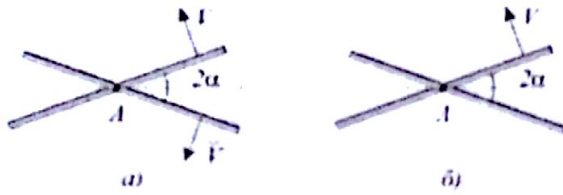
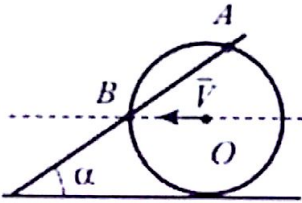
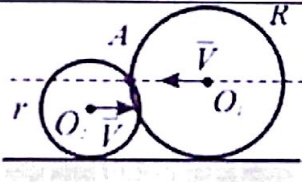
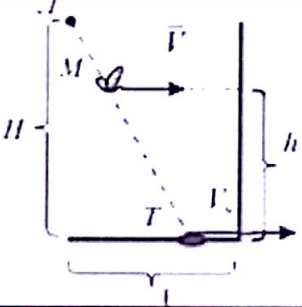
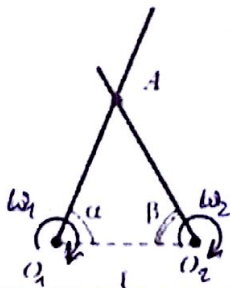
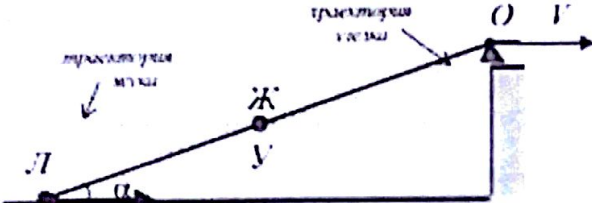

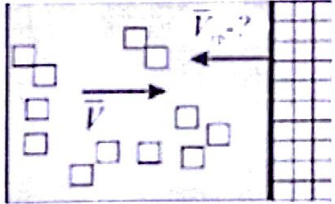


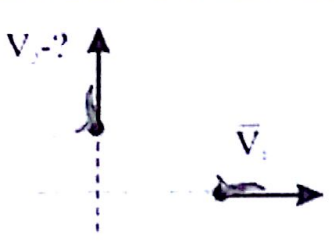
| | | | |
|---|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Две прямые |  <p style="text-align: center;">Рис. 1</p> | <p>С какой скоростью движется точка пересечения двух прямых, угол между которыми равен 2α? Рассмотреть два случая: а) обе прямые движутся с одинаковой скоростью V (рис.1, а); б) одна прямая движется со скоростью V, а другая покоится (рис. 1, б).</p> <p>Для расчетов принять: $V = 12 \text{ м/с}$, $\alpha = \arcsin(\frac{5}{13})$</p> |
| 2 | Прямая и окружность |  | <p>Колесо катится со скоростью V мимо неподвижной прямой, образующей угол α с горизонтом (рис.2). Найти скорость верхней точки пересечения колеса с прямой в тот момент, когда нижняя точка пересечения находится на одной горизонтали с центром колеса.</p> <p>Для расчетов принять: $V = 156 \text{ м/с}$, $\alpha = \arcsin(\frac{5}{13})$</p> |
| 3 | Две окружности |  | <p>Найти скорость верхней точки пересечения двух катящихся колес (рис.3), в тот момент, когда она находится на одной горизонтали с центром большего колеса. Скорости колес одинаковы и равны V, радиусы колес r и R.</p> <p>Для расчетов принять: $V = 1 \text{ м/с}$, $R = 6 \text{ м}$, $r = 4 \text{ м}$.</p> |
| 4 | Мотылек |  | <p>Мотылек пролетает через комнату на высоте $h = 2 \text{ м}$ с постоянной скоростью $V = 0,2 \text{ м/с}$.</p> <p>1) Чему равна скорость движения тени по полу? 2) Во сколько раз изменяется скорость тени, когда она переходит с пола на стену? Лампа подвешена на высоте $H = 3 \text{ м}$ от пола и на расстоянии $\ell = 2 \text{ м}$ от стены.</p> |
| 5 | Две штанги |  | <p>Две штанги вращаются с угловыми скоростями ω_1 и ω_2. Чему равна скорость точки их пересечения A в тот момент, когда углы AO_1O_2 и AO_2O_1 равны α и β соответственно. Расстояние O_1O_2 считать равным ℓ.</p> <p>Численный расчет провести для: $\omega_1 = 1 \text{ рад/с}$, $\omega_2 = 2 \text{ рад/с}$, $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 60^\circ$, $\ell = 1 \text{ м}$</p> |

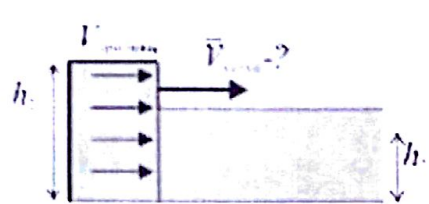
| | | |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | Жук и узелок | |
| |  | <p>Лодку подтягивают к берегу с помощью веревки, на которой завязан узелок. В некоторый момент на середину веревки садится жук и начинает ползти по ней так, что все время останется на ее середине. Найти скорость жука и скорость узелка в тот момент, когда узелок нагонит жука. Скорость, с которой вытягивают лодку, равна V, в момент встречи веревка составляет угол α с горизонтом. Для расчетов принять: $V = 16 \text{ см/с}$, $\cos \alpha = 4/5$.</p> |

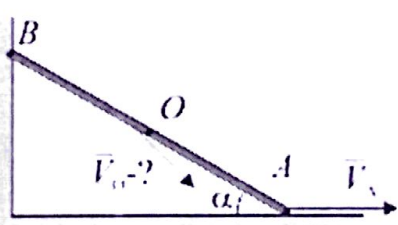
| | | |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Железнодорожная станция | |
| | <p>На железнодорожной станции можно наблюдать следующее явление. Перед отправкой поезда машинист проверяет сцепки состава. Он толкает первый вагон назад с небольшой скоростью. Первый вагон толкает второй вагон, второй - третий и т.д. Звук ударов распространяется от головы к хвосту поезда. И происходит это очень быстро, так, что, бывает, мы не успеваем и головы повернуть.</p> |  <p>Рис. 7</p> <p>Найдите скорость распространения движения (грохота), если скорость, с которой машинист толкнул первый вагон, равна $V = 1 \text{ м/с}$, длина вагона $l = 25 \text{ м}$, расстояние между буферами вагонов $d = 0,1 \text{ м}$. Вагоны считать одинаковой массы, а удары абсолютно упругими.</p> |

| | | |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8 | Ледоход | |
| |  | <p>Во время ледохода река несет льдины. Подходя к плотине, льдины останавливаются и образуют сплошную ледяную поверхность. С какой скоростью $V_{\text{гр}}$ растет вверх по реке эта ледяная поверхность, если скорость реки равна $V = 0,4 \text{ м/с}$, а доля площади занятая льдинами в прибывающей воде равна $\alpha = 0,8$?</p> |

| | | |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 9 | Гидравлический удар | |
| | <p>В XIX веке на водопроводах стояли краны, похожие на самоварные. Они позволяли очень быстро перекрывать и открывать потоки воды. Но, бывало, что при таком быстром перекрытии крана трубы разрывались. Это явление получило название гидравлического удара. Возникает гидравлический удар потому, что при резкой остановке потока воды в трубах появляются громадные давления. А выход из этого положения был найден очень простой. На все магистральные водопроводы поставили современные задвижки. Теперь, чтобы перекрыть поток, приходится долго закручивать задвижку. Гидравлические удары исчезли. А для нас осталась задача.</p> <p>По трубе движется поток воды со скоростью $V = 10 \text{ м/с}$. Поток быстро перекрывают заслонкой. Какое давление будет оказывать на заслонку останавливающаяся вода? Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость звука в воде равна $c_{\text{зв}} = 1500 \text{ м/с}$.</p> <p>Подсказка: силу давления останавливающейся воды лучше искать по формуле $F_{\text{давл}} = \Delta p / \Delta t$.</p> | |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | Два самолета |
|  | <p>Два сверхзвуковых самолета движутся так, что их курсы перпендикулярны (рис. 12). Число Маха для первого самолета равно $M_1 = 13/12$. С какой скоростью должен лететь второй самолет, чтобы летчик никогда не услышал бы шума двигателя первого самолета? Ответ представить как число Маха второго самолета M_2.</p> <p>Примечание. По определению число Маха равно $M = V/c$, где V – скорость тела, c – скорость звука.</p> |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | Водяной вал |
|  | <p>Во время приливов океанская вода может заходить в узкие заливы. При этом по заливу бежит «уступ высоты» (рис.11). Найти скорость движения такого «уступа», если с одной стороны от него глубина (покоящейся) воды равна $h_1 = 2$ м, а с другой стороны глубина (набегающей) воды равна $h_2 = 3$ м.</p> <p>Подсказка: при движении «уступа» механическая энергия не сохраняется, часть ее переходит в тепло.</p> |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | Палочка |
| <p>Вертикально стоящую палочку начинают передвигать так, что ее начало и конец (точки А и В) скользят по сторонам прямого угла, образованным полом и стеной (рис.12). Длина палочки $\ell = 2$ м.</p>  | <ol style="list-style-type: none"> Используя понятие мгновенного центра вращения, найдите скорость центра палочки в тот момент, когда палочка будет образовывать угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, если скорость точки А в этот момент равна $V_A = 2$ м/с. Какой путь пройдет мгновенный центр вращения от начала движения (палочка вертикальна) до конца движения (палочка горизонтальна)? Объясните своими словами (на обороте листа ответов) как мгновенный центр вращения (точка, которая по определению всегда покоится) умудряется пройти некоторый путь? |

Задача 1. Абсолютный ноль температуры по Г. Амонтону (1 балл)

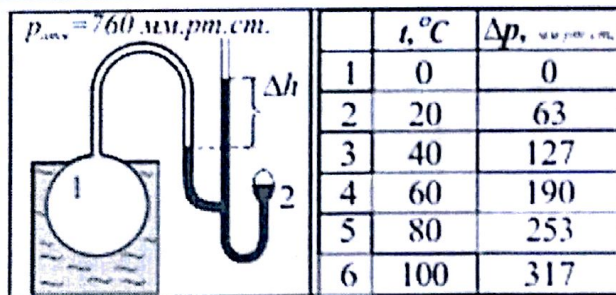


Рис.1

В 1702 академик Парижской академии наук Гийом Амонтон исследовал, как будет изменяться давление воздуха при нагревании, если его объем поддерживать постоянным (рис. 1). По результатам своих измерений Амонтон нашел температуру, при которой давление воздуха должно было бы упасть до нуля. Он назвал ее абсолютным нулем температуры – ниже этой температуры, которая возможна в природе.

Найдите и вы значение «абсолютного нуля температур по Амонтону» (современное значение абсолютного нуля равно $(-273,15^\circ\text{C})$).

Указание. Примите во внимание, что на схеме опыта указана величина атмосферного давления в момент измерений – 760 мм.рт.ст..

Задача 2. Время жизни Вселенной по Хаббл (1 балл)

| | $R, 10^6 \text{ пк}$ | $V, 100 \text{ км/с}$ |
|---|----------------------|-----------------------|
| 1 | 0,5 | 2,5 |
| 2 | 5,0 | 29,0 |
| 3 | 6,5 | 31,0 |
| 4 | 9,1 | 51,0 |
| 5 | 11,0 | 56,5 |
| 6 | 14,2 | 75,0 |
| 7 | 17,3 | 97,5 |
| 8 | 20,0 | 89,5 |

Рис.2

В 1929 году весь научный мир поражен сообщением американского астронома Эдвина Хаббла: «Наша Вселенная не стационарна, она расширяется! Галактики разбегаются от нас во все стороны. И чем дальше галактика, тем больше ее скорость «убегания»».

В таблице (рис. 2) приводятся измеренные Хабблом расстояние до галактик R (в парсеках) и скорости их «убегания» V (в единицах 100 км/с).

Задание 1. Получите из этих данных закон Хаббла, связывающий скорость «убегания» галактик с расстоянием до них.

Задание 2. Используя этот закон, найдите «время жизни Вселенной по Хаббл» в миллиардах лет. (Современное значение возраста Вселенной равно 14 миллиардов лет).

Указание: 1 парсек = $3,1 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Задача 3. Бракованный бак (3 балла)

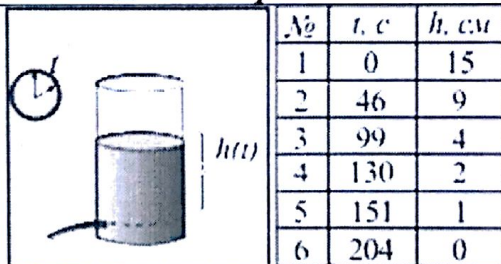


Рис.3

Фирма, специализирующаяся на хранении жидкостей, попросила физическую лабораторию выяснить за какое время из цилиндрического бака высотой 10 метров и площадью сечения 5 м^2 может вытечь вся жидкость, если внизу бака образуется трещина площади 2 см^2 .

В лаборатории была изготовлена установка, представляющая собой пластмассовый сосуд с площадью поперечного сечения $84,5 \text{ см}^2$, в боковой стенке которого раскаленным гвоздиком было проделано отверстие площадью $7,1 \text{ мм}^2$. На опыте измерялось, как высота уровня вытекающей жидкости $h(t)$ зависит от времени t (высота отсчитывается от уровня отверстия). Результаты измерений приводятся в таблице (рис. 3).

Задание 1. Получите из приведенных данных «закон вытекания» для данной установки, связывающий время вытекания жидкости с исходной высотой жидкости в сосуде.

Задание 2. Используя полученный закон, ответьте на вопрос, поставленный фирмой (в мин).

Задача 4. Замерзший пруд (2 балла)

| № | t , сутки | h , см |
|---|-------------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 16 |
| 3 | 2 | 23 |
| 4 | 3 | 28 |
| 5 | 4 | 32 |
| 6 | 7 | 42 |

Рис.4

«Декабрь был теплый. А в январе ударил мороз. Неделю термометр упорно показывал минус двадцать. Лед на реке с каждым днем становился все крепче...»

В таблице, приведенной на рисунке 4, приводятся данные, показывающие, как толщина льда увеличивается со временем, если температура воздуха остается постоянной и равной (-20°C).

Задание 1. Получите из приведенных данных «закон замерзания» – формулу, связывающую толщину льда со временем роста.

Задание 2. Используя полученный закон, определите через какое время, после начала морозов, пруд промерзнет до дна, если его глубина 2 метра? (Ответ выразить в сутках)

Задача 5. Физикозавр (2 балла)

| имя | m , кг | d , см |
|--------------|----------|----------|
| мышь | 0,02 | 0,05 |
| кот | 2,0 | 0,45 |
| волк | 50 | 2,3 |
| буйвол | 600 | 8,0 |
| слон | 4500 | 22,0 |
| физикозавр ? | | 80,0 |

Рис.5

Биологи утверждают, что диаметр берцовых костей млекопитающих d определенным образом зависит от их массы m .

В доказательство они приводят таблицу, изображенную на рисунке 5. «Выпрямите» эту экспериментальную зависимость и найдите массу физикозавра (ископаемого динозавра). (Второй ответ выразить в тоннах)

Задача 6. Критическая точка (3 балла)

| № | t , $^{\circ}\text{C}$ | $\rho_{\text{нас}}$, кг/м ³ |
|---|--------------------------|-----------------------------------------|
| 1 | -20 | 0,0010 |
| 2 | 0 | 0,0048 |
| 3 | 20 | 0,017 |
| 4 | 60 | 0,127 |
| 5 | 100 | 0,580 |
| 6 | 200 | 6,87 |

Рис.6

Масса воды, которая может раствориться в одном кубометре воздуха, называется плотностью насыщенного водяного пара. Эта величина очень сильно зависит от температуры. В таблице (рис. 6) приводятся экспериментально измеренные значения этой величины при различных температурах.

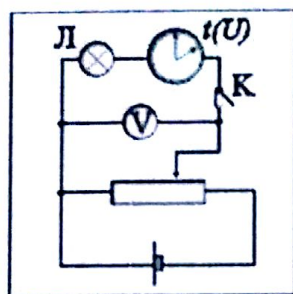
Задание 1. Получите формулу для зависимости плотности насыщенного водяного пара от абсолютной температуры.

Задание 2. Используя полученный закон, найдите, при какой абсолютной температуре плотность насыщенного водяного пара сравнивается с плотностью воды ($\rho_g = 1000 \text{ кг/м}^3$).

Примечание. Температура, при которой исчезает разница между паром и жидкостью, называется критической температурой вещества. Значение критической температуры для воды по современным данным равно $t_{\text{крит}} = 374^{\circ}\text{C}$ или $T_{\text{крит}} = 647 \text{ K}$.

Подсказка: для выпрямления зависимости по оси ординат следует по-прежнему откладывать $Y = \ln \rho_{\text{нас}}$. А вот по оси абсцисс надо откладывать не T , и не $\ln T$, а кое-что другое. Что? Попробуйте догадаться сами!

Задача 7. Вечная лампочка (4 балла)



| № | U, B | τ, c |
|---|--------|-----------|
| 1 | 7,0 | 1070 |
| 2 | 8,0 | 302 |
| 3 | 9,0 | 106 |
| 4 | 10,0 | 43,5 |
| 5 | 11,0 | 20,3 |
| 6 | 13,0 | 5,8 |

Рис.7

Лампочки для карманного фонарика рассчитаны на напряжение $3,5 B$. Для определения срока их работы, было решено сжечь несколько лампочек, подключая к ним более высокое напряжение. В таблице на рисунке 7 приводятся значения времен жизни лампочек при разных напряжениях.

Задание 1. Найдите координаты «выпрямляющие» эту экспериментальную зависимость и определите эту зависимость.

Задание 2. Найдите время жизни лампочки (в часах) при номинальном напряжении и сравните его с тем, которое указывает продавец — $t_{жизни} = 2000 \text{ часов}$.

Подсказки. Температура нити накаливания определяется балансом выделяющегося джоулева тепла $P_{дж} = U^2 / R$ и отводом этого тепла за счет теплового излучения $P_{тепл} \sim T^4$. А вот скорость испарения вольфрама, из которого сделана нить, прямо пропорциональна плотности насыщенных паров вольфрама $\rho_{нас}$ (см. задачу 6). Почему? Потому, что если вещество находится в атмосфере насыщенных паров, то количество испаряющихся в единицу времени атомов равно количеству конденсирующихся. Причем последняя величина прямо пропорциональна $\rho_{нас}$. В вакууме остается только первый поток, ведущий к испарению спирали.