НЕКОТОРЫЕ ПРИЕМЫ СОЗДАНИЯ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ВУЗЕ

И.Н. Жукова, В.С. Малых

Адыгейский государственный университет

На конкретных примерах рассмотрены методы активизации познавательной деятельности студентов в процессе обучения их решению физических задач. В частности, для создания проблемных ситуаций на практических занятиях по физике предлагается использовать ошибки и опечатки в учебных пособиях. Приведены примеры проблемных заданий в системе подготовки учителя физики средней школы.

Ключевым вопросом методики обучения физике в высшей школе является воспитание у студентов устойчивого интереса к познанию сущности физических явлений. Без решения этого вопроса не может быть достигнута главная цель инновационного образования – сохранение и развитие творческого потенциала человека. Вместе с тем в современной высшей школе берет верх прагматическая образовательная ориентация в ущерб развитию этого потенциала. Например, пока непонятно, как Государственный образовательный стандарт согласовывается с принципом свободы творчества, т.е., как «уберечь преподавателей и студентов от излишне жестких рамок и создать условия для развития их творческих способностей» [1, с.20].

Да и можно ли сейчас, когда базовая (школьная) подготовка студентов становится все хуже, когда в студенческой среде сложился «синдром» невосприимчивости сложных научных знаний, когда в дидактике высшей школы появилась аббревиатура ДЗУ (дидактически запущенные учащиеся) [1, с.344] вести речь о творчестве? Тут хотя бы ликбез осуществить! На наш взгляд, и в рамках ликбеза не только можно, но и нужно искать любые возможности для активизации познавательной деятельности студентов, т.к. творческий потенциал личности необходимо задействовать с самого начала освоения научных основ изучаемого предмета, чтобы студент постепенно становился активным «самодвижущимся» субъектом познания этих основ, а не оставался бы пассивным объектом, влекомым преподавателем.

В данной статье рассмотрено несколько простейших приемов создания проблемных ситуаций при решении обычных (стандартных) задач по молекулярной физике, физике конденсированного состояния, методике обучения физике.

<u>**Задача 1.**</u> Как изменится концентрация молекул двухатомного газа, скорости которых отличаются от наиболее вероятной скорости не более чем на $1\frac{см}{с}$, если произойдет адиабатное расширение в два раза? [2, №13-14]

При решении этой задачи получаем ответ $\frac{\Delta n_1}{\Delta n_2}=1{,}7$ (уменьшится в 1,7 раз), вместо $\frac{\Delta n_1}{\Delta n_2}=2{,}3$ (уменьшится в 2,3 раза) в задачнике. Такое значительное расхождение с ответом широко известного и проверенного десятилетиями сборника задач Д.И. Сахарова побуждает студентов искать ошибку в собственном решении, детально проверить все рассуждения.

Число молекул, скорости которых лежат в интервале $(\upsilon-\Delta\upsilon)\div(\upsilon+\Delta\upsilon)$:

$$\Delta n = nf(\upsilon)2\Delta\upsilon = n\cdot\frac{4}{\sqrt{\pi}}\cdot\frac{\upsilon^2}{\upsilon_{вер}^3}e^{-\frac{\upsilon^2}{\upsilon_{вер}^2}}\cdot 2\Delta\upsilon .$$

В нашем случае $\upsilon = \upsilon_{вер}$, поэтому: $\Delta n = n\cdot\frac{4}{\sqrt{\pi}}\cdot\frac{1}{\upsilon_{вер}}e^{-1}\cdot 2\Delta\upsilon$.

Тогда искомая величина равна: $\frac{\Delta n_1}{\Delta n_2} = \frac{n_1}{n_2}\cdot\frac{\upsilon_{вер2}}{\upsilon_{вер1}}$, где

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{V_2}{V_1}; \qquad \frac{\upsilon_{вер2}}{\upsilon_{вер1}} = \frac{\sqrt{\frac{2RT_2}{\mu}}}{\sqrt{\frac{2RT_1}{\mu}}} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} .$$

Так как расширение адиабатное, то $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$, а по условию задачи $\frac{V_2}{V_1} = 2$, $\gamma = 1{,}4$ то

$$\frac{\Delta n_1}{\Delta n_2} = \frac{n_1}{n_2}\cdot\frac{\upsilon_{вер2}}{\upsilon_{вер1}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{3-\gamma}{2}} \approx 1{,}7 .$$

Несмотря на то, что при проверке ошибок не выявлено, у студентов остается сомнение в правильности их решения; к тому же ответ $\frac{\Delta n_1}{\Delta n_2} = 2{,}3$ приведен и в предыдущих изданиях сборника задач Сахарова Д.И. (1967 г., 1973 г.). Возникновение сомнения считаем полезным – это лучше, чем чрезмерная уверенность. Здесь следует согласиться с С.П.Капицей, который призывал от сомнений искать пути к достижениям! Чтобы развеять сомнения в правильности полученного ответа, применим простой прием.

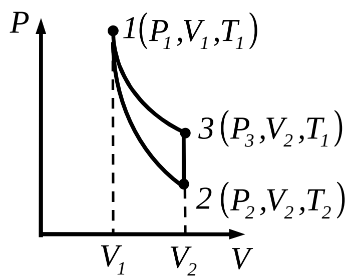


Рис.1

Переход газа из состояния $1\ (n_1,T_1,V_1)$ в состояние $2\ (n_2,T_2,V_2 = 2V_1)$ проведем в два этапа (см.рис.1):

1. изотермическое расширение газа $1 \to 3$;
2. изохорическое охлаждение газа $3 \to 2$.

Изотермическое расширение изменяет концентрацию молекул, скорости которых находятся в интервале $\upsilon_{вер} \pm \Delta\upsilon$, с Δn_1 до Δn_3, но не меняет функцию распределения $f_3(\upsilon) = f_1(\upsilon)$:

$$\frac{\Delta n_1}{\Delta n_3} = \frac{n_1}{n_3}\cdot\frac{f_3(\upsilon)}{f_1(\upsilon)} = \frac{n_1}{n_3} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{V_2}{V_1} = 2 .$$

Далее, для изохорического охлаждения $3 \to 2$ предлагаем студентам изобразить графики функции распределения молекул по скоростям при двух температурах T_1 и T_2 (рис.2). При наличии компьютера на это уйдет совсем немного времени.

Из полученных графиков ясно, что понижение температуры при изохорическом процессе приводит к увеличению Δn. Этот вывод легко сделать, сравнивая площади заштрихованных полос, равные $\frac{\Delta n}{n}$: $\frac{\Delta n_2}{n} > \frac{\Delta n_3}{n} \Rightarrow \Delta n_2 > \Delta n_3$.

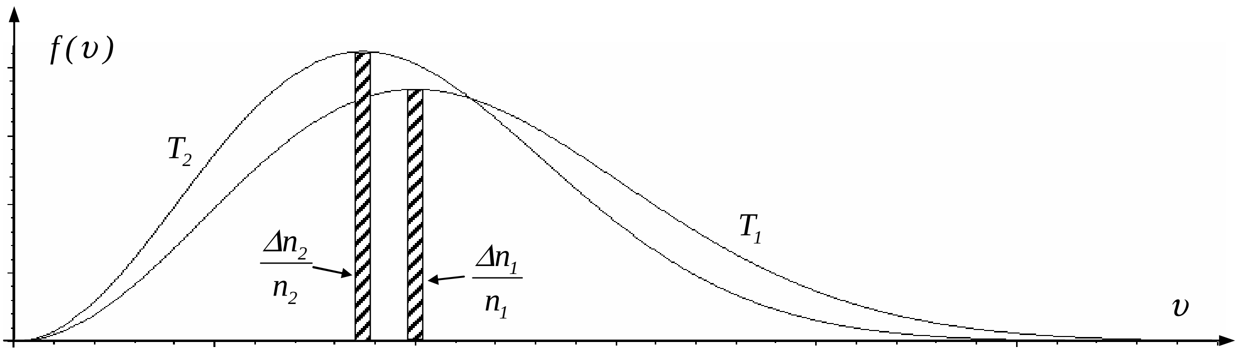


Рис.2

Это обстоятельство должно ослабить эффект уменьшения концентрации n вследствие увеличения объема в два раза. Значит, в данном случае уменьшение Δn произойдет не в 2 раза, а в меньшее (и уж, конечно, не в большее) число раз, т.е., ответ в задачнике неверный.

Подозрения студентов в ошибочности их решения исчезли, неуверенность сменилась убежденностью в правильности своих действий. А это очень важно для дальнейшего обучения.

Задача 2. Как изменится число ударов ν молекул двухатомного газа в $1см^2$ стенки сосуда за $1с$, если объем газа адиабатно увеличится в 2 раза?

Для ответа на поставленный вопрос можно использовать «готовую» формулу

$$\nu = \frac{n\bar{\upsilon}}{4},$$

приведенную в задачнике [2]. Однако, дидактическая полезность этой задачи заключается в возможности повторить при ее решении метод нахождения среднего значения случайной величины. Считаем, что повторение «к месту» гораздо ценнее прямого (запланированного) повторения.

Число ударов о площадку S за время Δt: $\Delta N = nS\bar{\upsilon}_x\Delta t$.

Число молекул, ударяющих в площадку $1м^2$ за $1с$: $\nu = \dfrac{\Delta N}{S\Delta t} = n\bar{\upsilon}_x$, где

$$\bar{\upsilon}_x = \int_0^\infty \upsilon_x d\omega = \int_0^\infty \upsilon_x A e^{-\alpha\upsilon_x^2} d\upsilon_x = \frac{A}{2\alpha}\int_0^\infty e^{-\alpha\upsilon_x^2} d\left(\alpha\upsilon_x^2\right) = \sqrt{\frac{kT}{2\pi m}} \Rightarrow.$$

$$\Rightarrow \quad \nu = n\sqrt{\frac{kT}{2\pi m}} = \frac{n\bar{\upsilon}}{4},$$

тогда

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{n_1}{n_2}\sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = \frac{V_2}{V_1}\sqrt{\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{\gamma+1}{2}} = 2^{1,2} \approx 2,3,$$

что совпадает с ответом, приведенным в задачнике.

Задача 3. Вычислить величину ЭДС Холла, возникающую при пропускании тока $100\,мА$ через пластинку из металлического натрия в поле $0,1Тл$. Ширина образца, вдоль которой измеряется холловское напряжение и перпендикулярно которой приложено магнитное поле, равна $\ell = 1мм$. Решетка Na - объемноцентрированный куб со стороной $4,28\,\mathring{A}$ [3, №5.384].

Если ничего не менять в условии, то данную задачу решить невозможно, т.к. для получения ответа необходимо знать толщину образца, значение которой не указано. Предлагаем студентам исправить условие задачи с минимальными изменениями. Возможные варианты:

а) вместо значения силы тока ($100\,мА$) следует задать значение плотности тока $100\frac{мА}{мм^2}$, тогда $U = \frac{1}{ne} jB\ell = 2{,}45нВ$;

б) фразу «ширина образца, вдоль которой измеряется холловское напряжение и перпендикулярно которой приложено магнитное поле, равна $\ell = 1мм$» следует признать ошибочной и считать заданной толщину пластинки $\ell = 1мм$: $U = \frac{1}{ne} \cdot \frac{IB}{\ell} = 2{,}45нВ$.

Заметим, что оба ответа совпадают с приведенным в задачнике ответом.

Задача 4. На нагревание металлического предмета массой $100г$ от $20^\circ C$ до $50^\circ C$ затрачено $8300\,Дж$. Определить, из какого металла изготовлен предмет, если указанный интервал температур выше характеристической температуры [4, с.84].

Согласно условию нагревание происходит при температурах выше характеристической температуры. Это позволяет считать закон Дюлонга –Пти применимым, а молярную теплоемкость металла равной:

$$C_\mu = 3R \text{, где } R = 8{,}31\frac{Дж}{моль\cdot K}. \tag{1}$$

В этом случае подведенное для нагревания металлического предмета количество теплоты равно:

$$Q = \frac{m}{\mu} C_\mu \Delta T = \frac{3mR\Delta T}{\mu},$$

откуда находим:

$$\mu = \frac{mC_\mu \Delta T}{Q} = 0{,}0090\frac{кг}{моль}. \tag{2}$$

С помощью таблицы Менделеева выясняем, что искомый металл – бериллий. Убеждаемся, что наш вывод находится в согласии с ответом.

Однако, сопоставляя указанный интервал температур ($20^\circ C$ - $50^\circ C$) с характеристической температурой бериллия, равной $1160K$ [4, с.81], видим, что формулы (1) и (2) выходят здесь за границы применимости закона Дюлонга - Пти.

Возникшее сомнение в корректности условия задачи проверим, поставив цель найти количество теплоты, необходимое для нагревания металлического (бериллиевого) предмета массой $100г$ от $20^\circ C$ до $50^\circ C$ при условии, что $T < \theta$.

По теории Дебая внутренняя энергия кристаллического предмета массой m равна:

$$U = U_0 + 9RT \cdot \frac{m}{\mu} \cdot \left(\frac{T}{\theta}\right)^3 \int_0^{x_m} \frac{x^3 dx}{e^x - 1}, \tag{3}$$

где μ - молярная масса, θ - характеристическая температура, U_0 - нулевая энергия, $x_m = \theta / T$.

Количество теплоты, необходимое для нагревания металлического предмета массой m от T_1 до T_2 равно:

$$Q = U_2 - U_1 = 9R \cdot \frac{m}{\mu} \cdot \left(\frac{1}{\theta}\right)^3 \left\langle T_2^4 \int_0^{\frac{\theta}{T_2}} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} - T_1^4 \int_0^{\frac{\theta}{T_1}} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} \right\rangle . \qquad (4)$$

В нашем случае:

$$T_1 = 293K\,;\; T_2 = 323K\,;\; \theta = 1160K\,;\; x_{m1} = \frac{\theta}{T_1} = 3{,}96\,;\; x_{m2} = \frac{\theta}{T_2} = 3{,}59\,. \qquad (5)$$

Интегралы, встречающиеся в выражении (4), найдем с помощью математического пакета Maple:

$$\int_0^{\frac{\theta}{T_2}} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \int_0^{3,59} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = 3{,}36\,; \qquad \int_0^{\frac{\theta}{T_1}} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \int_0^{3,96} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = 3{,}83\,. \qquad (6)$$

Подставляя (5) и (6) в (4), получим:

$$Q = 9 \cdot 8{,}31 \cdot \frac{0{,}1}{0{,}0090} \cdot \left(\frac{1}{1160}\right)^3 \left\langle 323^4 \cdot 3{,}36 - 293^4 \cdot 3{,}83 \right\rangle \approx 4400\text{Дж}\,. \qquad (7)$$

Завершить проведенное исследование можно выяснением вопроса о числовом значении теплоемкости бериллия, равном $1800\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot К}$ [5]. В качестве упражнения можно выяснить, при какой температуре получено данное значение?

Для решения поставленной задачи быстрее всего построить график зависимости удельной теплоемкости бериллия от температуры (рис.3):

$$c(T) = \frac{C_\mu(T)}{\mu} = \frac{9R}{\mu} \cdot \left(\frac{T}{\theta}\right)^3 \int_0^{x_m} \frac{e^x x^4 dx}{\left(e^x - 1\right)^2}\,,$$

откуда находим, что значению $c_1 = 1800\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot К}$ соответствует температура $T_1 \approx 380K$, т.е., $t_1 \approx 107^\circ C$.

В процессе нагревания предмета из бериллия массой 100г от $20^\circ C$ до $50^\circ C$ (от $T_1 = 293K$ до $T_2 = 323K$), средняя теплоемкость, как следует из рисунка 3, приблизительно равна

$$c_{ср} = \frac{1400 + 1550}{2} \approx 1480\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot К}\,,$$

и мы можем оценить подведенное для этого количество теплоты:

$$Q = c_{ср} m\left(T_2 - T_1\right) \approx 4400\text{Дж}\,,$$

что согласуется с ранее полученным результатом (7).

Таким образом, количество теплоты, необходимое для нагревания металлического предмета из бериллия массой 100г от $20^\circ C$ до $50^\circ C$ равно 4400Дж, вместо величины 8300Дж, указанной в условии. Проведенное исследование позволило доказать некорректность задачи.

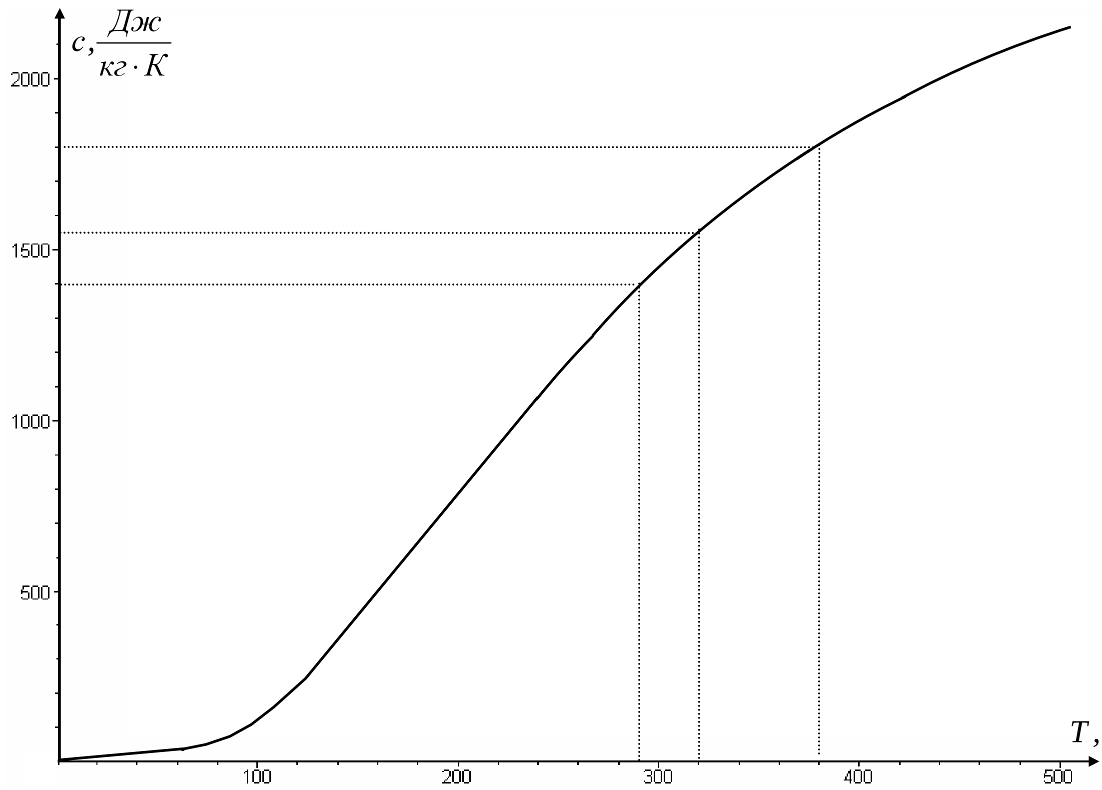


Рис.3

Задача 5. При абсолютном нуле уровень Ферми для меди 7,04эВ. Определить значение уровня Ферми при температуре $20K$ [6, №176; 7, №6.185].

При решении этой задачи полезно еще раз обратить внимание студентов на важность правильного проведения приближенных вычислений. Дело в том, что температурное смещение положения уровня Ферми – эффект более высокого порядка малости по сравнению с заданной энергией 7,04эВ. Можно сразу сказать, что даже при сколь угодно больших температурах ответом на вопрос задачи с точностью до трех значащих цифр будет число 7,04эВ. Поэтому сразу переформулируем условие задачи.

Задача 5а. С какой точностью нужно знать значение энергии Ферми в меди, чтобы заметить ее изменение при изменении температуры от $0K$ до $20K$?

Приближенная формула для нахождения положения уровня Ферми при температуре T имеет вид:

$$E_F(T) = E_{F0}\left\langle 1 - \frac{1}{12}\left(\frac{\pi kT}{E_{F0}}\right)^2 \right\rangle.$$

Слагаемое $\frac{1}{12}\left(\frac{\pi kT}{E_{F0}}\right)$ имеет численное значение порядка 10^{-8}, поэтому значения π, постоянной Больцмана и элементарного заряда должны содержать не менее восьми значащих цифр:

$\pi = 3{,}141592654, \quad e = 1{,}60217733 \cdot 10^{-19}\,Кл, \quad k = 1{,}3806505 \cdot 10^{-23}\,Дж/K$ [8], тогда

$$E_F(T) = 7040000{,}0\,мкэВ \cdot 0{,}99999995 = 7039999{,}6\,мкэВ.$$

Таким образом, если энергия Ферми при $0K$ равна $7040000{,}0\,мкэВ$, то при $20K$ она будет равна $7039999{,}6\,мкэВ$ (точность измерения температуры принята сколь угодно большой). Ответ, приведенный в задачнике [6] записан с точностью в пять значащих цифр $7{,}0399\,эВ$, что явно недостаточно для ответа на поставленный вопрос.

Ниже рассматриваются проблемные задания по методике обучения физике в средней школе. При их выполнении студенты должны разрешить дидактические противоречия, возникающие в практической деятельности школьного учителя физики.

Задание 1. Известную задачу: «С какой скоростью должна лететь свинцовая пуля, чтобы при ударе о преграду она расплавилась?» в одном из методических руководств предлагалось решать следующим образом.

Решение

При столкновении пуля нагревается и плавится.

Изменение ее внутренней энергии в этом процессе равно

$$\Delta U = cm\Delta t + \lambda m \qquad (1)$$

(формула применима для твердых и жидких тел).

Согласно первому началу термодинамики:

$$\Delta U = Q + A, \text{ где} \qquad (2)$$

$$Q = 0, \qquad (3)$$

т.к. процесс адиабатический (протекает быстро).

Работа A преграды над пулей находится из теоремы о кинетической энергии:

$$A = 0 - \frac{m\upsilon^2}{2}. \qquad (4)$$

Решая систему уравнений (1) – (4), получаем

$$\upsilon = \sqrt{2(c\Delta t + \lambda)}. \qquad (5)$$

Кроме данных о свинце $c, \lambda, t_{пл}$ нужно знать температуру пули перед ударом.

Ответьте на следующие вопросы:

1. Верны ли уравнения (1) – (4)? Проанализируйте *каждое* из уравнений.
2. Правильно ли решена система уравнений?
3. Как бы Вы решали эту задачу в *основной* школе (7- 9 классы)?
 В *средней* школе (10- 11 классы)?

Нужно заметить, что система уравнений (1) – (4) решена неверно. Правильные математические преобразования ведут к явному противоречию:

$$cm\Delta t + \lambda m = -\frac{m\upsilon^2}{2},$$

т.е., положительное число равно отрицательному! Это означает, что система содержит неверные уравнения.

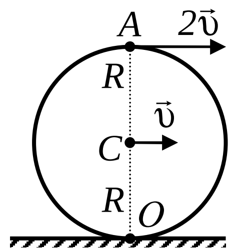
Здесь неверным является одно уравнение (2). Записав его в данном случае, вышли за границы применимости первого начала термодинамики, которое «не видит» изменения механической энергии системы.

Правильное решение основывается на законе сохранения энергии. Если система замкнута (окружающие тела не оказывают механического (силового) действия на тела системы) и изолирована (отсутствует теплообмен с окружающей средой), то энергия системы сохраняется:

$$E_1 + U_1 = E_2 + U_2, \text{ или } \Delta U = -\Delta E \;\Rightarrow\; cm\Delta t + \lambda m = -\left(0 - \frac{m\upsilon^2}{2}\right) \;\Rightarrow\; \upsilon = \sqrt{2(c\Delta t + \lambda)}.$$

В средней школе надо больше внимания уделить строгости рассуждений: закон сохранения энергии применяем здесь не для пули (как в основной школе), а для системы «пуля+преграда», причем в данном решении изменением энергии преграды пренебрегаем.

Задание 2. Обруч радиусом R катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности. Каков радиус кривизны траектории точки обруча в момент прохождения верхней точки траектории? [9, с. 196]



Оцените корректность постановки задачи: однозначно ли можно истолковать условие, т.е., нужны ли уточняющие данные? Можно ли, не выходя за рамки школьной программы, найти радиус кривизны траектории точки обруча в любой момент времени?

Оцените решения трех учащихся.

а) $r = R$, т.к. радиус кривизны окружности равен R.

б) $r = 2R$, т.к. в данный момент времени точка A относительно поверхности движется по окружности радиуса $OA = 2R$ (через точку O проходит ось мгновенного вращения).

в) Ускорение точки A относительно оси обруча, проходящей через точку C, равно $\dfrac{\upsilon^2}{R}$, а относительно поверхности оно же равно $\dfrac{(2\upsilon)^2}{r}$. Получаем $r = 4R$.

В каждом из ответов укажите ошибки (если они есть).

Знание каких вопросов кинематики необходимо для решения данной задачи?

В задаче не указано, в какой системе отсчета нужно найти радиус кривизны, но в этом указании нет необходимости, т.к. из рисунка ясно, что скорости точек A и C заданы относительно поверхности, по которой катится обруч. Следовательно, система отсчета связана с горизонтальной поверхностью. Заметим, что даже при отсутствии рисунка (как в [9]), условие истолковывается однозначно, поскольку, если в задаче не указывается система отсчета, то подразумевается система отсчета «Земля».

Известно, что траекторией точки на ободе обруча является циклоида, уравнение которой обычно записывают в параметрическом виде:

$$x = R(\alpha - \sin\alpha);$$
$$y = R(1 - \cos\alpha),$$

а радиус кривизны находят по формуле:

$$\rho = \frac{\left[\left(\dfrac{dx}{d\alpha}\right)^2 + \left(\dfrac{dy}{d\alpha}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\left|\dfrac{d^2y}{d\alpha^2}\cdot\dfrac{dx}{d\alpha} - \dfrac{d^2x}{d\alpha^2}\cdot\dfrac{dy}{d\alpha}\right|}.$$

Получаем: $\rho = 4R\sin\dfrac{\alpha}{2}$. Если $\vec{\upsilon} = const$, то $\alpha = \omega t$ и $\rho = 4R\sin\dfrac{\omega t}{2}$.

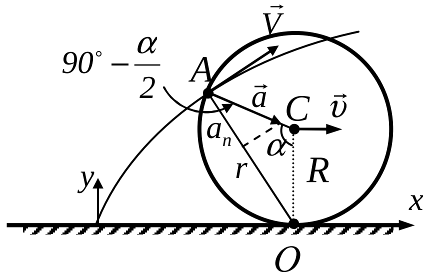
Это аналитическое решение выходит за рамки школьной программы, но задачу можно решить геометрически, например, с помощью понятия «мгновенная ось вращения», что вполне доступно для учащихся.

Движение обруча рассматриваем как вращение вокруг неподвижной *на один момент времени* оси O (оси мгновенного вращения). Тогда справедливо утверждение:

точки A и C в данный момент времени имеют такие же скорости, какие у них были бы в случае вращения обруча вокруг неподвижной на конечный промежуток времени оси O.

Обозначим скорость точки A через V, а ее расстояние от оси O через r. Тогда $\frac{V}{r} = \frac{\upsilon}{R}$.

Центростремительное (нормальное) ускорение точки A при движении по циклоиде равно:



$$a_n = \frac{V^2}{\rho}, \text{ где}$$

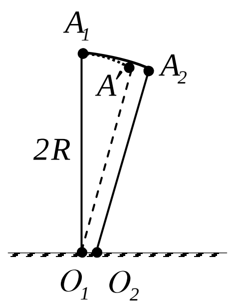
ρ - радиус кривизны траектории. С другой стороны:

$$a_n = a\cos\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right),$$

где a - полное ускорение точки A.

Ускорение a легко находится, если перейти в систему отсчета, связанную с центром обруча C. Эта система отсчета (как и с.о. «Земля») является инерциальной, следовательно, ускорение точки A в системе отсчета «Земля» равно ускорению точки A в системе отсчета, связанной с центром обруча $a = \upsilon^2 / R$.

Имеем четыре уравнения. Последнее (пятое) уравнение получаем из ΔAOC: $r = 2R\cos\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)$. Решая систему из пяти уравнений, находим: $\rho = 4R\sin\frac{\alpha}{2}$. При $\vec{\upsilon} = const$, $\rho = 4R\sin\frac{\omega t}{2}$. По условию задачи $\alpha = 180^\circ$. Значит, $\rho = 4R$.



Таким образом, решение в) безошибочное. Решение а) неправильное (возможно, ученик находил радиус кривизны траектории в системе отсчета, связанной с центром обруча). Прокомментируем решение б).

Из того факта, что в некоторый момент времени скорость точки A равна 2υ, а точка O неподвижна, *не следует*, что в этот момент времени точка A движется по окружности радиуса $OA = 2R$, а точка C - по окружности радиуса $OC = R$ (нелепость последнего утверждения очевидна, т.к. тоска C движется по прямой).

Движение диаметра OA обруча можно представить как поворот и одновременное поступательное перемещение на O_1O_2 (на рисунке угол поворота преувеличен). Кривизна дуги A_1A_2 траектории точки A меньше, чем кривизна дуги A_1A' окружности O_1. Соответственно, радиус кривизны траектории больше $2R$, т.е., ответ б) неправильный!

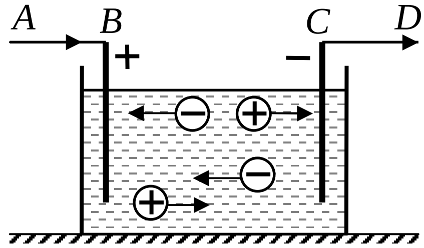
Задание 3. Помогите ученику разобраться.

Вот его рассуждения о токе в электролитах.

Ток в проводе AB равен току отрицательных ионов I_-, а в проводе CD он равен току положительных ионов I_+. Т.к. $I_{AB} = I_{CD}$, то $I_- = I_+$. Внутри электролита сила тока равна

$$I = I_+ + I_- = I_{AB} + I_{CD} = 2I_{AB} = 2I_{CD},$$

т.е. вдвое больше, чем в проводящих проводах!



Правильны ли эти рассуждения?

Если да, то предложите способ экспериментальной проверки утверждения $I = 2I_{AB}$.

Если нет, то укажите ошибку в рассуждениях ученика.

Можно предложить ученику провести рассуждения более детально. Возьмем самую простую модель: электроды B и C - плоские. Тогда площадь S поперечного сечения проводника (электролита) можно везде считать одинаковой:

$$I_{AB} = I_- = n_- e \upsilon_- S\,;\; I_{CD} = I_+ = n_+ e \upsilon_+ S\,;\; I = n'_- e \upsilon'_- S + n'_+ e \upsilon'_+ S\,.$$

Нужно обратить внимание на то, что $n'_- < n_-$, $n'_+ < n_+$, т.к. у электрода B скапливаются отрицательные ионы, у электрода C - положительные, в центральной области концентрации положительных и отрицательных ионов примерно равны. Кроме того, скорость ионов в центральной области также меньше [10, с.256 - 257].

Зная это, нельзя утверждать, что $I = 2I_+ = 2I_- = 2I_{AB} = 2I_{CD}$.

Экспериментальную проверку равенства токов в электролите и в подводящих проводах можно осуществить с помощью магнитной стрелки, фиксируя ее отклонение вблизи длинной трубки с электролитом и вблизи последовательно соединенного с ней медного провода, при пропускании тока через эти проводники.

Проблемные ситуации, рассмотренные в данной статье, либо создаются преподавателем специально (как в заданиях 1-3), либо возникают «стихийно» в ходе традиционного решения задач.

Умение преподавателя подвергнуть ситуацию, рассмотренную в учебном материале, логической проверке, способность организовать и провести логическое исследование – очень ценные «инструменты» в арсенале педагога, особенно в настоящее время, в связи с возросшим количеством опечаток и неточностей в учебной литературе.

Литература

1. *Чернилевский Д.В.* Дидактические технологии в высшей школе. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. - 437 с.
2. *Сахаров Д.И.* Сборник задач по физике для вузов.- М.: ООО «ОНИКС 21век»: ООО «Мир и Образование», 2003. - 400 с.
3. Задачи по общей физике/ Белонучкин В.Е., Заикин Д.А., Кингсеп А.С., Локшин Г.Р., Ципенюк Ю.М.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. - 336 с.
4. *Бушманов Б.Н., Хромов Ю.А.* Физика твердого тела. - М.: Высш. Школа .- 1971. - 224 с.
5. http://www.chem100.ru/(Бериллий)
6. *Варикаш В.М., Хачатрян Ю.М.* Избранные задачи по физике твердого тела. - Минск: Вышэйш. школа, 1969 .-272 с.
7. *Савельев И.В.* Сборник вопросов и задач по общей физике. - М.: Наука. - 1982. - 272 с.
8. *Каршенбойм С.Г.* Фундаментальные физические константы: роль в физике и метрологии и рекомендованные значения// УФН. - 2005. - Т.175. - №3. - С. 271-298.
9. *Кабардин О.Ф., Кабардина С.И., Орлов В.А.* Задания для итогового контроля знаний учащихся по физике в 7 – 11 классах средней школы – М.: Просвещение, 1994. - 224 с.
10. *Зильберман Г.Е.* Электричество и магнетизм.- М.: Наука, 1970. - 384 с.

CREATION PROBLEM SITUATIONS IN PHYSICAL EDUCATION

I.N. Zhukova, V.S. Malykh

On concrete examples methods of activization of informative activity of students in the course of training to their decision of physical problems are considered. In particular, for creation of problem situations on a practical training on the physicist it is offered to use errors and typing errors in manuals. Examples of problem tasks in system of preparation of the teacher of physics of high school are resulted.

