

5. 纯能

主题:

在科学教科书和杂志中我们经常可以看到这样的说法：电磁辐射是一种纯能（pure energy）。例如^[1]，“当正电子与电子相撞时，它们就会相互湮灭，并以 γ 辐射的形式释放出纯能”。再举个例子^[2]，“粒子和它的反粒子会相互湮灭，并转化为能量，能量又反过来可以转化为一对粒子和反粒子”。还有一个持相同观点的例子^[3]：“……光也可以被描述为光子，即一份一份地发射的能量子”。

缺点:

显然，电磁波不是纯能。电磁场是一种物理系统，即一种东西，描述它的每个物理量都有一个确定的值，而这些物理量中不仅仅只有能量。因此，总的来说，对于电磁场除了能量，还有诸如动量、角动量和熵等广延量，这些量的值也不等于零。而强度量也有确定的值，这对于其他系统来说也是如此。因此，在电磁场中的每一点都具有压强。（压强具有方向，因而是一个张量。）在某些状态下，即在通常叫做热辐射的那些状态下，电磁场具有确定的温度和化学势。

仅仅用单独一个量来描述辐射显然是不正确的。辐射是一个物理系统，是自然界给予我们的一种东西。而物理量是人类思维的产物。它们是描述系统的工具。

同样，一个光子，即“电磁场”这个系统的基本组成部分不是能量子。光子也携带着除能量以外其他广延量，如动量和角动量。

“物理量”和“系统”这两个概念之间的混淆局面还表现在我们经常遇到的能量和物质这两个概念。这两个概念被认为具有同等地位^[4]：“如果说天体正在彼此远离……，那么可以认为它们曾经以高密度的物质和能量的形式聚集在一起。”

历史:

物理量“能量”和物理系统“电磁场”之间的概念混淆可能由以下两个原因造成。首先，第一个原因明显是由于在理论上我们把能量不仅仅看是一个量。其次，另一个原因是由于我们没有将场严格地看成为系统。

在十九世纪中叶能量被引入后，它的综合性的意义在科学上很快被接受了。然而，对这个新的物理量的重视导致对它的过度使用和错误理解。能量尤其在“能量学家”眼里被想象为一种物质。我们可以从奥斯特瓦尔德（W. Ostwald）1908年《能量》一书中看到这

样一段话^[5]：“因此，能量被包含在所有实际的和具体的物体中，是组成物体的基本部分，且决不会在物体中消失。因此，我们可以说能量是一种真正的实在。”

另一方面，电磁辐射这一概念在当时并不象现在我们所理解的那样。我们现在知道，它跟其他物理系统（如理想气体、固体中的声子）一样，也是一个系统。跟其他系统一样，电磁场由最基本的部分组成。氢气的最基本部分是氢分子，固体晶格系统的最基本部分是声子，电磁场的最基本部分是光子。

对物理量“能量”和物理系统“电磁场”的错误理解已经有较长的一段历史了。尽管我们早已对它们有更正确的认识，但到现在上述错误理解所留下的历史痕迹仍影响着我們，我們仍轻易地在使用上面一开始所引用的一些句子。

建议：

我们建议，不要说“电子和正电子的反应产生纯能”，而应该说“电子和正电子的反应产生光子”；不要说“电磁辐射是纯能”，而应该说“电磁辐射携带着能量，并且还携带着动量、角动量和熵等其他广延量”。

参考文献

[1]Scientific American, December 1993, S. 44

[2]Penrose, R.: The emperor's new mind, Oxford Universtiy Press, S. 308

[3]Scientific American, April 1993, S. 26

[4]Scientific American, October 1994, S. 32

[5]Ostwald, W.: Die Energie, Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1908, S. 5

（陈敏华 2012 年 1 月 15 日译于绍兴县豫才中学）