



学科素养趣味课堂，读一本书，爱一门课
参照课程标准，用小说笔法重写物理课本，读故事学物理



刘继军◎著



物理课
微观世界探幽

3



南京师范大学出版社
NANJING NORMAL UNIVERSITY PRESS

鬼脸物理课 ③

微观世界探幽

GUI LIAN WU LI KE

刘继军◎著



南京师范大学出版社
NANJING NORMAL UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

鬼脸物理课. 3 / 刘继军著. — 南京: 南京师范大学出版社, 2019.2

ISBN 978-7-5651-4002-0

I. ①鬼… II. ①刘… III. ①中学物理课—课外读物
IV. ①G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 301955 号

书 名 / 鬼脸物理课. 3

作 者 / 刘继军

责任编辑 / 陈 晨

责任校对 / 张新新

出版发行 / 南京师范大学出版社

地 址 / 江苏省南京市玄武区后宰门西村 9 号 (邮编: 210016)

电 话 / (025) 83598919 (总编办) (0371) 68698016 (邮购部)

网 址 / <http://www.njnup.com>

电子信箱 / nspzbb@163.com

印 刷 / 河南瑞之光印刷股份有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1010 毫米 1/16

印 张 / 17

字 数 / 260 千字

版 次 / 2019 年 2 月第 1 版 2019 年 2 月第 1 次印刷

书 号 / ISBN 978-7-5651-4002-0

定 价 / 35.00 元

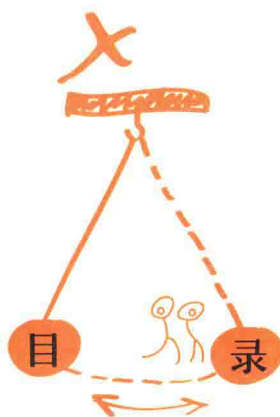
出 版 人 彭志斌

南京师大版图书若有印装问题请与销售商调换

版权所有 侵权必究



读一本书 爱一门课



第十五章 量子论前传（上）雾锁迷云 001

- 1. 世界是什么 003
- 2. 元素周期表 010
- 3. 原子之谜 016
- 4. 初露端倪 027

第十六章 量子论前传（中）乌云来袭 037

- 1. 辐射家族 039
- 2. 黑体传说 058
- 3. 紫外灾变 071





第十七章 量子论前传（下）不诉离殇 079

- 1. 量子幽灵 081
- 2. 波粒再战 096
- 3. 原子迷图 120

第十八章 量子论一 风云际会 141

- 1. 雾里昙花 143
- 2. 爱玻相会 155
- 3. 二象世界 171
- 4. 不相容 182

第十九章 量子论二 谁主沉浮 197

- 1. 天降神童 199
- 2. 男孩物理 214
- 3. 纠结的自旋 227
- 4. 波动疑云 234

第二十章 彩蛋 247

- 宇宙极简史 249
- 聊聊张首晟与量子自旋霍尔效应 256
- 能量的三大终极问题 260



第十五章

量子论前传（上）

雾锁迷云





1 世界是什么

这是一个古老的问题。一个很无聊却又无比重要的问题,也是始终折磨地球人却又持续推动人类发展的问题。

通俗点问:世界是由什么构成的?

是金石土木、风火水云、虫鱼禽兽、日月星辰。哦哟,这么理直气壮,看来答案很靠谱。好吧,那么它们又是什么构成的?

它们是由不同的小颗粒构成的。嘿嘿,好像有点底气不足了,那么好吧,这些不同的小颗粒又是由什么构成的呢,大神?

.....

咱俩发现,顺着这个思路,用不了 10 个问号,那个看似在眼前晃来晃去的答案,就会“biu”的一声飞出我们的视线。

抬头,假装让目光穿透雾霾刺向星空;低头,再看看自己身上这些物件。虽然这一切都很坦然地面对着我们,但,一股神秘的气息仍旧扑面而来。(画外音:已经洗澡了啊,怎么还这么大味儿!)

仅仅是几个问号,就让咱俩感到,这个曾经熟悉到乏味的世界,包括我们自己,突然变得陌生起来!

于是,咱俩习惯性地把迷惘的目光转向先贤——神啊,又要开始回忆了!

有什么关系呢?子曰:忘记过去,就意味着错过了复习。下面我们来复习



一下开篇,过去的地球人对这事儿是怎么看的。

世界是什么?

老子:是虚无。(天下万物生于有,有生于无。有无相生嘛!)

泰勒斯:是水。(答案开始明确了,但是好像有点……)

毕达哥拉斯:是数。(够明确,但太抽象。)

留基伯和德漠克利特:是原子。(这个嘛……)

中国古代人民集体智慧:金木水火土。(天有五行,水火金木土,分时化育,以成万物嘛。清晰而又具体。)

.....

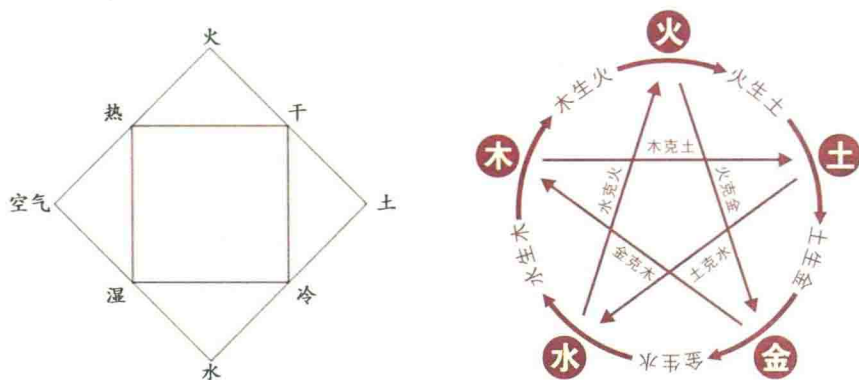
学过一点点自然常识的我们,会很文艺地认为,原子的答案最靠谱。但是,很快我们就会知道,这种文艺的“认为”其实很扯淡。站在公平的、科学的角度讲,在他们得出结论时,抛开偏见,这些答案没有优劣之分,都差不多!

不服气?就知道你不服。

那你说说,上面哪个答案最不靠谱:虚无?水?数?原子?五行?

你挑出其中任何一个,然后咱俩去看看人家的哲学思辨和理论基础,你会发现,这些大神说的,都相当有道理!

既然,既然这些答案,都是经过深思熟虑后,各自提出的一种假设(记住哦,都是“假设”),而且,都很有道理,那么,你凭什么断定,哪位思考出来的假设靠谱,而哪位思考出来的假设不靠谱?



古希腊四元素说与我国古代的阴阳五行



我们发现,这些个拼法,不能跟国际接轨,而且水越搅越混,说是适合摸鱼,其实只适合摸石头,所以幡然醒悟:想断定什么靠谱,一定要用别的法子!

其实答案很简单,就摆在那,用不着摸,拿来就能用:验证。

任何假设——如果你不喜欢“假设”这个词,也可以叫作“猜想”,或者“语录”“梦呓”,都行,随你喜欢——嗯,任何假设,在经过反复验证、确认之前,你都只当是娱乐八卦好了,对咱俩都没毛意义。不管哪个看起来更美丽迷人,哪个看起来更猥琐恶心,它们都只是假设而已。但是,有一点必须认真对待:一旦“最终”验证了哪个是“正确”的,或者,换句话说,一旦验证了哪个最好用——不论它看起来有多荒谬,那么,它就是王道,而其余的竞争理论就都是垃圾——不论它们看起来有多合理。这就叫成王败寇。

哦,明白。验证是吧?那么好,我们大家都爱思考,各有各的看法,在这不计其数的假设中,我们有什么靠谱的手段,来验证、判定谁的假设更靠谱呢?

连续遭遇这么多耗费脑细胞的问题,是不是累了?

嗷!我讨厌问号,下面插播广告:

滚滚红尘,立言无数,纷繁争艳,乱花迷眼,想知道谁更靠谱?请使用“冷酷清洗大法”!

面对玄妙的哲学,你皈依吗?

面对严谨的逻辑,你膜拜吗?

面对美丽的猜想,你痴迷吗?

面对翔实的数据,你臣服吗?

咱俩的答案是:不!这不是我想要的!!

冷酷清洗大法要诀:我要的不单单是哲学,或者逻辑、猜想、数据什么的,而是一个完整的、耐用的科学理论。

必须冷静到冷酷的程度,才能清洗掉我们不想要的,得到我们想要的。就算得不到我们想要的,也绝不凑合要不想要的。所以,为了冷酷到底,我们从一个悲剧说起。

这个故事来自美国人斯蒂夫·列维特和斯蒂芬·都伯纳所著的《超爆魔鬼经济学》,比较火的一本书。

故事说的是19世纪40年代,产妇分娩极易染上一种病:产褥热。一旦染上,常常母婴双亡。伦敦产科总医院、巴黎产科医院等欧洲最好的医院里的产





赛梅尔维斯

妇,都饱受威胁。

维也纳总医院也不例外。1841—1846 年,产褥热导致产妇死亡率达 $1/10$ 。到 1847 年,这一数字达 $1/6$ 。太恐怖了!院长助理、匈牙利籍医生赛梅尔维斯看在眼里,急在心里。他殚精竭虑想解决问题。

第一步,查原因。

他反复检查接生过程、医疗环境等,但一无所获。

其实,当时的主流医生也能说出一堆理由:妊娠期间产妇胸衣和衬裙太紧,产房的空气恶臭,宇宙影响……

聪明的赛梅尔维斯看出,这些纯属胡猜。

于是,他开始了第二步,统计数据。

他取得了充足的第一手资料,经分析,发现几个诡异的现象:

①在医院生产的产妇死亡率,远远高于民间产婆接生的产妇死亡率。后者是前者的 $1/60$ 。也就是说,接生同样数量的产妇,在医院里死 60 个产妇,产婆手里只死 1 个。

②男医生负责的产房的死亡率,是女接生员(不是医生哦)负责产房死亡率的 2 倍还多!

这不是要逆天吗?俺们医生又不是在屠宰场培训的!没道理啊!

接下来的分析,得到了更离谱的事实:

①产妇就算是在大街上生产,也比在医院里生产死亡率低。

②先在医院外分娩,再去医院的,无论贫穷还是富有,一般不会得产褥热。

③接生的医生没有染上产褥热,因此,该病没有传染性。

所有的数据分析指向一个结论——问题出在医院!

悲剧啊!

数据很翔实,是不是可以公布,请居委会大妈通知产妇不要去医院、不要找医生帮助生孩子了?

当然不行,你数据是有了,可是没有理由啊!这不等于宣布医生是凶手吗?凭什么?你欠世界一个解释。



科学需要解释。

如果看到不一样的东西,就急着发表意见,那么,在生活中,在实验室里,几乎天天都会涌现“新发现”。其中,绝大多数的“新发现”都相当不靠谱。

小赛很清楚这一点,所以他进行了第三步:找个解释。

答案在又一个悲剧中找到了。一位老教授指导学生解剖尸体,被手术刀划伤手指,随即患病而死,症状与产褥热极其相似。

是“进入他血管系统的死尸粒子”害死了他,赛梅尔维斯推测道。

那个时期,欧洲的医院兴起解剖热,病人死了直接送解剖室。离开解剖室,医生往往直接去产房,顺便将死尸粒子带给了产妇!

上面那些诡异、离谱的现象,一下子都有了答案。

现在,有了数据,也有了配套的理论解释,可以公布了吧?

不行,这个解释靠不靠谱还很难说,没有实验证据啊!

于是小赛进行第四步:实践。他要求维也纳总医院的医生解剖后必须洗手,结果立竿见影,产妇死亡率比 2008 年股票下跌还快,直接降到了 1%!

神医啊!

这回统计数据、理论解释、实验证据都有了,可以公布了吧?

Yes! 赛梅尔维斯认为可以了。

但是,可怜的小赛万没想到,其他医院的医生们对洗手的建议十分不屑,认为这是小赛对医生们的集体羞辱和诽谤。死尸粒子? 哼! 这是什么东西? 你拿出来先给我们观测一下! 它是通过什么机制导致人死亡的? 你说来听听!

不能观测,并且缺乏一个靠谱的机制,这不能称为科学。

解开产褥热之谜,不仅没有被认可,还受到医生们的讥笑和侮辱! 小赛压力倍增,精神崩溃。后来,他凄凉死去。惜哉! 悲哉!

那么,医学界没有接受小赛的建议,错了吗?

没错。

这位同学愤愤不平:太没道理了! 人家小赛数据翔实,论据充分,还有理论解释和实验证明,这些还不够?! 你们凭什么不信?!

是的,你说的这些确实有,但不够。科学必须经受质疑、异见和争论。否则,科学早死了。

关键的东西不能观测,不能提供有效的机制,如果这样也行,那么,同一件事就会拥有无数个理论,如果都付诸实践,那才是愚蠢的。



科学,不仅需要统计数据、理论解释、实验结果——这些很有可能是巧合,或者其他什么因素导致的相似结果,科学还需要答案明确,需要机制清晰有效,需要可观测、可重复、可验证。



巴斯德发现了微生物。

可怜的小赛死了,但洗手的故事还没结束。赛梅尔维斯死后一二十年,路易斯·巴斯德(法国著名生物学家、化学家,在《影响人类历史进程的100名人排行榜》中名列第12名)奠定了工业微生物学和医学微生物学的基础,并开创了微生物生理学。英国医生李斯特

特据此解决了创口感染问题。

那个问题现在看起来很简单:是微生物感染伤口杀死了病人。

知道是谁干的,解决办法也就简单了:避免伤口感染。手段:消毒杀菌、包扎隔离,当然也包括洗手。

微生物可观测。

有些微生物可以感染伤口、致人死亡,这个机制很清楚很靠谱。

这个机制可验证、可重复——向无辜的小白鼠们致哀。

还是那个顽固的医学界,这次一句废话没有,立即信了。这才是一个靠谱的科学理论。

有了这个靠谱的科学理论,整个医学从此迈入细菌学时代,得到了空前发展——不仅是产妇,其他病例的死亡率也迅速下降。巴斯德发明的巴氏消毒法至今仍在应用。

这个理论的优先权归谁呢?当然没有小赛的份,它是巴斯德和李斯特等人的功劳。

关于科学理论的问题,我们已经拿到了奥卡姆剃刀等神兵器(第十章中“《论动体的电动力学》”一节),为什么还要插播这段广告呢?因为量子之路太艰险、太诡异,我们必须手握利器,外武装到牙齿,内武装到头脑,才有可能保持清醒,一往无前。所以,后面还有几段广告在等着我们。

现在,让咱俩回到那个问题:世界是什么。我们快跑几步,跟上牛人们的脚



步,踏上发现和验证之旅,顺便看看,前面那些假设,谁靠谱,谁不靠谱。

留基伯和德谟克利特所说的“原子”,在希腊文里是“不可分”的意思,用以表示构成物质最基本的微粒。而亚里士多德和柏拉图认为,物质是由离散的单元组成的,能够被任意分割。我们知道,以上双方的这些想法,都只是由哲学推理,并非实验观察而来的。

1661年,波义耳,对,就是在波粒大战中玩肥皂泡的那个波义耳,他出版了《怀疑派化学家》,近代化学由此发轫。他认为,物质是由不同的“微粒”或原子自由组合而成,气、土、火、水等不是基本元素。

1789年,一个喜欢玩火的法国贵族给“原子”下了定义:原子是化学反应的最小单位。他是安托万-洛朗·德·拉瓦锡,近代化学之父,化学领域的牛顿。

拉瓦锡还发现了燃烧原理,说起来是个“意外”。

在当时,物体燃烧被认为是“燃素”脱离物体的结果。按照这个理论,物体燃烧后,质量应该减轻才对。

1772年秋,拉瓦锡想测量“燃素”的含量是多少。他称量了一些红磷,将其点燃,冷却后又称量灰烬,然后惊奇地发现,质量竟然增加了!他的好奇心立即被勾起来了,他又燃烧硫黄,同样发现质量增加了!

难道有什么气体被吸收进去了?那就罩上烧烧看!

拉瓦锡把白磷放进一个钟罩内,点燃,同时监测罩内的空气压力。他发现,燃烧后,灰烬增加的重量,和罩内所消耗的空气重量基本接近。

结论与“燃素说”的预言正好相反!一边是强大的“燃素说”,一边是小小的天平,相信哪个呢?

当然相信天平!相信实验结果。

无论多强大的理论,无论这个理论有多久远、有多少人信奉,只要确定一例



拉瓦锡在向妻子解释他的实验。



实验或观测结果与理论不符(注意,句子里有“确定”),这个理论就立即被证伪,你必须认账,毫无商量余地,你可以修补,也可以推翻重建,但就是不能坚守不降。抱着一个不符合观测、经不住验证的理论拒不撒手、死不松口,无论在自然科学界还是在社会科学界,都是孱弱和无耻的表现。

1773年2月,拉瓦锡在实验记录本上写道:“我所做的实验,使物理和化学发生了根本的变化。”他说的没错。

通过玩火,拉瓦锡发现了一种大家都喜欢的气体,物质燃烧离不开,动物呼吸也离不开,于是,他给它起了个名:氧气。1775年,他发现物体燃烧时增加的质量,恰好是氧气减少的质量。这说明,物体燃烧,实际上就是与氧气化合。

这火,拉瓦锡真是玩出了国际水平,他不仅用氧化学说彻底地推翻了“燃素说”,指出水由氧元素和氢元素构成,还顺便证明了化学反应中的质量守恒定律。我们发现,按照这个说法,不光泰勒斯的“水”说、咱家的“五行”说靠不住了,古希腊的四元素说和三要素说,也都靠不住了。在《化学概要》里,拉瓦锡列出了第一张元素一览表,这应该是元素周期表的前世吧。



元素周期表

由于亚里士多德和柏拉图太抢眼,原子说长期徘徊在公众的视线之外,流落蛮荒。



道尔顿

直到道尔顿拔刀相助,原子说才摘掉非主流的帽子,登上科学的舞台,吸引越来越多的眼球。

约翰·道尔顿,英国化学家、物理学家、气象学家,1766年生于坎伯兰的伊格尔斯菲尔德。他天生色盲,却没有影响科学研究,反而利用这个“优势”,研究了颜色视觉问题,发表了《关于颜色视觉的特殊例子》的论文,用亲身体验,对色盲症给出了最早描述。难得啊!

1803年,道尔顿创立了原子说。为什么创立原子说的是道尔顿,而不是留基伯和德谟克利特呢?我们看看道尔顿的工作就门儿清了。



我们现在知道,碳和氧“联姻”,可以产生两种气体:一氧化碳 CO 和二氧化碳 CO_2 。

道尔顿很好奇,在这两种气体中,碳和氧的质量关系是怎样的。说量就量,结果是:一氧化碳中碳和氧的质量之比是 5.4:7;二氧化碳中碳和氧的质量之比是 5.4:14。

道尔顿注意到,一氧化碳与二氧化碳所含的氧,质量之比为 1:2,是整数倍的关系。

其实这个工作,有个牛人早在 3 年前,也就是 1800 年就做了。法拉第的老师戴维,他测定了三种氮的氧化物,即一氧化二氮 N_2O 、一氧化氮 NO 和二氧化氮 NO_2 。他只测出了氧和氮在这三种气体中各占了多大比例,却没纵向换算一下,在这三种化合物之间,氧、氮的同类比例关系各是多少。可惜了,就差一步。好在戴维老师的发现多得是,尤其是还包括发现了法拉第,够用了。

道尔顿注意到这件事后,有点小激动。因为,他相信,物质是由原子构成的,但是那东西太小,看不见摸不着,没有证据。如果这个整数的倍比关系普遍成立,就说明元素是“一个一个”的,而不是可以无限分割的,那么,原子说也就可以成立!

于是,他一鼓作气,兴奋地分析了沼气等其他化合物,结果如他所愿:当甲乙两种元素“联姻”,可以生成不同的化合物时,如果甲的重量恒定,那么,乙在各化合物中的重量成简单的倍数比。这就是著名的“倍比定律”。道尔顿以此论证了他的原子说。

之后,瑞典化学家、有机化学之父贝采里乌斯也做了类似的试验,以精确的数据证实了倍比定律。1840 年,两位原子、分子测量方面的高手——比利时化学家斯达和法国化学家杜马斯,他俩严格测定了多种化合物,把元素的质量关系搞得相当精确,得出了相同的结论,倍比定律再次过关。

道尔顿提出,原子是构成物质的最基本的砖块,每一种元素只包含一种原子,而这些原子的聚散离合——化学反应,形成了一切物质。

他著成了《化学哲学的新体系》,创立了原子论。比起当时的其他学说,原子论能解释更多的现象,包括气体的行为、物质的化学变化等方面。比方说,为什么某些气体更容易溶于水;再比方说,水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的;等等。

