Давление жидкости и сообщающиеся сосуды: как вода доходит до крана

Урок о зависимости давления жидкости от глубины и о сообщающихся сосудах на живом примере — водопроводе с водонапорной башней. Ученики рассчитывают давление у кранов на разных этажах и сравнивают его с требованиями к давлению в квартирном водопроводе.

Физика · 7 класс | 45 минут | план урока

План урока

Связь с программой

Предмет, класс	Тема программы
Физика, 7	«Раздел «Давление твёрдых тел, жидкостей и газов»: «...Закон Паскаля... Зависимость давления жидкости от глубины. Гидростатический парадокс. Сообщающиеся сосуды. Гидравлические механизмы»; демонстрации «Передача давления жидкостью и газом. Сообщающиеся сосуды»»
Физика, 7	«Предметные результаты: «характеризовать принципы действия изученных приборов и технических устройств с использованием их описания (в том числе: подшипники, устройство водопровода, гидравлический пресс, манометр...)»»

ПРЕДМЕТНЫЕ
Объяснять зависимость давления жидкости от глубины и плотности, рассчитывать давление по формуле p = ρgh; формулировать свойство сообщающихся сосудов; объяснять устройство водопровода с водонапорной башней.

МЕТАПРЕДМЕТНЫЕ
Переводить единицы давления (Па, кПа, МПа), работать с нормативным документом и таблицей, проверять гипотезу опытом, обосновывать вывод расчётом.

ЛИЧНОСТНЫЕ
Интерес к инженерным системам своего города; бережное отношение к водопроводу как к общему хозяйству.

Оборудование: Пластиковая бутылка с тремя отверстиями на разной высоте (отверстия учитель делает заранее), скотч, устойчивая подставка не ниже самой бутылки (например, перевёрнутая кастрюля), кювета или поднос, кувшин с водой; демонстрационный прибор «Сообщающиеся сосуды» или две стеклянные трубки, соединённые резиновым шлангом, в штативе; подсолнечное масло, линейка; калькуляторы. На доске — схема «насосная станция → водонапорная башня → дома» и фото старой водонапорной башни своего города (если есть).

Ход урока

0–4 Мотивация
Вопрос классу: «Зачем водонапорные башни строили такими высокими и почему на верхних этажах из крана иногда течёт слабее, чем внизу?» Пример: в Зеленоградске (Калининградская область) символ города — 40-метровая водонапорная башня 1904 года. Версии — на доску.

4–12 Давление растёт с глубиной
Опыт 1: бутылка с тремя отверстиями. Вывод: давление жидкости зависит от высоты столба над точкой. Формула p = ρgh. Расчёт на доске: столб воды 10 м даёт около 100 кПа — почти столько же, сколько нормальное атмосферное давление (≈ 101 кПа).

12–20 **Сообщающиеся сосуды**
Опыт 2: вода в двух коленах устанавливается на одном уровне при любом наклоне и форме сосудов; масло и вода — на разных уровнях ($\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$). Гидростатический парадокс: давление на дно не зависит от формы сосуда, только от высоты столба и плотности.

20–27 **Водопровод**
Насос подаёт воду в бак башни; бак и краны в домах — сообщающиеся сосуды. Вода по трубам может подняться только до уровня воды в баке (реально ниже — часть напора теряется на трение). Требование Правил предоставления коммунальных услуг: давление холодной воды в точке водоразбора в жилом доме — от 0,03 до 0,6 МПа.

27–39 **Расчёт в парах**
Задание 1: давление у кранов на разных этажах, с какого этажа воды «не хватит», какой должна быть башня для 16-этажного дома. Проверка у доски.

39–43 **Обсуждение**
Почему в высоких домах воду на верхние этажи подают насосами подкачки; почему давление в кране ограничено и снизу, и сверху. На доске можно показать игру «Собери водопровод»: путь воды от скважины через фильтр к крану.

43–45 **Итог, домашнее задание**
Три вывода урока: $p = \rho g h$; уровни в сообщающихся сосудах; башня работает как одно колено сообщающихся сосудов. Домашнее задание.

Вопросы классу и ожидаемые ответы

Почему струя из нижнего отверстия бутылки, стоящей на высокой подставке, бьёт дальше всех?
Ответ: Давление жидкости растёт с глубиной ($p = \rho g h$): над нижним отверстием самый высокий столб воды, поэтому вода вытекает с наибольшей скоростью. Подставка нужна, чтобы все струи падали с большой высоты: если бутылка стоит прямо на столе, у нижней струи слишком мала высота падения.

Чему равно давление столба воды высотой 10 м?
Ответ: $p = 1000$ кг/м³ × 9,8 Н/кг × 10 м ≈ 98 000 Па ≈ 100 кПа, то есть около 0,1 МПа — почти как нормальное атмосферное давление (≈ 101 кПа).

Как установится однородная жидкость в сообщающихся сосудах?
Ответ: На одном уровне — независимо от формы, ширины и наклона сосудов: иначе давления на одной глубине были бы разными, и жидкость перетекала бы.

В одно колено налили воду, сверху в другое — масло. Где столб выше и почему?
Ответ: Выше столб масла. На уровне границы раздела давления равны: $\rho_в h_в = \rho_м h_м$; плотность масла (930 кг/м³) меньше плотности воды (1000 кг/м³), значит, его столб должен быть выше.

Почему водонапорную башню ставят на возвышенности и делают выше домов района?
Ответ: Башня и краны — сообщающиеся сосуды: вода в трубах поднимается не выше уровня воды в баке. Чем выше бак над кранами, тем больше давление у всех потребителей.

Зачем нормируют давление в кране и снизу, и сверху?
Ответ: По Правилам предоставления коммунальных услуг давление в точке водоразбора в жилом доме — от 0,03 до 0,6 МПа. При слишком малом давлении вода еле течёт и не работают многие приборы; слишком большое давление нагружает трубы, краны и шланги и может привести к протечкам.

Зависит ли давление на дно от формы сосуда (гидростатический парадокс)?
Ответ: Нет. При одинаковой высоте столба одной и той же жидкости давление на дно одинаково и в узком, и в широком сосуде; от формы зависит только масса жидкости.

Домашнее задание: Решить задание 1 для своего этажа (условия — в задании) и нарисовать схему «бак башни — трубы — краны в доме» как сообщающиеся сосуды. По желанию: выяснить у взрослых, откуда в дом

приходит вода — из городского водопровода, скважины или колодца, — и есть ли в доме насос подкачки.

Опыты

Ничего не пробовать на вкус, посуду — на поднос, после работы вымыть руки. Особые меры — в каждом опыте.

7 класс · 10 минут

Опыт 1. Давление растёт с глубиной: бутылка с тремя струями

Нужно: пластиковая бутылка с тремя отверстиями одного диаметра на разной высоте (делает учитель заранее), скотч, устойчивая подставка не ниже самой бутылки (перевёрнутая кастрюля), кювета или поднос, кувшин с водой, линейка

1. Заклеить все отверстия одной полоской скотча и налить бутылку водой доверху.
2. Поставить бутылку на подставку у края кюветы так, чтобы струи падали в кювету, и резко снять скотч.
3. Сравнить дальность струй; наблюдать, как они меняются по мере понижения уровня воды.
4. Долить воду и линейкой измерить глубину каждого отверстия под поверхностью; записать в таблицу «глубина — дальность струи».

Что увидим и почему: Дальше всех бьёт нижняя струя: над ней самый высокий столб воды и давление $p = \rho g h$ больше. Это видно, только если бутылка стоит высоко: когда струи падают на стол у её дна, дальше может бить средняя струя — у нижней слишком мала высота падения. По мере вытекания уровень падает, и все струи слабеют. Так же в водопроводе: чем ниже кран относительно уровня воды в баке башни, тем сильнее напор.

⚠ Техника безопасности

- Отверстия прокалывает только учитель заранее (нагретым гвоздём в держателе или шилом); острые и горячие предметы ученикам не выдаются.
- Подставка — устойчивая, бутылку придерживать сбоку; опыт — над кюветой или подносом; пролитую воду сразу вытереть, чтобы никто не поскользнулся.
- Рядом не должно быть включённых в сеть приборов, удлинителей и розеток.

7 класс 10 минут

Опыт 2. Сообщающиеся сосуды: вода и масло

Нужно: демонстрационный прибор «Сообщающиеся сосуды» или две стеклянные трубки, соединённые резиновым шлангом и закреплённые в штативе; вода, подсолнечное масло, линейка, кювета, бумажные полотенца

1. Налить в сосуды воду. Поднимать, опускать и наклонять одно колено — каждый раз сравнивать уровни.
2. Медленно долить в одно колено подсолнечное масло.
3. Измерить линейкой высоту столба масла над границей раздела и высоту столба воды над тем же уровнем в другом колене.
4. Найти отношение высот и сравнить его с отношением плотностей воды и масла.

Что увидим и почему: Однородная жидкость в сообщающихся сосудах стоит на одном уровне при любом положении колен. С маслом уровни разные: столб масла выше. На уровне границы давления равны: $\rho_в h_в = \rho_м h_м$, поэтому $h_м : h_в = 1000 : 930 \approx 1{,}08$.

⚠ Техника безопасности

- Стеклянные трубки — только закреплённые в штативе; шланг не перегибать и не сдёргивать с трубки рывком.
- Масло скользкое: работать над кюветой, капли сразу вытирать бумажным полотенцем.
- После опыта вымыть руки с мылом; посуду с маслом моет учитель.

Задания с данными

Ключи раскрываются по кнопке — задания удобно показывать на доске.

Задание 1 учебные данные

Задание 1. Хватит ли давления на верхнем этаже?

Учебные условия; требование к давлению — настоящее. Водонапорная башня питает дома квартала. Уровень воды в баке — 30 м над землёй. Высота этажа — 3 м, кран на каждом этаже — на высоте 1 м над полом (кран 1-го этажа — 1 м над землёй). Трение в трубах не учитываем; ρ = 1000 кг/м³, g = 10 Н/кг. Требование Правил предоставления коммунальных услуг: давление холодной воды в точке водоразбора в жилом доме — от 0,03 МПа до 0,6 МПа.

Давление у кранов (заполните пустые клетки)

Этаж	Высота крана над землёй, м	Столб воды до уровня в баке, м	Давление, кПа	Давление, МПа
1	1	29		
5	13			
9				
10				

1. Заполните таблицу: высота столба h = 30 м − высота крана, p = ρgh.
2. На каких этажах давление соответствует требованию 0,03–0,6 МПа? На каком этаже воды «не хватит»?
3. На какой высоте должен быть уровень воды в баке, чтобы у крана 16-го этажа давление было не меньше 0,03 МПа?
4. Почему для многоэтажных домов вместо очень высоких башен ставят насосы подкачки для верхних этажей?

Ключ

1. 1-й этаж: h = 29 м, p = 290 кПа = 0,29 МПа; 5-й: кран на 13 м, h = 17 м, 170 кПа = 0,17 МПа; 9-й: кран на 25 м, h = 5 м, 50 кПа = 0,05 МПа; 10-й: кран на 28 м, h = 2 м, 20 кПа = 0,02 МПа.
2. С 1-го по 9-й этаж — в пределах требования; на 10-м этаже 0,02 МПа — меньше нижнего предела. На деле из-за трения в трубах давление будет ещё ниже.
3. Кран 16-го этажа — на высоте 3 × 15 + 1 = 46 м. Наименьший столб: h = 30 000 Па : (1000 × 10) = 3 м. Уровень воды в баке — не ниже 46 + 3 = 49 м.
4. Бак на высоте около 50 м — дорогое сооружение, а у кранов первых этажей давление было бы около 0,48 МПа — у самого верхнего предела 0,6 МПа. Поэтому дом делят по высоте на зоны и воду в верхнюю зону подают насосом.

Задание 2

Задание 2. Давление в глубине: озёра и океан

Плотность пресной воды — 1000 кг/м³, морской — 1030 кг/м³ (таблица плотностей учебника); g = 9,8 Н/кг; нормальное атмосферное давление — около 101 кПа. Давление воды считаем без учёта атмосферного.

Наибольшие глубины

Водоём	Наибольшая глубина, м	Вода
Байкал	1642	пресная
Хантайское озеро (Красноярский край)	420	пресная
Марианская впадина, Тихий океан	около 11 000	морская

1. Рассчитайте давление воды на дне Байкала в мегапаскалях. Во сколько раз оно больше нормального атмосферного?
2. То же для Хантайского озера — третьего по глубине водоёма России после Байкала и Каспия.
3. Оцените давление на дне Марианской впадины.
4. Почему аппараты для больших глубин делают с толстыми стенками и шарообразной кабиной? Почему погружения человека требуют подготовки и снаряжения?

Ключ

1. p = 1000 × 9,8 × 1642 ≈ 16 100 000 Па ≈ 16,1 МПа; 16 100 кПа : 101 кПа ≈ 159 — примерно в 160 раз больше атмосферного.
2. p = 1000 × 9,8 × 420 ≈ 4 100 000 Па ≈ 4,1 МПа — около 41 атмосферы.
3. p = 1030 × 9,8 × 11 000 ≈ 111 000 000 Па ≈ 111 МПа — примерно в 1100 раз больше атмосферного.
4. Давление воды растёт примерно на 0,1 МПа каждые 10 м глубины. Корпус должен выдерживать сотни атмосфер, а шар лучше всего распределяет нагрузку. На человека давление действует уже на небольшой глубине: сжимается воздух в лёгких и в среднем ухе, поэтому нырять и погружаться можно только с подготовкой и по правилам.

7 класс | 20 минут | лист + ключ

Рабочий лист «Давление жидкости и сообщающиеся сосуды»

ρ воды = 1000 кг/м³, g = 10 Н/кг. Требование к давлению в кране жилого дома: от 0,03 до 0,6 МПа (это настоящая норма; остальные числа — учебные).

▼ **Источники фактов и чисел (11)**

- ФРП «Физика» 7 класс, раздел «Давление твёрдых тел, жидкостей и газов»: зависимость давления жидкости от глубины, гидростатический парадокс, сообщающиеся сосуды, гидравлические механизмы; демонстрации «Передача давления жидкостью и газом. Сообщающиеся сосуды»; в предметных результатах — «устройство водопровода» — edsoo.ru
- плотность воды — 1000 кг/м³; g ≈ 9,8 Н/кг (в задачах допускается 10 Н/кг); формула давления жидкости p = ρgh — учебная константа
- нормальное атмосферное давление — 101 325 Па ≈ 101 кПа (760 мм рт. ст.) — учебная константа
- плотность морской воды — 1030 кг/м³, подсолнечного масла — 930 кг/м³ — учебная константа: таблица плотностей жидкостей в учебнике физики 7 класса
- давление в системе холодного водоснабжения в точке водоразбора в многоквартирных и жилых домах — от 0,03 МПа (0,3 кгс/см²) до 0,6 МПа (6 кгс/см²); у водоразборных колонок — не менее 0,1 МПа — consultant.ru
- символ Зеленоградска — 40-метровая водонапорная башня 1904 года — страница региона на сайте

- Байкал — наибольшая глубина 1642 м — «Факты» сайта
- Хантайское озеро — глубина 420 м; глубже в России только Байкал и Каспийское море — страница региона на сайте
- наибольшая глубина океана — Марианская впадина, около 11 км (11 000 м) — «Факты» сайта
- расчёт: столб воды 10 м — около 98 000 Па ≈ 100 кПа ≈ 0,1 МПа; $h_м : h_в = 1000 : 930 \approx 1{,}08$ — расчёт по формуле $p = \rho g h$ и учебным константам
- расчёт: дно Байкала ≈ 16,1 МПа, примерно в 159–160 раз больше атмосферного; Хантайское ≈ 4,1 МПа (около 41 атмосферы); Марианская впадина ≈ 111 МПа, примерно в 1100 раз больше атмосферного; давление растёт примерно на 0,1 МПа каждые 10 м — страница региона на сайте