15 (10 класс). Дан треугольник ABC. Обозначим через M середину стороны AC, а через P – середину отрезка CM. Описанная окружность треугольника ABP пересекает отрезок BC во внутренней точке Q. Докажите, что $\angle ABM = \angle MQP$.

Е.Бакаев

16 (11 класс). Найдите все значения a, для которых найдутся такие x, y и z, что числа $\cos x$, $\cos y$ и $\cos z$ попарно различны и образуют в указанном порядке арифметическую прогрессию, при этом числа $\cos(x+a)$, $\cos(y+a)$ и $\cos(z+a)$ также образуют в указанном порядке арифметическую прогрессию.

Д.Горяшин

17 (11 класс). На сторонах AD и CD параллелограмма $ABCD$ с центром O отмечены такие точки P и Q соответственно, что $\angle AOP = \angle COQ = \angle ABC$.

а) Докажите, что $\angle ABP = \angle CBQ$.

б) Докажите, что прямые AQ и CP пересекаются на описанной окружности треугольника ABC.

А.Заславский

18 (11 класс). Саша обнаружил, что на калькуляторе осталось ровно n рабочих кнопок с цифрами. Оказалось, что любое натуральное число от 1 до 99999999 можно либо набрать, используя лишь рабочие цифры, либо получить как сумму двух натуральных чисел, каждое из которых можно набрать, используя лишь рабочие цифры. Каково наименьшее n, при котором это возможно?

О.Косухин

19 (11 класс). Существует ли такой квадратный трехчлен $f(x) = ax^2 + bx + c$ с целыми коэффициентами и a, не кратным 2014, что все числа $f(1), f(2), \ldots, f(2014)$ имеют различные остатки при делении на 2014? Ответ обоснуйте.

Фольклор, С.Гашков

20 (11 класс). Найдите все такие a и b, что $|a| + |b| \geq \frac{2}{\sqrt{3}}$, и при всех x выполнено неравенство $|a\sin x + b\sin(2x)| \leq 1$.

С.Гашков, по мотивам С.Бернштейна

21 (11 класс). Докажите, что для любого натурального n найдется натуральное число, десятичная запись квадрата которого начинается n единицами, а заканчивается какой-то комбинацией из n единиц и двоек.

С.Гашков

22 (11 класс). У повара в подчинении десять поварят, некоторые из которых дружат между собой. Каждый рабочий день повар назначает одного или нескольких поварят на дежурство, а каждый из дежурных поварят уносит с работы по одному пирожному каждому своему недежурящему другу. В конце дня повар узнает количество пропавших пирожных. Сможет ли он за 45 рабочих дней понять, кто из поварят дружит между собой, а кто нет?

О.Косухин

23 (11 класс). Поверхность выпуклого многогранника $A_1B_1C_1A_2B_2C_2$ состоит из восьми треугольных граней $A_iB_jC_k$, где i, j, k меняются от 1 до 2. Сфера с центром в точке O касается всех этих граней. Докажите, что точка O и середины трех отрезков A_1A_2, B_1B_2 и C_1C_2 лежат в одной плоскости.

О.Косухин

Публикацию подготовил С.Дориченко

Избранные задачи Московской физической олимпиады

Первый теоретический тур

7 класс

1. По дороге едет колонна из $n = 10$ одинаковых автомобилей, расположенных друг за другом, со скоростью $v = 54$ км/ч. Длина каждого автомобиля $L = 4{,}5$ м, а расстояние между соседними автомобилями (дистанция) $s = 25$ м. Перед красным сигналом светофора первый автомобиль плавно останавливается. Водитель второго автомобиля начинает повторять действия водителя первого спустя время $t = 1{,}6$ с после того, как первый водитель начал торможение. Водитель каждого следующего автомобиля повторяет действие водителя предыдущего спустя такой же интервал времени. Какой станет длина l колонны, когда все автомобили остановятся?

М.Ромашка

2. Бараш пригласил в гости Нюшу. Свидание было назначено на воскресенье в полдень. Надев новое платье, Нюша в одиннадцать часов вышла из своего домика и побежала со скоростью 5 км/ч к Крошу, чтобы выяснить, насколько прекрасен ее наряд. Крош, потрясенный внешним видом Нюши, не смог ее отпустить сразу и пригласил на чай. Просидев за чаем с Крошем полчаса, Нюша вспомнила, что свидание-то у нее на самом деле с Барашем! Тогда она поспешила с той же скоростью, что и раньше, к домику Бараша. Бараш подготовился к свиданию точно к полудню. Прождав Нюшу 15 минут около окна, он начал нервно вышагивать по своей комнате от окна к часам и обратно со средней скоростью 1 м/с. Сколько раз Бараш подходил к окну до тех пор, пока не пришла Нюша?

Для справки. Домик Нюши находится между домиками Кроша и Бараша. Расстояние до домика Кроша от домика Нюши 2 км, что в 2 раза меньше, чем расстояние от домика Бараша до домика Кроша. Расстояние от часов до окна в комнате Бараша 5 м.

Е.Вишнякова

3. Дед Макар, наблюдая за тем, как бочка постоянного сечения наполняется водой во время дождя, занес в таблицу зависимость уровня h воды в бочке от времени t. В тот момент, когда дождь закончился, уровень воды в бочке составил 80 см. Изучая затем таблицу, дед вспомнил, что в момент времени $t_1 = 9$ мин он включил насос, лежащий в бочке, который с постоянной скоростью откачивал воду.

h, см	0	10	40	60	80
t, мин	0	2,25	9	18	27

Помогите ему проанализировать эти данные, а именно, определите:

1) время t после окончания дождя, за которое уровень воды опустится за счет дальнейшей работы насоса с высоты 80 см до высоты 40 см;

2) объем воды V, который находился в бочке в момент времени $t_2 = 4{,}5$ мин, если площадь сечения бочки $S = 5400$ см^2;

3) объем q дождевой воды, которая попадала в бочку за одну минуту.

Ф.Цыбров

4. В зоомагазине довольно продолжительное время продавался стеклянный аквариум. Со временем этикетка, на которой были обозначены внешние размеры аквариума, затерлась, и остался только размер его одной стороны – ширины $a = 100$ см. Опытная продавщица, однако, помнила пропорции этого аквариума: толщина каждой из стенок в 100 раз меньше его ширины; длина в 2 раза больше суммы его ширины и толщины его стенки; а если к ширине аквариума прибавить величину, в 2 раза большую, чем толщина его стенки, то эта величина равна высоте аквариума. Какова масса m такого аквариума в килограммах? Плотность стекла $\rho = 2{,}5$ г/см^3.

Е.Вишнякова

5. Есть гипотеза, согласно которой размеры насекомых ограничены тем, что они потребляют воздух трахеальными трубками, выходящими на поверхность тела (т.е. их воздухозабор пропорционален площади поверхности тела). Расход же кислорода, в свою очередь, пропорционален массе тела. Таким образом, можно прийти к выводу, что при увеличении насекомого в длину, высоту и ширину в одинаковое число раз можно добиться того, что оно начнет «задыхаться» от недостатка кислорода.

Известно, что в карбоновом (каменноугольном) геологическом периоде размах крыльев стрекозы меганевры достигал 65 см. По предположениям ученых, это было возможно потому, что концентрация кислорода в атмосфере тогда составляла 35%, а не 21%, как сейчас (при той же плотности воздуха). Считая, что для времен карбона это был максимально возможный размер, оцените максимально возможный размах крыльев современной стрекозы. Сейчас стрекозы имеют примерно ту же плотность и пропорции тела, что и стрекоза периода карбона, и требуют на единицу массы не меньшее количество кислорода.

Примечание. Ответ будет несколько превышать реальные размеры современных стрекоз из-за наличия других факторов, ограничивающих размер стрекозы (например, конкуренция с птицами).

Е.Шель

8 класс

1. Перед светофором остановилась колонна из $n = 10$ одинаковых автомобилей, расположенных друг за другом. Длина каждого автомобиля $L = 4{,}5$ м, а расстояние между соседними автомобилями $s = 1$ м. После включения зеленого сигнала светофора первый автомобиль плавно разгоняется до скорости $v = 54$ км/ч и продолжает ехать с этой скоростью. Водитель второго автомобиля начинает повторять действия водителя первого спустя время $t = 1{,}6$ с после того, как первый водитель тронулся с места. Водитель каждого следующего автомобиля повторяет действие водителя предыдущего спустя такой же интервал времени. Какой станет длина l колонны, когда все автомобили будут двигаться с постоянной скоростью?

М.Ромашка

2. На лабораторной работе по физике ученице Агнессе выдали шесть одинаковых легких пружинок длиной 5 см каждая и твердый диск радиусом 10 см, вдоль периферии которого располагались 36 отверстий, находящихся на одинаковом расстоянии друг от друга. Используя пружинки, диск можно было подвесить в горизонтальном положении, прикрепив другие концы вертикальных пружинок к горизонтальной платформе, находящейся на некоторой высоте от поверхности стола. Когда Агнесса закрепила диск в горизонтальном положении с помощью некоторого количества пружинок, расположенных одним ярусом, то каждая из использованных ею пружинок растянулась на 1 см. Затем она соединила все имеющиеся у нее пружинки одну за другой, верхний конец системы пружинок прикрепила к платформе, а к нижнему концу подвесила диск за одно из отверстий. В этом случае положение центра диска по вертикали относительно первого случая крепления изменилось на 58 см. На каком количестве пружинок Агнесса уравновесила диск в горизонтальном положении? Считайте, что удлинение всех пружинок пропорционально растягивающим их силам, т.е. для них справедлив закон Гука.

Е.Вишнякова

3. Из тонкой оболочки с поверхностной плотностью $\sigma = 50$ г/м^2 изготовили воздушный шар. При каких значениях радиуса R он сможет подняться в воздух плотностью $\rho_в = 1{,}3$ кг/м^3? Считайте, что шар наполняется гелием, плотность которого $\rho_г = 0{,}18$ кг/м^3. Объем шара радиусом R составляет $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, а площадь его поверхности равна $S = 4\pi R^2$.

Л.Арзамасский

4. Калорийность – это энергия, выделяемая человеком в результате поглощения того или иного продукта. Калория – внесистемная единица работы и энергии, равная количеству теплоты, необходимому для нагревания 1 грамма воды на 1 градус Цельсия при стандартном атмосферном давлении 101325 Па (1 кал = 4,1868 Дж). Количество калорий, необходимых человеку, зависит от выполняемой работы, от физической активности, от пола, возраста и даже от географической широты (холодный или жаркий климат).

Надеемся, что все помнят, как ранним утром Винни-Пух и Пятачок зашли в гости к Кролику. Воспитанный Кролик пригласил друзей к столу. Винни-Пух, обрадовавшись такому предложению, согласился (чтобы не обижать Кролика) и протиснулся по узкому проходу внутрь дома. Когда в какой-то момент запасы меда и малинового варенья Кролика закончились, Винни-Пух решил, что настало то время, когда нужно поблагодарить хозяина и возвращаться домой. Однако… домой Винни-Пух сразу не попал, так как застрял в узком проходе к двери Кролика. Допустим, что при своей начальной массе, равной 20 кг, Винни-Пух съел 3 банки меда по 1,5 кг каждая и 6 банок малинового варенья по 500 г каждая. Калорийность 100 г меда равна 314 ккал, а калорийность 100 г малинового варенья – 271,4 ккал. Энергетические затраты организма во время сна равны энергетическим затратам организма во время спокойного отдыха лежа и составляют 3977,46 Дж/ч на 1 килограмм массы тела; эта же величина при пении равна 7285,032 Дж/ч на килограмм массы тела, а при чтении вслух – 5066,028 Дж/ч на килограмм массы тела. Пусть Винни-Пух 8 часов в сутки спит, а остальное время лежит, половину времени напевая, а другую половину декламируя свои «пыхтелки» – а что еще остается ему делать? Так

сколько же суток придется Винни-Пуху ждать таким необычным образом счастливого момента своего освобождения из норы Кролика?

Е.Вишнякова

9 класс

1. Считается, что минимальное безопасное расстояние между автомобилями (минимальная дистанция) может быть рассчитана по формуле «половина скорости в метрах». Например, при движении со скоростью 60 км/ч минимальная безопасная дистанция будет равна 30 м, а при движении со скоростью 90 км/ч она составит 45 м.

Два одинаковых автомобиля движутся по прямой дороге один за другим с одинаковыми скоростями, причем дистанция между ними в точности минимальная безопасная. Допустим, что первый из автомобилей начал сбрасывать скорость и через некоторое время остановился. Водитель второго автомобиля среагировал на это спустя некоторое время t и точно так же начал сбрасывать скорость до полной остановки. Но если бы второй водитель не среагировал достаточно быстро, то автомобили столкнулись бы. Найдите максимальное время реакции водителя t, при котором формула «половина скорости в метрах» гарантирует, что автомобили не столкнутся.

М.Ромашка

2. С ветки дерева, расположенной на высоте $H = 5$ м, с интервалом $\tau = 0{,}5$ с отрываются капли воды и падают на тротуар. С какой минимальной скоростью v должен идти худой пешеход, чтобы не замочившись проскочить опасное место? Считайте, что рост пешехода $h = 180$ см, диаметр его шляпы $D = 30$ см, ширина шага $L = 60$ см, ботинки в крайних положениях по горизонтали выступают из-под шляпы симметричным образом, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Сопротивлением воздуха пренебречь, ботинки считать точечными!

И.Горбатый, М.Семенов

3. В сосуде с водой плавает куб массой $m = 2048$ г, он прикреплен ко дну пружиной, другой конец которой прицеплен к центру нижней грани куба. Вначале пружина находится в недеформированном состоянии, а ровно половина куба выступает над водой, причем четыре его ребра вертикальны. Прошел дождь, и уровень воды в сосуде вырос на $h = 20{,}48$ см, а вода оказалась как раз на уровне верхней поверхности куба. Определите удлинение Δl пружины и силу упругости $F_{упр}$, с которой пружина воздействует на куб. Считайте, что плотность воды $\rho_в = 1$ г/см^3, а ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.

А.Белов

4. Проточный нагреватель воды состоит из трубы длиной $L = 8$ м, поперечное сечение которой представляет собой прямоугольник размером $a \times d$. Стенки размером $L \times a$ сделаны из металла, а размером $L \times d$ – из диэлектрика. Нагрев воды осуществляется электрическим током, для чего к металлическим стенкам прикладывается постоянное напряжение U. Определите, каким должно быть это напряжение для того, чтобы устройство обеспечивало нагрев 600 литров воды в час от 10 °С до 35 °С, если $a = 40$ см, $d = 2$ см. Используемая в нагревателе вода имеет следующие характеристики: плотность $\rho = 10^3$ кг/м^3, удельная теплоемкость $c = 4{,}2 \cdot 10^3$ Дж/(кг · °С), удельное сопротивление $\lambda = 10$ Ом · м. Теплоемкостью трубы и потерями тепла пренебречь.

Л.Арзамасский

10 класс

1. По горизонтальной плоскости скользит квадратная пластинка $ABCD$. В некоторый момент времени вершина A пластинки движется со скоростью $\vec{v}_A$, равной по модулю 5 м/с, а соседняя вершина B – со скоростью $\vec{v}_B$, равной по модулю 1 м/с. При этом скорость $\vec{v}_O$ точки O – центра пластинки – направлена перпендикулярно прямой BD, являющейся диагональю квадрата. Найдите проекцию скорости $\vec{v}_O$ на направление AC в данный момент времени.

М.Семенов

2. Магнит массой m притягивается снизу к плоской металлической плите (рис.1), образующей угол α с вертикалью, с постоянной силой $F = kmg$, где k – известный коэффициент ($k > 1$). Коэффициент трения между магнитом и плитой равен μ. Найдите модуль ускорения магнита.

М.Ромашка

3. Участок AB электрической цепи (рис.2) состоит из одинаковых резисторов с одинаковыми сопротивлениями R. Найдите общее сопротивление участка AB.

Рис. 1

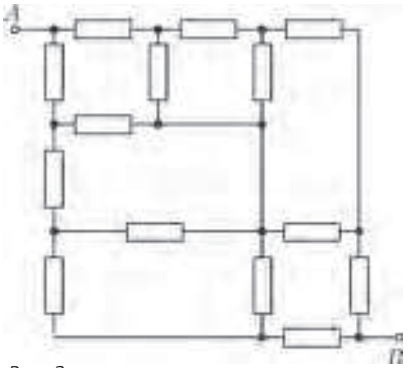

Рис. 2

М.Ромашка

11 класс

1. На рисунке 3 изображены два вертикальных сообщающихся цилиндрических сосуда. Верх левого сосуда герметично запаян, и этот сосуд частично заполнен гелием. Правый сосуд до краев наполнен ртутью так, что часть ртути находится в левом сосуде и гелий заперт ею. Система помещена в вакуум. Гелию начинают медленно сообщать тепло и продолжают нагревание до тех пор, пока ртуть остается в левом сосуде. Определите удельную теплоемкость гелия в этом процессе.

Рис. 3

А.Крыловецкий

2. Участок AB электрической цепи (рис.4) состоит из одинаковых конденсаторов емкостью C каждый. Найдите общую емкость участка AB.

М.Ромашка

3. Как показали эксперименты Ж.-Б.Био и Ф.Савара 1820 года, магнитное поле длинного прямого провода с током убывает обратно пропорционально расстоянию от этого провода. Четыре очень длинных прямых провода с протекающими по ним равными по модулю по-

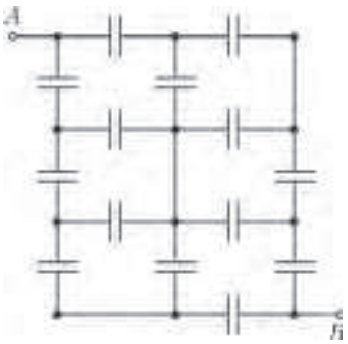

Рис. 4

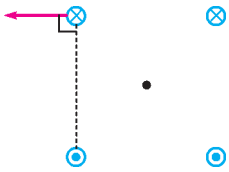

Рис. 5

стоянными токами расположены параллельно друг другу так, как показано на рисунке 5 (сечения проводов плоскостью рисунка находятся в вершинах квадрата). Известно, что модуль вектора индукции магнитного поля, создаваемого одним проводом в соседней с ним вершине этого квадрата, равен B, а поле самого провода на его оси равно нулю. Найдите модуль суммарного вектора магнитной индукции в каждой вершине указанного квадрата. Найдите также модуль вектора индукции магнитного поля в центре этого квадрата.

Е.Шель

Второй теоретический тур

8 класс

1. Карусель представляет собой пять круговых дорожек (рис.6). Внешняя дорожка (*1*) всегда неподвижна; следующая (*2*) может двигаться со скоростью v = 4,5 км/ч. Скорость движения полотна у дорожки *3* в 2 раза больше, чем у второй. Скорость движения дорожки *4* равна разности скоростей движения дорожек *5* и *2*. Скорость движения пятой дорожки, радиус которой R = = 20 м, в 2 раза больше, чем у третьей. Ширина каждой дорожки r = 1 м. Вначале все дорожки неподвижны.

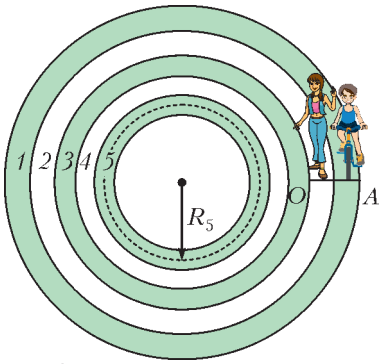

Рис. 6

С линии AO в одном направлении стартуют двое одноклассников – отличник Вася по неподвижной дорожке *1* на велосипеде и красавица Маша по соседней дорожке *2* – бегом. В момент их старта дорожки начинают двигаться, также вращаясь в одном направлении – каждая со своей скоростью. Маша начинает двигаться в направлении движения дорожек с постоянной скоростью v_1 = 1,25 м/с относительно полотна своей дорожки. Через некоторое время она перепрыгивает на соседнюю дорожку, причем скорость ее движения относительно полотна новой дорожки остается прежней. Так, последовательно перепрыгивая с дорожки на дорожку и находясь на каждой из них столько времени, сколько требуется, чтобы преодолеть одинаковые угловые расстояния, она добирается сначала до внутренней дорожки *5*, а потом возвращается на дорожку *2*. С какой постоянной скоростью двигался Вася на велосипеде, если известно, что к линии старта/финиша они добрались одновременно, сделав один оборот вокруг центра карусели? Считайте, что одноклассники все время перемещались точно по средним линиям дорожек.

Е.Вишнякова

2. В известном опыте «Бездонный бокал» в стеклянный бокал, доверху наполненный водой, аккуратно опускают одну за другой булавки. При этом вода приподнимается над краями стакана, но не выливается из него (за счет явления смачивания). Возьмем доверху наполненный водой цилиндрический стакан и взвесим его. Затем начнем аккуратно опускать в него булавки (длина булавки 2,5 см, толщина 0,4 мм) одну за другой до тех пор, пока вода не потечет по внешним стенка стакана. Так же аккуратно протрем стенки и края стакана от оставшихся капель воды и взвесим этот стакан с булавками и водой. Сколько булавок находится в стакане, если в результате взвешиваний было обнаружено, что изменение массы стакана (который сначала был с водой, но без булавок) составило 19,21 г? Плотность воды 1 г/см^3, плотность металла, из которого изготовлены булавки, 7800 кг/м^3.

Е.Вишнякова

9 класс

1. Геодезическая ракета стартует по вертикали и движется с ускорением $a = 50$ м/с^2. Через некоторое время происходит отсечка (прекращение работы) двигателя. Звук на земле в точке старта перестал быть слышен спустя время τ = 1 мин 55,5 с после старта. Какую скорость v приобрел установленный на ракете исследовательский зонд к моменту отключения двигателя? На какую максимальную высоту H он поднимется? Скорость звука принять равной $v_{зв}$ = 330 м/с, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Сопротивлением воздуха и изменением величины g с высотой пренебречь.

В.Крыштоп, М.Семенов

2. Успешный бизнесмен Иван Михайлович решил порадовать свое подрастающее чадо поездкой на Новый Год в теплые страны, куда полет на самолете занимал долгие 8 часов. Пока самолет набирал высоту, папа рассказывал сыну, что: расход топлива их самолета при взлете равен 14040 кг/ч и эта величина больше, чем при полете на неизменной высоте с постоянной скоростью; КПД двигателей на взлете составляет примерно 12%; самолет оснащен четырьмя двигателями с силой тяги по 127,4 кН каждый; масса полностью загруженного и заправленного самолета равна 208 т; удельная теплота сгорания авиационного топлива равна 43 МДж/кг. Повествование прервалось сообщением пилота о том, что самолет движется на высоте 8230 м со скоростью 936 км/ч. Уставший Иван Михайлович заключил: «А теперь, сынок, чтобы не расслабляться от учебы раньше времени и не скучать, выбери необходимые данные из тех, которые я тебе сообщил, и посчитай, сколько секунд продолжался набор высоты самолета». Помогите сыну Ивана Михайловича справиться с заданием папы. Уменьшением массы самолета за время взлета можно пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с^2.

Е.Вишнякова

3. У джентльмена дома стоит большой медный кувшин массой M_0 = 500 кг и внутренним объемом $V = 1$ м^3. Джентльмен снял с края крыши сосульки, уже начавшие таять, положил их в кувшин, подождал, пока кувшин охладится до 0 °С, и наполнил его до краев кипятком с температурой 100 °С. Через некоторое время уровень воды в кувшине опустился, и джентльмен влил в него еще 40 л кипятка, снова наполнив кувшин до краев. После этого уровень воды в кувшине уже не менялся. Определите установившуюся в кувшине температуру. Температура в комнате 20 °С. Теплообменом кувшина с окружающей средой можно пренебречь. Плотность воды $\rho_в = 1000$ кг/м^3, плотность льда $\rho_л = 900$ кг/м^3, удельные теплоемкости воды и меди составляют $c_в = 4200$ Дж/(кг·°С) и $c_м = 385$ Дж/(кг·°С) соответственно, удельная теплота плавления льда λ = 335 кДж/кг.

А.Ноян

10 класс

1. В спортивном зале высотой h бросают маленький мяч с начальной скоростью v_0. Определите, какое максимальное расстояние по горизонтали может пролететь мяч после бросания до первого удара о пол, если соударение с потолком абсолютно упругое. Считайте, что мяч бросают с уровня пола. Пол и потолок горизонтальны, сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Ф.Цыбров

2. На рисунке 7 показан график зависимости модуля силы F растяжения пружины от ее удлинения x (при больших

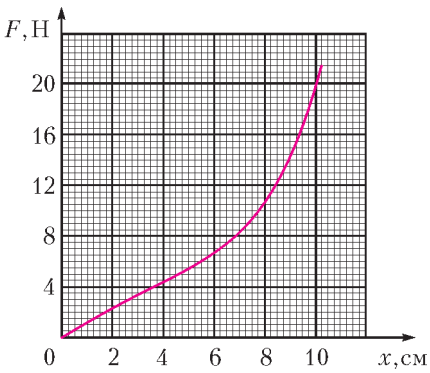

Рис. 7

деформациях пружина не подчиняется закону Гука). Пружину прикрепляют одним концом к потолку. К другому концу пружины, не деформируя ее, аккуратно подвешивают груз массой m = 650 г, после чего отпускают груз без начальной скорости. Оцените, на какую максимальную длину растянется пружина. Трением и массой пружины пренебречь, ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с^2.

А.Якута

3. В комнате с температурой воздуха $t_к = 25$ °С находится батарея аккумуляторов с суммарной ЭДС U = 200 В и суммарным внутренним сопротивлением r = 20 Ом. Выводы батареи подсоединены к электрической розетке. Изначально в эту розетку был включен кипятильник номер *1* с сопротивлением R = 200 Ом, опущенный в стакан с холодной водой, которую он смог прогреть только до температуры $t_1 = 50$ °С. Потом кипятильник вынули из розетки и вставили в нее разветвитель питания (так называемый «тройник»). К первым двум его выходам подключили кипятильники номер *1* и номер *2* (такой же, как кипятильник *1*), а к третьему – кипятильник номер *3* той же формы и изготовленный из тех же материалов, но все размеры которого в n = 2 раза меньше, чем у кипятильника номер *1*. Эти кипятильники положили в стаканы с холодной водой: кипятильники *1* и *3* – в такие же, что и изначально, а кипятильник *2* – в стакан, все размеры которого в n раз меньше, чем у исходного стакана. До каких температур t_2 и t_3 соответственно нагреется за длительное время вода в стаканах, в которые помещены кипятильники *2* и *3*? Мощность тепловых потерь через единицу площади поверхности считайте пропорциональной разности температур.

Ю.Скаков

11 класс

1. Лодку массой m отправили на другой берег речки, сообщив ей начальную скорость v_0 в направлении, перпендикулярном береговой линии. Ширина речки H, скорость ее течения $v_т$, а время движения лодки от берега до берега t.

1) На какое расстояние l (вдоль берега) снесло лодку течением при переправе?

2) Чему был равен модуль скорости лодки относительно воды в конце переправы, если сила сопротивления движению, действующая на лодку со стороны воды, пропорциональна скорости лодки относительно воды: $\vec{F} = -k\vec{v}_{отн}$, где k – известный постоянный коэффициент? Считайте, что скорость течения одинакова во всех точках речки.

В.Котов

2. В гладком цилиндре под подвижным поршнем находятся в равновесии ν молей жидкости и ν молей ее пара (состояние *1* на pV-диаграмме на рисунке 8). Систему «жидкость-пар» сначала медленно нагрели в изобарическом процессе *1–2*, при этом ее абсолютная температура возросла в 2 раза. Затем систему медленно охладили в адиабатическом процессе *2–3* до температуры T_3. Какое количество теплоты получила система в процессе *1–2*, если работы, совершенные этой системой в процессах *1–2* и *2–3*, были одинаковы? Молярная теплота парообразования в процессе *1–2* равна r. В процессе *2–3* конденсации не происходит. Считайте пар идеальным газом с молярной теплоемкостью в изохорном процессе $C_V = 3R$. Объем жидкости в состоянии *1* пренебрежимо мал по сравнению с объемом пара.

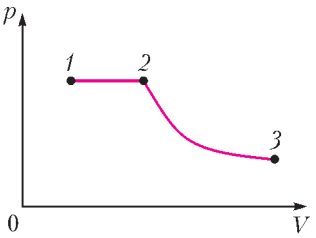

Рис. 8

В.Котов

3. В схеме, изображенной на рисунке 9, все резисторы одинаковые и имеют сопротивление R. Найдите сопротивление между точками A и B этой схемы.

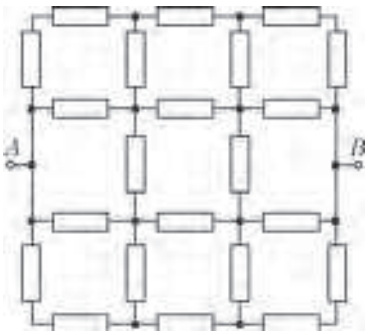

Рис. 9

М.Семенов

4. Небольшой шарик, заряженный зарядом q, покоится на гладком горизонтальном непроводящем столе. К шарику присоединена горизонтальная пружина жесткостью k, второй конец которой закреплен. Вдоль оси пружины к шарику с большого расстояния очень медленно приближают такой же, но противоположно заряженный шарик. Найдите деформацию пружины в момент столкновения шариков.

И.Горбатый

5. В цепи, схема которой изображена на рисунке 10, катушка имеет индуктивность L, емкость конденсатора равна C, сопротивление источника, активное сопротивление катушки и сопротивления проводов пренебрежимо малы. Вольт-амперная характеристика диода D изображена на графике зависимости текущего через диод тока I_D от разности потенциалов $U_D = \varphi_b - \varphi_a$. В начальный момент ключ

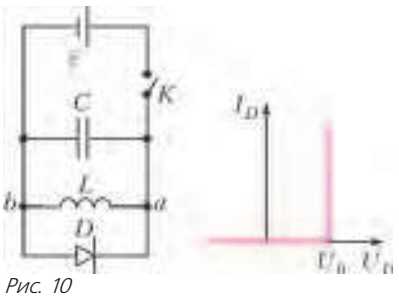

Рис. 10

K разомкнут, а конденсатор не заряжен. Ключ замыкают на время $t_0 < \sqrt{LC}$, а затем снова размыкают. Определите отношение ЭДС источника $\mathcal{E}$ к напряжению U_0, при котором открывается диод, если заряд, прошедший через диод после размыкания ключа, в n раз больше заряда, прошедшего через катушку за время t_0, пока ключ был замкнут.

В.Котов

Публикацию подготовили
М.Семенов, О.Шведов, А.Якута

XXI Международная олимпиада школьников «Туймаада». Физика

В июле этого года в Якутске прошла XXI Международная олимпиада «Туймаада» по физике, математике, информатике и химии. Участники олимпиады по физике соревновались, как обычно, в двух лигах: старшей и младшей (жюри распределяет участников по лигам в зависимости от их возраста и класса). Олимпиада в каждой лиге состояла из двух туров: теоретического и экспериментального. Согласно программе олимпиады по физике, участникам могут быть предложены задачи на любые темы, содержащиеся в углубленной школьной программе (в младшей лиге – за исключением тем, относящихся к двум последним классам).

Российские и зарубежные школьники, желающие испытать свои силы на задачах такого уровня в следующем году, и их преподаватели могут согласовать организационные вопросы, связанные с участием в олимпиаде, с жюри по физике (fiztuy@mail.ru). Авторы оригинальных задач (как теоретических, так и экспериментальных) могут прислать их методической комиссии олимпиады (achudn@mail.ru) – лучшие задачи войдут в итоговый комплект и после олимпиады будут опубликованы в образовательных журналах.

Статья подготовлена на основании следующего методического пособия: *А.В.Чудновский*, *С.Д.Варламов*, *В.В.Ефимов*, *А.С.Кобякин*, *А.П.Крюков*, *В.М.Муравьев*, *В.И.Плис*, *Д.В.Подлесный*, *М.Ю.Ромашка*, *О.Ю.Шведов*. XXI Международная олимпиада «Туймаада». Физика. Теоретический тур. Методическое пособие/под редакцией А.В.Чудновского. – М.-Якутск, 2014. Авторы этой книги являются авторами комплекта теоретических задач по физике «Туймаады-2014».

(В журналах «Квант» №2 и №4 за прошлый год были опубликованы статьи об олимпиаде «Туймаада» по физике за 2012 и 2013 годы, но в них отсутствовала информация об авторах соответствующих комплектов. Авторы комплекта теоретических задач «Туймаады-2012» – А.В.Чудновский, С.Д.Варламов, А.В.Гуденко, В.М.Муравьев. Авторы задач «Туймаады-2013»: теоретических – А.В.Чудновский, С.Д.Варламов, А.В.Гуденко, С.И.Кошоридзе, В.М.Муравьев, М.Ю.Ромашка, Ю.В.Чешев, О.Ю.Шведов; экспериментальных – А.В.Гуденко, С.Д.Варламов, М.Ю.Ромашка.)

Ниже представлены избранные задачи теоретического тура и список дипломантов олимпиады по физике «Туймаада-2014».

ИЗБРАННЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

Задача 1. Невесомая бусинка

В вершинах прямоугольника $ABCD$, стороны AB и CD которого вертикальны, закреплены четыре маленьких невесомых блока (рис.1). Через них перекинуты две гладкие невесомые нерастяжимые нити, одна из которых связывает грузы массами m_1 и m_2, а другая – массами m_3 и m_4. Обе нити продеты сквозь одно отверстие в маленькой невесомой бусинке K. Изначально нити натянуты, бусинка и грузы неподвижны, а выходящие из бусинки участки нитей образуют с горизонтом углы α, β, γ и φ. Найдите проекции ускорения a_x и a_y бусинки в момент одновременного отпускания бусинки и грузов, если оси x и y сонаправлены с векторами $\overrightarrow{BC}$ и $\overrightarrow{BA}$ соответственно. Рассмотрите два случая: $\alpha = \beta$ и $\alpha \neq \beta$. В ответе можно оставить все четыре угла, но отдельно выразите угол φ через остальные углы. Ускорение свободного падения g известно.

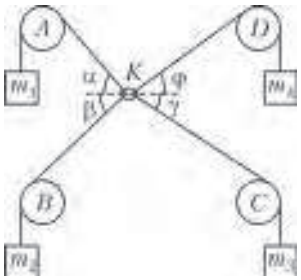

Рис. 1

Задача 2. Вращение в полусфере

По гладкой внутренней поверхности закрепленной сферы радиусом R движется маленькая шайба. В начальный момент времени шайба находится в горизонтальной плоскости, содержащей центр сферы, и имеет горизонтальную скорость ωR. Найдите максимальное смещение L шайбы по вертикали и минимальное время τ, через которое произойдет это смещение, при условии, что $\omega^2 R \gg g$, где g – ускорение свободного падения. Чему равен модуль s вектора перемещения шайбы к моменту времени τ?

Задача 3. Полупроницаемая перегородка

Высокий сосуд с двумя тонкими легкими поршнями разделен на две части перегородкой, пропускающей гелий, азот и кислород, но не пропускающей радон (рис.2). В сосуде находятся гелий и радон в количествах ν_1 и ν_2 соответственно, причем слева от перегородки находится только гелий, а справа – смесь гелия и радона. На правый поршень площадью S поставлен груз массой m. Температура T и давление p_0 окружающего воздуха поддерживаются постоянными. Найдите объемы V_1 и V_2 левой и правой частей сосуда под поршнями соответ-

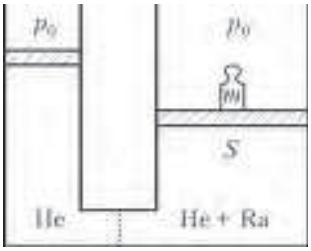

Рис. 2