



物理通报

2000



主 编 杨国琛
 编辑部主任 吴祖仁

(6月15日出版)

科学前沿	1	光子晶体	陈慰宗等
物理教育研究	4	连接过去与未来	克里斯迪·沃克

Main Contents

Photon Crystal Chen Weizong et al(1)

Connect the Past and Future Christian Ueke(4)

How to Select Reference Frame in Study of Dynamics Problems Chen Yongqing(10)

Discussion about Incline of Human Body in A Car with Varying Velocity Zhou Chengyi(14)

Is it Safe that this Rheostat Acts as a Bleeder? Xi Sangtian(15)

On how to Improve Physics Teaching in Senior One Liang Xu(19)

Change the Modification of a Problem to Make New Idea in Usual Problems Jiang Mingyan(22)

Teaching Principle of CAI Courseware's Compilation Zhou Ling(25)

Design about the Course - Ware of "Interference of Light" Chen Jian(27)

The Teaching Design and Reform Practice of the Usage of the Electric Power ... Zhang Fengping(29)

The Deficiency of A Physics Experiment in Middle School Yan Changcun et al(33)

Analysis about the Experiment of "Measuring E. M. F. and Internal Resistance
of a Battery" Gao Xiaojuan(35)



连接过去与未来

克里斯迪·沃克

(德国慕尼黑技术大学物理系)

我们知道,在物理教育领域,早已经积累了许多好的教学方法,这些宝贵财富不应该被人们遗忘,而是必须与学科的发展结合起来,随着新的发现而被注入新的形式和内容.300年前已为人们所知的失真变形图问题就是一个很好的例子,它涉及到几何光学、一些并不深奥的数学以及许多文化背景知识.这些问题虽然完全能用传统的方法处理,即用经典的数学方法对变形图进行计算,但是今天强有力的计算机工具通过对数字化图像求迹的方法,另辟了一条新的途径.这让使用者能够马上看到经他们自己变形过的图像,并激发他们改变参数,进行各种各样的变化.我将介绍这一课题并通过其他一些例子和实验进行说明,同时讨论其中的物理学和跨学科的背景.

变形图是失真扭曲的图像.大家都知道在博物馆或游艺活动中,当孩子们在大的哈哈镜(凹面镜或凸面镜)里面看到自己被扭曲的像时的那种高兴劲儿.变形图有许多种,这里我要讲讲其中的几种.

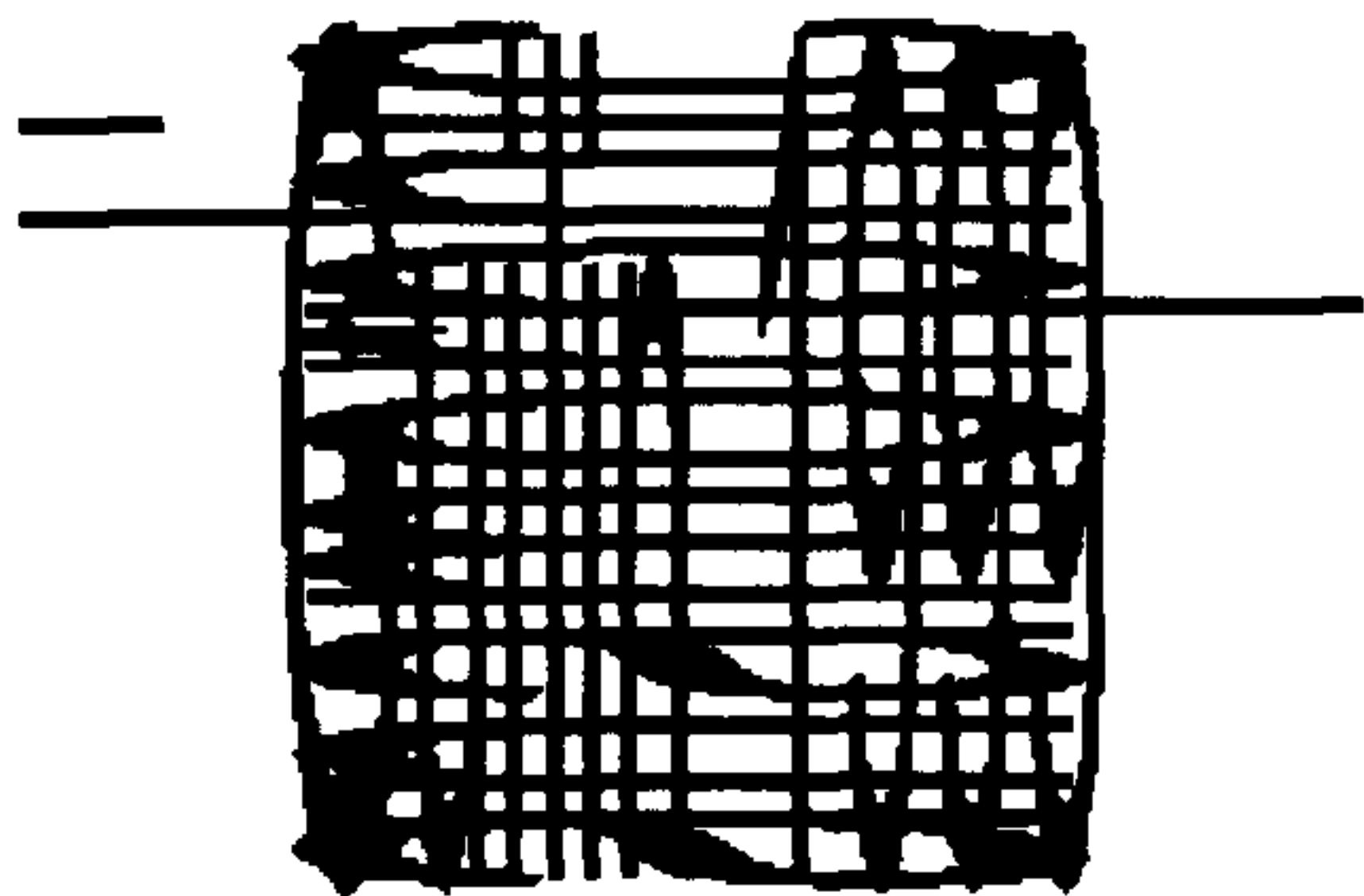


图1 失真变形图

如图1所示的是几个已经被扭曲的用拉丁字母写的单词(我用的是绘图软件 CORELDRAW).试试看你能认出它写的是什么.第一眼看去有可能不明显.不过,如果从较低的角度看这幅图,你就会看出字来.由底向上看显出来的是“Guilin 1999”,将图

形顺时针转过 90° 后,显出‘anamorphic’.这类变换方式简单的变形图在很多地方都能看到:在绘画、壁画、制图中,在地铁站或大街上都会有.它与15、16世纪透视法的发展密切相关.当然,你也能用数学术语把它描述为一种相对简单的线性变换.而所谓的圆柱变形图(图2)直到过了一段时间之后才出现.当我们用一个圆柱形面镜(或圆锥形面镜、或棱柱形面镜)来看时,画出来的图才呈现它真实的样子.

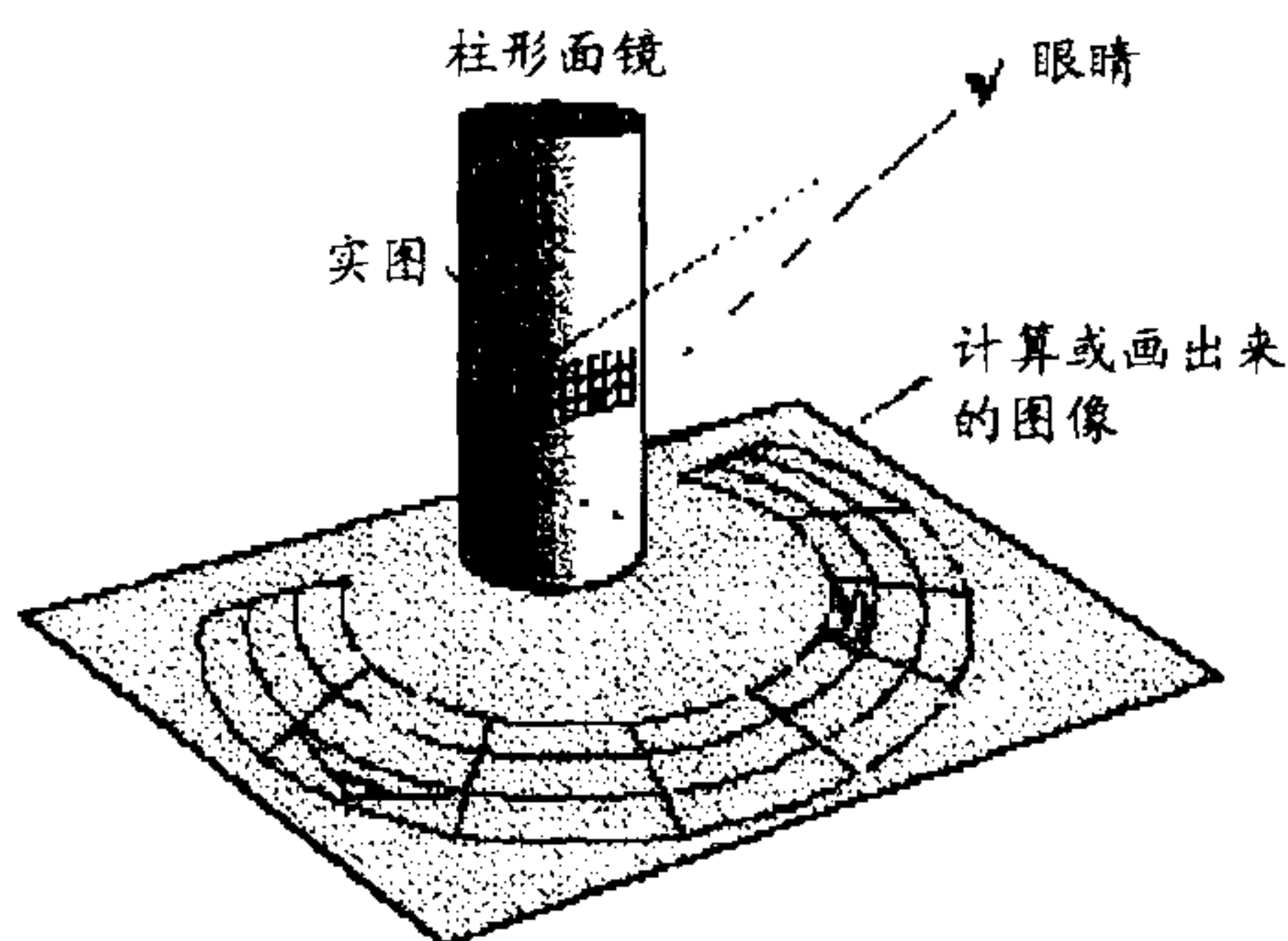


图2 柱面变形图装置的基本构造

不但在欧洲,而且在中国文化中,主要是艺术家用这种形式的变形图,不过只是用它来作画,没有从物理或数学的角度去考虑它.就我所知,柱面变形图是在中国和欧洲相互独立地形成发展的,还是一种文化影响了另一种文化,仍然不清楚.不过,由于中国文化与镜子这个话题有着一种特殊的渊源,那么至少有可能是变形图曾在中国独立发展.这是一个令人感兴趣的问题.

变形图能把画面内容隐匿起来,而如果你知道解图的诀窍,就能看到正常画面.因此,这些图有某种魔术性的效果,因而能迷住孩子们.

在16世纪的欧洲,法国修道士 Nicéron^[1]系统地研究了变形图光学.图3所示的是他画的这幅关于如何作变形图的画,其中的人像是他自己.这是

第一次尝试,并且在光学和数学方面它都不是很正确.但是那并不重要,因为用这种方式作图,有一点偏差,影响并不太大.

数学上,这是一个从直角坐标系到极坐标系的转换.艺术家通常不是根据这个来作图,而是随手画.

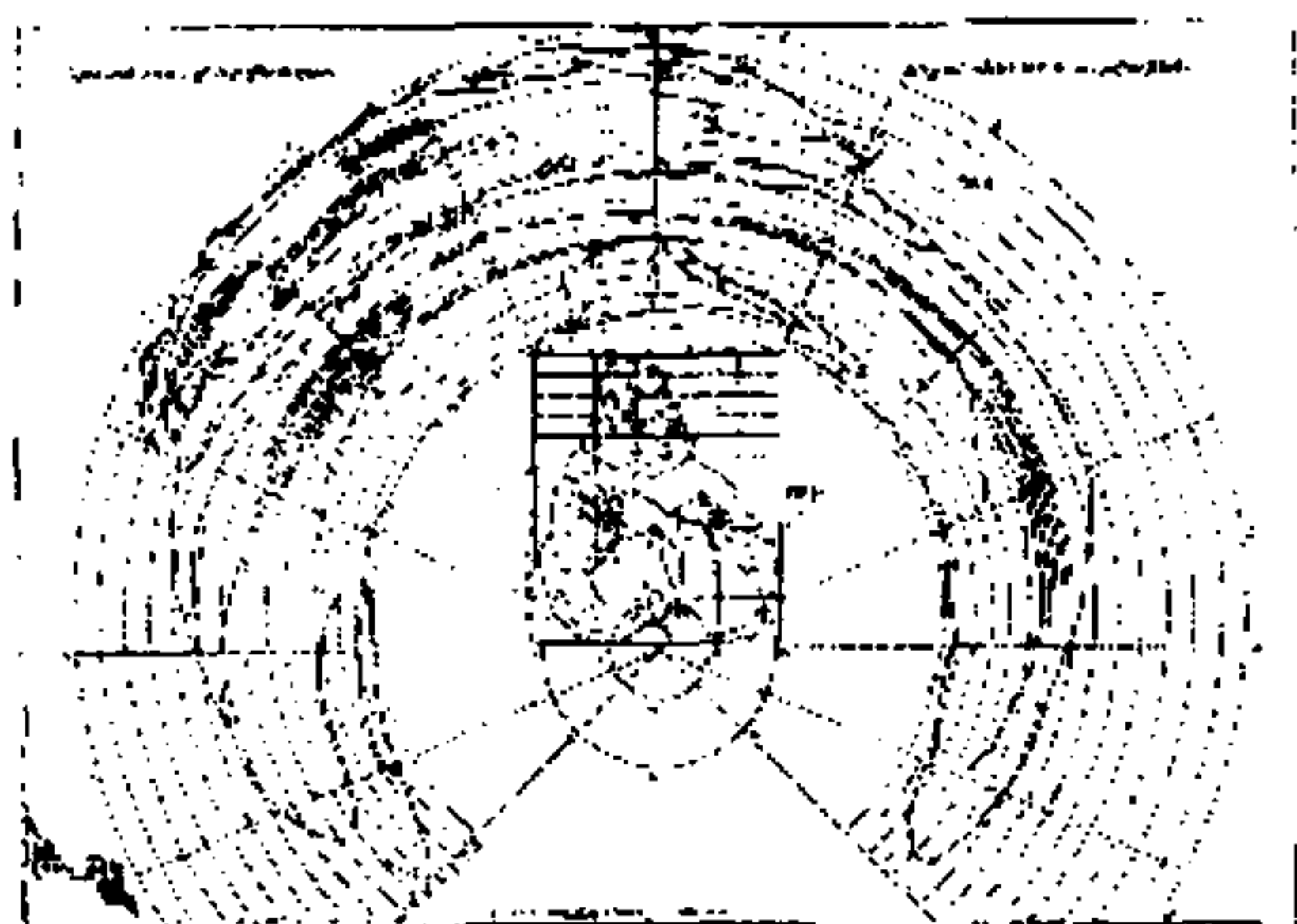


图3 法国修道士 Nicéron 画的第一张柱面变形图

从那以后, Nicéron 的这幅图基本上没有什么改动和复制,你能在许多关于变形图的书里找到它.例如,一本 Marchand 写的在德国和法国都很畅销的实验小册子^[2]里,或者是匈牙利的发明家兼作家 Moscovich 写的书^[3]里都有, Moscovich 还清楚地解释了光在平面镜和曲面镜上反射的原理.

在因特网上有一些如何使用变形艺术的例子,它们主要涉及三门学科:艺术、数学和物理,通过这种方式体现出这三门学科之间的联系.

正如我已经提到的,用一般的极坐标系足够创作出一张变形图了,但作出来的图不完全精确.

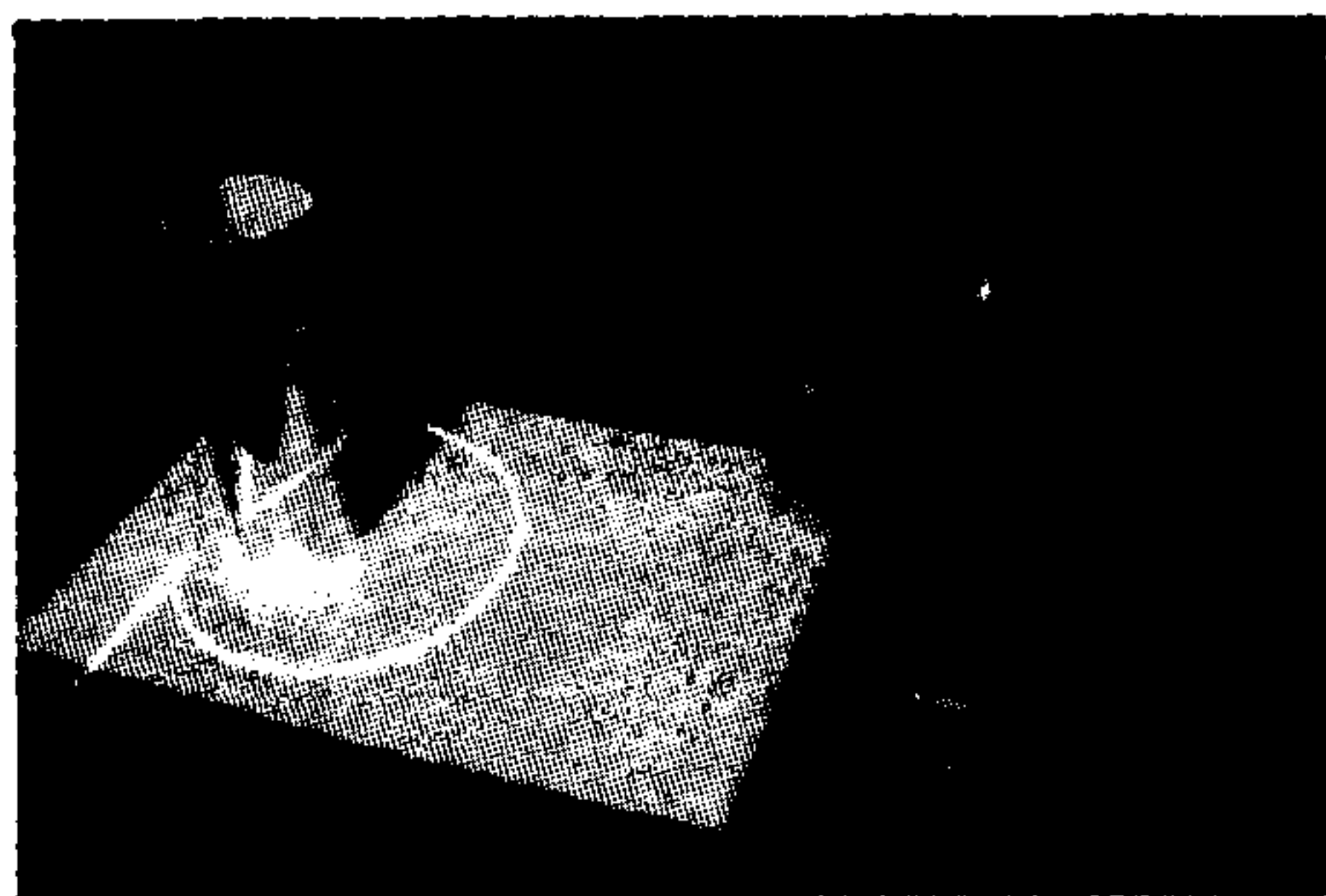


图4 在激光教鞭前面固定一个柱形透镜和一个柱形面镜能够显出并画出一幅变形图坐标网格

这里有一个简单的实验告诉你如何能够做一张正确的画变形图的网格(图4).用一支激光教鞭

做成这样一个装置,即在激光教鞭前面固定一个柱形透镜(我是从窗帘的有机玻璃棒上取了一小块).从而将激光教鞭变成了一个线光源.这束光被柱形面镜反射后,反射光射到平面上,就直接标记了变形图网格的一部分.用这种办法要得到一个完整的网格需要费点工夫.顺便说一下,这主要就是后面将要更为详细地解释的现代求迹技术.

如果你把这个坐标网格和 Nicéron 的极坐标系相比较,就会发现它们之间一些很不相同的地方,特别是在边上部分.一个正确的坐标网格中不会有圆!并且最初在圆柱体上是直线,变到平面上不再是直线.

下面让我们试着深入探讨变形图变换涉及的数学和物理学知识.

如图5所示,是观察或画变形图网格的两种可能的情况.第一张图是观察者距圆柱形面镜为正常观察位置的情况,但这种情况数学上很复杂.就像你能看到的一样,甚至是物体在圆柱体上所成的二维网格上的竖向线,变换到变形图坐标网格上却不是直线.图中有一条反射光被画成了加粗的线.

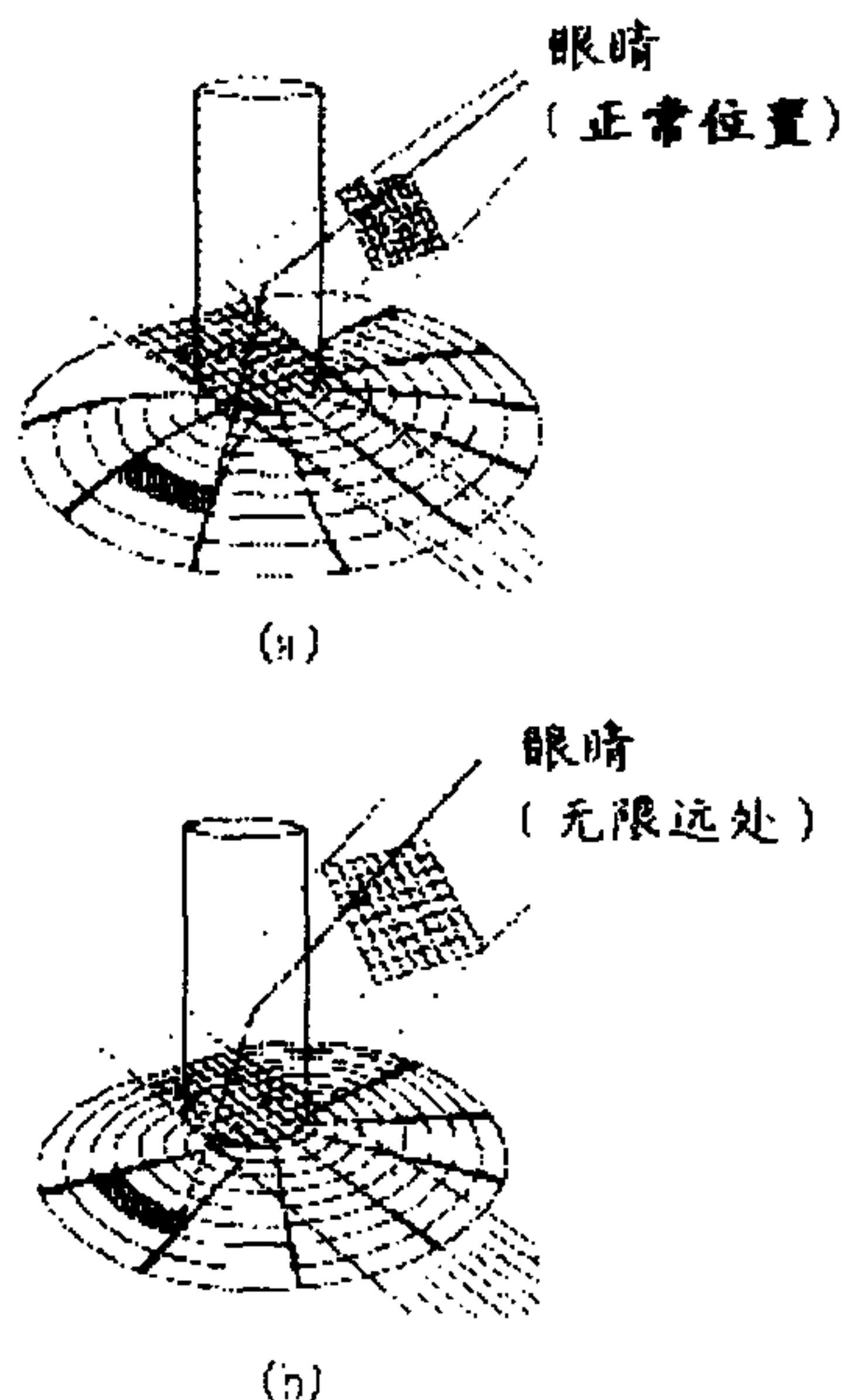


图5 观察或画变形图坐标网格两种可能的情况

另一种情况是观察者处在无穷远的地方,这种情况下圆柱体上所成的二维网格上的竖向线,变换到变形图坐标网格上仍然是直线,这种情况在数学上就简单多了.

这两种情况的不同之处已经很明显了.我们现在也不难理解为什么变形图坐标网格细微的偏差会对图像造成的影响只会被缩小不会放大.整张变形图这样被还原成我们所看到的图像.

现在从上往下看这个圆柱体,图6所示的入射光和反射光满足反射定律,即反射角等于入射角.另外,圆柱体表面反射点和你要考虑的点之间的距离与反射点和物体在圆柱体上成像网格上相应的点之间的距离一定相等.根据初等代数(正弦和余弦定律),你得到下面关于极角和极径的等式,这不是一个线性变换,甚至也不是二阶变换.对于极角的定义和处理以及它的一些符号规则,可不能大意.

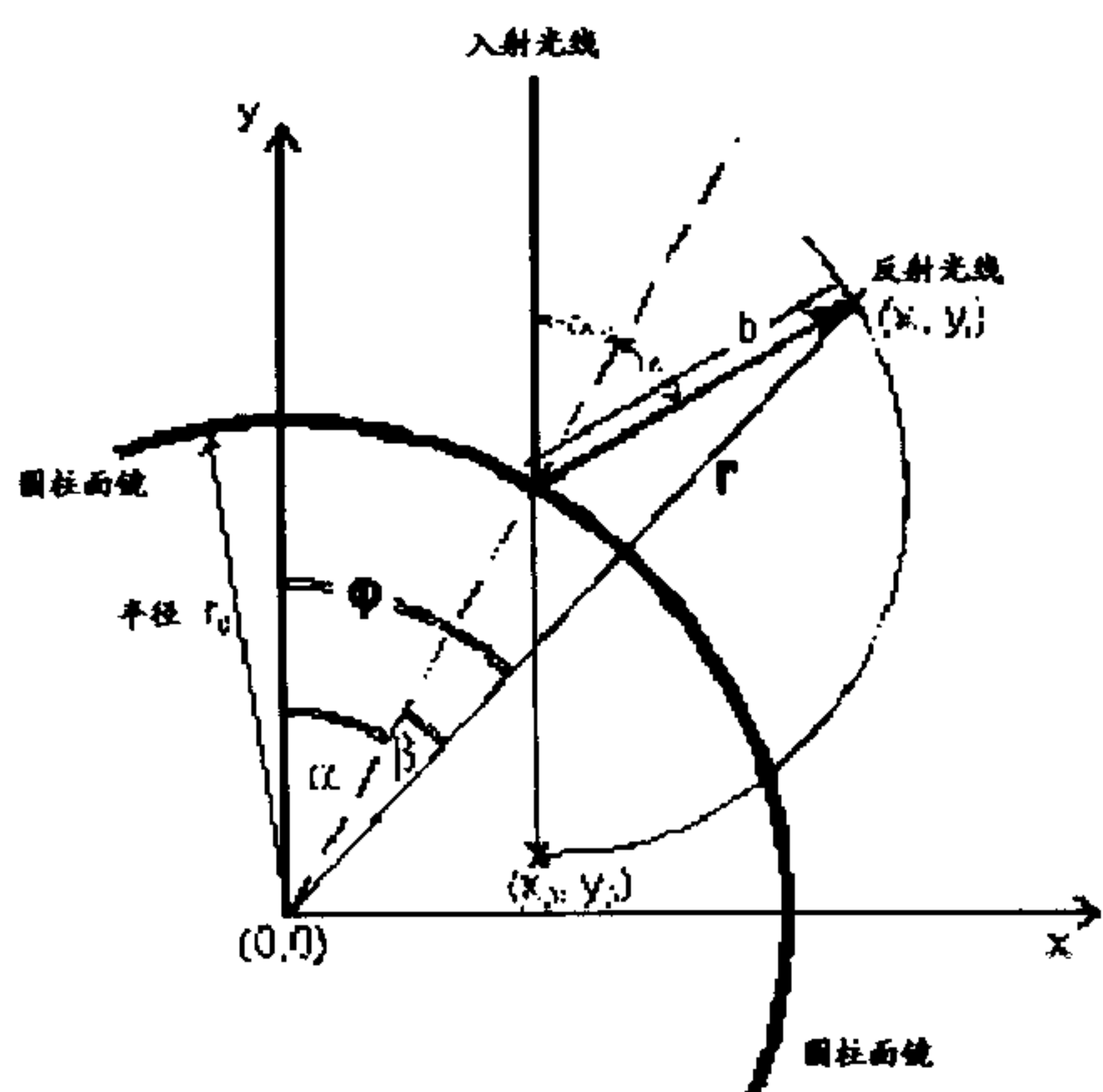


图6 在一种特殊情况下变形图的数学结构
(眼睛处在无限远的地方)

$$b = \sqrt{r_0^2 - x_0^2} - y_0$$

$$r = \sqrt{b^2 + r_0^2 + 2b\sqrt{r_0^2 - x_0^2}}$$

$$\varphi = \arcsin \frac{x_0}{r_0} + \arcsin \frac{b \cdot x_0}{r \cdot r_0}$$

我们还能看到其他一些有趣的特性.如果你把所有的反射光线反向延长后画出一条与之相切的曲线(图7),得到的恰好是凸面镜反射的精确的焦散线.这条曲线是一条摆线.依此,我们可以做一个绘制变形图坐标网格的简单的机械装置.沿着摆线剪下,得到以摆线为轮廓的这样一个旋轮,它的厚度也许是1cm,然后拿一根绳并把它的一头系在摆线尖端的地方,绳的另一端系一只铅笔.现在,通过移动铅笔就能直接画出弯曲的变形图坐标网格线条,绳子要拉紧.几个世纪以前,甚至制造了自动描

画变形图的装置.

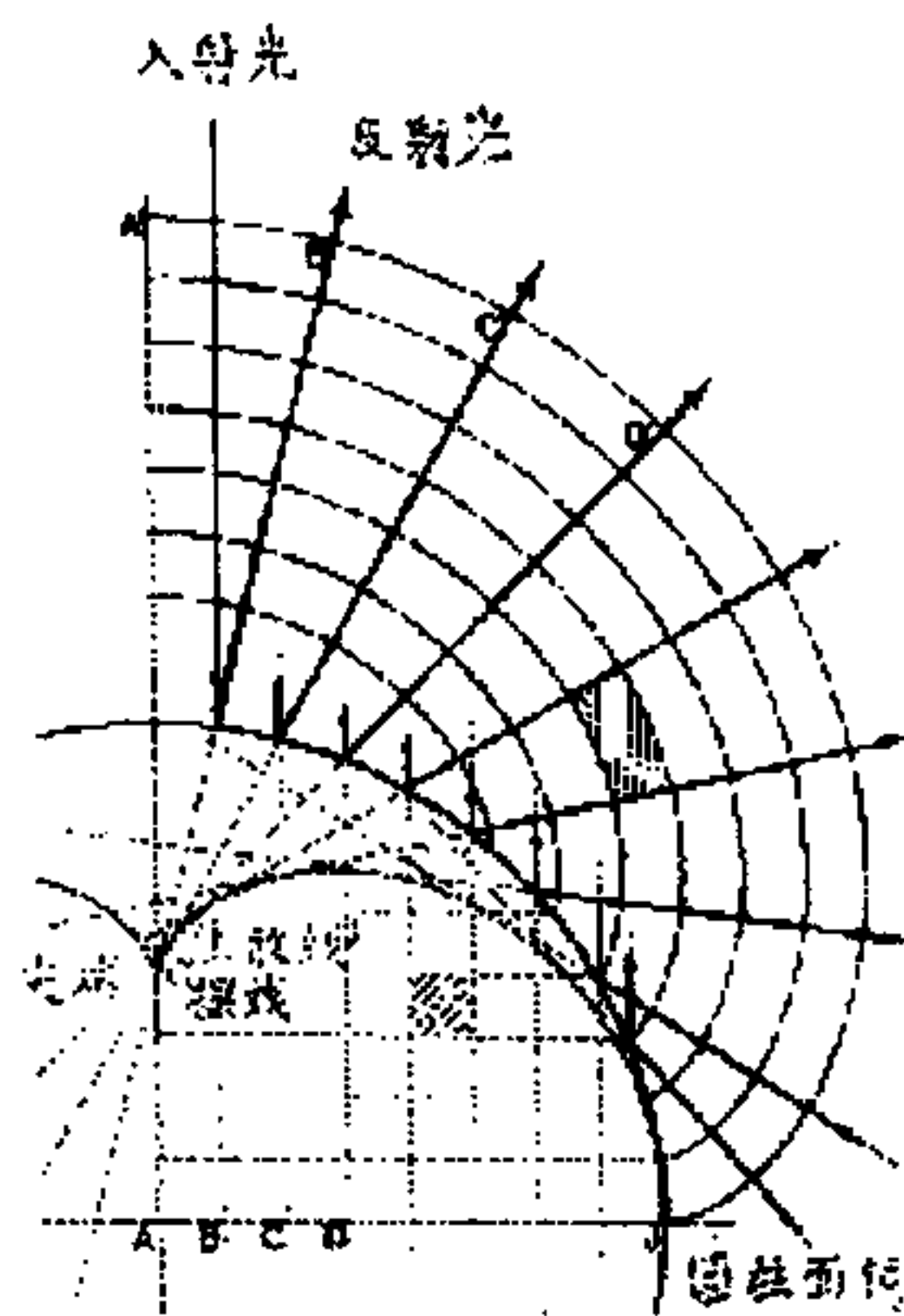


图7 变形图焦散线

很清楚,我们能利用计算机一个像素一个像素地对一幅变形图用公式进行计算.我把这叫作经典的计算方法.这样的程序软件已经被写出来了,大约在15年前,我本人就做了一部分这样的工作. DOS 状态下的另一个软件是德国 Kaiserslautern 大学理论力学研究所的德国学生 Juergen Bergauer 编的,但是这个软件用的时候比较困难.我在寻找其他简单可行的软件,但是在因特网或其他的参考文献中什么也没有找到.如果你们有谁知道并能提供消息,请告诉我.

计算变形图的另外一种办法是所谓的求迹法.对变形图的求迹(或还原)中,幻灯机用的是没有变形的原图像.从眼睛这个地方看去,一束光经过原图像,一个像素一个像素地射到镜面上,每一个像素元经镜面反射后射到平面或其他表面.像素的颜色和原图的颜色相同.在数学上它和经典计算方法基本相同.

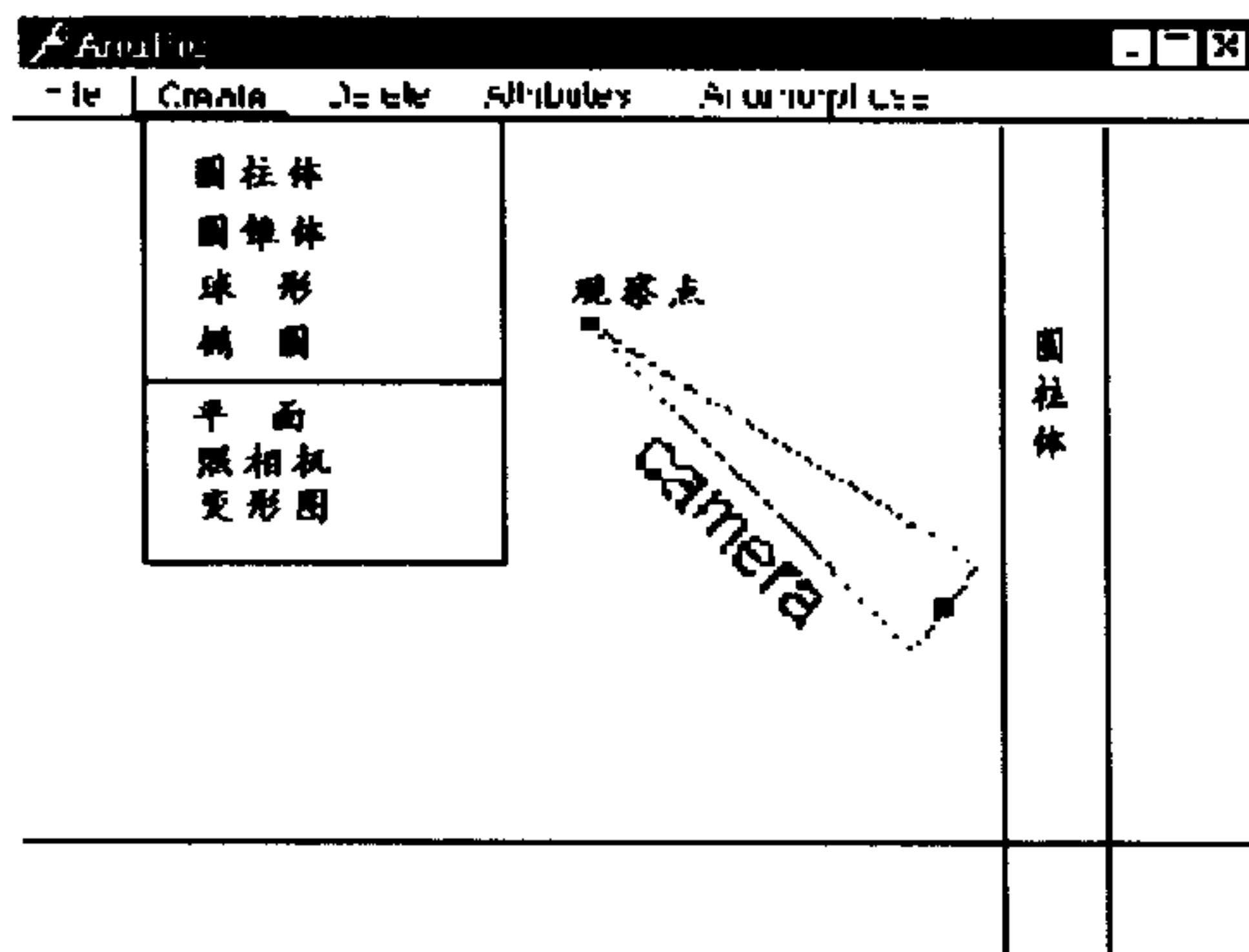


图8 德国学生 Friedel Ulrich 开发的利用求迹技术进行变形图绘制软件的主界面

德国巴伐利亚 Pfaffenhofen 文法中学的学生 Friedel Ulrich, 以求迹技术为理论基础开发了一个失真变形图的软件. 他甚至获得了德国“青年研究者”竞赛奖. 软件程序的结构能从图 8 上看出来. 一部照相机、一个面镜(圆柱体、圆锥体或球形)和一成像平面, 我们可以选取并把它们分别拖放到一定的位置. 插入数字化的图像, 如数字照相机摄的照片, 软件就会计算出相应的变形图.

上面提到的两个软件都能从因特网下载, 软件都附有简短的英文帮助文件.

经典计算方法和现代求迹技术都需要进行大量的计算工作, 因而速度也就不可能很快, 特别是对于那些高清晰度的图像分析, 即使是用有奔腾 400M 处理器的微机, 也需要好几分钟的时间.

我下面的一个圆柱体变形图例子就是用这个求迹变形图软件来进行计算的. 需要指出的是变形图一般都被上下颠倒过来, 这样就使得我们更加难以辨认出图中的内容. 第一幅图变形得很厉害, 我相信没有人能辨认出这里画的是哪一个人, 第二幅图不像第一幅图变形得那么厉害, 现在你可能已经能够猜出他是谁了. 最后看看答案: 是罗星凯教授. 请原谅我从因特网上截取了您的照片.

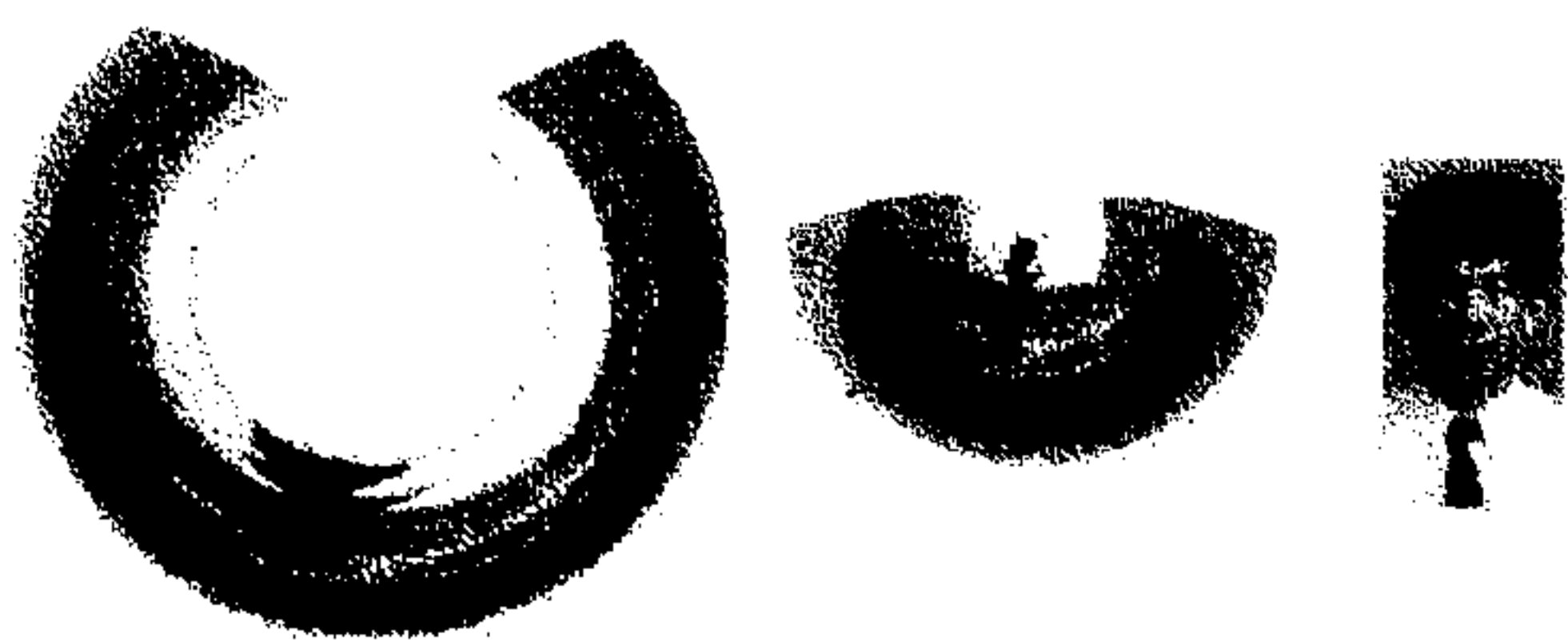


图 9 用德国学生 Friedel Ulrich 开发的软件做出来的不同的变形图. 把柱形面镜放在合适的位置这些图像就能复原

用于课堂教学的效果, Philip Mickin(在一篇关于课堂教学中运用变形图的文章)说: 当我布置这项活动(画圆锥体变形图)作为家庭作业时, 我从学生那儿得到了课堂上曾经得到过的最好的反映^[4].

当你想想到目前为止我已经讲的这些东西, 好像并没有涉及到多少物理学的知识. 而这正是我所要强调的, 我认为物理教师应该在课堂教学中融入更多的学生感兴趣的其他领域的知识, 即使这意味

着在整个讲课中“真正”的物理只占整堂课的一小部分. 对于那些物理并非他们主要兴趣所在的学生来说, 这一点显得尤其重要.

不过这样做困难是有的, 而且困难大小与我们的教学深度有关: 一个物理教师可能熟悉一些非物理的课题, 但往往只是一定程度的了解, 对更深一些的问题, 物理教师不可能如专家那样知道得很多. 所以我们更应该是在提出来讨论的问题和学生之间扮演一个组织者的角色, 同时还必须与同事之间进行跨学科的合作.

我曾鼓励一些德国的物理教师在教学中加入变形图的问题, 他们反馈给我的信息是用这种办法, 效果很好, 取得了成功.

另一个例子是向上滚的圆锥体, 这是一个古老的著名实验^[5]. 实验原理很简单, 但实验现象却令人吃惊, 因此被我们戏称为一个“反重力”的实验. 对于不是从事自然科学工作的人来说, 这个实验还有一点魔术性的效果.

把两个全等圆锥体底面连接起来做一个滚轴, 放在两根倾斜的夹角是锐角的轨道上, 轨道和水平面的倾斜角度为 β . 在一定的条件下双圆锥体会向上滚. 当然重心向下移动.

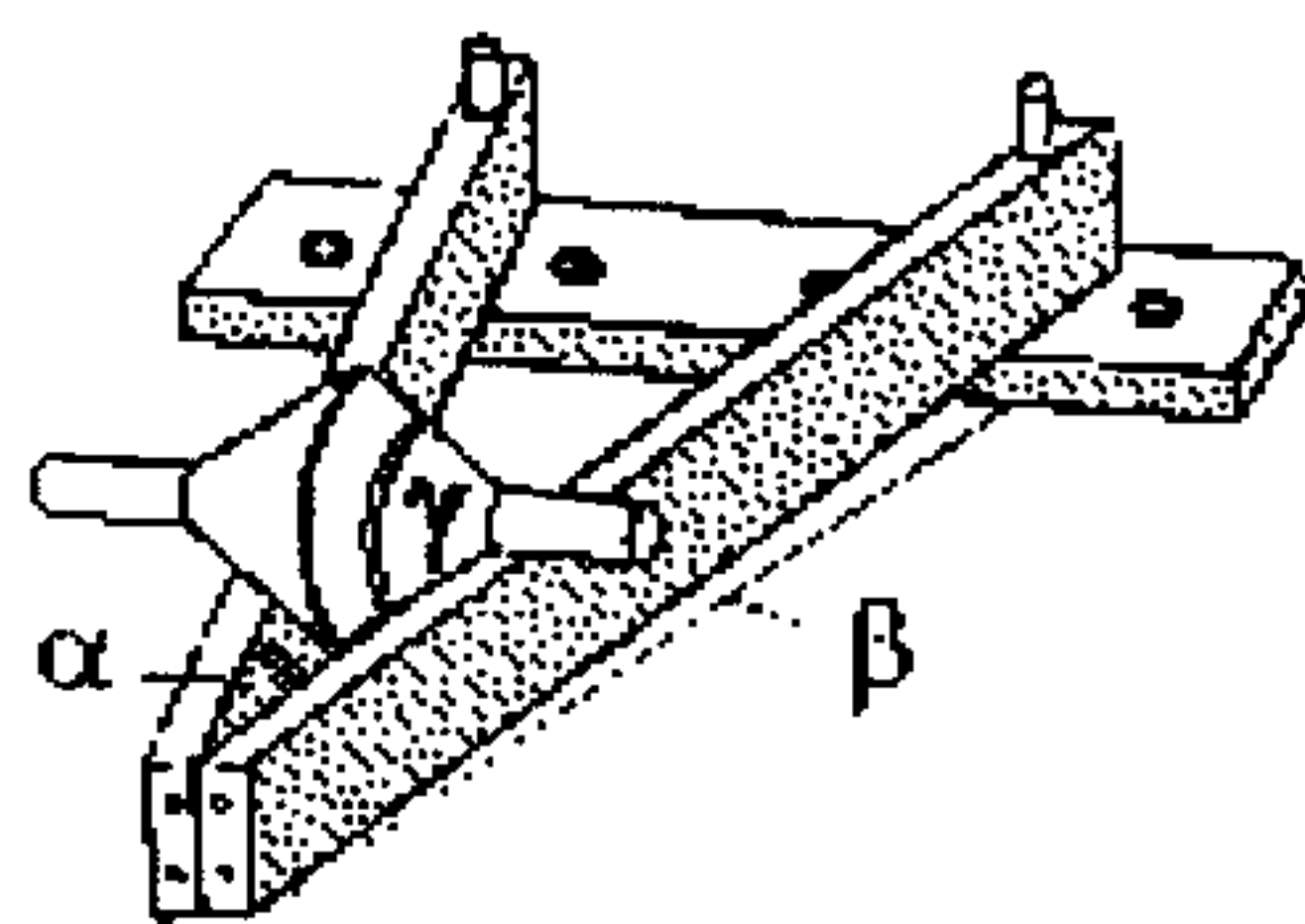


图 10 一个向上滚的双圆锥体

对于讲拉丁语的朋友们来说, 关于这个实验最早的记载是拉丁文的. 我的一个做物理教师的朋友, 有一次和他的一个教拉丁文的同事交谈到这个实验, 于是他就把物理和拉丁文结合起来, 又让学生们把有关的文字翻译了出来. 根据这个实验得出一个小小的推断, 加上一些历史背景的评述, 就可以构思一个小的研究课题.

设 α 为轨道间的夹角, γ 是圆锥体顶角, 则双圆锥体向上滚的条件是

$$\tan\beta < \tan\frac{\alpha}{2} \cdot \tan\frac{\gamma}{2}$$

此条件的证明不是很复杂但有点繁琐^[6].你不得不仔细找出不同夹角之间的关系.

这就构成了一个比较好用于课堂的实验,学生可以有亲自动手的机会.它显示的物理原理清楚、明了,并且要做这样一个装置也不难.

我想提及双圆锥体的一个有趣的特性,铁路工程师们知道这点.如果你放置这个圆锥体的时候不是让它垂直于轨道的中线,而是有一点偏斜,然后让它滚动,这个圆锥体一开始会有点摇摆,但是随后它的运动轨迹相对中线稳定下来.使用平行轨道时情况也一样.双圆锥体的这种运动特性相当重要,在铁轨上运动的火车车轮也是双锥体形状,只不过锥体夹角很小而已.轮子自己能稳定下来,但是这取决于车轮的运动速度(以及其他因素).速度太快的话会造成不稳定.用理论力学来考虑这将会是一个有趣,但也可能很复杂的问题.

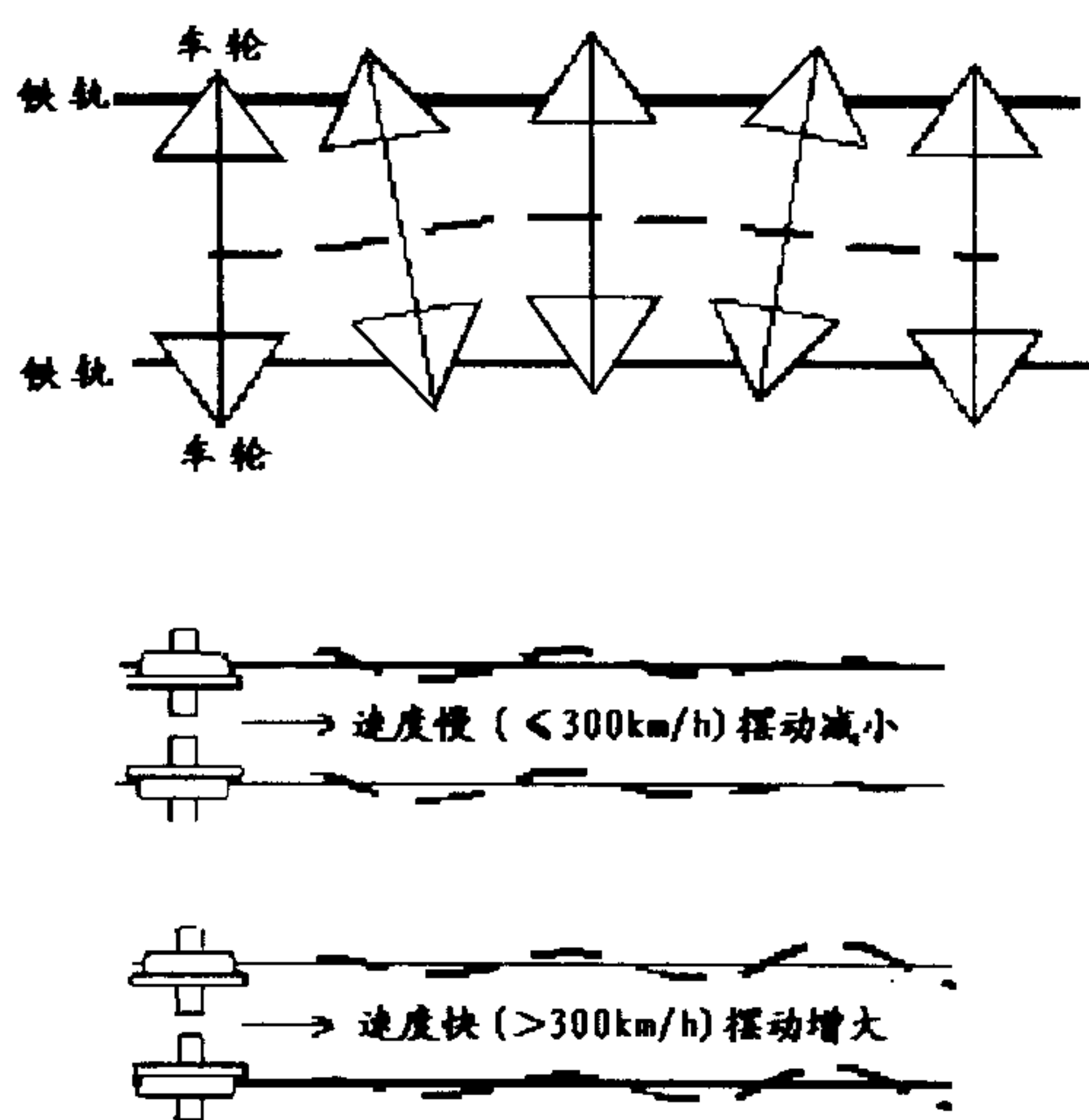


图 11 铁轨上的车轮(轮轴)的摆动

双圆锥体的加速度的大小以及重心究竟如何运动?这也是一个复杂的问题,适合于主修理论物理和工程学的学生^[7].这个问题已经在奥地利的格拉茨大学进行了研究,结果还没有正式发表.

下面的游戏就不仅仅孩子们会被迷住.一个钢球会向上滚,要它滚多高就有多高.它要满足的条件和向上滚的双圆锥体也是一样.我的妻子建议给

这个游戏取名为 Sisyphus,因为你总是不得不一次又一次试着做一件完全相同的令人灰心丧气的事情.Sisyphus是希腊神话中一个倒霉的人,上帝惩罚他不停地把同一块石头滚上一座陡峭的山峰.

这个装置可以用两根台球杆和一个台球做,或者甚至更简单,仅仅用两根吸管和回形针以及一个玩具弹球就可以做^[8].

从这些例子我们清楚地看到的是很久以前人们就熟悉的一些物理实验面貌.它们可以在教学中用于不同年龄阶段的学生,从幼儿园一直到大学,它们有的时候很有趣,有的时候涉及到很严谨深奥的研究,其中有些问题甚至可以说现在也还没有破解,或已得到解释但尚未发表.我们通过使用强有力的现代技术,如计算机、电视摄影机等,也可能提出一些新的解决方法.今天,和其他学科建立紧密的联系可能是特别重要的一点,老师们需要和其他学科的同事合作,其中也涉及到跨文化的课题.

我相信还有其他很多的问题也可以用类似的方法去解决,因此很值得我们继续研究,这将是一个富有挑战性的、永久的课题.

参考文献

- 1 Niceron. La Perspective Curieuse. Paris 1638
- 2 Marchand. P. Secrets des Anamorphoses. Paris. Edition Gallimard Jeunesse. 1995
- 3 Moscovich. I. The Magic Cylinder Book. Stradbroke. Tarquin Publications. 1997
- 4 Hickin. P. Anamorphosis. Mathematical Gazette, 1992.76. 208 ~ 221
- 5 s' Gravesande G. J. Physices elementa Mathematica Experimentis Confirmata. Leiden, 1748
- 6 Ucke. C. Becker. J. Roll Kegel roll. Physik in unserer Zeit 1997.28. 161 ~ 163
- 7 Mitter. H. Mechanik. Mannheim. BI - Wissenschaftsverlag. 1989. 122 ~ 123
- 8 Edge. R. D. An "Antigravity" Experiment. The Physics Teacher 16.1978. 46

(桂林广西师范大学物理教育研究所 98 级研究生 徐旭玲 译 罗星凯 校)