

φασματοσκοπία **Mössbauer**

Mössbauer spectroscopy

is a **versatile technique** that can be used to provide information in many areas of science such as Physics, Chemistry, Biology and Metallurgy.

It can give very precise information about the **chemical, structural, magnetic and time-dependent properties of a material.**

Key to the success of the technique is the discovery of recoilless gamma ray emission and absorption,

now referred to as the '**Mössbauer Effect**', after its discoverer Rudolph Mössbauer,

who first observed the effect in 1957 and received the Nobel Prize in Physics in 1961 for his work.

The Mössbauer Effect

Nuclei in atoms undergo a variety of **energy level transitions**, often associated with the **emission** or **absorption** of a **gamma ray**.

These **energy levels** are influenced by their **surrounding environment**, both **electronic** and **magnetic**, which can change or split these energy levels.

These changes in the energy levels can provide information about the atom's local environment within a system and ought to be observed using resonance-fluorescence.

There are, however, two major obstacles in obtaining this information:

- the 'hyperfine' interactions between the nucleus and its environment are extremely small, and
- the recoil of the nucleus as the gamma-ray is emitted or absorbed prevents resonance.

Η φασματοσκοπία Mössbauer είναι παρόμοια με τη NMR φασματοσκοπία δεδομένου ότι εξετάζει τις πυρηνικές μεταβάσεις και είναι έτσι ευαίσθητη στις παρόμοιες αλληλεπιδράσεις ηλεκτρόνιο-πυρήνων όπως η μετατόπιση στο NMR.

Επιπλέον, λόγω των υψηλής ενέργειας και των εξαιρετικά στενού πλάτους γραμμών ακτίνων γάμμα, είναι μια από τις πιο ευαίσθητες τεχνικές από την άποψη της ενεργειακής ακρίβειας (resolution) που έχει την ικανότητα της ανίχνευσης των αλλαγών ακριβώς μερικών μερών ανά 10^{11} .

In a **free nucleus** during **emission** or **absorption** of a gamma ray
it recoils due to conservation of momentum,
just like a gun recoils when firing a bullet, with a recoil energy E_R .

This recoil is shown in Fig1.



The emitted gamma ray has E_R less energy than the nuclear transition but to be resonantly absorbed it must be E_R *greater* than the transition energy due to the recoil of the absorbing nucleus. To achieve resonance the loss of the recoil energy must be overcome in some way.

Το φαινόμενο Mossbauer είναι η οπισθοχώρηση-ελεύθερη εκπομπή της γ ακτινοβολίας από ένα ραδιενεργό στερεό υλικό.

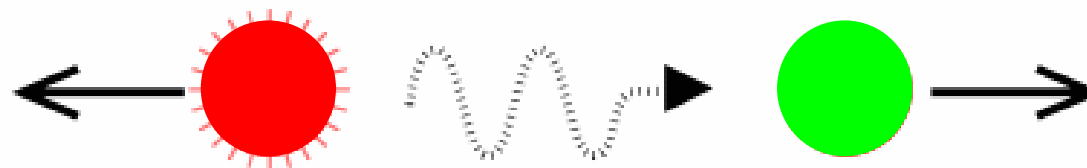
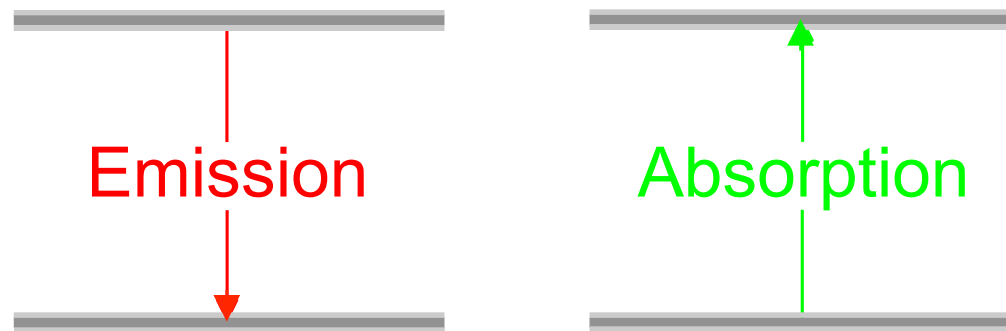


Οπισθοχώρηση των ελεύθερων πυρήνων στην εκπομπή ή την απορρόφηση gamma-ray

Μιας και η γάμμα η εκπομπή είναι ελεύθερη από οπισθοχώρηση, μπορεί να απορροφηθεί resonantly από τα στάσιμα άτομα, δηλ., από ένα στερεό.

Οι πυρηνικές μεταβάσεις είναι πολύ ευαίσθητες στο τοπικό περιβάλλον του ατόμου και η φασματοσκοπία Mossbauer είναι ένας ευαίσθητος έλεγχος από τα διαφορετικά περιβάλλοντα που ένα άτομο καταλαμβάνει σε ένα στερεό υλικό.

Free **emitting** and **absorbing** atoms



Recoil

Energy of recoil $\longrightarrow$

$$E_R = \frac{E_\gamma^2}{2mc^2}$$

$\longleftarrow$ γ -ray energy

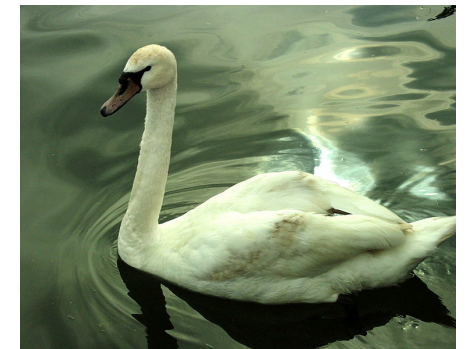
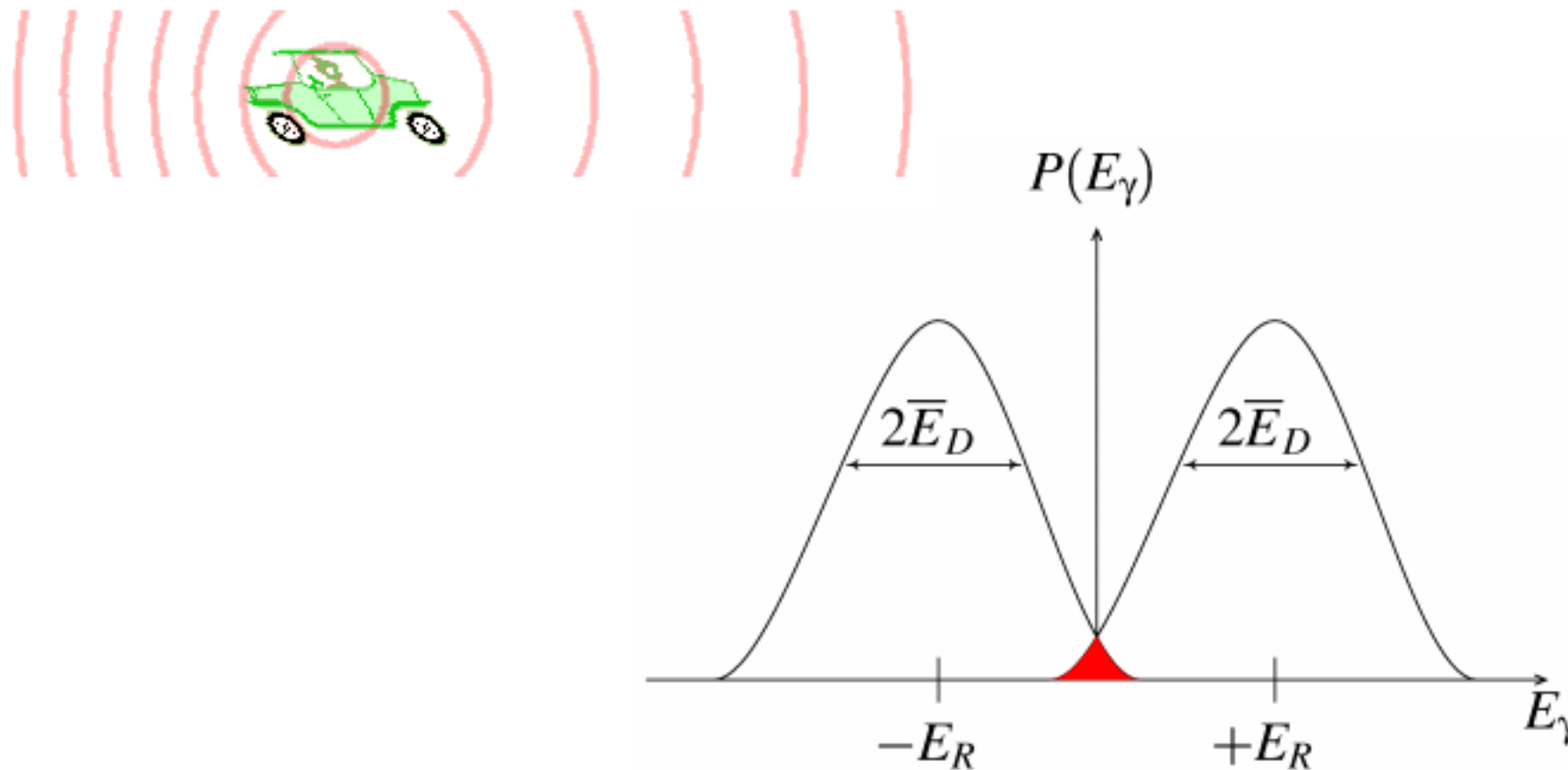
$\longleftarrow$ Mass of atom

As the atoms will be moving due to random thermal motion the gamma-ray energy has a spread of values E_D caused by the Doppler effect.

This produces a gamma-ray energy profile as shown in Fig2.

To produce a resonant signal the two energies need to overlap and this is shown in the red-shaded area.

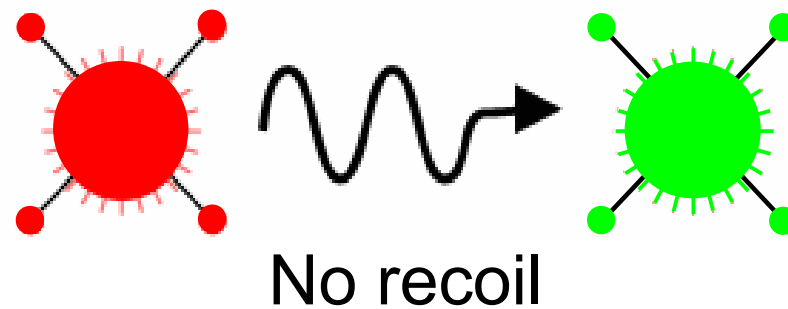
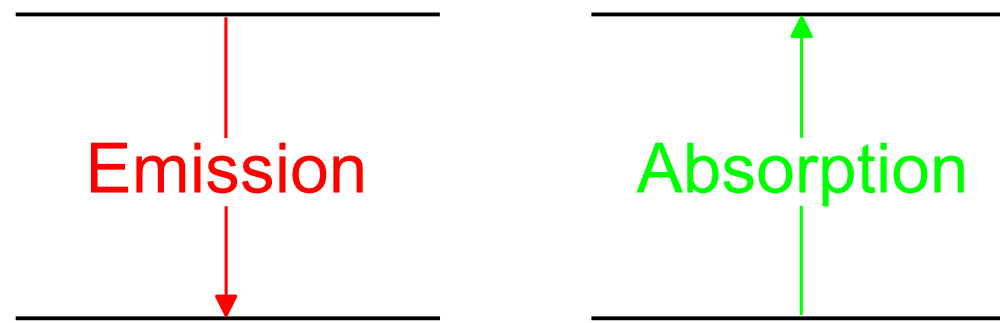
This area is shown exaggerated as in reality it is extremely small, a millionth or less of the gamma-rays are in this region, and impractical as a technique.



Συντονισμένη επικάλυψη στα ελεύθερα άτομα.

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dopplerfrequenz.gif>

Emitting and **absorbing** atoms fixed in a lattice



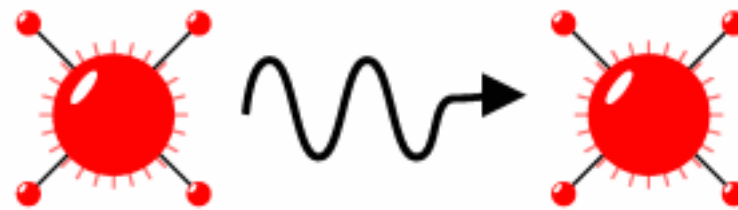
[Dopplerfrequenz.gif](#)

$$E_R = \frac{E_\gamma^2}{2Mc^2}$$

↑ Mass of particle

Mössbauer spectroscopy is the recoil-free emission and absorption of gamma rays

Αυτό που ο Mössbauer ανακάλυψε είναι ότι
όταν τα άτομα είναι μέσα σε μια στερεά μήτρα
η αποτελεσματική μάζα του πυρήνα είναι πάρα πολύ
μεγαλύτερη



Η ελεύθερη οπισθοχώρηση-εκπομπή ή
απορρόφηση γαμμα-ακτίνες
όταν οι πυρήνες είναι
σε μια στερεά μήτρα όπως ένα δικτυωτό πλέγμα
κρυστάλλου

Εάν οι εκπέμποντες και απορροφούντες πυρήνες είναι ίδιοι, όπως στα κυβικά περιβάλλοντα, οι ενέργειες μετάβασης είναι ίδιες και έχουμε ένα φάσμα όπως:

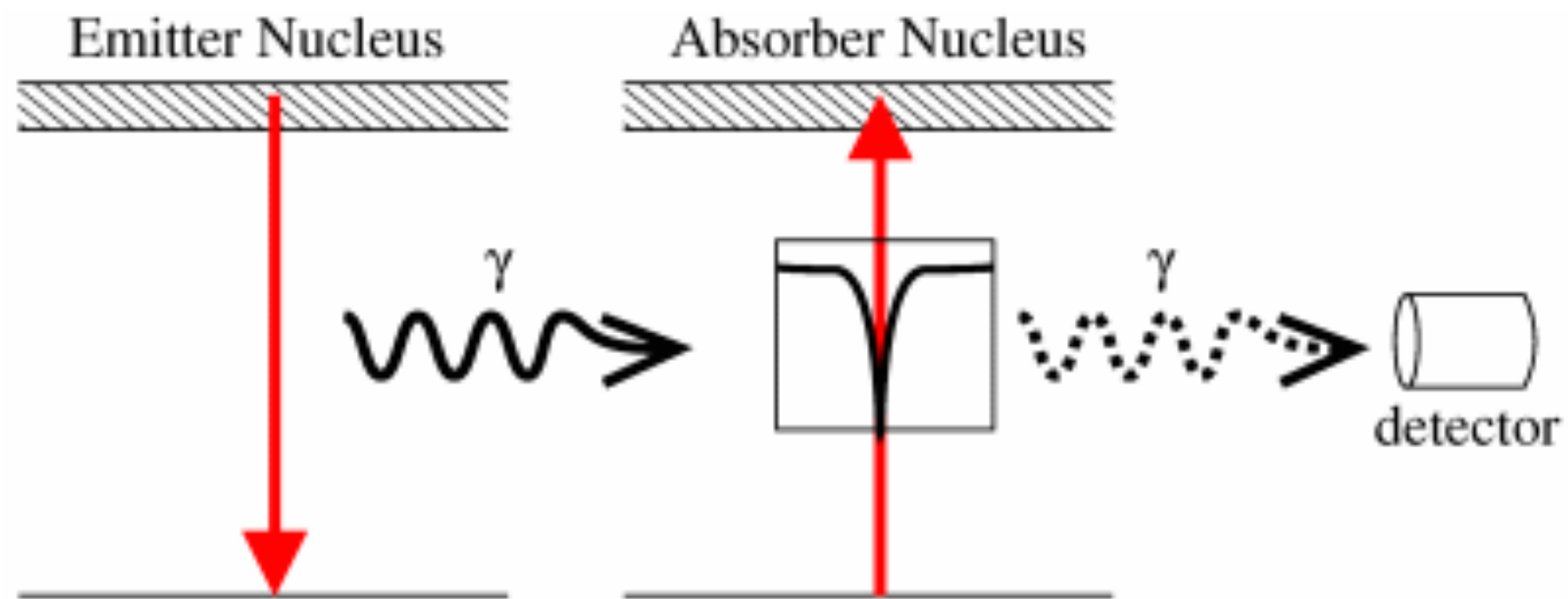
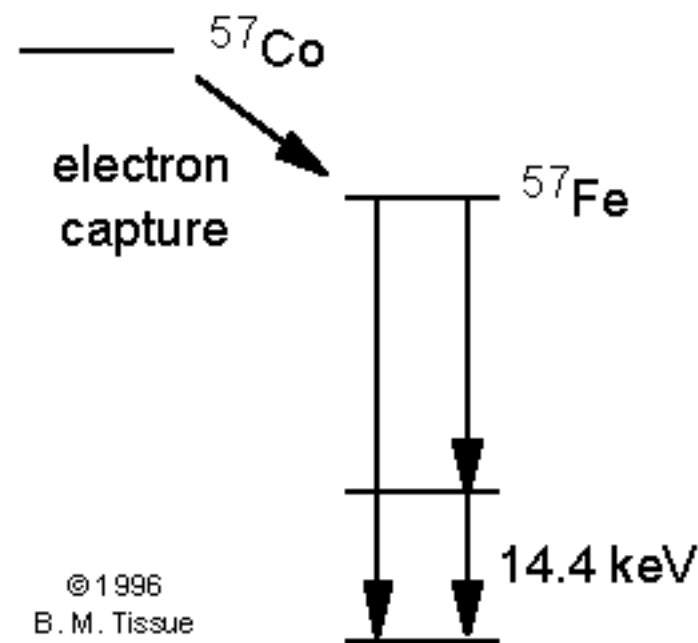


Fig4: Simple Mössbauer spectrum from identical source and absorber

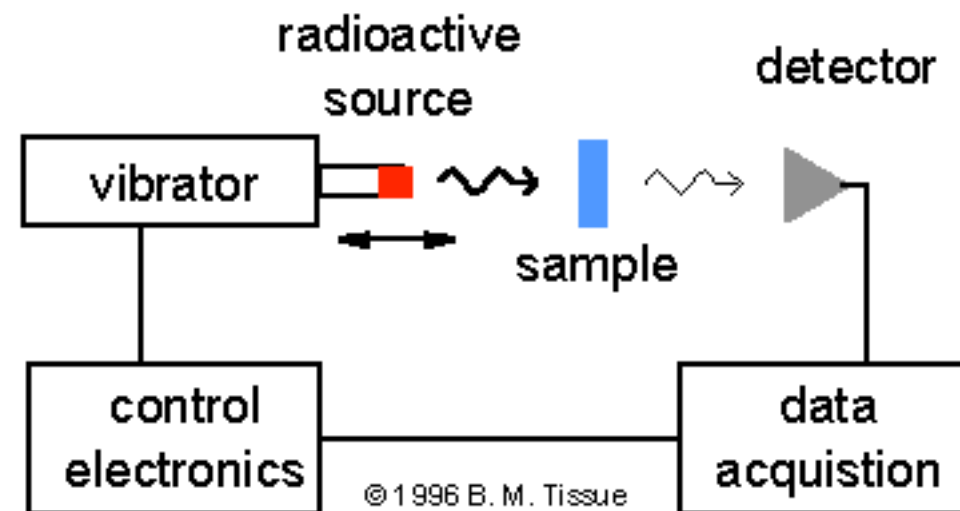
παραγωγή ακτίνων γ για φασματοσκοπία Mossbauer ^{57}Fe



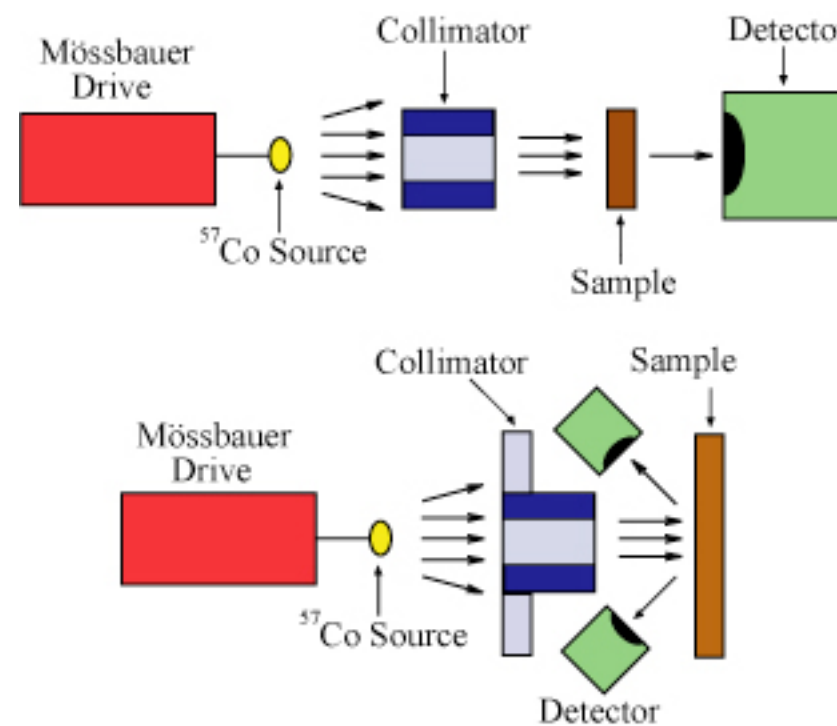
περίπου το 90% της διεγερμένης κατάστασης των πυρήνων ^{57}Fe αποδιεγείρεται στο ενδιάμεσο επίπεδο 14,4 keV για παραγωγή γ ακτινοβολίας.

Αυτά τα γ φωτόνια μπορούν να απορροφηθούν από το δείγμα του ^{57}Fe .

Σχηματική αναπαράσταση για φασματοσκοπία διαπερατότητας (μετάδοσης) Mossbauer



Σχηματική αναπαράσταση για φασματοσκοπία διαπερατότητας (μετάδοσης) Mossbauer



http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/mossbauer.html

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac															
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Fig: Elements of the periodic table which have known Mössbauer isotopes (shown in red font).
Those which are used the most are shaded with black