лота сублимации 69,1 кДж/моль. По расчёту, уд. электрич. сопротивление металлич. Ф. 0,45 мкОм·м (при 291 К).

Радионуклид ^{223}Fr используют в радиохим. определениях ^{227}Ac, т. к. ^{223}Fr образуется при α-распаде ^{227}Ac, а β-излучение ^{223}Fr легче регистрировать, чем α-излучение ^{227}Ac.

С. С. Бердоносов.

ФРАУНГО́ФЕРА ДИФРА́КЦИЯ — дифракция практически плоской световой волны на неоднородности (напр., отверстии в экране), размер к-рой b много меньше диаметра первой из *Френеля зон* $\sqrt{z\lambda}$: $b \ll \sqrt{z\lambda}$ (дифракция в параллельных лучах), где z — расстояние от точки наблюдения до экрана, λ — длина волны. Названа по имени нем. учёного Й. Фраунгофера (J. Fraunhofer). Подробнее см. *Дифракция света*.

ФРАУНГО́ФЕРОВЫ ЛИ́НИИ — линии поглощения в спектре Солнца. Ф. л. впервые наблюдал в 1802 как «границы цветов» англ. физик У. Волластон (W. Wollaston), а в 1814 они были обнаружены и подробно описаны нем. учёным Й. Фраунгофером (J. Fraunhofer). Правильно объяснил Ф. л. как линии поглощения солнечной атмосферы нем. физик Г. Р. Кирхгоф (G. R. Kirchhoff) в нач. 60-х гг. 19 в. Наблюдается св. 20 тыс. Ф. л. в УФ, видимой и ИК областях солнечного спектра, многие из них отождествлены со спектральными линиями известных хим. элементов. В табл. приведён ряд интенсивных Ф. л. в видимой области спектра.

Линия	Длина волны, мкм	Хим. элемент	Линия	Длина волны, мкм	Хим. элемент
C	656,3	H_α^*	G^1	434,0	H_γ
D_1	589,6	Na	G^{**}	430,8	Ca, Fe
D_2	589,0		h	410,2	H_δ
E	527,0	Fe	H	396,8	Ca
F	486,1	H_β	K	393,4	Ca

* Индексы α, β, γ, δ у H обозначают соответствующие линии *Бальмера серии*.

** Линия G — наложение линий Ca и Fe.

ФРЕ́ДГОЛЬМА УРАВНЕ́НИЕ — *интегральное уравнение*

$$\varphi(x) = \lambda \int K(x, y)\varphi(y)dy + f(x), \quad (1)$$

ядро к-рого — ф-ция $K(x, y)$ — задаёт вполне непрерывный (фредгольмов) оператор в нек-ром функциональном пространстве. Численный параметр может принимать как действительные, так и комплексные значения, а $f(x)$, $\varphi(x)$ — заданная и искомая ф-ции. Напр., для пространства непрерывных ф-ций $C(S)$ — оператор фредгольмов, если ф-ция K непрерывна в квадрате $S \times S$ (подробнее см. *Интегральный оператор*). Ур-ние (1) изучено Э. Фредгольмом (E. Fredholm) в 1900—03.

В теории Ф. у. доказывается совокупность теорем (называемая альтернативой Фредгольма) о разрешимости ур-ния (1) и союзного к нему ур-ния

$$\Psi(x) = \bar{\lambda} \int K^*(x, y)\Psi(y)dy + g(x). \quad (2)$$

Здесь $\bar{\lambda}$ — число, комплексно сопряжённое с параметром λ, ф-ция $K^*(x, y) = \bar{K}(y, x)$ — эрмитово сопряжённое ядро союзного ур-ния.

Если интегральное ур-ние (1) с непрерывным ядром разрешимо в классе непрерывных ф-ций $C(S)$ при любом свободном члене $f \in C(S)$, то и союзное к нему ур-ние (2) разрешимо при любом свободном члене $g \in C(S)$, причём эти решения единственны (первая теорема Фредгольма).

Если интегральное ур-ние (1) разрешимо в $C(S)$ не при любом свободном члене f, то:

1) однородные ур-ния (1) и (2) ($f = g = 0$) имеют одинаковое (конечное) число линейно независимых решений (вторая теорема Фредгольма);

2) для разрешимости ур-ния (1) необходимо и достаточно, чтобы свободный член f был ортогонален ко всем решениям союзного ур-ния (2) (третья теорема Фредгольма).

Число λ, при к-ром однородное ур-ние (1) имеет ненулевое решение, наз. характеристич. числом ядра K, а соответствующие решения — собственными ф-циями ядра, соответствующими этому характеристич. числу.

Доказывается также четвёртая теорема Фредгольма: в каждом круге $|\lambda| \leqslant R$ может находиться лишь конечное число характеристич. чисел ядра K.

Отсюда следует, что множество характеристич. чисел непрерывного ядра не более чем счётно и не имеет конечных предельных точек. Из второй теоремы Фредгольма вытекает, что кратность каждого характеристич. числа конечна.

Лит.: Колмогоров А. Н., Фомин С. В., Элементы теории функций и функционального анализа, 6 изд., М., 1989; Владимиров В. С., Уравнения математической физики, 5 изд., М., 1988.

С. В. Молодцов.

ФРЁЛИХОВСКОЕ ВЗАИМОДЕ́ЙСТВИЕ — эфф. взаимодействие между электронами в металле, возникающее благодаря их индивид. взаимодействию с колебаниями кристаллич. решётки — фононами (см. *Электрон-фононное взаимодействие*). Описано полуфеноменологически в 1950 Х. Фрёлихом (H. Fröhlich) [1]. В дальнейшем Ф. в. было последовательно рассмотрено на основе модели Бардина — Пайнса при учёте статической экранировки межэлектронного кулоновского взаимодействия $\tilde{V}(q) = V(q)/\varepsilon(q)$, где $V(q) = 4\pi e^2/q^2$ — фурье-образ дальнодействующего кулоновского потенциала, $\varepsilon(q) = 1 + K_s/q^2$ — статическая *диэлектрическая проницаемость* металла в пределе длинных волн ($q \to 0$), K_s — обратный радиус экранирования, соответствующий короткодействующему взаимодействию $\exp(-K_s r)/r$ вместо обычного $1/r$. В рамках Ф. в. учитывается также перенормировка частоты акустич. ветви продольных колебаний ионов металла, к-рая в модели Бардина — Пайнса практически не обладает дисперсией и совпадает с *плазменной частотой* ионов ω_{pi}; именно, $\tilde{\omega}(q) = \omega_{pi}/\varepsilon(q)$, что приводит к линейному закону дисперсии в пределе длинных волн $\tilde{\omega}(q) \simeq sq$, где q — квазиимпульс, $s = \omega_{pi}/K_s$ — продольная скорость звука. Аналогичная перенормировка происходит и с коэффициентами электрон-фононного взаимодействия $\tilde{A}_q^2 = A_q^2/\varepsilon(q)$, к-рые при малых q перестают зависеть от q (тогда как исходные коэф. A_q расходились при $q \to 0$ как $1/q$).

Указанные перенормированные величины входят в определение гамильтониана, описывающего Ф. в.,

$$H = H_e^0 + \tilde{H}_{ph}^0 + \tilde{H}_{e-e} + \tilde{H}_{e-ph},$$

где определения всех слагаемых такие же, как в гамильтониане (11), описывающем модель Бардина — Пайнса в ст. *Электрон-фононное взаимодействие*, с заменой величин $V(q)$, $\omega(q)$ и A_q на их перенормированные (в указанном выше смысле) значения.

На основе Ф. в. с помощью процедуры, предложенной Р. Фейнманом [2], в рамках *термодинамической теории возмущений* можно исключить фононные переменные и получить эфф. межэлектронное взаимодействие — вообще говоря, нелокальное в пространстве и запаздывающее во времени; если пренебречь нелокальностью и запаздыванием, то описанная процедура приводит к получению гамильтониана *Бардина — Купера — Шриффера модели* (БКШ-модели). Аналогичная процедура исключения фононов в рамках метода *Грина функций* проведена в [3].

Лит.: 1) Fröhlich H., Theory of the superconducting state, «Phys. Rev.», 1950, v. 79, № 5, p. 845; 2) Feynman R. P., An operator calculus having applications in quantum electrodynamics, «Phys. Rev.», 1951, v. 84, p. 108; 3) Москаленко В. А., Критерий сверхпроводимости, «ДАН СССР», 1962, т. 147, с. 1340; его же, Определение критической температуры сверхпроводника, «ФТТ», 1962, т. 4, с. 2770; см. также *лит.* при ст. *Электрон-фононное взаимодействие*.

В. А. Москаленко, Ю. Г. Рудой.

ФРЕНЕ́ЛЯ ДИФРА́КЦИЯ — дифракция сферич. световой волны на неоднородности (напр., отверстии в экране), размер к-рой b сравним с диаметром первой *Френеля зоны* $\sqrt{z\lambda}$: $b \sim \sqrt{z\lambda}$ (дифракция в сходящихся лучах), где z —