

無機化学 第1回

1. 導入講義

無機化学 講義概要

2. 原子と電子配置

注意事項

1. 講義日: 水曜日 3限 (13:00~14:30)
2. 講義全14回のうち, 欠席する場合あるいは欠席した場合は欠席届を提出(1週間以内)
3. 連絡事項は原則, ユニバーサルパスポート内の掲示板および無機化学ホームページにて行う.
4. 講義は13時からなので, 13時には静粛にして着席しておく.
5. 質問などがある場合には, 直接お越しいただくか, メールでも構わない.

e-mail: iwamotok@u-shizuoka-ken.ac.jp

無機化学で何を学ぶか

テキスト： ベーシック薬学教科書シリーズ4 無機化学, 青木伸 編, 化学同人
プリント： 無機化学補助プリント

- 日本薬局方 薬品試験の基礎
- 有機化学の理解を助ける
- 生化学, 薬理学, 薬剤学などの理解を助ける
- 無機医薬品を学ぶ
- 到達目標 (specific behavioral objective ; **SBO**)
→ シラバス・テキスト参照

【授業目標】

●一般
目標
(GIO) **必須**

薬学における無機物質の意義を理解することを目的とし、無機物質の基本的性質、生体内成分との反応性および生体内での役割、動態について学ぶ。

●到達
目標
(SB Os) **必須**

1. 化学結合の様式について説明できる。(C1L1M1S1)
2. 分子軌道の基本概念および軌道の混成について説明できる。(C1L1M1S2)
3. 共役や共鳴の概念を説明できる。(C1L1M1S3)
4. 代表的な無機イオンの定性反応を説明できる。(C2L3M1S1)
5. ルイス酸・塩基，ブレンステッド酸・塩基を定義することができる。(C3L1M1S5)
6. 代表的な典型元素と遷移元素を列挙できる。(C3L5M1S1)
7. 代表的な無機化合物，オキソ化合物の名称，構造，性質を列挙できる。(C3L5M1S2)
8. 活性酸素と窒素酸化物の名称，構造，性質を列挙できる。(C3L5M1S3)
9. 錯体・キレート生成平衡について説明できる。(C2L2M2S1)
10. 代表的な錯体の名称，構造，基本的な性質を列挙できる。(C3L5M1S4)
11. 医薬品として用いられる代表的な無機化合物，および錯体を列挙できる。(C3L5M1S5)
12. 活性酸素，一酸化窒素の構造に基づく生体内反応を化学的に説明できる。(C4L1M2S3)
13. 生体内に存在する代表的な金属イオンおよび錯体の機能について説明できる。(C4L1M2S4)
14. 錯体の安定度定数について説明できる。(IL5M10S1)
15. 錯体の安定性に与える配位子の構造的要素（キレート効果）について説明できる。(IL5M10S2)

<p>【授業展開】</p>	<p>必須</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 概論、原子の電子配置、原子軌道 2. 酸・塩基、1族元素 3. 2族元素 4. 電子欠損化合物（アルミニウム・ホウ素）、錯体命名法 5. 窒素・窒素酸化物、分子軌道法 6. リンのオキソ酸・ヒ素 7. 酸素（活性酸素種、分子軌道） 8. 硫黄とそのオキソ酸 9. 17族元素（ハロゲン）、典型元素まとめ 10. 配位結合・配位子・錯体、d軌道を含む混成軌道 11. 錯体の安定性、キレート効果、配位子交換反応 12. 生体内金属 13. 化学療法に用いられる金属 14. 金属との相互作用により薬理活性の発揮される薬物金属含有医薬品 15. 遷移元素まとめ、総括
<p>【科目区分・履修条件】</p>	<p>必須</p> <p>薬学科，薬科学科必修科目</p>
<p>【評価方法】</p>	<p>必須</p> <p>期末試験，小テストまたはレポート提出により以下の通り総合的に評価する。 配点：小テストまたはレポート20点，期末試験80点の計100点満点 単位認定基準：小テストあるいはレポート，期末試験の合計100点満点中60点（6割）以上で単位認定 出席：原則出席。欠席の場合には，規定の手続きを行うこと</p>
<p>【テキスト】</p>	<p>教科書 ベーシック薬学教科書シリーズ4 無機化学，青木伸（編），化学同人 参考書 化学系薬学Ⅰ．化学物質の性質と反応（東京化学同人），配布プリント 参照Webページ http://w3pharm.u-shizuoka-ken.ac.jp/~yakka/Japanese/inorganic/inorganic.html</p>

成績評価

レポート 10点
期末試験 90点
合計 100点満点

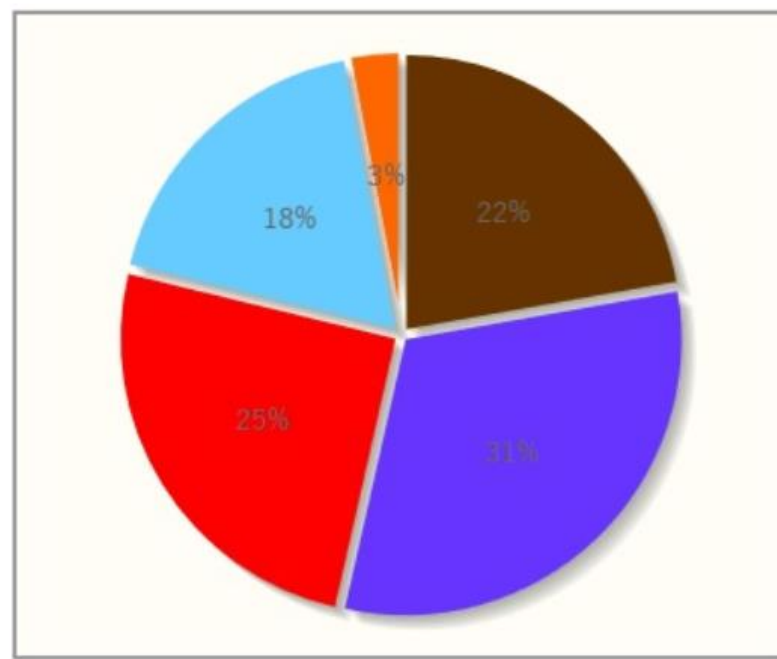
6割以上の点(60点)で
単位認定

出席

1回のみのお欠席は、欠席届(短期)
を提出(大学指定書式あるいはメール)
無断欠席はしないこと
ユニパで自分の出欠確認

2019年度 前期 定期試験

7151800 無機化学 水3 (入力期間中) 2019/07/26(金) 10:00 ~ 2019/09/05(木)



授業サイトへのリンク

PC用

<http://w3pharm.u-shizuoka-ken.ac.jp/~yakka/Japanese/inorganic/inorganic.html>



QRコード

スマートフォン・PC用

<https://sites.google.com/view/iwamotok>

ファイルをダウンロードするときにパスワードを求められる場合があります。

(passwordは1234)



QRコード

検索...



現在地: Home

<http://w3pharm.u-shizuoka-ken.ac.jp>



静岡県立大学薬学部

「医療を通じて人類の健康に貢献する総合科学としての薬学教育を通して社会に貢献する人材を育成する」という理念のもとに、薬剤師、および研究者、高度専門職業人の養成・育成を目指しています



高校生の方へ

大学院受験者の方へ

研究者の方へ

薬剤師の方へ

保護者の方へ

メインメニュー

トップページ

薬学部

大学院

教員一覧

研究室紹介

公衆情報

入試情報

お知らせ

一覧

- 2020/02/19 薬剤学分野 准教授の公募を開始しました
- 2020/02/19 薬剤学分野 助教の公募を開始しました
- 2020/01/22 衛生分子毒性学分野 講師の公募を開始しました
- 2019/12/05 タイ王国のコンケン大学と合同シンポジウムを開催しました
- 2019/10/28 薬学部卒業生による進路相談会を開催しました
- 2019/09/24 薬学部2年生が企業見学に行ってきました
- 2019/08/09 薬学部オープンキャンパスを開催しました
- 2019/07/03 生薬学分野 助教の公募を開始しました
- 2019/07/03 創剤科学分野 講師又は助教の公募を開始しました

静岡県立大学大学院
薬食生命科学総合学府
薬食生命科学総合学府
大学院説明会
UNIVERSITY OF SHIZUOKA

薬学専門科系を
目指している方でも
受験可能

2019/5/25

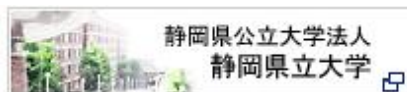
13:00~16:00

12:00 受付開始

13:00 薬学専門科系説明会

14:00 薬学専門科系説明会

15:00 薬学専門科系説明会



学内向け

ポータルサイト

UNIVERSAL PASSPORT

静岡県大薬学掲示板

実務実習管理システム

[授業サイトへのリンク](#)

アクセス数上位サイト

研究トピックス

一覧

- 2017/03/21 本学大学院生が2016年度量子ビームサイエンスフェスタにて学生奨励賞を受けました
- 2017/03/02 第12回日中健康科学シンポジウム（浙江）が開催されました
- 2017/03/01 本学教員が有機合成化学協会東レ研究企画賞を受賞
- 2017/01/30 生体内エポキシ化メカニズムの解明～複雑な化学構造を持つ天然物が作られる過程で鍵となる中間体の生合成機構～
- 2017/01/18 薬物動態学分野の論文が学術雑誌の表紙を飾る
- 2016/12/19 天然物生合成における酸化的環化反応の解明
- 2016/11/30 真核生物由来のデカリン環がDiels-Alder反応により作られることをはじめて証明
- 2016/11/16-18 ICPF2016の開催とPoster awardの受賞
- 2016/11/28 本学学部生が糖鎖科学中部拠点奨励賞を受賞
- 2016/11/28 本学教員が平成29年度日本薬学会学術貢献賞を受賞

イベント情報

一覧

[授業サイトへのリンク](#)

学部・研究院紹介ビデオ



研究者紹介





現在地: Home ▶ 授業サイトへのリンク

授業サイトへのリンク

学部		
1年		
情報科学	物理化学I	生物物理化学I
生物化学II	無機化学	科学演習II
2年		
機能形態生理学I	機能形態生理学II	生物物理化学II



無機化学のホームページへ

Contents Menu

TOP

講義資料

試験問題

講義動画

訂正

連絡事項

Q&A

課題

リンク

What's new

▶ 無機化学の講義の補完として、このページ内の情報を活用してください。

1年生 水曜 3限

使用テキスト：化学同人

無機化学 青木伸 編

ISBN 9784759812541 2800円+税

上記テキストをベースに、配布プリントも使用しながら講義を進めます。

:::ページの構成:::

講義の補足事項、講義中に使用したスライドのファイル(power point)、中間試験や期末試験の過去問、訂正事項などがあります。左のメニューから選択してください。

連絡事項

講義を欠席する（した）際、規定に従わない場合には、試験などの結果において、一切の配慮はしないので、注意すること。

質問などある場合は、5階医薬品化学教室にお越しくくださるか、メールで問い合わせしてください。iwamotokの後、@u-shizuoka-ken.ac.jp

重要な連絡事項は、ユニバーサルパスポートを通じてお知らせします。各自、定期的に確認すること。

■ 講義資料

講義で使用するプリント、パワーポイントファイルの置き場です。

UPDATE

■ 試験問題

UPDATE

■ 講義動画

UPDATE

■ 訂正

UPDATE

▶前回までの講義の復習点

2019年度

第1回

1. 導入講義
2. 電子配置, 原子軌道 (構成原理, パウリの排他理論, フントの法則, プリント p.1-6, テキスト p.12-19)

第2回

1. 4つの量子数 (プリントの穴埋め p.1-6)
2. 遮蔽効果, 有効核電荷, スレーターの規則 (テキスト p.19,20)
3. 混成軌道 (テキスト p.57)

第3回

1. 混成軌道 (続き) アンモニア分子
2. 電気陰性度 (テキスト p.34-36) (テキスト p.46の双極子モーメントについては自習)
3. 水素 (プロトン, ヒドリド) (テキスト p.105~107, プリント p.7, p.8反応性(1))
4. ルイス酸・塩基 (テキスト p.85, 91~92, HSAB則を除く, プリント p.7)

第4回

1. 炎色反応 (テキスト p.109)
2. 酸化物 (テキスト p.110, プリント p.8)
3. リチウムの特異性 (テキスト p.110, プリント p.9)
4. アルカリ金属の反応への応用 (プリント p.10)
5. 自己イオン化 (プリント p.10)

Contents Menu

TOP

講義資料

試験問題

講義動画

訂正

連絡事項

Q&A

課題

リンク

What's new

▶ 無機化学の講義の補完として、このページ内の情報を活用してください。

1年生 水曜 3限

使用テキスト：化学同人

無機化学 青木伸 編

ISBN 9784759812541 2800円+税

上記テキストをベースに、配布プリントも使用しながら講義を進めます。

:::ページの構成:::

講義の補足事項、講義中に使用したスライドのファイル(power point)、中間試験や期末試験の過去問、訂正事項などがあります。左のメニューから選択してください。

連絡事項

講義を欠席する（した）際、規定に従わない場合には、試験などの結果において、一切の配慮はしないので、注意すること。

質問などある場合は、5階医薬品化学教室にお越しくくださるか、メールで問い合わせしてください。iwamotokの後、@u-shizuoka-ken.ac.jp

重要な連絡事項は、ユニバーサルパスポートを通じてお知らせします。各自、定期的に確認すること。

■ 講義資料

講義で使用するプリント、パワーポイントファイルの置き場です。

UPDATE

■ 試験問題

UPDATE

■ 講義動画

UPDATE

■ 訂正

UPDATE

講義動画の置き場です

- A. 予習用 [YouTube](#) をクリックして下さい
(YouTubeに限定公開でアップしています)

次回の講義予定の概略を動画にしています.

-
- B. 各論 [YouTube](#) をクリックして下さい
(YouTubeに限定公開でアップしています)

項目ごとに、少し詳細に説明してあります。興味のある単元のみを見ることができます。

1. 混成軌道 メタン [YouTube](#) (14:50)
2. 混成軌道 アンモニア [YouTube](#) (20:52)
3. リチウムの特殊性 [YouTube](#) (14:08)
4. 分子軌道法 概説 [YouTube](#) (21:15)
5. 制酸剤としてのマグネシウム化合物 [YouTube](#) (15:23)

Contents Menu

TOP

講義資料

試験問題

講義動画

訂正

連絡事項

Q&A

課題

リンク

What's new

▶ 無機化学の講義の補完として、このページ内の情報を活用してください。

1年生 水曜 3限

使用テキスト：化学同人

無機化学 青木伸 編

ISBN 9784759812541 2800円+税

上記テキストをベースに、配布プリントも使用しながら講義を進めます。

:::ページの構成:::

講義の補足事項、講義中に使用したスライドのファイル(power point)、中間試験や期末試験の過去問、訂正事項などがあります。左のメニューから選択してください。

連絡事項

講義を欠席する（した）際、規定に従わない場合には、試験などの結果において、一切の配慮はしないので、注意すること。

質問などある場合は、5階医薬品化学教室にお越しくくださるか、メールで問い合わせしてください。iwamotokの後、@u-shizuoka-ken.ac.jp

重要な連絡事項は、ユニバーサルパスポートを通じてお知らせします。各自、定期的に確認すること。

■ 講義資料

講義で使用するプリント、パワーポイントファイルの置き場です。

UPDATE

■ 試験問題

UPDATE

■ 講義動画

UPDATE

■ 訂正

UPDATE

講義資料

ファイルを参照する場合、Adobe社のAcrobat readerが必要です

講義に使用したファイルの置き場です

ファイルをダウンロード・印刷するなどして、予習・復習に活用してください。


配付プリント(A4版)


補助プリントのpdf版です。ボタンをクリックしてください。

2020年度 補助プリント

プリント1
プリント2
プリント3

2019年度補助プリント

その1 (p.1からp.24) 

その2 (p.25からp.53) 

講義動画 (今後、講義動画のページに移動します)

予習・復習用
(YouTubeに限定公開でアップしています)

 講義動画

その他資料

2019年度

スマートフォン画面



静岡県立大学 薬学部 無機化学
のページです

講義の補完として活用して下さい。



お知らせ

2020.03.27 第一回目の講義は4月22日
(水) 3限 13:00より 看護学部棟13411教
室です。

下のボタンをクリックしてください

見たいところに
移動できます



講義資料

講義動画

過去問

訂正

Q&A

その他

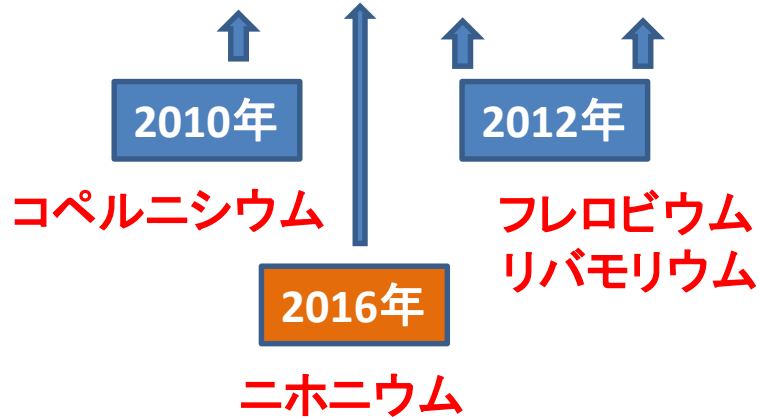


原子と電子配置

1	1	2																	18
1	1																		2
2	3	4																	10
3	11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
6	55	56	57-71 ランタノイド	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
7	87	88	89-103 アクチノイド	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	
	Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo	

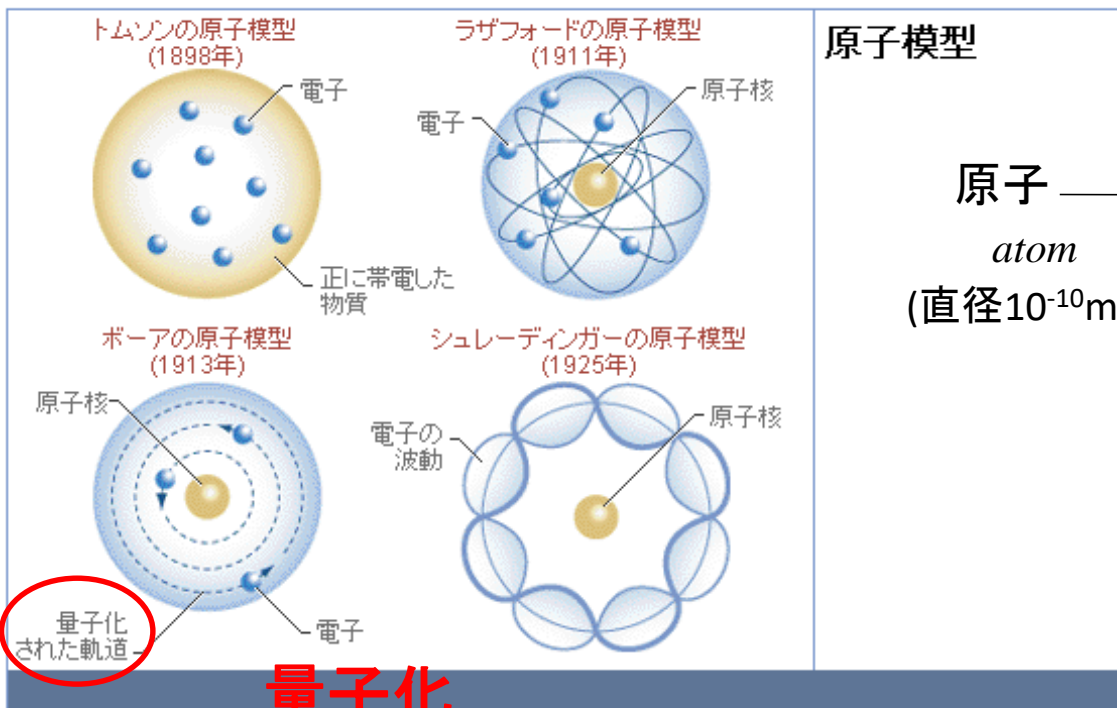
: ヒトに必須な常量の元素
 : ヒトに必須な微量の元素
 : ヒトにたぶん必須である元素

periodic table



原子, 分子, イオンの基本的構造について説明できる

Text p.1~



原子模型

原子
atom
(直径 10^{-10}m)

電子
electron

原子核
atomic nucleus

陽子
proton

中性子
neutron

原子模型の変遷

科学者たちが実験を重ね、原子の構造がだいに明らかになってゆくに連れ、原子模型には少しずつ修正がくわえられた。イギリスの物理学者トムソンは、原子の中に正の電荷と負の電荷があることを確認した。イギリスの物理学者ラザフォードは、原子の中の正の電荷が原子核の中にかたよって存在することを発見した。デンマークの物理学者ボーアは、電子が原子核からある一定の距離をおいて軌道をえがくと提唱し、オーストリアの物理学者シュレーディンガーは、原子中の電子の動きが粒子よりも波動に似ていることを発見した。

波動方程式

同位体

isotope

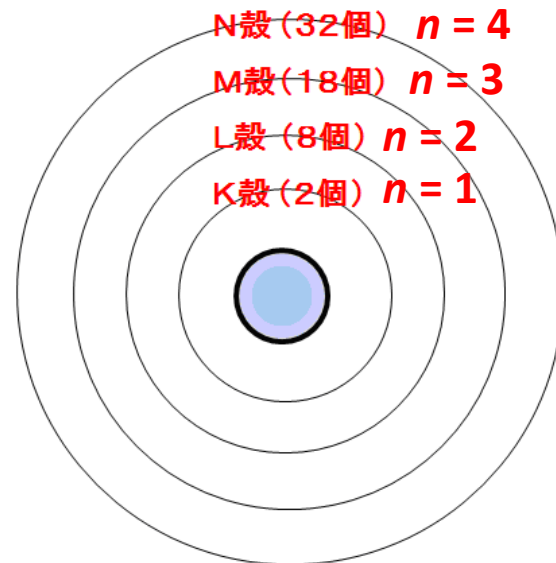
中性子数が異なる

原子の化学的性質

電子状態が決まる

電子配置(基底状態)

軌道に電子が入るルール



各軌道に
最大 $2n^2$ 個の電子

主殻 ($n = 1, 2, 3 \dots$)

電子の存在領域

主殻 → 副殻 の集まり



主殻

副殻

K ($n = 1$) → 1*s*

L ($n = 2$) → 2*s*, 2*p*

M ($n = 3$) → 3*s*, 3*p*, 3*d*

N ($n = 4$) → 4*s*, 4*p*, 4*d*, 4*f*

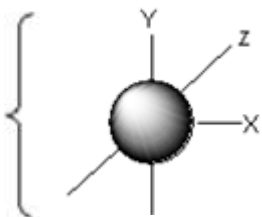
原子軌道の形

軌道(orbital) → 電子が存在する領域



1つの軌道に電子
は最大2個存在できる

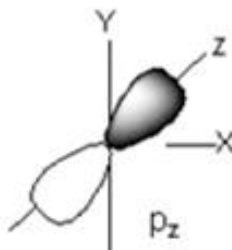
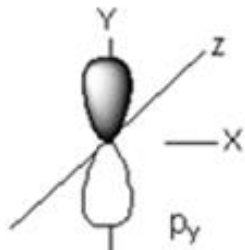
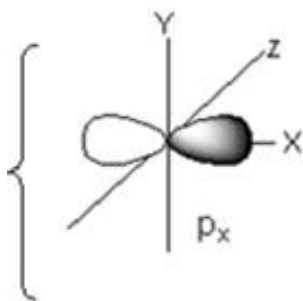
s軌道



$$1 \times 2 = 2$$

orbital electrons

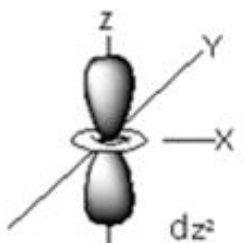
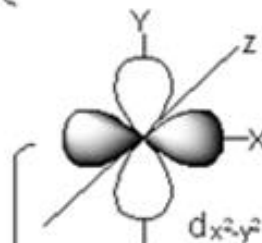
p軌道



$$3 \times 2 = 6$$

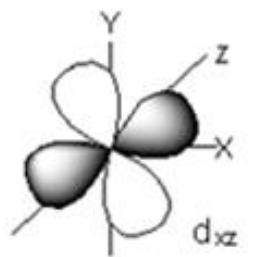
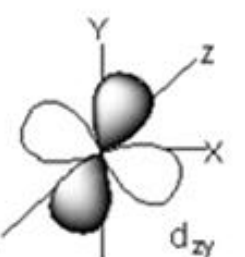
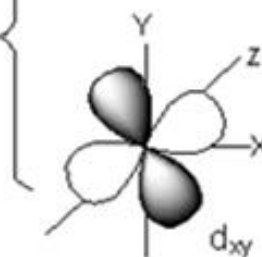
orbitals electrons

d軌道



$$5 \times 2 = 10$$

orbitals electrons



M殻($n = 3$)には
電子は $2 \times 3^2 = 18$ (個)

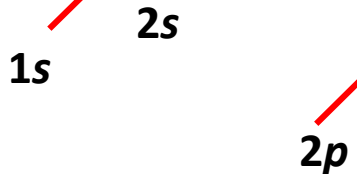
3s, 3p, 3d

$$2 + 6 + 10 = 18 \text{ (個)}$$

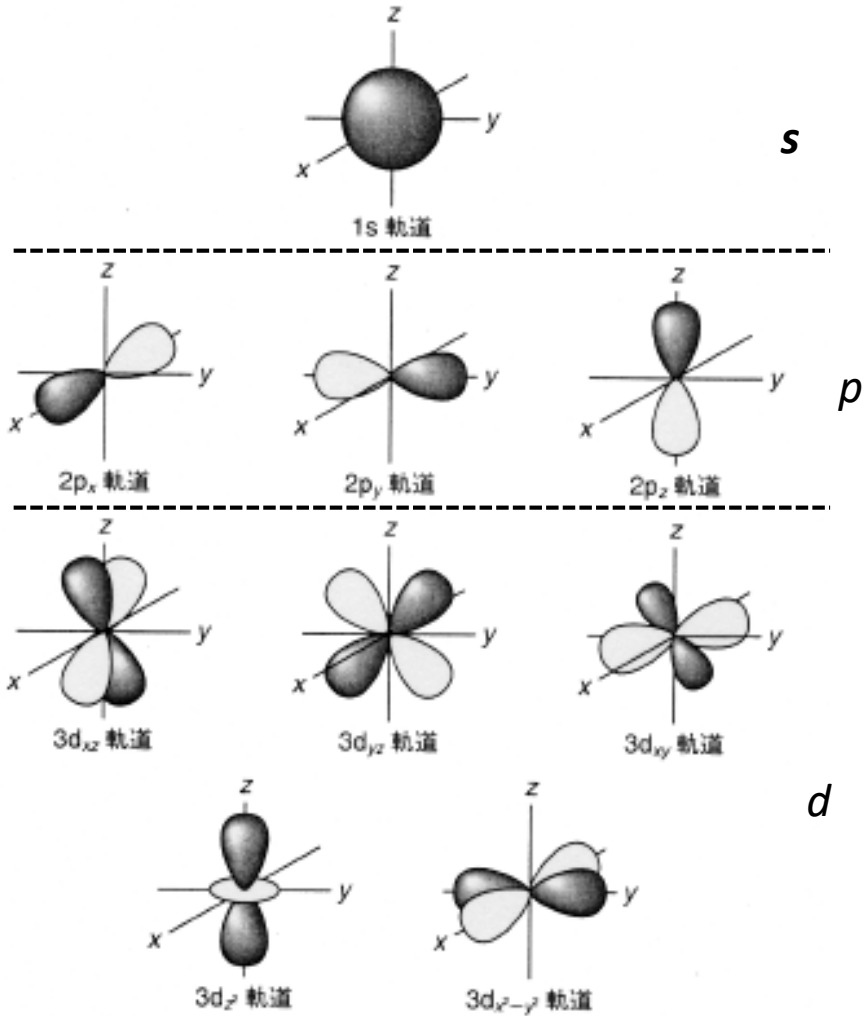
原子の電子配置について説明できる

主殻・副殻と電子数

主殻	主量子数 (<i>n</i>)	副殻	電子の数
K	1	s	2 (1 × 2)
L	2	s, p	2+6 (3 × 2)
M	3	s, p, d	2+6+10 (5 × 2)
N	4	s, p, d, f	2+6+10+14 (7 × 2)



$2n^2$



原子軌道の形 (軌道の黒い部分と白い部分は反対の符号をもつ)

問題

L殻には電子は最大 個収容できる

L殻の主量子数は である

L殻に存在する軌道(副殻)は次の4つである.
(主量子数のあとに軌道名を)

原子の電子配置に関するルール

基底状態・・・ある原子において最も安定な電子配置

Ground state



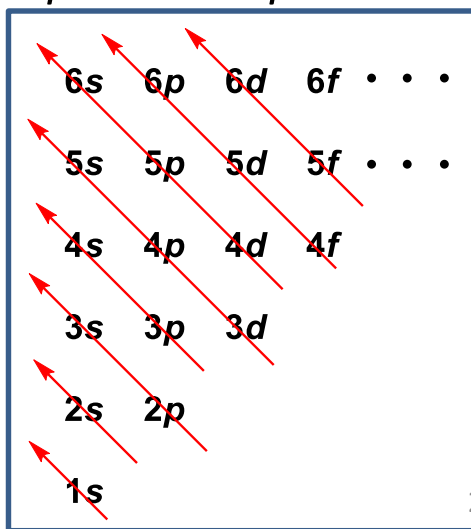
三つの原理または規則によって定められる。

1) 構成原理:

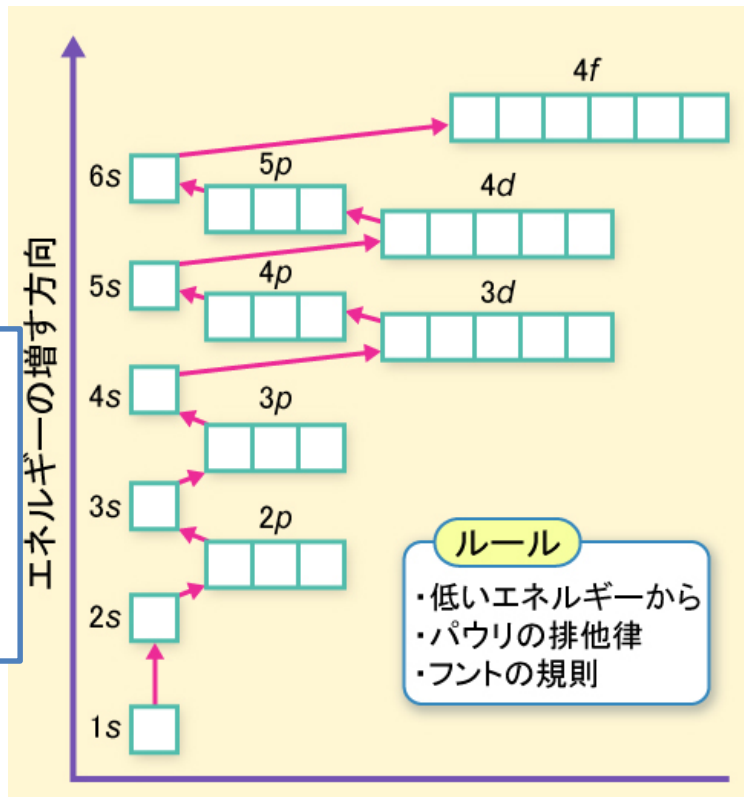
電子はエネルギーの低い軌道

から順に收容される. その順序は
 $1s \rightarrow 2s \rightarrow 2p \rightarrow 3s \rightarrow 3p \rightarrow 4s \rightarrow 3d \rightarrow \dots$

となる.



エネルギー準位



原子の電子配置に関するルール

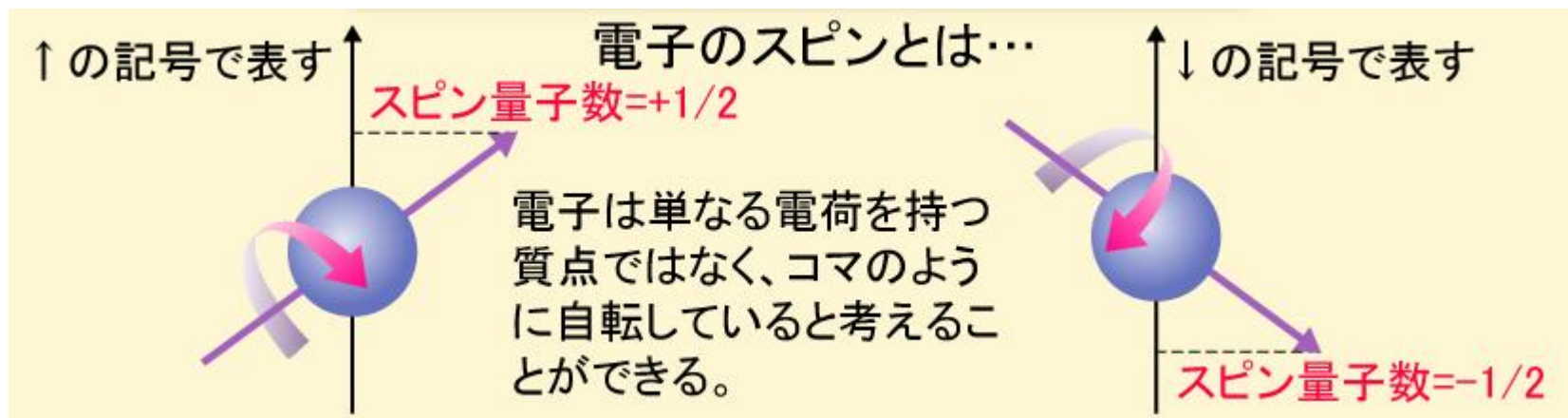
基底状態・・・ある原子において最も安定な電子配置

Ground state



三つの原理または規則によって定められる。

- 2) **パウリの排他原理**: 一つの原子軌道には電子は2個しか収容できず、しかもそれらは互いに逆向きのスピン(スピン量子数 $+1/2, -1/2$)を有していなければならない。すなわち、原子中に同じ電子状態を有する電子は1個しか存在しない。



原子の電子配置に関するルール

基底状態・・・ある原子において最も安定な電子配置

Ground state

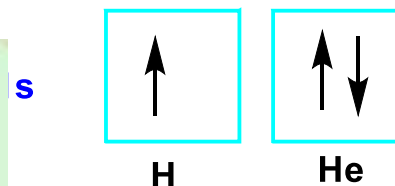


三つの原理または規則によって定められる。

2) **パウリの排他原理**：

パウリの排他律

1. 軌道1つに対し電子は2つまでしか入れない。
2. 二つの電子のスピンはたがいに反対である。



パウリの排他律により以下のような電子の配置は許されない

1つの軌道に3つ以上の電子が入っている。



電子のスピンの互いに反対ではない。

原子の電子配置に関するルール

基底状態・・・ある原子において最も安定な電子配置

Ground state



三つの原理または規則によって定められる。

- 3) フントの法則: 縮重した軌道が存在するとき、それらの軌道にすべて1個ずつ電子が収容されるまで、1個の軌道に1個ずつ電子が収容される。このとき、これらの電子はすべて同じ向きのスピンをもつ。(この規則はすべての元素で成り立つわけではない)

フントの規則

2つ以上の電子は同じエネルギーの軌道が複数あれば、それぞれ異なった軌道に入り、スピン対を作らないように配列する。

原子の電子配置に関するルール

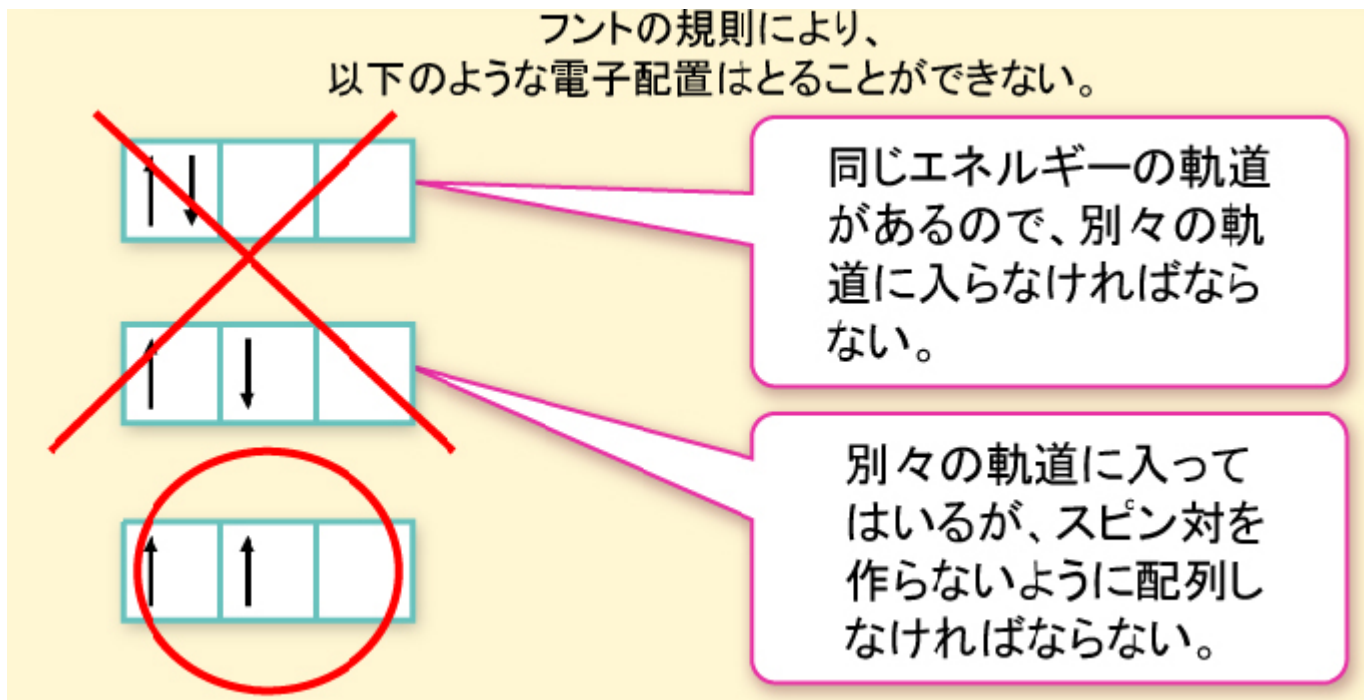
基底状態・・・ある原子において最も安定な電子配置

Ground state



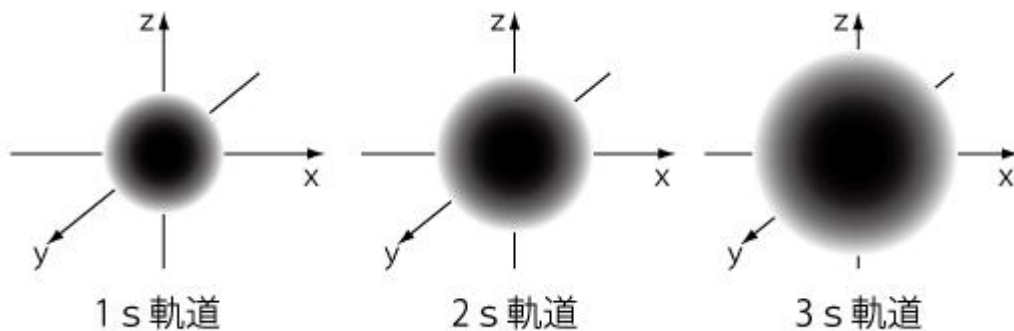
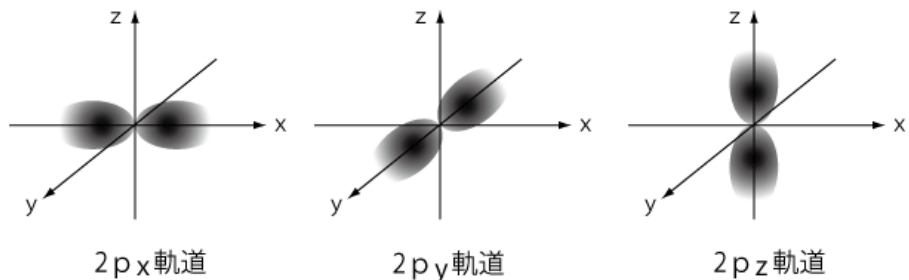
三つの原理または規則によって定められる。

たとえば
3つのp軌道
(p_x , p_y , p_z)
の場合



問題

${}^3\text{Li}$ の電子はどのように收容されているのだろう
↑ あるいは ↓ で 埋めよ

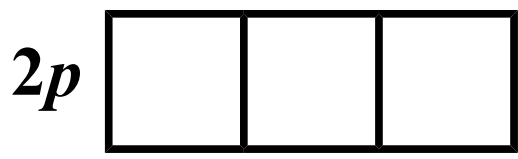


⑤

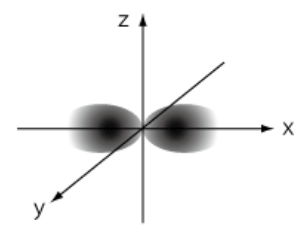
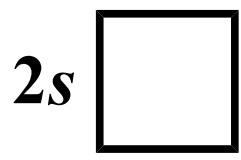
④

問題

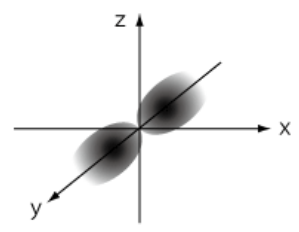
${}^6\text{C}$ の電子はどのように収容されているのだろう
↑ あるいは ↓ で 埋めよ



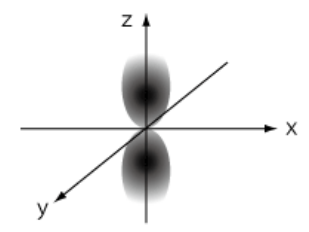
⑦



$2p_x$ 軌道

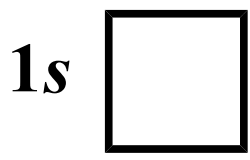


$2p_y$ 軌道



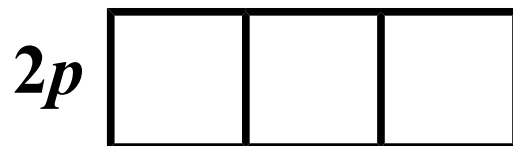
$2p_z$ 軌道

⑧



問題

$_{8}^{16}\text{O}$ の電子はどのように収容されているのだろうか
↑ あるいは ↓ で埋めよ



問題

ある原子において最も安定な電子配置（基底状態）は3つの原理または法則により決まる。
その3つとは

1.

2.

3.

シュレーディンガー方程式とは

● 古典力学

- ✓ 粒子は粒子
波は波
- ✓ 運動は
完全に予測可能

↓
運動方程式

● 量子力学

- ✓ 全ては粒子かつ波
- ✓ 運動は確率的にしか
予測できない

↓
粒子の運動はシュレー
ディンガー方程式によっ
て記述される

テキスト p.10

シュレディンガー方程式を解くと波動関数の中に整数が入ってくる。
これらの整数は量子数と呼ばれる。
量子数を決めると波動関数 ψ とエネルギー E が決まる。

	名前	取れる値	何を示す尺度か
n	主量子数	1, 2, 3, ...	エネルギー
l	方位量子数	0, 1, ..., $n-1$	角運動量の大きさ
m	磁気量子数	$-l, -l+1, \dots, l-1, l$	角運動量のZ区分

次週までの課題

Text p.13 から p.20 まで, および以降のプリントを読んでおく

プリント 問1から問5 穴埋め

1. 原子軌道 (atomic orbital)

電子の分布の形状は電子の波動性のため、不連続となる(決まった波長の波以外は波の干渉のため存在できない)。これを量子化 (quantization) という。

この量子化された電子状態と対応するエネルギーはシュレインジャー (Schrödinger) 方程式を解くことで求めることができる。

量子化された電子状態とエネルギーを決める指数を量子数 (quantum number) という。

原子に関係する量子数は、主量子数 (principal quantum number: n)、方位量子数 (azimuthal quantum number: l)、磁気量子数 (magnetic quantum number: m_l) がある。

電子状態の決まり方の順は、主量子数→方位量子数→磁気量子数である。

電子状態は n , l , m_l のいずれかが異なると、異なる状態である。 n , l , m_l で定まる電子のエネルギーと電子状態を表す数学的関数を原子軌道 (atomic orbital) といい、原子軌道に対応するエネルギー値をその軌道のエネルギー準位 (energy level) という。

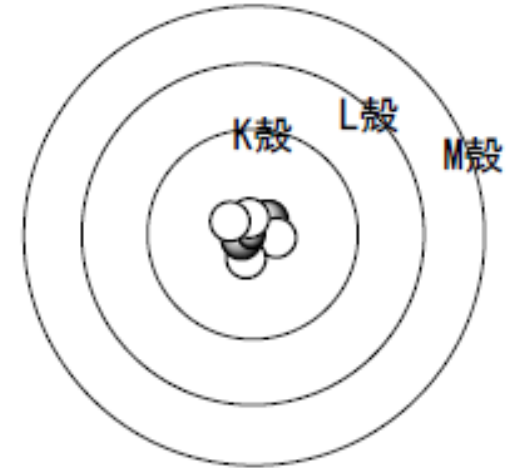
1つの原子軌道にスピン量子数 (spin quantum number) を異にして2個の電子が入ることができる。

通常、電子はもっともエネルギーが低くなるように入る。電子の入りを電子配置 (electronic configuration) といい、もっとも低いエネルギーの電子配置の状態を電子の基底状態という。

2. 主量子数 (principal quantum number: n)

n は原子軌道の基本となる量子数であり, n の値は, 原子軌道によって決まる電子分布の原子核からの大まかな距離を表す指標である.

n は, $n=1, 2, 3, \dots$ の自然数を取り, それぞれK殻, L殻, M殻, \dots という名称が付けられている(右図). これを電子殻 (electronic shell) という.



電子殻は, 主量子数(n)とそれに付随する方位量子数(l), 磁気量子数(m)を合わせたものをいう.

各殻によって収容できる電子数が異なり主量子数 n に対し, $2n^2$ 個が最大収容電子数である.

K殻には2個, L殻には8個, M殻には18個の電子を収容できる.

問題1. 次の[]の中を適切な単語あるいは記号で埋めよ.

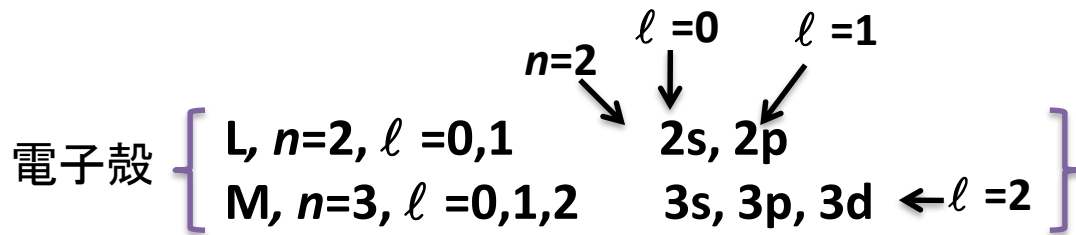
1. 原子の電子状態とエネルギーを決める指数を[]という.
2. 原子の[]は, [](n), [](l), [](m_l)がある.
3. n, l, m_l で定まる電子のエネルギー状態と分布形状は数学的関数として表すことができ, これを[]という.
4. 1つの[]に[]の向きが異なる2個の電子が入ることができる.
5. n は原子核からの大まかな距離を表す指標で, $n=1, 2, 3, \dots$ の自然数を取り, それぞれ[]殻, []殻, []殻, \dots の名称が付けられている.
6. 各殻によって収容できる電子数が異なり n に対し最大収容電子数は[]である.

3. 方位量子数 (azimuthal quantum number: l)

方位量子数 (l) は、電子の分布の大まかな形状を表す量子数である。

l は主量子数 n に依存し、 n がきまると、 $0, 1, 2, \dots, n-1$ までの値をとる。 $n=1$ なら、 l は 0 のみ、 $n=2$ なら、 l は 0 と 1 、さらに $n=3$ なら、 l は 0 と 1 と 2 という意味である。

$l = 0, 1, 2, 3, \dots$ について s, p, d, f, \dots の記号がつけられている。



s 型の軌道は球形、 p 型の軌道は亜鈴状である (右図)。 d, f, \dots になるに従い、原子軌道の形状はより複雑になる。



s軌道 (球形)

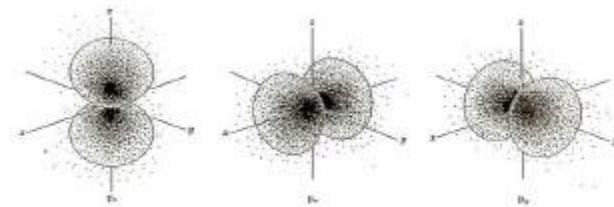


図 1.16 2p 軌道の電子雲

p軌道 (亜鈴状)

問題2. 次の[]の中を適切な単語あるいは記号で埋めよ.

1. 方位量子数 $l=0$ の原子軌道は球状であり, [;]軌道とよばれる.
2. 一般に主量子数 n に対し, 方位量子数 l は, []だけある.
3. L 殻の電子殻は主量子数 = []に対応する. L 殻に方位量子数は, [], []の状態がありそれぞれ主量子数 []を併記して []と []の記号で表される.
4. M 殻の電子殻は主量子数 = []に対応する. M 殻には方位量子数は, [], [], []がありそれぞれ主量子数 []をつけ [], [], []の記号で表される.
5. N 殻のすべての原子軌道を記号で表すと, []である.

5. 磁気量子数 (magnetic quantum number: m_ℓ)

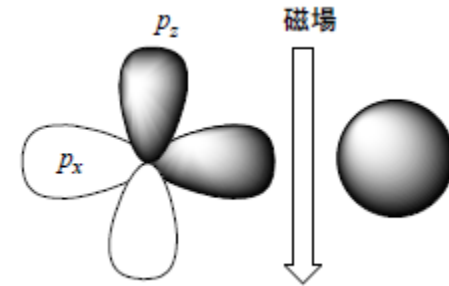
n と ℓ で定められる原子軌道は、 ℓ の値により電子の分布形状が異なるが、それらの原子軌道に入る電子のエネルギー値は同じである。

一般に、異なる電子状態が複数あり、それらのエネルギーの値は等しい場合は、縮重(縮退: **degeneration**)しているという。

$\ell \neq 0$ のとき原子軌道は縮重している。しかし、磁場を与えると電子の分布方向の違い(あるいは電子の運動の方向が異なること)により、電子の運動が発生する磁場との反応が異なる(これを異方性(**anisotropy**)という)。そのため、磁場のなかでは、原子軌道のエネルギーは ℓ の値によって異なる(分離する)。

このように縮重した状態が分離することを一般に解縮重(解縮退)という。

s軌道に入った電子は球状に分布するため、磁場の方向によって、エネルギーは変わらないが、p原子軌道では電子の運動方向が磁場の方向に対し等価でないため、エネルギー差が生ずるようになる。



磁場によって分離する状態の数は、 l の値に対して、 $-l, -l+1, -l+2, \dots, 0, 1, 2, \dots, l$ の合計 $2l+1$ 個がある。これらを m_l の記号で表し磁気量子数という。

m_l は方位量子数 l に依存し、 $l=0$ なら、 $m_l=0$ のみ(1状態)、 $l=1$ なら、 m_l は-1と0と1の3状態、さらに $l=2$ なら、 $m_l=-2, -1, 0, 1, 2$ の5状態があるという意味である。(副殻の数、3つのp軌道、5つのd軌道など)

$2p_x, 2p_y, 2p_z$

要するに、 $l=0$ の場合は軌道の形が球状であるため磁場を与えても分離しないが、 $l=0$ 以外は磁場による異方性により m_l で与えられる状態数に分離する。

問題3. 次の[]の中を適切な単語あるいは記号で埋めよ。

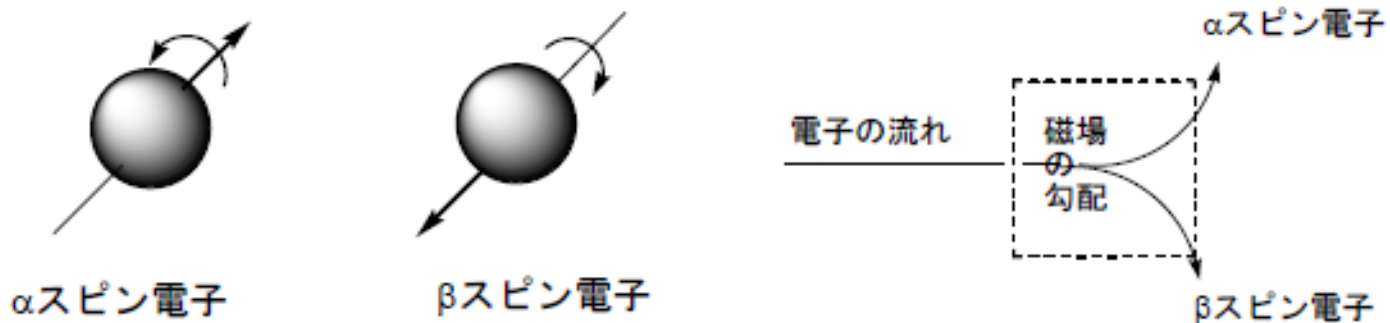
1. 原子軌道に入る電子のエネルギーは, [](n)と[](l)で定まる.
2. $l = 0$ の場合は, 電子は[]状に分布する.
3. 異なる状態が複数ありそれらのエネルギーの等しい場合は, それらは[](あるいは[])しているという.
4. 電子は[]の電荷を持つため, 運動によって[]を発生する.
5. $l = 0$ 以外の原子軌道は, 磁場の中では電子が作る[]との相互作用のため, 軌道のエネルギーが異なり分離する. これを[]という.
6. 方位量子数 l の場合, 磁場を与えると[]のように合計[]個に分離する.
7. $n=1$ の場合は, 方位量子数は[]のみでそれを記号で[]のように表す. $n=2$ の場合は方位量子数は[]と[]があり前者は記号で[], 後者は[]であるが, p 軌道は磁気量子数により3 つに分離するのでそれらを[]の記号で表す.

5. スピン量子数 (spin quantum number: m_s)

電子は2つの方向のどちらかに自転している. 一方の自転の大きさは $\frac{1}{2}h$, 他方は $-\frac{1}{2}h$ の角運動量を持ち, 前者を α スピン電子 (α -spin electron), 後者を β スピン電子 (β -spin electron) という.

h の前の係数 $\frac{1}{2}$ と $-\frac{1}{2}$ をスピン量子数という. つまり, α スピン電子は $\frac{1}{2}$ を, β スピン電子は $-\frac{1}{2}$ のスピン量子数を持つ.

α スピン電子と β スピン電子では反対の磁場を発生するので, 外から磁場を与えられるとそれらが相互作用してスピンの違いによりエネルギーが異なる.



問題4. 次の[]の中を適切な単語あるいは記号で埋めよ.

1. 電子のスピンとは電子自身の[]であり, 2種ある.
2. 回転モーメント(回転力)の大きさは, $+(1/2)\hbar$ と $-(1/2)\hbar$ である. これらの係数 ($+(1/2)$ と $-(1/2)$) を [] という.
3. また, $+(1/2)$ と $-(1/2)$ のスピン量子数を持つ電子を, それぞれ, [] 電子および [] 電子という.
4. 電子は [] の電荷をもつので, 自転運動により磁場が生じる. そのため, 外部から磁場をあたえることにより電子のスピンに由来する磁場と相互作用し, 異なる [] 状態が生じる.

問題5. 次の[]の中を適切な単語あるいは記号で埋めよ.

1. 原子軌道はエネルギーの低い順に, $1s$, [], $2p$, [], $3p$, [], [], $4p$, …の順に並ぶ.
2. p 軌道は磁場の中では[]つのエネルギー状態に分離し, d 軌道は[]つに分離する. また f 軌道は[]つに分離する.
3. 原子軌道に電子が入るとき, 軌道エネルギーの[]い順に入る. p 軌道は磁場のないところでは[]重に[]している.
4. 縮重している原子軌道に電子が入る場合, 電子は, 縮重した軌道を分散して[]スピンの入り, すべての軌道が1個の電子で埋まったら, 次に[]を逆にして入る. これを[]則という.
5. 窒素原子の電子配置は[]である.

問題の解答 ([]は一かたまりを表すだけなので解には不必要)

問題1

1. 量子数
2. 量子数, 主量子数, 方位量子数, 磁気量子数
3. 原子軌道
4. 原子軌道, スピン
5. K,L,M
6. $2n^2$

問題2

1. s
2. $[0, 1, 2, \dots, n-1]$
3. 2, 0, 1, 2, 2s, 2p
4. 3, 0, 1, 2, 3s, 3p, 3d
5. 4s, 4p, 4d, 4f

問題3

1. 主量子数, 方位量子数
2. 球
3. 縮重, 縮退
4. 負, 磁場
5. 磁場, 解縮重
6. $[-l, -l+1, \dots, 0, 1, \dots, l-1, l]$, $[2l+1]$
7. 0, 1s, 0, 1, 2s, 2p, $[2p_x, 2p_y, 2p_z]$

問題4

1. 回転
2. スピン量子数
3. α, β
4. 負, エネルギー

問題5

1. 2s, 3s, 4s, 3d
2. 3, 5, 7
3. 低, 3, 縮重
4. 同一, スピン, フント
5. $1s^2 2s^2 2p^3$