

## **Формирование мотивации школьников к участию в физических олимпиадах через решение творческих задач.**

Ильин А. Б.,  
учитель физики,  
БУ Югорский физико-  
математический лицей-интернат.

Всероссийские олимпиады школьников уже длительное время являются важнейшим средством обучения и воспитания подрастающего поколения. В современных условиях цели олимпиадного движения коренным образом изменились: впервые поставлена цель выявления и развития творческих способностей обучающихся. В связи с этим возникла потребность нового научного осмысления олимпиадного движения, как в целом, так и на его отдельных этапах. Становится актуальным и педагогический опыт работы по выявлению и развитию творческих способностей обучающихся.

Чтобы школьная олимпиада по физике не стала лишь эпизодом в учебной деятельности школьника, чтобы обеспечить массовость олимпиады на школьном этапе, необходимо сформировать у школьников внутреннюю мотивацию к участию в олимпиаде. Что же может побудить школьника к участию к олимпиаде? Если мы имеем в виду действительно массовую олимпиаду, то вряд ли даже половина ее участников надеется на победу. Их может привести к участию только внутренние мотивы, и, на наш взгляд, одним из наиболее сильных стимулов участия в олимпиаде по физике является возможность реализации своих творческих способностей.

Для этого необходимо начинать выявлять творческие способности учеников и создавать условия для развития этих способностей задолго до олимпиады. И начинать следует буквально с первых уроков физики в седьмом классе. Такая работа, проводящаяся на уроке, может и должна сочетаться с работой на занятиях факультатива (спецкурса) по углубленному

изучению физики.

Конечно, работа учителя по развитию творческих способностей обучающихся зависит от многих факторов, и не может быть главной целью каждого урока. Но и пренебрегать этим на каждом уроке тоже неправильно. Выход заключается в том, чтобы такую работу вести параллельно основной, давая дополнительные задания наиболее способным по предмету ученикам, или даже всему классу. Такие задачи не должны быть «обязательными» для исполнения. Но поощрение за их решение обязательно должно быть предусмотрено, а в каком виде – это уже решать самому учителю. На дополнительных занятиях по предмету учитель имеет возможность посвящать этой деятельности не только часть времени каждого занятия, но и отдельные занятия целиком.

Что же такое творческая деятельность школьника? Существуют две крайние точки зрения, одинаково непродуктивные: к творческой деятельности относится только то, что связано с объективной новизной и имеет общественную значимость; всякая человеческая деятельность связана с творчеством, поскольку для человека «все ново». В первом случае, было бы утопией рассчитывать, что школьник систематически будет делать научные открытия и изобретения. Во втором случае, получается, что каждый шаг школьника уже является творчеством, и говорить о каком-то специально организованном процессе не имеет смысла. Ответить на этот вопрос продуктивно можно, обратившись к анализу творческой деятельности. Творческий процесс можно разбить на три основных этапа:

- формулировка проблемы;
- теоретическое решение этой проблемы;
- проверка правильности решения и (если потребуется) материальное осуществление или опытная проверка найденного решения.

С одной стороны, решение творческой задачи является центральным этапом творческого процесса. С другой стороны, оно может быть и частным случаем творческого процесса, когда проблема уже сформулирована и вся

необходимая информация для решения уже имеется. Таким образом, творческие задачи по физике, используемые на уроке и для домашних заданий, могут рассматриваться как вид творческой деятельности учащихся в учебном процессе. [15]

Творческая задача по физике – это такая задача, в которой сформулировано определенное требование, выполнимое на основе знания физических законов, но в которой отсутствуют какие-либо прямые или косвенные указания на те физические явления, законами которых следует пользоваться для решения этой задачи. В физике творческие упражнения могут выступать в форме расчетных, качественных или экспериментальных задач, в форме вопросов, поставленных на лабораторных работах и в форме проблем, выдвинутых для работ физического практикума. Отдельно стоят «конструкторские» творческие задачи, которые получили совершенно новую, неизвестную до сих пор форму работы. [15] В своем определении творческих задач Б. И. Вершинин практически согласен с приведенным выше определением: «Творческими называют задачи с элементами неопределенности, то есть те задачи, в которых ученику полностью или частично неизвестны средства достижения цели. Решая творческие задачи, ученик развивает в себе способность вырабатывать эти средства. Формируется жизненно необходимое качество – действовать в неопределенных условиях. При решении таких задач возникает высшая активация мышления, особенно интуитивного» [16, с. 4]

Кроме признаков творческой задачи, сформулированных выше, на наш взгляд, необходимо выделить еще один признак – **вариативность решения**. Творческим решениям противопоставляются решения стандартные, тривиальные, – а значит, такие задачи и должны иметь несколько способов решения. Заметим, что в приведенных определениях творческих задач ничего не сказано об уровне их сложности или трудности. Это означает, что творческие задачи могут быть и легкими, и трудными. Соответственно время, отведенное на их решение, может занимать от нескольких минут до

часов, дней и недель.

Наиболее интересными для школьников являются экспериментальные творческие задачи. Обычные лабораторные работы по физике, проводимые в школе, не являются творческими по своей сути. Это типичные репродуктивные задачи (по терминологии Б. И. Вершинина). Между тем, любое обращение к эксперименту, всегда вызывает живой интерес у обучающихся. Творческие экспериментальные задачи можно включить в урок, не изменяя привычную технологию лабораторной работы следующим образом: тем ученикам, кто уверенно справляется с работой досрочно – минут за 10 - 15 до конца урока, можно давать относительно простые творческие экспериментальные задачи. Критерием выполнения такой задачи будет являться получение контрольного ответа и краткая формулировка идеи решения (из-за недостатка времени – устная). При этом учитель должен всячески отмечать и поощрять поиск оригинальных способов решения данной задачи. Умение видеть различные способы решения одной и той же задачи, в частности, является залогом успеха выступления школьника на экспериментальном туре олимпиады по физике.

Приведем несколько примеров таких творческих экспериментальных задач, рассчитанных на решение их учеником в течение 5 - 15 минут.

Пример 1. При проведении лабораторной работы в 7 классе по теме «Измерение методом рядов» учащемуся дается задание: пользуясь только линейкой, измерить объем газетного листа. Легко измерив длину и ширину листа, ученик сталкивается с проблемой измерения толщины листа. Идея решения состоит в том, чтобы применить метод рядов для измерения толщины одного листа. Для этого его надо аккуратно сложить в несколько раз и, измерив толщину всего ряда, рассчитать толщину одного листа. Зная линейные размеры листа, легко можно рассчитать его объем. Другой вариант решения этой задачи: сначала сложить лист в 6-8 раз, а затем измерить длину, ширину и толщину получившейся стопки и вычислить ее объем. В каждом из этих случаев можно сгибать газетный лист, а можно и разрезать

его. Сравнивая первый и второй способы, мы видим, что они существенно различаются. Во втором случае, например, находить толщину отдельного листа совершенно необязательно. При возможности очень интересно проверить со школьниками полученный ими результат, используя для этого мензурку.

Пример 2. При проведении лабораторной работы по теме «Измерение массы тела» учащемуся дается задание: пользуясь только рычажными весами и набором разновесов, измерить массу груза, находящегося в «черном ящике». В качестве черного ящика можно использовать банку из-под кофе, в которой находится груз с прикрепленной к нему ниткой, выведенной через крышку банки. Первый вариант решения этой задачи достаточно прост: взвесить «черный ящик» вместе с грузом, а затем, держа за ниточку груз на весу, взвесить один только «черный ящик». Разница измеренных масс равняется массе груза. Второй вариант решения этой задачи не требует никаких вычислений: привязать нить за коромысло в точке подвеса чаши весов (не снимая чашу) и, держа на весу банку, определить массу груза.

Пример 3. При проведении лабораторной работы по теме «Измерение массы тела» учащемуся дается задание: измерить массу тела при помощи весов, листа бумаги и одной гирьки из набора разновесов, масса которой превышает массу тела и чуть меньше (или равна) массе листа бумаги. Идея решения состоит в том, чтобы из выданного листа бумаги соорудить набор разновесов. Однако вариантов выполнения этой идеи несколько. Первый вариант: удалив лишнюю бумагу, из листочка, равного по массе гирьке методом деления пополам получить «гирьки» известной массы ( $m/2$ ,  $m/4$ ,  $m/8$  и т.д.); второй вариант: поделив лист бумаги на мелкие одинаковые части, «взвесить» с их помощью гирьку и определить после этого массу одной части листка.

Как видно, даже в простейших экспериментальных задачах существует, как минимум, два варианта решений. В более сложных задачах вариантов решения может быть существенно больше.

Решению творческих экспериментальных задач можно посвящать отдельные занятия факультатива или спецкурса по физике, или же отводить этому часть какого-то отдельного занятия для активизации деятельности обучающихся. При этом нетрудно организовать работу так, чтобы школьники обратили пристальное внимание на вариативность решения творческой экспериментальной задачи. Этого можно добиться, организовав соревнование по решению задач между отдельными обучающимися, или даже целыми группами.

При организации групповой работы необходимо, чтобы все группы были примерно равны по силам. Каждой группе выдается один и тот же набор задач, включающий задачи различного типа. Среди них одна – две экспериментальные. По сути, здесь уже моделируется олимпиада по физике, но в условиях значительно меньшего времени и возможности группового обсуждения задач. В этих условиях школьники получают некоторые необходимые навыки поведения на олимпиаде по физике. Учащимся объявляется, что за каждый новый способ решения экспериментальной задачи начисляются баллы. Как правило, дети начинают решать в первую очередь именно экспериментальные задачи и предлагают немалое количество различных решений.

Пример 4. Группе выдается пластмассовый шарик и предлагается с помощью любых подручных средств определить его диаметр. Варианты решения:

- 1) обернуть его листком бумаги, измерив, таким образом, длину его окружности и рассчитать диаметр;
- 2) прокатить его по листку бумаги на один оборот, измерить пройденный путь, равный длине его окружности, рассчитать диаметр шара;
- 3) «прокатить» линейкой по шару, измерив, таким образом, длину его окружности и рассчитать диаметр;
- 4) ограничить шар двумя перпендикулярами по краям (например, линейками) и измерить получившийся отрезок, равный диаметру шара;

- 5) приставив к шару, лежащему на столе, сбоку вертикально линейку, измерить расстояние от стола до точки касания, равное радиусу шара, и рассчитать диаметр;
- б) вставить в отверстие, найденное в шаре (его обнаружили дети, автор не «видел» такого решения!) стержень и определить диаметр шара.

Непосредственно к экспериментальным задачам примыкают задачи, в которых ученику предлагается решить экспериментальную задачу теоретически – т.е. найти и описать способ решения, не реализуя его непосредственно на практике. Такие задачи также вызывают интерес у школьников, а их развивающее значение заключается в выработке навыка планирования экспериментальной работы, умения увидеть работу целиком и выделить ее наиболее критические участки по какому-либо параметру.

Нет никаких оснований считать такие задачи более легкими, чем экспериментальные. Часто приходится наблюдать, как ученик, решая предложенную ему экспериментальную задачу, методом проб и ошибок, через различные измерения, приходит к идее решения. «Отняв» у него право на такой способ решения, мы требуем подняться на более высокий уровень абстрагирования. Это требует больших усилий для ребенка.

Пример 5. Классу дается задача: описать способ, который позволит определить, в котором из двух внешне одинаковых стеклянных шаров содержится внутри воздух, а в котором – вакуум. Для драматизации задания можно «наполнить» один шар не воздухом, а ядовитым газом и тогда обращать внимание на соблюдение техники безопасности при работе с таким опасным объектом. Варианты решения:

- 1) опустить шары в воду - шар с воздухом будет плавать, глубже погрузившись;
- 2) опустить шары полностью в воду и проделать в них небольшие отверстия – из шара с воздухом будут выходить пузырьки;
- 3) опустить оба шара на самое дно сосуда и одновременно их отпустить – шар с воздухом отстанет при подъеме к поверхности воды;

- 4) просверлить в шарах отверстия и, не нарушая герметичности шара, попытаться зажечь там спичку – в вакууме она гореть не будет;
- 5) откачать снаружи воздух – шар с воздухом лопнет;
- 6) нагреть шары – шар с воздухом лопнет;
- 7) охладить шары – в шаре с воздухом появится жидкость;
- 8) толкнуть шары с одинаковой силой – шар с воздухом покатится медленнее;
- 9) взвесить шары – более тяжелый шар будет с воздухом;
- 10) пропустить свет – из шара с воздухом выйдет более слабый пучок света за счет его поглощения воздухом.

Выслушивая решения, учителю следует поощрять школьников выдвигать все новые и новые варианты решения предложенной задачи, не делая акцент на трудность практической реализации того или иного предложенного способа. Можно сказать, что здесь должен выполняться один из принципов мозгового штурма: на этапе выдвижения идей критика недопустима ни в каком виде!

Такие задачи могут обладать и бóльшей практической значимостью.

Пример 6. Придумать модель пожарной сигнализации при помощи лампочки: в случае возникновения «пожара» (при вспышке спички в каком-либо «опасном в пожарном отношении месте» она должна загореться.)

Варианты решения:

- 1) перегорание нити с подвешенным к нему грузом и замыкание им электрической цепи;
- 2) провисание при нагревании натянутой горизонтально проволоки с подвешенным на ней грузом и замыканием им цепи;
- 3) повышение давления воздуха в металлическом цилиндре, приводящее в движение поршень, который замыкает цепь;
- 4) срабатывание теплового реле (например, биметаллической пластинки) и включение электрической цепи и т.д.

Задачи такого типа очень полезны для актуализации знаний обучающихся в ходе организации повторения изученного материала. Необходимость этого возникает, например, при подготовке школьников к школьной олимпиаде по физике. После этого учитель может перейти к решению теоретических задач – и работа школьников будет значительно эффективней.

Кроме описанных выше экспериментальных творческих задач, есть еще один тип, имеющий свою особую специфику. Это задачи типа «черный ящик». Задачи такого типа часто предлагаются на экспериментальном туре регионального, окружного и заключительного этапа Всероссийской олимпиады по физике. Однако эти задачи, как правило, достаточно сложны, и по тематике (электричество) не подходят для школьников, начавших изучение физики. Тем не менее, можно подготовить задачи типа «черный ящик» и для школьников, только начинающих изучение физики. Приведем несколько примеров таких задач.

Пример 7. Учащемуся дается задание: с помощью линейки определить высоту цилиндрического тела, находящегося в «черном ящике». «Черным ящиком» является закрытый непрозрачный сосуд с тонкими стенками (например, металлическая банка из-под кофе). Нить, прикрепленная к верхней точке тела, выведена наружу через верхнюю грань сосуда.

Решение: 1) измерить высоту сосуда  $h_1$ ; 2) измерить удлинение нити  $h_2$  при подъеме тела до верхнего положения; 3) найти высоту предмета  $h = h_1 - h_2$ .

Пример 8. Учащемуся дается задание: пользуясь только линейкой, определить вместимость пробирки, в которой находится известный объем воды  $V_1$ . Пробирка закрыта резиновой пробкой. (Пробирку следует выбрать наиболее короткую, чтобы округлость дна существенно влияла на результат. Объем воды в пробирке удобно взять в интервале от трети до двух третей вместимости пробирки. Пробка должна плотно закрывать пробирку, исключая возможность пролива воды. Если возможно, то лучше заменить пробирку бутылкой нестандартной вместимости.)

Решение: 1) расположить пробирку вверх дном, чтобы вода находилась в ее цилиндрической части; 2) измерить высоту столба воды  $h_1$ ; 3) расположить пробирку вверх пробкой, чтобы воздух находился в ее цилиндрической части; 4) измерить высоту столба воздуха  $h_2$ ; 5) рассчитать объем воздуха в пробирке  $V_2 = V_1 \frac{h_2}{h_1}$ ; 6) найти вместимость пробирки  $V = V_1 + V_2$ .

Пример 9. Оборудование: весы с разновесами, две одинаковые закрытые прозрачные емкости, содержащие различное число одинаковых тел (наилучший вариант – шарики от шарикоподшипников в небольших прозрачных пластиковых контейнерах). Предлагается, не вскрывая емкостей определить массу тела.

Решение: 1) поместить емкости на разные чашки уравновешенных весов; 2) уравновесить их разновесами, определив, таким образом, разницу их масс  $m$ ; 3) подсчитать количество тел в емкостях и найти разницу  $N$ ; 4) найти массу одного тела  $m_1 = \frac{m}{N}$ .

Пример 10. Учащемуся дается задание: с помощью динамометра определить объем тела, находящегося в воде в «черном ящике» (Тело полностью погружено в воду, при подъеме оно полностью выходит из воды). Нить, прикрепленная к телу, выведена наружу через верхнюю грань сосуда.

Решение: 1) зацепить динамометром кончик нити и, поднимая тело на максимальную высоту, наблюдать за показаниями динамометра; 2) убедившись, что в начале подъема его показания не изменяются, определить вес тела в воде  $P_1$ ; 3) убедившись, что в конце подъема показания динамометра также не изменяются, но больше по величине, определить вес тела в воздухе  $P_0$ ; 4) найти силу Архимеда, действующую на тело  $F_A = P_0 - P_1$ ; 5) рассчитать объем тела  $V = \frac{F_A}{\rho g}$ .

Для этого же оборудования можно поставить и более сложную задачу: определить плотность находящегося внутри тела. Для ученика, уже нашедшего объем тела, остается только рассчитать массу тела по известному весу в воздухе, а затем и плотность.

Задачи типа «черный ящик» также обладают вариативностью решения. В целях экономии мы привели только один способ решения каждой предложенной задачи.

Переходным звеном от экспериментальных творческих задач к теоретическим творческим задачам являются оценочные задачи. Оценочные задачи, как правило, не содержат вообще численных данных. Тем не менее, ответ требуется дать в численном виде. Решая такую задачу, школьник должен сначала создать правильную модель явления, решить задачу в общем виде, а затем подобрать, опираясь на собственные представления, численные значения величин, входящих в конечную формулу и рассчитать численное значение ответа. Понятно, что некоторый разброс в численном значении ответа, полученный у разных школьников, решивших одну и ту же задачу, будет. Но это не страшно, если использована верная модель явления и взяты более-менее реальные значения физических величин.

Пример 11. В американском фильме “Команда” герой, которого играет Арнольд Шварцнеггер, в одном эпизоде стоит лицом к пропасти, над которой в вытянутой руке держит за ногу преступника. Стоит вертикально. Оцените массу Шварценеггера, при которой это было бы возможно в реальности, если за ногу он держит взрослого человека нормальной комплекции.

Решение: в этой задаче Арнольд Шварцнеггер является рычагом. Ось вращения рычага проходит через основания пальцев на ноге. В роли сил, действующих на рычаг, выступают силы тяжести  $mg$  и  $Mg$ . Плечами этих сил являются  $L_1$  – длина его руки и  $L_2$  – расстояние от основания пальцев на ноге до лодыжки. При равновесии моменты этих сил равны:  $mgL_1 = MgL_2$ . Отсюда

выразим массу Шварценеггера:  $M = \frac{L_1}{L_2} m$ . Численные значения входящих в

формулу величин примерно равны  $L_1=60$  см,  $L_2=10$  см,  $m=80$  кг. Расчет дает  $M=480$  кг. На вид его масса примерно соответствует 100-120 кг. Это значит, что средняя плотность Шварцнеггера в этом фильме примерно равна  $4000$  кг/м<sup>3</sup> (средняя плотность человека чуть меньше плотности воды). Очень похоже на робота, изготовленного из стали, с наличием полостей внутри. Терминатор, да и только!

Пример 12. Оцените максимальную толщину ледника на Земле.

Решение: проведем мысленный эксперимент. Возьмем ледяную колонну максимальной высоты  $h$  и положим сверху нее небольшой ледяной кирпич массой  $m$ . Поскольку высота колонны максимальна, то она опустится на высоту кирпича, и снова ее высота окажется равной  $h$ . И сколько бы раз мы так не повторяли, результат будет один и тот же. Это значит, что внизу колонны от большого давления часть льда вытекло. Какая? Массой  $m$ ! Посмотрев на всю ситуацию еще раз, приходим к выводу: тот же результат получится, если уронить с высоты  $h$  кусок льда массы  $m$ . Напишем закон сохранения энергии для этого случая:  $mgh=m\lambda$ . (Считаем температуру льда равной нулю.) Отсюда получаем ответ:  $h = \frac{\lambda}{g} = 34$  км.

Пример 13. На факультет пришел изобретатель выдвижного бампера для автомобиля. Он говорит, что бампер должен автоматически выдвигаться вперед на расстояние, зависящее от скорости автомобиля. При наезде автомобиля на препятствие бампер, вдвигаясь обратно, смягчит удар. Оцените расстояние, на которое должен выдвинуться бампер при езде по городу, если водитель способен выдержать перегрузку  $10g$ .

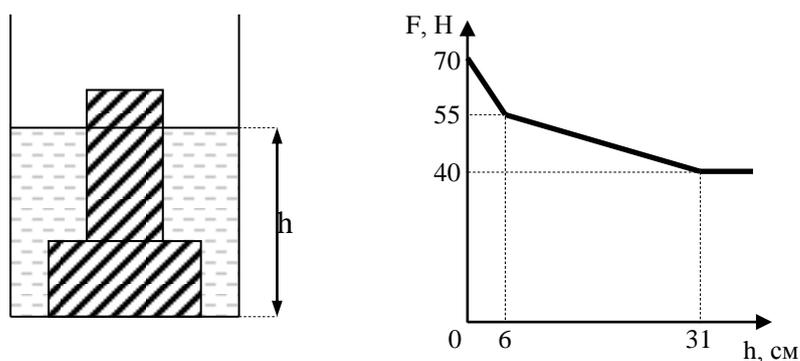
Решение: Будем считать торможение с помощью такого бампера равноускоренным. Тогда тормозной путь равен длине бампера. Для нашего случая  $L = \frac{v_0^2}{2a}$ . Примем, что по городу автомобили ездят со скоростью  $72$  км/ч. Тогда, рассчитав  $L$ , получим значение  $2$  м. Если же «гонять» со

скоростью 108 км/ч, то и длина получится еще больше – 4,5 м. Для легковой машины это чересчур большая длина, а значит изобретение неудачное.

Большой интерес школьников вызывают и теоретические задачи, в которых описываются результаты какого-то эксперимента. В этом случае текст задачи часто сопровождается каким-либо графиком. В отличие от текстовой задачи, график хоть и представляет информацию, необходимую для решения, но делает это скрыто, неявно. Поэтому творческий потенциал таких задач выше, чем текстовых. Решая графические задачи, школьники начинают гораздо лучше понимать графический способ представления информации.

Приведем примеры графических задач, предлагавшихся на различных этапах всероссийской олимпиады по физике.

Пример 14. Два одинаковых шершавых кирпича положили на дно аквариума (см. рис.) После этого в аквариум стали наливать воду.



Зависимость силы  $F$  давления кирпичей на дно аквариума от высоты  $h$  слоя налитой воды изображена на графике. Определите длины  $a$ ,  $b$  и  $c$  ребер кирпичей и плотность материала  $\rho$ , из которого они изготовлены.

Решение: изломы графика соответствуют изменениям в поведении системы. Первая точка соответствует полному погружению нижнего кирпича под воду. Значит  $a=6$  см. Второй излом соответствует полному погружению второго кирпича под воду. Следовательно,  $b=(31-6)$  см= $25$  см. Начальная сила давления двух кирпичей на дно аквариума  $F_0=70$  Н. Поскольку воды в этот момент в аквариуме еще не было, то эта сила равна удвоенному весу

кирпича, а значит можно найти массу одного кирпича:  $m=F_0/2g=3,5$  кг. При полном погружении нижнего кирпича сила давления уменьшилась на величину силы Архимеда. Зная плотность воды, можно найти объем одного

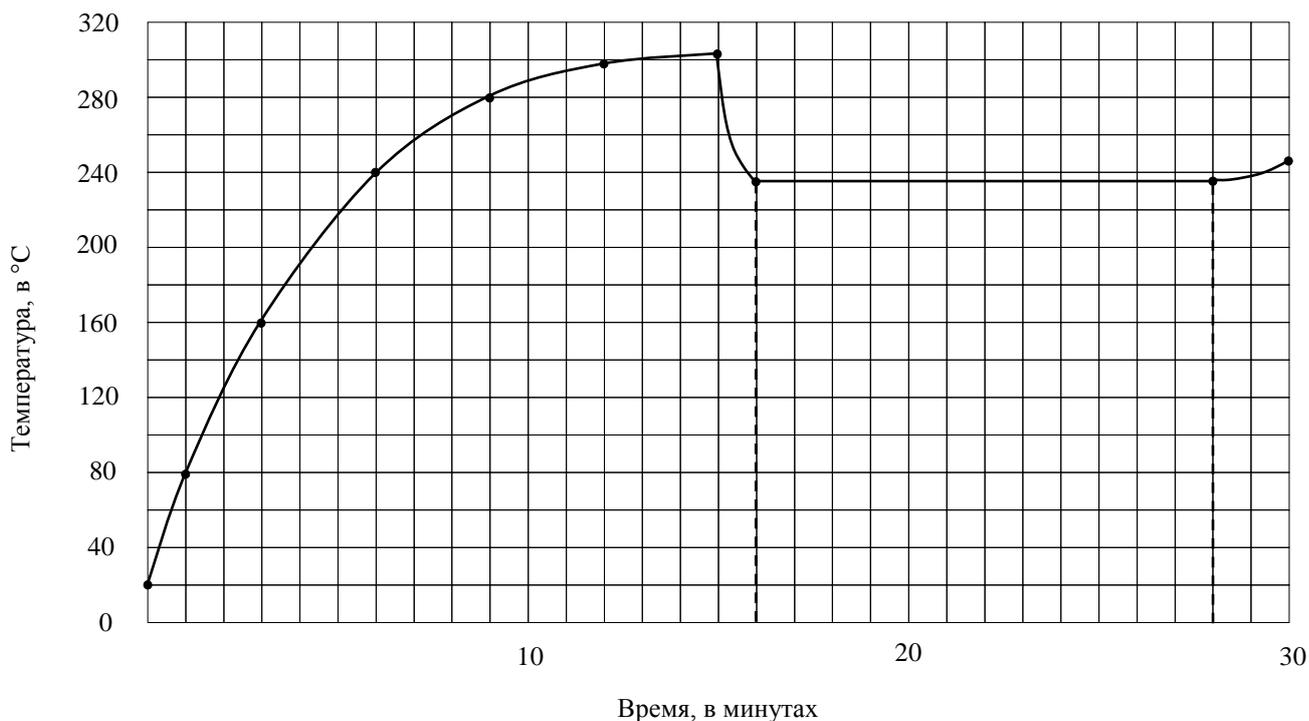
кирпича:  $V = \frac{F_A}{\rho g} = \frac{15\text{Н}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 0,0015\text{м}^3 = 1500\text{см}^3$ . Теперь можно найти

плотность материала, из которого изготовлены кирпичи:

$\rho = \frac{m}{V} = \frac{3,5\text{кг}}{0,0015\text{м}^3} \approx 2300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Кроме того, теперь можно найти и третий

линейный размер кирпича:  $c = \frac{V}{ab} = \frac{1500\text{см}^3}{6\text{см} \cdot 25\text{см}} = 10\text{см}$ .

Пример 15. Миниатюрный тигель (печка) для плавки металла имеет электронагреватель постоянной мощности  $P_0=20$  Вт. Нагреватель включают и, после того, как его температура практически перестает увеличиваться, в тигель бросают несколько кусочков олова, общая масса которых  $m=80$  г. Олово начинает плавиться. График зависимости температуры в тигле от времени представлен на рисунке. Определите удельную теплоту плавления олова.



Решение: посмотрим внимательно на график зависимости температуры в тигле от времени. Вначале температура растет, но этот рост замедляется со временем. За первую минуту температура изменяется на  $60^\circ\text{C}$ , а с 9-ой по 13-ую — только на  $20^\circ\text{C}$ ! Чем это объясняется? Тем, что часть тепла тигель отдает окружающей среде. Чем выше его температура, тем больше мощность

тепловых потерь. При включении нагревателя все тепло, выделяемое им, достается тиглю. Это происходит из-за того, что в начале температура тигля практически не отличается от температуры окружающей среды. Когда же в тигель поместили олово, он уже сильно нагрет, и считать, что все тепло, выделяемое нагревателем, идет на плавление олова, нельзя – это приведет к ошибке.

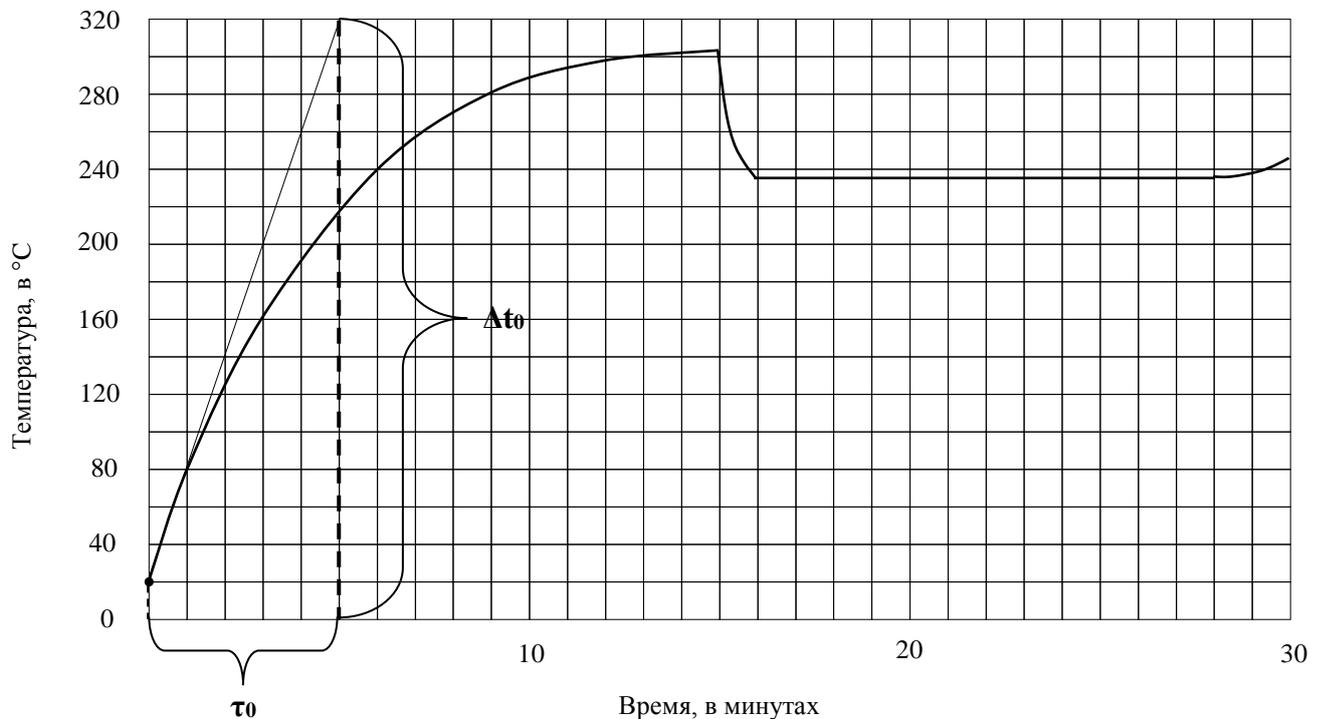
$$Q = \lambda m$$

$$Q = P\tau$$

Отсюда получим

$$\lambda = \frac{P\tau}{m}$$

Здесь  $\tau$  – это время плавления. Так как при плавлении кристаллических тел их температура не изменяется, то «палочка» на графике соответствует процессу плавления олова. Продолжается это с 16-ой по 28-ю минуты эксперимента, то есть  $\tau = 12$  минут. Теперь необходимо найти  $P$ . Если бы тигель не отдавал часть тепла окружающей среде, или отдавал какое-то постоянное количество в единицу времени, то зависимость его температуры от времени была бы линейной. Проведем касательные к графику в момент начала нагревания тигля



и в момент, когда его температура достигла температуры плавления олова, но олово внутрь еще не поместили.

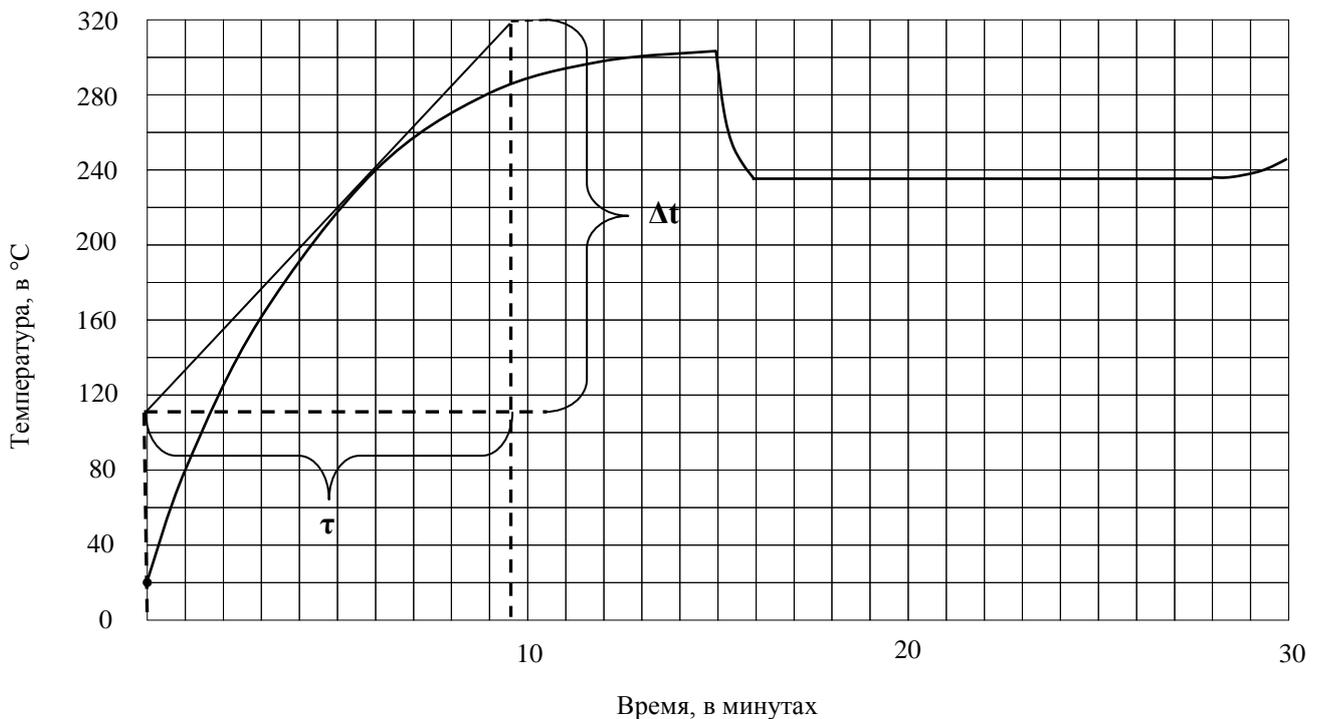
$$P_0\tau_0 = cm\Delta t_0$$

$$P\tau = cm\Delta t$$

Отсюда выразим интересующую нас величину  $P$ :

$$P = P_0(\tau_0\Delta t) / (\tau\Delta t_0)$$

По графику видим, что  $\tau_0 = 5$  мин,  $\Delta t_0 = 300^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 9,5$  мин,  $\Delta t = 210^\circ\text{C}$ .



Рассчитывая  $P$ , получим  $P=0,368P_0=7,4$  Вт. Теперь можно рассчитать  $\lambda$ . Получаем  $\lambda \approx 67$  кДж/кг

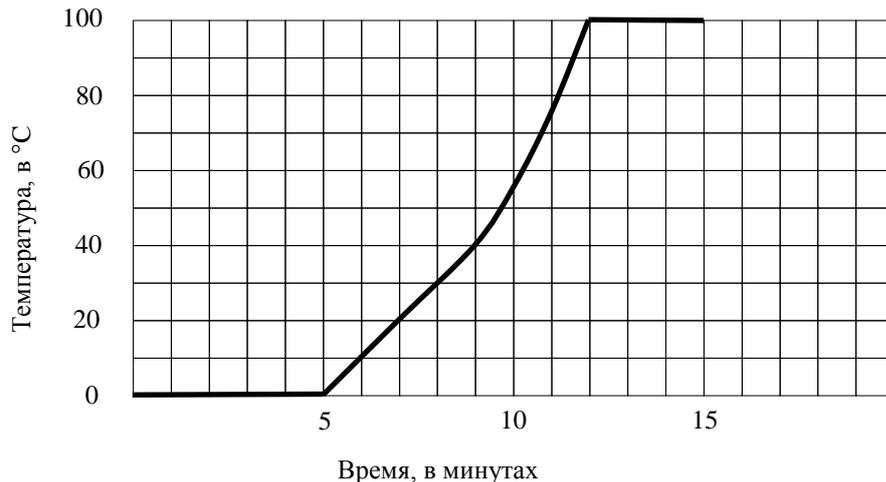
Эта задача предлагалась на заключительном этапе Всероссийской олимпиады по физике в 1992 году. Предлагать задачи такого уровня сложности целесообразно наиболее подготовленным обучающимся при подготовке к региональному этапу олимпиады по физике. Хотя задача далеко не проста, тем не менее, никаких дополнительных знаний, выходящих за рамки школьной программы, для ее решения не требуется.

После решения такой задачи полезно разобрать еще одну. Лучше всего подобрать такую задачу, чтобы, при внешней схожести графиков зависимости температуры от времени, причина отклонения зависимости температуры от времени от прямолинейной была иной.

**Пример 16.** В дне теплоизолированного сосуда (калориметра) имеется небольшое отверстие, через которое может вытекать вода. В сосуд поместили смесь воды и льда при температуре  $0^\circ\text{C}$  вместе с электрическим нагревателем мощностью  $P=600$  Вт, и начали следить за изменением температуры содержимого калориметра в зависимости от времени. Экспериментальный график зависимости температуры  $t$  от времени  $\tau$  представлен на рисунке.

- 1) Определите массу воды, оставшейся в калориметре к моменту окончания таяния льда.
- 2) Какая средняя масса воды вытекала из отверстия калориметра в течение 1 мин?
- 3) Сколько льда было в калориметре в начале эксперимента?
- 4) Сколько воды находилось в калориметре к концу эксперимента ( $t=17$  мин)?

Принять  $L=2260$  кДж/кг;  $c=4,2$  кДж/(кг·°C),  $\lambda=340$  кДж/кг.



**Решение:** наиболее легко ответить на третий вопрос задачи. При плавлении кристаллических тел их температура не меняется. По графику видим, что плавление льда происходило в течение 5 минут. Отверстие в дне, а лед, как известно, в воде плавает – он наверху, поэтому лед в отверстие не уходит. Все подведенное тепло идет на плавление льда (сосуд теплоизолирован, теплообмена с окружающей средой нет), поэтому

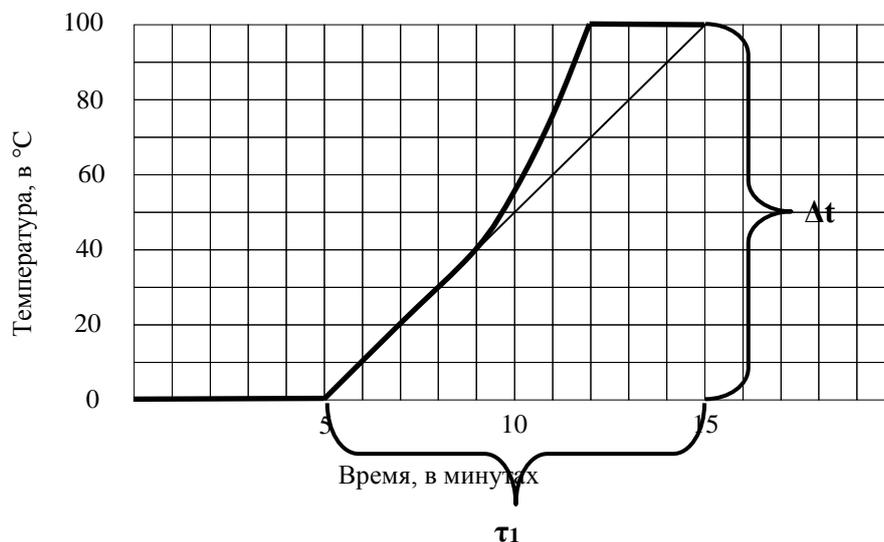
$$P\tau_1 = \lambda m_{\text{л}}$$

Отсюда получим массу льда:

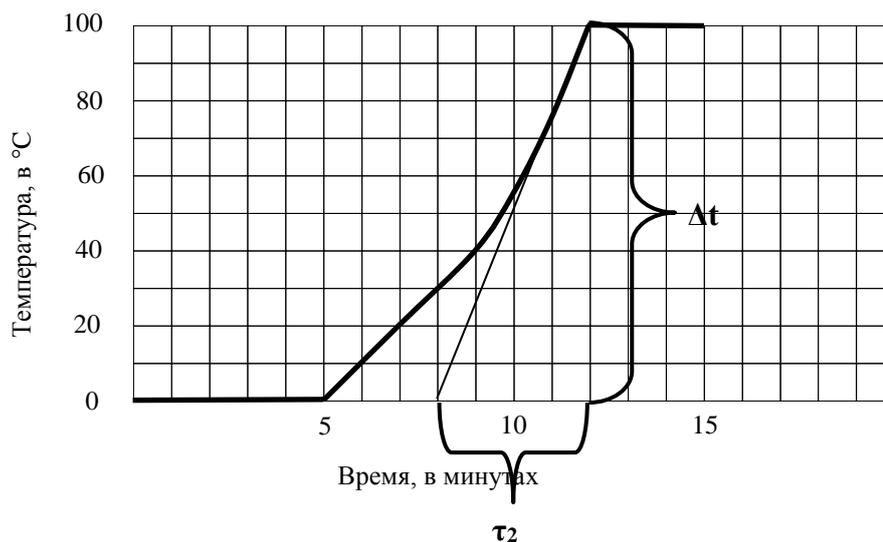
$$m_{\text{л}} = \frac{P\tau_1}{\lambda}$$

Численный расчет дает  $m_{\text{л}}=0,529$  кг.

Теплообмена с окружающей средой нет, но вода в сосуде с 5-ой по 12-ю минуту нагревается все быстрее и быстрее. Чем это объясняется? Тем, что вода вытекает, масса воды в сосуде уменьшается, а мощность нагревателя остается прежней! Значит, если бы вода не вытекала, этот участок графика был бы прямолинейным. Проведем касательные к этому участку графика в его начале



и в конце.



По ним мы сможем рассчитать массу воды в сосуде в эти моменты времени. Поделив разницу найденных масс на время, в течение которого температура воды в калориметре изменялась, найдем расход жидкости.

$$m_{в1} = \frac{P\tau_1}{c\Delta t^\circ} = \frac{600\text{Вт} \cdot 600\text{с}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 100^\circ\text{С}} = \frac{6}{7} \text{кг} \approx 0,857 \text{кг}$$

$$m_{в2} = \frac{P\tau_2}{c\Delta t^\circ} = \frac{600\text{Вт} \cdot 240\text{с}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 100^\circ\text{С}} = \frac{12}{35} \text{кг} \approx 0,343 \text{кг}$$

$$\left| \frac{\Delta m}{\Delta t} \right| = \frac{|m_{в1} - m_{в2}|}{\Delta t} = 0,073 \frac{\text{кг}}{\text{мин}}$$

Зная массу воды в калориметре в момент начала кипения и расход жидкости, можем рассчитать и массу воды в калориметре к моменту окончания эксперимента. Обсуждая последний этап решения со школьниками, не следует забывать, что при кипении идет интенсивный процесс парообразования, а значит, масса воды в калориметре уменьшается двумя путями – вытекая через отверстие и превращаясь в пар.

$$m = m_{в2} - \left| \frac{\Delta m}{\Delta t} \right| \cdot \tau_3 - \frac{P\tau_3}{L}$$

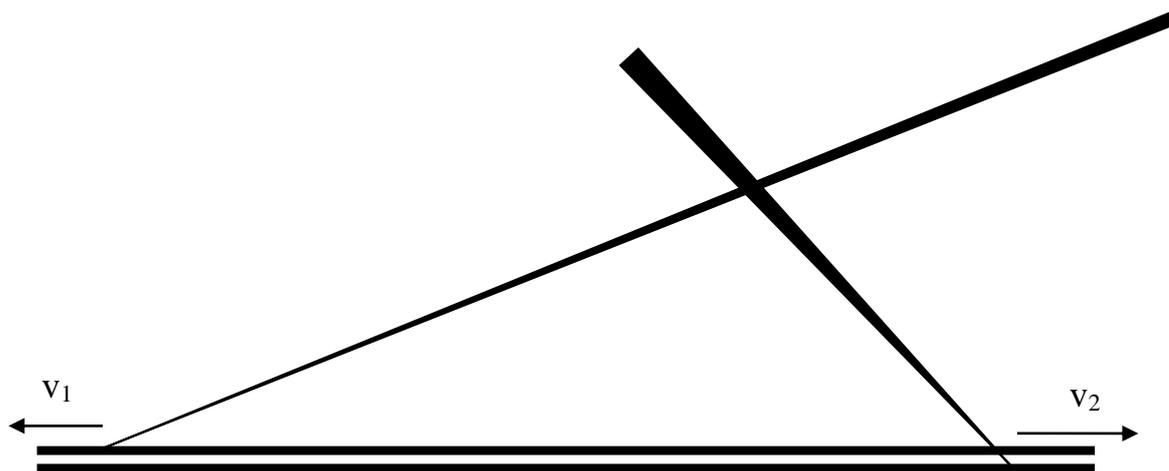
Рассчитав численное значение  $m$ , получаем отрицательное значение. Это означает, что вода в калориметре закончится еще до окончания эксперимента, а значит  $m=0$ .

Разбирая эту задачу со школьниками, полезно, обсудив идею решения, предоставить им возможность самостоятельно записать ключевые формулы,

провести необходимые построения и измерения на графике и получить контрольный ответ. При затруднениях следует оказывать небольшую помощь, добиваясь от ученика максимальной самостоятельности.

Аналогично графическим задачам, скрытое представление необходимой информации дается в задачах, сопровождающихся масштабным рисунком. Решение такой задачи предполагает также некоторые построения и измерения на предоставленном рисунке или чертеже.

Пример 17. Рисунок сделан с фотографии шлейфов дыма, тянущихся от двух паровозов, которые движутся по прямолинейному участку дороги со скоростями  $v_1=50$  км/ч и  $v_2=70$  км/ч (вид сверху). Направления движения поездов указаны стрелками. Найти скорость ветра.



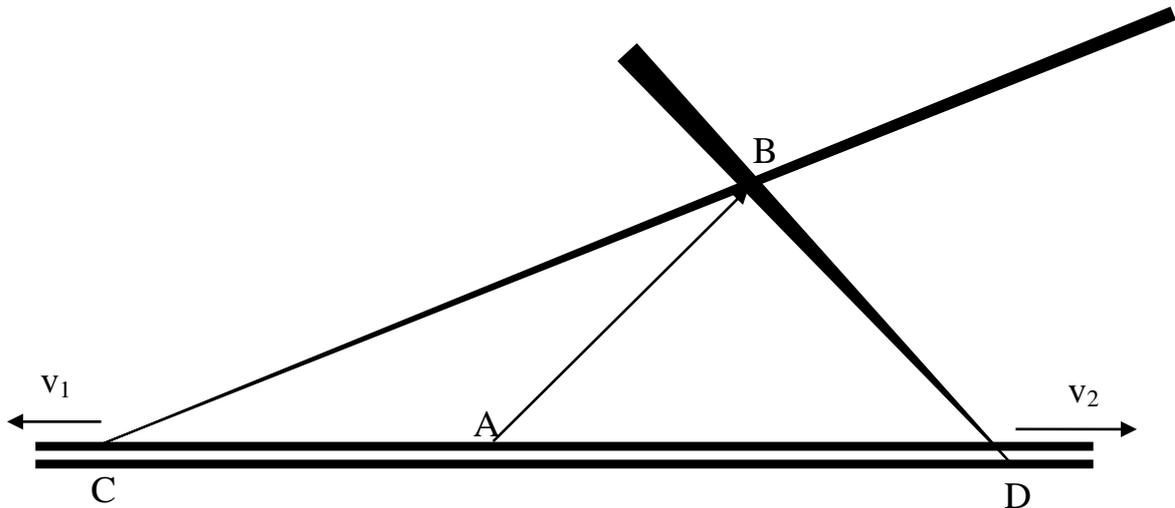
Решение: задумаемся над тем, что делает ветер в этой задаче с дымом. Если бы ветра не было, то теплый воздух вместе с частицами сажи поднимался бы вертикально вверх. В этом случае на фотографии сверху шлейфы дымов располагались бы точно над железнодорожными путями. Ветер осуществляет параллельный перенос частичек сажи. Значит, если мы найдем точку А на рисунке, соответствующую месту встречи паровозов, то, проведя из нее вектор в точку В, где пересеклись шлейфы дымов, можно найти направление ветра. Обозначим точки, в которых находятся паровозы, С и D. Тогда  $CD=(v_1+v_2)t$ , а  $CA=v_1t$ , где  $t$  – время, прошедшее от момента встречи паровозов до момента времени, изображенного на рисунке. Найдем отношение этих отрезков:

$$\frac{CA}{CD} = \frac{v_1}{v_1 + v_2} = \frac{50}{50 + 70} = \frac{5}{12}$$

Измерим на рисунке отрезок CD и отложим о точки С отрезок  $CA = \frac{5}{12}CD$ .

Соединим точки А и В отрезком АВ. Этот отрезок соответствует перемещению ветром частичек сажи за время  $t$ , прошедшее с момента встречи паровозов. Значит  $AB=vt$ , где  $v$  – скорость ветра. Тогда, измерив длину этого отрезка, можно рассчитать скорость ветра:

$$\frac{AB}{CD} = \frac{v}{v_1 + v_2} \Rightarrow v = \frac{AB}{CD} \cdot (v_1 + v_2)$$



Измерения, сделанные с нашим рисунком, дают соответственно значения  $CD=12$  см,  $CA=5$  см,  $AB=4,6$  см. Расчет скорости ветра дает численное значение, равное  $v=46$  км/ч.

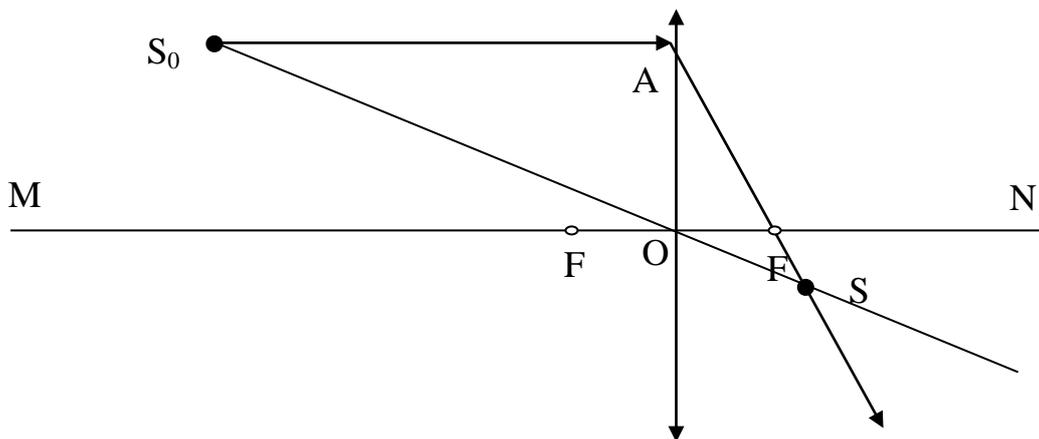
Иногда в задаче даже не требуется проводить никаких измерений – достаточно лишь правильно построить чертеж, обосновав ход его построения. Это характерно прежде всего для задач по геометрической оптике. Следующая задача совсем не трудна и школьники достаточно быстро самостоятельно находят ее решение. Решение нескольких задач такого типа подготавливает школьников к более трудным задачам геометрической оптики аналогичного типа.

**Пример 18.** По известному положению точечного источника света  $S_0$ , его изображения  $S$  и главной оптической оси линзы  $MN$  найти положение линзы, определить ее тип и обозначить на чертеже оба фокуса линзы.

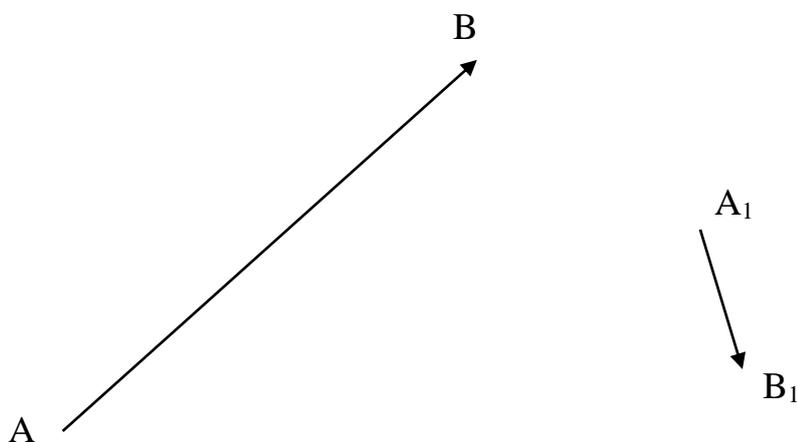


**Решение:** все лучи, вышедшие из точечного источника  $S_0$ , преломившись линзой, попадают в изображение источника  $S$ . Среди этих лучей один не преломляется – тот, который проходит через оптический центр линзы. Главная оптическая ось линзы также проходит через ее оптический центр. Проведем прямую  $S_0S$ . Пересечение этой прямой с главной

оптической осью даст точку  $O$  – оптический центр линзы. Главная оптическая ось перпендикулярно линзе. Проведем отрезок, перпендикулярный  $MN$ , середина которого находится в точке  $O$ . Это и будет линза. Так как источник и изображение находятся по разные стороны от нее, то изображение – действительное, а сама линза – собирающая. Проведем луч  $S_0A$ , параллельный главной оптической оси. Преломившись линзой, он попадет в изображение точечного источника  $S$ . При этом он пройдет через задний фокус линзы, находящийся на главной оптической оси. Строим луч  $AS$ . Его пересечение с  $MN$  и дает нам точку, в которой находится задний фокус линзы. Учитывая, что фокусы тонкой линзы находятся на равных от нее расстояниях, отметим и передний фокус линзы. Задача решена.

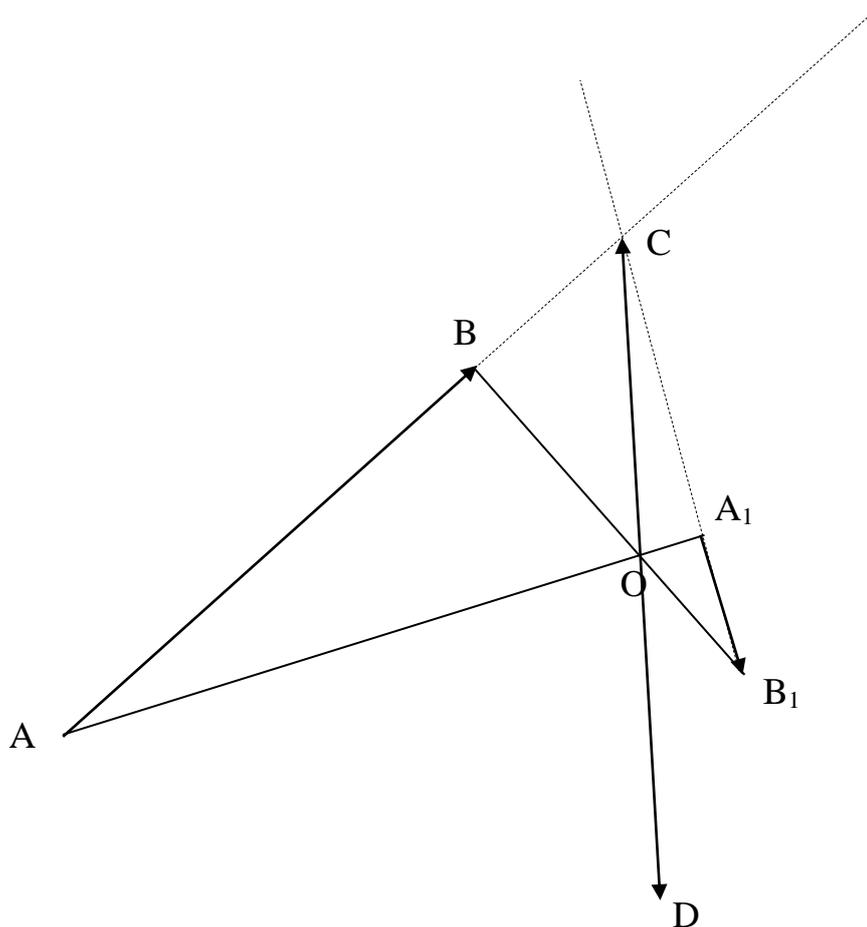


Пример 19. По известному положению протяженного источника света  $AB$  и его изображения  $A_1B_1$  найти положение линзы, определить ее тип и обозначить на чертеже оба фокуса линзы.



Решение: Проведем отрезки  $AA_1$  и  $BB_1$ . На их пересечении находится оптический центр линзы – точка  $O$ . Продолжим луч, идущий вдоль отрезка  $AB$ . Так как на этом луче находятся точки  $A$  и  $B$ , то после преломления линзой этот луч должен пройти и через изображения этих точек –  $A_1$  и  $B_1$ . Тогда проведем еще одну прямую – вдоль отрезка  $A_1B_1$ . Точка  $C$ , где пересекаются линии  $AB$  и  $A_1B_1$ , будет принадлежать линзе. Проведем

отрезок  $CD$ , серединой которого является точка  $O$ . Это будет линза. Так как изображение обратное, то линза собирающая.



Проведем через точку  $O$  прямую, перпендикулярную линзе. Это и будет главная оптическая ось. Проведем из точки  $B$  прямую, параллельную главной оптической оси линзы. После преломления этого луча линзой он пройдет через точку  $B_1$ . Точка, где этот луч пересечет главную оптическую ось линзы и является одним фокусом линзы. Положение второго фокуса можно получить, действуя аналогично.

И, наконец, мы подошли к творческим текстовым теоретическим задачам. Вспомним, что признаком творческой задачи является отсутствие указаний на пути ее решения. Наиболее подходящими под такое описание являются задачи, в которых «недостаточно» некоторых данных. Эти величины фигурируют в решении, но если задача решается до конца в общем виде, то на последних этапах решения они сокращаются. Например, хорошо известна задача о нахождении средней скорости движения, когда тело половину пути двигалось с одной скоростью, а вторую половину – с другой скоростью. Приведем пример менее известной задачи такого типа.

Пример 20. Человека, идущего вдоль трамвайных путей, каждые 7 минут обгоняет трамвай, а каждые 5 минут трамвай проходит навстречу. Как часто ходит трамвай?

Решение: первое желание школьников, получивших эту задачу, – не решая задачу сразу дать ответ – трамвай ходит через каждые 6 минут. Это неверный ответ. Введем величины, необходимые для решения этой задачи. Пусть скорость трамвая относительно путей равна  $v$ , а скорость пешехода –  $u$ . Обозначим также расстояние между ближайшими трамваями, идущими в одном направлении, за  $S$ . Тогда можно записать три уравнения:

$$S = (v - u)t_1;$$

$$S = (v + u)t_2;$$

$$S = vt_3 \quad .$$

Здесь времена  $t_1$ ,  $t_2$ , и  $t_3$  – это соответственно 7 минут, 5 минут и искомое время (интервал движения трамваев). Исключим  $S$  из первых уравнений.

$$vt_3 = (v - u)t_1$$

$$vt_3 = (v + u)t_2$$

Разделим первое уравнение на время  $t_1$ , а второе – на  $t_2$  и сложим их:

$$vt_3 \left( \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right) = 2v$$

Сократив на  $v$ , выразим искомое время и рассчитаем его численное значение:

$$t_3 = \left( \frac{2t_1 t_2}{t_1 + t_2} \right) = \frac{2 \cdot 420\text{с} \cdot 300\text{с}}{420\text{с} + 300\text{с}} = 350\text{с} = 5\text{минут} \quad 50\text{секунд}$$

Развивая творческие способности обучающихся, не следует забывать и о выработке у них прочных навыков решения стандартных экспериментальных и теоретических задач. Это важно по нескольким причинам. Во-первых, решая только творческие задачи, ученик начнет искать трудности и там, где их нет. Сочетая решение задач разного типа, учитель может справиться с этой проблемой. Решение стандартных задач повышенного и высокого уровня сложности развивает волевые качества характера ученика. Такая работа позволяет частично поддержать «ситуацию успеха» и для тех школьников, которым нравится физика как предмет, но решение творческих задач наталкивается на значительные трудности.

Издано много сборников задач, в которых можно отобрать те задачи, которые могут составить основу для работы по развитию творческих способностей школьников. Часть таких задачников, а также литература, содержащая полезные методические вопросы, приведена в списке литературы. Задачи, приведенные в данной статье, в основном взяты из литературных источников, частично придуманы автором. Все решения задач, приведенные в тексте, принадлежат автору. Некоторые рисунки и графики изменены по сравнению с первоисточниками, поэтому получены другие численные ответы.

## Литература

1. Анисимов П. Ф. “Основные направления развития Всероссийской олимпиады школьников и задачи ее реализации в 2006-2007 учебном году” доклад на Всероссийском совещании «Об организации и проведении Всероссийской олимпиады школьников в 2006-2007 учебном году»
2. Всероссийские олимпиады по физике/ Под редакцией С. М. Козела. - М.: ЦентрКом, 1997. - 240 с., илл.
3. Воробьев И. И. "Физика через задачи": экспериментальный курс для общеобразовательной школы // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия "Педагогика" Том IV. 2003 г. Выпуск 1. с. 3-32
4. Гельфгат И.М., Гендельштейн Л.Э., Кирик Л.А. 1001 задача по физике с ответами, указаниями, решениями. – 5-е изд. – М.: «Илекса», 2001. – 352 с.
5. Гнэдик П., Хоньек Д., Райли К. Двести интригующих физических задач. Перевод с англ. - М.: Бюро Квантум, Техносфера, 2005. - 272 с. (Библиотечка "Квант". Вып. 90).
6. Горюнов В. А. Готовимся к олимпиадам по физике: домашние практические работы. - Томск: ГНМЦ, 2006. - 43 с.
7. Ильин А. Б. Из опыта работы в области олимпиадной подготовки обучающихся по физике. - Томск: ГНМЦ, 2005. - 48 с.
8. Ильин А. Б. Некоторые вопросы организации олимпиад по физике и олимпиадной подготовки обучающихся // "Дарование": Альманах: Научно-методическое издание. - Выпуск VI. - Томск: Изд-во "Томский ЦНТИ", 2005. - С. 36-65
9. Кабардин О.Ф., Орлов. В.А. Экспериментальные задания по физике. 9–11 классы: учебное пособие для учащихся общеобразовательных учреждений. – М.: Вербум-М, 2001. – 208 с.

- 10.Красин М. С. Система эвристических приемов решения задач по физике: теория, методика, примеры: Учебно-методическое пособие. - Калуга: Калужский государственный педагогический университет им. К. Э. Циолковского, 2005. - 148 с.
- 11.Малафеев Р. И. Творческие экспериментальные задания по физике. 9-11 классы. - М.: Школьная пресса, 2003. - 48 с. (Библиотека журнала "Физика в школе". Вып. 32 ).
- 12.Пойа Д. Как решать задачу. - Львов, журнал "Квантор" №1. 1991. - 216 с.
13. Положение о Всероссийской олимпиаде школьников. (Утверждено приказом МО РФ от 25.05.95 №261)
14. Положение о Всероссийской олимпиаде школьников. (Утверждено приказом МО РФ от 30.10.2003 № 4072)
- 15.Разумовский В. Г., Майер В. В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение – М.: Гуманитарный изд. Центр ВЛАДОС, 2004. – 463 с. – (Б-ка учителя физики)
- 16.Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. / Вершинин Б. И., Постников С. Н., Белоусов Г. А. и др.- Томск: "Пеленг", 1997. - 154 с.
- 17.Слободецкий И. Ш., Орлов В. А. Всесоюзные олимпиады по физике: Пособие для учащихся 8 – 10 кл. сред. школы. - М.: Просвещение, 1982. - 256 с., ил.