

Vật lý đại cương 1

December 2023

Mục lục

1	Vật lý hiện đại	5
1.1	Thuyết tương đối và hệ quả	5
1.1.1	Phép biến đổi Galileo và Lorentz	5
1.1.2	Hệ quả của thuyết tương đối	6
1.2	Lưỡng tính sóng hạt	6
1.3	Vận tốc vũ trụ	7
2	Cơ học	8
2.1	Động học chất điểm	8
2.1.1	Chuyển động thẳng đều	8
2.1.2	Chuyển động thẳng biến đổi đều	8
2.1.3	Chuyển động tròn đều	11
2.2	Động lực học chất điểm	12
2.2.1	3 định luật Newton	12
2.2.2	Lực ma sát	12
2.2.3	Lực trong chuyển động tròn đều	12
2.2.4	Công và năng lượng	13
2.2.5	Va chạm	16
2.3	Dao động và sóng cơ	19
2.3.1	Dao động	19
2.3.2	Sóng	20
3	Nhiệt học	22
3.1	Nhiệt độ	22
3.2	Nguyên lý 1 nhiệt động lực học	23
3.2.1	Khái niệm mở đầu	23
3.2.2	Nguyên lý 1 của nhiệt động lực học	23

3.2.3	Áp dụng nguyên lý 1 cho một số quá trình đặc biệt . . .	24
3.3	Nguyên lý 2 nhiệt động lực học	27
3.4	Chu trình Carnot	29

Danh sách hình vẽ

1.1	Phép biến đổi Galileo	5
2.1	Chuyển động ném ngang	9
2.2	Chuyển động ném xiên	10
2.3	Cơ hệ bài 3	13
2.4	Lò xo bị kéo ra một khoảng Δl	14
2.5	Hình bài 2	16
2.6	Va chạm mềm	18
2.7	Hình minh họa	19
2.8	Sóng dừng với 1 đầu cố định và 1 đầu tự do	21
3.1	Quá trình đẳng nhiệt	25
3.2	Quá trình đẳng áp	25
3.3	Quá trình đoạn nhiệt	27
3.4	Động cơ nhiệt	28
3.5	Máy lạnh	29
3.6	Minh họa chu trình Carnot	30

Mở đầu

Đây là tài liệu ôn thi Vật lý đại cương 1, tất cả những gì viết trong đây đều rất quan trọng cho kì thi cuối kì. Hãy cố gắng đọc hết (hoặc nếu không thì đọc nhiều nhất có thể). Các bài tập trong file này đều không có giải, thế nhưng đều có đáp án và bài nào khó thì sẽ có gợi ý.

Cố gắng động não và tư duy, bài nào khó thì đi hỏi rồi **phải làm thêm đề và các bài tập khác nữa**. Đây chỉ là phần tóm tắt của những bài tập **cơ bản nhất thôi** chứ chưa đủ dùng để đi thi được đâu!

Chúc may mắn.

Link tài liệu tham khảo cần thiết: tài liệu quan trọng

Chương 1

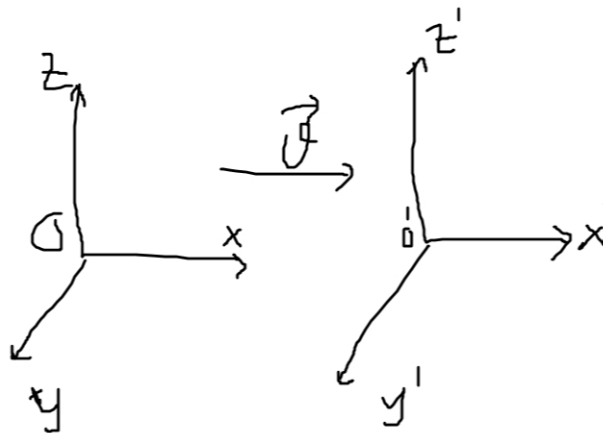
Vật lý hiện đại

1.1 Thuyết tương đối và hệ quả

1.1.1 Phép biến đổi Galileo và Lorentz

Phép biến đổi Galileo được xây dựng từ chuyển động trong hệ quy chiếu quán tính (tức là hệ quy chiếu không có gia tốc). Xét hệ quy chiếu K đứng yên, có hệ tọa độ Oxyz gắn với nó và một hệ quy chiếu K' chuyển động đều với vận tốc v dọc theo trục Ox. Ta thiết lập phép biến đổi Galileo từ hệ quy chiếu K sang K'

$$\begin{cases} x' = x - vt \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$



Hình 1.1: Phép biến đổi Galileo

Để nhận thấy rằng trong phạm vi của cơ học cổ điển thì thời gian có tính tuyệt đối, không gian có tính tương đối và khối lượng của vật là bất biến. Thế nhưng, khi vật di chuyển với gần vận tốc ánh sáng, khối lượng của vật không còn bất biến nữa thì phép biến đổi Galileo không còn chính xác. Khi đó ta có phép biến đổi Lorentz như sau:

$$\begin{cases} x' = \frac{x-vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \frac{t-\frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \end{cases}$$

Đây là phép biến đổi Lorentz từ hệ quy chiếu K sang K'.

1.1.2 Hệ quả của thuyết tương đối

Ngoài ra, khi vật chuyển động với gần vận tốc ánh sáng, ta cũng cần lưu ý thêm một số công thức sau:

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

$$l' = l\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$t' = t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

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

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

1.2 Lượng tính sóng hạt

Một photon có vận tốc gần với tốc độ ánh sáng sẽ vừa có tính sóng và vừa có tính hạt, ta có biến đổi sau:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = pc \Rightarrow \lambda = \frac{h}{p}$$

De Broglie cho rằng phương trình trên cũng có thể áp dụng được với các loại hạt khác ngoài photon, và bước sóng De Broglie của một hạt bất kì là:

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

Đây là phần câu hỏi đã được hỏi rất nhiều trong các đề thi gần đây nên hãy đọc thêm các tài liệu khác nữa để học.

1.3 Vận tốc vũ trụ

1. Vận tốc vũ trụ cấp 1: Là vận tốc tối thiểu truyền vào cho vật để nó trở thành vệ tinh của trái đất.

$$G\frac{Mm}{R^2} = \frac{mv_1^2}{R} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

2. Vận tốc vũ trụ cấp 2: Là vận tốc tối thiểu truyền vào cho vật để nó trở thành hành tinh trong hệ mặt trời.

$$G\frac{Mm}{R} = \frac{mv_2^2}{2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

3. Vận tốc vũ trụ cấp 3: Là vận tốc tối thiểu truyền vào cho vật để nó rời khỏi hệ mặt trời

$$v_3 = \sqrt{30Rg} - 29.5$$

Phần này cũng ra rất nhiều nên hãy học kĩ.

Chương 2

Cơ học

2.1 Động học chất điểm

2.1.1 Chuyển động thẳng đều

$$s = vt$$
$$x = x_0 + vt$$

2.1.2 Chuyển động thẳng biến đổi đều

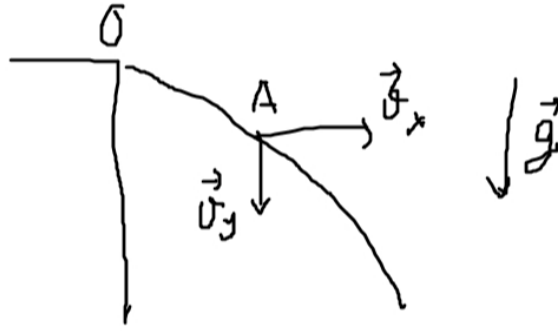
Công thức

Dưới đây là các công thức đều đã được học ở THPT, tất cả các công thức này đều cần thuộc kĩ:

$$v = v_0 + at$$
$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$$
$$v^2 - v_0^2 = 2as$$
$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

Bài toán ném xiên và ném ngang

1. Cho một vật bị ném ngang tại gốc tọa độ O ở độ cao h so với mặt đất với vận tốc ban đầu v_0 , hãy khảo sát chuyển động của vật.



Hình 2.1: Chuyển động ném ngang

Chọn hệ trục tọa độ Oxy với trục Ox hướng sang phải và trục Oy hướng cùng chiều với chiều của gia tốc trọng trường. Do chuyển động theo phương Ox là chuyển động thẳng đều, còn chuyển động theo phương Oy là chuyển động thẳng biến đổi đều, ta suy ra:

$$\begin{cases} v_x = v_O \\ v_y = gt \end{cases}$$

Ta tiếp tục suy ra được công thức xác định tọa độ vật đi được theo 2 phương:

$$\begin{cases} x = v_O t \\ y = \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

Ta suy ra được phương trình chuyển động của vật:

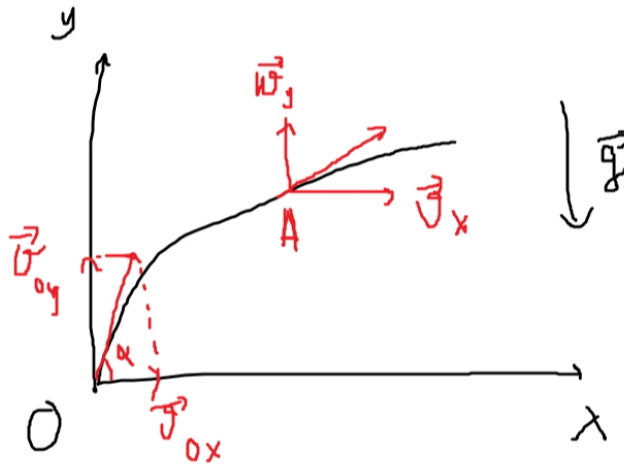
$$y = \frac{gx^2}{2v_O^2} \quad (2.1)$$

Ta xác định được tầm ném xa L của vật khi ném ở độ cao h là:

$$L = v_O \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (2.2)$$

Thời gian T tính từ lúc ném cho đến khi vật chạm đất là:

$$T = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (2.3)$$



Hình 2.2: Chuyển động ném xiên

2. Cho một vật bị ném xiên với góc ném α tại gốc tọa độ O trên mặt đất với vận tốc đầu v_O , khảo sát chuyển động của vật.

Lưu ý khi vẽ hình: Vector vận tốc \vec{v} tại một điểm bất kì luôn trùng phương với phương của tiếp tuyến tại điểm đó

Chọn chiều dương với chiều của trục Ox hướng từ trái sang phải và chiều của trục Oy ngược với chiều của gia tốc trọng trường

Xét vật tại gốc tọa độ O , ta thấy:

$$\begin{cases} v_{Ox} = v_O \cos \alpha \\ v_{Oy} = v_O \sin \alpha \end{cases}$$

Tại một điểm A bất kì trên phương chuyển động, ta nhận thấy chuyển động theo phương Ox là chuyển động thẳng đều còn chuyển động theo phương Oy là chuyển động thẳng biến đổi đều với gia tốc g . Ta dễ dàng suy ra được:

$$\begin{cases} v_{Ax} = v_O \cos \alpha \\ v_{Ay} = v_O \sin \alpha - gt \end{cases}$$

Ta suy ra tọa độ của điểm A :

$$\begin{cases} x = v_O \cos \alpha t \\ y = v_O \sin \alpha t - \frac{g}{2}t^2 \end{cases}$$

Ta thế biến t của 2 phương trình trên với nhau và tìm ra được phương trình

chuyển động của vật:

$$y = x \tan \alpha - \frac{g}{2v_O^2 \cos^2 \alpha} x^2 \quad (2.4)$$

Tiếp theo ta sẽ xác định tầm xa cực đại L_{max} và độ cao cực đại H_{max} của vật. Khi vật chạm đất, ta thấy:

$$\begin{aligned} y &= 0 \\ \Rightarrow x \tan \alpha - \frac{g}{2v_O^2 \cos^2 \alpha} x^2 &= 0 \\ \Rightarrow L &= \frac{v_O^2}{g} \sin 2\alpha \end{aligned}$$

Để L max thì $\sin 2\alpha = 1$, tương đương với $\alpha = \frac{\pi}{4}$

Tại điểm vật đạt độ cao cực đại H_{max} thì $v_y = 0$, ta suy ra được:

$$\begin{aligned} t &= \frac{v_O \sin \alpha}{g} \\ \Rightarrow H_{max} &= \frac{v_O^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} \leq \frac{v_O^2}{2g} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Bài tập:

1. Xây dựng lại công thức ném xiên và ném ngang.
2. Hai vật được ném đi từ cùng 1 điểm, vật thứ nhất được ném lên thẳng đứng với vận tốc $v_0 = 25m/s$, vật thứ 2 được ném từ cùng một địa điểm với cùng vận tốc đầu theo phương ngang với góc 60 độ. Xác định khoảng cách giữa hai vật sau khoảng thời gian 1.7s. (Đáp án: 22m)

2.1.3 Chuyển động tròn đều

Chuyển động tròn đều là một trường hợp tương đối "đặc biệt" vì mặc dù độ lớn của vận tốc không đổi nhưng hướng của nó luôn thay đổi, vì thế nên chuyển động tròn đều tồn tại gia tốc hướng tâm có độ lớn:

$$a = \frac{v^2}{r}$$

2.2 Động lực học chất điểm

2.2.1 3 định luật Newton

1. Một vật đứng yên hay chuyển động thẳng đều nếu vật đó không bị lực nào tác dụng.
2. Tổng vector các lực tác dụng lên chất điểm bằng khối lượng của chất điểm nhân gia tốc mà nó nhận được dưới tác dụng của các lực đó.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

3. Phản lực luôn luôn bằng và ngược hướng với lực tác dụng

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

2.2.2 Lực ma sát

Lực ma sát là lực rất **thường xuyên xuất hiện trong các bài tập** nếu đề bài không cho bỏ qua ma sát:

$$F_{ms} = N\mu$$

Lực ma sát có chiều ngược với chiều chuyển động của vật.

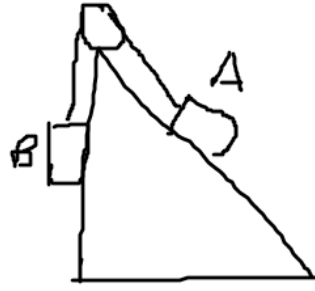
2.2.3 Lực trong chuyển động tròn đều

Để giữ cho một vật chuyển động tròn đều thì cần có lực hướng tâm, độ lớn lực hướng tâm được xác định theo định luật II Newton như sau:

$$F_{ht} = ma_{ht} = \frac{mv^2}{r} \quad (2.6)$$

Bài tập:

1. Một người có khối lượng $m_1 = 60kg$ đứng trong thang máy $m_2 = 300kg$. Thang máy chuyển động lên trên với gia tốc $a = 0.8m/s^2$. Tính lực căng



Hình 2.3: Cơ hệ bài 3

của dây cáp treo thang máy, lực người đó nén lên sàn trong hai trường hợp

- Nhanh dần đều (Đáp án: 3816; 636)
 - Chậm dần đều (Đáp án: 3240; 540)
2. Một vật có khối lượng 1kg được buộc vào đầu dây có chiều dài $l=30\text{cm}$, một đầu của dây được giữ cố định vào gốc O. Cho vật chuyển động tròn đều trong mặt phẳng ngang, còn sợi dây hợp với phương thẳng đứng góc 60 độ. Tính vận tốc của vật và sức căng của sợi dây (Đáp án: $v = 2.1\text{m/s}$, $T = 19.6\text{N}$)
3. Một vật A có khối lượng $m_1 = 3\text{kg}$ nằm trên mặt phẳng nghiêng góc 30 độ so với phương nằm ngang. Vật A được nối với vật B có khối lượng $m_2 = 2\text{kg}$ bằng một sợi dây không co giãn qua một ròng rọc cố định. Hãy xác định gia tốc chuyển động của các vật và lực căng của dây, biết hệ số ma sát giữa vật A và mặt phẳng nghiêng là $\mu = 0.1$. (Đáp án: $a = 0.47\text{m/s}^2$, $T = 18.7\text{N}$)

Gợi ý: Vẽ hình, phân tích các lực tác dụng lên vật và dùng phương trình $F = ma$
 Đối với bài 3, đầu tiên vẽ hình ra và phân tích lực của 2 vật A và B, sau đó so sánh độ lớn giữa hai lực F_{ms} của vật A và P_B để tìm ra chiều chuyển động của cơ hệ.

2.2.4 Công và năng lượng

Công

Ta có 2 công thức tính công trong các trường hợp:

- $A = F.s.\cos\phi$ trong trường hợp F không đổi



Hình 2.4: Lò xo bị kéo ra một khoảng Δl

•

$$A = \int_{x_1}^{x_2} F(x) dx$$

trong trường hợp F thay đổi và $F(x)$ là một hàm theo x , tức là độ lớn lực F là một hàm theo ly độ x . Hãy nhớ công thức này vì nó **rất quan trọng về sau**

Động năng và định lý biến thiên động năng

Động năng là đại lượng đặc trưng cho năng lượng của vật gắn liền với chuyển động của nó. Ta có:

$$W_d = \frac{mv^2}{2}$$

Ta có biến đổi sau:

$$A = \int_{x_1}^{x_2} F(x) dx = \int_{x_1}^{x_2} m \cdot a dx = \int_{t_1}^{t_2} m a v dt = \int_{v_1}^{v_2} m v dv = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \Delta W_d$$

Vậy biến thiên động năng của chất điểm ở trạng thái cuối và đầu bằng công A của các lực tác dụng lên vật đó.

Thế năng

Thế năng là đại lượng đặc trưng cho năng lượng của vật gắn liền với vị trí của nó. Ta xét hai loại thế năng đơn giản nhất là thế năng đàn hồi và thế năng trọng trường.

1. Thế năng đàn hồi: Ta xét một lò xo gắn cố định 1 đầu trên mặt phẳng ngang, theo định luật Hooke, ta xác định được lực kéo về F như sau: $F(x) = -kx$

Ta có thể tính được công của lò xo thực hiện được khi kéo vật từ điểm O (lò xo

ở chiều dài tự nhiên) đến A (lò xo bị kéo) là:

$$A = \int_0^x F(x)dx = -\frac{1}{2}kx^2$$

Công mà lực kéo thực hiện được ngược dấu với công của lò xo thực hiện được để kéo vật trở về vị trí cân bằng

$$A' = \frac{1}{2}kx^2$$

Ta đặt

$$A' = W_t$$

và gọi W_t là thế năng đàn hồi (tức là năng lượng mà lò xo tích trữ được) tại điểm A.

2. Thế năng trọng trường: Ta xét một vật có khối lượng m nằm cách đất một độ cao h xác định: Tại điểm A đó, vật chịu tác dụng của trọng lực:

$$P = mg$$

Khi vật rơi từ điểm A xuống đất, ta tính công của vật:

$$A = \int_0^h Pdx = mgh$$

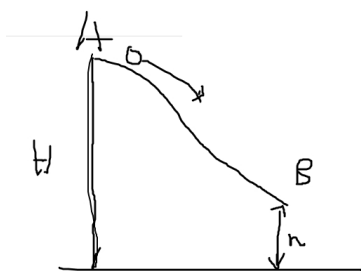
Khi vật chạm đất, nó đã thực hiện công A, ta gọi W_t là thế năng trọng trường của vật tại điểm A vì tại điểm đó vật lưu trữ một lượng năng lượng $W_t = mgh$

Công suất

Công suất là một đại lượng đặc trưng cho khả năng sinh công nhanh hay chậm:

$$P = \frac{A}{t}$$

với thứ nguyên của P là W , $1W = 1J/s$



Hình 2.5: Hình bài 2

Định luật bảo toàn cơ năng

Cơ năng được định nghĩa là tổng động năng và thế năng của một vật, hay tức là năng lượng của vật tại một thời điểm xác định nào đó. Cơ năng của vật trong một hệ kín là đại lượng bảo toàn:

$$const = W_c = W_t + W_d$$

Bài tập:

1. Một vật khối lượng m được ném dọc lên một mặt phẳng nghiêng góc α so với góc nằm ngang, cho biết vận tốc đầu là v_0 , hệ số ma sát μ , tính quãng đường đi được của vật cho đến khi dừng lại và công của lực ma sát trên quãng đường đó.
2. Một vòng đệm nhỏ trượt từ một bờ dốc đứng có độ cao H đến mép dốc có độ cao h như hình vẽ rồi rơi xuống mặt đất. Hỏi độ cao h của bờ dốc phải cao bao nhiêu để vật đạt được khoảng cách S_{max} khi chạm đất?

Gợi ý: Tại điểm B vật bị ném ngang

Đáp án: $h = \frac{H}{2}$

2.2.5 Va chạm

Trong phần này chúng ta sẽ khảo sát các bài toán liên quan đến va chạm đàn hồi và va chạm mềm

Động lượng

Động lượng của hạt được định nghĩa như sau:

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

Xét phương trình định luật II Newton, ta có:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

Dễ thấy khi hệ hạt không có ngoại lực tác dụng thì $\vec{P} = \text{const}$, ta có định luật bảo toàn động lượng như sau: "Động lượng toàn phần của một hệ cô lập được bảo toàn". Chúng ta sẽ áp dụng định luật này để khảo sát hai bài toán va chạm thường gặp: va chạm đàn hồi và va chạm mềm

Va chạm đàn hồi

Va chạm đàn hồi là va chạm mà động năng của hệ trước và sau hệ được bảo toàn. Ở đây ta xét trường hợp hai quả cầu va chạm đàn hồi với nhau, quả cầu 1 di chuyển với vận tốc v_0 còn quả cầu 2 đứng yên.

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng và động năng cho hệ vật, ta có:

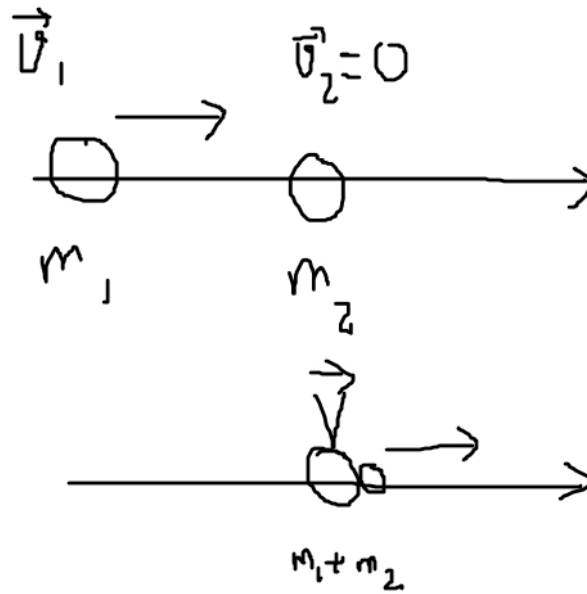
$$\begin{cases} m_1v_0 = m_1v_1 + m_2v_2 \\ m_1v_0^2 = m_1v_1^2 + m_2v_2^2 \end{cases}$$

Rút thế ta thu được:

$$\begin{cases} v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v_0 \\ v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}v_0 \end{cases}$$

Va chạm không đàn hồi

Va chạm không đàn hồi là va chạm mà động năng của hệ trước và sau không được bảo toàn do có sự hao hụt năng lượng, ví dụ như khi ta thả một quả bóng xuống sàn, do có sự thất thoát năng lượng khi quả bóng va chạm vào mặt sàn nên nó không thể nảy cao lên độ cao ban đầu nữa. Ở đây chúng ta xét một trường hợp riêng của va chạm không đàn hồi, đó là va chạm mềm. Va chạm mềm giữa hai quả cầu 1 và 2 được biểu diễn như hình vẽ, sau khi va chạm 2



Hình 2.6: Va chạm mềm

quả cầu 1 và 2 dính vào nhau và chuyển động cùng một vận tốc V . Áp dụng định luật bảo toàn động lượng cho hệ vật, ta có

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) V$$

$$\Rightarrow V = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

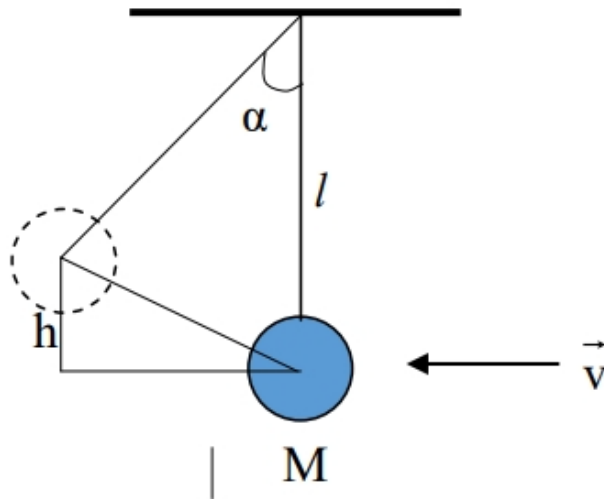
Ta tính được động năng của hệ vật trước và sau va chạm:

$$\begin{cases} W_{d1} = \frac{m_1 v_1^2}{2} \\ W_{d2} = \frac{m_1 + m_2}{2} V^2 = \frac{m_1^2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)} \end{cases}$$

Phần động năng bị tiêu hao thành các dạng năng lượng khác (tỏa nhiệt hay năng lượng để liên kết 2 vật 1 và 2) là:

$$\Delta W_d = W_{d2} - W_{d1} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

Bài tập: Một viên đạn khối lượng m bay theo phương nằm ngang và đâm vào vật có khối lượng M được treo bởi 1 sợi dây có độ dài l như hình vẽ. Người ta thấy sợi dây bị lệch một góc α so với phương thẳng đứng. Hãy xác định vận tốc viên đạn trước khi đâm vào vật M và phần trăm động năng ban đầu của



Hình 2.7: Hình minh họa

viên đạn chuyển thành nhiệt năng. (Giả sử toàn bộ động năng sinh ra chỉ biến thành nhiệt năng)

Gợi ý: va chạm giữa viên đạn và vật M là va chạm mềm.

2.3 Dao động và sóng cơ

2.3.1 Dao động

Các công thức cơ bản cần nhớ:

$$x = A \cos(\omega t + \phi)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$v = x' = -A\omega \sin(\omega t + \phi)$$

$$a = v' = -A\omega^2 \cos(\omega t + \phi) = -\omega^2 x$$

Con lắc lò xo

Với con lắc lò xo thì:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Năng lượng của con lắc lò xo:

$$\begin{aligned}W_d &= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \phi) \\W_t &= \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \phi) \\W_c &= \frac{1}{2}m\omega^2 A^2\end{aligned}$$

Con lắc đơn

Với con lắc đơn thì:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Ta cũng có thể thiết lập các công thức tương tự.

2.3.2 Sóng

Sóng ngang và sóng dọc

- Sóng ngang là sóng có phương truyền sóng vuông góc với phương dao động của các phần tử trong môi trường
- Sóng dọc là sóng có phương truyền sóng trùng với phương dao động của các phần tử trong môi trường

$$\lambda = vT = \frac{v}{f}$$

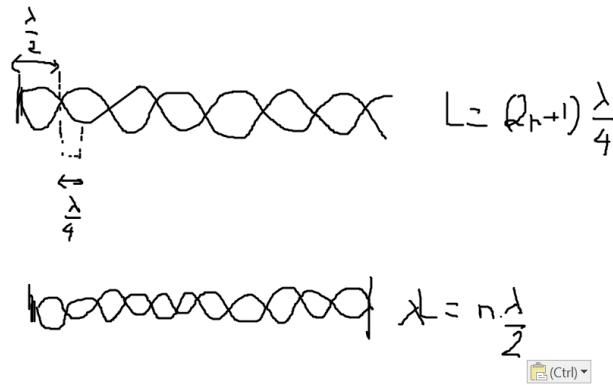
Phương trình sóng tại điểm M cách gốc O một khoảng d là

$$u_M = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda}\right)$$

Phương trình giao thoa sóng tại điểm M cách nguồn A một khoảng d_1 và cách nguồn B một khoảng d_2 là:

$$u_M = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) + a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right)$$

Tự biến đổi phương trình ở trên và suy ra các trường hợp đặc biệt.



Hình 2.8: Sóng dừng với 1 đầu cố định và 1 đầu tự do

Sóng âm

Đây là hai công thức cần nhớ, sóng âm đã thi vào đề thi chính thức 1 lần.

$$L = \log \frac{I}{I_0}$$

với $I_0 = 10^{-12} \text{W/m}^2$ là cường độ âm chuẩn

$$P = \frac{I}{4\pi R^2}$$

Bài tập: Một nguồn điểm phát ra sóng âm ở mọi hướng trong không gian với công suất trung bình 100W. Hãy xác định:

1. Cường độ âm tại khoảng cách 5m tính từ nguồn
2. Mức cường độ âm tại điểm đó

Chương 3

Nhiệt học

3.1 Nhiệt độ

Công thức cần nhớ:

$$T = 273 + t$$

(công thức chuyển từ độ C sang K)

$$\Delta l = l_0(1 + \alpha \Delta t)$$

$$\Delta V = V_0(1 + \beta \Delta t)$$

(nếu vật rắn đồng chất và đẳng hướng thì $\beta = 3\alpha$)

Bài tập: Một thanh thủy tinh dài 30cm và có đường kính 1.5cm. Giả sử hệ số $\alpha = 9.10^{-6}$, nếu nung nóng thanh thủy tinh lên 65 độ. Hãy xác định:

1. Chiều dài của thanh
2. Thể tích của thanh

3.2 Nguyên lý 1 nhiệt động lực học

3.2.1 Khái niệm mở đầu

1. Hệ nhiệt động: là khoảng không gian chứa đầy các vật chất, có thể hình dung như một bình kín rỗng.
2. Nội năng (U): là tổng năng lượng của các phần tử trong hệ, có thể hình dung như tổng động năng của các phân tử khí trong một bình kín rỗng. Nội năng **không phải là năng lượng tương tác giữa hệ kín và môi trường**.
3. Nhiệt lượng (Q): là năng lượng trao đổi giữa hệ nhiệt động và môi trường khi có sự chênh lệch nhiệt độ, có thể hình dung như một bình kính rỗng bị đun nóng lên thì môi trường đang cung cấp nhiệt lượng Q cho bình.
4. Công (A): là năng lượng trao đổi giữa hệ nhiệt động và môi trường khi chúng tương tác với nhau.

Ta quy ước dấu của các đại lượng Q và A như sau:

1. $Q > 0$ thì hệ nhận nhiệt lượng từ môi trường.
2. $Q < 0$ thì hệ tỏa nhiệt lượng ra môi trường.
3. $A > 0$ thì hệ sinh công ra môi trường.
4. $A < 0$ thì hệ nhận công từ môi trường.

3.2.2 Nguyên lý 1 của nhiệt động lực học

$$\Delta U = Q - A \quad (3.1)$$

Để dễ hiểu phương trình trên hơn, ta có thể liên tưởng đến mô hình một động cơ nhiệt. Động cơ nhiệt là một loại máy nhiệt nhận nhiệt lượng Q từ bên ngoài môi trường và sinh ra công A , hay nói cách khác là biến đổi **nhiệt năng thành công**. Đến đây ta có thể dễ dàng hiểu được tại sao ở phần quy ước ta lại quy ước dấu của Q và A ngược nhau. Ta có phát biểu của nguyên lý 1 nhiệt động lực học như sau:

Nhiệt lượng được cung cấp cho hệ nhiệt động dùng để sinh công và biến đổi nhiệt năng của hệ.

hay tương đương với

Không thể sinh công mà không thay đổi nội năng hoặc nhận nhiệt lượng từ bên ngoài (không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại I, loại động cơ không cần năng lượng vẫn sinh công).

3.2.3 Áp dụng nguyên lý 1 cho một số quá trình đặc biệt

Trước tiên ta cần phải chứng minh một công thức cơ bản sau:

$$A = \int_{x_1}^{x_2} F(x)dx = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

Xét một piston đang bị lực \vec{F} tác dụng; ta có biến đổi sau với P là áp suất, s là đoạn piston bị ấn xuống và V là thể tích của khoảng không gian đó. Ta có biến đổi:

$$A = \int_{x_1}^{x_2} F(x)dx = \int_{x_1}^{x_2} Psdx = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

Đây là công thức rất cơ bản để hiểu cặn kẽ bản chất của các công thức phát triển ở sau.

Tiếp theo, ta sẽ đưa ra biểu thức tính độ biến thiên nội năng (ΔU) của một chất khí, trong tất cả các quá trình (ngoại trừ quá trình đẳng nhiệt), ta luôn có:

$$\Delta U = n.C_v.\Delta T = n.\frac{iR}{2}\Delta T$$

với:

- n là số mol chất khí
- C_v là nhiệt dung mol đẳng tích
- R là hằng số, có giá trị bằng 8.314
- i là số bậc tự do, tính theo công thức $i = 3$ với khí đơn nguyên tử, $i = 5$ với khí lưỡng nguyên tử và $i = 6$ với khí đa nguyên tử



Hình 3.1: Quá trình đẳng nhiệt



Hình 3.2: Quá trình đẳng áp

Quá trình đẳng nhiệt

Trong quá trình đẳng nhiệt, nhiệt độ trong hệ nhiệt động không thay đổi nên biến thiên nội năng $\Delta U = 0$, xét đồ thị POV (áp suất - thể tích của quá trình đẳng nhiệt) ta tính được:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Do $\Delta U = Q - A = 0$ nên $Q = A$, vậy ta có:

Quá trình đẳng nhiệt:

$$\begin{aligned} \Delta U &= 0 \\ Q &= A = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \end{aligned}$$

Quá trình đẳng áp

Trong quá trình đẳng áp, áp suất của hệ nhiệt động không thay đổi trong cả quá trình nên $\Delta U = nC_v \Delta T$, xét đồ thị POV ta tính được:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV = P \Delta V = nR \Delta T$$

Từ phương trình $\Delta U = nC_v \Delta T = n \frac{iR}{2} \Delta T = Q - A$, ta tính được:

$$Q = n \left(\frac{i}{2} + 1 \right) R \Delta T = nC_p \Delta T$$

Ta đặt $C_p = n \left(\frac{i}{2} + 1 \right) R$ và gọi đây là nhiệt dung mol đẳng áp.

$$\Delta U = nC_v \Delta T$$

$$Q = nC_p \Delta T$$

$$A = nR \Delta T$$

Quá trình đẳng tích

Trong quá trình này do thể tích của hệ nhiệt động không thay đổi nên $A = 0$, hệ không sinh công, ta có:

$$\Delta U = nC_v \Delta T$$

$$Q = nC_v \Delta T$$

$$A = 0$$

Quá trình đoạn nhiệt

Trong quá trình này hệ nhiệt động không trao đổi nhiệt lượng với môi trường bên ngoài nên $Q = 0$, đồ thị POV của quá trình này tương đối đặc biệt do phương trình của nó:

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

Ta có:



Hình 3.3: Quá trình đoạn nhiệt

$$\Delta U = nC_v\Delta T$$

$$Q = 0$$

$$A = -nC_v\Delta T$$

Bài tập:

1. Tự xây dựng lại tất cả các công thức đã nắm được ở phần trên.
2. Một hệ chứa 5 mol khí Heli giãn nở dưới áp suất không đổi khi nhiệt độ tăng lên 20 độ K.

- Tính nhiệt lượng cung cấp cho hệ trong quá trình đó
- Tính biến thiên nội năng của hệ
- Tính công khí khi thực hiện giãn nở

3.3 Nguyên lý 2 nhiệt động lực học

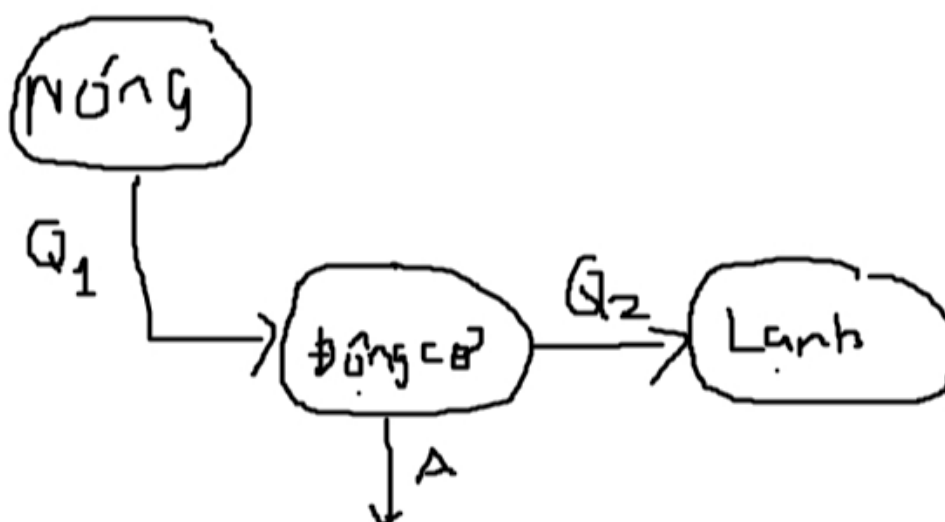
Động cơ nhiệt và cách phát biểu nguyên lý 2 theo Thomson

Động cơ nhiệt là 1 trong 2 loại máy nhiệt chính với cơ chế hoạt động là **nhận nhiệt lượng và sinh công**.

Động cơ nhiệt nhận nhiệt lượng Q_1 từ nguồn nóng, chuyển hóa thành công A và một phần năng lượng thất thoát Q_2 thoát ra từ nguồn lạnh.

Vì cơ chế chính của động cơ nhiệt là chuyển hóa lượng nhiệt nhận vào từ nguồn nóng Q_1 thành công A , nên ta có phương trình tính hiệu suất của máy nhiệt:

$$H = \frac{A}{|Q_1|} = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|}$$



Hình 3.4: Động cơ nhiệt

Người ta đã rất cố gắng để giảm thiểu lượng nhiệt thất thoát ra ngoài nguồn lạnh Q_2 nhưng không thể, kết quả này đã được khái quát hóa thành nguyên lý thứ 2 theo cách phát biểu của Thomson như sau:

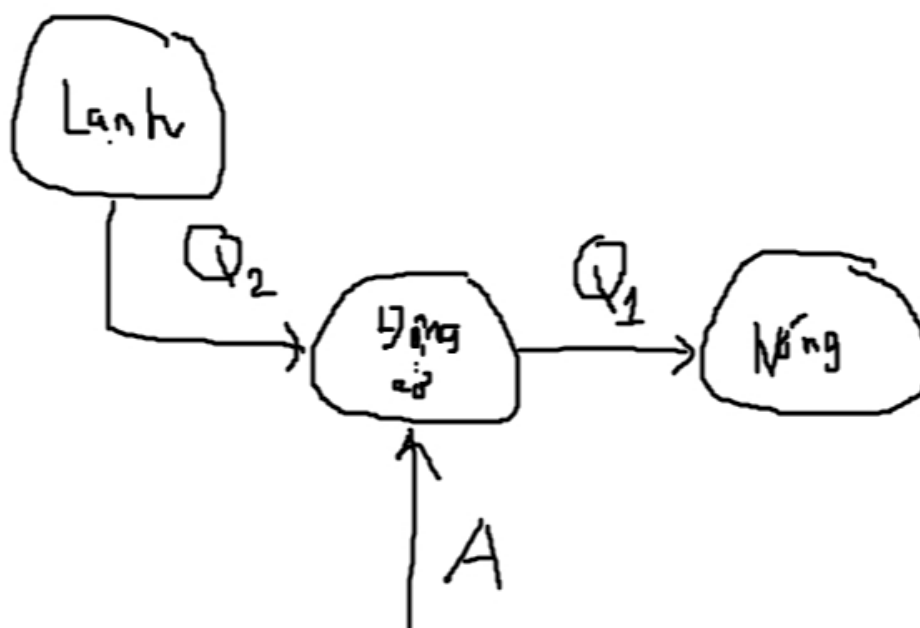
Không tồn tại trong tự nhiên quá trình nào có thể chuyển hóa hoàn toàn nhiệt lượng thành công mà không để lại dấu vết gì cho môi trường xung quanh (không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại 2, loại động cơ sinh công bằng đúng năng lượng nhận được)

Máy lạnh và cách phát biểu nguyên lý 2 theo Clausius

Khác với cơ chế hoạt động của động cơ nhiệt, cơ chế hoạt động của máy lạnh là *tiêu thụ công để vận chuyển nguồn lạnh sang nguồn nóng*. Máy lạnh nhận công A từ động cơ để lấy nhiệt lượng lạnh Q_2 từ nguồn lạnh và chuyển nó sang nguồn nóng do **nhiệt không thể tự chuyển từ nguồn lạnh sang nguồn nóng**. Vì ta muốn chuyển càng nhiều nhiệt lượng lạnh Q_2 càng tốt nên ta xây dựng công thức hệ số làm lạnh:

$$K = \frac{|Q_2|}{A} = \frac{|Q_2|}{|Q_1| - |Q_2|}$$

Khi A càng nhỏ thì hệ số làm lạnh K càng lớn, hiệu quả làm lạnh càng cao. Trong lịch sử, người ta đã cố gắng đưa $A \rightarrow 0$ nhưng đều thất bại. Clausius đã



Hình 3.5: Máy lạnh

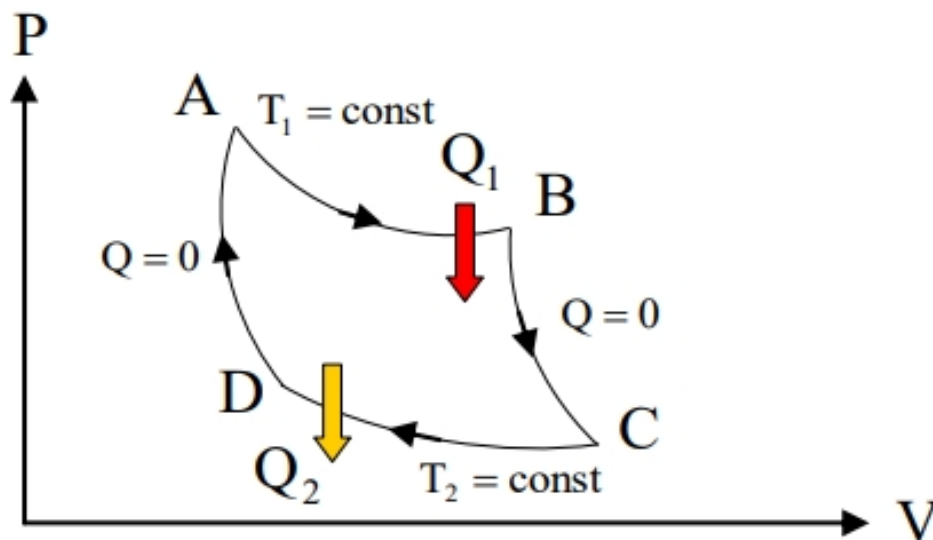
phát biểu nguyên lý 2 như sau:

Nhiệt không thể tự truyền từ môi trường lạnh hơn sang môi trường nóng hơn, hay nói cách khác là không thể chế tạo máy lạnh vĩnh cửu, loại máy đưa nhiệt lượng từ nguồn lạnh sang nguồn nóng không dùng công. Hai cách phát biểu nguyên lý 2 của Thomson và Clausius hoàn toàn tương đương nhau.

3.4 Chu trình Carnot

Chu trình Carnot là một chu trình thuận nghịch đơn giản nhất có khả năng sinh công, đề bài có thể sẽ yêu cầu vẽ và trình bày lại chu trình Carnot. Để đơn giản, ở đây ta chỉ xét chu trình Carnot theo chiều xuôi, tức là chiều của các động cơ nhiệt sử dụng chu trình Carnot. Hoạt động của chu trình Carnot rất đơn giản gồm 4 quá trình, 2 quá trình đẳng nhiệt và 2 quá trình đoạn nhiệt xen kẽ nhau

1. Từ A đến B, quá trình giãn nở đẳng nhiệt ở nhiệt độ T_1 , áp suất giảm chậm từ P_A về P_B , thể tích tăng nhanh từ V_A đến V_B , hệ nhận nhiệt lượng Q_1 từ môi trường.
2. Từ B đến C, quá trình giãn nở đoạn nhiệt ở nhiệt độ T_1 , áp suất giảm nhanh



Hình 3.6: Minh họa chu trình Carnot

từ P_B đến P_C , thể tích tăng chậm từ V_B đến V_C , nhiệt độ giảm từ T_1 đến T_2 .

3. Từ C đến D, quá trình nén khí đẳng nhiệt ở nhiệt độ T_2 , áp suất tăng chậm từ P_C về P_D , thể tích giảm nhanh từ V_C đến V_D , hệ tỏa nhiệt lượng Q_2 ra môi trường.
4. Từ D đến A, quá trình nén khí đoạn nhiệt ở nhiệt độ T_2 , áp suất tăng nhanh từ P_D đến P_A , thể tích giảm chậm từ V_D đến V_A , nhiệt độ tăng từ T_2 về T_1 .

Đối với động cơ nhiệt hoạt động bằng chu trình Carnot, ta cũng có thể dùng công thức tính hiệu suất hoạt động tương tự như trên.

Bài tập: Một tủ lạnh dùng công 150J để lấy nhiệt lượng 560J từ buồng lạnh, hãy xác định hệ số làm lạnh của tủ và nhiệt lượng đã tỏa ra môi trường.