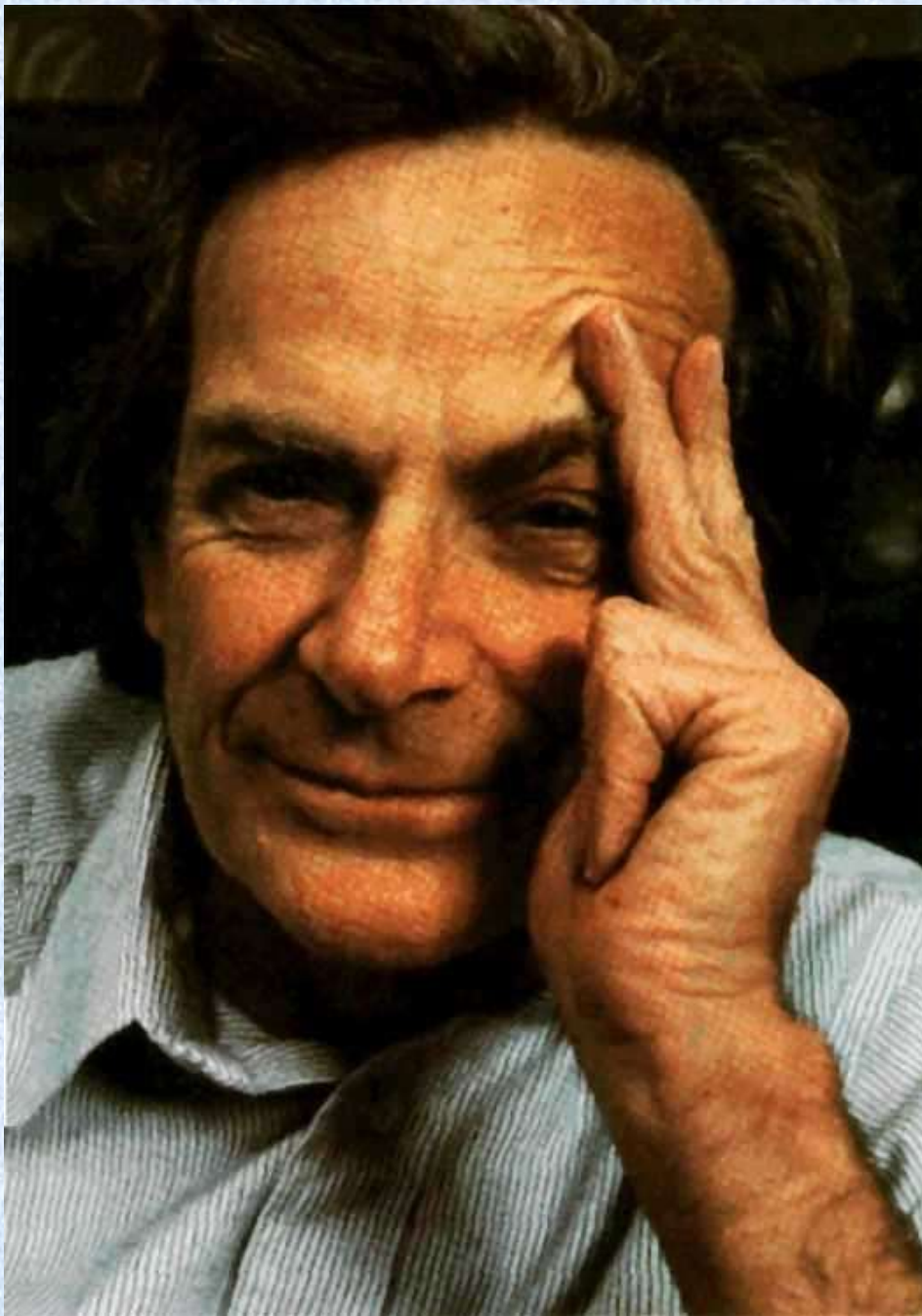


理論物理的詭辯

賀培銘

台大物理系

2008.1.28



*What does it mean,
to understand?
... I don't know.*

--- Feynman



Isaac Newton

Jan. 4, 1643~Mar. 31, 1727

Newton's Laws

- 第二定律：

$$\mathbf{F} = m \mathbf{a}$$

F = 力

m = 質量 = 重量

a = 加速度

力的操作型定義為何？

套套邏輯（循環論證）

tautology

- 天擇論：適者生存
Natural selection is the survival of the fittest.
- “適者” = 具有可以存活下來的能力的生物
- A 或 非A
- 套套邏輯不包含新的資訊
- 推導、證明應該是套套邏輯
- 定律、公設不應該是套套邏輯

套套邏輯

- 丟出去的東西為什麼總是會掉下來？
- 地心引力
- 物理定律並不解釋、只是檢驗
（可以用來預測嗎？）
- 世界上有兩種人
- 1. 相信有兩種人的那種和不相信的那種
- 2. 可以被歸類為兩種中之一種的那種
和不能被歸類的那種

證明大於零的最小實數是1

- 把大於零的最小實數叫做 A
- $A \leq 1$
- $A \times A \leq A$
- $A \leq A \times A$
- $A = A \times A \Rightarrow A \times (A - 1) = 0$
- $A = 0$ 或 1 ，但 $A > 0$ ，故得證 $A = 1$

第二定律並非套套邏輯

- 質量有疊加性
（倍數的變化不需要另外定義（？））
- 力有疊加性
- 第二定律之重點在於力、質量、加速度之間的正反比關係
- 改變單位之後，第二定律改爲：
$$F = kma$$

但其內容不變

套套邏輯 \leftrightarrow 自恰性

- A 且非 A
- “這句話是假的”
- 一套數學公設必須自恰
- Gödel 的定理
- 物理定律之間必須沒有矛盾
- 什麼時候可以說有或沒有矛盾？
- 沒有矛盾的要求有多強？

自恰性的限制

狹義相對論 + 量子力學 \Rightarrow 違反因果律
 \Rightarrow 量子場論

廣義相對論 + 量子場論 \Rightarrow 無限大
 \Rightarrow 弦論?

Newton's Laws

第一定律（慣性定律）：

不受力的物體

靜者恆靜

動者恆以等速直線運動

座標系

- 牛頓假設絕對時間與絕對空間，都是均勻的，而且是固定的、平的。
- 所有以固定速度相對於絕對座標系運動的座標系也會同意第一定律
- 這些座標系叫做慣性座標系
- 因為三個定律都是如此，是不是可以放棄絕對座標系的概念？

Newton's Laws

第一定律（慣性定律）：

慣性座標系中

不受力的物體

靜者恆靜

動者恆以等速直線運動

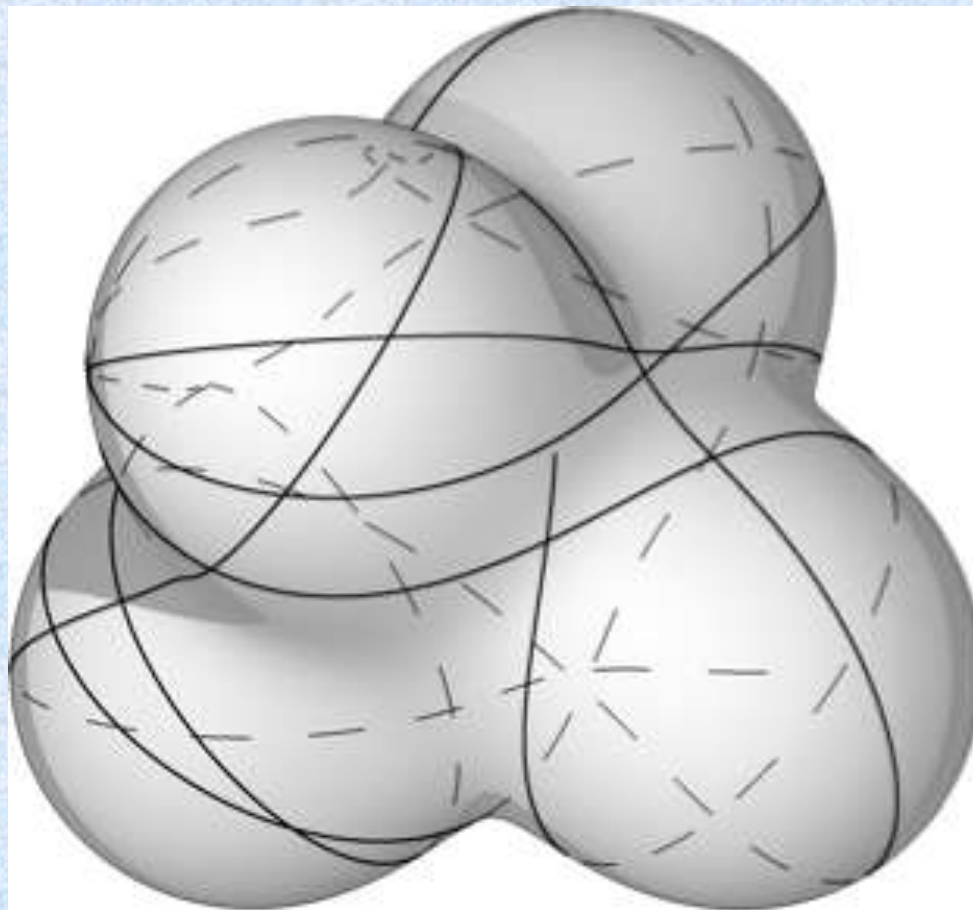
第一定律？第一定義？(1)

- 什麼是慣性座標系的操作型定義？
- 第一運動定律只是慣性座標系的定義？
（對牛頓來說這不是一個問題）
- 存在性及普適性

第一定律？第一定義？(2)

- 如何判斷一物體是否不受力（合力為0）？
- 何謂等速直線運動？
- 重力是一種力嗎？
- 廣義相對論：
重力不是力，直線運動的意義要推廣

彎曲時空中的“直線”



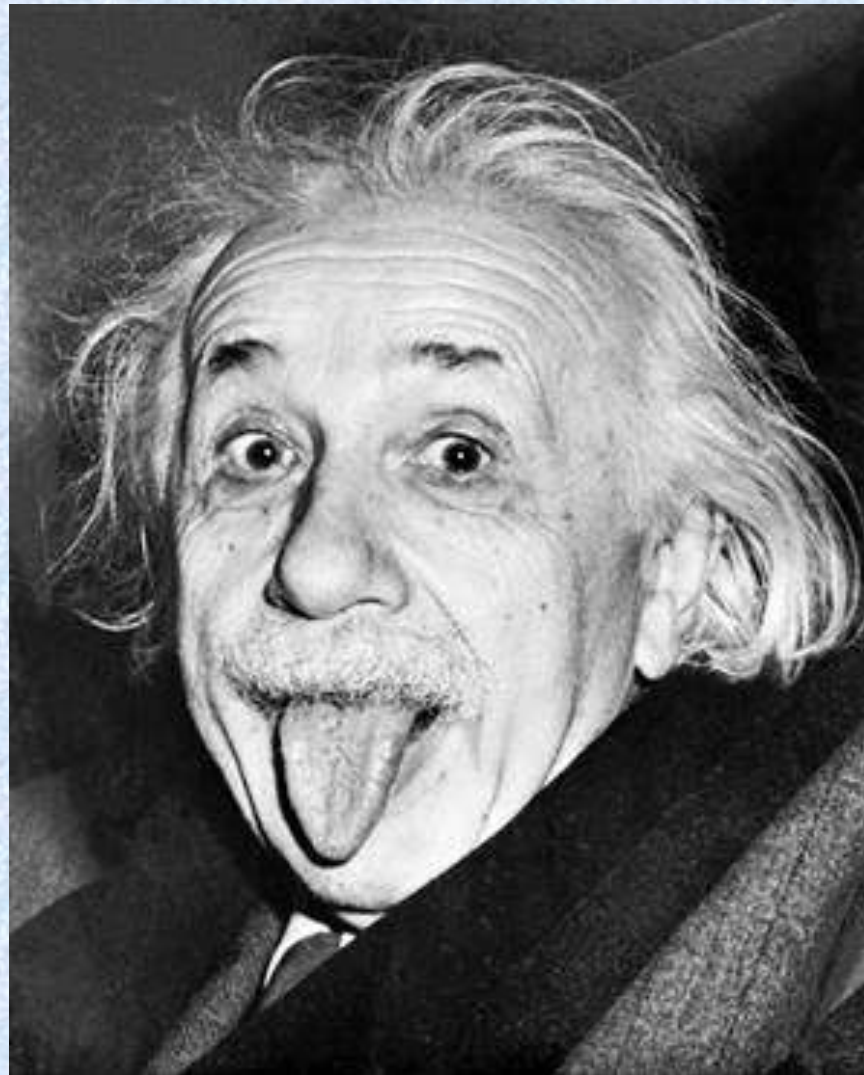
證明 $1 = -1$

$$\sqrt{\frac{1}{-1}} = \sqrt{\frac{-1}{1}}$$

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{-1}} = \frac{\sqrt{-1}}{\sqrt{1}}$$

$$\Rightarrow \sqrt{1} \cdot \sqrt{1} = \sqrt{-1} \cdot \sqrt{-1}$$

$$\Rightarrow 1 = -1$$



Albert Einstein

Mar. 14, 1879~Apr. 18, 1955

狹義相對論

- 相對性原理（一直都有 — 加利略）
- 光速是不變的
（在所有慣性座標系中光速總是具有固定的值。）
- 不相容的兩個假設

相對性原理

- 物理定律的形式在所有慣性座標系中都相同。
- 如果一個實驗在某一慣性座標系中符合物理定律，同一實驗在任意另一慣性座標系中(雖然描述不同)也必符合物理定律。

光速是最快的速度嗎？

- 光是很特別的嗎？
- 爲什麼光速很特別？
- 水中的震波傳遞的波速也很特別嗎？
- 如果盲蝙蝠以爲音速是最快的速度，牠會有一個不同的物理學嗎？

狹義相對論

- 相對性原理
- 存在某一速度**C**，測量以該速度移動的東西時，在所有慣性座標系中都量到相同的值。
- 不相容的兩個假設

C是可能存在的最高速度嗎？

- 球場周圍觀眾的波動
- 光在介質中之 相速度 群速度
- 迅子

C是傳遞訊息的最大速度

- 如果有一個大於C的速度 V 是由事件 a (X_a, T_a) 與事件 b (X_b, T_b) 定義出來的：
- $V = (X_b - X_a) / (T_b - T_a)$
- 那麼根據狹義相對論，不論哪一種情形
 $T_a > T_b$, $T_a < T_b$, $T_a = T_b$
都可以找到一些慣性座標系符合條件
- 所以 a, b 之間不可能有因果關係

因果關係

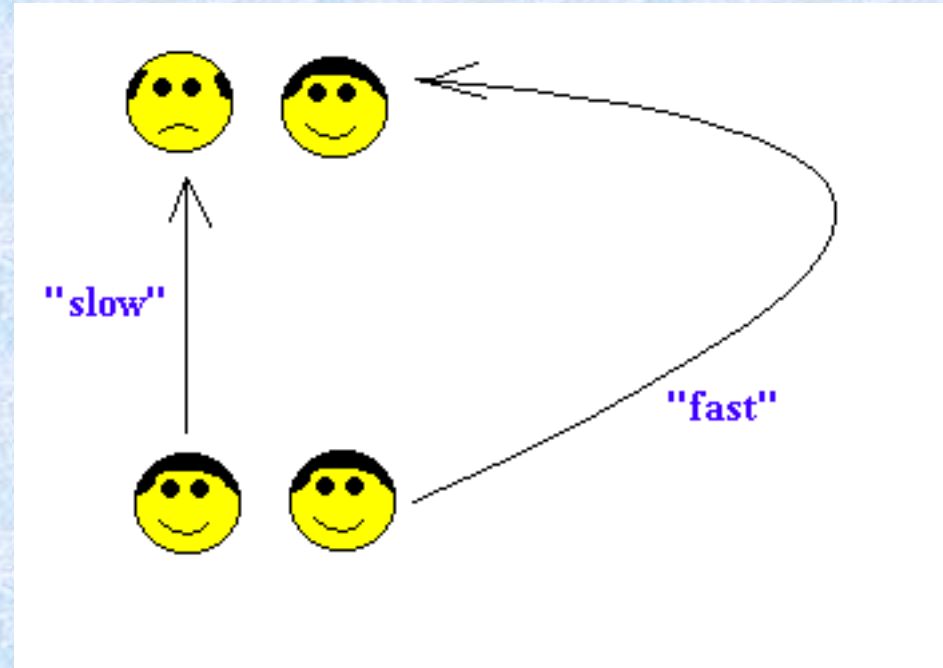
- 兩種因果關係
- 因為地心引力，所以蘋果會往下掉
- 因為蘋果掉在我頭上，所以我頭痛
- 巨觀的因果關係 ← 狹義相對論
- 微觀的因果關係？
- 局部的、區域的：Local → Locality
- 事件之間之關聯性

Ms. Bright

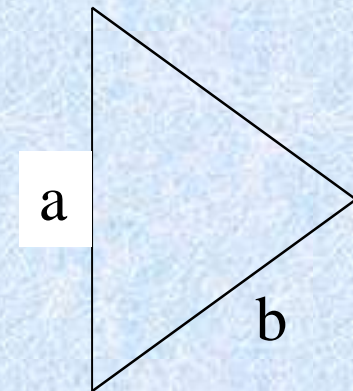
*There once was a girl named Ms Bright
Who could travel much faster than light
She departed one day
The Einsteinian way
And returned the previous night*

雙生子詭論

- 姊姊坐火箭離開地球
弟弟留在地球上
- 姊姊回來後發現
弟弟變哥哥了

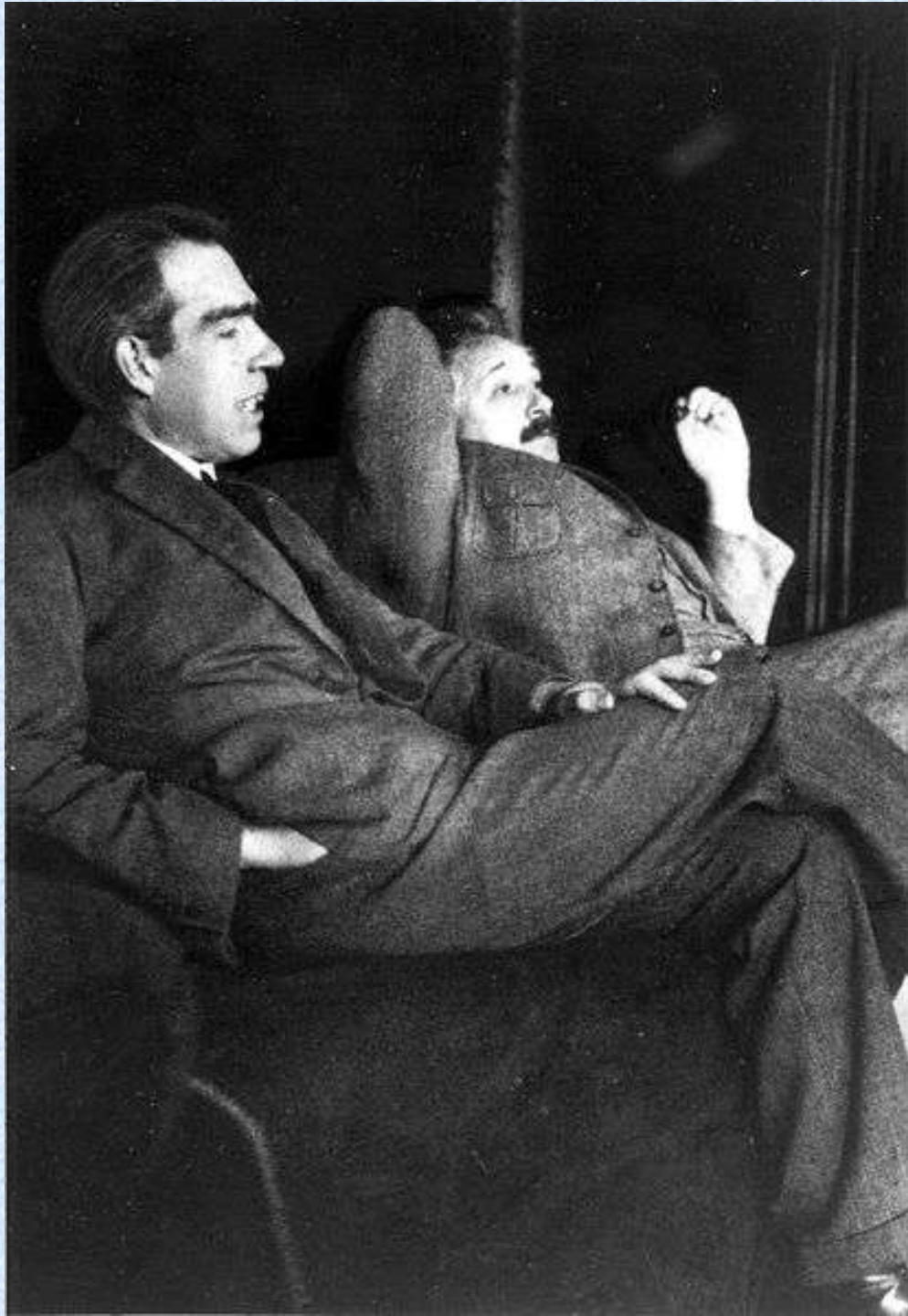


- 對稱的關係如何被破壞的？



證明 $1+2+4+8+\dots=-1$

- Let $x = 1+2+4+8+\dots$
- $2x = 2+4+8+\dots$
- $2x = x-1$
- $x=-1$



Niels Bohr

Oct. 7, 1885~

Nov. 18, 1962

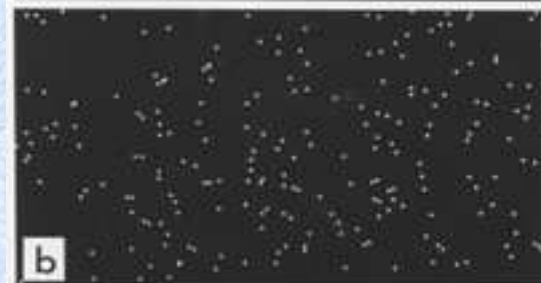
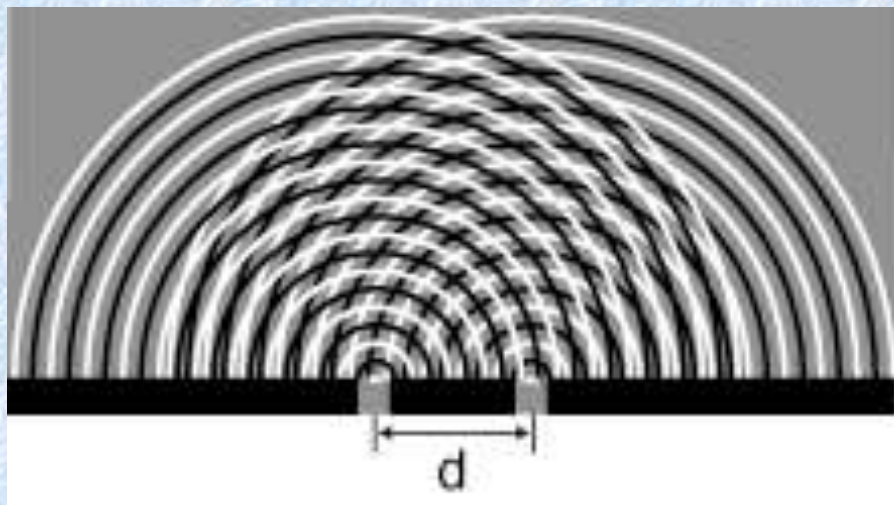
*I think I can safely say that no one
understands quantum mechanics.*

--- Feynman

粒子？波？

- 波：疊加原理—干涉、繞射
- 粒子：可以交互作用、但無干涉繞射
- 光是粒子還是波？
- 電子是粒子還是波？

雙狹縫干涉實驗





Werner Heisenberg
Dec. 5, 1901~Feb. 1, 1976

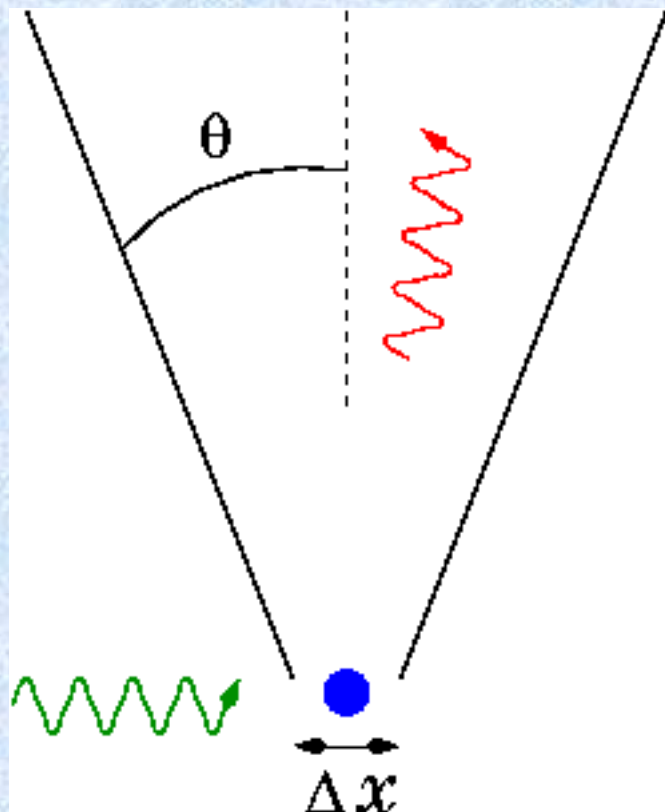
測不準原理

$$\Delta x \Delta p \leq h$$

- $p = mv$
- 實驗 N 次結果為 $x(1), x(2), \dots, x(N)$,
- 平均值 $x_{\text{平均}} = (x(1)+x(2)+\dots+x(N)) / N$
- $\Delta x^2 = \sum_i [x(i) - x_{\text{平均}}]^2 / N$
- 若 $\Delta x \rightarrow 0$ ，則 $\Delta p \rightarrow \infty$
- 要研究較小尺度的物理現象，需要較大的能量 \rightarrow “高能物理”



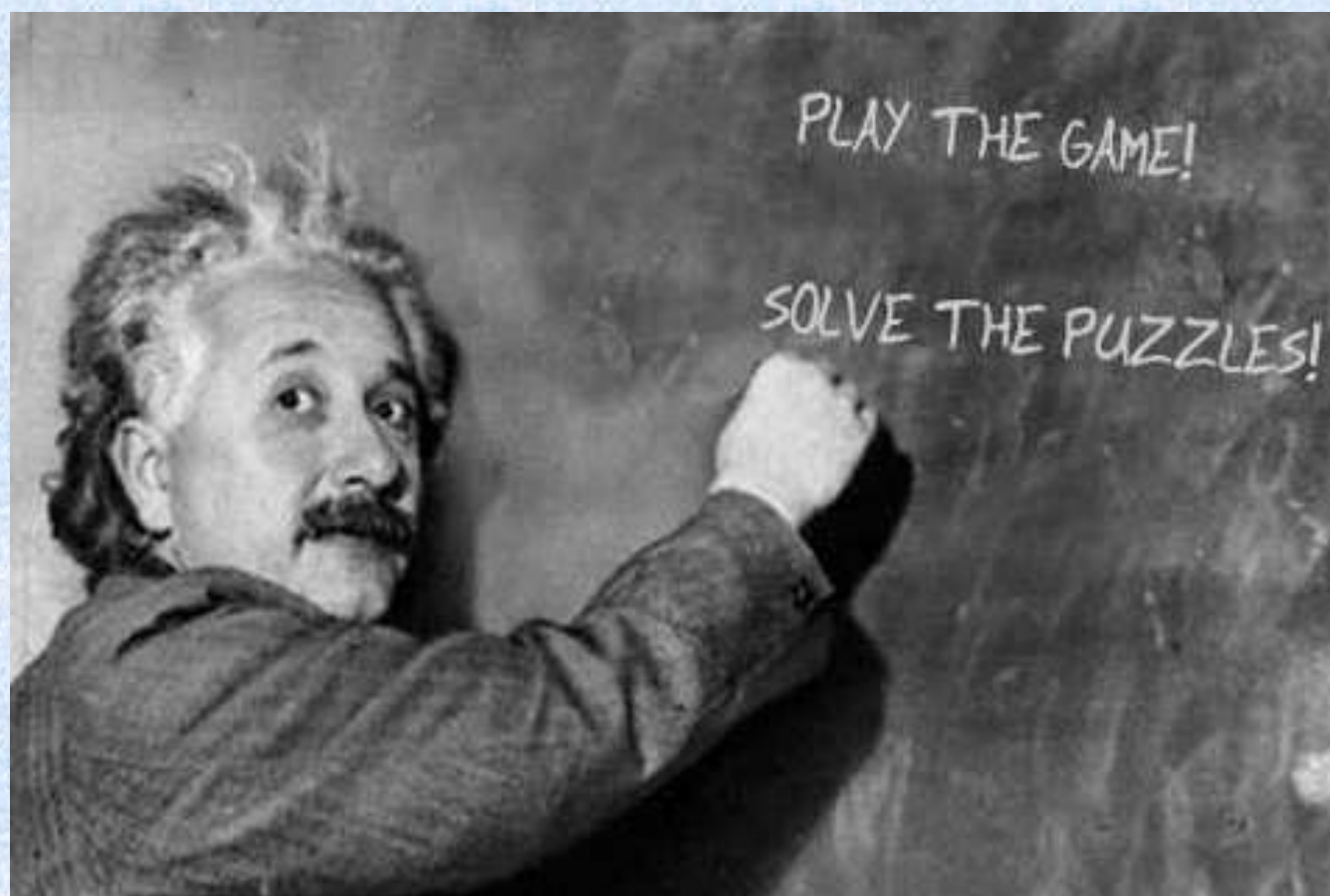
解釋測不準原理的嘗試



這個解釋是錯的

證明所有數字都等於零

- $A = B$
- $A \cdot A = A \cdot B$
- $A \cdot A - B \cdot B = A \cdot B - B \cdot B$
- $(A-B) \cdot (A+B) = (A-B) \cdot B$
- $A+B = B$
- $A = 0$



證明大於2的奇數都是質數

- 數學家
- 物理學家
- 工程師
- 程式設計師
- 推銷員
- 廣告商
- 律師
- 統計學家
- 語言學家
- 心理學家
- 教授

真空

- 何謂真空？
- 什麼叫做“什麼都沒有”？
- 水中的生物會不會對真空有不同的定義？
- 可不可以注入真空到水中？
- 真空中充滿了時空
- 廣義相對論的真空

宇宙中的能量大部分是質子及中子等物質的貢獻？

- 暗能量
- 暗物質

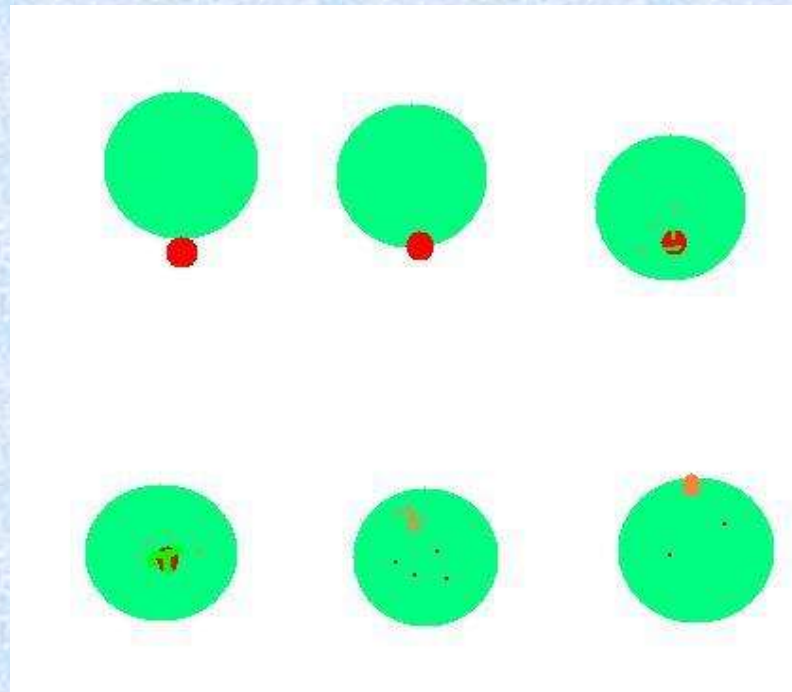
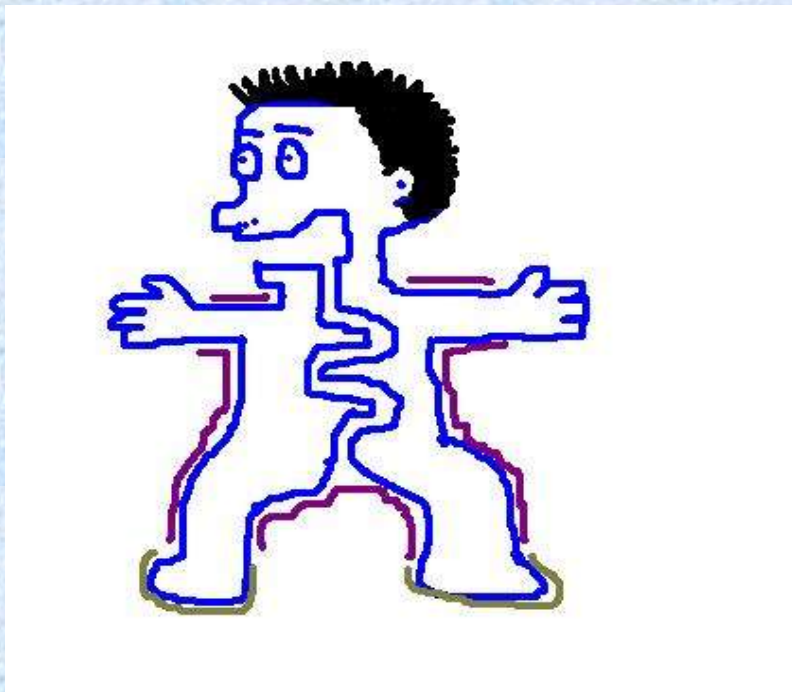
宇宙的年齡

- 宇宙幾歲了？
- 1.4×10^{10} 年？
- 宇宙有多大？
- 至少 15×10^{10} 光年
- 膨脹中的宇宙裡
所有東西間的距離
都越來越遠？

時間的方向

- 時間的方向：過去到未來
- 物理定律的時間反轉對稱性： $T \rightarrow -T$
- 亂度的增加
- 主觀的因素？

為何空間是三維的？



空間是什麼？

- 古典的幾何：
空間是點的集合，有連續性
- 微觀世界的幾何概念？
- 什麼都沒有的宇宙中的幾何概念？

普朗克尺度

廣義相對論：能量、動量決定時空的彎曲程度

測不準原理：能量、動量越大，位置的不準度越大

普朗克尺度 = $(10^{19} \text{ GeV}, 10^{-33} \text{ cm})$.

$$l_P = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \cong 1.61624(12) \times 10^{-35} \text{ m}$$



