

Publikationen des
Naturwissenschaftlichen Forums

Dr. Cyril Deicha

Experimente zum Internationalen Jahr des Lichts mit der neuen Briefmarke

Texte en Français p.4
English translation at the end of the document



Mai 2015

Impressum:

© 2015

Verein Naturwissenschaftliches Forum
(physikalische Sektion)
Postfach 705; Vaduz
Liechtenstein

Bibliographie :

Deicha C. and Dudley: J. *Philatelic IYL 2015 in Liechtenstein* ,
in EPS-News May 26th 2014.

Heule, A. : *Internationales Jahr des Lichts*,
in Katalog Liechtenstein Philatelie Ausgabe 02.03.15. Verlag der
Liechtensteinische Post AG Vaduz Dez. 2014

Deicha C. *Über die Neuausgabe der Marke zum Internationalen Jahr des
Lichts. In* „LPhV-Rundschreiben 2015-II“. Vaduz 21.April 2015

Links:

www.eps.org

www.nwf.li

www.briefmarken.li

www.philatelie.li

Experimente zum Internationalen Jahr des Lichts mit der neuen Briefmarke

Dr. Cyril Deicha

Sektion Liechtenstein der Europäischen Physikalischen Gesellschaft

Die Vereinten Nationen haben das Jahr 2015 zum internationalen Jahr des Lichts erklärt. Dieses Jahr werden gleichzeitig mehrere wissenschaftliche Jubiläen gefeiert : Viele Staaten haben Sonderbriefmarken zu dieser Gelegenheit herausgegeben, einige davon sind als kleine didaktische Geräte entworfen, wie z.B. die Ausgabe Liechtensteins vom 2. März 2015 .

Drei Jubiläen

Vor 1000 Jahren wurde erstmals bewiesen, dass Lichtquellen gradlinige Strahlungen aussenden. Das im Jahre 1015 erschienene Buch von Al Hazen (Ibn al-Haytham) lieferten experimentelle Beweise der Strahlentheorie, insbesondere durch die geometrische Interpretation des Phänomens *camera obscura*. Es wurde damit bewiesen das die Lichtstrahlen sich in gerader Linie ausbreiten, und von der Lichtquelle zum Auge wandern.

Vor genau 200 Jahren wurde der Wellencharakter des Lichts entdeckt. Dabei waren die Werke von Augustin Fresnel aus dem Jahre 1815 entscheidend und erklärten die Phänomene der Lichtbeugung und der Interferenzen. Das sind erstaunliche Ausnahmen für die Geradlinigkeit der Lichtstrahlen. Diese Überforderung des einfachen Strahlenmodells führte zu einer neuen Erklärung. Die neue Theorie besagt, dass Licht eine elektromagnetische Welle ist, die wie alle fortschreitenden Wellen gebeugt werden kann. Die Farbe des Lichts wird nun durch die Wellenlänge definiert.

Die Quantentheorie des Lichts ist 110 Jahre alt. Am Anfang des 20. Jahrhunderts erforschte man das photoelektrische Effekt. Einige Eigenschaften konnten mit keinem der bekannten Modelle interpretiert werden. Mileva und Albert Einstein vermuteten, dass Licht nicht ein Kontinuum ist, sondern ein Strom von winzigen Teilchen (Photonen oder Lichtquanten). Die unterschiedliche Bewegungsenergie der Quanten erklärt dass die Wirkung des Lichts nicht nur von der Lichtstärke sondern auch von der Farbe abhängt. Diese Entdeckungen wurden mit einem Nobelpreis im Jahre 1905 belohnt. Das Quantenmodell setzt aber nicht das Wellenmodell ausser Kraft. Die erstaunliche Dualität Welle-Teilchen ist jetzt nicht mehr umstritten und bildet eine Grundlage der modernen Physik.

Drei Experimente

Die besondere Briefmarke, erlaubt es, drei Experimente durchzuführen, mit Bezug zu den drei erwähnten Jubiläen.

Eine normale Briefmarke (oder besser eine Münze) kann man in der Dunkelheit nicht sehen. Sie kann mit den Fingern wahrgenommen werden, aber nicht mit den Augen. Die Sondermarke «Lichtspiel» (Wertstufe CHF 1.90), die Liechtenstein zum Internationalen Jahr des Lichtes herausgegeben hat, wird dennoch im Dunkel sichtbar, wenn sie zuvor stark beleuchtet wurde (der Hintergrund ist mit einer nachleuchtenden Tinte beschichtet worden). Das erlaubt an die tausend Jahre der geometrischen Optik zu erinnern. Die Briefmarke ist im Dunkel sichtbar, weil sie Strahlen aussendet, und nicht wie man in der Antike vermutete wegen einer „Ausstrahlung“ des Auges.

Die Wellentheorie kann veranschaulicht werden, indem man ein Papierstück mit einem winzig kleinem Loch vor eine Lichtquelle hält. Am besten Gelingt das Experiment mit den Sicherheits-Mikroperforationen in den schweizer Banknoten (z.B. 50 CHF). Die Löcher sind so klein, dass sie bei normaler Betrachtung nicht erkennbar sind, aber wenn eine Taschenlampe dahinter steht, werden sie gut sichtbar, da die Lichtwellen durch die kleinen Öffnungen gebeugt werden was den Wellencharakter des Lichtes beweist: die Löcher erscheinen breiter als wenn es nur geradlinige Lichtstrahlen gäbe. Um mit den etwas grösseren Perforationen der Briefmarke das gleiche Experiment durchzuführen, muss sie zwischen 3 und 6 Meter vom Beobachter entfernt sein. Dann merkt man auch, dass die nicht mehr erkennbaren Löcher bei Hinterbeleuchtung sichtbar werden.

Für ein Experiment zur Quantentheorie wurde der rosafarbene Verlauf im Hintergrund der Kugel mit einer fluoreszierender Tinte gedruckt. Bei Bestrahlung mit unsichtbarem UV-Licht (Wellenlänge < 400 nm) wechselt die Farbe der feinen Linien ins Violett also in den sichtbaren Bereich (Wellenlänge > 400 nm). Warum hat die kurzwellige Strahlung genügend Energie, um die Fluoreszenz auszulösen und eine langwellige nicht? Weder die Strahlentheorie noch die Wellentheorie geben eine Antwort; Nur die Quantentheorie erklärt, dass UV-Photonen mehr kinetische Energie haben als Infrarot-Photonen, und deshalb die Fluoreszenz auslösen.

Experimentieren mit Licht vermag die wissenschaftliche Neugier bei einem breiten Publikum zu wecken. Viele Mittel taugen für eine wissenschaftliche Popularisierung. Die Briefmarken mit ihrer globalen Verbreitung haben auch da eine Rolle zu spielen.

**Experiences pour l'Année internationale de la lumière avec le
nouveau timbre-poste**

par Cyril Deicha

Section liechtensteinoise de la Société européenne de physique

L'Organisation des Nations Unies a proclamé 2015 Année internationale de la Lumière. En cette année, plusieurs découvertes scientifiques sont célébrés en même temps. De nombreux pays ont émis des timbres-poste commémoratifs à cette occasion, certains sont conçus comme de véritables outils expérimentaux comme, par exemple, le timbre émis le 2 Mars 2015 par le Liechtenstein.

Trois anniversaires

Il ya 1000 ans, il a été pour la première fois prouvé de façon convaincante, que les sources lumineuses émettent un rayonnement se propageant en ligne droite. Un livre, publié en 1015 par Al Hazen (Ibn al-Haytham) a fourni la preuve expérimentale de la théorie des rayons, en particulier par l'interprétation géométrique du phénomène de la chambre noire. Il a aussi été démontré que les rayons lumineux se propagent de la source de lumière vers l'œil, et non l'inverse.

Il ya exactement 200 ans, la nature ondulatoire de la lumière a été découverte. Les travaux d'Augustin Fresnel en 1815 expliquent les phénomènes de diffraction de la lumière et les interférences. Ce sont des exceptions stupéfiantes à la linéarité des rayons lumineux, qui étonnait beaucoup les scientifiques d'alors. Au-delà de l'optique géométrique, une nouvelle explication était nécessaire. La théorie ondulatoire dit que la lumière est une onde électro-magnétique, qui peut donc être diffractée. La couleur de la lumière est maintenant reliée à la longueur d'onde.

La théorie quantique de la lumière a 110 ans. Au début du 20ème siècle, l'effet photoélectrique fut exploré. Certaines propriétés n'ont pas pu être interprétés par l'un des modèles connus. Mileva et Albert Einstein ont suggéré que la lumière n'est pas un continuum, mais un flux de minuscules particules (photons ou quanta de lumière). La différence d'énergie cinétique des photons explique que l' effet photoélectrique dépend non seulement de l'intensité lumineuse, mais aussi de la couleur. La couleur est reliée à l'énergie cinétique. Ces découvertes ont été récompensés par un prix Nobel en 1905 . Cependant, le modèle quantique n'est pas en contradiction avec le modèle ondulatoire et cette étonnante « dualité onde-

particule », qui n'est plus contestée de nos jours, forme une des bases de la physique moderne .

Trois expériences

Un timbre-poste spécial permet de réaliser trois expériences reliées aux trois jubilés sus-mentionnés.

Un objet (timbre ordinaire ou une pièce de monnaie) devient invisible si on cesse de l'éclairer. Mais il reste perceptible et reconnaissable au toucher. Par contre le timbre-poste spécial «Année internationale de la Lumière » émis par la Principauté de Liechtenstein (valeur faciale CHF 1,90) reste visible dans l'obscurité s'il a été fortement éclairé auparavant (il a été imprimé à l'encre phosphorescente). Ceci est permis d'évoquer les 1000 ans de l'optique géométrique. Le timbre est visible dans le noir, car il émet un rayonnement, et non, comme on le croyait dans l'antiquité, en raison du regard «lancé» par l'œil, comme une sorte de toucher optique.

La théorie ondulatoire peut être illustrée en tenant un écran percé d'un minuscule petit trou devant une source de lumière. L'expérience réussit au mieux avec les micro-perforations de sécurité de certains billets de banque suisses (par ex. le billet actuel de 50 CHF). Les trous sont si petits qu'ils ne sont pas perceptibles normalement, mais si on les tient devant une lampe de poche, ils deviennent visibles; les micro-perforations apparaissent plus larges en raison de la diffraction, preuve de la nature ondulatoire de la lumière. Pour effectuer la même expérience avec le timbre, il faut l'observer à une plus grande distance, en raison du diamètre plus grand des perforations. À une distance de trois à six mètres, l'observateur n'est plus en mesure de distinguer les trous, mais avec rétroéclairage ils deviennent visibles à cause de la diffraction

Pour illustrer la théorie quantique, des lignes courbes roses ont été imprimés sur le timbre avec une encre fluorescente . Par irradiation avec une lumière UV invisible (longueur d'onde < 400 nm) , ces lignes apparaissent en violet, c'est à dire dans le visible (longueur d'onde > 400 nm). Pourquoi seuls les rayonnements à ondes courtes provoquent-ils la fluorescence ? Ni la théorie des rayons , ni la théorie ondulatoire ne peuvent donner de réponse; seule la théorie quantique prédit que les photons UV ont plus d'énergie cinétique, et donc provoquent la fluorescence.

L'expérimentation avec les phénomènes lumineux est capable d'éveiller la curiosité scientifique d'un large public. De nombreux moyens sont bons pour faire de la vulgarisation scientifique. Les timbres-poste par leur diffusion globale ont là aussi un rôle à jouer.

Experiments for International Year of Light with the new stamp.

by Dr. Cyril Deicha

Section Liechtenstein of the European Physical Society

The United Nations proclaimed 2015 as the International Year of Light. In this year, several scientific discoveries are celebrated at the same time. Many countries have issued commemorative stamps on this occasion, some are designed as real experiments e.g. the stamp issued by Liechtenstein on March 2, 2015.

Three anniversaries

1,000 years ago, it was for the first time proved that light sources emit radiation. A book, published in 1015 by Al Hazen (Ibn al- Haytham) provided experimental evidence of the ray theory, in particular by the geometric interpretation of the phenomenon *camera obscura* . He also demonstrated that the light rays propagate in a straight line, and proceed from the light source to the eye.

Exactly 200 years ago the wave nature of light was discovered. The works of Augustin Fresnel dating from 1815 were crucial and explained the phenomena of light diffraction and interference. These astonishing exceptions to the linearity of light puzzled the scientists . Going beyond geometrical optics, a new explanation was necessary. The wave theory says that light is an electromagnetic wave, which can be diffracted. The color of the light is now defined by the wavelength.

The quantum theory of light 110 years old . At the beginning of the 20th century the photoelectric effect had been explored. Some properties could not be interpreted by any of the known models . Mileva and Albert Einstein suggested that light is not a continuum , but a stream of tiny particles (photons or light quanta) . The difference in kinetic energy of photons explained that the effect of light depends not only on the light intensity but also on the color. These discoveries were rewarded with a Nobel Prize in 1905 . However, the quantic model is not in contradiction with the wave model and this astounding “wave-particle duality” is no longer controversial among scientists. It is a basis of modern physics.

Three experiments.

A special postage stamp allows to perform 3 experiments related to the 3 aforementioned anniversaries.

A normal stamp (or better a coin becomes) invisible in the darkness. But it is still perceived and even recognizable by touch. The special stamp "International Year of Light" issued by the Principality of Liechtenstein (face value CHF 1.90) is still visible in the dark if it has been strongly illuminated before (it is printed with phosphorescent ink). This evokes 1000 years of geometrical optics . The stamp is visible in the dark, because it emits radiation, and not, as was believed in the Ancient Times, because of some emission launched by the eye as a kind of optical touch.

The wave theory can be illustrated by holding a screen with a tiny little hole in front of a light source . The experiment succeeds best with the security micro-perforations in swiss banknotes (e.g. the 50 CHF note). The holes are so small that they are not noticeable normally, but with a light source behind, they become visible. The small openings appear wider due to the diffraction, an evidence of the wave nature of light. To perform the same experiment with the stamp, it must be observed at a greater distance, due to the larger diameter of the perforations. At a distance of 3 to 6 meters, the observer is no longer able to distinguish the holes, but with backlighting they become visible due to diffraction.

To illustrate the quantum theory, some pink curved lines were printed on the stamp with a fluorescent ink . Upon irradiation with invisible UV light (wavelength <400 nm), the color of the fine lines changes to purple, i.e. in the visible range (wavelength > 400 nm) . Why do only short-wave radiation induce fluorescence and longwave not ? Neither the ray theory, nor the wave theory give an answer ; only the quantum theory predicts that UV photons have more kinetic energy than others, and therefore trigger the fluorescence.

Experimentation with light is able to awaken scientific curiosity to a wider audience. There are plenty of means to make scientific vulgarisation. The postage stamps by their global spread have also their role in this play.