

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Физика»

А. А. Бойко, Е. С. Петрова, П. Д. Петрашенко

ФИЗИКА

ПРАКТИКУМ

**по одноименному курсу
для студентов всех специальностей
заочной формы обучения**

В трех частях

Часть 1

Механика и молекулярная физика

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2010

УДК 531/534+539.194(075.8)
ББК 22.36я73
Б77

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 5 от 15.06.2009 г.)*

Рецензент: кан. физ.-мат. наук, доц. каф. «Высшая математика» ГГТУ им. П. О. Сухого
В. И. Лашкевич

Бойко, А. А.
Б77 Физика : практикум по одноим. курсу для студентов всех специальностей заоч. формы обучения : в 3 ч. Ч. 1. Механика и молекулярная физика / А. А. Бойко, Е. С. Петрова, П. Д. Петрашенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 45 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-901-2.

Представлены тестовые задания по разделам курса физики «Механика и молекулярная физика». Ориентирован на проверку знаний, определений, основных законов и положений курса. Для студентов всех специальностей заочной формы обучения.

УДК 531/534+539.194(075.8)
ББК 22.36я73

ISBN 978-985-420-901-2 (ч. 1)
ISBN 978-985-420-906-7

© Бойко А. А., Петрова Е. С.,
Петрашенко П. Д., 2010
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2010

Предисловие

Практикум представляет собой образцы тестовых заданий по разделам курса физики «Механика, гармонические колебания и волны, молекулярная физика». Тестовые задания составлены по типу заданий закрытой формы, один или несколько из которых являются правильными. Часть задач составлена на установление правильного соответствия между элементами двух множеств.

Практикум предназначен в помощь студентам заочной формы обучения для проверки усвоения ими учебного материала, а также может быть использован при подготовке к экзаменам, проводимым в тестовой форме. Данное учебное издание содержит также ряд контрольных вопросов и задач без выбора ответа и может быть полезно для студентов дневной формы обучения для подготовки к коллоквиумам по соответствующим разделам физики и для преподавателей, использующих в своей работе тестовый способ контроля знаний.

Основные законы и формулы «Механика. Гармонические колебания и волны»

Скорость мгновенная $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$, или $v = \frac{ds}{dt}$

Ускорение:

– мгновенное

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

– тангенциальное

$$a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$$

– нормальное

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

– полное

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$$

Скорость угловая

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

Ускорение угловое

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

Уравнение равнопеременного
вращательного движения

$$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$$

$$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$$

Связь между линейными и угловыми величинами, характеризующими движение точки по окружности

$$s = \varphi r, \quad v = \omega r$$

$$a_\tau = \varepsilon r, \quad a_n = \omega^2 r$$

Второй закон Ньютона для поступательного движения

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Второй закон Ньютона для поступательного движения при $m = \text{const}$

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

Импульс материальной точки массы m , движущейся со скоростью \vec{v}

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

Закон сохранения импульса для изолированной системы тел

$$\sum_{i=1}^n m_i v_i = \text{const}$$

Работа переменной силы на пути s

$$A = F \cos \alpha ds$$

Мощность

$$N = \frac{dA}{dt} = Fv \cos \alpha$$

Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия тела, находящегося в однородном поле тяжести

$$\Pi = mgh$$

Кинетическая энергия тела

$$T = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$$

Закон сохранения механической энергии

$$E = T + \Pi = \text{const}$$

Момент инерции материальной точки

$$J = mr^2$$

Момент инерции некоторых тел массой m :

– полого и сплошного цилиндров (или диска) радиуса R относительно оси вращения, совпадающей с осью цилиндра

$$J_{\text{пол}} = mR^2$$

$$J_{\text{спл}} = \frac{1}{2}mR^2$$

– шара радиуса R относительно оси вращения, проходящей через центр масс шара

$$J_0 = \frac{2}{5}mR^2$$

– тонкого стержня длиной l , если ось вращения перпендикулярна стержню и проходит через центр масс стержня

$$J_0 = \frac{1}{12}ml^2$$

– тонкого стержня длиной l ,
но ось вращения проходит через
один из концов стержня
– тела относительно произволь-
ной оси (теорема Штейнера)

$$J_0 = \frac{1}{3}ml^2$$

$$J = J_0 + md^2$$

Момент импульса

$$\vec{L} = \vec{r} \cdot \vec{p}$$

Момент силы

$$\vec{M} = \vec{r} \cdot \vec{F}$$

Основное уравнение динамики
вращательного движения

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d(J\vec{\omega})}{dt}$$

Основное уравнение динамики
вращательного движения
при $J = \text{const}$

$$\vec{M} = \frac{Jd\vec{\omega}}{dt} = J\vec{\epsilon}$$

Закон сохранения момента импуль-
са для изолированной системы

$$\sum_{i=1}^n J_i \vec{\omega}_i = \text{const}$$

Кинетическая энергия вращающе-
гося тела

$$T = \frac{J\omega^2}{2}$$

Уравнение гармонических колеба-
ний материальной точки

$A = \cos(\omega t + \varphi)$,
где x – смещение; A – ампли-
туда колебаний; ω – угловая,
или циклическая частота; φ –
начальная фаза

Скорость и ускорение материаль-
ной точки, совершающей гармо-
нические колебания

$$v = A\omega \sin(\omega t + \varphi)$$
$$a = A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi)$$

Сложение гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты:

– амплитуда результирующего колебания

– начальная фаза результирующего колебания

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$\varphi = \arctg \frac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2}$$

Вопросы для самоконтроля по разделу «Кинематика. Динамика»

1. Что называется материальной точкой?
2. Какая система отсчета называется инерциальной?
3. Что такое вектор перемещения? Поясните ответ рисунком.
4. Дайте определение вектора мгновенной скорости.
5. Дайте определение вектора мгновенного ускорения.
6. Что характеризует тангенциальная и нормальная составляющие ускорения? Каковы их модули?
7. Что называется угловой скоростью? Как определяется ее направление?
8. Что называется угловым ускорением? Как определяется его направление?
9. Сформулируйте законы Ньютона.
10. В чем заключается закон сохранения импульса? В каких системах он выполняется?
11. В чем заключается закон сохранения механической энергии? Для каких систем он выполняется?
12. Как связана работа с изменением кинетической и потенциальной энергии тела?
13. Запишите выражение для потенциальной энергии упругодеформированного тела.
14. Что такое мощность? Запишите ее формулу. Как зависит мощность от силы тяги и скорости движения тела?
15. В чем заключается физическая сущность закона сохранения момента импульса? В каких системах он выполняется?
16. Что называют моментом силы?
17. Запишите формулу для момента импульса электрона, движущегося по круговой орбите вокруг ядра. Покажите направление момента импульса электрона.
18. Что такое момент инерции тела?
19. Запишите моменты инерции относительно центра масс для стержня, цилиндра, шара.
20. Когда применяют теорему Штейнера?
21. Сформулируйте уравнение динамики вращательного движения твердого тела.
22. Запишите формулу для кинетической энергии тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.

Тестовые задания

1. Радиус-вектор – это:
 - а) вектор, проведенный из любой точки к любой точке траектории;
 - б) вектор, проведенный из любой точки траектории к началу координат;
 - в) вектор, проведенный из начала координат к любой точке траектории.
2. В каком из ответов все величины являются скалярными?
 - а) масса, работа, импульс, время, плотность;
 - б) энергия, температура, работа, мощность, масса;
 - в) момент импульса, сила, импульс, ускорение.
3. Что нужно поставить вместо многоточия в предложении: «Система отсчета, в которой тело..., называется инерциальной»?
 - а) движется с постоянным ускорением по отношению к другим системам отсчета;
 - б) движется прямолинейно по отношению к другим системам отсчета;
 - в) движется равномерно по отношению к другим системам отсчета;
 - г) находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.
4. Радиус-вектор, определяющий положение материальной точки в пространстве, изменяется со временем по закону $r = 3t\vec{i} + 4t\vec{j} + 7\vec{k}$. Чему равен модуль скорости:
 - а) 74 м/с;
 - б) 25 м/с;
 - в) 14 м/с;
 - г) 8,6 м/с;
 - д) 5 м/с.
5. В каком из приведенных ниже выражений допущена ошибка?
 - а) $v = [r \omega]$;
 - б) $L = [r p]$;
 - в) $M = [r F]$;
 - г) $dr = [d\varphi r]$;
 - д) $a_\tau = [\beta r]$.

6. Какое из приведенных ниже выражений определяет перемещение материальной точки?

а) $\vec{r}_{12} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$;

б) $\vec{z} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$;

в) $r = v dt$;

г) $r = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n m_i r_i$.

7. Какое из приведенных ниже уравнений описывает равномерное прямолинейное движение?

1) $v = v_0 + at$; 2) $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$; 3) $v = \frac{S}{t}$; 4) $\omega = \frac{\varphi}{t}$; 5) $S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$.

а) 1;

б) 2, 4;

в) 3;

г) 3, 4;

д) 5.

8. Какие из приведенных ниже уравнений описывают криволинейное ускоренное движение?

1) $v = v_0 + at$; 2) $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$; 3) $v = \frac{S}{t}$; 4) $\omega = \frac{\varphi}{t}$; 5) $\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$.

а) 1, 2;

б) 2, 5;

в) 3;

г) 3, 4;

д) 5.

9. В каком из приведенных ниже выражений допущена ошибка?

1) $v = \omega R$; 2) $a_\tau = \varepsilon R$; 3) $a_n = \omega^2 R$; 4) $S = \varphi R$; 5) $a = \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$.

а) 1;

б) 2;

в) 3;

г) 4;

д) 5.

10. Материальная точка движется равноускоренно по криволинейной траектории. Вектор мгновенной скорости направлен:

а) по касательной к траектории;

б) к центру кривизны траектории;

в) по направлению вектора перемещения;

г) вдоль радиуса кривизны от центра;

д) среди ответов а–г нет верного.

11. Закон изменения угловой скорости материальной точки имеет вид $\omega = 9t^2$. Угловое ускорение точки определяется выражением:

а) $\varepsilon = 18t$;

б) $\varepsilon = 9t$;

в) $\varepsilon = 4,5t$;

г) $\varepsilon = 18t^2$;

д) $\varepsilon = 18$.

12. При движении материальной точки вектор скорости все время перпендикулярен вектору ускорения. Точка движется:

а) вдоль прямой;

б) по криволинейной траектории равномерно;

в) по криволинейной траектории равноускоренно;

г) по окружности равномерно;

д) по окружности равноускоренно.

13. Касательное ускорение точки, движущейся по окружности радиуса R , связано с угловым ускорением точки соотношением:

а) $a_\tau = \frac{v^2}{R}$;

б) $a_\tau = \frac{\varepsilon}{R}$;

в) $a_\tau = \varepsilon R$;

г) $\varepsilon = \frac{R}{a_\tau}$;

д) среди ответов а–г нет верного.

14. Точка вращается по окружности радиуса R согласно уравнению $\varphi = 7t^3 + 8t^2 + 4t$. Нормальное ускорение точки определяется выражением:

а) $a_n = (7t^3 + 8t^2 + 4t)R$;

б) $a_n = (21t^2 + 16t + 4)R$;

в) $a_n = (42t + 16)R$;

г) $a_n = (21t^2 + 16t + 4)^2 R$;

д) $a_n = (42t + 16)^2 R$.

15. Установите соответствие между потенциальной энергией тела в поле различных сил и ее математическим выражением.

Потенциальная энергия

Математическое выражение

- а) потенциальная энергия тела в поле консервативных сил
- б) потенциальная энергия тела в поле силы тяжести
- в) потенциальная энергия тела в поле упругой силы
- г) потенциальная энергия тела в гравитационном поле

1) mgh

2) $\frac{kr^2}{2}$

3) $G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

4) $\int_p^0 F dr$

- а) _; б) _; в) _; г) _.

16. На рис. 1 и 2 указано направление импульса материальной точки, положение материальной точки относительно точки O задается радиус-вектором. Момент импульса материальной точки направлен:

- а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.

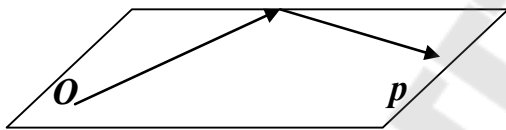


Рис. 1

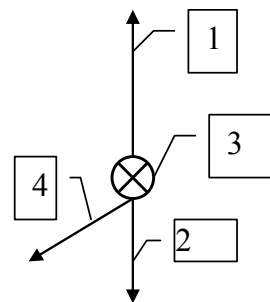
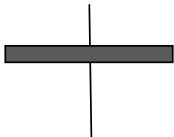
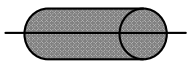

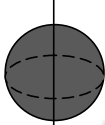



Рис. 2

17. Момент инерции стержня длиной l , относительно оси проходящей через конец стержня, равен:

- а) $\frac{1}{2} ml^2$;
- б) $\frac{1}{12} ml^2$;
- в) $\frac{1}{3} ml^2$;
- г) $\frac{1}{4} ml^2$;
- д) ml^2 .

18. Установите соответствие для моментов инерции однородных тел относительно оси z_c , проходящей через центр масс тела.

<i>Твердое тело</i>	<i>Ось z_c</i>	<i>Момент инерции</i>
а) тонкий стержень длины l		1) mR^2
б) сплошной цилиндр радиуса R		2) $\frac{1}{12}ml^2$
в) тонкий диск радиуса R		3) $\frac{2}{5}mR^2$
г) шар радиуса R		4) $\frac{1}{4}mR^2$
д) обруч радиуса R		5) $\frac{1}{2}mR^2$
а) _; б) _;	в) _	г) _ д) _.

19. Установите соответствие между силой и ее математическим выражением.

<i>Сила</i>	<i>Математическое выражение</i>
а) сила гравитационного взаимодействия	1) $F = \mu N$
б) сила тяжести	2) $F = -rv$
в) сила упругости	3) $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
г) сила трения скольжения	4) $F = mg$
д) сила сопротивления	5) $F = -kr$
а) _; б) _;	в) _; г) _; д) _.

20. Как изменится момент инерции свинцового цилиндра относительно оси, совпадающей с его геометрической осью симметрии, если цилиндр сплющить в диск?

- а) не изменится;
- б) увеличится;
- в) уменьшится.

21. Какое из приведенных ниже выражений есть определение момента силы относительно точки?

а) $M = \frac{dL}{dt}$;

б) $M = [rF]$;

в) $M = J\varepsilon$;

г) $M = rF \sin \alpha$.

22. Какое из приведенных ниже выражений есть определение момента импульса относительно оси?

а) $L = [rP]$;

б) $L = [rP] \cos \alpha$;

в) $L = J\omega$;

г) $L = rps \sin \alpha$.

23. Кинетическая энергия твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, рассчитывается по выражению:

а) $\frac{p^2}{2m}$;

б) $\frac{L^2}{2J}$;

в) $\frac{mv^2}{2}$;

г) $\frac{J_c \omega^2}{2}$.

24. Кинетическая энергия твердого тела при сложном движении равна:

а) $\frac{p^2}{2m}$;

б) $\frac{L^2}{2J}$;

в) $\frac{mv^2}{2}$;

г) $\frac{J_c \omega^2}{2} + \frac{v_c^2 m}{2}$;

д) $\frac{J\omega^2}{2}$.

25. Проведите аналогию между величинами, характеризующими поступательное и вращательное движение.

Поступательное движение

Вращательное движение

а) r

1) J

б) v

2) L

в) a

3) ω

г) p

4) M

д) F

5) ε

е) m

6) φ

а) _; б) _; в) _; г) _; д) _; е) _.

26. Убыль механической энергии равна работе... сил:

- а) консервативных;
- б) результирующих;
- в) диссипативных.

27. Моментом силы называют величину, численно равную:

- а) произведению силы на квадрат расстояния от оси вращения;
- б) произведению силы на длину перпендикуляра, опущенного из центра вращения на направление силы;
- в) произведению силы на расстояние до оси вращения
- г) произведению силы на угловую скорость;
- д) среди ответов а–г нет верного.

28. Момент инерции абсолютно твердого тела есть:

- а) мера инертности тела при вращательном движении;
- б) величина, численно равная произведению массы тела на квадрат расстояния до оси вращения;
- в) величина, равная массе тела при вращательном движении;
- г) величина, численно равная сумме произведений элементарных масс на квадрат расстояния до оси вращения;
- д) величина, пропорциональная моменту силы.

29. Момент инерции тела относительно любой оси измеряется:

- а) $\text{кг} \cdot \text{м}$;
- б) $\text{Н} \cdot \text{м}$;
- в) $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;
- г) $\text{Н} \cdot \text{с}$;
- д) $\text{кг}(\text{м}/\text{с}^2)$.

30. На рис. 3 и 4 указано направление силы материальной точки, положение материальной точки относительно точки O задается радиус-вектором. Вращающий момент материальной точки направлен:

а) 1;

б) 2;

в) 3;

г) 4.

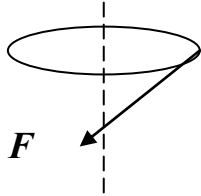


Рис. 3

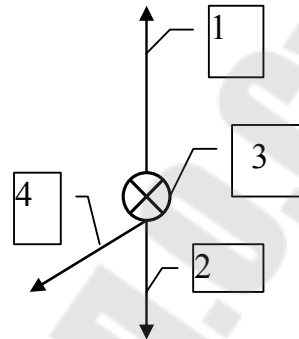


Рис. 4

31. Угол поворота вала изменяется по закону $\varphi = 2t^2 + 5t + 8$, момент инерции вала равен $10 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, вращающий момент равен ($\text{Н} \cdot \text{м}$):

а) 150;

б) 100;

в) 20;

г) 40;

д) 10.

32. Момент инерции шара массой m и радиусом R относительно оси касательной к поверхности шара равен:

а) $\frac{2}{5}mR^2$;

б) $\frac{1}{5}mR^2$;

в) $\frac{7}{5}mR^2$;

г) mR^2 ;

д) $\frac{3}{2}mR^2$.

33. Диск массой 2 кг катится без скольжения по горизонтальной плоскости со скоростью 4 м/с, кинетическая энергия диска равна, Дж:

а) 24;

б) 32;

в) 14;

г) 8;

д) среди ответов а–г нет верного.

34. Теорема Штейнера выражается формулой:

- а) $J_0 = \frac{1}{2}mR^2$; б) $J = \frac{2}{5}mR^2$; в) $J = J_0 + ma^2$;
 г) $J = J_0 + \frac{1}{2}ma^2$; д) $J = J_0 + ma$.

35. Человек, стоящий на вращающейся скамье Жуковского, повернул длинный шест из вертикального положения в горизонтальное. Угловая скорость вращения скамьи и момент инерции системы при этом:

- а) увеличилась, увеличился;
 б) уменьшилась, уменьшился;
 в) не изменилась, уменьшился;
 г) уменьшилась, увеличился;
 д) увеличилась, уменьшился.

36. Момент инерции однородного тонкого стержня относительно оси равен:

- а) mr^2 ;
 б) $\frac{1}{12}mr^2$;
 в) $\frac{1}{3}mr^2$;
 г) $2mr^2$;
 д) $\frac{4}{3}mr^2$.

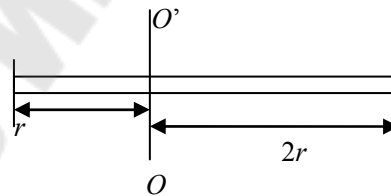


Рис. 5

37. На рис. 6 и 7 показаны направление угловой скорости и углового ускорения вращающегося диска. Момент импульса диска имеет направление:

- а) A ; б) B ; в) C ; г) D .

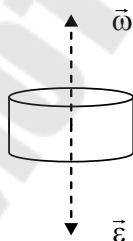


Рис. 6

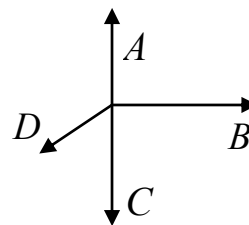


Рис. 7

38. Угловая скорость цилиндра массой 2 кг и радиусом 0,1 м возросла от 3 рад/с до 5 рад/с. При этом была совершена работа, Дж:

- а) 0,4;
- б) 0,04;
- в) 0,08;
- г) 0,8;
- д) 0,16.

39. Момент инерции велосипедного колеса массой m и радиусом R , распределенной по ободу относительно точки его соприкосновения с дорогой, равен:

- а) mR^2 ;
- б) $2mR^2$;
- в) $3mR^2$;
- г) $\frac{1}{2}mR^2$;
- д) $\frac{2}{5}mR^2$.

40. Зависимость потенциальной энергии частицы от координаты в силовом поле определяется выражением $E_n = 2x + 3x^2$. Частица будет находиться в равновесии при x , равном:

- а) 2/3;
- б) 1/3;
- в) -1/3;
- г) 1;
- д) 3/2.

41. Установите соответствие между физическим законом и его математическим выражением.

<i>Закон</i>	<i>Математическое выражение</i>
а) второй закон Ньютона	1) $\sum_{i=1}^n J_i \omega_i = \text{const}$
б) закон всемирного тяготения	2) $E = T + U = \text{const}$
в) закон сохранения импульса	3) $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

г) закон сохранения механической энергии

$$4) F = \frac{dp}{dt}$$

д) закон сохранения момента импульса

$$5) \sum_{i=1}^n m_i v_i = \text{const}$$

а) $_$; б) $_$; в) $_$; г) $_$; д) $_$.

42. Работа внешних сил при повороте твердого тела вокруг неподвижной оси рассчитывается по выражению:

а) $A_{12} = \int_1^2 F dr$;

б) $A_{12} = \int_1^2 F \cos \alpha dr$;

в) $A_{12} = \int_1^2 F_s ds$;

г) $A_{12} = \int_1^2 M d\varphi$.

43. Имеется система частиц, на которую не действуют внешние силы. В каких из приведенных ниже выражений законов сохранения допущены ошибки?

1) $E = T + U \neq \text{const}$; 2) $\sum_{i=1}^n L_i = \text{const}$; 3) $\sum_{i=1}^n p_i = \text{const}$; 4) $I \omega \neq \text{const}$.

а) 1, 4;

б) 2;

в) 1, 3, 4;

г) 3.

44. Как изменится угловое ускорение вала, если грузы переместить ближе к оси вращения? Момент сил, действующий на вал, сохраняется прежним.

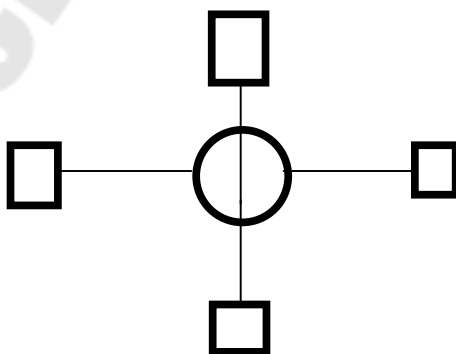


Рис. 8

а) увеличится;

б) уменьшится;

в) не изменится.

45. Два диска с равными массами и радиусами R_1 и R_2 ($R_1 = 2R_2$) раскручивают из состояния покоя до одинаковых угловых скоростей. Найдите отношение произведенных работ (A_1/A_2):

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3.

Задачи без выбора ответа

1. Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r} = t^3 \vec{i} + 3t^2 \vec{j}$. Определите модуль и вектор скорости и ускорения.

2. Тело движется в плоскости xu из положения с координатами $x_1 = 0$, $y_1 = 0$ со скоростью $\vec{v} = a\vec{i} + bx\vec{j}$. Определите уравнение траектории движения тела.

3. Уравнение движения материальной точки вдоль оси OX имеет вид $x = 5 + 10t + 4t^2$. Определите значение проекции равнодействующей всех сил, приложенных к телу массой 200 г на ось OX .

4. Диск вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободе колеса от времени, задается уравнением $v = At + Bt^2$, $A = 0,3 \text{ м/с}^2$, $B = 0,1 \text{ м/с}^2$. Определите тангенциальное ускорение.

5. Шарик массой 20 г, падая с высоты 1 м на стальную плиту, отскакивает от нее на высоту 0,8 м. Определите импульс силы, полученный плитой при ударе, и количество тепла, выделившееся при ударе. Сопротивление воздуха не учитывать.

6. Человек массой 70 кг, стоящий на краю платформы радиусом 2 м и массой 100 кг, бросает по касательной к краю груз массой 2 кг со скоростью 4 м/с. С какой угловой скоростью начнет вращаться платформа?

7. Тело движется в поле с потенциальной энергией $U = 6/r - 4/r^2$, Дж. Определите силу, действующую на тело в точке с радиусом 0,5 м, и работу, совершаемую при перемещении точки с $r_1 = 1$ м в точку $r_2 = 2$ м.

8. На обод маховика диаметром 40 см намотан шнур, к концу которого привязан груз массой 2 кг. Определите момент инерции маховика, если груз под действием силы тяжести за время 2 с опустился на расстояние 80 см.

Вопросы для самоконтроля по разделу «Гармонические колебания и волны»

1. Что представляют собой колебания, свободные колебания, гармонические колебания, периодические процессы?
2. Дайте определение амплитуды, фазы, периода, частоты, циклической частоты колебания.
3. В чем заключается идея метода вращающегося вектора?
4. Запишите гармоническое колебание в экспоненциальном виде.
5. Выведите формулы для скорости и ускорения гармонически колеблющейся точки как функции времени. Дайте определение гармонического осциллятора.
6. Что называется пружинным маятником, физическим, математическим?
7. Выведите формулы для периодов колебаний пружинного, физического и математического маятников.
8. Что такое приведенная длина физического маятника? Выведите формулу для полной энергии материальной точки, совершающей гармонические колебания.
9. Запишите дифференциальное уравнение затухающих колебаний.
10. Выведите формулу для частоты затухающих колебаний.
11. Что такое коэффициент затухания, декремент затухания, логарифмический декремент затухания? В чем заключается физический смысл этих величин?
12. Что такое вынужденные колебания? Запишите для них дифференциальное уравнение.
13. Что называется резонансом? Какова его роль?
14. Как объяснить распространение колебаний в упругой среде?
15. Что называется поперечной волной, продольной волной? Когда возникают эти волны?
16. Что называется длиной волны? Какова взаимосвязь между длиной волны, скоростью и периодом?
17. Запишите уравнение бегущей волны.
18. Что такое волновое число, фазовая и групповая скорости?
19. Чем отличается стоячая волна от бегущей? Запишите уравнение стоячей волны и дайте его анализ.
20. Запишите уравнение сферической волны, волновое уравнение.

Тестовые задания

1. Какое из приведенных ниже утверждений есть определение гармонического колебательного движения?

- а) движение, вызванное внешней периодически изменяющейся силой;
- б) движение, при котором периодически повторяются значения физических величин, определяющих это движение;
- в) движение, при котором смещение от положения равновесия со временем меняется по закону синуса или косинуса;
- г) движение, при котором все точки тела движутся по окружностям с центрами, лежащими на одной прямой.

2. Зависимость координаты x от времени t имеет вид:

- 1) $x = 4 \sin(\omega t - \pi/6)$; 2) $x = A \sin^2 \omega t$; 3) $x = At \sin \omega t$;
- 4) $x = A_1 \cos(\omega t + \varphi) + A_2 \cos \omega t$; 5) $x = A \sin^3 \omega t$.

Какие из зависимостей описывают гармонические колебания?

- а) 1;
- б) 2, 3;
- в) 1, 4
- г) 3, 4;
- д) 5.

3. За 4 с маятник совершает 8 колебаний. Частота колебаний равна, Гц:

- а) 0,5;
- б) 2;
- в) 4;
- г) 8;
- д) 32.

4. Какие из графиков, приведенных на рис. 1–4, описывают зависимость от времени смещения точки от положения равновесия для гармонического колебательного движения.

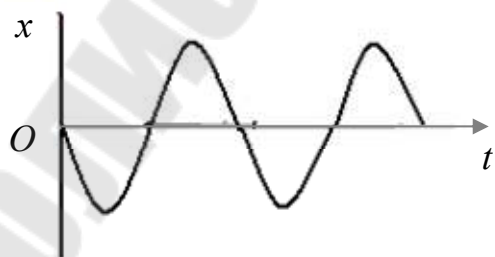


Рис. 1

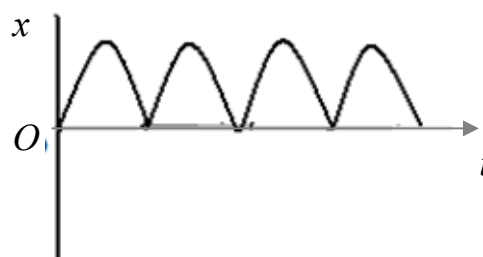


Рис. 2

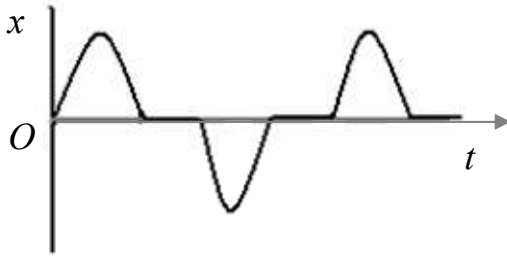


Рис. 3



Рис. 4

- а) рис. 1;
- б) рис. 1, 2;
- в) рис. 2, 3;
- г) рис. 3, 4;
- д) рис. 1, 4.

5. Задано уравнение гармонических колебаний $x = A \cos(2\pi t/T + \varphi)$. Какое из нижеприведенных выражений представляет фазу этих колебаний?

- а) $2\pi t/T$;
- б) φ ;
- в) $2\pi/T$;
- г) $(2\pi t/T + \varphi)$;
- д) $\cos(2\pi t/T + \varphi)$.

6. Что называется амплитудой гармонических колебаний?

- а) смещение тела от положения равновесия в данный момент времени;
- б) расстояние между точками, колеблющимися в одинаковых фазах;
- в) расстояние между точками, колеблющимися в противоположных фазах;
- г) максимальное смещение тела от положения равновесия.

7. Написать уравнение гармонического колебания, если известны его параметры: амплитуда колебаний 5 см, циклическая частота $2\pi \text{ с}^{-1}$, начальная фаза $\pi/4$.

- а) $x = 5 \cos 2\pi/T(t + \pi/4)$;
- б) $x = 5 \cos (2\pi t + \pi/4)$;
- в) $x = 5 \cos 2\pi(t + \pi/4)$;
- г) $x = 5 \cos (2\pi/T + \pi/4)$.

8. При свободных колебаниях маятника максимальное значение потенциальной энергии равно 10 Дж, максимальное значение кинетической энергии равно 10 Дж. Полная механическая энергия изменяется в пределах, Дж:

- а) от 0 до 10;
- б) от 0 до 20;
- в) от 10 до 20;
- г) не изменяется и равна 10;
- д) не изменяется и равна 20.

9. Частота колебаний математического маятника определяется соотношением:

- а) $2\pi\sqrt{\frac{g}{l}}$;
- б) $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$;
- в) $\sqrt{\frac{g}{l}}$;
- г) $\sqrt{\frac{l}{g}}$;
- д) $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$.

10. Частица движется по гармоническому закону. Смещение x как функция времени показано на рис. 5. Чему равны амплитуды, период, максимальная скорость и максимальное ускорение в этом движении?

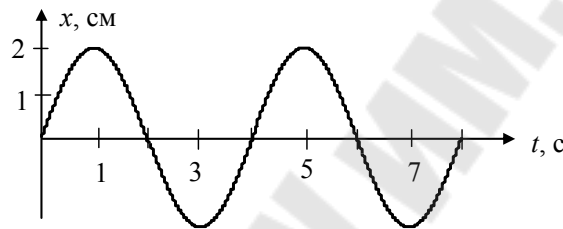


Рис. 5

11. Уравнение колебаний имеет вид: $x = A\sin(\omega t + \varphi)$. Какой из приведенных ниже графиков представляет зависимость скорости от времени, при условии, что $\varphi = 0$.



Рис. 6

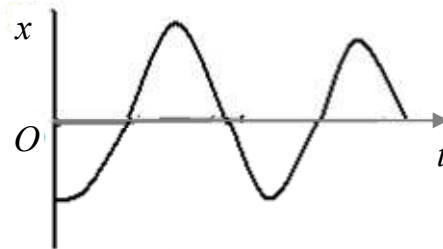


Рис. 7

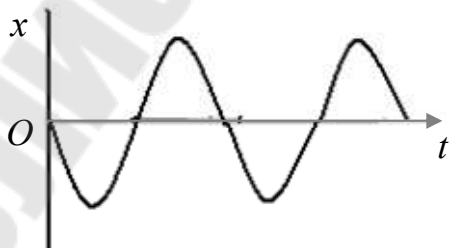


Рис. 8

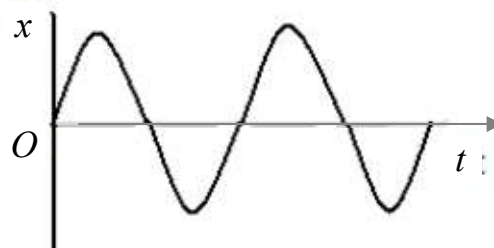


Рис. 9

- а) рис. 6;
- б) рис. 7;
- в) рис. 8;
- г) рис. 9.

12. Какова начальная фаза гармонического колебания $x = A\sin(\omega_0 t + \varphi)$, зависимость смещения которого от положения равновесия изображена на рис. 10?

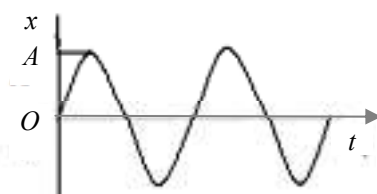


Рис. 10

- а) 0;
- б) $\pi/2$;
- в) $\pi/3$;
- г) $\pi/6$.

13. Максимальная скорость гармонического осциллятора 10 см/с, максимальное ускорение 1 м/с^2 , период колебаний равен, с:

- а) 10;
- б) 6,28;
- в) 4;
- г) 3,14;
- д) 0,628.

14. Колебательное движение описывается уравнением $x = A\cos(\omega_0 t + \varphi)$. Установите соответствие между энергией колебания и ее математическим выражением.

Энергия колебаний

Математическое выражение

а) кинетическая энергия колебаний

1) $\frac{mA^2\omega^2}{2}$

б) потенциальная энергия колебаний

2) $\frac{kA^2}{4}$

в) полная энергия колебаний

3) $\frac{mA^2\omega^2}{2} \sin^2(\omega t + \varphi)$

г) средняя энергия колебаний

4) $\frac{kA^2}{4} \cos^2(\omega t + \varphi)$

а) _; б) _; в) _; г) _.

15. Какие из приведенных зависимостей координаты x от времени t не описывают гармоническое колебательное движение:

1) $x = A \sin(\omega t - \pi/6)$; 2) $x = A_1 \cos(\omega t + \varphi) + A_2 \cos \omega t$;

3) $x = (2A \cos \frac{\Delta\omega}{2} t) \cos \omega t$; 4) $x = A_1 \cos \omega_1 t + A_2 \cos \omega_2 t$;

5) $x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$.

а) 1;

б) 2;

в) 3;

г) 4;

д) 5.

16. Уравнение незатухающих колебаний имеет вид $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$. Приведите в соответствие закону изменения физической величины от времени математическое выражение.

Закон изменения

Математическое выражение

а) силы

1) $-A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi)$

б) смещения

2) $-A\omega \sin(\omega t + \varphi)$

в) скорости

3) $A \cos(\omega t + \varphi)$

г) ускорения

4) $-m\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi)$

а) _;

б) _;

в) _;

г) _.

17. Какое из приведенных ниже выражений определяет полную энергию затухающих колебаний?

а) $\frac{mA^2\omega^2}{2}$;

б) $\frac{kA^2}{2} e^{-2\beta t}$;

в) $\frac{kA^2}{2} e^{-\beta t}$;

г) $\frac{kA^2}{4}$.

18. Математический маятник совершает колебания по закону $x = 0,004 \cos(2t + 0,8)$, м, длина маятника равна, м:

1) 4;

2) 3,25;

3) 0,245;

4) 2,45;

5) 2,05.

19. Колебания точки задано уравнением $x = 2\sin 2,5\pi(2t + 0,4)$, период колебаний равен, с:

- 1) 2; 2) 1; 3) 0,8; 4) 0,6; 5) 0,4.

20. Точка совершает гармонические колебания. Наибольшее смещение точки равно 10 см, наибольшая скорость 0,2 м/с. Максимальное ускорение точки равно, м/с²:

- 1) 2; 2) 0,2; 3) 0,3; 4) 0,4; 5) 0,04.

21. Уравнение колебаний материальной точки имеет вид $x = A\cos(\omega t + \varphi)$. Ускорение точки в начальный момент времени определяется соотношением:

- а) $-A\omega^2\cos(\omega t + \varphi)$;
б) $A\omega^2\sin\varphi$;
в) $A\omega^2\cos\varphi$;
г) $A\omega^2\sin(\omega t + \varphi)$;
д) $A\omega\cos\varphi$.

22. Материальная точка массой 1,25 кг совершает колебания по закону $x = \cos(2t + \pi/4)$, м. Найдите максимальную силу, действующую на точку:

- а) 2,5; б) 5; в) 0,98; г) 3,5; д) 1.

23. Что обозначает величина l в выражении периода колебаний физического маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgl}}$?

- а) расстояние от оси вращения до центра тяжести тела;
б) приведенную длину физического маятника;
в) расстояние от оси вращения до точки качания;
г) расстояние между центром тяжести и точкой качания.

24. Циклическая частота колебаний физического маятника определяется соотношением:

- 1) $2\pi\sqrt{\frac{J}{mgl}}$; 2) $2\pi\sqrt{\frac{mgl}{J}}$; 3) $\sqrt{\frac{J}{mgl}}$; 4) $\sqrt{\frac{mgl}{J}}$.

25. В формуле периода физического маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgl}}$ « l » – это:

- а) расстояние между центром инерции и центром тяжести;
- б) расстояние между центром инерции и точкой подвеса;
- в) приведенная длина маятника;
- г) плечо силы тяжести;
- д) ускорение маятника.

26. Однородный стержень длиной l совершает колебания около горизонтальной оси, проходящей через конец стержня. Период колебаний стержня равен:

а) $2\pi\sqrt{\frac{l}{12g}}$; б) $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{3g}{l}}$; в) $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{l}{g}}$; г) $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$; д) $2\pi\sqrt{\frac{2l}{3g}}$.

27. Диск радиусом R колеблется около горизонтальной оси, проходящей через одну из образующих цилиндрической поверхности диска. Период его колебаний пропорционален:

а) $\sqrt{\frac{3R}{4g}}$; б) $\sqrt{\frac{R}{2g}}$; в) $\sqrt{\frac{R}{g}}$; г) $\sqrt{\frac{3R}{2g}}$; д) $\sqrt{\frac{5R}{g}}$.

28. Диск радиусом 24 см колеблется около оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно плоскости диска. Приведенная длина маятника равна, см:

а) 12; б) 14; в) 16; г) 28; д) 36.

29. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний имеет вид:

а) $x'' + \frac{r}{m}x' + 2\beta\omega_0^2 = 0$;

б) $x'' + 2\beta x' + \omega_0^2 x = 0$;

в) $x'' + \omega_0^2 x = 0$;

г) $x'' + \frac{k}{m}x' + \frac{r}{m}x = 0$;

д) $x'' + 2\beta x' + \frac{k}{m} = 0$.

30. Амплитуда затухающих колебаний за 1 мин уменьшилась вдвое. За 4 мин она уменьшится в ... раз:

а) 2; б) 4; в) 8; г) 12; д) 16.

31. При какой разности фаз в результате сложения двух взаимно перпендикулярных, колебаний с одинаковыми частотами получается линейное колебание:

- 1) $\pi/3$; 2) $\pi/2$; 3) π ; 4) $\pi/4$.
- а) 1;
б) 2;
в) 5;
г) 4.

32. Какова траектория движения точки, одновременно участвующей в двух взаимно перпендикулярных колебаниях вида:

- а) прямая линия; б) окружность; в) парабола; г) эллипс.

33. Установите соответствие между видом колебательного движения и уравнением, описывающим данный колебательный процесс.

<i>Колебательный процесс</i>	<i>Уравнение</i>		
а) свободные незатухающие колебания	1) $x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$		
б) свободные затухающие колебания	2) $x = A \cos \omega t, y = B \cos \omega t$		
в) вынужденные колебания	3) $A \cos(\omega t + \varphi)$		
г) параметрические колебания	4) $x = A \cos\left(\omega t \arctg \frac{2\beta \omega}{\omega_0^2 \omega^2}\right)$		
а) _;	б) _;	в) _;	г) _.

34. Какое из приведенных ниже выражений дает значение логарифмического декремента затухания?

- а) k/m ; б) $r/2m$; в) βT ; г) $2\pi/\omega$; д) βt .

35. Складываются два одинаково направленных колебания $x_1 = 4\cos\pi t$, $x_2 = 3\cos(\pi t + \pi/2)$, амплитуда результирующего колебания равна:

- а) 12; б) 25; в) 1; г) 5 д) 7.

36. Для рассматриваемых случаев установите соответствие между периодом и его математическим выражением.

<i>Период</i>	<i>Математическое выражение</i>
а) период колебания математического маятника	1) $T = \frac{2\pi}{\Delta\omega}$

б) период колебания физического маятника

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

в) период незатухающих колебаний

$$3) T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

г) период затухающих колебаний

$$4) T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

д) период биения

$$5) T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}}$$

а) _;

б) _;

в) _;

г) _;

д) _.

37. Приведите в соответствие колебательным процессам дифференциальные уравнения.

Колебательный процесс

Дифференциальное уравнение

а) незатухающие колебания

1) $m\ddot{x} = -kx - r\dot{x}$

б) затухающие колебания

2) $m\ddot{x} = -kx - r\dot{x} + F_0 \cos \omega t$

в) вынужденные колебания

3) $m\ddot{x} = -kx$

а) _;

б) _;

в) _.

38. Установите соответствие между амплитудой и ее математическим выражением.

Амплитуда

Математическое выражение

а) незатухающие колебания

1) $A = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}$

б) затухающие колебания

2) $A_0 e^{-\beta t}, \beta = 0$

в) вынужденные колебания

3) $A_0 e^{-t}, \beta > 0$

а) _;

б) _;

в) _.

39. Какое из приведенных ниже выражений определяет резонансную частоту?

1) $\sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2};$

2) $\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2};$

3) $\sqrt{\frac{k}{m}};$

4) $\frac{2\pi}{\omega_0}.$

40. Уравнение гармонических колебаний имеет вид $x = 5\cos(\pi t/4 + \pi/2)$ см. Чему равен период этого колебания?

- а) 0,25 с; б) $\pi/4$ с; в) 1/8 с; г) 4 с; д) 8 с.

41. Система выведена из положения равновесия и предоставлена сама себе. Какой будет вид зависимости $x = f(t)$ для случая ($\beta > \omega_0$)?

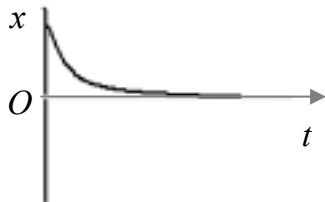


Рис. 11



Рис. 12



Рис. 13

- а) рис. 11; б) рис. 12; в) рис. 14.

42. Установите правильную последовательность в изменении β для резонансных кривых, изображенных на рис. 14.

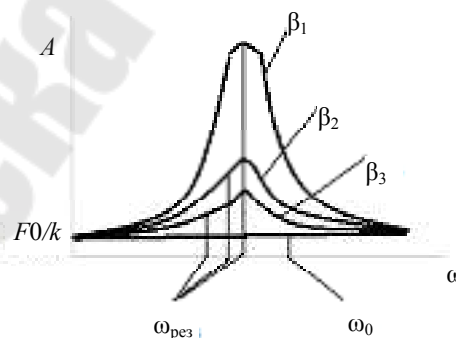


Рис. 14

- а) $\beta_1 > \beta_2 > \beta_3$; б) $\beta_1 > \beta_2 < \beta_3$; в) $\beta_1 < \beta_2 > \beta_3$; г) $\beta_1 < \beta_2 < \beta_3$.

43. Уравнение гармонических колебаний имеет вид $x = 0,2\cos 5t$ м. Каково амплитудное значение скорости этого тела?

- а) 0,2 м/с; б) 0,5 м/с; в) 1 м/с; г) 50 м/с; д) 12 м/с.

44. Какую длину должен иметь математический маятник, чтобы период его колебания был равен 2 с ($g = 10 \text{ м/с}^2$)?

- а) 0,25 м; б) 0,5 м; в) 1 м; г) 2 м; д) 4 м.

45. Задано уравнение колебания $x = 2e^{-0,1t} \sin(5\pi t + \pi/6)$ см. Чему равен логарифмический декремент затухания?

- а) 0,04; б) 0,1; в) 0,2; г) $0,5\pi$ д) 10π .

46. На рис. 15 представлен график смещения x точки от положения равновесия в зависимости от времени t . Чему равен логарифм отношения амплитуд $\ln \frac{A_0}{A_N}$ (N – число полных колебаний)?

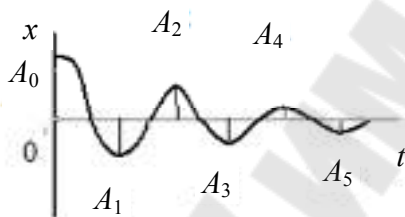


Рис. 15

- а) βT ; б) $N\beta T$; в) $\beta T/N$; г) $(\beta T)^N$.

47. Уравнение незатухающих колебаний имеет вид $x = 2 \sin \pi t$, м. Скорость распространения колебаний в среде 300 м/с. Определите длину волны, м:

- а) 600; б) 300; в) 150; г) 6,28; д) данных не достаточно.

48. Расстояние между первым и третьим узлами в стоячей волне равно 20 см. Определите длину волны, м.

- а) 0,8; б) 0,4; в) 0,2; г) 0,15; д) данных не достаточно.

49. Запишите уравнение бегущей волны:

а) $\xi(x, t) = A \cos \omega(t - x/v)$;

б) $\xi = 2A \cos(2\pi x/\lambda) \cos \omega t$;

в) $\xi = 2A_0 \cos\left(\frac{t d\omega + x dk}{2}\right) \cos(\omega t - kx)$.

50. Запишите уравнение сферической волны:

а) $\xi(r, t) = \frac{A_0}{r} \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r} + \varphi)$;

$$\text{б) } \frac{d^2 s}{dt^2} + 2\beta \frac{ds}{dt} + \omega_0^2 s = 0;$$

$$\text{в) } \frac{d^2 \xi}{dx^2} = \frac{1}{v^2} \frac{d^2 \xi}{dt^2}.$$

51. Запишите уравнение плоской волны, распространяющейся вдоль положительного направления оси x в среде:

$$\text{а) } \xi(x, t) = A \cos \omega(t + x/v);$$

$$\text{б) } \ddot{\chi} + 2\beta \dot{\chi} + \omega_0^2 \chi = 0;$$

$$\text{в) } \xi(x, t) = A \cos[\omega(t - x/v) + \varphi].$$

52. Какая волна называется продольной?

а) при которой осциллятор испытывает смещение в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны;

б) при которой осциллятор испытывает смещение в направлении распространения волны;

в) при которой осциллятор испытывает смещение в направлении параллельном направлению взгляда наблюдателя

г) любая.

53. Что такое волна?

а) процесс изменения колебаний во времени;

б) процесс изменения положения осциллятора в среде во времени;

в) процесс распространения колебаний в среде с конечной скоростью;

г) процесс перемещения осцилляторов в среде с конечной скоростью.

54. Волновое число записывается как:

$$\text{а) } v = \frac{dx}{dt}; \quad \text{б) } k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{vT} = \frac{\omega}{v}; \quad \text{в) } u = v - \lambda \frac{dv}{d\lambda}.$$

55. Какая волна называется поперечной?

а) при которой осциллятор испытывает смещение в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны;

б) при которой осциллятор испытывает смещение в направлении распространения волны;

в) при которой осциллятор испытывает смещение в направлении перпендикулярном направлению взгляда наблюдателя;

г) любая.

56. Формула длины волны:

а) $\lambda = \frac{v}{T}$;

б) $\lambda = 2\pi(v/T)$;

в) $\lambda = 2\pi vT$;

г) $\lambda = vT$.

57. Что есть первая производная от координаты \dot{x} ?

а) скорость;

б) ускорение;

в) масса;

г) перемещение.

58. Запишите оператор Лапласа:

а) $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{vT} = \frac{\omega}{v}$;

б) $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$;

в) $\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k}$.

Задачи без выбора ответа

1. Амплитуда гармонического колебания 5 см, период 4 с. Найдите максимальную скорость и максимальное ускорение колеблющейся точки.

2. Уравнение движения материальной точки имеет вид $x = 2\sin(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{4})$, см. Найдите: 1) период колебаний; 2) максимальную скорость и максимальное ускорение.

3. Амплитуда гармонического колебания 50 мм, период 4 с, начальная фаза $\pi/4$. Напишите уравнение этого колебания. Найдите смещение колеблющейся точки от положения равновесия при $t = 0$, $t = 1,5$ с.

4. Диск радиусом 24 см колеблется около горизонтальной оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно плоскости диска. Определите приведенную длину и период колебаний маятника.

5. Логарифмический декремент затухания колебаний маятника 0,003. Определите число полных колебаний, которые должен сделать маятник, чтобы амплитуда колебаний уменьшилась в 2 раза.

6. Определите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания: $x_1 = A_1 \sin \omega t$, $x_2 = A_2 \sin \omega(t + \tau)$, где $A_1 = A_2 = 1$ см, $\omega = \pi$, $\tau = 0,5$ с. Запишите уравнение результирующего колебания.

7. Математический маятник длиной 40 см и физический маятник в виде стержня длиной 60 см синхронно колеблются около одной и той же горизонтальной оси. Определите расстояние от центра масс стержня до оси колебаний.

8. Точка совершает колебания по закону $x = A \sin \omega t$. В некоторый момент времени смещение точки 5 см. Когда фаза колебаний увеличилась вдвое, смещение стало равным 8 см. Найдите амплитуду колебаний.

9. Складываются два колебания одного направления с одинаковыми периодами 1,5 с и амплитудами 2 см. Начальные фазы колебаний $\varphi_1 = \pi/2$ и $\varphi_2 = \pi/3$. Определите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания.

10. Тонкий обруч, колеблется в плоскости, параллельной стене. Радиус обруча 30 см. Вычислите период колебаний обруча.

Основные законы и формулы «Молекулярная физика»

Количество вещества $\nu = \frac{N}{N_A}$, или $\nu = \frac{m}{M}$

Уравнение Клайперона–Менделеева (уравнение состояния идеального газа)

$$PV = (m/M)RT$$

Закон Дальтона

$$P = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

Концентрация молекул

$$n = N/V = N_A \rho / M$$

Уравнение молекулярно-кинетической теории газов

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \langle v_{\text{кв}} \rangle^2 = \\ = \frac{2}{3} n \langle \varepsilon_{\text{пост}} \rangle = nkT$$

Средняя кинетическая энергия молекулы

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{i}{2} kT$$

Внутренняя энергия идеального газа

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} RT$$

Скорости молекул:

– средняя квадратичная

$$\langle v_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{3kT/m_0} = \sqrt{3RT/M}$$

– средняя арифметическая

$$\langle v \rangle = \sqrt{8kT/(\pi m_0)} = \sqrt{8RT/(\pi M)}$$

Распределение молекул в потенциальном поле сил (распределение Больцмана)

$$n = n_0 \exp\left(-\frac{E_n}{kT}\right)$$

Барометрическая формула

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{mgh}{kT}\right)$$

Теплоемкость молярная:

– изохорная

$$C_v = \frac{i}{2}R, \quad C_v = c_v M$$

– изобарная

$$C_p = \frac{(i+2)}{2}R, \quad C_p = c_p M$$

Первое начало термодинамики

$$\delta Q = dU + \delta A$$
$$dU = (m/M)C_v dT, \quad dA = p dV$$

Работа расширения газа
при процессе:

– адиабатном

$$A = \frac{m}{M} C_p (T_1 - T_2) = \frac{m}{M} \frac{RT_1}{(\gamma - 1)} \times$$
$$\times \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right] = \frac{p_1 V_1}{(\gamma - 1)} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right]$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \text{ – показатель адиабаты}$$

– изобарном

$$A = P(V_2 - V_1) = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1)$$

– изотермическом

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{p_1}{p_2}$$

Уравнения Пуассона, связывающие параметры идеального газа при адиабатном процессе

$$PV^\gamma = \text{const}, \quad TV^{\gamma-1} = \text{const},$$
$$T^\gamma P^{1-\gamma} = \text{const}$$

Коэффициент полезного действия цикла Карно

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Изменение энтропии

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \frac{dQ}{T}$$

Вопросы для самоконтроля по разделу «Молекулярная физика»

1. Запишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.
2. В чем заключается молекулярно-кинетическое толкование давления газа? Термодинамической температуры?
3. Какие изопроцессы вы знаете? Запишите формулы и приведите графики этих процессов.
4. Сформулируйте первое начало термодинамики.
5. Что такое теплоемкость газа? Какая из теплоемкостей C_p или C_v больше и почему?
6. Запишите уравнение изохорного процесса и первый закон термодинамики для этого же процесса.
7. Как выражается работа изотермического расширения газа?
8. Запишите уравнение адиабатического процесса в координатах $P-V$, $V-T$.
9. Почему адиабата идет круче, чем изотерма?
10. Показатель политропы больше единицы. Нагревается или охлаждается газ при сжатии?
11. Представьте цикл Карно на диаграмме p, V . Укажите, какой площадью определяется работа, совершенная над газом?
12. Запишите закон распределения идеального газа по скоростям и график функции распределения $f(v)$.
13. Каков физический смысл функции распределения молекул по скоростям?
14. Запишите барометрическую формулу. Покажите на графике зависимость давления от высоты $P = f(h)$.
15. Дайте понятие энтропии. Чему равно изменение энтропии?

Тестовые задания

1. Какие графики, изображенные на рис. 1–3, представляют изобарный процесс?

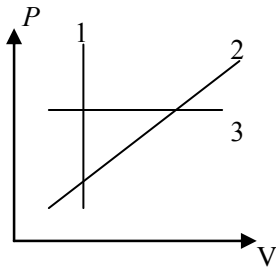


Рис. 1

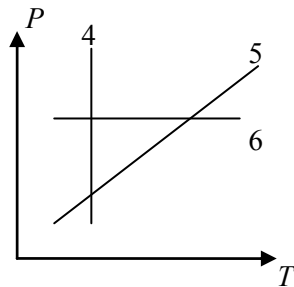


Рис. 2

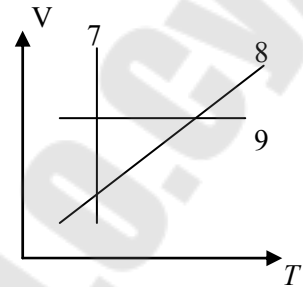


Рис. 3

- а) 1, 5, 8; б) 3, 6, 8; в) 2, 5, 7; г) 3, 6, 7; д) 2, 6, 9.

2. Какие процессы изображены на графиках? Как изменяется объем газа в процессе I (рис. 4) и давление газа в процессе II (рис. 5)?

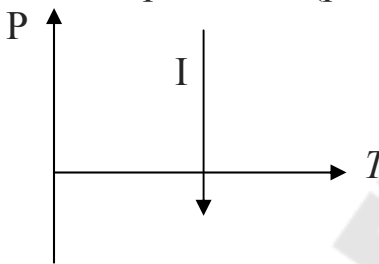


Рис. 4

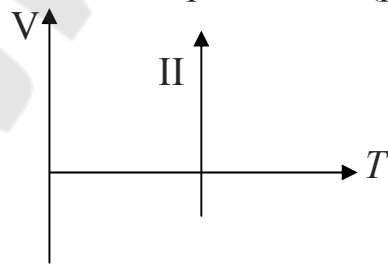


Рис. 5

- а) изобарический. V – увеличивается, P – уменьшается;
 б) изотермический. V – увеличивается, P – уменьшается;
 в) изохорический. V – уменьшается, P – увеличивается;
 г) изотермический. V – увеличивается, P – увеличивается.

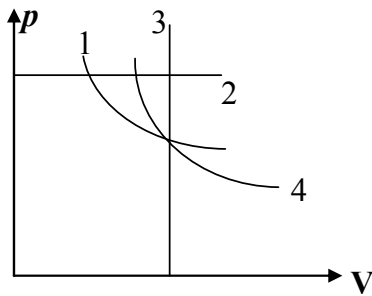
3. Чему равно общее число степеней свободы для молекулы идеального газа?

- а) 2; б) 3; в) 4; г) 5; д) 6.

4. Газ считается идеальным, если можно пренебречь:

- а) взаимодействием молекул;
 б) размерами молекул;
 в) столкновением молекул;
 г) массой молекул;
 д) соударениями молекул.

5. Привести в соответствие графики, записать уравнения процессов.



Изобарный	2
Адиабатный	4
Изотермический	1
Изохорный	3

Рис. 6

6. Среди приведенных формул к изотермическому процессу имеют отношение следующие:

- а) $0 = \Delta U + A$;
- б) $A = RT \ln \frac{V_2}{V_1}$;
- в) $A = \frac{m}{\mu} C_V (T_1 T_2)$;
- г) $\partial Q = \partial A$;
- д) $PV^\gamma = \text{const}$.

7. Объем некоторого газа изобарически уменьшился в 2 раза. Как изменилась средняя энергия поступательного движения молекулы газа:

- а) увеличилась в 4 раза;
- б) уменьшилась в 2 раза;
- в) увеличилась в 2 раза;
- г) уменьшилась в 4 раза;
- д) не изменилась.

8. Чему равно отношение C_p/C_V для идеального двухатомного газа при умеренной температуре:

- а) 1,01; б) 1,33; в) 1,40; г) 1,67; д) 1,80.

9. Изопроцессам поставьте в соответствие выражения первого начала термодинамики

<i>Изопроцесс</i>	<i>Первое начало термодинамики</i>
а) изотермический	1) $\partial Q = \partial A + dU$
б) изобарический	2) $\partial Q = \partial A$

в) изохорический

$$3) \partial A = dU$$

г) адиабатный

$$4) \partial Q = dU$$

10. Поставьте в соответствие:

а) уравнение состояния идеальных газов

$$1) \partial Q = PdV + dU$$

б) работа расширения в изотермическом процессе

$$2) \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

в) первое начало термодинамики

$$3) \frac{m}{M} C_V T$$

г) внутренняя энергия идеального газа

$$4) TV^{\gamma-1} = \text{const}$$

д) уравнение Пуассона

$$5) PV = \frac{m}{M} RT$$

11. Два различных идеальных газа – одноатомный и двухатомный – при одинаковых температурах и объемах сжимают адиабатически до уменьшения объема в 2 раза. Какой газ нагрелся больше:

а) газы нагрелись одинаково;

б) одноатомный нагрелся больше;

в) двухатомный нагрелся больше.

12. Сколько степеней свободы колебательного движения имеет молекула NH_3 ?

а) 3;

б) 5;

в) 6;

г) 7;

д) 9.

13. На рис. 7 в координатах P и V изображен процесс, проведенный с идеальным газом ($m = \text{const}$). Укажите номер графика, соответствующий этому процессу в координатах P и T на рис. 8.

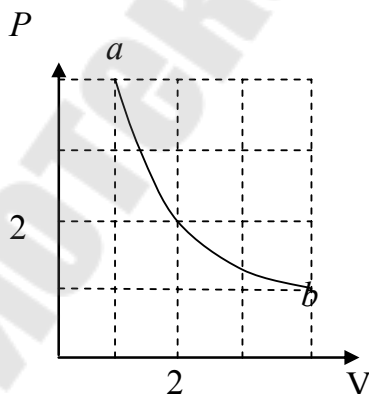


Рис. 7

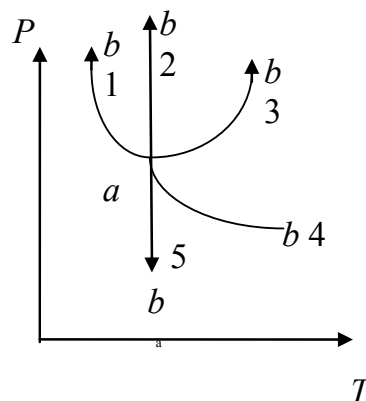


Рис. 8

а) 1;

б) 2;

в) 3;

г) 4;

д) 5.

14. Давление некоторой массы идеального газа изохорически уменьшилось в 2 раза. Как изменилась средняя энергия поступательного движения одной молекулы газа?

- а) увеличилась в 4 раза;
- б) уменьшилась в 4 раза;
- в) увеличилась в 2 раза;
- г) уменьшилась в 2 раза;
- д) не изменилась.

15. Укажите среди нижеприведенных выражений то, которое соответствует энергии одной молекулы газа:

- а) $\frac{I+2}{2} kT$; б) $\frac{I}{2} kT$; в) $\frac{m}{M} \frac{I+2}{2} kT$; г) $\frac{I}{2} RT$; д) $\frac{m}{M} \frac{I}{2} RT$.

16. Найдите число степеней свободы молекул идеального газа, если $3/5$ энергии его теплового движения приходится на поступательное движение молекул:

- а) 7; б) 5; в) 4; г) 3; д) 6.

17. Какое из приведенных ниже выражений первого начала термодинамика применимо только к изотермическому процессу?

- а) $Q = \Delta U + P\Delta V$;
- б) $\Delta U + A = 0$;
- в) $Q = \Delta U$;
- г) $\frac{m}{M} C_p \Delta T = \frac{m}{M} C_v \Delta T + P\Delta V$;
- д) $Q = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$.

18. Установите соответствие между законом (определением) и его математическим выражением.

Закон (определение)

Математическое выражение

- а) первый закон термодинамики
- б) второй закон термодинамики
- в) третий закон термодинамики
- г) определение энтропии
- д) объединенный закон

- 1) $S = \frac{\delta Q}{T}$
- 2) $S_0 = 0$
- 3) $TdS = dU + PdV$
- 4) $dS = 0$
- 5) $\delta Q = dU + PdV$

- а) _; б) _; в) _; г) _; д) _.

19. Поставьте в соответствие определениям их математические выражения.

<i>Определение</i>	<i>Математическое выражение</i>
а) уравнение состояния идеальных газов	1) $\frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$
б) работа расширения в изотермическом процессе	2) $\frac{m}{M} C_p \Delta T$
в) первый закон термодинамики	3) $TV^{\gamma-1} = \text{const}$
г) внутренняя энергия идеального газа	4) $PV = \frac{m}{M} RT$
д) уравнение Пуассона	5) $\delta Q = dU + pdV$
а) _; б) _; в) _; г) _; д) _.	

Задачи без выбора ответа

1. Функция распределения Максвелла имеет вид:

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m_0}{2\pi k T} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}}. \text{ Что происходит с максимумом функции}$$

$f(v)$ при:

- а) увеличении температуры газа T ;
- б) увеличении массы молекул газа m .

2. Количество вещества гелия $\nu = 1,5$ моль, температура $T = 120$ К. Определите кинетическую энергию поступательного движения всех молекул этого газа.

3. Кислород массой $m = 10$ г находится при давлении $P = 300$ кПа и температуре $t_1 = 10$ °С. После нагревания при $P = \text{const}$ газ занял объем $V_2 = 1 \cdot 10^{-2}$ м³. Найдите количество теплоты, полученное газом, изменение внутренней энергии, работу, совершенную газом при расширении.

4. Необходимо сжать воздух от объема $V_1 = 1 \cdot 10^{-2}$ м³ до $V_2 = 2 \cdot 10^{-3}$ м³. Как выгоднее его сжимать адиабатически или изотермически, если при расчете использовать формулы для работы?

5. Найдите изменение энтропии ΔS при превращении $m = 200$ г воды, находящейся при температуре $t = 20$ °С, в пар ($t_{\text{п}} = 100$ °С).

6. Какой физический смысл имеет величина $\left(\frac{a}{V_{\mu}^2}\right)$ в уравнении

$$\text{Ван-дер-Ваальса} \left(P + \frac{a}{V_{\mu}^2}\right)(V_{\mu} - b) = RT.$$

7. В баллоне находится газ при температуре $T_1 = 400$ К. До какой температуры T_2 надо нагреть газ, чтобы его давление увеличилось в 1,5 раза.

8. Вычислите удельную теплоемкость при постоянном объеме C_V и при постоянном давлении C_P для водорода.

9. Дан график изменения состояния идеального газа в координатах P, V . Представьте этот цикл в координатах P, T .

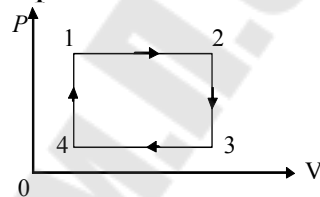


Рис. 1

10. Определите количество теплоты, сообщенное газу, если в процессе изохорного нагревания кислорода объемом $V = 2 \cdot 10^{-2}$ м³ его давление изменилось на $\Delta p = 1 \cdot 10^5$ Па.

11. Чему равен КПД цикла Карно? Во сколько раз увеличивается КПД η цикла Карно при повышении температуры нагревания от $T_1 = 380$ К до $T_1' = 560$ К? Температура теплоприемника $T_2 = 280$ К.

12. Определите давление газа, содержащего $N = 1 \cdot 10^9$ молекул и имеющего объем $V = 1 \cdot 10^{-6}$ м³ при температуре $T = 3$ К.

13. Запишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.

14. При какой температуре средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна $4,14 \cdot 10^{-21}$ Дж.

15. Запишите уравнение адиабатического процесса в координатах $P-V, P-T, V-T$.

16. Найдите плотность ρ воздуха на высоте $h = 4 \cdot 10^3$ м от поверхности Земли. Температура воздуха считается постоянной и равной $t = 0$ °С. Давление воздуха у поверхности Земли $P_0 = 1 \cdot 10^5$ Па.

17. Запишите, чему равна молекулярная теплоемкость газа при постоянном давлении? Поясните записанное выражение.

18. При изометрическом расширении массы $m = 0,01$ кг азота, находящегося при температуре $t = 17$ °С, была совершена работа $A = 869$ Дж. Во сколько раз изменилось давление азота при расширении?

Содержание

Предисловие.....	3
Основные законы и формулы «Механика. Гармонические колебания и волны».....	4
Вопросы для самоконтроля по разделу «Кинематика. Динамика»	8
Тестовые задания.....	9
Задачи без выбора ответа.....	20
Вопросы для самоконтроля по разделу «Гармонические колебания и волны»	21
Тестовые задания.....	22
Задачи без выбора ответа.....	34
Основные законы и формулы «Молекулярная физика».....	36
Вопросы для самоконтроля по разделу «Молекулярная физика».....	38
Тестовые задания.....	39
Задачи без выбора ответа.....	43

Учебное издание

**Бойко Андрей Андреевич
Петрова Елена Сергеевна
Петрашенко Петр Дмитриевич**

ФИЗИКА

**Практикум
по одноименному курсу
для студентов всех специальностей
заочной формы обучения
В трех частях
Часть 1
Механика и молекулярная физика**

Редактор
Компьютерная верстка

*Н. Г. Мансурова
В. В. Вороник*

Подписано в печать 17.02.10.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Ризография. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,84.

Изд. № 225.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.