

# Лабораторная работа Э-27

## **«ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМНЫХ РАЗМЕРНОСТНЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВЕЛИЧИН»**

*А.С. Чуев, Н.А. Задорожный*

**МГТУ им. Н.Э. Баумана, ФН-4**

Понимать означает всегда только одно:  
познавать взаимосвязи...

*Гейзенберг*

# О СИСТЕМЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

- Теперь мы должны обратить внимание на поиск **СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**. Эта система физических величин, если она будет определена правильно, должна породить **СИСТЕМУ ЗАКОНОВ ФИЗИКИ**

Из работ Р. Бартини

# Основные и дополнительные единицы СИ

№	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	А	I
5	Термодинамическая температура	$T$	кельвин	К	$\Theta$
6	Количество вещества	$n, \nu$	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	$\omega, \Omega$	стерадиан	ср	1

# Представление массы в LT- размерности

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

*Это следует из уравнений:*

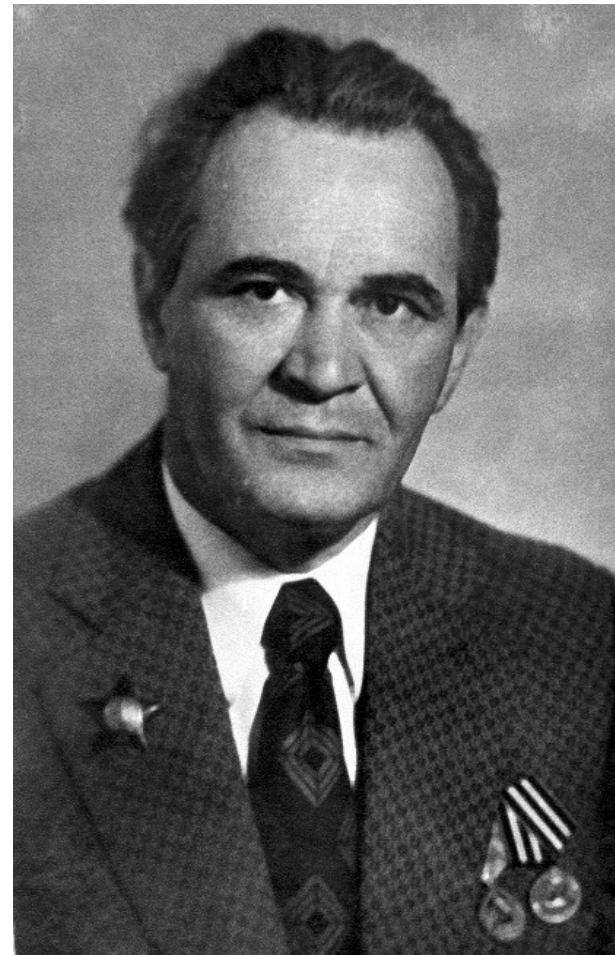
$$ma=G \cdot mM/r^2$$

$$M=4\pi r^2 \cdot E_{\text{ГР}}$$

# Первые советские исследователи LT- системы физических величин



Роберто Орос ди Бартини



Побиск Георгиевич Кузнецов

# Важнейшие физические величины и их характеристики

№	Наименование ФВ	Обозначение или уравнение связи	Ед. измерения	Размерность	
				СИ	ЛТ
12	Площадь	$S$	метр <sup>2</sup> , (м <sup>2</sup> )	L <sup>2</sup>	L <sup>2</sup>
13	Объем	$V$	метр <sup>3</sup> , (м <sup>3</sup> )	L <sup>3</sup>	L <sup>3</sup>
14	Плотность	$\rho_m$	кг/м <sup>3</sup>	ML <sup>-3</sup>	T <sup>-2</sup>
15	Импульс (количество движения)	$P = mv$	кг·м/с	MLT <sup>-1</sup>	L <sup>4</sup> T <sup>-3</sup>
16	Момент импульса	$L = mvr$	кг·м <sup>2</sup> /с	ML <sup>2</sup> T <sup>-1</sup>	L <sup>5</sup> T <sup>-3</sup>
17	Натяжение (жесткость)	$f = F/l = W/S$	Н/м	MT <sup>-2</sup>	L <sup>3</sup> T <sup>-4</sup>
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 <sup>2</sup> T <sup>-2</sup> I <sup>-1</sup>	
4*	Эл. сопротивление	$R = U / I$	ом, (Ом)	M L <sup>2</sup> T <sup>-3</sup> I <sup>-2</sup>	

# 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	<b>Масса</b>	$m$	килограмм, (кг)	<b>M</b>	<b><math>L^3T^{-2}</math></b>
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)	$ML^{-1}T^{-2}$	$L^4T^{-2}$

# 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**

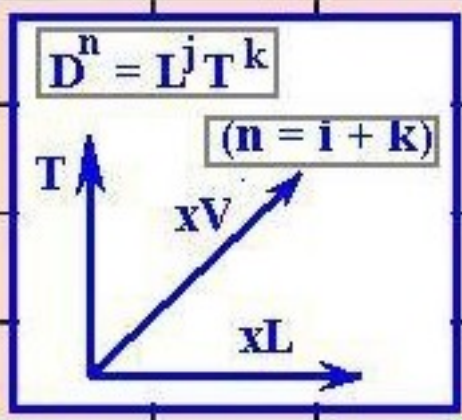
**Закон Гука**

**Закон Майера**

**Закон де Бартини и П.Кузнецова**

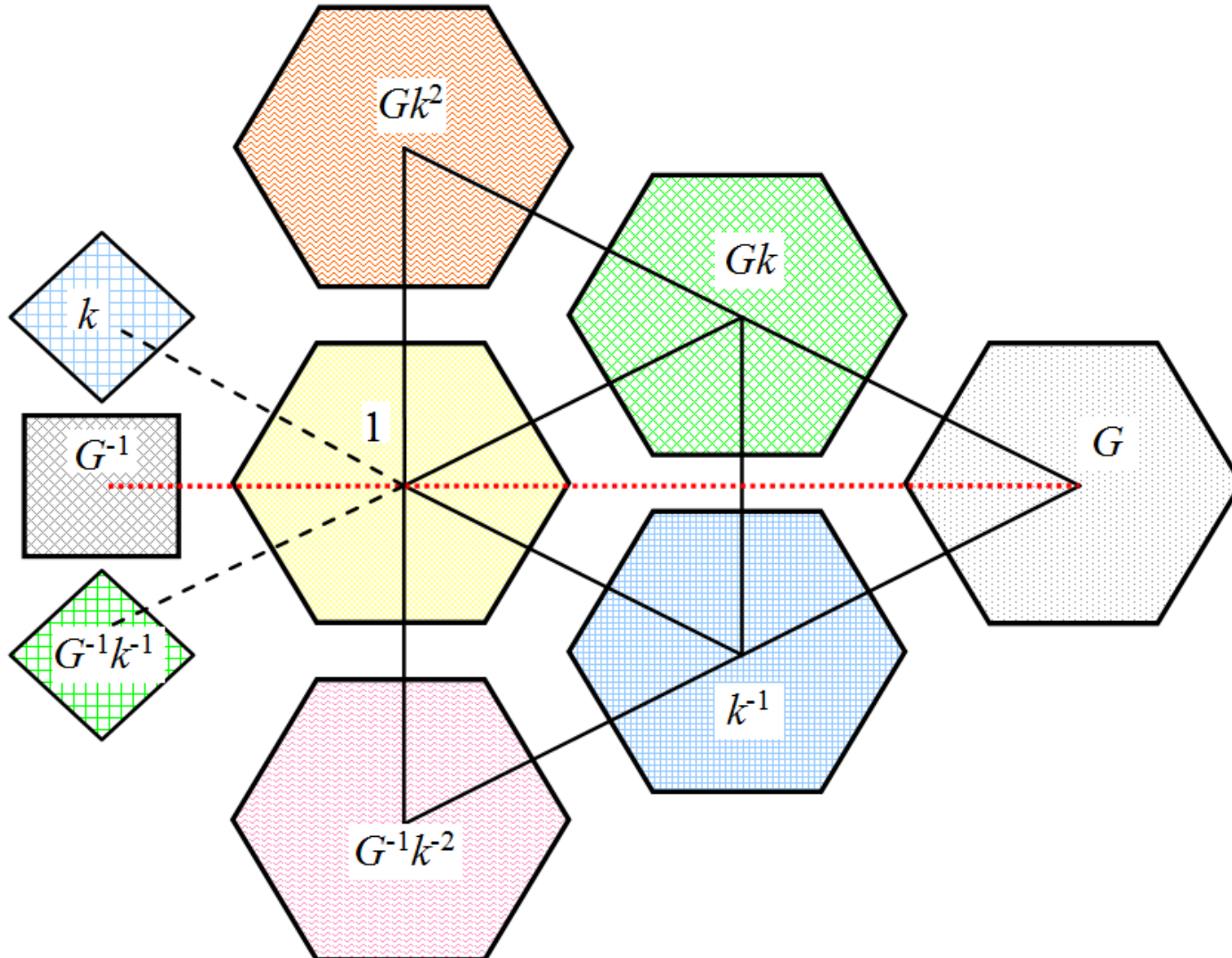
$L^{-3}$     $L^{-2}$     $L^{-1}$     $L^0$     $L^1$     $L^2$     $L^3$     $L^4$     $L^5$     $L^6$

$T^{-6}$	<b>Главная дименсиональная последовательность</b>						$L^3 T^{-6}$	$L^4 T^{-6}$	Изменение мощности	Скорость передачи мощности
$T^{-5}$					Изменение давления	Поверхностная мощность	Скорость изменения силы	Мощность	Скорость передачи энергии	
$T^{-4}$		$D^n = \pm 3$		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 магнитизма 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	<b>Дименсиональный объем</b>	
$T^0$	$L^{-3} T^0$	$L^{-2} T^0$	Изменение проводимости	Безразмерные константы	Длина Емкость Саминдукция	Поверхность	Объем простран- ственный			
$T^1$	$L^{-3} T^1$	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						



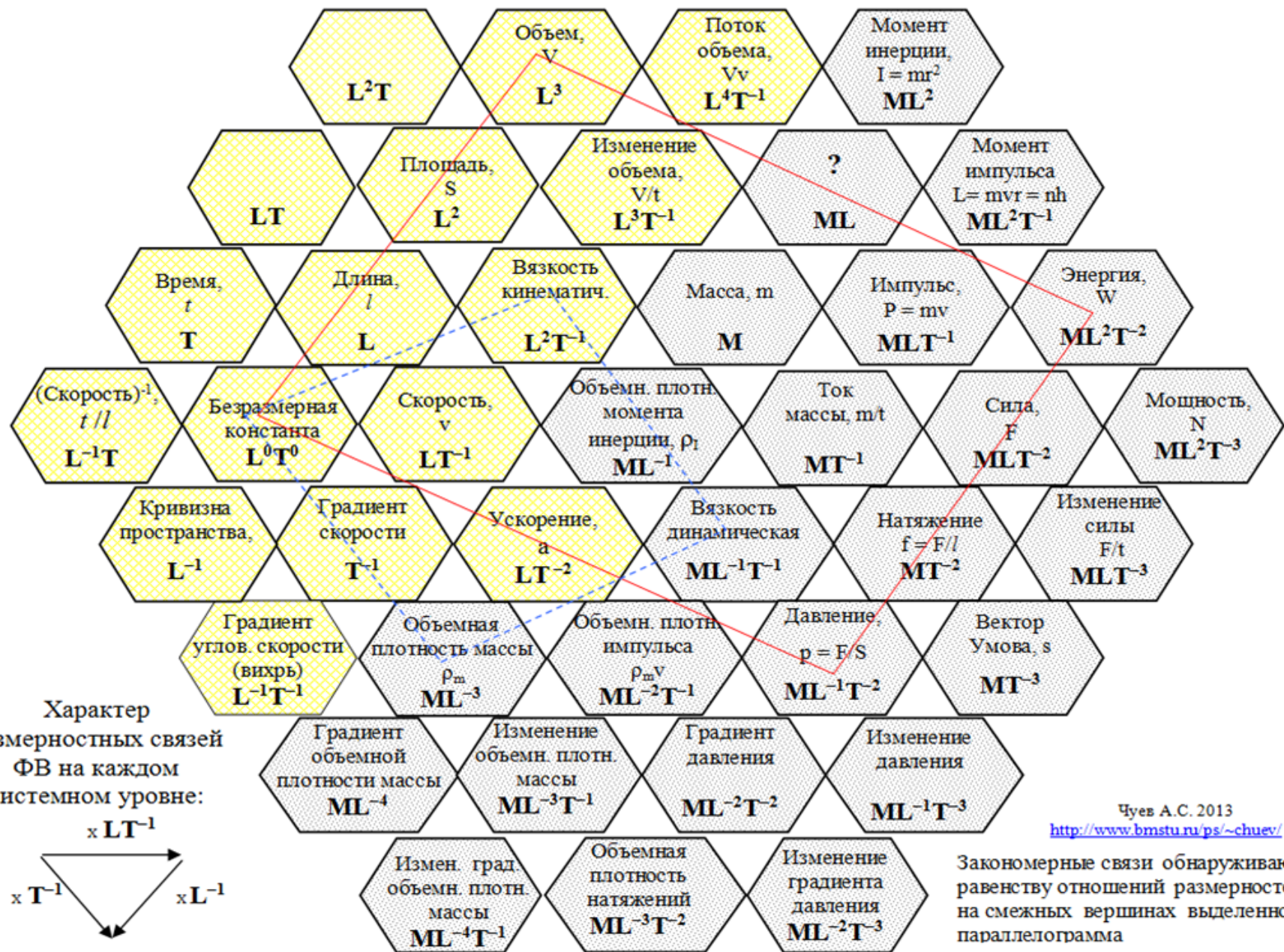


# Расположение структурных уровней системы ФВиЗ в планарном изображении



# СИСТЕМА МЕХАНИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

(два системных уровня: кинематические и динамические ФВ)

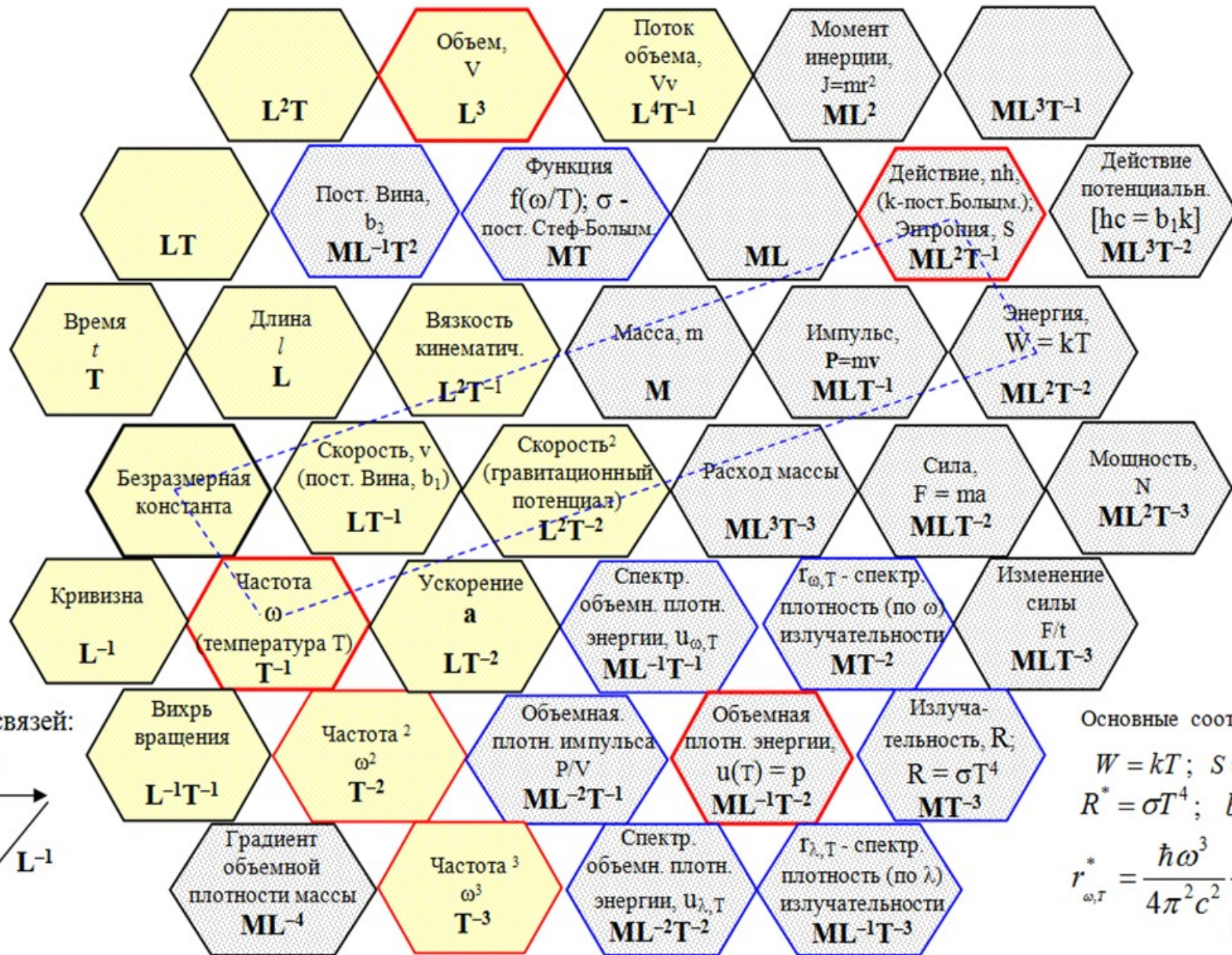


Чуев А.С. 2013

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

# СИСТЕМА ТЕПЛОВЫХ И ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН

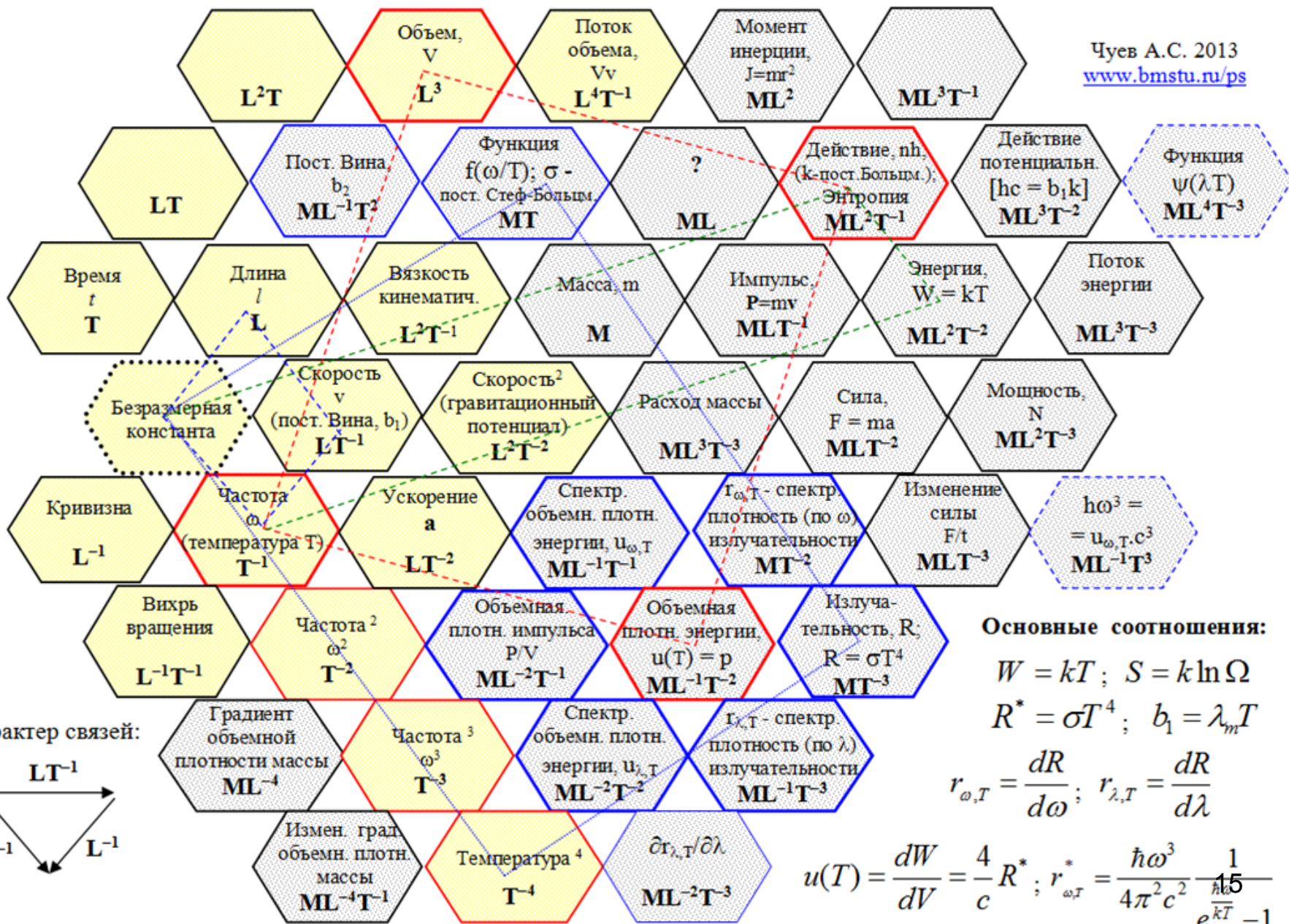
(Размерности температуры и частоты приняты совпадающими)



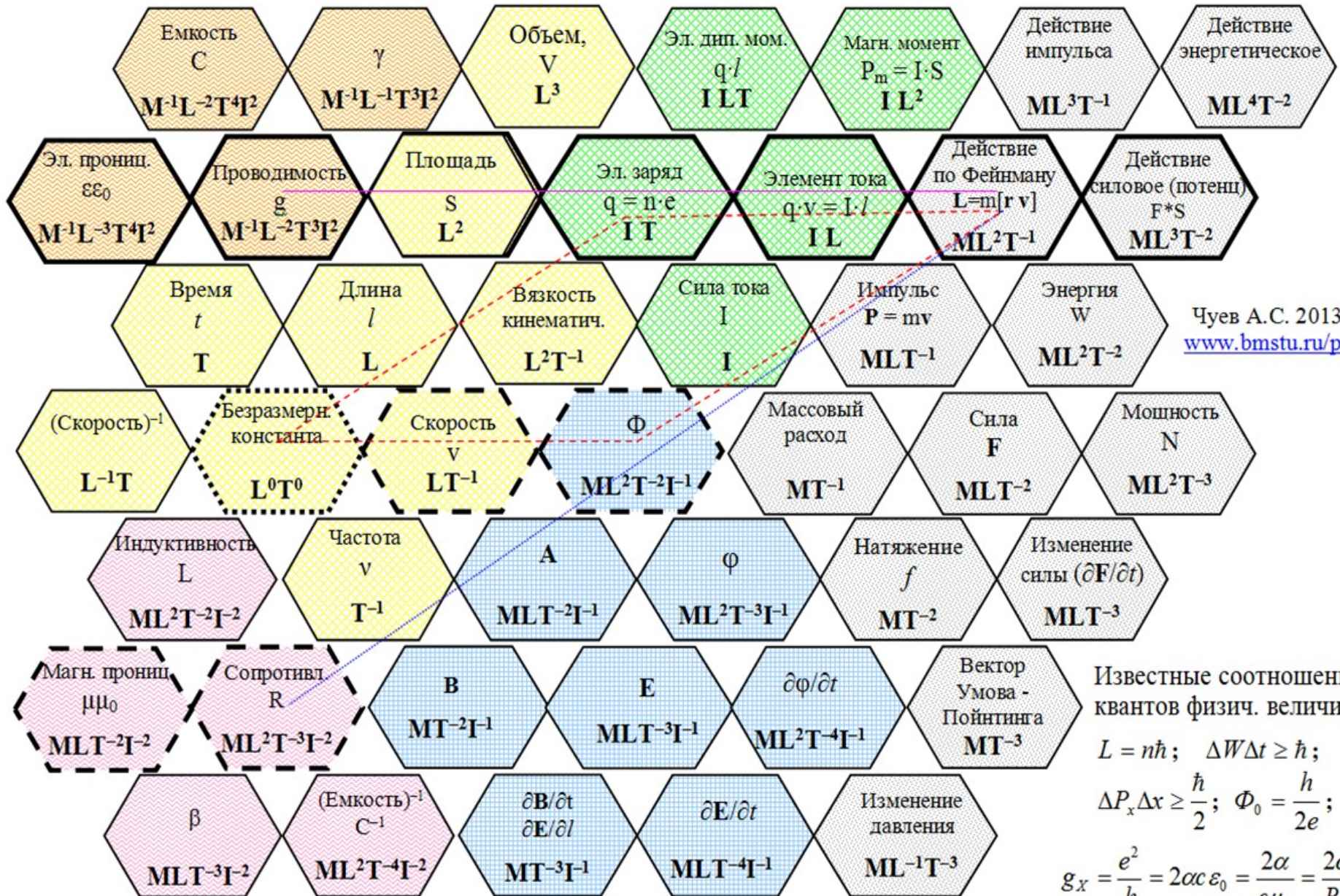
# СИСТЕМА ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫХ И ТЕПЛОВЫХ ВЕЛИЧИН

(Размерности температуры и частоты приняты совпадающими)

Чуев А.С. 2013  
[www.bmstu.ru/ps](http://www.bmstu.ru/ps)



# СИСТЕМНЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ КВАНТУЕМЫХ И КОНСТАНТНЫХ ВЕЛИЧИН



Чуев А.С. 2013  
[www.bmstu.ru/ps](http://www.bmstu.ru/ps)

Известные соотношения квантов физич. величин:

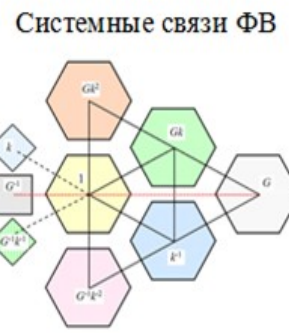
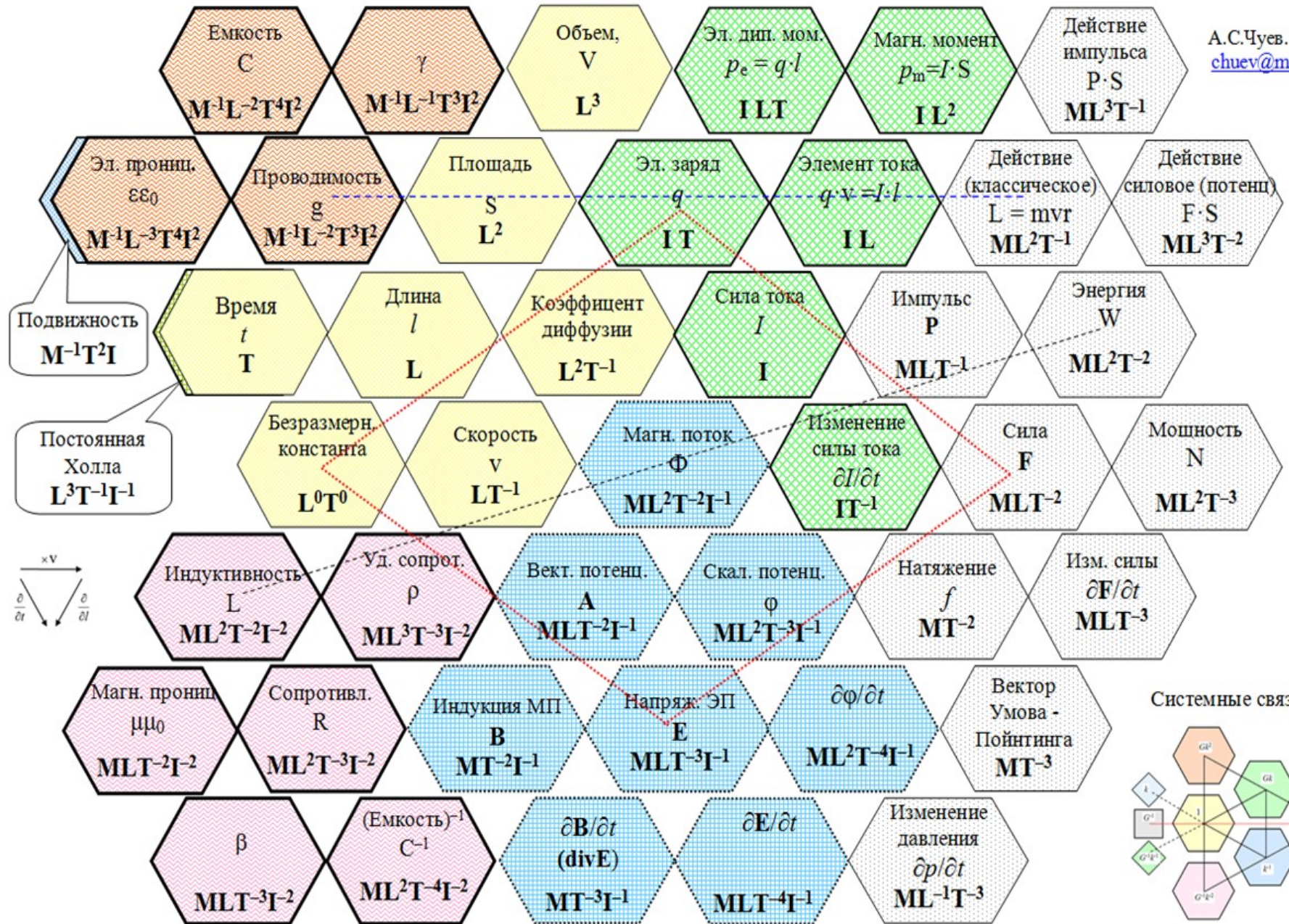
$$L = n\hbar; \quad \Delta W \Delta t \geq \hbar;$$

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

$$g_x = \frac{e^2}{h} = 2\alpha c \epsilon_0 = \frac{2\alpha}{c\mu_0} = \frac{2\alpha}{R_B}$$

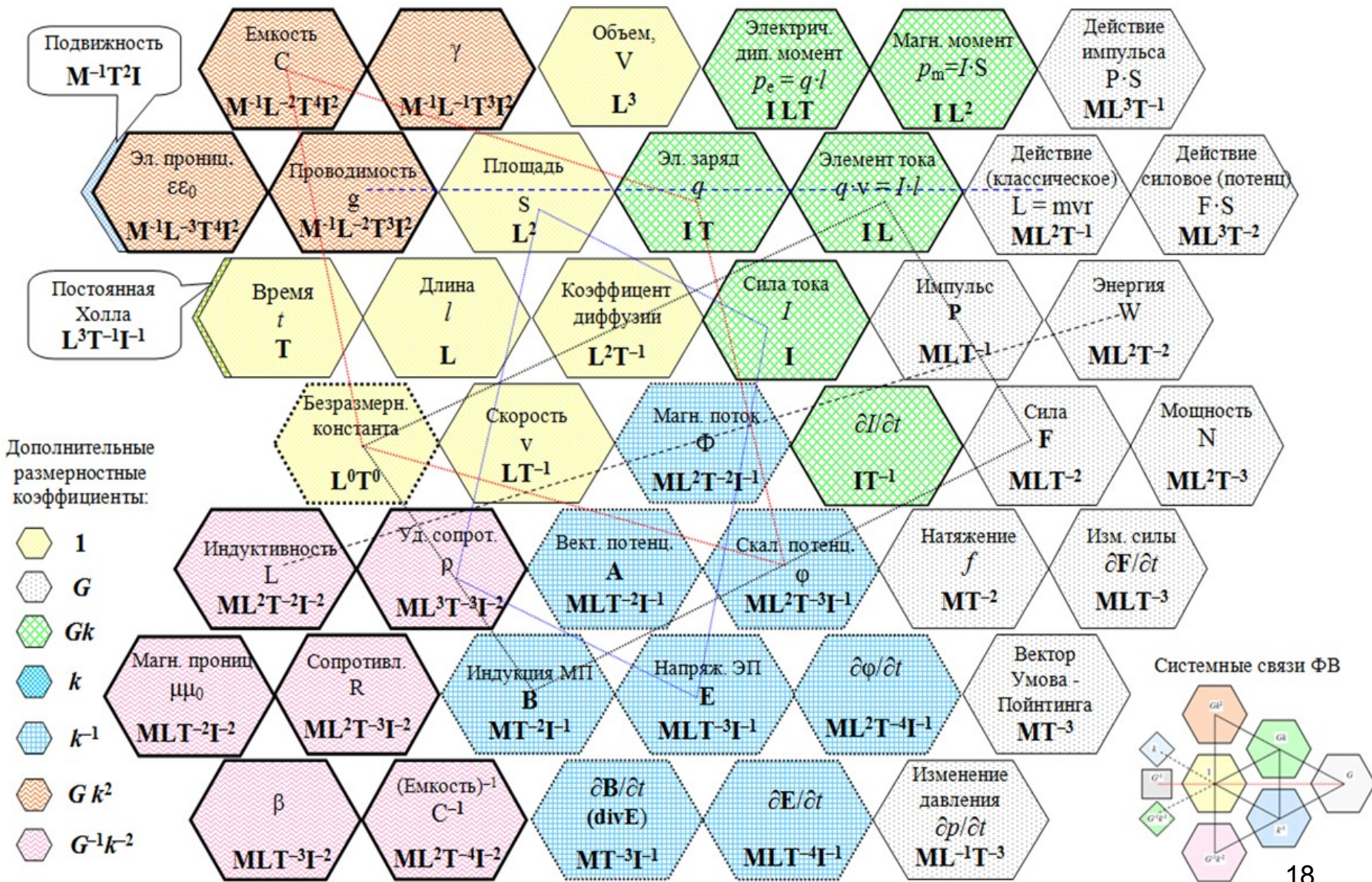
# СИСТЕМА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВЕЛИЧИН И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ

А.С.Чуев. 2013  
[chuev@mail.ru](mailto:chuev@mail.ru)



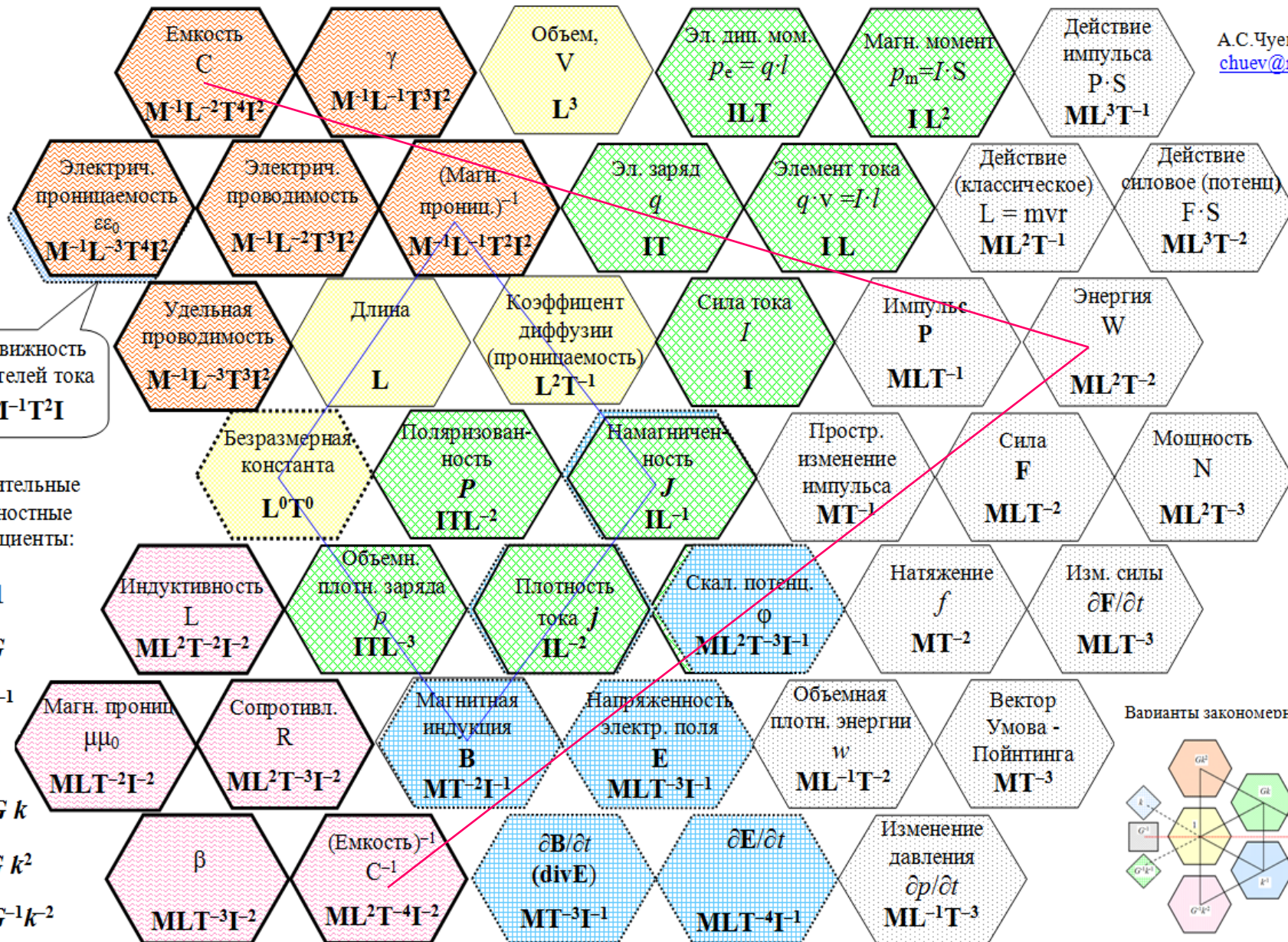
# СИСТЕМА ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ

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



# Система электромагнитных величин и их взаимосвязей

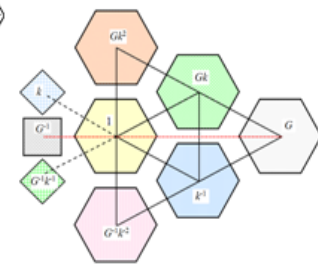
А.С.Чуев. 2013  
[chuev@mail.ru](mailto:chuev@mail.ru)



Дополнительные размерностные коэффициенты:

- 1
- G
- k<sup>-1</sup>
- k
- Gk
- Gk<sup>2</sup>
- G<sup>-1</sup>k<sup>-2</sup>

Варианты закономерных связей



# 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)  
 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)  
 Мощность тока (определение через сопротивление)  
 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  
 Мощность, рассеиваемая на сопротивлении  
 Работа по перемещению контура с током

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, $\epsilon_0$	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 заряда, $\lambda$ ; ( $G^1 k^1$ )	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, $\nu^{-1}$ ; ( $G^0 k^0$ )	БЕЗРАЗМЕРНАЯ КОНСТАНТА; ( $G^0 k^0$ )	Индукция-эл.-поля, $D$ ; ( $G^1 k^1$ )	Магнитный поток, $\Phi$ ; ( $G^0 k^1$ )	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, $\rho$ ; ( $G^{-1} k^{-2}$ )	Векторный потенциал, $A$ ; ( $G^0 k^{-1}$ )	Скалярный электрический потенциал, $\phi$ ; ( $G^0 k^{-1}$ )	Напряжение, $f$ ; ( $G^1 k^0$ )	Изменение силы, $dF/dt$ ; ( $G^1 k^0$ )	Изменение мощности, $dN/dt$ ; ( $G^1 k^0$ )
Диэлектрическая емкость, $\epsilon$ ; ( $G^1 k^2$ )	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 электр. потенциала, $\phi^2$ ; ( $G^0 k^{-2}$ )
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, $\omega/V$ ; ( $G^0 k^0$ )	$1/(емкость * длина)$ ; ( $G^{-1} k^{-2}$ )	$1/(емкость * время)$ ; ( $G^{-1} k^{-2}$ )	Квадрат магнитной индукции, $B^2$ ; ( $G^0 k^{-2}$ )	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 ток)

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

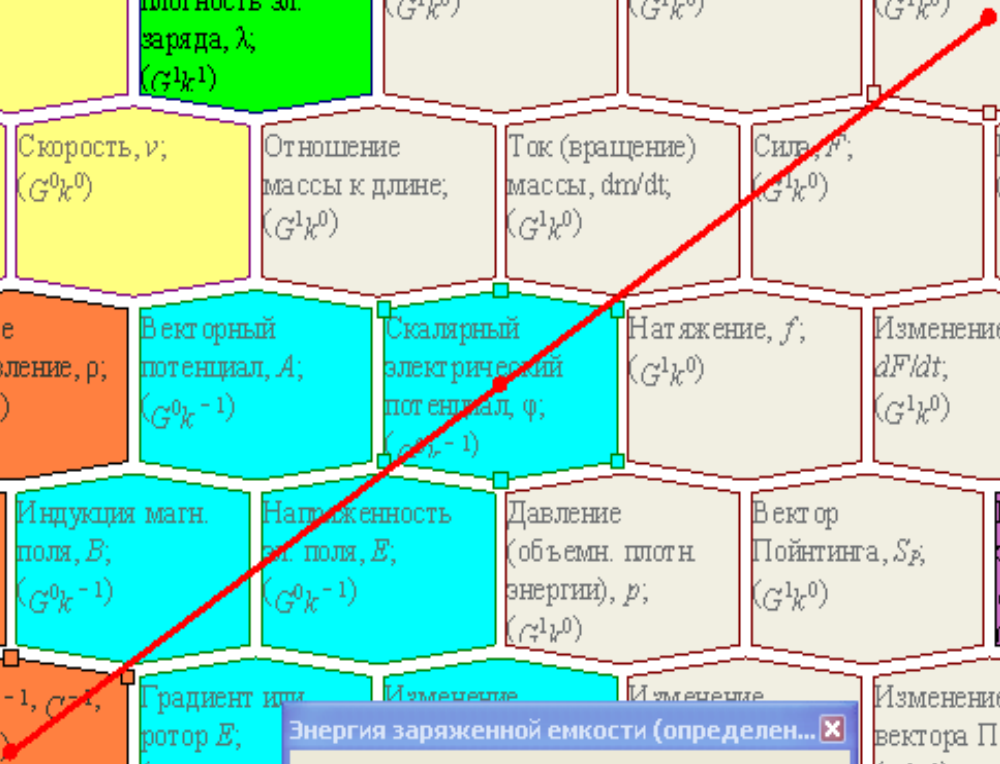
Работа по перемещению контура с током в магнитном поле

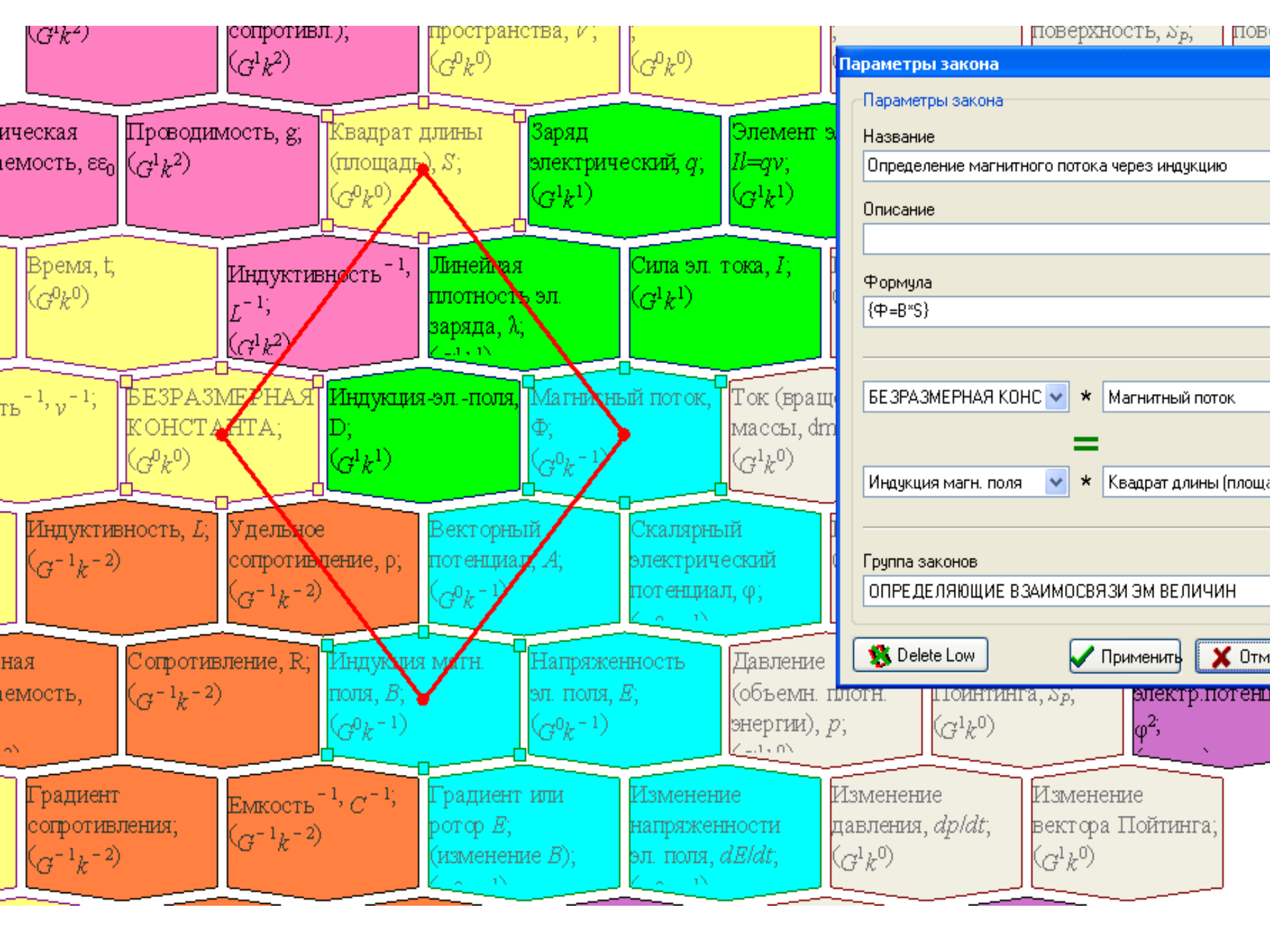
Энергия емкости (малознаемое соотношение)

Диэлектрическая проницаемость, $\epsilon_0$ ( $G^1k^2$ )	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, $\lambda$ , ( $G^1k^1$ )	Масса, $m$ , ( $G^1k^0$ )	Импульс, $P$ , ( $G^1k^0$ )	Энергия, $W$ , ( $G^1k^0$ )	Энергия, $W$ , ( $G^1k^0$ )
Число, $\nu^{-1}$ , ( $G^0k^0$ )	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, $\rho$ , ( $G^{-1}k^{-2}$ )	Векторный потенциал, $A$ , ( $G^0k^{-1}$ )	Скалярный электрический потенциал, $\varphi$ , ( $G^0k^{-1}$ )	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, $\varphi^2$ , ( $G^0k^{-2}$ )	Квадрат электрического поля, $\varphi^2$ , ( $G^0k^{-2}$ )
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

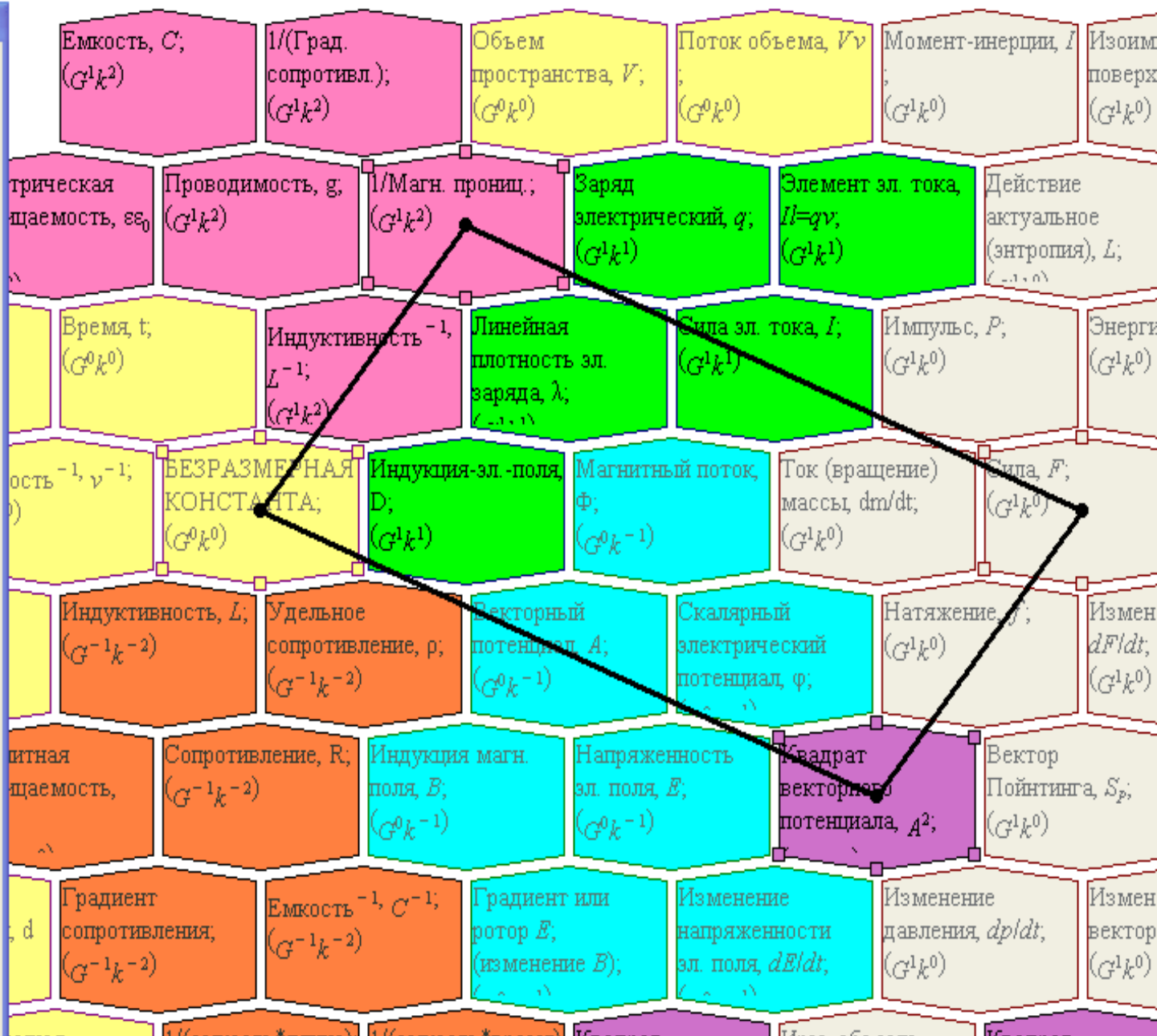
Список законов

Фильтр

- Laws that belong to no group
- ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ
- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ**
- СИЛОВЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭМ ВЕ
- СООТНОШЕНИЯ КВАНТУЕМЫХ В
- ПРОЧИЕ СООТНОШЕНИЯ
- ХОЛЛОВСКИЕ СООТНОШЕНИЯ
- НЕИЗВЕСТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ**
- ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ

НЕИЗВЕСТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ

- Определение действия актуального че
- Определение изоснергетической пове
- Определение изоснергетической пове
- Изоснергетическая поверхность в эле
- Изоснергетическая поверхность чере:
- Изоснергетическая поверхность чере:
- Определение действия потенциальног
- Потенциальное действие заряженной
- Неизвестная взаимосвязь полевых эл
- Неизвестное силовое соотношение**
- Неизвестная закономерность
- Неизвестная взаимосвязь
- Интересное соотношение
- Напряжение в конденсаторе
- Неизвестная взаимосвязь массы с эл
- Сила через квадрат напряженности по
- Токовая составляющая импульса
- Импульс элемента тока
- Возможное соотношение
- Очень возможное соотношение
- Неизвестная закономерность
- Неизвестная закономерность
- Непонятное соотношение



Лабораторную работу Э-27 можно скачать с сайта кафедры:

<http://www.fn.bmstu.ru/index.php/home/fn4>

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

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

# Система электромагнитных величин и их взаимосвязей

А.С.Чуев. 2013  
[chuev@mail.ru](mailto:chuev@mail.ru)

