где $\psi(x_1, x_2, x_3, t)$ — произвольная ф-ция координат (x_1, x_2, x_3) и времени t, оставляет неизменными поля $\boldsymbol{E}$ и $\boldsymbol{B}$, определяемые ф-лами (1). В четырёхмерном представлении, обычно используемом в *относительности теории*, $A_4 = i\varphi$ и соотношения (2) сводятся при $x_4 = ict$ к выражению, содержащему четырёхмерный градиент:

$$A'_k = A_k - \nabla_k \psi, \quad k = 1, 2, 3, 4, \tag{3}$$

откуда и происходит назв. Г. и. Поскольку непосредственно измеримыми характеристиками эл.-магн. поля являются векторы $\boldsymbol{E}$ и $\boldsymbol{B}$, то любые соотношения, описывающие эл.-магн. взаимодействия и содержащие потенциалы $\boldsymbol{A}$ и φ, не должны изменяться при преобразованиях (2), (3). Это составляет наиб. широкий аспект трактовки Г. и.

Калибровка потенциалов, допустимая в рамках Г. и., позволяет уменьшить число неизвестных ф-ций. Наиб. часто используют калибровки двух видов.

Кулоновская калибровка, $\operatorname{div} \boldsymbol{A} = 0$, удобна для разделения электрич. поля $\boldsymbol{E}$ на вихревую и потенц. части: первая связана с векторным потенциалом, вторая — со скалярным потенциалом, удовлетворяющим ур-нию Пуассона, $\Delta\varphi = -4\pi\rho/\varepsilon$.

Лоренцева калибровка

$$\operatorname{div} \boldsymbol{A} + \varepsilon\mu c^{-1}\, \partial\varphi/\partial t + 4\pi\sigma\mu c^{-1}\varphi = 0 \tag{4}$$

(ε, μ — диэлектрич. и магн. проницаемости среды, σ — её проводимость). При выполнении условия Лоренца (4) ур-ния для векторного и скалярного потенциалов приводятся к симметричному виду:

$$\Delta \begin{Bmatrix} \boldsymbol{A} \\ \varphi \end{Bmatrix} - \frac{\mu\varepsilon}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2} \begin{Bmatrix} \boldsymbol{A} \\ \varphi \end{Bmatrix} - \frac{4\pi\mu\sigma}{c^2}\frac{\partial}{\partial t} \begin{Bmatrix} \boldsymbol{A} \\ \varphi \end{Bmatrix} = 4\pi \begin{Bmatrix} \mu \boldsymbol{j} c^{-1} \\ \rho\varepsilon^{-1} \end{Bmatrix},$$

где Δ — оператор Лапласа, ρ и $\boldsymbol{j}$ — плотности зарядов и токов.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Теория поля, 6 изд., М., 1973; Морс Ф. М., Фешбах Г., Методы теоретической физики, пер. с англ., т. 1, М., 1958; Джексон Дж., Классическая электродинамика, пер. с англ., М., 1965. *М. А. Миллер, Е. В. Суворов.*

ГРАДУИРОВКА (нем. graduieren — градуировать, от лат. gradus — шаг, ступень, степень) — метрологич. операция установления зависимости между значениями величин на входе и выходе средства измерения, в частности придание делениям шкалы измерит. прибора значений, соответствующих измеряемой величине в принятых единицах и с требуемой точностью.

Если Г. произведена в результате совокупных измерений (напр., определение масс набора гирь из абс. взвешивания всех гирь вместе и друг относительно друга), то она наз. калибровкой. Термин «калибровка» часто употребляют как синоним Г., особенно в тех случаях, когда у средства измерения нет шкалы с делениями.

Лит.: Ориш Ю. И., К систематизации некоторых понятий в области измерительной техники и приборостроения, «Приборы и системы управления», 1980, № 10, с. 12. *Ю. И. Ориш.*

ГРАДУС (от лат. gradus — шаг, ступень, степень) температурный — общее название различных единиц темп-ры, соответствующих разным температурным шкалам. Осн. единица темп-ры СИ — *кельвин* (К). Различают градус Цельсия (°C), Реомюра (°R), Фаренгейта (°F), Ранкина (°Ra). 1 К = 1° C = 0,8° R = = 1,8° F = 1,8° Ra.

ГРАДУС угловой (...°) — единица плоского угла (или дуги окружности), равная 1/360 полного угла (полной окружности). $1° = 60' = 360'' = \pi/180$ рад $= 1{,}745329 \cdot 10^{-2}$ рад, где $'$ — обозначение угл. минуты, $''$ — угл. секунды.

ГРАММ (франц. gramme, от лат. и греч. gramma — мелкая мера веса) (г) — единица массы в *СГС системе единиц* и дольная единица массы СИ *килограмма*: 1 г = = 0,001 кг.

ГРАММ-АТОМ — единица кол-ва вещества, индивидуальная для каждого хим. элемента. 1 Г.-а. — масса вещества в граммах, численно равная его атомной массе. Наименование выходит из употребления. В СИ осн. единица кол-ва вещества — *моль*.

ГРАММ-МОЛЕКУЛА — устаревшее наименование единицы кол-ва вещества — *моля*.

ГРАСГОФА ЧИСЛО [по имени нем. учёного Ф. Грасгофа (Грасхоф, F. Grashof)] — *подобия критерий*, определяющий перенос тепла при *конвективном теплообмене* для случая свободной *конвекции*, когда движение вызывается разностью плотностей из-за неравномерности поля темп-р вблизи нагретого тела; Г. ч.

$$Gr = \frac{gl^3}{\nu^2}\beta\Delta T,$$

где g — ускорение свободного падения, l — характерный размер, ν — коэф. кинематич. вязкости, β — коэф. объёмного расширения, ΔT — разница темп-р между поверхностью тела и средой. Г. ч. является произведением числа $g\beta\Delta T l^2/\nu v$, характеризующего отношение силы трения к подъёмной силе (архимедовой) (см. *Архимеда число*), на *Рейнольдса число* $Re = vl/\nu$, где v — скорость течения. Теплоотдача в условиях свободной конвекции определяется зависимостью $Nu = f(Gr, Pr)$, где Nu — *Нуссельта число*, Pr — *Прандтля число*. Для газов и неметаллич. жидкостей (при $Pr > 0{,}7$) в этом равенстве аргументом является произведение $Gr \cdot Pr$, называемое *Рэлея числом* Ra. Для определения зависимости $Nu = f(Gr, Pr)$ предложено много эмпирич. корреляц. ф-л; большинство из них имеет вид зависимости $Nu = C(Gr \cdot Pr)^n$, для к-рой значения C и n приведены в табл.

Число $Gr \cdot Pr$	C	n
$10^{-3} < Gr \cdot Pr$ . . .	0,45	0
$10^{-3} < Gr \cdot Pr < 5 \cdot 10^2$	1,18	$^1/_8$
$5 \cdot 10^2 < Gr \cdot Pr < 2 \cdot 10^7$	0,54	$^1/_4$
$2 \cdot 10^7 < Gr \cdot Pr$	0,135	$^1/_3$

При $Pr \ll 1$ (расплавленные металлы) ф-лу для определения теплоотдачи представляют в виде $Nu = \varphi(Gr \cdot Pr^2)$ и часто пользуются соотношением $Nu = 0{,}53\,(Gr \cdot Pr^2)^{1/4}$.

Параметр $\sqrt{Gr}$ в условиях свободной конвекции играет роль, аналогичную числу Re при вынужденных течениях. Аналогично критич. числу $Re_{\text{кр}}$, критич. Г. ч. $Gr_{\text{кр}}$ определяет переход от ламинарного режима течения к турбулентному в условиях свободной (естественной) конвекции.

Лит.: Михеев М. А., Михеева И. М., Основы теплопередачи, 2 изд., М., 1977; Кутателадзе С. С., Боришанский В. М., Справочник по теплопередаче, Л.—М., 1958; Джалурия Й., Естественная конвекция. Тепло- и массообмен, пер. с англ., М., 1983. *С. Л. Вишневецкий.*

ГРАССМАНА АЛГЕБРА — алгебра, порождённая антикоммутирующими образующими $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta$, т. е. совокупность всевозможных линейных комбинаций из произведений образующих θ_i, в к-рых все сомножители различны, т. к.

$$\theta_i\theta_k + \theta_k\theta_i = 0, \tag{1}$$

и, в частности, $\theta_k^2 = 0$ при любом k. Назв. в честь Г. Грассмана (H. Grassmann). Размерность Г. а. как линейного пространства равна 2^n, базис состоит из 2^n одночленов:

$$1,\ \theta_i\ (i \leqslant n),\ \theta_i\theta_j\ (i < j \leqslant n),$$
$$\theta_i\theta_j\theta_k\ (i < j < k \leqslant n),\ \ldots,\ \theta_1\theta_2 \ldots \theta_n.$$

Любой элемент Г. а. $f(\theta)$ можно представить в виде след. конечной суммы:

$$f(\theta) = f + \sum_i f^i\theta_i + \sum_{i<j} f^{ij}\theta_i\theta_j + \ldots + f^{1\ldots n}\,\theta_1\theta_2\ldots\theta_n. \tag{2}$$

На случай грассмановых переменных обобщается ряд понятий обычного анализа, в частности дифференцирование и интегрирование. Чтобы найти левую производную от одночлена $\theta_1 \ldots \theta_\beta$ по переменной θ_α, нужно, пользуясь (1), переставить θ_α на первое слева место и вычеркнуть её. Аналогично определяется правая производная. Производная от общего элемента Г. а.