

родный К. состоит из смеси 6 стабильных изотопов с массовыми числами 40, 42—44, 46 и 48, среди к-рых наиб. распространён  $^{40}\text{Ca}$  (96,94%), наименее —  $^{46}\text{Ca}$  (0,003%). Электронная конфигурация внеш. оболочек  $4s^2$ . Энергии последоват. ионизации 6,133, 11,872 и 50,914 эВ. Кристаллохим. радиус атома Ca 0,197 нм, иона  $\text{Ca}^{2+}$  0,104 нм. Значение электроотрицательности 1,04.

В свободном виде — серебристо-белый металл, на воздухе темнеет, взаимодействуя с  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др. При темп-рах 20—443 °C устойчива  $\alpha$ -форма К. с границентрированной кубич. решёткой (постоянная решётки  $a=0,556$  нм), при темп-ре от 443 °C до  $t_{\text{пл}}=842$  °C —  $\beta$ -форма с гексагональной решёткой.  $t_{\text{квп}}=1495$  °C (по др. данным,  $t_{\text{пл}}=852$  °C,  $t_{\text{квп}}=1484$  °C). Плотн.  $\alpha$ -Ca 1,55 кг/дм<sup>3</sup>. Теплота плавления 8,4 кДж/моль, теплота испарения 152 кДж/моль, уд. теплоёмкость  $c_p=25,9$  Дж/(моль·K) (0—100 °C). Коэф. теплового линейного расширения  $2,2 \cdot 10^{-5}$  K<sup>-1</sup> (0—300 °C), теплопроводность 125 Вт/(м·K) (при 0—100 °C). Уд. сопротивление  $3,8 \cdot 10^{-2}$  мкО·м (при 20 °C), температурный коэф. электрич. сопротивления  $4,57 \times 10^{-3}$  K<sup>-1</sup>. Модуль упругости 21—23 ГПа, предел прочности при растяжении 59 МПа, предел упругости 4 МПа, предел текучести 37 МПа. Тв. по Бринеллю 200—300 МПа.

В хим. соединениях проявляет степень окисления +2, химически активен. К. применяют в качестве геттера в электровакуумных приборах, монокристаллы  $\text{CaF}_2$  (флюорита) используют в оптич. лазерной технике. Из радиоизотопов практич. значение имеет  $\beta$ -радиоактивный  $^{45}\text{Ca}$  ( $T_{1/2}=162,6$  сут).

С. С. Бердосов.

**КАМЕРА-ОБСКУРА** (от лат. camera obscura — тёмная комната) — простейшее оптич. приспособление, позволяющее получать на экране изображения предметов. К.-о. представляет собой тёмный ящик с небольшим отверстием в одной из стенок, перед к-рым помещают рассматриваемый предмет. Лучи света, исходящие от разл. точек предмета, проходят через это отверстие и создают на противоположной стенке ящика (экране) действительное перевёрнутое изображение предмета. Оптимально резкое изображение получается, когда радиус отверстия  $r$  составляет 0,95 радиуса первой Френеля зоны:  $r=0,95\sqrt{\lambda d}$ , где  $\lambda$  — длина волны света,  $d$  — расстояние от отверстия до экрана.

С 17 в. К.-о. использовалась для наблюдения солнечных затмений и для получения перспективных рисунков, позднее была вытеснена линзовой камерой. К.-о. иногда применяется и в настоящее время благодаря тому, что даёт изображение, свободное от *дисторсии*, и позволяет фотографировать объекты в таких лучах, для к-рых нельзя подобрать линзы (напр., К.-о. используется при *диагностике плазмы*, при фотографировании в рентг. лучах).

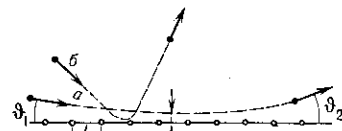
**КАНАЛИРОВАНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ** — движение заряд. частиц внутри монокристалла вдоль «каналов», образованных параллельными рядами атомов или плоскостей. К. з. ч. было предсказано М. Т. Робинсоном (М. Т. Robinson) и О. С. Оэном (O. S. Oen) в 1961 и обнаружено в 1963. Различают аксиальное и плоскостное К. з. ч. Аксиальное К. з. ч. наблюдается, когда пучок быстрых заряд. частиц падает на монокристалл под малым углом к одной из кристаллографич. осей. При этом положительно заряд. быстрая частица (напр., протон), приближаясь к одной из цепочек атомов, параллельных кристаллографич. оси, в результате серии последоват. актов слабого рассеяния на упорядоченно расположенных атомах как бы плавно искривляет свою траекторию так, что наблюдается почти зеркальное отражение частицы от цепочки ( $\theta_2 \approx \theta_1$ ; рис. 1, кривая а). Из теории следует, что такого рода «зеркальность» наблюдается при

$\theta_1 < \theta_L$ , где  $\theta_L$  — т. н. угол Линдхарда, к-рый определяется соотношением:

$$\theta_L = \sqrt{\frac{Z_1 Z_2 e^2}{\varepsilon l}}$$

Здесь  $Z_1 e$ ,  $Z_2 e$  — заряды движущейся частицы и ядра атома монокристалла,  $\varepsilon$  — энергия частицы,  $l$  — расстояние между соседними атомами в цепочке. При таком движении частица в течение всего времени удерживается вдали от ядер, находящихся на оси цепочки. При увеличении  $\theta_1$  до значений  $\theta_1 > \theta_L$  характер движения изменяется. Частица может испыты-

Рис. 1. Траектории заряженных частиц в кристалле при угле падения на грань кристалла  $\theta_1 < \theta_L$  (кривая а) и при  $\theta_1 > \theta_L$  (кривая б).



вать близкие столкновения с ядрами, в результате к-рых она рассеивается на большой угол (кривая б) и далее движется так же, как в неупорядоч. среде. Угол  $\theta_L$  составляет величину порядка долей градуса.

В толще кристалла частица, движущаяся в режиме аксиального К. з. ч., испытывает последовательные акты «зеркального» отражения от разных цепочек.

В поперечной плоскости движение такой частицы в общем случае представляет случайное блуждание (рис. 2).

Плоскостное К. з. ч. наблюдается при падении пучка

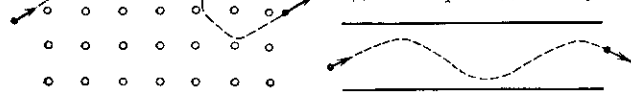


Рис. 2.

Рис. 3. Плоскостное каналирование.

под малым углом к кристаллографич. плоскости. В этом случае частицы попеременно отражаются от соседних плоскостей; их траектория напоминает синусоиду (рис. 3). При этом частица также удерживается вдали от ядер.

Наиб. ярко К. з. ч. может проявляться в угловых распределениях продуктов ядерных реакций на монокристаллической мишени (рис. 4). Резкое уменьшение интенсивности вылетающих частиц при  $\theta_1=0$

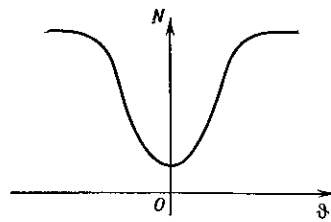


Рис. 4. Зависимость числа зарегистрированных частиц  $N$  — продуктов реакции от угла  $\theta_1$  между кристаллографической осью и направлением падающего пучка.

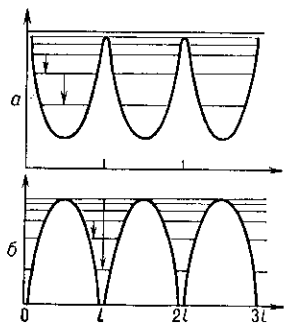


Рис. 5. Поперечный периодический потенциал  $V(l)$  для плоскостных каналов в случае позитронов (а) и электронов (б).

свидетельствует о том, что осн. часть падающего пучка попадает в режим К. з. ч., и вероятность столкновений с ядрами, а следовательно протекания ядерных реакций существенно снижается.

Удержание каналированных частиц вдали от оси цепочки приводит и к др. физ. явлениям. Так, при