УДК 53(075.4)+53(076.5)

А.Н. Годлевская

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

РАЗВИТИЕ ЛОГИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ И КРЕАТИВНОСТИ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Продемонстрована система нестандартних методичних прийомів, що сприяють поетапному розвитку логічного мислення та творчих здібностей учнів у процесі розв'язування задач з фізики на уроках і в позаурочній навчальній діяльності. Розглянуті прийоми можна використовувати на уроках, у домашній роботі учнів (зокрема при дистанційному навчанні), у позаурочній роботі на факультативних заняттях і при підготовці до олімпіад, а також на практичних заняттях з фізики у внз (особливо з майбутніми педагогами).

Ключові слова: *Логічне мислення, креативність, розвиток, методичні прийоми, рішення задач з фізики, уроки, позаурочні заняття, школа, ВНЗ.*

Для современных профессий, особенно связанных с новаторством, требуется креативность – способность на основе накопленного опыта и знаний генерировать новые идеи и способы, способствующие оптимизации рабочего процесса или созданию неповторимого продукта. Требование о креативности предъявляют к специалистам многие работодатели – вне зависимости от сферы их действия. Креативные люди могут рассмотреть проблему в разных аспектах, подчас увидеть её так, как не видел раньше никто. Но креативность – это не только новаторство и творчество, это конструктивный способ мышления, приносящий *практическую пользу* в различных видах деятельности.

Чтобы убедить кого-то в своей правоте, доказать состоятельность предлагаемой идеи или реализуемость составленного плана, необходимо уметь логично обосновать их, приводя убедительные аргументы. В ходе решения задач по физике и математике наиболее эффективно формируется умение логически мыслить, аргументировать свои действия, чётко их излагать в устной и письменной речи. К сожалению, часто учащиеся пренебрегают обоснованием своих действий, сводя их к «решению задач на формулы». Не требуют этого и учителя на уроках и при оформлении контрольных работ, сводя контроль к проверке знания формул и умения оперировать ими и не проверяя логических навыков. Не всегда обоснован план действий и в дополненных решениями сборниках задач, и вне внимания учащегося оказываются важные операции:

- анализ и понимание условия задачи, актуализация ключевых понятий;
- выделение взаимосвязей и функциональных зависимостей величин;
- обоснованная запись системы уравнений и рациональное алгебраическое преобразование формул в целях поиска выражения для искомой величины;
- оценка правильности полученного результата на основе анализа единицы измерения величины или её размерности;
- понимание ограничений на практическое использование полученной формулы и оценка правдоподобия вычисленного значения искомой величины.

В целях содействия развитию логического и творческого мышления могут использоваться учебные ситуации, в которых заранее неизвестен результат и существуют условия для введения и сочетания новых элементов. Основываясь на базовых принципах теории поэтапного усвоения умственных действий П.Я. Гальперина [1], можно создать условия для приобретения учащимися навыков в планировании решения задач, составлении блок-схем и чертежей, в реализации алгоритмов действий, соответствующих задачам разного типа.

Целью автора данной статьи является демонстрация системы методических приёмов, способствующих формированию и развитию навыков логического анализа при решении *специально подобранных* задач по физике учащимися, освоившими решение задач первого и второго уровня сложности. Продемонстрируем их поэтапно, в частных примерах задач по механике, для удобства оформленных в таблицах.

Этап 1. Учащимся предлагается задача (таблица 1), совместно с ними производится анализ условия и составляется схематический чертёж. Далее учащиеся работают самостоятельно с готовым решением (раздаточный материал или последовательно проецируемые на экран логические фрагменты). *Задание учащимся: п*одумайте, какие ещё величины можно определить на основе условий данной задачи. Сформулируйте свои задачи с применением числовых значений величин, заданных в ней, решите их и сопоставьте полученные ответы со значениями величин, заданными в исходной задаче.

Этап 2. Ознакомьтесь с условием задачи в таблице 2, самостоятельно проанализируйте условие, оформите чертёж. Прикройте листом бумаги правый столбец таблицы 2 и, следуя описанию, приведённому в левом её столбце, решите задачу. Сравните ваше решение с приведённым в таблице 2. Подумайте, можно ли при решении этой задачи производить математические преобразования в иной последовательности. Какой способ преобразований рациональнее?

Этап 3 (домашний). Составьте другие задачи на основе решённой и апробируйте их в совместной работе с одноклассниками.

Этап 4. Следуя последовательности действий, описанных в таблице 3, решите сформулированную в ней задачу. Какими вопросами можно дополнить эту задачу? Какие задачи можно составить на основе имеющейся информации? Как проверить правильность их решений?

Этап 5. В таблице 4 оставлен незаполненным левый столбец, а в правом приведено аналитическое решение задачи. Напишите отсутствующее описание действий.

Дополнительное задание. Пусть на движущуюся платформу, длина которой 50 м, а начальная скорость 2 м/с, из неподвижного бункера непрерывно вертикально вниз насыпается песок так, что масса платформы увеличивается на 60 кг ежесекундно. Какова скорость платформы в момент окончания загрузки? Каковы способы решения данной задачи? Как можно усложнить ситуацию?

Этап 6. Предлагаем необычную работу – имея готовое описание решения задачи (таблица 5), составьте её условие. Обменяйтесь условиями одноклассником. Решите составленную им задачу. Достаточно ли заданных им величин для решения? Нет ли избыточной информации?

Рассмотренные в статье приемы можно использовать на уроках, в домашней работе учащихся, при дистанционном обучении, во внеурочной работе – на факультативных занятиях и при подготовке к олимпиадам, а также на практических занятиях по физике в вузах (особенно с будущими педагогами).

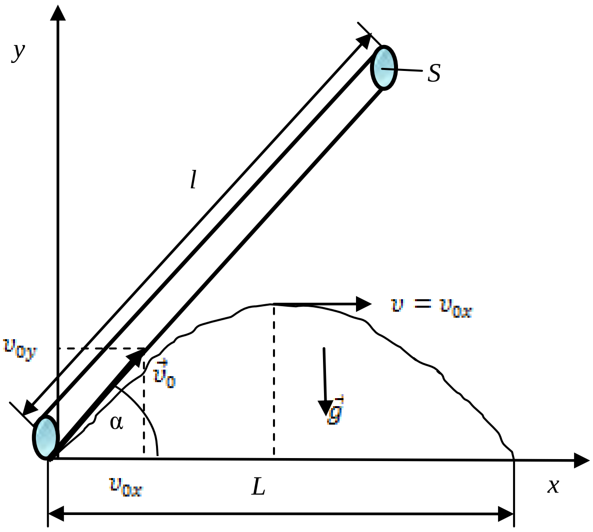
Список использованных источников

1. Гальперин, П.Я. Формирование знаний и умений на основе теории поэтапного усвоения умственных действий / П.Я. Гальперин, Н.Ф. Талызина (ред.) – М.: изд-во МГУ, 1968. [Электронный ресурс] – Режим доступа: twirpx.com>file/1466447.

Таблица 1 – Пример задачи для первого этапа

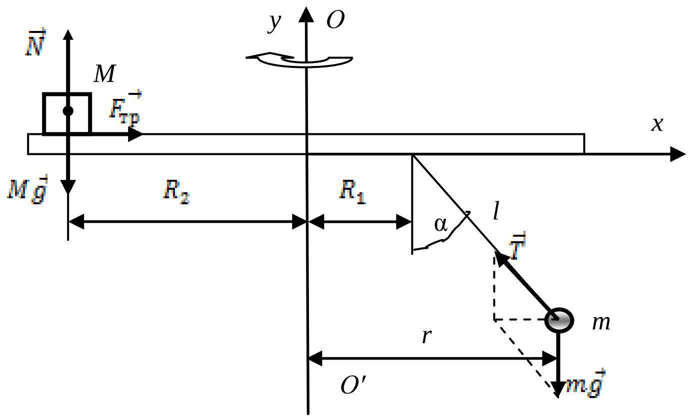
Условие задачи	*Анализ условия*
Из шланга, лежащего на земле, бьёт под углом 45 ° к горизонту струя воды с начальной скоростью 10 м/с. Площадь сечения отверстия в шланге 5 см^2. Определите массу воды, находящейся в воздухе. **Дано:** $\alpha = 45°$; $\upsilon_0 = 10\ ^{м}/_{с}$; $S = 5 \cdot 10^{-4}\ м^2$; $\rho = 10^3\ ^{кг}/_{м^3}$ $m - ?$	В задаче описана типичная ситуация, рассматриваемая в кинематике материальной точки, движущейся равноускоренно в поле силы тяжести, однако водяную арку, образующуюся при вытекании жидкости из шланга нельзя считать материальной точкой. «Изюминка» данной задачи состоит в том, что в воздухе находится столько воды, сколько её вытекает из отверстия шланга за время, равное времени полёта первой капли от отверстия шланга до места её падения на землю. Поэтому задачу можно переформулировать таким образом: «Определите массу воды, заключённой в цилиндре, основание которого имеет площадь 5 см^2, а длина образующей равна расстоянию, на которое капля воды удалилась бы от отверстия шланга при прямолинейном движении со скоростью 10 м/с за время, равное времени полёта материальной точки, брошенной в поле тяготения Земли под углом 45 ° к горизонту с указанной начальной скоростью.

Схематическая иллюстрация ситуации



План решения	*Решение задачи*
1. Массу жидкости найдем как произведение её плотности ρ на объём V цилиндра.	$m = \rho \cdot V$. (1)
2. Объём цилиндра равен произведению площади его основания S на длину образующей l.	$V = S \cdot l$. (2)
3. Длина образующей равна расстоянию, на которое капля удалилась бы от отверстия шланга, двигаясь в течение времени t равномерно и прямолинейно со скоростью, равной начальной скорости υ_0 воды при истечении её из шланга.	$l = \upsilon_0 \cdot t$. (3)
4. Время t определим, рассматривая движение капли, брошенной под углом α к горизонту, от момента вылета её из отверстия шланга до момента падения на землю. Для этого учтём, что в отсутствие сопротивления воздуха время t' подъёма капли до вершины параболической траектории равно времени свободного падения капли из этой точки до поверхности земли, а также то, что в верхней точке траектории вертикальная составляющая скорости капли становится равной нулю. При этом движение по вертикали – равноускоренное с ускорением $(-g)$ и начальной скоростью υ_{0y}.	$t = 2t'$; (4) $\upsilon_{0y} - gt' = 0$; (5) $\upsilon_{oy} = \upsilon_0 \sin\alpha$. (6)
5. Выражая из формулы (5) время t' и учитывая его и условие (6) в формуле (4) определим время t нахождения капли в воздухе, а затем последовательно воспользуемся формулами (3), (2) и (1). В результате получим формулу для определения массы воды.	$t = \frac{2\upsilon_{0y}}{g}$; $l = \upsilon_0 \cdot \frac{2\upsilon_{0y}}{g} = \frac{2\upsilon_0^2 \sin\alpha}{g}$; $V = S \cdot \frac{2\upsilon_0^2 \sin\alpha}{g}$; $m = 2\rho S \cdot \frac{\upsilon_0^2 \sin\alpha}{g}$.
6. Определим единицу измерения найденной величины.	$[m] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^2 \cdot \frac{\text{м}^2 \cdot \text{с}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = \text{кг}$.
7. Вычислим по выведенной формуле числовое значение искомой массы, принимая $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.	$m = 2 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{10^2 \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot 10} \approx 7$ (кг) *Ответ:* $m \approx 7$ кг.

Таблица 2 – Решение задачи по описанному плану

Условие задачи	*Анализ условия*
К вращающемуся горизонтально расположенному диску на расстоянии 10 см от оси вращения привязана лёгкая нерастяжимая нить длиной 0,6 м с грузом на конце. При вращении нить образует угол 45° с вертикалью. На каком расстоянии от оси вращения диска может удержаться небольшое тело, положенное на диск, если коэффициент трения тела о поверхность диска равен 0,25? **Дано:** $R_1 = 0{,}1$ м; $l = 0{,}6$ м; $\alpha = 45°$; $\mu = 0{,}25$; R_2 –?	В задаче описано движение двух разных тел, совершающих вращательное движение относительно общей оси вращения, проходящей через центр симметрии горизонтально расположенного диска. Одинаковой для обоих тел характеристикой движения является угловая скорость вращения: $\omega = \omega_1 = \omega_2$. Для описания движения тел определим существенные взаимодействия, в которых участвует каждое из тел, и укажем на чертеже-иллюстрации силы, соответствующие этим взаимодействиям. Учтём при этом, что траектория движения каждого тела лежит в горизонтальной плоскости, следовательно, результирующая всех сил, действующих на каждое тело, направлена к центру окружности, по которой движется его центр масс.
Схематическая иллюстрация ситуации	
 	
1. Запишем второй закон Ньютона применительно к каждому телу в векторной форме, обозначая символами $\vec{a_1}$ и $\vec{a_2}$, $m\vec{g}$ и $M\vec{g}$ соответственно ускорения тела, подвешенного на нити, и груза, установленного на диске, и силы тяжести, действующие на них; $\vec{T}$ – силу натяжения нити; $\vec{N}$ – силу реакции диска на давление груза; $\vec{F_{тр}}$ – силу трения груза о поверхность диска.	$m\vec{a_1} = \vec{T} + m\vec{g}$; (1) $M\vec{a_2} = M\vec{g} + \vec{N} + \vec{F_{тр}}$. (2)
2. Так как оба тела движутся по окружностям, то $\vec{a_1}$ и $\vec{a_2}$ – их центростремительные ускорения, и их модули	$a_1 = m\omega^2 r$; (3) $a_2 = M\omega^2 R_2$. (4)

можно выразить через угловую скорость вращения диска $\omega = \omega_1 = \omega_2$ и радиусы окружностей R_2 и r, по которым движутся тела.	
3. Выберем систему координат, направляя ось x горизонтально, а ось y – вертикально вверх, как показано на чертеже, и, проецируя на оси векторные величины, содержащиеся в уравнениях (1) и (2), запишем уравнения движения в скалярной форме. Учтём при этом знаки проекций и выражения (3) и (4).	На ось ox: $-m\omega^2 r = -T\sin\alpha$; (5) $M\omega^2 R_2 = F_{тр}$; (6) На ось oy: $0 = T\cos\alpha - mg$; (7) $0 = N - Mg$. (8)
4. Будем считать, что сила трения бруска о диск равна максимальной силе трения покоя; выразим её через модуль силы нормального давления N и коэффициент трения μ.	$F_{тр} = \mu N$. (9)
5. Радиус окружности r, по которой движется груз, подвешенный на нити, равен сумме двух отрезков: расстояния R_1 точки подвеса нити от оси вращения OO' и длины проекции нити на ось ox.	$r = R_1 + l \cdot \sin\alpha$. (10)
6. Объединим в систему уравнения (5) и (6), а затем разделим их левую и правую части друг на друга.	$-\frac{mr}{MR_2} = -\frac{T\sin\alpha}{F_{тр}}$. (11)
7. Массу m груза, подвешенного на нити, выразим из уравнения (7).	$m = \frac{T\cos\alpha}{g}$. (12)
8. Выразим модуль силы реакции опоры из уравнения (8), и учтём его в выражении (9).	$F_{тр} = \mu M g$. (13)
9. Учтём выражения (10), (12) и (13) в формуле (11) и получим выражение для определения R_2 .	$\frac{(R_1 + l\cdot\sin\alpha)\cdot\cos\alpha}{R_2} = \frac{\sin\alpha}{\mu}$. (14)
10. Выделим из формулы (14) расстояние R_2 от оси вращения до точки, над которой должно находиться тело на диске, чтобы ещё не соскальзывать с него.	$R_2 = \mu(R_1 + l \cdot \sin\alpha) \cdot \mathrm{ctg}\alpha$. (15)
11. Единица измерения величины R_2 в формуле (15) одинакова с единицей измерения величины, заключённой в скобки; другие величины в (15) безразмерны.	$[R_2] = [R_1] = [l] = 1$ м.
12. Вычислим искомую величину, округляя её с точностью, с которой в условии задачи задано расстояние R_1. Полученное значение правдоподобно. Запишем ответ.	$R_2 = 0{,}25 \cdot \left(0{,}1 + 0{,}6 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \cdot 1 = 0{,}13$ (м). Ответ: $R_2 = 13$ см.

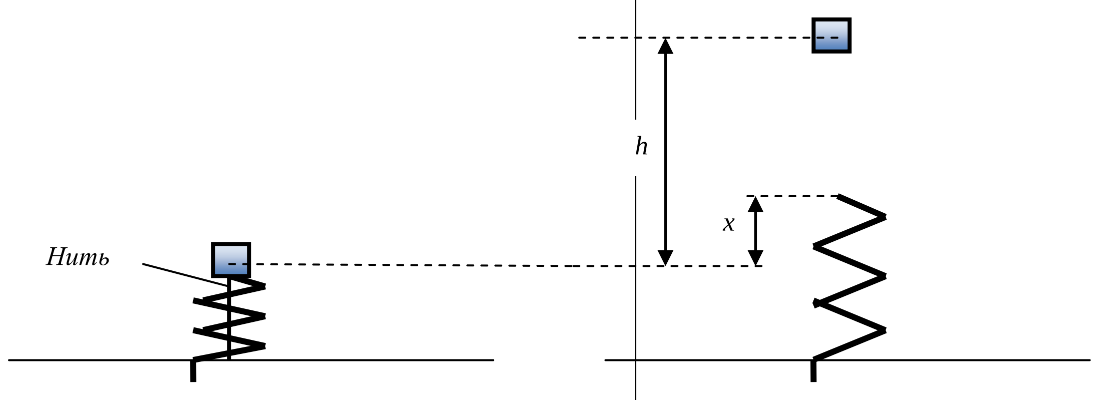
Таблица 3 – Решение задачи по описанному алгоритму

Условие задачи	*Анализ условия*
Отталкиваясь от земли, блоха массой m_1 действует на нее со средней силой F_1 = 0,1 Н и увеличивает скорость своего движения от 0 до 100 м/с за время t_1 = 0,1 с. Автомобиль Toyota Corolla Liftbock, масса которого равна M = 1500 кг, разгоняется до скорости 100 км/ч за t_2 = 10 с. Сравните массы и средние значения ускорений блохи и автомобиля. **Дано:** $F_1 = 0{,}1$ Н; $\upsilon_{01} = 0$; $\upsilon_1 = 100$ м/с; t_1 = 0,1 с; $\upsilon_{02} = 0$; $\upsilon_1 = 100$ км/ч; $m_2 = 1500$ кг; t_2 = 10 с $\frac{m_2}{m_1}$ – ? $\frac{a_1}{a_2}$ –?	Для сравнения средних ускорений блохи и автомобиля сначала следует их определить. Сделать это можно на основе определения понятия среднего ускорения. Так как заданы время действия силы и её среднее значение, а также начальная и конечная скорости тел, эти величины можно связать с массой тел на основе второго закона Ньютона, приравнивая изменение импульса тела импульсу силы, обусловившей данное изменение. Сравнивая выражения, относящиеся к участникам описанных событий, можно выделить отношение масс автомобиля и блохи. *Схематическую иллюстрацию к задаче оформите самостоятельно, а затем, следуя словесному обоснованию, запишите решение.*
Схематическая иллюстрация ситуации	
для блохи	*для автомобиля*
Оформите чертеж	*Оформите чертеж*
Решение задачи	
1. Среднее значение ускорения для обоих тел найдем по формуле-определению, записывая её отдельно для блохи и автомобиля.	
2. Предположим, что среднее ускорение блохи больше среднего ускорения автомобиля; найдём их отношение.	
3. В правой части полученного выражения нет неизвестных величин, поэтому сначала проверим правильность этой формулы, определяя единицу измерения найденного отношения.	
4. Убедившись в том, что найденное отношение безразмерно, переведём числовые значения величин в СИ, вычислим отношение средних ускорений и оценим его правдоподобность.	
5. Дважды запишем второй закон Ньютона – применительно к изменению импульса автомобиля и блохи.	
6. Разделим левую часть первого равенства на левую часть второго уравнения; так же поступим в отношении их правых частей и приравняем полученные отношения.	
7. Теперь выделим из полученного равенства искомое отношение массы автомобиля к массе блохи.	
8. Определим единицу измерения величины, в правой части полученной формулы, проверяя тем самым её правильность.	
9. Определим числовое значение отношения масс и оценим его правдоподобность. Запишем ответы.	

Таблица 4 – Словесное обоснование записанного решения

Условие задачи	*Анализ условия*
Груз массой 60 кг падает вертикально вниз на платформу, движущуюся со скоростью 2 м/с. Какой станет скорость платформы, если ее масса 240 кг? Силой трения между платформой и рельсами можно пренебречь. ***Дано:*** $m = 60$ кг; $M = 1500$ кг; $\upsilon_2 = 2$ м/с υ' –?	Так как в задаче упоминаются массы и скорости движения тел, взаимодействующих друг с другом при их столкновении, сначала определим, является ли система тел изолированной или условно изолированной от других тел, и оценим возможность применения закона сохранения импульса. *Каков ваш ответ на эти вопросы?* *Оформите самостоятельно чертежи, иллюстрирующие выделенные ситуации.* *Дополните решение задачи комментарием-обоснованием.*
Схематическая иллюстрация ситуации:	
до столкновения	*после столкновения*
Оформите чертеж	*Оформите чертеж*
Решение задачи	
1.	$M\overrightarrow{\upsilon_2} = (m + M)\overrightarrow{\upsilon'}$;
2.	$M\upsilon_2 = (m + M)\upsilon'_x$;
3.	$\upsilon' = \upsilon'_x$;
4.	$\upsilon' = \frac{\upsilon_2}{1+m/M}$.
5.	$[\upsilon'] = 1\frac{\text{м}}{\text{с}}$.
6.	$\upsilon' = \frac{2}{1 + 60/1500} \approx 1{,}9 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$.
7.	$\upsilon' = 1{,}9\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Так как после падения груза скорость платформы в результате увеличения её массы уменьшилась, ответ правдоподобен.

Таблица 5 – Составление условия задачи по известному решению

<table>
<tr><td colspan="2">Анализ условия</td></tr>
<tr><td colspan="2">Система, состоящая из пружины и установленного на ней кубика, в начальный момент неподвижна. Так как пружина деформирована, то данная система обладает потенциальной энергией, которая равна потенциальной энергии пружины, если потенциальную энергию кубика в поле силы тяжести в его начальном положении принять равной нулю.
Система не изолирована от внешних воздействий и подвержена влиянию консервативной силы тяжести (не обусловливающей изменения полной механической энергии системы) и диссипативной силы трения, являющейся причиной уменьшения полной механической энергии системы. В ходе взаимодействия потенциальная энергия деформированной пружины трансформируется в начальную кинетическую энергию кубика, а затем в его потенциальную энергию. При этом часть энергии расходуется на преодоление сил сопротивления. После отделения от пружины кубик движется вертикально вверх в поле тяготения Земли, совершая работу против сил трения о воздух.
Выделим два крайних положения кубика и иллюстрируем задачу. Чтобы не загромождать чертёж, допустим, что величина деформации x пружины одинакова в исходном и крайнем верхнем положении её незакреплённого конца.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Схематическая иллюстрация ситуации</td></tr>
<tr><td>в начальном положении кубика</td><td>в высшей точке подъёма кубика</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>Обоснование решения</td><td>Решение задачи</td></tr>
<tr><td>1. Потенциальная энергия системы «груз – пружина» до пережигания нити в принятой модели равна потенциальной энергии пружины.</td><td>$E_п = \frac{kx^2}{2}$. (1)</td></tr>
<tr><td>2. В момент прохождения пружиной положения равновесия кинетическая энергия кубика максимальна; если нет сил сопротивления, она равна начальной потенциальной энергии пружины.</td><td>$E_{к0} = \frac{mv_0^2}{2} = E_п$. (2)</td></tr>
<tr><td>3. В отсутствие сопротивления воздуха кинетическая энергия кубика преобразуется в потенциальную энергию кубика.</td><td>$E_{к0} = mgh_0$. (3)</td></tr>
</table>

4. Однако из-за действия сил сопротивления часть энергии системы расходуется на совершение работы против них, и высота подъема кубика оказывается меньшей h_0, а его потенциальная энергия $E_{пк}$ в верхней точке подъёма меньше величины, определяемой по формуле (3).	$h < h_0$. $E_{пк} = mgh < mgh_0$. (4)
5. Массу кубика m выразим через плотность ρ вещества, из которого он изготовлен, и длину ребра кубика a.	$m = \rho a^3$. (5)
6. Обозначим символом α долю энергии, затраченной на совершение работы против сил сопротивления. Тогда работу системы по преодолению диссипативных сил можно определить по формуле.	$A = \alpha E_п$. (6)
7. На основе закона сохранения энергии можно записать уравнение.	$E_п = E_{пк} + A$. (7)
8. Учтём в уравнении (7) выражения (1), (4), (5) и (6).	$\frac{kx^2}{2} = mgh + \alpha\frac{kx^2}{2}$. (8)
9. Из формулы (8) выразим величину начальной деформации пружины.	$x = \sqrt{\frac{2\rho a^3 gh}{k(1-\alpha)}}$.
10. Оценим правильность формулы, определяя единицу измерения найденной величины.	$[x] = 1\left(\frac{кг \cdot м^3 \cdot м \cdot м \cdot м}{м^3 с^2 \cdot Н}\right)^{1/2} = 1м.$
11. Вычислим искомую величину, предварительно находя в справочнике плотность алюминия. Полученное значение величины деформации правдоподобно. Запишем ответ.	$x = \sqrt{\frac{2 \cdot 2{,}7 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 0{,}5}{17{,}3 \cdot 0{,}75}} = 0{,}13\ (м)$.. *Ответ:* $x = 13$ см

H.M. Gadleuskaya
Gomel state University named after Francisk Skorina

THE DEVELOPMENT OF LOGICAL THINKING AND CREATIVITY IN THE SOLUTION PROCESS OF PHYSICS PROBLEMS

Demonstrate the system non-standard instructional techniques that promote phased development of logical thinking and creative abilities of students in solving physics problems in the classroom and in extracurricular educational activities. Discusses techniques you can use in the classroom, in the home work of pupils (particularly in distance education), extracurricular work at extracurricular activities and in preparation for the Olympics, as well as in practical classes in physics at universities (especially future teachers).

Key words: *Logical thinking, creativity, development, instructional techniques, solution of problems in physics, lessons, extracurricular activities, school, University.*

А.Н. Годлевская
Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

РАЗВИТИЕ ЛОГИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ И КРЕАТИВНОСТИ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Продемонстрирована система нестандартных методических приёмов, способствующих поэтапному развитию логического мышления и творческих способностей учащихся в процессе решения задач по физике на уроках и во внеурочной образовательной деятельности.

Рассмотренные приёмы можно использовать на уроках, в домашней работе учащихся (в частности при дистанционном обучении), во внеурочной работе – на факультативных занятиях и при подготовке к олимпиадам, а также на практических занятиях по физике в вузах (особенно с будущими педагогами).

Ключевые слова: Логическое мышление, креативность, развитие, методические приёмы, решение задач по физике, уроки, внеурочные занятия, школа, вуз.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Годлевская Анна Николаевна – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры оптики Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины (Республика Беларусь).

Круг научных интересов: проблемы методики обучения физике.