

## Записки репетитора. Волшебный алгоритм решения задач

*Ястребов Леонид Иосифович*

*кандидат физико-математических наук, профессиональный репетитор, в прошлом научный сотрудник и преподаватель. Автор двух монографий по квантовой физике, одна из которых переведена на английский язык, соавтор более 10 книг по ИКТ для работников образования*

<http://ege.yastrebov.li>

В этой статье я рассмотрю «волшебный алгоритм» решения задач, основанный на изложенном ранее методе АСССА.

Конечно, ничего волшебного в этом алгоритме нет. Но он позволяет систематизировать и направить мышление ученика, когда он сталкивается с трудностями при решении задачи, которые кажутся ему непреодолимыми. Как часто ученик говорит (кто с отчаянием, а кто – с вызовом) – я не знаю, как подступиться к этой задаче!

Ну теперь это уже в прошлом: вот тебе последовательность действий, рассказывай о своих шагах.

Говоря между нами, я просто показываю ученику, как надо организовать свою деятельность по решению задачи.

В терминах нового Стандарта образования, я формулирую Универсальные учебные действия, которым уделяется такое внимание в Стандарте. Эти УУДмогут быть применены не только к физике.

Итак, как обычный ученик пытается решить задачу?

### ***Привычный способ решать задачи - пазлостроение***

Очень часто ученик, не умеющий решать задачи целенаправленно, начинает с перебора формул, имеющих отношение к процессам, упомянутым в задаче. Он беспорядочно перебирает все возможные формулы, не обращая внимания на теоретические связи между ними.

Он перебирает формулы, которые приходят в голову в связи с данной задачей, и ждет, что светлая идея посетит его натруженную голову. Фактически, ученик надеется наткнуться на решение.

Иными словами, он трудится, как муха, пытающаяся пролететь через стекло. Не удивительно, что эффективность его усилий – примерно такая же, как у этой мухи. Этот путь напоминает сборку пазла «вслепую», без картинки-подсказки. Можно много трудиться, но без толку. Я называю такой способ «пазлостроением». Это – плохой способ. Но очень и очень распространенный.

Рассмотрим, как можно применить алгоритм АСССА (анализируй, структурируй – систематизируй – синтезируй - анализируй) к решению задач.

Сведем результаты в таблицу, укажем соответствующие этапы, а затем разберем содержание каждого из этих этапов.

Шаги АСССА	Этапы решения задачи
------------	----------------------

Анализируй	1. Уясните задачу. Декорации и действующие лица. Визуализируйте задачу.
Структурируй	2. Характеры действующих лиц. Какие Вы видите явления и процессы. Нет ли в задаче противоречия?
Систематизируй	3. Какие законы здесь действуют? Какие закономерности реализуются?
Синтезируй	4. Предположим, что задача решена: заглянем в ответ.
	5. Проследите, как можно прийти к предположенной Вами окончательной формуле от тех параметров, которые даны в условии задачи. Составьте план решения и проведите необходимые преобразования.
Анализируй ответ	6. Запишите ответ в символьном виде и проверьте его размерность
	7. Исследуйте предельные случаи окончательной формулы
	8. Подставьте численные значения

Ну а теперь сделаем пояснения к нашему алгоритму. Распишем его по шагам.

Перечислим еще раз эти шаги.

1. **Декорации и действующие лица.** Визуализируем задачу.
2. **Как это может быть?** Законы, явления, закономерности, создающие ситуацию, описанную в задаче.
3. **Предположим, что задача решена.** Как может выглядеть ответ? («Подсмотрим ответ»). Чего нам не хватает для счастья? Решаем задачу в обратном порядке - от конца к началу.
4. **Составьте план решения.** Идите обратным ходом
5. **Не складываем ли кнопки с крокодилами?** Проверяем размерность.
6. **Предельные случаи.**

### **1. Декорации и действующие лица**

Практика показывает, что многие ученики, прочитав условие задачи, тут же «бросаются» ее решать, не вникая в особенности. Они чисто механически начинают компоновать формулы, в надежде, что решение появится «чудодейственным образом».

Если попросить такого ученика рассказать условия задачи, он их обычно просто пересказывает, стремясь это сделать как можно ближе к тексту. Выясняется, что ученик просто не вдумывается в них. Большинство его неудач начинается именно в этом пункте, т.е. в самом начале решения задачи.

*Ученику*

Задача — это своеобразная пьеса (выше мы говорили о детективном романе). Опишите «декорации», в которых проходит действие. Нужно говорить не длинные формальные фразы «катер движется по реке со скоростью 5 км/ч», а короткие, чтобы каждая рисовала один образ. Тогда в Вашем воображении разыгрывается «живое действие». Ну, примерно так. «Течет река. По ней движется катер. Он плывет со скоростью 5 км/ч». Лучше использовать выражения, описывающие движение именно катера («плывет со скоростью»), и не говорить «его скорость равна». В первом случае Вы характеризуете сам катер, Вы видите его движение, называете явление. Во втором случае просто называете численную характеристику движения. Первый вариант нагляднее. Далее в том же стиле описываете приключения катера на реке: «доплыл, повернул, потратил столько-то времени». Сделайте **рисунок**. Включите воображение. Можно рассказать условия задачи воображаемому партнеру, например, табуретке. Вы удивитесь, как табуретка умеет внимательно слушать... Ваша задача на этом этапе – увидеть «мультик», в котором показаны условия задачи.

Я часто использую слова – визуализируйте задачу.

Для тех, кто продвинут в компьютерных технологиях ☒говорю «проведите рендеринг». Если очень хочется поиграть, можно спросить – как вел себя «преступник».

Иногда предлагаю «рассказать задачу Красной Шапочке». Как сказку на ночь. Если Шапочка поймет задачу, то ее поймёт и ученик. ☺

## 2. Как ЭТО может быть?

Попросите ученика выделить отдельные элементы явления, его структуру, не заботясь пока о правдоподобности «действующих лиц». Надо разделить задачу на фрагменты наблюдаемого явления, процесса, ситуации. То есть надо «разложить» задачу на отдельные маленькие «задачечки», структурные элементы.

Ученику.

Проверьте задачу на внутреннюю непротиворечивость. Все ли параметры согласуются друг с другом?

Например, не кажется ли Вам, что катер при движении вверх по реке затратил **меньше** времени, чем вниз по реке? Ясно, что такого быть не должно. Если же противоречие все же возникает, то это означает, что Вы ошибочно поняли задачу (или авторы задачи где-то ошиблись). В случае с ЕГЭ такие ошибки авторов исключены. Поэтому порадитесь, что Вы уберегли себя от грубой ошибки и заново проанализируйте – все ли особенности условия задачи Вам понятны?

После чего начинайте соображать — какие явления задействованы. Перечислите их.

Например в демонстрационном варианте 2012 года: задача С1. Полосовой магнит падает сквозь кольцевой проводник — что будет происходить? Любой ученик тут же скажет: меняется магнитный поток, появляется ЭДС индукции.

Ученик «+» назовет закон Фарадея.

Ученик «++» скажет про минус в формуле и припомнит правило Ленца.

А вот ученик «+++» вспомнит, что тут задействован закон Ома, т.к. возникает ток, который обусловлен ЭДС индукции. Возникающее по правилу Ленца магнитное поле, связано с ЭДС индукции именно благодаря этому току.

Ученик «++++» скажет, что тут есть силы гравитации и свободное падение в поле силы тяжести.

Ученик «+++++» укажет, что свободного падения тут нет, т.к. магнит будет тормозиться полем индуцированного тока. И это будет уже высший пилотаж, за который ученику, кстати, могут снизить оценку, так как в условии задачи сказано, что этим эффектом можно пренебречь! (Надо учитывать только те законы, которые необходимы для решения задачи!)

Поэтому если уж Вы захотите блеснуть знаниями, надо обязательно сказать, что такими-то явлениями можно пренебречь!

#### Ученику

Ваша задача на данном этапе – привести в систему найденные отдельные элементы, отследить их взаимодействия, пытаться понять, как в результате этих взаимодействий произошли те события, о которых говорится в условии задачи. Повторю, что если удастся описать «на пальцах» эти взаимодействия, то задача с физической точки зрения уже решена – Вы поняли процессы, их взаимосвязь, остается только записать эту взаимосвязь в математическом виде. Это – самый трудный этап, именно в нем заключено то, что называется физикой!

Но замечательно то, что на этом этапе Вы можете владеть рассуждать! Здесь скрыт самый творческий момент Вашей деятельности по решению задачи. Вы становитесь здесь физиком, который исследует тайны мироздания и строит гипотезы! Я рад за то, что Вы испытываете интеллектуальное наслаждение от этой игры с законами природы!

В цел`ях природы обуздания,  
В цел`ях рассеять неученья Тьму  
Берем картину мироздания – да!  
И тупо смотрим, что к чему...

(А. и Б. Стругацкие. Понедельник начинается в субботу)

### **3. Предположим, что задача решена: заглянем в ответ**

Ну, вот теперь настал черед формул!

#### Ученику

Представьте себе, как должна (может) выглядеть окончательная формула для нахождения ответа. С чем должна быть связана определяемая величина? Как может выглядеть соответствующая запись?

Не бойтесь вводить величины, не приведенные в условиях задачи: они впоследствии либо сократятся, либо Вы найдете способ их определить.

Это – не что иное, как метод Шерлока Холмса: отбросьте все невозможное и тогда то, что останется, будет истиной (см. высказывания Ш. Холмса в виде отдельного параграфа)

Очень часто после этого шага к Вам приходит настоящее озарение. Этот пункт похож на подглядывание в ответ. Очень мощный прием ☺. И полностью законный.

Если же Вы не можете представить себе, как может выглядеть окончательный ответ, то Вам необходимо вернуться к п.2, вывалить на бумагу все возможные формулы (ага! Все-таки надо перебирать формулы!?) и применить всемогущий метод «внимательного всматривания». Да придет светлая мысль в Вашу голову!

Но, как известно, на Б-га надейся, а сам не плошай! (русская народная мудрость). «Судьба одаривает только подготовленные умы» (Луи Пастер).

Краткость этого пункта ни в коем случае не соответствует его значимости. Это - КЛЮЧЕВОЙ пункт! Он позволяет отбросить все ненужное и сфокусироваться на нужном!

Это напоминает действия туриста. Он не предпринимает случайных блужданий, чтобы выйти к заветной цели, а сначала намечает эту цель на карте, а потом прокладывает к ней маршрут.

Ну так наметьте свою цель на карте!

#### **4. Составьте план решения и проведите необходимые преобразования**

##### Ученику

Итак, у Вас есть начало решения задачи (понимание физических явлений из пункта 2) и окончательные формулы (из пункта 3).

Теперь дело упрощено: Вы должны просто перекинуть мостики. Задача к этому моменту уже фактически решена с точки зрения физики. Проведите математическое решение: выполните все преобразования, решите уравнения!

Получите окончательную формулу, «предсказанную» Вами из физических соображений!

Грубо говоря, у Вас стоит проблема – Вам нужно построить брод с одного берега на другой. У Вас заготовлена куча камней (формул). Постройте брод из этих булыжников формул с одного берега на другой.

Запишите ответ в символьном виде и проверьте его размерность И вот теперь, когда Вы уже победитель, не позволяйте себе расслабиться!

Вам предстоит самая гнусная часть решения задачи: попытки опровергнуть самого себя! Хорошо еще, что Вы сталкиваетесь с этой задачей в самом щадящем варианте, не то, что настоящие физики, которые изматывают себя вопросами типа: «ну хорошо, задача решена! А почему она может быть решена неверно?»

Поэтому рекомендация: не подставляйте численные значения в промежуточные формулы до самого конца (исключения возможны для некоторых задач типа С) – это дурной тон. Вы должны получить ответ в символьном виде. Тогда удастся проверить его размерность. Это позволит найти возможные ошибки в преобразованиях. Если же с размерностями все в порядке (например, нигде литры не складываются с килограммами) – пойдём дальше.

#### **5. Исследуйте предельные случаи окончательной формулы**

Нет ли в полученной формуле дефектов, противоречащих здравому смыслу? Например, в задаче про наклонную плоскость и натяжение нитей не получается ли, что при угле, равном  $90^0$ , и для отсутствующего ускорения движения, сила натяжения не равна силе

тяжести грузов? Или для тела, брошенного под углом к горизонту, дальность полета не зависит от начальной скорости и/или угла броска? Такая проверка на анализ предельных случаев, и выявление противоречий позволит Вам зафиксировать факт ошибки и уберезет Вас от неудачи.

Умение исследовать предельные и частные случаи, поддающиеся проверке здравым смыслом – это характеристика ученика, уже умудренного грустным опытом неправильно решенных задач.

### **6. Подставьте численные значения**

Вот теперь подставляйте численные значения! Теперь можно!

При подстановке численных данных проверьте, чтобы все данные были в одинаковом масштабе величин. Например, литры должны быть переведены в кубические метры, часы – в секунды и т.д. Иначе (даже при правильном ответе) численные результаты будут печальны.

#### Ученику

А теперь опять привлеките сюда здравый смысл. Например, исходя из уравнений для тепловой машины, Вы рассматривали, сколько требуется бензина маленькому двухколесному скутеру, чтобы проехать 100 км. И обнаружили, что нужно 62 литра. Вам не кажется, что есть основания усомниться в правильности Вашего решения?

Классические примеры этого дают задачи про землекопов, роющих канавы. Когда оказывается, что число рабочих, нужных, чтобы вырыть канаву заданной длины за указанное время, составляет, скажем, 2,83 человека, то явно тут кто-то неправ. Либо авторы задачи, либо Вы, ее решивший.

Ура! Можно опять думать!

### **7. Рефлексия**

В слове рефлексия [и] ударение на букве «и». Что это такое? Приведем цитату из Психологического словаря (<http://psychology.net.ru/dictionaries/psy.html?word=820>):

Рефлексия (от лат. reflexio — обращение назад) — процесс самопознания субъектом внутренних психических актов и состояний. Понятие рефлексия возникло в философии и означало процесс размышления индивида о происходящем в его собственном сознании.

На мой взгляд, этап рефлексии [и] крайне важный момент в процессе образования и самообразования. Он не включен в алгоритм АСССА в силу того, что данный алгоритм [и] оружие для движения вперед, а рефлексия предназначена для того, чтобы проанализировать, каким же образом нам это продвижение удастся совершить.

Иными словами, я настоятельно рекомендую после последнего пункта алгоритма АСССА (анализа пройденного материала или анализа решенной задачи) заняться другим анализом: попытаться вспомнить, понять и запомнить, каким образом, каким путем Вы двигались к достижению цели. Какие интеллектуальные усилия Вы предприняли, какие ошибки первоначально совершили, как их исправили... И как в будущем действовать более осознанно и потому более целесообразно.

Перефразируя писателя Ф. Кривина (кстати, учителя!) скажу: «осознанный опыт [и] это мудрость».

Анализируйте свой опыт (рефлексируйте) и приобретайте мудрость.

## Индуктивный и дедуктивный подходы

При обучении физике и, особенно, решению задач, могут быть реализованы две методики, кардинально различающиеся. Они называются индуктивными и дедуктивными.

Дадим пример на основании известной поговорки «не видеть леса за деревьями».

**Индуктивный** подход: разглядывать отдельные деревья и делать вывод о том, что они группируются в лес. То есть  $\Rightarrow$  рассуждения от частного к общему.

**Дедуктивный** подход: разглядывать лес целиком и обнаруживать, что он состоит из отдельных деревьев. То есть от общего  $\Rightarrow$  к частному.

Когда ученый-физик рассматривает совокупность новых явлений и пытается их объяснить, он может действовать любым из этих способов.

В случае индуктивного подхода физик, в каком-то смысле, действует способом «тыка»: методом внимательного всматривания пытается обнаружить закономерности, основываясь на своем прошлом опыте.

В случае дедуктивного подхода физик структурирует данные, систематизирует их (хотя не всегда заранее очевидно, какие из них родственны друг другу), а уж затем – на основе опять-таки своего опыта строит гипотезы и пытается выяснить их справедливость.

В любом случае требуется предварительное тщательное изучение теории и взаимосвязей физических величин. Иными словами, без индуктивного этапа  $\Rightarrow$  исследования взаимосвязей величин решить новую задачу нельзя. В этом смысле индуктивный этап является **ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ** шагом при изучении физики и подготовке к решению задач.

## Рекомендации Шерлока Холмса

А теперь потренируйтесь. Вот Вам ссылка (<http://ritz-btr.narod.ru/holms.html>), вот Вам цитаты. Попробуйте соотнести эти цитаты с нашими суждениями. К каким этапам нашего алгоритма их можно отнести? ☺

Эти высказывания крайне полезны и в обычной жизни, в которой приходится решать какие-то проблемы.

### Строим гипотезы (предположения)

- Строить предположения, не зная всех обстоятельств дела, - крупнейшая ошибка. Это может повлиять на дальнейший ход рассуждений.
- Все теории, объясняющие явления природы, должны быть смелы как сама природа.
- Необычное - скорее помощь, чем помеха в нашем деле. При решении подобных задач очень важно уметь рассуждать ретроспективно. Это чрезвычайно ценная способность, и её нетрудно развить, но теперь почему-то мало этим занимаются. В повседневной жизни гораздо полезнее думать наперёд, поэтому рассуждения обратным ходом сейчас не в почёте. Из пятидесяти человек лишь один умеет рассуждать аналитически, остальные же мыслят только синтетически.
- Всё-таки мы можем ошибиться, доверившись слишком очевидным фактам. Каким бы простым поначалу ни казался случай, он всегда может обернуться гораздо более сложным.
- Это больше чем предположение. Это гипотеза, которая объясняет все без исключения факты.
- В том-то и дело, что простое объяснение всегда приходит в голову в последнюю очередь.

- У меня пока нет никаких данных. Теоретизировать, не имея данных, - значит совершать грубейшую ошибку. Незаметно для себя человек начинает подгонять факты к своей теории, вместо того чтобы строить теорию на фактах.
- Я никогда не гадаю. Очень дурная привычка: действует губительно на способность логически мыслить. Вы поражены, потому что не видите хода моих мыслей, а мелкие факты для вас не существуют. А ведь именно на них, как правило, строится рассуждение.

### **Метод исключения**

- Я убедился в этом с помощью метода исключения - известные мне факты не укладывались ни в какую другую гипотезу.
- Отбросьте всё, что не могло иметь места, и останется один-единственный факт, который и есть истина.
- Отбросьте всё невозможное, то, что останется, и будет ответом, каким бы невероятным он ни оказался.
- Мой старый принцип расследования состоит в том, чтобы исключить все явно невозможные предположения. Тогда то, что останется, является истиной, какой бы неправдоподобной она ни казалась.
- Следует вспомнить старую аксиому: когда исключаются все возможности, кроме одной, эта последняя, сколь ни кажется она невероятной, и есть неоспоримый факт.
- Истиной, какой бы невероятной она ни казалась, является то, что останется, если отбросить всё невозможное. Не исключено, что это оставшееся допускает несколько объяснений. В таком случае необходимо проанализировать каждый вариант, пока не останется один, достаточно убедительный.

### **Уясните условия задачи (в АСССА – шаг визуализации задачи)**

- Для меня дело с каждой минутой проясняется. Недостаёт только нескольких звеньев, чтобы восстановить ход событий.
- Чем страннее случай, тем меньше в нём оказывается таинственного.
- Вы не знали, на что обращать внимание, и упустили всё существенное.
- В необычности почти всегда ключ к разгадке тайны. Чем обыденнее и проще преступление, тем труднее докопаться до истины.
- Вполне правдоподобно... Что ж, тогда примем это как рабочую гипотезу за неимением лучшего...
- Вначале я пришёл к совершенно неправильным выводам, и это доказывает, как опасно опираться на неточные данные.

### **Систематизация и структурирование (АСССА – второй и третий шаги)**

- В искусстве раскрытия преступлений первостепенное значение имеет способность выделить из огромного количества фактов существенные и отбросить случайные. Иначе ваша энергия и внимание непременно расплывутся вместо того, чтобы сосредоточиться на главном.
- Важные улики были погребены под кучей второстепенных. Из всех имеющихся фактов надо было отобрать те, которые имели отношение к преступлению, и составить из них картину подлинных событий.
- В основе серьёзнейших выводов порой лежат сущие мелочи!
- - Вы всё видите? - Не больше, чем вы, но я приучил себя анализировать всё, что замечаю.

### **Предположим, что задача решена (АСССА – четвертый шаг)**



- Вот что значит воображение. Мы представили себе, что могло бы произойти, стали проверять предположение, и оно подтвердилось.
- Те обстоятельства, которые на первый взгляд лишь усложняют дело, чаще всего приводят вас к разгадке.
- Не так уж трудно построить серию выводов, в которой каждый последующий простейшим образом вытекает из предыдущего. Если после этого удалить все средние звенья и сообщить слушателю только первое звено и последнее, они произведут ошеломляющее, хотя и ложное впечатление.
- В моих правилах - не иметь предвзятых мнений, а послушно идти за фактами.
- Во всём надо искать логику. Там, где её недостаёт, там нужно искать ложь.

**Не ограничиваться очевидным, «лежащим на поверхности».** (АСССА – анализ после решения задачи – пятый шаг)

- Всегда возможно второе решение задачи, и надо искать его... Может статься, оно ничего и не даст. Я ничего не могу сказать, но пройду этот путь до конца.
- А теперь я потяну за другую ниточку, которую мне удалось высвободить из этого спутанного клубка.

## Примеры применения АСССА

### *Огорчения ограниченности*

**Зачем это читать?** Примеры вопросов, которые мог бы задать ученик учителю, если бы его кругозор не был искусственно ограничен клиповым мышлением, навыком запоминать, а не думать. Можно сказать, что здесь собраны некоторые вопросы, которые я был бы счастлив получить от ученика, если бы он освоил методику «все подвергай сомнению».

Если данный текст читает школьник, тут для него примеры того, как, задавая «дурацкие» вопросы, можно «сойти за умного». Я уверен, что sapientisat (разумеющему достаточно) и в ряде случаев, увидев могущественные приемы мышления, можно затем научиться «быть умным», тем самым отчасти компенсировав недостаток природных способностей! К сожалению, современная школа никак не учит быть умным и системным!

Итак, печально, но за долгие годы работы со школьниками, я НИ РАЗУ не получил, например, такие очевидные вопросы. (Другое дело, что я сам задавал такие вопросы)

1. Предмет падает с какой-то высоты. Перед приземлением его скорость равна  $v$ . Масса предмета равна  $m$ . Кинетическая энергия равна  $mv^2/2$ . При неупругом ударе она вся превратится в тепло. Но если мы перейдем в систему отсчета, связанную с предметом, то в этой системе отсчета Земля имеет скорость  $v$ , а масса Земли равна  $M$ , кинетическая энергия равна ... сами посчитайте. При неупругом ударе в тепло перейдет совсем другая энергия. Так сколько тепла мы получим на самом деле? Если Вас смущает ускоренное движение, рассмотрите ситуацию, когда велосипедист (80 кг вместе с велосипедом) налетает на 20-тонную фуру. (При решении задачи ни один велосипедист серьезно не пострадает, я надеюсь).
2. Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести меняется по закону  $mgh$ , то есть линейно нарастает с высотой. Однако закон всемирного тяготения дает совсем другую зависимость. (Идея вопроса принадлежит А.Ю. Пентину). Как разрешить это противоречие?

3. Третий закон Ньютона. При ударе куриным яйцом по лбу, силы, действующие на яйцо и на лоб одинаковы. Почему же яйцо разбивается, а лоб – нет?
4. Мальчик может тянуть веревку с силой 150 Н. Девочка может тянуть за другой конец веревки с силой 80 Н (проверено, когда они тянули порознь эту веревку, привязанную к дереву). Теперь они тянут одну и ту же веревку каждый из всех сил. Каково натяжение веревки? Куда «девается» еще сила в 70 Н? Как там с третьим законом Ньютона? (Я сам с учениками решаю эту задачу, иначе остаются «непонятки» с законами Ньютона)
5. Традиционный вопрос-провокация. Хулиганы затащили дубовый бабушкин буфет (выкинутый ею на помойку) на 15-й этаж и там сожгли. Куда делась работа, совершенная хулиганами? (т.е. потенциальная энергия буфета.)
6. Мы рассчитываем величину первой космической скорости. Ни один ученик не спросил: а можно ли по этой формуле рассчитать – для какой массы планеты луч света не сможет «вырваться из поля тяготения»? То есть идея «черных дыр» лежит на поверхности, но никто из учеников не осмелился «совершить это открытие».
7. Что удерживает Луну на орбите? Ведь она с огромной силой притягивается к Земле? (Правда, я сам провоцирую этот вопрос, иначе движение по окружности остается, с моей точки зрения, недостаточно изученным)
8. Изучаем равновесие тела на наклонной плоскости. Тело лежит на наклонной плоскости. В результате взаимодействия с опорой появляются две силы – нормальная реакция опоры  $\mathbf{N}$  и сила трения  $\mathbf{F}$ . Можно ли так подобрать материалы тела и наклонной плоскости, что равнодействующая этих сил  $\mathbf{R}=\mathbf{N}+\mathbf{F}$  будет превышать силу тяжести тела, и оно взлетит? Тогда тут же  $\mathbf{R}$  превратится в нуль, и тело упадет на плоскость, а затем вновь подскочит. Таким образом, оно будет непрерывно подсакивать и падать обратно?
9. Сжали стальную пружинку и связали ее противоположные концы ниткой. Положили пружинку в соляную (серную) кислоту. Пружинка растворилась без остатка. Куда делась потенциальная энергия, ранее запасенная в пружинке?
10. При расчете среднеквадратичной скорости молекул в газе (стандартная задача для курса МКТ) мы получаем, что она составляет примерно 500 м/с. Ни один ученик не задал «ужасный» вопрос: значит, молекулы движутся со сверхзвуковой скоростью? Почему же они не издадут звук, подобно сверхзвуковому истребителю? Иными словами, атмосфера должна непрерывно издавать «хлопки», а это приведет к потере энергии молекулами газа, следовательно, к охлаждению атмосферы. Почему же этого не происходит? И почему мы не слышим этого непрерывного шума?
11. Никто не усомнился в том, что можно говорить о температуре отдельного атома.
12. В МКТ мы считаем атомы всех газов одинаковыми шариками, лишенными их отличительных химических качеств. Все одинаково бегают-прыгают и одинаково соударяются. Почему же температуры конденсации у разных газов — разные? Где наша ошибка?
13. Рассматриваем тепловое расширение твердых тел. Никому не пришло в голову спросить – а если тело будет расширяться неограниченно, то могут ли атомы удалиться на такие расстояния друг от друга, что силы связи между ними станут очень маленькими, и тело просто рассыплется на отдельные атомы?
14. В магнитное однородное поле влетает заряженная частица и начинает двигаться по окружности. Как же быть с законом сохранения импульса? Импульс-то не сохраняется?
15. Заряженная частица движется по окружности в магнитном поле. Мы вычисляем период ее движения, а иногда даже «шаг спирали». Но в классической физике при изучении движения электронов по орбитам мы узнаем, что заряженная частица не может равномерно двигаться по орбите: она должна излучать энергию, т.е. терять

- свою скорость. Это значит, что условие задачи о движении частицы в однородном магнитном поле сформулировано неверно?
16. В однородном магнитном поле на проводник с током действует сила (закон Ампера). Проводник движется с ускорением. Совершается работа. КТО тратит на это энергию? Магнит, что ли, размагничивается? Ну а батарея тем более нет дела до всего этого!
  17. В замкнутой цепи постоянного тока мы умеем рисовать график падения напряжения вдоль цепи. Как сделать то же самое, в случае, когда возникает ЭДС индукции (в магнитном поле), т.е. как нарисовать падение напряжения вдоль замкнутого контура? Или по-другому: где надо расположить условное обозначение «батареи», чью ЭДС мы вычисляем?
  18. В замкнутом контуре в изменяющемся магнитном поле возникает ЭДС индукции. В каком месте контура ее надо нарисовать? Далее. Ток идет от большего потенциала к меньшему. Нарисуйте распределение потенциала вдоль контура. Ведь у Вас получится знаменитая лестница Эшера и Пенроуза (см. картинку <http://le-savchen.ucoz.ru/Caalla/22Sechen.jpg>, [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Impossible\\_staircase.svg?uselang=ru](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Impossible_staircase.svg?uselang=ru)), которая постоянно ведет вверх, но, в конце концов, приходит все-таки в начальную точку, чего не может быть! В чем разрешение противоречия с потенциалом?
  19. Я рассказываю о «черенковском излучении». Да-да, кивают головой дети. Да-да, похоже на сверхзвуковой самолет. Ни один не спросил – а можно ли, повышая напряжение на проводнике, разогнать электроны до скорости, большей, чем скорость звука, и заставить металл излучать звук (сделать звуковую пушку). А у меня заготовлен замечательный рассказ на эту тему из личного опыта!
  20. Комар летит  $\Rightarrow$  жужжит, муха летит  $\Rightarrow$  жужжит, пчела летит  $\Rightarrow$  жужжит. Стрекоза летит  $\Rightarrow$  не жужжит. Почему?
  21. Становится ли тяжелее электрический чайник после того, как в нем нагрели воду до кипения (по формуле  $E=mc^2$ )? То же самое – к задаче на закон сохранения импульса про снаряд, застревающий в куче песка, насыпанной на тележку. Часть кинетической энергии снаряда пошла на нагревание песка и снаряда, значит, их массы возросли, следовательно, в закон сохранения импульса нужно вводить после соударения более массивный снаряд и более массивную тележку? Понятно, что поправки будут пренебрежимо малы, но нас интересует физика процесса! То же самое про взвешивание на рычажных весах двух одинаковых пружинок, одна из которых сжата и в таком состоянии зафиксирована невесомой нитью. Ее энергия стала больше, значит, масса тоже возросла. Она перевесит?
  22. То же самое про сжатую пружинку. Мы ее сжали, т.е. придали потенциальную энергию – изменилась ли масса пружинки? Как будет выглядеть формула для периода колебаний релятивистского пружинного маятника с учетом изменения энергии пружинки и возрастания массы из-за изменения скорости? Фактически это будет означать изменение жесткости пружины за время колебаний.
  23. Нейтрон имеет некоторое время жизни (10,7 минуты) и претерпевает бета-распад. Все нейтроны одинаковы. Почему же времена полураспада разных ядер – так сильно отличаются друг от друга?
  24. Рассказываю про то, что переносчиками кулоновского взаимодействия являются фотоны. Только один человек задал вопрос: так, что – в атоме всегда горит свет?
  25. В учебниках пишут, что позитрон  $\Rightarrow$  античастица для электрона, отличающаяся от него только зарядом. Почему при их встрече происходит аннигиляция самих частиц (носителей заряда), а не просто нейтрализация зарядов, как всегда в электростатике. И второе  $\Rightarrow$  если бы дело было только в разнице зарядов, то нейтральные частицы не имели бы античастиц. Но мы знаем о существовании

такой частицы, как антинейтрино. Значит, есть и просто нейтрино. Дело не только и не столько в заряде! Так что же такое антивещество?

26. Ну и вообще ☐ что такое электричество?

27. Протоны имеют конечное время жизни (невообразимо огромное, но конечное).

Означает ли это, что ядра всех элементов, в конце концов, распадутся и Таблица Менделеева прекратит свое существование, а вместе с ней и все элементы?

Как только ученик научится задавать такие вопросы, основанные на поисках противоречий, он тут же начнет уметь не по возрасту, т.к. он будет вырабатывать у себя системный подход к проблемам.

Dubito ergo cogito, cogito – ergo sum. Сомневаюсь – значит, мыслю. Мыслю – значит, существую. Это сказал Декарт. А уж он-то понимал в мышлении!

Ну и в заключение порекомендую блестящий сборник качественных задач (Тульчинский.Качественные задачи), качественные и нестандартные задачи с портала <http://www.afportal.ru/>, нестандартные задачи Семке и ряд других.

Особо подчеркну, что подавляющее большинство этих задач не нужно для КОНКРЕТНОГО натаскивания на ЕГЭ ☐ там таких задач просто не будет! Эти задачи нужны для развития физического мышления, ну, в общем-то, для олимпиадной подготовки. Но разбирать их СПЕЦИАЛЬНО для подготовки к олимпиадам, скажем, в последние два месяца, не следует. Большого толку не будет, а время потеряете. Раньше надо начинать, раньше.

### ***Предположим, что задача решена***

Вероятно, самым сложным моментом в алгоритме АСССА для решения задач является математическая формулировка физической задачи.

Существует множество задачников с решениями, но, как правило, их авторы начинают решение задачи словами «запишем условие... в виде...», а вот почему мы должны сделать именно так, остается тайной.

В некоторых методиках предлагается написать все формулы, имеющие отношение к процессам, возникающим в задаче, а потом «методом внимательного всматривания» компоновать их так, чтобы подобрать правильную последовательность формул, дающее решение данной задачи.

В рамках методики АСССА мы, конечно, не возражаем, чтобы ученик письменно вспомнил все формулы, описывающие явления. Но ключевым моментом нашего подхода оказывается волшебная фраза «предположим, что задача решена», которую надо записать в виде соответствующей формулы.

Приведем примеры таких задач и таких решений.

Вот широко известная задача.

Ахиллес соревнуется в беге с черепахой и дает ей фору: отпускает ее на 1000 шагов вперед. При этом Ахиллес бежит в 10 раз быстрее, чем черепаха. Когда Ахиллес догонит черепаху?

Главная ошибка (которую часто совершают и в более сложных задачах) заключается в попытке решить задачу путем логического подбора.

Например, пока Ахиллес пробежит первые 1000 шагов, черепаха в ту же сторону проползёт сто шагов. Когда Ахиллес пробежит сто шагов, черепаха проползёт ещё десять шагов. Процесс будет бесконечно. Получаем ответ: Ахиллес никогда не догонит черепаху.

Очевидно, ответ не правилен.

Попытаемся решить эту задачу нашим способом.

«Предположим, что задача решена»; что мы увидим? Надо сформулировать условие того, что она решена, не правда ли? Вот это — главная проблема.

Опишем это условие так, что *Ахиллес и черепаха находятся в одной точке пространства, т.е. на равном расстоянии от точки старта Ахиллеса* (начала координат):

$$L_A = L_{\text{черепаха}} \quad (1)$$

Для черепахи это расстояние равно:

$$L_{\text{черепаха}} = L_0 + v_{\text{черепаха}} t, \quad (2)$$

где  $L_0$  — первоначальное расстояние черепахи,  $v_{\text{черепаха}}$  — ее скорость, а  $t$  — время движения черепахи, причем оно — то же, что и время движения Ахиллеса. Для Ахиллеса соответствующее расстояние равно

$$L_A = v_A t, \quad (3)$$

где  $v_A$  — скорость движения Ахиллеса.

Подставляем (2) и (3) в основное уравнение (1) и получаем выражение для вычисления  $t$ :

$$v_A t = L_0 + v_{\text{черепаха}} t,$$

Дальнейшие преобразования очевидны.

Конечно, этот пример — очень простой. Он нам был нужен только для того, чтобы пояснить, что мы имеем в виду, когда говорим об эквивалентности утверждений «предположим, что задача решена» и «запишем математическую формулировку задачи».

Рассмотрим другой, более сложный пример.

На наклонной плоскости с переменным углом наклона  $\alpha$  лежит тело. Коэффициент трения между телом и плоскостью равен  $\mu$ . При каком угле наклона тело начнет скользить по плоскости?

Эта задача обычно вызывает едва ли не истерику у начинающих абитуриентов: совершенно непонятно, за что следует «зацепиться»?

Ну что ж, спросим себя — как должна быть сформулирована задача в математическом смысле?

«Предположим, что задача решена» — угол подобран так, что тело начинает скользить вниз по плоскости. Под действием какой силы оно начинает двигаться? Ну, там действует несколько сил. Значит, важна и нужна равнодействующая сила. А если на не закрепленное тело действует не нулевая сила, то ситуация требует применения второго закона Ньютона. Следовательно, сумма всех сил, деленная на массу тела, должна создавать ускорение тела. Если ускорение равно нулю, то тело ЕЩЕ НЕ СКОЛЬЗИТ.

Вот Вам и математическая формулировка задачи: *равнодействующая всех сил должна быть равна нулю*, но при малейшем увеличении угла наклона она уже станет больше нуля. Это и есть наше утверждение «задача решена».

Дальнейшее решение становится уже очевидным. Запишем равнодействующую силу как векторную сумму всех сил, приравняем ее нулю, затем спроецируем это выражение на оси координат и получим два уравнения для проекций, из которых найдем известное соотношение между коэффициентом трения и углом наклоном плоскости.

На этих двух простых примерах мы пояснили, что мы имеем в виду, когда говорим «предположим, что задача решена» и после этого начинаем исследовать сконструированную ситуацию.