

Избранные задачи Московской физической олимпиады

ПЕРВЫЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

8 класс

1. Цилиндрический пластмассовый стакан имеет дно толщиной 1 см. Если опустить стакан в большой сосуд с водой, то он будет плавать в вертикальном положении, погрузившись на 3 см. Если затем налить в него слой неизвестной жидкости высотой 3 см, то стакан окажется погруженным на 5 см. Сколько еще нужно долить в него той же жидкости, чтобы ее уровень совпал с уровнем «забортной» воды?

А.Зильберман

2. Стеклянная открытая сверху трубка постоянного поперечного сечения имеет форму латинской буквы L. Одно ее колено – горизонтальное, оно имеет длину $l_1 = 10$ км и запаяно на конце. Другое колено длиной $l_2 = 1,2$ м – вертикальное, конец его открыт. Трубка полностью заполнена водой при температуре 0°C . Найдите, как меняется давление вблизи закрытого конца трубки при изменении температуры воды от 0°C до $+8^\circ\text{C}$. Зависимость плотности воды ρ от температуры t приведена в таблице:

$t, ^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4
$\rho, \text{кг/м}^3$	999,841	999,900	999,941	999,965	999,973
$t, ^\circ\text{C}$	5	6	7	8	
$\rho, \text{кг/м}^3$	999,965	999,941	999,910	999,849	

Атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па, геометрические размеры трубки считать неизменными.

С.Варламов

3. Любители чая считают, что кипяткок, налитый в чашку, может заметно остыть даже за несколько секунд, что испортит качество получившегося чая. Проверим, правы ли они.

Над чашкой очень горячей воды поднимается пар. Скорость подъема пара, оцениваемая на глаз, равна $v = 0,1$ м/с. Считая, что весь поднимающийся над чашкой пар имеет температуру 100°C , оцените скорость остывания чашки с очень горячей водой за счет испарения воды (эта скорость измеряется в градусах за секунду.) Масса воды в чашке $m = 200$ г, площадь поверхности воды $S = 30$ см², удельная теплота испарения воды $r = 2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг, удельная теплоемкость воды $c = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°C), плотность водяного пара при 100°C равна $\rho = 0,58$ кг/м³.

А.Андрянов

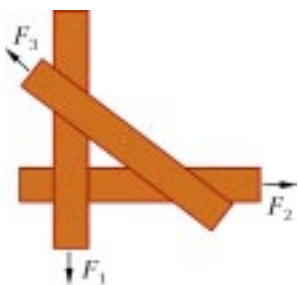


Рис. 1

9 класс

1. На гладкой горизонтальной поверхности лежат три тонкие доски, как показано на рисунке 1. Их начинают медленно (без ускорения) растаскивать, прикладывая к доскам горизонтальные силы. В некоторый момент две из этих сил взаимно перпендикулярны, а их

величины равны $F_1 = 3$ Н и $F_2 = 4$ Н. Определите величину F_3 третьей силы.

И.Горбатый

2. На длинную тележку, движущуюся со скоростью v без трения по горизонтальным рельсам, сыплется сверху песок так, что за каждую секунду на нее попадает μ килограммов песка. Точно такое же количество песка сбрасывается с тележки с постоянной относительно нее скоростью u в направлении, противоположном ее движению. Какую горизонтальную силу нужно прикладывать к тележке, чтобы поддерживать ее скорость постоянной?

О.Шведов

3. При достижении температуры $+910^\circ\text{C}$ в железе происходит полиморфное превращение: элементарная ячейка его кристаллической решетки из кубической объемноцентрированной превращается в кубическую гранецентрированную – железо из α -фазы переходит в γ -фазу. При этом плотность железа уменьшается на $\varepsilon \approx 2\%$. Найдите отношение постоянных решеток железа в α - и γ -фазах.

Примечание. Постоянной a кубической решетки называют длину ребра куба элементарной ячейки. В объемноцентрированной решетке ионы железа находятся в вершинах и в центре куба, а в гранецентрированной – в вершинах куба и в центрах каждой из его граней.

В.Погожев

4. Реальный амперметр можно представить как идеальный амперметр с нулевым сопротивлением, соединенный последовательно с некоторым резистором. С помощью данного реального амперметра поочередно измеряют электрические токи, текущие через резисторы и источник питания в цепи, схема которой изображена на рисунке 2. Амперметр показывает, что токи через каждый резистор одинаковы и равны 6 мА, а ток через источник равен 11 мА.

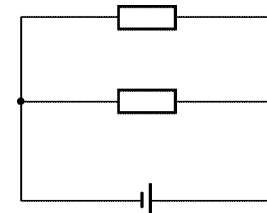


Рис. 2

Что показал бы идеальный амперметр при измерении этих же токов? Источник считать идеальным.

О.Шведов

10 класс

1. Автомобиль с передними ведущими колесами должен проехать по достаточно длинному прямолинейному участку шоссе, поднимающемуся вверх под углом α к горизонту. Центр масс автомобиля находится на расстоянии h от полотна дороги и посередине между осями передних и задних колес, которые расположены на расстоянии $2L$ друг от друга. Коэффициент трения колес о дорогу μ , радиус колес R . Найдите максимальную величину угла α . Укажите условия, при которых автомобиль массой m сможет преодолеть этот участок шоссе.

В.Погожев

2. Найдите общую жесткость системы пружин, изображенной на рисунке 3, если внешняя сила прикладывается к верхней платформе в вертикальном направлении. Лестница,

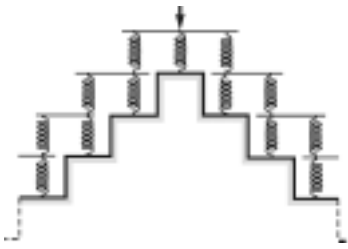


Рис. 3

на которую опираются пружины, бесконечна. Все платформы при сжатии пружин сохраняют горизонтальное положение и не касаются ступенек лестницы. Каждая из платформ, кроме самой верхней, опирается на две пружины. Жесткости всех пружин одинаковы и равны k , оси всех пружин вертикальны. Массой пружин и платформ можно пренебречь.

Н. Пекалин

3. В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке 4, вольтметр и батарейка идеальные. Диод при включении в обратном направлении не пропускает ток, а при

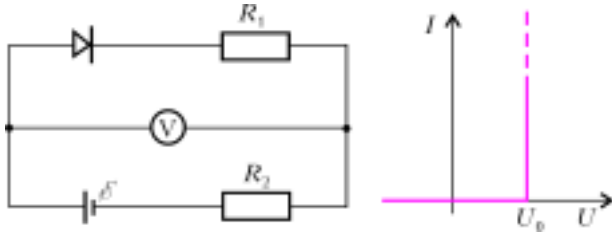


Рис. 4

включении в прямом направлении открывается при напряжении U_0 (вольт-амперная характеристика диода приведена на графике). Что показывает вольтметр в этой цепи? Что он будет показывать, если изменить полярность включения диода?

О. Шведов

4. На горизонтальном столе стоит прозрачный цилиндр с радиусом основания R и высотой H_1 , изготовленный из стекла с показателем преломления $n = 1,5$. На высоте H_2 над верхним основанием цилиндра на его оси расположен точечный источник света. Найдите площадь тени, отбрасываемой цилиндром на поверхность стола.

Д. Харабадзе

11 класс

1. Имеются два одинаковых длинных однородных легких бруска, которые используют для проведения экспериментов по изучению прочности древесины. В первом эксперименте деревянный брусок положили концами на спинки двух стоящих стульев, а к его середине подвесили сосуд, который начали медленно заполнять водой. Когда масса сосуда с водой достигла величины $m = 4,8$ кг, брусок сломался. Во втором эксперименте брусок положили на гладкий горизонтальный стол, к его концам прикрепили два груза малых размеров с массами $m_1 = 6$ кг каждый, а к середине – груз массой $m_2 = 10$ кг и веревку, за которую стали тянуть с плавно возрастающей силой F , перпендикулярной бруску и направленной горизонтально. При какой величине силы F брусок сломается? Считать $g = 10$ м/с².

С. Варламов

2. Маленькая шайба, скользящая со скоростью v_0 по гладкому льду поперек реки, попала на горизонтальный участок берега, на котором по мере удаления от кромки льда на расстояние x коэффициент трения возрастает по закону $\mu = \mu_0 + kx$, где μ_0 и k – постоянные величины. Найдите, спустя какое время после выхода на берег шайба остановится.

М. Семенов

3. Теплоизолированный закрытый вертикальный цилиндр разделен на две равные части тонким массивным теплопроводящим поршнем. Сверху и снизу от поршня, закрепленного вначале посередине цилиндра, находятся одинаковые количества идеального одноатомного газа при температуре T и давлении p . После освобождения поршня он сместился вниз на некоторое расстояние и остановился в новом положении равновесия, при котором разность давлений в нижней и верхней частях цилиндра равна Δp . Найдите, на какую величину ΔT изменилась при этом температура газа. Теплоемкостью поршня и стенок цилиндра пренебречь.

О. Шведов

4. Незаряженные конденсаторы с емкостями $C_1 = 1$ мкФ и $C_2 = 2$ мкФ соединили последовательно и подключили к источнику напряжения $U = 4,5$ В. После того как конденсаторы зарядились, металлическим пинцетом на достаточно большое время замкнули выводы конденсатора емкостью C_2 , а затем пинцет убрали. Каким станет после этого заряд конденсатора емкостью C_1 ?

И. Горбатый

5. Бесконечная электрическая цепь, схема которой изображена на рисунке 5, состоит из одинаковых батареек и одинаковых вольтметров. Показание самого левого вольтметра равно U , а показание каждого из следующих вольтметров в n раз меньше, чем у соседнего с ним слева ($n > 1$). Найдите ЭДС батарейки.

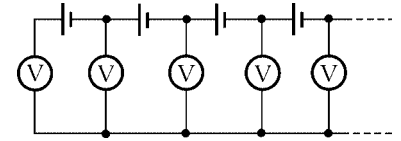


Рис. 5

О. Шведов

ВТОРОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

8 класс

1. На длинном прямом шоссе автомобили движутся с постоянной скоростью v_1 всюду, за исключением моста, на котором автомобили движутся с другой постоянной скоростью v_2 . На рисунке 6 изображен график зависимости расстояния l между двумя едущими друг за другом автомобилями от времени t . Найдите скорости v_1 и v_2 , а также длину моста.

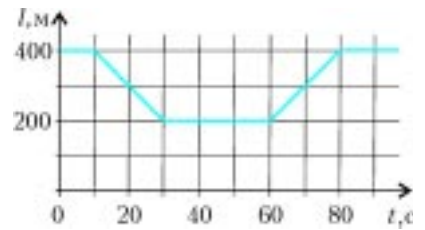


Рис. 6

О. Шведов

2. В системе, изображенной на рисунке 7, груз, подвешенный к легкому подвижному блоку, представляет собой льдинку массой 400 г, плавающую в воде при температуре 0 °С. Второй груз изготовлен из алюминия, имеет массу 160 г и касается поверхности воды. При этом система находится в равновесии. Какое количество теплоты надо сообщить системе, чтобы алюминиевый груз оказался на дне сосуда? Вертикальные размеры грузов меньше глубины сосуда, плотности льда и алюминия равны 0,9 г/см³ и 2,7 г/см³ соответственно, нити достаточно длинные, невесомые и нера-

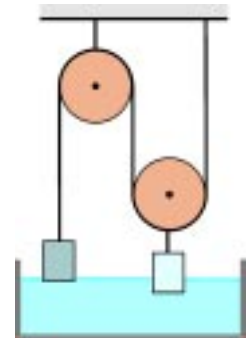


Рис. 7

стяжимые, трения нет. Удельная теплота плавления льда равна 335 Дж/г. Силами поверхностного натяжения пренебречь.

О.Шведов

3. В электрических цепях часто используют двухпозиционные переключатели, которые могут, в зависимости от положения переключки П, соединять друг с другом либо контакты 0 и 1, либо контакты 0 и 2 (рис.8). Нарисуйте схему, состоящую из двух таких переключателей, двух одинаковых лампочек и одной батарейки, чтобы

Рис. 8

при четырех различных положениях переключателей она работала следующим образом: 1) обе лампочки не горят; 2) одна лампочка не горит, а другая горит в полный накал; 3) обе лампочки горят в полный накал; 4) обе лампочки горят в полнакала. Известно, что лампочка горит в полный накал, если ее подключить непосредственно к батарейке, а в полнакала лампочки горят в том случае, если они соединены с батарейкой последовательно. Учтите, что в сконструированной вами цепи ни при каких положениях переключателей не должно происходить короткое замыкание батарейки.

Д.Харабадзе

9 класс

1. Велосипед имеет два одинаковых колеса, расстояние между осями которых L . При повороте велосипеда его переднее колесо, повернутое на некоторый угол относительно рамы, вращается вокруг своей оси в n раз быстрее заднего. Найдите радиусы окружностей, по которым катятся по земле переднее и заднее колеса. Наклон велосипеда и проскальзывание его колес не учитывать.

Д.Харабадзе

2. Барон Мюнхгаузен поднялся на привязанном воздушном шаре над полем боя на высоту H . Мимо него параллельно земле пролетает тяжелое ядро, пущенное из лагеря неприятеля. Барон садится на ядро и летит на нем до самой земли. Найдите, под каким углом α к горизонту было запущено ядро, если Мюнхгаузен приземлился на расстоянии H по горизонтали от воздушного шара. Массы ядра и барона одинаковы. Соппротивлением воздуха пренебречь.

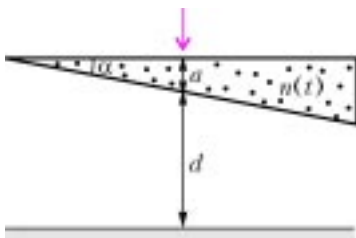
В.Палюлин

3. Из неиссякаемого источника через круглую трубу с внутренним диаметром $D = 5$ см вертикально вниз вытекает струя воды. Ведро емкостью $V = 10$ л подставляют под струю так, что верх ведра находится на $H = 1,5$ м ниже конца трубы. На уровне верха ведра диаметр струи равен $d = 4$ см. Каков расход воды у источника? Ответ выразите в «ведрах в час».

С.Варламов

4. Внутри прозрачного клина перпендикулярно плоскости рисунка 9 течет жидкость с изменяющимся составом, так что ее показатель преломления n изменяется со временем t по закону $n(t) = 1 + n_0 t/\tau$, где n_0 и τ – постоянные величины. На этот клин перпендикулярно падает узкий луч света и, пройдя через

Рис. 9



клин, попадает на экран. Угол α при вершине клина мал, толщина клина в месте падения луча равна a , расстояние между экраном и клином $d \gg a$. Найдите скорость движения светлого пятна по экрану.

Указание: при малых значениях угла α можно пользоваться приближенными формулами $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha \approx \alpha$.

В.Палюлин

10 класс

1. В системе, изображенной на рисунке 10, масса подвижного блока равна M и равномерно распределена по ободу. Нить невесома, нерастяжима и не проскальзывает по блоку. За свободный конец нити тянут с силой F вертикально вверх. Найдите ускорение груза массой m . Трение в оси блока и о воздух пренебречь.

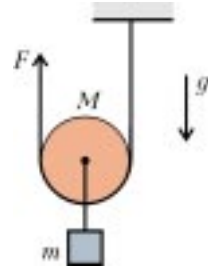


Рис. 10

О.Шведов

11 класс

1. На горизонтальной поверхности лежит однородный стержень. Его медленно поднимают, прикладывая к одному из концов силу, все время направленную перпендикулярно стержню. При каком минимальном коэффициенте трения между стержнем и поверхностью можно таким образом поставить стержень в вертикальное положение без проскальзывания его нижнего конца?

И.Горбатый

2. Над идеальным одноатомным газом совершается равновесный процесс 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7. На рисунке 11 изображен график зависимости количества теплоты Q , сообщенного газу в данном процессе (отсчитывая от его начала), от абсолютной температуры газа T . Все параметры, заданные на осях графика, известны. Найдите, при каких соотношениях между этими параметрами объем газа в результате данного процесса: а) увеличивается; б) уменьшается; в) остается неизменным.

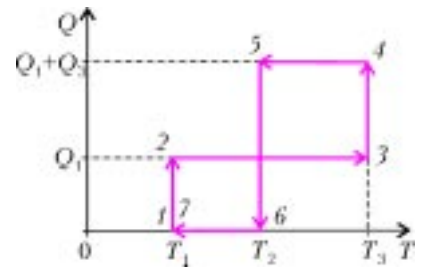


Рис. 11

О.Шведов

3. К штативу, установленному на тележке, на легкой нерастяжимой нити 1 подвешен маленький шарик массой M , к которому на легкой нерастяжимой нити 2 подвешен другой маленький шарик массой m (рис. 12). Под действием внешней силы, изменяющейся со временем по гармоническому закону с частотой ω , тележка совершает малые колебания в горизонтальном направлении. При какой длине нити 2 нить 1 будет все время оставаться строго вертикальной? Влиянием воздуха на движение тел пренебречь.

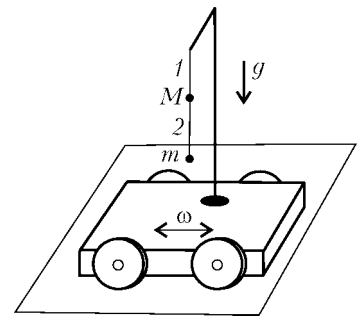


Рис. 12

В.Погожев