Региональный этап XXXVI Всероссийской олимпиады школьников по математике

В 2009/10 учебном году региональный этап Всероссийской олимпиады школьников проводился одновременно во всех регионах России по единым заданиям и носил отборочный характер для участия в заключительном этапе Всероссийской олимпиады. В вариант вошли задачи разной тематики (алгебра, теория чисел, геометрия, комбинаторика) и различной трудности. Особенно сложными для участников оказались задачи 4 в 9 классе, задачи 3 и 7 в 10 классе и задача 8 в 11 классе.

ЗАДАЧИ

9 класс

Первый день

1. Даны квадратные трехчлены $f_1(x) = x^2 + 2a_1x + b_1$, $f_2(x) = x^2 + 2a_2x + b_2$, $f_3(x) = x^2 + 2a_3x + b_3$. Известно, что $a_1a_2a_3 = b_1b_2b_3 > 1$. Докажите, что хотя бы один из этих трехчленов имеет два корня.

Н.Агаханов

2. Семь лыжников с номерами 1, 2, ..., 7 ушли со старта по очереди и прошли дистанцию – каждый со своей постоянной скоростью. Оказалось, что каждый лыжник ровно дважды участвовал в обгонах. (В каждом обгоне участвуют ровно два лыжника – тот, кто обгоняет, и тот, кого обгоняют.) По окончании забега должен быть составлен протокол, состоящий из номеров лыжников в порядке финиширования. Докажите, что в забеге с описанными свойствами может получиться не более двух различных протоколов.

С.Волчёнков

3. См. задачу М2171 «Задачника «Кванта».

4. В треугольнике ABC угол A равен $60°$. Пусть BB_1 и CC_1 – биссектрисы этого треугольника. Докажите, что точка, симметричная вершине A относительно прямой B_1C_1, лежит на стороне BC.

Д.Прокопенко

Второй день

5. Незнайка выписал по кругу 11 натуральных чисел. Для каждых двух соседних чисел он посчитал их разность. В результате среди найденных разностей оказалось четыре единицы, четыре двойки и три тройки. Докажите, что Незнайка где-то допустил ошибку.

Р.Женодаров

6. Пусть точки A, B, C лежат на окружности, а прямая b касается этой окружности в точке B. Из точки P, лежащей на прямой b, опущены перпендикуляры PA_1 и PC_1 на прямые AB и BC соответственно (точки A_1 и C_1 лежат на отрезках AB и BC). Докажите, что $A_1C_1 \perp AC$.

Л.Емельянов

7. В компании из семи человек любые шесть могут сесть за круглый стол так, что каждые два соседа окажутся знакомыми. Докажите, что и всю компанию можно усадить за круглый стол так, что каждые два соседа окажутся знакомыми.

С.Волчёнков

8. Для каждого натурального n обозначим через S_n сумму первых n простых чисел: $S_1 = 2$, $S_2 = 2 + 3 = 5$, $S_3 = 2 + 3 + 5 = 10$, ... Могут ли два подряд идущих члена последовательности (S_n) оказаться квадратами натуральных чисел?

В.Шарич

10 класс

Первый день

1. Девять лыжников ушли со старта по очереди и прошли дистанцию – каждый со своей постоянной скоростью. Могло ли оказаться, что каждый лыжник участвовал ровно в четырех обгонах? (В каждом обгоне участвуют ровно два лыжника – тот, кто обгоняет, и тот, кого обгоняют.)

И.Богданов, С.Волчёнков

2. См. задачу М2171 «Задачника «Кванта».

3. См. задачу М2172 «Задачника «Кванта».

4. Натуральное число b назовем *удачным*, если для любого натурального a такого, что a^5 делится на b^2, число a^2 делится на b. Найдите количество удачных натуральных чисел, меньших 2010.

П.Кожевников

Второй день

5. Ненулевые числа a, b, c таковы, что $ax^2 + bx + c > cx$ при любом x. Докажите, что $cx^2 - bx + a > cx - b$ при любом x.

М.Мурашкин

6. Прямые, касающиеся окружности ω в точках B и D, пересекаются в точке P. Прямая, проходящая через P, высекает на окружности хорду AC. Через произвольную точку отрезка AC проведена прямая, параллельная BD. Докажите, что она делит длины ломаных ABC и ADC в одинаковых отношениях.

Л.Емельянов

7. Существуют ли три попарно различных ненулевых целых числа, сумма которых равна нулю, а сумма тринадцатых степеней которых является квадратом некоторого натурального числа?

В.Сендеров

8. Назовем *лестницей высоты* n фигуру, состоящую из всех клеток квадрата $n \times n$, лежащих не выше диагонали. Сколькими различными способами можно разбить лестницу высоты n на несколько прямоугольников, стороны которых идут по линиям сетки, а площади попарно различны?

Д.Храмцов

11 класс

Первый день

1. Каждый катет прямоугольного треугольника увеличили на единицу. Могла ли его гипотенуза увеличиться более чем на $\sqrt{2}$?

С.Волчёнков

2. В ряду из 2009 гирек масса каждой гирьки составляет целое число граммов и не превышает 1 кг. Массы любых двух соседних гирек отличаются ровно на 1 г, а общая масса всех гирь в граммах является четным числом. Докажите, что гирьки можно разделить на две кучки, суммы масс в которых равны.

Д.Храмцов

3. Четырехугольник $ABCD$ вписан в окружность с диаметром AC. Точки K и M – проекции на прямую BD вершин A и C соответственно. Через точку K проведена прямая, параллельная BC и пересекающая AC в точке P. Докажите, что угол KPM прямой.

Т.Емельянова

4. Назовем тройку натуральных чисел $(a,\ b,\ c)$ *квадратной*, если они образуют возрастающую арифметическую прогрессию (именно в таком порядке), число b взаимно просто с каждым из чисел a и c, а число abc является точным квадратом. Докажите, что для любой квадратной тройки найдется другая квадратная тройка, имеющая с ней хотя бы одно общее число.

В.Сендеров

Второй день

5. Углы треугольника α, β, γ удовлетворяют неравенствам $\sin\alpha > \cos\beta$, $\sin\beta > \cos\gamma$, $\sin\gamma > \cos\alpha$. Докажите, что треугольник остроугольный.

И.Богданов

6. В основании четырехугольной пирамиды $SABCD$ лежит параллелограмм $ABCD$. Докажите, что для любой точки O внутри пирамиды сумма объемов тетраэдров $OSAB$ и $OSCD$ равна сумме объемов тетраэдров $OSBC$ и $OSDA$.

Д.Терёшин

7. Целые числа a, b, c таковы, что значения квадратных трехчленов $bx^2 + cx + a$ и $cx^2 + ax + b$ при $x = 1234$ совпадают. Может ли первый трехчлен при $x = 1$ принимать значение 2009?

П.Козлов

8. В клетки квадрата 100×100 расставили числа 1, 2, … …, 10000, каждое – по одному разу; при этом числа, различающиеся на 1, записаны в соседних по стороне клетках. После этого посчитали расстояния между центрами каждых двух клеток, числа в которых различаются ровно на 5000. Пусть S – минимальное из этих расстояний. Какое наибольшее значение может принимать S?

И.Богданов

Публикацию подготовили Н.Агаханов, И.Богданов, П.Кожевников, О.Подлипский, Д.Терёшин

Региональный этап XLIV Всероссийской олимпиады школьников по физике

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

7 класс

Задача 1. Турист. Турист перешел через симметричный перевал (рис.1) и пошел далее по равнине. Его средняя скорость на пути через перевал оказалась равной $v_{ср} = 2{,}1$ км/ч. Какое расстояние L турист прошел по равнине, если для этого ему потребовалось 2 часа? Известно, что при подъеме на перевал его скорость v_1 составляла 0,6 от скорости v_0 движения по равнине, а при спуске с перевала скорость v_2 была больше скорости подъема в $7/3$ раза.

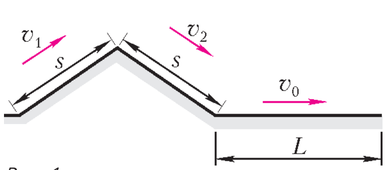


Рис. 1

Д.Подлесный

Задача 2. Эксперимент с цилиндром. На рисунке 2 приведена фотография мерного сосуда с вертикальными стенками до погружения в него цилиндрического груза.

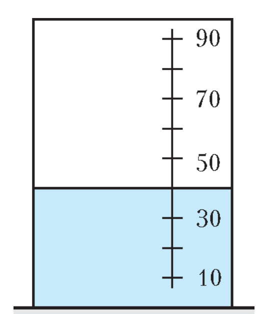


Рис. 2

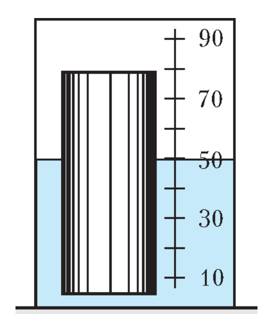


Рис. 3

Видно, что объем воды в сосуде равен 40 мл. Фотография сосуда после погружения цилиндра приведена на рисунке 3. Чему равен объем V груза?

В.Орлов

Задача 3. Гонки на моторных лодках. Две моторные лодки стартовали от причала Дивноморска в сторону Геленджика. Скорость первого катера была $v_1 = 9$ узлов, а скорость второго $v_2 = 11$ узлов. В середине пути – в точке A

– первый катер увеличил скорость до 11 узлов. Второй катер в некоторой точке B уменьшил скорость до 9 узлов, причем на финише выяснилось, что до точки B он плыл ровно половину всего времени. Какая из точек ближе к Дивноморску: A или B? Чему равно расстояние ΔL от точи A до точки B? Известно, что расстояние от места старта до финиша $L = 3{,}6$ мили.

Примечание. Один узел – это скорость, при которой судно проходит 1 милю за 1 час.

Фольклор

Задача 4. Под микроскопом. На рисунке 4 приведено изображение кончика иглы, наблюдаемое в микроскоп. Расстояние между делениями 0 и 1 соответствует одному миллиметру. Чему равен внешний диаметр иглы d? Найдите также толщину стенок иглы h.

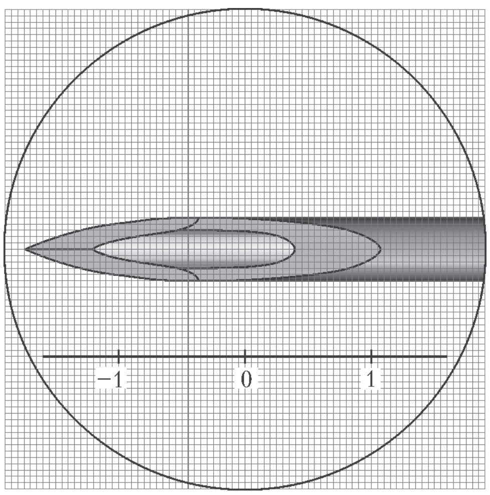


Рис. 4

И.Ерофеев

8 класс

Задача 1. Встреча. Мальчик стоит на эскалаторе, поднимающемся вверх со скоростью v. Ровно на половине пути он поравнялся со своей учительницей, стоящей на соседнем эскалаторе, движущемся вниз с той же скоростью. Как мальчику быстрее добраться до учительницы, если он может двигаться относительно эскалатора с постоянной скоростью $u > 2v$: сначала побежать вверх, сменить эскалатор и побежать вниз или побежать сначала вниз, сменить эскалатор и побежать навстречу вверх?

В.Слободянин

Задача 2. Последовательный контакт. В трех одинаковых теплоизолированных сосудах находятся одинаковые количества масла при комнатной температуре. Нагретый металлический цилиндр опустили в первый сосуд. После того, как между цилиндром и маслом установилось тепловое равновесие, цилиндр перенесли во второй сосуд. После того, как и там установилось равновесие, цилиндр перенесли в третий сосуд. На сколько градусов повысилась температура масла в третьем сосуде, если во втором она возросла на $5\ °C$, а в первом – на $20\ °C$?

Фольклор

Задача 3. Груз на линейке. Если груз массой $m = 10$ г поставить на расстоянии x от края линейки, то она примет горизонтальное положение равновесия при размещении под ней упора на расстоянии y от того же края линейки (рис.5). Зависимость $y(x)$ при различных размещениях груза представлена в таблице:

Рис. 5

x, мм	10	30	50	70	90	100	120
y, мм	120	129	137	146	155	160	160

Построив график зависимости $y(x)$, определите массу линейки и ее длину.

С.Кармазин

Задача 4. Вот он какой, силикатный кирпич! Силикатный кирпич имеет следующие размеры сторон: $a = 5$ см, $b = 10$ см и $c = 20$ см. Два таких кирпича поставили буквой Т сначала на основание $a \times c$ на стол, а потом на основание $a \times b$ на дно аквариума, заполненного водой (рис.6). В результате оказалось, что давление кирпичей на обе поверхности одно и то же. Найдите массу m такого кирпича. Поскольку кирпич шершавый, вода под него подтекает. Плотность воды $\rho_0 = 1000\ кг/м^3$.

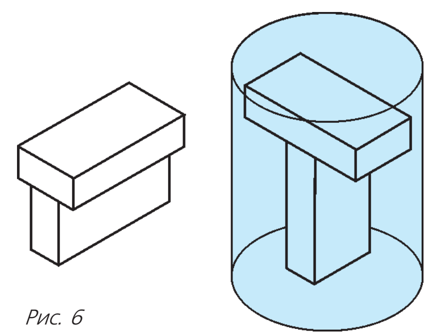


Рис. 6

Фольклор

9 класс

Задача 1. Плот и катер. От пристани «Дубки» экспериментатор Глюк отправился в путешествие по реке на плоту. Ровно через час он причалил к пристани «Грибки», где обнаружил, что забыл свой рюкзак на пристани «Дубки». К счастью, Глюк увидел на берегу своего друга – теоретика Бага, у которого была моторная лодка. На ней друзья поплыли обратно, забрали рюкзак и вернулись в «Грибки». Сколько времени моторная лодка плыла против течения, если все плавание заняло 32 минуты? Мотор лодки в течение всего плавания работал на полную мощность, а время, которое потребовалось на подбор рюкзака, пренебрежимо мало.

В.Слободянин

Задача 2. Линейная теплоемкость. Теплоемкость некоторых материалов может зависеть от температуры. Рассмотрим брусок массой $m_1 = 1$ кг, изготовленный из материала, удельная теплоемкость которого зависит от температуры t по закону $c = c_1(1 + \alpha t)$, где $c_1 = 1{,}4 \cdot 10^3\ Дж/(кг \cdot °C)$, $\alpha = 0{,}014\ °C^{-1}$. Такой брусок, нагретый до температуры $t_1 = 100\ °C$, опускают в калориметр, в котором находится некоторая масса m_2 воды при температуре $t_2 = 20\ °C$. После установления теплового равновесия температура в калориметре оказалась равной $t_0 = 60\ °C$. Пренебрегая теплоемкостью калориметра и тепловыми потерями, определите массу m_2 воды в калориметре. Известно, что удельная теплоемкость воды $c_2 = 4{,}2 \cdot 10^3\ Дж/(кг \cdot °C)$.

С.Козел

Задача 3. Цепь с двумя амперметрами. В электрической цепи (рис.7) сила тока, проходящего через резистор сопротивлением R_3, равна 1 мА. Сопротивления резисторов

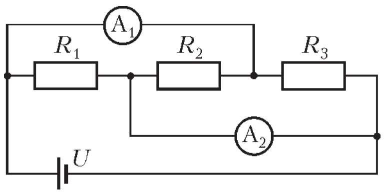


Рис. 7

таковы: $R_1 = 1$ кОм, $R_3 = 3$ кОм. Перерисуйте рисунок в свою тетрадь и укажите на нем направления токов, идущих через резисторы. Чему равно напряжение U батарейки? На сколько миллиампер отличаются показания амперметров A_1 и A_2? Амперметры считайте идеальными.

А.Русаков

Задача 4. На киностудии. При съемке художественного фильма потребовалось заснять эпизод с падением вагонов поезда с моста в реку. Для этого был построен макет железной дороги, моста и вагонов в масштабе 1 : 50. С какой частотой кадров N_1 необходимо снимать этот эпизод, чтобы при просмотре со стандартной частотой $N_0 = 24$ кадра/с ситуация выглядела правдоподобно?

М.Гаврилов

Задача 5. Два зеркала. Перед системой зеркал M_1 и M_2 расположена буква Ь так, как показано на рисунке 8. Постройте на том же рисунке все изображения, даваемые этой системой. Докажите, что других изображений быть не может. Длина каждого из зеркал равна расстоянию между ними.

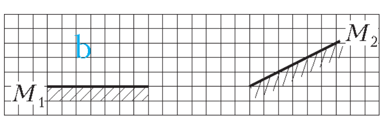


Рис. 8

В.Белонучкин

10 класс

Задача 1. Абсолютно упругий удар. Доска массой M и длиной L скользит с некоторой скоростью v_0 по гладкой горизонтальной поверхности (рис.9). На левом краю доски лежит кубик массой m. Коэффициент трения скольжения между кубиком и доской μ. Доска испытывает абсолютно упругий удар о вертикальную стенку. При какой максимальной скорости доски $v_0 = v_{max}$ кубик с нее не упадет? Размерами кубика по сравнению с L пренебречь. В процессе всего движения кубик не опрокидывается.

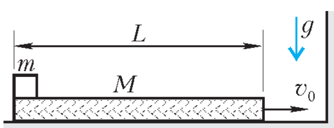


Рис. 9

Фольклор

Задача 2. Электростатическое взаимодействие. Определите модуль F силы электростатического отталкивания двух маленьких заряженных шариков одной и той же массы m (рис.10). Один из них висит на нити длиной L, другой – на нити длиной $2L$, угол между нитями $60°$.

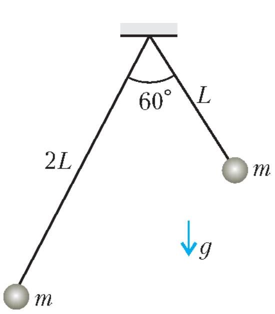


Рис. 10

Фольклор

Задача 3. Процесс с идеальным газом. Идеальный газ в количестве ν молей участвует в процессе AB, изображенном на рисунке 11 в координатах ρ и T, где ρ – плотность газа, а T – его температура. При каких условиях (при какой температуре) давление газа в этом процессе на 25% меньше максимального? Температура T_0 известна.

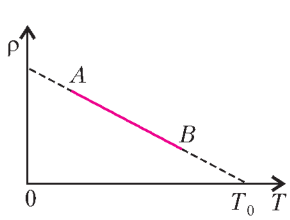


Рис. 11

В.Слободянин

Задача 4. Сферический резистор. Из трех проволок, каждая из которых имеет сопротивление $R = 96$ Ом, сделали три кольца и соединили их так, что длина участка между любыми двумя ближайшими узлами одна и та же (рис.12). Чему равно сопротивление R_{AB} конструкции между узлами A и B?

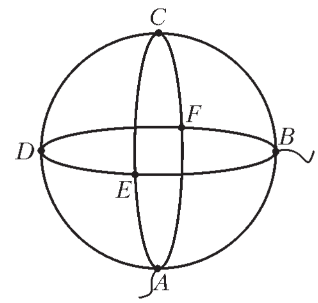


Рис. 12

Фольклор

Задача 5. Полость в стене. В толстой бетонной стене была обнаружена внутренняя полость. Для определения ее объема в стене просверлили тонкое отверстие, соединяющее полость с атмосферой. Через это отверстие тонким шлангом полость герметично соединили с поршневым насосом и манометром (рис.13). В начальном состоянии поршень насоса находился в верхнем положении, а давление в системе насос–полость равнялось атмосферному. Затем была исследована зависимость давления p в системе от объема V воздуха в насосе. Полученные экспериментальные результаты представлены в таблице:

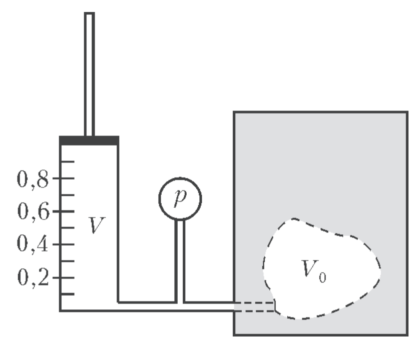


Рис. 13

V, л	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
p, кПа	100	110	130	150	175

Путем графического анализа результатов эксперимента определите объем V_0 внутренней полости. Погрешность измерения давления в данном эксперименте составляла 3%. Погрешностью определения объема под поршнем насоса можно пренебречь. Уменьшение объема насоса производилось квазистатически, т.е. настолько медленно, что температуру воздуха в системе насос–полость на протяжении всего эксперимента можно считать равной температуре окружающей среды.

С.Кармазин

11 класс

Задача 1. Кубик на горке. Слева направо по гладкой плоскости скользит тяжелая горка массой M, на вершине которой покоится легкий груз массой m (рис.14). Кинетическая энергия K_1 груза в четыре раза меньше его потенциальной энергии Π. Груз съезжает с горки без трения. Найдите его кинетическую энергию K_2, когда он окажется на плоскости. Считайте, что $\Pi = 1$ Дж, а $M \geq m$.

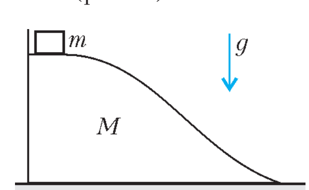


Рис. 14

В.Слободянин

Задача 2. Нарушение равновесия. Некто провел серию экспериментов по исследованию устойчивости системы, изоб-

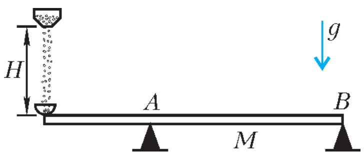


Рис. 15

раженной на рисунке 15. Из бункера, расположенного на высоте H над выступающим краем однородной доски, лежащей на двух опорах, сразу после открывания заслонки начинает высыпаться песок с массовым расходом μ (кг/с). Расстояние между опорами составляет $2/3$ от длины доски. Система устроена так, что, попадая в легкую чашу, закрепленную на краю доски, песок там и остается. Экспериментатор заметил, что в первом опыте край доски оторвался от опоры B спустя время $\tau_1 = 1{,}00$ с после открывания заслонки. Затем песок из легкой чаши высыпали. После этого экспериментатор вдвое уменьшил массовый расход песка и обнаружил, что доска снова оторвалась от опоры B спустя время τ_1. В третий раз он уменьшил расход вчетверо по сравнению с первоначальным, и доска оторвалась от опоры B уже спустя время $\tau_2 = 1{,}75$ с. Зная, что масса доски $M = 700$ г, определите высоту H, с которой падал песок, и массовый расход μ песка в первом эксперименте.

М.Замятнин

Задача 3. Цепь с конденсатором. Электрическая схема состоит из источника постоянного тока с ЭДС $\mathcal{E}$ и внутренним сопротивлением r, конденсатора емкостью C и резистора сопротивлением R (рис.16). В начальный момент конденсатор не заряжен. Ключ K в схеме сначала замыкают, а затем размыкают в тот момент, когда скорость изменения энергии, запасенной в конденсаторе, достигает максимума. Какое количество теплоты выделится в схеме после размыкания ключа?

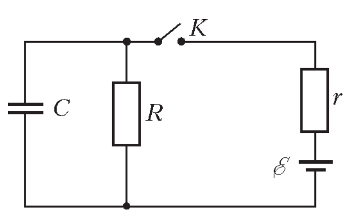


Рис. 16

А.Шеронов

Задача 4. Призма на воде. Поверхности воды касается равнобедренная стеклянная призма ABC (рис.17). Луч света, падающий из воздуха под углом φ_0 на грань AC, после прохождения призмы выходит через грань AB по тем же углом φ_0. Чему равен угол преломления φ_1? Показатель преломления воды $n_0 = 4/3$, угол C при вершине призмы прямой. Величина угла φ_0 неизвестна.

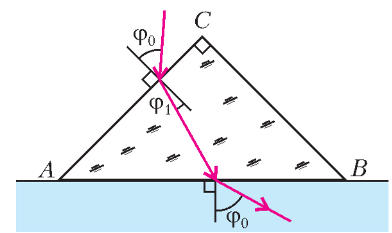


Рис. 17

В.Слободянин

Задача 5. Термодинамический лабиринт. Над молем метана (CH_4) совершается процесс, график которого изображен на рисунке 18. Перенесите график процесса в тетрадь и выделите в нем участки, на которых к газу подводится тепло. Какое количество теплоты было подведено к газу в этом процессе? Величины p_0 и V_0 считать известными.

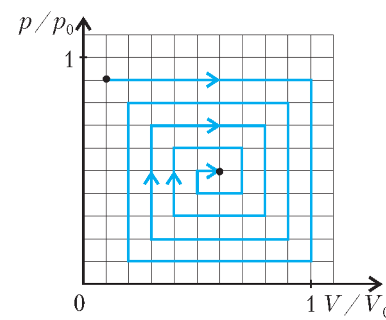


Рис. 18

Н.Кудряшова

Публикацию подготовили С.Козел, В.Слободянин

Всероссийская студенческая олимпиада по физике

С 11 по 13 ноября 2009 года в Московском государственном техническом университете (МГТУ) им. Н.Э.Баумана состоялся заключительный этап Всероссийской студенческой олимпиады по физике в технических вузах.

По результатам олимпиады, в командном зачете первое место заняла команда Московского физико-технического института (МФТИ, государственный университет), набравшая 157 баллов, второе место заняла команда Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (98 баллов), третье место – команда Самарского государственного аэрокосмического университета им. С.П.Королева (82 балла).

В личном зачете первое место завоевал Андрей Котов (МФТИ), второе место завоевал Павел Мостовых (Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф.Устинова), третье место – Антон Пахомов (Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П.Королева).

Команда-победитель и призеры олимпиады представлены к Премии Президента Российской Федерации.

ЗАДАЧИ ОЛИМПИАДЫ

1. Два жука ползут таким образом, что первый все время движется по направлению ко второму, а второй – перпендикулярно соединяющему их радиусу-вектору. Начальное расстояние между жуками L, а скорость первого вдвое больше скорости второго. Определите перемещения жуков до точки встречи.

2. Доска длиной L и массой m лежит наперевес на неподвижном цилиндре радиусом R, находясь в равновесии. Определите период малых колебаний доски, если проскальзывание между доской и цилиндром отсутствует.

3. На неподвижную шайбу массой m и радиусом R, лежащую на гладкой поверхности, налетает со скоростью v такая же шайба, траектория которой проходит через центр первой и которая вращается относительно собственной оси с угловой скоростью Ω. Определите угловую и линейную скорости каждой шайбы после удара, если удар абсолютно неупругий и проскальзывание между шайбами в конце их взаимодействия отсутствует.

4. Два одинаковых небесных тела радиусом R и массой m каждое двигаются в свободном пространстве со скоростями $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$. В начальный момент времени радиус-вектор, соединяющий оба тела, равен $\vec{r}_{12}$, его модуль равен r. Определите условие, при котором эти тела столкнутся.

5. Верхний срез вертикально расположенного стеклянного капилляра диаметром d находится на поверхности воды с коэффициентом преломления n и коэффициентом поверхностного натяжения σ. Снизу вверх вдоль оси трубочки направлен лазерный луч радиусом $r \ll d$. Капилляр медленно поднимают из воды. Определите максимальный диаметр светового пятна от рассеянного лазерного луча на экране, расположенном горизонтально на высоте H от поверхности воды.

6. В начальный момент времени в первом сосуде объемом V с изотермическими стенками с температурой T находится в равновесии одноатомный газ под давлением p. Во втором сосуде такого же объема, но с теплоизолированными стенками, давление газа равно нулю. Определите установившуюся температуру во втором сосуде после завершения перетекания газа из первого сосуда во второй через тонкую трубку с легким клапаном.

7. Стержень длиной R одним концом находится на оси кругового витка с током и перпендикулярен ей. На другом конце стержня расположен магнитный диполь с моментом $\vec{p}_m$, перпендикулярным и стержню, и оси кругового витка. Определите силу, действующую на диполь, если известно, что проекция магнитного поля, создаваемого круговым витком, на стержень в точке, где находится диполь, равна B.

8. Металлическая сфера радиусом R разделена по диаметральной плоскости, и половинки изолированы друг от друга. Одна полусфера заряжена зарядом q, при этом потенциал другой равен φ. Определите энергию сферы.

9. Непрозрачная пластинка освещена плоской световой волной. Если в пластинке прорезаны N узких щелей шириной a и длиной L с шагом d, причем $d \gg a$ и $Nd \gg L$, то в полученной дифракционной картине интенсивность третьего главного максимума равна I_0. Как изменится интенсивность в этой точке, если посредине между имеющимися щелями прорезать дополнительные щели той же длины, но вдвое меньшей ширины?

Публикацию подготовили
М.Яковлев, В.Голубев, С.Пырлин, И.Иванов

ПРОГУЛКИ С ФИЗИКОЙ

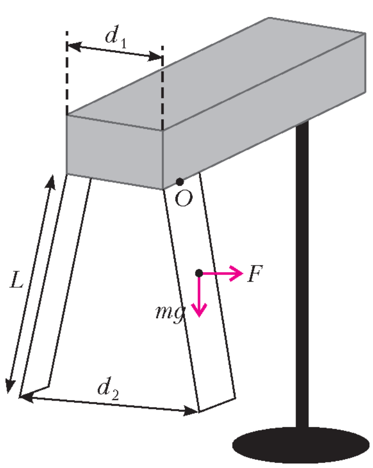
Липкая электростатика, или Как отрезать один нанокулон

(Начало см. на 4-й странице обложки)

... Происходит это из-за того, что клейкая лента и рулон при отрывании друг от друга электризуются, заряжаясь разноименными зарядами. При этом клейкая лента заряжается положительно.

Это можно легко проверить, приклеив отрезок ленты к плафону выключенной настольной лампы. Такая свободно висящая лента будет притягиваться к пластмассовой расческе, которой незадолго до этого мы приводили в порядок прическу. А что расческа заряжается отрицательно, давно и неоднократно проверено с помощью электроскопа.

Проведя простой опыт, можно оценить плотность зарядов, появляющихся на поверхности ленты при сматывании с рулона. В наших опытах была использована обычная клейкая лента шириной 48 мм и толщиной 45 мкм, сделанная из полиэтилена плотностью 910 кг/м^3.



Приклеим к плафону лампы два отрезка клейкой ленты длиной L = = 30 см каждый и измерим, на какое расстояние разойдутся два свободно свисающих конца ленты (см. рисунок). В нашем опыте верхние концы ленты отстояли на d_1 = 10 см, а нижние – в среднем на d_2 = 18 см.

Убедиться в том, что отрезки лент отталкиваются именно электростатически, очень легко. Достаточно на несколько секунд поместить между свисающими отрезками ленты зажженную спичку, и они станут параллельными, так как поднимающиеся вверх ионы, заряженные частички пыли и копоти быстро нейтрализуют заряд клейкой ленты.

Простые расчеты дают, что отрезок такой ленты длиной в 30 см имеет массу $m = 0{,}57$ г. Очевидно, что при равновесии момент силы тяжести, действующей, например, на правый отрезок ленты, относительно точки O должен компенсироваться моментом кулоновских сил отталкивания, действующих со стороны левого отрезка. Чтобы упростить решение, будем считать, что результирующая $\vec{F}$ кулоновских сил приложена там же, где и сила тяжести $m\vec{g}$, т.е. в точке пересечения диагоналей отрезка ленты. Тогда условие равенства моментов можно записать следующим образом:

$$mg\left(\frac{d_2-d_1}{4}\right)=F\sqrt{\frac{L^2}{4}-\left(\frac{d_2-d_1}{4}\right)^2},$$

или

$$mg\left(\frac{d_2-d_1}{4}\right)=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{\left((d_2+d_1)/2\right)^2}\sqrt{\frac{L^2}{4}-\left(\frac{d_2-d_1}{4}\right)^2}.$$

Полученное уравнение позволяет оценить заряд q, имеющийся на каждом из отрезков клейкой ленты, – он оказывается равным приблизительно 40 нКл. Так как площадь ленты составляет $4{,}8\text{ см}\times 30\text{ см} = 144\text{ см}^2$, то плотность зарядов на ленте близка к 0,3 нКл/см^2.

Таким образом, чтобы «отрезать» 1 нКл, надо оторвать около 3 см^2 обычной клейкой ленты.

К.Богданов

Всероссийский конкурс научных работ школьников «Юниор»

С 1998 года в Московском инженерно-физическом институте – ныне это Национальный исследовательский ядерный университет (НИЯУ) МИФИ – проводится Всероссийский конкурс научных работ школьников «Юниор». Организаторами конкурса являются Министерство образования и науки Российской Федерации, Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», НИЯУ МИФИ, Департамент образования города Москвы. Генеральный спонсор конкурса – компания «Интел».

Конкурс «Юниор» организован в целях развития интереса у школьников к естественным наукам и к творческой деятельности в различных областях науки и техники, а также привлечения специалистов высшей школы к работе со школьниками. В научное жюри конкурса входят представители ведущих российских вузов: МИФИ, МГУ им. М.В.Ломоносова, МФТИ.

Конкурс проводится по основным направлениям естественно-научных, технических и медико-биологических знаний в рамках пяти секций: математика, физика, информатика, биология, химия.

На первом этапе (заочный тур) конкурса в ноябре-декабре школьники присылают тезисы своих научных работ в адрес Оргкомитета конкурса (http://junior-fair.org, там же приведены правила оформления тезисов). Затем научное жюри выбирает лучшие из них, и авторы этих работ приглашаются на заключительный, очный тур, который проводится в конце января в НИЯУ МИФИ. Здесь происходит защита представленных на конкурс работ, которая проходит в режиме, максимально приближенном к научной конференции. Доброжелательное, но объективное жюри, куда входят ведущие специалисты высшей школы и исследовательских институтов Российской академии наук, тщательно анализирует доклады участников и выбирает победителей.

Обычно в отборочных турах конкурса принимают участие несколько тысяч школьников, в финальный тур проходят около 200 человек, а победителями становятся 50-60 школьников (суммарно по всем секциям).

Конкурс «Юниор» входит во Всероссийский перечень олимпиад школьников, поэтому победители конкурса получают 100 баллов ЕГЭ по соответствующему предмету. Но это еще не все. Научное жюри выбирает из числа победителей конкурса наиболее достойные работы и рекомендует их авторов к участию в Международном смотре научного и инженерного творчества школьников «Intel ISEF», который ежегодно проводится в США.
