

物理感觉 启蒙读本

范洪义 吴 泽 著

道之为物，惟恍惟惚。

惚兮恍兮，其中有象；

恍兮惚兮，其中有物。

——老子《道德经》

中国科学技术大学出版社

物理感觉 启蒙读本

范洪义 吴 泽 著

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

学好物理的关键是从中学时期就培养物理感觉。作者根据自己五十多年来研究理论物理的经验对物理感觉的含义、萌生和培养做了深刻的分析和讲解,对中学生增强学习兴趣、领会物理本质、欣赏物理简单性、培养物理通感、训练科学思维具有指导意义。

作者以为物理之妙在于“直而能曲,浅而能深”。书中以文理交融的方式阐述物理感觉,事例鲜活有趣,结合实际,兼有文史故事。所列习题紧扣物理通感,触类旁通,层层深入,智圆解方。本书是国内首本提倡物理感觉的蒙学读物,值得广大中学生学习,大学生、研究生和各个年级的物理老师也能从本书中得益;另外,对物理感兴趣的普通大众也可以在闲暇之余翻翻此书,或许能从中得到一些独特的感受。

图书在版编目(CIP)数据

物理感觉启蒙读本/范洪义,吴泽著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2018.9
ISBN 978-7-312-04468-7

I. 物… II. ①范… ②吴… III. 物理学—青少年读物 IV. O4-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第111194号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路96号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
<https://zgkxjsdxcbbs.tmall.com>
印刷 安徽省瑞隆印务有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×1000 mm 1/16
印张 13.5
字数 163千
版次 2018年9月第1版
印次 2018年9月第1次印刷
定价 39.80元

序

本书作者范洪义教授是国际著名的理论物理学家，他在 Elsevier 网站历年公布的“高被引学者榜单”上有名。他在狄拉克符号法基础上创立的有序算符内的积分(IWOP)理论在描述微观现象的物理学领域有着多方面的应用，为量子力学及量子光学的发展做出了独特的贡献。本书是其为中学生及物理学爱好者撰写的科普读物，以培养读者的物理感觉能力为旨趣，既谈物理，也谈文史哲理，文理交融，富有情趣。读者从中不仅可以获得启发，得到训练，增强物理感觉能力，同时也可学到物理知识，开阔学术视野，体会物理学的奥妙。

物理学是自然科学中的一门重要学科，不仅其自身具有重要的理论意义及广泛的应用价值，而且也为其其他学科的发展奠定重要的理论基础，并提供有效的技术支持。学习及研究物理学，既需要有较强的逻辑思维能力及数学运算能力，也需要较强的物理感觉能力。伽利略、牛顿、法拉第、麦克斯韦、爱因斯坦、玻尔、杨振宁等在物理学上做出重要贡献的科学家，都具有这些能力。物理学可以分为理论物理学和实验物理学两大类，对于理论物理学，上述三种能力都是必需的；而对于实验物理学而言，物理感觉能力则更为重要。自学成才的实验物理学家法拉第正是依据自己的物理感觉，坚信在带电体和磁体的周围空间存在着电场和磁场，提出了用力线直观地表示这种看不见的场。在物理学发展的过程中，几乎没有哪项创造性工作不依赖于物理感觉。爱因斯坦上中学时，有一天向自己提出一个问题：“如果一个人以光的速度运动，他看到的光是否是静止的？”爱因斯坦依据自己的直观感觉认为，这个人看到的光仍然以原来的速度向前传播。这种朦胧的感觉是促使他后来创建狭义相对论的因素之一。事实上，物理学的众多定律及公式也都以抽象的形式表达了建立这些定律及公式的

物理学家的物理感觉。

逻辑推理能力和数学运算能力都可以通过专门的课程学习得到培养,而对于物理感觉能力的培养,则无专门的教材。

物理感觉是人对自然界所生“有象有物有精有信”的感觉。感觉是人脑对作用于感觉器官的客观事物某种属性的反应,属于心理学范畴,是介于生理和心理之间的活动,就这种意义而言,它与先天遗传有关;感觉也属于认识论范畴,是感性认识的初级阶段,是理性认识的基础,含有理性因素,因此它又是可以后天培养的。物理感觉有不同的层次,其产生是一个复杂的过程,既与人的感官、心理有关,也与人的知识结构、思维方式等因素有关。

如何有效地培养学生的物理感觉?这是一个复杂的问题。本书在这方面做了很好的尝试,这是其在立意上的一大特色。

本书作者指出,有物理感觉的学生阅读物理教科书时,头脑中会形成物理图像,产生清晰的物理结构,对物理知识的掌握会达到“外师造化,中得心源”的境界。书中把培养物理感觉的过程由低至高分分为十个阶段,学生由此循序渐进,自觉训练,即可增强自己的物理感觉能力。作者提倡学生把培养物理感觉作为一门艺术来学习;同时也提出,学生可以通过逻辑思维、图像思维、蒙太奇思维、类比推理、因果互换等训练来培养自己的物理感觉能力。作者对这些内容的讲解,不是简单的叙述和刻板的说教,而是将大量文史典故与物理知识结合在一起阐述。书中有大量作者自己创作的物理学例题,这些题目不仅内容丰富,包含了方方面面的物理学知识,而且新颖有趣,富有启发性。书中引用了许多物理学史上的名人事例和中国古代的闻人轶事,大量中国古代的

诗词歌赋及作者自己的诗作穿插其中,如此既丰富了书的知识内涵,也增加了人文底蕴。本书虽是一本谈物理的书,却充满诗情,也富有哲理。这是本书在内容上的一大特色。

作者提出,读物理学书,要带着问题读,要问提出这一理论的物理背景是什么,其推导思路是什么。要“挑剔”地读,不是要与书的作者过不去,而是不满足于书上的陈述和答案,问自己能否发展或改进书中的内容,尝试看出书本内容背后藏有的东西。作者认为:“物理是意蕴深远的学问,经得起推敲,故而耐看。这便要求学物理的人要养成‘耐看’的阅读习惯,从多个角度审视同一个物理定律,方能得其真趣。”作者提出,做物理研究应有一点敢于“离经叛道”的精神,有一点“牵强附会”的想法。这些认识既是作者治学的经验及体会,也符合物理学发展的规律和史实。

杜甫诗句有云:“细推物理须行乐,何用浮名绊此身。”作者平生以探求物理真谛为乐,不计较个人名利。本书语言质朴,意蕴深厚,文如其人,也可谓“耐看”。

一本好书,不在于它句句都是经典,无可商榷之处,而在于它含有一些真知灼见,读者从中能学到知识,获得某些启发和感悟。我认为,对此书也应作如是观。

以上是我初读书稿的一点体会,权作序。

胡化凯

2017年12月10日

前 言

一方面,眼下书市里中学生的物理辅导教材种类很多,琳琅满目,书中备有大量习题,学生做题一套又一套,应接不暇,却进步不大,题目稍作改动就不会做了。原因在哪里呢?也许是因为中学生尚不重视人对物理现象所产生的感觉与人的心智活动之间的关系,也不深究人对环境的感觉是否就是可靠的物理感觉。缺乏物理感觉,如何会对物理感兴趣,无兴趣又怎能学好物理呢?另一方面,不少学文科和从事文史工作的人将接受物理知识视为“畏途”,似乎物理与文学之间有一条不可逾越的鸿沟。究其原因,我认为也是缺乏物理感觉。所以,本书尽量把学物理这件事写得轻松些,把此书写成文人能部分消遣的东西。其实,不少文科学者都有潜在的物理感觉,只是没有意识到而已。

有句古话说:“鸳鸯绣取凭君看,不把金针度与人。”我们在这本书中则要把“金针”传给学生,告诉学生什么才算物理感觉,教会学生如何萌生物理感觉。物理感觉最典型的一个例子是:在爱因斯坦以前,人们对时间的感觉是绝对的,都认为确定的时间只有一个,直到爱因斯坦指出各个惯性坐标系的时间可以不同时,才如梦初醒。

物理探究的是处在感觉基础上的学问,或者说,是研究超越感性经验存在的学问,是一种形而上学的思维活动,英译为“metaphysics”,意思是“物理学之上”,所谓“来来先上上方看,眼界无穷世界宽”。形而上学的研究对象,就是自然界的本质。从这个观点看,大多数物理学家的工作都在形而上学的范畴内。物

理学家基尔霍夫和马赫曾提出,物理研究的任务是用最大的全面性和最经济的思想来描述事实。那是太高的要求,对此,物理学家薛定谔说,如果把这个提法看成我们唯一的目标,那么我们就无法在任何科学领域中推进研究工作。因为真正把形而上学排斥在外,等于使得艺术和科学双双丧失灵魂,把它们变成毫无发展可能的枯骨。

所以学物理与学别的学科不太一样,更多的是需要“形而上”的悟,用心智去体会物理的简单性、欣赏物理的美,从引人入胜到渐入佳境,培养物理通感。通感既备,则对物理现象绝可议论,大可发挥,而偏出以浅谈之笔、简洁之句。

中学生如能有意识地自我培养物理感觉,对物理的兴趣就斐然,且学习成绩必有提高。相反,如果过于将时间和精力放在做物理习题上,沉湎于题海,思泛而神不敛,则立意不高,仍在方寸中徘徊,事倍功半。

“像观察繁星的天文家离开了望远镜,热闹中出来听见了自己的足音。”有物理感觉的学生,当他们从物理教科书本中抬起眼来,脑子中就会有清晰的物理结构,正所谓“外师造化,中得心源,性灵运成,此境顿生,忽有妙会”。

本书建议读者在解物理题时要因题立意,因意得像,从虚悬处立下一足。即是说:①跟着物理感觉走,使脑中渐浮物理图像;②根据课本给出的定律、公式建立方程,让数学推导引领自己琢磨公式中的物理意义;③得出结论后再验证自己的物理感觉。

要成就一本在论学术源流方面才思泉涌、间杂谐谑的著作对才能与器识的要求太高了,古人云:“作诗无古今,唯造平淡难。譬身有两目,瞭然瞻视端。”鄙人瞻视无远,况且没有正式当过中学教师,缺乏中学的课堂经验,所以本书必有不足之处,诚望四方读者不吝指正。

作 者

2017年11月16日

目次

i	序
v	前言

第1部分 物理感觉内涵篇

003 /// 045 第1章 物理感觉的古往今来

003	1.1 中小学语文课文对物理学习志趣的启迪
007	1.2 物理学家对自然界的“写意”
009	1.3 从感觉到对物理有兴趣
011	1.4 何谓物理感觉——兼论庄子与惠子的濠梁之辩
016	1.5 “心之官则思”——人对物理的心理感觉(心的知觉)
019	1.6 “惯性力”是一种特殊的物理感觉
022	1.7 物理感觉的无我之境
023	1.8 从物理感觉到移情
024	1.9 古人的物理感觉
031	1.10 直觉和心血来潮
036	1.11 多角度审视同一物理现象,加深物理感觉
039	1.12 慎处相互矛盾的感觉
039	1.13 直觉中的错觉
045	1.14 灵感是一种奇特的物理感觉

046 /// 080 第2章 人类物理感觉的几个层面

046	2.1 人的时空感
051	2.2 人的运动感与运动参考系
054	2.3 人的受力、施力感
057	2.4 人对振动与波的感觉
062	2.5 人对热、气、相变、光和色的感觉
064	2.6 人对电磁现象和光的辐射-吸收的感觉

- 067 2.7 人对量子世界的感悟
- 069 2.8 物理感觉的精华
- 071 2.9 物理通感的培养
- 074 2.10 感觉的调节
- 075 2.11 物理感觉陶冶情操
- 077 2.12 从物理感觉到物理觉悟

第2部分 物理感觉训练篇

083 /// 116 第3章 中学生物理通感的阶段性训练

- 084 3.1 第一阶段:明确研究对象的物理过程涉及的规律、概念,选择方便的参考系
- 088 3.2 第二阶段:把一类似乎不相干的现象归纳起来学习、分类,然后举一反三
- 089 3.3 第三阶段:区分似是而非的现象
- 091 3.4 第四阶段:注意物理定律的使用条件和适用范围
- 092 3.5 第五阶段:学会量纲分析和近似估计
- 095 3.6 第六阶段:区分物理过程和物理状态
- 101 3.7 第七阶段:通过基本定律,在变中把握不变
- 103 3.8 第八阶段:自己发问简单的物理问题
- 106 3.9 第九阶段:启用理论物理的思维模式
- 111 3.10 第十阶段:兼顾物理系统与环境,直至会建立简单的物理模型

117 /// 158 第4章 中学生物理通感思维模式的培养

- 117 4.1 从特殊到一般的思维
- 119 4.2 “下盲棋”式的思维
- 120 4.3 蒙太奇思维
- 122 4.4 像牛那样反刍咀嚼式的思维
- 126 4.5 隐喻式的思维
- 129 4.6 物理题的破题技巧
- 131 4.7 中学生要学会类比推理
- 139 4.8 中学生要学会因果互换的思维模式

141	4.9	中学生要培养等效感觉
146	4.10	中学生怎样自学物理
151	4.11	自学物理一定要循序渐进吗?
152	4.12	有一点“牵强附会”的想法也无妨
154	4.13	培养物理通感不可偏废语文学习
155	4.14	学会从数学公式中读出物理含义

第3部分 物理感觉应验篇

161 /// 170 第5章 物理欣赏

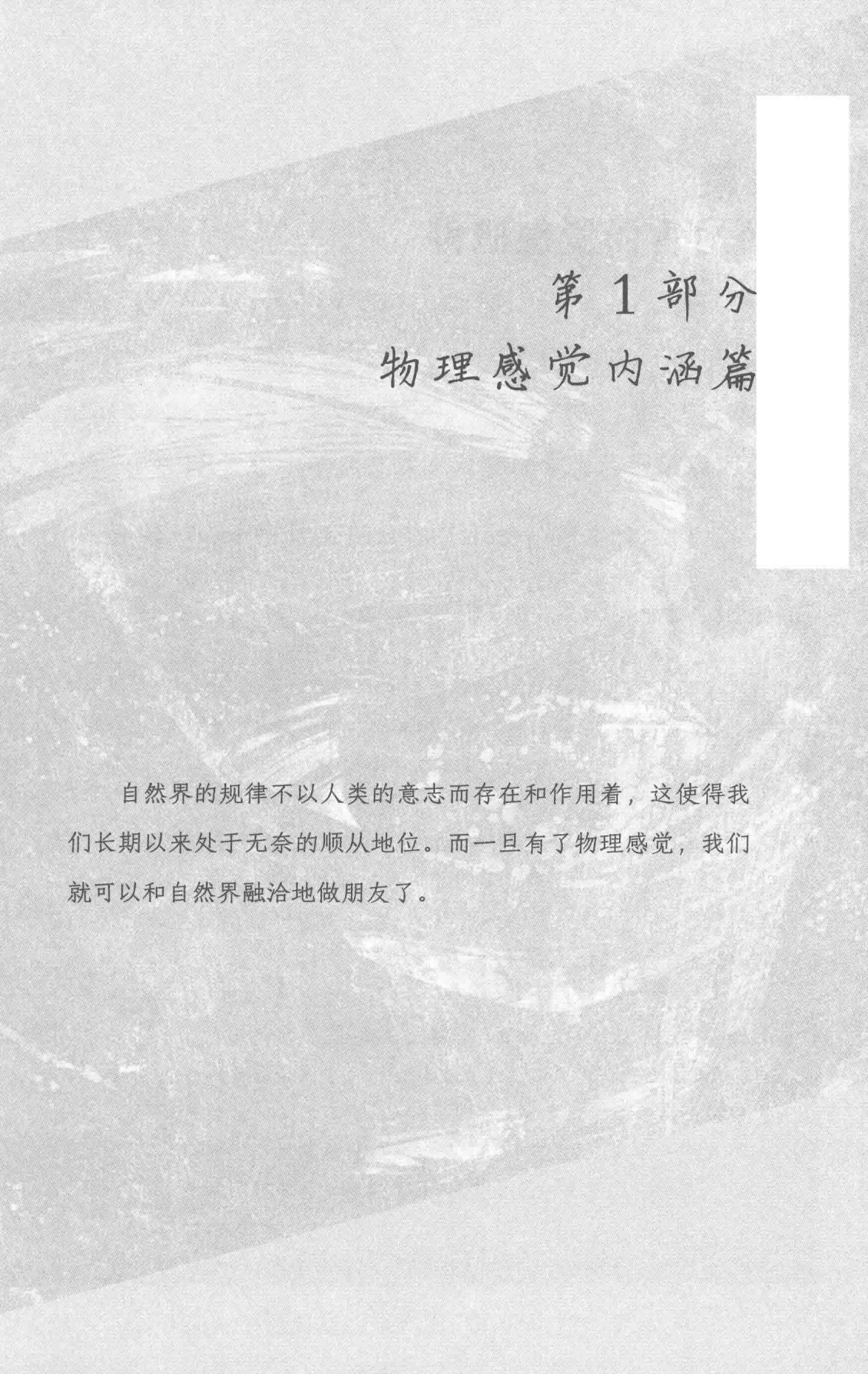
161	5.1	物理理论欣赏
163	5.2	培养对物理的艺术感觉——简单性欣赏
166	5.3	培养读物理书的艺术
168	5.4	将物理欣赏落实在提出好问题

171 /// 196 第6章 人文艺术中的物理

171	6.1	文学作品蕴含的物理
173	6.2	注解物理需要好文字
174	6.3	京剧演员发声的物理机制
175	6.4	教师怎样出物理题
183	6.5	中学老师如何写物理书
185	6.6	中学老师如何启迪学生想象力
190	6.7	从《石钟山记》谈理论物理和实验物理
191	6.8	作诗的感觉和物理感觉
193	6.9	物理感觉与禅的顿悟说

197 /// 199 跋

200 /// 201 后记



第 1 部分 物理感觉内涵篇

自然界的规律不以人类的意志而存在和作用着，这使得我们长期以来处于无奈的顺从地位。而一旦有了物理感觉，我们就可以和自然界融洽地做朋友了。

第1章

物理感觉的古往今来

1.1 中小学语文课文对物理学习志趣的启迪

生活中处处有物理。一日,家中一个瓷盖不慎掉地跌碎。我捡起残片用胶水粘合,发觉尚有约4厘米长的缺口,说明还有残片未找到,地上寻不着,环顾四周开放式家具,发现有约2厘米长的碎片溅到右边衣柜中,以为另一半碎片也在里边,搜寻未见,感到纳闷,后来想到动量守恒,就往对着衣柜的方向找,果然在左边的墙角里找到与前一片邻接的另一片:两片在断裂时按相反的方向蹦出。物理支配的事情真是无处不在啊!

又有一次,钥匙插进铁门锁孔转不动了,起初以为锁坏了,欲换之,但锁是焊在铁门上的,要换锁很麻烦。突然想起静摩擦大于滚动摩擦,就灌了些自制的润滑剂用吸管吹入锁眼,锁芯又可转动了。谁说物理知识没用呢?

我*对物理的好奇萌芽于在上海市铜仁路小学就学时(1952—1958年)读到的《火烧云》一文,此文作者为萧红。

晚饭过后,火烧云上来了。霞光照得小孩子的脸红红的。大白狗变成红的了。红公鸡变成金的了。黑母鸡变成紫檀色的了。喂猪的老头儿在墙根站着,笑盈盈地看着他的两头小白猪变成小金猪了。他刚想说:“你们也变了……”旁边走来一个乘凉的人对他说:“您老人家必要高寿,您老是金胡子了。”

*以下类似表述中的“我”仅指本书第一作者。——编辑注

天空的云从西边一直烧到东边,红彤彤的,好像是天空着了火。

这地方的火烧云变化极多,一会儿红彤彤的,一会儿金灿灿的,一会儿半紫半黄,一会儿半灰半百合色。葡萄灰,梨黄,茄子紫,这些颜色天空都有。还有些说也说不出、见也没见过的颜色。

一会儿,天空出现一匹马,马头向南,马尾向西。马是跪着的,像是在等着有人骑到它背上它才站起来似的。过了两三秒钟,那匹马大起来了。马腿伸开了,马脖子也长了,一条马尾巴可不见了。看的人正在寻找马尾巴,那匹马变模糊了。

忽然又来了一条大狗。那条狗十分凶猛,它在前边跑着,后边似乎还跟着好几条小狗。跑着跑着,小狗不知跑到哪里去了,大狗也不见了。

接着又来了一条大狮子,跟庙门前的大石头狮子一模一样,也是那么大,也是那么蹲着,很威武很镇静地蹲着。可是一转眼就变了,再也找不着了。

一时恍恍惚惚的,天空里又像这个又像那个,其实什么也不像,什么也看不清了,必须低下头,揉一揉眼睛,沉静一会儿再看。可是天空偏偏不等待那些爱好它的孩子。一会儿工夫,火烧云下去了。

读后就想,为什么颜色会如此绚丽多彩、变幻倏忽呢?联想到孩子们吹肥皂泡,那液泡从小胀大,轻袅上升,在阳光下五彩缤纷,这又是为什么呢?(在我中年时,回想童年时吹肥皂泡的场景,不由得写下一首诗:“轻袅皂液泡,欣看小童吹。孩提金色梦,曾附彩圈飞。”)

而我对物理的真正兴趣始于在上海市上海中学就学时(1961—1964年)读到的语文课本中的一篇古文——《河中石兽》(选自纪昀《阅微草堂笔记》),原文是:

沧州南一寺临河干,山门圯于河,二石兽并沉焉。阅十余岁,

僧募金重修,求二石兽于水中,竟不可得。以为顺流下矣,棹数小舟,曳铁钁,寻十余里,无迹。

一讲学家设帐寺中,闻之笑曰:“尔辈不能究物理,是非木柿,岂能为暴涨携之去?乃石性坚重,沙性松浮,湮于沙上,渐沉渐深耳。沿河求之,不亦颠乎?”众服为确论。

一老河兵闻之,又笑曰:“凡河中失石,当求之于上流。盖石性坚重,沙性松浮,水不能冲石,其反激之力,必于石下迎水处啮沙为坎穴,渐激渐深,至石之半,石必倒掷坎穴中。如是再啮,石又再转。转转不已,遂反溯流逆上矣。求之下流,固颠;求之地中,不更颠乎?”如其言,果得于数里外。然则天下之事,但知其一,不知其二者多矣,可据理臆断欤?

其大意如下:

沧州之南,近河岸有一座寺庙,寺庙门前的两只石兽一起沉没在这条河里有十多年了,如今僧人们集资重新修寺庙,并在河中寻找石兽,却没有找到。僧人们以为石兽顺着水流往下游方向去了。于是划着几只小船,拖着铁钁,寻找了十多里,没有任何踪迹。

一位在寺庙里教书的学者,听此事后嘲笑说:“你们这些人不懂得推究事物的道理。这又不是木片,怎么会被暴涨的河水带走呢?石头本性坚硬而沉重,沙本性松软而浮动,石头埋在沙中,越来越深罢了。顺流而下寻找两只石兽,不是很荒唐吗?”大家信服地认为(这句话)是精当确切的言论。

一个巡河的老河兵听说后,又笑着说:“凡是丢失在河里的大石头,都应当到河的上游寻找。石头的性质坚硬沉重,沙的性质松软浮动,水流不能冲走石头,(但是)水流反冲的力量,一定会在石头下面迎着水流的地方冲刷沙石形成坑洞。越冲越深,冲到石头底部的一半时,石头必定倒在坑穴里。像这样一直冲击,石头

又会再次向上游翻转。转来转去不停止,于是石兽反而逆流而上了。到下游寻找石兽,固然荒唐;在原地深处寻找它们,不是更荒唐吗?”僧人们依照老河兵的话去做,果然在上游的几里外找到了石兽。

通过学习这篇文章,我了解到一个“能究物理”学者的见识,有时不如一个有实践经验的人,理论要受实践的检验,具体问题要具体分析,这才是活的物理。(现在,每当我看到一些风景照片上的海边沙滩上的许多大石头,就注意看大石头的上部,如果都朝着某个方向倾斜着,就可猜测这里的海风方向常是定向的,大石头倾斜的方向迎着风向。)

后来又学习了苏轼的《石钟山记》,文中讲到鄱阳湖的湖口有一座石钟山,无有寺庙,却闻钟声。北魏时代的郦道元认为,石钟山下面落于深潭,微风振动波浪,水和石头互相拍打,发出的声音好像大钟一般。为了查证石钟山钟声的来源,苏轼坐了船去实地观察,发现山下都是石穴和缝隙,不知它们有多深,细微的水波涌进那里面,水波激荡因而发出这种声音。当船回到两山之间将要进入港口时,苏轼又看到一块既中空又多窟窿的大石头,吞吐着水波和清风,发出窾坎镗鞳的声音,同先前噌吰的声音相互应和,好像音乐演奏。苏轼于是探索到了石钟山的秘密,他叹惜郦道元的简略,嘲笑李渤的浅陋。

此文告诉我人们对自然的感觉有待于反复思量,认真确证,不能浅尝辄止。

在高二阶段我抽空又看了《科学画报》上刊登的关于相对论的科普介绍,我觉得很神秘,感到很好奇。据此我懂得了运动着的子弹的速度与击发它的枪的速度有关,而一盏运动着的灯的速度发生变化时,灯发出的光的速度却不变。如此一来,运动的相对性原理就面临挑战。爱因斯坦提出狭义相对论解决了这一困