

King of Dumbs

笨蛋之王

级别: ♦ 进阶

能无中生有吗？轻松搞懂守恒定律

质量、能量和电荷既不会凭空产生，也不会凭空消失，只会改变形式。拉瓦锡、滑梯、气球和 $E = mc^2$ ，配两个互动小工具，分三个层次讲清楚。

中文 发布于 2026年10月15日



扫码打开可互动的课程

<https://kingofdumbs.com/zh/lessons/conservation-laws>

你将学到

- 质量守恒和原子守恒（拉瓦锡）
- 能量守恒
- 电荷守恒，以及质子和中子总数守恒
- $E = mc^2$ ：质量也是能量

学这一课之前

如果有什么看不懂，这些课会从零讲起：

1. [一堵墙是由什么构成的？轻松搞懂原子和元素](#)
2. [焦耳、瓦特还是卡路里？轻松搞懂能量和功率](#)

本课会出现的符号

Δ 变化量：变了多少 (♠) · E_a 下标：右下角的标签 (♠) · H° °表示标准状态，不是度 (♠) · Σ 求和：全部加起来 (♠) · x_i 下标 i ：第 i 个元素 (♠) · $\bar{x}$ 上横线：平均值 (♠) · $\cdot$ 点：乘（或点积） (♠) · $\rightarrow$ 箭头：变成 / 趋近于 (♠) · 10^{-3} 负指数：表示除 (♠) · $J/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 复合单位 (♠) · ν nu：系数或中微子 (♠) · τ tau：特征时间 (♠) · π pi：3.14159...（或 π 介子） (♠) · γ gamma：光子 (♠)

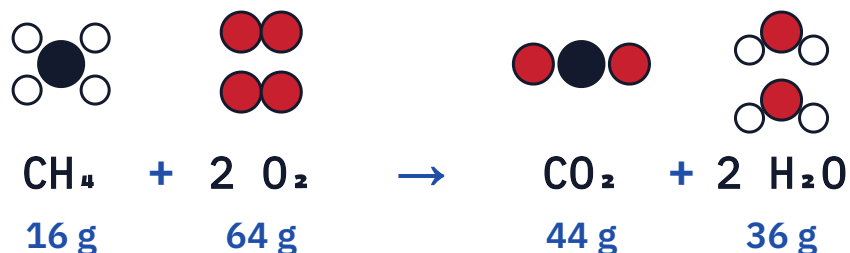
往壁炉里扔一根木头。一个小时后，只剩下一小把灰，比木头轻得多。其余的去哪儿了？变成“无”了吗？

这节课的傻问题是：**能无中生有吗？**或者反过来问：能让一样东西彻底消失吗？简短的回答是：不能。宇宙记着几本从不出错的账。东西会变形状、换地方、改样子，但账总是对得上。

这节课讲其中四本账：原子的账、能量的账、电荷的账，还有把质量和能量连在一起的那本，也就是著名的 $E = mc^2$ 。

选一张牌：零基础选 ♣，不怕简单公式选 ♦，想看符号推导选 ♠。随时可以换。

什么都没丢：质量

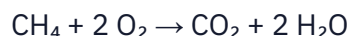


两边都是 1 个 C、4 个 H、4 个 O：80 克 = 80 克

1789 年，安托万·拉瓦锡在研究葡萄汁怎样变成葡萄酒时，在《化学基础论》里写道：

“无论在人工操作中还是在自然界中，都没有任何东西是凭空产生的；可以把这一点当作原理：在每一次操作中，操作前和操作后的物质的量相等。”（本站译文）

这就是**质量守恒定律**。拉瓦锡甚至写了一个类似方程的式子：葡萄汁 = 碳酸气 + 酒精。今天我们用化学式来写。厨房燃气的主要成分甲烷是这样燃烧的：



每种物质前面的数表示有多少个分子参加反应或生成。选这些数，是为了让**两边每种元素的原子一样多**，这叫**配平反应**。这里反应前后都是 1 个碳、4 个氢、4 个氧。

如果每个数代表 1 摩尔，质量就是把每种物质的**1 摩尔的质量**加起来（见原子那一课）：16 克甲烷和 64 克氧气，生成 44 克二氧化碳和 36 克水。反应前 80 克，反应后 80 克。

关键在于在哪里称。这条定律在**封闭系统**里成立，也就是没有东西进出的地方。在敞开的壁炉里，氧气从空气中进来，气体又跑掉了，所以灰才那么轻。

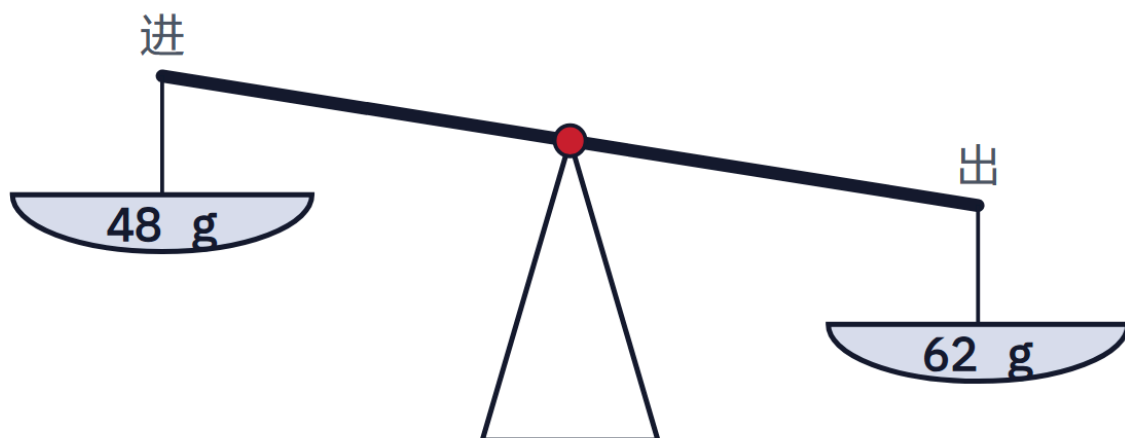
笨蛋之王说：

灰很轻，是因为其余的都从烟囱走了。什么都没消失，只是去了别的地方。



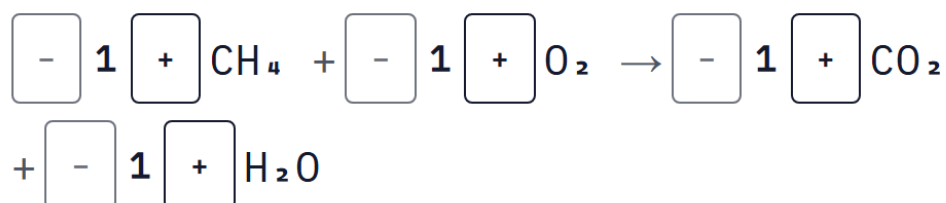
动手试试：把配方配平

在每种物质前面填一个数，直到两边每种元素的原子一样多。看天平：原子配平了，质量也就平了。先试厨房燃气，再试铁生锈。



配方

- ☒ 燃烧厨房燃气
- ☐ 用氢气造水
- ☐ 铁生锈
- ☐ 葡萄汁发酵 (拉瓦锡)



每种元素的原子数

	进	出	
C	1	1	✓
H	4	2	✗
O	2	3	✗

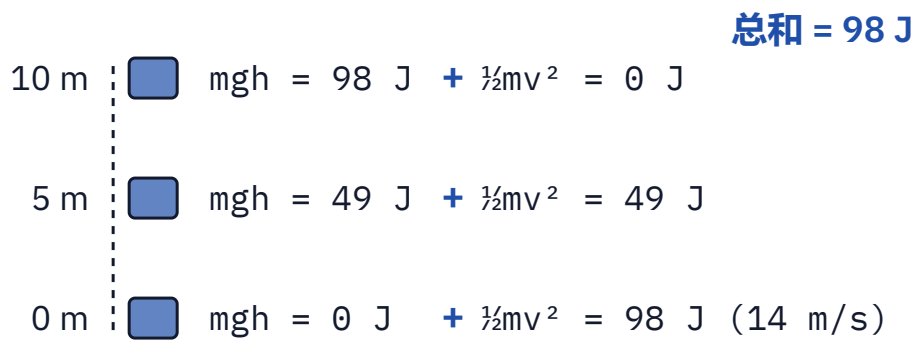
每个数代表 1 摩尔，质量单位是克。

没配平：H (4 → 2), O (2 → 3)。



互动小工具。在网站上试一试：<https://kingofdumbs.com/zh/lessons/conservation-laws>

能量会变形式，但不会被用掉



落地：98 焦变成热和声音

能量守恒定律说：在任何过程中，总能量都保持不变；能量可以改变形式，也可以从一个系统转到另一个系统，但总量不变（OpenStax, *College Physics 2e*, 7.6）。能量的几种形式：

- **高度的能量**，即重力势能： $m \cdot g \cdot h$ ，质量乘以重力加速度（ $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ）再乘以高度。
- **运动的能量**，即动能： $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ ， v 是速度。
- **热**：从热的物体流向冷的物体的能量（见能量那一课）。
- 还有化学能、电能、光能.....

举个例子：让 1 千克的东西从 10 米高处落下。在顶上，它有 $1 \times 9.8 \times 10 = 98$ 焦的高度能量，没有运动能量。落到一半，49 焦和 49 焦。快落地时，98 焦全是运动能量：速度是每秒 14 米。撞到地面它就停了，这 98 焦变成了**热**和声音。

还有一种改变物体能量的方式：推它或拉它，这叫**功**。物体内部储存的能量（原子的振动、化学键）叫**内能**。加热它或对它做功，内能就会增加。所以**没有哪台机器能不从别处拿能量就给出能量**。

从不出错的账：电荷、质子和中子



质子 + 中子

$$14 = 14 \quad 0 \quad 0$$

电荷

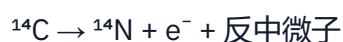
$$+6 = +7 \quad -1 \quad 0$$

元素变了，账没变

电荷守恒定律说：在任何过程中，**总电荷**都保持不变（OpenStax, *College Physics 2e*, 18.1）。两个物体互相摩擦时，一个得到的电荷就是另一个失去的电荷。

在化学里，电荷守恒要求有离子参加的反应在电荷上也要配平：一个钠原子失去一个电子， $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$ ，反应前电荷是 0，反应后是 $+1 - 1 = 0$ 。

在核反应里，元素是可以变的。原子那一课里的碳-14 会放出一个电子而衰变（OpenStax, *Chemistry 2e*, 21.3）：



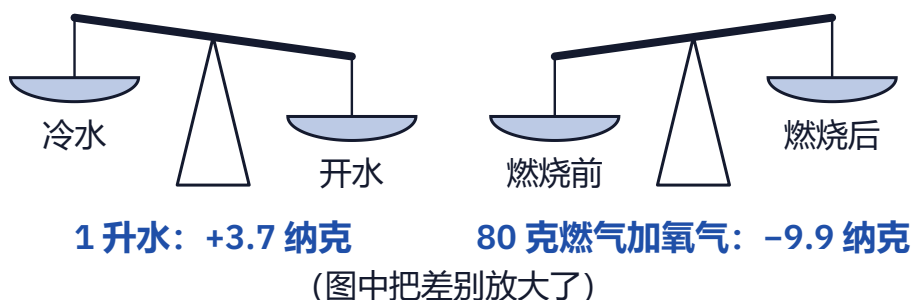
原子核里的一个中子变成了一个质子：原来有 6 个质子，现在有 7 个，所以变成了氮。但有两本账依然对得上，它们也是配平任何核反应的规则（OpenStax, 21.2）：

- **质子 + 中子：反应前 14，反应后 14。电子和反中微子**（一种不带电、几乎没有质量的粒子）在这里不算。
- ****电荷：反应前 +6；反应后 $+7 - 1 = +6$ 。**

那如果一个质子或电子就这么凭空消失呢？人们找了几十年，**从来没有见到过**：就算会发生，电子平均也要等 10^{28} 年以上，而宇宙的年龄大约是 10^{10} 年。

$E = mc^2$: 质量也是能量

$\Delta m = E / c^2$: 真实存在, 但极小



公式是 $E = mc^2$: 质量 m 所携带的能量, c 是**光速**, 恰好为 299 792 458 m/s。因为 c^2 非常大, 约为 $9 \times 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2$, 所以 1 克质量相当于 9×10^{13} 焦 (OpenStax, *College Physics 2e*, 28.6)。物体静止时的这份能量叫**静能**。

这条关系是双向的。物体得到能量, 质量就增加; 放出能量, 质量就减少。**消失的质量**为 $\Delta m = E / c^2$:

- 把 1 升水烧开, 要给它 334 千焦 (见能量那一课): 它会重 3.7 纳克。
- 烧掉 1 摩尔甲烷会放出 890 千焦: 80 克燃气加氧气会少 9.9 纳克, 也就是 80 亿分之一。

在核反应里, 这个比例已经大到可以测量。参加反应的质量中, 有多少变成了**释放的能量**:

过程	占质量的比例
燃烧甲烷	1.2×10^{-10}
铀-235 的 裂变 (把重核劈开)	0.091 %
氘和氚的 聚变 (把两个轻核合在一起)	0.38 %
物质遇到 反物质	100 %

至于“无中生有”: 一束能量足够高的光, 在原子核附近经过时, 可以变成一个电子和一个**正电子** (电子的反粒子, 带正电)。这叫**电子-正电子对**: 总电荷还是零 (OpenStax, 18.1)。至少需要两个粒子的静能之和, 即 1.022 MeV (能量那一课里的电子伏特, 再乘以一百万)。

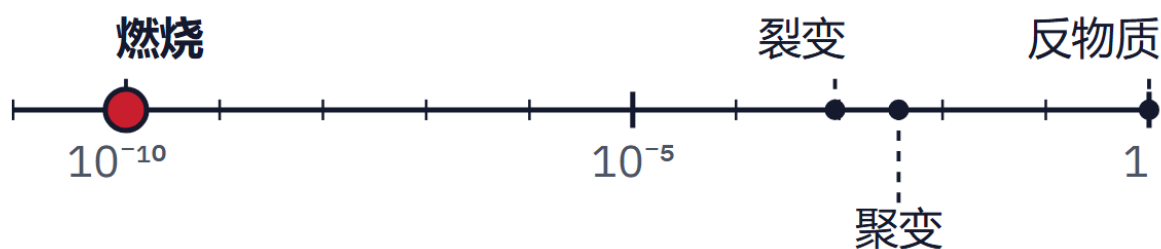
笨蛋之王说:

物质可以造。但要用能量全额付清, 而且它总是带着一个电荷相反的双胞胎出现。



动手试试：质量里有多少能量？

选择怎么处理这些质量、用多少。看看有多少变成了能量，这些能量能让电水壶烧多久、够一个人吃多久。试试 1 克物质遇上反物质。



变成能量的质量比例

怎么处理这些质量

- ☒ 烧掉，比如燃气加上它需要的氧气
- ☐ 把铀-235 劈开（裂变）
- ☐ 把氘和氚合在一起（聚变）
- ☐ 让它和反物质相遇

参加反应的质量



占质量的比例 8.1×10^9 分之一

变成能量的质量 120 ng

能量 1.1×10^7 J

2 千瓦电水壶连续烧 1.5 小时

够一个人吃 1.3 天

1 kg 里有 120 ng 变成了能量 (8.1×10^9 分之一)。



互动小工具。在网站上试一试: <https://kingofdumbs.com/zh/lessons/conservation-laws>



最后的挑战

1. 烧完一根木头，剩下 200 克灰。其余的去哪儿了？

- a. 被火烧没了
- b. 变成气体跑到空气里了，还带着它拿走的氧气
- c. 全部变成了能量

2. 一辆自行车刹车停下。它的运动能量去哪儿了？

- a. 消失了
- b. 在刹车和车轮里变成了热
- c. 回到了骑车人的腿里

3. 能造出一个电子吗？

- a. 能，在实验室里无中生有
- b. 能，只要能量足够，而且它总是和一个带正电的反粒子一起出现
- c. 不能：物质永远造不出来



三句话总结

- 1. 在化学反应中，原子只是重新排列：一个都没有多，一个都没有少，所以进去的和出来的一样重。
- 2. 能量也不会凭空产生或消失：它只改变形式（高度、运动、热……），“用掉”能量就是把它变成再也派不上用场的热。
- 3. 电荷以及质子和中子的总数也总是对得上，而质量是高度浓缩的能量（ $E = mc^2$ ）：物质可以造，但必须用能量全额付清。

参考资料

- Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, 第 1 卷 (巴黎, Cuchet, 1789) , 第 XIII 章: [古登堡计划](#)。对照: OpenStax, *Chemistry 2e*, [1.2](#)。配平方程式: [OpenStax, 4.1](#)。
- 能量守恒和热力学第一定律: OpenStax, *College Physics 2e*, [7.6](#) 和 [15.1](#)。对称性: [Feynman, Lectures on Physics I, 第 52 章](#); Noether (1918) , [arXiv 上的英译本](#)。
- 电荷: OpenStax, *College Physics 2e*, [18.1](#)。核反应: OpenStax, *Chemistry 2e*, [21.2](#) 和 [21.3](#)。重子数和轻子数: [OpenStax, University Physics 第 3 卷, 11.2](#)。
- 实验下限: [PDG 2024, Tests of conservation laws](#); Borexino, *PRL* 115, 231802 (2015), [doi:10.1103/PhysRevLett.115.231802](#)。
- $E = mc^2$: Einstein, *Ann. Phys.* 323, 639 (1905), [doi:10.1002/andp.19053231314](#); [OpenStax, College Physics 2e, 28.6](#)。光速和电子质量 (CODATA 2022) : [c](#) 和 [\$m_e c^2\$](#) 。电子对产生: [HyperPhysics](#) 和 [NIST XCOM](#)。
- 甲烷燃烧: [NIST WebBook](#) 和 [OpenStax, Chemistry 2e, 5.3, 表 5.2](#)。裂变和聚变: OpenStax, *University Physics* 第 3 卷, [10.5](#) 和 [10.6](#)。原子质量: NIST, [氢](#)和[铀](#)。

本课是怎样做的:在 Claude 的帮助下, 根据以上资料调研和撰写, 并于 2026 年 10 月 15 日用第二个来源核对。没有单独链接的数字是根据这些资料以及原子和能量两课计算的。插图均为原创。

答案

1. **b)** 变成气体跑到空气里了，还带着它拿走的氧气. 对。原子不会消失，它们从烟囱走了。
2. **b)** 在刹车和车轮里变成了热. 很好。能量改变了形式：这里变成了热。
3. **b)** 能，只要能量足够，而且它总是和一个带正电的反粒子一起出现. 完全正确。用能量付账，总电荷保持为零。

King of Dumbs 的课程，kingofdumbs.com。这是离线版；可以动手玩的原版在：

<https://kingofdumbs.com/zh/lessons/conservation-laws>

更新于 2026年10月15日.