

物 理 学 家 谈 物 理

国 家 “ 十 五 ” 规 划 重 点 图 书

主 编 中科院院士 王 迅

副主编 复旦大学教授 蒋 平

周鲁卫 著

奇妙的软物质

上海市物理学会

少年儿童出版社

前言

“科教兴国”的方针早已家喻户晓。无疑,科教兴国更要“从娃娃抓起”。对青少年普及科学知识是实施科教兴国方针的必要举措,应当是全社会的重要任务;而出版面向青少年读者的科普读物自然是必需的题中之义。少年儿童出版社在上海市物理学会的支持下推出《物理学家谈物理》丛书,正是为这一任务贡献力量的义不容辞之举。

物理学是一切科学技术的重要基础。从最简单的家用照明灯具到有世界性政治、军事影响的核武器;从广阔无垠的宇宙深处到我们人体自身内部,物理学可算是无处不在。从某种意义上来说,在新世纪里物理学及其发展依然会影响、推动、促进其他科学技术的进步。显然,对新世纪的建设者普及物理学的知识更是当务之急。另一方面,一段时期以来,伪科学猖獗一时,公然在科学的幌子下混淆视听、以售其奸。更有一些商家打着科学新名词的旗号胡乱炒作、以假乱真,闹得乌烟瘴气。在这个时候,《物理学家谈物理》的出版无疑有助于去浊还清、正本清源。因此,丛书面市显得既极有必要又十分及时。

作为丛书,《物理学家谈物理》明显地有着自身独特的色彩。

首先,作者都是中国的物理学家,科学知识的正确性是其非专业作者难以望其项背的。一位知名教授在评论科普作品时常说,科普作品应能做到“专家认可,群众爱看”。这

八个字看似简单,要真正做到并不容易。这套丛书所有的作者都师出名门,毕业于国内顶级高等学府物理系;并且都在物理学领域辛勤研究数十年。由他们撰写物理学的科普作品,从根本上保证了科学的严谨性,“专家认可”当不成问题。而且,丛书作者都有在学校教学的经历,有将深奥的科学原理表达得深入浅出的丰富经验;在撰写丛书时又在作品的可读性、趣味性方面倾注了大量的心血,使读者能兴趣盎然地遨游于他们未知的世界。

其次,这套丛书的一个显著特点是:每一本书都只涉及物理学的一个分支领域,而作者又都是相关领域里卓有成就的物理学家。他们在自身的领域里都有骄人的成绩,而且十分熟悉当前国际上的科学发展动态。因此,丛书的时代感相当突出。阅读这套丛书,读者可以了解到当代最前沿的科学成就,包括科学家借以获得这些成就的过人的思维方式和工作方式,其中不少内容连新出版的教科书都未涉及。而现在的教育改革,正向提高青少年创新能力这一方向推进;教学导向正从“知识立意”向“能力立意”转换,要求学生不局限于课堂知识,积极开阔眼界,吸收新知识,吸收科学思想、科学方法和科学精神,形成创新的思维方式。就这一点来看,丛书将使青少年受益无穷。

不仅如此,丛书虽由少年儿童出版社出版,但因其知识的正确性、文风的可读性、涉及到当代以及未来社会发展的前沿性,使得所辐射的读者群自然地延伸到了青少年以外。据笔者所知,甚至有在物理学领域里工作了数十年的专家,在阅读丛书校样时也感到获益良多,颇有“入得门来,别有洞天”之感。如前所说,物理学影响并推动着其他科学领域的发展,与每一个人都有密切的关系,我们相信,对于从事各

类专业工作的成人读者,这套丛书也能在一定的程度上满足他们对新知识、新方法的汲取热望。

不得不提的是,各位作者在撰写书稿的时候,没有任何个人的功利目的,在百忙之中以一颗关心下一代、为科教兴国尽力的赤诚之心倾力撰述。这一种崇高的社会责任感让人油然而生敬意,笔者愿借此向他们表示衷心的感谢。

王迅 落

1. 魔液和篮球“高手”	1
魔液	1
魔液? 对,魔液。它和它的兄弟在汽里,在手表里,在谷仓里,在 们的身体里……	
变幻万千的特级飞行	2
由软物质加盟表演的特技飞行简直太美妙,太惊心动魄了!	
篮球“高手”	3
机器人大战乔丹,乔丹狼狈不堪。	
2. 在软物质世界里	5
烧杯里的实验——牛顿流体和非牛顿流体	6
厨师们用打蛋器在器皿里稀里哗啦地搅拌,是色拉油?是鸡蛋?不 不,名字太俗气了,是“牛顿流体”和“非牛顿流体”!	
到复杂流体里去潜泳——简单流体和复杂流体	16
到复杂流体里去游泳,那些高分子长链,一会儿绊着你的脚,一会儿 缠着你的手,有时你想手脚划得快一点,反而游得更慢,唉!	
五花八门的软物质颗粒	19
软物质“颗粒”让汽车的尾气变干净了,让酸雨减少了,把衣服上 的油污去掉了……	
软物质的弛豫时间	22
软物质的弛豫时间与人的动作所花的时间差不多。有了这种“共 同点”,软物质还真有点让人感到亲切呢。	
颗粒结构自组	23
颗粒像无数条蚯蚓整齐而又美妙地自组在一起……	
软物质中的颗粒自组规则	24
你从来不会看见,一杯浅蓝色的水,会自动地渐渐变成一杯清水,水 的当中浓缩着一滴深蓝色的墨水,那是为什么?	
3. 就那么一丁点高分子	27

印第安人的靴子	28
<i>树上流下了人穿的靴子,可惜,穿不到一天,靴子就碎了!</i>	
摩擦力到哪里去了	31
<i>把一小撮奇妙的高分子材料加到水里,被大火包围在高楼里的小女孩得救了。</i>	
理论的限度	32
<i>一个解决争端的关键实验……</i>	
防止墨汁沉降的秘诀	35
<i>来看一看用了4000多年才弄明白的防止墨汁沉降的道理。</i>	
法拉第的胶体实验	38
<i>法拉第的一个看来非常不起眼的动作,剧烈地改变了材料的物理性质。</i>	
4. 电流变液	40
“芝麻糊”变“花生酱”	40
<i>电场让“芝麻糊”变成了“花生酱”。</i>	
“手拉手”的悬浮液	41
<i>坚不可摧的“手拉手”。</i>	
薄层结构	45
<i>看一看在电极或磁极之间形成的各种各样的薄层状结构……</i>	
从玉米糊到半导体	46
<i>电流变液大叫:“有我没水,有水没我!”</i>	
没有活动部件的阀门	47
<i>阀门的自我推销广告:“响应迅速、反应敏捷、重量轻,可大量用于航空、航天器中。《奇妙的软物质》有详细说明!”</i>	
篮球高手的“心脏”——电流变液阀门组	50
<i>一场慢镜头播放的精彩篮球赛。</i>	
电流变液海港	52

电流变液海港的装卸速度可以提高 10 倍,为什么?	
山地上如履平地的汽车——“软硬兼施”的减振器 …	53
在一条高高低低凹凸不平的车道上,一辆轿车深深陷进大坑,又被高高抛起;另一辆车只是稍稍起伏一下,就开过去了。	
无级可控离合器 ……………	55
无级控制节约了大量的能源,真是个好主意!	
超级隔音板和其他——电固化 ……………	57
电流变效应油墨印刷的玫瑰画片,让人以为是真的玫瑰,差点儿把鼻子伸过去。	
从电流变液到超导球 ……………	59
“零电阻效应”、“迈斯纳效应”都是奇妙的超导效应。	
应用研究人员的两种选择 ……………	61
日本公司的“将计就计”确是条一举两得的妙计。	
5. 磁流体、磁流变液、电磁流变液 ……………	64
会“倒贴”在器皿里的“液体” ……………	64
令魔术师自叹弗如的魔术。	
“使用变稠”现象 ……………	69
“使用变稠”使得许多用户都不敢买磁流变液卡车座椅减振器。	
挤压带来的超强磁流变液 ……………	70
牵引汽车的钢索,拔不出一根卡在磁流变液里的铝棒,反而连带吊起了 400 公斤重的大磁铁。	
没有大铁块的举重锻炼器 ……………	72
不必是大力士就能轻而易举地移动举重锻炼器。	
透镜抛光系统 ……………	73
比一比速度:1~2 天与 10~20 分钟。	
海绵磁流变液减振器 ……………	74
海绵让洗衣机乖乖地降了价。	

夹具、密封圈以及癌症治疗手段	75
<i>让癌细胞自己去饿死吧。</i>	
6. 五彩的液晶,五彩的世界	78
越来越受欢迎的液晶	78
<i>当科学家们为红细胞为什么是双凹碟形而伤透脑筋时,液晶使大家豁然开朗。</i>	
液晶的历史	80
<i>“液晶”曾是个不被重量级大科学家承认的孩子。</i>	
物质的另一状态	83
<i>戴上铁电液晶材料做的眼镜,左、右两眼可以交替分别看到左、右画面。</i>	
不同相之间的转换	91
<i>一不小心,液晶的千姿百态、绚丽多姿让科学家获得了诺贝尔奖。</i>	
液晶手表里的天地	93
<i>找一块旧的液晶手表,就可以做一些有趣的液晶实验。</i>	
双折射	98
<i>当光线射入双折射材料时,它既会迅速跑又能慢走。</i>	
液晶的未来	99
<i>应用液晶,走在地上的瞬时压力可以在瞬间记录下来,小猫拖走了鱼就不能赖小狗了。</i>	
7. 怎样让我们的血液更健康——血液流变性	101
血液黏度不可忽视	102
<i>让血液好好走路的要素。</i>	
显微镜下的血液	103
<i>要是把一根头发拔下来,切下一小片,当作盘子,能够盛上百个红细胞“圆饼”。</i>	
为什么红细胞像两面凹的饼	105

	有人把红细胞膜比作弹性薄壳,有人把红细胞膜设想成肥皂泡那样,有人把红细胞膜看成像金属表链,红细胞膜到底像什么呢?	
	影响血液黏度的种种原因	109
	健康的红细胞有堂堂8微米的身躯,能屈能伸,轻轻一钻,就能通过只有0.5~1微米的孔道。那么,生病的红细胞呢……	
	对症下药	112
	让血液从人体内流出来,又让它流进去,干吗呢?当然是治疗啰。	
	对症下药的方法还有好多。	
8.	愿望寄托在“肥皂泡”中	115
	富兰克林的实验	116
	发现了闪电产生的原因和发明了避雷针的富兰克林,做了一个极其漂亮的软物质实验。	
	去除污染的法宝	117
	在未来战争中如果遇到化学打击和生物打击,利用除污染泡沫会是首选的一项防御措施。	
	武装警察的好帮手	120
	黑夜沉沉,电闪雷鸣,一所监狱的十几名犯人集体越狱,眼看他们就要和外面接应的人会合,说时迟那时快,泡沫突然从天而降……	
	强迫油田再次喷油	122
	一次采油,二次采油算什么!泡沫会来个第三次采油,让大量躲着的原油乖乖地跑出来。	
	农业的防护卫士,矿藏的灭火尖兵	124
	“泡沫时装”与“长命泡沫”。	
	探究泡沫	125
	泡沫既不是固体、液体,又不是气体,可是它却表现出了所有这三种状态的特征。	
	肥皂泡的启示	128

一位因研究肥皂泡一类的软物质而获得诺贝尔奖的科学巨匠,因为比谁都更了解肥皂泡的特征,所以,不被荣誉的光环迷惑。

9. 流动的沙丘——颗粒流	129
无所不在的颗粒	130
小麦、面粉、玉米、黄豆、煤粉颗粒、塑料颗粒、药片、组成土星环的大 最小天体……颗粒在自然界简直是无所不在。	
为什么要研究颗粒材料	131
只要稍微改善颗粒处理系统,就会有明显的经济效益。	
仓库里粮食的重量到哪里去了——粮仓效应	133
水柱和颗粒柱可大不一样!	
越混合越不均匀	135
人们以为,混合是很简单的事,只要把几种材料放到一个圆筒里,让 圆筒绕中心轴水平滚动就可以了;而且,滚动时间越长,混合得越均 匀。但实际情形却迥然不同!	
越挤越不通畅	140
稀疏流? 密集流? 怎样才能迅速撤离?	
会跳舞的沙床——颗粒的振动	142
因为颗粒,小提琴与沙子套上了近乎。	
固体沙变成流沙——颗粒的“流化”	145
沙床可以游泳? 沙床会像水一样沸腾?	
渠道里的沙流	146
工程师在水渠旁注视着水流,结果有了大发现。	
隆隆响的沙丘和吱吱叫的沙滩	147
听到过响沙的声音吗:吱吱,嘎嘎,噶扎……像打雷,像狼嚎,像口 哨,像风在呼啸……但是只要儿滴水,就能让一袋响沙默然无声!	
10. 21 世纪的软物质研究——结束语	153
软物质的美妙未来。	
参考资料	156

魔液？对，魔液。它和它的兄弟在手表里，在谷仓里，在我们的身体里……

硬硬的沙子是“软”物质，你信吗？

飞机为什么能在空中像鸟儿那样自由翱翔？等会儿就告诉你。

1. 魔液和篮球“高手”

魔 液

好莱坞有一部电影，片名叫《终结者II》，看过的人一定会记得里面有一个叫T-1000的机器人，在激烈的枪战中被打得粉身碎骨。奇怪的是，霎时间，那些碎片变成液滴，像水银落地一样，哗啦啦飘下，可是过不了一会儿，这些液滴又聚在一起，有的凝聚成平整的地板，有的兀地变成人形怪物，真是变幻莫测，匪夷所思。

你说，是不是太妙了？真是可以随心所欲，想怎样就怎样，想将固体变成液体就变成液体，想将液体变成固体就变成固体，简直是神话的世界！这难道是电影编导毫无来由的想象？或者仅仅是一种电脑游戏？不，不是的。在我们生活的这个世界中，确实存在着这样一种物质，在施加足够强的外电场或者外磁场时，瞬息之间就会由液态变成固态，而在撤去外电场或外磁场后，这种物质又会在瞬息之间由固态变成液态。

我们说的不是水。水在摄氏0度以下结成冰，在摄氏0度

以上化成水,这是大家都知道的。

我们说的是“电流变液”和“磁流变液”,在物理学中这是一种“软凝聚物质”。电流变液和磁流变液只是软凝聚物质大家族众多成员中的两个。软凝聚物质,也叫“软物质”,包括的范围非常广泛,主要指的是内部有复杂结构的流体,我们叫它“复杂流体”。除了电流变液、磁流变液外,手表里的液晶、我们身体里的血液,还有泡沫、油漆,甚至浩瀚沙漠中的沙丘、丰收后谷仓里的谷堆,都是复杂流体,也就是说,都是软物质。水当然也是软物质的一种,但是,和那些内部结构复杂的软物质相比,水的结构要简单多了。

软物质的世界是一个奇妙的世界,软物质的世界又是一个魔幻的世界,如果我们跨进这个世界的大门,就能看到许多五彩缤纷变化无穷的现象,首先映入眼帘的,是“电流变液”和“磁流变液”,它们总是首先迫不及待地跳将出来,率先亮相。

变幻万千的特技飞行

国庆阅兵式进入了新的高潮,飞机在天空轰鸣,一会儿直冲云霄,一会儿又俯冲下来,一会儿侧着身子,一会儿又编成整齐的行列。观礼台上握着望远镜的嘉宾,电视机前伸长脖子的观众,都忍不住发出声声赞叹:飞机简直像鸟儿一样灵活,飞机比鸟儿更花样多端。会思索的人满脑子跳出疑问:飞机为什么能飞得这样整齐?飞机的姿态为什么能如此变化万千?

成功的飞行归功于飞行员熟练的技巧和飞行经验,但是

再熟练的技巧,再丰富的经验,也要通过飞机上先进的科学控制系统来实现。飞机在空中像鸟儿那样自由翱翔,靠的是液压飞行姿态控制系统。这个系统,可以控制飞机上升、下降、俯冲、侧飞、左盘、右旋……这个系统像指挥部,当它发出指令,它的“部下”——伺服机构立马就坚决执行。你看,液压飞行姿态控制系统一声令下:“向上冲!”伺服机构就把飞机水平机翼上的升降板往上一翻,“嗖”地一声,飞机瞬间冲向云霄;液压飞行控制系统又发布命令:“向左侧飞!”伺服机构把与尾翼垂直的导向板向左一翻,飞机就灵巧地向左侧飞去。

但是,人们发现,一般的液压伺服机构并非完美无缺。比如,这个机构比较重,灵敏度还不够高,反应速度也不够快。因此,科学家们把目光瞄准了电流变液这种“智能”液体,有了它的参与,液压姿态飞行控制系统下的伺服机构就简单多了,没有活动部件,因而重量轻,速度也能快许多。那时,我们再来看特技飞行,将更加美妙,更加惊心动魄,也更具艺术性。

有关这些,我们在以后“电流变液”一章中还会详细介绍。

篮球“高手”

让我们设想一下,如果我们将这样的电流变液伺服机构配上高速传感器、计算机控制器,装在机器人身上,带动机器人的四肢,机器人会怎样呢?它会非常听话,让它干什么就干什么,而且干得很出色。我们来试试,让机器人当一回运动

员,和飞人乔丹大战三百回合。那场面准是精彩极了,因为无论篮球从哪里飞来,机器人运动员都能稳稳当当一把接住,身手矫健的乔丹无论怎样抢截、断球,结果只能是一筹莫展!传感器能以比人的感觉更灵敏更迅捷的速度,测到球的来路和走向,计算机指挥下的电流变液阀门,带动机器人的手臂,会极其快速地接住篮球,于是,机器运动员成了笑傲群雄的“篮球高手”。

黏土、油漆、肥皂泡、橡皮泥……这些黏乎乎、脏兮兮的东西叫软物质？好像，太高雅了点吧？

它的名字也真多啊：软物质（软凝聚物质）、非牛顿流体、复杂流体、结构流体……还有吗？咱们等着瞧吧！

2. 在软物质世界里

长期以来，软物质不很幸运，它一直是个“丑小鸭”，不像硬物质那样备受重视。硬物质在物理学上称做非流体物质，也是我们通常说的“固体”，硬物质似乎总能先声夺人，在科技领域频频亮相，摘取桂冠，比如硅、铁和它们的化合物等。尤其是硅，它在计算机发展上的重大作用让人目瞪口呆，可以说，没有硅，就没有电脑和信息业的发展。但是，人们对软物质，对那些软兮兮、黏乎乎的东西，如泥土、油漆、肥皂泡、橡皮泥之类的，总有点看不起，这算什么玩意儿？黏在手上还脏兮兮的，能登科学圣殿的大雅之堂吗？

如果你这样想，那就错了。你可别小瞧这些软不拉几的东西。这些有着许多奇异特性的软物质，近年来，越来越吸引科学家们的注意，还专门给它们发过诺贝尔奖呢。人们对它们的认识也越来越丰富，利用软物质为社会物质文明服务的成果也越来越多。

烧杯里的实验

——牛顿流体和非牛顿流体

厨师们常拿着筷子或者打蛋器在器皿里稀里哗啦地搅拌一些糊状的东西,比如鲜奶和色拉油、蛋糕粉和土豆泥什么的,这是为了让食物更加精美,更加可口。但是,搅拌到底能起什么样的作用呢?我们不妨试一试。



小实验一

有两类液体,一类是水、汽油、豆油、甘油,一类是航模胶水、蛋白、糖浆、蜂蜜、凡士林油膏、番茄酱、油漆、牙膏、洗洁精、糨糊等。我们来搅拌第一类物质。你会发现这些液体不会因为搅拌速度的快慢,而变得更黏稠或更稀薄,但是当你搅拌第二类液体时,情况就不同了。在搅拌中,有的液体让你感到越搅拌手腕越吃力,因为你搅拌得越快,液体就变得越黏;而有些液体你越搅拌越感到轻松,因为,这类液体搅得越快变得越稀。这就说明了,这类液体的流动和形状改变的性质(流变性)跟水不同,它们之间有着很大的差别。物理上把前一类无论搅拌快慢都不改变黏稠状况的液体,如水、豆油、甘油等叫做**牛顿流体**;把后一类随着搅拌的快慢改变黏稠状况的液体,如蛋白、糖浆、洗洁精等叫做**非牛顿流体**。

非牛顿流体的性质,光用黏度还不能详尽描述。对于浓度差不多的糖浆和洗洁精,如果将糖浆的浓度增高,糖浆就会变得很黏;而如果在制造洗洁精时,将浓度增高,洗洁精不会变稠。我们再来试一试。



小实验二

1. 有的液体没有弹性,而黏液这种液体,如航模胶水、生蛋白等像橡胶一样有弹性。在你家里找找看有没有这样两种不同的液体。

2. 糨糊在倾斜的表面上会流动,表现液体的特性,但是,如果你给它猛的一击,它反而会像干、脆的固体一样被击得粉碎。

3. 下面这个实验你可以在家里卫生间的水池边做。你往水里挤一点洗洁精,它是不是很容易冒出许许多多的肥皂泡,而且长时间不会消失?你再拿一管牙膏边挤边观察:牙膏被挤出来的时候,是不是一点不像液体,倒像一个塞子?还有,当牙膏开口不太大也不太小时,牙膏的流量最大,也就是说,在一定的时间内流出牙膏的量最多。

国外从50年代开始对非牛顿流体进行研究,到70年代获得迅速发展,80年代前后,我国对非牛顿流体研究越来越重