

CHƯƠNG 1. VẬT LÝ VÀO ĐẦU THẾ KỶ XX

Giảng viên: Nguyễn Đức Cường

Trường Đại học Công nghệ - ĐHQGHN

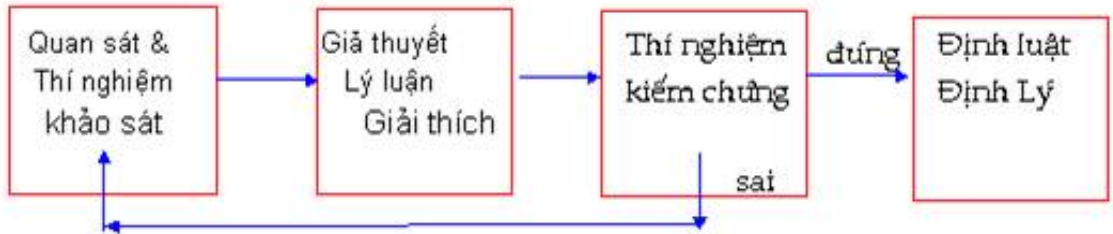
Email: cuonghd93@gmail.com

Ngày 18 tháng 10 năm 2020

- 1 ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VẬT LÝ
- 2 LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỦA VẬT LÝ
- 3 THUYẾT TƯƠNG ĐỐI HẸP VÀ HỆ QUẢ
- 4 KHỐI LƯỢNG, NĂNG LƯỢNG VÀ ĐỘNG LƯỢNG TƯƠNG ĐỐI TÍNH
- 5 BỨC XẠ CỦA VẬT ĐEN TUYỆT ĐỐI, THUYẾT LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG
- 6 GIỚI THIỆU CƠ HỌC LƯỢNG TỬ
- 7 LŨƠNG TÍNH SÓNG HẠT, SÓNG DE BROGLIE
- 8 MỘT SỐ ỨNG DỤNG CỦA VẬT LÝ HIỆN ĐẠI

1.1. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu Vật lý

- Môn khoa học tự nhiên nghiên cứu các dạng vận động tổng quát nhất của thể giới vật chất: những đặc trưng tổng quát, các quy luật tổng quát về cấu tạo và vận động của vật chất.
- Vật lý là nền tảng cơ bản cho tất cả các ngành công nghệ: Công nghiệp máy tính và điện tử, Công nghệ vật liệu và nano, công nghệ truyền thông, máy móc y tế...



1.2. Lịch sử phát triển của Vật lý

1.2.1. Thời kỳ cổ đại

- Vào thế kỷ 4 TCN, Aristotle—một học trò của Plato, đã cố gắng giải thích các hiện tượng chuyển động và hấp dẫn bằng lý thuyết về 4 nguyên tố: đất, nước, không khí, và lửa. Ông tin rằng tất cả mọi vật chất đều được tạo nên từ **aether**, là tổ hợp của 4 nguyên tố nói trên.
- Vào năm 240 TCN, Eratosthenes đã ước lượng được chu vi Trái Đất.
- Aristarchus đã đưa ra lập luận về thuyết Nhật Tâm thay vì thuyết Địa Tâm của Aristotle.
- Seleucus đã chỉ ra rằng Trái Đất tự quay xung quanh mình nó, đồng thời chuyển động trên quỹ đạo xung quanh Mặt Trời.
- Thế kỷ 3 TCN, nhà toán học Hy Lạp Archimedes đặt nền móng cho thủy tĩnh học, tĩnh học, đòn bẩy, nguyên lý Archimedes về vật nổi, phương pháp tính diện tích dưới đường cong parabola bằng phương pháp chia nhỏ, v..v.
- Một số học giả Ấn Độ, Trung Quốc, các nước Hồi giáo cũng đưa ra những lập luận về sự tự quay của Trái Đất, về ứng dụng của nam châm trong la bàn, v..v.

1.2. Lịch sử phát triển của Vật lý

1.2.2. Thời kỳ cận đại, thế kỷ 16–17

- Năm 1543 sau Công nguyên, nhà thiên văn học người Ba Lan Nicolaus Copernicus đã đưa ra những lập luận hết sức chặt chẽ về thuyết Nhật Tâm, dựa trên những quan sát một cách có hệ thống các hiện tượng thiên văn. Dựa trên lý luận của ông, kết hợp với những kết quả quan sát chính xác của Tycho Brahe, Johannes Kepler đã đưa ra các định luật về chuyển động của các hành tinh.
- Galileo Galilei được coi là cha đẻ của quan sát thiên văn hiện đại, vật lý hiện đại, khoa học hiện đại. Các đóng góp của ông bao gồm: thủy tĩnh học, khái niệm về khối tâm, các nghiên cứu về con lắc, nguyên lý tương đối Galilei, các phát hiện trong thiên văn học (về các pha của sao Kim, về các mặt trăng của sao Mộc), các phương pháp thực nghiệm, cải tiến kính thiên văn, và đặc biệt là người ủng hộ mạnh mẽ cho thuyết Nhật Tâm của Copernicus.
- Isaac Newton, với tác phẩm "Các nguyên lý toán học của triết học tự nhiên", đã tạo tiền đề cho Cơ học và Thiên văn học hiện đại. Ông là tác giả của các định luật Newton, định luật vạn vật hấp dẫn, kính thiên văn phản xạ và một số phát kiến về quang học khác (sự tán sắc ánh sáng bằng lăng kính, v..v).



Galileo
Galilei
(1564–1642)



Isaac Newton
(1642–1727)

1.2. Lịch sử phát triển của Vật lý

1.2.3. Thời kỳ cận đại, thế kỷ 18–19

- Dự đoán chu kỳ của sao chổi Halley (1705): Edmond Halley.
- Nghiên cứu hiện tượng dao động cưỡng bức, cộng hưởng bằng cách giải phương trình vi phân thuần nhất (1739): Leonhard Euler.
- Phát hiện ra sao Thiên Vương (1781): William Herschel.
- Đo được hằng số hấp dẫn G và xác định được khối lượng Trái Đất (1798): Henry Cavendish.
- Nhiệt động lực học: Lavoisier, Benjamin Franklin, Benjamin Thompson.
- Pin điện: Alessandro Volta (1800).
- Bản chất sóng của ánh sáng, sự giao thoa ánh sáng: Thomas Young, Augustin-Jean Fresnel (1801).
- Từ trường sinh ra bởi dòng điện: Hans Christian Ørsted (1820).
- Tương tác từ giữa các dòng điện: André-Marie Ampère.
- Động cơ điện (1821), hiện tượng cảm ứng điện từ (1831): Michael Faraday.
- Hiệu ứng Doppler (1843): Christian Doppler.
- Định luật bảo toàn năng lượng (1847): Hermann von Helmholtz.
- Chứng minh sự quay của Trái Đất bằng con lắc kích thước lớn (1851): Léon Foucault.

1.2. Lịch sử phát triển của Vật lý

1.2.3. Thời kỳ cận đại, thế kỷ 18–19

- Các định luật của Nhiệt động lực học: James Prescott Joule (1849), Sadi Carnot (1824), William Thomson (Lord Kelvin) và Rudolf Clausius (1850), Émile Clapeyron, v.v.
- Thuyết 'chết nhiệt vũ trụ' (1854): Hermann von Helmholtz.
- Cơ học thống kê, định luật phân bố theo vận tốc phân tử (1859): James Clerk Maxwell.
- Đo tốc độ ánh sáng trong nước và phát hiện ra rằng nó nhỏ hơn trong không khí, phù hợp với thuyết sóng ánh sáng (1850): Hippolyte Fizeau và Léon Foucault.
- Thuyết động lực học của sóng điện từ, chứng minh ánh sáng có bản chất là sóng điện từ (1873): James Clerk Maxwell.
- Hiệu ứng quang điện (1887), phát hiện ra bức xạ điện từ (1888): Heinrich Hertz.
- Nghiên cứu về thống kê các trạng thái vi mô của hệ và sử dụng thống kê để xác định trạng thái của một hệ vật lý, phát triển ngành cơ học thống kê: Ludwig Boltzmann và Josiah Willard Gibbs.

1.2. Lịch sử phát triển của Vật lý

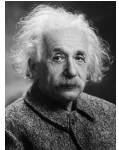
1.2.4. Đầu thế kỷ 20: sự ra đời của Vật lý hiện đại

- Các thí nghiệm về phóng xạ:
 - Phát hiện ra tia X (1895): Wilhelm Röntgen.
 - Phát hiện ra rằng một số loại vật chất phát ra bức xạ theo cách riêng của chúng (1896): Henri Becquerel.
 - Phát hiện ra điện tử (1897): J. J. Thomson.
 - Phát hiện ra một số chất phóng xạ mới, từ đó đánh đổ ý niệm cho rằng nguyên tử không thể chia nhỏ được, và đặt lại câu hỏi về bản chất và cấu trúc của vật chất: Marie and Pierre Curie.
- Thuyết tương đối hẹp (1905) và thuyết tương đối rộng (1916), giải thích hiệu ứng quang điện, thuyết lượng tử ánh sáng, động lực học tương đối tính: Albert Einstein. Hệ thức tương đương giữa khối lượng và năng lượng:

$$E = mc^2$$
- Mô hình nguyên tử của Bohr và Rutherford (1913).



Marie S.
Curie
(1867–1934)



Albert
Einstein
(1879–1955)

1.2. Lịch sử phát triển của Vật lý

1.2.4. Đầu thế kỷ 20: sự ra đời của Vật lý hiện đại

- Vào đầu thế kỷ 20, sự thất bại của lý thuyết sóng khi giải thích bức xạ của vật đen tuyệt đối bằng lý thuyết cổ điển đã thúc đẩy sự ra đời của cơ học lượng tử.
- Cơ học lượng tử (1900), lượng tử năng lượng (1918): Max Planck
- Giải thích hiệu ứng quang điện bằng thuyết lượng tử (1905): Albert Einstein.
- Giải thích sự ổn định của mô hình nguyên tử Rutherford bằng thuyết lượng tử (1913): Niels Bohr .
- Tán xạ Compton giữa điện tử và photon (1923): Arthur Holly Compton.
- Lưỡng tính sóng hạt: Louis de Broglie.
- Heisenberg, Wolfgang Pauli, Paul Dirac, và Erwin Schrödinger tiếp tục phát triển cơ học lượng tử bằng cách đưa vào hàm sóng.
- Nguyên lý bất định (1927): Werner Heisenberg.
- Thống kê theo spin Bose–Einstein (đối với boson như photon) và Fermi–Dirac (đối với fermion như electron, proton, neutron).

1.2. Lịch sử phát triển của Vật lý

1.2.4. Đầu thế kỷ 20: sự ra đời của Vật lý hiện đại



SOLVAY CONFERENCE 1927

coloured by pastelcolour.com

A. PICARD E. HENRIOT P. EHRENFEST Ed. HERSEN Th. DE DONDER E. SCHRÖDINGER E. VERSCHAFFELT W. PAULI W. HEISENBERG R.H. FOWLER L. BRELLOUIN
P. DEBYE M. KNUDSEN W.L. BRAGG H.A. KRAMERS P.A.M. DIRAC A.H. COMPTON L. de BROGLIE M. BORN N. BOHR
J. LANGMUIR M. PLANCK Mme CURIE H.A. LORENTZ A. EINSTEIN P. LANGEVIN Ch.E. GUYE C.T.R. WILSON O.W. RICHARDSON
Absent: Sir W.H. BRAGG, H. DESLANDRES et E. VAN AUBEL

Các nhà 'kiến trúc sư' của Vật lý hiện đại (ảnh chụp năm 1927 tại Fifth International Congress of Physics, Brussels).

1.2. Lịch sử phát triển của Vật lý

1.2.5. Vật lý đương đại và vật lý hạt

- Lý thuyết trường lượng tử.
- Lý thuyết thống nhất trường.
- Mô hình chuẩn.
- Vũ trụ học
- Boson Higgs.

1.2. Lịch sử phát triển của Vật lý

1.2.6. Các lĩnh vực của Vật lý

- Vật lý thiên văn.
- Địa vật lý.
- Vật lý nhiệt độ thấp.
- Vật lý chất rắn.
- Vật lý plasma
- Vật lý điện từ.
- Động lực học chất lỏng
- Vật lý ứng dụng
 - Kỹ thuật điện.
 - Khoa học vật liệu.
 - Vật lý bán dẫn.
 - Hàng không vũ trụ.

1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

1.3.1. Các tiên đề của thuyết tương đối hẹp

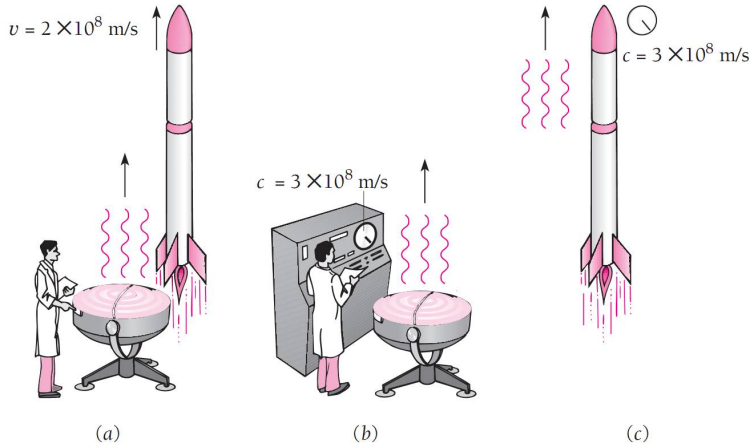
- **Nguyên lý tương đối:** các định luật vật lý xảy ra như nhau trong mọi hệ quy chiếu quán tính.

Tiên đề này xuất phát từ sự không tồn tại một hệ quy chiếu quán tính chung. Nếu các định luật vật lý là khác nhau đối với những người quan sát khác nhau đang chuyển động tương đối so với nhau, thì những người quan sát cần phải thấy sự khác biệt về sự đứng yên hay chuyển động trong không gian. Tuy nhiên không tồn tại sự khác biệt đó, và nguyên lý tương đối nhấn mạnh về điều này.

- **Tốc độ ánh sáng:** Tốc độ ánh sáng trong chân không là như nhau ($c = 299.792.458$ m/s) trong mọi hệ quy chiếu quán tính.

1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

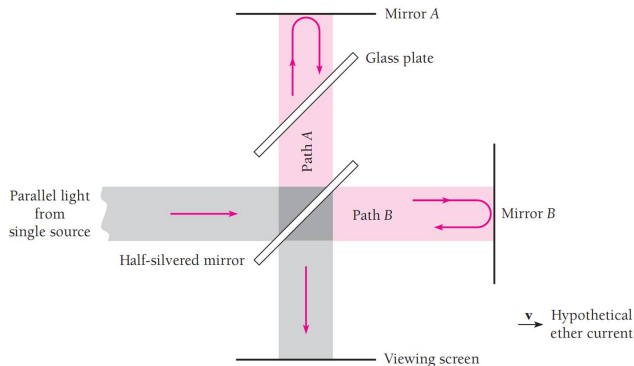
1.3.2. Các tiên đề của thuyết tương đối hẹp



Người quan sát trên mặt đất và trên tàu vũ trụ đều thấy ánh sáng chuyển động với tốc độ như nhau.

1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

1.3.3. Thí nghiệm Michelson-Morley



- Chứng minh sự không tồn tại của ether, tức một môi trường để ánh sáng truyền đi.
- Chứng minh tốc độ ánh sáng là như nhau đối với mọi quan sát viên. Điều này không giống các loại sóng khác (sóng âm, sóng nước).

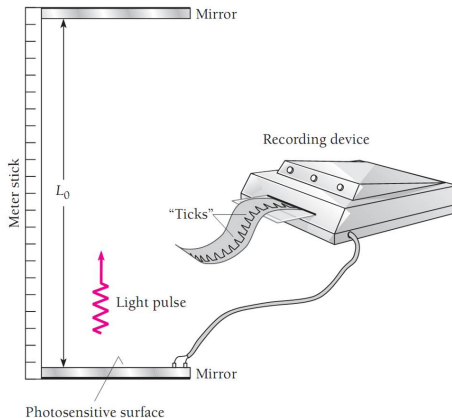
1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

1.3.4. Sự giãn nở của thời gian

- Đồng hồ đang chuyển động thì chạy chậm hơn đồng hồ đứng yên.
 - *Sự đo thời gian bị ảnh hưởng bởi sự chuyển động tương đối giữa người quan sát và vật được quan sát. Đối với người quan sát, tất cả các quá trình (bao gồm cả các hoạt động sống) đều xảy ra chậm hơn nếu quá trình đó nằm trong hệ quy chiếu chuyển động tương đối so với người quan sát.*
 - *Trong một con tàu vũ trụ đang chuyển động, nếu người quan sát trên tàu thấy khoảng thời gian giữa hai sự kiện xảy ra trên tàu là t_0 (gọi là thời gian chuẩn), thì người quan sát dưới mặt đất thấy khoảng thời gian đó là $t > t_0$.*

1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

1.3.4. Sự giãn nở của thời gian



Đồng hồ xung ánh sáng. Mỗi lần 'tick' tương ứng với khoảng thời gian xung ánh sáng thực hiện 1 chu kỳ giữa hai gương.

1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

1.3.4. Sự giãn nở của thời gian

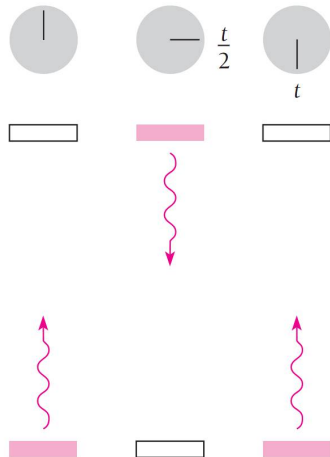
- Khoảng thời gian ánh sáng chuyển động giữa hai gương là $t_0/2$.

$$t_0 = \frac{2L_0}{c}$$

- Nếu đồng hồ chuyển động so với mặt đất sao cho hai gương vuông góc với hướng chuyển động:

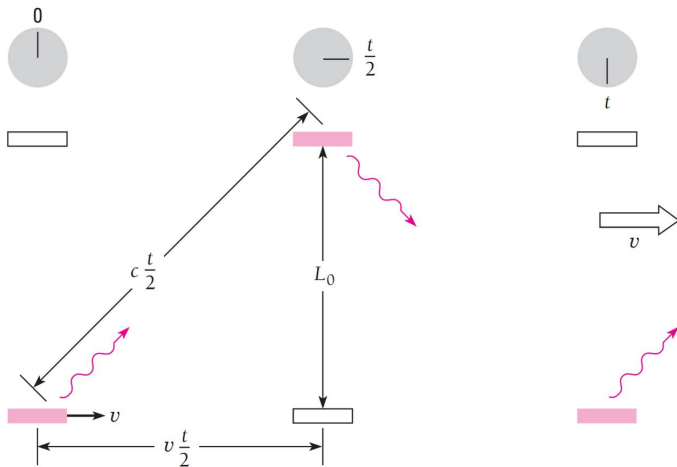
$$\left(\frac{ct}{2}\right)^2 = L_0^2 + \left(\frac{vt}{2}\right)^2$$

$$\rightarrow t = \frac{2L_0/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$



1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

1.3.4. Sự giãn nở của thời gian



1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

1.3.4. Sự giãn nở của thời gian

- Sự giãn nở của thời gian:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \gamma t_0$$

- t_0 : khoảng thời gian trên đồng hồ đứng yên so với người quan sát (thời gian chuẩn).
- t : khoảng thời gian trên đồng hồ chuyển động tương đối so với người quan sát.
- v : tốc độ chuyển động tương đối.
- c : tốc độ ánh sáng.
- Do $v < c$ nên $t > t_0$, tức đối với người quan sát trên mặt đất, đồng hồ chuyển động cùng tàu vũ trụ sẽ chạy (tíc-tắc) chậm hơn so với đồng hồ đứng yên trên mặt đất. Kết quả này cũng đúng đối với người trên tàu vũ trụ khi quan sát đồng hồ trên mặt đất.

1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

Ví dụ 1

Một tàu vũ trụ đang chuyển động tương đối so với Trái Đất. Một quan sát viên trên Trái Đất nhận thấy khoảng thời gian giữa 1 và 2 giờ chiều (theo đồng hồ của anh ta) thì tương ứng với 3601 giây trên đồng hồ nằm trên tàu vũ trụ. Tính tốc độ tương đối của tàu vũ trụ so với Trái Đất.

1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

Ví dụ 1:

Lời giải:

Ở đây $t_0 = 3600$ s là khoảng thời gian chuẩn trên Trái Đất, và $t = 3601$ s là khoảng thời gian trên hệ quy chiếu chuyển động, đo được từ Trái Đất. Khi đó:

$$\begin{aligned} t &= \frac{t_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \rightarrow 1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{t_0}{t}\right)^2 \\ \rightarrow v &= c \sqrt{1 - \left(\frac{t_0}{t}\right)^2} = (299792458 \text{ m/s}) \sqrt{1 - \left(\frac{3600}{3601}\right)^2} \\ &= 7064704 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Hiện nay, tốc độ của tàu vũ trụ còn thấp hơn nhiều so với giá trị này. Ví dụ tàu Apollo 11 bay tới Mặt Trăng với tốc độ chỉ là 10840 m/s, và sự khác biệt giữa đồng hồ trên tàu và đồng hồ trên Trái Đất chỉ là $< 10^{-9}$.

1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

1.3.5. Giới hạn tốc độ của vũ trụ

- Tốc độ của ánh sáng trong chân không ($c = 299.792.458 \text{ m/s}$) là tốc độ lớn nhất trong vũ trụ. Không một vật thể nào có thể chuyển động nhanh hơn tốc độ này.
- Trong môi trường vật chất, ánh sáng chuyển động chậm đi với tốc độ $v = c/n$, với n là chiết suất của môi trường. Khi đó các hạt cơ bản có thể chuyển động nhanh hơn tốc độ ánh sáng **trong môi trường này**.

Bảng: Khoảng cách và thời gian chuyển động của ánh sáng

Khoảng cách	Khoảng cách (km)	$\tau_{\text{ánh sáng}}$
Trái Đất $\leftrightarrow$ Mặt Trăng	$384,4 \times 10^3$	1,282 s
Trái Đất $\leftrightarrow$ Sao Hỏa	$54,6 \times 10^6$	182 s
Trái Đất $\leftrightarrow$ Mặt Trời	$149,6 \times 10^6$	499 s
Trái Đất $\leftrightarrow$ Alpha Centauri	$41,32 \times 10^{12}$	4,22 năm

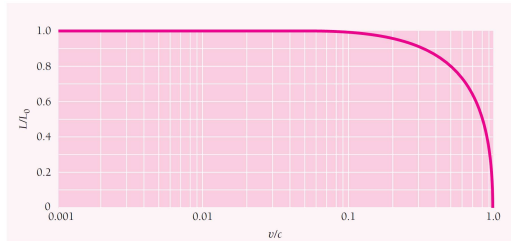
1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

1.3.6. Sự co ngắn chiều dài

- Tương tự như phép đo thời gian, phép đo chiều dài cũng bị ảnh hưởng bởi sự chuyển động tương đối. Gọi L_0 là chiều dài người quan sát đo một vật khi nó đứng yên so với người đó, còn L là chiều dài đo được khi nó chuyển động tương đối so với anh ta. Khi đó:

$$L = L_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{L_0}{\gamma}$$

- Sự co ngắn chiều dài chỉ xảy ra theo chiều chuyển động tương đối.



1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

1.3.6. Sự co ngắn chiều dài

- Xét một hạt muon chuyển động với vận tốc $v = 0,998c$, tức $2,994 \times 10^8$ m/s. Thời gian sống của muon trong HQC gắn với nó là $t_0 = 2,2 \mu\text{s}$. Khoảng cách mà nó có thể di chuyển được là:

$$(2,994 \times 10^8 \text{ m/s})(2,2 \times 10^{-6} \text{ s}) = 0,66 \text{ km}$$

- Đối với người quan sát trên mặt đất, thời gian sống của hạt muon là.

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = 34,8 \mu\text{s}$$

- Đối với người quan sát trên mặt đất, quãng đường mà hạt muon có thể dịch chuyển là:

$$(2,994 \times 10^8 \text{ m/s})(34,8 \times 10^{-6} \text{ s}) = 10,4 \text{ km}$$

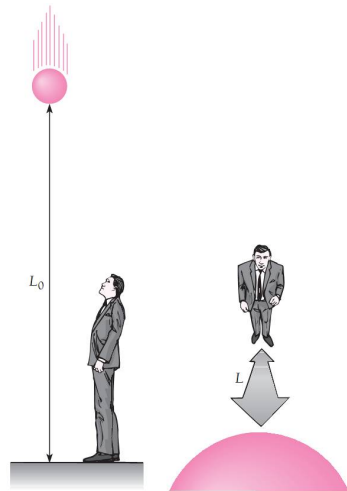
1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

1.3.6. Sự co ngắn chiều dài

- Đối với người quan sát trên mặt đất, hạt muon ở độ cao L_0 , nhưng đối với người chuyển động cùng với hạt muon, mặt đất ở thấp hơn một khoảng $L < L_0$. Nói một cách khác, giả sử hạt muon đứng yên, thì người quan sát trên hạt muon cũng đo được độ cao trên mặt đất của nó là L_0 , nhưng thực tế do nó chuyển động với vận tốc v so với mặt đất nên người quan sát đó chỉ đo được độ cao của nó là:

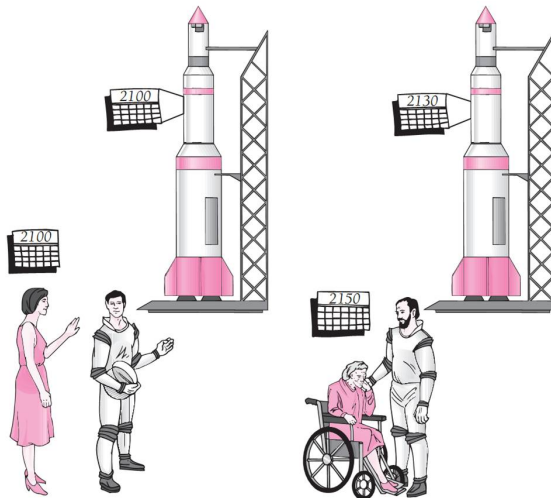
$$L = L_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

- Nếu người quan sát đó dùng quãng đường di chuyển của muon để đo chiều cao của một vật khác trên mặt đất, thì người đó sẽ thấy chiều cao vật đó bị ngắn đi so với khi không chuyển động tương đối so với nó.



1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

1.3.7. Nghịch lý anh em song sinh



1.3. Thuyết tương đối hẹp và hệ quả

1.3.7. Nghịch lý anh em song sinh

- Xét 2 anh em song sinh Dick và Jane. Dick thực hiện một chuyến du hành trên tàu vũ trụ đến 1 hành tinh khác, sau đó quay lại Trái Đất, còn Jane ở lại Trái Đất. Giả sử tốc độ tương đối của tàu vũ trụ đối với Trái Đất luôn là $0,8c$. Khi đó tất cả nhịp sinh học (nhịp tim, nhịp thở, tốc độ suy nghĩ của bộ não, v.v) của Dick so với của Jane là:

$$\sqrt{1 - v^2/c^2} = 60\%$$

- Nếu Dick trở lại Trái Đất sau 30 năm (đối với Dick), thì đối với Jane, đã 50 năm trôi qua. Khi đó Jane sẽ già hơn Dick.
- Nghịch lý:** tại sao đối với Dick, Jane không trẻ hơn mình, nếu coi Jane cũng chuyển động tương đối so với Dick?

Giải thích: do Jane luôn ở trên 1 hệ quy chiếu quán tính (HQC QT) là Trái Đất, còn Dick luôn chuyển từ HQC QT này sang HQC QT khác khi xuất phát, khi quay lại, và khi hạ cánh trên Trái Đất. Sự bất đối xứng đó khiến sự co ngắn thời gian chỉ có thể áp dụng trong cách nhìn nhận của Jane đối với Dick, chứ không phải của Dick đối với Jane.

1.4. Khối lượng, Năng lượng và Động lượng tương đối tính

1.4.1. Động lượng tương đối tính

- Động lượng tương đối tính:

$$\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \gamma m\vec{v}$$

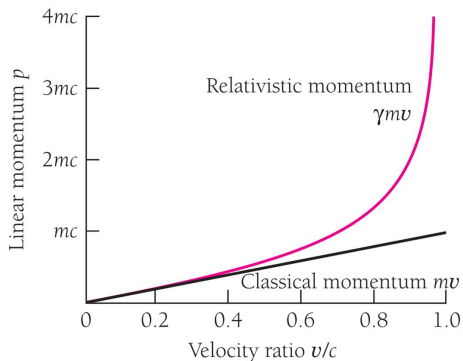
Ở đây m là khối lượng nghỉ của vật, tức khối lượng được đo bởi quan sát viên đứng yên so với vật đó.

1.4. Khối lượng, Năng lượng và Động lượng tương đối tính

1.4.2. Khối lượng tương đối tính

- Định luật II Newton tương đối tính:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(\gamma m \vec{v})$$



1.4. Khối lượng, Năng lượng và Động lượng tương đối tính

1.4.3. Khối lượng và năng lượng

Công thức nổi tiếng $E = mc^2$ đến từ đâu?

- Giả sử không có ma sát, thì công của lực F thực hiện trên quãng đường s biến thành động năng của vật:

$$KE = \int_0^s F \cdot ds$$

- Trong vật lý học phi tương đối tính, động năng là $KE = \frac{1}{2}mv^2$. Trong vật lý học tương đối tính:

$$KE = \int_0^s \frac{d(\gamma m \vec{v})}{dt} ds = \int_0^{mv} \vec{v} \cdot d(\gamma m \vec{v}) = \int_0^v \vec{v} d\left(\frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}\right)$$

1.4. Khối lượng, Năng lượng và Động lượng tương đối tính

1.4.3. Khối lượng và năng lượng

- Bằng phương pháp tích phân từng phần thu được:

$$\begin{aligned} KE &= \frac{mv^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - m \int_0^v \frac{\vec{v} d\vec{v}}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \\ &= \frac{mv^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} + \left[mc^2 \sqrt{1-v^2/c^2} \right]_0^v = \frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - mc^2 \end{aligned}$$

- Động năng:

$$KE = \gamma mc^2 - mc^2 = (\gamma - 1)mc^2$$

- Tổng năng lượng:

$$E = \gamma mc^2 = \frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = mc^2 + KE = E_0 + KE$$

trong đó $E_0 = mc^2$ được gọi là năng lượng nghỉ của vật khối lượng m .

- Khi vật thể chuyển động, thì tổng năng lượng của nó là $E = \gamma mc^2$.

1.4. Khối lượng, Năng lượng và Động lượng tương đối tính

Ví dụ 2

Một vật đang đứng yên nổ ra thành hai mảnh có khối lượng bằng nhau là 1,0 kg và chuyển động ra xa vật ban đầu với tốc độ 0,6c. Tìm khối lượng của vật ban đầu.

1.4. Khối lượng, Năng lượng và Động lượng tương đối tính

Ví dụ 2

Lời giải:

Tổng năng lượng nghỉ của vật ban đầu phải bằng tổng năng lượng của các mảnh vỡ, vì vậy:

$$E_0 = mc^2 = \gamma m_1 c^2 + \gamma m_2 c^2 = \frac{m_1 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} + \frac{m_2 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Từ đó:

$$m = \frac{E_0}{c^2} = \frac{(2)(1,0 \text{ kg})}{\sqrt{1 - (0,60)^2}} = 2,5 \text{ kg}$$

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.1. Tương tác của ánh sáng với vật chất

- Quan sát vật bằng ánh sáng phản chiếu từ vật, màu sắc của vật phụ thuộc vào bước sóng ánh sáng phản chiếu.
- Các mặt có màu tối hấp thụ ánh sáng mạnh hơn các mặt có màu sáng hơn.
- Khi kích thích các nguyên tử, phân tử, chúng chuyển từ trạng thái cơ bản sang trạng thái kích thích. Khi trạng thái kích thích này trở về trạng thái cơ bản, năng lượng thu về thường dưới dạng sóng điện từ (bức xạ điện từ). Nếu năng lượng cung cấp ở dạng nhiệt thì bức xạ điện từ phát ra gọi là *bức xạ nhiệt* và hiện tượng đó gọi là *phát xạ (vì) nhiệt*.
- Tất cả các vật đều phát ra bức xạ điện từ với cường độ phụ thuộc vào nhiệt độ bề mặt, ví dụ: dây tóc bóng đèn sợi đốt, bề mặt Mặt Trời và các sao.

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.2. Đặc điểm của bức xạ nhiệt

- Trạng thái bức xạ (thành phần phổ và cường độ bức xạ) phụ thuộc vào nhiệt độ của vật. Ở nhiệt độ thấp vật chỉ bức xạ hồng ngoại, nhiệt độ càng cao thành phần phổ bức xạ càng lấn về phía bước sóng ngắn.
- Bức xạ nhiệt cân bằng: Phần năng lượng phát ra đúng bằng năng lượng dưới dạng nhiệt mà vật thu vào thông qua hấp thụ bức xạ. Khi đó vật ở *trạng thái cân bằng (động)* ứng với một nhiệt độ xác định.
- Nếu hai vật hấp thụ năng lượng khác nhau thì bức xạ cũng khác nhau (nguyên lý Privot).

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.3. Các đại lượng đặc trưng của bức xạ nhiệt

Năng suất phát xạ toàn phần

- Ta xét một vật đốt nóng được giữ ở nhiệt độ không đổi T . Giả sử phần diện tích dS của vật đó phát ra trong một đơn vị thời gian một năng lượng bức xạ toàn phần là $d\Phi_T$.

- Định nghĩa:

$$R_T = \frac{d\Phi_T}{dS}$$

- *Năng suất bức xạ toàn phần* (độ trung của vật phát xạ), R_T (W/m²) là năng lượng bức xạ do một đơn vị diện tích của vật phát ra trong một đơn vị thời gian ở nhiệt độ T .

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.3. Các đại lượng đặc trưng của bức xạ nhiệt

Năng suất phát xạ đơn sắc

- Bức xạ toàn phần do vật phát ra gồm nhiều tần số (bước sóng) khác nhau với cường độ khác nhau.
- Giả sử dR_T là phần năng lượng bức xạ từ tần số ν đến $(\nu + d\nu)$ do một đơn vị diện tích phát ra trong một đơn vị thời gian.
- Định nghĩa:

$$r(\nu, T) = \frac{dR_T}{d\nu} \rightarrow R_T = \int_0^{\infty} r(\nu, T) \cdot d\nu$$

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.3. Các đại lượng đặc trưng của bức xạ nhiệt

Hệ số hấp thụ

- Giả sử một diện tích nào đó của vật nhận được công suất bức xạ $dW(\nu, T)$ có tần số từ ν đến $(\nu + d\nu)$, vật hấp thụ một phần năng lượng $dW_t(\nu, T)$.
- Định nghĩa hệ số hấp thụ đơn sắc:

$$a(\nu, T) = \frac{dW_t(\nu, T)}{dW(\nu, T)}$$

- Vật có hệ số hấp thụ $a = 1$ được gọi là **vật đen tuyệt đối**.

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.4. Định luật Kirchhoff

- Tỷ số giữa năng suất phát xạ đơn sắc và hệ số hấp thụ đơn sắc của cùng một vật ở nhiệt độ nhất định là một hàm chỉ phụ thuộc tần số ν và nhiệt độ T mà không phụ thuộc bản chất của vật đó.
- Hàm phổ biến:

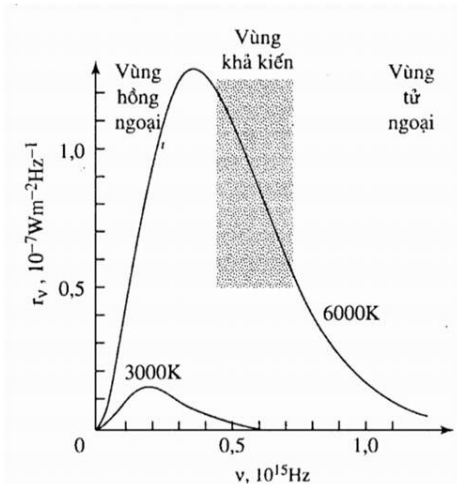
$$f(\nu, T) = \frac{r(\nu, T)}{a(\nu, T)}$$

→ Hàm phổ biến chính là năng suất phát xạ đơn sắc của vật đen tuyệt đối ứng với bức xạ tần số ν ở nhiệt độ T .

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

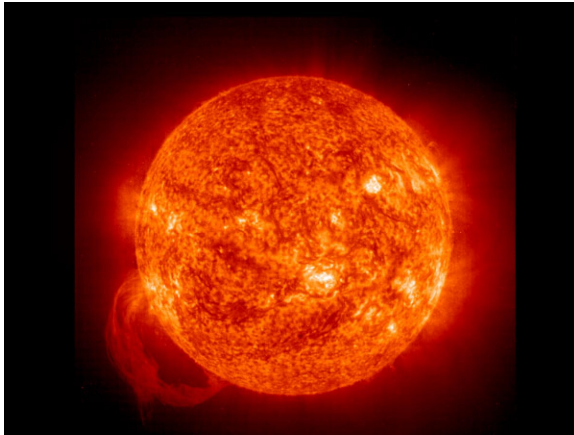
1.5.4. Định luật Kirchhoff

- Năng suất bức xạ đơn sắc có đỉnh cực đại.
- Năng suất bức xạ tăng theo nhiệt độ.
- Tần số đỉnh cực đại tăng khi nhiệt độ tăng (đỉnh dịch về bước sóng ngắn khi nhiệt độ tăng).



1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.4. Định luật Kirchhoff



Nhiệt độ bề mặt Mặt Trời: 5778 K

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.4. Định luật Kirchhoff



Nhiệt độ bề mặt sao Sirius A (sao Thiên Lang, sao sáng nhất trên bầu trời): 9940 K

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.5. Sự thất bại của thuyết sóng

- Trên cơ sở các quan niệm cổ điển khi coi các nguyên tử, phân tử hấp thụ hoặc bức xạ điện từ một cách liên tục, Rayleigh-Jeans đã tìm được hàm phổ biến:

$$f(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} k_B T$$

trong đó $k_B = 1,38 \times 10^{-23}$ (J/K) là hằng số Boltzmann.

- Sự khủng hoảng vùng tử ngoại:

$$R_T = \int_0^\infty f(\nu, T).d\nu = \infty$$

Đây là bế tắc của quan niệm vật lý cổ điển về phát xạ và hấp thụ năng lượng điện từ: khi tần số bức xạ lớn thì $f(\nu, T)$ càng lớn dẫn đến tích phân vô cùng lớn.

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.5. Thuyết lượng tử năng lượng của Planck

- Các nguyên tử, phân tử phát xạ hay hấp thụ năng lượng của bức xạ điện từ một cách gián đoạn.
- 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 quantum năng lượng.
- Đối với bức xạ điện từ tần số ν (bước sóng λ), lượng tử năng lượng bằng:

$$E_{ph} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

→ Hằng số Planck $h = 6,626 \times 10^{-34}$ (J.s).



Max Planck (1858-1947)
Giải Nobel Vật lý năm 1918.

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.6. Công thức Planck về hàm phổ biến

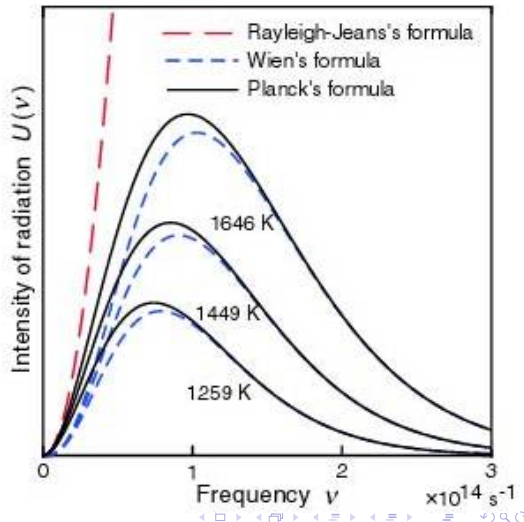
- Xuất phát từ quan điểm lượng tử năng lượng, Planck tìm được biểu thức của hàm phổ biến:

$$f(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1}$$

- Khi T lớn, $h\nu/k_B T \ll 1$, $e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1 \approx \frac{h\nu}{k_B T}$ và:

$$f(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} k_B T$$

→ Biểu thức của Rayleigh-Jeans.



1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.7. Các định luật bức xạ của vật đen tuyệt đối

Định luật Stéfan–Boltzmann

Năng suất phát xạ toàn phần của vật đen tuyệt đối:

$$R_T = \int_0^{\infty} f(\nu, T) \cdot d\nu = \sigma T^4$$

Hằng số Stéfan–Boltzmann: $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ (W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}\text{)}$.

Định luật Wien

Đỉnh cực đại của hàm phổ biến ứng với bước sóng:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}, \text{ Hằng số Wien: } b = 2,898 \times 10^{-3} \text{ (m} \cdot \text{K}\text{)}.$$

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

Ví dụ 3

Một lò luyện kim, có cửa sổ quan sát kích thước 8×12 cm, phát xạ với công suất 9798 W.

a) Tìm nhiệt độ của lò, cho biết hệ số hấp thụ của lò là $a = 0,9$.

b) Xác định bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại của lò. Bước sóng đó thuộc vùng quang phổ nào?

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

Ví dụ 3

Lời giải:

a) Năng suất phát xạ đơn sắc:

$$r(\nu, T) = a(\nu, T).f(\nu, T)$$

Năng suất phát xạ toàn phần

$$R(T) = \int_0^{\infty} a(\nu, T).f(\nu, T).d\nu = a \int_0^{\infty} f(\nu, T).d\nu$$

Sử dụng hàm phổ biến $f(\nu, T)$ của Planck ta tìm được:

$$R(T) = a\sigma T^4$$

Thay $a = 0,9$, $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ (W.m}^{-2}.\text{K}^{-4})$ và $R(T) = W/S = 1020625 \text{ W/m}^2$, ta tìm được $T = 2114,8 \text{ K}$.

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

Ví dụ 3

Lời giải (tiếp):

b) Sử dụng định luật Wien ta tìm được bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T} = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{2114,8} = 1,37 \times 10^{-6} \text{ m.}$$

Bước sóng này nằm trong vùng hồng ngoại.

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.8. Thuyết photon của Einstein

- Bức xạ điện từ được cấu tạo bởi vô số hạt gọi là *lượng tử ánh sáng* hay *photon*.
- Với mỗi bức xạ điện từ đơn sắc nhất định, các photon đều giống nhau và mang năng lượng: $E_{\text{ph}} = h\nu$.
- Các photon truyền đi với tốc độ $c = 299.792.458$ (m/s).
- Khi vật phát xạ hay hấp thụ bức xạ điện từ nghĩa là phát xạ hoặc hấp thụ photon.
- Cường độ của chùm bức xạ tỉ lệ với số photon.

1.5. Bức xạ của vật đen tuyệt đối, thuyết lượng tử ánh sáng

1.5.8. Thuyết photon của Einstein

- Khối lượng của photon:

$$E_{\text{ph}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = mc^2 \rightarrow m = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}$$

- Khối lượng nghỉ của photon:

$$m_0 = m\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 0$$

- Động lượng của photon:

$$p = mc = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

1.6. Giới thiệu Cơ học lượng tử

1.6.1. Cơ học cổ điển là trường hợp gần đúng của Cơ học lượng tử

- Thuyết nguyên tử Bohr quá đơn giản để giải thích vạch phát xạ của nguyên tử: tại sao một số vạch lại rõ nét hơn các vạch khác. Vì vậy, cần đưa ra một cách tiếp cận tổng quát hơn.
- Werner Heisenberg, Max Born, Wolfgang Pauli, Paul Dirac, Erwin Schrödinger và một số nhà khoa học khác đã cùng nhau đưa ra cách tiếp cận bằng hàm sóng, đặt nền móng cho cơ học lượng tử.
- Trong cơ học cổ điển, vị trí trong tương lai của một hạt hoàn toàn được xác định bằng các giá trị ban đầu của vị trí, động lượng, và lực tác dụng lên nó.
- Trong cơ học lượng tử, không thể xác định một cách chính xác vị trí cũng như động lượng của một hạt, mà chỉ có thể xác định được xác suất tồn tại của nó thông qua hàm sóng đặc trưng cho nó. Ví dụ: thuyết Bohr cho rằng bán kính quỹ đạo điện tử ở trạng thái cơ bản trong nguyên tử hydro luôn luôn là $5,3 \times 10^{-11}$ m, tuy nhiên cơ học lượng tử cho rằng đó chỉ là giá trị có xác suất cao nhất.
- Trong cơ học lượng tử, các nguyên tắc vật lý được thống nhất cho cả thế giới vĩ mô và thế giới vi mô. Cơ học lượng tử không thay thế hoàn toàn cơ học cổ điển, mà cơ học cổ điển chỉ là một trường hợp gần đúng của cơ học lượng tử.

1.6. Giới thiệu Cơ học lượng tử

1.6.2. Hàm sóng

- Mỗi một vật được đặc trưng bởi một hàm sóng Ψ . Bản thân Ψ không có ý nghĩa vật lý, nhưng giá trị $|\Psi|^2$ xác định tại một điểm nhất định trong không gian, tại một thời điểm nhất định thì tỉ lệ thuận với xác suất tìm thấy vật đó tại thời điểm đó.
- Hàm sóng thường có dạng số phức:

$$\Psi = A + iB \text{ và đi kèm với liên hợp phức của nó } \Psi^* = A - iB$$

$$\text{Vì vậy: } |\Psi|^2 = \Psi^* \Psi = A^2 + B^2 \text{ luôn là số thực}$$

- Nếu $|\Psi|^2$ được định nghĩa là mật độ xác suất P để tìm thấy một hạt trong không gian, thì nó cần được chuẩn hóa như sau:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\Psi|^2 dV = 1, \text{ vì nếu hạt luôn tồn tại thì } \int_{-\infty}^{\infty} P dV = 1$$

1.6. Giới thiệu Cơ học lượng tử

1.6.2. Hàm sóng

- Hàm sóng phải là hàm đơn giá trị, liên tục tại mọi điểm trong không gian.
- Các đạo hàm riêng bậc nhất của hàm sóng theo các biến không gian $\frac{\partial \Psi}{\partial x}$, $\frac{\partial \Psi}{\partial y}$, và $\frac{\partial \Psi}{\partial z}$ cũng phải là hàm đơn giá trị, liên tục tại mọi điểm trong không gian.
- Ψ cần được chuẩn hóa, nghĩa là tích phân $\int \Psi^2 dV$ trong toàn bộ không gian phải hữu hạn.

1.6. Giới thiệu Cơ học lượng tử

1.6.3. Phương trình sóng

- Phương trình sóng tổng quát:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

- Nghiệm của phương trình sóng:

$$y = Ae^{-i\omega(t-x/v)} \text{ hay } y = A \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) - iA \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

1.6. Giới thiệu Cơ học lượng tử

1.6.4. Phương trình Schrödinger: dạng phụ thuộc thời gian

- Giả sử hàm sóng của một **hạt chuyển động tự do** theo chiều $+x$ là:

$$\Psi = Ae^{-i\omega(t-x/v)}$$

- Thay $\omega = 2\pi\nu$ và $v = \lambda\nu$ (ở đây ω là tần số góc, còn ν là tần số):

$$\Psi = Ae^{-2\pi i(\nu t - x/\lambda)}$$

- Thay $E = h\nu$ và $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{2\pi\hbar}{p}$, với h là hằng số Planck, thu được:

$$\Psi = Ae^{-(\frac{i}{\hbar})(Et - px)}$$

Phương trình này mô tả sự tương đương sóng của một hạt tự do mang tổng năng lượng E và động lượng p chuyển động theo chiều $+x$.

- Lấy đạo hàm riêng bậc 2 của Ψ theo x thu được:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} = -\frac{p^2}{\hbar^2} \Psi$$

1.6. Giới thiệu Cơ học lượng tử

1.6.4. Phương trình Schrödinger: dạng phụ thuộc thời gian

- Lấy đạo hàm riêng bậc 1 của Ψ theo t thu được:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{iE}{\hbar} \Psi$$
$$\text{hay } E\Psi = -\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

- Ở tốc độ thấp so với tốc độ ánh sáng, tổng năng lượng của một hạt bao gồm tổng động năng của nó $p^2/2m$ và thế năng U , trong đó U là một hàm của vị trí x và thời gian t :

$$E = \frac{p^2}{2m} + U(x, t)$$

- Nhân hai vế với Ψ :

$$E\Psi = \frac{p^2}{2m} \Psi + U\Psi$$

1.6. Giới thiệu Cơ học lượng tử

1.6.4. Phương trình Schrödinger: dạng phụ thuộc thời gian

- Phương trình Schrödinger phụ thuộc thời gian trong không gian 1 chiều:

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{m} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + U\Psi$$

- Phương trình Schrödinger phụ thuộc thời gian trong không gian 3 chiều:

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{m} \left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right) + U\Psi$$

trong đó thế năng U là một hàm của x, y, z , và t .

- Khi biết thế năng U , có thể giải được phương trình Schrödinger để tìm hàm sóng Ψ , từ đó xác định được mật độ xác suất tìm hạt $|\Psi|^2$ tại tọa độ trong không-thời gian x, y, z, t .

1.7. Lượng tính sóng hạt. Sóng de Broglie

1.7.1. Lượng tính sóng hạt của ánh sáng

- Ánh sáng vừa có tính sóng ($E = h\nu$), vừa có tính hạt ($E = pc$). Suy ra một photon ánh sáng tần số ν mang động lượng:

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}, \text{ do } \lambda\nu = c$$

Suy ra bước sóng của photon:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

- Động lượng của photon có thể viết lại dưới dạng:

$$p = \frac{2\pi\hbar}{\lambda} = \hbar \frac{2\pi}{\lambda} = \hbar k, \text{ với } k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ là số sóng}$$

1.7. Lưỡng tính sóng hạt. Sóng de Broglie

1.7.2. Sóng de Broglie

- De Broglie cho rằng phương trình trên có thể áp dụng cho mọi hạt vật chất khác ngoài photon. Một vật thể chuyển động cũng thể hiện nó có bản chất sóng. Động lượng của một hạt khối lượng m và vận tốc v là $p = \gamma mv$, và **bước sóng de Broglie** của nó là:

$$\lambda = \frac{h}{\gamma mv}$$

nghĩa là động lượng của hạt càng lớn, thì bước sóng của nó càng ngắn.

- Trong trường hợp của sóng điện từ, bản chất sóng và hạt của vật thể chuyển động không bao giờ có thể quan sát được đồng thời. Chỉ có thể nói trong một số trường hợp một vật thể chuyển động thể hiện giống như sóng, còn trong một số trường hợp khác, nó thể hiện giống như một hạt. Điều cần quan tâm là bước sóng de Broglie có độ lớn như nào so với kích thước của vật thể, và so với kích thước của vật mà nó tương tác với.
- Bản thân de Broglie không cung cấp được bằng chứng thực nghiệm cho giả thuyết của ông, nhưng giả thuyết này được chứng minh bởi mô hình nguyên tử hydro với sự lượng tử hóa năng lượng (năm 1913), và sau đó là hiện tượng nhiễu xạ điện tử trên tinh thể (năm 1927).

1.7. Lưỡng tính sóng hạt. Sóng de Broglie

Ví dụ 1

Tìm bước sóng de Broglie của:

- a) Một quả bóng golf nặng 46 g với vận tốc 30 m/s.
- b) Một điện tử với vận tốc 10^7 m/s.

1.7. Lưỡng tính sóng hạt. Sóng de Broglie

Ví dụ 1

Lời giải: a) Do $v \ll c$ nên có thể coi $\gamma = 1$. Vì vậy:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = 4.8 \times 10^{-34} \text{ m}$$

Bước sóng của quả bóng golf quá nhỏ so với kích thước của nó, vì vậy nó hầu như không thể hiện tính sóng.

b) Đối với điện tử, vẫn có $\gamma \approx 1$, và do $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ nên:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = 7.3 \times 10^{-11} \text{ m}$$

Kích thước của điện tử có thể so sánh được với giá trị này. Ví dụ bán kính nguyên tử hydro là $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$. Vì vậy các đặc trưng sóng của điện tử chuyển động là mấu chốt để hiểu được cấu trúc nguyên tử cũng như các hiện tượng xảy ra ở cấp độ nguyên tử.

1.7. Lưỡng tính sóng hạt. Sóng de Broglie

1.7.3. Sóng của cái gì?

- Trong sóng nước, độ cao của mặt nước biến đổi tuần hoàn. Trong sóng âm, đó là áp suất. Trong sóng ánh sáng, điện từ trường biến đổi. Vậy thì cái gì biến đổi trong trường hợp sóng vật chất?
- Đại lượng mà sự thay đổi của nó tạo nên sóng vật chất được gọi là hàm sóng Ψ . Giá trị của hàm sóng gắn liền với một vật thể chuyển động tại một tọa độ cụ thể x, y, z trong không gian và tại thời điểm t thì có liên quan đến khả năng tìm thấy vật thể đó tại thời điểm đó.
- Hàm sóng bản thân nó không mang ý nghĩa vật lý (không thể biểu diễn bởi một thí nghiệm), mà thay vào đó là $|\Psi|^2$. Cụ thể là:
Xác suất để tìm thấy một vật bằng thực nghiệm được mô tả bởi hàm sóng Ψ tại tọa độ x, y, z tại thời điểm t thì tỉ lệ thuận với giá trị của $|\Psi|^2$ tại thời điểm t .
- Nếu thực nghiệm liên quan đến số lượng vô cùng lớn đối tượng giống nhau được mô tả bởi cùng một hàm sóng Ψ , thì mật độ của đối tượng (số lượng trong một đơn vị thể tích) tại tọa độ x, y, z và tại thời điểm t tỉ lệ thuận với giá trị tương ứng của $|\Psi|^2$.

1.8. Một số ứng dụng của vật lí hiện đại

1.8.1. Ứng dụng trong của vật lí hiện đại trong ngành điện tử-bán dẫn-viễn thông

- Là cơ sở để nghiên cứu và tạo ra các vật liệu bán dẫn thế hệ mới và các linh kiện điện tử.
- Các bộ vi xử lý, các cảm biến (nhiệt độ, ánh sáng, gia tốc, v..v).
- Các thiết bị truyền phát thông tin bằng sóng điện từ, truyền thông sợi quang (sử dụng laser).

1.8. Một số ứng dụng của vật lí hiện đại

1.8.2. Ứng dụng của vật lí hiện đại trong y học

- Chẩn đoán hình ảnh bằng tia X.
- Điều trị bằng phóng xạ.
- Phẫu thuật bằng laser.
- Siêu âm độ phân giải cao.
- Chụp cắt lớp vi tính (CT).
- Chụp cộng hưởng từ (MRI).

The End