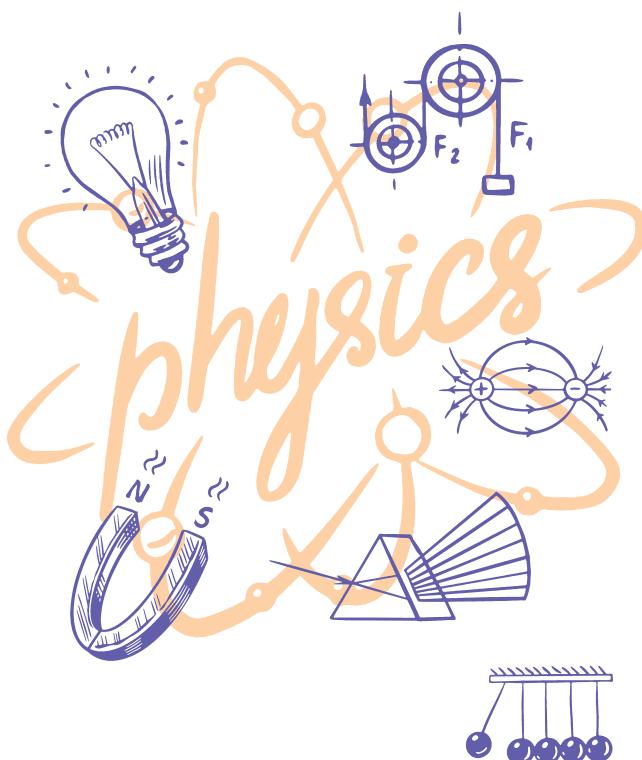


# 物理如此简单

力学篇

张君可 王超 宋艾晨 编著



清华大学出版社  
北京



## 内 容 简 介

本书是适合全学段中学生进行严肃阅读的物理学科普读物。全书以生活中“简单的直线运动”开篇，引领你科学评判龟兔赛跑这一经典问题；以“无处不在的力”引领你认识一个真实的、充满相互作用的世界。在书中遨游，你会理解“坐地日行八万里”的真谛，你会参透足球运动员一脚踢出的“美丽香蕉球”中蕴藏的空气动力学原理。本书引领你的研究从直线运动到生活中形形色色的曲线运动；引领你的思绪从地面延伸到浩瀚的宇宙星空。宇宙的中心在哪里？跑多快可以溜出太阳系？我们为什么要去火星？你所关注的这些科学问题，都会在阅读本书的过程中得到一些有意义的启示。

本书针对中学低年级、中年级、高年级三个学段学生的阅读特点与需求，立足于中学必备物理知识，内化科学思维方法，重点培养和提升学生的物理学科素养，提高学生解决问题的能力，开阔学生的物理视野，促进学生科学思维水平的实质发展。

本书可以作为中学生物理学习的重要课外读物，具有极高的科普及学习价值。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。举报：010-62782989，beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

### 图书在版编目（CIP）数据

物理如此简单·力学篇 / 张君可, 王超, 宋艾晨编著. —北京: 清华大学出版社, 2023.5  
ISBN 978-7-302-63444-7

I. ①物… II. ①张… ②王… ③宋… III. ①中学物理课—教学参考资料 IV. ① G634.73

中国国家版本馆 CIP 数据核字（2023）第 082874 号

责任编辑：杜春杰

封面设计：刘 超

版式设计：楠竹文化

责任校对：马军令

责任印制：丛怀宇

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编：100084

社 总 机：010-83470000 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：北京嘉实印刷有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：170mm×230mm 印 张：12 字 数：202 千字

版 次：2023 年 7 月第 1 版 印 次：2023 年 7 月第 1 次印刷

定 价：59.80 元

---

产品编号：098696-01



## 前 言

物理真的很难吗？其实物理可以很简单！物理学家坚信“自然的法则尽管无所不包，条例却很少”。物理学家坚信“物理世界是简单的，是可以被理解的”。如果你也能像物理学家一样思考，你会悟到：物理如此简单！

作为物理教师，我们经常会遇到学生恐惧学习物理的情况，甚至他们在还没有接触物理时就对这门学科的学习毫无信心。究其原因，很重要的一点是，当前的物理教学和学生的物理学习远远脱离了物理学科的本真。物理是自然科学领域的一门基础学科，作为自然科学的带头学科，物理学研究大至宇宙、小至基本粒子等一切物质最基本的运动形式和规律，因此成为其他各自然科学学科研究的基础。它是教人认识自然和理性思考的。庄子云：“判天地之美，析万物之理。”这大概就是物理学和物理教育的真谛。

现在中学生对物理学科的学习大多沉浸于解题，知识的获得局限于有限的教材和门类繁多的教辅，使提高物理思维、形成物理观念、提升物理学科素养有很大的困难。这也导致一些中学生对物理形成了刻板印象，认为物理很枯燥，难学，并没有感受到物理是对自然的描述，物理是最具简洁美的科学。生活中处处有物理，学习物理不仅仅是为了解题，更是为了解决实际问题；学习物理不仅仅是为了学习已知，更是为了探究和发现未知！

为避免科普宽泛、缺少物理知识内化的问题，我们紧扣



中学物理知识点，强化科学拓展与思维发散，编写了系列图书。本系列图书分为三册，第一册《物理如此简单：力学篇》主要阐述生活中涉及的运动和力、功和能、动量、振动和波动等力学现象蕴藏的原理及应用；第二册《物理如此简单：电磁学篇》主要阐述与日常生活、生产和科技发展息息相关的电场、磁场、电磁波、直流电路和交流电路等；第三册《物理如此简单：近现代物理篇》主要阐述热学、光学和量子物理基础等。

你手中这本有关物理学的书是严肃的，其中的每一个概念、思想、方法都是很多科学家经过细致严谨的实践研究获得的。作为编者的我们并不是这些问题的发现者，我们能承诺的是书中的每一个知识点都有更为专业的物理学研究作为保障。在书写过程中，为降低初、高中不同年龄段学生的阅读门槛，我们减少大量数学公式的堆砌，力求用有意思的语言、生动的例子甚至是比喻来更好地阐述。

为了让处于中学阶段的学生能够从更多角度认识物理学，本书以初、高中物理知识为主线，以内化物理原理、学习物理方法、培养科学思维为目标，充分考虑初、高中的学生的思维特点，设置了多个板块分散到全书各个章节。

- “生活物理”从生活中的具体实例提出问题，激发思考。
- “科学实验”利用生活中的实验器材进行实验，用所学物理知识进行解释和分析，将物理与生活紧密联系起来，让学生体会生活中处处是物理。
- “科学探索”引领学生像科学家一样思考，用科学的思维和方法探索未知。
- “原来如此”对“生活物理”中的问题给予解答并概括性地提炼和总结，从方法、能力等维度点拨，提升学生的科学素养，让学生豁然开朗，体会物理如此简单和有趣。
- “思维拓展”对中学物理知识进行拓展补充，发散思维。主要从物理知识的深化以及量化、最前沿科技成果及应用、物理学史的发展等方面开阔学生视野，让其站在高处看物理。
- “科学中国”将中学物理知识与中国物理学发展融合在一起，让学生充分认识中国的物理学成就，知道中国科学家在物理学的道路上付出的努力。
- “小试牛刀”给出生活中另外一些具有相同原理的案例，预留空间，鼓励学生进一步深入学习并应用上述原理大胆尝试和实践。



物理是一种想象力，  
你的想象力有多强，  
你的物理世界就有多大。  
物理是一种思维方式，  
你的思维方式有多独特，  
你就有多少种看待物理问题的视角。  
物理如此简单，  
打开书开始阅读吧！

编 者

2023 年 5 月





## 目 录

### 第1章 1 简单的直线运动

第1节	如何科学评判龟兔赛跑的胜负?	3
第2节	如何追上匀速前进的乌龟?	8
第3节	用石头能测量比萨斜塔的高度吗?	14

### 第2章 17 无处不在的力

第1节	嫦娥奔月后有什么变化?	19
第2节	怕踩的乒乓球	24
第3节	为什么降雨的危害不如高空抛物?	27
第4节	捏不碎的鸡蛋	31
第5节	难以置信的平衡术	36



## 第3章 41

### 运动的物体真给力

第1节	坐地日行八万里	43
第2节	为什么你带不动胖子?	48
第3节	击打木人桩为什么手会疼?	51
第4节	在电梯里测体重	54

## 第4章 59

### 优美的曲线运动

第1节	物体为什么会偏离原来的运动方向?	61
第2节	怎样赢得铅球和标枪比赛?	65
第3节	你会踢“香蕉球”吗?	70
第4节	急转弯的路面为什么是倾斜的?	76
第5节	“焦虑”的巴黎大炮	80

## 第5章 85

### 万有引力让宇宙不致散架

第1节	宇宙的中心在哪里?	87
第2节	地球的运行轨道竟然不是圆	92
第3节	地球为什么会吸引苹果?	98
第4节	跑多快可以溜出太阳系?	102
第5节	我们为什么要去火星?	107



## 第6章 111

### 探寻能量与动量的转换关系

第1节 为什么没有永动机?	113
第2节 高空坠物的危害	117
第3节 弓箭中的智慧	122
第4节 通罗马的条条大路有区别吗?	126
第5节 机械表中的能量艺术	130
第6节 汽车与足球碰撞出的火花	134
第7节 台球运动中如何击打白球?	138
第8节 台球碰撞的不变量	143
第9节 童年的你差点造出火箭	147

## 153

### 波动带来的美丽世界

第1节 美丽的水波	155
第2节 地震带来的灾难为什么这么严重?	158
第3节 如何利用超声波测速?	161
第4节 深海潜艇如何看清物体?	165

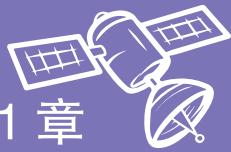
参考文献 169

“小试牛刀”参考答案 173

后记 179



+



第1章  
简单的直线运动 +





## 第1节 如何科学评判龟兔赛跑的胜负？

### 生活物理

有一天，在森林里兔子和乌龟在比赛跑步（见图 1-1）。

兔子嘲笑乌龟爬得慢，乌龟说：“总有一天我会赢的。”兔子轻蔑地说：“那我们现在就开始比赛吧！”乌龟答应了，双方准备好后，猴子大声喊道：“比赛开始！”

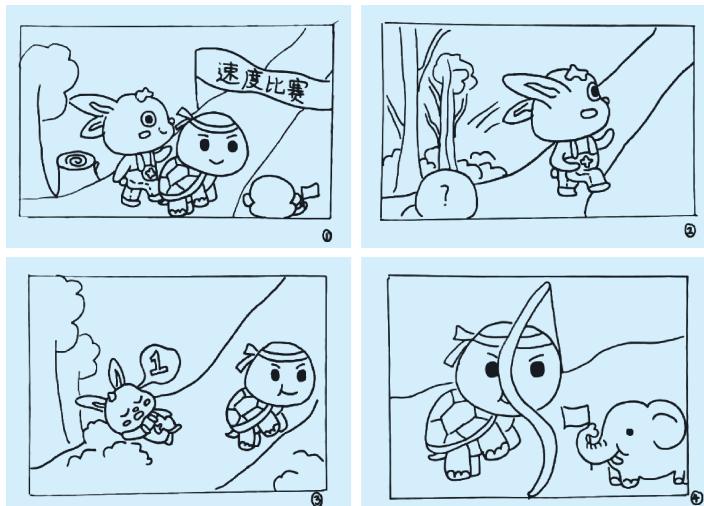


图 1-1 乌龟与兔子的较量

兔子飞快地跑着，乌龟拼命地爬着。不一会儿，兔子就领先了很大一段距离。此时，起点的小动物们都认为兔子肯定赢了。兔子觉得比赛太轻松了，它要先睡一会儿，并且认为即使自己睡醒了再跑，乌龟也不一定能追上自己。而乌龟呢，它一刻不停地爬行，爬呀爬呀，到兔子那里的时候，它已经累得不行了，但乌龟想，如果这时和兔子一样去休息，那比赛就不会赢了，所以乌龟继续爬呀。



爬。当兔子醒来的时候，乌龟已经到达终点了。最终，作为裁判的大象宣布：“此次赛跑，乌龟获胜！”

小动物们不敢相信这个结果。起点处的猴子说：“刚出发时，乌龟爬了1 m的时候，兔子已经跑出去5 m了，兔子应该赢啊！”中间负责维持秩序的长颈鹿说：“兔子从我身边飞过，兜起了一阵小风；乌龟从我身边爬过的时候，它的每个动作、每个表情，我都看得很清楚。显然兔子的速度快啊！”

为什么猴子和长颈鹿预测的结果与终点处大象的判断不同呢？



## 原来如此

猴子、长颈鹿和大象发生分歧，我们该如何科学地比较出物体运动的快慢呢？不论在生活中还是在科学世界中，人们往往用“速度”一词描述物体运动的快慢。其实在物理学中，如果只是单纯地比较物体运动的快慢而忽略运动的方向，那么应该称之为比较“速率”。

应该如何理解速率呢？正如故事中位于起点处猴子的观点那样，乌龟和兔子在相同的时间内所经过的路程不同，谁走的路程远，则谁跑得快。但是生活中并不是所有物体都是同时出发的，我们还要更科学地定义。物理学中，把路程和时间的比值定义为速率，用公式表示为  $v=\frac{s}{t}$ 。当路程的单位是m，时间的单位是s时，速率的单位就是m/s，这也是国际单位制下的单位。如果一个物体的速率是5 m/s，则表示这个物体1 s走过的路程是5 m。当然，生活中我们也经常用到另一套常用单位，即路程的单位是km，时间的单位是h，速率的单位是km/h。这样我们可以通过比较速率的大小来比较物体运动的快慢。

既然有统一标准，我们是不是可以直接用比较速率的方法来比较兔子和乌龟



运动的快慢呢？其实，很多物体的运动速率不是一成不变的。比如说龟兔赛跑中的兔子，它的运动就是变速运动。对于变速运动的物体，我们需要考虑瞬时速率和平均速率。瞬时速率是指运动的物体在某一时刻（或某一位置）的速率。平均速率是指总路程和总时间的比值。从物理含义上看，瞬时速率指某一时刻附近极短时间内的平均速率。龟兔赛跑时，猴子和长颈鹿感受到在其位置处兔子和乌龟的瞬时速率不同，而裁判大象是根据到达终点的顺序判断输赢的，实际上比较的是平均速率。

## 科学中国

中国空军战斗机的发展见证了中国科技发展的速度。2016年11月1日，中国新一代隐身战斗机歼-20（见图1-2）在第十一届中国国际航空航天博览会上首次公开亮相。



图1-2 中国歼-20战机

世界上第一架飞机于20世纪初在美国诞生，随着飞机的发明，人类正式踏入了空域。飞机在百年的发展中已经成为人类熟练掌握的一种高端科技。在第一次世界大战中，空战在战争中大放异彩，飞机的军事价值被发现，飞机的战斗机



路线正式出现。战斗机在现代战争中是十分重要的武器，可以执行多种作战任务。发展到今天，最先进的战斗机应该是五代隐身战机。五代隐身战机的综合性能远远超过了其他四代传统战机，但是研制五代战机可不是那么容易的。

目前，世界上可以自主研制五代战机的国家只有三个，其中就包括中国。中国目前服役的隐身战机是歼-20，其拥有世界上领先的机动性，并且飞行速度也是中国所有战机中最快的。那么歼-20 战机的航速有多快呢？从我国最北边飞到最南边又要多久呢？

歼-20 在换装了国产发动机之后，其先进的气动外形优势可以更好地发挥，并且飞行速度也得到提高。目前官方公布的歼-20 飞行速度大概是  $680 \text{ m/s}$ ，大概就是 2 马赫<sup>①</sup> 的时速。这大概是多快呢？歼-20 以最高航速飞行不到 2.5 小时就可以从我国大陆最北边飞到最南边。如果民航客机可以达到这个速度，中国的经济发展速度还会提高几个挡位，不过这个想法可能不太现实。

歼-20 的高速度主要得益于换装的 WS-10B 发动机，不过是否能够实现大规模换装国产发动机还不得而知，但现在歼-20 确实急需换装国产发动机，如果 WS-20 能够提前研制成功，那么直接换装 WS-20 是最好的选择。因为现在 WS-10 系列的使用寿命还比较短，虽然能够让歼-20 达到 2 马赫的飞行速度，但是无法长期使用，歼-20 的“心脏病”问题还是不能解决，那么就会影响歼-20 的作战效应，从而在实战中暴露出问题。歼-20 目前主要的对手是美国的 F-22 单座双发战斗机和 F-35 单座单发战斗机。随着周围 F-35 和 F-22 数量的增加，歼-20 面临的压力越来越大，所以中国的歼-20 必须尽快达到最好的状态，实现大规模服役，这样中国的军事压力才会减小。

歼-20 虽然在一些方面有着不足，但其气动外形和航电系统都是非常优秀的，只要解决了发动机问题，那么综合性能超过 F-22 也不是不可能的。

随着中国空军实力的壮大，中国军队有能力对我国空域实施有效管控，根据不同空中威胁采取相应措施，保卫国家空防安全，在国际舆论场上保持一语中的的态势，把握国际话语权。

---

① 马赫是指飞行的速度与当时音速的比值。



## U 小试牛刀

为配合 2022 年冬奥会顺利举办，北京到张家口的京张高铁全面通车。表 1-1 是北京清河站开往张家口站的某次列车时刻表。

表 1-1 某次列车时刻表

车站名称	到达	出发	停留
清河	—	8:25	—
八达岭长城	8:47	9:00	13 min
宣化北	9:29	9:31	2 min
张家口	9:41	—	—

已知清河站距八达岭长城站 45 km，八达岭长城站距宣化北站 96 km，宣化北站距张家口站 20 km。请计算该次列车全程的平均速率和宣化北站到张家口站的平均速率。已知复兴号列车的最高运行速率为 350 km/h，你能通过以上数据计算并判断出该次列车有没有发挥出最高时速吗？请尝试说出你的分析过程。



## 第2节 如何追上匀速前进的乌龟?

### 生活物理

在第1节中，我们一起回顾了龟兔赛跑的故事。有的同学提出了这样的疑问：如果兔子在乌龟到达终点之前醒来，并没有任何犹豫地快速追赶，是否有机会追上乌龟取得胜利呢（见图1-3）？

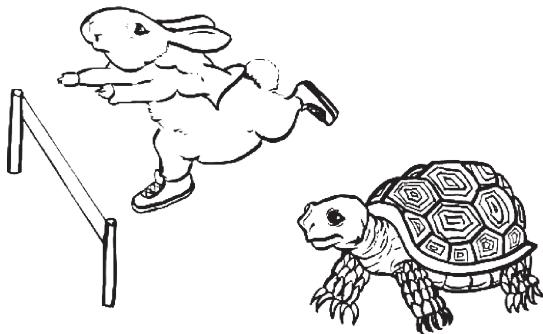


图1-3 龟兔赛跑追趕問題

#### 科学实验

找一位男生和一位女生到400 m的操场。让女生在领先男生100 m的位置起跑，即男生跑400 m，女生跑300 m。男生能够追上女生吗？请加以尝试。如果追上了，请说明成功的秘诀；如果没追上，请分析原因。



## ↓↑ 原 来 如 此

其实，兔子要想取得胜利，就需要在乌龟爬到终点前的有限时间内到达终点，也就需要有更大的平均速率。兔子如何才能获得更大的平均速率呢？兔子的奔跑速率并不是无限增大的，在兔子到达最大速率前，一直在做加速运动，达到最大速率后做匀速运动。那我们就将物体的运动分成两部分进行分析吧。

首先，我们分析一下加速运动。既然是加速运动，我们更希望兔子的速率能够快速地增加。最简单的加速运动就是匀加速直线运动了。在匀加速直线运动中如何表示加速快慢呢？为了描述物体运动速度变化的快慢这一特征，引入了加速度的概念：加速度是速度的变化量与发生这一变化所用时间的比值，通常用  $a$  表示。比如，一门迫击炮射击时，炮弹在炮筒中的速度在 0.005 s 内就可以由 0 增加到 250 m/s，炮弹速度的变化与发生这个变化所用时间之比为  $5 \times 10^4 \text{ m/s}^2$ ，这就是迫击炮的加速度。可见，加速度大的物体加速快，那么在加速过程中的平均速度也较大。其次，我们看一下达到最大速率后做匀速运动的过程。如果最大速率更大，那么平均速度也更大。

总之，更大的加速度和更高的最大速率是兔子反败为胜的法宝。

## 思 维 拓 展

### 生物界神奇的加速度

生物界有很神奇的加速度，先做一个对比吧！

人类奔跑时，最快可以在 4 s 内从 0 加速到 40 km/h，加速度为  $2.8 \text{ m/s}^2$ 。

性能优异的汽车，可以在 4 s 内从 0 加速到 100 km/h，加速度为  $6.9 \text{ m/s}^2$ 。

航天飞机起飞时，可以在 4 s 内从 0 加速到 400 km/h，加速度为  $27.8 \text{ m/s}^2$ 。

跳蚤跳跃时的加速度是航天飞机加速度的 70 倍，是重力加速度的 200 倍，约为  $2000 \text{ m/s}^2$ 。

跳蚤跳跃的距离是自身体长的 200 倍，而且跳蚤能承受超过体重 200 倍的力量！那跳蚤是加速度最快的生物吗？不是！



水玉霉属真菌，其貌不扬，主要在粪便上生长。其附着在草上的孢子被食草动物食用后，会经历整个消化过程，然后随粪便排出体外。

水玉霉的成名在于它“发射”孢子的能力。它可以让孢子在几微妙内从静止状态快速运动，加速度相当于2万个标准重力加速度。而训练有素的战斗机飞行员最多只能在短时间内忍受9~10个标准重力加速度，因此不难想象水玉霉的加速能力有多么强大。

水玉霉有充分的理由使用这种方式发射孢子，因为对于它这个级别的生物而言，空气已经过于“稠密”，所以孢子会遇到大量摩擦，需要大的加速度以在短时间内获得较快的速度，运动得更远。水玉霉可以把孢子发射到2 m之外，距离粪便足够远，以便被其他食草动物进食，从而开始新的生命周期。

## 科学中国

### 中国高铁技术与航天技术

#### 1. 高铁列车的加速度

众所周知，我国高速列车近几年来飞速发展，截至2021年年底，我国高速列车总里程突破 $4 \times 10^4$  km，占世界高速列车总里程的2/3以上。我国高速公路限速120 km/h，我国高速列车（图1-4所示为“复兴号”高速列车）的最高速度是250 km/h~350 km/h，其平均速度能达到300 km/h。高速列车出站后加速到300 km/h大约用时10 min，加速度大约是 $0.14 \text{ m/s}^2$ 。加速度很小，这主要是从运行平稳的角度考虑的。同样，高速列车在减速时的加速度也不能太大。如果一辆高速列车每站都停靠，那么在运行中会有非常多的缓慢加速和缓慢减速过程，虽然最高时速很大，但是平均速度很小，整体运行效果不会很



图1-4 “复兴号”高速列车



好。因此，高速列车在设计线路的时候，通常设计为同一条线路的不同列车停靠不同站位，大家在购票时也要关注列车中途停靠的车站数。

## 2. 加速度与中国航天

如图 1-5 所示，神舟七号发射前，三位宇航员已经就位。细心的同学可能会发现，三位宇航员是躺在飞船内的。火箭升空时宇航员为何要保持躺着的姿势呢？这是因为火箭升空时的加速度能达到  $50 \text{ m/s}^2$ ，宇航员随火箭加速升空时，全身各器官、血液当然要共同加速。由于惯性，血液会更多地集中在身体靠近地面的部分，站姿、坐姿都会引起大脑供血不足。加速时，内脏也会受到拉扯。躺着的姿势对身体的保护性更好。



图 1-5 神舟七号发射前宇航员就位画面

是不是所有的航天器都具有很大的加速度呢？结合我们课上所学，较小的加速度也会有很明显的效果，只要加速时间足够长。

进行长距离宇宙航行的航天器（见图 1-6），由于受到多种因素的限制，不能添加过多燃料以维持航天器在宇宙空间的持续加速。那么能否在不消耗燃料的情况下使飞船持续加速呢？答案是肯定的。进入太空后，航天器会利用一种推力虽然很小，但是可以持续不断提供推力的方式进行加速，这就是利用阳光提供推力，这种航天器也就是我们所说的太阳帆飞船（见图 1-7）。





图 1-6 航天器



图 1-7 太阳帆飞船示意图

阳光产生的压力（光压）是非常小的。不仅人感受不到，就连用普通的仪器也测不出来。在地球附近，阳光照射到一个平整、光亮、能完全反射光的表面时，产生的压力最大，大约是  $9 \times 10^{-6} \text{ N/m}^2$ 。也就是说， $1 \text{ km}^2$  平整、光亮的面积上才受到  $9 \text{ N}$  的压力。

一块面积为  $100 \text{ m}^2$  的太阳帆，在阳光正射下可获得大约  $0.1 \text{ N}$  的推力，用它推动  $100 \text{ kg}$  的物体，可产生  $1 \text{ mm/s}^2$  的加速度。这个加速度极其微小，只有地面重力加速度的万分之一。但即使航天器的加速度只有  $1 \text{ mm/s}^2$ ，一天以后，速度也能达到  $86.4 \text{ m/s}$  ( $311 \text{ km/h}$ )。一个月后，达到约  $2592 \text{ m/s}$  (约  $9331 \text{ km/h}$ ，约 7.6 倍音速)。130 天后，达到  $11.23 \text{ km/s}$  (已超过第二宇宙速度)。一年后，可达到  $31.54 \text{ km/s}$ ，足以飞出太阳系。



## U 小试牛刀

汽车在行驶过程中，在即将上坡时，应该加速还是减速？为什么？请结合受力分析和发动机功率限制进行分析。