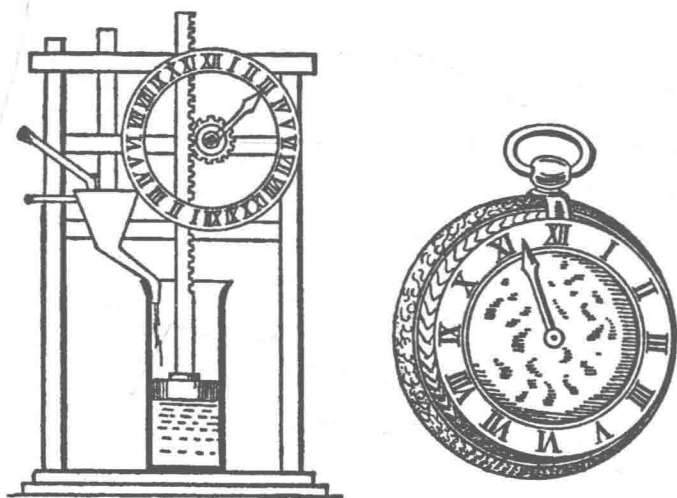


图4 左边是古时候用的滴漏计，右边是旧时的怀表。这两种计上都还没有“分钟”的划分。

在我们四周生活着的微小生物，假如它们会思想，大概它们不会把千分之一秒当做“无所谓”的一段时间。对于一些小昆虫来说，这个时间就很可以察觉出来。一只蚊子，在一秒钟之内要上下振动它的翅膀500~600次。因此，在千分之一秒里，它来得及把翅膀抬起或放下一次。

人类自然不可能用自己的器官做出像昆虫那样快的动作。我们最快的一个动作是“眨眼”，就是所谓“转瞬”或“一瞬”的本来意思。这个动作进行得非常之快，使我们连眼前暂时被遮暗都不会觉察到。但是，很少人知道这个所谓无比快的动作，假如用千分之一秒做单位来测量的话，却是进行得相当缓慢的。“转瞬”的全部时间，根据精确的测量，平均是0.4秒，也就是400个千分之一秒。它可以分做几步动作：上眼皮垂下（75~90个千分之一秒），上眼皮垂下以后静止不动（130~170个千分之一秒），然后上眼皮再抬起（大约170个千分之一秒）。这样你可以知道，所谓“一瞬”其实是花了一个相当长的时间的，这期间眼皮甚至还来得及做一个小小的休息。所以，假如我们能够分别察觉在每千分之一秒里所发生的景象，那么我们便可以在眼睛的“一瞬”间看到眼皮的两次移动以及这两次移动之间的静止情形了。

假如我们的神经系统果真有了这样的构造，我们所看到的周围事物会使你惊奇到想象不到的程度。作家威尔斯在他的小说《最新加速剂》里，对于在这种情形下所看到的惊人图画有过动人的描写。这部小说的主人公喝下了一种神奇的药酒，这酒对于人的神经系统会产生一种作用，使视觉能够接受各种极快的动作。

下面是从这篇小说里摘录下来的几段：

“在这以前，你可曾看见过窗帘像这样贴牢在窗子上吗？”

我向窗帘望了一望，看见它仿佛冻僵了似的，而且它的一角给风卷起来以后，就这样保留着卷起的样子。“我从来没有看见过，”我说，“真是多么奇怪呀！”“还有这个呢？”他说，一面把他那握着玻璃杯的手指伸直开来。我以为杯子一定马上要跌碎了，但它却没有动一动：它一动不动地悬在空中。“你一定知道，”希伯恩说，“自由落下的物体在落下的第一秒里要落下5米。这只杯子也正在跑它的5米路，——但是，你是明白的，现在一共还没有过百分之一秒^①，这件事情可以使你对我这‘加速剂’的功效有更深一步的认识。”

玻璃杯慢慢地落下去了。希伯恩把手在杯子四周以及上下方绕转着……

我向窗外望了望。一个僵化在那儿的骑自行车的人，正追着一辆也是寸步不动的小车，自行车后面弥漫着一片僵化了的尘土。……我们的注意力被一部僵化了的马车吸引住了。车轮的上缘、马蹄、鞭子的上端以及车夫的下颌（他正在打呵欠）——这一切，虽然慢，还都在动着；但是这辆车上的其余一切却完全僵化了，坐在车上的人恰似石膏像一般。……有一个乘客在想迎风把报纸折起的时候僵化了，但是对于我们，这阵风是根本没有的。

……方才我所谈、所想以及所做的一切，都是当“加速剂”渗透到我身体机能之后所发生的事，这些，对于别人以及对于整个宇宙，都只是发生在一瞬间的事。

① 这里应该注意，一个自由落下的物体，在落下第一秒的第一个百分之一秒的时间里，所落下的距离并不是5米的百分之一，而是5米的万分之一，就是0.5毫米（按公式 $S=\frac{1}{2}gt^2$ 计算）；至于在第一个千分之一秒里，那一共只落下0.005毫米。

读者们一定很愿意知道，现代科学仪器究竟能够测到多么短的时间？还在我们这一世纪开始的时候，就已经可以测出 $\frac{1}{10,000}$ 秒来；现在物理实验室里可以测到 $\frac{1}{100,000,000,000}$ 秒。这个时间跟一秒钟的比值，大约和一秒钟跟3000年的比值相等！

1.4 时间放大镜

当威尔斯写这篇《最新加速剂》的时候，他可曾想到，这样的事情以后竟会在实际生活里实现？但是，他真算幸运——他居然活到了这一天，能够有机会用他自己的两只眼睛——虽说只是在电影银幕上——看到当时他的想象所构成的图画。这可以叫做“时间放大镜”，是把平时进行得非常快的现象用缓慢的动作在银幕上表演出来。

所谓“时间放大镜”其实只是一种电影摄影机，它和普通电影摄影机不同的地方，只在于不像普通摄影机每秒钟只拍摄24张照片，而是要拍出多好多倍的照片来。假如把这样拍得的片子仍旧用普通每秒钟24片的速度放映出来，那么观众就可以看到拖长了的动作，就可以看到比原来速度慢了许多许多的动作。关于这一点，读者们大概在电影上也已经看到过，例如表演跳高姿势的缓慢动作以及别种滞延动作。在比较复杂的同类仪器的帮助之下，人们已经可以达到更缓慢的程度，简直可以看到像威尔斯的小说里所描写的那些情形了。

1.5 我们什么时候绕太阳转得更快些：在白昼还是在黑夜？

巴黎的报纸有一次曾经刊出一则广告，里面说每个人只要花25生丁^①钱，就可以得到又经济又没有丝毫困急痛苦的旅行方法。果然就有一些轻率的人按址寄了25生丁钱去。这些人每人得到一封回信，内容是这样的：

^① 生丁是以前的法国货币单位，一百生丁等于一法郎。

先生，请您安静地躺在您的床上，并且请您记牢：我们的地球是在旋转着的。在巴黎的纬度—— 49° ——上，您每昼夜要跑25,000千米以上。假如您喜欢看看沿路美好的景致，就请您打开窗帘，尽情地欣赏星空的美丽吧。

这位先生终于被人用欺诈的罪名告到法院。他听完判决，付出所判的罚金之后，据说曾经用演剧的姿态站了起来，郑重地复述了伽利略的话：

“可是，无论如何它确实是在转着的呀！”

这位被告在一定意义上是正确的，因为地球上的居民不只绕着地轴在“旅行”，同时还给地球带着用更大的速度绕着太阳转。我们的地球带着它的全数居民在空间每秒移动30千米，同时还要绕地轴旋转。

这里可以提出一个有趣的问题：我们——住在地球上的人——究竟在什么时候绕太阳转得更快一些：在白昼还是在黑夜？

这个问题很容易引起误会，地球的一面如果是在白昼，那么它的另一面就必然是在黑夜，那么，这个问题的提出究竟有什么意义呢？恐怕是毫无意义的吧。

然而这不是这么一个问题。这儿要问的并不是整个地球在什么时候转得比较快，而是问，我们——地球上的居民——在众星之间的移动究竟在什么时候要更快一些。这样一个问题是不能够认为毫无意义的。我们在太阳系里是在进行两种运动的：绕太阳公转，同时还绕地轴自转。这两种运动可以加到一起，但是结果并不始终相同，要看我们的位置在地球的白昼或黑夜的一面来决定，请注意图5，你就可以明白在午夜的时候，地球的自转速度要和它的公转前进速度相加，但是在正午时候刚刚相反，地球的自转速度要从它的公转前进速度里减去。这样看来，我们在太阳系里的移动，午夜要比正午更快些。

赤道上的每一点，每一秒大约要跑500米，因此，在赤道地带，正午跟午夜速度的差数竟达到每秒钟整整一千米。例如，一个懂几何学的人也会不难算出，在圣彼得堡（它是在北纬 60° 上），这个差数却只有一半：圣彼得堡的居民，午夜在太阳系里每秒所跑的路，比他们在正午跑得快500米。

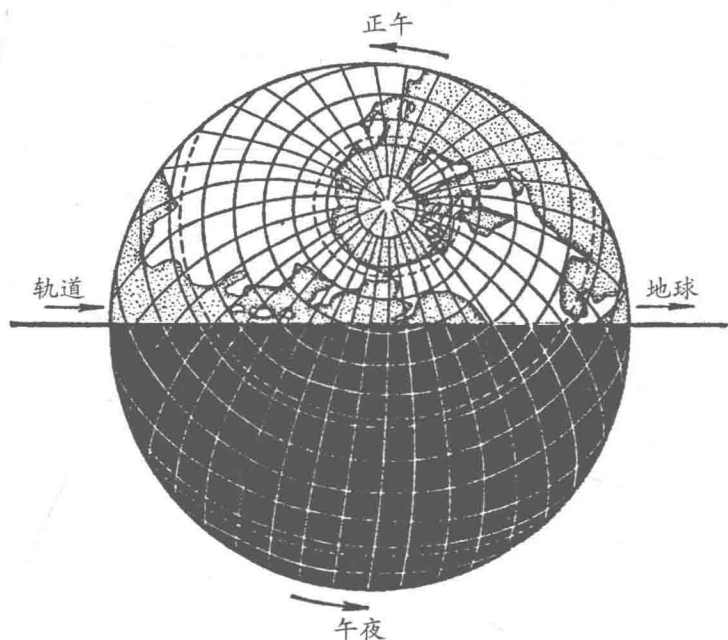


图5 人们绕日的移动；在地球的夜半球上要比在昼半球上更快些。

1.6 车轮的谜

试把一张颜色纸片贴在手车的车轮（或者自行车的车胎）上，就可以在手车（或者自行车）行动的时候看到一种不平常的现象：当纸片在车轮跟地面相接触的那一端的时候，我们可以清楚地辨别纸片的移动；但是，当它转到车轮上端的时候，却很快闪过去了，使你来不及把它看清楚。

这样看来，车轮的上部仿佛要比下部转动得快些。这种情形你也可以在随便哪辆行驶着的车子的上下轮辐上看到，你看到的是轮子的上半部轮辐几乎连成一片，而下半部的却仍旧可以一条一条辨别清楚。这儿又使人产生一个印象，仿佛车轮的上半部要比下半部旋转得快些。

那么，这个奇怪的现象要怎样解释呢？这个解释很简单，只不过由于车轮的上半部的确要比下半部移动得更快一些罢了。这件事初看的确

不大好懂，但是只要这样想一下就会对这个结论完全相信：你知道滚动着的车轮上的每一点都在进行两种运动——绕轴旋转的运动和跟轴同时向前移动的运动。因此，就跟前节所说地球的情形一样，两个运动应该加合起来，而这加合的结果对于车轮的上半部和下半部并不相同。对于车轮的上半部，车轮的旋转运动要加到它的前进运动上，因为这两个运动都是向同一方向的。但是对于车轮的下半部，车轮的旋转却是向相反方向的，因此也就要从前进运动里减了下来。就一个静止的观测的人看来，车轮上半部移动得比下半部更快一些，原因就在这里。

为了证明事情的确是那样，可以做一个简单的实验（图6）。把一根木棒插在一辆车子的车轮旁边的地上，使这根木棒恰好竖直通过车轮的轴心，然后，用粉笔或炭块在轮缘的最上端和最下端各画出一个记号，这两个记号应该恰好是木棒通过轮缘的地方。现在，把车轮略略滚动，使轮轴离开木棒大约20~30厘米，然后再去看看方才的两个记号有了怎样的移动。上面的一个记号A移动了一大段距离，而下面的那个记号B却一共只离开木棒一点儿——上面的A点比下面的B点显然是移动了更大的一段距离。

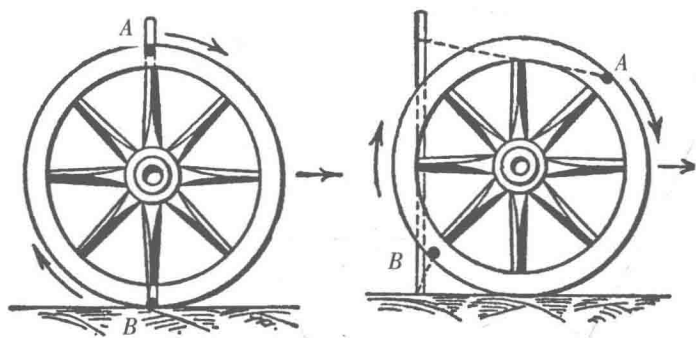


图6 怎样证明车轮上半部的确比它的下半部移动得更快，请比较滚开了的车轮上A、B两点跟固定不动的木棒之间的距离（右图）。

1.7 车轮上最慢的部分

方才我们已经知道，行驶着的车子的车轮上所有各点，并不移动得一

样快慢。那么，一个旋转车轮上究竟哪一部分移动得最慢呢？

移动得最慢的，不难想象是跟地面接触那一部分的各点。严格地说，这些点在跟地面接触的一瞬间，它们是完全没有向前移动的。

当然，以上所说的一切，都只是对于向前滚动的车轮说来是对的，但是对于那些只在固定不动的轮轴上旋转的轮子却不适用。例如一只飞轮，轮缘上的随便哪一点都是用相同的速度在移动的。

1.8 不是开玩笑的问题

下面还有一个很有趣的问题：有一列火车假定从甲地驶向乙地，在这列车上有没有这样的一些点，在跟路轨的相对关系上说，正在向反方向——从乙地向甲地——移动着？

你觉得这个题目出得荒唐吗？但是事实上这列车的每一个车轮每一瞬间有这种向反方向移动的点。你可知道它们究竟在什么地方吗？

你当然知道火车轮缘上有一个凸出的边。好，那么让我来告诉你，当火车向前行进的时候，这个凸出边的最低一点竟不是向前移动，而是向后移动的！

你觉得奇怪吗？好，那么做完下面这个实验你就明白了。找一个圆形的东西，例如一枚硬币或者一个纽扣，把一根火柴用蜡粘在这圆东西的直径上，让它有长长的一段露出在外面。现在，把这个圆东西放在尺边上的C点（图7），把它从右向左滚动，你就可以看到火柴的F、E、D各点不但没有跟着向前移动，倒相反地向后退去，火柴上离圆东西的边越远的点，在圆东西向前滚

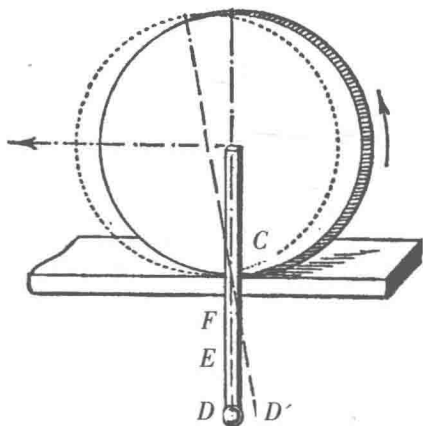


图7 硬币和火柴的实验。硬币向左方滚去的时候，火柴露在硬币外面的部分F、E、D各点却向反方向移动。

动时候倒退的现象也越显著（ D 点移到了 D' 点）。

火车的车轮凸出部分的下端当火车前进的时候，也恰好跟我们这个实验里的火柴露出的部分一样，是向反方向移动的。

现在，我说在飞驶着的火车上有一些不是向前而是向后移动的点，你已经不会觉得奇怪了。这个反方向的移动固然一共只延续几分之一秒，尽管在我们的印象里一向都没有这种认识，但是在飞驶的火车上向反方向移动的点终究是有的。这一点，图8和图9可以给我们很好的解释。

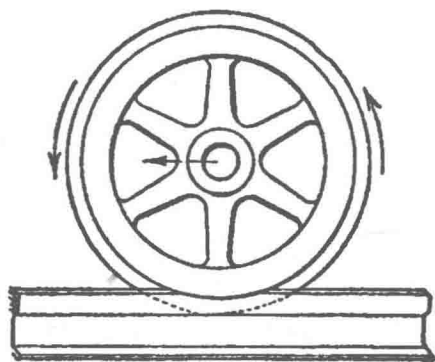


图8 当火车车轮向左滚动的时候，它的凸出部分下端却向方（反方向）移动。

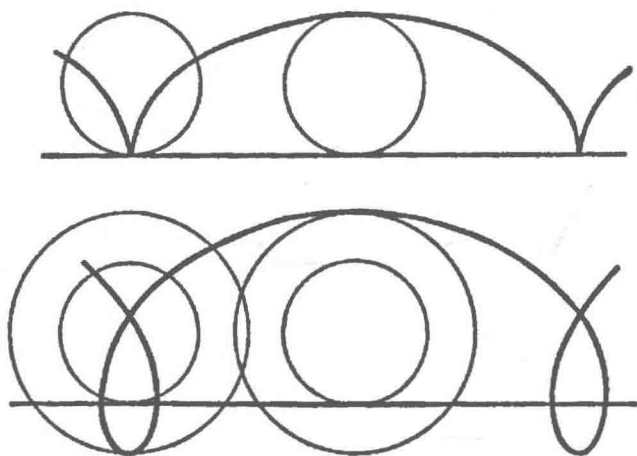


图9 上图表示滚动车轮上每一点所画出的曲线（摆线），下图表示火车车轮凸出部分各点所画出的曲线。

1.9 帆船从什么地方驶来？

假定有一只舢板，正在湖上划行，并且假定图10里的箭头 a 表示它的行动方向和速度。前面有一只帆船，正在跟舢板垂直的方向上行驶着，箭头 b 表示帆船的方向和速度。假如有人问你，这只帆船是从什么地方驶来的，你一定立刻能够指出岸上的 M 点来；但是，假如把这个问题提给坐在舢板上的乘客，那么他们会指出完全另外的一点来。为什么呢？

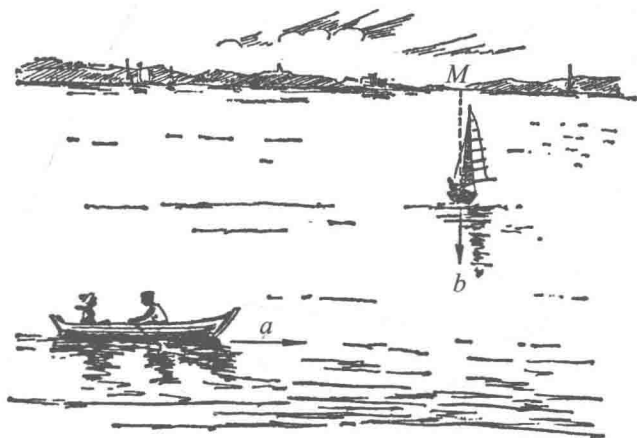


图10 帆船沿着跟舢板垂直的方向行驶。 a 、 b 两箭头表示速度。舢板乘客看到的帆船是从哪里出发的？

原因是，舢板上的乘客所见到的帆船行进的方向，并不是跟他们的行动方向垂直的。因为他们并不感到自己的本身运动：他们只觉得仿佛自己是停在原地不动，而周围的一切却用他们一样的速度向反方向在移动。因此，对于他们，帆船不只沿箭头 b 移动，同时还沿着跟舢板行动方向相反的虚线箭头 a 的方向移动（图11），帆船的这两个运动——实际运动跟视运动——按照平行四边形定律加合起来，结果使舢板上的乘客觉得帆船是沿着用 a 和 b 做两邻边的平行四边形的对角线移动，也正是这个缘故，舢板上的乘客才会认为帆船的出发点不是岸上的 M 点，而是 N 点，照舢板前进方向来说，是比 M 点更在前面（图11）。

我们在跟着地球沿公转的轨道移动，遇到星体的光线的时候，对于

各星体位置的判断，也正犯了舢板乘客判断帆船位置的同样错误。因此，各星体的位置对于我们或多或少有沿地球行动方向向前移了一些的感觉。当然，地球移动的速度跟光速相比是太渺小了（只等于光速的 $\frac{1}{10,000}$ ）；因此，星体的视位移也并不显著，但是这个位移仍旧可以用天文仪器来发现。这个现象叫做光行差。

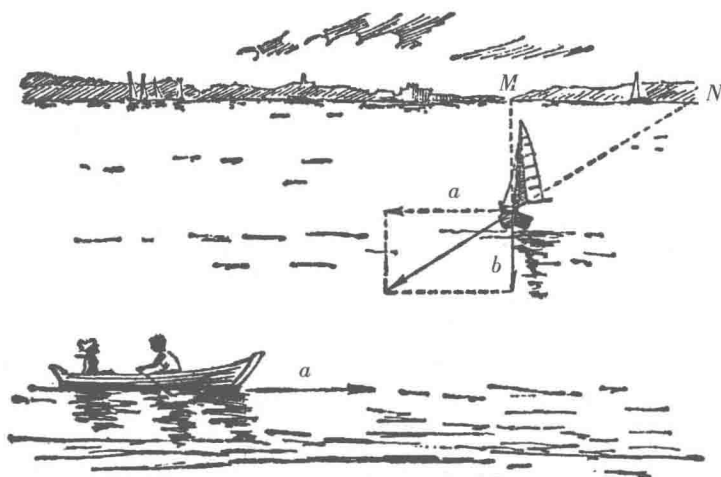


图11 舢板乘客觉得帆船并没有跟他们的航线垂直地驶行，却觉得帆船是从N点出发，不是从M点出发。

假如这类问题引起了你的兴趣，那么，请你试就上面所提的帆船的题目把下面几个问题回答一下：

- (1) 对于帆船上的乘客，他们觉得舢板正向什么方向行进？
- (2) 帆船上的乘客认为这只舢板要划向什么地方去？

要回答这两个问题，应该在a线上（图11）画出速度的平行四边形；这个平行四边形的对角线就表示帆船上的乘客认为舢板行驶的方向，以为舢板正在他们面前斜驶，仿佛正预备靠岸一样。

2

Chapter

第二章

重力和重量 · 杠杆 · 压力