

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
Заочная школа

ФИЗИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

7 класс. Задание № 4 (2)

ДАВЛЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Новосибирск

Уважаемый ученик!

Приступая к выполнению задания, внимательно прочтите теоретическую часть задания, которая содержит материал в концентрированном виде, удобном для более глубокого понимания физических законов и понятий и практического использования при решении задач. Попробуйте самостоятельно решить задачи, указанные в качестве примера. Сравните свой ход решения с решением в задании. Затем приступайте к задачам для самостоятельного решения. Присылайте нам свою работу, даже если Вам не удастся довести решение до ответа¹.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Работа может быть оформлена на бумажном носителе (в ученической тетради в клетку) или в виде файла: лучше всего в виде набранного документа в формате .doc, .docx, .rtf, формулы и рисунки можно делать с помощью встроенного в Word редактора или вставлять в виде небольших картинок, отсканированных (или сфотографированных) с белых листов бумаги. Если Вы собираетесь сканировать работу, то оформляйте **не в тетради, а на белых листах формата А4**. Старайтесь, чтобы количество листов было минимальным. Пишите разборчиво, т.к. после сканирования иногда сложно разобрать текст. **Не нужно** присылать отдельным файлом каждую страницу Вашей работы. Сканируйте все страницы подряд – в один файл! Лучше сохранять в PDF формате. Обязательно пишите краткое условие задачи, а затем ее решение. Указывайте номера задач – они должны совпадать с теми, которые указаны в задании. Обязательно оставляйте поля для замечаний преподавателя.

Кроме того, желательно:

1. разделить решения разных задач горизонтальной чертой;
2. если решение задачи делится на этапы, отмечать начало каждого нового этапа;
3. выделить ответ²;
4. как правило, решение ищите в виде формул, а цифры подставляйте в конце.

¹ Преподаватель оценит тот объем задания, который Вам удалось выполнить.

² Например, обвести его рамкой.

На обложке тетради или (если работа в файле, то на 1 странице) нужно указать:

1. Отделение (физическое).
2. Класс, в котором Вы учитесь в Заочной школе.
3. Номер задания, тема
4. Ваш почтовый адрес (с индексом), конт. телефон, e-mail.
5. Фамилию, имя, отчество.

Убедительно просим оформлять обложку по указанному образцу.

Работу отправлять любым удобным для Вас способом:

- **на бумажном носителе:** простой или заказной бандеролью. В тетрадь вложите листок бумаги размером 6x10 см с Вашим почтовым адресом;

- **в электронном виде:**

- по e-mail. Тема письма должна совпадать с названием файла с работой: Фамилия_предмет класс - № задания (напр.: Иванов_Физика 10 - 2) В письме обязательно укажите: ФИО, класс, предмет, № задания, тема, регион, конт. телефон. Мы всегда подтверждаем получение Вашей работы;

- или через личный кабинет сайта ЗШ.

Требования к оформлению работ в электронном виде и вся подробная информация есть на сайте ЗШ: <http://zfmsh.nsu.ru>, Тел.: +7(383)363 40 66; E-mail: zfmsh@yandex.ru

Адрес: ЗШ СУНЦ НГУ, ул. Пирогова, 11/1 (Ляпунова, 3), к. 455, Новосибирск-90, 630090

Вместе с рецензией к проверенной работе Вам будут высланы методические указания к решению задач и ответы. Настоятельно рекомендуем прочесть их, даже если Вы получили правильный ответ.³

© Специализированный учебно-научный центр НГУ, 2020

³ Вы можете узнать и о другом способе решения.

Силы, действующие на малый объем жидкости или газа, делятся на массовые (внешние) – например, сила тяжести, и поверхностные – результат воздействия соседних частиц.

«Величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности, называется **давлением**»:

$$P = \frac{F}{S}.$$

Единица давления ньютон на квадратный метр ($\frac{H}{M^2}$) - 1

паскаль (Па) названа в честь французского ученого Блеза Паскаля (1623—1662). Часто используется другая единица: миллиметр ртутного столба (1 мм рт. ст. = 1 torr = 133,3 Па).

В жидкостях давление обусловлено взаимодействием близких молекул между собой, в газах – ударами молекул о стенки сосуда.

Б. Паскаль в 1653 году сформулировал закон, получивший его имя. Согласно **закону Паскаля**:

«Давление, производимое на жидкость или газ, передается в любую соседнюю точку без изменения во всех направлениях».

Это означает, что сила, действующая на пластину, помещенную внутрь среды, не зависит от ее ориентации.

Тогда давление на дно сосуда, глубина которого H (без учета атмосферного давления):

$$P = \rho g H,$$

где ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения.

Аналогично меняется с высотой давление газа. Более того, для земной атмосферы картина осложняется тем, что с высотой существенно уменьшается температура и меняется

химический состав газа. Тогда зависимость давления от высоты становится более сложной.

Сообщающиеся сосуды: смотрите соответствующий параграф учебника.

На тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила: давление на нижнюю часть тела выше, чем на верхнюю. Для вертикального цилиндра высоты h разность давлений равна ρgh , и при площади сечения S цилиндр будет выталкиваться с силой ρghS . Другими словами, выталкивающая сила равна весу вытесненной телом жидкости. Этот вывод не зависит от формы тела. Представим себе, что тело мысленно заменили объемом жидкости. Объем жидкости внутри жидкости находится в равновесии, то есть его вес компенсируется выталкивающей силой. К этому выводу пришел древнегреческий ученый Архимед (ок.287—212 до н.э.). Итак, согласно **закону Архимеда**,

$$F_A = \rho Vg,$$

где V – объем тела, ρ - плотность жидкости.

Примеры решения задач

1. Легкий шар перекрывает отверстие радиуса r в плоской стенке, разделяющей жидкости, давление которых $3P$ и P (рис. 1).

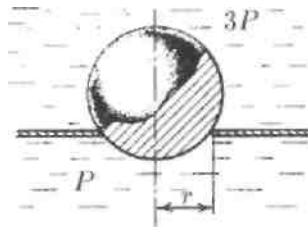


Рис.1

С какой силой прижимается шар к отверстию? Силой тяготения пренебречь.

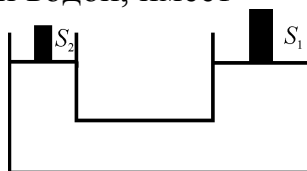
Решение. На первый взгляд, кажется, что задача очень не «школьная», то есть надо определить силу давления,

действующую на часть поверхности сферы. На самом деле все проще. Выделим мысленно верхнюю часть шара и поместим ее в среду с давлением $3P$. Тогда сумма сил, действующих на выделенную часть шара, равна нулю. То есть сила, действующая на часть сферической поверхности, равна силе, действующей со стороны жидкости снизу:

$F = 3PS = 3P \cdot \pi r^2$. Аналогично, для нижней части $f = P \cdot \pi r^2$. Тогда общая сила $2P\pi r^2$.

2. Гидравлический пресс, заполненный водой, имеет поршни, сечение которых $S_1 = 100 \text{ см}^2$

и $S_2 = 10 \text{ см}^2$. На большой поршень ставят тело массы $m = 8 \text{ кг}$. На какую высоту поднимется малый поршень?



Решение. Пусть большой поршень после того, как положили груз, опустился на величину H . Тогда малый поднимется на некоторую высоту h . Условие равновесия большого поршня даёт: сила тяжести груза mg должна уравниваться силой избыточного давления со стороны воды: $mg = PS_1$. С другой стороны, известно, что в сообщающихся сосудах давление воды на одном уровне одинаково. Если рассчитать давление под вторым поршнем на уровне первого поршня, то мы получим $P = \rho g(H+h)$ – это гидростатическое давление столба воды. Тогда имеем, подставляя величину P в первое выражение:

$$mg = \rho g(H+h)S_1.$$

Сохранение объёма воды даёт условие: $S_1 H = S_2 h$. Откуда

$$H = h \frac{S_2}{S_1}.$$

Подставляя в уравнение, получим:

$m = \rho gh(1 + S_2 / S_1)S_1 = \rho gh(S_1 + S_2)$, откуда получаем

$$h = \frac{m}{\rho(S_1 + S_2)}.$$

Подставим числа, учитывая, что $1 \text{ см}^2 = 10^{-4} \text{ м}^2$.
Окончательно $h = 0,727 \text{ м}$.

3. На границе раздела двух жидкостей плотности ρ_1 и ρ_2 плавает шайба плотности ρ ($\rho_1 \leq \rho \leq \rho_2$). Высота шайбы H . Определите глубину погружения шайбы во вторую жидкость.

Решение. Атмосферное давление можно не учитывать: существенна лишь разность сил давления. Масса шайбы $m = \rho SH$, где S – площадь шайбы.

Пусть давление на верхнюю поверхность равно P_1 , а искомая глубина погружения h . Тогда давление на нижнюю поверхность:

$$P_2 = P_1 + \rho_1 g(H - h) + \rho_2 gh.$$

Условие равновесия: $P_1 S + \rho gSH = P_2 S$.

Тогда

$$P_1 + \rho gH = P_1 + \rho_1 g(H - h) + \rho_2 gh.$$

Откуда: $(\rho_2 - \rho_1)h = (\rho - \rho_1)H$.

Окончательно получаем $h = H \frac{\rho - \rho_1}{\rho_2 - \rho_1}$.

Задачи для самостоятельного решения

1. Почему сельскохозяйственные орудия: лопаты, вилы, бороны остро затачивают?

2. Диаметр заточенного грифеля карандаша $d = 1$ мм. Оцените величину давления грифеля на бумагу при письме. Силу давления оцените сами.

3. Какая сила действует на плотину ширины $d = 500$ м и высоты (до уровня воды) $H = 50$ м со стороны воды.

4. Под каким давлением P_0 необходимо подать воду, чтобы давление в доме на высоте $H = 30$ м было не менее $P = 150$ кПа?

5. Как будет изменяться объем воздушного шарика при подъеме на высоту? Почему?

6. Шайба плавает в жидкости плотности ρ_0 , при этом она на $3/4$ погружена в жидкость. Какова плотность шайбы ρ ?

7. К коромыслу весов подвешены два груза равной массы. Объемы грузов равны V_1 и V_2 . Если один из грузов поместить в жидкость плотности ρ_1 , а другой в жидкость плотности ρ_2 , то равновесие сохраняется. Найдите отношение плотностей грузов.

8. Определите силу натяжения нити, связывающей два шарика объема $V = 10$ см³ каждый, если верхний шарик плавает, наполовину погружившись в воду (рис. 3). Нижний шарик в 3 раза тяжелее верхнего.

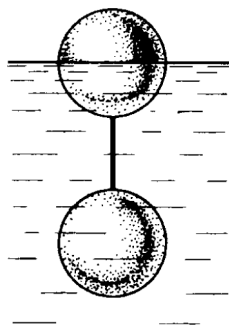


Рис. 3

Разработка задания: доцент В.Г.Харитонов

Подписано к печати 20.06.20

Формат 60x84/16

Уч.изд.л.0,5

Тираж 100 экз.

© Специализированный учебно-научный центр НГУ, 2020