

「量子理論」獲頒諾貝爾獎後的一百年
100年

量子理論的出現讓這世界更為豐富

量子光束圖鑑

りょうし

wonderland

量子光束的奇境

包含我們在內的所有物質，都由原子和組成原子的基本粒子等量子所組成。量子非常小，以原子為例，只有1億分之1cm(公分)大。在比原子更渺小的世界，量子像球，具有可計算數量、可碰撞的粒子性。不僅如此，量子也具有建設性、破壞性干涉的波動性。雖然光沒有大小和質量，卻也被視為量子。這真是個不可思議的量子世界。

量子的發現者

我們終於在100年前，遇見誕生於138億年前的量子。

量子論之父
馬克斯·普朗克

普朗克提出「能量有最小單位」的光量子假說，成為「量子論」的開端，並在1918年獲頒諾貝爾獎。2018年，是獲獎後的第100年。

發現質子
歐尼斯特·拉賽福

1918年，從α粒子和氮氣的實驗中，發現質子的存在。

發現天然礦物中的放射線
亨利·貝克勒 皮耶·居禮 瑪莉·居禮(居禮夫人)

19世紀末，科學家發現天然礦物會產生放射線，之後便瞭解那是α粒子，帶來「量子論」的發展。

發現中子
詹姆斯·查德威克

從α粒子撞擊鈹的實驗中，發現中子的存在。

預言介子的存在
湯川秀樹

1935年預言介子的存在，認為介子能幫助質子與中子相互結合，是首位獲得諾貝爾獎的日本人。

發現電子
J.J. 湯木生

1897年湯木生對真空狀態下的金屬板通電，從研究金屬板產生的電流中，發現電子的存在。

發現X射線
威廉·倫琴

1895年發現高穿透力的未知光線，命名X光。

發現光量子
海因里希·赫茲

1887年發現光照射到金屬表面時，會產生帶有電荷的粒子。

光是量子
阿爾伯特·愛因斯坦

1905年提出「光量子」假說，認為光就像粒子的能量團塊。

量子的誕生與發現

宇宙誕生於138億年前的大爆炸，世界上各種量子——組成物質的量子與光(光子)，在那時候逐漸形成。不久，原子出現了，形成太陽和地球這些以原子與量子為材料的星球，也創造生命及人類，這個世界因量子而更加豐富。大約在100多年前，現代物理學急遽發展，人類也發現量子的存在。

波粒二象性

量子像粒子可計算，又像光波可以建設性、破壞性地互相干涉，稱為「波粒二象性」，是量子最大的特徵之一。

把量子一個一個發射出去(粒子性) 出現干涉的豎紋(波動性)

雙狹縫實驗的實驗中，我們一個一個發射量子，會觀察到螢幕上出現像波的豎紋(干涉豎紋)。

「電子雙狹縫」實驗動畫 <http://www.hitachi.co.jp/rd/portal/highlight/quantum/doubleslit/index.html>

大爆炸

量子光束

這些身邊的量子在轉換成量子光束後，便能做各種有效的運用。為了達到這個目的，我們開發了各種儀器設備。

加速器



日本原子核物理之父—仁科芳雄，1937年在日本首次做出迴旋加速器，奠定研究原子核、基本粒子的基礎。

原子核

以此光束合成新元素

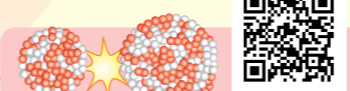
原子核光束

與其他原子核會強力碰撞，在形成物質及研究新元素上，是不可或缺的光束。

重粒子、離子、原子核的質量，依據所含的質子與中子數決定。



超導迴旋加速器(SRC)
製造原子核光束的加速器，置於理化學研究所RI光束工廠(RIBF)。



在RIBF，讓鈹的原子核光束撞擊鈹的原子層，合成新的原子序113號元素，命名為Nihonium。Nihonium合成過程動畫 <http://www.nishina.riken.jp/113/approach.html>

重粒子·離子

有助於治療癌症、改良材料及植物

重粒子光束·離子光束

經撞擊後能產生極大影響的光束。離子等重粒子光束用於治療癌症，此外也廣泛應用在植物品種改良、半導體及樹脂的改善。



重粒子射線治療癌症治療室
診療室外的加速器送出重粒子光束，瞄準癌細胞撞擊。



重粒子射線治療骨肉瘤結果
在難以施行手術的髌骨(鼻骨骨頭)骨肉瘤處(黑色陰影)，施以重粒子射線治療後，骨肉瘤消失不見(白色部分)，補充1 髌骨；尾骨上倒三角形的骨頭，位於骨盆中央。

質子

癌症治療、製造其他量子，都是它

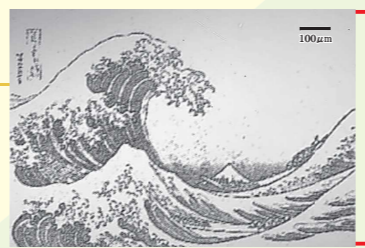
質子光束

精密的質子光束，用於治療身體內部深層的癌症，也能製造中子、介子等其他量子。

電子的1700倍重，比中子略輕。



質子加速器(圓形加速器)
能將質子加速到光速。在J-PARC(日本質子加速器研究中心)內，將質子加速後，射擊金屬目標物，以產生中子。



和米粒比較下木板的大小，紅圈標示的木板上繪製著精細的圖案。

微光束精細加工繪製的圖案
利用精密的光束控制技術，將16萬個質子，照射於0.83mm x 1.2mm的木板上，繪製而成。

中子

不是+，也不是一，而是中性。

中子光束

中子因為不帶正、負電荷，所以具有強大的穿透力。除了非破壞性檢測外，可用來觀察水和磁石的性質，也應用在藥品、生命科學及材料的研究。

質量約為電子的1700倍



中子運用的實驗設備
進行物質科學及生命科學的研究

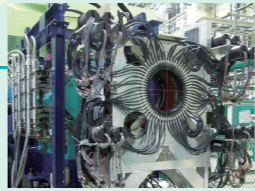
介子

具有超強穿透力，能穿越火山與建築物內部。

介子光束

又稱介子，即使從宇宙落下，仍具有超強穿透力。目前除運用在火山與建築物內部調查外，也用於研究磁石。

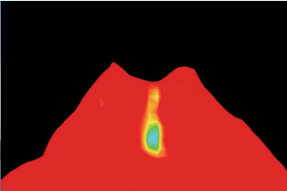
介子約為電子的210倍重



介子實驗設備



雷煙的薩摩硫黃島硫黃丘



介子圖像下的薩摩硫黃島透視圖
調查從宇宙落下的介子通過火山的狀態，畫面中拍到在火山口下方有大量岩體的蹤跡，介子圖像是在日本首次實證且日本命名的技術。

電子

透視原子，進行超精細加工作業。

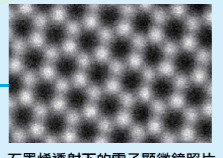
電子光束

應用於電子顯微鏡，可觀察微小物體、進行超精細加工等，及金屬電子光束的熔接作業。

電子的質量約為1kg的100億分之100億分之1



電子加速器(直線加速器)
能將電子加速到接近光速。在自由電子雷射SACLA(日本X光自由電子雷射研究設施)，以電子光束做出極短波長的雷射光。



石墨透射下的電子顯微鏡照片
利用電子的波動性，能觀察到原子，也能瞭解元素排列的情形。

這裡介紹的量子，只是冰山的一小角，如果想深入探索量子世界，Go!
http://stw.mext.go.jp/series/quantum_wonderland.html

X光同步輻射

透視身體與物質內部

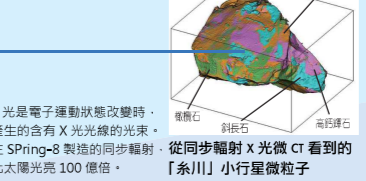
X光光束·同步輻射

除了醫療的X光攝影外，在物理學、化學、工學、醫學、生物學、考古學、科學鑑定等廣大領域也應用到X光，維持我們的生活。

光子的質量是0



大型同步輻射設施Spring-8



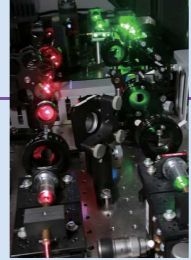
從同步輻射X光微CT看到的「糸川」小行星微粒子
從宇宙帶回「糸川」小行星的微粒子，其內部的橄欖石、輝石等礦物呈3次元分布。補充2 微CT：微電腦斷層檢查

雷射光

使用頻率最高的光束

雷射光束

不會發散、直線行進的光。除了通訊與加工作業外，也應用於手術、治療等醫療領域，是生活不可或缺的光束。



大強度雷射發振器
除了應用在CD或個人電腦等身邊的小型物品外，正在發展能產生大強度的雷射光技術。



雷射血糖儀
利用比過去強10倍的中紅外雷射光，發展不需採集血液、只要揮一下手指便能檢測血糖的儀器。

X光診斷病情
X光圖像診斷，是最早進行的量子運用

製作、著作：文部科學省 企画、制作、監修：安院院あかぬ、鈴木國弘、足立惠美子(量子科學技術研究開發機構) 圖像提供：慶知農農業綜合試驗場、茨城縣、茨城大学フロンティア応用量子科学センター(下)藤井教授、株式会社日立製作所研究開発グループ、京都大学大学院工学研究科分子工学専攻川口研究室、京都大学大学院理学研究科土山明教授、高エネルギー加速器研究機構、J-PARCセンター、東京大学宇宙線研究所神岡宇宙線粒子研究施設、東京大学地質研究所田中宏幸教授、兵庫県立大学高度産業技術研究所松井真二氏、物質、材料研究機構、理化研究所、量子科学技術研究開発機構(50音順) 編集、デザイン、イラスト：有限会社オズクリエイティブルム、長谷島妙子、三浦布美 中文編譯：物理雙月刊 補充說明1-4為物理雙月刊在翻譯時加上的補充資料，非原文內容

科學技術週間 <http://stw.mext.go.jp/>

本海報為日本文部科學省「科學技術週間」授權台灣物理學會「物理雙月刊」進行中文編譯、印刷並發行。