

УДК 159.923+162

Гилев А.А.

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ЛОГИЧНОСТИ УМОЗАКЛЮЧЕНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ УЧЕБНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Ключевые слова: когнитивные компетенции, когнитивные операции, диагностика уровня выполнения когнитивных операций.

Качество и успешность обучения физике школьников старших профильных классов и студентов I–II курсов технического вуза зависят в основном от уровня развития их когнитивных компетенций. В учебном процессе когнитивные компетенции характеризуют возможность ведения учащимся познавательных процессов восприятия, памяти, мышления и воображения, а также процессов переработки и осмысления информации, процессов решения проблем и задач и процессов передачи результатов решения [2].

Основу когнитивных компетенций образуют два структурных блока. Первый блок представляет собой систематизированные и структурированные знания в вербальной и образной форме. Их часть может быть организована в так называемые обобщенные схемы, или когнитивные структуры, предназначенные для извлечения из окружающего мира информации и ее последующего анализа. Второй блок представляет собой не менее значимый, чем когнитивные структуры, операциональный компонент когнитивных компетенций, содержащий множество опробованных и проверенных на практике схем или шаблонов умственных действий и состоящий, в основном из различных сочетаний операций анализа, синтеза, сравнения, абстрагирования, конкретизации, обобщения, систематизации и классификации, называемых приемами умственных действий, или когнитивными операциями.

Сбалансированное развитие этих структурных блоков является важным условием формирования и развития когнитивных компетенций. Однако в учебных планах старшей школы и высшей технической школы акцент традиционно смещен на предметное, знаниевое содержание дисциплин, усвоение которого воспринимается как

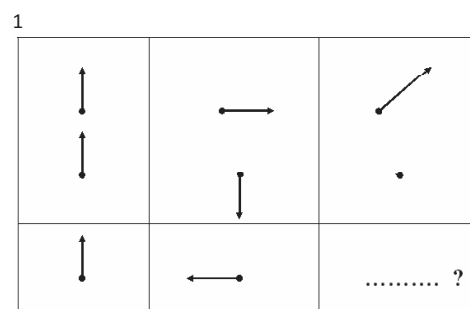
цель всего образовательного процесса. Современные технологии контроля результатов учебного процесса предназначены прежде всего для определения степени усвоения учащимися дидактических единиц учебного плана. Без должного внимания остается измерение уровня развития мыслительных операций. Это не предусмотрено ни в рабочей программе, ни в учебно-методическом комплексе дисциплины и представляет серьезную проблему.

Для измерения уровня формирования операционального компонента в учебном процессе необходима разработка дисциплинарных диагностических методик. В курсе физики наиболее подходящей базой для разработки диагностирующих тестов и методики их использования является практикум по решению задач.

Особенности диагностических тестов. Задачи выступают как средство представления структуры физических объектов, показывая сложность и многоплановость их связей с другими явлениями и объектами. Их решение способствует не только усвоению соотношений физических величин, но и когнитивному развитию обучаемых. Процесс решения задач является очень сложным по структуре и перечню действий, которые необходимо совершить учащемуся для получения результата или ответа на поставленный вопрос. Тестовые задачи могут быть использованы в качестве диагностирующего воздействия, реакция на которое содержит информацию об уровне совершаемых в процессе решения основных мыслительных операций, которые, как правило, в учебных физических задачах встречаются лишь в различных комбинациях друг с другом. Одной из значимых комбинаций мыслительных операций является умозаключение, сделанное на основе исходных суж-

дений или посылок. Оно может быть правильным или ошибочным. Формирование умозаключения представляет собой сложное сочетание операций анализа, синтеза, сравнения и др.

Для измерения уровня развития логичности умозаключений в процессе обучения физике за измеряемый индикатор можно взять качество формирования и последующей проверки гипотез, выдвигаемых в процессе решения физических задач. В качестве примера ниже рассмотрен тест, предназначенный для измерения уровня развития логичности умозаключений на основе анализа и сравнения. Тест может быть использован как в диагностическом, так и в обучающем режиме с предъявлением эталона ответа и его сравнительным анализом с полученным решением. В качестве стимульного материала в заданиях использованы учебные элементы раздела «Механика и молекулярная теория» курса общей физики технического вуза и профильных старших классов средней школы. Перед началом тестирования проводится инструктаж: «На бланке в каждом пункте задания приведены ряды значений физических величин. В таблице вместо знака “?” необходимо записать правильный ответ».



2

10 м/с ²	2 с	20 м
6 м/с ²	1 с	3 м
2 м/с ²	4 с	 ?

3

	5 кг	8 кг
	2 кг	4 кг
	3 кг	 ?

4

	50 с^{-1}	150 с^{-1}
	40 с^{-1}	80 с^{-1}
	10 с^{-1}	 ?

5

	20 кН/м	100 Дж
	20 кН/м	25 Дж
	10 кН/м	 ?

6

	30°	$10\sqrt{3} \text{ Па}$
	45°	$5\sqrt{2} \text{ Па}$
	60°	 ?

7

100 кПа	2 м ³	400 К
200 кПа	2 м ³	800 К
300 кПа	1 м ³	... ?

8

300 К	400 К	0.25
350 К	500 К	0.3
300 К	500 К	.. ?

9

1 моль одноатомного газа	300 К	3735 Дж
1 моль одноатомного газа	400 К	4980 Дж
2 моля одноатомного газа	200 К	 ?

10

	100 кДж	700 кДж
	50 кДж	550 кДж
	50 кДж	 ?

Выполнение теста предполагает выявление внутренних логических связей между элементами исходной

информации, анализ этих связей и формирование рабочей гипотезы об их характере. После проверки на не-

противоречивость гипотезы и совершения последовательности умозаключений вырабатывается ответ.

Так, например, ответ на вопрос № 7 теста формируется в результате следующей последовательности рассуждений:

1. Анализ размерностей величин, приведенных в первой строке таблицы, позволяет предположить, что это характеристики состояния идеального газа – давление, объем и абсолютная температура, которые связаны между собой объединенным газовым законом $\frac{PV}{T} = \text{const}$, записанным для постоянной массы газа.

2. Проверка гипотезы на элементах второй строки показывает ее правдоподобие и позволяет определить значение константы.

3. По известным числовым значениям константы и характеристик идеального газа давления, объема легко получить ответ – значение абсолютной температуры газа $T = 600 \text{ K}$.

Структура теста может быть усложнена введением дополнительной информационной строки. Например, в рассмотренный тест № 7 может быть введена третья информационная строка, содержащая значения давления, объема и температуры газа, соответствующие измененной массе газа, т.е. измененному значению const в объединенном газовом законе. Тогда в четвертой строке теста, содержащей вопрос, значение абсолютной температуры газа должно быть определено при новом значении const . Однако проведенные тестовые измерения указывают на избыточную сложность задач этого типа.

Этот порядок действий остается неизменным при выполнении всех тестовых заданий. Основными в этом тесте являются логические операции

и дедуктивные и индуктивные умозаключения на основе сформулированных гипотез.

Статистическая обработка результатов измерений. При тестировании в диагностическом режиме достаточно большого количества участников N и вопросов M результаты необходимо подвергнуть статистической обработке, проводимой в последовательности, соответствующей классической теории педагогических измерений [1; 3]:

1. В таблицу бинарных результатов, содержащую M (количество вопросов) столбцов и N (количество студентов в группе) строк, заносят оценки A_{ij} (0 или 1) ответов j -го студента на i -й вопрос теста.

2. Определяют относительную оценку каждого студента на отрезке $[0, 1]$:

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^M A_{ij}}{M}. \quad (1)$$

Все значения b_j из таблицы результатов дискретно распределены по отрезку $[0, 1]$.

3. Вычисляют основные числовые характеристики случайной величины:

- размах шкалы $\Delta b = b_{\max} - b_{\min}$;
- математическое ожидание b_{cp} (среднее значение оценок b)

$$b_{\text{cp}} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N b_j; \quad (2)$$

- дисперсию D распределения случайной величины b ;
- среднее квадратичное отклонение $\sigma = \sqrt{D}$;
- коэффициент асимметрии $s = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$, связанный с μ_3 – третьим моментом случайной величины b , принимающий положительные значения ($s > 0$) при более тяжелой правой части распределения и отрицательные ($s < 0$) – при левой;
- параметр эксцесса $\varepsilon = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3$, пропорциональный μ_4 – четвертому

центральному моменту случайной величины b , используемый для описания островершинности ($\varepsilon > 0$) или плосковершинности ($\varepsilon < 0$) функции распределения.

Результаты измерений. По рассмотренному тесту были проведены контрольные измерения в группах студентов I курса направлений «строительство» и «информатика». Общее количество тестируемых студентов – 68 человек. Числовые параметры распределения результатов тестирования: размах $\Delta b = b_{\max} - b_{\min} = 0,6$; математическое ожидание $b_{\text{cp}} = 0,61$; дисперсия $D = 0,06$; среднее квадратичное отклонение $\sigma = 0,23$; медиана $b_m = 0,61$; асимметрия $s = -0,68$; эксцесс $\varepsilon = -0,97$. Распределение результатов близко к нормальному.

Для дальнейшего анализа распределения результатов тестовых испытаний весь диапазон изменения оценок b преобразуем в Z-шкалу, в которой оценка указывает на отличие индивидуального результата испытуемого от среднего балла по выборке в единицах стандартного отклонения. Для перевода в Z-шкалу сырой балл j -го студента преобразуется по формуле

$$z_j = \frac{b_j - b_{\text{cp}}}{\sigma}, \quad (3)$$

где b_j – сырой балл j -го испытуемого; b_{cp} – среднее значение индивидуальных баллов N испытуемых группы; σ – стандартное отклонение. В Z-шкале среднее значение z будет равно нулю, а стандартное отклонение благодаря нормированию будет равно единице. Если величина разности $b_j - b_{\text{cp}}$ больше 0, то результат j -го испытуемого выше среднего по тесту. В противном случае индивидуальный балл j -го испытуемого ниже среднего. В силу линейного характера преобразований при получении z -оценок на них переносятся все свойства исходного распределения

баллов. Использовать Z-шкалу можно для любого распределения индивидуальных баллов. Она удобна для использования в случае близости распределения первичных баллов к нормальному закону, поскольку можно указать процент результатов, лежащих в пределах одного и двух стандартных отклонений под кривой нормального распределения.

Для дальнейшего анализа распределения результатов тестовых испытаний весь диапазон изменения z -оценок разобьем на три участка:

1. Первый соответствует низкому уровню измеряемого качества с неудовлетворительными оценками $z \leq -1$, что соответствует диапазону изменения первичной оценки b :

$$0 < b \leq b_{\text{cp}} - \sigma.$$

2. Второй участок оценочной Z-шкалы симметричен относительно нуля и ограничен слева значением $z = -1$, справа $z = +1$: $-1 < z < +1$.

Этот диапазон средних оценок измеряемого качества соответствует изменению первичных оценок b в пределах от $b = b_{\text{cp}} - \sigma$ до $b = b_{\text{cp}} + \sigma$.

3. Третий участок z -оценок $z \geq 1$ или первичных баллов $b \geq b_{\text{cp}} + \sigma$ соответствует превосходному уровню тестируемого качества.

В зависимости от полученных тестовых оценок студенты попадают в одну из трех указанных групп:

- I – группа неудовлетворительного уровня развития тестируемого качества;
- II – группа среднего уровня развития;
- III – группа с уровнем развития диагностируемого качества выше среднего.

По результатам выполнения теста количество студентов, попавших в первую группу и получивших оценки из интервала $0 < b < b_{\text{cp}} - \sigma$ ($z < -1$),

оказалось около 21,5% от их общего числа. Студенты этой группы показали низкий уровень развития логичности умозаключений. Второй участок оценочной шкалы, определенный как $(b_{\text{ср}} - \sigma) < b < (b_{\text{ср}} + \sigma)$, или $-1 < z < +1$, соответствует диапазону средних оценок и нормальному уровню развития логичности умозаключений. Такие результаты были получены в 51% всех испытаний. Третий участок отличных оценок $b > b_{\text{ср}} + \sigma$, или $z > +1$, соответствует превосходному уровню развития логичности умозаключений на учебном стимульном материале. Таких результатов было 27,5% от общего количества испытаний.

Вычисление этих оценок позволяет в составе студенческого потока выделить две полярных группы студентов:

- «группу риска», для которой характерен низкий уровень развития логичности умозаключений, с целью организации дополнительного корректирующего обучения;
- группу студентов с высоким уровнем развития логичности умозаключений, для которой целесообразно уменьшение аудиторной нагрузки и увеличение доли самостоятельной работы.

Таким образом, уровень развития когнитивных умений обработки учебной информации может быть измерен по качеству действий, наиболее часто

используемых в решении учебных задач. Для оценки уровня развития логичности умозаключений за измеряемый индикатор можно взять качество формирования и последующей проверки гипотез, выдвигаемых в решениях физических задач. Приведены примеры тестов, предназначенных для измерения уровня развития логичности умозаключений на основе операций анализа и сравнения при работе как с вербальной, так и со знаково-символьной информацией. Вычисления этих оценок служат основанием выделения в составе студенческого потока двух полярных групп. Для одной из них характерен низкий уровень развития логичности умозаключений и необходима организация дополнительного корректирующего обучения. Для другой группы студентов с высоким уровнем развития логичности умозаключений целесообразно уменьшение аудиторной нагрузки и увеличение доли самостоятельной работы.

Литература

1. Гилев А.А. Диагностика качества когнитивной обработки вербальной информации в решении физических задач // Физическое образование в вузах. 2011. Т. 17, № 1. С. 16–27.
2. Гилев А.А. Структура кластера когнитивных компетенций // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Педагогические науки. 2010. №4 (13). С. 27–31.
3. Гласс Дж., Стенли Дж. Статистические методы в педагогике и психологии. М.: Прогресс, 1976.