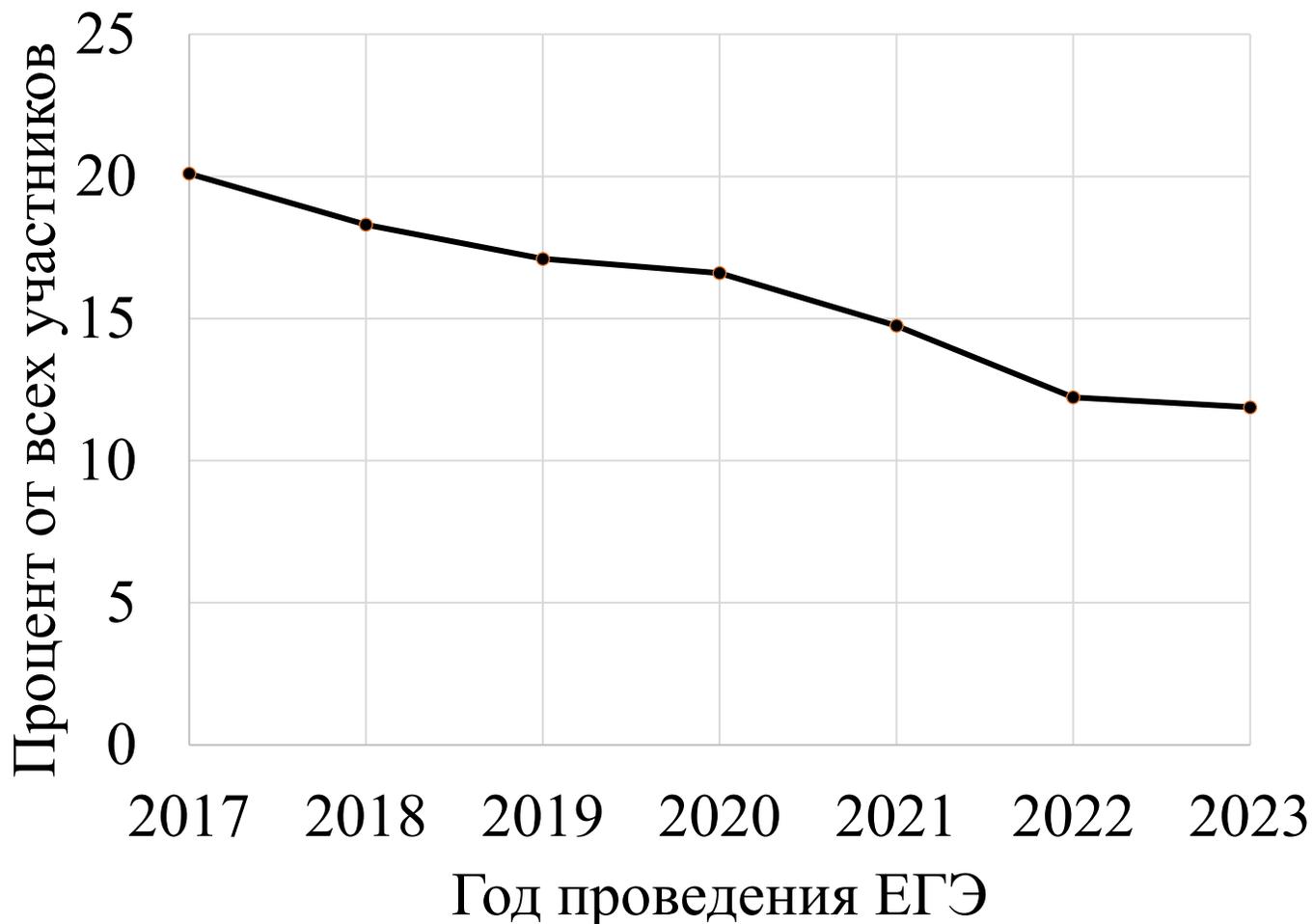


Проблемные вопросы в преподавании школьного курса физики на основе анализа результатов ГИА

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры Интеллектуальных
информационных радиofизических систем

Артёмова Татьяна Константиновна

Проблема №1 - Доля сдающих ЕГЭ по физике постоянно падает

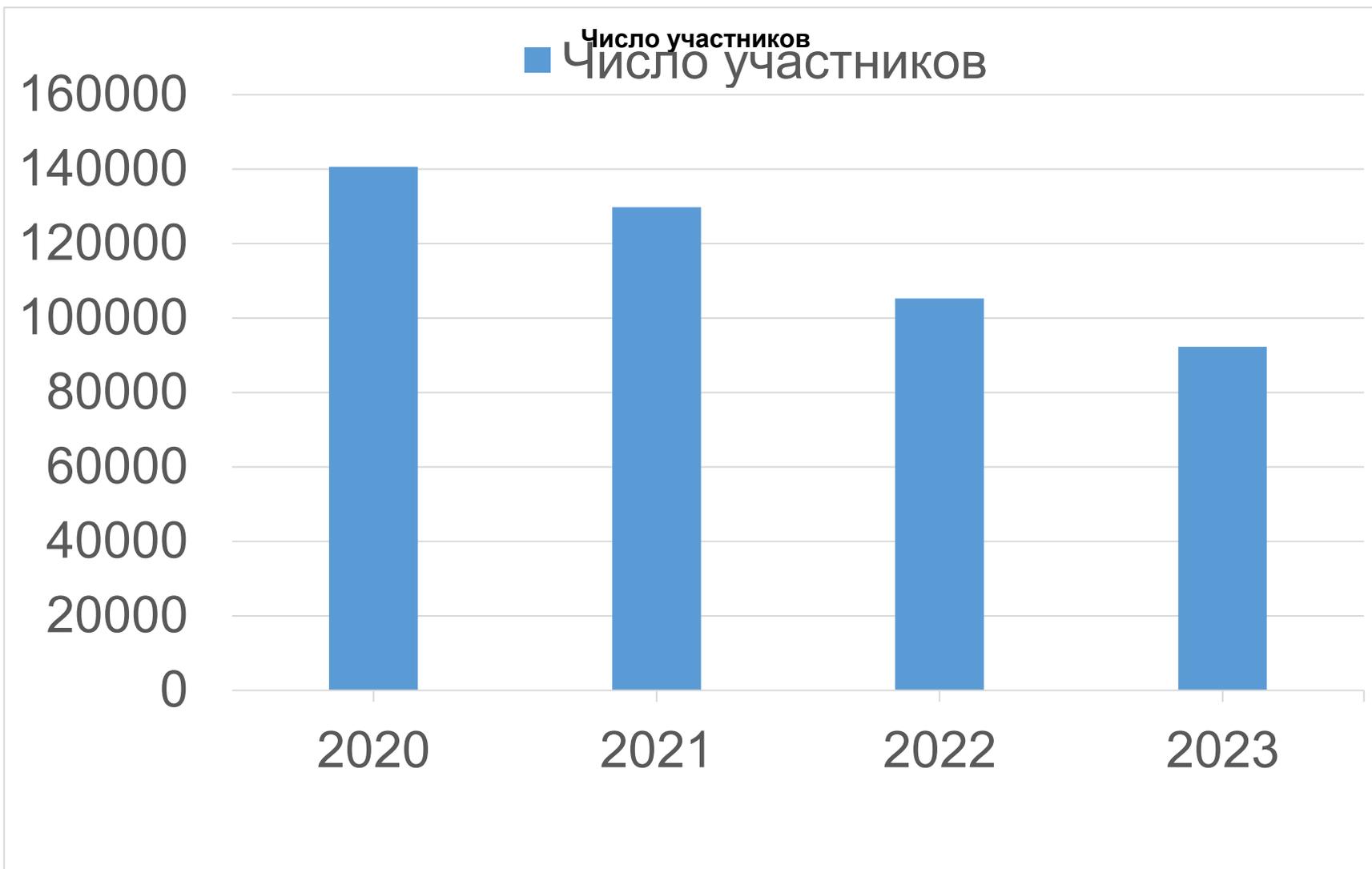


статистика по выпускникам
Ярославской области

Год	Количество участников
2017	1200
2023	630

почти в 2 раза

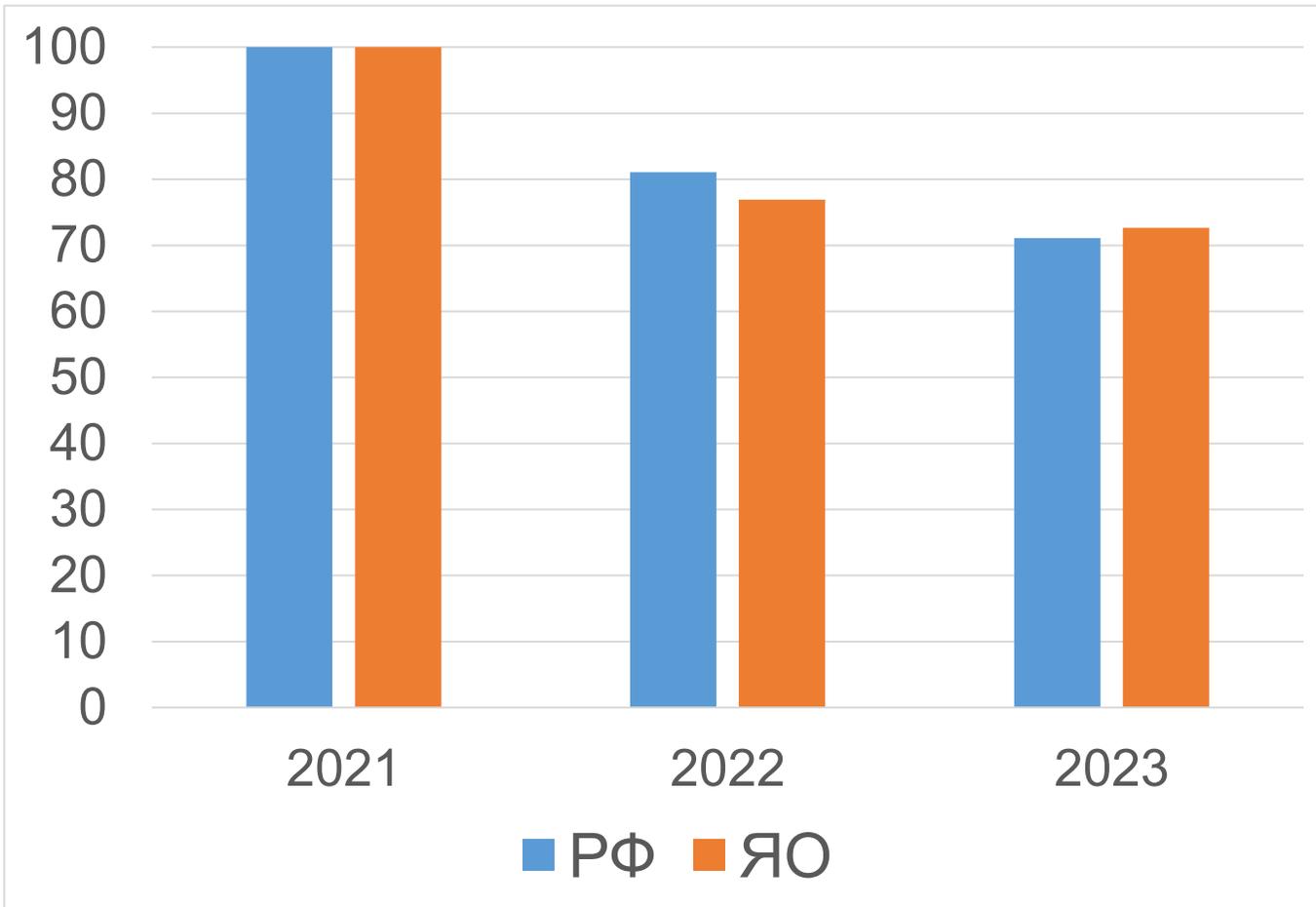
Доля сдающих ЕГЭ по физике в России тоже постоянно падает



Год	Количество участников
2020	140603
2023	92286

в 1,5 раза за 4 года

Доля сдающих ЕГЭ по физике за последние 3 года (с момента, когда разрешили приём в вузы по информатике) в ЯО и в целом по стране

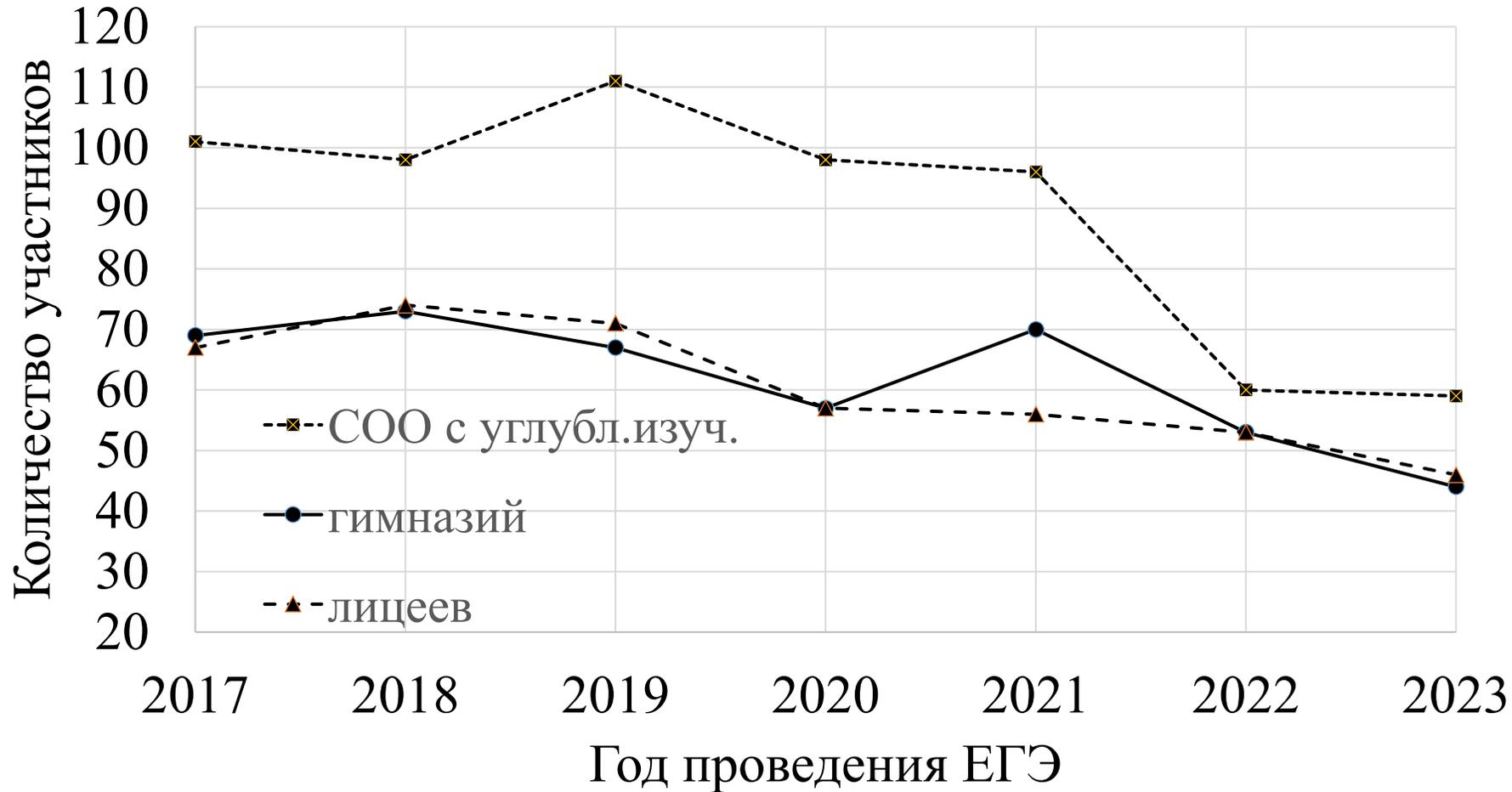


2021 - впервые полномасштабно сработал в регионах перечень вступительных испытаний, утверждённый Приказом МОиВО РФ от 30.08.2019 № 666

2021 - год объявлен годом науки и технологий

2022 - начата кампания по формированию позитивного образа вузовской подготовки по инженерным специальностям

При этом образовательные организации со спецподготовкой по физике не направляют выпускников на ЕГЭ по физике



в том числе
школы РАН:
➤ школа 33
➤ лицей 86

падение
за 2 года -
почти
в 2 раза

Причины

- приём в вузы на инженерные направления по информатике или физике (новый перечень вступительных испытаний был утверждён Приказом МОиВО РФ от 30.08.2019 № 666) - впервые полномасштабно сработал в регионах в 2021 г. - после эпидемии новой короновирусной инфекции;
- общее снижение уровня знаний и умений выпускников;
- трудность ЕГЭ по физике (к 2023 г. работа достигла 30 заданий, из них 7 - с развёрнутым ответом) относительно ЕГЭ по ряду других предметов;
- общее снижение мотивации к обучению на направлениях, предполагающих в дальнейшем работу инженером - в проектных организациях, на промышленных предприятиях;
- огромное внимание, уделённое потребностям в IT-специалистах;
- отсутствие понимания того, что существует огромное поле для деятельности для инженеров с хорошими навыками в области IT-технологий;
- быстро меняющиеся реалии и не успевающая за ними реклама (за 2022 и половину 2023 г. абитуриенты и их родители не осознали: потребности страны в инженерах, снижение потребности в программистах начального уровня из-за активного использования компаниями искусственного интеллекта.

Решение 1 - от ФИПИ - Изменения КИМ в 2024

мотивация ФИПИ: «чтобы экзамен не казался слишком сложным»

Изменения в структуре:

- число заданий сокращено с 30 до 26 (максимальный балл уменьшился с 54 до 45);
- удалены:
 - интегрированное задание на распознавание графических зависимостей (1 часть);
 - два задания на определение соответствия формул и физических величин по механике и электродинамике (1 часть);
 - одно из заданий высокого уровня сложности (расчётная задача, 2 часть);
- перенесено: одно из заданий с кратким ответом в виде числа в первой части работы из раздела «МКТ и термодинамика» в раздел «Механика».

Изменения в содержании (сокращено):

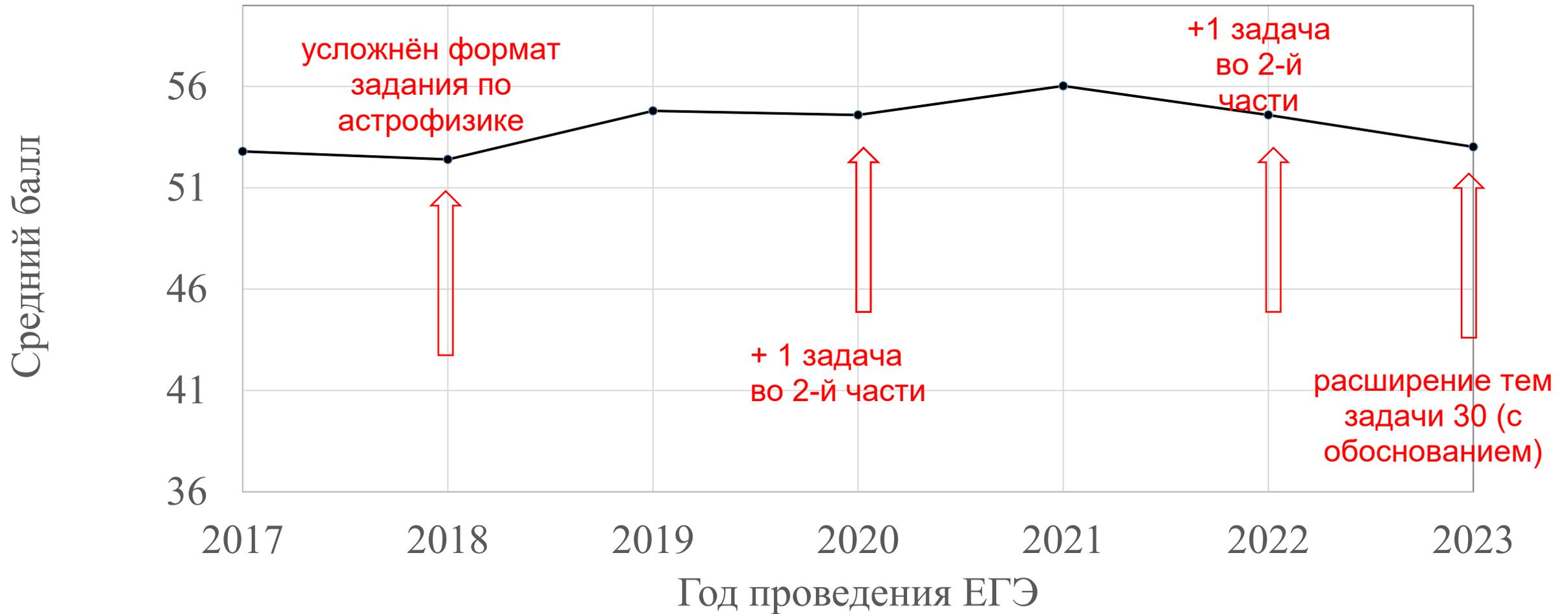
удалены:

из раздела «Механика»: «Первая космическая скорость», «Вторая космическая скорость»;

раздел «Основы СТО» - полностью удалён;

из раздела «Квантовая физика»: «Волновые свойства частиц. Волны де Бройля», «Дифракция электронов на кристаллах», «Лазер», «Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы», «Дефект масс ядра».

Аргументация «за» - влияние изменений в КИМ на результат



Решение 2 - вузовское - доучивание

физический факультет ЯрГУ:

курс «Физика и математика в задачах»

- направление «Радиофизика» (приём только по ЕГЭ «Физика»), 1 семестр, 72 часа, из них практических 32 часа, зачёт, обязательная дисциплина.
- направление «Физика» (приём только по ЕГЭ «Физика»), 1-2 семестры, 216 часов, обязательная дисциплина.
- направление «Информационно» (приём альтернативно «информатика»/физика», факультатив, 72 часа, 1 семестр

Решение 3 - активизация работы вузов со школьниками. ЯрГУ им. П. Г. Демидова предлагает

Открытые лекции

ноябрь 2023
"Радиоприем и
космическая
связь"
(Гудин А.С.)

февраль 2024
"Нейтронные
звезды:
загадочные
объекты и
уникальные
лаборатории"
(Сабитов А.А.)

март 2024
"Таблица
Менделеева:
взгляд
астрофизика "
(Сабитов А.А.)

Где: ЯрГУ, ул. Кирова,
8/10, ауд. 203

Детали:

ognev@uniyar.ac.ru

(декан ФФ Огнев Игорь
Сергеевич)

VK: yarsu_pf_sss

Решение 3 - активизация работы вузов со школьниками. ЯрГУ им. П. Г. Демидова предлагает

Конкурсы для школьников

онлайн-конкурс по
конструированию
в Minecraft

инженерный
конкурс для
школьников
совместно с
МОУ "ГЦРО"

конкурс
проектных работ
школьников
"Путь в науку
для школьников"



**входит в перечень Министерства просвещения,
даёт дополнительные баллы при поступлении в
вузы страны**

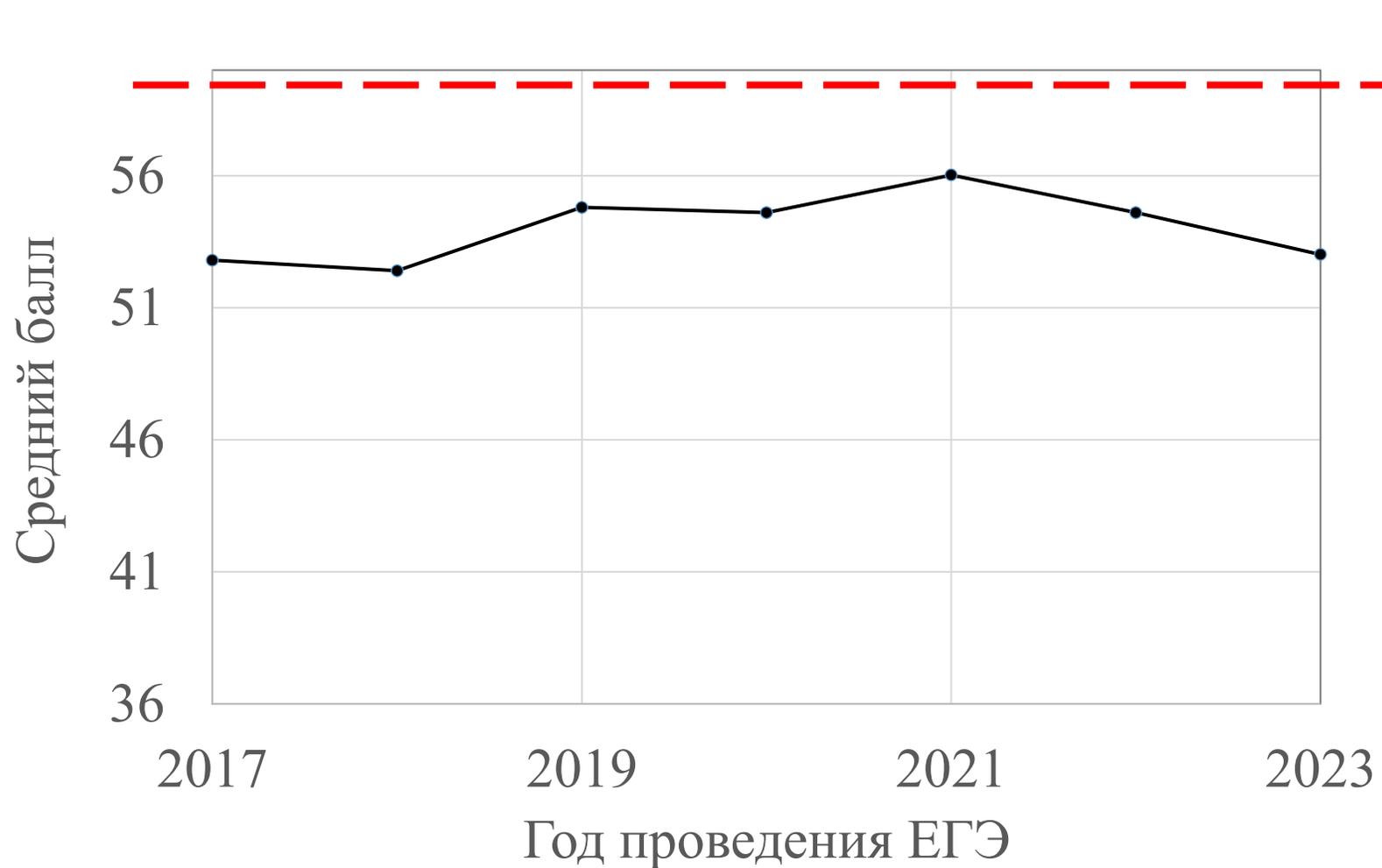
Детали:

ognev@uniyar.ac.ru

(декан ФФ Огнев Игорь
Сергеевич)

VK: yarsu_pf_sss

Проблема 2 – Недостаточный уровень подготовки выпускников: средний балл ЕГЭ по физике хронически ниже порога готовности к обучению в вузе

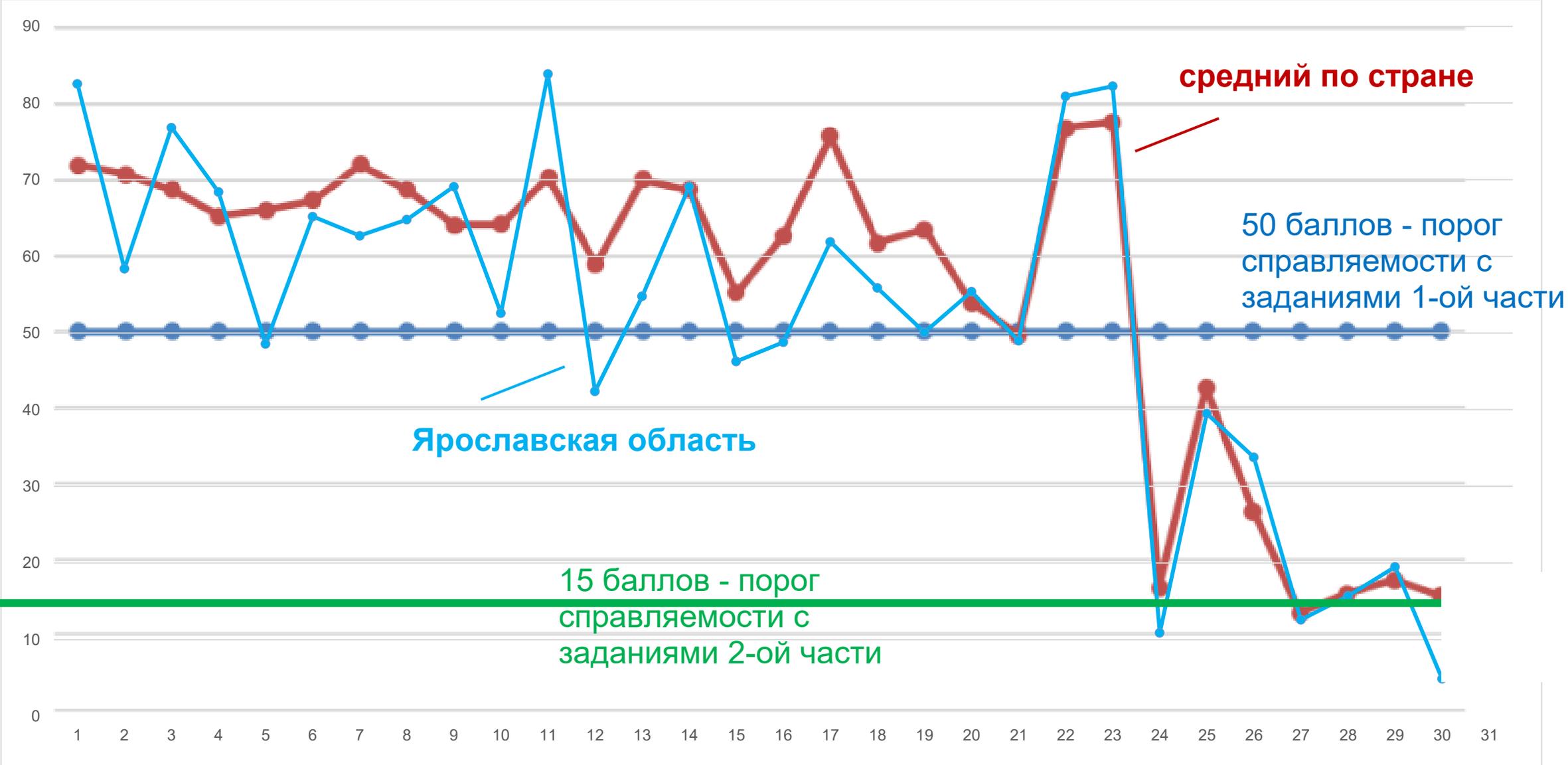


**порог готовности к
обучению в вузе -
60 баллов**

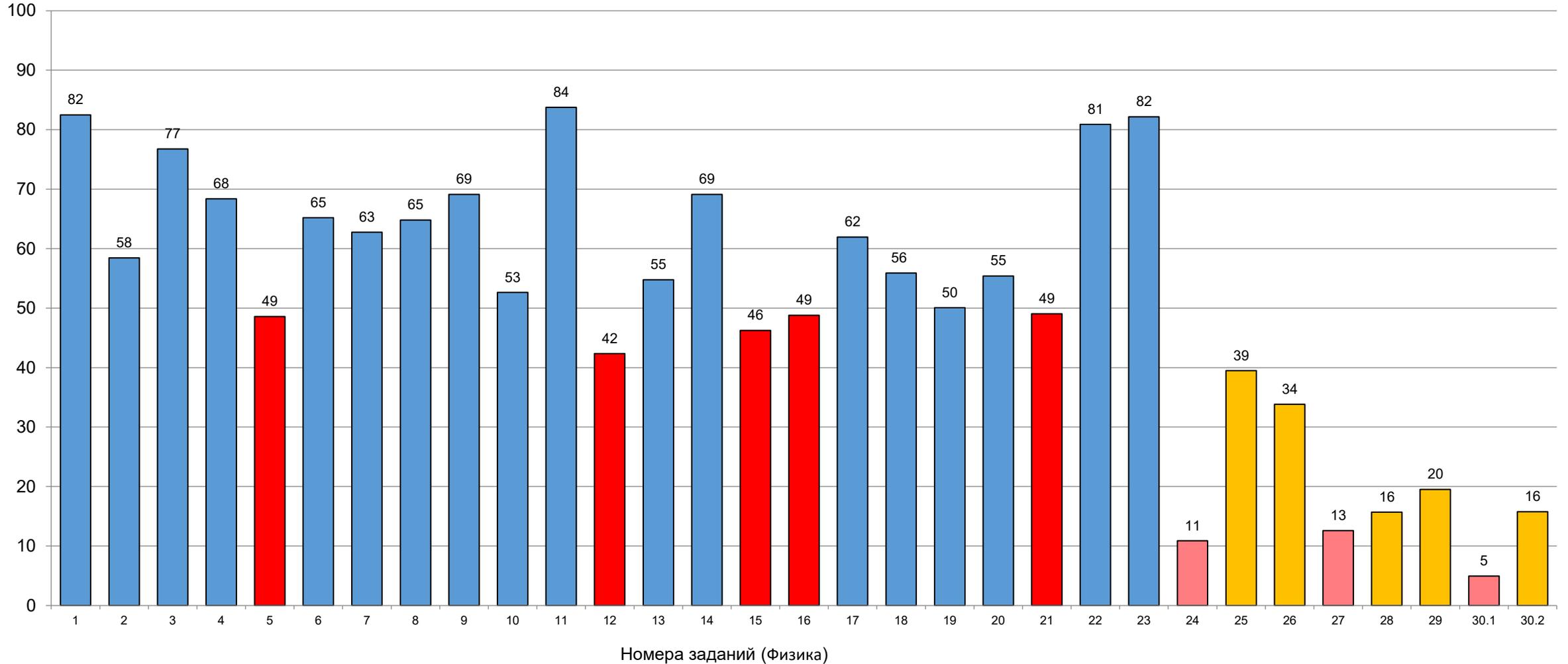
в 2023 г. средний балл
ЕГЭ по физике

в ЯО	в среднем по стране
53,02	54,62

Средний процент выполнения заданий ЕГЭ 2023



Средняя справляемость с заданиями ЕГЭ 2023 в Ярославской области



Группы по уровням подготовки

Группа	2023 г., % в ЯО	2023, средний % по России
Не преодолевшие порога экзамена	8,76* (+3 %)	5,85
Участники с 36-60 тестовых баллов	66,40	65,80
Участники с 61-80 тестовых баллов	14,81** (-4,5 %)	19,30
Высокобалльники, включая 100-балльников	9,25	9,71

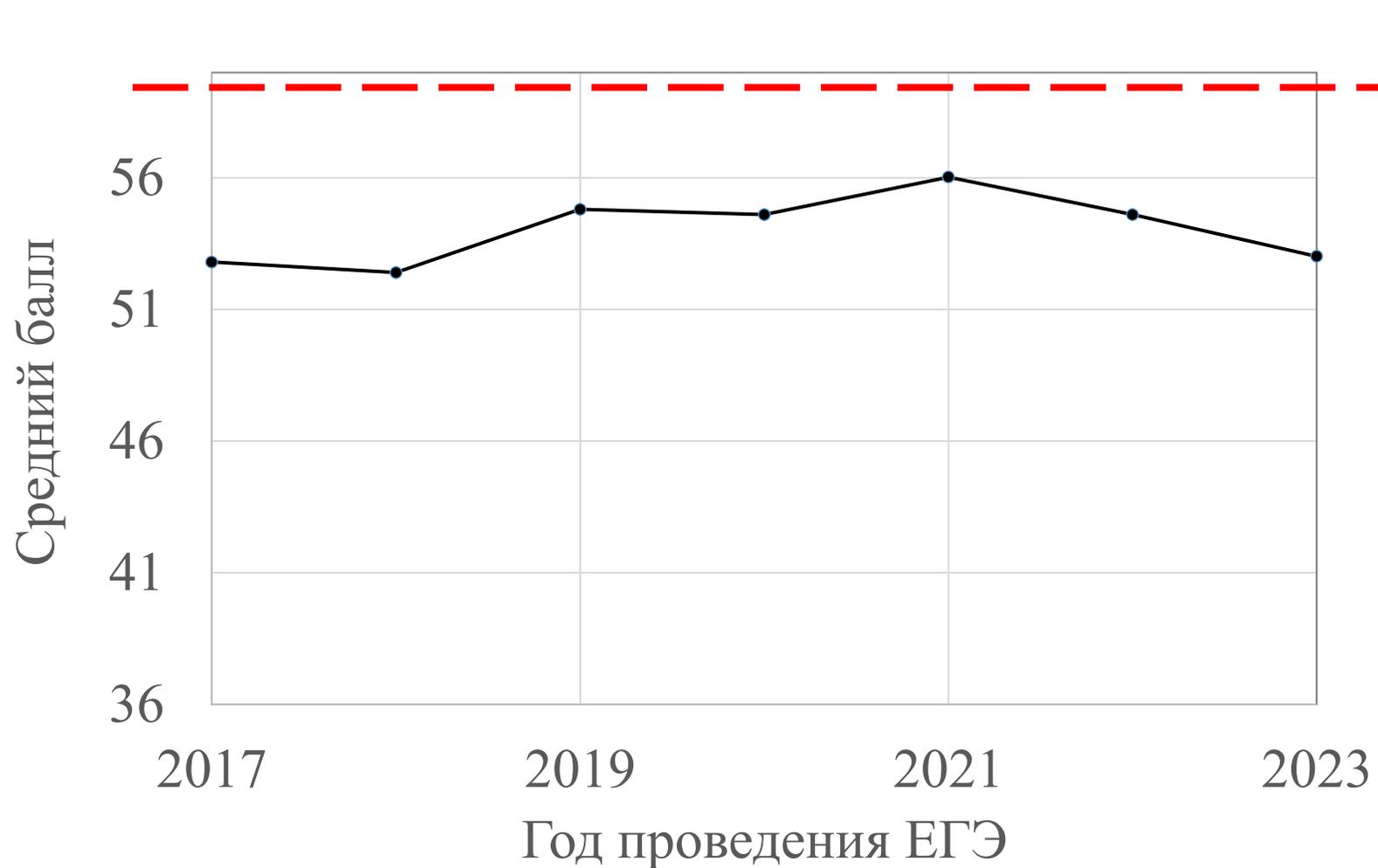
- ненормально много не сдавших экзамен - немотивированных людей, оттягивающих за счёт физики дату сдачи важных для них экзаменов

** ненормально мало участников с хорошей, но не отличной подготовкой - т.е. основной группы абитуриентов, поступающих в местные вузы и затем формирующих инженерные кадры региона

Готовность к различным видам деятельности

Предметные результаты обучения	Средний % выполнения по годам		
	2022 г., ЯО	2023 г., ЯО	2023, ср. по России
Применять законы и формулы в типовых учебных ситуациях	74,99	63,65 (-4%)	67,6
Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики	61,21	58,41 (7,3%)	65,7
Методологические умения (проводить измерения и опыты)	74,80	81,55	77,3
Решение задач (качественных и расчётных)	18,00	19,09	19,6

Проблема 3 – Слабые метапредметные навыки школьников



порог готовности к обучению в вузе - 60 баллов

в 2023 г. средний балл
ЕГЭ по физике

в ЯО	в среднем по стране
53,02	54,62

Проблемы с зарядами

На столе установили два незаряженных электрметра и соединили их металлическим стержнем с изолирующей ручкой (рис. 1). Затем к первому электрметру поднесли, не касаясь шара, отрицательно заряженную палочку (рис. 2). Не убирая палочки, убрали стержень, а затем убрали и палочку.

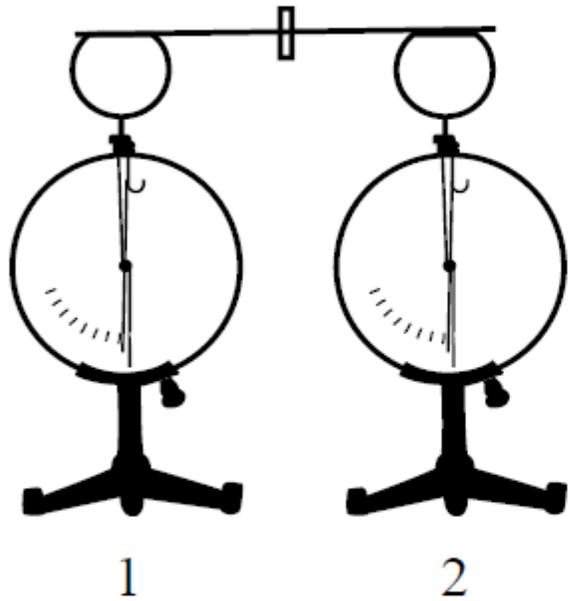


Рис. 1

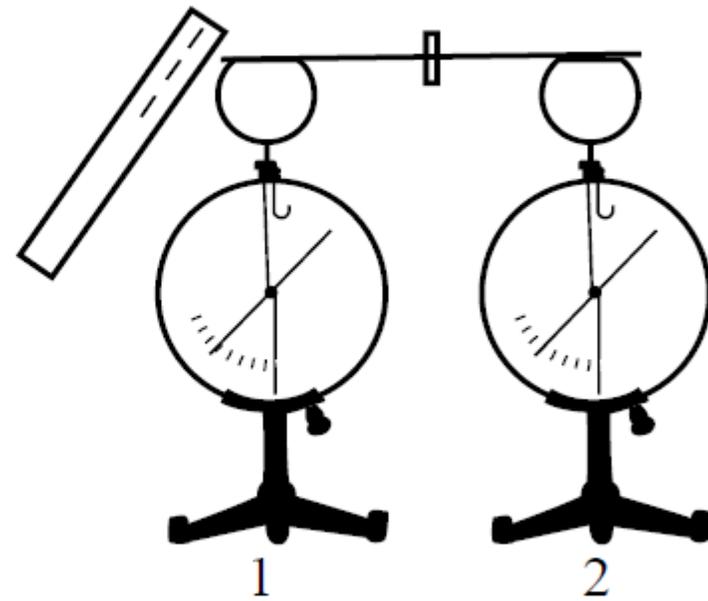


Рис. 2

Ссылаясь на известные Вам законы и явления, объясните, почему электрметры оказались заряженными, и определите знаки заряда каждого из электрметров после того, как палочку убрали.

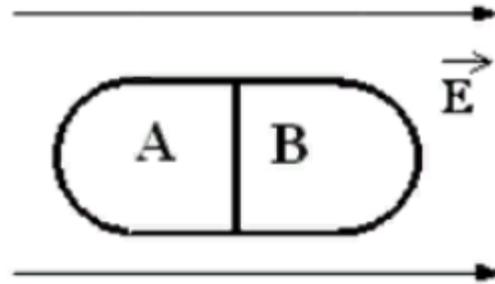
Трудности:

- Неверно называют явление. Тут – электростатическая индукция (электризация полем). Называют электромагнитной.
- Неверно понимают ход перераспределения зарядов. Тут – лёгкие электроны из металлических частей левого электрометра под действием поля палочки перемещаются от неё, удаляются. Тяжёлые ионы кристаллической решётки считаются неподвижными. В итоге левая часть системы оказывается заряженной положительно (заряд оставшихся ионов), правая – отрицательно (из-за избыточного заряда переместившихся туда электронов). Школьники считают, что и носители положительных зарядов в металле будут двигаться (т.е. ионы уйдут из правой части, заместятся электронами).
- Не указывают критерий окончания процессов перераспределения зарядов: поверхность снова становится эквипотенциальной (критерий не входит в число основных, проверяемых в этой задаче, но и никто его не пишет). Возможно, не выстраивают логической цепочки: если потенциалы точек проводника, находящихся на расстоянии d , не равны, то есть ненулевая разность потенциалов U и электрическое поле с напряжённостью $E=U/d=F/q$, являющейся мерой силового воздействия поля на заряды, т.е. есть сила F , с которой поле действует на заряды, заставляя их двигаться, причём ускоренно: $a=F/m$. Чтобы ускорение было равно нулю, нужна нулевая разность потенциалов.

Трудности:

- Путают ситуации, когда под действием поля что-то происходит в проводнике и в диэлектрике.

Условие: Незаряженное тело внесено в однородное электростатическое поле, а затем разделено на части А и В. Какими электрическими зарядами будут обладать эти части после разделения?



материал тела - проводник

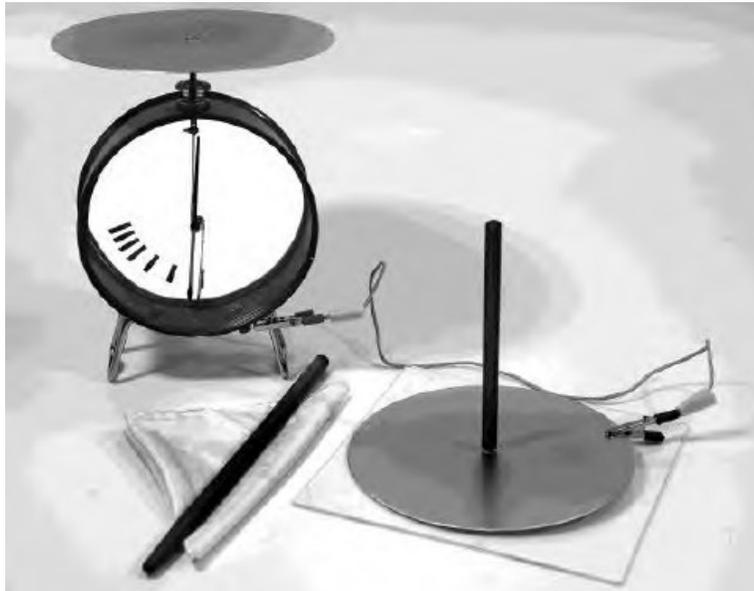
- 1) А – положительным, В – отрицательным
- 2) А – отрицательным, В – положительным
- 3) обе части останутся нейтральными
- 4) обе части приобретут одинаковый заряд

материал тела - диэлектрик

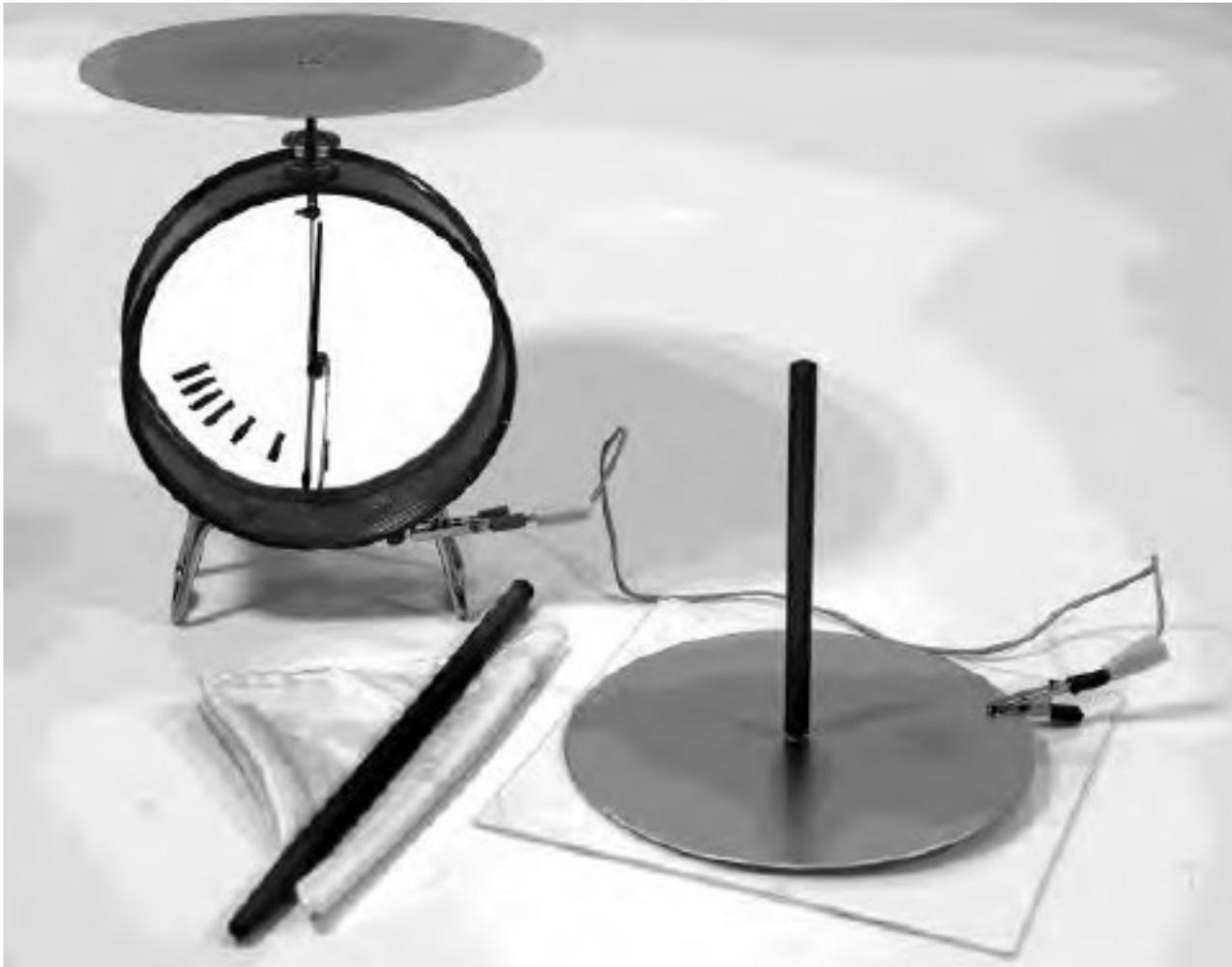
- 1) А – положительным, В – отрицательным
- 2) А – отрицательным, В – положительным
- 3) обе части останутся нейтральными
- 4) обе части приобретут одинаковый заряд

Задачи с заземлением

Воспользовавшись оборудованием, представленным на рис. 1, учитель собрал модель плоского конденсатора (рис. 2), зарядил нижнюю пластину положительным зарядом, а корпус электromетра заземлил. Соединённая с корпусом электromетра верхняя пластина конденсатора приобрела отрицательный заряд, равный по модулю заряду нижней пластины. После этого учитель уменьшил расстояние между пластинами (рис. 3). Как изменились при этом показания электromетра (увеличились, уменьшились, остались прежними)? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Показания электromетра в данном опыте прямо пропорциональны разности потенциалов между пластинами конденсатора.



Не понимают устройство электрометра – какие тела там изолированные



Показания пропорциональны
разности потенциалов.

Разность потенциалов
измеряется здесь между двумя
проводящими телами.

1 тело - стрелка и стержень
электрометра, соединенные с
нижней пластиной

2 тело – корпус

Тела изолированы

Почему зарядилась верхняя пластина?

Стрелка и стержень электрометра, соединённые с нижней пластиной, но изолированные от корпуса, заряжаются положительно.

Это проводящее тело создаёт электрическое поле, под действием которого электроны в другом проводящем теле (корпус+верхняя пластина) перемещаются против вектора напряжённости электрического поля.

Вектор E нижней пластины направлен над ней вверх, поэтому электроны верхней пластины стремятся отдалиться от нижней пластины, электроны корпуса — отдалиться от стрелки.

Заземление — соединение проводящего тела с проводящим телом огромной ёмкости. Благодаря этому заземлению электронам «есть, откуда придти» - с земли. (Если бы нижнюю пластину зарядили отрицательно, дополнительные электроны ушли бы на землю с верхней пластины, и она стала бы «+»).

Почему выполняется закон сохранения заряда?

Исходный заряд нижней пластины и связанных с ней тел равен $+q$.

Приобретённый за счёт заземления заряд верхней пластины равен $-q$.

Распределение зарядов между проводящими телами осуществляется в зависимости от их ёмкости и условий: подключённости к источнику или заземления. В этой задаче влияет заземление.

При уменьшении расстояния между пластинами конденсатора его ёмкость возрастает, но по сравнению с ёмкостью системы «верхняя пластина+корпус+земля» она всё равно пренебрежимо мала.

Нижняя пластина, стержень и стрелка – изолированная система, она не может ни отдать, ни принять электроны без непосредственного контакта, поэтому её заряд сохраняется даже после сближения пластин. Но поверхность приобретает новый потенциал.

Поэтому во второй системе начинается новое перераспределение зарядов до установления нового одинакового потенциала на всей поверхности, при котором заряд верхней пластины будет равен заряду нижней.

Итого, заряд конденсатора сохраняется.

Пример трудностей

Требовалось определить, как изменятся заряд плоского воздушного конденсатора, отключенного от источника напряжения, и его ёмкость, если пространство между пластинами конденсатора полностью заполняют диэлектриком.

Ошибки:

- 20% верно решили, что заряд не изменится, но ошибочно полагали, что ёмкость уменьшится,
- ещё 17 сочтали верный ответ на первый вопрос с идеей, что ёмкость не изменится. Эти 37% участников не вспомнили формулу для ёмкости плоского конденсатора и какую роль в ней играют свойства диэлектрика.
- 7% участников игнорировали тот факт, что конденсатор отключен от источника напряжения, и строили свой ответ на гипотезе о постоянстве напряжения с использованием формулы $q=CU$. То есть, эти участники не различают, подключен конденсатор к источнику или отключен от него. Вероятно, они не различают и ситуации, когда конденсатор заземлён и когда не заземлён.

Трудности с векторным сложением импульсов тел

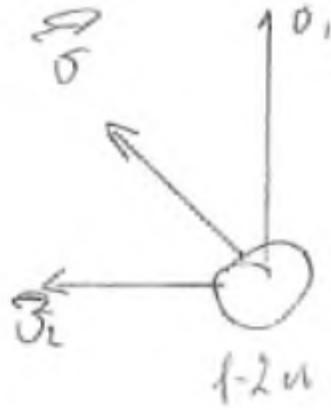
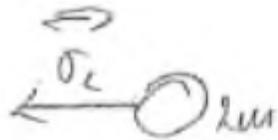
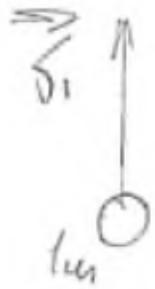
Столкнулись два одинаковых пластилиновых шарика, причём векторы их скоростей непосредственно перед столкновением были взаимно перпендикулярны и вдвое отличались по модулю: $v_1 = 2v_2$. Какой была скорость более медленного шарика перед абсолютно неупругим столкновением, если после него величина скорости шариков стала равной 1,5 м/с?

Возможное решение

Запишем закон сохранения импульса для двух взаимодействующих шариков: $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}$. Поскольку скорости шариков перед ударом были направлены взаимно перпендикулярно, то импульсы шариков математически связаны теоремой Пифагора: $(mv_1)^2 + (mv_2)^2 = (2mv)^2$. Так как по условию $v_1 = 2v_2$, то $(2mv_2)^2 + (mv_2)^2 = (2mv)^2 \Rightarrow 5(mv_2)^2 = 4(mv)^2$. В результате получим: $v_2 = 2v / \sqrt{5} = 2 \cdot 1,5 / \sqrt{5} \approx 1,34$ м/с.

Ответ: $v_2 \approx 1,34$ м/с

Наши ученики: т.к. скорости связаны теоремой Пифагора, то....



Дано:

$$v_1 = 2v_2$$

$$v^2 = 4v_2^2 + v_2^2 = 5v_2^2$$

$$v = \sqrt{5} v_2$$

$$1,5 = \sqrt{5} v_2$$

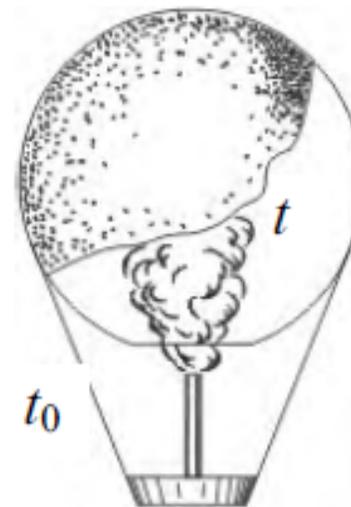
$$v_2 = \frac{1,5}{\sqrt{5}} = \frac{3}{2\sqrt{5}} \text{ м/с}$$

Источник работ: методические материалы ФИПИ для предметных комиссий 2023, 2022, 2021

Давления

Задание 1

Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M = 145$ кг и объём $V = 230$ м³, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Какую минимальную температуру t должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



Возможное решение

Условие подъёма шара: $F_{\text{Архимеда}} \geq Mg + mg$,

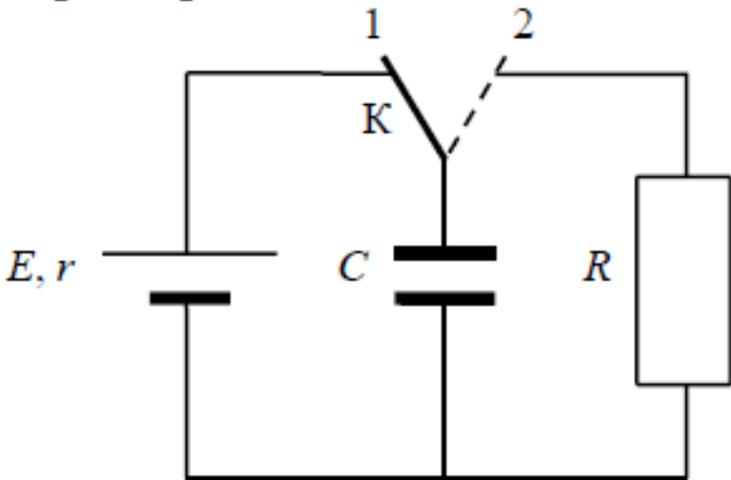
Не различают равенство и неравенство даже в начальной записи условий

Не все понимают, что, если оболочка с отверстием, то давление внутри равно давлению снаружи

Не отличают от завязанного воздушного шарика, в котором давление может быть в несколько раз больше, чем атмосферное, его можно надуть до разных размеров, и степень надутоści определяет превышение давления внутри над атмосферным

Трудности с задачами на тепловыделение в цепях

В схеме, показанной на рисунке, ключ К долгое время находился в положении 1. В момент $t_0 = 0$ ключ перевели в положение 2. К моменту $t > 0$ на резисторе R выделилось количество теплоты $Q = 25$ мкДж. Сила тока в цепи I в этот момент равна 0,1 мА. Чему равно сопротивление резистора R ? ЭДС батареи $E = 15$ В, её внутреннее сопротивление $r = 30$ Ом, ёмкость конденсатора $C = 0,4$ мкФ. Потерями на электромагнитное излучение пренебречь.



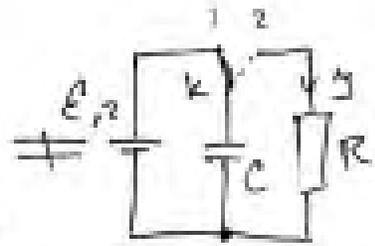
$$W_0 = W + Q$$

W_0 – энергия конденсатора до размыкания, W – после размыкания

Трудности с записью энергетического баланса даже для отключённого источника

Практически никто не решает, когда источник остаётся подключенным и совершает работу

1) Т.к. до момента переключения ключа в положение 2, конденсатор заряжен, то конденсатор даёт ток, т.е. $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{CE^2}{2}$, т.к. $C = 0,4$



2) После переключения ключа в положение 2, ток течёт по цепи, и работа конденсатора совершается на резисторе и в виде тепла.

3) В положении ключа 1, $I = \frac{E}{R+r}$; $I = \frac{1}{2}$. т.к. $R = 30$ Ом, $I = \frac{1}{2} = 0,5$ А. В положении 2 $I = 0,1$ А. $Q = I^2 R \cdot t$, где Q – работа, от-дана, в течение работы по цепи течёт ток от-сюда:

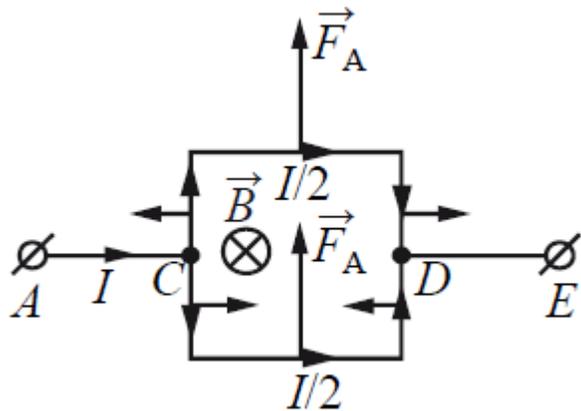
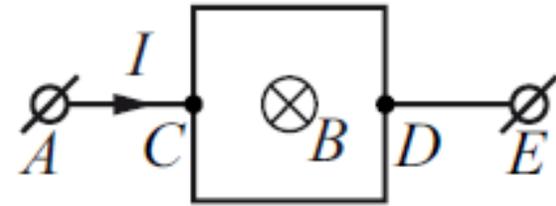
$$\frac{CU^2}{2} = \frac{C I^2 R t}{2}$$

по закону сохранения энергии

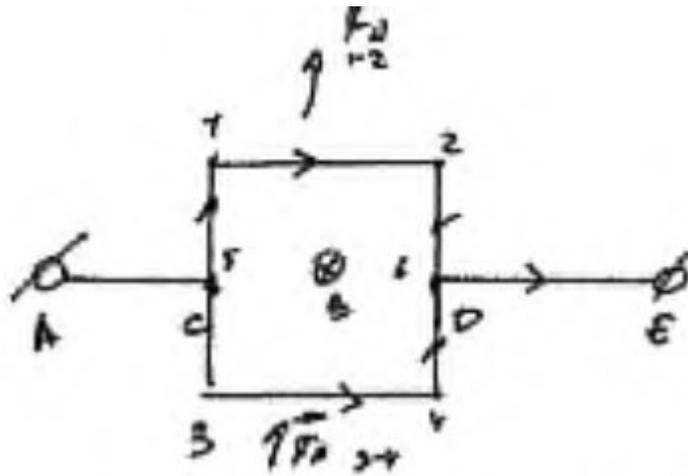
Рисуют не все силы

В задании 3 следует обратить внимание на изменение обобщённой схемы оценивания в связи с дополнительным требованием рисунка с указанием сил, действующих на тело.

Квадратная рамка со стороной $L = 10$ см подключена к источнику постоянного тока серединами своих сторон так, как показано на рисунке. На участке AC течёт ток $I = 2$ А. Сопротивление всех сторон рамки одинаково. Найдите полную силу Ампера, которая действует на рамку в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости рамки и по модулю $B = 0,2$ Тл. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на рамку.

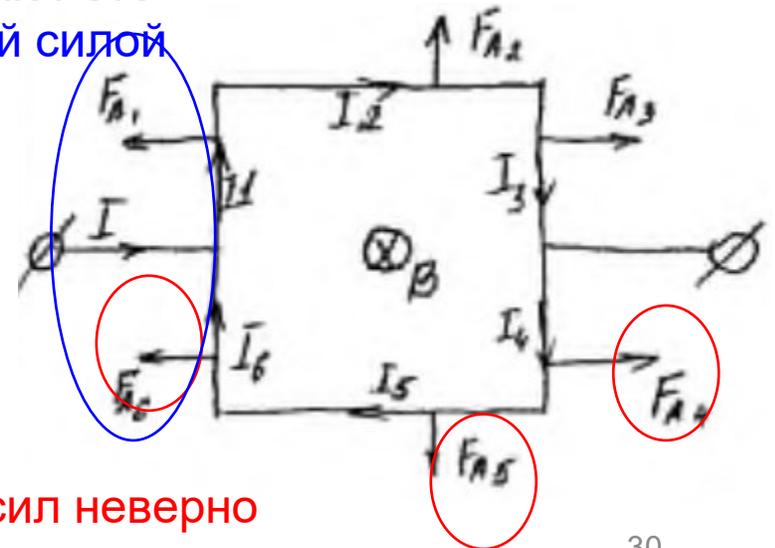


6 сил Ампера



не расставлены силы вообще

считают это одной силой

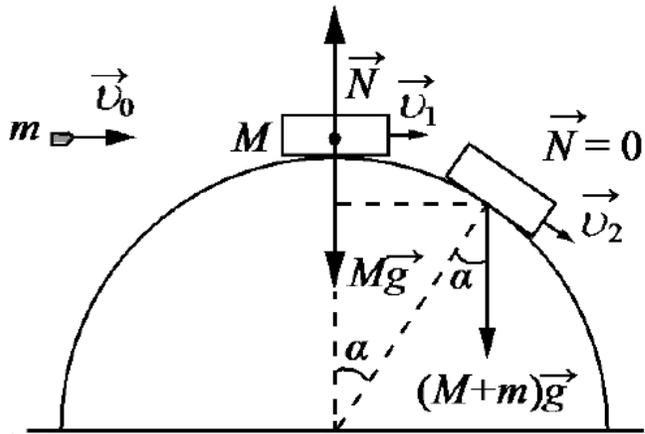


3 из 6 сил неверно направлены

Обоснование ЗСЭ – забывают силы T и N

Небольшое тело массой $M = 0,99$ кг лежит на вершине гладкой полусферы радиусом $R = 1$ м. В тело попадает пуля массой $m = 0,01$ кг, летящая горизонтально со скоростью $v_0 = 200$ м/с, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите высоту h , на которой это тело оторвётся от поверхности полусферы. Высота отсчитывается от основания полусферы. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



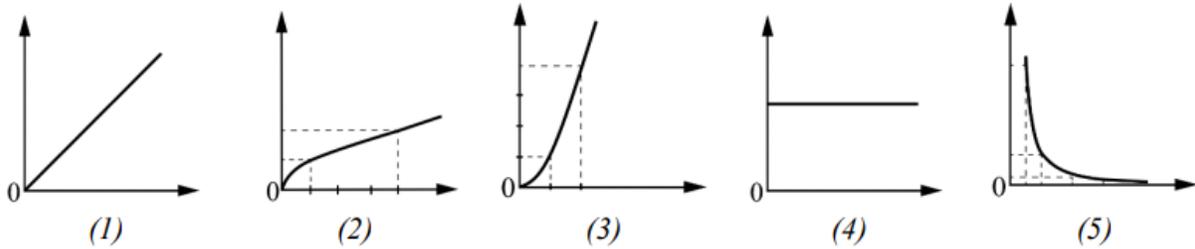
Так как полусфера гладкая, нет сил трения, и единственной силой, которая действует на систему тел – сила тяжести, то можно применить закон сохранения энергии

в любой точке. Т.к. поверхность полусферы гладкая, то силой трения сопротивление можно пренебречь. Т.к. в момент соударения пули и груза система замкнутая, можно применить закон сохранения импульса

Решение 1 – переход на новую Федеральную программу СОО и новый образовательный стандарт, прописывающий требования к метапредметным результатам обучения

- ❖ Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (ФГОС) (приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 12.08.2022 № 732 «О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утверждённый приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.05.2012 № 413»)
- ❖ Федеральная образовательная программа среднего общего образования (приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 371 «Об утверждении федеральной образовательной программы среднего общего образования»)

Метапредметные навыки



Установите соответствие между зависимостями:

- числа нераспавшихся ядер радиоактивного элемента от времени,
- зависимости силы тока по участку цепи, содержащему резистор сопротивлением R , от напряжения на резисторе
- периода колебаний маятника от его длины и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Цифры в ответе могут повторяться.

Ошибки:

- ошиблись в опознании зависимости числа нераспавшихся ядер радиоактивного элемента от времени, причём выбрали криволинейный график, но с растущей функцией, т.е. не проверяли свой выбор на соответствие здравому смыслу: растущая функция противоречит ситуации «распад», т.е. «уменьшение». Возможно, они считали, что выбрать надо «число распавшихся ядер» (оно действительно растёт), тогда это невнимательность и неспособность выполнить то, что требуется.
- выбрали для числа нераспавшихся ядер радиоактивного вещества зависимость типа корня квадратного, а для зависимости периода свободных колебаний математического маятника от длины нити – криволинейную спадающую, т.е. выбрали нужные графики, но поставили их в соответствие не тем зависимостям.
- выбрали для зависимости силы тока по участку цепи, содержащему резистор сопротивлением R , от напряжения на резисторе, выбрали спадающую криволинейную зависимость, т.е. либо не дочитали и решили, что нужно выбрать $I(R)$, либо не знают, что в числителе, что в знаменателе закона Ома для участка цепи.
- выбрали для зависимости периода колебаний маятника от его длины прямую пропорциональность, возможно, они не различают, линейная или нелинейная зависимость функции от аргумента.