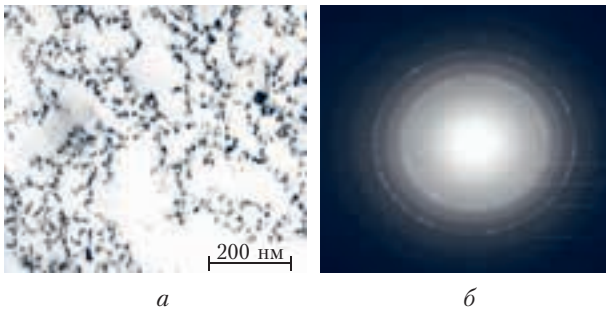


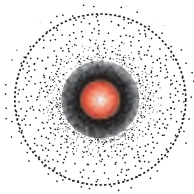
## § 9. Стан электрона ў атаме

Развіццё квантавай механікі ў 20-я гады XX стагоддзя прывяло да карэннага перагляду фундаментальных паняццяў тэорыі будовы атама. Даследаванні ўласцівасцей электрона паказала, што для яго характэрны ўласцівасці як часціцы, так і хвалі. Электрон як часціца характарызуецца масай і электрычным зарадам, як хваля — даўжынёй хвалі, якая залежыць ад скорасці руху электрона. Гэтую дваістасць уласцівасцей электрона назвалі *карпускулярна-хвалевым* дуалізмам.



Мал. 15. Плёнка, якая складаецца з наначасціц Au і SnO<sub>2</sub>: *a* — выява, *б* — дыфракцыйная карціна.

Фатаграфіі атрыманы метадамі, заснаванымі на выкарыстанні хвалевых уласцівасцей электронаў



Мал. 16. Электроннае воблака атама вадароду

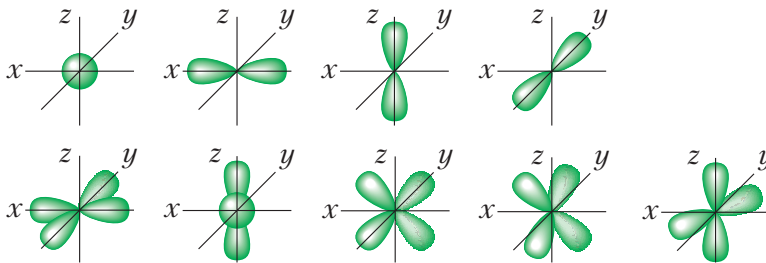
нельга адначасова дакладна вызначыць яго каардынату і скорасць, а значыць, немагчыма прасачыць *траекторыю* руху электрона ў атаме, таму кажуць пра *верагоднасць* знаходжання электрона ў пэўнай вобласці прасторы каля ядра. Яе абмяжоўваюць умоўнай паверхняй, якая ахоплівае прыкладна 90 % аб'ёму, у якім найбольш вялікая верагоднасць знаходжання гэтага электрона (мал. 16). Такую вобласць каляядзернай прасторы называюць *атамнай электроннай арбіталлю*, ці проста *атамнай арбіталлю*.

Кожнаму электрону ў атаме адпавядае свая **атамная арбіталь**, якая *характарызуецца пэўнымі значэннямі энергіі, формай і памерам электроннага воблака*.

За ўмоўны памер атамнай *s*-арбіталі прымаюць дыяметр воблака, у якім верагоднасць знаходжання дадзенага электрона складае прыкладна 90 % (гл. пункцірную лінію на мал. 16).

У цяперашні час хвалевыя ўласцівасці электрона выкарыстоўваюцца ў электроннай і атамна-сілавой мікраскапіі, якая дазваляе разглядаць розныя аб'екты (памерам парадку  $10^{-9}$  м) з павелічэннем у сотні тысяч разоў (мал. 15). Без гэтых метадаў было б немагчымым з'яўленне нанатэхналогій.

З пункту гледжання квантавай механікі для электрона



Мал. 17. Форма электронных воблакаў  $s$ -,  $p$ -арбіталей (верхні радок) і  $d$ -арбіталей (ніжні радок)

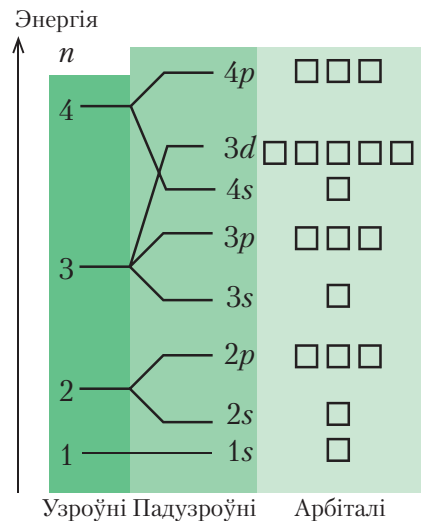


Па форме электроннага воблака адрозніваюць  $s$ -,  $p$ -,  $d$ - і  $f$ -арбіталі.  $s$ -Арбіталі маюць форму сферы,  $p$  – форму ганталі,  $d$  і  $f$  – больш складаную форму (мал. 17).

Згодна з асноўным прынцыпам квантавай механікі, электрон у атаме можа прымаць толькі пэўныя значэнні энергіі, а іншыя значэнні забароненыя. У гэтым выпадку кажучь, што *энергія электрона квантаваная*, гэта значыць мае дыскрэтны набор значэнняў. Для нагляднага ўяўлення станаў электронаў у атаме выкарыстоўваюць энергетычную дыяграму (мал. 18). Прааналізуем гэты малюнак. З малюнка вынікае, што электроны ў атаме размеркаваны па энергетычных узроўнях і падузроўнях.

*Энергетычныя ўзроўні* (або электронныя пласты, з якімі вы пазнаёміліся, вывучаючы хімію ў 9-м класе) абазначаюць лікам  $n$ . Гэты лік мае толькі цэлаалікавыя значэнні: 1, 2, 3, ... Кожнаму значэнню  $n$  адпавядае пэўнае значэнне энергіі электрона. Энергія можа змяняцца толькі скачкападобна. Самы нізкі энергетычны ўзровень ( $n = 1$ ) адпавядае мінімальна магчымай энергіі электрона. Электроны, якія знаходзяцца на гэтым узроўні, найбольш моцна звязаныя з ядром. Чым большы  $n$ , слабейшая яго сувязь з ядром, большы памер электроннага воблака, тым большая энергія электрона. Пры  $n = \infty$  электрон губляе сувязь з ядром і лічыцца свабодным.

Вам ужо вядома, што лік электронаў на энергетычных узроўнях розны. Так, на першым энергетычным узроўні можа быць не больш за 2, на другім – не больш за 8, на трэцім – не больш за 18 электронаў.



Мал. 18. Схема размеркавання атамных арбіталей па энергіі (энергетычная дыяграма)

Лік электронаў, які можа змясціць пэўны ўзровень, можна вылічыць па формуле:

$$N(e^-) = 2n^2.$$

Электронны, якія знаходзяцца на адным энергетычным узроўні, утвараюць *электронную абалонку*, або *слой*. Найвышэйшую па энергіі электронную абалонку называюць *знешняй*. На ёй размешчаны электроны, якія слабей за ўсё звязаны з ядром і таму здольныя ўдзельнічаць ва ўтварэнні хімічных сувязей. Іх называюць *валентнымі*.

У шматэлектронных атамах энергетычныя ўзроўні расшчапляюцца на *энергетычныя падузроўні* (табл. 5). На першым узроўні ( $n = 1$ ) ёсць толькі адзін падузровень —  $1s$ , на другім ( $n = 2$ ) — два падузроўні ( $2s$  і  $2p$ ), на трэцім іх тры ( $3s$ ,  $3p$  і  $3d$ ).

Табліца 5. Размеркаванне электронаў у атаме па ўзроўнях, падузроўнях, арбітальных

Энергетычны ўзровень, $n$	Пад-узровень	Лік атамных арбіталей	Максімальны лік электронаў на падузроўні	Максімальны лік электронаў на энергетычным узроўні ( $N(e^-) = 2n^2$ )
1	$1s$	1	2	2
2	$2s$	1	2	8
	$2p$	3	6	
3	$3s$	1	2	18
	$3p$	3	6	
	$3d$	5	10	

### Атамныя арбіталі, парадак іх запайнення электронамі

На энергетычнай дыяграме атамныя арбіталі намалюваны ў выглядзе клетак (ячэек):  $\square$  (мал. 18). На кожным энергетычным падузроўні можа знаходзіцца толькі пэўны лік аднолькавых па энергіі атамных арбіталей: на любым  $s$ -падузроўні — адна  $\square$ , на  $p$  — тры  $\square\square\square$ , на  $d$  — пяць  $\square\square\square\square\square$ .

Як вам ужо вядома, на кожнай атамнай арбіталі можа размясціцца не больш за два электроны:  $\uparrow\downarrow$ , прычым электроны павінны адрознівацца сваімі спінамі. Спін умоўна характарызуе вярчэнне электрона вакол уласнай восі па гадзіннікавай стрэлцы або супраць яе. Гэтыя адрозненні ў электронаў на схеме малююць стрэлкамі, накіраванымі ў процілеглыя бакі. Калі на арбіталі знаходзіцца адзін электрон  $\uparrow$ , яго называюць няспараным, а атамную арбіталь — напалову запоўненай. Калі на арбіталі два электроны  $\uparrow\downarrow$ , то электроны называюць спаранымі, а арбіталь — запоўненай. Атамную арбіталь без электронаў называюць вакантнай, або свабоднай  $\square$ .

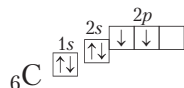
Умяшчальнасць энергетычных узроўняў паказана ў табліцы 5.

Вам вядомыя тры спосабы адлюстравання размеркавання электронаў у атаме:

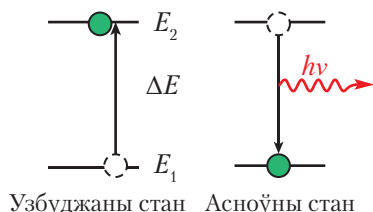
1) у выглядзе электронных схем (паказваюць размеркаванне электронаў толькі па энергетычных узроўнях), напрыклад для вугляроду  ${}_6\text{C } 2e^-, 4e^-$ ;

2) у выглядзе формулы *электроннай канфігурацыі* (паказваюць размеркаванне электронаў па арбітальных), напрыклад  ${}_6\text{C } 1s^2 2s^2 2p^2$ , дзе лічбы перад літарамі  $s$  і  $p$  паказваюць нумар энергетычнага ўзроўню, літары  $s$  і  $p$  — форму электроннага воблака, а верхні індэкс над літарамі — лік электронаў, размешчаных на падузроўнях;

3) з дапамогай *электронна-графічных схем* (паказваюць размеркаванне электронаў па арбітальных з улікам спіна электрона), напрыклад:



*Электронна-графічная схема* — гэта тая ж энергетычная дыяграма, але з адлюстраваннем запаўнення электронамі атамных арбіталей. Стан атама з найменшай магчымай для яго энергіяй электронаў называюць **асноўным**, або **няўзбуджаным**, станам. Усе іншыя энергетычныя станы гэтага атама, якім адпавядае большая энергія электронаў, чым у асноўным стане, называюцца **ўзбуджанымі**.



Мал. 19. Схема пераходу электрона з асноўнага ва ўзбуджаны стан

Для таго каб перавесці атам ва ўзбуджаны стан, яму трэба надаць энергію — *энергію ўзбуджэння* ( $\Delta E$ ) (мал. 19). Яна перадаецца пры ўздзеянні на атам *электрамагнітнага выпраменьвання* (напрыклад, сонечнага святла), пры награванні або ўздзеянні на атам хуткіх электронаў. У асноўным стане атам можа знаходзіцца

неабмежавана доўга, а ва ўзбуджаным — каля  $10^{-15}$  с, пасля чаго ўзбуджаныя электроны вяртаюцца ў асноўны стан. Пераход атама з узбуджанага стану ў асноўны суправаджаецца электрамагнітным выпраменьваннем.



Уласцівасць атамаў пасля іх энергетычнага ўзбуджэння выпраменьваць святло з пэўнымі даўжынямі хваляў ляжыць у аснове метаду спектральнага аналізу — аднаго з асноўных метадаў якаснага і колькаснага аналізу рэчываў. Спектр складаецца з асобных ліній, кожная з якіх з'яўляецца ў выніку пераходу атама з узбуджанага ў асноўны стан. Лінейчаты спектр выпускання — сведчанне розных канкрэтных значэнняў энергіі электронаў у атаме.



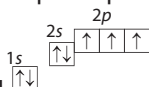
Для электрона характэрны ўласцівасці як часціцы, так і хвалі.

**Атамная арбіталь** — гэта характарыстыка стану электрона ў атаме, якая ўключае пэўнае значэнне энергіі, форму і памер электроннага воблака.

Электронную будову атама характарызуюць з дапамогай электроннай схемы, формулы электроннай канфігурацыі і электронна-графічнай схемы.

### Пытанні, заданні, задачы

- Назавіце характарыстыкі электрона: а) як часціцы; б) як хвалі.
- Назавіце спосабы адлюстравання размеркавання электронаў у атаме азоту:



а)  ${}_7\text{N } 2e^-, 5e^-$ ; б)  ${}_7\text{N } 1s^2 2s^2 2p^3$ ; в)  ${}_7\text{N}$

3. Як зменіцца энергія электрона, калі яго перавесці са стану з  $n = 2$  у стан з  $n = 3$ ? Што адбудзецца з энергіяй электрона, калі ён вернецца ў ранейшы стан?

4. Выкарыстоўваючы малюнак 18, расстаўце наступныя атамныя арбіталі ў парадку павелічэння іх энергіі:  $3p$ ,  $2p$ ,  $3d$ ,  $1s$ .

5. У якім стане энергія электрона вышэйшая:  $2s$  або  $2p$ ;  $3p$  або  $2p$ ?

6. Чым адрозніваюцца атамныя арбіталі  $1s$  і  $3s$ ?

7. Колькі ўсяго электронаў можа знаходзіцца на трэцім энергетычным узроўні, на  $1s$ -падузроўні, на  $2p$ -падузроўні, на  $3d$ -падузроўні?

8. Пры ўзбуджэнні электрон перайшоў з  $2s$ - на  $2p$ -арбіталь. Што пры гэтым змянілася: энергія электрона, форма электроннага воблака, зарад атама, энергія атама?

9. Разлічыце лік электронаў у порцыі фосфару масай  $1,24$  г.

10. Порцыя нітрату двухвалентнага металу колькасцю  $0,2$  моль змяшчае  $16,4$  моль электронаў. Вызначце элемент.

