

Есин Алексей – Краснодарский кр, ст. Старонижестеблиевская, школа 55,

Гусаров Евгений – Ярославль, гимназия 3,

Христофоров Михаил – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,

Дружинин Андрей – Иркутск, лицей 2,

Еремин Алексей – Краснодар, школа 47.

Дипломы III степени

по 9 классам получили

Филькин Евгений – Майкоп, гимназия 22,

Янушевич Леонид – Москва, школа 1321 «Ковчег»,

Корб Дмитрий – Омск, школа 117,

Распопов Алексей – Ростов-на-Дону, ФМЛ 33,

Селищев Виталий – Барнаул, школа 107 (лицей «Грани»),

Соколов Вячеслав – Санкт-Петербург, гимназия 261,

Титов Иван – Екатеринбург, гимназия 9,

Григорьев Сергей – Санкт-Петербург, лицей 533,

Царьков Олег – Москва, лицей «Вторая школа»,

Кусков Дмитрий – Владимир, лингвистическая гимназия 23 им. А.Г.Столетова;

по 10 классам –

Пономаренко Екатерина – Майкоп, гимназия 22,

Шапцев Алексей – Пермь, гимназия 17,

Борискин Павел – Саров, лицей 3,

Махлин Игорь – Москва, гимназия 1543,

Шульцева Ольга – Курган, гимназия 27,

Сидоров Александр – Санкт-Петербург, лицей «ФТШ» РАН,

Пасынков Павел – Киров, ФМЛ,

Сеплярская Анна – Черноголовка, школа 82,

Локтев Сергей – Краснодар, лицей 90,

Баранов Эдуард – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,

Остроумова Людмила – Ярославль, школа 33 им.К.Маркса,

Фельдман Григорий – Новосибирск, гимназия 1,
Логунов Александр – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,
Анацкий Анатолий – Ленск, лицей 2;

по 11 классам –

Козачок Марина – Долгопрудный, ФМШ 5,

Прасолов Максим – Новосибирск, гимназия 1,

Чернов Вадим – Челябинск, лицей 31,

Ситников Александр – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,

Щичко Антон – Челябинск, лицей 31,

Столяров Дмитрий – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,

Иванов Григорий – Рыбинск, лицей 2,

Куприн Сергей – Челябинск, лицей 31,

Музыка Степан – Жуковский, школа 8,

Печенкин Николай – Москва, школа 192,

Буфетов Алексей – Москва, лицей «Вторая школа»,

Бяков Леонид – Нижний Тагил, политехническая гимназия,

Смотров Дмитрий – Челябинск, лицей 31,

Рябченко Александр – Новосибирск, СНЦ НГУ,

Трифонов Иван – Ангарск, школа 10.

В этом году жюри олимпиады приняло решение отметить участников, набравших наибольшее число баллов в своих параллелях. Специальные призы «За абсолютный результат на олимпиаде» получили 11-классник Александр Магазинов из Ярославля, 10-классники Николай Белухов из Болгарии, Мария Илюхина из Москвы и Иван Митрофанов из Коломны, а приз «За лучший результат по 9 классам» был вручен Михаилу Кеверу из Санкт-Петербурга. Особо хочется отметить результат А. Магазина, набравшего максимально возможное количество баллов (56 из 56 возможных) при решении сложного варианта 11 класса.

Публикацию подготовили

Н.Агаханов, П.Кожевников, О.Подлипский, Д.Терёшин

XL Всероссийская олимпиада школьников по физике

В этом году заключительный этап очередной Всероссийской физической олимпиады прошел в городе Снежинске. В олимпиаде приняли участие около 170 школьников 9 – 11 классов в составе команд от федеральных округов России и городов Москвы и Санкт-Петербурга.

Ниже приводятся условия задач теоретического и экспериментального туров заключительного этапа и список призеров олимпиады.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

9 класс

Задача 1. Максимальная амплитуда

Брусок массой M , покоящийся на горизонтальном столе, и пружинный маятник, состоящий из груза массой m и легкой длинной пружины, связаны легкой нерастяжимой нитью, перекинутой через идеальный неподвижный блок (рис. 1). Коэффициент трения между основанием бруска и поверхностью стола $\mu = 0,3$. Отношение массы бруска к массе груза $M/m = 8$. Груз совершает вертикальные колебания с периодом $T = 0,5$ с. Какова максимально возможная

амплитуда таких колебаний, при которых они остаются гармоническими?

В.Грибов

Задача 2. Курсирующий катер

По реке, скорость течения которой u , навстречу друг другу плывут два однотипных теплохода. В некоторый момент времени, когда один из теплоходов проплывал мимо пункта A , а другой – мимо пункта B , из A в B отплыл быстроходный катер, который стал курсировать между теплоходами вплоть до их встречи. Какой путь относительно берега реки проплыл катер? Расстояние от A до B вдоль фарватера реки L . В стоячей воде скорость теплоходов v , а катера V . Пункт A находится выше пункта B по течению реки. Как изменится ответ, если катер стартует из пункта B ?

В.Слободянин

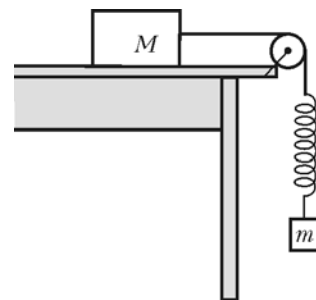


Рис. 1

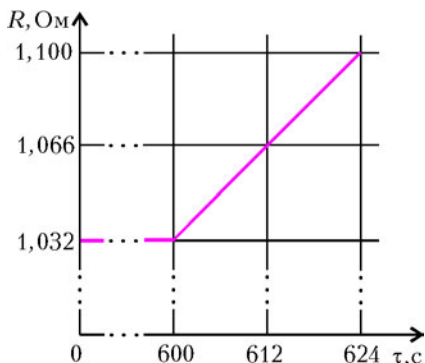


Рис. 2

от температуры. Параметр α называется температурным коэффициентом сопротивления. В калориметре находится лед. Его удельная теплота плавления $\lambda = 340$ кДж/кг. Удельная теплоемкость воды $c = 4,2$ кДж/(кг · °С). Если через нагревательный элемент пустить ток силой I_0 , сопротивление R будет изменяться со временем τ так, как показано на рисунке 2. Найдите α . Изобразите график зависимости $R(\tau)$, если бы через терморезистор пропускали ток силой $I = 1,41 I_0$.

О.Шведов

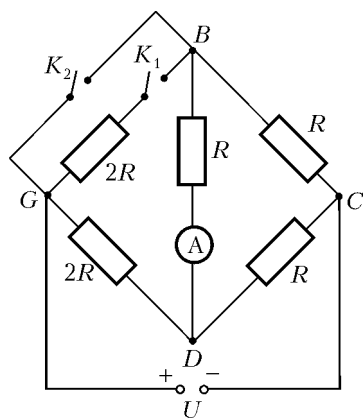


Рис. 3

я? В каком случае показания амперметра окажутся максимальными?

М.Соболев

10 класс

Задача 1. Эшелон

На горизонтальном столе один на другом лежат $N = 42$ длинных бруска массами $m, 2m, 3m, \dots, 42m$ (рис. 4). Они смазаны вязким маслом, так что сила трения между брусками и между нижним бруском и столом пропорциональна относительной скорости u соприкасающихся брусков: $\vec{F}_{\text{тр}} = -\alpha \vec{u}$, где α – некоторая константа. Сначала все бруски неподвижны, затем верхнему бруску сообщают горизонтальную скорость v . Определите смещение n -го бруска относительно $(n + 1)$ -го бруска после остановки брусков. Какой вид примет стопа брусков после остановки?

Рис. 4

Л.Мельниковский

Задача 3. Терморезистор

На дне калориметра закреплен тонкий плоский нагревательный элемент, а на некотором уровне над ним – терморезистор, сопротивление R которого зависит от температуры t , выраженной в °С, по закону $R = R_0(1 + \alpha t)$, где R_0 и α не зависят

Задача 2. Неустойчивое равновесие

В горизонтальном колене запаянной теплоизолированной П-образной трубки небольшого постоянного поперечного сечения S с длиной колена L расположена жидкость плотностью ρ (рис.5). Теплоемкость всей жидкости в трубке равна C . В вертикальных коленах находится по ν молей гелия под давлением p_0 . Из-за слабого толчка равновесие нарушилось. Пренебрегая теплообменом с окружающей средой, найдите расстояние, на которое сместится столбик жидкости к моменту установления термодинамического равновесия. Поперечное сечение трубки столь мало, что пузырьки газа не «пробулькивают» сквозь жидкость, сместившуюся в вертикальное колено.

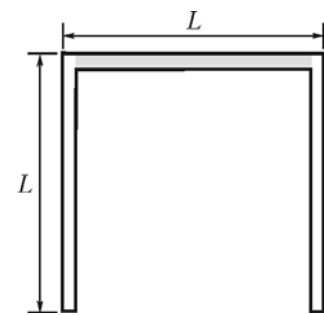


Рис. 5

И.Воробьев

Задача 3. Наибольший КПД

Рассмотрите два цикла, совершаемых над идеальным газом (рис.6). В первом из них газ адиабатически сжимают из состояния 1 до состояния 2, затем изотермически расширяют до состояния 3 и, наконец, изохорически возвращают в исходное состояние 1. КПД такого цикла обозначим η_V . Во втором цикле газ адиабатически сжимают из состояния 1 до состояния 2, затем изотермически расширяют до состояния 4 и, наконец, изобарически возвращают в исходное состояние 1. КПД такого цикла обозначим η_p . Сравните η_V и η_p .

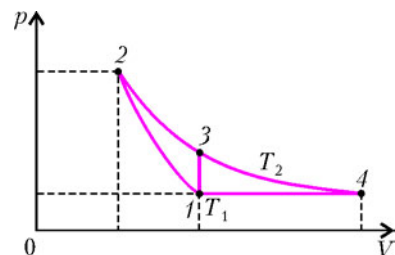


Рис. 6

Примечание. В адиабатическом процессе $pV^\gamma = \text{const}$, где $\gamma = C_p/C_V$. При изотермическом расширении идеального газа от объема V_a до объема V_b им совершается работа $A_{ab} = \nu RT \ln(V_b/V_a)$.

В.Слободянин

Задача 4. Притяжение одноименных зарядов

Распространено мнение, что тела с одноименными зарядами всегда отталкиваются друг от друга. Вовсе нет! Такой эффект наблюдается далеко не всегда. Представьте себе, что сплошной металлический шар радиусом R распилили пополам, а получившиеся половины сблизили плоскими сторонами так, что зазор d между ними оказался предельно малым ($d \ll R$). Найдите силу электростатического взаимодействия полушарий с одноименными зарядами q_1 и q_2 (рис.7). При каком отношении зарядов полушария будут притягиваться?

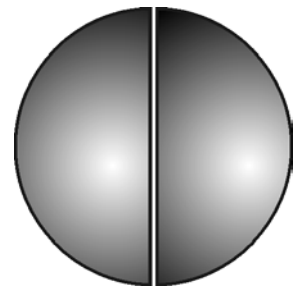


Рис. 7

Примечание. Сила, действующая на единицу поверхности заряженного проводника произвольной формы, связана с напряженностью электрического поля вблизи поверхности тем же соотношением, что и в плоском конденсаторе.

И.Воробьев

Задача 5. Полубесконечная цепочка

На рисунке 8 изображена полубесконечная цепочка, состоящая из одинаковых источников постоянного тока с ЭДС

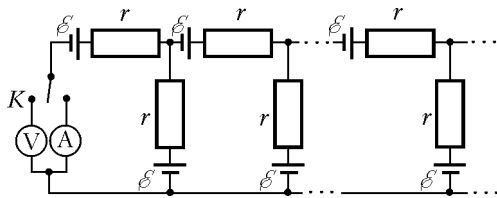


Рис. 8

$\varepsilon = 1,2$ В и внутренним сопротивлением $r = 2,0$ Ом. К входным клеммам цепочки с помощью перекидного ключа K могут быть подключены либо идеальный вольтметр V , либо идеальный амперметр A . Определите показания этих приборов.

С.Козел

11 класс

Задача 1. Разорвавшийся снаряд

Пушечный снаряд массой $M = 100$ кг разорвался в некоторой точке траектории на два осколка, разлетевшихся с импульсами $p_1 = 3,6 \cdot 10^4$ кг·м/с и $p_2 = 2,4 \cdot 10^4$ кг·м/с. Импульсы осколков направлены под углом $\alpha = 60^\circ$ друг к другу. Определите, при каком отношении масс осколков выделявшаяся при взрыве кинетическая энергия будет минимальной. Найдите эту энергию.

А.Чудновский

Задача 2. Шайба на привязи

Круглый вертикальный цилиндр радиусом R прикреплен к горизонтальной плоскости (рис.9). Внизу с боковой поверхностью цилиндра соединена нерастяжимая нить длиной L , направленная по касательной к поверхности цилиндра. На другом конце нити закреплена маленькая шайба. Шайбе сообщают горизонтальную скорость v_0 , направленную перпендикулярно нити, и шайба начинает скользить по плоскости.

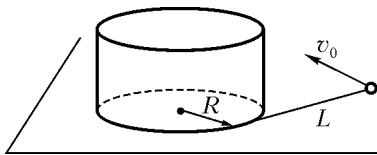


Рис. 9

1) Сколько времени будет продолжаться движение шайбы (наматывание нити на цилиндр) в отсутствие трения? 2) Сколько времени будет продолжаться движение шайбы при наличии трения между шайбой и плоскостью, если коэффициент трения равен μ ?

Е.Бутиков

Задача 3. Два термодинамических процесса

На рисунке 10 изображена система, состоящая из баллона объемом $V_0 = 0,2$ м³ и цилиндра с поршнем. Начальный

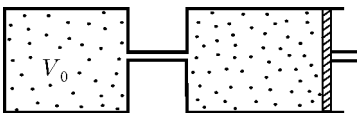


Рис. 10

объем баллона и цилиндра $V_1 = kV_0$, где $k = 2,72$. В системе находится воздух под давлением $p_0 = 10^5$ Па и при температуре $T_0 = 300$ К, равной температуре наружного воздуха. Передвигая поршень, весь воздух из цилиндра закачивают в баллон. Определите количество теплоты, которое передается окружающей среде в следующих двух случаях.

1) Поршень передвигается медленно, так что в каждый момент времени вся система находится в тепловом равновесии с окружающей средой.

2) Поршень передвигается достаточно быстро, так что за время его перемещения можно пренебречь теплообменом с окружающей средой, но воздух внутри системы в каждый момент времени находится в равновесном состоянии. После завершения процесса перекачки температура воздуха в баллоне постепенно сравнивается с температурой окружающего воздуха.

Примечание. Адиабатический процесс описывается уравнением $pV^\gamma = \text{const}$, где $\gamma = C_p/C_V$.

С.Козел

Задача 4. Исследование конденсатора

Для определения емкости C_2 и сопротивления утечки r_2 конденсатора собрана мостовая схема (рис.11), которая сбалансирована при подключении гармонического переменного напряжения. Оказалось, что баланс моста не нарушается при любом изменении частоты напряжения. Чему равны параметры C_2 и r_2 , если известно, что $r_1 = 2500$ Ом, $r_3 = 10$ Ом, $L_3 = 1$ Гн, $r_4 = 800$ Ом? Гальванометр измеряет действующее значение силы тока.

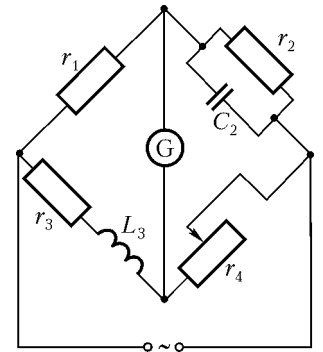


Рис. 11

М.Огарков

Задача 5. У торца соленоида

У торца вертикально расположенного длинного соленоида на тонком немагнитном листе лежит соосно с соленоидом круглое тонкое кольцо из сверхпроводника (рис. 12).

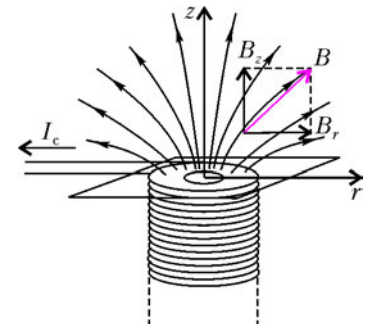


Рис. 12

В начальном состоянии сила тока в витках соленоида и сила тока в кольце равны нулю. При протекании тока по виткам соленоида возникает неоднородное магнитное поле. Вертикальную B_z и радиальную B_r составляющие вектора магнитной индукции \vec{B} можно в некоторой ближней области

задать с помощью соотношений $B_z \approx B_0(1 - \alpha z)$, $B_r \approx B_0\beta r$, где α и β – некоторые константы, а B_0 определяется силой тока в соленоиде. По виткам соленоида начинают пропускать ток силой I , постепенно увеличивая его значение. Определите:

- 1) критическое значение силы тока I_0 в соленоиде, при котором кольцо начинает подниматься над опорой;
- 2) высоту кольца над опорой при $I = 2I_0$;
- 3) частоту малых колебаний сверхпроводящего кольца при $I = 2I_0$.

Числовые данные: константы $\alpha = 36$ м⁻¹ и $\beta = 18$ м⁻¹, масса кольца $m = 100$ мг, коэффициент самоиндукции кольца $L = 1,8 \cdot 10^{-8}$ Гн, площадь кольца $S = 1$ см², магнитная постоянная $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6}$ Гн/м, плотность катушки соленоида $n = 10^3$ м⁻¹.

С.Козел

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

9 класс

Задача 1. Механический «черный ящик»

Внутри «черного ящика» находится система из трех пружин, соединенных друг с другом (рис.13). В точке *A* две пружины прикреплены к корпусу «черного ящика». Упоры *B* и *C* ограничивают перемещение крючков. Начальные деформации пружин неизвестны. Определите жесткости каждой из пружин при малых деформациях.

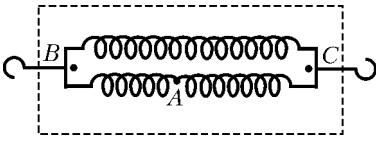


Рис. 13

Оборудование: «черный ящик», динамометр, линейка, миллиметровка, липкая лента.

Е.Елькина, М.Карманов

Задача 2. Экспериментатор Глюк

Экспериментатору Глюку на день рождения подарили «черный ящик», в котором находится источник постоянного напряжения с последовательно присоединенным к нему неизвестным сопротивлением (рис.14). Глюк захотел узнать, какой ток потечет через источник, если соединить проводки, торчащие из «черного ящика». Поскольку под рукой у экспериментатора оказался далеко не идеальный амперметр, что не позволило измерить этот ток напрямую, он обратился за помощью к вам. Помогите Глюку. Для этого:

- 1) изучите зависимость мощности, выделяющейся на внешней нагрузке, от силы тока через источник;
- 2) определите ток короткого замыкания «черного ящика» при помощи этой зависимости.

Примечание: внешней нагрузкой называется все, что подключается к выводам 1 и 2 «черного ящика».

Оборудование: «черный ящик», переменное сопротивление, миллиамперметр (внутреннее сопротивление указано на приборе), вольтметр (внутреннее сопротивление 700 Ом), соединительные провода, миллиметровая бумага.

И.Иоголевич

10 класс

Задача 1. Шарик в трубке

Внутри цилиндрической трубки собрана конструкция, изображенная на рисунке 15. Трубка с пробками является симметричной (ее центр масс расположен ровно посередине). Определите: массу трубки, массу шарика, жесткость пружины. Массой пружины можно пренебречь.



Рис. 15

Примечание: конец трубки, из которого выходит нить, погружать в воду запрещается; плотность воды 1000 кг/м^3 .

Оборудование: трубка в сборке, линейка, сосуд с водой, спичка.

М.Карманов

Задача 2. Электрический «черный ящик» (1)

В «черном ящике» собрана схема из трех элементов, соединенных «звездой» (рис.16). Два элемента являются постоянными резисторами, а третий элемент имеет нелиней-

ную вольт-амперную характеристику. Определите:

- 1) провод какого цвета соединен с нелинейным элементом;
- 2) значения сопротивлений резисторов;
- 3) вольт-амперную характеристику нелинейного элемента.

Оборудование: «черный ящик», два мультиметра, регулируемый источник тока, соединительные провода, миллиметровая бумага.

И.Иоголевич, М.Карманов

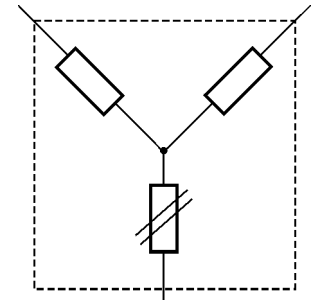


Рис. 16

11 класс

Задача 1. Дифракция и дисперсия

1) Используя дифракционную решетку, определите границы — максимальную λ_{max} и минимальную λ_{min} длины волн — спектра излучения выданного вам источника в видимой области.

2) С помощью щели направьте узкий пучок света на одну из граней призмы (рис.17). Подберите угол падения φ_1 так, чтобы пучок проходил симметрично через призму ($\varphi_1 = \varphi_2$ для средней части спектра). Получите на экране спектр источника и измерьте углы отклонения $\delta(\lambda_{\text{max}})$ и $\delta(\lambda_{\text{min}})$ для границ спектра источника. Рассчитайте угловую дисперсию призмы $\Delta\delta/\Delta\lambda$ при симметричном ходе лучей.

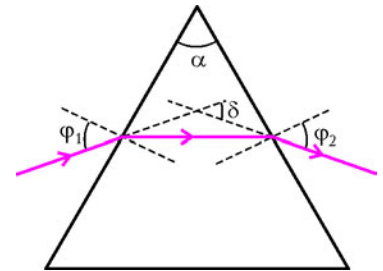


Рис. 17

3) Рассмотрите ход луча с некоторой длиной волны в призме и выразите показатель преломления n материала призмы через углы α и δ при симметричном ходе лучей. Рассчитайте показатель преломления призмы для средней части спектра.

4) Оцените дисперсию показателя преломления $\Delta n/\Delta\lambda$.

Оборудование: источник света, призма, дифракционная решетка (100 штр./мм), прищепки, экран со щелью, миллиметровая бумага.

Ю.Марфенков

Задача 2. Электрический «черный ящик» (2)

В «черном ящике» находятся три элемента, соединенные последовательно (возможные варианты: катушка индуктивности, конденсатор, резистор). Есть только два вывода, соединенные с крайними точками цепочки из трех элементов.

1) Определите, какие элементы находятся в «черном ящике».

2) Измерьте параметры этих элементов.

Оборудование: «черный ящик», генератор гармонического сигнала с регулируемой частотой, двухлучевой осциллограф, дополнительное сопротивление с известным номиналом R_0 , соединительные провода.

И.Иоголевич

Призеры олимпиады

*Дипломы I степени***по 9 классам получили**

Михайлов Александр – Челябинск, лицей 31,
Кокшаров Григорий – Пермь, школа 146,
Самойлов Леонид – Саратов, ФТЛ 1,
Буслав Павел – Санкт-Петербург, лицей «ФТШ» РАН,
Макарова Мария – Москва, лицей 1557;

по 10 классам –

Кулиев Виталий – Киров, ФМЛ,
Мыльников Дмитрий – Самара, школа 27,
Котов Андрей – Москва, Московская государственная Пятьдесят седьмая школа,
Ефимов Сергей – Бийск-2, Бийский лицей Алтайского края,
Сокко Анастасия – Долгопрудный, ФМШ 5,
Соловьева Ксения – Пермь, школа 146;

по 11 классам –

Зоркин Сергей – Иркутск, лицей ИГУ,
Муравьев Александр – Нижний Новгород, лицей 40,
Мостовых Павел – Санкт-Петербург, школа 306,
Киселев Александр – Москва, школа 1189 им. И.В.Курчатова.

*Дипломы II степени***по 9 классам получили**

Фейзханов Рустем – Москва, лицей 1557,
Аллеев Андрей – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,
Захаров Алексей – Пермь, школа 146,
Трихин Петр – Долгопрудный, ФМШ 5,
Толстов Иван – Вологда, Вологодский многопрофильный лицей,
Черников Юрий – Дубна, лицей «Дубна»,
Дубов Александр – Вологда, Вологодский многопрофильный лицей,
Павлова Елизавета – Санкт-Петербург, лицей «ФТШ» РАН,
Шульчевский Дмитрий – Рязань, лицей 52;

по 10 классам –

Суханов Илья – Саратов, лицей 15,
Пестременко Максим – Санкт-Петербург, лицей «ФТШ» РАН,
Андреев Андрей – Чебоксары, лицей 44,
Дрожжин Александр – Саратов, лицей прикладных наук,
Кононенко Даниил – Новосибирск, гимназия 1,
Поташев Александр – Москва, лицей «Вторая школа»,
Кузин Денис – с. Ельники (Мордовия), лицей 2,
Дербышев Андрей – Ярославль, гимназия 2,
Рогожников Алексей – Москва, лицей 1303,
Сивцев Петр – Якутск, Республиканский лицей-интернат;

по 11 классам –

Бударагин Дмитрий – Нижний Новгород, лицей 40,
Артамонов Семен – Казань, лицей им. Н.И.Лобачевского при КГУ,
Мартынов Денис – Снежинск, гимназия 127,
Труханов Никита – Оренбург, гимназия 1,
Былинкин Александр – Снежинск, гимназия 127,
Обморошев Борис – Москва, Московская государственная Пятьдесят седьмая школа,
Былинкин Алексей – Снежинск, гимназия 127,
Щепетильников Антон – Снежинск, гимназия 127,

Попов Антон – Челябинск, лицей 31,
Рындин Максим – Березники, школа 3.

*Дипломы III степени***по 9 классам получили**

Байдасов Марат – Нижний Новгород, лицей 40,
Семенов Станислав – Саров, лицей 15,
Бурмистров Михаил – Тамбов, лицей 14,
Маслов Ярослав – Новокузнецк, лицей 84,
Анютин Николай – п. Радуга, школа 10,
Решетняк Семен – Владивосток, школа 23,
Чупраков Денис – Киров, школа 65,
Пусева Дарья – Ростов-на-Дону, Классический лицей 1 при РГУ,
Степанов Сергей – Якутск, Республиканский лицей-интернат,
Зеленев Андрей – Киров, ФМЛ,
Кононов Артем – Майкоп, школа 7,
Матвеев Харитон – Москва, школа 401,
Мельников Игорь – Озерск, школа 32,
Павлов Артем – Воркута, лицей 1,
Плешаков Руслан – Владивосток, школа 25,
Сашурин Александр – Москва, школа 179;

по 10 классам –

Алексеев Дмитрий – Москва, школа 444,
Бельтюков Ярослав – Санкт-Петербург, лицей «ФТШ» РАН,
Еловинов Андрей – Бийск-2, Бийский лицей Алтайского края,
Коршунов Николай – Великий Новгород, гимназия 2,
Гуцин Григорий – Ярославль, школа 33 им. К.Маркса,
Анисимов Андрей – Ноябрьск, школа 10,
Проскурин Михаил – Нижневартовск, лицей,
Будкин Григорий – Санкт-Петербург, лицей «ФТШ» РАН,
Власов Владислав – Красноярск, Красноярский кадетский корпус им. А.И.Лебеда,
Сметнев Денис – Саров, гимназия 2,
Лучников Константин – Тамбов, лицей 14,
Тараканов Александр – Курган, гимназия 47;

по 11 классам –

Капун Евгений – Челябинск, лицей 31,
Лисов Денис – Москва, лицей 1525,
Федянин Дмитрий – Саратов, ФТЛ 1,
Афанасьев Александр – Владивосток, гимназия 1,
Богер Евгений – Киров, ФМЛ,
Лыков Антон – Москва, СУНЦ МГУ,
Марковцев Вадим – Сергиев Посад, ФМЛ,
Рассказов Александр – Астрахань, технический лицей,
Королев Алексей – Екатеринбург, СУНЦ УрГУ,
Горбенко Виктор – Санкт-Петербург, лицей «ФТШ» РАН,
Майоров Денис – Москва, СУНЦ МГУ,
Мудла Алексей – Ноябрьск, школа 10,
Иванов Николай – Чебоксары, лицей 3,
Шарафутдинов Азат – Казань, лицей им. Н.И.Лобачевского при КГУ.

Публикацию подготовили С.Козел, В.Слободянин