УДК 372.853

М.Н. Стротова

ВОЗМОЖНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ И ИХ ИДЕНТИФИКАЦИЯ

Рассматривается возможная классификация физических задач и способы их идентификации с учетом уровня сложности и видов учебно-познавательной деятельности.
Ключевые слова: методика обучения физике, задачи, уровень сложности, педагогическое моделирование.

Процесс обучения не может протекать без контроля результатов усвоения учениками преподаваемого материала. Основным элементом заданий для контроля уровня знаний учащихся по физике и другим учебным предметам естественно-математического цикла является учебная задача. Оценку знаний учащихся, как правило, проводят по итогам серии испытаний. В роли подобных испытаний обычно выступают задачи, которые могут оцениваться отдельно.

Существуют разные способы определения учебной задачи. Например, С.Е. Каменецкий [1. С. 319] в самом широком смысле задачей считает «проблему и определяют её как некую систему, связанную с другой системой – человеком». А физической задачей называется «проблема, которая решается на основе методов физики с использованием в процессе решения логических умозаключений, физического эксперимента и математических действий» [2. С. 9].

Важнейшей характеристикой любой учебной задачи является уровень ее сложности. На сегодняшний день существуют различные способы определения сложности задач, причем различают понятия «сложность» и «трудность» задачи.

Г.А. Балл вводит понятия «сложность» и «трудность» задачи следующим образом: «...показателем сложности является длина самого алгоритма, в соответствии с которым решается задача, т.е. количество операций, явным образом указанных в этом алгоритме» [3. С. 122], причём каждая задача может быть также «охарактеризована уровнем трудности этой задачи, т.е. мерой фактического или предполагаемого (прогнозируемого) расходования ресурсов решателя на ее решение» [3. С. 113]. Это означает, что одна и та же задача может быть в одних условиях для одной группы учащихся очевидной, в других условиях или для другой категории учащихся – трудной и даже нерешаемой.

Трудность может быть субъективной и объективной. Субъективная трудность задачи обусловлена индивидуально-психологическими причинами. Объективную трудность задачи А.Н. Майоров [4. С. 155] определяет при этом как статистическую характеристику, которая, по его мнению, должна определять место задачи в тесте. «Статистическая трудность определяется долями выборки решивших и не решивших задачу. Например, если задачу решили только 20% участников тестирования, то ее можно оценить как трудную для данной выборки, если 80% – как легкую… Статистическая трудность позволяет определить место задачи в тесте… Итогом распределения задач по степени их трудности должна стать “лестница” усложняющихся задач, каждая ступень которой представлена процентом испытуемых, решивших соответствующую задачу» [4. С. 156].

Приведенные примеры говорят о том, что в определении понятий «сложность» и «трудность» учебной задачи существует много разночтений.

Для теории и практики преподавания важна классификация физических задач не только по уровню сложности, но по виду учебно-познавательной деятельности.

В.Е. Володарский разделяет задачи по степени сложности на «простые» и «сложные». «Простые» задачи как упражнения, а «сложные» – как собственно задачи (познавательные или проблемные) [5. С. 17–18]. В.Г. Разумовский разделяет учебную деятельность ученика на три последовательные стадии: воспроизведение учебного материала в том виде, в котором получил; решение тренировочной задачи; решение творческой задачи [6. С. 12]. Соответственно, по виду учебной деятельности В.Г. Разумовский делит задачи на репродуктивные (тренировочные задачи) и продуктивные (творческие задачи). По В.Г. Разумовскому, продуктивная задача (творческая) – это задача, «условия которой не подсказывают ученику (ни прямо, ни косвенно), какие правила или законы надо применить для ее решения» [6. С. 12]. К такому типу задач можно отнести и качественные задачи.

Многие методисты (А.И. Бугаев [7. С. 207], С.Е. Каменский, В.П. Орехов [2. С. 9], С.Е. Каменский и Н.С. Пурышева [1. С. 319]) приводят сходные классификации физических задач. А.И. Бугаев, например, отождествляет задачу репродуктивного характера с простой задачей: «Простой можно считать задачи, предполагающие использование в решении одной-двух формул, формулирование одного-двух выводов, истолкования формул, выполнения простого эксперимента. Такие задачи называют тренировочными или упражнениями и применяют для закрепления изученного материала» [7]. В то же самое время к сложным задачам И.А. Бугаев [7] относит задачи, решение которых предполагает выполнение нескольких действий. Согласно этой точке зрения сложными считаются комбинированные задачи, решение которых требует применения знаний из разных разделов курса физики.

Вопрос о количественной оценке уровня сложности задач с учетом учебно-познавательной деятельности учащихся рассмотрен в работах Б.С. Кирьякова [8, 9]. В рамках статистической модели автором была предпринята попытка построения педагогической шкалы сложности задач, учитывающей как вид деятельности учащихся, так и уровень ее сложности [8]. Кирьянова рассматривает сложность задачи по отношению к ансамблю школьников, решающих данную задачу, т.е. как статистическую характеристику, описывающую реакцию всего ансамбля на задачу [8]. При этом каждая задача характеризуется двумя параметрами – уровнем

сложности ее репродуктивной K_p и продуктивной K_n составляющих.

В качестве метрического свойства, по которому можно судить о сложности задач, предлагается использовать функцию распределения $\boldsymbol{F(x)}$ участников по набранным баллам $\boldsymbol{x}$, аппроксимируемую выражением вида [8]:

$$F(x)=\frac{1}{R}\cdot\frac{(x-K_p)!}{x!\cdot(-K_p)!}\cdot\frac{[(m-x)+K_n]!}{K_n!\cdot(m-x)!}, \qquad (1)$$

где $1/R$ – нормирующий множитель; m – балльная стоимость задачи; $K_p = -\infty, \ldots, -2, -1, 0$ – уровень сложности репродуктивной составляющей задачи; $K_n = 0, +1, +2, \ldots, +\infty$ – уровень сложности ее продуктивной составляющей.

С математической точки зрения выражение (1) представляет собой произведение членов возрастающей арифметической прогрессии $(-K_p)$-го порядка с разностью, равной 1, и членов убывающей арифметической прогрессии K_n-го порядка с разностью, равной 1.

В рамках представлений, развиваемых в работе [8], задачи подразделяются на репродуктивные, продуктивные (творческие) и комбинированные. Для типовых задач (репродуктивного характера) $K_n = 0$ и распределение учащихся по набранным баллам $\boldsymbol{F(x)}$ (1) описывается возрастающей арифметической прогрессией (рис. 1 а) с порядком $K_p = -\infty, \ldots, -2, -1, 0$:

$$F(x)=\frac{1}{R}\cdot\frac{(x-K_p)!}{x!\cdot(-K_p)!}. \qquad (2)$$

При этом для задач творческого характера $K_p = 0$ и распределение учащихся по набранным баллам $F(x)$ (1) описывается убывающей арифметической прогрессией (рис. 1, *б*) с порядком $K_n = 0, +1, +2, \ldots, +\infty$:

$$F(x)=\frac{1}{R}\cdot\frac{[(m-x)+K_n]!}{K_n!\cdot(m-x)!}. \qquad (3)$$

Что касается комбинированных задач, то им в соответствие ставится распределение $F(x)$ колоколообразного вида (рис. 1, *в*) или распределение $F(x)$, описываемое перевернутым колоколом (рис. 1, *г*). В первом случае задача является репродуктивно-продуктивной, а во втором – продуктивно-репродуктивной. Следует отметить, что распределения $F(x)$ падающего, возрастающего и колоколообразного характера описываются непосредственно выражением (1). При этом для распределений, описываемых перевернутым колоколом (рис. 1, *г*), приходится полагать, что ансамбль испытуемых учащихся состоит из двух подансамблей с разной реакцией на задачу.

Предлагаемый подход удобен тем, что значения K_p и K_n, определяющие положение задачи на двумерной шкале сложности, можно найти по результатам статистической обработки итогов ее решения [8]:

$$K_p=1-\bar{x}\frac{(m-\bar{x})\bar{x}-\sigma^2}{m\sigma^2-(m-\bar{x})\bar{x}}, \qquad (4)$$

$$K_n=(m-\bar{x})\frac{(m-\bar{x})\bar{x}-\sigma^2}{m\sigma^2-(m-\bar{x})\bar{x}}-1, \qquad (5)$$

где $\bar{x}$ – средний балл; σ^2 – дисперсии балльных оценок.

Показатели K_p и K_n интересны тем, что, опираясь на них, можно ввести степень поляризации β, учитывающей вклад видов учебно-познавательной деятельности:

$$\beta=\frac{|K_n+1|-|K_p-1|}{|K_p-1|+|K_n+1|}. \qquad (6)$$

Степень поляризации β показывает, какая составляющая преобладает в задаче – творческая или репродуктивная. Если $\beta = -1$, то задача считается репродуктивной, если $\beta = 1$ – творческой. Значение $-1 < \beta < 1$ при этом будет соответствовать комбинированной задаче.

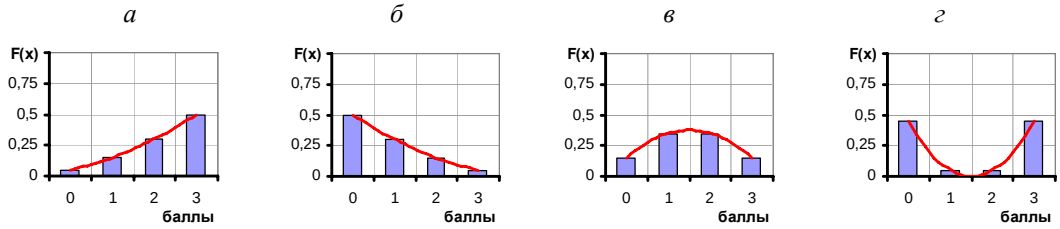

Рис. 1. Виды распределения $F(x)$ для разных задач

В работе [9] предлагается несколько других способов интерпретации получаемых распределений $F(x)$. Один из них основан на использовании статистического модуля вида

$$\begin{cases} p=\dfrac{\bar{x}}{m}, \\ r=\dfrac{1}{(m-1)}\left(\dfrac{\sigma^2}{p(1-p)m}-1\right), \\ m, \end{cases} \qquad (7)$$

где p – средняя вероятность получения одного балла, r – усредненное значение коэффициента линейной корреляции между балльными оценками, m – балльная стоимость задачи.

Модуль (7) дает возможность интерпретировать итоги испытания с учетом трех факторов – уровня сложности (p), взаимосвязи успехов учащихся (r) и протяженности решения (m). Влияние этих факторов представлено на рис. 2, из которого следует, что выход на то или иное итоговое распределение соответствует разным значениям p и r. Данный подход особенно удобен при интерпретации распределений, соответствующих ре-

продуктивно-продуктивным и продуктивно-репродуктивным задачам. Для репродуктивно-продуктивных задач $r < 1/3$ (рис. 2, *в, е*), для продуктивно-репродуктивных $r > 1/3$ (рис. 2, *б, г, д, ж*).

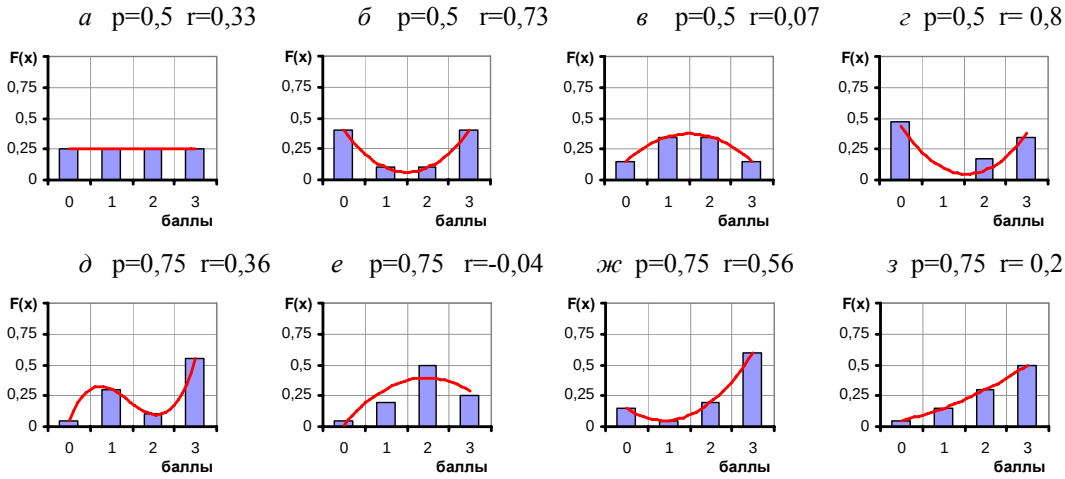

Рис. 2. Результаты обработки экспериментальных итогов решения задач с помощью модуля (7)

В дополнение к модулю (7) в работе [8] предложено еще несколько подходов к интерпретации получаемых результатов. Эти подходы были использованы нами для анализа итогов решения школьниками физических задач. Были разработаны и реализованы в среде программирования Borland Delphi алгоритмы для автоматизированной статистической обработки и анализа получаемых итогов. По результатам этой интерпретации подготовлен сборник откалиброванных задач по физике для учащихся 9–11-х классов средних школ. В нем представлены задачи из всех разделов школьного курса физики, начиная от типовых и заканчивая задачами олимпиадного характера. Калибровка задач была проведена на базе реального ансамбля учащихся. Разработанный сборник задач может найти применение при контроле знаний по физике с проектируемым режимом испытания школьников.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Теория* и методика обучения физике в школе: Общие вопросы: Учеб. пособие / С.Е. Каменецкий, Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская и др.; Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой. М.: Академия, 2000. 368 с.
2. *Каменецкий С.Е., Орехов В.П.* Методика решения задач по физике в средней школе. М.: Просвещение, 1971. 448 с.
3. *Балл Г.А.* Теория учебных задач: Психолого-педагогический аспект. М.: Педагогика, 1990. 184 с.
4. *Майоров А.Н.* Тесты школьных достижений: конструирование, проведение, использование. СПб.: Образование и культура, 1997. 304 с.
5. *Володарский В.Е.* Развитие мышления учащихся в работе с физическими задачами. Барнаул; Новокузнецк: Изд-во Алтайского ун-та, 1996. 267 с.
6. *Разумовский В.Г.* Творческие задачи по физике в средней школе. М.: Просвещение, 1966. 156 с.
7. *Бугаев А.И.* МПФ в средней школе. Теоретические основы. М.: Просвещение, 1981. 288 с.
8. *Кирьяков Б.С.* Педагогическая модель интеллектуального испытания школьников. Рязань: Рус. слово, 2002. 208 с.
9. *Кирьяков Б.С.* Простейшие решетчатые объекты: статистические свойства, связь с квантовыми статистиками, проектирование контрольных заданий // Вестник Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина. 2007. № 1. С. 5–24.

Статья представлена научной редакцией «Психология и педагогика» 15 февраля 2008 г.