

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗОН В ТВЁРДОМ ТЕЛЕ

**Бозоров Носиржон Содикович** – канд физ-мат. наук, зав. кафедрой физики и астрономии Кокандского госпединститута e-mail: [bozorov1970@mail.ru](mailto:bozorov1970@mail.ru)

**Умуркулов Каюмжон Парпиевич** – преподаватель кафедры физики и астрономии Кокандского госпединститута.

**Алишеров Отабек Алишер угли** – зав. кабинет кафедры физики и астрономии Кокандского госпединститута.

### ARTICLE INFO.

#### Ключевые слова:

### Аннотация

в статье анализируется процесс договорно-правового В статье изложены основные приращение о Расщеплению в зоны подвержены не только энергетические уровни валентных электронов, а все без исключения уровни. Показана что величина расщепления для разных уровней не одинакова. Ширина энергетической зоны не зависит от размеров кристалла, а определяется природой образующих кристалл атомов и строением кристалла...<http://www.gospodarkainnowacje.pl/> © 2023 LWAB.

Свободные электроны могут иметь любую энергию их энергетический спектр непрерывен. Однако, электроны, принадлежащие изолированным атомам, в соответствии с [квантовомеханическими](#) представлениями, имеют определённые дискретные значения энергии. В твёрдом теле энергетический спектр электронов существенно иной, он состоит из отдельных разрешённых энергетических зон, разделённых зонами запрещённых энергий.

Расщеплению в зоны подвержены не только энергетические уровни валентных электронов, а все без исключения уровни, как занятые электронами (нижние энергетические уровни), так и свободные от них (верхние уровни). Таким образом, вместо системы дискретных энергетических уровней, которыми характеризуется отдельный атом, в кристалле появляется система энергетических зон (рис. 1).

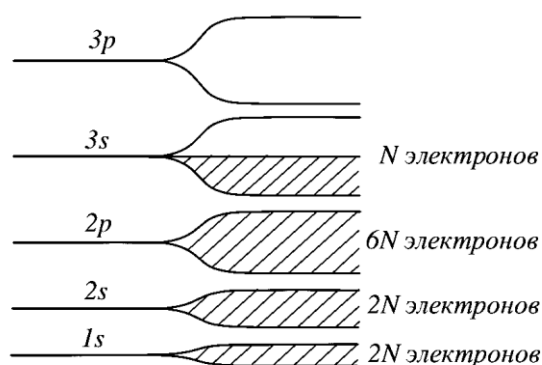


Рис. 1

Величина расщепления для разных уровней не одинакова. Сильнее видоизменяются уровни, заполненные в атоме валентными электронами. Степень расщепления уровней зависит от расстояния между атомами (рис. 2). В зависимости от конкретных свойств кристалла расстояние между соседними атомами может быть либо  $r_1$ , либо типа  $r_2$ . При расстоянии типа  $r_1$  между разрешёнными зонами имеется запрещённая зона. При расстоянии типа  $r_2$  происходит перекрывание соседних зон.

Ширина энергетической зоны не зависит от размеров кристалла, а определяется природой образующих кристалл атомов и строением кристалла. Ширина энергетической зоны различна в разных направлениях, поскольку различны в этих направлениях межатомные расстояния.

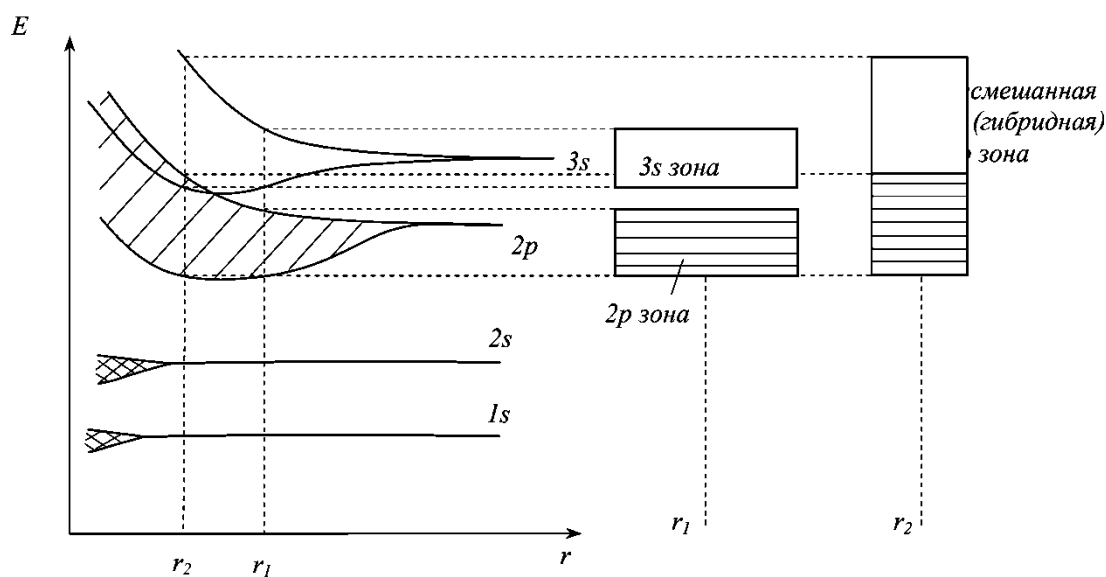


Рис. 2

Энергетическая зона не является рядом непрерывных значений энергии, а представляет собой систему дискретных энергетических уровней. Число уровней в энергетической зоне равно произведению числа атомов в кристалле на число электронов, которые могут находиться на уровне с соблюдением принципа Паули. Таким образом зона, возникшая из одного уровня изолированного атома состоит из  $N$  подуровней ( $N = 10^{23} - 10^{24}$ ). При ширине зоны валентных электронов (3s-зона) равной 1 эВ расстояние между подуровнями в зоне составляет  $1 \text{ эВ} / 10^{23} = 10^{-23} \text{ эВ}$ . Оно настолько мало, что переход от уровня к уровню внутри зоны для валентного электрона можно считать практически непрерывным.

Каждая зона содержит ограниченное число энергетических уровней, вследствие чего

может вместить ограниченное число электронов. На каждом уровне, следуя принципу Паули, может находиться  $2(2l+1)$  электронов ( $l$ -орбитальное квантовое число), а в зоне, следовательно,  $2N(2l+1)$  электронов. На рис.1 показано заполнение энергетических зон электронами для кристалла натрия. Так энергетическая зона  $1s$ , содержащая  $2N$  электронов;  $2s$ -зона, содержащая 2 электронов;  $2p$ -зона, содержащая 6 электронов, полностью укомплектованы.  $3s$ - зона заполнена электронами только наполовину (в ней  $N$  электронов займут  $N/2$  нижних подуровней).  $3p$ -зона и все вышележащие зоны свободны от электронов. Принято называть зону, заполненную валентными электронами, валентной зоной, а следующую за ней, свободную от электронов - зоной проводимости.

Поскольку нижние энергетические уровни полностью заполнены электронами, так что движение электронов по энергетическим подуровням зон невозможно (нет вакантных мест), то свойства твёрдых тел будут определяться только электронами валентной зоны.

Согласно постулатом Бора в изолированном атоме энергия электрона может принимать строго дискретные значения (также говорят, что электрон находится на одной из [орбиталей](#)).

В случае нескольких атомов, объединённых [химической связью](#) (например, в [молекуле](#)), электронные орбитали расщепляются в количестве, пропорциональном числу атомов, образуя так называемые [молекулярные орбитали](#). При дальнейшем увеличении системы до макроскопического [кристалла](#) (число атомов более  $10^{20}$ ), количество орбиталей становится очень большим, а разница энергий электронов, находящихся на соседних орбиталях, соответственно очень маленькой, энергетические уровни расщепляются до практически непрерывных дискретных наборов — энергетических зон. Наивысшая из разрешённых энергетических зон в полупроводниках и диэлектриках, в которой при температуре 0 К все энергетические состояния заняты электронами, называется [валентной зоной](#), следующая за ней — зоной проводимости. В металлах зоной проводимости называется наивысшая разрешённая зона, в которой находятся электроны при температуре 0 К.

В основе зонной теории лежат следующие главные приближения:

1. Твёрдое тело представляет собой идеально периодический [кристалл](#).
2. Равновесные положения узлов кристаллической решётки фиксированы, то есть ядра атомов считаются неподвижными. Малые колебания атомов вокруг равновесных положений, которые могут быть описаны как фононы, вводятся впоследствии как возмущение электронного энергетического спектра.
3. Многоэлектронная задача сводится к одноэлектронной: воздействие на данный электрон всех остальных описывается некоторым усредненным самосогласованным периодическим полем.

Ряд явлений, по существу многоэлектронных, таких как ферромагнетизм, сверхпроводимость, и таких, где играют роль экстоны, не может быть последовательно рассмотрен в рамках зонной теории. Вместе с тем при более общем подходе к построению теории твёрдого тела оказалось, что многие результаты зонной теории шире её исходных предпосылок.

**Использованная литература.**

1. Мухторов, Лутфулло Тохирович, Абдуали Абдуманонов, and Носирчон Бозоров. "The method of drawing graphs on physics by using Visual Basic 6.0 program." *Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки* 4 (2018): 194-198.
2. Бозоров, Н. С. "Поврежденность кристаллов при взрыве горных пород: Автореф. дис... канд. физ.-мат. наук: 01.04. 07."
3. Sodikovich, Bozorov Nosirjon, and Umurkulov Kayumjon Parpievich. "MICROMECHANICAL APPROACH TO STRENGTH AND FRACTURE ANALYSIS OF HETEROGENEOUS MATERIALS." *INTERNATIONAL JOURNAL OF SOCIAL SCIENCE & INTERDISCIPLINARY RESEARCH ISSN: 2277-3630 Impact factor: 7.429* 12.04 (2023): 174-176.
4. Sodikovich, Bozorov Nosirjon, Umurkulov Kayumjon Parpievich, and Abdumanova Firuza Abdualievna. "SOME ASPECTS OF SURFACE PROCESSES ON A SOLID BODY." *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal* 10.12 (2022): 78-80.
5. Parpievich, Bozorov Nosirjon Sodikovich Umurkulov Kayumjon, and Abdumanonova Firuza Abdualievna. "FORMATION OF IDEAS ABOUT MICROMECHANICS DESTRUCTION IN THE PROCESS OF TEACHING A PHYSICS COURSE." *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal* 10.12 (2022): 60-64.
6. Абдуманонов, Абдуали, et al. "MICROCRACKS'ROLE AT DESTRUCTION AND EVALUATION OF HARDNESS FIRM." *Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки* 52.1 (2020): 34-38.
7. Leksovskii, A. M., Borovikov, V. A., Bozorov, N. S., & Abdumanonov, A. (1996). Detection of microcracks in rock samples using the luminescent microscopy technique. *PISMA V ZHURNAL TEKHNIЧЕСKOI FIZIKI*, 22(3), 6-10.
8. Бозоров, Н. С. "Поврежденность кристаллов при взрыве горных пород: Автореф. дис... канд. физ.-мат. наук: 01.04. 07."
9. Khursanbayevich, Kuchkorov Mavzurjon. "SEMICONDUCTORS: THE HISTORY OF FORMATION AS A SCIENCE. DEFECTS IN THE CRYSTAL STRUCTURE. ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND CONTACT PHENOMENA." *INTERNATIONAL JOURNAL OF SOCIAL SCIENCE & INTERDISCIPLINARY RESEARCH ISSN: 2277-3630 Impact factor: 7.429* 12.06 (2023): 172-175.
10. Qo'chqorov, Mavzurjon Xursanboyevich, and Moxinur Voxidjon qizi Muxammadyusupova. "NISBIYLIK NAZARIYASI HAMDA EYNSHTEYN PASTULOTLARI. KVANT MEKANIKASI VA MIKROZARRALAR." *Educational Research in Universal Sciences* 2.4 (2023): 799-801.
11. Расулов, Рустам Явкачович, et al. "Межзонное многофотонное поглощение поляризованного излучения и его линейно-циркулярный дихроизм в полупроводниках в приближении Кейна." *Известия высших учебных заведений. Физика.* 2022. Т. 65, № 10. С. 127-134 (2022).
12. RASULOV, VOXOB RUSTAMOVICH, et al. "MATRIX ELEMENTS OF THREE PHOTONIC OPTICAL TRANSITIONS IN CRYSTALS OF CUBIC SYMMETRY. OPTICAL

TRANSITIONS FROM THE SPIN-ORBITAL SPLITTING BAND TO THE CONDUCTION BAND." *EUROPEAN SCIENCE REVIEW*: 35-39.

13. Rasulov, R., Rasulov, V., Eshboltaev, I., & Kuchkarov, M. TO THE THEORY OF SIZE QUANTIZATION IN A QUANTUM WELL OF p-Te. *Deutsche internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft* □□□ № 22 2021 VOL., 62. RASULOV, VOXOB RUSTAMOVICH, et al.

"INVESTIGATION OF SIZE QUANTIZATION IN A GYROTROPIC SEMICONDUCTOR." *EUROPEAN SCIENCE REVIEW*: 22-26.

14. HAKIMOVA, Y. (2023). IT-INDUSTRIYA SOHASIGA RAQOBATBARDOSH KADRLAR TAYYORLASHA XORIY TAJRIBASI. *Scienceweb academic papers collection*.

15. Hakimova, YT (2023). MASALOVLI TA'LIM JARAYONIDA BULUT TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH "INFORMATIKA METODIKASI" FANINI O'QITISH METODIKASI. *Ochiq kirish ombori*, 9 (6), 238-240.

16. HAKIMOVA, Y. (2023). RAQAMLI OLAMDA MASOFAVIY TA'LIMNI RIVOJLANTIRISH. *Scienceweb academic papers collection*.