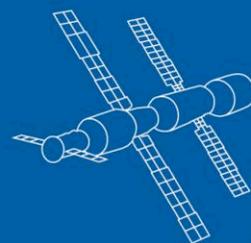


Un miniguide pour le visiteur



100th
Anniversary
OF THE FIRST CONSEIL
DE PHYSIQUE SOLVAY

Remue-méninges à Bruxelles



EXPO

100 ANS DE CONSEILS DE PHYSIQUE SOLVAY

Au pays de la physique quantique comme si vous y étiez né!

Les Conseils de Physique Solvay : c'est quoi ?

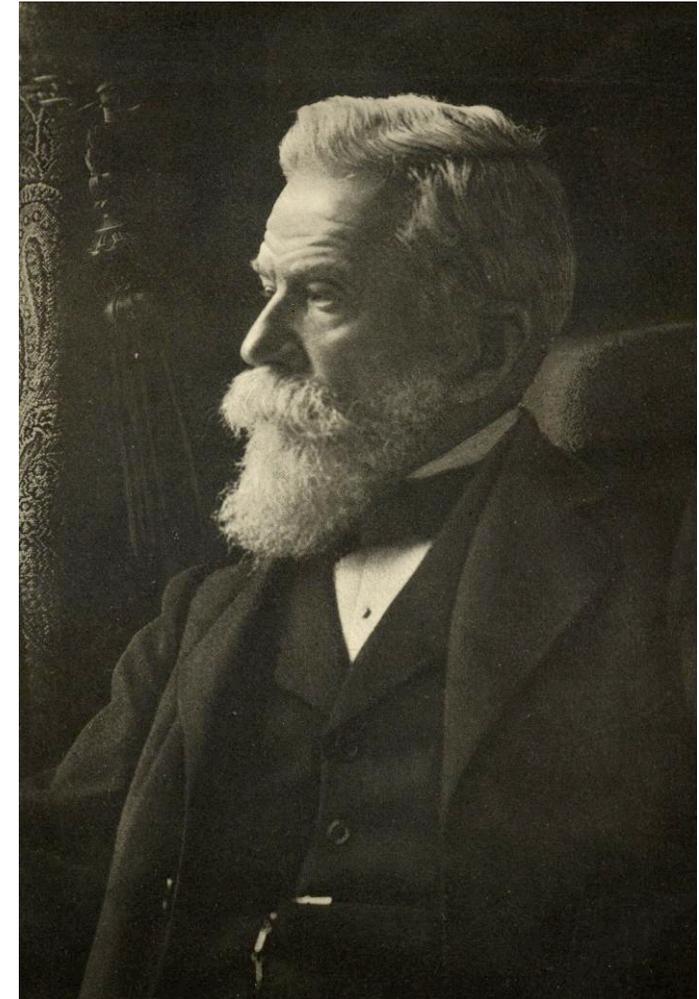
Les Instituts Internationaux de Physique et de Chimie Solvay, fondés par **Ernest Solvay**, célèbrent en 2011 le centenaire du premier Conseil de Physique Solvay. Sur invitation de ce célèbre industriel, riche et progressiste, un petit groupe d'excellents scientifiques européens se sont réunis pour la première fois à Bruxelles il y a 100 ans pour discuter de leurs recherches récentes dont les résultats soulevaient pas mal de controverses.



On peut affirmer sans aucune hésitation que les Instituts Internationaux de Physique et de Chimie Solvay font partie des plus prestigieuses institutions scientifiques au niveau mondial. C'est eux qui ont porté au début du siècle dernier, la Belgique et Bruxelles en particulier, sur la carte du monde des Sciences.

Depuis 1911, les Instituts organisent régulièrement des "Conseils de Physique", réunions - au format unique - de scientifiques réputés sur des sujets encore très controversés.

Ces Conseils Solvay ont largement contribué au développement de la physique moderne, en particulier celle du début du 20^{ème} siècle : la mécanique quantique de la matière et du rayonnement.



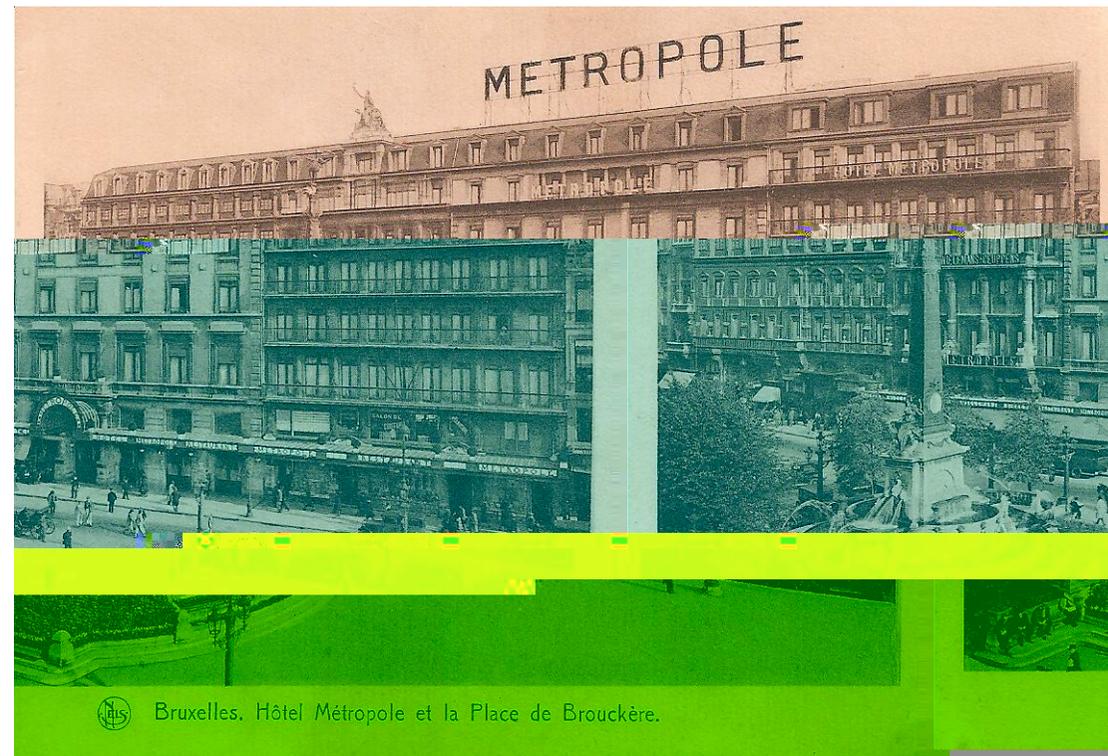
Le 25^{ème} Conseil : « Le monde Quantique/ the Quantum World »

Dans le cadre du centenaire des Instituts Solvay, un Conseil Solvay extraordinaire aura lieu entre **le 19 et le 22 octobre 2011** avec comme titre “Le Monde Quantique”. C’est en effet la physique quantique qui a été le fil conducteur de la majorité des 24 Conseils Solvay de Physique organisés depuis leur création.

La théorie quantique et ses applications à portée de tous ?

Bien que la physique quantique puisse paraître ésothérique, c’est une discipline sur laquelle repose la plupart des technologies de notre société moderne : rayons X, énergie nucléaire, micro- et nanoélectronique, photonique et technologies laser, imagerie médicale, supraconductivité, technologies de l’information et de la communication.

Les Instituts Solvay veulent tirer profit des festivités du centenaire pour expliquer cela au grand public et en particulier aux jeunes. Ils veulent montrer aussi combien la science est une activité humaine, pleine de défis, de provocations et de passions. L’exposition se tient dans le Palais des Académies Royales à Bruxelles, du 14 octobre au 21 décembre et voyagera ensuite dans les huit autres provinces du pays.



100th
Anniversary
OF THE FIRST CONSEIL
DE PHYSIQUE SOLVAY

Remue-méninges à Bruxelles



EXPO

100 ANS DE CONSEILS DE PHYSIQUE SOLVAY

Au pays de la physique quantique comme si vous y étiez né!

Objectifs précis de l'exposition

L'objectif de l'exposition est de montrer à un large public combien les Conseils de physique Solvay et particulièrement ceux de 1911 et de 1927 ont joué un rôle crucial dans le développement des concepts qui ont révolutionné notre vision du monde et ont mené aux technologies qui dominent notre société aujourd'hui.

Elle raconte la genèse de la physique quantique et son impact technologique.

Placée dans son contexte sociétal elle a aussi comme objectif de montrer que la recherche scientifique est une activité passionnante faite de surprises, de curiosité, d'aventure, de victoires et de défaites, de passions et de conflits. Mais surtout de satisfactions et de plaisir !

C'est ainsi que les organisateurs espèrent revaloriser l'image de l'activité scientifique et stimuler les jeunes à choisir une carrière dans cette direction.

Le scénario de l'exposition

Espace 1 : regardez autour de vous

Votre monde est plein d'objets et d'instruments qui sont des applications de la théorie quantique.

Les Conseils de physique Solvay ont joué un rôle crucial au berceau de cette théorie, au début du 20ème siècle. La manière de faire la science était alors très différente de maintenant. Les scientifiques du début du 20ème siècle n'avaient pas l'occasion de présenter les résultats de leur recherche à leurs collègues ni de les confronter avec ceux des experts lors de conférences comme elles existent maintenant.

C'est sur proposition du physico-chimiste allemand Walther Nernst (prix Nobel 1920) et avec le soutien du physicien néerlandais Hendrik Antoon Lorentz (prix Nobel 1902) que le riche et progressiste industriel belge Ernest Solvay a organisé et financé un premier Conseil Solvay à Bruxelles en Octobre 1911. Une vingtaine des plus éminents scientifiques de ce temps – dont 11 sont déjà ou deviendront plus tard lauréats du prix Nobel - ont royalement été reçus pour ce premier Conseil de physique à l'hôtel Métropole à Bruxelles. La photo officielle de cette réunion est devenue mythique.

Dans l'espace 1 on fait mieux connaissance avec la personne d'Ernest Solvay, d'apprécier les caractéristiques des Conseils et d'apprendre un peu plus sur les problèmes qu'ils ont abordés.

Espace 2 : le temple de la physique classique triomphante

A la fin du 19ème siècle les scientifiques pensaient qu'avec la mécanique classique de **Sir Isaac Newton** (1643 – 1727) et l'électromagnétisme de **James Clerk Maxwell** (1831-1879) tous les phénomènes naturels pouvaient être décrits et compris. Par exemple, on pouvait calculer avec grande précision la trajectoire des planètes autour du soleil. On comprenait et domestiquait parfaitement la production du courant électrique par la variation de l'induction magnétique (qui est la base du moteur électrique). Deux démonstrations servent à illustrer ces deux théories classiques.

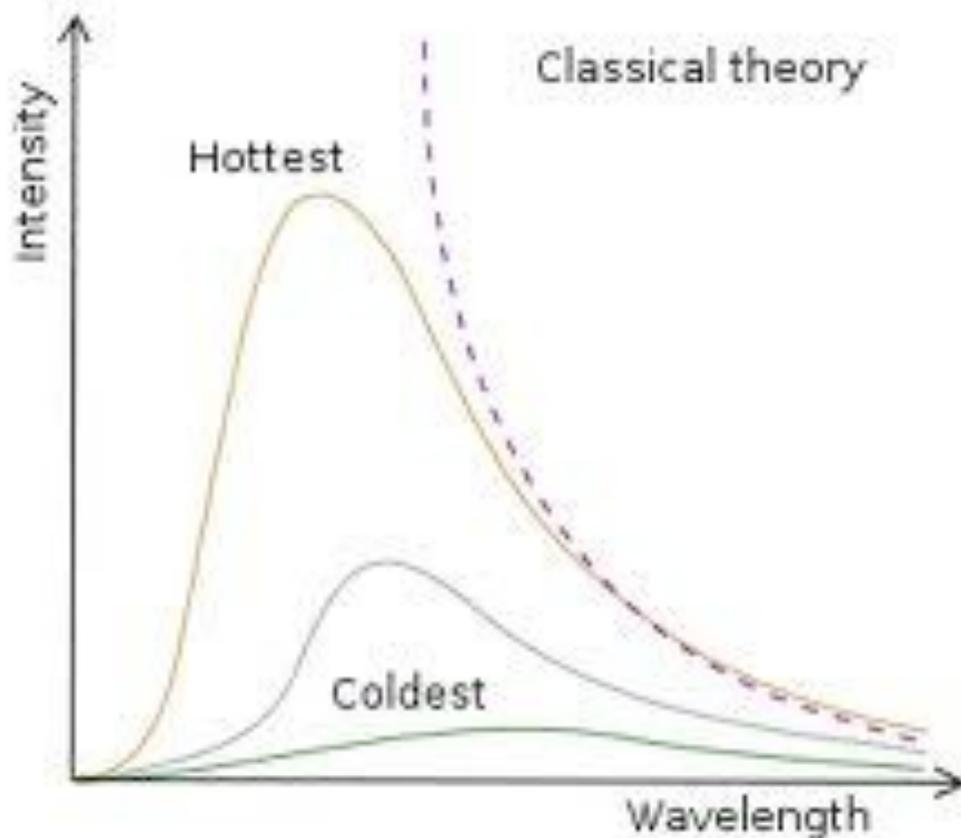
La mécanique classique et l'électromagnétisme sont déterministes et universelles. Avec les lois de Newton on peut décrire aussi bien la collision de deux boules de billard que la trajectoire d'une planète autour du soleil ou celle de l'électron dans un champ électrique ou magnétique. D'autre part, on savait que les lois de l'optique, de l'électricité, du magnétisme, de toutes les formes du rayonnement électromagnétique trouvaient leur origine dans les équations de Maxwell! C'est ainsi qu'on a pu montrer que la **lumière visible – comme tous les autres phénomènes électromagnétiques - devait se conduire comme une onde**, en analogie avec les ondes qui peuvent surgir à la surface d'un plan d'eau.

Les caractères corpusculaire de la matière et ondulatoire de la lumière sont mis en évidence dans l'espace 2.



Espace 3 : dans le ciel bleu de la physique classique triomphante apparaissent quelques petits nuages menaçants

A la fin du 19ème, début du 20ème siècle, il y a quelques scientifiques – essentiellement chimistes et physiciens - qui sont perplexes : les résultats de certaines expériences récentes ne peuvent être expliqués avec les outils théoriques de la physique classique! Parmi les nombreux exemples connus, trois sont présentés dans cette exposition sous forme de démonstrations :



1. le comportement du rayonnement émis par un **corps noir** (un objet qui absorbe tout le rayonnement qui l'atteint et dont la radiation ne dépend que de sa température). La théorie classique prédit qu'un corps noir émet un rayonnement électromagnétique, une onde, dont l'énergie augmente avec le carré de sa fréquence. Cette "catastrophe ultraviolette" comme elle a été nommée par Ehrenfest, implique que le rayonnement de n'importe quel corps noir est mortel pour n'importe quel être vivant sur terre, ce qui est faux comme nous pouvons tous le constater !
2. les **spectres d'émission et d'absorption** des atomes en interaction avec la lumière. Ces spectres ne peuvent être compris car on ne disposait pas à l'époque d'un bon modèle de l'atome !
3. le phénomène de **la radioactivité**, pour lequel Henri Becquerel et Pierre et Marie Curie ont reçu le prix Nobel en 1903. Ce phénomène est incompris car on ne disposait pas à l'époque d'un bon modèle du noyau de l'atome!

Tous ces phénomènes non classiques interpellent quelques physiciens et non des moindres ! Par exemple, Max Planck et Albert Einstein introduisent chacun un modèle différent pour essayer de comprendre le comportement du rayonnement noir. Max Planck introduit - bien contre son gré - le concept de quanta d'énergie, Albert Einstein l'idée que la lumière est composée d'un faisceau de particules - qui bien plus tard (en 1926) - seront nommés "photons". Ces idées sont rejetées fortement par la majorité de leurs collègues. Pour le grand physicien néerlandais Hendrik Lorentz, **l'état de la physique en ce début du 20ème siècle est « dramatique ».**

Espace 4 : la révolution quantique et la naissance d'une nouvelle physique

Les Conseils Solvay ont fortement contribué à la naissance de la révolution quantique et de la nouvelle manière de considérer la matière et le rayonnement.

Entre 1911 et 1933 Ernest Solvay, puis l'Institut qu'il a fondé, invita sept fois les plus grands physiciens de l'époque pour un Conseil à Bruxelles.

Nombreux sont les nouveaux concepts annoncés, discutés et parfois clarifiés pendant ces réunions.

Le Conseil de **1911** permet de percevoir que le concept « **quanta d'énergie** », bien qu'encore incompris, est un concept important.

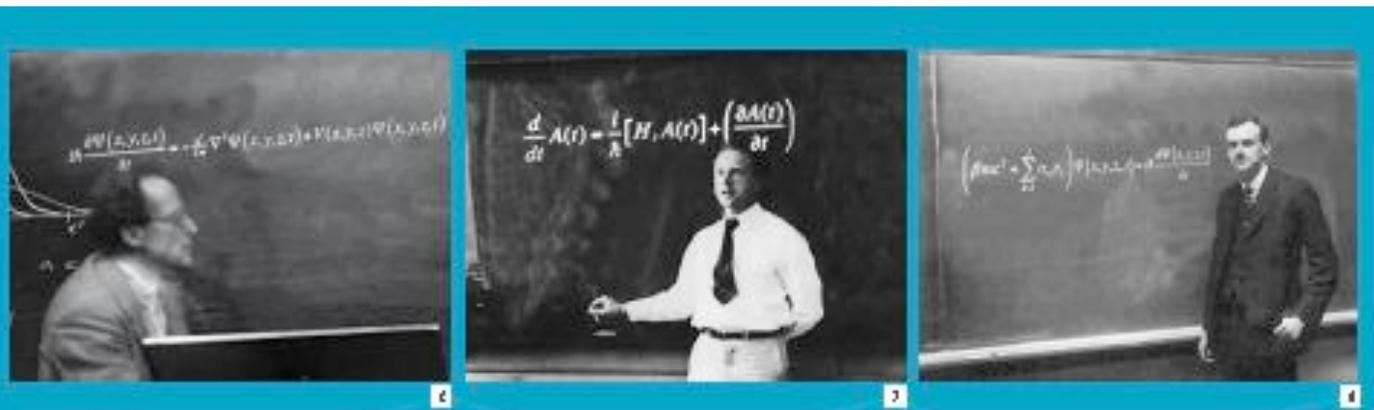
La **structure de l'atome** basée sur les modèles de J.J. Thomson, de Rutherford et de Bohr est largement discutée pendant les Conseils de **1913** et de **1921**. C'est aussi pendant le Conseil de 1921 que le physicien britannique Rutherford, le patron de Chadwick, prédit l'existence du **neutron**!

Après la première guerre mondiale les Conseil reprennent, d'abord sans les physiciens allemands (**1921 et 1924**). C'est Solvay et Lorentz qui ont contribué après 1924 à la réouverture les frontières de la collaboration scientifique!

En **1923**, l'américain Arthur H Compton confirme expérimentalement le **caractère schizophrène de la lumière** qui se comporte d'après les circonstances soit comme une onde (théorie classique) soit comme un faisceau de particules (quanta d'énergie). Louis de Broglie postule en **1924** que **ceci est également vrai pour l'électron**!

A la même époque, Wolfgang Pauli énonce son **principe d'exclusion** qui est la base même de la compréhension de la structure de la matière. Et en **1925** on découvre le **spin de l'électron**. Ceci permet de comprendre les **propriétés magnétiques de la matière**, discutées lors du Conseil de 1930.

Mais comment interpréter cette dualité ? Cette question est au cœur des discussions qui ont lieu pendant le Conseil de Physique de **1927**.



Pour Louis de Broglie, chaque particule est accompagnée d'une « onde pilote ». C'est aussi une idée d'Einstein. Pour Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg et Max Born l'état de la particule doit être décrit mathématiquement par une « **onde de probabilité** » qui permet de **calculer exactement la probabilité de trouver la particule - à un moment précis - à un endroit donné dans l'espace.**

Nous voilà loin du caractère déterministe de la physique classique ! Nombreux sont les physiciens de l'époque qui ont du mal à accepter cette nouvelle conception de la matière. Le modèle planétaire de la trajectoire de l'électron autour de l'atome doit être abandonné.

C'est aussi en **1927** que Heisenberg formule une propriété fondamentale, nommée « **principe d'incertitude** » de la mécanique quantique qui dit qu'il est impossible de mesurer de façon exacte la position d'une particule **EN MÊME TEMPS** que sa vitesse. Voilà qu'intervient la **problématique de la mesure** qui nous poursuit jusqu'à nos jours.

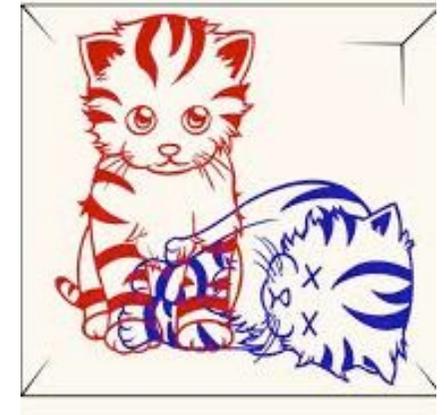
La théorie quantique de l'électron obtint sa forme définitive grâce au travail de Paul A.M. Dirac, qui prédit aussi l'existence de l'anti-électron (**le positron**) en **1928**.

Il faut noter que Pauli, Heisenberg, Dirac n'ont pas 30 ans à l'époque de ces grandes découvertes! De jeunes explorateurs à la recherche de la réalité quantique, comme il en existe encore beaucoup aujourd'hui.



Espace 5 : quelles sont les différences essentielles entre la physique quantique et la physique classique ?

La physique quantique permet de décrire correctement les propriétés microscopiques de la matière et de son interaction avec le rayonnement. La plupart des mystères mentionnés dans le troisième espace de cette exposition sont résolus. Pourtant restent d'autres mystères tels que celui du "chat de Schrödinger", des états enchevêtrés, d'action à distance instantanée, de possibilité de téléportation, qui interpellent de nombreux scientifiques. Ce qui est remarquable c'est que chaque fois que par une expérience on essaye de prendre en défaut la mécanique quantique, c'est elle qui gagne le pari!



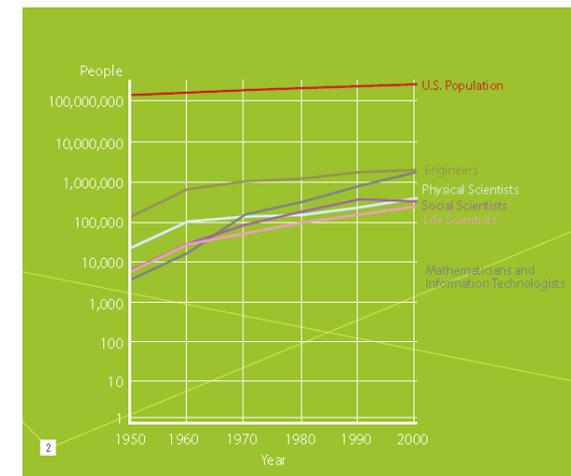
Espace 6 : un feu d'artifice d'applications !

La nouvelle physique se spécialise à partir des années 1950 et donne lieu à des centaines d'applications qui ont changé notre manière de vivre, de voir le monde et de consommer. Ceci est montré dans les domaines des technologies de l'information et de la communication, des soins de santé, de la production d'énergie, du transport, des loisirs ...



Espace 7 : Sciences et Société

Cet épilogue de l'exposition présente une réflexion sur l'évolution de l'activité scientifique et de son organisation depuis l'époque d'Ernest Solvay à nos jours. Et de l'impact énorme de la recherche scientifique du dernier siècle sur la société d'aujourd'hui.



Concrètement

L'exposition est structurée en 7 espaces sur une surface de 350 m²

Elle présente :

- Cinquante panneaux
- Dix-sept démonstrations
- Neuf écrans multimédia
- Six vitrines
- Quiz interactif

Expériences

Espace 2 : déterminisme

- Comportement déterministe: la piste des billes
 - La trajectoire d'une bille est entièrement déterminée par son état initial.
- Caractéristiques des ondes :
 - La machine à vagues : la longueur d'onde est la distance entre deux crêtes successives.
 - Cordes vibrantes : relation entre la fréquence et la longueur d'onde.
- Charges électriques : formation d'étincelles
 - Les étincelles sont formées par un flux de charges.
- Relation entre électricité et magnétisme : induction magnétique
 - Le mouvement d'un conducteur entre les fers d'un aimant produit un courant électrique.
- Interférences dans la cuve à ondes
 - Les vaguelettes qui se rejoignent en un point peuvent se renforcer mutuellement ou s'annihiler.
- Interférences lumineuses
 - Des faisceaux de lumière monochrome qui se rejoignent en un point peuvent se renforcer mutuellement ou s'annihiler.

Espace 3 : des nuages menaçants

- Rayonnement d'un corps noir
 - La couleur du rayonnement émis par un objet dépend de sa température.
- Le spectre de l'atome d'hydrogène
 - La lumière émise est divisée en quatre raies par un réseau de diffraction.
- Radioactivité
 - Les rayons alpha et bêta sont absorbés différemment par des matériaux différents, mais les rayons alpha toujours plus que les bêta.

Espace 4 : révolution !

- Caractère corpusculaire de la lumière: l'effet photoélectrique
 - De la lumière bleue parvient à arracher des électrons d'une plaque métallique. La lumière rouge n'y parvient pas.
- Caractère ondulatoire de l'électron
 - Des électrons qui ont traversé une poudre cristalline, forment des figures d'interférence sur le fond fluorescent d'un ballon.
 - La lumière d'un laser qui passe à travers un réseau de diffraction tournant produit les mêmes figures d'interférences que les électrons qui traversent une poudre métallique.
- Caractère corpusculaire de l'électron
 - Trajectoire d'électrons dans un champ magnétique.
- Caractère dual de la lumière : l'expérience de Taylor
 - Des photons sont envoyés un par un à travers une double fente et construisent petit à petit une figure d'interférence.

Espace 5 : bilan

- Ondes stationnaires sur un cercle
 - Le caractère ondulatoire des électrons peut expliquer pourquoi les orbites sont séparées dans l'atome de Bohr.
- Le spectre de l'hélium
 - Le spectre expérimental de l'hélium est comparé au spectre théorique donné par la mécanique quantique.

Fragments de films et simulations

Espace 2 : déterminisme

- Caractère corpusculaire de l'électron
 - Un flux d'électrons fait tourner un petit moulin

Espace 3 : des nuages menaçants

- Le problème du corps noir
 - Simulation du rayonnement du corps noir en fonction de la température.
- Le problème de la radioactivité
 - Les rayonnements alpha, bêta et gamma dans un champ électrique.

Espace 4 : révolution !

- Caractère corpusculaire de la lumière
 - Un analogue mécanique de l'effet photoélectrique.

- Le Conseil Solvay de 1927
 - Les principaux fondateurs de la mécanique quantique.

Espace 5 : bilan

- Un paradoxe de la mécanique quantique : le chat de Schrödinger.
- Fragment de Big Bang Theory.

Espace 6 : feu d'artifice

- Energie et transport
 - Le train maglev (supraconductivité)
- Formation d'images
 - Zoom à l'échelle nanométrique sur un feu de circulation
- Médecine
 - Le pet scanner

Conception et réalisation

C'est une équipe de chercheurs et de professeurs de l'Université libre de Bruxelles (ULB) et de la Vrije Universiteit Brussel (VUB), de professeurs de l'enseignement secondaire, de personnel technique et administratif des deux universités de Bruxelles et des Instituts Internationaux de Physique et de Chimie Solvay qui a conçu et réalisé cette exposition.

L'équipe a pu bénéficier des avis d'experts de différentes universités.

Coordinateur

Henri Eisendrath (VUB)

Coordinateur adjoint

Jean Wallenborn (ULB)

Rédacteur en chef

Gaston Moens (VUB)

Equipe de conception

Sophie Allein (KA Etterbeek), Edouard Brainis (ULB), Werner Coomans (VUB), Henk Foriers (VUB), Jan Heyninck (VUB), Caroline Verhoeven (ULB)

Quiz interactif

EDM, UHasselt

Scénographie et graphisme

Trinôme

Miniguide

Irina Veretennicoff (VUB)

Organisation

Instituts Internationaux de Physique et de Chimie, fondés par E. Solvay
www.solvayinstitutes.be

Contact

Madame D. Bogaerts
International Solvay Institutes
ULB-Campus de la Plaine, CP 231
1050 Bruxelles
@ : exhibition@solvayinstitutes.be



UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES,
UNIVERSITÉ D'EUROPE