

X всероссийской научно-практической конференции



Центр дополнительного образования одарённых школьников
Научная лаборатория «Моделирование процессов обучения физике»

МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Материалы докладов
X всероссийской научно-практической конференции

Киров – 2025

УДК 37.016
ББК 74.262.23
М 74

Оргкомитет: кандидат педагогических наук, доцент К. А. Коханов (председатель), член-корреспондент РАО, доктор педагогических наук, профессор Ю. А. Сауров, доктор педагогических наук Е. Б. Петрова (Москва), доктор педагогических наук, доцент, Р. В. Майер (Глазов), доктор педагогических наук, доцент Е. И. Вараксина (Глазов), кандидат педагогических наук, доцент Ю. В. Иванов (Глазов), кандидат педагогических наук М. В. Исупов, кандидат педагогических наук Д. В. Перевошиков, преподаватель-исследователь А. П. Сорокин, кандидат педагогических наук М. П. Уварова (учёный секретарь).

Редакционная коллегия: К. А. Коханов, Ю. А. Сауров, М. П. Уварова.

М 74 Модели и моделирование в методике обучения физике: материалы докладов X всероссийской научно-практической конференции. – Киров: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2025. – 96 с.

ISBN 978-5-6052349-6-8

В сборнике представлены материалы исследований по одному из перспективных направлений развития теории и методики обучения физике.

УДК 37.016
ББК 74.262.23

ISBN 978-5-6052349-6-8

© Центр дополнительного образования
одарённых школьников, 2025
© Научная лаборатория «Моделирование
процессов обучения физике», 2025

III. МОДЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ФИЗИКИ

С. М. АНДРЮШЕЧКИН

г. Москва

АНТИМОДЕЛИ ФИЗИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ В ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧАХ ЕГЭ

Указаны «красные линии», которые недопустимо пересекать составителю физических задач, используемых в контрольно-измерительных материалах.

Ключевые слова: методика физики, решение задач, ограничения на модель физической ситуации в задаче.

Вслед за Л.М. Фридманом примем, что «физические задачи возникают как знаковые модели проблемных ситуаций, ... как словесно-символическое описание реальной или воображаемой ситуации» [11, с. 25]. Роль и значение задач в преподавании физики давно оценены по достоинству: «решение задач служит прекрасным и ничем незаменимым средством для развития сообразительности, самостоятельности в суждениях и любви к серьёзному и полезному труду» [7, с. III]. Действительно, во-первых, процесс решения задач – эффективное средство формирования и развития физического мышления; во-вторых, о глубине усвоения и понимания учеником физических процессов, степени умения применять теоретические и практические знания можно судить по тому, как он решает задачу.

Отдельными дидактами даже выделяется особый задачный подход к процессу обучения, который, по их мнению, может быть назван таковым при выполнении ряда условий: «учитель ... должен изыскивать возможности включения в структуру уроков и домашних заданий максимально возможного числа различных типов и видов задач; ... учитель, планируя педагогический процесс, постоянно помнит о необходимости формирования у школьников самостоятельного продуктивного мышления; ... учитель должен понимать, что одна из его целей – углубление частично сформированного ранее теоретического знания посредством создания и разрешения проблемных ситуаций» [12, с. 38-39].

Предложена и методическая система обучения решению физических задач, в которой акцент сделан «на моделировании ... физическое и математическое моделирование реальных природных процессов, ... на методологии ... приоритет использования при решении физических задач методологических принципов и законов сохранения, ... на сочетании качественных и количественных методов» [4, с. 34-35]. При этом автор методической системы солидарен с тезисом, сформулированным В.А. Орло-

вым и Ю.А. Сауровым: «необходимо, что принципиально важно, ставить и решать проблемы описания физической реальности при работе с любой задачей. Именно тогда вскрывается «модельность» наших представлений, именно тогда формируются творческие умения находить (строить) нужные методы решения, понимать их ограниченность» [5, с. 27].

В предисловии к одному известному сборнику задач по физике «модельность наших представлений» образно обрисована так: «Элементарные задачи описывают условный мир точечных масс, невесомых нитей, идеальных газов и других совершенных тел, подобно сказочному миру, населённому свирепыми змиями и прекрасными принцами ... В задачах мы также можем рассматривать условия малореальные, даже фантастические; так же как сказки, такие задачи развивают наше воображение» [3, с. 4].

При этом для методики физики в общем и для составителя физической задачи в частности существенным является вопрос – где прочерчена та «красная линия», которую нельзя пересекать, составляя новую физическую задачу или осуществляя аранжировку традиционного сюжета. Особенно остро этот вопрос, вероятно, должен стоять перед составителями контрольно-измерительных материалов, в частности, при разработке заданий, предлагаемых ученикам на ОГЭ или ЕГЭ по физике.

Выскажем свою точку зрения по этому вопросу.

I. Недопустимо использовать в условии задачи далёкие от реальности численные значения физических величин.

Так в одном из заданий ЕГЭ проводящий стержень длиной 80 см со скоростью 1 м/с движется в однородном магнитном поле с индукцией 5 Тл [2, с. 75, задание 23]. Если вспомнить, что индукция магнитного поля в Большом адронном коллайдере 8,3 Тл, то реализация описанной в задаче установки вызывает сомнение. В другом задании: «Ученику необходимо на опыте выяснить, зависит ли частота свободных колебаний пружинного маятника от объёма груза ...» [2, с. 101, задание 20]. В качестве правильных вариантов ответа предлагается использовать пружины жёсткостью 60 Н/м и грузы массой 10 г, имеющие объём 80 см³ и 100 см³. В этом случае частота колебаний более 12 Гц, а толщина стенок грузов – десятые доли миллиметра, что делает проведение учеником подобного опыта в принципе проблематичным.

II. Не следует в задаче предлагать определить параметр, нахождение которого не представляет никакого значения.

Например, в сборниках ЕГЭ можно встретить задачи, где необходимо определить координаты точки, в которой некоторый световой луч, прошедший через линзу, пересекает главную оптическую ось линзы. Или яркий пример от нобелевского лауреата – описание им экспертизы учебника: «Однако следом пошли задачки. Скажем такая: “Джон и его отец выходят на улицу, чтобы полюбоваться звёздами. Джон видит две голубые звезды и одну красную. Отец видит зелёную, фиолетовую и две жёлтые. Какова полная температура звёзд, которые видят Джон и его отец? ... Кому, спрашивается, может понадобиться складывать температуру двух звёзд?”» [10, с. 402-403].

III. Недопустимо, когда предложенная в задаче модель существенно искажает реальную физическую ситуацию.

Задание из сборника ЕГЭ: «В вертикальном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения $S = 5 \text{ см}^2$ под подвижным поршнем массой $M = 1 \text{ кг}$ с лежащим на нём грузом массой m находится воздух при комнатной температуре. Первоначально поршень находится на высоте $h_1 = 15 \text{ см}$ от дна сосуда. Если груз снять с поршня, то поршень поднимется на $\Delta h = 2 \text{ см}$. Какова масса груза m ? Воздух считать идеальным газом, а его температуру неизменной. Атмосферное давление равно 10^5 Па . Трение между стенками и поршнем не учитывать» [2, с. 102, задание 24]. Очевидно, что при такой формулировке условия задачи (одномоментное снятие груза с поршня) мы будем иметь дело с колебаниями поршня и с существенным изменением температуры газа в ходе адиабатного процесса. (При этом небольшое уточнение условия задачи, например, добавление фразы о том, что после теплообмена с окружающей средой температура газа осталась прежней «спасает» ситуацию.)

IV. Недопустимо, когда предложенная в задаче модель физической ситуации и решение задачи ошибочны.

Во многих сборниках контрольно-измерительных материалов встречается задача такого рода: «Человек на санках, общей массой 100 кг , спустился с ледяной горы высотой 6 м . Сила трения при его движении по горизонтальной поверхности равна 160 Н . Какое расстояние проехал он по горизонтали до остановки? Считать, что по склону горы санки скользили без трения» [1, с. 138, задание 25]. При этом авторы решения рассматривают следующую модель: потенциальная энергия санок полностью переходит во внутреннюю энергию при совершении работы силой трения на горизонтальном участке. Принципиальная ошибка модели заключается в том, что скорость, с которой санки начинают движение по горизонтальному участку, не равна скорости санок в конце склона (достаточно обратить внимание на направление векторов этих скоростей). Не спасает ситуацию и возможное предложение «скруглить» переход склона в области его перехода на горизонтальный участок. В этом случае на криволинейном участке траектории санки движутся с центростремительным ускорением, а значит, сила реакции и, как следствие, сила трения существенно больше «нормы» – и переход части кинетической энергии в тепловую здесь, на закруглённом участке, неизбежен.

В статье Ю.А. Саурова и М.П. Уваровой «О процессе решения простой учебной физической задачи» совершенно обоснованно отмечено, что «организационно-практической формой освоения научного метода познания при решении задач, на наш взгляд, является задание учебной деятельности по следующей структуре ...:

1. Анализ текста и физического явления ...
2. Идея или план решения ...
3. Математическая модель физического явления ...
4. Анализ итогов процесса решения» [8, с. 16].

В качестве примера ими рассмотрена задача, аналогичная приведённой выше: «Небольшое тело съезжает по наклонной плоскости, расположенной под углом 30° к горизонту с высоты 1 м и продолжает движение по горизонтальной плоскости. Коэффициент трения скольжения между телом и плоскости $0,2$. Какой путь по горизонтальной плоскости пройдёт тело?» [8, с. 17]. Авторы статьи также не учиты-

вают особенности процесса перехода тела с наклонной плоскости на горизонтальную поверхность. При таком подходе тормозной путь s (рис. 1) может быть определён из

соотношения: $mgh = \mu mg \cos \alpha \cdot \frac{h}{\sin \alpha} + \mu mgs$.

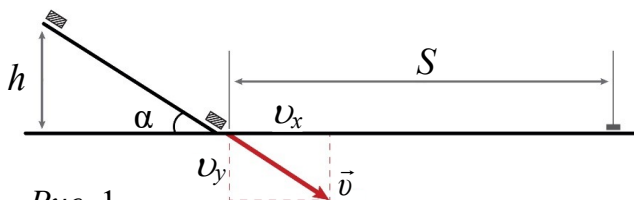


Рис. 1

Вслед за [9, с. 24, с. 185]), где имеется аналогичная задача, получим:

$$s = h \left(\frac{1}{\mu} - \operatorname{ctg} \alpha \right) \quad (1), \quad s = 3,3 \text{ м.}$$

Проведём «анализ итогов процесса решения». Пусть, например, угол $\alpha = 60^\circ$, тогда вычисление по формуле (1) даст результат $s = 4,2$ м и такое увеличение величины тормозного пути при возрастании угла наклона явно не соответствует физической реальности.

Попробуем изменить модель задачи:

1. Определим скорость v в конце наклонной плоскости (рис. 1) из соотношения:

$$mgh = \mu mg \cos \alpha \cdot \frac{h}{\sin \alpha} + \frac{mv^2}{2} \quad (2).$$

Если движение по наклонной плоскости продолжится со скоростью $v_x = v \cos \alpha$ (3), то $\frac{mv_x^2}{2} = \mu mgs$ (4). Из (2)–(4) получим

$$s = h \left(\frac{1}{\mu} - \operatorname{ctg} \alpha \right) \cos^2 \alpha, \quad s = 2,5 \text{ м.}$$

2. Продолжим улучшать модель задачи и учтём, что в процессе удара не только «гасится» вертикальная проекция скорости, но уменьшается и её горизонтальная проекция. Если вертикальная проекция скорости после удара равна нулю (отскока нет), а горизонтальная проекция скорости после удара за счёт трения уменьшается до v'_x и продолжительность удара составляет Δt (это время, очевидно, определяется размером области деформации и скоростью звуковой волны – волны деформации), то

$$N - mg = m \frac{v_y}{\Delta t} \quad \text{и} \quad \mu N = m \frac{v_x - v'_x}{\Delta t}.$$

Также учтём (это легко проверить), что $N \gg mg$. Тогда $v'_x = v(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)$.

Теперь можно уточнить величину тормозного пути s :

$$s = h \left(\frac{1}{\mu} - \operatorname{ctg} \alpha \right) (\cos \alpha - \mu \sin \alpha)^2, \quad s = 1,9 \text{ м.}$$

3. Наиболее интересное расширение и углубление модели – это рассмотрение движения на скруглённом переходном участке «наклонная плоскость – горизонтальная поверхность». Можно рекомендовать обратиться к обстоятельной статье [6], где приведены оценка, доступная школьникам, и точный расчёт. Если воспользоваться результатами расчёта, приведённого в данной статье, то оказывается, что при указанных в обсуждаемой задаче значениях коэффициента трения μ и угла наклона α около 12% первоначального запаса энергии будет израсходовано на прохождение криволинейного участка траектории вне зависимости от радиуса кривизны.

Рассмотренные примеры показывают, что требуется самая тщательная проработка модели физических ситуаций, положенных в основу задач, особенно если эти задачи предназначены для применения в экзаменаци-

онной процедуре в письменном виде. При этом, безусловно, необходимо приучать школьников (особенно из числа активно интересующихся физикой) к всестороннему анализу модели физической ситуации, составляющей основу решаемой задачи, что будет способствовать развитию критичности их мышления.

Литература

1. ЕГЭ. Физика: типовые экзаменационные варианты: 30 вариантов / под. ред. М.Ю. Демидовой. – М: Изд-во «Национальное образование», 2019. – 384 с.
2. ЕГЭ. Физика: типовые экзаменационные варианты: 30 вариантов / под. ред. М.Ю. Демидовой. – Москва: Изд-во «Национальное образование», 2025. – 336 с.
3. Козел С.М. Сборник задач по физике: задачи МФТИ / С.М. Козел, Э.И. Рашба, С.А. Славатинский. – Москва: Наука, 1978. – 191 с.
4. Ларченкова Л.А. Принципы построения и структура методической системы обучения решению физических задач // Физика в школе. – 2013. – № 8. – С. 33-37.
5. Орлов В.А. Проблема использования современной методологии познания для развития физического образования / В.А. Орлов, Ю.А. Сауров // Физика в школе. 2011. – № 7. – С. 23-31.
6. Орлянский О.Ю. Падение с горки или инерция мышления. – URL: https://www.e-osnova.ru/PDF/osnova_5_4_387.pdf (дата обращения: 13.09.2025).
7. Пенионжкевич К.Б. Систематический сборник задач по элементарной физике: Курс сред. учеб. заведений. – Вып. 1– Белая Церковь: С.А. Козловский, 1904. – 116 с.
8. Сауров Ю.А. О процессе решения простой учебной физической задачи / Ю.А. Сауров, М.П. Уварова // Физика в школе. – 2023. – № 7. – С. 16-19.
9. Сборник задач по физике: Учеб. пособие / Л.П. Баканина, В.Е. Белонучкин, С.М. Козел и др.; под ред. С.М. Козела. – М.: Наука, 1990. – 352 с.
10. Фейнман Р. Вы, конечно, шутите, мистер Фейнман! М.: Изд-во АСТ, 2017. – 480 с.
11. Фридман Л.М. О методике обучения решению физических задач // Физика в школе. – 1994. – № 6. – С. 24-28.
12. Шаповалов А.А. Задачный подход к процессу обучения // Физика в школе. – 2010. – № 4. – С. 38-42.

В. Н. БАКУЛИН, М. И. ТОЛМАЧЕВА
Вятский государственный университет
МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ
ПРИ ПЕРЕГИБЕ ВЕРЁВОК И ЦЕПОЧЕК

Анализируются причины расхождения результатов решения задач разными методами. Анализируются физические наглядные модели явлений перегиба.

Ключевые слова: учебная задача, модели движения верёвок с перегибом, преимущества реальных физических задач.

Одна из основных задач классической механики – определение траектории движения материальной точки и её кинематических характеристик. Материальная точка – это идеализированная модель материального тела, и