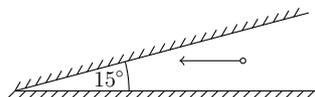
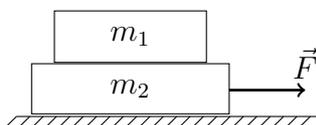


## Летний чистовик

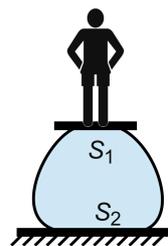
- <sup>1</sup>По квадратной невесомой рамке, лежащей на гладком горизонтальном столе, ползут два таракана: лёгкий и тяжёлый. Они стартуют из одного угла рамки, обходя рамку по периметру в противоположных направлениях. Тяжёлый таракан настолько массивен, что когда он перебирает лапками, лёгкая рамка под ним смещается по столу. При этом оказывается, что относительно стола тяжёлый таракан вообще не смещается, а его корпус все время направлен в одну сторону. Скорость лёгкого таракана в два раза больше чем тяжёлого. Нарисуйте траекторию лёгкого таракана в системе отсчёта стола.
- Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью  $v_1 = 60$  км/ч, половину оставшегося времени со скоростью  $v_2 = 15$  км/ч, а последний участок пути — со скоростью  $v_3 = 45$  км/ч. Найдите среднюю скорость автомобиля на всём пути.
- Две стенки образуют двугранный угол равный  $15^\circ$  (см. рис.). В этот угол параллельно одной из стенок влетает маленький шарик. Сколько столкновений сделает шарик прежде чем начнёт двигаться в обратном направлении? Столкновения со стенками абсолютно упругие.



- Вспомните формулу для равноускоренного движения тела  $x(t) = x_0 + v_0t + at^2/2$ . Чему равно время падения тела, сброшенного без начальной скорости с высоты  $h$ , и какую скорость оно наберёт при подлёте к земле? Ускорение свободного падения  $g$ .
- Мальчик ростом 1.5 м бежит со скоростью 3 м/с под фонарем, который висит на высоте 3 м. С какой скоростью перемещается тень от головы мальчика?
- <sup>1</sup>Кусок сыра Гауда размером  $10 \times 10 \times 10$  см имеет массу  $m = 650$  г. Если отрезать маленький кусочек, его плотность будет  $\rho_c = 1100$  кг/м<sup>3</sup>. Это связано с тем, что внутри сыра есть большие дырки, которые заполнены газом и не видны снаружи. Какова масса газа в большом куске, если плотность газа равна  $\rho_B = 1.29$  кг/м<sup>3</sup>?
- Какую силу необходимо приложить к нижнему бруску, чтобы выдернуть его из-под верхнего (см. рис.)? Коэффициент трения между брусками  $\mu$ , между бруском и столом трение отсутствует.

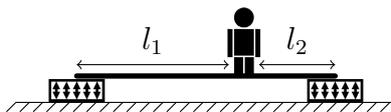


- <sup>1</sup>Эквилибрист стоит на горизонтальной доске, положенной на мяч, наполненный водой. Мяч лежит на жёстком полу. Площадь соприкосновения мяча с доской равна  $S_1 = 0.05$  м<sup>2</sup>, а с полом  $S_2 = 0.2$  м<sup>2</sup>. Найти расстояние между доской и полом. Масса эквилибриста вместе с доской  $M = 50$  кг, масса воды  $m = 300$  кг, плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, постоянная  $g = 10$  Н/кг.

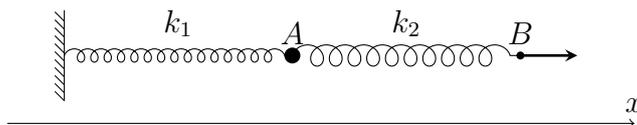


<sup>1</sup>Задача с [Санкт-Петербургской городской олимпиады по физике](#). Там в архиве есть достаточно много занимательных задач, если интересно можете их решать.

9. Ускорение свободного падения на поверхности планеты равно  $g_1$ , а на высоте  $h$  —  $g_2$ . Найти радиус планеты.
10. Ракета с площадью поперечного сечения  $S$ , двигаясь в космическом пространстве со скоростью  $u$ , попадает в неподвижное облако космической пыли со средней плотностью  $\rho$ . Какую силу тяги должны развивать двигатели ракеты, чтобы её скорость осталась прежней? Столкновения пылинок с ракетой считать неупругими, изменением массы ракеты пренебречь.
11. Человек, масса которого равна  $M$ , стоит на однородной доске массой  $m$ , левым и правым концом положенной на одинаковые весы. Что покажут левые и правые весы? (Можно считать, что размеры весов и человека незначительны по сравнению с  $l_1$  и  $l_2$ .)



12. Для более точного позиционирования датчика  $A$  в лабораторной установке используется система из пружин, изображённая на рисунке. Выразите перемещение  $\Delta x_A$  датчика  $A$  через перемещение  $\Delta x_B$  конца пружины, который двигают вдоль оси  $x$ .



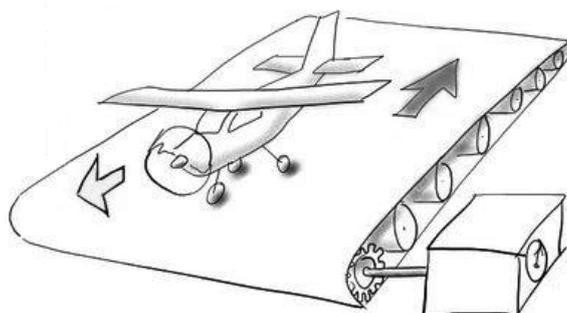
Если есть вопросы, присылайте их на почту [anton1321@mail.ru](mailto:anton1321@mail.ru) .

## Прошлые домашние задания

22.01.2015	3
29.01.2015	4
05.02.2015	4
12.02.2015	4
19.02.2015	5
26.02.2015	6
05.03.2015	6
12.03.2015	7
19.03.2015	7
02.04.2015	8
09.04.2015	9
16.04.2015	9
23.04.2015	10
30.04.2015	11

### 22.01.2015

- Нарисуйте график  $v(t)$  зависимости скорости движущегося с ускорением  $a$  тела от времени, при  $t = 0$  скорость которого была равна 0. (За промежуток времени  $\Delta t$  скорость тела увеличивается на величину  $\Delta v = a \cdot \Delta t$ ).
  - Определите с помощью площади под получившимся графиком зависимость перемещения тела  $x$  от времени  $t$  и ускорения  $a$ .
  - Таким же способом найдите зависимость  $x(t)$ , если в начальный момент времени (при  $t = 0$ ) скорость  $v$  была равна не 0, а некоторому начальному значению  $v_0$ .
- Два грузовика ехали по шоссе со скоростью 90 км/ч, выдерживая между собой дистанцию 100 м. Затем они съехали на грунтовую дорогу, где их скорость стала 36 км/ч, а потом грузовики снова выехали на асфальт и разогнались до 72 км/ч. Таким образом, если на каком-то участке первый грузовик проехал с некоторой скоростью, то и второй там проезжал с такой же скоростью. Найдите, какая в результате оказалась дистанция между грузовиками. (*Подсказка: сложность решения не зависит от количества изменений скорости*)
- Изобретателю Гоше в голову пришла идея использовать вместо длинной взлётной полосы ленту конвейера, которая разгоняется одновременно с включением двигателя так же, как разгонялся бы самолёт на обычной полосе (см. рисунок). Получится ли реализовать эту идею?



**29.01.2015**

1. Ася прочитала в энциклопедии, что высота известной парижской достопримечательности — Эйфелевой башни  $H = 300$  м, а масса  $M = 9000$  тонн. После этого Ася задумалась, какую массу имеет точная копия башни высотой  $h = 30$  см, сделанная из того же материала? Подумайте, почему получился такой странный ответ?
2. Напомним, что если средняя плотность тела  $\rho_T$  больше плотности жидкости  $\rho_{ж}$ , то оно тонет, если  $\rho_T < \rho_{ж}$ , то всплывает. Когда тело плавает на поверхности, его масса равна массе вытесненной им жидкости.  
Пусть имеется понтон массы  $m$  и объема  $V$ . Какой максимальной массы  $M$  на него можно положить груз, чтобы он не касался воды? Плотность воды обозначим  $\rho_в$ .
3. Найдите отношение  $v/V$  объема плавающей льдинки, находящегося над поверхностью воды, к полному объему льдинки. Обозначим плотности льда и воды  $\rho_л$  и  $\rho_в$  соответственно. (Можно считать, что одна часть льдинки это понтон, а другая — груз).
4. В стакане с водой плавает кусочек льда. Как изменится уровень воды в стакане, когда лёд растает?
  - Тот же вопрос, если в льдинке был пузырёк воздуха?
  - А если в лёд был заморожен камень?

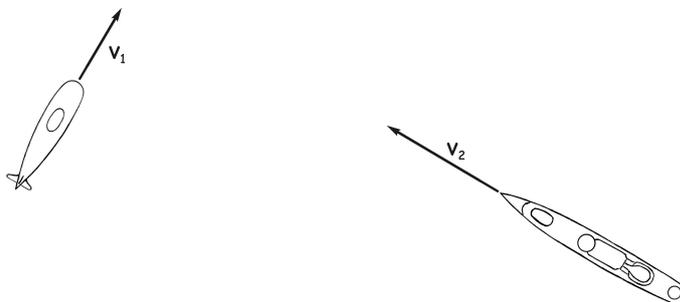
**05.02.2015**

1. Почему гвоздь достаточно просто забить в доску молотком, в то время как воткнуть его руками очень трудно? Иначе говоря, в чем заключается физический принцип работы молотка?
2. Пятачок едет в вагоне метро и держит за веревочку легкий воздушный шарик, надутый гелием. Что произойдет с шариком, когда поезд резко затормозит?
3. Легкий мячик при ударе об стенку отскакивает назад с такой же по величине скоростью. С какой скоростью он полетит, если по неподвижному мячику ударить ногой со скоростью  $v$ ? (Задача на выбор системы отсчета.)
4. Дедка тянет за репку с силой 100 Н, бабка за дедку с силой 50 Н, внучка за бабку с силой 30 Н, Жучка за внучку с силой 10 Н, кошка за Жучку с силой 5 Н, мышка за кошку с силой 1 Н. С какой силой они вместе тянут за репку?
5. Поезд массой 500 т под действием силы  $10^5$  Н остановился за 1 минуту. Найдите начальную скорость поезда. Какой при этом был его тормозной путь?

**12.02.2015**

1. Мудрая Сова сказала, что на Луне тела весят примерно в 6 раз меньше, чем на Земле. На Земле пробка вылетает из игрушечного ружья со скоростью 6 м/с. Помогите Кролику рассчитать с какой скоростью пробка будет вылетать из ружья на Луне. Считайте, что на Луне ружье заряжают тем же количеством пороха, что и на Земле.
2. В закрытой банке спят мухи. Банку взвесили, а затем встряхнули. От этого мухи проснулись и начали летать. Теперь банку ещё раз взвесили, как изменились показания весов?

3. На рисунке показаны положения и скорости корабля и подводной лодки в некоторый момент времени. Известно, что корабль и лодка движутся с постоянными скоростями. Графически определите каким будет минимальное расстояние между ними за время движения. (Это задача на выбор системы отсчета.  $\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$ , т.е. чтобы вычесть вектор, надо прибавить вектор с противоположным направлением.)



4. Во время прыжка парашютист массой 75 кг спускается с постоянной скоростью, равной 6 м/с. Найдите силу сопротивления воздуха, действующую на парашют.
5. Ракета-носитель стартует с космодрома и вначале взлетает вертикально. При этом вес космонавтов увеличивается приблизительно в 2 раза. Какую скорость набирает ракета за секунду такого полета?

## 19.02.2015

1. Автомобиль едет со скоростью  $v$ , с какой скоростью относительно земли движется верхняя точка колеса?
2. На парашют действует сила сопротивления воздуха, которая пропорциональна квадрату скорости с коэффициентом 24 кг/м. С какой скоростью будет спускаться парашютист массой 60 кг?
3. Человек, стоя на весах, сначала присел, а затем выпрямился. Нарисуйте примерный график зависимости показаний весов от времени.
4. Как было показано на занятии, ускорение свободного падения  $g$  на поверхности планеты с массой  $M$  и радиусом  $R$  может быть найдено из закона гравитационного взаимодействия двух тел:

$$g = \frac{GM}{R^2} \quad (1)$$

- (a) Выразите массу планеты  $M$  через её радиус  $R$  и среднюю плотность  $\rho$ , а затем подставьте в формулу (1). (Объём шара радиуса  $R$  равен  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .)
- (b) С помощью полученной формулы определите ускорение свободного падения на поверхности Луны, считая её радиус  $R \approx 1740$  км и плотность  $\rho \approx 3.35$  г/см<sup>3</sup>.  $G \approx 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$ .
5. Артем и Вова тянут за разные концы динамометра с силой 10 Н каждый. Что показывает динамометр?

**26.02.2015**

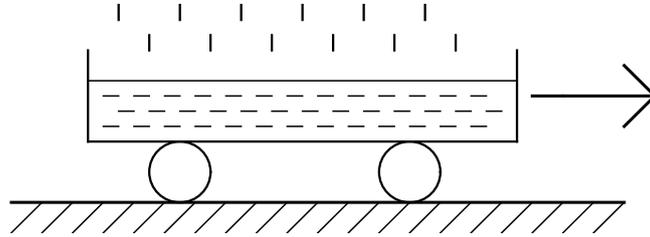
1. Сова подарила Винни-Пуху и Пятачку по две одинаковые резинки жесткостью  $k$ . Пух связал их так, что у него получилась резинка вдвое длиннее, а Пятачок скрутил их вместе, так что резинка получилась вдвое толще. Сосчитайте жесткость каждой из резинок. (Напомним, что если *если* говорится о жесткости резинки, то речь идет о том, что для неё выполняется закон Гука  $F = k\Delta l$  и  $k$  — жесткость резинки.)
2. Массы Кота Матроскина и Шарика равны. Они сидят на скользком льду (таком, что сила сопротивления движению равна нулю) на расстоянии  $L$  друг от друга и перетягивают связку сосисок. По сигналу дяди Федора Матроскин и Шарик начинают есть сосиски, Матроскин — со скоростью  $v$ , а голодный Шарик — со скоростью  $2v$ . Через какое время и в каком месте относительно их начального положения они столкнутся лбами?
3. Лёша случайно уронил учебник по физике за диван. Чтобы отодвинуть диван Лёша толкает его вбок с силой  $150$  Н. Масса дивана  $30$  кг, а коэффициент трения между диваном и полом равен  $0,7$ . Вычислите действующую на диван силу трения. (Максимальная сила трения покоя  $F_{\text{тр}} = \mu N$ .)
4. Санки массой  $m$  выезжают со льда на горизонтальный асфальт. Коэффициент трения между санками и асфальтом  $\mu$ . Определите, с каким ускорением санки едут по асфальту. Ускорение свободного падения  $g$ . (Здесь предполагается, что сила трения скольжения равна максимальной силе трения покоя.)

**05.03.2015**

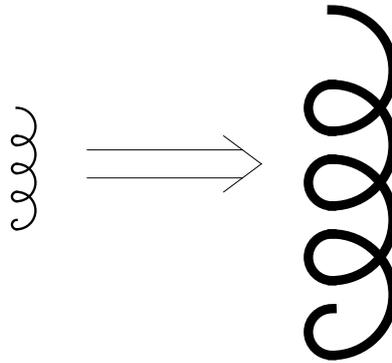
1. Коэффициент трения покоя между колёсами автомобиля и асфальтом равен  $\mu$ , никаких антикрыльев, дающих автомобилю вес, большей силы тяжести, не применяется.
  - (a) Пусть автомобиль едет со скоростью  $v$ . За какое минимальное время и с каким ускорением он сможет остановиться? (Можно использовать результат задачи про санки из предыдущего ДЗ)
  - (b) Найдите, чему будет равен при этом его тормозной путь. (Для этого можно либо понять (вспомнить), чему равна средняя скорость машины при равномерном торможении до остановки, например с помощью графика, либо воспользоваться выведенной формулой  $x = x_0 + v_0 t + at^2/2$ ).
  - (c) Оцените тормозной путь машины при начальной скорости  $100$  км/ч и коэффициенте трения между колёсами и асфальтом  $0.4$ .
2. Самолёт массой  $100$  т равномерно и прямолинейно летит с бомбой массой  $30$  т. Какое по величине и направлению ускорение испытывает экипаж самолёта в момент сброса бомбы, если считать, что режим управления самолётом скорректировали не сразу?
3. Достоверно известно, что однажды барон Мюнхгаузен долетел из Парижа до Лондона на пушечном ядре. Пролетая над Лондоном со скоростью  $v$ , Мюнхгаузен сумел так ловко соскочить с ядра, что его скорость относительно Земли стала в точности равна нулю. Какой стала скорость ядра после того, как Мюнхгаузен соскочил с него? Известно, что масса Мюнхгаузена в  $5$  раз больше массы ядра.
4. Как пружина в составе подвески автомобиля помогает уменьшить нагрузки на раму при преодолении неровностей дороги?

## 12.03.2015

1. Тележка массы  $M_0$  катится по ровной горизонтальной поверхности с начальной скоростью  $v_0$ . Начался дождь, и в тележку каждую секунду начало попадать  $n$  капель, каждая из которых имеет массу  $m$ , капли падают вертикально. Найдите зависимость скорости движения тележки от времени  $v(t)$ , считая что дождь начался в момент времени  $t = 0$ . (Задача на закон сохранения импульса.)



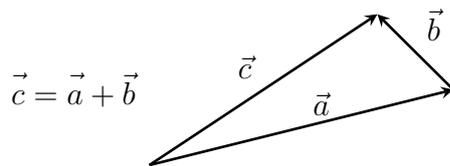
2. Есть пружина жесткостью  $k$  и её копия, изготовленная из такого же материала, все линейные размеры которой отличаются от оригинала в  $p$  раз. Каков будет коэффициент жесткости копии?



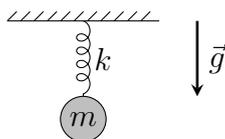
3. В ракете топливо сжигается со скоростью  $q = 1$  кг/с. При сгорании топливо превращается в газ, который выбрасывается из сопла ракеты со скоростью  $v = 3$  км/с. Найдите силу тяги такого двигателя.
4. (а) Известно, что чтобы сдвинуть железнодорожный вагон с места после остановки, требуется гораздо большее усилие, чем чтобы поддерживать его качение (это связано с выдавливанием смазки из подшипников, вдавливанием колёс в рельсы и т.д. за время стоянки). Нарисуйте качественный график  $F(v)$  зависимости силы, с которой нужно тянуть вагон, от скорости, которую необходимо поддерживать.
- (б) Зачем в грузовом составе сцепки между вагонами не жесткие, а могут немного изменять свою длину? Как это помогает при трогании?
- (с) Почему поезда, в который двигатели распределены по всему составу (электрички), могут разгоняться быстрее, чем составы у которых все двигатели сосредоточены в локомотиве (грузовые поезда, большинство пассажирских поездов дальнего следования), хотя удельные мощности двигателей у них примерно эквивалентны? (Это связано с силой трения.)

## 19.03.2015

1. (а) Вспомнить, как геометрически складываются вектора и как переходить в другую систему отсчета.



- (b) Человек, который может плыть со скоростью  $v$ , собирается переплыть реку, у которой скорость течения  $V > v$ . Как пловцу следует действовать, чтобы его снесло на минимальное расстояние вниз по течению?
2. К пружине жесткостью  $k$  подвесили груз массой  $m$ . Как в этом случае будет зависеть изменение длины пружины от приложенной силы, если тянуть груз вниз или вверх? Считать, что раскачки не происходит, ускорение свободного падения  $g$ .



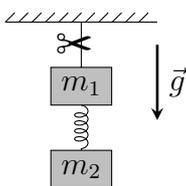
3. На железнодорожном пути стоят локомотив и три вагона, у каждого масса 90 т, расстояние между ними по 10 м. Локомотив начинает ехать в сторону вагонов, включив тягу 10 тс (тс — тонна-сила, т.е. сила, равная весу груза массой 1 тонна) на время 5 с. Чему будет равна скорость состава, когда все вагоны сцепятся?



4. По аналогии с задачей про [торможение автомобиля](#) найдите, на какую максимальную высоту  $h$  поднимется камень, если его подбросить вертикально вверх со скоростью  $v$ ? Ускорение свободного падения  $g$ .

## 02.04.2015

1. К телу, лежащему на гладкой горизонтальной поверхности, приложена некоторая сила, под действием которой тело, двигаясь из состояния покоя, на пути 1 м приобрело скорость 10 м/с. Какую силу приложили к телу, если его масса 1 кг?  
*Вспомните решения задач про [подбрасывание камня](#) и [торможение автомобиля](#).*
2. Два тела массами  $m_1$  и  $m_2$  соединены пружиной и подвешены на нити к потолку. Нить перерезают. С какими ускорениями начнут двигаться тела?



3. Шарик массой  $m$  и с начальной скоростью  $v$  перпендикулярно сталкивается со стенкой. Считая длительность соударения равной  $\tau$ , определите среднюю силу взаимодействия между шариком и стенкой во время удара в следующих случаях:
- (a) Удар абсолютно упругий, т.е. шарик отскакивает с той же скоростью, с которой прилетел.

- (b) Удар абсолютно неупругий, т.е. после удара шарик от стенки не отскакивает (останавливается).

Понадобится второй закон Ньютона в виде  $\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t$

4. Масса стакана, доверху заполненного водой, равна  $m_1$ . Ася опустила в стакан камушек массой  $M$ . При этом часть воды вылилась, и масса стакана с содержимым стала равна  $m_2$ .
- Помогите Асе найти массу вылившейся воды.
  - Найдите плотность камушка.

## 09.04.2015

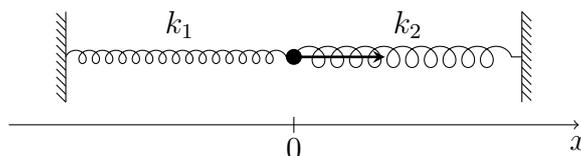
1. Воздушный шар имеет форму сферы радиуса  $R$ . Удельный вес материала его оболочки  $\sigma$  кг/м<sup>2</sup>, плотность воздуха и наполняющего газа  $\rho_v$  и  $\rho_r$  соответственно.
- Получите формулу для минимального радиуса шара  $R_{\text{мин}}$ , при котором он сможет взлететь.
  - Вычислите этот радиус для случая, когда  $\sigma = 1$  кг/м<sup>2</sup>,  $\rho_v = 1.28$  кг/м<sup>3</sup>, а в качестве газа-наполнителя используется гелий с плотностью  $\rho_{\text{He}} = 0.18$  кг/м<sup>3</sup>.

Площадь сферы  $S = 4\pi R^2$ , объём шара  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ . Сила Архимеда равна весу вытесненного телом окружающего вещества.

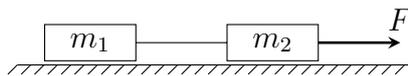
2. От движущегося поезда отцепился вагон. Найдите отношение расстояний, пройденных вагоном и поездом с момента отцепления до остановки вагона, если движение вагона равнозамедленное, а поезд двигался с неизменной скоростью.
3. Плотность воды равна  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Сколько воды нужно налить в высокий квадратный кувшин, чтобы давление воды на дно кувшина было равно  $p = 10^4$  Па?
4. Почему при вытаскивании гвоздя из доски очень хорошо помогает его покручивание или пошатывание?  
 Надо принять во внимание, что сила трения скольжения направлена противоположно скорости относительного движения трущихся поверхностей и её величина слабо зависит от величины скорости.

## 16.04.2015

1. Найдите силу  $F_x$ , которую необходимо приложить к точке соединения пружин с коэффициентами жесткости  $k_1$  и  $k_2$ , чтобы изменить её координату на  $\Delta x$  от положения равновесия.  
 Не надо по отдельности рассматривать случаи, когда тянем вправо и когда влево.



2. На гладкой горизонтальной поверхности лежат два тела массами  $m_1$  и  $m_2$ , связанные нитью. Силу  $F$ , направленную горизонтально, прикладывают сначала к телу массой  $m_1$ , а затем к телу массой  $m_2$ . Найти силу натяжения нити в том и другом случаях.

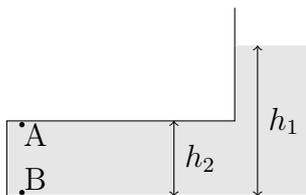


3. Идет сильный дождь. Леша сосчитал, что на зонт площадью  $S$  за время  $t$  упало  $n$  капель. Средняя масса каждой капли равна  $m$ , средняя скорость капли  $v$ . Считая, что капли падают вертикально и растекаются по зонту, найдите давление, которое дождь оказывает на зонт.
4. Колесо радиуса  $R$  катится с постоянной скоростью  $v_0$ .
  - За какое время  $T$  оно делает один оборот?
  - Нарисуйте примерный график  $v_x(t)$  зависимости скорости движения в горизонтальном направлении от времени точки на краю колеса.

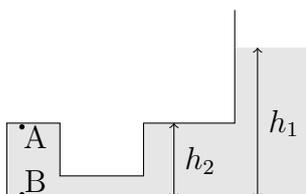
Длина окружности  $l = 2\pi R$ .

### 23.04.2015

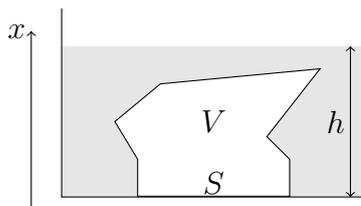
1. Приняв атмосферное давление у поверхности Земли  $p = 100$  кПа и её радиус  $R = 6400$  км,  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, оцените массу атмосферы.
2. (а) В сосуд на рисунке налита жидкость плотностью  $\rho$ , уровни жидкости обозначены  $h_1$  и  $h_2$ , ускорение свободного падения  $g$ . Найдите давление в точках А и В.



- (b) То же самое при небольшом изменении:



3. (а) Почему подводной лодке, севшей на глиняное дно, трудно всплыть?
- (b) Тело объемом  $V$  соприкасается с дном сосуда глубиной  $h$  так плотно, что под него не подтекает вода (к примеру, вмялось в глину), площадь соприкосновения  $S$ . Найдите силу, действующую на тело со стороны воды (введите ось).

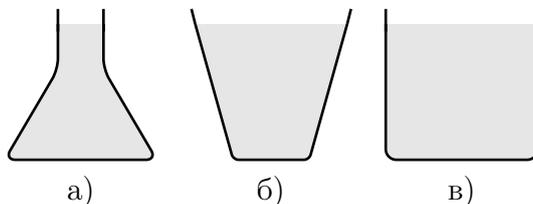


Надо вспомнить и про силу Архимеда, и про давление.

4. В стакан налили 10 см воды, а сверху налили 5 см масла с плотностью 900 кг/м<sup>3</sup>. Найдите давление на дно сосуда.

30.04.2015

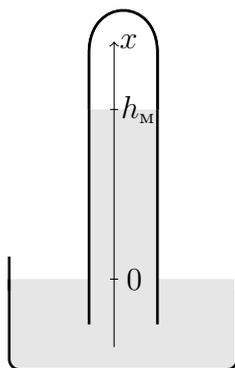
1. На каком из рисунков сила давления жидкости на дно сосуда больше, равна и, наконец, меньше веса жидкости?



Не путайте силу давления с давлением, не забывайте про давление на стенки.

2. В сосуд с жидкостью плотностью  $\rho$  погрузили запаянную с одного конца трубку так, что в ней не осталось воздуха, а затем вытащили её из жидкости, оставляя открытый конец погруженным, на такую высоту, что в запаянном конце трубки образовался вакуум и уровень жидкости в трубке перестал подниматься (Всё как в ртутном барометре).

Найдите уровень  $h_M$ , до которого поднялась жидкость, постройте график  $p(x)$  зависимости давления около оси  $x$  от положения вдоль неё. Наружное давление равно  $p_{\text{атм}}$ , ускорение свободного падения  $g$ .



3. Как зависит давление автомобиля на грунт от давления воздуха в шинах?
4. Стакан погрузили в воду дном вверх так, что в нём остался воздух. Найдите разницу давления воздуха в стакане с атмосферным. Дано расстояние  $h$  (см. рисунок).

