3250 現代物理学

京都大学で行なわれている最前線の物理学・宇宙物理学の研究について、専門の教員が交替で3回生向けにわかりやすく紹介する。実験や理論のさまざまな研究現場の熱気の一端に触れると同時に、物理学の展望を得て将来の研究分野選択の参考になればという趣旨のリレー講義である（全10回）。

令和2年度後期　専門科目（1単位）

日時：火曜 14:45ー16:55

第3回：10月20日（火） 14:45-16:55
フェムトの世界
「原子核の周期表：フェムトの世界における殻現象」　萩野浩一（60分）
「クォークが生み出す高密度の世界」　永江知文（60分）

質問は随時してもらってもOKです。
（最後に質問の時間も設けます）

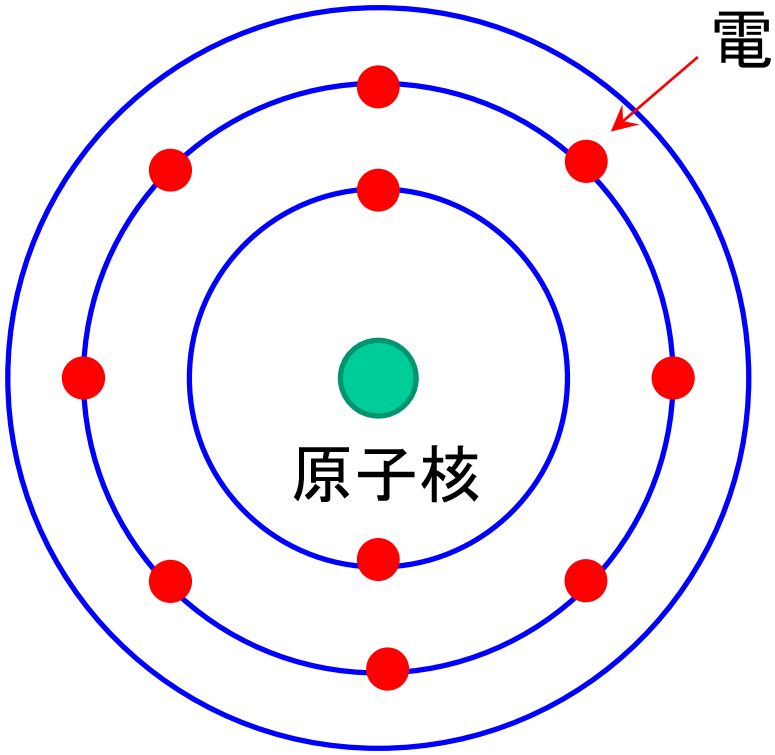
本日の講義で、印象に残った内容を具体的かつ簡潔に記述せよ（感想を含んでもよい）

また、疑問に思ったことや、自分で調べる／考える／試す などしてみたいと思ったことがあればそれも書くこと

（作成時間 １０分程度 ）

- **提出締切　：　明日 午前９時**
- **提出方法　：　PandA の「課題」ページより**

第3回：10月20日（火） 14:45-16:55
フェムトの世界
「原子核の周期表：フェムトの世界における殻現象」 萩野浩一（60分）
「クォークが生み出す高密度の世界」 永江知文（60分）

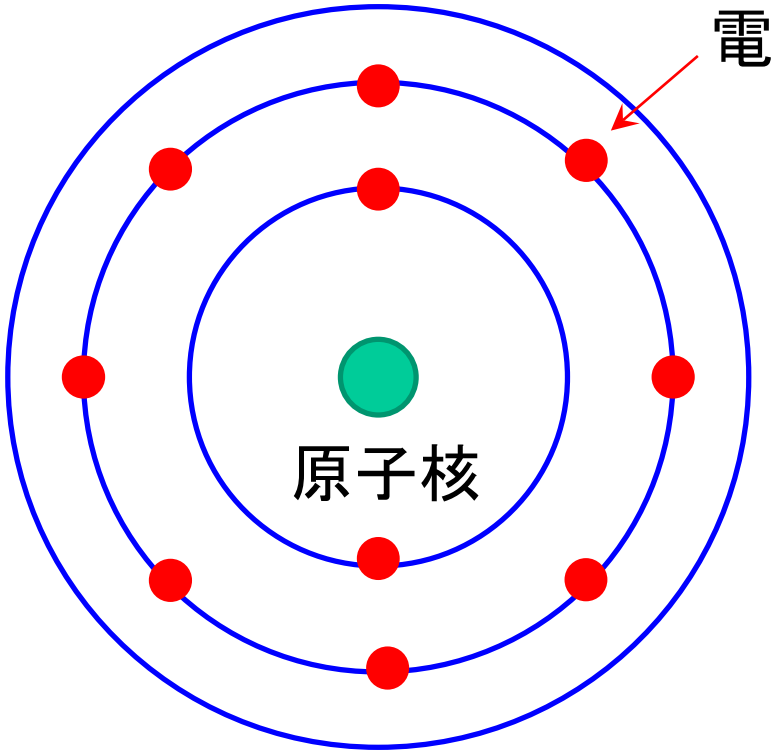


フェムト = 10^{-15}

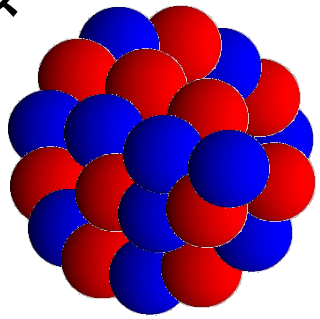
原子核の大きさ ~ 数 fm (10^{-15} m)

「フェムト」の世界

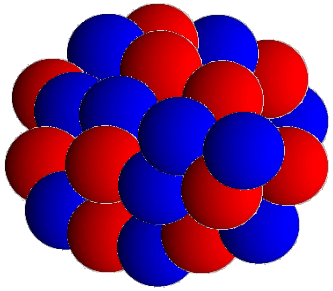
第3回：10月20日（火） 14:45-16:55
フェムトの世界
「原子核の周期表：フェムトの世界における殻現象」 萩野浩一（60分）
「クォークが生み出す高密度の世界」 永江知文（60分）



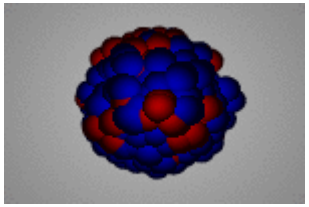
原子核



陽子と中性子の多体系

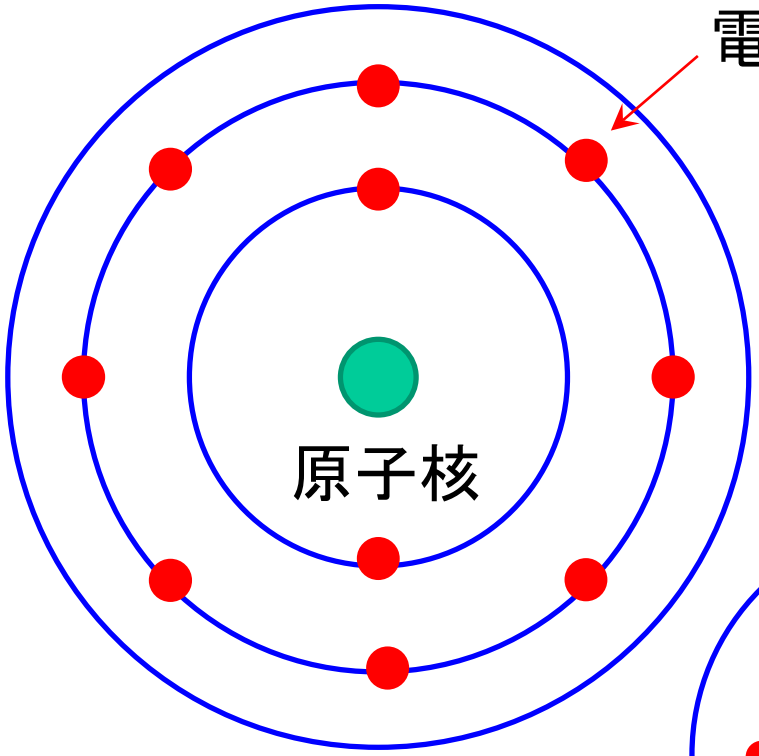


簡単に変形したりする

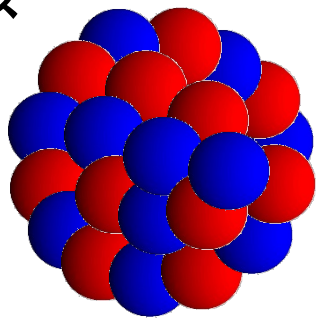


- ✓ 振動
- ✓ 静的な変形
- ✓ 核分裂

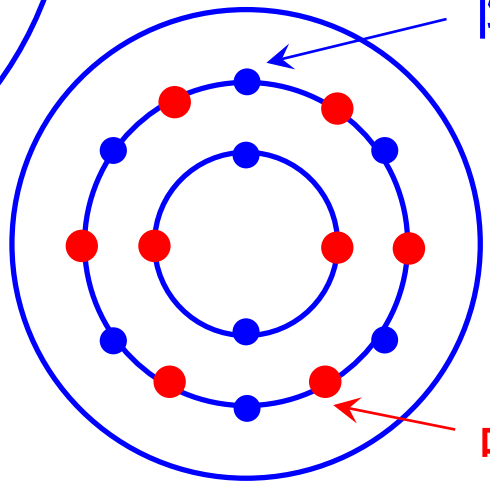
第3回：10月20日（火） 14:45-16:55
フェムトの世界
「原子核の周期表：フェムトの世界における殻現象」 萩野浩一（60分）
「クォークが生み出す高密度の世界」 永江知文（60分）



原子核



陽子と中性子の多体系



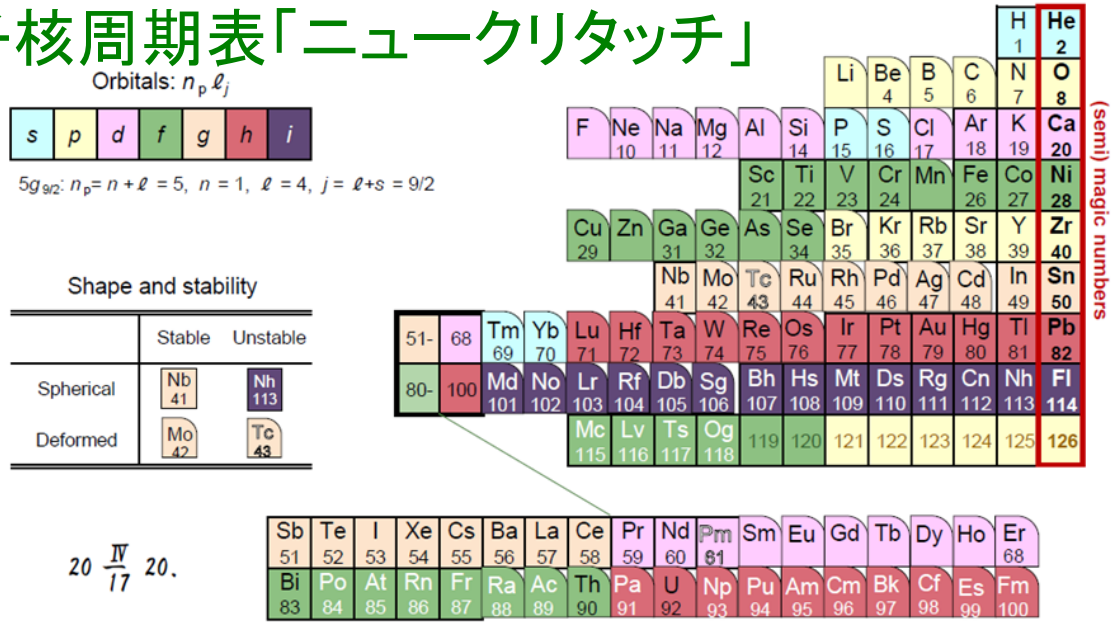
陽子や中性子も
軌道運動している
（殻構造）

今日の前半の話 ➡

原子核の周期表：フェムトの世界における殻現象

萩野浩一
物理学第二教室
原子核理論研究室

原子核周期表「ニュークリタッチ」



共同研究者

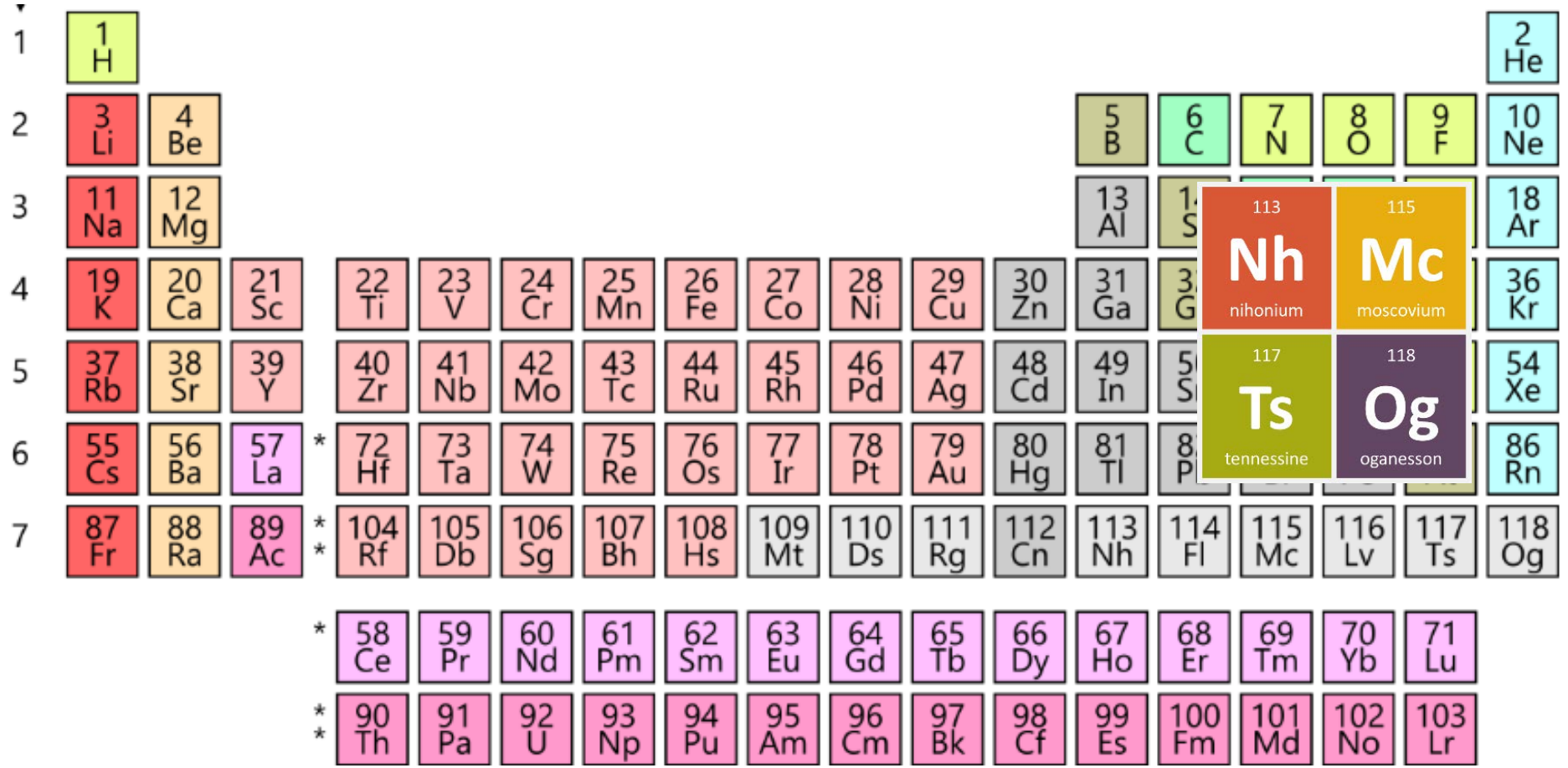
前野さん（物１）

原子核の周期表：フェムトの世界における殻現象

萩野浩一
物理学第二教室
原子核理論研究室

1. 元素の周期表と原子のボーア模型
2. 原子核にも殻構造がある！
3. 原子核の殻構造の重要性
4. 原子核で周期表を作ってみると?
   ～マジックな偶然～

元素の周期表

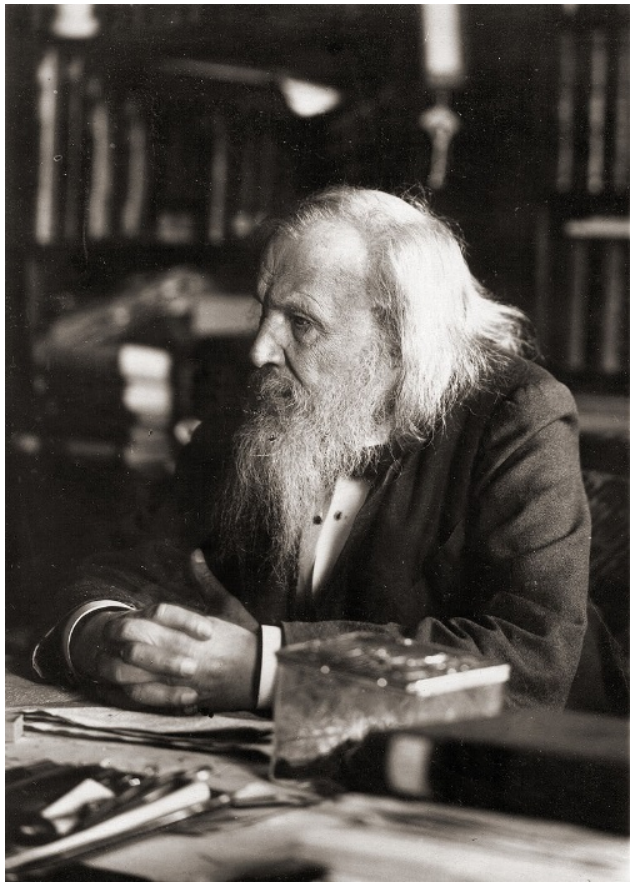


- ✓ 世の中のすべてのものが約90種類の元素の組み合わせ：
  地球上のすべての物質は元素から出来ている
- ✓ 元素をうまく並べると縦に同じ性質を持つものが並ぶ

元素の周期表（1869年にメンデレーエフが発表）

International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements

国際周期表年（2019年）



メンデレーエフ
(1834-1907)

元素の周期表（1869年にメンデレーエフが発表）

2019 IYPT

International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements

国際周期表年（2019年）

閉会式（令和元年12月5日：東京）

メンデレーエフによる周期表のオリジナル

Ann. Suppl. **8**, 133 (1871).

Reihen	Gruppe 1 — R_2O	Gruppe 2 — RO	Gruppe 3 — R_2O_3	Gruppe 4 RH_4 RO_2	Gruppe 5 RH_3 R_2O_5	Gruppe 6 RH_2 RO_3	Gruppe 7 RH R_2O_7	Gruppe 8 — RO_4
1	H=1							
2	Li=7	Be=9.4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27.3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35.5	
4	K=39	Ca=40	-=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56 Co=59 Ni=59 Cu=63
5	(Cu=63)	Zn=65	-=68	-=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	-=100	Ru=104 Rh=104 Pd=106 Ag=108
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195 Ir=197 Pt=198 Au=199
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — —

メンデレーエフによる周期表のオリジナル

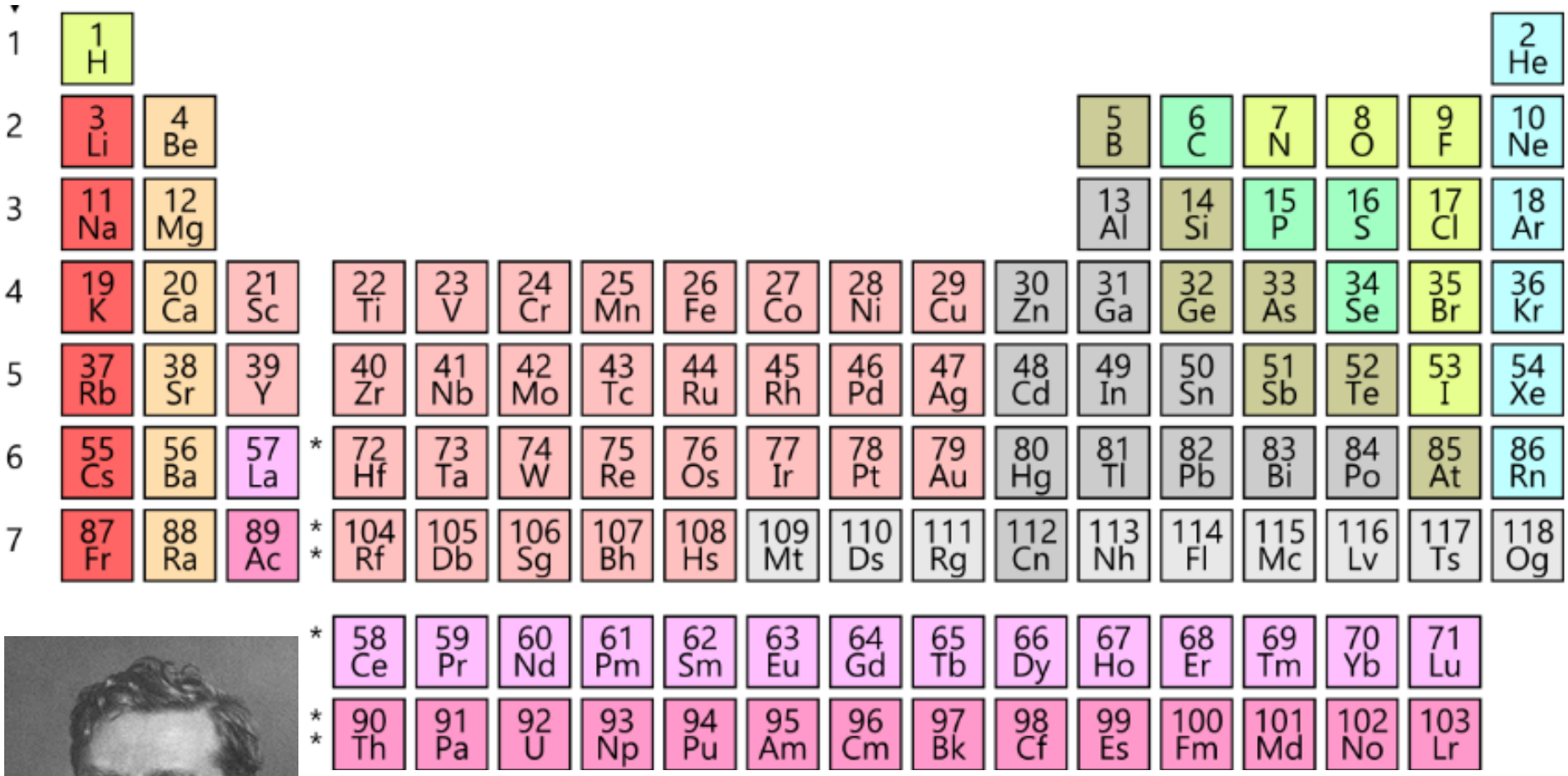
Ann. Suppl. **8**, 133 (1871).

Reihen	Gruppe 1 — R_2O	Gruppe 2 — RO	Gruppe 3 — R_2O_3	Gruppe 4 RH_4 RO_2	Gruppe 5 RH_3 R_2O_5	Gruppe 6 RH_2 RO_3	Gruppe 7 RH R_2O_7	Gruppe 8 — RO_4
1	H=1							
2	Li=7	Be=9.4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27.3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35.5	
4	K=39	Ca=40	-=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56 Co=59 Ni=59 Cu=63
5	(Cu=63)	Zn=65	-=68	-=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	-=100	Ru=104 Rh=104 Pd=106 Ag=108
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195 Ir=197 Pt=198 Au=199
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — —

ガリウムの発見
（1874年）

ゲルマニウムの発見
（1879年）

（ちなみに）元素周期表が今の形になったのは：

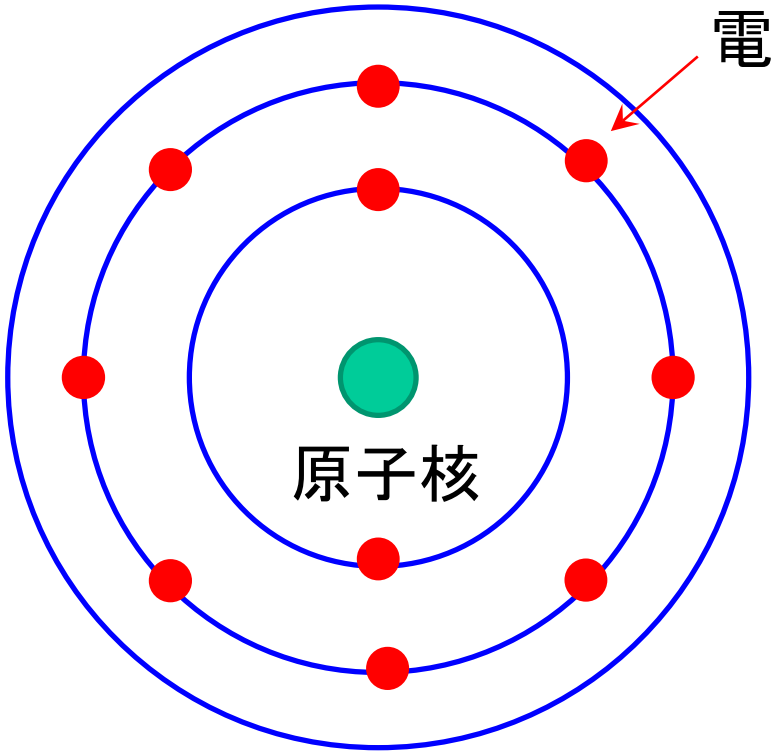


アルフレート・ヴェルナー（1905年）

スイスの化学者。遷移元素錯体の八面体形の構造を提唱し、1913年にノーベル化学賞を受賞。

周期性の起源

元素の周期表



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
																	He 2
												B 5	C 6	N 7	**O 8**	F 9	Ne 10
												Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
										u 9	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
										g 7	Cd 48	In 49	**Sn 50**	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
										u 9	Hg 80	Tl 81	**Pb 82**	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
										g 1	Cn 112	Nh 113	**Fl 114**	Mc 115	Lv 116	Ts 117	Og 118

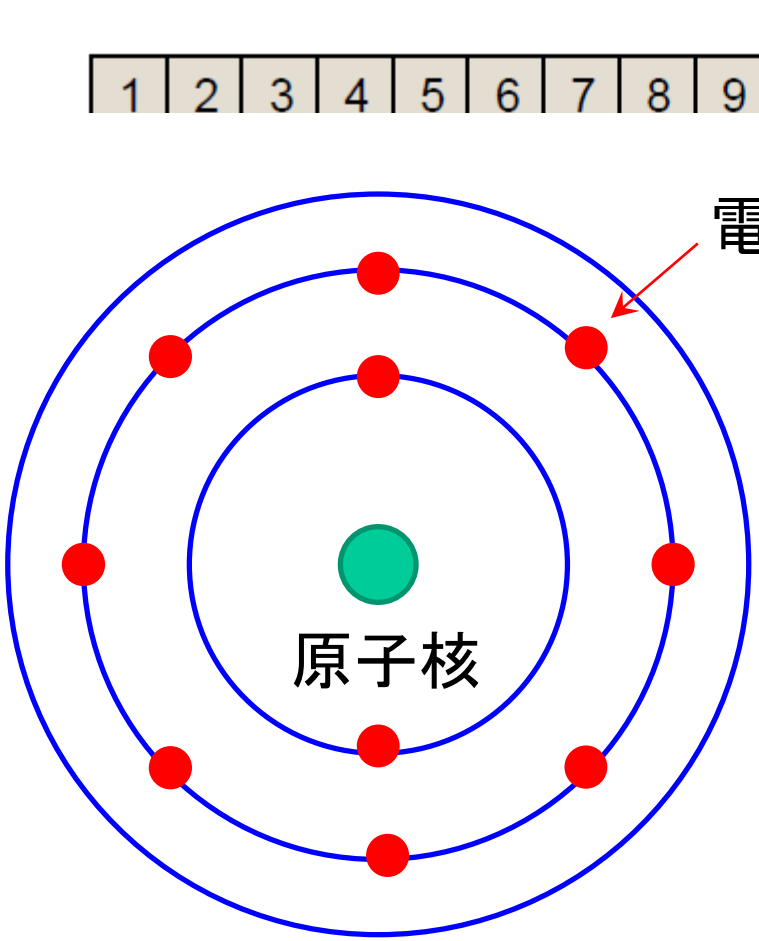
rare gases

										b 5	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71	
										k	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103	
89	90	91	92	93	94	95	96	97									

周期性の起源

希ガス
（軌道が完全に埋まる）

元素の周期表

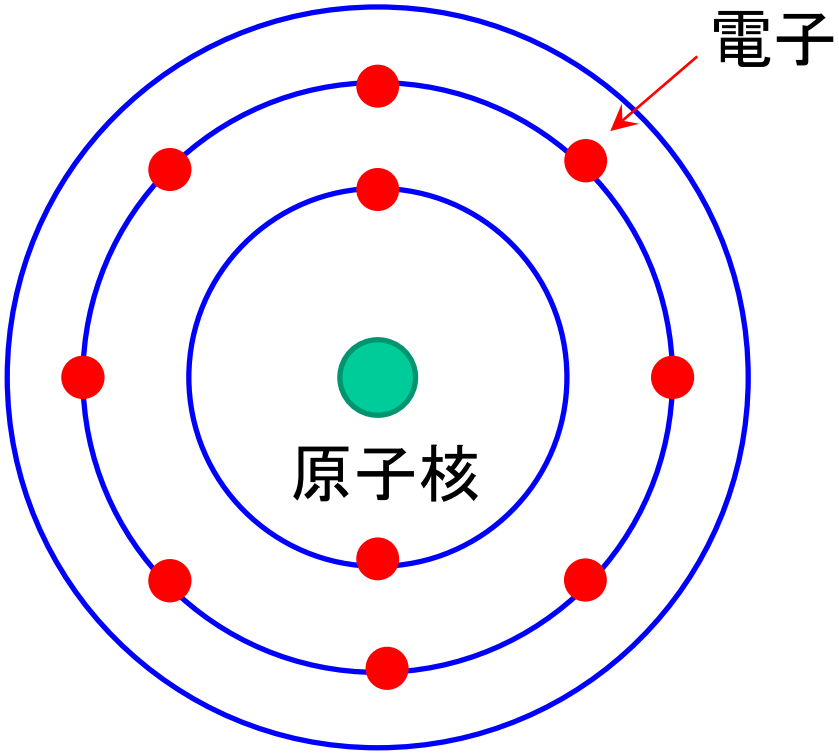


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
																	He 2
												B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
												Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
										u 9	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
										g 7	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
										u 9	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
										g 1	Cn 112	Nh 113	Fl 114	Mc 115	Lv 116	Ts 117	Og 118

rare gases

										b 5	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71	
										k	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103	
89	90	91	92	93	94	95	96	97									

フェルミオン多体系とパウリ原理

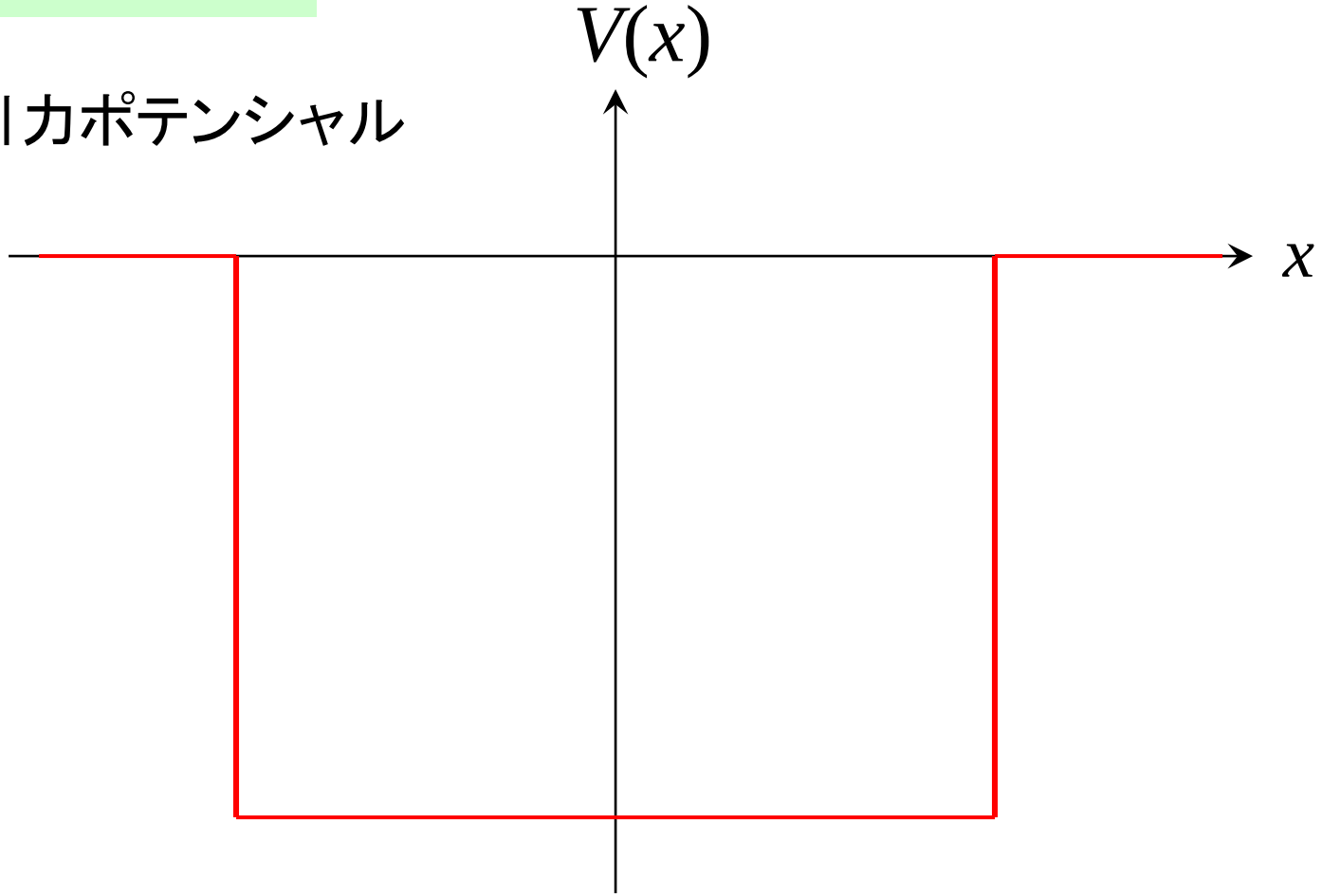


原子＝電子（フェルミ粒子）の多体系

パウリ原理：2つの同種フェルミオンは同じ状態をとれない

殻構造と魔法数

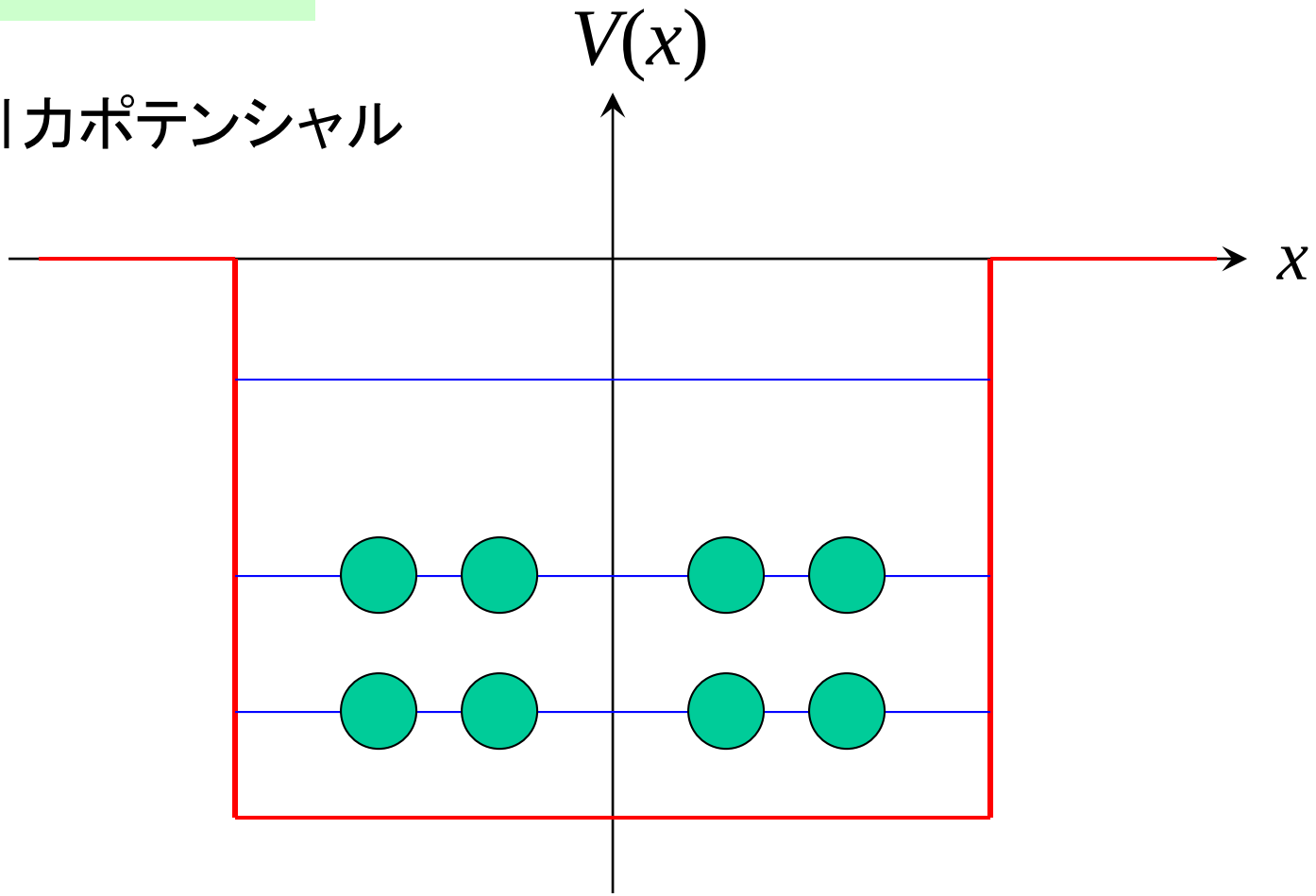
1次元引力ポテンシャル



$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2}{dx^2}+V(x)\right)\psi(x)=E\psi(x)$$

殻構造と魔法数

1次元引力ポテンシャル



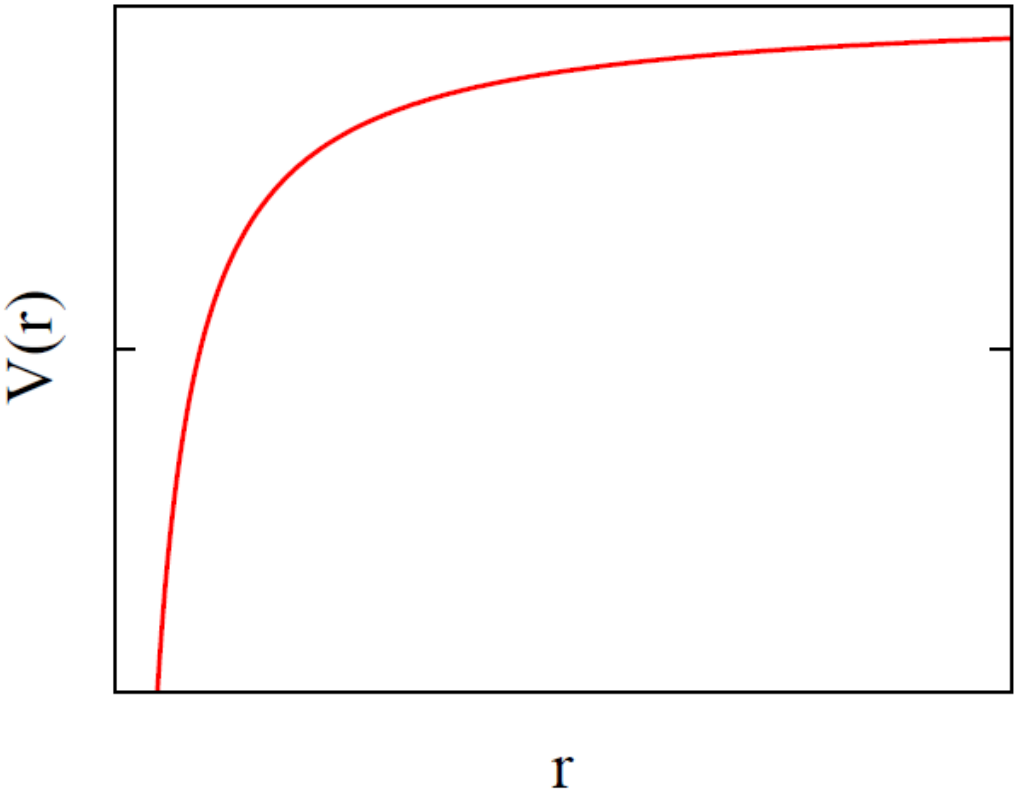
離散的な束縛状態

多フェルミオン系の基底状態
　= パウリ原理を考慮して粒子を下の状態から詰める

殻構造と魔法数

水素様原子:

$$V(r) = -\frac{Ze^2}{r}$$



$$E_n = -\frac{(Z\alpha)^2}{2n^2} mc^2$$

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \sim \frac{1}{137}$$

$$n = n_r + l + 1$$

殻構造と魔法数

水素様原子:

$$V(r) = -\frac{Ze^2}{r}$$

$$E_n = -\frac{(Z\alpha)^2}{2n^2} mc^2$$

3S　3P　3D

2S　2P

1S

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \sim \frac{1}{137}$$

$$n = n_r + l + 1$$

殻構造と魔法数

水素様原子:

$$V(r) = -\frac{Ze^2}{r}$$

縮退度 = 2 × (2 l +1)

(スピン × l_z)

$$E_n = -\frac{(Z\alpha)^2}{2n^2} mc^2$$

3S [2]　3P [6]　3D [10]

2S [2]　2P [6]

1S [2]

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \sim \frac{1}{137}$$

$$n = n_r + l + 1$$

殻構造と魔法数

水素様原子:

$$V(r) = -\frac{Ze^2}{r}$$

縮退度 = 2 × (2 l +1)

(スピン × l_z)

$$E_n = -\frac{(Z\alpha)^2}{2n^2} mc^2$$

3S [2]　3P [6]　3D [10]

2S [2]　2P [6]

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \sim \frac{1}{137}$$

$$n = n_r + l + 1$$

1S [2]　⇨ He

殻構造と魔法数

水素様原子:

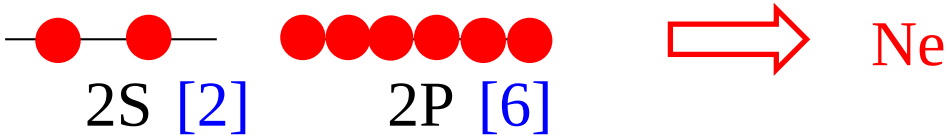
$$V(r) = -\frac{Ze^2}{r}$$

縮退度 = 2 × (2 l +1)

(スピン × l_z)

$$E_n = -\frac{(Z\alpha)^2}{2n^2} mc^2$$

3S [2]　3P [6]　3D [10]



2S [2]　2P [6]　⇨ Ne

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \sim \frac{1}{137}$$

$$n = n_r + l + 1$$

1S [2]　⇨ He

殻構造と魔法数

水素様原子:

$$V(r) = -\frac{Ze^2}{r}$$

縮退度 = 2 × (2 l +1)

内殻電子による遮蔽効果

$$E_n = -\frac{(Z\alpha)^2}{2n^2} mc^2$$

3S [2]　3P [6]　⇧　3D [10]

2S [2]　2P [6]　⇨ Ne

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \sim \frac{1}{137}$$

$$n = n_r + l + 1$$

1S [2]　⇨ He

殻構造と魔法数

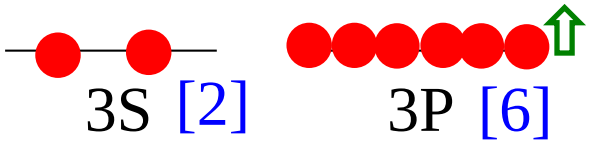
水素様原子:

$$V(r) = -\frac{Ze^2}{r}$$

縮退度 = 2 × (2 l +1)

内殻電子による遮蔽効果

$$E_n = -\frac{(Z\alpha)^2}{2n^2} mc^2$$



⇨ Ar

⇨ Ne

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \sim \frac{1}{137}$$

$$n = n_r + l + 1$$

⇨ He

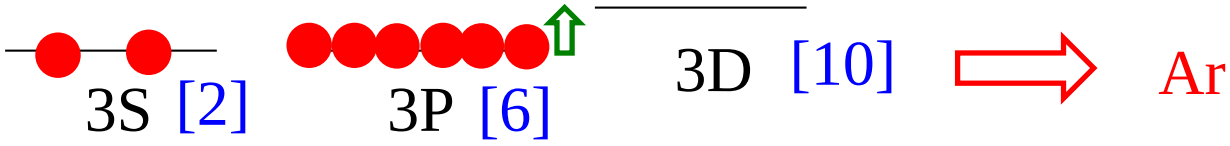
殻構造と魔法数

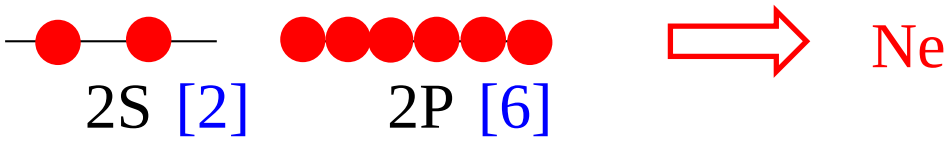
水素様原子:

$$V(r) = -\frac{Ze^2}{r}$$

縮退度 = 2 × (2 l +1)

内殻電子による遮蔽効果



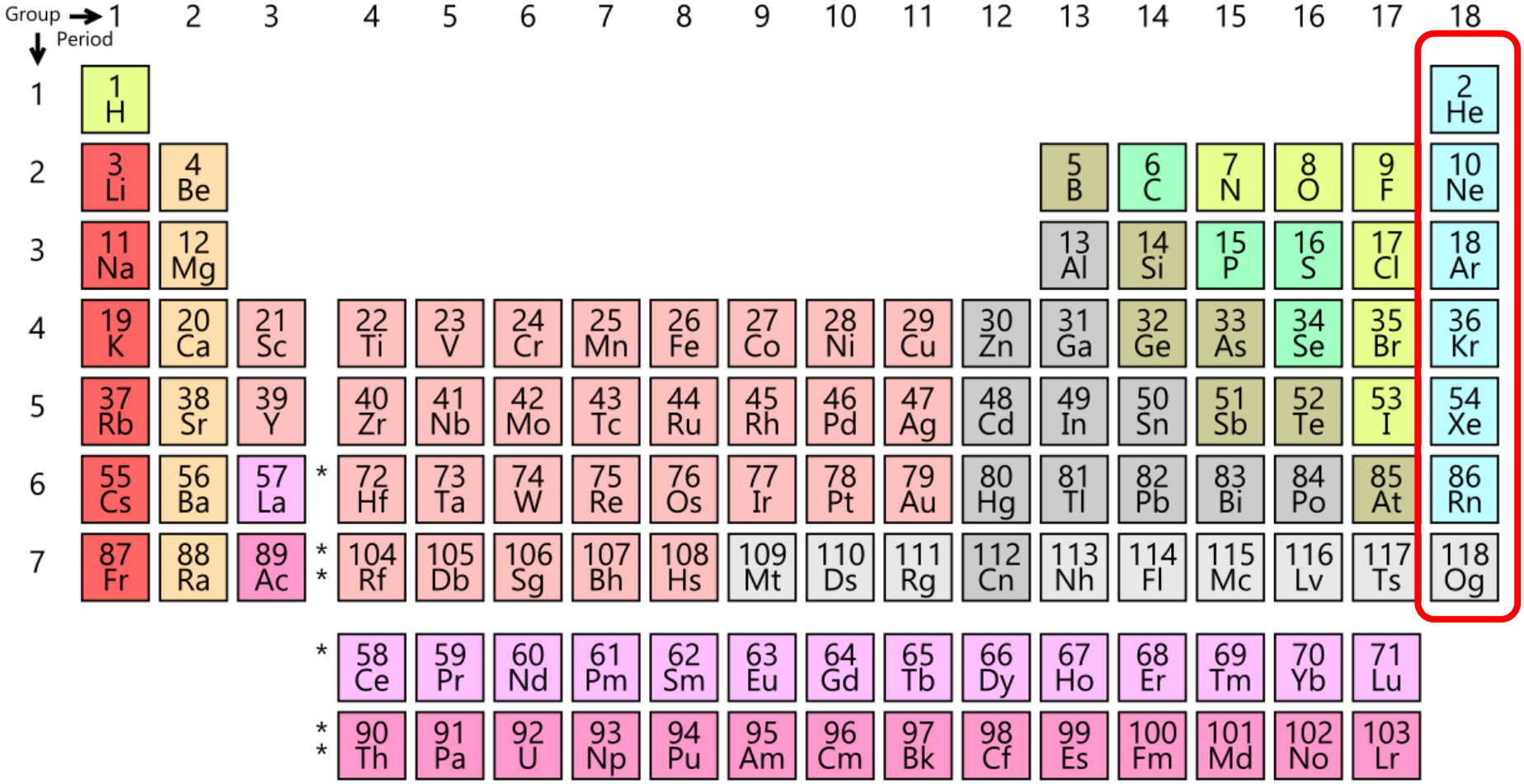


“殻が閉じる（閉殻）”
（魔法数）

化学的に安定
→希ガス

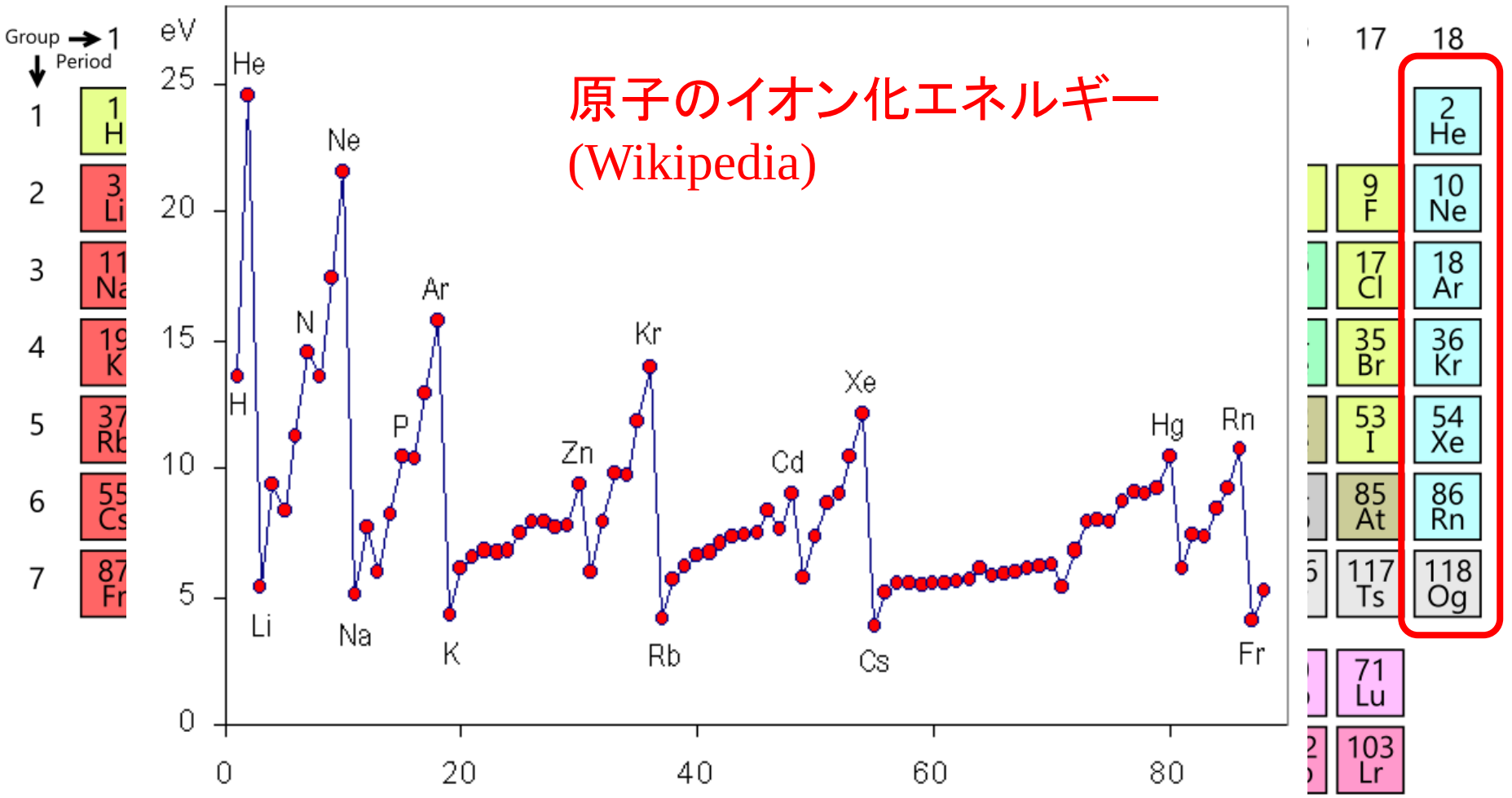
元素の周期表

希ガス


Group → 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
Period ↓
1 1 H 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 La * 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 Ac * 104 Rf 105 Db 106 Sg 107 Bh 108 Hs 109 Mt 110 Ds 111 Rg 112 Cn 113 Nh 114 Fl 115 Mc 116 Lv 117 Ts 118 Og
* 58 Ce 59 Pr 60 Nd 61 Pm 62 Sm 63 Eu 64 Gd 65 Tb 66 Dy 67 Ho 68 Er 69 Tm 70 Yb 71 Lu
* 90 Th 91 Pa 92 U 93 Np 94 Pu 95 Am 96 Cm 97 Bk 98 Cf 99 Es 100 Fm 101 Md 102 No 103 Lr

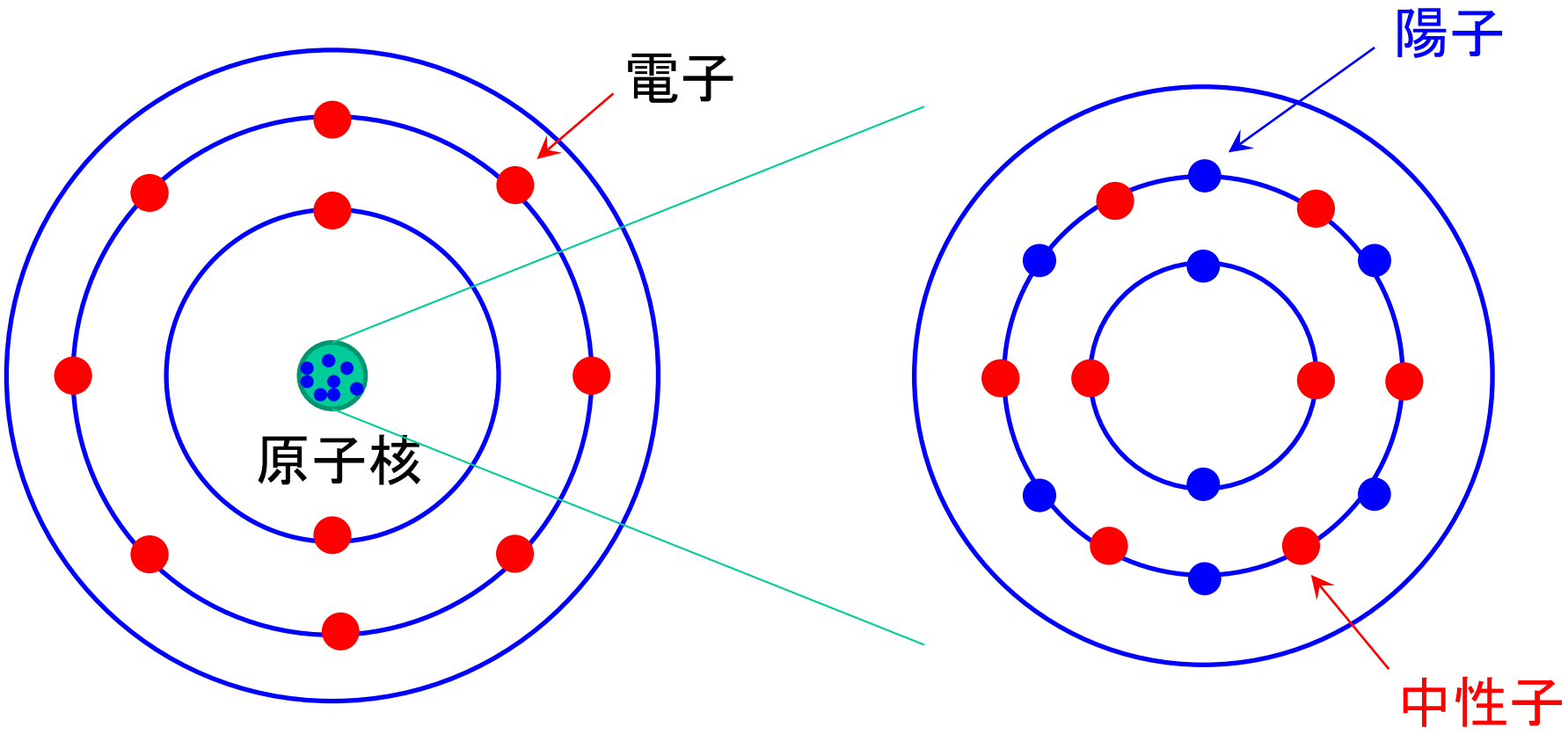
元素の周期表

希ガス


Group → 1
Period
1
2
3
4
5
6
7
1 H
3 Li
11 Na
19 K
37 Rb
55 Cs
87 Fr
eV
25
20
15
10
5
0
0
20
40
60
80
He
Ne
Ar
Kr
Xe
Hg
Rn
H
Li
N
Na
P
K
Zn
Rb
Cd
Cs
Fr
原子のイオン化エネルギー
(Wikipedia)
17
18
2 He
9 F
10 Ne
17 Cl
18 Ar
35 Br
36 Kr
53 I
54 Xe
85 At
86 Rn
117 Ts
118 Og
71 Lu
103 Lr

原子核の殻構造

実は、同じような軌道が陽子や中性子にも考えられる

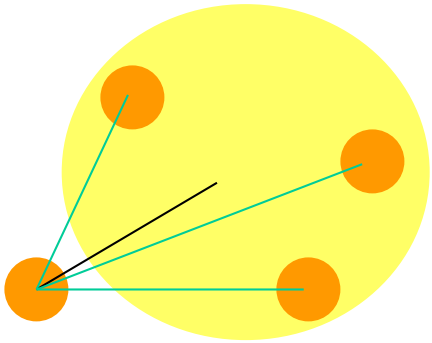


原子の構造
（Neの場合）

原子核の構造
（^{16}Oの場合）

原子核の殻構造

原子核をつくる中性子や陽子同士
にはたらく力（強い相互作用）によって
軌道ができる。



核子間相互作用を
平均的に取り扱う
→平均場ポテンシャル

$$V(\boldsymbol{r}) \sim \int v(\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}')\rho(\boldsymbol{r}')d\boldsymbol{r}'$$

Nobel Foundation archive

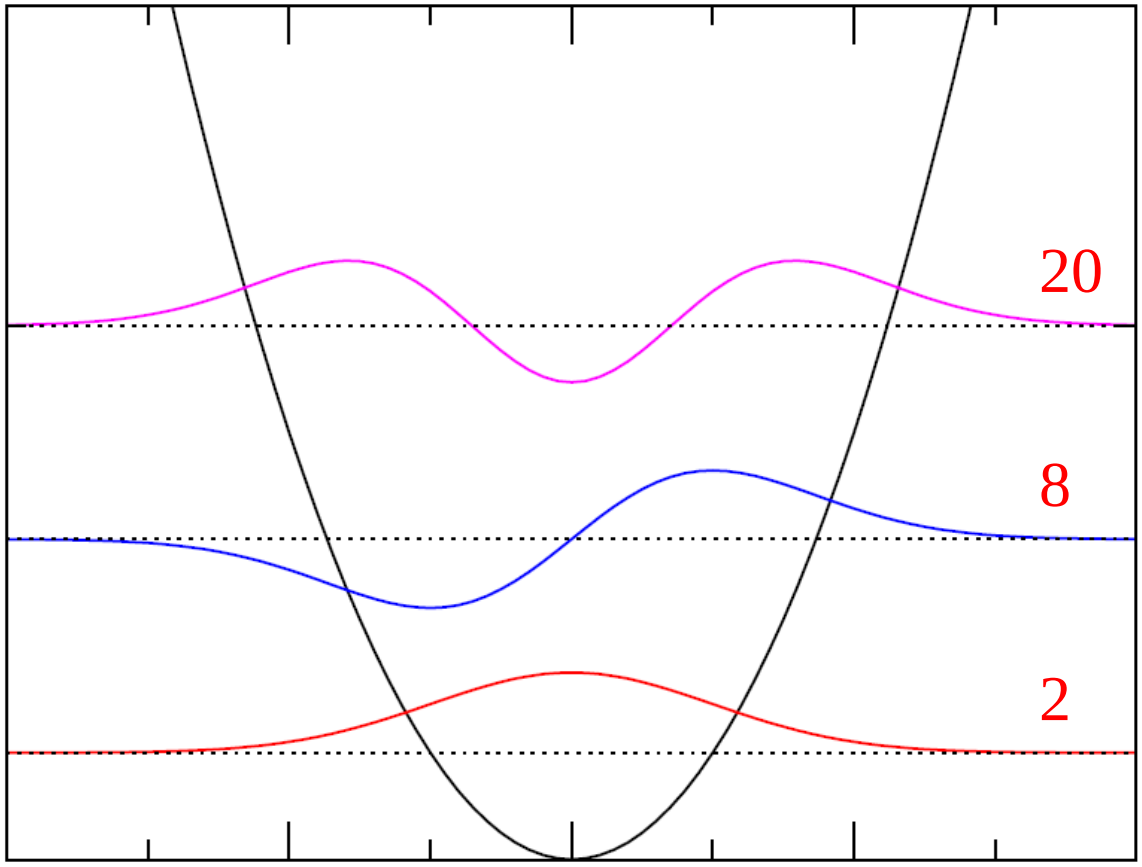
湯川秀樹

強い相互作用の研究で
ノーベル物理学賞（1949年）

原子核の殻構造

3次元調和振動子

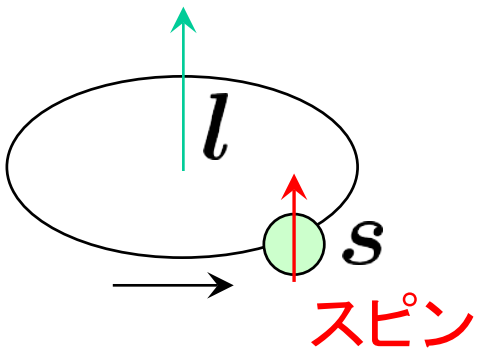
$$V(r) = \frac{1}{2} m\omega^2 r^2$$

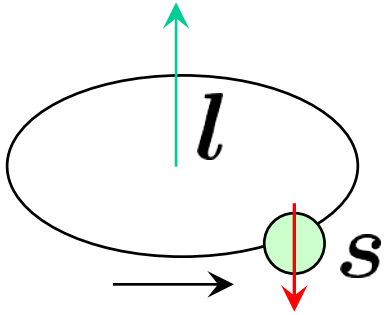


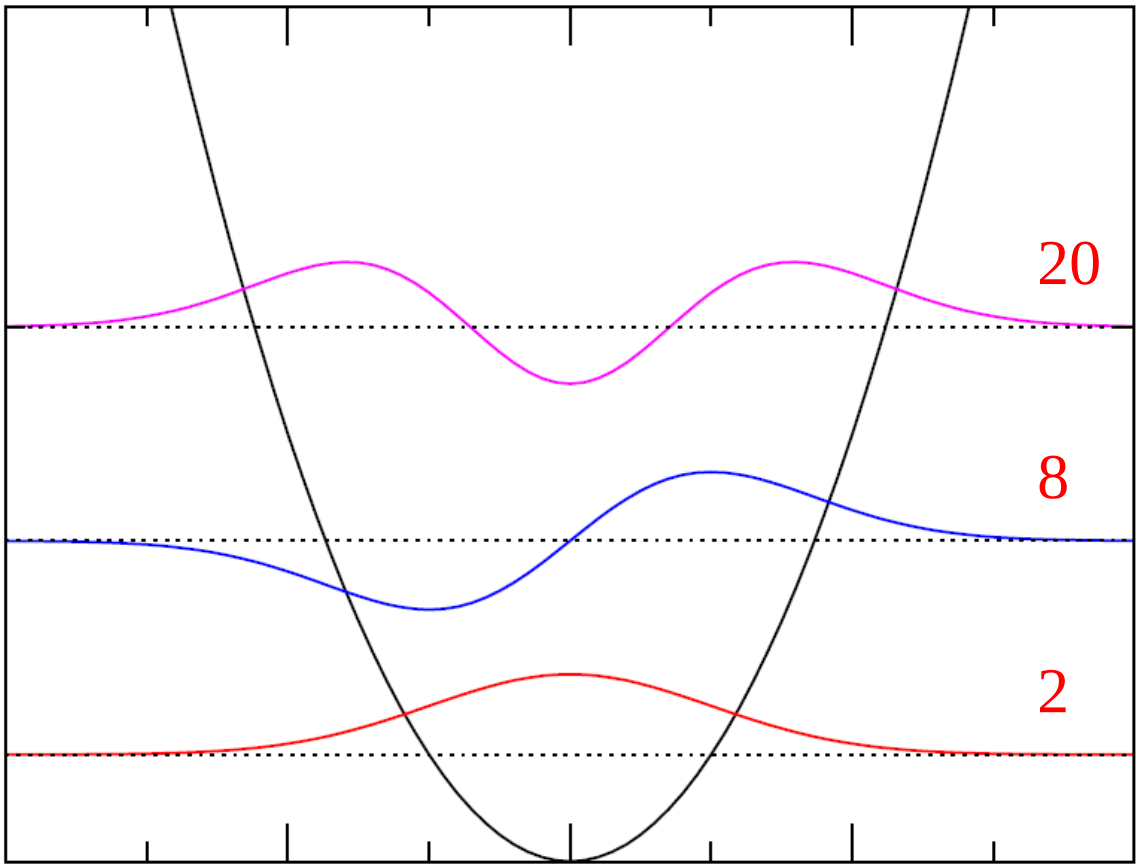
原子核の殻構造

スピン軌道力

$$\xi \boldsymbol{l} \cdot \boldsymbol{s}$$







2s, 1d

$1d_{3/2}$

$2s_{1/2}$

$1d_{5/2}$

1p

$1p_{1/2}$

$1p_{3/2}$

1s

$1s_{1/2}$

原子核の殻構造

希ガスのときのように軌道が埋まると
原子核が安定になる。

魔法数：2, 8, 20, 28, 50, 82, (126)

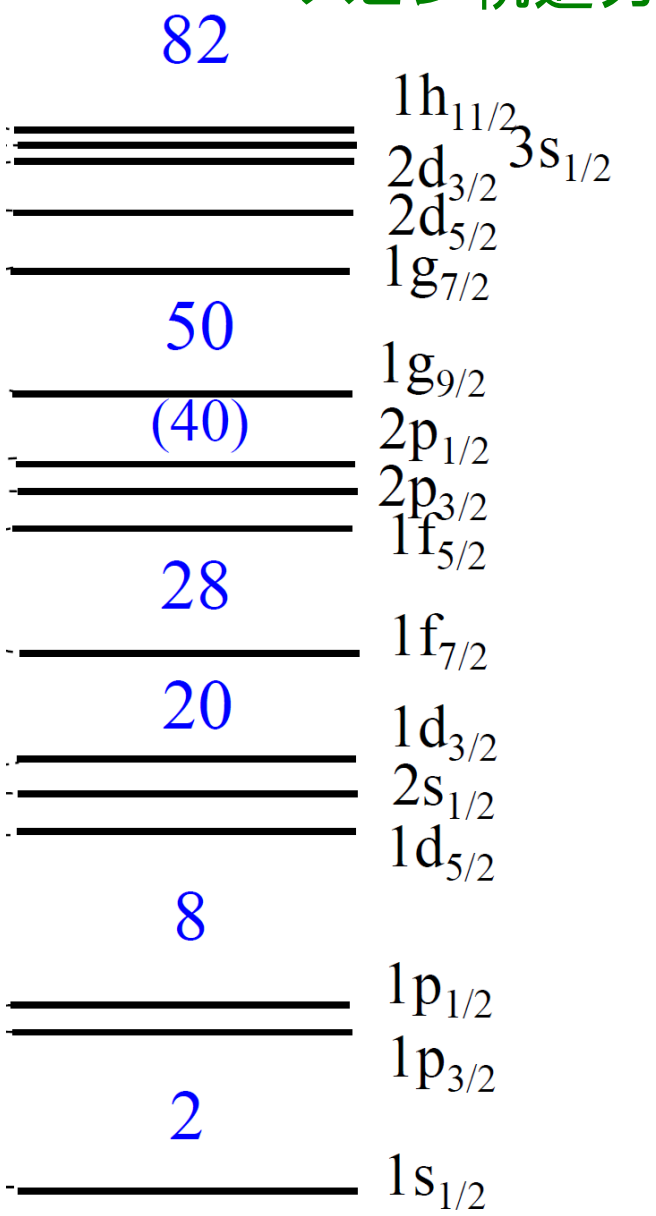
＊希ガスは2, 10, 18, 36, 54, 86, 118

殻模型（からもけい）

メイヤー

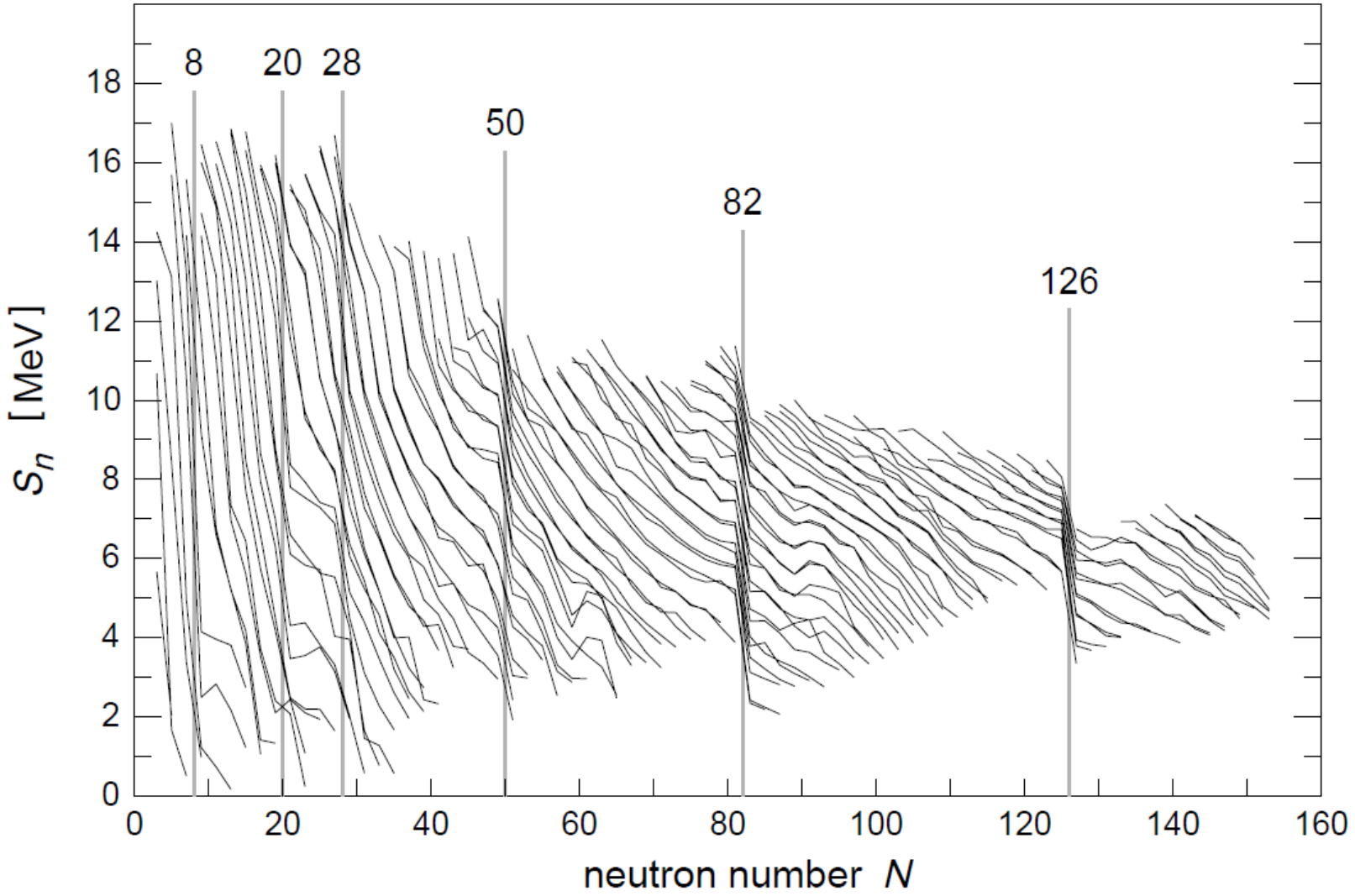
イェンセン

Nobel Foundation archive



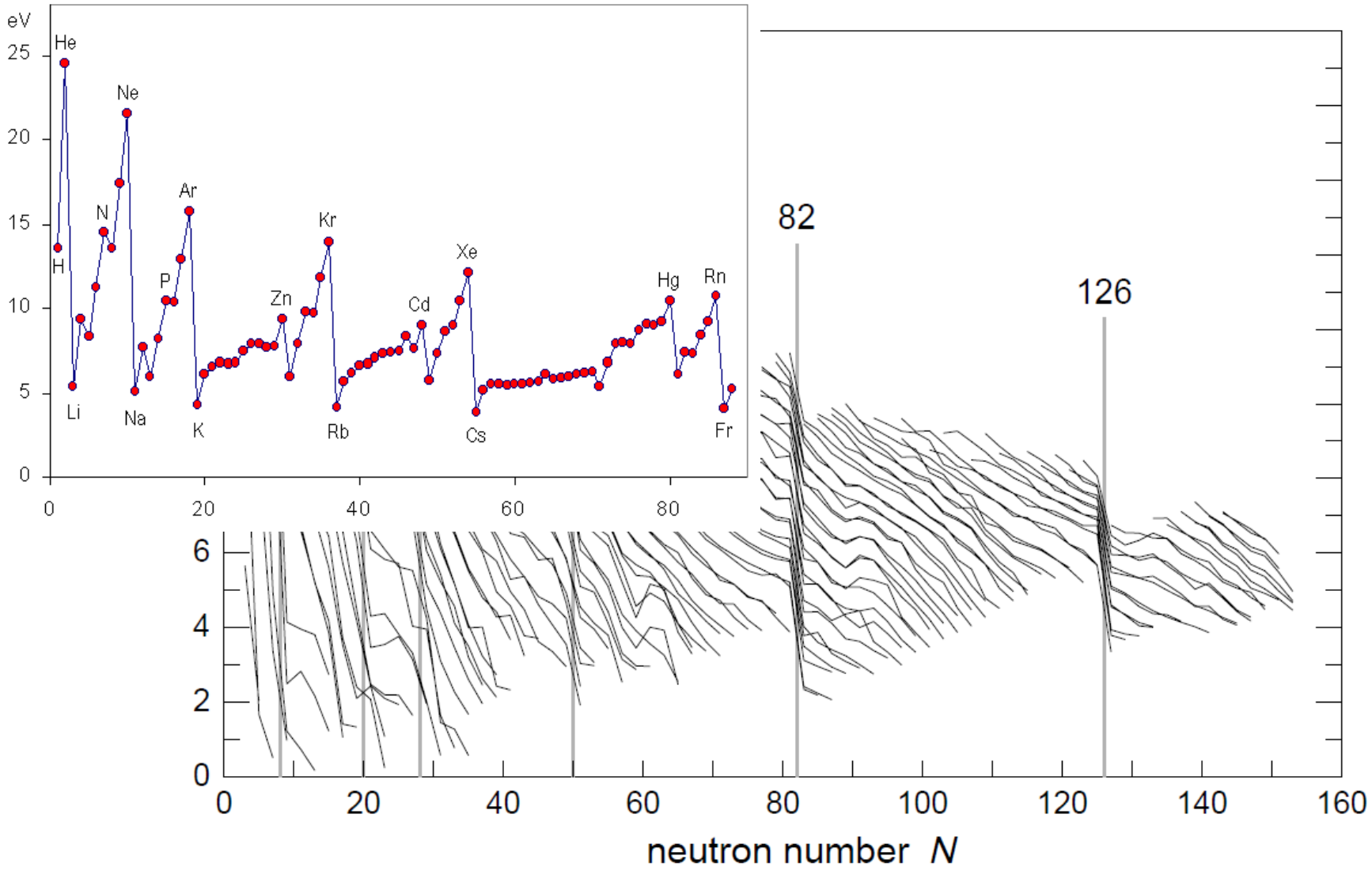
1963年にノーベル物理学賞を受賞（メイヤーは2人目の女性受賞者）

中性子分離エネルギー（原子のイオン化エネルギーに相当）



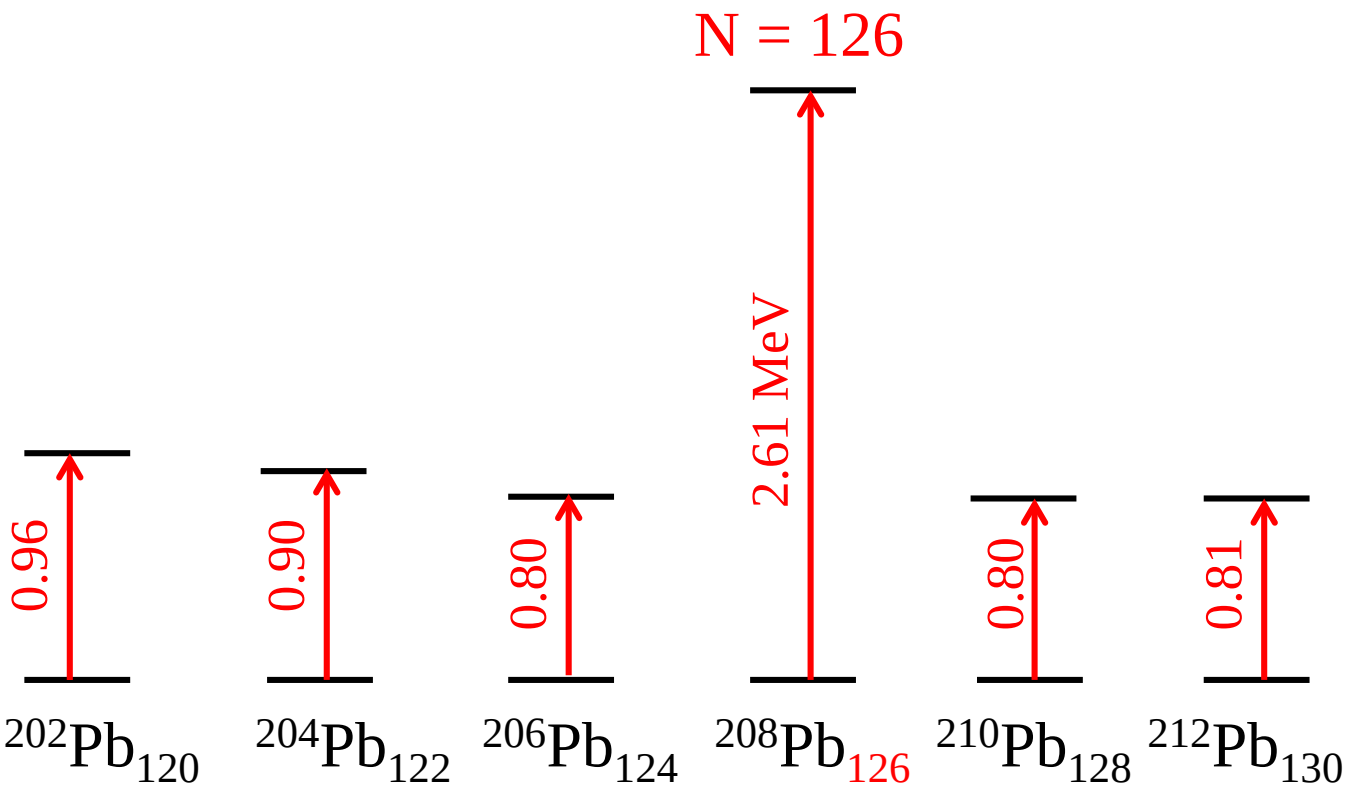
図：武藤一雄氏講義ノートより

中性子分離エネルギー（原子のイオン化エネルギーに相当）

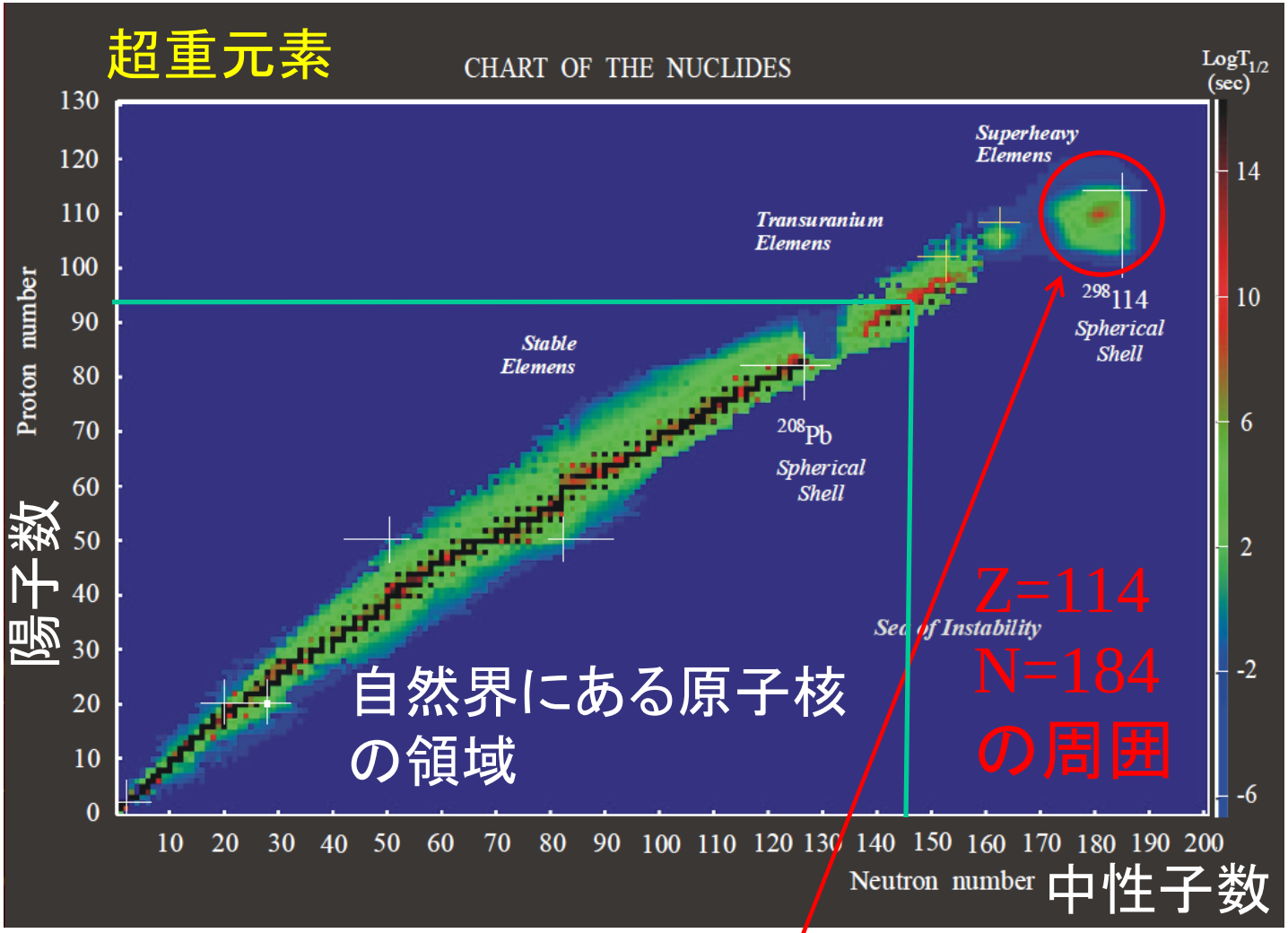


図：武藤一雄氏講義ノートより

Pbアイソトープの第一励起状態の励起エネルギー



原子核の殻構造の重要性



Yuri Oganessian

原子核の安定領域の理論的予言

原子核の殻構造の重要性

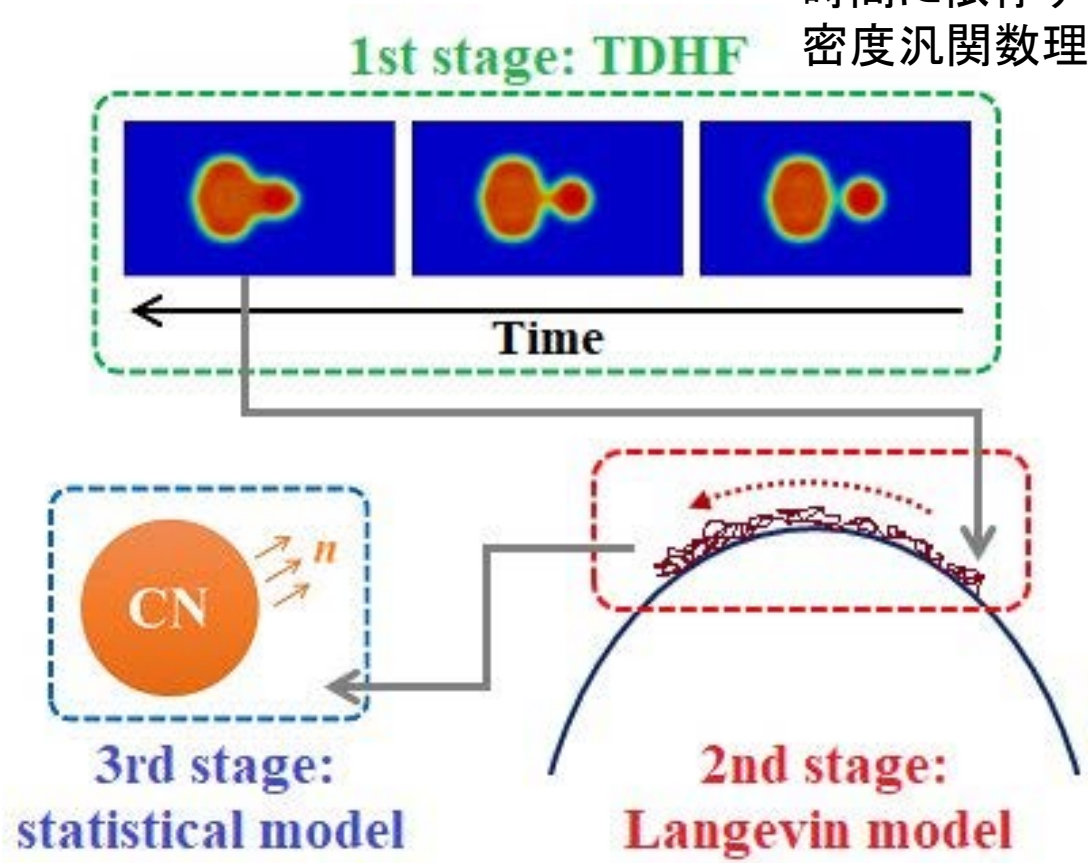
超重元素

Yuri Oganessian

原子核の殻構造の重要性

新しい核反応モデルの開発

時間に依存する
密度汎関数理論



統計力学的手法

ランジュバン方程式

Yuri Oganessian

K. Sekizawa and K.H., PRC99 (2019) 051602(R)

生命誕生のための幸運な偶然：元素合成

原子の魔法数

電子の数が 2, 10, 18, 36, 54, 86

不活性ガス：He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn

参考：望月優子　ビデオ「元素の謎にせまる」

原子核の魔法数

陽子または中性子の数が
2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 の時安定

→ 例えば $^{16}_{8}O_{8}$（二重閉殻）

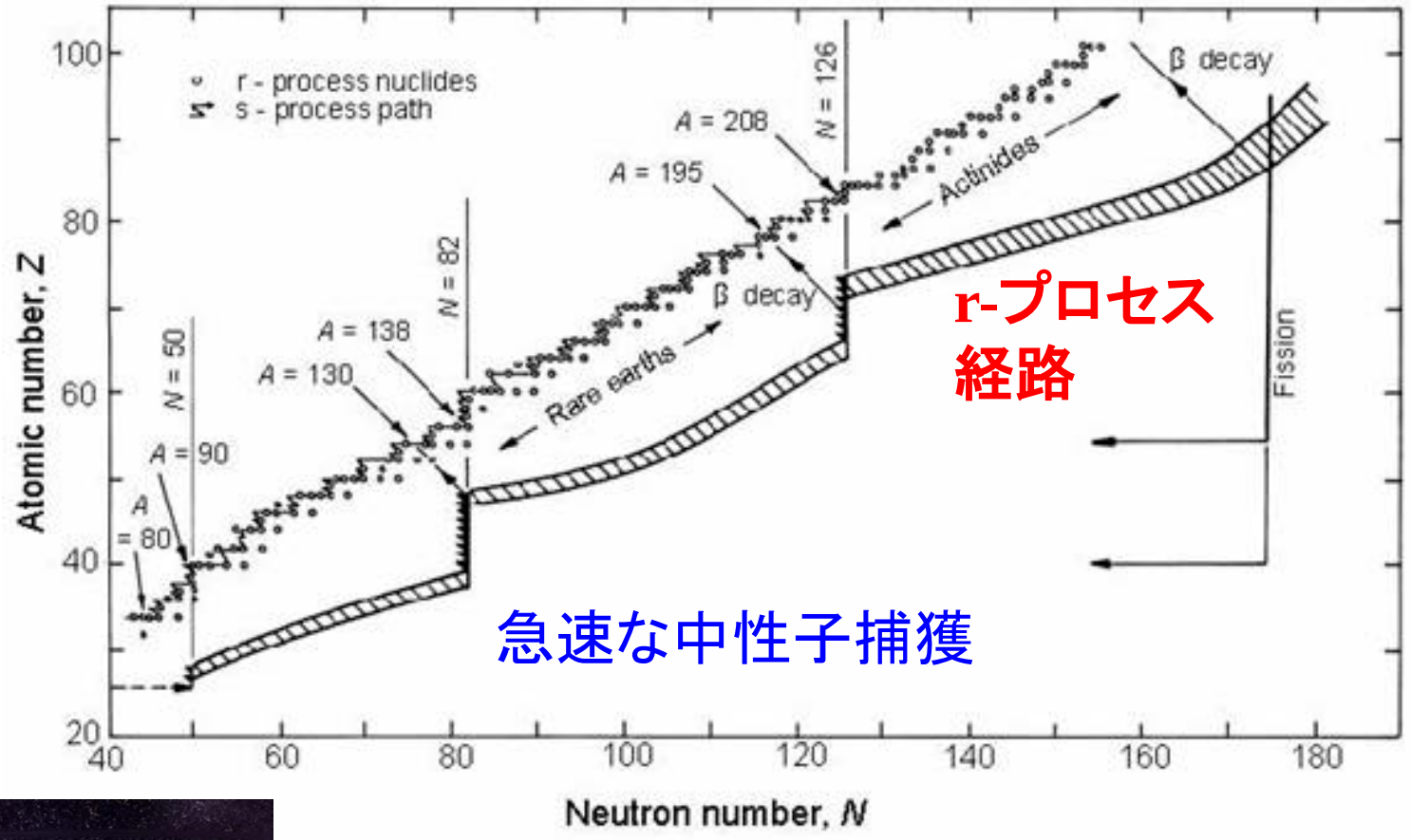
→酸素元素は元素合成の過程で数多く生成

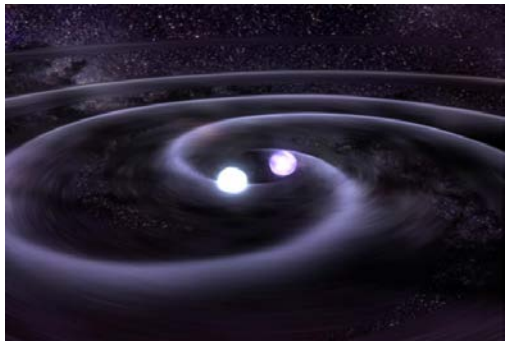
→ しかし、酸素は化学的には「活性」

→ 化学反応により様々な複雑な物質をつくり生命に至った

もし原子と原子核で魔法数が同じだったら人類は生まれていなかった（かもしれない）

重い元素の生成プロセス： r-プロセス元素合成



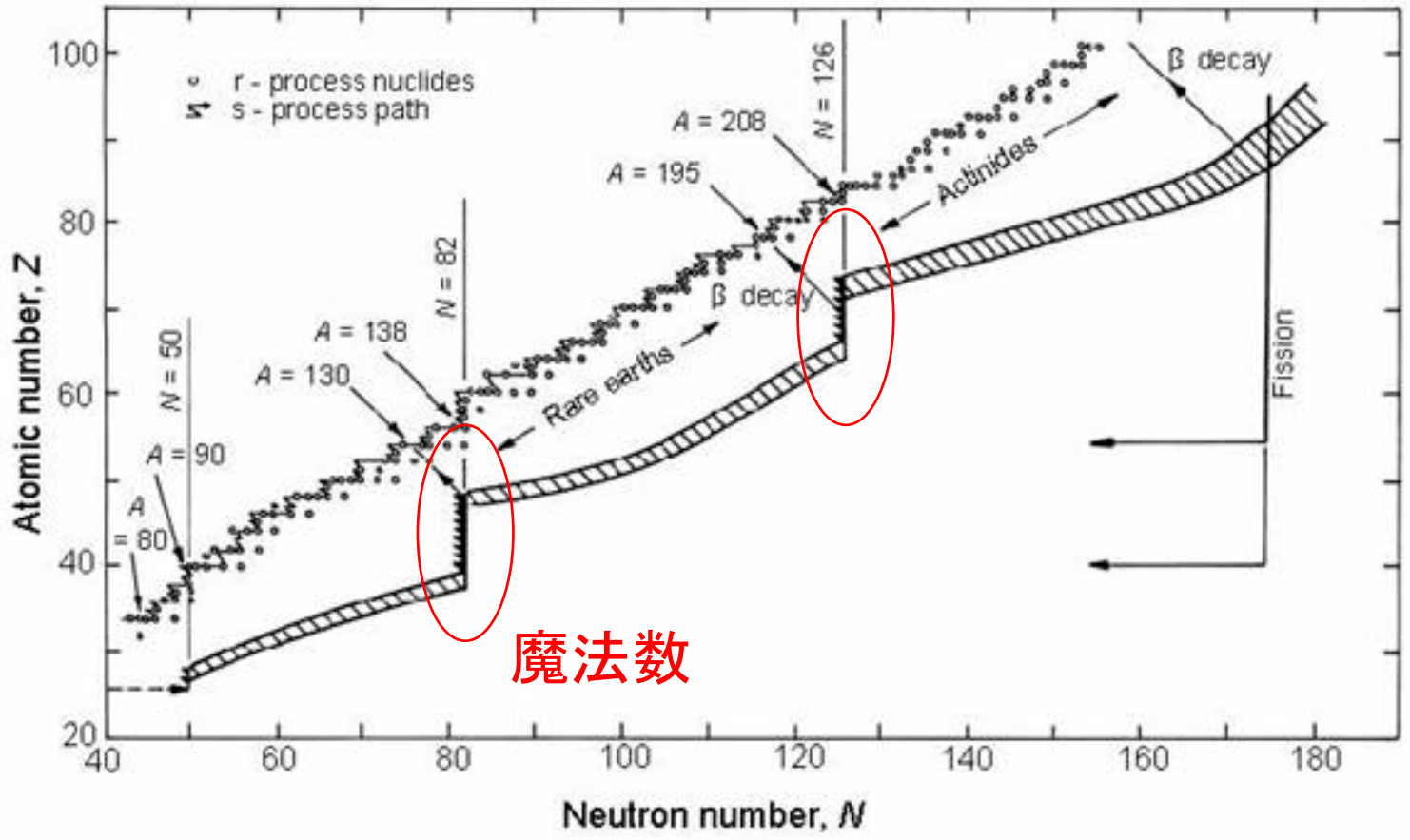


中性子星の合体

ベータ崩壊： $n \rightarrow p + e^- + \overline{\nu}_e$

中性子が陽子に変わり元素番号が1増える

重い元素の生成プロセス： r-プロセス元素合成



魔法数

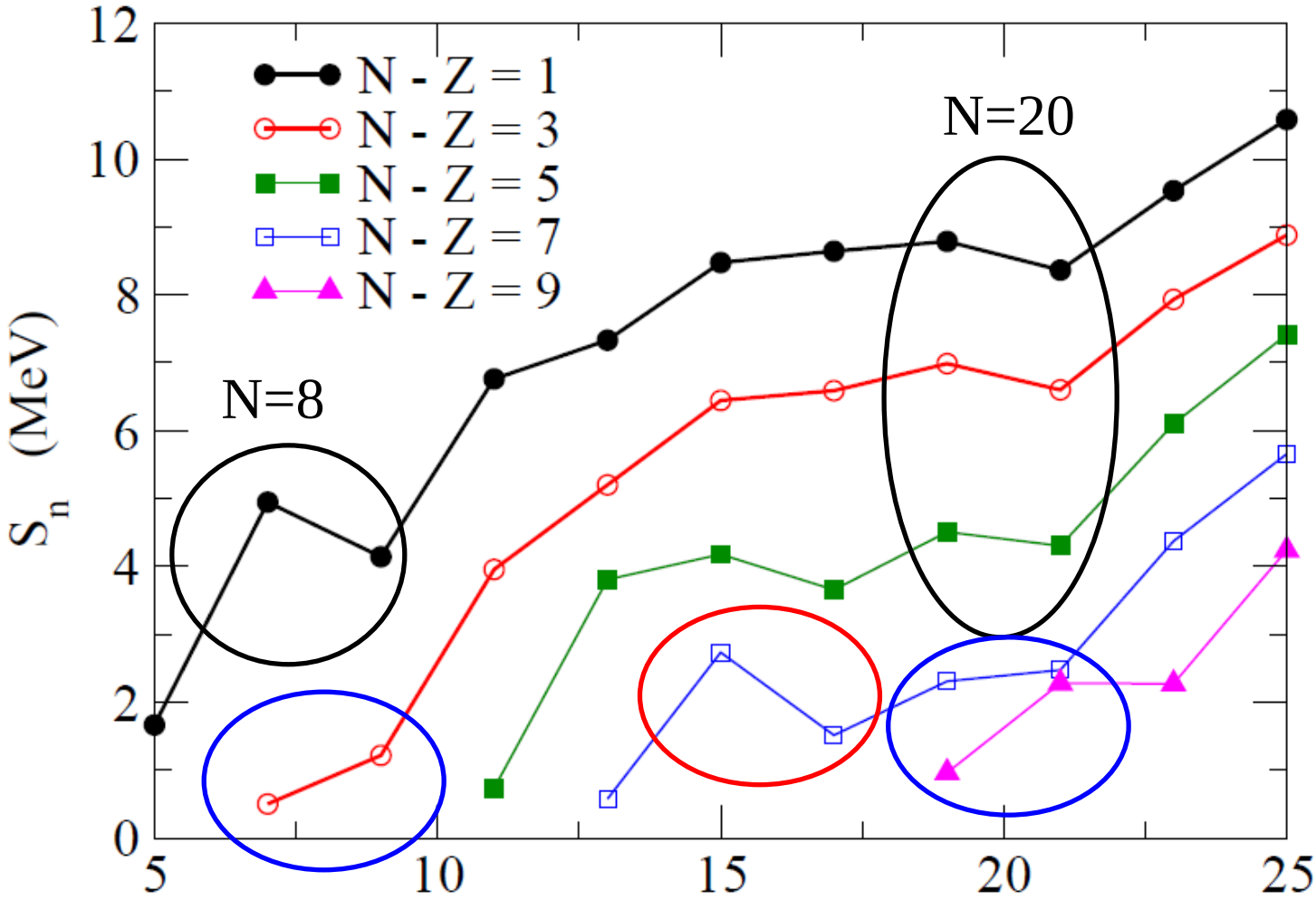
この20年くらいでわかったこと:

中性子過剰核では魔法数が変わるかもしれない

- ✓ 魔法数 8, 20, 28 の喪失
- ✓ 新魔法数 16, 34 の出現

テンソル力などによる
核子間相関のため

変化する魔法数



安定核

↓

中性子過剰

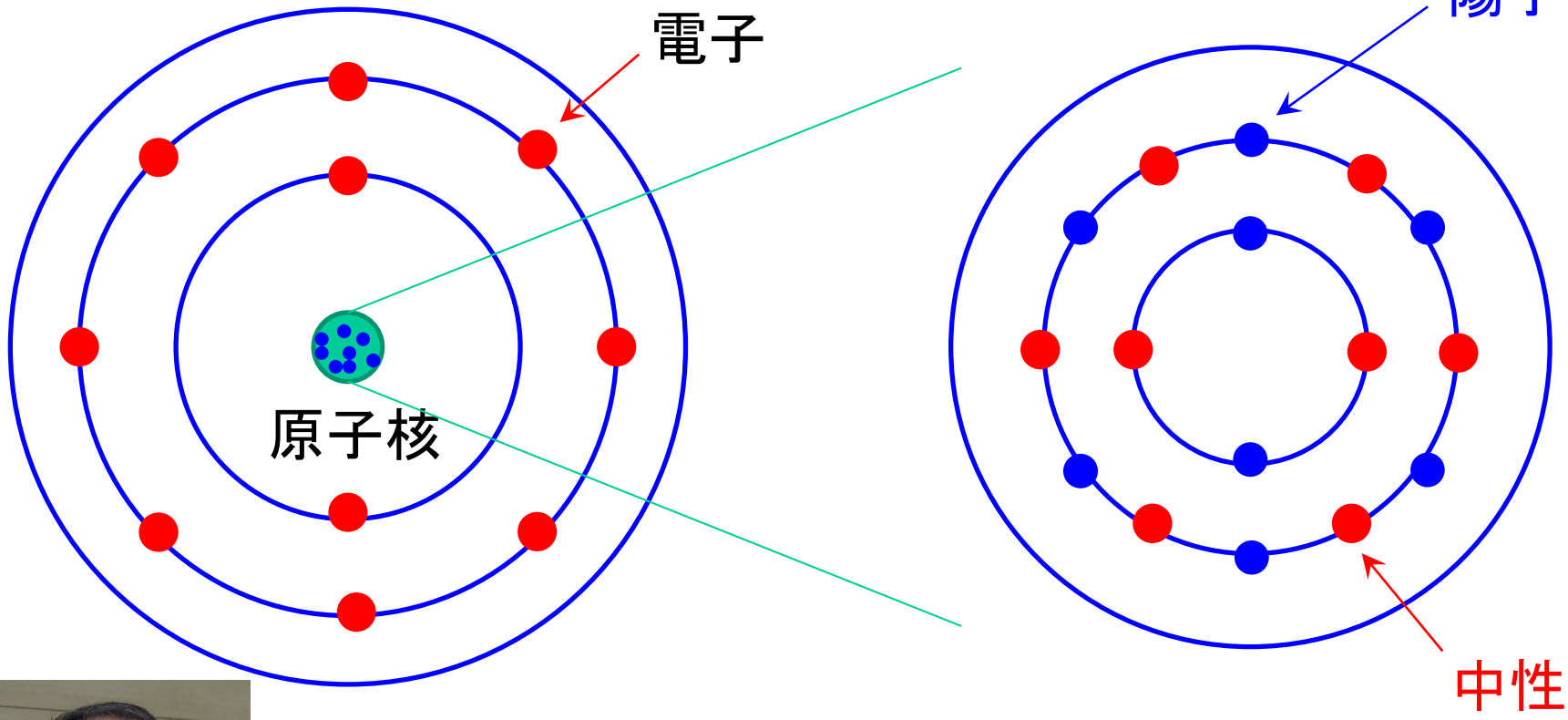
N = 8
の喪失

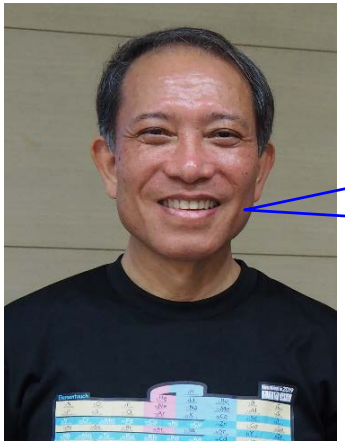
新魔法数
N = 16
の出現

N = 20
の喪失

A. Ozawa et al., PRL84 (‘00)5493

原子核の周期表

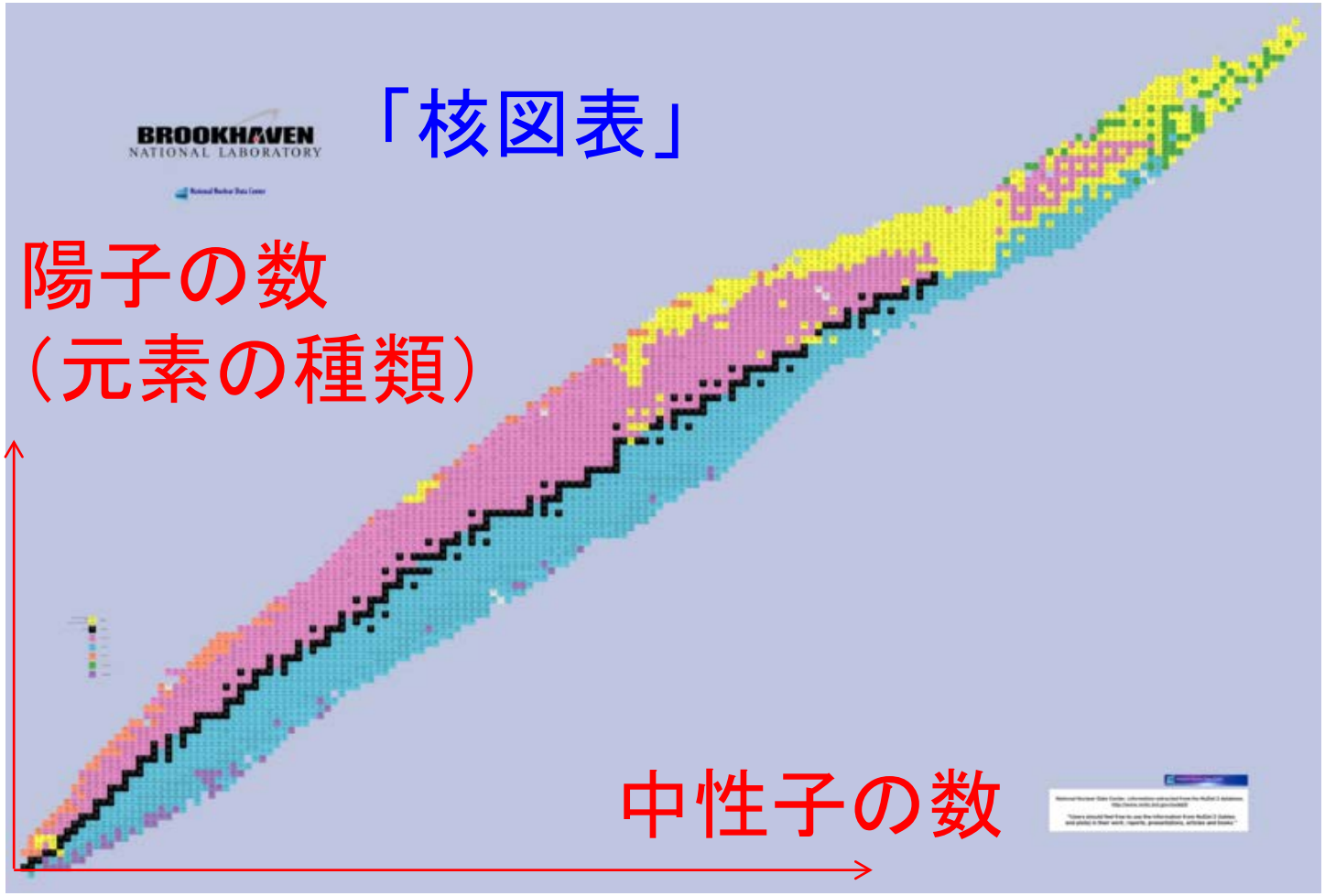




原子核にも殻構造があるのであれば、原子核でも周期表を作れないかな？
原子核の魔法数は希ガスに対応するし。

原子核の周期表

ありそうでなかった

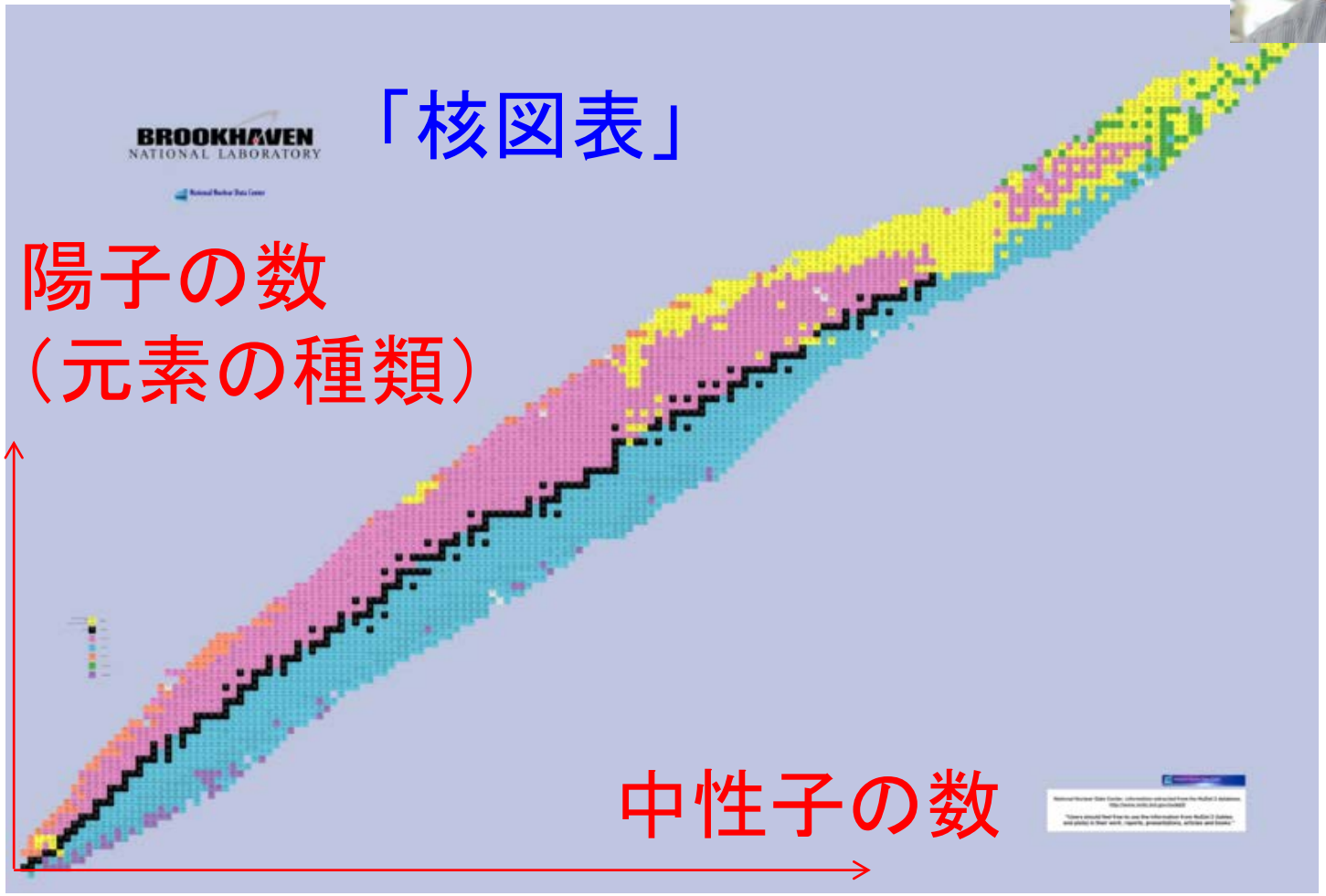


元素周期表に中性子の情報を加えた原子核の2次元マップ

原子核の周期表

ありそうでなかった

じゃあ、ちょっと考えてみましょう。

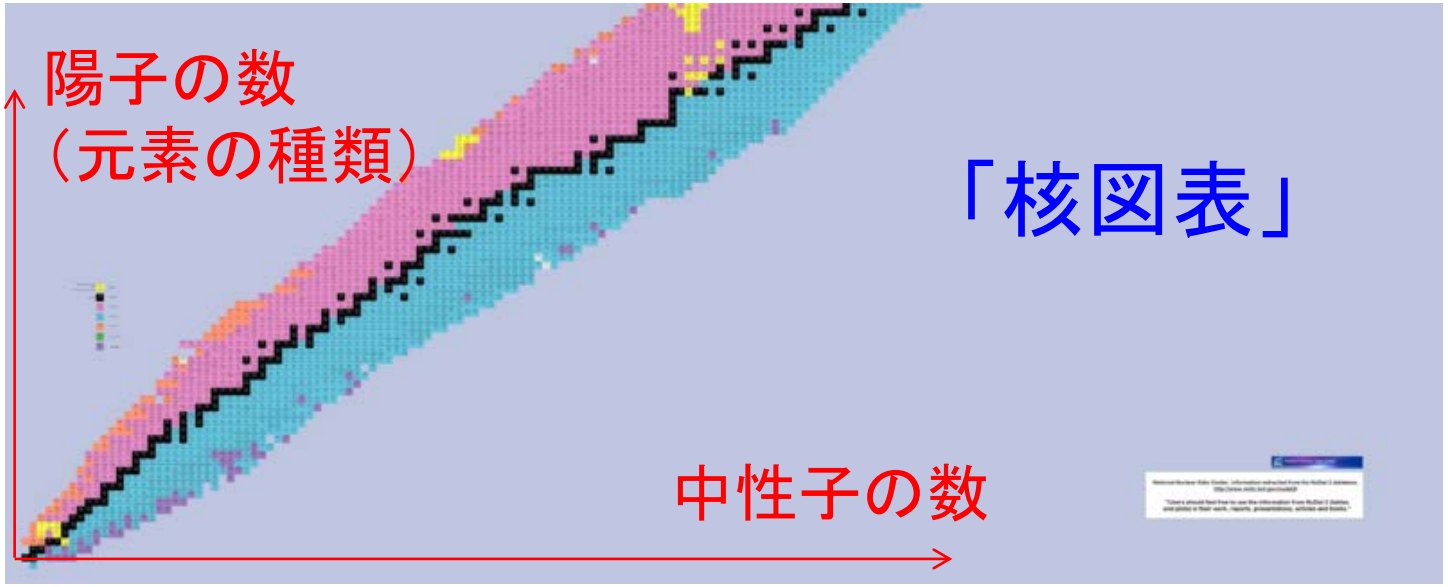


元素周期表に中性子の情報を加えた原子核の2次元マップ

原子核の周期表

2次元の核図表を1次元にマップする

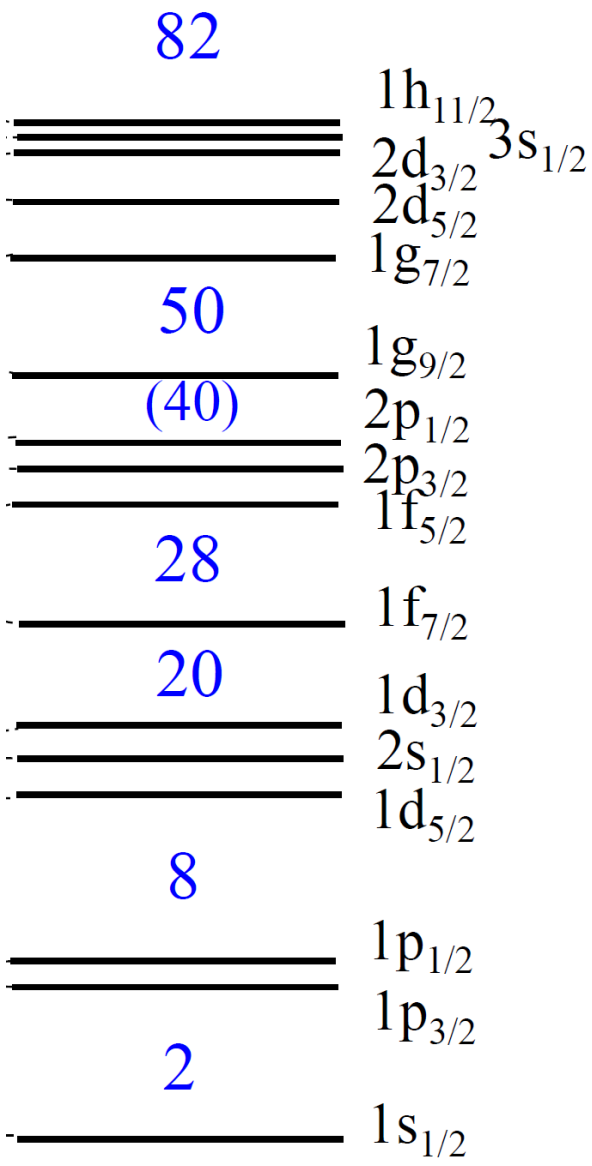
- ✓ 元素の周期表と対応づけるため陽子を基準にする
- ✓ 中性子をどうするか？

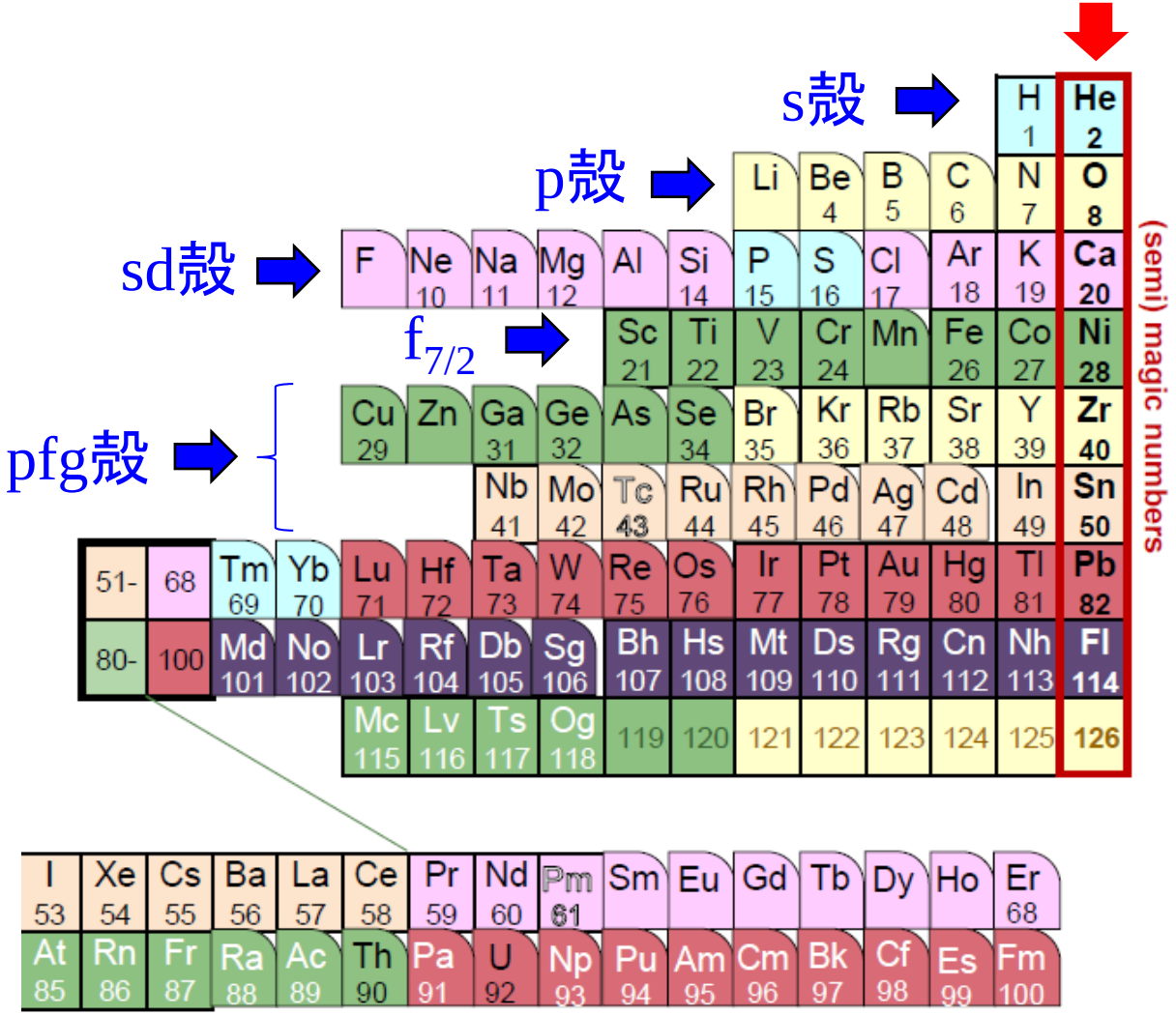


→ それぞれの元素から代表的な原子核を選ぶ（黒印の原子核）

- 最も存在比の大きいもの
- 最も寿命が長いもの（安定同位体がない場合）

原子核の周期表


82
1h11/2
3s1/2
2d3/2
2d5/2
1g7/2
50
1g9/2
(40)
2p1/2
2p3/2
1f5/2
28
1f7/2
20
1d3/2
2s1/2
1d5/2
8
1p1/2
1p3/2
2
1s1/2


陽子の
魔法数
s殻
p殻
sd殻
f7/2
pfg殻
(semi) magic numbers
H 1
He 2
Li
Be 4
B 5
C 6
N 7
O 8
F
Ne 10
Na 11
Mg 12
Al
Si 14
P 15
S 16
Cl 17
Ar 18
K 19
Ca 20
Sc 21
Ti 22
V 23
Cr 24
Mn
Fe 26
Co 27
Ni 28
Cu 29
Zn
Ga 31
Ge 32
As
Se 34
Br 35
Kr 36
Rb 37
Sr 38
Y 39
Zr 40
Nb 41
Mo 42
Tc 43
Ru 44
Rh 45
Pd 46
Ag 47
Cd 48
In 49
Sn 50
51- 68
Tm 69
Yb 70
Lu 71
Hf 72
Ta 73
W 74
Re 75
Os 76
Ir 77
Pt 78
Au 79
Hg 80
Tl 81
Pb 82
80- 100
Md 101
No 102
Lr 103
Rf 104
Db 105
Sg 106
Bh 107
Hs 108
Mt 109
Ds 110
Rg 111
Cn 112
Nh 113
Fl 114
Mc 115
Lv 116
Ts 117
Og 118
119
120
121
122
123
124
125
126
I 53
Xe 54
Cs 55
Ba 56
La 57
Ce 58
Pr 59
Nd 60
Pm 61
Sm
Eu
Gd
Tb
Dy
Ho
Er 68
At 85
Rn 86
Fr 87
Ra 88
Ac 89
Th 90
Pa 91
U 92
Np 93
Pu 94
Am 95
Cm 96
Bk 97
Cf 98
Es 99
Fm 100

原子核の周期表

Shape and stability

	Stable	Unstable
Spherical	Nb 41	Nh 113
Deformed	Mo 42	Tc 43

- ✓ 変形している原子核は丸い四角
- ✓ 不安定な原子核は白抜き

陽子の魔法数

s殻

p殻

sd殻

$f_{7/2}$

(semi) magic numbers

																H 1	He 2
						Li	Be 4	B 5	C 6	N 7	O 8
						F	Ne 10	Na 11	Mg 12	Al	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18	K 19	Ca 20
										Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn	Fe 26	Co 27	Ni 28
						Cu 29	Zn	Ga 31	Ge 32	As	Se 34	Br 35	Kr 36	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40
										Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50
51-	68	Tm 69	Yb 70	Lu 71	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82
80-	100	Md 101	No 102	Lr 103	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112	Nh 113	Fl 114
										Mc 115	Lv 116	Ts 117	Og 118	119	120	121	122	123	124	125	126

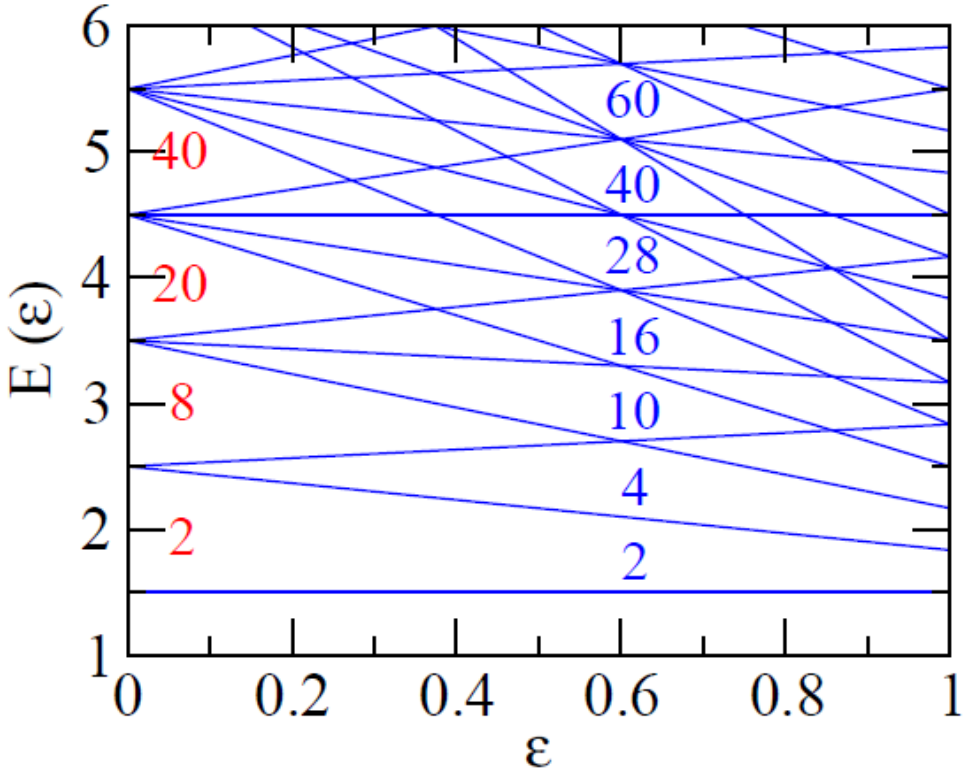
Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54	Cs 55	Ba 56	La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er 68
Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100

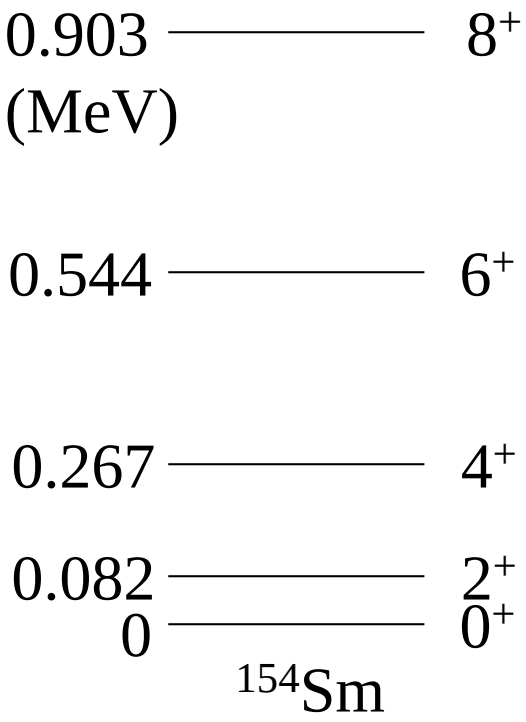
20 IV 17 20.

原子核の変形

$$H = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2}m\omega_z^2 z^2 + \frac{1}{2}m\omega_\perp^2(x^2+y^2)$$

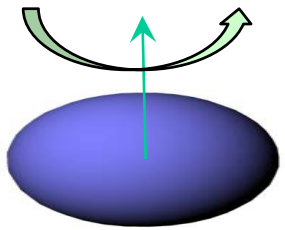
$$\omega_z = \omega_0(1-\frac{2}{3}\epsilon) \qquad \omega_\perp = \omega_0(1+\frac{\epsilon}{3})$$





$$E_I \sim \frac{I(I+1)\hbar^2}{2\mathcal{J}}$$

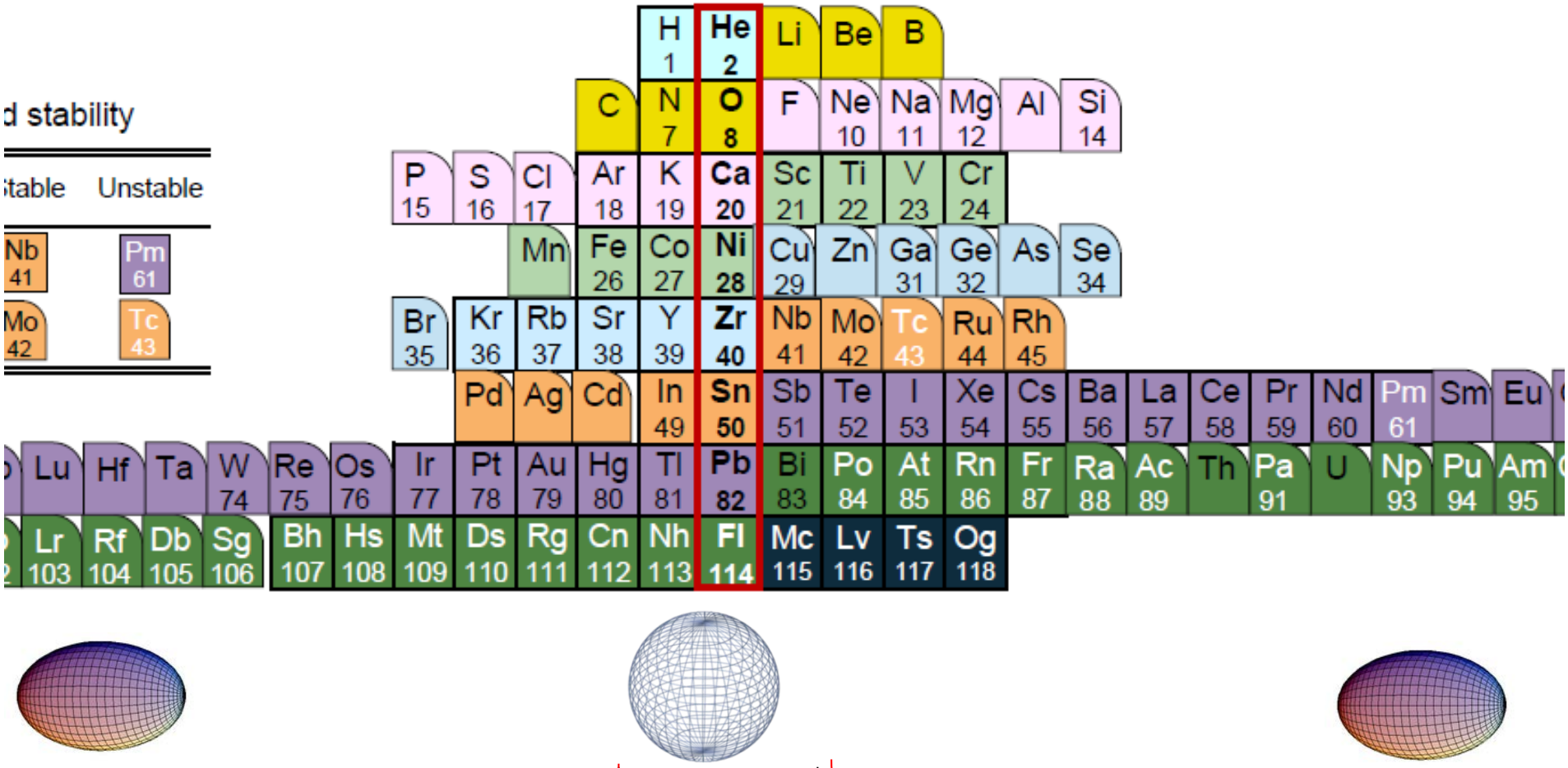
回転スペクトル



変形すると魔法数が変わる
→粒子数によっては変形した方がエネルギー的に安定

原子核の周期表

魔法数核を真ん中に置いたバージョン



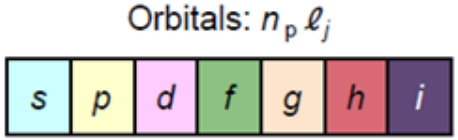
魔法数から離れる
につれ原子核が変形

魔法数の近くは
原子核が球形

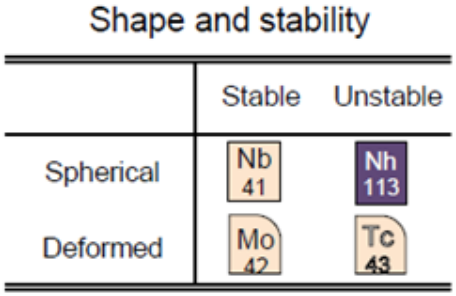
魔法数から離れる
につれ原子核が変形

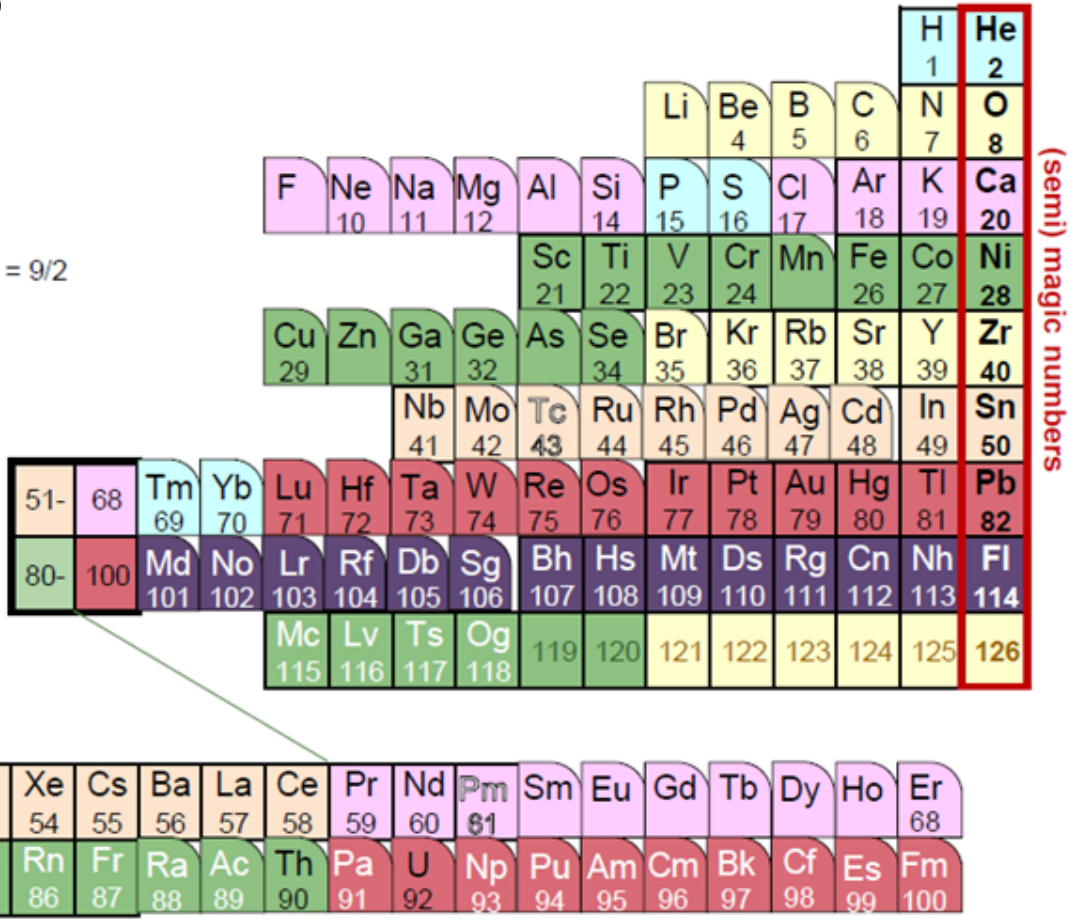
原子核の周期表

- 魔法数、原子核の変形、原子核の安定性など原子核の性質を学ぶ上で便利
- 原子の周期表との対比で自然界の階層性とそれぞれの類似性、相違性が一目でわかる



$5g_{9/2}$: $n_p = n + \ell = 5$, $n = 1$, $\ell = 4$, $j = \ell + s = 9/2$





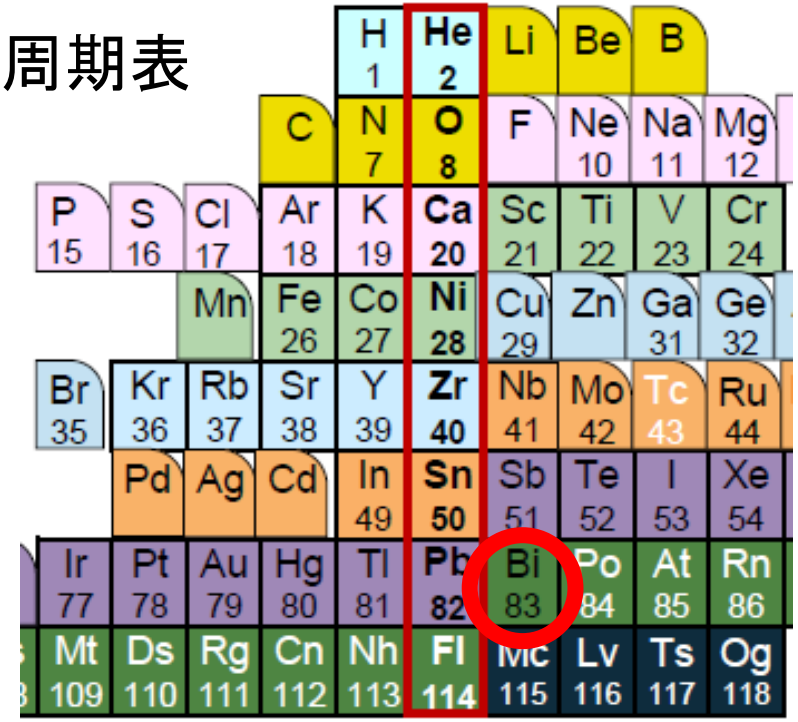
20 Ⅳ 20.
17

原子核の周期表　例えばの使い方

ニホニウム生成反応：$^{70}Zn + {}^{209}Bi$　なぜこの反応だったのか？

← Bi は Pb の隣（魔法数の原子核を使うと反応率が大きくなる）

原子核周期表

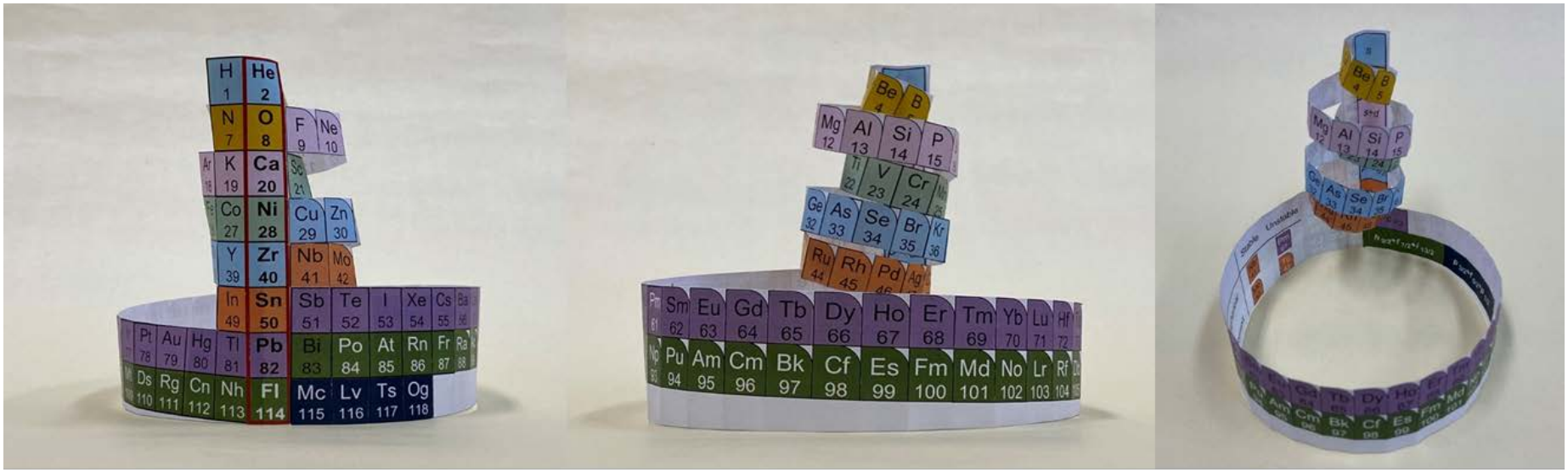


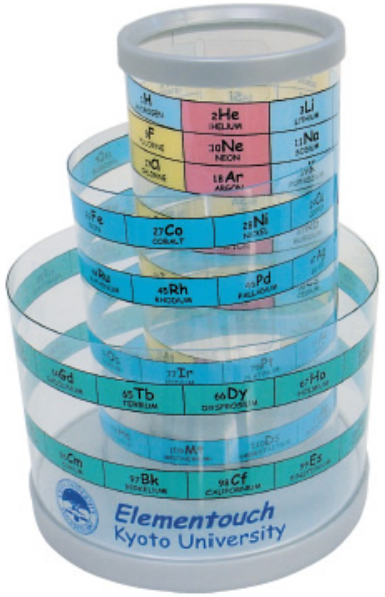
理研では現在 119 番元素生成反応実験が継続中

→ 119番元素が出来た暁には原子核周期表を眺めて下さい

原子核の周期表

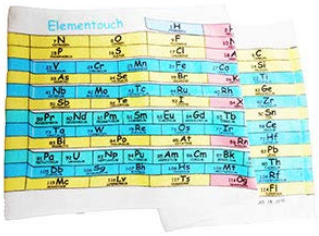
3D原子核周期表「ニュークリタッチ」





cf. 3D周期表エレメンタッチ（前野悦輝、2001年）

マグカップ



タオル

Tシャツ

（京大生協）

原子核の周期表

論文

Foundations of Chemistry (Springer Nature)
Vol. 22 (2020) 267

Foundations of Chemistry
https://doi.org/10.1007/s10698-020-09365-5

Check for updates

A nuclear periodic table

K. Hagino[1] · Y. Maeno[1]

© The Author(s) 2020

Abstract
There has been plenty of empirical evidence which shows that the single-particle picture holds to a good approximation in atomic nuclei. In this picture, protons and neutrons move independently inside a mean-field potential generated by an interaction among the nucleons. This leads to the concept of nuclear shells, similar to the electronic shells in atoms. In particular, the magic numbers due to closures of the nucleonic shells, corresponding to noble gases in elements, have been known to play an important role in nuclear physics. Here we propose a periodic table for atomic nuclei, in which the elements are arranged according to the known nucleonic shells. The nuclear periodic table clearly indicates that nuclei in the vicinity of the magic numbers can be understood in terms of a shell closure with one or two additional nucleons or nucleon holes, while nuclei far from the magic numbers are characterized by nuclear deformation.

Keywords Atomic nuclei · Magic numbers · Shell closure · Nuclear deformation · Periodic table

Introduction

Atomic nuclei are located at the center of atoms and carry almost all the fraction of the mass of atoms. They consist of a small number of protons and neutrons, collectively called

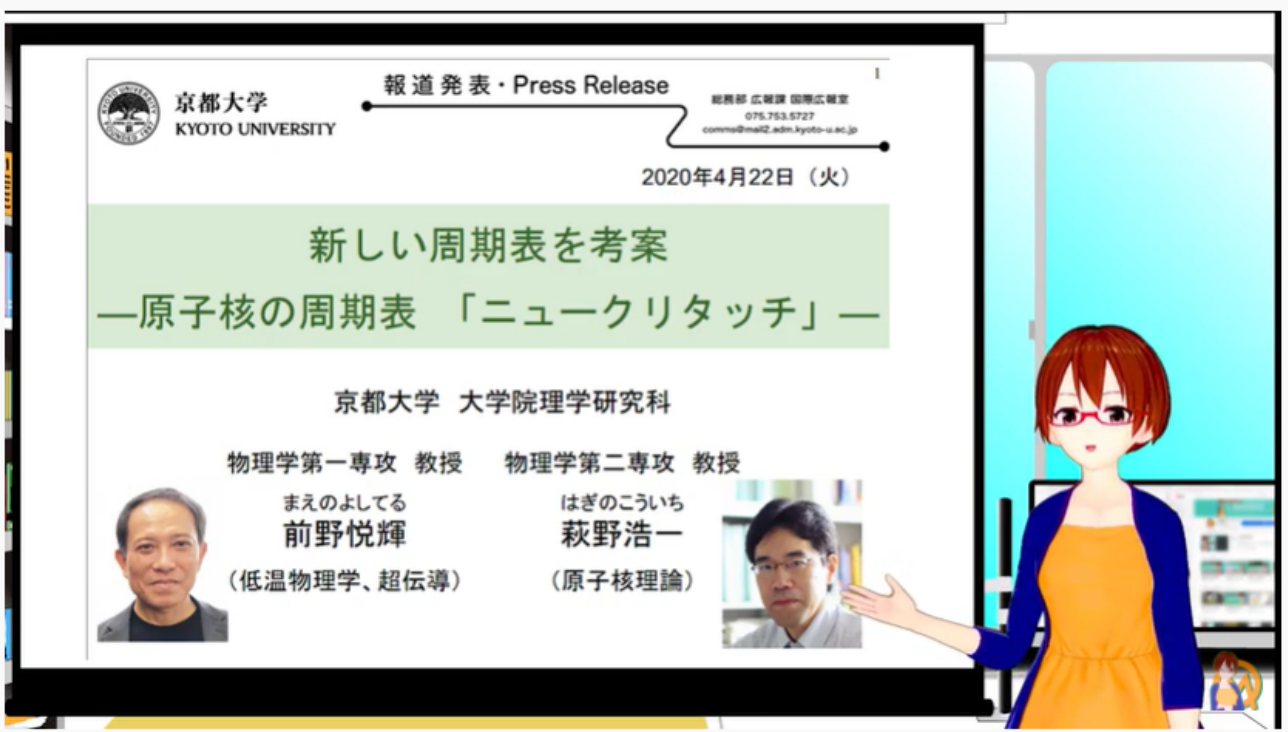
- オープンアクセス
  （誰でもDL可能）
- 7ページ
- 式は1つだけ

3回生でも十分読めます

URL
https://rdcu.be/b3F3W

固体量子（こたいりょうこ）さんによる解説

https://www.youtube.com/watch?v=J9nms2Ygs8k



【 #StayHome 】世界初！原子核の周期表、からのエレメンタッチならぬニュークリタッチ【固体量子】【VRアカデミア】【#ステイホーム勉強】

1,659 回視聴・2020/04/24　112　0　共有　保存

固体量子-こたいりょうこ-
チャンネル登録者数 1.18万人

チャンネル登録

みんな！ニュークリタッチつくってみよう

固体量子物性研究室非公式チャンネル（Youtube）

いろいろなメディアに取り上げてもらいました

購読はこちら [1週間無料]

讀賣新聞 オンライン

ログイン　新規登録

ニュース　> 科学・ＩＴ

「すいへーりーべ」でおなじみの元素周期表、新パターン提案…京大が原子核の状態着目

2020/04/22 23:41

日本経済新聞

朝刊　夕刊　ストーリー　My ニュース　日

トップ　速報　マネー　経済・金融　政治　ビジネス　マーケット　テクノロジー

新しい周期表を考案 京大、原子核の性質を表現

2020/5/3付 | 日本経済新聞　朝刊

保存　共有

京都大学の前野悦輝教授と萩野浩一教授は、原子核の性質をわかりやすく表
い周期表を考案した。従来の周期表が元素の化学的な性質を知るのに役立っ
て、新しい周期表は元素の原子核の性質を知るのに使える。

NEWS RELEASE 27-MAY-2020

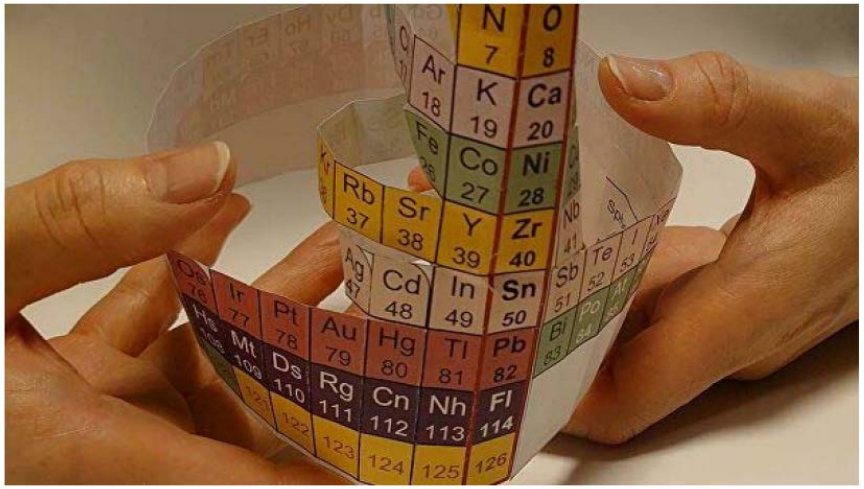
A special elemental magic

Kyoto scientists announce a 'nuclear' periodic table

KYOTO UNIVERSITY

Японские физики представили новую периодическую таблицу элементов

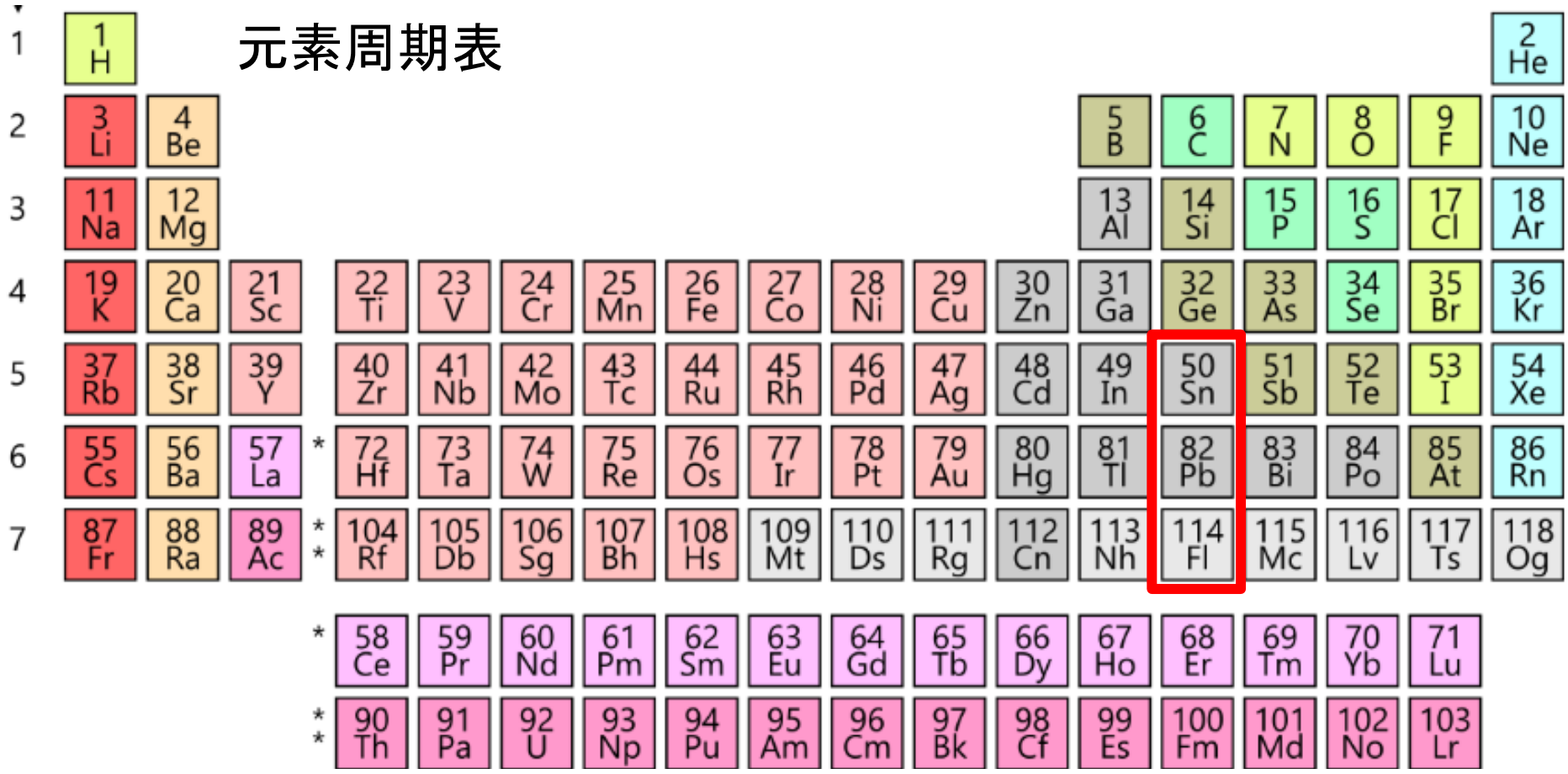
19:34 27.05.2020　58122



© Фото : Kyoto University/Yoshiteru Maeno/Kouichi Hagino

МОСКВА, 27 мая — РИА Новости. Ученые из Киотского университета представили периодическую таблицу элементов, которая в отличие от таблицы Менделеева, где за основу взяты электроны в атоме, основана на

マジックな偶然

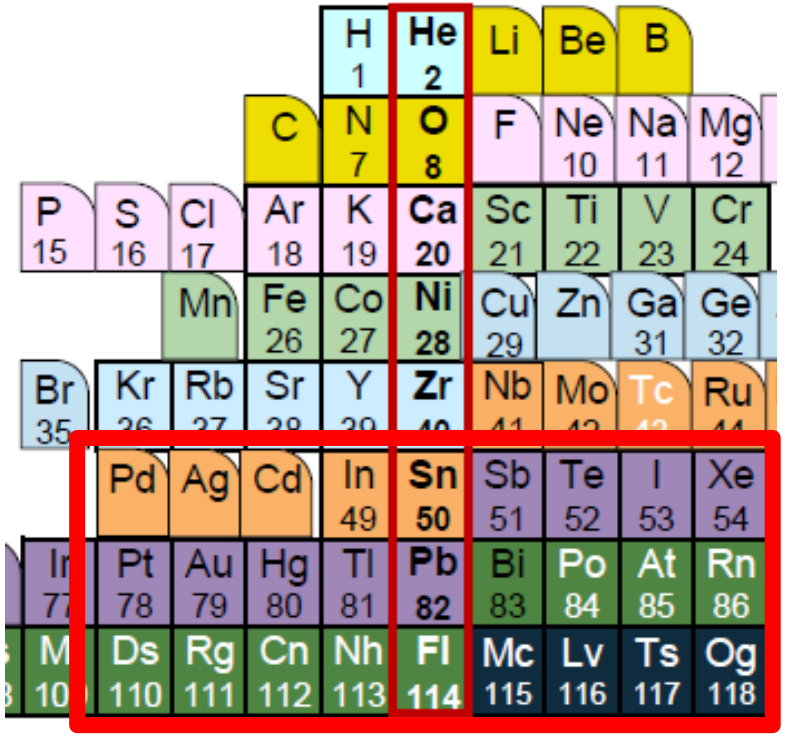


何と、原子核の魔法数核
が縦に並んでいる！
（その前後も同じ並び）

マジックな偶然

元素周期表

原子核周期表



原子核の魔法数核
が縦に並んでいる！
（その前後も同じ並び）

原子核周期表を
見て初めて気がつく
マジック

さいごに

前野さん
（物性実験）

萩野
（原子核理論）

2019年12月の物1、物2合同忘年会で隣同士の席
→周期表話で盛り上がる

- 前野さん：原子核分野の人の意見が欲しかった
- 萩野：核周期表のような発想は全くなかった

→核周期表を作って初めて「偶然の一致」を発見

いい共同研究の形

飲み会をはじめとして雑談をすることの重要性
（コロナが終わったらぜひ）