

*9.Опыты Штерна и Герлаха.*

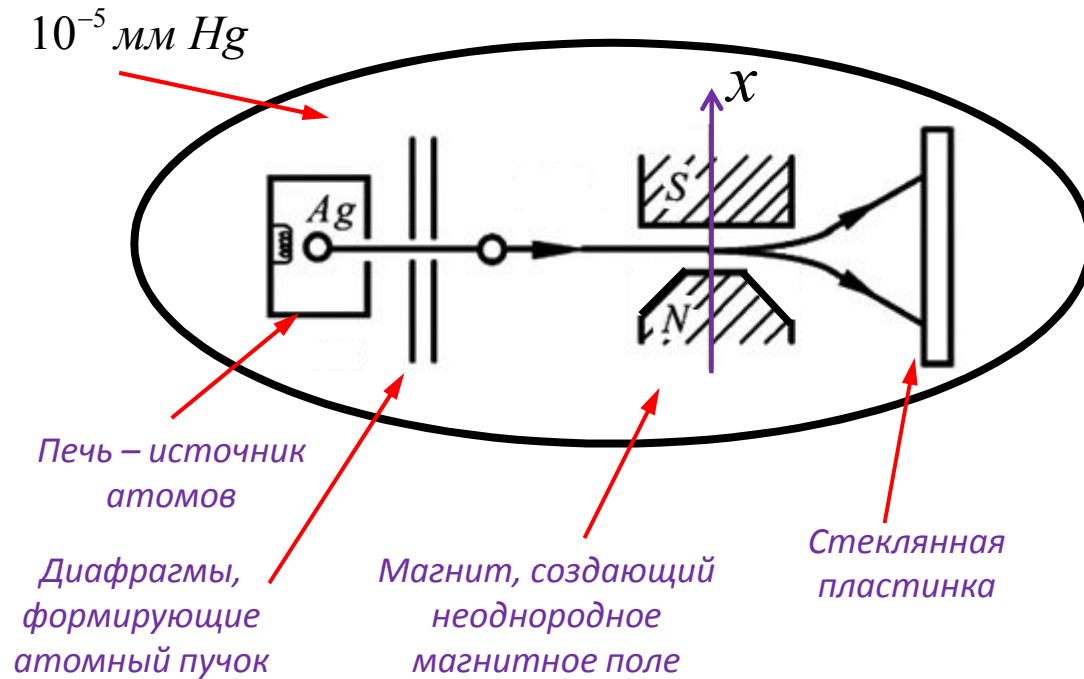
*Пространственное квантование.*

*Открытие спина электрона.*



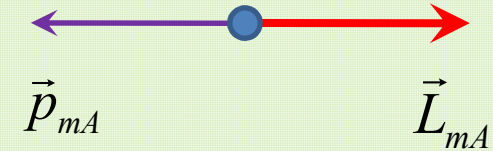
1922 г.

1. Схема опыта Штерна и Герлаха.



$$\vec{p}_{mA} = -\frac{e}{2m} \vec{L}_{mA}$$

Магнитный момент и момент импульса атома.



$$\vec{F} = \text{grad}(\vec{p}_{mA} \vec{B})$$

$$F_x = p_{mA} \frac{dB}{dx} \cos(\vec{p}_{mA} \vec{B})$$

Если ориентация  $\vec{p}_{mA}$  и  $\vec{L}_{mA}$  имеет случайный характер, то на экране будет непрерывная полоска.

**В опыте на экране наблюдались дискретные полоски!!!**

Так было доказано, что момент импульса имеет определенные направления относительно оси OX.

2.

Открытие собственного магнитного момента электрона

При отсутствии у атома магнитного момента (щелочные металлы) в опыте Штерна и Герлаха не должно наблюдаться расщепление атомного пучка.

Опыт показал, что расщепление есть – на 2 полоски!!!

Объяснение:

Гудсмит и Уленбек (1925г)

У электрона существует собственный момент импульса ( спин )  $\vec{S}$  и

спиновый магнитный момент  $\vec{p}_s$ , который связан со спином соотношением:

$$\vec{p}_s = -\frac{e}{m} \vec{S}$$

Проекция спина на OX принимает всего два значения:

$$S_x = m_s \hbar, \text{ где } m_s = \pm \frac{1}{2}$$

$$m_s = \pm \frac{1}{2}$$

магнитное спиновое квантовое число

# 10. Распределение электронов по энергетическим уровням в атомах.

## Периодическая таблица элементов Менделеева.

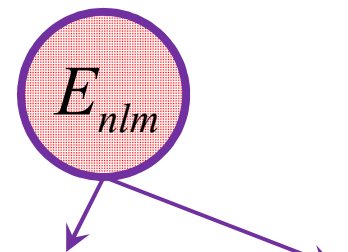


ПЕРИ ОДЫ	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ															
	a I б	a II б	a III б	a IV б	a V б	a VI б	a VII б	a VIII б								
1	<b>H</b> ВОДОРОД							<b>He</b> ГЕЛИЙ	АТОМНЫЙ НОМЕР <b>U</b> УРАН НАЗВАНИЕ							
2	<b>Li</b> ЛИТИЙ	<b>Be</b> БЕРИЛЛИЙ	<b>B</b> БОР	<b>C</b> УГЛЕРОД	<b>N</b> АЗОТ	<b>O</b> КИСЛОРОД	<b>F</b> ФТОР	<b>Ne</b> НЕОН								
3	<b>Na</b> НАТРИЙ	<b>Mg</b> МАГНИЙ	<b>Al</b> АЛЮМИНИЙ	<b>Si</b> КРЕМНИЙ	<b>P</b> ФОСФОР	<b>S</b> СЕРА	<b>Cl</b> ХЛОР	<b>Ar</b> АРГОН								
4	<b>K</b> КАЛИЙ	<b>Ca</b> КАЛЬЦИЙ	<b>Sc</b> СКАНДИЙ	<b>Ti</b> ТИТАН	<b>V</b> ВАНАДИЙ	<b>Cr</b> ХРОМ	<b>Mn</b> МАРГАНЕЦ	<b>Fe</b> ЖЕЛЕЗО	<b>Co</b> КОБАЛЬТ	<b>Ni</b> НИКЕЛЬ						
5	<b>Rb</b> РУБИДИЙ	<b>Sr</b> СТРОНЦИЙ	<b>Y</b> ИТРИЙ	<b>Zr</b> ЦИРКОНИЙ	<b>Nb</b> НИОБИЙ	<b>Mo</b> МОЛИБДЕН	<b>Tc</b> ТЕХНЕЦИЙ	<b>Ru</b> РУТЕНИЙ	<b>Rh</b> РОДИЙ	<b>Pd</b> ПАЛЛАДИЙ						
6	<b>Cs</b> ЦЕЗИЙ	<b>Ba</b> БАРИЙ	<b>La*</b> ЛАНТАН	<b>Hf</b> ГАФНИЙ	<b>Ta</b> ТАНТАЛ	<b>W</b> ВОЛЬФРАМ	<b>Re</b> РЕНИЙ	<b>Os</b> ОСМИЙ	<b>Ir</b> ИРИДИЙ	<b>Pt</b> ПЛАТИНА						
7	<b>Fr</b> ФРАНЦИЙ	<b>Ra</b> РАДИЙ	<b>Ac*</b> АКТИНИЙ	<b>Ku</b> КУРЧАТОВИЙ	<b>Ns</b> НИЛЬСБОРИЙ											
* ЛАНТАНОИДЫ																
<b>Ce</b> ЦЕРИЙ	<b>Pr</b> ПРАЗЕОДИМ	<b>Nd</b> НЕОДИМ	<b>Pm</b> ПРОМЕТИЙ	<b>Sm</b> САМАРИЙ	<b>Eu</b> ЕВРОПИЙ	<b>Gd</b> ГАДОЛИНИЙ	<b>Tb</b> ТЕРБИЙ	<b>Dy</b> ДИСПРОЗИЙ	<b>Ho</b> ГОЛЬМИЙ	<b>Er</b> ЭРБИЙ	<b>Tm</b> ТУЛИЙ	<b>Yb</b> ИТТЕРБИЙ	<b>Lu</b> ЛУТЕЦИЙ			
* АКТИНОИДЫ																
<b>Th</b> ТОРИЙ	<b>Pa</b> ПРОТАКТИНИЙ	<b>U</b> УРАН	<b>Np</b> НЕПТУНИЙ	<b>Pu</b> ПЛУТОНИЙ	<b>Am</b> АМЕРИЦИЙ	<b>Cm</b> КУРИЙ	<b>Bk</b> БЕРКЛИЙ	<b>Cf</b> КАЛЬЦИФОРМИЙ	<b>Es</b> ЭЙЗЕНХАЙМЕРИЙ	<b>Fm</b> ФЕРМИЙ	<b>Md</b> МЕНДЕЛЕВИЙ	<b>No</b> НОБЕЛИЙ	<b>Lr</b> ЛОУРЕНСИЙ			
■ - s-элементы    ■ - p-элементы    ■ - d-элементы    ■ - f-элементы																

## Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням в атомах.

1). Квантовое состояние каждого электрона в атоме характеризуется 4-мя квантовыми числами:

$$\begin{aligned}n &= 1, 2, \dots \\l &= 0, 1, \dots, n-1 \\m &= 0, \pm 1, \dots, \pm l \\m_s &= \pm \frac{1}{2}\end{aligned}$$

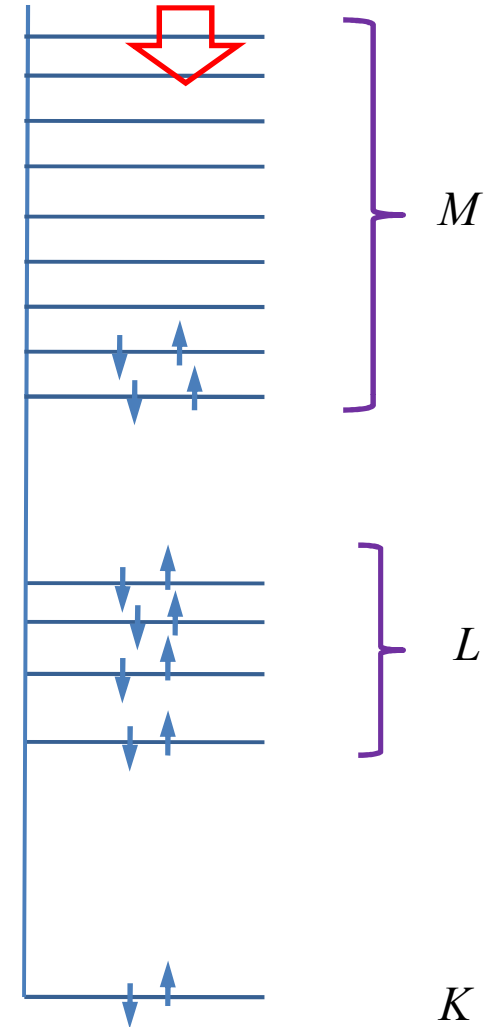
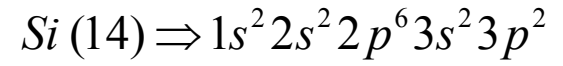
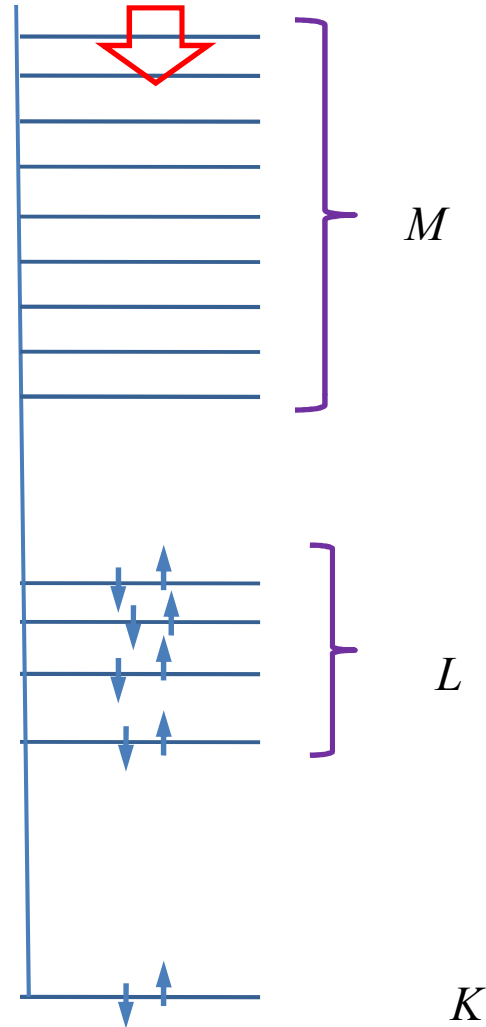
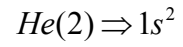
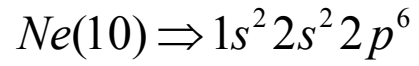
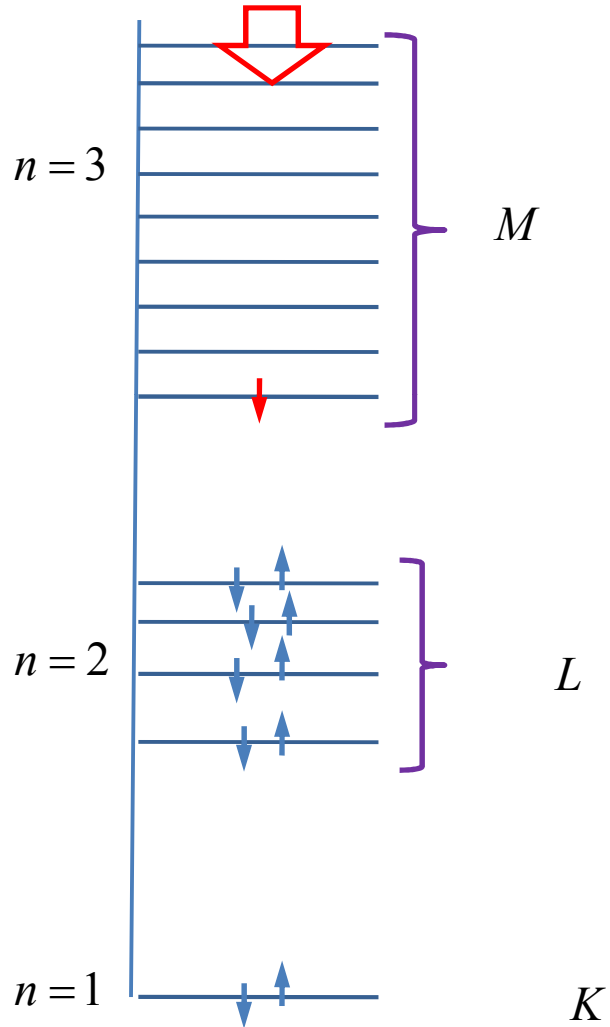
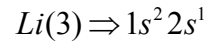
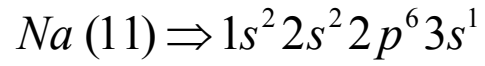


2). Энергия квантового состояния в основном зависит от кв.числа  $n$ , слабее от  $l$  и еще слабее от  $m$  и не зависит от  $m_s$ .  
(Сильные электрические поля – эффект Штарка.)

3). В нормальном (невозбужденном) состоянии атома электроны располагаются на самых низких доступных для них энергетических уровнях.

4). Принцип Паули: в любой квантово-механической системе не может быть даже 2-х электронов, обладающих одинаковой совокупностью 4-х квантовых чисел.

Примеры электронных конфигураций.



Данному  $n$  соответствует  $n^2$  состояний, в которых могут находиться не более  $2n^2$  электронов.

$n = 1$	→	2 электрона	→	K – оболочка
$n = 2$	→	8 электронов	→	L – оболочка
$n = 3$	→	18 электронов	→	M – оболочка
$n = 4$	→	32 электрона	→	N – оболочка
$n = 5$	→	50 электронов	→	O – оболочка

(электронный  
слой)

Для полностью заполненной оболочки характерно равенство нулю суммарного орбитального и спинового моментов.

ПЕРИ ОДЫ	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ												
	а I б	а II б	а III б	а IV б	а V б	а VI б	а VII б	а VIII б					
1								<b>H</b> ВОДОРОД	<b>He</b> ГЕЛИЙ	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">           АТОМНЫЙ НОМЕР  <b>U</b> 92            УРАН            НАЗВАНИЕ         </div>			
2	<b>Li</b> 3 ЛИТИЙ	<b>Be</b> 4 БЕРИЛЛИЙ	<b>B</b> 5 БОР	<b>C</b> 6 УГЛЕРОД	<b>N</b> 7 АЗОТ	<b>O</b> 8 КИСЛОРОД	<b>F</b> 9 ФТОР	<b>Ne</b> 10 НЕОН					
3	<b>Na</b> 11 НАТРИЙ	<b>Mg</b> 12 МАГНИЙ	<b>Al</b> 13 АЛЮМИНИЙ	<b>Si</b> 14 КРЕМНИЙ	<b>P</b> 15 ФОСФОР	<b>S</b> 16 СЕРА	<b>Cl</b> 17 ХЛОР	<b>Ar</b> 18 АРГОН					
4	<b>K</b> 19 КАЛИЙ	<b>Ca</b> 20 КАЛЬЦИЙ	21 <b>Sc</b> СКАНДИЙ	22 <b>Ti</b> ТИТАН	23 <b>V</b> ВАНАДИЙ	24 <b>Cr</b> ХРОМ	25 <b>Mn</b> МАРГАНЕЦ	26 <b>Fe</b> ЖЕЛЕЗО	27 <b>Co</b> КОБАЛЬТ	28 <b>Ni</b> НИКЕЛЬ			
	29 <b>Cu</b> МЕДЬ	30 <b>Zn</b> ЦИНК	<b>Ga</b> 31 ГАЛЛИЙ	<b>Ge</b> 32 ГЕРМАНИЙ	<b>As</b> 33 МЫШЬЯК	<b>Se</b> 34 СЕЛЕН	<b>Br</b> 35 БРОМ	<b>Kr</b> 36 КРИПТОН					
5	<b>Rb</b> 37 РУБИДИЙ	<b>Sr</b> 38 СТРОНЦИЙ	39 <b>Y</b> ИТТРИЙ	40 <b>Zr</b> ЦИРКОНИЙ	41 <b>Nb</b> НИОБИЙ	42 <b>Mo</b> МОЛИБДЕН	43 <b>Tc</b> ТЕХНЕЦИЙ	44 <b>Ru</b> РУТЕНИЙ	45 <b>Rh</b> РОДИЙ	46 <b>Pd</b> ПАЛЛАДИЙ			
	47 <b>Ag</b> СЕРЕБРО	48 <b>Cd</b> КАДМИЙ	<b>In</b> 49 ИНДИЙ	<b>Sn</b> 50 ОЛОВО	<b>Sb</b> 51 СУРЬМА	<b>Te</b> 52 ТЕЛЛУР	<b>I</b> 53 ЙОД	<b>Xe</b> 54 КСЕНОН					
6	<b>Cs</b> 55 ЦЕЗНИЙ	<b>Ba</b> 56 БАРИЙ	57 <b>La</b> * ЛАНТАН	72 <b>Hf</b> ГАФНИЙ	73 <b>Ta</b> ТАНТАЛ	74 <b>W</b> ВОЛЬФРАМ	75 <b>Re</b> РЕНИЙ	76 <b>Os</b> ОСМИЙ	77 <b>Ir</b> ИРИДИЙ	78 <b>Pt</b> ПЛАТИНА			
	79 <b>Au</b> ЗОЛОТО	80 <b>Hg</b> РТУТЬ	<b>Tl</b> 81 ТАЛЛИЙ	<b>Pb</b> 82 СВИНЕЦ	<b>Bi</b> 83 ВИСМУТ	<b>Po</b> 84 ПОЛОНИЙ	<b>At</b> 85 АСТАТ	<b>Rn</b> 86 РАДОН					
7	<b>Fr</b> 87 ФРАНЦИЙ	<b>Ra</b> 88 РАДИЙ	89 <b>Ac</b> * АКТИНИЙ	104 <b>Ku</b> КУРЧАТОВИЙ	105 <b>Ns</b> НИЛЬСБОРИЙ	106	107	108	109				
* ЛАНТАНОИДЫ													
<b>Ce</b> 58 ЦЕРИЙ	<b>Pr</b> 59 ПРАЗЕОДИЙ	<b>Nd</b> 60 НЕОДИМ	<b>Pm</b> 61 ПРОМЕТИЙ	<b>Sm</b> 62 САМАРИЙ	<b>Eu</b> 63 ЕВРОПИЙ	<b>Gd</b> 64 ГАДОЛИНИЙ	<b>Tb</b> 65 ТЕРБИЙ	<b>Dy</b> 66 ДИСПРОЗИЙ	<b>Ho</b> 67 ГОЛЬМИЙ	<b>Er</b> 68 ЭРБИЙ	<b>Tm</b> 69 ТУЛИЙ	<b>Yb</b> 70 ИТТЕРБИЙ	<b>Lu</b> 71 ЛЮТЕЦИЙ
* АКТИНОИДЫ													
<b>Th</b> 90 ТОРИЙ	<b>Pa</b> 91 ПРОТАКТИНИЙ	<b>U</b> 92 УРАН	<b>Np</b> 93 НЕПУНИЙ	<b>Pu</b> 94 ПЛУТОНИЙ	<b>Am</b> 95 АМЕРИЦИЙ	<b>Cm</b> 96 КУРИЙ	<b>Bk</b> 97 БЕРКЛИЙ	<b>Cf</b> 98 КАЛИФОРНИЙ	<b>Es</b> 99 ЭЙНШТЕЙНИЙ	<b>Fm</b> 100 ФЕРМИЙ	<b>Md</b> 101 МЕНДЕЛЕВИЙ	<b>No</b> 102 (НОБЕЛИЙ)	<b>Lr</b> 103 (ЛОУРЕНСИЙ)
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></div> - s-элементы           <div style="width: 20px; height: 15px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></div> - p-элементы           <div style="width: 20px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black;"></div> - d-элементы           <div style="width: 20px; height: 15px; background-color: black; border: 1px solid black;"></div> - f-элементы         </div>													