

$$P(\omega_j | x) = \frac{p(x | \omega_j) P(\omega_j)}{p(x)}$$

似然函数 (Likelihood function) points to $p(x | \omega_j)$.
 先验概率 (Prior probability) points to $P(\omega_j)$.
 后验概率 (Posterior probability) points to $P(\omega_j | x)$.
 证据因子 (evidence) (Evidence factor) points to $p(x)$.

$$p(x) = \sum_{j=1}^2 p(x | \omega_j) P(\omega_j)$$

贝叶斯主义将概率理解为对某件事情的信念。

他们承认自己的“信念”是灰度的，而非绝对的判断。

他们会根据观察到的信息更新自己的信念：

“初始信念”是先验概率，更新后的信念是后验概率。

在新一轮的观察中，后验概率又变成初始概率。

即使是看似复杂的问题，也可以用概率论精确地表述出来，并用简单的算法求解。

在一个不可避免的不确定世界里，概率比逻辑可能做得更好。

经验主义与贝叶斯主义

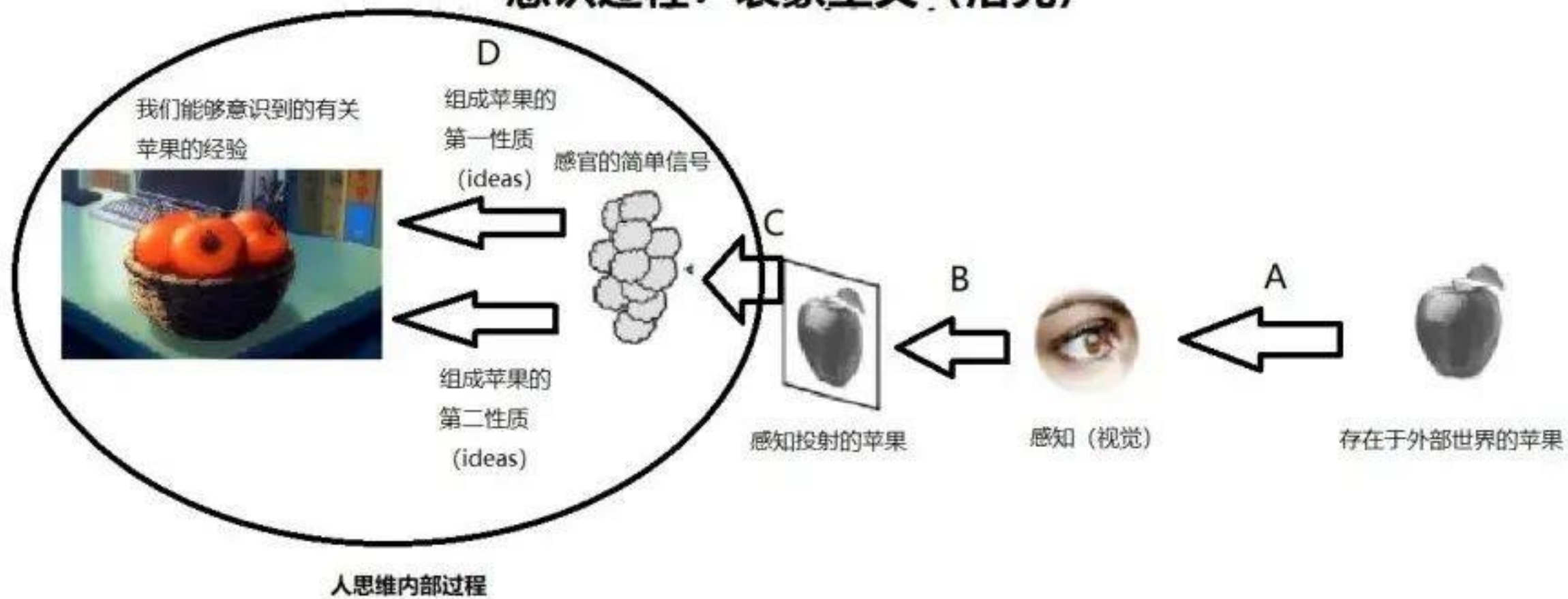
洛克（1632-1704）认为人心中没有天赋观念，“人心就如一块白板”，一切知识和观念都起源于经验。洛克认为观念是思维的对象，**感觉**和**反省**是观念的两大来源，合称为经验。

“人们能够经验外界事物，并对所观察的事物加以反省，我们便得到知识。”

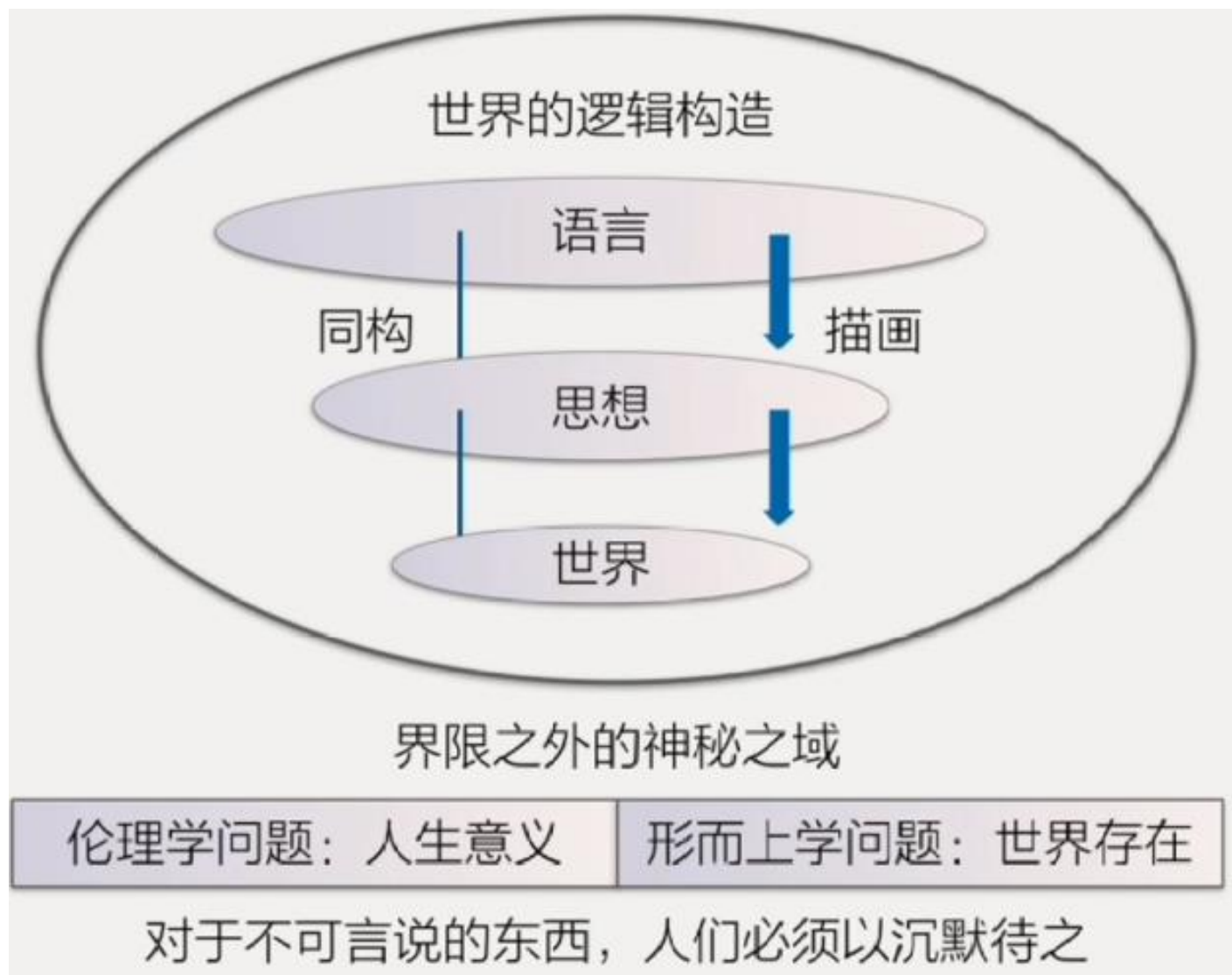
感觉（sensation）：物刺激感官，感官被动地产生观念。例如：黄、白、热、冷、软、硬、苦、甜，以及一切所谓可感物。

反省（reflection）：我们的心灵主动地反省自身内部的心理活动。例如：知觉、思想、怀疑、信仰、推论、认识、意欲，以及人心的一切作用。

意识过程：表象主义 (洛克)



维特根斯坦的世界论



在科学领域，经验主义强调证据，尤其是在实验中发现的证据。

“所有假设和理论都必须根据对自然世界的观察进行检验，而不是仅仅依赖于先验推理、直觉或启示，这是科学方法的基本组成部分。”

维也纳学派的科学学者经常使用的经验主义：

- 1、知识是基于经验的；
- 2、知识是试探性（tentative）的和概率性的，会不断被修正和证伪”；
- 3、以经验（或观察）为依据的研究，包括实验和经过验证的测量工具，指导科学方法。

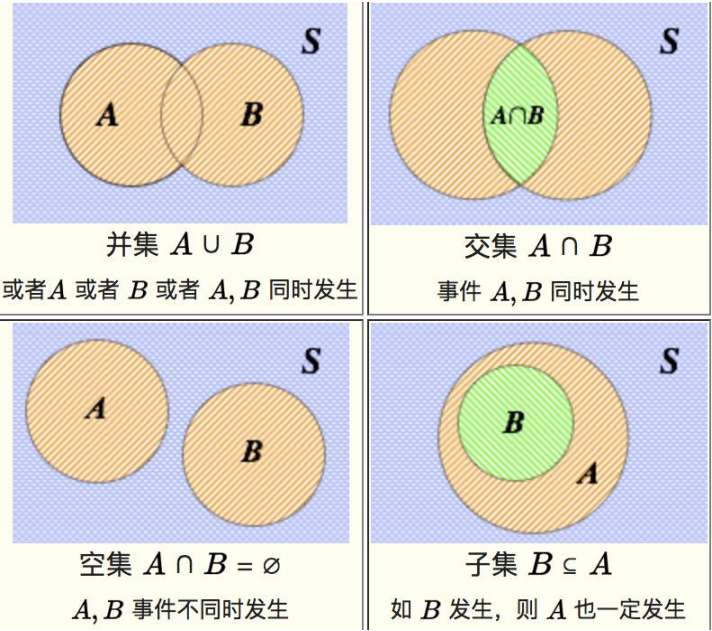
贝叶斯定理整合了“过去经验”、“新的证据”和“修正后的判断”，提供了一种将新观察到的证据和已有的经验结合起来进行统计推断的客观方法。

奥卡姆剃刀 哥德尔陈述 和 贝叶斯概率

$$P(A_{i1} \cap A_{i2}, \dots, \cap A_{ik}) = \prod_{j=1}^k P(A_{ij})$$

Gödel's original encoding^[1]

								number variables				property variables			...
Symbol	0	s	¬	∨	∀	()	x ₁	x ₂	x ₃	...	P ₁	P ₂	P ₃	...
Number	1	3	5	7	9	11	13	17	19	23	...	289	361	529	...



欧几里得几何基本假设

1. 从一点向另一点可以引一条直线。
2. 任意线段能无限延伸成一条直线。
3. 给定任意线段，可以以其一个端点作为圆心，该线段作为半径作一个圆。
4. 所有直角都相等。
5. 若两条直线都与第三条直线相交，并且在同一边内角之和小于两个直角，则这两条直线在这一边必定相交。

研究范式	本体论	认识论	方法论	价值论
理想主义	大脑具有先天的语言知识,	知识来源于推理	基于古典逻辑, 笛卡尔、牛顿、拉普拉斯	价值是先天的, 客观存在的
经验主义	知识是后验的, 基于经验发展而来, 大脑并没有先天语言知识	知识来源于经验	数据驱动、贝叶斯、洛克、	价值是在过程中被体现的

塔勒布嘲讽鸟类学家不能教会鸟学会飞行, 但是物理学家可以教会飞机飞行;

**新证据不能直接凭空的决定你的看法, 而是应该更新你的先验看法 (之前的经验) 。
理性不是说知道事实, 而是认识到哪些因素是有关的。**

遇事不决，量子力学

维也纳学派的建立

没有人了解量子力学

“不，你无法理解它。你看，我的物理学生也不明白。那是因为我明白。没有人这样做。...从常识的角度来看，量子电动力学理论将自然描述为荒谬的。它与实验完全一致。所以我希望你能接受大自然的本来面目——荒谬。

Richard Feynman

PS 泛科學 PanSci

SHOP HOW IT WORKS TESTIMONIALS EVENTS Source/overdo store HOT TOPICS BLOG

Home > Double Plus > Men's Quantum Graphene Underwear

SALE

Men's Quantum Graphene Underwear

Sold By : Healthy-Lifestyle
Availability:

Meet men's energy needs, happy moment, fabulous! Six advantages: Scientific Arrangement of Energy Magnet stone (Magnetic Field is raised 360 degrees by Energy Magnet stone) is placed to absorb the aroma (lavender) odor molecules to aromatherapy the touch design (separate/independent) more spacious) [...]

量子內褲

量子內褲

f t i n w p +

PS 泛科學 PanSci

Source/動物物語



量子寵物溝通

量子算命

PS 泛科學 PanSci



意識 X 量子

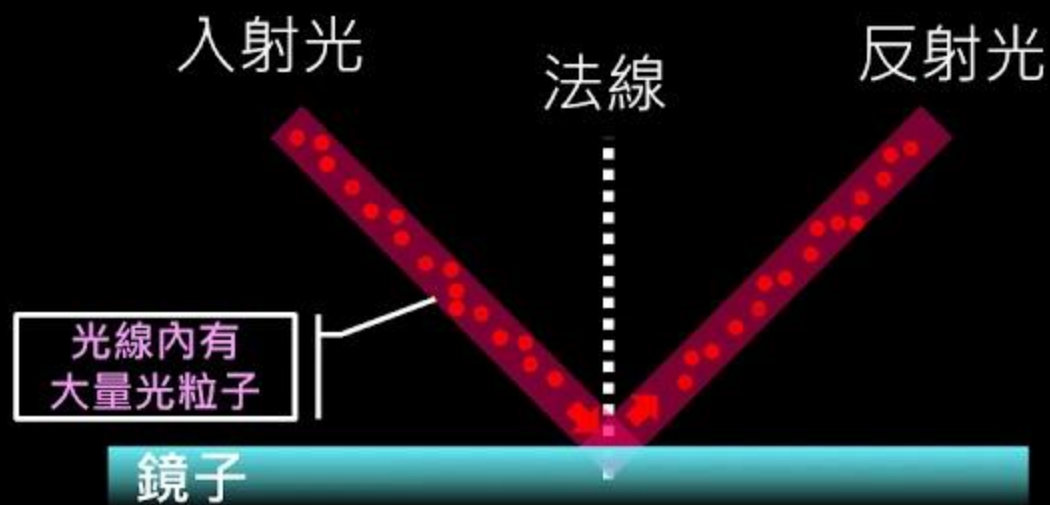
有許多都主張意識具有能量



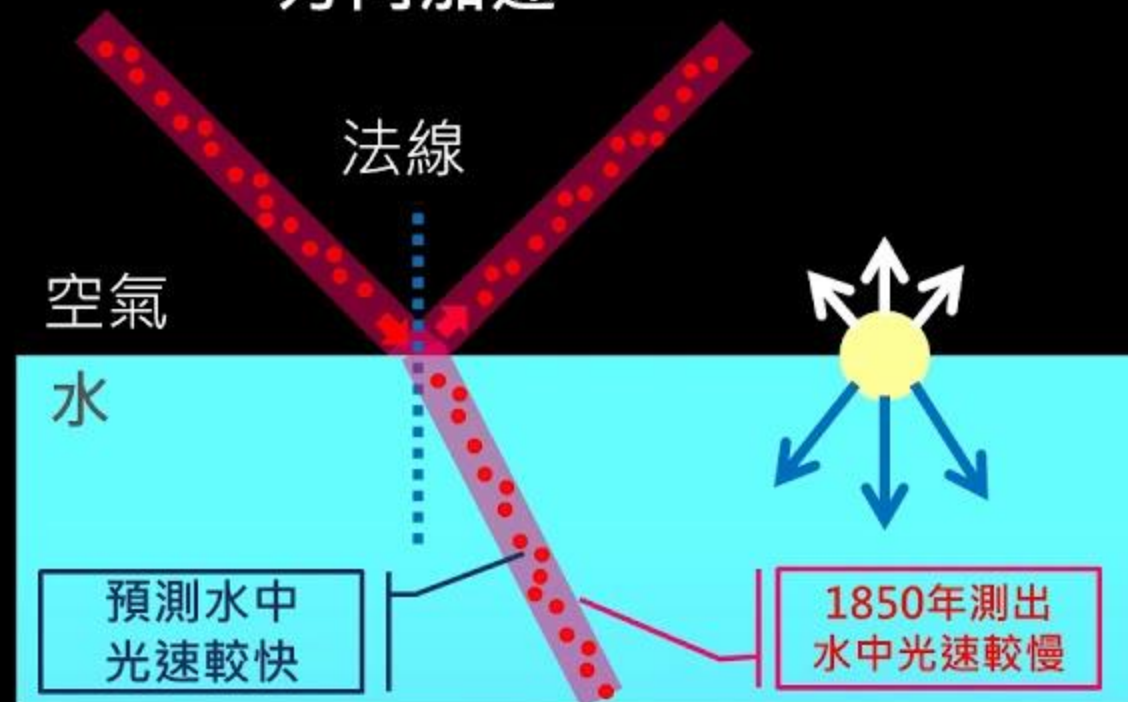
Dominus Illuminatio Mea

牛顿的光粒子说

【反射】-光微粒撞到物體表面而反彈
-碰撞前後能量不變

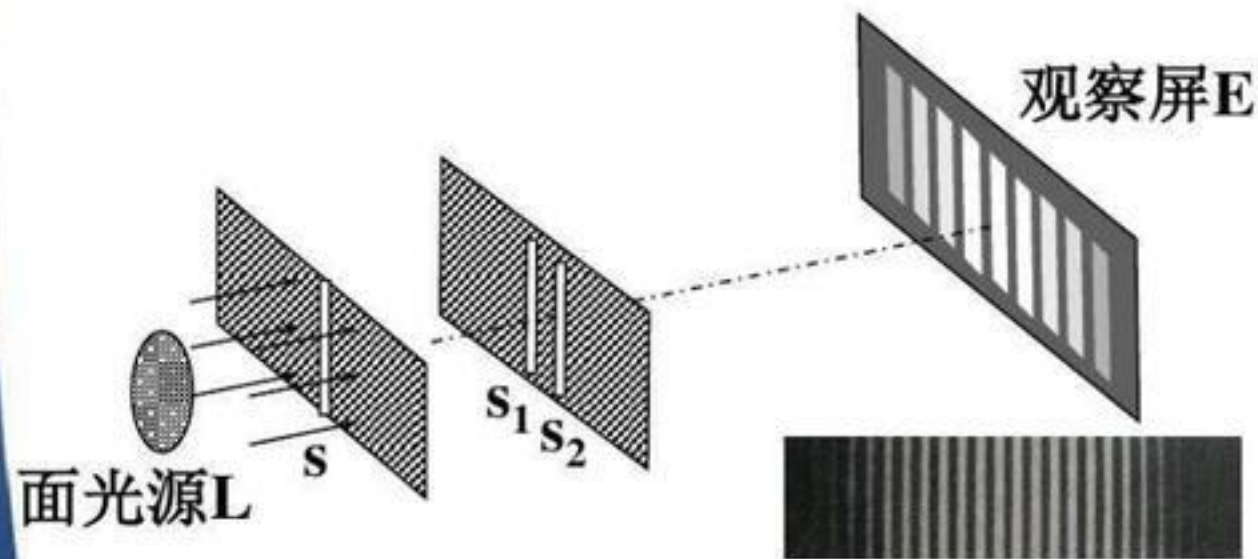


【折射】-光微粒由空氣進入水中時
微粒受水引力作用而朝水的
方向加速



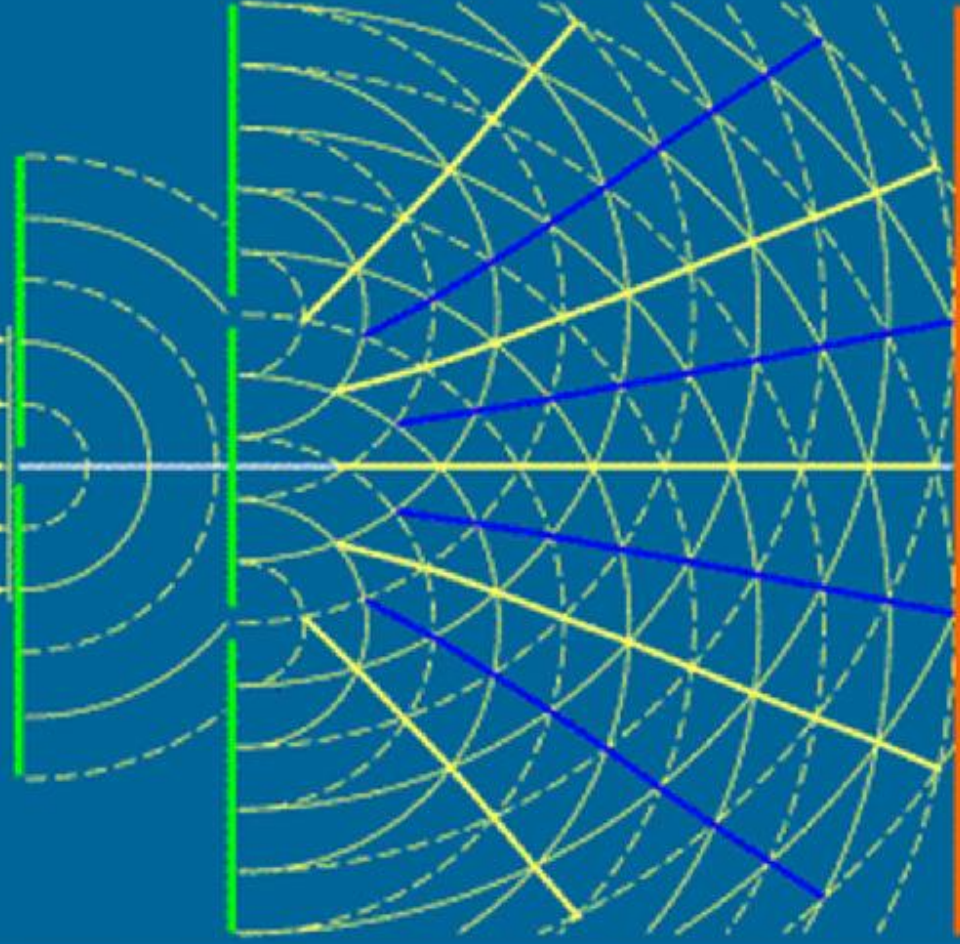
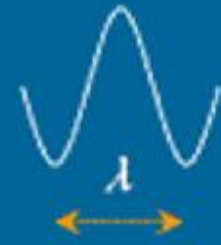
一 杨氏双缝干涉(Young double-slit interference)

1. 实验装置(1801年)



托马斯·杨
(Thomas Young)
1773-1829, 英国
物理学家@宇宙探索

单色光波



光强分布



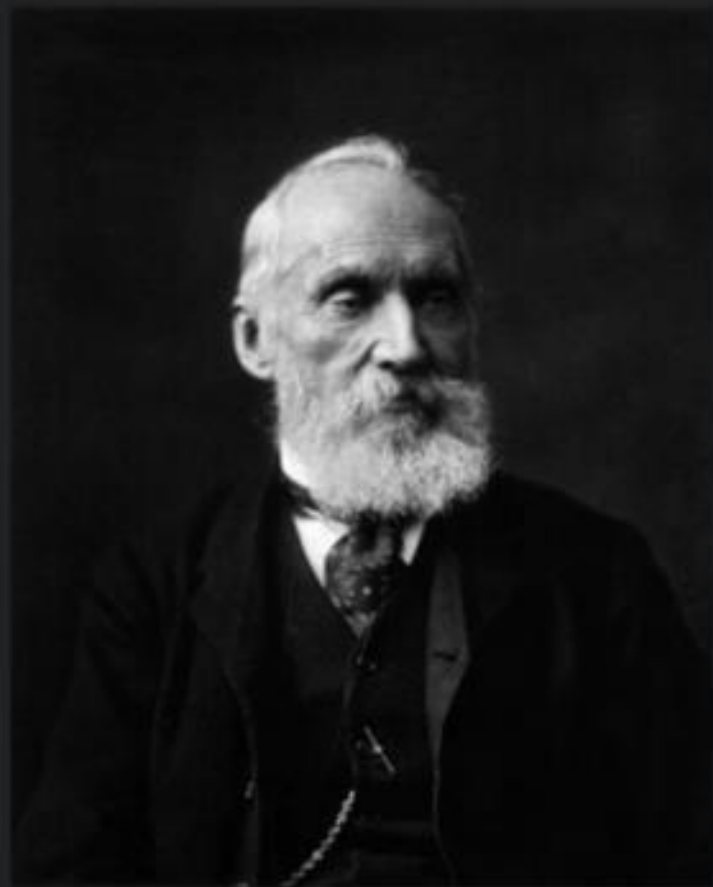
经典物理学遇到的困难

HUNDU

1900年，物理学两朵乌云

迈克尔逊莫雷
干涉实验

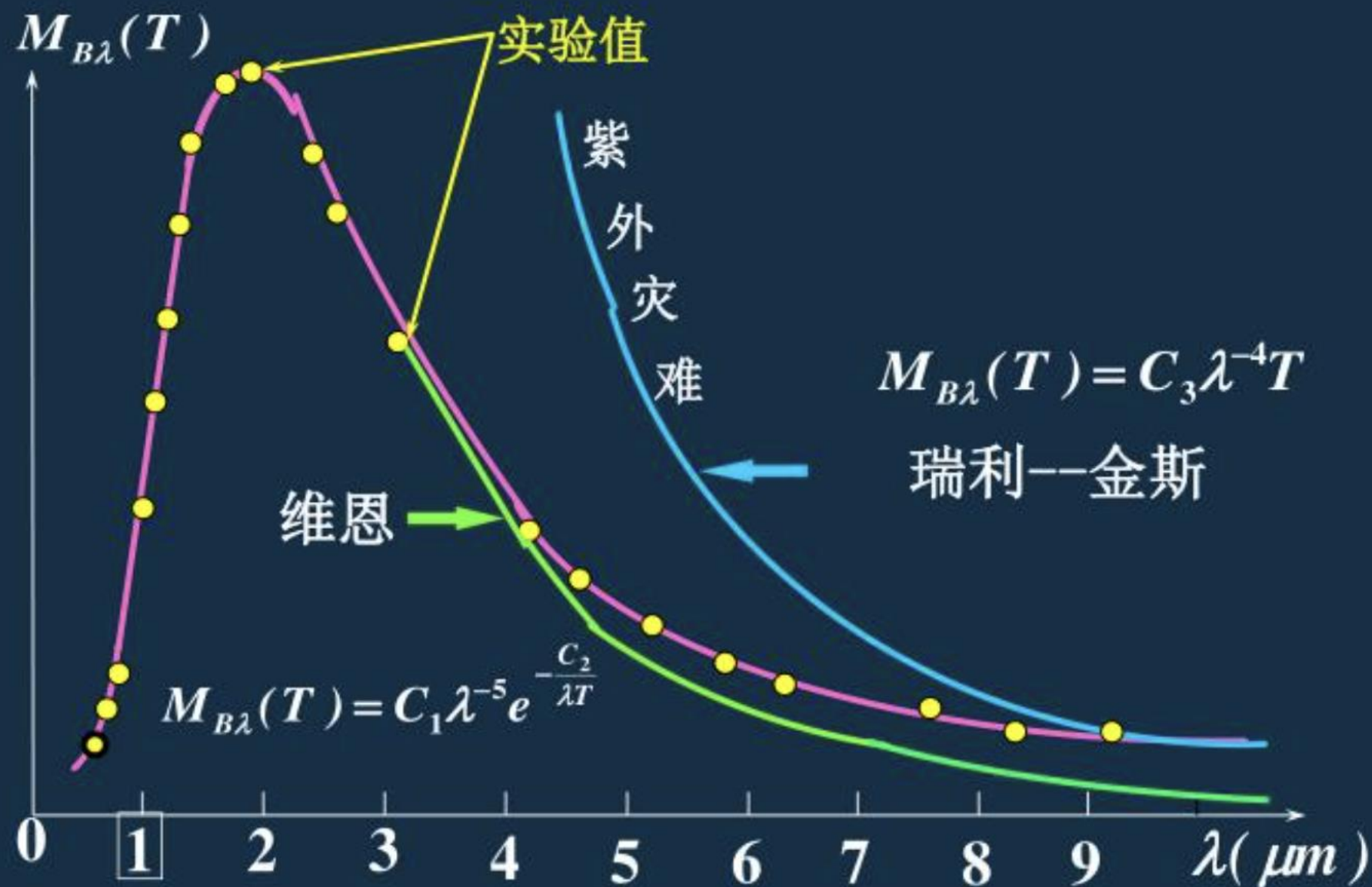
黑体辐射谱的
解释



开尔文勋爵(1824-1907)

普朗克量子假设

Download



根据玻尔兹曼分布，在黑体里的电磁波处在各个能级的谐振子数量为：

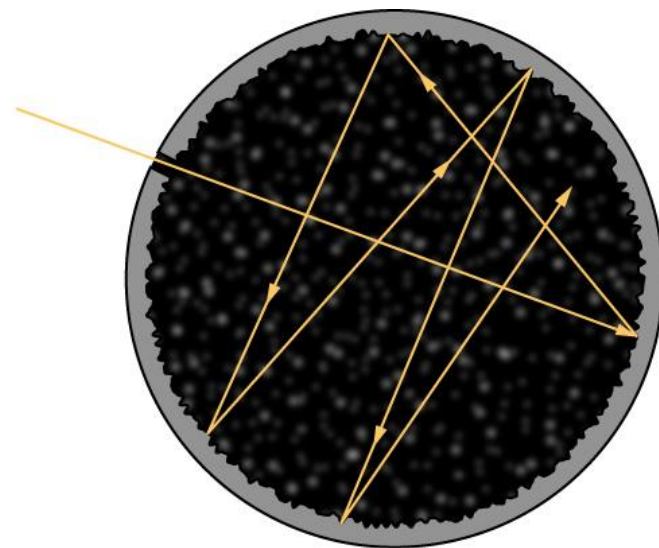
$$N_0, N_1 = N_0 e^{-\hbar\omega/kT}, N_2 = N_0 e^{-2\hbar\omega/kT}, \dots$$

电磁波的谐振子在忽略零点能时的平均能量为

$$\begin{aligned}\langle E \rangle &= \frac{N_0 \times 0 + N_1 \cdot \hbar\omega + N_2 \cdot 2\hbar\omega + \dots}{N_0 + N_1 + N_2 + \dots} \\ &= \frac{N_0 \times 0 + N_0(\hbar\omega)e^{-\hbar\omega/kT} + N_0(2\hbar\omega)e^{-2\hbar\omega/kT} + \dots}{N_0 + N_0e^{-\hbar\omega/kT} + N_0e^{-2\hbar\omega/kT} + \dots}\end{aligned}$$

可以将 $\langle E \rangle$ 写成↵

$$\langle E \rangle = \frac{\hbar\omega(x + 2x^2 + 3x^3 + \dots)}{1 + x + x^2 + x^3 + \dots}$$



$$x = e^{-\hbar\omega/kT}$$

↵

$$\langle E \rangle = \frac{\hbar\omega(x + 2x^2 + 3x^3 + \dots)}{1 + x + x^2 + x^3 + \dots}$$

利用如下函数的幂级数展开：↵

$$y(x) = \frac{1}{1-x} = 1 + x + x^2 + x^3 \dots$$

↵

$\langle E \rangle$ 的表达式中，分子部分正好正比于 x 乘以 $y(x)$ 的一阶导数，所以↵

$$\langle E \rangle = \hbar\omega \frac{xy'(x)}{y(x)} = \hbar\omega \frac{x}{1-x} = \frac{\hbar\omega}{e^{\hbar\omega/kT} - 1}$$

↵

普朗克得到了黑体辐射公式：

$$M_{B\lambda}(T) = 2\pi hc^2 \lambda^{-5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

c ——光速
 k ——玻尔兹曼恒量

h ——普朗克常数 $h = 6.63 \times 10^{-34} J \cdot s$

普朗克量子假说

(1) 黑体是由带电谐振子组成，这些谐振子辐射电磁波，并和周围的电磁场交换能量。

(2) 这些谐振子能量不能连续变化，只能取一些分立值是最小能量 ε 的整数倍，这个最小能量称为能量子。

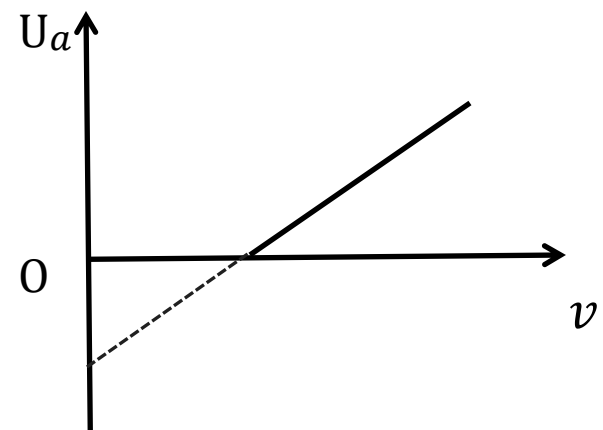
$$\varepsilon = h\nu$$

实验规律

1、单位时间内从阴极逸出的光电子数与入射光的强度成正比。

2、存在遏止电势差

$$\frac{1}{2}mv_m^2 = |eU_a|$$



$$|U_a| = k\nu - U_0$$

$$\frac{1}{2}mv_m^2 = |eU_a| \quad |U_a| = kv - U_0$$

$$\frac{1}{2}mv_m^2 = ekv - eU_0 \quad \frac{1}{2}mv_m^2 \geq 0 \quad v \geq \frac{U_0}{k}$$

$$\nu_0 = \frac{U_0}{k} \text{ 称为红限频率}$$

对于给定的金属，当照射光频率小于金属的红限频率，则无论光的强度如何，都不会产生光电效应。

光电效应瞬时响应性质

实验发现，无论光强如何微弱，从光照射到光电子出现只需要 $10^{-9}s$ 的时间。

爱因斯坦光子假说

光是以光速 c 运动的微粒流，称为光量子(光子)

光子的能量 $\varepsilon = h\nu$

金属中的自由电子吸收一个光子能量 $h\nu$ 以后，一部分用于电子从金属表面逸出所需的逸出功 A ，一部分转化为光电子的动能。

$$h\nu = \frac{1}{2}mv_m^2 + A$$

爱因斯坦光电效应方程

$$\frac{1}{2}mv_m^2 = ekv - eU_0 \quad \frac{1}{2}mv_m^2 = h\nu - A \quad \nu_0 = \frac{U_0}{k} = \frac{A}{h}$$

爱因斯坦对光电效应的解释

1. 光强大，光子数多，释放的光电子也多,所以光电流也大。
2. 电子只要吸收一个光子就可以从金属表面逸出。所以无须时间的累积。
3. 从方程可以看出光电子初动能和照射光的频率成线性关系。

一、德布罗意波

德布罗意提出了物质波的假设：

任何运动的粒子皆伴随着一个波，粒子的运动和波的传播不能相互分离。

运动的实物粒子的能量E、动量与它相关联的波的频率 ν 和波长 λ 之间满足如下关系：

$$E = mc^2 = h\nu \quad p = mv = \frac{h}{\lambda} \quad \text{德布罗意关系式}$$

表示自由粒子的平面波称为德布罗意波(或物质波)

光的波粒二象性

光子是一种基本粒子，在真空中以光速运动

$$\varepsilon = h\nu$$

表示粒子特
性的物理量

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

波长、频率是表示
波动性的物理量

$$m = \frac{h\nu}{c^2}$$

表示光子不仅具有波动性，同时也具有粒子性，即具有波粒二象性。

一维自由粒子的波函数

$$\Psi(x, t) = \Psi_0 e^{-\frac{i}{\hbar}(Et - px)}$$

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} = -\frac{p^2}{\hbar^2} \Psi$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{i}{\hbar} E \Psi$$

对于非相对论粒子 $E = p^2 / 2m$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \cdot \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

这就是一维自由粒子(含时间)薛定谔方程

物质波与经典波的本质区别

1、物质波是复函数，本身无具体的物理意义，一般是不可测量的。

$$|\Psi|^2 = \Psi \cdot \Psi^* \text{ 可测量, 具有物理意义}$$

经典波的波函数是实数，具有物理意义，可测量

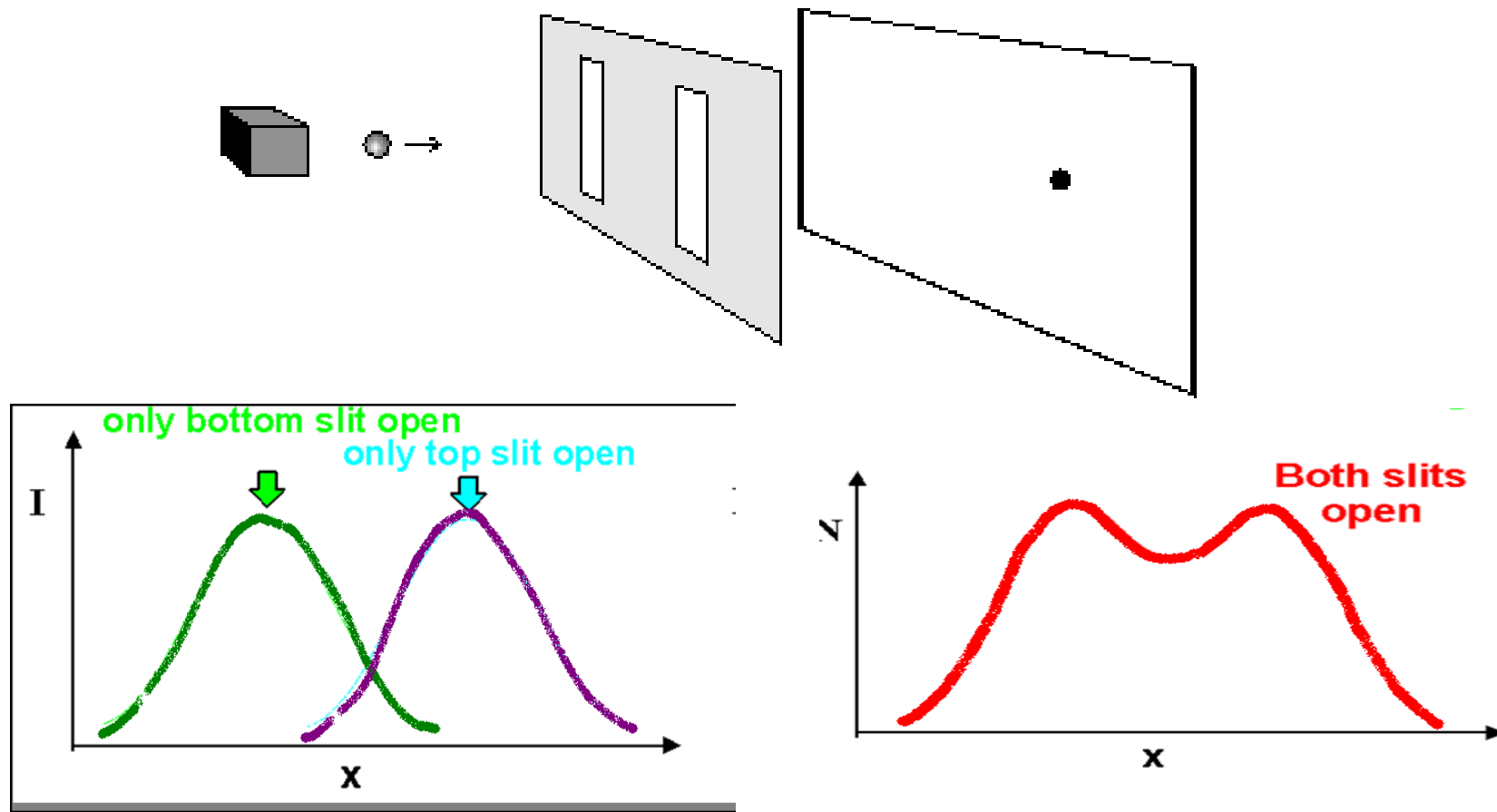
2、物质波是概率波。 Ψ 等价 $C\Psi$

对于经典波

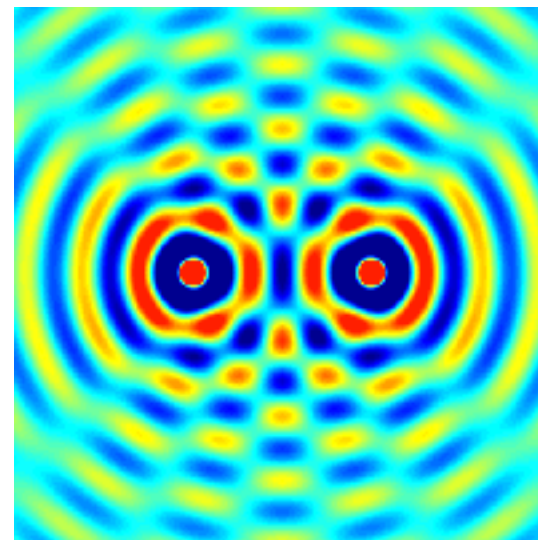
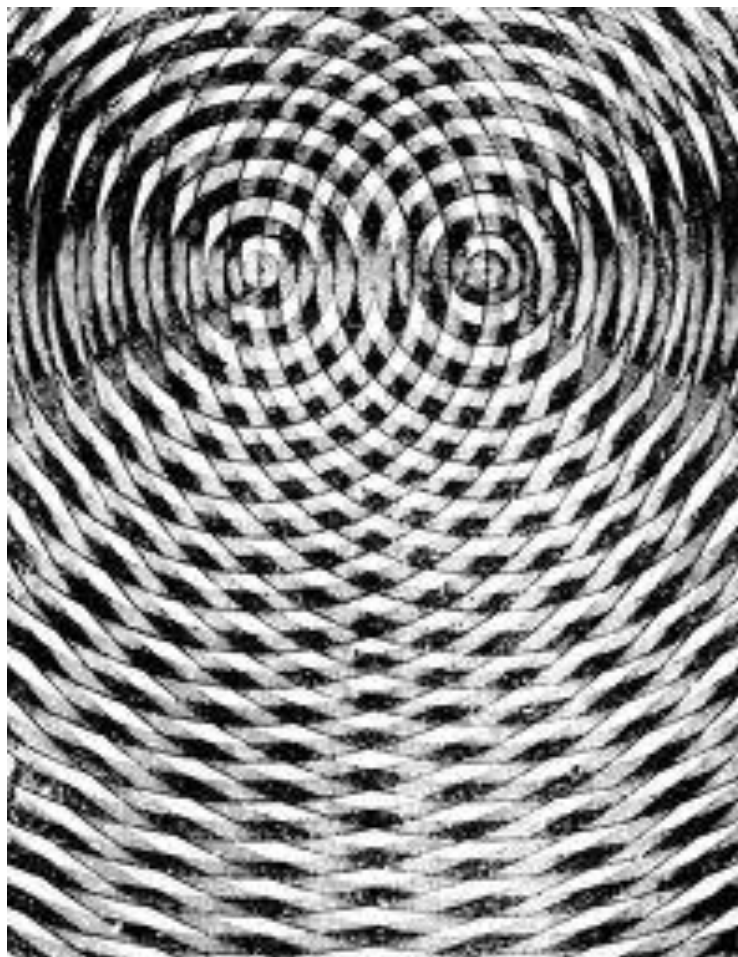
$$A \rightarrow CA$$

$$E \rightarrow C^2E$$

双缝干涉：粒子



相干现象

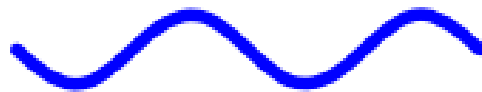


INTERFERENCE

Destructive



+



=



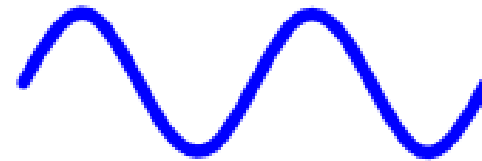
Constructive



+

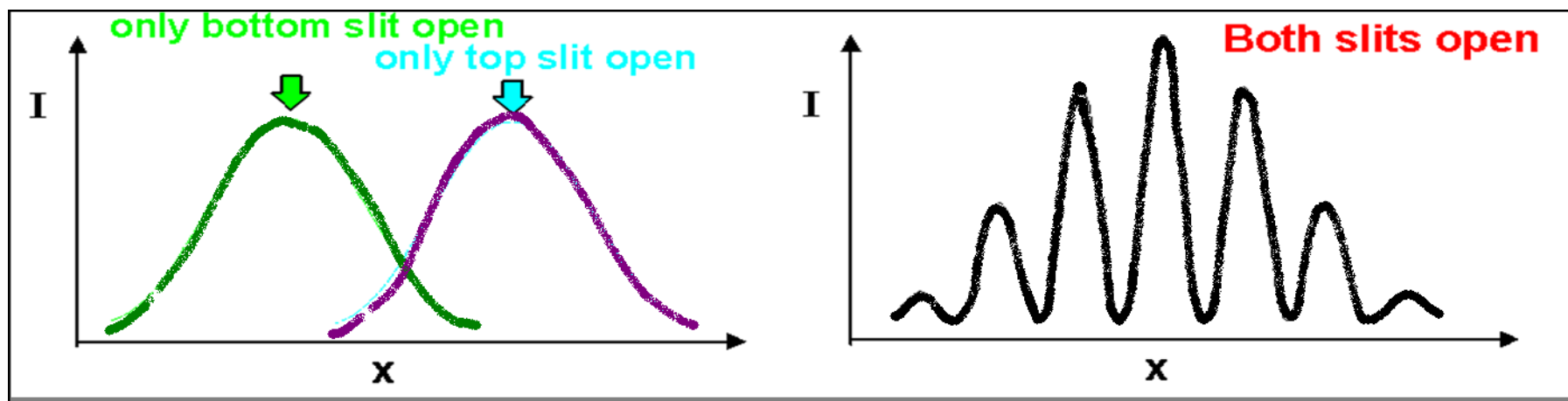
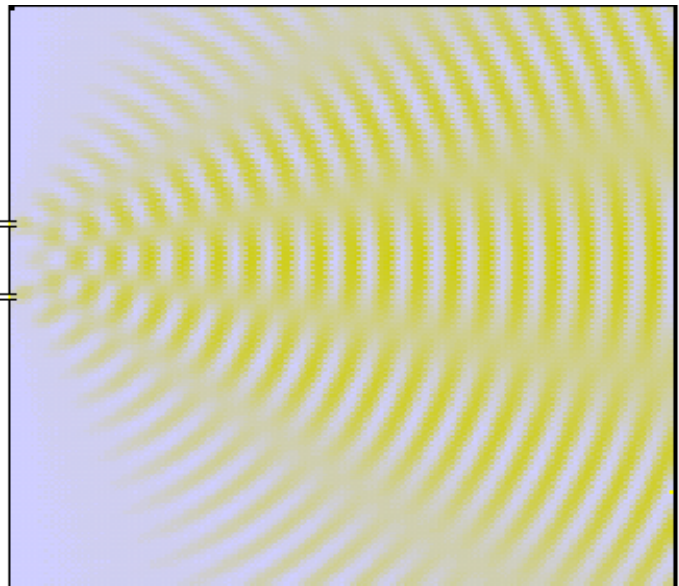
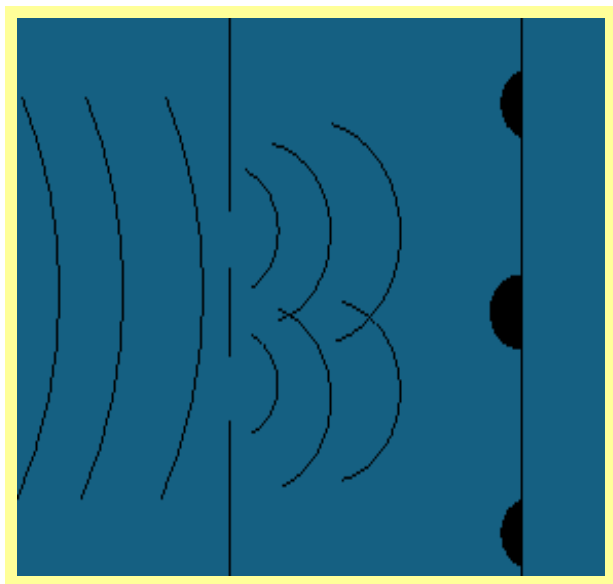


=



[Figure from gwoptics.org]

双缝干涉实验：水波



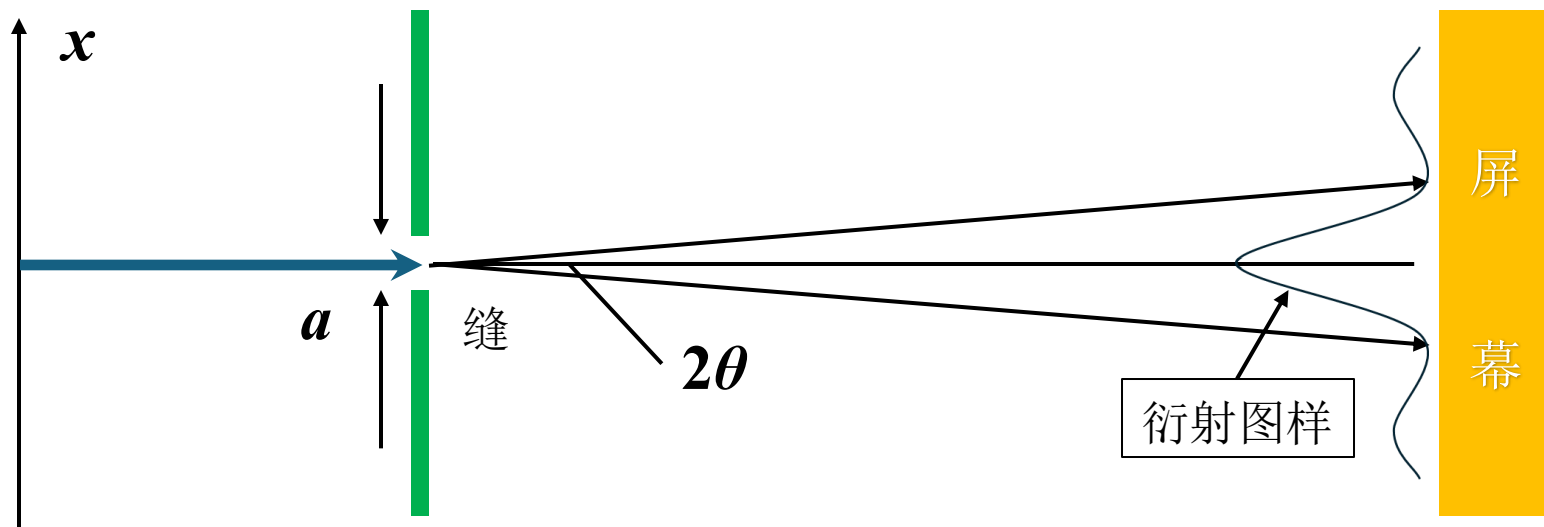
量子力学基本假设

HUMP+I

1. H: Hermitian Matrix
2. U: Unitary Transfer in time
3. M: measurement causes decoherence
4. P: possibility explanation of the wave function
5. I: identical particles

测不准关系

微观粒子的空间位置要由概率波来描述，概率波只能给出粒子在各处出现的概率。任意时刻不具有确定的位置和确定的动量。



x 方向电子的位置不准确量为： $\Delta x = a$

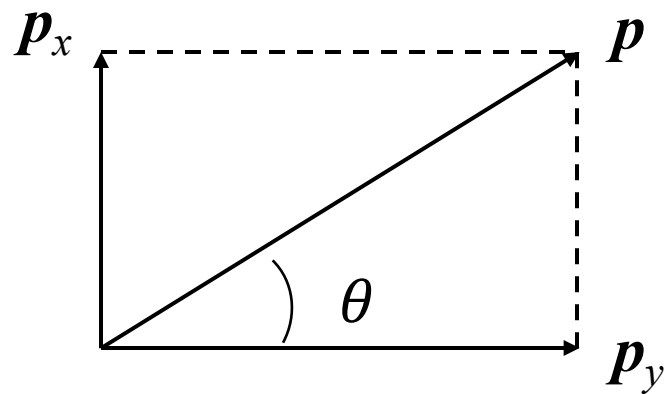
X 方向的分动量 \mathbf{p}_x 的测不准量为:

$$\Delta x \sin \theta = \lambda$$

$$\Delta \mathbf{p}_x \approx p \sin \theta = p \lambda / \Delta x$$

$$\Delta \mathbf{p}_x \Delta x = \frac{p \lambda}{\Delta x} \Delta x \xrightarrow{\lambda = h / p} = p \frac{h}{p} = h$$

$$\Delta \mathbf{p}_x \Delta x = h$$



$$\sigma_A^2 = \left\langle \left(\hat{A} - \langle A \rangle \right) \Psi \left| \left(\hat{A} - \langle A \rangle \right) \Psi \right\rangle = \langle f | f \rangle$$

其中 $|f\rangle \equiv \left(\hat{A} - \langle A \rangle \right) |\Psi\rangle$ ，同样，对于任何可观测的 B

$$\sigma_B^2 = \langle g | g \rangle \text{ 其中 } |g\rangle \equiv \left(\hat{B} - \langle B \rangle \right) |\Psi\rangle$$

因此

$$\sigma_A^2 \sigma_B^2 = \langle f | f \rangle \langle g | g \rangle \geq |\langle f | g \rangle|^2$$

现在，对任何复数 z

$$|z|^2 = (\text{Re}(z))^2 + (\text{Im}(z))^2 \geq (\text{Im}(z))^2 = \left[\frac{1}{2i} (z - z^*) \right]^2$$

因此，令 $z = \langle f | g \rangle$ ，

$$\sigma_A^2 \sigma_B^2 \geq \left(\frac{1}{2i} [\langle f | g \rangle - \langle g | f \rangle] \right)^2$$

但

$$\begin{aligned} \langle f | g \rangle &= \left\langle \left(\hat{A} - \langle A \rangle \right) \Psi \left| \left(\hat{B} - \langle B \rangle \right) \Psi \right\rangle = \left\langle \Psi \left| \left(\hat{A} - \langle A \rangle \right) \left(\hat{B} - \langle B \rangle \right) \Psi \right\rangle \\ &= \left\langle \Psi \left| \left(\hat{A} \hat{B} - \hat{A} \langle B \rangle - \hat{B} \langle A \rangle + \langle A \rangle \langle B \rangle \right) \Psi \right\rangle \\ &= \langle \Psi | \hat{A} \hat{B} \Psi \rangle - \langle B \rangle \langle \Psi | \hat{A} \Psi \rangle - \langle A \rangle \langle \Psi | \hat{B} \Psi \rangle + \langle A \rangle \langle B \rangle \langle \Psi | \Psi \rangle \\ &= \langle \hat{A} \hat{B} \rangle - \langle B \rangle \langle A \rangle - \langle A \rangle \langle B \rangle + \langle A \rangle \langle B \rangle \\ &= \langle \hat{A} \hat{B} \rangle - \langle A \rangle \langle B \rangle \end{aligned}$$

$$\langle g|f\rangle=\langle\hat{B}\hat{A}\rangle-\langle A\rangle\langle B\rangle$$

所以

$$\langle f|g\rangle-\langle g|f\rangle=\langle\hat{A}\hat{B}\rangle-\langle\hat{B}\hat{A}\rangle=\langle[\hat{A},\hat{B}]\rangle$$

其中

$$[\hat{A},\hat{B}]=\hat{A}\hat{B}-\hat{B}\hat{A}$$

是两操作符的共轭操作（commutator），这样我们可以得出这样的结论：

$$\sigma_A^2\sigma_B^2\geq\left(\frac{1}{2i}\langle\hat{A},\hat{B}\rangle\right)^2$$

这是不确定性原理的一般形式。举个例子，假设第一个可观测量是位置 ($\hat{A}=x$)，第二个是动量 ($\hat{B}=(\hbar/i)\,d/dx$)，对于任何一个函数 $f(x)$ ：

$$[\hat{x},\hat{p}]f(x)=x\frac{\hbar}{i}\frac{d}{dx}(f)-\frac{\hbar}{i}\frac{d}{dx}(xf)=\frac{\hbar}{i}\left[x\frac{df}{dx}-\left(f+x\frac{df}{dx}\right)\right]=i\hbar f$$

所以

$$[\hat{x},\hat{p}]=i\hbar$$

根据

$$\sigma_x^2\sigma_p^2\geq\left(\frac{1}{2i}i\hbar\right)^2=\left(\frac{\hbar}{2}\right)^2$$

由于标准差是正的，因此

$$\sigma_x\sigma_p\geq\frac{\hbar}{2}$$

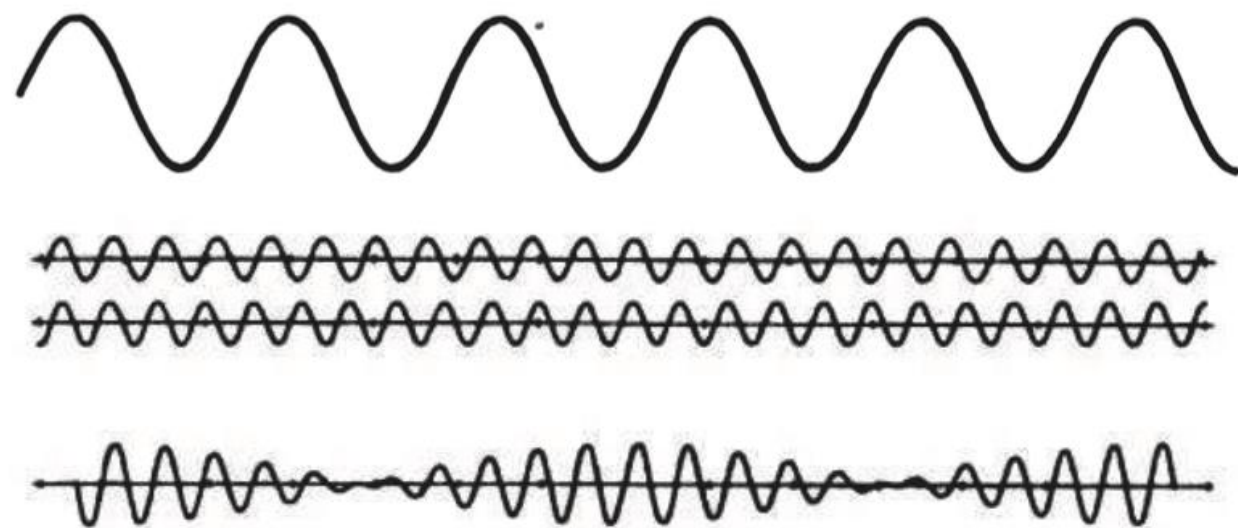
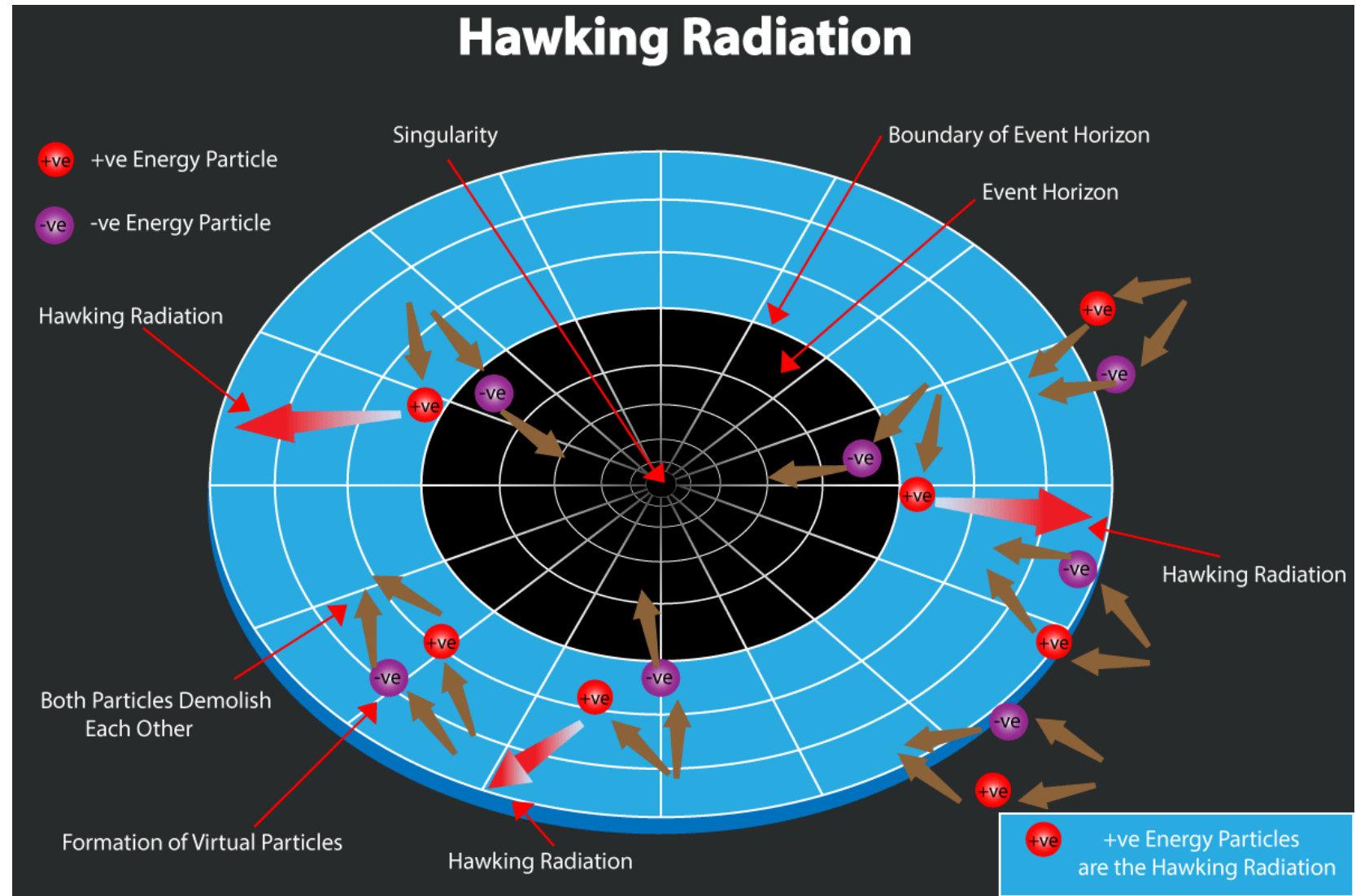
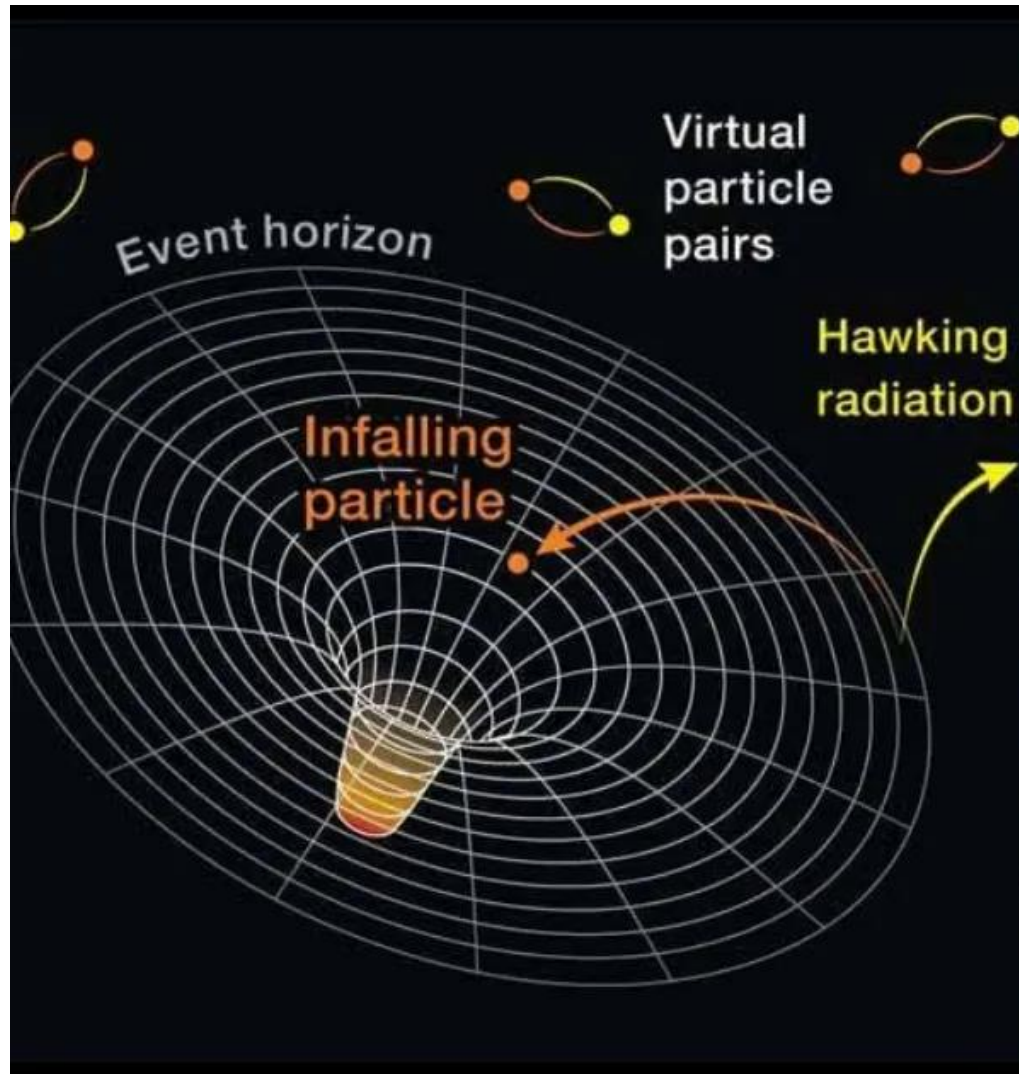


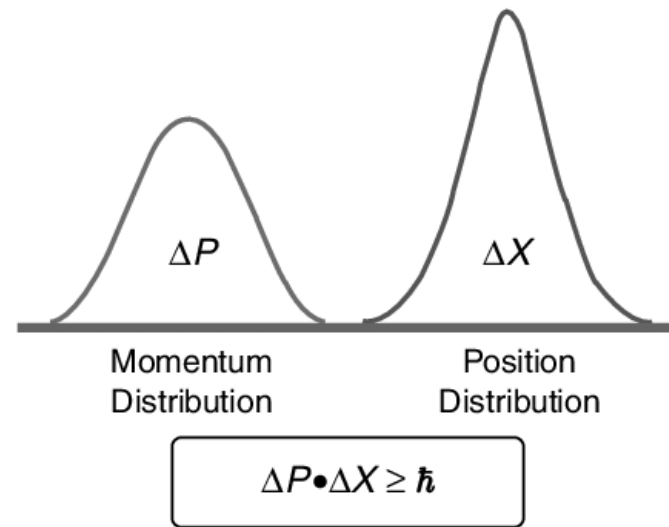
图 13-4 波长相差 10% 的两列波叠加

$$\Delta p \Delta x \geq \frac{1}{2} \hbar$$

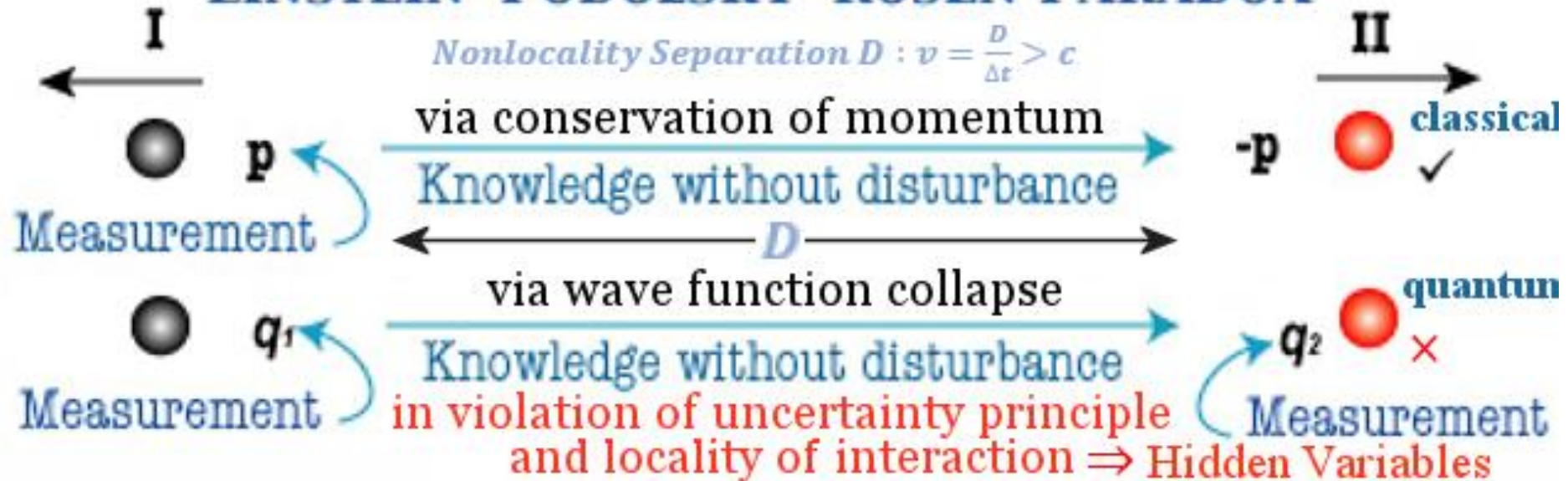
$$\Delta E \Delta t \geq \frac{1}{2} \hbar$$





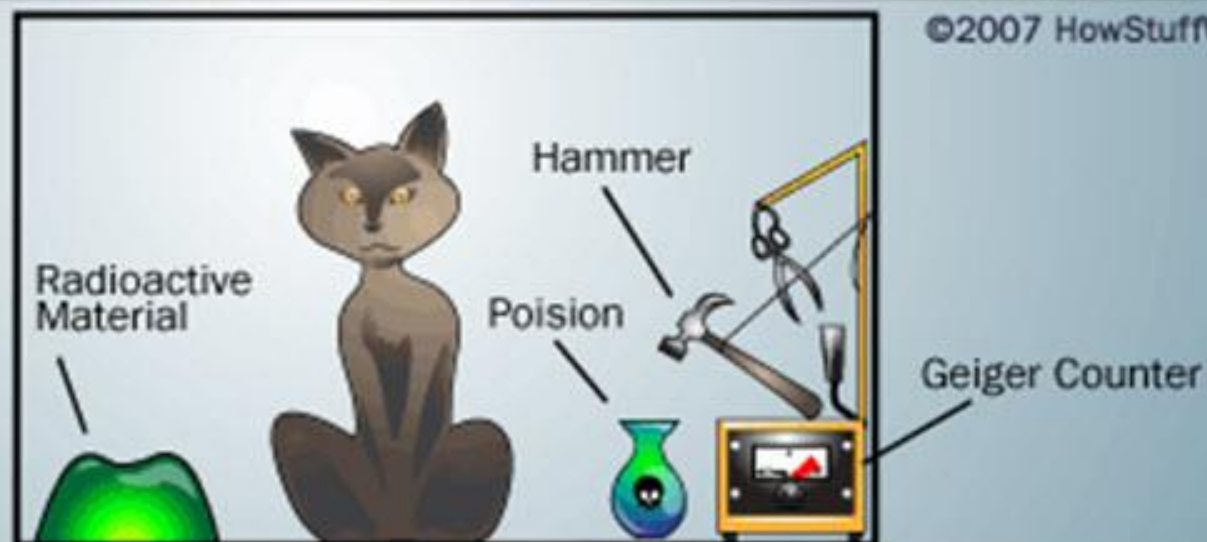


EINSTEIN-PODOLSKY-ROSEN PARADOX



Schrödinger's Cat

©2007 HowStuffWorks



The material does not decay; the cat lives.



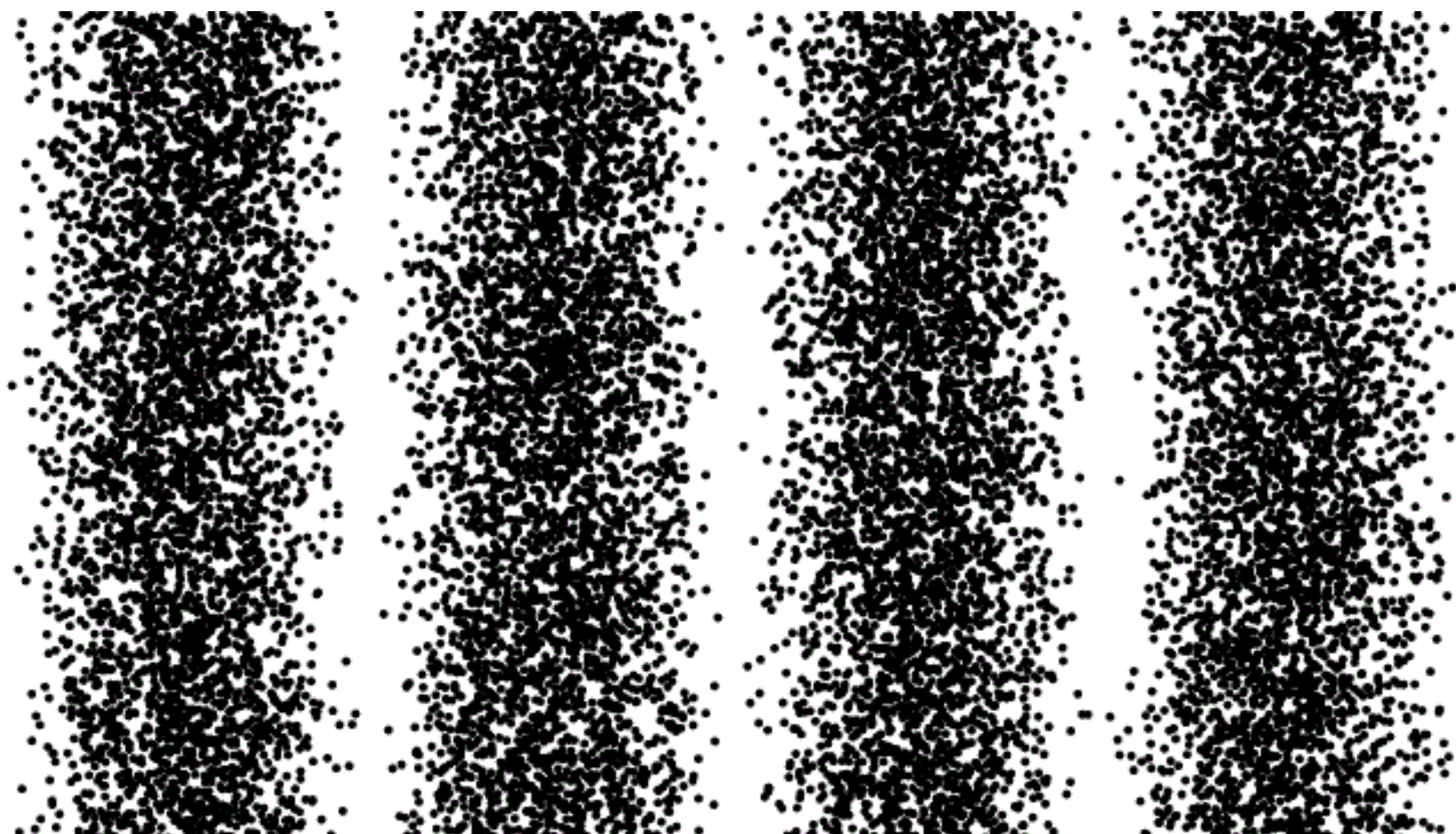
The material has decayed; the cat has been killed by the poison.



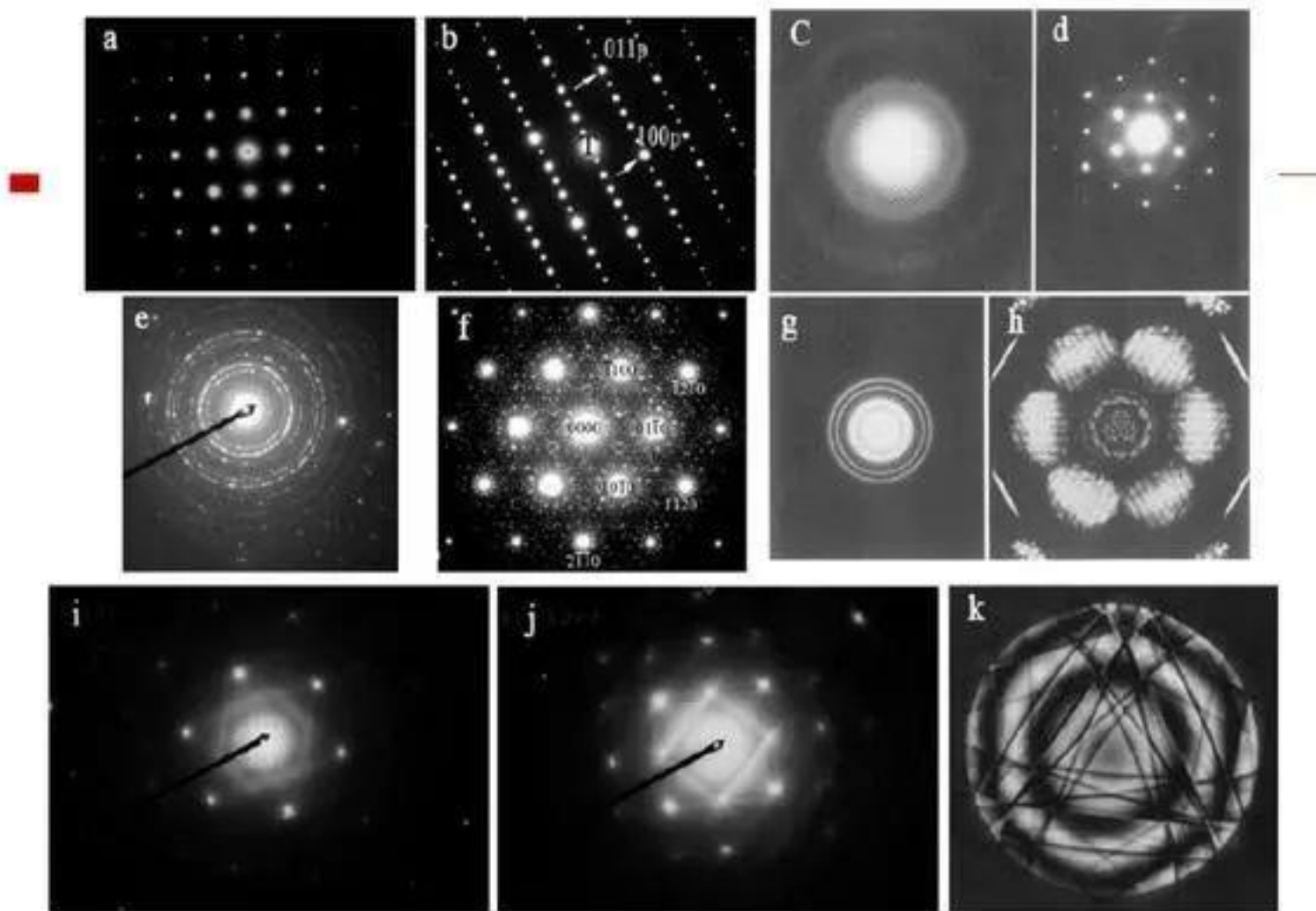
According to the Copenhagen interpretation, the cat is both alive and dead. It exists in a state of "superposition."

爱因斯坦评薛定谔的猫

除了劳厄之外，你是唯一一个看到一个人无法绕过现实假设的当代物理学家，只有你一个人是诚实的。他们中的大多数人根本看不到他们正在与现实玩什么样的冒险游戏——现实是独立于实验建立的东西。然而，他们的解释被你的放射性原子+放大器+火药装药+盒子里的猫的系统最优雅地驳斥了，其中系统的波函数既能包含活着的猫，也包含被炸成碎片的猫。没有人真的怀疑猫的存在与否是独立于观察行为的事情

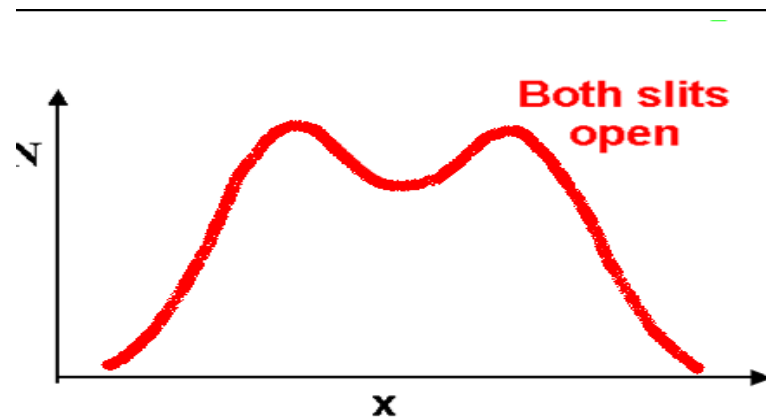
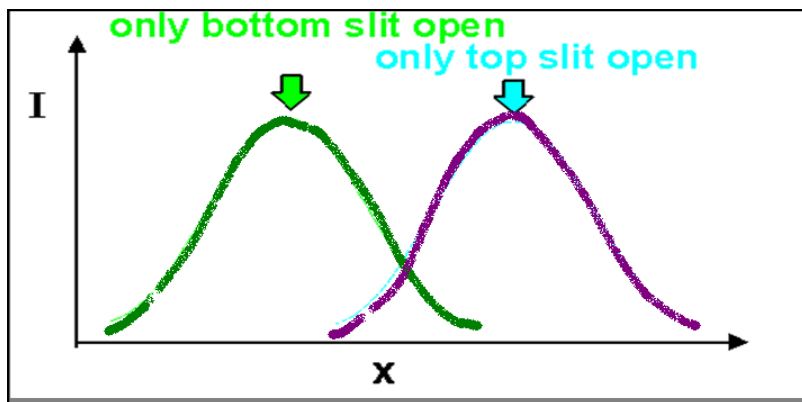
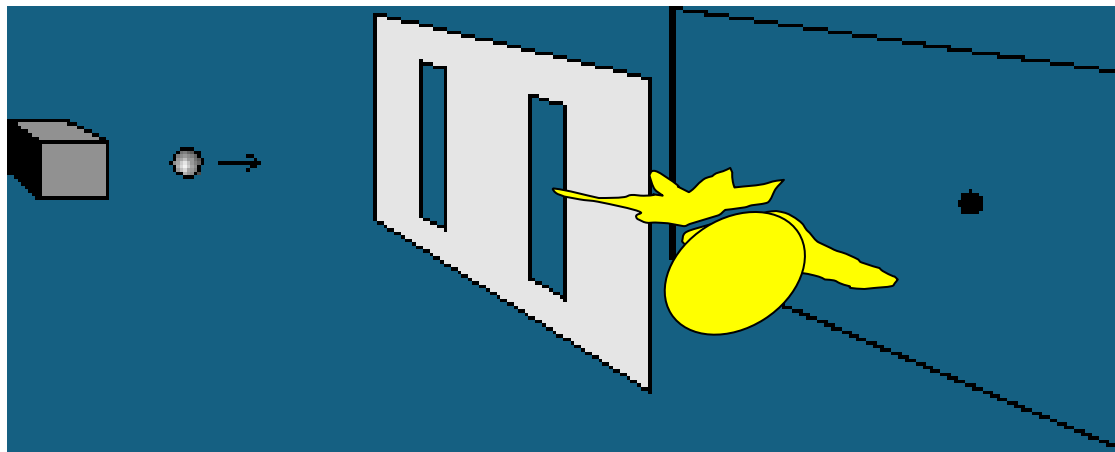


等一下 我們會讓雷射光通過這兩道狹縫



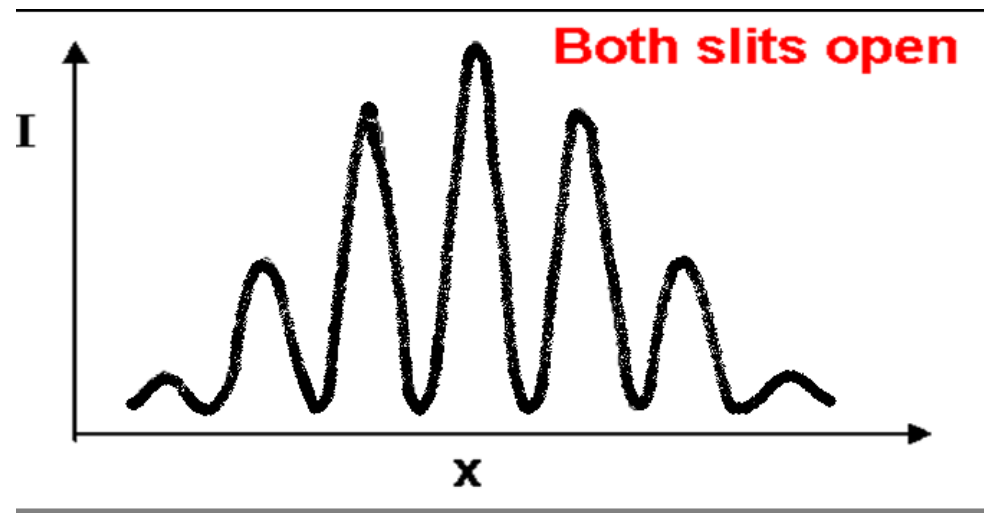
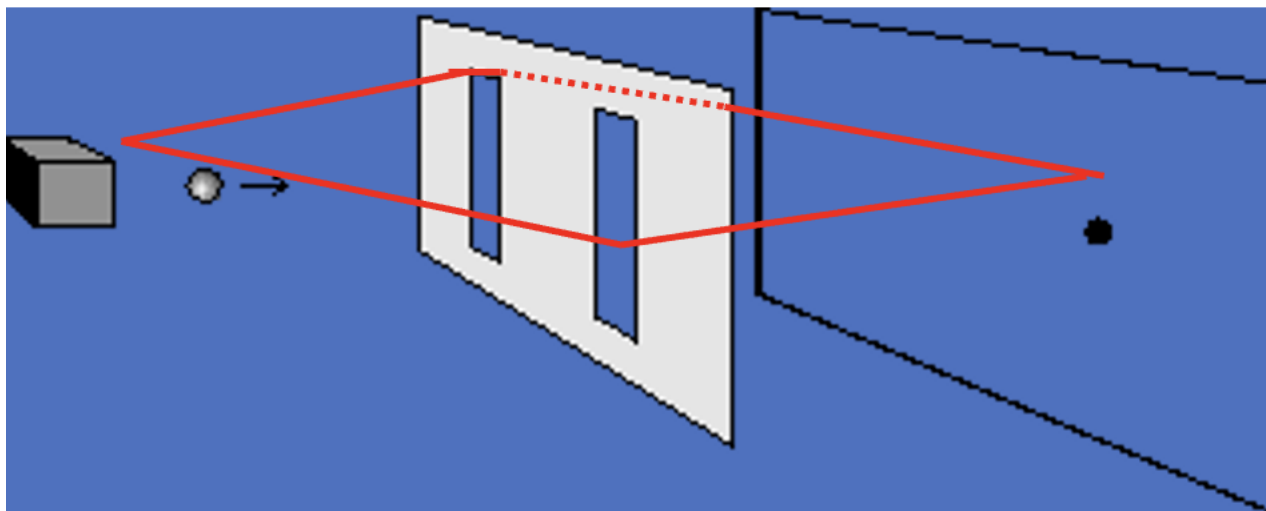
图a和d是简单的单晶电子衍射花样，图b是一种沿 $[111]_p$ 方向出现了六倍周期的有序钙钛矿的单晶电子衍射花样（有序相的电子衍射花样）；图c是非晶的电子衍射结果，图e和g是多晶电子的衍射花样；图f是二次衍射花样，由于二次衍射的存在，使得每个斑点周围都出现了大量的卫星斑；图i和j是典型的菊池花样；图h和k是会聚束电子衍射花样。

双缝干涉实验：电子



粒子方式穿过狭缝

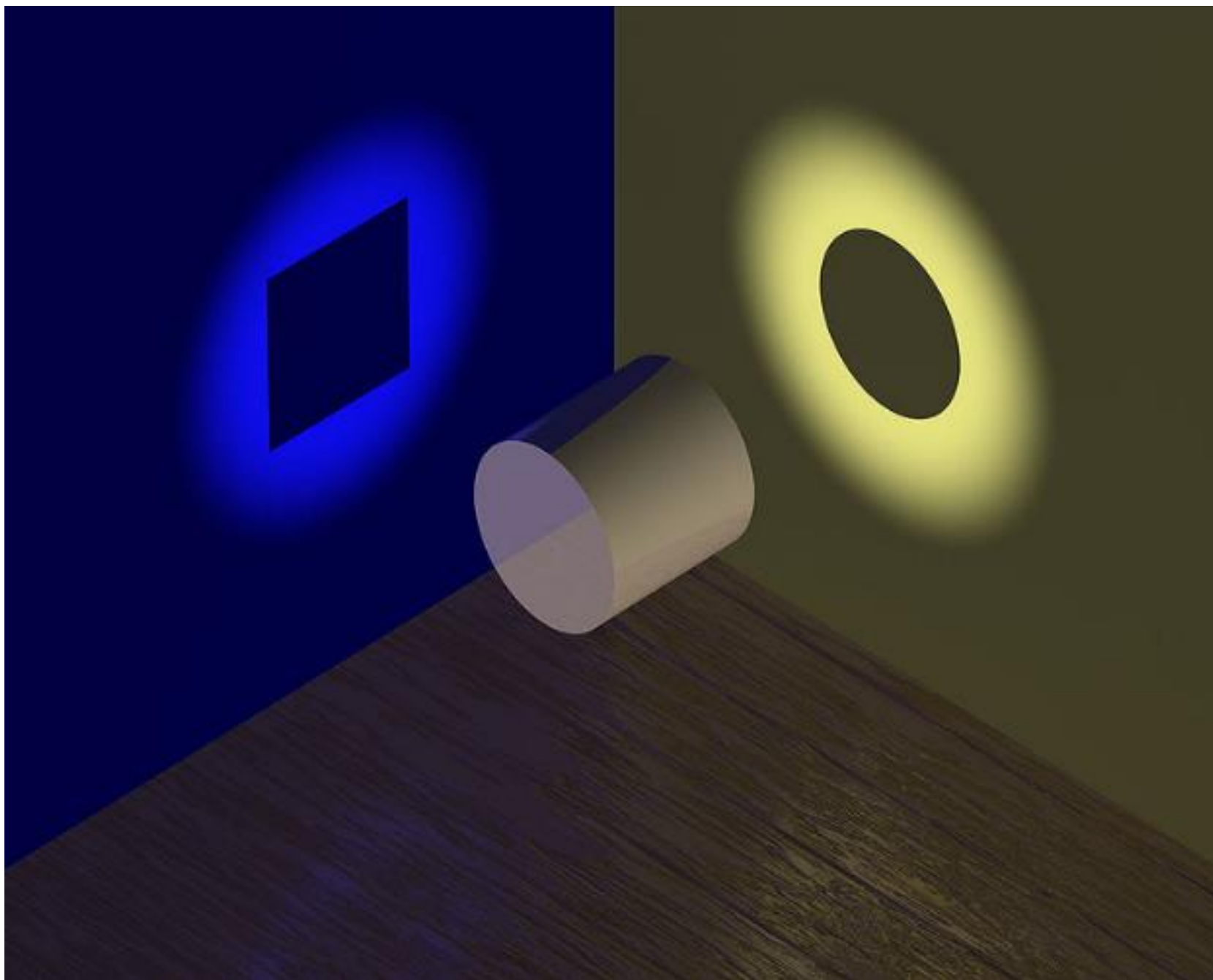
量子波的形式穿过双缝
量子叠加态 **superposition**
量子测量: **measurements**



粒子以叠加态方式同时穿过两个狭缝:

$|\text{左}\rangle + |\text{右}\rangle$

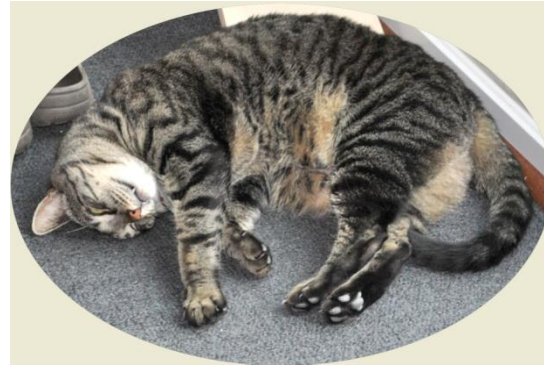
如果测量, 它坍缩到其中一个态上, 测量改变系统



经典猫态



OR



⚛️ 量子力学的超越经典逻辑 VS 佛教

经典比特



0



1

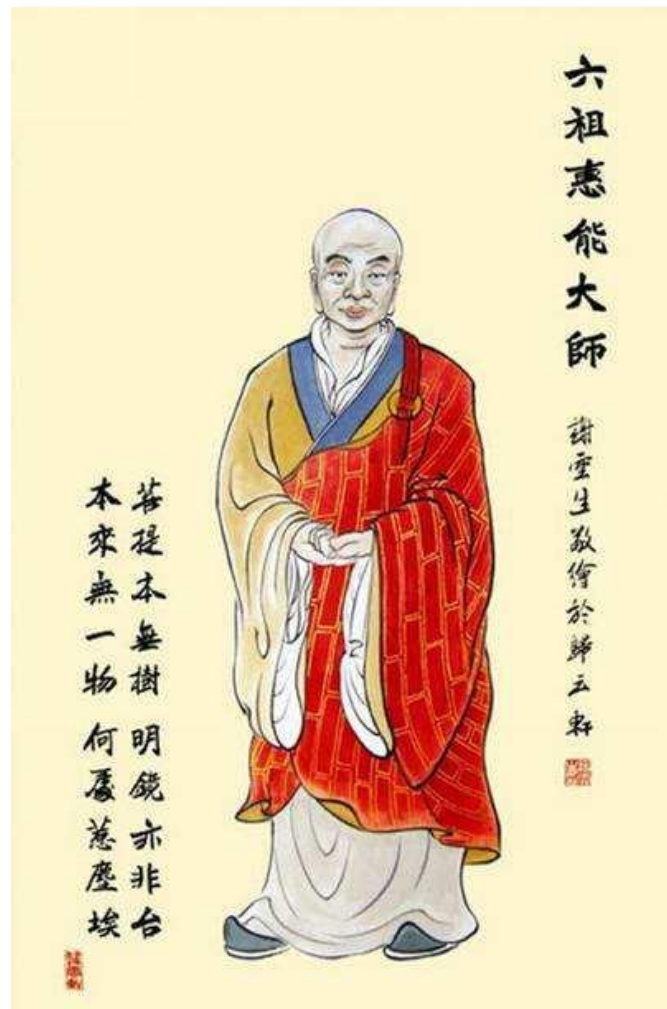
量子比特

$|0\rangle$

$|1\rangle$

叠加态

$|\text{standing dinosaur}\rangle + |\text{lying dinosaur}\rangle$



Quantum Superposition 量子叠加猫态

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \left| \text{Sleeping Cat} \right\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} \left| \text{Awake Cat} \right\rangle$$
$$\frac{1}{\sqrt{2}} \left| \text{Sleeping Cat} \right\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}} \left| \text{Awake Cat} \right\rangle$$

The diagram illustrates quantum superposition using two cats. The top equation shows a superposition of a sleeping cat and an awake cat with a positive sign. The bottom equation shows a superposition of the same two states with a negative sign. Each state is represented by a circular image of a tabby cat, with a vertical line and a chevron symbol indicating the quantum state.



