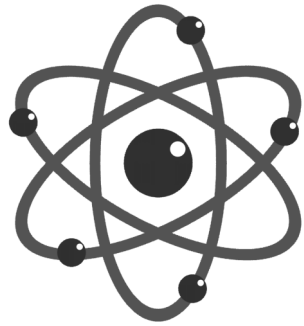
Е. Н. Филатов

Методическое пособие для учителя к учебнику

ФИЗИКА – 8

Часть 1



Москва 2020

Е. Н. Филатов

Методическое пособие для учителя к учебнику

ФИЗИКА – **8**

Часть 1

Москва 2020

Филатов Е.Н. **Методическое пособие для учителя к учебнику «ФИЗИКА – 8».** Ч. 1. – М.: АНО ЗФМЛ «Авангард», 2020. – 84 с.

© *Филатов Е.Н., 2020*
© *АНО ЗФМЛ «Авангард», 2020*

ISBN

СОДЕРЖАНИЕ

От автора 4
Урок 1. Тема урока: СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ 10
Урок 2. Тема урока: ДВИЖЕНИЕ *ПО* И *ПРОТИВ* ТЕЧЕНИЯ 16
Урок 3. Тема урока: ОТНОСИТЕЛЬНАЯ СКОРОСТЬ 18
Урок 4. Тема урока: ПЛОТНОСТЬ 21
Урок 5. Тема урока: ДАВЛЕНИЕ 25
Урок 6. Тема урока: ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В СОСУДЕ 31
Урок 7. Тема урока: СТАТИКА 36
Урок 8. Тема урока: СТАТИКА (продолжение) 41
Урок 9. Тема урока: ЗАПИСЬ ЧИСЕЛ С ПОМОЩЬЮ СТЕПЕНИ ЧИСЛА 10 46
Урок 10. Тема урока: ЗАПИСЬ ЧИСЕЛ С ПОМОЩЬЮ СТЕПЕНИ ЧИСЛА 10 (продолжение) 52
Урок 11. Тема урока: ЗАПИСЬ ЧИСЕЛ С ПОМОЩЬЮ СТЕПЕНИ ЧИСЛА 10 (окончание) 56
Урок 12. Тема урока: О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ 62
Урок 13. Тема урока: О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ (окончание) 70
Урок 14. Тема урока: ПРОВЕРКА РАЗМЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТА 74

От автора

I. Как оценивают работу учителя физики?

Еще недавно главным показателем работы учителя физики была школьная успеваемость: если в журнале хорошие оценки, значит, все хорошо, а если плохие – все плохо.

Сейчас ситуация другая. Во-первых, появились государственные экзамены ОГЭ и ЕГЭ, и оценки на этих экзаменах гораздо больше волнуют и учеников, и их родителей, и руководство школы, чем оценки в классном журнале. Во-вторых, все большее значение придается успехам учеников на Всероссийской олимпиаде школьников. Если есть успехи – учитель работает *очень хорошо*, а если нет – хвалить особо не за что.

Кроме этого, во многих регионах стали регулярно проводить централизованные контрольные работы по всем предметам, результаты которых тоже влияют на оценку работы учителя.

Спрашивается: что должны в *первую очередь* уметь ученики, чтобы показывать стабильно высокие результаты на всех перечисленных выше мероприятиях по физике? Ответ прост: они должны уметь хорошо *решать задачи по физике*, так как и вопросы ОГЭ и ЕГЭ, и административные контрольные работы, и задания на олимпиадах – это определенный набор *задач и вопросов* по физике.

Получается так: если учитель научил своих учеников хорошо решать задачи по физике, то они достигают цели, а если не научил – не достигают.

II. Авторское представление учебника.

Автор на основе своего многолетнего педагогического опыта сформулировал для себя главное правило, придерживаясь которого можно достичь успеха в преподавании физики в школе. Это правило можно кратко выразить формулой:

НАУЧИТЬ ФИЗИКЕ = НАУЧИТЬ РЕШАТЬ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ.

Представляется совершенно очевидным и не требующим доказательств утверждение, что если ученик хорошо понимает физику, то он может успешно решать задачи по физике. Верно и обратное утверждение: если ученик свободно решает задачи по физике, то он хорошо понимает физику.

Скажем прямо: в традиционных курсах физики для средней школы задачам отводится вспомогательная роль – на них зачастую просто не хва-

тает времени. Основное внимание уделяется усвоению теории. Но что греха таить: под усвоением часто кроется запоминание, причем запоминание без понимания. Не потому ли физика считается едва ли не самым трудным школьным предметом, а оценки по физике почти в любом школьном журнале, как правило, ниже, чем по математике?

Предлагаемый учебник позволяет так организовать учебный процесс, что главным «действующим персонажем» на уроке становится задача по физике, а главной целью учебного процесса – научить ребят решать задачи по физике.

Что же касается собственно теории, как это не парадоксально, если ее специально не заучивать, она запоминается значительно лучше, как бы «сама собой». Это не удивительно: ведь без многократного обращения к теории (причем осмысленного обращения!) решить большое количество задач просто невозможно.

Структура учебника. Учебник разбит на параграфы, каждый из которых включает определенную (иногда достаточно обширную) тему.

Каждый параграф содержит теоретические сведения, которые иногда излагаются в форме диалога автора с читателем. Это сделано для того, чтобы читатель воображаемый мог заострить внимание читателя реального, то есть ученика, на тех вопросах, в которых учащиеся обычно допускают ошибки. Кроме того, диалог (в умеренных дозах) несколько оживляет повествование.

В теоретический материал вставлены **разобранные задачи** по следующему принципу: как только теоретических сведений данного параграфа становится достаточно для того, чтобы учащиеся смогли приступить к самостоятельному решению очередной серии задач, в тексте приводится подробное решение типичной задачи данной серии. Разобрав решение, учащиеся должны на время приостановить дальнейшее изучение параграфа и решить несколько задач самостоятельно.

О принципах подбора задач скажем особо.

1. В среднем на каждый параграф приходится около 50 задач различного уровня сложности.

2. Задачи подобраны *строго по теме,* то есть задачи, не относящиеся непосредственно к материалу данного параграфа, полностью исключены.

3. Все задачи разбиты на *пять условных категорий*: А – задачи очень легкие, Б - задачи легкие, В – задачи средней трудности, Г – задачи трудные, Д – задачи очень трудные. Классификация задач по уровню сложности достаточно условная, но в целом она отражает затраты *времени*, необходимые на решение данной задачи.

4. Особо отметим задачи с индексами «ш» и «р» (например: $В1_{ш}$, $Г12_{р}$). Индекс «ш» означает, что данная задача предлагалась на школьном туре Всероссийской олимпиады школьников по физике, а индекс «р» – что задача предлагалась на районном (муниципальном) туре Всероссийской олимпиады.

5. Наличие в учебнике большого количества число олимпиадных задач позволяет осуществлять подготовку учеников к олимпиадам непосредственно на уроках, так как их решение становится частью учебного процесса.

6. Никаких знаний, выходящих за пределы данного параграфа, для решения большинства задач, приведенных параграфе, **не требуется** (иногда, правда, требуются знания материала предыдущих параграфов).

7. К большинству задач имеется **подсказка**, то есть указание, которое позволяет даже слабому ученику начать работу над решением задачи. Обычно это ссылка на конкретную разобранную в тексте задачу или на приведенную в данном параграфе формулу.

8. К каждой расчетной задаче в конце учебника дается *ответ*, позволяющий ученикам самостоятельно убедиться в правильности своего решения.

III. Новая образовательная технология.

Ясно, что учебный процесс, организованный на основе данного учебника, должен проходить несколько иначе, чем при работе с традиционными учебниками. Объясним подробно, как следует организовывать учебный процесс.

Объяснение нового материала начинается с того, что учащиеся записывают в рабочей тетради тему урока и открывают учебники на том месте, где начинается материал данного урока.

После этого учитель **читает вслух** (при необходимости добавляя свои комментарии) фрагмент текста параграфа, а ученики следят за текстом по книге, при необходимости записывая в рабочую тетрадь наиболее важные формулы и определения.

Заметим, что учителю в процессе чтения нет необходимости держать в руках учебник – весь текст учебника полностью продублирован в методическом пособии. А те места, которые необходимо записать в рабочие тетради, выделены в тексте жирным шрифтом.

Как правило, чтение занимает от 2 до 5 минут. После того как определенный фрагмент текста прочитан и разобранная в учебнике задача

пройдена, учитель разбирает на доске с помощью класса аналогичную задачу (текст каждой такой задачи вместе с решением приведен в методическом пособии).

Далее учитель записывает на доске номера задач для обязательного решения (одну–две задачи). Первые два–три ученика, показавшие учителю правильные решения, получают от учителя поощрительные баллы, и пока весь остальной класс продолжает решать обязательные задачи, «отличники» поучают дополнительные задания – еще 2–3 задачи повышенной трудности. В итоге – весь класс занят делом, а учитель имеет возможность помочь тем учащимся, у которых возникают трудности при решении задач.

После проверки решения обязательных задач у всех учеников учитель переходит к следующему фрагменту учебника.

Заметим, что поскольку решения ответы всех задач приведены в данном методическом пособии, на проверку правильности решения у каждого ученика уходит буквально 1–2 секунды.

Часть задач предназначена для устного решения. Учитель вызывает на ответ учащегося по желанию или по своему усмотрению и тут же оценивает ответ.

Сразу отметим, что ставить за устные ответы оценки по пятибалльной шкале нецелесообразно, так как опасение получить невысокую оценку будет сковывать инициативу учеников и, в конечном счете, учителю придется разбирать задачи самому. Если же придерживаться принципа: за правильный ответ – премиальные баллы, а за неправильный – ничего, учащиеся, как правило, работают очень активно.

В конце урока можно дать самостоятельную работу на 3–5 минут по только что пройденной теме. Оценки за них можно выставлять в классный журнал. Поскольку решения всех задач приведены в методичке, проверка не займет много времени.

К каждому уроку в методическом пособии приведен список задач для домашнего задания. По своему усмотрению учитель может задать как все задачи, так и некоторые из них. Целесообразно давать одно большое домашнее задание на неделю, и раз в неделю собирать на проверку тетради с домашним заданием. Поскольку решения всех домашних задач приведены в методичке, проверка не займет много времени.

Как правило, у учителей, привыкших к традиционным формам проведения уроков, возникают три вопроса, на которые необходимо ответить.

***Вопрос 1*.** По данной методике устных опросов учащихся у доски вообще не предусмотрено. Правильно ли это?

Ответ: Автор абсолютно убежден, что правильно. Давайте проведем несложный арифметический подсчет. Допустим, в вашем классе 30 учеников, причем каждого из них надо 5 раз в полугодие опросить у доски. Допустим, что каждый опрос занимает 5 минут. Значит, за полугодие это составляет: 5 мин $\times$ 30 уч-ся $\times$ 5 раз = 750 мин = 16,6 уроков. В течение этих 17 уроков дети не получают *никакой* новой информации, а будут выступать в роли пассивных слушателей пересказов текста учебника. Причем пересказы эти будут, с точки зрения лекторского мастерства, достаточно слабыми, а то и безграмотными.

Ясно, что уровень знаний по физике от таких «слушаний» не повысится, а вот драгоценного времени, которого нам так катастрофически не хватает, тратится очень много. Кроме того, вызов к доске – болезненно неприятное событие для ученика. Само ожидание такого вызова зачастую превращает урок, а значит, и предмет изучения в нечто нежелательное.

Вопрос 2. Учителю предлагается *читать* текст учебника. А не лучше ли изложить своими словами?

Ответ. В идеале – конечно, лучше! Но здесь есть опасность, во-первых, увлечься и потерять темп урока, а во-вторых, элементарно *забыть* что-то существенное из того, что надо сказать именно в данный момент. В общем, тут каждый решает сам. Автор учебника, который сам по нему работает уже 20 лет, обычно творчески совмещает чтение со своими комментариями и добавлениями.

Вопрос 3. Как быть с фронтальными лабораторными работами?

Ответ: Здесь ничего менять не надо. Проводите лабораторные работы в строгом соответствии с программой.

Несколько слов о работе с программой. Поскольку последовательность изложения материала в значительной степени соответствует последовательности изложения в традиционном учебнике А.В. Перышкина, то за основу такой программы вполне можно взять рабочую программу, составленную для данного традиционного учебника, внеся в нее небольшие изменения.

IV. Последовательность изложения материала.

Для учеников 8 класса первая возможность показать свои достижения по физике – это школьный тур Всероссийской олимпиады. В разных регионах страны он проводится в разные сроки, но обычно это конец сентября – начало октября. То есть на подготовку к этому мероприятию у ученика 4–5 недель.

Какие же задачи обычно предлагаются на школьном туре?

Анализ многочисленных вариантов олимпиадных задач за последние 10–15 лет позволяет сформулировать основные темы:

1. Вычисление средней скорости движения.

2. Движение «вдогонку» и «навстречу».

3. Движение «по», «против» и «поперек» течения реки.

4. Задачи на плотность.

5.Давление на твердую поверхность.

6. Гидростатическое давление.

7. Закон Архимеда. Изменение уровня жидкости при погружении тела в сосуд.

8.Условие равновесия твердого тела.

9.Работа по изменению высоты центра тяжести тела.

Все эти темы основательно разбирались в курсе 7 класса, но для того, чтобы все ученики Вашего класса были хорошо подготовлены к школьному туру олимпиады, первый параграф полностью посвящен решению олимпиадных задач на эти темы.

На региональном (муниципальном) туре Всероссийской олимпиады школьников по физике к выше перечисленным темам добавляются задачи *на тепловые явления*. Задачи на эту тему включены во все разделы 1-й части учебника для 8 класса.

Итак, подчеркнем: учебный процесс включает в себя не только изучение программных вопросов, но и системную подготовку к школьному и муниципальному турам Всероссийской олимпиады школьников.

V. Противопоказания.

1. Не сработает методика в НЕМОТИВИРОВАННОМ классе, где есть ученики, незаинтересованные в изучении физики.

2. Ничего не выйдет в слабом классе, в котором в начальной школе не заложена прочная база знаний. Даже если дети заинтересованы, без хороших математических навыков у них ничего не получится.

3. Нельзя начинать работу по данной методике без согласования с администрацией школы. Мой учебник по своему статусу – учебное пособие. Но если ваша школа работает по учебникам А.В. Перышкина, то КТП можно не менять. Темы в моих учебниках идут почти синхронно с темами в учебнике А.В. Перышкина.

4. Два часа в неделю для моей методики – маловато! Нужно три часа. Третий час можно попробовать взять либо за счет школьной компоненты, либо за счет дополнительного образования, либо в качестве внеклассной работы.

Желаю успеха!

Урок 1
Тема урока: СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за текстом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

§ 1. ПОВТОРЕНИЕ 7 КЛАССА. ПОДГОТОВКА К ШКОЛЬНОМУ ЭТАПУ ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ

Средняя скорость

Вспомним определение средней скорости.

Средней путевой скоростью *называется физическая величина, равная отношению величины пройденного телом пути s ко времени движения t, в течение которого этот путь был пройден:*

$$v = \frac{s}{t} \ . \qquad (1.1)$$

Задача 1.1$_{ш}$. Средняя скорость тела за 20 с движения составила 4 м/с. Средняя скорость тела за последние 4 с движения составила 10 м/с. Определите среднюю скорость тела за первые 16 с движения.

$\boldsymbol{v_1 = 4}$ **м/с**
$\boldsymbol{v_2 = 10}$ **м/с**
$\boldsymbol{t_1 = 20}$ **с**
$\boldsymbol{t_2 = 4}$ **с**
$\boldsymbol{t_3 = 16}$ **с**
$\boldsymbol{v_3 = ?}$

Решение. Пусть l – длина всего пути, а $t_1 = 20$ с – время прохождения этого пути, тогда средняя скорость на всём пути равна

$$\boldsymbol{v_1} = \frac{l}{t_1} \Rightarrow 4 = \frac{l}{20} \Rightarrow l = \mathbf{80\ м}.$$

Пусть l_2 – длина пути, пройденного телом за последние $t_2 = 4$ с, тогда средняя скорость за эти 4 секунды равна:

$$\boldsymbol{v_2} = \frac{l_2}{t_2} \Rightarrow 10 = \frac{l_2}{4} \Rightarrow l = \textbf{ 40 м.}$$

Тогда путь l_3, пройденный телом за первые 16 с, равен

$$\boldsymbol{l_3 = l - l_2 = 80 - 40 = 40 \text{ м}.}$$

Теперь находим среднюю скорость за первые 16 с:

$$\boldsymbol{v_3} = \frac{l_3}{t_3} = \frac{40 \text{ м}}{16 \text{ с}} = \textbf{ 2,5 м/с.}$$

Ответ: 2,5 м/с.

Автор: Допустим, что наш путь состоял из n участков: s_1, s_2, …, s_n. Каждый из этих участков тело прошло за время t_1, t_2, …, t_n. Чему равна в этом случае средняя путевая скорость?

Читатель: Весь путь в этом случае будет равен $s = s_1 + s_2 + \ldots + s_n$, а время $t = t_1 + t_2 + \ldots + t_n$. Значит,

$$\boldsymbol{v_{ср}} = \frac{s_1 + s_2 + \ldots + s_n}{t_1 + t_2 + \ldots + t_n}. \qquad \textbf{(1.2)}$$

Автор: Совершенно верно!

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 12 минут.

Учитель разбирает на доске при помощи класса.

В1ш. Велосипедист, проехав 4 км со скоростью 12 км/ч, остановился и отдыхал в течение 40 мин. Оставшиеся 8 км пути он проехал со скоростью 8 км/ч. Найдите среднюю скорость (в км/ч) велосипедиста.

$l_1 = 4$ км $v_1 = 12$ км/ч $t_0 = 40$ мин $l_2 = 8$ км $v_2 = 8$ км/ч	***Решение.***
$v_{ср} = ?$	$v_{ср} = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_0 + t_2} = \frac{l_1 + l_2}{\frac{l_1}{v_1} + t_0 + \frac{l_2}{v_2}} =$

$$= \frac{4 \text{ км} + 8 \text{ км}}{\frac{4 \text{ км}}{12 \text{ км/ч}} + \frac{40}{60} \text{ч} + \frac{8 \text{ км}}{8 \text{ км/ч}}} = \frac{12 \text{ км}}{2 \text{ ч}} = 6 \text{ км/ч}.$$

*Ответ***:** 6 км/ч.

Учитель читает….

Задача 1.2р. Вычислите среднюю скорость пешехода, если:

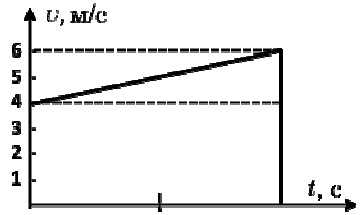


Рис. 1.1

а) первую половину времени он шёл со скоростью 4 км/ч, а вторую половину времени – со скоростью 6 км/ч;

б) первую половину пути он шёл со скоростью 4 км/ч, а вторую половину пути – со скоростью 6 км/ч;

в) его скорость равномерно возрастала от 4 км/ч до 6 км/ч (рис. 1.1).

$\upsilon_1 = 4$ м/с	***Решение.***
$\upsilon_2 = 6$ м/с	Пусть t – время движения, а s – путь, тогда сред-
$\upsilon_{ср} = ?$	няя скорость:

а) $\upsilon_{ср} = \dfrac{s}{t} = \dfrac{\upsilon_1 \cdot \dfrac{t}{2} + \upsilon_2 \cdot \dfrac{t}{2}}{t} = \dfrac{\upsilon_1 + \upsilon_2}{2} = \dfrac{4+6}{2} = \mathbf{5\ км/ч;}$

б) $\upsilon_{ср} = \dfrac{s}{t} = \dfrac{s}{t_1 + t_2} = \dfrac{s}{\dfrac{s/2}{\upsilon_1} + \dfrac{s/2}{\upsilon_2}} = \dfrac{1}{\dfrac{1}{2\upsilon_1} + \dfrac{1}{2\upsilon_2}} = \dfrac{2\upsilon_1\upsilon_2}{\upsilon_1 + \upsilon_1} = \dfrac{2 \cdot 4 \cdot 6}{4+6} =$

= 4,8 км/ч;

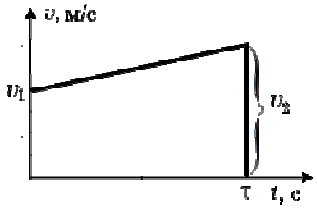


Рис. 1.2

в) Пусть дан график зависимости скорости от времени (рис. 1.2) и нам надо найти среднюю скорость за время τ. Но прежде чем это сделать, попробуем решить более простую задачу: найдём путь, пройденный за время τ, если значения υ_1, υ_2, …, υ_n; Δt_1, …, Δt_n известны (рис. 1.3).

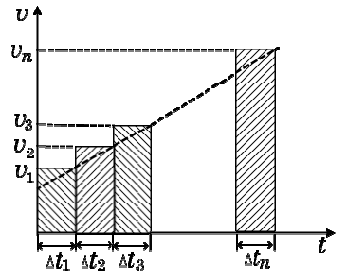


Рис. 1.3

На каждом из промежутков времени Δt_1, …, Δt_n скорость – постоянная величина: υ_1, …, υ_n. Значит, пути, пройденные за каждый из промежутков времени Δt_1, …, Δt_n, равны соответственно: $\Delta s_1 = \upsilon_1 \Delta t_1$, …, $\Delta s_n = \upsilon_n \Delta t_n$.

А теперь заметим, что произведение $\upsilon_1 \Delta t_1$ – это площадь прямо-

угольника со сторонами v_1 и Δt_1, произведение $v_2\Delta t_2$ – это площадь прямоугольника со сторонами v_2 и Δt_2 и т.д. То есть получается, что путь *графически* представляет собой площадь под графиком зависимости $v = v(t)$.

Если все промежутки времени взять очень маленькими, то график на рис. 1.3 превратится в график на рис. 1.2. Теперь понятно, что путь, пройденный телом для случая, показанного на графике на рис. 1.2, – это *площадь под графиком* $v(t)$ на промежутке времени $(0; \tau)$. Фигура, площадь которой нам надо найти, – это трапеция с основнием v_1 и v_2 и высотой τ, тогда

$$s = \frac{v_1 + v_2}{2}\tau.$$

А теперь не представляет труда найти среднюю скорость:

$$\boldsymbol{v_{ср}} = \frac{s}{\tau} = \frac{\dfrac{v_1 + v_2}{2}\tau}{\tau} = \frac{v_1 + v_2}{2}.$$

В нашем случае (см. рис. 1.1) $v_1 = 4$ км/ч, $v_2 = 6$ км/ч, отсюда

$$\boldsymbol{v_{ср}} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{4+6}{2} = \mathbf{5\ км/ч.}$$

Ответ: а) 5 км/ч; б) 4,8 км/ч; в) 5 км/ч.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 25 минут.

Учитель обсуждает с классом идеи решения двух следующих задач и предлагает решить их до конца урока в качестве самостоятельной работы.

$B2_{ш}$. Первую половину пути автомобиль проехал со скоростью $v_1 = 36$ км/ч, а на второй половине пути он половину времени двигался со скоростью $v_2 = 48$ км/ч, а оставшееся время двигался со скоростью $v_3 = 96$ км/ч. Найдите среднюю скорость движения автомобиля.

$v_1 = 35$ км/ч
$v_2 = 48$ км/ч
$v_3 = 96$ км/ч
$v_{ср} = ?$

Решение. Средняя скорость на второй половине пути равна

$$v_{ср2} = \frac{v_2 + v_3}{2} = \frac{48+96}{2} = 72 \text{ км/ч}.$$

Средняя скорость на всём пути равна

$$v_{ср} = \frac{2v_1 \cdot v_{ср2}}{v_1 + v_{ср2}} = \frac{2 \cdot 36 \cdot 72}{36 \cdot 72} = 48 \text{ км/ч}.$$

Ответ: 48 км/ч.

Г1$_р$. Турист проехал на велосипеде за один день 40 км. При этом с 9.00 до 11.20 он ехал со скоростью, которая равномерно возрастала от 10 км/ч до 14 км/ч. Затем турист загорал на пляже. На оставшийся путь он потратил время с 18.30 до 20.00. Определите среднюю скорость туриста на вечернем участке поездки.

$s = 40$ км $v_1 = 10$ км/ч $v_2 = 14$ км/ч	***Решение.*** Первый промежуток времени равен $t_1 = 11.20 - 9.00 = 2.20 = 2\frac{1}{3}$ ч $= \frac{7}{3}$ ч.
$v_{ср} = ?$	Средняя скорость на этом промежутке равна $v_{ср1} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{10 + 14}{2} = 12$ км/ч.

Тогда путь, пройденный за это время, равен

$$l_1 = v_{ср1} t_1 = 12 \cdot \frac{7}{3} = 28 \text{ км}.$$

Значит, оставшийся путь составляет $l_2 = s - l_1 = 40 - 28 = 12$ км, а пройден этот путь за время $t_2 = 20.00 - 18.30 = 1.30 = 1\frac{1}{2} = \frac{3}{2}$ ч. Средняя скорость за время t_2 равна

$$v_{ср2} = \frac{l_2}{t_2} = \frac{12 \text{ км}}{3/2 \text{ ч}} = 8 \text{ км/ч}.$$

Ответ: 8 км/ч.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание.

Задачи для домашнего задания к уроку 1

В16$_ш$. На рис. 1.34 изображен график зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси OX, от времени t. С какой скоростью движется тело? Какой будет координата тела в момент времени t = = 60 с?

Решение. Рассмотрим промежуток времени (10 с; 20 с):

$$v = \frac{x(20) - x(10)}{(20 - 10)\text{ с}} = \frac{10\text{ м} - 0}{10\text{ с}} = 1\text{ м/с}.$$

$x(60) = x(0) + v \cdot 60 = -10 + 1 \cdot 60 = 50$ м.

Ответ: 1 м/с, 50 м.

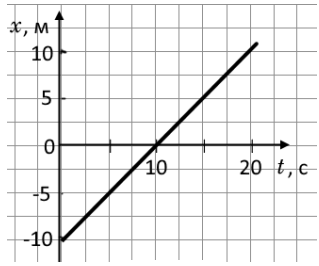


Рис. 1.34

Г15$_р$. Таракан двигался вдоль прямой в течение 3 минут. Средняя его скорость за первую минуту движения составила 10 см/с, за первые две минуты средняя скорость была 12 см/с, за все три минуты средняя скорость была 16 см/с. Найти: 1) среднюю скорость таракана за вторую минуту; 2) среднюю скорость таракана на первой трети пути; 3) на второй половине пути.

$t = 180$ с	***Решение.*** За первую минуту таракан пробежал $l_1 = 10$ см/с $\cdot$ 60 с = 600 см, за две минуты – $l_2 =$ $= 12$ см/с $\cdot$ 120 = 1440 см. Тогда путь, пройденный за вторую минуту равен $l_2 = l_{12} - l_1 = 1440 - 600 =$ $= 840$ см. Скорость за вторую минуту составляет $$v_2 = \frac{l_2}{t_2} = \frac{800\text{ см}}{60\text{ с}} = 14\text{ см/с}.$$
$v_1 = 10$ см/с	
$v_{12} = 12$ см/с	
$v_{123} = 16$ см/с	
$v_2 = ?$	
$v_{1/3} = ?$	
$v_{II} = ?$	

Путь, пройденный за все три минуты

$$l = v_{123} \cdot 180 = 16\text{ см/с} \cdot 180\text{ с} = 2880\text{ см}.$$

Первая треть пути составляет $\frac{l}{3} = \frac{2880\text{ см}}{3} = 960$ см, их них 600 см были пройдены за 1-ю минуту, а (960 – 600) = 360 см были пройдены со скоростью $v_2 = 14$ см/с за время $\Delta t = \frac{360\text{ см}}{14\text{ см/с}} \approx 25{,}7$ с. Тогда средняя скорость на 1/3 пути составляет

$$v_{1/3} = \frac{l/3}{60 + \Delta t} = \frac{960\text{ см}}{60\text{ с} + 25{,}7\text{ с}} \approx 11{,}2\text{ см/с}.$$

Первая половина пути составляет $\frac{l}{2} = \frac{2880\text{ см}}{2} = 1440$ см, этот путь был пройден за 2 мин, а вторая половина пути была пройдена за время: 3мин – 2 мин = 1 мин = 60 с. Значит, средняя скорость на второй половине пути равна:

$$v_I = \frac{l/2}{60c} = \frac{1440\text{ см}}{60\text{ с}} = 24\text{ см/с}.$$

Ответ: $v_2 = 14$ см/с, $v_{1/3} = 11{,}2$ см/с, $v_{II} = 12$ см/с.

Урок 2
Тема урока: ДВИЖЕНИЕ *ПО* И *ПРОТИВ* ТЕЧЕНИЯ

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

Разбор задачи Г15$_р$ из Домашнего задания

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за текстом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

Движение *по* и *против* течения

Мы с вами знаем, что если катер идёт по течению реки со скоростью v *относительно воды*, а скорость течения u, то относительно берега скорость катера равна $v + u$. Если же катер идёт против течения, его скорость относительно берега равна $v - u$.

Автор: Допустим, катер отошёл от причала вверх по течению реки на расстояние l и вернулся обратно. Какое время он потратил на весь путь?

Читатель: **Время «туда» равно** $t_т = \frac{l}{v-u}$**, а время**

«обратно» $t_о = \frac{l}{v+u}$**. Значит, общее время поездки составит** $t = t_т + t_о = \frac{l}{v-u} + \frac{l}{v+u}$**.**

Автор: Совершенно верно! Теперь рассмотрим другую ситуацию. Катер двигаясь вверх по течению, встретил плот, после этого удалился *от плота* вверх по течению на расстояние l и вернулся обратно к плоту. Какое время заняло такое путешествие?

Читатель: **Относительно плота катер движется с такой же скоростью v, с какой он движется относительно воды. Значит, совершив путь туда и обратно он пройдёт *относительно плота* путь $2l$ за время** $t = \dfrac{2l}{v}$.

Автор: Совершенно верно!

Учитель обсуждает с классом идеи решения следующих задач и предлагает решить в качестве самостоятельной работы.

Г2$_р$. Катер, идущий против течения реки, встречает плот, плывущий по реке. Через $t_1 = 20$ мин после встречи катер причалил к берегу и простоял $t_2 = 1$ ч. Затем катер поплыл обратно и за $t_3 = 40$ мин догнал плот на расстоянии $l = 5$ км от места их первой встречи. Определите скорость катера относительно воды, считая её постоянной.

$t_1 = 20$ мин $= \dfrac{1}{3}$ ч	***Решение***. Время между встречами
$t_2 = 1$ ч	$t = t_1 + t_2 + t_3 = \dfrac{1}{3} + 1 + \dfrac{2}{3} = 2$ ч.
$t_3 = 40$ мин $= \dfrac{2}{3}$ ч	За это время плот прошёл расстояние
$l = 5$ км	$l = ut = u \cdot 2$ км. (1)
v = ?	Катер удалился от плота на максимальное расстояние

$$s = (v \cdot \frac{1}{3} + u \cdot 1) \text{ км.} \qquad (2)$$

На обратном пути катер прошёл это расстояние за $\dfrac{2}{3}$ ч:

$$s = v \cdot \frac{2}{3} \text{ км.} \qquad (3)$$

Из (2) и (3) получаем: $v \cdot \dfrac{1}{3} + u \cdot 1 = v \cdot \dfrac{2}{3} \Rightarrow v \cdot \dfrac{1}{3} = u \Rightarrow u = \dfrac{v}{3}$.

Из (1) получаем:

$$l = u \cdot 2 \Rightarrow l = \frac{v}{3} \cdot 2 \Rightarrow v = \frac{3}{2} l \Rightarrow v = \frac{3}{2} \cdot 5 = 7{,}5 \text{ км/ч.}$$

Ответ: 7,5 км/ч.

ГЗ$_р$. Время движения катера от пристани A до пристани B по течению реки t_1 = 1 ч 42 мин, а обратно при том же режиме работы двигателя – t_2 = 2 ч 06 мин. За какое время катер проплывёт расстояние AB в неподвижной воде?

t_1 = 1 ч 42 мин = 1,7 ч
t_2 = 2 ч 06 мин = 2,1 ч
t_0 = ?

Решение.

(1) $L = (v + u)t_1 = (v - u)t_2 \Rightarrow$

$v(t_2 - t_1) = u(t_1 + t_2) \Rightarrow$

$$u = v\frac{t_2 - t_1}{t_1 + t_2} = v\frac{2{,}1 - 1{,}7}{1{,}7 + 2{,}1} \Rightarrow u = \frac{2}{19}v\,.$$

(2) $L = v\,t_0$.

Из (1) получим

$$L = (v + \frac{2}{19}v)t_1 \rightarrow$$

$$vt_0 = v(1 + \frac{2}{19})\cdot 1{,}7 \Rightarrow t_0 = \frac{21}{19}\cdot 1{,}7 = \frac{357}{190} = \frac{2142}{19} \text{ мин} =$$

$$= 112{,}73 \text{ мин} \approx 113 \text{ мин}.$$

Ответ: 113 мин.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание.

Задача для домашнего задания к уроку 2

В18$_ш$. Моторная лодка развивает скорость 10 км/ч. Из пункта A в пункт B можно добраться по озеру и по реке, оба пути одинаковой длины 120 км. Лодочник должен переплыть туда и обратно либо по реке, либо по озеру. Какой способ быстрее?

Решение.

$$t_2 = \frac{l(v+u) + l(v-u)}{v^2 - u^2} = \frac{2lv}{v^2 - u^2} < \frac{2lv}{v^2} = \frac{2l}{v} = t_1\,.$$

Итак, $t_2 < t_1$ при любых v, l и u $(v > u)$.

Ответ: быстрее по озеру.

Урок 3
Тема урока: ОТНОСИТЕЛЬНАЯ СКОРОСТЬ

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

Разбор задачи $B18_ш$ из домашнего задания.

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за текстом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

Относительная скорость поездов. Время обгона

Автор: Вы знаете, что **если один поезд движется со скоростью v_1 навстречу другому поезду, едущему со скоростью v_2, то их относительная скорость (*скорость сближения*) равна $v_{сб} = v_1 + v_2$.**

Если же первый поезд догоняет второй, то их относительная скорость (*скорость сближения*) равна $v_{сб} = v_1 - v_2$.

Пусть длина первого поезда L_1, а второго – L_2. Какое время будет длиться обгон?

Читатель: Когда обгон начинается, поезда располагаются так, как показано на рис. 1.4 вверху, а когда обгон заканчивается, то так, как показано на рис. 1.4 внизу.

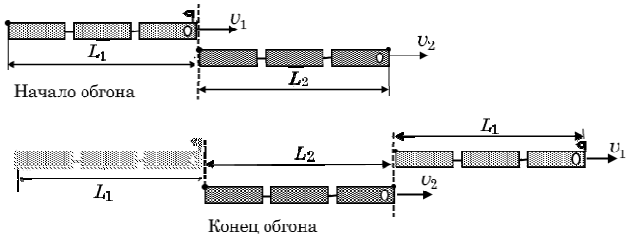


Рис. 1.4

Флажок на первом вагоне первого поезда проехал относительно второго поезда расстояние $L_1 + L_2$ со скоростью $v_1 - v_2$, значит, на обгон ушло время $t_{обг} = \dfrac{L_1 + L_2}{v_1 - v_2}$.

Учитель разбирает на доске при помощи класса.

В3$_{ш}$. По двум параллельным путям равномерно движутся два поезда: товарный, длина которого l_1 = 630 м и скорость v_1 = 48 км/ч, и пассажирский длиной l_2 = 120 м со скоростью v_2 = 102 км/ч. Какова относительная скорость движения поездов, если они движутся: а) в одном направлении; б) в противоположных направлениях? За какое время один поезд обгонит другой?

l_1 = 630 м = = 0,63 км v_1 = 48 км/ч l_2 = 120 м = = 0,12 км v_2 = 102 км/ч	***Решение***. а) $v_{отн} = v_2 - v_1 = 102 - 48 = 54$ км/ч; б) $v_{отн} = v_2 + v_1 = 102 + 48 = 150$ км/ч; $t_{обг} = \frac{l_1 + l_2}{v_2 - v_1} = \frac{(0,63 + 0,12)\text{ км}}{(102 - 48)\text{ км/ч}} = \frac{1}{72}\text{ ч} = \frac{3600c}{72} =$ $= 50$ с.
$v_{отн}$ = ? $t_{обг}$ = ?	*Ответ*: 50 с, 54 км/ч, 150 км/ч.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 20 минут.
Учитель читает…

Движение поперёк течения

Задача 1.3. Катер пересекает реку за время t = 60 с, всё время поддерживая курс перпендикулярно течению. Скорость катера относительно воды v = 4 м/с, скорость течения реки u = 3 м/с. Определите: а) ширину реки L; б) расстояние s на которое катер снесло вниз по течению реки; в) скорость катера относительно берега.

t = 60 с v = 4 м/с u = 3 м/с	***Решение.*** Сделаем чертёж (рис. 1.5). Катер движется перпендикулярно берегу, поэтому $L = vt = 4$ м/с $\cdot 60$ с $= 240$ м.
s = ? L = ? v' = ?	Катер смещается относительно берега за счёт течения реки, поэтому $s = ut = 3$ м/с $\cdot$ 60 с = 180 м.

Относительно берега катер прошёл расстояние a. Как видно из рис. 1.5, a – это гипотенуза прямоугольного треугольника ABC:

$$a = \sqrt{L^2 + S^2} = \sqrt{(vt)^2 + (ut)^2} =$$
$$= \sqrt{t^2(v+u)^2} = t\sqrt{v^2+u^2}.$$

Тогда скорость катера относительно берега равна:

$$v' = \frac{a}{t} = \frac{t\sqrt{v^2+u^2}}{t} = \sqrt{v^2+u^2} = \sqrt{4^2+3^2} = 5 \text{ м/с.}$$

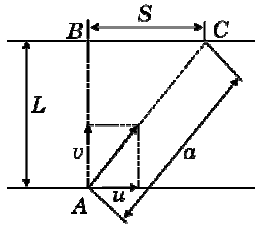


Рис. 1.5

Ответ: L = 240 м, s = 180 м, v'= 5 м/с.

Учитель обсуждает с учащимися идеи решения задач и предлагает решить самостоятельно:

В4ш. Катер пересёк прямую реку шириной 90 м, всё время поддерживая курс перпендикулярно течению. Чему равна средняя скорость катера относительно воды, если известно, что место прибытия катера на другой берег находится на 15 м ниже по течению от точки отправления? Скорость течения равна 1 м/с.

L = 90 м s = 15 м u = 1 м/с v = ?	***Решение***. $\begin{cases} vt = L, \\ ut = s \end{cases} \Rightarrow \frac{v}{u} = \frac{L}{s} \Rightarrow v = u\frac{L}{s} = 1 \text{ м/с} \cdot \frac{90 \text{ м}}{15 \text{ м}} = 6 \text{ м/с}.$

Ответ: 6 м/с.

В5ш. Трактор движется со скоростью 5,18 км/ч. С какой скоростью относительно земли движется: а) нижняя часть гусеницы; б) верхняя часть гусеницы; в) часть гусеницы, которая в данный момент времени перпендикулярна земле?

v = 5,18 км/ч $v_в$ = ? $v_н$ = ? v_1 = ?	***Решение***. Нижняя часть гусеницы неподвижна относительно земли, поэтому скорость гусеницы относительно трактора равна v (рис. П.1).

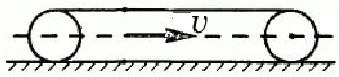


Рис. П.1

Тогда $v_н = 0$; $v_в = 2v = 10{,}36$ м/с;

$v_1 = \sqrt{v^2+v^2} = v\sqrt{2} = 5{,}18 \cdot \sqrt{2} \approx 7{,}3256$ м/с $\approx 7{,}33$ м/с.

Ответ: 0; 10,36 км/ч, 7,33 км/ч.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание.

Задача для домашнего задания к уроку 3:

В17$_{ш}$. Из пунктов A и B, расстояние между которыми равно l, одновременно навстречу друг другу начали двигаться два тела: первое со скоростью v_1, второе со скоростью v_2. Определите время и место их встречи.

Решение. $v_{сб} = v_1 + v_2$. $t_в = \dfrac{l}{v_1 + v_2}$, $l_1 = \dfrac{v_1 l}{v_1 + v_2}$ – расстояние от пункта A до места встречи.

Урок 4
Тема урока: ПЛОТНОСТЬ

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за текстом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

Плотность

Напомним, что **плотность равна отношению массы тела к его объёму:**

$$\rho = \frac{m}{V}. \qquad (1.2)$$

Учитель предлагает устно решить задачу:

В6. Однородные шары покоятся на равноплечих рычажных весах, как показано на рис. 1.6. Плотность какого из шаров наименьшая? Известно, что $V_2 > V_1 = V_3$.

Ответ: второго.

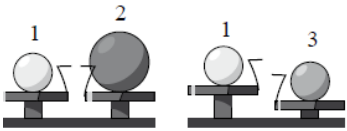


Рис. 1.6

Если сосуд массой m и ёмкостью V наполнить жидкостью плотностью ρ, то масса сосуда с жидкостью будет равна

$$m_1 = m + \rho V.$$

Учащиеся решают письменно в тетрадях после обсуждения.

В7$_{ш}$. Масса канистры, полностью заполненной бензином, m_1 = = 24 кг. Масса канистры, полностью заполненной водой, m_2 = 29 кг. Какова масса пустой канистры? Плотность воды $\rho_в$ = 1000 кг/м^3, плотность бензина ρ = 700 кг/м^3.

m_1 = 24 кг
m_2 = 29 кг
$\rho_в$ = 1000 кг/м^3
ρ = 700 кг/м^3
---
m = ?

Решение. $\begin{cases} m_1 = m + \rho V; \\ m_2 = m + \rho_в V \end{cases} \Rightarrow\ m_2 - m_1 = V(\rho_в - \rho) \Rightarrow$

$$V = \frac{m_2 - m_1}{\rho_в - \rho} = \frac{29 - 24}{100 - 700} = \frac{1}{60}\ \text{м}^3.$$

$$m = m_2 - \rho_в V = 29 - 1000 \cdot \frac{1}{60} = 12{,}33\ \text{кг} \approx 12{,}3\ \text{кг}.$$

Ответ: 12,3 кг.

Учитель читает…

Если два раствора с плотностями ρ_1 и ρ_2 и объёмами V_1 и V_2 смешать, то плотность получившегося раствора (при условии, что объём смеси равен сумме объёмов растворов) равна:

$$\rho_{\text{смеси}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2}. \qquad \textbf{(1.3)}$$

Если же объём смеси меньше (или больше) суммы объёмов растворов, то плотность смеси равна:

$$\rho_{\text{смеси}} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_{\text{смеси}}}. \qquad \textbf{(1.4)}$$

Учащиеся решают письменно после обсуждения.

В8$_{ш}$. При смешивании 100 л воды и 100 л спирта плотностью 0,8 г/см^3 оказалось, что суммарный объём уменьшился на 5 %. Какова плотность полученного раствора?

Решение. Пусть V = 100 л, тогда $V_{\text{смеси}} = 0{,}95 \cdot (2V) = 1{,}9V$.

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{V_{\text{смеси}}} = \frac{\rho_в V + \rho_{см} V}{1{,}9V} = \frac{\rho_в + \rho_{см}}{1{,}9} =$$

$$= \frac{(1{,}0 + 0{,}8)\ \text{г/см}^3}{1{,}9} \approx 0{,}947\ \text{г/см}^3 \approx 0{,}95\ \text{г/см}^3.$$

Ответ: 0,95 г/см^3.

Учитель читает…

Объём копии

Автор: Пусть объём куба равен *V*. Каким будет объём копии куба, ребро которого в *n* раз меньше ребра оригинала?

Читатель: **Если ребро куба равно *a*, то ребро копии куба будет равно $\frac{a}{n}$. Тогда объём первого куба $V = a^3$, а объём копии будет равен $v = \left(\frac{a}{n}\right)^3 = \frac{a^3}{n^3} = \frac{V}{n^3}$. Итак, $v = \frac{V}{n^3}$, т.е. объём копии куба будет в n^3 раз меньше.**

Автор: Совершенно верно! Заметим, что любой предмет может представить себе состоящим из большого числа маленьких кубиков, и если ребро каждого кубика уменьшить в *n* раз, то и любой линейный размер (длина, ширина, высота) уменьшаются тоже в *n* раз. Поэтому если мы сделаем *точную копию* какого-либо здания так, что высота нового здания будет в *n* раз меньше, чем у оригинала,то объём копии будет в (n^3) раз меньше объёма оригинала.

Учащиеся решают в качестве самостоятельной работы.

В9$_{ш}$. Останкинская телебашня в Москве высотой 540 м имеет массу 55 000 т. Какую массу имела бы точная модель этой башни высотой 54 см? (Плотность копии равна плотности оригинала).

Решение. Высота копии в 1000 раз меньше оригинала. Тогда

$$m_{\text{коп}} = \frac{m_{\text{ориг}}}{(1000)^3} = \frac{55000\ \text{т}}{1 \cdot 10^3} = \frac{55 \cdot 10^9\ \text{г}}{1 \cdot 10^3} = 55\ \text{г}.$$

Ответ: 55 г.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание.

Задача для домашнего задания к уроку 4:

В19$_{ш}$. При одинаковых объёмах кусок железа имеет массу на 12,75 кг большую, чем кусок алюминия. Определите массу кусков железа и алюминия. Плотность алюминия 2700 кг/м^3, плотность железа 7800 кг/м^3.

$\Delta m = 12{,}75$ кг $\rho_а = 2700$ кг/м^3 $\rho_ж = 7800$ кг/м^3	***Решение***.
$m_ж = ?$ $m_а = ?$	$\Delta m = m_ж - m_а = V\rho_ж - V\rho_а = V(\rho_ж - \rho_а) \Rightarrow$ $V = \dfrac{\Delta m}{\rho_ж - \rho_а}$.

$$m_ж = \rho_ж V = \rho_ж \frac{\Delta m}{\rho_ж - \rho_а} = 7800 \cdot \frac{12{,}75}{7800 - 2700} = 19{,}5 \text{ кг}.$$

$$m_а = m_ж - \Delta m = 19{,}5 - 12{,}75 = 6{,}75 \text{ кг}.$$

Ответ: 19,5 кг, 6,75 кг.

Урок 5
Тема урока: ДАВЛЕНИЕ

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за текстом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

Давление на твёрдую поверхность

Вы знаете, что если на стол поставить кирпич массы m с площадью опоры S, то он будет оказывать на поверхность стола давление

$$p = \frac{mg}{S} \text{ .} \qquad \textbf{(1.5)}$$

Учитель обсуждает с класом идеи решения следующих задач и учащиеся решают письменно в тетрадях.

В10$_{ш}$. Деревянный и алюминиевый кубики с длинами рёбер 10 см склеили, совместив их грани, и поставили на горизонтальную поверхность, как показано на рис. 1.7. Давление, которое оказывает склеенная конструкция на поверхность, равно 3,5 кПа. Считайте, что g = 10 Н/кг.

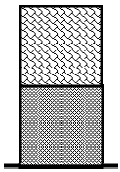


Рис. 1.7

1) Чему равна сила тяжести, действующая на конструкцию?

2) Чему равна средняя плотность конструкции?

a = 10 см p = 3,5 кПа g = 10 Н/кг	***Решение***. 1. $F_т = pS = pa^2 = 3{,}5\cdot10^3$ Па $\cdot$ (0,1 м)^2 = 35 Н.
$F_т$ = ? $\rho_{ср}$ = ?	2. $F_т = \rho_{ср}Vg = \rho_{ср}\cdot(2a^3)g \Rightarrow \rho_{ср} = \dfrac{F_т}{2a^3g} =$ $= \dfrac{35\text{ Н}}{2\cdot(0{,}1\text{ м})^3\cdot10\text{ Н/кг}} = 1750\text{ кг/м}^3.$

Ответ: 35 Н, 1750 кг/м^3.

Г4$_{р}$. Однородный кирпич, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда, положили трижды на поверхность горизонтального стола разными гранями. В первом случае давление, которое оказывает кирпич на поверхность стола, равно 1 кПа, во втором – 2 кПа, в третьем – 4 кПа. Найдите массу кирпича, если плотность материала, из которого он изготовлен, равна 1,6 г/см^3. Атмосферное давление не учитывать. Считайте, что g = 10 Н/кг.

Решение. (1) $p_1 = \dfrac{mg}{ab}$; (2) $p_2 = \dfrac{mg}{bc}$; (3) $p_3 = \dfrac{mg}{ac}$; $V = abc$; $m = \rho V$. Перемножим левые и правые части равенств (1)–(3):

$$p_1\cdot p_2\cdot p_3 = \frac{mg\cdot mg\cdot mg}{ab\cdot bc\cdot ac} = \frac{(mg)^3}{(abc)^2} \Rightarrow p_1p_2p_3(abc)^2 = m^3g^3 \Rightarrow$$

$$p_1p_2p_3V^2 = \rho^3V^3g^3 \Rightarrow p_1p_2p_3 = \rho^3Vg^3 \Rightarrow V = \frac{p_1p_2p_3}{\rho^3g^3};$$

$$m = \rho V = \frac{p_1p_2p_3}{\rho^2g^3} = \frac{(1\cdot10^3\cdot2\cdot10^3\cdot4\cdot10^3)\text{ Па}^3}{(1{,}6\cdot10^3\text{ кг/м}^3)^2\cdot(10\text{ Н/кг})^3} = 3{,}125\text{ кг}.$$

Ответ: 3,125 кг.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 20 минут.
Учитель читает…..

Закон Паскаля. Гидростатическое давление

Вспомним закон Паскаля: ***давление, производимое на жидкость или газ, передаётся без изменения в каждую точку объёма жидкости или газа.***

Закон Паскаля позволяет объяснить действие очень распространенного в технике механизма – гидравлического пресса. *Гидравлический пресс* состоит из двух цилиндров разных диаметров, снабженных поршнями и соединённых между собой трубкой (рис. 1.8). Пространство под поршнями и трубка заполняются жидкостью. Оказывается, если приложить к малому поршню *небольшую* силу F_1, то для того чтобы удержать большой поршень на месте, к нему необходимо приложить *большую* силу F_2.

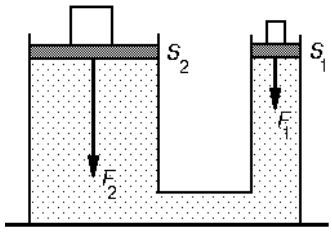


Рис. 1.8

В самом деле, согласно закону Паскаля, давление, которое создаёт в жидкости сила F_1, действующая на малый поршень площадью S_1, во все точки жидкости будет передаваться без изменений. Поэтому давление жидкости на малый поршень p_1 и давление жидкости на большой поршень p_2 будут равны: $\boldsymbol{p_1 = p_2}$**, где** $p_1 = \dfrac{F_1}{S_1}$**,**

$p_2 = \dfrac{F_2}{S_2}$**. Отсюда** $\dfrac{F_1}{S_1} = \dfrac{F_2}{S_2}$**, а из этого равенства получаем**

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}.$$

Учитель разбирает на доске при помощи класса:

B11$_{\text{р}}$. У гидравлического пресса большой поршень имеет площадь S_1 = 80 см^2, а малый поршень – S_2 =25 мм^2 (рис. 1.9). На малый поршень пресса действуют направленной вертикально вниз силой F = 0,1 Н. При этом большой поршень давит на вертикально

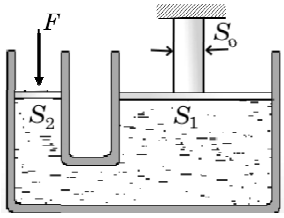


Рис. 1.9

установленный металлический цилиндр, площадь горизонтального основания которого S_o = 0,8 см^2 (**верхнее** основание цилиндра упирается в потолок) какое давление оказывает большой поршень на нижнее основание цилиндра? Силой тяжести можно пренебречь**.**

S_1 = 80 см^2
S_2 =25 мм^2
F = 0,1 Н
S_o = 0,8 см^2
$p_н$ = ?

Решение. Давление во всех точках жидкости одинаковое, S_1 – лишнее данное. Сила, с которой жидкость действует на больший поршень, равна

$$F_б = pS_1 = \frac{F}{S_2}S_1.$$

Давление, которое больший поршень оказывает на нижнее основание цилиндра, равно

$$p = \frac{F_б}{S_o} = F\frac{S_1}{S_2}\cdot\frac{1}{S_o} = \frac{FS_1}{S_2S_o} = \frac{0{,}1\ \text{Н}\cdot 80\cdot 10^{-4}\text{м}^2}{0{,}25\cdot 10^{-4}\text{м}^2\cdot 0{,}8\cdot 10^{-4}\text{м}^2} =$$

$$= 400\ 000\ \text{Па} = 400\ \text{кПа}.$$

Ответ: 400 кПа.

Учитель читает…

Вспомним, что гидростатическое давление в жидкости плотностью ρ на глубине h равно

$$\boldsymbol{p = \rho g h.} \qquad \textbf{(1.6)}$$

Автор: Пусть кубик с ребром a плавает в сосуде так, что его верхняя грань совпадает с уровнем воды в сосуде (рис. 1.10). Плотность жидкости равна ρ. Сможете ли вы определить силу давления на дно кубика и на одну из его боковых граней?

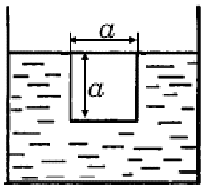


Рис. 1.10

Читатель: Вычислить силу давления на дно? Легко! $\boldsymbol{F = = pa^2 = \rho g a \cdot a^2 = \rho g a^3}$**,** а вот давление на боковую грань вычислить сложнее, ведь давление меняется с глубиной.

Автор: Но мы знаем, что у самой поверхности давление жидкости равно нулю, а на глубине, равной ребру куба – ρga. Тогда *среднее* давление

на боковую грань будет равно

$$p_{\text{ср}} = \frac{0 + \rho g a}{2} = \frac{\rho g a}{2} \ .$$

Читатель: Тогда сила, действующая со стороны воды на боковую грань, составит

$$F_{\text{бок}} = p_{\text{ср}} a^2 = \frac{\rho g a}{2} a^2 = \frac{1}{2} \rho g a^3 .$$

Автор: Совершенно верно!

Учитель предлагает устно решить задачу.

В12$_{\text{ш}}$. В закрытой с одного конца U-образной трубке (рис. 1.11) содержатся три столбика одинаковой жидкости (тёмные участки) и пузыри воздуха (белые участки). Вертикальные участки трубки соединены тонкими горизонтальными трубочками с закрытыми кранами ($К_1$ и $К_2$). В каком направлении начнут двигаться столбики 2 и 3 жидкости, если открыть кран $К_1$? Кран $К_2$?

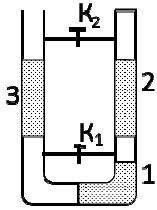


Рис. 1.11

Решение. В точке *A* давления слева и справа равны (см. рис. 1.11а). При этом справедливо:

$$p_1 = p_1' + \rho g h_1 \Rightarrow p_1 > p_1' ,$$

$$p_2 + \rho g h = p_2' + \rho g h + \rho g h_1 \Rightarrow p_2 > p_2'$$

Значит, воздух через кран $К_1$ пойдёт слева направо, а если открыть кран $К_2$, воздух тоже пойдёт слева направо.

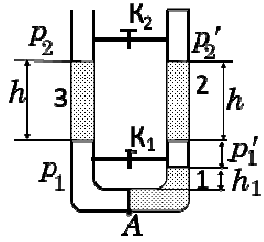


Рис. 1.11а

Ответ: если открыть кран $К_1$, столбик 2 пойдёт вверх, а столбик 3 – вниз; если открыть кран $К_2$, столбик 2 пойдёт вниз, а столбик 3 – вверх.

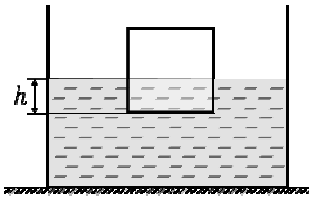
Задача для самостоятельной работы. Необходимо предварительное обсуждение.

Г5$_{\text{р}}$. «Но как вы догадались, Холмс, что это принадлежит полковнику Морану?» «Элементарно, Ватсон!» – опять произнес Шерлок Холмс, подытоживая очередное запутанное дело. – «Вот главная улика. Этот кубик весьма лёгок, а его ребро составляет треть фута. Вы заметили, Ватсон, на какую глубину был погружён кубик

в жидкость? Нет? Это самое важное, Ватсон! Если не учитывать атмосферное давление, то можно получить очень интересный результат: сила давления жидкости на дно этого плавающего кубика в 5 раз больше, чем средняя сила давления этой жидкости на любую из его боковых стенок. Такой кубик мог быть только у одного человека – человека, вернувшегося из Индии». Определите, на какую глубину погружался в жидкость таинственный кубик. Ответ выразите в сантиметрах.

Для справки: 1 фут = 0,3 м.

Решение. Пусть h – глубина погружения кубика (см. рис.), a – ребро кубика: a = 1 фут/3 = 30 см : 3 = 10 см. Сила давления на нижнюю грань $F_н = \rho g h \cdot a^2$, сила давления на боковую грань



$$F_{бок} = \frac{\rho g h}{2} h \cdot a,$$

Тогда $F_н = 5F_{бок} \Rightarrow$

$$\rho g h a^2 = \cancel{\rho g h a^2} = 5 \cdot \frac{\cancel{\rho g h}}{2} \cancel{h a} \Rightarrow a = \frac{5}{2} h \Rightarrow$$

$$h = \frac{2}{5} a = \frac{2}{5} \cdot 10 \text{ см} = 4 \text{ см}.$$

Ответ: 4 см.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание.

Задача для домашнего задания к уроку 5

Г6$_р$. Определите давление воздуха над поверхностью жидкости в точке A внутри закрытого участка изогнутой трубки (рис. 1.12), если ρ = 800 кг/м^3, h = 20 см, p_0 = 101 кПа, g = 10 Н/кг. Жидкости плотностями ρ и 2ρ друг с другом не смешиваются.

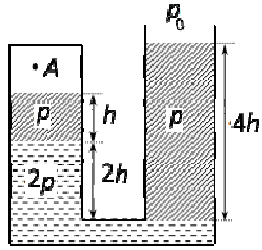


Рис. 1.12

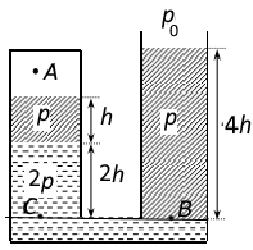


Рис. П.2

$\rho = 800$ кг/м^3 $h = 20$ см $p_0 = 101$ кПа $g = 10$ Н/кг.	***Решение.*** Пусть p_A – давление в точке A, давление в точке C равно давлению в точке B (см. рис. П.2);
$p_A = ?$	

$$p_C = p_A + \rho g h + (2\rho) g (2h),$$

$$p_B = p_0 + \rho g (4h).$$

$$p_A + \rho g h + 4\rho g h = p_0 + 4\rho g h \Rightarrow$$

$$p_A = p_0 - \rho g h = 101\,000 \text{ Па} - 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 0{,}2 \text{ кг} =$$

$$= 99400 \text{ Па} \approx 99{,}4 \text{ кПа}.$$

Ответ: 99,4 Па.

Урок 6
Тема урока: ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В СОСУДЕ

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за текстом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

Закон Архимеда[1]

Экспериментально установлено, что ***на всякое тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх и равная по величине весу вытесненной телом жидкости или газа.***

Это утверждение называется законом Архимеда, а выталкивающая сила – силой Архимеда:

$$\boldsymbol{F_A = \rho_ж V_{выт} g}. \qquad \textbf{(1.7)}$$

Если тело массой m плавает в жидкости плотностью ρ, то сила тяжести равна силе Архимеда: $mg = \rho V_{выт} g \Rightarrow$

$$\boldsymbol{m = \rho V_{выт}}. \qquad \textbf{(1.8)}$$

[1] Архиме́д (287–212 годы до н. э.) – древнегреческий учёный и инженер.

Учитель разбирает на доске при помощи класса.

B13$_р$. Поплавок плавает сначала в воде, а потом в керосине. Плотность воды $\rho_в = 1000$ кг/м^3, плотность керосина $\rho_к = 800$ кг/м^3.

1) Найдите отношение $V_в/V_к$, где $V_в$ – объём погружённой части поплавка в воде, $V_к$ – объём погружённой части поплавка в керосине.

2) Чему равна сила Архимеда, действующая на поплавок, когда он плавает в воде, если масса поплавка 50 г? Считайте $g = 10$ Н/кг.

$\rho_в = 1000$ кг/м^3 $\rho_к = 800$ кг/м^3 $m = 50$ г	***Решение.*** $F_A = \rho_в V_в g = \rho_к V_к g = mg$. Отсюда 1) $\dfrac{V_в}{V_к} = \dfrac{\rho_к}{\rho_в} = \dfrac{800}{1000} = 0{,}8$;
$V_в/V_к = ?$ $F_A = ?$	2) $F_A = mg = 0{,}050$ кг $\cdot$ 10 Н/кг $= 0{,}50$ Н.

Ответ: 1) $V_в/V_к = 0{,}8$; 2) $F_A = 0{,}5$ Н.

Учитель читает…

На сколько поднимется уровень воды в сосуде, если в него опустить тело?

Автор: Рассмотрим такую задачу: в сосуд с водой с площадью основания S опустили деревянный брусок массой m (рис. 1.13). Спрашивается, на сколько поднимется уровень воды в сосуде?

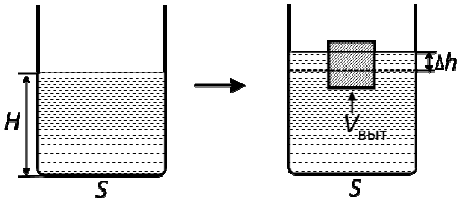


Рис. 1.13

Читатель: Сначала можно найти объём подводной части бруска:

$$m = \rho_в V_{выт} \Rightarrow V_{выт} = \frac{m}{\rho_в}.$$

А дальше заметим, что объём воды до погружения тела был $V_0 = SH$. После погружения тела

вода вместе с погружённой частью тела **образует цилиндр, высотой ($H + \Delta h$) и объёмом $V_1 = S(H + \Delta h)$. При этом**

$$V_1 = V_0 + V_{\text{выт}} \Rightarrow$$

$$S(H + \Delta h) = SH + \frac{m}{\rho_в} \Rightarrow SH + S\Delta h = SH + \frac{m}{\rho_в} \Rightarrow$$

$$\Delta h = \frac{m}{S\rho_в}. \qquad \textbf{(1.9)}$$

Учитель обсуждает с классом ход решения следующей задачи, после чего учащиеся решают самостоятельно в тетрадях.

Г7$_р$. В цилиндрическом сосуде с водой находится частично погружённое в воду тело, привязанное натянутой нитью ко дну сосуда (рис. 1.14). При этом тело погружено в воду на две трети своего объёма. Если перерезать нить, то тело всплывёт и будет плавать погружённым в воду наполовину. На сколько при этом изменится уровень воды в сосуде? Масса тела m = 30 г, плотность воды ρ = 1,0 г/см^3, площадь дна сосуда S = 10 см^2.

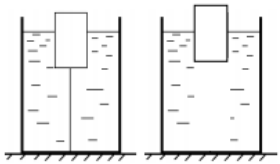


Рис. 1.14

$V_{\text{выт1}} = \frac{2}{3}V$

$V_{\text{выт2}} = \frac{1}{2}V$

$\rho_в$ = 1,0 г/см^3

S = 10 см^2

m = 30 г

---

x = ?

Решение.

1. Условие плавания тела

$$\rho_т V = \rho \frac{V}{2} \Rightarrow \rho_т = \frac{\rho}{2}.$$

2. $\Delta h_1 = \frac{\Delta V_{\text{выт1}}}{S}$; $\Delta h_2 = \frac{\Delta V_{\text{выт2}}}{S}$; $x = \Delta h_1 - \Delta h_2$.

$$x = \frac{\frac{2}{3}V}{S} - \frac{\frac{1}{2}V}{S} = \frac{1}{6}\frac{V}{S} = \frac{1}{6} \cdot \frac{m/\rho_т}{S} = \frac{1}{6} \cdot \frac{2m/\rho}{S} = \frac{1}{3}\frac{m}{\rho S} =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \frac{30 \text{ г}}{1{,}0 \text{ г/см}^3 \cdot 10 \text{ см}^2} = 1 \text{ см}.$$

Ответ: уровень воды опустится на 1 см.

Учитель читает…

Изменение уровня жидкости в сообщающихся сосудах при погружении тел в один из них

Автор: Возьмём два сообщающихся сосуда с водой площадями сечения S_1 и S_2. В один из сосудов опустим тело массой m. Как Вы думаете, на сколько поднимется уровень воды в сосудах?

Читатель: Будем рассуждать аналогично. **Пусть вначале высота столба в сосудах H, а после погружения тела – $(H + + \Delta h)$ (рис. 1.15). Объём воды в сосудах $V_0 = (S_1H + S_2H)$.**

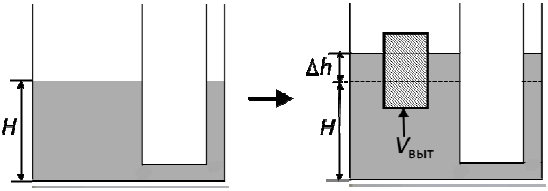


Рис. 1.15

После погружения тела вода вместе с погружённой в воду частью тела образует два цилиндра общим объёмом:

$$V_1 = S_1(H + \Delta h) + S_2(H + \Delta h).$$

При этом $V_1 = V_0 + V_{выт} \Rightarrow$

$$S_1(H + \Delta h) + S_2(H + \Delta h) = S_1H + S_2H + V_{выт} \Rightarrow$$

$$V_{выт} = S_1\Delta h + S_2\Delta h \Rightarrow \Delta h = \frac{V_{выт}}{S_1 + S_2} = \frac{m}{\rho_в(S_1 + S_2)}.$$

Автор: Отлично! Запомним формулу:

$$\Delta h = \frac{m}{\rho_в(S_1 + S_2)}. \qquad (1.10)$$

Самостоятельная работа. Необходимо предварительное обсуждение.

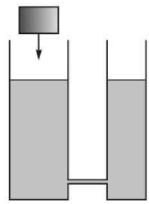


Рис. 1.16

Г8р. В два цилиндрических сосуда, сообщающихся друг с другом тонкой трубкой, налита вода (рис. 1.16). Площадь поперечного сечения левого сосуда равна 80 см^2, а правого – 40 см^2. В левый сосуд помещают деревянный брусок массой 240 г так, что брусок не касается стенок сосуда. На сколько сантиметров изменится уровень воды в

левом и правом сосудах? Плотность воды $\rho = 1{,}0$ г/см^3, плотность дерева, из которого изготовлен брусок, $\rho_1 = 0{,}5$ г/см^3.

$S_1 = 80$ см^2, $S_2 = 40$ см^2 $m = 240$ г $\rho = 1{,}0$ г/см^3 $\rho_1 = 0{,}5$ г/см^3	***Решение.*** $\Delta h = \dfrac{m}{\rho_в (S_1 + S_2)} = \dfrac{240\text{ г}}{1{,}0\text{ г/см}^3 \cdot (80+40)\text{ см}^2} =$ $= 2$ см.
$\Delta h = ?$	

Плотность лерева – лишнее данное.

Ответ: уровень поднимется на 2 см.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание: всем закончить решение задач Г7 и Г8. Дополнительная задача (на среднюю скорость):

Г16$_р$. Автобус движется по автостраде с постоянной скоростью и въезжает в туннель, первую половину длины которого проезжает со скоростью в $n_1 = 2{,}1$ раза меньшей, а вторую половину – со скоростью в $n_2 = 1{,}5$ раза меньшей, чем она была вне туннеля. В момент въезда в него часы показывали 10:54, а в момент выезда – 12:06. 1) Сколько минут двигался в туннеле автобус? 2) В какой момент времени автобус проезжал середину туннеля?

$n_1 = 2{,}1$ $n_2 = 1{,}5$ $t_1 = 10.54$ $t_2 = 12.06$	***Решение.*** $\Delta t = t_2 - t_1 = 12.06 - 10.54 = 72$ мин. Время прохождения первой половины пути $\Delta t_1 = \dfrac{S}{2} : \dfrac{V}{n_1} = \dfrac{Sn_1}{2V}$.
$\Delta t = ?$ $t_x = ?$	

Время прохождения второй половины пути

$$\Delta t_2 = \frac{S}{2} : \frac{V}{n_2} = \frac{Sn_2}{2V}.$$

Тогда $\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 = \dfrac{Sn_1}{2V} + \dfrac{Sn_2}{2V} = \dfrac{S}{2V}(n_1 + n_2) \Rightarrow \dfrac{S}{2V} = \dfrac{\Delta t}{n_1 + n_2}$.

Искомое время

$$t_x = \frac{Sn_1}{2V} + t_1 = \frac{\Delta t}{n_1 + n_2} \cdot n_1 + t_1 =$$

$$= \frac{72}{2,1+1,5} \cdot 2,1 + 10.54 = \frac{72}{3,6} \cdot 2,1 + 10.54 = \ 0.42 + 10.54 = 11.36.$$

Ответ: 72 мин, 11.36.

Урок 7
Тема урока: СТАТИКА

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за текстом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

Статика. Условия равновесия твёрдого тела

Вспомним **закон Гука: сила упругости пружины прямо пропорциональна *деформации* (растяжению или сжатию):**

$$F_{\text{упр}} = kx. \qquad (1.11)$$

***Первое условие равновесия*: для того, чтобы тело находилось в состоянии покоя, необходимо, чтобы равнодействующая всех сил, приложенных к телу, равнялась нулю.**

Учитель решает на доске при помощи класса.

В14$_{\text{ш}}$. К крючку динамометра, жёсткость невесобой пружины которого k = 3 кН/м, прицепили тело плотностью 600 кг/м^3 и объёмом 0,05 м^3 (рис. 1.17). Какова деформация пружины динамометра? Считайте g = 10 Н/кг.

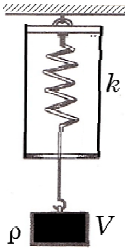


Рис. 1.17

k = 3 кН/м
ρ = 600 кг/м^3
g = 10 Н/кг
V = 0,05 м^3
x = ?

Решение.

$$F_{\text{тяж}} = F_{\text{упр}} \Rightarrow \rho V g = kx \Rightarrow x = \frac{\rho V g}{k} =$$

$$= \frac{600 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,05 \text{ м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг}}{3000 \text{ Н/м}} = 0,1 \text{ м}.$$

Ответ: 0,1 м.

Учитель читает…

Автор: Три груза массой m каждый повесили на нитях, как показано на рис. 1.18. Сможете ли Вы определить силы натяжения T_1, T_2 и T_3?

Читатель: Силу T_1 определить очень легко: на нижнее тело действуют две силы: $\vec{T}_1$ и $\overrightarrow{mg}$, их равнодействующая равна нулю. Значит, $\boldsymbol{T_1 = mg}$ (рис. 1.19, *а*). А вот как найти T_2 и T_3 – даже не знаю…

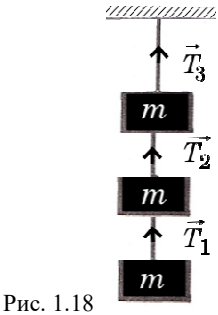


Рис. 1.18

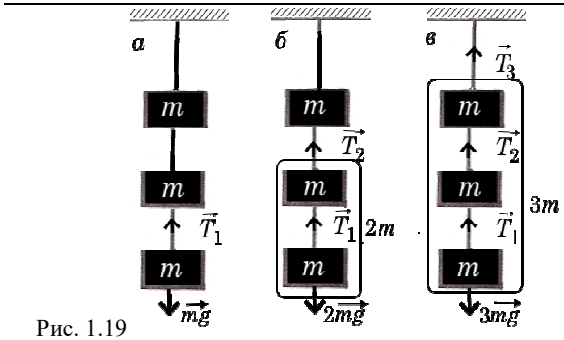


Рис. 1.19

Автор: А давайте мысленно объединим нижнее и среднее тела в одно тело массой $2m$. Тогда на это тело *вниз* будет действовать сила тяжести $2\overrightarrow{mg}$, а *вверх* – сила натяжения нити T_2 (рис. 1.19, *б*). Отсюда $\boldsymbol{T_2 = 2mg}$.

Читатель: Тогда легко найти силу T_3. Для этого надо объединить все три тела в одно (рис. 1.19, *в*), и получим $\boldsymbol{T_3 = 3mg}$.

Автор: Совершенно верно!

Учащиеся решают самостоятельно после предварительного обсуждения.

Г9$_р$. У Васи есть четыре одинаковых динамометра, один из которых неисправен. Вася соединил все динамометры последовательно друг за другом и подвесил к ним груз. Показания динамометров, начиная от нижнего, составили: 4 Н, 9 Н, 12 Н, 19 Н. Можно ли по этим данным определить, какой из динамометров неисправен? Если можно, то определите. Если нельзя – то объясните, почему.

$T_1 = 4$ Н
$T_2 = 9$ Н
$T_3 = 12$ Н
$T_4 = 19$ Н
$n = ?$

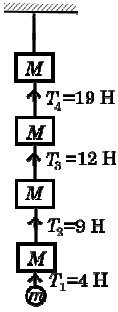


Рис. П.3

Решение. Согласно рис. П3 получаем:

$$\begin{cases} T_1 = mg, \\ T_2 = mg + Mg, \\ T_3 = mg + 2Mg, \\ T_4 = mg + 3Mg. \end{cases}$$

$$T_2 - T_1 = Mg = 9 - 4 = 5 \text{ Н},$$
$$T_3 - T_2 = Mg = 12 - 9 = 3 \text{ Н},$$
$$T_4 - T_3 = Mg = 19 - 12 = 7 \text{ Н}.$$

1. Пусть T_1 неверное значение, тогда T_2, T_3 и T_4 – верные значения, но $T_3 - T_2 \neq T_4 - T_3$. Значит, T_1 верно.

2. Пусть T_2 неверное значение, тогда T_1, T_3 и T_4 – верные значения, значит $mg = 4$ Н; $mg + 2Mg = 12$ Н, отсюда: $Mg = (12 - 4) : 2 = 4$ Н, но $T_4 - T_3 = Mg = 19 - 12 = 7$ Н. $7 \text{ Н} \neq 4$ Н! Противоречие. Значит, T_2 верно.

3. Итак, T_1 и T_2 верны, значит, $T_1 = mg = 4$ Н, $mg + Mg = 9$ Н, $Mg = 5$ Н, тогда $T_3 = mg + 2Mg = 4 + 2 \cdot 5 = 14$ Н. А у нас $T_3 = 12$ Н – это неверно. Значит, неисправный динамометр показывает 12 Н.

Ответ: неисправен динамометр, который показывает 12 Н.

Учитель читает:

Моментом силы **относительно данной точки называется физическая величина, равная произведению величины силы *F* на её плечо относительно этой точки. Например, *M = Fl* – момент силы *F* относительно точки *O* (рис. 1.20).**

Рис. 1.20

Второе условие равновесия**: сумма моментов сил, вращающих тело по часовой стрелке, должна равняться сумме моментов сил, вращающих тело против часовой стрелки относительно любой точки.**

Задача 1.4$_р$. Изогнутая в виде буквы П однородная деталь массой $2m$ находится в равновесии на массивном однородном рычаге, как показано на рис.1.21. Найдите массу рычага.

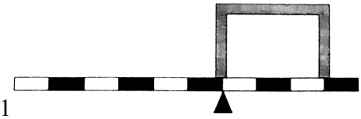


Рис. 1.21

$2m$
$M = ?$

Решение. На рычаг действуют следующие силы (рис. 1.22):

1) сила тяжести рычага $\overrightarrow{Mg}$, которая приложена к центру рычага на расстоянии l слева от точки опоры;

2) сила нормальной реакции $\overrightarrow{N}$, приложенная к точке опоры;

3) со стороны П-образной детали на рычаг действуют две одинаковые силы $\vec{P}$, одна из которых приложена к точке опоры, а вторая к точке, расположенной на расстоянии $3l$ справа от точки опоры.

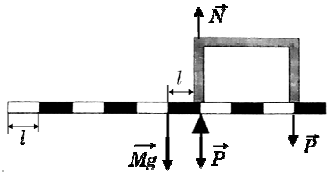


Рис. 1.22

Запишем второе условие равновесия относительно точки опоры:

$$Mg \cdot l = P \cdot 3l \;\; \Rightarrow \;\; M = \frac{3P}{g}.$$

Учтём, что поскольку деталь массой $2m$ находится в равновесии, а сила $2P$ – это её вес, то $2P = (2m)g$, откуда $P = mg$, тогда

$$M = \frac{3mg}{g} = 3m$$

Ответ: $M = 3m$.

Самостоятельная работа. Необходимо предварительное обсуждение

Г10$_р$. Лёгкая прямая рейка длиной 100 см с прикреплённым к ней грузом массой 1 кг подвешена за концы: правый конец – на одной вертикальной пружине, левый – на четырёх таких же пружинах (эти четыре пружины тонкие, и поэтому можно считать, что они прикреплены к одной точке) (рис. 1.23). Рейка горизонтальна, все пружины растянуты на одинаковую длину. На каком расстоянии от левого конца рейки находится груз?

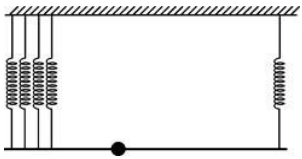


Рис. 1.23

Решение.

$$F\cdot x = (L - x)F \Rightarrow\ x(4F + F) = Fl \Rightarrow$$

$$x = \frac{Fl}{5F} = \frac{l}{5} = \frac{100\text{ см}}{5} = 20\text{ см}.$$

Ответ: 20 см.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание.

Задача для домашнего задания к уроку 7

Г11. Лёгкий рычаг, размеченный на 10 одинаковых частей, может свободно вращаться на опоре. Рычаг уравновешен, если пустые стаканы A и B стоят на его концах, как показано на рис. 1.24.

1) Найдите отношение масс пустых стаканов m_A/m_B.

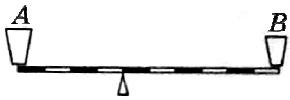


Рис. 1.24

2) Затем в стакан A налили 300 мл неизвестной жидкости, а в стакан B – 250 мл воды, и рычаг оказался в покое в горизонтальном положении. Чему равна плотность неизвестной жидкости?

$V_A = 300$ мл $V_B = 250$ мл	***Решение***. 1) Равновесие пустых стаканов
$m_A/m_B = ?$ $\rho = ?$	$$m_A g\cdot 4l = m_B g\cdot 6l \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{6}{4} = 1{,}5\,.$$

2) После добавления жидкости равновесие не изменилось. Рассмотрим равновесие только налитой жидкости без стаканов:

$$V_A\rho\cdot 4l = V_B\rho_B 6l \Rightarrow \rho = \frac{V_B\rho_B\cdot 6}{V_A\cdot 4} = \frac{250\cdot 1000\cdot 6}{300\cdot 4} = 1250\ \text{кг/м}^3.$$

Ответ; 1) $m_A/m_B = 1{,}5$; 2) $\rho = 1250$ кг/м^3.

Урок 8
Тема урока: СТАТИКА (продолжение)

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

Разбор домашней задачи Г11.

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за текстом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

Подвижный и неподвижный блоки

Напомним, что *неподвижный блок* (рис. 1.25, *а*) не даёт выигрыша в силе, а *подвижный* блок (рис. 1.25, *б*) даёт выигрыш в силе в 2 раза.

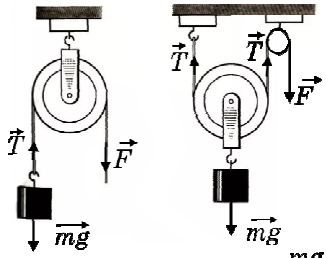


Рис. 1.25 *а)* $F = T = mg$ *б)* $F = T = \frac{mg}{2}$

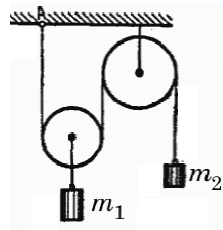


Рис. 1.26

Учитель разбирает на доске при помощи класса.

В15$_{ш}$. Система, состоящая из подвижного и неподвижного блоков и двух грузов, показанная на рис. 1.26, находится в равновесии. Масса левого груза m_1 = 3 кг, масса каждого из блоков равна m = = 1 кг, массой нитей можно пренебречь. Найдите массу m_2 правого груза. Трения нет.

m_1 = 3 кг
m = 1 кг
m_2 = ?

Решение.
См. рис. 1.26а. Тогда

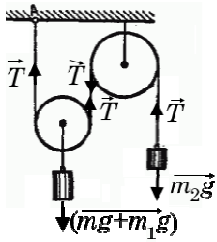


Рис. 1.26а

$$\begin{cases} T = m_2 g, \\ 2T = (m + m_1)g \end{cases} \Rightarrow$$

$$2m_2 = m + m_1 \Rightarrow$$

$$m_2 = \frac{m + m_1}{2} = \frac{3+1}{2} = 2 \text{ кг}.$$

Ответ: $m_2 = 2$ кг.

Учитель читает…

Задача 1.5. На каком расстоянии от левого конца невесомого рычага надо разместить точку O опоры, чтобы рычаг находился в равновесии (рис. 1.27, *а*)? Длина рычага L = 60 см, масса первого груза вместе с блоком m_1 = 2 кг, масса второго груза m_2 = 3 кг.

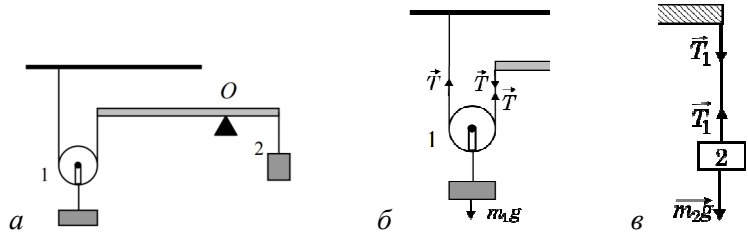


Рис. 1.27

L = 60 см
m_1 = 2 кг
m_2 = 3 кг
x = ?

Решение. Рассмотрим блок с грузом (рис. 1.27, *б*). На него *вниз* действует сила $\overrightarrow{m_1 g}$, а *вверх* – две силы натяжения нитей T. Так как блок в равновесии, то

$$2T = m_1 g \Rightarrow T = \frac{m_1 g}{2}.$$

На груз 2 действуют: вниз – сила тяжести $m_2 g$, вверх – сила натяжения нити T_1, при этом $T_1 = m_2 g$.

Теперь рассмотрим рычаг (рис. 1.28). На него действует сила реакции опоры N и две силы натяжения нитей: $T = \frac{m_1 g}{2}$ и $T_1 = m_2 g$.

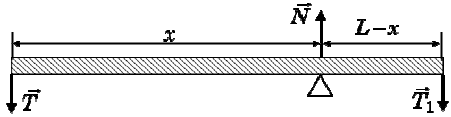


Рис. 1.28

Запишем второе условие равновесия относительно точки опоры:

$$Tx = T_1(L-x) \Rightarrow \frac{m_1 g}{2} x = m_2 g(L-x) \Rightarrow m_1 x = 2m_2(L-x) \Rightarrow$$

$$x(m_1 + 2m_2) = 2m_2 L \Rightarrow x = \frac{2m_2 L}{m_1 + 2m_2} = \frac{2 \cdot 3 \text{ кг} \cdot 60 \text{ см}}{2 \text{ кг} + 2 \cdot 3 \text{ кг}} = \mathbf{45 \text{ см}}.$$

Ответ: 45 см.

Учащиеся решают самостоятельно после предварительного обсуждения.

Г12$_р$. Система, состоящая из двух однородных стержней разной плотности, находится в равновесии (рис. 1.29). Масса верхнего стержня m_1 = 1,4 кг. Трение пренебрежимо мало. Определите, при какой массе m_2 нижнего стержня возможно такое равновесие.

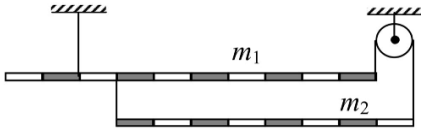


Рис. 1.29

$m_1 = 1{,}4$ кг
$m_2 = ?$

Решение.

Рассмотрим рис. П.4.

$$m_2 g = 2T,$$

$$Tl + m_1 g \cdot 3l = T \cdot 8l \Rightarrow$$

$$7lT = 3m_1 gl \Rightarrow T = \frac{3}{7} m_1 g,$$

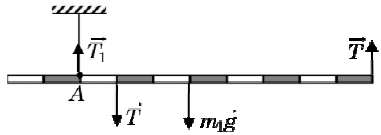


Рис. П.4

$$m_2 g = 2 \cdot \left(\frac{3}{7} m_1 g \right) \Rightarrow m_2 = \frac{6}{7} m_1 = \frac{6}{7} \cdot 1{,}4 = 1{,}2 \text{ кг}.$$

Ответ: 1,2 кг.

Учитель читает...

Какая работа совершается при изменении цента тяжести тела?

Автор: Рассмотрим конкретный пример: на столе лежит плашмя кирпич размерами $a \times b \times c$ и массой m (рис. 1.31). Какую работу

надо совершить, чтобы поставить кирпич на боковые грани (рис. 1.32).

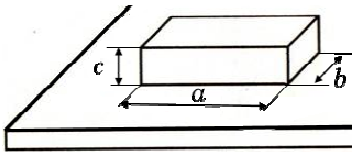


Рис. 1.31

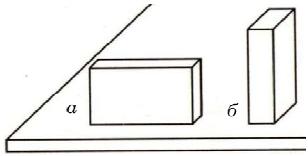


Рис. 1.32

Читатель: В начальный момент центр тяжести (точка *C*) кирпича находится на высоте *c*/2 над уровнем стола, в в положении, показанном на рис. 1.32, *а*, он находится на высоте *b*/2, а на рис. 1.31, *б* – на высоте *c*/2 (рис. 1.33).

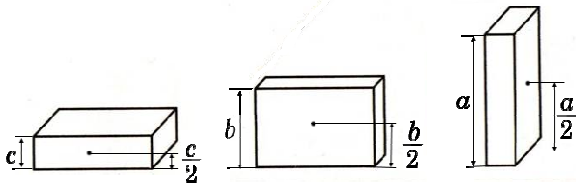


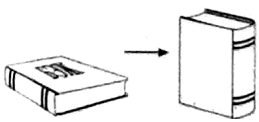
Рис. 1.33

Значит, в первом случае была совершена работа $A_1 = mg\left(\frac{b}{2} - \frac{c}{2}\right)$**, а во втором** $A_2 = mg\left(\frac{a}{2} - \frac{c}{2}\right)$**.**

Автор: Всё правильно.

Самостоятельная работа. Необходимо предварительное обсуждение.

Г14$_р$. Чтобы повысить надои молока любимой коровы Мурки, кот Матроскин отправился в простоквашинскую библиотеку. Там перед ним положили на большой библиотечный стол все книги Большой Энциклопедии по Животноводству (БЭЖ). Перед уходом аккуратный кот Матроскин все книги, разложенные на большом столе, поставил вертикально корешок к корешку, прислонив их к стене. Вечером он вернулся домой весьма утомленный. «Тоже мне труженик! Книжки перекладывал, да буквы складывал!» – подшучивал Шарик. «Что от тебя ждать-то, гра-



мотей! Даже если бы я ни одного слова не прочитал, а только книги поставил, то я совершил бы работу в 60 Дж!» Сколько книг поставил вертикально кот Матроскин, если известно, что все книги БЭЖ одинаковы, масса каждой книги равна 2 кг, а размеры равны a = 30 см (высота), b = 20 см (ширина), c = 6 см (толщина)?

M = 2 кг
a = 30 см
b = 20 см
c = 6 см
A = 60 Дж
N = ?

Решение. Центр тяжести каждой книги поднимается на высоту $h = \dfrac{a-c}{2}$, поэтому общая работа равна

$$A = Mg\frac{a-c}{2}N \Rightarrow N = \frac{2A}{Mg(a-c)} =$$

$$= \frac{2\cdot 60}{2\cdot 10\cdot(0{,}30-0{,}06)} = 25.$$

Ответ: 25 книг.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание.

Задача для домашнего задания к уроку 8

Г13$_р$. Узнав прелесть экспериментальной физики, Нюша стала совершенствоваться в этой области. Больше всего ей понравилась тема «Простые механизмы» – ведь они ПРОСТЫЕ! Для своих экспериментов она выбрала (рис. 1.30):

1) лёгкий блок, в оси которого отсутствовало трение;

2) лёгкую рейку, имеющую отверстия, находящиеся на одинаковом расстоянии друг от друга;

3) динамометр (уж больно он был похож на весы!);

4) лёгкую, нерастяжимую веревку;

5) жёсткий стержень для подвешивания рейки к потолку;

6) Бараша и Кроша.

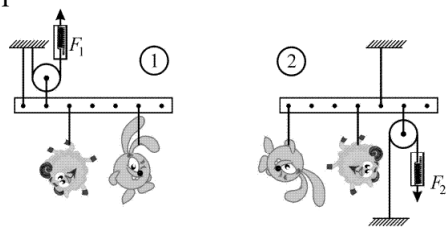


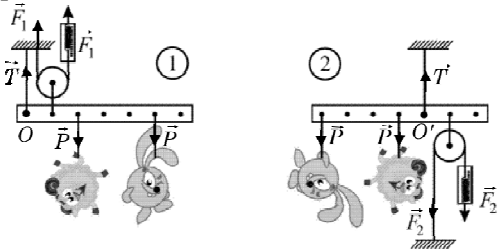
Рис. 1.30

Она наслаждалась, уравновешивая рейку посредством перемещения точек подвеса Кроша, Бараша, опоры и динамометра. Схема её двух экспериментов представлена на рис. 1.30. Учитывая, что все смешарики весят одинаково (их вес $P = 1$ Н), определите разность показаний динамометра ΔF.

Решение. Обе системы, используемые Нюшей, находятся в равновесии. Сила, действующая на рейку со стороны нити подвижного блока, для первого и второго случаев равна соответственно $2F_1$ и $2F_2$. Запишем уравнение моментов относительно оси, проходящей через точку подвеса, для каждой из систем и получим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$F_1 \text{ и } F_2; \quad \Delta F = F_1 - F_2.$$

Рассмотрим рис. 1.30а.



1) Точка O:

$$2F_1 l = P \cdot 2l + P \cdot 5l,$$
$$2F_1 = 7P, \quad F_1 = 3{,}5P.$$

2) Точка O':

$$2F_2 l = Pl + P \cdot 4l,$$
$$2F_2 = 5P, \quad F_2 = 2{,}5P.$$

$$\Delta F = F_1 - F_2 = 3{,}5P - 2{,}5P \Rightarrow P = 1 \text{ Н}.$$

Урок 9
Тема урока: **ЗАПИСЬ ЧИСЕЛ С ПОМОЩЬЮ СТЕПЕНИ ЧИСЛА 10**

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

Разбор домашней задачи Г13.

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за тек-

стом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

§ 2. ЗАПИСЬ ЧИСЕЛ С ПОМОЩЬЮ СТЕПЕНИ ЧИСЛА 10

Из курса математики мы знаем, что выражение

$$\underbrace{a \cdot a \cdot \ldots \cdot a}_{n \text{ сомножителей}} = a^n$$

называется *степенью*, величина a – *основанием степени, n – показателем степени.* При этом a^1 по определению полагается равным a. Например:

$$\mathbf{10^1 = 10;}$$
$$\mathbf{10^2 = 10 \cdot 10 = 100;}$$
$$\mathbf{10^3 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 1000;}$$
$$\mathbf{10^4 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10000 \text{ и т.д.}}$$
$$10^n = \underbrace{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \ldots \cdot 10}_{n \text{ сомножителей}} = 1\underbrace{000\ldots000}_{n \text{ нулей}}. \qquad \mathbf{(2.1)}$$

Итак, 10^n – это число, которое записывается в виде единицы, за которой стоят n нулей. Это обстоятельство позволяет кратко записывать большие числа.

Пример 2.1. Запишите: а) с помощью 10^n число 1 000 000 000; б) в обычном виде число 10^{11}.

Решение.

1. Число 1 000 000 000 представляет собой единицу с девятью стоящими за ней нулями, следовательно, по формуле (2.1) справедливо:

$$\mathbf{1\ 000\ 000\ 000 = 10^9.}$$

2. Число 10^{11} согласно формуле (2.1) записывается в виде единицы, за которой стоят одиннадцать нулей:

$$\mathbf{10^{11} = 100\ 000\ 000\ 000.}$$

Учитель решает на доске при помощи класса

А1. Запишите следующие числа с помощью 10^n:

а) 1000; б) 10 000; в) 100 000; г) 1 000 000 000.

Ответ: а) 10^3; б) 10^4; в) 10^5; г) 10^9.

А2. Представьте следующие числа в обычном виде:

а) 10^2; б) 10^3; в) 10^4; г) $10^{3.}$

Ответ: а) 100; б) 1000; в) 10 000; г) 1 000 000.

Б1. Запишите следующие числа с помощью 10^n:

а) 1 000 000 000 000 000; б) 10;

в) 10 000 000; г) 10 000 000 000.

Ответ: а) 10^{15}; б) 10^1; в) 10^7; г) 10^{10}.

Б2. Представьте следующие числа в обычном виде:

а) 10^1; б) 10^8; в) 10^{13}; г) 10^{18}.

Ответ: а) 10; б) 100 000 000; в) 10 000 000 000 000; г) 1 000 000 000 000 000 000.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 20 минут.
Учитель читает….

Как умножить десятичную дробь на 10?

Из курса математики мы знаем, что **при умножении десятичной дроби на 10** ***запятую надо перенести на одну позицию вправо.***

Пример 2.2. 5,83 · 10 = 58,3; 260,12 · 10 = 2601,2.

В этом примере запятая просто переносится на одну позицию вправо.

Пример 2.3. 0,00123 · 10 = 00,0123 = 0,0123.

Здесь после переноса запятой на одну позицию вправо перед запятой оказались два нуля – в разряде единиц и в разряде десятков. Ноль в разряде десятков обычно не пишется, поэтому в окончательной записи его убрали.

Пример 2.4. 2,5 · 10 = 2,50 · 10 = 25,0 = 25.

В этом примере мы сначала для наглядности добавили ноль в разряде сотых, потом перенесли запятую на одну позицию вправо, а в конце убрали ноль в разряде десятых за ненадобностью.

Пример 2.5. $2500 \cdot 10 = 25000$.

В данном случае на 10 умножается не десятичная дробь, а целое число. А при умножении целого числа на 10 к нему просто приписывается справа еще один ноль.

Учитель предлагает решить устно:

А3. Выполните умножение:

а) 1,23·10; б) 6,78·10; в) 7,86·10;

г) 23,72·10; д) 78,63·10; е) 70,31·10.

Ответ: а) 12,3; б) 67,8; в) 78,6; г) 237,2; д) 786,3; е) 703,1.

А4. Выполните умножение:

а) 0,0256·10; б) 0,347·10; в) 0,564·10;

г) 0,0123·10; д) 0,001 27·10; е) 0,000 174·10.

Ответ: а) 0,256; б) 3,47; в) 5,64; г) 0,123; д) 0,0127; е) 0,00174.

А5. Выполните умножение:

а) 6,5·10; б) 7,7·10; в) 1,3·10;

г) 23,1·10; д) 31,4·10; е) 47,1·10.

Ответ: а) 65; б) 77; в) 13; г) 231; д) 314; е) 471.

А6. Выполните умножение:

а) 18·10; б) 25·10; в) 251·10;

г) 125·10; д) 120·10; е) 570·10.

Ответ: а) 180; б) 250; в) 2510; г) 1250; д) 1200; е) 5700.

Учащиеся решают письменно в тетрадях.

Б3. Выполните умножение:

а) 687,92·10; б) 7193,64·10; в) 8001,01·10;

г) 1001,101·10; д) 23 678,647·10; е) 2002,02·10.

Ответ: а) 6879,2; б) 71 936,4; в) 80 010,1; г) 10 011,01; д) 236 786,47; е) 20 020,2.

Б4. Выполните умножение:

а) 0,000 000 167·10; б) 0,000 001 747 04·10;

в) 0,000 100 1·10; г) 0,000 022 11·10; д) 0,001 001·10.

Ответ: а) 0,000 001 67; б) 0,000 017 470 4; в) 0,001 001; г) 0,000 221 1; д) 0,010 01.

Б5. Выполните умножение:

а) 30,1·10; б) 40,2·10; в) 3002,6·10;
г) 101,1·10; д) 100,1·10; е) 1000,3·10.

Ответ: а) 301; б) 402; в) 30 026; г) 1011; д) 1001; е) 10 003.

Б6. Выполните умножение:

а) 600·10; б) 6000·10; в) 60 101·10;
г) 700 100·10; д) 60 100·10; е) 837 000·10.

Ответ: а) 6000; б) 60 000; в) 601 010; г) 7 001 000; д) 601 000; е) 8 370 000.

Учитель читает…

Как умножить десятичную дробь на 10^n?

Умножить десятичную дробь на 10^n – это все равно, что *n* раз подряд умножить ее на 10, ведь $10^n = \underbrace{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \ldots \cdot 10}_{n \text{ сомножителей}}$**. А так как при каждом умножении на 10 запятая переносится на одну позицию вправо, то при умножении на 10^n запятая переносится на *n* позиций вправо.**

Пример 2.6. $2{,}346 \cdot 10^2 = 234{,}6$.

Здесь мы просто перенесли запятую на две позиции вправо.

Пример 2.7. $0{,}00123 \cdot 10^4 = 00012{,}3 = 12{,}3$.

В этом примере после переноса запятой на четыре позиции вправо остались нули в разрядах сотен, тысяч и десятков тысяч. Эти нули, конечно, никак не влияют на величину числа, поэтому в окончательном ответе мы их просто убираем.

Пример 2.8. $2{,}34 \cdot 10^3 = 2{,}3400 \cdot 10^3 = 2340{,}0 = 2340$.

Сначала мы добавили два нуля в разрядах тысячных и десятитысячных, потом перенесли запятую на три позиции вправо, а в конце убрали уже ненужный нам ноль в разрядах десятых.

Заметим, что при достаточном опыте дописывать и убирать нули можно в уме.

Пример 2.9. $465 \cdot 10^3 = 465\,000$.

В данном случае на 10^3 умножается целое число 465. А при умножении целого числа на 10^n к нему приписывается справа n нулей. В этом примере $n = 3$, поэтому мы приписали три нуля.

Учитель предлагает решить устно.

А7. Выполните умножение:

а) $1{,}234 \cdot 10^2$; б) $2{,}3467 \cdot 10^2$; в) $3{,}6471 \cdot 10^3$;

г) $23{,}7241 \cdot 10^3$; д) $26{,}7841 \cdot 10^3$.

Ответ: а) 123,4; б) 234,67; в) 3647,1; г) 23 724,1; д) 26 784,1.

А8. Выполните умножение:

а) $0{,}0012 \cdot 10^2$; б) $0{,}001\,64 \cdot 10^2$; в) $0{,}001\,23 \cdot 10^3$;

г) $0{,}000\,156 \cdot 10^4$; д) $0{,}000\,178\,9 \cdot 10^4$; е) $0{,}001\,67 \cdot 10^4$.

Ответ: а) 0,12; б) 0,164; в) 1,23; г) 1,56; д) 1,789; е) 16,7.

А9. Выполните умножение:

а) $6{,}57 \cdot 10^3$; б) $8{,}91 \cdot 10^3$; в) $75{,}6 \cdot 10^2$;

г) $65{,}7 \cdot 10^2$; д) $36{,}4 \cdot 10^3$; е) $74{,}8 \cdot 10^3$.

Ответ: а) 6570; б) 8910; в) 7560; г) 6570; д) 36 400; е) 74 800.

А10. Выполните умножение:

а) $123 \cdot 10^3$; б) $654 \cdot 10^3$; в) $12 \cdot 10^4$;

г) $18 \cdot 10^4$; д) $203 \cdot 10^5$; е) $402 \cdot 10^5$.

Ответ: а) 123 000; б) 654 000; в) 120 000; г) 180 000; д) 20 300 000; е) 40 200 000.

Самостоятельная работа на 3 минуты.

Б7. Выполните умножение:

а) $236{,}789\,45 \cdot 10^4$; б) $671{,}789\,45 \cdot 10^4$; в) $1234{,}589\,41 \cdot 10^4$;

г) $267{,}841\,236 \cdot 10^4$; д) $2{,}347\,461 \cdot 10^5$; е) $1000{,}100\,101 \cdot 10^5$.

Ответ: а) 2 367 894,5; б) 6 717 894,5; в) 12 345 894,1; г) 26 784 123,6; д) 234 746,1; е) 100 010 010,1.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание.

Задачи для домашнего задания к уроку 9

Б8. Выполните умножение:

а) $0{,}000\,016\,7 \cdot 10^2$; б) $0{,}000\,067\,8 \cdot 10^3$; в) $0{,}000\,017\,4 \cdot 10^4$;

г) $0{,}000\,107 \cdot 10^5$; д) $0{,}001\,010\,1 \cdot 10^6$; е) $0{,}001\,001 \cdot 10^{3.}$

Ответ: а) 0,001 67; б) 0,0678; в) 0,174; г) 10,7; д) 1010,1; е) 1001.

Б9. Выполните умножение:

а) $6{,}75 \cdot 10^4$; б) $7{,}86 \cdot 10^4$; в) $77{,}54 \cdot 10^5$;

г) $78{,}91 \cdot 10^5$; д) $7{,}312 \cdot 10^6$; е) $8{,}314 \cdot 10^{3.}$

Ответ: а) 67 500; б) 78 600; в) 7 754 000; г) 7 891 000; д) 7 312 000; е) 8 314 000.

Б10. Выполните умножение:

а) $1010 \cdot 10^2$; б) $2012 \cdot 10^2$; в) $23\,600 \cdot 10^3$;

г) $11\,800 \cdot 10^3$; д) $1010 \cdot 10^5$; е) $18\,001 \cdot 10^{3.}$

Ответ: а) 101 000; б) 201 200; в) 23 600 000; г) 11 800 000; д) 101 000 000; е) 1 800 000 000.

Урок 10
Тема урока: **ЗАПИСЬ ЧИСЕЛ С ПОМОЩЬЮ СТЕПЕНИ ЧИСЛА 10 (продолжение)**

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за текстом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

Как разделить десятичную дробь на 10?

Из курса математики мы знаем, что деление – операция, обратная умножению. Поэтому если при умножении десятичной дроби на 10 запятая переносится на одну позицию *вправо*, то **при делении на 10 запятая переносится на одну позицию *влево*.**

↶ ↶

Пример 2.10. 58,3 : 10 = 5,83; 260,12 : 10 = 26,012.

Здесь мы просто перенесли запятую на одну позицию влево.

↶

Пример 2.11. 0,00123 : 10 = 00,00123 : 10 = 0,000123.

В этом примере мы сначала добавили один ноль в разряде десятков (ясно, что величина числа от этого не изменилась), а затем перенесли запятую на одну позицию влево.

↶

Пример 2.12. 56 : 10 = 56,0 : 10 = 5,60 = 5,6.

Здесь мы сначала добавили дробную часть в виде нуля десятков, затем перенесли запятую на одну позицию влево, а затем в окончательном ответе отбросили ноль в разряде сотых за ненадобностью.

Пример 2.13. 4600 : 10 = 460.

В данном случае на 10 делится целое число, оканчивающееся нулями. Поэтому при делении на 10 достаточно просто убрать один ноль справа.

Учитель предлагает решить устно:

А11. Выполните деление:

а) 12,3 : 10; б) 45,6 : 10; в) 123,11 : 10;
г) 456,78 : 10; д) 1011,12 : 10; е) 9092,93 : 10.

Ответ: а) 1,23; б) 4,56; в) 12,311; г) 45,678; д) 101,112; е) 909,293.

А12. Выполните деление:

а) 0,004 56 : 10; б) 0,007 85 : 10; в) 0,0123 : 10;
г) 0,0971 : 10; д) 0,761 : 10; е) 0,574 : 10.

Ответ: а) 0,000 456; б) 0,000 785; в) 0,001 23; г) 0,009 71; д) 0,0761; е) 0,0574.

А13. Выполните деление:

а) 12 : 10; б) 34 : 10; в) 121 : 10;
г) 169 : 10; д) 1341 : 10; е) 9478 : 10.

Ответ: а) 1,2; б) 3,4; в) 12,1; г) 16,9; д) 134,1; е) 947,8.

А14. Выполните деление:

а) 1200 : 10; б) 3400 : 10; в) 17 000 : 10;
г) 91 000 : 10; д) 127 000 : 10; е) 999 000 000 :10.

Ответ: а) 120; б) 340; в) 1700; г) 9100; д) 12 700; е) 99 900 000.

Учащиеся решают письменно в тетрадях.

Б11 Выполните деление:

а) 1003,4 : 10; б) 2004,7 : 10; в) 26,07 : 10;
г) 37,12 : 10; д) 1234,731 : 10; е) 731,1234 : 10.

Ответ: а) 100,34; б) 200,47; в) 2,607; г) 3,712; д) 123,4731; е) 73,112 34.

Б12. Выполните деление:

а) 0,000 101 : 10; б) 0,000 209 : 10; в) 0,000 011 1 : 10;
г) 0,000 021 2 :10; д) 0,000 006 941 7 : 10; е) 0,000 009 876 1 :10.

Ответ: а) 0,000 010 1; б) 0,000 020 9; в) 0,000 001 11;
г) 0,000 002 12; д) 0,000 000 694 17; е) 0,000 000 987 61.

Учитель читает…

Как разделить десятичную дробь на 10^n?

Разделить десятичную дробь на 10^n – это все равно, что n раз подряд разделить её на 10. Поскольку при делении на 10 запятая переносится на одну позицию влево, то при делении на 10^n запятая переносится на n позиций влево.

Пример 2.14. $2346{,}7 : 10^2 = 23{,}467$.

Мы просто перенесли запятую на две позиции влево.

Пример 2.15.

$$0{,}0123 : 10^3 = 0000{,}0123 : 10^3 = 0{,}0000123.$$

Здесь мы сначала дописали нули в разрядах десятков, сотен и тысяч. Ясно, что от этого величина делимого не изменилась. А затем мы перенесли запятую на три позиции влево.

Пример 2.16. $465 : 10^4 = 00465{,}0 : 10^4 = 0{,}04650 = 0{,}0465$.

В этом примере мы сначала добавили дробную часть в виде нуля десятых и дописали нули в разрядах тысяч и десятков тысяч, потом перенесли запятую на 4 позиции влево, а в окончательном ответе мы отбросили последний нуль за ненадобностью.

Пример 2.17. $236\,000 : 10^2 = 2360$.

При делении на 10^n целого числа, оканчивающегося нулями, достаточно просто отбросить n нулей справа. В нашем случае $n = 2$, поэтому мы отбросили два нуля.

Учитель предлагает решить устно:

А15. Выполните деление:

а) $1234{,}5 : 10^2$; б) $7981{,}4 : 10^2$; в) $5432{,}1 : 10^3$;

г) $4189{,}7 : 10^3$; д) $10\,164{,}7 : 10^4$; е) $12\,018{,}7 : 10^4$.

*Ответ***:** а) 12,345; б) 79,814; в) 5,4321; г) 4,1897; д) 1,101647; е) 1,201 87.

А16. Выполните деление:

а) $0{,}0537 : 10^2$; б) $0{,}0371 : 10^2$; в) $0{,}0036 : 10^3$;

г) $0{,}0328 : 10^3$; д) $0{,}561 : 10^2$; е) $0{,}924 : 10^2$.

*Ответ***:** а) 0,000 537; б) 0,000 371; в) 0,000 003 6; г) 0,000 032 8; д) 0,005 61; е) 0,009 24.

А17. Выполните деление:

а) $983\,000 : 10^2$; б) $910\,000 : 10^2$; в) $947\,000\,000 : 10^5$;

г) $767\,000\,000 : 10^5$; д) $110\,000 : 10^3$; е) $549\,000 : 10^3$.

*Ответ***:** а) 9830; б) 9100; в) 9470; г) 7670; д) 110; е) 549.

Самостоятельная работа на 3 минуты:

Б13. Выполните деление:

а) $4032{,}75 : 10^3$; б) $3387{,}98 : 10^3$; в) $304{,}007 : :10^2$;

г) $304{,}004 : 10^2$; д) $1\,860\,042{,}81 : 10^6$; е) $4\,851\,566{,}03 : 10^6$.

*Ответ***:** а) 4,032 75; б) 3,387 98; в) 3,040 07; г) 3,040 04; д) 1,860 042 81; е) 4,851 566 03.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание.

Задачи для домашнего задания к уроку 10

Б14. Выполните деление:

а) $0{,}002\,73 : 10^4$; б) $0{,}0301 : 10^4$; в) $0{,}009\,09 : :10^3$;

г) $0{,}009\,15 : 10^3$; д) $0{,}052 : 10^5$; е) $0{,}038 : 10^5$.

*Ответ***:** а) 0,000 002 73; б) 0,000 003 01; в) 0,000 009 09; г) 0,000 009 15; д) 0,000 000 52; е) 0,000 000 38.

Б15. Выполните деление:

а) $761{:}10^4$; б) $518{:}10^4$; в) $922{:}10^5$;

г) $218{:}10^5$; д) $2{,}1 : 10^4$; е) $9{,}83 : 10^4$.

*Ответ***:** а) 0,0761; б) 0,0518; в) 0,009 22; г) 0,002 18; д) 0,000 21; е) 0,000 983.

Урок 11
Тема урока: **ЗАПИСЬ ЧИСЕЛ С ПОМОЩЬЮ СТЕПЕНИ ЧИСЛА 10 (окончание)**

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за текстом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

Как кратко записать число, в котором много нулей?

Допустим, есть число 5 700 000 000. Возникает вопрос: нельзя ли это число записать как-нибудь короче, используя 10^n? Сделаем такую «хитрость»: разделим и умножим наше число на 10^9. Получим:

$$\mathbf{5\ 700\ 000\ 000} = \frac{5\ 700\ 000\ 000}{10^9}\cdot 10^9 = \frac{5\ 700\ 000\ 000{,}0}{10^9}\cdot 10^9 =$$

$$= \mathbf{5{,}700\ 000\ 000\ 0 \cdot 10^9 = 5{,}7 \cdot 10^9.}$$

Согласитесь, запись $5{,}7\cdot 10^9$ занимает значительно меньше места, чем 5 700 000 000!

Напомним, что *значащими цифрами* числа называются все его цифры, кроме нулей, *стоящих в начале*. Например, в числе 23,4009 шесть значащих цифр: 2, 3, 4, 0, 0, 9, а в числе 0,123 – три значащих цифры: 1, 2, 3, в числе 0,0004 одна значащая цифра 4.

Пример 2.18. Запишите число 836 000 000 кратко с помощью 10^n так, чтобы перед запятой стояла одна значащая цифра.

Требуется, чтобы запятая стояла за первой значащей цифрой, то есть за 8. Значит, запятую, которую сейчас можно считать стоящей за последним нулем (836 000 000 = = 836 000 000,0), надо перенести на восемь позиций влево. А такой перенос – это не что иное, как *деление на* 10^8. Следовательно, чтобы наше число не изменилось, его необходимо домножить на 10^8:

ՈՈՈՈՈՈՈ

836 000 000,0 = 8,36 000 000 0 · 10^8 = 8,36·10^8.

Учитель разбирает на доске при помощи класса.

Б16. Представьте данные числа с помощью 10^n так, чтобы перед запятой стояла одна значащая цифра:

а) 628 000; б) 459 000; в) 579 000 000;

г) 327 000 000; д) 539 000 000 000; е) 412 000 000 000.

Ответ: а) 6,28·10^5; б) 4,59·10^5; в) 5,79·10^8; г) 3,27·10^8; д) 5,39·10^{11}; е) 4,12·10^{11}.

Учитель читает…

Степень с отрицательным показателем

По определению полагают, что если $a \neq 0$ и n – натуральное число, то $a^{-n} = \frac{1}{a^n}$. Например: $10^{-1} = \frac{1}{10^1} = 0{,}1$; $10^{-2} = \frac{1}{10^2} = 0{,}01$; $10^{-9} = \frac{1}{10^9} = 0{,}000\ 000\ 001$ и т.д.

В общем случае справедливо:

$$10^{-n} = \frac{1}{10^n} = 0,\underbrace{000...001}_{n \text{ цифр}}. \qquad \textbf{(2.2)}$$

Отсюда следует практический вывод: очень малые числа, содержащие большое число нулей после запятой, можно кратко записать с помощью 10^{-n}. Например:

0,001 = 10^{-3}, 0,0001 = 10^{-4} и т.д.

Заметим, что если a не равно нулю, то a^0 по определению полагается равным единице: $a^0 = 1$.

Пример 2.19. Запишите: а) с помощью 10^{-n} число 0,000 001; б) в обычном виде число 10^{-5}.

Решение.

1. Так как после запятой в числе 0,000 001 стоят 6 цифр, то по формуле (2.2) запишем: **0,000 001 = 10^{-6}.**

2. Согласно формуле (2.2) 10^{-5} – это число, которое записывается в виде десятичной дроби, в которой после запятой стоят пять цифр: **10^{-5} = 0,000 01.**

Учитель разбирает на доске при помощи класса:

А18. Представьте числа в виде 10^{-n}:

а) 0,1; б) 0,01; в) 0,001; г) 0,000 01; д) 0,000 000 000 1; е) 0,000 000 000 001.

Ответ: а) 10^{-1}; б) 10^{-2}; в) 10^{-3}; г) 10^{-5}; д) 10^{-10}; е) 10^{-12}

Учащиеся решают письменно в тетрадях:

А19. Запишите в виде десятичной дроби числа:

а) 10^{-1}; б) 10^{-4}; в) 10^{-6}; г) 10^{-11}; д) 10^{-15}.

Ответ: а) 0,1; б) 0,0001; в) 0,000 001; г) 0,000 000 000 01. д) 0,000 000 000 000 001.

Учитель читает…

Краткая запись десятичных дробей с большим числом нулей после запятой

Рассмотрим число 0,000 000 121. Попробуем записать его более кратко, то есть без большого числа нулей после запятой. **Для этого сделаем такую «хитрость»: умножим его на 10^7 и тут же разделим на 10^7:**

$$\frac{0,000\ 000\ 121\cdot 10^7}{10^7} = \frac{0\ 000\ 000\ 1,21}{10^7} = \frac{1,21}{10^7} = \mathbf{1,21\cdot 10^{-7}}.$$

Согласитесь, $1,21\cdot 10^{-7}$ занимает меньше места, чем 0,000000121!

Пример 2.20. Представьте число 0,000 000 000 174 с помощью 10^{-n} так, чтобы перед запятой стояла только одна значащая цифра.

Решение. От нас требуется, чтобы запятая стояла после первой значащей цифры нашего числа, то есть после 1. Значит, запятую надо перенести *на десять позиций вправо*, то есть умножить число на 10^{10}. Для того чтобы величина числа при этом не изменилась, его нужно тут же разделить на 10^{10} или, что то же самое, умножить на $10^{-10} = \frac{1}{10^{10}}$. Получим:

$$\mathbf{0,000\ 000\ 000\ 174 = 0\ 000\ 000\ 000\ 1,74\cdot 10^{-10} = 1,74\cdot 10^{-10}}.$$

Учитель разбирает на доске при помощи класса:

Б17. Представьте данные числа с помощью 10^{-n} так, чтобы перед запятой стояла одна значащая цифра:

а) 0,336; б) 0,748; в) 0,06333; г) 0,0847; д) 0,003 22;

Ответ: а) $3{,}36\cdot10^{-1}$; б) $7{,}48\cdot10^{-1}$; в) $6{,}33\cdot10^{-2}$; г) $8{,}47\cdot10^{-2}$; д) $3{,}22\cdot10^{-3}$;

Учащиеся решают письменно в тетрадях:

Б17. е) 0,004 11; ж) 0,000 223; з) 0,000 14; и) 0,000 005 7; к) 0,000 033 1; л) 0,000 000 000 629; м) 0,000 000 000 485.

Ответ: е) $4{,}11\cdot10^{-3}$; ж) $2{,}23\cdot10^{-4}$; з) $1{,}4\cdot10^{-4}$; и) $5{,}7\cdot10^{-6}$; к) $3{,}31\cdot10^{-5}$; л) $6{,}29\cdot10^{-10}$; м) $4{,}85\cdot10^{-10}$.

Учитель читает…

Стандартный вид положительного числа

Любое положительное число *a* можно представить в виде

$$a_1\cdot10^n,$$

где $1 \le a_1 < 10$, а n – целое число. Например: $3{,}65\cdot10^5$; $2{,}8\cdot10^1$; $4{,}13\cdot10^0$; $6{,}87\cdot10^{-7}$ и т.д. Такая запись называется *стандартным видом числа*, а показатель степени n называется при этом *порядком числа.*

Пример 2.21. Представьте в стандартном виде число 395.

Решение. Чтобы представить число 395 = 395,0 в стандартном виде, надо перенести запятую на две позиции влево, то есть разделить число на 10^2. А чтобы не изменилось значение этого числа, необходимо умножить его на 10^2:

$$\cap\cap$$

$$\mathbf{395{,}0 = 3{,}950 \cdot 10^2 = 3{,}95\cdot10^2.}$$

Итак, $395 = 3{,}95\cdot10^2$. Заметим, что число имеет *порядок 2*.

Пример 2.22. Представьте число 4,13 в стандартном виде.

Решение. В числе 4,13 запятая уже стоит после первой значащей цифры, значит, для представления его в стандартном виде достаточно умножить его на $1 = 10^0$, например: $\mathbf{4{,}13 = 4{,}13\cdot10^0}$. Заметим, что это число имеет *порядок 0*.

Пример 2.23. Представьте число 0,0023 в стандартном виде.

Решение. Для представления данного числа в стандартном виде необходимо перенести запятую на три позиции вправо, то есть умножить его на 10^3. Чтобы величина числа при этом не изменилась, необходимо тут же умножить его на 10^{-3}:

$$\text{0,0023} = \text{0002,3} \cdot 10^{-3} = 2{,}3 \cdot 10^{-3}.$$

Заметим, что *порядок* этого числа равен –3.

Учитель решает на доске при помощи класса:

Б18. Приведите к стандартному виду числа:

а) 16; б) 81; в) 659; г)161; д) 2034; е) 4062; ж) 0,718;

Ответ а) $1{,}6 \cdot 10^1$; б) $8{,}1 \cdot 10^1$; в) $6{,}59 \cdot 10^2$; г) $1{,}61 \cdot 10^2$;

д) $2{,}034 \cdot 10^3$; е) $4{,}062 \cdot 10^3$; ж) $7{,}18 \cdot 10^{-1}$.

Учащиеся решают письменно в тетрадях:

Б18 Приведите к стандартному виду числа:

з) 0,521; и) 9,91; к) 7,82; л) 0,078; м) 0,0118.

*Ответ***:** з) $5{,}21 \cdot 10^{-1}$; и) $9{,}91 \cdot 10^0$; к) $7{,}82 \cdot 10^0$; л) $7{,}8 \cdot 10^{-2}$;

м) $1{,}18 \cdot 10^{-2}$.

Учитель читает…

Умножение степеней с одинаковыми основаниями

Из курса математики известно, что

$$a^n \cdot a^m = a^{n+m}, \qquad (2.3)$$

где $a \neq 0$, n и m – целые. Например:

1) $10^3 \cdot 10^5 = 10^{3+5} = 10^8$, **в самом деле**

$$10^3 \cdot 10^5 = (10 \cdot 10 \cdot 10) \cdot (10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10) = 10^8;$$

2) $10^3 \cdot 10^{-5} = 10^{3-5} = 10^{-2}$, **в самом деле**

$$10^3 \cdot 10^{-5} = \frac{10^3}{10^5} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 10}{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10} = \frac{1}{10 \cdot 10} = \frac{1}{10^2} = 10^{-2};$$

3) $10^{-3} \cdot 10^{-5} = 10^{-3-5} = 10^{-8}$, **в самом деле:**

$$10^{-3} \cdot 10^{-5} = \frac{1}{10^3} \cdot \frac{1}{10^5} = \frac{1}{10^8} = 10^{-8}.$$

Пример 2.24. Приведите к стандартному виду число $210{,}3 \cdot 10^{-3}$.

Решение. Сначала приведем к стандартному виду число 210,3. Для этого перенесем запятую на две позиции влево и умножим полученное число на 10^2:

$$\curvearrowleft\curvearrowleft$$

$$\mathbf{210{,}3 = 2{,}103 \cdot 10^2.}$$

Затем вынесем число 2,103 за скобки и произведем умножение 10^2 на 10^{-3}:

$$\mathbf{2{,}103 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3} = 2{,}103 \cdot (10^2 \cdot 10^{-3}) = 2{,}103 \cdot 10^{2-3} = 2{,}103 \cdot 10^{-1}.}$$

Запишем окончательный результат:

$$\mathbf{210{,}3 \cdot 10^{-3} = 2{,}103 \cdot 10^{-1}.}$$

Таким образом, порядок нашего числа равен –1.

Учитель решает на доске при помощи класса:

В1. Приведите к стандартному виду числа:

а) $15 \cdot 10^9$; б) $6400 \cdot 10^3$; в) $825\,000 \cdot 10^6$; г) $161 \cdot 10^{11}$;

*Ответ***:** а) $1{,}5 \cdot 10^{10}$; б) $6{,}4 \cdot 10^6$; в) $8{,}25 \cdot 10^{11}$; г) $1{,}61 \cdot 10^{13}$;

Самостоятельная работа на 3 минуты:

В1. Приведите к стандартному виду числа:

д) $17{,}3 \cdot 10^{18}$; е) $0{,}86 \cdot 10^5$; ж) $0{,}087 \cdot 10^3$; з) $0{,}000\,191 \cdot 10^6$;

*Ответ***:** д) $1{,}73 \cdot 10^{19}$; е) $8{,}6 \cdot 10^4$; ж) $8{,}7 \cdot 10^1$; з) $1{,}91 \cdot 10^2$;

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание.

Задачи для домашнего задания к уроку 11

Б18 Приведите к стандартному виду числа:

н) 0,00728; о) 0,00754; п) 343,964; р) 178,105; с) 0,000 433; т) 0,000 961; у) 10 200; ф) 30 200; х) 127 000; ц) 267 000.

Ответ: н) $7{,}28 \cdot 10^{-3}$; о) $7{,}54 \cdot 10^{-3}$; п) $3{,}439\,64 \cdot 10^2$;

р) $1{,}781\,05 \cdot 10^2$; с) $4{,}33 \cdot 10^{-4}$; т) $9{,}61 \cdot 10^{-4}$; у) $1{,}02 \cdot 10^4$;

ф) $3{,}02 \cdot 10^4$; х) $1{,}27 \cdot 10^5$; ц) $2{,}67 \cdot 10^5$.

В1: Приведите к стандартному виду числа:

и) $51 \cdot 10^{-3}$; к) $512 \cdot 10^{-4}$; л) $1001 \cdot 10^{-6}$; м) $0{,}186 \cdot 10^{-1}$;

н) $0{,}981 \cdot 10^{-3}$; о) $0{,}009\,27 \cdot 10^{-5}$; п) $0{,}016 \cdot 10^{-4}$;

р) $0{,}026 \cdot 10^{23}$; с) $0{,}001\,73 \cdot 10^{-16}$; т) $0{,}000\,000\,71 \cdot 10^{-29}$.

Ответ: и) $5{,}1\cdot10^{-2}$; к) $5{,}12\cdot10^{-2}$; л) $1{,}001\cdot10^{-3}$; м) $1{,}86\cdot10^{-2}$; н) $9{,}81\cdot10^{-4}$; о) $9{,}27\cdot10^{-8}$; п) $1{,}6\cdot10^{-6}$; р) $2{,}6\cdot10^{21}$; с) $1{,}73\cdot10^{-19}$; т) $7{,}1\cdot10^{-36}$.

Урок 12
Тема урока: О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за текстом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

§ 3. О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Математическая справка: как округлить число?

Пусть задано число в *стандартном виде*, например: $2{,}234\cdot10^{6}$; $6{,}87\cdot10^{-5}$; $1{,}34567\cdot10^{1}$; $4{,}3\cdot10^{0}$ и т.п. **При *округлении* числа отбрасывают одну или несколько его последних цифр. Если первая отброшенная цифра равна 5 или больше 5, то последнюю из сохраняемых цифр увеличивают на единицу; если первая отброшенная цифра меньше 5, то последнюю из сохраняемых цифр оставляют без изменения.**

Пример 3.1. Округлите следующие числа:

1) $1{,}234\cdot10^{6}$ до двух значащих цифр;

2) $6{,}87\cdot10^{-6}$ до одной значащей цифры;

3) $1{,}203\cdot10^{0}$ до трёх значащих цифр;

4) $6{,}99\cdot10^{2}$ до двух значащих цифр.

Решение.

1. В числе $1{,}234\cdot10^{6}$ требуется оставить две значащие цифры, следовательно, последние две (тройку и четверку) надо отбросить. Так как первая из отброшенных цифр (тройка) меньше 5, то по-

следнюю из сохраняемых цифр (двойку) оставляем без изменений. Получаем:

$$\mathbf{1{,}234\cdot10^6 \approx 1{,}2\cdot10^6}$$

(знак ≈ означает «приблизительно равно»).

2. В числе $6{,}87\cdot10^{-6}$ требуется оставить одну значащую цифру, следовательно, две последние (8 и 7) надо отбросить. Так как первая из отброшенных цифр $8 > 5$, то последнюю (и единственную!) из сохраняемых цифр – шестерку надо увеличить на 1, то есть вместо 6 записать 7. Получаем:

$$\mathbf{6{,}87\cdot10^{-6} \approx 7\cdot10^{-6}.}$$

3. В числе $1{,}203\cdot10^0 = 1{,}203$ требуется оставить три значащие цифры, значит, последнюю цифру (3) надо отбросить, а поскольку $3 < 5$, то последняя из сохраняемых цифр (ноль) остается без изменений:

$$\mathbf{1{,}203\cdot10^0 = 1{,}203 \approx 1{,}20.}$$

Читатель: Наверное, правильнее написать не 1,20, а 1,2: ведь 1,20 = 1,2.

Автор: Нет. Вот тут Вы не правы: 1,2 = 1,20 при условии, что 1,2 и 1,20 – *точные*, а не приближенные значения числа. Если же речь идет о приближенных значениях, то записи $a \approx 1{,}2$ и $a \approx 1{,}20$ имеют различный смысл: если $a \approx 1{,}2$, то это значит, что *точное* значение числа a удовлетворяет условию $1{,}15 \le a < 1{,}25$, а если $a \approx 1{,}20$, то $1{,}195 \le a < 1{,}205$! Как видите, ноль в числе 1,20 несёт вполне конкретную информацию, и отбрасывать его нельзя.

4. В числе $6{,}99\cdot10^2$ требуется оставить две значащие цифры, значит, последнюю девятку надо отбросить. При этом последнюю из сохраняемых цифр (9) надо увеличить на 1, то есть вместо 9 записать 0, а цифру в следующем разряде увеличить на единицу: 6+1 = 7.

$$\mathbf{6{,}99\cdot10^2 \approx 7{,}0\cdot10^2.}$$

Учитель предлагает решить устно:

А1. Округлите до трёх значащих цифр числа:

а) $6{,}9805\cdot10^2$; б) $4{,}79036\cdot10^{-3}$; в) $4{,}22716\cdot10^3$;

г) $7{,}6298\cdot10^{-3}$; д) $4{,}3016\cdot10^{-6}$.

*Ответ***:** а) $6{,}98\cdot10^2$; б) $4{,}79\cdot10^{-3}$; в) $4{,}23\cdot10^3$; г) $7{,}63\cdot10^{-3}$; д) $4{,}30\cdot10^{-6}$.

А2. Округлите до двух значащих цифр числа:

а) $8{,}27\cdot10^{-2}$; б) $2{,}71\cdot10^{-3}$; в) $2{,}65\cdot10^{4}$;

г) $1{,}601\cdot10^{-5}$; д) $3{,}07\cdot10^{-6}$.

Ответ: а) $8{,}3\cdot10^{-2}$; б) $2{,}7\cdot10^{-3}$; в) $2{,}7\cdot10^{4}$; г) $1{,}6\cdot10^{-5}$; д) $3{,}1\cdot10^{-6}$.

Учащиеся решают письменно в тетрадях:

Б1. Округлите до двух значащих цифр числа:

а) $8{,}001\cdot10^{0}$; б) $4{,}07\cdot10^{1}$; в) $8{,}01\cdot10^{6}$;

г) $6{,}98\cdot10^{16}$; д) $9{,}98\cdot10^{-3}$.

Ответ: а) 8,0; б) $4{,}1\cdot10^{1}$; в) $8{,}0\cdot10^{6}$; г) $7{,}0\cdot10^{16}$; д) $1{,}0\cdot10^{-3}$.

Б2. Округлите до одной значащей цифры числа:

а) $8{,}94\cdot10^{3}$; б) $9{,}03\cdot10^{-3}$; в) $9{,}81\cdot10^{6}$;

г) $9{,}99\cdot10^{1}$; д) $9{,}81\cdot10^{-6}$.

Ответ: а) $9\cdot10^{3}$; б) $9\cdot10^{-3}$; в) $1\cdot10^{7}$; г) $1\cdot10^{2}$; д) $1\cdot10^{-5}$.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 20 минут.

Учитель читает…

Пример 3.2. Округлите до двух значащих цифр числа: 1) 5,391; 2) 40,2; 3) 0,0251; 4) 0,302; 5) 9,991.

Решение. В данном случае можно действовать по описанному выше правилу, не приводя числа к стандартному виду:

1) 5,391 ≈ 5,4; 2) 40,2 ≈ 40; 3) 0,0251 ≈ 0,025;

4) 0,302 ≈ 0,30; 5) 9,991 ≈10.

Учитель предлагает решить устно:

А3. Округлите до двух значащих цифр числа:

а) 2,15; б) 95,4; в) 0,957; г) 0,0981; д) 0,989; е) 0,991.

Ответ: а) 2,2; б) 95; в) 0,96; г) 0,098; д) 0,99; е) 0,99.

А4. Округлите до одной значащей цифры числа:

а) 5,701; б) 1,28; в) 0,0329; г) 0,89; д) 0,946.

Ответ: **А4**. а) 6; б) 1; в) 0,03; г) 0,9; д) 0,9.

Учитель читает…

Пример 3.3. Округлите до двух значащих цифр числа: 1) 1234; 2) 10024; 3) 751 516,7.

Решение.

Автор: В данном случае непосредственно округлить числа, просто отбрасывая цифры слева, не удастся: в самом деле, нельзя же, округляя 1234 до двух значащих цифр, написать, что 1234 ≈ 12!

Читатель: А может быть, вместо отброшенных слева цифр написать нули? Тогда получим: 1234 ≈ 1200.

Автор: Так тоже не годится, ведь запись $a \approx 1200$ означает, что число a имеет четыре значащие цифры: 1,2,0,0. А от нас требуется сохранить только две значащие цифры: 1 и 2.

Читатель: Так как же тогда быть?

Автор: Очень просто! Сначала приведем наши числа к стандартному виду, а потом округлим их так, как мы делали это в примере 3.1:

1) $1234 = 1{,}234 \cdot 10^3 \approx 1{,}2 \cdot 10^3$;

2) $10024 = 1{,}0024 \cdot 10^4 \approx 1{,}0 \cdot 10^4$;

3) $751\,516{,}7 = 7{,}515167 \cdot 10^5 \approx 7{,}5 \cdot 10^5$.

Учитель разбирает на доске при помощи класса:

Б3. Округлите до двух значащих цифр числа:

а) 123; б) 867; в) 9611; г) 10 822; д) 10 063; е) 9987.

*Ответ***:** а) $1{,}2 \cdot 10^2$; б) $8{,}7 \cdot 10^2$; в) $9{,}6 \cdot 10^3$; г) $1{,}1 \cdot 10^4$; д) $1{,}0 \cdot 10^4$; е) $1{,}0 \cdot 10^4$.

Б4. Округлите до одной значащей цифры числа:

а) 53,1; б) 59,2; в) 931; г) 392; д) 991; е) 892.

*Ответ***:** а) $5 \cdot 10$; б) $6 \cdot 10$; в) $9 \cdot 10^2$; г) $4 \cdot 10^2$; д) $1 \cdot 10^3$; е) $9 \cdot 10^2$.

Учитель читает…

Автор: Рассмотрим такую задачу: дан чертеж прямоугольника. Как с помощью измерительной линейки определить его площадь?

Читатель: Извините меня, но эта задача для первого класса! Измеряем сначала одну сторону, потом другую...

Автор (перебивая): Допустим, одна сторона оказалась $a = 3{,}1$ см, а вторая $b = 4{,}1$ см.

Читатель: А дальше находим площадь по формуле:

$$\boldsymbol{S = a \cdot b = 3{,}1 \text{ см} \times 4{,}1 \text{ см} = 12{,}71 \text{ см}^2.}$$

Автор: А Вы уверены, что площадь *точно* 12,71 см^2, а не 12,72 или, скажем, 12,45 см^2?

Читатель: Конечно, уверен! А какие тут могут быть сомнения?

Автор: Давайте немного задумаемся над словами: «одна сторона оказалась равной 3,1 см». Что это значит? Это значит, что, приложив линейку к стороне прямоугольника, мы увидим примерно то, что показано на рис. 3.1, *а.*

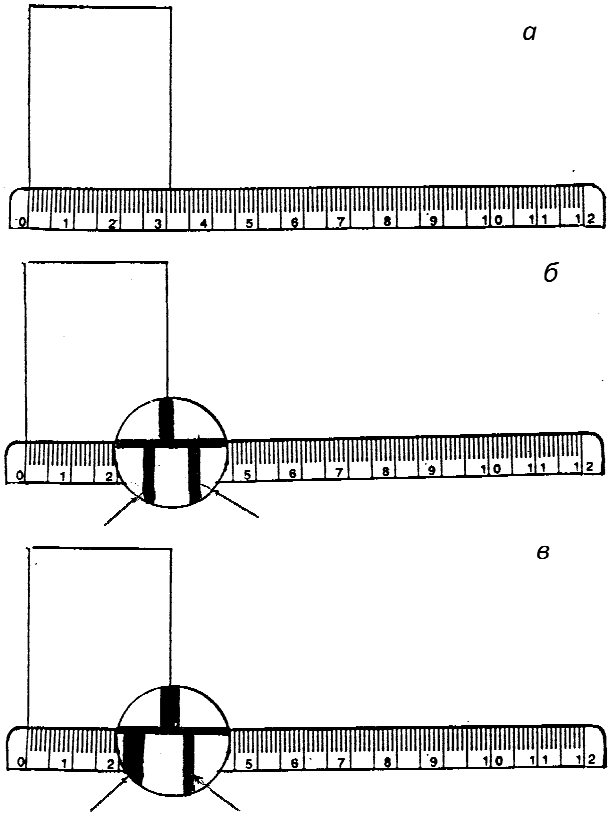


Рис. 3.1

Но если мы воспользуемся лупой, то увидим, что деление, соответствующее длине 3,1 см либо немного не доходит до конца стороны прямоугольника (рис. 3.1, *б*), либо, наоборот, заходит за него (рис. 3.1, *в*). Кроме того, и линия, которая изображает на чертеже сторону прямоугольника, и штрихи, обозначающие деления линей-

ки, имеют определённую толщину. Поэтому, я думаю, Вы согласитесь, что значение длины стороны прямоугольника – приближенная величина. Возникает вопрос: какова же точность наших измерений?

«На глазок» измерить длину с точностью до десятых долей миллиметра мы не сможем, но утверждать, что полученное нами значение длины отличается от настоящей не более чем на полмиллиметра, можно. Ведь полмиллиметра – это половина цены деления линейки. Поэтому, утверждая, что длина стороны прямоугольника a равна 3,1 см, мы имеем в виду, что на самом деле

$$3{,}05 \text{ см} \le a < 3{,}15 \text{ см}.$$

Точно так же, утверждая, что сторона b равна 4,1 см, мы имеем в виду, что на самом деле $4{,}05 \text{ см} \le b < 4{,}15$ см. Бóльшую точность с помощью обычной измерительной линейки получить нельзя.

Читатель: Согласен.

Автор: Но в таком случае придется поставить под сомнение правильность полученного Вами значения площади $S = 12{,}71$ см^2. Ведь при вычислении Вы использовали *точные* значения 3,1 см и 4,1 см, а на самом деле (как мы с Вами выяснили) эти значения приближенные.

Читатель: Как же тогда быть?

Автор: Давайте предположим сначала, что a и b принимают свои минимально возможные значения: $a = 3{,}05$ см, $b = = 4{,}05$ см. В этом случае

$$\boldsymbol{S = 3{,}05 \text{ см} \cdot 4{,}05 \text{ см} = 12{,}3525 \text{ см}^2.}$$

Теперь давайте предположим, что a и b принимают свои максимальные значения: $a = 3{,}15$ см, $b = 4{,}15$ см. Тогда площадь

$$\boldsymbol{S = 3{,}15 \text{ см} \cdot 4{,}15 \text{ см} = 13{,}0725 \text{ см}^2.}$$

Таким образом, истинное значение площади прямоугольника лежит в интервале:

$$\boldsymbol{12{,}3525 \text{ см}^2 \le S \le 13{,}0725 \text{ см}^2.}$$

Читатель: Выходит, на вопрос, чему равна площадь прямоугольника, надо отвечать, что значение площади лежат в таких-то пределах?

Автор: Именно так и поступают физики, когда приводят результаты эксперимента. Более того, существует целая теория расчёта погрешностей... Но всему своё время.

При решении задач по физике мы будем пользоваться одним достаточно простым (хоть и не очень строгим с точки зрения теории погрешностей) правилом:

Полученный после действий умножения и деления результат необходимо округлить так, чтобы в нём осталось столько же значащих цифр, сколько их имеет заданная величина с наименьшим числом значащих цифр.

Например, в нашей задаче каждая из сторон была задана с точностью до двух значащих цифр: 3,1 см и 4,1 см. Значит, и полученный результат надо округлить до двух значащих цифр: **$12{,}71\ \text{см}^2 \approx 13\ \text{см}^2$**, то есть в качестве ответа надо писать не $S = 12{,}71\ \text{см}^2$, а $S \approx 13\ \text{см}^2$.

Задача 3.1. Стороны прямоугольника соответственно равны: 1) $a = 11{,}3$ см; $b = 6{,}1$ см; 2) $a = 0{,}9$ см; $b = 60{,}1$ см; 3) $a = 3{,}1$ м; $b = 6{,}1$ мм. Определите площадь прямоугольника.

Решение. Заметим, что главное в этой задаче – правильно округлить полученный результат. Во всех трёх случаях площадь вычисляется по формуле $S = ab$.

$a = 11{,}3$ см **$b = 6{,}1$ см** **S = ?**	1. Так как величина с наименьшим числом значащих цифр в данном случае имеет две значащие цифры ($b = 6{,}1$ см), то и ответ мы должны округлить до двух значащих цифр:

$$S = ab = \mathbf{11{,}3\ \text{см} \cdot 6{,}1\ \text{см} = 68{,}93\ \text{см}^2 \approx 69\ \text{см}^2.}$$

$a = 0{,}9$ см **$b = 60{,}1$ см** **S = ?**	2. В данном случае наименее точно заданная величина содержит одну значащую цифру ($a = 0{,}9$ см), поэтому и ответ мы должны округлить до одной значащей цифры:

$$S = ab = \mathbf{0{,}9\ \text{см} \cdot 60{,}1\ \text{см} = 54{,}09\ \text{см}^2 = 5{,}409 \cdot 10\ \text{см}^2 \approx 5 \cdot 10\ \text{см}^2.}$$

$a = 3{,}1$ м **$b = 6{,}1$ мм** **S = ?**	3. Здесь длина стороны a задана в метрах, а стороны b – в миллиметрах. Для вычисления площади необходимо, чтобы величины измерялись в одних и тех же единицах. Для этого достаточно, например, выразить значение a в миллиметрах:

$$\mathbf{a = 3{,}1\ \text{м} = 3{,}1 \cdot (1\ \text{м}) = 3{,}1 \cdot 10^3\ \text{мм}.}$$

Теперь произведём вычисление площади:

$$\boldsymbol{S = ab = (3{,}1\cdot 10^3\ мм)\cdot (6{,}1\ мм) = 18910\ мм^2 =}$$
$$\boldsymbol{= 1{,}8910\cdot 10^4\ мм^2 \approx 1{,}9\cdot 10^4\ мм^2.}$$

Так как в данном случае обе стороны заданы с точностью до двух значащих цифр, то и ответ мы округлили до двух значащих цифр.

Ответ: 1) $S = ab \approx 69$ см^2; 2) $S = ab \approx 5\cdot 10$ см^2;
3) $S = ab \approx 1{,}9\cdot 10^4$ мм^2.

Учитель разбирает на доске при помощи класса:

А5. По данным сторонам a и b прямоугольника вычислите его площадь S:

а) $a = 6{,}9$ см, $b = 8{,}7$ см; б) $a = 0{,}16$ м, $b = 1{,}12$ м;

*Ответ***:** а) 60 см^2; б) 0,18 м^2;

Самостоятельная работа на 3 минуты.

А5. По данным сторонам a и b прямоугольника вычислите его площадь S:

в) $a = 78$ мм, $b = 0{,}48$ мм; г) $a = 1{,}01$ м, $b = 2{,}02$ м.

*Ответ***:** в) 37 мм^2; г) 2,04 м^2.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание.

Задача для домашнего задания к уроку 12

В1. По данным сторонам a и b прямоугольника вычислите его площадь S (в квадратных сантиметрах):

а) $a = 2{,}1$ см, $b = 0{,}12$ м; б) $a = 22$ мм, $b = 4{,}61$ см;

в) $a = 212$ мм, $b = 1{,}2$ м; г) $a = 2{,}61\cdot 10^3$ мм, $b = 0{,}12$ м;

д) $a = 2{,}6\cdot 10^{-3}$ м, $b = 23{,}1$ см; е) $a = 0{,}62$ м, $b = 2{,}3\cdot 10^4$ мм.

Ответ: а) 25 см^2; б) 10 см^2; в) $2{,}5\cdot 10^3$ см^2; г) $3{,}1\cdot 10^3$ см^2;
д) 6,0 см^2; е) $1{,}4\cdot 10^5$ см^2.

Урок 13
Тема урока: О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ (окончание)

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за текстом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

Задача 3.2. Сторона прямоугольника $a = 7$ см, а площадь $S = 1$ см^2. Найдите вторую сторону.

$a = 7$ см, $S = 1$ см^2	***Решение***. Так как данные задачи содержат одну значащую цифру, то и ответ надо округлить до одной значащей цифры.
$b = ?$	

$$S = a \cdot b \Rightarrow \frac{S}{a} = \frac{\cancel{a}b}{\cancel{a}} \Rightarrow b = \frac{S}{a}.$$

Подставим численные значения:

$$b = \frac{S}{a} = \frac{1 \text{ см}^2}{7 \text{ см}} = 0{,}142857142 \text{ см} \approx 0{,}1 \text{ см}.$$

Ответ: $b = \frac{S}{a} \approx 0{,}1$ см.

Учитель решает на доске при помощи класса:

Б5. По стороне a и площади S прямоугольника найдите другую его сторону:

а) $S = 4$ см^2, $a = 2{,}0$ см; б) $S = 9{,}1$ см^2, $a = 3{,}1$ см.

*Ответ***:** а) 2 см; б) 2,9 см.

Учащиеся решают письменно в тетради:

Б5. По стороне a и площади S прямоугольника найдите другую его сторону:

в) $S = 80$ см^2, $a = 2{,}1$ см; г) $S = 2{,}12$ м^2, $a = 2{,}9$ м;

д) $S = 8180$ мм^2, $a = 90$ мм; е) $S = 0{,}22$ м^2, $a = 0{,}118$ м.

*Ответ***:** в) 38 см; г) 0,73 м; д) 91 мм; е) 1,9 м.

В2. По стороне a и площади S прямоугольника найдите другую его сторону:

а) $S = 26 \cdot 10^{-4}$ м^2, $a = 21$ см; б) $S = 24 \cdot 10^{-3}$ м^2, $a = 120$ мм;

в) $S = 1$ м^2, $a = 13$ см; г) $S = 0{,}10$ м^2, $a = 4{,}71$ дм;

д) $S = 24 \cdot 10^3$ км^2, $a = 1{,}21 \cdot 10^6$ мм; е) $S = 1246$ мм^2, $a = 0{,}0124$ м.

Ответ: а) $1{,}2 \cdot 10^{-2}$ м; б) 0,20 м; в) 8 м; г) 0,21 м; д) $2{,}0 \cdot 10^4$ км; е) 100 мм.

Учитель читает…

Задача 3.3. В ведро, в котором находилось $V_1 = 5{,}8$ л воды, долили ещё: а) $V_2 = 1{,}7$ л; б) $V_2 = 5{,}7$ л; в) $V_2 = 0{,}8$ л; г) $V_2 = 0{,}08$ л; д) $V_2 = 0{,}0081$ л. Определите общий объём воды в ведре.

Решение.

Автор: Ясно, что общее количество воды $V = V_1 + V_2$. Главная трудность в том, чтобы правильно округлить полученный результат.

а) $V = V_1 + V_2 = 5{,}8$ л $+ 1{,}7$ л $= 7{,}5$ л.

Исходные данные имели по две значащие цифры, и результат тоже имеет две значащие цифры, то есть никакого округления делать не нужно.

б) $V = V_1 + V_2 = 5{,}8$ л $+ 5{,}7$ л $= 11{,}5$ л.

Читатель: Тут результат имеет три значащие цифры, а исходные данные только две. Значит, результат нужно округлить до двух значащих цифр: 11,5 л ≈ 12 л.

Автор: Я не согласен. Здесь мы имеем дело не с умножением, а со сложением. Если каждое слагаемое мы знаем с точностью *до десятых*, то почему же мы и сумму не будем знать с такой же точностью? Округление *до единиц* здесь будет слишком грубым, поэтому результат 11,5 л округлять не нужно!

в) $V = V_1 + V_2 = 5{,}8$ л $+ 0{,}8$ л $= 6{,}6$ л.

Читатель: Здесь мы тоже знаем оба слагаемых с точностью *до десятых*, значит, округлять результат, наверное, не нужно?

Автор: Вы совершенно правы.

г) $V = V_1 + V_2 = 5{,}8$ л $+ 0{,}08$ л $= 5{,}88$ л.

Читатель: Но здесь-то уж точно нужно округлять? Ведь первое слагаемое задано с точностью *до десятых*, а второе – с точностью *до сотых*.

Автор: Да, вот тут результат действительно нужно округлить *до десятых*, поскольку за сотые мы ручаться не можем:

$$5{,}8\text{ л} + 0{,}08\text{ л} = 5{,}88\text{ л} \approx 5{,}9\text{ л}.$$

д) $V = V_1 + V_2 =$ 5,8 л + 0,0081 л = 5,8081 л.

Читатель: Здесь первое слагаемое мы знаем с точностью *до десятых*, а второе не имеет ни десятых, ни даже сотых! Но если мы округлим до десятых, то получим: 5,8081 л ≈ 5,8 л. То есть после прибавления к 5,8 л объёма 0,0081 л окажется, что мы *ничего не прибавили*! Разве это правильно?

Автор: Да. Такую малую добавку величина $V_1 = 5{,}8$ л просто «не заметит», поэтому сумма будет приближенно равна первому слагаемому:

$$5{,}8\text{ л} + 0{,}0081\text{ л} = 5{,}8081\text{ л} \approx 5{,}8\text{ л}.$$

Ответ: а) $V \approx 7{,}5$ л; б) $V \approx 11{,}5$ л; в) $V \approx 6{,}6$ л; г) $V \approx 5{,}9$ л; д) $V \approx 5{,}8$ л.

Теперь сформулируем общее правило округления результата при сложении и вычитании физических величин.

При сложении и вычитании результат округляется так, чтобы он не имел значащих цифр в тех разрядах, которые отсутствуют хотя бы в одной из заданных величин.

Учитель предлагает решить устно:

Б6. Два куска пластилина соединили в один. Масса первого куска $m_1 = 23{,}1$ г. Определите массу получившегося куска, если масса второго куска равна:

а) $m_2 = 3{,}2$ г; б) $m_2 = 0{,}3$ г; в) $m_2 = 0{,}31$ г;
г) $m_2 = 0{,}03$ г; д) $m_2 = 0{,}001$ г; е) $m_2 = 103{,}1$ г;
ж) $m_2 = 98{,}1$ г; з) $m_2 = 100$ г; и) $m_2 = 990$ г.

Ответ: а) 26,3 г; б) 23,4 г; в) 23,4 г; г) 23,1 г; д) 23,1 г; е) 126,2 г; ж) 121,2 г; з) 123 г; и) 1013 г.

Самостоятельная работа на 10 минут:

В3. Из ведра с водой отлили некоторое количество воды. Сколько воды осталось в сосуде, если начальный объём воды $V = 10{,}0$ л, а отлитый объём равен:

а) $V_1 = 5{,}0$ л; б) $V_1 = 5$ л; в) $V_1 = 0{,}5$ л;
г) $V = 0{,}50$ л; д) $V_1 = 0{,}050$ л; е) $V_1 = 0{,}0050$ л;
ж) $V_1 = 9{,}0$ л; з) $V_1 = 9{,}9$ л; и) $V_1 = 9{,}99$ л?
Ответ: а) 5,0 л; б) 5 л; в) 9,5 л; г) 9,5 л; д) 10,0 л;
е) 10,0 л; ж) 1,0 л; з) 0,1 л; и) 0.

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание.

Задачи для домашнего задания к уроку 13

В2. По стороне a и площади S прямоугольника найдите другую его сторону:

а) $S = 26\cdot10^{-4}$ м^2, $a = 21$ см;
б) $S = 24\cdot10^{-3}$ м^2, $a = 120$ мм;
в) $S = 1$ м^2, $a = 13$ см;
г) $S = 0{,}10$ м^2, $a = 4{,}71$ дм;
д) $S = 24\cdot10^{3}$ км^2, $a = 1{,}21\cdot10^{6}$ мм;
е) $S = 1246$ мм^2, $a = 0{,}0124$ м.

Ответ: а) $1{,}2\cdot10^{-2}$ м; б) 0,20 мм; в) 8 м; г) 0,21 м; д) $2{,}0\cdot10^{4}$ км; е) 100 мм.

В4. По данным сторонам треугольника вычислите его периметр (сумму длин сторон):

а) $a = 12{,}3$ см, $b = 12$ см, $c = 10$ см;
б) $a = 1$ см, $b = 1{,}5$ см, $c = 1{,}15$ см;
в) $a = 1$ км, $b = 1{,}1$ км, $c = 200$ м;
г) $a = 1{,}21\cdot10^{2}$ см, $b = 1{,}31\cdot10^{2}$ см, $c = 1{,}41$ м;
д) $a = 1{,}22\cdot10^{-3}$ м, $b = 1{,}3\cdot10^{-2}$ м, $c = 13$ мм;
е) $a = 15\cdot10^{-3}$ м, $b = 2{,}52\cdot10^{-2}$ м, $c = 15{,}1$ мм.

Ответ: а) 34 см; б) 4 см; в) 2 км; г) 3,93 м; д) 27 мм; е) 55 мм.

Урок 14
Тема урока: ПРОВЕРКА РАЗМЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТА

Ход урока:

✓ Организационные вопросы – 2 мин

✓ Учащиеся записывают в тетрадях тему урока.

✓ Учитель либо зачитывает вслух, либо пересказывает своими словами следующий фрагмент учебника. Учащиеся следят за текстом и записывают только то, что выделено жирным шрифтом. При необходимости учитель записывает это же на доске.

§ 4. ПРОВЕРКА РАЗМЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТА

Автор: Попробуйте решить такую задачу: сосуд какой ёмкости надо взять, чтобы он вместил $m = = 32$ кг бензина?

Читатель: $\rho = \frac{m}{V}$, значит, $V = \frac{m}{\rho}$. Значение плотности

бензина берем из таблицы П2: $\rho = 0{,}71$. Подставим численные значения: $V = \frac{m}{\rho} = \frac{32}{0{,}71} =$ 45,07 м^3 ≈ 45 м^3 (оставляем две значащие цифры).

Автор: Не слишком ли много Вы получили? Например, 45 м^3 воды имеют массу 45 т, а у Вас всего-то 32 кг бензина...

Читатель: Вообще-то, конечно, многовато... Но я ведь считал по формуле $V = \frac{m}{\rho}$. Я уверен, что формула эта правильная, да и в вычислениях я ошибки не вижу...

Автор: Формула, конечно, правильная, спору нет, но давайте проверим РАЗМЕРНОСТЬ Вашего ответа, то есть выясним, <u>в</u> *каких единицах* Вы получили объём.

Читатель: А как это сделать?

Автор: Договоримся о следующем обозначении: если мы хотим указать *только* единицу измерения той или иной физической величины, то букву, обозначающую эту величину, будем заклю-

чать в квадратные скобки, например: **$[m]$ = кг, $[V]$ = м^3, $[\rho]$ = кг/м^3 и т.д.**

Для того чтобы узнать, в *каких единицах* мы получили ответ, достаточно подставить в формулу, по которой мы производим вычисления, не сами величины, а только их размерности. Далее с размерностями (единицами измерения) можно сделать обычные алгебраические преобразования (как с обычными алгебраическими величинами) и посмотреть, что получится.

Например, плотность задана в г/см^3, объем – в см^3, а нам необходимо вычислить массу по формуле $m = \rho V$. Получим размерность массы:

$$[\rho] = \text{г/см}^3,\ [V] = \text{см}^3,\quad [m] = [\rho]\cdot[V] = \frac{\text{г}}{\cancel{\text{см}^3}}\cdot \cancel{\text{см}^3} = \text{г}.$$

Значит, массу мы получим в граммах.

Другой пример. Вычислим, какой будет размерность объема, вычисленного по формуле: $V = \dfrac{m}{\rho}$, если $[m]$ = кг, $[\rho]$ = кг/м^3.

$$[V] = \frac{[m]}{[\rho]} = \text{кг} : \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{\text{кг}}{1} : \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{\cancel{\text{кг}}\cdot \text{м}^3}{1\cdot \cancel{\text{кг}}} = \text{м}^3$$

Значит, объем мы получили в м^3.

Автор: Теперь вернемся к нашей задаче. Вы проводили вычисления по формуле $V = \dfrac{m}{\rho}$. Массу Вы взяли равной 32 кг, следовательно, $[m]$ = кг, а плотность – 0,71 г/см^3, то есть $[\rho\ ]$ = г/см^3. Тогда размерность объема получится:

$$[V] = \frac{[m]}{[\rho]} = \text{кг} : \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{\text{кг}}{1} : \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{\text{кг}\cdot \text{см}^3}{1\cdot \text{г}} = \frac{\text{кг}}{\text{г}}\cdot \text{см}^3$$

Согласитесь это никак не м^3 и даже не см^3!

Читатель: А что же это такое?

Автор Если учесть, что кг = 1000 г, то $\dfrac{\text{кг}}{\text{г}} = \dfrac{1000\ \text{г}}{\text{г}} = 1000$. Значит, $\dfrac{\text{кг}}{\text{г}}\cdot \text{см}^3 = 1000\ \text{см}^3$. Вы получили ответ в ТЫСЯЧАХ КУБИЧЕСКИХ САНТИМЕТРОВ. V = 45·1000 см^3 = 45·10^3 см^3 = = 4,5·10^4 см^3. Было бы значительно проще, если бы прежде, чем

подставлять в формулу численные значения, Вы перевели бы массу из кг в г: 32 кг = $32\cdot10^3$ г. Тогда

$$[V]=\frac{[m]}{[\rho]}=\text{г}:\frac{\text{г}}{\text{см}^3}=\text{см}^3\Rightarrow V=\frac{m}{\rho}=\frac{32\cdot10^3\text{г}}{0{,}71\ \text{г/см}^3}\approx \mathbf{4{,}5\cdot10^4\ см^3.}$$

Читатель: По-моему, с тем же успехом мы могли бы взять массу в килограммах, а плотность не в г/см^3, а в кг/м^3: 0,71 г/см^3 = $0{,}71\cdot10^3$ кг/м^3. Тогда

$$[V]=\frac{[m]}{[\rho]}=\text{кг}:\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}=\text{м}^3\Rightarrow V=\frac{m}{\rho}=\frac{32\ \text{кг}}{0{,}71\cdot10^3\ \text{кг/м}^3}\approx \mathbf{0{,}045\ м^3}=$$

$$=\mathbf{4{,}5\cdot10^{-2}\ м^3.}$$

Автор: Совершенно верно! Итак, мы с Вами выяснили, что проверка размерности результата позволяет избежать ошибки при подстановке численных значений в алгебраическую формулу расчёта искомой физической величины. Ео есть и ещё одно соображение в пользу проверки размерности: проверив размерность, можно обнаружить ошибку в самой формуле!

Рассмотрим пример. Допустим, мы решаем задачу по гидростатике и получили формулу для *силы давления* на дно сосуда: $F=\dfrac{\rho V g}{a^2}$**, где** $[\rho]=\dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $[V]=\text{м}^3$; $[g]=\dfrac{\text{Н}}{\text{кг}}$**;** $[a]=\text{м}$**.**

Проверим размерность:

$$[F]=\frac{[\rho]\cdot[V]\cdot[g]}{[a]^2}=\frac{\frac{\cancel{\text{кг}}}{\cancel{\text{м}^3}}\cdot\cancel{\text{м}^3}\cdot\frac{\text{Н}}{\cancel{\text{кг}}}}{\text{м}^2}=\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}=\mathbf{Па.}$$

Мы получили, что $[F]$ = Па, но на самом деле $[F]$ = Н! Значит, наша формула ошибочна и надо не подставлять численные значения, а искать ошибку в решении задачи.

Прежде чем идти дальше, выясним, в чём измеряются известные нам величины с системе СИ: сила $[F]$ = Н, напряжённость гравитационного поля $[g]$ = Н/кг, давление $[p]$ = Н/м^2 = Па, работа и энергия $[A]$ = $[E]$ = Дж = Н·м, мощность $[N]$ = Вт = Дж/с = = (Н·м)/с.

Читатель: А какова размерность «штучных» величин? Например, если в задаче дано, что имеем N = 5 брёвен?

Автор: Очень просто. Штучные (безразмерные) величины измеряются в единицах: $[N]$ = 1.

Задача 4.1. Определите размерность величины *F* в формуле *N* = *Fυ*, где [*F*] = Н, [*υ*] = м/с.

Решение. $[N]=[F]\cdot[\upsilon]=\ \text{Н}\cdot\frac{\text{м}}{\text{с}}=\frac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{с}}=\frac{\text{Дж}}{\text{с}}=$ **Вт.**

***Ответ*: [*N*] = Вт.**

Учитель предлагает решить устно:

А1. Определите размерность величины *s* в формуле *s* = *υt*, где [*υ*] = мм/с, [*t*] = мм.

Ответ: [*s*] = мм.

А2. Определите размерность величины *A* в формуле *A* = *Nt*, где [*N*] = Вт, [*t*] = с.

Ответ: [*A*] = Дж.

А3. Определите размерность величины *V* в формуле *V*= *SH*, где [*S*] = м^2, [*H*] = м.

Ответ: [*V*] = м^3.

А4. Определите размерность величины S в формуле $S = na^2$, где [*n*] = 1, [*a*] = см.

Ответ: [*S*] = см^2.

А5. Определите размерность величины *P* в формуле *P* = *mg*, где [*m*] = кг, [*g*] = Н/кг.

Ответ: **А5.** [*P*] = Н.

Учащиеся решают письменно в тетради:

Б1. Определите размерность величины *m* в формуле $m = \rho abc$, где [ρ] = г/см^3, [*a*] = см, [*b*] = см, [*c*] = см.

Решение. [*m*] = [ρ][*a*][*b*][*c*] = г/см^3· см·см·см = г.

Б2. Определите размерность величины *m* в формуле $m = \pi d^2 h\rho$, где [π] = 1, [*d*] = м, [*h*] = м, [ρ] = кг/м^3.

Решение. [*m*] = [π][d^2][*h*][*S*] = 1·м^2·м·(кг/м^3) = кг.

Учитель читает…

Задача 4.2. Определите размерность величины *a* в формуле $a=\frac{m}{\rho bc}$, где [*m*] = кг, [ρ] = кг/м^3, [*b*] = м, [*c*] = м.

Решение. $[a] = \dfrac{[m]}{[\rho]\cdot[b]\cdot[c]} = \dfrac{\text{кг}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\cdot\text{м}\cdot\text{м}} = \dfrac{\text{кг}}{\text{кг/м}} = \cancel{\text{кг}}\,\dfrac{\text{м}}{\cancel{\text{кг}}} = \textbf{м.}$

***Ответ*: [*a*] = м.**

Учитель предлагает решить устно:

А6. Определите размерность величины v в формуле $v = s/t$, где $[s]$ = км, $[t]$ = ч.

Решение. $[v] = [s] / [v] = \dfrac{\text{км}}{\text{ч}}$.

Б3. Определите размерность величины t в формуле $t = s/v$, где $[s]$ = м, $[v]$ = м/с.

Решение. $[t] = [s] / [v] = \dfrac{\text{м}}{\text{м/с}} = \text{с}$.

Б4. Определите размерность величины t в формуле $t = A/N$, где $[A]$ = Дж, $[N]$ = Вт.

Решение. $[t] = \dfrac{[A]}{[N]} = \dfrac{\text{Дж}}{\text{Вт}} = \dfrac{\text{Дж}}{\text{Дж}\cdot\text{с}} = \text{с}$.

Б5. Определите размерность величины N в формуле $N = A/t$, где $[A]$ = Дж, $[t]$ = с.

Решение. $[N] = \dfrac{[A]}{[t]} = \dfrac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}$.

Учащиеся решают письменно в тетради.

Б6. Определите размерность величины ρ в формуле $\rho = \dfrac{m}{abc}$, где $[m]$ = кг, $[a]$ = м, $[b]$ = м, $[c]$ = м.

Решение. $[\rho] = \dfrac{[m]}{[a][b][c]} = \dfrac{\text{кг}}{\text{м}\cdot\text{м}\cdot\text{м}} = \dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

В1. Определите размерность величины N в формуле $N = \dfrac{mgh}{t}$, где $[m]$ = кг, $[g]$ = Н/кг, $[h]$ = м, $[t]$ = с.

Решение. $[N] = \dfrac{[m][g][h]}{[t]} = \dfrac{\text{кг}\cdot(\text{Н}/\text{кг})\cdot\text{м}}{\text{с}} = \dfrac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{с}} = \dfrac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}$.

В2. Определите размерность величины t в формуле $t = \dfrac{mgh}{N}$, где $[m]$ = кг, $[g]$ = Н/кг, $[h]$ = м, $[N]$ = Вт.

Решение. $[t] = \dfrac{[m][g][h]}{[N]} = \dfrac{\text{кг} \cdot (\text{Н}/\text{кг}) \cdot \text{м}}{\text{Вт}} = \dfrac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Вт}} = \dfrac{\text{Дж}}{\text{Дж/с}} = \text{с}.$

Г1. Определите размерность величины d в формуле $d = \sqrt{\dfrac{m}{\pi h \rho}}$, где $[m]$ = кг, $[\pi] = 1$, $[h]$ = м, $[\rho]$ = кг/м^3.

Решение. $[d] = \sqrt{\dfrac{[m]}{[\pi][h][\rho]}} = \sqrt{\dfrac{\text{кг}}{1 \cdot \text{м} \cdot (\text{кг}/\text{м}^3)}} = \sqrt{\dfrac{\text{м}^3}{\text{м}}} = \sqrt{\text{м}^2} = \text{м}.$

Г2. Определите размерность величины a в формуле $a = \sqrt[4]{\dfrac{A}{g\rho}}$, где $[A]$ = Дж, $[g]$ = Н/кг, $[\rho]$ = кг/м^3.

Решение. $[a] = \sqrt[4]{\dfrac{[A]}{[g][\rho]}} = \sqrt[4]{\dfrac{\text{Дж}}{\dfrac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3}}} = \sqrt[4]{\dfrac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\dfrac{\text{Н}}{\text{м}^3}}} = \sqrt[4]{\text{м}^4} = \text{м}.$

Учитель читает…

Читатель: А как найти размерность *суммы* или *разности* двух величин? Например: $F_1 + F_2$ или $F_1 - F_2$, если $[F_1]$ = Н и $[F_2]$ = Н.

Автор: Ясно, что если мы сложим две массы, то получим массу, если сложим две длины – получим длину, сложим силы – получим силу и т.д. Поэтому размерность суммы равна размерности каждого слагаемого: $[F_1] + [F_2]$ = Н + Н = Н. Точно так же размерность разности равна размерности уменьшаемого и вычитаемого $[F_1] - [F]$ = Н–Н = Н.

Задача 4.3. Определите размерность величины ρ в формуле $\rho = \dfrac{p - p_0}{gh}$, где $[p]$ = Па, $[p_0]$ = Па, $[g]$ = Н/кг, $[h]$ = м.

Решение.

$$[\rho] = \frac{[p] - [p_0]}{[g] \cdot [h]} = \frac{\text{Па} - \text{Па}}{\dfrac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Па}}{\dfrac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг}}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} : \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг}} = \frac{\text{И}}{\text{м}^2} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{И} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

***Ответ*: [ρ] = кг/м^3.**

Учащиеся решают письменно в тетрадях:

В3. Определите размерность величины h в формуле $h = \dfrac{p - p_0}{\rho g}$, где $[p]$ = Па, $[p_0]$ = Па, $[\rho]$ = кг/м^3, $[g]$ = Н/кг.

Решение. $[h] = \dfrac{[p]-[p_0]}{[\rho]\cdot[g]} = \dfrac{\text{Па}-\text{Па}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\cdot\frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = \dfrac{\text{Н}/\text{м}^2}{\text{Н}/\text{м}^3} = \text{м}.$

В4. Определите размерность величины g в формуле $g = \dfrac{p - p_0}{\rho h}$, где $[p]$ = Па, $[p_0]$ = Па, $[\rho]$ = кг/м^3, $[h]$ = м.

Решение. $[g] = \dfrac{[p]-[p_0]}{[\rho][h]} = \dfrac{\text{Па}-\text{Па}}{\text{кг}/\text{м}^3\cdot\text{м}} = \dfrac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{кг}/\text{м}^2} = \dfrac{\text{Н}}{\text{кг}}.$

В5. Определите размерность величины v в формуле $v = \dfrac{N}{F_1 + F_2}$, где $[N]$ = Вт, $[F_1]$ = Н, $[F_2]$ = Н.

Решение. $[v] = \dfrac{[N]}{[F_1]+[F_2]} = \dfrac{\text{Вт}}{\text{Н}+\text{Н}} = \dfrac{\text{Дж}/\text{с}}{\text{Н}} = \dfrac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{Н}\cdot\text{с}} = \text{м}/\text{с}.$

В6. Определите размерность величины s в формуле $s = \dfrac{A}{F - f}$, где $[A]$ = Дж, $[F]$ = Н, $[f]$ = Н.

Решение. $[s] = \dfrac{[A]}{[F]-[f]} = \dfrac{\text{Дж}}{\text{Н}-\text{Н}} = \dfrac{\text{Дж}}{\text{Н}} = \dfrac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{Н}} = \text{м}.$

Учитель читает…

Задача 4.4. Определите размерность величины ρ_1 в формуле $\rho_1 = \dfrac{\rho_2 V g + P}{V g}$, где $[\rho_2]$ = кг/м^3, $[V]$=м^3; $[g]$ = Н/кг, $[P]$ = Н.

Решение.

$$[\rho_1] = \frac{[\rho_2][V][g]+[P]}{[V][g]} = \frac{\frac{\text{кг}}{\cancel{\text{м}^3}}\cdot\cancel{\text{м}^3}\cdot\frac{\text{Н}}{\text{кг}}+\text{Н}}{\text{м}^3\cdot\frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = \frac{\text{Н}+\text{Н}}{\text{м}^3\cdot\frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = \cancel{\text{Н}}\cdot\frac{\text{кг}}{\text{м}^3\cdot\cancel{\text{Н}}} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

***Ответ*: [ρ_1] = кг/м^3.**

Самостоятельная работа на 5 минут.

В7. Определите размерность величины A в формуле $A = (\rho Vg - P)l$, где [ρ] = кг/м^3, [V] = м^3, [g] = Н/кг, [P] = Н, [l] = м.

Решение. $[A] = ([\rho][V][g] - [P])[l] = \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} - \text{Н}\right) \cdot \text{м} =$

$$(\text{Н} - \text{Н}) \cdot \text{м} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}.$$

В8. Определите размерность величины A в формуле $A = (F - f)S$, где [F] = Н, [f] = Н, [S] = м.

Решение. $[A] = ([F] - [f])[S] = (\text{Н} - \text{Н}) \cdot \text{м} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}.$

В9. Определите размерность величины E в формуле $E = Mg(h_1 - h_2)$, где [M] = кг, [g] = Н/кг, [h_1] = м, [h_2] = м.

Решение. $[E] = [M][g]([h_1] - [h_2]) = \text{кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot (\text{м} - \text{м}) = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}.$

ВНИМАНИЕ! От начала урока прошло 43 минуты. Подводим итоги урока. Домашнее задание.

Задачи для домашнего задания к уроку 14

В10. Определите размерность величины g в формуле $g = \frac{T}{V(\rho_1 - \rho_2)}$, где [$T$] = Н, [$V$] = м^3, [ρ$_1$] = кг/м^3, [ρ$_2$] = кг/м^3.

Решение. $[g] = \frac{[T]}{[V]([\rho_1] - [\rho_2])} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^3(\text{кг/м}^3 - \text{кг/м}^3)} = \text{Н/кг}.$

В11. Определите размерность величины V в формуле $V = \frac{T}{g(\rho_1 - \rho_2)}$, где [$T$] = Н, [$g$] = Н/кг, [ρ$_1$] = кг/м^3, [ρ$_2$] = кг/м^3.

Решение. $[V] = \frac{[T]}{[g]([\rho_1] - [\rho_2])} = \frac{\text{Н}}{\frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)} = \frac{1}{\frac{1}{\text{м}^3} - \frac{1}{\text{м}^3}} = \text{м}^3.$

В12. Определите размерность величины T в формуле $T = Vg(\rho_1 - \rho_2)$, где [V] = м^3, [g] = Н/кг, [ρ$_1$] = [ρ$_2$] = кг/м^3.

Решение.

$$[T] = [V][g]([\rho_1] - [\rho_2]) = \text{м}^3 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}}\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right) = \frac{\text{м}^3 \cdot \text{Н}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \text{Н}.$$

Б7. Определите размерность величины F в формуле $F = N/v$, где $[N]$ = Вт, $[v]$ = м/с.

Решение. $[F] = \dfrac{[N]}{[v]} = \dfrac{\text{Вт}}{\text{м/с}} = \dfrac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{м}} = \dfrac{\text{Дж}}{\text{м}} = \dfrac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \text{Н}.$

Б8. Определите размерность величины v в формуле $v = N/F$, где $[N]$ = Вт, $[F]$ = Н.

Решение. $[v] = \dfrac{[N]}{[F]} = \dfrac{\text{Вт}}{\text{Н}} = \dfrac{\text{Дж/с}}{\text{Н}} = \dfrac{\text{Н} \cdot \text{м/с}}{\text{Н}} = \text{м/с}.$

Б9. Определите размерность величины P_2 в формуле $P_2 = \dfrac{P_1 l_2}{l_1}$, где $[P_1]$ = Н, $[l_1]$ = см, $[l_2]$ = см.

Решение. $[P_2] = \dfrac{[P_1][l_2]}{[l_1]} = \dfrac{\text{Н} \cdot \text{см}}{\text{см}} = \text{Н}.$

Б10. Определите размерность величины v_2 в формуле $v_2 = \dfrac{m_1 v_1}{m_2}$, где $[m_1]$ = кг, $[m_2]$ = кг, $[v_2]$ = км/ч.

Решение. $[v_2] = \dfrac{[m_1][v_1]}{[m_2]} = \dfrac{\text{кг} \cdot \text{км/ч}}{\text{кг}} = \text{км/ч}.$

В13. Определите размерность величины k в формуле $k = \dfrac{p - p_1}{h}$, где $[p]$ = Па, $[p_1]$ = Па, $[h]$ = м.

Решение. $[k] = \dfrac{[p] - [p_1]}{[h]} = \dfrac{\text{Па} - \text{Па}}{\text{м}} = \text{Па/м}.$

В14. Определите размерность величины h в формуле $h = \dfrac{p - p_0}{k}$, где $[p]$ = Па, $[p_0]$ = Па, $[k]$ = Па/м.

Решение. $[h] = \dfrac{[p] - [p_0]}{[k]} = \dfrac{\text{Па} - \text{Па}}{\text{Па/м}} = \dfrac{\text{Па}}{\text{Па/м}} = \text{м}.$

В15. Определите размерность величины P в формуле $p = p_0 + kh$, где $[p_0]$ = Па, $[k]$ = Па/м, $[h]$ = м.

Решение. $[p] = [p_0] + [k][h] = \text{Па} + \dfrac{\text{Па}}{\text{м}} \cdot \text{м} = \text{Па}.$

Г3. Определите размерность величины A в формуле $A = ga^4(\rho_1 - \rho_2)$, где $[g]$ = Н/кг, $[a]$ = м, $[\rho_1] = [\rho_2]$ = кг/м^3.

Решение. $[A] = [g][a^4]([\rho_1] - [\rho_2]) = \dfrac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} \cdot \left(\dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right) =$

$$= \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{м}^4 \cdot \text{кг}}{\text{м}^3} = \text{Н}\cdot\text{м} = \text{Дж}.$$

Г4. Определите размерность величины a в формуле $a = \sqrt[4]{\dfrac{A}{g(\rho_1 - \rho_2)}}$, где $[A]$ = Дж, $[g]$ = Н/кг, $[\rho_1] = [\rho_2]$ = кг/м^3.

Решение. $[a] = \sqrt[4]{\dfrac{[A]}{[g]([\rho_1] - [\rho_2])}} = \sqrt[4]{\dfrac{\text{Дж}}{\dfrac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \left(\dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)}} =$

$$= \sqrt[4]{\frac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\dfrac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3}}} = \sqrt[4]{\text{м}^4} = \text{м}.$$

Г5. Определите размерность величины g в формуле $g = \dfrac{A}{a^4(\rho_1 - \rho_2)}$, где $[A]$ = Дж, $[a]$ = м, $[\rho_1] = [\rho_2]$ = кг/м^3.

Решение. $[g] = \dfrac{[A]}{[a^4]([\rho_1] - [\rho_2])} = \dfrac{\text{Дж}}{\text{м}^4 \cdot \left(\dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)} =$

$$= \frac{\text{Дж}}{\text{м}^4 \cdot \dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = \frac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{м}\cdot\text{кг}} = \text{Н/кг}.$$

Компьютерный набор и верстка *Е.Н. Кочубей*

Подписано в печать 3.09.2020. Формат 60x84/16.
Объем 5,25 п.л. Печать офсетная. Тираж экз. Заказ
АНО ЗФМЛ “Авангард”. 115446, Москва, Коломенский проезд, д.16
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».
Типография НИЯУ МИФИ. 115409, Москва, Каширское ш., 31