



دولة ليبيا
وزارة التعليم

مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الكيمياء

الدرس الاول

للسنة الثالثة من مرحلة التعليم الثانوي

(القسم العلمي)

المدرسة الليبية بفرنسا - تور

العام الدراسي

1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م

The Periodic Table of Elements

الجدول الدوري للعناصر

مخطط جدولي للذرات
جدول دوري للعناصر

The Atoms Grouped According to the Number of Outer (Valence) Electrons

1	2	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	13	14	15	16	17	18
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

أهداف التعلم



بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة، سوف تكون قادرًا على أن:

- ✓ تصف الجدول الدوري كعناصر مرتبة وفقًا للزيادة في عددها (الذري) البروتوني.
- ✓ تصف العلاقة بين رقم المجموعة (عدد إلكترونات التكافؤ)، ورقم الدورة (عدد الأغلفة الإلكترونية).
- ✓ تشرح التشابه بين العناصر في نفس مجموعة الجدول الدوري بدلالة تركيبها الإلكتروني.
- ✓ تصف تطور الصفات الفلزية إلى اللافلزية من اليسار إلى اليمين عبر دورة الجدول الدوري.
- ✓ تصف الخواص النموذجية للفلزات القلوية في المجموعة I (K، Na، Li)، والهالوجينات في المجموعة VII (I₂، Br₂، Cl₂).
- ✓ تستنتج خواص عناصر المجموعة I و VII والعناصر الانتقالية مستخدمًا الجدول الدوري.
- ✓ تصف عناصر المجموعة الصفيرية (الغازات النبيلة) كغازات خاملة وحيدة الذرات، ويرجع خمولها لاكتمال غلافها الخارجي.
- ✓ تقترح استخدامات الغازات النبيلة نتيجة خمولها.
- ✓ تشرح انعدام فاعلية الغازات النبيلة بدلالة تركيبها الإلكتروني.
- ✓ تصف عناصر المجموعة المركزية كفلزات انتقالية لها خواص فلزات نموذجية وحالات تأكسد متغيرة، وتكوّن مركبات ملونة.

تحتوي معظم المعامل الكيميائية على جدول دوري معلق في أحد أركانها.

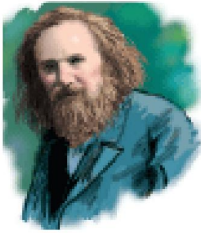
Chemical Families: Similar Elements

العائلات الكيميائية : عناصر متشابهة

1-1

الجدول الدوري هو تصنيف للعناصر، ويستخدم للتنبؤ بخواصها. يوجد أكثر قليلاً من 100 عنصر معروف، ولا يزال عدد العناصر في ازدياد نظراً لإنتاج ذرات اصطناعية حديثة داخل المفاعلات النووية. أصبح من الضروري تصنيف العناصر نتيجة عددها الكبير وفقاً لخواصها الفيزيائية والكيميائية. وتشمل الخواص الفيزيائية المظهر، والحالة، والكثافة، واللون، والرائحة، ودرجة الانصهار، ودرجة الغليان... إلخ. ونقصد بالخواص الكيميائية طريقة تفاعل العنصر مع عناصر أخرى. ويقسم ذلك التصنيف العناصر وفقاً للخواص إلى عائلات كيميائية أو مجموعات.

ملحوظة



ديمتري ماندليف 1834 - 1907 كان أصغر طفل في عائلته. ومن المتفق عليه أنه مؤسس الجدول الدوري.

العائلات الكيميائية		عائلات أصلية - عناصر انتقالية										عائلات أصلية - عناصر انتقالية						
I	II	III	IV	V	VI	VII	O											
قائمة	قائمة	قائمة	قائمة	قائمة	قائمة	قائمة	قائمة											
1							2 He											
2	3 Li	4 Be					5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne						
3	11 Na	12 Mg					13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar						
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57-71 See below	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89-103 See below	104 Ku	105 Ha													
		اللانثانيدات																
		الأكتيونيدات																
		89 La	90 Ce	91 Pr	92 Nd	93 Pm	94 Sm	95 Eu	96 Gd	97 Tb	98 Dy	99 Ho	100 Er	101 Tm	102 Yb	103 Lu		
		104 Ac	105 Th	106 Pa	107 U	108 Np	109 Pu	110 Am	111 Cm	112 Bk	113 Cf	114 Es	115 Fm	116 Md	117 No	118 Lr		

شكل 1-1 الجدول الدوري

Groups and Periods:
Columns and Rowsمجموعات ودورات :
أعمدة وصفوف

2-1

الجدول الدوري هو ترتيب للعناصر وفقاً للعدد (الذري) البروتوني المتزايد، والذي هو عدد البروتونات في نواة ذرتها.

تسمى الأعمدة الرأسية للعناصر في الجدول الدوري **مجموعات**.

يتحدد رقم المجموعة بعدد الإلكترونات في الغلاف الخارجي، وتحتوي جميع العناصر داخل أي مجموعة على نفس عدد إلكترونات التكافؤ (الخارجي). ومن ثم تكون الخواص الكيميائية متشابهة جداً داخل أي مجموعة من العناصر.

تسمى الصفوف الأفقية للعناصر في الجدول الدوري **دورات**.

يدل رقم الدورة على عدد الأغلفة الإلكترونية. وتكون لجميع العناصر في نفس الدورة نفس عدد الأغلفة، ويمتلئ الغلاف الخارجي تدريجياً بالإلكترونات كلما اتجهنا عبر الدورة (من اليسار إلى اليمين). تأمل عناصر الدورة 3 في جدول 1.

دورة 3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
العدد البروتوني (الذري)	11	12	13	14	15	16	17	18
التشكيل الإلكتروني	2, 8, 1	2, 8, 2	2, 8, 3	2, 8, 4	2, 8, 5	2, 8, 6	2, 8, 7	2, 8, 8
الأيون المتكون	Na ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	تساهمي				
الفاعلية (النشاط)	خامل	فعال (نشط)	فعال (نشط)	غير فعال (غير نشيط)	فعال (نشط)	فعال (نشط)	فعال (نشط)	فعال (نشط)
الموصلية	جيدة	جيدة	جيدة	متعادلة	رديئة	رديئة	رديئة	رديئة

جدول 1 عناصر الدورة 3

تتدرج صفات العناصر من فلزات إلى لافلزات كلما اتجهنا عبر الدورة (من اليسار إلى اليمين)، وتتغير أيضاً بناءً عليه خواص العناصر عبر الدورات من فلزية (أيونات موجبة، جيدة التوصيل... إلخ) إلى لافلزية (أيونات سالبة، رديئة التوصيل... إلخ).

التوزيع الإلكتروني

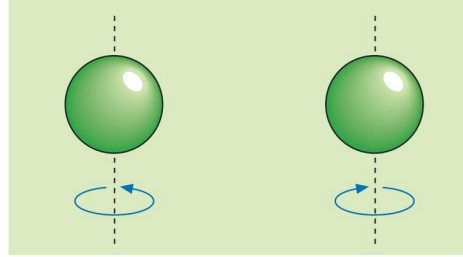
الأفلاك : مبدأ باولي للاستبعاد والازدواج المغزلي

يتكون الغلاف الرئيس الأول ($n = 1$) من مستوى فرعي واحد يرمز له بالرمز 1S . ويتكون الغلاف الرئيس الثاني ($n = 2$) من مستويين فرعيين يرمز لهما 2S و 2P ويتكون الغلاف الرئيس الثالث ($n = 3$) من ثلاثة مستويات فرعية يرمز لها 3S و 3P و 3d .

وأن المستوى S دائماً له فلك واحد، والمستوى P له ثلاثة أفلاك، أما المستوى d فله خمسة أفلاك .

يُوجد مبدأ مهم يتعلق بالأفلاك ويؤثر على جميع التوزيعات الإلكترونية . ينص هذا المبدأ على أن أي فلك يستوعب من إلكترون إلى إلكترونين لا غير . والذي اقترح هذا المبدأ هو العالم الفيزيائي السويسري الاسترالي وولفجانج باولي وذلك عام 1921 وسمى المبدأ باسمه مبدأ باولي للاستبعاد .

قد تستغرب عن كيفية استيعاب أي فلك لإلكترونين سالبتي الشحنة يفترض أنهما يتنافرا بشدة . وتفسير ذلك عن طريق فكرة الازدواج المغزلي . فبالإضافة إلى الشحنة، نقول إن للإلكترونات خاصية أخرى تعرف بالدوران المغزلي (Spin)، نستطيع تصور الدوران المغزلي على أن الإلكترون يدور حول محوره بمعدل ثابت . وبذلك يمكن أن يتجاور زوج من الإلكترونات في فلك واحد بحيث يدور كل منهما عكس اتجاه دوران الآخر (شكل 1-2) . وهذا من شأنه أن يخفف من أثر التنافر .



شكل (1 - 2) الدوران المغزلي للإلكترونات

نبين دوران الإلكترون المغزلي في اتجاه دوران عقارب الساعة بسهم متجه من اليمين إلى اليسار وبسهم متجه من اليسار إلى اليمين إذا كان دوران الإلكترون عكس دوران عقارب الساعة .

من خلال كل الأدلة المعروفة، بما في ذلك مبدأ باولي للاستبعاد، قرر العلماء أن الغلاف ($n = 1$) يتسع لإلكترونين كحد أقصى في فلك S، ويحتوي الغلاف ($n = 2$) على ثمانية إلكترونات كحد أقصى، اثنان منها في فلك S والستة الباقية في أفلاك P الثلاثة (Px, Py, Pz) إلكترونات لكل فلك . ويحتوي الغلاف ($n = 3$) ثمانية عشر إلكترونات (18) كحد أقصى، اثنان في فلك S، وستة في أفلاك P الثلاثة وعشرة في أفلاك d الخمسة، أي بواقع إلكترونين لكل فلك .

ترتيب وملء الأغلفة والأفلاك

يتم ترتيب وملء الأغلفة والأفلاك للعناصر المتتابعة ضمن الجدول الدوري بحسب تتابع طاقاتها النسبية فالتوزيع الإلكتروني لأي ذرة هو ذلك التوزيع الذي يضمن أقل ما يمكن من حالات الطاقة للذرة بمجمليها، وهذا يعني الأفلاك ذات الأقل طاقة تملأ أولاً، ويكون تتابع الملء كما يلي: 1S أولاً، ثم 2s، 2p، 3s، 3p، 4s، 3d، 4p، 5s، 4d، 5p، 6s، 4f، 5d، 6p، 7s، 5f، 6d، 7p، 8s، 5g، 6f، 7d، 8p، 9s، 6g، 7f، 8d، 9p، 10s، 7g، 8f، 9d، 10p، 11s، 8g، 9f، 10d، 11p، 12s، 9g، 10f، 11d، 12p، 13s، 10g، 11f، 12d، 13p، 14s، 11g، 12f، 13d، 14p، 15s، 12g، 13f، 14d، 15p، 16s، 13g، 14f، 15d، 16p، 17s، 14g، 15f، 16d، 17p، 18s، 15g، 16f، 17d، 18p، 19s، 16g، 17f، 18d، 19p، 20s، 17g، 18f، 19d، 20p، 21s، 18g، 19f، 20d، 21p، 22s، 19g، 20f، 21d، 22p، 23s، 20g، 21f، 22d، 23p، 24s، 21g، 22f، 23d، 24p، 25s، 22g، 23f، 24d، 25p، 26s، 23g، 24f، 25d، 26p، 27s، 24g، 25f، 26d، 27p، 28s، 25g، 26f، 27d، 28p، 29s، 26g، 27f، 28d، 29p، 30s، 27g، 28f، 29d، 30p، 31s، 28g، 29f، 30d، 31p، 32s، 29g، 30f، 31d، 32p، 33s، 30g، 31f، 32d، 33p، 34s، 31g، 32f، 33d، 34p، 35s، 32g، 33f، 34d، 35p، 36s، 33g، 34f، 35d، 36p، 37s، 34g، 35f، 36d، 37p، 38s، 35g، 36f، 37d، 38p، 39s، 36g، 37f، 38d، 39p، 40s، 37g، 38f، 39d، 40p، 41s، 38g، 39f، 40d، 41p، 42s، 39g، 40f، 41d، 42p، 43s، 40g، 41f، 42d، 43p، 44s، 41g، 42f، 43d، 44p، 45s، 42g، 43f، 44d، 45p، 46s، 43g، 44f، 45d، 46p، 47s، 44g، 45f، 46d، 47p، 48s، 45g، 46f، 47d، 48p، 49s، 46g، 47f، 48d، 49p، 50s، 47g، 48f، 49d، 50p، 51s، 48g، 49f، 50d، 51p، 52s، 49g، 50f، 51d، 52p، 53s، 50g، 51f، 52d، 53p، 54s، 51g، 52f، 53d، 54p، 55s، 52g، 53f، 54d، 55p، 56s، 53g، 54f، 55d، 56p، 57s، 54g، 55f، 56d، 57p، 58s، 55g، 56f، 57d، 58p، 59s، 56g، 57f، 58d، 59p، 60s، 57g، 58f، 59d، 60p، 61s، 58g، 59f، 60d، 61p، 62s، 59g، 60f، 61d، 62p، 63s، 60g، 61f، 62d، 63p، 64s، 61g، 62f، 63d، 64p، 65s، 62g، 63f، 64d، 65p، 66s، 63g، 64f، 65d، 66p، 67s، 64g، 65f، 66d، 67p، 68s، 65g، 66f، 67d، 68p، 69s، 66g، 67f، 68d، 69p، 70s، 67g، 68f، 69d، 70p، 71s، 68g، 69f، 70d، 71p، 72s، 69g، 70f، 71d، 72p، 73s، 70g، 71f، 72d، 73p، 74s، 71g، 72f، 73d، 74p، 75s، 72g، 73f، 74d، 75p، 76s، 73g، 74f، 75d، 76p، 77s، 74g، 75f، 76d، 77p، 78s، 75g، 76f، 77d، 78p، 79s، 76g، 77f، 78d، 79p، 80s، 77g، 78f، 79d، 80p، 81s، 78g، 79f، 80d، 81p، 82s، 79g، 80f، 81d، 82p، 83s، 80g، 81f، 82d، 83p، 84s، 81g، 82f، 83d، 84p، 85s، 82g، 83f، 84d، 85p، 86s، 83g، 84f، 85d، 86p، 87s، 84g، 85f، 86d، 87p، 88s، 85g، 86f، 87d، 88p، 89s، 86g، 87f، 88d، 89p، 90s، 87g، 88f، 89d، 90p، 91s، 88g، 89f، 90d، 91p، 92s، 89g، 90f، 91d، 92p، 93s، 90g، 91f، 92d، 93p، 94s، 91g، 92f، 93d، 94p، 95s، 92g، 93f، 94d، 95p، 96s، 93g، 94f، 95d، 96p، 97s، 94g، 95f، 96d، 97p، 98s، 95g، 96f، 97d، 98p، 99s، 96g، 97f، 98d، 99p، 100s، 97g، 98f، 99d، 100p، 101s، 98g، 99f، 100d، 101p، 102s، 99g، 100f، 101d، 102p، 103s، 100g، 101f، 102d، 103p، 104s، 101g، 102f، 103d، 104p، 105s، 102g، 103f، 104d، 105p، 106s، 103g، 104f، 105d، 106p، 107s، 104g، 105f، 106d، 107p، 108s، 105g، 106f، 107d، 108p، 109s، 106g، 107f، 108d، 109p، 110s، 107g، 108f، 109d، 110p، 111s، 108g، 109f، 110d، 111p، 112s، 109g، 110f، 111d، 112p، 113s، 110g، 111f، 112d، 113p، 114s، 111g، 112f، 113d، 114p، 115s، 112g، 113f، 114d، 115p، 116s، 113g، 114f، 115d، 116p، 117s، 114g، 115f، 116d، 117p، 118s، 115g، 116f، 117d، 118p، 119s، 116g، 117f، 118d، 119p، 120s، 117g، 118f، 119d، 120p، 121s، 118g، 119f، 120d، 121p، 122s، 119g، 120f، 121d، 122p، 123s، 120g، 121f، 122d، 123p، 124s، 121g، 122f، 123d، 124p، 125s، 122g، 123f، 124d، 125p، 126s، 123g، 124f، 125d، 126p، 127s، 124g، 125f، 126d، 127p، 128s، 125g، 126f، 127d، 128p، 129s، 126g، 127f، 128d، 129p، 130s، 127g، 128f، 129d، 130p، 131s، 128g، 129f، 130d، 131p، 132s، 129g، 130f، 131d، 132p، 133s، 130g، 131f، 132d، 133p، 134s، 131g، 132f، 133d، 134p، 135s، 132g، 133f، 134d، 135p، 136s، 133g، 134f، 135d، 136p، 137s، 134g، 135f، 136d، 137p، 138s، 135g، 136f، 137d، 138p، 139s، 136g، 137f، 138d، 139p، 140s، 137g، 138f، 139d، 140p، 141s، 138g، 139f، 140d، 141p، 142s، 139g، 140f، 141d، 142p، 143s، 140g، 141f، 142d، 143p، 144s، 141g، 142f، 143d، 144p، 145s، 142g، 143f، 144d، 145p، 146s، 143g، 144f، 145d، 146p، 147s، 144g، 145f، 146d، 147p، 148s، 145g، 146f، 147d، 148p، 149s، 146g، 147f، 148d، 149p، 150s، 147g، 148f، 149d، 150p، 151s، 148g، 149f، 150d، 151p، 152s، 149g، 150f، 151d، 152p، 153s، 150g، 151f، 152d، 153p، 154s، 151g، 152f، 153d، 154p، 155s، 152g، 153f، 154d، 155p، 156s، 153g، 154f، 155d، 156p، 157s، 154g، 155f، 156d، 157p، 158s، 155g، 156f، 157d، 158p، 159s، 156g، 157f، 158d، 159p، 160s، 157g، 158f، 159d، 160p، 161s، 158g، 159f، 160d، 161p، 162s، 159g، 160f، 161d، 162p، 163s، 160g، 161f، 162d، 163p، 164s، 161g، 162f، 163d، 164p، 165s، 162g، 163f، 164d، 165p، 166s، 163g، 164f، 165d، 166p، 167s، 164g، 165f، 166d، 167p، 168s، 165g، 166f، 167d، 168p، 169s، 166g، 167f، 168d، 169p، 170s، 167g، 168f، 169d، 170p، 171s، 168g، 169f، 170d، 171p، 172s، 169g، 170f، 171d، 172p، 173s، 170g، 171f، 172d، 173p، 174s، 171g، 172f، 173d، 174p، 175s، 172g، 173f، 174d، 175p، 176s، 173g، 174f، 175d، 176p، 177s، 174g، 175f، 176d، 177p، 178s، 175g، 176f، 177d، 178p، 179s، 176g، 177f، 178d، 179p، 180s، 177g، 178f، 179d، 180p، 181s، 178g، 179f، 180d، 181p، 182s، 179g، 180f، 181d، 182p، 183s، 180g، 181f، 182d، 183p، 184s، 181g، 182f، 183d، 184p، 185s، 182g، 183f، 184d، 185p، 186s، 183g، 184f، 185d، 186p، 187s، 184g، 185f، 186d، 187p، 188s، 185g، 186f، 187d، 188p، 189s، 186g، 187f، 188d، 189p، 190s، 187g، 188f، 189d، 190p، 191s، 188g، 189f، 190d، 191p، 192s، 189g، 190f، 191d، 192p، 193s، 190g، 191f، 192d، 193p، 194s، 191g، 192f، 193d، 194p، 195s، 192g، 193f، 194d، 195p، 196s، 193g، 194f، 195d، 196p، 197s، 194g، 195f، 196d، 197p، 198s، 195g، 196f، 197d، 198p، 199s، 196g، 197f، 198d، 199p، 200s، 197g، 198f، 199d، 200p، 201s، 198g، 199f، 200d، 201p، 202s، 199g، 200f، 201d، 202p، 203s، 200g، 201f، 202d، 203p، 204s، 201g، 202f، 203d، 204p، 205s، 202g، 203f، 204d، 205p، 206s، 203g، 204f، 205d، 206p، 207s، 204g، 205f، 206d، 207p، 208s، 205g، 206f، 207d، 208p، 209s، 206g، 207f، 208d، 209p، 210s، 207g، 208f، 209d، 210p، 211s، 208g، 209f، 210d، 211p، 212s، 209g، 210f، 211d، 212p، 213s، 210g، 211f، 212d، 213p، 214s، 211g، 212f، 213d، 214p، 215s، 212g، 213f، 214d، 215p، 216s، 213g، 214f، 215d، 216p، 217s، 214g، 215f، 216d، 217p، 218s، 215g، 216f، 217d، 218p، 219s، 216g، 217f، 218d، 219p، 220s، 217g، 218f، 219d، 220p، 221s، 218g، 219f، 220d، 221p، 222s، 219g، 220f، 221d، 222p، 223s، 220g، 221f، 222d، 223p، 224s، 221g، 222f، 223d، 224p، 225s، 222g، 223f، 224d، 225p، 226s، 223g، 224f، 225d، 226p، 227s، 224g، 225f، 226d، 227p، 228s، 225g، 226f، 227d، 228p، 229s، 226g، 227f، 228d، 229p، 230s، 227g، 228f، 229d، 230p، 231s، 228g، 229f، 230d، 231p، 232s، 229g، 230f، 231d، 232p، 233s، 230g، 231f، 232d، 233p، 234s، 231g، 232f، 233d، 234p، 235s، 232g، 233f، 234d، 235p، 236s، 233g، 234f، 235d، 236p، 237s، 234g، 235f، 236d، 237p، 238s، 235g، 236f، 237d، 238p، 239s، 236g، 237f، 238d، 239p، 240s، 237g، 238f، 239d، 240p، 241s، 238g، 239f، 240d، 241p، 242s، 239g، 240f، 241d، 242p، 243s، 240g، 241f، 242d، 243p، 244s، 241g، 242f، 243d، 244p، 245s، 242g، 243f، 244d، 245p، 246s، 243g، 244f، 245d، 246p، 247s، 244g، 245f، 246d، 247p، 248s، 245g، 246f، 247d، 248p، 249s، 246g، 247f، 248d، 249p، 250s، 247g، 248f، 249d، 250p، 251s، 248g، 249f، 250d، 251p، 252s، 249g، 250f، 251d، 252p، 253s، 250g، 251f، 252d، 253p، 254s، 251g، 252f، 253d، 254p، 255s، 252g، 253f، 254d، 255p، 256s، 253g، 254f، 255d، 256p، 257s، 254g، 255f، 256d، 257p، 258s، 255g، 256f، 257d، 258p، 259s، 256g، 257f، 258d، 259p، 260s، 257g، 258f، 259d، 260p، 261s، 258g، 259f، 260d، 261p، 262s، 259g، 260f، 261d، 262p، 263s، 260g، 261f، 262d، 263p، 264s، 261g، 262f، 263d، 264p، 265s، 262g، 263f، 264d، 265p، 266s، 263g، 264f، 265d، 266p، 267s، 264g، 265f، 266d، 267p، 268s، 265g، 266f، 267d، 268p، 269s، 266g، 267f، 268d، 269p، 270s، 267g، 268f، 269d، 270p، 271s، 268g، 269f، 270d، 271p، 272s، 269g، 270f، 271d، 272p، 273s، 270g، 271f، 272d، 273p، 274s، 271g، 272f، 273d، 274p، 275s، 272g، 273f، 274d، 275p، 276s، 273g، 274f، 275d، 276p، 277s، 274g، 275f، 276d، 277p، 278s، 275g، 276f، 277d، 278p، 279s، 276g، 277f، 278d، 279p، 280s، 277g، 278f، 279d، 280p، 281s، 278g، 279f، 280d، 281p، 282s، 279g، 280f، 281d، 282p، 283s، 280g، 281f، 282d، 283p، 284s، 281g، 282f، 283d، 284p، 285s، 282g، 283f، 284d، 285p، 286s، 283g، 284f، 285d، 286p، 287s، 284g، 285f، 286d، 287p، 288s، 285g، 286f، 287d، 288p، 289s، 286g، 287f، 288d، 289p، 290s، 287g، 288f، 289d، 290p، 291s، 288g، 289f، 290d، 291p، 292s، 289g، 290f، 291d، 292p، 293s، 290g، 291f، 292d، 293p، 294s، 291g، 292f، 293d، 294p، 295s، 292g، 293f، 294d، 295p، 296s، 293g، 294f، 295d، 296p، 297s، 294g، 295f، 296d، 297p، 298s، 295g، 296f، 297d، 298p، 299s، 296g، 297f، 298d، 299p، 300s، 297g، 298f، 299d، 300p، 301s، 298g، 299f، 300d، 301p، 302s، 299g، 300f، 301d، 302p، 303s، 300g، 301f، 302d، 303p، 304s، 301g، 302f، 303d، 304p، 305s، 302g، 303f، 304d، 305p، 306s، 303g، 304f، 305d، 306p، 307s، 304g، 305f، 306d، 307p، 308s، 305g، 306f، 307d، 308p، 309s، 306g، 307f، 308d، 309p، 310s، 307g، 308f، 309d، 310p، 311s، 308g، 309f، 310d، 311p، 312s، 309g، 310f، 311d، 312p، 313s، 310g، 311f، 312d، 313p، 314s، 311g، 312f، 313d، 314p، 315s، 312g، 313f، 314d، 315p، 316s، 313g، 314f، 315d، 316p، 317s، 314g، 315f، 316d، 317p، 318s، 315g، 316f، 317d، 318p، 319s، 316g، 317f، 318d، 319p، 320s، 317g، 318f، 319d، 320p، 321s، 318g، 319f، 320d، 321p، 322s، 319g، 320f، 321d، 322p، 323s، 320g، 321f، 322d، 323p، 324s، 321g، 322f، 323d، 324p، 325s، 322g، 323f، 324d، 325p، 326s، 323g، 324f، 325d، 326p، 327s، 324g، 325f، 326d، 327p، 328s، 325g، 326f، 327d، 328p، 329s، 326g، 327f، 328d، 329p، 330s، 327g، 328f، 329d، 330p، 331s، 328g، 329f، 330d، 331p، 332s، 329g، 330f، 331d، 332p، 333s، 330g، 331f، 332d، 333p، 334s، 331g، 332f، 333d، 334p، 335s، 332g، 333f، 334d، 335p، 336s، 333g، 334f، 335d، 336p، 337s، 334g، 335f، 336d، 337p، 338s، 335g، 336f، 337d، 338p، 339s، 336g، 337f، 338d، 339p، 340s، 337g، 338f، 339d، 340p، 341s، 338g، 339f، 340d، 341p، 342s، 339g، 340f، 341d، 342p، 343s، 340g، 341f، 342d، 343p، 344s، 341g، 342f، 343d، 344p، 345s، 342g، 343f، 344d، 345p، 346s، 343g، 344f، 345d، 346p، 347s، 344g، 345f، 346d، 347p، 348s، 345g، 346f، 347d، 348p، 349s، 346g، 347f، 348d، 349p، 350s، 347g، 348f، 349d، 350p، 351s، 348g، 349f، 350d، 351p، 352s، 349g، 350f، 351d، 352p، 353s، 350g، 351f، 352d، 353p، 354s، 351g، 352f، 353d، 354p، 355s، 352g، 353f، 354d، 355p، 356s، 353g، 354f، 355d، 356p، 357s، 354g، 355f، 356d، 357p، 358s، 355g، 356f، 357d، 358p، 359s، 356g، 357f، 358d، 359p، 360s، 357g، 358f، 359d، 360p، 361s، 358g، 359f، 360d، 361p، 362s، 359g، 360f، 361d، 362p، 363s، 360g، 361f، 362d، 363p، 364s، 361g، 362f، 363d، 364p، 365s، 362g، 363f، 364d، 365p، 366s، 363g، 364f، 365d، 366p، 367s، 364g، 365f، 366d، 367p، 368s، 365g، 366f، 367d، 368p، 369s، 366g، 367f، 368d، 369p، 370s، 367g، 368f، 369d، 370p، 371s، 368g، 369f، 370d، 371p، 372s، 369g، 370f، 371d، 372p، 373s، 370g، 371f، 372d، 373p، 374s، 371g، 372f، 373d، 374p، 375s، 372g، 373f، 374d، 375p، 376s، 373g، 374f، 375d، 376p، 377s، 374g، 375f، 376d، 377p، 378s، 375g، 376f، 377d، 378p، 379s، 376g، 377f، 378d، 379p، 380s، 377g، 378f، 379d، 380p، 381s، 378g، 379f، 380d، 381p، 382s، 379g، 380f، 381d، 382p، 383s، 380g، 381f، 382d، 383p، 384s، 381g، 382f، 383d، 384p، 385s، 382g، 383f، 384d، 385p، 386s، 383g، 384f، 385d، 386p، 387s، 384g، 385f، 386d، 387p، 388s، 385g، 386f، 387d، 388p، 389s، 386g، 387f، 388d، 389p، 390s، 387g، 388f، 389d، 390p، 391s، 388g، 389f، 390d، 391p، 392s، 389g، 390f، 391d، 392p، 393s، 390g، 391f، 392d، 393p، 394s، 391g، 392f، 393d، 394p، 395s، 392g، 393f، 394d، 395p، 396s، 393g، 394f، 395d، 396p، 397s، 394g، 395f، 396d، 397p، 398s، 395g، 396f، 397d، 398p، 399s، 396g، 397f، 398d، 399p، 400s، 397g، 398f، 399d، 400p، 401s، 398g، 399f، 400d، 401p، 402s، 399g، 400f، 401d، 402p، 403s، 400g، 401f، 402d، 403p، 404s، 401g، 402f، 403d، 404p، 405s، 402g، 403f، 404d، 405p، 406s، 403g، 404f، 405d، 406p، 407s، 404g، 405f، 406d، 407p، 408s، 405g، 406f، 407d، 408p، 409s، 406g، 407f، 408d، 409p، 410s، 407g، 408f، 409d، 410p، 411s، 408g، 409f، 410d، 411p، 412s، 409g، 410f، 411d، 412p، 413s، 410g، 411f، 412d، 413p، 414s، 411g، 412f، 413d، 414p، 415s، 412g، 413f، 414d، 415p، 416s، 413g، 414f، 415d، 416p، 417s، 414g، 415f، 416d، 417p، 418s، 415g، 416f، 417d، 418p، 419s، 416g، 417f، 418d، 419p، 420s، 417g، 418f، 419d، 420p، 421s، 418g، 419f، 420d، 421p، 422s، 419g، 420f، 421d، 422p، 423s، 420g، 421f، 422d، 423p، 424s، 421g، 422f، 423d، 424p، 425s، 422g، 423f، 424d، 425p، 426s، 423g، 424f، 425d، 426p، 427s، 424g، 425f، 426d، 427p، 428

وتسمى العناصر التي تضاف الإلكترونات فيها إلى الغلاف الثانوي d مجموعة عناصر d وتدعى أيضًا (العناصر الانتقالية).

• هناك اختلاف في نمط ملء أغلفة d الثانوية للعنصرين (كروم) Cr_{24} و (النحاس) Cu_{29} فلهدذين العنصرين إلكترون واحد فقط في الغلاف 4s. للكروم خمسة إلكترونات بدلاً من الأربعة المتوقعة في أفلاك d، وللنحاس عشرة إلكترونات بدلاً من تسعة. وهذا ناتج عن العلاقات المعقدة للانجذابات والتنافرات داخل ذراتهما.

1	H	1s ¹
2	He	1s ²
3	Li	1s ² 2s ¹
4	Be	1s ² 2s ²
5	B	1s ² 2s ² 2p ¹
6	C	1s ² 2s ² 2p ²
7	N	1s ² 2s ² 2p ³
8	O	1s ² 2s ² 2p ⁴
9	F	1s ² 2s ² 2p ⁵
10	Ne	1s ² 2s ² 2p ⁶
11	Na	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ¹
12	Mg	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ²
13	Al	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ¹
14	Si	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ²
15	P	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ³
16	S	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁴
17	Cl	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁵
18	Ar	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶

جدول (2) التوزيع الإلكتروني للعناصر الثمانية عشر الأولى في الجدول الدوري

19	Potassium (K)	[Ar] 4s ¹
20	Calcium (Ca)	[Ar] 4s ²
21	Scandium (Sc)	[Ar] 4s ² 3d ¹
24	Chromium (Cr)	[Ar] 4s ¹ 3d ⁵
25	Manganese (Mn)	[Ar] 4s ² 3d ⁵
29	Copper (Cu)	[Ar] 4s ¹ 3d ¹⁰
30	Zinc (Zn)	[Ar] 4s ² 3d ¹⁰
31	Gallium (Ga)	[Ar] 4s ² 3d ¹⁰ 4p ¹
35	Bromine (Br)	[Ar] 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁵
36	Krypton (Kr)	[Ar] 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶

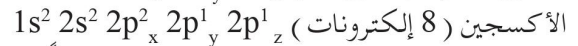
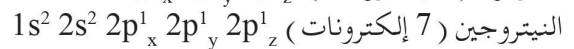
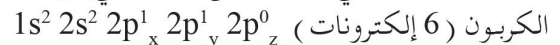
جدول (3) التوزيع الإلكتروني لبعض العناصر بين 19 و36 حيث [Ar] يمثل التوزيع الإلكتروني للأرجون (اللب)

ملء الأفلاك :

تبدأ الإلكترونات في شغل الأفلاك فرادى، كلما كان ذلك ممكناً. وهذا بسبب تنافر شحناتها. وتبقى الإلكترونات غير مزدوجة (فرادى) حتى يصبح بكل فلك من الأفلاك ذات الطاقات المتساوية إلكترون واحد، وبزيادة عدد الإلكترونات عن واحد لكل فلك، تبدأ عملية المزوجة عن طريق الازدواج المغزلي. وهذا معناه أنه إذا كان هناك ثلاثة إلكترونات لملء غلاف ثانوي P. فإنها تتوزع واحداً واحداً على الأفلاك الثلاثة Px,Py,Pz. وليس اثنان في Px وواحد في Py كما قد يبدو.

وإذا كان هناك أربعة إلكترونات، يزدوج اثنان في أحد الأفلاك الثلاثة، ويبقى إلكترون واحد في كل من الفلكين الآخرين. وعلى نفس المنوال تتوزع خمسة إلكترونات فرادى على أفلاك الغلاف الثانوي d.

كمثال نبين فيما يلي كيفية شغل الأفلاك في ذرات الكربون والنيتروجين والأكسجين.



[عادة ما تكتب التوزيعات الإلكترونية بأقل تفصيلاً من هذا كما في الجدول (3)].

التوزيع الإلكتروني للأيونات :

يعرف عدد إلكترونات أي أيون من العدد الذري للعنصر وشحنة الأيون. يبين الجدول (4) بعض الأمثلة لاحظ أن للأيونين Na^+ و F^- نفس التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل Ne (نيون) ولهذا تأثيرات على تكوين المركب (فلوريد الصوديوم) وطريقة الربط فيه.

أيون فلوريد	ذرة فلور	أيون صوديوم	ذرة صوديوم	الرمز
F^-	F	Na^+	Na	
9	9	11	11	العدد الذري
10	9	10	11	عدد الإلكترونات
$1s^2 2s^2 2p^6$	$1s^2 2s^2 2p^5$	$1s^2 2s^2 2p^6$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	التوزيع الإلكتروني

جدول (4)

التوزيعات الإلكترونية في مربعات (صناديق)

هذه طريقة عملية أخرى لتمثيل التوزيع الإلكتروني. حيث نرسم الإلكترونات

على شكل أسهم ونبين دورانها المغزلي فالسهم المتجه إلى أعلى يمثل دوران مغزلي مع اتجاه حركة عقارب الساعة، والسهم المتجه إلى أسفل يمثل دوران عكس حركة عقارب الساعة.

	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p
1 H	↑							
2 He	↑↓							
3 Li	↑↓	↑						
9 F	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑					
10 Ne	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓					
19 K	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	□ □ □ □ □	↑	
21 Sc	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑ □ □ □ □	↑↓	
25 Mn	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑ ↑ ↑ ↑ ↑	↑↓	
31 Ga	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑ □ □
36 Kr	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓

شكل (1 - 4) التوزيعات الإلكترونية لبعض العناصر بطريقة المربعات (الصناديق)

تمرين 1-1

ارسم التوزيعات الإلكترونية بطريقة المربعات للبورون والأرجون والأكسجين والنيكل والبروم.