

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Мозырский государственный педагогический университет
имени И. П. Шамякина»

МЕХАНИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Справочные материалы

МГПУ им. И. П. Шамякина

Мозырь
МГПУ им. И. П. Шамякина
2016

УДК 531:539.19(076)

ББК 22.3я73

М55

Составитель

кандидат педагогических наук, доцент,
доцент кафедры общей физики и методики преподавания физики
учреждения образования «Мозырский государственный педагогический
университет имени И. П. Шамякина»

Ж. И. Равуцкая

Рецензенты:

член-корреспондент НАН Беларуси,
доктор физико-математических наук, профессор

А. Н. Сердюков;

кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры общей физики
УО «Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова»

В. М. Кротов

Механика. Молекулярная физика : справочные материалы /
М55 сост. Ж. И. Равуцкая. – Мозырь : МГПУ им. И. П. Шамякина, 2016. –
32 с.

ISBN 978-985-477-585-2.

Справочные материалы содержат основные теоретические сведения по разделу «Механика. Молекулярная физика»: определения физических величин, единицы их измерения, основные законы механики и молекулярной физики, физические формулы, являющиеся математическим выражением физических законов, примеры из биологии, на которых демонстрируются возможности использования законов физики.

Справочные материалы целесообразно использовать в учебном процессе по подготовке студентов по специальности 1-02 04 01 Биология и химия.

УДК 531:539.19(076)

ББК 22.3я73

ISBN 978-985-477-585-2

© УО МГПУ им. И. П. Шамякина, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Кинематика поступательного и вращательного движения	5
Динамика движения	9
Энергия. Работа. Мощность	15
Основы гидродинамики	17
Колебания и волны	20
Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов	22
Основы термодинамики	24
Жидкости	27
Предметный указатель	29
Рекомендуемая литература	31

ПРЕДИСЛОВИЕ

Физика является фундаментом всякого естественнонаучного образования. Содержание раздела «Механика. Молекулярная физика» дисциплины «Физика» рассчитано на приобретение студентами знаний о физических процессах, происходящих в природе, при их органичном сочетании с современными данными других наук.

Целью раздела «Механика. Молекулярная физика» дисциплины «Физика» является ознакомление студентов с основными положениями механики и молекулярной физики в соответствии с программой подготовки преподавателей. В результате изучения учебной дисциплины студент должен *знать*:

- экспериментальные и теоретические методы научного и учебного физического исследования;
- основные законы и закономерности механики, термодинамики и статической физики;
- обозначения и единицы измерения основных физических величин механики молекулярной физики;
- формулировки изучаемых законов механики, термодинамики и статической физики, их математическую запись.

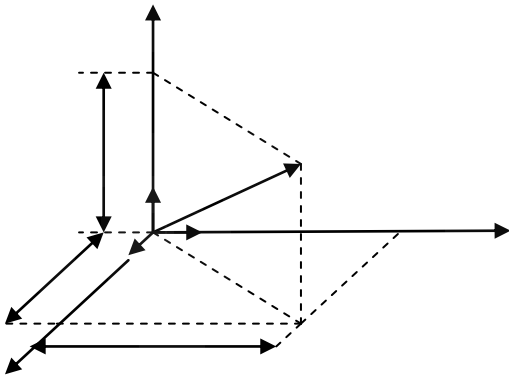
Реализации поставленной цели могут служить разработанные справочные материалы. В пособии представлены основные теоретические сведения по разделу «Механика. Молекулярная физика», включающие определения физических величин, единицы их измерения, основные законы механики и молекулярной физики, физические формулы, являющиеся математическим выражением физических законов, примеры из биологии, на которых демонстрируются возможности использования законов физики. Для лучшего восприятия и запоминания материала выводы всех законов и закономерностей проиллюстрированы соответствующими рисунками. Для эффективной реализации самостоятельной работы студентов по подготовке к занятиям по разделу «Механика. Молекулярная физика» представлен список рекомендуемой литературы. Для быстрого нахождения необходимых сведений в конце пособия представлен предметный указатель.

КИНЕМАТИКА ПОСТУПАТЕЛЬНОГО И ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Система отсчета включает в себя:

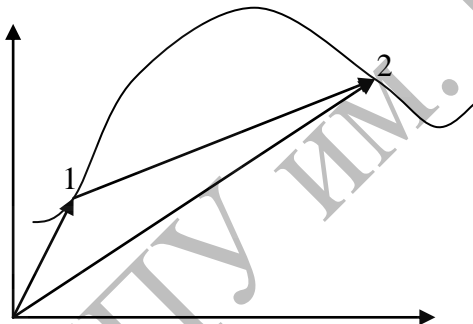
- тело отсчета,
- систему координат,
- способ измерения времени.

Положение материальной точки в выбранной системе отсчета



- единичные векторы осей декартовой системы;
- составляющие радиус-вектора вдоль соответствующих осей координат;
- проекции радиус-вектора на оси координат.

Плоское движение материальной точки

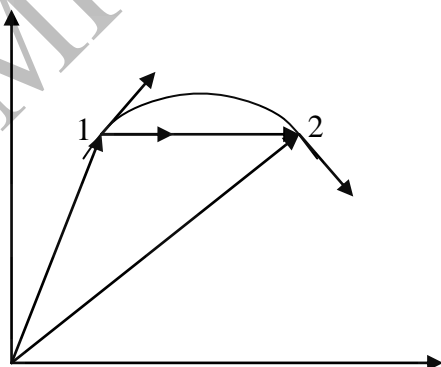


- – путь,
- – перемещение.

Средняя скорость

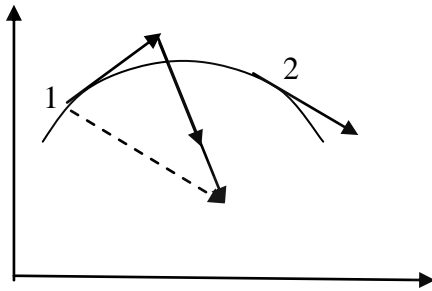


Мгновенная скорость



Направление – по касательной к траектории в направлении движения.

Среднее ускорение



Мгновенное ускорение

Плоское движение материальной точки по криволинейной траектории

– тангенциальное (касательное) ускорение, характеризует быстроту изменения скорости по величине, направлено по касательной к траектории,

– нормальное (центростремительное) ускорение, характеризует быстроту изменения скорости по направлению, направлено к центру кривизны траектории.

Полное ускорение

Виды движения в кинематике

1) прямолинейное равномерное движение

2) прямолинейное равнопеременное (равноускоренное) движение

Скорости бега

Средняя скорость рекордного бега на различные дистанции

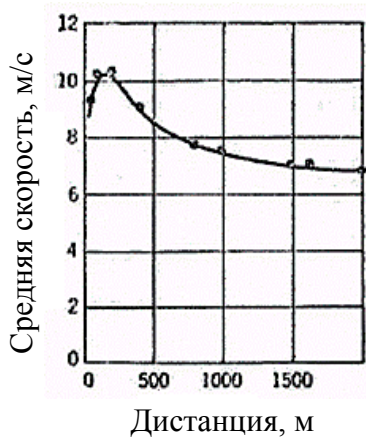
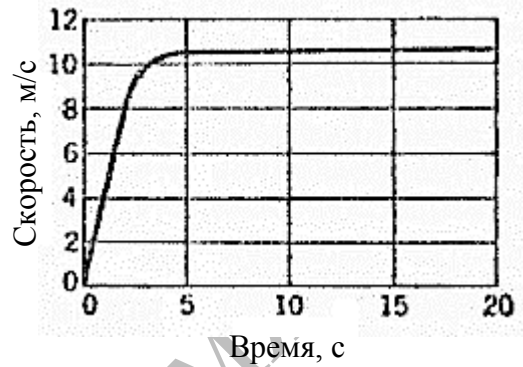


График зависимости путевой скорости от времени для бегуна на 200 м



3) криволинейное равномерное движение (движение по окружности)

- радиус-вектор,
- угол поворота радиуса за время .

Угловая скорость

— — —

Период вращения

—

—

Частота вращения

— —

Кинематическое уравнение движения

.

4) криволинейное равнопеременное движение

- радиус окружности,
- угловое перемещение.

Направление – по правилу правого винта.

Правило правого винта: если вращать правый винт в направлении вращательного движения точки, то его поступательное движение укажет направление вектора углового перемещения.

Средняя угловая скорость

—

Направление – по правилу правого винта.

Мгновенная угловая скорость

— —

Среднее угловое ускорение

— —

Мгновенное угловое ускорение

— —

Закон равнопеременного вращательного движения

—

ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ

*Равнодействующая
сила*

*Первый закон
Ньютона (закон
инерции)*

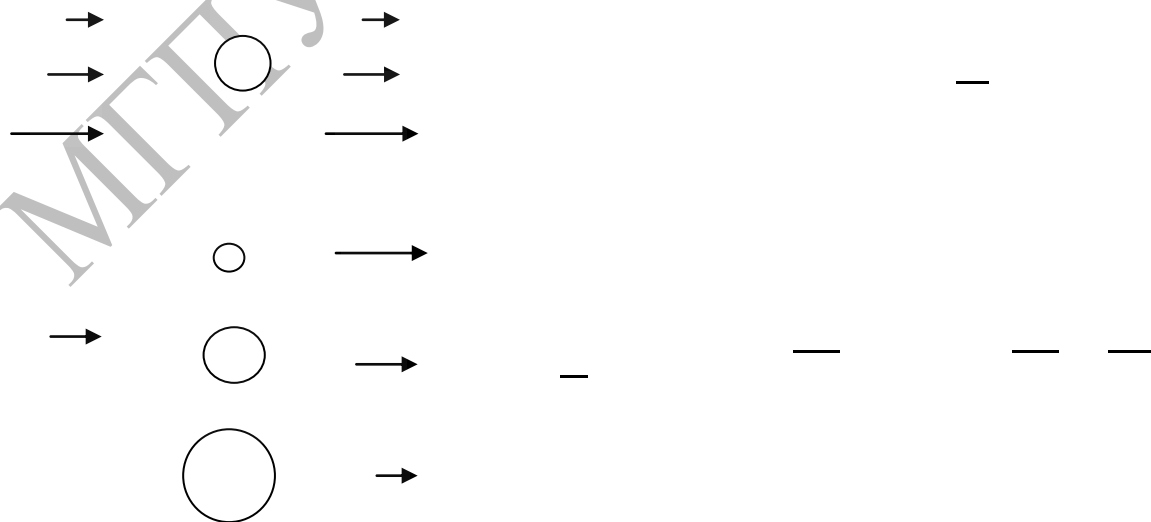
Всякая материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока на нее не действуют другие тела или действие других тел скомпенсировано.

*Инерциальные
системы отсчета*

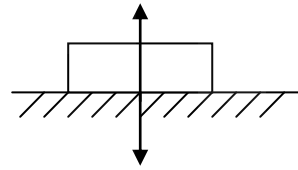
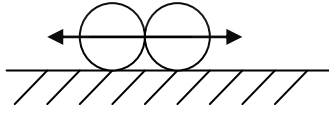
- *гелиоцентрическая*: центр совмещен с Солнцем, а оси направлены на соответствующим образом выбранные звезды;
- *геоцентрическая*: центр совпадает с центром Земли, одна из координатных осей совмещена с земной осью, а две другие расположены взаимно перпендикулярно в экваториальной плоскости.

*Импульс
материальной
точки*

Второй закон Ньютона

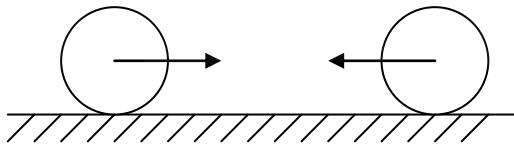


Третий закон Ньютона



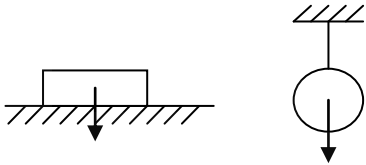
Силы приложены к разным телам, поэтому не компенсируют друг друга

Закон всемирного тяготения

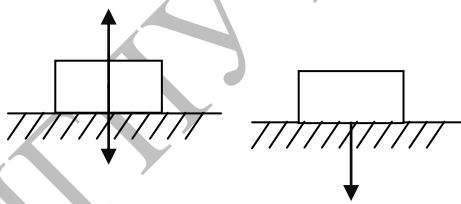


гравитационная постоянная.

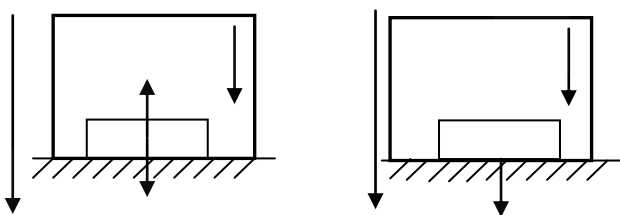
Сила тяжести



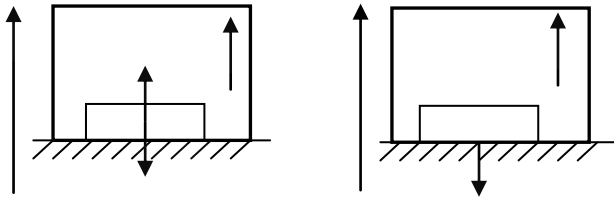
Вес тела



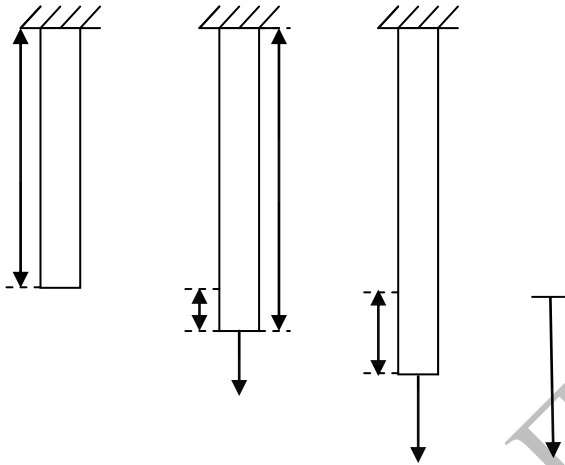
Невесомость



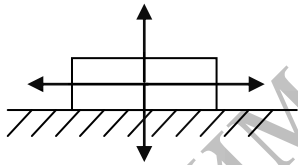
Перегрузка



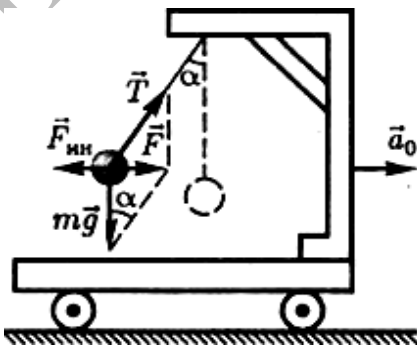
Силы упругости



Силы трения

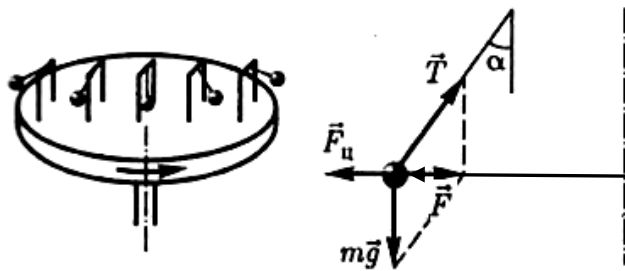


Сила инерции при ускоренном поступательном движении системы отсчета



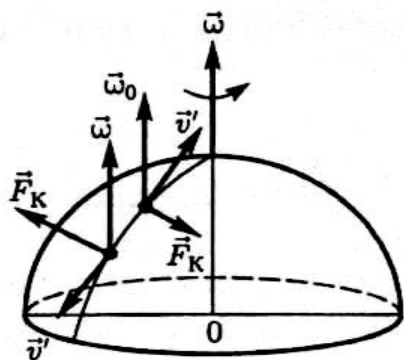
Пример — внезапное торможение, резкое начало движения.

Центробежная сила инерции

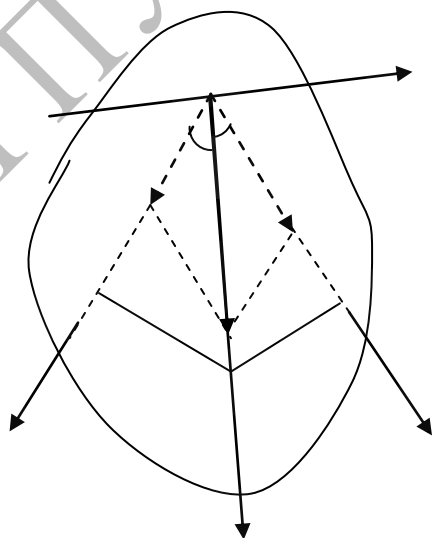


Пример – движение на повороте, на карусели.

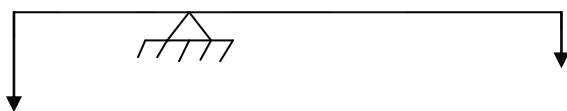
Сила Кориолиса



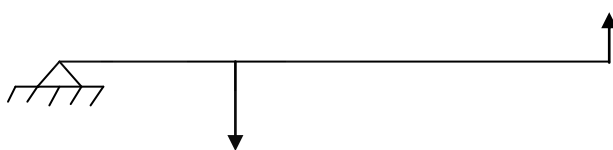
Условия равновесия твердого тела с неподвижной осью вращения



Рычаг первого рода

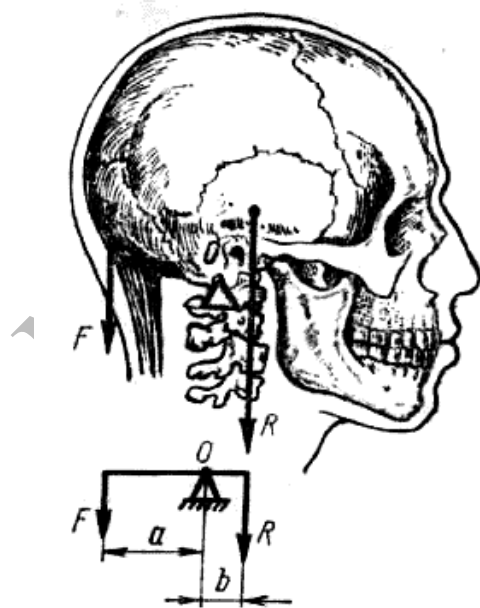


Рычаг второго рода



Суставы и рычаги в опорно-двигательном аппарате человека

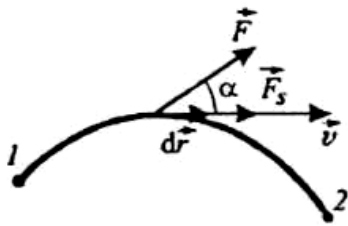
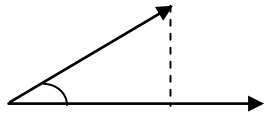
*Череп, рассматриваемый
в сагиттальной плоскости*



Ось вращения рычага проходит через сочленение черепа с первым позвонком,
 – сила тяжести головы, приложенная в центре масс черепа,
 – сила тяги мышц и связок, прикрепленных к затылочной кости.

ЭНЕРГИЯ. РАБОТА. МОЩНОСТЬ

Работа постоянной силы



Мощность

— —

Кинетическая энергия

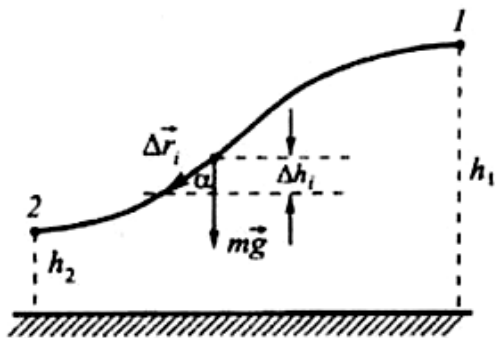
—

Теорема об изменении кинетической энергии

Потенциальная энергия

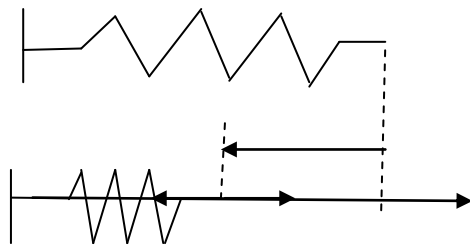
Механическая энергия системы тел, определяемая их взаимным расположением и характером сил взаимодействия между ними.

Работа силы тяжести



Сила тяжести – консервативная сила.

Работа сил упругости



Сила упругости – консервативная сила.

Энергетика бега

Закон сохранения механической энергии

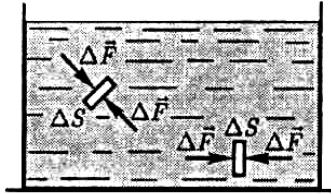
полной Для замкнутой системы тел, в которой действуют лишь консервативные силы

Для замкнутой системы тел, в которой действуют также неконсервативные силы

МГТУ им. И.П. Шамякина

ОСНОВЫ ГИДРОДИНАМИКИ

Давление жидкости или газа

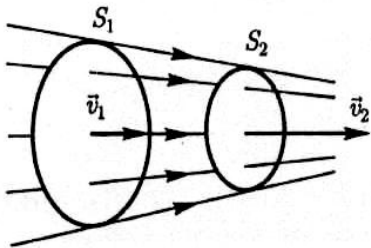


Закон Паскаля

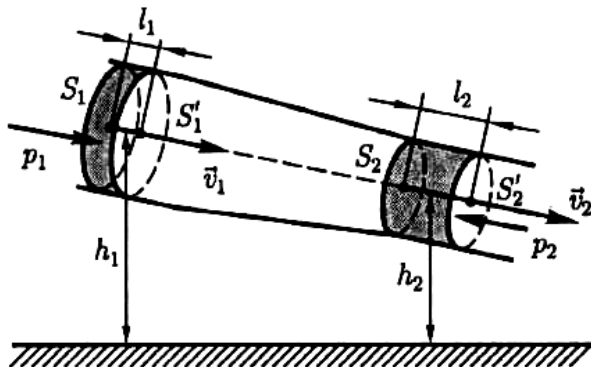
Давление, создаваемое внешними силами, которые действуют на поверхность жидкости, передается без изменения во все точки жидкости.

Гидростатическое давление

Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости

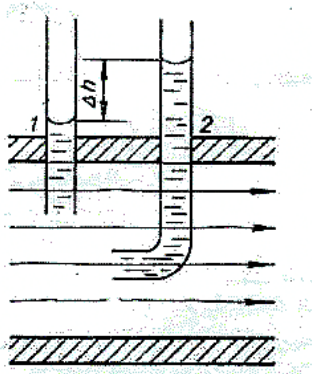


Уравнение Бернулли

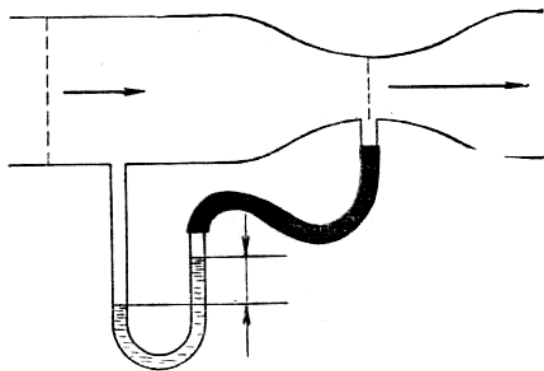


- — динамическое давление,
- — гидростатическое давление,
- — статическое давление.

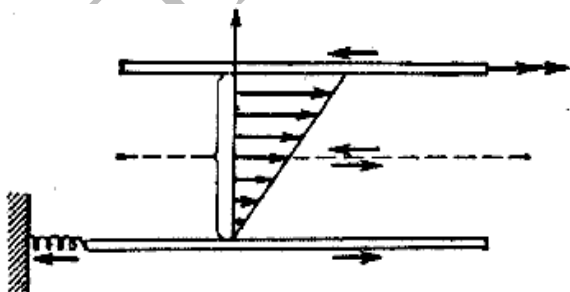
Измерение скорости потока



Расходомер



Силы внутреннего трения



Формула Стокса

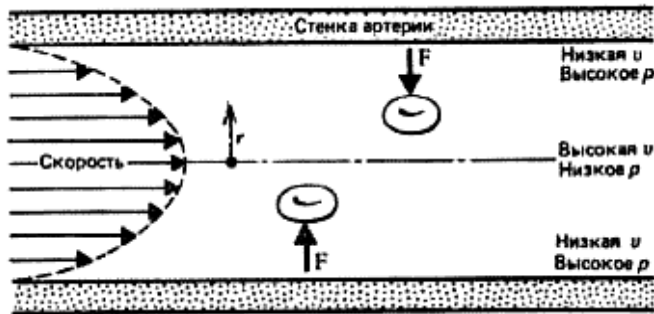
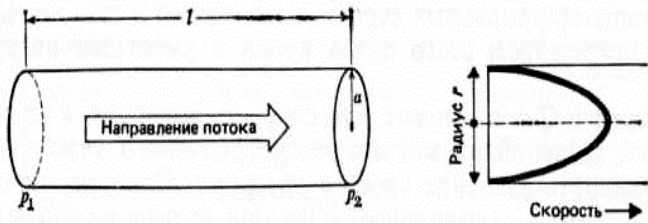
- — градиент скорости,
- динамическая вязкость,

Формула Пуазейля

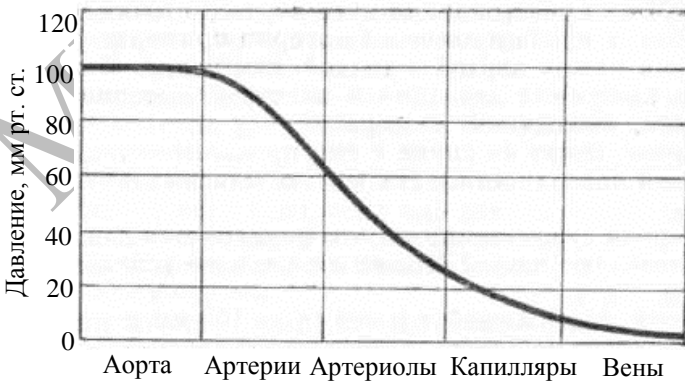
Число Рейнольдса

Гидравлическое сопротивление

Движение крови в сосудах



Изменение скорости течения в зависимости от расстояния до центра сопровождается изменением давления, которое толкает клетки крови к центру артерии.



На протяжении кровеносной системы, состоящей из артерий, капилляров и вен, происходит изменение давления.

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Гармонические колебания

- амплитуда колебания,
- циклическая (круговая) частота колебания,
- фаза колебания,
- начальная фаза.

Период колебаний

— —

Частота колебаний

— — —

—

Скорость колеблющейся точки

—

—

– амплитуда скорости.

Ускорение колеблющейся точки

—

– амплитуда ускорения.

Дифференциальное уравнение гармонического колебания

—

Квазиупругая сила

—

—

Кинетическая энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания

— —

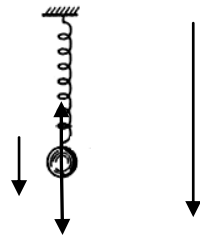
Потенциальная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания

—

Полная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания

—

Вынужденные колебания



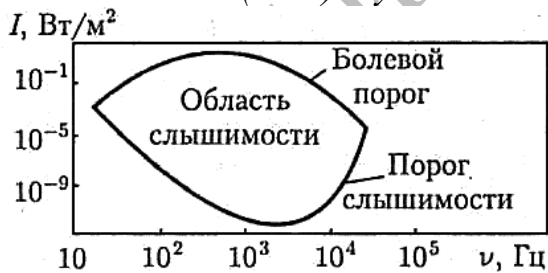
—

Резонанс

Звуковые волны

— инфразвук,
— ультразвук.

Интенсивность (сила) звука



— —

Громкость звука

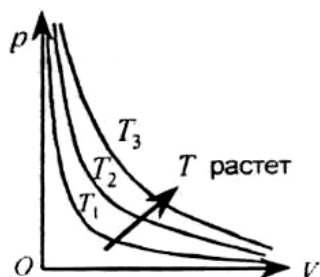
—

—

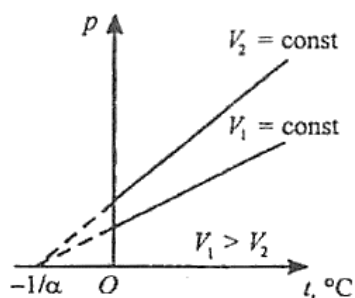
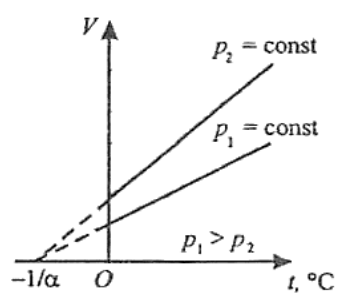
— — интенсивность звука на пороге слышимости.

МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ИДЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ

Закон Бойля-Мариотта



Законы Гей-Люссака



Закон Авогадро

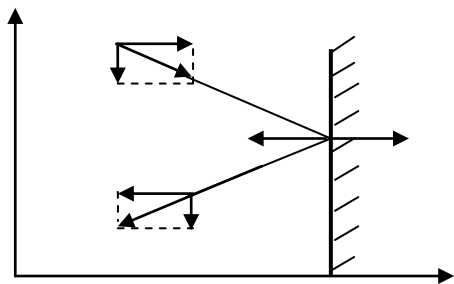
Закон Дальтона

Закон Клапейрона

Уравнение Клапейрона-Менделеева

— — молярная газовая
постоянная

Основное уравнение МКТ идеальных газов

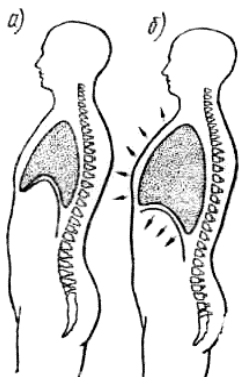


Кинетическая энергия поступательного движения молекулы

Средняя квадратичная скорость поступательного движения молекулы

Барометрическая формула

Легочное дыхание

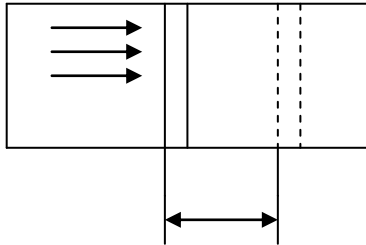


При сокращении мышц происходит объемное расширение грудной клетки, давление воздуха в легких становится ниже атмосферного и некоторый объем наружного воздуха входит (засасывается) в легкие – происходит вдох. Затем мышцы расслабляются, объем грудной клетки возвращается к исходному, давление в легких становится выше атмосферного и некоторая часть его вытесняется наружу – происходит выдох.

ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

Внутренняя энергия идеального газа

Работа в термодинамике



Теплоемкость

— —

Удельная теплоемкость

— —

Молярная теплоемкость

— —

Количество теплоты

—

Первое начало термодинамики

Применение первого начала термодинамики к различным процессам

Изохорный процесс

— — —

Изобарный процесс

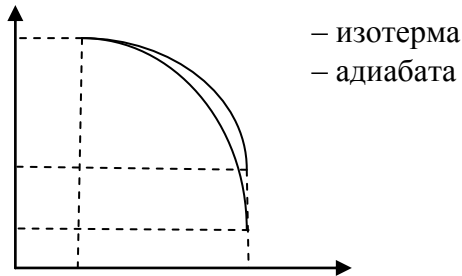
— — —

— —

соотношение Майера.

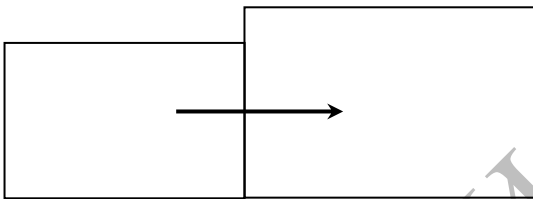
Изотермический процесс

Адиабатический процесс



— — — показатель адиабаты (коэффициент Пуассона).

Второе начало термодинамики

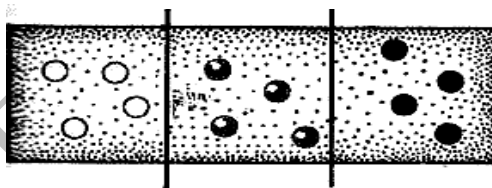


В отсутствие внешнего воздействия теплота всегда переходит от тел с более высокими температурами к телам, имеющим более низкие температуры.

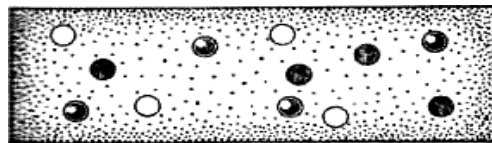
Энтропия

Энтропия – мера неупорядоченности системы.

а) Низкая энтропия



б) Высокая энтропия



Изменение энтропии

— изменение энтропии Вселенной,

— изменение энтропии системы,

— изменение энтропии окружающей среды.

Изменение энтропии при обратимом процессе

Изменение энтропии при необратимом процессе

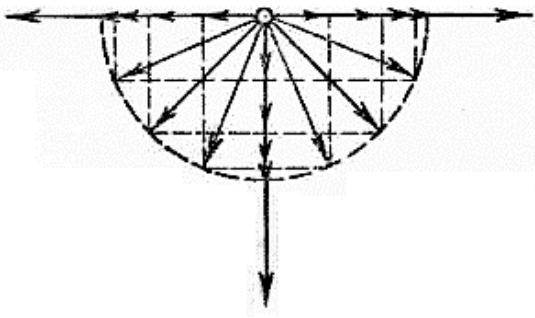
Изменение энтропии при обратимом процессе, протекающем при постоянной температуре (изотермический процесс)

Проявление второго начала термодинамики в биологических системах

Процессы метаболизма, протекающие в клетке, увеличивают порядок в клетке, т.к. в ходе этих процессов из малых молекул формируют более крупные молекулы (пример – фотосинтез). Хотя в результате этих процессов энтропия клетки уменьшается, энтропия окружающей среды возрастает, и даже на большую величину. В итоге любая изолированная система характеризуется тем, что ее энтропия может только возрастать.

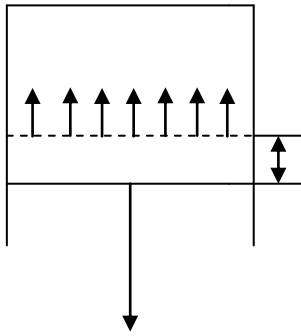
ЖИДКОСТИ

Поверхностное натяжение



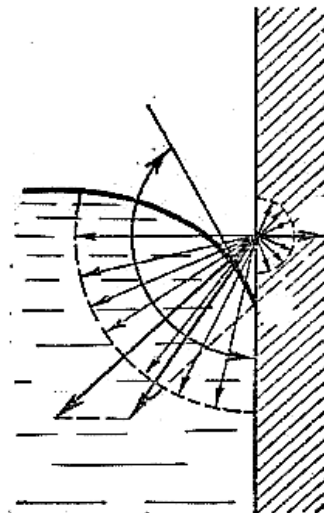
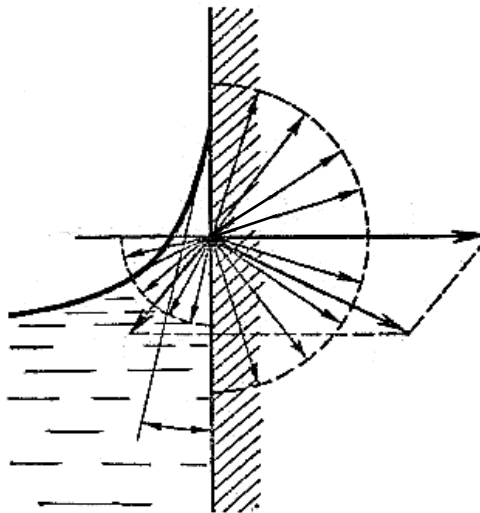
Силы, действующие на молекулу со стороны жидкости:

- перпендикулярные составляющие,
- касательные составляющие.

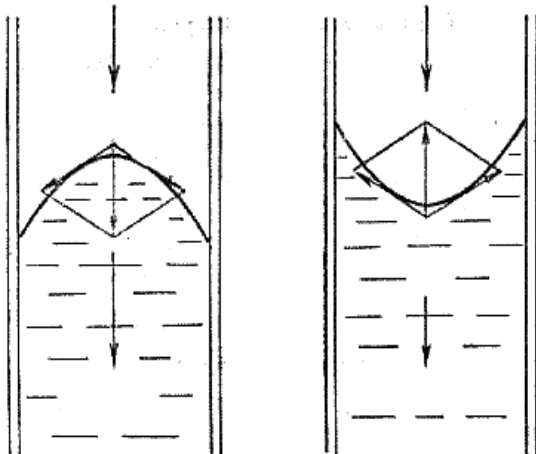


Поверхностная энергия

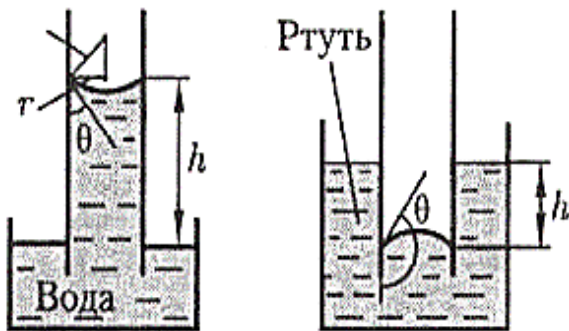
Смачивание и несмачивание



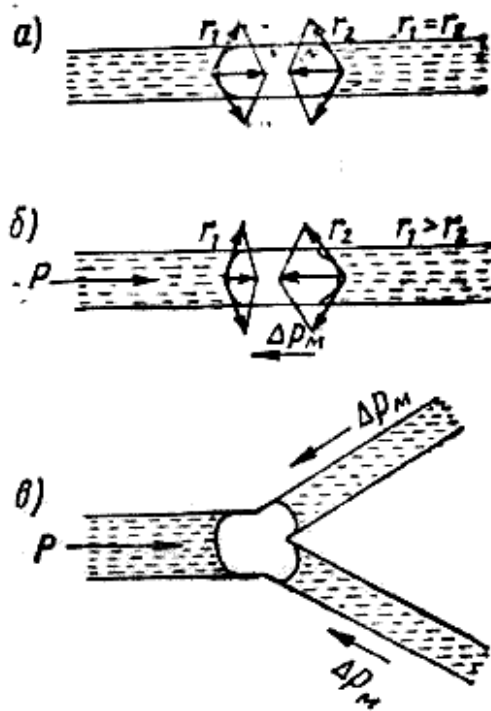
Формула Лапласа



Капиллярные явления



Пузырек воздуха в кровеносном сосуде



а) если жидкость неподвижна, мениски имеют одинаковые радиусы и добавочные давления под ними взаимно уравниваются, б) если на жидкость действует внешнее давление, то мениски, удерживаемые силами сцепления у стенок сосуда, деформируются и радиусы их изменяются; добавочные давления под менисками не будут уравниваться и создадут разность давлений, противодействующую давлению и затрудняющую движение жидкости, в) у разветвленной трубки мениски пузырька оказывают наибольшее сопротивление движению жидкости, так как с одной стороны пузырька образуются два мениска значительно меньших радиусов кривизны.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Адиабатический процесс 25

Б

Барометрическая формула 23

В

Вес тела 10

Внутренняя энергия идеального газа 24

Волны звуковые 21

Второе начала термодинамики в биологических системах 26

Второе начало термодинамики 25

Г

Гидравлическое сопротивление 19

Гравитационная постоянная 10

Громкость звука 21

Д

Давление гидростатическое 17

Давление жидкости или газа 17

Движение криволинейное равномерное 7

Движение криволинейное равнопеременное 8

Движение крови в сосудах 19

Движение прямолинейное равномерное 6

Движение прямолинейное равнопеременное 6

Дифференциальное уравнение гармонического колебания 20

З

Закон Авогадро 22

Закон Бойля-Мариотта 22

Закон всемирного тяготения 10

Закон Дальтона 22

Закон Клапейрона 22

Закон Ньютона второй 9

Закон Ньютона первый 9

Закон Ньютона третий 10

Закон Паскаля 17

Закон равнопеременного вращательного движения 8

Закон сохранения импульса 14

Закон сохранения полной механической энергии 16

Законы Гей-Люссака 22

И

Измерение скорости потока 18

Импульс материальной точки 9

Инерциальные системы отсчета 9

Интенсивность (сила) звука 21

К

Капиллярные явления 28

Квазиупругая сила 20

Кинематическое уравнение

криволинейного равномерного

Колебания вынужденные 21

Колебания гармонические 20

Количество теплоты 24

Л

Легочное дыхание 23

М

Молярная газовая постоянная 22

Мощность 15

Н

Невесомость 10

Несмачивание 27

О

Основное уравнение МКТ идеальных газов 23

П

Первое начало термодинамики 24

Первое начало термодинамики применительно к изопроцессам 24, 25

Перегрузка 11

Перемещение 5, 7

Период вращения 7

Период колебаний 20

Поверхностная энергия 27

Поверхностное натяжение 27

Правило правого винта 8

Путь 5, 7

Р

Работа в термодинамике 24
 Работа постоянной силы 15
 Работа сил упругости 16
 Работа силы тяжести 15
 равномерное 6
 равномерное 7
 Радиус-вектор 5, 7
 Расходомер 18
 Резонанс 21
 Рычаг второго рода 13
 Рычаг первого рода 13

С

Сила равнодействующая 9
 Сила трения 11
 Сила тяжести 10
 Сила упругости 11
 Силы внутреннего трения 18
 Силы инерции 11, 12
 Система отсчета 5
 Скорости бега 7
 Скорость колеблющейся точки 20
 Скорость мгновенная 5
 Скорость мгновенная угловая 8
 Скорость средняя 5
 Скорость средняя квадратичная
 поступательного движения молекулы 23
 Скорость средняя угловая 8
 Скорость угловая 7
 Смачивание 27
 Суставы и рычаги в опорно-
 двигательном аппарате человека 13, 14

Т

Теорема об изменении кинетической
 энергии 15
 Теплоемкость 24
 Теплоемкость молярная 24
 Теплоемкость удельная 24

У

Угол поворота 7
 Уравнение Бернулли 17
 Уравнение И. В. Мещерского 14
 Уравнение Клапейрона-Менделеева 22
 Уравнение неразрывности для
 несжимаемой жидкости 17
 Ускорение колеблющейся точки 20

Ускорение мгновенное 6
 Ускорение мгновенное угловое 8
 Ускорение нормальное 6
 Ускорение полное 6
 Ускорение среднее 6
 Ускорение среднее угловое 8
 Ускорение тангенциальное 6
 Условия равновесия твердого тела
 с неподвижной осью вращения 12

Ф

Формула Лапласа 28
 Формула Пуазейля 19
 Формула Стокса 18
 Формула Циолковского 14

Ч

Частота вращения 7
 Частота колебаний 20
 Число Рейнольдса 19

Э

Энергетика бега 16
 Энергия кинетическая 15
 Энергия кинетическая поступательного
 движения молекулы 23
 Энергия кинетическая при
 колебательном движении 21
 Энергия полная при колебательном
 движении 21
 Энергия потенциальная 15
 Энергия потенциальная при
 колебательном движении 21
 Энтропия и ее изменение 25, 26

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Грабовский, Р. И. Курс физики / Р. И. Грабовский. – СПб. : Лань, 2005. – 318 с.
2. Лаврова, И. В. Курс физики / И. В. Лаврова. – М. : Просвещение, 1981. – 255 с.
3. Ливенцев, Н. М. Курс физики / Н. М. Ливенцев. – М. : Высш. школа, 1978. – 336 с.
4. Мэрион, Дж. Б. Общая физика с биологическими примерами : пер. с англ. / Дж. Б. Мэрион ; под ред. А. Д. Суханова. – М. : Высш. школа, 1986. – 623 с.
5. Трофимова, Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М. : Академия, 2006. – 560 с.

Справочное издание

МЕХАНИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Справочные материалы

Корректор *Л. В. Журавская*
Оригинал-макет *Е. В. Юницкая*

Подписано в печать 08.08.2016. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,8. Тираж 57 экз. Заказ 26.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования «Мозырский государственный
педагогический университет имени И. П. Шамякина».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий N 1/306 от 22 апреля 2014 г.
Ул. Студенческая, 28, 247760, Мозырь, Гомельская обл. Тел. (8-0236) 32-46-29