

目 录

阅 读

第一单元

单元启动	员
员 数学与文化	猿
圆 熵:一种新的世界观	员
猿 千篇一律与千变万化	猿
源 宇宙的未来	猿
单元平台	源

第二单元

单元启动	缘
缘 语言与文学	缘
远 语言的演变	远
苑 修辞是一个选择过程	苑
愿 语言是人类最重要的交际工具	苑
单元平台	愿

第三单元

单元启动	怨
怨 诉肺腑	怨
员 宝玉挨打	员
员 香菱学诗	员

单元抄检大观园	单元
单元平台	单元

第四单元

单元启动	单元
报任安书	单元
廉颇蔺相如列传	单元
屈原列传	单元
信陵君窃符救赵	单元
单元平台	单元

作文

第一单元 立意和选材	单元
第二单元 思路与结构	单元
第三单元 文体与文风	单元
第四单元 本色与文采	单元

答案服务器	单元
-------------	----



第一单元

单元启动

任何一门学科发展到极致就成为哲学,其中必然包含着极其丰富的文化内涵和美学价值。自然科学是人类理性思维的成果,由于科学理论的首要宗旨是发现自然中的和谐,所以我们能够一眼看出这些理论必定具有美学价值。海森堡发现量子力学时曾这样描述自己的感受:“我很惊讶,我感到,透过原子现象的外表,我看到了异常美丽的内部结构;当想到大自然如此慷慨地将珍贵的数学结构展示在我的眼前时,我几乎陶醉了。”他对爱因斯坦说:“当大自然把我们引向一个前所未见的和异常美丽的数学形式时,我们将不得不相信它们是真的,它们揭示了大自然的奥秘。你一定会同意,大自然突然将各种关系之间几乎令人敬畏的简单性和完备性展示在我们面前时,我们都会感到毫无准备。”开普勒发现行星运动规律时,也被这一发现所显示的和谐深深感动。因此,我们有根据说,一个极具美学敏感性的科学家,他所提出的理论即使开始不那么真,但最终可能是真的。真和美就是这样联系在一起的。

本单元四篇科技论文涉及到数学、物理、建筑等科学技术的不同门类,但它们都是从审美、文化和哲学的角度对人类理性思维所能达到的想象力的神奇、思维力的极致和创造力的完美的透视。读这样的文章确实能让我们眼界大开,或许还能唤起我们灵魂深处的某些东西,正如休谟所说:“事物的美存在于思考它们的心灵之中。”

学习本单元,重要的不是去理解作者在文中所阐述的科学理论

本身,而是把握作者阐述这些理论的角度和方法,进而理解作者的观点和思想,它们也是这些理论本身所包含的深刻思想,这些思想对我们从事任何工作甚至对生活、生命和人生都极具启发性。这正是本单元的学习重点。作为语文学习,当然还要学会“提要”“钩玄”的阅读方法,提高自己概括分析的能力。

1 数学与文化



课文主页

目标捕捉

- 1. 弄清数学与文化的关系以及它们是怎样互相影响的。
- 2. 把握作者所论述的数学文化的三个特点及其丰富的内涵。
- 3. 深入理解文中一些重要语句, 阐述其主要思想。

知识下载

数学与文化息息相关, 数学作为一种文化, 在人类各种文化中占据一种特殊地位。因此, 数学教育, 特别是基础教育的数学教育, 它不单纯是数学科学的教育。从某种意义上讲, 它更是数学文化的教育, 起着对全体人民的科学思维和文化素质的哺育的作用。

数学是什么?

中国古代认为数学是术, 是用来解决生产与生活问题的计算方法。

古希腊认为数学是理念, 是关于世界本质的学问。

现代数学是关于现实世界的空间形式和数量关系的科学。

现代数学具有双重性, 它既是一门系统的演绎科学, 又是一门实验性的归纳科学。

现代数学是模式的科学, 数学模型是活的数学。

现代数学是一种语言, 它是一切科学的公共语言。

现代数学是科学, 数学也是一门技术。

现代数学是科学, 数学更是一门创造性的理性的艺术。

现代数学是一种文化体系。

综上所述, 这正好反映了数学是一个多元的综合产物, 不能简单



地将数学等同于命题和公式汇集成的逻辑体系。数学通过模式的建构与现实世界密切联系,但又借助抽象的方法,强调思维形式的探讨,现代技术渗透于数学之中,成为数学的实质性内涵,但抽象的数学思维仍然是一种创造性的活动,数学其实是一种特殊的语言,由此形成的思维方式,不仅决定了人类对物质世界的认识方式,还对人类理性精神的发展具有重要的影响,因而必然成为人类文化的一个重要组成成分。

随着世界科学技术迅猛发展,生产机械化和自动化程度日益提高,社会正由工业化时代进入信息化时代,信息化社会很重要一个特点是定量化和定量思维。定量化和定量思维的基础语言和工具是数学。不仅如此,一旦计算机被广泛应用,数学将是一种通用技术,人人都必须掌握。因此,数学素养将是 21 世纪合格公民素质结构中的一个重要组成。“数学是属于所有人的,因此我们必须将数学教给所有的人。”

“一种没有相当发达的数学文化是注定要衰落的,一个不掌握数学作为一种文化的民族也是注定要衰落的。”这是一条极富哲理的真理,这里我们无意去论证它。不妨举两个例子作为实证。例证一,数学是中国古代最发达的传统学科之一。公元前 6 世纪至公元 16 世纪,中国古代数学的研究一直处于世界领先地位。出现了刘徽、祖冲之、秦九韶、杨辉、朱杰等杰出的数学家;产生了一批如《九章算术》、《详解九章算法》、《四元玉鉴》等数学名著;发明和创建了一系列如“割补术”、“贾宪三角”(二项系数表)、“大衍求一术”(一次同余式组解法)、“天元术”(建立高次方程的方法)等数学成果。可是 16 世纪以后,直到 19 世纪初西方数学传入我国之前,我国数学发展缓慢,停滞不前,数学发展出现了“中断”期。数学水平一落千丈,算书几乎失传,数学无人继承。数学史专家们从多视角探究其衰落原因。最根本的原因之一,是中国古代数学本身有致命的弱点:其一,中国古代数学“以实用、经验为基本前提,是讲究实用价值的思维方式的产物,因而重于计算,轻于逻辑”。数学没有从实用技巧型上升为公理体系,难以形成纯理性科学。其二,中国古代数学主要借助汉字来表示

形和量,以及它们的运算关系,这妨碍了数学语言的抽象化、形式化,使得中国古代数学无法向近代数学发展。例证二,公元前 212 年,罗马人占领古希腊的亚历山大利亚城时,阿基米德在沙滩上画圆,罗马人打进来了,阿基米德不让罗马人进圆中,被罗马人杀掉了,这其实代表了两种文化的冲突,一种文化杀掉了另一种文化,希腊崇尚理性,数学是理性的最高形式,罗马人崇尚的是功用,是富国强兵征服别人,庆幸的是希腊的精神延续至今。我们要有突出的发展有根本的发展就必须重视文化层面的发展。

这两个例证告诉我们,数学与文化是休戚相关的。数学作为一种文化,在人类各种文化中占据一种特殊地位。它关系到一个民族的文化兴衰,也关系到一个民族的兴盛和衰落。



阅读点击

问题热线

本文是《数学和文化》一书的绪言,它不是一般地介绍作为现代科学技术的语言和工具的数学科学,而是把它作为人类文化的一部分来阐述的。这是我们阅读这篇文章首先要明确的问题。根据斯莫尔的定义,“文化”是指某一特定时期的人们为试图达到他们的目的而使用的技术、机械、智力和精神才能的总和。数学当然表现出人们的“智力和精神才能”,那么数学在人类理性思维活动中有什么特点呢?作者是怎样阐述这些特点的?这些特点的形成离不开各个时代的总的文化背景,同时又对人类精神生活产生深刻的影响,试就此阐发数学文化的实质。

思路指津

阅读科技类说明文要迅速把握作者的主要观点,方法是理清文章的思路,找出每一部分的关键句。本文首先说明数学几乎是任何科学所不可缺少的,原因是,数学在人类理性思维中有一些特点,而这些特点跟人类文化又有着十分密切的关系。然后从三个方面阐述

了数学文化的特点,那就是:一、数学追求一种完全确定、完全可靠的知识;二、数学不断追求最简单的、最深层次的、超出人类感官所及的宇宙的根本;三、数学不但研究宇宙的规律,而且也研究它自己,在发挥自己力量的同时又研究自己的局限性,从不担心否定自己,而是不断反思、不断批判自己,并且以此开辟自己前进的道路。最后作者指出,数学深刻地影响人类的精神生活可以概括为一句话,就是它大大地促进了人的思想解放,提高与丰富了人类的整个精神水平,具体地说就是,数学把理性思维的力量发挥得淋漓尽致,它提供了一种思维的方法和模式,提供了一种最有力的工具,提供了一种思维合理性的标准,给人类的思想解放打开了道路。

作者在阐述数学在人类理性思维活动中的特点时,始终把它与人类文化的发展联系在一起。比如在讲第一个特点时,作者说,“从希腊的文化背景中形成了的数学的对象并不只是具体问题,数学所探讨的不是转瞬即逝的知识,而是某种永恒不变的东西”。又说,“通过纯粹的思维竟能在认识宇宙上达到如此确定无疑的地步,当然会给一切需要思维的人以极大的启发”,因而,“数学方法既成为人类认识方法的一个典范,也成为人在认识宇宙和人类自己时必须持有的客观态度的一个标准”。这种求真的态度,这个伟大的理性探索是数学发展的不可少的文化背景,反过来也是数学贡献于文化的最突出的功绩之一。在讲第二个特点时,作者说,追求最简单的最深层次的宇宙的根本,按照最深刻的内在规律来考虑事物,正是人类文化精神的结晶,“数学正是在这样的文化气氛中成长的,而反过来推动这种文化气氛的发展”。在讲第三个特点时,作者认为这种不断反思、不断批判自己的怀疑和探索精神同样离不开人类文化的总的背景,同时又反过来大大促进人的思想解放,使人成为更完全、更完整、更丰富、更有力量的人。

最后,作者明确指出,数学作为文化的一部分,其最根本的特征是它表达了一种探索精神,其永恒的主题是“认识宇宙,也认识人类自己”,而这不正是人类文化的永恒主题吗?所以作者情不自禁地说出了这样一条极富哲理促人警醒的话来结束全文:“一种没有相当发

达的数学文化是注定要衰落的,一个不掌握数学作为一种文化的民族也是注定要衰落的。”

难点解码

本文论述了数学文化的几个特征,它们分别是从事什么角度来论述的?数学与社会文化的关系究竟应该怎样理解?这些问题既是学习本文的重点,又是理解上的难点。数学对人类精神生活影响最突出之处,可以简单地概括为:求真、求简和求变。数学追求一种完全确定、完全可靠的知识,这是因为数学研究的对象不只是具体问题而是某种永恒不变的东西。数学的对象必须是明确无误的概念,数学研究的方法必须由明确无误的命题开始,并服从明确无误的推理规则。这样一种求真的态度是数学贡献于人类文化的最突出的功绩之一。数学研究还基于这样一种信念:世界是合理的,简单的,可以用数学来描述的。所以,无论是分析的方法,还是综合的方法,最终都要靠数学的方法。任何科学要发展就要变,但只是在与实际存在的事物、现象或实验的结果发生矛盾时才变,唯有数学,时常是在理性思维感到有了问题时才要变,只有变才能直视宇宙的真面目。这种变的结果时常是,从一无所有之中创造了新的宇宙。所以说,数学作为文化的一部分,其最基本的特征是它表达了一种探索精神,它提供了一种思维的方法和模式,提供了一种最有力的工具,提供了一种思维合理性的标准,给人类的思想解放打开了道路。可以这样说,数学是现代文化的核心和基石,始终处于中心地位,影响到人类知识的一切部门。



相关链接

习题对话

- 一、见“难点解码”部分。
- 二、见数学与社会文化的关系。见前面有关内容。

数学与其他学科的关系。

数学和其他任何学科不同,它几乎是其他学科所不可缺少的,没有任何一门科学能像它那样泽被天下。与其他学科比较而言,数学的逻辑方法是最突出的,迄今为止,人类知识还没有哪一个部门应用逻辑方法(公理方法)得到如数学那样大的成功。作者打了一个很形象的比方:数学是一棵参天大树,它不断扩展自己的领地,在它的树干上有越来越多的鸟巢。它为越来越多的学科提供支持,也从越来越多的学科中吸取营养。

数学中逻辑思维和感性思维的关系。

达到数学真理的途径既有逻辑的方面也有直觉的方面,但就其与其他学科比较而言,它的逻辑方法是最突出的。数学中许多重要的变是由于直觉地感到有变的必要,但数学是先从思维的王国里开始变。数学是人类理性也就是逻辑思维发展最高的成就之一。

三、数学的对象必须有明确无误的概念,其方法必须由明确无误的命题开始,并服从明确无误的推理规则。也就是说,每一个论点都必须有根据,都必须持之有理。那些习俗、风尚、宗教或世俗的权威当然就不是数学研究的对象。

一切比较深入的科学研究后面都有一种信念:世界是合理的,因而是可以理解的。而数学研究还要加上一点:这个世界的合理性,首先在于它可以用数学来描述。人们会一次又一次看见宇宙的根本规律表现为一种抽象的,至少是数学味很重的设计图。

我们为世界图景的精巧和合理而欣喜,同时又产生了一种越来越深刻的疑问:大千世界真是由这些最简单的成分迭加的吗?但要解决这个问题,仍然要靠数学。

人们总有一个信念:宇宙是有秩序的。数学家更进一步相信,这个秩序是可以用来表达的,因此人应该去探索这种深层的内在的秩序,以此来满足人的物质需要。除此之外,不可能有其他什么灵验的方法。

在线热身

阅读下文,回答文后的问题。

‘无穷’的奥秘：数学与文化的交会点

数学不像一般人想象的那样是一门自然科学。一个明显的差别是自然科学的对象比较确定，不管是天文学还是地学或者生物学，其对象是摸得着、看得见的，哪怕不是直接看得见，至少间接也能“感知”它。数学则不然，它从一开始就研究抽象的对象，即使是比较直观的三角形、圆和球，也是一种非常理想的东西，更不用提四维、五维乃至无穷维的流形，它们只能存在于人的头脑当中。于是就出现一个问题：“什么是数学？”虽然数学已经发展成一个极为庞大的领域，对这个基本问题却是聚讼纷纭，以致罗素在 1937 年前说了一句经常被引用的俏皮话：我们不知道数学研究的是什么，也不知道研究的结果是真是假。

不过，认真的数学家和哲学家还是希望给数学下一个简洁的定义，其中一个是一世纪最伟大的数学家之一外尔所说的“数学是无穷的科学”。对普通人来说外尔的这个定义多少有些令人费解，可是，考虑到近代科学和数学来源于微积分，而微积分则是无穷小演算的现代名称，整个数学分析无非是无穷代数，就可知道无穷在近代数学中的作用，也就可以略微揣摸外尔所下定义的含义。19世纪末，康托尔把无穷大引入数学，由此产生现代的结构数学的数理逻辑，20世纪所有新的数学分支几乎都由此产生。其实，早在 1872 年前无理数的发现就已经显示无穷的威力，以及无穷带来的无穷的麻烦。从那时起，无穷在数学中已经是不可少的要素了。从这个意义上讲，马奥尔的《无穷之旅》为外尔的话做了最好的注脚。全书的四部分中，前面两部分正好是两大数学对象——数与形的无穷大的数学。虽然说，这两部分的内容已经在各种类型的书中重复多次，可是，如此深入浅出地扣住无穷的实质的论著并不多见。作者真正带着一般读者使他们对数学的认识上了一个台阶。老实说，这是很难做到的。大部分数学甚至普及性读物使人感到莫测高深，而这本书的确能激发读者的兴趣，又能真正提高对数学的认识，这种传播工夫非同一般。

一部书如果能达到这种境地已经可以说是上乘之作了。但作者

并未就此止步,而是开发出一个全新的境界,在无穷大处寻找数学和艺术的共同基点。数学需要对无穷大的认知,而艺术更需要无穷的想象。在数学家把无穷大从潜在的藏身之地变成显赫的研究对象之前,艺术家早已在探讨无穷的奥秘了。英国著名诗人威廉·布莱克(员缘苑-员愿圆)在他的诗作《天真的预言》中有这样的诗句:在一粒沙中看到大千世界,在一朵野花中看到苍穹,在你的手掌中把握着无限,在你的一瞬间包含着永恒。

凡高也为法国南部蒙特马戎一望无际的荒原所震惊,他得到了灵感,说“我正在画无穷”。而本书则特别关注埃舍尔,他是位荷兰版画家,他在美术界似乎没有受到重视(举例来讲,《中国大百科全书·美术卷》就没有他的大名),可是他在数学和物理学界几乎无人不知,无人不晓。他关于无穷大的作品可以说是艺术上对无穷大的探索,从某种意义上讲,他把数学家的无穷理念具象化了。遗憾的是,作者没有对此进一步展开,他在第三部分最后一章把这个最精彩的一部分草草地收场了。接着第四部分,作者谈到了宇宙学的无穷大。以前宇宙学是哲学的一部分,而当前的宇宙学则被认为是科学。恐怕还是有限宇宙的科学,似乎同无穷大关系不大。

从文化史的角度看,无穷大的观念还可以有许多文章要做,即使从数学上来讲,无穷的故事还可以继续写下去。对于一般读者来讲,无穷的奥秘仍有待一层一层地揭示。这显示在数学与文化的结合上,传播工作仍大有可为。在这方面本书作者做出很好的示范。科学的传播不容易,数学的传播普及则更为困难。科学的对象说到底比较具体,比较贴近实际生活,但数学的对象比较抽象,多少远离日常生活,因此大多数人对数学大都敬而远之。本书的作者能够把这种枯燥的题目写得动人而且有趣,有高度的可读性,实属难能可贵。尤其数学家的思想多少有些另类,这本书明确告诉读者,数学家如何提出问题,如何考虑问题,如何解决问题,从而使读者感到数学不是那么陌生,甚至兴趣盎然,看来这才是数学普及著作应该达到的境界。

如何理解罗素的俏皮话“我们不知道数学研究的是什么,也不知

道研究的结果是真是假”？这与《数学与文化》一文中“数学追求一种完全确定、完全可靠的知识”的说法是否矛盾？为什么？

根据文中的有关表述，分别用不超过 20 个字的短语概述无穷之旅四个部分的主要内容。

在无穷大处，数学和艺术的共同基点是什么？试举例说明。

谈谈你对“无穷”的理解。



2 熵:一种新的世界观



课文主页

目标捕捉

理解热力学的两个定律,并能准确地表述。

提炼文章论述的要点,并说出论述的思路和方法。

理解文章标题所说的“一种新的世界观”。

知识下载

生命系统与熵定律

1969年,美国马萨诸塞理工学院的丹尼斯·米都斯领导的一个研究小组向“罗马俱乐部”提交了一份题为“增长的极限”的报告以后,在世界范围的政治、经济、科学、哲学界引起相当大的波动。在那场广泛争论中,杰里米·里夫金和特德·霍华德又发表了著名的著作《熵:一种新的世界观》。这是一本论述热力学定律,并由之探讨人类乃至宇宙前途的书,其涉及的领域比“报告”更广泛,意义也更深远。现在让我们先看看究竟什么是热力学定律。

热力学有两个定律:第一定律也称为能量守恒定律,指出宇宙的能量总和是一个常数,既不可能增加,也不可能减少。热力学第二定律就是著名的熵定律,它指在一个封闭的系统里,能量总是从高的地方流向低的地方,系统从有序渐渐变成无序,系统的熵最终将达到最大值。这是一个不可逆的过程。

生命系统就是根本不服从熵定律的一个庞大的世界。大约 38 亿年前,地球刚刚形成不久,炙热的岩浆分解出还原成分的气体,形成大气层。而正是当时刚起源的原始生命通过生物地球化学作用使得大气渐渐变成氧化型大气。氧气成分增加了,生命更加蓬勃地发

展起来，一直进化到今天。从某种意义上说，是生命造就了今天的行星地球，而作为地球生命的最高级形式——人类，将运用那前所未有的主动精神继续改造和影响外部世界。

那么生命系统真的不服从熵定律吗？让我们先看看一个人的生命周期过程：受精卵在母体内开始进行细胞分裂和复制，逐渐形成胚胎的各种器官，成熟后便诞生出世。随着婴儿的成长，各种器官与器官功能日趋完善，越来越有序化。谁也不会否认，当孩子渐渐长大，他体内储存的能量也就与日俱增了。不仅一个人是如此，每当我们观察任何一种生命个体时，都会发现这个“能量从低向高流动”的熵定律的逆过程。

不但每个生命个体是如此，整个生物进化过程本身就代表着日益增长的秩序的不断积累。就连某种生物群体内部也一样，例如由人群组成的人类社会。人类社会本身也是一个封闭系统，无疑是符合熵定律条件的。

可恰恰在人类社会这个系统中，同样存在着实实在在的熵定律的逆过程。古往今来，人类社会的历史总是贫的越贫，富的越富，社会变得越来越有序，直到爆发一场社会动荡，例如农民起义或世界大战。动荡使世界在瞬间从有序变回无序状态，再重新开始新一轮有序化过程。

此外，从原始社会到今天的后工业社会，人类一直进行着能量积累，而且积累的能力和速度越来越快。总之，无论植物、动物还是人类，都向着熵定律的反方向发展，这也可以说是生命的共性吧。这不禁使人联想到，我们过去把生命定义为“能够自我复制的过程”，而今天，我们似乎应当给生命下一个更深刻的定义：“生命是一个从无序到有序的发展过程。”这是一个与非生命的自然界截然相反的过程，而且是一个主动的过程。

杰里米·里夫金和特德·霍华德并不否认生命系统对熵定律的挑战，但他们认为，生命积累能量是以消耗宇宙更多的能量为代价的，也就是说，有机体的生长所体现的熵的微小的、局部的递减，都伴随着宇宙总熵的更大范围的递增。因此，生命正在使世界加速走向“热

寂”。从选择与调整人类与自然关系的角度来看,他们的观点并没有错,因为在无穷大的时间和空间尺度上,生命以及我们生存的世界肯定是“死定了”。

但是随着生命科学的不断发展,人类应当找到全新的生命与非生命世界“和平共处”的方式,在比“无穷大”稍稍小一点的时间尺度内,使人类能够子孙万代地繁衍下去。实际上,源于宇宙大爆炸热力学理论的“熵定律”学说,在与突飞猛进的粒子研究新成果联姻中,正在把科学导向一个全新的境界。在超微观或超宏观领域中,当我们突破光速壁垒、时间壁垒、熵垒等人类认知与思考的种种界限以后,就一定能够发现和理解与生命系统类似的许多其他系统,并以此来证明世界并不是“死路一条”。



阅读点击

问题热线

本文从热力学的两个定律说起,着重阐述了热力学第二定律,然后引出“熵”这个概念,由迦诺的发现到克劳修斯的定律逐层深入地阐述,最后,从分析地球上有效能量的两个来源,进一步谈到物质与能量的耗散也就是熵的增加,从而对人类发展的前景表达出深刻的忧虑。试分析文章论述的思路,找出概述部分论述的要点,并结合文中所举事例作简要分析。

思路指津

阅读这类科技说明文,首先要从整体上把握作者的主要观点,理清文章的论述思路。文章可分三个部分:从开头到“吸进过的缘因万个分子”为第一部分,阐述热力学第一定律;从“如果我们需要考虑的仅仅是热力学第一定律”到“世界的熵总是趋向最大的量的”为第二部分,着重阐述热力学第二定律;剩下的是第三部分,展望人类发展前景。各部分论述的要点如下——

一、热力学的两个定律可以用一个简短的句子来表达:宇宙的能

量总和是个常数,总的熵是不断增加的。热力学第一定律就是能量守恒定律,它告诉我们能量虽然既不能被创造又不能被消灭,但它可以从一种形式转化为另一种形式。我们必须牢记的最重要的一点,就是我们不能创造能量,从来就没人创造过能量,也永远不会有人能创造。世间万物的形态、结构和运动都不过是能量的不同聚集与转化形式的具体表现而已。

二、熵是不能再被转化做功的能量的总和的测定单位,熵的增加就意味着有效能量的减少。被转化成了无效状态的能量构成了我们所说的污染。专家们把没有任何能量级别差异的状态叫做能量平均状态,能量平均状态是熵值达到最大的状态,那时将不再有任何自由能量来进一步做功了。世界上的熵(即无效能量的总和)总是趋向最大的量的。

三、我们地球上有效能量的来源:一个是地球本身所蕴藏的能量,另一个是太阳能。地球上熵值较低的能源贮备可以分成能量与物质。地球本身的能源与太阳能都是有限的。能量虽然不能被消灭,但只能沿着耗散的方向转化,物质虽然可以循环再生,但必须以一定的衰变为代价。当有效能量告罄时,我们称之为“热寂”,当有效物质用尽时,我们称之为“物质混乱”;两者导致的都是熵,都是物质和能量的耗散。在短期内,在一些特定的地理区域里,能量与物质的熵的增加是实实在在的现象。

难点解码

就理解本文的基本观点来说,并没有多少困难的地方,作者的阐述,思路清晰,逻辑性强,并举了很多生活中常见的事例和现象,比如水往低处流,而一旦流到低处,它就不会再自动地流回高处了,用以说明有效能量如何转化为无效能量。在阅读时要弄清楚一些基本概念,它们的联系和区别,比如能量和能源、能量和物质等等。