

затель преломления определяется не только ядерным составом среды, но и её магн. свойствами, то можно подобрать такие материалы, для к-рых полное отражение имеет место только для одной спиновой компоненты. На этом принципе основано действие поляризующих зеркал и поляризующих нейтроноводов (см. *Поляризованные нейтроны*).

В силу несохранения чётности в ядерных взаимодействиях длина рассеяния нейтрона на ядрах может зависеть от ориентации спина нейтрона относительно его импульса. Это приводит к специфич. двойному лучепреломлению, к-рое может быть обнаружено по вращению плоскости поляризации нейтронов с поперечной относительно импульса поляризацией. Различие же мнимых частей длины рассеяния приводит к различию в ослаблении нейтронных пучков, поляризованных вдоль и против импульса.

Практич. применение находят нейтронные призмы и линзы. Так, в эксперименте по проверке электрич. нейтральности нейтрона использовался призматич. нейтронный монохромат (рис. 2). Монохроматич. пучок нейтронов, проходя через щель  $S_3$ , фокусируется вогнутой собирающей кварцевой

следующего вещества с показателем преломления окружающей среды. В этом методе используется просветление первоначально «мутной» (для нейтронов) взвеси частиц исследуемого вещества в растворе при постепенном изменении хим. или изотопного состава растворителя (фильтр Христиансена). Один из наиб. точных методов измерения длины рассеяния основан на прецизионном измерении граничной скорости  $v_0$  образца с помощью гравитац. рефрактометра. Измеряется зависимость коэф. отражения  $R$  нейтронов, имеющих первоначально строго горизонтальную скорость, от высоты  $z$  их падения на горизонтальное зеркало (рис. 3, а). При этом  $z$  полностью определяет нормальную к зеркалу компоненту скорости нейтронов (рис. 3, б).

Способность ультрахолодных нейтронов к полному отражению при любых углах падения позволяет хранить их в замкнутых сосудах и измерить период *бета-распада нейтрона* по изменению кол-ва нейтронов в сосуде, а также осуществить эксперименты по обнаружению электрич. дипольного момента нейтрона. Наличие этого момента свидетельствовало бы о  $T$  — неинвариантности ядерных взаимодействий (см. *Нейтрон*).

Полное отражение нейтронов с большой длиной волны делает возможным создание различных оптич. устройств, в т. ч. нейтронного аналога зеркального микроскопа (рис. 4, а). Контраст в изображении объекта, создаваемый этим прибором, связан с нейтронно-оптич. свойствами вещества, т. е. с его ядерным (изотопным) составом и магн. структурой (рис. 4, б, в).

Лит.: Ю з Д., Нейтронная оптика, пер. с англ., М., 1955; Туревич И. И., Тарасов Л. В., Физика нейтронов низких энергий, М., 1965; Франк И. М., Некоторые новые аспекты нейтронной оптики, «Природа», 1972, № 9; Нейтрон. К 50-летию открытия, М., 1983; Sears V. F., Thermal — neutron scattering lengths and cross sections, AECL-8480, Chalk River, Ontario, 1984; Григатович В. К., Физика ультрахолодных нейтронов, М., 1988. В. И. Луцкиев.

**НЕЙТРОННАЯ РАДИОГРАФИЯ** — исследование объекта методом облучения нейтронами и регистрации детектором прошедших через объект нейтронов или продуктов ядерных реакций, возникающих при облучении. Н. р. применяется гл. обр. для исследования металлов, сплавов, минералов, водородосодержащих веществ и др. с целью выявления в них неоднородностей, примесей и их пространств. распределения. Метод Н. р. основан на разной вероятности взаимодействия (поглощения, рассеяния) нейтронов с разл. ядрами. Наиб. эффективны *тепловые нейтроны*, обладающие более высокими сечениями поглощения и рассеяния, что позволяет обнаруживать малые концентрации элементов (см. *Активационный анализ*).

Распространённым методом Н. р. является просвечивание объекта коллимированным пучком нейтронов. При этом определяется степень ослабления нейтронного потока в результате поглощения или рассеяния ядрами. Это позволяет судить о внутр. строении и составе объекта. Для регистрации прошедших через образец нейтронов используются экраны-преобразователи (напр., фольги из Gd, Dy, In), к-рые служат источником вторичного излучения, регистрируемого детектором. Участкам образца, содержащим элементы, сильнее поглощающие нейтроны, соответствуют более светлые места на плёнке.

Для получения изображения объекта может также использоваться излучение самого образца, возникающее в нём за счёт ядерных реакций, индуцируемых нейтронами (авторадиография). При этом детектором, находящимся в контакте с образцом, регистрируются либо продукты ядерных реакций ( $\alpha$ -частицы, осколки деления ядер), либо продукты распада образовавшихся в образце радионуклидов. В этом случае более тёмные места на детекторе соответствуют участкам поверхности образца, содержащим ядра, сильно поглощающие нейтроны и соответственно интенсивнее испускающие вторичное излучение.

Количеств. результаты при обработке нейтронных радиограмм получают, определяя оптич. плотность изо-

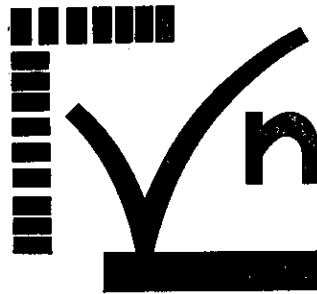
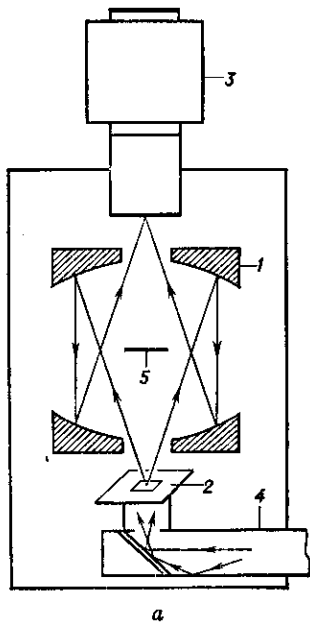
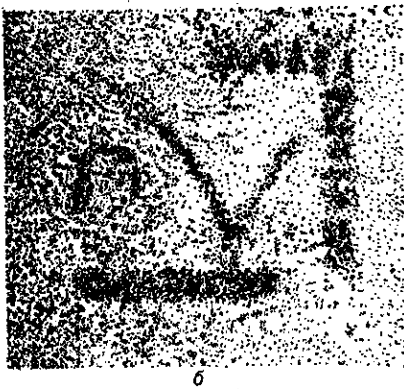


Рис. 4. а — Схема нейтронно-оптического устройства: 1 — зеркала; 2 — объект, просвечиваемый нейтронами; 3 — детектор; 4 — подводный нейтронный канал (стрелками показано направление движения нейтронов); б — двумерное изображение объекта; в — объект, нанесённый в виде тонкого слоя Ni на кремниевую подложку. Так как Ni обладает значительно большим потенциалом  $U$ , чем Si, то области, покрытые Ni, отражают большую часть спектра падающих на них ультрахолодных нейтронов.



линзой ( $n < 1$ ) на щель  $S_4$ , установленную перед детектором Д. Наличие электрич. заряда у нейтрона приводило бы к смещению изображения при включении или изменении знака электрич. поля  $E$ .

На использовании нейтронно-оптич. явлений основано большинство методов прецизионного измерения длины (амплитуды) когерентного рассеяния нейтронов  $b$ . В их числе измерение сдвига фаз в нейтронном интерферометре, когда в одно из его плеч помещён исследуемый образец; сравнение показателя преломления ис-