

И. Е. Иродов, И. В. Савельев, О. И. Замша

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

Под редакцией
И. В. САВЕЛЬЕВА

I.E.Irôđôp, I.V.Xaveliep, O.I.Damsa

TUYỂN TẬP CÁC BÀI TẬP VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG

LƯƠNG DUYỀN BÌNH —
NGUYỄN QUANG HẬU
dịch từ bản tiếng Nga

Nhà xuất bản «Mir»
Maxcova

Nhà xuất bản đại học
và trung học
chuyên nghiệp
Hà Nội

**TUYỂN TẬP
CÁC BÀI TẬP
VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG**
do I. V. Xaveliep chủ biên

Tuyển tập này gồm 1305 bài tập. Vật lý đại cương trong số đó có ít bài tập dễ còn phần lớn là các bài tập trung bình và khó. Tùy theo nội dung của từng bài mà tất cả cho đáp số, hướng dẫn phương pháp giải hoặc lời giải chi tiết trong phần các đáp số và lời giải.

Phần phụ lục ở cuối sách gồm một số bảng dùng để tra cứu (nếu cần) trong lúc giải một số bài tập.

Cuốn sách này phục vụ chủ yếu cho các sinh viên ngành Kỹ sư Vật lý trường Đại học Bách khoa; sinh viên ngành Vật lý của các trường Đại học Tổng hợp, Sư phạm và sinh viên các ngành khác của trường Đại học bách khoa cũng có thể dùng được.

На вьетнамском языке

© DỊCH SANG TIẾNG VIỆT.
NHÀ XUẤT BẢN «MIR»
1980

MỤC LỤC

	Trang
Lời tựa cho lần xuất bản thứ ba	7
Trích lời tựa cho lần xuất bản thứ nhất	8
Mở đầu	9
<i>Phần 1. Cơ học.</i>	16
Động học	16
Phương trình cơ bản của động lực học	23
Các định luật bảo toàn năng lượng, xung lượng và momen xung lượng	36
Cơ học tương đối	49
Sự hấp dẫn vũ trụ	57
Động lực học vật rắn	61
Các biến dạng của vật rắn	73
Thủy động lực học	77
Các dao động	83
Các quá trình sóng. Âm học	95
<i>Phần 2. Vật lý phần tử và nhiệt động học.</i>	102
Phương trình trạng thái, nội năng và nhiệt dung của khí lý tưởng	102
Sự phân bố các phân tử theo các vận tốc và năng lượng. Các định luật Maxwell và Boltzmann	105
Các hiện tượng vận chuyển	107
Nguyên lý thứ nhất và nguyên lý thứ hai của nhiệt động học áp dụng cho khí lý tưởng	112
Các khí thực	119
Các chất lỏng. Các hiện tượng mao dẫn	122
<i>Phần 3. Điện học.</i>	126
Tính điện	126
Động điện	134
Điện từ học	140
Chuyển động của các hạt mang điện trong các điện trường và từ trường	151
Các hiện tượng điện từ	154
Các dao động và sóng điện từ	155
<i>Phần 4. Quang học.</i>	160
Trắc quang và quang hình học	160
Sự giao thoa ánh sáng	171
Sự nhiễu xạ ánh sáng	178
Sự phản xạ ánh sáng	189

Sự tán xạ và hấp thụ ánh sáng	198
Quang học của các nguyên tử	202
Sự bức xạ nhiệt. Rản chất lượng tử của ánh sáng	205
Phần 5. Vật lý nguyên tử	212
Nguyên tử của Rutherford và Bohr	216
Các tính chất sóng của các hạt	222
Các tính chất của các nguyên tử. Các phổ	228
Các phân tử và các tinh thể	233
Sự phóng xạ	237
Các phân ứng hạt nhân	242
Các hạt cơ bản	245
Đáp số và lời giải	317
Các bảng lục	317
1. Các công thức lượng giác cơ bản	317
2. Các bảng sin	318
3. Các bảng tang	319
4. Bảng các logarit thập phân	320
5. Các hàm số mũ	322
6. Bảng chất cài Hy lạp	324
7. Vài bảng số và công thức tinh gần đúng	324
8. Vài hệ thức về các vectơ	324
9. Bảng các đạo hàm và tích phân	325
10. Các đại lượng thiên văn	326
11. Khối lượng riêng của các chất	326
12. Các hệ số dẫn nồng nhiệt	327
13. Các hàng số dẫn hồi. Giới hạn dưới	327
14. Áp suất hơi nước bão hòa	328
15. Các hàng số của các chất khí	328
16. Các hàng số của các chất lỏng và rắn	328
17. Các hàng số điện môi	329
18. Điện trở suất của các vật dẫn điện	329
19. Độ từ thẩm của các chất thuận từ và nghịch từ	329
20. Các chiết suất	330
21. Sự quay mặt phẳng phản cực	330
22. Công thoát của điện tử ra khỏi các kim loại	331
23. Mέp của dài lấp thụ	331
24. Các hệ số khối lượng của sự suy giảm	331
25. Các thế ion hóa của các nguyên tử	332
26. Khối lượng của các nguyên tử nhẹ	332
27. Các chu kỳ bán rã của các đồng vị phóng xạ	332
28. Bảng các hạt cơ bản	333
29. Hệ thống tuần hoàn của các nguyên tố	334
30. Đơn vị của các đại lượng vật lý	336
31. Các công thức cơ bản của điện tử học trong SI và trong hệ Gaus	338
32. Các hàng số vật lý cơ bản	340

LỜI TỰA CHO LẦN XUẤT BẢN THỨ BA

Khi chuẩn bị cho lần xuất bản thứ ba, khoảng 400 bài tập đã được bổ sung (so với lần xuất bản thứ hai), một phần các bài tập đã được tăng thêm mức độ nâng cao.

Phân 1, 4 và 5, và cả các bảng do I. E. Irédop biên soạn, phần Mô đun và phần 3 do I. V. Xaveliep, phần 2 do O. I. Damsa. Các tác giả đều là các thầy giáo của bộ môn vật lý đại chúng Học viện kỹ sư vật lý Maxcova.

Tổng năm năm 1974

I. V. XAVÉLIEP

TRÍCH LỜI TỰA CHO LẦN XUẤT BẢN THỨ NHẤT

Tuyển tập các bài tập vật lý đại cương ra mắt bạn đọc được dự định dùng trước bài cho các sinh viên chuyên ngành kỹ sư vật lý các trường cao đẳng kỹ thuật. Trong tuyển tập có từ các bài tập đơn giản, mà khi giải không đòi hỏi sự suy nghĩ và nhanh trí. Với phần lớn các bài tập chỉ có thể giải đúng sau khi suy nghĩ hoặc đọc kỹ sách giáo khoa. Các bài tập khó nhất đã có hướng dẫn phương pháp giải và mọi số bài có cả lời giải. Để khi làm bài không cần phải đọc các bài tập đó của bạn đọc, các hướng dẫn phương pháp giải thường được đưa vào phần đáp số. Chỉ cần để ý với chúng sau mỗi bài lần giải bài tập mà không có kết quả.

Trong tuyển tập, theo chỗ chúng ta biết thì những dữ kiện ban đầu và những đáp số của các bài tập được cho với cách đặc biệt xác các đại lượng tương ứng và các quy tắc tính các số gần đúng. Các bài tập về căn bản được biên soạn với ý định là tất cả các phép tính sẽ được thực hiện bằng thước inox dài 25 cm. Do đó đa số các trị số của các đại lượng ban đầu được cho chính xác tới con số thứ ba.

TRƯỚC KHI GIẢI CÁC BÀI TẬP, XIN ĐỌC KỸ PHẦN MỞ ĐẦU NÀY

MỞ ĐẦU

Vài điều hướng dẫn phương pháp giải các bài tập

Khi giải các bài tập nên theo đúng các quy tắc sau đây:

1. Trước tiên cần nghiên cứu kỹ điều kiện của bài toán. Nếu tính chất của bài toán cho phép, nhất thiết phải vẽ các hình làm rõ bản chất của nó.

2. Trừ các trường hợp hàn hưu, mỗi bài tập phải bắt đầu giải ở dạng tổng quát (tức là với các ký hiệu chữ chung không với các con số), hơn nữa đại lượng phải tìm phải được biểu thị qua các đại lượng đã cho. Khi đã thu được lời giải ở dạng tổng quát, cần phải thử lại xem nó có thử nguyên đúng không. Nếu có thể được, hãy nghiên cứu sự diễn biến của lời giải ở các trường hợp giới hạn. Ví dụ, khi khảo sát chuyển động của một vật được ném theo một góc với phương nằm ngang (bài tập 1.26), các đại lượng đã cho là vận tốc ban đầu v_0 và góc α , theo đó vật được ném, giá tốc g cũng đã biết. Đối với độ cao h và độ bay xa l người ta được các giá trị (*)

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}, l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Ta thử lại thấy rằng cả hai biểu thức phải có thử nguyên của độ dài. Khi $\alpha = \pi/2$ ta được $h = v_0^2 / 2g$, điều này trùng với biểu thức đã biết

(*) Ta chú ý rằng trong cả hai biểu thức chỉ chứa các đại lượng đã cho là v_0 , α và g . Biểu thức đối với l với các ký hiệu bằng chữ có thể viết dưới dạng $l = v_0 \cos \alpha \cdot t$, trong đó t là thời gian bay. Tuy nhiên biểu thức cuối cùng này không thể coi là lời giải, vì rằng t không ở trong số các đại lượng đã cho, nó chính là một hàm của v_0 và α .

dài với độ cao được nâng lên của vật được ném thẳng đứng. Đôi với ta được giá trị đúng bằng không.

Trong các trường hợp khi tìm các đại lượng chưa biết mà phải giải một hệ phương trình công kẽm (ví dụ như thường xảy ra khi tìm các động điện đi qua các mạch rẽ phức tạp), thì trước hết để cho hợp lý hãy đặt trong các phương trình này các trị số của các hệ số và sau đó chỉ xác định các giá trị của các đại lượng chưa biết.

3. Để thấy rõ sự đúng đắn của lời giải tổng quát, ta thay các chữ trong đó bằng các trị số của các đại lượng được ký hiệu bằng các chữ đó, dĩ nhiên là phải lấy tất cả các giá trị này trong cùng một hệ đơn vị. Để dễ dàng xác định bậc của các đại lượng phải tìm, thì cách thuận tiện là biểu diễn các đại lượng đã cho ở dạng những con số gần với đơn vị, nhận với một lũy thừa thích hợp của 10 (ví dụ như thay cho 247 ta đặt là $2,47 \cdot 10^2$, thay cho 0,086 là số $0,86 \cdot 10^{-1}$ v.v...). Sau khi thay các trị số, có thể bắt tay vào tính toán. Trước hết bậc được đưa ra của lời giải cho phép tránh được nhiều sai sót và thử nữa, trong trường hợp cần thiết độ phải giải thích câu hỏi là ở giai đoạn nào — khi thay các trị số của các đại lượng hoặc trong quá trình tính toán — ta đã mắc sai sót.

4. Cần nhớ rằng các trị số của các đại lượng vật lý luôn luôn là gần đúng. Do đó khi tính cần tuân theo các quy tắc áp dụng cho các số gần đúng. Trong trường hợp riêng, trong giá trị thu được của đại lượng phải tính, cần phải giữ nguyên con số cuối cùng, mà đơn vị của nó còn vượt quá sai số của đại lượng đó. Cần phải bỏ đi tất cả các con số có nghĩa còn lại.

5. Khi có được đáp số, cần phải đánh giá sự phù hợp với thực tế của nó. Sự đánh giá đó trong một số trường hợp có thể phát hiện ra điều sai sót của kết quả thu được. Ví dụ, vận tốc của một viên đạn không thể lớn hơn c (vận tốc ánh sáng trong chân không), độ bay xa của một hòn đá do người ném không thể vào cỡ 1000 m, khối lượng của một phân tử không thể vào cỡ 1 mg v.v...

6. Nhât thiết phải soát lại các kết quả đã thu được với đáp số đã đưa vào trong phần giải bài tập. Khi đó không những chỉ chú ý tới sự trùng nhau của các trị số (nếu chúng có ở bài tập đã cho) mà cả sự trùng nhau của lời giải ở dạng tổng quát. Đôi khi thường xảy ra là bài tập bị giải sai và biểu thức tổng quát không có dạng như cần phải có, nhưng những sai số lại khác nhau rất ít, có thể coi sự khác nhau này là do một sự cầu thả nào đó trong tính toán và không đáng lo ngại về điều này.

Vài kiến thức về các phép tính với các số gần đúng

1. Trong vật lý ngoài trị số của một đại lượng nào đó, còn chỉ rõ cả sai số mà đại lượng đó được xác định. Ví dụ, viết $I = 356 \pm 2$ m nghĩa là giá trị thực của chiều dài / nằm trong các giới hạn từ 354 đến 358 m. Nói cho chất chẽ, còn phải chỉ rõ xác suất để điều nói trên xảy ra (xác suất tin cậy). Tuy nhiên, thường thường khi viết giá trị của một đại lượng vật lý, sai số của nó (khoảng tin cậy), không được chỉ rõ và người ta chỉ đưa ra một con số, ví dụ $I = 356$ m. Trong trường hợp đó cần coi rằng sai số của đại lượng không vượt quá một đơn vị của con số có nghĩa cuối cùng (trong ví dụ của chúng ta là 1 m). Do đó, tất cả các con số có nghĩa cha một số biểu thị giá trị của một đại lượng vật lý, trừ con số cuối cùng, còn thì phải coi là chính xác (giá trị thực của con số này có thể sai khác con số đã đưa vào một đơn vị).

Ta hãy nhắc lại rằng tất cả các con số trong bộ số thập phân, trừ các số không đứng ở đầu con số, đều được gọi là các con số có nghĩa. Ví dụ, trong số 0,03040, hai số không đầu tiên không phải là các con số có nghĩa. Chúng chỉ dùng để xác định bậc thập phân của các con số còn lại. Các số không sau số 3 và 4 là các con số có nghĩa.

Trong trường hợp với các số nguyên lớn có các số không ở cuối (ví dụ như 134000) này ra vẫn để là dùng những con số không để đánh dấu những con số có nghĩa hoặc để xác định bậc của những con số còn lại. Để tránh sự không rõ ràng đó, cần phải viết các số tương tự dưới dạng $1,34 \cdot 10^5$, nếu chúng có ba con số có nghĩa hoặc dưới dạng $1,340 \cdot 10^5$ nếu chúng có bốn con số có nghĩa.v.v....

2. Người ta gọi sai số tuyệt đối của một số gần đúng a là đại lượng.

$$\Delta a = |A - a|,$$

trong đó A là giá trị chính xác của chính số này.

3. Người ta gọi sai số tương đối của một số gần đúng a là đại lượng

$$\delta a = \frac{\Delta a}{|a|}.$$

Trong vật lý khi tính toán chúng ta thường đề cập đến các số mà các giá trị chính xác của chúng còn chưa biết. Do đó trên thực tế sai số tương đối dành phái xác định theo công thức

$$\delta a = \frac{\Delta a}{|a|}.$$

Khi đó mang vào một sai số không lớn vì rằng thông thường $A \approx a$.

4. Nếu đại lượng u là một hàm số của các đại lượng x_1, x_2, \dots, x_n :

$u = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$,
thì sai số tuyệt đối giới hạn của đại lượng u được xác định theo công thức

$$\Delta u = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial u}{\partial x_i} \right| \Delta x_i,$$

trong đó Δx_i là các sai số tuyệt đối của các đại lượng x_i .

5. Chia Δu cho $|u|$, ta được sai số tương đối giới hạn của đại lượng u :

$$\delta u = \frac{\Delta u}{|u|} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial u}{\partial x_i} \right| \Delta x_i.$$

6. Trong các bảng 1 và 2 người ta đưa vào các biểu thức của các sai số giới hạn tuyệt đối Δu và tương đối δu của một số hàm số. Ta hiểu ngầm Δx_i và δx_i là các sai số tuyệt đối và tương đối của các đại lượng x_i .

7. Ta hãy khảo sát một ví dụ về cách xác định sai số của kết quả tính toán. Ta cũng lấy bài toán đã được nhắc đến về chuyển động của vật, được ném dưới một góc với phương nằm ngang. Chiều cao được nâng lên của vật được tính theo công thức:

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

Dùng công thức của bảng 1, ta tìm được biểu thức đối với sai số tương đối giới hạn.

$$\delta h = 2\delta v_0 + 2\delta(\sin \alpha) + \delta g = 2\delta v_0 + 2|\operatorname{ctg} \alpha| |\Delta \alpha| + \delta g.$$

(số 2 ở mẫu số là số chính xác, sai số của nó bằng không)

Giả thiết $v_0 = 95 \text{ m/s}$, $\alpha = 45^\circ$; đối với g ta lấy giá trị $9,81 \text{ m/s}^2$. Khi đó $\Delta v_0 = 1 \text{ m/s}$ (đơn vị của con số có nghĩa cuối cùng), $\delta v_0 = 1/95$, $\Delta \alpha = 1^\circ = 1/57 \text{ rad}$, $\delta \alpha = 1/981 \approx 0,001$. Ta đặt các giá trị này vào công thức đối với δh ($\operatorname{ctg} 45^\circ = 1$).

$$\delta h = \frac{2}{95} + \frac{2}{57} + 0,001 \approx \frac{1}{20} \sim 5\%.$$

Nhớ rằng giá trị g không cần lây với độ chính xác đến con số thứ ba. Nếu tăng sai số của g đến $2/980$ (tức là lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$) thì độ chính xác trong đối của kết quả thực tế không thay đổi, nhưng tuy nhiên các phép tính trở nên đơn giản hơn:

Bây giờ ta hãy tính h :

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{95^2 \cdot 0,707^2}{2 \cdot 9,8} = 2,3 \cdot 10^2 \text{ m.}$$

Bảng 1

Dạng của hàm số	Sai số tuyệt đối giới hạn Δu	Sai số tương đối giới hạn δu
$u = \sum_{i=1}^n x_i$	$\Delta u = \sum_{i=1}^n \Delta x_i$	—
$u = x_1 - x_2$	$\Delta u = \Delta x_1 + \Delta x_2$	$\delta u = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{ x_1 - x_2 }$
$u = x_1 x_2 \dots x_n$	$\Delta u = u \delta u$	$\delta u = \sum_{i=1}^n \delta x_i$
$u = \frac{x}{y}$	—	$\delta u = \delta x + \delta y$
$u = \frac{x_1 x_2 \dots x_n}{y_1 y_2 \dots y_m}$	—	$\delta u = \sum_{i=1}^n \delta x_i + \sum_{i=1}^m \delta y_i$
$u = x^m$	$\Delta u = m x^{m-1} \Delta x$	$\delta u = m \delta x$
$u = \sqrt[m]{x}$	—	$\delta u = \frac{1}{m} \delta x$
$u = \ln x$	$\Delta u = \frac{\Delta x}{x} = \delta x$	$\delta u = \frac{\delta x}{ \ln x }$
$u = \lg x$	$\Delta u = \frac{1}{2,30} \frac{\Delta x}{x} = \frac{\delta x}{2,30}$	$\delta u = \frac{1}{2,30} \frac{\delta x}{ \lg x }$
$u = e^{\pm ax} (a > 0)$	$\Delta u = ae^{\pm ax} \Delta x$	$\delta u = a \delta x$
$u = e^{f(x)}$	$\Delta u = e^{f(x)} \left \frac{df}{dx} \right \Delta x$	$\delta u = \left \frac{df}{dx} \right \Delta x$
$u = \sin mx$	$\Delta u = m \cos mx \Delta x$	$\delta u = m \operatorname{ctg} mx \Delta x$
$u = \cos mx$	$\Delta u = m \sin mx \Delta x$	$\delta u = m \operatorname{tg} mx \Delta x$
$u = \operatorname{tg} mx$	$\Delta u = \frac{m}{\cos^2 mx} \Delta x$	$\delta u = \frac{2m}{ \sin 2mx } \Delta x$

Bảng 2

Đang của hàm số		$\Delta u, \delta u$
$u = f_1(x_1) + f_2(x_2) + \dots + f_n(x_n)$	$\Delta u = \sum_{i=1}^n \Delta f_i$	
$u = f_1(x_1)f_2(x_2)\dots f_n(x_n)$	$\delta u = \sum_{i=1}^n \delta f_i$	
$u = \frac{f_1(x_1)f_2(x_2)\dots f_n(x_n)}{\Phi(Y_1)\Phi(Y_2)\dots\Phi(Y_m)}$	$\delta u = \sum_{i=1}^n \delta f_i + \sum_{k=1}^m \delta \Phi_k$	
$u = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \pm \Phi(x_1, x_2, \dots, x_n)$	$\Delta u = \sum_{i=1}^n \left \frac{\partial f}{\partial x_i} \pm \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} \right \Delta x_i$	
$u = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \pm \Psi(y_1, y_2, \dots, y_m)$	$\Delta u = \Delta f + \Delta \Phi$	
$u = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \Phi(y_1, y_2, \dots, y_m)$	$\delta u = \delta f + \delta \Phi$	
$u = f_1x_1\dots f_nx_n$ (nếu f_i là một hàm của các biến x_1, x_2, \dots, x_n)	$\delta u = \sum_{k=1}^n \left\{ \left \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i} \frac{\partial f_i}{\partial x_k} \right \Delta x_k \right\}$	
$u = \frac{f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\Phi(x_1, x_2, \dots, x_n)}$	$\delta u = \sum_{i=1}^n \left \frac{1}{f_i} \frac{\partial f}{\partial x_i} - \frac{1}{\Phi} \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} \right \Delta x_i$	
$u = \frac{f_1f_2\dots f_m}{\Phi_1\Phi_2\dots\Phi_p}$ (nếu f_i và Φ_j là một hàm của các biến x_1, x_2, \dots, x_n)	$\delta u = \sum_{k=1}^n \left\{ \left \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i} \frac{\partial f_i}{\partial x_k} - \sum_{j=1}^p \frac{1}{\Phi_j} \frac{\partial \Phi_j}{\partial x_k} \right \Delta x_k \right\}$	

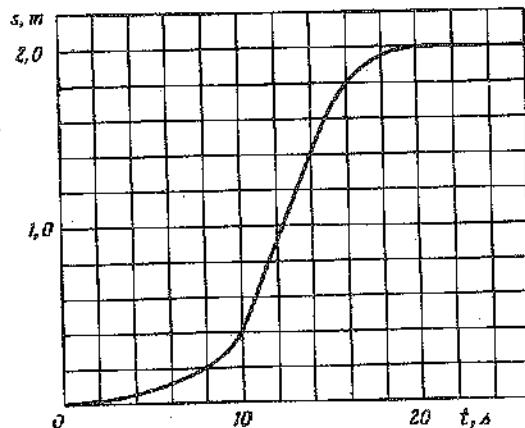
Ta không có quyền viết kết quả này dưới dạng 230 ± 1 m vì cách viết đó có nghĩa là sai số của giá trị h tìm được không vượt quá 1 m. Trên thực tế, như ta đã tính được, với độ chính xác đã cho của v_0 và a , không được tính độ cao h với độ chính xác tương đối vượt quá 5% tức là với sai số tuyệt đối nhỏ hơn 10 m.

CƠ HỌC

ĐỘNG HỌC

1.1. Khi đi xuôi dòng sông, một chiếc canô đã vượt một chiếc bè tại điểm A . Sau đó $t = 60$ phút chiếc canô di ngược lại và gặp chiếc bè tại một điểm cách $l = 6,0$ km về phía hạ lưu của điểm A . Xác định vận tốc chảy của dòng sông biết rằng động cơ canô chạy cùng một chế độ ở cả hai chiều chuyên động.

1.2. Một ôtô chuyên động không vận tốc ban đầu trên một đường thẳng, thoát tiền chuyên động nhanh dần với gia tốc $w = 5,0 \text{ m/s}^2$, sau đó chuyên động đều, rồi cuộn cùng chuyên động chậm dần với cùng gia tốc w và dừng lại. Thời gian tổng cộng của chuyên động là $\tau = 25$ s. Vận tốc trung bình trong khoảng thời gian đó là $\langle v \rangle = 72 \text{ km/h}$. Tính khoảng thời gian chuyên động đều.



Hình 1

1.3. Một điểm chuyên động trên một đường thẳng theo một chiều xác định. Hình 1 biểu diễn đồ thị của đường đi s của điểm đó theo thời gian t .

Từ đồ thị đó hãy xác định :

- vận tốc trung bình của chuyên động;
- vận tốc cực đại;
- thời điểm t_0 ở đó vận tốc tức thời bằng vận tốc trung bình tính trong t_0 giây đầu tiên;
- giá trị trung bình trong 10 s và trong 16 s đầu tiên.

1.4. Hai hạt 1 và 2 chuyên động với các vận tốc không đổi v_1 và v_2 . Tại thời điểm ban đầu, bán kính vectơ xác định vị trí hai hạt đó là r_1 và r_2 . Xác định hệ thức giữa bán vectơ đó để cho hai hạt đều va chạm với nhau.

1.5. Một chiếc tàu di dọc theo xích đạo về hướng đông với vận tốc $v_0 = 30 \text{ km/h}$. Một luồng gió thời đều từ hướng đông nam theo phương hợp với xích đạo góc $\varphi = 60^\circ$, với vận tốc $v = 15 \text{ km/h}$. Đối với hệ quy chiếu gắn liền với chiếc tàu, hãy xác định vận tốc v' của luồng gió đối với tàu và góc φ' giữa luồng gió và xích đạo.

* 1.6. Hai người bơi xuất phát từ một điểm A trên bờ một con sông và phải đạt đến một điểm B ở bờ bên kia nằm đối diện với điểm A . Mô hình như vậy, người thứ nhất bơi theo chuyên động được theo đường thẳng AB , còn người thứ hai luôn luôn bơi theo hướng vuông góc với dòng chảy, rồi khi đến bờ chạy ngược trở lại với vận tốc u (để về điểm B). Tính giá trị của u để hai người đến B cùng một thời điểm, biết vận tốc dòng chảy $v_0 = 2,0 \text{ km/h}$ và vận tốc của mỗi người bơi đối với nước $v' = 2,5 \text{ km/h}$.

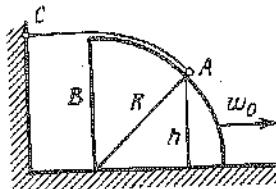
1.7. Hai chiếc canô A và B xuất phát từ một cái phao ở giữa một con sông rộng, chuyên động theo hai đường thẳng vuông góc nhau : canô A di dọc theo sông, canô B di ngang sông. Sau khi di được cùng một khoảng cách l đối với cái phao, hai chiếc canô lập tức quay trở về. Cho biết vận tốc của mỗi canô so với nước gấp $\eta = 1,2$ lần vận tốc dòng chảy, hãy xác định tỷ số t_A/t_B của hai khoảng thời gian hành trình của hai canô.

1.8. Hai vật được ném di đồng thời từ cùng một điểm : vật thứ nhất được ném thẳng đứng lên trên với vận tốc $v = 25 \text{ m/s}$, vật thứ hai được ném nghiêng góc $\Phi = 60^\circ$ so với hướng nằm

ngang, (với cùng vận tốc v). Xác định khoảng cách giữa hai vật sau $t = 1,70$ s, bỏ qua sức cản của không khí.

1.9. Hai hạt chuyển động trong trường đều với giá tốc g . Ban đầu hai hạt ở cùng một điểm và có các vận tốc $v_1 = 3,0 \text{ m/s}$, $v_2 = 4,0 \text{ m/s}$ đều nằm ngang theo hai chiều ngược nhau. Hãy xác định khoảng cách giữa hai hạt tại thời điểm các vectơ vận tốc của chúng vuông góc nhau.

1.10. Trong một dụng cụ (hình 2), một vật B dịch chuyển với giá tốc không đổi w_0 đối với mặt đất, còn một vật nhỏ A nối với điểm C bằng một sợi dây không dẫn, được nâng lên theo mặt trục của vật B , mặt này có bán kính R . Giá sử rằng tại thời điểm ban đầu vật A nằm trên sàn ($h = 0$) và đứng yên, hãy tìm модун của vectơ vận tốc trung bình $|(\bar{v})|$ của vật này.



Hình 2

tiếp sau đó $\tau = 60$ s, người ta bật một ngọn đèn ở đuôi tàu (biển cờ 2). Tính khoảng cách giữa hai biển cờ đó trong hai hệ quy chiếu gắn liền với tàu hỏa và với Trái Đất. Hỏi: một hệ quy chiếu K phải chuyển động như thế nào và với vận tốc không đổi so với Trái Đất bằng bao nhiêu để trong hệ quy chiếu đó hai biển cờ nói trên xảy ra tại cùng một điểm?

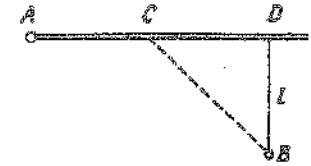
1.12. Một lồng thang máy có khoảng cách giữa trần và sàn bằng $2,7 \text{ m}$, chuyển động di lên với giá tốc không đổi $1,2 \text{ m/s}^2$. Sau khi xuất phát $2,0 \text{ s}$, một chiếc bu lông từ trần thang máy rơi xuống. Hãy xác định:

- khoảng thời gian rơi của bu lông;
- độ dài chõ và đường đi của bu lông trong quá trình rơi đối với hệ quy chiếu gắn liền với hầm của thang máy.

1.13. Hai hạt 1 và 2 chuyển động đều với vận tốc v_1 và v_2 dọc theo hai đường thẳng vuông góc nhau và hướng về giao nhau. Tại thời điểm $t = 0$ hai hạt ở cách điểm O của hai đường ấy. Tại thời điểm $t = 0$ hai hạt ở

điểm O những khoảng l_1 và l_2 . Sau thời gian bao nhiêu, khoảng cách giữa hai hạt là cực tiểu? Khoảng cách cực tiểu ấy bằng bao nhiêu?

1.14. Một ôtô xuất phát từ một điểm A trên đường cái (hình 3), để trong một khoảng thời gian ngắn nhất, di đến một điểm B nằm trên cảnh đồng, khoảng cách từ B đến đường cái bằng l . Vận tốc của ôtô khi chạy trên cảnh đồng nhỏ hơn η lần so với vận tốc của nó khi chạy trên đường cái. Hỏi: ôtô phải rời đường cái từ một điểm C cách điểm D một khoảng bằng bao nhiêu?

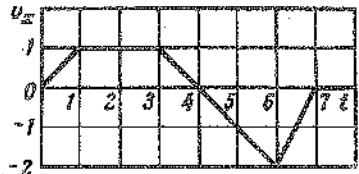


Hình 3

1.15. Một điểm chuyển động dọc theo trục x với vận tốc mà hình chiếu v_x phụ thuộc thời gian t theo đồ thị vẽ trên hình 4. Cho biết tại thời điểm $t = 0$ hoành độ của điểm ấy bằng $x = 0$, hãy vẽ gần đúng những đồ thị của giá tốc w_x , của hoành độ x và của quãng đường di s theo thời gian.

1.16. Một điểm di trên một nửa đường tròn bán kính $R = 160 \text{ cm}$ trong khoảng thời gian $\tau = 10,0 \text{ s}$. Trong khoảng thời gian đó, hãy tính:

- vận tốc trung bình (\bar{v}) ;
- môđun của vectơ vận tốc trung bình $|(\bar{v})|$;
- môđun của vectơ giá tốc trung bình $|(\bar{w})|$, biết rằng điểm đó có giá tốc tiếp tuyến không đổi.



Hình 4

1.17. Bán kính vectơ của một hạt biến thiên với thời gian theo quy luật $r = a/(1 - at)$, trong đó a là một vectơ không đổi và a một hằng số dương. Hãy xác định:

- các vectơ vận tốc v và giá tốc w của hạt theo thời gian t ;
- khoảng thời gian Δt để hạt trở về điểm xuất phát và quãng đường di s trong khoảng thời gian ấy.

1.18. Tại thời điểm $t = 0$ một hạt xuất phát từ gốc tọa độ di theo chiều dương của trục x . Vận tốc của hạt biến thiên theo thời gian bằng quy luật $v = v_0(1 - t/\tau)$, trong đó v_0 là

vector vận tốc ban đầu ($v_0 = 10,0 \text{ cm/s}$) ; $t = 5,0 \text{ s}$. Hãy xác định :

- hoành độ x của hạt tại các thời điểm 6,0, 10 và 20 s ;
- các thời điểm tại đó hạt cách gốc tọa độ 10,0 cm ;
- quãng đường s mà hạt đã di được sau 4,0 và 8,0 s đầu tiên ; vẽ gần đúng đồ thị của $s(t)$.

1.19. Một hạt chuyển động theo chiều dương của trục x với một vận tốc sao cho $v = a\sqrt{x}$, trong đó a là một hằng số dương. Biết rằng tại thời điểm $t = 0$ hạt ở vị trí $x = 0$, hãy xác định :

- vận tốc và gia tốc của hạt theo thời gian ;
- vận tốc trung bình của hạt trong khoảng thời gian từ vị trí $x = 0$ đến vị trí x .

1.20. Một điểm chuyển động chậm dần trên một đường thẳng với một giá tốc mà độ lớn w phụ thuộc vận tốc v theo định luật $w = a\sqrt{v}$, trong đó a là một hằng số dương. Tại thời điểm $t = 0$ có $v = v_0$. Hỏi quãng đường hạt di được ban đầu vận tốc của hạt bằng v_0 . Hồi quãng đường hạt di được cho đến khi dừng lại ? thời gian di quãng đường ấy ?

1.21. Bán kính vectơ của một điểm A đổi với góc tọa độ biến thiên theo thời gian t bằng quy luật $r = at - bt^2$, trong đó i và j là các vectơ đơn vị trên hai trục x và y ; a và b là hai hằng số dương. Hãy xác định :

- phương trình quỹ đạo $y(x)$ của điểm đó ; vẽ đồ thị của nó ;
- vận tốc v , gia tốc w và các độ dài của chúng theo thời gian ;
- góc α giữa các vectơ v và w theo thời gian ;
- vectơ vận tốc trung bình trong t giây đầu tiên và độ dài của vector ấy.

1.22. Chuyển động của một điểm trong mặt phẳng xy được mô tả bởi quy luật : $x = at$, $y = at(1 - at)$, với a và a là những hằng số dương ; t là thời gian. Hãy xác định :

- phương trình quỹ đạo $y(x)$ của điểm đó ; vẽ đồ thị của nó ;
- vận tốc v và gia tốc w của điểm đó theo t ;
- thời điểm t_0 tại đó vectơ vận tốc hợp với vectơ gia tốc một góc $\pi/4$.

1.23. Một điểm chuyển động trong mặt phẳng xy theo quy luật $x = a \sin \omega t$, $y = a(1 - \cos \omega t)$, với a và ω là hai hằng số dương. Hãy xác định :

- quãng đường di s của điểm đó sau một thời gian t ;
- góc giữa vectơ vận tốc và vectơ gia tốc của điểm đó.

1.24. Một hạt chuyển động trong mặt phẳng xy với một vectơ gia tốc w không đổi, có hướng ngược với chiều dương của trục y . Phương trình quỹ đạo của hạt có dạng $y = ax - bx^2$, với a và b là hai hằng số dương. Hãy xác định vận tốc của hạt tại gốc tọa độ.

1.25. Một vật nhỏ được ném lên xiên góc với đường nằm ngang, với vận tốc ban đầu v_0 . Giả thiết sức cản của không khí bằng không, hãy xác định :

- độ dài của vật theo thời gian t (t) ;
- vector vận tốc trung bình $\langle v \rangle$ trong t giây đầu tiên và trong cả quá trình chuyển động.

1.26. Một vật được ném lên từ mặt đất với vận tốc ban đầu v_0 , hợp với đường nằm ngang một góc α . Bỏ qua sức cản của không khí, hãy xác định :

- khoảng thời gian chuyển động ;
- chiều cao và tầm xa cực đại, góc bắn α để chúng bằng nhau ;
- phương trình quỹ đạo $y(x)$ với y và x là các độ dài thẳng đứng và nằm ngang của vật ;
- các bán kính cong tại gốc và tại đỉnh quỹ đạo.

1.27. Theo phát biểu của bài toán nói trên hãy biểu diễn các đồ thị gần đúng theo thời gian của các модул các vectơ vận tốc, gia tốc pháp tuyến, gia tốc tiếp tuyến và của hình chiếu vectơ gia tốc toàn phần lên phương của vectơ vận tốc.

1.28. Súng đại bác và mục tiêu đặt ở cùng độ cao, cách nhau 5,10 km. Bỏ qua sức cản không khí, hỏi sau một thời gian bao lâu một viên đạn được bắn lên với vận tốc ban đầu 240 m/s đạt đến mục tiêu ?

1.29. Hai viên đạn lần lượt được bắn lên bởi một súng đại bác với vận tốc $v_0 = 250 \text{ m/s}$; một viên bắn dưới góc $\vartheta_1 = 60^\circ$, viên kia bắn dưới góc $\vartheta_2 = 45^\circ$ (cùng trong một mặt phẳng bắn). Bỏ qua sức cản của không khí, hãy xác định khoảng thời gian giữa hai lần bắn để cho hai viên đạn gặp nhau.

1.30. Một khinh khí cầu bay lên từ mặt đất. Vận tốc lên không đổi và bằng v_0 . Gió truyền cho khinh khí cầu một thành phần vận tốc ngang $v_x = ay$ trong đó a là một hằng số và y là độ cao. Xác định theo độ cao :

a) giá trị độ dài của khi cầu x (y);

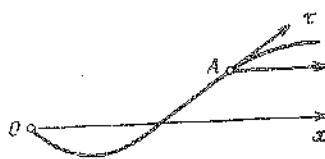
b) những giá tốc toàn phần, tiếp tuyến và pháp tuyến của khi cầu.

1.31. Một hạt chuyển động trong mặt phẳng xy với vận tốc $v = ai + bxj$ trong đó i và j là các vecto đơn vị trên các trục x và y ; a và b là các hằng số. Tại thời điểm ban đầu, hạt ở vị trí $x = y = 0$. Hãy xác định:

a) phương trình quỹ đạo của hạt y (x);

b) bán kính cong của quỹ đạo theo x .

1.32. Một hạt A vạch một quỹ đạo cho trước với một giá tốc tiếp tuyến $w_t = at$, trong đó a là một vecto không đổi, có tốc độ lớn không đổi. Hãy xác định giá tốc hạt và bán kính cong của quỹ đạo tại điểm $x = 0$, nếu quỹ đạo có dạng:



Hình 5.

1.33. Một điểm chuyển động trên một đường tròn với vận tốc $v = at$, với $a = 0,5 \text{ m/s}^2$. Hãy tính giá tốc toàn phần của điểm đó tại thời điểm nó đã đi được $n = 0,10$ chiều dài vòng tròn, kể từ lúc bắt đầu chuyển động.

1.34. Một điểm chuyển động chậm dần trên một đường tròn bán kính R , sao cho tại mỗi thời điểm các giá tốc tiếp tuyến và pháp tuyến của nó có độ lớn bằng nhau. Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, vận tốc của điểm đó bằng v_0 . Hãy xác định:

a) vận tốc của điểm theo thời gian và theo quãng đường đi s ;

b) giá tốc toàn phần theo vận tốc và theo quãng đường đi.

1.35. Một điểm chuyển động theo một cung tròn bán kính R . Vận tốc của điểm đó phụ thuộc quãng đường đi s theo s theo quy luật $v = a\sqrt{s}$, trong đó a là một hằng số. Tính góc α giữa vecto giá tốc toàn phần và vecto vận tốc theo s .

1.36. Một hạt chuyển động trên một cung tròn bán kính R theo qui luật $l = a \sin \omega t$, trong đó l là quãng đường đi được trên cung tròn tính từ vị trí ban đầu, a và ω là những hằng số. Cho biết $R = 1,00 \text{ m}$; $a = 0,80 \text{ m}$; $\omega = 2,00 \text{ rad/s}$, hãy xác định:

- a) giá tốc toàn phần của hạt tại các điểm $t = 0$ và $t = \frac{\pi}{\omega}$;
b) giá trị cực tiểu của giá tốc toàn phần w_{min} và quãng đường đi l_{min} trong 1 trang.

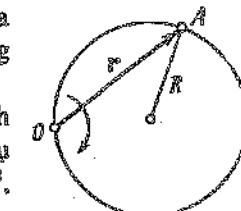
1.37. Một điểm chuyển động trong một mặt phẳng với giá tốc tiếp tuyến $w_t = a$ và giá tốc pháp tuyến $w_n = bt^4$, trong đó a và b là những hằng số dương và t là thời gian. Tại thời điểm $t = 0$ điểm đó đứng yên. Hãy xác định bán kính cong của quỹ đạo và giá tốc toàn phần w theo s .

1.38. Một hạt chuyển động trên một quỹ đạo phẳng y (x) với vận tốc v có độ lớn không đổi. Hãy xác định giá tốc hạt và bán kính cong của quỹ đạo tại điểm $x = 0$, nếu quỹ đạo có dạng:

a) một parabol $y = ax^2$;

b) một ellip $(x/a)^2 + (y/b)^2 = 1$, a và b là những hằng số.

1.39. Một hạt A chuyển động trên một đường tròn bán kính $R = 50 \text{ cm}$ sao cho bán kính vecto r của hạt đối với điểm O (hình 6) quay đều với vận tốc góc $\omega = 0,40 \text{ rad/s}$. Hãy xác định độ lớn của vận tốc của hạt và độ lớn cùng với hướng của vecto giá tốc toàn phần của nó.



Hình 6.

1.40. Một bánh xe quay xung quanh một trục cố định sao cho góc quay phụ thuộc thời gian theo qui luật $\varphi = at^2$, với $a = 0,20 \text{ rad/s}^2$. Hãy xác định giá tốc toàn phần của điểm A trên bánh xe tại lúc $t = 2,5 \text{ s}$, biết rằng lúc đó vận tốc dài của điểm A bằng $v = 0,65 \text{ m/s}$.

1.41. Một vật rắn quay xung quanh một trục cố định theo qui luật $\varphi = at - bt^3$, với $a = 6,0 \text{ rad/s}$; $b = 2,0 \text{ rad/s}^3$. Hãy xác định:

a) giá trị trung bình của vận tốc góc và của giá tốc góc trong khoảng thời gian từ lúc $t = 0$ đến lúc dừng lại;

b) giá tốc góc lúc vật rắn dừng lại.

1.42. Một vật rắn quay xung quanh một trục cố định với giá tốc góc $\beta = at$, trong đó $a = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ rad/s}^2$. Hỏi: trong khoảng thời gian bao lâu kể từ lúc bắt đầu chuyển động, vecto giá tốc toàn phần của một điểm bất kỳ của vật rắn làm một góc $\alpha = 60^\circ$ với vecto vận tốc của nó?

1.43. Một vật rắn quay chậm dần xung quanh một trục cố định với vận tốc góc $\dot{\theta} \sim \frac{1}{t^2}$, với t là vận tốc góc của nó. Tại thời điểm đầu người ta truyền cho vật rắn vận tốc góc ω_0 . Tính vận tốc góc trung bình của vật rắn trong khoảng thời gian chuyển động.

1.44. Một vật rắn quay xung quanh một trục cố định; vận tốc góc của nó là hàm của góc quay φ sao cho $\omega = \omega_0 - a\varphi$ với ω_0 và a là những hằng số dương. Tại thời điểm $t = 0$ góc $\varphi = 0$. Hãy xác định theo thời gian:

- góc quay;
- vận tốc góc.

1.45. Một vật rắn quay xung quanh một trục cố định với vận tốc góc $\dot{\theta} = \beta_0 \cos \varphi$, trong đó β_0 là một vectơ không đổi và φ là góc quay tính từ vị trí ban đầu. Hỏi: vận tốc góc của vật rắn phụ thuộc góc φ như thế nào? Độ thi của hằng số β_0 ?

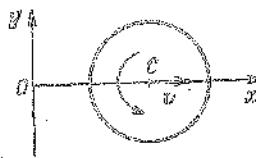
1.46. Một đĩa chuyển động lăn theo chiều dương của trục x (hình 7). Hãy thiết lập phương trình $y(x)$ cho phép xác định vị trí trục quay tốc thời, biết rằng tại thời điểm đầu trục C của đĩa ở vị trí O và sau đó nó chuyển động:

- với vận tốc không đổi v sao cho đĩa quay không vận tốc ban đầu ngược chiều kim đồng hồ với vận tốc góc không đổi β ;
- với vận tốc không đổi w (không vận tốc ban đầu), sao cho đĩa quay ngược chiều kim đồng hồ với vận tốc góc không đổi ω .

1.47. Một điểm A trên vành của một bánh xe bán kính $R = 0,50$ m; bánh xe lăn không trượt trên một mặt phẳng ngang với vận tốc $v = 1,00$ m/s. Hãy xác định:

- môđun và hướng của vectơ vận tốc của A ;
- quãng đường tổng cộng mà điểm A đã di được sau hai lần liên tiếp tiếp xúc với mặt ngang.

1.48. Một quả cầu bán kính $R = 10,0$ cm bắt đầu lăn không trượt dọc theo một mặt phẳng nghiêng sao cho tâm của nó chuyển động với vận tốc không đổi



Hình 7

$w = 2,50$ cm/s². Sau $t = 2,00$ s, kể từ lúc bắt đầu chuyển động, vị trí của quả cầu như ở hình 8. Hãy xác định:

- vận tốc của những điểm A , B , và C ;

b) góc của chúng.

1.49. Hai vật rắn chuyển động quay xung quanh những trục giao nhau cố định và vuông góc nhau với những vận tốc góc không đổi $\omega_1 = 3,0$ rad/s và $\omega_2 = 4,0$ rad/s. Hãy tính vận tốc góc và giá tốc góc của một vật rắn này đối với vật rắn kia.

1.50. Một vật rắn quay với vận tốc góc $\omega = at + bt^2$, trong đó $a = 0,50$ rad/s², $b = 0,060$ rad/s³; i và j là các vectơ đơn vị theo hai trục x và y . Hãy xác định:

- môđun của vận tốc góc và của giá tốc góc khi $t = 10,0$ s;
- góc hợp bởi các vectơ vận tốc góc và giá tốc góc tại lúc đó.

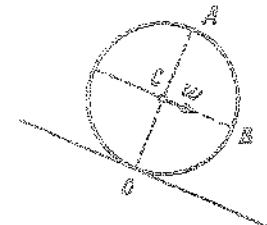
1.51. Một hình nón tròn xoay có nửa góc ở đỉnh bằng $\alpha = 30^\circ$ và bán kính đáy $r = 5,0$ cm, lăn đều không trượt trên một mặt phẳng ngang như vẽ trên hình 9. Đỉnh của hình nón được gắn khớp vào điểm O , ở cùng độ cao với điểm C , là tâm của đáy hình nón. Vận tốc của điểm C bằng $v = 10,0$ cm/s. Hãy xác định:

- môđun của vectơ vận tốc góc của hình nón và góc hợp bởi vectơ đó với đường thẳng đứng;
- môđun của vectơ giá tốc góc của hình nón.

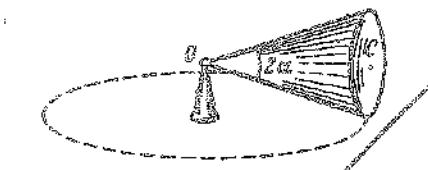
1.52. Một vật rắn quay với vận tốc góc không đổi $\omega_0 = 0,50$ rad/s xung quanh một trục nằm ngang AB . Tại thời điểm $t = 0$ người ta bắt đầu cho trục AB quay xung quanh trục thẳng đứng với một giá tốc góc không đổi $\beta_0 = 0,10$ rad/s². Hãy xác định vận tốc góc và giá tốc góc sau thời gian $t = 3,5$ s.

PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN CỦA ĐỘNG LỰC HỌC

1.53. Một khí cầu khởi lượng m bắt đầu bay xuông với một



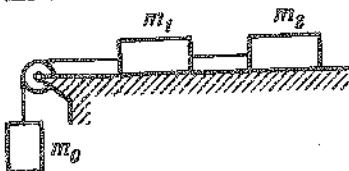
Hình 8.



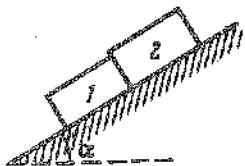
Hình 9.

gia tốc không đổi w . Hãy xác định khối lượng của vật nặng cần phải ném đi để truyền cho khi cầu gia tốc có cùng độ lớn w nhưng hướng lên trên. Bỏ qua sức cản không khí.

1.54. Trong hệ thống của hình 10, khối lượng các vật bằng m_0, m_1, m_2 ; khối lượng ròng rọc và dây không đáng kể; ma sát ở ròng rọc bằng không. Hãy tìm gia tốc w của vật m_0 di xuông và sức căng của dây nối các vật m_1 và m_2 , biết hệ số ma sát của các vật trên mặt nằm ngang bằng k . Khảo sát các trường hợp có thể có.



Hình 10.



Hình 11.

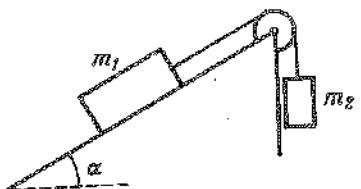
1.55. Trên một mặt phẳng nghiêng góc α với mặt phẳng ngang có đặt hai vật 1 và 2 tiếp xúc nhau (hình 11), khối lượng các vật đó bằng m_1 và m_2 ; hệ số ma sát của mặt phẳng nghiêng với các vật đó bằng k_1 và k_2 với $k_1 > k_2$. Hãy xác định:

- lực tương tác giữa hai vật khi chuyển động;
- giá trị nhỏ nhất của góc α để có thể xảy ra sự trượt trên mặt phẳng nghiêng.

1.56. Một vật nhỏ được ném từ thấp lên cao theo một mặt phẳng nghiêng góc $\alpha = 15^\circ$ với mặt phẳng ngang. Hãy xác định hệ số ma sát, biết rằng thời gian đi lên nhỏ gấp $\eta = 2,0$ lần so với thời gian đi xuống.

1.57. Ở hệ thống vẽ trên hình 12, biết góc α giữa mặt phẳng nghiêng và mặt phẳng ngang và biết hệ số ma sát k giữa vật m_1 và mặt phẳng nghiêng. Khối lượng của ròng rọc và của dây không đáng kể, ma sát ở ròng rọc bằng không. Giả thiết lúc ban đầu hai vật đứng yên. Hãy xác định tỷ số các khối lượng m_2/m_1 để cho vật m_2 :

- bắt đầu di xuông;
- bắt đầu di lên;
- vẫn đứng yên.



Hình 12.

1.58. Trên một mặt phẳng ngang nhẵn có đặt một tấm ván khối lượng m_1 , mang một vật khối lượng m_2 . Người ta tác dụng vào vật một lực ngang tăng dần với thời gian t theo qui luật $F = at$, a là một hằng số. Hãy xác định theo t , những giá trị của tầm ván và của vật, biết hệ số ma sát giữa tầm ván và vật bằng k . Vẽ gần đúng đồ thị của những hàm số ấy.

1.59. Một vật nhỏ A bắt đầu trượt từ đỉnh của một khai hình nêm mà đáy là $a = 2,10$ m (hình 13). Hệ số ma sát giữa vật và mặt nêm bằng $k = 0,140$. Tính giá trị của góc α ứng với thời gian di xuông là nhỏ nhất. Thời gian ấy bằng bao nhiêu?

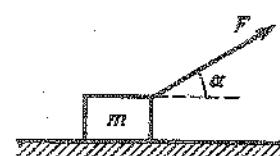
1.60. Một vật khối lượng m , được kéo di với vận tốc không đổi bởi một sợi dây trên một mặt phẳng, nghiêng góc α với mặt phẳng ngang

(hình 14). Hệ số ma sát bằng k . Xác định góc β giữa sợi dây với mặt phẳng nghiêng để cho sức căng nhỏ nhất. Sức căng ấy bằng bao nhiêu?

1.61. Một vật nhỏ khối lượng m đang nằm yên trên một mặt phẳng ngang nhẵn. Lúc $t = 0$ vật đó chịu tác dụng của một lực phụ thuộc thời gian theo qui luật $F = at$, a là một hằng số;



Hình 14.



Hình 15

lực hợp với mặt phẳng ngang một góc α không đổi (hình 15). Xác định:

- vận tốc của vật lục nô rời mặt phẳng;
- quãng đường vật di được trong khoảng thời gian đó.

1.62. Một lực $F = mg/3$ có độ lớn không đổi, tác dụng vào một vật khối lượng m đang nằm yên trên một mặt phẳng

ngang nhau. Khi vật chuyển động thẳng, góc α giữa lực với mặt phẳng ngang thay đổi theo quy luật $\alpha = \alpha_0 \sin \frac{\pi}{L} x$, với α_0 là một hằng số và x là quãng đường vật di chuyển tính từ vị trí ban đầu. Tính vận tốc của vật lực $a = \pi/2$.

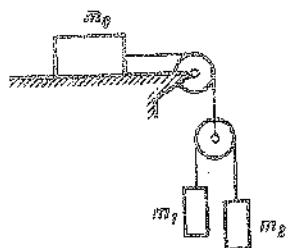
1.63. Trên một mặt phẳng ngang có hai vật ban đầu cách nhau một khoảng l : đó là một phiến nặng và một động cơ điện có mức pin. Trên đầu trục của động cơ có quấn một sợi dây mà đầu kia buộc vào phiến nặng. Khi động cơ chạy, nó tác dụng lực kéo phiến nặng dịch chuyển với giá tốc không đổi w . Hệ số ma sát bằng k . Khối lượng phiến lớn gấp đôi khối lượng động cơ. Hỏi sau thời gian bao lâu hai vật va vào nhau?

1.64. Một ròng rọc giàn cố định vào trần của một lồng thang máy, mang một sợi dây mà hai đầu nối với hai vật khối lượng m_1 và m_2 . Thang máy di lên với giá tốc w_0 . Bỏ qua khôi lực riêng của ròng rọc và của dây, bỏ qua ma sát, hãy tính:
 a) giá tốc của vật m_1 , đối với hệIFE thang máy và đối với lồng thang máy;

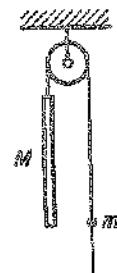
Bí kíp đeo rồng rộc tác dụng lên trần cửa lồng thang máy.

1.65. Các vật của hệ vẽ trên hình 16 có khối lượng m_1 , m_2 và m_3 ; mà sát bằng không, khối lượng của ròng rọc và của dây không đáng kể. Tính giá tốc của vật m_1 . Khảo sát mọi trường hợp có thể có.

1.66. Trong cách bố trí trên hình 17, cho biết khối lượng của thanh dài M và của hòn bi m , trong đó $M > m$. Hòn bi được choc thẳng một iõ và có thể trượt dọc theo sợi dây với một lực ma sát nhỏ dò. Khối lượng của ròng rọc và của dây không đáng



卷之三



Hind 17.

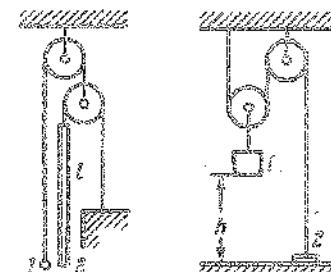
kè ; mía sát ở rồng rọc bằng không. Lúc đầu hòn bi ở vị trí ngang với đầu dưới của thanh. Khi thả ra, hai vật bắt đầu chuyển động với những gia tốc không đổi. Hãy xác định lực mía sát giữa hòn bi và sợi dây ; biết rằng sau : giây chuyển động, hòn bi ở vị trí ngang với đầu trên của thanh. Chiều dài của thanh bằng :

1.67. Trong một dụng cụ (hình 18) hòn bi 1 có khối lượng bằng $n = 1,8$ lần khối lượng thanh 2; chiều dài của thanh này bằng $l = 100$ cm. Những khối lượng của ròng rọc và của dây cũng như lực ma sát đều không đáng kể. Người ta đặt hòn bi ở vị trí ngang với đầu dưới của thanh 2. Sau đó hệ được thả chuyền động. Hỏi: sau bao lâu hòn bi ở vị trí ngang với đầu trên của thanh?

1.68. Trong hệ thống của hình 19, khối lượng vật 1 bằng $\eta = 4,0$ lần khối lượng vật 2. Chiều cao $h = 20$ cm. Khối lượng chà ròng rọc và cát dây cũng như các lực ma sát đều bù thã vật 2 và hệ bất đầu chuyển độ cao (đối với mặt đất) mà vật

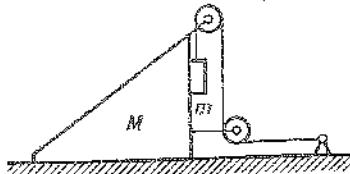
卷之三

కృష్ణ १३-



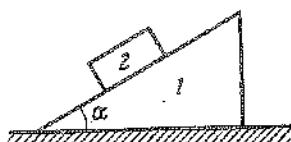
1.69. Trong cách bố trí trên hình 20 cho biết khối lượng M của hỉnh ném và khối lượng m của vật. Chỉ có ma sát giữa bề mặt của hỉnh ném với vật m ; hệ số ma sát bằng k . Các khối lượng của ròng rọc và của dây không đáng kể. Hãy xác định giá tốc của vật m đối với mặt phẳng ngang, trên đó có hỉnh ném đang trượt.

1.70. Hỏi: phải truyền cho vật A (hình 21) một giá tốc theo phương ngang nhỏ nhất bằng bao nhiêu để cho hai vật 1 và 2 không chuyển dịch đối với A ? Các vật 1 và 2 có cùng khối lượng, hệ số ma sát giữa vật A và các vật 1, 2 bằng k . Coi như khối lượng của ròng rọc, của các dây nối nhỏ không đáng kể và không có ma sát ở ròng rọc.

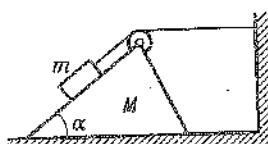


Hình 20.

1.71. Khối lăng trụ 1 mang một vật 2 (khối lượng m) nhận được một gia tốc ngang về phía trái bằng w (hình 22). Hỏi : giá trị cực đại của w bao nhiêu để cho vật 2 vẫn đứng yên so với khối lăng trụ ? Hệ số ma sát giữa 1 và 2 bằng $k < \cot \alpha$



Hình 22.



Hình 23.

1.72. Khối lăng trụ 1 có khối lượng m_1 với góc α đặt trên một mặt phẳng ngang ; khối này mang một vật 2 có khối lượng m_2 (hình 22). Bỏ qua ma sát, tính gia tốc của khối lăng trụ.

1.73. Trong cách bố trí trên hình 23, cho biết khối lượng của khối lập phương m , của hình nêm M và góc α . Khối lượng của ròng rọc và của dây không đáng kể, ma sát bằng không. Tính gia tốc của khối hình nêm.

1.74. Một hạt khối lượng m chuyển động theo một đường tròn bán kính R . Xác định модун của vectơ lực trung bình tác dụng lên hạt đó trên quãng đường bằng $\frac{1}{4}$ vòng tròn, nếu hạt đó chuyển động :

a) đều với vận tốc v ;

b) với gia tốc tiếp tuyến không đổi w_t , không có vận tốc đầu.

1.75. Một máy bay nhào lộn vách một nửa đường tròn thẳng đứng bán kính $R = 500$ m với vận tốc không đổi $v = 360$ km/h. Tính trọng lượng biểu kiến của người lái khi lượng $m = 70$ kg tại điểm cao nhất, điểm thấp nhất và điểm giữa của đường bay.

1.76. Một hòn bi nhỏ khối lượng m treo vào đầu một sợi dây, được dây sang một bên sao cho dây làm một góc vuông với đường thẳng đứng, rồi sau đó được thả xuống. Hãy tính :

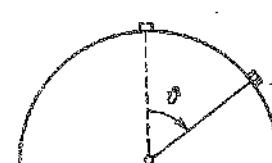
a) giá tốc toàn phần của hòn bi và sức căng của dây theo góc lệch θ của dây (so với phương thẳng đứng) ;

b) sức căng của dây khi thành phần thẳng đứng của vận tốc hòn bi cực đại ;

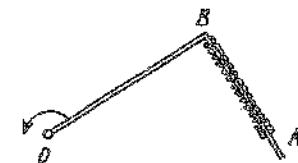
c) góc lệch θ của dây khi vectơ giá tốc toàn phần của hòn bi nằm ngang.

1.77. Một hòn bi treo ở đầu một sợi dây dao động trong mặt phẳng thẳng đứng. Gia tốc của hòn bi ở vị trí cao nhất và ở vị trí thấp nhất có độ lớn bằng nhau. Xác định góc lệch của dây khi hòn bi ở vị trí cao nhất.

1.78. Một vật nhỏ A trượt từ đỉnh một quả cầu nhẵn có bán kính R . Tính góc θ (hình 24) lúc vật A bắt đầu rời mặt cầu và vận tốc của A lúc đó.



Hình 24.



Hình 25.

1.79. Một hệ (hình 25) gồm một thanh nhẵn hình chữ I nằm trong mặt phẳng ngang, một vòng trượt nhỏ A khối lượng m , vòng này được nối với điểm B bằng một lò xo xoắn không có khối lượng và có hệ số đàn hồi κ . Tất cả đều quay với vận tốc góc không đổi ω xung quanh một trục thẳng đứng đi qua O . Hãy tính độ dân ty dồi của lò xo. Chiều quay có ánh hưởng gì đến kết quả ?

1.80. Một người đi xe đạp lượn tròn trên một sân nằm ngang bán kính R . Hệ số ma sát chỉ phụ thuộc vào khoảng cách r đến tâm O của sân theo quy luật $k = k_0(1 - r/R)$, với k_0 là một hằng số. Xác định bán kính của đường tròn tâm O mà người đi xe đạp có thể lượn với vận tốc cực đại. Vận tốc đó bằng bao nhiêu ?

1.81. Một dây xích khối lượng m có dạng một vòng tròn bán kính R , quấn trên một hình nón tròn xoay nhẵn với nửa góc ở đỉnh bằng θ . Xác định sức căng của dây xích, nếu nó chuyển động quay với vận tốc góc không đổi ω xung quanh một trục thẳng đứng trùng với trục của hình nón.

1.82. Một sợi dây không khối lượng, hai đầu mang hai khối lượng m_1, m_2 vắt qua rãnh của một ròng rọc cố định. Giữa sợi dây và ròng rọc có ma sát sao cho dây bắt đầu trượt đi khi tỷ số $m_2/m_1 = \eta_0$. Hãy xác định :

- a) hệ số ma sát ;
- b) giá tốc của mỗi khối lượng nếu $m_2/m_1 = \eta > \eta_0$.

1.83. Một hạt khối lượng m chuyển động trên mặt trống nhẵn của một hình trụ thẳng đứng bán kính R . Hãy xác định lực do hạt tác dụng lên mặt trong của hình trụ, biết rằng ở thời điểm ban đầu, vận tốc hạt bằng v_0 và làm với đường nằm ngang một góc α .

1.84. Hãy xác định độ lớn và chiều của lực tác dụng lên một hạt khối lượng m , chuyển động trong mặt phẳng ngang xy theo các quy luật : $x = a \sin \omega t$, $y = b \cos \omega t$, với a, b, ω là những hằng số.

1.85. Một vật khối lượng m được ném lên với vận tốc đầu v_0 , làm một góc α với đường nằm ngang. Bỏ qua sức cản của không khí, hãy xác định :

- a) độ biến thiên xung lượng Δp của vật sau t giây đầu ;
- b) độ lớn của độ biến thiên xung lượng của vật trong cả quá trình chuyển động.

1.86. Tại thời điểm $t = 0$, người ta tác dụng vào một hạt có khối lượng m một lực phụ thuộc thời gian theo quy luật $F = a(t - t_0)$, với a là một vectơ không đổi, t_0 là thời gian tác dụng của lực. Hãy xác định :

- a) xung lượng của hạt sau khi lực tác dụng ;
- b) quãng đường hạt di được trong thời gian lực tác dụng.

1.87. Một hạt khối lượng m , bắt đầu chuyển động từ lúc $t = 0$, dưới tác dụng của một lực $F = F_0 \sin \omega t$, F_0 và ω đều là các hằng số. Xác định quãng đường hạt di được theo thời gian t . Vẽ đồ thị gần đúng của hàm số đó.

1.88. Một hạt khối lượng m , bắt đầu chuyển động từ lúc $t = 0$ dưới tác dụng của một lực $F = F_0 \cos \omega t$, với F_0 và ω

không đổi. Hỏi : thời gian chuyển động trước lần dừng lại đầu tiên ? Hỏi : quãng đường hạt di được trong thời gian đó ? Hỏi : vận tốc cực đại của hạt trên quãng đường đó ?

1.89. Một canô khối lượng m đang chuyển động trên một mặt hồ với vận tốc v_0 . Vào thời điểm $t = 0$ người ta tắt máy. Giả thiết rằng sức cản của nước đối với chuyển động của canô tỷ lệ với vận tốc của nó : $F = -\gamma v$, hãy xác định :

- a) thời gian chuyển động của canô kể từ lúc tắt máy ;
- b) vận tốc theo quãng đường di được của canô, kể từ lúc tắt máy và quãng đường tổng cộng di được cho đến lúc dừng lại ;
- c) vận tốc trung bình của canô trong khoảng thời gian mà vận tốc ban đầu của canô giảm đi η lần.

1.90. Một viên đạn xuyên qua một tấm ván chiều dày h , có vận tốc giảm từ v_0 đến v . Tìm thời gian chuyển động của viên đạn trong tấm ván, biết rằng sức cản của tấm ván tỷ lệ với bình phương vận tốc viên đạn.

1.91. Một vật nhỏ bắt đầu trượt trên một mặt phẳng nghiêng góc α với mặt phẳng ngang. Hệ số ma sát phụ thuộc quãng đường di được x theo quy luật $k = ax$, với a là hằng số. Hãy tính :

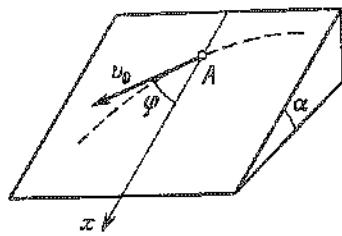
- a) quãng đường vật di được đến khi dừng lại ;
- b) vận tốc cực đại của vật trong quá trình chuyển động đó.

1.92. Trên một mặt phẳng ngang (hệ số ma sát k), có một vật khối lượng m đang nằm yên. Lúc $t = 0$ người ta tác dụng lên vật một lực ngang phụ thuộc thời gian theo quy luật $F = at$, với a là một vectơ không đổi. Xác định quãng đường vật di được trong t giây đầu, sau khi bắt đầu tác dụng lực này.

1.93. Một vật có khối lượng m được tung thẳng đứng lên trên với vận tốc v_0 . Tim vận tốc v' , mà vật rơi ngược lại, nếu lực cản của không khí bằng kv^2 , trong đó k là một hằng số, v là vận tốc của vật.

1.94. Một hạt khối lượng m chuyển động trong một mặt phẳng P , dưới tác dụng của một lực có độ lớn không đổi và có phương quay trong mặt phẳng này với vận tốc góc không đổi ω . Giả sử lúc $t = 0$ hạt đứng yên, hãy tính :

- a) vận tốc hạt theo thời gian ;
- b) quãng đường hạt di được giữa hai lần dừng lại liên tiếp và vận tốc trung bình của hạt trong thời gian đó.



Hình 26.

1.95. Người ta truyền vận tốc đầu v_0 cho một cái vòng đệm nhỏ A đặt trên một mặt phẳng nghiêng góc α so với mặt phẳng ngang (hình 26). Xác định vận tốc của vòng đệm A theo góc φ , biết hệ số ma sát $k = \tan \alpha$ và lực đầu $\Phi_0 = \pi/2$.

1.96. Trên một mặt cầu nhẵn bán kính R , có đặt một dây xích chiều dài l , một đầu dây được gắn cố định tại đỉnh

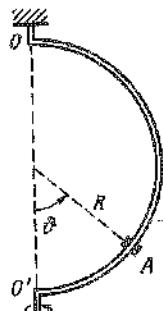
của mặt cầu. Tính giá tốc w của mỗi phần tử của dây xích, khi người ta thả đầu trên của dây ra. Giả sử rằng độ dài của xích $l < \pi R/2$.

1.97. Một vật nhỏ đặt ở trên đỉnh một mặt cầu nhẵn bán kính R . Sau đó người ta truyền cho quả cầu một giá tốc ngang không đổi w_0 và lập tức vật đó trượt về phía dưới. Hãy xác định:

- vận tốc của vật đối với quả cầu lúc nó rời mặt cầu;
- góc θ_0 giữa đường thẳng đứng và bán kính vector từ tâm quả cầu đến vị trí vật rời mặt cầu; tính θ_0 khi $w_0 = g$.

1.98. Một hạt khôi lượng m chuyển động đều với vận tốc v , vạch một vòng tròn, dưới tác dụng của lực $F = a/r^n$, trong đó a và n không đổi, r là bán kính vòng tròn. Tìm giá trị của n để cho chuyển động đó là bền. Khi đó bán kính vòng tròn bằng bao nhiêu?

1.99. Một vòng trượt nhỏ A trượt tự do dọc theo một thanh nhẵn, có dạng một nửa đường tròn bán kính R (hình 27). Tất cả lại quay với vận tốc góc không đổi ω xung quanh trục thẳng đứng OO' . Xác định góc ϑ ứng với vị trí bền của vòng trượt.



Hình 27.

1.100. Một khẩu súng nhảm vào một vạch thẳng đứng trên một mục tiêu ở khoảng cách $s = 1$ km đúng theo hướng Bắc. Bỏ qua sức cản không khí, hãy xác định vết đạn trên mục tiêu lệch khỏi vạch thẳng đứng

về phía nào và cách bao nhiêu cm? Đạn bắn ngang ở vĩ độ $\varphi = 60^\circ$; vận tốc đạn $v = 900$ m/s.

1.101. Một đĩa nằm ngang quay với vận tốc góc không đổi $\omega = 6,0$ rad/s xung quanh một trục thẳng đứng đi qua tâm đĩa. Một vật nhỏ khôi lượng $m = 0,50$ kg, chuyển động dọc theo một đường kính của đĩa với một vận tốc đối với đĩa $v' = 50$ cm/s không đổi. Tính lực do đĩa tác dụng lên vật, lúc vật ở khoảng cách $r = 30$ cm so với tâm đĩa.

1.102. Một thanh nhẵn AB nằm ngang, quay với vận tốc góc không đổi $\omega = 2,00$ rad/s xung quanh một trục thẳng đứng đi qua đầu A . Một vật nhỏ khôi lượng $m = 0,50$ kg, trượt tự do dọc theo thanh đó, xuất phát từ đầu A với vận tốc ban đầu $v_0 = 1,00$ m/s. Hãy tính lực Coriolis (trong hệ quy chiếu gắn liền với thanh quay) tại vị trí vật ở khoảng cách $r = 50$ cm so với trục quay.

1.103. Một đĩa nằm ngang bán kính R , quay với vận tốc góc không đổi ω xung quanh một trục thẳng đứng đi qua mép đĩa. Trên chu vi của đĩa có một hạt khôi lượng m , chuyển động đều so với đĩa. Vào lúc hạt ở cách trục quay xa nhất, tổng hợp các lực quán tính F_{q_i} tác dụng lên vật trong hệ quy chiếu gắn liền với đĩa bằng không, hãy tính:

- giá tốc w' của hạt đối với đĩa;
- F_{q_i} theo khoảng cách từ hạt đến trục quay.

1.104. Một vật nhỏ khôi lượng $m = 0,30$ kg, trượt từ đỉnh của một mặt cầu nhẵn bán kính $R = 1,00$ m. Quả cầu quay đều với vận tốc góc $\omega = 6,0$ rad/s xung quanh một trục thẳng đứng đi qua tâm quả cầu. Tính trong hệ quy chiếu gắn liền với quả cầu, lực quán tính li tâm và lực Coriolis tại thời điểm vật rời mặt quả cầu.

1.105. Một xe lửa khôi lượng $m = 2000t$ chạy với vận tốc $v = 54$ km/h ở vĩ độ $\varphi = 60^\circ$. Hãy xác định thành phần ngang của lực nén trên các bánh ray, nếu đường ray là:

- một kinh tuyễn;
- một vi tuyễn.

1.106. Tại xích đạo, một vật rơi (không vận tốc ban đầu đối với Trái Đất) từ độ cao $h = 500$ m xuống mặt đất. Bỏ qua sức cản không khí, hãy xác định giá trị và hướng của độ lệch của điểm rơi so với đường thẳng đứng.

CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN NĂNG LƯỢNG, XUNG LƯỢNG VÀ MÔMEN XUNG LƯỢNG

1.107. Một hạt chuyển động theo một quỹ đạo nào đó trong mặt phẳng xy từ điểm 1 có bán kính vectơ $r_1 = i + 2j$ m đến điểm 2 có bán kính vectơ $r_2 = 2i - 3j$ m. Hạt đó chuyển động dưới tác dụng của những lực trong đó có lực $F = 3i + 4j$ N. Tính công thực hiện bởi lực F .

1.108. Một đầu máy xe lửa khởi lượng m mở máy chạy từ nhà ga sao cho vận tốc của nó cho bởi quy luật $v = a/s$, với a là hằng số, s là quãng đường đi được. Tính công tổng cộng của tất cả các lực tác dụng lên đầu máy, thực hiện trong t giây đầu kề từ lúc mở máy.

1.109. Động năng của một hạt, chuyển động trên đường tròn bán kính R , phụ thuộc quãng đường đi theo quy luật $T = as^2$, a là một hằng số. Tính lực tác dụng lên hạt coi như hàm của s .

1.110. Một sợi dây xích chiều dài $l = 1,5$ m, khởi lượng $m = 0,80$ kg, nằm yên trên một cái bàn mặt ráp sao cho một đầu của dây treo lơ lửng ngoài mép bàn. Khi phần dây lơ lửng ngoài bàn có chiều dài bằng $\eta = 1/3$ chiều dài của dây thì dây bắt đầu chuyển động. Tính công của các lực ma sát, tác dụng lên dây xích cho đến khi dây rời khỏi mặt bàn.

1.111. Một vật khởi lượng m được ném lên với vận tốc ban đầu v_0 , làm với đường ngang một góc α . Tính công suất trung bình của trọng lực trong suốt quá trình chuyển động của vật và công suất tức thời của trọng lực theo thời gian.

1.112. Một hạt khởi lượng m , chuyển động theo một quỹ đạo tròn bán kính R , với giá tốc pháp tuyến xác định theo thời gian là $w_n = at^2$, a là một hằng số. Tính theo thời gian, công suất của tất cả các lực tác dụng lên hạt và giá trị trung bình của công suất đó, trong thời gian t giây đầu kề từ lúc bắt đầu chuyển động.

1.113. Một vật nhỏ khởi lượng m nằm yên tại một điểm O trên một mặt phẳng ngang. Người ta truyền cho nó một vận tốc ngang v_0 . Xác định :

a) công suất trung bình của lực ma sát trong suốt quá trình chuyển động của vật, biết hệ số ma sát $k = 0,27$, $m = 1,0$ kg và $v_0 = 1,5$ m/s;

b) công suất tức thời cực đại của lực ma sát, biết hệ số ma sát $k = ax$, với a là hằng số, x là khoảng cách đèn diểm O .

1.114. Một vật nhỏ khởi lượng $m = 0,10$ kg, chuyển động trong một hệ quy chiếu không quán tính, hệ quy chiếu này thực hiện một chuyển động quay xung quanh một trục cố định với vận tốc góc không đổi $\omega = 5,0$ rad/s. Tính công của lực quán tính li tâm, khi vật đó chuyển động từ điểm 1 đến điểm 2 cách trục quay những khoảng lần lượt bằng : $r_1 = 30$ cm ; $r_2 = 50$ cm.

1.115. Một hệ gồm hai lò xo mắc nối tiếp nhau, lần lượt có hệ số đàn hồi k_1 và k_2 . Tính công cực tiểu cần thiết để kéo dài hệ đó thêm một đoạn Δl .

1.116. Một vật khởi lượng m được nâng lên từ mặt đất bởi một lực F , phụ thuộc độ cao y theo quy luật $F = 2(ay - 1)mg$, với a là hằng số dương. Tính công của lực đó và độ tăng thê năng của vật trong nửa đoạn đường đầu tiên của quá trình đi lên.

1.117. Thê năng của một hạt trong một trường nào đó có dạng $U = a/r^2 - b/r$, với a, b là những hằng số dương và r là khoảng cách từ tâm của trường. Xác định :

a) giá trị r_0 ứng với vị trí cân bằng của hạt; xét xem vị trí cân bằng đó có bền không?

b) giá trị cực đại của lực hút; vẽ đồ thị của những hàm số $U(r)$ và $F_r(r)$ (hình chiếu của lực lên bán kính vectơ r).

1.118. Thê năng của một hạt trong một trường lực phẳng có dạng $U = \alpha x^2 + \beta y^2$, với α, β là những hằng số dương khác nhau. Xác định :

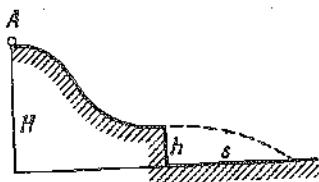
a) trường lực đó có xuyên tâm hay không?

b) dạng của các mặt đẳng thê và các mặt trên đó độ lớn của lực $F = \text{const}$.

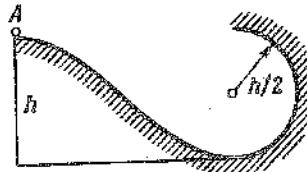
1.119. Có hai trường lực dùng: 1) $F = ay$; 2) $F = -axi + byj$, trong đó i, j là các vectơ đơn vị trên các trục x, y và a, b là những hằng số. Xét xem các trường lực đó có tính chất thê hay không?

1.120. Một vật khởi lượng m được ném lên dọc theo một mặt phẳng nghiêng góc α với mặt phẳng ngang. Vận tốc ban đầu của vật bằng v_0 ; hệ số ma sát bằng k . Tính quãng đường đi được của vật đèn khi dừng lại và công của lực ma sát trên quãng đường ấy.

1.121. Một vòng đệm nhỏ A trượt từ đỉnh một ngọn đồi mặt nhẵn độ cao H , tiếp theo đến một bờ dốc thẳng đứng đi xuồng một bãi phẳng nằm ngang (hình 28). Hỏi độ cao h của bờ dốc thẳng đứng phải bằng bao nhiêu để khi trượt xuồng khỏi bờ dốc, vòng đệm A bay ra đạt được khoảng cách s lớn nhất? Khoảng cách đó bằng bao nhiêu?



Hình 28.



Hình 29.

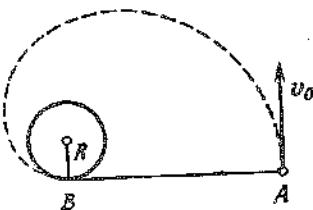
1.122. Một vật nhỏ A trượt không vận tốc đầu từ độ cao h , trên một đường trượt dốc được nối tiếp bởi một nửa đường tròn bán kính $h/2$ (hình 29). Giả thiết ma sát bằng 0, xác định vận tốc của vật tại điểm cao nhất của đường trượt (lúc vật rời đường trượt).

1.123. Một hòn bi khôi lượng m , được treo vào đầu một sợi dây độ dài l . Hỏi: phải dịch chuyển điểm treo trong mặt phẳng ngang với vận tốc nhỏ nhất bằng bao nhiêu, để hòn bi chuyền dịch vạch một đường tròn xung quanh điểm đó? Tính giá trị sức căng của dây lúc nó qua vị trí nằm ngang.

1.124. Trên một mặt phẳng ngang có một hình trụ thẳng đứng cõi định bán kính R và một vòng nhỏ A nồi với hình trụ bằng một sợi dây nằm ngang AB chiều dài l_0 (hình 30 — nhìn từ trên).

Vòng nhỏ A nhận một vận tốc ban đầu v_0 như hình vẽ. Tính thời gian chuyền động trong mặt phẳng của A , cho đến khi nó gặp hình trụ. Ma sát bằng không.

1.125. Một sợi dây đàn hồi nhẵn có chiều dài l



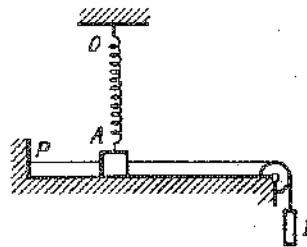
Hình 30.



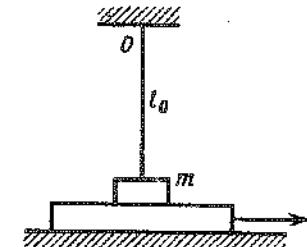
Hình 31.

và có hệ số đàn hồi k , một đầu dây cố định tại điểm O . Đầu kia của dây có gắn một cái ngang B (hình 31), một vòng nhỏ A khôi lượng m được thả ra từ O . Bỏ qua khôi lượng của dây và của cái ngang B , tính độ kéo dài lớn nhất của dây.

1.126. Một vật A nằm yên trên một mặt phẳng ngang nhẵn. Nó được nồi vào một điểm cố định P bằng một sợi dây và nồi với một vật B bằng một sợi dây khác, vắt qua một ròng roè khôi lượng không đáng kể; khôi lượng hai vật A và B bằng nhau (hình 32). Ngoài ra vật A được nồi vào điểm O qua một lò xo nhẹ không biến dạng chiều dài $l_0 = 50$ cm và có hệ số đàn hồi $\kappa = 5 \text{ mg}/l_0$ với m là khôi lượng của A . Khi ta đột dây PA , vật A bắt đầu chuyển động. Xác định vận tốc của nó lúc nó bắt đầu rời mặt phẳng ngang.



Hình 32.



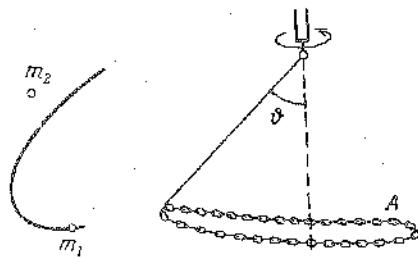
Hình 33.

1.127. Trên một mặt phẳng ngang có đặt một tấm ván mang một vật khôi lượng $m = 1,0 \text{ kg}$; vật này nồi vào điểm O bằng một sợi dây đàn hồi nhẹ không biến dạng chiều dài $l_0 = 40 \text{ cm}$ (hình 33). Hệ số ma sát của vật trên tấm ván bằng $k = 0,20$. Tâm ván từ từ dịch về bên phải cho đến khi vật bắt đầu trượt trên nó. Đúng lúc đó, sợi dây lệch khỏi vị trí thẳng đứng một góc $\theta = 30^\circ$. Hãy xác định, trong hệ quy chiếu gắn liền với mặt phẳng ngang, công của lực ma sát tác dụng lên vật m từ lúc đầu đến lúc nó bắt đầu trượt.

1.128. Một thanh nhẵn nằm ngang AB có thể quay xung quanh một trục thẳng đứng đi qua đầu A . Thanh đó mang một vòng nhỏ khôi lượng m , được nồi vào đầu A bằng một lò xo khôi lượng không đáng kể và chiều dài bằng l_0 . Hệ số đàn hồi của lò xo bằng k . Tính công phải tốn để làm cho hệ nói trên quay chậm với vận tốc góc ω .

1.129. Trên một ròng rọc gắn cố định vào trần của phòng thí nghiệm có một sợi dây vắt qua, hai đầu dây mang hai khối lượng m_1 và m_2 . Bỏ qua khối lượng của ròng rọc và của dây và bỏ qua ma sát, tìm giá tốc w_c của khối tâm C của hệ.

1.130. Hai hạt tương tác tạo thành một hệ kin có khối tâm đứng yên. Hình 34 vẽ vị trí hai hạt tại một thời điểm nào đó và quỹ đạo của hạt m_1 . Vẽ quỹ đạo của hạt m_2 biết rằng $m_2 = m_1/2$.



Hình 34.

1.131. Một vòng dây xích kin A có khối lượng $m = 0,36$ kg, được nén qua một sợi dây vào đầu một trục thẳng đứng của một máy quay li tâm (hình 35) và quay với vận tốc góc không đổi $\omega = 35$ rad/s. Sợi dây làm một góc $\vartheta = 45^\circ$ với đường thẳng

dừng. Xác định khoảng cách từ khối tâm vòng dây xích đến trục quay và sức căng của sợi dây.

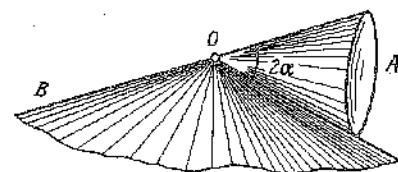
1.132. Một hình nón tròn xoay A khối lượng $m = 3,2$ kg có nửa góc ở đỉnh $\alpha = 10^\circ$, lăn đều không trượt trên một mặt có nửa góc ở đỉnh của nó bất động (hình 36). Khối tâm của hình nón B sao cho đỉnh của nó bất động. Khối lượng m của

hình nón A ở cùng độ cao với đỉnh O , cách đỉnh O một khoảng $l = 17$ cm và chuyển động theo một đường tròn với vận tốc góc ω . Hãy xác định:

a) lực ma sát tĩnh tác dụng vào hình nón A khi $\omega = 1,0$ rad/s;

b) những giá trị của ω để cho chuyển động của hình nón A tiến hành không trượt, hệ số ma sát giữa các mặt bằng $k = 0,25$.

1.133. Hai hạt chuyển động đối với một hệ quy chiếu K dọc theo trục x : hạt thứ nhất có khối lượng m_1 và vận tốc v_1 ; hạt thứ hai có khối lượng m_2 và vận tốc v_2 . Hãy tính:



Hình 36.

a) vận tốc V của hệ quy chiếu K' trong đó động năng tổng cộng của hai hạt nhỏ nhất;

b) động năng tổng cộng của hai hạt đó trong hệ quy chiếu K' .

1.134. Khối tâm của một hệ hạt đứng yên trong một hệ quy chiếu chuyển động tịnh tiến với vận tốc V đối với một hệ quy chiếu Galileo K . Khối lượng của hệ hạt bằng m , năng lượng tổng cộng của hệ đó đối với hệ quy chiếu khôi tâm bằng E . Xác định năng lượng tổng cộng của hệ hạt trong hệ quy chiếu K .

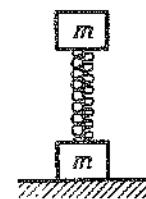
1.135. Hai vật nhỏ khối lượng m_1 và m_2 nồi với nhau bằng một lò xo khôi lượng không đáng kể, nằm yên trên một mặt phẳng ngang nhẵn. Người ta truyền cho hai vật đó những vectơ vận tốc v_1 và v_2 vuông góc nhau và nằm ngang. Hãy xác định năng lượng tổng cộng của hệ trong hệ quy chiếu khôi tâm.

1.136. Một hệ gồm hai hòn bi khôi lượng m_1 và m_2 nồi với nhau bằng một lò xo không nặng. Ở thời điểm $t = 0$. Các hòn bi nhận được những vận tốc đầu v_1 và v_2 và hệ bắt đầu chuyển động trong trọng trường Trái Đất. Bỏ qua sức cản không khí, hãy xác định theo thời gian t , xung lượng tổng cộng của hệ khi chuyển động và bán kính vectơ của khôi tâm đối với vị trí ban đầu.

1.137. Một hệ gồm hai khôi lập phương giống nhau, cùng có khôi lượng bằng m , được nồi với nhau bằng một sợi dây, sao cho một lò xo khôi lượng không đáng kể, có hệ số đàn hồi k , bị nén lại giữa hai khôi đó (hình 37). Ở một thời điểm nào đó người ta đứt sợi dây. Hãy xác định:

a) giá trị của độ co ngắn ban đầu Δl của lò xo để cho khôi lập phương ở dưới được nâng lên khi đứt dây;

b) độ cao h nâng lên của khôi tâm của hệ, nếu độ co ngắn ban đầu bằng $\Delta l = 7\ mg/k$.



Hình 37.

1.138. Hai xe nhỏ giống nhau 1 và 2, trên mỗi xe có một người lái; hai xe đó chuyển động không ma sát trên những đường ray song song và đi đèn gặp nhau. Lúc gặp nhau hai người lái đổi xe bằng cách nhảy sang xe của nhau theo hướng vuông góc với hướng chuyển động. Khi đó xe số 1 dừng lại và xe số 2 tiếp tục chuyển động theo hướng cũ với vận tốc

bằng v. Hãy xác định các vận tốc ban đầu của hai xe biết khối lượng mỗi xe bằng M , khối lượng mỗi người lái bằng m .

1.139. Hai xe giống nhau, xe nọ theo sau xe kia, cùng chuyển động không ma sát theo quán tính với cùng vận tốc v_0 . Trên xe sau có một người lái có khối lượng m . Ở một lúc nào đó, người lái nhảy lên xe chạy trước với vận tốc u (đối với xe sau). Khối lượng mỗi xe bằng M , xác định vận tốc các xe sau khi nhảy.

1.140. Hai người có cùng khối lượng m , đứng trên một chiếc xe nằm yên khối lượng M . Bỏ qua ma sát, hãy xác định vận tốc của xe khi hai người đó nhảy xuống xe với cùng vận tốc u nằm ngang (đối với xe) : 1) đồng thời; 2) kẻ trước người sau. Trường hợp nào vận tốc xe thu được lớn hơn và lớn hơn bao nhiêu lần so với trường hợp kia?

1.141. Một dây xích chiều dài $l = 1,40$ m, khối lượng $m = 1,00$ kg, được treo bằng một sợi dây sao cho đầu dưới của dây xích chạm lên một mặt bàn. Sợi dây bị đứt, dây xích rơi xuống mặt bàn. Tính xung lượng tổng cộng dây xích đã truyền cho bàn.

1.142. Một hòn bi thép khối lượng $m = 50$ g rơi từ độ cao $h = 1,0$ m xuống mặt nằm ngang của một vật có khối lượng lớn. Xác định xung lượng tổng cộng hòn bi truyền cho vật sau nhiều lần này lên rơi xuống, biết rằng sau mỗi lần va chạm vận tốc hòn bi giảm đi, chỉ còn bằng $\eta = 0,80$ vận tốc trước va chạm.

1.143. Một người khối lượng m đứng trên một cái bè khối lượng M nằm yên trên mặt hồ. Người đó dịch chuyển một đoạn l với vận tốc v' (t) đối với bè rồi đứng lại. Bỏ qua sức cản của nước, hãy tính :

- độ dịch chuyển l của bè đối với bờ hồ;
- thành phần nằm ngang của lực do người tác dụng lên bè khi chuyển động.

1.144. Trên rãnh của một ròng rọc cố định có vắt qua một sợi dây, một đầu treo một cái thang có người bám, đầu kia treo một vật đối trọng khối lượng M . Người có khối lượng m dịch chuyển về phía trên một đoạn l đối với thang rồi dừng lại. Bỏ qua ma sát và bỏ qua khối lượng của ròng rọc và dây treo hãy xác định độ dịch chuyển l của khối tâm của hệ.

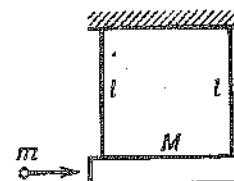
1.145. Một khẩu súng ca nòng khối lượng M , trượt không vận tốc ban đầu về phía dưới của một mặt phẳng nghiêng, làm

góc α đối với mặt phẳng ngang. Sau khi đi được đoạn đường l , khẩu súng bắn ra một viên đạn có xung lượng p nằm ngang rồi dừng lại. Bỏ qua khối lượng của viên đạn đối với khẩu súng, tính khoảng thời gian bắn.

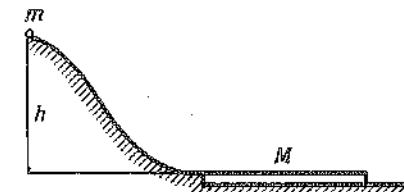
1.146. Một viên đạn khối lượng m bay ngang, xuyên vào một vật khối lượng M treo bởi hai sợi dây giống nhau, chiều dài l và dừng lại trong đó. Khi đó hai dây lệch đi một góc ϑ (hình 38). Giá sử $m \ll M$, tính :

a) vận tốc viên đạn trước khi xuyên vào vật M ;

b) số phần trăm động năng ban đầu của viên đạn biến thành nhiệt.



Hình 38.



Hình 39.

1.147. Một vòng đệm nhỏ khối lượng m trượt không vận tốc ban đầu từ đỉnh một ngọn đồi nhấp nhô cao h , xuống gặp một tấm ván khối lượng M , đặt trên một mặt phẳng ngang nhấp nhô dưới chân đồi (hình 39). Do ma sát giữa tấm ván và vòng đệm nhỏ, vòng này bị hãm chậm lại và đến một lúc nào đó, cả hai cùng chuyển động.

1) Tính công tổng cộng của các lực ma sát trong quá trình này.

2) Có thể khẳng định rằng kết quả nói trên không phụ thuộc quy chiều được không?

1.148. Người ta thả một hòn đá từ một độ cao h . Nếu không có sức cản không khí, khi rơi xuống đất, hòn đá thu được vận tốc $v_0 = \sqrt{2gh}$. Thiết lập lại công thức đó bằng cách giải bài toán trong hệ quy chiếu chuyển động, rơi xuống với vận tốc không đổi v_0 .

1.149. Một hạt khối lượng $m = 1,0$ g, đang chuyển động với vận tốc $v_1 = 3,0 - 2,0$ m/s, đâm và chạm hoàn toàn mềm

với một hạt khác khôi lượng $2,0 \text{ g}$, chuyển động với vận tốc $v_2 = 4,0 \text{ j} - 6,0 \text{ k m/s}$. Xác định vectơ vận tốc v của hạt tạo thành (hướng và độ lớn).

1.150. Tính độ biến thiên động năng của một hệ gồm hai hòn bi khôi lượng m_1, m_2 , khi chúng va chạm hoàn toàn đàn hồi với nhau; vận tốc của chúng trước va chạm bằng v_1 và v_2 .

1.151. Một hạt khôi lượng m_1 đến va chạm hoàn toàn đàn hồi với một hạt khôi lượng m_2 ban đầu đứng yên. Tính tỷ số động năng bị giảm đi của hạt 1 nếu :

- a) hạt đó bị bắn trở lại theo hướng vuông góc với hướng chuyển động ban đầu;
- b) va chạm có tính xuyên tâm.

1.152. Một hạt 1 đến va chạm hoàn toàn đàn hồi với một hạt 2 ban đầu đứng yên. Tính tỷ số khôi lượng của chúng, nếu :

- a) va chạm là xuyên tâm và các hạt (sau va chạm) chuyển động ngược chiều nhau với cùng độ lớn vận tốc;
- b) các hướng chuyển động của hai hạt hợp với nhau góc $\theta = 60^\circ$ và nằm đối xứng nhau đối với hướng chuyển động ban đầu của hạt 1.

1.153. Một hạt 1 chuyển động với vận tốc $v = 10 \text{ m/s}$ đến va chạm xuyên tâm vào một hạt 2 có cùng khôi lượng, đang đứng yên. Sau va chạm động năng của hệ giảm đi $\eta = 1,0\%$. Xác định độ lớn và hướng của vận tốc hạt 1 sau va chạm.

1.154. Sau khi va chạm, một hạt khôi lượng m chuyển động lệch hướng đi một góc $\pi/2$ và một hạt khác khôi lượng M ban đầu đứng yên, bị bắn đi theo hướng hợp một góc $\vartheta = 30^\circ$ đối với hướng chuyển động ban đầu của hạt m . Hỏi : động năng của hệ sau va chạm thay đổi ra sao và thay đổi bao nhiêu phần trăm, nếu $M/m = 5,0$?

1.155. Một hệ có lập gồm hai hạt có khôi lượng m_1 và m_2 chuyển động lại gần nhau, theo hai hướng vuông góc nhau, với vận tốc v_1 và v_2 . Hãy xác định, trong hệ quy chiếu khôi tâm :

- a) xung lượng của mỗi hạt;
- b) động năng tổng cộng của hai hạt.

1.156. Một hạt khôi lượng m_1 đến va chạm hoàn toàn đàn hồi với một khôi lượng $m_2 < m_1$ ban đầu đứng yên. Xác

định góc lệch hướng chuyển động lớn nhất của hạt đầu tiên sau khi va chạm.

1.157. Ba vòng đệm nhỏ giằng nhau A, B, C nằm yên trên một mặt phẳng ngang nhẵn (hình 40). Người ta truyền cho vòng A vận tốc v và vòng này đến va chạm đồng thời với cả hai vòng B, C . Khoảng cách giữa hai tâm của các vòng B, C trước khi va chạm bằng n lần đường kính mỗi vòng. Giả sử các va chạm là hoàn toàn đàn hồi, xác định vận tốc của vòng A sau va chạm. Tính giá trị của n để cho vòng A bắn ngược lại; dừng lại; tiếp tục tiến lên sau khi va chạm.

1.158. Một phân tử đến va chạm vào một phân tử khác cùng khôi lượng, ban đầu đứng yên. Chứng minh rằng sau va chạm, góc hợp bởi những hướng chuyển động của hai phân tử :

- a) bằng 90° , nếu va chạm hoàn toàn đàn hồi;
- b) khác 90° , nếu va chạm mềm.

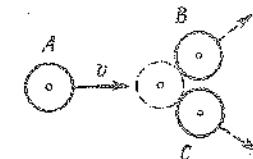
1.159. Một tên lửa phụ một luồng khí liên tục với vận tốc phụ bằng u (đối với tên lửa). Lưu lượng khí phụ ra bằng $\mu \text{ kg/s}$. Chứng minh rằng phương trình chuyển động của tên lửa là :

$$m w = F - \mu u,$$

trong đó m là khôi lượng tên lửa tại thời điểm đang xét, w là gia tốc tên lửa ; F là tổng hợp các ngoại lực (trọng lực và sức cản của không khí).

1.160. Một tên lửa chuyển động không có ngoại lực tác dụng luôn luôn phụ một luồng khí liên tục ; vận tốc phụ khi đối với tên lửa bằng u , không đổi. Tính vận tốc tên lửa v tại thời điểm mà khôi lượng của nó bằng m , nếu thời điểm ban đầu vận tốc bằng 0 và khôi lượng bằng m_0 . Dùng công thức của bài toán trên.

1.161. Thiết lập định luật biến đổi khôi lượng của một tên lửa theo thời gian t , nếu tên lửa chuyển động không có các ngoại lực tác dụng với gia tốc không đổi w ; vận tốc phụ khi đối với tên lửa không đổi và bằng u ; khôi lượng ban đầu của tên lửa bằng m_0 .

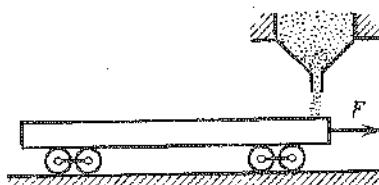


Hình 40.

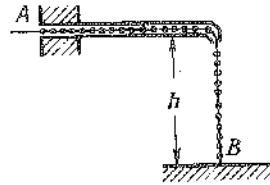
1.162. Một tàu vũ trụ khôi lượng m_0 chuyên động không ngoại lực tác dụng với vận tốc không đổi v_0 . Muốn thay đổi hướng chuyên động của nó, người ta cho hoạt động một động cơ phản lực phun một luồng khí có vận tốc v không đổi đối với con tàu và có hướng luôn luôn vuông góc với hướng chuyên động của con tàu. Khi kết thúc thời gian hoạt động của động cơ, khôi lượng con tàu bằng m . Hỏi hướng chuyên động của con tàu lệch một góc α bằng bao nhiêu so với hướng chuyên động ban đầu?

1.163. Một cái xe đựng cát chịu tác dụng theo phương nằm ngang bởi một lực kéo F không đổi có hướng trùng với hướng của vectơ vận tốc của xe. Do một lô thùng ở sàn xe, cát chảy xuống với lưu lượng không đổi $\mu \text{ kg/s}$. Xác định giá tốc và vận tốc của xe lúc t , nếu lúc $t = 0$ khôi lượng của xe bằng m_0 và vận tốc của xe bằng 0. Bỏ qua ma sát.

1.164. Một cái bục A khôi lượng m_0 chuyên động về bên phải (hình 41) dưới tác dụng của một lực kéo F không đổi. Từ một cái phễu cố định cát luôn luôn chảy xuống bục; tốc độ chảy của cát không đổi và bằng $\mu \text{ kg/s}$. Xác định theo thời gian, vận tốc và giá tốc của cái bục trong quá trình cát chảy vào bục.



Hình 41.



Hình 42.

1.165. Một dây xích AB chiều dài l , một phần nằm trong một ống nhẵn nằm ngang, còn một phần chiều dài h lơ lửng ở ngoài và có một đầu B chàm lên mặt bàn. Ở một thời điểm nào đó người ta thả đầu A của dây xích. Tìm vận tốc của đầu ấy khi nó rời khỏi ống (hình 42).

1.166. Mômen xung lượng của một hạt đối với một điểm O thay đổi theo thời gian t theo qui luật $M = a + bt^2$, a và b là hai vectơ không đổi và $a \perp b$. Xác định đối với O , mômen N của lực tác dụng lên hạt, khi vectơ N hợp với M góc 45° .

1.167. Một hòn bi khôi lượng m được ném lên theo hướng nghiêng góc α với đường nằm ngang với vận tốc đầu bằng v_0 . Xác định theo thời gian chuyên động, mômen M của mômen xung lượng của hòn bi đối với điểm ném ban đầu. Tính M tại đỉnh quỹ đạo, nếu $m = 130 \text{ g}$, $\alpha = 45^\circ$, $v_0 = 25 \text{ m/s}$. Bỏ qua sức cản không khí.

1.168. Một vòng nhỏ A khôi lượng m trượt trên một mặt phẳng ngang nhẵn với vận tốc v , đèn va chạm hoàn toàn dàn hồi với một thành thẳng đứng nhẵn cố định tại điểm O (hình 43). Hướng chuyên động của vòng nhỏ hợp với pháp tuyến của thành góc α . Xác định :

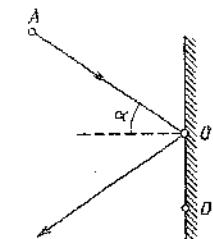
a) những điểm, mà đối với chúng mômen xung lượng M của vòng nhỏ A không đổi trong quá trình chuyên động;

b) độ lớn của độ biến thiên mômen xung lượng của vòng nhỏ A đối với điểm O trên thành thẳng đứng, nằm trong mặt phẳng chuyên động của vòng A , cách O một khoảng l .

1.169. Một hòn bi nhỏ khôi lượng m được treo vào trần nhà tại điểm O bởi một sợi dây chiều dài l ; hòn bi vạch một vòng tròn nằm ngang với vận tốc góc không đổi ω . Xác định những điểm mà đối với chúng mômen xung lượng M của hòn bi không đổi. Tính độ lớn của độ biến thiên mômen xung lượng của hòn bi đối với điểm O sau $1/2$ vòng quay.

1.170. Một hòn bi khôi lượng m được thả rơi không vận tốc ban đầu từ một độ cao h . Tính độ lớn của độ biến thiên mômen xung lượng trong khoảng thời gian rơi đối với một điểm O của một hệ quy chiếu chuyên động tịnh tiến theo phương ngang với vận tốc V ; lúc ban đầu điểm O trùng với vị trí hòn bi. Bỏ qua sức cản không khí.

1.171. Một đĩa nhẵn nằm ngang chuyên động quay với vận tốc góc ω không đổi xung quanh một trục thẳng đứng đi qua tâm O của đĩa. Tại lúc $t = 0$ một vòng nhỏ chuyên động từ tâm O với vận tốc v_0 . Xác định mômen xung lượng $M(t)$ của vòng nhỏ đối với tâm O trong hệ quy chiếu gắn liền với đĩa. Chú ý rằng mômen xung lượng đó là do lực Coriolis gây ra.

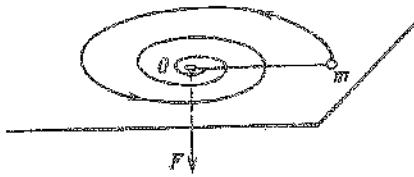


Hình 43.

1.172. Một hạt chuyển động trên một quỹ đạo kín, trong một trường lực xuyên tâm. Tiề năng của hạt trong trường lực bằng $U = kr^2$, k là hằng số dương và r là khoảng cách từ hạt đến tâm O của trường. Xác định khối lượng hạt, biết khoảng cách ngắn nhất đến O bằng r_1 và vận tốc hạt tại điểm cách O xa nhất bằng v_2 .

1.173. Một hòn bi nhỏ được treo vào một điểm cố định O bằng một sợi dây không khối lượng, chiều dài l . Người ta đưa hòn bi ra khỏi vị trí cân bằng sao cho sợi dây hợp với đường thẳng đứng góc ϑ . Sau đó truyền cho hòn bi một vận tốc ngang vuông góc với mặt phẳng thẳng đứng đi qua sợi dây. Hỏi phải

truyền cho hòn bi vận tốc bằng bao nhiêu, để cho góc lệch lớn nhất giữa sợi dây và đường thẳng đứng bằng $\pi/2$?



Hình 44.

chuyển động; vật này được buộc vào đầu một sợi dây không dãn; đầu kia của dây được kéo qua lõi O (hình 44) với vận tốc không đổi. Xác định sức căng của dây theo khoảng cách r kéo không đổi. Xác định theo thời gian t mômen xung lượng của hệ đối với trục của ròng rọc, nếu với $r = r_0$, vận tốc góc của dây bằng ω_0 .

1.175. Một sợi dây nhẹ không dãn quấn vào rãnh của một ròng rọc cố định khối lượng lớn, bán kính R ; đầu tự do của dây mang một vật nhỏ khối lượng m . Ở lúc $t = 0$, hệ được thả ra và chuyển động. Xác định theo thời gian t mômen xung lượng của hệ đối với trục của ròng rọc.

1.176. Một quả cầu đồng chất khối lượng m , bán kính R lăn không trượt trên mặt phẳng nghiêng góc α với mặt phẳng ngang. Xác định theo thời gian, mômen xung lượng của quả cầu đối với điểm tiếp xúc lúc ban đầu. Kết quả thay đổi như thế nào trong trường hợp một mặt phẳng nghiêng hoàn toàn nhẵn?

1.177. Một hệ hạt có xung lượng tổng cộng p và mômen xung lượng M đối với một điểm O . Tìm mômen xung lượng M' của hệ đối với điểm O' , xác định bởi $\overrightarrow{O} \overrightarrow{O}' = r_0$. Trong trường hợp nào mômen xung lượng của hệ hạt không phụ thuộc vào điểm O .

1.178. Chứng minh rằng mômen xung lượng M của một hệ hạt đối với điểm O của một hệ quy chiếu K có thể cho bởi $M = \tilde{M} + [r_c p]$,

trong đó \tilde{M} là mômen xung lượng riêng (trong hệ quy chiếu khôi tâm chuyển động tịnh tiến); r_c là bán kính vectơ của khôi tâm đối với điểm O ; p là xung lượng tổng cộng của hệ hạt trong hệ quy chiếu K .

1.179. Một hòn bi khối lượng m , chuyển động với vận tốc v_0 , đâm va chạm xuyên tâm đàn hồi vào một trong hai quả cầu của một tạ đôi cứng, ban đầu đứng yên, như vẽ trên hình 45. Khối lượng mỗi quả cầu của tạ đôi bằng $m/2$, khoảng cách giữa chúng bằng l . Bỏ qua kích thước của những quả cầu, xác định mômen xung lượng riêng M của tạ đôi sau va chạm, nghĩa là mômen xung lượng trong một hệ quy chiếu gắn liền với khôi tâm tạ đôi và chuyển động tịnh tiến.

1.180. Hai vòng nhỏ giống nhau, mỗi cái có khối lượng m , nằm yên trên một mặt phẳng ngang nhẵn. Chúng được nới với nhau bằng một lò xo nhẹ không biến dạng, chiều dài l và hệ số đàn hồi k . Ở một lúc nào đó, một trong hai vòng nhỏ nhận một vận tốc v_0 theo hướng nằm ngang và vuông góc với lò xo. Tính độ dãn tỷ đối lớn nhất của lò xo trong quá trình chuyển động, biết rằng nó rất nhỏ so với đơn vị.

CƠ HỌC TƯƠNG ĐỐI

1.181. Một thanh chuyển động theo chiều dọc, với vận tốc v không đổi đối với hệ quy chiếu quán tính K . Với giá trị v bằng bao nhiêu thì chiều dài của thanh trong hệ quy chiếu đó sẽ ngắn hơn chiều dài riêng của nó là $\eta = 0,5\%$.

1.182. Một hình tam giác vuông cân đứng yên trong một hệ quy chiếu K , có diện tích bằng S . Tìm diện tích của hình tam giác này và các góc của nó trong một hệ K' chuyển động đối với hệ K với vận tốc bằng $\frac{c}{2}$, c theo phương song song với cạnh huyền của tam giác.

1.183. Tìm độ dài riêng của một thanh, nếu trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm, vận tốc của nó là $v = c/2$, độ dài là $l = 1,00 \text{ m}$ và góc giữa nó và phương chuyển động là $\vartheta = 45^\circ$.

1.184. Một thanh chuyển động dọc theo một cái thước với một vận tốc không đổi nào đó. Nếu cố định đồng thời vị trí của cả hai đầu thanh này trong hệ quy chiếu gắn với cái thước, thì hiệu số các sô dọc trên thước là $\Delta x_1 = 4,0$ m. Nếu cố định đồng thời vị trí của cả hai đầu thanh trong hệ quy chiếu gắn với thanh, thì hiệu số các sô dọc cũng trên thước này là $\Delta x_2 = 9,0$ m. Tìm độ dài riêng của thanh và vận tốc của nó đối với cái thước.

1.185. Thời gian sống riêng của một hạt không bền nào đó là $t_p = 10$ ns. Tìm quãng đường hạt đi được trước khi phân rã trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm, trong đó thời gian sống của hạt là $\tau = 20$ ns.

1.186. Trong một hệ quy chiếu K , hạt mêzôn μ chuyển động với vận tốc $v = 0,990 c$ bay được một khoảng $l = 3,0$ km từ chỗ sinh ra nó tới chỗ phân rã. Hãy xác định :

- thời gian sống riêng của hạt mêzôn này;
- quãng đường mà hạt mêzôn bay được trong hệ K theo « cách nhìn riêng của nó ».

1.187. Hai hạt chuyển động trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm theo một đường thẳng với cùng một vận tốc là $v = \frac{3}{4} c$, đập vào một cái bia đứng yên cách nhau một khoảng thời gian $\tau = 50$ ns. Tìm khoảng cách riêng giữa các hạt trước khi chúng đập vào bia.

1.188. Tại hai điểm trong một hệ quy chiếu K , có hai biến cố xảy ra cách nhau một khoảng thời gian Δt . Chứng minh rằng, nếu các biến cố này liên kết có điều kiện trong hệ K (ví dụ như súng nổ và viên đạn đập vào bia), thì chúng cũng liên kết có điều kiện trong một hệ quy chiếu quán tính K' bất kỳ nào khác.

1.189. Hai hạt chuyển động trong một hệ quy chiếu K theo một đường thẳng nào đó và cùng chiều, với vận tốc $v = 0,990 c$. Khoảng cách giữa chúng trong hệ quy chiếu này là $l = 120$ m. Giả thử rằng tại một thời điểm nào đó cả hai hạt cùng bị phân rã trong một hệ quy chiếu gắn với chúng. Hỏi : trong hệ quy chiếu K , khoảng thời gian giữa hai phân rã của hai hạt bằng bao nhiêu ? Hạt nào sẽ bị phân rã sau trong hệ K ?

1.190. Hai thanh có cùng độ dài riêng l_0 , chuyển động song song với một trục chung và đèn gặp nhau. Trong hệ quy chiếu gắn với một trong hai thanh, khoảng thời gian giữa hai

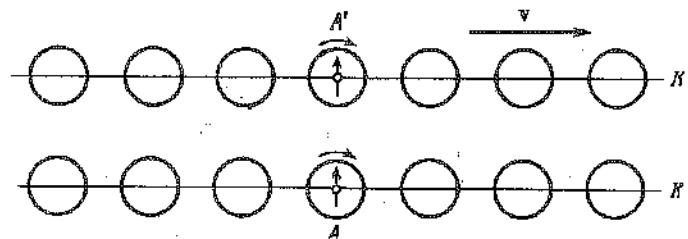
lần trùng nhau của các đầu bên trái và các đầu bên phải của các thanh bằng Δt . Hỏi : vận tốc của thanh này trong hệ quy chiếu gắn với thanh kia ?

1.191. Hai thanh có cùng độ dài riêng l_0 , chuyển động song song với một trục chung x và đèn gặp nhau, với vận tốc tương đối v . Trên cả hai đầu của mỗi thanh có đặt những đồng hồ đồng bộ với nhau, A với B và A' với B' (hình 46). Giả thử người ta lấy góc thời gian trong các hệ quy chiếu gắn với mỗi thanh là lúc mà đồng hồ B' ngang hàng với đồng hồ A . Hãy xác định :

a) sô chỉ trên các đồng hồ B và B' tại lúc chúng đối diện nhau ;

b) cũng hỏi tương tự, đối với các đồng hồ A và A' .

1.192. Có hai nhóm đồng hồ đồng bộ K và K' chuyển động tương đối với nhau với vận tốc v , như biểu diễn trên hình 47. Lấy góc thời gian là lúc mà đồng hồ A' đối diện với đồng hồ A . Hãy mô tả cách xếp đặt các kim của tất cả các đồng hồ tại lúc đó theo « quan điểm » của các đồng hồ nhóm K ? của các đồng hồ nhóm K' ?



Hình 46.

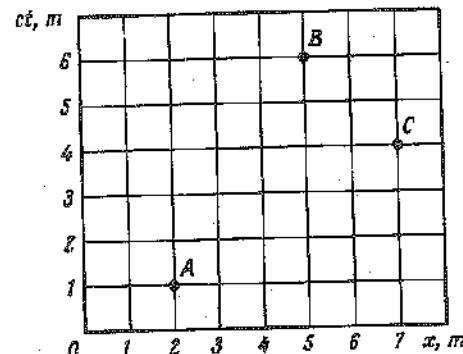
1.193. Hệ quy chiếu K' chuyển động theo chiều dương của trục x của hệ K với vận tốc V , thêm vào đó các trục x và x' trùng nhau. Giả thử rằng, tại thời điểm mà các gốc tọa độ O và O' trùng nhau, sô chỉ của các đồng hồ của cả hai hệ tại những điểm này bằng không. Tìm trong hệ K , vận tốc dịch chuyển của một điểm, mà tại đó sô chỉ của các đồng hồ của cả hai hệ sẽ luôn luôn như nhau.

1.194. Chứng minh rằng khoảng Δs là bất biến, tức là không biến đổi khi dịch chuyển từ một hệ quy chiếu quán tính này sang một hệ khác.

1.195. Trên giàn đồ không-thời gian (hình 48), người ta biểu diễn ba biến cô A , B , và C xảy ra trong một hệ quy chiếu quán tính nào đó. Dùng tính bất biến của khoảng để tìm:

a) khoảng thời gian riêng giữa các biến cô A và B ;

b) khoảng cách riêng giữa các biến cô A và C .



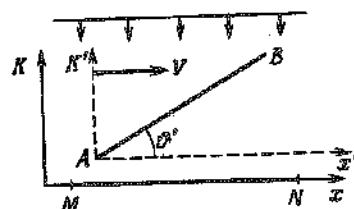
Hình 48.

một góc θ' (hình 49). Hệ K' chuyển động với vận tốc tương đối tĩnh V dọc theo kinh ảnh MN , đứng yên trong hệ K . Tại thời điểm thanh đi qua trước kinh ảnh có một chớp sáng ngắn sao cho mặt đầu sóng ánh sáng song song với mặt kinh ảnh. Tim:

a) độ dài l của ảnh của thanh trên kinh ảnh;

b) giá trị của góc θ' , với góc đó độ dài của ảnh sẽ bằng: không; cực đại.

1.197. Một hạt chuyển động trong mặt phẳng xy của một hệ quy chiếu K ; hình chiếu vận tốc của hạt là v_x và v_y . Tim vận tốc v' của hạt này trong hệ K' chuyển động với vận tốc V đối với hệ K theo chiều dương của trục x của nó.



Hình 49.

1.198. Hai hạt chuyển động đâm nhau với các vận tốc $v_1 = 0,50 c$ và $v_2 = 0,75 c$ trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm. Tim:

a) vận tốc dịch gần lại của các hạt trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm;

b) vận tốc tương đối của chúng.

1.199. Hai thanh có cùng độ dài riêng l_0 chuyển động dọc theo một phương song song với một trục chung và đâm nhau với cùng vận tốc v đối với hệ quy chiếu phòng thí nghiệm. Hỏi độ dài của mỗi thanh trong hệ quy chiếu gắn với thanh kia bằng bao nhiêu?

1.200. Hai hạt tương đối tĩnh chuyển động vuông góc với nhau trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm, trong đó một hạt có vận tốc v_1 , còn hạt kia có vận tốc v_2 . Tim:

a) vận tốc dịch gần lại của các hạt trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm;

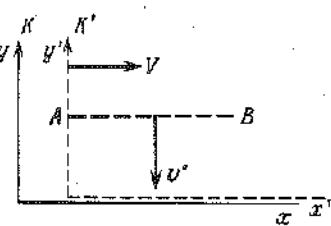
b) vận tốc tương đối của chúng.

1.201. Một ngọn đèn chuyển động với vận tốc v dọc theo trục y của một hệ K . Hệ K' lại dịch chuyển đối với hệ K với vận tốc V theo chiều dương của trục x của nó. Các trục x' và x của cả hai hệ trùng nhau, các trục y' và y song song với nhau. Tìm quãng đường mà ngọn đèn di được trong hệ K ở trạng thái cháy sáng, nếu thời gian riêng của sự cháy sáng bằng τ .

1.202. Một hạt chuyển động trong hệ K với vận tốc v tạo thành một góc θ với trục x . Tim góc tương ứng trong hệ K' , chuyển động với vận tốc V đối với hệ K , theo chiều dương của trục x của nó, nếu trục x và x' của hai hệ trùng nhau.

1.203. Một thanh AB được định hướng song song với trục x' của hệ quy chiếu K' và chuyển động trong hệ này với vận tốc v' dọc theo trục y' của hệ. Hệ K' lại chuyển động với vận tốc V đối với hệ K , như trên hình 50. Tìm góc θ giữa thanh và trục x trong hệ K .

1.204. Một hệ K' chuyển động với vận tốc không đổi V đối với hệ K . Tim giá tốc w' của hạt trong hệ K' , nếu trong hệ K hạt chuyển động với vận tốc v và giá tốc w , theo một đường thẳng:



Hình 50.

a) cùng phương với vectơ V ;

b) vuông góc với vectơ V .

1.205. Xuất phát từ Trái Đất, một tên lửa vũ trụ được tung ra, chuyển động với vận tốc $w = 10 \text{ g}$; vận tốc này là như nhau trong mọi hệ quán tính được gắn trực thời với tên lửa. Quá trình tăng tốc được kéo dài trong $t = 1,0 \text{ năm}$ theo tên lửa. Tìm xem vận tốc của tên lửa lúc cuối thời gian trên Trái Đất. Tìm xem vận tốc của tên lửa lúc cuối quá trình tăng tốc khác vận tốc ánh sáng bao nhiêu phần trăm. Tính quãng đường tên lửa đã đi được trong khoảng thời gian đó.

1.206. Dùng các dữ kiện của bài tập trên để xác định thời gian tăng tốc t_0 của tên lửa trong hệ quy chiếu gắn với chính tên lửa đó. Biết rằng thời gian đó được tính bằng công thức

$$t_0 = \int_0^{\infty} \sqrt{1 - (v/c)^2} dt,$$

trong đó dt là khoảng thời gian trong hệ Trái Đất.

1.207. Khối lượng của một hạt tương đối tĩnh có vận tốc khác với vận tốc ánh sáng là $0,01\%$, sẽ lớn hơn khối lượng nghỉ của nó bao nhiêu lần.

1.208. Khối lượng riêng của một vật đứng yên bằng ρ_0 . Tìm vận tốc của hệ quy chiếu đối với vật này, trong đó khối lượng riêng của vật sẽ lớn hơn ρ_0 là $\eta = 10\%$.

1.209. Vận tốc của một hạt proton có xung lượng $p = 10 \text{ GeV}/c$ (c là vận tốc ánh sáng) khác với vận tốc ánh sáng bao nhiêu phần trăm.

1.210. Tìm vận tốc để xung lượng tương đối tĩnh của một hạt lớn hơn $\eta = 2$ lần xung lượng Newton của nó.

1.211. Tính công cần thực hiện để tăng vận tốc của một hạt có khối lượng nghỉ m_0 từ $0,60 c$ đến $0,80 c$? So sánh kết quả thu được với giá trị được tính theo công thức cổ điển.

1.212. Tìm vận tốc để động năng của một hạt bằng năng lượng nghỉ của nó.

1.213. Với giá trị nào của tỷ số giữa động năng của hạt với năng lượng nghỉ của hạt thì sai số tương đối, khi tính vận tốc năng lượng nghỉ của hạt theo công thức cổ điển, không vượt quá $\epsilon = 0,010\%$ của hạt theo công thức cổ điển.

1.214. Tìm sự phụ thuộc của xung lượng theo động năng của một hạt có khối lượng nghỉ m_0 . Tính xung lượng của hạt proton có động năng là 500 MeV .

1.215. Một chùm hạt tương đối tĩnh với động năng T đặt lên một cái bia hấp thụ. Cường độ dòng trong chùm là I , diện tích và khối lượng nghỉ của mỗi hạt là e và m_0 . Tìm cường độ áp suất của chùm lên bia và công suất được cung cấp trên bia.

1.216. Một quả cầu chuyển động với vận tốc tương đối v trong một chất khí, có chứa n hạt chuyển động chậm trong một đơn vị thể tích, mỗi hạt có khối lượng m . Tìm áp suất p của chất khí đặt lên một phần tử bề mặt của quả cầu, vuông góc với vận tốc của nó, nếu các hạt va chạm đàn hồi với nhau. Chứng minh rằng áp suất này là như nhau cả trong hệ quy chiếu gắn với quả cầu và cả trong hệ quy chiếu gắn với chất khí.

1.217. Một hạt có khối lượng nghỉ m_0 , tại thời điểm $t = 0$ bắt đầu chuyển động dưới tác dụng của một lực F không đổi. Tìm sự phụ thuộc theo thời gian t của vận tốc của hạt và của quãng đường mà hạt di được.

1.218. Một hạt có khối lượng nghỉ m_0 , chuyển động dọc theo trục x của hệ K , theo quy luật $x = \sqrt{a^2 + c^2 t^2}$, trong đó a là một hằng số nào đó, c là vận tốc ánh sáng, t là thời gian. Tìm lực tác dụng lên hạt trong hệ quy chiếu này.

1.219. Một electron bắt đầu chuyển động trong một điện trường đều có cường độ $E = 10 \text{ kV/cm}$. Hỏi: bao lâu sau khi bắt đầu chuyển động, động năng của electron bằng năng lượng nghỉ của nó?

1.220. Tính giá tốc của một electron tương đối tĩnh, chuyển động dọc theo một điện trường đều có cường độ E , tại thời điểm mà động năng của nó bằng T .

1.221. Xuất phát từ phương trình cơ bản của động lực học tương đối tĩnh, tìm :

a) trong những trường hợp nào giá tốc của hạt trùng phương với lực F tác dụng lên hạt;

b) các hệ số tỷ lệ giữa lực F và giá tốc w trong các trường hợp mà $F \perp v$ và $F \parallel v$, trong đó v là vận tốc của hạt.

1.222. Một proton tương đối tĩnh, tại thời điểm $t = 0$, bay với vận tốc v_0 trong miền có điện trường đều ngang có cường độ E , sao cho $v_0 \perp E$. Tìm sự phụ thuộc theo thời gian t của :

a) góc ϑ giữa vectơ vận tốc v của proton và hướng chuyển động ban đầu của proton;

b) hình chiếu v_x của vectơ v lên hướng chuyển động ban đầu.

1.223. Một hạt mang điện dương đối tinh có khối lượng nghỉ m_0 và điện tích e , chuyển động trên một đường tròn có bán kính ρ trong một từ trường đều có cảm ứng từ B . Tìm vận tốc và giá tốc của hạt này.

1.224. Một hạt tương đối tinh có xung lượng p và năng lượng toàn phần E , chuyển động dọc theo trục x của hệ K . Chứng minh rằng trong hệ K' , chuyển động với vận tốc không đổi V đối với hệ K theo chiều dương của trục x của K , xung lượng và năng lượng toàn phần của hạt này được xác định bằng các công thức :

$$p'_x = (p_x - EV/c^2)/\sqrt{1 - \beta^2}; E' = (E - p_x V)/\sqrt{1 - \beta^2}.$$

trong đó $\beta = V/c$.

1.225. Năng lượng của một phôtôn trong hệ K bằng ε . Dùng các công thức biến đổi được suy từ bài tập trên để tìm năng lượng ε' của phôtôn này trong hệ K' , chuyển động với vận tốc V đối với hệ K , theo chiều chuyển động của phôtôn. Với giá trị nào của V năng lượng của phôtôn $\varepsilon' = \varepsilon/2$?

1.226. Chứng minh rằng đối với một hạt, đại lượng $E^2 - p^2 c^2$ là bất biến tức là có cùng một giá trị trong mọi hệ quy chiếu quán tính. Giá trị của bất biến này bằng bao nhiêu ?

1.227. Một nôtron có động năng $T = 2 m_0 c^2$, trong đó m_0 là khối lượng nghỉ của nó, bay tới một nôtron khác đang đứng yên. Xác định :

a) động năng tổng cộng \tilde{T} của cả hai nôtron trong hệ tâm quán tính của chúng và xung lượng \tilde{p} của mỗi nôtron trong hệ này ;

b) vận tốc của tâm quán tính của hệ hạt này.

Hướng dẫn. Dùng đại lượng bất biến $E^2 - p^2 c^2$ khi chuyển từ hệ quy chiếu quán tính này sang hệ khác (ở đây E là năng lượng toàn phần của hệ, p là xung lượng tổng cộng của hệ).

1.228. Một hạt có khối lượng nghỉ m_0 và động năng T bay tới một hạt đứng yên có cùng khối lượng nghỉ. Tìm khối lượng nghỉ và vận tốc của hạt hợp thành, được tạo nên do va chạm.

1.229. Động năng của một proton bay tới proton khác đứng yên phải bằng bao nhiêu, để động năng tổng cộng của chúng

trong hệ tâm quán tính có cùng giá trị với động năng tổng cộng của hai protôn có các động năng $T = 25,0 \text{ GeV}$, chuyển động tới gần nhau.

1.230. Một hạt đứng yên có khối lượng nghỉ m_0 bị phân rã thành ba hạt có các khối lượng nghỉ là m_1 , m_2 và m_3 . Tìm năng lượng toàn phần lớn nhất, mà chẳng hạn như, hạt m_1 có thể có được.

1.231. Một tên lửa tương đối tinh phạt một luồng khí có vận tốc không tương đối tinh u , không đổi đối với tên lửa. Tìm sự phụ thuộc của vận tốc v của tên lửa vào khối lượng nghỉ m của nó, nếu tại thời điểm ban đầu khối lượng nghỉ của tên lửa bằng m_0 .

SỰ HẤP DẪN VŨ TRỤ

1.232. Một hành tinh chuyển động theo một đường tròn xung quanh Mặt Trời với vận tốc $v = 34,9 \text{ km/s}$ (đối với hệ quy chiếu nhật tâm). Tìm chu kỳ quay của hành tinh này.

1.233. Chu kỳ quay của Sao Mộc xung quanh Mặt Trời lớn hơn 12 lần chu kỳ tương ứng của Trái Đất. Giả thử rằng quỹ đạo của hành tinh là tròn, tìm :

a) khoảng cách từ Sao Mộc đến Mặt Trời lớn hơn khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trời bao nhiêu lần ;

b) vận tốc và giá tốc của Sao Mộc trong hệ quy chiếu nhật tâm.

1.234. Một hành tinh chuyển động xung quanh Mặt Trời theo một ellip sao cho khoảng cách cực tiểu giữa nó và Mặt Trời bằng r , còn khoảng cách cực đại là R . Dựa vào định luật Képler tìm chu kỳ quay của nó xung quanh Mặt Trời.

1.235. Một vật không lớn bắt đầu rơi vào Mặt Trời từ một khoảng cách bằng bán kính quỹ đạo của Trái Đất. Vận tốc ban đầu của vật trong hệ quy chiếu nhật tâm bằng không. Dựa vào định luật Képler, tìm xem sự rơi sẽ kéo dài trong bao lâu ?

1.236. Tưởng tượng rằng ta tạo được một mẫu Hệ Mặt Trời nhỏ hơn độ lớn tự nhiên η lần, nhưng bằng các vật liệu có cùng khối lượng riêng trung bình như của Mặt Trời và các hành tinh. Khi đó các chu kỳ quay của mẫu các hành tinh theo các quỹ đạo của chúng sẽ biến đổi ra sao ?

1.237. Một sao đôi, đó là một hệ gồm hai sao chuyển động xung quanh tâm quán tính của hệ dưới tác dụng của lực hấp dẫn. Tìm khoảng cách giữa các thành phần của sao đôi, nếu khối lượng tổng cộng của nó là M và chu kỳ quay là T .

1.238. Tìm thê năng tương tác hấp dẫn :

a) của hai chất diêm có khối lượng m_1 và m_2 , ở cách nhau một khoảng r ;

b) của một chất diêm có khối lượng m và của một thanh mảnh đồng chất có khối lượng M và độ dài l , nếu chúng ở trên cùng một đường thẳng và cách nhau một khoảng a ; xác định lực tương tác của chúng.

1.239. Một hành tinh có khối lượng m chuyển động theo một đường elip xung quanh Mặt Trời sao cho khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất từ Mặt Trời tới nó lần lượt bằng r_1 và r_2 . Lấy mômen xung M của hành tinh này đối với tâm Mặt Trời. Tim

1.240. Dựa vào các định luật bảo toàn để chứng minh rằng cơ năng toàn phần của một hành tinh có khối lượng m chuyển động xung quanh Mặt Trời theo đường elip chỉ phụ thuộc vào bán trục lớn a của nó. Tim công thức phụ thuộc của năng lượng này theo a .

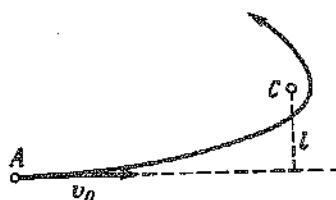
1.241. Một hành tinh A chuyển động theo quỹ đạo elip xung quanh Mặt Trời. Tại thời điểm khi nó ở cách Mặt Trời một khoảng r_0 , vận tốc của nó bằng v_0 và góc giữa bán kính

vector r_0 và vector vận tốc v_0 là α . Tìm khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất giữa Mặt Trời và hành tinh này khi hành tinh chuyển động.

1.242. Một thiên thể A chuyển động tới Mặt Trời; khi còn ở cách xa Mặt Trời nó có vận tốc v_0 và tham số ngắm ℓ là

cánh tay đòn của vector v_0 đối với tâm Mặt Trời (hình 51). Tìm khoảng cách nhỏ nhất mà vật này có thể lại gần Mặt Trời.

1.243. Một hạt có khối lượng m nằm ngoài một quả cầu đồng chất có khối lượng M và cách tâm của nó một khoảng r . Tim :



Hình 51.

- a) thê năng tương tác hấp dẫn giữa hạt và quả cầu ;
b) lực hấp dẫn mà quả cầu tác dụng lên hạt.

1.244. Chứng minh rằng lực hấp dẫn tác dụng lên hạt A nằm trong một lớp vỏ hình cầu bằng một chất đồng tính sẽ bằng không.

1.245. Một hạt có khối lượng m nằm trong một quả cầu đồng tính có khối lượng M và bán kính R và cách tâm quả cầu một khoảng r . Tim :

a) lực hấp dẫn tác dụng lên hạt ;

b) thê năng tương tác hấp dẫn của hạt với quả cầu khi $r=0$.

1.246. Một hạt có khối lượng m nằm cách tâm một quả cầu đồng tính có khối lượng M và bán kính R , một khoảng r . Tim sự phụ thuộc theo r của thê năng tương tác hấp dẫn U giữa hạt với quả cầu, khi $r > R$ và $r < R$. Vẽ phác đồ thị sự phụ thuộc $U(r)$ và lực tương tác $F(r)$ tương ứng.

1.247. Bên trong một quả cầu đồng tính với khối lượng riêng ρ có một lỗ hình cầu : tâm của lỗ nằm cách tâm quả cầu một khoảng l . Tim cường độ trường hấp dẫn G ở trong lỗ.

1.248. Một quả cầu đồng chất có khối lượng M và bán kính R . Tim áp suất p ở bên trong quả cầu gây bởi sự hút hấp dẫn phụ thuộc theo khoảng cách r tới tâm quả cầu. Tính p ở tâm Trái Đất, với giả thiết rằng Trái Đất là một quả cầu đồng chất.

1.249. Tim thê năng tương tác hấp dẫn giữa các khối lượng của các vật sau đây :

a) một lớp hình cầu mỏng đồng chất có khối lượng m và bán kính R ;

b) một quả cầu đồng chất có khối lượng m và bán kính R (dùng đáp số của bài tập 1.246).

1.250. Hai vệ tinh của Trái Đất chuyển động trong một mặt phẳng theo các quỹ đạo tròn. Bán kính quỹ đạo của một vệ tinh là $r = 7000$ km, bán kính quỹ đạo của vệ tinh kia nhỏ hơn một lượng $\Delta r = 70$ km. Hỏi : cứ sau một khoảng thời gian nhất định nào, các vệ tinh sẽ lại gần nhau nhất (cách nhau một khoảng cực tiểu).

1.251. Tính tỷ số các giá tốc sau : giá tốc w_1 gây bởi lực hấp dẫn trên mặt đất, giá tốc w_2 gây bởi lực quán tính ly tâm

trên xích đạo Trái Đất và vận tốc v_3 do Mặt Trời truyền cho các vật trên Trái Đất.

1.252. Ở độ cao nào trên địa cực (cực của Trái Đất) vận tốc của lực hấp dẫn giảm một phần trăm; giảm hai lần?

1.253. Tại địa cực, người ta tung thẳng đứng một vật lên cao với vận tốc v_0 . Biết bán kính của Trái Đất và vận tốc của lực hấp dẫn trên mặt Đất, tìm độ cao mà vật được nâng lên. Bỏ qua sức cản của không khí.

1.254. Một vệ tinh nhân tạo được đưa lên một quỹ đạo tròn xung quanh Trái Đất với vận tốc v đối với một hệ quy chiếu tròn chuyển động tịnh tiến, gắn với trục quay của Trái Đất. Tìm khoảng cách từ vệ tinh đến mặt Đất. Bán kính Trái Đất và vận tốc của lực hấp dẫn trên mặt đất coi như đã biết.

1.255. Tính bán kính quỹ đạo tròn của một vệ tinh dừng của Trái Đất; vệ tinh coi như không chuyển động đối với mặt Đất. Vận tốc và vận tốc của vệ tinh, trong hệ quy chiếu quan sát, gắn với tâm Trái Đất tại thời điểm đã cho, bằng bao nhiêu? Tính gần với tâm Trái Đất tại thời điểm đã cho, bằng bao nhiêu?

1.256. Một vệ tinh chuyển động từ tây sang đông trên một quỹ đạo tròn có bán kính $R = 2,00 \cdot 10^4$ km, nằm trong mặt phẳng xích đạo của Trái Đất, cứ hai lần xuất hiện trên một điểm nào đó trên xích đạo cách nhau là $\tau = 11,6$ h. Dựa vào những dữ kiện này, tính khối lượng Trái Đất. Coi như đã biết hằng số hấp dẫn.

1.257. Một vệ tinh chuyển động trong mặt phẳng xích đạo của Trái Đất từ đông sang tây theo một quỹ đạo tròn có bán kính $R = 10000$ km. Tìm vận tốc và vận tốc của nó trong hệ quy chiếu gắn với Trái Đất.

1.258. Một vệ tinh phải chuyển động trong mặt phẳng xích đạo của Trái Đất và gần mặt đất. Năng lượng cần thiết để phóng vệ tinh theo chiều quay của Trái Đất nhỏ hơn năng lượng để phóng theo chiều ngược lại bao nhiêu lần. Bỏ qua sức cản của không khí.

1.259. Một vệ tinh nhân tạo của Mặt Trăng chuyển động theo một quỹ đạo tròn có bán kính lớn hơn bán kính Mặt Trăng η lần. Khi chuyển động, vệ tinh chịu một sức cản yếu của bụi vũ trụ. Giả thử rằng lực cản phụ thuộc vào vận tốc của vệ tinh vũ trụ. Giả thử rằng lực cản phụ thuộc vào vận tốc của vệ tinh theo định luật $F = av^2$, trong đó a là một hằng số; tìm thời gian chuyển động của vệ tinh cho tới lúc nó rơi lên bề mặt Mặt Trăng.

1.260. Tính vận tốc vũ trụ cấp một và cấp hai đối với Mặt Trăng. So sánh các kết quả thu được với các vận tốc tương ứng đối với Trái Đất.

1.261. Một con tàu vũ trụ bay tới Mặt Trăng theo một quỹ đạo parabol hâu như tiếp xúc với bề mặt của Mặt Trăng. Tại lúc gần Mặt Trăng nhất, một động cơ hãm hoạt động trong một khoảng thời gian ngắn và con tàu chuyển sang một quỹ đạo tròn và thành một vệ tinh của Mặt Trăng. Tìm độ tăng môđun vận tốc của con tàu khi hãm.

1.262. Một con tàu vũ trụ được phóng lên một quỹ đạo tròn gần mặt đất. Cần truyền cho con tàu một vận tốc phụ là bao nhiêu để nó có thể vượt được sự hấp dẫn của Trái Đất.

1.263. Một điểm phải cách tâm Mặt Trăng một khoảng bao nhiêu để cường độ trường hấp dẫn tổng hợp của Trái Đất và Mặt Trăng tại đó bằng không? Biết rằng khối lượng Trái Đất lớn hơn khối lượng Mặt Trăng $\eta = 81$ lần còn khoảng cách giữa tâm của các hành tinh này lớn hơn bán kính R của Trái Đất $n = 60$ lần.

1.264. Tính công tối thiểu cần thực hiện để đưa một con tàu vũ trụ có khối lượng $m = 2,0 \cdot 10^3$ kg từ mặt đất lên Mặt Trăng.

1.265. Tìm một cách gần đúng vận tốc vũ trụ cấp 3 v_3 , tức là vận tốc tối thiểu cần truyền cho một vật nằm trên xích đạo Trái Đất, để nó có thể di ra khỏi hệ Mặt Trời? Bỏ qua sự quay của Trái Đất xung quanh trục của nó.

ĐỘNG LỰC HỌC VẬT RẮN

1.266. Một lực $\mathbf{F} = Ai + Bj$ đặt tại một điểm, có bán kính vectơ tinh từ gốc tọa độ O tới điểm đó bằng $\mathbf{r} = ai + bj$, trong đó A, B, a, b là các hằng số, i và j là các vectơ đơn vị của các trục x và y . Tìm mômen N và cánh tay đòn của lực \mathbf{F} đối với điểm O .

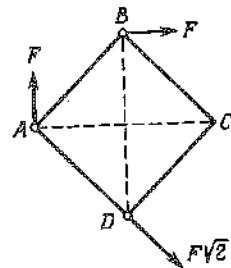
1.267. Một lực $\mathbf{F}_1 = Aj$ đặt tại một điểm có bán kính vectơ $\mathbf{r}_1 = ai$ còn lực $\mathbf{F}_2 = Bi$ tại điểm có $\mathbf{r}_2 = bj$. Ở đây hai bán kính vectơ được xác định đối với gốc tọa độ O ; i và j là các vectơ đơn vị của các trục x và y , a, b, A và B là các hằng số. Tìm cánh tay đòn của lực tổng hợp đối với điểm O .

1.268. Ba lực đặt lên một bàn hình vuông như vẽ trên hình 52. Tìm mômen, hướng và điểm đặt của lực tổng hợp, nếu lấy điểm này trên cạnh BC .

1.269. Tìm mômen quán tính :

a) của một thanh đồng chất đối với một trục vuông góc với thanh và đi qua một đầu của thanh, nếu khối lượng của thanh là m và độ dài của nó là l ;

b) của một bán mỏng đồng chất hình chữ nhật đối với một trục vuông góc với mặt bàn và đi qua một đỉnh của bán, nếu các cạnh của bán là a và b , còn khối lượng của nó là m .



Hình 52.

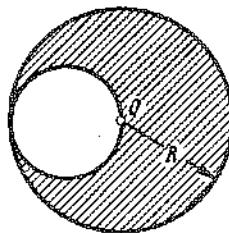
1.270. Tính mômen quán tính của :

a) một đĩa đồng chất bằng đồng đối với một trục đối xứng, vuông góc với mặt đĩa, nếu độ dày của nó là $b = 2,0$ mm và bán kính là $R = 100$ mm ;

b) một hình nón đặc đồng chất đối với trục đối xứng của nó, nếu khối

lượng của hình nón là m và bán kính đáy của nó là R .

1.271. Chứng minh rằng đối với một bán mỏng có hình dạng tùy ý thì giữa các mômen quán tính có sự liên hệ sau : $I_1 + I_2 = I_3$, trong đó $1, 2, 3$ là ba trục vuông góc đối với nhau, đi qua một điểm và các trục 1 và 2 nằm trong mặt bán. Dùng hệ thức này để tìm mômen quán tính của một đĩa mỏng tròn có bán kính R và khối lượng m đối với một trục trùng với một trong những bán kính của nó.



Hình 53.

1.272. Một đĩa đồng chất có bán kính $R = 20$ cm có một lỗ thủng tròn như trên hình 53. Khối lượng của phần còn lại (được gạch gạch) của đĩa là $m = 7,30$ kg. Tìm mômen quán tính của đĩa đó đối với một trục đi qua tâm quán tính của nó và vuông góc với mặt phẳng của đĩa.

1.273. Xuất phát từ công thức đối với mômen quán tính của một quả cầu đồng tính, tìm mômen quán tính của một lớp

cầu mỏng có khối lượng m và bán kính R đối với một trục đi qua tâm của nó.

1.274. Trên một hình trụ đặc đồng chất có khối lượng M và bán kính R người ta quấn một sợi chỉ mảnh. Một đầu sợi chỉ có buộc một vật có khối lượng m (hình 54). Tại lúc $t = 0$ hệ bắt đầu chuyển động. Bỏ qua sự ma sát ở trục hình trụ, tìm sự phụ thuộc theo thời gian của :

a) vận tốc góc của hình trụ ;

b) động năng của toàn hệ.

1.275. Trong bài tập trên (xem hình 54), khối lượng của vật là $m = 0,60$ kg, bán kính của hình trụ là $R = 5,0$ cm, còn khối lượng của nó lớn hơn

khối lượng m là $\eta = 6,0$ lần.

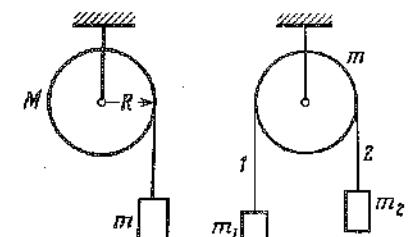
Tìm độ lớn trung bình của mômen hẫm của các lực ở trục hình trụ, nếu sau $t = 2,0$ s kể từ khi bắt đầu chuyển động, vận tốc của vật là $v = 1,50$ m/s.

1.276. Trong một dụng cụ (hình 55), cho biết khối

lượng của hình trụ đặc đồng chất là m và các khối lượng của các vật là m_1 và m_2 . Coi như không có sự trượt của sợi chỉ và sự ma sát ở trục của hình trụ. Tim giá tốc góc của hình trụ và tỷ số các sức căng T_1/T_2 của các phần thẳng đứng 1 và 2 của sợi chỉ trong quá trình chuyển động.

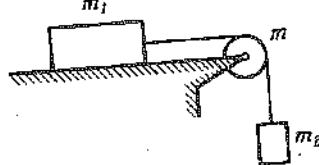
1.277. Trong một hệ (hình 56) cho biết khối lượng của các vật là m_1 và m_2 , hệ số ma sát k giữa vật m_1 và mặt nằm ngang và cho biết cả khối lượng của ròng rọc là m . Có thể coi ròng rọc như một đĩa đồng chất. Không có sự trượt của sợi dây trên ròng rọc. Tại lúc $t = 0$, vật m_2 bắt đầu hạ xuống. Bỏ qua khối lượng của sợi dây và sự ma sát ở ròng rọc, tim công của lực ma sát tác dụng lên vật m_1 sau t giây đầu tiên kể từ khi bắt đầu chuyển động.

1.278. Trên hình 57 biểu diễn sơ đồ của một máy điều hòa vận tốc đơn giản. Người ta lắp thêm vào cái van thẳng đứng O một thanh nằm ngang, mà các má phanh hãm K có thể trượt tự do trên đó. Khi cái van quay, các má phanh bị nén vào mặt

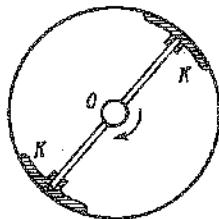


Hình 54. Hình 55.

trong của một hình trụ không chuyên động có bán kính R . Tìm công suất cần thiết để quay cái van với vận tốc góc không đổi ω , nếu khối lượng của mỗi má phanh là m , bệ dày của chúng rất nhỏ so với bán kính của hình trụ, còn hệ số ma sát giữa các má phanh và hình trụ bằng k .



Hình 56.



Hình 57.

1.279. Một cái đĩa đồng chất có bán kính R được lăng ra với vận tốc góc ω và được đặt một cách thận trọng trên một mặt nằm ngang. Đĩa sẽ quay trên mặt này trong bao lâu, nếu hệ số ma sát bằng k ? Áp suất của đĩa trên mặt được coi là đều.

1.280. Một vò lăng với vận tốc góc ban đầu ω_0 , bắt đầu được hãm bằng những lực, có mômen đối với trục của nó tỷ lệ với căn bậc hai của vận tốc góc của nó. Tìm vận tốc góc trung bình của vò lăng trong suốt thời gian hãm.

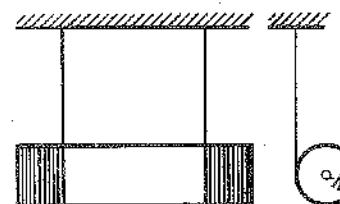
1.281. Một hình trụ đặc đồng chất có bán kính R và khối lượng M có thể quay tự do xung quanh một trục nằm ngang cố định O (hình 58). Trên hình trụ được cuộn một lớp dây mảnh có độ dài l và khối lượng m . Tìm lực dây mảnh có độ dài x và vận tốc góc của hình trụ phụ thuộc vào độ dài x của đoạn dây được bỏ thông xuôi. Giả thử rằng trọng tâm của phần dây cuộn nằm trên trục của hình trụ.

1.282. Một quả cầu đồng chất có khối lượng m và bán kính R lăn không trượt trên một mặt phẳng nghiêng tạo thành một góc α với mặt phẳng ngang. Tìm :

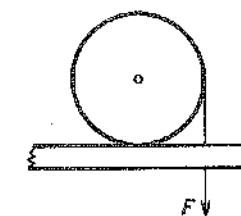
- giá trị của hệ số ma sát sao cho sự lăn không xảy ra;
- động năng của quả cầu sau t giây kể từ lúc bắt đầu chuyên động.

1.283. Một hình trụ đồng tinh có khối lượng $m = 8,0$ kg và bán kính $R = 1,3$ cm (hình 59), tại thời điểm $t = 0$ bắt đầu di xuông do tác dụng của trọng lượng. Bỏ qua khối lượng của sợi dây, tìm :

- sức căng của mỗi sợi dây và giá tốc góc của hình trụ;
- sự phụ thuộc theo thời gian của công suất tức thời mà trọng lượng thực hiện được.



Hình 59.



Hình 60.

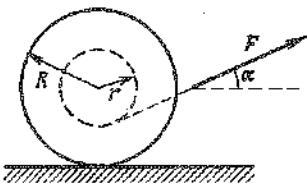
1.284. Một hình trụ đặc đồng chất có khối lượng m nằm trên hai đường ray nằm ngang. Một lực không đổi F có phương thẳng đứng được đặt tại đầu buồng thông của một sợi dây quấn trên hình trụ (hình 60). Tìm giá trị cực đại của lực F để hình trụ còn lăn không trượt, nếu hệ số ma sát giữa nó và các đường ray bằng k . Trục hình trụ lúc đó sẽ dịch chuyên với giá tốc bao nhiêu?

1.285. Một ống dây có khối lượng m nằm trên một mặt phẳng nhám nằm ngang. Mômen quán tính của nó đối với trục riêng là $I = \beta mR^2$, trong đó β là một hệ số bằng số, R là bán kính ngoài của ống dây. Bán kính của lớp dây quấn là r . Người ta bắt đầu kéo ống không trượt theo sợi dây bằng một lực không đổi F , tạo với phương nằm ngang một góc α (hình 61). Tìm :

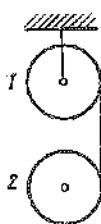
- độ lớn và phương của giá tốc chuyên động của trục ống dây;
- công của lực F sau t giây đầu tiên kể từ lúc bắt đầu chuyên động.

1.286. Một thiết bị (hình 62) cấu tạo bởi hai hình trụ đặc đồng chất giống hệt nhau, trên đó người ta quấn một cách đối xứng hai sợi dây nhẹ. Tìm sức căng của mỗi sợi dây trong quá

trình chuyển động, nếu khối lượng của mỗi hình trụ bằng m . Sự ma sát ở trục hình trụ trên không có.

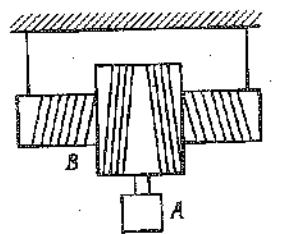


Hình 61.

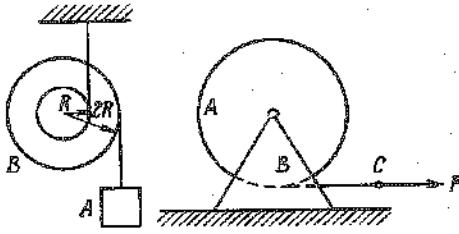


Hình 62.

1.287. Trong một hệ (hình 63) cho biết khối lượng m của quả nặng A , khối lượng M của ròng rọc B , mômen quán tính I của ròng rọc B đối với trục của nó và các bán kính của ròng rọc là R và $2R$. Khối lượng của sợi dây nhỏ không đáng kể. Tìm giá tốc của quả nặng A sau khi được buông rơi.



Hình 63.



Hình 64.

1.288. Một hình trụ đặc đồng chất A có khối lượng m_1 có thể quay tự do xung quanh một trục nằm ngang; trục quay gắn chặt trên một cái giá đỡ có khối lượng m_2 (hình 64). Trên hình trụ người ta quấn khít một sợi dây nhẹ và cho tác dụng một lực không đổi F có phương nằm ngang lên một đầu C của sợi dây. Sự ma sát giữa giá đỡ và mặt phẳng trượt nằm ngang không có. Tìm :

- gia tốc của điểm C ;
- động năng của hệ này sau t giây kể từ lúc bắt đầu chuyển động.

1.289. Một miếng ván có khối lượng m , nằm trên một mặt phẳng nhẵn nằm ngang. Trên miếng ván có một quả cầu đồng chất có khối lượng m_2 . Người ta đặt vào miếng ván một lực không đổi F nằm ngang. Miếng ván và tâm quả cầu sẽ chuyển động với giá tốc bằng bao nhiêu, khi không có sự trượt giữa chúng?

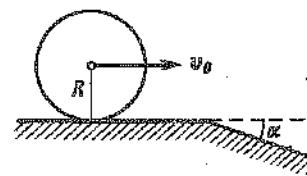
1.290. Một hình trụ đặc đồng chất có khối lượng m và bán kính R được làm quay xung quanh trục của nó với vận tốc góc ω_0 , sau đó người ta đặt nó lên một mặt phẳng nằm ngang và bỏ mặc nó. Hệ số ma sát giữa hình trụ và mặt phẳng bằng k . Tìm :

a) thời gian trong đó chuyển động của hình trụ sẽ xảy ra có trượt;

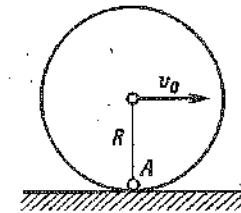
b) công toàn phần của lực ma sát trượt tác dụng lên hình trụ.

1.291. Một hòn bi đồng chất có bán kính r lăn không trượt từ đỉnh một quả cầu có bán kính R . Tìm vận tốc góc của hòn bi sau khi nó rời khỏi quả cầu. Vận tốc ban đầu của hòn bi nhỏ không đáng kể.

1.292. Một hình trụ đặc đồng chất có bán kính $R = 15\text{ cm}$ lăn trên một mặt phẳng nằm ngang rồi một mặt phẳng nghiêng tạo một góc $\alpha = 30^\circ$ với mặt phẳng ngang (hình 65). Tìm giá trị cực đại v_0 của vận tốc, mà với giá trị đó hình trụ đi trên mặt phẳng nghiêng còn không nhảy. Giả thử rằng không có sự trượt.



Hình 65.



Hình 66.

1.293. Một vành đai mỏng rắn có bán kính R được đặt thẳng đứng trên sàn và ở gần điểm tiếp xúc với sàn người ta gắn vào vành đai một vật nhỏ A (hình 66) có khối lượng bằng khối lượng của vành đai. Sau đó người ta truyền cho trục của

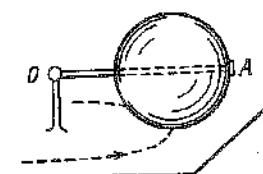
vành đai một vận tốc nằm ngang v_0 . Với các giá trị nào của v_0 vành đai sẽ không nhảy, nếu sự lăn xảy ra không trượt?

1.294. Tìm động năng của một vòng xích sắt của một máy kéo chuyển động với vận tốc v , nếu khối lượng của vòng xích bằng m (hình 67).

1.295. Một quả cầu đồng tinh có khối lượng m và bán kính r , lăn không trượt theo một mặt phẳng nằm ngang, quay xung quanh một trục nằm ngang



Hình 67.



Hình 68.

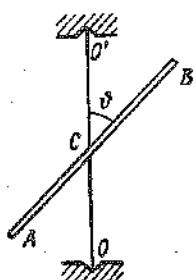
A (hình 68). Khi đó tâm quả cầu chuyển động với vận tốc v theo một vòng tròn có bán kính R . Tìm động năng của quả cầu.

1.296. Chứng minh rằng một vật có khối lượng m , nằm trong một hệ quy chiếu quay với vận tốc góc không đổi ω xung quanh một trục cố định, chịu tác dụng lực tổng hợp của :

a) lực quán tính ly tâm $F_t = m\omega^2 r_c$, với r_c là bán kính vectơ của tâm quán tính của vật đối với trục quay;

b) lực Coriolis $F_C = 2m [v_c \omega]$, với v_c là vận tốc của tâm quán tính của vật trong hệ quy chiếu quay.

1.297. Tâm của một thanh mỏng, đồng tinh AB có khối lượng m và độ dài l gắn chặt với một trục quay OO' , như trên hình 69. Thanh được quay với vận tốc góc không đổi ω . Tìm mômen tổng hợp của các lực quán tính đối với điểm C , trong hệ quy chiếu gắn với trục OO' và thanh.



Hình 69.

1.298. Một con lắc hình nón là một thanh mỏng đồng tinh có độ dài l và khối lượng m , được quay đều xung quanh một trục thẳng đứng với vận tốc góc ω (đầu trên của thanh gắn với bàn i). Tìm góc ϑ giữa thanh và đường thẳng đứng.

1.299. Một thanh nhẵn đồng tinh AB có khối lượng M và độ dài l , quay tự do với vận tốc góc ω_0 trong một mặt phẳng nằm ngang, xung quanh một trục thẳng đứng cố định đi qua đầu A của thanh. Từ điểm A có một vòng nhỏ có khối lượng m bắt đầu trượt. Tìm vận tốc của vòng đối với thanh tại thời điểm khi nó tới đầu B .

1.300. Trên một mặt nằm ngang nhẵn người ta đặt một thanh có khối lượng $m = 5,0$ kg và độ dài $l = 90$ cm. Người ta va vào một đầu thanh theo phương nằm ngang và vuông góc với thanh, kết quả là thanh được truyền một xung lượng $p = 3,0$ N.s. Tìm lực mà một nửa thanh sẽ tác dụng lên nửa kia trong quá trình chuyển động.

1.301. Một bán hình vuông mỏng đồng tinh có cạnh l , và khối lượng M , có thể quay tự do xung quanh một trục thẳng đứng cố định trùng với một trong các cạnh của nó. Một quả cầu có khối lượng m bay với vận tốc v tới và chạm đàn hồi vào tâm của bán, theo phương vuông góc với bán. Tìm :

a) vận tốc của quả cầu sau khi va chạm;

b) thành phần nằm ngang của lực mà trục sẽ tác dụng lên bán sau khi va chạm.

1.302. Một thanh đồng tinh được đặt thẳng đứng có khối lượng M và độ dài l có thể quay xung quanh đầu trên của nó. Một viên đạn có khối lượng m bay theo phương nằm ngang bắn trúng đầu dưới của thanh và làm thanh lệch một góc α . Giả thử rằng $m \ll M$, tìm :

a) vận tốc bay của viên đạn;

b) độ tăng xung lượng của hệ « viên đạn - thanh » sau thời gian va chạm; nguyên nhân biến đổi của xung lượng này;

c) viên đạn phải đập vào cách đầu trên của thanh một khoảng x bằng bao nhiêu để xung lượng của hệ « viên đạn - thanh » không biến đổi trong quá trình va chạm.

1.303. Một cái đĩa đồng tinh được đặt nằm ngang, có khối lượng M và bán kính R , quay tự do xung quanh một trục thẳng đứng cố định đi qua tâm của đĩa. Đĩa có một đường chuẩn xuyên tâm, dọc theo đó một vật nhỏ có khối lượng m có thể trượt không ma sát. Vật được buộc vào một sợi dây nhẹ luôn qua trục rộng của đĩa xuôi phía dưới. Lúc đầu vật ở mép đĩa và tất cả hệ quay với vận tốc góc ω_0 , sau đó ở đầu dưới của sợi dây người

ta đặt một lực F , vì vậy vậtнич dân lại trục quay. Tìm :

- vận tốc góc của hệ ở trạng thái cuối ;
- công do lực F thực hiện.

1.304. Một người có khối lượng m_1 đứng ở mép một đĩa đồng tinh nằm ngang có khối lượng m_2 và bán kính R . Đĩa có thể quay tự do xung quanh một trục thẳng đứng cố định đi qua tâm đĩa. Tại một thời điểm nào đó, người bắt đầu chuyển động theo mép đĩa, dịch chuyển một góc φ đối với đĩa và dừng lại. Trong quá trình chuyển động vận tốc của người đối với đĩa phụ thuộc theo thời gian, theo quy luật $v(t)$. Bỏ qua kích thước của người hãy tìm :

- góc mà đĩa quay được cho tới khi người dừng lại ;
- mômen của lực đối với trục quay mà người đã tác dụng lên đĩa trong quá trình chuyển động.

1.305. Hai đĩa nằm ngang quay tự do xung quanh một trục thẳng đứng đi qua tâm của chúng. Các mômen quán tính của các đĩa đối với trục này bằng I_1 và I_2 còn các vận tốc góc là ω_1 và ω_2 . Sau khi đĩa trên rơi xuống đĩa dưới, cả hai đĩa, do sự ma sát giữa chúng và sau một thời gian nào đó, bắt đầu quay như một vật thống nhất. Tìm :

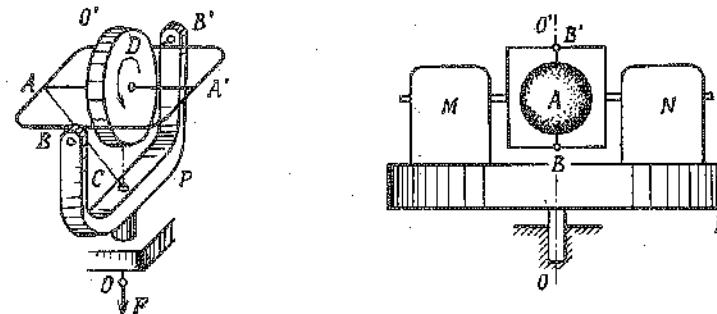
- vận tốc góc của hai đĩa được hình thành như trên ;
- công của các lực ma sát khi đó.

1.306. Người ta đặt trên một mặt phẳng nằm ngang nhẵn một cái rông đèn nhỏ và một thanh mành đồng tinh có độ dài là l và khối lượng lớn hơn khối lượng của rông đèn η lần ; truyền cho rông đèn một vận tốc v có phương nằm ngang và vuông góc với thanh, sau đó nó va chạm đàn hồi với một đầu thanh. Tìm vận tốc của rông đèn và vận tốc góc của thanh sau khi va chạm. Với giá trị nào của η , vận tốc của rông đèn sau khi va chạm sẽ bằng không ; sẽ đổi theo chiều ngược lại ?

1.307. Trong một cơ cầu (hình 70) có một đĩa đồng tinh D có khối lượng m và bán kính R có thể quay tự do xung quanh các trục AA' , BB' và cùng với cái giá đỡ P hình chữ U quay xung quanh trục thẳng đứng OO' . Mômen quán tính của giá đỡ P đối với trục OO' bằng I . Người ta truyền cho đĩa D một vận tốc góc ω_0 xung quanh trục AA' . Sau đó tác dụng một lực lên đầu O của sợi dây ACO để cho trục AA' của đĩa quay trở nên thẳng của sợi dây ACO để cho trục AA' của đĩa quay trở nên thẳng

dừng. Bỏ qua sự ma sát và khối lượng của trục AA' và khung $AB'A'B$, tìm :

- vận tốc góc của giá đỡ P ở trạng thái cuối cùng ;
- công của lực tác dụng lên sợi dây.



Hình 70.

1.308. Trên một cái đê P không chuyển động nhưng có thể quay tự do xung quanh một trục thẳng đứng OO' (hình 71) người ta đặt một động cơ M và một đòn bẩy N . Mômen quán tính của đê với động cơ và đòn bẩy đối với trục này bằng I . Trên trục của động cơ người ta gắn vào một khung nhẹ với một quả cầu đồng tinh A ; quả cầu quay tự do với vận tốc góc ω_0 xung quanh trục BB' trùng với trục OO' . Mômen quán tính của quả cầu đối với trục quay bằng I_0 . Tìm :

- công mà động cơ thực hiện để quay trục BB' một góc 90° ; một góc 180° ;
- mômen của các ngoại lực giữ cho trục của cơ cầu ở vị trí thẳng đứng sau khi động cơ làm quay trục BB' một góc 90° .

1.309. Một thanh AB đồng tinh đặt nằm ngang có khối lượng $m = 1,40 \text{ kg}$ và độ dài $l_0 = 100 \text{ cm}$. Thanh quay tự do xung quanh một trục cố định thẳng đứng OO' , đi qua đầu A của thanh. Trục OO' có độ dài $l = 55 \text{ cm}$ và điểm A nằm giữa trục. Vận tốc góc của thanh phải có giá trị bằng bao nhiêu để thành phần nằm ngang của lực tác dụng lên đầu dưới của trục OO' bằng không ? Khi đó thành phần nằm ngang của lực tác dụng lên đầu trên của trục bằng bao nhiêu ?

1.310. Một thanh đồng tính có khối lượng m và độ dài l có tâm gắn chặt với một trục thẳng đứng OO' , sao cho góc giữa thanh và trục bằng ϑ (xem hình 69). Các đầu của trục OO' được gắn vào các vòng bi. Hệ được quay không ma sát với vận tốc góc ω . Tìm :

a) môđun và hướng của mômen xung lượng M của thanh đối với điểm C và cả mômen xung lượng của nó đối với trục quay ;

b) môđun của số gia của vectơ M đối với điểm C sau nửa vòng quay ;

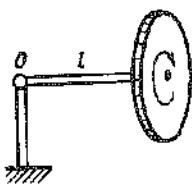
c) mômen của các ngoại lực tác dụng lên trục OO' khi quay.

1.311. Một con quay có khối lượng $m = 0,50$ kg có trục nghiêng một góc $\vartheta = 30^\circ$ so với phương thẳng đứng, chuyển động tuỳ sai dưới tác dụng của trọng lực. Mômen quán tính của con quay đối với trục đối xứng của nó $I = 2,0 \text{ g} \cdot \text{m}^2$, vận tốc góc quay xung quanh trục đó là $\omega = 350 \text{ rad/s}$, khoảng cách từ điểm tựa đến tâm quán tính của con quay là $l = 10 \text{ cm}$.

Tìm :

a) vận tốc góc tiền động của con quay ;

b) độ lớn và hướng của thành phần nằm ngang của phản lực tác dụng lên con quay ở điểm tựa.



Hình 72.

1.312. Một con vu được đặt trên sàn của một lồng thang máy ; thang máy bắt đầu được nâng lên với giá tốc không đổi $w = 2,0 \text{ m/s}^2$. Con vu là một đĩa đồng tính có bán kính $R = 5,0 \text{ cm}$, được gắn vào một đầu một thanh có độ dài $l = 10 \text{ cm}$ (hình 72). Đầu kia của thanh gắn vào bàn lề O . Con vu tiền động với vận tốc góc $n = 0,5 \text{ vòng/s}$. Bỏ qua sự ma sát và khối lượng của thanh, tìm vận tốc góc riêng của đĩa.

1.313. Một con quay có khối lượng $m = 1,0 \text{ kg}$ và mômen quán tính đối với trục riêng $I = 4,0 \text{ g} \cdot \text{m}^2$ quay với vận tốc góc $\omega = 310 \text{ rad/s}$. Điểm tựa của nó nằm trên giá đỡ, giá cũng dịch chuyển theo phương nằm ngang với giá tốc không đổi $w = 1,0 \text{ m/s}^2$. Khoảng cách giữa điểm tựa và tâm quán tính của con quay là $l = 10 \text{ cm}$. Tìm môđun và hướng của vectơ vận tốc góc tiền động ω' .

1.314. Một quả cầu đồng tính có khối lượng $m = 5,0 \text{ kg}$ và bán kính $R = 6,0 \text{ cm}$ quay với vận tốc góc $\omega = 1250 \text{ rad/s}$ xung quanh một trục nằm ngang đi qua tâm của nó và gắn vào các bàn lề của một giá đỡ. Khoảng cách giữa các bàn lề là $l = 15 \text{ cm}$. Người ta quay giá đỡ xung quanh một trục thẳng đứng với vận tốc góc $\omega' = 5,0 \text{ rad/s}$. Tìm môđun và hướng của các lực con vu.

1.315. Một tàu thủy chuyển động với vận tốc $v = 36 \text{ km/h}$ theo một cung tròn có bán kính $R = 200 \text{ m}$. Tìm mômen của các lực con vu tác dụng lên các ô trục từ phía trực truyền có bánh đà ; bánh đà có mômen quán tính đối với trục quay $I = 3,8 \cdot 10^3 \text{ kgm}^2$ và quay $n = 300 \text{ vòng/phút}$. Trục quay đặt dọc thân tàu.

1.316. Một đầu xe lửa chuyển động bằng tuốc bin có trục song song với các trục của bánh xe. Chiều quay của tuốc bin trùng với chiều quay của các bánh xe. Mômen quán tính của rôto tuốc bin đối với trục riêng là $I = 240 \text{ kgm}^2$. Tìm áp lực phụ trên các đường ray, gây bởi các lực con vu, khi đầu xe lửa đi theo đường vòng có bán kính $R = 250 \text{ m}$, với vận tốc $v = 50 \text{ km/h}$. Khoảng cách giữa các đường ray là $l = 1,5 \text{ m}$. Tuốc bin quay $n = 1500 \text{ vòng/phút}$.

CÁC BIỂN DẠNG CỦA VẬT LẮN

1.317. Tính áp suất cần đặt lên các dây của một khôi trù bằng thép để độ dài của nó không đổi khi tăng nhiệt độ lên 100°C .

1.318. Một ống thủy tinh và một bình cầu thủy tinh đều có bán kính $r = 25 \text{ mm}$ và thành dày $\Delta r = 1,0 \text{ mm}$, có thể chịu được một áp suất từ bên trong (khi không có áp suất bên ngoài) bằng bao nhiêu ?

1.319. Một thanh đồng đặt nằm ngang có độ dài $l = 1,0 \text{ m}$, quay xung quanh một trục thẳng đứng đi qua tâm của thanh. Với tần số quay nào nó có thể đứt ?

1.320. Một vòng tròn có bán kính $r = 25 \text{ cm}$, làm bằng dây chỉ quay xung quanh một trục thẳng đứng cố định đi qua tâm của nó và vuông góc với mặt phẳng của vòng tròn. Với tần số quay nào vòng tròn này có thể bị vỡ ?

1.321. Một sợi dây thép có đường kính $d = 1,0$ mm. được căng ngang giữa hai cái kẹp cách nhau một khoảng $l = 2,0$ m. Tại tâm O của dây có treo một vật nặng có khối lượng $m = 0,25$ kg. Điểm O bị hạ thấp xuống mấy centimét?

1.322. Một thanh đồng tính, đàn hồi, chuyển động trên một mặt phẳng nằm ngang, dưới tác dụng của một lực không đổi F , được phân bố đều theo mặt đáy. Diện tích của mặt đáy bằng S , suất Young của vật liệu là E . Tìm độ biến dạng tương đối của thanh theo hướng tác dụng của lực đã cho.

1.323. Một thanh đồng mỏng đồng tính có độ dài l và khối lượng m quay đều với vận tốc góc ω trong mặt phẳng nằm ngang, xung quanh một trục thẳng đứng đi qua một đầu thanh. Tìm lực căng trong thanh phụ thuộc theo khoảng cách r đến trục quay và độ dãn của thanh.

1.324. Một hình trụ đặc bằng đồng có độ dài $l = 65$ cm, được đặt trên một mặt phẳng nằm ngang và chịu tác dụng một lực nén thẳng đứng $F = 1000$ N, phân bố đều ở đáy trên của hình trụ. Khi đó thể tích hình trụ sẽ biến đổi bao nhiêu milimet khối?

1.325. Một thanh đồng có độ dài l được treo ở một đầu vào trần nhà. Tìm :

- độ dãn Δl của thanh dưới tác dụng của chính trọng lượng của nó;
- độ tăng thể tích tương đối của nó.

1.326. Một mẫu bằng một vật liệu có suất Young E và hệ số Poisson μ chịu một áp suất thủy lực p . Tìm :

- độ giảm thể tích tương đối của mẫu;
- hệ thức giữa hệ số dãn nở thể tích β và các hằng số đàn hồi E và μ .

Chứng minh rằng hệ số Poisson μ không thể vượt quá $1/2$.

1.327. Một cái xà thép có tiết diện hình chữ nhật, được lắp một đầu vào tường (hình 73). Dưới tác dụng của trọng lượng bản thân, xà hơi bị uốn cong. Tìm bán kính cong của lớp trung hòa (được vẽ châm chằm trên hình) tại cạnh điểm O , nếu độ dài của đầu nhỏ ra của xà là $l = 6,0$ m và độ dày của nó là $h = 10$ cm.



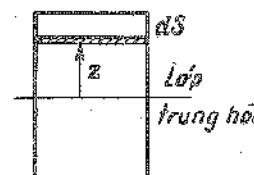
Hình 73.

1.328. Độ uốn của một thanh

đàn hồi được đặc trưng bởi dạng của đường đàn hồi đi qua trọng tâm của các tiết diện ngang của thanh. Phương trình để xác định đường này, với các độ uốn nhỏ, có dạng :

$$N(x) = EI \frac{d^2y}{dx^2},$$

trong đó $N(x)$ là mômen uốn của các lực đàn hồi tại tiết diện có tọa độ x , E là suất Young, I là mômen quán tính của tiết diện ngang đối với trục đi qua lớp trung hòa ($I = \int z^2 dS$, hình 74).



Hình 74.



Hình 75.

Cho một thanh thép có tiết diện là hình vuông, mỗi cạnh là a , được lắp một đầu vào tường sao cho đầu nhỏ ra của nó có độ dài l (hình 75). Bò qua khối lượng của thanh, hãy tìm dạng của đường đàn hồi và độ vồng λ , nếu trên đầu A của nó chịu tác dụng :

- mômen uốn của ngẫu lực N_0 ;

- lực F hướng dọc theo trục y .



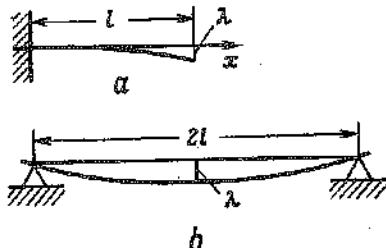
Hình 76.

1.329. Một xà thép có độ dài l có hai đầu tự tự do trên hai gối tựa (hình 76). Mômen quán tính của tiết diện ngang của nó bằng I (xem bài tập trên). Bò qua khối lượng của xà và giả thử rằng độ uốn nhỏ, tìm độ vồng λ dưới tác dụng của lực F đặt ở tâm của xà.

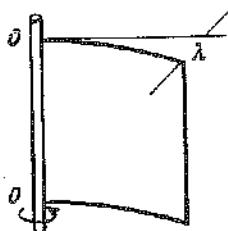
1.330. Một xà thép có tiết diện hình chữ nhật có độ cao bằng h . Dùng phương trình trong bài tập 1.328 tìm độ vồng λ gây ra bởi trọng lượng của bản thân xà trong hai trường hợp :

a) xà được lắp một đầu vào tường sao cho độ dài của đầu nhỏ ra bằng l (hình 77, a);

b) xà có độ dài $2l$, có hai đầu tựa tự do lên hai gối tựa (hình 77, b).



Hình 77.



Hình 78.

1.331. Một bản thép có độ dày h , có dạng hình vuông với cạnh là l , $h \ll l$. Bản gắn chặt với một trục thẳng đứng OO' ; người ta quay trục với giá tốc góc không đổi β (hình 78). Tìm độ vồng λ , giả thử rằng độ uốn nhỏ.

1.332. Thiết lập hệ thức giữa mômen xoắn N và góc xoắn ϕ đối với:

a) một ống có thành dày là Δr rất nhỏ so với bán kính của ống;

b) một thanh đặc có tiết diện tròn.

Giả thử biết độ dài l , bán kính r và suất cắt G của chúng.

1.333. Tính mômen N của các lực làm xoắn một ống thép có độ dài $l = 3,0$ m một góc $\Phi = 20^\circ$ xung quanh trục của nó, nếu đường kính trong và ngoài của ống bằng $d_1 = 30$ mm và $d_2 = 50$ mm.

1.334. Tìm công suất lớn nhất có thể truyền đi được bằng một trục thép quay xung quanh trục của nó với vận tốc góc $\omega = 120$ rad/s, nếu độ dài của nó là $l = 200$ cm, bán kính $r = 1,50$ cm và góc xoắn có thể đạt được là $\phi = 2,5^\circ$.

1.335. Một vòng đồng tính có khối lượng m , bán kính ngoài r_2 được gắn chặt vào một trục truyền có bán kính r_1 . Người ta quay trục truyền với một giá tốc góc không đổi β xung quanh trục của nó. Tìm mômen của các lực đàn hồi trong vòng phụ thuộc vào khoảng cách r đèn trục quay.

1.336. Tìm năng lượng biến dạng đàn hồi của một thanh thép có khối lượng $m = 3,1$ kg, khi ta kéo nó sao cho độ dàn tương đối của thanh là $\epsilon = 1,0 \cdot 10^{-3}$.

1.337. Một thanh thép hình trụ có độ dài l và bán kính r được treo một đầu vào trần nhà.

a) Tìm năng lượng U của biến dạng đàn hồi của thanh.
b) Biểu diễn U qua độ tăng độ dài tương đối $\Delta l/l$ của thanh.

1.338. Cân thực hiện một công bằng bao nhiêu để uốn tròn một dải thép có chiều dài $l = 2,0$ m, chiều rộng $h = 6,0$ cm và chiều dày $\delta = 2,0$ mm. Giả thử rằng quá trình xảy ra trong các giới hạn biến dạng đàn hồi.

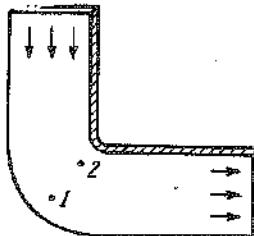
1.339. Tìm năng lượng biến dạng đàn hồi của một thanh thép có một đầu được gắn chặt còn đầu kia bị xoắn một góc $\phi = 6,0^\circ$. Độ dài của thanh là $l = 1,0$ m, bán kính của nó là $r = 10$ mm.

1.340. Tìm sự phân bố mật độ năng lượng thể tích của biến dạng đàn hồi trong một thanh thép phụ thuộc vào khoảng cách r đèn trục của nó. Độ dài của thanh là l , góc xoắn là ϕ .

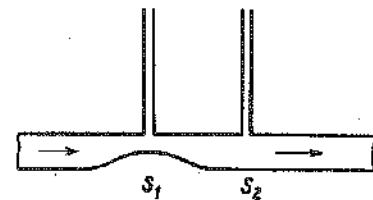
1.341. Xác định mật độ thể tích của năng lượng đàn hồi trong nước ngọt ở độ sâu $h = 1000$ m.

THỦY ĐỘNG LỰC HỌC

1.342. Một chất lỏng lý tưởng chảy trong một ống phẳng có tiết diện đều đặt trong một mặt phẳng nằm ngang và được uốn cong như hình 79. Dòng chảy là dừng. Áp suất và vận tốc của chất lỏng tại các điểm 1 và 2 có như nhau không? Các đường dòng có dạng thế nào?

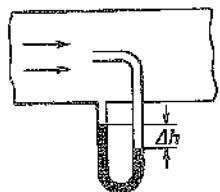


Hình 79.



Hình 80.

1.343. Hai ống áp kẽ được cắm vào một ống nằm ngang có tiết diện thay đổi, tại những chỗ mà tiết diện của ống bằng S_1 và S_2 (hình 80). Trong ống có nước chảy. Tìm thể tích nước chảy trong một đơn vị thời gian qua tiết diện của ống, nếu hiệu số mức nước trong các ống áp kẽ bằng Δh .



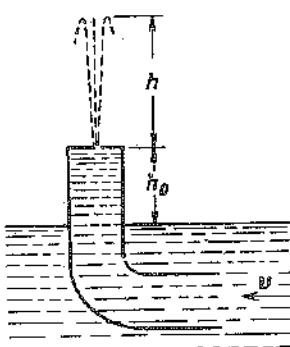
Hình 80.

1.344. Một ống Pitot (hình 81) được đặt theo trục của ống dẫn khí mà diện tích tiết diện bên trong ống dẫn khí bằng S . Bỏ qua độ nhớt, tìm thể tích khí đi qua, tiết diện của ống trong một đơn vị thời gian, nếu hiệu số các mức trong áp kẽ chất lỏng bằng Δh , còn khối lượng riêng của chất lỏng và chất khí tương ứng là ρ_0 và ρ .

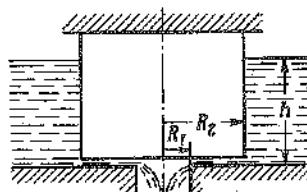
1.345. Một bình rộng, có một lỗ nhỏ ở đáy, chứa dây nước và dầu hỏa. Bỏ qua độ nhớt, tìm vận tốc của nước chảy ra, nếu bêđây của lớp nước là $h_1 = 30$ cm, còn lớp dầu là $h_2 = 20$ cm.

1.346. Một bình rộng hình trụ, có chiều cao 50 cm, đặt trên bàn. Bình đựng đầy nước. Người ta đục một lỗ nhỏ trên thành bình. Nếu bỏ qua độ nhớt, thi lỗ phải cách đáy bình bao nhiêu, để tia nước phun ra từ lỗ đập lên mặt bàn cách bình một khoảng cực đại l_{\max} ; l_{\max} bằng bao nhiêu?

1.347. Một ống cong được nhúng vào một dòng nước như vẽ trên hình 82. Vận tốc dòng đối với ống là



Hình 82.



Hình 82.

$v = 2,5$ m/s. Đầu trên của ống được gắn kín nhưng có một lỗ nhỏ ở độ cao $h_0 = 12$ cm. Tia nước phun qua lỗ này sẽ có độ cao h bằng bao nhiêu?

1.348. Trên đáy nằm ngang của một bình rộng chứa chất lỏng lý tưởng có một lỗ tròn, có bán kính R_1 , còn ở trên lỗ này người ta gắn một hình trụ tròn kín có bán kính $R_2 > R_1$ (hình 83). Khe hở giữa hình trụ và đáy bình là rất nhỏ, khối lượng riêng của chất lỏng là ρ . Tính áp suất tĩnh của chất lỏng trong khe hở theo khoảng cách r từ trục của lỗ và hình trụ.

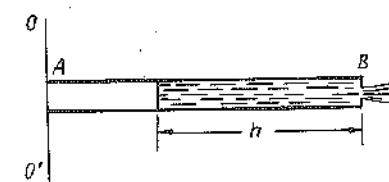
1.349. Tính công cần thực hiện khi một lực không đổi tác dụng lên pít tông (hình 84), để đẩy nước trong xy lanh nằm ngang trong khoảng thời gian t ? Thể tích nước trong xy lanh bằng V , diện tích tiết diện của lỗ là s , với s rất nhỏ so với diện tích của xy lanh. Sự ma sát và độ nhớt nhỏ không đáng kể.



Hình 84.

1.350. Một bình hình trụ, có độ cao h và diện tích đáy S , chứa đầy nước. Ở đáy bình người ta đục một lỗ có diện tích $s \ll S$. Bỏ qua độ nhớt của nước, xác định xem sau bao lâu tất cả nước sẽ chảy hết khỏi bình.

1.351. Một ống nằm ngang AB có chiều dài l , quay với vận tốc góc không đổi ω , xung quanh một trục thẳng đứng cố định OO' , đi qua đầu A . Trong ống có chất lỏng lý tưởng. Đầu A của ống để hở còn đầu B kín có một lỗ rất nhỏ. Tìm vận tốc phun ra của chất lỏng đối với ống, phụ thuộc vào «chiều cao» h của cột nước (hình 85).



Hình 85.

1.352. Phương trình cơ bản của động lực học đối với một chất lỏng lý tưởng có dạng:

$$\rho \frac{dv}{dt} = - \frac{\partial p}{\partial t} + \rho g t,$$

trong đó ρ là khối lượng riêng của chất lỏng, $\partial p / \partial t$ là gradien

của áp suất dọc theo trục ống dòng, g là hình chiếu của gia tốc của lực hấp dẫn.

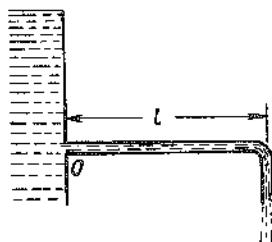
1) Thiết lập phương trình này, xuất phát từ định luật hai của Newton.

2) Chứng minh rằng phương trình Bernoulli được suy ra từ phương trình này.

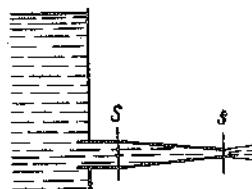
1.353. Người ta đục hai lỗ giống nhau mỗi lỗ có diện tích $S = 0,50 \text{ cm}^2$ ở hai thành đối diện của một bình rộng thẳng đứng chứa đầy nước. Khoảng cách giữa các lỗ theo chiều cao là $\Delta h = 51 \text{ cm}$. Tìm phản lực tổng hợp của nước chảy ra.

1.354. Ở thành bên của một bình hình trụ rộng thẳng đứng có chiều cao $h = 75 \text{ cm}$ người ta đục một khe hẹp thẳng đứng có đầu dưới chạm vào đáy bình. Độ dài của khe là $l = 50 \text{ cm}$, bể rộng $b = 1,0 \text{ mm}$. Người ta bít khe lại và đổ đầy nước vào bình. Tìm phản lực tổng hợp của nước chảy ra ngay sau khi mở khe.

1.355. Nước chảy ra từ một thùng lớn theo một ống cong vuông góc, có bán kính trong là $r = 0,50 \text{ cm}$ (hình 86). Độ dài của phần nằm ngang của ống là $l = 22 \text{ cm}$. Lưu lượng nước là $Q = 0,50 \text{ l/s}$. Tìm mômen của các phản lực của nước do dòng nước gây ra lên các thành ống này đối với điểm O .



Hình 86.



Hình 87.

1.356. Ở thành bên của một cái thùng rộng hở có lắp một ống thoát đầu (hình 87), qua đó nước chảy ra. Diện tích tiết diện ống giảm từ $S = 3,0 \text{ cm}^2$ đến $s = 1,0 \text{ cm}^2$. Mức nước trong thùng cao hơn ống là $h = 4,6 \text{ m}$. Bỏ qua độ nhớt của nước, tìm thành phần lực nằm ngang kéo ống ra khỏi bình.

1.357. Một bình hình trụ thẳng đứng có nước, quay xung quanh trục của nó với vận tốc góc không đổi ω . Tìm :

a) dạng của mặt tự do của nước;

b) sự phân bố áp suất nước trên đáy bình dọc theo bán kính của bình nếu áp suất ở tâm đáy bằng p_0 .

1.358. Một đĩa nằm ngang mỏng có bán kính $R = 10 \text{ cm}$, được đặt trong một hốc hình trụ có dầu, hệ số nhớt của dầu là $\eta = 0,08 \text{ P}$. Các khe hở giữa đĩa và các đáy nằm ngang của hốc (hình 88) đều như nhau và bằng $h = 1,0 \text{ mm}$. Tìm công suất do các lực nhớt tác dụng lên đĩa sinh ra, khi đĩa quay với vận tốc góc $\omega = 60 \text{ rad/s}$. Bỏ qua các hiệu ứng bờ.

1.359. Một hình trụ dài có bán kính R_1 , dịch chuyển dọc theo trục của nó với vận tốc không đổi v_0 trong một hình trụ đứng yên có bán kính R_2 đồng trục với nó. Khoảng không gian giữa các hình

trụ chứa đầy chất lỏng nhớt. Tìm vận tốc của chất lỏng phụ thuộc vào khoảng cách r đến trục của các hình trụ. Sự chảy là chảy thành lớp.

1.360. Một chất lỏng có hệ số nhớt η choán giữa hai hình trụ dài đồng trục có bán kính R_1 và R_2 , trong đó $R_1 < R_2$. Hình trụ trong đứng yên, còn hình trụ ngoài quay với vận tốc góc không đổi ω_2 . Chuyển động của chất lỏng là chuyển động lớp. Biết rằng lực ma sát tác dụng lên một đơn vị diện tích của mặt trụ có bán kính r được xác định bằng công thức $\sigma = \eta r (\partial \omega / \partial r) \text{ N/m}^2$, tìm :

a) sự phụ thuộc vào bán kính r của vận tốc góc của chất lỏng quay;

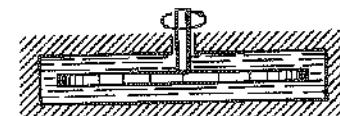
b) mômen của các lực ma sát tác dụng lên một đơn vị độ dài của hình trụ ngoài.

1.361. Một dòng đứng của một chất lỏng có khối lượng riêng ρ và hệ số nhớt η , chảy trong một ống có chiều dài l và bán kính R . Vận tốc dòng của chất lỏng phụ thuộc vào khoảng cách r đến trục của ống theo định luật $v = v_0 (1 - r^2 / R^2)$. Tìm :

a) thể tích chất lỏng chảy qua tiết diện của ống trong một đơn vị thời gian;

b) động năng của chất lỏng trong thể tích của ống;

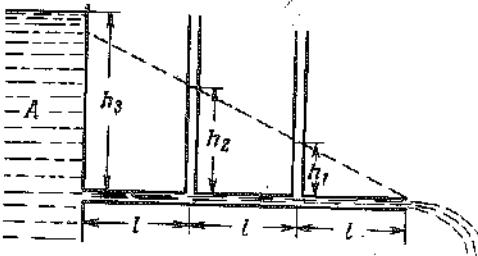
c) lực ma sát do chất lỏng tác dụng lên ống;



Hình 88.

d) hiệu số áp suất ở các đầu ống.

1.362. Trong một hệ thống (hình 89), một chất lỏng nhớt có khối lượng riêng $\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$ chảy từ một bình rộng A theo một ống. Tìm vận tốc của chất lỏng chảy, nếu $h_1 = 10 \text{ cm}$, $h_2 = 20 \text{ cm}$ và $h_3 = 35 \text{ cm}$, các khoảng cách l đều nhau.



Hình 89.

1.363. Bán kính tiết diện của một ống dẫn giảm đơn điệu theo quy luật $r = r_0 e^{-ax}$, trong đó $a = 0,50 \text{ m}^{-1}$, x là khoảng cách được tính từ đầu ống dẫn. Tìm tỷ số các số Reynolds tại các tiết diện cách nhau một khoảng $\Delta x = 3,2 \text{ m}$.

1.364. Khi một quả cầu có bán kính $r_1 = 1,2 \text{ mm}$ chuyển động trong glyxérin, thì chuyển động lopolitan được quan sát thấy với vận tốc của quả cầu không vượt quá $v_1 = 23 \text{ cm/s}$. Một quả cầu có bán kính $r_2 = 5,5 \text{ cm}$ chuyển động trong nước với vận tốc cực tiêu v_2 bằng bao nhiêu để sự chảy trở thành rời? Các hệ số nhớt của glyxérin và nước tương ứng bằng $\eta_1 = 13,9 \text{ P}$ và $\eta_2 = 0,011 \text{ P}$.

1.365. Một bình cao chứa đầy glyxérin có hệ số nhớt $\eta = 13,9 \text{ P}$. Thả vào bình một hòn bi chì. Tới một độ sâu nào đó hòn bi bắt đầu chuyển động đều. Tìm đường kính lớn nhất của hòn bi để chuyển động còn là chuyển động lopolitan, nếu sự chuyển qua chuyển động rời ứng với số Reynolds $Re = 0,5$ (giá trị này của Re thu được khi lấy đường kính của hòn bi làm kích thước đặc trưng).

1.366. Một hòn bi thép có đường kính $d = 3,0 \text{ mm}$, được thả không có vận tốc ban đầu vào dầu ôliu, có hệ số nhớt $\eta = 0,90 \text{ P}$. Hỏi: bao lâu, sau lúc bắt đầu chuyển động, vận tốc hòn bi sẽ khác vận tốc dừng là $n = 1,0\%$?

CÁC DAO ĐỘNG

1.367. Một điểm thực hiện dao động dọc theo trục x theo quy luật $x = a \cos(\omega t - \pi/4)$. Vẽ đồ thị cha:

- độ dài x , vận tốc \dot{x} và gia tốc \ddot{x} theo thời gian;
- vận tốc \dot{x} , và gia tốc \ddot{x} phụ thuộc theo độ dài x .

1.368. Một điểm nào đó chuyển động dọc theo trục x theo quy luật $x = a \sin^2(\omega t - \pi/4)$. Tìm:

- biên độ và chu kỳ dao động; biểu diễn đồ thị $x(t)$;
- sự phụ thuộc của vận tốc \dot{x} của điểm theo tọa độ x của nó; biểu diễn đồ thị sự phụ thuộc này.

1.369. Một hạt thực hiện dao động điều hòa dọc theo trục x xung quanh vị trí cân bằng $x = 0$. Tần số dao động $\omega = 4,00 \text{ rad/s}$. Tại một thời điểm nào đó tọa độ của hạt là $x_0 = 25,0 \text{ cm}$ và vận tốc của nó $\dot{x}_0 = 100 \text{ cm/s}$. Tìm tọa độ x và vận tốc \dot{x} của hạt sau thời điểm đó một khoảng là $t = 2,40 \text{ s}$.

1.370. Tìm tần số tròn và biên độ của dao động điều hòa của một hạt, nếu tại các khoảng cách x_1 và x_2 kể từ vị trí cân bằng, vận tốc của hạt tương ứng bằng v_1 và v_2 .

1.371. Một điểm thực hiện dao động điều hòa dọc theo một đường thẳng nào đó với chu kỳ $T = 0,60 \text{ s}$ và với biên độ $a = 10,0 \text{ cm}$. Tìm vận tốc trung bình của điểm trong khoảng thời gian mà nó di được một quãng đường là $a/2$ kể từ:

- vị trí biên;
- vị trí cân bằng.

1.372. Tại thời điểm $t = 0$, một điểm bắt đầu thực hiện dao động theo trục x theo quy luật $x = a \sin \omega t$. Hãy tìm, sau $3/8$ chu kỳ, kể từ lúc bắt đầu chuyển động:

- giá trị trung bình của hình chiếu của vectơ vận tốc $\langle \dot{x} \rangle$ của nó;
- môđun của vectơ vận tốc trung bình $|\langle \dot{v} \rangle|$;
- giá trị trung bình của môđun của vận tốc $\langle v \rangle$.

1.373. Một hạt được chuyển động dọc theo một trục x theo quy luật $x = a \cos \omega t$. Tìm quãng đường mà nó di được trong khoảng thời gian từ $t = 0$ đến t .

1.374. Tại thời điểm $t = 0$ một hạt bắt đầu chuyển động dọc theo trục x sao cho vận tốc của nó biến đổi theo quy luật:

$\dot{x} = 35 \cos \omega t$ cm/s, trong đó t tính ra giây. Tìm quãng đường mà hạt đã di được sau $t = 2,80$ s đầu tiên, kể từ lúc bắt đầu chuyển động.

1.375. Một hạt thực hiện dao động điều hòa dọc theo trục x theo quy luật $x = a \cos \omega t$. Biết rằng xác suất w tìm hạt trong khoảng từ $-a$ đến $+a$ bằng đơn vị, tìm sự phụ thuộc theo x của mật độ xác suất dw/dx , trong đó dw là xác suất tìm hạt trong khoảng từ x đến $x + dx$. Biểu diễn đồ thị của dw/dx phụ thuộc theo x .

1.376. Tìm bằng đồ thị, biên độ a của dao động được sinh ra khi cộng các dao động cùng phương sau đây:

- a) $x_1 = 3,0 \cos(\omega t + \pi/3)$; $x_2 = 8,0 \sin(\omega t + \pi/6)$;
- b) $x_1 = 3,0 \cos \omega t$; $x_2 = 5,0 \cos(\omega t + \pi/4)$; $x_3 = 6,0 \sin \omega t$.

1.377. Một điểm tham gia đồng thời hai dao động cùng phương có phương trình là $x_1 = a \cos \omega t$ và $x_2 = a \cos 2 \omega t$. Tìm vận tốc cực đại của điểm này.

1.378. Khi cộng hai dao động điều hòa cùng phương thì dao động tổng hợp của một điểm có dạng $x = a \cos 2,1 t + \cos 50,0 t$, trong đó t tính ra giây. Tìm tần số tròn của các dao động thành phần và chu kỳ của phách của dao động tổng hợp.

1.379. Một quả cầu được treo vào một lò xo, thực hiện dao động điều hòa thẳng đứng với một tần số xác định. Nếu truyền cho điểm treo dao động điều hòa theo phương thẳng đứng với tần số 20 hoặc 24 Hz thì trong cả hai trường hợp, các phách được sinh ra có cùng tần số. Với tần số dao động nào của điểm treo, tần số của phách sẽ lớn gấp đôi?

1.380. Một điểm chuyển động trong mặt phẳng xy theo quy luật $x = a \sin \omega t$ và $y = b \cos \omega t$, trong đó a, b và ω là các hằng số dương. Tìm:

a) phương trình quỹ đạo $y(x)$ của điểm và chiều chuyển động của nó trên quỹ đạo này;

b) giá tốc w của điểm theo bán kính vector r của nó đối với gốc tọa độ.

1.381. Tìm phương trình quỹ đạo $y(x)$ của một điểm, nếu nó chuyển động theo các quy luật:

- a) $x = a \sin \omega t$; $y = a \sin 2 \omega t$;
- b) $x = a \sin \omega t$; $y = a \cos 2 \omega t$

Biểu diễn các đồ thị của các quỹ đạo này.

1.382. Tìm chu kỳ dao động bé thẳng đứng của một quả cầu có khối lượng $m = 40$ g được gắn vào tâm của một sợi dây căng nằm ngang có độ dài $l = 20$ cm. Sức căng của sợi dây coi như không đổi và bằng $F = 10$ N.

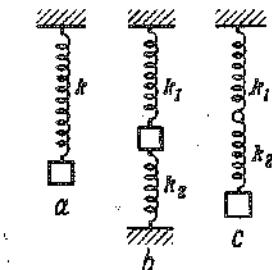


Hình 90.

1.383. Xác định chu kỳ dao động bé của một con lắc toán học là một hòn bi treo vào một sợi chỉ dài $l = 20$ cm, nếu nó nằm trong chất lỏng lý tưởng có khối lượng riêng $\eta = 3,0$ lần nhỏ hơn khối lượng riêng của hòn bi.

1.384. Tính chu kỳ dao động bé của một phù kẽ (hình 90), khi người ta kích thích nhẹ nó theo phương thẳng đứng. Khối lượng của phù kẽ là $m = 50$ g, bán kính ông phù kẽ là $r = 3,2$ mm, khối lượng riêng của chất lỏng là $\rho = 1,00$ g/cm³. Coi chất lỏng là lý tưởng.

1.385. Tìm chu kỳ dao động bé thẳng đứng của một vật có khối lượng m trong các trường hợp a) b) và c) vẽ trên hình 91. Độ cứng của các lò xo đã được biết (chúng được ghi trên hình vẽ), khối lượng của chúng nhỏ không đáng kể.

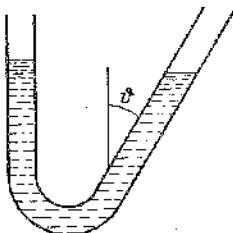


Hình 91.

1.386. Trên một mặt phẳng nằm ngang nhẵn người ta đặt một vật có khối lượng M , được nối với một thành thẳng đứng qua một lò xo nằm ngang có khối lượng m . Hệ số độ cứng của lò xo bằng k . Tìm tần số dao động bé của hệ này, để đơn giản hãy coi rằng mọi điểm của lò xo đều dao động cùng pha.

1.387. Xác định chu kỳ dao động của thủy ngân có khối lượng $m = 200$ g, được đỗ vào một ông cong (hình 92) có nhánh bên phải tạo một góc $\vartheta = 30^\circ$ với phương thẳng đứng. Diện tích tiết diện của lòng ông là $S = 0,50$ cm². Bỏ qua độ nhớt của thủy ngân.

1.388. Người ta đặt một thanh đồng tĩnh trên hai ròng rọc quay nhanh như vẽ trên hình 93. Khoảng cách giữa các



Hình 92.

trục của ròng rọc là $l = 20$ cm, hệ số ma sát giữa thanh và ròng rọc là $k = 0,18$. Chứng minh rằng thanh sẽ thực hiện dao động điều hòa. Tìm chu kỳ dao động đó.

1.389. Ta tưởng tượng có một cái giềng được đào xuyên qua Trái Đất theo trục quay của nó. Coi Trái Đất là một quả cầu đồng tính và bỏ qua sức cản của không khí, tìm :



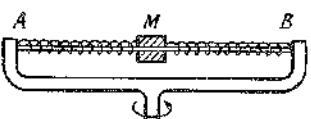
Hình 93.

- quy luật chuyển động của một vật rơi xuống giềng ;
- thời gian cần thiết để vật này rơi tới đầu đối diện của giềng ;
- vận tốc của vật tại tâm Trái Đất.

1.390. Tìm chu kỳ dao động bé của một con lắc toán học có độ dài l , nếu điểm treo của nó chuyển động đối với mặt đất theo một phương tùy ý với vận tốc không đổi w . Tìm chu kỳ này, nếu $l = 21$ cm, $w = g/2$ và góc giữa các vectơ w và g là $\beta = 120^\circ$.

1.391. Trong một cơ cầu (hình 94) có một ống ngắn M có khối lượng $m = 0,20$ kg, được gắn giữa hai lò xo giống nhau

có hệ số độ cứng chung là $k = 20$ N/m. Ông có thể trượt không ma sát theo một thanh nằm ngang AB . Cơ cầu quay với vận tốc góc không đổi $\omega = 4,4$ rad/s xung quanh một trục thẳng đứng đi qua tâm của thanh. Tìm chu kỳ dao động bé của ông. Với giá trị nào của ω dao động của ông sẽ không xảy ra ?



Hình 94.

của ω dao động của ông sẽ không xảy ra ?

1.392. Một miếng ván có một vật nằm trên ; miếng ván thực hiện một dao động điều hòa theo phương nằm ngang với biên độ $a = 10$ cm. Tìm hệ số ma sát giữa miếng ván và vật nếu vật bắt đầu trượt trên miếng ván, khi chu kỳ dao động của nó nhỏ hơn $T = 1,0$ s.

1.393. Tìm sự phụ thuộc vào thời gian của góc lệch của một con lắc toán học có độ dài 80 cm, nếu tại thời điểm ban đầu con lắc :

- bị kéo lệch một góc $3,0^\circ$ rồi được buông tự do ;
- ở trạng thái cân bằng và người ta truyền cho đầu dưới của nó một vận tốc nằm ngang $0,22$ m/s ;
- bị kéo lệch một góc $3,0^\circ$ và người ta truyền cho đầu dưới của nó một vận tốc $0,22$ m/s hướng về vị trí cân bằng.

1.394. Một vật A có khối lượng $m_1 = 1,00$ kg và một vật B có khối lượng $m_2 = 4,10$ kg nồi với nhau bằng một lò xo như vẽ trên hình 95. Vật A thực hiện dao động điều hòa tự do thẳng đứng, với biên độ $a = 1,6$ cm và tần số $\omega = 25$ rad/s. Bỏ qua khối lượng của lò xo, tìm giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của áp lực của hệ này lên mặt phẳng ty.

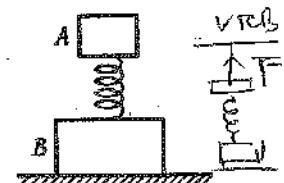
1.395. Một miếng ván, trên đó có một vật có khối lượng m ; miếng ván bắt đầu chuyển động thẳng đứng hướng lên trên theo quy luật $y = a(1 - \cos \omega t)$, trong đó y là độ dời tính từ vị trí ban đầu, $\omega = 11$ rad/s. Tìm :

- áp lực của vật trên miếng ván phụ thuộc theo thời gian, nếu $a = 4,0$ cm; biểu diễn đồ thị sự phụ thuộc này;
- biên độ dao động cực tiêu của miếng ván, khi vật bắt đầu bong ra khỏi miếng ván;

c) biên độ dao động của miếng ván khi vật nhảy lên một độ cao $h = 50$ cm đối với vị trí ban đầu (tại lúc $t = 0$).

1.396. Ở một lò xo không căng, có đầu trên được cố định, người ta treo một vật có khối lượng m , sau đó buông vật ra không có vận tốc ban đầu. Hệ số cứng của lò xo bằng k . Bỏ qua khối lượng của nó, tìm :

- quy luật chuyển động $y(t)$ của vật, trong đó y là độ dời của nó tính từ vị trí ban đầu ;



Hình 95.

$$F + T = m_1 g$$

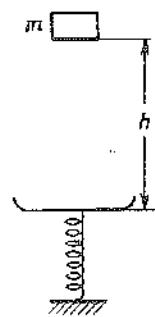
$$F + T = m_2 g$$

b) các độ căng cực đại và cực tiểu của lò xo trong quá trình chuyển động.

1.397. Một hạt có khối lượng m chuyển động dưới tác dụng của một lực $F = -\alpha mr$, trong đó α là một hằng số dương, r là bán kính vectơ của hạt đối với gốc tọa độ. Tìm quỹ đạo chuyển động của hạt, nếu tại thời điểm ban đầu $r = r_0$ và vận tốc $v = v_0$ (i và j là các vectơ đơn vị của các trục x và y).

1.398. Một vật có khối lượng m treo trên một lò xo, được buộc chặt vào trần của một lồng thang máy. Hệ số cứng của lò xo bằng k . Tại thời điểm $t = 0$, lồng bắt đầu được nâng lên với giá tốc w . Bỏ qua khối lượng của lò xo, tìm quy luật chuyển động $y(t)$ của quả nặng đối với lồng thang máy, nếu $y(0) = 0$ và $y'(0) = 0$. Khảo sát hai trường hợp :

- a) giá tốc w của lồng không đổi;
- b) $w = \alpha t$, trong đó α là một hằng số.



Hình 96.

1.400. Một vật có khối lượng m rơi từ độ cao h lên một đĩa cân lò xo (hình 96). Khối lượng của đĩa cân và lò xo nhỏ không đáng kể, hệ số cứng của lò xo bằng k . Khi đánh chặt vào đĩa cân, vật bắt đầu thực hiện dao động điều hòa theo phương thẳng đứng. Tìm biên độ dao động và năng lượng dao động.

1.401. Trong các điều kiện của bài toán trên, khối lượng của đĩa cân bằng M . Tìm biên độ dao động trong trường hợp này.

1.402. Một hạt có khối lượng m chuyển động trong mặt phẳng xy dưới tác dụng của một lực phụ thuộc vào vận tốc theo quy luật $F = \alpha(j\dot{x} - \dot{y})$, trong đó α là hằng số dương, i và j là các vectơ đơn vị của các trục x và y . Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, hạt nằm tại điểm $x = y = 0$ và có vận tốc v_0 theo hướng của vectơ đơn vị j . Tìm quy luật chuyển động của hạt $x(t), y(t)$ và phương trình quỹ đạo của nó.

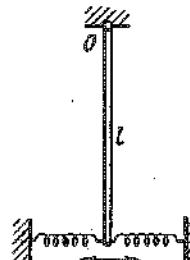
1.403. Một con lắc gồm một bình cầu có bán kính R , có thành mỏng, nhẹ, đựng đầy nước. Bình được gắn vào một thanh cứng nhẹ (hình 97). Khoảng cách giữa điểm treo O và tâm bình bằng l . Hỏi : chu kỳ dao động bé của con lắc đó biến đổi bao nhiêu lần, sau khi nước đóng thành băng. Bỏ qua độ nhớt của nước và sự biến đổi thể tích của nó khi đóng băng.



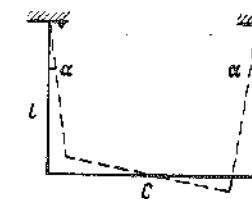
Hình 97.

1.404. Tìm tần số dao động bé của một thanh mỏng đồng tính thẳng đứng, có khối lượng m và độ dài l và thanh được gắn ở điểm O (hình 98). Hệ số rắn chung của các lò xo bằng k . Khối lượng của các lò xo nhỏ không đáng kể.

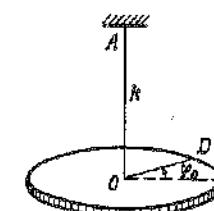
1.405. Một thanh đồng tính có khối lượng $m = 1,5$ kg, treo trên hai sợi dây có độ dài $l = 90$ cm (hình 99), được quay một góc nhỏ xung quanh một trục thẳng đứng, đi qua tâm C .



Hình 98.



Hình 99.



Hình 100.

của nó. Khi đó sợi dây lệch một góc $\alpha = 3,0^\circ$. Sau đó người ta buông thanh ra và nó bắt đầu thực hiện dao động bé. Tìm :

- a) chu kỳ dao động ;
- b) năng lượng dao động của thanh.

1.406. Một hệ (hình 100), cấu tạo từ một đĩa đồng tính nằm ngang D , có khối lượng m và bán kính R và một thanh mỏng AO , có hệ số xoắn k . Tìm biên độ dao động xoắn bé và năng lượng dao động, nếu tại thời điểm ban đầu người ta quay lệch đĩa một góc φ_0 khỏi vị trí cân bằng và truyền cho nó một vận tốc góc $\dot{\varphi}_0$.

1.407. Một thanh đồng tính có khối lượng m và độ dài l thực hiện dao động bé xung quanh một trục nằm ngang đi qua

đầu trên của thanh. Tìm động năng trung bình của thanh trong một chu kỳ dao động, nếu tại thời điểm ban đầu người ta làm lệch nó khỏi phuong thẳng đứng một góc θ_0 và truyền cho nó một vận tốc góc $\dot{\theta}_0$.

1.408. Người ta chế tạo một con lắc vật lý sao cho trọng tâm của nó nằm ở trên điểm treo. Từ vị trí đó con lắc bắt đầu chuyển động tới vị trí cân bằng bên và nó đi qua vị trí này với vận tốc góc ω . Bỏ qua sự ma sát, tìm chu kỳ dao động bé của con lắc này.

1.409. Một con lắc vật lý thực hiện dao động bé xung quanh một trục nằm ngang với tần số $\omega_1 = 15,0 \text{ rad/s}$. Nếu gắn vào nó một vật nhỏ có khối lượng $m = 50 \text{ g}$ ở phía dưới trục và cách trục một khoảng $l = 20 \text{ cm}$, thì tần số dao động thành $\omega_2 = 10,0 \text{ rad/s}$. Tìm mômen quán tính của con lắc này đối với trục dao động.

1.410. Hai con lắc vật lý thực hiện các dao động bé xung quanh cùng một trục nằm ngang với các tần số ω_1 và ω_2 . Các mômen quán tính của chúng đối với trục đã cho tương ứng bằng I_1 và I_2 . Người ta đưa các con lắc về trạng thái cân bằng bên và gắn chặt chúng với nhau. Tần số dao động bé của con lắc hợp thành sẽ như thế nào?

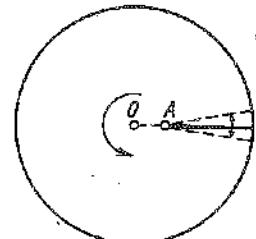
1.411. Một thanh đồng tinh có độ dài l thực hiện dao động bé xung quanh một trục nằm ngang OO' , vuông góc với thanh và đi qua một trong các điểm của nó. Tìm khoảng cách giữa tâm quán tính của thanh và trục OO' , khi chu kỳ dao động là nhỏ nhất. Chu kỳ đó bằng bao nhiêu?

1.412. Một bàn móng đồng tinh có dạng một tam giác đều với chiều cao h thực hiện các dao động bé xung quanh một trục nằm ngang trùng với một trong các cạnh của nó. Tìm chu kỳ dao động và độ dài rút gọn của con lắc này.

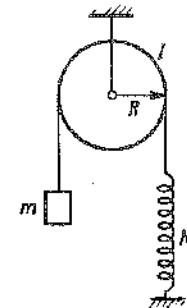
1.413. Một cái đĩa nằm ngang nhẵn quay xung quanh một trục thẳng đứng O (hình 101) với vận tốc góc không đổi ω . Trên đĩa có một thanh mảnh đồng tinh AB có độ dài l , thực hiện dao động bé xung quanh một trục thẳng đứng A gắn vào đĩa và cách trục O một khoảng a . Tìm tần số dao động đó.

1.414. Tìm tần số dao động bé của một hệ vේ trên hình 102. Cho biết bán kính của ròng rọc là R , mômen quán tính của nó

đối với trục quay là I , khối lượng của vật là m và hệ số cứng của lò xo là k . Khối lượng của sợi dây và lò xo nhỏ không đáng



Hình 101.

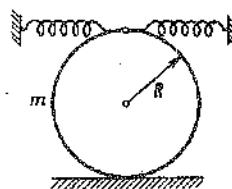


Hình 102.

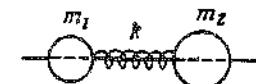
ké, sợi dây vắt qua ròng rọc không trượt, ma sát ở trục của ròng rọc không có.

1.415. Một hình trụ đồng tinh đặc có bán kính r lăn không trượt ở phía trong của một mặt trụ có bán kính R . Hình trụ thực hiện dao động điều hòa bé. Tìm chu kỳ dao động này.

1.416. Một hình trụ đồng tinh đặc có khối lượng m thực hiện dao động bé dưới tác dụng của hai lò xo có hệ số cứng chung bằng k (hình 103). Tìm chu kỳ dao động này, nếu hình trụ không trượt.



Hình 103.



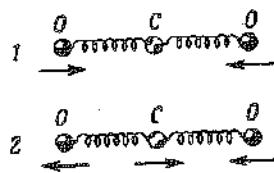
Hình 104.

1.417. Hai quả cầu có khối lượng $m_1 = 1,0 \text{ kg}$ và $m_2 = 2,0 \text{ kg}$ trượt tự do trên một thanh mảnh trơn nằm ngang (hình 104). Các quả cầu liên kết với nhau bằng một lò xo nhẹ có hệ số cứng $k = 24 \text{ N/m}$. Người ta truyền cho quả cầu bên trái một vận tốc ban đầu $v_1 = 12 \text{ cm/s}$. Tìm:

- a) tần số dao động của hệ trong quá trình chuyển động;
b) năng lượng và biên độ dao động.

1.418. Tìm chu kỳ dao động xoắn bé của một hệ gồm hai đĩa, buộc vào một thanh mảnh có hệ số xoắn k . Các momen quán tính của các đĩa đối với trục của thanh bằng I_1 và I_2 .

1.419. Mẫu của một phân tử CO_2 là ba quả cầu được nối bằng các lò xo nhẹ giống nhau và được đặt ở vị trí cân bằng dọc theo một đường thẳng. Hệ như vậy có thể thực hiện các dao động dọc thuộc hai dạng như được chỉ bằng các mũi tên trên hình 105. Biết khối lượng của các nguyên tử, tìm tỷ số giữa các tần số của các dao động này.



Hình 105.

1.420. Dao động tắt dần của một điểm xảy ra theo quy luật $x = a_0 e^{-\beta t} \sin \omega t$, trong đó a_0 , β và ω là các hằng số dương. Tìm:

- a) biên độ dao động và vận tốc của điểm tại thời điểm $t = 0$;
b) các thời điểm, khi điểm dịch chuyển tới các vị trí bờ.

1.421. Có hai dao động tắt dần với các chu kỳ T , hệ số tắt dần β và giảm lượng loga của sự tắt dần λ cho biết như sau:

	T, s	β, s^{-1}	λ
Dao động thứ nhất:	10^{-4}	10^2	10^{-2}
Dao động thứ hai:	10^{-2}	10	10^{-1}

Trong hai dao động đó dao động nào giảm nhanh hơn.

1.422. Một con lắc toán học có độ dài l thực hiện dao động bé với hệ số tắt dần β . Tim phương trình chuyển động $\vartheta(t)$ của con lắc này, trong đó ϑ là góc lệch từ vị trí cân bằng, nếu tại thời điểm $t = 0$ góc lệch bằng ϑ_0 và vận tốc góc của con lắc là $\dot{\vartheta}_0$.

1.423. Một con lắc toán học dao động trong môi trường có giảm lượng loga của sự tắt dần là $\lambda_0 = 1,50$. Giảm lượng loga của sự tắt dần λ sẽ là bao nhiêu, nếu sức cản của môi trường tăng $n = 2,00$ lần? Cần phải tăng sức cản của môi trường gấp bao nhiêu lần để không thể xảy ra các dao động?

1.424. Người ta dịch chuyển một hạt rời khỏi vị trí cân bằng một khoảng $a = 1,0$ cm rồi buông nó ra. Khi dao động,

hạt này sẽ di dược một quãng đường dài bao nhiêu trước khi dừng hoàn toàn, nếu giảm lượng loga của sự tắt dần là $\lambda = 0,020$?

1.425. Tim giảm lượng loga của sự tắt dần của một con lắc toán học có độ dài $l = 50$ cm, nếu sau khoảng thời gian $t = 5,0$ phút cơ năng toàn phần của nó giảm $n = 4,0 \cdot 10^4$ lần.

1.426. Một đĩa đồng tinh có bán kính $R = 13$ cm có thể quay xung quanh một trục nằm ngang, vuông góc với mặt đĩa và đi qua mép đĩa. Tim chu kỳ dao động bé của đĩa này trong trọng trường của Trái Đất, nếu giảm lượng loga của sự tắt dần là $\lambda = 1,00$.

1.427. Một đĩa móng đồng tinh có khối lượng m và bán kính R được treo nằm ngang bằng một sợi dây đàn hồi. Đĩa thực hiện dao động xoắn trong chất lỏng. Momen của các lực đàn hồi do sợi dây tác dụng là $N = a\varphi$, trong đó a là một hằng số, φ là góc quay tính từ vị trí cân bằng. Lực cản tác dụng lên một đơn vị diện tích của mặt đĩa là $F_1 = \eta v$, trong đó η là một hằng số, v là vận tốc của yếu tố đã cho của đĩa đối với chất lỏng. Tim tần số dao động.

1.428. Trên một mặt phẳng nằm ngang với hệ số ma sát $k = 0,10$, có một vật có khối lượng $m = 0,50$ kg được nới với một thành bằng một lò xo nằm ngang không biến dạng. Độ cứng của lò xo là $x = 2,45$ N/cm, còn khối lượng của nó nhỏ không đáng kể. Người ta dịch chuyển vật sao cho lò xo dãn ra $x_0 = 3,0$ cm rồi buông nó ra. Tim:

- a) chu kỳ dao động của vật;
b) số các dao động mà vật thực hiện được trước lúc dừng lại.

1.429. Một quả cầu có khối lượng m , có thể thực hiện dao động điều hòa không tắt xung quanh điểm $x = 0$, với tần số riêng ω_0 . Tại thời điểm $t = 0$, khi quả cầu nằm ở trạng thái cân bằng, người ta đặt vào nó một lực cưỡng bức $F = F_0 \cos \omega t$, trùng phương với trục x . Tim phương trình của dao động cưỡng bức $x(t)$ của quả cầu.

1.430. Một hạt có khối lượng m có thể thực hiện dao động điều hòa không tắt dưới tác dụng của một lực đàn hồi với hệ số k . Khi hạt nằm ở trạng thái cân bằng người ta đặt vào nó một lực F , lực này tác dụng trong khoảng τ giây. Tim biên độ dao động của hạt, sau khi lực ngừng tác dụng. Vẽ đồ thị gần

đúng của các dao động $x(t)$. Nghiên cứu các trường hợp có thể xảy ra.

1.431. Một quả cầu có khối lượng m được treo vào một lò xo làm nó dài thêm một đoạn Δl . Dưới tác dụng của một ngoại lực thẳng đứng, biên đổi theo quy luật điều hòa với biên độ F_0 , quả cầu thực hiện dao động cưỡng bức. Giảm lượng loga của sự tắt dần bằng λ . Bỏ qua khối lượng của lò xo, tìm tần số tròn của lực cưỡng bức, sao cho biên độ chuyển rời của quả cầu là cực đại. Giá trị của biên độ này là bao nhiêu?

1.432. Biên độ dịch chuyển của các dao động điều hòa cưỡng bức với các tần số $\omega_1 = 400 \text{ rad/s}$ và $\omega_2 = 600 \text{ rad/s}$ là bằng nhau. Tìm tần số sao cho biên độ dịch chuyển là cực đại.

1.433. Khi các tần số của lực điều hòa cưỡng bức là ω_1 và ω_2 thì biên độ của vận tốc của hạt bằng nửa giá trị cực đại. Tìm :

- a) tần số ứng với sự cộng hưởng của vận tốc ;
- b) hệ số tắt dần β và tần số dao động tắt dần của hạt.

1.434. Một đường cong cộng hưởng nào đó ứng với một hệ dao động cơ học có giảm lượng loga của sự tắt dần là $\lambda = -1,60$. Với đường cong này, hãy tìm tỷ số giữa biên độ chuyển đổi cực đại với biên độ chuyển đổi khi tần số rất nhỏ.

1.435. Dưới tác dụng của một ngoại lực thẳng đứng $F = F_0 \cos \omega t$, một vật treo trên một lò xo, thực hiện dao động cưỡng bức đứng theo quy luật $x = a \cos(\omega t - \alpha)$. Tìm công của lực F sau một chu kỳ dao động. Chứng minh rằng công này đúng đắn thang lục ma sát.

1.436. Một quả cầu có khối lượng $m = 50,0 \text{ g}$ được treo trên một lò xo không có trọng lượng, có hệ số rắn $k = 20,0 \text{ N/m}$. Dưới tác dụng của lực cưỡng bức điều hòa thẳng đứng với tần số $\omega = 25,0 \text{ rad/s}$, quả cầu thực hiện dao động đứng với biên độ $a = 1,3 \text{ cm}$. Khi đó sự dịch chuyển của quả cầu chậm pha với lực cưỡng bức là $\frac{3}{4}\pi$. Tìm :

- a) giảm lượng loga của sự tắt dần ;
- b) công của lực cưỡng bức sau một chu kỳ dao động.

1.437. Một quả cầu có khối lượng m được treo trên một lò xo không có trọng lượng, có thể thực hiện dao động thẳng đứng với hệ số tắt dần β . Tần số riêng của dao động bằng ω_0 . Dưới tác dụng của ngoại lực thẳng đứng biến thiên theo quy

luật $F = F_0 \cos \omega t$, quả cầu thực hiện dao động điều hòa đứng. Tìm :

a) công suất trung bình $\langle P \rangle$ sau một chu kỳ dao động của lực F .

b) tần số ω của lực F , khi $\langle P \rangle$ cực đại; $\langle P \rangle_{\max}$ bằng bao nhiêu ?

1.438. Một lực cưỡng bức điều hòa F có tần số có thể biến đổi và biên độ không đổi, tác dụng theo hướng thẳng đứng lên một quả cầu được treo vào một lò xo không có trọng lượng. Hệ số tắt dần nhỏ hơn tần số dao động riêng ω_0 của quả cầu n lần. Hỏi : công suất trung bình $\langle P \rangle$ trong một chu kỳ dao động của lực F khi tần số ứng với sự dịch chuyển cộng hưởng, khác với công suất trung bình cực đại $\langle P \rangle_{\max}$ của lực này bao nhiêu phần trăm ?

CÁC QUÁ TRÌNH SÓNG. ÂM HỌC

1.439. Sau bao lâu các dao động âm truyền được một khoảng l giữa các điểm A và B , nếu nhiệt độ của không khí giữa chúng biến đổi均匀 tính từ T_1 đến T_2 ? Vận tốc âm trong chất khí là $v = a/\sqrt{T}$, trong đó a là một hằng số.

1.440. Phương trình của một sóng âm phẳng chạy có dạng $\xi = 60 \cos(1800t - 5,3x) \mu\text{m}$, trong đó t tính ra giây, x ra mét. Tìm :

a) tỷ số giữa biên độ dịch chuyển của các hạt của môi trường với bước sóng ;

b) biên độ dao động của vận tốc các hạt của môi trường và tỷ số của nó với vận tốc truyền sóng ;

c) biên độ dao động của sự biến dạng tương đối của môi trường và sự liên hệ của nó với biên độ dao động của vận tốc các hạt.

1.441. Một sóng phẳng có dạng $\xi(x, t) = a \cos(\omega t - kx)$ được truyền trong một môi trường đàn hồi đồng tính. Tại thời điểm $t = 0$, hãy biểu diễn :

a) đồ thị sự phụ thuộc theo x của các đại lượng ξ , $\partial \xi / \partial t$ và $\partial \xi / \partial x$;

b) hướng của vận tốc các hạt của môi trường tại các điểm mà ở đó $\xi = 0$, đối với các trường hợp sóng dọc và sóng ngang ;

c) đồ thị phỏng chung sự phân bố mật độ của môi trường $\rho(x)$ đối với một sóng dọc.

1.442. Một sóng dàn hồi phẳng có dạng $\xi = ae^{-\gamma x} \cos(\omega t - kx)$, trong đó a , γ , ω và k là các hằng số, được truyền trong một môi trường đồng tính. Tìm hiệu pha của các dao động tại các điểm, ở đó biên độ chuyển rời của các hạt của môi trường khác nhau là $\eta = 1,0\%$, nếu $\gamma = 0,42 \text{ m}^{-1}$ và bước sóng $\lambda = 50 \text{ cm}$.

1.443. Một nguồn điểm đẳng hướng phát ra dao động âm với tần số $v = 1,45 \text{ kHz}$. Cách nguồn một khoảng $r_0 = 5,0 \text{ m}$ biên độ chuyển rời của các hạt của môi trường là $a_0 = 50 \mu\text{m}$, còn ở điểm A cách nguồn một khoảng $r = 10,0 \text{ m}$, biên độ chuyển rời nhỏ hơn a_0 là $\eta = 3,0$ lần. Tìm:

a) hệ số tắt dần γ của sóng;

b) biên độ dao động của các vận tốc các hạt của môi trường ở điểm A .

1.444. Trong một môi trường đồng tính dàn hồi có hai sóng phẳng được truyền đi, một sóng dọc theo trục x , sóng kia dọc theo trục y : $\xi_1 = a \cos(\omega t - kx)$; $\xi_2 = a \cos(\omega t - ky)$. Tìm tính chất chuyển động của các hạt của môi trường trong mặt phẳng xy , nếu cả hai sóng:

a) là ngang và cùng phương dao động;

b) là dọc.

1.445. Một sóng điều hòa phẳng không tắt được truyền trong một môi trường. Tìm mật độ thể tích trung bình của năng lượng dao động toàn phần $\langle w \rangle$, nếu tại một điểm bất kỳ của môi trường mật độ thể tích của năng lượng sau một phần sáu chu kỳ dao động, sau khi đi qua cực đại của chuyển rời bằng w_0 .

1.446. Một sóng âm hình trụ điều hòa được truyền trong một môi trường đồng tính. Hệ số tắt dần của sóng là γ .

a) Viết phương trình của sóng này.

b) Tìm tỷ số các cường độ âm tại những khoảng cách $r_1 = 2,0 \text{ m}$ và $r_2 = 12,0 \text{ m}$ tính từ một nguồn bậc nhất, nếu $\gamma = 0,040 \text{ m}^{-1}$.

1.447. Một nguồn âm điểm đẳng hướng đặt trên đường thẳng góc với mặt phẳng của một vòng tròn và đi qua tâm O của nó. Khoảng cách giữa điểm O và nguồn là $l = 1,00 \text{ m}$, bán

kinh của vòng tròn là $R = 0,50 \text{ m}$. Tim thông lượng năng lượng trung bình chuyên qua diện tích giới hạn bởi vòng tròn, nếu ở điểm O cường độ âm là $I = 30 \mu\text{W/m}^2$. Sự tắt dần của sóng nhỏ không đáng kể.

1.448. Một nguồn điểm đẳng hướng có công suất âm là $P = 0,10 \text{ W}$, đặt tại tâm của một hình trụ rỗng có bán kính $R = 1,0 \text{ m}$ và chiều cao $h = 2,0 \text{ m}$. Giả sử rằng thành của hình trụ hấp thụ hoàn toàn âm, tìm thông lượng năng lượng trung bình dập lên mặt bên của hình trụ.

1.449. Một sóng đứng phẳng có dạng $\xi = a \cos kx \cos \omega t$ được sinh ra trong một môi trường dàn hồi đồng tính. Hãy vẽ:

a) đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc theo x của các đại lượng ξ và $\partial \xi / \partial x$ tại các thời điểm $t = 0$ và $t = T/2$, trong đó T là chu kỳ dao động;

b) đồ thị biểu diễn sự phân bố khối lượng riêng của môi trường $\rho(x)$ đối với các dao động dọc tại các thời điểm $t = 0$ và $t = T/2$;

c) đồ thị biểu diễn sự phân bố vận tốc các hạt của môi trường tại thời điểm $t = T/4$; hãy chỉ ra hướng của các vận tốc ở các bụng, đối với các dao động dọc và ngang tại thời điểm đó.

1.450. Một sóng đứng dọc có dạng $\xi = a \cos kx \cos \omega t$, được sinh ra trong một môi trường đồng tính có khối lượng riêng ρ . Tim biểu thức đối với mật độ thể tích của:

a) thể năng $w_p(x, t)$;

b) động năng $w_k(x, t)$.

Biểu diễn các đồ thị sự phân bố mật độ thể tích của năng lượng toàn phần trong khoảng giữa hai nút chuyển đổi liên tiếp tại các thời điểm $t = 0$ và $t = T/4$, trong đó T là chu kỳ dao động.

1.451. Một sóng đứng, được tạo ra ở một dây có độ dài 120 cm, thêm vào đó những điểm của sợi dây có biên độ chuyển rời bằng 3,5 mm đứng cách nhau 15,0 cm. Tìm biên độ cực đại của sự chuyển rời. Các dao động này ứng với họa âm cao nào?

1.452. Biết rằng vận tốc của các sóng ngang trong một sợi dây là $v = \sqrt{T/\rho}$, trong đó T là sức căng của dây, ρ là mật độ dài của nó. Tim:

a) tỷ số các tần số âm cơ bản của hai sợi dây giống nhau, sau khi một sợi dây được kéo dài $\eta_1 = 2,0\%$, còn sợi dây kia

được kéo dài $\eta_2 = 4,0\%$; giả thử rằng sức căng tỷ lệ với độ tăng của chiều dài;

b) tần số âm cơ bản của sợi dây căng biến đổi ra sao và bao nhiêu lần, nếu rút bớt độ dài của nó đi 35%, còn sức căng tăng lên 70%.

1.453. Để xác định vận tốc của âm trong không khí bằng phương pháp cộng hưởng âm, người ta dùng một ống có pít-tông và màng âm bịt kín một trong những đáy ống. Tìm vận tốc âm, nếu khoảng cách giữa các vị trí kề tiếp nhau của pít-tông mà tại đó người ta quan sát được hiện tượng cộng hưởng ở tần số $v = 2000$ Hz, là $l = 8,5$ cm.

1.454. Tìm số dao động riêng có thể có được của cột không khí trong một ống mà các tần số của chúng nhỏ hơn $v_0 = 1250$ Hz. Độ dài của ống là $l = 85$ cm. Vận tốc âm $v = 340$ m/s. Khảo sát hai trường hợp:

- a) ống được bịt kín một đầu;
- b) ống để hở cả hai đầu.

Giả thử rằng những đầu hở của ống là các bung.

1.455. Một thanh đồng dài $l = 50$ cm được cố định ở giữa. Tìm số dao động riêng dọc của thanh này trong dài tần số từ 20 đến 50 kHz. Các tần số của chúng sẽ như thế nào?

1.456. Một sợi dây có khối lượng m được cố định cả hai đầu. Người ta kích thích trong dây những dao động của một âm cơ bản với tần số tròn ω và biên độ chuyển rời cực đại a_m . Tìm:

- a) động năng cực đại của sợi dây;
- b) động năng trung bình của sợi dây trong một chu kỳ dao động.

1.457. Một sóng đứng có dạng $\xi = \alpha \sin kx \cos \omega t$ xuất hiện trong một thanh đồng tính có diện tích tiết diện S và khối lượng riêng ρ . Tìm công suất toàn phần chứa trong khoảng hai tiết diện đi qua hai nút kề tiếp nhau.

1.458. Một nguồn dao động âm có tần số $v_0 = 1000$ Hz chuyển động theo một đường vuông góc với một bức tường với vận tốc $u = 0,17$ m/s. Cũng trên đường vuông góc này người ta đặt hai máy thu đứng yên R_1 và R_2 và thứ tự xếp đặt các máy thu này và nguồn S như sau: $R_1 — S — R_2 —$ tường. Máy thu nào sẽ ghi được phách và tần số của phách là bao nhiêu.

1.459. Một quan sát viên đứng yên nhận các dao động âm từ hai cái âm thoa, một cái đang tiến lại gần còn cái kia đang lùi ra xa với cùng một vận tốc. Khi đó quan sát viên nghe được phách có tần số $v = 2,0$ Hz. Tìm vận tốc của mỗi âm thoa, nếu tần số dao động của chúng là $v_0 = 680$ Hz và vận tốc âm trong không khí là $v = 340$ m/s.

1.460. Một máy thu và một nguồn dao động âm có tần số $v_0 = 2000$ Hz, được đặt trên một trục x . Nguồn thực hiện dao động điều hòa dọc theo trục này với tần số tròn ω và biên độ $a = 50$ cm. Với giá trị nào của ω thì độ rộng của dải tần số mà máy thu đứng yên nhận được, sẽ là $\Delta v = 200$ Hz. Vận tốc âm là $v = 340$ m/s.

1.461. Một nguồn dao động âm có tần số $v_0 = 1700$ Hz và một máy thu được đặt tại một điểm. Tại thời điểm $t = 0$ nguồn bắt đầu di ra xa máy thu với giá tốc không đổi $w = 10,0$ m/s². Coi vận tốc âm là $v = 340$ m/s, tìm tần số dao động mà máy thu đứng yên thu được sau $t = 10,0$ s kể từ sau khi nguồn bắt đầu chuyển động.

1.462. Một nguồn âm có tần số riêng $v_0 = 1,8$ kHz chuyển động đều theo một đường thẳng cách một quan sát viên đứng yên một khoảng $l = 250$ m. Vận tốc của nguồn bằng $\eta = 0,80$ lần vận tốc âm. Tìm:

- a) tần số của âm mà quan sát viên thu được tại thời điểm nguồn đi qua trước mặt họ;
- b) khoảng cách giữa nguồn và quan sát viên tại thời điểm mà quan sát viên thu được tần số $v = v_0$.

1.463. Trên cùng một pháp tuyến của một bức tường, có một nguồn âm có tần số $v_0 = 1700$ Hz và một máy thu. Nguồn và máy thu đứng yên còn tường lùi ra xa nguồn với vận tốc $u = 6,0$ cm/s. Tìm tần số phách mà máy thu sẽ ghi được. Vận tốc âm là 340 m/s.

1.464. Tìm hệ số tắt dần γ của một sóng âm, nếu tại các khoảng cách $r_1 = 10$ m và $r_2 = 20$ m tính từ một nguồn âm điểm đáng hướng, cường độ sóng âm khác nhau $\eta = 4,5$ lần.

1.465. Một sóng âm phẳng truyền dọc theo một trục x . Hệ số tắt dần của sóng là $\gamma = 0,0230$ m⁻¹. Tại điểm $x = 0$, mức âm lượng là $L = 60$ dB. Tìm:

- a) mức âm lượng tại điểm có tọa độ $x = 50$ m ;
 b) tọa độ x của điểm, tại đó âm không còn nghe được.

1.466. Tại một nơi cách một nguồn âm điểm đẳng hướng là $r_0 = 20,0$ m, mức âm lượng là $L_0 = 30,0$ dB. Bỏ qua sự tắt dần của sóng âm, tìm :

- a) mức âm lượng tại một điểm cách nguồn là $r = 10,0$ m.
 b) khoảng cách từ nguồn tới nơi mà âm không còn nghe được.

1.467. Một quan sát viên A ở cách một âm thoa một khoảng nào đó, thấy âm bị biến mất $t = 23$ s sớm hơn một quan sát viên B , ở gần âm thoa $n = 5,0$ lần. Tìm hệ số tắt dần β của dao động của âm thoa. Sự tắt dần của sóng âm trong môi trường nhỏ không đáng kể.

1.468. Trong một môi trường có khôi lượng riêng ρ , có một sóng điều hòa dọc phẳng được truyền đi. Vận tốc sóng bằng v . Giả thử rằng sự biến đổi của khôi lượng riêng của môi trường lúc sóng truyền qua là $\Delta\rho \ll \rho$, chứng minh rằng :

- a) số gia của áp suất trong môi trường $\Delta p = -\rho v^2 (\partial \xi / \partial x)$, trong đó $\partial \xi / \partial x$ là độ biến dạng tương đối ,
 b) cường độ của sóng $I = (\Delta p)_m^2 / 2\rho v$, trong đó $(\Delta p)_m$ là biến độ dao động của áp suất.

1.469. Một quả cầu có bán kính $R = 50$ cm nằm trên đường đi của một sóng âm phẳng, truyền trong không khí. Bước sóng âm là $\lambda = 20$ cm, tần số $v = 1700$ Hz, biến độ dao động của áp suất trong không khí $(\Delta p)_m = 3,5$ Pa. Tìm thông lượng năng lượng trung bình (trong một chu kỳ dao động) dập lên bề mặt quả cầu.

1.470. Một điểm A cách một nguồn âm điểm đẳng hướng, có tần số $v = 600$ Hz, một khoảng $r = 1,5$ m. Công suất âm do nguồn phát ra là $P = 0,80$ W. Bỏ qua sự tắt dần của các sóng và coi vận tốc âm trong không khí là $v = 340$ m/s, tìm đối với điểm A :

- a) biến độ dao động của áp suất $(\Delta p)_m$ và tỷ số của nó với áp suất không khí ;
 b) biến độ dao động a của các hạt của môi trường ; so sánh nó với bước sóng âm λ .

1.471. Tại một khoảng cách $r = 100$ m từ một nguồn, âm điểm đẳng hướng có tần số 200 Hz, mức âm lượng là $L = 50$ dB. Ngưỡng nghe được ở tần số này ứng với cường độ âm $I_0 = 0,10$ nW/m². Hệ số tắt dần của sóng âm là $\gamma = 5,0 \cdot 10^{-4}$ m⁻¹. Tìm công suất âm của nguồn.

VẬT LÝ PHÂN TỬ VÀ NHIỆT ĐỘNG HỌC

PHƯƠNG TRÌNH TRANG THÀI, NỘI NĂNG VÀ NHIỆT DUNG CỦA KHÍ LÝ TƯỞNG *)

2.1. Tìm số phân tử n trong 1 cm^3 và khối lượng riêng ρ của nitơ ở áp suất $2,0 \text{ nPa}$ và nhiệt độ 15°C .

2.2. Trong một bình có thể tích $0,250 \text{ m}^3$ đựng một hỗn hợp khí cacbonic và hơi nước. Nhiệt độ của khí là 327°C . Số phân tử khí cacbonic là $N_1 = 6,60 \cdot 10^{21}$, số phân tử hơi nước là $N_2 = 0,90 \cdot 10^{21}$. Tính áp suất p và khối lượng phân tử tương đối M , của hỗn hợp khí.

2.3. Khối lượng riêng của một hỗn hợp khí heli và argon ở áp suất 152 kPa và nhiệt độ 27°C , bằng $\rho = 2,00 \text{ kg/m}^3$. Có bao nhiêu nguyên tử heli chứa trong 1 cm^3 hỗn hợp khí?

2.4. Một chùm phân tử đập vào một thành và phản xạ theo định luật va chạm đàn hồi tuyệt đối. Tìm áp suất p của chùm phân tử trên thành bình, nếu vận tốc của các phân tử tạo thành một góc θ với pháp tuyến của thành bình. Cho biết khối lượng m và vận tốc v của các phân tử và số phân tử n trong một đơn vị thể tích. Khảo sát các trường hợp:

- a) thành không chuyển động;
- b) thành chuyển động theo phương của đường pháp tuyến của nó với vận tốc u .

2.5. Tính vận tốc quan phương $\langle v \rangle_q$ và động năng trung bình $\langle e \rangle$ của chuyển động tịnh tiến của phân tử oxy ở nhiệt độ 20°C .

2.6. Tìm tỷ số giữa vận tốc quan phương của các phân tử khí với vận tốc truyền âm trong khí lý tưởng ở cùng nhiệt độ. Khí cấu tạo từ:

*) Trong phần này ta thừa nhận các ký hiệu sau đây: M , là khối lượng phân tử tương đối, M là khối lượng phân tử (khối lượng của một mol chất).

- a) các phân tử đơn nguyên tử;
- b) các phân tử lưỡng nguyên tử rắn.

2.7. Xuất phát từ những giả thuyết cổ điển, tính các năng lượng trung bình $\langle e \rangle$ của chuyển động tịnh tiến, quay và dao động của một phân tử đàn hồi lưỡng nguyên tử ở nhiệt độ 4500 K .

2.8. Xuất phát từ các giả thuyết cổ điển, tính vận tốc góc quay của một phân tử oxy ở nhiệt độ $t = 27^\circ\text{C}$.

2.9. Tìm năng lượng chuyển động nhiệt E của các phân tử NH_3 , chứa trong một bình có thể tích $10,01 \text{ l}$ áp suất $2,45 \text{ kPa}$. Phân nào của năng lượng này là năng lượng chuyển động tịnh tiến E_{tt} của các phân tử? Giả thử các phân tử là rắn.

2.10. Đòi với một phân tử N nguyên tử, xác định số bậc tự do dao động n_d và năng lượng trung bình $\langle e \rangle$ của phân tử ở nhiệt độ T . Giả thử rằng tất cả các bậc tự do của phân tử đều bị kích thích (tịnh tiến, quay và dao động).

2.11. Một chất khí được đốt nóng đến nhiệt độ T , ở nhiệt độ đó tất cả các bậc tự do của các phân tử đều bị kích thích. Tính nhiệt dung phân tử C_V của khí và $\gamma = C_p/C_V$. Thực hiện phép tính đồi với các chất khí cấu tạo từ các phân tử:

- a) N_2 ;
- b) CO_2 (phân tử thẳng) và c) NH_3 .

2.12. Một bình cách nhiệt chứa nitơ, chuyển động với vận tốc $v = 86,0 \text{ m/s}$. Nhiệt độ khí là 0°C . Năng lượng trung bình của chuyển động tịnh tiến của các phân tử khí sẽ như thế nào, nếu bình dừng lại?

2.13. Biết các nhiệt dung riêng của khí $c_V = 649 \text{ J/(kg \cdot K)}$ và $c_p = 912 \text{ J/(kg \cdot K)}$. Xác định khối lượng phân tử M , của khí và số bậc tự do n của các phân tử khí.

2.14. Xác định nhiệt dung riêng c_V và c_p của một chất khí có thành phần theo trọng lượng là 85% oxy (O_2) và 15% ôzôn (O_3). Giả thử các phân tử O_2 và O_3 , là rắn.

2.15. Trong một bình có thể tích $V = 2,551$ chứa $m = 15,0 \text{ mg}$ hydro ở nhiệt độ 2700°C . Ở nhiệt độ đó các phân tử hydro trở nên đàn hồi, trong khi đó một phần các phân tử phân ly thành các nguyên tử. Độ phân ly của các phân tử là $\alpha = 0,25$. Tính áp suất p và nhiệt dung riêng c_V của hydro trong những điều kiện đã nêu ở trên.

Chú thích. Người ta gọi độ phân ly là tỷ số các phân tử bị phân ly với tổng số các phân tử.

2.16. Hai bình cách nhiệt được nối với nhau bằng một ống ngắn có khóa. Trong các bình có các khí khác nhau ở nhiệt độ khác nhau. Biết số mol của mỗi khí chứa trong các bình là z_1 và z_2 , thể tích của các bình là V_1 và V_2 , nhiệt độ của các khí là T_1 và T_2 và số bậc tự do của các phân tử khí. Người ta mở khóa và các khí trộn lẫn vào nhau. Tìm nhiệt độ T và áp suất p của hỗn hợp khí.

2.17. Tìm quy luật biến đổi áp suất p của không khí trong một bình đang được hút chân không theo thời gian hút t . Thể tích của bình là V , áp suất ban đầu là p_0 . Nhiệt độ của không khí trong bình trong quá trình hút thực tế không bị biến đổi. Không khí được hút bằng một bơm có tốc độ bơm là C . Giả thử rằng C không phụ thuộc vào áp suất và ống dẫn khí nối bình với bơm không ảnh hưởng tới vận tốc hút khí ra khỏi bình.

Chú thích. Tốc độ bơm $C = dV/dt$ là thể tích khí được bơm hút ra trong một đơn vị thời gian; thể tích này được đo ở áp suất của khí lúc đi qua bơm.

2.18. Một buồng có thể tích $1,74 \text{ m}^3$ được hút bằng một bơm khuếch tán có tốc độ bơm là 100 l/s (xem chú thích của bài tập 2.17). Tìm thời gian để áp suất giảm từ $1,5 \text{ Pa}$ đến $1,5 \text{ mPa}$.

2.19. Tìm thời gian τ cần thiết để một bơm chân không hút một thể tích $V = 64 \text{ l}$ từ áp suất khí quyển bằng $p_0 = 100 \text{ kPa}$ tới áp suất $p = 1,0 \text{ Pa}$. Tốc độ bơm của bơm là $C = 50 \text{ l/phút}$ (xem chú thích của bài tập 2.17.). Áp suất giới hạn p_{lim} mà bơm hút được bằng $0,5 \text{ Pa}$.

2.20. Một buồng có thể tích $V = 1,50 \text{ m}^3$ nối với một bơm khuếch tán bằng một ống (ống dẫn chân không) có bán kính $r = 25,0 \text{ mm}$ và chiều dài $l = 50 \text{ cm}$. Tốc độ bơm của bơm là $C = 50 \text{ l/s}$ (xem chú thích của bài tập 2.17). Nhiệt độ của không khí là 17°C . Tính:

a) tốc độ hút khí từ buồng $C' = dV'/dt$ (trong đó dV'/dt là thể tích khí đi qua ống dẫn trong 1 giây, được đo ở áp suất p trong thể tích được hút khí);

b) thời gian τ , để áp suất trong buồng giảm từ $p_0 = 1,0 \text{ Pa}$ đến $p = 1,0 \text{ mPa}$;

c) thời gian bơm giảm bao nhiêu lần, nếu tăng đường kính của ống dẫn sao cho sự cản trở của ống có thể được bỏ qua.

Chú thích. Ở áp suất thấp, khi quãng đường tự do của các phân tử lớn hơn đường kính của ống dẫn nhiều ($\lambda \gg 2r$), trong một giây, khối lượng khí m đi qua ống mà ở những đầu ống có các áp suất p_1 và p_2 , được tính theo công thức Knudsen:

$$m = VM/RT (p_1 - p_2)/W,$$

trong đó $W = (3/4)\sqrt{2\pi}(l/r^3)$ (W được gọi là độ cản của ống dẫn).

SỰ PHÂN BỐ PHÂN TỬ THEO CÁC VẬN TỐC VÀ NĂNG LƯỢNG CÁC ĐỊNH LUẬT MAXWELL VÀ BOLTZMANN *)

2.21. Ở nhiệt độ 17°C , có bao nhiêu phần trăm phân tử khí có các vận tốc sai khác không quá $0,5 \text{ m/s}$ các vận tốc sau đây:

a) $= v_{xs}$; b) $v = 0,1 v_{xs}$?

2.22. Tìm số phân tử heli trong 1 cm^3 , có vận tốc nằm trong khoảng từ $2,39 \text{ km/s}$ đến $2,41 \text{ km/s}$. Nhiệt độ của heli là 690°C , khối lượng riêng của nó là $2,16 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}^3$.

2.23. Một bình có thể tích $10,51 \text{ lít}$ đựng hyđrô. Ở nhiệt độ 0°C , áp suất của hyđrô là 100 kPa . Tìm số phân tử hyđrô có vận tốc nằm trong khoảng từ $1,19 \text{ km/s}$ đến $1,21 \text{ km/s}$, ở:

a) 0°C ; b) 3000 K .

2.24. Tìm số tỷ đối các phân tử khí có các vận tốc sai khác không quá $0,5\%$:

a) vận tốc có xác suất lớn nhất; b) vận tốc trung bình; c) vận tốc quân phương.

2.25. Tìm tỷ số giữa số phân tử khí có các vận tốc nằm trong khoảng từ v đến $v + \Delta v$ ở nhiệt độ T_1 với số phân tử có vận tốc nằm trong cùng khoảng đó ở nhiệt độ $T_2 = 2T_1$. Khảo sát các trường hợp:

*) Khi giải các bài tập về định luật phân bố các phân tử theo các vận tốc, để thuận tiện, người ta viết định luật Maxwell dưới dạng:

$$dN_x = (4/\sqrt{\pi}) Ne^{-x^2} x^2 dx$$

trong đó $x = v/v_{xs}$ (v_{xs} là vận tốc có xác suất lớn nhất ở nhiệt độ đã cho).

a) $v = (1/2)v_{x1}$; b) $v = v_{x1}$; c) $v = 2v_{x1}$

trong đó v_{x1} và v_{x2} là các vận tốc có xác suất lớn nhất của các phân tử ứng với các nhiệt độ T_1 và T_2 (giả thử rằng trong mọi trường hợp $\Delta v \ll v$).

2.26. Với giá trị nào của vận tốc v , những đường cong phân bố Maxwell ứng với nhiệt độ T_1 và $T_2 = 2T_1$ cắt nhau?

2.27. Có bao nhiêu phần trăm phân tử khí có động năng chuyển động tịnh tiến khác với động năng trung bình chuyển động tịnh tiến của các phân tử không quá 1%.

2.28. Tính số va chạm v của các phân tử khí lên một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian. Số phân tử khí trong một đơn vị thể tích là n , nhiệt độ của khí là T , khôi lượng của phân tử là m . Chất khí trên tuân theo sự phân bố Maxwell.

Hướng dẫn. Số phân tử có các thành phần vận tốc nằm trong khoảng từ v_x đến $v_x + dv_x$ (khi hai thành phần khác v_y và v_z có các giá trị tùy ý):

$$dn = (m/2\pi kT)^{1/2} n e^{-mv_x^2/2kT} dv_x.$$

2.29. Tính giá trị trung bình của thành phần vận tốc $\langle v_x \rangle$ và giá trị trung bình của trị số tuyệt đối của thành phần vận tốc $\langle |v_x| \rangle$ của các phân tử khí tuân theo sự phân bố Maxwell. Khôi lượng của phân tử là m , nhiệt độ của khí là T .

2.30. Tìm áp suất của không khí:

a) ở độ cao cách mặt đất 10 km;

b) trong một giếng sâu 10 km.

Áp suất tại mặt đất là 100 kPa. Nhiệt độ không khí là 0°C. Giả thử rằng phân tử lượng và nhiệt độ của không khí không phụ thuộc vào độ cao.

2.31. Ở độ cao h bằng bao nhiêu, trên mặt biển, khôi lượng riêng của không khí sẽ giảm đi:

a) hai lần; b) e lần.

Nhiệt độ của không khí là 0°C. Giả thử rằng nhiệt độ T của không khí, phân tử lượng M và giá tốc của trọng lực g không phụ thuộc vào h .

2.32. Tại độ cao h bằng bao nhiêu, khôi lượng riêng của oxy sẽ giảm đi 1%. Nhiệt độ của oxy là 27°C.

2.33. Xác định khôi lượng m của khí chứa trong một bình hình trụ đứng. Diện tích đáy bình là S , chiều cao là h . Áp suất

ở đáy dưới của bình trụ là p_0 , nhiệt độ của khí là T . Phân tử lượng của khí là M . Giả thử rằng T và g không phụ thuộc vào h .

2.34. Chứng minh rằng trọng tâm của một cột không khí hình trụ đứng có độ cao là h_G , tại đó khôi lượng riêng của khí giảm e lần. Giả thử rằng nhiệt độ T của không khí, phân tử lượng M và giá tốc trọng trường g không phụ thuộc vào h .

2.35. Tính nhiệt dung của không khí chứa trong một cột hình trụ đứng. Diện tích đáy hình trụ là S , áp suất tại đáy dưới là p_0 . Giả thử rằng nhiệt độ của không khí, phân tử lượng và giá tốc trọng trường không phụ thuộc độ cao.

2.36. Một hình trụ nằm ngang một đầu kín, quay với vận tốc góc ω xung quanh một trục thẳng đứng đi qua đầu hở của hình trụ. Chiều dài của hình trụ là l , diện tích đáy của nó là S , áp suất không khí ở bên ngoài ống là p_0 , nhiệt độ không khí là T , khôi lượng của một phân tử không khí là m . Tìm:

a) quy luật biến đổi số phân tử không khí n trong một đơn vị thể tích bên trong hình trụ theo khoảng cách r tính từ trục quay;

b) lực f của áp suất phụ của không khí đặt lên đáy hình trụ.

2.37. Tính số phần trăm phân tử khí nằm trong trọng trường của Trái Đất, có thể năng ϵ_r , lớn hơn động năng trung bình chuyển động tịnh tiến của chúng. Giả thử rằng nhiệt độ của khí và giá tốc của trọng lực không phụ thuộc độ cao.

2.38. Có bao nhiêu phần trăm phân tử khí có động năng đủ để vượt được trọng trường của Trái Đất, nếu nhiệt độ của khí là 300 K? Thực hiện phép tính đối với các phân tử:

a) hydro; b) nitơ.

2.39. Nhiệt độ của một chất khí được biến đổi theo độ cao h , theo quy luật $T = T_0(1 - \beta h)$, trong đó β là một hằng số. Tìm quy luật biến đổi theo độ cao của áp suất p và khôi lượng riêng ρ của khí. Khi $h = 0$ áp suất khí là p_0 . Phân tử lượng của khí là M .

CÁC HIỆN TƯỢNG VẬN CHUYỀN

2.40. Tính quãng đường tự do trung bình λ và thời gian t giữa hai va chạm đối với:

a) các phân tử hydro ở các điều kiện thường;

b) các proton của các tia vũ trụ trong hệ Thiên hà.

Giả thử rằng mật độ trung bình của khí giữa các vì sao là 10^4 hạt/m³. Vận tốc của các hạt vũ trụ gần bằng vận tốc ánh sáng. Khối lượng của một proton trên thực tế bằng khối lượng của một nguyên tử hydro. Bán kính của proton là $r \sim 10^{-13}$ cm.

2.41. Tính quãng đường tự do trung bình λ và thời gian t giữa hai va chạm của các phân tử oxy ở áp suất 0,2 mPa và nhiệt độ 17°C.

2.42. Có bao nhiêu va chạm giữa các phân tử xảy ra trong một giây trong 1 cm³ hydro, nếu khối lượng riêng của hydro là $8,5 \cdot 10^{-2}$ kg/m³ và nhiệt độ là 0°C?

2.43. Trong một bình có thể tích 2,53 l chứa khí cacbonic. Nhiệt độ khí là 127°C, áp suất là 15,0 kPa. Tính số phân tử N trong bình và số va chạm z giữa các phân tử trong một giây.

2.44. Tính phòng chống áp suất giữa các thành của một bình Dewar (chân không sẽ thấp hơn áp suất đó). Khoảng cách giữa các thành bình là 10 mm, nhiệt độ là 20°C.

2.45. Tìm sự phụ thuộc theo áp suất của quãng đường tự do trung bình λ và số va chạm z trong một giây của các phân tử khí lý tưởng, nếu khối lượng khí không đổi và khí thực hiện các quá trình :

a) đẳng tích; b) đẳng nhiệt; c) đoạn nhiệt.

Đường kính hiệu dụng của các phân tử coi như không đổi.

2.46. Tìm sự phụ thuộc vào nhiệt độ của quãng đường tự do trung bình λ và số va chạm z trong một giây, của các phân tử khí lý tưởng nếu khối lượng khí không đổi và khí thực hiện các quá trình :

a) đẳng tích; b) đẳng áp; c) đoạn nhiệt.

Đường kính hiệu dụng của các phân tử coi như không đổi.

2.47. Khảo sát theo quan điểm động học phân tử, quá trình truyền âm trong khí lý tưởng. Trả lời các câu hỏi :

a) Vận tốc âm có thể lớn hơn vận tốc quán phương của các phân tử khí được không?

b) Trong điều kiện nào quá trình truyền âm có thể coi là đoạn nhiệt?

c) Với bước sóng nào các sóng âm sẽ tắt mạnh trong khí lý tưởng.

2.48. Ở nhiệt độ 0°C và áp suất 2,4 Pa, có bao nhiêu phân tử khí đi qua quãng đường 10 mm mà không va chạm.

2.49. Hai bình ngăn cách nhau bằng một vách ngăn móng có một lỗ nhỏ lúc đầu được đóng kín. Một trong những bình có khí. Bình thứ hai được hút chân không liên tục và áp suất trong bình có thể coi bằng không. Lỗ nhỏ đèn nỗi kích thước dài của nó nhỏ hơn quãng đường bay tự do của các phân tử khí trong bình thứ nhất. Thể tích của bình có khí là V , nhiệt độ của khí được giữ không đổi và bằng T , phân tử lượng của khí là M , diện tích của lỗ là S . Sau khi mở lỗ bao lâu, áp suất trong bình có khí sẽ giảm hai lần?

2.50. Tính quãng đường tự do trung bình λ và hệ số khuếch tán D của các ion trong platzma hydro. Nhiệt độ của platzma là 10°K, số ion trong 1 cm³ platzma bằng 10^{15} . Ở nhiệt độ trên, tiết diện hiệu dụng của một ion hydro coi như bằng $4 \cdot 10^{-20}$ cm².

2.51. Hệ số truyền nhiệt κ của oxy ở nhiệt độ 100°C bằng $3,25 \cdot 10^{-2}$ W/(m.K). Tính hệ số nhớt η của oxy ở nhiệt độ đó.

2.52. Hệ số nhớt η của khí cacbonic ở những điều kiện chuẩn đã được biết (xem các bảng trong phần phụ lục). Tính quãng đường tự do λ của các phân tử CO₂ và hệ số khuếch tán D ở những điều kiện chuẩn.

2.53. Một khí lý tưởng lưỡng nguyên tử dân số nhiệt đều một thể tích lớn gấp đôi lúc đầu. Xác định xem hệ số truyền nhiệt κ và hệ số khuếch tán D của khí biến đổi như thế nào? Biết rằng các phân tử là rắn và đường kính hiệu dụng của các phân tử không đổi.

2.54. Áp suất của một khí lý tưởng lưỡng nguyên tử sau khi bị nén tăng gấp 10 lần. Xác định sự biến đổi của quãng đường tự do λ của các phân tử và hệ số nhớt η của khí. Khảo sát các trường hợp nén :

a) đẳng nhiệt; b) đoạn nhiệt.

Giả thử các phân tử là rắn và đường kính hiệu dụng của các phân tử không đổi.

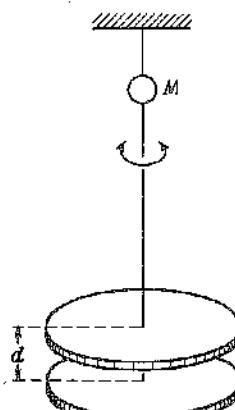
2.55. Không gian giữa hai bàn lợn sóng song chia đều hēli. Khoảng cách giữa các bàn là $l = 50$ mm. Một bàn được giữ ở nhiệt độ $t_1 = 20^\circ\text{C}$, bàn kia ở nhiệt độ $t_2 = 40^\circ\text{C}$. Tính mật độ thông lượng nhiệt q . Thực hiện phép tính với các trường hợp khí áp suất trong chất khí là :

a) $p = 100 \text{ kPa}$; b) $p = 10 \text{ mPa}$.

2.56. Một thanh được bọc một vỏ cách nhiệt và một đầu của nó tiếp xúc nhiệt với một bình điều nhiệt có nhiệt độ T_1 , còn đầu thứ hai tiếp xúc với một bình điều nhiệt có nhiệt độ T_2 ($T_1 > T_2$). Thanh gồm hai phần có các chiều dài là l_1 và l_2 và các hệ số dẫn nhiệt là κ_1 và κ_2 . Tìm mật độ thông lượng nhiệt q và gradien nhiệt độ dT/dx trong mỗi phần của thanh.

2.57. Trong không gian giữa hai bàn lợn đặt song song với nhau chứa một môi trường có hệ số dẫn nhiệt biến đổi với nhiệt độ theo quy luật $\kappa = \kappa_0/T$, trong đó κ_0 là hằng số đối với môi trường đã cho. Các nhiệt độ T_1 và T_2 của các bàn được giữ không đổi ($T_1 > T_2$). Khoảng cách giữa các bàn là l . Tìm mật độ thông lượng nhiệt q và nhiệt độ T trong môi trường theo x , trong đó x là khoảng cách được tính từ bàn có nhiệt độ T_1 .

2.58. Không gian giữa hai mặt cầu đồng tâm chứa một chất đồng tính và传导 hướng. Các bán kính của các quả cầu bằng r_1 và r_2 ($r_1 < r_2$). Mặt của quả cầu trong được giữ ở nhiệt độ T_1 , mặt của quả cầu ngoài ở nhiệt độ T_2 . Người ta biết thông lượng nhiệt qua các mặt cầu là q . Tìm hệ số dẫn nhiệt κ của chất nằm giữa hai mặt cầu, gradien nhiệt độ dT/dr và nhiệt độ T trong khoảng giữa các mặt cầu theo r . Giả thử rằng κ không phụ thuộc nhiệt độ.



Hình 106.

2.59. Một khí lý tưởng đơn nguyên tử chiếm khoảng không gian giữa hai hình trụ rất dài và đồng trục. Đường kính hiệu dụng của các phân tử khí là d , khối lượng của phân tử là m . Các bán kính của các hình trụ là r_1 và r_2 ($r_1 < r_2$). Hình trụ trong được giữ ở nhiệt độ T_1 , hình trụ ngoài ở nhiệt độ T_2 . Tìm thông lượng nhiệt q chuyển qua một đơn vị chiều dài của các hình trụ. Giả thử rằng không có sự đổi lưu của chất khí và quãng đường tự do của các phân tử khí nhỏ hơn khoảng cách giữa các hình trụ nhiều.

2.60. Một đĩa được treo trên một

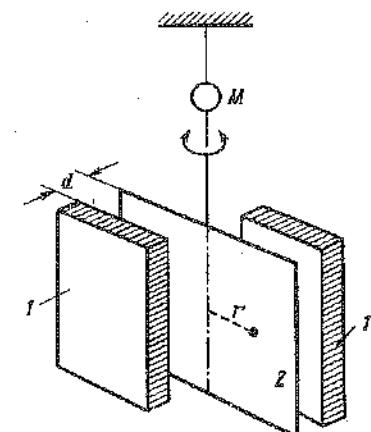
đĩa khác giống hệt nó. Đĩa dưới có thể quay xung quanh một trục thẳng đứng đi qua tâm quán tính của nó. Tim mômen của các lực ma sát N tác dụng lên đĩa trên, nếu đĩa dưới quay với vận tốc góc ω . Cho biết: bán kính của các đĩa là a , khoảng cách giữa các đĩa là d ($d \ll a$), hệ số nhót của không khí là η .

2.61. Trên hình 106 biểu diễn sơ lược một dụng cụ để đo hệ số nhót η của một chất khí. Ở phía trên một đĩa đứng yên, người ta treo một đĩa thứ hai bằng một sợi dây đàn hồi mảnh. Góc quay của đĩa này được xác định bằng một gương M . Lượng giảm loga của sự tắt dần Δ của dao động xoắn của đĩa trong chất khí cần nghiên cứu và chu kỳ dao động tự do của đĩa trong chân không τ được xác định bằng thực nghiệm. Tìm công thức để tính η . Cho biết: bán kính a của các đĩa, khoảng cách d giữa các đĩa ($d \ll a$), mômen quán tính của đĩa là I .

2.62. Một chất khí lắp đầy khoảng không gian giữa hai hình trụ đồng trục rất dài. Các bán kính của các hình trụ là r_1 và r_2 ($r_1 < r_2$). Hình trụ ngoài quay với vận tốc góc không đổi, hình trụ trong đứng yên. Mômen của lực ma sát tác dụng lên một đơn vị chiều dài của hình trụ trong bằng N . Tìm hệ số nhót η của khí và gradien của vận tốc góc $\frac{d\omega}{dr}$ theo r .

2.63. Trên hình 107 biểu diễn đồ họa nguyên lý của một áp kế Knudsen, dùng để đo áp suất trong các khí hiếm (trong khoảng $1 \text{ Pa} - 10 \mu\text{Pa}$).

Hai bàn đứng yên 1 được đốt nóng tới nhiệt độ T_1 . Một bàn chuyển động 2 treo trên sợi dây mảnh đàn hồi. Nhiệt độ T của bàn 2 cũng là nhiệt độ của khí trong áp kế ($T_1 > T$). Vì



Hình 107.

các nhiệt độ của khí ở hai bên bán 2 khác nhau nên xung lượng tổng hợp được truyền bởi các phân tử khí khi đập vào mặt các bán, không bằng không và có các lực tác dụng lên bán 2 (hiệu ứng bức xạ). Dưới tác dụng của mômen của các lực này, bán 2 quay một góc φ được xác định bằng gương M . Tìm góc quay φ của hệ chuyển động của áp kề theo áp suất p trong điều kiện quang đường tự do $\lambda \gg d$.

Hệ số tỷ lệ K giữa mômen xoắn và góc xoắn φ được xác định bằng cách đo chu kỳ dao động xoắn tự do của hệ. Chu kỳ t , mômen quán tính I của hệ chuyển động và chiều dài l của bán 2 coi như đã biết.

NGUYỄN LÝ THỦ NHẤT VÀ NGUYỄN LÝ THỦ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG HỌC ÁP DỤNG CHO KHÍ LÝ TƯỞNG

2.64. Một chất khí lý tưởng ở trạng thái ban đầu nào đó được đặc trưng bằng thể tích V_1 , được dân dễn thể tích V_2 . Quá trình dân xảy ra : 1) đẳng áp, 2) đẳng nhiệt, và 3) đoạn nhiệt. Về các đồ thị của các quá trình này trên giàn đồ p, V và U, V . Trên cơ sở nghiên cứu các đồ thị, xác định :

a) trong quá trình nào công được thực hiện bởi chất khí là nhỏ nhất ;

b) dầu của độ tăng nội năng ΔU trong mỗi quá trình.

2.65. Một bình kín có thể tích 2,5 l chứa hydro ở nhiệt độ 17°C và áp suất 15,0 kPa. Người ta làm lạnh hydro đến nhiệt độ 0°C . Tính :

a) lượng nhiệt Q' mà chất khí nhả ra ;

b) độ tăng nội năng ΔU của hydro.

2.66. 1 kmol khí được đốt nóng đẳng áp từ 17°C đến 75°C ; khi đó khí hấp thụ một nhiệt lượng là 1,20 MJ. Tìm :

a) giá trị $\gamma = C_p/C_v$;

b) độ tăng nội năng ΔU của khí ;

c) công A của khí.

2.67. Trong một xy lanh thẳng đứng được đóng kín dưới một pít tông có khối lượng m và diện tích s , có chứa 1 kmol chất khí nào đó. Áp suất ban đầu của khí đặt lên pít tông cân bằng với trọng lượng của pít tông và áp suất khí quyển p_0 . Sau đó từ bên ngoài người ta kéo pít tông ra khỏi xy lanh chậm đến nỗi nhiệt độ T của khí trong xy lanh thực tế là không đổi.

Tìm công A' mà ta phải cung cấp :

a) khi nâng pít tông lên một độ cao h ;

b) khi tăng thể tích của khí lên gấp đôi.

Không kể tới sự ma sát giữa pít tông và thành của xy lanh.

2.68. Một khí lý tưởng được dân đoạn nhiệt, khi đó nhiệt độ của nó được biến đổi từ T_1 đến T_2 . Cho biết khối lượng m của khí và nhiệt dung riêng c_V của nó. Tìm công A mà khí thực hiện khi dân.

2.69. 1,00 kg oxy được nén đoạn nhiệt, do đó nhiệt độ của khí tăng từ 20°C đến 100°C . Về quá trình này trên giàn đồ U, T . Tính :

a) độ tăng nội năng ΔU của khí ;

b) công A' tiêu tốn khi nén khí ;

c) thể tích của khí giảm đi bao nhiêu lần.

2.70. Người ta nén nitơ từ một trạng thái ban đầu nào đó đến một thể tích nhỏ hơn thể tích ban đầu 10 lần. Sự nén được thực hiện trong trường hợp đẳng nhiệt và đoạn nhiệt.

a) Trong quá trình nào công dùng để nén sẽ lớn hơn và lớn hơn bao nhiêu lần ?

b) Trong quá trình nào nội năng của khí sẽ tăng và tăng bao nhiêu lần ?

2.71. Một xy lanh được đóng kín cả hai đầu, chứa đầy khí lý tưởng. Bên trong xy lanh có một pít tông rất linh động; pít tông chia thể tích xy lanh thành hai phần bằng nhau. Thể tích của mỗi nửa xy lanh bằng V_0 , áp suất khí là p_0 , khối lượng của pít tông là m , diện tích của nó là S . Tìm chu kỳ dao động τ của pít tông sinh ra nếu dịch chuyển pít tông khỏi vị trí cân bằng một ít và sau đó buông ra. Giá thử rằng thể tích và áp suất khí liên hệ bằng phuong trình politropic $p \cdot V^n = \text{const}$. Sự ma sát của pít tông lên thành xy lanh không đáng kể.

2.72. Bên trong một xy lanh được đóng kín cả hai đầu có một pít tông có thể dịch chuyển không ma sát. Xylanh và pít tông làm bằng một chất không dẫn nhiệt. Ban đầu pít tông chia xy lanh thành hai phần bằng nhau, mỗi phần có thể tích V_0 . Cả hai nửa xy lanh đều chứa khí lý tưởng ở áp suất p_0 . Tỷ số C_p/C_v bằng γ . Tìm công A' cần thực hiện để khí dịch chuyển rất chậm pít tông, nén khí trong một nửa xy lanh cho đến nửa thể tích ban đầu của nó.

2.73. Giải bài tập trên, giả thiết rằng pittông dẫn nhiệt và khí nó chuyển động, nhiệt độ trong cả hai phần của xylanh là như nhau.

2.74. Tính vận tốc v của heli thoát đoạn nhiệt từ một bình vào chân không qua một lỗ nhỏ. Nhiệt độ của heli trong bình là $T = 1490$ K. Giả thử rằng diện tích của lỗ nhỏ đèn nỗi có thể bỏ qua vận tốc dòng của khí trong bình.

2.75. Một chất khí thoát đoạn nhiệt từ một bình chứa, theo một ống nằm ngang có tiết diện S nhỏ. Trong bình áp suất p_0 và nhiệt độ T_0 được giữ không đổi. Áp suất bên ngoài là p . Giả thử rằng khí là lý tưởng và tiết diện của ống nhỏ đèn nỗi có thể bỏ qua vận tốc dòng của khí trong bình.

a) Tìm vận tốc v của khí và lượng khí thoát ra trong một đơn vị thời gian.

b) Chứng minh rằng q cực đại, khi vận tốc thoát khí bằng vận tốc âm trong chất khí ở nhiệt độ của chỗ thoát ra của ống:

2.76. 1 kmol khí ở nhiệt độ $T_1 = 300$ K được làm lạnh đẳng tích tới khi áp suất giảm xuống một nửa. Sau đó khí được dẫn đẳng áp sao cho nhiệt độ của nó ở trạng thái cuối cùng bằng nhiệt độ ban đầu. Vẽ quá trình trên giản đồ p, V . Tính :

a) nhiệt lượng Q mà khí đã hấp thụ ;

b) công A mà khí đã thực hiện ;

c) độ tăng nội năng ΔU của khí.

2.77. 14 g nitơ được dẫn đoạn nhiệt, sao cho áp suất giảm đi năm lần và sau đó được nén đẳng nhiệt tới áp suất ban đầu. Nhiệt độ ban đầu của nitơ là $T_1 = 420$ K. Biểu diễn quá trình trên giản đồ p, V . Tìm :

a) nhiệt độ T_2 của khí ở cuối quá trình ;

b) nhiệt lượng Q' mà khí đã nhả ra ;

c) độ tăng nội năng ΔU của khí ;

d) công A mà khí đã thực hiện.

2.78. Một chất khí chiếm thể tích $0,390 \text{ m}^3$ khi áp suất là 155 kPa, được dẫn đẳng nhiệt đến một thể tích lớn gấp mươi lần và sau đó được đốt nóng đẳng tích sao cho áp suất của nó ở trạng thái cuối bằng áp suất ở trạng thái đầu. Trong quá trình này khí nhận một nhiệt lượng bằng 1,50 MJ. Biểu diễn quá trình trên giản đồ p, V . Tính giá trị $\gamma = C_p/C_v$ đối với chất khí này.

2.79. Tìm nhiệt dung phân tử C của khí lý tưởng trong quá trình politropic. Chỉ số politropic bằng n . Xác định xem với những giá trị nào của n , nhiệt dung của khí sẽ âm.

2.80. Với những giá trị nào của chỉ số politropic n sự dẫn nở politropic của một khí lý tưởng sẽ được kèm theo :

a) sự hấp thụ nhiệt và sự đốt nóng khí ;

b) sự hấp thụ nhiệt và sự làm lạnh khí ;

c) sự tỏa nhiệt ? Trong trường hợp này, khí thực hiện công là nhờ nguồn năng lượng nào ?

2.81. Một lượng khí lý tưởng nào đó dẫn nở sao cho quá trình được biểu diễn trên giản đồ p, V là một đường thẳng đi qua gốc tọa độ. Biết rằng : thể tích ban đầu của khí là V_0 , áp suất ban đầu là p_0 và tỷ số $\gamma = C_p/C_v$. Do dẫn nở, thể tích khí tăng lên ba lần. Tìm :

a) chỉ số politropic n ;

b) độ tăng nội năng ΔU của khí ;

c) công A mà khí thực hiện ;

d) nhiệt dung phân tử C của khí trong quá trình này.

2.82. 1 kmol khí lý tưởng đơn nguyên từ được dẫn theo quá trình politropic với chỉ số $n = 1,5$, sau đó nhiệt độ của nó giảm đi 1° . Tính :

a) nhiệt dung phân tử C của khí trong quá trình đó ;

b) nhiệt lượng Q mà khí thu được ;

c) công A mà khí thực hiện được. Công này được thực hiện là nhờ những nguồn năng lượng nào ?

2.83. Người ta nén $1,00 \text{ m}^3$ không khí sao cho thể tích của nó giảm đi 5 lần còn áp suất tăng lên 10 lần. Áp suất ban đầu là 99 kPa. Nếu coi quá trình nén là politropic, tính :

a) chỉ số politropic n ;

b) độ tăng nội năng ΔU của khí ;

c) nhiệt lượng Q mà khí thu được ;

d) công A' , tiêu tốn trong quá trình nén.

2.84. Nhiệt dung phân tử của khí lý tưởng trong một quá trình nào đó được biến đổi theo định luật $C = a/T$, trong đó a là một đại lượng không đổi. Tìm :

a) công A thực hiện bởi một kilômol khí, khi đốt nóng nó từ nhiệt độ T_1 đến nhiệt độ $T_2 = 2T_1$;

b) phương trình liên hệ giữa các thông số p và V trong quá trình đó.

2.85. 1 kmol khí ôxy thực hiện một chu trình Carnot trong khoảng nhiệt độ từ 27°C đến 327°C . Biết rằng tỷ số giữa áp suất cực đại p_{\max} sau một chu trình với áp suất cực tiểu p_{\min} bằng 20. Tính:

- hiệu suất η của chu trình;
- nhiệt lượng Q_1 nhận từ nguồn nóng sau một chu trình;
- nhiệt lượng Q'_2 nhả cho nguồn lạnh sau một chu trình;
- công A của khí sau một chu trình.

2.86. Một máy làm lạnh lý tưởng làm việc theo chu trình Carnot thuận nghịch trong khoảng nhiệt độ từ -11°C đến 15°C . Công của máy sau một chu trình là $A = -200 \text{ kJ}$. Tính:

- hệ số làm lạnh ϵ ;
- nhiệt lượng Q_2 lấy từ vật lạnh sau một chu trình;
- nhiệt lượng Q'_1 nhả cho nguồn nóng sau một chu trình.

Chú ý. Hệ số làm lạnh ϵ là tỷ số nhiệt lượng Q_2 lấy từ vật lạnh với công tiêu tốn $A' = -A$.

2.87. Một chu trình, trong đó tác nhân sinh công được sử dụng là hydro, gồm có hai quá trình đẳng tích và hai quá trình đẳng áp. Tìm công A mà khí thực hiện sau một chu trình và hiệu suất η của chu trình. Biết rằng tại những giới hạn của chu trình các giá trị cực đại của thể tích và áp suất của khí lớn gấp hai lần các giá trị cực tiểu; các giá trị này bằng $p_{\max} = 100 \text{ kPa}$ và $V_{\min} = 0,50 \text{ m}^3$.

2.88. Tìm hiệu suất của một chu trình gồm hai quá trình đẳng tích và hai quá trình đoạn nhiệt. Tác nhân sinh công là nitơ. Biết rằng, tại các giới hạn của chu trình, thể tích khí bị biến đổi 10 lần tức là $a = V_{\max}/V_{\min} = 10$.

2.89. Một chu trình, được thực hiện bởi hai kilômol khí lý tưởng đơn nguyên tử, gồm các quá trình đẳng nhiệt, đẳng áp và đẳng tích. Quá trình đẳng nhiệt xảy ra ở nhiệt độ cực đại của chu trình bằng $T = 400 \text{ K}$. Cũng biết rằng tại các giới hạn của chu trình, thể tích khí bị biến đổi hai lần tức là $a = V_{\max}/V_{\min} = 2$.

a) Tính công A của khí sau một chu trình và hiệu suất η của chu trình.

b) So sánh giá trị thu được của η với hiệu suất η_0 của một

chu trình Carnot thực hiện trong khoảng nhiệt độ từ T_{\min} đến T_{\max} của chu trình đã cho.

2.90. 1 kmol khí lý tưởng thực hiện một chu trình gồm lân lượt các quá trình đẳng nhiệt và đoạn nhiệt (hình 108). Trong mỗi quá trình dân đẳng nhiệt thể tích khí tăng lên k lần. Biết rằng các quá trình đẳng nhiệt xảy ra ở các nhiệt độ T_1 , T_2 và T_3 . Tính:

- hiệu suất η của chu trình;
- công A của khí sau một chu trình.

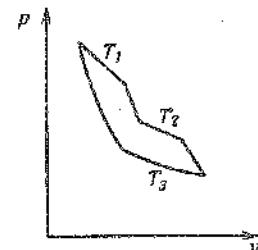
2.91. Tìm hiệu suất của các chu trình sau, giả thử rằng tác nhân sinh công là khí lý tưởng có giá trị $\gamma = C_p/C_V$ đã biết.

a) Chu trình gồm hai quá trình đẳng áp và hai quá trình đoạn nhiệt. Cho biết tỷ số $b = p_{\max}/p_{\min}$, trong đó p_{\max} và p_{\min} là các áp suất cực đại và cực tiểu tại các giới hạn của chu trình.

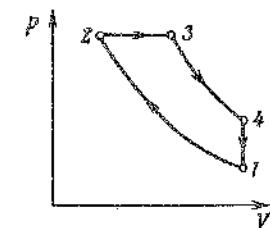
b) Chu trình gồm hai quá trình đẳng tích và hai quá trình đẳng nhiệt. Cho biết các quá trình đẳng nhiệt xảy ra ở các nhiệt độ T_1 và T_2 ($T_1 < T_2$) và tỷ số $a = V_{\max}/V_{\min}$, trong đó V_{\max} và V_{\min} là các thể tích cực đại và cực tiểu tại các giới hạn của chu trình.

c) Chu trình gồm các quá trình đẳng nhiệt, đoạn nhiệt và đẳng áp. Quá trình đẳng nhiệt xảy ra ở nhiệt độ cực tiểu của chu trình. Cho biết tỷ số $b = p_{\max}/p_{\min}$, trong đó p_{\max} và p_{\min} là các áp suất cực đại và cực tiểu tại các giới hạn của chu trình.

2.92. Một chu trình được thực hiện bởi Z kilômol khí lý tưởng gồm hai quá trình đoạn nhiệt, một quá trình đẳng áp và một quá trình đẳng tích (hình 109). Lúc bắt đầu của quá trình nén đoạn nhiệt, nhiệt độ của khí là T_1 . Độ nén đoạn nhiệt là $a = V_1/V_2$, độ dân đẳng áp là $b =$



Hình 108.



Hình 109.

$= V_3/V_2$. Tỷ số C_p/C_v là γ . Tìm nhiệt lượng Q_1 mà khí thu được sau một chu trình và hiệu suất η của chu trình.

2.93. Tính độ tăng entropi ΔS khi đốt nóng 1 kmol khí lý tưởng tam nguyên từ từ 0°C đến 500°C , nếu quá trình đốt nóng xảy ra :

- a) ở thể tích không đổi;
- b) ở áp suất không đổi.

Coi các phân tử khí là rắn.

2.94. Tìm độ tăng entropi ΔS khi dàn 0,20 g hydro từ thể tích 1,50 l đến thể tích 4,50 l, nếu quá trình dàn xảy ra :

- a) ở áp suất không đổi;
- b) ở nhiệt độ không đổi.

2.95. Trên hình 110 biểu diễn hai quá trình biến đổi khí lý tưởng từ trạng thái 1 sang trạng thái 2. Chứng minh bằng tính toán rằng độ tăng entropi ΔS trong cả hai trường hợp là như nhau.

2.96. 2,00 kg oxy ở áp suất 100 kPa chiếm một thể tích 1,50 m³.

Sau khi dàn thể tích khí tăng lên 2,5 lần, còn áp suất giảm 3 lần. Tìm độ tăng nội năng ΔU và entropi ΔS của khí.

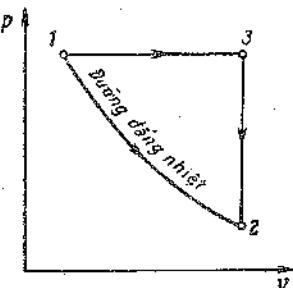
2.97. 1 kmol khí lý tưởng thực hiện một quá trình politropic, thêm vào đó nhiệt độ của nó biến đổi từ T_1 đến T_2 . Chỉ số politropic bằng n . Tìm độ tăng entropi ΔS của khí.

2.98. Quá trình dàn hai kilômol khí lý tưởng đơn nguyên từ xảy ra như đã mô tả trong bài tập 2.81. Tìm độ tăng entropi ΔS khi tăng thể tích khí gấp đôi.

2.99. Tìm độ tăng entropi ΔS trong các quá trình như đã nêu trong các bài tập : a) 2.65; b) 2.76; c) 2.77.

2.100. Tại các phân tử của chu trình đã được khảo sát trong bài tập 2.91, nội năng và entropi tăng? Biểu diễn các chu trình này trên giàn đồ S ; $\ln T$.

2.101. Trong một bình có thể tích $V_1 = 1,60\text{ l}$ chứa $m_1 = 14,0\text{ mg}$ nitơ. Trong một bình khác có thể tích $V_2 = 3,40\text{ l}$ chứa $m_2 = 16,0\text{ mg}$ oxy. Nhiệt độ của các khí bằng nhau. Các



Hình 110.

binh nồi với nhau và các khí trộn vào nhau. Tìm độ tăng entropi ΔS trong quá trình đó.

2.102. Một bình cách nhiệt được chia làm hai phần bằng một vách ngăn có một lỗ đóng kín. Một nửa bình chứa khí lý tưởng có khối lượng m . Nửa thứ hai được rút chân không cao. Người ta mở lỗ ở vách ngăn và khí chiêm tất cả thể tích. Tìm độ tăng nội năng ΔU và entropi ΔS của khí.

CÁC KHÍ THỰC *)

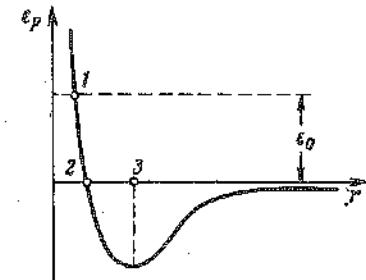
2.103. 0,840 kg nitơ chiếm một thể tích 33,0 l ở nhiệt độ -100°C . Tìm áp suất p_1 , mà khi tác dụng lên thành bình. So sánh p_1 với áp suất p_2 được tính theo phương trình trạng thái của khí lý tưởng.

2.104. Trên hình 111 cho một đường cong biểu diễn thể năng tương tác ϵ_p giữa hai phân tử theo khoảng cách r giữa các tâm của chúng. Năng lượng toàn phần của hệ gồm hai phân tử, khi chúng ở cách xa nhau (các phân tử không tương tác với nhau) được biểu diễn trên hình bằng một đoạn thẳng ϵ_0 . Vẽ các đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của hình chiếu của lực tương tác f , của các phân tử và động năng ϵ_k theo khoảng cách r . Trong những hàm số được khảo sát, các hàm số nào bằng không tại các điểm 1, 2 và 3? Trên đồ thị, chỉ ra khoảng cách mà các tâm của các phân tử tiếp lại gần nhau.

2.105. Tìm công A thực hiện bởi một kilômol khí khi dàn đẳng nhiệt. Cho biết: nhiệt độ T , thể tích ban đầu V_1 và thể tích sau cùng V_2 của khí, các hằng số Van der Waals a và b .

2.106. 1 kmol oxy được dàn đẳng nhiệt từ thể tích 1,00 m³ đến thể tích 5,00 m³. Quá trình xảy ra ở nhiệt độ 27°C. Tính :

- a) nhiệt lượng Q bị hấp thụ;
- b) độ tăng nội năng ΔU của khí;



Hình 111.

*) Trong tất cả những bài tập của phần này nếu không nói ngược lại thì người ta hiểu ngầm rằng khí thực là khí tuân theo phương trình Van der Waals.

c) công A mà khí thực hiện.

2.107. Đổi với một chất khí tuân theo phương trình Van der Waals, tìm :

- nhiệt dung phân tử C_V , khi thể tích không đổi;
- phương trình đoạn nhiệt;
- hiệu số các nhiệt dung phân tử $C_p - C_V$. Hiệu số này tại điểm tới hạn bằng bao nhiêu?

2.108. Các thông số tới hạn đối với nước có giá trị sau : $T_{th} = 547\text{ K}$, $p_{th} = 21,8\text{ MPa}$.

a) 1 kg nước ở trạng thái lỏng có thể chiếm một thể tích lớn nhất là bao nhiêu?

b) Áp suất lớn nhất của hơi nước bão hòa là bao nhiêu?

c) Hơi nước có thể ngưng tụ thành thể lỏng ở nhiệt độ 500°C được không?

2.109. Tính nhiệt độ tới hạn T_{th} và khối lượng riêng tới hạn ρ_{th} của khí cacbonic.

2.110. Để chứng minh trạng thái tới hạn của một chất người ta dùng một ống thủy tinh kim đựng một lượng nào đó chất lỏng cần nghiên cứu, với lượng chất lỏng đó, thể tích của ống là thể tích tới hạn. Trong quá trình đốt nóng ống, chất lỏng chuyển qua một dãy các trạng thái trong đó có trạng thái tới hạn.

1) Tính lượng este phải có trong một ống có thể tích $V = 28,5\text{ cm}^3$ để quan sát được trạng thái tới hạn. Đổi với este $T_{th} = 467\text{ K}$, $p_{th} = 3,59\text{ MPa}$, $M = 74\text{ kg/kmol}$.

2) Vẽ trên giàn đồ T , V miêu tả với trạng thái lưỡng pha lỏng — hơi và theo dõi sự vận chuyển của quá trình đốt nóng ống từ $T_1 < T_{th}$ đến $T_2 > T_{th}$ đối với các trường hợp, mà thể tích của ống : a) nhỏ hơn thể tích tới hạn; b) bằng thể tích tới hạn; c) lớn hơn thể tích tới hạn.

2.111. Ở nhiệt độ T_1 , thể tích của một chất nào đó ở trạng thái hơi bão hòa lớn gấp n lần thể tích ở trạng thái lỏng với cùng một áp suất. Một lượng xác định của chất đó lấy ở trạng thái hơi bão hòa, được nén đẳng nhiệt ở nhiệt độ T_1 từ thể tích V_1 đến thể tích V nhỏ hơn k lần ($n > k$). Pha lỏng của chất đó chiếm phần nào của thể tích cuối cùng V ? Khảo sát trường hợp riêng, khi thể tích V ứng với điểm giữa của phần nằm ngang của đường đẳng nhiệt.

2.112. Hai bình cách nhiệt được nối với nhau qua một cái khóa. Trong một bình có thể tích V_1 , chứa 1 kmol khí. Bình thứ hai có thể tích V_2 , được hút chân không cao. Người ta mở khóa và khí được dẫn đoạn nhiệt. Tìm :

- độ tăng nội năng ΔU của khí;
- công A , mà khí thực hiện để chống lại các lực hút giữa các phân tử;
- độ tăng nhiệt độ ΔT của khí.

Cho biết : hằng số Van der Waals a và nhiệt dung phân tử C_V của khí.

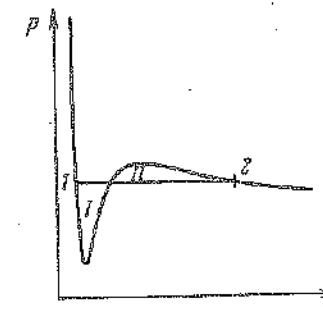
2.113. 4,4 g khí cacbonic được dẫn đoạn nhiệt trong chân không, trong khi đó nhiệt độ của khí giảm đi $0,26^\circ\text{C}$. Tính công mà khí thực hiện để chống lại các lực hút giữa các phân tử.

2.114. Phương trình trạng thái của khí thực do Clausius thiết lập có dạng $|p + a/T(V + c)^2| (V - b) = RT$, trong đó V là thể tích của một kilômol của chất khí, a , b , c là các hằng số. Biểu thị các hằng số này qua các thông số p_{th} , T_{th} , V_{th} ở điểm tới hạn.

2.115. Chứng minh rằng trong thí nghiệm Joule-Thomson, hiệu ứng sẽ luôn luôn âm ($\Delta T > 0$) trong các trường hợp sau :

- nhiệt độ ban đầu của khí $T_1 > 6,75 T_{th}$,
- chất khí được tiết lưu và đổi với khí đó có thể bỏ qua các lực hút lẫn nhau giữa các phân tử.

2.116. Xác định dấu của độ tăng nội năng ΔU của khí trong thí nghiệm Joule-Thomson đối với các trường hợp mà trạng thái ban đầu của khí được đặc trưng bằng một điểm nằm :



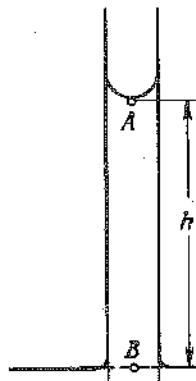
Hình 112.

a) ở đường cong nghịch đảo ; b) ở phía trên đường cong này.

2.117. Tim độ tăng entropi ΔS của một kilômol khí dân dảng nhiệt từ thể tích V_1 đến thể tích V_2 . Giả thử rằng số hiệu chính Van der Waals b đã biết.

2.118. Chứng minh rằng đường thẳng I-II ứng với sự chuyển pha dân dảng nhiệt - dân áp trên đường cong Van der Waals (hình 112), sẽ có vị trí sao cho các diện tích I và II bằng nhau.

2.119. Độ tăng entropi ΔS trong hiệu ứng Joule-Thomson có dấu như thế nào ?



Hình 113.

CÁC CHẤT LỎNG. CÁC HIỆN TƯỢNG MAO DẪN

2.120. Một ống mao dẫn thẳng đứng có bán kính r được nhúng một đầu vào một chất lỏng định uốt ống (hình 113). Tim quy luật biến đổi áp suất p trong ống mao dẫn theo độ cao z . Xác định áp suất ở các điểm A và B ? Hệ số sức căng mặt ngoài, góc mép và áp suất khí quyển tương ứng bằng a , θ và p_0 .

2.121. Các nhánh của một ống hình chữ U đặt thẳng đứng đều là các ống mao dẫn có bán kính $r_1 = 0,25$ mm và $r_2 = 0,50$ mm. Thủy ngân được rót vào ống sao cho chiều cao cột thủy ngân trong nhánh rộng là 23 cm. Tim hiệu số mức thủy ngân Δh trong các nhánh của ống và áp suất cực đại p của thủy ngân trên thành ống. Góc mép là $\theta = 138^\circ$. Áp suất khí quyển là 100 kPa.

2.122. Một ống mao dẫn thẳng đứng có đầu trên gắn kín được nhúng trong một bình rộng đựng glixérin sao cho một nửa chiều dài của ống được nhúng chìm trong glixérin. Bán kính của ống mao dẫn sẽ phải như thế nào để chiều cao h của glixérin dâng lên trong ống bằng : a) không ; b) $l/4$? Độ dài của ống là $l = 30,0$ cm, áp suất khí quyển là $p_0 = 101$ kPa. Góc mép coi như bằng không.

2.123. Áp suất p trong các bọt không khí được hình thành trong nước ở độ sâu 3,50 m bằng bao nhiêu ? Đường kính của các bọt khí là 3,66 μm . Áp suất khí quyển là 101 kPa.

2.124. Các bọt khí được tạo thành trong nước ở độ sâu h bằng bao nhiêu, nếu khi các bọt khí nổi lên trên mặt nước, bán kính của nó được tăng gấp $n = 1,1$ lần ? Trên mặt nước bán kính của bọt khí là $r = 1,53$ μm , áp suất của khí quyển là $p_0 = 100$ kPa.

2.125. Bán kính của một bọt xà phòng là $r = 6,0$ mm ; sức căng mặt ngoài của nước xà phòng là $a = 4,3 \cdot 10^{-2}$ N/m. Tim :

- áp suất phụ Δp của không khí bên trong bọt ;
- năng lượng tự do F của bề mặt bọt xà phòng ;
- công A cần tiêu tốn để thổi phồng bọt này.

Giả thử rằng quá trình tạo bọt xà phòng là đẳng nhiệt.

2.126. Hai bàn thủy tinh thẳng đứng song song với nhau được nhúng một phần trong rượu. Khoảng cách giữa các bàn là $d = 0,20$ mm, bể rộng của chúng là $l = 19,0$ cm. Tim độ cao h của rượu được nâng lên giữa hai bàn và lực hút f giữa các bàn. Giả thử rằng sự dính uốt là hoàn toàn và rượu giữa các bàn không đạt đến các mép trên của chúng.

2.127. Hai bàn thẳng đứng được nhúng một phần trong một chất lỏng không làm uốt chúng, sẽ hút hay đẩy nhau ? Lực f tác dụng lên các bàn bằng bao nhiêu ? Cho biết : khối lượng riêng ρ của chất lỏng, hệ số sức căng mặt ngoài a , bể rộng l của các bàn, khoảng cách d giữa các bàn và góc mép θ .

2.128. Một giọt thủy ngân lớn nằm giữa hai bàn thủy tinh nằm ngang. Dưới tác dụng của trọng lực, giọt có dạng hình tròn bẹt có bán kính $r = 2,28$ cm và bề dày $d = 0,38$ cm. Tim khối lượng của một vật nặng cần phải đặt lên bàn trên để khoảng cách giữa các bàn giảm đi $n = 10$ lần ? Góc mép $\theta = 135^\circ$.

2.129. Hai bàn thủy tinh bị uốt nước và dán với nhau. Bề dày của lớp nước giữa các bàn là 1,5 μm , kích thước của các bàn là $5,0 \times 15$ cm. Tim lực f cần phải đặt vuông góc với bề mặt của các bàn để tách chúng rời khỏi nhau. Góc mép $\theta = 0^\circ$. Coi kích thước dài của các bàn lớn hơn khoảng cách giữa chúng nhiều.

2.130. Hai bản thẳng đứng tạo với nhau một góc để thành một nêm có góc φ nhỏ. Các bản được đặt trong chất lỏng định ướt chúng. Tìm phương trình của giao tuyến của mặt chất lỏng và một bản. Cho biết : khối lượng riêng ρ của chất lỏng, hệ số sức căng mặt ngoài a và góc mép ϑ .

2.131. Tính độ tăng năng lượng tự do ΔF của lớp mặt ngoài trong quá trình hợp nhất hai giọt thủy ngân giồng nhau làm một. Giả thử rằng quá trình xảy ra ở nhiệt độ không đổi. Bán kính của các giọt trước khi hợp nhất là $r = 2,5$ mm.

2.132. Một màng nước xà phòng được căng trên một khung chữ nhật có một cạnh dịch chuyển được. Người ta dịch chuyển rất chậm cạnh di động sao cho diện tích khung tăng lên $\Delta\sigma = 2,0 \text{ cm}^2$. Quá trình căng màng xảy ra ở nhiệt độ $t = 27^\circ\text{C}$. Hệ số sức căng mặt ngoài của dung dịch xà phòng là $a = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$, hệ số nhiệt độ $d\sigma/dT = -1,5 \cdot 10^{-4} \text{ N/(m.K)}$. Tính độ tăng năng lượng tự do ΔF , entropi ΔS và nội năng ΔU của lớp bề mặt của màng.

2.133. Tính độ tăng entropi trong các quá trình sau :

a) 1 kmol nước biến đổi thành hơi. Nhiệt độ của nước và hơi là 100°C .

b) 1,00 kg nước đá do đốt nóng, biến đổi thành nước và sau đó thành hơi. Nhiệt độ của nước đá là 0°C , nhiệt độ của hơi là 100°C . Quá trình xảy ra ở áp suất 101 kPa. Giả thử rằng nhiệt dung của nước không phụ thuộc nhiệt độ.

c) Trong một nhiệt lượng kẽ có nhiệt dung có thể bỏ qua, người ta trộn 500 g nước ở nhiệt độ 0°C và 400 g glixêrin ở nhiệt độ 27°C .

2.134. Dùng phương trình Clapeyron — Clausius, tìm sự phụ thuộc theo nhiệt độ T của áp suất hơi bão hòa p_{bh} đối với các nhiệt độ rất nhỏ so với nhiệt độ tối hạn. Nhiệt hóa hơi riêng λ coi như không phụ thuộc vào nhiệt độ.

Hướng dẫn. Ở các nhiệt độ rất nhỏ so với T_{th} , thể tích riêng của các hơi bão hòa lớn hơn thể tích riêng của các chất lỏng nhiều. Do đó có thể coi như phương trình trạng thái khí lý tưởng đúng đối với hơi bão hòa.

2.135. Đối với khí cacbonic, sự phụ thuộc thu được bằng thực nghiệm của áp suất hơi bão hòa p_{bh} vào nhiệt độ T ở gần điểm ba được mô tả bằng phương trình

$$\lg p_{bh} = a - b/T,$$

trong đó p_{bh} được tính bằng kPa ; $a = 11,05$; $b = 1,8 \cdot 10^3 \text{ K}$ đối với quá trình thăng hoa, và $a = 8,78$; $b = 1,31 \cdot 10^3 \text{ K}$ đối với quá trình bay hơi. Dùng đáp số của bài toán trên, để tính :

a) nhiệt độ T , và áp suất p , ở điểm ba ;

b) giá trị của nhiệt lượng riêng của sự hóa hơi λ_1 , của sự thăng hoa λ_2 , và của sự nóng chảy λ_3 ở gần điểm ba.

2.136. Một buồng Wilson chứa dây hơi nước quá bão hòa do dân đoán nhiệt. Nhiệt độ của hơi là -7°C ; áp suất p của hơi lớn hơn 1,12 lần áp suất của hơi bão hòa p_{bho} trên mặt nước ở cùng nhiệt độ. Bán kính cân bằng r của các giọt nước được tạo thành khi một hạt α đi qua buồng Wilson là bao nhiêu ? Điều gì sẽ xảy ra đối với những giọt có kích thước nhỏ hơn ?

Hướng dẫn. Sự phụ thuộc của áp suất hơi bão hòa p_{bh} trên mặt cong vào bán kính cong r của nó được biểu thị bằng quy luật

$$p_{bh} = p_{bho} e^{\pm(2Ma/pRT)(1/r)}$$

trong đó p_{bho} là áp suất hơi bão hòa ở trên mặt chất lỏng, a là hệ số sức căng mặt ngoài, ρ là khối lượng riêng của chất lỏng, d là chiều dài đối với mặt lõm, d là chiều dài đối với mặt lõi.

ĐIỆN HỌC

TÍNH ĐIỆN

3.1. So sánh lực tương tác tĩnh điện f_e giữa hai electron với lực tương tác hấp dẫn f_g giữa chúng.

3.2. Proton phải có khối lượng m_p' như thế nào để lực đẩy tĩnh điện giữa hai proton cân bằng với lực hút hấp dẫn giữa chúng?

3.3. Tính giá tốc w , mà một electron truyền cho một electron khác, nằm cách nó một khoảng $r = 1,00$ mm.

3.4. Tính lực tương tác f giữa hai phân tử nước, ở cách nhau một khoảng $l = 10,0$ nm. Mômen lưỡng cực điện của một phân tử nước là $p = 0,62 \cdot 10^{-29}$ C.m. Coi các mômen lưỡng cực của các phân tử được đặt dọc theo một đường thẳng.

3.5. Có hai hệ điện tích điểm $q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_{N_1}$ và $q'_1, q'_2, \dots, q'_{N_2}$, được gắn chặt tại các điểm có các bán kính vecto $r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_{N_1}$ và $r'_1, r'_2, \dots, r'_{N_2}$. Tính lực f mà hệ điện tích q'_i tác dụng lên hệ điện tích q_i . Đặt $\epsilon = 1$.

3.6. Một điện tích q được phân bố với mật độ $\rho = \rho(r)$ trong một vật có thể tích V . Một điện tích q' khác được phân bố với mật độ $\rho = \rho(r')$ trong một vật có thể tích V' . Viết biểu thức của lực f mà điện tích q' tác dụng lên điện tích q . Đặt $\epsilon = 1$.

3.7. Hai sợi dây dài vô hạn mang điện cùng dấu với cùng mật độ điện dài $\lambda = 3,00 \mu\text{C}/\text{m}$. Chúng được đặt song song với nhau trong chân không và cách nhau một khoảng $b = 20,0$ mm. Chúng đẩy nhau với một lực f (ứng với một đơn vị chiều dài) bằng bao nhiêu? Cần phải thực hiện một công A (ứng với một đơn vị chiều dài) bằng bao nhiêu để dịch chuyển những sợi dây này đến cách nhau một khoảng $a = 10,0$ mm?

3.8. Các điện cực của một đèn điện từ hai cực (diot) có dạng một sợi dây (catôt) có bán kính $a = 0,100$ mm và một hình trụ

đồng trục với nó (anôt) có bán kính $b = 2,72$ mm. Đặt một thê hiệu $U = 100$ V lên các điện cực. Tính độ lớn của lực f_e , tác dụng lên một electron và lực f_m tác dụng lên một phân tử nước, nếu đặt chúng tại một điểm cách trực của catôt một khoảng $r = 1,00$ mm. Mômen lưỡng cực của phân tử nước là $p = 0,62 \cdot 10^{-29}$ C.m.

3.9. Tại các đỉnh của một hình lục giác đều có cạnh là a , người ta đặt các điện tích điểm có cùng độ lớn q . Tính điện thế ϕ và cường độ điện trường E ở tâm của hình lục giác trong các điều kiện sau:

- a) tất cả các điện tích cùng dấu với nhau;
- b) các điện tích đặt cạnh nhau trái dấu nhau.

3.10. N điện tích điểm $q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_N$ đặt trong chân không tại các điểm có bán kính vecto $r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_N$. Viết biểu thức của điện thế ϕ và của cường độ điện trường E tại một điểm được xác định bởi bán kính vecto r .

3.11. Trong một miền V điện tích được phân bố với mật độ $\rho = \rho(r)$. Viết biểu thức của điện thế ϕ và của cường độ điện trường E tại điểm được xác định bởi bán kính vecto r . Thì ra nhận hằng số điện môi ở trong và ngoài miền V bằng một đơn vị.

3.12. Tính điện thế ϕ và môđun E của vector cường độ điện trường gây bởi một lưỡng cực theo r và ϑ (r là khoảng cách từ tâm của lưỡng cực, ϑ là góc giữa trực của lưỡng cực và phương từ tâm lưỡng cực tới điểm đã cho) mômen của lưỡng cực bằng p .

3.13. Điện thế của điện trường gây bởi một hệ điện tích có dạng $\phi = a(x^2 + y^2) + bz^2$, trong đó $a > 0, b > 0$.

- a) Tính vecto cường độ điện trường E và môđun E của nó.
- b) Những mặt đẳng thế có dạng như thế nào?
- c) Những mặt ứng với $E = \text{const}$ có dạng như thế nào?

3.14. Điện thế của điện trường gây bởi một hệ điện tích có dạng $\phi = a(x^2 + y^2) - bz^2$, trong đó $a > 0, b > 0$. Trả lời cũng những câu hỏi như trong bài tập trên.

3.15. Một không gian mang điện với mật độ điện biến đổi theo định luật $\rho = \rho_0/r$, trong đó ρ_0 là một hằng số, r là khoảng cách tính từ gốc tọa độ. Tính cường độ điện trường E theo r . Hãy khảo sát tính chất của đường sức điện trường. Khi khảo sát loại bỏ miền ở gần gốc tọa độ.

3.16. Một không gian mang điện với mật độ điện $\rho = \rho_0 e^{-\alpha r}$ trong đó ρ_0 và α là các hằng số. Tính E theo r . Khảo sát tính chất của điện trường ứng với các giá trị r lớn và nhỏ.

3.17. Một bán điện môi vô hạn có hằng số điện môi ϵ được tích điện với mật độ điện khôi không đổi ρ . Rãnh của bán là $2a$. Hằng số điện môi ở ngoài bán bằng 1. Ta hướng trục tọa độ x vuông góc với mặt bán; gốc tọa độ đặt ở tâm của bán. Tính điện thế ϕ và E_x (hình chiếu của vectơ cường độ điện trường lên trục x) theo x (diện thế ở tâm của bán đặt bằng không). Vẽ đồ thị của ϕ và E_x .

3.18. Một thanh thẳng rất mảnh có chiều dài $2a$ được tích điện với mật độ điện dài không đổi λ và được đặt trong chân không. Tính môđun E của cường độ điện trường đối với những điểm nằm trên đường thẳng vuông góc với trục và đi qua tâm của thanh, theo khoảng cách r kể từ tâm của thanh. Xét trường hợp $a \rightarrow \infty$.

3.19. Với thanh trong bài tập trên, hãy tính điện thế ϕ và môđun E của cường độ điện trường tại những điểm nằm trên trục và ở ngoài thanh theo khoảng cách r kể từ tâm của thanh. Xét trường hợp $r \gg a$.

3.20. Một sợi dây thẳng vô cùng dài và mảnh đặt trong chân không được tích điện với mật độ điện dài không đổi $\lambda = 2,00 \mu\text{C}/\text{m}$.

a) Tính môđun của cường độ điện trường E và điện thế ϕ theo khoảng cách r từ sợi dây.

b) Tính E và ϕ đối với $r = 10,0 \text{ m}$.

3.21. Một điện tích $q = 20,0 \text{ nC}$ được phân bố đều trên một sợi dây săt mảnh uốn tròn có bán kính $r = 60,0 \text{ mm}$ được đặt trong chân không.

a) Lấy trục của vòng tròn làm trục x , hãy tính điện thế ϕ và vectơ cường độ điện trường E trên trục của vòng tròn theo tọa độ x (gốc tọa độ đặt tại tâm vòng tròn).

b) Xét trường hợp: $x = 0$ và $|x| \gg r$.

c) Xác định giá trị cực đại E_m của môđun của cường độ điện trường và các tọa độ x_m của các điểm mà giá trị này được quan sát.

d) Vẽ những đồ thị áng-chứng của hàm $\phi(x)$ và $E_x(x)$ (E_x là hình chiếu của vectơ cường độ trên trục x). Hãy giải thích, đối với đường cong $\phi(x)$ những điểm x_m là gì.

Cường độ điện trường được tính bằng hai cách: 1) xuất phát từ biểu thức của cường độ điện trường của một điện tích điểm và nguyên lý chồng chập điện trường, 2) xuất phát từ biểu thức của điện thế. So sánh hai cách tính.

3.22. Một điện tích $q = 1,80 \mu\text{C}$ được phân bố đều trên một bán rãnh móng tròn có bán kính $r = 120 \text{ mm}$ được đặt trong chân không. Lấy trục của bán làm trục x ,

a) tính điện thế ϕ và hình chiếu E_x của cường độ điện trường tại những điểm nằm trên trục theo x ; nghiên cứu biểu thức thu được đối với $|x| \ll r$ và $|x| \gg r$;

b) tính ϕ và E_x tại điểm $x = 80,0 \text{ mm}$.

3.23. Người ta đặt trong chân không một bán rãnh móng có dạng hình vành khăn có bán kính trong là a và bán kính ngoài là b . Một điện tích q phân bố đều trên bán. Lấy trục của bán làm trục x , tính điện thế ϕ và môđun E của cường độ điện trường tại những điểm nằm trên trục của bán theo x . Xét trường hợp $|x| \gg b$.

3.24. Có một tụ điện phẳng với các bán cực tròn có bán kính r , và đặt cách nhau một khoảng $2a$ ($a \ll r$). Các bán cực mang các điện tích bằng nhau về độ lớn nhưng trái dấu. Trục đi qua các tâm của các bán cực ta ký hiệu bằng chữ x . Gốc tọa độ đặt ở tâm của tụ điện. Giả thử rằng các điện tích được phân bố trên các bán cực với mật độ không đổi σ , hãy khảo sát cường độ điện trường E tại những điểm nằm trên trục x . Với mục đích này, hãy tính:

a) hình chiếu của E trên trục x (tức là E_x) theo x .

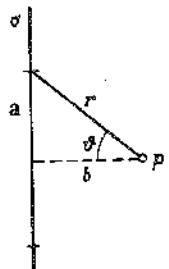
b) $E_x(0)$, tức là E_x tại tâm của tụ điện.

c) $E_x(a - 0)$, tức là E_x tại điểm có tọa độ $x = a - \delta$ ($\delta \rightarrow 0$);

d) $E_x(a + 0)$, tức là E_x tại điểm có tọa độ $x = a + \delta$ ($\delta \rightarrow 0$);

e) E_x theo x tại những điểm mà $|x| \gg r$. Bỏ qua độ dày của bán.

3.25. Biết rằng, từ định lý Gauss dễ dàng thu được biểu thức $E = \sigma/2\epsilon_0$ của cường độ điện trường trong chân không gây bởi một mặt phẳng vô hạn mang điện đều. Lấy một điểm P ,



Hình 114.

ở cách mặt phẳng một khoảng b (hình 114). Lây chân của đường thẳng vuông góc hạ từ điểm P xuống mặt phẳng làm tâm, vẽ một vòng tròn bán kính a . Tìm giá trị của a khi giá trị của cường độ điện trường ở P do các điện tích chứa trong vòng tròn trên gây ra bằng một nửa cường độ điện trường toàn phần. Xác định r ứng với giá trị a đó và góc θ tạo bởi r và b .

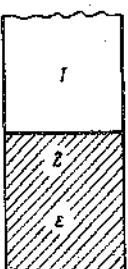
3.26. Tính điện thế ϕ và cường độ điện trường E ở tâm của một bán cầu có bán kính R ; bán cầu được tích điện với mật độ điện mặt không đổi σ . Đặt $\epsilon = 1$.

3.27. Một điện tích $q = 2,00 \mu\text{C}$ được phân bố đều trong thể tích một quả cầu có bán kính $R = 40,0 \text{ mm}$. Tìm điện thế ϕ_0 ở tâm quả cầu. Hằng số điện môi ở trong và ngoài quả cầu bằng một đơn vị.

3.28. Tính điện thế ϕ ở bên trong quả cầu mang điện ở bài tập trên theo khoảng cách r tính từ tâm quả cầu. Tính ϕ với $r = 20,0 \text{ mm}$.

3.29. Bên trong một quả cầu mang điện với mật độ điện khôi không đổi ρ , có một hố hình cầu không có điện tích. Tâm của hố cách tâm của quả cầu một khoảng a . Tìm vector cường độ điện trường E ở trong hố. Hằng số điện môi ϵ bằng một đơn vị. Xét trường hợp $a = 0$.

3.30. Lúc đầu khoảng không gian giữa các cột của một tụ điện phẳng chứa không khí. Trong trường hợp này cường độ điện trường trong khe hở bằng E , còn điện dịch bằng D . Sau đó một nửa khe hở có chứa một chất điện môi đồng tính đẳng hướng với độ điện thâm ϵ như trên hình 115. Tìm các giá trị của cường độ điện trường E_1 và điện dịch D_1 sinh ra sau đó trong phần khe hở 1 và E_2 và D_2 trong phần khe hở 2 (xem hình vẽ). Xét hai trường hợp:



Hình 115.



Hình 116.

- thê hiệu giữa các cột không đối;
- diện tích trên các cột không đối.

Vẽ phác dạng của các đường điện trường E và điện cảm D trong khe hở.

3.31. Giải bài tập, tương tự như trên, chỉ khác là chất điện môi chứa trong một nửa khe hở như vẽ trên hình 116.

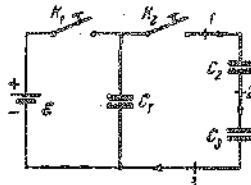
3.32. Một bán thủy tinh được đặt trong một điện trường đều có cường độ $E_1 = 10,0 \text{ V/m}$ và được bô tri sao cho góc α_1 giữa đường pháp tuyến của mặt bán và phương của điện trường ngoài bằng 30° . Tìm cường độ điện trường E_2 trong bán, góc α_2 mà điện trường này tạo với đường pháp tuyến của mặt bán và mật độ điện tích liên kết σ' xuất hiện trên các mặt bán. Đặt hằng số điện môi ϵ_1 của môi trường ở bên ngoài bán bằng một đơn vị.

3.33. Một điện trường đều có cường độ $E = 100 \text{ V/m}$ được gây ra ở bên trong một quả cầu điện môi đồng tính đẳng hướng có $\epsilon = 5,00$. Tìm mật độ điện mặt cực đại σ_{\max} của các điện tích liên kết và giá trị trung bình σ' của mỗi loại điện tích liên kết.

3.34. Một thanh điện môi séc nhét, có độ phân cực dư P_r , hướng dọc theo trục của thanh; thanh được treo nằm ngang bằng một sợi dây mảnh không đàn hồi. Xác định tần số dao động bé mà thanh sẽ thực hiện trong điện trường đều E hướng theo phương nằm ngang; điện trường yêu tới mức nó gây ảnh hưởng không đáng kể tới độ phân cực của thanh. Độ dài của thanh là l , khôi lượng riêng là δ .

3.35. Một điện tích điểm $q = 20,0 \text{ nC}$ đặt trong chân không cách một thành phẳng bằng kim loại đã nồi đất một khoảng $a = 50 \text{ mm}$. Tìm lực f mà thành hút điện tích đó.

3.36. Đặt một điện tích điểm q gần một thành kim loại phẳng đã nồi đất và cách thành này một khoảng a . Xác định mật độ điện mặt σ của các điện tích cảm ứng xuất hiện trên thành theo khoảng cách x tính từ chân đường thẳng vuông góc hạ từ điện tích xuống thành kim loại. Tính điện tích cảm ứng tổng cộng q_{cu} , giả sử rằng các kích thước của thành là lớn vô cùng.



Hình 117.

3.38. Trong sơ đồ biểu diễn trên hình 117, $E = 100$ V, $C_1 = 1,00 \mu\text{F}$, $C_2 = 2,00 \mu\text{F}$, $C_3 = 3,00 \mu\text{F}$. Đầu tiên khóa K_1 và đóng khóa K_2 . Khi đó các điện tích q_1 , q_2 và q_3 chuyển qua các tiết diện 1, 2 và 3 theo chiều các mũi tên bằng bao nhiêu?

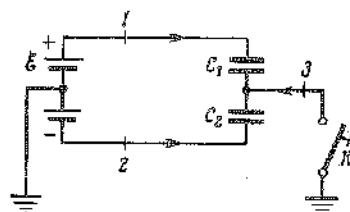
3.39. Các tụ điện $C_1 = 2,00 \mu\text{F}$ và $C_2 = 3,00 \mu\text{F}$ mắc nối tiếp với nhau và với bộ nguồn có sôc điện động $\mathcal{E} = 120$ V. Điểm giữa của bộ nguồn được nôi đất (hình 118). Dây dẫn nối các tụ điện có thể được nôi đất qua một khóa K . Tìm các điện tích q_1 , q_2 và q_3 chuyển qua các tiết diện 1, 2 và 3 theo chiều vẽ trên hình, sau khi đóng khóa K .

3.40. Hai dây dẫn điện dài có tiết diện tròn với bán kính $a = 0,50$ mm đặt song song với nhau trong không khí; khoảng cách giữa các trục của chúng là $b = 10,0$ mm. Tìm điện dung tương ứng C_1 của các dây ứng với một đơn vị độ dài của chúng.

3.41. a) Tìm điện dung C của một tụ điện được cấu tạo từ hai quả cầu giằng hệt nhau có bán kính a , đặt trong môi trường có hằng số điện môi ϵ . Khoảng cách giữa tâm của các quả cầu bằng b ($b \gg a$).

b) Tính C với điều kiện $a = 10,0$ mm, $b = 300$ mm và $\epsilon = 1,00$

3.42. Cột ngoài của một tụ điện cầu có thể co dãn nhưng vẫn bảo đảm dạng hình cầu và đồng tâm với cột trong không co dãn được. Sau khi các cột được truyền các điện tích có cùng độ



Hình 118.

song với nhau trong không khí; khoảng cách giữa các trục của chúng là $b = 10,0$ mm. Tìm điện dung tương ứng C_1 của các dây ứng với một đơn vị độ dài của chúng.

3.41. a) Tìm điện dung C của một tụ điện được cấu tạo từ hai quả cầu giằng hệt nhau có bán kính a , đặt trong môi trường có hằng số điện môi ϵ . Khoảng cách giữa tâm của các quả cầu bằng b ($b \gg a$).

b) Tính C với điều kiện $a = 10,0$ mm, $b = 300$ mm và $\epsilon = 1,00$

3.42. Cột ngoài của một tụ điện cầu có thể co dãn nhưng vẫn bảo đảm dạng hình cầu và đồng tâm với cột trong không co dãn được. Sau khi các cột được truyền các điện tích có cùng độ

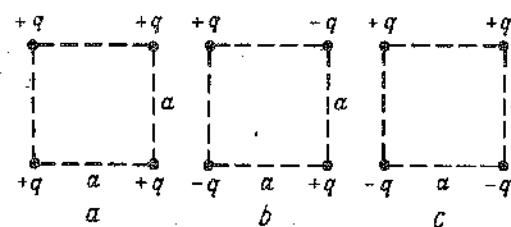
lớn là $q = 2,0 \mu\text{C}$ nhưng trái dấu nhau, thì cột ngoài bị co lại dưới tác dụng của các lực điện; kết quả là bán kính của nó giảm từ giá trị $a = 100,0$ mm đến giá trị $b = 95,0$ mm. Tìm công A mà các lực điện thực hiện. Hằng số điện môi tỷ đối của môi trường giữa các cột coi như bằng một đơn vị.

3.43. Khoảng trống giữa hai cột của một tụ điện phẳng được lắp đầy bằng một chất điện môi đẳng hướng, có hằng số điện môi biến đổi theo phương vuông góc với các cột theo một định luật tuyến tính từ giá trị $\epsilon_1 = 2,00$ tới giá trị $\epsilon_2 = 5,44$, khi đi từ cột này sang cột kia. Một thê hiệu $U = 1000$ V được đặt vào tụ điện, thêm vào đó các điện tích tự do dương sinh ra trên cột mà ở gần đó ϵ có giá trị nhỏ hơn. Tìm dấu và giá trị trung bình $\langle \rho' \rangle$ của mật độ điện khôi của các điện tích liên kết được sinh ra ở bên trong chất điện môi. Xác định điện dung C của tụ điện. Điện tích của mỗi cột là $S = 100 \text{ cm}^2$, khoảng trống giữa các cột là $d = 1,00$ mm.

3.44. Các cột của một tụ điện phẳng được nhiễm các điện tích $+q$ và $-q$. Khoảng giữa các cột được lắp đầy một chất đẳng hướng có hằng số điện môi biến đổi theo phương x vuông góc với các cột theo định luật $\epsilon = \epsilon(x)$. Gần ngay cột mang điện dương $\epsilon = \epsilon_1$ và ở gần ngay cột mang điện âm $\epsilon = \epsilon_2$. Tính mật độ điện khôi ρ' của các điện tích liên kết theo x . Xác định điện tích liên kết tổng cộng q' được sinh ra trong toàn bộ thể tích điện môi. Điện tích của mỗi cột bằng S .

3.45. Tìm thê năng tương tác W đối với từng hệ điện tích điểm vẽ trên hình 119. Tất cả các điện tích đều bằng nhau về giá trị tuyệt đối và được đặt ở các đỉnh của một hình vuông có cạnh là a .

3.46. Tìm thê năng tương tác W của một hệ gồm N điện tích



Hình 119.

điểm $q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n$, được đặt trong chân không tại các điểm có các bán kính vectơ là $r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_n$.

3.47. Điện tích được phân bố với mật độ $\rho = \rho(r)$ trong một vật có thể tích V . Tìm biểu thức của năng lượng W của vật mang điện này, giả thử rằng độ thâm điện môi ở trong và ngoài vật bằng một đơn vị.

3.48. Hai electron, ban đầu, ở cách nhau một khoảng rất lớn (trên thực tế bằng vô cùng) và đâm gặp nhau với vận tốc tương đối v_0 ($v_0 \ll c$). Tìm khoảng cách nhỏ nhất a mà các electron có thể đâm gần nhau. Xét hai trường hợp :

a) cả hai electron đều tự do (tức là không chịu tác dụng một lực nào ngoài những lực tương tác với nhau) ;

b) một trong các electron đứng yên đối với một hệ quy chiếu quán tính nào đó.

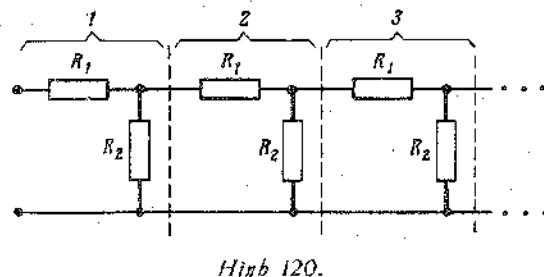
3.49. Xác định công A cần phải tiêu tốn, để tăng khoảng cách x giữa các bán kính của một tụ điện phẳng; mang các điện tích trái dấu và có độ lớn là $q = 0,200 \mu\text{C}$ (tụ điện bị ngắt khỏi nguồn điện), lên một lượng $\Delta x = 0,200 \text{ mm}$. Điện tích của mỗi bán kính là $S = 400 \text{ cm}^2$. Khe hở giữa các bán kính là không khí.

3.50. Một điện tích điểm $q = 3,00 \mu\text{C}$ đặt ở tâm một lớp điện môi đồng tính và dâng hướng hình cầu với $\epsilon = 3,00$. Bán kính trong và ngoài của lớp là $a = 250 \text{ mm}$ và $b = 500 \text{ mm}$. Tìm năng lượng W chứa trong điện môi.

3.51. Tính năng lượng W của quả cầu mang điện trong bài tập 3.27. Xác định năng lượng W_1 chứa bên trong quả cầu và năng lượng W_2 chứa trong không gian bao quanh quả cầu.

DÒNG ĐIỆN

3.52. Trên hình 120, vẽ một mạch không có giới hạn được



tạo bởi sự lặp lại cùng một nhóm gồm các điện trở $R_1 = 2 \Omega$ và $R_2 = 4 \Omega$. Tìm điện trở R của chuỗi này.

3.53. Một vật hình trụ rỗng có chiều cao d , làm bằng một chất có điện trở suất ρ . Tiết diện của vật là một hình vành khăn có các bán kính là a và b ($b > a$). Một thế hiệu nào đó được đặt giữa các mặt trụ ngoài và trong của vật. Tìm điện trở R của vật trong các điều kiện trên.

3.54. Một quả cầu kim loại có bán kính a được bọc bằng một vỏ kim loại hình cầu đồng tâm có bán kính b . Khoảng không gian giữa các điện cực này được lấp đầy bằng một chất dẫn điện đồng tính và dâng hướng có điện trở suất là ρ . Tìm điện trở R của khối chất dẫn điện này. Xét trường hợp $b \rightarrow \infty$.

3.55. Giữa các cột của một tụ điện phẳng là một bán bằng đồng đặt song song và có độ dày bằng $1/3$ khoảng trống giữa chúng. Điện dung của tụ điện khi không có bán kim loại là $C = 0,0250 \mu\text{F}$. Tụ điện được nồi với nguồn điện nên nó được tích điện tới thế hiệu $U = 100,0 \text{ V}$. Xác định :

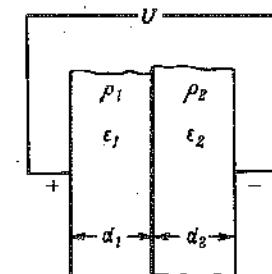
a) công A_1 cần tiêu tốn, để kéo bán kim loại ra khỏi tụ điện ;

b) công A_2 do nguồn điện sinh ra khi đó. Bỏ qua sự đốt nóng bán.

3.56. Giải bài tập tương tự bài tập trên chỉ khác là bán không phải bằng đồng mà bằng chất điện môi có hằng số điện môi $\epsilon = 3,00$.

3.57. Khoảng trống giữa các cột của một tụ điện phẳng được lấp đầy chất điện môi dâng hướng có độ dẫn điện riêng σ biến đổi theo phương vuông góc với các cột theo một quy luật tuyến tính từ giá trị $\sigma_1 = 1,00 \cdot 10^{-12} \text{ S/m}$ đến giá trị $\sigma_2 = 1,00 \cdot 10^{-11} \text{ S/m}$. Tìm dòng điện rò đi qua tụ điện trong điều kiện thế hiệu giữa hai cột là $U = 300 \text{ V}$. Điện tích của mỗi cột là $S = 10 \text{ cm}^2$, khoảng trống giữa các cột là $d = 2,00 \text{ mm}$.

3.58. Điện môi trong một tụ điện phẳng cầu tạo bằng hai lớp (hình 121), được đặc trưng bằng hằng số điện môi $\epsilon_1 = 2,00$, $\epsilon = 3,00$ và điện trở suất $\rho_1 = 10,0 \text{ G}\Omega \cdot \text{m}$; $\rho_2 = 20,0 \text{ G}\Omega \cdot \text{m}$. Độ dày của các



Hình 121.

lớp là $d_1 = 2,00$ mm, $d_2 = 1,00$ mm. Một thê hiệu $U = 100$ V đặt vào tụ điện (diện thê dương ở cột trái, âm ở cột phải).

1. Xác định : a) các cường độ điện trường E_1 và E_2 và các cường độ điện dịch D_1 và D_2 trong cả hai lớp ; b) mật độ các diện tích tự do σ_1 trên cột trái, σ_2 trên cột phải, và σ trên mặt phân cách của hai lớp điện môi ; c) mật độ các diện tích liên kết σ'_1 ở giáp cột bên trái, σ'_2 ở giáp cột bên phải và σ' trên mặt phân cách của hai lớp điện môi ; d) mật độ dòng điện j đi qua chất điện môi.

2. Xác định các giá trị bằng số trong câu 1 trong trường hợp $\rho_1 = \infty$.

3.59. Khoảng không gian giữa hai cột của một tụ điện được lắp đầy bằng một chất có hằng số điện môi tỷ đối $\epsilon = 7,00$ và điện trở suất $\rho = 100 \text{ G}\Omega\cdot\text{m}$. Điện dung của tụ điện $C = 3000 \text{ pF}$. Tìm dòng điện dò qua tụ điện khi đặt lên nó thê hiệu $U = 2000$ V.

3.60. Các cột của một tụ điện có dạng tùy ý được ngăn cách bằng một môi trường đồng tính và đẳng hướng dẫn điện kém có điện trở suất ρ và hằng số điện môi ϵ . Tìm dòng điện dò i qua tụ điện khi đặt lên nó một thê hiệu U . Điện dung của tụ điện bằng C .

3.61. Hai điện cực là hai quả cầu kim loại có bán kính a đặt trong một môi trường có điện trở suất bằng ρ . Khoảng cách giữa tâm của các quả cầu là b . Tìm điện trở R giữa các điện cực, nếu giả sử $b \gg a$.

3.62. Hai bán hình vuông có cạnh là $a = 300$ mm, đặt cách nhau một khoảng $d = 2,00$ mm tạo thành một tụ điện phẳng và được mắc với nguồn điện có thê hiệu không đổi $U = 250$ V. Các bán được đặt thẳng đứng và nhúng vào một bình dầu hỏa với vận tốc $v = 5,00$ mm/s. Tìm cường độ dòng điện i đi qua dây dẫn khi đó.

3.63. Một tụ điện có điện dung $C = 300 \text{ pF}$ nồi với một nguồn điện có thê hiệu không đổi U_0 qua một điện trở $R = 500 \Omega$. Xác định khoảng thời gian t mà thê hiệu U của tụ điện đạt tới $0,99 U_0$.

3.64. Một tụ điện giãy (tức là tụ điện trong đó chất điện môi là giãy tám vadolin ; $\epsilon = 2,10$) mất đi trong khoảng thời

khoảng $\tau = 5,00$ ph một nửa diện tích đã được truyền cho nó. Giả thử rằng sự dò điện chỉ xảy ra qua chất điện môi, hãy tính điện trở suất ρ của điện môi.

3.65. Các bán kính của các cột một tụ điện đều bằng a và b ($a < b$). Khoảng không gian giữa các cột được lắp đầy bằng một chất đồng tính và đẳng hướng có hằng số điện môi ϵ và dẫn điện suất σ . Lúc đầu tụ điện không tích điện. Sau đó một điện tích q_0 được truyền cho cột trong. Tim :

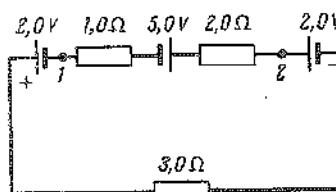
a) định luật biến đổi diện tích q trên cột trong ;

b) nhiệt lượng Q tỏa ra khi phóng điện.

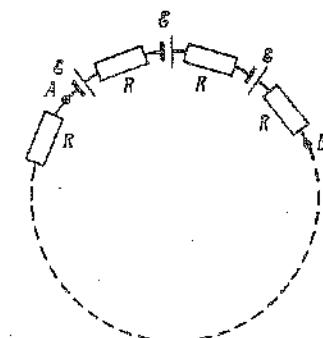
So sánh Q với sự biến thiên năng lượng điện của tụ điện.

3.66. Trên hình 122 vẽ một mạch điện một chiều gồm ba nguồn điện và ba điện trở mắc nối tiếp nhau. Xác định hiệu điện thê $\varphi_1 - \varphi_2$ giữa các điểm 1 và 2. Bỏ qua điện trở của nguồn điện và các dây nồi.

3.67. N nguồn điện giống hệt

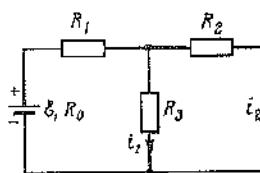


Hình 122.

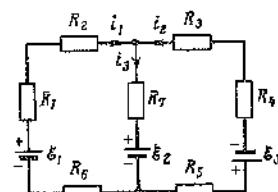


Hình 123.

nhau với sức điện động \mathcal{E} và điện trở trong R_0 và cũng từng ấy điện trở R giống hệt nhau tạo thành một mạch kín có N nhóp được vẽ trên hình 123. Tìm hiệu điện thê giữa các điểm A và



Hình 124.



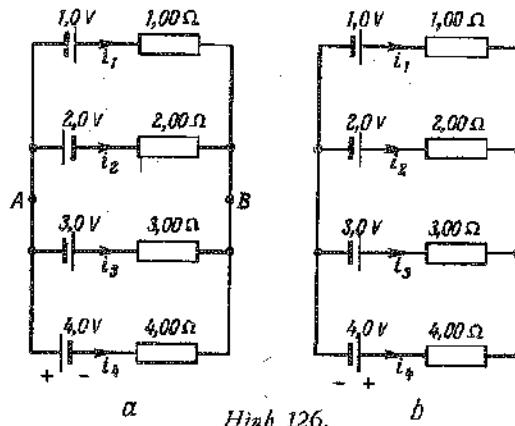
Hình 125.

E , chia mạch thành n và $N - n$ nhánh. Bỏ qua điện trở của các dây nối.

3.68. Trong sơ đồ được mô tả trên hình 124, $\mathcal{E} = 5,0 \text{ V}$, $R_1 = 1,00 \Omega$, $R_2 = 2,00 \Omega$, $R_3 = 3,00 \Omega$. Điện trở của nguồn điện là $R_0 = 0,10 \Omega$. Tìm các cường độ dòng điện i_1 và i_2 .

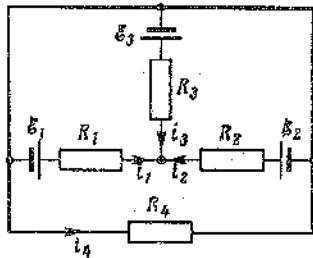
3.69. Trong sơ đồ được mô tả trên hình 125, $\mathcal{E}_1 = 10,0 \text{ V}$, $\mathcal{E}_2 = 20,0 \text{ V}$, $\mathcal{E}_3 = 30,0 \text{ V}$, $R_1 = 1,00 \Omega$, $R_2 = 2,00 \Omega$, $R_3 = 3,00 \Omega$, $R_4 = 4,00 \Omega$, $R_5 = 5,00 \Omega$, $R_6 = 6,00 \Omega$, $R_7 = 7,00 \Omega$. Điện trở trong của nguồn điện nhỏ không đáng kể. Tìm các cường độ dòng điện i_1 , i_2 và i_3 .

3.70. Trên hình 126 mô tả hai mạch điện một chiều có nhiều nhánh. Xác định dòng điện đi qua các điện trở, trong cả hai trường hợp. Bỏ qua điện trở của các nguồn điện và các dây

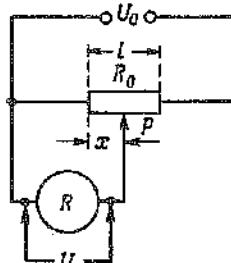


Hình 126.

nối. Trong trường hợp a) các dòng điện sẽ biến đổi ra sao nếu cắt dây dẫn tại các điểm A và B ?



Hình 127.



Hình 128.

3.71. Các linh kiện của sơ đồ được mô tả trên hình 127 có các giá trị sau: $\mathcal{E}_1 = 1,00 \text{ V}$, $\mathcal{E}_2 = 2,00 \text{ V}$, $\mathcal{E}_3 = 3,00 \text{ V}$, $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 200 \Omega$, $R_3 = 300 \Omega$, $R_4 = 400 \Omega$. Xác định các dòng điện đi qua các điện trở. Bỏ qua điện trở của các nguồn điện và của các dây nối.

3.72. Trên hình 128 mô tả sơ đồ của một cái chiết áp. Do cơ cấu này người ta có thể cung cấp cho dụng cụ tiêu thụ dòng điện R một thế hiệu U nào đó nằm trong các giới hạn từ 0 đến U_0 nhờ một nguồn điện có thế hiệu không đổi U_0 . Trong các chiết áp đơn giản, điện trở R_0 là một dây kim loại đồng chất với một con chạy P trượt trên đó. Tính thế hiệu U giữa hai cực của dụng cụ R theo khoảng cách x từ con chạy của chiết áp tới một đầu của dây kim loại R_0 . Xét trường hợp $R \gg R_0$.

3.73. Để làm một dây đốt nóng cho một bếp điện có công suất $0,50 \text{ kW}$ dùng ở mạng điện có thế hiệu 220 V phải dùng bao nhiêu dây nicrôm có đường kính kinh tiết diện là $0,40 \text{ mm}^2$? Điện trở suất của nicrôm ở trạng thái đốt nóng là $1,05 \mu\Omega \cdot \text{m}$.

3.74. Có $N = 24$ nguồn điện giống hệt nhau với sức điện động $\mathcal{E} = 1,00 \text{ V}$ và điện trở trong $R_0 = 0,200 \Omega$. Các nguồn này được mắc sao cho thành một bộ nguồn có n nhánh nối tiếp nhau, trong mỗi nhánh có N/n nguồn mắc song song. Một dụng cụ có điện trở $R = 0,30 \Omega$ được mắc với bộ nguồn. Hỏi n phải bằng bao nhiêu để công suất W tiêu thụ ở dụng cụ đạt cực đại? Giá trị cực đại của W bằng bao nhiêu?

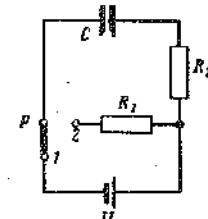
3.75. Các điện tích khác nhau có độ lớn $q_0 = 1,00 \text{ mC}$ được truyền cho các cốt của một tụ điện có điện dung $C = 2,00 \mu\text{F}$. Sau đó các cốt được khép kín qua một điện trở $R = 5000 \Omega$. Tìm:

a) quy luật biến đổi của dòng điện đi qua điện trở;

b) điện tích q đi qua điện trở trong khoảng thời gian $\tau = 2,00 \text{ ms}$;

c) nhiệt lượng Q tỏa ra ở điện trở trong cùng khoảng thời gian trên.

3.76. Một tụ điện có điện dung $C = 5,00 \mu\text{F}$ được nối với một nguồn điện một chiều có thế hiệu $U = 200 \text{ V}$ (hình 129). Sau đó cái đảo điện P được chuyển từ tiếp điểm 1 sang tiếp điểm 2.



Hình 129.

Tính nhiệt lượng Q tỏa ra ở điện trở $R_1 = 500 \Omega$. Điện trở của các dây dẫn có thể bỏ qua.

$$but R_2 = 2k\Omega.$$

ĐIỆN TỬ HỌC

3.77. Một dòng điện có cường độ $i = 1,00 \text{ A}$ chạy trong một vòng dây tròn có bán kính $R = 100 \text{ mm}$. Tìm cảm ứng từ B :

a) ở tâm của vòng dây;

b) ở một điểm trên trục của vòng dây cách tâm vòng dây một khoảng $b = 100 \text{ mm}$.

3.78. Một mạch kín có dòng điện i có một đoạn mạch thẳng có độ dài $2a$. Một điểm P nằm trên đường thẳng thẳng góc đi qua tâm của đoạn mạch và cách tâm này một khoảng b . Tính cảm ứng từ B gây bởi đoạn mạch trên tại điểm P . Khảo sát trường hợp $a \rightarrow \infty$.

3.79. Một dòng điện i chạy trong một sợi dây thép được uốn thành một hình đa giác đều có n cạnh, nội tiếp trong một

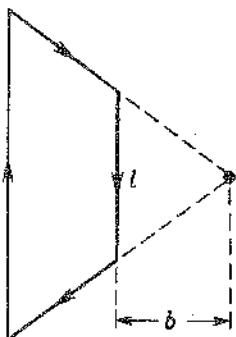
vòng tròn bán kính R . Tính cảm ứng từ B ở tâm của hình đa giác. Khảo sát biểu thức thu được đối với trường hợp $n \rightarrow \infty$.

3.80. Một dòng điện có cường độ $i = 6,28 \text{ A}$ chạy trên chu vi của một hình thang cân (hình 130). Tỷ số giữa các cạnh đáy của hình thang bằng 2,00. Tính cảm ứng từ B ở điểm A nằm trong mặt phẳng của hình thang. Đáy nhỏ của hình thang là $l = 100 \text{ mm}$, khoảng cách $b = 50,0 \text{ mm}$.

Hình 130
3.81. Một sòlénôit có bán kính r và chiều dài l và được quấn n vòng trên một đơn vị dài. Dòng điện đi qua sòlénôit có cường độ i . Xác định cường độ từ trường H trên trục của sòlénôit theo khoảng cách x từ tâm của nó. Khảo sát các trường hợp :

- a) x hữu hạn, $l \rightarrow \infty$;
- b) $x = l/2$, $l \rightarrow \infty$.

3.82. Một sợi dây dẫn có vỏ cách điện có đường kính (ké cả vỏ) $0,30 \text{ mm}$ được quấn thành một hình xoắn ốc phẳng có



Hình 130

$N = 100$ vòng. Bán kính của vòng trong cùng (ké từ trục của sợi dây) là $R_1 = 10,3 \text{ mm}$, của vòng ngoài cùng là $R_2 = 40,0 \text{ mm}$. Mômen từ p_m của cuộn dây là bao nhiêu, khi có dòng điện có cường độ $i = 10,0 \text{ mA}$ đi qua dây? Trong trường hợp đó từ trường H ở tâm cuộn dây bằng bao nhiêu.

3.83. Một dòng điện có mật độ j không đổi chảy trong một dây dẫn thẳng tiết diện tròn có bán kính R . Tim biểu thức vectơ của cường độ từ trường H tại một điểm có vị trí được xác định bằng bán kính vectơ r vuông góc với trục của dây dẫn. Khảo sát các trường hợp khi điểm nằm ở trong và ngoài dây dẫn.

3.84. Ở trong một dây dẫn thẳng có tiết diện tròn là một hố hình trụ tròn có trục song song với trục của dây dẫn và cách nó một khoảng b . Dòng điện có mật độ j không đổi đi qua dây dẫn. Tính cường độ từ trường H ở trong hố. Xét trường hợp $b = 0$.

3.85. Một quả cầu êbônit có bán kính $R = 50 \text{ mm}$ được tích điện đều do cọ xát, với mật độ điện mặt $\sigma = 10,0 \mu\text{C}/\text{m}^2$. Quả cầu quay xung quanh trục của nó với vận tốc 600 vòng/phút. Tim cảm ứng từ B , sinh ra ở tâm quả cầu.

3.86. Quả cầu ở bài tập 3.33 quay xung quanh một trục của nó trùng với phương của E bên trong quả cầu. Cảm ứng từ B ở tâm quả cầu bằng bao nhiêu?

3.87. Một điện tích q phân bố đều trong thể tích của một quả cầu đồng tính có khối lượng m và bán kính R . Quả cầu quay xung quanh trục của nó với vận tốc góc ω . Tính mômen xung (mômen cơ học) M và mômen từ p_m sinh ra trong khi quay và tỷ số giữa p_m với M .

3.88. Một kim nam châm con thực hiện dao động bé trong từ trường Trái Đất với chu kỳ $T_1 = 1,33 \text{ s}$. Sau đó được đặt trong một sòlénôit có dòng điện chạy qua, kim dao động với chu kỳ $T = 0,16 \text{ s}$. Xác định cảm ứng từ B_2 của từ trường bên trong sòlénôit. Thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất là $B_1 = 18,0 \mu\text{T}$. Bỏ qua sự tắt dần của dao động của kim.

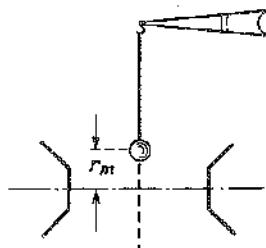
3.89. Khe hở giữa hai bán tròn đặt song song với nhau, chứa dây một chất dẫn điện yêu có dẫn điện suất là σ và hằng số điện môi tỷ đối là ϵ . Bề rộng d của khe nhỏ hơn bán kính R của bán rất nhiều. Giữa hai bán được đặt một thê hiệu biến đổi theo định luật $U = U_m \cos \omega t$ (ω đủ nhỏ để điều kiện chuẩn

dùng được thực hiện). Tính cường độ từ trường H tại một điểm trong khe, cách trục của các bàn một khoảng r rất nhỏ so với R .

3.90. Chứng minh rằng, mặc dù có dòng điện dẫn chạy theo phuơng của các đường bán kính, cường độ từ trường H trong khe hở của tụ điện cầu ở bài tập 3.65 vẫn bằng không.

3.91. Hai ống dây nhỏ giông hệt nhau được đặt sao cho trục của chúng nằm trên một đường thẳng. Khoảng cách giữa các ống dây là $l = 200$ mm, lớn hơn nhiều so với kích thước của chúng. Số vòng của mỗi ống dây là $N = 100$, bán kính của các vòng là $r = 10$ mm. Tính lực f tương tác giữa các ống dây, khi có dòng điện như nhau $i = 0,10$ A đi qua các ống dây.

3.92. Một trong những phuơng pháp đo độ cảm từ χ là treo một quả cầu bằng chất cần phải nghiên cứu bằng một sợi dây và buộc vào đòn cân rồi đặt vào giữa các cực của một nam châm điện (hình 131). Dùng cân để đo lực mà từ trường hút (hoặc đẩy) quả cầu thì có thể tính được độ cảm từ χ .



Hình 131.

để lực hút f là cực đại. Tính χ của nhôm xuất phát từ các dữ kiện sau: $H_0 = 1500$ kA/m, $a = 100$ m $^{-2}$, khối lượng của quả cầu nhôm $m = 0,150$ g, lực hút cực đại $f_m = 7,4$ μ N.

3.93. Một khung dây nhỏ hình vuông có dòng điện $i_2 = 2,0$ A đi qua, được đặt gần một sợi dây dẫn thẳng dài có dòng điện $i_1 = 30$ A đi qua. Khung dây và sợi dây nằm trong một mặt phẳng. Trục của khung đi qua trung điểm của những cạnh đối diện và song song với sợi dây và cách nó một khoảng $b = 30$ mm. Cạnh của khung $a = 20$ mm. Tính lực f tác dụng lên khung

và công A cần thực hiện để quay khung xung quanh trục của nó một góc 180° .

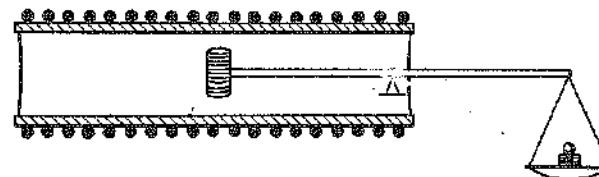
3.94. Khung của một điện kẽ gợng được treo bằng một sợi dây có hệ số xoắn $k = 10,0$ μ N.m/rad. Khung gồm $N = 100$ vòng dây mảnh hình chữ nhật có kích thước 50×30 mm. Khung có thể quay trong khe hở giữa hai cực của một nam châm có hình dạng sao cho trường tác dụng lên khung là đối xứng trục (trường tại mọi nơi trong khe hở đồng nhất về độ lớn và hướng về trục của khung). Cường độ của trường trong khe hở là $H = 100$ kA/m. Ở khoảng cách $l_1 = 1200$ mm tính từ gợng của điện kẽ người ta đặt một thước milimet được gắn trên một cái thước dài $l_2 = 800$ mm. Khi không có dòng điện thì vết sáng sau khi phản chiếu qua gợng đập vào tâm của thước milimet.

Hỏi: cường độ dòng điện cực đại i_m có thể đo được bằng dụng cụ này là bao nhiêu?

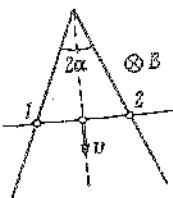
(Hệ số xoắn là mômen quay cần thiết để xoắn sợi dây một góc $\Delta\alpha = 1$ rad).

3.95. Một ống dây có dòng điện $i = 10$ mA được đặt trong một từ trường đều sao cho trục của nó trùng với phuơng của từ trường. Ống dây được quấn bằng một sợi dây đồng có đường kính $d = 0,100$ mm, bán kính các vòng quấn là $r = 10,0$ mm. Hỏi: giá trị của cảm ứng từ B của trường ngoài là bao nhiêu để vòng quấn của ống dây bị đứt. Giới hạn bền của đồng khi đứt là $\sigma_c = 230$ MPa.

3.96. Tại tâm của một sôlênit dài có $n = 5000$ vòng trên một mét, người ta đặt một ống dây nhỏ có số vòng dây $N = 200$ được gắn chặt vào đầu một đòn cân (hình 132). Trục của ống dây vuông góc với trục của sôlênit. Đường kính các vòng của ống dây là $d = 10,0$ mm. Ống dây được cân bằng bằng những



Hình 132.

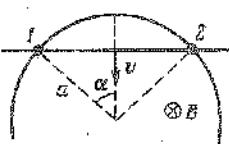


Hình 133.

quả cân đặt trên đĩa cân. Khi cho một dòng điện đi qua sò lèn ôt và ống dây thì cân sẽ mất thăng bằng. Để cân lại được thăng bằng khi cho qua sò lèn ôt và ống dây cùng một dòng điện $i = 20,0 \text{ mA}$ thì phải thay đổi trọng lượng đặt ở đĩa cân một lượng ΔP là bao nhiêu? Cánh tay đòn của cân có độ dài $l = 300 \text{ mm}$.

3.97. Một dây dẫn thẳng có điện trở là R_1 ứng với một đơn vị chiều dài. Dây được gấp thành hai cạnh của một góc 2α (hình 133) Một thanh chắn cũng bằng dây dẫn ấy đặt vuông góc với đường phân giác của góc 2α tạo với dây dẫn gấp khúc một chu vi tam giác kín. Chu vi này đặt trong một từ trường đều B vuông góc với mặt phẳng của chu vi. Tính chiều và cường độ i của dòng điện đi qua chu vi, khi thanh chắn chuyển động với vận tốc v không đổi. Bỏ qua điện trở tại các chỗ tiếp xúc 1 và 2.

3.98. Một dây dẫn có điện trở là R , ứng với một đơn vị chiều dài, bị uốn thành nửa vòng tròn bán kính a (hình 134).



Hình 134.

Một thanh chắn cũng bằng dây dẫn ấy trượt trên nửa vòng tròn với vận tốc v . Dây dẫn bị uốn này và thanh chắn tạo thành một chu vi kín và được đặt trong một từ trường đều B vuông góc với mặt phẳng của chu vi. Tính cường độ dòng điện trong chu vi theo góc α . Bỏ qua điện trở tại các chỗ tiếp xúc 1 và 2.

3.99. Một thanh kim loại mảnh có chiều dài $l = 1200 \text{ mm}$ quay trong từ trường đều quanh một trục vuông góc với thanh và ở cách xa một trong hai đầu thanh một khoảng $l_1 = 250 \text{ mm}$ với vận tốc $n = 120 \text{ vòng/phút}$. Vectơ cảm ứng từ song song với trục quay và có độ lớn $B = 1,00 \text{ mT}$. Tính hiệu điện thế U sinh ra giữa hai đầu thanh.

3.100. Một đĩa kim loại cò lập có bán kính $a = 250 \text{ mm}$ quay với vận tốc $n = 1000 \text{ vòng/phút}$. Tính hiệu điện thế U sinh ra giữa tâm và mép đĩa :

- khi không có từ trường;
- khi có từ trường đều vuông góc với đĩa với cảm ứng $B = 10,0 \text{ mT}$.

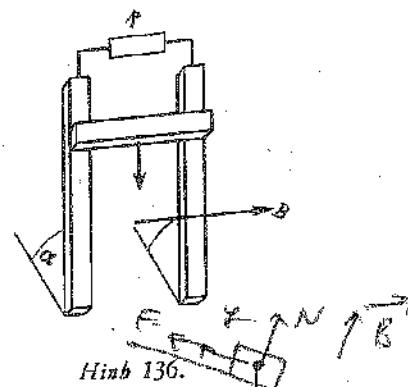
3.101. Một dòng điện thẳng dài vô hạn có cường độ I . Tại các khoảng cách a và b có đặt song song với nó hai sợi dây trần mà một đầu của chúng được gắn với điện trở R (hình 135). Một thanh 3-4 trượt với vận tốc v và tựa trên hai dây. Hãy xác định :

a) cường độ và chiều dòng điện i trong chu vi 1-2-3-4;

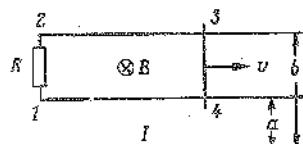
b) lực f cần thiết để giữ cho vận tốc của thanh 3-4 không đổi và khoảng cách x từ dòng điện I đến điểm cần phải đặt lực f để thanh chuyển động tịnh tiến;

c) công suất P tiêu tốn trong sự dịch chuyển thanh. Bỏ qua điện trở của các dây dẫn, của thanh và điện trở tại các tiếp điểm 3 và 4.

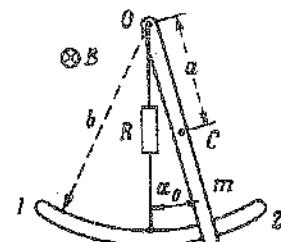
3.102. Một miếng đồng có khối lượng m (hình 136) trượt dưới tác dụng của trọng lực trên hai thanh đồng đặt nghiêng một góc α , với phương nằm ngang ($\operatorname{tg} \alpha > k$); khoảng không gian xung quanh các thanh có một từ trường đều với cảm ứng từ B vuông góc với mặt phẳng mà miếng đồng bị dịch chuyển. Ở phía trên các thanh người ta gắn một điện trở R . Tính độ lớn của vận tốc v được hình thành của miếng đồng. Hệ số ma sát giữa miếng đồng và các thanh là k , khoảng cách giữa các thanh là l . Bỏ qua điện trở của các thanh, của miếng đồng và của chỗ tiếp xúc giữa miếng đồng và các thanh.



Hình 136.



Hình 135.



Hình 137.

$$m\ddot{a} = - (Bil + \mu_0 I \cos \varphi) = m\ddot{a}$$

$$(i = q/l = BIl/a \Rightarrow a =$$

3.103. Có một cơ cầu chỉ khác với cơ cầu được khảo sát ở bài tập trên (xem hình 136) ở chỗ là thay điện trở R ở hai đầu các thanh bằng một tụ điện có điện dung C . Miếng đồng được đặt trên các thanh và dịch chuyển. Xác định đặc trưng chuyển động của miếng đồng với giả thiết điện trở của các dây dẫn bằng không.

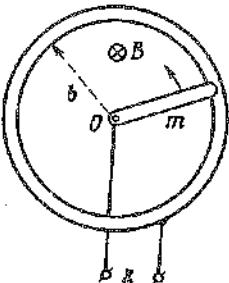
3.104. Một thanh kim loại có khối lượng m có thể dao động quanh trục O như một con lắc (hình 137). Đầu dưới của thanh tiếp xúc với một sợi dây 1-2, được uốn thành một vòng cung có bán kính b . Tâm của sợi dây này gắn với điểm treo O qua một điện trở R . Tất cả cơ cầu này được đặt trong một từ trường đều B vuông góc với mặt phẳng dao động của thanh. Xác định tính chất của chuyển động được thực hiện sau khi thanh lệch một góc nhỏ α_0 và dịch chuyển với vận tốc ban đầu bằng không. Khoảng cách từ điểm treo tới tâm quán tính C của thanh bằng a ; mômen quán tính của thanh đối với trục đi qua C bằng I_0 . Bỏ qua sự ma sát và điện trở của thanh, của dây dẫn 1-2 và điện trở ở các chỗ tiếp xúc.

3.105. Có một con lắc, chỉ khác với con lắc được khảo sát ở bài tập trên (xem hình 137) ở chỗ thay điện trở R bằng tụ điện có điện dung C . Xác định tính chất của chuyển động được quan sát, sau khi người ta làm lệch con lắc một góc α_0 và cho dịch chuyển với vận tốc ban đầu bằng không. Điện trở của vòng cung coi như bằng không.

3.106. Một thanh có khối lượng m có thể quay không ma sát quanh trục O và trượt (cũng không ma sát) trên một dây dẫn tròn (hình 138) có bán kính b đặt trong mặt phẳng thẳng đứng. Tất cả cơ cầu này được đặt trong một từ trường đều B , vuông góc với mặt phẳng của vòng tròn. Trục và vòng nối với các cực của một nguồn điện. Xác định:

a) quy luật biến đổi của dòng điện đi qua thanh để thanh quay với vận tốc góc không đổi;

b) suất điện động E của nguồn điện cần thiết để duy trì dòng điện theo yêu cầu.



Hình 138.

Điện trở toàn phần của mạch coi như không đổi và bằng R . Bỏ qua độ tự cảm của mạch.

3.107. Giữa các cực của một nam châm điện ta đặt một ống dây nhỏ sao cho trục của ống dây và trục của các cực của nam châm trùng nhau. Diện tích tiết diện ngang của ống dây là $S = 3,00 \text{ mm}^2$, số vòng $N = 60$. Nối hai đầu ống dây với một điện kế xung kích và quay ống dây một góc 180° , thì có một điện lượng $q = 4,50 \mu\text{C}$ đi qua điện kế. Xác định cường độ từ trường H giữa các cực. Điện trở của ống dây, điện kế và các dây nối là $R = 40,0 \Omega$.

3.108. Trên một khung hình trụ có đường kính $d = 120 \text{ mm}$ có quấn một lớp $N = 100$ vòng dây dẫn. Tất cả cuộn dây dài là $l = 60 \text{ mm}$. Xác định độ tự cảm L của cuộn dây. Độ từ thẩm trong lõng cuộn dây bằng một đơn vị.

Hướng dẫn. Độ tự cảm của cuộn dây quấn một lớp được tính theo công thức $L = \alpha L_0$, trong đó L_0 là độ tự cảm của một solenoid « lý tưởng », được xác định nếu không kể đến sự tiêu tán của từ trường trên các mặt đáy, α là một hệ số được xác định gần đúng bằng hệ thức

$$\alpha = \frac{1}{1 + 0,45(d/l)}$$

3.109. Một khung dây chữ nhật có chiều dài $l = 10,0 \text{ m}$ lớn hơn nhiều so với chiều rộng $b = 100 \text{ mm}$ (được đo giữa các trục đối diện của khung) làm bằng một dây dẫn có bán kính $a = 1,00 \text{ mm}$. Tính độ tự cảm L của khung. Đặt độ từ thẩm của môi trường bằng một đơn vị. Bỏ qua trường ở bên trong dây dẫn.

3.110. Tính độ tự cảm L_1 của dây dẫn trong bài tập 3.40 ứng với một đơn vị chiều dài của nó, nếu $a \ll b$. Bỏ qua trường ở bên trong các vật dẫn. Độ từ thẩm của vật liệu làm dây dẫn và môi trường xung quanh bằng một đơn vị.

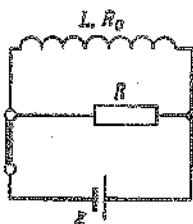
3.111. Một dây cáp đồng trực có cấu tạo gồm hai dây dẫn đặt đồng tâm và được ngăn cách bằng một lớp điện môi. Xác định điện dung C_1 và độ tự cảm L_1 của một đơn vị chiều dài của dây cáp, trong đó bán kính của dây dẫn bên trong là $a = 1,50 \text{ mm}$ còn bán kính của dây dẫn bên ngoài (có dạng một ống có thành mỏng) là $b = 5,4 \text{ mm}$. Chất điện môi là polyétilen. Biết

rằng ở tần số cao (giây cáp đồng trực được dùng ở tần số đó) dòng điện chạy ở mặt ngoài của dây dẫn.

3.112. Một ống dây có độ tự cảm $L = 250 \text{ mH}$ và điện trở $R = 0,300 \Omega$ được nối với một nguồn điện có điện thế không đổi. Hỏi: sau một khoảng thời gian t bằng bao nhiêu, cường độ dòng điện trong ống dây đạt được :

- a) 50% giá trị ổn định ?
- b) 75% giá trị ổn định ?

3.113. Một ống dây có độ tự cảm $L = 2,00 \mu\text{H}$ và điện trở $R_0 = 1,00 \Omega$ được nối với một nguồn điện một chiều có súc điện động $\mathcal{E} = 3,00 \text{ V}$ (hình 139). Một điện trở $R = 2,00 \Omega$ được mắc song song với ống dây. Sau khi dòng điện trong ống dây đạt giá trị ổn định, nguồn điện bị cắt bằng một cái khóa. Tính nhiệt lượng Q tỏa ra ở điện trở R sau khi ngắt mạch. Bỏ qua điện trở của nguồn điện và các dây nối.



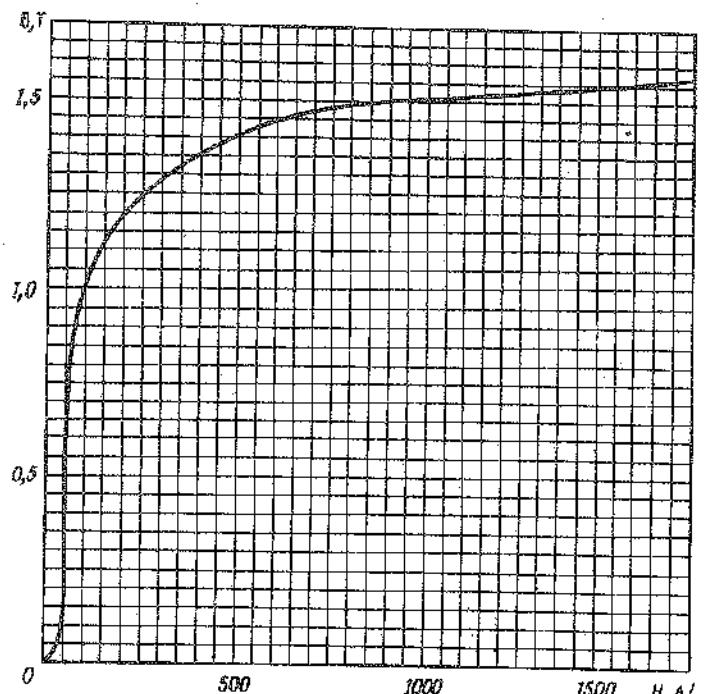
Hình 139.

3.114. Một ống dây với số vòng là $N = 1000$ được quấn trên một lõi sắt có dạng hình xuyến có đường kính $d = 500 \text{ mm}$. Người ta đục một lỗ ngang trong lõi để tạo thành một khe hở hẹp không khí có bề rộng $b = 1,00 \text{ mm}$. Khi cường độ dòng điện trong cuộn dây là $i = 0,85 \text{ A}$, thì cường độ của trường trong khe hở là $H = 600 \text{ kA/m}$. Xác định độ từ thẩm μ của sắt trong những điều kiện đó. Bỏ qua sự khuếch tán của các đường cảm ứng từ.

3.115. Trên hình 140 mô tả một đường cong từ hóa lần đầu tiên của sắt nguyên chất kỹ thuật thu được bằng thực nghiệm. Hãy dùng đồ thị này để vẽ đường cong biểu diễn sự phụ thuộc của độ từ thẩm μ theo cường độ từ trường H . Tính giá trị cực đại μ_{\max} của độ từ thẩm và cường độ H tương ứng với μ_{\max} .

3.116. Xác định độ hô cảm giữa một ống dây hình xuyến và một dây dẫn thẳng dài vô hạn đi qua trục của hình xuyến. Hình xuyến có tiết diện hình chữ nhật với bề rộng là δ . Bán kính trong của hình xuyến là a , bán kính ngoài là b . Số vòng của ống dây hình xuyến là N . Hình xuyến và dây dẫn được đặt trong môi trường có độ từ thẩm μ .

3.117. Một lõi sắt có dạng hình xuyến với tiết diện là một hình vuông. Một cuộn dây có $N = 1000$ vòng quấn trên lõi sắt đó. Bán kính trong của hình xuyến là $a = 200 \text{ mm}$, bán kính ngoài là $b = 250 \text{ mm}$. Hãy sử dụng hình 140 để xác định năng lượng W được dự trữ ở trong lõi, trong trường hợp có dòng điện $i = 1,26 \text{ A}$ đi qua cuộn dây. Xác định một cách gần đúng với giả thiết rằng cường độ của trường trên toàn bộ tiết diện của hình xuyến là đồng nhất và bằng giá trị H ở tâm của tiết diện.



Đường cong từ hóa lần đầu tiên của sắt nguyên chất kỹ thuật

Hình 140.

3.118. Trên hình xuyến ở bài tập trên, người ta quấn một cuộn dây phụ có $N_1 = 20$ vòng và nối nó với một điện kế xung kích. Nếu cho dòng điện đi qua cuộn dây chính của hình xuyến, thì điện tích q đi qua điện kế bằng bao nhiêu? Tổng điện trở của cuộn dây phụ, điện kế và các dây nối là $R = 31,0 \Omega$.

3.119. Một vòng bằng sắt có đường kính trung bình $d = 300$ mm còn diện tích của tiết diện là $S = 500 \text{ mm}^2$, được quấn một cuộn dây có $N = 800$ vòng. Một dòng điện có cường độ $i = 3,00 \text{ A}$ đi qua cuộn dây. Trong vòng sắt có một chỗ cưa thủng ngang có chiều rộng $b = 2,00 \text{ mm}$. Bỏ qua sự khuếch tán của đường súc B trong khe hở, theo hình 140 hãy tìm :

- độ từ thẩm μ của sắt ;
- thông lượng Φ của cảm ứng từ giri qua tiết diện ngang của vòng ;

c) năng lượng W_1 chứa trong sắt, năng lượng W_2 trong khe hở không khí và năng lượng toàn phần W của trường :

d) độ tự cảm L của cuộn dây (hãy tính L theo hai cách — biểu thị nó qua Φ và qua W rồi so sánh các kết quả thu được).

3.120. Trong bảng 3, nêu lên các tọa độ của các điểm của một chu trình từ trễ cực đại đối với một chất sắt từ nào đó (các tọa độ đã cho của các điểm thuộc phần của chu trình nằm ở góc phần tư thứ nhất và thứ tư; cũng những con số đó nhưng với dấu ngược lại sẽ là tọa độ của các điểm thuộc phần của chu trình nằm ở góc phần tư thứ hai và thứ ba). Dùng chất sắt từ này để làm lõi của một ống dây hình xuyên với bán kính $r = 200 \text{ mm}$ và diện tích tiết diện ngang $S = 300 \text{ mm}^2$. Một dòng điện xoay chiều có tần số $v = 50 \text{ Hz}$, chạy trong cuộn dây quấn trên hình xuyên và có biên độ lớn đèn mức là chất sắt từ đạt được sự bão hòa từ khi dòng điện cực đại. Tính nhiệt lượng Q tỏa ra từ lõi sắt trong khoảng thời gian $\tau = 1 \text{ phút}$.

Bảng 3

$H, \text{ A/m}$	$B, \text{ T}$		$H, \text{ A/m}$	$B, \text{ T}$	
	Nhánh dưới của chu trình	Nhánh trên của chu trình		Nhánh dưới của chu trình	Nhánh trên của chu trình
0	-0,23	0,23	500	0,92	1,15
100	0	0,46	600	1,10	1,19
200	0,23	0,69	700	1,20	1,24
300	0,46	0,92	800	1,26	1,26
400	0,69	1,08			

Hướng dẫn. Vẽ sơ đồ chu trình từ trễ trên giấy milimet. Nên lấy tỷ lệ : 1 cm — 100 A/m và 1 cm — $0,20 \text{ T}$.

CHUYỂN ĐỘNG CỦA CÁC HẠT MANG ĐIỆN TRONG CÁC ĐIỆN TRƯỜNG VÀ TỪ TRƯỜNG

3.121. Tính vận tốc v của electron sau khi đi qua thê hiệu U bằng :

- 100 V ;
- 100 kV.

3.122. Đối với trường hợp b) của bài tập trên, hãy so sánh các giá trị v_c và v_f thu được theo các công thức cổ điển và tương đối tính.

3.123. Một giọt nhỏ mang điện có khối lượng $m = 6,40 \cdot 10^{-16} \text{ kg}$ nằm trong một tụ điện phẳng đặt nằm ngang có khoảng cách giữa các bản là $d = 10,0 \text{ mm}$. Khi không có hiệu điện thế giữa các cốt thì giọt nhỏ rơi với vận tốc không đổi $v_1 = 0,078 \text{ mm/s}$. Sau khi đặt lên tụ điện một hiệu điện thế $U = 90,0 \text{ V}$, thì giọt chuyển động đều hướng lên trên với vận tốc $v_2 = 0,016 \text{ mm/s}$. Hãy xác định điện tích e của giọt.

3.124. Một electron bay trong một điện trường đều có cường độ E với vận tốc ban đầu v_0 , tạo với hướng của trường một góc nhọn α . Tính giá trị nhỏ nhất v_{\min} của vận tốc v của electron, khi nó chuyển động trong trường và độ cong C của quỹ đạo tại lúc mà $v = v_{\min}$.

3.125. Hãy xác định lực f tác dụng lên electron tại thời điểm mà nó cắt trực của một sôlênoit dài dưới một góc vuông, tại điểm ở ngay sát đầu của sôlênoit. Cường độ dòng điện trong sôlênoit là $i = 2,00 \text{ A}$, sô vòng quấn trên một đơn vị chiều dài là $n = 30 \text{ cm}^{-1}$. Vận tốc của electron là $v = 3,0 \cdot 10^7 \text{ m/s}$. Độ từ thẩm μ của môi trường bằng một đơn vị.

3.126. Thoạt đâu hạt α chuyển động tự do với vận tốc $v = 0,350 \cdot 10^7 \text{ m/s}$. Tới một lúc nào đó người ta gây ra một từ trường đều với cảm ứng từ $B = 1,000 \text{ T}$ vuông góc với v tại vùng lân cận của hạt. Tìm :

- bán kính r của quỹ đạo của hạt α ;
- độ lớn và hướng của mômen từ p_m của hạt α ;
- tỷ số giữa mômen từ p_m của hạt α với mômen cơ M của nó.

Điện tích của hạt α là $e' = 2e$, khối lượng là $m = 6,65 \cdot 10^{-27}$ kg.

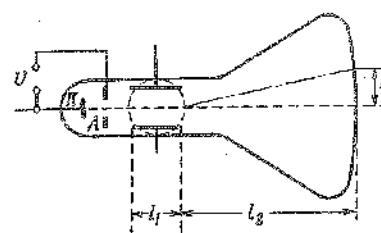
3.127. Một electron chuyển động trong một từ trường đều có cảm ứng từ là B . Tại lúc $t = 0$ vận tốc của electron có giá trị v_0 , và tạo với hướng của trường một góc α . Tìm phương trình quỹ đạo của electron dưới dạng tham số. (lấy thời gian t với tính cách là tham số) Lấy gốc tọa độ là điểm mà electron đi qua lúc ban đầu; trục z hướng dọc theo B ; trục x và y được bố trí sao cho vectơ v_0 nằm trong mặt phẳng xz . Tính tọa độ của giao điểm của quỹ đạo và mặt phẳng yz .

3.128. Một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 10,0$ mT và được hướng dọc theo trục x . Một chùm phân kỳ yêu các electron đơn năng lượng có vận tốc $v = 6,0 \cdot 10^6$ m/s, phóng ra theo phương x từ một điểm O nào đó trong trường. Hãy xác định khoảng cách l từ điểm O đến một điểm F gần nhất mà tại đó các quỹ đạo của tất cả các electron giao nhau (điểm mà tại đó chùm được hội tụ).

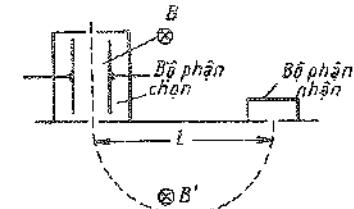
3.129. Một electron chuyển động trong một từ trường đều theo một đường xoắn ốc có đường kính $d = 80$ mm và bước ốc $l = 200$ mm. Xác định vận tốc v của electron. Cảm ứng của trường là $B = 5,0$ mT.

3.130. Có hai trường đều E và B giao nhau ($E \ll cB$). Ta chọn các trục tọa độ sao cho trục y hướng theo vectơ E , còn trục z theo vectơ B . Ta đặt tại gốc tọa độ một hạt có khối lượng m và điện tích e' và buông nó ra với vận tốc ban đầu bằng không. Hỏi hạt sẽ chuyển động như thế nào? Vận tốc v của hạt biến đổi theo thời gian theo quy luật nào?

3.131. Trong một dụng cụ giống như dụng cụ mà Thomson đã dùng để xác định điện tích riêng của electron (hình 141), một chùm electron có thể bị lệch trong phương thẳng đứng hoặc do một điện trường có phương thẳng đứng hoặc do một từ trường vuông góc với điện trường đó. Cả hai trường tác dụng trên một độ dài $l_1 = 50$ mm. Khoảng cách từ hệ thống làm lệch đến màn huỳnh quang là $l_2 = 175$ mm. Chùm electron được gia tốc bằng điện thế $U = 500$ V, đặt giữa katôt K và anôt A . Trong một điện trường làm lệch nào đó, vệt của chùm electron dịch chuyển trên màn một khoảng $b = 50$ mm. Khi đưa một từ trường làm lệch $B = 370 \mu\text{T}$ vào, thì vệt của chùm electron



Hình 141.



Hình 142.

lại trở về điểm ban đầu. Hãy xác định điện tích riêng của electron từ những dữ kiện đã đưa ra.

3.132. Trong khối phô kẽ Bainbridge (hình 142) khoảng cách giữa khe ra của bộ phận chọn vận tốc và khe vào của bộ phận tách các ion của máy đo là $l = 400$ mm. Cảm ứng của từ trường là $B' = B = 50,0$ mT. Khi biến đổi nhịp nhàng cường độ điện trường của bộ phận chọn, người ta quan sát được những mũi nhọn của dòng ion trong bộ phận nhận ứng với các giá trị $E_1 = 120$ V/cm và $E_2 = 160$ V/cm. Hãy xác định các khối lượng nguyên tử $A_{1,1}$ và $A_{1,2}$ của các ion tương ứng, với giả thiết là chúng cùng điện tích. Hãy đoán nhận những ion này (tức là hãy chỉ ra rằng chúng ứng với nguyên tố hóa học nào).

3.133. Đường kính trong của cực đê của một cyclotron là $d = 1000$ mm. Cảm ứng của từ trường là $B = 1,20$ T. Điện thế tăng tốc là $U = 100$ kV. Hãy tính:

a) năng lượng cực đại W mà các proton được tăng tốc trong cyclotron này có thể đạt được và vận tốc v mà các proton thu được ở cuối quá trình tăng tốc;

b) khoảng thời gian τ mà trong đó quá trình tăng tốc xảy ra;

c) giá trị gần đúng của quãng đường s mà proton di được trong khoảng thời gian trên.

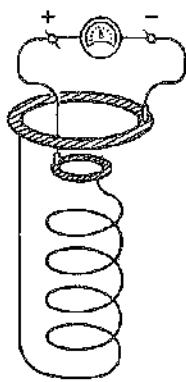
3.134. Giá trị trung bình của cảm ứng từ $\langle B \rangle$ của từ trường gây bởi nam châm của một betatron ở bên trong quỹ đạo của các electron được làm biến đổi gần như theo một quy luật tuyến tính, tăng từ không đến giá trị $B_1 = 200$ mT trong

khoảng thời gian $\tau = 1,00$ ms. Bán kính quỹ đạo của các electron là $r = 300$ mm. Hãy tính :

- quãng đường s mà electron đã đi qua trong thời gian nó được tăng tốc tới năng lượng $W = 50$ MeV;
- vận tốc v của các electron, khi được tăng tốc tới năng lượng đó.

CÁC HIỆN TƯỢNG ĐIỆN TỬ

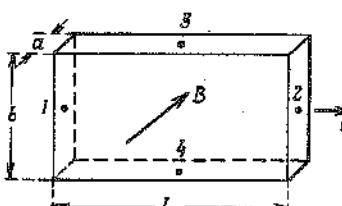
3.135. Trong một thí nghiệm tương tự như thí nghiệm của Tolman và Stewart, một ống dây có đường kính là $d = 500$ mm có $N = 400$ vòng dây đồng. Ống dây được nồi qua những con chay với một điện kế xung kích có điểm không ở giữa thang chia độ (hình 143). Điện trở toàn phần của ống dây, điện kế và các dây nồi có giá trị $R = 50\Omega$. Ống dây quay đều theo chiều mũi tên với vận tốc $n = 100$ vòng/s rồi bị hãm đột ngột. Khi đó một điện tích $q = 11,0$ nC đi qua điện kế làm kim điện kế lệch sang bên trái. Xác định đầu và độ lớn của điện tích riêng của các phần tử mang dòng điện trong đồng.



Hình 143.

3.136. Công thoát $e\phi$ ra khỏi kim loại của các electron là bao nhiêu, nếu kim loại ở nhiệt độ $T = 2000$ K được nâng lên $\Delta T = 0,01$ K, thì dòng điện bão hòa của sự phát nhiệt điện tử tăng lên 0,01%?

3.137. Một bản đồng có chiều dài $l = 60$ mm, chiều rộng $b = 20,0$ mm và chiều dày $a = 1,00$ mm (hình 144). Khi truyền một dòng điện có cường độ $i = 10,0$ A giữa hai điểm 1 và 2 dọc theo bản, thi ta quan sát thấy hiệu điện thế $U_{12} = -0,51$ mV, hiệu điện thế giữa các điểm 3 và 4 bằng không. Nếu không ngắt dòng điện mà lại gây một từ trường đều vuông góc với mặt bản và có cảm ứng $B = 100$ mT thì giữa

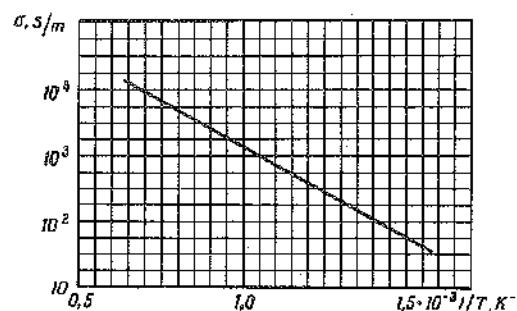


Hình 144.

các điểm 3 và 4 có một hiệu điện thế $U_{34} = 0,055\mu\text{V}$. Dùng những dữ kiện này, hãy xác định đối với đồng, mật độ các electron tự do n và độ linh động ν_0 của chúng.

3.138. Các điện cực của một đèn hai cực (diot) được nồi với một nguồn điện có sức điện động $E = 10,0$ V. Catôt được làm bằng wolfram, anôt bằng nikel. Hỏi : trên đường từ catôt đến anôt, electron thu được một năng lượng W bằng bao nhiêu? Có thể bỏ qua vận tốc ban đầu của electron khi bứt khỏi catôt.

3.139. Trên hình 145 vẽ biểu diễn sự phụ thuộc của dẫn điện suất σ của silicium theo giá trị nghịch đảo của nhiệt độ



Hình 145.

tuyệt đối T thu được bằng thực nghiệm. Xác định bề rộng của vùng cấm ΔW đối với silicium.

3.140. Trong một ống phóng điện có một hỗn hợp hydro và hêli. Hỏi : ion của nguyên tử hydro phải có quãng đường tự do trung bình λ là bao nhiêu, để khi va chạm nó có thể kích thích các nguyên tử hêli lúc đầu đứng yên? Trường trong ống coi như đều, cường độ của trường là $E = 10,0$ V/m. Điện thế bậc một để kích thích các nguyên tử hêli là $\psi_1 = 21,4$ V.

CÁC DAO ĐỘNG VÀ SÓNG ĐIỆN TỬ

3.141. Một mạch kín có dạng một khung với diện tích $S = 60,0 \text{ cm}^2$ quay đều trong một từ trường đều có cảm ứng $B = 20,0 \text{ mT}$ với vận tốc $n = 20,0$ vòng trong mỗi giây. Trục

quay và phương của từ trường vuông góc với nhau. Hãy xác định giá trị biên độ \mathbb{E}_m và giá trị hiệu dụng \mathbb{E} của sôc điện động trong mạch.

3.142. Một thạch điện xoay chiều gồm một điện trở hoạt động $R = 800\Omega$, một cuộn cảm $L = 1,27 \text{ H}$ và một điện dung $C = 1,59 \mu\text{F}$ được mắc nối tiếp với nhau. Hai đầu mạch được nối với một thê hiệu hiệu dụng $U = 127 \text{ V}$ và có tần số 50 Hz .
Tính:

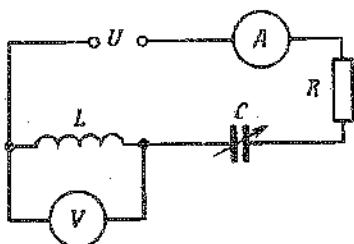
- a) giá trị hiệu dụng của cường độ dòng điện I trong mạch ;
 b) độ lệch pha ϕ giữa dòng điện và thế hiệu ;
 c) các giá trị hiệu dụng của các thế hiệu U_R , U_L và U_C giữa hai đầu của mỗi linh kiện trong mạch ;
 d) công suất W thả ra trong mạch .

3.143. Một thê hiệu xoay chiều có giá trị hiệu dụng là $U = 220\text{ V}$ và tần số $v = 50\text{ Hz}$ được đặt vào hai đầu một cuộn dây không có lõi có hệ số tự cảm $L = 31,8\text{ mH}$ và điện trở hoạt động $R = 10,0\Omega$.

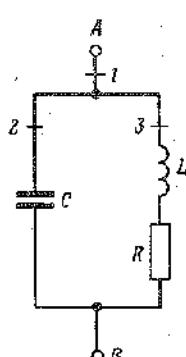
- a) Tính nhiệt lượng Q tỏa ra trong ống dây trong một giây.
 b) Q sẽ thay đổi ra sao nếu mắc nối tiếp với ống dây một tụ điện có điện dung $C = 31,9 \mu\text{F}$?

3.144. Trên hai đầu một đoạn mạch, được vẽ trên hình 146, người ta đặt một thê hiệu xoay chiều có giá trị hiệu dụng là $U = 220 \text{ V}$ và tần số $v = 50 \text{ Hz}$. Điện trở hoạt động của mạch là $R = 22 \Omega$, bệ sô tự cầm $I_s = 318 \text{ mA}$.

Điện dung của mạch được lựa chọn sao cho số chỉ trên vôn kẽ mắc song song với cuộn cảm là cực đại. Tính số chỉ U_1 của vôn kẽ và số chỉ I của ampe kẽ trong những điều kiện trên. Có thể bỏ qua điện trở toàn phần của



Hinb 146.



Hind 147.

ampe kẽ và dòng điện rẽ qua mạch của vôn kẽ.

3.145. Trên các điểm A và B của sơ đồ vẽ trên hình 147 người ta đặt một thê hiệu xoay chiều có giá trị hiệu dụng $U = 220\text{ V}$. Điện dung của mạch là $C = 1,00\text{ }\mu\text{F}$, điện cảm $L = 1,00\text{ mH}$, điện trở $R = 100\text{ m}\Omega$. Hỏi: giá trị của tần số ω phải bằng bao nhiêu để dòng điện đi qua tiết diện 1 là cực tiểu? Với tần số đó, các giá trị hiệu dụng I_1 , I_2 và I_3 của cường độ dòng điện đi qua các tiết diện 1, 2 và 3 sẽ bằng bao nhiêu?

3.146. Một mạch dao động của một máy thu thanh gồm một ống dây có hệ số tự cảm $L = 1,00 \text{ mH}$ và một tụ điện biến đổi có điện dung có thể thay đổi được trong khoảng từ $9,7$ đến 92 pF . Hỏi: máy thu thanh này có thể nhận được các băng sóng nào của các đài phát?

3.147. Điện trở hoạt động của một mạch dao động là $R = 0,33 \Omega$. Hỏi: công suất tiêu thụ W của mạch là bao nhiêu để duy trì được trong nó một dao động điện không tắt với biên độ của cường độ dòng điện là $I_0 = 30 \text{ mA}$?

3.148. Các tham số của một mạch dao động có các giá trị $C = 1,00 \text{ nF}$, $L = 6,00 \mu\text{H}$, $R = 0,50 \Omega$. Hỏi: phải cung cấp cho mạch một công suất W là bao nhiêu để duy trì được trong nó một dao động điện không tắt với biên độ của hiệu điện thế trên tụ điện là $U_m = 10,0 \text{ V}$?

3.149. Các tham số của một mạch dao động có các giá trị $C = 4,00 \mu\text{F}$, $L = 0,100 \text{ mH}$, $R = 1,00 \Omega$. Hỏi: hệ số phảm chất Q của mạch bằng bao nhiêu? Nếu tính hệ số phảm chất của mạch theo công thức gần đúng

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} ?$$

thì ta mắc phải một sai sót tương đối là bao nhiêu?

3.150. Hệ số phâm chất Q của một mạch dao động nào đó bằng 10,0. Hãy xác định xem tần số của dao động tự do ω của mạch và tần số dao động riêng ω_0 của mạch khác nhau bao nhiêu phần trăm? (Tính $(\omega_0 - \omega)/\omega_0$).

3.151. Tần số dao động riêng của một mạch bằng $v_0 = 8,0 \text{ kHz}$: hệ số phảm chất của mạch là $Q = 72$. Người ta gây ra một dao động tắt dần trong mạch. Hãy tìm quy luật giảm của năng lượng dự trữ W trong mạch theo thời gian t . Hỏi:

phản năng lượng ban đầu W_0 còn lại trong mạch sau khoảng thời gian $t = 1,00 \text{ ms}$ là bao nhiêu?

3.152. Hỏi: hệ số phảm chất Q của một mạch phải là bao nhiêu, để tần số cộng hưởng của dòng điện khác tần số cộng hưởng của thê hiệu không quá 1%?

3.153. Điện dung của mạch vẽ trên hình 148, là $C = 1,00 \text{ nF}$, độ tự cảm $L = 1,00 \text{ mH}$. Đặt đồng thời lên các điểm A và B hai thê hiệu xoay chiều cùng biên độ nhưng khác tần số: tần số của thê hiệu thứ nhất trùng với tần số riêng ω_0 của mạch, tần số của thê hiệu thứ hai ω lớn hơn tần số riêng là 10% ($\omega = 1,10 \omega_0$).

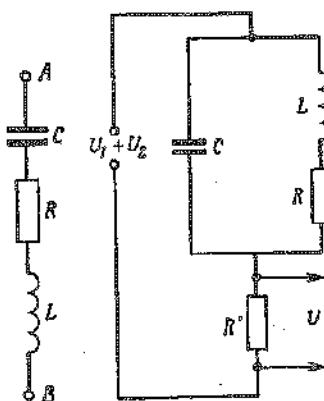
Tính tỷ số biên độ của các dòng điện sinh ra trong mạch bởi cả hai thê hiệu (I_1/I_2) trong các trường hợp mà:

- hệ số phảm chất của mạch là $Q = 100$;
- hệ số phảm chất $Q = 10$.

3.154. Mạch dao động vẽ trên hình 149 có điện dung $C = 1,00 \text{ nF}$ và hệ số tự cảm $L = 1,00 \text{ mH}$. Mắc nối tiếp với mạch một điện trở $R' = 10,0\Omega$ rồi đặt lên mạch cùng một lúc hai thê hiệu có cùng độ lớn là $U_1 = U_2 = 10,0 \text{ V}$ nhưng khác nhau về tần số. Tần số của thê hiệu thứ nhất trùng với tần số cộng hưởng ω_{ch} của mạch, tần số ω của thê hiệu thứ hai lớn hơn tần số cộng hưởng 10% ($\omega = 1,10 \omega_{ch}$). Hãy tính độ lớn của các thê hiệu U'_1 và U'_2 được lấy ra ở hai đầu điện trở R' trong các trường hợp mà:

- hệ số phảm chất của mạch là $Q = 100$;
- hệ số phảm chất $Q = 10$.

3.155. Một sóng điện từ phẳng được lan truyền trong một môi trường có $\epsilon = 4,00$ và $\mu = 1,00$. Biên độ của vectơ điện của sóng là $E_m = 200 \text{ V/m}$. Trên đường đi của sóng người ta đặt một mặt hấp thụ có dạng một bán cầu có bán kính $r = 300 \text{ mm}$,



Hình 148.

Hình 149.

quay đinh về phía sóng tới. Hỏi: sau khoảng thời gian $t = 1,00 \text{ phút}$ mặt này hấp thụ một năng lượng W là bao nhiêu?

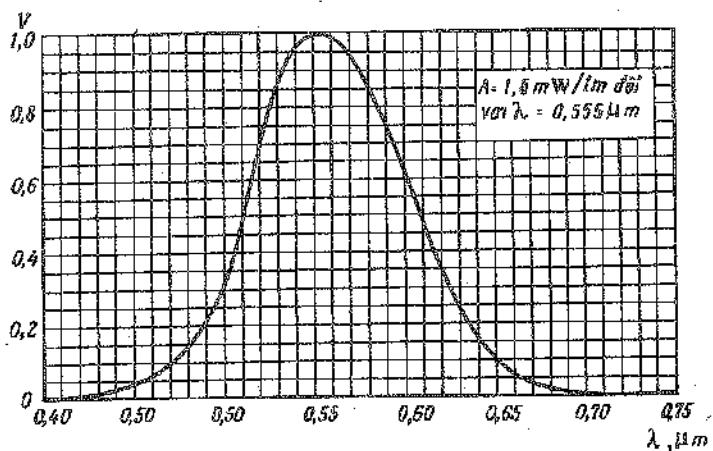
3.156. Một sóng điện từ được bức xạ bởi một lưỡng cực nguyên tố và được truyền trong chân không. Biên độ của cường độ điện trường trong miền sóng, trên một tia vuông góc với trục của lưỡng cực và cách lưỡng cực một khoảng $r = 1,00 \text{ m}$ là $E_m = 10,0 \text{ V/m}$. Tính công suất bức xạ I của lưỡng cực (tức là năng lượng mà lưỡng cực bức xạ trong một đơn vị thời gian theo mọi hướng).

QUANG HỌC

TRẮC QUANG VÀ QUANG HÌNH HỌC

4.1. Dựa vào đường cong độ nhạy (hình 150) hãy tìm :

- a) thông lượng năng lượng ứng với một quang thông đơn sắc là 1,00 lm với bước sóng là 0,51 và 0,64 μm ;
- b) quang thông ứng với một khoảng bước sóng từ 0,58 đến 0,63 μm , nếu thông lượng năng lượng tương ứng là $\Phi_s = 4,5 \text{ mW}$ hơn nữa thông lượng này phân bố đều theo mọi bước sóng trong khoảng đó (giả thử rằng trong vùng phò đã cho, hàm độ nhạy phụ thuộc tuyến tính theo bước sóng).



Hình 150.

4.2. Một nguồn điểm đồng hướng phát một quang thông $\Phi = 10 \text{ lm}$ với bước sóng $\lambda = 0,59 \mu\text{m}$. Hãy tìm giá trị của biên độ cường độ điện trường và tần số của quang thông đó ở

khoảng cách $r = 1,0 \text{ m}$ tính từ nguồn. Dùng đường cong độ nhạy (xem hình 150).

4.3. Hãy tìm độ rọi sáng trung bình của một phần mặt cầu không trong suốt được chiếu sáng, nếu chiếu vào đó :

- a) một quang thông song song, gây tại điểm tới vuông góc một độ rọi là E_0 ;
- b) ánh sáng từ một nguồn điểm đồng hướng đặt cách tâm mặt cầu một khoảng $l = 100 \text{ cm}$; bán kính quả cầu là $r = 60 \text{ cm}$ và cường độ sáng $I = 36 \text{ cd}$.

4.4. Chứng minh rằng độ chói sáng của một nguồn theo một phương đã cho là $B_\Omega = E/\Omega$, trong đó E là độ rọi của một diện tích đặt vuông góc với phương đã cho, Ω là góc khói mà từ diện tích đó người ta nhìn một phần của nguồn bức xạ.

4.5. Một mặt chiếu sáng tuân theo định luật Lambert. Độ chói sáng của nó là B . Hãy tìm :

- a) quang thông được bức xạ bởi một nguyên tố ΔS của mặt này bên trong hình nón có trục vuông góc với nguyên tố đã cho, nếu nửa góc mở của hình nón bằng ϑ ;
- b) độ chói của nguồn đó.

4.6. Ở phía trên tâm của một bàn tròn có bán kính $r = 1,0 \text{ m}$ người ta treo một ngọn đèn có dạng một đĩa phẳng nằm ngang có diện tích $S = 100 \text{ cm}^2$. Độ chói của đèn là $B = 1,6 \cdot 10^4 \text{ cd/m}^2$ và không phụ thuộc vào phương. Cần phải treo đèn cao hơn mặt bàn một độ cao h là bao nhiêu để độ rọi của những điểm ở mép bàn là cực đại? Độ rọi này là bao nhiêu?

4.7. Một nguồn điểm được treo ở một độ cao $h = 1,0 \text{ m}$ trên tâm của một bàn tròn có bán kính $r = 1,0 \text{ m}$. Đường cong phân bố ánh sáng của nguồn là $I(\vartheta)$ đảm bảo một độ rọi đều cho mọi điểm của bàn (I là cường độ sáng, ϑ là góc giữa tia sáng và đường thẳng đứng). Hãy tìm dạng của hàm số $I(\vartheta)$ và quang thông gửi tới bàn, nếu $I(0) = I_0 = 100 \text{ cd}$.

4.8. Một chùm tia sáng thẳng đứng từ một đèn chiếu, chiếu sáng tâm của trần một buồng tối tròn có bán kính $r = 2,0 \text{ m}$. Khi đó một vệt sáng có diện tích $S = 100 \text{ cm}^2$ được tạo ra trên trần. Độ rọi sáng của vệt sáng là $E = 1000 \text{ lx}$. Hệ số phản xạ của trần là $\rho = 0,80$. Hãy tìm độ rọi sáng lớn nhất của tường được gây ra bởi ánh sáng phản xạ từ trần. Giả thử rằng sự phản xạ xảy ra theo định luật Lambert.

4.9. Một mái vòm có dạng một bán cầu được chiếu sáng đều và tựa trên một mặt nằm ngang. Xác định độ rọi sáng tại tâm của mặt này, nếu độ chói sáng của mái vòm bằng B , và không phụ thuộc vào phương.

4.10. Một nguồn sáng Lambert có dạng một mặt phẳng vô hạn. Độ chói của nguồn là B . Hãy tìm độ rọi sáng của một diện tích đặt song song với nguồn đã cho.

4.11. Trên bàn có treo một nguồn sáng là một đĩa phẳng nằm ngang có bán kính $r_0 = 25$ cm, khoảng cách từ nguồn đến mặt bàn là $h = 75$ cm. Độ rọi sáng của bàn dưới tâm của nguồn là $E_0 = 70$ lx. Hãy tìm độ trung của nguồn này, giả thử rằng nó là nguồn Lambert.

4.12. Một nguồn sáng có dạng một quả cầu sáng đều có bán kính $r_0 = 6,0$ cm và cách sàn nhà một khoảng $h = 3,0$ m. Độ chói của nguồn là $B = 2,0 \cdot 10^4$ cd/m² và không phụ thuộc vào phương. Hãy tìm độ rọi sáng của sàn nhà ngay ở dưới nguồn sáng.

4.13. Hãy mô tả dưới dạng vectơ, định luật phản xạ tia sáng từ một gương, qua những vectơ đơn vị e và e' của tia tới và phản xạ và vectơ đơn vị n của pháp tuyến ngoài với mặt gương.

4.14. Chứng minh rằng một tia sáng sau khi phản xạ lần lượt qua ba gương phẳng vuông góc với nhau sẽ biến đổi chiều của nó, thành chiều ngược lại.

4.15. Với giá trị nào của góc tới thì tia sáng phản xạ trên mặt nước sẽ vuông góc với tia khúc xạ?

4.16. Có hai môi trường trong suốt được ngăn cách bằng một mặt phẳng. Cho i_{11m} là góc giới hạn của tia tới, còn i_1 là góc tới khi tia khúc xạ vuông góc với tia phản xạ (giả thử rằng tia sáng đi từ môi trường có chiết suất lớn hơn). Hãy tìm chiết suất tỷ đối của những môi trường này nếu $\sin i_{11m}/\sin i_1 = \eta = 1,28$.

4.17. Một tia sáng đập lên một bản mặt song song bằng thủy tinh có bê đaye $d = 6,0$ cm. Góc tới $i = 60^\circ$. Hãy tìm độ dịch chuyển ngang của tia sáng sau khi đi qua bản này.

4.18. Một người đứng trên bờ một bể nước và quan sát một hòn đá nằm ở đáy. Độ sâu của bể là h . Hỏi: khoảng cách từ mặt nước tới ánh của hòn đá là bao nhiêu, nếu tia sáng tới mắt tạo với đường vuông góc với mặt nước một góc i ?

4.19. Chứng minh rằng khi khúc xạ trong lăng kính với góc chiết quang ϑ nhỏ tia sáng bị lệch một góc $\alpha \approx (n-1)\vartheta$ không phụ thuộc góc tới, nếu góc tới cũng nhỏ.

4.20. Một tia sáng đi qua lăng kính có góc chiết quang ϑ và chiết suất n . Gọi α là góc lệch của tia sáng. Chứng minh rằng khi đường đi của tia sáng qua lăng kính là đối xứng thì:

a) góc α là cực tiểu;

$$b) n \sin \frac{\vartheta}{2} = \sin \frac{\vartheta + \alpha}{2}.$$

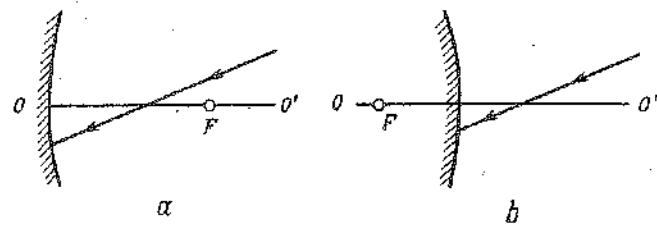
4.21. Một lăng kính thủy tinh cho góc lệch cực tiểu của tia sáng bằng góc chiết quang của lăng kính. Hãy tìm góc chiết quang này.

4.22. Tìm các giới hạn, trong đó góc lệch của tia sáng có thể biến đổi khi tia sáng đi qua một lăng kính thủy tinh có góc chiết quang $\vartheta = 60^\circ$.

4.23. Một lăng kính có ba mặt với góc chiết quang là 60° cho góc lệch cực tiểu trong không khí là 37° . Hỏi: góc lệch cực tiểu của lăng kính đó trong nước là bao nhiêu?

4.24. Một tia sáng chứa hai thành phần đơn sắc đi qua một lăng kính ba mặt với góc chiết quang $\vartheta = 60^\circ$. Hãy xác định góc $\Delta\varphi$ giữa hai thành phần của tia sáng ở sau lăng kính, nếu chiết suất đối với chúng bằng 1,515 và 1,520 và lăng kính được đặt ở vị trí cho góc lệch cực tiểu.

4.25. Từ nguyên lý Fermat hãy thiết lập các định luật phản xạ và khúc xạ ánh sáng trên một mặt phẳng ngăn cách giữa hai môi trường.

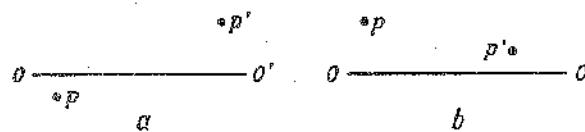


Hình 151.

4.26. Hãy vẽ :

a) đường đi của tia sáng sau khi phản xạ trên gương cầu lõm và lồi (hình 151, trong đó F là tiêu điểm, OO' là quang trục);

b) vị trí của gương và tiêu điểm của nó đối với các trường hợp vẽ trên hình 152, trong đó P và P' là các điểm liên hợp.



Hình 152.

4.27. Xác định tiêu cự của một gương cầu lõm nếu :

a) khoảng cách giữa vật và ảnh là $l = 15$ cm thì hệ số phóng đại ngang là $\beta = -2,0$;

b) vật ở vị trí này hệ số phóng đại ngang là $\beta_1 = -0,50$, còn ở vị trí khác cách vị trí trước một khoảng là $l = 5,0$ cm thì hệ số phóng đại ngang là $\beta_2 = -0,25$.

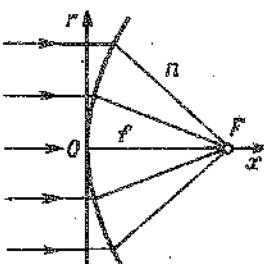
4.28. Một nguồn điểm có cường độ sáng là $I_0 = 100$ cd đặt cách đỉnh của một gương cầu lõm một khoảng $s = 20,0$ cm. Gương có tiêu cự là $f = 25,0$ cm. Xác định cường độ sáng của chùm tia phản xạ, nếu hệ số phản xạ của gương là $\rho = 0,80$.

4.29. Từ nguyên lý Fermat hãy thiết lập công thức khúc xạ của các tia gần trục trên một mặt cầu có bán kính R ngắn cách hai môi trường có chiết suất là n và n' .

4.30. Một chùm tia sáng song song từ chân không tới đập lên mặt giới hạn của một môi trường có chiết suất n (hình 153).

Tìm dạng của mặt này tức là phương trình $x(r)$, trong đó chùm tia sẽ hội tụ tại điểm F cách đỉnh O một khoảng là f . Hỏi : bán kính cực đại của tiết diện để chùm tia còn có thể được hội tụ là bao nhiêu ?

4.31. Một nguồn điểm đặt cách mặt trước của một thấu kính thủy tinh có hai mặt lồi đối xứng, một khoảng là 20 cm. Bề dày của thấu kính bằng 5 cm, bán kính cong của các mặt là 5 cm. Hỏi :



Hình 153.

ánh của nguồn được tạo nên ở cách mặt sau của thấu kính một khoảng bao nhiêu ?

4.32. Một vật được đặt trước mặt lồi của một thấu kính thủy tinh lồi — phẳng có bề dày là $d = 9,0$ cm. Ảnh của vật này hiện trên mặt phẳng của mặt lồi thấu kính, mặt này dùng làm màn ảnh. Xác định :

a) hệ số phóng đại ngang, nếu bán kính cong của mặt lồi của thấu kính là $R = 2,5$ cm ;

b) độ rời của ảnh nếu độ chói của vật là $B = 7700 \text{ cd/m}^2$, và đường kính của lỗ vào của mặt lồi thấu kính là $D = 5,0 \text{ mm}$.

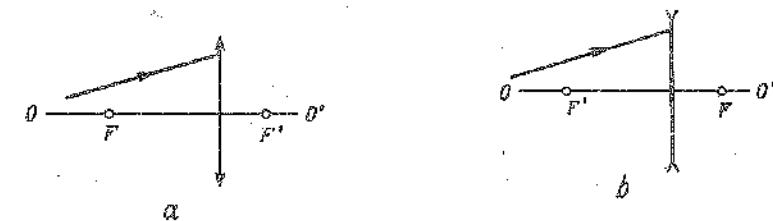
4.33. Tính độ tụ và tiêu cự của :

a) một thấu kính mỏng bằng thủy tinh đặt trong một chất lỏng có chiết suất $n_0 = 1,7$, nếu độ tụ của nó trong không khí là $\Phi_0 = -5,0 \text{ dp}$;

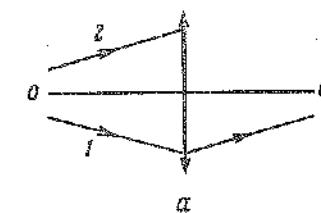
b) một thấu kính mỏng bằng thủy tinh ($n = 1,50$) có hai mặt lồi đối xứng, trong đó một mặt tiếp xúc với không khí, còn mặt kia với nước, nếu độ tụ của thấu kính này trong không khí là $\Phi_0 = +10 \text{ dp}$.

4.34. Xác định bằng cách vẽ :

a) đường đi của tia sáng đi ra khỏi các thấu kính hội tụ và phân kỳ (hình 154, trong đó OO' là quang trục, F và F' là các tiêu điểm trước và sau) :



Hình 154.



Hình 155.

b) vị trí của một thấu kính mỏng và các tiêu điểm của nó, nếu biết vị trí của quang trục OO' và vị trí của cặp điểm liên hợp PP' (xem hình 152); các môi trường ở hai bên thấu kính đều giống nhau;

c) đường đi của tia 2 sau các thấu kính mỏng hội tụ và phản xạ (hình 155), nếu biết vị trí của thấu kính và quang trục OO' của nó và đường đi của tia 1; các môi trường ở hai bên thấu kính đều giống nhau.

4.35. Một thấu kính mỏng hội tụ có tiêu cự $f = 25$ cm, cho một ảnh của vật trên màn ảnh đặt cách thấu kính một khoảng $l = 5,0$ m. Người ta dời màn ảnh lại gần thấu kính một khoảng $l = 18$ cm. Cần phải dời vật đi bao nhiêu để lại thu được một ảnh rõ trên màn ảnh?

4.36. Một nguồn sáng đặt cách một màn ảnh một khoảng $l = 90$ cm. Một thấu kính mỏng hội tụ đặt giữa nguồn sáng và màn ảnh, cho một ảnh rõ của nguồn sáng với hai vị trí. Xác định tiêu cự của thấu kính này:

- khoảng cách giữa hai vị trí của thấu kính là $\Delta l = 30$ cm;
- các kích thước ngang của ảnh ứng với vị trí này của thấu kính lớn gấp $\eta = 4,0$ lần các kích thước ngang ứng với vị trí kia của thấu kính.

4.37. Giữa một vật và một màn ảnh cố định, người ta đặt một thấu kính mỏng hội tụ. Khi dịch chuyển thấu kính người ta thấy có hai vị trí cho ảnh rõ trên màn ảnh. Tìm kích thước ngang của vật nếu ứng với vị trí này của thấu kính kích thước của ảnh là $h' = 2,0$ mm còn ứng với vị trí kia $h'' = 4,5$ mm.

4.38. Một thấu kính mỏng hội tụ có khẩu độ tỷ đối là $D : f = 1 : 3,5$ (D là đường kính của thấu kính, f là tiêu cự của nó) cho ảnh của một vật ở khá xa trên kính ảnh. Độ chói sáng của vật là $B = 260 \text{ cd/m}^2$. Sự mất mát ánh sáng trong thấu kính tổng cộng là $\alpha = 0,10$. Tìm độ sáng của ảnh.

4.39. Độ chói sáng của một ảnh thực phụ thuộc vào đường kính D của một thấu kính mỏng như thế nào, nếu người ta quan sát nó:

- trực tiếp;
- trên một màn ảnh trắng, khuỷu tản ánh sáng theo định luật Lambert?

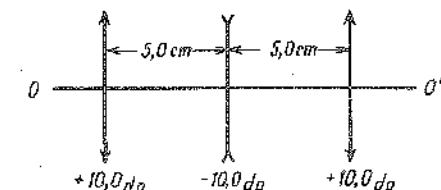
4.40. Có hai thấu kính mỏng đối xứng: một cái hội tụ với chiết suất $n_1 = 1,70$, một cái phản xạ với $n_2 = 1,51$. Các mặt của hai thấu kính có cùng một bán kính cong $R = 10$ cm. Các thấu kính được dán với nhau và đặt trong nước. Hỏi: tiêu cự của hệ ở trong nước là bao nhiêu?

4.41. Xác định tiêu cự của một gương cầu lõm làm bằng một thấu kính mỏng bằng thủy tinh có hai mặt lõi đối xứng với một trong hai mặt đó được mạ bạc. Bán kính cong của mặt thấu kính là $R = 40$ cm.

4.42. Trên hình 156 vẽ một hệ đồng trục gồm ba thấu kính mỏng. Hệ được đặt trong không khí. Xác định:

a) vị trí của điểm hội tụ của một chùm tia song song sau khi đi qua hệ từ trái sang phải;

b) khoảng cách từ thấu kính thứ nhất đến một điểm nằm trên trục ở bên trái hệ sao cho điểm này và ảnh của nó sẽ đối xứng với nhau đối với hệ.



Hình 156.

4.43. Một ống kính Galiléo có độ phóng đại 10 lần khi hướng ra vô cực, có chiều dài 45 cm. Xác định:

- tiêu cự của vật kính và thị kính của ống kính;
- khoảng cách cần dịch chuyển thị kính của ống kính để nhìn thấy rõ các vật đặt cách một khoảng 50 m.

4.44. Tìm độ phóng đại của một kính thuộc loại kính Kepler, hướng ra vô cực, nếu D là đường kính của ống vật kính còn d là đường kính của ảnh của ống này tạo bởi thị kính của kính.

4.45. Khi đi qua một ống kính cường độ của quang thông tăng gấp $\eta = 4,0 \cdot 10^4$ lần. Tìm kích thước góc của một vật ở xa, nếu khi quan sát trong kính này kích thước góc của ảnh của vật là $u' = 2,0^\circ$.

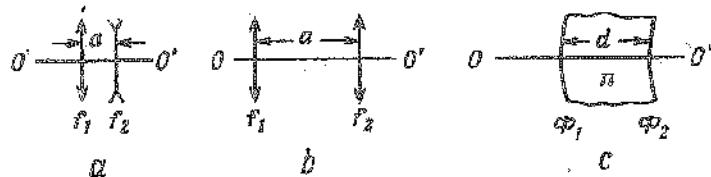
4.46. Một kính thuộc loại kính Kepler có độ phóng đại $\Gamma = 15$, được nhúng trong nước sao cho nước chiếm hết cả bên trong kính. Để hệ với cùng kích thước ấy vẫn là kính viễn vọng người ta đã thay vật kính bằng một vật kính khác. Độ phóng

đại của kính trong nước sau đó bằng bao nhiêu? Chiết suất của thủy tinh làm thị kính là $n = 1,50$.

4.47. Độ phóng đại Γ của một kính có đường kính của vật kính là $D = 6,0$ cm phải bằng bao nhiêu, để độ rời sáng của ảnh của vật trên vòm mạc sẽ không nhỏ hơn lúc không nhìn bằng kính? Đường kính của lỗ con người mắt coi như bằng $d_0 = 3,0$ mm. Bỏ qua sự mất mát ánh sáng trong kính.

4.48. Độ tụ của vật kính và thị kính của một kính hiển vi lân lượt bằng 160 và 20 dp. Số phóng đại của kính hiển vi bằng: 50. Hỏi: số phóng đại của kính hiển vi này là bao nhiêu, nếu khoảng cách giữa vật kính và thị kính tăng lên 2,0 cm?

4.49. Một kính hiển vi có khẩu độ số sin $u = 0,12$, trong đó u là nửa góc mở của hình nón các tia sáng tới ống vật kính. Giả thử đường kính của lỗ con người mắt là $d_0 = 4,0$ mm, xác định số phóng đại của kính hiển vi khi:



Hình 157.

a) đường kính của chùm tia sáng đi ra khỏi kính hiển vi bằng đường kính của lỗ con người mắt;

b) độ rời sáng của ảnh trên vòm mạc sẽ không phụ thuộc vào số phóng đại (khảo sát trường hợp khi chùm tia sáng đi qua hệ «kính hiển vi — mắt» được giới hạn bởi ống vật kính).

4.50. Tìm vị trí các mặt phẳng chính, các tiêu điểm và các điểm nút của một thấu kính mỏng bằng thủy tinh có hai mặt lồi và đối xứng, với bán kính cong của các mặt là $R = 7,50$ cm, nếu một mặt của nó đặt trong không khí còn mặt kia trong nước.

4.51. Xác định bằng cách vẽ, vị trí của các tiêu điểm và các mặt phẳng chính của một hệ quang học đồng trục vẽ trên hình 157:

a) một vật kính chụp xa tức là một hệ gồm hai thấu kính mỏng, một hội tụ và một phân kỳ;

b) một hệ gồm hai thấu kính mỏng hội tụ ($f_1 = 1,5a$, $f_2 = 0,5a$);

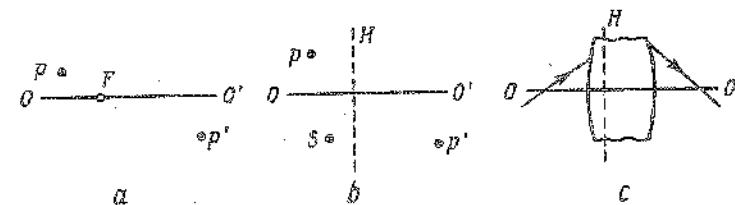
c) một thấu kính dày lồi — lõm ($d = 4$ cm, $n = 1,5$, $\Phi_1 = +50$ dp, $\Phi_2 = -50$ dp).

4.52. Một hệ quang học đặt trong không khí. Cho OO' là quang trục của hệ. F và F' là các tiêu điểm trước và sau; H và H' là các mặt phẳng chính trước và sau, P và P' là các điểm liên hợp. Xác định bằng hình vẽ:

a) vị trí của F' và H' (hình 158a);

b) vị trí của điểm S' liên hợp với điểm S (hình 158b);

c) vị trí của điểm F , F' và H' (hình 158c, trong đó vẽ đường đi của tia sáng trước và sau khi đi qua hệ).



Hình 158.

4.53. Cho F và F' là các tiêu điểm trước và sau của một quang hệ, H và H' là các điểm chính trước và sau của hệ. Xác định bằng cách vẽ vị trí của ảnh S' của điểm S đối với những vị trí tương đối sau đây của các điểm S , F , F' , H , H' :

a) $FSHH'F'$; b) $HSFF'H'$; c) $H'SF'FH$; d) $FH'SHF$.

4.54. Một vật kính chụp xa gồm hai thấu kính mỏng trong đó thấu kính trước là hội tụ, sau là phân kỳ, có các độ tụ lân lượt là $\Phi_1 = +10$ dp và $\Phi_2 = -10$ dp. Xác định:

a) tiêu cự và vị trí của các mặt phẳng chính của hệ này, nếu khoảng cách giữa các thấu kính là $d = 4,0$ cm;

b) khoảng cách d giữa các thấu kính khi tỷ số giữa tiêu cự f của hệ với khoảng cách l giữa thấu kính hội tụ và tiêu điểm chính sau là cực đại. Tỷ số này bằng bao nhiêu?

4.55. Tính vị trí của các mặt phẳng chính và các tiêu điểm của một thấu kính thủy tinh dày lồi — lõm, nếu bán kính cong của mặt lồi là $R_1 = 10,0$ cm, của mặt lõm là $R_2 = 5,0$ cm và bề dày của thấu kính là $d = 3,0$ cm.

4.56. Một quang hệ đồng trục gồm hai thấu kính mỏng có tiêu cự là f_1 và f_2 và khoảng cách giữa các thấu kính bằng d . Người ta thay thế hệ này bằng một thấu kính mỏng sao cho với một vị trí bất kỳ của vật qua thấu kính cũng cho cùng một số phóng đại ngang giống như đối với hệ trên. Hỏi : tiêu cự của thấu kính này và vị trí của thấu kính đối với hệ trên phải như thế nào ?

4.57. Một hệ gồm một thấu kính hội tụ bằng thủy tinh mỏng dày xứng, với bán kính cong của các mặt là $R = 38$ cm và một gương phẳng đặt vuông góc với quang trục của thấu kính. Khoảng cách giữa thấu kính và gương là $t = 12$ cm. Độ tụ của hệ này là bao nhiêu, nếu khoảng không gian giữa thấu kính và gương chứa đầy nước.

4.58. Với độ dày nào thì một thấu kính dày lõi — lõm bằng thủy tinh sẽ :

a) trở thành kính viễn vọng nếu bán kính cong của mặt lõi của thấu kính lớn hơn bán kính cong của mặt lõm là $\Delta R = 1,5$ cm ?

b) có độ tụ bằng $-1,0$ dp, nếu bán kính cong của mặt lõi và lõm của thấu kính lần lượt bằng $10,0$ và $7,5$ cm ?

4.59. Tìm vị trí của các mặt phẳng chính, tiêu cự và dấu của độ tụ của một thấu kính dày lõi lõm bằng thủy tinh có :

a) độ dày bằng d , còn các bán kính cong của các mặt nhau và bằng R ;

b) các mặt khúc xạ đồng tâm có các bán kính cong là R_1 và R_2 ($R_2 > R_1$).

4.60. Một hệ kính viễn vọng gồm hai quả cầu thủy tinh có các bán kính $R_1 = 5,0$ cm và $R_2 = 1,0$ cm. Tính khoảng cách giữa các tâm của các quả cầu và số phóng đại của hệ, nếu quả cầu lớn là vật kính ?

4.61. Hai thấu kính dày giằng hét nhau, có hai mặt lõi đối xứng, được dán với nhau. Độ dày của mỗi thấu kính là d bằng bán kính cong của các mặt của nó, $d = R = 3,0$ cm. Tìm độ tụ của hệ này trong không khí.

4.62. Khi ánh sáng truyền trong một môi trường đẳng hướng có chiết suất n biến đổi chậm từ điểm này tới điểm khác, bán kính cong p của một tia sáng được xác định bằng công thức

$$\frac{1}{p} = \frac{\partial}{\partial N} (\ln n),$$

trong đó đạo hàm được thực hiện theo phương của đường pháp tuyến chính của tia. Hãy rút ra công thức này, biết rằng trong môi trường đó định luật khúc xạ $n \sin i = \text{const}$ được nghiệm đúng, trong đó i là góc giữa tia sáng và hướng của grad n tại điểm đã cho.

4.63. Tìm bán kính cong của một tia sáng truyền theo phương nằm ngang gần mặt đất, tại đó gradien của chiết suất của không khí xấp xỉ bằng $3 \cdot 10^{-8} \text{ m}^{-1}$. Với giá trị nào của gradien này tia sáng được truyền theo một vòng tròn xung quanh Trái Đất.

SỰ GIAO THOA ÁNH SÁNG

4.64. Chứng minh rằng khi cộng hai dao động điều hòa thì năng lượng của dao động tổng hợp là trung bình theo thời gian, bằng tổng năng lượng của các dao động, nếu hai dao động :

a) có cùng phương và không kết hợp, thêm vào đó mọi giá trị của hiệu pha của chúng đều đồng xác suất ;

b) vuông góc với nhau, có cùng tần số và hiệu pha tùy ý.

4.65. Tìm bằng đồ thị, biên độ của dao động tổng hợp của ba dao động cùng phương sau đây :

$$\xi_1 = a \cos \omega t ; \quad \xi_2 = 2a \sin \omega t ; \quad \xi_3 = 1,5a \cos (\omega t + \pi/3).$$

4.66. Một dao động nào đó là tổng hợp của các dao động không kết hợp và cùng phương có dạng sau :

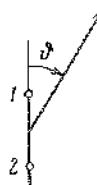
$$\xi = a \cos [\omega t + (k-1)\vartheta],$$

trong đó k là số thứ tự của dao động ($k=1,2,\dots, N$), ϑ là hiệu pha giữa dao động thứ k và thứ $(k-1)$. Tìm biên độ của dao động tổng hợp.

4.67. Một hệ (hình 159) gồm hai nguồn điểm kết hợp 1 và 2 được đặt trong một mặt phẳng P và dao động theo phương vuông góc với mặt đó. Khoảng cách giữa hai nguồn bằng d , bước sóng của bức xạ là λ . Biết rằng dao động của nguồn 2 chậm pha là ϕ ($\phi < \pi$) so với dao động của nguồn 1, tìm :

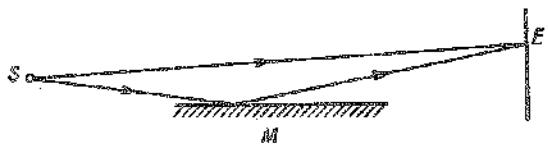
a) các góc ϑ mà trong đó các phương ứng với cường độ bức xạ là cực đại ;

b) các điều kiện trong đó cường độ bức xạ là cực đại theo hướng $\vartheta = \pi$ và cực tiểu theo hướng ngược lại.



Hình 159.

4.68. Một hệ bức xạ không chuyên động, gồm một dây các máy rung song song đặt trên một đường thẳng, khoảng cách từ máy này đến máy kia là d , pha của dao động của các máy rung biến đổi tuyến tính theo dây. Tìm sự phụ thuộc theo thời gian của hiệu pha $\Delta\phi$ giữa các máy rung cạnh nhau, sao cho cực đại chính của bức xạ của hệ sẽ « quét » tròn khắp vùng, với vận tốc góc không đổi ω .



Hình 160.

4.69. Trong thí nghiệm của Lloyd (hình 160), sóng ánh sáng tới trực tiếp từ nguồn S (một khe hẹp) giao thoa với sóng phản xạ trên gương M . Kết quả là một hệ vân giao thoa được tạo ra trên màn ảnh E . Khoảng cách từ nguồn đến màn ảnh là $l = 100$ cm. Ứng với một vị trí nào đó của nguồn, bê rộng của vân giao thoa trên màn ảnh là $\Delta x = 0,25$ mm, còn sau khi nguồn dịch ra xa mặt gương là $\Delta h = 0,60$ mm thì bê rộng của vân giảm đi $n = 1,5$ lần. Tìm bước sóng của ánh sáng.

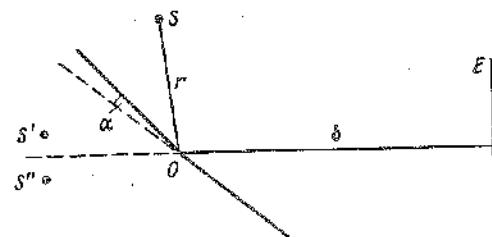
4.70. Hai sóng ánh sáng phẳng, kết hợp mà góc giữa các phương truyền sóng là $a \ll 1$, dập gần như vuông góc trên một màn ảnh. Biên độ của các sóng như nhau. Viết các phương trình của hai sóng và cộng chúng lại, rồi chứng minh rằng khoảng cách giữa các cực đại liên tiếp trên màn là $\Delta x = \lambda/a$, trong đó λ là bước sóng.

4.71. Trên hình 161 vẽ sơ đồ giao thoa với hai gương Fresnel. Góc giữa các gương là $a = 12'$, khoảng cách từ cạnh chung của các gương tới khe hẹp S và màn ảnh E lần lượt bằng $r = 10,0$ cm và $b = 130$ cm. Bước sóng ánh sáng $\lambda = 0,55$ μm . Xác định :

a) bê rộng của các vân giao thoa trên màn ảnh và số các cực đại có thể có;

b) độ dịch chuyên của ánh giao thoa trên màn ảnh khi dịch chuyên khe là $\delta l = 1,0$ mm theo một cung tròn có bán kính r và tâm là điểm O ;

c) bê rộng cực đại δ_{\max} của khe sao cho trên màn ảnh còn nhìn thấy được dù rõ các vân giao thoa ?



Hình 161.

4.72. Một sóng ánh sáng phẳng dập lên hai gương Fresnel mà góc giữa chúng là $a = 2,0'$. Xác định bước sóng ánh sáng nếu bê rộng của vân giao thoa trên màn là $\Delta x = 0,55$ mm.

4.73. Một thấu kính có đường kính 5,0 cm và tiêu cự $f = 25,0$ cm được cưa theo một đường kính thành hai nửa giống nhau rồi người ta lấy đi một lớp có bê dày $a = 1,00$ mm. Sau đó đem tiếp giáp hai nửa đó với nhau và trong mặt phẳng tiêu của lưỡng thấu kính được tạo thành như vậy người ta đặt một khe hẹp phát ra ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,60$ μm . Sau và cách lưỡng thấu kính một khoảng $b = 50$ cm người ta đặt một màn ảnh. Xác định :

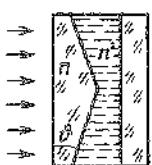
a) bê rộng của vân giao thoa trên màn ảnh và số các cực đại có thể có;

b) bê rộng cực đại δ_{\max} của khe sao cho trên màn ảnh còn nhìn thấy được dù rõ các vân giao thoa.

4.74. Khoảng cách từ lưỡng lăng kính Fresnel đến khe hẹp và màn ảnh lần lượt bằng $a = 25$ cm và $b = 100$ cm. Lưỡng lăng kính bằng thủy tinh có góc chiết quang $\Phi = 20'$. Tính bước sóng ánh sáng nếu bê rộng của vân giao thoa trên màn ảnh là $\Delta x = 0,55$ mm.

4.75. Một sóng ánh sáng phẳng có $\lambda = 0,70$ μm dập vuông góc lên đáy của một lưỡng lăng kính làm bằng thủy

tinh ($n = 1,520$) có góc chiết quang $\vartheta = 5,0^\circ$. Sau luồng lăng kính (hình 162) có đặt một bản mặt song song bằng thủy tinh và



Hình 162.

trong khoảng không gian giữa chúng có chứa dầu benzen ($n' = 1,500$). Tìm bể rộng của vân giao thoa trên màn ảnh E đặt sau hệ đó.

4.76. Một sóng ánh sáng phẳng đơn sắc đập vuông góc lên một màn chắn sáng có hai khe hẹp cách nhau một khoảng $d = 2,5$ mm. Một hệ vân giao thoa được tạo thành trên màn

ánh, đặt sau màn chắn sáng một khoảng $l = 100$ cm. Các vân đó sẽ dịch chuyển về phía nào và một khoảng bằng bao nhiêu nếu người ta che một bản thủy tinh có bể dày $h = 10 \mu\text{m}$ vào một trong hai khe.

4.77. Trên hình 163 cho sơ đồ của một giao thoa kẽ dùng để đo chiết suất của các chất trong suốt. Ở đây S là một khe hẹp được chiếu bằng ánh sáng đơn sắc có $\lambda = 589$ nm, 1 và 2 là hai ống giằng nhau chứa không khí, mỗi ống có chiều dài $l = 10,0$ cm, D là màn chắn sáng có hai khe. Khi không khí trong ống 1 được thay bằng amôniac, thì ảnh giao thoa trên màn ánh E bị dịch chuyển lên trên $N = 17$ vân. Chiết suất của không khí là $n = 1,000277$. Xác định chiết suất của amôniac.



Hình 163.

4.78. Một sóng điện từ đập vuông góc lên mặt ngăn cách của hai chất điện môi đẳng hướng có chiết suất là n_1 và n_2 . Dùng điều kiện đối với thành phần tiếp tuyến của vectơ E trên mặt ngăn cách và định luật bảo toàn năng lượng, để chứng minh rằng trên mặt ngăn cách, vectơ E :

a) của sóng truyền qua không chịu một sự biến đổi đột ngột về pha;

b) của sóng phản xạ chịu một sự biến đổi đột ngột về pha là π , nếu sự phản xạ xảy ra từ môi trường chiết quang hơn.

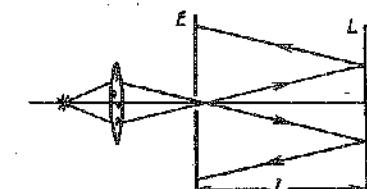
4.79. Một chùm tia sáng trắng song song đập lên một bản mỏng ($n = 1,33$). Góc tới $i_1 = 52^\circ$. Với bể dày của bản là bao nhiêu thì ánh sáng phản xạ sẽ bị nhuộm màu vàng mạnh nhất ($\lambda = 0,60 \mu\text{m}$)?

4.80. Tìm bể dày tối thiểu của một bản mỏng có chiết suất 1,33, để ánh sáng có bước sóng $0,64 \mu\text{m}$ bị phản xạ mạnh nhất còn ánh sáng có bước sóng $0,40 \mu\text{m}$ hoàn toàn không bị phản xạ. Góc của tia sáng bằng 30° .

4.81. Để giảm sự mất mát ánh sáng do phản xạ từ mặt thủy tinh, người ta phủ lên mặt này một lớp mỏng một chất có chiết suất $n' = \sqrt{n}$, trong đó n là chiết suất của thủy tinh. Trong trường hợp này các biên độ dao động sáng phản xạ từ hai mặt của lớp ấy sẽ như nhau. Lớp này có độ dày bằng bao nhiêu, để khả năng phản xạ của thủy tinh theo phương pháp tuyển sẽ bằng không đối với ánh sáng có bước sóng λ ?

4.82. Ánh sáng đơn sắc khuếch tán có $\lambda = 0,60 \mu\text{m}$ đập lên một bản mỏng bằng một chất có chiết suất $n = 1,5$. Xác định bể dày của bản, nếu khoảng cách góc giữa các cực đại kế tiếp nhau, được quan sát trong ánh sáng phản xạ dưới các góc tạo với pháp tuyến gần bằng $i = 45^\circ$, là $\delta i = 3,0^\circ$.

4.83. Ánh sáng đơn sắc đi qua một lỗ ở màn E (hình 164) và phản xạ trên một bản mặt song song mỏng L bằng thủy tinh, tạo trên màn một hệ vân giao thoa cùng độ nghiêng. Bể dày của bản là d , khoảng cách giữa bản và màn là l , bán kính của vân tối thứ i và k là r_i và r_k . Giả thử rằng $r_{i,k} \ll l$, tìm bước sóng ánh sáng.



Hình 164.

4.84. Một sóng ánh sáng phẳng, đơn sắc có bước sóng λ đập lên mặt một nêm thủy tinh, góc giữa hai mặt nêm là $\alpha \ll 1$. Mặt phẳng tối vuông góc với

cạnh của nêm, góc tới là i . Tìm khoảng cách giữa các vân giao thoa cực đại nằm kề tiếp nhau trên một màn ảnh đặt vuông góc với ánh sáng phản xạ.

4.85. Ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ đập vuông góc lên mặt một nêm thủy tinh. Người ta quan sát được trong ánh sáng phản xạ, một hệ các vân giao thoa, khoảng cách giữa các vân cực đại kề tiếp nhau là $\Delta x = 0,21 \text{ mm}$. Tìm :

a) góc giữa hai mặt nêm;

b) độ đơn sắc của ánh sáng ($\Delta\lambda/\lambda$), nếu những vân giao thoa bị biến mất ở khoảng cách $l \approx 1,5 \text{ cm}$ kề từ đỉnh của nêm.

4.86. Một thầu kính phẳng lồi bằng thủy tinh có mặt lồi tiếp xúc với một bản thủy tinh. Bán kính cong của mặt lồi của thầu kính là R , bước sóng ánh sáng là λ . Tính bê rộng Δr của vân tròn Newton theo bán kính r , trong vùng mà $\Delta r \ll r$.

4.87. Một thầu kính thủy tinh phẳng lồi với bán kính cong $R = 40 \text{ cm}$ có mặt lồi tiếp xúc với một bản thủy tinh. Như vậy với ánh sáng phản xạ thì bán kính của một vân lồi nào đó là $r = 2,5 \text{ mm}$. Vừa quan sát vân này người ta vừa nhẹ nhàng kéo xa thầu kính ra khỏi bản thủy tinh một khoảng $\Delta h = 5,0 \mu\text{m}$. Bán kính của vân này sẽ trở thành thế nào?

4.88. Ở đỉnh mặt cầu của một thầu kính thủy tinh phẳng lồi có một phản phẳng được mài nhẵn với bán kính $r_0 = 3,0 \text{ mm}$. Thầu kính tiếp xúc với một bản thủy tinh bằng phản phẳng này. Bán kính cong của mặt lồi của thầu kính là $R = 150 \text{ cm}$. Tính bán kính của vân sáng thứ sáu khi quan sát trong ánh sáng phản xạ có bước sóng $\lambda = 655 \text{ nm}$.

4.89. Một thầu kính thủy tinh phẳng lồi với bán kính cong của mặt cầu là $R = 12,5 \text{ cm}$ được áp vào một bản thủy tinh. Đường kính của vân lồi Newton thứ mười và thứ mười lăm trong ánh sáng phản xạ là $d_1 = 1,00 \text{ mm}$ và $d_2 = 1,50 \text{ mm}$. Xác định bước sóng ánh sáng.

4.90. Hai thầu kính mỏng phẳng lồi bằng thủy tinh có các mặt cầu tiếp xúc với nhau. Tìm độ tụ của hệ đó, nếu với ánh sáng phản xạ có $\lambda = 0,60 \mu\text{m}$, đường kính của vân tròn sáng thứ năm là $d = 1,50 \text{ mm}$.

4.91. Hai thầu kính mỏng có dạng đối xứng bằng thủy tinh tiếp xúc với nhau — một cái có hai mặt lồi, cái kia có hai mặt lõm — tạo thành một hệ có độ tụ $\Phi = 0,50 \text{ dp}$. Người ta

quan sát vân tròn Newton với ánh sáng có $\lambda = 0,61 \mu\text{m}$ phản xạ từ hệ này. Xác định :

a) bán kính của vân tròn lồi thứ mười;

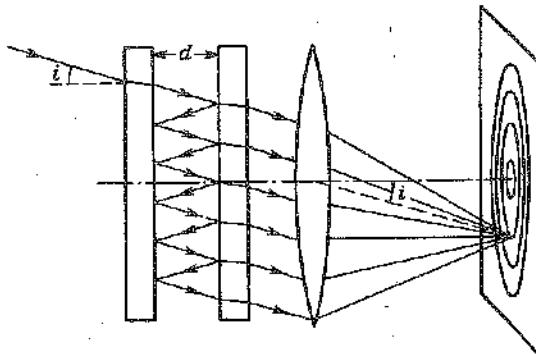
b) bán kính của vân này sẽ biến đổi ra sao, nếu không gian giữa các thầu kính chứa đầy nước?

4.92. Mặt cầu của một thầu kính phẳng lồi tiếp xúc với một bản thủy tinh. Không gian giữa thầu kính và bản chứa đầy sulfua cacbon. Chiết suất của thầu kính, của sulfua cacbon và của bản lần lượt bằng $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,63$ và $n_3 = 1,70$. Bán kính cong của mặt cầu của thầu kính là $R = 100 \text{ cm}$. Xác định bán kính của vân tròn Newton lồi thứ năm, với ánh sáng phản xạ có $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$.

4.93. Trong một giao thoa kẽ hai tia, người ta dùng vạch vàng của thủy ngân cầu tạo từ hai thành phần với các bước sóng $\lambda_1 = 576,97 \text{ nm}$ và $\lambda_2 = 579,03 \text{ nm}$. Với bậc giao thoa nhỏ nhất là bao nhiêu thì độ nét của ánh giao thoa sẽ tối nhất?

4.94. Trong giao thoa kẽ Michelson người ta dùng vạch vàng của natri cầu tạo từ hai thành phần với các bước sóng $\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$ và $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$. Khi dịch chuyển tịnh tiến một trong các gương, thì ánh giao thoa sẽ ẩn hiện một cách tuần hoàn (tại sao?). Tìm độ dịch chuyển gương giữa hai lần mặt ánh giao thoa liên tiếp nhau.

4.95. Chiều sáng một mẫu Fabri-Perot bằng ánh sáng đơn sắc khuếch tán có bước sóng λ thì ánh giao thoa là một hệ vòng tròn đồng tâm (hình 165) sinh ra ở mặt phẳng tiêu của thầu kính. Bề dày của mẫu bằng d . Xác định theo bậc giao thoa :



Hình 165.

- a) vị trí của các vòng tròn ;
b) bê rộng góc của các vân giao thoa.

4.96. Tìm, đối với một mẫu Fabri-Perot, có bê dày là $d = 2,5 \text{ cm}$:

a) bậc giao thoa cực đại của ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,50 \mu\text{m}$;

b) vùng tán sắc $\Delta\lambda$ tức là khoảng phổ của các bước sóng sao cho ở lân cận $\lambda = 0,50 \mu\text{m}$ người ta không còn quan sát thấy sự chênh chát với các bậc giao thoa khác.

SỰ NHIỀU XẠ ÁNH SÁNG

4.97. Một sóng ánh sáng phẳng đập vuông góc lên một bản mờ có một lỗ tròn, lỗ này là N đới Fresnel đầu tiên đối với một điểm P trên màn ảnh đặt cách bản một khoảng b . Bước sóng ánh sáng bằng λ . Tìm cường độ sáng I_0 ở trước bản, nếu biết sự phân bố cường độ sáng trên màn ảnh là $I(r)$, trong đó r là khoảng cách đến điểm P .

4.98. Một nguồn sáng điểm với $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$ đặt trước và cách một màn chắn sáng có một lỗ tròn với bán kính $r = 1,0 \text{ mm}$, một khoảng $a = 1,0 \text{ m}$. Tìm khoảng cách b từ màn tới điểm quan sát mà đối với điểm đó số đới Fresnel trong lỗ là $m = 3$.

4.99. Giữa một nguồn sáng điểm và màn ảnh người ta đặt một màn chắn sáng có một lỗ tròn có bán kính r có thể thay đổi trong quá trình thí nghiệm. Các khoảng cách từ màn chắn sáng tới nguồn và màn ảnh bằng $a = 100 \text{ cm}$ và $b = 125 \text{ cm}$. Xác định bước sóng ánh sáng, nếu cực đại sáng ở tâm của ánh nhiễu xạ trên màn ảnh có $r_1 = 1,00 \text{ mm}$ và cực đại kề tiếp có $r_2 = 1,29 \text{ mm}$.

4.100. Một sóng ánh sáng phẳng đơn sắc có cường độ I_0 đập vuông góc lên một màn mờ có một lỗ tròn. Cường độ sáng I tại một điểm ở sau màn sẽ ra sao, nếu đối với điểm đó lỗ :

a) bằng đới Fresnel thứ nhất ; bằng nửa trong của đới thứ nhất ;

b) bằng đới Fresnel thứ nhất nhưng bị che mất một nửa (theo đường kính) ?

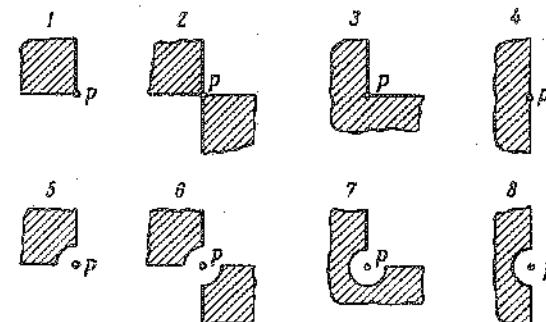
4.101. Một sóng ánh sáng phẳng đơn sắc có cường độ I_0 đập vuông góc lên một đĩa mờ. Đối với một điểm quan sát

P , thì đĩa che mất đới Fresnel thứ nhất. Cường độ sáng I tại điểm P sẽ ra sao, sau khi người ta lấy đi khỏi đĩa :

a) một nửa đĩa (theo đường kính) ;

b) một nửa của nửa ngoài của đới Fresnel thứ nhất (theo đường kính) ?

4.102. Một sóng ánh sáng phẳng đơn sắc có cường độ I_0 đập vuông góc lên mặt của các màn mờ như vẽ trên hình 166. Tìm cường độ sáng I tại điểm P :



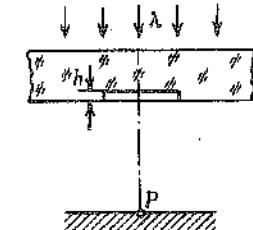
Hình 166.

a) đặt ở sau đỉnh của góc của các màn 1—3 và ở sau mép của nửa mặt phẳng 4 ;

b) sao cho mép trên của các màn 5—8 trùng với bờ của đới Fresnel thứ nhất ứng với điểm P .

Khái quát hóa các kết quả thu được đối với các màn 1—4 bằng một công thức ; cũng làm tương tự đối với các màn 5—8.

4.103. Một sóng ánh sáng phẳng có $\lambda = 0,60 \mu\text{m}$ đập vuông góc lên một bản thủy tinh dày lớn. Mặt sau bản có khoét một lỗ tròn (hình 167). Đối với điểm quan sát P lỗ có một đới rưỡi Fresnel đầu tiên. Tìm độ sâu h của lỗ khi cường độ sáng tại điểm P là a) cực đại ; b) cực tiêu ; c) bằng cường độ của ánh sáng tới.



4.104. Một sóng ánh sáng phẳng có bước sóng λ và cường độ I_0 đập vuông góc lên một bản thủy tinh lớn. Đối diện với bản là một màn ánh mờ có một lỗ tròn bằng đới Fresnel thứ nhất đối với một điểm quan sát P . Tại tâm của lỗ có khoét

Hình 167.

một lỗ tròn bằng nửa đới Fresnel. Độ sâu h của lỗ tròn này là bao nhiêu để cường độ sáng tại điểm P là cực đại? Cường độ này bằng bao nhiêu?

4.105. Một sóng ánh sáng phẳng có $\lambda = 0,57 \mu\text{m}$ đập vuông góc lên mặt một đài thủy tinh ($n = 1,60$). Đài che mặt một nửa đới Fresnel đối với một điểm quan sát P . Bề dày nhỏ nhất của đài là bao nhiêu để cường độ sáng tại điểm P , là cực đại? Đề ý đến sự giao thoa của ánh sáng khi đi qua đài.

4.106. Trên đường truyền của một sóng ánh sáng phẳng có $\lambda = 0,54 \mu\text{m}$ người ta đặt một thấu kính hội tụ mỏng có tiêu cự $f = 50 \text{ cm}$. Ngay sau thấu kính là một màn chắn sáng có một lỗ tròn và cách màn chắn sáng một khoảng $b = 75 \text{ cm}$ là một màn ảnh. Bán kính của lỗ bằng bao nhiêu để tâm của ảnh nhiễu xạ trên màn ảnh có độ dội sáng cực đại?

4.107. Một sóng ánh sáng phẳng đơn sắc đập vuông góc lên một lỗ tròn. Người ta đặt một màn ảnh cách lỗ một khoảng $b = 9,0 \text{ m}$ và quan sát ảnh nhiễu xạ trên màn. Người ta giảm đường kính của lỗ $\eta = 3,0$ lần. Tìm khoảng cách mới δ' cần phải đặt màn ảnh, để thu được trên đó một ảnh nhiễu xạ giống như ảnh trên, nhưng nhỏ hơn η lần.

4.108. Giữa một nguồn sáng có $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ và kính ảnh, người ta đặt một quả cầu không trong suốt có đường kính $D = 40 \text{ mm}$. Khoảng cách giữa nguồn và quả cầu là $a = 12 \text{ m}$, còn giữa quả cầu và kính ảnh là $b = 18 \text{ m}$. Tìm:

a) kích thước y của ảnh trên kính ảnh, nếu kích thước ngang của nguồn là $y = 6,0 \text{ mm}$.

b) độ cao nhỏ nhất của các chỗ nhám phủ một cách hỗn loạn trên mặt quả cầu sao cho quả cầu cũng sẽ che ánh sáng.

Chú ý: phép tính và thí nghiệm chứng tỏ rằng điều này xảy ra khi độ cao của chỗ nhám bằng bề rộng của đới Fresnel di qua mép của màn không trong suốt.

4.109. Một nguồn sáng điểm đơn sắc đặt trước một cách từ đới một khoảng $a = 1,5 \text{ m}$. Ảnh của nguồn được tạo ra tại một nơi cách cách từ một khoảng $b = 1,0 \text{ m}$. Tìm tiêu cự của cách từ đới.

4.110. Một sóng ánh sáng phẳng có $\lambda = 0,60 \mu\text{m}$ và cường độ sáng I_0 đập vuông góc lên một bản thủy tinh lớn có mặt

cắt vế trên hình 168. Độ cao h của chỗ nhô ra bằng bao nhiêu để cường độ sáng tại một điểm đặt dưới bàn sỏi:

a) cực tiêu;

b) nhỏ hơn I_0 hai lần (bò qua sự mất mát ánh sáng do phản xạ).

4.111. Một sóng ánh sáng phẳng đơn sắc đập vuông góc lên một nửa mặt phẳng không trong suốt. Cách nó một khoảng $b = 100 \text{ cm}$ là một màn ảnh.

Dựa vào đường xoắn ốc Cornu (hình 169), tìm:

a) tỷ số cường độ của cực đại thứ nhất và cực tiêu kế tiếp với nó;

b) bước sóng ánh sáng, nếu khoảng cách giữa hai cực đại chính là $\Delta x = 0,63 \text{ mm}$.

4.112. Một sóng ánh sáng phẳng có $\lambda = 0,60 \mu\text{m}$ đập vuông góc lên một đài dài không trong suốt có bề rộng $d = 0,70 \text{ mm}$. Một màn ảnh đặt sau nó một khoảng $b = 100 \text{ cm}$. Dựa vào hình 169, tìm tỷ số cường độ sáng ở tâm ảnh nhiễu xạ và các mép bóng tối hình học.

4.113. Một sóng ánh sáng phẳng, đơn sắc đập vuông góc lên một khe chữ nhật dài. Một màn ảnh đặt sau khe một khoảng $b = 60 \text{ cm}$. Đầu tiên điều chỉnh bề rộng của khe sao cho ở tâm của ảnh nhiễu xạ trên màn ảnh người ta quan sát thấy một cực tiêu rõ nhất. Sau đó mở rộng thêm khe một khoảng $\Delta h = 0,70 \text{ mm}$, người ta được tại tâm của ảnh một cực tiêu kế tiếp. Tìm bước sóng ánh sáng.

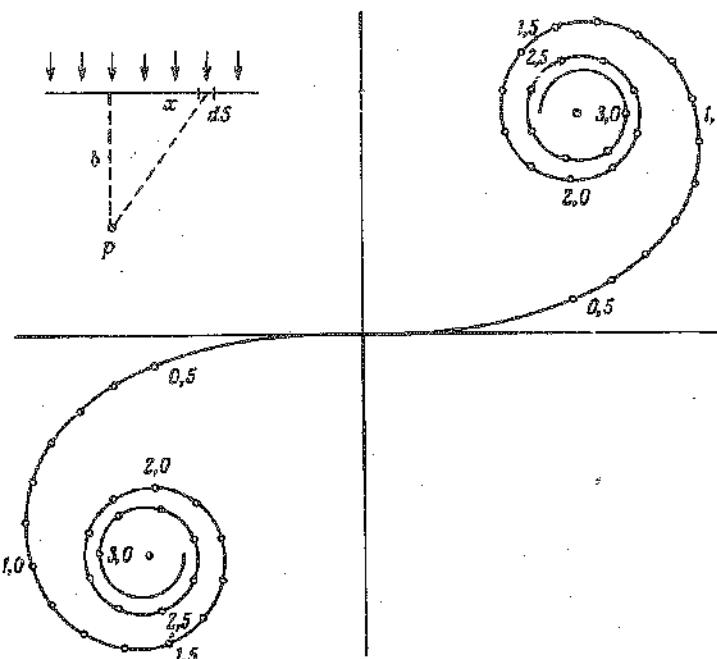
4.114. Một sóng ánh sáng phẳng có $\lambda = 0,65 \mu\text{m}$ đập vuông góc lên một bản thủy tinh lớn mà ở mặt sau người ta vạch một khe chữ nhật dài có bề rộng $d = 0,60 \text{ mm}$. Dựa vào hình 169, tìm độ sâu của khe để tại tâm của hình nhiễu xạ trên màn ảnh đặt cách bén là $b = 77 \text{ cm}$ có một cực đại sáng.

4.115. Một sóng ánh sáng phẳng có $\lambda = 0,65 \mu\text{m}$ đập vuông góc lên một bản thủy tinh lớn mà ở mặt sau có một chỗ nhô ra và một đài nhỏ không trong suốt có bề rộng $d = 0,30 \text{ mm}$ (hình 170). Cách bén một khoảng $b = 110 \text{ cm}$ là một màn ảnh. Chiều cao h của chỗ nhô ra được chọn sao cho cường độ sáng

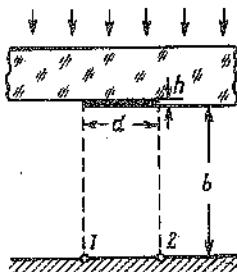


Hình 168.

tại điểm 2 trên màn là cường độ lớn nhất có thể có được. Dựa vào hình 169, tìm tỷ số cường độ ở các điểm 1 và 2.

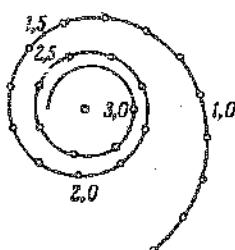


Hình 169. Đường xoắn ốc Cormu. Các con sò trên đường xoắn ốc này là các giá trị của tham số a . Độ dài sóng phẳng $v = x\sqrt{2}/b\lambda$ trong đó x và b là các khoảng cách đặc trưng vị trí của nguyên tử đối dS của mặt sóng đối với một điểm quan sát P , như đã vẽ ở góc bên trái phía trên của hình vẽ; λ là bước sóng.



Hình 170.

4.116. Một sóng ánh sáng phẳng đơn sắc có cường độ I_0 đập vuông góc lên một màn không trong suốt, trên đó có khoét một khe dài mà một bờ có một chỗ xé hình bán nguyệt (hình 171). Mèp của chỗ xé trùng với giới hạn của đới Fresnel thứ nhất đối với một điểm quan sát P . Bề rộng của khe bằng 0,90 bán kính của chỗ xé. Tìm cường độ sáng tại điểm P .

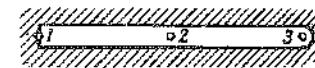


182

4.117. Một sóng ánh sáng phẳng đơn sắc đập vuông góc lên một màn không trong suốt có một khe dài có dạng vế trên hình 172. Tìm tỷ số cường độ sáng tại các điểm 1, 2 và 3 đặt sau



Hình 171.



Hình 172.

và cách màn cùng một khoảng, nếu đối với điểm 3 mèp trên của khe trùng với giới hạn của đới Fresnel thứ nhất.

4.118. Một sóng ánh sáng phẳng đơn sắc đập vuông góc lên một màn không trong suốt có dạng một dài dài với một lõ tròn ở giữa. Với điểm quan sát P lõ là một nửa đới Fresnel, đường kính của lõ nhỏ hơn bề rộng của dài $\eta = 1,07$ lần. Dựa vào hình 169, tìm cường độ sáng tại điểm P , nếu cường độ của ánh sáng tối bằng I_0 .

4.119. Ánh sáng có bước sóng λ đập vuông góc lên một khe chữ nhật dài có bề rộng là b . Tìm sự phân bố theo góc của cường độ sáng trong sự nhiễu xạ Fraunhofer và vị trí góc của các cực tiêu.

4.120. Dùng kết quả thu được trong bài tập trên, tìm các điều kiện xác định vị trí góc của các cực đại bậc một, bậc hai và bậc ba.

4.121. Ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,50 \mu\text{m}$ đập lên một khe có bề rộng $b = 10 \mu\text{m}$ dưới góc $\vartheta = 30^\circ$ so với pháp tuyến của khe. Tìm vị trí góc của các cực tiêu thứ nhất nằm ở hai bên cực đại Fraunhofer giữa.

4.122. Một sóng ánh sáng phẳng với $\lambda = 0,60 \mu\text{m}$ đập vuông góc lên mặt một nêm thủy tinh có góc chiết quang $\vartheta = 15^\circ$. Trên mặt sau không trong suốt có một khe có chiều rộng $b = 10 \mu\text{m}$ song song với cạnh nêm. Tìm :

a) góc φ_0 giữa phương của cực đại Fraunhofer bậc không và phương của ánh sáng tối;

b) độ rộng góc của cực đại Fraunhofer bậc không.

4.123. Một ánh sáng đơn sắc đập lên một cách tử phản xạ có chu kỳ $d = 1,0 \text{ mm}$ dưới một góc trượt $\vartheta_0 = 1,0^\circ$. Cực đại Fraunhofer bậc hai được tạo thành dưới một góc trượt $\vartheta = 30^\circ$. Tìm bước sóng của ánh sáng.

4.124. Vẽ phác ánh nhiễu xạ sinh ra trong hiện tượng nhiễu xạ Fraunhofer bởi một cách tử gồm ba khe giống nhau nếu tỷ số giữa chu kỳ của cách tử với bê rộng của khe bằng: a) hai; b) ba.

4.125. Khi ánh sáng đập vuông góc lên một cách tử nhiễu xạ, góc nhiễu xạ bậc hai bằng $\vartheta_1 = 45^\circ$ đối với bước sóng $\lambda_1 = 0,65 \mu\text{m}$. Tìm góc nhiễu xạ bậc ba đối với bước sóng $\lambda_2 = 0,50 \mu\text{m}$.

4.126. Ánh sáng có bước sóng 535 nm đập vuông góc lên một cách tử nhiễu xạ. Tìm chu kỳ của cách tử, nếu một trong những cực đại Fraunhofer ứng với góc nhiễu xạ 35° và bậc cao nhất của quang phổ bằng năm.

4.127. Xác định bước sóng của ánh sáng đơn sắc đập vuông góc lên một cách tử nhiễu xạ có chu kỳ $d = 2,2 \mu\text{m}$, nếu góc giữa phương của các cực đại Fraunhofer bậc nhất và bậc hai là $\Delta\vartheta = 15^\circ$.

4.128. Ánh sáng có bước sóng 530 nm đập lên một cách tử nhiễu xạ truyền qua có chu kỳ là $1,50 \mu\text{m}$. Tìm góc tạo bởi pháp tuyến của cách tử và cực đại Fraunhofer có bậc cao nhất, nếu ánh sáng đập lên cách tử:

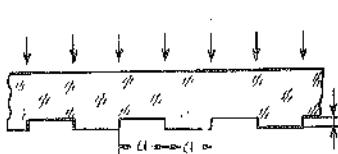
- a) vuông góc;
- b) tạo với đường pháp tuyến một góc 60° .

4.129. Ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,60 \mu\text{m}$ đập vuông góc lên một cách tử nhiễu xạ, kê trên mặt phẳng của một thấu kính thủy tinh hình trụ phẳng lõi có bán kính cong $R = 20 \text{ cm}$. Chu kỳ cách tử là $d = 6,0 \mu\text{m}$. Tìm khoảng cách giữa các cực đại chính bậc nhất được sắp xếp đối xứng trong mặt phẳng tiêu của thấu kính này.

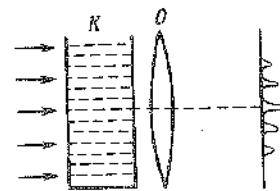
4.130. Một sóng ánh sáng phẳng có $\lambda = 0,50 \mu\text{m}$ đập vuông góc lên mặt nêm thủy tinh có góc chiết quang $\vartheta = 30^\circ$. Trên mặt đối diện của nêm có kê một cách tử truyền qua với chu kỳ $d = 2,00 \mu\text{m}$ và các vạch song song với cạnh của nêm. Tìm các góc giữa phương của ánh sáng tới và các phương dẫn tới các cực đại chính Fraunhofer bậc không và bậc một. Bậc

lớn nhất của quang phổ bằng bao nhiêu? Nó sẽ được quan sát dưới một góc tạo với phương của ánh sáng tới bằng bao nhiêu?

4.131. Một sóng ánh sáng phẳng đập vuông góc lên một cách tử nhiễu xạ pha có mặt cắt vẽ trên hình 173. Cách tử kê trên một bản thủy tinh có chiết suất n . Tìm độ sâu h của các vạch sao cho cường độ của cực đại Fraunhofer trung tâm bằng không, nếu bước sóng ánh sáng bằng λ . Khi đó góc nhiễu xạ ứng với cực đại bậc nhất bằng bao nhiêu?



Hình 173.



Hình 174.

4.132. Trên hình 174 vẽ sơ đồ nguyên tắc để quan sát sự nhiễu xạ ánh sáng bằng siêu âm. Một sóng ánh sáng phẳng có $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ đi qua một cốc K đựng nước trong đó người ta gây ra một sóng đứng siêu âm có tần số $v = 4,7 \text{ MHz}$. Nhờ sự nhiễu xạ ánh sáng trên một cấu trúc tuần hoàn không đồng tinh về quang học, trong mặt phẳng tiêu của vật kính O , với tiêu cự $f = 35 \text{ cm}$, xuất hiện một phổ nhiễu xạ. Khoảng cách giữa các cực đại kế tiếp nhau là $\Delta x = 0,60 \text{ mm}$. Tìm vận tốc truyền của dao động siêu âm trong nước.

4.133. Để đo khoảng cách góc ϑ giữa các thành phần của một sao đôi bằng phương pháp Michelson, người ta đặt trước vật kính của một viễn kính một màn chắn sáng có hai khe hẹp song song mà khoảng cách d giữa chúng có thể thay đổi được. Nếu giảm d , người ta phát hiện được sự sút kém thứ nhất của độ nhìn rõ của ánh nhiễu xạ trên mặt phẳng tiêu của vật kính khi $d = 95 \text{ cm}$. Tìm ϑ , biết rằng bước sóng ánh sáng là $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$.

4.134. Một cách tử nhiễu xạ truyền qua có chu kỳ $d = 1,50 \mu\text{m}$. Tìm độ tán xạ góc D (bằng phút góc/nm) ứng với

cực đại của vách quang phổ bậc cao nhất với $\lambda = 530$ nm, nếu ánh sáng đập lên cách từ :

- a) vuông góc ;
- b) tạo với đường pháp tuyến một góc $\vartheta_0 = 45^\circ$

4.135. Ánh sáng có bước sóng λ đập vuông góc lên một cách từ nhiễu xạ có bể rộng l . Tim độ tán xạ góc của nó theo góc nhiễu xạ ϑ .

4.136. Ánh sáng có $\lambda = 589,0$ nm đập vuông góc lên một cách từ nhiễu xạ có chu kỳ $d = 2,5 \mu\text{m}$ và chứa $N = 10\,000$ vách. Tim độ rộng góc của cực đại nhiễu xạ bậc hai.

4.137. Chứng minh rằng khi ánh sáng đập vuông góc lên một cách từ nhiễu xạ, thì giá trị cực đại của năng suất phân giải không thể vượt quá giá trị l/λ , trong đó l là bể rộng của cách từ, λ là bước sóng ánh sáng.

4.138. Bằng thí dụ của cách từ nhiễu xạ, chứng minh rằng hiệu số tần số của hai cực đại được phân biệt theo tiêu chuẩn Rayleigh, bằng nghịch đảo của hiệu số các khoảng thời gian truyền qua của các dao động ngoài mép giao thoa với nhau tức là $\delta v = 1/\delta t$.

4.139. Ánh sáng chứa hai vách quang phổ với bước sóng $600,000$ và $600,050$ nm đập vuông góc lên một cách từ nhiễu xạ có bể rộng $10,0$ mm. Dưới một góc nhiễu xạ ϑ nào đó, những vách này đều ở giới hạn phân giải (theo tiêu chuẩn Rayleigh). Tính ϑ .

4.140. Một ánh sáng đập vuông góc lên một cách từ nhiễu xạ truyền qua có bể rộng $l = 6,5$ cm, có 200 vách trên một milimet. Quang phổ được nghiên cứu chứa vách có $\lambda = 670,8$ nm, gồm hai thành phần khác nhau $\delta\lambda = 0,015$ nm. Tim :

a) ở bậc nào của quang phổ, người ta phân biệt được những thành phần này ;

b) hiệu số nhỏ nhất của các bước sóng mà cách từ này có thể phân giải được trong miền $\lambda \approx 670$ nm.

4.141. Khi ánh sáng đập vuông góc lên một cách từ nhiễu xạ truyền qua có bể rộng 10 mm thì thấy các thành phần của vách vàng natri ($589,0$ và $589,6$ nm) được phân giải bắt đầu từ quang phổ bậc năm. Tính :

- a) chu kỳ của cách từ này ;
- b) bể rộng của một cách từ có cùng chu kỳ để có thể phân

giải được, trong quang phổ bậc ba, sự kép đôi của vách quang phổ với $\lambda = 460,0$ nm, có các thành phần khác nhau $0,13$ nm.

4.142. Một cách từ nhiễu xạ truyền qua của một quang phổ ký thạch anh có bể rộng 25 mm và chứa 250 vách trên một milimet. Một kính ảnh đặt trong mặt phẳng tiêu của vật kính, có tiêu cự bằng 80 cm. Ánh sáng đập vuông góc lên cách từ. Phổ được nghiên cứu gồm những vách mà các thành phần kép đôi có bước sóng $310,154$ và $310,184$ nm. Xác định :

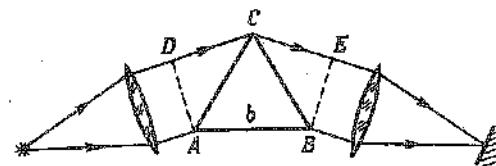
a) khoảng cách giữa các thành phần của vách kép đôi này trong các quang phổ bậc nhất và bậc hai trên kính ảnh ;

b) trong những bậc này của quang phổ, người ta có thể phân giải được chúng không ?

4.143. Đối với một lăng kính ba mặt của một quang phổ ký năng suất phân giải giới hạn $\lambda/\delta\lambda$ được gây ra bởi sự nhiễu xạ ánh sáng từ mép lăng kính (như từ một khe). Lăng kính được đặt ở góc lệch cực tiêu ứng với tiêu chuẩn Rayleigh

$$\lambda/\delta\lambda = b |dn/d\lambda|,$$

trong đó b là bể rộng của đáy lăng kính (hình 175), $dn/d\lambda$ là độ tán xạ ánh sáng. Hãy suy ra công thức này.



Hình 175.

4.144. Một lăng kính ba mặt của một quang phổ ký làm bằng thủy tinh có chiết suất phụ thuộc vào bước sóng là $n = A + B/\lambda^2$, trong đó A và B là các hằng số, và $B = 0,010 \mu\text{m}^2$. Dùng công thức của bài tập trên, tìm :

a) sự phụ thuộc của năng suất phân giải của lăng kính vào λ ; tính $\lambda/\delta\lambda$ gần $\lambda_1 = 434$ nm và $\lambda_2 = 656$ nm, nếu bể rộng của đáy lăng kính là $b = 5,0$ cm ;

b) bể rộng của đáy lăng kính để có thể phân giải được vách kép đôi vàng của natri ($589,0$ và $589,6$ nm).

4.145. Bề rộng của dây một lăng kính phải bằng bao nhiêu, để nó có cùng năng suất phân giải như một cách tử nhiễu xạ có 10000 vạch, ở quang phổ bậc hai?

4.146. Có một kính nhìn với đường kính của vật kính là $D = 5,0 \text{ cm}$. Xác định năng suất phân giải của vật kính của kính và khoảng cách nhỏ nhất giữa hai điểm ở cách kính một khoảng $I = 3,0 \text{ km}$ mà kính có thể phân biệt được (coi $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$).

4.147. Tính khoảng cách nhỏ nhất giữa hai điểm trên Mặt Trăng mà có thể phân biệt được bằng một kính viễn vọng phản xạ có đường kính của gương là 5 m. Giá thử rằng bước sóng ánh sáng là $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$.

4.148. Xác định số phóng đại nhỏ nhất của một kính nhìn có đường kính của vật kính là $D = 5,0 \text{ cm}$ sao cho năng suất phân giải của vật kính của nó sẽ được tận dụng, nếu đường kính của con ngươi mắt là $d = 4,0 \text{ mm}$.

4.149. Có một kính hiển vi với khẩu độ số của vật kính là $\sin u = 0,24$, trong đó u là nửa góc mở của hình nón của các tia sáng đập lên ống vật kính. Tìm khoảng cách nhỏ nhất mà kính hiển vi này có thể phân biệt được, khi chiếu sáng tối ưu vật kính bằng ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$.

4.150. Tìm số phóng đại nhỏ nhất của một kính hiển vi với khẩu độ số của vật kính là $\sin u = 0,24$, khi năng suất phân giải của vật kính được tận dụng, nếu đường kính của con ngươi mắt là $d_0 = 4,0 \text{ mm}$.

4.151. Một chùm tia ronghen có bước sóng λ đập lên một dây thẳng các tâm tán xạ có chu kỳ a dưới một góc trượt $60,0^\circ$. Xác định các góc nghiêng ứng với tất cả các cực đại nhiễu xạ nếu $\lambda = \frac{2}{5} a$.

4.152. Một chùm tia ronghen có bước sóng $\lambda = 40 \text{ pm}$ đập vuông góc lên một cách tử phẳng hình chữ nhật có các tâm tán xạ và cho một hệ các cực đại nhiễu xạ trên một màn ảnh phẳng đặt cách cách tử một khoảng $I = 10 \text{ cm}$, (hình 176). Tìm các chu kỳ cách tử a và b dọc theo trục x và y tương ứng, nếu khoảng cách giữa các cực đại bậc hai được phân bố đều theo $\Delta x = 60 \text{ mm}$ (theo trục x) và $\Delta y = 40 \text{ mm}$ (theo trục y).

4.153. Một chùm tia ronghen đập lên một cách tử ba chiều

hình chữ nhật có chu kỳ là a , b và c . Phương của chùm tia tới trùng với phương mà dọc theo đó chu kỳ cách tử bằng a . Xác định các phương đi tới các cực đại nhiễu xạ và các bước sóng để các cực đại này có thể quan sát được.

4.154. Một chùm tia ronghen hép đập dưới một góc trượt $60,0^\circ$ lên mặt giới hạn tự nhiên của một đơn tinh thể

NaCl, có khối lượng riêng $2,16 \text{ g/cm}^3$. Một cực đại bậc hai được tạo thành với sự phản xạ gương từ mặt giới hạn này. Xác định bước sóng của bức xạ.

4.155. Một chùm tia ronghen có $\lambda = 174 \text{ pm}$ đập lên bề mặt của một đơn tinh thể, quay xung quanh một trục song song với một mặt của nó và vuông góc với phương của chùm tia tới. Khi đó các phương dẫn tới các cực đại bậc hai và bậc ba từ hệ các mặt phẳng song song với mặt của đơn tinh thể, tạo với nhau một góc $\alpha = 60^\circ$. Tìm khoảng cách tương ứng giữa các mặt phẳng đó.

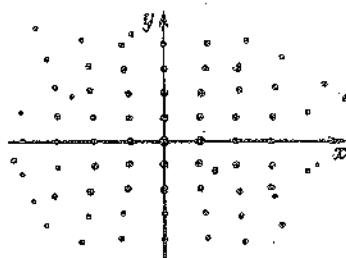
4.156. Khi một chùm tia ronghen có $\lambda = 17,8 \text{ pm}$ truyền qua một mẫu đa tinh thể thì có một hệ các vòng tròn nhiễu xạ được tạo ra trên một màn ảnh đặt cách mẫu một khoảng $I = 15 \text{ cm}$. Xác định bán kính của vòng tròn sáng ứng với sự phản xạ bậc hai bởi hệ các mặt phẳng cách nhau một khoảng $d = 155 \text{ pm}$.

SỰ PHÂN CỰC ÁNH SÁNG

Các công thức Fresnel đối với cường độ sáng phản xạ từ giới hạn ngăn cách của hai chất điện môi đồng tính:

$$I'_1 = I_{\perp} \frac{\sin^2(i_1 - i_2)}{\sin^2(i_1 + i_2)}, \quad I'_{\parallel} = I_{\parallel} \frac{\operatorname{tg}^2(i_1 - i_2)}{\operatorname{tg}^2(i_1 + i_2)},$$

trong đó I_{\perp} và I_{\parallel} là cường độ của ánh sáng tới, trong đó dao động của vectơ sáng ứng với các mặt phẳng tới vuông góc và song song, i_1 và i_2 là các góc tới và khúc xạ.



Hình 176.

4.157. Một sóng phẳng đơn sắc của ánh sáng tự nhiên có cường độ I_0 đập vuông góc trên một màn, gồm hai nửa mặt phẳng polaroit tiếp xúc nhau. Phương chính của một polaroit song song, còn của polaroit kia vuông góc với đường ngăn cách giữa các polaroit. Ánh nhiễu xạ sau màn có đặc trưng gì? Tại những điểm của mặt phẳng đặt sau và vuông góc với màn và đi qua đường ngăn cách các polaroit, thì cường độ sáng sẽ như thế nào?

4.158. Một sóng phẳng đơn sắc của ánh sáng tự nhiên có cường độ I_0 đập vuông góc lên một màn không trong suốt có một lỗ hổ tròn ứng với đới Fresnel thứ nhất đối với một điểm quan sát P . Tìm cường độ sáng tại điểm P sau khi người ta che lỗ bằng hai bán polaroit giống nhau có phương chính vuông góc với nhau, còn đường ranh giới của chúng đi qua:

- một đường kính của lỗ;
- một vòng tròn được giới hạn bằng một nửa đới Fresnel thứ nhất.

4.159. Một chùm ánh sáng tự nhiên hẹp đi qua một chất khí gồm những phân tử đẳng hướng. Tìm bậc phân cực của ánh sáng tán xạ dưới một góc θ với phương của chùm sáng.

4.160. Dùng công thức Fresnel để xác định:

- hệ số phản xạ của ánh sáng tự nhiên, khi tia tới vuông góc với mặt thủy tinh;
- độ hao hụt tỷ đối của thông lượng ánh sáng do phản xạ, khi một chùm ánh sáng tự nhiên xuyên tâm đi qua một quang hệ đồng trực, gồm có năm thấu kính thủy tinh (bỏ qua sự phản xạ thứ cấp của ánh sáng).

4.161. Một sóng ánh sáng đập vuông góc lên mặt kính có phủ một lớp chất trong suốt. Bỏ qua sự phản xạ thứ cấp, chứng minh rằng các biên độ của các sóng ánh sáng phản xạ từ hai mặt của lớp đó sẽ bằng nhau khi $n' = \sqrt{n}$, trong đó n' và n là chiết suất tương ứng của lớp và thủy tinh.

4.162. Một chùm tia sáng tự nhiên đập lên một mặt kính với góc tới bằng 45° . Dùng công thức Fresnel để tìm bậc phân cực của:

- ánh sáng phản xạ;
- ánh sáng khúc xạ.

4.163. Dùng công thức Fresnel để chứng minh rằng ánh sáng phản xạ từ mặt một chất điện môi sẽ phản cực hoàn toàn, nếu góc tới i_1 thỏa mãn điều kiện $\operatorname{tg} i_1 = n$, trong đó n là chiết suất của điện môi. Khi đó góc giữa các chùm tia phản xạ và khúc xạ sẽ như thế nào?

4.164. Một ánh sáng tự nhiên đập lên một mặt kính dưới góc Brewster. Dùng công thức Fresnel để xác định:

- hệ số phản xạ;

- bậc phản cực của ánh sáng khúc xạ.

4.165. Một chùm tia sáng tự nhiên song song có cường độ I_0 đập lên mặt nước dưới góc Brewster. Khi đó $\rho = 0,039$ thông lượng ánh sáng được phản xạ. Tìm cường độ chùm tia khúc xạ.

4.166. Một chùm tia sáng phản cực phẳng đập lên mặt nước dưới góc Brewster. Mặt phẳng dao động của vectơ sáng tạo với mặt phẳng tới một góc $\varphi = 45^\circ$. Tìm hệ số phản xạ.

4.167. Một chùm tia sáng tự nhiên hẹp đập lên bề mặt một bản mặt song song trong suốt dưới góc Brewster. Đồng thời với $\rho = 0,080$ thông lượng ánh sáng được phản xạ từ mặt trên. Tìm bậc phản cực của chùm tia 1-4 (hình 177).

4.168. Một chùm tia sáng hẹp có cường độ I_0 đập lên một bản mặt song song bằng thủy tinh dưới góc Brewster (xem hình 177). Dùng công thức Fresnel để xác định:

- cường độ I_4 của chùm tia ló, nếu ánh sáng tới phản cực thẳng, và mặt phẳng dao động của nó vuông góc với mặt phẳng tới;

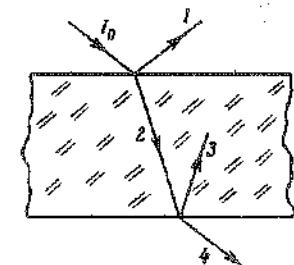
- bậc phản cực của chùm tia ló qua bản, nếu ánh sáng tới là ánh sáng tự nhiên.

4.169. Một chùm tia sáng tự nhiên hẹp đập, dưới góc Brewster vào một chồng Stôlêtôv gồm N bản mặt song song dày bằng thủy tinh. Tìm:

- bậc phản cực P của tia truyền qua;

- P bằng bao nhiêu khi $N = 1, 2, 5$ và 10 .

4.170. Dựa theo nguyên lý Huygens, hãy vẽ các mặt đầu sóng và các phương truyền của tia thường và tia bắt thường

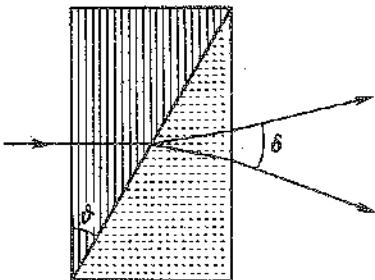


Hình 177.

trong một tinh thể đơn trục dương có quang trục :

- a) vuông góc với mặt phẳng tới và song song với mặt tinh thể;
- b) nằm trong mặt phẳng tới và song song với mặt tinh thể;
- c) nằm trong mặt phẳng tới và tạo một góc 45° với mặt tinh thể, và ánh sáng đập vuông góc với quang trục.

4.171. Một chùm tia sáng tự nhiên hép có bước sóng $\lambda = 589 \text{ nm}$ đập vuông góc lên mặt một lăng kính Wollaston



Hình 178.

làm bằng đá băng lan như đã vẽ trên hình 178. Các quang trục của cả hai phần của lăng kính vuông góc với nhau. Tìm góc ϕ giữa các phương của các chùm tia ở phía sau lăng kính, nếu góc $\theta = 30^\circ$.

4.172. Một chùm tia sáng tự nhiên đập lên một hệ gồm $N = 6$ nicôn; mặt phẳng truyền qua của mỗi nicôn quay một góc $\alpha = 30^\circ$ đối với mặt phẳng truyền qua của nicôn trước. Phản quang thông đi qua hệ này sẽ là bao nhiêu?

4.173. Một ánh sáng tự nhiên đập lên một hệ gồm ba bản polaroit giằng nhau đặt nối tiếp; thêm vào đó phương chính của polaroit đặt ở giữa tạo một góc $\alpha = 60^\circ$ với các phương chính của hai polaroit kia. Mỗi polaroit có một độ hấp thụ sao cho khi ánh sáng phân cực đập lên nó thì hệ số truyền qua cực đại là $\tau = 0,81$. Cường độ sáng sau khi đi qua hệ này sẽ giảm đi bao nhiêu lần?

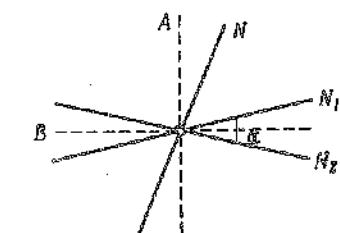
4.174. Độ phân cực của một ánh sáng phân cực một phần là $P = 0,25$. Tìm tỷ số giữa cường độ sáng của thành phần phân cực của ánh sáng này với cường độ sáng của thành phần tự nhiên.

4.175. Người ta đặt một nicôn trên đường đi của một chùm tia phân cực một phần. Khi quay nicôn một góc $\alpha = 60^\circ$ kể từ vị trí ứng với cực đại truyền qua của ánh sáng, thì cường độ ánh sáng truyền qua bị giảm đi $\eta = 3,0$ lần. Tìm độ phân cực của ánh sáng tới.

4.176. Trên đường đi của một chùm ánh sáng tự nhiên người ta đặt hai kính phân cực không hoàn hảo. Biết rằng khi các mặt phẳng của các kính phân cực song song với nhau thì hệ này cho ánh sáng đi qua lớn gấp $\eta = 10,0$ lần khi các mặt phẳng bắt chéo nhau. Tìm độ phân cực của ánh sáng gây ra bởi:

- a) từng kính phân cực riêng biệt;
- b) toàn hệ khi các mặt phẳng của các kính phân cực bắt chéo nhau.

4.177. Hai chùm tia song song phân cực thẳng có cường độ như nhau, có các mặt phẳng dao động là N_1 và N_2 lệch với nhau một góc nhỏ α nào đó (hình 179), đập lên một nicôn. Để cân bằng cường độ của cả hai chùm tia sau nicôn thì phương chính N của nicôn phải nằm trên đường phân giác A hoặc B . Xác định giá trị của góc α để khi quay nicôn từ vị trí A một góc nhỏ $\delta\varphi \ll \alpha$ sẽ dẫn tới sự biến đổi tương đối về cường độ của hai chùm $\Delta I/I$ một lượng $\eta = 100$ lần lớn hơn khi quay cùng một góc từ vị trí B .



Hình 179.

4.178. Một sóng điện từ phẳng có đặc trưng phân cực gì, nếu hình chiếu của vecto E của nó lên trực x và y , vuông góc với phương truyền sóng, được xác định bằng các phương trình sau:

- a) $E_x = E \cos(\omega t - kz)$, $E_y = E \sin(\omega t - kz)$;
- b) $E_x = E \cos(\omega t - kz)$, $E_y = E \cos(\omega t + kz + \pi/4)$;
- c) $E_x = E \cos(\omega t - kz)$, $E_y = E \cos(\omega t - kz + \pi)$?

4.179. Người ta muôn làm một bản thạch anh song song với quang trục có bê dày không quá $0,50 \text{ mm}$. Tìm bê dày lớn nhất của bản, để một ánh sáng phân cực thẳng có bước sóng $\lambda = 589 \text{ nm}$ sau khi qua bản:

- a) chỉ quay mặt phẳng phân cực;
 - b) sẽ trở nên phân cực tròn.
- 4.180. Một bản thạch anh được cắt song song với quang trục và được đặt vào giữa hai nicôn bắt chéo nhau. Góc giữa các phương chính của nicôn và bản bằng 45° . Bê dày của bản là

$d = 0,50$ mm. Với các bước sóng nào trong khoảng $0,50 - 0,60 \mu\text{m}$ thì cường độ ánh sáng đi qua hệ này sẽ không phụ thuộc vào sự quay nicônn đằng sau? Hiệu số chiết suất của các tia thường và bất thường trong khoảng các bước sóng đó coi như bằng $\Delta n = 0,0090$.

4.181. Ánh sáng tự nhiên trắng đập lên một hệ hai nicônn bắt chéo. Giữa hai nicônn đặt một bản thạch anh được cắt song song với quang trục và có bê dày $1,50$ mm. Trục của bản tạo một góc 45° với các phương chính của các nicônn. Khi đi qua hệ này ánh sáng bị phân tích thành một quang phổ. Có bao nhiêu vân tối sẽ được quan sát trong khoảng các bước sóng $0,55 - 0,66 \mu\text{m}$? Hiệu số chiết suất của các tia thường và bất thường trong khoảng bước sóng đó coi như bằng $0,0090$.

4.182. Một bản tinh thể được cắt song song với quang trục, có bê dày $0,25$ mm và dùng làm bản một phần tư sóng đối với $\lambda = 530 \text{ nm}$. Đối với các bước sóng nào trong miền phổ khá kién nó cũng sẽ là bản một phần tư sóng? Biết rằng đối với tất cả các bước sóng trong vùng phổ khá kién, hiệu số chiết suất đối với các tia thường và tia bất thường là như nhau và bằng $n_e - n_o = 0,0090$.

4.183. Một bản thạch anh được cắt song song với quang trục được đặt giữa hai nicônn bắt chéo sao cho quang trục của bản tạo một góc 45° với các phương chính của nicônn. Với bê dày cực tiêu của bản bằng bao nhiêu để ánh sáng có $\lambda_1 = 643 \text{ nm}$ sẽ đi qua hệ này với cường độ cực đại còn ánh sáng có $\lambda_2 = 564 \text{ nm}$ sẽ rất yếu. Hiệu số chiết suất đối với cả hai bước sóng coi như bằng $n_e - n_o = 0,0090$.

4.184. Giữa hai polaroit bắt chéo nhau người ta đặt một bản nêm bằng thạch anh có góc chiết quang $\vartheta = 3,5^\circ$. Quang trục của nêm song song với cạnh của nó và tạo một góc 45° với các phương chính của các polaroit. Khi cho ánh sáng có $\lambda = 550 \text{ nm}$ đi qua hệ này, người ta quan sát được một hệ vân giao thoa. Bề rộng của mỗi vân là $\Delta x = 1,0 \text{ mm}$. Xác định hiệu số chiết suất của thạch anh đối với các tia bất thường và tia thường ứng với bước sóng đã cho.

4.185. Một ánh sáng tự nhiên, đơn sắc có cường độ I_0 đập lên một hệ gồm hai polaroit và giữa chúng có đặt một bản

tinh thể được cắt song song với quang trục. Bản đưa vào một hiệu pha δ giữa các tia thường và tia bất thường. Chứng minh rằng cường độ sáng sau khi qua hệ này là :

$$I = (I_0/2) [\cos^2(\alpha - \beta) - \sin 2\alpha \cdot \sin 2\beta \cdot \sin^2(\delta/2)],$$
 trong đó α và β là các góc giữa quang trục của tinh thể và các phương chính của các polaroit. Đặc biệt khảo sát trường hợp các polaroit bắt chéo và song song với nhau.

4.186. Một ánh sáng đơn sắc phân cực tròn đập vuông góc lên một bản tinh thể được cắt song song với quang trục. Sau bản là một nicônn có phương chính tạo một góc α với quang trục của bản. Chứng minh rằng cường độ sáng sau khi qua hệ này là

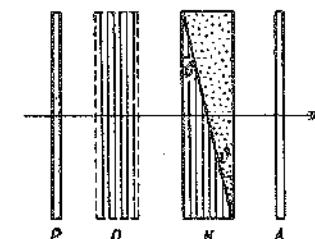
$$I = I_0(1 + \sin 2\alpha \cdot \sin \delta),$$
 trong đó δ là hiệu pha giữa các tia thường và bất thường do bản tạo nên.

4.187. Nhờ một polaroit và một bản một phần tư sóng được chế tạo từ một tinh thể đơn trực dương ($n_e > n_o$), làm thế nào phân biệt được :

a) ánh sáng phân cực tròn quay trái với ánh sáng phân cực tròn quay phải;

b) ánh sáng tự nhiên với ánh sáng phân cực tròn, với ánh sáng phân cực ellip và với hỗn hợp ánh sáng tự nhiên và ánh sáng phân cực tròn.

4.188. Ánh sáng có bước sóng λ đập lên một hệ gồm một kính phân cực P và một kính phân tích A bắt chéo nhau. Giữa chúng là một bản bô chính Babinet K (hình 180). Bản bô chính gồm hai bản hình nêm bằng thạch anh, một bản có quang trục song song, bản kia có quang trục vuông góc với cạnh nêm; các phương chính của kính phân cực và kính phân tích tạo một góc 45° với các quang trục của bản bô chính. Cho biết góc chiết quang ϑ của nêm ($\vartheta \ll 1$) và hiệu số chiết suất của thạch anh $n_e - n_o$. Khi đưa vào một màu lưỡng chiết O cần nghiên cứu (quang trục của mẫu được định hướng như trên hình vẽ), người ta quan sát thấy các vân giao thoa dịch chuyển lên phía trên $\Delta x \text{ mm}$. Tìm :



Hình 180.

hiệu số chiết suất của thạch anh $n_e - n_o$. Khi đưa vào một màu lưỡng chiết O cần nghiên cứu (quang trục của mẫu được định hướng như trên hình vẽ), người ta quan sát thấy các vân giao thoa dịch chuyển lên phía trên $\Delta x \text{ mm}$. Tìm :

- a) bê rộng Δx của vân giao thoa ;
 b) độ lớn và dấu của hiệu quang lô của tia thường và tia bắt thường mà mẫu O đã tạo nên.

4.189. Dùng các bảng phụ lục để tính hiệu số các chiết suất của thạch anh đối với ánh sáng phân cực tròn quay phải và quay trái, có bước sóng $\lambda = 589,5 \text{ nm}$.

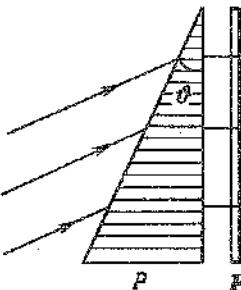
4.190. Một ánh sáng phân cực thẳng có bước sóng $0,59 \mu\text{m}$ đập lên một lăng kính thạch anh p có ba mặt và có góc chiết quang $\vartheta = 30^\circ$. Ánh sáng truyền trong lăng kính dọc theo quang trục (có phương được vẽ bằng các đường gạch gạch). Sau polaroit P người ta quan sát được một hệ vân sáng và tối, mỗi vân có bê rộng $\Delta x = 15,0 \text{ mm}$. Tìm hằng số quay của thạch anh và tính chất của sự phân bố cường độ sáng sau polaroit.

4.191. Một ánh sáng tự nhiên đơn sắc đập lên một hệ hai nicôn bắt chéo. Giữa chúng có đặt một bán thạch anh được cắt vuông góc với quang trục. Tìm bê dày cực tiêu của bán đế hệ cho đi qua $\eta = 0,30$ thông lượng ánh sáng, nếu hằng số quay của thạch anh là $\alpha = 17 \text{ độ/mm}$.

4.192. Ánh sáng đi qua một hệ gồm hai nicôn bắt chéo ; giữa chúng có đặt một bán thạch anh được cắt vuông góc với quang trục. Xác định bê dày cực tiêu của bán, để ánh sáng có bước sóng 436 nm sẽ hoàn toàn bị giữ lại bởi hệ này, còn ánh sáng có bước sóng 497 nm được truyền qua một nửa. Hằng số quay của thạch anh đối với những bước sóng này tương ứng bằng $41,5$ và $31,1 \text{ độ/mm}$.

4.193. Một ánh sáng phân cực thẳng có bước sóng 589 nm truyền dọc theo trục của một bình thủy tinh hình trụ chứa đầy dung dịch đường hơi đặc, có nồng độ 500 g/l . Khi quan sát từ phía bên, người ta thấy một hệ vân hình cánh quạt, hơn nữa khoảng cách giữa các vân tối cạnh nhau dọc theo trục bằng 50 cm . Giải thích sự sinh ra các vân và xác định hằng số quay của dung dịch.

196



Hình 181.

4.194. Một tê bào Kerr được đặt giữa hai nicôn bắt chéo sao cho phương của điện trường E trong tụ điện tạo một góc 45° với phương chính của các nicôn. Tụ điện có chiều dài $l = 10 \text{ cm}$ và chứa đầy nitrobenzen. Ánh sáng có $\lambda = 0,50 \mu\text{m}$ đi qua hệ. Biết rằng trong trường hợp đã cho, hằng số Kerr là $B = 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ cm/V}^2$, xác định :

a) cường độ cực tiêu của điện trường E trong tụ điện, để cường độ ánh sáng sau khi đi qua hệ này không phụ thuộc vào sự quay của nicôn dâng sau ;

b) số lần ngắt ánh sáng trong một giây, nếu đặt lên tụ điện một thê hiệu xoay chiều có tần số $v = 10 \text{ MHz}$ và giá trị biến của cường độ là $E_0 = 50 \text{ kV/cm}$.

Chú ý. Người ta gọi hệ B trong công thức $n_e - n_o = B\lambda E^2$ là hằng số Kerr.

4.195. Một ánh sáng phân cực phẳng đơn sắc có mạch số ω , đi qua một chất, dọc theo một từ trường đều có cường độ H . Tìm hiệu số chiết suất đối với các thành phần phân cực tròn quay phải và quay trái của chùm tia sáng, nếu hằng số Verdet bằng V .

4.196. Một chất được đặt trong từ trường dọc của một sôlênit, nằm giữa hai polaroit. Chiều dài của ống đựng chất đó là $l = 30 \text{ cm}$. Xác định hằng số Verdet, nếu với cường độ từ trường $H = 710 \text{ ócstet}$ thì góc quay của mặt phẳng phân cực là $\varphi_1 = +5^\circ 10'$ đối với một chiều của trường và $\varphi_2 = -3^\circ 20'$ đối với chiều ngược lại.



Hình 182.

4.197. Một chùm tia hẹp ánh sáng phân cực phẳng đi qua một chất dương quay phải được đặt trong một từ trường dọc như vẽ trên hình 182. Tìm góc quay của mặt phẳng phân cực của chùm tia ló nếu chiều dài của ống đựng chất bằng l , hằng số quay của nó là α , hằng số Verdet là V và cường độ từ trường là H .

4.198. Một ống đựng benzen có chiều dài $l = 26 \text{ cm}$ được đặt trong từ trường dọc của một sôlênit, nằm giữa hai polaroit. Góc giữa các phương chính của các polaroit bằng 45° . Tìm cường độ cực tiêu của từ trường, để ánh sáng có bước sóng 589 nm

đi qua hẽ này chỉ theo một chiều (súp pát quang học). Súp pát quang học này sẽ hoạt động ra sao nếu chiều của từ trường đã cho bị đổi ngược lại.

4.199. Thực nghiệm chứng tỏ rằng một vật được chiếu sáng bằng ánh sáng phân cực tròn nhận được một mômen quay (hiệu ứng Sadovski). Điều này liên hệ với sự việc là ánh sáng đã cho có mômen xung mà mật độ dòng của mômen xung trong chân không là $M = I/\omega$, trong đó I là cường độ sáng, ω là mạch số của dao động sáng. Giả thử rằng ánh sáng phân cực tròn có bước sóng $\lambda = 0,70 \mu\text{m}$ đậm vuông góc lên một đĩa đèn đồng tinh có khối lượng $m = 10 \text{ mg}$ mà nó có thể quay tự do xung quanh trục của nó. Sau bao lâu vận tốc góc của nó sẽ là $\omega_0 = 1,0 \text{ rad/s}$, nếu $I = 10 \text{ W/cm}^2$.

SỰ TÁN XẠ VÀ HẤP THỤ ÁNH SÁNG

4.200. Một electron tự do được đặt trong trường của một quang thông đơn sắc. Cường độ của thông lượng $I = 150 \text{ W/m}^2$; tần số ánh sáng $\omega = 3,4 \cdot 10^{15} \text{ rad/s}$. Tim:

a) biên độ dao động của electron và biên độ của vận tốc của nó;

b) tỷ số f_m/f_e , trong đó f_m và f_e là các giá trị biên của các lực tác dụng lên electron từ phía các thành phần từ và điện của trường sóng ánh sáng; cũng chứng minh rằng nó bằng $v/2c$, trong đó v là biên độ của vận tốc của electron, c là vận tốc ánh sáng.

Hướng dẫn. Trong phương trình chuyển động của electron có thể không để ý đến tác dụng của thành phần từ của trường (như sẽ thấy trong khi tính toán, nó nhỏ không đáng kể).

4.201. Một sóng điện từ có tần số ω truyền trong plasma loãng. Mật độ điện tử tự do trong plasma bằng n_0 . Bỏ qua tương tác của sóng với các ion của plasma, thiết lập công thức xác định sự phụ thuộc:

- a) của hằng số điện môi của plasma theo tần số;
- b) của vận tốc pha trong plasma theo bước sóng.

4.202. Tìm nồng độ các electron tự do trong tầng ion khí quyển, nếu đối với sóng vô tuyến điện có tần số $v = 100 \text{ MHz}$, chiết suất của nó là $n = 0,90$.

4.203. Dựa trên sự kiện là đối với một chùm tia röntgen đủ cứng, các electron của một chất có thể coi là tự do, hãy xác định xem chiết suất của graphit đối với các tia röntgen có bước sóng trong chân không là $\lambda = 30 \text{ pm}$ sẽ khác đơn vị là bao nhiêu.

4.204. Một electron được đặt trong trường của một bức xạ điện từ và chịu tác dụng một lực già đòn hồi kx và một «lực ma sát» γv : thành phần E của trường biến đổi theo thời gian theo quy luật $E = E_0 \cos \omega t$. Bỏ qua tác dụng của thành phần từ của trường, tìm:

a) phương trình chuyển động của electron;

b) công suất trung bình hấp thụ bởi electron; với tần số nào thì công suất trung bình sẽ cực đại và biểu thức của công suất trung bình cực đại.

4.205. Trong một số các trường hợp, hằng số điện môi của một chất là một đại lượng phức và âm và chiết suất là những số phức tương ứng ($n' = n + i\kappa$) hoặc thuần túy ảo ($n' = i\kappa$). Đối với các trường hợp này, viết phương trình của sóng phản và làm rõ ý nghĩa vật lý của các chiết suất đó.

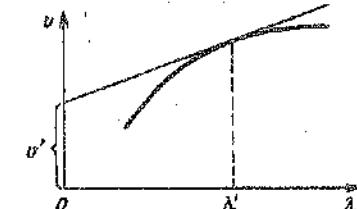
4.206. Khi thăm dò plasma loãng bằng sóng vô tuyến điện có các tần số khác nhau, người ta đã phát hiện được rằng các sóng vô tuyến điện có $\lambda > \lambda_0 = 0,75 \text{ m}$ bị phản xạ toàn phần ở bên trong. Xác định nồng độ các electron tự do trong plasma này.

4.207. Xuất phát từ định nghĩa vận tốc nhóm $u = dv/dk$, chứng minh rằng $u = v - \lambda (dv/d\lambda)$, trong đó v là vận tốc pha, λ là bước sóng. Cũng chứng minh rằng ở gần $\lambda = \lambda'$ thì u bằng đoạn v' được cắt bởi tiếp tuyến của đường cong $v(\lambda)$ ở điểm λ' (hình 183).

4.208. Tim sự phụ thuộc giữa vận tốc nhóm u và vận tốc pha v đối với những định luật sau đây về sự tán xạ:

$$a) v = a/\sqrt{\lambda}; \quad b) v = bk; \quad c) v = c/\omega^2.$$

Ở đây a, b, c là những hằng số nào đó, λ, k và ω là bước sóng, số sóng và tần số vòng.



Hình 183.

4.209. Trong một môi trường nào đó, sự liên hệ giữa vận tốc nhôm và vận tốc pha của một sóng điện từ có dạng $uv = c^2$, trong đó c là vận tốc ánh sáng trong chân không. Tìm sự phụ thuộc của hằng số điện môi của môi trường này theo tần số sóng $s(\omega)$.

4.210. Chiết suất của sulfua cacbon đối với ánh sáng có bước sóng 509, 534 và 589 nm tương ứng bằng 1,647, 1,640 và 1,630. Tính vận tốc pha và vận tốc nhôm của ánh sáng ở gần $\lambda = 534$ nm.

4.211. Một xung ánh sáng phẳng truyền trong một môi trường, trong đó vận tốc pha v phụ thuộc tuyễn tính theo bước sóng λ theo định luật $v = a + b\lambda$, a và b là những hằng số dương nào đó. Chứng minh rằng trong môi trường đó, dạng của một xung ánh sáng tùy ý sẽ được phục hồi sau một khoảng thời gian $t = 1/b$.

4.212. Một chùm ánh sáng tự nhiên có cường độ I_0 đập lên một hệ gồm hai niken bát chéo, giữa chúng có một ống đựng một dung dịch nào đó nằm trong một từ trường dọc có cường độ H . Chiều dài của ống bằng l , hệ số hấp thụ tuyễn tính của dung dịch là κ , hằng số Verdet là V . Tìm cường độ ánh sáng sau khi đi qua hệ này.

4.213. Một sóng ánh sáng phẳng đơn sắc có cường độ I_0 , đập vuông góc lên một bản mặt song song, có hệ số phản xạ của mỗi mặt bằng ρ . Sau khi phản xạ nhiều lần, tìm cường độ ánh sáng truyền qua, nếu :

- bản trong suốt lý tưởng (không có sự hấp thụ);
- hệ số hấp thụ tuyễn tính là κ , còn bê dày của bản là d .

4.214. Bằng một chất nào đó, người ta làm 2 bản : một bản có bê dày $d_1 = 3,8$ mm, bản kia $- d_2 = 9,0$ mm. Lần lượt chiểu vào các bản này một chùm ánh sáng đơn sắc người ta phát hiện được rằng bản thứ nhất truyền qua $D_1 = 0,84$ quang thông, bản thứ hai $- D_2 = 0,70$. Tìm hệ số hấp thụ tuyễn tính của chất này. Ánh sáng tới vuông góc.

4.215. Một chùm tia đơn sắc đi qua một tập gồm $N = 5$ bản mặt song song bằng thủy tinh giống nhau. Hệ số phản xạ trên mỗi mặt là $\rho = 0,050$, bê dày của mỗi bản là $l = 0,50$ cm. Tỷ số giữa cường độ sáng truyền qua tập bản này với cường độ

sáng tới là $\eta = 0,55$. Bỏ qua sự phản xạ thứ cấp của ánh sáng, xác định hệ số hấp thụ của thủy tinh đã cho.

4.216. Một chùm tia sáng đơn sắc đập vuông góc lên mặt một bản mặt song song có bê dày l . Hệ số hấp thụ của chất làm ra bản biến đổi tuyễn tính dọc theo đường pháp tuyễn với mặt bản từ giá trị x_1 , đến x_2 . Hệ số phản xạ ở mỗi mặt bằng ρ . Bỏ qua sự phản xạ thứ cấp, xác định hệ số truyền qua của bản đó.

4.217. Một chùm ánh sáng có cường độ I_0 đập vuông góc lên một bản mặt song song trong suốt có bê dày l . Chùm chứa tất cả các bước sóng trong dải từ λ , đến λ_2 và có cùng cường độ phô. Xác định cường độ của chùm truyền qua bản, nếu trong dải bước sóng đó, hệ số hấp thụ phụ thuộc tuyễn tính theo λ , trong các giới hạn từ x_1 , đến x_2 và hệ số phản xạ của mỗi mặt bằng ρ . Bỏ qua các sự phản xạ thứ cấp.

4.218. Một kính lọc sắc là một bản có chiều dày d với hệ số hấp thụ phụ thuộc theo bước sóng λ dưới dạng $\kappa(\lambda) = \alpha(1 - \lambda/\lambda_0)^2 \text{ cm}^{-1}$, trong đó α và λ_0 là những hằng số nào đó. Tìm bê rộng của dải truyền qua $\Delta\lambda$ của kính lọc này để sự giảm ánh sáng ở các mép của dải lớn gấp η lần sự giảm dải với λ_0 . Hệ số phản xạ ở trên mặt kính lọc sắc coi như bằng nhau đối với tất cả các bước sóng.

4.219. Một nguồn điểm đơn sắc phát ra một quang thông Φ , được đặt ở tâm một lớp hình cầu của một chất, có bán kính trong bằng r_1 , bán kính ngoài bằng r_2 . Hệ số hấp thụ tuyễn tính của chất bằng κ , hệ số phản xạ của mặt là ρ . Bỏ qua các phản xạ thứ cấp, tìm cường độ sáng đi ra khỏi chất này.

4.220. Cường độ của một chùm hẹp bức xạ ronhen có bước sóng 20 pm sẽ giảm đi bao nhiêu lần, khi đi qua một bản chí dày $d = 1,0$ mm, nếu hệ số khôi lượng của sự làm yếu đối với bước sóng này là $\mu/\rho = 3,6 \text{ cm}^2/\text{g}$?

4.221. Một chùm hẹp bức xạ ronhen có bước sóng 62 pm đi qua một màn nhôm dày 2,6 cm. Một màn chí cần phải có chiều dày bao nhiêu để nó làm yếu chùm tia trên theo cùng một mức độ ? Hệ số khôi lượng của sự làm yếu của nhôm và chí đối với bức xạ này tương ứng bằng $3,48$ và $72,0 \text{ cm}^2/\text{g}$.

4.222. Đối với nhôm, tìm bê dày của lớp làm yếu một nửa của một chùm hẹp bức xạ ronhen đơn sắc, nếu hệ số khôi lượng của sự làm yếu là $\mu/\rho = 0,32 \text{ cm}^2/\text{g}$.

4.223. Có bao nhiêu lớp làm mờ một nứa trong một bán đế bàn làm giảm cường độ của một chùm hẹp bức xạ ronghен đi $\eta = 50$ lần.

QUANG HỌC CỦA CÁC NGUỒN CHUYỂN ĐỘNG

4.224. Trong thí nghiệm của Fizeau, khoảng cách giữa bánh xe răng cưa và gương là $l = 7,0$ km, số răng là $z = 720$. Hai lần biến đổi liên tiếp của ánh sáng được nhận thấy khi vận tốc quay của bánh xe là $n_1 = 283$ và $n_2 = 313$ vòng/s. Tìm vận tốc ánh sáng.

4.225. Một nguồn sáng chuyển động với vận tốc v đối với một máy thu. Chứng minh rằng khi $v \ll c$ thì sự biến thiên tương đối của tần số ánh sáng là $\Delta\omega/\omega = (v/c)\cos\vartheta$, trong đó ϑ là góc giữa phương chuyển động của nguồn và đường quan sát.

4.226. Một trong những vạch quang phổ được phát ra bởi các ion He^+ bị kích thích, có bước sóng $\lambda = 410$ nm. Tìm sự dịch chuyển Doppler $\Delta\lambda$ của vạch này, nếu người ta quan sát nó dưới một góc $\vartheta = 30^\circ$ tới chùm ion chuyển động với động năng $T = 10$ MeV.

4.227. Khi quan sát vạch quang phổ có $\lambda = 0,59$ μm theo các hướng kề từ các bờ đối diện của một đĩa Mặt Trời tối xích đạo của nó, người ta đã phát hiện được sự khác biệt về bước sóng là $\delta\lambda = 8,0$ pm. Tìm chu kỳ quay của Mặt Trời xung quanh trục riêng của nó.

4.228. Hiệu ứng Doppler đã cho phép khám phá các sao đôi ở xa nhau đến nỗi không thể phân biệt được chúng bằng viễn kính. Những vạch quang phổ của các sao đó trở thành kép một cách tuần hoàn, từ đó có thể giả thiết rằng nguồn là hai ngôi sao quay xung quanh khôi tâm của chúng. Giả thử rằng khôi lượng của hai ngôi sao như nhau, tìm khoảng cách giữa chúng và các khôi lượng của chúng, nếu sự tách cực đại các vạch quang phổ bằng $(\Delta\lambda/\lambda)_{\text{m}} = 1,2 \cdot 10^{-4}$, hơn nữa cứ sau $\tau = 30$ ngày nó lại xảy ra một lần.

4.229. Một sóng điện từ phẳng có tần số ω_0 đập vuông góc lên một mặt gương chuyển động theo chiều ngược lại, với vận tốc tương đối tĩnh V . Dùng công thức Doppler, hãy tìm tần số

của sóng phản xạ. Giảm ước biếu thừa thu được đối với trường hợp $V \ll c$.

4.230. Một máy radar làm việc ở bước sóng $\lambda = 50,0$ cm. Xác định vận tốc của một máy bay bay tới, nếu tần số của phách giữa tín hiệu của máy phát và tín hiệu phản xạ từ máy bay ở chỗ đặt radar bằng $\Delta v = 1,0$ KHz

4.231. Biết rằng pha $\omega t - kx$ của một sóng là bất biến, tức là không biến đổi khi chuyển từ một hệ quán tính này sang một hệ quán tính khác, xác định xem tần số ω và số sóng k dưa vào pha được biến đổi như thế nào? Khảo sát trường hợp một chiều.

4.232. Một tinh vân nào đó di ra xa chúng ta với vận tốc bao nhiêu, nếu biết rằng vạch hydro $\lambda = 434$ nm trong phổ của nó dịch chuyển về phía đỏ là 130 nm?

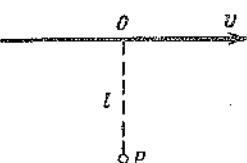
4.233. Một xe ôtô phải chuyển động với vận tốc bao nhiêu để ánh sáng đỏ của đèn sau ($\lambda \approx 0,70$ μm) trở thành xanh ($\lambda' \approx 0,55$ μm)?

4.234. Một quan sát viên chuyển động thẳng theo một hướng nào đó với vận tốc $v_1 = \frac{1}{4}c$ và trước người đó là một nguồn sáng đơn sắc có vận tốc $v_2 = \frac{3}{4}c$. Tần số riêng của ánh sáng là ω_0 . Tìm tần số ánh sáng mà quan sát viên ghi nhận được.

4.235. Một trong những vạch quang phổ của hydro nguyên tử có bước sóng $\lambda = 656,3$ nm. Tìm độ dịch chuyển Doppler $\Delta\lambda$ của vạch này, nếu người ta quan sát nó dưới một góc vuông đối với chùm nguyên tử hydro có động năng $T = 1,0$ Mev (hiệu ứng Doppler ngang).

4.236. Một nguồn phát các tín hiệu điện từ với tần số riêng $\omega = 3,0 \cdot 10^{10}$ rad/s, chuyển động với vận tốc không đổi là $v = 0,80c$ theo một đường thẳng cách một quan sát viên P đứng yên một khoảng l (hình 184). Tìm tần số của tín hiệu mà quan sát viên nhận được tại lúc mà:

- a) nguồn ở điểm O ;
- b) quan sát viên nhìn thấy nguồn ở điểm O .



Hình 184.

4.237. Một chùm hẹp electron đi qua ngay sát một mặt gương kim loại, mà trên đó người ta kẻ một cách từ có chu kỳ $d = 20$ μm.

Các electron chuyển động với vận tốc v gần bằng c , vuông góc với các vạch của cách tử. Khi đó người ta quan sát được một bức xạ khá kiêm: quỹ đạo của các electron có dạng một dài, có mâu biến đổi phụ thuộc vào góc quan sát θ (hình 185). Giải thích hiện tượng này. Tìm bước sóng của bức xạ được quan sát với $\theta = 45^\circ$.

4.238. Một chất khí gồm những nguyên tử có khối lượng m được đặt ở trạng thái cân bằng nhiệt động ở nhiệt độ T . Cho ω_0 là

tần số riêng của ánh sáng do các nguyên tử bức xạ.

a) Chứng minh rằng sự phân bố phổ của ánh sáng bức xạ được xác định bằng công thức:

$$I = I_0 e^{-a(1 - \omega/\omega_0)^2},$$

(I_0 là cường độ phổ ứng với tần số ω_0 , $a = mc^2/2kT$).

b) Tìm bệ rộng tương đối $\Delta\omega/\omega_0$ của vạch phổ đã cho, tức là bệ rộng của vạch giữa các tần số mà đối với chúng $I_n = I_0/2$.

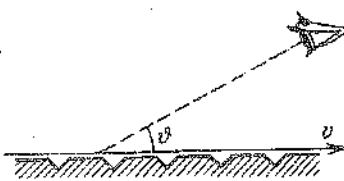
4.239. Trong một môi trường chuyển động với vận tốc không đổi $V \ll c$ đối với hệ quán tính K , một sóng điện từ phẳng được truyền đi. Tìm vận tốc của sóng này trong hệ K , nếu chiết suất của môi trường bằng n và hướng truyền sóng trùng với hướng chuyển động của môi trường.

4.240. Quang sai ánh sáng bao gồm ở chỗ, khi quan sát, các ngôi sao hình như được di chuyển khỏi vị trí thực trên bầu trời (do sự chuyển động của Trái Đất trên quỹ đạo). Phương dân đèn ngôi sao trong mặt phẳng của hoàng đạo, biến đổi tuần hoàn và ngôi sao thực hiện các dao động già trong các giới hạn góc $\delta\theta = 41''$. Tìm vận tốc của Trái Đất trên quỹ đạo.

4.241. Chứng minh rằng sự biến đổi góc θ giữa phương truyền ánh sáng và trục x , khi chuyển từ hệ quy chiếu K sang hệ quy chiếu K' được xác định bằng công thức

$$\cos \theta' = \frac{\cos \theta - \beta}{1 - \beta \cos \theta}$$

trong đó $\beta = V/c$, V là vận tốc của hệ K' đối với hệ K . Trục x và x' của cả hai hệ quy chiếu trùng nhau.



Hình 185.

4.242. Tìm nửa góc mở của hình nón, trong đó một quan sát viên mặt đất nhìn những ngôi sao nằm trong bán cầu, nếu người ta di chuyển đối với Trái Đất với một vận tốc tương đối tĩnh là V khác với vận tốc ánh sáng $1,0\%$. Sử dụng công thức của bài tập trên.

4.243. Một hạt mang điện chuyển động dọc theo trục y , theo quy luật $y = a \cos \omega t$, còn điểm quan sát P nằm trên trục x cách hạt một khoảng l ($l \gg a$). Xác định tỷ số các mật độ thông lượng của bức xạ điện từ I_1/I_2 ở điểm P tại thời điểm mà tọa độ của hạt $y_1 = 0$ và $y_2 = a$. Tính tỷ số này nếu $\omega = 3,3 \cdot 10^6$ rad/s và $l = 190$ m.

4.244. Một hạt mang điện chuyển động đều với vận tốc v theo một đường tròn có bán kính R , nằm trong mặt phẳng xy (hình 186). Tại điểm P trên trục x ở cách xa tâm của đường tròn một khoảng rất lớn so với R có một người quan sát. Tìm:

a) sự liên hệ giữa các giá trị quan sát được của hình chiếu lên y của giá tốc của hạt và tọa độ y của nó.

b) tỷ số các mật độ thông lượng bức xạ điện từ ở điểm P , tại thời điểm, khi hạt chuyển

động lại gần và ra xa quan sát viên như đã vẽ trên hình.

4.245. Một hạt mang điện chuyển động đều trong một môi trường có chiết suất n có thể bức xạ ánh sáng trong những điều kiện xác định (hiệu ứng Cherenkov-Vavilov). Tìm:

a) những điều kiện này cũng như hướng của bức xạ khi khảo sát sự giao thoa của dao động được kích thích bởi các hạt tại các thời điểm khác nhau;

b) vận tốc của hạt mang điện trong nước, nếu hạt bức xạ ánh sáng dưới góc $\theta = 15^\circ$ với phương chuyển động của hạt.

SỰ BỨC XẠ NHIỆT. BÀN CHẤT LƯỢNG TỬ CỦA ÁNH SÁNG

4.246. Có hai nguồn đèn tuyệt đối bức xạ nhiệt. Nhiệt độ của một trong hai nguồn là $T_1 = 2500$ K. Tìm nhiệt độ của

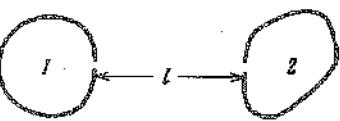
nguồn kia, nếu bước sóng ứng với cực đại của năng suất phát xạ của nó lớn hơn bước sóng ứng với cực đại của năng suất phát xạ của nguồn thứ nhất là $\Delta\lambda = 0,50 \mu\text{m}$.

4.247. Độ trung năng lượng của một vật đèn tuyệt đối bằng $3,0 \text{ W/cm}^2$. Xác định bước sóng ứng với cực đại của năng suất phát xạ của vật này.

4.248. Bức xạ của Mặt Trời theo thành phần quang phổ của nó gần với bức xạ của một vật đèn tuyệt đối có cực đại của năng suất phát xạ ứng với bước sóng $0,48 \mu\text{m}$. Tìm khối lượng hụt đi của Mặt Trời trong một giây do sự phát xạ. Tính thời gian để khối lượng Mặt Trời giảm đi 1%.

4.249. Người ta đặt một quả cầu bằng đồng có đường kính $d = 1,2 \text{ cm}$ trong một bình chân không mà nhiệt độ của thành bình được giữ ở gần không độ tuyệt đối. Nhiệt độ ban đầu của quả cầu là $T_0 = 300 \text{ K}$. Coi mặt quả cầu là đèn tuyệt đối, tính xem sau bao lâu nhiệt độ của quả cầu giảm đi $\eta = 2,0$ lần.

Hình 187.



4.250. Có hai hốc (hình 187) với các lỗ nhỏ có cùng một đường kính là $d = 1,0 \text{ cm}$ và các mặt ngoài là phản xạ tuyệt đối. Khoảng cách giữa các lỗ là $l = 10 \text{ cm}$. Trong hốc 1 nhiệt độ không đổi được giữ là $T_1 = 1700 \text{ K}$. Tính nhiệt độ được thành lập trong hốc 2.

4.251. Một hốc có thể tích $V = 1,01$ chứa bức xạ nhiệt ở nhiệt độ $T = 1000 \text{ K}$. Tìm :

- a) nhiệt dung c_V ;
- b) entropi S của bức xạ này.

4.252. Từ công thức Planck suy ra các biểu thức gần đúng đối với mật độ phô thể tích của bức xạ u_ω :

- a) trong miền mà $\hbar\omega \ll kT$ (công thức Rayleigh-Jeans);
- b) trong miền mà $\hbar\omega \gg kT$ (công thức Wien).

4.253. Biến đổi công thức Planck đối với mật độ phô thể tích của bức xạ u_ω từ biến số ω sang biến số v (tần số tuyền tính) và λ (bước sóng).

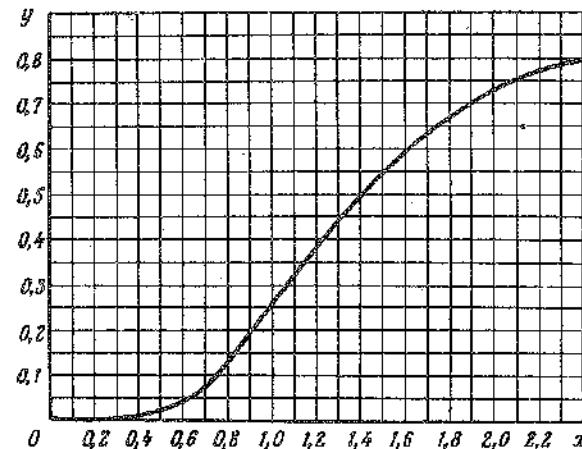
4.254. Từ công thức Planck, tìm mật độ thông lượng bức xạ của một đơn vị diện tích của vật đèn tuyệt đối ứng với

một khoảng hẹp các bước sóng $\Delta\lambda = 1,0 \text{ nm}$ gần cực đại của mật độ phô của bức xạ, khi nhiệt độ của vật là $T = 3000 \text{ K}$.

4.255. Trên hình 188 vẽ đồ thị của hàm $y(x)$, đặc trưng cho phân tỷ đối của công suất toàn phần của bức xạ nhiệt ứng với khoảng phô từ 0 đến x . Ở đây $x = \lambda/\lambda_m$ (λ_m là bước sóng ứng với mật độ phô cực đại của bức xạ).

Dựa vào đồ thị này tìm :

- a) bước sóng mà nó chia phô bức xạ thành hai phần bằng nhau về năng lượng khi nhiệt độ là 3700 K ;



Hình 188.

b) phân công suất toàn phần của bức xạ ứng với miền khà kién của phô ($0,40 - 0,76 \mu\text{m}$) khi nhiệt độ là 5000 K ;

c) công suất bức xạ trong miền bước sóng $\lambda > 0,76 \mu\text{m}$ tăng lên bao nhiêu lần khi tăng nhiệt độ từ 3000 đến 5000 K .

4.256. Từ công thức Planck, thành lập biểu thức xác định số các lượng tử trong 1 cm^3 của một hốc ở nhiệt độ T trong các khoảng phô ($\omega, \omega + d\omega$) và $(\lambda, \lambda + d\lambda)$.

4.257. Một nguồn sáng điểm đẳng hướng có công suất $P = 10 \text{ W}$. Phát ánh sáng có $\lambda = 589 \text{ nm}$. Tìm :

- a) mật độ thông lượng trung bình của các photon cách nguồn một khoảng $r = 2,0 \text{ m}$;

b) khoảng cách từ nguồn đèn điện có mật độ thể tích trung bình của các photon là $n = 100 \text{ cm}^{-3}$.

4.258. Một xung ngắn ánh sáng có năng lượng $E = 7,5 \text{ J}$ có dạng một chùm hẹp gần song song đập lên một bản phản xạ có hệ số phản xạ $\rho = 0,60$. Góc tới $i = 30^\circ$. Dựa vào giả thuyết hạt, xác định xung truyền trong bồn.

4.259. Một sóng sáng phẳng có cường độ $I = 0,2 \text{ W/cm}^2$ đập lên một mặt gương phẳng có hệ số phản xạ $\rho = 0,8$. Góc tới $\vartheta = 45^\circ$. Dựa vào giả thuyết hạt, xác định độ lớn của áp suất vuông góc mà ánh sáng thực hiện trên mặt này.

4.260. Một sóng sáng phẳng có cường độ $I = 0,70 \text{ W/cm}^2$ chiếu sáng một quả cầu với mặt phản xạ có bán kính $R = 5,0 \text{ cm}$. Hệ số phản xạ bằng một đơn vị. Dựa vào giả thuyết hạt, tìm lực tác dụng lên quả cầu.

4.261. Trong một hệ quy chiếu K một photon có tần số ω đập vuông góc lên một gương. Gương chuyển động về phía photon với vận tốc tương đối tĩnh V . Tìm xung truyền cho gương khi photon phản xạ :

- a) trong hệ quy chiếu liên kết với gương;
- b) trong hệ K .

4.262. Một gương nhỏ phản xạ lý tưởng, có khối lượng $m = 10 \text{ mg}$ được treo trên một sợi dây không có khối lượng, có chiều dài $l = 10 \text{ cm}$. Tìm góc lệch của sợi dây, nếu thực hiện «một phát» bức xạ lađe có xung ngắn, với năng lượng $E = 13 \text{ J}$ theo phương nằm ngang vuông góc với gương. Do đâu mà gương có được động năng?

4.263. Một photon có tần số ω_0 được phát ra từ bề mặt một ngôi sao có khối lượng M và bán kính R . Tìm giá trị của sự dịch chuyển do hấp dẫn của tần số của photon $\Delta\omega/\omega_0$ tại một nơi rất xa ngôi sao.

4.264. Khi tăng điện thế của một ống röntgen $\eta = 1,5$ lần, bước sóng của giới hạn về phía sóng ngắn của phổ röntgen liên tục được biến đổi là $\Delta\lambda = 26 \text{ pm}$. Tìm điện thế ban đầu của ống.

4.265. Một chùm tia röntgen hẹp đập lên một đơn tinh thể NaCl. Góc trượt nhỏ nhất mà người ta còn có thể quan sát được sự phản xạ gương từ hệ mặt phẳng tinh thể với khoảng

cách giữa các mặt phẳng là $d = 0,28 \text{ nm}$, bằng $\vartheta = 4,1^\circ$. Tìm điện thế đặt lên ống röntgen?

4.266. Tìm bước sóng của giới hạn về phía sóng ngắn của một phổ röntgen liên tục, nếu vận tốc của electron bay tới đối âm cực của ống là $v = 0,85 c$, trong đó c là vận tốc ánh sáng.

4.267. Xác định giới hạn đồ của hiện tượng quang điện đối với kẽm và vận tốc cực đại của các quang electron được bứt ra từ mặt kẽm bởi bức xạ điện từ có bước sóng 250 nm .

4.268. Khi chiếu sáng liên tục vào mặt một kim loại nào đó bằng ánh sáng có bước sóng $\lambda_1 = 0,35 \mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,54 \mu\text{m}$ người ta thấy rằng vận tốc cực đại tương ứng của các quang electron khác nhau $\eta = 2,0$ lần. Tìm công thoát từ mặt kim loại này.

4.269. Khi chiếu một bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda = 140 \text{ nm}$ vào một quả cầu bằng đồng được đặt xa các vật khác thì quả cầu sẽ được tích điện tới điện thế cực đại là bao nhiêu?

4.270. Tìm động năng cực đại của các quang electron được bứt ra từ mặt của lithium bởi bức xạ điện từ mà cường độ của thành phần điện trường của bức xạ biến đổi với thời gian theo quy luật $E = a(1 + \cos \omega t) \cos \omega_0 t$, trong đó a là một hằng số nào đó, $\omega = 6,0 \cdot 10^{14} \text{ rad/s}$ và $\omega_0 = 3,60 \cdot 10^{15} \text{ rad/s}$.

4.271. Một bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda = 0,30 \mu\text{m}$ đập lên một tê bào quang điện làm việc ở chế độ bão hòa. Độ nhạy phổ tương ứng của tê bào quang điện là $J = 4,8 \text{ mA/W}$. Tìm hiệu suất của các quang electron tức là số quang electron trên mỗi photon tới.

4.272. Có một tê bào quang điện chân không, mà một điện cực của nó bằng césium, điện cực kia bằng đồng. Xác định vận tốc cực đại của quang electron bay tới điện cực đồng khi rơi vào điện cực césium một bức xạ điện từ có bước sóng $0,22 \mu\text{m}$, nếu các điện cực được nồi tắt với nhau ở phía ngoài.

4.273. Một dòng quang điện được sinh ra trong mạch của một tê bào quang điện chân không khi rơi vào điện cực kẽm một bức xạ điện từ có bước sóng 262 nm . Dòng quang điện sẽ tắt, nếu đặt lên tê bào một thê hiệu chấn $1,5 \text{ V}$ từ bên ngoài. Tìm độ lớn và chiều phân cực của hiệu thê tiệp xúc ngoài của tê bào quang điện này.

4.274. Thành lập biểu thức của một đại lượng có thứ nguyên của chiều dài bằng cách sử dụng vận tốc ánh sáng c , khối lượng m và hằng số Planck \hbar . Đại lượng đó là gì?

4.275. Dựa vào các định luật bảo toàn, chứng minh rằng một electron tự do không thể hấp thụ hoàn toàn một photon.

4.276. Giải thích các đặc tính sau của sự tán xạ Compton của ánh sáng bởi khói chất:

- a) giá trị của độ dịch chuyển $\Delta\lambda$ không phụ thuộc vào bản chất của chất gây tán xạ;
- b) cường độ của thành phần dịch chuyển của ánh sáng tán xạ tăng theo sự giảm của nguyên tử số của chất, cũng như theo sự tăng của góc tán xạ;
- c) sự có mặt của một thành phần không dịch chuyển trong bức xạ tán xạ.

4.277. Một chùm hẹp bức xạ röntgen đơn sắc đập lên một chất gây tán xạ. Trong khi đó bước sóng của bức xạ bị tán xạ dưới các góc $\vartheta_1 = 60^\circ$ và $\vartheta_2 = 120^\circ$ sẽ khác nhau $\eta = 2,0$ lần. Giải thử rằng sự tán xạ xảy ra trên các electron tự do, tìm bước sóng của bức xạ tới.

4.278. Một photon có năng lượng $\epsilon = 1,00 \text{ MeV}$, tán xạ lên một electron tự do đứng nghỉ. Tìm động năng của electron giật lùi, nếu sau tán xạ bước sóng của photon bị biến đổi $\eta = 25\%$.

4.279. Một photon có bước sóng $\lambda = 6,0 \text{ pm}$, tán xạ lên một electron tự do đứng nghỉ dưới một góc vuông. Tìm:

- a) tần số của photon tán xạ;
- b) động năng của electron giật lùi.

4.280. Một photon có năng lượng $\hbar\omega = 250 \text{ keV}$ tán xạ lên một electron tự do đứng nghỉ dưới một góc $\vartheta = 120^\circ$. Xác định năng lượng của photon sau khi tán xạ.

4.281. Tìm bước sóng của bức xạ röntgen, nếu động năng cực đại của các electron Compton là $T_{max} = 0,19 \text{ MeV}$.

4.282. Một photon có năng lượng $\hbar\omega = 0,15 \text{ MeV}$, tán xạ lên một electron tự do đứng nghỉ. Sau tán xạ, bước sóng của photon biến đổi là $\Delta\lambda = 3,0 \text{ pm}$. Tìm góc bay của electron Compton.

4.283. Một photon có năng lượng lớn gấp $\eta = 2,0$ lần năng lượng của một electron đứng nghỉ, va chạm trực diện với một electron tự do đứng nghỉ. Tìm bán kính cong của quỹ đạo của electron giật lùi, trong một từ trường $B = 0,12 \text{ T}$. Giải thiết rằng electron giật lùi chuyển động vuông góc với phương của trường.

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

NGUYÊN TỬ CỦA RUTHERFORD-BOHR

5.1. Dựa vào mẫu Thomson, tính bán kính nguyên tử hydro và bước sóng ánh sáng do nó phát ra, nếu biết năng lượng ion hóa của nguyên tử là $E = 13,6 \text{ eV}$.

5.2. Một hạt α có động năng $0,27 \text{ MeV}$, bị tán xạ bởi một lá vàng dưới một góc 60° . Tìm giá trị tương ứng của tham số ngắm.

5.3. Với một khoảng cách cực tiêu là bao nhiêu, khi một hạt α có động năng $T = 0,40 \text{ MeV}$ (khi va chạm trực diện) đèn gần:

- a) một hạt nhân nguyên tử chỉ năng dừng nghỉ;
- b) một hạt nhân Li^7 nhẹ, tự do, lúc đầu dừng nghỉ?

5.4. Một hạt α có động năng $T = 0,50 \text{ MeV}$ bị tán xạ dưới góc $\theta = 90^\circ$ trong trường Coulomb của một hạt nhân nguyên tử thủy ngân đứng yên. Tìm:

- a) bán kính cong nhỏ nhất của quỹ đạo của hạt;
- b) khoảng cách cực tiêu mà hạt α lại gần hạt nhân.

5.5. Một proton có động năng T và tham số ngắm b , bị tán xạ trong trường Coulomb của một hạt nhân nguyên tử vàng đứng yên. Tìm xung truyền cho hạt nhân này do sự tán xạ.

5.6. Một hạt có động năng T bị tán xạ bởi một giềng thể năng hình cầu có bán kính R và độ sâu U_0 , tức là trường mà trong đó thể năng của hạt có dạng:

$$U = \begin{cases} 0 & \text{khi } r > R, \\ -U_0 & \text{khi } r < R, \end{cases}$$

trong đó r là khoảng cách từ tâm của giềng. Tìm sự liên hệ giữa tham số ngắm b của hạt và góc θ mà hạt bị lệch khỏi phương chuyên động ban đầu.

5.7. Người ta chiếu một dòng song song các hạt có bán kính r , vào một quả cầu đứng yên có bán kính R . Giả thử sự va chạm của hạt với quả cầu là đàn hồi, tìm:

- a) góc lệch ϑ của hạt phụ thuộc vào tham số ngắm b của nó;
- b) phân hạt tỷ đối, tán xạ trong khoảng góc từ ϑ đến $\vartheta + d\vartheta$;
- c) xác suất tán xạ của hạt ở bán cầu trước ($\vartheta < \frac{\pi}{2}$).

5.8. Một chùm hạt α hép có động năng $1,0 \text{ MeV}$ đập vuông góc lên một lá platin dày $1,0 \mu\text{m}$. Quan sát các hạt tán xạ theo góc 60° với phương của chùm tới bằng một máy đếm có lỗ vào hình tròn có diện tích $1,0 \text{ cm}^2$; lỗ đặt cách khu vực tán xạ của lá một khoảng 10 cm . Phần các hạt α tán xạ đập vào lỗ của máy đếm bằng bao nhiêu?

5.9. Một chùm hạt α hép có động năng $T = 0,50 \text{ MeV}$ và cường độ $I = 5,0 \cdot 10^5$ hạt/s, đập vuông góc lên một lá vàng. Tim bê dày của lá, nếu cách khu vực tán xạ một khoảng $r = 15 \text{ cm}$ và dưới một góc $\theta = 60^\circ$ với phương của chùm tới, mật độ dòng hạt tán xạ là $j = 40 \text{ hạt}/(\text{cm}^2\text{s})$.

5.10. Một chùm hạt α hép đập vuông góc lên một lá bạc. Sau lá bạc đặt một máy đếm ghi các hạt tán xạ ứng với công thức Rutherford. Khi thay lá bạc bằng một lá platin có cùng độ dày khôi lượng, thì số hạt α ghi được trong một đơn vị thời gian tăng lên $\eta = 1,52$ lần. Tim số thứ tự của platin, giả thử rằng đã biết số thứ tự của bạc và trọng lượng của cả hai nguyên tố.

5.11. Một chùm hạt α hép có động năng $T = 0,50 \text{ MeV}$ đập vuông góc lên một lá vàng có độ dày khôi lượng là $\rho d = 1,5 \text{ mg/cm}^2$. Cường độ chùm hạt là $I_0 = 5,0 \cdot 10^5$ hạt/s. Tim số hạt α bị tán xạ bởi lá vàng sau $\tau = 30$ phút trong các khoảng góc :

- a) $59^\circ - 61^\circ$; b) trên $\vartheta_0 = 60^\circ$.

5.12. Một chùm hép các hạt proton có vận tốc $v = 6 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ đập vuông góc lên một lá bạc có độ dày $d = 1,0 \mu\text{m}$. Tim xác suất tán xạ của các hạt proton ở bán cầu sau ($\vartheta > 90^\circ$).

5.13. Một chùm hạt α hép có động năng $T = 600 \text{ keV}$ đập vuông góc lên một lá vàng, chứa $n = 1,1 \cdot 10^{19}$ hạt nhân/ cm^2 . Tim số tỷ đối các hạt α , tán xạ dưới góc $\vartheta < \vartheta_0 = 20^\circ$.

5.14. Tìm tiết diện hiệu dụng của hạt nhân nguyên tử uran ứng với sự tán xạ các hạt α có động năng $T = 1,5 \text{ MeV}$ trong khoảng các góc lớn hơn $\vartheta_0 = 60^\circ$.

5.15. Tiết diện hiệu dụng của hạt nhân nguyên tử vàng ứng với sự tán xạ các hạt α đơn năng lượng trong khoảng các góc từ 90° đến 180° bằng $\Delta\sigma = 0,50 \text{ kilôbac}$. Xác định:

- năng lượng của các hạt α ;
- tiết diện vi phân của sự tán xạ: $d\sigma/d\Omega$ (kilôbac/stêradian) ứng với góc $\vartheta = 60^\circ$.

5.16. Theo điện động lực học cổ điển, một electron chuyển động với giá tốc w sẽ mất một năng lượng do bức xạ theo quy luật:

$$\frac{dE}{dt} = -\frac{2e^2}{3c^3} w^2,$$

trong đó e là điện tích của electron, c là vận tốc ánh sáng. Xác định khoảng thời gian mà sau đó năng lượng của electron thực hiện một dao động gần đều hòa với tần số $\omega = 5 \cdot 10^{15} \text{ rad/s}$ giảm $\eta = 10$ lần.

5.17. Dùng công thức ở bài tập trên, xác định khoảng thời gian, trong đó electron chuyển động trong nguyên tử hydro theo một quỹ đạo tròn có bán kính $r = 50 \text{ pm}$ có thể rơi vào hạt nhân. Đề đơn giản giả thử rằng vectơ w luôn luôn hướng vào tâm nguyên tử.

5.18. Trong phổ của hydro nguyên tử người ta biết bước sóng của ba vạch thuộc cùng một dãy là: 97,26, 102,58 và 121,57 nm. Tìm bước sóng của những vạch khác trong phổ trên mà có thể đoán trước được chúng nhờ ba vạch này.

5.19. Một hạt có khối lượng m chuyển động theo một quỹ đạo tròn trong một trường thê đối xứng xuyên tâm $U(r) = kr^2/2$. Bằng điều kiện lượng tử của Bohr, hãy tìm các bán kính có thể có của các quỹ đạo và các mức năng lượng của hạt này.

5.20. Đối với nguyên tử hydro và ion He^+ hãy tính:

- bán kính quỹ đạo Bohr thứ nhất và vận tốc của electron trên quỹ đạo đó;
- động năng và năng lượng liên kết của electron ở trạng thái cơ bản;
- thê ion hóa, thê kích thích thứ nhất và bước sóng của vạch cộng hưởng ($n' = 2 \rightarrow n = 1$).

5.21. Tính mäch số của sự quay của electron trên quỹ đạo Bohr thứ hai của ion He^+ .

5.22. Đối với các hệ tương tự hydro, tìm mômen từ μ , ứng với chuyển động của electron trên quỹ đạo thứ n cũng như tỷ số giữa mômen từ với mômen cơ μ_n/M_n . Tính mômen từ của một electron trên quỹ đạo Bohr thứ nhất.

5.23. Tính toán và vẽ theo thang các bước sóng, các khoảng phổ trong đó có chứa dãy Lyman, Balmer và Paschen đối với hydro nguyên tử. Tách ra miền phổ khả kiến trên thang này.

5.24. Tính đối với hydro nguyên tử:

- các bước sóng của ba vạch đầu tiên của dãy Balmer;
- năng suất phân giải cực tiêu $\lambda/\delta\lambda$ của máy quang phổ, trong đó có thể phân giải hai mươi vạch đầu tiên của dãy Balmer.

5.25. Một bức xạ của hydro nguyên tử đập vuông góc lên một cách từ nhiều xạ có bề rộng $l = 6,6 \text{ mm}$. Trong phổ quan sát được, dưới một góc nhiều xạ ϑ nào đó, vạch thứ 48 của dãy Balmer xuất hiện tại giới hạn phân giải (theo tiêu chuẩn Rayleigh). Tìm góc này.

5.26. Phổ tương tự hydro phụ thuộc yêu tố nào, nếu bước sóng của nó ngắn hơn bốn lần bước sóng của hydro nguyên tử.

5.27. Hydro nguyên tử sẽ phát ra bao nhiêu vạch phổ, khi người ta kích thích nó lên mức năng lượng thứ n ?

5.28. Tìm số lượng tử n ứng với trạng thái kích thích của ion He^+ , nếu khi dịch chuyển về trạng thái cơ bản, ion này phát ra liên tiếp hai photon với các bước sóng 108,5 và 30,4 nm.

5.29. Tính hằng số Rydberg (ra cm^{-1}), nếu biết rằng đối với các ion He^+ hiệu số các bước sóng giữa các vạch đầu của dãy Balmer và Lyman bằng $\Delta\lambda = 133,7 \text{ nm}$.

5.30. Ở ion tương tự hydro nào thì hiệu số các sóng của các vạch đầu dãy Balmer và Lyman bằng 59,3 nm.

5.31. Tìm bước sóng của vạch đầu của dãy phổ của các ion He^+ , trong đó các khoảng giữa các vạch cuối là $\Delta\omega = 5,18 \cdot 10^{15} \text{ rad/s}$.

5.32. Năng lượng liên kết của electron trong nguyên tử He bằng $E_0 = 24,6 \text{ eV}$. Tìm năng lượng cần thiết để bứt cả hai electron ra khỏi nguyên tử này.

5.33. Nguyên tử hydro phải chuyển động với động năng cực tiêu bằng bao nhiêu, để khi va chạm trực diện không đâm

hồi với nguyên tử hyđrô khác đang dừng nghỉ thì một trong các nguyên tử đó có thể phát ra một photon? Trước khi va chạm cả hai nguyên tử đều ở trạng thái cơ bản.

5.34. Một nguyên tử hyđrô dừng nghỉ phát ra một photon ứng với vạch đầu của dãy Lyman. Nguyên tử đã có vận tốc bằng bao nhiêu?

5.35. Trong các điều kiện của bài toán trên, tinh năng lượng của photon được phát ra khác với năng lượng của sự dịch chuyển tương ứng trong nguyên tử là bao nhiêu phần trăm.

5.36. Một ion He^+ dừng nghỉ phát ra một photon ứng với vạch đầu tiên của dãy Lyman. Photon này đã bứt một quang electron khỏi một nguyên tử hyđrô dừng nghỉ đang ở trạng thái cơ bản. Tìm vận tốc của quang electron.

5.37. Bằng cách tính toán sự chuyển động của hạt nhân nguyên tử hyđrô, tìm biểu thức đối với năng lượng liên kết của electron ở trạng thái cơ bản và hằng số Rydberg. Năng lượng liên kết và hằng số Rydberg thu được khi không kể đến chuyển động của hạt nhân sẽ khác các giá trị chính xác tương ứng của các đại lượng này bao nhiêu phần trăm?

5.38. Đối với các nguyên tử hyđrô nhẹ và nặng, H và D, tìm hiệu số:

a) năng lượng liên kết của các electron của chúng ở trạng thái cơ bản;

b) bước sóng của các vạch đầu tiên của dãy Lyman.

5.39. Tinh khoảng cách giữa các hạt của một hệ ở trạng thái cơ bản, ứng với năng lượng liên kết và bước sóng của vạch đầu tiên của dãy Lyman. Khảo sát các hệ sau:

a) nguyên tử mêzon hyđrô có hạt nhân là một proton (trong nguyên tử mêzon thay cho electron, mêzon chuyển động, có cùng điện tích nhưng khối lượng lớn hơn 207 lần).

b) pozitrôni có cấu tạo gồm một electron và một pôsitron chuyển động xung quanh một khối tâm chung.

CÁC TÍNH CHẤT SÓNG CỦA CÁC HẠT

5.40. Tinh bước sóng de Broglie của một electron, proton, nguyên tử uran có cùng một động năng 100 eV.

5.41. Cần phải truyền thêm cho một electron một năng lượng bao nhiêu, để bước sóng de Broglie của nó giảm từ 100 đến 50 pm.

5.42. Một neutron có động năng $T = 25 \text{ eV}$ bay tới một đoton (hạt nhân của hyđrô nặng) dừng nghỉ. Tim bước sóng de Broglie của cả hai hạt trong hệ tâm quán tính của chúng.

5.43. Tinh bước sóng de Broglie có xác suất lớn nhất của các phân tử hyđrô nằm ở trạng thái cân bằng nhiệt động ở nhiệt độ trong phòng.

5.44. Thành lập biểu thức đối với bước sóng de Broglie của một hạt tương đối tĩnh chuyển động với động năng T . Với các giá trị T nào thì sự sai lệch trong cách xác định λ theo công thức không tương đối tĩnh không vượt quá 1% đối với electron và proton?

5.45. Một dòng song song các electron đơn năng lượng dập vuông góc lên một màn chắn có một khe chữ nhật hẹp có bề rộng $b = 1,0 \mu\text{m}$. Xác định vận tốc của các electron này, nếu trên màn ảnh ở cách xa khe một khoảng $l = 50 \text{ cm}$, bề rộng của cực đại nhiễu xạ trung tâm là $\Delta x = 0,36 \text{ mm}$.

5.46. Một dòng song song các electron, được gia tốc bởi thế hiệu $V = 25 \text{ V}$ dập vuông góc lên một màn chắn có hai khe hẹp mà khoảng cách giữa chúng là $d = 50 \mu\text{m}$. Xác định khoảng cách giữa các cực đại kế tiếp nhau của ánh nhiễu xạ trên màn ảnh đặt cách khe một khoảng $l = 100 \text{ cm}$.

5.47. Một chùm hẹp các electron đơn năng lượng dập lên mặt tự nhiên của một đơn tinh thể nhôm dưới một góc trượt $\vartheta = 30^\circ$. Khoảng cách giữa các mặt phẳng thuộc về tinh thể kế tiếp nhau, song song với mặt này của đơn tinh thể là $d = 0,20 \text{ nm}$. Khi có một điện thế tăng tốc V_0 nào đó thì người ta quan sát được một cực đại của sự phản xạ gợng. Tim V_0 , nếu biết rằng cực đại như thế này của sự phản xạ gợng sinh ra, khi tăng điện thế gia tốc lên $\eta = 2,25$ lần.

5.48. Một chùm hẹp các electron đơn năng lượng dập vuông góc lên một đơn tinh thể nikén. Theo phương tạo thành một góc $\vartheta = 55^\circ$ với đường pháp tuyến của mặt, người ta quan sát được một cực đại phản xạ bậc bốn, khi năng lượng của các electron là $T = 180 \text{ eV}$. Tinh giá trị tương ứng của khoảng cách giữa các mặt phẳng.

5.49. Một chùm hẹp các electron với động năng $T = 10$ keV đi qua một lá nhôm đa tinh thể, tạo ra trên màn ảnh một hệ vòng tròn nhiễu xạ. Tính khoảng cách giữa các mặt phẳng ứng với sự phản xạ bắc ba từ một hệ mặt phẳng tinh thể nào đó, nếu nó ứng với một vòng tròn nhiễu xạ có đường kính $D = 3,20$ cm. Khoảng cách giữa màn ảnh và lá là $l = 10,0$ cm.

5.50. Một hạt có khối lượng m ở trong một giếng thê năng một chiều hình chữ nhật với các thành cao vô hạn. Bề rộng của giếng bằng l . Tìm các giá trị năng lượng có thể có được của hạt, biết rằng chỉ thực hiện được những trạng thái chuyển động của hạt mà đối với các trạng thái đó bề rộng của giếng là một số nguyên của nửa bước sóng de Broglie.

5.51. Giải thích các điều kiện lượng tử của Bohr trên cơ sở giả thuyết sóng: chứng minh rằng electron trong nguyên tử hydro chỉ có thể chuyển động theo một quỹ đạo tròn mà bán kính là một số nguyên lần bước sóng de Broglie.

5.52. Ước lượng những sai lệch nhỏ nhất mà người ta có thể xác định vận tốc của một electron, proton và một quả cầu có khối lượng 1 mg, nếu các tọa độ của các hạt và tâm của quả cầu được xác định với một độ bất định là 1 μm .

5.53. Chứng minh rằng đối với một hạt mà độ bất định về vị trí là $\Delta x = \lambda/2\pi$, trong đó λ là bước sóng de Broglie của hạt thì độ bất định về vận tốc bằng một lượng có độ lớn cùng bậc với chính vận tốc của hạt.

5.54. Nhờ hệ thức bất định, ước lượng động năng cực tiểu của một electron chuyển động trong một miền có kích thước $l \approx 0,1$ nm.

5.55. Một electron có động năng $T \approx 4$ eV được định xứ trong một miền có kích thước $l = 1 \mu\text{m}$. Dựa vào hệ thức bất định hãy tính độ bất định trong đối về vận tốc của nó.

5.56. Một electron nằm trong một giếng thê năng hình chữ nhật một chiều có thành cao vô hạn. Bề rộng của giếng bằng l . Dựa vào hệ thức bất định, ước lượng áp lực của electron lên thành giếng này, với năng lượng có thể có được của nó là cực tiểu.

5.57. Một electron tự do, lúc đầu được định xứ trong một miền có kích thước $l \approx 0,1$ nm. Dựa vào hệ thức bất định,

ước lượng thời gian τ , để sau đó bề rộng của hộp sóng ứng với nó tăng lên $\eta = 10^2$ lần.

5.58. Một hạt có khối lượng m chuyển động trong một trường thê một chiều $U = \frac{kx^2}{2}$ (đao từ điều hòa). Dựa vào hệ

thức bất định, ước lượng năng lượng có thể có được cực tiểu của hạt trong một trường như thế.

5.59. Dựa vào hệ thức bất định, ước lượng năng lượng có thể có được cực tiểu của một electron trong nguyên tử hydro và khoảng cách hiệu dụng tương ứng của nó tính từ hạt nhân.

5.60. Một chùm song song các nguyên tử hydro với vận tốc $v = 1,2$ km/s đập vuông góc lên một màn chắn có một khe hẹp. Một màn ảnh đặt sau và cách màn chắn một khoảng $l = 1,0$ m. Dựa vào hệ thức bất định, ước lượng bề rộng δ của khe mà với bề rộng đó bề rộng của ánh của khe trên màn ảnh là cực tiểu.

5.61. Tìm nghiệm riêng của phương trình Schrödinger một chiều, phụ thuộc thời gian, đối với một hạt chuyển động tự do có khối lượng m .

5.62. Một hạt ở trạng thái cơ bản trong một giếng thê năng một chiều hình chữ nhật có bề rộng l có thành không thâm tuyệt đối ($0 < x < l$). Tìm xác suất lưu lại của hạt ở trong miền $l/3 \leq x \leq 2l/3$.

5.63. Một hạt có khối lượng m nằm trong một giếng thê năng một chiều hình chữ nhật có thành cao vô hạn. Bề rộng của giếng là l . Tìm các hàm sóng chuẩn hóa của các trạng thái dừng của hạt; lấy gốc tinh tọa độ x là tâm của giếng.

5.64. Chứng minh rằng những hàm sóng của các trạng thái dừng của hạt trong một giếng thê một chiều có thành cao vô hạn là trực giao với nhau, tức là thỏa mãn điều kiện $\int \psi_n \psi_{n'} dx = 0$ nếu $n' \neq n$. Ở đây l là bề rộng của giếng, n là các số nguyên.

5.65. Một electron nằm trong một giếng thê năng hình chữ nhật có các thành cao vô hạn. Bề rộng l của giếng sao cho các mức năng lượng được phân bố rất sát nhau. Tìm mật độ các mức dN/dE tức là số các mức trên một đơn vị khoảng năng

hạng, phụ thuộc theo E . Tính dN/dE đối với $E = 1,0 \text{ eV}$ nếu $l = 1,0 \text{ cm}$.

5.66. Một hạt có khối lượng m nằm trong một giếng thê năng hai chiều, hình chữ nhật có các thành không thâm tuyêt đối. Tìm :

a) các giá trị có thê có của năng lượng của hạt, nếu các cạnh giếng bằng l_1 và l_2 ;

b) các giá trị năng lượng của hạt đối với bốn mức đầu tiên, nếu giếng hình vuông có cạnh là l .

5.67. Một hạt có khối lượng m nằm trong một trường thê một chiều $U(x)$ có dạng vẽ trên hình 189, trong đó $U(0) = \infty$.

a) Tìm phương trình xác định các giá trị có thê có của năng lượng của hạt trong miền $E < U_0$. Dựa phương trình này vẽ dạng :

$$\sin kl = \pm kl \sqrt{\hbar^2/2ml^2U_0}; k = \sqrt{2mE/\hbar}$$

Dựa vào lời giải bằng đồ thị của phương trình này, chứng minh rằng các giá trị có thê được của năng lượng của hạt tạo thành một phô gián đoạn.

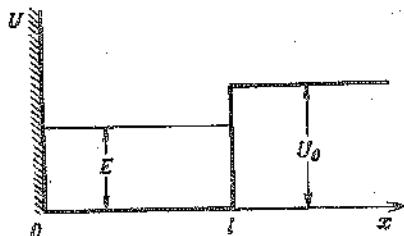
b) Tìm giá trị cực tiêu của đại lượng $l^2 U_0$, trong đó xuất hiện mức năng lượng thứ nhất trong miền $E < U_0$. Với giá trị cực tiêu nào của $l^2 U_0$, mức thứ n sẽ xuất hiện?

c) Tính xác suất tìm hạt với năng lượng $E < U_0$ trong miền $x > l$ đối với trường hợp $l^2 U_0 = (3\pi/4)^2 \hbar^2/m$. Giải thích khả năng lưu lại của hạt trong miền này (ở đây năng lượng toàn phần của hạt nhỏ hơn thê năng!).

5.68. Tìm các giá trị có thê có được của năng lượng của một hạt có khối lượng m , nằm trong một giếng thê đối xứng cầu :

$$U(r) = \begin{cases} 0 & \text{khi } r < r_0, \\ \infty & \text{khi } r = r_0 \end{cases}$$

đối với trường hợp mà chuyển động của hạt được mô tả bởi hàm sóng $\psi(r)$ chỉ phụ thuộc theo r .



Hình 189.

Hướng dẫn. Khi giải phương trình Schrödinger dùng phép thê $\psi(r) = \chi(r)/r$.

5.69. Hàm sóng của một hạt có khối lượng m đối với trạng thái cơ bản trong một trường thê một chiều $U(x) = kx^2/2$ có dạng $\psi(x) = Ae^{-\alpha x}$, trong đó A là hệ số chuẩn hóa, α là một hằng số dương. Dùng phương trình Schrödinger để tìm α và năng lượng E của hạt ở trạng thái đó.

5.70. Dùng phương trình Schrödinger để xác định năng lượng của electron của nguyên tử hydro ở trạng thái $\psi(r) = A(1 + ar)e^{-ar}$, trong đó A , a và a là các hằng số nào đó.

5.71. Hàm sóng của một electron ở trạng thái cơ bản của nguyên tử hydro có dạng $\psi(r) = Ae^{-r/r_1}$, trong đó A là một hằng số nào đó, r_1 là bán kính Bohr thứ nhất. Tìm :

a) khoảng cách có xác suất lớn nhất của electron tinh từ hạt nhân;

b) giá trị trung bình của môđun của lực Coulomb;

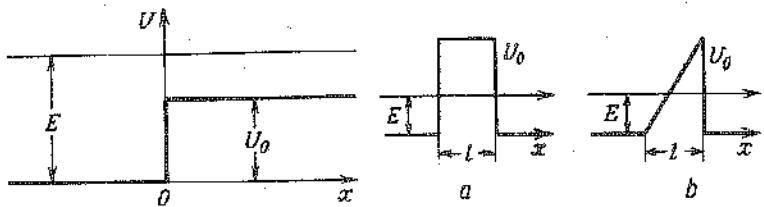
c) giá trị trung bình của thê năng;

d) thê tĩnh điện trung bình gây bởi một electron tại tâm của nguyên tử.

5.72. Một hạt có khối lượng m và năng lượng E chuyển động từ bên trái tới một hàng rào thê năng (hình 190). Tìm :

a) hệ số phản xạ R của hàng rào này, khi $E > U_0$;

b) độ sâu hiệu dụng x_m mà hạt thâm nhập vào miền $x > 0$ khi $E < U_0$ (x_m là khoảng cách từ giới hạn của hàng rào tới điểm mà mật độ xác suất tìm hạt giảm e lần).



Hình 190.

Hình 191.

5.73. Đối với một electron có năng lượng E , tìm xác suất D truyền qua một hàng rào tĩnh, có bề rộng l và chiều cao U_0 , nếu hàng rào có dạng vẽ :

a) trên hình 191a ; b) trên hình 191b.

Khi tính dùng công thức :

$$D \approx \exp \left(-\frac{2}{\hbar} \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{2m(U-E)} dx \right),$$

trong đó x_1 và x_2 là các điểm mà giữa chúng $U > E$.

CÁC TÍNH CHẤT CỦA CÁC NGUYÊN TỬ. CÁC PHÔ

5.74. Năng lượng liên kết của một electron hóa trị của nguyên tử litium ở trạng thái $2S$ và $2P$ tương ứng bằng $5,39$ và $3,54$ eV. Tính số bô chính Rydberg đối với các số hạng S và P của nguyên tử này.

5.75. Tìm số bô chính Rydberg đối với số hạng $3P$ của nguyên tử natri; thể kích thích thứ nhất của nguyên tử đó bằng $2,10$ V còn năng lượng liên kết của electron hóa trị ở trạng thái cơ bản $3S$ là $5,14$ eV.

5.76. Tìm năng lượng liên kết của một electron hóa trị ở trạng thái cơ bản của nguyên tử liti, nếu biết rằng bước sóng của vạch đầu của dãy rõ nét là $\lambda_1 = 813$ nm và bước sóng của giới hạn sóng ngắn của dãy này là $\lambda_2 = 350$ nm.

5.77. Xác định bước sóng của các vạch phổ sinh ra trong sự dịch chuyển của các nguyên tử liti bị kích thích từ trạng thái $3S$ về trạng thái cơ bản $2S$. Số bô chính Rydberg đối với các số hạng S và P bằng $-0,41$ và $-0,04$.

5.78. Các bước sóng của các thành phần kép đôi vàng của vạch cộng hưởng natri được quy định bởi sự dịch chuyển $3P \rightarrow 3S$ bằng $589,00$ và $589,56$ nm. Tính giá trị của sự tách số hạng $3P$ ra eV.

5.79. Viết các ký hiệu phổ của các số hạng của nguyên tử hyđrô, electron của nó nằm ở trạng thái với số lượng tử chính $n = 3$.

5.80. Một nguyên tử ở trạng thái với các số lượng tử S và L tương ứng bằng :

a) 2 và 3 ; b) 3 và 3 ; c) $5/2$ và 2 , có thể có các số lượng tử J nào và bằng bao nhiêu?

5.81. Tìm các giá trị có thể có được của các mômen cơ toàn phần của các nguyên tử ở các trạng thái 3P và 5D .

5.82. Tìm mômen cơ toàn phần cực đại có thể có được và ký hiệu phổ tương ứng của số hạng của một nguyên tử :

a) natri mà electron hóa trị của nó có số lượng tử chính là $n = 4$;

b) có cấu hình electron là $1s^2 2p3d$.

5.83. Biết rằng ở các trạng thái F và \tilde{D} số các giá trị có thể có được của số lượng tử J là như nhau và bằng năm. Xác định mômen cơ spin ở các trạng thái này.

5.84. Một nguyên tử nằm ở một trạng thái có sự kép bội bằng ba còn mômen cơ toàn phần bằng $\hbar\sqrt{20}$. Số lượng tử L tương ứng có thể bằng bao nhiêu?

5.85. Tìm các sự kép bội κ có thể có được của các số hạng thuộc loại :

a) 3D_2 ; b) $^3P_{3/2}$; c) 3F_1 ?

5.86. Một nguyên tử nào đó, ngoài các lớp vỏ đã bị chiếm hết, còn có ba electron (s , p , và d) và ở trạng thái có mômen cơ toàn phần có thể có được cực đại đối với cấu hình này. Tìm trong mẫu vectơ tương ứng của nguyên tử, góc giữa các mômen spin và mômen cơ toàn phần của nguyên tử này.

5.87. Một nguyên tử ở trạng thái có số lượng tử spin $S = 1$ có mômen cơ toàn phần $\hbar\sqrt{6}$. Trong mẫu vectơ tương ứng, góc giữa các mômen spin và mômen cơ toàn phần là $\theta = 73,2^\circ$. Viết ký hiệu phổ của số hạng của trạng thái này.

5.88. Viết các ký hiệu phổ của các số hạng của một hệ hai electron tạo nên từ một electron p và một electron d .

5.89. Một hệ gồm một electron d và một nguyên tử ở trạng thái $^3P_{3/2}$. Tìm các số hạng phổ có thể có được của hệ này.

5.90. Hãy xác định trong những sự dịch chuyển dưới đây, những sự dịch chuyển nào bị cầm bởi các quy tắc lựa chọn : $^2D_{3/2} \rightarrow ^2P_{1/2}$; $^3P_1 \rightarrow ^2S_{1/2}$; $^3F_3 \rightarrow ^3P_3$; $^4F_{7/2} \rightarrow ^4D_{5/2}$.

5.91. Xác định độ bội suy biến tổng cộng của trạng thái $3D$ của nguyên tử liti. Đại lượng này có ý nghĩa vật lý gì?

5.92. Tìm độ bội suy biến của trạng thái 1P , 3D , và 4F với các giá trị cực đại có thể có được của mômen cơ toàn phần.

5.93. Viết ký hiệu phổ của số hạng có độ bội suy biến bằng bảy, còn các số lượng tử L và S liên hệ với nhau bởi hệ thức $L = 3S$.

5.94. Trong nguyên tử của nguyên tố nào có các lớp vỏ K , L và M , và lớp con $4s$ bị chiếm hết và lớp con $4p$ bị chiếm một nửa?

5.95. Dùng quy tắc Hund, tìm số hạng cơ bản của một nguyên tử có một lớp con không bị chiếm hết có chứa :

- a) ba electron p ;
- b) bốn electron p .

5.96. Dùng quy tắc Hund, tìm momen cơ toàn phần của một nguyên tử ở trạng thái cơ bản, nếu lớp con của nó không bị chiếm hết, chứa :

- a) ba electron d ;
- b) bảy electron d .

5.97. Dùng quy tắc Hund, tìm số các electron trong một lớp con duy nhất không bị chiếm hết của một nguyên tử, nếu biết rằng chúng là :

- a) các electron d và số hạng cơ bản của nguyên tử là 3F_1 ;
- b) các electron p và số hạng cơ bản của nguyên tử là $^2P_{3/2}$.

5.98. Dùng quy tắc Hund, tìm momen từ của trạng thái cơ bản của một nguyên tử có lớp con không kín; lớp này bị chiếm đúng một nửa bởi năm electron.

5.99. Xác định tỷ số giữa số nguyên tử của natri hơi ở trạng thái $3P$ với số nguyên tử ở trạng thái cơ bản $3S$ ở nhiệt độ $T = 2400$ K. Biết rằng sự dịch chuyển $3P \rightarrow 3S$ ứng với vạch phổ $\lambda = 589$ nm.

5.100. Liti nguyên tử có nồng độ $n = 3,6 \cdot 10^{16}$ nguyên tử/ cm^3 ở nhiệt độ $T = 1500$ K. Khi đó công suất bức xạ của vạch cộng hưởng $\lambda = 671$ nm ($2P \rightarrow 2S$) tính cho một đơn vị thể tích khi bằng $P = 0,30$ W/ cm^3 . Tìm thời gian sóng trung bình t của các nguyên tử liti ở trạng thái kích thích cộng hưởng.

5.101. Tính thời gian sóng trung bình của các nguyên tử bị kích thích, nếu biết rằng cường độ của vạch phổ, gây bởi sự dịch chuyển về trạng thái cơ bản, giảm đi $\eta = 25$ lần tại một khoảng cách $l = 2,5$ mm dọc theo chùm các nguyên tử mà vận tốc của chúng là $v = 600$ m/s.

5.102. Tìm bước sóng của vạch K_{α} của đồng ($Z = 29$), nếu biết bước sóng của vạch K_{α} của sắt ($Z = 26$) bằng 193 pm.

5.103. Dựa vào định luật Moseley, hãy tính :

- a) bước sóng của vạch K_{α} của nhôm và cобan;
- b) hiệu số các năng lượng liên kết của các electron K và L của vanadium.

5.104. Có bao nhiêu nguyên tố chứa trong một dãy ở giữa các nguyên tố mà các vạch K_{α} của chúng có bước sóng bằng 250 và 179 pm?

5.105. Tìm điện thế đặt lên ống ronggen có dải âm cực bằng никon, nếu hiệu số các bước sóng của vạch K_{α} và giới hạn sóng ngắn của phổ ronggen liên tục bằng 84 pm.

5.106. Với một điện thế nào đó đặt lên ống ronggen có dải âm cực bằng nhôm, bước sóng của giới hạn sóng ngắn của phổ ronggen liên tục bằng 0,50 nm. Khi đó người ta có quan sát được dãy K của phổ đặc trưng có điện thế kích thích bằng 1,56 kV không?

5.107. Khi tăng điện thế đặt lên ống ronggen từ $V_1 = 10$ kV đến $V_2 = 20$ kV, khoảng bước sóng giữa vạch K_{α} và giới hạn sóng ngắn của phổ ronggen liên tục tăng lên $n = 3,0$ lần. Xác định số thứ tự của nguyên tố làm dải âm cực của ống này.

5.108. Ở kim loại nào, trong phổ hấp thụ, hiệu số các tần số của các giới hạn K và L của sự hấp thụ các tia ronggen là $\Delta\omega = 6,85 \cdot 10^{18}$ rad/s?

5.109. Tính năng lượng liên kết của một electron K của vanadium mà đối với nó bước sóng của giới hạn L của sự hấp thụ là $\lambda_L = 2,4$ nm.

5.110. Tìm năng lượng liên kết của electron L của titan, nếu hiệu số các bước sóng của vạch đầu của dãy K và giới hạn sóng ngắn của nó là $\Delta\lambda = 26$ pm.

5.111. Tính động năng và vận tốc của các quang electron bị bứt ra do sự bức xạ K_{α} của kẽm từ lớp vỏ K của các nguyên tử sắt; giới hạn của dài hấp thụ K đối với sắt là $\lambda_4 = 174$ pm.

5.112. Tính ra manhêtôn Bohr momen từ của nguyên tử.

- a) ở trạng thái 1F ;
- b) ở trạng thái $^2D_{3/2}$;
- c) ở trạng thái với $S = 1$, $L = 2$ và thừa số Lande $g = 4/3$.

5.113. Xác định momen cơ spin của một nguyên tử ở trạng thái D_2 , nếu giá trị cực đại của hình chiếu của momen từ ở trạng thái này bằng hòn manhêtôn Bohr.

5.114. Một nguyên tử ở trạng thái với số lượng tử $L = 2$, $S = 1$ nằm trong một từ trường yếu. Tìm mômen từ của nó, nếu biết góc có thể có được nhỏ nhất giữa mômen cơ và hướng của trường bằng 30° .

5.115. Electron hóa trị của một nguyên tử natri nằm ở trạng thái với số lượng tử chính $n = 3$, khi đó có mômen cơ toàn phần có thể có được cực đại. Mômen từ của nguyên tử ở trạng thái đó là bao nhiêu?

5.116. Một nguyên tử bị kích thích có một cấu hình electron $1s^2 2s^2 2p 3d$ và đồng thời ở trạng thái có mômen cơ toàn phần có thể có được cực đại. Tìm mômen từ của nguyên tử ở trạng thái đó.

5.117. Tìm mômen cơ toàn phần của nguyên tử ở trạng thái với $S = 3/2$ và $L = 2$, nếu biết mômen từ của nó bằng không.

5.118. Một nguyên tử nào đó ở trạng thái ứng với $S = 2$, mômen cơ toàn phần $M = \sqrt{2} \hbar$, còn mômen từ bằng không. Viết ký hiệu phổ của số hạng tương ứng.

5.119. Một nguyên tử ở trạng thái ${}^2P_{3/2}$ được đặt vào một từ trường ngoài có cảm ứng từ $B = 1,0$ kGs. Trên quan điểm của mẫu vectơ, tìm vận tốc góc tiền động của mômen cơ toàn phần của nguyên tử này.

5.120. Một nguyên tử hydro ở trạng thái bình thường nằm cách một dây dẫn thẳng dài có dòng điện $i = 10$ A một khoảng $r = 2,5$ cm. Tìm lực tác dụng lên nguyên tử.

5.121. Người ta cho một chùm hẹp các nguyên tử vanadium ở trạng thái cơ bản ${}^4F_{3/2}$ đi qua một từ trường ngang không đồng tinh đáng kể, trải dài một khoảng $l_1 = 5,0$ cm, bằng phương pháp Stern và Gerlache. Sự tách chùm được quan sát trên màn ảnh đặt cách nam châm một khoảng $l_2 = 15$ cm. Độ năng của các nguyên tử là $T = 22$ MeV. Với giá trị nào của gradien của cảm ứng từ B của từ trường thì khoảng cách giữa các thành phần biến của chùm bị tách trên màn sẽ là $\delta = 2,0$ mm?

5.122. Trong một từ trường yếu số hạng sau đây sẽ bị tách thành bao nhiêu mức con:

- a) 3P_0 ;
- b) ${}^2F_{3/2}$;
- c) ${}^4D_{1/2}$?

5.123. Một nguyên tử ở trong một từ trường có cảm ứng từ $B = 2,50$ kGs. Tính giá trị toàn phần của sự tách các số hạng sau đây ra electron-vôn.

- a) 1D ;
- b) 3F_4 .

5.124. Biết rằng vạch phổ $\lambda = 612$ nm của nguyên tử được tạo bởi sự chuyển giữa các số hạng đơn. Tính khoảng $\Delta\lambda$ giữa các thành phần biến của vạch này trong từ trường với cảm ứng từ $B = 10,0$ kGs.

5.125. Tìm giá trị cực tiêu của cảm ứng B của từ trường mà trong đó bằng một máy quang phổ có năng suất phân giải là $\lambda/\delta\lambda = 1,0 \cdot 10^5$ có thể phân giải được các thành phần của vạch phổ $\lambda = 536$ nm, được tạo bởi sự chuyển giữa các số hạng đơn. Sự quan sát được thực hiện theo phương vuông góc với từ trường.

5.126. Một vạch phổ tạo bởi sự dịch chuyển ${}^3D_1 \rightarrow {}^3P_0$, chịu sự tách Zeeman trong từ trường yếu. Khi quan sát vuông góc với phương của từ trường thì khoảng giữa các thành phần kế tiếp nhau của cấu trúc Zeeman của vạch là $\delta\nu = 0,070$ cm^{-1} . Tính cảm ứng B của từ trường tại chỗ đặt nguồn.

5.127. Bước sóng của cặp vạch vàng của natri (${}^2P \rightarrow {}^2S$) bằng 589,59 và 589,00 nm. Tìm:

a) tỷ số các khoảng giữa các mức con kế tiếp nhau của sự tách Zeeman của các số hạng ${}^2P_{3/2}$ và ${}^2P_{1/2}$ trong từ trường yếu;

b) cảm ứng B của từ trường, mà trong đó khoảng giữa các mức con kế tiếp nhau của sự tách Zeeman của số hạng ${}^2P_{3/2}$ nhỏ hơn $\eta = 50$ lần sự tách tự nhiên của số hạng 2P .

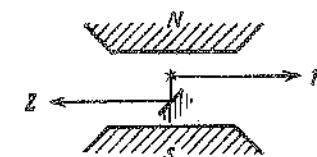
5.128. Vẽ sơ đồ các sự dịch chuyển khả dĩ trong từ trường yếu giữa các số hạng ${}^2P_{3/2}$ và ${}^2S_{1/2}$. Tính sự dịch chuyển (ra rad/s) của các thành phần Zeeman của vạch này đối với từ trường $B = 4,5$ kGs.

5.129. Người ta quan sát cùng một vạch quang phổ chịu sự tách Zeeman bắt thường theo phương 1 và cả theo phương 2 là phương sau khi phản xạ trên gương (hình 192). Có bao nhiêu thành phần Zeeman sẽ được quan sát trong cả hai phương, nếu vạch phổ được tạo thành bởi sự dịch chuyển:

$$\text{a)} \quad {}^2P_{3/2} \rightarrow {}^2S_{1/2};$$

$$\text{b)} \quad {}^3P_2 \rightarrow {}^3S_1?$$

5.130. Tính giá trị toàn phần



Hình 192.

của sự tách $\Delta \omega$ của vạch phổ $^3D_3 \rightarrow ^3P_2$ trong một từ trường yếu có cảm ứng từ $B = 3,4$ kGs.

CÁC PHÂN TỬ VÀ CÁC TÍNH THỂ

5.131. Xác định vận tốc quay của phân tử S_2 ở mức quay kích thích thứ nhất, nếu khoảng cách giữa các hạt nhân của nó là $d = 189$ pm.

5.132. Tìm các số lượng tử quay của hai mức cạnh nhau của phân tử HCl ; hiệu số các năng lượng của hai mức này là $7,85$ MeV. Khoảng cách giữa các hạt nhân của phân tử là $127,5$ pm.

5.133. Tìm momen cơ học của một phân tử oxy; năng lượng quay của phân tử này là $E = 2,16$ MeV, còn khoảng cách giữa các hạt nhân là $d = 121$ pm.

5.134. Chứng minh rằng các khoảng tần số giữa các vạch phổ cạnh nhau của phổ quay thuần túy của một phân tử hai nguyên tử có cùng một giá trị. Tìm momen quán tính và khoảng cách giữa các hạt nhân của một phân tử CH , nếu các khoảng giữa các vạch cạnh nhau của phổ quay thuần túy của các phân tử này là $\Delta\omega = 5,47 \cdot 10^{12}$ rad/s.

5.135. Tính số mức quay nằm giữa các mức dao động kích thích thứ không và thứ nhất đối với một phân tử HF. Tần số dao động riêng của phân tử này bằng $7,79 \cdot 10^{14}$ rad/s, khoảng cách giữa các hạt nhân bằng $91,7$ pm.

5.136. Tìm dN/dE (số mức quay trên khoảng một đơn vị của năng lượng) của một phân tử hai nguyên tử theo năng lượng quay E . Tính giá trị này đối với một phân tử iốt, ở trạng thái có số lượng tử quay $J = 10$. Khoảng cách giữa các hạt nhân của nguyên tử này bằng 267 pm.

5.137. Tìm tỷ số các năng lượng cần dùng để kích thích một phân tử hai nguyên tử lên mức dao động thứ nhất và mức quay thứ nhất. Tính tỷ số này đối với các phân tử sau:

	Phân tử	$\omega, 10^{14}$ rad/s	d, pm
a)	H_2	8,3	74
b)	HI	4,35	160
c)	I_2	0,40	267

Ở đây ω là tần số dao động riêng của phân tử, d là khoảng cách giữa các hạt nhân của chúng.

5.138. Tần số dao động riêng của một phân tử nước bằng $8,25 \cdot 10^{14}$ rad/s, khoảng cách giữa các hạt nhân là 74 pm. Tìm tỷ số giữa số các phân tử này ở mức dao động kích thích thứ nhất ($v = 1$) với số các phân tử ở mức quay kích thích thứ nhất ($J = 1$) ở nhiệt độ $T = 375$ K. Biết rằng độ bội suy biến của các mức quay bằng $2J + 1$.

5.139. Năng lượng trung bình của một dao động từ điều hòa có tần số riêng ω ở nhiệt độ T , bằng:

$$\langle \epsilon \rangle = \frac{\hbar\omega}{2} + \frac{\hbar\omega}{e^{\hbar\omega/kT} - 1}$$

Dùng phân bố Boltzmann để suy ra công thức này. Dùng công thức này để thiết lập biểu thức của nhiệt dung dao động phân tử $C_{v,\text{đ}}$ của một khí lưỡng nguyên tử. Tính $C_{v,\text{đ}}$ của một khí gồm có các phân tử Cl_2 ở nhiệt độ 300 K. Tần số dao động riêng của các phân tử này bằng $5,63 \cdot 10^{14}$ rad/s.

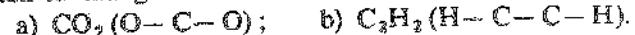
5.140. Ở tâm một dải quay dao động của phổ phát xạ của các phân tử HCl , trong đó không có vạch «sô không», vì bị cản bởi quy tắc lựa chọn, khoảng giữa các vạch cạnh nhau là $\Delta\nu = 42 \text{ cm}^{-1}$. Tính khoảng cách giữa các hạt nhân của phân tử HCl .

5.141. Tính bước sóng của các vạch tùy tung đồ và tìm nằm gần các vạch không dịch chuyển, trong phổ dao động tán xạ tó hợp của các phân tử F_2 , nếu bước sóng ánh sáng tối là $\lambda_\pi = 404,7$ nm và tần số dao động riêng của phân tử là $\omega = 2,15 \cdot 10^{14}$ rad/s.

5.142. Tìm tần số dao động riêng và hệ số của lực già đán hồi của phân tử S_2 , nếu trong phổ dao động tán xạ tó hợp của ánh sáng, bước sóng của các vạch tùy tung đồ và tìm nằm gần vạch không dịch chuyển, bằng $346,6$ và $330,0$ nm.

5.143. Tìm tỷ số cường độ của các vạch tùy tung tìm và đồ nằm lân cận vạch không dịch chuyển, trong phổ dao động của ánh sáng tán xạ tó hợp trên các phân tử Cl_2 ở nhiệt độ $T = 300$ K, nếu tần số dao động riêng của các phân tử này là $\omega = 1,06 \cdot 10^{14}$ rad/s. Tỷ số này sẽ biến đổi bao nhiêu lần khi tăng nhiệt độ lên gấp đôi?

5.144. Khảo sát những dạng dao động có thể có của các phân tử thẳng sau :



5.145. Xác định số dao động ngang riêng của một sợi dây có độ dài l trong khoảng các tần số ω , $\omega + d\omega$, nếu vận tốc truyền dao động bằng v . Giả thử rằng các dao động xảy ra trong một mặt phẳng.

5.146. Có một màng hình chữ nhật có diện tích S . Tìm số dao động riêng vuông góc với mặt phẳng này trong khoảng các tần số ω , $\omega + d\omega$, nếu vận tốc truyền dao động bằng v .

5.147. Tìm số dao động ngang riêng của một hình hộp chữ nhật có thể tích V trong khoảng các tần số ω , $\omega + d\omega$, nếu vận tốc truyền dao động bằng v .

5.148. Giả thử rằng vận tốc truyền dao động dọc và ngang là như nhau và bằng v , xác định nhiệt độ Debye :

a) đối với một tinh thể một chiều là một chuỗi các nguyên tử giống nhau, chứa n_0 nguyên tử trên một đơn vị độ dài;

b) đối với một tinh thể hai chiều là một mạng phẳng hình vuông gồm các nguyên tử giống nhau, chứa n_0 nguyên tử trên một đơn vị diện tích.

c) đối với một mạng lập phương đơn giản gồm các nguyên tử giống nhau, chứa n_0 nguyên tử trên một đơn vị thể tích.

5.149. Tính nhiệt độ Debye đối với sắt, trong đó vận tốc truyền dao động dọc và ngang tương ứng bằng 5,85 và 3,23 km/s.

5.150. Tính vận tốc truyền dao động âm trong nhôm; nhiệt độ Debye của nó là $\Theta = 396$ K.

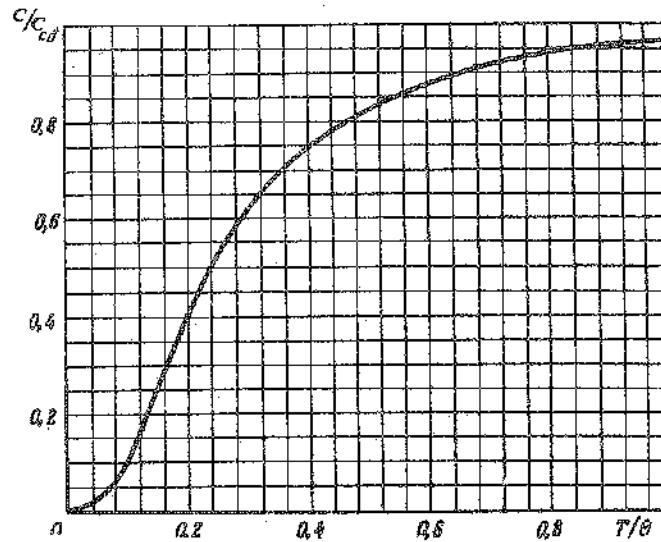
5.151. Thành lập biểu thức xác định sự phụ thuộc của nhiệt dung phân tử tinh thể một chiều — của một chuỗi các nguyên tử giống nhau — theo nhiệt độ T , nếu nhiệt độ Debye của chuỗi bằng Θ . Gián ước biểu thức thu được đối với trường hợp $T \gg \Theta$.

5.152. Đối với một chuỗi các nguyên tử giống nhau, tần số dao động ω phụ thuộc vào số sóng k như sau : $\omega = \omega_m \sin(ka/2)$, trong đó ω_m là tần số cực đại của dao động, $k = 2\pi/\lambda$ là số sóng ứng với tần số ω , a là khoảng cách giữa các nguyên tử nằm cạnh nhau. Dùng hệ thức tóm tắt này, tìm sự phụ thuộc của ω của số dao động dọc, được tính cho khoảng tần số một

đơn vị tức là $dN/d\omega$, nếu chiều dài của chuỗi bằng l . Biết $dN/d\omega$, tìm tổng số N các dao động dọc có thể có được của chuỗi.

5.153. Tính năng lượng dao động thứ không, ứng với một gam đồng; nhiệt độ Debye của đồng là $\Theta = 330$ K.

5.154. Trên hình 193 vẽ đồ thị sự phụ thuộc của nhiệt dung của một tinh thể theo nhiệt độ (theo Debye). Ở đây C_{de} là nhiệt dung cõi điện, Θ là nhiệt độ Debye. Từ độ thi này tìm :



Hình 193.

a) nhiệt độ Debye của bạc, nếu ở $T = 65$ K nhiệt dung phân tử của nó bằng $15\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$;

b) nhiệt dung phân tử của nhôm ở $T = 80$ K, nếu ở $T = 275$ K nó bằng $22,4\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$;

c) tần số dao động cực đại của đồng; ở $T = 125$ K nhiệt dung của đồng khác giá trị cõi điện 25%.

5.155. Chứng minh rằng nhiệt dung phân tử của tinh thể ở nhiệt độ $T \ll \Theta$, trong đó Θ là nhiệt độ Debye được xác định bằng công thức $C = (12\pi^4/5)R(T/\Theta)^3$.

Hướng dẫn. Biết rằng :

$$\int_0^{\infty} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \frac{\pi^4}{15}.$$

5.156. Có thể coi các nhiệt độ 20 và 30 K là thấp đối với sắt được không, nếu nhiệt dung của sắt ở các nhiệt độ này bằng 0,226 và $0,760 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$?

5.157. Tính giá trị trung bình của năng lượng dao động thứ không ứng với một dao động từ của tinh thể trong mẫu Debye, nếu nhiệt độ Debye của tinh thể bằng Θ .

5.158. Biểu diễn phổ phân bố năng lượng dao động của một tinh thể theo các tần số (không tính đến các dao động thứ không), khảo sát hai trường hợp : $T = \Theta/2$ và $T = \Theta/4$, trong đó Θ là nhiệt độ Debye.

5.159. Tính các giá trị cực đại của năng lượng và xung năng lượng của phonon (một âm lượng tử) trong đồng, khi nhiệt độ Debye của đồng bằng 330 K.

5.160. Phân bố Fermi đối với các electron tự do trong kim loại ở $T = 0$ có dạng như sau :

$$dn_E = \frac{\sqrt{2m^3}}{\pi^2 \hbar^3} \sqrt{E} dE,$$

trong đó dn_E là số electron trong một đơn vị thể tích với các năng lượng E , $E + dE$, m là khối lượng của một electron, \hbar là hằng số Planck. Năng lượng E được tính từ đáy của miền dẫn. Dùng công thức này để tìm :

a) động năng cực đại của các electron tự do trong kim loại, tại đó nồng độ của chúng bằng n ;

b) động năng trung bình của các electron tự do, nếu biết động năng cực đại T_{\max} của chúng.

5.161. Tìm số electron tự do ứng với một nguyên tử natri khi $T = 0$, nếu mức Fermi $E_F = 3,07 \text{ eV}$ và khối lượng riêng của natri bằng $0,97 \text{ g/cm}^3$.

5.162. Cần phải đốt nóng khí electron có điện tới nhiệt độ nào để năng lượng trung bình của các electron của nó bằng năng lượng trung bình của các electron tự do trong đồng ở $T = 0$? Biết rằng ứng với mỗi nguyên tử đồng là một electron tự do.

5.163. Dùng công thức đã đưa vào bài tập 5.160, hãy tìm, ở nhiệt độ $T = 0$:

a) sự phân bố các electron tự do theo các vận tốc ;

b) tỷ số giữa vận tốc trung bình của các electron tự do với vận tốc cực đại của chúng.

5.164. Xuất phát từ công thức đã đưa vào bài tập 5.160, tìm hàm phân bố của các electron tự do trong kim loại ở $T = 0$ theo các bước sóng de Broglie.

5.165. Tính áp suất của khí electron trong natri kim loại khi $T = 0$, nếu nồng độ các electron tự do trong nó là $n = 2,5 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$. Dùng phương trình đối với áp suất của khí lý tưởng.

SỰ PHÓNG XA

5.166. Biết hằng số phân rã λ của một hạt nhân, xác định :

- a) xác suất để nó phân rã trong khoảng thời gian từ 0 đến t ;
- b) thời gian sống trung bình t của nó.

5.167. Phân các hạt nhân phóng xạ của cобan bị phân rã sau một tháng là bao nhiêu, nếu chu kỳ bán rã của các hạt nhân là 71,3 ngày ?

5.168. 1,0 µg đồng vị Na^{24} phát ra bao nhiêu hạt β trong khoảng thời gian một giờ, nếu chu kỳ bán rã của nó bằng 15 h ?

5.169. Khi nghiên cứu sự phân rã β của đồng vị phóng xạ Mg^{23} , một máy đếm được hoạt động từ thời điểm $t = 0$. Tới thời điểm $t_1 = 2,0 \text{ s}$ nó đã ghi được N_1 hạt β , còn tới thời điểm $t_2 = 3t_1$ là 2,66 lần lớn hơn. Tim thời gian sống trung bình của các hạt nhân này.

5.170. Hoạt tính của một chế phẩm nào đó giảm 2,5 lần sau 7,0 ngày đêm. Tim chu kỳ bán rã của nó.

5.171. Tại thời điểm ban đầu hoạt tính của một chất đồng vị phóng xạ nào đó là 650 hạt/phút. Hoạt tính của chế phẩm này sau khoảng thời gian bằng một nửa chu kỳ bán rã của nó bằng bao nhiêu ?

5.172. Tim hằng số phân rã và thời gian sống trung bình của đồng vị phóng xạ Co^{55} , nếu biết rằng hoạt tính của nó giảm đi 4% sau mỗi giờ ? Sản phẩm của sự phân rã không phóng xạ.

5.173. Chế phẩm U²³⁸ có khối lượng 1,0 g phát ra $1,24 \cdot 10^4$ hạt α trong một giây. Tìm chu kỳ bán rã của đồng vị này và hoạt tính của chế phẩm.

5.174. Xác định tuổi của những mẫu gỗ cũ, nếu biết hoạt tính riêng của đồng vị C¹⁴ trong chúng bằng 3/5 hoạt tính riêng của đồng vị này trong những cây gỗ vừa mới chặt. Chu kỳ bán rã của các hạt nhân C¹⁴ bằng 5570 năm.

5.175. Trong một quặng uranium, tỷ số giữa số hạt nhân U²³⁸ với số hạt nhân Pb²⁰⁶ là $\eta = 2,8$. Tính tuổi của quặng, biết rằng toàn bộ chi Pb²⁰⁶ là sản phẩm cuối cùng của sự phân rã của chuỗi uranium. Chu kỳ bán rã của hạt nhân U²³⁸ bằng $4,5 \cdot 10^9$ năm.

5.176. Tính các hoạt tính riêng của các đồng vị Na²⁴ và U²³⁵, mà các chu kỳ bán rã của chúng tương ứng bằng 15 h và $7,1 \cdot 10^8$ năm.

5.177. Hoạt tính riêng của một chế phẩm tạo bởi côban hoạt tính Co⁵⁸ và côban không hoạt tính Co⁵⁹ là $2,2 \cdot 10^{12}$ phân rã/(s.g). Chu kỳ bán rã của Co⁵⁸ bằng 71,3 ngày đêm. Tìm tỷ số giữa khối lượng của côban hoạt tính trong chế phẩm này với khối lượng của chế phẩm (ra %).

5.178. Đồng vị phóng xạ P³² có chu kỳ bán rã là $T = 14,3$ ngày đêm, được tạo thành trong một lò phản ứng hạt nhân với vận tốc không đổi $q = 2,7 \cdot 10^9$ hạt nhân/s. Sau bao lâu, kể từ lúc bắt đầu tạo thành đồng vị phóng xạ này, hoạt tính của nó sẽ là $A = 1,0 \cdot 10^9$ phân rã/s?

5.179. Đồng vị phóng xạ A₁ có hằng số phân rã λ₁, biến thành đồng vị phóng xạ A₂ có hằng số phân rã λ₂. Biết rằng lúc đầu chế phẩm chỉ chứa các hạt nhân của đồng vị A₁, tìm:

- a) định luật tích tụ của đồng vị phóng xạ A₂ theo thời gian;
- b) khoảng thời gian mà sau đó hoạt tính của đồng vị phóng xạ A₂ đạt tới cực đại.

5.180. Đồng vị phóng xạ A₁ chịu một chuỗi biến đổi $A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow A_3$ (bên) với các hằng số phân rã tương ứng λ₁ và λ₂. Biết rằng lúc đầu chế phẩm chỉ chứa các hạt nhân của đồng vị A₁ với một số lượng N₁₀; tìm định luật tích tụ của đồng vị bên A₃.

5.181. Đồng vị phóng xạ Bi²¹⁰ phân rã theo chuỗi $\text{Bi}^{210}_{\lambda_1} \rightarrow \text{Po}^{210}_{\lambda_2} \rightarrow \text{Pb}^{206}$ (bên),

trong đó các hằng số phân rã λ₁ = $1,60 \cdot 10^{-6} \text{s}^{-1}$, λ₂ = $= 5,80 \cdot 10^{-8} \text{s}^{-1}$. Tính độ phóng xạ α và β của chế phẩm Bi²¹⁰ có khối lượng 1,00 mg, sau khi điều chế nó một tháng.

5.182. a) Đồng vị nào được tạo từ Ra²²⁶ có tinh phóng xạ α sau năm lần phân rã α và bốn lần phân rã β?

b) U²³⁸ chịu bao nhiêu lần phân rã α và β để cuối cùng biến thành đồng vị bên Pb²⁰⁶?

5.183. Một hạt nhân Po²¹⁰ dùng nghỉ phóng ra một hạt α có động năng $T_\alpha = 5,77 \text{ MeV}$. Tìm vận tốc dập lùi của hạt nhân con. Năng lượng dập lùi của hạt nhân con sẽ tạo ra phân nào của năng lượng toàn phần được giải phóng trong quá trình này?

5.184. Xác định nhiệt lượng tỏa ra bởi 1,00 mg chế phẩm Po²¹⁰ sau một chu kỳ, bằng thời gian sống trung bình của các hạt nhân này, nếu biết rằng các hạt α được phát ra có động năng 5,3 MeV và trên thực tế tất cả các hạt nhân con được tạo thành một cách trực tiếp ở trạng thái cơ bản.

5.185. Sự phân rã alpha của các hạt nhân Po²¹⁰ (từ trạng thái cơ bản) được kèm theo sự phát ra hai nhóm hạt α có các động năng 5,30 và 4,50 MeV. Do phát ra các hạt này mà các hạt nhân con ở các trạng thái cơ bản và kích thích tương ứng. Tìm năng lượng của các lượng tử γ phát ra bởi các hạt nhân bị kích thích.

5.186. Quãng đường bay trung bình của một hạt α trong không khí ở các điều kiện thường được xác định bằng công thức sau $R = 0,98 \cdot 10^{-22} v_0^3 \text{ cm}$, trong đó v_0 (cm/s) là vận tốc ban đầu của hạt α. Dùng công thức này để tìm, đối với một hạt α có động năng ban đầu là 7,0 MeV:

- a) quãng đường bay trung bình của nó;
- b) số cặp ion trung bình mà hạt α này sinh ra trên suốt đoạn đường R, và cả trên nửa đầu của nó, biết rằng năng lượng tạo thành một cặp ion bằng 34 eV.

5.187. Tìm năng lượng Q tỏa ra trong các phân rã β⁻ và β⁺ và trong sự bất K, nếu biết các khối lượng của nguyên tử mẹ M_p, của nguyên tử con M_f và của electron m.

5.188. Từ các giá trị của các khối lượng nguyên tử trong bảng, tìm động năng cực đại của hạt β được phát ra bởi hạt Be¹⁰, và động năng dập lùi tương ứng của các hạt nhân con mà chúng được tạo thành trực tiếp ở trạng thái cơ bản

5.189. Tính nhiệt lượng tỏa ra, sau một ngày đêm trong một nhiệt lượng kê, bởi chẽ phâm Na^{24} phân rã β^- có khôi lượng $m = 1,0 \text{ mg}$. Biết rằng các hạt β về trung bình có động năng bằng $1/3$ năng lượng cực đại có thể có trong sự phân rã đã cho. Chu kỳ bán rã của Na^{24} là $T = 15 \text{ h}$.

5.190. Từ các giá trị của các khôi lượng nguyên tử trong bảng, tính các động năng của một positron và một neutron được phát ra bởi hạt nhân C^{11} trong trường hợp, nếu hạt nhân con không bị dập lùi.

5.191. Tìm động năng của một hạt nhân dập lùi trong sự phân rã positron của một hạt nhân N^{11} , trong trường hợp năng lượng của positron là cực đại.

5.192. Từ các giá trị của các khôi lượng nguyên tử trong bảng, xác định vận tốc của một hạt nhân sinh ra do sự bắt K trong nguyên tử Be^7 , nếu hạt nhân con ở ngay trong trạng thái cơ bản.

5.193. Các hạt nhân Ag^{109} bị kích thích, khi chuyển về trạng thái cơ bản phát ra hoặc các lượng tử γ có năng lượng 87 keV hoặc các electron K chuyển hóa (năng lượng liên kết của chúng là 26 keV). Xác định vận tốc của các electron này.

5.194. Một hạt nhân Ir^{191} tự do, đứng nghỉ có năng lượng kích thích $E = 129 \text{ keV}$ chuyển về trạng thái cơ bản phát ra một hạt nhân Ir^{191} tự do, đứng nghỉ có năng lượng từ γ . Tính sự biến thiên tương đối của năng lượng của hạt nhân sinh ra do sự dập lùi của hạt nhân.

5.195. Một nguồn và một máy hấp thụ cầu tạo từ những hạt nhân Ir^{191} tự do, phải tiến lại gần nhau với vận tốc tương đối nào để người ta quan sát được sự hấp thụ cực đại của các lượng tử γ với năng lượng $\epsilon = 129 \text{ keV}$.

5.196. Một nguồn lượng tử γ đặt cao hơn máy hấp thụ là $h = 20 \text{ m}$. Cần phải dịch chuyển nguồn về phía trên với vận tốc nào, để tại vị trí đặt máy hấp thụ bù trừ được hoàn toàn sự biến thiên hấp dẫn của năng lượng của các lượng tử γ gây bởi trường hấp dẫn của Trái Đất.

5.197. Cần phải nâng một nguồn lượng tử γ có chứa các hạt nhân bị kích thích Zn^{67} lên một độ cao tối thiểu nào để khi ghi ở mặt đất thì độ dịch chuyển hấp dẫn của vạch Mossbauer vượt quá bê rộng của vạch này? Biết rằng các lượng tử γ ghi được có năng lượng $\epsilon = 93 \text{ keV}$ và sinh ra khi chuyển các hạt

nhân Zn^{67} về trạng thái cơ bản còn thời gian sống trung bình của trạng thái kích thích là $t = 14 \mu\text{s}$.

CÁC PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

5.198. Một hạt π có động năng $T_\pi = 7,0 \text{ MeV}$ tấn xạ dập lùi trên một hạt nhân Li^6 lúc đầu đứng nghỉ. Xác định động năng của hạt nhân dập lùi, nếu gộp giữa các phương bay của hai hạt là $\theta = 60^\circ$.

5.199. Một neutron chịu một va chạm dập lùi với một deuton lúc đầu đứng yên. Xác định phần động năng mà neutron bị mất :

- a) khi va chạm trực tiếp ;
- b) khi tấn xạ dưới một góc vuông.

5.200. Xác định giá trị của góc cực đại có thể có được mà ở góc đó một deuton bị tấn xạ khi va chạm dập lùi với một proton lúc đầu đứng yên.

5.201. Coi bán kính của hạt nhân bằng $R = 0,13 \sqrt{A} \text{ pm}$, trong đó A là số khôi lượng của nó, tính khôi lượng riêng của hạt nhân và cả số nucleon trong một đơn vị thể tích của hạt nhân.

5.202. Viết các ký hiệu còn thiếu (x) trong các phản ứng hạt nhân sau đây :

- | | |
|---|--|
| a) $\text{B}^{10}(x, \alpha) \text{Be}^8$; | b) $\text{Na}^{23}(p, x) \text{Ne}^{20}$; |
| c) $\text{O}^{16}(d, n)x$; | d) $x(p, n) \text{Ar}^{37}$. |

5.203. Chứng minh rằng năng lượng liên kết của hạt nhân có số khôi lượng A và diện tích Z có thể được xác định theo công thức.

$$E_K = Z \Delta_H + (A - Z) \Delta_n - \Delta,$$

trong đó Δ_H , Δ_n và Δ là các độ dư khôi lượng của nguyên tử hydrô, neutron và nguyên tử, ứng với hạt nhân đã cho.

5.204. Tìm năng lượng liên kết của một hạt nhân có cùng một số proton, và neutron và bán kính nhỏ hơn bán kính của hạt nhân Al^{172} một lần rưỡi.

5.205. Dùng các giá trị của các khôi lượng nguyên tử ghi trong bảng để tìm :

- a) năng lượng liên kết trung bình cho một nucleon trong hạt nhân O^{16} ;

b) năng lượng liên kết của một neutron và một hạt α trong hạt nhân B^{11} ;

c) năng lượng cần thiết để tách hạt nhân O^{16} thành bốn hạt giống nhau.

5.206. Tìm hiệu số các năng lượng liên kết của một neutron và một proton trong hạt nhân B^{11} . Giải thích nguyên nhân của sự khác nhau của chúng.

5.207. Tính năng lượng cần thiết để tách một hạt nhân Ne^{20} thành hai hạt α và một hạt nhân C^{12} , nếu biết rằng năng lượng liên kết cho một nucleon trong các hạt nhân Ne^{20} , He^4 và C^{12} tương ứng bằng 8,03, 7,07; và 7,68 MeV.

5.208. Tính theo đơn vị khối lượng nguyên tử, khối lượng:
a) của nguyên tử Li^6 ; năng lượng liên kết của hạt nhân nguyên tử đó là 41,3 MeV;

b) của hạt nhân C^{10} ; năng lượng liên kết của hạt nhân C^{10} cho một nucleon bằng 6,04 MeV.

5.209. Biết các năng lượng liên kết E_1 , E_2 , E_3 và E_4 của các hạt nhân tham gia trong phản ứng hạt nhân $A_1 + A_2 \rightarrow A_3 + A_4$. Tìm năng lượng của phản ứng này.

5.210. Biết rằng trong một lần phân chia một hạt nhân U^{235} năng lượng được giải phóng là 200 MeV, xác định:

a) năng lượng tỏa ra khi thiêu hủy một kilôgam đồng vị U^{235} và khối lượng than đá có năng suất tỏa nhiệt là 30 kJ/g tương đương với nhiệt tỏa ra của một kilôgam U^{235} .

b) khối lượng của đồng vị U^{235} bị phân hủy khi nổ một quả bom nguyên tử tương đương với 30 kt trôtyla (thuộc nổ TNT), nếu đương lượng nhiệt của trôtyla là 4,1 kJ/g.

5.211. Lượng nhiệt tỏa ra là bao nhiêu, khi tổng hợp một gam He^4 từ đotri H^2 ? Tính khối lượng của than đá có năng suất tỏa nhiệt là 30 kJ/g tương đương với lượng nhiệt đã thu được.

5.212. Dùng các giá trị của khối lượng các nguyên tử ghi trong bảng để tính năng lượng tỏa ra ứng với mỗi nucleon trong phản ứng nhiệt hạch $Li^6 + H^2 \rightarrow 2He^4$. So sánh giá trị thu được với năng lượng được giải phóng ứng với một nucleon, khi phân chia hạt nhân U^{235} .

5.213. Xác định năng lượng của phản ứng $Li^7 + p \rightarrow 2He^4$, nếu biết rằng năng lượng liên kết ứng với một nucleon trong

các hạt nhân Li^7 và He^4 tương ứng bằng 5,60 và 7,06 MeV.

5.214. Tìm năng lượng của phản ứng $N^{14} (\alpha, p) O^{17}$, nếu động năng bay của hạt α là $T_\alpha = 4,0$ MeV và proton bay dưới góc $\vartheta = 60^\circ$ với phương chuyển động của hạt α , có động năng là $T_p = 2,09$ MeV.

5.215. Dựa vào các giá trị của khối lượng các nguyên tử ghi trong bảng, xác định năng lượng của các phản ứng sau:

a) $Li^7 (p, n) Be^7$; b) $Li^7 (u, n) B^{10}$;

c) $Be^9 (n, \gamma) Be^{10}$; d) $O^{16} (d, u) N^{14}$.

5.216. Dựa vào các giá trị khối lượng của các nguyên tử ghi trong bảng, tìm vận tốc của các sản phẩm của phản ứng $B^{10} (n, u) Li^7$ sinh ra do tương tác của các neutron rất chậm với các hạt nhân bo đứng nghỉ.

5.217. Các proton bay tới một cái bia lithium đứng yên gây ra phản ứng $Li^7 (p, n) Be^7$. Với giá trị nào của động năng của proton, neutron được sinh ra có thể đứng yên?

5.218. Một hạt α có động năng $T = 5,3$ MeV gây ra phản ứng hạt nhân $Be^9 (\alpha, n) C^{12}$ mà năng lượng của phản ứng là: $Q = +5,7$ MeV. Tìm động năng của neutron bay vuông góc với phương chuyển động của hạt α .

5.219. Các proton có động năng $T = 1,0$ MeV bắn phá một bia lithium, gây ra phản ứng hạt nhân $p + Li^7 \rightarrow 2He^4$. Tìm động năng của mỗi hạt α và góc giữa các phương bay của chúng, nếu sự bay xà xà ra đối xứng đối với phương của các proton bay.

5.220. Một hạt, có khối lượng m , bay tới một hạt nhân đứng yên, có khối lượng M , gây ra một phản ứng thu năng lượng. Chứng minh rằng động năng ngược (cerc tiêu) để phản ứng này có thể xảy ra, được xác định bằng công thức:

$$T_n = \frac{m+M}{M} |Q|,$$

trong đó Q là năng lượng của phản ứng.

5.221. Tính động năng cần thiết truyền cho một proton để nó có thể làm vỡ một hạt nhân hyđrô nặng H^2 đứng yên, có năng lượng liên kết là $E = 2,2$ MeV?

5.222. Khi chiếu một chùm proton đơn năng lượng vào một cái bia bằng lithium và berilium, người ta phát hiện ra rằng

phản ứng $\text{Li}^7 (p, n) \text{Be}^7$ — 1,65 MeV xảy ra, còn phản ứng $\text{Be}^9 (p, n) \text{B}^{10}$ — 1,85 MeV không xảy ra. Tìm các giá trị có thể có của động năng của các proton.

5.223. Để gây ra phản ứng (n, α) trên các hạt nhân B^{10} đứng yên, động năng ngưỡng của các neutron là $T_n = 4,0 \text{ MeV}$. Tìm năng lượng của phản ứng này.

5.224. Tìm các động năng ngưỡng của các proton để gây các phản ứng (p, n) và (p, d) trên các hạt nhân Li^7 .

5.225. Dùng các giá trị của các khối lượng nguyên tử ghi trong bảng để tìm động năng ngưỡng của hạt α đối với phản ứng hạt nhân $\text{Li}^7 (\alpha, n) \text{B}^{10}$. Khi đó vận tốc của hạt nhân B^{10} sẽ là bao nhiêu?

5.226. Một neutron có động năng $T = 10 \text{ MeV}$ gây ra phản ứng hạt nhân $\text{C}^{12} (n, \alpha) \text{Be}^7$; ngưỡng của phản ứng là $T_n = 6,17 \text{ MeV}$. Tìm động năng của hạt α bay vuông góc với các neutron tới.

5.227. Năng lượng ngưỡng của một quantum γ vượt quá năng lượng liên kết của một đoton ($E_{\text{lk}} = 2,2 \text{ MeV}$) trong phản ứng $\gamma + \text{H}^2 \rightarrow n + p$ bao nhiêu phần trăm?

5.228. Một proton có động năng $T = 1,5 \text{ MeV}$ bị một hạt nhân H^2 bắt. Tìm năng lượng kích thích của hạt nhân được tạo thành.

5.229. Hiệu suất của phản ứng hạt nhân $\text{C}^{12} (\alpha, n) \text{N}^{14}$ có các cực đại & các giá trị sau đây của động năng T_α của các hạt đoton bay tới: 0,60; 0,90; 1,55 và 1,80 MeV. Dùng những giá trị của khối lượng các nguyên tử ghi trong bảng để tìm các mức năng lượng tương ứng của một hạt nhân trung gian mà phản ứng này xảy ra qua các mức đó.

5.230. Một chùm hẹp các neutron nhiệt bị yêu cầu $n = 360$ lần, sau khi đi qua một lớp cadmi có bê dày $d = 0,50 \text{ mm}$. Xác định tiết diện hiệu dụng của sự tương tác giữa các neutron này với các hạt nhân cadmi.

5.231. Xác định xem cường độ của một chùm hẹp các neutron nhiệt sau khi đi qua một lớp nước nặng có bê dày $d = 5,0 \text{ cm}$ sẽ bị giảm đi bao nhiêu lần. Các tiết diện hiệu dụng của sự tương tác các hạt nhân đoton và ôxy đối với các neutron nhiệt tương ứng bằng $\sigma_1 = 0,70 \text{ barn}$ và $\sigma_2 = 4,2 \text{ barn}$.

5.232. Một chùm hẹp các neutron nhiệt đi qua một bân bằng sắt mà các tiết diện hiệu dụng của sự hấp thụ và tán xạ của sắt tương ứng bằng $\sigma_a = 2,5 \text{ barn}$, $\sigma_s = 11 \text{ barn}$. Xác định phân tỷ đối của các neutron rời khỏi chùm do tán xạ, nếu bê dày của bân là $d = 0,50 \text{ cm}$.

5.233. Hiệu suất của một phản ứng hạt nhân với sự tạo thành các đồng vị phóng xạ có thể đặc trưng bằng hai cách: hoặc bằng tỷ số w giữa số phản ứng hạt nhân với số hạt tới bân phâ, hoặc bằng đại lượng k , là tỷ số giữa độ phóng xạ của chất đồng vị phóng xạ được sinh ra với số hạt tới bân phâ. Tìm:

a) chu kỳ bán rã của chất đồng vị phóng xạ được tạo thành, giả thử rằng w và k đã biết;

b) hiệu suất w của phản ứng $\text{Li}^7 (p, n) \text{Be}^7$, nếu sau khi chiếu vào bia litium bằng một chùm các proton (trong thời gian $t = 2,0 \text{ h}$, với dòng trong chùm là $i = 10 \mu\text{A}$), độ phóng xạ của đồng vị Be^7 là $A = 1,35 \cdot 10^8$ phân rã/s, còn chu kỳ bán rã của nó là $T = 53$ ngày đêm.

5.234. Một lá vàng mỏng gồm có đồng vị bến Au^{197} được rơi bằng các neutron nhiệt thẳng góc với bê mặt; mật độ dòng của các neutron nhiệt là $J = 1,0 \cdot 10^{10}$ hạt/ $(\text{s} \cdot \text{cm}^2)$. Khối lượng của lá là $m = 10 \text{ mg}$. Do sự bắt các neutron, đồng vị Au^{198} phóng xạ β xuất hiện. Tiết diện hiệu dụng của sự tạo thành đồng vị này là $\sigma = 98 \text{ barn}$ và chu kỳ bán rã $T = 2,7$ ngày đêm. Tìm:

a) thời gian rơi, mà sau đó số hạt nhân Au^{197} giảm đi $\eta = 1,0 \%$;

b) số cực đại các hạt nhân Au^{198} có thể được tạo thành trong quá trình rơi lâu dài.

5.235. Một lá mỏng bằng một chất đồng vị bến nào đó được rơi bằng các neutron nhiệt đập vuông góc vào bê mặt lá. Do sự bắt các neutron, một đồng vị phóng xạ có hằng số phân rã λ xuất hiện. Tìm định luật tích tụ $N(t)$ của đồng vị phóng xạ này tính cho một đơn vị diện tích của lá. Mật độ dòng của các neutron bằng J , số hạt nhân trên một đơn vị diện tích của lá là n và tiết diện hiệu dụng của sự tạo thành hạt nhân phóng xạ là σ .

5.236. Một lá vàng có khối lượng $m = 0,20 \text{ g}$ được rơi bằng một dòng các neutron nhiệt đập thẳng góc vào mặt của nó trong khoảng thời gian $t = 6,0 \text{ h}, 12 \text{ h}$ sau khi ngừng rơi bức xạ, độ phóng xạ của lá là $A = 1,9 \cdot 10^7$ phân rã/s. Tìm mật độ

dòng các neutron, nếu tiết diện hiệu dụng của sự tạo thành hạt nhân của đồng vị phóng xạ là $\sigma = 96$ barn, còn chu kỳ bán rã của nó là $T = 2,7$ ngày đêm.

5.237. Số có bao nhiêu neutron trong một trăm thê hệ, nếu quá trình phân chia được bắt đầu từ $N_0 = 1000$ neutron và xảy ra trong môi trường có hệ số nhân $k = 1,05$?

5.238. Tìm số neutrôn sinh ra trong một đơn vị thời gian trong một lò phản ứng uran có công suất nhiệt là $P = 100$ MW, nếu số neutron trung bình ứng với mỗi phân chia là $v = 2,5$. Biết rằng trong mỗi phân chia, năng lượng được giải phóng là $E = 200$ MeV.

5.239. Trong một lò phản ứng hạt nhân dùng các neutron nhiệt, thời gian sống trung bình của một thê hệ neutron là $\tau = 0,10$ s. Biết hệ số nhân $k = 1,010$, tìm:

a) lượng neutron trong lò phản ứng được tăng bao nhiêu lần, và do đó công suất của lò sau khoảng thời gian $t = 1,0$ phút;

b) chu kỳ T của lò phản ứng tức là thời gian mà sau đó công suất của nó tăng lên e lần.

CÁC HẠT CƠ BẢN

5.240. Tính động năng của các proton có xung lượng bằng $0,10; 1,0$ và 10 GeV/c, trong đó c là vận tốc ánh sáng.

5.241. Tìm quãng đường trung bình của các mêzôn π có động năng lớn hơn năng lượng nghỉ của nó là $\eta = 1,2$ lần. Thời gian sống trung bình của các mêzôn π rất chậm là $\tau_0 = 25,5$ ns.

5.242. Các mêzôn π âm có động năng $T = 100$ MeV bay từ khi sinh ra tới khi phân rã qua một khoảng trung bình là $l = 11$ m. Tìm thời gian sống riêng của các mêzôn này.

5.243. Có một chùm hẹp các mêzôn π^- với động năng T bằng năng lượng nghỉ của các hạt này. Tìm tỷ số các cường độ của chùm tại những tiết diện cách nhau $l = 20$ m. Thời gian sống riêng trung bình của các mêzôn này là $\tau_0 = 25,5$ ns.

5.244. Một mêzôn π^+ dừng được phân rã thành một muôn và một neutrôn. Tìm động năng của muôn và năng lượng của neutrôn.

5.245. Tìm động năng của neutrôn xuất hiện khi phân rã một hạt hyperon Σ^- dừng ($\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$).

5.246. Một muôn dương dừng bị phân rã thành một pôsitron và hai neutrôn. Tính động năng cực đại có thể có được của pôsitron.

5.247. Một hạt trung hòa dừng nghỉ phân rã thành một proton có động năng $T = 5,3$ MeV và một mêzôn π^+ . Tính khối lượng của các hạt này. Hạt đó là hạt gì?

5.248. Một mêzôn π âm có động năng $T = 50$ MeV, khi bay bị phân rã thành một muôn và một neutrôn. Tính năng lượng của neutrôn bay ra vuông góc với phương chuyển động của mêzôn π .

5.249. Một hyperon Σ^+ có động năng $T_\Sigma = 320$ MeV khi bay bị phân rã thành một hạt trung hòa và một mêzôn π^+ . Mêzôn này bay ra với động năng $T_\pi = 42$ MeV theo phương vuông góc với phương chuyển động của hyperon. Tính khối lượng nghỉ của hạt trung hòa (tính ra MeV).

5.250. Một hạt mêzôn π trung hòa bị phân rã khi bay, thành hai quantum γ có cùng năng lượng. Góc giữa các phương bay của các quantum γ là $\theta = 60^\circ$. Tính động năng của mêzôn π và năng lượng của mỗi quantum γ .

5.251. Một hạt tương đối tĩnh có khối lượng nghỉ m do va chạm với một hạt đứng nghỉ có khối lượng M gây ra phản ứng sinh các hạt mới: $m + M \rightarrow m_1 + m_2 + \dots$, trong đó về bên phải ghi các khối lượng nghỉ của các hạt được sinh ra. Dùng sự bài biện của đại lượng $E^2 - p^2 c^2$, chứng minh rằng động năng ngưỡng của hạt m đối với phản ứng này được xác định bằng công thức:

$$T_h = \frac{(m_1 + m_2 + \dots)^2 - (m + M)^2}{2M} c^2.$$

5.252. Một pôsitron có động năng $T = 750$ keV bay tới một electron tự do đứng nghỉ. Do sự hủy, hai quantum γ có cùng năng lượng xuất hiện. Xác định góc giữa các phương bay của chúng.

5.253. Tìm năng lượng ngưỡng của một quantum γ cần thiết để tạo thành:

a) một cặp electron — pôsitron trong trường của một electron đứng nghỉ;

b) một cặp mêzôn $\pi^- — \pi^+$ trong trường của một proton đứng nghỉ.

5.254. Các proton có động năng T bay tới một cái bia hyđrô đứng yên. Tìm các giá trị ngưỡng T đối với các phản ứng sau:

$$\begin{aligned} \text{a)} & p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}; \\ \text{b)} & p + p \rightarrow p + p + \pi^0. \end{aligned}$$

5.255. Người ta chiếu các hạt mêzôn π vào một bia hyđrô. Tìm các giá trị ngưỡng của động năng của các mêzôn này sao cho các phản ứng sau đây có thể được thực hiện:

$$\begin{aligned} \text{a)} & \pi^- + p \rightarrow K^+ + \Sigma^-; \\ \text{b)} & \pi^0 + p \rightarrow K^+ + \Lambda^0. \end{aligned}$$

5.256. Tìm số lợ S và tích hooke Y của một hạt cơ bản trung hòa có hình chiếu của spin đồng vị là $T_z = +1/2$ và tích baryon $B = +1$. Hạt đó là hạt gì?

5.257. Trong những quá trình dưới đây, quá trình nào bị cấm bởi định luật bảo toàn tích lepton:

$$\begin{array}{ll} \text{1)} & n \rightarrow p + e^- + v; \quad \text{4)} p + e^- \rightarrow n + v; \\ \text{2)} & \pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^- + e^+; \quad \text{5)} \mu^+ \rightarrow e^+ + v + \bar{v}; \\ \text{3)} & \pi^- \rightarrow \mu^- + v; \quad \text{6)} K^- \rightarrow \mu^- + \bar{v}. \end{array}$$

5.258. Trong những quá trình dưới đây quá trình nào bị cấm bởi định luật bảo toàn số lợ:

$$\begin{array}{ll} \text{1)} & \pi^- + p \rightarrow \Sigma^- + K^+; \quad \text{4)} n + p \rightarrow \Lambda^0 + \Sigma^+; \\ \text{2)} & \pi^- + p \rightarrow \Sigma^+ + K^-; \quad \text{5)} \pi^- + n \rightarrow \Xi^- + K^+ + K^-; \\ \text{3)} & \pi^- + p \rightarrow K^+ + K^- + n; \quad \text{6)} K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^+ + K^0. \end{array}$$

5.259. Nếu những nguyên nhân cấm các quá trình dưới đây:

$$\begin{array}{ll} \text{1)} & \Sigma^- \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-; \quad \text{4)} n + p \rightarrow \Sigma^+ + \Lambda^0; \\ \text{2)} & \pi^- + p \rightarrow K^+ + K^-; \quad \text{5)} \pi^- \rightarrow \mu^- + e^+ + e^-; \\ \text{3)} & K^- + n \rightarrow \Omega^- + K^+ + K^0; \quad \text{6)} \mu^- \rightarrow e^- + v_e + \bar{v}_\mu. \end{array}$$

DÁP SÓ VÀ LỜI GIẢI

Phần I

CƠ HỌC

1.1. $v = l/2t = 3,0 \text{ km/h.}$

1.2. $\Delta t = \tau \sqrt{l - 4\langle v \rangle / vt} = 15 \text{ s.}$

1.3. a) $10 \text{ cm/s};$ b) $25 \text{ cm/s};$ c) $t_0 = 16 \text{ s};$ d) $2,5 \text{ và } 0,7 \text{ cm/s}^2.$

1.4. $(r_1 - r_2)/(r_1 + r_2) = (v_2 - v_1)/(v_2 + v_1).$

1.5. $v' = \sqrt{v_0^2 + v^2 + 2v_0 v \cos \phi} \approx 40 \text{ km/h}; \phi' = 19^\circ.$

1.6. $u = \frac{v_0}{(1 - v_0^2/v^2)^{1/2} - 1} = 3,0 \text{ km/h.}$

1.7. $\tau_A/\tau_B = n/\sqrt{n^2 - 1} \approx 1,8.$

1.8. $l = vt \sqrt{2(1 - \sin \theta)} = 22 \text{ m.}$

1.9. $l = (v_1 + v_2) \sqrt{v_1 v_2 / g} = 2,5 \text{ m.}$

1.10. $|\langle v \rangle| \approx 0,65 \sqrt{w_0 R}.$

1.11. $x_1 - x_2 = l - vt(t + \pi/2) = 0,24 \text{ km.}$ Vận tốc lúc gặp tàu hỏa $V = 4,0 \text{ m/s.}$

1.12. a) $0,7 \text{ s};$ b) lăn lướt là $0,7 \text{ và } 1,3 \text{ m.}$

1.13. $L_{\text{kin}} = |l_1 v_2 - l_2 v_1| / \sqrt{v_1^2 + v_2^2}.$

1.14. $CD = l / \sqrt{q^2 - 1}.$

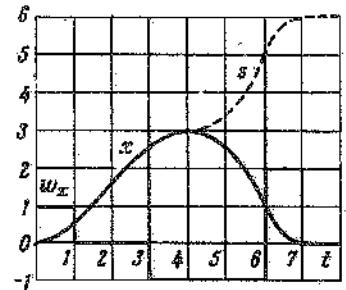
1.15. Xem hình 194.

1.16. a) $\langle v \rangle = \pi R/t = 50 \text{ cm/s};$

b) $|\langle v \rangle| = 2R/t = 32 \text{ cm/s};$ c) $|\langle w \rangle| = 2\pi R/t^2 = 10 \text{ cm/s}^2.$

1.17. a) $v = a(1 - 2at);$ b) $w = -2aa = \text{const};$ c) $\Delta t = 1/a; s = a/2a.$

Hình 194.



1.18. a) $x = v_0 t (1 - t/2t);$ b) $1,1;$ c) $11 \text{ s};$

c) $s = \begin{cases} v_0 t (1 - t/2t), & t \leq t_1, \\ (v_0 t/2) [1 + (1 - t/t_1)^2], & t \geq t_1. \end{cases}$ Lăn lướt là $24 \text{ và } 34 \text{ cm.}$

1.19. a) $v = a^2 t/2;$ b) $w = a^2/2;$ c) $\langle v \rangle = a\sqrt{x}/2.$

1.20. a) $s = (2/3a) v_0^{3/2};$ b) $t = (2/a)\sqrt{v_0}.$

1.21. a) $y = -(b/a^2)x^2;$ b) $v = ai - 2bt\mathbf{j};$ $w = -2b\mathbf{i};$ $u = \sqrt{a^2 + 4b^2 t^2}$ $w = 2b;$ c) $\tan u = a/2bt;$ d) $\langle v \rangle = ai - bt\mathbf{j};$ $|\langle v \rangle| = \sqrt{a^2 + b^2 t^2}.$

1.22. a) $y = x - (a/a)x^2;$ b) $v = a\sqrt{1 + (1 - 2at)^2};$ $w = 2aa = \text{const};$ c) $t_0 = 1/a.$

1.23. a) $s = a\omega t;$ b) $\pi/2.$

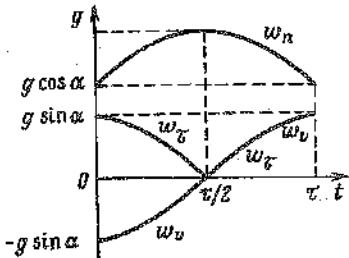
1.24. $v_0 = \sqrt{(1+a^2)w/2b}$.

1.25. a) $\tau = v_0 t + g t^2/2$; b) $\langle v \rangle_t = v_0 + gt/2$; $\langle v \rangle = v_0 - g(v_0 g)/g^2$.

1.26. a) $t = 2(v_0/g) \sin \alpha$; b) $h = (v_0^2/2g) \sin^2 \alpha$, $t = (v_0^2/g) \sin 2\alpha$; $\alpha = 76^\circ$

c) $y = x \tan \alpha - (g/2v_0^2 \cos^2 \alpha) x^2$; d) $R_1 = v_0^2/g \cos \alpha$, $R_2 = (v_0^2/g) \cos^2 \alpha$.

1.27. Xem hình 195.



Hình 195.

1.28. Sau 0,41 hay 0,71 phút (tùy theo góc ban đầu).

1.29. $\Delta t = \frac{2v_0}{g} \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\cos \theta_1 + \cos \theta_2} = 11 \text{ s}$.

1.30. a) $x = (a/2v_0) y^2$; b) $w = av_0$, $w_r = a^2 y / \sqrt{1 + (ay/v_0)^2}$, $w_n = av_0 / \sqrt{1 + (ay/v_0)^2}$

1.31. a) $y = (b/2a)x^2$; b) $R = v^2/w_n = v^2 / \sqrt{w^2 - w_r^2} = (a/b) [1 + (xb/a)^2]^{3/2}$.

1.32. $v = \sqrt{2ax}$.

1.33. $w = a\sqrt{1 + (4\pi n)^2} = 0,8 \text{ m/s}^2$.

1.34. a) $v = v_0/(1 + v_0 t/R) = v_0 e^{-t/R}$; b) $w = \sqrt{2} (v_0^2/R) e^{-2t/R} = \sqrt{2} v^2/R$.

1.35. $\tan \alpha = 2s/R$.

1.36. a) $w_0 = a^2 \omega^2/R = 2,6 \text{ m/s}^2$; $w_{\min} = a\omega^2 = 3,2 \text{ m/s}^2$; b) $w_{\min} = a\omega^2 \sqrt{1 - (R/2a)^2} = 2,5 \text{ m/s}^2$, $t_w = \pm \sqrt{1 - R^2/2a^2} = \pm 0,37 \text{ m}$.

1.37. $\rho = a^3/2bs$; $\omega = a\sqrt{1 + (4bs^2/a^3)^2}$.

1.38. a) $w = 2av^2$, $R = 1/2a$; b) $w = bv^2/a^2$, $R = a^2/b$.

1.39. $v = 2R\omega = 0,40 \text{ m/s}$; $w = 4R\omega^2 = 0,32 \text{ m/s}^2$.

1.40. $w = (v/t)\sqrt{1 + (2at^2)^2} = 0,7 \text{ m/s}^2$.

1.41. a) $\langle \omega \rangle = 2a/3 = 4 \text{ rad/s}$; b) $\beta = 2\sqrt{3}ab = 12 \text{ rad/s}^2$.

1.42. $t = \sqrt{(4/a)\tan \alpha} = 7 \text{ s}$.

1.43. $\langle \omega \rangle = \omega_0/3$.

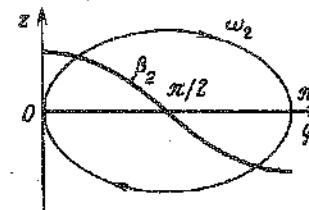
1.44. a) $\phi = (1 - e^{-at})\omega_0/a$; b) $\omega = \omega_0 e^{-at}$.

1.45. $\omega_2 = \pm \sqrt{2}\beta_0 \sin \phi$, xem hình 196.

1.46. a) $y = v^2/\beta x$ (hyperbol); b) $y = \sqrt{2wx}/\omega$ (parabol).

1.47. a) $w_A = v^2/R = 2,0 \text{ m/s}^2$; vector w_A luôn hướng vào tâm bánh xe; b) $s = 8R = 4,0 \text{ m}$.

1.48. a) $v_A = 2wt = 10 \text{ cm/s}$, $v_B = \sqrt{2}wt = 7 \text{ cm/s}$, $v_0 = 0$; b) $w_A = 2w \times \sqrt{1 + (wt^2/2R)^2} = 5,6 \text{ cm/s}^2$, $w_B = w\sqrt{1 + (wt^2/R)^2} = 2,5 \text{ cm/s}^2$, $w_0 = w^2 t^2/R = 2,5 \text{ cm/s}^2$.



Hình 196.

1.49. $\omega = \sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2} = 5 \text{ rad/s}$, $\beta = \omega_1 \omega_2 = 12 \text{ rad/s}^2$.

1.50. a) $w = at\sqrt{1 + (bt/a)^2} = 8 \text{ rad/s}$, $\beta = a\sqrt{1 + (2bt/a)^2} = 1,3 \text{ rad/s}^2$; b) 17° .

1.51. a) $w = v/r \cos \alpha = 2,3 \text{ rad/s}$, 60° ; b) $\beta = (v/r)^2 \tan \alpha = 2,3 \text{ rad/s}^2$.

1.52. $w = \omega_0 \sqrt{1 + (\beta_0 t/\omega_0)^2} = 0,6 \text{ rad/s}$, $\beta = \beta_0 \sqrt{1 + \omega_0^2 t^2} = 0,2 \text{ rad/s}^2$.

1.53. $\Delta m = 2mw/(g+w)$.

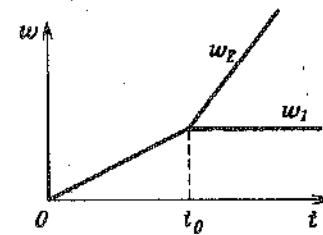
1.54. $w = \frac{m_0 - k(m_1 + m_2)}{m_0 + m_1 + m_2} g$, $T = \frac{m_0(1+k)}{m_0 + m_1 + m_2} m_2 g$.

1.55. a) $F = \frac{(k_1 - k_2)m_1 m_2 g \cos \alpha}{m_1 + m_2}$; b) $\tan \alpha_{\min} = \frac{k_1 m_1 + k_2 m_2}{m_1 + m_2}$.

1.56. $k = |(\eta^2 - 1)/(n^2 + 1)| \tan \alpha = 0,16$.

1.57. a) $m_1/m_1 > \sin \alpha + k \cos \alpha$; b) $m_2/m_1 < \sin \alpha - k \cos \alpha$; c) $\sin \alpha - k \cos \alpha < m_2/m_1 < \sin \alpha + k \cos \alpha$.

1.58. $w_1 = w_2 = at/(m_1 + m_2)$ với $t \leq t_0$; $w_1 = kg m_2/m_1$, $w_2 = (at - km_2 g)/m_2$ với $t \geq t_0$. Ông đây $t_0 = kg m_1(m_1 + m_2)/am_1$. Xem hình 197.



Hình 197.

1.59. $\tan 2\alpha = -1/k$, $\alpha = 49^\circ$; $t_{\min} = 1,0 \text{ s}$.

1.60. $\tan \beta = k$; $T_{\min} = mg(\sin \alpha + k \cos \alpha) / \sqrt{1 + k^2}$.

1.61. a) $v = \frac{mg^2 \cos \alpha}{2a \sin^2 \alpha}$; b) $s = \frac{m^2 g^3 \cos \alpha}{6a^2 \sin^3 \alpha}$.

1.62. $v = \sqrt{(2g/3\alpha) \sin \alpha}$.

1.63. $\tau = \sqrt{2}/(3\omega + kg)$.

1.64. a) $w_i = \frac{(m_1 - m_2)g + 2m_2 w_0}{m_1 + m_2}$, $w_i = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} (g - w_0)$; b) $F = \frac{4m_1 m_2}{m_1 + m_2} (g - w_0)$.

1.65. $w_i = \frac{4m_1 m_2 + m_0(m_1 - m_2)}{4m_1 m_2 + m_0(m_1 + m_2)} g$.

1.66. $F_{\text{ngi}} = 2lmM/(M-m)r^2$.

1.67. $t = \sqrt{2}/(4+\eta)/3g(2-\eta) = 1.4 \text{ s}$.

1.68. $H = 6h\eta/(\eta+4) = 0.6 \text{ m}$.

1.69. $v = g\sqrt{2}/(2+k+M/m)$.

1.70. $w_{\min} = g(1-k)/(1+k)$.

1.71. $w_{\max} = g(1+k \cot \alpha)/(\cot \alpha - k)$.

1.72. $w = \frac{g \sin \alpha \cos \alpha}{\sin^2 \alpha + m_2/m_1}$.

1.73. $w = \frac{mg \sin \alpha}{M + 2m(1 - \cos \alpha)}$.

1.74. a) $|F| = 2\sqrt{2}mv^2/\pi R$; b) $|F| = mw^2$.

1.75. Lần lượt bằng 2,1; 0,7 và 1,5 kN.

1.76. a) $w = g\sqrt{1+3\cos^2 \theta}$, $T = 3mg \cos \theta$; b) $T = mg\sqrt{3}$; c) $\cos \theta = 1/\sqrt{3}$.

$\theta = 54,7^\circ$.

1.77. Vào khoảng 53°.

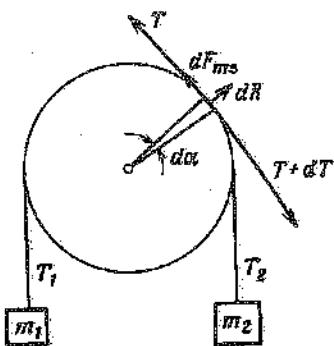
1.78. $\theta = \arccos(2/3) \approx 48^\circ$, $v = \sqrt{2gR}/3$.

1.79. $\epsilon = (\kappa/m\omega^2 - 1)^{-1}$. Độ lặp với chiều quay.

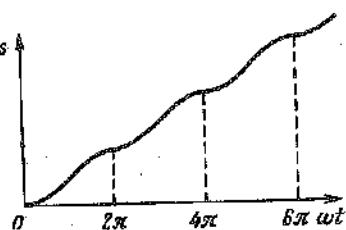
1.80. $r = R/2$, $v_{\max} = \sqrt{kg}R/2$.

1.81. $T = (\cot \theta + \omega^2 R/g)mg/2\pi$.

1.82. a) Xét một phần tử nhỏ của dây trên vòng roc (hình 198). Trọng lượng của phần tử ấy không đáng kể $dT = dF_{\text{ngi}} = kdR$ và $dR = Td\alpha$. Do đó: $dT/T = -kd\alpha$. Tích phân phương trình trên tìm được $k = (\ln \eta_0)/\pi$:
b) $w = g(\eta - \eta_0)/(\eta + \eta_0)$.



Hình 198.



Hình 199.

1.83. $F = (mv\dot{\theta}/R) \cos^2 \alpha$.

1.84. $F = -mv^2 r$, với r là bán kính vectơ của chất điểm đối với gốc tọa độ: $F = mv^2 \sqrt{x^2 + y^2}$.

1.85. a) $\Delta p = mg t$; b) $|\Delta p| = -2m(v_0 \sin \theta)/g$.

1.86. a) $p = \pi r^3/6$; b) $s = \pi r^3/12 \text{ m}$.

1.87. $s = (F_0/m\omega^2)(\omega t - \sin \omega t)$, xem hình 199.

1.88. $t = \pi/\omega$; $s = 2F_0/m\omega^2$; $v_{\max} = F_0/m\omega$.

1.89. a) $v = v_0 e^{-rt/m}$; $t \rightarrow \infty$; b) $v = v_0 - sr/m$, $s_{tp} = mv_0/r$; c) $(v) = v_0(\eta - 1)/\eta \ln \eta$.

1.90. $t = \hbar(v_0 - v)/v_0 v \ln(v_0/v)$.

1.91. a) $s = (2/a) \tan \alpha$; b) $v_{\max} = \sin \alpha \sqrt{g/a \cos \alpha}$.

1.92. $s = (a/6m)(t - t_0)^3$ với $t_0 = kmg/a$ là thời điểm bắt đầu chuyển động.

1.93. $v' = v_0/\sqrt{1 + k v_0^2/mg}$.

1.94. a) $v = (2F/m\omega) \sin(\omega t/2)$; b) $\Delta s = 8F/m\omega^2$; $\langle v \rangle = 4F/\pi m\omega$.

1.95. $v = v_0/(1 + \cos \varphi)$.

Hiường dẫn. Ở đây $w = -w_x$, do đó $v = -v_x + \text{const}$. Từ điều kiện ban đầu suy ra: $\text{const} = v_0$. Ngoài ra $v_x = v \cos \varphi$.

1.96. $w = [1 - \cos(J/R)] Rg/J$.

1.97. a) $v = \sqrt{2gR/3}$; b) $\cos \theta_0 = \frac{2 + \eta \sqrt{5 + 9\eta^2}}{3(1 + \eta^2)}$, trong đó $\eta = w_0/g$;

$\theta_0 \approx 17^\circ$.

1.98. Với $n < 1$ kể cả các giá trị âm: $r_{\text{ben}} = (mv^2/a)^{1/(1-n)}$.

1.99. Nếu $\omega^2 R > g$, ta có hai vị trí cân bằng: $\theta_1 = 0$ và $\theta_2 = \arccos(g/\omega^2 R)$. Nếu $\omega^2 R < g$, cân bằng chỉ thực hiện được ở vị trí $\theta_1 = 0$. Khi chỉ có một vị trí cân bằng phía dưới, vị trí này là cân bằng bền. Đến khi xuất hiện vị trí cân bằng thứ hai (luôn luôn là cân bằng bền) thì vị trí cân bằng dưới trở nên không bền.

1.100. $h = (\omega^2/v) \sin \varphi = 7 \text{ cm}$.

1.101. $F = m\sqrt{g^2 + \omega^4 r^2 + (2v/\omega)^2} = 8 \text{ N}$.

1.102. $F_C = 2m\omega^2 r \sqrt{1 + (v_r/\omega r)^2} = 2,8 \text{ N}$.

1.103. a) $v' = \omega^2 R$; b) $F_R = m\omega^2 r \sqrt{(2R/r)^2 - 1}$.

1.104. $F_R = m\omega^2 R \sqrt{5/9} = 8 \text{ N}$, $F_C = (2m\omega^2 R/3)\sqrt{5+8g/3\omega^2 R} = 17 \text{ N}$.

1.105. a) $F = 2mv_0 \sin \varphi = 3,8 \text{ kN}$, trong đó ω là vận tốc góc của sự quay của Trái Đất xung quanh trục riêng. b) $F = mv_0(\omega R \cos \varphi \pm 2v) \sin \varphi$; $F_+ = 33 \text{ kN}$, $F_- = 25 \text{ kN}$. Dù công ứng với chuyển động từ tây sang đông; dù trừ ứng với chuyển động theo chiều ngược lại.

1.106. Lệch về phía đông một khoảng $x \approx (2\omega/3)\sqrt{2h^3/g} = 24 \text{ cm}$. Ở đây ω là vận tốc góc quay của Trái Đất xung quanh trục riêng.

1.107. $A = F(r_2 - r_1) = -17 \text{ J}$.

1.108. $A = mv^2/2 - 8$.

1.109. $F = 2as\sqrt{1 + (s/R)^2}$.

1.110. $A = -(1 - \eta) \eta mg l/2 = -1,3 \text{ J}$.

1.111. $\langle P \rangle = 0$; $P = mg(gt - v_0 \sin \alpha)$.

1.112. $P = mRat$, $\langle P \rangle = mRat/2$.

1.113. a) $\langle P \rangle = -kmgv_0/2 = -2W$; b) $P_{\max} = -mv_0^2 \sqrt{ag}/2$.

1.114. $A = mv^2(r_2^2 - r_1^2)/2 = 0,20 \text{ J}$.

1.115. $A_{\min} = k(\Delta l)^2/2$, với $k = k_1 k_2 / (k_1 + k_2)$.

1.116. $A = 3mg/4a$; $\Delta U = mg/2a$

1.117. a) $r_0 = 2a/b$ bến; b) $F_{\max} = t^3/27a^3$, xem hình 200.

1.118. a) Không; b) các ellip mà tỷ số hai nửa trục bằng: $a/b = \sqrt{b/a}$; cũng là các ellip nhưng với $a/b = \beta/\alpha$.

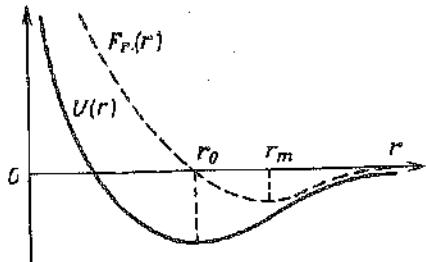
1.119. Trường lực thứ hai là trường thế.

1.120. $s = v_0^2/2g(\sin \alpha + k \cos \alpha)$; $A_{\min} = -mv_0^2 k/2(k + \tan \alpha)$.

1.121. $h = H/2$, $s_{\max} = H$.

1.122. $v = (2/3)\sqrt{gh}/3$.

1.123. $v_{\min} = \sqrt{5gl}$; $T = 3mg$.



Hình 200.

1.124. $t = l_0^2/2v_0 R$.

1.125. $\Delta I = (1 + \sqrt{1 + 2kl/mg})mg/k$.

1.126. $v = \sqrt{19gl_0}/32 = 1,7 \text{ m/s}$.

1.127. $A = \frac{kmg l_0}{2} \frac{1 - \cos \theta}{(\sin \theta + k \cos \theta) \cos \theta} = 0,09 J$.

1.128. $A = kI^2 \eta / 2(1 - \eta)^2$, với $\eta = m \omega^2 / k$.

1.129. $w_c = g(m_1 - m_2)/(m_1 + m_2)^2$.

1.130. $r = (g/w^2) \operatorname{tg} \theta = 0,8 \text{ cm}$, $T = mg/\cos \theta = 5 \text{ N}$.

1.132. a) $F_{\max} = mg \sin \alpha + (\omega^2 l/g) \cos \alpha = 6 \text{ N}$; b) $\omega <$

$< \sqrt{g(k - \tan \alpha)/l} + k \tan \alpha = 2 \text{ rad/s}$.

1.133. a) $V = (m_1 v_1 + m_2 v_2)/(m_1 + m_2)$; b) $T = \mu(v_1 - v_2)^2/2$, với $\mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$.

1.134. $E = \tilde{E} + mv^2/2$.

1.135. $\tilde{E} = \mu(v_1^2 + v_2^2)/2$, với $\mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$.

1.136. $p = p_0 + mgz$, với $p_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$, $m = (m_1 + m_2)$.

$r_c = v_0 t + gt^2/2$, với $v_0 = (m_1 v_1 + m_2 v_2)/(m_1 + m_2)$.

1.137. a) $\Delta t > 3mg/k$; b) $h = (1 + k\Delta t/mg)^2 mg/8k = 8mg/k$.

1.138. $v_1 = -mv/(M - m)$; $v_2 = Mv/(M - m)$.

1.139. $v_s = v_0 - \frac{m}{M + m} u$; $v_t = v_0 + \frac{mM}{(M + m)^2} u$.

1.140. 1) $v_1 = -\frac{2m}{M + 2m} u$; 2) $v_2 = -\frac{m(2M + 3m)}{(M + m)(M + 2m)} u$, $v_3/v_1 =$

$= 1 + m/2(M + m) > 1$.

1.141. $p = 2m\sqrt{2gl}/3 = 3,5 \text{ kG.m/s}$.

1.142. $\Delta p = m\sqrt{2gh}(1 + \eta)/(1 - \eta) = 0,2 \text{ kG.m/s}$.

1.143. a) $I = -\frac{m}{M + m} I$, b) $F = -\frac{mM}{M + m} \frac{dv}{dt}$.

1.144. $I = (m/2M)^{1/2}$.

1.145. $\tau = (p \cos \alpha - M \sqrt{2g \sin \alpha})/Mg \sin \alpha$.

1.146. a) $v = (2M/m) \sqrt{g \sin(\vartheta/2)}$; b) $\eta \approx 1 - m/M$.

1.147. 1) $A = -\mu gh$, với $\mu = mM/(m + M)$. 2) C6.

1.149. $v = 1,08 + 2,0t - 4,0 \text{ km/s}$, $v \approx 4,6 \text{ m/s}$.

1.150. $\Delta T = -\mu(v_1 - v_2)^2/2$, với $\mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$.

1.151. a) $\eta = 2m_1/(m_1 + m_2)$; b) $\eta = 4m_1 m_2 / (m_1 + m_2)^2$.

1.152. a) $m_1/m_2 = 1/3$; b) $m_1/m_2 = 1 + 2 \cos \Psi = 2,0$.

1.153. Chuyển đổi theo cung chiều sharcus với $v' = (1 - \sqrt{1 - 2\eta}) v/2 \approx \eta v/2 = 5 \text{ cm/s}$.

1.154. $\Delta T/T = (1 + m/M) \operatorname{tg} \vartheta + m/M - 1 = -40\%$.

1.155. a) $p = \mu \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$; b) $T = \mu(v_1^2 + v_2^2)/2$. Ở đây $\mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$.

1.156. $\sin \vartheta_{\max} = m_2/m_1$.

1.157. $v' = -v(2 - \eta^2)/(6 - \eta^2)$. Lần lượt với η nhỏ hơn, bằng và lớn hơn $\sqrt{2}$.

1.159. Giá trị tại một thời điểm t nào đó, tên lửa có khối lượng m và vận tốc v (đối với hệ quy chiếu ta đang quan tâm). Xét một hệ quy chiếu quán tính, chuyển động với cùng vận tốc của tên lửa tại thời điểm đang xét đó. Trong hệ quy chiếu này, sau khoảng thời gian dt , số giá của xung lượng của hệ «tên lửa + khói khí phun» bằng $dp = mdv + \mu dt \cdot u = F dt$. Từ đó dễ dàng tiếp tục phép tính.

1.160. $v = -u \ln(m_0/m)$.

1.161. $m = m_0 e^{-vt/u}$.

1.162. $a = (u/v_0) \ln(m_0/m)$.

1.163. $v = \frac{F}{\mu} \ln \frac{m_0}{m_0 - \mu t}$; $w = \frac{F}{m_0 - \mu t}$.

1.164. $v = Ft/m_0(1 + \mu t/m_0)$; $w = F/m_0(1 + \mu t/m_0)^2$.

1.165. $v = \sqrt{2gh \ln(l/h)}$.

1.166. $N = 2b\sqrt{a/b}$.

1.167. $M = (mgv_0 t^2/2) \cos \alpha$; $M = (mv_0^2 2g) \sin^2 \alpha \cos \alpha = 37 \text{ kG.m}^2/\text{s}$.

1.168. a) Đồi với tất cả các điểm nằm trên một đường thẳng vuông góc với thành và đi qua O ; b) $|\Delta M| = 2mv_0 \cos \alpha$.

1.169. Đồi với tâm của đường tròn. $|\Delta M| = 2 \times \sqrt{1 - (g/\omega^2 l)^2} mg l / \omega$.

1.170. $\Delta M = hmV$.

1.171. $M = m \omega_0^2 l^2$.

1.172. $m = 2kr_0^2/v_0^2$.

1.173. $v_0 = \sqrt{2gl/\cos \theta}$.

1.174. $F = m \omega_0^2 r_0^4 / r^3$.

1.175. $M_t = Rmg t$.

1.176. $M = Rmg t \sin \alpha$. Không thay đổi.

1.177. $M' = M - [r_0 p]$. Trong trường hợp $p = 0$ nghĩa là trong hệ quy chiếu khôi tâm.

1.179. $\tilde{M} = Imv_0/3$.

1.180. $\varepsilon_{\max} \approx mv_0^2/mc^2$. Bài toán giải thuận lợi hơn, nếu xét trong hệ quy chiếu khôi tâm.

1.181. $v = c\sqrt{\eta(2-\eta)} = 0,1 c$, trong đó c là vận tốc ánh sáng.

1.182. $S' = 3S/5$; một góc bằng 62° và hai góc khác bằng 59° .

1.183. $t_0 = t\sqrt{(1-\beta^2 \sin^2 \theta)/(1-\beta^2)} = 1.08$ m với $\beta = v/c$.

1.184. $t_0 = \sqrt{\Delta x_1 \Delta x_2} = 6,0$ m; $v = c\sqrt{1-\Delta x_1/\Delta x_2} = 2,2 \cdot 10^8$ m/s.

1.185. $s = ct\sqrt{1-(\tau_0/v)^2} = 5$ m.

1.186. a) $\tau_0 = (l_0/v)\sqrt{1-(v/c)^2} = 1,4$ μs ; b) $l = l\sqrt{1-(v/c)^2} = 0,42$ km.

1.187. $l_0 = vt/\sqrt{1-(v/c)^2} = 17$ m.

1.188. Phải chứng minh rằng, nếu $\Delta t = t_2 - t_1 > 0$ thì $\Delta t' = t'_2 - t'_1 > 0$.

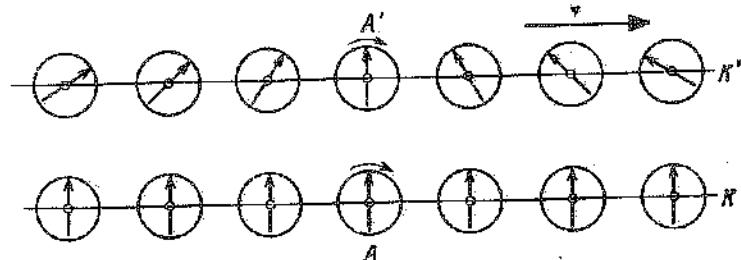
1.189. Hạt di chuyển, phân rã chậm hơn một khoảng thời gian

$$\Delta t = l\beta/c(1-\beta^2) = 20 \mu s \text{ với } \beta = v/c.$$

1.190. $v = \frac{2l_0/\Delta t}{1 + (l_0/c\Delta t)^2}$.

1.191. a) $\tau(B) = l_0/v$; $\tau(B') = (l_0/v)\sqrt{1-(v/c)^2}$; b) $\tau(A) = (l_0/v) \times \sqrt{1-(v/c)^2}$; $\tau(A') = l_0/v$.

1.192. Đối với hệ quy chiếu K ; xem hình 201.



Hình 201.

1.193. $x = (1 - \sqrt{1-\beta^2})c/\beta$, với $\beta = v/c$.

1.194. a) 13,3 ns; b) 4 m.

1.195. a) $I = l_0\sqrt{1-\beta^2}\cos\vartheta - \beta\sin\vartheta$;

b) $I = \begin{cases} 0 \text{ khi } \operatorname{tg}\vartheta' = \sqrt{1-\beta^2}/\beta, \\ l_0 \text{ khi } \operatorname{tg}\vartheta' = -\beta/\sqrt{1-\beta^2} \end{cases}$

b) đây $\beta = v/c$.

1.197. $v' = \frac{\sqrt{(v_x-v)^2 + v_y^2(1-v^2/c^2)}}{1-v_x V/c^2}$.

1.198. a) 1,25 s; b) $v = (v_1 + v_2)/(1 + v_1 v_2/c^2) = 0,91$ s.

1.199. $I = l_0 \frac{1-(v/c)^2}{1+(v/c)^2}$.

1.200. a) $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$; b) $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - (v_1 v_2/c)^2}$.

1.201. $s = \tau_0 \sqrt{\frac{v^2 + (1-\beta^2)v'^2}{(1-\beta^2)(1-v'^2/c^2)}}$, với $\beta = V/c$.

1.202. $\operatorname{tg}\vartheta' = \frac{1-\beta^2 \sin\vartheta}{\cos\vartheta - V/v}$, với $\beta = V/c$.

1.203. $\operatorname{tg}\vartheta = v'/V/c^2 \sqrt{1-(V/c)^2}$.

1.204. a) $w' = w(1-\beta^2)^{3/2}/(1-\beta v/c)^3$; b) $w' = w(1-\beta^2)$. \hat{J} đây $\hat{B} = V/c$.

1.205. Dùng hệ thức giữa giá tốc w' và giá tốc w trong hệ quy chiếu gắn liền với Trái Đất:

$$w' = (1 - v^2/c^2)^{-3/2} dv/dt.$$

Công thức này đã có trong đáp số của bài toán trên (điểm a), trong đó phải đặt $V = v$. Tích phân phương trình này (với $w' = \text{const}$) tìm được: $v = w't/\sqrt{1 + (w't/c)^2}$. Khoảng cách phải tìm $l = (\sqrt{1 + (w'/t/c)^2} - 1)/c^2/w' = 0,91$ năm ánh sáng; $(c-v)/c \approx (c/w't)^2/2 = 0,41\%$.

1.206. Vì $v = w't/\sqrt{1 - (w't/c)^2}$, suy ra:

$$t_0 = \int_0^l \frac{dt}{\sqrt{1 + (w't/c)^2}} = \frac{c}{w'} \ln \left[\frac{w't}{c} + \sqrt{1 + \left(\frac{w't}{c} \right)^2} \right] = 3,5 \text{ tháng}$$

1.207. $m/m_0 \approx 1/\sqrt{2(1-\beta)} \approx 70$, với $\beta = v/c$.

1.208. $v = c\sqrt{\eta/(1+\eta)} = 0,3c$, trong đó c là vận tốc ánh sáng.

1.209. $(c-v)/c = 1 - [1 + (m_0 c/p)^2]^{-1/2} = 0,44\%$.

1.210. $v = (c/\eta)\sqrt{\eta^2 - 1} = c\sqrt{3}/2$.

1.211. $A = 0,42 m_0 c^2$ thay cho $0,14 m_0 c^2$.

1.212. $v = c\sqrt{3}/2 = 2,6 \cdot 10^8$ m/s.

1.213. Khi $\epsilon \ll 1$ ta có $T/m_0 c^2 \leq 4z/3 \approx 0,013$.

1.214. $p = \frac{1}{c}\sqrt{T(T+2m_0 c^2)} = 1,09 \text{ GeV}/c$.

1.215. $F = (I/eC)\sqrt{T(T+2m_0 c^2)}$; $P = TI/e$.

1.216. $p = 2nm_0 v^2/(1-v^2/c^2)$.

1.217. $v = Fct/\sqrt{m_0^2 c^2 + F^2 t^2}$; $t = \sqrt{(m_0 c^2/F)^2 + c^2 t^2 - m_0 c^2/F}$.

1.218. $F = m_0 c^2/a$.

1.219. $t = \sqrt{T(T+2m_0 c^2)}/ceE = 3,0$ ns.

1.220. $w = eE/m_0(1+T/m_0 c^2)^{1/2}$.

1.221. a) Trong hai trường hợp: $F \parallel v$ và $F \perp v$; b) $F_\perp = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} w$;

$$F_\parallel = \frac{m_0}{(1-\beta^2)^{3/2}} w, \text{ trong đó } \beta = v/c.$$

1.222. a) $\tan \theta = (eEt/m_0v_0)\sqrt{1 - (v_0/c)^2}$, trong đó e và m_0 lần lượt là điện tích và khối lượng nghỉ của proton; b) $v_z = v_0\sqrt{1 + (1 - v_0^2/c^2)(eEt/m_0c)^2}$.

$$1.223. v = c/\sqrt{1 + (m_0c/eB)^2}; w = v^2/p.$$

$$1.225. \gamma' = eV/(1 - \beta)/(1 + \beta), \text{ với } \beta = V/c; V = 3c/5.$$

$$1.226. E^2 - p^2c^2 = m_0^2c^4, \text{ với } m_0 \text{ là khối lượng nghỉ của hạt}.$$

$$1.227. a) \bar{T} = 2m_0c^2 [\sqrt{1 + T/2m_0c^2} - 1] = 777 \text{ MeV}, \bar{p} = \sqrt{m_0cT}/2 = 940 \text{ MeV}/c; b) V = c\sqrt{T/(T + 2m_0c^2)} = 2.12 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

$$1.228. M_0 = \sqrt{2m_0(T + 2m_0c^2)}/c, V = c\sqrt{T/(T + 2m_0c^2)}.$$

$$1.229. T' = 2(T + 2m_0c^2)/m_0c^2 = 1.43 \cdot 10^3 \text{ GeV}.$$

$$1.230. E_{\max} = \frac{m_0^2 + m_1^2 - (m_2 + m_3)^2}{2m_0} c^2. \text{ Hạt } m_1 \text{ sẽ có năng lượng}$$

lớn nhất trong trường hợp năng lượng của hệ hai hạt m_2 và m_3 nhỏ nhất nghĩa là khi chúng chuyển đổi như một toàn thể.

$$1.231. \frac{v}{c} = \frac{1 - (m/m_0)^{2u/c}}{1 + (m/m_0)^{\Sigma u/c}} \text{ Dùng định luật bảo toàn xung lượng}$$

(như trong lời giải của bài toán 1.159) và công thức tương đối tính về biến đổi vận tốc.

$$1.232. T = 2\pi\sqrt{M/v^3} = 225 \text{ ngày đêm}.$$

$$1.233. a) 5,2 \text{ lần}; b) 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2.$$

1.234. $T = \pi\sqrt{(r + R)^3/2\gamma M}$. Chỉ cần xét chuyển động theo một đường tròn có bán kính bằng nửa trục lớn của elip đã cho, nghĩa là bằng $(r + R)/2$; theo định luật Képler chu kỳ quay là như nhau.

1.235. Sự rơi của một vật trên Mặt Trời có thể coi như một chuyển động theo một ellip rất dài (trở thành suy biến khi đến giới hạn) có trục lớn coi như bằng bán kính R của quỹ đạo Trái Đất. Khi đó theo định luật Képler $(2\pi/T)^2 = [(R/2)/R]^3$ với t là khoảng thời gian rơi (khoảng thời gian của một nửa vòng chuyển động trên ellip dài) và T là chu kỳ quay của Trái Đất xung quanh Mặt Trời. Từ đó $t = T/4\sqrt{2} = 65$ ngày đêm.

1.236. Không thay đổi.

$$1.237. l = \sqrt{\gamma M(T/2\pi)^2}.$$

$$1.238. a) U = -\gamma m_1 m_2/r; b) U = -\gamma (mM/l) \times \ln(1 + l/a), F = -\gamma mM/a(a + l).$$

$$1.239. M = m\sqrt{2\gamma msr_1r_2/(r_1 + r_2)}, \text{ trong đó } ms \text{ là khối lượng Mặt Trời.}$$

$$1.240. E = T + U = -\gamma ms/2a, \text{ trong đó } ms \text{ là khối lượng Mặt Trời.}$$

$$1.241. r_m = \frac{r_0}{2 - \eta} [1 \pm \sqrt{1 - (2 - \eta)\eta \sin^2 \alpha}], \text{ với } \eta = r_0v_0^2/\gamma ms \text{ là khối lượng Mặt Trời.}$$

$$1.242. r_{\min} = (\gamma ms/v_0^2) [\sqrt{1 + (lo^2/\gamma ms)^2} - 1], ms \text{ là khối lượng Mặt Trời.}$$

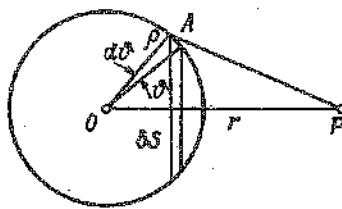
$$1.243. a) Trước hết xét một lớp cầu mỏng bán kính r và khối lượng δM . Năng lượng tương tác giữa hạt với phần tử lớp cầu dS của lớp đó (hình 202) là$$

$$dU = -\gamma(m\delta M/2l) \sin \theta d\theta. \quad (*)$$

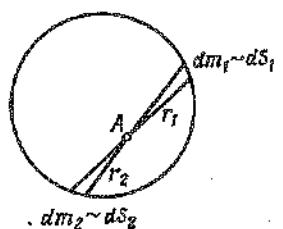
Trong tam giác OAP theo định lý về các cosin: $l^2 = r^2 + r^2 - 2rr \cos \theta$. Dùng kết quả của phép vi phân biểu thức này ta đưa công thức (*) về dạng khai tích phân. Phép khai tích phân đổi với toàn bộ lớp cầu dẫn đến kết quả:

$\delta U = -\gamma m\delta M/r$. Cuối cùng tích phân cho tất cả các lớp cầu ta được $U = -\gamma mM/r$.

$$b) F_r = -\partial U/\partial r = -\gamma mM/r^2.$$



Hình 202.



Hình 203.

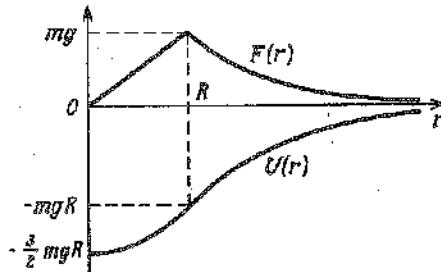
1.244. Trước hết xét một lớp chất hình cầu mỏng (hình 203). Ta tạo một hình nón có góc mở nhỏ và cố định là điểm A . Các diện tích các tiết diện chấn bởi hình nón trên lớp cầu $dS_1 : dS_2 = r_1^2 : r_2^2$. Khối lượng của các phần bị chấn tỷ lệ với các diện tích của các phần này. Do đó những lực hút tác dụng lên hạt A gây bởi hai phần bị chấn đó bằng nhau về cường độ và ngược chiều nhau. Phần lý luận tiếp tục một cách hiển nhiên.

$$1.245. a) F = -\gamma mMr/R^3; b) U = -3\gamma mM/2R.$$

$$1.246. U = \begin{cases} -\gamma mM/r, & r \geq R, \\ -3\gamma mM(1 - r^2/3R^2)/2R, & r < R. \end{cases} \text{ Xem Hình 204.}$$

$$1.247. G = -(4\pi/3)\gamma M. Bên trong lỗ hổng trung tâm là đều.$$

$$1.248. p = (3\gamma M^2/8\pi R^4)(1 - r^2/R^2). Vào khoảng 180 GPa.$$



Hình 204.

1.249. a) Phân tích lớp cầu thành các phần tử có khối lượng δm . Năng lượng tương tác của mỗi phần tử với tất cả các phần tử khác sẽ bằng $\delta U = -\gamma m\delta m/R$. Lấy tổng -đôi với tất cả các phần tử và chú ý rằng mỗi đôi phần tử tương tác được tính hai lần, ta được $U = -\gamma m^2/2R$;

$$b) U = -3\gamma m^2/5R.$$

$$1.250. \Delta t = \frac{2\pi}{\sqrt{\gamma M}} \frac{r^{3/2}}{3\Delta r(2r+5)} = \begin{cases} 4,5 \text{ ngày } (\delta=0), \\ 0,80 \text{ h } (\delta=2). \end{cases}$$

$$1.251. w_1 : w_2 : w_3 = 1 : 0,0034 : 0,0006.$$

$$1.252. 32 \text{ km} ; 2650 \text{ km}.$$

$$1.253. h = R/(2gR/v_0^2 - 1).$$

$$1.254. h = R(gR/v^2 - 1).$$

1.255. $r = \sqrt{\gamma M(T/2\pi)^2} = 4,2 \cdot 10^4 \text{ km}$, trong đó M và T lần lượt là khối lượng Trái Đất và chu kỳ quay của Trái Đất xung quanh trục của nó ; $3,1 \text{ km/s}$; $0,22 \text{ m/s}^2$.

$$1.256. m = (4\pi^2 R^3 / \gamma T^2) (1 + T/t)^2 = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg},$$

trong đó T là chu kỳ quay của Trái Đất xung quanh trục của nó.

$$1.257. v = 2\pi R/T + \sqrt{\frac{\gamma M}{R}} = 7,0 \text{ km/s}; w = \frac{\gamma M}{R^2} \left(1 + \frac{2\pi R}{T} \sqrt{\frac{R}{\gamma M}}\right) =$$

$= 4,9 \text{ m/s}^2$. Ở đây M là khối lượng của Trái Đất, T là chu kỳ quay của Trái Đất xung quanh trục của nó.

$$1.258. 1,27 \text{ lần}.$$

1.259. Độ giảm năng lượng toàn phần E của vệ tinh trong khoảng thời gian dt bằng $dE = Fvdt$. Biểu thị E và v theo khoảng cách r giữa vệ tinh và tâm Mặt Trăng, ta đưa biểu thức trên về dạng khía cạnh. Cuối cùng tìm được $\tau \approx (m/a\sqrt{g}R)(\sqrt{\eta}-1)$.

$$1.260. v_1 = 1,67 \text{ km/s}, v_{11} = 2,37 \text{ km/s}.$$

$$1.261. \Delta v = \sqrt{\gamma M/R}(1 - \sqrt{2}) = -0,70 \text{ km/s},$$

trong đó M và R lần lượt là khối lượng và bán kính Mặt Trăng.

$$1.262. \Delta v = \sqrt{gR}(\sqrt{2}-1) = 3,27 \text{ km/s},$$

trong đó g là giá tốc rơi tự do chuẩn ; R là bán kính Trái Đất.

$$1.263. r = nR/(1 + \sqrt{\eta}) = 3,8 \cdot 10^4 \text{ km}.$$

$$1.264. A \approx \gamma m(M_T/R_T + M_L/R_L) = 1,3 \cdot 10^8 \text{ kJ},$$

trong đó M và R lần lượt là khối lượng và bán kính của Trái Đất (T) và của Mặt Trăng (L).

$$1.265. v_3 = \sqrt{2v_1^2 + (\sqrt{2}-1)^2} v_1^2 \approx 17 \text{ km/s}.$$

Ở đây $v_1^2 = \gamma M_B/B$, M_B và R là khối lượng và bán kính của Trái Đất, $v_1^2 = \gamma M_T/r$, M_T là khối lượng của Mặt Trời, r là bán kính quỹ đạo của Trái Đất.

$$1.266. N = (aB - bA)\mathbf{k},$$

với \mathbf{k} là vectơ đơn vị trên trục z ; $t = |aB - bA|/\sqrt{A^2 + B^2}$.

$$1.267. t = |aA - bB|/\sqrt{A^2 + B^2}.$$

1.268. $F_A = 2F$. Lực này song song với đường chéo AC , còn điểm đặt của nó nằm giữa cạnh BC .

$$1.269. \text{a)} I = ml^2/3; \text{b)} I = m(a^2 + b^2)/3.$$

$$1.270. \text{a)} I = (\pi/2) \rho b R^4 = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^2; \text{b)} I = (3/10) mR^2.$$

$$1.271. I = mR^2/4.$$

$$1.272. I = (37/72) mR^2 = 0,15 \text{ kg.m}^2.$$

$$1.273. I = (2/3) mR^2.$$

$$1.274. \text{a)} w = gt/R(1 + M/2m); \text{b)} T = mg^2t^2/2(1 + M/2m).$$

$$1.275. \langle N \rangle = Rmg [1 - (2 + \eta) v/2gt] = 0,2 \text{ N.m}.$$

$$1.276. \beta = \frac{g}{R} \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2 + m/2} \frac{T_1}{T_2} = \frac{m_1(m + 4m_2)}{m_2(m + 4m_1)}$$

$$1.277. A = - \frac{(m_2 - m_1)km^2g^2t^2}{m + 2(m_1 + m_2)}.$$

$$1.278. P = 2km\omega^3 R^2.$$

$$1.279. t = 3\omega R/4kg.$$

$$1.280. \langle \omega \rangle = \omega_0/3.$$

$$1.281. \beta = 2mgx/Rl(M + 2m).$$

$$1.282. \text{a)} k \geq (2/\ell) \operatorname{tg} \alpha; \text{b)} T = (5/14) mg^2t^2 \sin^2 \alpha.$$

$$1.283. \text{a)} T = \frac{6}{\ell} mg = 13 \text{ N}, \beta = 2g/3R = 5 \cdot 10^2 \text{ rad/s}^2; \text{b)} P = 2mg^2t/3.$$

$$1.284. F_{\max} = 3kmg/(2 - 3k), w_{\max} = 2kg/(2 - 3k).$$

$$1.285. \text{a)} w = F(\cos \alpha - r/R)/m(1 + \beta); \text{b)} A = = P^2t^2(\cos \alpha - r/R)^2/2m(1 + \beta).$$

$$1.286. T = mg/10.$$

$$1.287. w = g(m - M)/(m + M + l/R^2).$$

$$1.288. \text{a)} w = \frac{F(3m_1 + 2m_2)}{m_1(m_1 + m_2)}; \text{b)} T = \frac{F^2t^2(3m_1 + 2m_2)}{2m_1(m_1 + m_2)}.$$

$$1.289. w_1 = F/(m_1 + 2m_2/7); w_2 = 2/\tau, w_3.$$

$$1.290. \text{a)} t = \omega_0 R/3kg; \text{b)} A = -m\omega_0^2 R^2/6.$$

$$1.291. \omega = \sqrt{10g(R+r)/l^2t^2}.$$

$$1.292. v_0 = \sqrt{(7 \cos \alpha - 4)gR/3} = 1,0 \text{ m/s}.$$

$$1.293. v_0 = \sqrt{8} gR.$$

$$1.294. T = mv^2.$$

$$1.295. T = \sqrt{10} m v^2 (1 + 2r^2/l^2R^2).$$

$$1.297. N = (mv^2 l^2/24) \sin 2\theta.$$

$$1.298. \cos \theta = 3g/2\omega^2.$$

$$1.299. v = \omega_0 t / \sqrt{1 + 3m/M}.$$

$$1.300. F = 9p^2/2ml = 9 \text{ N}.$$

$$1.301. \text{a)} \sqrt{t} = \frac{3m - 4M}{3m + 4M} \tau; \text{b)} F = \frac{8Mv^2}{l(1 + 4M/3m)^2}.$$

$$1.302. \text{a)} v \approx (M/m) \sqrt{2gl/3} \sin(\alpha/2); \text{b)} \Delta p \approx M \sqrt{gl/6} \sin(\alpha/2);$$

$$\text{c)} x \approx 2l/3.$$

$$1.303. \text{a)} \omega = (1 + 2m/M) \omega_0; \text{b)} A = (1 + 2m/M) m \omega_0^2 R^2/2.$$

$$1.304. \text{a)} \phi = -\frac{2m_1}{2m_1 + m_2} \phi'; \text{b)} N_z = -\frac{m_1 m_2 R}{2m_1 + m_2} \frac{d\phi'}{dt}.$$

$$1.305. \text{a)} \omega = \frac{I_1 \omega_1 + I_2 \omega_2}{I_1 + I_2}; \text{b)} A = -\frac{I_1 I_2}{2(I_1 + I_2)} (\omega_1 - \omega_2)^2.$$

$$1.306. \sqrt{t} = \tau(4 - \eta)/(4 + \eta); \omega = 12\tau/l(4 + \eta). Với \eta = 4 và \eta > 4.$$

$$1.307. \text{a)} \omega = mR^2 \omega_0/2l; \text{b)} A = -mR^4 \omega_0^2/8l.$$

1.308. a) $A_{90^\circ} = I_0 \omega_0^2 / (I + I_0)$; b) $N = I_0 \omega_0^2 / (I + I_0)$.

1.309. $\omega = \sqrt{2g/l} = 6,0 \text{ rad/s}$; $F = mgl_0/l = 25 \text{ N}$.

1.310. a) $M = (m\omega^2/12) \sin \theta$, $M_z = M \sin \theta$;

b) $|\Delta M| = (m\omega^2/12) \sin 2\theta$; c) $N = (m\omega^2 l^2/24) \sin 2\theta$.

1.311. a) $\omega' = mgl/I\omega = 0,7 \text{ rad/s}$; b) $F = m\omega'^2 l \sin \theta = 0,010 \text{ N}$, xem hình 205.

1.312. $\omega = (g + w)l/\pi nR^2 = 3,10^2 \text{ rad/s}$

1.313. $\omega' = ml\sqrt{g^2 + w^2}/l\omega = 0,8 \text{ rad/s}$.

Vector ω' hợp với đường thẳng đứng đúng một góc $\theta = \arctg(w/g) = 6^\circ$.

1.314. $F = 2mR^2\omega\omega'/5l = 6 \text{ kN}$.

1.315. $N = 2\pi nlv/R = 6 \text{ kN}$.

1.316. $F_{\text{phu}} = 2\pi nlv/R = 1,4 \text{ kN}$. Áp lực trên đường ray ngoài tăng lên còn trên đường ray trong bị giảm đi một lượng như trên.

1.317. $p = \alpha EAT = 0,22 \text{ GPa}$, trong đó α là hệ số dẫn nở nhiệt; E là suất Young.

1.318. a) $p \approx \sigma_{\text{c}} \Delta r/r = 2 \text{ MPa}$;

b) $p \approx 2\sigma_{\text{c}} \Delta r/r = 4 \text{ MPa}$.

Ở đây σ_{c} là ứng suất giới hạn đứt.

1.319. $n = \sqrt{2\sigma_{\text{c}}/\rho/\pi l} = 0,8 \cdot 10^3 \text{ vòng/s}$.

Ở đây σ_{c} là ứng suất giới hạn đứt.

1.320. $n = \sqrt{\sigma_{\text{c}}/\rho/2\pi R} = 23 \text{ vòng/s}$.

1.321. $x \approx l \sqrt{mg/2\pi d^2 E} = 2,5 \text{ cm}$, trong đó E là suất Young.

1.322. a) $\epsilon = F_0/2ES$.

1.323. $T = (1 - r^2/l^2) m\omega^2 l/2$; $\Delta l = \rho\omega^2 l^2/3E$, trong đó ρ là khối lượng riêng; E là suất Young.

1.324. $\Delta V = (1 - 2\mu) Fl/E = 1,6 \text{ mm}^3$, với μ là hệ số Poisson; E là suất Young.

1.325. a) $\Delta l = \rho g l^2/2E$; b) $\Delta V/V = (1 - 2\mu) \times \Delta l/l$. Ở đây ρ là khối lượng riêng; E là suất Young; μ là hệ số Poisson.

1.326. a) $\Delta V/V = -3(1 - 2\mu) p/E$; b) $\beta = 3(1 - 2\mu)/E$.

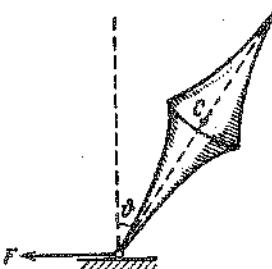
1.327. $R = Eh^2/6\rho g l^2 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ m}$; với E là suất Young; ρ là khối lượng riêng.

1.328. a) Ở đây N không phụ thuộc x và bằng N_0 . Tích phân hai lần phương trình ban đầu và để ý đến các điều kiện biên $dy/dx(0) = 0$ và $y(0) = 0$ ta được $y = (N_0/2EI)x^2$. Đó là phương trình của một parabol.

Độ vồng $\lambda = N_0 l^2/2EI$ với $I = a^4/12$.

b) Trong trường hợp này $N(x) = F(l-x)$ và $y = (F/2EI)(l-x/3)x^2$; $\lambda = Fl^3/2EI$ với l giống như ở câu a).

1.329. $\lambda = Fl^3/48EI$.



Hình 205.

1.330. a) $\lambda = 3\rho g l^4/2EH^2$; b) $\lambda = 5\rho g l^4/2EH^2$. Ở đây ρ là khối lượng riêng; E là suất Young.

1.331. $\lambda = 9\rho pl^5/5EH^2$, với ρ là khối lượng riêng; E là suất Young.

1.332. a) $\varphi = (l/2\pi r^2)\Delta rG$, N ; b) $\varphi = (2l/\pi r^4 G)N$.

1.333. $N = \pi(d_2^4 - d_1^4)G\varphi/32l = 0,5 \text{ kN}\cdot\text{m}$.

1.334. $P = \pi r^4 G\varphi \omega/2 = 17 \text{ kW}$.

1.335. $N = \beta m(r_2^4 - r_1^4)/(2(r_2^2 - r_1^2))$.

1.336. $U = mEe^2/2p = 0,04 \text{ kJ}$, với ρ là khối lượng riêng.

1.337. a) $U = \pi r^3/p^2 g^2/6E$; b) $U = (2/3)\pi r^2 E \times (\Delta l/l)^2$ Ở đây E là suất Young.

1.338. $A \approx \pi^2 h \delta^3 E/6l = 0,08 \text{ kJ}$.

1.339. $U = \pi r^3 G\varphi^2/4l = 7 \text{ J}$.

1.340. $w = G\varphi^2 r^2/2l^2$, G là suất cắt.

1.341. $w = \beta(\rho gh)^2/2 = 23,5 \text{ kJ/m}^3$, với β là hệ số nén.

1.342. $p_1 > p_2$, $v_1 < v_2$.

Mật độ đường dòng tăng lên khi đi từ điểm 1 đến điểm 2.

1.343. $Q = S_1 S_2 \sqrt{2g\Delta h/(S_1^2 - S_2^2)}$.

1.344. $Q = S \sqrt{2g\Delta h p_0/\rho}$.

1.345. $v = \sqrt{2g(h_1 + h_2 \rho_2/\rho_1)} = 3 \text{ m/s}$, với ρ_1 và ρ_2 là các khối lượng riêng của nước và dầu lửa.

1.346. 25 cm; 50 cm.

1.347. $h = v^2/2g - h_0 = 20 \text{ cm}$.

1.348. $p = p_0 + \rho gh(1 - R_1^2/r^2)$, với $R_1 < r < R_2$, p_0 là áp suất khí quyển.

1.349. $A = \rho V^3/2\pi^2 l^2$, với ρ là khối lượng riêng.

1.350. $\tau = \sqrt{2h/gS/l} =$

1.351. $\sigma = \omega h \sqrt{2l/h} - 1$.

1.352. $F = 2\rho g S \Delta h = 0,50 \text{ N}$.

1.353. $F = \rho g h l/2h - l = 5 \text{ N}$.

1.355. $N = \rho l Q^2/\pi r^2 = 0,7 \text{ N}\cdot\text{m}$.

1.356. $F = \rho g h (S - s)^2/S = 6 \text{ N}$.

1.357. a) Hình paraboloid tròn xoay: $z = (\omega^2/2g)r^2$ trong đó z là độ cao của các điểm trên mặt chất lỏng tĩnh từ đáy bình; r là khoảng cách đến trục quay.

b) $p = p_0 + \rho \omega^2 r^2/2$.

1.358. $P = \pi \eta \omega R^4/l = 9 \text{ W}$.

1.359. $v = v_0 \frac{\ln(r/R_2)}{\ln(R_1/R_2)}$

1.360. a) $\omega = \omega_2 \frac{R_1^2 R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{r^2} \right)$; b) $N = 4\pi \eta \omega_2 \frac{R_1^2 R_2^2}{R_2^2 - R_1^2}$

1.361. a) $Q = \pi v_0 R^2/2$; b) $T = \pi R^2 \rho v_0^2/6$; c) $F = 4\pi \eta \nu_0$; d) $\Delta p = 4\eta l v_0/R^2$.

1.362. Ở đầu bên trái của ống áp lực phụ $\Delta h = 5$ cm truyền một động năng cho chất lỏng chảy vào trong ống. Từ $\rho v^2/2 = \rho g \Delta h$, suy ra $v = \sqrt{2g\Delta h} = 1,0$ m/s.

1.363. Tỷ số phải tìm bằng $e^{i\omega t} = 5$.

1.364. $v_2 = v_{r1} \rho_1 n_2 / r_2 \rho_2 n_1 = 5 \cdot 10^{-4}$ cm/s.

1.365. $d = \sqrt{8 \text{Re} q^2 / (\rho - \rho_0) \rho g} = 5$ mm, với ρ_0 và ρ là các khối lượng riêng của glyxérin và khí.

1.366. $t = -(\rho d^2 / 16\eta) \ln n = 0,20$ s.

1.367. a) Xem hình 206; b) $(\dot{x}/a\omega)^2 + (x/a)^2 = 1$ và $\ddot{x} = -\omega^2 x$.

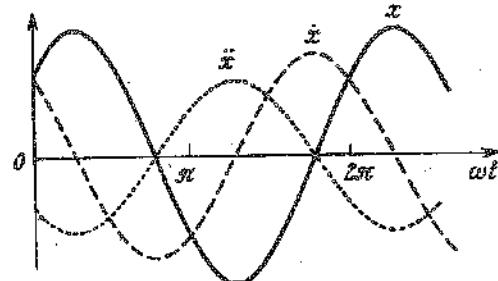
1.368. a) Biên độ bằng $a/2$; chu kỳ bằng $T = \pi/\omega$; xem hình 207,a;

b) $\ddot{x}^2 = 4\omega^2 x(a-x)$, xem hình 207, b.

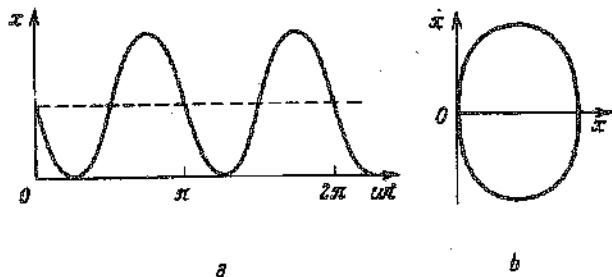
1.369. $x = a \cos(\omega t + \alpha) = -29$ cm, $\dot{x} = -81$ cm/s, với $a = \sqrt{x_0^2 + (x_0/\omega)^2}$, $\alpha = \arctg(-\dot{x}_0/\omega x_0)$.

1.370. $a = \sqrt{(v_1^2 - v_2^2)/(x_1^2 - x_2^2)}$, $\alpha = \sqrt{(v_1^2 x_1^2 - v_2^2 x_2^2)/(v_1^2 - v_2^2)}$.

1.371. a) $\langle v \rangle = 3a/T = 0,50$ m/s; b) $\langle v \rangle = 6a/T = 1,0$ m/s.



Hình 206.



Hình 207.

1.372. a) $\langle \dot{x} \rangle = \frac{2\sqrt{2}}{3\pi} a\omega$; b) $|\langle v \rangle| = \frac{2\sqrt{2}}{3\pi} a\omega$;
c) $\langle v \rangle = \frac{2(4-\sqrt{2})}{3\pi} a\omega$.

1.373. $s = \begin{cases} a [n+1 - \cos(\omega t - n\pi/2)], & n \text{ chẵn.} \\ a [n + \sin(\omega t - n\pi/2)], & n \text{ lẻ.} \end{cases}$

Ở đây n là phân nguyên của tỷ số $2\omega t/\pi$.

1.374. 0,6 m.

1.375. $dw/dx = 1/\pi\sqrt{a^2 - x^2}$. Xem hình

208.

1.376. Trong hai trường hợp $a = 7$.

1.377. $v_{\max} = 2,73a\omega$.

1.378. 47,9 và 52,1 rad/s; 1,5 s.

1.379. 18 hay 26 Hz.

1.380. a) $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$, theo chiếu kim đồng hồ;

b) $w = -\omega^2 r$.

1.381. a) $y^2 = 4x^2 (1 - x^2/a^2)$;

b) $y = a(1 - 2x^2/a^2)$. Xem hình 209

1.382. $T = \pi\sqrt{m/F} = 0,2$ s.

1.383. $T = 2\pi\sqrt{\eta/g(n-1)} = 1,1$ s.

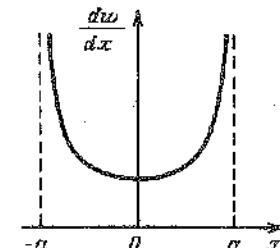
1.384. $T = (2/r)\sqrt{m/g} = 2,5$ s.

1.385. a) $T = 2\pi\sqrt{m/k}$; b) $T = 2\pi\sqrt{m/(k_1+k_2)}$, c) $T = 2\pi\sqrt{m/k'}$, với $k' = k_1 k_2 / (k_1 + k_2)$.

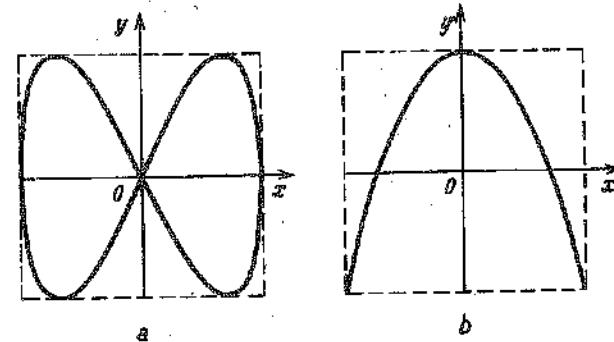
1.386. $\omega = \sqrt{k/(M+m/3)}$.

1.387. $T = 2\pi\sqrt{m/S\mu g(1+\cos\theta)} = 0,8$ s.

1.388. $T = \pi\sqrt{2l/kg} = 1,5$ s.



Hình 208.



Hình 209.

1.389. a) $\ddot{x} + (g/R)x = 0$, với x là độ dịch chuyển của vật đối với tâm Trái Đất; R là bán kính Trái Đất; g là giá trị trọng lực tự do chuẩn;

b) $t = \pi\sqrt{R/g} = 42$ phút; c) $v = \sqrt{gR} = 7,9$ km/s.

1.390. $T = 2\pi\sqrt{l/g - w^2} = 0,8$ s, với $|g - w^2| = \sqrt{g^2 + w^2 - 2gw \cos \beta}$.

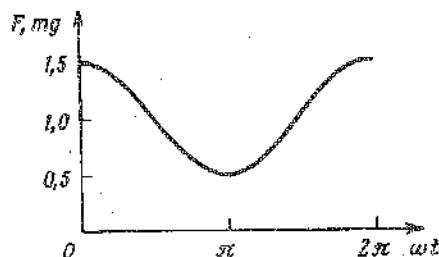
1.391. $T = 2\pi\sqrt{k/m - \omega^2} = 0,7$ s; $w \geq \sqrt{k/m} = 10$ rad/s.

1.392. $k = 4\pi^2a/gT^2 = 0,4$.

1.393. a) $\theta = 3,0^\circ \cos 3,5t$; b) $\theta = 4,5^\circ \sin 3,5t$; c) $\theta = 5,4^\circ \cos(3,5t + 1,0)$. Ở đây t tính ra giây (s).

1.394. $F = (m_1 + m_2)g \pm m_1\alpha w^2 = 60$ và 40 N.

1.395. a) $F = mg(1 + 0,5 \cos \omega t)$, xem hình 210; b) $a_{min} = g/w^2 = 8$ cm; c) $a = (\omega\sqrt{2h/g} - 1)g/w^2 = 20$ cm.



Hình 210.

1.396. a) $y = (mg/k)(1 - \cos \omega t)$, với $\omega = \sqrt{k/m}$; b) $T_{max} = 2\pi$, $T_{min} = 0$.

1.397. $(x/r_0)^2 + a(y/v_0)^2 = 1$.

1.398. a) $y = (w/\omega^2)(1 - \cos \omega t)$; b) $y = (a/\omega^3)(\omega t - \sin \omega t)$. Ở đây $\omega = \sqrt{k/m}$.

1.399. $\Delta h_{max} = mg/k = 10$ cm; $E = m^3g^2/2k = 4,8$ mJ.

1.400. $a = (mg/k)\sqrt{1 + 2hk/mg}$; $E = mgh + m^2g^2/2k$.

1.401. $a = (mg/k)\sqrt{1 + 2hk/(m + M)}g$.

1.402. Ta viết các phương trình chuyển động của các hình chiếu trên các trục x và y :

$$\ddot{x} = \omega y, \quad \ddot{y} = -\omega \dot{x}, \text{ với } \omega = a/m.$$

Sau khi tích phân (có chú ý đến các điều kiện ban đầu) ta được

$$x = (v_0/\omega) \cdot (1 - \cos \omega t); \quad y = (v_0/\omega) \sin \omega t.$$

Đó là phương trình của một đường tròn bán kính v_0/ω và tâm là điểm:

$$x_0 = v_0/\omega; \quad y_0 = 0$$

1.403. Tăng lên $\sqrt{1 + 2R^2/Sl^2}$ lần.

1.404. $w = \sqrt{(3g/2l)(1 + 2kl/mg)}$.

1.405. a) $T = 2\pi\sqrt{l/3g} = 1,1$ s; b) $E = mg/a^2/2 = 0,05$ J.

1.406. $\varphi_m = \varphi_0\sqrt{1 + mR^2\dot{\varphi}_0^2/2k\varphi_0^2}; \quad E = k\varphi_m^2/2$.

1.407. $\langle E_d \rangle = mg/\dot{\varphi}_0^2/8 = ml^2\dot{\varphi}_0^2/12$.

1.408. $T = 4\pi/a$.

1.409. $I = ml^2 \frac{\omega_1^2 - g/l}{\omega_1^2 - \omega_2^2} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

1.410. $\omega = \sqrt{(I_1\omega_1^2 + I_2\omega_2^2)/(I_1 + I_2)}$.

1.411. $x = l/2\sqrt{3}, \quad T_{min} = 2\pi\sqrt{l/g\sqrt{3}}$.

1.412. $T = \pi\sqrt{2h/g}, \quad I_{lim} = h/2$.

1.413. $\omega_0 = \sqrt{3a\omega^2/2l}$.

1.414. $\omega = \sqrt{k/(m + I/R^2)}$.

1.415. $T = 2\pi\sqrt{3(R - r)/2g}$.

1.416. $T = \pi\sqrt{3m/2k}$.

1.417. a) $\omega = \sqrt{k/m} = 6$ rad/s; b) $E = \mu v_i^2/2 = 5$ mJ, $a = v_i/\omega = 2$ cm.

Ở đây $\mu = m_1m_2/(m_1 + m_2)$.

1.418. $T = 2\pi\sqrt{I'/k}$, trong đó $I' = I_1I_2/(I_1 + I_2)$.

1.419. $\omega_2/\omega_1 = \sqrt{1 + 2m_0/m_C} \approx 1,9$, với m_0 và m_C là khối lượng của các nguyên tử ôxy và cacbon.

1.420. a) a_0 và $a_n\omega$; b) $t_n = [\arctg(\omega/\beta) + n\pi]/\omega$, với $n = 0, 1, 2, \dots$

1.421. Câu trả lời phụ thuộc vào ý nghĩa gần cho câu hỏi đã cho. Dao động thứ nhất tắt nhanh hơn theo thời gian. Ngược lại nếu ta đưa mỗi dao động về thang đo tự nhiên của thời gian theo chu kỳ T thì dao động thứ hai lại tắt nhanh hơn trong thang đo này.

1.422. $\theta = \theta_m e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha)$, với $\theta_m = \sqrt{\theta_0^2 + (\theta_0 + \beta\theta_0)^2/\omega^2}$, $\alpha = \arccos(\theta_0/\theta_m)$.

1.423. $\lambda = n\lambda_0\sqrt{1 + (1 - n^2)(\lambda_0/2\pi)^2} = 3,3$ m' = $\sqrt{1 + (2\pi/\lambda_0)^2} = 4,3$ m'.

1.424. $s = a(1 + e^{-\lambda/2})/(1 - e^{-\lambda/2}) = 2$ m.

1.425. $\lambda = 2\pi/\sqrt{4gt^2/\ln^2 n - 1} = 0,025$.

1.426. $T = \sqrt{(3R/2g)(4\pi^2 + \lambda^2)} = 0,9$ s.

1.427. $\omega = \sqrt{2e/mR^2 - (n\pi R^3/m)^2}$.

1.428. a) $T = 2\pi\sqrt{m/k} = 0,28$ s; b) $N = (x_0 - \Delta)/4\Delta = 3,5$ dao động, với $\Delta = hmg/n$.

1.429. $x = \frac{F_0/m}{\omega^2 - \omega_0^2} (\cos \omega_0 t - \cos \omega t)$.

1.430. Các phương trình chuyển động và nghiệm của chúng:

$t \leq \tau, \quad \ddot{x} + \omega_0^2 x = F/m, \quad x = (1 - \cos \omega_0 t)F/k$,

$t \geq \tau, \quad \ddot{x} + \omega_0^2 x = 0, \quad x = a \cos [\omega_0(t - \tau) + \alpha]$,

trong đó $\omega_0^2 = k/m$, a và α là hai hằng số bất kỳ. Do điều kiện liên tục của x và \dot{x} tại lúc $t = \tau$ ta tìm được biến đổi chia sẻ:

$$a = (2F/k) \mid \sin(\omega_0\tau/2) \mid$$

1.431. $\omega_{ch} = \sqrt{\frac{1 - (\lambda/2\pi)^2}{1 + (\lambda/2\pi)^2} \frac{g}{\Delta}}, \quad \sigma_{ch} = \frac{\lambda F_0 \Delta l}{4\pi m g} \left(1 + \frac{4\pi^2}{\lambda^2} \right)$

$$1.432. \omega_{ch} = \sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}/2 = 5.1 \cdot 10^2 \text{ rad/s.}$$

$$1.433. a) \omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2}; b) \beta = |\omega_2 - \omega_1|/2\sqrt{3}, \omega = \sqrt{\omega_1 \omega_2 - (\omega_2 - \omega_1)^2/12}.$$

$$1.434. \eta = (1 + \lambda^2/4\pi^2)\pi/\lambda = 2.1.$$

$$1.435. A = \pi a F_0 \sin \alpha.$$

$$1.436. a) \lambda = 2\pi/\sqrt{2\omega\omega_0/(\omega^2 - \omega_0^2) - 1} = 1.45; \\ b) A = \pi m a^2 (\omega^2 - \omega_0^2) = 6 \text{ mJ. } (\text{đây } \omega_0 = \sqrt{k/m}.$$

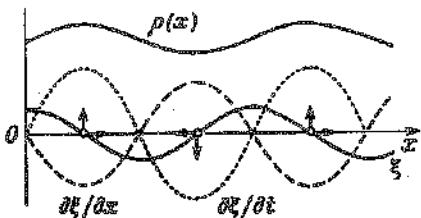
$$1.437. a) \langle P \rangle = \frac{F_0^2 \beta \omega^2 / m}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}; b) \omega = \omega_0. \langle P \rangle_{max} = F_0^2 / 4\beta m.$$

$$1.438. (\langle P \rangle_{max} - \langle P \rangle)/\langle P \rangle_{max} = 100/(\eta^2 - 1)\%.$$

$$1.439. t = 2l/a(\sqrt{T_1} + \sqrt{T_2}).$$

1.440. a) $a/\lambda = 5.1 \cdot 10^{-5}$; b) $v_m = 11 \text{ cm/s} : 3.2 \cdot 10^{-4}$; c) $(\partial \xi / \partial x)_m = 3.2 \cdot 10^{-4}$; $(\partial \xi / \partial t)_m = v$ ($\partial \xi / \partial x$)_m, trong đó $v = 0.34 \text{ km/s}$ là vận tốc truyền sóng.

1.441. Xem hình 211.



Hình 211.

$$1.442. \Delta \phi = -(2\pi/\gamma\lambda) \ln(1-\eta) \approx 2\pi\eta/\gamma\lambda = 0.3 \text{ rad.}$$

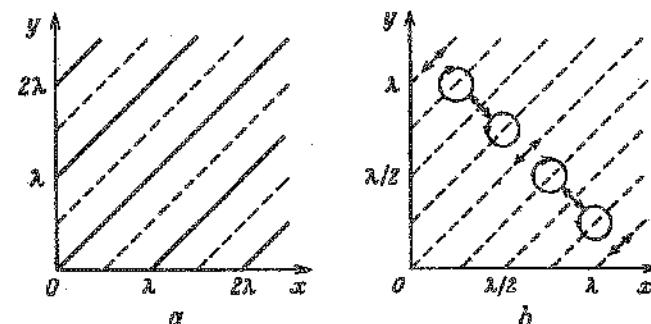
$$1.443. a) \gamma = \frac{\ln(\eta r_0/r)}{r - r_0} = 0.8 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}; b) v_m = 2\pi v a_0 / \eta = 15 \text{ cm/s.}$$

1.444. a) Xem hình 212.a. Các hạt của môi trường nằm tại các điểm trên những đường thẳng liên kết ($y = x \pm n\lambda$; $n = 0, 1, 2, \dots$) dao động với biên độ cực đại; các hạt nằm trên những đường thẳng châm châm không dao động.
b) Xem hình 212.b. Các hạt nằm tại các điểm trên các đường thẳng $y = x \pm n\lambda$; $y = x \pm (n \pm 1/2)\lambda$ và $y = x \pm (n \pm 1/4)\lambda$ lần lượt dao động dọc theo các đường thẳng ấy, dao động vuông góc với các đường thẳng ấy và vạch nên những đường tròn (đây $n = 0, 1, 2, \dots$). Tại những chỗ khác các hạt chuyển động trên những đường ellip.

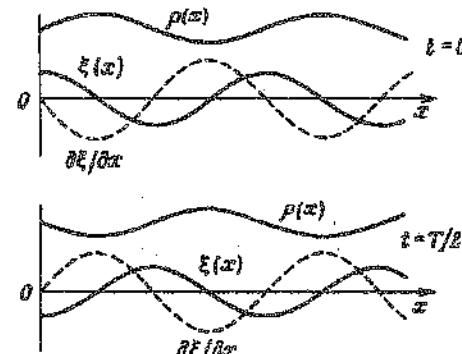
$$1.445. \langle w \rangle = 2w_0/3.$$

$$1.446. 1) \xi = \frac{ae^{-\gamma t}}{\sqrt{r}} \cos(\omega t - kr); 2) I_2/I_1 = (r_2/r_1)e^{2\gamma(r_2-r_1)} = 27.$$

$$1.447. \langle \Phi \rangle = 2\pi^2 I_0 [1 - 1/\sqrt{1 + (R/D)^2}] = 20 \mu\text{W}.$$



Hình 212.



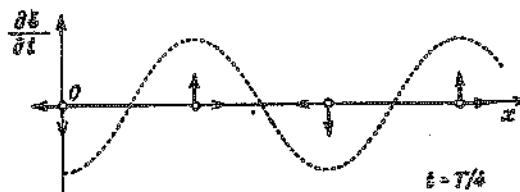
Hình 213.

$$1.448. \langle \Phi \rangle = P/\sqrt{1 + (2R/h)^2} = 0.07 \text{ W.}$$

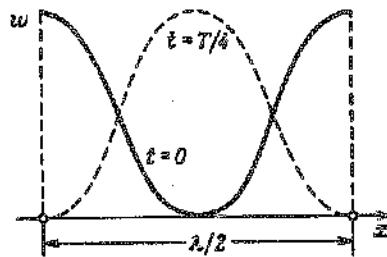
1.449. Với a) và b) xem hình 213; với c) xem hình 214.

$$1.450. a) w_y = (pa^2 \omega^2/2) \sin^2 kx, \cos^2 \omega t; b) w_C = (pa^2 \omega^2/2) \cos^2 kx \times \sin^2 \omega t. Xem hình 215.$$

1.451. 5 mm, hòa âm thứ ba.



Hình 214.



Hình 215.

$$1.452. \text{ a) } \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{\eta_2(1+\eta_1)}{\eta_1(1+\eta_2)}} = 1,4; \text{ b) tăng } n = \frac{\sqrt{1-\Delta T/T}}{1-\Delta t/t} = 2 \text{ lần.}$$

$$1.453. v = 2/v_0 = 0,34 \text{ km/s.}$$

$$1.454. \text{ a) } v_n = (2n+1)v/4l, sáu dao động; \\ \text{ b) } v_n = (n+1)v/2l, cũng sáu dao động.$$

Ở đây $n = 0, 1, 2, \dots$

$$1.455. v_n = \sqrt{E/\rho(2n+1)/2l} = 3,8(2n+1) \text{ kHz; bốn dao động: } 26,6;$$

34,2; 41,8 và 49,4 kHz.

$$1.456. \text{ a) } E_{\max} = ma_m^2 \omega^2 / 4; \text{ b) } \langle E_c \rangle = ma_m^2 \omega^2 / 8.$$

$$1.457. E = \pi S \rho a^2 \omega^2 / 4k.$$

$$1.458. v_{ph} = 2v_0 u / (v^2 - u^2) \approx 2v_0 u / v = 1,0 \text{ Hz.}$$

$$1.459. u \approx v_0 v / 2v_0 = 0,5 \text{ m/s.}$$

$$1.460. \omega = (v_0 v / a \Delta v) [\sqrt{1 + (\Delta v / v_0)^2} - 1] = 34 \text{ rad/s.}$$

$$1.461. v = v_0 \sqrt{1 + 2wt/v} = 1,35 \text{ kHz.}$$

$$1.462. \text{ a) } v = v_0 / (1 - \eta^2) = 5 \text{ kHz; b) } r = l \sqrt{1 + \eta^2} = 0,32 \text{ km.}$$

$$1.463. v_{ph} = 2v_0 u / (v + u) = 0,60 \text{ Hz.}$$

$$1.464. v = \frac{\ln(\eta_1^2/r_2^2)}{2(r_2 - r_1)} = 6 \text{ km/s.}$$

$$1.465. \text{ a) } L = L + 10 \log e^{-27s} = 50 \text{ dB; b) } 0,30 \text{ km.}$$

$$1.466. \text{ a) } L = L_0 + 20 \log(r_0/r) = 36 \text{ dB; b) } r > 0,63 \text{ km.}$$

$$1.467. \beta = (\ln n) / \tau = 0,07 \text{ s}^{-1}.$$

1.468. a) Ta xét chuyển động của một phần tử phẳng của môi trường có bề dày dx và có tiết diện thẳng bằng đơn vị. Theo định luật Newton thứ hai ta có pdx , $\xi = -dp$, với dp là độ biến thiên áp suất trên độ dài dx .

Vì $\xi = v^2 (\partial^2 \xi / \partial x^2)$ (phương trình sóng), nên ta có thể viết lại phương trình trên dưới dạng

$$\rho v^2 \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} dx = -dp.$$

Tích phân phương trình đó ta được

$$\Delta p = -\rho v^2 \frac{\partial \xi}{\partial x} + \text{const.}$$

Nếu không có biên dạng (của sóng), áp suất phụ $\Delta p = 0$. Do đó suy ra const = 0.

$$1.469. \langle \Phi \rangle = \pi R^2 (\Delta p)_m^2 / 2\rho v \lambda = 11 \text{ mW.}$$

$$1.470. \text{ a) } (\Delta p)_m = \sqrt{\rho v P / 2\pi} = 5 \text{ Pa; } (\Delta p)_m/p = 5 \cdot 10^{-5}; \text{ b) } a = -(\Delta p)_m / 2\pi v \rho v = 0,003 \text{ mm; } a/\lambda = 5 \cdot 10^{-6}.$$

$$1.471. P = 4\pi r^2 e^{2\eta} I_0 \cdot 10^{-4/10} = 1,4 \text{ W.}$$

Phần 2

VẬT LÝ PHÂN TÚ VÀ NHIỆT ĐỘNG HỌC

$$2.1. n = 5 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-3}; \rho = 2,3 \cdot 10^{-17} \text{ g/cm}^3.$$

$$2.2. p = 0,25 \text{ kPa; } M_r = \frac{M_{r1}N_1 + M_{r2}N_2}{N_1 + N_2} = 41.$$

$$2.3. n = 7 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}.$$

$$2.4. \text{ a) } p = 2mnv^2 \cos^2 \theta; \text{ b) } p = 2mn(v \cos \theta \pm u)^2, \text{ các dấu cộng hoặc trừ phụ thuộc vào chiều chuyển động của thành.}$$

$$2.5. \langle v \rangle_q = 4,78 \cdot 10^2 \text{ m/s; } \langle \epsilon \rangle = 6,1 \cdot 10^{-21} \text{ J.}$$

$$2.6. \text{ a) } 1,34; \text{ b) } 1,46.$$

$$2.7. \langle \epsilon \rangle_u = 9,32 \cdot 10^{-20} \text{ J; } \langle \epsilon \rangle_q = \langle \epsilon \rangle_{dd} = 6,21 \cdot 10^{-20} \text{ J.}$$

$$2.8. \omega = \sqrt{2RT/Md^2} = 1,1 \cdot 10^{12} \text{ rad/s}$$

$$2.9. E = 74 \text{ J; } E_{11} = E/2 = 37 \text{ J.}$$

$$2.10. n_{dd} = 3N - 6; \langle \epsilon \rangle = (3N - 3)kT \text{ hay là } n_{dd} = 3N - 5; \langle \epsilon \rangle = (3N - 2,5)kT \text{ (đối với các phân tử thẳng).}$$

$$2.11. \text{ a) } C_V = 3,5R; \gamma = 1,29; \text{ b) } C_V = 6,5R; \gamma = 1,15; \text{ c) } C_V = 9R; \gamma = 1,11.$$

$$2.12. \langle e \rangle_n = \frac{3}{2} kT + \frac{3Mv^2}{2IN_A} = 5,8 \cdot 10^{-21} \text{ J}^4.$$

$$2.13. M_r = 32 (\text{O}_2)^{\circ}; n = 5.$$

$$2.14. c_p = 0,85 c_p (\text{O}_2) + 0,15 c_p (\text{O}_2) = 0,63 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K}) ; c_p = 0,85 c_p (\text{O}_2) + 0,15 c_p (\text{O}_2) = 0,88 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K}).$$

$$2.15. p = \frac{m}{M} \frac{RT}{V} (1 + a) = 91 \text{ kPa } (M \text{ là khối lượng phân tử của H}_2) ; \\ c_v = (7 - a) R/2M = 14,0 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K}).$$

$$2.16. T = \frac{z_1 i_1 T_1 + z_2 i_2 T_2}{z_1 i_1 + z_2 i_2} ; p = \frac{z_1 + z_2}{V_1 + V_2} RT. \text{ Xem ghi chú của bài 2.12.}$$

$$2.17. p = p_0 e^{-(C/V)^n}. \text{ Khi các áp suất gần bằng áp suất giới hạn mà bơm có thể hút được, áp suất trong bình sẽ giảm chậm hơn nhiều so với áp suất suy ra từ định luật đã thu được.}$$

2.18. 2,0 phút.

$$2.19. t = \frac{V}{C} \ln \left(\frac{p_0 - p_{\text{âm}}}{p - p_{\text{âm}}} \right) = 16 \text{ phút.}$$

$$2.20. a) C' = 191/\text{s} ; b) \tau = 9 \text{ phút} ; c) 2,6 \text{ lần.}$$

Bài giải: Trong quá trình dừng, khôi lượng của khí thoát ra từ một thể tích được hút chân không trong một đơn vị thời gian bằng khôi lượng khí đi qua ống dẫn chân không và bằng khôi lượng khí do bơm hút ra trong cùng một thời gian:

$$\frac{M}{RT} p \frac{dV}{dt} = \frac{1}{W} \sqrt{\frac{M}{RT}} (p - p_1) = \frac{M}{RT} p_1 C,$$

trong đó p là áp suất trong thể tích được hút chân không, p_1 là áp suất ở đầu ống dẫn chân không nói với bơm. Từ hệ thức đã viết, suy ra:

$$C = \frac{dV}{dt} = \frac{C}{1 + CW/M/RT}.$$

Áp suất trong thể tích được hút chân không sẽ được biến đổi theo quy luật $p = p_0 e^{-(C/V)^n}$.

$$2.21. a) 0,20\% ; b) 5,5 \cdot 10^{-3}\%$$

$$2.22. n = 2,5 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$$

$$2.23. a) 2,8 \cdot 10^{21} ; b) 1,4 \cdot 10^{20}.$$

$$2.24. a) 0,83\% ; b) 0,90\% ; c) 0,93\%.$$

$$2.25. a) 2,50 ; b) 1,72 ; c) 0,052.$$

$$2.26. v = \sqrt{1,5 \ln 2} v_{\text{âm}} = 1,02 v_{\text{âm}}, \text{ với } v_{\text{âm}} = \sqrt{2RT_2/M}.$$

$$2.27. 0,93\%.$$

$$2.28. v = 1/4n \langle v \rangle, \text{ trong đó } \langle v \rangle = \sqrt{8RT/kM}.$$

$$2.29. \langle v_x \rangle = 0 ; \langle |v_x| \rangle = \sqrt{2RT/\pi M}.$$

*₁ Ở đây $i = n_p + n_q + 2n_{AA}$ (n_p, n_q, n_{AA} là số những bậc tự do tịnh tiến, quay và đảo động của một phân tử).

$$2.30. a) 29 \text{ kPa} ; b) 350 \text{ kPa}.$$

$$2.31. a) h = 5,5 \text{ km} ; b) h = RT/Mg = 8,0 \text{ km}.$$

$$2.32. h = 78 \text{ m.}$$

$$2.33. m = (p_0 S/g) (1 - e^{-Mgh/RT}).$$

$$2.34. h_c = \int_0^{\infty} h dm / \int_0^{\infty} dm = RT/Mg \text{ (xem bài tập 2.31).}$$

$$\text{Hướng dẫn} \int_0^{\infty} ze^{-xz} dz = 1.$$

$$2.35. C = \gamma R p_0 S / (\gamma - 1) Mg, \text{ với } \gamma = C_p/C_v.$$

Hướng dẫn: Dùng các đáp số của các bài tập 2.33 và 2.34.

$$2.36. a) n = n_0 e^{m\omega^{1/2}/kT}, \text{ với } n_0 = p_0/kT; b) f = p_0 S (e^{m\omega^{1/2}/kT} - 1).$$

$$2.37. \Delta n/n = \epsilon^{-3/2} = 22,3\%.$$

$$2.38. a) \sim 10^{-19}\% ; b) \sim 10^{-222}\%.$$

Hướng dẫn: Khi $\epsilon \gg kT$, sự phân bố Maxwell theo động năng có thể viết dưới dạng $dn \approx A n e^{-E/kT} dz$, trong đó $A = (2/\sqrt{\pi}) \sqrt{\epsilon_0/(kT)^{3/2}}$ (ϵ_0 là giá trị đã cho của năng lượng).

$$2.39. p = p_0 (1 - \beta h)^{Mg/RT_0}, p = (Mp_0/RT_0) (1 - \beta h)^{Mg/RT_0} \quad (h < \frac{1}{\beta}).$$

$$2.40. a) \lambda \sim 10^{-5} \text{ cm}, \tau \sim 10^{-10} \text{ s} ; b) \lambda \sim 10^{24} \text{ m}, \tau \sim 10^{16} \text{ s} \sim 10^9 \text{ năm.}$$

$$2.41. \lambda = 4,10 \text{ m}, \tau = 8 \cdot 10^{-3} \text{ s.}$$

$$2.42. 2 \cdot 10^{23} \text{ cm}^{-3} \text{ s}^{-1}.$$

$$2.43. N = 6,9 \cdot 10^{21}, z = 2,9 \cdot 10^{30} \text{ s}^{-1}$$

$$2.44. p \sim 1 \text{ Pa.}$$

$$2.45. a) \lambda = \text{const}, z \sim \sqrt{p} ; b) \lambda \sim 1/p, z \sim p ; c) \lambda \sim p^{-1/2}, z \sim p^{1/2+1/2\gamma}, \text{ trong đó } \gamma = C_p/C_v.$$

$$2.46. a) \lambda = \text{const}, z \sim \sqrt{T} ; b) \lambda \sim T, z \sim 1/\sqrt{T} ;$$

$$c) \lambda \sim T^{1/(1-\gamma)}, z \sim T^{1/2+1/2(2\gamma-1)}, \text{ trong đó } \gamma = C_p/C_v.$$

2.47. a) Không ; b) $\lambda_{\text{âm}} \gg \lambda$; c) $\lambda_{\text{âm}} \sim \lambda$, trong đó $\lambda_{\text{âm}}$ là độ dài của sóng âm, λ là quang đường tự do của các phân tử khí.

$$2.48. 3\%.$$

$$2.49. \tau = (4V/S \langle v \rangle). \text{ ln 2, trong đó } \langle v \rangle = \sqrt{8RT/\pi M}.$$

Hướng dẫn: Số va chạm của các phân tử trong một giây trên một đơn vị diện tích bằng $1/4 n \langle v \rangle$ (xem bài tập 2.28).

$$2.50. \lambda \sim 10^2 \text{ m}, D \sim 10^7 \text{ m}^2/\text{s.}$$

$$2.51. \eta = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ Pa.s.}$$

$$2.52. \lambda = 5,9 \cdot 10^{-6} \text{ cm}, D = 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s.}$$

$$2.53. n \text{ giảm } 1,15 \text{ lần, } D \text{ tăng } 1,74 \text{ lần.}$$

$$2.54. a) \lambda \text{ giảm } 10 \text{ lần, } \eta \text{ không đổi ; b) } \lambda \text{ giảm } 5,2 \text{ lần, } \eta \text{ tăng } 1,39 \text{ lần.}$$

2.55. a) $q = \frac{ik \langle v \rangle}{6\sqrt{2}\pi d^2} \frac{T_2 - T_1}{l} = 20 \text{ W/m}^2$; b) $q = \frac{i}{12} \langle v \rangle \frac{p}{T} (T_2 - T_1)$
 $= 0,21 \text{ W/m}^2$ (trong trường hợp $\lambda > l$). Ở đây $\langle v \rangle = \sqrt{8RT/\pi M}$; $T = (T_1 + T_2)/2$, d là đường kính hiệu dụng của một phân tử; xem phần chú thích của bài tập 2.12.

2.56. $q = \frac{T_1 - T_2}{l_1/n_1 + l_2/n_2} \cdot \left(\frac{dT}{dx} \right)_{1,2} = \frac{q}{n_{1,2}}$.

2.57. $q = (n_0/l) \ln(T_1/T_2)$; $T(x) = T_1 (T_2/T_1)^{x/l}$.

2.58. $n = q/4\pi a$; $dT/dr = -a/r^2$; $T = T_1 - a(1/r_1 - 1/r)$, trong đó $a = (T_1 - T_2)r_1r_2/(r_2 - r_1)$.

2.59. $q = \frac{4k}{3d^2} \sqrt{\frac{k}{\pi m}} \frac{T_1^{3/2} - T_2^{3/2}}{\ln(r_2/r_1)}$.

2.60. $N = (\pi n a^2/2d) \cdot \omega$.

2.61. $\eta = (4Id/\pi a^4) \cdot \Delta/\tau$ (người ta giả thiết rằng $\Delta \approx \beta \tau$, trong đó β là hệ số tản dẫn của dao động của địa).

2.62. $\eta = \frac{N}{4\pi n_0} \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_1^2 r_2^2}; \frac{d\omega}{dr} = \frac{2\omega_0 r_1^2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \frac{1}{r^3}$.

Hướng dẫn. Xem bài tập 1.360.

2.63. Áp suất tổng hợp trên bán chuyển động là $\Delta p = p_1 - p$, trong đó $p = n k T$ là áp suất của khí trong bình, $p_1 = n_1 k T_1 + n_2 k T$, là áp suất trên mặt bán chuyển động 2 đối diện với bán được đốt nóng 1. Ở đây n_1 là số phân tử bán chuyển động 2 có vận tốc trung bình $\langle v \rangle_1 = \sqrt{8RT_1/\pi M}$, trong một đơn vị thể tích khí có vận tốc trung bình $\langle v \rangle = \sqrt{8RT/\pi M}$. Vì giữa các bán, n_2 là số phân tử có vận tốc trung bình $\langle v \rangle = \sqrt{8RT/\pi M}$. Vì rằng ở trạng thái cân bằng sự tích tụ của phân tử không xảy ra ở đầu cả, nên $n_1 \langle v \rangle_1/4 = n_2 \langle v \rangle/4$ vì $n_1 \langle v \rangle_1/4 + n_2 \langle v \rangle/4 = n \langle v \rangle/4$, từ đó $n_1/n = n_1 \langle v \rangle_1/4 = n_2 \langle v \rangle/4$ và $n_1 \langle v \rangle_1/4 + n_2 \langle v \rangle/4 = n \langle v \rangle/4$, từ đó $n_1/n = (1/2) \sqrt{T_1/T_2}$; $n_2 = n/2$. Lực tổng hợp tác dụng lên bán 2 là $f = 2\Delta p \cdot S = pS(\sqrt{T_1/T_2} - 1)$. Góc quay của hệ chuyển động được xác định từ điều kiện $K\varphi = rf$, trong đó $r = l/4$. Hệ số K và chu kỳ τ như đã biết, liên hệ với nhau bằng hệ thức $\tau = 2\pi \sqrt{l/K}$. Cuối cùng :

$$\varphi = \frac{\tau^2 S l}{16\pi^2 I} p (\sqrt{T_1/T_2} - 1).$$

2.64. a) Đối với quá trình đoạn nhiệt; b) đối với sự dẫn dẫn áp $\Delta U \neq 0$, đối với sự dẫn dẫn nhiệt $\Delta U = 0$, đối với sự dẫn đoạn nhiệt $\Delta U \neq 0$.

2.65. a) $Q' = 5,4 \text{ J}$; b) $\Delta U = -5,4 \text{ J}$.

2.66. a) $\gamma = 1,67$; b) $\Delta U = 0,72 \text{ MJ}$; c) $A = 0,48 \text{ MJ}$.

2.67. a) $A' = (mg + p_0 S)h - RT \ln[1 + (mg + p_0 S)h/RT]$; b) $A' = RT(1 - \ln 2) = 0,31 RT$.

2.68. $A = mc_V(T_1 - T_2)$.

2.69. a) $\Delta U = 52 \text{ kJ}$; b) $A' = 52 \text{ kJ}$; c) 1,8 lần.

2.70. 1) Trong quá trình đoạn nhiệt, lớn gấp 1,6 lần; 2) Đo quá trình đoạn nhiệt, tăng 2,5 lần.

2.71. $\tau = (2\pi/S) \sqrt{mV/2n\rho_0}$.

2.72. $A' = \frac{p_0 V_0}{\gamma - 1} [2^{\gamma-1} - 2 + (\frac{2}{3})^{\gamma-1}]$

2.73. $A' = \frac{2p_0 V_0}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{4}{3} \right)^{(\gamma-1)/2} - 1 \right]$.

2.74. $v = \sqrt{2\gamma RT/M(\gamma-1)} = 4,0 \text{ km/s}$.

2.75. 1) $v = \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1} \frac{RT_0}{M}} \left[1 - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right]$,

$q = \rho v S = S \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1} p_0 C_v} \left[\left(\frac{p}{p_0} \right)^{2/\gamma} - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{(1+\gamma)/\gamma} \right]$,

ở đây p_0 và ρ lần lượt là mật độ khí trong bình chứa và ở chỗ thoát ra cửa ống, $\gamma = C_p/C_v$.

Hướng dẫn Từ định luật bảo toàn năng lượng suy ra rằng trong sự chảy đoạn nhiệt dừng của một chất khí không nhớt đặc theo một đường nào đó, hệ thức sau đây được thực hiện

$$v^2/2 + U' + p/\rho + gh = \text{const.}$$

trong đó U' là nội năng riêng, h là độ cao.

2.76. a) $Q = RT_1/2 = 1,25 \text{ MJ}$; b) $A = RT_1/2 = 1,25 \text{ MJ}$; c) $\Delta U = 0$.

2.77. a) $T_2 = 264 \text{ K}$; b) $Q = 1,76 \text{ kJ}$; c) $\Delta U = -1,62 \text{ kJ}$; d) $A = -0,14 \text{ kJ}$.

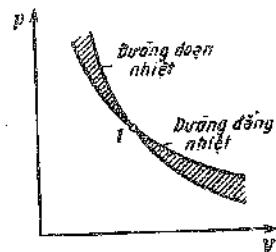
2.78. $\gamma = 1,40$.

2.79. $C = \frac{n-\gamma}{n-1} C_v = \frac{n-\gamma}{(\gamma-1)(n-1)} R$, trong đó $\gamma = C_p/C_v$; $C < 0$ khi $1 < n < \gamma$. Do đó $C < 0$ đối với mọi quá trình polytropic, xảy ra đi qua trạng thái ban đầu 1 và nằm giữa quá trình dẫn nhiệt và đoạn nhiệt đối với khí đã cho (hình 216).

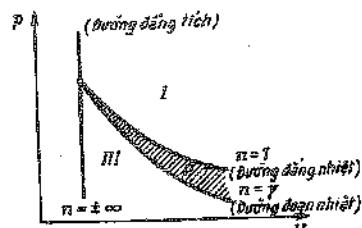
2.80. a) $n < i$ (những đường cong biểu diễn sự chuyển vận của quá trình này nằm trong miền I hình 217); b) $1 < n < \gamma$ (miền II); c) $n > \gamma$ (miền III); công được thực hiện do sự tốn hao nội năng của khí.

2.81. a) $n = -1$; b) $\Delta U = 8p_0 V_0/(\gamma-1)$; c) $A = 4p_0 V_0$; d) $C = R(\gamma+1)/2(\gamma-1)$.

2.82. a) $C = -R/2$; b) $Q = R\Delta T/2 = 4,16 \text{ kJ/kmol}$; c) $A = 2R\Delta T = 16,6 \text{ kJ/kmol}$.



Hình 216.



Hình 217.

$$2.83. \text{ a)} n = 1,43; \text{ b)} \Delta U = \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1} \left(\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} - 1 \right) = 0,25 \text{ MJ}; \\ \text{c)} Q = \frac{n - 1}{n - 1} \Delta U = 0,02 \text{ MJ}; \text{ d)} A' = \frac{p_1 V_1}{1 - n} \left(\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} - 1 \right) = 0,23 \text{ MJ}.$$

$$2.84. \text{ a)} A = a \ln 2 - RT_1/(\gamma - 1); \text{ b)} pV^{\gamma} e^{a(\gamma-1)pV} = \text{const. trong đó} \\ \gamma = C_p/C_v.$$

$$2.85. \text{ a)} \eta = 50\%; \text{ b)} Q_1 = RT_1 (p_1/p_2) \ln (T_2/T_1)^{\gamma/(1-\gamma)} = 2,8 \text{ MJ}; \\ \text{c)} Q'_2 = (1 - \eta) Q_1 = 1,4 \text{ MJ}; \text{ d)} A = 1,4 \text{ MJ}.$$

$$2.86. \text{ a)} \epsilon = 10; \text{ b)} Q_2 = -\epsilon A = 2,0 \text{ MJ}; \text{ c)} Q'_1 = -(1 + \epsilon) A = 2,2 \text{ MJ}. \\ 2.87. A = 50 \text{ kJ}; \eta = (\gamma - 1)/(2\gamma + 1) = 11\%.$$

$$2.88. \eta = [1 - (V_{\min}/V_{\max})^{\gamma-1}] = 60\%.$$

$$2.89. \text{ 1)} A = (m/M) RT [\ln a - (a-1)/a] = 1,28 \text{ MJ}; \eta = \frac{\ln a - (a-1)/a}{\ln a + (a-1)/(\gamma-1)a} = 13\%; \text{ 2)} \eta/\eta_0 = 0,27.$$

$$2.90. \text{ a)} \eta = 1 - 2T_3/(T_1 + T_2); \text{ b)} A = R \ln k \cdot (T_1 + T_2 - 2T_3).$$

$$2.91. \text{ 1)} \eta = 1 - \left(\frac{1}{b} \right)^{(\gamma-1)/\gamma}; \text{ 2)} \eta = \frac{T_2 - T_1}{T_2 + (T_1 - T_2)/(\gamma-1) \ln a}; \text{ 3)} \eta = 1 - \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{\ln b}{b^{(\gamma-1)/\gamma-1}}$$

$$2.92. Q_1 = Z \frac{\gamma}{\gamma-1} RT_1 a^{\gamma-1} (b-1); \eta = 1 - \frac{b^{\gamma}-1}{\gamma b^{\gamma-1} (b-1)}$$

$$2.93. \text{ a)} \Delta S_1 = 26 \text{ kJ/(kmol-K)}; \text{ b)} \Delta S_2 = \gamma \Delta S_1 = 35 \text{ kJ/(kmol-K)}.$$

$$2.94. \text{ a)} \Delta S = 3,1 \text{ J/K}; \text{ b)} \Delta S = 0,91 \text{ J/K}.$$

$$2.95. \Delta S_{12} = \Delta S_{12g} = (m/M) R \ln (V_2/V_1).$$

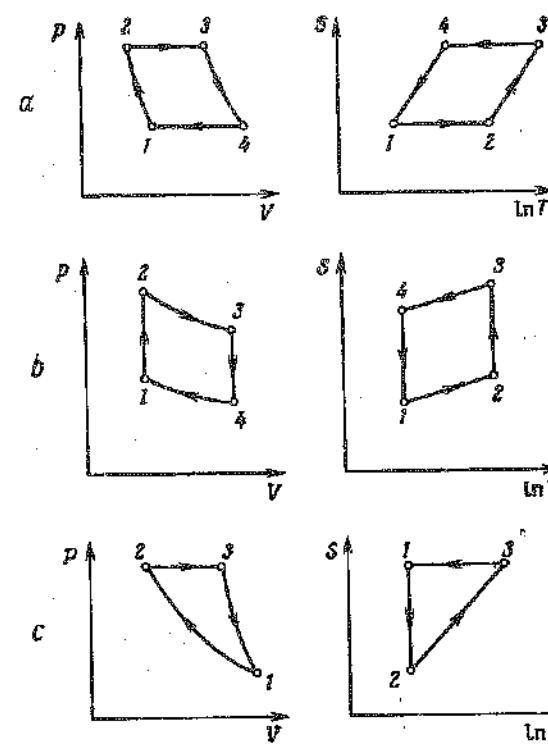
$$2.96. \Delta U = -62,4 \text{ kJ}; \Delta S = 234 \text{ J/K}.$$

$$2.97. \Delta S = \frac{(\eta - 1)}{(n-1)(\gamma-1)} R \ln (T_2/T_1).$$

$$2.98. \Delta S = \frac{m}{M} \frac{\gamma+1}{\gamma-1} R \ln (V_2/V_1) = 46 \text{ kJ/K}.$$

$$2.99. \text{ a)} \Delta S = -18 \text{ mJ/K}; \text{ b)} \Delta S = R \ln 2 = 5,7 \text{ kJ/(kmol K)}; \text{ c)} \Delta S = -6,7 \text{ J/K}.$$

2.100. Xem hình 218.



Hình 218.

$$2.101. \Delta S = \frac{m_1}{M_1} R \ln \frac{V_2 + V_1}{V_1} + \frac{m_2}{M_2} R \ln \frac{V_2 + V_1}{V_2} = 6,3 \text{ mJ/K}.$$

$$2.102. \Delta U = 0, \Delta S = (m/M) R \ln 2.$$

Hướng dẫn. Vì nhiệt độ của khí lý tưởng trong quá trình không thuận nghịch này không bị biến đổi, nên khi tính ΔS khảo sát quá trình dẫn khí đằng nhiệt thuận nghịch.

$$3.4. f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{6p^2}{r^4} = 2,1 \cdot 10^{-16} \text{ N.}$$

$$3.5. f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{k=1}^{N_2} \frac{q_i}{|r_i - r'_k|^3} (r_i - r'_k).$$

$$3.6. f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \int_V \frac{\rho(r) \rho(r') (r-r')}{|r-r'|^3} dV dV'.$$

$$3.7. f = \frac{\lambda^2}{2\pi\epsilon_0 b} = 8,1 \text{ N/m}; A = \frac{\lambda^2}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{b}{a} = 112 \text{ mJ/m.}$$

$$3.8. f_e = \frac{eU}{r \ln(b/a)} = 4,9 \cdot 10^{-15} \text{ N} \quad f_m = \frac{pU}{r^2 \ln(b/a)} = 1,9 \cdot 10^{-21} \text{ N.}$$

$$3.9. \text{a) } \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 e} \frac{6q}{a}, \quad E = 0; \quad \text{b) } \varphi = 0; \quad E = 0.$$

$$3.10. \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{|r-r_i|}, \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{|r-r_i|^3} (r-r_i).$$

$$3.11. \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho(r) dV}{|r-r'|}, \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho(r) (r-r') dV}{|r-r'|^3}.$$

$$3.12. \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p}{r^2} \cos \theta, \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p}{r^3} \sqrt{1+3 \cos^2 \theta}.$$

Hướng dẫn. «Độ dài» l của lưỡng cực rất nhỏ so với r , người ta có thể bỏ qua những số hạng chứa bậc cao của tỷ số l/r . Sau khi tính φ , tìm thành phần hướng tâm E_r và thành phần E_θ vuông góc với nó của cường độ điện trường.

$$3.13. \text{1) } E = -2(axe_x + aye_y + bze_z), \quad E = 2\sqrt{a^2(x^2+y^2)+b^2z^2};$$

2) một ellipsoid tròn xoay có các bán trục: $\sqrt{\varphi}/a, \sqrt{\varphi}/a, \sqrt{\varphi}/b$;

3) một ellipsoid tròn xoay có các bán trục là: $E/2a, E/2a, E/2b$.

$$3.14. \text{a) } E = -2(axe_x + aye_y - bze_z), \quad E = 2\sqrt{a^2(x^2+y^2)+b^2z^2};$$

b) khi $\varphi > 0$ là một hyperboloid tròn xoay một mặt, khi $\varphi = 0$ là một hình nón tròn thẳng, khi $\varphi < 0$ là một hyperboloid tròn xoay hai mặt;

c) một ellipsoid tròn xoay.

$$3.15. E = \frac{p_0}{2\epsilon_0} \frac{r}{r^2}.$$

$$3.16. E = \frac{p_0}{3\epsilon_0} \frac{r}{r^3} (1 - e^{-kr}). \quad E \propto 1/r^2 \text{ khi các } r \text{ lớn, } E \propto r \text{ khi các } r \text{ nhỏ.}$$

$$3.17. E_x = \begin{cases} \frac{px}{\epsilon\epsilon_0} & \text{khi } |x| \leq a, \\ \frac{pa}{\epsilon\epsilon_0} \frac{x}{|x|} & \text{khi } |x| > a; \end{cases} \quad \varphi = \begin{cases} -\frac{px^2}{2\epsilon\epsilon_0} & \text{khi } |x| \leq a, \\ -\left[\frac{pa^2}{2\epsilon\epsilon_0} + \frac{pa(|x|-a)}{\epsilon_0} \right] & \text{khi } |x| > a. \end{cases}$$

khi $|x| > a$.

$$3.18. E = \frac{\lambda a}{2\pi\epsilon_0 r \sqrt{a^2+r^2}}, \quad \lim_{r \rightarrow \infty} E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}.$$

$$3.19. \varphi = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{r+a}{r-a}, \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2a\lambda}{r^2-a^2}. \quad \text{Khi } r \gg a: \varphi = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{2a}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}; \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2a\lambda}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} (q = 2a\lambda \text{ là diện tích tổng cộng của thanh}).$$

$$3.20. \text{1) } E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}, \quad \varphi = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r}{r_0}; \quad \text{2) } E = 3,6 \cdot 10^3 \text{ V/m, } \varphi = -0,83 \cdot 10^3 \text{ V.}$$

Hướng dẫn. Trong trường hợp đã cho không nên đặt $\varphi = 0$ khi $r = \infty$. Cần phải chọn hằng số cộng trong biểu thức của φ sao cho $\varphi = 0$ khi $r = r_0$. Lấy r_0 bằng 1 m thì cũng hợp lý.

$$3.21. \text{1) } \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\sqrt{r^2+x^2}}, \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qx}{(r^2+x^2)^{3/2}} e_x. \quad \text{Khi } x = 0: \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}, \quad E = 0. \quad \text{2) Khi } |x| \gg r: \varphi \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0 |x|}, \quad E \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{x^2} \frac{x}{|x|} e_x$$

(như đối với một điện tích điểm). 3) $E_m = 1,93 \cdot 10^4 \text{ V/m}; x_m = \pm r/\sqrt{2} = \pm 42,4 \text{ mm. } 4)$ Đối với đường cong thê những điểm x_m là những điểm uốn.

$$3.22. \text{a) } \varphi = \frac{q}{2\epsilon_0 \pi r^2} (\sqrt{r^2+x^2} - \sqrt{x^2}), \quad E_x = \frac{q}{2\epsilon_0 \pi r^2} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2}} - \frac{x}{\sqrt{r^2+x^2}} \right).$$

Khi $|x| \ll r$ chính là trường của một mặt phẳng vô hạn mang điện: $\varphi = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} (r - |x|)$, $E_x = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \frac{x}{|x|}$, trong đó $\sigma = \frac{q}{\pi r^2}$. Khi $|x| \gg r$ chính là trường

$$\text{của một điện tích điểm. } \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{|x|}, \quad E_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{x^2} \frac{x}{|x|}, \quad \text{b) } \varphi = 1,4 \cdot 10^5 \text{ V}; \quad E_x = 1,0 \cdot 10^6 \text{ V/m.}$$

Hướng dẫn. Dùng kết quả của bài tập 3.21 và nguyên lý chồng chập các trường.

$$3.23. \varphi = \frac{q}{2\epsilon_0 \pi (b^2 - a^2)} (\sqrt{b^2+x^2} - \sqrt{a^2+x^2}), \quad E = \frac{q|x|}{2\epsilon_0 \pi (b^2 - a^2)} \times \left(\frac{1}{\sqrt{a^2+x^2}} - \frac{1}{\sqrt{b^2+x^2}} \right). \quad \text{Khi } |x| \gg b \text{ chính là trường của một điện tích} \\ \text{điểm: } \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{|x|}, \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{x^2}.$$

Hướng dẫn. Dùng kết quả của bài tập 3.22 và nguyên lý chồng chập các trường

$$3.24. \text{a) } E_x = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left[\frac{x+a}{\sqrt{(x+a)^2}} - \frac{x+a}{\sqrt{r^2+(x+a)^2}} - \frac{x-a}{\sqrt{(x-a)^2}} + \frac{x-a}{\sqrt{r^2+(x-a)^2}} \right];$$

$$b) E_x(0) = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \left[1 - \frac{a}{\sqrt{r^2 + a^2}} \right] \approx \frac{\sigma}{\epsilon_0} \left(1 - \frac{a}{r} \right);$$

$$c) E_x(a=0) = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \left[1 - \frac{a}{\sqrt{r^2 + 4a^2}} \right] \approx \frac{\sigma}{\epsilon_0} \left(1 - \frac{a}{r} \right);$$

$$d) E_x(a=0) = -\frac{\sigma}{\epsilon_0} \frac{a}{\sqrt{r^2 + 4a^2}} \approx -\frac{\sigma}{\epsilon_0} \frac{a}{r};$$

e) $E_x = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2(2q)}{x^3}$, trong đó $q = \pi r^2 \sigma$ (như đối với lưỡng cực có mômen $p = 2aq$).

Hướng dẫn. Dùng kết quả của bài tập 3.22 và nguyên lý chồng chập các trường.

$$3.25. a = b\sqrt{3}, r = 2b, \theta = 60^\circ.$$

$$3.26. \varphi = \frac{R\sigma}{2\epsilon_0}, E = \frac{\sigma}{4\epsilon_0}.$$

Hướng dẫn. Để tìm E , đặt gốc của hệ tọa độ cầu tại tâm của bán cầu, chia mặt bán cầu thành những nguyên tố diện tích $dS = 2\pi R^2 \sin \theta d\theta$ và dùng đáp số của bài tập 3.21.

$$3.27. \varphi_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3}{2} \frac{q}{R} = 6,8 \cdot 10^5 \text{ V}.$$

Hướng dẫn. Dùng kết quả của bài tập 3.11 đối với φ .

$$3.28. \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3}{2} \frac{q}{R^3} \left(R^2 - \frac{1}{3} r^2 \right), \varphi = 6,2 \cdot 10^5 \text{ V}.$$

3.29. Trường \vec{E} trong hố là đều và có cường độ $E = \frac{p}{3\epsilon_0} \vec{a}$, trong đó \vec{a} là một vectơ về từ tâm của quả cầu đến tâm của hố.

Hướng dẫn. Dùng biểu thức vectơ đối với cường độ trường \vec{E} bên trong một quả cầu tích điện khồi và nguyên lý chồng chập các trường.

3.30. a) $\vec{E}_1 = \vec{E}_3 = \vec{E}$, $D_1 = D$, $D_2 = \epsilon D$; b) $E_1 = E_2 = \frac{2}{1+\epsilon} E$, $D_1 = \frac{2}{1+\epsilon} D$, $D_2 = \frac{2\epsilon}{1+\epsilon} D$. Mật độ các đường E là như nhau, trong toàn khoảng không gian giữa các bán cực; những đường D trong phần 2 của không gian giữa các bán cực thưa hơn ϵ lần so với trong phần 1.

3.31. a) $E_1 = \frac{2\epsilon}{1+\epsilon} E$, $E_1 = \frac{2}{1+\epsilon} E$, $D_1 = D_2 = \frac{2\epsilon}{1+\epsilon} D$; b) $E_1 = E$, $E_2 = \frac{1}{\epsilon} E$, $D_1 = D_2 = D$. Mật độ các đường D là như nhau trong toàn khoảng không gian giữa các bán cực; các đường E trong phần 2 của không gian giữa các bán cực thưa hơn ϵ lần so với trong phần 1.

$$3.32. E_2 = \frac{1}{\epsilon_2} E; \sqrt{\epsilon_2 \sin^2 \alpha_1 + \epsilon_1 \cos^2 \alpha_1} = 5,2 \text{ V/m}.$$

$\alpha_2 = \arctg \left(\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \operatorname{tg} \alpha_1 \right) = 74^\circ$, $\sigma' = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 (\epsilon_2 - 1)}{\epsilon_2} E_1 \cos \alpha_1 = 64 \text{ pC/m}^2$ (ϵ_2 chỉ hằng số điện môi của thủy tinh).

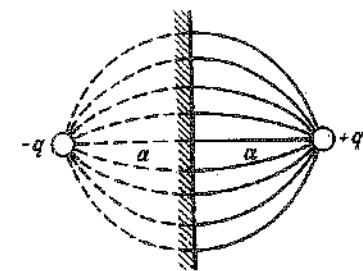
$$3.33. \sigma_{\max} = (\epsilon - 1) \epsilon_0 E = 3,5 \text{ nC/m}^2, \langle \sigma' \rangle = \frac{1}{2} \sigma'_{\max} = 1,8 \text{ nC/m}^2.$$

$$3.34. v = 2 \sqrt{\frac{3P_E}{I^2 \delta}}$$

$$3.35. f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{(2a)^3} = 0,36 \text{ mN}.$$

Hướng dẫn. Từ điều kiện cân bằng của các điện tích trên vật dẫn suy ra rằng trường \vec{E} trong kim loại là sự chống chọi của trường của điện tích q và trường của các điện tích mặt σ cảm ứng trên thành; trường này bằng không.

Do đó trường đã được gây ra bởi các điện tích σ trong kim loại trùng với trường được gây ra bởi một điện tích $-q$ đặt tại cùng một điểm mà tại đó có điện tích q . Do sự đối xứng của trường được gây ra bởi những điện tích ở ngoài kim loại trùng với trường sẽ được gây ra bởi điện tích $-q$ đặt ở trong kim loại, ở điểm ảnh đối xứng của điểm mà tại đó có điện tích q (hình 221). Điện tích $\vec{a} - q$ được gọi là ảnh của điện tích q , phương pháp giải dựa trên các điện tích $\vec{a} - q$ được gọi là phương pháp các ảnh điện.



Hình 221.

$$3.36. \sigma = -\frac{qa}{2\pi(a^2 + x^2)^{3/2}}, q_{\text{or}} = -q.$$

$$3.37. U_1 = 200 \text{ V}; U_2 = 100 \text{ V}; q = 20 \text{ nC}; C = 66 \text{ pF}.$$

$$3.38. q_1 = q_2 = q_3 = \frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3} \mathcal{B} = 55 \mu\text{C}.$$

$$3.39. q_1 = \frac{C_1}{2} \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} \mathcal{B} = -24 \mu\text{C}; q_2 = \frac{C_2}{2} \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} \mathcal{B} = -36 \mu\text{C},$$

$$q_3 = \frac{C_2 - C_1}{2} \mathcal{B} = +60 \mu\text{C}.$$

$$3.40. \text{Khi } a \ll b, C_1 = \frac{\pi \epsilon_0 a}{\ln(b/a)} = 9,5 \text{ pF/m}.$$

3.41. a) $C \approx 2\pi\epsilon_0 a = C'/2$, với C' là điện dung của một quả cầu có bán kính a ; b) $C = 0,58 \text{ pF}$.

Hướng dẫn. Khi $b \gg a$ có thể giả thử rằng các điện tích được phân bố trên mặt các quả cầu với mật độ không đổi.

$$3.42. A = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0} \frac{a-b}{ab} = 9 \text{ mJ}.$$

$$3.43. \langle p' \rangle = -\frac{U}{d^2} \frac{\epsilon_0 (\epsilon_2 - \epsilon_1)^2}{\epsilon_1 \epsilon_2 \ln(\epsilon_2/\epsilon_1)} = -8,8 \text{ mC/m}^2,$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\ln(\epsilon_2/\epsilon_1)} = 280 \text{ pF.}$$

3.44. Nối trực x với bán cung dương. Khi đó $D = D_x > 0$ và $E = E_x > 0$, do đó :

$$E = \frac{D}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{q}{S\epsilon_0 \epsilon(x)} = E(x).$$

Ta khảo sát một mặt phẳng song song với các bán cung và cách gốc tọa độ một khoảng x. Thông lượng của vecto E gửi qua mặt phẳng này bằng $\Phi(x) = E(x) S$ và có phương dọc theo trục x. Lấy một lớp điện môi có bề dày là dx . Một thông lượng $\Phi(x)$ đi vào lớp này và một thông lượng $\Phi(x+dx) = \Phi(x) + \frac{d\Phi}{dx} dx$ đi ra.

Thông lượng toàn phần của vecto E gửi qua lớp có giá trị $\frac{d\Phi}{dx} dx = S \frac{dE}{dx} dx$.

Theo định lý Gauss thông lượng này phải bằng điện tích liên kết chứa bên trong lớp $\rho'(x) S dx$ chia cho ϵ_0 .

$$S \frac{dE}{dx} dx = \frac{1}{\epsilon_0} \rho'(x) S dx.$$

Từ đó ta có :

$$\rho'(x) = \frac{d(\epsilon_0 E)}{dx} = -\frac{q}{S\epsilon^2} \frac{d\epsilon}{dx}$$

Ta tìm được diện tích khối toàn phần bằng tích phân :

$$q' = \int \rho'(x) S dx = q \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 \epsilon_2}$$

Diện tích liên kết toàn phần (thể tích cộng điện tích) sẽ bằng không như nó phải có. Ta sẽ kiểm tra lại điều đó.

$$\begin{aligned} 3.45. \text{ a)} W &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a} (\sqrt{2} + 4); \text{ b)} W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{a} (\sqrt{2} - 4); \\ \text{c)} W &= -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a} \sqrt{2}. \end{aligned}$$

$$3.46. W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N q_i \sum_{\substack{k=1 \\ (i \neq k)}}^N \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_k}{|r_i - r_k|} \quad (\text{Xem đáp số của bài tập 3.10})$$

hoặc, dưới dạng cô đọng hơn

$$W = \frac{1}{2} \sum_{\substack{k=1 \\ (i \neq k)}}^N \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i q_k}{|r_i - r_k|}.$$

$$3.47. W = \frac{1}{2} \int_V \rho(r) dV' \int_V \frac{\rho(r') dV'}{|r - r'|}.$$

Hướng dẫn: Áp dụng công thức $W = \frac{1}{2} \int_V \rho(r') \rho(r) dV'$ và dùng đáp số của bài tập 3.11.

$$3.48. \text{ a)} a = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{4e^2}{m_e v_0^2}; \text{ b)} a = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2e^2}{m_e v_0^2}.$$

$$3.49. A = \frac{q^2 \Delta x}{2\epsilon_0 S} = 11,3 \mu\text{J}$$

$$3.50. W = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) = 27 \text{ mJ.}$$

$$3.51. W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{6}{10} \frac{q^2}{R} = 0,54 \text{ J}, W_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{10} \frac{q^2}{R} = 0,09 \text{ J}, W_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{5}{10} \frac{q^2}{R} = 0,45 \text{ J.}$$

Hướng dẫn: Để tính W ta dùng công thức

$$W = \frac{1}{2} \int_V \rho(r) \rho(r) dV$$

và dùng đáp số của bài tập 3.28.

$$3.52. R = \frac{R_1}{2} + \sqrt{\frac{R_1^2}{4} + R_1 R_2} = 4 \Omega.$$

Hướng dẫn: Vì mạch là vô hạn nên tất cả các mặt đồng sau, kể từ mặt thứ hai, có thể được thay bằng một điện trở bằng điện trở R phải tìm.

$$3.53. R = \frac{\rho}{2\pi d} \ln \frac{b}{a}.$$

$$3.54. R = \frac{\rho}{4\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right); \text{ khi } b \rightarrow \infty, R = \frac{\rho}{4\pi a}.$$

$$3.55. \text{ a)} A_1 = \frac{1}{4} CU^2 = 63 \mu\text{J}; \text{ b)} A_2 = -\frac{1}{2} CU^2 = -125 \mu\text{J.}$$

$$3.56. \text{ a)} A_1 = \frac{CU^2}{2} \frac{\epsilon - 1}{2\epsilon + 1} = 36 \mu\text{J}; \text{ b)} A_2 = -CU^2 \frac{\epsilon - 1}{2\epsilon + 1} = -71 \mu\text{J.}$$

$$3.57. i = \frac{US}{d} \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\ln(\sigma_2/\sigma_1)} = 5,9 \text{ nA.}$$

$$3.58. \text{ 1. a)} E_1 = \frac{\rho_1 U}{\rho_1 d_1 + \rho_2 d_2} = 25 \text{ kV/m}, E_2 = \frac{\rho_2 U}{\rho_1 d_1 + \rho_2 d_2} = 50 \text{ kV/m}, D_1 = \epsilon_0 \epsilon_1 E_1 = 0,44 \mu\text{C/m}^2, D_2 = \epsilon_0 \epsilon_2 E_2 = 1,33 \mu\text{C/m}^2; \text{ b)} \sigma_1 = D_1 = 0,44 \mu\text{C/m}^2, \sigma_2 = -D_2 = -1,33 \mu\text{C/m}^2, \sigma = D_2 - D_1 = 0,89 \mu\text{C/m}^2; \text{ c)} \sigma'_1 = -\epsilon_0 (\epsilon_1 - 1) E_1 = -0,22 \mu\text{C/m}^2, \sigma'_2 = \epsilon_0 (\epsilon_2 - 1) E_2 = +0,88 \mu\text{C/m}^2, \sigma' = -(\sigma_1 + \sigma'_2) = -0,66 \mu\text{C/m}^2; \text{ d)} j = E_1/\rho_1 = E_2/\rho_2 = 2,5 \mu\text{A.}$$

2. a) $E_1 = \frac{U}{d_1} = 50 \text{ kV/m}$, $E_2 = 0$, $D_1 = \epsilon_0 \sigma_1 E_1 = 0,88 \mu\text{C}/\text{m}^2$,
 $D_2 = 0$; b) $\sigma_1 = D_1 = 0,88 \mu\text{C}/\text{m}^2$, $\sigma_2 = 0$, $\phi = -D_1 = -\sigma_1 = -0,88 \mu\text{C}/\text{m}^2$;
c) $\sigma'_1 = -\epsilon_0 (\epsilon_1 - 1) E_1 = -0,44 \mu\text{C}/\text{m}^2$, $\sigma'_2 = 0$, $\phi = -\sigma'_1 = 0,44 \mu\text{C}/\text{m}^2$; d) $= 0$.

3.59. $i = \frac{UC}{\rho \epsilon \epsilon_0} = 0,97 \mu\text{A}$.

3.60. $i = \frac{UC}{\rho \epsilon \epsilon_0}$. Có thể giới thiệu hai cách giải: 1. Giả thử rằng tụ điện được nạp điện đến thế hiệu U và được ngắt khỏi nguồn và nhúng vào môi trường được khảo sát. Viết biểu thức của cường độ dòng điện qua một mặt kín bất kỳ bao bọc một trong những bán vực của tụ điện, tại một thời điểm ngay sau khi nhúng. Sau đó áp dụng cho chính mặt này định lý Gauss đối với E . 2. Chia khoảng không gian giữa các bán vực thành các phần thể tích rất bé (tới giới hạn là vô cùng bé) giới hạn bởi các mặt đẳng thế và bởi các đường sức của trường E (trùng với các đường của vectơ j). Viết các biểu thức của điện trở và điện dung của hệ vô hạn các điện trở (các điện dung) mắc song song — nối tiếp được tạo thành do một sự phân hoạch nào đó. Chú ý tới sự phân bố dọc theo các mặt đẳng thế, những lớp đệm dẫn điện lý tưởng vô cùng mỏng không làm biến đổi hoặc điện dung hoặc điện trở của hệ.

3.61. $R = \frac{\rho}{2\pi a} = 2R_1$, trong đó R_1 là điện trở giữa các quả cầu và giới hạn bên ngoài của môi trường bao quanh nó (xem đáp số của bài tập 3.54).

Hướng dẫn. Dùng kết quả của bài tập 3.41 và 3.60.

3.62. $i = U \frac{\rho}{d} \epsilon_0 (\epsilon - 1) v = 1,7 \text{nA}$

3.63. $i = -RC \ln \left(1 - \frac{U}{U_0} \right) = 0,69 \text{ us}$.

3.64. $\rho = \frac{r}{\epsilon_0 \ln(q_0/q)} = 2,33 \text{ G}\Omega \cdot \text{m}$.

3.65. a) $q = q_0 e^{-\frac{q}{\epsilon_0 r}}$; b) $Q = \frac{q_0^2}{8\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$

Bài giải: Dòng điện đi qua mặt có bán kính r ($a \leq r \leq b$) bằng $i(r) = 4\pi r^2 j(r) = 4\pi r^2 \sigma E(r)$, trong đó $E(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q(r)}{r^2}$; $q(r)$ là điện tích tự do chứa trong quả cầu có bán kính r . Cường độ dòng điện $i(r)$ có thể biểu diễn dưới dạng $-dq(r)/dt$. Thay $i(r)$ và $E(r)$ bằng các giá trị của chúng, chúng ta thu được:

$$\frac{dq(r)}{dt} = -4\pi r^2 \sigma \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q(r)}{r^2},$$

Từ đó $q(r) = q_0 e^{-\frac{q}{\epsilon_0 r}}$. Công thức cuối cùng cho chính định luật biến

đổi $q = q(a)$. Biểu thức của cường độ dòng điện.

$$i(r) = -\frac{dq(r)}{dt} = \frac{\sigma q_0}{\epsilon_0} e^{-\frac{q}{\epsilon_0 r}}$$

không phụ thuộc vào r . Do đó, $i(r)$ là đồng nhất đối với mọi r . Lượng nhiệt được tỏa ra được cho bởi công thức

$$Q = \int_0^r R i^2 dt,$$

trong đó R phải lấy giá trị tìm được trong bài tập 3.54 (thay ρ bằng σ).

3.66. $\varphi_1 - \varphi_2 = -4,5 \text{ V}$.

3.67. $\varphi_A - \varphi_B = 0$.

3.68. $i_1 = \frac{R_2 \mathcal{E}}{D} = 0,87 \text{ A}$, $i_2 = -\frac{R_3 \mathcal{E}}{D} = -1,31 \text{ A}$, trong đó $D = (R_0 + R_1) R_2 + (R_0 + R_1 + R_2) R_3$.

3.69. $i = \frac{(R_3 + R_4 + R_5)(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2) + R_7(\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_3)}{D} = 0,6 \text{ A}$,

$$i_2 = \frac{-(R_1 + R_2 + R_6)(\mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3) - R_7(\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_3)}{D} = -2,9 \text{ A},$$

$$i_3 = \frac{(R_3 + R_4 + R_5)(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2) - (R_1 + R_2 + R_6)(\mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3)}{D} = -2,3 \text{ A},$$

trong đó $D = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6) R_7 + (R_1 + R_2 + R_6)(R_3 + R_4 + R_5)$.

3.70. a) $i_1 = i_3 = +1,00 \text{ A}$, $i_2 = i_4 = -1,00 \text{ A}$, không biến đổi; b) $i_1 = -0,92 \text{ A}$, $i_2 = +0,04 \text{ A}$, $i_3 = +0,36 \text{ A}$, $i_4 = +0,52 \text{ A}$.

3.71. $i_1 = \frac{R_1(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2) + R_3(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2)}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} = -6,3 \text{ mA}$,

$$i_2 = \frac{R_1(\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_3) + R_3(\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1)}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} = +1,8 \text{ mA},$$

$$i_3 = \frac{R_1(\mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_1) + R_2(\mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_1)}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} = +4,5 \text{ mA},$$

$$i_4 = 0.$$

3.72. $U = U_0 \frac{Rx}{Rl + R_0(l-x)x/l}$; khi $R \gg R_0$ $U = U_0 \frac{x}{l}$

3.73. 12 m.

3.74. $n = \sqrt{\frac{R}{R_0} N} = 6$; $W_{\max} = \frac{N \mathcal{E}^2}{4R_0} = 30 \text{ W}$.

$$3.75. \text{ a) } I = \frac{q_0}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}; \text{ b) } q = q_0 (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) = 0,18 \text{ mC. c) } Q = \frac{q_0}{2C} (1 - e^{-\frac{2t}{RC}}) = 82 \text{ mJ.}$$

$$3.76. Q = \frac{R_1}{R_1 + R_3} \frac{CU^2}{2} = 62,5 \text{ mJ.}$$

$$3.77. \text{ a) } B = \mu_0 \frac{l}{2R} = 6,3 \mu\text{T}; \text{ b) } B = \mu_0 \frac{R^2 l}{2(R^2 + b^2)^{3/2}} = 2,3 \mu\text{T}.$$

$$3.78. B = \frac{\mu_0 i}{2\pi b \sqrt{1 + (b/a)^2}}; \lim_{a \rightarrow \infty} B = \frac{\mu_0 i}{2\pi b}$$

$$3.79. B = \mu_0 \frac{l}{2R} \frac{n}{n} \operatorname{tg} \frac{\pi}{n}. \text{ Tại giới hạn khi } n \rightarrow \infty, B = \mu_0 \frac{l}{2R} \text{ (so sánh với đáp số của bài tập 3.77a)}$$

$$3.80. B = \mu_0 \frac{i}{4\pi b} \frac{l}{\sqrt{l^2 + 4b^2}} = 8,9 \mu\text{T}.$$

$$3.81. H = \frac{ni}{2} \left[\frac{(l/2) - x}{\sqrt{r^2 + [(l/2) - x]^2}} + \frac{(l/2) + x}{\sqrt{r^2 + [(l/2) + x]^2}} \right].$$

a) $H = ni$; b) $H = ni/2$.

$$3.82. p_m \approx \frac{1}{3} \pi N (R_1^2 + R_1 R_2 + R_2^2) = 2,2 \text{ mA} \cdot \text{m}^2, H \approx \frac{IN \ln(R_2/R_1)}{2(R_2 - R_1)} = 23 \text{ A/m.}$$

$$3.83. H = \frac{1}{2} [jr] \text{ khi } r \leq R, H = \frac{1}{2} \frac{R^2}{r^2} [jr] \text{ khi } r \geq R.$$

3.84. Trường ở bên trong hốc là đều và có cường độ $H = \frac{1}{2} [jb]$ trong đó b là vector được vẽ từ trục của sợi dây tới trục của hốc và vuông góc với các trục này.

Hướng dẫn. Dùng đáp số của bài tập trước và nguyên lý chồng chập các trường.

$$3.85. B = \mu_0 \frac{4\pi n R}{3} = 26 \text{ pT.}$$

$$3.86. B = 0.$$

$$3.87. M = \frac{2}{5} m R^2 \omega; p_m = \frac{1}{5} q R^2 \omega; \frac{p_m}{M} = \frac{q}{2m}$$

$$3.88. B_1 = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2 B_2 = 1,26 \text{ mT.}$$

$$3.89. H = \frac{U_m r}{2d} \sqrt{\sigma^2 + (\epsilon_0 \omega)^2} \cos \left(\omega t + \arctg \frac{\epsilon_0 \omega}{\sigma} \right).$$

3.90. *Hướng dẫn.* Khảo sát lưu sò của vector H dọc theo một chu vi tùy ý nằm trên mặt cầu có bán kính r ($a < r < b$); chú ý tới các dòng điện dịch.

$$3.91. f = \frac{3\pi \mu_0 N^2 r^4 l^2}{2I} = 4 \text{ nN.}$$

$$3.92. r_m = \frac{1}{2\sqrt{\alpha}}, \chi = (\mu - 1) = \frac{f_m \delta}{\mu_0 m H_0^2} \sqrt{\frac{e}{\alpha}} = 0,77 \cdot 10^{-5} (\delta \text{ là khồi lượng riêng của quả cầu}).$$

$$3.93. f = \frac{\mu_0}{2\pi} i_1 i_2 \frac{a^2}{b^2 - (a/2)^2} = 6 \mu\text{N}, A = \frac{\mu_0}{\pi} i_1 i_2 a \ln \frac{2b + a}{2b - a} = 0,33 \mu\text{J}.$$

$$3.94. i_m = \frac{k}{2NSB} \arctg \frac{l_2}{2l_1} = 0,9 \text{ mA (S là diện tích của khung)}$$

$$3.95. B = \frac{\sigma_r \pi a^2}{4ir} = 18 \text{ kT (giá trị giới hạn có thể có được của } B, \text{ thu được nhờ những nam châm điện có lõi sắt là nhỏ hơn } 10 \text{ T).}$$

$$3.96. \Delta P = \frac{\pi \mu_0 d^2 n N i^2}{4l} = 0,13 \mu\text{N.}$$

$$3.97. i = \frac{B \sigma \sin \alpha}{R_1(1 + \sin \alpha)} = \text{const, có chiều ngược với chiều kim đồng hồ.}$$

$$3.98. i = \frac{B \sigma}{R_1(1 + \alpha / \sin \alpha)}$$

$$3.99. U = B \sigma n l (l - 2l_1) = 5,3 \text{ mV.}$$

$$3.100. \text{ a) } U = \frac{2\pi^2 n^2 a^2 m_e}{e} = 2,0 \text{ nV; b) } U = \pi n B a^2 = 33 \text{ mV.}$$

$$3.101. \text{ a) } i = \frac{\mu_0 v I}{2\pi R} \ln \frac{b}{a}, \text{ có chiều ngược với chiều kim đồng hồ;}$$

$$\text{b) } f = \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{b}{a} \right)^2 \frac{v}{R}, x = \frac{b - a}{\ln(b/a)}, \text{ c) } P = \left(\frac{\mu_0 v I}{2\pi R} \ln \frac{b}{a} \right)^2 R = R i^2.$$

$$3.102. v = \frac{mgR(\sin \alpha - k \cos \alpha)}{B^2/2}$$

3.103. Cơ cấu chuyển động với giá tốc không đổi, có giá trị

$$v = \frac{mg(\sin \alpha - k \cos \alpha)}{m + C \beta^2 l^2}$$

$$3.104. \text{ Với } B < B_0 \left(B_0^2 = \frac{8R \sqrt{mga(I_0 + ma^2)}}{b^4} \right),$$

$$\alpha = (u_0 / \cos \gamma) e^{-\beta t} \cos(\omega t + \gamma), \text{ trong đó } \beta = \frac{B^2 b^4}{8R(I_0 + ma^2)};$$

$$\omega = \sqrt{\frac{mga}{I_0 + ma^2} - \frac{B^2 b^2}{64R^2(I_0 + ma^2)^2}}, \gamma = \arctg(-\beta/\omega).$$

Với $B > B_0$ con lắc quay không tuần hoàn về vị trí cân bằng

$$3.105. \alpha = \alpha_0 \cos \omega t, \text{ trong đó } \alpha = \sqrt{\frac{4mga}{I_0 + 4ma^2 + C\beta^2 b^2}}$$

3.106. a) $i = \frac{mg}{Bb} \cos \omega t$ (thời gian được tính từ lúc thanh ở vị trí nằm ngang; dòng điện được coi là dương khi nó di từ trực quay tới vòng).

$$\text{b)} \dot{\theta} = \frac{1}{2} Bb^2 \alpha + \frac{mgR}{Bb} \cos \omega t.$$

$$3.107. H = \frac{gR}{2\mu_0 SN} = 400 \text{ kA/m.}$$

$$3.108. L = \frac{\pi \mu_0 N^2 d^2}{4(I+0.45d)} = 1.3 \text{ mH.}$$

$$3.109. L = \frac{\mu \mu_0 I}{\pi} \ln \frac{b-a}{a} = 18 \mu\text{H.}$$

$$3.110. L_1 = \frac{\mu_0}{\pi} \ln \frac{b}{a} = 1.40 \mu\text{H/m.}$$

$$3.111. C_1 = \frac{2\pi \epsilon_0}{\ln(b/a)} = 100 \text{ pF/m}, L_1 = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{b}{a} = 0.26 \mu\text{H/m.}$$

Hướng dẫn. Để tìm L_1 , tính năng lượng của từ trường liên kết với dây cáp.

$$3.112. \text{a)} \tau_1 = 0.58 \text{ s; b)} \tau_2 = 2\tau_1 = 1.16 \text{ s.}$$

$$3.113. Q = \frac{R}{R+R_0} \frac{L_1^2}{2R_0} = 6.0 \mu\text{J.}$$

Hướng dẫn. Dùng biểu thức năng lượng của dòng điện.

$$3.114. \mu = \frac{(ad-b)H}{N^2 - BH} = 3.8 \cdot 10^3.$$

$$3.115. \mu_{\max} \approx 1000 \text{ với } H = 70 \text{ A/m.}$$

$$3.116. L_{12} = \frac{\mu_0 N^2}{2\pi} \ln \frac{b}{a}.$$

$$3.117. W = \frac{BH}{2} \pi (b+a)(b-a)^2 = 2.3 \text{ J.}$$

Hướng dẫn. Dùng đồ thị biểu diễn trên hình 140.

$$3.118. q = \frac{N_1 B (b-a)^2}{R} = 2.4 \text{ mC.}$$

3.119. Từ định lý về lưu số của vector H ta thu được phương trình sau liên hệ H và B trong sắt:

$$B = \frac{Ni\mu_0}{b} - \frac{(ad-b)\mu_0}{b} H = a - kH.$$

Ngoài ra, giữa B và H trong sắt có hệ thức $B = f(H)$, được biểu diễn bằng đồ thị trên hình 140. Các giá trị phải tìm của H và B thỏa mãn đồng thời cả hai phương trình. Giải hệ phương trình này bằng đồ thị (tức là tìm tọa độ của các giao điểm

của đường thẳng $B = a - kH$ với đường cong $B = f(H)$, chúng ta thu được $H = 0.33 \text{ kA/m}$, $B = 1.3 \text{ T}$.

$$\text{a)} \mu = \frac{B}{H\mu_0} = 3 \cdot 10^3; \text{b)} \Phi = BS = 0.7 \text{ mWb}; \text{c)} W_1 = \frac{BH}{2} (\pi d - b) S = 0.11 \text{ J}, W_2 = \frac{B^2}{2\mu_0} bS = 0.7 \text{ J}, W = W_1 + W_2 = 0.8 \text{ J}; \text{d)} L = \frac{N\Phi}{i} = \frac{2W}{i^2} = 0.2 \text{ H.}$$

$$3.120. Q = 0.53 \text{ kJ.}$$

$$3.121. \text{a)} v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}} = 5.9 \cdot 10^6 \text{ m/s; b)} v = c \sqrt{1 - \left(\frac{m_e c^2}{eU + m_e c^2} \right)^2} = 1.64 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

Hướng dẫn. Trong trường hợp b) cần xuất phát từ công thức tương đối tính đối với động năng W của hạt có khối lượng nghỉ m_0

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

(c là vận tốc ánh sáng trong chân không)

$$3.122. v_c = 1.58 \cdot 10^9 \text{ m/s}, v_r = 1.64 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

$$3.123. e' = \frac{mgd}{U} \left(\frac{v_2}{v_1} + 1 \right) = 8.0 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 5e.$$

$$3.124. v_{\min} = v_0 \sin \alpha, C = \frac{eE}{m_e v_0^2 \sin^2 \alpha}.$$

$$3.125. f = \frac{\mu_0 n i e n}{2} = 0.018 \text{ pN.}$$

3.126. a) $r = \frac{m}{e'} \frac{v}{B} = 7.3 \text{ cm};$ b) $p_m = \frac{mv^2}{2B} = 0.041 \text{ pJ/T},$ p_m và B có các chiều ngược nhau; c) $\frac{p_m}{M} = \frac{e'}{2m} = 24.1 \text{ MC/kg.}$

$$3.127. x = \frac{mv_0 \sin \alpha}{eB} \sin \left(\frac{e}{m} B t \right), y = \frac{mv_0 \sin \alpha}{eB} \left[1 - \cos \left(\frac{e}{m} B t \right) \right]$$

$v_0 \cos \alpha$. Các giao điểm:

$$\text{a)} y = 0, z = \frac{2\pi m v \cos \alpha}{eB} k \quad (k = 0, 1, 2, \dots);$$

$$\text{b)} y = \frac{2\pi m v \sin \alpha}{eB}, z = \frac{2\pi m v \cos \alpha}{eB} \left(k + \frac{1}{2} \right) \quad (k = 0, 1, 2, \dots).$$

$$3.128. l = 2\pi \frac{m_e}{e} \frac{v}{B} = 21 \text{ mm.}$$

$$3.129. v = \frac{eB}{2\pi m_e} \sqrt{(ad)^2 + l^2} = 4.5 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$$

3.130. Hai số chuyển động trong mặt phẳng xy theo định luật:

$$x = v_0 t - a \sin \omega t, y = a (1 - \cos \omega t),$$

$$3.150. \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} = 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2 + 1}} \approx \frac{1}{8Q^2 + 2} = 0,0012 \sim 0,12\%.$$

$$3.151. W = W_0 e^{-\frac{\omega_0}{Q} t} \approx 50\%.$$

$$3.152. Q \geq 7,1.$$

$$3.153. a) I_1/I_2 = 19; b) I_1/I_2 = 2,1.$$

$$3.154. a) U_1 = 1,0 \text{ mV}, U_2 = 19 \text{ mV}; b) U_1 = 10 \text{ mV}, U_2 = 21 \text{ mV}.$$

$$3.155. W = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} E_m^2 \pi r^2 t = 1,8 \text{ kJ}.$$

Huống dàn. Lợi dụng điều là t rất lớn so với chu kỳ T của sóng.

$$3.156. I = \frac{4\pi}{3} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} r^2 E_m^2 = 1,1 \text{ W}.$$

Huống dàn. Chú ý rằng mật độ thông lượng năng lượng được bức xạ bởi

lượng cực theo phương tia với trục một góc θ tỷ lệ với $\sin^2 \theta$.

Phản 4

QUANG HỌC

4.1. a) 3,2 và 9,2 mW; b) $\Phi = (V_1 + V_2) \Phi_e / 2A = 1,6 \text{ lm}$, trong đó $A = 1,6 \text{ mW/lm}$, V_1 và V_2 là những giá trị của hâm độ nhạy sáng đối với các bước sóng đã cho.

4.2. $E_m^2 = \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0} A \Phi / 2\pi r^2 V_0$, từ đây $E_m = 1,1 \text{ V/m}$, $H_m = 3,0 \text{ mA/m}$.

Ở đây $A = 1,6 \text{ mW/lm}$, V_1 là hâm độ nhạy sáng đối với bước sóng đã cho.

$$\text{Ở đây } A = 1,6 \text{ mW/lm}, V_1 \text{ là hâm độ nhạy sáng đối với bước sóng đã cho.}$$

$$4.3. a) \langle E \rangle = E_0/2; b) \langle E \rangle = \frac{I}{r^2} \frac{1 - \sqrt{1 - (r/l)^2}}{1 - r/l} = 5 \text{ lx}.$$

$$4.5. a) \Phi = \pi B \Delta S \sin^2 \theta; b) R = \pi B.$$

$$4.6. h \approx r; E = BS/4r^2 = 40 \text{ lx}.$$

$$4.7. I = I_0/\cos^2 \theta, \Phi = \pi l_0^2/h^2 = 3,10^2 \text{ lm}.$$

$$4.8. E_{max} = (9/16\pi\sqrt{3}) \rho ES/r^2 = 0,21 \text{ lx}, \text{ ở khoảng cách } r/\sqrt{3} \text{ từ trán nhà}.$$

$$4.9. E = \pi B.$$

$$4.10. E = \pi B.$$

$$4.11. R = E_0(1 + h^2/r_0^2) = 7,10^2 \text{ lx}.$$

$$4.12. E = \pi B r_0^2/h^2 = 25 \text{ lx}.$$

$$4.13. \mathbf{e}' = \mathbf{e} - 2(\mathbf{e}_0)\mathbf{n}.$$

4.14. Cho $\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2, \mathbf{n}_3$ là những vectơ đơn vị của các pháp tuyến của các mặt phẳng gương đã cho, $\mathbf{e}_0, \mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3$ là những vectơ đơn vị của tia tới và các tia phản xạ từ gương thứ nhất, thứ hai và thứ ba, khi đó (xem đáp số của bài tập trước):

phản xạ từ gương thứ nhất, thứ hai và thứ ba, khi đó (xem đáp số của bài tập trước):

$$\mathbf{e}_1 = \mathbf{e}_0 - 2(\mathbf{e}_0 \mathbf{n}_1) \mathbf{n}_1, \mathbf{e}_2 = \mathbf{e}_1 - 2(\mathbf{e}_1 \mathbf{n}_2) \mathbf{n}_2, \mathbf{e}_3 = \mathbf{e}_2 - 2(\mathbf{e}_2 \mathbf{n}_3) \mathbf{n}_3.$$

Cộng vè với vè các biểu thức này, dễ dàng chứng minh được rằng $\mathbf{e}_3 = -\mathbf{e}_0$.

$$4.15. i_1 = \arctan n = 53^\circ.$$

$$4.16. n_1/n_2 = 1/\sqrt{n^2 - 1} = 1,25.$$

$$4.17. x = \sqrt{(1 - \sin^2 i)/(n^2 - \sin^2 i)} ds \sin i = 3,1 \text{ cm}.$$

$$4.18. h' = \frac{hn^2 \cos^3 i}{(n^2 - \sin^2 i)^{3/2}}$$

$$4.21. \theta = 83^\circ.$$

$$4.22. Giữa 37^\circ \text{ và } 58^\circ.$$

$$4.23. 8,7^\circ.$$

$$4.24. \Delta\phi = \frac{2 \sin(\theta/2)}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2(\theta/2)}} \Delta\theta = 0,44^\circ.$$

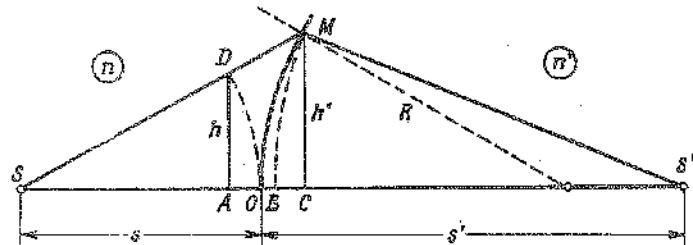
$$4.27. a) f = l\beta/(1 - \beta^2) = 10 \text{ cm}; b) f = l\beta_1\beta_2/(\beta_2 - \beta_1) = 2,5 \text{ cm}.$$

$$4.28. I = \rho I_0^2/(f - s)^2 = 2,0 \cdot 10^3 \text{ cd}.$$

4.29. Cho S là nguồn sáng điểm, S' là ảnh của nó (hình 223). Theo nguyên lý Fermat, các quang lô của các tia xuất phát từ S và hội tụ tại S' đều như nhau. Ta vẽ các vòng tròn tâm S và S' và bán kính SO và $S'M$. Khi đó các quang lô (DM) và (OB) phải bằng nhau:

$$n \cdot DM = n' \cdot OB. \quad (*)$$

Nhưng đối với các tia gần trục $DM \approx AO + OC$, trong đó $AO \approx h^2/(-2s)$ và $OC \approx h'^2/2R$. Ngoài ra, $OB = OC - BC \approx h'^2/2R - h^2/2s$. Đặt các biểu thức này vào (*) và chú ý rằng $h' \approx h$, ta thu được $n'/s' - n/s = (n' - n)/R$.



Hình 223.

$$4.30. x = \frac{nf}{n+1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{n+1}{n-1} \frac{r^2}{f^2}} \right), r_{max} = f \sqrt{\frac{n-1}{n+1}}.$$

$$4.31. 6,3 \text{ cm}.$$

$$4.32. a) \beta = 1 - d(n-1)/nR = -0,20; b) E = \pi n^2 D^2 B / 4d^2 = 42 \text{ lx}.$$

$$4.33. a) \Phi = \Phi_0 (n - n_0)/(n-1) = 2,0 \text{ dp}, f' = -f = n_0/\Phi = 85 \text{ cm};$$

$$b) \Phi = \Phi_0 (2n - n_0 - 1)/(n-1) = 6,7 \text{ dp}, f = 1/\Phi \approx 15 \text{ cm}, f' = n_0/\Phi = 20 \text{ cm}.$$

Ở đây n và n_0 là các chiết suất của thủy tinh và chất lỏng.

4.35. $\Delta x \approx \Delta f f^2 / (f - f')^2 = 0,5$ mm.

4.36. a) $f = [f^2 - (\Delta f)^2]/4f = 20$ cm; b) $f = IY\eta/(1 + \sqrt{\eta})^2 = 20$ cm.

4.37. $h = \sqrt{h'h'} = 3,0$ mm.

4.38. $E = (1 - \alpha) \pi BD^2 / 4f^2 = 15$ J.

4.39. a) Không phụ thuộc D ; b) tỷ lệ với D^2 .

4.40. $f = n_0 R / 2(n_1 - n_2) = 35$ cm, trong đó n_0 là chiết suất của nước.

4.41. $f = R / 2(2n - 1) = 10$ cm.

4.42. a) Ở bên phải thấu kính sau cùng và cách nó 3,3 cm; b) $f = 17$ cm.

4.43. a) 50 và 5 cm; b) lui lại 0,5 cm.

4.44. $\Gamma = D/d$.

4.45. $a = u' / \sqrt{\eta} = 0,6'$.

4.46. $\Gamma' = (\Gamma + 1)(n - n_0)/n_0(n - 1) - 1 = 3,1$.

4.47. $\Gamma \leq D/d_0 = 20$.

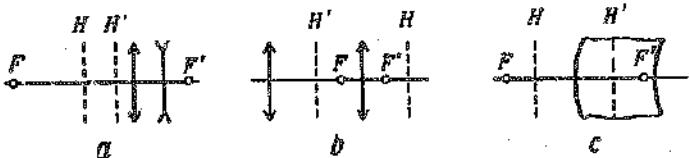
4.48. 60.

4.49. a) $\Gamma = 2uL_0/d_0 = 15$, trong đó L_0 là khoảng cách thấy rõ nhất (25 cm).

b) $\Gamma \leq 2uL_0/d_0$.

4.50. Các mặt phẳng chính đi qua tâm của thấu kính. Các tiêu cự trong không khí và trong nước: $f = -1/\Phi = -11$ cm, $f' = n_0/\Phi = +15$ cm. Ở đây $\Phi = (2n - n_0 - 1)/R$, trong đó n và n_0 là các chiết suất của thủy tinh và nước. Các điểm nằm trùng nhau và nằm trong nước, ở cách thấu kính một khoảng $x = f' + f = 3,7$ cm.

4.51. Xem hình 224.



Hình 224.

4.54. a) Độ tụ của hệ: $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 - d\Phi_1\Phi_2 = +4$ dp, tiêu cự bằng 25 cm. Hai mặt phẳng chính đều nằm trước thấu kính hội tụ: mặt phẳng trước cách thấu kính hội tụ một khoảng 10 cm, mặt phẳng sau cách thấu kính phân kỳ 10 cm ($x = d\Phi_2/\Phi$ và $x' = -d\Phi_1/\Phi$). b) $d = 5$ cm, vào khoảng 4/3.

4.55. Độ tụ của thấu kính đã cho $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 - (d/n)\Phi_1\Phi_2$, $x = d\Phi_2/n\Phi = 5,0$ cm, $x' = -d\Phi_1/n\Phi = 2,5$ cm, tức là hai mặt phẳng chính đều nằm ngoài thấu kính, về phía mặt lồi của thấu kính.

4.56. Thấu kính phải đặt trong mặt phẳng chính vật của hệ tức là ở cách thấu kính thứ nhất một khoảng $x = f_1 d / (f_1 + f_2 - d)$.

4.57. $\Phi = 2\Phi' - 2(l/n_0)\Phi'^2 = 3,0$ dp, trong đó $\Phi' = (2n - n_0 - 1)/R$.

4.58. a) $d = n\Delta R/(n - 1) = 4,5$ cm; b) $d = 3,0$ cm.

4.206. $n_0 = 4\pi^2 \epsilon_0 m c^2 / e^2 \lambda_0^2 = 2,0 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-3}$.

4.208. a) $u = 3v/2$; b) $u = 2v$; c) $u = v/3$.

4.209. $\epsilon = 1 + A/\omega^2$, trong đó A là một hằng số.

4.210. $v = c/n = 1,83 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $u = [(1 + \lambda/n)(dn/d\lambda)]c/n = 1,70 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

4.211. Lý luận một cách đầy đủ đối với ba thành phần điều hòa của xung lượng của sóng (đơn giản nhất là dùng đồ thị).

4.212. $I = (I_0/2)e^{-\kappa^2} \sin^2 \phi$, trong đó $\phi = VH$.

4.213. a) $I = I_0(1 - \rho)^2(1 + \rho^2 + \rho^4 + \dots) = I_0(1 - \rho)^2/(1 - \rho^2)$; b) $I = I_0 \times (1 - \rho)^2 \sigma(1 + \sigma^2\rho^2 + \sigma^4\rho^4 + \dots) = I_0\sigma(1 - \rho)^2 / (1 - \sigma^2\rho^2)$, trong đó $\sigma = e^{-\kappa d}$

4.214. $n = (d_2 - d_1)^{-1} \ln(D_1/D_2) = 0,35 \text{ cm}^{-1}$.

4.215. $n = (IN)^{-1} \ln[(1 - \rho)^{2N}/n] = 0,034 \text{ cm}^{-1}$.

4.216. $\tau = (1 - \rho)^2 e^{-(n_1 + n_2)/2}$.

4.217. $I = I_0(1 - \rho)^2(e^{-n_1 l} - e^{-n_2 l}) / (n_2 - n_1)$.

4.218. $\Delta\lambda = 2\lambda_0 \sqrt{(ln n) / ad}$.

4.219. $I = (\Phi/4\pi r_2^2)(1 - \rho)^2 e^{-\kappa(r_1 - r_2)}$.

4.220. Bị giảm đi $e^{kd} = 0,6 \cdot 10^2$ lần.

4.221. 0,3 mm.

4.222. $d = (\ln 2)/\mu = 8$ mm.

4.223. $N = (\ln n)/\ln 2 = 5,6$.

4.224. $c = 2/z(n_2 - n_1) = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

4.225. Trước hết chú ý rằng khi $v \ll c$ trên thực tế thời gian trôi như nhau trong các hệ quy chiếu liên kết cả với nguồn và cả với máy thu. Ta tưởng tượng rằng nguồn phát ra các xung ngắn trong các khoảng thời gian T_0 . Khi đó trong hệ quy chiếu liên kết với máy thu khoảng cách giữa hai xung liên tiếp đọc theo đường quan sát $\lambda = cT_0 - vT_0$, trong đó v , là vận tốc tia của nguồn, $v_0 = v \cos \theta$. Tần số của các xung nhận được $v = c/\lambda = v_0/(1 - v/c)$, trong đó $v_0 = 1/T_0$. Từ đó $(v - v_0)/v_0 = (v/c) \cos \theta$.

4.226. $\Delta\lambda = -\lambda \sqrt{2T/mc^3} \cos \theta = -26$ nm.

4.227. $T = 4\pi R\lambda/c\delta\lambda = 25$ ngày đêm, trong đó R là bán kính của Mặt Trời.

4.228. $d = (\Delta\lambda/\lambda)_\text{ext}/\pi = 3,10^7$ km, $m = (\Delta\lambda/\lambda)^3 mc^3 t / 2\pi\gamma = 2,9 \cdot 10^{39}$ kg, trong đó γ là hằng số hấp dẫn vũ trụ.

4.229. $\omega = \omega_0(1 + \beta)/(1 - \beta)$, với $\beta = V/c$; $\omega \approx \omega_0(1 + 2V/c)$.

4.230. $v = \lambda\Delta\nu/2 = 9,0 \cdot 10^2$ km/h.

4.231. Sau khi thay thế vào đẳng thức $\omega t - kx = \omega't - k'x'$ các đại lượng t' và x' (từ phép biến đổi Lorentz) ta được

$$\omega = \omega'(1 + \beta)/\sqrt{1 - \beta^2}; k = k'(1 + \beta)/\sqrt{1 - \beta^2}$$

trong đó $\beta = V/c$. Ở đây chú ý rằng $\omega' = ck'$.

4.232. Từ công thức $\omega' = \omega\sqrt{(1 - \beta)/(1 + \beta)}$ ta được $\beta = v/c = 0,26$.

4.233. $v = c \frac{(\lambda/\lambda')^2 - 1}{(\lambda/\lambda')^2 + 1} = 7,1 \cdot 10^4$ km/s.

4.234. $\omega = \omega_0\sqrt{3}/7$.

4.235. $\Delta\lambda = \lambda T/m_0c^2 = 0,70$ nm, trong đó m là khối lượng nguyên tử.

4.236. a) $\omega = \omega_0 / \sqrt{1 - \beta^2} = 5,0 \cdot 10^{10} \text{ rad/s}$; b) $\omega = \omega_0 \sqrt{1 - \beta^2} = 1,8 \cdot 10^{10} \text{ rad/s}$. Ở đây $\beta = v/c$

4.237. Diện tích của electron cùng với diện tích dương cảm ứng trong kim loại tạo thành một trường cyc. Trong hệ quy chiếu liên kết với electron, mômen điện của trường cyc biến đổi với chu kỳ $T' = d'/v$ trong đó $d' = d\sqrt{1 - (v/c)^2}$. Diện tích của electron cũng với diện tích dương cảm ứng trong kim là $v' = v/d'$. Do hiệu ứng Doppler, tần số được quan sát là

$$v' = \sqrt{\frac{1 - (v/c)^2}{1 - (v/c) \cos \theta}} = \frac{v/d}{1 - (v/c) \cos \theta}$$

Nó ứng với một bước sóng $\lambda = c/v = d(v/c - \cos \theta)$. Khi $\theta = 45^\circ$ và $v \approx c$ thì $\lambda \approx 0,6 \mu\text{m}$.

4.238. a) Cho v_x là hình chiếu của vectơ vận tốc của nguyên tử bức xạ trên phương của đường quan sát. Số nguyên tử có các hình chiếu $v_x, v_x + dv_x$ là

$$n(v_x) dv_x \sim e^{-mv_x^2/2kT} dv_x.$$

Tần số ánh sáng được bức xạ bởi nguyên tử có vận tốc v_x là $n = n_0(1 + v_x/c)$. Nhờ điều thức này chúng ta tìm được phân bố các nguyên tử theo các tần số: $n(\omega) d\omega = n(v_x) dv_x$. Và cuối cùng cần chú ý rằng cường độ phổ của bức xạ $I_\omega \approx n(\omega)$.

b) $\Delta\omega/\omega_0 = 2\sqrt{2 \ln 2 kT/mc^2}$.

4.239. $u = \frac{c/n + V}{1 + V/cn}$. Nếu $V \ll c$, $u \approx \frac{c}{n} + V \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$.

4.240. $v = c\delta\theta/2 = 30 \text{ km/s}$.

4.242. $\delta^\circ = 8^\circ$.

4.243. $I_1/I_2 = \tan^2(\alpha l/c) = 3$.

4.244. a) Gọi t là thời điểm mà hạt nằm tại một điểm xác định x , y của vòng tròn, còn t' là thời điểm mà tim hiệu của biến cố này đến điểm P . Ký hiệu y' là tròn, còn t' là thời điểm mà tim hiệu của biến cố này đến điểm P (xem hình 186), ta có thể viết: các giá trị quan sát được của tọa độ y tại điểm P (xem hình 186), ta có thể viết:

$$t' = t + [l - x(t)]/c, \quad y'(t') = y(t).$$

Ta tìm được giá tíc chưa biết bằng lối đạo hàm hai lần y' theo t' :

$$\begin{aligned} \frac{dy'}{dt'} &= \frac{dy}{dt} = \frac{dy}{dt} \frac{dt}{dt'}; \\ \frac{d^2y'}{dt'^2} &= \frac{dt}{dt'} \frac{d}{dt} \left(\frac{dy}{dt'} \right) = \frac{v^2}{R} - \frac{v/c - y/R}{(1 - yv/cR)^2}. \end{aligned}$$

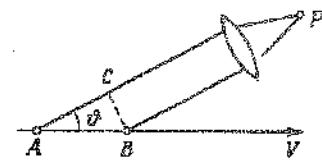
trong đó chú ý rằng $x = R \sin \omega t$, $y = R \cos \omega t$ và $\omega = v/R$.

b) Mật độ thông lượng năng lượng I của bức xạ điện từ sẽ là với hình phẳng

$$I = I_1/I_2 = [(1 + v/c)/(1 - v/c)]^6.$$

4.245. a) Hạt mang điện chuyên động kích thích các nguyên tử của môi trường bằng trường của nó; các nguyên tử này trở thành các nguồn sóng ánh sáng. Ta lấy hai điểm A và B tùy ý trên đường đi của hạt. Các sóng ánh sáng được phát ra từ các điểm này khi đi qua các hạt của chúng, đạt tới điểm P (hình 229) sau cùng một thời gian và tăng cường lẫn nhau, nếu thời gian truyền của sóng

ánh sáng từ điểm A tới điểm C bằng thời gian hay của hạt trên quãng đường AC . Từ đó ta thu được $\cos \theta = v/V$, trong đó $v = c/n$ là vận tốc pha của ánh sáng. Rõ ràng rằng sự bức xạ chỉ có thể được khi $V > v$ tức là khi vận tốc của hạt lớn hơn vận tốc pha của ánh sáng trong môi trường; b) $V = 0,78c$.



Hình 229.

4.246. $T_2 = b T_1 / (b + T_1 \Delta \lambda) = 1,75 \text{ kK}$.

4.247. $3,4 \mu\text{m}$.

4.248. $5,10^9 \text{ kg/s}$, vào khoảng 10^{11} năm .

4.249. $t = (\eta^2 - 1) c \rho d / 18 \sigma T_0^3 = 3 \text{ h}$.

4.250. $T_2 = T_1 \sqrt{d/2l} = 4 \cdot 10^2 \text{ K}$.

4.251. a) $c_F = (\partial U / \partial T)_V = 16 \sigma T^3 V / c = 0,03 \text{ ec/K}$, trong đó $U = 4 \sigma T^4 V / c$, c là hằng số Stefan-Boltzmann; b) $S = 16 \sigma T^3 V / 3c = 0,010 \text{ ec/K}$.

4.252. a) $u_a = (kT / \pi^2 c^3) \omega^2$; b) $u_a = (\hbar / \pi^2 c^3) \omega^3 e^{-\hbar \omega / kT}$,

4.253. $u_r = \frac{16 \pi^2 \hbar}{c^3} \frac{v^3}{e^{2\pi\hbar v/kT} - 1}; u_i = \frac{16 \pi^2 c \hbar}{e^{2\pi\hbar c/kT} - 1} \frac{\lambda^{-3}}{e^{2\pi\hbar c/kT} - 1}$.

4.254. $\Delta I = 4\pi^2 c^2 \hbar T^5 \Delta \lambda / b^3 (e^{2\pi\hbar c/kb} - 1) = 0,31 \text{ W/cm}^2$, trong đó b là một hằng số trong định luật chuyển đổi Wien.

4.255. a) $1,1 \mu\text{m}$, b) $0,37$; c) $I_2/I_1 = (T_2/T_1)^4 (1 - y_2)/(1 - y_1) = 4,9$.

4.256. $n_e dm = \frac{1}{\pi^2 c^3} \frac{\omega^2 d\omega}{e^{\hbar\omega/kT} - 1}, \quad n_2 d\lambda = 8\pi \frac{\lambda^{-4} d\lambda}{e^{2\pi\hbar c/kT} - 1}$.

4.257. a) $j = P\lambda / 8\pi^2 c \hbar r^2 = 6 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; b) $r = \sqrt{P\lambda / 2\hbar c} / 2\pi c = 9 \text{ m}$.

4.258. $p = (E/c) \sqrt{1 + p^2 + 2p \cos 2i} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{cm/s}$.

4.259. $p = (I/c)(1 + \rho) \cos^2 \theta = 6 \cdot 10^{-5} \text{ dyn/cm}^2$.

4.260. $F = \pi R^2 I/c = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ dyn}$.

4.261. a) $\Delta p = \frac{2\hbar\omega}{c} \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \beta}; \quad$ b) $\Delta p = \frac{2\hbar\omega}{c} \frac{1}{1 - \beta}$. Ở đây $\beta = V/c$. Rõ ràng rằng trong hệ quy chiếu gần với gruong, gruong nhận được một xung lượng nhỏ hơn.

4.262. $\sin(\theta/2) \approx E/mc^2 gl, \quad \theta = 0,5^\circ$.

4.263. $\Delta\omega/\omega_0 = -(1 - e^{-\gamma M/c^2}) < 0$, tức là tần số của photon giảm.

4.264. $V = (2\pi\hbar c/e\Delta\lambda)(1 - 1/\eta) = 16 \text{ kV}$.

4.265. $V = \hbar c / ed \sin \theta = 31 \text{ kV}$.

4.266. $\lambda_{\text{min}} = 2\pi\hbar/mc(\gamma - 1) = 2,8 \mu\text{m}$, trong đó $\gamma = 1/\sqrt{1 - (v/c)^2}$.

4.267. $332 \text{ nm}; 6,6 \cdot 10^5 \text{ m/s}$.

4.268. $A = (2\pi\hbar c/\lambda_2)(\eta^2 - \lambda_2/\lambda_1)/(\eta^2 - 1) = 1,9 \text{ eV}$.

4.269. $4,4 \text{ V}$.

4.270. $T_{\text{max}} = \hbar(\omega_0 + \omega) - A_b = 0,38 \text{ eV}$.

4.271. $w = 2\pi c \hbar J/e\hbar = 2,0 \cdot 10^{-2}$.

4.272. $6.4 \cdot 10^5$ m/s.

4.273. 0,5 V; dẫu của nó trái với dẫu của thế hiệu bên ngoài.

4.274. \hbar/mc chính là bước sóng Compton.

4.275. Ta viết các định luật bảo toàn năng lượng và xung lượng trong hệ quy chiếu gần với electron trước khi va chạm với photon:

$$\hbar\omega + m_0c^2 = mc^2, \quad \hbar\omega/c = mu, \text{ với } m = m_0\sqrt{1 - (v/c)^2}.$$

Từ đó suy ra rằng $v = 0$ hoặc c . Cả hai kết quả đều không có ý nghĩa vật lý.

4.276. a) Sự tán xạ xảy ra trên các electron tự do; b) số electron trở thành tự do được tăng lên (electron được hiểu là tự do, nếu năng lượng liên kết của nó nhỏ hơn nhiều so với năng lượng mà photon truyền cho nó); c) sự tồn tại của thành phần không đích chuyển được giải thích bằng sự tán xạ trên các electron và các hạt nhân liên kết mạnh.

$$4.277. \lambda = [4\pi\Lambda/(\eta-1)] |\sin^2(\theta_3/2) - \eta\sin^2(\theta_1/2)| = 1,2 \text{ pm},$$

trong đó Λ là bước sóng Compton của electron.

$$4.278. T = \epsilon\eta/(1+\eta) = 0,20 \text{ MeV}.$$

$$4.279. \text{a)} \omega' = 2\pi c / (\lambda + 2\pi\hbar/mc) = 2,2 \cdot 10^{30} \text{ rad/s}; \quad \text{b)} \quad T = (2\pi\hbar/\lambda)/(1 + \lambda mc/2\pi\hbar) = 60 \text{ keV}.$$

$$4.280. \hbar\omega = \hbar\omega / [1 + 2(\hbar\omega/mc^2)\sin^2(\theta/2)] = 0,144 \text{ MeV}.$$

$$4.281. \lambda = (2\pi\hbar/mc)(\sqrt{1+2mc^2/T_{\max}} - 1) = 3,7 \text{ pm}.$$

$$4.282. \tan\varphi = \sqrt{4\pi\hbar/cm\Delta\lambda} - 1/(1 + \hbar\omega/mc^2), \varphi = 31^\circ.$$

$$4.283. p = \frac{2\eta(1+\eta)}{1+2\eta} \frac{mc^2}{eB} = 3,4 \text{ cm}.$$

Phản 5

VẬT LÝ NGUYỄN TỬ

$$5.1. r = 3e^2/2E = 0,16 \text{ nm}; \lambda = (2\pi e/e) \sqrt{m\epsilon^3} = 0,24 \text{ }\mu\text{m}.$$

$$5.2. 0,73 \text{ pm}.$$

$$5.3. \text{a)} 0,59 \text{ pm}; \text{b)} r_{\min} = (2Ze^2/T)(1 + m_e/m_{Li}) = 0,034 \text{ pm}.$$

$$5.4. \text{a)} \rho_{\min} = (Ze^2/T) \cot^2(\theta/2) = 0,23 \text{ pm}; \text{b)} r_{\min} = (Ze^2/T)[1 + \csc(\theta/2)] = 0,56 \text{ pm}.$$

$$5.5. p \approx 2 \sqrt{\frac{2mT}{1 + (2bT/Ze^2)^2}}$$

$$5.6. b = \frac{Rn \sin(\theta/2)}{\sqrt{1 + n^2 - 2n \cos(\theta/2)}}, \text{ trong đó } n = \sqrt{1 + U_0/T}.$$

$$5.7. \text{a)} \cos(\theta/2) = b / (R + r); \text{b)} dr = 1/2 \sin\theta d\theta; \text{c)} w = 1/2.$$

$$5.8. 3,3 \cdot 10^{-5}.$$

$$5.9. d = (4jr^2T^3/nIZ^2e^4) \sin^4(\theta/2) = 1,5 \text{ }\mu\text{m}; \text{ trong đó } n \text{ là nồng độ của các hạt nhân.}$$

$$5.10. Z_{Pt} = Z_{Ag} \sqrt{nM_{Pt}/4A_B} = 78.$$

$$5.11. \text{a)} 1,6 \cdot 10^6; \text{b)} N = \pi n d (Ze^2/T)^2 \cot^2(\theta_0/2) I_0 = 2,0 \cdot 10^7, \text{ trong đó } n \text{ là nồng độ của các hạt nhân.}$$

$$5.12. w = \pi n d (Ze^2/mc^2)^2 = 0,006, n \text{ là nồng độ của các hạt nhân.}$$

$$5.13. \Delta N/N = 1 - \pi n Z^2 e^4 / T^2 \tan^2(\theta/2) = 0,6.$$

$$5.14. \Delta\sigma = \pi (Ze^2/T)^2 \cot^2(\theta_0/2) = 0,73 \text{ kbac}$$

$$5.15. \text{a)} 0,9 \text{ MeV}; \text{b)} d\sigma/d\Omega = \Delta\sigma/4\pi \sin^2(\theta/2) = 0,64 \text{ kbac/sr.}$$

$$5.16. t = (3mc^3/2e^2\omega^2) \ln \eta = 15 \text{ ns}.$$

$$5.17. t \approx m^2 c^3 / 4e^4 \approx 13 \text{ ps}.$$

$$5.18. 1,88; 0,657 \text{ và } 0,487 \text{ }\mu\text{m}.$$

$$5.19. r_n = \sqrt{n\hbar/m\omega}, E_n = n\hbar\omega, \text{ trong đó } n = 1, 2, \dots, \omega = \sqrt{k/m}.$$

5.20.

	r_1, pm	n	10^6 m/s	T, eV	E_{lk}, eV	V_1, V	V_1, V	λ, nm
H	52,9	2,18	13,6	13,6	13,6	10,2	121,5	
He ⁺	26,5	4,36	54,5	54,5	54,5	40,8	30,4	

$$5.21. \omega = (mc^4/\hbar^3) Z^2/n^3 = 2,07 \cdot 10^{16} \text{ rad/s.}$$

$$5.22. \mu_n = (e\hbar/2mc)n, \mu_n/M_n = e/2mc, \mu_1 = \mu_B.$$

$$5.24. \text{a)} 557, 487 \text{ và } 434 \text{ nm}; \text{b)} \lambda/\Delta\lambda \approx 1,5 \cdot 10^{-3}.$$

$$5.25. \sin\theta = (2+n)^2 ne/IR^*, \theta \approx 60^\circ$$

5.26. He⁺.

$$5.27. N = \pi(n-1)/2.$$

$$5.28. n = 5.$$

$$5.29. R = (88/15)Z^2\Delta\lambda = 1,097 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-1}.$$

$$5.30. Z = \sqrt{(176/15)nc/R^*\Delta\lambda} = 3, \text{ Li}^{++}.$$

$$5.31. \lambda = (2\pi c/\Delta\omega)(Z\sqrt{R^*/\Delta\omega} - 1)^2/(2Z\sqrt{R^*/\Delta\omega} - 1) = 0,47 \text{ }\mu\text{m}.$$

$$5.32. E = E_0 + 4\hbar R^* = 79 \text{ eV}.$$

$$5.33. T_{\min} = 3\hbar R^*/2 = 20,5 \text{ eV}.$$

$$5.34. v = 3\hbar R^*/4mc = 3,25 \text{ m/s, trong đó } m \text{ là khối lượng của nguyên tử.}$$

$$5.35. (\epsilon - \epsilon')/\epsilon \approx 3\hbar R^*/8mc^2 = 0,55 \cdot 10^{-6}\%, m \text{ là khối lượng của nguyên tử.}$$

$$5.36. v = 2\sqrt{\hbar R^*/m} = 3,1 \cdot 10^6 \text{ m/s, } m \text{ là khối lượng của electron.}$$

$$5.37. E_{lk} = \mu e^4/2\hbar^2, R^* = \mu e^4/2\hbar^3, \text{ trong đó } \mu \text{ là khối lượng rút gọn của hệ. Không đề ý đèn chuyên động của hạt nhân, các đại lượng này đối với nguyên tử hydro sẽ lớn hơn } m/M \approx 0,055\%, m \text{ và } M \text{ là các khối lượng của electron và proton.}$$

$$5.38. E_D - E_H = 3,7 \text{ MeV}, \lambda_H - \lambda_D = 33 \text{ pm}.$$

$$5.39. \text{a)} 0,285 \text{ pm, } 2,53 \text{ keV, } 0,65 \text{ nm}; \text{b)} 106 \text{ pm, } 6,8 \text{ eV, } 0,243 \text{ }\mu\text{m}.$$

$$5.40. 123, 2,86 \text{ và } 0,186 \text{ pm.}$$

$$5.41. 0,45 \text{ keV.}$$

$$5.42. Đôi với cả hai hạt $\lambda = (2\pi\hbar/\sqrt{2m_e T})(1 + m_e/m_d) = 8,6 \text{ pm.}$$$

S.43. Trước tiên ta tìm hàm phân bố của các phân tử theo bước sóng de Broglie. Từ hệ thức $f(v)dv = -\psi(\lambda)d\lambda$, trong đó $f(v)$ là hàm phân bố Maxwell theo vận tốc, ta được :

$$\phi(\lambda) = A\lambda^{-4}e^{-a/\lambda^2}, \quad a = \pi^2\hbar^2/mkT.$$

Điều kiện $d\phi/d\lambda = 0$ cho $\lambda_{xs} = \hbar/\sqrt{mkT} = 0,09$ nm.

S.44. $\lambda = 2\pi\hbar/\sqrt{2mT(1+T/2mc^2)}$, $T \leq 4mc^2\Delta\lambda/\lambda = 20,4$ keV (đối với electron) và 37,5 MeV (đối với proton).

$$S.45. v = 4\pi\hbar/m\Delta\lambda = 2,0 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

$$S.46. \Delta x = 2\pi\hbar/l\sqrt{2meV} = 4,9 \text{ pm.}$$

$$S.47. V_0 = \pi^2\hbar^2/2me(\sqrt{n-1})^2 d^2 \sin^2 \theta = 0,15 \text{ keV.}$$

$$S.48. d = \pi\hbar k/\sqrt{2mT} \cos(\theta/2) = 0,21 \text{ nm, trong đó } k = 4.$$

S.49. $d = \pi\hbar k/\sqrt{2mT} \sin \theta = 0,23 \pm 0,04 \text{ nm, trong đó góc } \theta \text{ được xác định bằng hệ thức } \tan \theta = D/2l.$

$$S.50. E_n = (\pi^2\hbar^2/2ml^2)n^2, \text{ trong đó } n = 1, 2, \dots$$

$$S.52. 1 \cdot 10^4, 1 \cdot 10^5 \text{ và } 1 \cdot 10^{-20} \text{ cm/s.}$$

$$S.54. T_{min} \sim 2\hbar^2/ml^2 = 15 \text{ eV.} \text{Ở đây ta lấy } p \sim \Delta p \text{ và } \Delta x = l/2.$$

$$S.55. \Delta v/v \sim \hbar/\sqrt{2mT} = 1 \cdot 10^{-4}.$$

$$S.56. F \approx 3\hbar^2/ml^2.$$

S.57. Sự làm rộng hộp sóng do sự tán xạ của các vận tốc ($\Delta v \approx \hbar/m\Delta x$). Độ tăng độ rộng trong thời gian dt là $d(\Delta x) = v.dt$. Tích phân phương trình này ta được : $t = \pi^2 ml^2/2\hbar^2 \approx 0,4 \text{ ps.}$

S.58. Biết rằng $p \sim \Delta p \sim \hbar/\Delta x \sim \hbar/x$, ta được $E = T + U \approx \hbar^2/2mx^2 + kx^2/2$. Điều kiện $dE/dx = 0$ cho phép xác định x_0 và sau đó $E_{min} \approx \hbar\sqrt{k/m} = \hbar\omega$, trong đó ω là tần số của dao động tự. Phép tính chính xác cho $\hbar\omega/2$.

S.59. Biết rằng $p \sim \Delta p \sim \hbar/\Delta x$ và $\Delta x \sim r$, ta được $E \approx p^2/2m - e^2/r \approx \hbar^2/2mr^2 - e^2/r$. Từ điều kiện $dE/dr = 0$ ta rút ra $r_m \approx \hbar^2/me^2 = 53 \text{ pm}$, $E_{min} \approx -me^4/2\hbar^2 = -13,6 \text{ eV.}$

S.60. Độ rộng của ánh $\Delta = \delta + \delta' \approx \delta + 2\hbar/p\delta$, trong đó δ' là độ tăng bê rộng phụ liên kết với độ bất định của xung lượng Δp , (khi đi qua khe), p là xung lượng của các nguyên tử hydro đậm tới. Hàm số $\Delta(\delta)$ có cực tiểu khi $\delta \approx \sqrt{2\hbar}/mv = 0,01 \text{ nm.}$

S.61. Lời giải của phương trình Schrödinger có dạng $\Psi = \psi(x) \cdot f(t)$. Đặt hàm số này vào phương trình ban đầu và phân ly các biến số x và t sẽ dẫn tới hai phương trình. Các lời giải của chúng : $\psi(x) \sim e^{ikx}$, trong đó $k = \sqrt{2mE}/\hbar$, E là năng lượng của hạt và $f(t) \sim e^{-i\omega t}$, $\omega = E/\hbar$. Cuối cùng $\Psi = ae^{i(kx-\omega t)}$, trong đó a là một hằng số nào đó.

$$S.62. w = 1/3 + \sqrt{3}/2\pi = 0,61.$$

$$S.63. \psi = \begin{cases} A \cos(n\pi x/l) & \text{nếu } n = 1, 3, 5, \dots \\ A \sin(n\pi x/l) & \text{nếu } n = 2, 4, 6, \dots \end{cases} \text{ ở đây } A = \sqrt{2/l}.$$

$$S.65. dN/dE = (l/\pi\hbar)\sqrt{m/2E}; \text{ khi } E = 1 \text{ eV, } dN/dE = 0,8 \cdot 10^7 \text{ mức/eV.}$$

S.66. a) Trong trường hợp này phương trình Schrödinger có dạng :

$$\partial^2\psi/\partial x^2 + \partial^2\psi/\partial y^2 + k^2\psi = 0, \quad k^2 = 2mE/\hbar^2.$$

Ta lấy một trong những đỉnh của giềng thế năng làm gốc tọa độ. Theo giả thiết, trên các thành giềng, $\psi(x, y)$ phải triệt tiêu, do đó ở trong giềng để cho thuận tiện ta có thể tìm $\psi(x, y)$ ngay dưới dạng $\psi(x, y) = a \sin k_1 x \cdot \sin k_2 y$, vì rằng trên

hai thành ($x = 0$ và $y = 0$) $\psi(x, 0) = 0$ và $\psi(0, y) = 0$ một cách tự động. Từ điều kiện $\psi(x, y)$ triệt tiêu tại những thành đối diện của giềng, ta tìm được những giá trị có thể có của k_1 và k_2 :

$$\psi(l_1, y) = 0, \quad k_1 = \pm(\pi/l_1)n_1, \quad n_1 = 1, 2, 3, \dots$$

$$\psi(x, l_2) = 0, \quad k_2 = \pm(\pi/l_2)n_2, \quad n_2 = 1, 2, 3, \dots$$

Thay hàm sóng trên vào phương trình Schrödinger ta được hệ thức $k_1^2 + k_2^2 = k^2$, từ đó

$$E_{n_1, n_2} = (\pi^2\hbar^2/2m)(n_1^2/l_1^2 + n_2^2/l_2^2).$$

$$b) 9,87; 24,7; 39,5 \text{ và } 49,6 \text{ đơn vị } \hbar^2/m^2.$$

S.67. a) Ta viết các phương trình Schrödinger đối với hai miền :

$$0 < x < l, \quad \psi'' + k^2\psi_1 = 0, \quad k^2 = 2mE/\hbar^2,$$

$$x > l, \quad \psi'' - n^2\psi_2 = 0, \quad n^2 = 2m(U_0 - E)/\hbar^2.$$

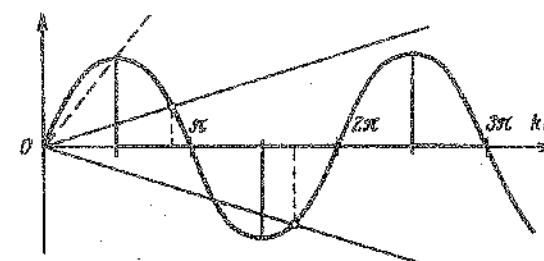
Các lời giải tổng quát của chúng :

$$\psi_1(x) = a \sin(kx + \alpha), \quad \psi_2(x) = be^{-nx} + ce^{nx}$$

phải thỏa mãn các điều kiện chuẩn và điều kiện bờ. Từ điều kiện $\psi_1(0) = 0$ và đổi lỗi sự hữu hạn của hàm sóng suy ra rằng $\alpha = 0$ và $c = 0$. Và sau cùng, từ sự liên tục của $\psi(x)$ và đạo hàm của nó tại điểm $x = l$ chúng ta được $\operatorname{tg} kl = -k/n$, từ đó :

$$\operatorname{tg} kl = \pm kl \sqrt{\hbar^2/2ml^2 U_0}.$$

Biểu diễn bằng đồ thị về trái và về phải của phương trình sau cùng (hình 230), ta tìm được các giao điểm của các đường thẳng với đường hình sin. Khi đó các



Hình 230.

nghiệm của phương trình đã cho, phù hợp với các giá trị riêng của năng lượng E , sẽ ứng với các giao điểm $(kl)_i$; đối với chúng $\operatorname{tg}(kl_i) < 0$ tức là các nghiệm của phương trình này sẽ nằm ở các góc phản xạ của vòng tròn (trên hình, về các phần này của trục hoành được vẽ bằng các nét đậm). Từ đó thi thấy rằng các nghiệm của phương trình tức là các trạng thái liên kết của hạt không luôn luôn tồn tại. Vị trí giới hạn của đường thẳng được vẽ bằng đường châm chấm.

$$b) (l^2 U_0)_{1min} = \pi\hbar^2/8m; \quad (l^2 U_0)_{2min} = (2n-1)^2\pi^2\hbar^2/8m.$$

c) $w = 2/(4 + 3\pi) = 0,149$. Khả năng tìm hạt trong miền mà năng lượng của hạt $E < U$, là một hiệu ứng thuần túy lượng tử. Nó là kết quả của các tính chất sóng của hạt. Các tính chất này loại trừ các giá trị chính xác đồng thời

của tần số và xung lượng và do đó cả sự phân chia chính xác năng lượng toàn phần của hạt thành thể năng và động năng. Sự phân chia này chỉ có thể thực hiện trong những giới hạn chính xác được cho bởi hệ thức bất định.

5.68. Thực hiện sự thay thế đã nêu ra, ta được :

$$x' + k^2 x = 0, \quad k^2 = 2mE/\hbar^2.$$

Ta tìm lời giải của phương trình này dưới dạng $x = a \sin(kr + \alpha)$. Từ yêu cầu của tính hữu hạn của hàm sóng ψ ở điểm $r = 0$ suy ra rằng $\alpha = 0$. Như vậy, $\psi = (a/r) \sin kr$. Từ điều kiện biên $\psi(r_0) = 0$ ta được $kr_0 = n\pi$, trong đó $n = 1, 2, \dots$. Từ đó $E_n = (\pi^2 \hbar^2 / 2mr_0^2) n^2$.

$$5.69. \omega = m\omega/2\hbar, \quad E = \hbar\omega/2, \text{ trong đó } \omega = \sqrt{k/m}.$$

$$5.70. E = -me^4/8\hbar^2, \text{ tức là mức với số lượng tử chính } n = 2.$$

5.71. a) Xác suất tìm electron tại khoảng cách $r, r + dr$ từ hạt nhân là $dr = \psi^2(r) 4\pi r^2 dr$. Từ điều kiện cực đại của hàm số dr/dr ta được $r_{\text{ext}} = r_1$. b) $\langle f \rangle = 2e^2/r_1^2$; c) $\langle U \rangle = -e^2/r_1$; d) $\psi_0 = \int (\rho/r) 4\pi r^2 dr = e/r_1$, trong đó $\rho = e\psi^2$ là mật độ thể tích của điện tích.

5.72. a) Ta viết lời giải của phương trình Schrödinger ở bên trái và bên phải giới hạn của hàng rào dưới dạng sau :

$$x < 0, \quad \psi_1(x) = a_1 e^{ik_1 x} + b_1 e^{-ik_1 x}, \quad k_1 = \sqrt{2mE/\hbar};$$

$$x > 0, \quad \psi_2(x) = a_2 e^{ik_2 x} + b_2 e^{-ik_2 x}, \quad k_2 = \sqrt{2m(E - U_0)/\hbar}.$$

Ta sẽ coi rằng sóng tôi được đặc trưng bằng biên độ a_1 , còn sóng phản xạ bằng biên độ b_2 . Vì rằng sóng chỉ có thể đi qua trong miền $x > 0$ nên $b_2 = 0$. Hệ số phản xạ R là tỷ số giữa dòng hạt phản xạ với dòng hạt tôi nói cách khác là tỷ số của các bình phuong biên độ của các sóng tương ứng. Từ điều kiện liên tục của ψ và ψ' ở điểm $x = 0$ ta có $a_1 + b_1 = a_2$ và $a_1 - b_1 = (k_2/k_1)a_2$, từ đó :

$$R = (b_1/a_1)^2 = (k_1 - k_2)^2/(k_1 + k_2)^2.$$

b) Trong trường hợp $E < U_0$ lời giải của phương trình Schrödinger ở bên phải của hàng rào có dạng :

$$\psi_2(x) = a_2 e^{ix} + b_2 e^{-ix}, \quad x = \sqrt{2m(U_0 - E)/\hbar}.$$

Từ yêu cầu về sự hữu hạn của $\psi(x)$ suy ra rằng $a_2 = 0$. Mật độ xác suất tìm hạt ở dưới hàng rào bằng $w_2(x) = \psi_2^2 \sim e^{-2x}$.

$$\text{Từ đó } x_m = 1/2\pi, \quad D \approx e^{-(2\pi/\hbar)\sqrt{2m(U_0 - E)}}; \quad b) \quad D \approx e^{-(8\sqrt{2m/3}\hbar U_0)(U_0 - E)^{3/2}}$$

$$5.73. a) \quad D \approx e^{-(2\pi/\hbar)\sqrt{2m(U_0 - E)}}; \quad b) \quad D \approx e^{-(8\sqrt{2m/3}\hbar U_0)(U_0 - E)^{3/2}}$$

$$5.74. -0,41 \text{ đối với số hạng } S \text{ và } -0,04 \text{ đối với số hạng } P.$$

$$5.75. p = \sqrt{\hbar R^*}/(E_0 - eV_0) - 3 = -0,88.$$

$$5.76. E_{\text{lk}} = \hbar R^*/(\sqrt{R^*}\lambda_1\lambda_2/2\pi c\Delta\lambda - 1)^2 = 5,3 \text{ eV}.$$

$$5.77. 0,82 \mu\text{m} (3S - 2P) \text{ và } 0,68 \mu\text{m} (2P - 2S).$$

$$5.78. \Delta E = 2\pi\hbar c\Delta\lambda/\lambda^2 = 2,0 \text{ meV}.$$

$$5.79. 3S_{1/2}, 3P_{1/2}, 3P_{3/2}, 3D_{3/2}, 3D_{5/2}$$

$$5.80. a) 1, 2, 3, 4, 5; b) 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6; c) 1/2, -1/2, 3/2, -3/2, 5/2, -5/2$$

$$5.81. \text{Đối với trạng thái } ^4P: (\sqrt{3}/2)\hbar, (\sqrt{15}/2)\hbar \text{ và } (\sqrt{35}/2)\hbar; \text{ đối với}$$

$$5.82. b) ^2F_{7/2}, M_{\text{max}} = (\sqrt{63}/2)\hbar; b) ^2F_{5/2}, M_{\text{max}} = 2\sqrt{5}\hbar.$$

$$5.83. \text{Ở trạng thái } F, M_S = \sqrt{6}\hbar; \text{ đối với trạng thái } D, \text{ chỉ có thể xác định}$$

$$\text{được } M \geq \sqrt{6}\hbar.$$

$$5.84. 3, 4, 5.$$

$$5.85. a) 1, 3, 5, 7, 9; b) 2, 4, 6; c) 5, 7, 9.$$

$$5.86. 31^\circ.$$

$$5.87. ^3D_2.$$

$$5.88. ^1P_1, ^1D_2, ^1F_3, ^3P_{0, 1, 2}, ^3D_{1, 2, 3}, ^3F_{2, 3, 4}.$$

$$5.89. \text{Cùng nhau ở bài tập trên.}$$

$$5.90. \text{Thứ hai và thứ ba.}$$

$$5.91. g = 4 + 6 = 10.$$

$$5.92. 4, 7 \text{ và } 10.$$

$$5.93. ^3F_3.$$

$$5.94. A_3.$$

$$5.95. a) ^4S_{3/2}; b) ^3P_3.$$

$$5.96. a) ^4F_{3/2}, \hbar\sqrt{15/2}; b) ^3F_{9/2}, 3\hbar\sqrt{11/2}.$$

$$5.97. a) Hai; b) Năm.$$

$$5.98. \mu = \mu_B \sqrt{35} (^6S_{1/2}).$$

$$5.99. N/N_0 = (g/g_0) e^{-h\omega/kT} = 1,14 \cdot 10^{-4}, \text{ với } g \text{ và } g_0 \text{ là các trọng số thống kê (các độ bội của suy biến) của các mức } 3P \text{ và } 3S \text{ tương ứng (} g = 6, g_0 = 2\text{).}$$

$$5.100. t = (nh\omega/P)(g/g_0)e^{-h\omega/kT} = 65 \text{ ns, trong đó } g \text{ và } g_0 \text{ là các độ bội của sự suy biến của các mức công hưởng và các mức cơ bản.}$$

$$5.101. t = l/v \ln \eta = 1,3 \mu\text{s.}$$

$$5.102. 154 \mu\text{m.}$$

$$5.103. a) 843 \mu\text{m} \text{ đối với Al và } 180 \mu\text{m} \text{ đối với Co; b) vào khoảng } 5 \text{ keV.}$$

$$5.104. Ba.$$

$$5.105. 15 \text{ kV.}$$

$$5.106. C_6.$$

$$5.107. Z = 1 + 2 \sqrt{(n-1) e_1 V_1 / 3\hbar R^* (n - V_1/V_2)} = 29.$$

$$5.108. Z = 1 + \sqrt{4\Delta m / 3R^*} = 22, \text{ titan.}$$

$$5.109. E_K = (3/4) \hbar R^* (Z-1)^2 + 2\pi c\hbar / \lambda_L = 5,5 \text{ keV.}$$

$$5.110. E_L = \hbar\omega / (2\pi c/\omega\Delta\lambda - 1) \approx 0,5 \text{ keV, trong đó } \omega = (3/4) R^* (Z-1)^2.$$

$$5.111. T = (3/4) \hbar R^* (Z-1)^2 - 2\pi c\hbar / \lambda_K = 1,45 \text{ keV; } v = 2,26 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$$

$$5.112. a) \sqrt{12} \mu_B; b) ^2/5 \sqrt{15} \mu_B; c) ^4/5 \sqrt{12} \mu_B.$$

$$5.113. M_S = 2 \sqrt{3} \hbar.$$

$$5.114. \mu = (8/\sqrt{3}) \mu_B.$$

$$5.115. \mu = ^3/5 \sqrt{35} \mu_B.$$

$$5.116. \mu = ^5/2 \sqrt{5} \mu_B.$$

$$5.117. M = (\sqrt{3}/2) \hbar.$$

$$5.118. ^3F_1.$$

$$5.119. \omega = \mu_B g B / \hbar = 1,2 \cdot 10^{10} \text{ rad/s, trong đó } g \text{ là thừa số Landé.}$$

$$5.120. F = 2i\mu_B/cr^2 = 3 \cdot 10^{-21} \text{ dyn.}$$

$$5.121. \partial B/\partial Z = 2T\delta/gJ\mu_B I_1 (I_1 + 2I_2) = 15 \text{ kG/cm, trong đó } g \text{ là thừa số Landé, } J \text{ là số lượng tử của momen toàn phần.}$$

$$5.122. a) Không bị tách; b) thành sáu; c) không bị tách ($g = 0$).$$

5.123. a) $5,8 \cdot 10^{-5}$ eV; b) $\Delta E = 2g\mu_B B = 14,5 \cdot 10^{-5}$ eV, trong đó g là thửa số Landé, J là số lượng tử của momen toàn phần.

$$5.124. \Delta\lambda = \lambda^2 c D / 2\pi m c^2 = 35 \text{ pm}.$$

$$5.125. 4,0 \text{ kG}.$$

$$5.126. B = 2\pi\hbar\delta\vartheta/g\mu_B = 3 \text{ kG} \text{ trong đó } g \text{ là thửa số Landé.}$$

$$5.127. \text{a)} 2:1 (\tỷ số của các thửa số Landé tương ứng); b) $B = 2\pi\hbar\delta\lambda/g\mu_B\eta\lambda^2 = 5,5 \text{ kG}$, trong đó g là thửa số Landé.$$

$$5.128. \Delta\omega = (\pm 1,3 \pm 4,0, \pm 6,6) \cdot 10^{10} \text{ rad/s, sáu thành phần.}$$

$$5.129. \text{a)} Sáu (1) và bốn (2); b) chín (1) và sáu (2).$$

$$5.130. \Delta\omega = (m_1g_1 - m_2g_2)_{\max} eB/mc = 1,0 \cdot 10^{11} \text{ rad/s.}$$

$$5.131. \omega = 4\sqrt{2\hbar/md^2} = 1,57 \cdot 10^{11} \text{ rad/s, trong đó } m \text{ là khối lượng của phân tử.}$$

$$5.132. 2 \text{ và } 3.$$

$$5.133. M = \sqrt{md^2E/2} = 3,5\hbar, \text{ trong đó } m \text{ là khối lượng của phân tử.}$$

$$5.134. J = \hbar/\Delta\omega = 1,93 \cdot 10^{-40} \text{ g.cm}^2; d = 112 \text{ pm.}$$

$$5.135. 13 \text{ mức.}$$

$$5.136. dN/dE \approx \sqrt{I/2\hbar^3E}, \text{ trong đó } I \text{ là momen quán tính của phân tử.}$$

$$\text{Đối với } J=10 \text{ } dN/dE = 1,0 \cdot 10^4 \text{ mức/eV.}$$

$$5.137. E_{dd}/E_q = \omega\mu d^2/\hbar, \text{ trong đó } \mu \text{ là khối lượng rút gọn của phân tử;}$$

$$\text{a)} 36; b) 1,7 \cdot 10^2; 2,9 \cdot 10^3.$$

$$5.138. N_{dd}/N_q = (1/3)e^{-\hbar\omega - 2B/kT} = 3,1 \cdot 10^{-4}, \text{ trong đó } B = \hbar/2J, I \text{ là momen quán tính của phân tử.}$$

$$5.139. \text{Theo định nghĩa}$$

$$\langle \epsilon \rangle = \frac{\sum \epsilon_v e^{-\epsilon_v/kT}}{\sum e^{-\epsilon_v/kT}} = \frac{\sum \epsilon_v e^{-\epsilon_v}}{\sum e^{-\epsilon_v}}, \quad \epsilon_v = \hbar\omega \left(v + \frac{1}{2} \right), \quad a = \frac{1}{kT}.$$

Ở đây tống lũy theo v từ 0 đến ∞ . Ta tính biểu thức này như sau:

$$\langle \epsilon \rangle = -\frac{\partial}{\partial a} \ln \left(\sum e^{-\epsilon_v} \right) = -\frac{\partial}{\partial a} \ln \frac{e^{-\hbar\omega/2}}{1 - e^{-\hbar\omega}} = \frac{\hbar\omega}{2} + \frac{\hbar\omega}{e^{\hbar\omega/kT} - 1},$$

$$C_{Vdd} = N \frac{\partial \langle \epsilon \rangle}{\partial T} = \frac{R(\hbar\omega/kT)^2 e^{\hbar\omega/kT}}{(e^{\hbar\omega/kT} - 1)^2} = 1,2 \cdot 10^{-4} R,$$

trong đó R là hằng số khí phô biến.

$$5.140. d = \sqrt{\hbar/\pi\mu\Delta\vartheta} = 0,13 \text{ nm, trong đó } \mu \text{ là khối lượng rút gọn của phân tử.}$$

$$5.141. \lambda = \lambda_0/(1 + \omega\lambda_0/2\pi c) = 423 \text{ và } 387 \text{ nm.}$$

$$5.142. \omega = \pi c (1/\lambda_1 - 1/\lambda_2) = 1,37 \cdot 10^{14} \text{ rad/s; } \mu = 4,96 \text{ N/cm.}$$

$$5.143. I_1/I_0 \approx e^{-\hbar\omega/kT} = 0,067. Tăng 3,9 lần.$$

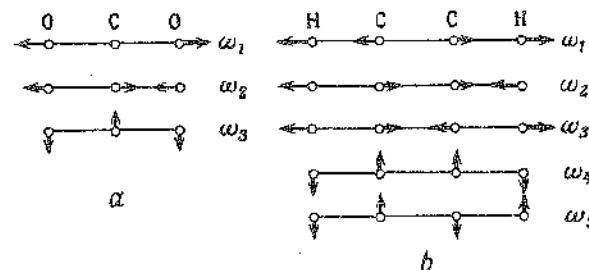
5.144. a) Xem hình 231, a, trong đó các mũi tên trỏ chiều chuyển động của các hạt nhân của phân tử. Các tần số dao động là $\omega_1, \omega_2, \omega_3$, tần số ω_4 trung ứng với hai dao động đặc lập nằm trong các mặt phẳng trực giao với nhau. Vậy tất cả bốn dao động khác nhau. b) Xem hình 231, b. Tất cả có bảy dao động khác nhau: ba dọc ($\omega_1, \omega_2, \omega_3$) và bốn ngang (ω_4, ω_5), mỗi tần số có hai dao động.

$$5.145. dN_\alpha = (I/\pi\omega) d\omega.$$

$$5.146. dN_\alpha = (S/2\pi\nu^2) \omega d\omega.$$

$$5.147. dN_\alpha = (V/\pi^2\nu^3) \omega^2 d\omega.$$

$$5.148. \text{a)} \Theta_D = (\hbar/k) v n_0; \text{b)} \Theta_D = (\hbar/k) v \sqrt{4\pi n_0}; \text{c)} \Theta_D = (\hbar/k) v \sqrt{6\pi^2 n_0}.$$



Hình 231.

$$5.149. \Theta = (\hbar/k) \sqrt[3]{18\pi^2 n_0 / (1/v_{||}^3 + 2/v_{\perp}^3)} = 470 \text{ K, trong đó } n_0 \text{ là nồng độ của các nguyên tử.}$$

$$5.150. v \approx k\Theta/\hbar \sqrt[3]{6\pi^2 n_0} = 3,4 \text{ km/s,}$$

trong đó n_0 là nồng độ của các nguyên tử.

Các giá trị của bảng: $v_{||} = 6,3 \text{ km/s, } v_{\perp} = 3,1 \text{ km/s.}$

$$5.151. \text{Năng lượng dao động của một mol (tinh thể).}$$

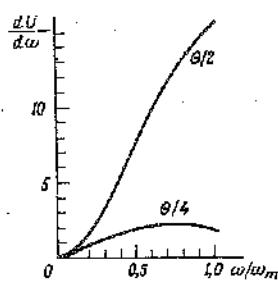
$$U = R\Theta \left[\frac{1}{4} + \left(\frac{T}{\Theta} \right)^2 \int_0^{\Theta/T} \frac{x dx}{e^x - 1} \right],$$

$$x = \hbar\omega/kT.$$

Từ đó nhiệt dung phân tử:

$$C = R \left[2 \frac{T}{\Theta} \int_0^{\Theta/T} \frac{x dx}{e^x - 1} - \frac{\Theta/T}{e^{\Theta/T} - 1} \right].$$

Khi $T \gg \Theta, C \approx R$.



Hình 232.

5.152. a) $dN/d\omega = 2I/\pi a \sqrt{\omega_m^2 - \omega^2}$; b) $N = I/a$, tức là bằng số nguyên tử trong chuỗi.

5.153. $U_0 = 9R\Theta/8\mu = 48,6 \text{ J/g}$, trong đó μ là khối lượng của một mol.

5.154. a) $\Theta \approx 220 \text{ K}$; b) $C \approx 10 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$; c) $\omega_{\max} = 4,1 \cdot 10^{13} \text{ rad/s}$.

5.155. Cô, vì nhiệt dung riêng ở các nhiệt độ cao tỷ lệ với T^3 .

5.157. $\langle \epsilon \rangle = \frac{1}{3}/s k\Theta$.

5.158. Xem hình 232.

5.159. $\hbar\omega_{\max} \approx 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$; $\hbar k_{\max} \sim 10^{-10} \text{ g cm/s}$.

5.160. a) $T_{\max} = (\hbar^2/2m)(3\pi^2n)^{2/3}$; b) $\langle T \rangle = (3/5) T_{\max}$.

5.161. 0,93.

5.162. Vào khoảng $3 \cdot 10^6 \text{ K}$.

5.163. a) $dn_v = (m^3/\pi^2\hbar^3)v^2 dv$; b) $\langle v \rangle/v_m = 3/4$.

5.164. $dn_\lambda = 8\pi\lambda^{-4}d\lambda$.

5.165. $\rho = 2/m \langle T \rangle = (\pi \sqrt[3]{9\pi\hbar^2/5m}) n^{5/3} \approx 5 \text{ GPa}$.

5.166. a) Ta ký hiệu w là xác suất phai tim. Khi đó xác suất của hạt nhân

không bị phân rã trong khoảng thời gian từ 0 đến t mà bị phân rã trong khoảng thời gian dt tiếp theo sau bằng $dw = (1-w)\lambda dt$. Tích phân phương trình này ta được $w = 1 - e^{-\lambda t}$; b) $\tau = 1/\lambda$.

5.167. Vào khoảng $1/4$.

5.168. $1,2 \cdot 10^{15}$.

5.169. $\tau \approx 16 \text{ s}$.

5.170. 5,3 ngày, đêm.

5.171. $4,6 \cdot 10^2 \text{ hạt/phút}$.

5.172. $\lambda = -(1/t) \ln(1-\eta) \approx \eta/t = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$; $\tau = 1/\lambda = 1,0 \text{ năm}$.

5.173. $T = 4,5 \cdot 10^3 \text{ năm}$; $A = 1,2 \cdot 10^4 \text{ phân rã/s}$.

5.174. $4,1 \cdot 10^3 \text{ năm}$.

5.175. Vào khoảng $2,0 \cdot 10^9 \text{ năm}$.

5.176. Ưng với $3,2 \cdot 10^{17}$ và $0,8 \cdot 10^5 \text{ phân rã/(s.g)}$.

5.177. 0,19%.

5.178. $t = -(T/\ln 2) \ln(1-A/q) = 9,5 \text{ ngày đêm}$.

$$5.179. \text{a)} N_2(t) = N_{10} \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}); \text{ b)} t_m = \frac{\ln(\lambda_1/\lambda_2)}{\lambda_1 - \lambda_2}$$

$$5.180. N_3(t) = N_{10} \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 t}}{\lambda_1} - \frac{1 - e^{-\lambda_2 t}}{\lambda_2} \right)$$

$$5.181. N_\beta = N_0 \lambda_2 e^{-\lambda_2 t} = 0,72 \cdot 10^{13} \text{ hạt/s}; N_\alpha = N_0 \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) = 1,46 \cdot 10^{11} \text{ hạt/s}$$

Ở đây N_0 là số các hạt nhân Bi^{10} ban đầu.

5.182. 1) Pb^{206} ; 2) tám phân rã α và sáu phân rã β .

5.183. $v = \sqrt{2m_a T_a/m} = 3,4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$; 0,020.

5.184. 1,6 MJ.

5.185. 0,82 Mev.

5.186. a) 6,1 cm; b) ứng với $2,1 \cdot 10^5$ và $0,77 \cdot 10^5$.

5.187. $Q = \begin{cases} (M_p - M_f) c^2 & \text{trong sự phân rã } \beta^- \text{ và bắt hạt } K, \\ (M_p - M_f - 2m) c^2 & \text{trong sự phân rã } \beta^+. \end{cases}$

5.188. 0,56 MeV và 47,5 eV.

5.189. 5 MJ.

5.190. 0,32 và 0,65 MeV.

5.191. $T \approx Q (Q + 2mc^2)/2Mc^2 = 0,11 \text{ keV}$, trong đó $Q = (M_N - M_C - 2m)c^2$, m là khối lượng của electron.

5.192. 40 km/s.

5.193. 0,45 c, trong đó c là vận tốc ánh sáng.

5.194. $\Delta\varepsilon/\varepsilon = E/2mc^2 = 3,6 \cdot 10^{-7}$, trong đó m là khối lượng của hạt nhân.

5.195. $v \approx c/mc = 0,22 \text{ km/s}$, trong đó m là khối lượng của hạt nhân.

5.196. $v = gh/c = 65 \mu\text{m/s}$.

5.197. $h = hc^2/g\pi r = 4,6 \text{ m}$.

5.198. $T = T_d / [1 + (M-m)^2/4mM \cos^2 \theta] = 6,0 \text{ MeV}$, trong đó m và M là các khối lượng của các hạt α và hạt nhân lit.

5.199. a) $\eta = 4mM/(m+M)^2 = 0,89$; b) $\eta = 2m/(m+M) = 2/3$.

Ở đây m và M là các khối lượng của neutron và proton.

5.200. $\theta_{\max} = \arcsin(m_1/m_2) = 30^\circ$, trong đó m_1 và m_2 là các khối lượng của proton và deuton.

5.201. $2 \cdot 10^{11} \text{ kg/cm}^3, 1 \cdot 10^{38} \text{ hạt nhân/cm}^3$.

5.202. a) d; b) F^{17} ; c) a; d) Cl^{37} .

5.204. Be^4 ; $E_{lk} = 56,5 \text{ MeV}$.

5.205. a) 8,0 MeV; b) 11,5 và 8,7 MeV; c) 14,5 MeV.

5.206. $E_n - E_p = 0,22 \text{ MeV}$.

5.207. $E = 20\varepsilon_{\text{Ne}} - 2,4\varepsilon_{\text{a}} - 12\varepsilon_{\text{C}} = 11,9 \text{ MeV}$, trong đó ε là năng lượng liên kết trên một nucleon trong hạt nhân tương ứng.

5.208. a) 8,0225 d.v.k.l.n.t; b) 10,0135 d.v.k.l.n.t.

5.209. $Q = (E_3 + E_4) - (E_1 + E_2)$.

5.210. a) $8,2 \cdot 10^{10} \text{ kJ}$; b) $2,7 \cdot 10^6 \text{ kg}$; b) 1,5 kg.

5.211. $5,74 \cdot 10^7 \text{ kJ}$; $2,0 \cdot 10^4 \text{ kg}$.

5.212. 2,79 MeV; 0,85 MeV.

5.213. $Q = 8\varepsilon_{\text{a}} - 7\varepsilon_{\text{L1}} = 17,3 \text{ MeV}$.

$$5.214. Q = \left(1 + \frac{m_p}{m_0} \right) T_p - \left(1 - \frac{m_a}{m_0} \right) T_a - 2 \cos \theta \sqrt{\frac{m_p m_a}{m_0^2} T_p T_a} = -1,2 \text{ MeV}$$

5.215. a) — 1,65 MeV; b) 6,82 MeV; c) — 2,79 MeV; d) 3,11 MeV.

5.216. $v_a = 0,92 \cdot 10^7 \text{ m/s}$; $v_{L1} = 0,53 \cdot 10^7 \text{ m/s}$.

5.217. 1,9 MeV.

5.218. $T_n = \frac{Q + (1 - m_n/m_C)T}{1 + m_n/m_C} = 8,5 \text{ MeV}.$

5.219. $9,1 \text{ MeV} ; 170,5^\circ.$

5.220. $T \geq E(m_\pi + m_d)/m_d = 3,3 \text{ MeV}.$

5.221. Trong khoảng từ 1,89 đến 2,06 MeV.

5.223. $Q = -(11/12) T_{ng} = -3,7 \text{ MeV}.$

5.224. Ứng với 1,88 và 5,75 MeV.

5.225. $4,4 \text{ MeV} ; 5,3 \cdot 10^6 \text{ m/s}.$

5.226. $2,2 \text{ MeV}.$

5.227. $E/2mc^2 = 0,06\%$, trong đó m là khối lượng của doton.

5.228. $E = Q + 2T/3 = 6,5 \text{ MeV}.$

5.229. $E_i = E_{0x} + T_i m_C / (m_\pi + m_C) = 16,7 ; 16,9 ; 17,5$ và $17,7 \text{ MeV}$,
trong đó E_{0x} là năng lượng liên kết của doton trong một hạt nhân trung gian.

5.230. $\sigma = (A/Npd) \ln \eta = 2,5 \text{ kbac}$, trong đó A là khối lượng của một nguyên tử gam, N là số Avogadro, p là nồng độ riêng.

5.231. $I_0/I = e^{(2\alpha_1 + \alpha_2)n^d} = 20$, trong đó n là nồng độ của các phân tử.

5.232. $w = \frac{\sigma_s}{\sigma_s + \sigma_a} [1 - e^{-(\sigma_s + \sigma_a)n^d}] = 0,35$, trong đó n là nồng độ của

các hạt nhân trong sắt.

5.233. a) $R = (w/k) \ln 2$; b) $w = A Te/it \ln 2 = 2 \cdot 10^{-3}$.

5.234. a) $t = \eta/\sigma J = 3 \cdot 10^6 \text{ năm}$; b) $N_{\max} = J \sigma N_0 T / \ln 2 = 1,0 \cdot 10^{13}$,

trong đó N_0 là số hạt nhân Au¹⁹⁷ trong lá.

5.235. $N = (Jn\sigma/\lambda)(1 - e^{-\lambda t}).$

5.236. $J = Ae^{\lambda t}/\sigma N_0(1 - e^{-\lambda t}) = 6 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, trong đó λ là hằng số

phản rã, N_0 là số hạt nhân trong lá.

5.237. $N = N_0 k^{i-1} = 1,3 \cdot 10^5$, trong đó i là số của các thế hệ.

5.238. $N = vP/E = 0,8 \cdot 10^{19} \text{ s}^{-1}$.

5.239. a) $N/N_0 = 4 \cdot 10^3$; b) $T = \tau/(k-1) = 10 \text{ s}$.

5.240. Ứng với 0,05, 0,4 và 9 GeV.

5.241. $\langle l \rangle = c \tau_0 \sqrt{\eta(\eta+2)} = 15 \text{ m}.$

5.242. $\tau_0 = lmc/\sqrt{T(T+2mc^2)} = 26 \text{ ns}.$

5.243. $J/J_0 = e^{-bm_c/\tau_0} \sqrt{T(T+2mc^2)} = 0,22$, trong đó m là khối lượng nghỉ
của hạt muon.

5.244. $T_\nu = (m_\nu - m_p)^2/2m_\pi = 4,1 \text{ MeV} ; E_\nu = 29,8 \text{ MeV}.$

5.245. $T = [(m_\pi - m_\nu)^2 - m_\pi^2]/2m_\pi = 19,5 \text{ MeV}.$

5.246. $T_{\max} = (m_\nu - m_\pi)^2/2m_\nu = 52,5 \text{ MeV}.$

5.247. $m = m_p + T + \sqrt{m_\pi^2 + T(T+2m_p)} = 1115 \text{ MeV}$, hạt Λ .

5.248. $E_\pi = (m_\pi^2 - m_p^2)/2(m_\pi + T) = 22 \text{ MeV}.$

5.249. $m = \sqrt{m_\pi^2 + m_\pi^2 - 2(m_\pi + T_\pi)(m_\pi + T_\pi)} = 0,94 \text{ GeV}$, neutron.

5.250. $T_\pi = m_\pi \{\operatorname{cosec}(\theta/2) - 1\} ; E_\pi = m_\pi/2 \sin(\theta/2)$. Khi $\theta = 60^\circ$

$T_\pi = E_\pi = m_\pi$.

5.252. $\cos(\Theta/2) = 1/\sqrt{1+2m/T}$, từ đó $\Theta = 99^\circ$.

5.253. a) $\epsilon_{ng\bar{u}\bar{d}} = 4m_\pi = 2,04 \text{ MeV} ;$ b) $\epsilon_{ng\bar{u}\bar{d}\bar{n}} = 2m_\pi(1+m_\pi/m_p) = 320 \text{ MeV}.$

5.254. a) $T_{ng\bar{u}\bar{d}} = 6m_p = 5,6 \text{ GeV} ;$ b) $T_{ng\bar{u}\bar{d}\bar{n}} = m_\pi(4m_p + m_\pi)/2m_p = 0,28 \text{ GeV}.$

5.255. a) 0,90 GeV; b) 0,77 GeV.

5.256. $S = -2, Y = -1$, hạt Ξ^0 .

5.257. 1,2 và 3 đều bị cầm.

5.258. 2,4 và 5 đều bị cầm.

5.259. Do năng lượng (1); trong các quá trình còn lại không được bảo toàn: số barion (2), số điện tích (3), số lật (4), số lepton (5) và (6) là các số electron và muon.

CÁC PHỤ LỤC

1. Các công thức lượng giác cơ bản

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ $\sec^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha = 1$ $\csc^2 \alpha - \operatorname{ctg}^2 \alpha = 1$ $\sin \alpha \cdot \csc \alpha = 1$ $\cos \alpha \cdot \sec \alpha = 1$ $\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1$	$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$ $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$ $\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$ $\operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}$
$\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}}$ $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$ $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$ $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$ $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}$ $\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha}$	$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cos \beta}$ $\operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta = \pm \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\sin \alpha \sin \beta}$
$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$ $\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}}$	$2 \sin \alpha \sin \beta = \cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)$ $2 \cos \alpha \cos \beta = \cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)$ $2 \sin \alpha \cos \beta = \sin(\alpha - \beta) + \sin(\alpha + \beta)$
$\operatorname{sh} \alpha = \frac{e^\alpha - e^{-\alpha}}{2}$ $\operatorname{ch} \alpha = \frac{e^\alpha + e^{-\alpha}}{2}$	$\operatorname{th} \alpha = \frac{e^\alpha - e^{-\alpha}}{e^\alpha + e^{-\alpha}}$ $\operatorname{cth} \alpha = \frac{e^\alpha + e^{-\alpha}}{e^\alpha - e^{-\alpha}}$

2. Bảng các số

Φ^o	0'	20'	40'	Φ^o	0'	20'	40'
0	0,0000	0,0058	0,0116	45	0,7071	0,7112	0,7153
1	0,0175	0,0233	0,0291	46	0,7193	0,7234	0,7274
2	0,0349	0,0407	0,0465	47	0,7314	0,7353	0,7392
3	0,0523	0,0581	0,0640	48	0,7431	0,7470	0,7509
4	0,0698	0,0756	0,0814	49	0,7547	0,7585	0,7623
5	0,0872	0,0929	0,0987	50	0,7660	0,7698	0,7735
6	0,1045	0,1103	0,1161	51	0,7771	0,7808	0,7844
7	0,1219	0,1276	0,1334	52	0,7880	0,7916	0,7951
8	0,1392	0,1449	0,1507	53	0,7986	0,8021	0,8056
9	0,1564	0,1622	0,1679	54	0,8090	0,8124	0,8158
10	0,1736	0,1794	0,1851	55	0,8192	0,8225	0,8258
11	0,1908	0,1965	0,2022	56	0,8290	0,8323	0,8355
12	0,2079	0,2136	0,2196	57	0,8387	0,8418	0,8450
13	0,2250	0,2306	0,2363	58	0,8480	0,8511	0,8542
14	0,2419	0,2476	0,2532	59	0,8572	0,8604	0,8631
15	0,2588	0,2644	0,2700	60	0,8660	0,8689	0,8718
16	0,2756	0,2812	0,2868	61	0,8746	0,8774	0,8802
17	0,2924	0,2979	0,3035	62	0,8829	0,8857	0,8884
18	0,3090	0,3145	0,3201	63	0,8910	0,8936	0,8962
19	0,3256	0,3311	0,3365	64	0,8988	0,9013	0,9038
20	0,3420	0,3475	0,3529	65	0,9063	0,9088	0,9112
21	0,3584	0,3638	0,3692	66	0,9135	0,9159	0,9182
22	0,3746	0,3800	0,3854	67	0,9205	0,9228	0,9250
23	0,3907	0,3961	0,4014	68	0,9272	0,9293	0,9315
24	0,4067	0,4120	0,4173	69	0,9336	0,9356	0,9377
25	0,4226	0,4279	0,4331	70	0,9397	0,9417	0,9436
26	0,4384	0,4436	0,4488	71	0,9455	0,9474	0,9492
27	0,4540	0,4592	0,4643	72	0,9511	0,9528	0,9546
28	0,4695	0,4746	0,4797	73	0,9563	0,9580	0,9596
29	0,4848	0,4899	0,4950	74	0,9613	0,9628	0,9644
30	0,5000	0,5050	0,5100	75	0,9659	0,9674	0,9689
31	0,5150	0,5200	0,5250	76	0,9703	0,9717	0,9730
32	0,5299	0,5348	0,5398	77	0,9744	0,9757	0,9769
33	0,5446	0,5495	0,5544	78	0,9781	0,9793	0,9805
34	0,5592	0,5640	0,5688	79	0,9816	0,9827	0,9838
35	0,5736	0,5783	0,5831	80	0,9848	0,9858	0,9868
36	0,5878	0,5925	0,5972	81	0,9877	0,9886	0,9894
37	0,6018	0,6065	0,6111	82	0,9903	0,9911	0,9918
38	0,6157	0,6202	0,6248	83	0,9925	0,9932	0,9939
39	0,6293	0,6338	0,6383	84	0,9945	0,9951	0,9957
40	0,6428	0,6472	0,6517	85	0,9962	0,9967	0,9971
41	0,6561	0,6604	0,6648	86	0,9976	0,9980	0,9983
42	0,6691	0,6734	0,6777	87	0,9986	0,9989	0,9992
43	0,6820	0,6862	0,6905	88	0,9994	0,9996	0,9997
44	0,6947	0,6988	0,7030	89	0,9998	0,9999	1,0000

3. Hằng số tang

Φ^o	0'	20'	40'	Φ^o	0'	20'	40'
0	0,0000	0,0058	0,0116	45	1,0000	1,012	1,024
1	0,0175	0,0233	0,0291	46	1,036	1,048	1,060
2	0,0349	0,0407	0,0465	47	1,072	1,085	1,098
3	0,0524	0,0582	0,0641	48	1,111	1,124	1,137
4	0,0699	0,0758	0,0816	49	1,150	1,164	1,178
5	0,0875	0,0934	0,0992	50	1,192	1,206	1,220
6	0,1051	0,1110	0,1169	51	1,235	1,250	1,265
7	0,1228	0,1287	0,1346	52	1,280	1,295	1,311
8	0,1405	0,1465	0,1524	53	1,327	1,343	1,360
9	0,1584	0,1644	0,1703	54	1,376	1,393	1,411
10	0,1763	0,1823	0,1883	55	1,428	1,446	1,464
11	0,1944	0,2004	0,2065	56	1,483	1,501	1,520
12	0,2126	0,2186	0,2247	57	1,540	1,560	1,580
13	0,2309	0,2370	0,2432	58	1,600	1,621	1,643
14	0,2493	0,2555	0,2617	59	1,664	1,686	1,709
15	0,2679	0,2742	0,2805	60	1,732	1,756	1,780
16	0,2867	0,2931	0,2994	61	1,804	1,829	1,855
17	0,3057	0,3121	0,3185	62	1,881	1,907	1,935
18	0,3249	0,3314	0,3378	63	1,963	1,991	2,020
19	0,3443	0,3508	0,3574	64	2,050	2,081	2,112
20	0,3640	0,3705	0,3772	65	2,145	2,177	2,211
21	0,3839	0,3906	0,3973	66	2,246	2,282	2,318
22	0,4040	0,4108	0,4176	67	2,356	2,394	2,434
23	0,4245	0,4314	0,4383	68	2,475	2,517	2,560
24	0,4452	0,4522	0,4592	69	2,605	2,651	2,699
25	0,4663	0,4734	0,4806	70	2,747	2,798	2,850
26	0,4877	0,4950	0,5022	71	2,904	2,960	3,018
27	0,5095	0,5169	0,5243	72	3,078	3,140	3,204
28	0,5317	0,5392	0,5467	73	3,271	3,340	3,412
29	0,5543	0,5619	0,5696	74	3,487	3,566	3,647
30	0,5774	0,5851	0,5930	75	3,732	3,821	3,914
31	0,6009	0,6088	0,6168	76	4,011	4,113	4,219
32	0,6249	0,6330	0,6412	77	4,331	4,449	4,574
33	0,6494	0,6577	0,6661	78	4,703	4,843	4,989
34	0,6745	0,6830	0,6916	79	5,145	5,309	5,485
35	0,7002	0,7089	0,7177	80	5,671	5,871	6,084
36	0,7265	0,7355	0,7445	81	6,314	6,561	6,827
37	0,7536	0,7627	0,7720	82	7,115	7,429	7,770
38	0,7813	0,7907	0,8002	83	8,144	8,556	9,010
39	0,8098	0,8195	0,8292	84	9,514	10,08	10,71
40	0,8391	0,8491	0,8591	85	11,43	12,25	13,20
41	0,8693	0,8796	0,8899	86	14,30	15,60	17,17
42	0,9004	0,9110	0,9217	87	19,08	21,47	24,54
43	0,9325	0,9435	0,9545	88	28,64	34,37	42,96
44	0,9657	0,9770	0,9884	89	57,29	85,94	171,9

4. Bảng các logarit thập phân

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0753
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2488	2504	2529
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7475
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915
78	8921	8927	8632	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996

5. Các hàm số mũ

Tiếp theo

x	e^x	e^{-x}	x	e^x	e^{-x}
0,00	1,0000	1,0000	2,00	7,3891	0,1353
0,05	1,0513	0,9512	2,05	7,7679	0,1287
0,10	1,1052	0,9048	2,10	8,1662	0,1225
0,15	1,1618	0,8607	2,15	8,5849	0,1165
0,20	1,2214	0,8187	2,20	9,0250	0,1108
0,25	1,2840	0,7788	2,25	9,4877	0,1054
0,30	1,3499	0,7408	2,30	9,9742	0,1003
0,35	1,4191	0,7047	2,35	10,486	0,09537
0,40	1,4918	0,6703	2,40	11,023	0,09072
0,45	1,5683	0,6376	2,45	11,588	0,08629
0,50	1,6487	0,6065	2,50	12,182	0,08208
0,55	1,7333	0,5770	2,55	12,807	0,07808
0,60	1,8221	0,5488	2,60	13,464	0,07427
0,65	1,9155	0,5221	2,65	14,154	0,07065
0,70	2,0138	0,4966	2,70	14,880	0,06721
0,75	2,1170	0,4724	2,75	15,643	0,06393
0,80	2,2255	0,4493	2,80	16,445	0,06081
0,85	2,3396	0,4274	2,85	17,288	0,05784
0,90	2,4596	0,4066	2,90	18,174	0,05502
0,95	2,5857	0,3867	2,95	19,106	0,05234
1,00	2,7183	0,3679	3,00	20,086	0,04979
1,05	2,8577	0,3499	3,05	21,115	0,04736
1,10	3,0042	0,3329	3,10	22,198	0,04505
1,15	3,1582	0,3166	3,15	23,336	0,04285
1,20	3,3201	0,3012	3,20	24,533	0,04076
1,25	3,4903	0,2865	3,25	25,790	0,03877
1,30	3,6693	0,2725	3,30	27,113	0,03688
1,35	3,8574	0,2592	3,35	28,503	0,03508
1,40	4,0552	0,2466	3,40	29,964	0,03337
1,45	4,2631	0,2346	3,45	31,500	0,03175
1,50	4,4817	0,2231	3,50	33,115	0,03020
1,55	4,7115	0,2123	3,55	34,813	0,02872
1,60	4,9530	0,2019	3,60	36,598	0,02732
1,65	5,2070	0,1921	3,65	38,475	0,02599
1,70	5,4739	0,1827	3,70	40,447	0,02472
1,75	5,7546	0,1738	3,75	42,521	0,02352
1,80	6,0496	0,1653	3,80	44,701	0,02237
1,85	6,3598	0,1572	3,85	46,993	0,02128
1,90	6,6859	0,1496	3,90	49,402	0,02024
1,95	7,0287	0,1423	3,95	51,935	0,01925

x	e^x	e^{-x}	x	e^x	e^{-x}
4,00	54,598	0,01832	6,0	403,43	0,00248
4,05	57,397	0,01742	6,1	445,86	0,00224
4,10	60,340	0,01657	6,2	492,75	0,00203
4,15	63,434	0,01576	6,3	544,57	0,00184
4,20	66,686	0,01500	6,4	601,85	0,00166
4,25	70,105	0,01426	6,5	665,14	0,001503
4,30	73,700	0,01357	6,6	735,10	0,001360
4,35	77,478	0,01291	6,7	812,41	0,001231
4,40	81,451	0,01228	6,8	897,85	0,001114
4,45	85,627	0,01168	6,9	992,27	0,001008
4,50	90,017	0,01111	7,0	1096,6	0,000912
4,55	94,632	0,01057	7,1	1212,0	0,000825
4,60	99,484	0,01005	7,2	1339,4	0,000747
4,65	104,58	0,00956	7,3	1480,5	0,000676
4,70	109,95	0,00910	7,4	1636,0	0,000611
4,75	115,58	0,00865	7,5	1808,0	0,000553
4,80	121,51	0,00823	7,6	1998,2	0,000500
4,85	127,74	0,00783	7,7	2208,3	0,000453
4,90	134,29	0,00745	7,8	2440,6	0,000410
4,95	141,17	0,00708	7,9	2697,3	0,000371
5,00	148,41	0,00674	8,0	2981,0	0,000335
5,05	156,02	0,00641	8,1	3294,5	0,000304
5,10	164,02	0,00610	8,2	3641,0	0,000275
5,15	172,43	0,00580	8,3	4023,9	0,000249
5,20	181,27	0,00552	8,4	4447,1	0,000225
5,25	190,57	0,00525	8,5	4914,8	0,000203
5,30	200,34	0,00499	8,6	5431,7	0,000184
5,35	210,61	0,00475	8,7	6002,9	0,000167
5,40	221,41	0,00452	8,8	6634,2	0,000151
5,45	232,76	0,00430	8,9	7332,0	0,000136
5,50	244,69	0,00409	9,0	8103,1	0,000123
5,55	257,24	0,00389	9,1	8955,3	0,000112
5,60	270,43	0,00370	9,2	9897,1	0,000101
5,65	284,29	0,00352	9,3	10938	0,000091
5,70	298,87	0,00335	9,4	12088	0,000083
5,75	314,19	0,00318	9,5	13360	0,000075
5,80	330,30	0,00303	9,6	14765	0,000068
5,85	347,23	0,00288	9,7	16318	0,000061
5,90	365,04	0,00274	9,8	18034	0,000055
5,95	383,75	0,00261	9,9	19930	0,000050
6,00	22026				0,000045

6. Bảng chữ cái Hy Lạp

A, α	alpha	I, i	iota	P, p	rho
B, β	béta	K, κ	kappa	Σ, σ	xigma
Γ, γ	gamma	Λ, λ	lamda	T, τ	tô
Δ, δ	denta	M, μ	muy	Υ, υ	ipxilon
E, ε	epilon	N, ν	nuy	Φ, φ	phi
Z, ζ	zeta	Ξ, ξ	ksi	Χ, χ	ksi
H, η	êta	Ο, ο	omikron	Ψ, ψ	pksi
Θ, θ	îota	Π, π	pi	Ω, ω	omêga

7. Vài bảng số và công thức tính gần đúng

Các hằng số	Các công thức tính gần đúng ($a \ll 1$)
$\pi = 3,1416$	$(1 \pm a)^n \approx 1 \pm na$
$\pi^2 = 9,8696$	$e^a \approx 1 + a$
$\sqrt{\pi} = 1,7725$	$\ln(1 + a) \approx a$
$e = 2,7183$	$\sin a \approx a$
$\log e = 0,4343$	$\cos a \approx 1 - a^2/2$
$\ln 10 = 2,3026$	$\tan a \approx a$

8. Vài hệ thức về các vector

$a(b+c) = ab + ac$	$[a, b+c] = [ab] + [ac]$
$ab = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$	$[a bc] = b(ac) - c(ab)$
$ ab = \begin{vmatrix} i & j & k \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix}$	$= (a_x b_z - a_z b_x) i + (a_y b_z - a_z b_y) j + (a_x b_y - a_y b_x) k$
$\frac{d}{dt}(a+b) = \frac{da}{dt} + \frac{db}{dt}$	$\frac{d}{dt}(ab) = \frac{da}{dt}b + a\frac{db}{dt}$
$\frac{d}{dt}(ca) = \frac{dc}{dt}a + c\frac{da}{dt}$	$\frac{d}{dt}[ab] = \left[\frac{dab}{dt} \right] + \left[a\frac{db}{dt} \right]$

9. Bảng các đạo hàm và tích phân

Hàm số	Đạo hàm	Hàm số	Đạo hàm
x^n	nx^{n-1}	$\sin x$	$\cos x$
$\frac{1}{x}$	$-\frac{1}{x^2}$	$\cos x$	$-\frac{1}{\cos^2 x}$
$\frac{1}{x^n}$	$-\frac{n}{x^{n+1}}$	$\operatorname{ctg} x$	$-\frac{1}{\sin^2 x}$
\sqrt{x}	$\frac{1}{2\sqrt{x}}$	$\arcsin x$	$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
e^x	e^x	$\arccos x$	$-\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
e^{ax}	ae^{ax}	$\operatorname{arctg} x$	$\frac{1}{1+x^2}$
a^x	$a^x \ln a$	$\operatorname{arcctg} x$	$-\frac{1}{1+x^2}$
$\ln x$	$\frac{1}{x}$		
\sqrt{u}	$\frac{u'}{2\sqrt{u}}$	$\operatorname{sh} x$	$\operatorname{ch} x$
$\ln u$	$\frac{u'}{u}$	$\operatorname{ch} x$	$\operatorname{sh} x$
$\frac{u}{v}$	$\frac{vu' - u'v}{v^2}$	$\operatorname{th} x$	$\frac{1}{\operatorname{ch}^2 x}$
		$\operatorname{cth} x$	$-\frac{1}{\operatorname{sh}^2 x}$

$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} (n \neq -1)$	$\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg} x$
$\int \frac{dx}{x} = \ln x$	$\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\operatorname{ctg} x$
$\int \sin x dx = -\cos x$	$\int e^x dx = e^x$
$\int \cos x dx = \sin x$	$\int \frac{dx}{1+x^2} = \operatorname{arctg} x$
$\int \operatorname{tg} x dx = -\ln \cos x$	$\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \arcsin x$
$\int \operatorname{ctg} x dx = \ln \sin x$	$\int \frac{dx}{\sqrt{x^2-1}} = \ln(x + \sqrt{x^2-1})$

Tích phân từng phần :

$$\int u dv = uv - \int v du$$

10. Các đại lượng thiên văn

Thiên thể	Bán kính trung bình m	Khối lượng kg	Khối lượng riêng trung bình 10^3 kg/m^3	Chu kỳ quay xung quanh trục, ngày đêm
Mặt Trời	$6,95 \cdot 10^8$	$1,97 \cdot 10^{30}$	1,41	25,4
Trái Đất	$6,37 \cdot 10^6$	$5,96 \cdot 10^{24}$	5,52	1,00
Mặt Trăng	$1,74 \cdot 10^6$	$7,30 \cdot 10^{22}$	3,30	27,3

Các hành tinh của Hệ Mặt Trời	Khoảng cách trung bình tính từ Mặt Trời, 10^8 km	Chu kỳ quay xung quanh Mặt Trời ra năm
Sao Thủy	57,87	0,241
Sao Kim	108,14	0,615
Trái Đất	149,50	1,000
Sao Hỏa	227,79	1,881
Sao Mộc	777,8	11,862
Sao Thủ	1426,1	29,458
Sao Thiên Vương	2867,7	84,913
Sao Hải Vương	4494	164,79
Sao Diêm Vương	9508	248,43

11. Khối lượng riêng của các chất

Các chất rắn	$\rho, \text{ g/cm}^3$	Các chất lỏng		$\rho, \text{ g/cm}^3$
		Các chất khí (ở các điều kiện chuẩn)	$\rho, \text{ kg/m}^3$	
Bạc	10,5	Benzen	0,88	
Cadmium	8,65	Dầu thầu dầu	0,90	
Chì	11,3	Ete	0,72	
Coban	8,9	Glykérin	1,26	
Đồng	8,9	Dầu lúa	0,80	
Graphit	1,6	Nước	1,00	
Kẽm	7,0	Nước nặng	1,1	
Kim cương	3,5	Rượu cồn	0,79	
Li	0,20	Thủy ngân	13,6	
Môlypden	10,2			
Nhôm	2,7			
Niken	8,9			
Nước đá	0,916			
Platin	21,5			
Sắt (thép)	7,8			
Sứ	2,3			
Thiếc	7,4			
Titan	4,5			
Uran	19,0			
Vàng	19,3			
Vônfram	19,1			

12. Các hệ số dẫn nở nhiệt (Ở nhiệt độ phòng thí nghiệm)

Các chất rắn	Hệ số dẫn nở dài, 10^{-5} K^{-1}	Các chất lỏng	Hệ số dẫn nở thể tích $\beta \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$
Đồng	16,7	Etanol	11,0
Đồng thau	18,9	Glycérin	5,0
Nhôm	22,9	Dầu lúa	10,0
Sắt (thép)	11	Nước	2,1
Thủy tinh thường	8,5	Thủy ngân	1,8

Ghi chú: $\alpha = \frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial T}$; $\beta = \frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial p}$

13. Các hằng số đàn hồi. Giới hạn đứt

Vật liệu	Suất Young E, GPa	Suất cắt G, GPa	Hệ số Poisson μ	Giới hạn đứt $\sigma_u, \text{ GPa}$	Hệ số nén $\beta, \text{ GPa}^{-1}$
Chì	16	5,6	0,44	0,015	0,022
Đồng	130	40	0,34	0,30	0,007
Nhôm	70	26	0,34	0,10	0,014
Nước	—	—	—	—	0,49
Sắt (thép)	200	81	0,29	0,60	0,006
Thủy tinh	60	30	0,25	0,05	0,025

Ghi chú: Hệ số nén $\beta = -\frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial p}$

14. Áp suất hơi nước bão hòa

$^{\circ}\text{C}$	Áp suất kPa	$^{\circ}\text{C}$	Áp suất kPa	$^{\circ}\text{C}$	Áp suất kPa
0	0,61	25	3,15	60	19,9
5	0,87	30	4,23	70	31,0
10	1,22	35	5,60	80	47,3
15	1,70	40	7,35	90	70,0
20	2,33	50	12,3	100	101

**15. Các hằng số của các chất khí
(ở các điều kiện chuẩn)**

Kết khối lượng phân tử tương đối	$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$	Độ dẫn nhiệt α m^2/W	Độ nhạy β $\mu\text{Pa}^{-1}\text{s}$	Đường kính của phân tử, nm	Các hằng số Vander Waals	
					$a \text{ N m}^2/\text{dm}^6$	$b \text{ m}^3/\text{mol}$
He (4)	1,63	141,5	18,9	0,20	—	—
Ar (40)	1,67	16,2	22,1	0,35	132	0,032
H ₂ (2)	1,41	168,4	8,4	0,27	24	0,027
N ₂ (28)	1,40	24,3	16,7	0,37	137	0,039
O ₂ (32)	1,60	24,4	19,2	0,35	137	0,032
CO ₂ (44)	1,30	23,2	14,0	0,40	367	0,043
H ₂ O (18)	1,32	15,8	9,0	0,30	554	0,030
Không khí (29)	1,40	24,1	17,2	0,35	—	—

Ghi chú: Trong bảng này ta đưa vào các giá trị trung bình của đường kính các phân tử. Trong các tính toán chính xác hơn cần chú ý rằng các giá trị của a thường được từ các hệ số nhỏ, dẫn nhiệt và khêu hàn và từ bảng số Vander Waals ở khác nhau đáng kể.

**16. Các hằng số của các chất lỏng và rắn
(ở các điều kiện chuẩn)**

Chất	Nhiệt dung riêng $c, \text{ J}/\text{g K}$	Nhiệt hóa hơi $\lambda, \text{ J/g}$	Nhiệt nóng chảy $r, \text{ J/g}$	Hệ số sức căng mài ngoài $\alpha, \text{ mN/m}$
Bạc	0,23	-	88	-
Đồng	0,39	-	175	66
Glyxerin	2,42	-	321	-
Nhôm	0,90	-	-	73
Nước	4,18	2250	-	-
Nước đá	2,09	-	333	22
Rượu cồn	2,42	853	-	490
Thủy ngân	0,14	284	-	-

**17. Các hằng số điện môi
(tỷ đối)**

Điện môi	ϵ	Điện môi	ϵ
Ebonit	2,7	Parafin	2,0
Dầu lửa	2,0	Pôlyétylen	2,3
Không khí	1,00058	Sứ	6,0
Mica	7,5	Thủy tinh	6,0
Nước	81	Thủy tinh hữu cơ	3,5
Rượu cồn	26		

18. Điện trở suất của các vật dẫn điện

Vật dẫn điện	Điện trở suất ρ $\text{v}(20^\circ\text{C})$ $\rho, \text{n } \Omega \cdot \text{m}$	Hệ số nhiệt độ α k K^{-1}
Bạc	15	4,1
Chì	190	4,2
Đồng	16	4,3
Nhôm	25	4,5
Sắt	90	6,5
Vàng	20	4,0
Vônfram	50	4,8

**19. Độ từ thâm của các chất thuận từ và nghịch từ
(tỷ đối).**

Chất thuận từ	$\mu = 1, 10^{-6}$	Chất nghịch từ	$\mu = 1, 10^{-6}$
Ebonit	14	Benzene	-7,5
Không khí	0,38	Bismut	-176
Nhôm	23	Đồng	-10,3
Nito	0,013	Hydro	-0,063
Oxy	1,9	Muối mò	-12,6
Oxy lỏng	3400	Nước	-9,0
Platin	360	Thạch anh	-15,1
Vônfram	176	Thủy tinh	-12,6

20. Các chiết suất

Chất	n	Chất	n
Không khí	1,00029	Thủy tinh	1,50
Nước	1,33	Kim cương	2,42

Chú thích. Như đã biết, chiết suất phụ thuộc vào bản chất của chất và bước sóng ánh sáng do đó các giá trị cung cấp dưới đây trong bảng này cần xem như là quy tắc.

Bước sóng λ , nm	Mẫu	Đá băng lan		Thạch anh	
		n_d	n_0	n_d	n_0
687	Đỏ	1,484	1,653	1,550	1,541
656	Đa cam	1,485	1,655	1,551	1,542
589	Vàng	1,486	1,658	1,553	1,544
527	Lục	1,489	1,664	1,556	1,547
486	Lam	1,491	1,668	1,559	1,550
431	Chàm	1,495	1,676	1,564	1,554
400	Tím	1,498	1,683	1,568	1,558

21. Sự quay mặt phẳng phân cực

Sự quay tự nhiên trong thạch anh (bề dày của bản: 1 mm)

λ , nm	ϕ , độ	λ , nm	ϕ , độ	λ , nm	ϕ , độ
199,0	295,65	344,1	70,59	589,5	21,72
217,4	226,91	372,6	58,89	656,3	17,32
219,4	220,7	404,7	48,93	670,8	16,54
257,1	143,3	435,9	41,54	1040	6,69
274,7	121,1	491,6	31,98	1450	3,41
328,6	78,58	508,6	29,72	1770	2,28

Sự quay từ ($\lambda = 589$ nm), $\phi = VH$, V — hằng số Verdet.

Chất lỏng	$V, \frac{\text{phút góc}}{\text{cm. E}}$	Chất lỏng	$V, \frac{\text{phút góc}}{\text{cm. E}}$
Benzen	2,062	Etanol	0,864
Nước	0,013	Sulfua cacbon	0,042

22. Công thoát của điện tử ra khỏi các kim loại

Kim loại	A, eV	Kim loại	A, eV	Kim loại	A, eV
Bạc	4,28	Kali	2,15	Niken	4,84
Bari	2,29	Kẽm	3,74	Platin	5,29
Bismut	4,62	Liti	2,39	Sắt	4,36
Cési	1,89	Moliđen	4,27	Titan	3,92
Coban	4,25	Natri	2,27	Vàng	4,58
Đồng	4,47	Nhôm	3,74	Vônfram	4,50

23. Mèp của dải hấp thụ K

Z	Nguyên tố	λ_K, pm	Z	Nguyên tố	λ_K, pm
23	V	226,8	47	Ag	48,60
26	Fe	174,1	50	Sn	42,39
27	Co	160,4	74	W	17,85
28	Ni	148,6	78	Pt	15,85
29	Cu	138,0	79	Au	15,35
30	Zn	128,4	82	Pb	14,05
42	Mo	61,9	92	U	10,75

24. Các hệ số khói lượng của sự suy giảm
(chùm hẹp của bức xạ Ronghen)

λ, pm	Hệ số khói lượng của sự suy giảm $\mu/\rho, \text{cm}^2/\text{g}$				
	Không khí	Nước	Nhôm	Đồng	Chì
10		0,16	0,16	0,36	3,8
20		0,18	0,28	1,5	4,9
30		0,29	0,47	4,3	14
40		0,44	1,1	9,8	31
50	0,48	0,66	2,0	19	54
60	0,75	1,0	3,4	32	90
70	1,3	1,5	5,1	48	139
80	1,6	2,1	7,4	70	
90	2,1	2,8	11	98	
100	2,6	3,8	15	131	
150	8,7	12	46	49	
200	21	28	102	108	
250	39	51	194	198	

25. Các thế ion hóa của các nguyên tử

Z	Nguyên tử	Thế ion hóa φ, V	Z	Nguyên tử	Thế ion hóa φ, V
1	H	13,59	7	N	14,54
2	He	24,58	8	O	13,62
3	Li	5,39	9	F	17,42
4	Be	9,32	10	Ne	21,56
5	B	8,30	11	Na	5,14
6	C	11,27	80	Hg	10,44

26. Khối lượng của các nguyên tử nhẹ

Z	Dòng vi	Độ dư khối lượng của nguyên tử $A_i - A_0$, dv.khối	Z	Dòng vi	Độ dư khối lượng của nguyên tử $A_i - A_0$, dv.khối
0	H^1	0,00867	6	C^{11}	0,01143
1	H^2	0,00783		C^{12}	0
	H^3	0,01410		C^{13}	0,00335
2	He^3	0,01605	7	N^{13}	0,00574
	He^4	0,01603		N^{14}	0,00307
3	Li^6	0,00260		N^{15}	0,00011
	Li^7	0,01513	8	O^{15}	0,00307
4	Be^7	0,01601		O^{16}	-0,00509
	Be^8	0,01693		O^{17}	-0,00087
5	Be^9	0,00531	9	F^{19}	-0,00160
	Be^{10}	0,01219	10	Ne^{20}	-0,00756
	Be^{11}	0,01354	11	Na^{23}	-0,01023
	B^{10}	0,01294		Na^{24}	-0,00903
	B^{11}	0,00930	12	Mg^{24}	-0,01496

Ghi chú : Ở đây A_i là khối lượng nguyên tử tương đối (tính ra 0.v.k.l.n.t) A là số khối lượng.

27. Các chu kỳ bán rã của các dòng vi phóng X

Z	Dòng vi	Phản rã	Chu kỳ bán rã
27	Coban Co^{60}	β	5,2 năm
84	Potassium Po^{210}	α	138 ngày
88	Radium Ra^{226}	α	1620 năm
86	Radon Rn^{222}	α	3,8 ngày
38	Strontium Sr^{90}	β	28 năm
92	Uranium U^{238}	α	$4,5 \cdot 10^9$ năm

28. Bảng các hạt cơ bản

Hạt	Khối lượng MeV	J	Các điện tích			S	T	T_z
			Q	B	L			
Photon γ	0	1	0	0	0			
Neutrino ν	0	1/2	0	0	+1			
Electron e-	0,511	1/2	-1	0	+1			
Muyon μ-	105,7	1/2	-1	0	+1			
Các Meson :								
π ⁺	139,6	0	+1	0	0	0	1	+1
π ₀	135,0	0	0	0	0	0	1	0
K ⁺	493,8	0	+1	0	0	+1	1/2	+1/2
K ⁰	498,0	0	0	0	0	+1	1/2	-1/2
Prôton	p	938,3	1/2	+1	+1	0	0	1/2
Neutron	n	936,6	1/2	0	+1	0	0	1/2
Các Hyperon :	A^0	1115,4	1/2	0	+1	0	-1	0
Σ^+	1189,4	1/2	+1	+1	0	-1	1	+1
Σ^0	1192	1/2	0	+1	0	-1	1	0
Σ^-	1197	1/2	-1	+1	0	-1	1	-1
Ξ^0	1314	1/2	0	+1	0	-2	1/2	+1/2
Ξ^-	1321	1/2	-1	+1	0	-2	1/2	-1/2
Ω^-	1675	3/2	-1	+1	0	-3	0	0

Ghi chú : Ở đây J là spin, Q, B, L là các số điện tích, barion và lepton tích, S là số lô, T là spin đồng vị, T_z là kính chiều của nó. Khối lượng J và T của các phản hạt đều đồng nhất với các giá trị của khối lượng J và T của hạt ; các giá trị của các số Q, B và L và các giá trị của các S và T_z đều có dấu ngược lại.

29. Hệ thống tuần hoàn

Chỉ đo tỷ	Các				
	I	II	III	IV	V
1	H 1 1,008				
2	Li 3 6,94	Be 4 9,01	B 5 10,81	C 6 12,01	N 7 14,01
3	Na 11 22,99	Mg 12 24,31	Al 13 26,98	Si 14 28,09	P 15 30,97
	K 19 39,10	Ca 20 40,08	Sc 21 44,96	Ti 23 47,90	V
4	29 63,54	Cu 30 65,37	Zn 31 69,72	Ge 32 72,59	As 33 74,92
	Rb 37 85,47	Sr 38 87,62	Y 39 88,91	Zr 40 91,22	Nb 41 92,91
5	47 107,9	Ag 48 112,4	Cd 49 114,8	Sn 50 118,7	Sb 51 121,8
6	Cs 55 132,9	Ba 56 137,3	La 57 * 138,9	Hf 72 178,5	Ta 73 181,0
	79 197,0	Au 80 200,6	Hg 81 204,4	Pb 82 207,2	Bi 83 209,0
7	Fr 87 (223)	Ra 88 (226)	Ac 89 ** (227)	Ku 104 (260)	

* CÁC LANTANIT

58 140,1	Ce 59 140,9	Pr 60 144,2	Nd 61 (147)	Pm 62 150,4	Sm 63 152,0	Eu 64 157,3	Gd
65 158,9	Tb 66 162,5	Dy 67 164,9	Ho 68 167,3	Er 69 168,9	Tm 70 173,0	Yb 71 175,0	Lu

các các nguyên tố

nhóm	VI				VII				VIII				0	
O 8 16,00	F 9 19,00												He 2 4,00	
S 16 32,06	Cl 17 35,45												Ar 18 39,95	
24 52,00	Cr 25 54,94	Mn 26 55,85	Fe 27 58,93	Co 28 58,71	Ni									
Se 34 78,96	Br 35 79,91												Kr 36 83,80	
42 95,94	Mo 43 (99)	Tc 44 101,1	Ru 45 102,9	Rh 46 106,4	Pd									
Te 52 127,6	I 53 126,9												Xe 54 131,3	
74 183,9	W 75 186,2	Re 76 190,2	Os 77 192,2	Ir 78 195,1	Pt									
Po 84 (210)	At 85 (210)												Rn 86 222	

** CÁC ACTINIT

90 232,0	Th 91 (231)	Pa 92 238,0	U 93 (237)	Np 94 (244)	Pu 95 (243)	Am 96 (247)	Cm
Bk 97 (247)	Cf 98 (252)	Es 99 (254)	Fm 100 (257)	Md 101 (257)	No 102 (255)	Lr 103 (256)	

30. Đơn vị của các đại lượng vật lý

Ký hiệu và tên gọi của một số đơn vị

A — ampe	g — gam	ph — phút
B — bens	H — henry	N — niuton
b — bac	Hz — hertz	Qe — oxitet
C — culông	h — giờ	Pa — paxcan
cd — candela	J — jun	P — poazo
d.v.k.l.n.t. — đơn vị khôi	K — ken vin	rad — radian
lượng nguyên tử	l — lit	S — simen
dyn — dyn	lm — lumen	s — giây
eV — electron-vôn	lx — lux	sr — steradian
F — fara	M — mäckeon	T — tesla
V — vôn	W — oát	Wb — webe
Gs — gauss	m — mét	dp — diop

Các bội và uộc thập phân

giga ... G ... (10^9)	déxi ... d ... (10^{-1})	micrô ... μ ... (10^{-6})
mëga ... M ... (10^6)	centi ... c ... (10^{-2})	nanô ... n ... (10^{-9})
kilô ... k ... (10^3)	mili ... m ... (10^{-3})	picô ... p ... (10^{-12})

$$A A^9 = 10^{-10} M$$

Các đơn vị đo của hệ SI và của hệ CGS.

Đại lượng	Đơn vị đo		Tỷ số đơn vị SI
	SI	CGS	đơn vị CGS
Độ dài	m	cm	10^2
Thời gian	s	s	1
Vận tốc	m/s	cm/s	10^2
Gia tốc	m/s^2	cm/s^2	10^2
Tần số của các dao động	Hz	Hz	1
Vận tốc góc	rad/s	rad/s	1
Gia tốc góc	rad/s^2	rad/s^2	1
Khối lượng	kg	g	10^3
Khối lượng riêng	kg/m^3	g/cm^3	10^{-3}
Lực	N	dyn	10^5
Áp suất, ứng suất	Pa	dyn/cm ²	10
Xung lượng	$kg \cdot m/s$	$g \cdot cm/s$	10^3
Mômen của lực	N.m	dyn.cm	10^7
Năng lượng, công	J	ec	10^7
Công suất	W	ec/s	10^7

Đại lượng	Đơn vị đo		Tỷ số đơn vị SI
	SI	CGS	đơn vị CGS
Mật độ thông lượng năng lượng	W/m ²	ec/(s.cm ²)	10^3
Mômen xung lượng	kg.m ² /s	g.cm ² /s	10^7
Mômen quan tính	kg.m ²	g.cm ²	10^7
Độ nhớt	Pa.s	P	10
Nhiệt độ	K	K	1
Nhiệt dung, entropi	J/K	ec/K	10^7
Điện lượng	C	d.v. CGSE	$3 \cdot 10^9$
Điện thế	V	d.v. CGSE	$1/300$
Cường độ điện trường	V/m	d.v. CGSE	$1/(3 \cdot 10^4)$
Điện dịch	C/m ²	d.v. CGSE	$12 \cdot 10^3$
Mômen lưỡng cực điện	C.m	d.v. CGSE	$3 \cdot 10^{11}$
Vector phản cực	C/m ²	d.v. CGSE	$3 \cdot 10^5$
Điện dung	F	cm	$9 \cdot 10^{11}$
Cường độ dòng điện	A	d.v. CGSE	$3 \cdot 10^3$
Mật độ dòng điện	A/m ²	d.v. CGSE	$3 \cdot 10^3$
Điện trở	Ω	d.v. CGSE	$1/(9 \cdot 10^{12})$
Điện trở suất	$\Omega \cdot m$	d.v. CGSE	$1/(9 \cdot 10^9)$
Độ dẫn điện	S	d.v. CGSE	$9 \cdot 10^{12}$
Cảm ứng từ	T	Gs	10^4
Tử thông	Wb	M	10^8
Cường độ từ trường	A/m	De	$4\pi \cdot 10^{-3}$
Mômen từ	A.m ²	d.v. CGSM	10^3
Vector cường độ từ hóa	A/m	d.v. CGSM	10^{-3}
Độ tự cảm	H	cm	10^3
Cường độ sáng	cd	cd	1
Quang thông	lm	lm	1
Độ rọi	lx		
Độ trung	lm/m ²		
Độ chói	cd/m ²		

Ghi chú: Ở đây các đơn vị điện và từ trong hệ CGS được cho trong hệ tuyệt đối Gauss.

Vài đơn vị ở ngoài hệ

1 năm = $3,11 \cdot 10^7$ s	$1 eV = \begin{cases} 1,6 \cdot 10^{-19} J \\ 1,6 \cdot 10^{-12} ec \end{cases}$
1 bar = 10^5 Pa (chính xác)	
1 bac = $10^{-28} m^2$	$1,660 \cdot 10^{-27}$ kg
1 đ.v.k.l.n.t. = $931,4$ MeV	
1 Ci (curie) = $3,70 \cdot 10^{10}$ phân rã / s	

31. Các công thức cơ bản của điện từ học trong hệ SI và Gauss

Bảng 31 tiếp theo

Công thức	SI	Hệ tuyệt đối Gauss
Cường độ của trường của một điện tích điểm	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\sigma r^2}$	$E = \frac{q}{\sigma^2 r}$
Cường độ của trường trong một tụ điện phẳng	$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$	$E = \frac{4\pi\sigma}{\epsilon}$
Điện thế của trường của một điện tích điểm	$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\sigma r}$	$\varphi = \frac{q}{\sigma r}$
Hệ thức giữa E và φ	$E = -\text{grad } \varphi, \varphi_1 - \varphi_2 = \int_1^2 E dl$	
Lưỡng cực điện p trong trường E	$N = pE, W = -pE$	
Hệ thức giữa P và E	$P = \epsilon_0 E$	$\bar{P} = \epsilon E$
Hệ thức giữa σ' , P và E	$\sigma' = P_n = \epsilon_0 E_n$	$\sigma = P_n = \epsilon E_n$
Định nghĩa của vectơ D	$D = \epsilon_0 E + P$	$D = E + 4\pi P$
Hệ thức giữa ϵ và κ	$\epsilon = 1 + \kappa$	$\epsilon = 1 + 4\pi\kappa$
Hệ thức giữa D và E	$D = \epsilon_0 \epsilon E$	$D = \epsilon E$
Định lý Gauss đối với vectơ D	$\oint D_n dS = \sum q$	$\oint D_n dS = 4\pi \sum q$
Điện dung của tụ điện	$C = q/U$	
Điện dung của tụ điện phẳng	$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$	$C = \frac{\epsilon S}{2\pi d}$
Năng lượng của một hệ điện tích	$W = \frac{1}{2} \sum q_i \varphi_i$	
Năng lượng của tụ điện	$W = CU^2/2$	
Mật độ năng lượng của điện trường	$w = \frac{ED}{2}$	$w = \frac{ED}{8\pi}$
Định luật Ohm	$j = \sigma E$	
Định luật Joule-Lenz	$w = \sigma E^2$	
Mômen từ của một chu vi kin có dòng điện	$p_m = iS$	$p_m = \frac{1}{c} iS$
Lưỡng cực từ p_m trong trường B	$N = [p_m B]$	$W = -p_m B$
Định luật Biot — Savart	$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i dl_1 t }{r^3}$	$dB = -\frac{1}{c} \frac{i dl_1 t }{r^3}$
Cảm ứng từ :		
a) Của một dòng điện thẳng	$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2i}{r}$	$B = \frac{1}{c} \frac{2i}{r}$

Công thức	SI	Hệ tuyệt đối Gauss
b) Ở tâm của một vòng dây	$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi i}{r}$	$B = \frac{1}{c} \frac{2\pi i}{r}$
c) Trong một xoáy lõi	$B = \mu_0 ni$	$B = \frac{4\pi}{c} ni$
Định nghĩa của vectơ H	$H = B/\mu_0 - J$	$H = B - 4\pi J$
Lưu số của vectơ H	$\oint H_n dl = \sum i$	$\oint H_n dl = \frac{4\pi}{c} \sum i$
Hệ thức giữa J và H		$J = \chi H$
Hệ thức giữa μ và χ	$\mu = 1 + \chi$	$\mu = 1 + 4\pi\chi$
Hệ thức giữa B và H	$B = \mu_0 \mu H$	$B = \mu H$
Lực Lorentz	$F = q[vB]$	$F = \frac{q}{c}[vB]$
Định luật Ampère	$dF = i[dl, B]$	$dF = \frac{i}{c}[dl, B]$
Tương tác của hai dòng điện song song	$F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2i_1 i_2}{d}$	$F = \frac{1}{c^2} \frac{2i_1 i_2}{d}$
Sđđ cảm ứng	$\mathcal{E}_t = -\frac{d\Psi}{dt}$	$\mathcal{E}_t = -\frac{1}{c} \frac{d\Psi}{dt}$
Tự cảm	$L = \Psi/i$	$L = c\Psi/i$
Tự cảm của xoáy lõi	$L = \mu_0 n^2 V$	$L = 4\pi \mu n^2 V$
Năng lượng từ trường của một dòng điện	$W = \frac{Li^2}{2}$	$W = \frac{1}{c^2} \frac{Li^2}{2}$
Mật độ năng lượng từ trường	$w = \frac{BH}{2}$	$w = \frac{BH}{8\pi}$
Các phương trình Maxwell dưới dạng tích phân	$\oint D_n dS = \int \rho dV$	$\oint D_n dS = 4\pi \int \rho dV$
	$\oint E_n dl = - \int B_n dS$	$\oint E_n dl = -\frac{1}{c} \int B_n dS$
	$\oint B_n dS = 0$	$\oint B_n dS = 0$
	$\oint H_n dl = \int (j_n + D_n) dS$	$\oint H_n dl =$
		$= \frac{4\pi}{c} \int (j_n + \frac{D_n}{4\pi}) dS$
Các phương trình Maxwell dưới dạng vi phân	$\text{div } \mathbf{D} = \rho$	$\text{div } \mathbf{D} = 4\pi\rho$
	$\text{rot } \mathbf{E} = -\mathbf{B}$	$\text{rot } \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \mathbf{B}$
	$\text{div } \mathbf{B} = 0$	$\text{div } \mathbf{B} = 0$

Bảng 31 tiếp theo

Công thức	SI	Hệ tuyết đối Gauss
Vận tốc của sóng điện từ trong môi trường	$\text{rot } \mathbf{H} = \mathbf{j} + \mathbf{D}$ $v = 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \sigma \mu}$ $E/\sqrt{\epsilon_0 \epsilon} = H\sqrt{\mu_0 \mu}$	$\text{rot } \mathbf{H} = \frac{4\pi}{c} \left(\mathbf{j} + \frac{\mathbf{D}}{4\pi} \right)$ $v = c/\sqrt{\epsilon \mu}$ $E\sqrt{\epsilon} = H\sqrt{\mu}$
Hệ thức giữa E và H trong sóng điện từ		
Vector Poynting	$\mathbf{S} = \mathbf{E}\mathbf{H} $	$S = \frac{c}{4\pi} \mathbf{E}\mathbf{H} $

32. Các hằng số vật lý cơ bản

Vận tốc ánh sáng trong chân không	$c = \begin{cases} 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s} \\ 2,998 \cdot 10^{10} \text{ cm/s} \end{cases}$
Hằng số hấp dẫn	$\gamma = \begin{cases} 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2) \\ 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3/(\text{g} \cdot \text{s}^2) \end{cases}$
Gia tốc rơi tự do (tiêu chuẩn)	$g = \begin{cases} 9,807 \text{ m/s}^2 \\ 980,7 \text{ cm/s}^2 \end{cases}$
Số Avogadro	$N_A = \begin{cases} 6,025 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1} \\ 6,025 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \end{cases}$
Thể tích khí tiêu chuẩn	$V_0 = 22,42 \text{ m}^3/\text{kmol(L/mol)}$
Hằng số khí	$R = \begin{cases} 8,314 \text{ J/kmol} \\ 8,314 \cdot 10^7 \text{ Jec/kmol} \end{cases}$
Hằng số Boltzmann	$k = \begin{cases} 1,380 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \\ 1,380 \cdot 10^{-16} \text{ ec/K} \end{cases}$
Số Faraday	$F = \begin{cases} 9,65 \cdot 10^8 \text{ C/kg} - \text{đường lượng} \\ 2,90 \cdot 10^{14} \text{ CGSE/g} - \text{đường} \\ \text{liượng} \end{cases}$
Điện tích nguyên tử	$e = \begin{cases} 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ 4,803 \cdot 10^{-10} \text{ CGSE} \end{cases}$

Khối lượng của electron	$m_e = \begin{cases} 9,11 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \\ 9,11 \cdot 10^{-27} \text{ g} \\ 0,511 \text{ MeV} \end{cases}$
Điện tích riêng của electron	$\frac{e}{m_e} = \begin{cases} 1,76 \cdot 10^{11} \text{ C/kg} \\ 5,27 \cdot 10^{17} \text{ CGSE/g} \end{cases}$
Khối lượng của proton	$m_p = \begin{cases} 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \\ 1,672 \cdot 10^{-24} \text{ g} \end{cases}$
Điện tích riêng của proton	$\frac{e}{m_p} = \begin{cases} 0,959 \cdot 10^8 \text{ C/kg} \\ 2,87 \cdot 10^{14} \text{ CGSE/g} \end{cases}$
Hằng số Stéfan — Boltzmann	$\sigma = \begin{cases} 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4) \\ 5,67 \cdot 10^{-5} \text{ ec/(s} \cdot \text{cm}^2 \text{K}^4) \end{cases}$
Hàng số của định luật chuyển rời Wien	$b = 0,29 \text{ cm} \cdot \text{K}$
Hàng số Planck	$\hbar = \begin{cases} 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ J.s} \\ 1,054 \cdot 10^{-29} \text{ ec.s} \\ 0,659 \cdot 10^{-33} \text{ eV.s} \end{cases}$
Hàng số Rydberg	$R_\infty = \begin{cases} 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \\ 1,097 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-1} \\ 2,07 \cdot 10^{16} \text{ rad/s} \end{cases}$
Bán kính Bohr thứ nhất	$r_1 = \begin{cases} 0,529 \cdot 10^{-10} \text{ m} \\ 0,529 \cdot 10^{-8} \text{ cm} \end{cases}$
Năng lượng liên kết của electron trong nguyên tử hyđrô	$E = 13,56 \text{ eV}$
Bước sóng Compton của electron	$\lambda_c = 3,86 \cdot 10^{-13} \text{ m}$
Bán kính cõi điện của electron	$r_e = \begin{cases} 2,82 \cdot 10^{-15} \text{ m} \\ 2,82 \cdot 10^{-13} \text{ cm} \end{cases}$
Manhêton Bohr	$\mu_B = \begin{cases} 0,927 \cdot 10^{-23} \text{ J/T} \\ 0,927 \cdot 10^{-20} \text{ ec/Gs} \end{cases}$
Manhêton hạt nhân	$\mu_N = \begin{cases} 5,05 \cdot 10^{-27} \text{ J/T} \\ 5,05 \cdot 10^{-24} \text{ ec/Gs} \end{cases}$
Các mômen từ:	
của proton	$\mu_p = 2,7928 \mu_B$
của neutron	$\mu_n = -1,913 \mu_B$
Đơn vị khối lượng nguyên tử đ.v.k.l.o.t	$= \begin{cases} 1,660 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \\ 1,660 \cdot 10^{-24} \text{ g} \\ 931,4 \text{ MeV} \end{cases}$
Hằng số điện	$\epsilon_0 = 0,885 \cdot 10^{-11} \text{ F/m}$
	$1/4 \pi \epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ m/F}$
Hằng số từ	$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$
	$\mu_0 / 4\pi = 10^{-7} \text{ H/m}$