

Universidade Federal do ABC

Estrutura da Matéria

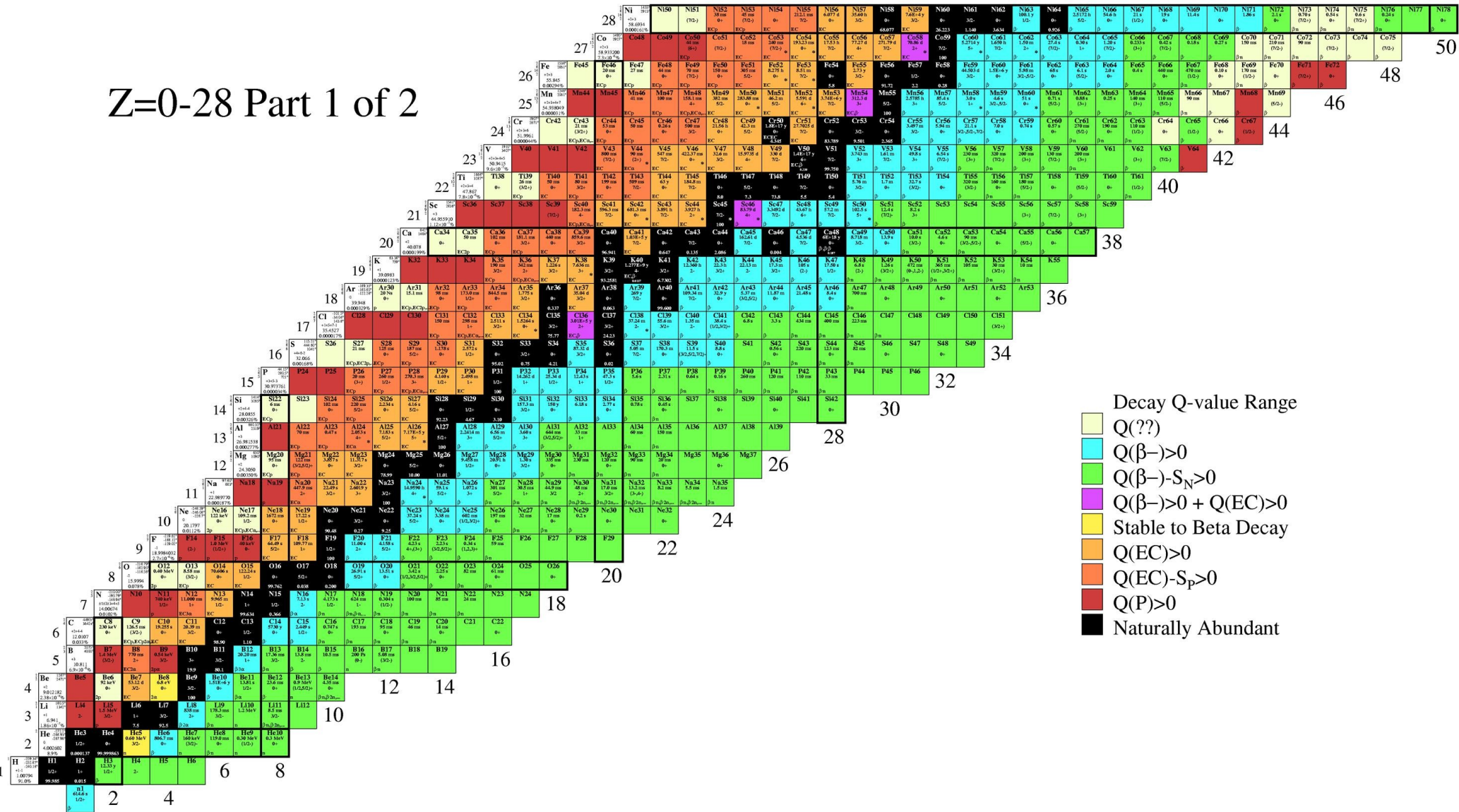
Bonus:
O Núcleo Atômico

<http://professor.ufabc.edu.br/~pieter.westera/Estrutura.html>

O Núcleo Atômico

Voltando pra tabela de Isótopos / Nuclídeos

Z=0-28 Part 1 of 2

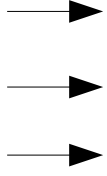


O Núcleo Atômico

Voltando pra tabela de Isótopos / Nuclídeos

Z=0-28 Part 1 of 2

etc.



etc.

28	Ni	Ni50	Ni51	Ni52	Ni53	Ni54	Ni55	Ni56	Ni57	Ni58	Ni59	Ni60	Ni61	Ni62	Ni63	Ni64	Ni65	Ni66	Ni67	Ni68	Ni69	Ni70	Ni71	Ni72	Ni73	Ni74	Ni75	Ni76	Ni77	Ni78						
27	Co	Co48	Co49	Co50	Co51	Co52	Co53	Co54	Co55	Co56	Co57	Co58	Co59	Co60	Co61	Co62	Co63	Co64	Co65	Co66	Co67	Co68	Co69	Co70	Co71	Co72	Co73	Co74	Co75	50						
26	Fe	Fe45	Fe46	Fe47	Fe48	Fe49	Fe50	Fe51	Fe52	Fe53	Fe54	Fe55	Fe56	Fe57	Fe58	Fe59	Fe60	Fe61	Fe62	Fe63	Fe64	Fe65	Fe66	Fe67	Fe68	Fe69	Fe70	Fe71	Fe72	48						
25	Mn	Mn43	Mn44	Mn45	Mn46	Mn47	Mn48	Mn49	Mn50	Mn51	Mn52	Mn53	Mn54	Mn55	Mn56	Mn57	Mn58	Mn59	Mn60	Mn61	Mn62	Mn63	Mn64	Mn65	Mn66	Mn67	Mn68	Mn69	46							
24	Cr	Cr42	Cr43	Cr44	Cr45	Cr46	Cr47	Cr48	Cr49	Cr50	Cr51	Cr52	Cr53	Cr54	Cr55	Cr56	Cr57	Cr58	Cr59	Cr60	Cr61	Cr62	Cr63	Cr64	Cr65	Cr66	Cr67	44								
23	V	V41	V42	V43	V44	V45	V46	V47	V48	V49	V50	V51	V52	V53	V54	V55	V56	V57	V58	V59	V60	V61	V62	V63	V64	42										
22	Ti	Ti40	Ti41	Ti42	Ti43	Ti44	Ti45	Ti46	Ti47	Ti48	Ti49	Ti50	Ti51	Ti52	Ti53	Ti54	Ti55	Ti56	Ti57	Ti58	Ti59	Ti60	Ti61	Ti62	Ti63	Ti64	Ti65	Ti66	Ti67	40						
21	Sc	Sc36	Sc37	Sc38	Sc39	Sc40	Sc41	Sc42	Sc43	Sc44	Sc45	Sc46	Sc47	Sc48	Sc49	Sc50	Sc51	Sc52	Sc53	Sc54	Sc55	Sc56	Sc57	Sc58	Sc59	38										
20	Ca	Ca34	Ca35	Ca36	Ca37	Ca38	Ca39	Ca40	Ca41	Ca42	Ca43	Ca44	Ca45	Ca46	Ca47	Ca48	Ca49	Ca50	Ca51	Ca52	Ca53	Ca54	Ca55	Ca56	Ca57	36										
19	K	K32	K33	K34	K35	K36	K37	K38	K39	K40	K41	K42	K43	K44	K45	K46	K47	K48	K49	K50	K51	K52	K53	K54	K55	34										
18	Ar	Ar30	Ar31	Ar32	Ar33	Ar34	Ar35	Ar36	Ar37	Ar38	Ar39	Ar40	Ar41	Ar42	Ar43	Ar44	Ar45	Ar46	Ar47	Ar48	Ar49	Ar50	Ar51	Ar52	Ar53	32										
17	Cl	Cl18	Cl19	Cl20	Cl21	Cl22	Cl23	Cl24	Cl25	Cl26	Cl27	Cl28	Cl29	Cl30	Cl31	Cl32	Cl33	Cl34	Cl35	Cl36	Cl37	Cl38	Cl39	Cl40	Cl41	Cl42	Cl43	Cl44	Cl45	Cl46	Cl47	Cl48	Cl49	Cl50	Cl51	30
16	S	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	28								
15	P	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	P41	P42	P43	P44	P45	P46	26											
14	Si	Si22	Si23	Si24	Si25	Si26	Si27	Si28	Si29	Si30	Si31	Si32	Si33	Si34	Si35	Si36	Si37	Si38	Si39	Si40	Si41	Si42	24													
13	Al	Al21	Al22	Al23	Al24	Al25	Al26	Al27	Al28	Al29	Al30	Al31	Al32	Al33	Al34	Al35	Al36	Al37	Al38	Al39	22															
12	Mg	Mg19	Mg20	Mg21	Mg22	Mg23	Mg24	Mg25	Mg26	Mg27	Mg28	Mg29	Mg30	Mg31	Mg32	Mg33	Mg34	Mg35	Mg36	Mg37	20															
11	Na	Na17	Na18	Na19	Na20	Na21	Na22	Na23	Na24	Na25	Na26	Na27	Na28	Na29	Na30	Na31	Na32	Na33	Na34	Na35	18															
10	Ne	Ne16	Ne17	Ne18	Ne19	Ne20	Ne21	Ne22	Ne23	Ne24	Ne25	Ne26	Ne27	Ne28	Ne29	Ne30	Ne31	Ne32	Ne33	Ne34	Ne35	16														
9	F	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	F24	F25	F26	F27	F28	F29	14																					
8	O	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	O22	O23	O24	O25	O26	12																			
7	N	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23	N24	10																						
6	C	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	8																			
5	B	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	6																					
4	Be	Be5	Be6	Be7	Be8	Be9	Be10	Be11	Be12	Be13	Be14	4																								
3	Li	Li3	Li4	Li5	Li6	Li7	Li8	Li9	Li10	Li11	Li12	3																								
2	He	He2	He3	He4	He5	He6	He7	He8	He9	He10	2																									
1	H	H1	H2	H3	H4	H5	H6	1																												

- Decay Q-value Range
- Q(?)
- Q(β-) > 0
- Q(β-) - S_N > 0
- Q(β-) > 0 + Q(EC) > 0
- Stable to Beta Decay
- Q(EC) > 0
- Q(EC) - S_p > 0
- Q(P) > 0
- Naturally Abundant

Parece que há **mais isótopos estáveis** com **Z = par** do que com **Z = impar**.
A mesma coisa para **N**.

O Núcleo Atômico

A contagem confirma isto

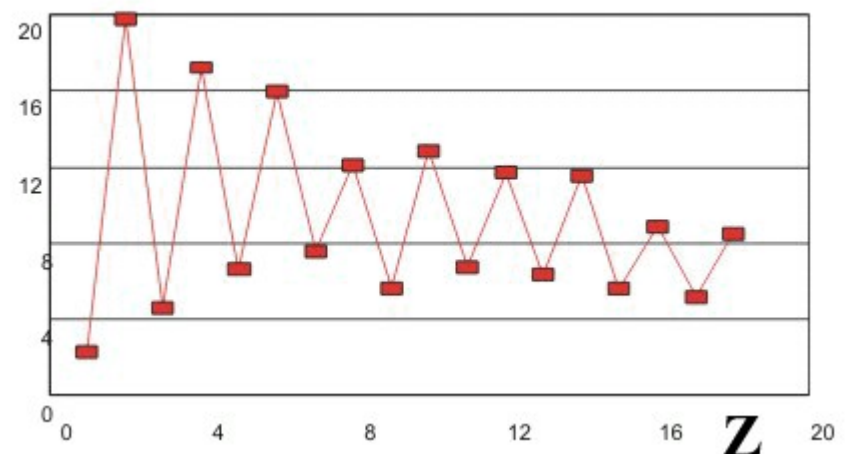
=> Aparentemente, **números pares** de **prótons** e **nêutrons** são mais **estáveis** que números ímpares.

Isto também pode ser inferido pelo fato, que a **energia** para **tirar** um **próton** (ou nêutron) de um **núcleo** com um **número par** de prótons (ou nêutrons) é **mais “custoso”**, do que tirar um de um núcleo com um número ímpar do mesmo núcleon.

TABELA 21.3 Número de isótopos estáveis com números pares e ímpares de prótons e nêutrons

Número de isótopos estáveis	Prótons	Nêutrons
157	Par	Par
53	Par	Ímpar
50	Ímpar	Par
5	Ímpar	Ímpar

Binding Energy of Proton

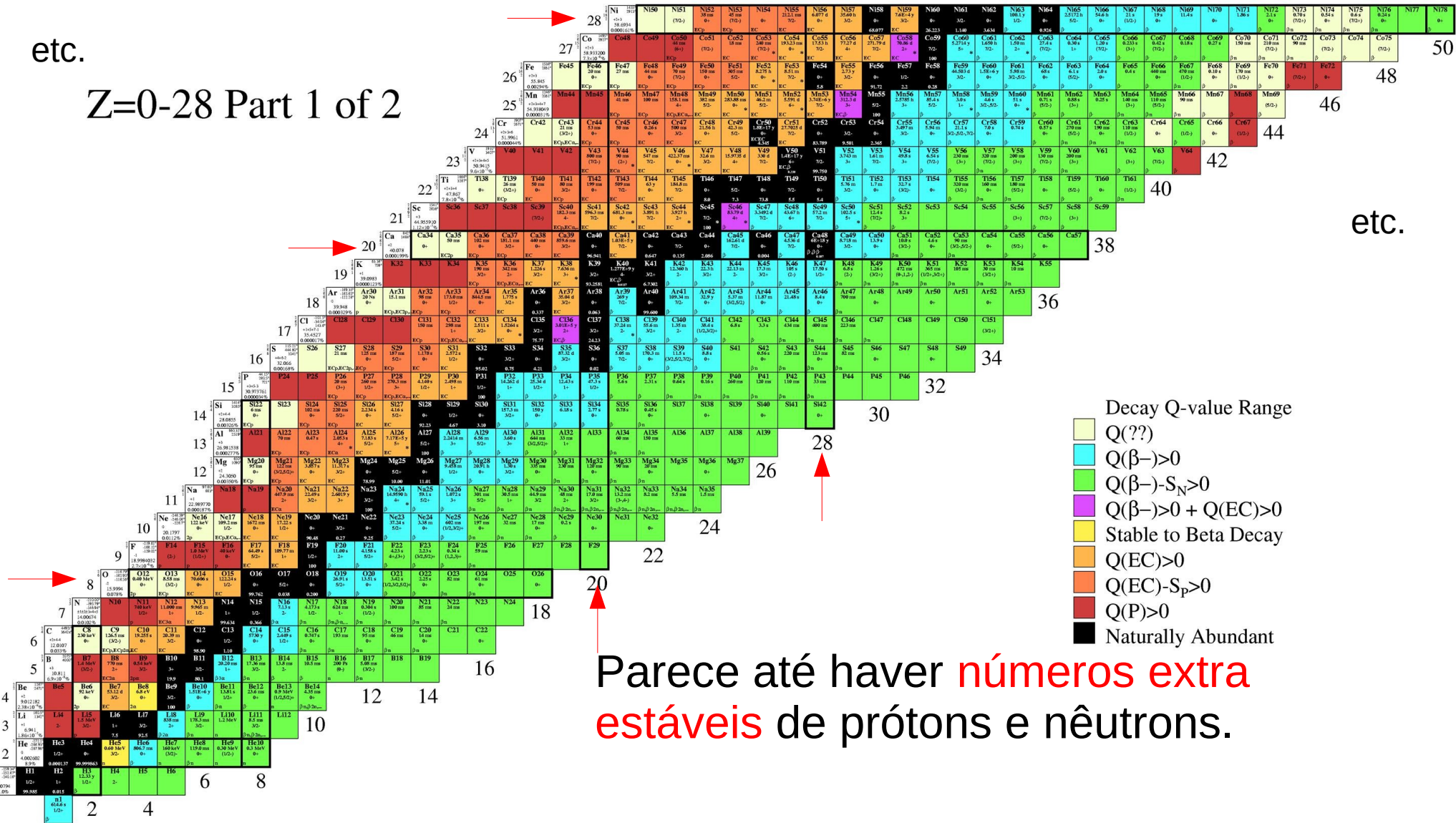


O Núcleo Atômico

Voltando pra tabela de Isótopos / Nuclídeos

etc.

Z=0-28 Part 1 of 2



Parece até haver **números extra estáveis** de prótons e nêutrons.

O Núcleo Atômico

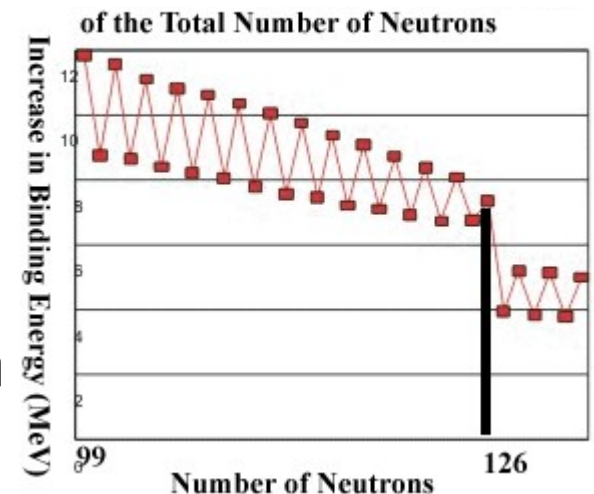
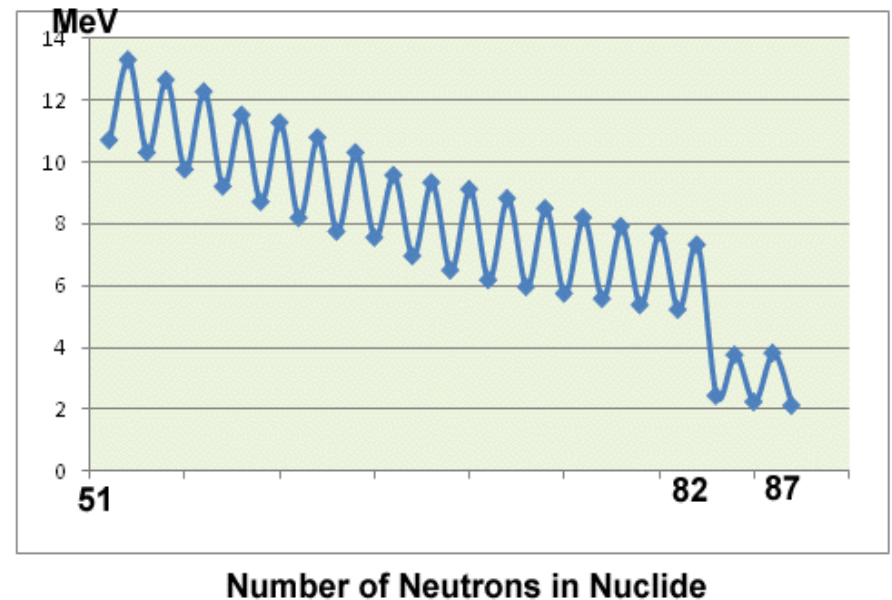
Números às vezes chamados **números mágicos**.

São estes 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 e talvez 16 e/ou 40.

A **energia de ligação** de um próton ou nêutron **cai abruptamente** de núcleos com um número mágico de p^+ ou n para núcleos com um **número mágico + 1**, bem similar ao que acontece com a energia de primeira ligação de elétrons de átomos com camadas eletrônicas cheias para átomos com camadas eletrônicas cheias + $1e^-$.

Este comportamento deve ter algo a ver com a natureza da **força nuclear forte residual**, que mantém os núcleons de um núcleo juntos.

The Incremental Binding Energies of Additional Neutrons for the Isotopes of Tin ($P=50$) as a Function of the Number of Neutrons in the Nuclide

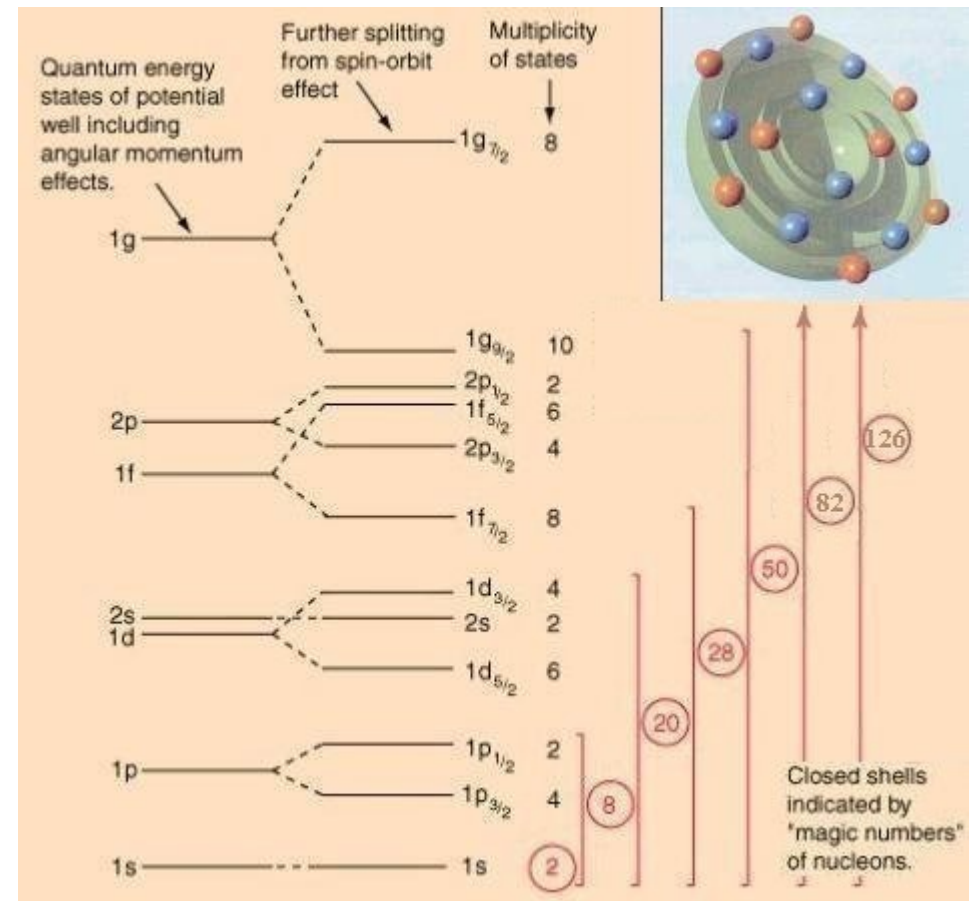


O Núcleo Atômico

Modelo Nuclear de Camadas

Um modelo que prevê um potencial de oscilador harmônico 3D + acoplamento spin-órbita consegue prever uma **estrutura de camadas protônicas e neutrônicas** para os **núcleos**, naquela os **números de prótons** ou **nêutrons** em núcleos com **camadas cheias** correspondem aos **números mágicos** (igual como o potencial de Coulomb entre núcleo atômica e elétrons levou ao modelo de camadas eletrônicas)

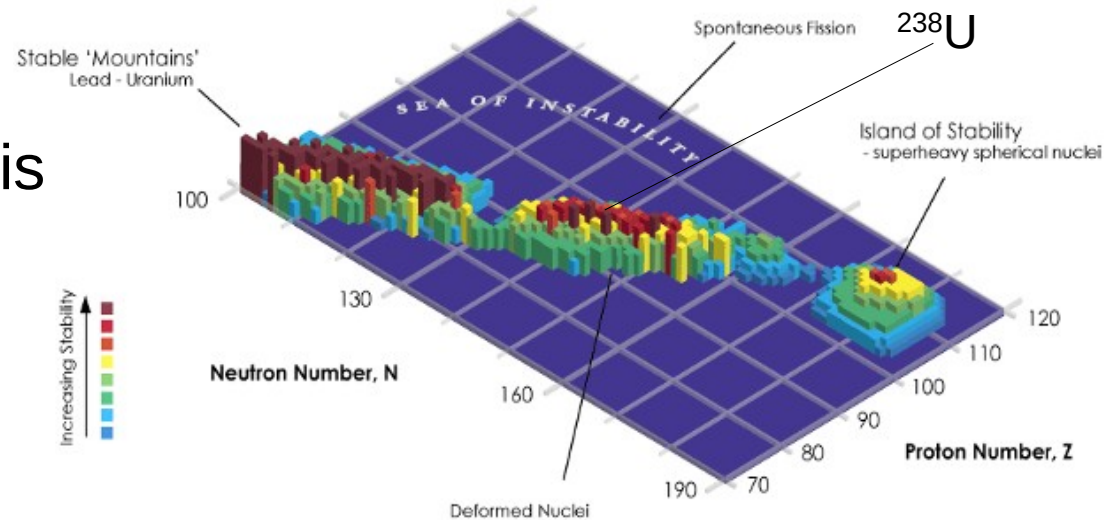
=> **Modelo Nuclear de Camadas**



O Núcleo Atômico

Modelo Nuclear de Camadas

O modelo **prevê** mais um número mágico de 184 para nêutrons, e uma “ilha” de isótopos relativamente estáveis (tempos de vida de minutos a dias; algumas previsões vão até milhões de anos) na região $Z = 110$, $N = 180$, além do atualmente último isótopo estável conhecido, o ^{238}U , a **Ilha de Estabilidade**.



O Núcleo Atômico

O Spin Nuclear

Igual como elétrons, **núcleons** também tem um **spin**, de $s = 1/2$
 $\Rightarrow m_s = \pm 1/2$

Num núcleo, estes se somam para o **spin nuclear**, onde spins anti-alinhados se cancelam:

- Um núcleo com Z e N pares ($\Rightarrow A$ é par) tem spin 0
- Um núcleo com Z e N ímpares ($\Rightarrow A$ é ímpar) tem spin inteiro
- Um núcleo com Z ou N ímpar ($\Rightarrow A$ é ímpar) tem spin semi-inteiro

Spin Quantum Numbers of Some Common Nuclei

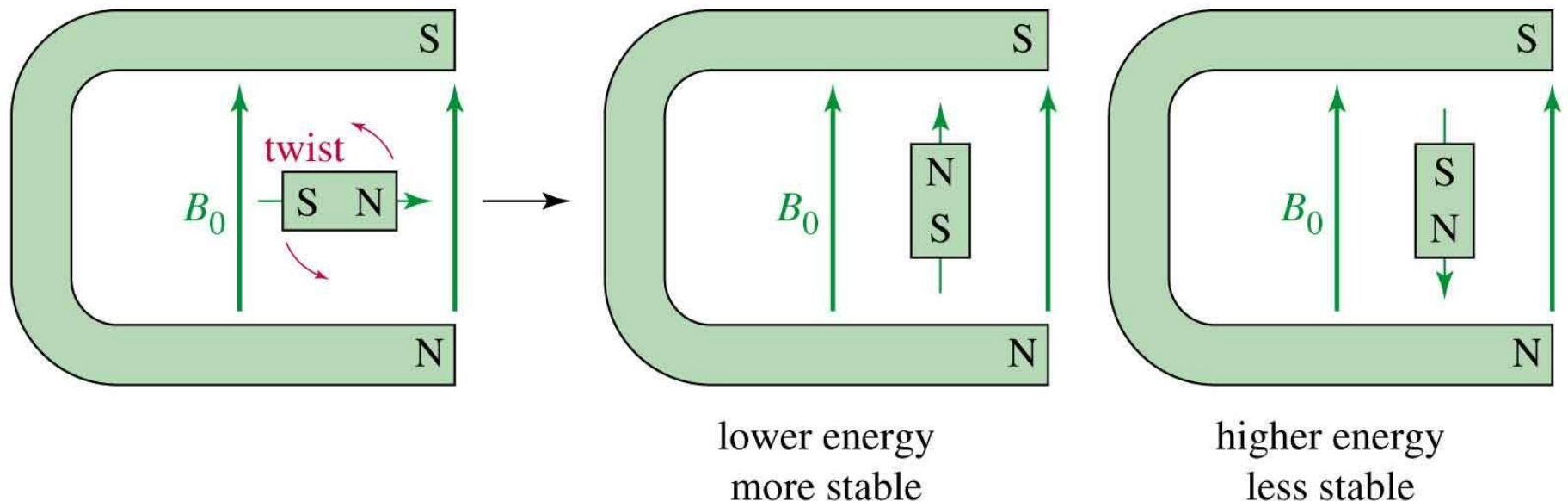
Element	${}^1_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^{12}_6\text{C}$	${}^{13}_6\text{C}$	${}^{14}_7\text{N}$	${}^{16}_8\text{O}$	${}^{17}_8\text{O}$	${}^{19}_9\text{F}$	${}^{31}_{15}\text{P}$	${}^{35}_{17}\text{Cl}$
Nuclear spin quantum number s	$\frac{1}{2}$	1	0	$\frac{1}{2}$	1	0	$\frac{5}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$
Number of spin states $m_s, 2s+1$	2	3	0?	2	3	0?	6	2	2	4

O Núcleo Atômico

O Spin Nuclear

Já que o núcleo tem uma **carga elétrica**, se ele tem spin $\neq 0$, ele tem um **momento magnético**, da ordem de $\mu = 10^{-26}$ J/T.

Dentro de um **campo magnético B_0** , isto resulta em um **desdobramento da energia** do núcleo em $2s+1$ níveis, o estado de **maior energia** sendo aquele com o **spin anti-alinhado** com o **campo**, apresentando então um **estado excitado**.

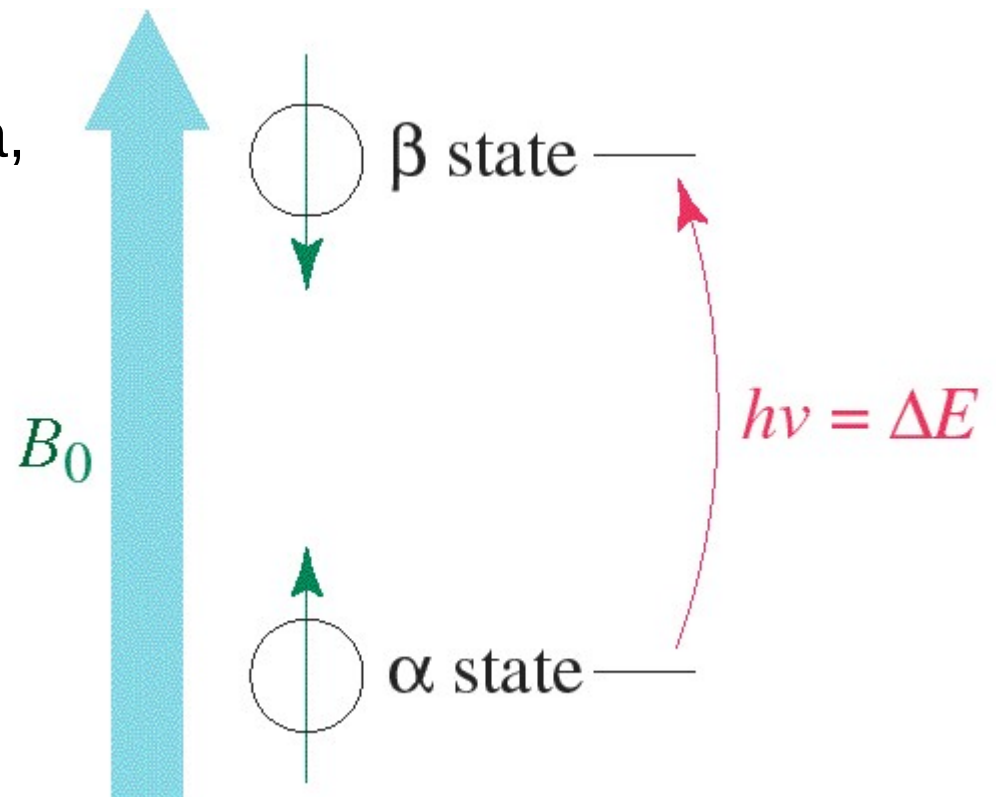
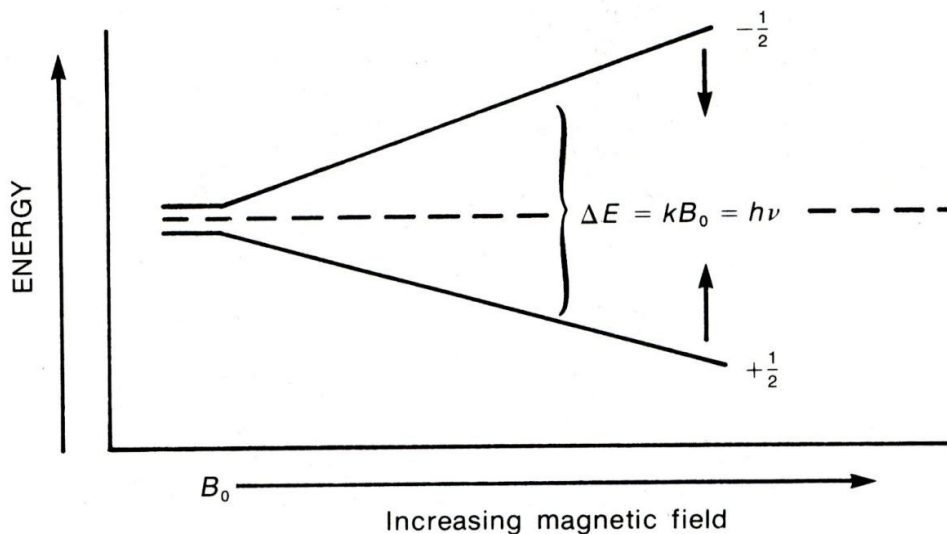


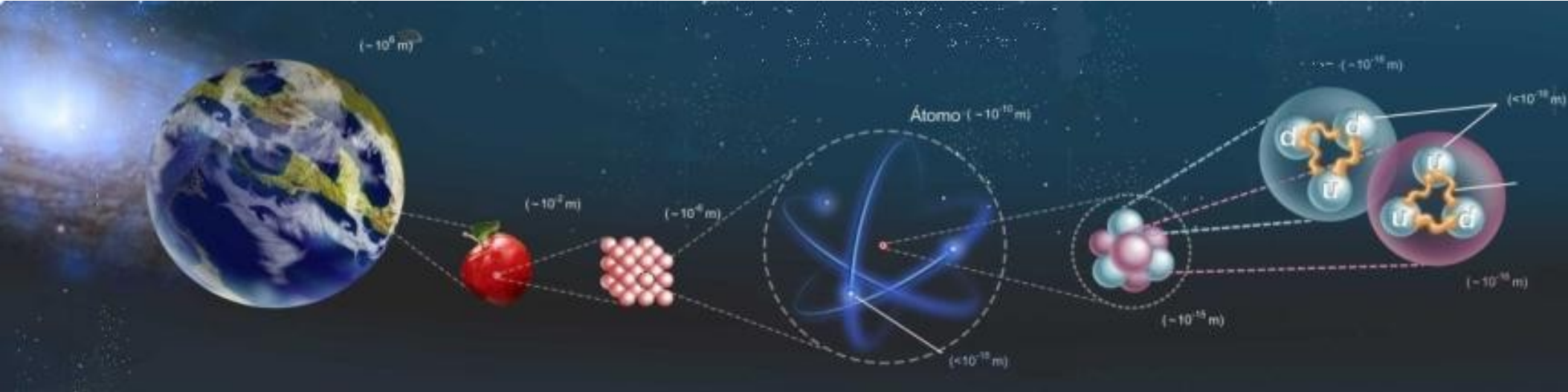
O Núcleo Atômico

O Spin Nuclear

Se o núcleo está neste estado de maior energia, ele pode se **desexcitar**, isto é, se **alinhar** com o campo e **emitir** um **fóton** com energia $h\nu = \Delta E = \Delta(\mathbf{B}_0 \cdot \boldsymbol{\mu}) = B_0 \mu \Delta m_s / \sqrt{s(s+1)}$.

Para campos da ordem de um Tesla, esta energia é muito baixa, gerando fótons na faixa das ondas de rádio.





Universidade Federal do ABC

Estrutura da Matéria

FIM pra hoje

<http://professor.ufabc.edu.br/~pieter.westera/Estrutura.html>