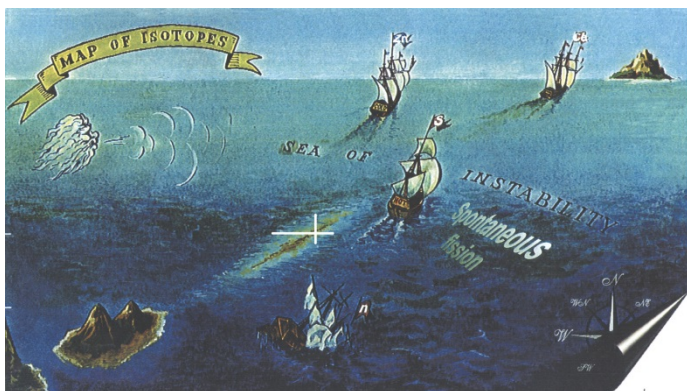


新元素113番(ニホニウム)の物理と化学



萩野浩一

東北大学大学院理学研究科
物理学専攻
原子核理論研究室

クイズ

共通のを探してください



イヌ
じゃがいも
()
ピカチュウ
車
地球

クイズ

共通のを探してください



イヌ
じゃがいも
織田信長
ピカチュウ
車
地球

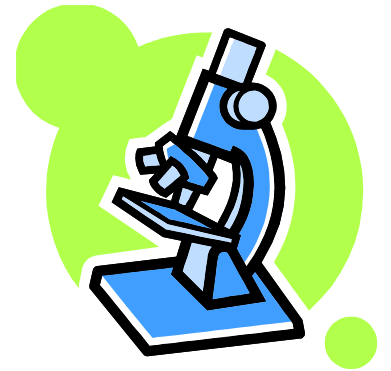
ワン！



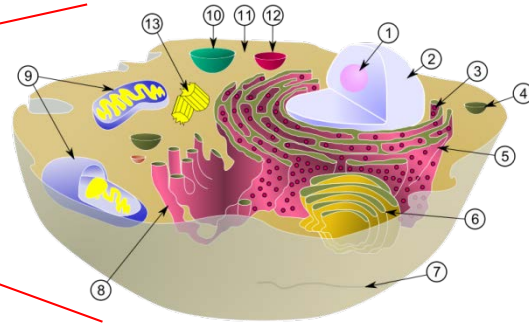
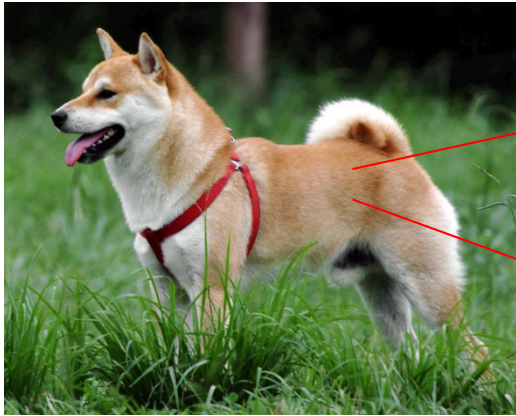


~ 50 cm

拡大してみると?



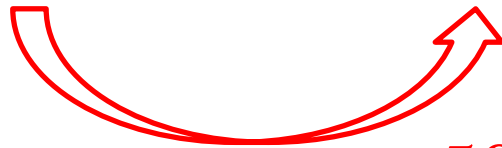
細胞



~ 50 cm



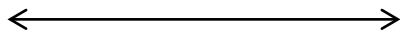
~ $\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$



50万倍

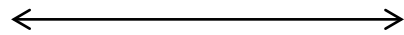
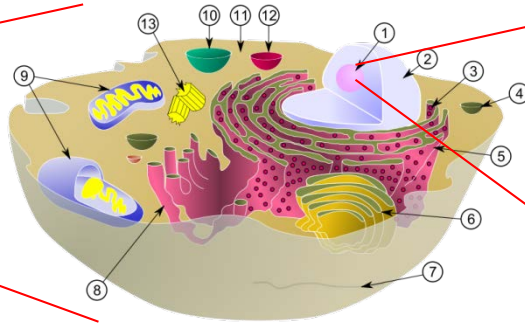
すべての生物(動植物)は細胞が基本単位。
人間の体も約60兆個の細胞でできている。

➤ 生物以外のものも含めると基本単位は何?



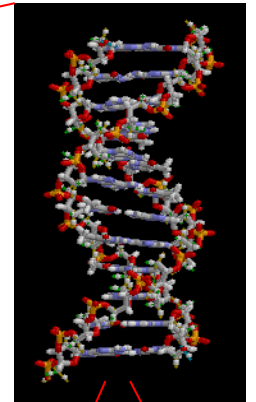
~ 50 cm

細胞



~ $\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$

DNA



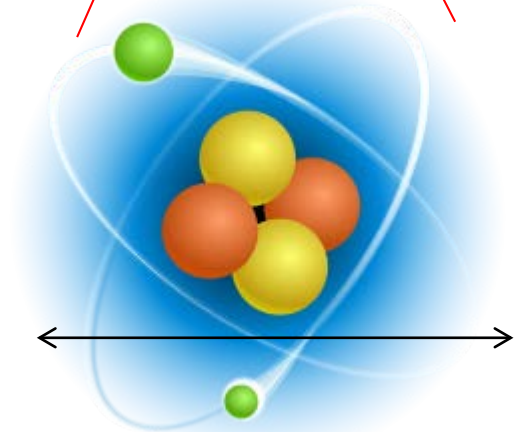
~ 10^{-8} m

100倍



50万倍

原子



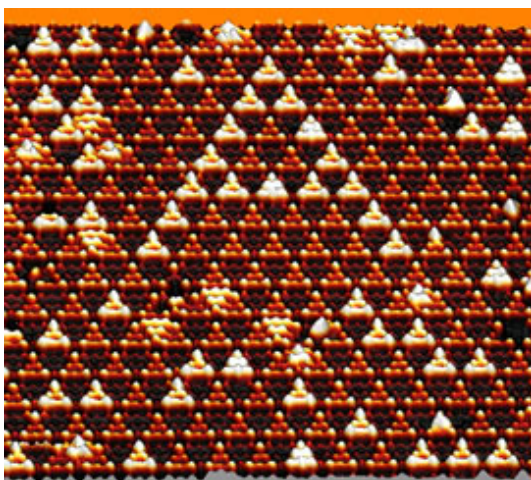
~ 10^{-10} m

100倍

すべてのものは原子から組み立てられる

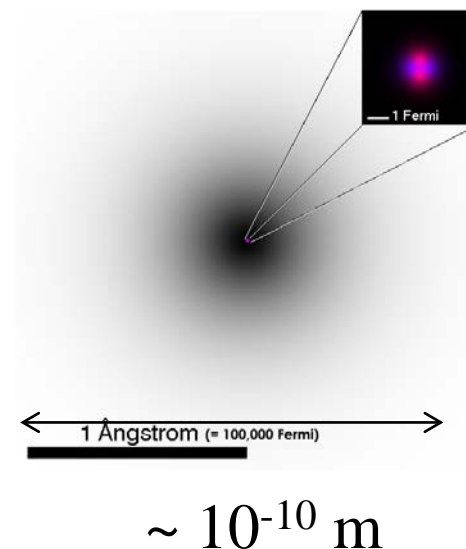


- タレス、デモクリトス(古代ギリシャ)
- ドルトン(19世紀初頭の化学者)
- ボルツマン(19世紀後期)
- アインシュタイン(1905年)



SPMAGI07

走査トンネル顕微鏡
の写真
(東北大学物理学専攻
表面物理研究室)



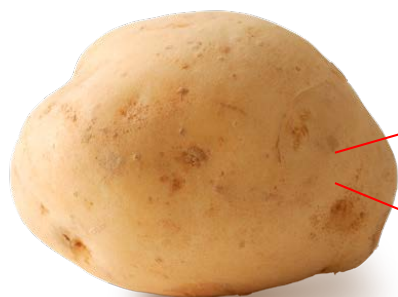
すべてのものは原子から組み立てられる

たった一つの文章しか次世代の人間に継承されないとしたら、どんな文章を残せば最小限の言葉で最大限の情報を伝えられるだろうか。その文章とは、「万物は原子から構成されている」である。

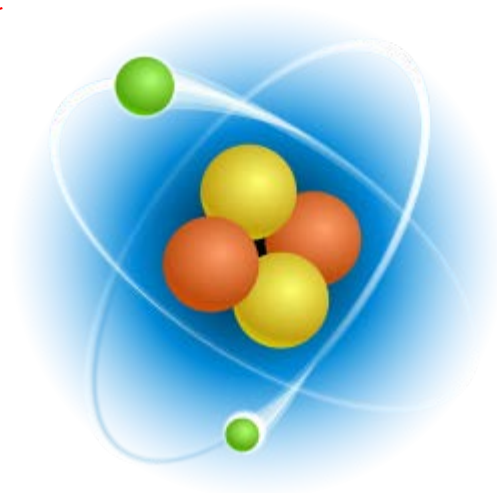
(リチャード・ファインマン)



リチャード・ファインマン
(1918-1988)
1965年ノーベル物理学賞
受賞
(写真: The Nobel Foundation)



10億倍



げんし
原子

原子にもいろいろな種類 = 元素

- 水素(すいそ)
- 酸素(さんそ)
- 炭素(たんそ)
- カルシウム
- マグネシウム
- 硫黄(いおう)

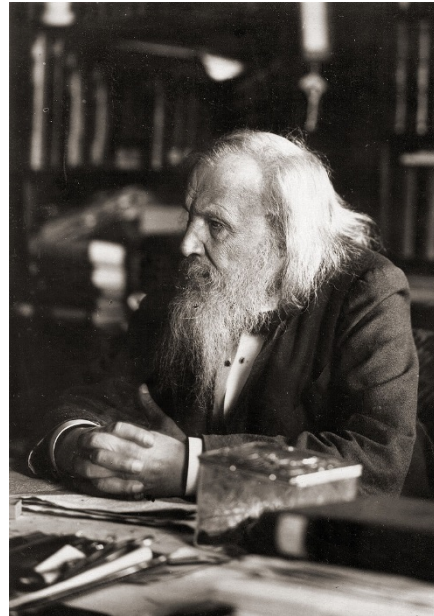
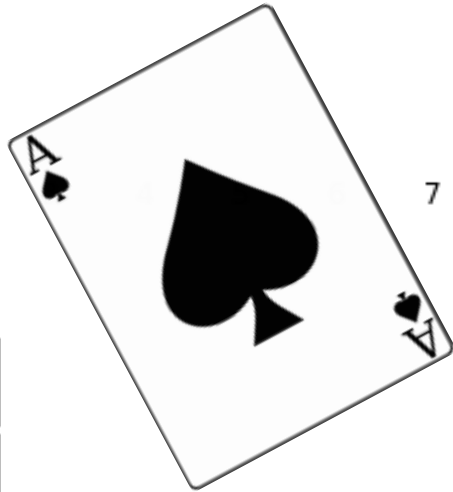
など。

この世の中には約90種類の元素がある

重い順に並べると

- | | | | | |
|------------|-------------|------------|-------------|---------------|
| 1. 水素 | 20. カルシウム | 39. イットリウム | 58. セリウム | 77. イリジウム |
| 2. ヘリウム | 21. スカンジウム | 40. ジルコニウム | 59. プラセオジウム | 78. 白金 |
| 3. リチウム | 22. チタン | 41. ニオブ | 60. ネオジウム | 79. 金 |
| 4. ベリリウム | 23. バナジウム | 42. モリブデン | 61. プロメチウム | 80. 水銀 |
| 5. ホウ素 | 24. クロム | 43. テクネチウム | 62. サマリウム | 81. タリウム |
| 6. 炭素 | 25. マンガン | 44. ルテニウム | 63. ユウロビウム | 82. 鉛 |
| 7. 窒素 | 26. 鉄 | 45. ロジウム | 64. ガドリニウム | 83. ビスマス |
| 8. 酸素 | 27. コバルト | 46. パラジウム | 65. テルビウム | 84. ポロニウム |
| 9. フッ素 | 28. ニッケル | 47. 銀 | 66. ジスプロシウム | 85. アスタチン |
| 10. ネオン | 29. 銅 | 48. カドミウム | 67. ホルミウム | 86. ラドン |
| 11. ナトリウム | 30. 亜鉛 | 49. インジウム | 68. エルビウム | 87. フランシウム |
| 12. マグネシウム | 31. ガリウム | 50. スズ | 69. ツリウム | 88. ラジウム |
| 13. アルミニウム | 32. ゲルマニウム | 51. アンチモン | 70. イッテルビウム | 89. アクチニウム |
| 14. ケイ素 | 33. ヒ素 | 52. テルル | 71. ルテチウム | 90. トリウム |
| 15. リン | 34. セレン | 53. ヨウ素 | 72. ハフニウム | 91. プロトアクチニウム |
| 16. 硫黄 | 35. 臭素 | 54. キセノン | 73. タンタル | |
| 17. 塩素 | 36. クリプトン | 55. セシウム | 74. タングステン | 92. ウラン |
| 18. アルゴン | 37. ルビジウム | 56. バリウム | 75. レニウム | |
| 19. カリウム | 38. ストロンチウム | 57. ランタン | 76. オスミウム | |

元素の周期表



メンデレーエフ
(1834-1907)

Group → ↓ Period	1	2											7							
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		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		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo		

Lanthanides

57 La	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
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Actinides

89 Ac	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

Group → ↓ Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
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		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

周期的に同じ性質を持つ元素が並ぶ
(メンデレーエフ 1869年)

→ 未知の原子の性質が予言できる

ガリウムの発見 (1874年)

ゲルマニウムの発見 (1879年)

人の体はどんな元素から出来ている？

酸素 43 kg
炭素 16 kg
水素 7 kg
窒素 1.8 kg
カルシウム 1.0 kg
リン 780 g
カリウム 140 g
硫黄 140 g
ナトリウム 100 g
塩素 95 g
マグネシウム 19 g
鉄 4.2 g
フッ素 2.6 g
亜鉛 2.3 g
ケイ素 1.0 g
ルビジウム 0.68 g
ストロンチウム 0.32 g
臭素 0.26 g
鉛 0.12 g
銅 72 mg
アルミニウム 60 mg
カドミウム 50 mg

セリウム 40 mg
バリウム 22 mg
ヨウ素 20 mg
スズ 20 mg
チタン 20 mg
ホウ素 18 mg
ニッケル 15 mg
セレン 15 mg
クロム 14 mg
マンガン 12 mg
ヒ素 7 mg
リチウム 7 mg
セシウム 6 mg
水銀 6 mg
ゲルマニウム 5 mg
モリブデン 5 mg
コバルト 3 mg
アンチモン 2 mg
銀 2 mg
ニオブ 1.5 mg
ジルコニウム 1 mg
ランタン 0.8 mg

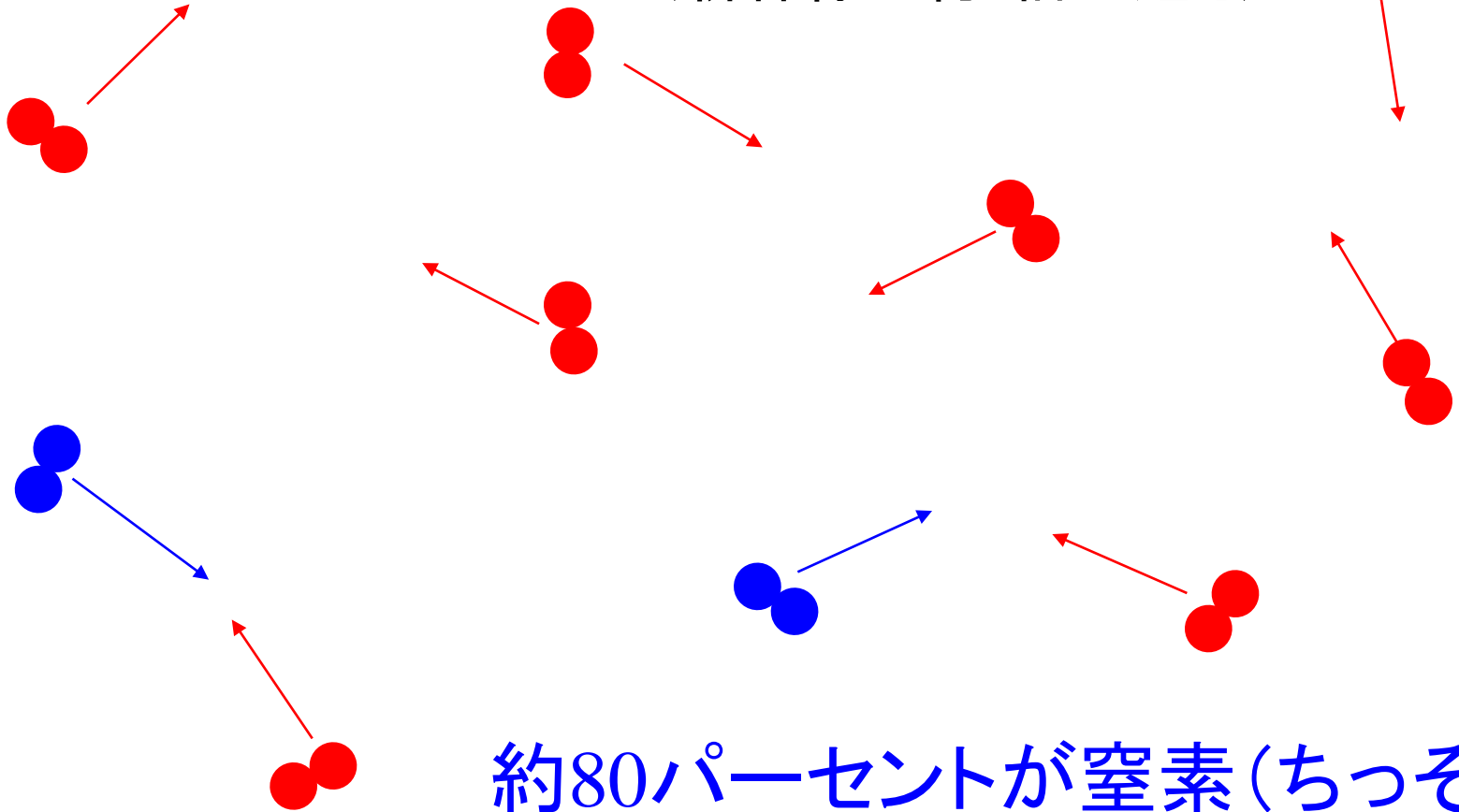
ガリウム 0.7 mg
テルル 0.7 mg
イットリウム 0.6 mg
ビスマス 0.5 mg
タリウム 0.5 mg
インジウム 0.4 mg
金 0.2 mg
スカンジウム 0.2 mg
タンタル 0.2 mg
バナジウム 0.11 mg
トリウム 0.1 mg
ウラン 0.1 mg
サマリウム 50 µg
ベリリウム 36 µg
タングステン 20 µg



John Emsley,
“The Elements”,
3rd ed. Clarendon Press,
Oxford, 1998

空気も。。。

秒速約300メートル
で飛んでいる
(新幹線の約4倍の速さ)



約80パーセントが窒素(ちっそ)、
約20パーセントが酸素(さんそ)

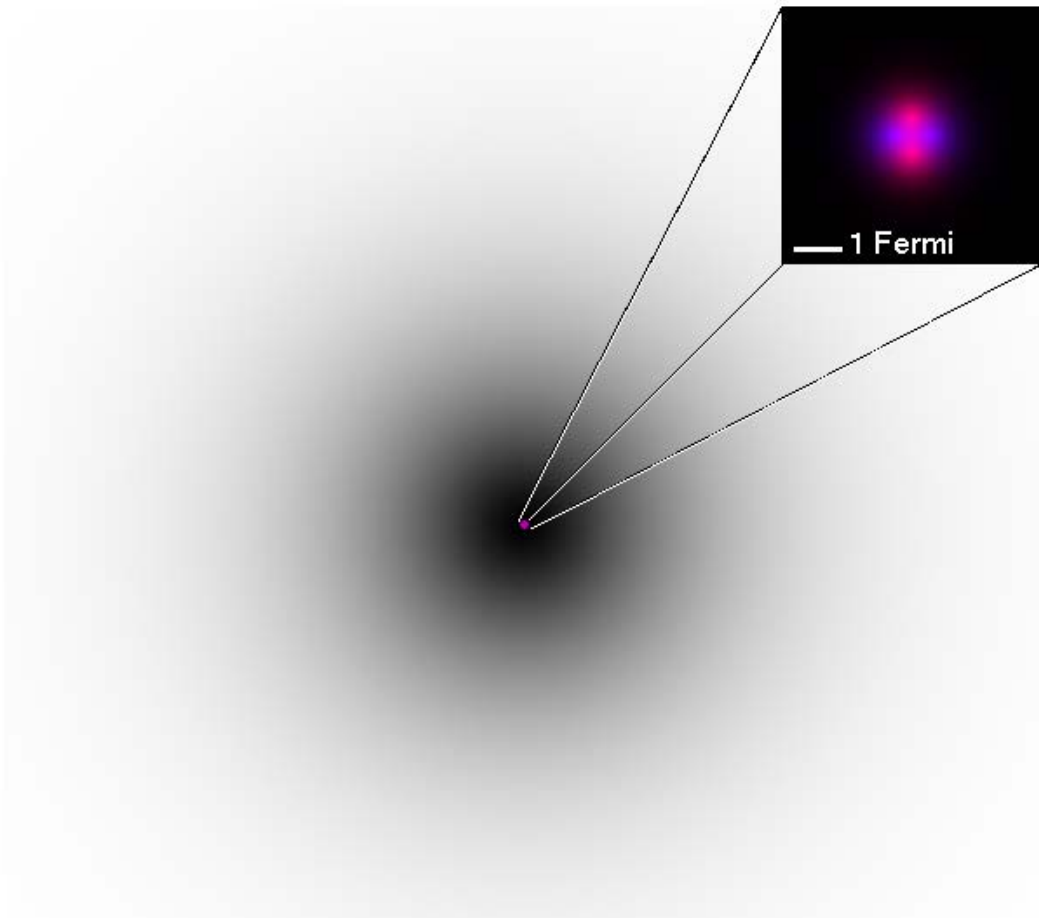
口を開けていると1秒あたり約3億個の分子が飛び込んでくる!!

元素の周期表

Group → ↓ Period	1	2										11	12	13	14	15	16	17	18
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		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		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo	
	Lanthanides	57 La	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			
	Actinides	89 Ac	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			

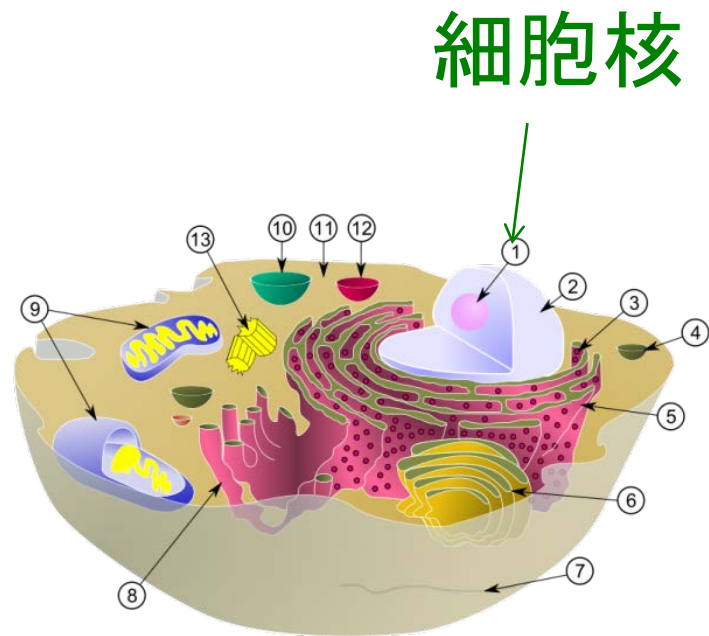
最も重い元素は何？

原子の中身



原子の中身

原子の核(原子核)



(参考)細胞の中身

原子の中身

原子核

陽子 (プラスの電気)

中性子 (電気なし)

10万倍
に拡大

電子の雲
(マイナスの電気)



0.000000000001 m

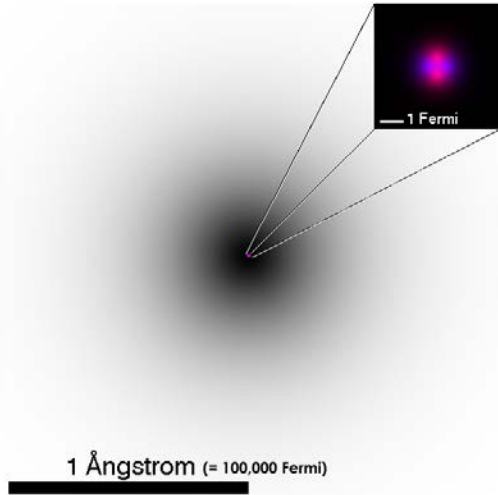
- 陽子の数 = 電子の数
- 化学的な性質 = 電子の数

Lanthanides	57 La	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
Actinides	89 Ac	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

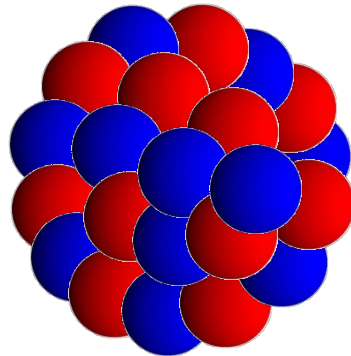
何が最も重い元素の番号を決めているのか？

重い原子核 → 電気的反発力が大

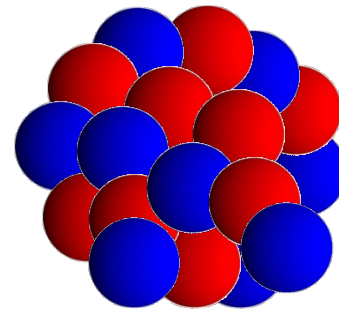
原子核



↓
α粒子を出して安定になる
(アルファ崩壊)

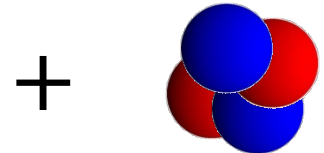


(Z, N)



$(Z-2, N-2)$

${}^4\text{He}$ 原子核
= α 粒子



$(Z=2, N=2)$

重い原子核の寿命

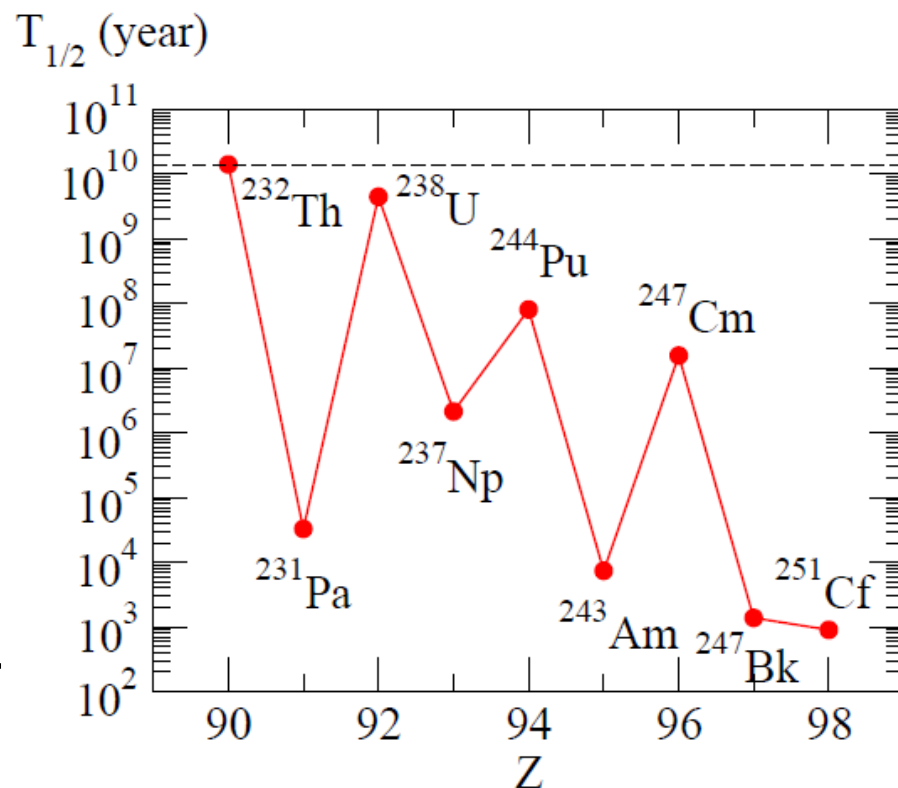
^{232}Th 140.5 億年

^{238}U 44.7 億年

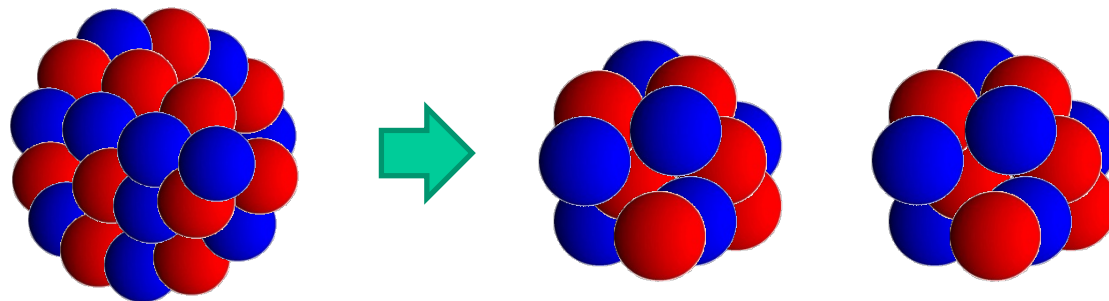
^{244}Pu 8000 万年

^{247}Cm 1560 万年

(参考) 宇宙の年齢: 137億年
地球の年齢: 45.4億年



* もっと重い原子核は核分裂で壊れることも:

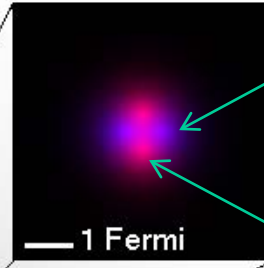


原子の中身

原子核

陽子 (プラスの電気)

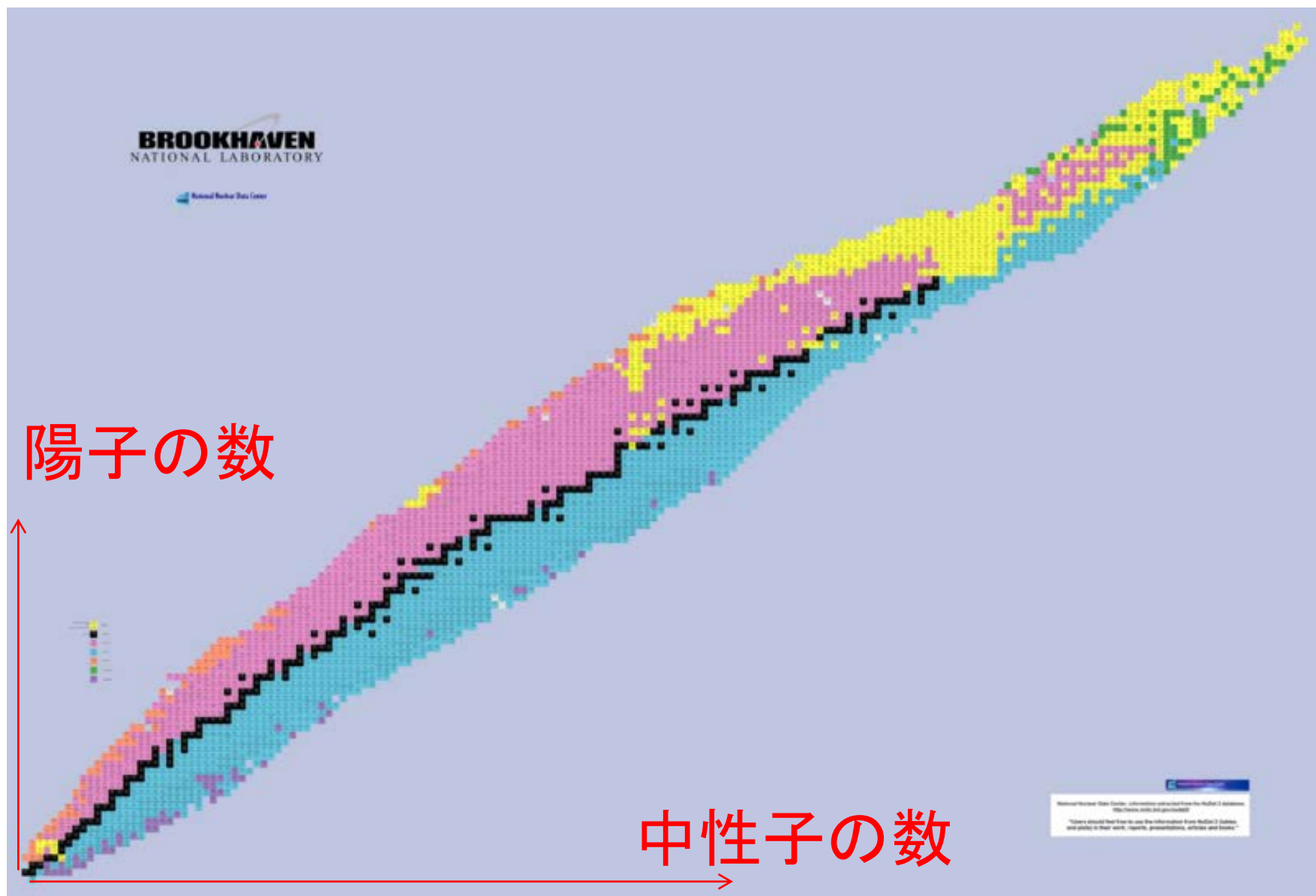
中性子 (電気なし)



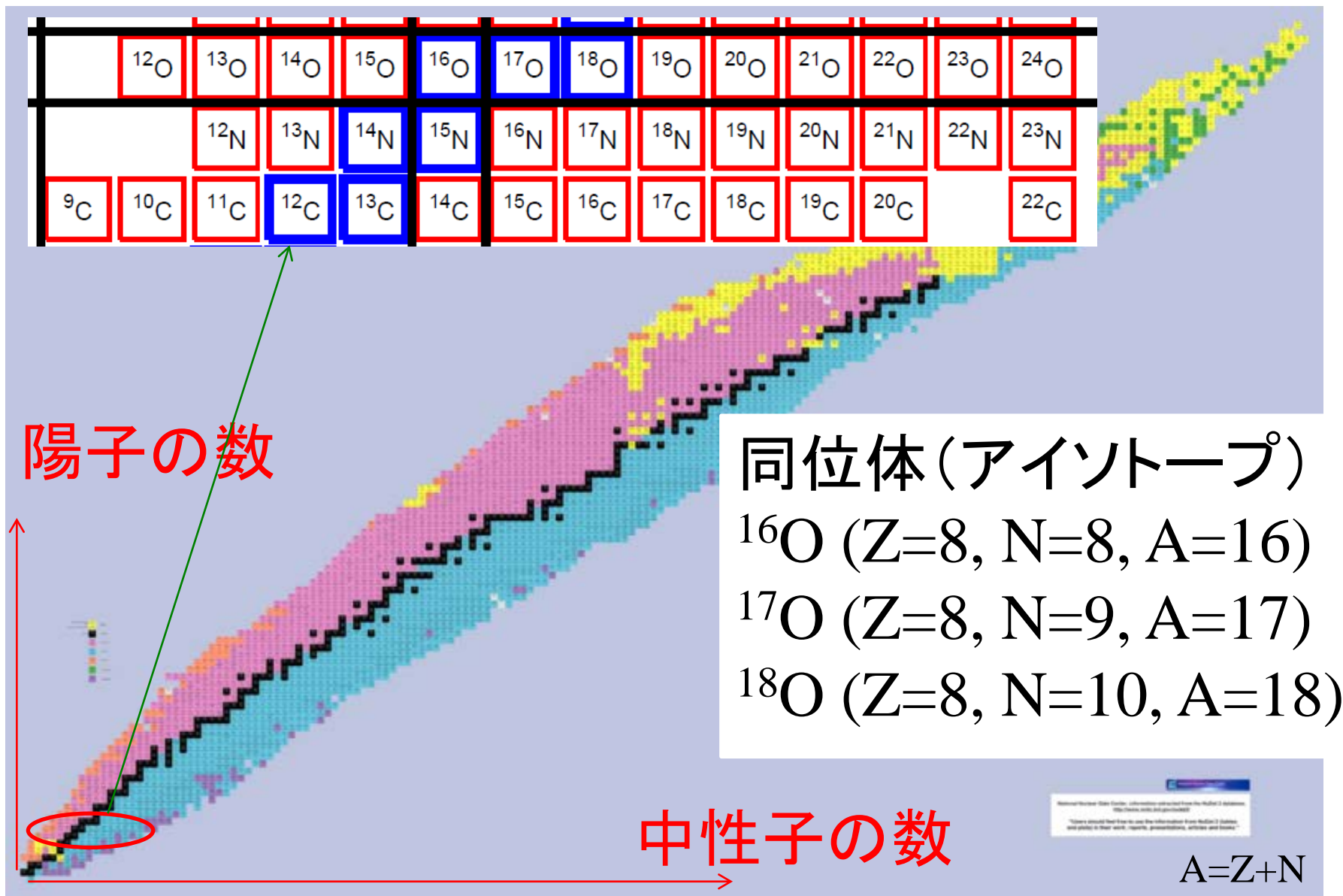
Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Period																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	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		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		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo

← 中性子は?

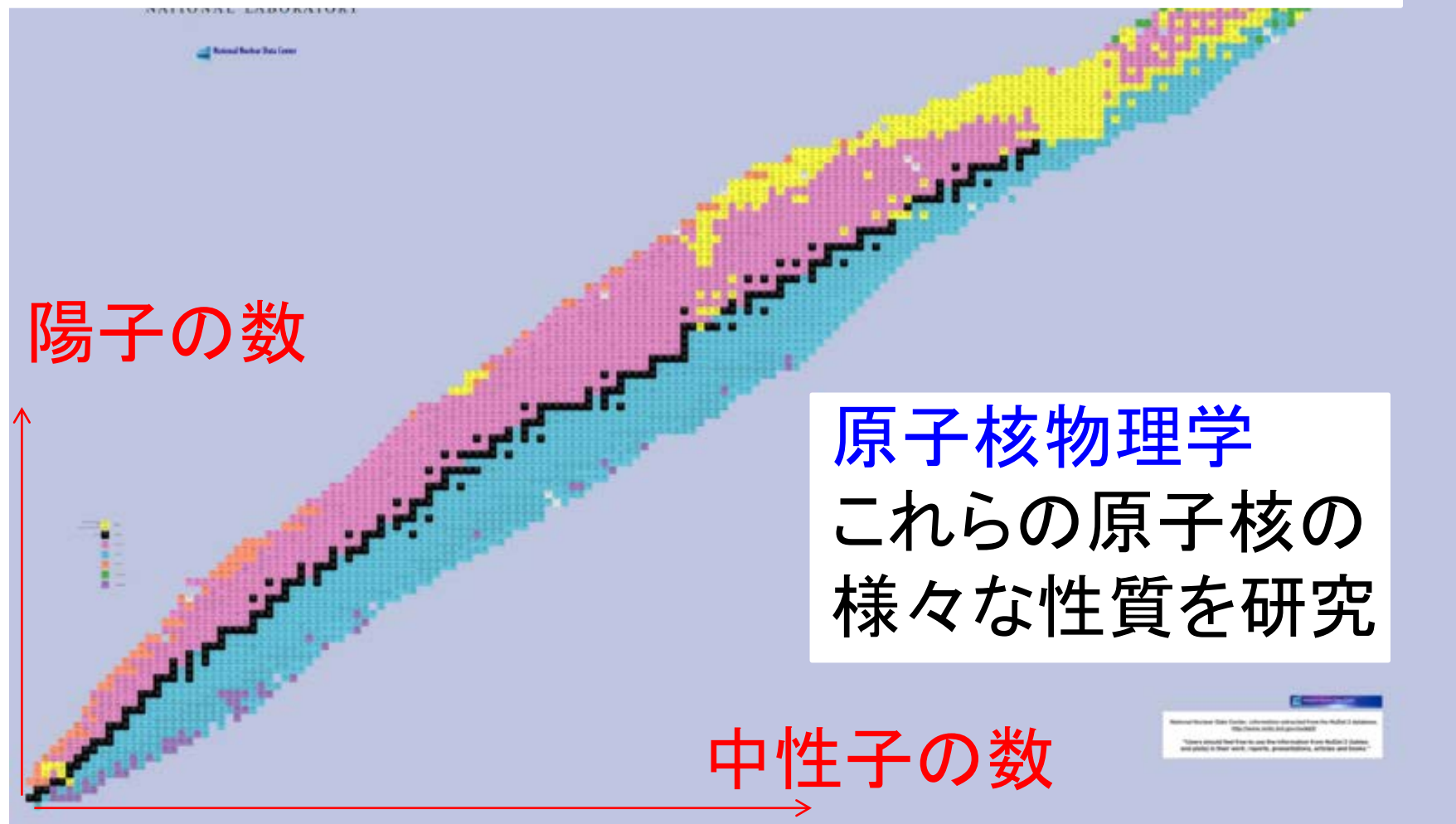
核図表：原子核の地図



核図表：原子核の地図



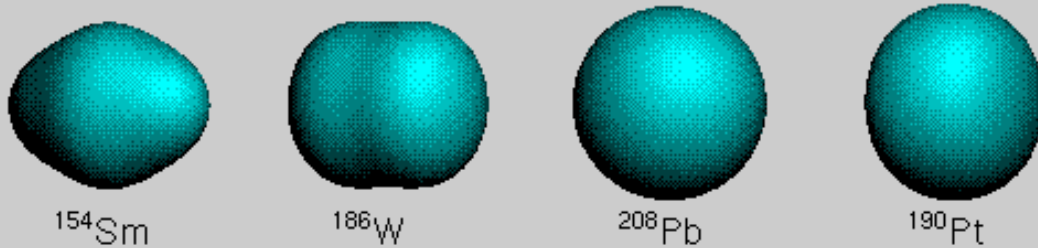
- ・自然界にある安定な原子核：287種
- ・これまで人工的に作られた原子核：約3,000種
- ・理論上存在が予想される原子核：約10,000種



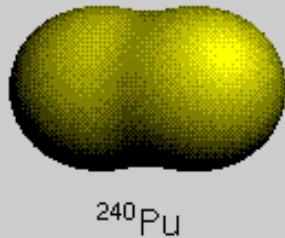
原子核物理学で研究していることの例

➤原子核はどのような形をしているの？

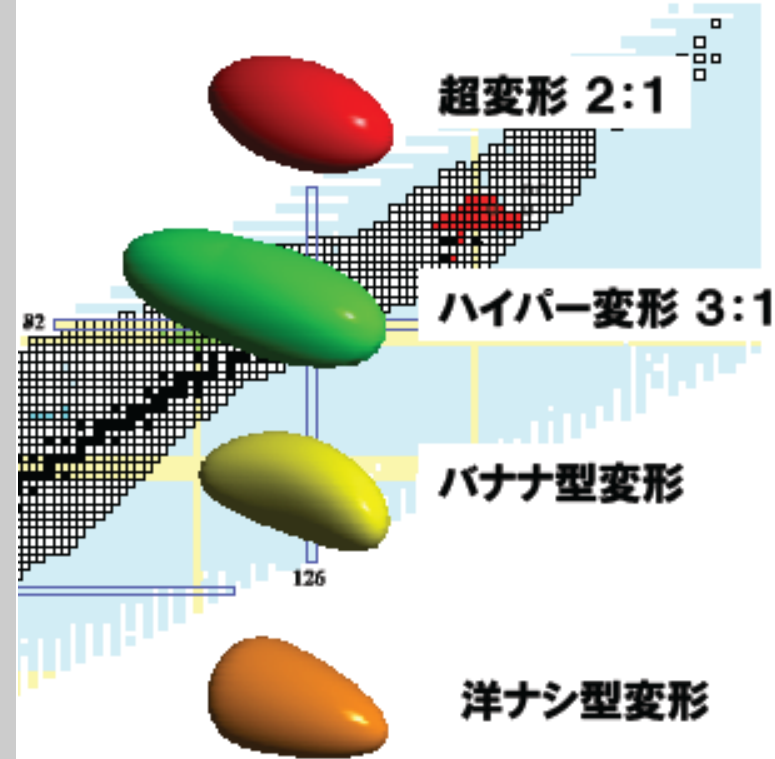
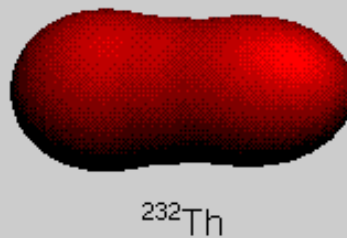
Nuclear ground-state shapes



Isomeric shape



Mass-asymmetric saddle-point shape



<http://t2.lanl.gov/tour/sch001.html>

原子核は陽子と中性子の組み合わせの仕方によって様々な形をとり得る！

元素はどのように出来たのか?

→ 宇宙でうまれた

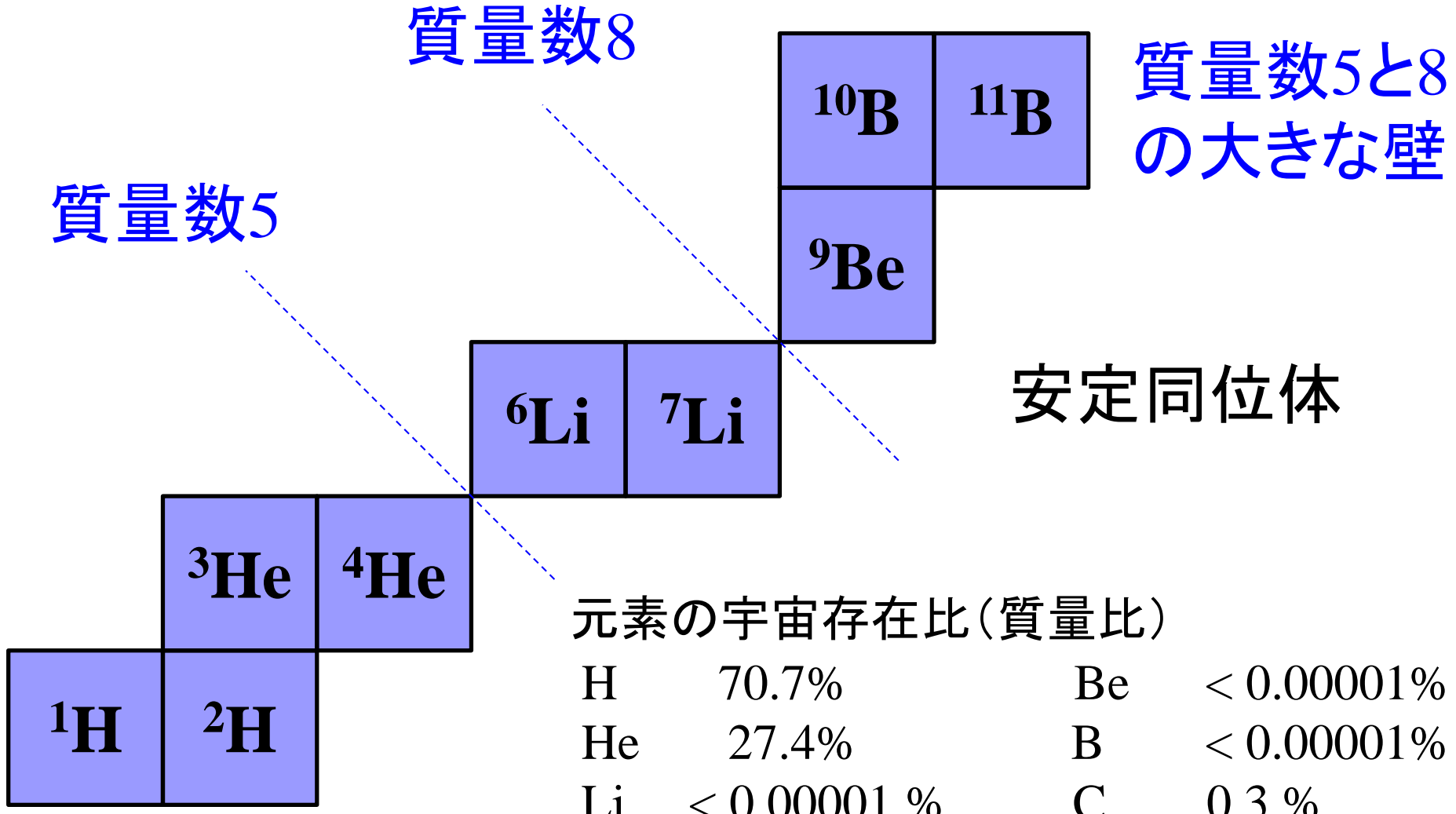


ビッグバン
(137億年前)



Li

Liがほんのちよつとしか
 できなかったわけ



元素はどのように出来たのか？

→ 宇宙でうまれた



ビッグバン
(137億年前)



Li

Fe までの元素はどのように出来たのか？

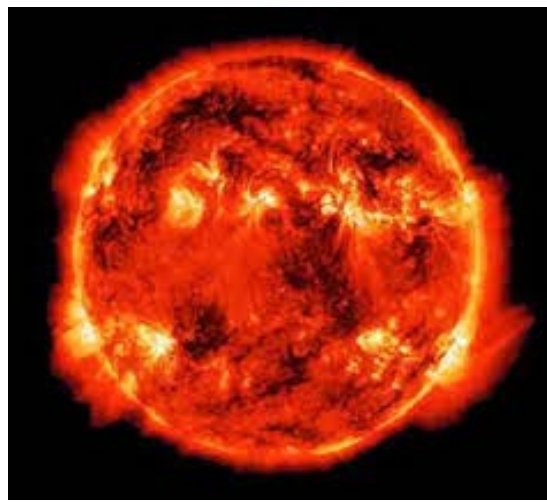
Feまでの元素の起源



(大質量)星の内部での核融合反応
————→ 恒星が光っているもと

Fe より重い元素はどのように出来たのか?

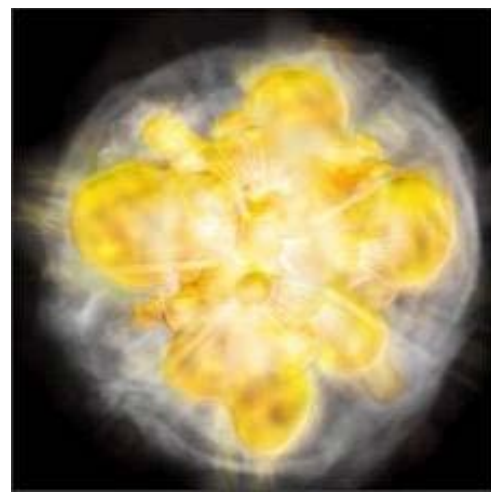
中性子の吸収



赤色巨星



s-プロセス
Ba, La, Pb, Bi など



超新星爆発



r-プロセス
Th, Eu, U など

* 最近では
中性子星
の合体説も。

量子力学(りょうしりきがく)

物質は波の性質と粒子の性質の両方を持っている

電子: 粒子
ド・ブロイ波

電磁波: 波
光子

ハイゼンベルクの不確定性原理

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq 10^{-34} \quad \text{J s}$$

位置と運動量を同時に決める
ことはできない

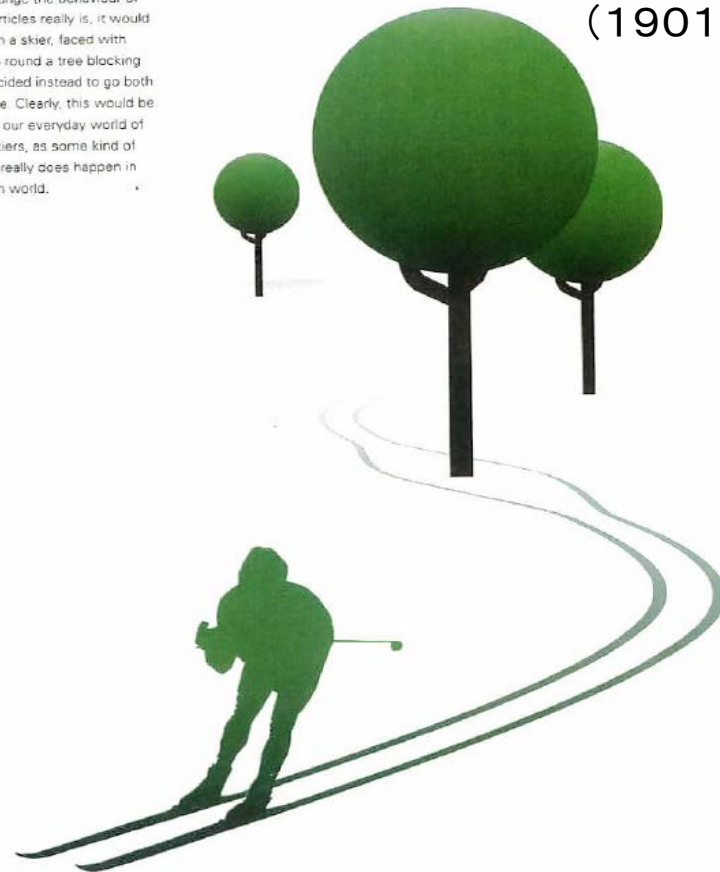


ハイゼンベルク
(1901~1976)



What if his car leaked out of its locked garage?

just how strange the behaviour of quantum particles really is, it would be as though a skier, faced with having to go round a tree blocking his path, decided instead to go both ways at once. Clearly, this would be regarded, in our everyday world of trees and skiers, as some kind of hoax. But it really does happen in the quantum world.



ハイゼンベルクの不確定性原理

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq 10^{-34} \quad \text{J s}$$

位置と運動量を同時に決めることはできない

....もし $\Delta p \cdot \Delta x \geq 10 \quad \text{J s}$ だったら.....



ハイゼンベルク
(1901~1976)



What if his car leaked out of its locked garage?

車が壁をすり抜ける!?



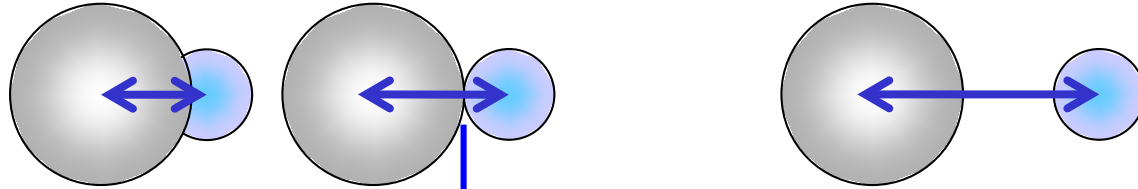
実際には電子や原子核のように質量が軽い場合のみトンネル現象が起きる

電子の質量: 約 10^{-27} g

陽子の質量: 約 10^{-24} g

星の中での核融合反応

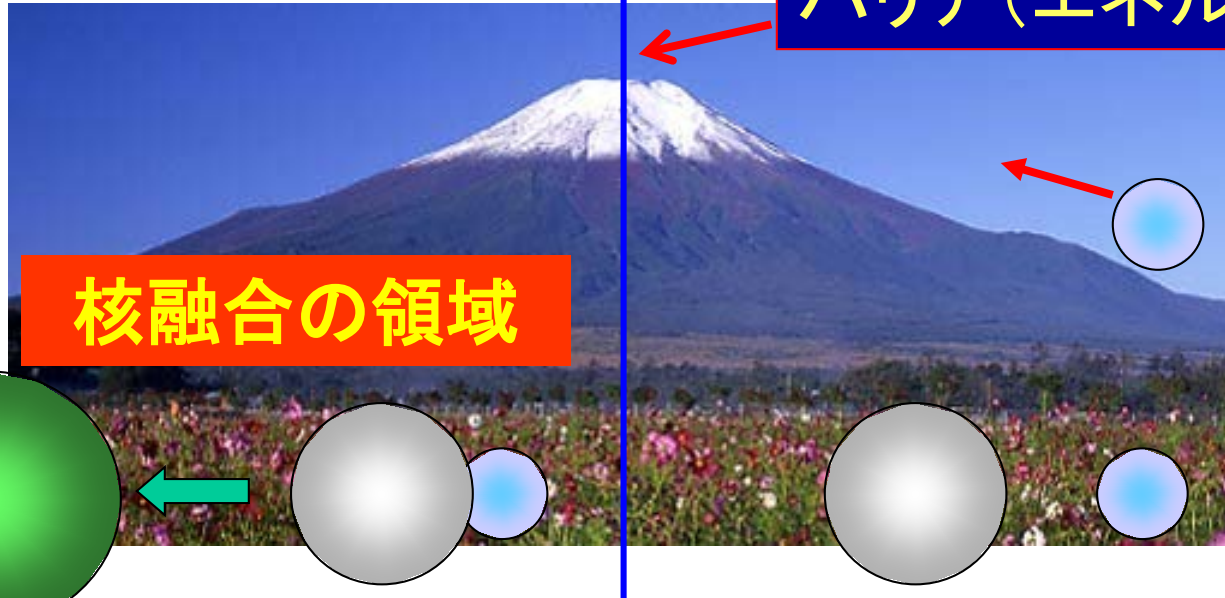
強い力(引力) vs 電磁力(反発力)



正味の力: 引力

正味の力: 反発力

バリア(エネルギーの壁)



核融合の領域

原子核を勢いよくぶつけるとバリアを乗り越えて核融合が起きる



原子核を勢いよくぶつけるとバリアを乗り越えて核融合が起きる

...しかし、星(太陽)の中では「勢い」(エネルギー)が足りない

→ 「量子トンネル現象」で星は輝いている



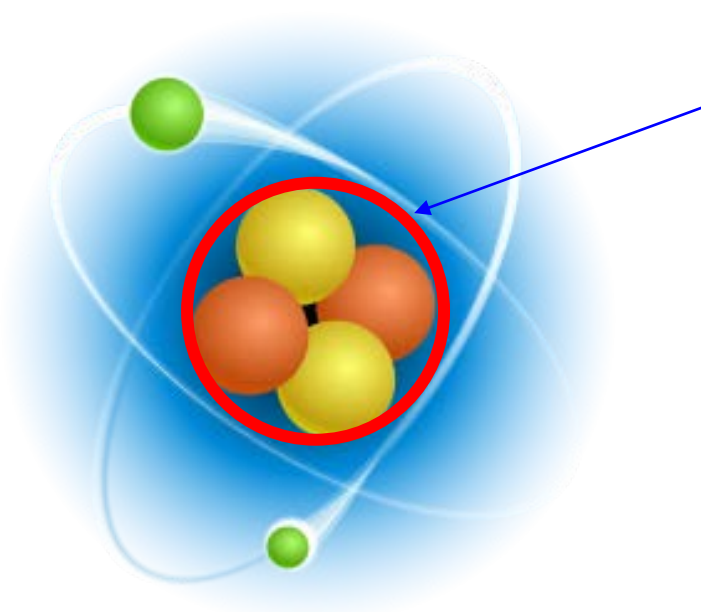
ジャック・デュケノワ著「おばけパーティー」より

超重元素(超重原子核)

地球上には約90種類の元素(ウランが一番重い)

もっと重い元素はないの？

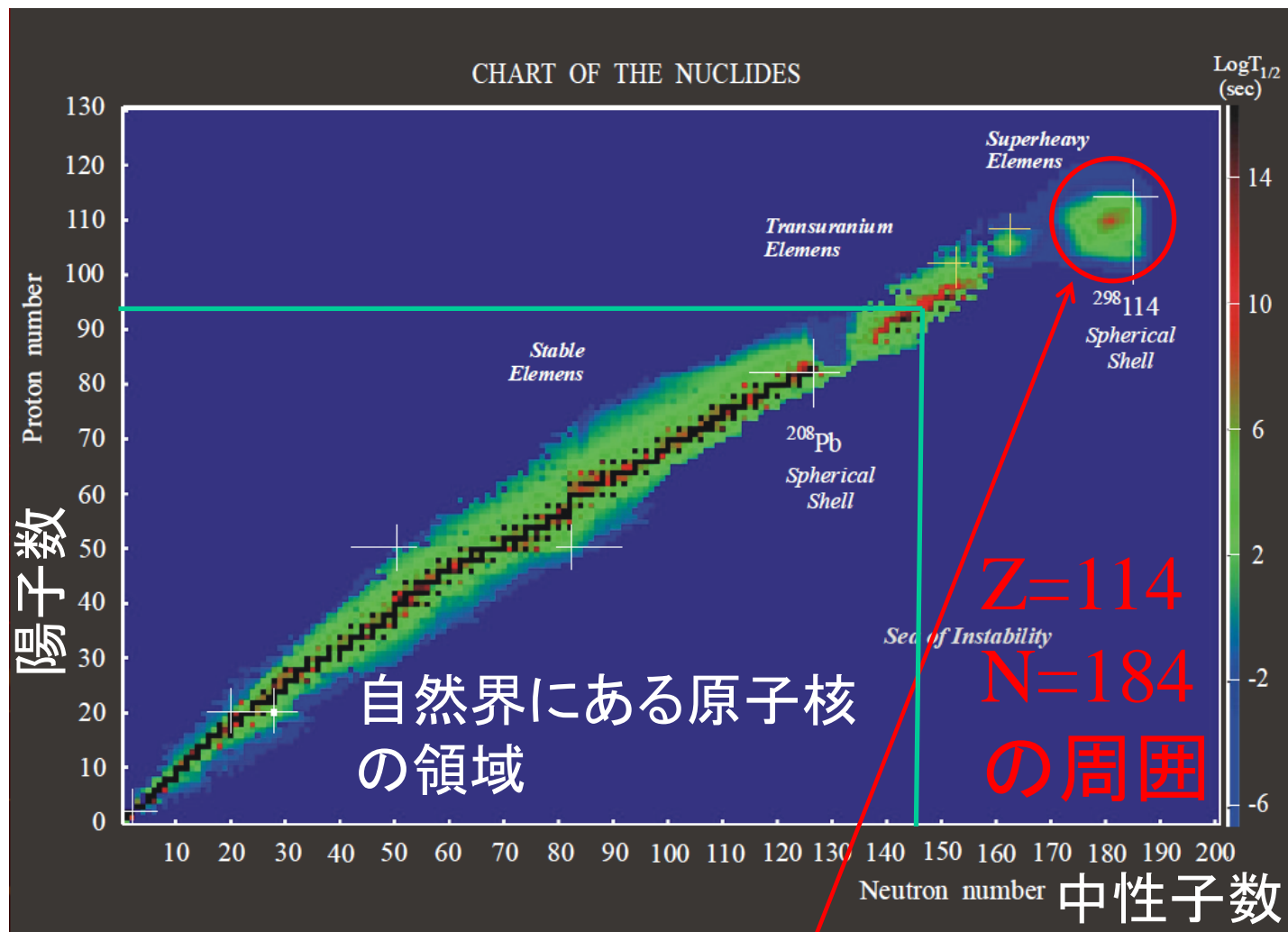
→ あります。でも人工的に作らなければなりません。



原子核(げんしかく)

原子核と原子核をくっつけて
大きな原子核を作る

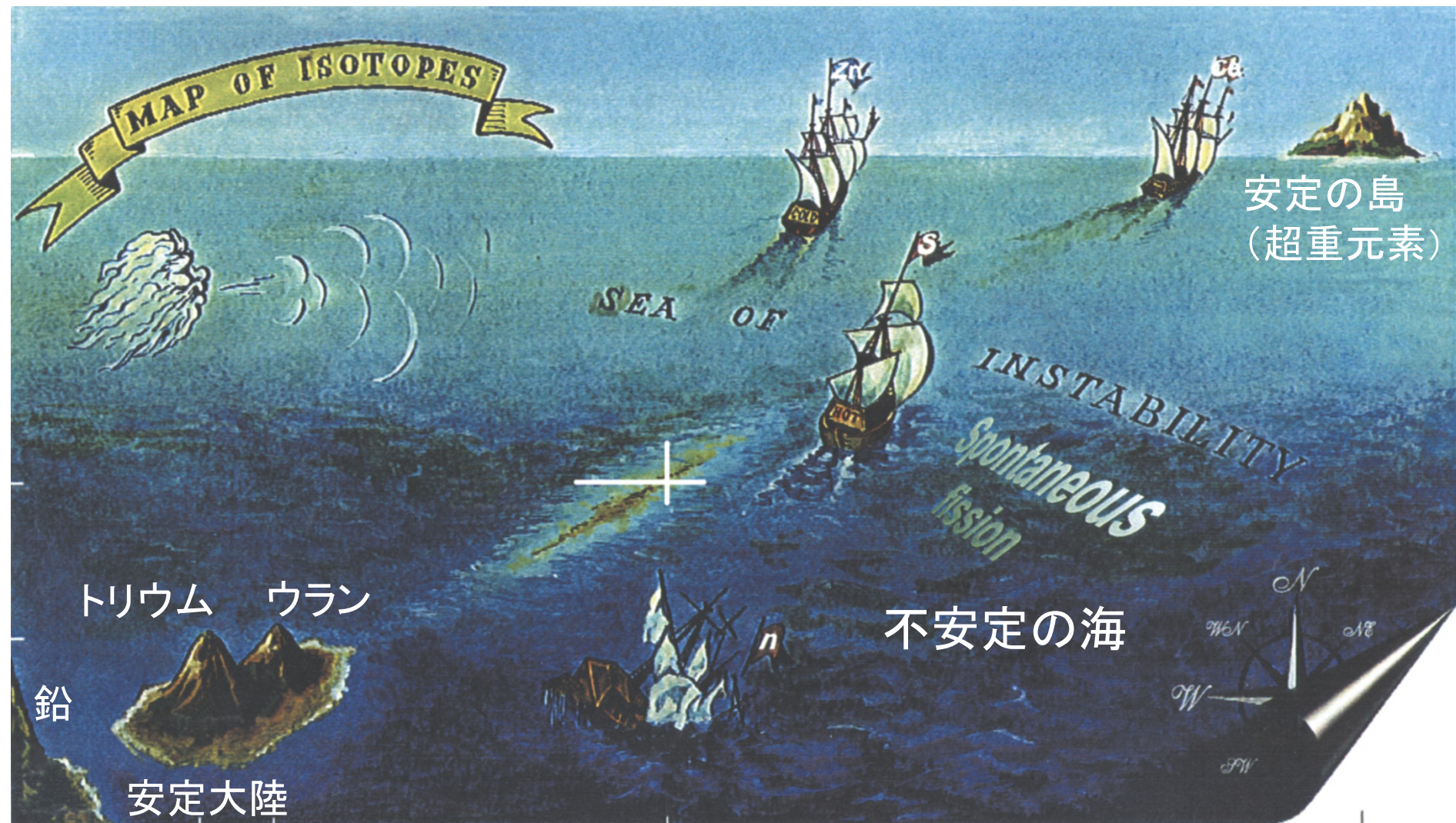
超重元素(超重原子核)



Yuri Oganessian

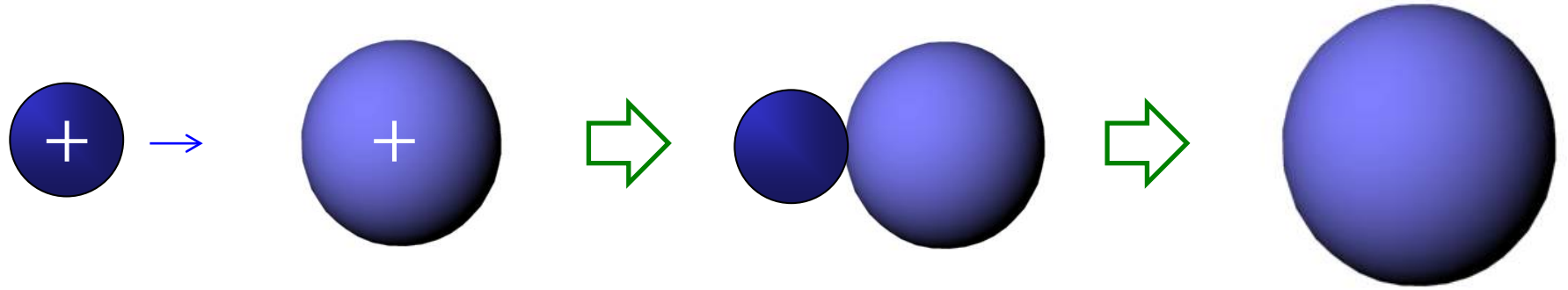
原子核の安定領域の理論的予言
(1966年: スビアテッキら)

安定の島(超重元素)を目指して



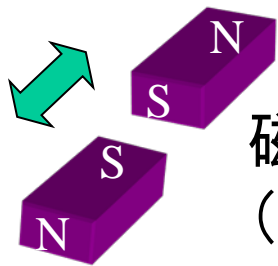
Yuri Oganessian

原子核と原子核をくっつける

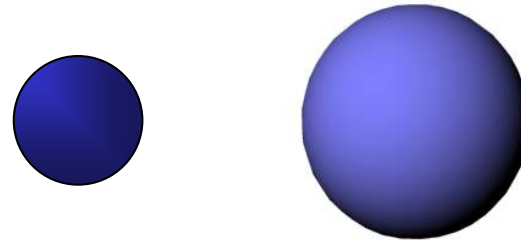


加速器(かそくき)を
使って勢いよくぶつける

大きな
原子核

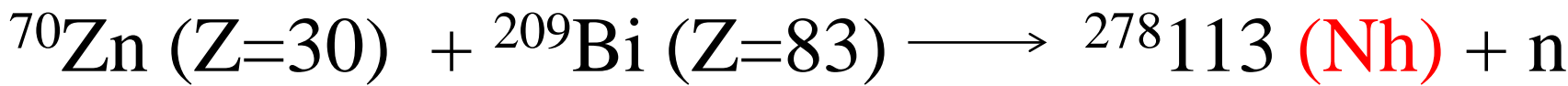


磁石
(SとS、NとN
は反発)

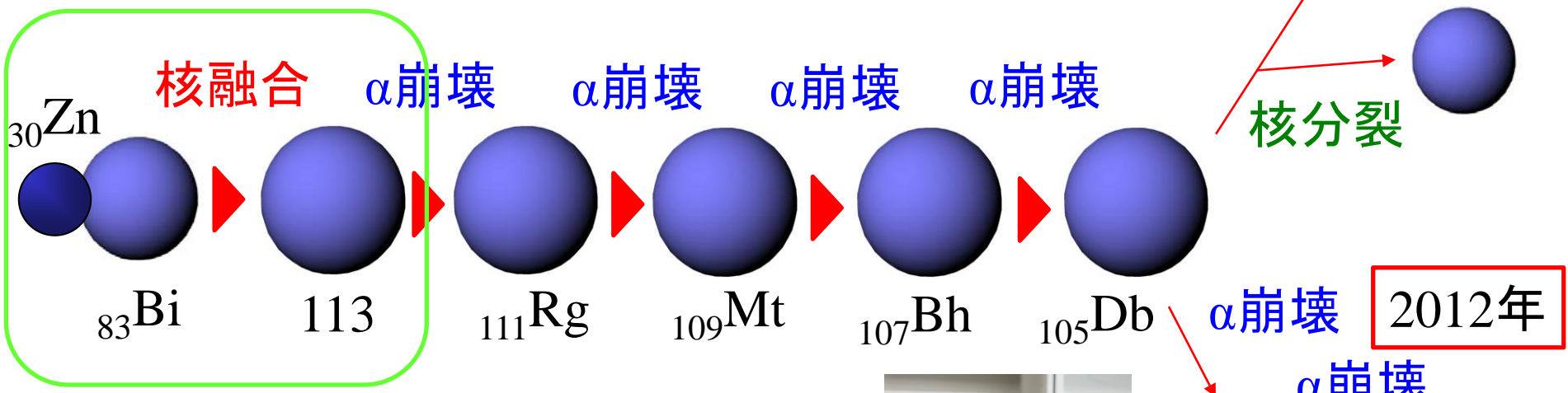


でも、ほとんどはくっつけても
すぐ離れてしまう
(大きな原子核ができない)

新元素113番 案:ニホニウム(Nh)



光速の約10パーセント
まで加速



553 日間の実験で
たったの3例の発見

→ 日本に命名権
(案)ニホニウム Nh



幻(まぼろし)の元素、ニッポニウム (Np)

1908年:「43番目の元素」として新元素を発見し

ニッポニウム (Np) と名前をつけたと発表。

→ その後追試で確認できず、周期表からは消える
(実は75番元素レニウム(当時未発見)だった)



小川正孝
(1865－1930)



東北大学第4代総長
(1919－1928)

写真提供:宮城の
新聞



モリブデナイト
(モリブデン鉱石)

Campus Map

東北大学 大学院 理学研究科・理学部
青葉山北キャンパスマップ

Graduate School of Science and Faculty of Science, Tohoku University



- 所 (Location)
- 停留点 (Stopping Points)
- 地下鉄東西線 (Subway Tohoku Line)
- バス停 (Bus Stop)
- 環状バス (Loop Bus Stop)
- キャンパスバス (Campus Bus Stop)
- 停留 (市バス) (Stop (City Bus))
- コンビニ (Convenience Store)
- 購買 (University Shop)
- 食堂・喫茶 (Dining / Cafeteria)
- タクシー乗り場 (Taxi Stand)
- 車いす対応トイレ (Disabled Toilet)
- 公共電話 (Public Phone)
- 一方通行 (One-way)

自然史標本館

今ここ

至川内キャンパス

至工学部

至宮城教育大学

北1出入口

入口

I-02

I-03

I-04

薬学研究科
Graduate School of
Pharmaceutical Science

北青葉山憩い公園
Kita-Aobayama Park

中央広場
Central Plaza

サイクロトロン・ラジオ
アイソトープセンター
Cyclotron and
Radiotope Center

H-04

H-03

H-02

H-13

H-12

H-11

H-16

H-17

H-18

H-21

H-23

H-24

H-25

H-26

H-31

H-32

H-33

H-41

超重元素の化学

Group → 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
↓ Period

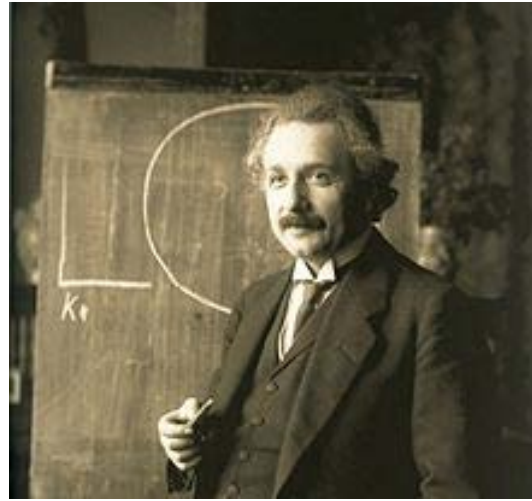
1	1 H																2 He	
2	3 Li	4 Be										5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg										13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		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		104 Rf	105 Db	106 Sq	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo
Lanthanides			57 La	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	
Actinides			89 Ac	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	

A red box highlights the elements B, C, N, O, Al, Si, P, S, Cl, and Ar. A blue box highlights the elements Rf through Uuo in the 7th period. A blue arrow points from the element Am (95) in the Actinides row to the element Ds (110) in the 7th period.

- 超重元素を周期表のここに置けるの？
- つまり、Nh は B, Al, Ga などと同じ性質？

相対論的効果：原子番号の大きい元素で重要

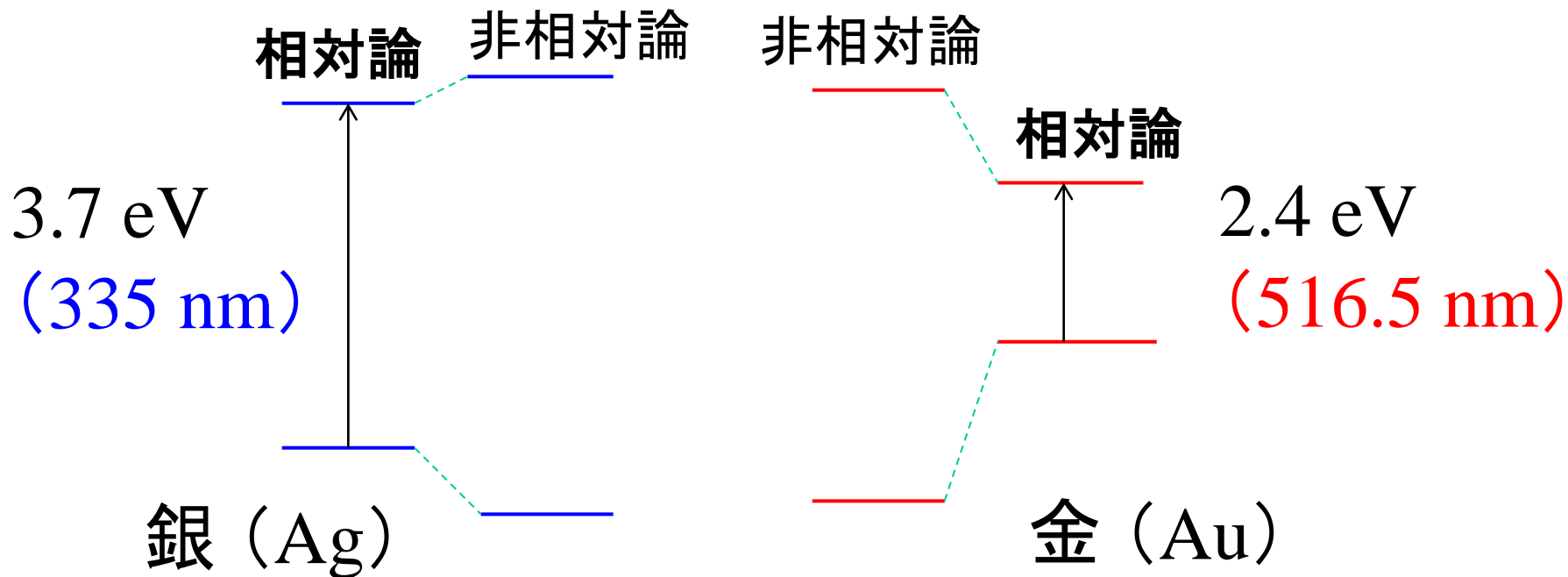
$$E = mc^2$$



ディラック方程式(相対論的量子力学)を解くと、
原子中の電子のエネルギーは、

$$E_{1S} = mc^2 \sqrt{1 - (Z\alpha)^2} \sim mc^2 \left(1 - \frac{(Z\alpha)^2}{2} - \frac{(Z\alpha)^4}{8} + \dots \right)$$

相対論的効果



可視光

335 nm 380 nm 517 nm 750 nm

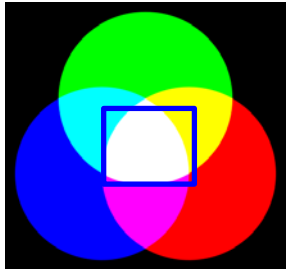


吸收(金)

反射(金)

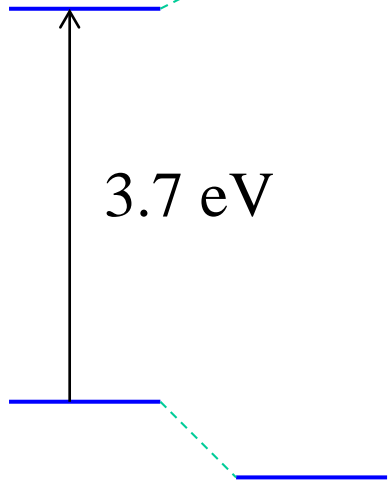


反射(銀)



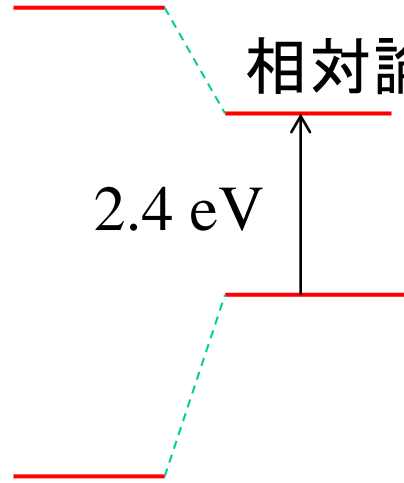
光の
吸収なし

相対論 非相対論

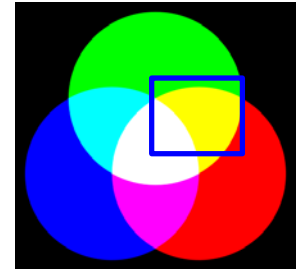


銀

非相対論



金



青色の光
が吸収



銀

47番元素



金

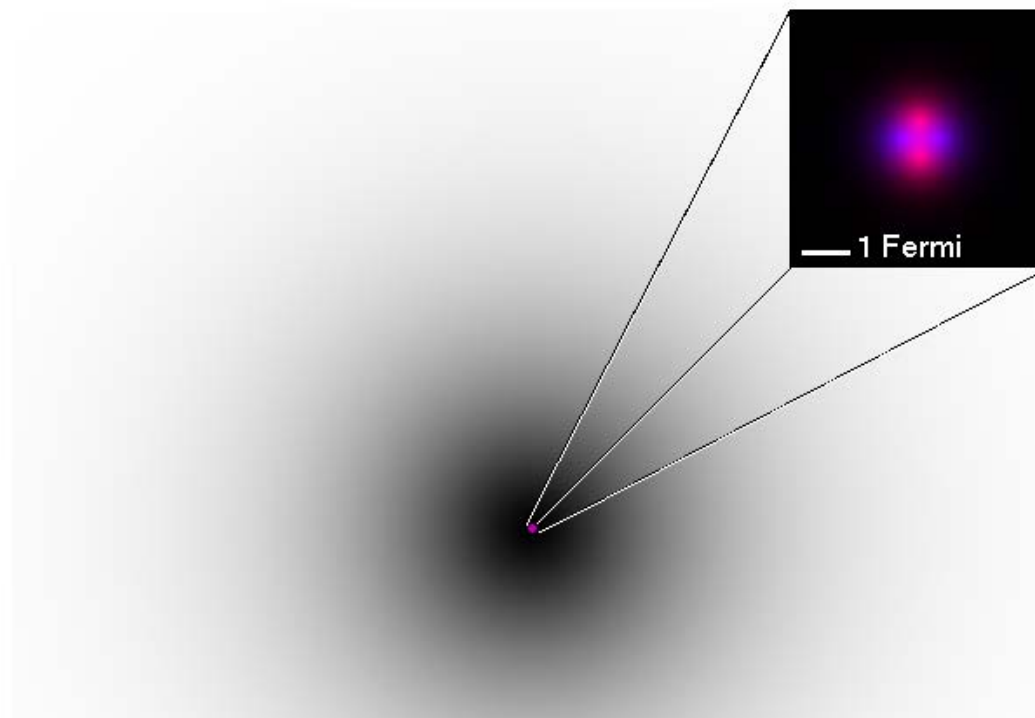
79番元素

超重元素の化学

Group → ↓ Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
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		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		104 Rf	105 Db	106 Sq	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo
Lanthanides	57 La	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			
Actinides	89 Ac	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			

相対論的効果で超重元素の場所が
どのように変わるのか? → 未解決の謎

まとめ



原子核

小さな小さな原子核が元素にとっては大きな役割

- 自然界にある最も重い元素
- 元素の起源・星が燃えている理由
- 超重元素

クイズ

共通のを探してください



イヌ
じゃがいも
織田信長
ピカチュウ
車
地球

すべて原子からできている

もう少し詳しい話を聞きたい場合

「物理専攻 研究室紹介

原子核とはなんだろう？ 元素ってなんだろう？

～先輩に聞いてみよう！～（原子核理論研究室）」

203号室（この建物の2階）

* 東北大学サイエンスカフェ 「新元素113番のはなし」

Youtube で見れます

森田浩介氏 来仙予定！

12月9日(金)

東北大学理学部物理学専攻

「物理学の最前線」

17:00 – 18:00 (物理系講義棟3階)

12月10日(土)

東北大学市民講座

13:30 – 15:30

川内文科系総合講義棟2階大講義室

萩野浩一(40分)

森田浩介(60分)



ご清聴ありがとうございました。

クイズ

共通のを探してください



イヌ
じゃがいも
()
ドラえもん
車
地球



クイズ

共通のを探してください



イヌ
じゃがいも
織田信長
ドラえもん
車
地球

