

**система физических величин и
закономерностей (ФВиЗ) в
размерностях СИ**

А.С. Чуев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018 г.

Любое точное знание
представляет систему.

Д.И. Менделеев

Понимать означает всегда только одно:
познавать взаимосвязи...

Гейзенберг

Наиболее распространенное определение

Система физических величин (далее СФВ) — совокупность взаимосвязанных физических величин, образованная по принципу, когда одни физические величины являются независимыми (основными физическими величинами), а другие являются их функциями (производными физическими величинами). СФВ представляет собой структурную схему связей физических величин. Эти связи описываются математическими выражениями, называемыми определяющими уравнениями.

Основные физические величины СИ, их единицы измерения и размерности

№	Наименование ФВ	Обозн.	Ед. измерения	Обозн. ед. измер.	Размерность
1	Длина	l	метр	м	L
2	Масса	m	килограмм	кг	M
3	Время	t	секунда	с	T
4	Сила электрического тока	I	ампер	A	I
5	Термодинамическая температура	T	кельвин	K	Θ
6	Количество вещества	n, ν	моль	моль	N
7	Сила света	J	кандела	кд	J
8*	Плоский угол	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \nu, \varphi$	радиан	рад	1
9*	Телесный угол	ω, Ω	стерадиан	ср	1

Важнейшие физические величины и их характеристики

№	Наименование ФВ	Обозначение или уравнение связи	Ед. измерения	Размерность	
				СИ	ЛТ
1	Длина	l	метр, (м)	L	L
2	Время	t	секунда, (с)	T	T
3	Скорость	v	метр в секунду	LT^{-1}	LT^{-1}
4	Ускорение	a	метр на секунду в квадрате (m/c^2)	LT^{-2}	LT^{-2}
5	Кривизна	r^{-1}	метр в минус 1 (m^{-1})	L^{-1}	L^{-1}
6	Частота	f	герц, (Гц)	T^{-1}	T^{-1}
7	Масса	m	килограмм, (кг)	M	L^3T^{-2}
8	Сила	$F = m a$	ньютон, (Н)	$M LT^{-2}$	L^4T^{-4}
9	Энергия	$W = F l$	джоуль, (Дж)	$M L^2T^{-2}$	L^5T^{-4}
10	Мощность	$N = W / t$	ватт, (Вт)	$M L^2T^{-3}$	L^5T^{-5}
11	Давление	$P = F / s = W / V$	паскаль, (Па)	$ML^{-1}T^{-2}$	L^4T^{-2}

Важнейшие физические величины и их характеристики

№	Наименование ФВ	Обозначение или уравнение связи	Ед. измерения	Размерность	
				СИ	ЛТ
12	Площадь	S	метр ² , (м ²)	L ²	L ²
13	Объем	V	метр ³ , (м ³)	L ³	L ³
14	Плотность	ρ_m	кг/м ³	ML ⁻³	T ⁻²
15	Импульс (количество движения)	$P = mv$	кг·м/с	MLT ⁻¹	L ⁴ T ⁻³
16	Момент импульса	$L = mvr$	кг·м ² /с	ML ² T ⁻¹	L ⁵ T ⁻³
17	Натяжение (жесткость)	$f = F/\Delta = W/S$	Н/м	MT ⁻²	L ³ T ⁻⁴
1*	Сила электр. тока	I	ампер, (А)	I	
2*	Электр. заряд	$q = I * t$	кулон, (Кл)	IT	
3*	Эл. напряжение	$U = I * R$	вольт, (В)	M L ² T ⁻² I ⁻¹	
4*	Эл. сопротивление	$R = U / I$	ом, (Ом)	M L ² T ⁻³ I ⁻²	

Представление массы в LT- размерности

$$[M]=L^3T^{-2}$$

Это следует из уравнений:

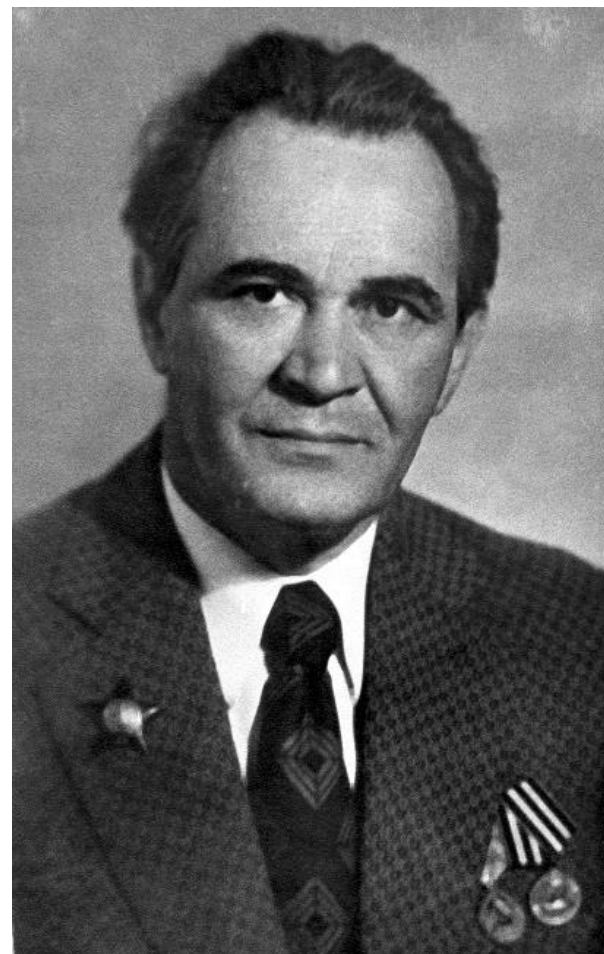
$$ma=G \cdot mM/r^2$$

$$M=4\pi r^2 \cdot E_{\text{ГР}}$$

Первые советские исследователи LT- системы физических величин



Роберто Орос ди Бартини



Побиск Георгиевич Кузнецов

	L ⁻³	L ⁻²	L ⁻¹	L ⁰	L ¹	L ²	L ³	L ⁴	L ⁵	L ⁶
T ⁻⁶	Главная дизензиональная последовательность						L ³ T ⁻⁶	L ⁴ T ⁻⁶	Изменение мощности	Скорость передачи мощности
T ⁻⁵						Изменение давления	Поверхностная мощность	Скорость изменения силы	Мощность	Скорость передачи энергии
T ⁻⁴			Dⁿ = ± 3		Изменение плотности тока	Давление	Угловое ускорение массы	Сила	Момент силы Энергия	Скорость передачи действия
T ⁻³				Изменение углового ускорения	Плотность тока	Напряженность эл-маг поля Градиент	Ток Массовый расход	Скорость смещения заряда Импульс	Момент количества движения Действие	Момент действия
T ⁻²			Изменение объемной плотности	Массовая плотность Угловое ускорение	Ускорение	Разность потенциалов	Масса Количество магнетизма Количество электричества	Магнитный момент	Момент инерции	
T ⁻¹		L ⁻² T ⁻¹	L ⁻¹ T ⁻¹	Частота	Скорость	Объемность 2-х мерная	Расход объемный	Скорость смещения объема	Дизензиональный объем	
T ⁰	L ⁻³ T ⁰	L ⁻² T ⁰	Изменение проводимости	Безразмерные константы	Длина Емкость Саминдукция	Поверхность	Объем простран- ственный	<div style="border: 2px solid blue; padding: 10px;"> $D^n = L^j T^k$ $(n = i + k)$ </div>		
T ¹	L ⁻³ T ¹	Изменение магнитной проницаемости	Проводимость	Период	Длительность расстояния	L ² T ¹				
T ²	L ⁻³ T ²	Магнитная проницаемость	L ⁻¹ T ²	Поверхность времени	L ¹ T ²					
T ³	L ⁻³ T ³	L ⁻² T ³	L ⁻¹ T ³	Объем времени						

Отражение **законов физики** в системе Бартини

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭВОЛЮЦИИ ПРОСТРАНСТВА - ВРЕМЕНИ
(фрагмент)

	L^0	L^1	L^2	L^3	L^4	L^5	L^6
T^0	Безразмерные величины (радиан)	Длина	Площадь	Объем	Момент инерции площади плоской фигуры		
T^{-1}	Угловая скорость	Линейная скорость	Скорость изменения площади				
T^{-2}	Угловое ускорение	Линейное ускорение	Потенциал гравитационного поля	Масса		Динамический момент инерции	
T^{-3}		Массовая скорость	Вязкость	Массовый расход	Импульс	Момент импульса	
T^{-4}		Удельный вес Градиент давления	Давление Напряжение	Поверхностное натяжение. Жесткость	Сила	Энергия	Скорость переноса момента импульса
T^{-5}						Мощность	
T^{-6}							Скорость переноса мощности (мобильность)

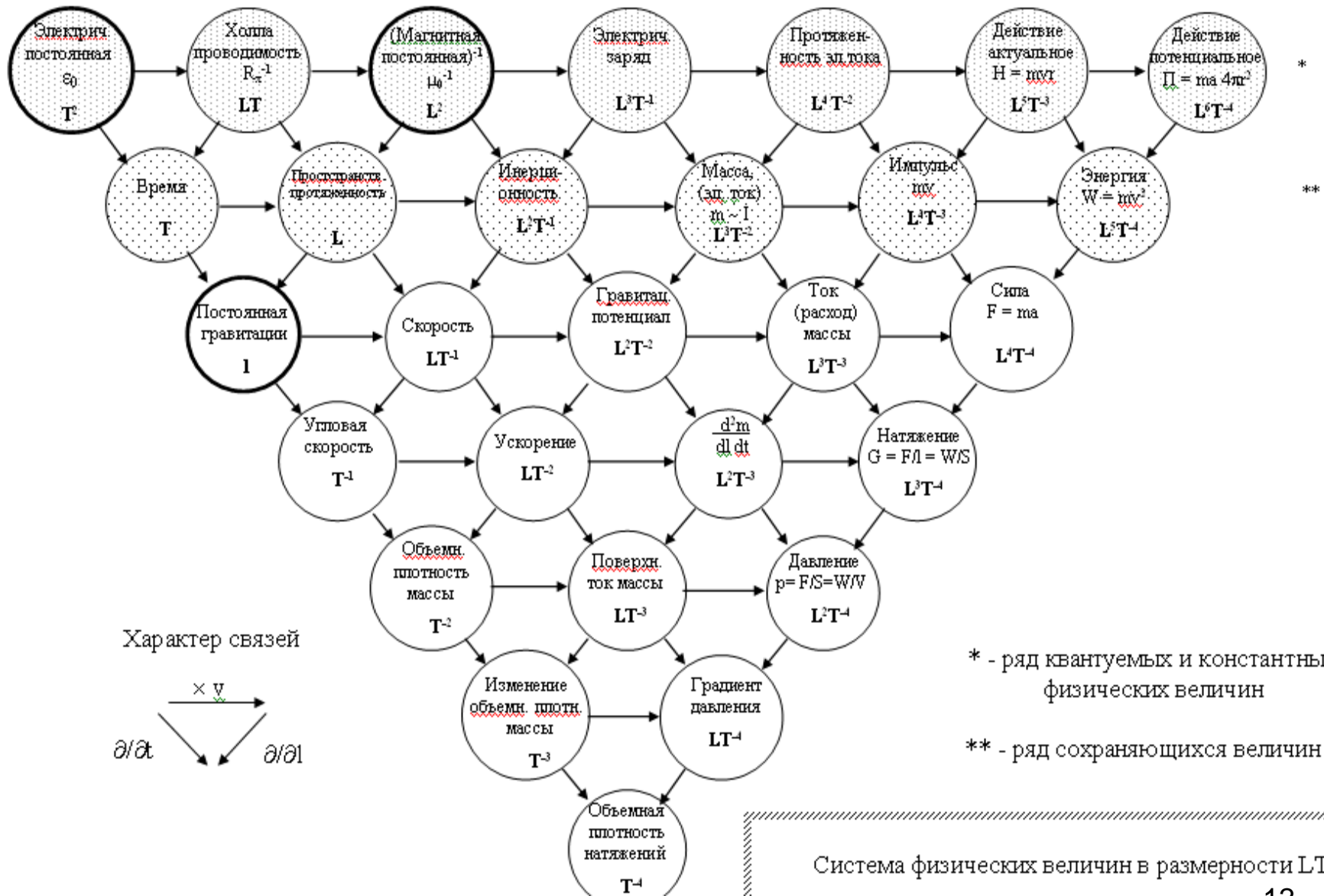
Закон Лапласа

Закон Гука

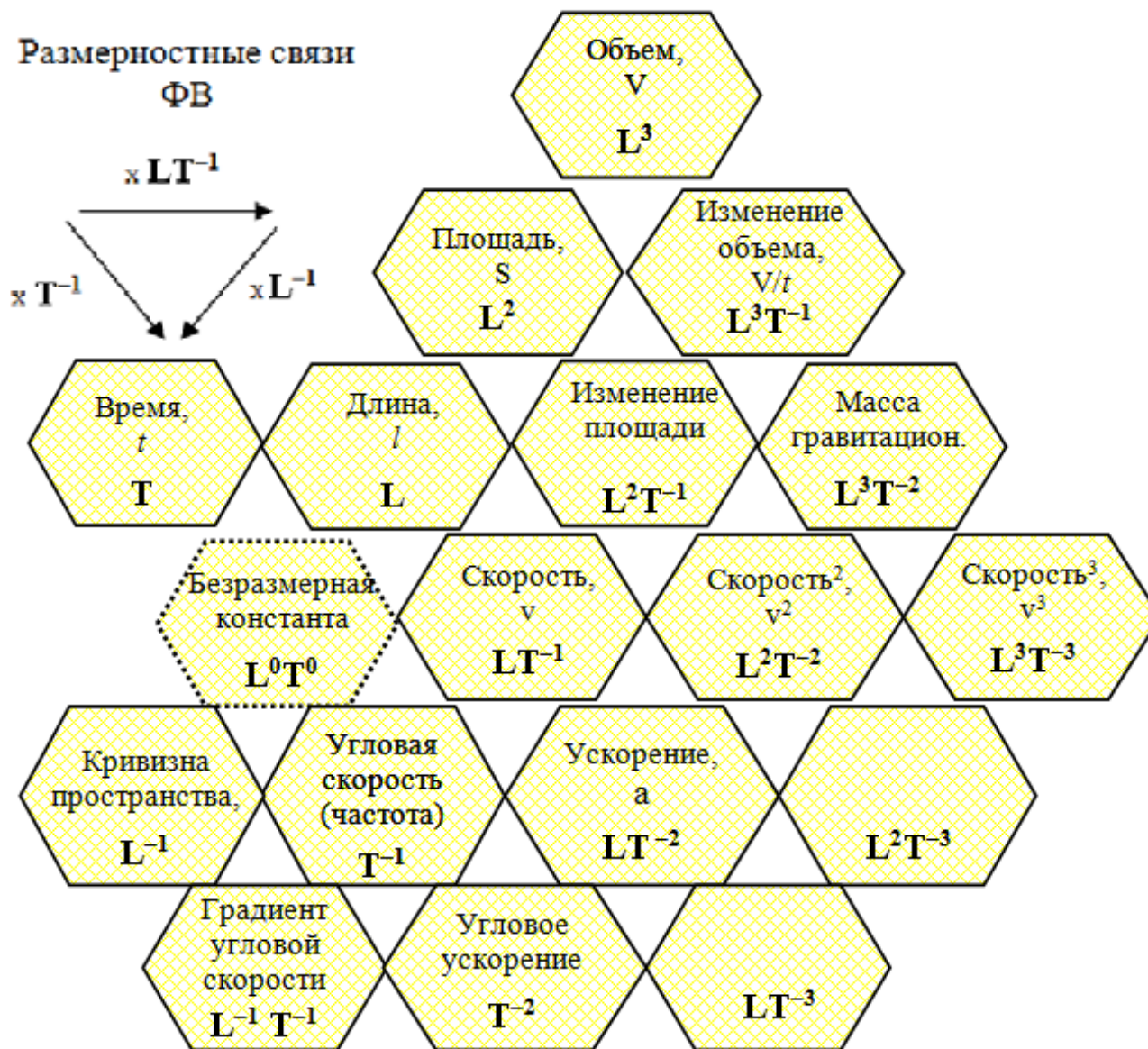
Закон Майера

Закон де Бартини и П.Кузнецова

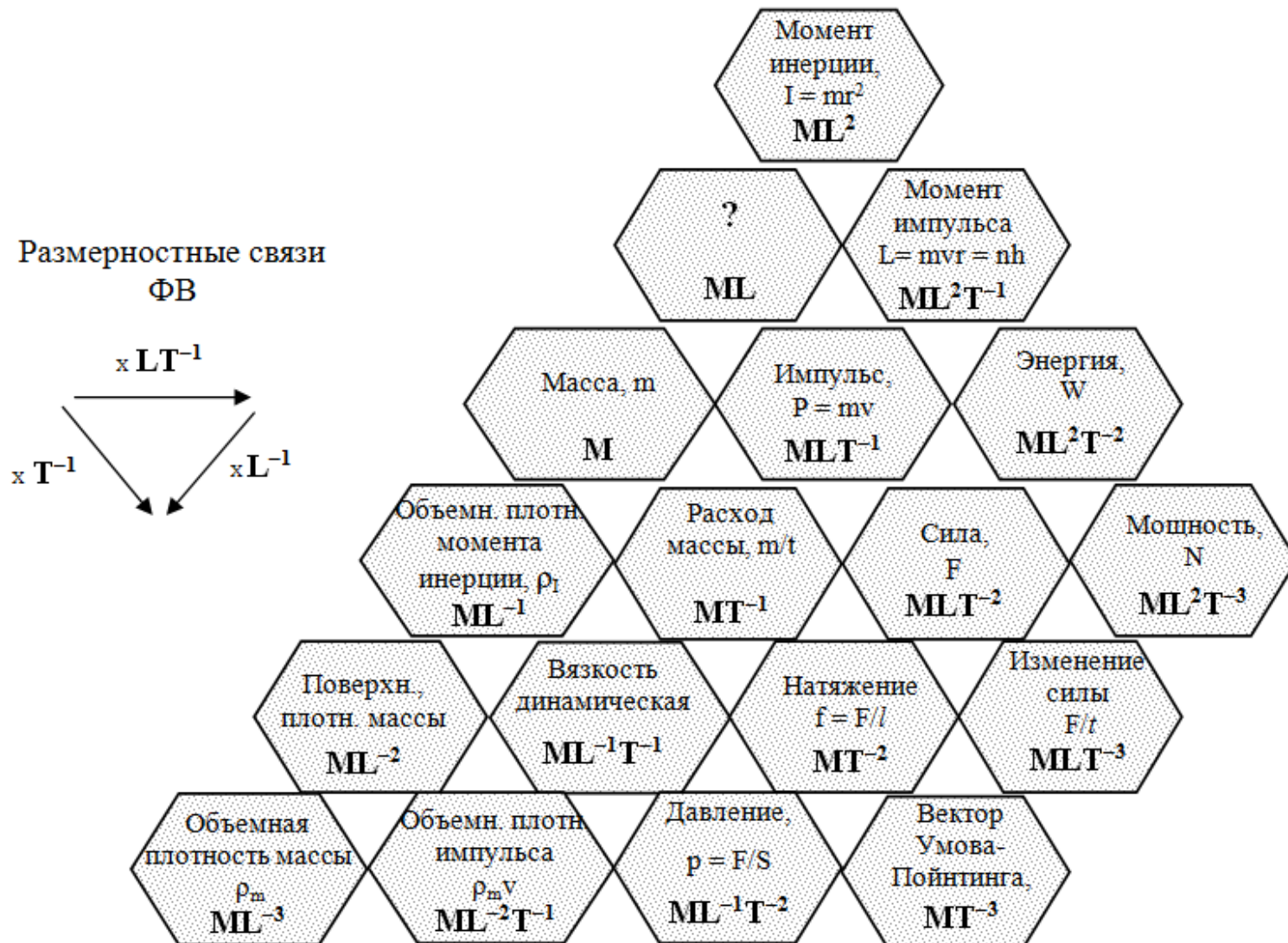
Первый авторский вариант LT- системы А.С. Чуева



Системное расположение кинематических ФВ в размерностях СИ



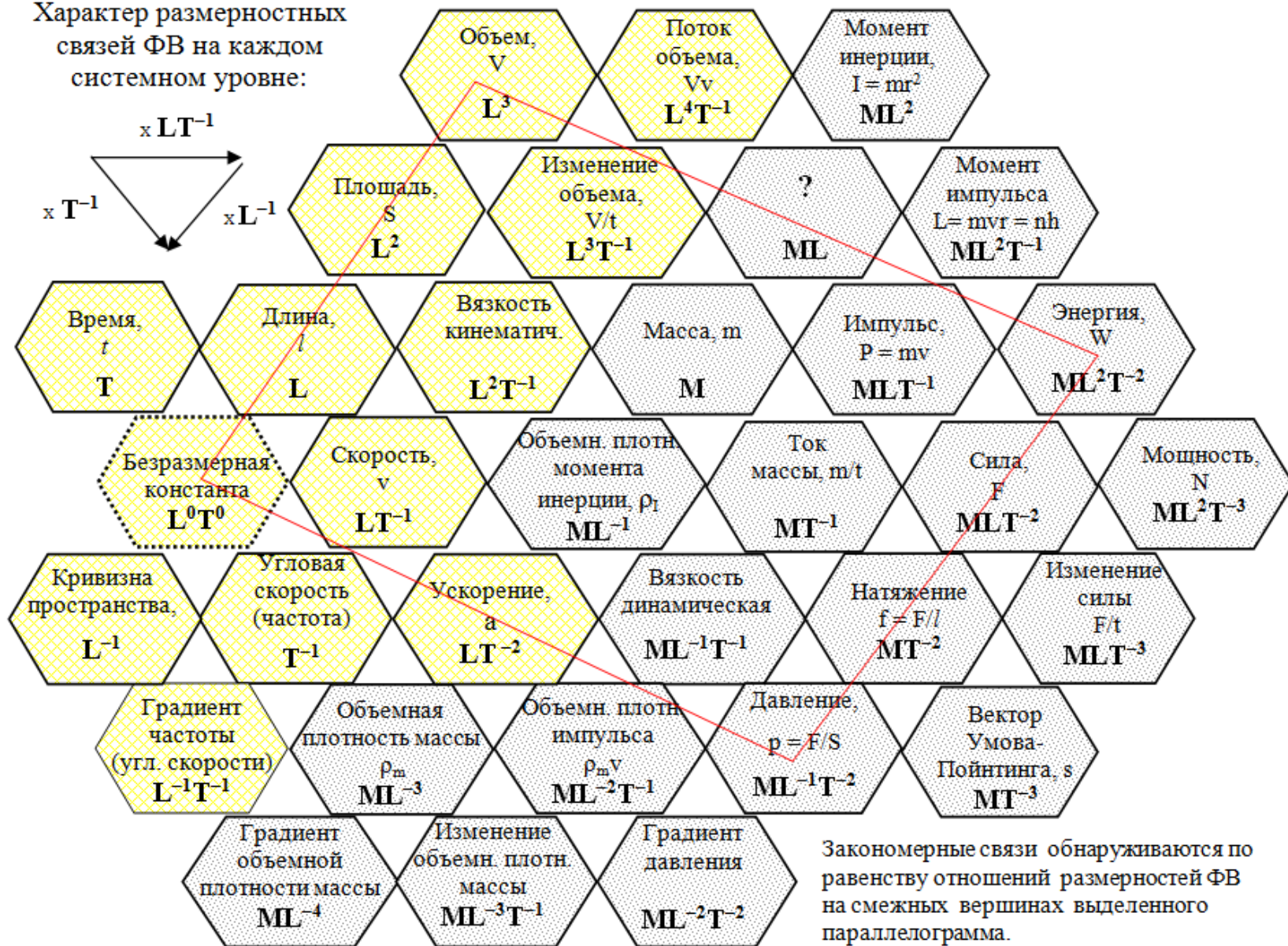
Системное расположение динамических ФВ в размерностях СИ



СИСТЕМА МЕХАНИЧЕСКИХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

(Механические ФВ образуют два системных уровня общих базовых величин)

Характер размерностных связей ФВ на каждом системном уровне:



Архитектура многоуровневой системы физических величин и закономерностей (ФВиЗ)

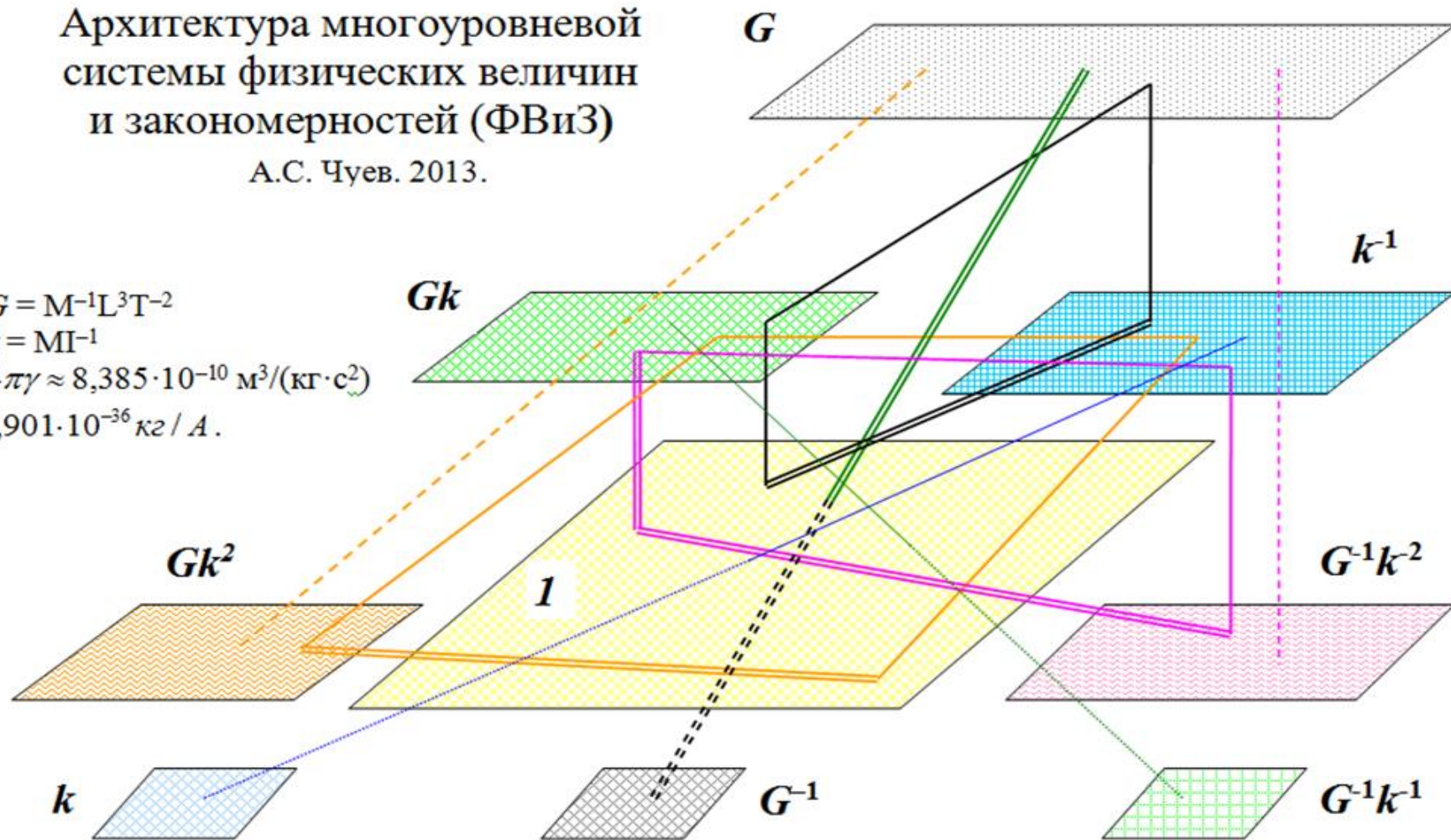
А.С. Чуев. 2013.

$$\dim G = M^{-1}L^3T^{-2}$$

$$\dim k = MI^{-1}$$

$$G = 4\pi\gamma \approx 8,385 \cdot 10^{-10} \text{ М}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$$

$$k \approx 4,901 \cdot 10^{-36} \text{ кг}^2 / \text{А}.$$



Системные уровни и действующие межуровневые связи физических величин:

1 - общие базовые кинематические величины

G - общие базовые динамические величины

G⁻¹ - уровень гравитационной константы

Gk - базовые электромагнитные величины

k⁻¹ - полевые электромагнитные величины

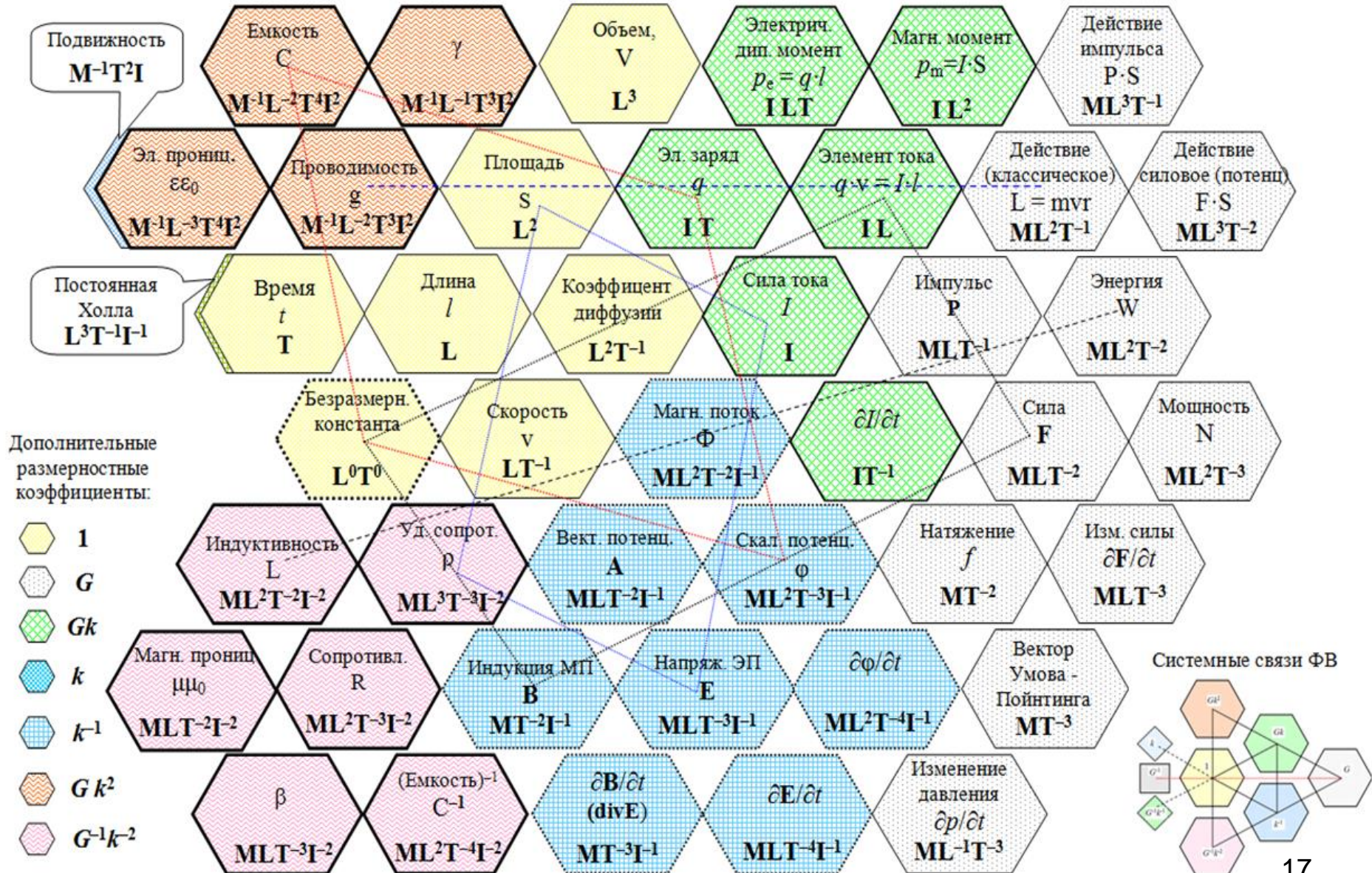
Gk² - структуро-средовые ЭМВ 1 подгруппы

G⁻¹k² - структуро-средовые ЭМВ 2 подгруппы

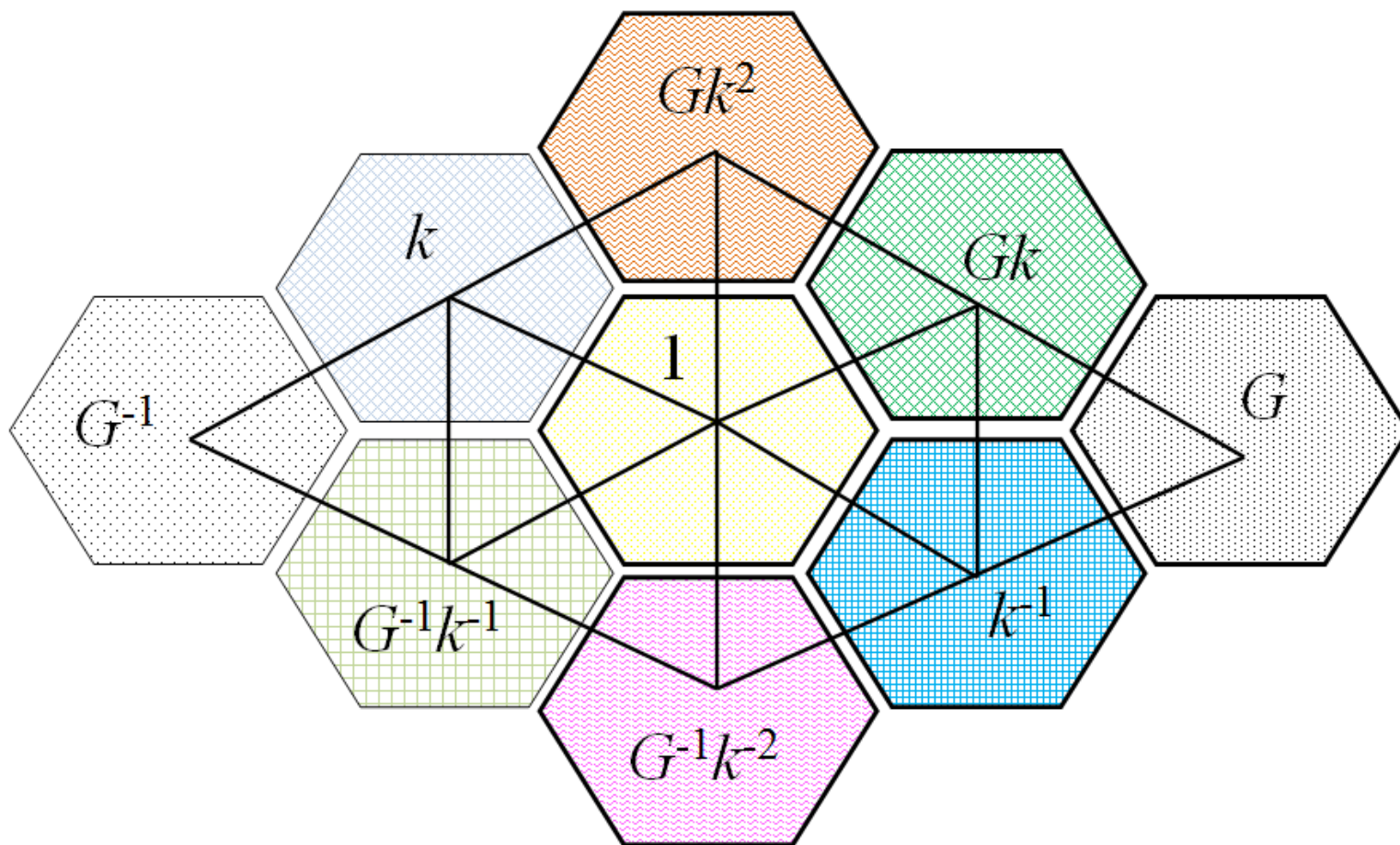
k и **G⁻¹k⁻¹** - дополнительные системные уровни

СИСТЕМА ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ

(преимущественно в сфере электромагнетизма, вариант А.С. Чуева, 2013 г.)

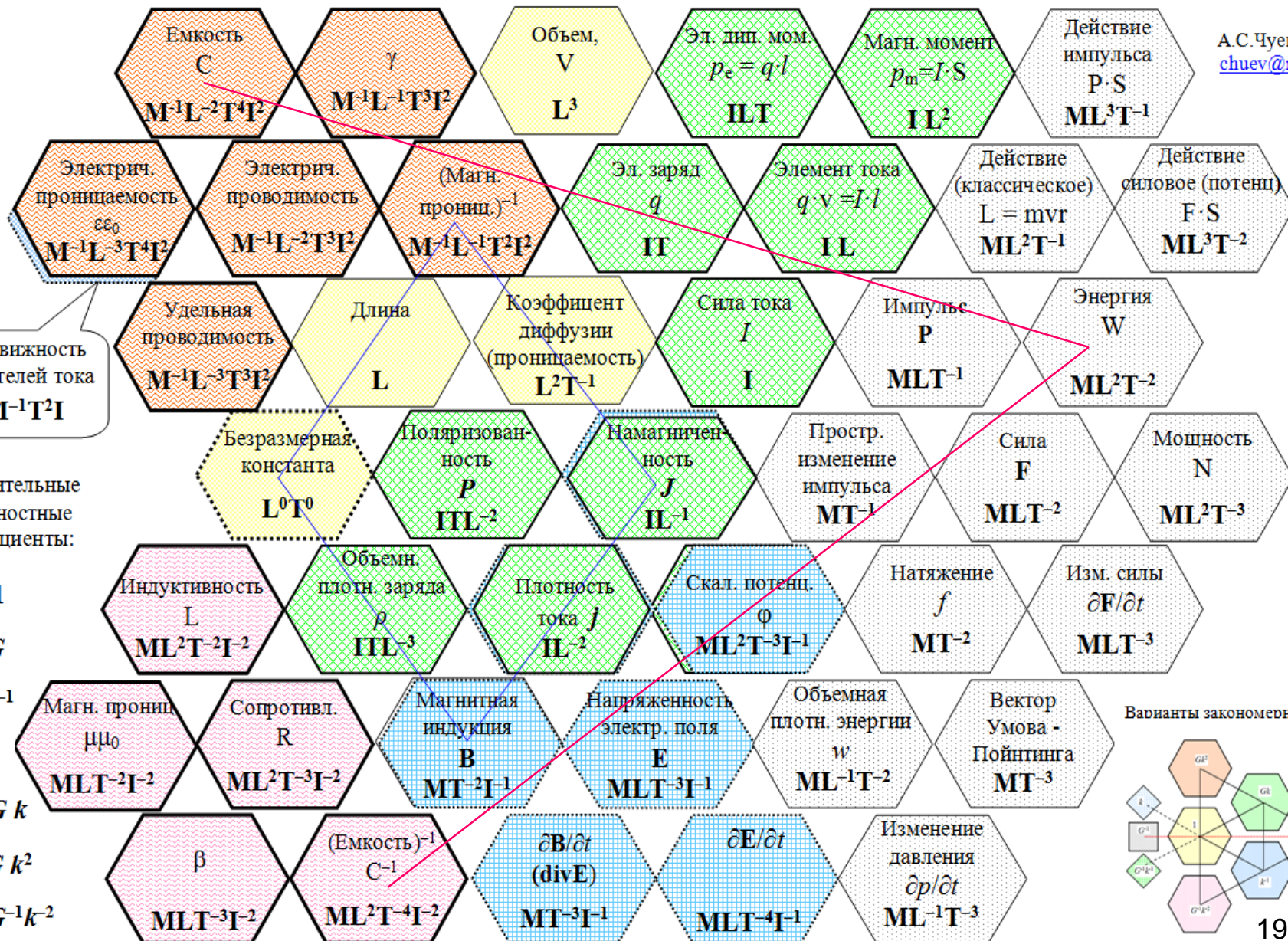


Системные уровни в планарном изображении

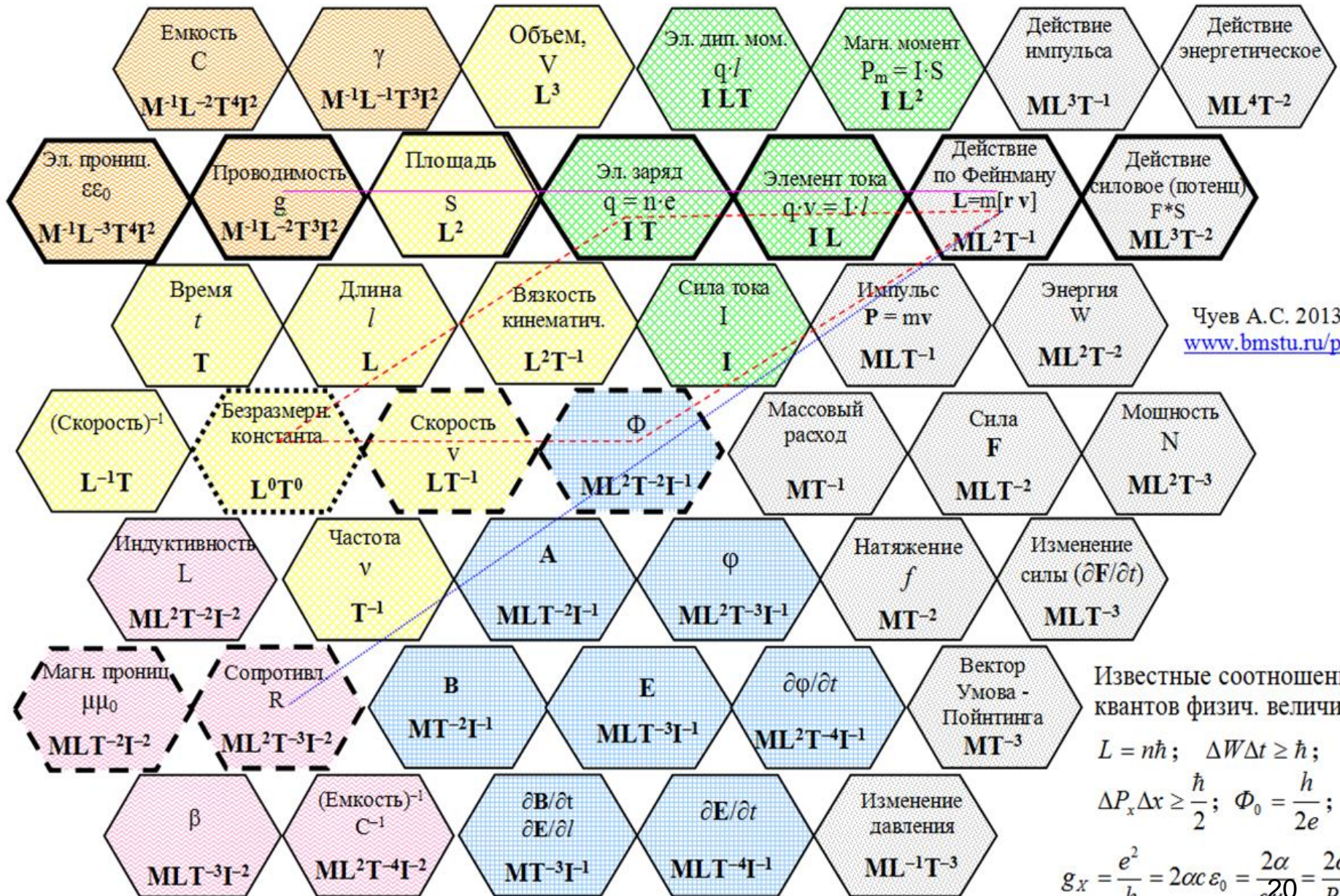


Система электромагнитных величин и их взаимосвязей

А.С.Чуев. 2013
chuev@mail.ru



СИСТЕМНЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ КВАНТУЕМЫХ И КОНСТАНТНЫХ ВЕЛИЧИН



Чуев А.С. 2013
www.bmstu.ru/ps

Известные соотношения квантов физич. величин:

$$L = n\hbar; \quad \Delta W \Delta t \geq \hbar;$$

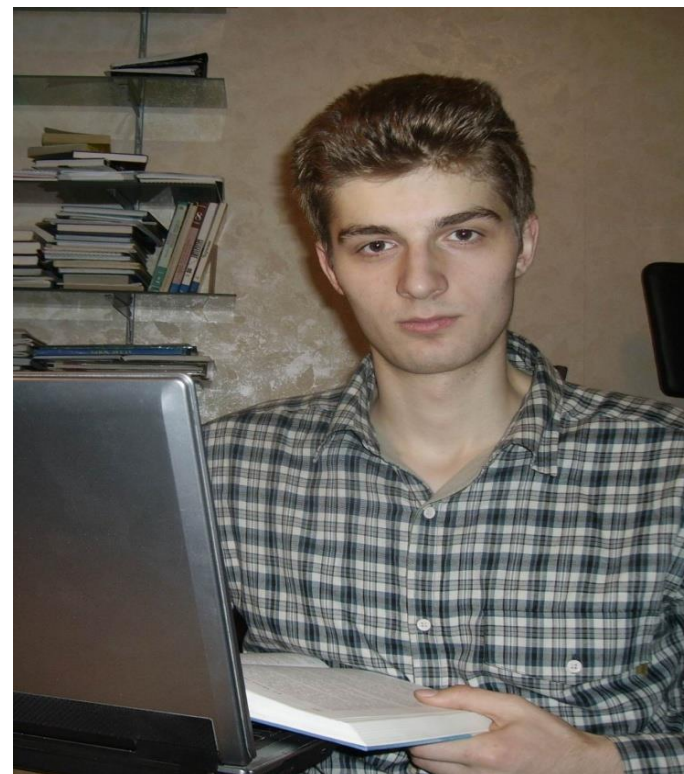
$$\Delta P_x \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}; \quad \Phi_0 = \frac{h}{2e};$$

$$g_x = \frac{e^2}{h} = 2\alpha c \varepsilon_0 = \frac{2\alpha}{c \mu_0} = \frac{2\alpha}{R_B}$$

Система физических величин и закономерностей в электронном представлении



Автор системы
Анатолий Чуев



Автор электронной
программы (в Делфи)
Александр Легейда

СПИСОК ЗАКОНОВ

Фильтр

- Laws that belong to no group
- ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ
- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ
- СИЛОВЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ
- СООТНОШЕНИЯ КВАНТУЕМЫХ ВЕЩЕСТВ
- ПРОЧИЕ СООТНОШЕНИЯ
- ХОЛЛОВСКИЕ СООТНОШЕНИЯ
- НЕИЗВЕСТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ
- ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ

-
-

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ

Энергия заряженной емкости (определение через заряд и емкость)
 Энергия заряженной емкости
 Энергия магнитного потока индуктивности
 Энергия индуктивности с током
 Плотность энергии электрического поля
 Плотность энергии электрического поля
 Плотность энергии эл. поля (вторая формула)
 Объемная плотность энергии эл. поля
 Плотность потока энергии электромагнитного поля
 Плотность потока энергии электромагнитного поля
 Плотность энергии магнитного поля
 Плотность энергии магнитного поля (формула)
 Плотность энергии магнитного поля (формула)
 Мощность тока (определение через напряжение и ток)
 Мощность тока (определение через сопротивление и ток)
 Взаимосвязь мощности и эл. потенциала

СИЛОВЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Закон Кулона
 Сила, действующая на эл. диполь в неоднородном поле
Сила Ампера (Лоренца)
 Сила, действующая на контур с током в магнитном поле
 Мощность, рассеиваемая на сопротивлении
 Работа по перемещению контура с током в магнитном поле

Емкость, C ; ($G^1 k^2$)	$1/(Град. сопротивление)$; ($G^1 k^2$)	Объем пространства, V ; ($G^0 k^0$)	Поток объема, Vv ; ($G^0 k^0$)	Момент-инерции, I ; ($G^1 k^0$)	Изосимптульная поверхность, S_p ; ($G^1 k^0$)	Изосимптульная поверхность, S_p ; ($G^1 k^0$)
Диэлектрическая емкость, ϵ_0	Проводимость, g ; ($G^1 k^2$)	$1/Магн. прониц.$; ($G^1 k^2$)	Заряд электрический, q ; ($G^1 k^1$)	Элемент эл. тока, $Il=qv$; ($G^1 k^0$)	Действие актуальное (энтропия), L ; ($G^1 k^0$)	Действие потенциальное, L ; ($G^1 k^0$)
Время, t ; ($G^0 k^0$)	Индуктивность L^{-1} ; ($G^1 k^2$)	Линейная плотность эл. заряда, λ ; ($G^1 k^1$)	Сила эл. тока, I ; ($G^1 k^1$)	Импульс, P ; ($G^1 k^0$)	Энергия, W ; ($G^1 k^0$)	Поток энергии, Wv ; ($G^1 k^0$)
Частота, ν^{-1} ; ($G^0 k^0$)	БЕЗРАЗМЕРНАЯ КОНСТАНТА; ($G^0 k^0$)	Индукция-эл.-поля, D ; ($G^1 k^1$)	Магнитный поток, Φ ; ($G^0 k^1$)	Ток (вращение) массы, dm/dt ; ($G^1 k^0$)	Сила, F ; ($G^1 k^0$)	Мощность, N ; ($G^1 k^0$)
Индуктивность, L ; ($G^{-1} k^{-2}$)	Удельное сопротивление, ρ ; ($G^{-1} k^{-2}$)	Векторный потенциал, A ; ($G^0 k^{-1}$)	Скалярный электрический потенциал, ϕ ; ($G^0 k^{-1}$)	Напряжение, f ; ($G^1 k^0$)	Изменение силы, dF/dt ; ($G^1 k^0$)	Изменение мощности, dN/dt ; ($G^1 k^0$)
Диэлектрическая емкость, ϵ	Сопротивление, R ; ($G^{-1} k^{-2}$)	Индукция магн. поля, B ; ($G^0 k^{-1}$)	Напряженность эл. поля, E ; ($G^0 k^{-1}$)	Давление (объемн. плотн. энергии), p ; ($G^1 k^0$)	Вектор Пойнтинга, S_p ; ($G^1 k^0$)	Квадрат эл.к. потенциала, ϕ^2 ; ($G^1 k^0$)
Градиент сопротивления, $(G^{-1} k^{-2})$	Емкость C^{-1} , C^{-1} ; ($G^{-1} k^{-2}$)	Градиент или ротор E ; (изменение B); ($G^0 k^{-1}$)	Изменение напряженности эл. поля, dE/dt ; ($G^0 k^{-1}$)	Изменение давления, dp/dt ; ($G^1 k^0$)	Изменение вектора Пойнтинга; ($G^1 k^0$)	Изменение вектора Пойнтинга; ($G^1 k^0$)
Частота, ω/V ; ($G^0 k^0$)	$1/(емкость * длина)$; ($G^{-1} k^{-2}$)	$1/(емкость * время)$; ($G^{-1} k^{-2}$)	Квадрат магнитной индукции, B^2 ; ($G^0 k^{-1}$)	Изм. объемн. плотн. силы, $(G^1 k^0)$	Сила Ампера (Лоренца) $F=qvB$	Изм. объемн. плотн. силы, $(G^1 k^0)$

Список законов

Фильтр

- Laws that belong to no group
- ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ
- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ
- СИЛОВЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ
- СООТНОШЕНИЯ КВАНТУЕМЫХ ВЕЛИЧИН
- ПРОЧИЕ СООТНОШЕНИЯ
- ХОЛЛОВСКИЕ СООТНОШЕНИЯ
- НЕИЗВЕСТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ
- ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ

Энергия заряженной емкости (определенная через заряд и потенциал)

Энергия заряженной емкости

Энергия магнитного потока индуктивности

Энергия индуктивности с током

Плотность энергии электрического поля

Плотность энергии электрического поля

Плотность энергии эл. поля (вторая позиция)

Объемная плотность энергии эл. поля (через напряженность)

Плотность потока энергии электромагнитного поля

Плотность потока энергии электромагнитного поля

Плотность энергии магнитного поля (через индукцию)

Плотность энергии магнитного поля (через напряженность)

Мощность тока (определение через напряжение и силу тока)

Мощность тока (определение через проводимость и напряжение)

Взаимосвязь мощности и эл. потенциала

СИЛОВЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Закон Кулона

Сила, действующая на эл. диполь в неоднородном поле

Сила Ампера (Лоренца)

Сила, действующая на контур с током в магнитном поле

Мощность, рассеиваемая на сопротивлении

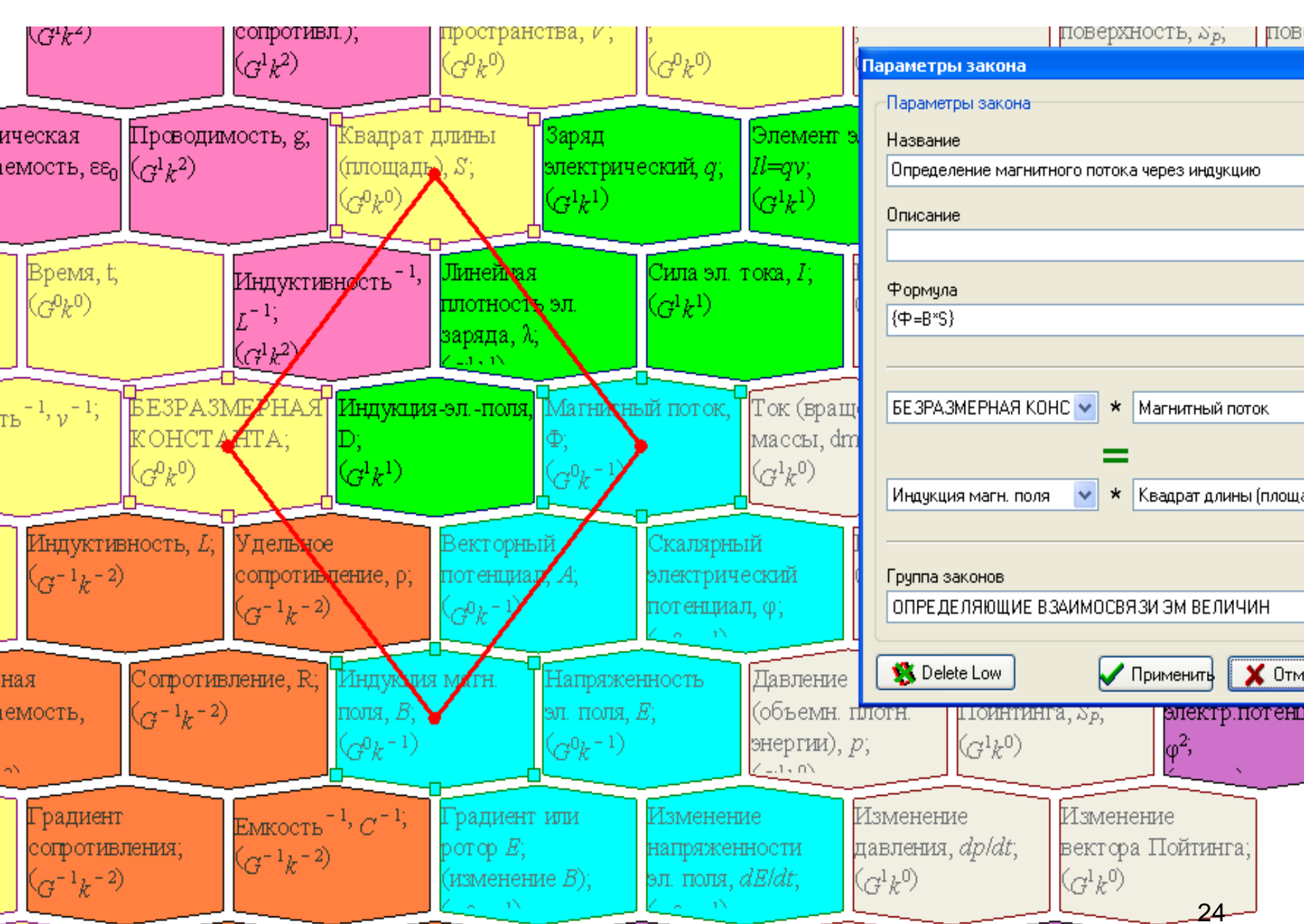
Работа по перемещению контура с током в магнитном поле

Энергия емкости (малознаемое соотношение)

Диэлектрическая проницаемость, ϵ_0 (G^1k^2)	Проводимость, g (G^1k^2)	1/Магн. прониц.; (G^1k^2)	Заряд электрический, q , (G^1k^1)	Элемент эл. тока, $I=qu$, (G^1k^1)	Действие фактуальное (энтропия), L , (G^1k^0)	Действие фактуальное (энтропия), L , (G^1k^0)
Время, t , (G^0k^0)	Длина, l , (G^0k^0)	Линейная плотность эл. заряда, λ , (G^1k^1)	Масса, m , (G^1k^0)	Импульс, P , (G^1k^0)	Энергия, W , (G^1k^0)	Энергия, W , (G^1k^0)
Число, ν^{-1} , (G^0k^0)	БЕЗРАЗМЕРНАЯ КОНСТАНТА, (G^0k^0)	Скорость, v , (G^0k^0)	Отношение массы к длине, (G^1k^0)	Ток (вращение) массы, dm/dt , (G^1k^0)	Сила, F , (G^1k^0)	Мощность, P , (G^1k^0)
Индуктивность, L , ($G^{-1}k^{-2}$)	Удельное сопротивление, ρ , ($G^{-1}k^{-2}$)	Векторный потенциал, A , (G^0k^{-1})	Скалярный электрический потенциал, φ , (G^0k^{-1})	Напряжение, f , (G^1k^0)	Изменение силы, dF/dt , (G^1k^0)	Изменение силы, dF/dt , (G^1k^0)
Сопротивление, R , ($G^{-1}k^{-2}$)	Индукция магн. поля, B , (G^0k^{-1})	Напряженность эл. поля, E , (G^0k^{-1})	Давление (объемн. плотн. энергии), p , (G^1k^0)	Вектор Пойнтинга, S_F , (G^1k^0)	Квадрат электрического поля, φ^2 , (G^0k^{-2})	Квадрат электрического поля, φ^2 , (G^0k^{-2})
Градиент сопротивления, ($G^{-1}k^{-2}$)	Емкость C^{-1} , C^{-1} , ($G^{-1}k^{-2}$)	Градиент или ротор E , (изменение) (G^0k^{-1})	Изменение	Изменение	Изменение вектора Пойнтинга, (G^1k^0)	Изменение вектора Пойнтинга, (G^1k^0)
1/(емкость*длина), ($G^{-1}k^{-2}$)	1/(емкость*время), ($G^{-1}k^{-2}$)	К	М	М	М	М

Энергия заряженной емкости (определенная через заряд и потенциал)

$$W = \frac{CU^2}{2}$$



Параметры закона

Параметры закона

Название

Описание

Формула

* = *

Группа законов

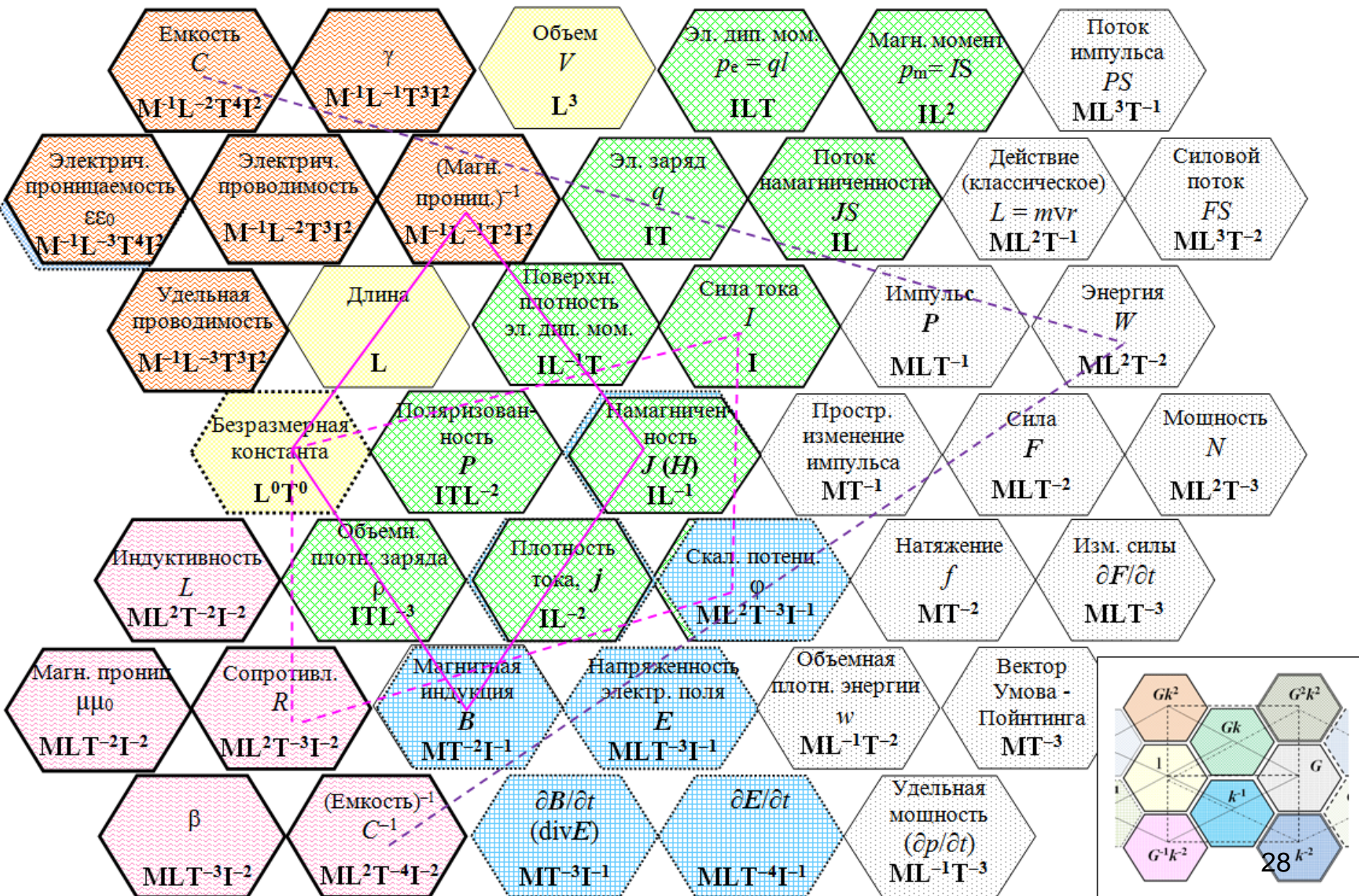
Программу, инструкцию пользователя к программе и дополнительные поясняющие материалы можно скачать с персональной странички Чуева А.С.:

<http://www.bmstu.ru/ps/~chuev/>

- Из письма академика М.А. Леонтовича в журнал «Вестник РАН»: «Поскольку же единицей силы тока выбран ампер (десятикратный электромагнитной СГС единицы), то это может быть согласовано только путем введения совершенно искусственных, не имеющих физического смысла двух констант электрической и магнитной проницаемости вакуума...
- Можно утверждать, что система СИ в отношении электрических и магнитных величин не соответствует **современной физической теории** и не удовлетворяет, таким образом, указанным выше общим принципиальным требованиям...
- Система СИ не сможет войти в физику вместо СГС. Физики будут и должны продолжать пользоваться системой СГС».

- **Д.В. Сивухин:** «**Дух отживших физических представлений витает над системой СИ.** В частности, он повлиял на терминологию: первоначально величины и назывались *диэлектрической* и *магнитной проницаемостями* вакуума. Только полная бессодержательность таких понятий заставила отказаться от этих терминов и заменить их нейтральными терминами *электрическая* и *магнитная постоянные*. От этого, конечно, величины не сделались содержательными. **Эти ненужные величины засоряют физику и загромождают формулы.**
- Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что для восстановления принципа инвариантности формы записи законов физики в области электромагнетизма, **необходимо исключить из уравнений размерные коэффициенты ϵ_0 и μ_0** ».

Электромагнитные величины в системе ФВчЗ



Вариант системы физических величин и закономерностей (на базе действующей системы единиц СГС)

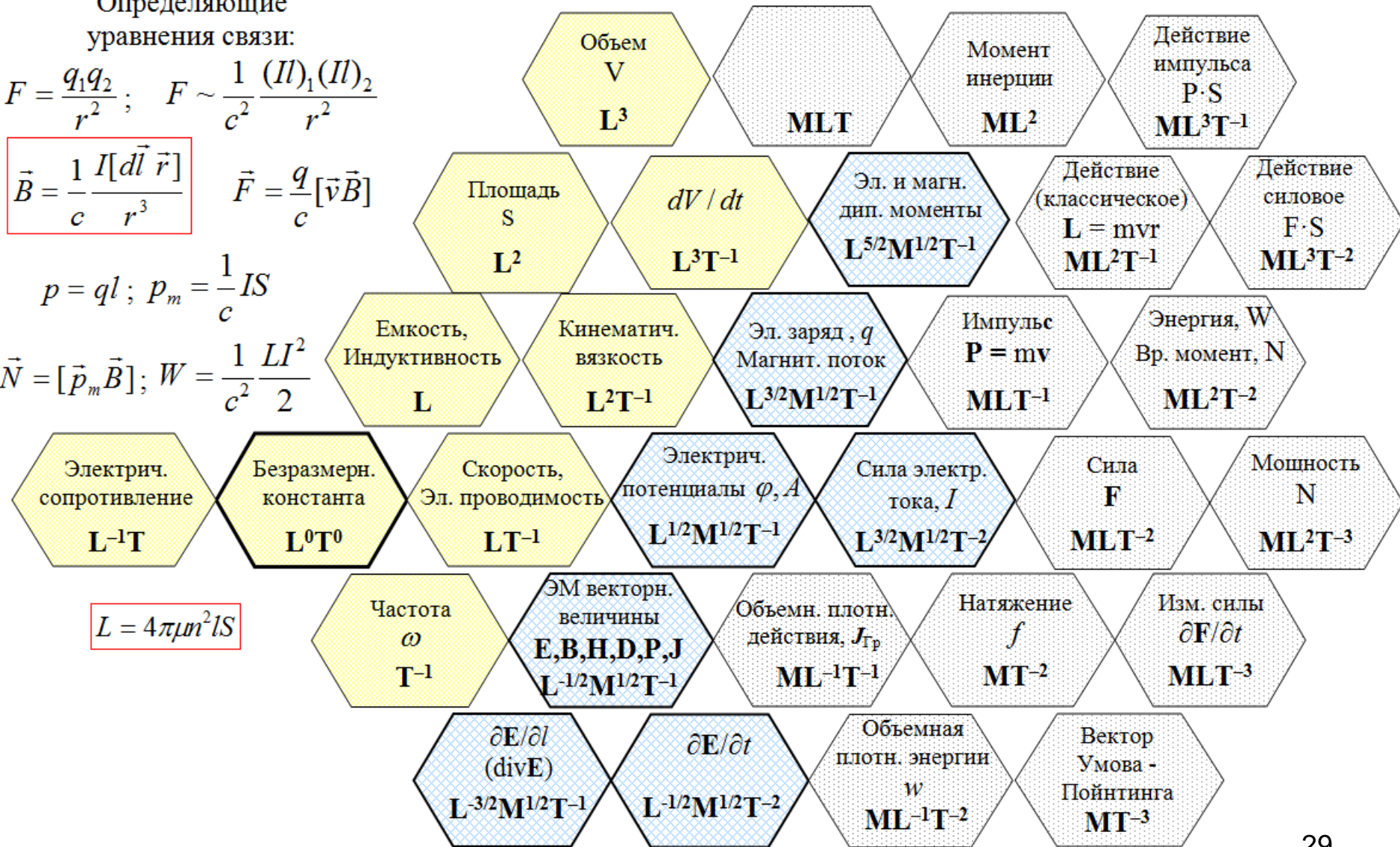
Определяющие уравнения связи:

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2}; \quad F \sim \frac{1}{c^2} \frac{(Il)_1 (Il)_2}{r^2}$$

$$\vec{B} = \frac{1}{c} \frac{I[d\vec{l} \times \vec{r}]}{r^3}; \quad \vec{F} = \frac{q}{c} [\vec{v} \times \vec{B}]$$

$$p = ql; \quad p_m = \frac{1}{c} IS$$

$$\vec{N} = [\vec{p}_m \vec{B}]; \quad W = \frac{1}{c^2} \frac{LI^2}{2}$$



$$L = 4\pi\mu n^2 l S$$

Брянский: Я нигде не смог найти источников этой ситуации. Начальные навыки существования в рыночной системе формулируют естественный вопрос — кто лоббировал системы СГС, кому они были выгодны? Жертвую эту тему будущему историку метрологии. Ситуация, воистину, странная. Одновременно действует метрическая система с основными единицами: метр и килограмм и созвездие систем СГС с соответствующими единицами: сантиметр и грамм. Причем никто даже не пытается создать эталоны (меры) сантиметра и грамма (ясно, что они получатся менее точными, чем метрические). Говоря грубо, системы СГС паразитируют на метрической.

Брянский: Я не ставлю перед собой задачу рассмотрения достоинств и недостатков систем СГС. Скажу только, что они широко применяются в научной практике. Но они менее пригодны, чем СИ в практической деятельности.

Вот это бифуркация так бифуркация! Рожденный ею параллельный метрологический мир существует уже более ста лет. И непонятно, что с ним делать. Я уже сказал, что ряд ученых предпочитал СГС СИ. Существуют многочисленные монографии по физике, радиотехнике, различным областям метрологии и т.п., написанные выдающимися деятелями науки и техники и базирующиеся на СГС. Никто не будет перерабатывать их на СИ, тем более, что многие из этих людей покинули наш бренный мир.

Брянский: Далее, метрологи, приборостроители, инженеры всех специальностей, получившие образование в середине прошлого века и «впитавшие» положения систем СГС, продолжают активно трудиться. Более того, часть из них занимается преподавательской деятельностью. А старые привычки очень живучи. Так, что, скорее всего, это состояние продлится еще лет десять, если не двадцать. Такова жизнь».

Из публикации «Бифуркации и жизнь». КИПиС. 2008 № 5.

По этому прогнозу системе СГС осталось жить ~ 10 лет

Конец презентации