

## 物理学危机的产生及其实质

李醒民

(中国科学院自然辩证法通讯杂志社, 北京 100039)

[内容提要] 本文在考察了物理学危机的产生及物理学家对危机反应的基础上, 着重论述了物理学危机的实质。作者认为, 物理学危机主要是物理学本身的危机, 物理学危机在哲学上的表现则是由物理学本身的危机派生出来的, 而且, 哲学方面的危机也主要是机械唯物主义的危机。

### 一、物理学危机的产生

自1687年牛顿的集大成著作《自然哲学的数学原理》出版以来, 物理学此后两百年间基本上是在牛顿力学的理论框架内发展起来的。到十九世纪后期, 已经形成了经典物理学的严整理论体系, 几乎能说明所有已知的物理现象。当时, 囿于机械论自然观的物理学家普遍认为, 一切物理现象都能够从力学的角度来说明, 未来的物理学真理将不得不在小数点后第六位中去寻找。

正当物理学家怡然自得、盲目乐观之时, 一些实验事实却在他们心头暗暗地投下了阴影。1887年, 迈克耳孙和莫雷通过精密的实验, 发现在地球和以太之间并没有显著的相对运动, 从而动摇了较为流行的菲涅耳的静止以太说。但是, 静止以太说不仅为电磁理论所要求, 而且也受到早先的光行差现象和斐索实验的支持。这样, 作为光现象和电磁现象传播媒质的以太这一力学模型在性质上就难以自圆其说, 光学和电磁学的力学基础于是面临着某种危险。

经典理论所无法解释的新的实验事实, 即所谓的“反常现象”接踵而来, 气体比热的实验结果也与能量均分定理发生了尖锐的冲突。十九世纪中叶, 玻耳兹曼和麦克斯韦提出的能量均分定理能够解释许多现象, 对于常温下的一般固体和单原子气体的比热, 也能给出比较满意的答案。但是对于双原子和多原子气体, 实测的定压热容量与定容热容量之比显著地大于理论计算值。开耳芬1900年4月27日在英国皇家学会的讲演中, 曾称上述两个疑难为“在热和光的动力理论上空的十九世纪的乌云”。

开耳芬毕竟把物理学的天空看得过于晴朗了。其实, 当时物理学的天空并非只有“两朵乌云”, 早在他讲演之前, 就已经是“黑云压城城欲摧”, “山雨欲来风满楼”了!事实上, 在十九世纪末, 光电效应、黑体辐射, 原子光谱等实验事实也接二连三地和经典物理学理论发生了严重的对立。

物理学危机可以说是从1895年之后真正开始的。特别是由于放射性的发现和研究, 有力地冲击了原子不可分、质量不可变的传统物质观念。就连那些顽固坚持旧观点的人, 也无法反对大量确凿的实验证据, 至多只能抱一种走着瞧的态度。

1895年11月8日到12月28日, 伦琴在德国维尔茨堡大学实验室研究阴极射线时发现了X射线。伦琴的发现不仅引起了惊讶, 而且产生了轰动, 它打开了一个奇妙的新世界。随后, 铀放射性(1896年)、电子(1897年)、放射性元素钋和镭(1898年)等一系列冲击经典物理学理论基础的新发现纷至沓来。在此基础上, 卢瑟福和索迪于1902年提出了元素嬗变理论。

这一系列接踵而至的新发现不仅动摇了整个物理学的基础, 而且也震撼了两百多年来在自然科学领域占统治

地位的机械自然观，于是出现了所谓的物理学危机。面对着无法纳入力学理论框架的新事物，当时在一些科学家中间曾流行着诸如“物质消失了”，“科学破产了”之类的奇谈怪论。这一切，在物理学界造成了一定的思想混乱，进一步加深了物理学危机的严重性。

## 二、物理学家对危机的反应

在世纪之交，物理学家是怎样看待物理学危机的呢？

当时，物理学家一开始都没有觉察到物理学危机，至少是没有意识到危机的严重性。他们依然坚信经典力学的理论框架是整个理论物理学大厦赖以建立的基础，是所有其它科学分支赖以产生的根源。谁也没有想过，整个物理学的基础可能需要从根本上加以改造。

英国科学界元老开耳芬没有觉察到物理学危机。他只是认为，物理学的发展不过是遇到了几个较为严重的困难而已，这些困难能够通过适当的方案逐一加以解决，而无须触动整个物理学的基础。因此他对于动摇这个基础的新实验和新理论往往持怀疑态度，甚至公开站出来反对。

引起所谓“紫外灾难”的黑体辐射问题本来大大加剧了经典物理学的危机。可是，就连当时深深卷入这个问题的维恩、瑞利、洛伦兹等人都没有意识到这种危机。他们力图在经典理论的框架内解决难题，因而始终找不到正确的出路。甚至连量子论的创始人普朗克当时也没有认识到这种危机。因此，他的开创性的工作不是自觉的，而是被迫的。难怪普朗克在迈出了关键性的一步后便开始犹豫彷徨，他怀疑自己的推导可能有某种缺陷，竭力设法把量子论与经典理论调和起来。至于维恩、瑞利，直到1905年都不同意量子概念，洛伦兹在1908年的罗马讲演中也表示难以接受普朗克的理论。

在玻耳兹曼看来，实际上存在着一种危机，但它只是哲学危机，而物理学本身不存在危机。玻耳兹曼1904年在美国圣路易斯国际技术与科学会议的讲话中表示，问题在于哲学错误而不在于科学研究的不可矫正的缺点。物理学的迅猛发展清楚地表明，错误在于把研究某些普遍特征的问题，如因果性的本质、物质和力的概念等任务托付给哲学了，而“哲学在阐明这些问题时显然是无能为力的。”玻耳兹曼认为，反对哲学的斗争是使物理学获得解放的首要条件，因而他十分激烈地进行了这一斗争。玻耳兹曼是一位坚定的机械唯物主义者，他所反对的当然是一些唯心主义的哲学流派。他之所以这样做，是因为无论在他生前或死后，以实证论为代表的唯心主义哲学思潮广为流行，许多人错误地认为物理学危机导致了科学的破产和唯物主义的失败，从而引起了一定的思想混乱。例如奥斯特瓦尔德就宣称，物理学的发展已经面临着危机。要消除这种危机，只能借助于物质消失的哲学见解，把实体的属性让给能量(即唯能论)。皮尔逊也声称，“当前的危机实际在于”，“人们把物质看做是物理学的基本概念，”“现在似乎很显然，电必定比物质更为根本。”皮尔逊由此得出唯心主义的结论：“渴求给每一个概念都赋予客观性，是完全没有必要的。”这些一度时髦的哲学很容易把物理学引入歧途，玻耳兹曼坚决反对它们是值得称道的。但是，他的作法没有、也不可能取得过大成效，因为作为他的战斗武器的机械唯物主义也正处于深刻的危机之中。而且，他又断然否认物理学本身存在危机，这就使他无法对症下药。因此玻耳兹曼虽然早先为经典物理学的发展做出了杰出的贡献，但是在世纪之交物理学大变革时期，他却看不到变革经典理论及其基础的必要性和紧迫性，未能对已经出现的物理学革命的形势提出有预见性的见解。

1905年之前，爱因斯坦还是一个默默无闻的年轻人，他不可能有多少言论和文章公诸于世。但是，从他后来的追忆以及别人所写的有关材料中，我们可以清楚地看到，爱因斯坦在世纪之交对物理学危机具有深邃的洞察和独到的见解。在前人的实验和研究工作的基础上，爱因斯坦看到物理学危机表现在两个基本方面。其一是力学和电动力学两种理论体系之间严重不协调。在这方面，他认为消除危机的出路是：摆脱居统治地位的教条式的顽固，摈弃绝对空间和绝对时间观念，就能为整个物理学找到一个可靠的新基础。其二是由于普朗克对热辐射的研究而突然使人意识到危机的严重性。这就好像地基从下面给挖掉了，无论在什么地方也看不到能够进行建筑的坚实基础了。值得注意的是，爱因斯坦透过一些实验事实与旧理论的矛盾，进一步察觉到经典物理学理论基础，即其基本概念和基本原理的危机。因此，他渐渐对那种根据已知事实用构造性的努力

去发现真实定律的可能性感到绝望了；他确信，只有发现一个普遍的形式原理，才能使我们得到可靠的结论。由于爱因斯坦对物理学危机和摆脱危机的出路具有真知灼见，因此他能够以破竹之势，于1905年一举在上述两方面取得划时代的突破，全面打开了物理学革命的新局面，使物理学有可能消除危机。

在当时科学界的知名人士当中，对物理学发展形势看得最为清楚的是法国数学家、物理学家和天文学家昂利·彭加勒。他在1905年出版的《科学的价值》中，第一个明确地提出了物理学危机，并对它进行了比较全面的分析和论述。彭加勒认为，物理学危机是新的实验发现与经典物理学的基本原理发生了无法调和的矛盾。危机是好事而不是坏事，它预示着一行将到来的变革(彭加勒把镭誉为“当代伟大的革命家”)，是物理学进入新阶段的前兆。他正确地指出，要摆脱危机，就要在新实验事实的基础上重新改造物理学，使力学让位于一个更为广泛的概念。他一再肯定经典理论的固有价值，尖锐地批判了“科学破产”的错误论点。他还预见到了新力学的大致图景，对科学的前途满怀信心。鉴于作者对彭加勒关于物理学危机的基本观点已有专文讨论，此处不拟赘述。

### 三、物理学危机的实质

尽管彭加勒在《科学的价值》中专用一章(第八章：物理学当前的危机)详尽地论述了物理学危机，但是他主要是从物理学的角度来看待这个问题的，他没有彻底地从认识论的角度加以发挥，正如列宁所说，“他对这个问题的哲学方面没有多大兴趣”。

可是，法国的哲学问题著作家莱伊在《现代物理学家的物理学理论》(1907年)一书中非常详细地论述了这一方面。在谈到物理学危机的实质究竟是什么时，莱伊说，在十九世纪前六十年中，物理学家在一切根本问题上彼此是一致的。他们相信对自然界的纯粹力学的解释，他们认为物理学无非是比较复杂的力学，即分子力学。他们只是在把物理学归结为力学的方法问题上，在机械论的细节问题上有分歧。现在，物理化学的科学展示给我们的景况看来是完全相反的。严重的分歧代替了从前的一致，而且这种分歧不是在细节上，而是在基本的、主导的思想上。一方面，莱伊指出，物理学危机是“新的大发现所引起的典型的发育上的危机，”“危机会引起物理学的改革(没有这点就不会有进化和进步)”，“从而新的时期就开始了。”“在若干年后观察事件的历史家，会很容易地在现代人只看到冲突、矛盾、分裂成各种学派的地方，看到一种不断的进化。看来，物理学近年来所经历的危机也是属于这类情况的(不管哲学的批判根据这个危机做出什么结论)。”另一方面，莱伊又指出，“对传统机械论所作的批判破坏了机械论的这个本体论实在性的前提。在这种批判的基础上，确立了对物理学的一种哲学的看法。”“依据这种看法，科学不过是符号的公式，是作记号的方法。”(转引自文献[5]，第259~262，311~312页，以下引用该书只注页码)列宁在分析了物理学危机和莱伊的有关评论后强调指出：“现代物理学危机的实质就是：旧定律和基本原理被推翻，意识之外的客观实在被抛弃，这就是说，唯物主义被唯心主义和不可知论代替了。”(第264页)

对于物理学危机的实质的看法，目前存在着两种不同的见解。第一种见解认为，列宁强调了危机的两个方面，即物理学方面和哲学方面。例如，有人说，这两方面在于：第一，这是旧概念、理论、原则等等与物理学的最新发现相矛盾；第二，这否定了在意识之外存在着客观实在。有人虽然也认为，物理学危机是物理学理论的变革和做出唯心主义认识论的结论相结合所造成的，但是却强调，关键在于做出唯心主义的结论所造成的。第二种见解则断然认为，物理学根本不存在什么危机问题。例如，有人说：“危机”不是发生在物理学问题上，而是发生在哲学认识论问题上。有人说：危机并不是由自然科学本身引起的，而是唯心主义和不可知论侵入了自然科学领域的结果。

第二种见解显然是错误的。首先，它完全违背前述的物理学发展的历史事实，这是最根本的一点。事实上，物理学危机是物理学本身发展过程中出现的一种必然现象，它是新的革命性的发现与旧的基本概念和基本原理发生了尖锐的、不可调和的矛盾的结果，而不是唯心主义和不可知论侵入自然科学领域的结果。要知道，物理学不仅在它的孕育时期，而且从它诞生的第一天起就遭到过唯心主义和不可知论的侵袭(甚至还没有摆脱神学观念)，此后也无时无刻不受到侵袭，但是物理学并没有老是处于危机状态。可见，唯心主义和不可知论

侵入物理学并不是物理学危机产生的根本原因。

其次，科学发展的“危机—革命”观(恕我用此名词代表彭加勒等人的科学发展观)是符合某些科学部门在某个历史时期的发展实际的。最早提出物理学危机的彭加勒就依据历史事实认为，当前的物理学危机是物理学本身的危机，其实质是新的实验事实与经典物理学的基本原理(卡诺原理、相对性原理、牛顿原理、拉瓦锡原理、迈尔原理)发生了尖锐的矛盾，这些矛盾是在旧理论框架内无法解决的。彭加勒认为，物理学发展史向我们表明，物理学在此之前已经历过一次危机(中心力物理学的危机)，它促使我们“舍去旧的见解”把物理学推向一个新的阶段(原理物理学)。彭加勒指出，当前原理物理学又面临危机，而摆脱危机的出路在于：“力学必须让位于一个较为广泛的概念，这种概念将能解释力学，而力学却不能解释这种概念。”

被誉为自然科学大革新家的爱因斯坦不仅在世纪之交洞察到经典物理学在两个方面存在着严重的危机，而且后来还多次阐述他的科学发展的“危机-革命”观。在爱因斯坦看来，差不多科学上的重大进步都是由于旧理论遇到危机，在实在跟我们的理解之间发生剧烈冲突时出现的，这种冲突迫使我们排除根深蒂固的偏见，创造出新观念和新理论，从而导致科学革命。爱因斯坦在1922年8月写了一篇文章，题目就叫做“论理论物理学的现代危机”。他在该文中指出，一定的基本概念和基本假设(基本原理)构成了物理学的基础。“科学的进步会引起它的基础的深刻的变革”，“近二十年来已经弄清楚，物理学的这个基础……抵抗不住新的实验数据的冲击”，它同实验“甚至产生了内在矛盾”(危机)，从而标志着“整个物理学的基础可能需要从根本上加以改造”(革命)。爱因斯坦的这些议论具有真知灼见。

当代科学史家和科学哲学家库恩进一步使“危机-革命”观系统化。库恩在《科学革命的结构》一书中不仅把“危机”作为他的科学发展的动态模式(前科学→常规科学→危机→科学革命→新的常规科学……)的重要环节，而且用相当篇幅专门论述了“危机”。在库恩看来，当一种反常现象达到看来是常规科学的另一个难题的地步时，就开始转化为危机和非常科学。一切危机都是从一种范式开始变模糊时开始的，同时一切危机都随着范式的新的候补者出现，以及随后为接受它斗争而告终。危机是科学发展进程中的一个重要阶段，是新理论诞生的前奏。危机的意义在于，它可以指示更换工具的时刻已经到来。危机是新理论出现所必需的前提条件，只有清醒地认识到危机和产生危机的根源，才有可能毅然决然地抛弃旧理论框架，自觉地寻找新理论框架，并以此为基础重建新的理论体系；相反，看不到危机的根源和危机的严重性，就难以感觉到变革旧理论基础的必要性和紧迫性，至多只能在旧理论的框架内修修补补，甚至还会把别人所发现的触及旧理论基础的新现象、所提出的革命性的、新概念和新理论当做异端邪说而加以反对。而不能容忍危机的人，无疑已经被迫抛弃科学。库恩的这些思想是值得肯定和借鉴的，物理学危机产生的过程及物理学家对危机反应的事实不是恰好证明了这一点么？

其实，否认物理学本身存在危机，似乎也不符合列宁的本意。列宁在概括物理学危机的实质时，明确指出了危机的两个方面(物理学方面和哲学方面)：“旧定律和基本原理被推翻”和“意识之外的客观实在被抛弃”。而后边紧接着的“这就是说，唯物主义被唯心主义和不可知论代替了”(第264页)，恐怕并不完全能包括前一个方面，此其一。列宁在从哲学方面论述物理学危机的实质时，特意加上了“在哲学方面”这一前提。列宁这样写道：“因此，在哲学方面，‘现代物理学的危机’的实质就在于：旧物理学认为自己的理论是‘对物质世界的实在的认识’，就是说，是对客观实在的反映；而物理学中的新思潮则认为理论只是实践的符号、记号、标记，就是说，它否定不依赖于我们意识并为我们的意识所反映的客观实在的存在。”(第262页)此其二。列宁在引用了彭加勒关于物理学危机的论述和有关唯心主义结论之后指出：“彭加勒没有彻底发挥这些结论(指唯心主义的结论——引者注)，他对这个问题(指物理学危机——引者注)的哲学方面没有多大兴趣。”(第259页)在这里，列宁并没有否认物理学本身的危机，而且言下之意说，彭加勒对物理学危机的物理学方面有兴趣(事实也是如此)。列宁在议论时大段大段地引用了莱伊的言论。莱伊是从两个方面论述物理学危机的(见前引文)，他还特别指出：“物理学的历史同其他各种历史一样，可以划分为几个大的时期，各个时期有不同的理论形式、不同的理论概貌……只要有一个由于确定了当时尚不知道或者未被充分认清的某一重要事实而影响了物理学的各个部分的发现，物理学的面貌就改变了，从而新的时期就开始了。……看

来，物理学近年来所经历的危机也是属于这类情况的(不管哲学的批判根据这个危机作出什么结论)。“(参见文献[5]第311~312页)列宁对这一切(彭加勒关于物理学的“原理危机”，莱伊关于机械论和经典力学理论的危机)并未提出异议，此其三。列宁在引用莱伊的论述后还指出：“……是哪些反动分子利用了这种危机并使它尖锐化的。”(第262页)这句话中的“危机”显然是指物理学本身的危机，此其四。

有人以列宁给“危机”二字加过引号为理由，断言列宁否认物理学本身存在危机。这种理由看来并不充分。据不完全统计，在列宁的《唯物主义和经验批判主义》第五章中，“危机”和“现代物理学的危机”总共出现了十多处，其中只有三处加有引号，在此之前和之后的各处均没有加引号，特别是第五章第一节的标题(现代物理学的危机)是首次出现这个字眼的，可是也未加引号。可见，列宁在这里并未赋予加引号的字眼以特殊的含义，当然不可能包含否认物理学本身存在危机的意思。要说有什么意义的话，恐怕只是“引用”的意义(这些字眼是彭加勒和莱伊首先使用的)和“强调”的意义。

当然，列宁主要是哲学方面来论述物理学危机的，他强调的也是危机在哲学上的表现。例如，他这样写道：“现代物理学的危机就在于它不再公开地、断然地、坚定不移地承认它的理论的客观价值”(第312页)。列宁这样作不是没有缘由的(不过他认为物理学危机主要是哲学危机的观点却是值得商榷的)。因为当时在俄国社会民主工党内部，有人利用自然科学的现状，特别是利用物理学危机，大肆宣扬唯心主义和不可知论，“对马克思主义哲学举行”“真正的讨伐”。为了回敬这些“攻击辩证唯物主义的”“勇敢的战士”(第12页)，列宁不得不这样做。其实，在《唯物主义和经验批判主义》第五章的开头，列宁就公开申明了自己的意图：“……我们决不想涉及专门的物理学理论。我们想知道的只是从一些明确的论点和尽人皆知的发现中得出的认识论结论。”(258页)因此，说列宁仅仅“把为唯心主义和不可知论的利益而利用物理学中的革命称之为现代物理学的危机”，恐怕有失偏颇。

值得注意的是，近年来，在苏联科学史界和哲学界，也有人开始提出正确的论点：“列宁曾广泛地利用和引用了彭加勒和莱伊的著作，他们二人谈论‘现代物理学危机’指的是经典力学纲领的危机和物理学基本原理的危机。就其实质而言，列宁是赞同这种观点的，而且正是在这种意义上不止一次地谈到‘物理学危机’。”“列宁首先关注的是自然科学家和哲学家从物理学危机中所做出的哲学结论。列宁分析了这些结论，他得出结论说，在这个时期物理学的哲学原理产生了危机。这两种危机往往被混为一谈。但是物理学危机不应与这门科学的哲学基础的危机混同起来，宁可说物理学危机是后者的基本根源之一。按照我们的观点，应该象列宁所作的那样，尽管这两种危机存在着有机联系，但是还应当把它们区别开来。”

但是，第一种见解就完全正确了吗?看来也不尽然。首先，它在哲学方面忽略了机械唯物主义的危机。实际上，由于当时物理学一系列新发现的猛烈冲击，在物理学界长期占统治地位的机械观已经气息奄奄，朝不保夕了。其次，它把危机在哲学方面的表现看作是主要的方面。事实上，危机在哲学方面的表现是由物理学本身的危机派生出来的。不仅机械观如此，唯心主义也是这样。物理学领域中的唯心主义并不是外来的怪物简单地寄生在物理学上的，它是从物理学发育过程中出现的一种变态现象，是“现代物理学”在“分娩”中“必然会产生出”的“一些死东西，一些应当扔到垃圾堆里去的废物”(第319页)。而且，在物理学家中间，无论就他们关心的问题而言，还是就危机产生的影响而言，也主要是在物理学方面，这从彭加勒、爱因斯坦等人的言论和行动都可以清楚地看到。当时，物理学家主要还是着眼于新实验与旧理论的矛盾所引起的反常或疑难，致力于变革经典物理学的基础或修正旧有的理论，而不是热衷于哲学上的争论，危机在哲学方面的表现，只是促使实际上已经存在的物理学本身的危机更加激化和表面化。一般说来，一种流行的认识论的逆事例，它们最多只能有助于造成一种危机，或者更准确地讲，只是有助于加强一种已经在很大程度上存在的危机。

有人不满足于把物理学危机纯粹看作是哲学上的危机，而且还进一步把它看作是阶级斗争的产物，说什么“实质上，这一所谓的‘危机’的产生，是在社会上阶级斗争空前尖锐的条件下，是资产阶级唯心主义哲学家……有意识地歪曲而产生出来的。”“是在社会矛盾尖锐的历史背景下，现代物理学革命显现出来的一种曲折的投影。”这种说法同历史事实相去就更远了。事实上，物理学危机是由于一系列新实验与经典物理学

的理论基础发生尖锐矛盾而引起的，它与阶级斗争并没有直接的、必然的联系。在这里，有的作者也未免把唯心主义哲学家的神通和“社会矛盾”的作用夸张得过分了。如果没有动摇经典物理学基础的大量反常现象的涌现，即使社会矛盾多么尖锐，即使这些哲学家人有百口，口有百舌，恐怕也难以通过“歪曲”而“产生”出一个物理学危机来。更加使人感到离奇的是，有位苏联作者在论述物理学危机时竟然声称。“科学无危机的、一往无前的发展，只有在社会主义条件下才有可能。”在这位作者看来，物理学危机只能是资本主义制度下的产物。如果按照作者的论断推下去，就不可避免地得出这样的结论，存在着两种本质不同的物理学——一种是永不发生危机的社会主义的物理学，一种是会发生危机的资本主义的物理学。这种科学有阶级性的论调能叫谁相信呢？这与勒纳德当年反对爱因斯坦的相对论，而捏造出所谓“德国人的物理学”同“犹太人的物理学”的对立又有什么两样呢？

综上所述可以看出，物理学危机主要是物理学本身的危机，这是根本的一面，物理学危机在哲学方面的表现则是由物理学本身的危机派生出来的。断言危机不是发生在物理学问题上，仅仅发生在哲学问题上，以及在哲学方面只强调唯物主义被唯心主义和不可知论代替所引起的危机，而忽略机械观面临的全线崩溃的危机，都是不够全面的。因此，要使物理学摆脱危机，也必须从两方面入手，一是彻底变革经典物理学的基础，在新基础上创建新理论，就像爱因斯坦、普朗克、卢瑟福等物理学的革新家们实际所作的那样。二是以辩证唯物主义代替机械唯物主义和形形色色的唯心主义哲学，使物理学在正确的哲学路线指导下健康地发展。这两方面是相辅相成的，但前者则更为根本(但是，这并不意味着物理学本身危机的克服会立即导致物理学的哲学原理的危机的消除)。有人断言：“物理学‘危机’是唯心主义地解释自然科学认识的最新成就的产物，摆脱危机的唯一出路是抛弃唯心主义和形而上学。”这种“出路只有一条”的观点显然具有片面性。因为如果不设法根据新实验事实变革经典物理学的基础，不积极创立新理论来代替旧理论，不仅物理学依然无法摆脱危机，而且也难以使物理学家彻底抛弃唯心主义和形而上学，坚决过渡到辩证唯物主义的立场上。

#### 参考文献

Lord Kelvin, Nineteenth Century Clouds Over the Dynamical Theory of Heat and Light, Phi. Mag., 2 (1901), 1~40.

E. Bellon, A World on Peper: Studies on the Second Scientific Revolution, the MIT Press, 1980, pp. 104~105.

K. Pearson, The Grammar of Science, Third Edition, London, 1911, pp. 356~357.

李醒民：评彭加勒关于物理学危机的基本观点，北京：《自然辩证法通讯》，1983年第3期。

《列宁选集》第二卷，北京：人民出版社，1972年第2版，第259页。

H. Poincaré, The Foundations of Science, The Science Press, New York, 1913, p.4.

《爱因斯坦文集》第一卷，许良英等译，北京：商务印书馆，1976年第1版，第170~176页。

Б. М. Кедров, Ленин и Научные Революции•Вестествознание•Физика, Издательства «Наука», Москва, 1980, с.333. 该书由李醒民、何永晋译，柳树滋校，将由陕西科学技术出版社出版。

Вл. Л. Визгин, В. И. Ленин о Состоянии Физики на Тубеже X I X и X X вв., Вопросы Истории Естествознания и Техники, №2(1980),19~40.

林万和：《物理学发展中的唯物主义与唯心主义的斗争》，北京：科学出版社，1959年，第58页。

中国社科院哲学所自然辩证法研究室编：《自然科学哲学问题论丛》第一辑，南宁：广西人民出版社，1981年，第52页。

Ф.Т. Архипцев：《论列宁的著作〈唯物主义和经验批判主义〉》，上海人民出版社，1956年，第42页。

П.С. Дышевый и Ф.М. Канак, Материалистический Философия и Развитие Естествознания, Москва,1977,с.10.

人大注释组编：《〈唯物主义和经验批判主义〉简释》，北京：中国人民大学出版社，1962年，第116页。

(原载成都: 《大自然探索》, 第4卷(1985), 第4期, 第141~148页)