

водит к уменьшению эффективной светосилы оптич. системы и перераспределению энергии в дифракц. изображении точки, снижая освещённость в его центре и повышая освещённость дифракц. колец. При центр. экранировании $\theta=0,3$ искажение дифракц. картины изображения точки примерно соответствует искажению, вызванному волновой сферич. аберрацией, равной $0,25 \lambda$. Коэф. передачи контраста и идеальной системы с центр. экранированием (рис. 5, кривая 2) падает при ср. пространственных частотах N и повышается при высоких частотах по отношению к κ идеальной системы без центр. экранирования (кривая 1, рис. 5). Однако в 3.-л. с., качество изображения κ -рых определяется геом. аберрациями, напр. в фотогр. телеобъективах, выполненных по схеме Максутава, центр. экранирование не приводит к заметному снижению κ .

В 3.-л. с., образующих изображения предметов, расположенных на конечном и малом расстоянии, возможно устранение центр. экранирования (рис. 6). При этом срезается центр. часть поля.

Одна из осн. областей применения 3.-л. с. — астрономия. Сочетание зеркал разной формы и разл. комбинаций линзовых компенсаторов позволило создать 3.-л. с. с большим углом зрения и светосилой, уменьшить длину астр. и фотогр. приборов. 3.-л. с. используются в качестве светосильных теле- и фотообъективов с большой разрешающей способностью.

Ахроматичность и высокий коэф. отражения зеркал в широкой спектральной области обусловили использование 3.-л. с. в спектральных приборах не только в видимой, но и в УФ- и ИК-областях спектра.

Лит.: Тудоровский А. И., Теория оптических приборов, 2 изд., ч. 2, М.—Л., 1952; Максудов Д. Д., Астрономическая оптика, 2 изд., Л., 1973; Вологов Д. С., Фотографическая оптика, 2 изд., М., 1978; Слюсарев Г. Г., Расчет оптических систем, Л., 1975; Михальсон Н. П., Оптические телескопы. Теория и конструкция, М., 1976.

А. П. Грамматин.

ЗЕРКАЛЬНЫЕ ЯДРА — ядра-изобары, переходящие друг в друга при замене протонов нейтронами и нейтронов протонами. 3. я. встречаются только среди лёгких ядер, у κ -рых числа протонов Z и нейтронов N не сильно отличаются. Примеры 3. я.: ${}^3\text{H}-{}^3\text{He}$, ${}^7\text{Be}-{}^7\text{Li}$, ${}^9\text{B}-{}^9\text{Be}$, ${}^{13}\text{C}-{}^{13}\text{O}$, ${}^{14}\text{C}-{}^{14}\text{O}$. Вследствие зарядовой симметрии *сильных взаимодействий* свойства 3. я. близки: сходны спектры возбуждённых состояний, одинаковы квантовые числа (спин, чётность, изоспин). Массы 3. я. различаются в основном за счёт изменения кулоновской энергии и разности масс нейтронов и протонов. Зарядовая симметрия — следствие более глубокой закономерности — *изотопической инвариантности ядерных сил*. 3. я. представляют собой частный случай ядер, принадлежащих к одному изотопич. мультиплету (см. *Аналоговые состояния*). Зарядовая симметрия нарушается кулоновским взаимодействием, из-за чего появляются небольшие различия в структуре 3. я. Их энергии связи (за вычетом кулоновской энергии) совпадают с точностью порядка неск. %. Переходы между 3. я., напр. β -распад трития ${}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He}$, вследствие схожести их структуры допускают простую теоретич. интерпретацию, и их исследование сыграло большую роль в установлении универсального характера *слабого взаимодействия*.

Лит. см. при ст. *Аналоговые состояния*. В. М. Колябасов.

ЗИВЕРТ (Зв), единица СИ эквивалентной дозы ионизирующего излучения, рекомендованная 16-й Ген. конференцией по мерам и весам (1979). $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг} = 10^2 \text{ бэр}$.

ЗИНЕРА МОДЕЛЬ ферромагнетизма переходных металлов — первоначально была предложена в 1951 К. Зинером [1] для объяснения связи между ферромагнетизмом и электрич. проводимостью в оксидах переходных металлов с промежуточной валентностью. В рамках этой модели предполагалось, что в результате, напр., замещения La^{3+} в LaMnO_3 на Ca^{2+} вместо иона Mn^{3+} возникает ион Mn^{4+} , κ -рый захватывает электрон у одного из сосед-

них ионов Mn^{3+} . Движение захватываемых электронов обуславливает конечную проводимость образца. Оно приводит также к ферромагн. упорядочению спинов электронов, принадлежащих атомам в узлах кристаллич. решётки, т. к. в соответствии с *Хунда правилом* спин атома в основном состоянии должен быть максимальен. Для того чтобы это условие было выполнено при переходах электрона с атома на атом, спины этих атомов и электрона должны быть одинаково направлены. Перемечающийся от иона к иону электрон получил назв. *з и н е р о в с к о г о*.

В 1970 Д. Эдвардс [2] предложил модифицированную 3. м. для объяснения ферромагнетизма переходных металлов с кристаллич. решёткой из идентичных атомов, часть κ -рых имеет число x d -электронов, а остальные $x+1$, где $1 \leq x \leq 4$. Для более чем половину заполненной зоны проводимости ($5 \leq x \leq 8$) тот же подход справедлив для дырок (см. *Зонная теория*). Модель применима для случая более чем одного d -электрона на атом. Модифицированная 3. м. представляет собой обобщение *Хаббарда модели* и $s-d$ -обменной *Шубина-Воиновского модели*. Л. Бартел в 1973 [3] рассчитал в приближении случайных фаз спектр магн. возбуджений в рамках 3. м. и показал, что в отличие от однозонной модели Хаббарда в 3. м. спектр содержит дополнит. оптич. ветвь *спиновых волн*.

Лит.: 1) Zener C., Interaction between the d-shells in the transition metals, 2, «Phys. Rev.», 1951, v. 82, p. 403; 2) Edwards D. M., Hubbard splitting and the magnetic properties of transition metals and alloys, «Phys. Lett.», 1970, v. 33A, p. 183; 3) Bartel L. C., Modified Zener model for ferromagnetism in transition metals and alloys — model calculation of Te^* , «Phys. Rev.», 1973, v. 7B, p. 3153.

А. В. Ведяев, М. Ю. Николаев.

ЗНАКОПЕРЕМЁННАЯ ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ФОКУСИРОВКА — знакопеременная фокусировка в линейном ускорителе, осуществляемая с помощью ВЧ электрич. поля. Существует неск. видов 3. в. ф.: *квадруольная высокочастотная фокусировка*, *фазо-переменная фокусировка*, *пространственно-однопорядная квадруольная фокусировка*.

ЗНАКОПЕРЕМЁННАЯ ФАЗИРОВКА — метод обеспечения устойчивости фазового движения в *линейном ускорителе*, при κ -ром ускоряющие промежутки расположены вдоль ускорителя так, что частицы попадают поочередно то в устойчивую, то в неустойчивую *равновесную фазу*. Такое воздействие может привести к устойчивому движению частиц по фазе — к *автофазировке*. Поскольку в устойчивой равновесной фазе ВЧ электрич. поле дефокусирует, а в неустойчивой фазе фокусирует частицы, при 3. ф. осуществляется одновременно знакопеременная фокусировка тем же ВЧ ускоряющим полем. В этом осн. достоинство метода 3. ф.

ЗНАКОПЕРЕМЁННАЯ ФОКУСИРОВКА — фокусировка (обычно сильная) пучков заряж. частиц в ускорителях или каналах транспортировки, обусловленная чередованием (в пространстве или во времени) фокусирующих и дефокусирующих магн. или электрич. полей (см. *Фокусировка частиц в ускорителе*).

ЗОДИАКАЛЬНЫЙ СВЕТ — слабое диффузное свечение, κ -рое можно наблюдать на ночном небе в виде расширяющейся к горизонту полосы, простирающейся через зодиакальные созвездия. Видимая яркость 3. с. приблизительно в 2—3 раза больше яркости ночного неба. Лучше всего 3. с. виден в экваториальной области Земли между тропиками. Наиб. яркие части 3. с. расположены вблизи горизонта и имеют конич. форму. По мере удаления от горизонта 3. с. сужается, его яркость уменьшается и он постепенно переходит в едва различимую полосу шириной ок. 10° (зодиакальная полоса). В области, противоположной Солнцу, на зодиакальной полосе выделяется слабосветящаяся пятно овальной формы, называемое *противо-сиянием*.

3. с. — это свет, рассеянный пылевыми частицами, κ -рые находятся в *межпланетной среде* и образуют