

Оценка сложности формул и методов, применяемых при решении школьных задач по механике

Evaluation of the Complexity of Formulas and Methods Used in Solving School Tasks on Mechanics

Получено 07.09.2023 Одобрено 20.09.2023 Опубликовано 25.12.2023

УДК 37.02

DOI: 10.12737/1998-1740-2023-11-6-39-45

Р.В. МАЙЕР,
ФГБОУ ВО «Глазовский государственный
педагогический институт им. В.Г. Короленко»,
г. Глазов

R.V. MAYER,
The Glazov Korolenko State
Pedagogical Institute,
Glazov

e-mail: robert_maier@mail.ru

e-mail: robert_maier@mail.ru

Аннотация

Рассмотрена проблема оценки сложности формул и методов, используемых при решении школьных задач по механике. Проведен контент-анализ стандартных школьных учебников и задачников, выписаны все формулы по механике и выделены девять тем, каждой из которых соответствует свой метод решения задач. Для оценки семантической сложности формулы были закодированы вербальным кодом и представлены в текстовом файле *Formuli.txt*. Отдельно оценены сложности понятий, обозначающих физические величины; их список помещен в файл *Slovar.txt*. С помощью специальной компьютерной программы определены семантические сложности формул (или соответствующих им теоретических положений), для каждой вычислен коэффициент свернутости информации. При этом учитывалось различие между формулами-определениями и формулами, выражающими функциональные зависимости. Проанализированы распределения формул и методов в пространстве характеризующих их признаков. Это позволило выявить самые сложные формулы и методы решения задач по механике. Также учтено количество формул в каждом методе, оценена неопределенность выбора формул и соответствующая ей сложность выбора при самостоятельном решении одноформульной задачи. Показано, как можно учесть неопределенность выбора формул при решении двух- и трехформульных задач.

Ключевые слова: дидактика, метод, учебная задача, семантика, сложность, физика, формула.

Abstract

The problem of estimating the complexity of formulas and methods used in solving school tasks in mechanics is considered. A content analysis of standard school textbooks and tasks books was carried out, all formulas on mechanics were written out and 9 topics were identified, each of which corresponds to its own method of solving tasks. To assess the semantic complexity, the formulas were encoded with a verbal code and presented in a text file *Formuli.txt*. The complexity of the concepts denoting physical quantities is evaluated separately; their list is placed in a file *Slovar.txt*. With the help of a special computer program, the semantic complexities of formulas (or their corresponding theoretical propositions) are determined, and the coefficient of information folding is calculated for each one. At that the difference between formulas-definitions and formulas expressing functional dependencies was taken into account. The distributions of formulas and methods in the space of their characteristic features are analyzed. This made it possible to identify the most complex formulas and methods for solving tasks in mechanics. The number of formulas in each method is also taken into account, the choice uncertainty of formulas and the corresponding complexity of the choice in the independent solution of a single-formula task are estimated. It is shown how the choice uncertainty of formulas can be taken into account when solving two- and three-formula tasks.

Keywords: didactics, method, educational task, semantics, complexity, physics, formula.

Определение сложности различных дидактических объектов (учебных текстов, их фрагментов, формул, рисунков и т. д.) является одной из актуальных проблем теории обучения. От результатов оценки сложности учебного материала зависит, когда, сколько времени и по какой методике будет изучаться тот или иной вопрос. Измерение сложности решения физических задач (ФЗ) и учебных заданий позволит расположить их в порядке возрастания трудности выполнения и правильно оценить выполнение учениками контрольных работ, ЕГЭ [4], олимпиад и т. д.

Методика оценки сложности учебных заданий многократно обсуждалась в научно-методической литературе [1–3; 6; 8; 12; 13]. Для этого, как правило, применяются методы, основанные:

- 1) на экспертных оценках;
- 2) субъективных оценках трудности заданий учениками;
- 3) измерении времени и качества выполнения заданий;
- 4) регистрации психофизиологических параметров мыслительных процессов;
- 5) подсчете научных терминов, используемых учениками.

Получение экспертных оценок сложности различных заданий, проведение педагогических или психофизиологических экспериментов требуют много времени и привлечения большого числа экспертов или учащихся. Поэтому интерес с практической точки зрения представляют методы оценки сложности ФЗ, основанные на струк-

турном, семантическом и логическом анализе ее условия и решения [1; 3; 6; 13].

Некоторые исследователи [3; 6], фокусируя свое внимание на логической структуре решения учебной задачи, не учитывают, что:

1) сложность задачи зависит от семантической сложности терминов, используемых для ее решения;

2) сложность самостоятельного решения задачи учеником существенно выше сложности понимания готового решения задачи, представленного в учебнике, так как ученик, действуя самостоятельно, должен правильно выбрать формулы (теоретические модели, законы и т. д.).

В монографии [9] показано, как может быть оценена сложность рассматриваемого дидактического объекта. Для этого все его компоненты следует закодировать одним кодом, а затем определить сложность полученного сообщения. Наиболее удобным является вербальный (словесный) код. Полученный текстовый файл может быть проанализирован компьютерной программой, которая выбирает научные термины и суммирует их семантические сложности, как это описано в [9].

Цель исследования:

1) оценить семантическую сложность формул или соответствующих им теоретических положений;

2) определить сложность методов решения задач по механике;

3) учесть неопределенность выбора формулы из того или иного метода.

Методологической основой исследования являются работы следующих ученых: П.В. Ополев [14] (сложностное мышление); Г.А. Балл [2], А.Н. Лазарев и М.В. Чистяков [7], Л.А. Ларченкова [8] (теория учебных задач); В.С. Бабаев, М.В. Кулагина и Ю.Ю. Шкитина [1], А.В. Гидлевский [3], В.М. Кротов [6], О.Э. Наймушина и Б.Е. Стариченко [12], И.С. Наумов и В.С. Выхованец [13] (сложность учебных заданий); Ч.Р. Зиганшина, Э.М. Вильданов, Т.В. Мазаев и А.М. Айдарова [5], Р.В. Майер [9, 10], Н.Б. Самсонов, Е.В. Чмыхова и Д.Г. Давыдов, [16], М. Ханаква [18], В. Соловьев, М. Солнышкина, М. Андреева, А. Данилов и Р. Замалетдинов [19] (сложность учебных текстов); Е.Я. Таршис [17] (метод контент-анализа).

Результаты исследования

Семантическая сложность SC (от semantic complexity) дидактического объекта равна количеству смысловой информации, содержащей-

ся в его описании. За единицу измерения семантической сложности удобно принять сложность слов, хорошо известных пятикласснику и входящих в его тезаурус Z_5 : человек, вода, воздух, стол и т. д. Тогда семантическая сложность абстрактного понятия P относительно тезауруса Z_5 будет равна наименьшему количеству слов из Z_5 , которые позволяют объяснить P .

При изучении физики учащиеся знакомятся с большим количеством формул (не менее 110). Будем различать:

1) формулы, являющиеся определениями новых физических величин, образуемых от других абстракций;

2) формулы, выражающие функциональную зависимость между физическими величинами.

Каждая формула соответствует некоторому утверждению (определению или фактуальному положению) и несет определенное количество семантической информации. Например, формула $A = \Delta E_k$ означает, что изменение кинетической энергии механической системы равно работе всех действующих на нее сил. Чем больше семантической информации в утверждении, тем больше слов из тезауруса Z_5 необходимо произвести, чтобы объяснить его сущность, и тем оно сложнее.

При изучении физики учащиеся знакомятся с различными методами решения физических задач [11; 15]. Каждый метод представляет собой совокупность приемов, используемых при решении ФЗ по некоторой теме. Задачи, решаемые одним методом, похожи концептуально, в них используются примерно одни и те же физические модели, понятия, теоретические идеи и формулы. ФЗ по темам «Равномерное движение», «Работа, энергия, мощность», «Механические колебания» и т. д. принципиально отличаются друг от друга и решаются разными способами: в каждом методе применяются свои физические идеи, модели, законы и выражающие их формулы. Ограничиваясь механикой, можно **выделить следующие темы** (и соответствующие им методы решения задач):

1. Равномерное движение.
2. Равноускоренное движение.
3. Движение по окружности.
4. Законы Ньютона. Силы в механике.
5. Импульс и его изменение.
6. Работа, энергия, мощность.
7. Равновесие тел.
8. Механические колебания.
9. Механические волны.

С позиций ОТС физическая формула – это система, состоящая из отдельных элементов: букв, обозначающих физические величины, и математических символов. Сложность формулы зависит:

1) от количества элементов (величин) и связей между ними (то есть математических символов);

2) сложности математических операций и физических величин (научных понятий, концептов), входящих в формулу.

Для определения семантической сложности формулы **используется следующий метод** [10]:

1) создают файл Formula.txt, в котором формулы закодированы вербально, то есть представлены в виде предложений: $W = CU^2/2$ – «энергия конденсатора равна емкость умножить на напряжение квадрат делить на число»;

2) оценивают сложность терминов, входящих в формулы, и записывают результаты в файл Slovar.txt;

3) с помощью специальной компьютерной программы, написанной в ABCPascal, обращающейся к файлу Slovar.txt, анализируют файл Formula.txt и определяют суммарную сложность всех терминов, составляющих описание формулы.

Для определения семантической сложности формулы, выражающей функциональную зависимость (например, $E_e + E_i = const$), формулу заменяют фактуальным положением («если в системе действуют только консервативные силы, то кинетическая энергия плюс потенциальная энергия равна константе») и определяют сумму семантических сложностей всех составляющих его терминов. При оценке семантической сложности определения некоторой физической величины X сложность термина, обозначающего величину X , считается равной 1. Например, в предложении «Емкость конденсатора – это отношение заряда конденсатора к напряжению на пластинах» семантическая сложность слова

«емкость» принимается равной 1. Это логично, так как данное предложение содержит повтор: до и после тире речь идет о емкости конденсатора. Иной подход (когда мы считаем, что $S(\text{емкость}) \approx 15$) приведет к тому, что семантическая сложность определения (а значит и формулы $C = q/U$) будет завышена почти в 2 раза. При определении количества слов в предложении (объема информации), соответствующем формуле, счету подлежат все слова, включая определяемый термин.

Из аналогичных соображений сложность коэффициента пропорциональности (G, k, ρ и др.) считается равной 5. Рассмотрим формулу

$$F = Gm_1m_2/r^2.$$

Если выразить гравитационную постоянную ($G = Fr^2/m_1m_2$)

и определить ее сложность путем подсчета суммарной сложности терминов F, r, m_1, m_2 , то сложность формулы $F = Gm_1m_2/r^2$ окажется завышенной в 1,5–2 раза. Сложность чисел 2, π и т.д. принимается равной 2.

Как оценить сложность физических понятий, обозначающих физические объекты, явления, величины? Учтем, что определение каждого нового абстрактного понятия ($k+1$)-го уровня содержит ранее введенные абстракции k -го уровня. Например, используя такие основные понятия, как время t , расстояние d , перемещение S , сила F , энергия E , можно сформулировать определения момента сил M , работы A , мощности N и КПД η (рис. 1.1). При этом очевидно, что понятие «сила» проще понятия «работа», а «работа» проще понятия «мощность»:

$$S(\text{сила}) < S(\text{работа}) < S(\text{мощность}).$$

Поскольку «мощность равна отношению работы к промежутку времени» (6 слов), можно записать: $S(\text{мощность}) \approx S(\text{работа}) + 5$ (слово «мощность» учитывать не надо). Подсчитывая количество слов в определениях и сравнивая

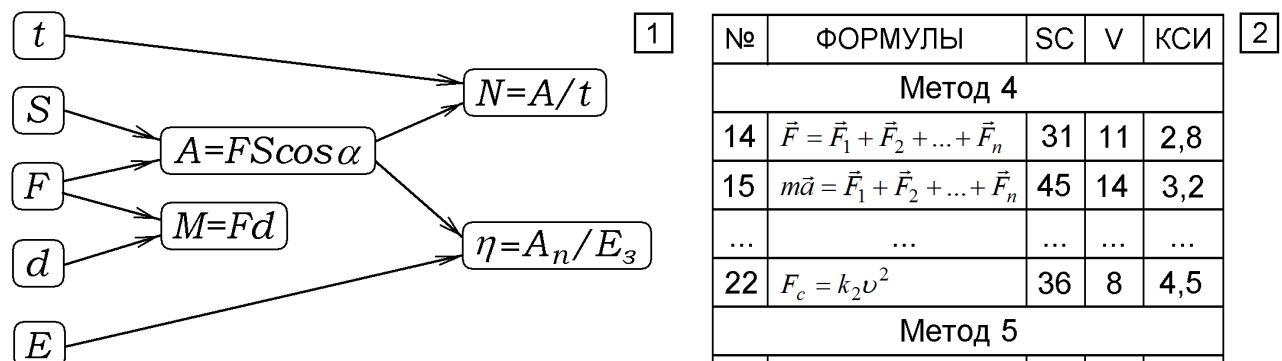


Рис. 1. Связь физических понятий. Фрагмент таблицы с формулами

понятия друг с другом, можно прийти к выводу, что их сложности равны: время – 2, расстояние – 2, перемещение – 3, сила – 6, момент сил – 9, работа – 14, мощность – 19.

Рассмотренный выше метод позволил оценить сложность 46 школьных формул по механике, изучаемых в 10-м классе [11], и для каждой вычислить коэффициент свернутости информации $KСИ = SC/V$, где V – объем информации в предложении, заменяющем формулу; он равен количеству слов. $KСИ$ показывает плотность концентрации информации в терминах; чем он выше, тем сложнее понять соответствующий текст, предложение или формулу. Результаты оценивания формул были сведены в таблицу Excel, фрагмент которой приведен на рис. 1.2. Ниже они представлены в формате: «формула (определение (о), закон или зависимости (з); SC ; V ; $KСИ$)»:

1. Равномерное движение: 1) скорость $\vec{v} = d\vec{r}/dt$ (о; 22; 11; 2,0); 2) при равномерном движении $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t$ (з; 36; 13; 2,8); 3) при равномерном движении $x = x_0 + v_{0x}t$ (з; 32; 12; 2,7); 4) «вектор скорости точки относительно земли = вектор скорости точки относительно сист_отсчета + вектор скорости сист_отсчета относительно земли»: $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$ (з; 65; 21; 3,1).

2. Равноускоренное движение: 5) ускорение $\vec{a} = \Delta\vec{v}/\Delta t$ (о; 24; 11; 2,2); 6) при равноускоренном движении $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$ (з; 50; 15; 3,3); 7) при равноускоренном движении $v_x = v_{0x} + a_x t$ (з; 54; 15; 3,6); 8) при равноускоренном движении $x = x_0 + v_{0x}t + a_x t^2/2$ (з; 66; 22; 3,0).

3. Движение по окружности: 9) при равномерном движении по окружности $a = v^2/R$ (з; 37; 12; 3,1); 10) угловая скорость $\omega = \Delta\varphi/\Delta t$ (о; 13; 9; 1,4); 11) угловая скорость $\omega = 2\pi/T$ (з; 20; 9; 2,2); 12) угловая скорость $\omega = 2\pi\nu$ (з; 20; 9; 2,2); 13) скорость $v = \omega R$ (з; 23; 10; 2,3).

4. Законы Ньютона. Силы в механике: 14) равнодействующая сила $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$ (о; 31; 11; 2,8); 15) $m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$ (з; 45; 14; 3,2); 16) для двух взаимодействующих тел $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ (з; 25; 9; 2,8); 17) сила гравитационного взаимодействия $F = Gm_1m_2/r^2$ (з; 58; 16; 3,6); 18) сила тяжести $\vec{F} = m\vec{g}$ (з; 26; 9; 2,9); 19) сила упругости $F_{упр,x} = -kx$ (з; 27; 8; 3,4); 20) сила трения $F_{тр} = \mu N$ (з; 25; 10; 2,5); 21) сила сопротивления $F_c = k_1v$ (з; 40; 10; 4,0); 22) при больших скоростях сила сопротивления $F_c = k_2v^2$ (з; 42; 11; 3,8).

5. Импульс и его изменение: 23) импульс тела $\vec{p} = m\vec{v}$ (о; 21; 8; 2,6); 24) изменение импульса тела $\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t$ (з; 37; 10; 3,7); 25) для замкнутой системы $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + m_3\vec{v}_3 + \dots = const$ (з; 47; 14; 3,4).

6. Работа, энергия, мощность: 26) работа силы $A = FScos\alpha$ (о; 32; 13; 2,5); 27) мощность двигателя $N = \Delta A/\Delta t$ (о; 21; 7; 3,0); 28) кинетическая энергия тела $E_k = mv^2/2$ (о; 22; 10; 2,2); 29) работа всех сил $A = \Delta E_k$ (з; 41; 8; 5,1); 30) работа силы тяжести $A = -\Delta E_n = mgh_1 - mgh_2$ (з; 77; 26; 3,0); 31) потенциальная энергия поднятого тела $E_n = mgh$ (з; 37; 11; 3,4); 32) потенциальная энергия деформированной пружины $E_n = k\Delta l^2/2$ (з; 39; 10; 3,9); 33) если в системе действуют только консервативные силы, то $E = E_k + E_n = const$ (з; 79; 15; 5,3).

7. Равновесие тел: 34) центр масс в равновесии, если $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = 0$ (з; 12; 6; 2,0); 35) момент силы $M = \pm Fd$ (о; 38; 12; 3,2); 36) тело в равновесии, если $M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$ (з; 36; 12; 3,0).

8. Механические колебания: 37) для пружинного маятника $x'' = -(k/m)x$ (з; 105; 14; 7,5); 38) при гармонических колебаниях $x = x_m \cos(\omega t)$ (з; 35; 12; 2,9); 39) собственная частота колебаний $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ (з; 38; 11; 3,5); 40) период колебаний пружинного маятника $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ (з; 44; 14; 3,1); 41) период колебаний нитяного маятника $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ (з; 39; 16; 2,4); 42) энергия колебаний пружинного маятника $W = kx_m^2/2 = mv_m^2/2$ (з; 64; 20; 3,2).

9. Механические волны: 43) длина волны $\lambda = vT = v/\nu$ (з; 48; 12; 4,0); 44) уравнение волны $s = s_m \sin(\omega(t - x/v))$ (з; 45; 16; 2,8); 45) интенсивность волны $I = \Delta W/\Delta S \Delta t$ (о; 30; 10; 3,0); 46) интенсивность волны $I = wc$ (з; 75; 8; 9,4).

Рассмотрим распределение формул в пространстве признаков «семантическая сложность SC – объем V », для этого поставим точки на координатной плоскости « $SC - V$ » (рис. 2.1). Видно, что абсолютное большинство точек (43 из 46) располагаются рядом с возрастающей прямой, проходящей вблизи начала координат. Этот факт и довольно высокий коэффициент корреляции ($\approx 0,67$) означают, что между SC и V существует стохастическая связь. Она объясняется тем, что чем больше слов в предложении, тем выше его семантическая сложность. Котангенс угла наклона α примерно равен среднему значению $KСИ$ для этих 43 формул. Три точки, выпадающие из этой закономерности, соответствуют формулам, содержащим понятия с высоким $KСИ$: 33) если в системе действуют консервативные силы, то $E = E_k + E_n = const$ ($KСИ = 5,3$); 37) для пружинного маятника $x'' = -(k/m)x$ (7,5); 46) интенсивность волны $I = wc$ ($KСИ = 9,4$). Высокая плотность

информации означает, что эти формулы труднее понять и объяснить, так как для этого придется использовать понятия с высокой степенью абстракции.

Можно определить среднюю семантическую сложность SC_{cp} каждого метода и средний KCI_{cp} для составляющих формул. На рис. 1.2 показано распределение методов решения задач по механике в пространстве признаков «средняя семантическая сложность – средний KCI ». Высокая SC_{cp} означает, что в формулах данного метода заключен значительный объем информации, а высокий KCI_{cp} свидетельствует о большой трудности понимания формул. Получается, что чем дальше точки от начала координат (рис. 1.2), тем сложнее соответствующие им методы. Их можно разделить на две категории сложности:

А) Простые методы и темы.

1. Равномерное движение.
3. Движение по окружности.
4. Законы Ньютона. Силы в механике.
5. Импульс и его изменение.
7. Равновесие тел.

В) Сложные методы и темы.

2. Равноускоренное движение.
6. Работа, энергия, мощность.
8. Механические колебания.
9. Механические волны.

Решение ФЗ, как правило, имеет физическую, математическую и вычислительную составляющие. Физическая сложность самостоятельного решения задачи зависит от сложности выбора исходных формул, выражающих связи между известными и искомыми физическими величинами.

Рассмотрим ученика, решающего одноформульную задачу (требующую применения одной физической формулы). На практике реализуются все возможные варианты, заключенные между двумя крайностями:

1) ученик хорошо знает, как решается ФЗ, поэтому вспоминает решение;

2) ученику эта задача попала впервые, и он действительно будет ее решать.

В первом случае сложность выбора формулы минимальна и равна $CB_{min} = 1$; во втором – максимальна и зависит:

1) от неопределенности выбора метода или темы, к которой относится ФЗ;

2) неопределенности выбора формулы из всей совокупности формул, относящихся к данному методу (теме).

Если рассмотреть промежуточную ситуацию и взять среднее арифметическое от CB_{max} и $CB_{min} = 1$, то получится $CB_{cp} = (1 + CB_{max})/2$.

Сложность выбора подходящего метода из первого раздела физики (механика) характеризуется величиной $CBM_1 = \ln(M_1)$, где $M_1 = 9$ – количество методов в первом разделе физики – «Механика». Сложность правильного выбора формулы из j -метода равна $CB\Phi_{1,j} = \ln(F_{1,j})$. Получается, что общая сложность выбора формулы для решения одноформульной задачи равна:

$$CB_{1,j} = CBM_1 + CB\Phi_{1,j} = \ln(M_1) + \ln(F_{1,j}).$$

Сложность исходной формулы следует увеличить в $CB_{1,j}$ раз.

В нашем случае 9 методов, поэтому

$$CBM_1 = \ln(9) \approx 2,20;$$

метод 1 содержит 4 формулы, а метод 6 – 8 формул, следовательно

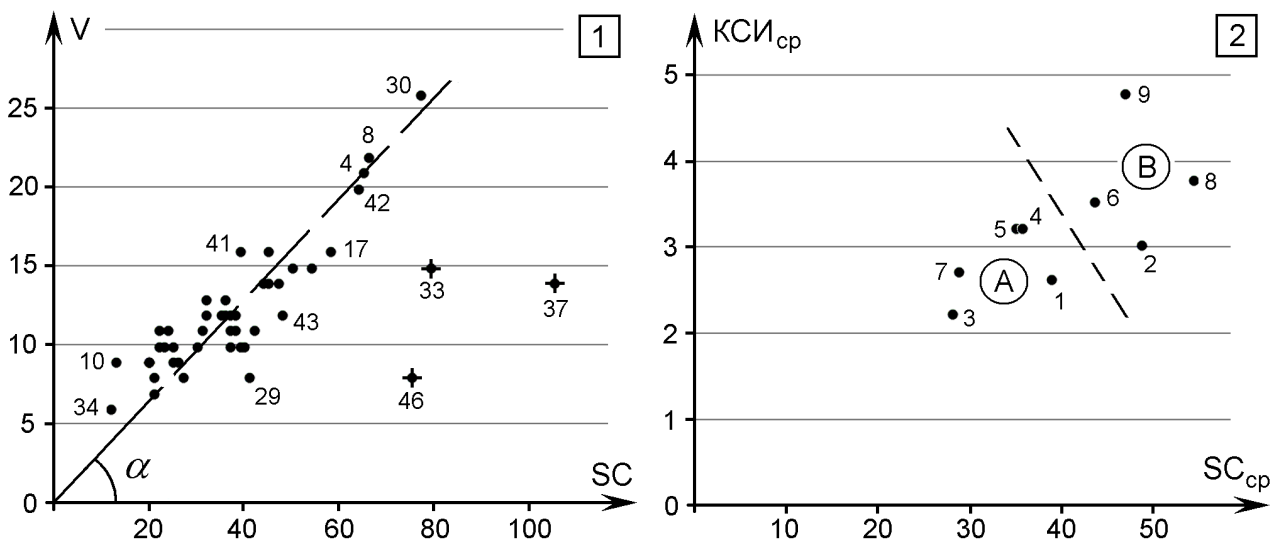


Рис. 1. Облака точек, соответствующих формулам (1) и методам (2)

$CB\Phi_{1,1} = \ln(4) \approx 1,39$ и $CB\Phi_{1,6} = \ln(8) \approx 2,08$.

Отсюда:

$$CB_{1,1cp} \approx (2,2+1,39+1)/2 \approx 2,3 \text{ и}$$

$$CB_{1,6cp} \approx (2,2+2,08+1)/2 \approx 2,6.$$

Если для решения ФЗ требуется несколько исходных физических формул, то семантическую сложность каждой формулы следует увеличить в $CB_{i,j}$ раз, а затем сложить.

Заключение

Рассмотрена проблема оценки сложности формул и методов, используемых при решении школьных задач по механике. Показано, что практическое значение имеют методы оценки сложности физической задачи, основанные на анализе ее условия и решения, учитывающем семантическую сложность используемых терминов. В результате анализа школьных учебников и задачников по физике выписаны все формулы, относящиеся к механике, и выделены девять тем, каждой из которых соответствует свой метод решения задач. Формулы закодированы вер-

бальным кодом в текстовом файле. В статье обсуждается, как можно оценить сложность понятий, обозначающих физические величины. С помощью специальной компьютерной программы, обращающейся к словарю, определены семантические сложности формул и для каждой вычислен коэффициент свернутости информации. При этом учитывалось различие между формулами-определениями и формулами, выражающими функциональные зависимости между физическими величинами. Это позволило выявить самые сложные формулы и методы решения задач по механике. Проанализировано распределение формул и методов в пространстве их признаков («сложность – объем» и «средняя сложность – средний коэффициент свернутости информации»). Также учтено количество формул в каждом методе, оценена неопределенность выбора формул при самостоятельном решении одноформульной задачи. Показано, как можно учесть неопределенность выбора формул при решении двух- и трехформульных задач.

Список литературы

1. Бабаев В.С., Кулагина М.В., Шкитина Ю.Ю. Определение трудности и сложности физических задач // Физическое образование в вузах. – Т. 11. – № 4. – 2005. – С. 93–101.
2. Балл Г.А. Теория учебных задач: психолого-педагогический аспект. – М.: Педагогика, 1990. – 184 с.
3. Гидлевский А.В. Исчисление трудности дидактической задачи // Вестник Омского университета. – 2010. – № 4. – С. 241–246.
4. ЕГЭ. Физика типовые экзаменационные варианты 30 вариантов / под ред. М.Ю. Демидовой. – Москва: Изд-во «Национальное образование», 2022. – 400 с.
5. Зиганшина Ч.Р. и др. Сложность учебного текста (на материалах русскоязычных и англоязычных учебных текстов по физике) / Ч.Р. Зиганшина, Э.М. Вильданов, Т.В. Мазаев, А.М. Айдарова // Глобальный научный потенциал. – № 12(117). – 2020. – С. 235–241.
6. Кротов В.М. К вопросу о сложности (трудности) физических задач // Фізика: проблеми викладання. – 1999. – № 3. – С. 69–74.
7. Лазарев А.Н., Чистяков М.В. Теория и практика решения задач по физике // Педагогический поиск. – 2021. – № 12. – С. 5–11.
8. Ларченкова Л.А. Образовательный потенциал учебных физических задач в современной школе / Дисс. ... доктора пед. наук. РГПУ им. А.И. Герцена. Санкт-Петербург. 2014. – 387 с.
9. Майер Р.В. Дидактическая сложность учебных текстов и ее оценка: монография. – Глазов: ГГПИ, 2020. – 149 с.

References

1. Babaev B.C., Kulagina M.V., Shkitina Yu.Yu. Determination of the difficulty and complexity of physical tasks // Physical education in universities. T. 11. № 4. 2005. Pp. 93–101.
2. Ball G.A. Theory of educational tasks: psychological and pedagogical aspect. M.: Pedagogy, 1990. 184 p.
3. Gidlevsky A.V. Calculus of the difficulty of a didactic problem // Bulletin of Omsk University. 2010. No. 4. pp. 241–246.
4. USE. Physics standard examination options 30 options / ed. by M.Y. Demidova. Moscow: Publishing house “National Education”, 2022. 400 p.
5. Ziganshina Ch.R. et al. The complexity of the educational text (on the material of Russian-language and English-language educational texts in physics) / Ch.R. Ziganshina, E.M. Vildanov, T.V. Mazaev, A.M. Aidarova // Global scientific potential. № 12(117). 2020. Pp. 235–241.
6. Krotov V.M. On the question of the complexity (difficulty) of physical problems // Fizika: problems laid out. 1999. No. 3. pp. 69–74.
7. Lazarev A.N., Chistyakov M.V. Theory and practice of solving problems in physics // Pedagogical search. 2021. No. 12. pp. 5–11.
8. Larchenkova L.A. Educational potential of educational physical tasks in a modern school / Diss. ... doctor of Pedagogical Sciences. RSPU named after A.I. Gerprice. St. Petersburg. 2014. 387 p.
9. Mayer R.V. Didactic complexity of educational texts and its assessment: monograph. Glazov: GSPI, 2020. 149 p.

10. Майер Р.В. Метод оценки сложности логических рассуждений // НИР. Социально-гуманитарные исследования и технологии. — № 3(32), 2020. — С. 35–40.
11. Майкишев Г.Я. и др. Физика: учеб. для 10-х классов общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г.Я. Майкишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. — М.: Просвещение, 2004. — 336 с.
12. Наймушина О.Э., Стариченко Б.Е. Многофакторная оценка сложности учебных заданий // Образование и наука. — 2010. — № 2 (70). — С. 58–70.
13. Наумов И.С., Выхованец В.С. Оценка трудности и сложности учебных задач на основе синтаксического анализа текстов // Управление большими системами: сб. тр. — 2014. Вып. 48. — С. 97–131.
14. Ополев П.В. Метафизика сложности и «сложного мышления» // Омский научный вестник. — № 1 (125). — 2014. С. 96–99.
15. Рымкевич А.П. Задачник. 10 – 11 кл.: пособие для общеобразоват. учреждений. — М.: Дрофа, 2013. — 192 с.
16. Самсонов Н.Б., Чмыхова Е.В., Давыдов Д.Г. Разработка и апробация лингвистической методики оценки когнитивной сложности научно-учебного текста // Психологические исследования. — 2015. — № 8(41). С. 6.
17. Таршиш Е.Я. Контент-анализ: Принципы методологии (Построение теоретической базы. Онтология, аналитика и феноменология текста. Программы исследования). — М.: ЛИБРО-КОМ, 2013. — 176 с.
18. Hanakova M. The complexity of physics and mathematics in analysis for (more) suitable assessment in physics olympiad // EDULEARN18 Proceedings. 2018. pp. 7685–7692.
19. Solovyev V. et all. Text Complexity and Abstractness: Tools for the Russian Language // V. Solovyev, M. Solnyshkina, M. Andreeva, A. Danilov, R. Zamaletdinov / International Conference “Internet and Modern Society” (IMS-2020). CEUR Proceedings. pp. 75–87.
10. Mayer R.V. Method of assessing the complexity of logical reasoning // NIR. Socio-humanitarian research and technology. № 3(32), 2020. Pp. 35–40.
11. Myakishev G.Ya. et al. Physics: studies. for 10th grades of general education. institutions: basic and profile. levels / G.Ya. Myakishev, B.B. Bukhovtsev, N.N. Sotsky. M.: Enlightenment, 2004. 336 p.
12. Naimushina O.E., Starichenko B.E. Multifactorial assessment of the complexity of educational tasks // Education and science. 2010. № 2 (70). Pp. 58–70.
13. Naumov I.S., Vykhovanets V.S. Assessment of the difficulty and complexity of educational tasks based on syntactic analysis of texts // Management of large systems: sat. tr. 2014. Issue 48. pp. 97–131.
14. Opolev P.V. Metaphysics of complexity and “complex thinking” // Omsk Scientific Bulletin. № 1 (125). 2014. Pp. 96–99.
15. Rymkevich A.P. Taskbook. 10–11 cl.: manual for general education. institutions. M.: Bustard, 2013. 192 p.
16. Samsonov N.B., Chmyhova E.V., Davydov D.G. Development and testing of a linguistic methodology for assessing the cognitive complexity of a scientific and educational text // Psychological research. 2015. № 8(41). P. 6.
17. Tarshis E.Ya. Content analysis: Principles of methodology (Building a theoretical base. Ontology, analytics and phenomenology of the text. Research programs). Moscow: LIBRO-COM, 2013. 176 p.
18. Hanakova M. The complexity of physics and mathematics in analysis for (more) suitable assessment in physics olympiad // EDULEARN18 Proceedings. 2018. pp. 7685–7692.
19. Solovyev V. et all. Text Complexity and Abstractness: Tools for the Russian Language // V. Solovyev, M. Solnyshkina, M. Andreeva, A. Danilov, R. Zamaletdinov / International Conference “Internet and Modern Society” (IMS-2020). CEUR Proceedings. pp. 75–87.