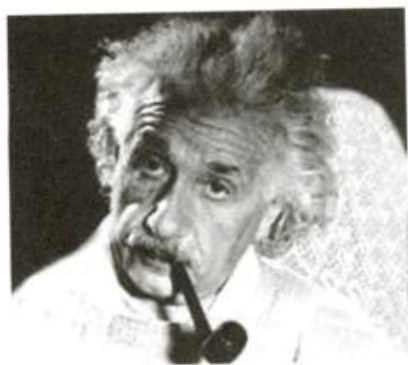




**PLĂNG**  
(Max Planck, 1858 – 1947,  
nhà vật lí người Đức,  
giải Nô-ben năm 1918)



**ANH-XTANH**  
(Albert Einstein, 1879 – 1955,  
nhà vật lí người Đức,  
giải Nô-ben năm 1921)

**C1** Hãy tính năng lượng của photon ứng với ánh sáng đỏ có bước sóng  $\lambda = 0,75 \mu\text{m}$ .

Chùm sáng có cường độ nhỏ nhất mà mắt ta còn nhìn thấy được chứa khoảng 100 photon. Vì vậy, khi nhìn một vật, mắt ta không phát hiện được các thăng giáng của cường độ sáng do tính gián đoạn của photon gây ra.

### 1. Thuyết lượng tử ánh sáng

#### a) Giả thuyết lượng tử năng lượng của Plăng

Năm 1900, nhà vật lí Plăng đã đề xướng giả thuyết về *lượng tử năng lượng* nhằm giải thích sự phát và hấp thụ bức xạ của các vật, đặc biệt là các vật nóng sáng (bức xạ nhiệt).

Theo Plăng thì *lượng năng lượng mà mỗi lần một nguyên tử hay phân tử hấp thụ hay phát xạ có giá trị hoàn toàn xác định, gọi là lượng tử năng lượng. Lượng tử năng lượng, kí hiệu  $\varepsilon$ , có giá trị bằng :*

$$\varepsilon = hf \quad (44.1)$$

trong đó  $f$  là tần số của ánh sáng bị hấp thụ hay được phát ra ;  $h$  là một hằng số, gọi là *hằng số Plăng*,  $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ .

Giả thuyết Plăng đã được nhiều sự kiện thực nghiệm xác nhận là đúng và là cơ sở của một thuyết vật lí mới : *thuyết lượng tử*.

#### b) Thuyết lượng tử ánh sáng. Photon

Năm 1905, để giải thích hiện tượng quang điện, nhà bác học Anh-xtanh, đã phát triển giả thuyết của Plăng lên một bước và đề xuất *thuyết lượng tử ánh sáng*. Thuyết lượng tử ánh sáng (còn gọi là *thuyết photon*) có nội dung cơ bản như sau :

**1. Chùm ánh sáng là một chùm các photon (các lượng tử ánh sáng). Mỗi photon có năng lượng xác định  $\varepsilon = hf$  ( $f$  là tần số của sóng ánh sáng đơn sắc tương ứng). Cường độ của chùm sáng tỉ lệ với số photon phát ra trong 1 giây.**

**2. Phân tử, nguyên tử, electron... phát xạ hay hấp thụ ánh sáng, cũng có nghĩa là chúng phát xạ hay hấp thụ photon.**

**3. Các photon bay dọc theo tia sáng với tốc độ  $c = 3.10^8$  m/s trong chân không.**

Năng lượng của mỗi photon rất nhỏ. Một chùm sáng dù yếu cũng chứa rất nhiều photon do rất nhiều nguyên tử, phân tử phát ra. Vì vậy ta nhìn thấy chùm sáng liên tục.

## 2. Giải thích các định luật quang điện

### a) Công thức Anh-xtanh về hiện tượng quang điện

Anh-xtanh cho rằng, hiện tượng quang điện xảy ra là do electron trong kim loại hấp thụ photon của ánh sáng kích thích. Photon bị hấp thụ truyền toàn bộ năng lượng của nó cho electron. Năng lượng  $\varepsilon$  này được dùng để :

– Cung cấp cho electron một công  $A$ , gọi là *công thoát*, để electron thắng được lực liên kết với mạng tinh thể và thoát ra khỏi bề mặt kim loại ;

– Truyền cho electron đó một động năng ban đầu ;

– Truyền một phần năng lượng cho mạng tinh thể.

Nếu electron này nằm ngay trên lớp bề mặt kim loại thì nó có thể thoát ra ngay mà không mất năng lượng truyền cho mạng tinh thể. Động năng ban đầu của electron này có giá trị cực đại  $\frac{mv_{0\max}^2}{2}$ .

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng, ta có :

$$hf = A + \frac{mv_{0\max}^2}{2} \quad (44.2)$$

Đó là công thức Anh-xtanh về hiện tượng quang điện.

### b) Giải thích các định luật quang điện

– *Định luật thứ nhất.* Theo công thức (44.2), muốn cho hiện tượng quang điện xảy ra, nghĩa là muốn cho electron bật ra khỏi bề mặt kim loại dùng làm catôt, thì photon của chùm sáng chiếu vào catôt phải có năng lượng lớn hơn,

Chú ý rằng, photon chỉ tồn tại trong trạng thái chuyển động. Không có photon đứng yên.

**C2** Trong chùm sáng màu đỏ có mấy loại photon ?

**C3** Giải thích tại sao các electron nằm trong khối kim loại lại có động năng ban đầu (khi bứt ra) nhỏ hơn  $\frac{mv_{0\max}^2}{2}$ .

hoặc ít nhất phải bằng công thoát  $A$ , nghĩa là phải có  $hf \geq A$  hay  $h \frac{c}{\lambda} \geq A$ . Từ đó, suy ra  $\lambda \leq \lambda_0$ , với  $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$ .

Bước sóng  $\lambda_0$  chính là *giới hạn quang điện của kim loại làm catôt*.

**C4** Vận dụng công thức (44.2), hãy giải thích định luật quang điện thứ ba.

– *Định luật thứ hai*. Cường độ của dòng quang điện bão hoà tỉ lệ thuận với số quang electron bật ra khỏi catôt trong một đơn vị thời gian. Với các chùm sáng có khả năng gây ra hiện tượng quang điện, thì số quang electron bị bật ra khỏi mặt catôt trong một đơn vị thời gian lại tỉ lệ thuận với số photon đến đập vào mặt catôt trong thời gian đó. Số photon này tỉ lệ với cường độ của chùm sáng tới. Từ đó suy ra, cường độ của dòng quang điện bão hoà tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng chiếu vào catôt.

### 3. Lượng tính sóng - hạt của ánh sáng

a) Để giải thích các hiện tượng giao thoa, nhiễu xạ (chương VI), ta đã thừa nhận ánh sáng nhìn thấy có tính chất sóng. Ngoài ra, ta cũng thấy rằng tia hồng ngoại, tia tử ngoại, tia X có cùng bản chất với ánh sáng thông thường. Ánh sáng là sóng điện từ.

Thế nhưng, để giải thích hiện tượng quang điện, ta lại phải thừa nhận rằng chùm sáng là một chùm các photon.

**C5** Sóng và hạt có đặc điểm gì khác biệt nhau ?

Như vậy, *ánh sáng vừa có tính chất sóng, vừa có tính chất hạt*. Người ta nói rằng, *ánh sáng có lưỡng tính sóng - hạt*.

Lưỡng tính sóng - hạt được phát hiện đầu tiên ở ánh sáng, về sau lại được phát hiện ở các hạt vi mô, như electron, proton,... Có thể nói : lưỡng tính sóng - hạt là tính chất tổng quát của mọi vật. Tuy nhiên, với các vật có kích thước thông thường, phép tính cho thấy sóng tương ứng với chúng có bước sóng quá nhỏ, nên tính chất sóng của chúng khó phát hiện ra.

b) Trong mỗi hiện tượng quang học, ánh sáng thường thể hiện rõ một trong hai tính chất trên. Khi tính chất sóng thể hiện rõ, thì tính chất hạt lại mờ nhạt, và ngược lại.

Sóng điện từ có bước sóng càng ngắn, photon ứng với nó có năng lượng càng lớn thì tính chất hạt thể hiện càng rõ, như ở hiện tượng quang điện, ở khả năng đâm xuyên, ở tác dụng phát quang..., còn tính chất sóng càng mờ nhạt. Trái lại, sóng điện từ có bước sóng càng dài, photon ứng với nó có năng lượng càng nhỏ, thì tính chất sóng lại thể hiện rõ hơn (ở hiện tượng giao thoa, nhiễu xạ, tán sắc,...), còn tính chất hạt thì mờ nhạt.

## CÂU HỎI

1. Trình bày nội dung của thuyết lượng tử ánh sáng.
2. Giải thích các định luật quang điện bằng thuyết lượng tử ánh sáng.
3. Thế nào là lưỡng tính sóng – hạt của ánh sáng ?

## BÀI TẬP

1. Theo giả thuyết lượng tử của Plăng thì năng lượng của
  - A. mọi êlectron
  - B. mọi nguyên tử
  - C. phân tử mọi chất
  - D. một chùm sáng đơn sắcphải luôn luôn bằng một số nguyên lần lượng tử năng lượng.
2. Theo thuyết phôtôn của Anh-xtanh, thì năng lượng
  - A. của mọi phôtôn đều bằng nhau.
  - B. của một phôtôn bằng một lượng tử năng lượng.
  - C. giảm dần, khi phôtôn càng rời xa nguồn.
  - D. của phôtôn không phụ thuộc bước sóng.
3. Công thức Anh-xtanh về hiện tượng quang điện là
  - A.  $hf = \frac{1}{2}mv_0^2 + A.$
  - B.  $hf = \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 + A.$
  - C.  $h\frac{c}{\lambda} = \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 - A.$
  - D.  $h\frac{c}{\lambda} + h\frac{c}{\lambda_0} = \frac{1}{2}mv_0^2.$
4. Chiếu một chùm ánh sáng có bước sóng 400 nm vào catôt bằng natri của một tế bào quang điện. Biết giới hạn quang điện của natri là 0,50  $\mu\text{m}$ , hãy tính vận tốc ban đầu cực đại của các quang êlectron.
5. Chiếu vào catôt của một tế bào quang điện một chùm ánh sáng có bước sóng 0,330  $\mu\text{m}$ . Biết rằng để triệt tiêu dòng quang điện, phải đặt một hiệu điện thế hãm bằng 1,38 V giữa anôt và catôt. Hãy xác định công thoát của êlectron khỏi kim loại và giới hạn quang điện của kim loại làm catôt.