

## О ВОЗМОЖНОМ ПРИНЦИПЕ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН



Эпиграф вставлен редактором  
журнала

**Аннотация.** В работе показывается, что физические аналогии (подобие математических зависимостей) являются той научной основой, с помощью которой можно систематизировать физические величины. В этой связи физические величины предлагается разделить на группы, в каждой из которых три - работа, длина и время - являются общими для всех групп, а четвертая - координата состояния - варьируема и подбирается для каждой группы своя.

Все группы объединены в Таблицу Аналогий, объединившую большое число физических величин классической физики. Показан прогностический характер принципа группирования. Введены универсальные единицы измерения, пригодные для каждой группы. Приведены примеры практического и дидактического применения Таблицы Аналогий.

### 1. Введение

Автору не известен какой-либо принцип систематизации физических величин, который мог бы охватить все разделы хотя бы классической физики. Правда, при изучении теории колебаний приводится пример электрогидромеханических аналогий, но лишь как интересный феномен, имеющий практическое применение. В работе [3] говорится: «Имеется замечательнейшее совпадение: уравнения для самых разных физических условий часто имеют в точности одинаковый вид... Это значит, что, изучив

одну область, мы сразу получаем множество прямых и точных сведений о решениях уравнений для другой области.” В настоящей работе предполагается доказать, что это не просто совпадение, а естественная основа для систематизации физических величин.

Целесообразно сразу же ознакомиться с Таблицей Аналогий (сокращенно ТА).

**ТАБЛИЦА АНАЛОГИЙ  
ОБЩЕНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ**

Группы величин		Строка	Обобщенные физические величины	Символ	Определяющие соотношения	Размерность
I	Основные физические величины	1	Обобщенная работа	A		E
		2	Протяженность	l		L
		3	Время	t		T
II	Внешние параметры системы	4	Обобщенный заряд (обобщенная координата)	q		K
		5	Обобщенная разность потенциалов	Q	dA/dq	EK <sup>-1</sup>
III	Внутренние параметры системы (обратные им величины)	6	Жесткость системы	D	Q/q	EK <sup>-2</sup>
		7	Сопротивление системы	R	Q/ḡ	ETK <sup>-2</sup>
		8	Инертность системы	I	Q/ḡ	ET <sup>2</sup> K <sup>-2</sup>
		9	Емкость системы	C	q/Q	E <sup>-1</sup> K <sup>2</sup>
		10	Проводимость системы	Y	ḡ/Q	E <sup>-1</sup> T <sup>-1</sup> K <sup>2</sup>
IV	Параметры движения системы	11	Подвижность системы		ḡ/Q	E <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup> K <sup>2</sup>
		12	Обобщенная скорость (Поток обобщенных зарядов)	ḡ	dq/dt	T <sup>-1</sup> K
		13	Плотность потока зарядов	Φ		
		14	Коэффициент переноса	i	Φ/S	L <sup>-2</sup> T <sup>-1</sup> K
		15	Импульс разности потенциалов	k	Y·l/S	E <sup>-1</sup> L <sup>-1</sup> T <sup>-1</sup> K <sup>2</sup>
		16	Частота свободных колебаний	dp	∫ Q dt	ETK <sup>-1</sup>
		17	Свободное движение	ν <sub>0</sub>	$\frac{\sqrt{D/I}}{2\pi}$	
		18	Заторможенное движение	R=0 R → ∞		
V	Параметры поля	19	Напряженность поля	H	∂φ/∂l	EL <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
		20	Линейная плотность зарядов	τ	∂q/∂l	KL <sup>-1</sup>
		21	Поверхностная плотность зарядов	δ	∂q/∂S	KL <sup>-2</sup>
IV	Энергетические параметры	22	Энергия положения в поле деформации поля	Π	Qq/2	E
		23	Энергия движения	T	Dq <sup>2</sup> /2, CQ <sup>2</sup> /2	E
		24	Энергия рассеяния	W	Iḡ <sup>2</sup> /2	E
		25	Обобщенная мощность	P	Rḡ <sup>2</sup> t	E
		26	Принцип малых отклонений		∂Q	ET <sup>-1</sup>
		27			Q <sub>1</sub> /Q <sub>2</sub> = ḡ <sub>2</sub> /ḡ <sub>1</sub>	

В данный вариант ТА автор включил 8 групп физических величин, приведенных далее, хотя количество этих групп, как будет показано ниже, ничем принципиально не ограничено.

Любая наука нуждается в систематизации своего понятийного аппарата, в физике главными понятиями являются физические величины. Следует заметить, что Международная система единиц измерения СИ, являясь удобным и универсальным инструментом, облегчающим работу физиков и инженеров (хотя и не всех), не приводит к систематизации физических величин. Свидетельствами этого является произвольность выбора основных и дополнительных единиц измерения и априорность расположения единиц измерения в стандартах, базирующихся на системе СИ. (Расположение физических величин по алфавиту не может, естественно, считаться систематизацией).

Чтобы выяснить, почему сложилось такое положение, можно проанализировать те причины, которые были положены в основу выбора основных физических величин. А это, как правило, соображения удобства создания эталонов единиц измерения. И мы приходим к выводу о том, что систематизация физических величин оказалась зависимой от целесообразности построения систем единиц измерения этих величин.

Более того, системы единиц, в которых основными физическими величинами являются длина, масса и время, иногда даже принято было называть абсолютными. Такое применение данного термина, на взгляд автора, следует считать не имеющим основания. Если длина и время действительно являются физическими величинами, общими и основополагающими для всех разделов физики, и в этом смысле они могут быть

абсолютизированы, то масса является лишь одной из характеристик вещества, важной, но не всеобщей.

Масса является мерой инертности механической системы при поступательном движении системы. При вращательном же движении мерой инертности является момент инерции. А в электродинамике мерой инертности является индуктивность. Как видим, для абсолютизации такой физической величины, как масса, нет достаточных оснований.

Автор считает, что между принципом систематизации физических величин и принципом систематизации единиц измерения этих величин нет и не должно быть причинно-следственной связи. Система СИ, как и любая другая система единиц измерения, например, СГСЕ, может обслуживать любую корректно составленную систему физических величин. В том числе, и систему, составленную автором на основе физических аналогий и приведенную в ТА. Она базируется, как будет доказано ниже, на уравнении движения системы и на законе сохранения и превращения энергии.

Систематизация физических величин, приведенная в Таблице Аналогий, основана на пяти положениях:

- 1. Каждой форме движения соответствует своя группа физических величин.**
- 2. Основными физическими величинами для всех групп являются работа, протяженность и длительность.** Работа понимается как количество энергии, участвующее в процессе преобразования энергии любой формы движения.
- 3. Каждая конкретная группа физических величин определяется четвертой основной физической величиной - координатой состояния, характеризующей данную группу (или зарядом данной группы).**
- 4. Все группы физических величин имеют одинаковую структуру, определяемую уравнениями связи между обобщенными физическими величинами.** Группа обобщенных величин служит в качестве клише для любой группы физических величин.
- 5. Размерности обобщенных физических величин становятся размерностями в любой группе физических величин при подстановке вместо размерности обобщенного заряда размерности заряда данной группы.**

## **2. Теоретическое обоснование.**

В основу физических или, как их часто называют, динамических аналогий положено уравнение движения типа

$$a_2y + a_1y + a_0y = x, \quad (1)$$

дающее основание для систематизации ряда физических величин, входящих в качестве сомножителей  $a_0$ ,  $a_1$  и  $a_2$  в это уравнение. Эти сомножители называют параметрами физической системы.

Уравнение (1) является теоретической базой теории колебаний, прикладной акустики, теории механических и электрических цепей, теории автоматического регулирования. В последней оно описывает переходный процесс из одного равновесного состояния системы в другое. Указанное обстоятельство указывает на универсальность уравнения (1), поскольку переходный процесс присущ любой системе и любой форме движения.

В уравнении (1) зависимость функции  $y$  от аргумента  $x$  приведена в неявной форме, но эту зависимость можно привести и в явной форме с использованием теории функций комплексного переменного в виде

$$y = \frac{x}{a_2s^2 + a_1s + a_0}, \quad (2)$$

где  $s$  - оператор Лапласа.

Переменная  $x$ , стоящая в правой части уравнений (1) и (2) и являющаяся аргументом (причиной), имеет в физике, как известно автору, 5 разных названий: обобщенная сила, обобщенный потенциал, обобщенный напор, разность потенциалов, фактор интенсивности. Эту переменную часто обозначают буквой  $Q$ . В теории автоматического регулирования ее называют входным параметром системы, а его изменение, приведенное к безразмерному виду путем деления на диапазон изменения входного параметра в реальном процессе, называют воздействием (а также возмущением, входным сигналом).

Переменная величина  $y$  в левой части уравнений (1) и (2), являющаяся функцией (следствием), имеет в физике, как известно автору, 4 разных названия (обобщенная координата, обобщенный заряд, координата состояния, фактор экстенсивности), и ее часто обозначают буквой  $q$ . В теории автоматического регулирования ее называют выходным параметром системы, а его изменение, приведенное к безразмерному виду вышеприведенным путем, называют отклонением (от значения при равновесном состоянии системы), а также выходным сигналом.

Воздействие и отклонение измеряют в долях от диапазона их изменения. Заметим, что операция приведения входного и выходного параметров системы к безразмерному виду допускает и тем самым обеспечивает обобщенный смысл терминам “воздействие” и “отклонение”.

Конечно, жизнь покажет, какие из вышеупомянутых терминов станут наиболее применяемыми. Одни из них по своему звучанию статичны, другие - динамичны и поэтому более естественны, особенно термины “воздействие” и “отклонение”, но последние два термина знакомы, в основном, специалистам по автоматике. Пока ясно лишь то, что от применения различных определений одних и тех же понятий не выигрывает никто, а проигрывают все, и прежде всего студенты. Ибо нередко преподаватели одной технической дисциплины недостаточно вникают в терминологию другой, и поскольку изучение дисциплин идет последовательно друг за другом, то студенты, пытающиеся вникнуть в содержание терминов, просто теряются, когда одно и то же свойство называется, а подчас и обозначается по-разному.

Зависимость выходного параметра от входного (характеристика системы)  $y = f(x)$ , или  $q = f(Q)$ , без учета переходного процесса в общем случае имеет нелинейный характер. Это объясняется тем, что ни в одном физическом явлении не присутствует только одна форма движения, то есть и входных, и выходных параметров несколько. Изучается же обычно одна, наиболее интересующая исследователя зависимость.

Чтобы избежать нелинейности характеристики, на практике используют метод малых отклонений, то есть ограничиваются малыми изменениями и входного параметра (воздействием  $dQ$ ), и выходного параметра (отклонением  $dq$ ), при которых влиянием второстепенных для изучения форм движения можно пренебречь. В этом случае вполне можно допустить, что характеристика линейна, и записать:

$$dq = C dQ \quad \text{или} \quad q = C Q . \quad (3)$$

Величина  $C$  характеризует способность системы накапливать энергию воздействия, поэтому ее и называют **емкостью системы**.

Уравнения, в которых фигурируют обобщенные физические величины, называют **уравнениями связи** или **определяющими соотношениями**. Поскольку уравнение (1) имеет обобщенный характер, то и уравнения связи в различных разделах физики должны иметь аналогичные формы записи, что и послужило основанием для изучения и практического применения динамических (физических) аналогий.

В механике уравнение (3) нередко записывают в другой форме:

$$dQ = Ddq \text{ или } Q = Dq , \quad (4)$$

где параметр  $D = 1/C$  называют **жесткостью системы**. Такая форма записи математически верна, но она не соответствует принципу причинности, ибо при этом причина  $dQ$  как бы зависит от следствия  $dq$ , что часто вводит в заблуждение обучающихся.

Уравнение (4) можно трактовать и так: воздействие на систему ( $dQ$ ) вызывает равное по величине противодействие системы ( $Ddq$ ). Уравнения (3) или (4) описывают статическую характеристику системы, при учете переходного процесса возвращаемся к уравнению типа (1):

$$a_0q + a_1\dot{q} + a_2\ddot{q} + \dots = Q , \quad (5)$$

где  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  - внутренние параметры системы, имеющие свои собственные наименования и обозначения:  $a_0 = D$  (жесткость),  $a_1 = R$  (сопротивление),  $a_2 = I$  (инертность).

В общем случае эти параметры не являются постоянными величинами, но, следуя принципу малых отклонений, их считают постоянными в пределах диапазона изменений параметров реального процесса.

Уравнение (5) можно трактовать шире, чем уравнение (3), а именно: **воздействие на систему равно сумме противодействий системы, каждое из которых пропорционально производной соответствующего порядка от обобщенного заряда по времени, а коэффициенты при производных являются внутренними параметрами системы**. Многоточие в левой части уравнения (5) следует понимать таким образом, что нет препятствий или запретов к тому, чтобы существовали противодействия системы, пропорциональные производной любого порядка больше второго. Такие примеры известны. Например, в теории электрических машин применяется первая производная углового ускорения, то есть третья производная обобщенного заряда, чем в данном случае является угол поворота. Обычно же ограничиваются производной второго порядка.

Уравнение движения системы в виде (5) можно переписать и в более удобной обобщенной форме:

$$\sum_{k=1}^m a_k \frac{d^k q}{dt^k} = Q , \quad (6)$$

где  $k$  - порядок производной,  $a_k$  - параметр системы при  $k$ -ом порядке производной, а  $m$  - принятое на практике число слагаемых. Слагаемые левой части уравнения (5) могут существовать и при  $Q = 0$ , когда система находится в так называемом свободном движении, если при этом в системе внутреннее равновесное состояние отсутствует.

Уравнения движения (5) или (6) действуют только во время переходного процесса. Только в этот промежуток времени изменяется обобщенный заряд  $q$  и, следовательно, принимают какие-то определенные значения его производные. Как только переходный процесс как внутри, так и вне системы закончится, эти производные, а вместе с ними соответствующие слагаемые уравнений (5) или (6), обращаются в нуль, и мы возвращаемся к уравнению (3).

### 3. Теоретическое обоснование группирования физических величин.

Уравнение движения обосновывает правомерность применения физических аналогий в отношении внутренних параметров систем, теперь предстоит обосновать правомерность применения аналогий между разностями потенциалов  $Q_i$  и зарядами  $q_i$  для  $i$  различных групп физических величин.

Чтобы объединить все группы в единое целое не только с точки зрения единства времени и пространства, но и с точки зрения материального единства, кроме протяженности и длительности не хватает еще одной обобщенной физической величины. Такой величиной, единой во всех областях науки и техники, является энергия, измеряемая везде одной и той же единицей измерения – Джоулем (Дж) и обозначаемая буквой  $E$ . К тому же энергия представляет собой количественную меру всех форм движения материи.

Изменение энергии какой-либо физической системы происходит под воздействием  $i$  различных разностей потенциалов  $Q_i$  и представляет собой сумму изменений энергий каждой формы движения  $dE_i$ . В физике изменение энергии каждой отдельно взятой формы движения под воздействием внешней среды называют **работой**  $dA_i$ .

Остается установить связь работы с разностью потенциалов и зарядом.

Произвольная консервативная термодинамическая система, включающая в себя произвольное количество форм движения, обладает **полной энергией**  $W$ , состоящей из кинетической энергии системы, как целого, потенциальной энергии системы во внешних силовых полях и внутренней энергии системы  $U$ . В случае, когда внешние силовые поля являются стационарными потенциальными, каждое слагаемое полной энергии является полным дифференциалом, из чего можно сделать вывод о том, что и сама полная энергия в данном случае является полным дифференциалом. Запишем его для какого-то нулевого состояния системы в виде:

$$dW = \left(\frac{\partial W}{\partial q_1}\right)_0 dq_1 + \left(\frac{\partial W}{\partial q_2}\right)_0 dq_2 + \dots = \sum_{i=1}^n dA_i . \quad (7)$$

Уравнение (7) отражает то положение, что изменение полной энергии  $dW$  происходит под воздействием  $i$  различных разностей потенциалов  $dQ_i$  и представляет собой сумму изменений энергий каждой формы движения  $dE_i$ , то есть сумму работ  $dA_i$ .

Частная производная  $(\partial W/\partial q_i)_0$  представляет собой физическую величину, связывающую изменение заряда  $dq_i$  с изменением энергии системы  $dW$  при условии, что изменения зарядов других форм движения не принимаются во внимание. Следовательно, эта частная производная и является разностью потенциалов  $Q_i$  данной формы движения.

Уравнение (7) является **главным уравнением состояния консервативной системы**, а также формой математической записи закона сохранения и превращения энергии, а любое слагаемое этого уравнения

$$dA_i = Q_i \cdot dq_i . \quad (8)$$

является **главным определяющим соотношением**  $i$ -ой формы движения. Таким образом, уравнение (7) можно переписать в виде:

$$dW = \sum_{i=1}^n Q_i dq_i = \sum_{i=1}^n dA_i . \quad (9)$$

Из уравнений (8) и (9) следует, что, кроме работы, времени и длины, каждую группу физических величин характеризует одна из величин: либо разность потенциалов  $Q_i$ , либо заряд  $q_i$ , поскольку каждая из них определяется по другой, если известна работа  $A_i$ . Но остановиться надо на одной из них.

Подстановка уравнения (6) в уравнение (9) приводит к записи **обобщенного уравнения закона сохранения и превращения энергии**:

$$dW = \sum_{i=1}^n \left( \sum_{k=1}^m a_k \frac{d^k q_i}{dt^k} \right) dq_i , \quad (10)$$

которое учитывает переходные процессы в каждой из форм движения.

Уравнение (10) указывает на то, что **при выборе четвертой основной физической величины в каждой группе следует отдать предпочтение заряду  $q$ , а не разности потенциалов  $Q$** . Заряду, как основной физической величине, следует присвоить размерность, в качестве символа размерности обобщенного заряда выбираем букву  $K$ .

#### **4. Комментарии к Таблице Аналогий.**

Из предыдущего утверждения следует, что **одна из основных физических величин группы может быть варьируемой, другими словами, каждая группа может иметь свою собственную основную физическую величину, соответствующую своему заряду, или своей координате состояния.**

Это можно иллюстрировать следующим образом. Если классическая физика благодаря системе СИ существует в 7-мерном пространстве размерностей (система LMTIΘJN), то каждая группа физических величин в Таблице Аналогий (в ТА) существует только в 4-мерном пространстве размерностей (система ELTK). При этом три измерения этого пространства (ELT) едины для всех групп, а четвертое измерение (размерность  $K$ ) определяет область существования каждой отдельной группы. При этом размерности физических величин в системе ELTK будут выглядеть иначе, чем в СИ, хотя единицы измерения в системах СИ и ТА одинаковы.

Например, размерность массы  $M$  определится в механической подсистеме, как  $EL^{-2}T^2$ , (единица измерения Дж.с/м), размерность электрического тока  $I$  в группе электрических величин входит в размерность электрического заряда в виде  $TI$  (единица измерения - с.А).

Первую вертикальную группу Таблицы Аналогий назовем **группой обобщенных величин**. В ней обобщенные физические величины объединены также в группы по горизонтали (априорно).

В первую горизонтальную группу включены независимые основные физические величины: работа, время (длительность), длина (протяженность). Во вторую - внешние параметры системы (разность потенциалов и обобщенный заряд). В третью - внутренние параметры системы, в четвертую - параметры движения, в пятую - параметры поля, в шестую - энергетические параметры системы.

Таблица Аналогий нуждается дополнительно в следующих комментариях:

**1.** Каждая вертикальная группа посвящена физическим величинам какого-нибудь одного раздела физики или одной технической дисциплины. В то же время каждой технической дисциплине могут, в принципе, принадлежать и несколько различных вертикальных групп. Своеобразие каждой из них определяется зарядом из 4-ой строки.

**2.** Пользователь Таблицы Аналогий может лично дополнить используемый вариант Таблицы любыми новыми вертикальными группами из той области науки и техники, которой он занимается, в частности, в работе [1] показана возможность составления более трех десятков определяющих соотношений для 4-ой строки, каждое из которых может стать основой для составления вертикальных групп. Пользователь может дополнить как любую вертикальную группу, так и всю Таблицу в целом новыми строками по своему усмотрению.

Далее приведены поочередно таблицы аналогий для разных разделов физики.



МЕХАНИКА ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Группы величин	Строка	Название физической величины	Символ или формула	Единица измерения	
				в СИ	в ТА
I	1	Работа силы	$A_{\text{си}}$	Дж	Дж
	2	Протяженность	$l$	м	м
	3	Время	$t$	с	с
II	4	Перемещение	$S; X$	м	м
	5	Сила	$F$	Н	Дж/м
III	6	Жесткость	$D; k$	Н/м	Дж/м <sup>2</sup>
	7	Механическое сопротивление	$r$	кг/с	Дж·с/м <sup>2</sup>
	8	Масса	$m$	кг	Дж·с <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>
	9	Податливость	$c$	м/Н	м <sup>2</sup> /Дж
	10	Механическая проводимость	$y$	с/кг	м <sup>2</sup> /(Дж·с)
IV	11				м <sup>2</sup> /(Дж·с <sup>2</sup> )
	12	Скорость	$v$	м/с	м/с
	13				
	14				
	15	Импульс силы	$p; mv$	Н·с; кг·м/с	Дж·с/м
	16	Частота свободных колебаний	$\frac{\sqrt{k/m}}{2\pi}$	Гц	с <sup>-1</sup>
	17	Свободное движение			
	18	Заторможенное движение			
V	19	Градиент силы	$\partial F / \partial l$	Н/м	Дж/м <sup>2</sup>
	20				м <sup>0</sup>
	21				м <sup>-1</sup>
IV	22	Энергия потенциальная положения	$Fx/2$	Дж	Дж
	23	Энергия потенциальная деформации	$kx^2/2$	Дж	Дж
	24	Энергия кинетическая	$mv^2/2$	Дж	Дж
	25	Энергия рассеяния	$rv^2 t$	Дж	Дж
	26	Мощность	$Fv$	Вт	Дж/с
	27	Принцип возможных перемещений	$F_1/P_2 = v_2/v_1$		

Например, отдельные распространенные физические величины не вошли в данный вариант Таблицы аналогий вследствие их применения только в некоторых разделах физики и техники. Они могли бы заполнить следующие дополнительные строки:

- обобщенное ускорение  $d^2q/dt^2$  (ускорение и угловое ускорение в механических группах),
- момент разности потенциалов  $QL$  (момент силы в механической группе),
- момент обобщенного заряда  $qL$  (дипольный момент в электрической группе),
- объемная плотность инертности  $I/L^3$  (плотность в механической группе),
- поверхностная плотность потенциала  $\sigma = dQ/dS$  (напряжение в механической группе),
- градиент емкости  $\partial C/\partial l$  (электрическая постоянная в электрической группе и магнитная постоянная в магнитной группе).

3. Во многих вертикальных группах имеются незаполненные строки и незаполненные клеточки. Это констатация того, что автором не обнаружены в литературе специальное название той физической величины, которая должна находиться в данном месте, и ее единица измерения. Но это не означает, что данную физическую величину не применяют в науке и технике вообще или не будут применять в будущем. Для каждой такой величины в группе обобщенных величин Таблицы имеются и определяющее соотношение, и размерность, и свободное место.



Из вышеприведенных рассуждений следует, что Таблица аналогий имеет прогностический характер, что и должно служить признаком любого правильно принятого принципа систематизации.

МЕХАНИКА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Группы величин	Строка	Название физической величины	Символ или формула	Единица измерения	
				в СИ	в ТА
I	1	Работа момента	$A_{\text{вр}}$	Дж	Дж
	2	Протяженность	$l$	м	м
	3	Время	$t$	с	с
II	4	Угол поворота	$\varphi$	рад	рад
	5	Вращающий момент	$T$	Н·м/рад	Дж/рад
III	6	Угловая жесткость	$k$	Н·м/рад <sup>2</sup>	Дж/рад <sup>2</sup>
	7	Угловое сопротивление	$\rho$	кг·м <sup>2</sup> /(с·рад <sup>2</sup> )	Дж·с/рад <sup>2</sup>
	8	Момент инерции тела	$J_x$	кг·м <sup>2</sup> /рад <sup>2</sup>	Дж·с <sup>2</sup> /рад <sup>2</sup>
	9	Угловая податливость	$c$	рад <sup>2</sup> /(Н·м)	рад <sup>2</sup> /Дж
IV	10			рад <sup>2</sup> /(Дж·с)	
	11			рад <sup>2</sup> /(Дж·с <sup>2</sup> )	
	12	Угловая скорость	$\omega$	рад/с	рад/с
	13				
	14				
	15	Кинетический момент	$L_x$	кг·м <sup>2</sup> /(с·рад)	Дж·с/м
	16	Частота свободных колебаний	$\frac{\sqrt{k/J_x}}{2\pi}$	Гц	с <sup>-1</sup>
17	Свободное движение				
18	Заторможенное движение				
V	19	Градиент момента	$\partial T / \partial \varphi$	Н/рад	Дж/(м·рад)
	20				рад/м
	21				рад/м <sup>2</sup>
IV	22	Энергия потенциальная положения	$T\varphi/2$	Дж	Дж
	23	Энергия деформации	$k\varphi^2/2$	Дж	Дж
	24	Энергия кинетическая	$J_x\omega^2/2$	Дж	Дж
	25	Энергия рассеяния	$\rho\omega^2 t$	Дж	Дж
	26	Мощность	$T\omega$	Вт	Дж/с
	27	Вращение в передачах	$T_1/T_2 = \omega_2/\omega_1$		

4. Очередность расположения вертикальных групп Таблицы Аналогий хотя и произвольна, но примерно соответствует очередности изучения разделов физики и технических дисциплин. Поэтому Таблица аналогий вполне приемлема для применения в качестве учебного и справочного пособия. Она, в сущности, для этого и предназначена.

Скорее всего, положение отдельных физических величин, как и положение отдельных строк, да и сама разбивка Таблицы на группы, будут в дальнейшем уточняться, но это не меняет те идеи, которые положены в основу самого принципа систематизации.

5. Под термином “Сопротивление” в строке 7 во всех группах подразумевается линейное сопротивление, то есть пропорциональное первой степени обобщенной скорости.

6. Единицы измерения в вертикальных группах расположены в двух столбцах, между которыми всюду, в каждой строке, можно поставить знак равенства. В левом столбце стоит единица измерения из системы СИ, в правом - **локальная единица измерения из ТА**, составленная только из единиц тех физических величин, которые приняты в данной вертикальной группе основными, например, в механической групп - это Дж, м, с, в электрической группе - Дж, м, с, (с.А).

Если в формулу размерностей группы обобщенных величин подставить единицы измерения основных физических величин какой-то вертикальной группы, то все локальные единицы измерения этой группы выстроятся в необходимом порядке.

Единицы измерения в СИ и в ТА отличаются друг от друга только тем, что в СИ они часто пишутся покороче и названы именами великих физиков. Однако именованных единиц много, запомнить и расшифровать каждую из них порой бывает тяжело, а локальные единицы измерения в ТА всюду состоят максимум из четырех единиц измерения.

Группы величин	Строка	Название физической величины	Символ или формула	Единицы измерения	
				в СИ	в ТА
I	1	Работа давления	$\Delta p l$	Дж	Дж
	2	Протяженность	$l$	м	м
	3	Время	$t$	с	с
II	4	Приращение объема	$\Delta V$	$m^3$	$m^3$
	5	Перепад давлений	$\Delta p$	Па	Дж/ $m^3$
III	6	Объемное сжатие	$R_v$	$кг/(m^4 \cdot c)$	Дж/ $m^6$
	7				Дж/ $m^6$
	8	Объемная инертность	$I_v$	$кг/m^4$	Дж/ $c \cdot m^6$
	9	Объемная упругость	$C_v$	$m^4 \cdot n^2 / кг$	$m^6 / Дж$
IV	10	Объемная проводимость	$Y_v$	$m^4 \cdot B / кг$	$m^6 / (Дж \cdot c)$
	11				$m^6 / (Дж \cdot c^2)$
	12	Объемный расход	$Q_v$	$m^3/c$	$m^3/c$
	13	Средняя скорость	$\langle V \rangle$	м/с	м/с
	14				$m^5 / Дж \cdot c$
	V	15	Динамическая вязкость	$\eta$	Па $\cdot$ с
16		Частота свободных колебаний	$\frac{\sqrt{k / I, C_v}}{2\pi}$	Гц	$c^{-1}$
17		Работа на сдвиг			
18		Работа на глухую камеру			
V	19	Градиент давления	$\partial p / \partial l$	Па/м	Дж/ $m^4$
	20	Сечение потока	$S$	$m^2$	$m^2$
	21				м
IV	22	Энергия потенциальная объема	$\rho V / 2$	Дж	Дж
	23	упругости	$\Delta V^2 / 2 C_v$	Дж	Дж
	24	Энергия кинетическая	$I, Q_v^2 / 2$	Дж	Дж
	25	Энергия рассеяния	$R_v, Q_v^2 \cdot t$	Дж	Дж
	26	Мощность	$\Delta p \cdot Q_v$	Вт	Дж/с
	27				Дж/с

### 5. Примеры практического использования Таблицы Аналогий.

Приведем некоторые соображения относительно комплектования IV-ой горизонтальной группы Таблицы Аналогий, которые , приводят, в частности, к выводам, иллюстрирующим пользу от применения Таблицы Аналогий, поскольку это приводит к принципиальным уточнениям некоторых физических понятий.

В качестве первого примера остановимся на явлениях переноса, которые можно объединить одним понятием: движение в процессе перехода системы из неравновесное состояния в равновесное. Рассматриваемые в физике явления переноса (диффузия, теплопроводность, течение жидкостей и газов, электрический ток, вязкость в пограничном слое) имеют в своей основе одно и то же физическое явление - упорядоченную передачу импульса структурных элементов сплошной среды под воздействием градиента потенциала, которую сокращенно будем называть **переносом импульса**.

Во всех указанных явлениях, кроме одного, имеет место продольный перенос импульса, при котором направление переноса параллельно направлению градиента. Только в пограничных слоях, в которых градиент потенциала (продольной скорости) поперек потока не равен нулю, имеет место также и поперечный перенос импульса, при котором направление переноса перпендикулярно направлению градиента потенциала.

В закрытых системах процесс переноса завершается при достижении равновесного состояния, а в открытых системах он может поддерживаться как угодно долго при постоянном наличии градиента потенциала (например, электрический ток при наличии ЭДС, течение в трубопроводах при наличии перепада давлений).

ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ

Группы величин	Строка	Название физической величины	Символ или формула	Единица измерения	
				в СИ	в ТА
I	1	Работа сил трения	$\Delta m \mu$	Дж	Дж
	2	Протяженность	$l$	м	м
	3	Время	$t$	с	с
II	4	Импульс	$P$	кг·м/с	Дж·с/м
	5	Перепад скоростей	$\Delta u$	м/с	м/с
III	6	Кинетическое сопротивление	$\delta/\eta S$		$\text{м}^2/(\text{Дж}\cdot\text{с}^2)$
	7				$\text{м}^2/(\text{Дж}\cdot\text{с})$
	8				$\text{м}^2/\text{Дж}$
	9	Кинетическая упругость	$\delta\rho/\delta u$	кг	$\text{Дж}\cdot\text{с}^2/\text{м}^2$
10	Кинетическая проводимость	$\eta S/\delta$	Н·с/м	$\text{Дж}\cdot\text{с}/\text{м}^2$	
11	Градиент силы трения		Н/м	$\text{Дж}/\text{м}^2$	
IV	12	Сила вязкого трения (поток импульса)	$F_{\text{тр}}$	Н	$\text{Дж}/\text{м}$
	13	Касательное напряжение	$\tau$	$\text{м}^2/\text{с}$	$\text{м}^2/\text{с}$
	14	Кинематическая вязкость	$\nu$	м	$\text{Дж}\cdot\text{с}/\text{м}^2$
	15	Толщина пограничного слоя	$\delta$		м
	17	Нелазкое течение			
	18	Аморфное состояние			
V	19	Градиент скорости	$\partial u/\partial y$	$\text{с}^{-1}$	$\text{с}^{-1}$
	20	Градиент импульса	$\partial p/\partial y$	кг/с	$\text{Дж}\cdot\text{с}/\text{м}^2$
	21	Плотность импульса		кг/(м·с)	$\text{Дж}\cdot\text{с}/\text{м}^2$
IV	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				

Обобщенное уравнение переноса вдоль оси  $Ox$  выглядит так:

$$q = -k \frac{\partial Q}{\partial x} S, \quad (11)$$

где  $q$  - обобщенная скорость,  $S$  - площадь поперечного сечения потока, а коэффициент переноса

$$k = Y(l/S) \quad \text{или} \quad k = 1/(RS), \quad (12)$$

где  $l$  - длина участка потока, на протяжении которого интегрируется уравнение (11).

Течение электрических зарядов отражается в электрической группе величин, а течение жидкостей и газов - в группе гидродинамических величин. В последней в качестве заряда принято изменение объема  $\Delta V$  (в  $\text{м}^3$ ), а в качестве разности потенциалов - перепад давлений  $\Delta p$  (в Па). Такой выбор действительно удобен при изучении гидродинамики.

Заметим, что при изучении аэродинамики более удобна другая пара: изменение массы  $\Delta m$  (в кг) и удельная потенциальная энергия  $\Delta p/\rho$  (в  $\text{м}^2/\text{с}^2$ ), где  $\rho$  - плотность газа, а



в практической гидравлике удобна третья пара: изменение веса жидкости  $\Delta G$  (в Н) и гидравлический напор  $H$  (в м).

В прикладной акустике используется механическая группа величин, но при этом все величины группы поделены на единицу площади. При этом разностью потенциалов оказывается давление (в акустике - звуковое давление), а в первой строке фигурирует энергия, приведенная к единице площади и называемая удельной акустической энергией. Перед всеми прочим параметрами также стоит прилагательное «удельная», а в строке мощности находится интенсивность звука.

Перенос импульса поперек потока, объясняющий явления в пограничном слое, отражается в соответственно названной группе. Здесь в качестве разности потенциалов выступает градиент продольных скоростей поперек пограничного слоя. Уравнение переноса (11) в этом случае принимает вид закона вязкого трения Ньютона.

$$F_x = -\eta \frac{\partial v_x}{\partial y} S, \quad (13)$$

где  $F_x$  - сила вязкого трения на поверхности  $S$  между слоями текучего вещества.

К интересному выводу можно придти, рассматривая явление переноса в электрической группе: обобщенное уравнение переноса (11) после интегрирования и простейших преобразований переходит в закон Ома.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА					
Группы величин	Строка	Название физической величины	Символ или формула	Единица измерения	
				в СИ	в ГА
I	1	Работа ЭДС	$A_{эл}$	Дж	Дж
	2	Прожженность	$l$	м	м
	3	Время	$t$	с	с
II	4	Электрический заряд	$q$	Кл	с·А
	5	Электродвижущая сила (Разность потенциалов)	$E$ $U$	В	Дж/(с·А)
III	6	Электрическое сопротивление	$R$	Ом	$\text{Дж}/(\text{с}^2 \cdot \text{А}^2)$
	7				
	8	Индуктивность	$L$	Гн	$\text{Дж}/(\text{с} \cdot \text{А}^2)$
	9	Электрическая емкость	$C$	Ф	$\text{Дж}/\text{А}^2$
IV	10	Электрическая проводимость	$Y$	См	$\text{с}^2 \cdot \text{А}^2 / \text{Дж}$
	11	Электрический ток	$i$	А	$\text{А}^2 / \text{Дж}$
	12	Плотность электрического тока	$j$	А/м <sup>2</sup>	А
	13	Удельная электр. проводимость	$Y$	См/м	А/м <sup>2</sup>
	14	Магнитный поток	$\Phi$	Вб	$\text{с} \cdot \text{А}^2 / (\text{Дж} \cdot \text{м})$
15	Частота свободных колебаний	$\frac{\sqrt{LC}}{2\pi}$	Гц	$\text{Дж}/\text{А}$	
V	16	Режим короткого замыкания			$\text{с}^{-1}$
	17	Режим холостого хода			
	18	Напряженность электр. поля	$E$	В/м	$\text{Дж}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{А})$
VI	19	Электрическая индукция	$D$	Кл/м <sup>2</sup>	$\text{с} \cdot \text{А}/\text{м}$
	20	Энергия потенциальная электрического поля заряженного конденсатора	$Uq/2$ $CU^2/2$	Дж	$\text{с} \cdot \text{А}/\text{м}^2$
VII	21	Энергия магнитная	$Li^2/2$	Дж	Дж
	22	Энергия рассеяния	$Ri^2 t$	Дж	Дж
	23	Мощность	$Uz$	Вт	Дж
	24	Трансформации электричества	$U_1/U_2 = i_2/i_1$	Вт	Дж/с
	25				

Однако, наибольший интерес вызывает исследование явления, называемого «Теплопроводность». Зарядом при рассмотрении процесса теплопроводности сейчас

считают саму теплоту  $Q$ , поскольку обобщенной скоростью считается тепловой поток  $\Phi = dQ/dt$ . В роли разности потенциалов выступает температурный напор  $\Delta T$ . Такой подбор основных величин приводит к тому, что уравнение (11) получает вид закона Фурье:

$$\Phi = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} S, \quad (14)$$

в котором коэффициент переноса  $k$  называют теплопроводностью и обозначают  $\lambda$ .

Но при этом группа величин “Теплопроводность” приводит к странным выводам: во-первых, в качестве заряда фигурирует количество энергии в виде теплоты, а в качестве работы - неизвестная нам физическая величина с размерностью Е $\Theta$ .

На самом же деле эта странность - всего лишь атавизм теории теплорода, в которой говорилось, что теплота может течь, отсюда и термин “теплопроводность”. Но говорить о переносе теплоты так же бессмысленно, как говорить о переносе работы.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ					
Группы величин	Строка	Название физической величины	Символ или формула	Единицы измерения	
				в СИ	в ГА
I	1	?			
	2	Протяженность	l	м	м
	3	Время	t	с	с
II	4	Теплота	Q	Дж	Дж
	5	Температурный напор	$\Delta T$	К	К
III	6				
	7	Тепловое сопротивление	$l/\lambda S$	К/Вт	К/Дж с·К/Дж
	8	Тепловая инертность			с <sup>2</sup> ·К/Дж
	9	Теплоемкость	c	Дж/К	Дж /К
IV	10	Тепловая проводимость	$\lambda S/l$	Вт/К	Дж/с·К
	11				Дж/с <sup>2</sup> ·К
	12	Тепловой поток	$\Phi$	Вт	Дж/с
	13	Плотность теплового потока	q	Вт/м <sup>2</sup>	Дж/(м <sup>2</sup> ·с)
	14	Теплопроводность	$\lambda$	Вт/(м·К)	Дж/(м·с·К)
V	15				с·К
	16				
	17	Отсутствие теплосопротивления			
	18	Полная теплопроводность			
V	19	Градиент температуры	$\partial T / \partial l$	К/м	К/м
	20				Дж/м
	21				Дж /м <sup>3</sup>
IV	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				

Указанное противоречие разрешил несколько десятков лет назад А.Вейник [1], предложив положить в основу изучения данного явления скалярное температурное поле, зарядом в котором является термический заряд  $\theta$  с размерностью Е $\Theta$ <sup>-1</sup> (единица измерения - Дж/К). Он же подсчитал величину элементарного термического заряда - термона - и ввел понятие термической формы движения, четко отделив эту упорядоченную форму передачи импульса от беспорядочного теплового (броуновского) движения.

При такой постановке вопроса правомерно составление другой группы величин “Термопроводность”, в которой теплота занимает принадлежащее ей по праву место

работы, (в данном случае, работы термической формы движения). А в качестве скорости выступает температурный поток  $\Phi_\theta = \Phi/T$  с единицей измерения Вт/К. И тогда закон Фурье принимает вид:

$$\Phi_\theta = -b \frac{\partial T}{\partial x} S, \quad (15)$$

где коэффициент переноса называется теплопроводностью  $b = \lambda/T$ . Очевидно, что уравнение (15) - это то же самое уравнение (14), обе части которого поделены на термодинамическую температуру  $T$ .

Хотя практические результаты расчетов по уравнениям (14) и (15) одинаковы, но при применении уравнения (15) можно отказаться от остатков теории теплорода. То, что сейчас называют “термическим сопротивлением”, должно быть при этом умножено на  $T$  и перенесено на страницу “Теплопроводность”. А то, что равняется  $1/\lambda S$ , должно быть названо “тепловым сопротивлением” и уступить место в расчетах настоящему термическому сопротивлению.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ					
Группы величины	Строка	Название физической величины	Символ или формула	Единица измерения	
				в СИ	в ГА
I	1	Теплота (термическая работа)	Q	Дж	Дж
	2	Протяженность	l	м	м
	3	Время	t	с	с
II	4	Термический заряд (энтропия)	Θ (S)	Дж/К	Дж/К
	5	Температурный напор	ΔT	К	К
III	6	Термическое сопротивление	δ/aS	К <sup>2</sup> /Вт	К <sup>2</sup> /Дж
	7				с·К <sup>2</sup> /Дж
	8			с <sup>2</sup> ·К <sup>2</sup> /Дж	
	9	Теплоемкость	cT	Дж/К <sup>2</sup>	Дж /К <sup>2</sup>
10	Термическая проводимость	aS/δ	Вт/К <sup>2</sup>	Дж/(с·К <sup>2</sup> )	
11				Дж/(с <sup>2</sup> ·К <sup>2</sup> )	
IV	12	Температурный поток	Φ/T	Вт/К	Дж/(с·К)
	13	Плотность температурного потока	P	Вт	Дж/с
	14	Теплопроводность	a	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Дж/(м <sup>2</sup> ·с·К)
	15			Вт/(м·К <sup>2</sup> )	Дж/(м·с·К <sup>2</sup> )
	16				с·К
	17	Отсутствие термосопротивления			
18	Полная термовоизоляция				
V	19	Градиент температуры	∂T/∂l	К/м	К/м
	20	Градиент термического заряда	∂Θ/∂l	Дж/(м·К)	Дж/(м·К)
	21				Дж/(м <sup>2</sup> ·К)
IV	22	Тепловая мощность	P	Вт	Дж/с
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				

Не случайно и то, что физическая величина “термический заряд” имеет ту же размерность, что и энтропия. Как указано в работе [1], энтропия - это частный случай термического заряда при рассмотрении идеальных термодинамических процессов. Она уступает место термическому заряду в реальных термодинамических процессах. (Применение термина “энтропия” для других целей в физике и кибернетике здесь не рассматривается.)



В качестве второго примера практического использования Таблицы Аналогий рассмотрим электрическую и магнитную группы величин. При сопоставлении этих двух групп в качестве разности потенциалов в магнитной группе по аналогии с электродвижущей силой (ЭДС) взята магнитодвижущая сила (МДС) с единицей измерения А, а в качестве аналога электрического заряда выступает магнитный поток  $\Phi_m$ .

В то же время современная теория указывает на то, что магнитное поле, являющееся моделью одной из форм электромагнитного поля, заряда не имеет. Разъяснение этой неувязки заключается в следующем. Если в электростатическом поле (другая форма электромагнитного поля) в роли заряда выступает неподвижный электрический заряд, то в магнитном поле в этой же роли выступает движущийся электрический заряд или суммарный магнитный диполь постоянного магнита, что и позволяет создать удобную модель для расчета магнитных цепей.

**МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ**

Группы величин	Строка	Название физической величины	Символ или формула	Единица измерения	
				в СИ	в ТА
I	1	Работа магнитной цепи	$A_m$	Дж	Дж
	2	Протяженность	$l$	м	м
	3	Время	$t$	с	с
II	4	Магнитный поток	$\Phi$	Вб	Дж/А
	5	Магнитодвижущая сила	$E_m$	А	А
III	6	Сопротивление магнитной цепи	$R_m$	А/Вб	$A^2/Дж$
	7				$c \cdot A^2/Дж$
	8				$c^2 \cdot A^2/Дж$
	9	Проводимость магнитной цепи	$\Lambda$	Вб/А	$Дж/А^2$
	10				$Дж/(c \cdot A^2)$
11				$Дж/(c^2 \cdot A^2)$	
IV	12	ЭДС электромагнитной индукции	$E$	В	$Дж/(c \cdot A)$
	13				$Дж/(m^2 \cdot c \cdot A)$
	14				$Дж/(m \cdot c \cdot A^2)$
	15				$c \cdot A$
	16				
	17	Замыкание магнитной цепи			
18	Работа с воздушным зазором				
V	19	Напряженность магнитного поля	$H$	А/м	А/м
	20				$Дж/(m \cdot A)$
	21	Магнитная индукция	$B$	Тл	$Дж/(m^2 \cdot A)$
IV	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				

Однако, такая модель имеет свои издержки. Во-первых, термин “поток” появляется на не свойственной ему строке Таблицы аналогий, поскольку в данном случае речь идет о потоке векторной величины (напряженности поля). Если в явлениях переноса термин “поток” связан с переносом вещества, то в данном случае этот термин имеет иное значение, что и создает дополнительные дидактические затруднения.

Во-вторых, та величина, которую принято называть “магнитным сопротивлением цепи”, выступает в магнитной группе в качестве жесткости магнитной цепи, а не в качестве ее сопротивления, как это следовало бы понимать из присвоенного термина. Соответственно, и “магнитная проводимость цепи” является фактически емкостью магнитной цепи. (В принципе, жесткость пружины тоже можно считать сопротивлением



прилагаемому к ней усилию. Видимо, это послужило причиной такого применения термина «сопротивление» при расчете магнитных цепей.)

На самом деле сопротивление магнитной цепи является частным от деления импульса МДС, имеющего размерность электрического заряда, на магнитный поток. Именно эта величина определяет режим работы магнитной цепи. В Таблице аналогий это несоответствие терминов устранено, не повредило бы это сделать и в научно-технической литературе.

Не может не обратить на себя внимание аналогия между группами “Механика поступательного движения” и “Пограничный слой”, с одной стороны, и электрической и магнитной группами, с другой стороны. И в том, и в другом случае меняются местами разность потенциалов и скорость, заряд и импульс, в обоих случаях направления перемещения заряда и перемещения импульса перпендикулярны друг другу.

Скорее всего, эта аналогия, как и все другие физические аналогии, не случайна, но это должно послужить предметом отдельного исследования.

## **6. Заключение.**

Приведенные выше примеры из теории явлений переноса и теории магнитных цепей показывают, что Таблица Аналогий является не только весомым дидактическим средством, но и может послужить отправной базой для серьезных теоретических построений. Вот одно из них.

Физика опирается на несколько всеобщих экспериментально установленных законов сохранения. Вначале это были законы сохранения энергии, импульса, момента импульса, потом к ним присоединился закон сохранения электрического заряда, а в XX-ом веке количество законов сохранения при изучении элементарных частиц постоянно растет.

Принцип же физической аналогии дает основания полагать, что существует только один закон: закон сохранения движения, ибо движение и есть способ существования материи. Движение имеет скалярную характеристику (энергию) и векторную (направление). Таким образом закон сохранения движения распадается на два составляющих: закон сохранения энергии и закон сохранения направления движения. Второй из этих законов распадается, в свою очередь, еще на два по той причине, что любое движение состоит из двух компонентов: прямолинейного и криволинейного, что соответствует законам сохранения импульса и момента импульса.

Флуктуации движения, связанные с большой вероятностью появления его криволинейного компонента, приводят к возникновению различных устойчивых состояний материи с постоянной завихренностью, отличающихся друг от друга количеством энергии, сконцентрированной в данном устойчивом состоянии, и длительностью существования этого состояния. Каждое из таких состояний ученые назвали зарядом, присвоив каждому заряду различное имя (электрический, гравитационный, лептонный, барионный и т.д.). Каждый из таких зарядов просто обязан иметь свой антипод, потому что направление завихренности движения с одним из двух возможных знаков равновероятно. Рост количества открываемых в XX-ом веке законов сохранения как раз и свидетельствует о принципиальной неограниченности числа возможных устойчивых состояний материи.

Все вышесказанное, как полагает автор, свидетельствует о том, что принцип физических аналогий - отнюдь не желание искусственно уложить физические величины (являющиеся всего лишь выделенными наукой свойствами окружающей человека природы) в какое-то "прокрустово ложе", а отражение существования единого закона сохранения движения в его многочисленных проявлениях.

И уж совсем неверно, на взгляд автора, считать теорию физических аналогий, как это иногда пытаются представить, "красивой игрушкой", "любопытным феноменом", а не объективной реальностью, отображающей единство природы.

Таблица аналогий является итогом многолетних теоретических исследований автора, первый ее вариант был опубликован ранее в работе [2, с.с. 39-60, 205-222]. Работа над ней привела автора еще и к таким выводам.

Любая физическая теория состоит из моделей явлений природы, каждая из которых несет на себе отпечаток как личности ее автора, так и того исторического периода, когда работал автор, а также того инструментария, которым мог воспользоваться автор модели явления для ее экспериментальной проверки. Несмотря на то, что достижения математики и приборостроения в значительной мере осовременивают старые теории, тем не менее, исходные предпосылки держатся еще очень цепко, даже будучи принципиально неверными (как в примере с теорией теплорода) или нерациональными (как в примере с терминологией в магнитных цепях). Такое положение можно объяснить не просто нежеланием вникнуть в теоретическую суть тех закономерностей, которые и без того дают верные практические результаты, но и очевидной трудностью коррекции учебного процесса в средней и высшей школах как в силу инерции мышления, так и по причине большой стоимости таких перемен.

По тем же самым причинам многие теории из соседних разделов физики и из смежных технических дисциплин плохо стыкуются друг с другом с дидактической точки зрения даже тогда, когда имеют общие основные положения. Это затрудняет и перегружает из-за дублирования материала учебный процесс. В качестве отрицательного примера можно привести тот факт, что закон сохранения и превращения энергии в теоретической механике выступает в виде теоремы об изменении кинетической энергии, в теории механизмов и машин - в виде уравнения движения машин, в гидравлике - в виде уравнения Бернулли, в теплотехнике - в виде первого начала термодинамики. И далеко не каждый инженер осознает это.

Поэтому Таблица Аналогий - это также желание рационализировать, унифицировать и, в конечном счете, облегчить весь учебный процесс по изучению физики и ее прикладной части - техники, создать логично обоснованный плацдарм для их более интенсивного развития. Впрочем, любой физик и инженер (теоретик и экспериментатор) может, применяя Таблицу аналогий в процессе своей исследовательской работы, лично убедиться в ее работоспособности и прогностичности.

В заключение должны заметить, что всякая работа в русле обобщений, подобная указанным теориям, объективно может быть использована как физиками и философами, стоящими на позициях материализма, так и теологами, ибо поиск любого обобщающего начала так или иначе может быть увязан с идеей о Боге, хочет этого автор или не хочет. С целью конкретизации своей позиции автор заявляет, что он лично верит лишь в то, что доказуемо и что может быть проверено на практике.

Автор выражает признательность доценту кафедры общей физики Вятского государственного педагогического университета В.Н.Бакулину за чрезвычайно полезные советы и содержательные замечания при обсуждении данной работы.

### **Литература**

1. Вейник А.И. Термодинамика. - Минск: Высшая школа, 1968, 464 с.
2. Коган И.Ш. Основы техники. - Киров: КГПИ, 1993, 231 с.
3. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике, т.5. М.: "Мир", 1977.

