

Mục lục

Mục lục	1
Chương 1: Dao động và sóng.....	4
A. Lí thuyết.....	4
1. Mạch dao động điều hoà.....	4
2. Mạch dao động điện từ tắt dần	5
3. Mạch dao động điện từ cưỡng bức	7
4. Tổng hợp dao động điều hoà.....	8
B. Một số dạng bài tập đặc biệt.....	9
1. Sau bao lâu biên độ hiệu điện thế trên hai bản tụ giảm x lần.....	9
2. Biên độ dao động của mạch cộng hưởng	9
3. Năng lượng điện trường cực đại và năng lượng từ trường cực đại	9
4. Hiệu ứng Doppler (Âm):	9
Chương 2: Giao thoa ánh sáng.....	11
A. Lí thuyết.....	11
1. Quang lộ.....	11
2. Sóng và ánh sáng kết hợp.....	11
3. Hiện tượng giao thoa ánh sáng đơn sắc (Young), từ đó rút ra nhận xét giao thoa khi dùng ánh sáng trắng.....	11
4. Thí nghiệm và kết luận của Loyd về sự giao thoa của ánh sáng phản xạ	13
5. Trình bày hiện tượng giao thoa vân tròn Newton	14
6. Hiện tượng giao thoa bởi nêm không khí.....	14
B. Một số dạng bài tập đặc biệt.....	15
1. Tìm độ dày của bản mỏng khi biết độ dịch của hệ vân giao thoa.....	15
2. Ánh sáng phản chiếu có bước sóng được tăng cường	15
3. Bán kính vân tối thứ k.....	15
Chương 3: Nhiễu xạ ánh sáng	16
A. Lí thuyết.....	16
1. Nguyên lí Huygens-Fresnel, đới cầu Fresnel	16
2. Hiện tượng nhiễu xạ qua lỗ tròn nhỏ.....	17
3. Hiện tượng nhiễu xạ của sóng ánh sáng phẳng chiếu vuông góc qua một khe hẹp	18

4.	Hiện tượng nhiễu xạ của sóng ánh sáng phản chiếu vuông góc tới cách tử phẳng truyền qua.	19
B.	Một số dạng bài tập đặc biệt	21
1.	Điểm sáng có độ sáng gần bằng khi chưa đặt đĩa tròn	21
2.	Tâm nhiễu xạ là tối nhất	21
	Chương 5: Phân cực ánh sáng	22
A.	Lý thuyết	22
1.	Thuyết điện từ ánh sáng của Maxwell. Sóng ánh sáng có bản chất là sóng ngang	22
2.	Những hiện tượng vật lý thể hiện tính chất sóng của ánh sáng	22
3.	Ánh sáng tự nhiên, ánh sáng phân cực	22
4.	Định luật Malus	25
5.	Hiện tượng phân cực do phản xạ và khúc xạ	26
6.	Hiện tượng phân cực do lưỡng chiết	26
	Chương 6: Thuyết tương đối hẹp Einstein	27
A.	Lý thuyết	27
1.	Hai tiên đề Einstein	27
2.	Phép biến đổi Lorentz	27
3.	Tính tương đối của sự đồng thời giữa các biến cố độc lập không có quan hệ nhân quả và tính tuyệt đối của trật tự thời gian giữa các biến cố có quan hệ nhân quả với nhau	29
4.	Động lực học tương đối tính – Hệ thức Einstein	30
B.	Một số dạng bài tập đặc biệt	30
1.	Năng lượng toàn phần và năng lượng nghỉ	30
2.	Gia tốc hạt e bởi một hiệu điện thế U	31
	Chương 7: Quang học lượng tử	31
A.	Lý thuyết	31
1.	Thuyết lượng tử Planck	31
2.	Thuyết photon của Einstein	31
3.	Hiệu ứng Compton	32
B.	Một số dạng bài tập đặc biệt	34
1.	Vận tốc cực đại để e bứt ra	34
2.	Năng suất phát xạ vật đen tuyệt đối thay đổi $\Delta \lambda$	34
3.	Hiệu điện thế hãm để không e nào tới được anot	34
4.	Công suất phát xạ & năng suất phát xạ vật đen tuyệt đối	35
5.	Hệ số hấp thụ	35

6. Năng lượng bức xạ gửi tới một đơn vị S trong một thời gian t	35
Chương 8: Cơ học lượng tử	36
A. Lý thuyết.....	36
1. Giả thuyết De Broglie	36
2. Hệ thức bất định Heisenberg cho vị trí và động lượng.....	36
3. Hệ thức bất định cho năng lượng	37
4. Khái niệm quỹ đạo của hạt	37
5. Phương trình Schrodinger	37
B. Một số dạng bài tập đặc biệt.....	37
Chương 9: Vật lí nguyên tử.....	38
A. Lý thuyết.....	38
1. Các kết luận của cơ học lượng tử trong việc nghiên cứu nguyên tử Hidro.....	38
2. Nguyên tử Hidro và nguyên tử kim loại kiềm	38
3. Hiệu ứng Zeeman.....	39
4. Biểu thức độ lớn mômen spin của electron và hình chiếu của nó trên phương z.....	39
5. Biểu thức độ lớn của mômen từ và biểu diễn hình chiếu của nó qua Manheton Bohr	40
Tài liệu tham khảo.....	42

Chương 1: Dao động và sóng

A. Lí thuyết

1. Mạch dao động điều hoà

- Mô tả mạch dao động điện từ điều hoà
 - o Mạch điện bao gồm khoá K, tụ điện có điện dung C, cuộn cảm có hệ số tự cảm L và bỏ qua điện trở trong mạch
 - o Tụ điện C được bộ nguồn tích điện tới điện tích Q_0 và hiệu điện thế U_0
 - o Sau đó bỏ bộ nguồn và đóng khoá K, trong mạch có biến thiên tuần hoàn theo thời gian của cường độ dòng điện, điện tích trên bản tụ, hiệu điện thế giữa hai bản tụ, năng lượng điện trường của tụ điện, năng lượng điện trường của ống dây
 - o Các dao động điện từ này có dạng hình sin và tần số cũng như biên độ không đổi

⇒ Dao động điện từ điều hoà

- Thiết lập biểu thức cường độ dòng điện tức thời, hiệu điện thế và điện tích tức thời giữa hai bản tụ
 - o Cường độ dòng điện tức thời

Mạch không có R, do đó không có mất mát năng lượng

$$E = E^e + E^m = \text{const}$$
$$\Leftrightarrow \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \text{const}$$

Đạo hàm 2 vế, thay $i = \frac{dq}{dt}$ ta có

$$\frac{q}{C} + \frac{Ldi}{dt} = 0$$

Đạo hàm 2 vế theo t, thay $i = \frac{dq}{dt}$ ta có

$$\frac{di^2}{dt^2} + \frac{1}{LC}i = 0$$

Đặt $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ ta có

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \omega_0^2 i = 0$$

Phương trình vi phân cấp 1 có hệ số không đổi, nên có nghiệm tổng quát

$$i = I_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

- o Phương trình điện tích tức thời giữa hai bản tụ

Ta có

$$i = \frac{dq}{dt}$$
$$\Rightarrow dq = idt$$

$$\Leftrightarrow q = \int i dt = \int I_0 \cos(\omega_0 t + \varphi) dt = \frac{I_0}{\omega_0} \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

Đặt $Q_0 = \frac{I_0}{\omega_0}$

$$\Rightarrow q = Q_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

- Phương trình hiệu điện thế tức thời giữa hai bản tụ

Ta có

$$q = Cu$$

$$\Leftrightarrow u = \frac{q}{C} = \frac{Q_0}{C} \sin(\omega t + \varphi) = U_0 \sin(\omega t + \varphi)$$

- Viết phương trình năng lượng điện trường và năng lượng từ trường?

$$W_e = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2C} Q_0^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$$

$$W_m = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2C} LI_0^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$$

2. Mạch dao động điện từ tắt dần

- Mô tả mạch dao động điện từ tắt dần

- Mạch điện bao gồm khoá K, điện trở R, tụ điện có điện dung C, cuộn cảm có hệ số tự cảm L.
- Đầu tiên tụ điện C được nạp điện, sau đó cho tụ điện phóng điện qua điện trở R
- Sau đó bỏ bộ nguồn và đóng khoá K, trong mạch có biến thiên tuần hoàn theo thời gian của cường độ dòng điện, điện tích trên bản tụ, hiệu điện thế giữa hai bản tụ, năng lượng điện trường của tụ điện, năng lượng điện trường của ống dây
- Do có sự toả nhiệt trên điện trở R nên giá trị các đại lượng cường độ dòng điện, điện tích, hiệu điện thế bị giảm dần theo thời gian

\Rightarrow Dao động điện từ tắt dần

- Thiết lập biểu thức cường độ dòng điện tức thời, hiệu điện thế và điện tích tức thời giữa hai bản tụ
- Biểu thức cường độ dòng điện tức thời

Mạch có R, trong thời gian dt, năng lượng toả nhiệt trên R bằng năng lượng từ -dE

$$-dE = Ri^2 dt$$

Thay $E = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}$ ta có

$$-d\left(\frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}\right) = Ri^2 dt$$

Chia cả 2 vế cho dt, sau đó lấy đạo hàm theo t và thay $i = \frac{dq}{dt}$ ta có

$$\frac{q}{C} + L \frac{di}{dt} = - Ri$$

Tiếp tục lấy đạo hàm và thay i ta có

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} + \frac{1}{LC} i = 0$$

Đặt $\frac{R}{L} = 2\beta$, $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ ta có (β là hệ số tắt dần)

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + 2\beta \frac{di}{dt} + \omega_0^2 i = 0$$

Đây là phương trình vi phân cấp 2 thuần nhất có hệ số không đổi với $\omega_0 > \beta \Leftrightarrow \frac{1}{LC} > \left(\frac{R}{2L}\right)^2$

$$i = I_0 e^{-\beta t} \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

⇒ Cường độ dòng điện giảm dần theo hàm mũ với thời gian

- Biểu thức điện tích tức thời

$$\begin{aligned} i &= \frac{dq}{dt} \\ \Rightarrow dq &= i dt \\ \Leftrightarrow q &= \int i dt = \int I_0 e^{-\beta t} \cos(\omega_0 t + \varphi) dt \\ &= \frac{I_0 e^{-\beta t}}{\omega_0} \sin(\omega_0 t + \varphi) \\ \Leftrightarrow q &= Q_0 e^{-\beta t} \sin(\omega_0 t + \varphi) \end{aligned}$$

- Biểu thức hiệu điện thế tức thời

$$\begin{aligned} q &= cU \\ u &= \frac{q}{C} = \frac{Q_0}{c} e^{-\beta t} \sin(\omega_0 t + \varphi) \\ u &= U_0 e^{-\beta t} \sin(\omega_0 t + \varphi) \end{aligned}$$

- Viết biểu thức của tần số và chu kỳ của mạch

Biểu thức tần số của mạch

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}}{2\pi} = \frac{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}{2\pi}$$

Biểu thức chu kỳ của mạch

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$$

- Lượng giảm loga

$$\delta = \ln \frac{I_0 e^{-\beta t}}{I_0 e^{-\beta(t+T)}} = \beta T$$

3. Mạch dao động điện từ cưỡng bức

- Mô tả mạch dao động điện từ cưỡng bức
 - Mạch RLC có dao động tắt dần, để duy trì dao động trong mạch ta cần cung cấp một phần năng lượng để bù lại phần đã mất trên R
 - Cần mắc thêm một nguồn xoay chiều

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \Omega t$$
 - Lúc đầu dao động trong mạch là chồng chất 2 dao động: Dao động 1 là dao động tắt dần với tần số ω , Dao động 2 là dao động cưỡng bức với tần số Ω
 - Sau đó dao động 1 không còn nữa, mà chỉ còn dao động điện từ không tắt với tần số góc Ω
- ⇒ Dao động điện từ cưỡng bức
- Thiết lập biểu thức cường độ dòng điện tức thời trong mạch dao động điện từ cưỡng bức

Trong thời gian dt , nguồn cung cấp năng lượng là $\varepsilon i dt$

Theo định luật bảo toàn ta có

$$dE + Ri^2 dt = \varepsilon i dt$$

$$d\left(\frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}\right) + Ri^2 dt = \varepsilon i dt$$

Lấy vi phân và thay $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \Omega t$ có

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{C} = \varepsilon_0 \sin \Omega t$$

Đạo hàm theo thời gian

$$L \frac{d^2 i}{dt^2} + R \frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = \Omega \varepsilon_0 \cos \Omega t$$

Đặt $\frac{R}{L} = 2\beta$, $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ ta có

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + 2\beta \frac{di}{dt} + \omega_0^2 i = \frac{\varepsilon_0 \Omega}{L} \cos \Omega t$$

Giải phương trình $\Omega L - \frac{1}{\Omega C} = 0 \Leftrightarrow \Omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ vi phân thu được nghiệm

$$i = I_0 \cos(\Omega t + \Phi)$$

$$\varepsilon_0$$

$$I_0 = \frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(\Omega L - \frac{1}{\Omega C}\right)^2}}$$

$$\cot \Phi = - \frac{\Omega L - \frac{1}{\Omega C}}{R}$$

- Điều kiện xảy ra cộng hưởng và ứng dụng
 - o Điều kiện xảy ra cộng hưởng: Tần số góc của nguồn xoay chiều kích thích có giá trị bằng tần số riêng của mạch dao động

$$\Omega_{CH} = \omega_0$$

- o Mà I_0 max thì

$$\Omega L - \frac{1}{\Omega C} = 0 \Leftrightarrow \Omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

- o Ứng dụng: Trong mạch chọn sóng, thu phát sóng điện từ

4. Tổng hợp dao động điều hoà

- Cho hai dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số. Viết phương trình dao động tổng hợp. Khi nào biên độ dao động tổng hợp đạt giá trị cực đại, cực tiểu

Cho hai dao động như sau

$$\begin{cases} x_1 = A_1 \cos(\omega_0 t + \varphi_1) \\ x_2 = A_2 \cos(\omega_0 t + \varphi_2) \end{cases}$$

Dao động tổng hợp có dạng

$$x = x_1 + x_2 = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

Trong đó

$$\begin{aligned} A &= \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)} \\ \tan \varphi &= \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2} \end{aligned}$$

Để A_{\max} thì

$$\cos(\varphi_1 - \varphi_2)_{\max} \Leftrightarrow \cos(\varphi_1 - \varphi_2) = 1 \Leftrightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = 2k\pi \Rightarrow A = A_1 + A_2$$

Để A_{\min} thì

$$\cos(\varphi_1 - \varphi_2)_{\min} \Leftrightarrow \cos(\varphi_1 - \varphi_2) = -1 \Leftrightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = (2k+1)\pi \Rightarrow A = |A_1 - A_2|$$

- Cho hai dao động điều hoà cùng tần số, phương vuông góc. Viết phương trình quỹ đạo chuyển động của chất điểm trong dao động tổng hợp. Khi nào dao động tổng hợp là đường thẳng, elip vuông, đường tròn

Cho hai dao động x và y vuông góc có cùng tần số như sau

$$\begin{aligned} x &= A_1 \cos(\omega_0 t + \varphi_1) \Rightarrow \frac{x}{A_1} = \cos(\omega_0 t) \cos(\varphi_1) - \sin(\omega_0 t) \sin(\varphi_1) \\ y &= A_2 \cos(\omega_0 t + \varphi_2) \Rightarrow \frac{y}{A_2} = \cos(\omega_0 t) \cos(\varphi_2) - \sin(\omega_0 t) \sin(\varphi_2) \end{aligned}$$

Suy ra

$$\begin{cases} \frac{x}{A_1} \cos \varphi_2 - \frac{y}{A_2} \cos \varphi_1 = \sin \omega_0 t \sin(\varphi_2 - \varphi_1) \\ \frac{x}{A_1} \sin \varphi_2 - \frac{y}{A_2} \sin \varphi_1 = \cos \omega_0 t \sin(\varphi_2 - \varphi_1) \end{cases}$$

Ta có

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)$$

Dao động tổng hợp là đường thẳng khi

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 2k\pi \quad (k=0; \pm 1; \pm 2; \dots)$$

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} = 0 \Leftrightarrow \frac{x}{A_1} - \frac{y}{A_2} = 0$$

\Rightarrow Đường thẳng ở góc phần tư I và III

$$\varphi_2 - \varphi_1 = (2k+1)\pi \quad (k=0; \pm 1; \pm 2; \dots)$$

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} + \frac{2xy}{A_1 A_2} = 0 \Leftrightarrow \frac{x}{A_1} + \frac{y}{A_2} = 0$$

\Rightarrow Đường thẳng ở góc phần tư II và IV

Dao động tổng hợp là elip vuông khi

$$\varphi_2 - \varphi_1 = (2k+1)\frac{\pi}{2} \quad (k=0; \pm 1; \pm 2; \dots)$$

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} = 1$$

Dao động tổng hợp là đường tròn khi thỏa mãn điều kiện của Dao động tổng hợp là elip vuông và

$$A_1 = A_2$$

B. Một số dạng bài tập đặc biệt

1. Sau bao lâu biên độ hiệu điện thế trên hai bản tụ giảm x lần

- Độ giảm Loga là $\ln x$, β là hệ số tắt dần

$$\beta t = \ln x \Leftrightarrow t = \frac{\ln x}{\beta} \text{ trong đó } \left(\beta = \frac{R}{2L} \right)$$

2. Biên độ dao động của mạch cộng hưởng

$$\lambda_{CH} = 2\pi C \frac{Q_0}{I_0}$$

3. Năng lượng điện trường cực đại và năng lượng từ trường cực đại

$$W_{e0} = \frac{1}{2} \frac{q_0^2}{c}$$

$$W_{m0} = \frac{1}{2} Li_0^2$$

4. Hiệu ứng Doppler (Âm):

$$f' = \frac{v + u'}{v - u} f$$

- F' : Tần số mà máy thu nhận được
- F : Tần số mà máy phát phát ra
- V : Vận tốc truyền âm
- U : Vận tốc của máy phát
- U' : Vận tốc máy thu
- U và $u' > 0$ nếu máy phát và máy thu tiến lại gần nhau; < 0 nếu máy phát và máy thu đi ra xa nhau

Chương 2: Giao thoa ánh sáng

A. Lý thuyết

1. Quang lộ

- Định nghĩa: Quang lộ giữa hai điểm A, B là đoạn đường ánh sáng truyền được trong chân không với cùng khoảng thời gian t cần thiết để sóng ánh sáng đi được đoạn đường AB trong môi trường
- Công thức

$$L = ct; t = \frac{d}{v}; n = \frac{c}{v}$$
$$L = nd$$

- Nếu ánh sáng truyền qua nhiều môi trường có chiết suất n_1, n_2, n_3 ứng với quãng đường d_1, d_2

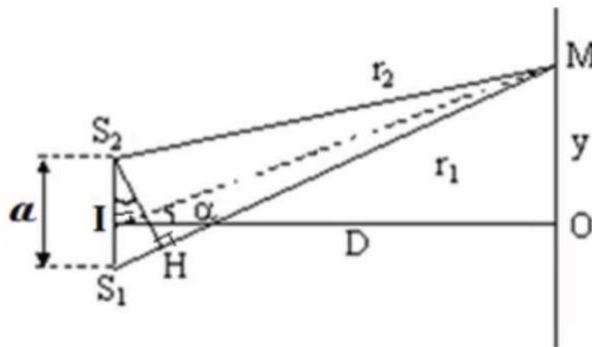
$$L = \sum_i n_i d_i = \int_A^B n ds$$

2. Sóng và ánh sáng kết hợp

- Định nghĩa: Là những sóng có hiệu pha không đổi theo thời gian
- Cách tạo: Từ một sóng duy nhất tách ra thành các sóng riêng biệt

3. Hiện tượng giao thoa ánh sáng đơn sắc (Young), từ đó rút ra nhận xét giao thoa khi dùng ánh sáng trắng

- Hiện tượng giao thoa ánh sáng đơn sắc



- Xét 2 nguồn ánh sáng đơn sắc kết hợp S_1 và S_2

$$\begin{cases} x_1 = A_1 \cos \omega t \\ x_2 = A_2 \cos \omega t \end{cases}$$

- L_1 và L_2 là quang lộ trên đoạn r_1 (S_1M), r_2 (S_2M). Tại M ta nhận được

$$\begin{cases} x_1 = A_1 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi L_1}{\lambda}\right) \\ x_2 = A_2 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi L_2}{\lambda}\right) \end{cases}$$

- Do S_1S_2 rất nhỏ so với D. Coi như là tổng hợp hai dao động cùng phương, cùng tần số

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(L_1 - L_2)$$

- Điều kiện cực đại, cực tiểu

- Tại M là cực đại: $\Delta\varphi = 2k\pi$
 $\Rightarrow L_1 - L_2 = k\lambda$

- Tại M là cực tiểu: $\Delta\varphi = (2k + 1)\pi$
 $\Rightarrow L_1 - L_2 = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$

- Vị trí của vân giao thoa

- Vị trí các vân sáng

$$L_1 - L_2 = \frac{ay_s}{D} = k\lambda \Rightarrow y_s = k \frac{\lambda D}{a}$$

K = 0 (Vân cực đại giữa)

- Vị trí các vân tối

$$L_1 - L_2 = \frac{ay_t}{D} = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \Rightarrow y_t = \left(k + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda D}{a}$$

- Khoảng vân (độ rộng vân, khoảng cách giữa hai vân sáng hoặc hai vân tối kế tiếp)

$$i = y_{k+1} - y_k = \frac{\lambda D}{a}$$

- Hệ thống được đặt trong môi trường chiết suất n

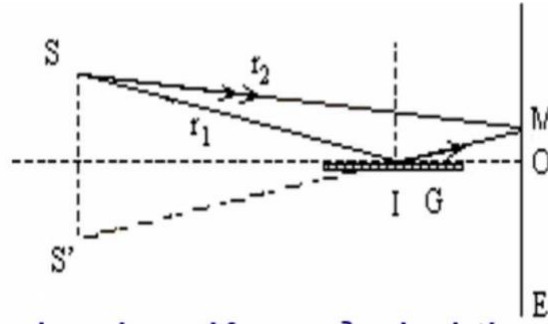
- Hiệu quang lộ: Nhân n
- Độ rộng vân, vị trí vân: Chia cho n

- Khi sử dụng ánh sáng trắng

- Ánh sáng trắng bao gồm mọi ánh sáng đơn sắc, mỗi ánh sáng đơn sắc sẽ cho một hệ vân giao thoa có màu sắc riêng và độ rộng khác nhau
- Tại O, mọi ánh sáng đơn sắc đều cho cực đại, vân cực đại giữa là một vân sáng trắng, hai mép viền màu (trắng tím ngoài đỏ)
- Những vân cực đại khác có màu sắc khác nhau, nằm chồng lên nhau tạo thành những vân sáng nhiều màu sắc

⇒ Các vân này nhòe dần khi xa vân trung tâm

4. Thí nghiệm và kết luận của Lloyd về sự giao thoa của ánh sáng phản xạ



- Thí nghiệm Lloyd
 - Gương G được bôi đen đằng sau ($n_{tt} > n_{kk}$)
 - Nguồn sáng S rộng và cách xa màn E đặt vuông góc với gương
- ⇒ Một điểm M sẽ nhận được 2 tia sáng từ S gửi đến
- ⇒ Hai tia SIM và SM giao thoa với nhau

- Theo lý thuyết
 - M là sáng nếu

$$\Rightarrow L_1 - L_2 = k\lambda$$

- M là tối nếu

$$\Rightarrow L_1 - L_2 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

- Thực nghiệm: Kết quả ngược lại với lý thuyết
 - Như vậy hiệu pha dao động không phải là

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (L_1 - L_2)$$

- Mà phải là

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (L_1 - L_2) + \pi$$

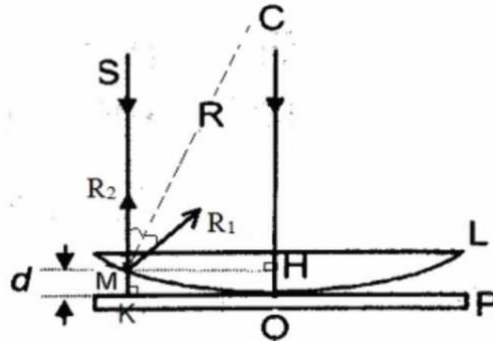
- Như vậy pha dao động của một trong hai tia phải thay đổi một lượng π
 - Tia SM truyền trực tiếp từ nguồn tới M: Không thay đổi
 - Vậy tia phản xạ đã bị thay đổi một lượng π
- Hiệu pha dao động thay đổi một lượng π thì quang lộ của nó sẽ thay đổi một lượng là

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \frac{2\pi}{\lambda} L_1 \\ \varphi'_1 &= \frac{2\pi}{\lambda} L_1 + \pi = \frac{2\pi}{\lambda} L'_1 \\ L'_1 &= L_1 + \frac{\lambda}{2} \end{aligned}$$

- Kết luận của Lloyd: Khi phản xạ trên môi trường chiết quang hơn môi trường ánh sáng tới, pha dao động của ánh sáng thay đổi một lượng π , điều đó tương đương với việc coi tia phản xạ dài thêm một đoạn $\frac{\lambda}{2}$

5. Trình bày hiện tượng giao thoa vân tròn Newton

- Dùng hệ vân tròn Newton bao gồm một thấu kính phẳng – lồi đặt tiếp xúc với bản thủy tinh phẳng
- ⇒ Lớp giữa thấu kính và bản thủy tinh là bản mỏng có bề dày thay đổi
- Chiếu chùm tia sáng đơn sắc song song, vuông góc với bản thủy tinh

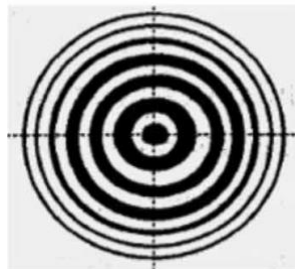


- ⇒ Các tia phản xạ ở mặt trên và dưới sẽ giao thoa với nhau tạo ra các vân giao thoa có cùng độ dày

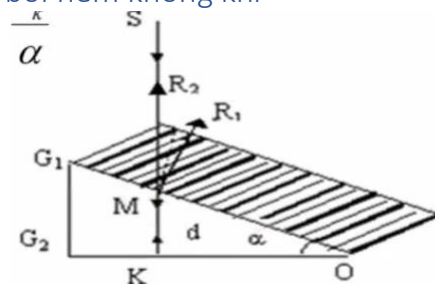
$$d_t = k \frac{\lambda}{2} \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

$$d_s = (2k - 1) \frac{\lambda}{4} \quad (k = 1, 2, 3, \dots)$$

- Do tính chất đối xứng nên các vân giao thoa là những vòng tròn đồng tâm gọi là vân tròn Newton



6. Hiện tượng giao thoa bởi nêm không khí



- Chiếu chùm tia sáng đơn sắc song song vuông góc với mặt G
- Tia sáng từ nguồn S đi vào bản G₁ chia làm 2
 - 1 tia R₁ phản xạ đi ra ngoài
 - 1 tia R₂ đi tiếp vào nêm không khí, đến điểm K trên G₂ và phản xạ tại đó rồi đi ra ngoài

- Tại M có sự gặp nhau và giao thoa của hai tia phản xạ nói trên
- Trên mặt G_1 ta nhận được vân giao thoa
 - o Tia R_2 phải đi thêm một đoạn $2d$ so với tia R_1
 - o Tia R_2 phản xạ ở mặt trrên của G_2 ($n_{tt} > n_{tới}$). Vậy quang lộ tăng $\frac{\pi}{2}$
 - o Quang lộ tia R_1 không đổi
- Ta có hiệu quang lộ

$$\Rightarrow L_1 - L_2 = 2d + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

- ⇒ Tại nêi quan sát được vân sáng và vân tối xen kẽ nhau và song song cách đều
- Ứng dụng
 - o Kiểm tra các mặt kính phẳng và lồi: Nếu tấm kính không thật phẳng thì các vân giao thoa sẽ không thành những điểm song song, cách đều

B. Một số dạng bài tập đặc biệt

1. Tìm độ dày của bản mỏng khi biết độ dịch của hệ vân giao thoa

- Hệ vân giao thoa dịch một khoảng Δ_y bản mỏng có độ dày e
- Công thức

$$\Delta_y = \frac{(n-1)eD}{a} \Rightarrow e = \frac{\Delta_y a}{(n-1)D}$$

2. Ánh sáng phản chiếu có bước sóng được tăng cường

- Hiệu quang lộ

$$\Delta_L = L_2 - L_1 = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2}$$

- Ánh sáng được tăng cường khi $i = 0$

$$2nd - \frac{\lambda}{2} = k\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{2nd}{k + 0,5}$$

3. Bán kính vân tối thứ k

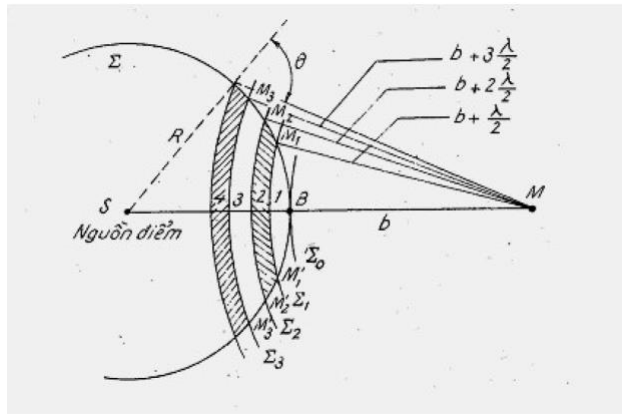
$$r_K = \sqrt{2Rd_k} = \sqrt{\frac{(2k+1)\lambda R}{2n}}$$

Chương 3: Nhiễu xạ ánh sáng

A. Lý thuyết

1. Nguyên lý Huygens-Fresnel, đới cầu Fresnel

- Nguyên lý Huygens-Fresnel
 - Mỗi điểm trong không gian được sóng ánh sáng từ nguồn thực gửi đến đều trở thành nguồn sáng thứ cấp phát sóng ánh sáng về phía trước
 - Biên độ và pha của nguồn thứ cấp là biên độ và pha do nguồn thực gây ra tại vị trí của nguồn thứ cấp
- Định nghĩa, tính chất các đới cầu Fresnel



- Định nghĩa
 - Nguồn sáng điểm S phát ánh sáng đơn sắc
 - Điểm được chiếu sáng M
 - Lấy S làm tâm dựng mặt cầu Σ bao quanh S, bán kính $R < SM$
 - Đặt $MB = b$. Lấy M làm tâm vẽ các mặt cầu $\Sigma_0, \Sigma_1, \Sigma_2$ có bán kính $b, b + \frac{\lambda}{2}, b + 2\frac{\lambda}{2} \dots$ (λ là bước sóng do nguồn S phát ra)
 - Các mặt $\Sigma_0, \Sigma_1, \Sigma_2$ chia mặt cầu Σ thành các đới gọi là đới cầu Fresnel

○ Tính chất

- Diện tích các đới cầu

$$\Delta S = \frac{\pi R b}{R + b} \lambda$$

- Bán kính đới cầu thứ k

$$r_k = \sqrt{\frac{R b \lambda}{R + b}} \sqrt{k} \quad (k = 1, 2, 3 \dots)$$

- Biên độ dao động a_k do đới cầu thứ k gây ra

$$a_k = \frac{1}{2} (a_{k-1} + a_{k+1})$$

- Hiệu pha của hai dao động sáng do hai đới cầu kế tiếp gây ra tại M

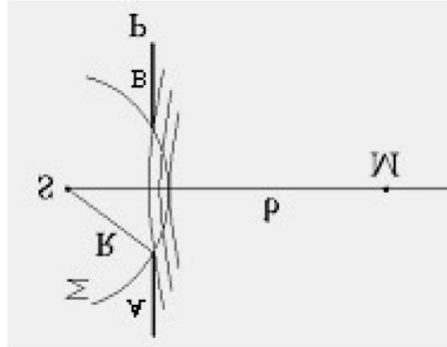
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta L = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{2} = \pi$$

- Biên độ dao động sáng tổng hợp tại M

$$a = a_1 - a_2 + a_3 - a_4 \pm \dots \pm a_n = \frac{a_1}{2} \pm \frac{a_n}{2}$$

(Dấu + nếu n là lẻ, Dấu - nếu n là chẵn)

2. Hiện tượng nhiễu xạ qua lỗ tròn nhỏ



- Giải thích hiện tượng

- Nguồn sáng điểm S, phát ánh sáng đơn sắc qua lỗ tròn AB trên màn chắn P tới điểm M (S và M nằm trên trục lỗ tròn)
- Lấy S làm tâm dựng mặt cầu Σ tựa vào lỗ tròn AB
- Lấy M làm tâm vẽ các đới cầu Fresnel trên mặt Σ , giả sử lỗ chứa n đới cầu
- Biên độ dao động sáng tổng hợp tại M

$$a = a_1 - a_2 + a_3 - a_4 \pm \dots \pm a_n = \frac{a_1}{2} \pm \frac{a_n}{2}$$

- Các trường hợp đặc biệt

I là cường độ sáng tại M, công thức $I = kA^2$ ($k = 1$)

- n lẻ

$$a = \frac{a_1}{2} + \frac{a_n}{2} \Rightarrow I = \left(\frac{a_1}{2} + \frac{a_n}{2} \right)^2 > \frac{a_1^2}{4} = I_0$$

- Điểm M sáng hơn khi không có màn chắn Đặc biệt nếu $n=1$

$$a = \frac{a_1}{2} + \frac{a_1}{2} = a_1 \Rightarrow I = a_1^2 = 4I_0$$

⇒ Điểm M rất sáng

- n chẵn

$$a = \frac{a_1}{2} - \frac{a_n}{2} \Rightarrow I = \left(\frac{a_1}{2} - \frac{a_n}{2} \right)^2 < \frac{a_1^2}{4} = I_0$$

⇒ Điểm M tối hơn khi không có màn chắn

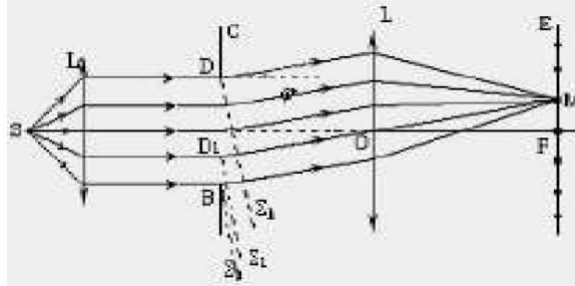
- Đặc biệt nếu $n = 2$

$$a = \frac{a_1}{2} - \frac{a_2}{2} \approx 0 \Rightarrow I = 0$$

⇒ Điểm M tối nhất

3. Hiện tượng nhiễu xạ của sóng ánh sáng phẳng chiếu vuông góc qua một khe hẹp

- Khảo sát hiện tượng



○ Mô tả

- Đặt nguồn sáng S tại tiêu điểm thấu kính hội tụ L_0
- Chiếu chùm sáng đơn sắc song song bước sóng λ vào khe hẹp có bề rộng b
- Sau khi đi qua khe hẹp, chúng sẽ bị nhiễu xạ theo nhiều phương
- Tách các tia nhiễu xạ theo một phương φ nào đó, chúng sẽ gặp nhau ở vô cùng
- Muốn quan sát ảnh nhiễu xạ, dùng thấu kính hội tụ L, chùm tia nhiễu xạ sẽ hội tụ tại điểm M trên mặt phẳng tiêu của thấu kính hội tụ L. Với các giá trị φ khác nhau chùm nhiễu xạ sẽ hội tụ tại các điểm khác nhau và điểm M có thể sáng hoặc tối

○ Xét các tia nhiễu xạ theo phương $\varphi = 0$

- Hội tụ tại điểm F.
- Mặt phẳng khe và mặt quan sát là hai mặt trực giao theo Malus, các tia sáng gửi từ mặt phẳng khe tới điểm F có quang lộ bằng nhau, dao động cùng pha nên tăng cường nhau

$$\sin \varphi = 0$$

⇒ Điểm M rất sáng (Cực đại giữa – bề rộng gấp đôi cực đại thường)

○ Xét trường hợp $\varphi \neq 0$, áp dụng ý tưởng phương pháp đới cầu Fresnel

- Vẽ các mặt phẳng \sum_0, \sum_1, \sum_2 vuông góc với chùm tia nhiễu xạ và cách đều nhau một khoảng $\frac{\lambda}{2}$
- Bề rộng mỗi dải

$$l = \frac{\lambda}{2 \sin \varphi}$$

- Số dải trên khe

$$N = \frac{b}{l} = \frac{2b \sin \varphi}{\lambda}$$

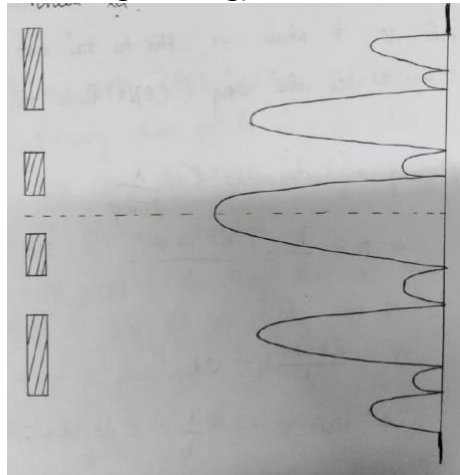
- Theo nguyên lí Huygens, những dải này là nguồn sáng thứ cấp dao động cùng pha (do nằm trên cùng một mặt sóng) và phát ánh sáng tới điểm M
- Do quang lộ của hai tia sáng từ hai dải kế tiếp gửi tới điểm M khác nhau $\frac{\lambda}{2}$ nên dao động sáng do hai dải kế tiếp gửi tới sẽ ngược pha và khử nhau
- Điều kiện cực đại cực tiểu nhiễu xạ
 - Điều kiện cực tiểu nhiễu xạ: Nếu khe chứa số chẵn dải thì dao động sáng do từng cặp dải kế tiếp gây ra tại M sẽ khử lẫn nhau và điểm M sẽ tối và là cực tiểu nhiễu xạ

$$N = \frac{2b \sin \varphi}{\lambda} = 2k \Rightarrow \sin \varphi = k \frac{\lambda}{b}$$

- Điều kiện cực đại nhiễu xạ: Nếu khe chứa số lẻ dải thì dao động sáng do từng cặp dải kế tiếp gây ra tại M sẽ khử lẫn nhau, còn dao động sáng do dải cuối cùng gửi tới thì không bị khử. Điểm M sẽ sáng và gọi là cực đại nhiễu xạ bậc k (Độ sáng nhỏ hơn rất nhiều so với cực đại giữa)

$$N = \frac{2b \sin \varphi}{\lambda} = 2k + 1 \Rightarrow \sin \varphi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2b}$$

- Vẽ ảnh nhiễu xạ (Phân bố cường độ sáng)

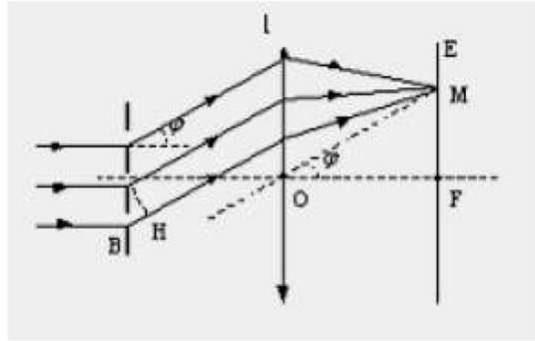


4. Hiện tượng nhiễu xạ của sóng ánh sáng phản chiếu vuông góc tới cách tử phẳng truyền qua

- Cách tử phẳng
 - Định nghĩa: Là một hệ nhiều khe hẹp giống nhau có độ rộng b, nằm song song cách đều trên cùng một mặt phẳng
 - Chu kì cách tử: Khoảng cách d giữa hai khe kế tiếp được gọi là chu kì của cách tử
 - Hằng số cách tử: Số khe hẹp trên một đơn vị chiều dài

$$n = \frac{1}{d}$$

- Khảo sát hiện tượng



○ Mô tả

- Xét cách tử phẳng N khe hẹp, bề rộng một khe là b , chu kì cách tử là d
- Chiếu chùm sáng đơn sắc song song bước sóng λ vuông góc với mặt cách tử
- Các khe có thể coi là nguồn kết hợp, do đó ngoài hiện tượng nhiễu xạ còn có hiện tượng giao thoa giữa các khe

○ Cực tiểu chính

- Tất cả N khe hẹp đều cho cực tiểu nhiễu xạ tại những điểm trên màn ảnh thoả mãn điều kiện

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{b}$$

- Phân bố cường độ sáng giữa hai cực tiểu chính

- Nếu hiệu quang lộ của hai tia sáng xuất phát từ hai khe kế tiếp đến điểm M bằng số nguyên lần bước sóng $L_1 - L_2 = d \sin \varphi = m \lambda$

⇒ Thì dao động sáng do hai tia đó gây ra tại M cùng pha và tăng cường lẫn nhau. Điểm M sáng và được gọi là cực đại chính

- Giữa hai cực tiểu chính nên có điều kiện, do $d > b$ nên giữa hai cực tiểu chính có thể có nhiều cực đại chính

$$\left| m \frac{\lambda}{d} \right| < \left| k \frac{\lambda}{b} \right|$$

- Vị trí cực đại chính ($m = 0$, cực đại chính giữa nằm tại tiêu điểm F của thấu kính)

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d}$$

- Phân bố cường độ sáng giữa hai cực đại chính

- Tại điểm chính giữa hai cực đại chính kế tiếp, góc nhiễu xạ thoả mãn điều kiện

$$\sin \varphi = (2m + 1) \frac{\lambda}{2d}$$

- Tại các điểm này, hiệu quang lộ của hai tia gửi từ hai khe kế tiếp có giá trị là

$$d \sin \varphi = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$

⇒ Điều kiện cực tiểu giao thoa, hai tia đó sẽ khử lẫn nhau, tuy nhiên điểm chính giữa đó chưa chắc đã tối

- Nếu cách tử có N khe hẹp thì giữa hai cực đại chính sẽ có (N-1) cực tiểu phụ và (N-2) cực đại phụ

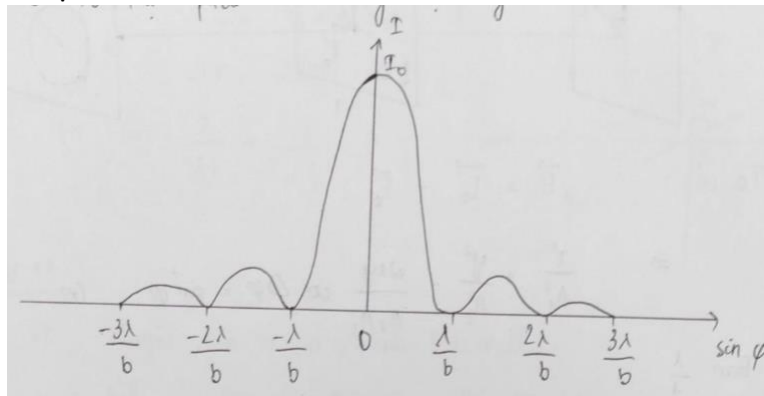
- Nhiễu xạ của ánh sáng trắng qua cách tử

- Mỗi đơn sắc của ánh sáng trắng tạo nên một hệ thống cực đại chính ứng với các giá trị m khác nhau

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d}$$

- Tập hợp các cực đại chính có cùng giá trị m tạo nên một quang phổ bậc m

- Vẽ ảnh nhiễu xạ



B. Một số dạng bài tập đặc biệt

1. Điểm sáng có độ sáng gần bằng khi chưa đặt đĩa tròn

- Chỉ chứa 1 đới cầu Fresnel

2. Tâm nhiễu xạ là tối nhất

- Chứa 2 đới cầu Fresnel

Chương 5: Phân cực ánh sáng

A. Lý thuyết

1. Thuyết điện từ ánh sáng của Maxwell. Sóng ánh sáng có bản chất là sóng ngang

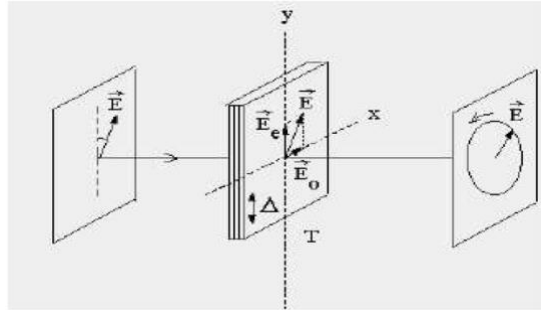
- Ánh sáng là sóng điện từ, nghĩa là trường điện từ biến thiên theo thời gian truyền đi trong không gian
- Sóng ánh sáng là sóng ngang:
 - o Sóng ngang là sóng có dao động vuông góc với phương truyền sóng
 - o Sóng ánh sáng là sóng sóng điện từ mà sóng điện từ có vectơ \vec{E} và \vec{B} luôn dao động vuông góc với phương truyền sóng
 - o Ánh sáng truyền đến mắt, vectơ \vec{E} tác dụng lên võng mạc gây cảm giác sáng (Vectơ sáng)
- Mỗi sóng ánh sáng có bước sóng λ_0 gây nên cảm giác sáng về một màu sắc xác định (Ánh sáng đơn sắc)
- Tập hợp ánh sáng đơn sắc mắt người nhìn thấy $0,4\mu\text{m} \leq \lambda_0 \leq 0,96\mu\text{m}$ tạo thành ánh sáng trắng
- Hiện tượng thể hiện sóng ánh sáng có bản chất là sóng ngang: Phân cực ánh sáng

2. Những hiện tượng vật lí thể hiện tính chất sóng của ánh sáng

- Giao thoa ánh sáng
- Nhiễu xạ ánh sáng
- Phân cực ánh sáng

3. Ánh sáng tự nhiên, ánh sáng phân cực

- Ánh sáng tự nhiên: Ánh sáng có vectơ cường độ điện trường dao động đều đặn theo mọi phương vuông góc của tia sáng
- Ánh sáng phân cực
 - o Ánh sáng phân cực thẳng (phân cực toàn phần): Ánh sáng có vectơ \vec{E} chỉ dao động theo một phương xác định
 - o Ánh sáng phân cực một phần: Ánh sáng có vectơ \vec{E} vẫn dao động theo tất cả các phương vuông góc với tia sáng nhưng có phương dao động yếu, phương dao động mạnh
 - o Ánh sáng phân cực elip tròn: Ánh sáng phân cực trong đó đầu mút vectơ \vec{E} chuyển động trên một đường elip (hoặc đường tròn)
- Cách tạo ra ánh sáng phân cực elip
 - o Cho đầu mút vectơ \vec{E} chuyển động trên một đường elip (hoặc đường tròn)



- Xét bản tinh thể T có quang trục Δ và độ dày d.
- Chiếu vuông góc với mặt trước của bản tinh thể một tia sáng phân cực toàn phần có vector sáng \vec{E} hợp với quang trục góc α
- Khi vào bản tinh thể, tia bị tách thành hai:
 - Tia thường có vector sáng \vec{E}_o vuông góc với quang trục
 - Tia bất thường có vector sáng \vec{E}_e song song với quang trục
- Vector sáng tổng hợp có dạng

$$\vec{E} = \vec{E}_o + \vec{E}_e$$

- Ở trong bản tinh thể, hai tia truyền với vận tốc khác nhau (Do chiết suất đối với 2 tia khác nhau), khi ra khỏi bản chúng lại truyền đi cùng vận tốc, do đó hiệu quang lộ

$$\Delta L = L_o - L_e = (n_o - n_e) d$$

- Ứng với hiệu pha dao động

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (L_o - L_e) = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d$$

- Các vector \vec{E}_o và \vec{E}_e chuyển động theo hai phương vuông góc với nhau, do đó đầu mức vector sáng tổng hợp sẽ chuyển động trên một đường Elip theo phương trình

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos \Delta \varphi = \sin^2 \Delta \varphi$$

- Trường hợp đặc biệt

- Bản phần tư bước sóng

- Hiệu quang lộ:

$$\Delta L = (n_o - n_e) d = (2k + 1) \frac{\lambda}{4}$$

- Hiệu pha

$$\Delta \varphi = (2k + 1) \frac{\pi}{2}$$

- Phương trình

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} = 1$$

⇒ Đầu mút Vector sáng tổng hợp \vec{E} phía sau bản tinh thể chuyển động trên một elip dạng chính tắc có hai bản trục là A_1 và A_2

▪ Đặc biệt: Nếu $\alpha = 45^\circ$ thì

$$\begin{aligned} A_1 &= A_2 = A_0 \\ x^2 + y^2 &= A_0^2 \end{aligned}$$

⇒ Đầu mút Vector sáng tổng hợp \vec{E} phía sau bản tinh thể chuyển động trên đường tròn tâm O bán kính A_0

⇒ Sau khi truyền qua bản phần tư bước sóng, ánh sáng phân cực thẳng đã bị biến đổi thành ánh sáng phân cực elip dạng chính tắc hoặc phân cực tròn

○ Bản nửa bước sóng

▪ Hiệu quang lộ:

$$\Delta L = (n_o - n_e) d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

▪ Hiệu pha

$$\Delta \varphi = (2k + 1) \pi$$

▪ Phương trình

$$\frac{x}{A_1} + \frac{y}{A_2} = 0$$

⇒ Đầu mút Vector sáng tổng hợp \vec{E} phía sau bản tinh thể chuyển động trên đường thẳng nằm trong góc phần tư thứ II và thứ IV của hệ Oxy, đường thẳng đó hợp với quang trục góc α . Trước khi vào bản tinh thể, mút vector sáng của ánh sáng phân cực thẳng dao động trên đường thẳng

⇒ Sau khi truyền qua bản nửa bước sóng, ánh sáng phân cực thẳng đã vẫn là ánh sáng phân cực thẳng nhưng phương dao động đã bị quay đi một góc 2α

○ Bản một bước sóng

▪ Hiệu quang lộ:

$$\Delta L = (n_o - n_e) d = k\lambda$$

▪ Hiệu pha

$$\Delta \varphi = 2k\pi$$

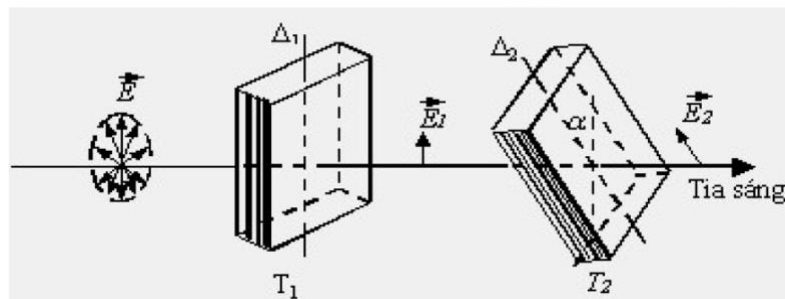
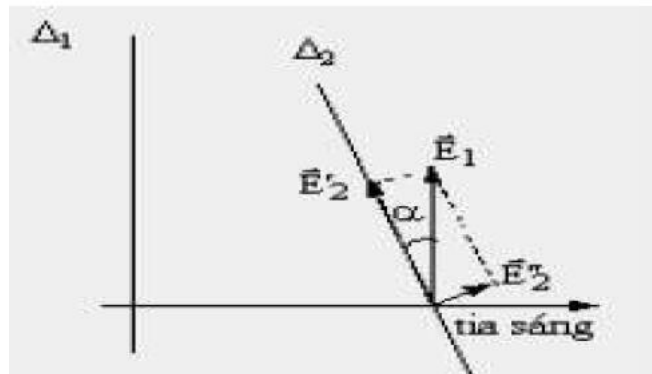
▪ Phương trình

$$\frac{x}{A_1} - \frac{y}{A_2} = 0$$

⇒ Đầu mút Vector sáng tổng hợp \vec{E} phía sau bản tinh thể chuyển động trên đường thẳng nằm trong góc phần tư thứ I và thứ III của hệ Oxy, đường thẳng đó hợp với quang trục góc α .

⇒ Sau khi truyền qua bản nửa bước sóng, ánh sáng phân cực thẳng đã vẫn giữ nguyên không đổi

4. Định luật Malus



- Xét ánh sáng tự nhiên truyền tới bản Tuamalin T_1 , có cường độ sáng I_0 , bất cứ vectơ ánh sáng \vec{E} nào của ánh sáng tự nhiên cũng đều có thể phân tích thành 2 phần
 - o \vec{E}_{1x} vuông góc với quang trục Δ_1
 - o \vec{E}_{1y} song song với quang trục Δ_1
- Khi đó

$$E^2 = E_{1x}^2 + E_{1y}^2$$

- Do ánh sáng tự nhiên có \vec{E} phân bố đều đặn xung quanh tia sáng, do đó ta lấy trung bình

$$\overline{E_{1x}^2} = \overline{E_{1y}^2} = \frac{1}{2} \overline{E^2}$$

- Do tính hấp thụ dị hướng của bản tinh thể tuamalin
 - o Thành phần \vec{E}_{1x} vuông góc với quang trục bị hấp thụ hoàn toàn
 - o Thành phần \vec{E}_{1y} song song với quang trục được truyền hoàn toàn qua bản Tuamalin T_1
- Ánh sáng tự nhiên biến thành ánh sáng phân cực toàn phần có vectơ sáng $\vec{E}_1 = \vec{E}_{1y}$ song song với quang trục. Cường độ sáng sau bản T_1 bằng

$$I_1 = E_1^2 = \overline{E_{1y}^2} = \frac{1}{2} \overline{E^2} = \frac{1}{2} I_0$$

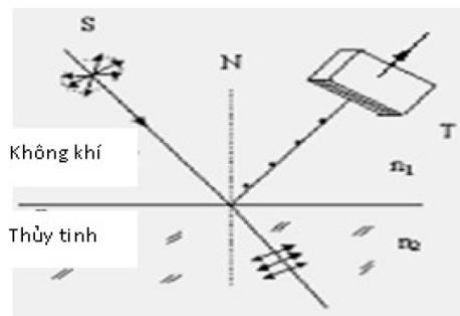
- Bản Tuamalin T_2 có quang trục Δ_2 đặt sau T_1 , gọi α là góc giữa Δ_1 và Δ_2 , vectơ ánh sáng \vec{E}_1 sau bản tuamalin T_1 được phân tích thành 2 phần
 - o $E'_2 = E_1 \cos \alpha$ song song với quang trục Δ_2
 - o $E''_2 = E_1 \sin \alpha$ vuông góc với quang trục Δ_2
- Do tính hấp thụ dị hướng của bản tinh thể tuamalin

- Thành phần \vec{E}_2'' vuông góc với quang trục bị hấp thụ hoàn toàn
- Thành phần \vec{E}_2' song song với quang trục được truyền hoàn toàn qua bản Tuamalin T_2
- Như vậy sau bản T_2 ta cũng nhận được ánh sáng phân cực toàn phần có vectơ sáng \vec{E}_2' và cường độ sáng

$$I_2 = (\vec{E}_2')^2 = E_1^2 \cos^2 \alpha = I_1 \cos^2 \alpha$$

⇒ Khi cho một chùm tia sáng tự nhiên truyền qua hai bản tuamalin có quang trục hợp với nhau một góc α thì cường độ sáng nhận được tỉ lệ với $\cos^2 \alpha$

5. Hiện tượng phân cực do phản xạ và khúc xạ.



- Cho một tia sáng tự nhiên chiếu tới mặt phân cách giữa hai môi trường dưới góc tới $i \neq 0$ thì tia phản xạ và khúc xạ đều là ánh sáng phân cực một phần
 - Vectơ E của tia phản xạ có biên độ dao động lớn nhất theo phương vuông góc với mặt phẳng tới
 - Vectơ E của tia khúc xạ có biên độ dao động lớn nhất theo phương nằm trong mặt phẳng tới
- Thay đổi góc tới i thì mức độ phân cực của tia phản xạ và tia khúc xạ cũng thay đổi, tia phản xạ sẽ phân cực toàn phần khi góc tới i thỏa mãn điều kiện

$$\tan i_B = n_{21}$$

- $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ là chiết suất tỉ đối của môi trường hai với môi trường một
- i_B là góc tới Brewster hay góc phân cực toàn phần

6. Hiện tượng phân cực do lưỡng chiết

- Một số tinh thể như băng lan, thạch anh có tính chất đặc biệt: Nếu chiếu một tia sáng tới thì được hai tia (hiện tượng lưỡng chiết)
- Nguyên nhân: Do tính bất đẳng hướng của tinh thể về mặt quang học
- Tia sáng chiếu vào tinh thể bị tách thành hai tia
 - Tia truyền thẳng (tia o) tuân theo khúc xạ ánh sáng, phân cực toàn phần, có vectơ sáng vuông góc với mặt phẳng chính (chứa tia thường và quang trục) của tia đó
 - Tia lệch khỏi phương truyền (Tia bất thường – tia e) không tuân theo định luật khúc xạ ánh sáng, tia này phân cực toàn phần, có vectơ sáng nằm trong mặt phẳng chính (chứa tia thường và quang trục) của tia đó

Chương 6: Thuyết tương đối hẹp Einstein

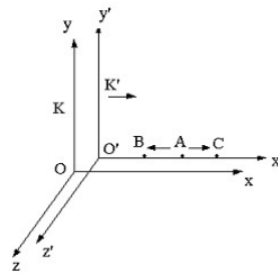
A. Lý thuyết

1. Hai tiên đề Einstein

- Nguyên lý tương đối: Mọi định luật vật lý đều như nhau trong các hệ quy chiếu quán tính
- Nguyên lý về sự bất biến của vận tốc ánh sáng: Vận tốc ánh sáng trong chân không là như nhau với mọi hệ quán tính. Giá trị bằng $c = 3 \cdot 10^8$ m/s và là vận tốc cực đại trong tự nhiên

2. Phép biến đổi Lorentz

- Tìm công thức
 - o Xét hai hệ là K và K'



- o Tại $t = 0$, ta có O và O' trùng nhau. K' chuyển động thẳng đều với K với vận tốc V theo phương x. Theo thuyết tương đối thời gian phụ thuộc vào hệ quy chiếu nên $t \neq t'$
- o Giả sử tọa độ x' là hàm của x và t: $x' = f(x, t)$
- o Phương trình chuyển động của hai gốc tọa độ O và O'
 - Đối với hệ K, gốc O' chuyển động với vận tốc V: $x = Vt \Rightarrow x - Vt = 0$
 - Đối với hệ K' gốc O' đứng yên nên $x' = 0$
 - Như vậy ta có (α là hằng số)
$$x' = \alpha(x - Vt)$$
 - Lập luận tương tự
$$x = \beta(x' - Vt')$$
 - Theo tiên đề thứ nhất Einstein thì mọi hệ quy chiếu đều tương đương nhau, suy ra $\alpha = \beta$
 - Theo tiên đề hai $x = ct \Rightarrow t = \frac{x}{c}$ và $x' = ct' \Rightarrow t' = \frac{x'}{c}$ thay t vào phương trình x ta có $x' = \alpha\left(x - \frac{xV}{c}\right)$ và $x = \alpha\left(x' + \frac{x'V}{c}\right)$
 - Nhân vế với vế của hệ thức trên sau đó rút gọn ta được

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

- Thay α vào các công thức trên ta được các công thức của phép biến đổi Lorentz

- Công thức của phép biến đổi Lorentz

$$\begin{aligned} x' &= \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} ; x = \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \\ t' &= \frac{t - \frac{V}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} ; t = \frac{t' + \frac{V}{c^2}x'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \end{aligned}$$

- Chứng tỏ cơ học Newton là trường hợp giới hạn của thuyết tương đối Einstein
 - Cơ học Newton có $V \ll c$ nên

$$\frac{V^2}{c^2} \rightarrow 0 \Rightarrow \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} \rightarrow 1$$

- Các công thức trở thành

$$\begin{aligned} x' &= x - Vt; y' = y; z' = z; t' = t \\ x &= x' + Vt; y = y'; z = z'; t = t' \end{aligned}$$

- Giải thích sự giãn của thời gian và sự co ngắn của độ dài

- Sự giãn của thời gian

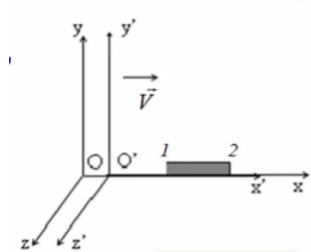
- Xét hệ quy chiếu K, K'. Đồng hồ đứng yên trong hệ K' và hai biến cố xảy ra tại điểm A trong hệ K'
- Ta có

$$t' = \frac{t - \frac{V}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} ; t = \frac{t' + \frac{V}{c^2}x'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} ; x'_1 = x'_2$$

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} < \Delta t$$

⇒ Khoảng $\Delta t'$ của quá trình trong hệ K' chuyển động luôn nhỏ hơn khoảng Δt của quá trình đó xảy ra trong hệ K đứng yên

- Sự co của độ dài



- Một thanh đứng yên trong hệ K' đặt dọc trục x'
- Độ dài trong hệ $K' l_o = x'_2 - x'_1$
- Độ dài thanh trong hệ $K l = x_2 - x_1$
- Ta có

$$x'_2 = \frac{x_2 - Vt_2}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}; x'_1 = \frac{x_1 - Vt_1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}; t_2 = t_1$$

$$x'_2 - x'_1 = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \Rightarrow l = l_o \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$$

⇒ Độ dài dọc theo phương chuyển động của thanh trong hệ quy chiếu mà thanh chuyển động ngắn hơn độ dài của thanh ở trong hệ mà thanh đứng yên

3. Tính tương đối của sự đồng thời giữa các biến cố độc lập không có quan hệ nhân quả và tính tuyệt đối của trật tự thời gian giữa các biến cố có quan hệ nhân quả với nhau

- Sự đồng thời

- Ta có

$$t' = \frac{t - \frac{V}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \Rightarrow t'_2 - t'_1 = \frac{t_2 - t_1 - \frac{V}{c^2}(x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

⇒ Hai sự kiện có thể xảy ra đồng thời trong hệ K nhưng có thể không đồng thời trong K' và thứ tự các biến cố có thể bất kì phụ thuộc vào dấu của $\frac{V}{c^2}(x_2 - x_1)$

⇒ Khái niệm đồng thời có tính tương đối, phụ thuộc hệ quy chiếu

- Quan hệ nhân quả

o Bắn súng

- $A_1(x_1, t_1)$ là biến cố viên đạn
- $A_2(x_2, t_2)$ là biến cố viên đạn trúng đích
- Hệ K: $t_2 > t_1$

o Gọi u là vận tốc viên đạn, giả sử $x_2 > x_1$

$$\begin{aligned} x_2 - x_1 &= u(t_2 - t_1) \\ t_2 - t_1 - \frac{V}{c^2} u(x_2 - x_1) &= (t_2 - t_1) \left[1 - \frac{Vu}{c^2} \right] \\ \Rightarrow t'_2 - t'_1 &= \frac{(t_2 - t_1) \left[1 - \frac{Vu}{c^2} \right]}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} = \frac{(t_2 - t_1) \left[1 - \frac{Vu}{c^2} \right]}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \end{aligned}$$

o $U \ll c$ do đó nếu $t_2 > t_1$ thì $t'_2 > t'_1$

⇒ Trong cả hệ K và K' bao giờ biến cố A_2 cũng xảy ra sau biến cố A_1

4. Động lực học tương đối tính – Hệ thức Einstein

- Hệ thức Einstein về năng lượng

o Hệ thức

$$E = mc^2$$

o Ý nghĩa

- Khối lượng là đại lượng cho mức quán tính của vật
- Năng lượng đặc trưng cho mức độ vận động của vật

- Biểu thức động năng của một vật chuyển động trong cơ học cổ điển

o Năng lượng nghỉ: $E = m_o c^2$

o Lúc chuyển động vật có thêm động năng E_d

o Động năng

$$E_d = mc^2 - m_o c^2 = m_o c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

o Khi một vật chuyển động trong cơ học cổ điển $v \ll c$

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} \Rightarrow E_d = m_o c^2 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} - 1 \right) = \frac{m_o v^2}{2}$$

B. Một số dạng bài tập đặc biệt

1. Năng lượng toàn phần và năng lượng nghỉ

- Năng lượng toàn phần: $E_d = mc^2 - m_o c^2 = m_o c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$

- Năng lượng nghỉ: $E = m_o c^2$

2. Gia tốc hạt e bởi một hiệu điện thế U

- Năng lượng tăng thêm: $W_d = eU$

- Năng lượng sau khi tăng tốc: $mc^2 = m_0c^2 + eU = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Chương 7: Quang học lượng tử

A. Lí thuyết

1. Thuyết lượng tử Planck

- Các nguyên tử và phân tử phát xạ hay hấp thụ năng lượng của bức xạ điện từ một cách gián đoạn, nghĩa là phần năng lượng phát xạ hay hấp thụ luôn là bội số nguyên của một năng lượng nhỏ xác định gọi là lượng tử năng lượng hay quanta năng lượng
- Một lượng tử năng lượng của bức xạ điện từ đơn sắc tần số ν , bước sóng λ là

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$(h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)})$

2. Thuyết photon của Einstein

- Phát biểu
 - o Bức xạ điện từ gồm vô số những hạt rất nhỏ gọi là lượng tử ánh sáng hay photon
 - o Với mỗi bức xạ điện từ đơn sắc nhất định, các photon đều giống nhau và mang một năng lượng xác định bằng $\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$
 - o Trong mọi môi trường (cả trong chân không), các photon được truyền đi cùng vận tốc $c = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)}$
 - o Khi một vật phát xạ hay hấp thụ bức xạ điện từ có nghĩa vật đó phát xạ hay hấp thụ photon
 - o Cường độ của chùm bức xạ tỉ lệ với số photon phát ra từ nguồn trong một đơn vị thời gian
- Giải thích ba định luật quang điện
 - o Phương trình Einstein
 - Khi có chùm ánh sáng thích hợp rơi vào catot, các e tự do trong kim loại hấp thụ photon. Mỗi electron hấp thụ một năng lượng bằng $h\nu$
 - Năng lượng này một phần chuyển thành công thoát A_{th} electron ra khỏi kim loại
 - Một phần chuyển thành động năng ban đầu của quang e
 - Độ năng ban đầu sẽ cực đại đối với các e ở sát mặt ngoài kim loại (Do các e sâu bên trong sẽ bị tiêu hao năng lượng trong quá trình chuyển động từ trong ra mặt ngoài kim loại)
 - Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có phương trình Einstein

$$h\nu = A_{th} + \frac{mv_{o\max}^2}{2}$$

○ Định luật về giới hạn quang điện

- Đối với mỗi kim loại xác định, hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi bước sóng λ (tần số ν) của chùm bức xạ điện từ rơi tới nhỏ hơn (lớn hơn) một giá trị xác định λ_o (ν_o)
- Giải thích theo phương trình Einstein

$$\left\{ \begin{array}{l} h\nu = A_{th} + \frac{mv_{o\max}^2}{2} \\ \frac{mv_{o\max}^2}{2} > 0 \\ A_{th} = h\nu_o \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} h\nu > h\nu_o \\ \frac{hc}{\lambda} > \frac{hc}{\lambda_o} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \nu > \nu_o \\ \lambda < \lambda_o \end{array} \right.$$

⇒ Chùm ánh sáng gây ra hiệu ứng quang điện phải có bước sóng $\lambda < \lambda_o = \frac{hc}{A_{th}}$, λ_o là giới hạn quang điện là chỉ phụ thuộc vào công thoát A_{th} (phụ thuộc vào bản chất kim loại làm catot)

○ Định luật về dòng quang điện bão hoà

- Cường độ dòng quang điện bão hoà tỉ lệ với cường độ của chùm bức xạ rơi tới
- Cường độ dòng quang điện tỉ lệ với số quang electron thoát ra khỏi catot đến anot trong một đơn vị thời gian.
- Dòng quang điện trở nên bão hoà khi số quang electron thoát khỏi catot đến anot trong một đơn vị thời gian là không đổi
- Số quang e thoát ra khỏi catot tỉ lệ với số photon bị hấp thụ
- Số photon bị hấp thụ lại tỉ lệ với cường độ của chùm bức xạ

⇒ Cường độ dòng quang điện bão hoà tỉ lệ thuận với cường độ chùm bức xạ rơi tới

○ Định luật về động năng ban đầu cực đại của quang electron

- Động năng ban đầu cực đại của quang electron không phụ thuộc vào cường độ chùm bức xạ rơi tới mà chỉ phụ thuộc vào tần số của chùm bức xạ đó

$$h\nu = A_{th} + \frac{1}{2}mv_{o\max}^2 = h\nu_o + \frac{1}{2}mv_{o\max}^2$$

$$\frac{1}{2}mv_{o\max}^2 = h(\nu - \nu_o)$$

$$eU_c = h(\nu - \nu_o)$$

⇒ Động năng ban đầu cực đại của quang electron chỉ phụ thuộc vào tần số của chùm bức xạ điện từ, không phụ thuộc vào cường độ của bức xạ

3. Hiệu ứng Compton

- Trình bày

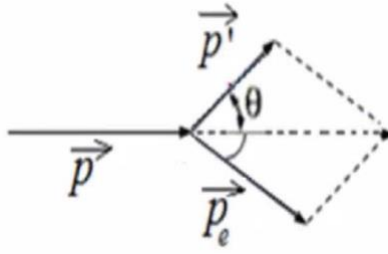
- Cho một chùm tia X bước sóng λ chiếu vào graphit hay paraffin. Khi đi qua các chất này tia X bị tán xạ theo nhiều phương. Trong phổ tán xạ có những vạch λ và $\lambda' > \lambda$
- λ' không phụ thuộc cấu tạo của các chất được tia X rọi đến mà chỉ phụ thuộc vào góc tán xạ
- Độ tăng của bước sóng

$$\Delta \lambda = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$$\lambda_c = 2,426 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

- Giải thích

- Coi hiện tượng tán xạ tia X như một va chạm đàn hồi giữa một photon và một electron trong chất mà tia X chiếu tới
- Trong phổ phát xạ
 - Vạch có bước sóng bằng λ ứng với sự tán xạ của tia X lên các e ở sâu trong nguyên tử, liên kết chặt chẽ với hạt nhân
 - Vạch có bước sóng bằng $\lambda' > \lambda$ ứng với sự tán xạ của tia X lên các e liên kết yếu với hạt nhân (có thể coi như tự do)
 - Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng và động lượng, do tia X năng lượng lớn, sau va chạm vận tốc E rất lớn nên phải áp dụng cơ học tương đối tính.
 - Trước va chạm
 - e⁻ đứng yên
 - Năng lượng: $m_o c^2$
 - Động lượng: 0
 - Photon
 - Năng lượng: $E = h\nu$
 - Động lượng: $p = mc = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$
 - Sau va chạm
 - e⁻
 - Năng lượng: $\frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} c^2$
 - Động lượng: $p'_o = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} v$
 - Photon
 - Năng lượng: $E' = h\nu'$
 - Động lượng: $p' = \frac{h\nu'}{c} = \frac{h}{\lambda'}$



- Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng và động lượng

$$\begin{cases} hv + m_o c^2 = hv' + mc^2 \\ \vec{p} = \vec{p'} + \vec{p_e} \end{cases}$$

$$\Rightarrow m_o c^2 (v - v') = h v v' (1 - \cos \theta) = 2 h v v' \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$$\Rightarrow \lambda' - \lambda = 2 \frac{h}{m_o c} \sin^2 \frac{\theta}{2} = 2 \lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$$\lambda_c = \frac{h}{m_o c} = 2,426.10^{-12} m$$

- Khi photon vào sâu trong nguyên tử và va chạm với các điện tử liên kết mạnh

⇒ Va chạm của photon với nguyên tử

$$\lambda_c = 0 \Rightarrow \Delta \lambda = 0$$

- Chứng minh hiệu ứng Compton là một bằng chứng thực nghiệm xác nhận tính trọn vẹn tính hạt của ánh sáng

- Qua hiệu ứng compton chứng minh được hạt photon có động lượng $p = \frac{h}{\lambda}$

- Động lượng là một đặc trưng của hạt

⇒ Tính chất hạt của ánh sáng đã được xác nhận trọn vẹn khi dựa vào thuyết photon giải thích thành công hiệu ứng compton

B. Một số dạng bài tập đặc biệt

1. Vận tốc cực đại để e bứt ra

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = A + W_{d \max} = A + \frac{1}{2} m_{0e} v_{\max}^2$$

2. Năng suất phát xạ vật đen tuyệt đối thay đổi $\Delta \lambda$

- Định luật Wien: $\lambda = \frac{b}{T}$ ($b = 2,896.10^{-3}$)

3. Hiệu điện thế hãm để không e nào tới được anot

$$\frac{hc}{\lambda} = A + eU_h \Rightarrow U_h = \frac{\left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}{e}$$

4. Công suất phát xạ & năng suất phát xạ vật đen tuyệt đối

- Công suất phát xạ $P = R.S$
- Năng suất phát xạ: $R = \sigma T^4$ ($\sigma = 5,67.10^{-8}$)

5. Hệ số hấp thụ

- Trong một giây, mỗi cm^2 của nó bức xạ một năng lượng W_1 (J)
- Năng lượng bức xạ gửi tới một đơn vị S trong một thời gian t : $w_2 = \sigma T^4 S t$
- Hệ số hấp thụ

$$q = \frac{W_1}{W_2}$$

6. Năng lượng bức xạ gửi tới một đơn vị S trong một thời gian t

$$w = \sigma T^4 S t$$

Chương 8: Cơ học lượng tử

A. Lý thuyết

1. Giả thuyết De Broglie

- Giả thuyết

- Một vi hạt tự do có năng lượng, động lượng xác định với một sóng phẳng đơn sắc sáng định
- Năng lượng của vi hạt liên hệ với bước sóng tương ứng thông qua hệ thức $E = h\nu$ hay $E = \hbar\omega$
- Động lượng của vi hạt liên hệ với bước sóng của sóng tương ứng theo hệ thức $p = \frac{h}{\lambda}$ hay $\vec{p} = \hbar \vec{k}$ ($\hbar = \frac{h}{2\pi}$)
- \vec{k} là vectơ sóng, có phương chiều là phương chiều truyền sóng, độ lớn $|\vec{k}| = \frac{2\pi}{\lambda}$

⇒ Sóng De Broglie là sóng vật chất, sóng của các vi hạt

- Hàm sóng cho vi hạt tự do

$$\psi = \psi_0 e^{-\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p} \cdot \vec{r})} = \psi_0 \exp\left[-\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p} \cdot \vec{r})\right] = \psi_0 \exp[-i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})]$$

○ Trong đó

- $E = \hbar\omega$
- $\vec{p} = \hbar \vec{k}$
- ψ_0 là biên độ được xác định bởi $\psi_0^2 = |\psi|^2 = \psi\psi^*$ trong đó ψ^* là liên hợp phức của ψ

2. Hệ thức bất định Heisenberg cho vị trí và động lượng

- Xét chùm vi hạt qua khe hẹp có độ rộng b

- Sau khi qua khe hạt sẽ bị nhiễu xạ theo nhiều phương khác nhau

- Xét theo phương x, tọa độ x của hạt trong khe sẽ có giá trị từ 0 tới b. Vị trí của hạt trong khe được xác định với độ bất định $\Delta x \approx b$
- Phương động lượng \vec{p} thay đổi. Hình chiếu theo phương x có giá trị thay đổi trong khoảng $0 \leq p_x \leq p \sin \varphi$. Xét trường hợp hạt rơi vào cực đại giữa, độ bất định về hình chiếu động lượng theo phương x $\Delta p_x \approx p \sin \varphi_1$
- φ_1 là góc ứng với cực tiểu thứ nhất. $\sin \varphi_1 = \frac{\lambda}{b}$. Ta có

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \approx b \cdot p \sin \varphi_1 = p\lambda$$

- Theo giả thuyết de Broglie $p = \frac{h}{\lambda}$. Thay vào biểu thức trên ta được hệ thức bất định

Heisenberg. Lý luận tương tự cho phương y và z

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \approx h$$

$$\Delta y \cdot \Delta p_y \approx h$$

$$\Delta z \cdot \Delta p_z \approx h$$

- Hoặc

$$\begin{aligned}\Delta x \cdot \Delta p_x &\geq \hbar \\ \Delta y \cdot \Delta p_y &\geq \hbar \\ \Delta z \cdot \Delta p_z &\geq \hbar\end{aligned}$$

⇒ Ý nghĩa: Vị trí và động lượng của hạt nguyên tử không được xác định chính xác một cách đồng thời. Vị trí càng xác định thì động lượng càng bất định và ngược lại

3. Hệ thức bất định cho năng lượng

$$\begin{aligned}\Delta E \cdot \Delta t &\approx \hbar \\ \Delta E \cdot \Delta t &\geq \hbar\end{aligned}$$

⇒ Ý nghĩa: Nếu năng lượng của hệ ở một trạng thái nào đó càng bất định thì thời gian để hệ tồn tại ở trạng thái đó càng ngắn và ngược lại

4. Khái niệm quỹ đạo của hạt

- Tại sao trong cơ học lượng tử khái niệm quỹ đạo của vi hạt không còn ý nghĩa
 - o Trong nguyên tử electron chuyển động trong phạm vi 10^{-10} m. Độ bất định vận tốc là

$$\Delta v_x = \frac{\Delta p_x}{m_e} \approx \frac{h}{m_e \Delta x} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-10}} = 7 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}$$

- o Δv_x khá lớn nên electron không có vận tốc xác định

⇒ Electron không chuyển động theo một quỹ đạo xác định trong nguyên tử

⇒ Trong thế giới vi mô khái niệm quỹ đạo không có ý nghĩa

- Được thay thế bởi khái niệm
 - o Trong cơ học lượng tử thì toạ độ và động lượng không thể xác định được đồng thời
 - o Có thể đoán vi hạt ở một trạng thái nhất định với xác suất nào đó

⇒ Sử dụng quy luật vận động của vi hạt tuân theo quy luật thống kê.

5. Phương trình Schrodinger

- Hạt tự do

$$\Delta \psi(\vec{r}) + \frac{2m}{\hbar^2} E_d \psi(\vec{r}) = 0$$

- Hạt chuyển động trong trường thế có thế năng U
 - o Năng lượng vi hạt $E = E_d + U \Rightarrow E_d = E - U$
 - o Thay vào biểu thức trên ta được

$$\Delta \psi(\vec{r}) + \frac{2m}{\hbar^2} [E - U(\vec{r})] \psi(\vec{r}) = 0$$

B. Một số dạng bài tập đặc biệt

Chương 9: Vật lý nguyên tử

A. Lý thuyết

1. Các kết luận của cơ học lượng tử trong việc nghiên cứu nguyên tử Hidro

- Năng lượng của electron trong nguyên tử Hidro

- Biểu thức

$$E_n = - \frac{Rh}{n^2}$$

- Chỉ phụ thuộc vào số nguyên n
 - Ứng với mỗi số nguyên n có một mức năng lượng, năng lượng biến thiên gián đoạn (bị lượng tử hoá)
 - E_n luôn âm, khi $n \rightarrow \infty \Rightarrow E \rightarrow 0$ (Năng lượng tăng theo n)
 - E_1 ($n = 1$) gọi là mức năng lượng cơ bản
 - Các mức năng lượng lần lượt tăng theo thứ tự $E_2 < E_3 < E_4$
 - Kí hiệu: E_1 mức K, E_2 mức L, E_3 mức M
- #### - Cấu tạo vạch của quang phổ Hidro và Độ suy biến của mức năng lượng E_n
- Khi không có kích thích từ bên ngoài, e bao giờ cũng ở trạng thái cơ bản
 - Dưới tác dụng của kích thích, e nhận năng lượng cao hơn E_n sau đó chuyển xuống mức năng lượng thấp hơn $E_{n'}$.
 - Trong quá trình chuyển mức từ E_n cao xuống $E_{n'}$ thấp, e bức xạ năng lượng dưới dạng sóng điện từ (phát ra photon năng lượng)

$$h\nu_{nn'} = E_n - E_{n'} = - \frac{Rh}{n^2} + \frac{Rh}{n'^2}$$
$$\nu_{nn'} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

- $n' = 1, n = 2, 3, 4, \dots$ Dãy Lyman (Vùng tử ngoại)
- $n' = 2, n = 3, 4, 5, \dots$ Dãy Balmer (Vùng nhìn thấy)
- $n' = 3, n = 4, 5, 6, \dots$ Dãy Paschen (Vùng hồng ngoại)

2. Nguyên tử Hidro và nguyên tử kim loại kiềm

- Sự khác nhau về mặt cấu tạo

- Ngoài lực tương tác giữa hạt nhân với e_{HT} như nguyên tử H
- Còn có thêm lực tương tác giữa e_{HT} với các E còn lại

- Biểu thức năng lượng electron hoá trị trong nguyên tử kim loại kiềm

$$E_{nl} = - \frac{1}{(n + \Delta_l)^2} \frac{m_e e^4}{2(4\pi\epsilon_0)^2 \hbar^2} = - \frac{Rh}{(n + \Delta_l)^2}$$

- Δ_l là số hiệu chỉnh phụ thuộc vào số lượng tử Orbital l

$\Rightarrow E_{nl}$ của electron hoá trị của kim loại kiềm phụ thuộc vào số lượng tử chính n và số lượng tử Orbital l

3. Hiệu ứng Zeeman

- Trình bày
 - o Là hiện tượng tách vạch quang phổ khi nguyên tử đặt trong từ trường
- Giải thích
 - o e^- có momen từ $\vec{\mu}$, trong từ trường $\vec{\mu} // \vec{B}$
 - o e^- có năng lượng phụ $\Delta E = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$
 - o Chọn phương Z là phương của từ trường \vec{B} : $\Delta E = -\mu_z B = m\mu_B B$
 - o Khi H trong từ trường, năng lượng E' của e^- còn phụ thuộc vào số lượng tử từ m

$$E' = E + m\mu_B B$$

- o Nếu e^- từ $E'_h \rightarrow E'_l$ tần số vạch quang phổ

$$\nu' = \frac{E'_h - E'_l}{h} = \frac{E_h - E_l}{h} + \frac{(m_h - m_l)\mu_B B}{h} = \nu + \frac{(m_h - m_l)\mu_B B}{h}$$

- o Quy tắc lựa chọn $\Delta m = 0, \pm 1$
- o Vậy ta có

$$\nu' = \begin{cases} \nu - \frac{\mu_B B}{h} \\ \nu \\ \nu + \frac{\mu_B B}{h} \end{cases}$$

4. Biểu thức độ lớn mômen spin của electron và hình chiếu của nó trên phương z

- Biểu thức độ lớn Momen spin \vec{S}
- \vec{S} có giá trị gián đoạn

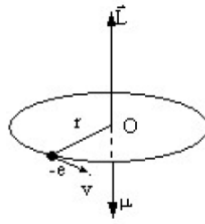
$$S = \sqrt{s(s+1)} \hbar \text{ trong đó } s = \frac{1}{2} \Rightarrow S = \frac{\sqrt{3}}{2} \hbar$$

- Hình chiếu của momen \vec{S} theo phương z bất kì bằng

$$S_z = m_s \hbar = \pm \frac{\hbar}{2}$$

- m_s số lượng tử từ riêng, nó chỉ có hai giá trị là $\pm \frac{1}{2}$

5. Biểu thức độ lớn của mômen từ và biểu diễn hình chiếu của nó qua Manheton Bohr



- Electron quay quanh hạt nhân tạo thành một dòng điện i , có chiều ngược với chiều chuyển động của Electron.
- Dòng điện này có momen từ $\vec{\mu} = i\vec{S}$
- Theo cơ học cổ điển, electron chuyển động trên đường tròn bán kính r với tần số f , ta có cường độ dòng điện $i = ef$
- Độ lớn momen từ bằng

$$\mu = iS = ef\pi r^2$$

- Momen động lượng

$$L = m_e vr = m_e \omega r^2 = m_e 2\pi f r^2$$

- Momen từ tỉ lệ với moment động lượng, vectơ momen động lượng và momen từ cùng phương (vuông góc với mặt phẳng quỹ đạo) nhưng ngược chiều nhau (dùng quy tắc bàn tay phải). Do đó

$$\vec{\mu} = - \frac{e}{2m_e} \vec{L}$$

- Theo cơ học lượng tử, do \vec{L} không có hướng xác định, nên $\vec{\mu}$ cũng không có hướng xác định. Hình chiếu momen từ lên phương z bất kì bằng

$$\mu_z = - \frac{e}{2m_e} L_z$$

- Khi chiếu momen động lượng orbital \vec{L} theo phương Z ta có

$$L_z = m\hbar$$

- Thay vào ta có

$$\mu_z = - \frac{e\hbar}{2m_e} = - m\mu_B$$

- Trong đó

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e} = 10^{-23} \text{ Am}^2 \text{ gọi là Manheton Bohr}$$

- ⇒ Hình chiếu momen từ của electron quay quanh hạt nhân lên một phương z bất kì bao giờ cũng bằng số nguyên lần Manheton Bohr, tức là bị lượng tử hoá

Tài liệu tham khảo

- Tài liệu này được biên soạn dựa trên danh sách các câu hỏi lí thuyết được yêu cầu trả lời cuối mỗi chương
- Tài liệu này có tham khảo từ tập Bài giảng Vật lý 3 & thí nghiệm, Slide bài giảng của cô Nguyễn Thị Thuý Liễu, Đề cương ôn tập lý thuyết Vật lí của anh Đặng Công Danh
- Chúc các bạn lớp E20CQCN01-B hoàn thành tốt buổi thi Vật lí 3 & thí nghiệm
- Trong quá trình tổng hợp, có thể tồn tại những sai sót nhất định, mong các bạn lượng thứ