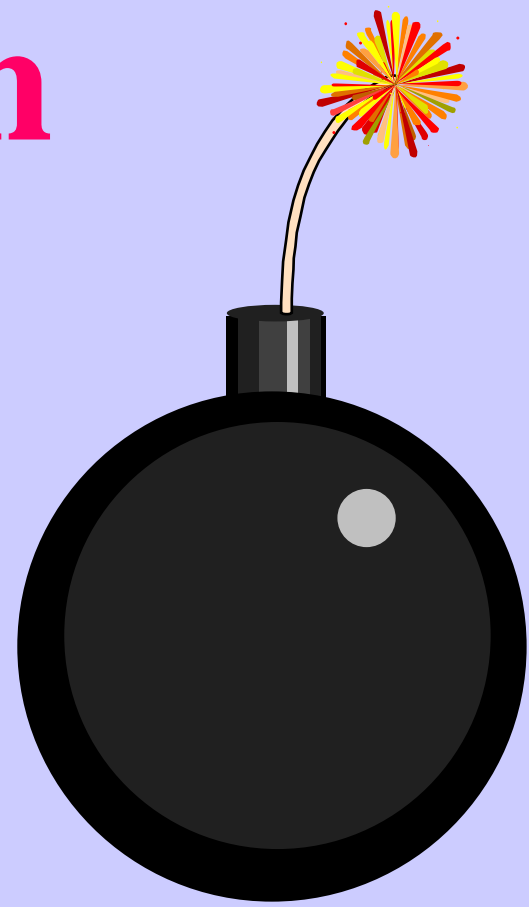
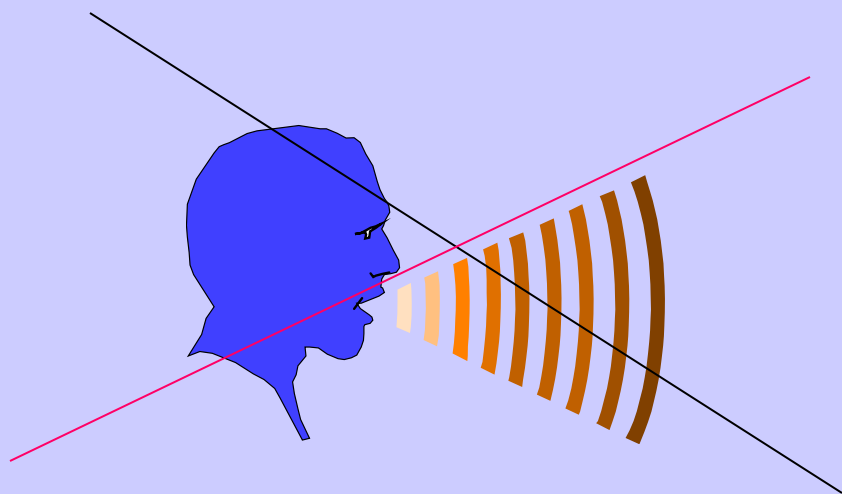
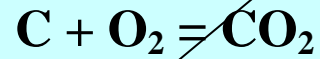


Chemia materiałów wybuchowych

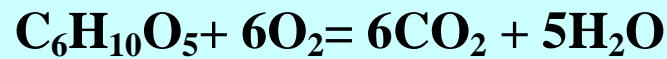
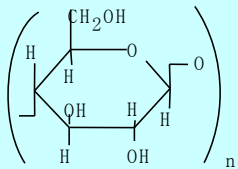


tlen z powietrza

Spalanie pierwiastka węgla

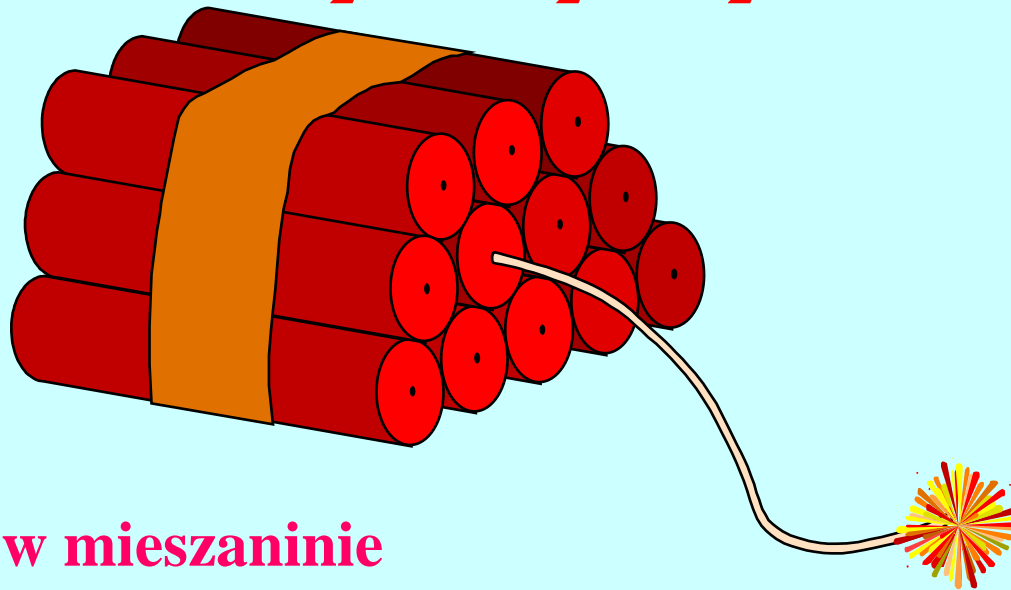


spalanie drewna (celuloza + lignina)



- Pierwszy materiał wybuchowy to chiński czarny proch, czyli mieszanina 75% saletry potasowej, 15% węgla drzewnego i 10% siarki

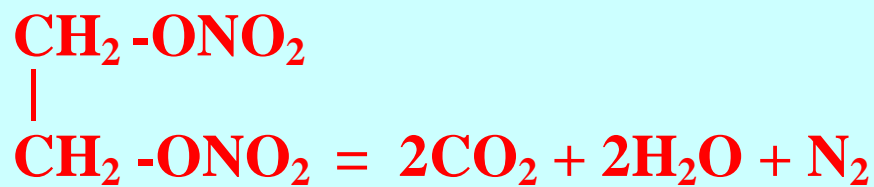
- Proch czarny pojawił się w Europie zachodniej w XIV i był używany np. w bitwie pod Grunwaldem w 1410 roku. Proch czarny to jedyny materiał wybuchowy do połowy XIX wieku



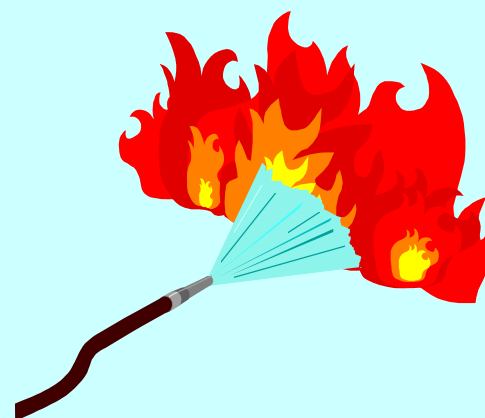
tlen zawarty w mieszaninie

- najpierw pojawiła się „nitroceluloza” – właściwie azotan(V) celulozy, potem „nitrogliceryna” - poprawnie triazotan(V) glicerolu, i dynamit. Na początku XX wieku zaczęto stosować trotyl

Reorganizacja atomów w cząsteczce diazotanu(V) glikolu etylenowego zachodzi według reakcji:

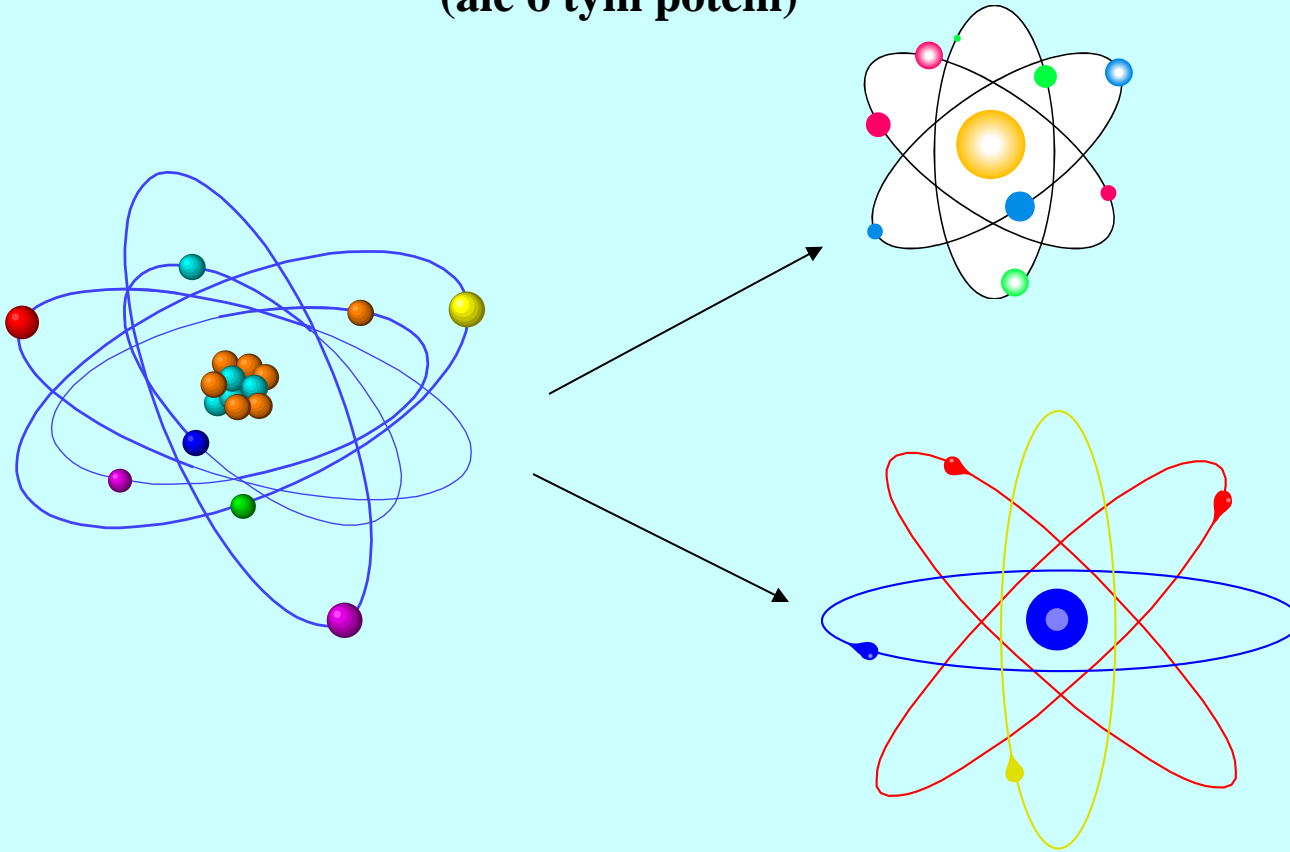


tlen zawarty w cząsteczce



jądrowe materiały wybuchowe

(ale o tym potem)

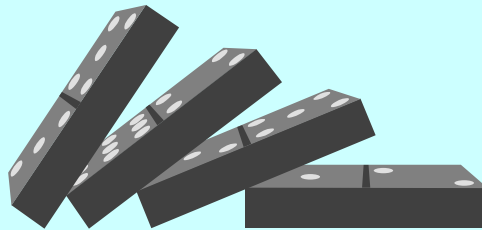


nieistotna rola tlenu

Wybuch jest gwałtowną zmianą stanu równowagi układu prowadzącą do pracy mechanicznej. Wybuch składa się z dwóch etapów.

- 1. zamiana energii chemicznej na energię substancji silnie sprężonej**
- 2. rozszerzanie sprężonej substancji prowadzące do niszczenia otoczenia.**

Wybuchowi towarzyszy fala detonacyjna powodująca wstrząsy i huk



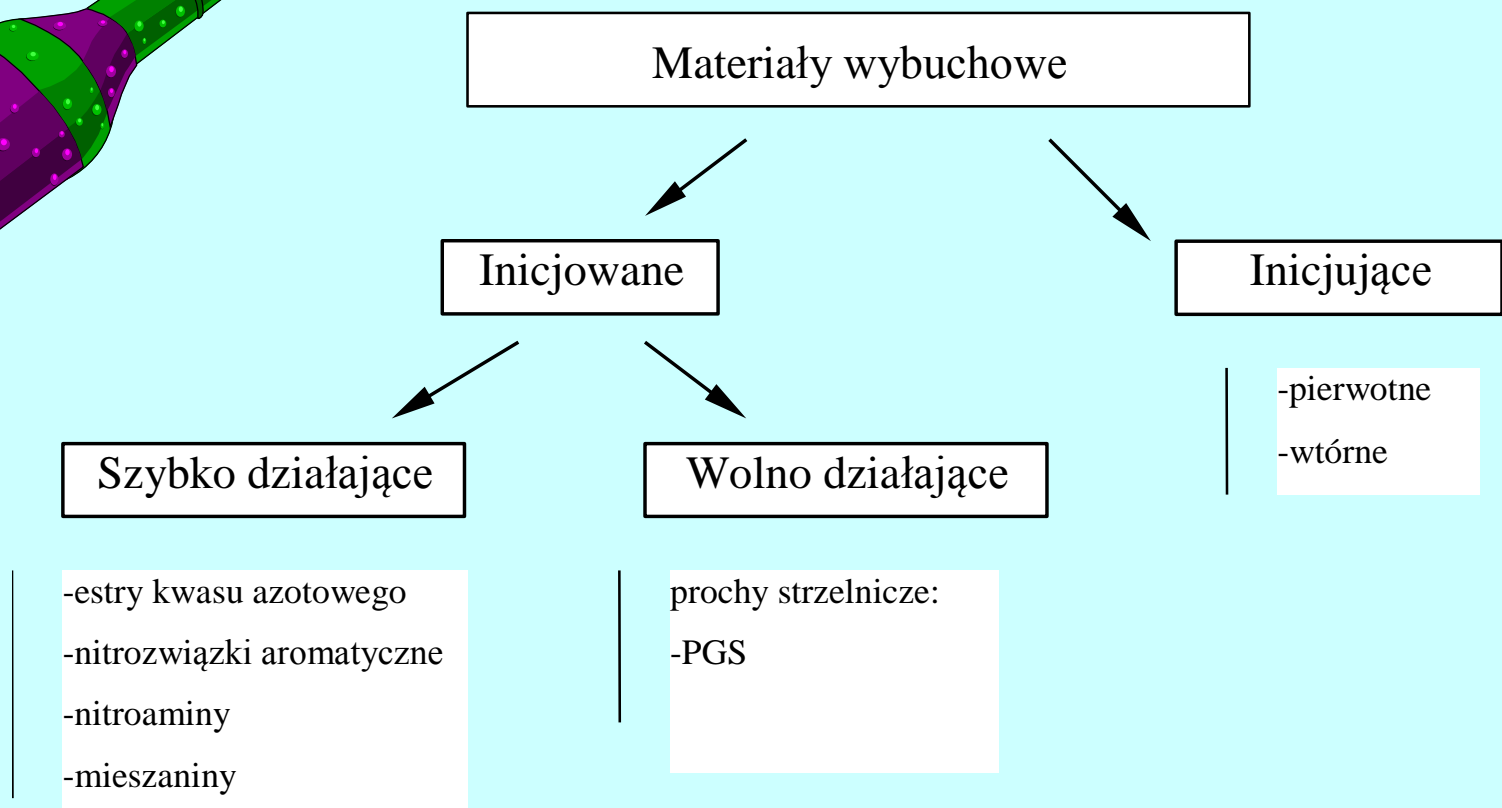
Wyróżnia się następujące rodzaje wybuchu: detonacja, wybuch zwykły i deflagrację.

***Detonacja* polega na rozkładzie cząsteczek materiału wybuchowego z prędkością od 1000 do 8500* m/s, który prowadzi do krótkotrwałych, ale silnych ciśnień gazów, które rozprężając się kruszą otaczające środowisko. Materiały detonujące nazywamy *kruszącymi*. Detonacje poznaje się po obecności fali detonacyjnej (drgania powietrza i ziemi) i silnym huku.**

***Wybuch zwykły* polega na szybkim spalaniu się substancji palnej mieszaniny wybuchowej z udziałem tlenu zawartego w innym składniku materiału wybuchowego. Wybuch zwykły zachodzi z prędkością od 400 do 1000 m/s. Podczas wybuchu zwykłego rozprężania gazów jest wolniejsze niż przy detonacji. Materiały które ulegają wybuchowi zwykłemu nazywa się *motającymi*. Wybuchowi zwykłemu towarzyszy huk.**

***Deflagracja* polega na nierównomiernym i raczej powolnym niejednorodnym zachodzeniu reakcji potencjalnie wybuchowej, która zachodzi z prędkością od kilku do kilkudziesięciu m/s. Deflagrację można porównać do bardzo szybkiego spalania. Deflagracji może towarzyszyć gwizd lub syk. Deflagracji mogą ulegać zarówno materiały kruszące jak i motające**

***Obecnie znane są materiały wybuchowe o większej niż 8500 m/s prędkości reakcji (detonacji) (Paul W. Cooper, *Explosives Engineering*, New York, Wiley-VCH, 1996)**

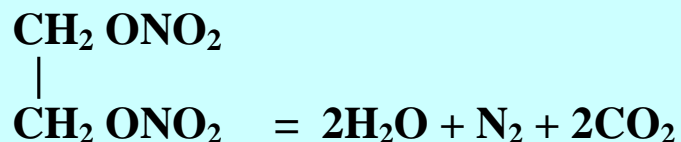


Podział materiałów wybuchowych stosowanych w górnictwie (Sztuk i współ., 1980)

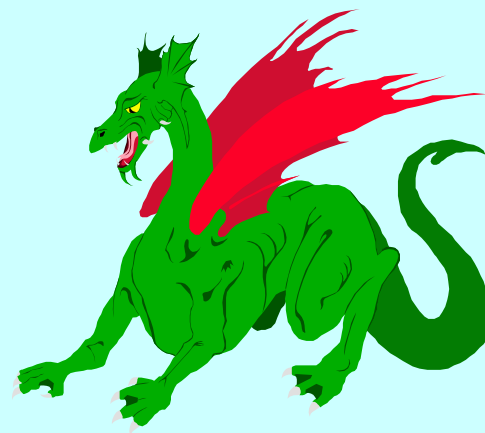
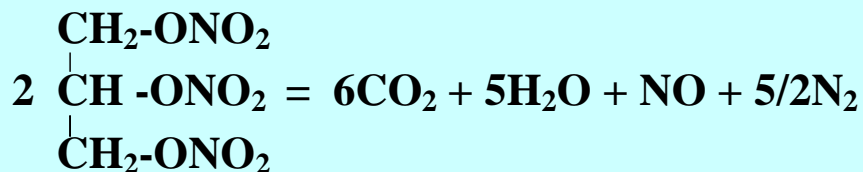
Bilans tlenowy

-zerowy (nie wydzielają się substancje trujące tylko $\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + \text{CO}_2$)

(np. diazotan(V) glikolu etylenowego)



- dodatni bilans tlenowy (np. triazotan(V) glicerolu)



-ujemny bilans tlenowy (np. trójnitrotoluen (trotyl)):

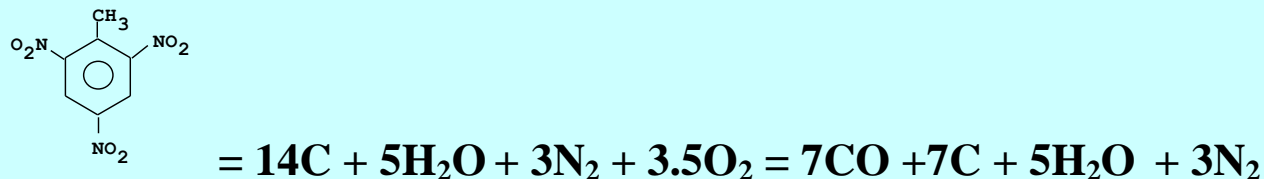


Tabela 1. Ważniejsze estry kwasu azotowego (HNO₃) z alkoholami stosowane jako materiały wybuchowe kruszące

Substancja	Wzór	Właściwości
triazotan(V) glicerolu nitrogliceryna	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{ONO}_2 \\ \\ \text{CHONO}_2 \\ \\ \text{CH}_2\text{ONO}_2 \end{array}$	bezbarwna, oleista, trująca, silnie wybuchowa ciecz. T_t=8°C. W stanie stałym przełamywana wybuchem.
diazotan(V) glikolu etylenowego)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{ONO}_2 \\ \\ \text{CH}_2\text{ONO}_2 \end{array}$	bezbarwna, trująca, wybuchowa ciecz. Trudnozamarzalny materiał wybuchowy gdyż jego T_t = -22,3°C.

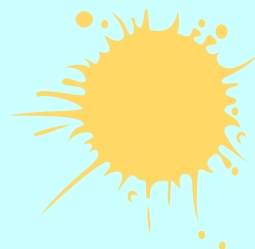
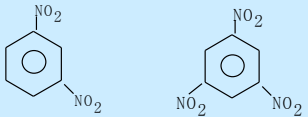
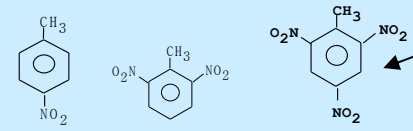
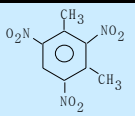
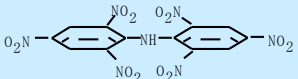
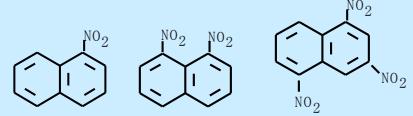
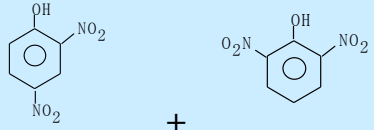
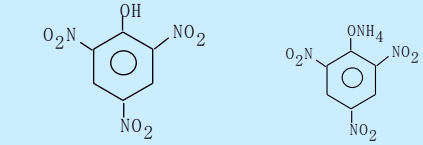


Tabela 2. Przykładowe nitrozwiązki aromatyczne

Substancja	Wzór
a) dwunitrobenzen b) trójnitrobenzen	 <p>a b</p>
a) nitrotoluen b) dwunitrotoluen c) trójnitrotoluen	 <p>a b c</p>
ksylit	
heksyl	
a) nitronaftalen b) dwunitronaftalen c) trojnitronaftalen	 <p>a b c</p>
dwunitrofenol	 <p style="text-align: center;">+</p>
a) kwas pikrynowy b) pikrynian amonu	 <p>a b</p>

TROTYL

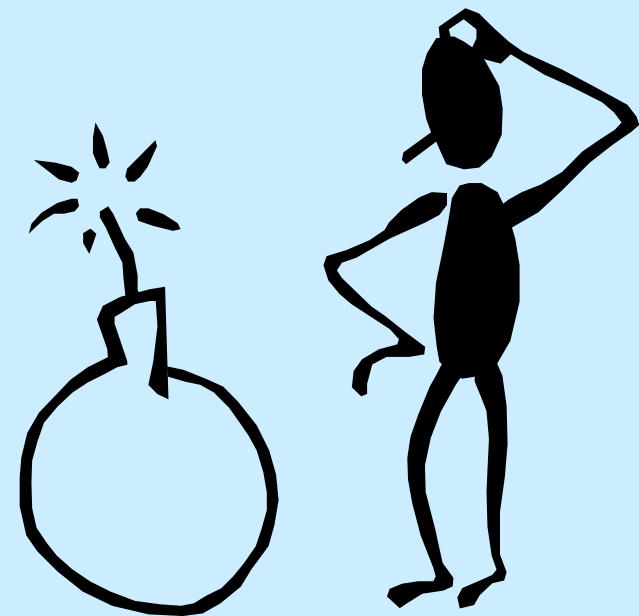
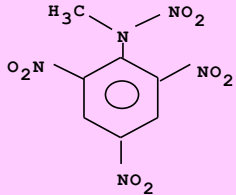
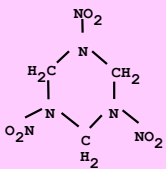
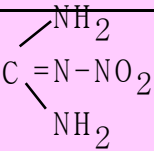
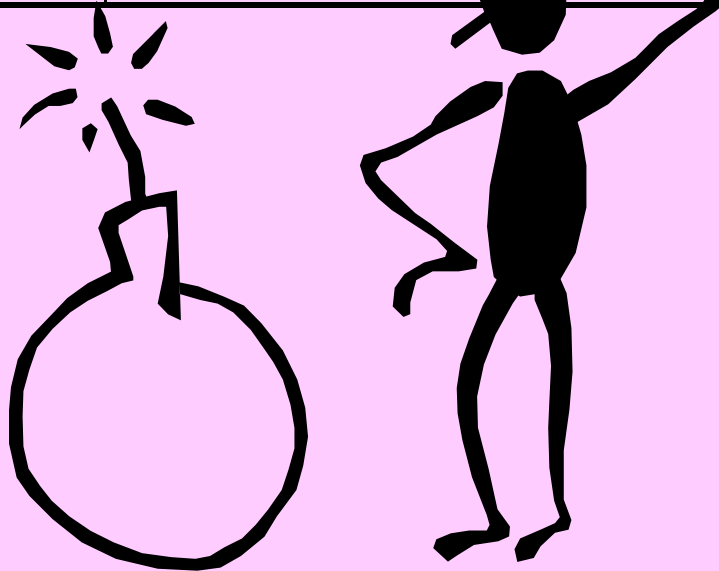


Tabela 3. Substancje wybuchowe z grupy nitroamin

Nazwa	wzór chemiczny	barwa	Inne cechy
tetryl (trójnitrofenylometylonitroamina)		żółta	silnie toksyczna
heksogen (trójnitrotrójazyna)		biała	nie reaguje z metalami material silnie wybuchowy
nitroguanidyna		bezbarwna	trwała chemicznie trudna do zainicjowania



Pierwotne inicjujące materiały wybuchowe

Piorunian rtęci ($\text{C}=\text{N}-\text{O}$)₂Hg (biały proszek)

Azydek ołowiu ((N_3))₂Pb (biały proszek)

Trójnitrorezorcynian ołowiu - TNRO

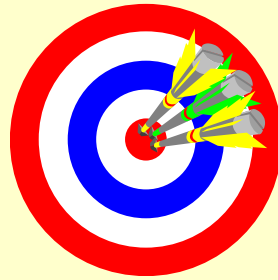
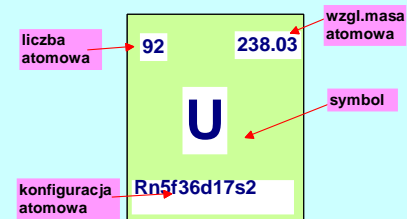
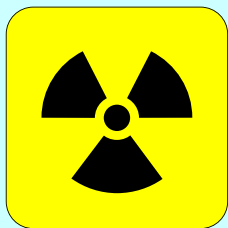
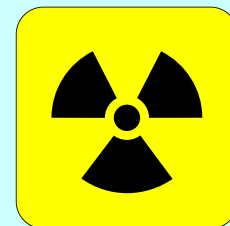
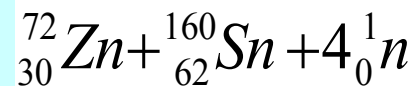
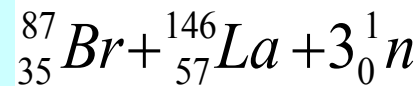
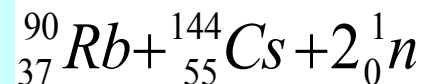
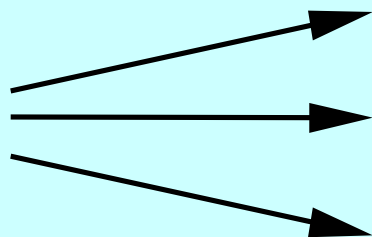
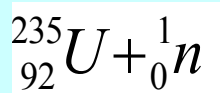


Tabela 4. Substancje wybuchowe inicjujące wtórne. Tetryl oraz heksogen - tabela 3.

Nazwa	wzór chemiczny	barwa	Inne cechy
pentryt (tetraazotan(V) pentaerytrytolu)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{ONO}_2 \\ \\ \text{O}_2\text{NO}-\text{H}_2\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{ONO}_2 \\ \\ \text{CH}_2 - \text{ONO}_2 \end{array}$	biała	nie reaguje z metalami*
tetrazen	$\begin{array}{c} \text{N}-\text{N} \parallel \\ \parallel \quad \text{C}-\text{N}=\text{N}-\text{NH}-\text{C}-\text{NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \\ \text{N}-\text{NH} / \quad \quad \quad \parallel \text{NH} \end{array}$	żółta	dodatek uczulający w spłonkach azydkowych
acetylenek miedzi(I)	$\text{Cu}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Cu}$	brunatna	łatwo zapala się od rozzarzonego drutu



Proces rozpadu uranu jest skomplikowany. Zachodzą reakcje:



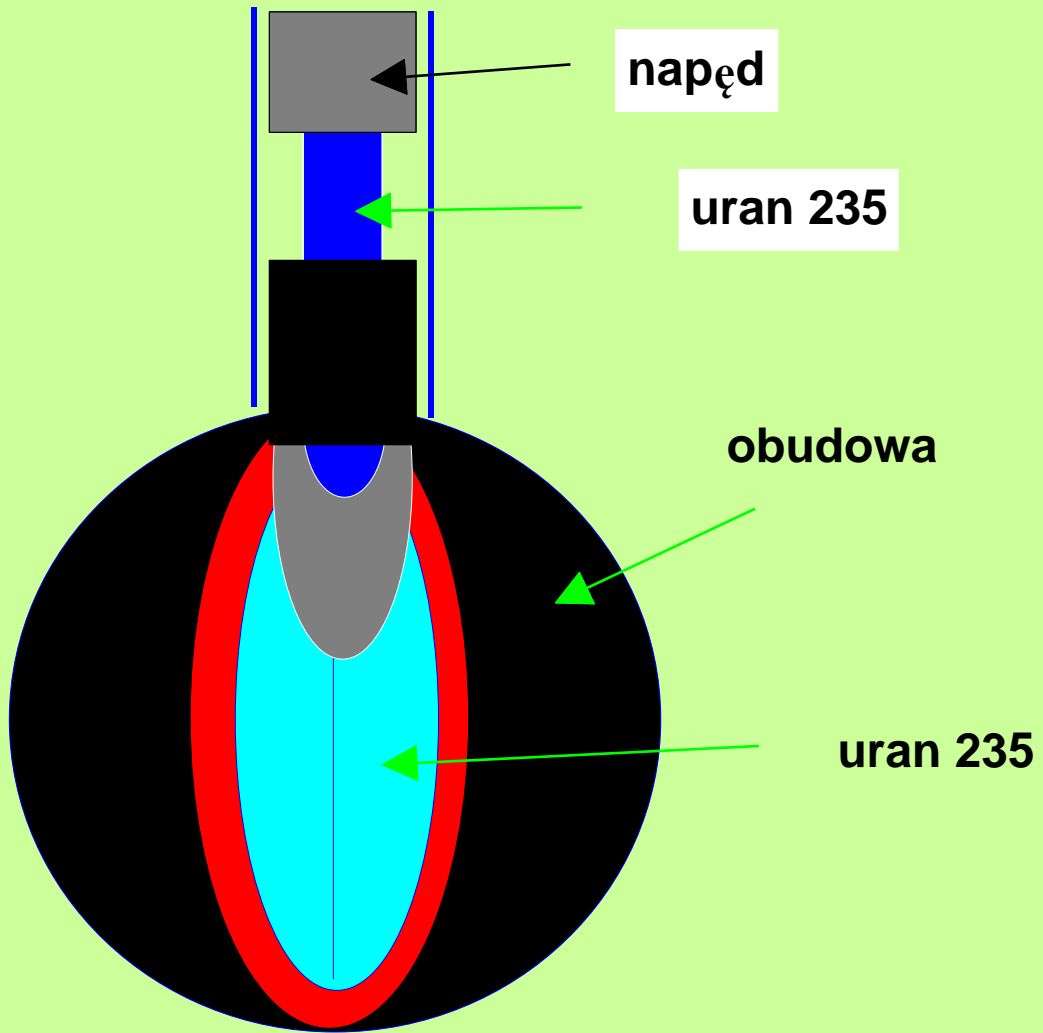
Video: How nuclear bombs are made *

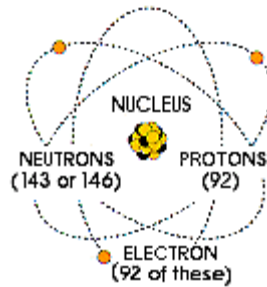
Depleted Uranium

Uranium having less than the natural 0.7% U-235. As a by-product of enrichment in the fuel cycle it generally has 0.25-0.30% U-235, the rest being U-238. Can be blended with highly-enriched uranium (eg from weapons) to make reactor fuel

Yellowcake

The product of the uranium extraction process Early production methods resulted in a bright yellow compound, hence the name. It is a mixture of uranium oxides that vary in proportion and in color from yellow to orange to dark green depending on the temperature the material was dried. It is commonly referred to as U₃O₈. This fine powder is packaged in drums and sent to a conversion plant that produces uranium hexafluoride (UF₆) as the next step in the manufacture of nuclear fuel.





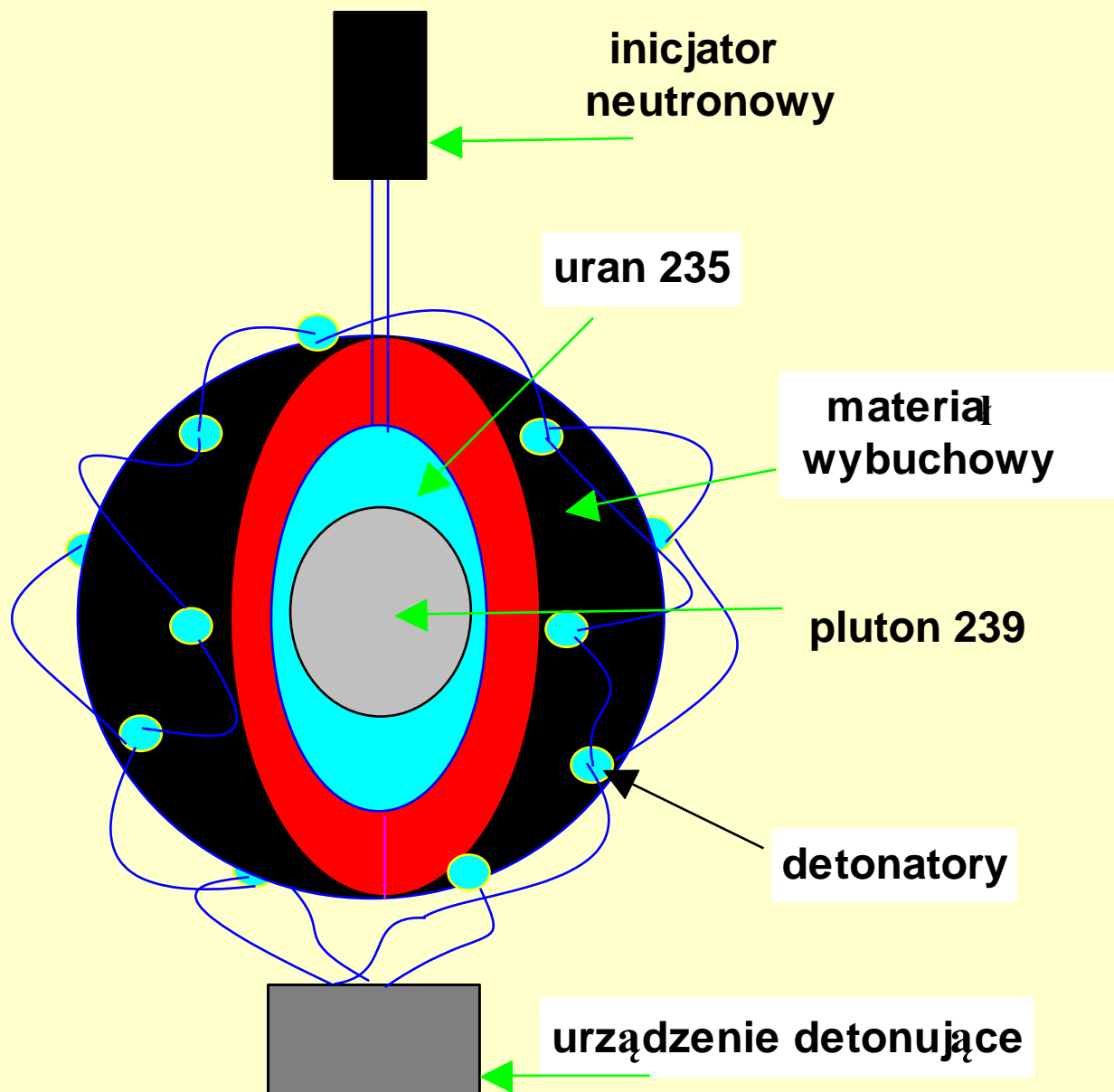
The Uranium Atom

On a scale arranged according to the increasing mass of their nuclei, uranium is the heaviest of all the naturally-occurring elements (Hydrogen is the lightest). Uranium is 18.7 times as dense as water.

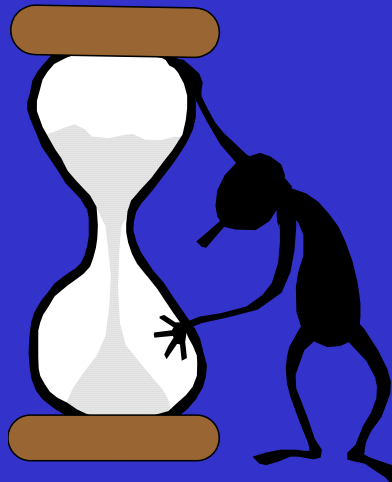
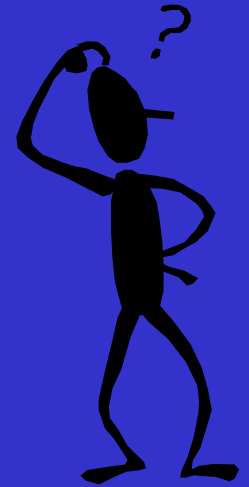
Like other elements, uranium occurs in slightly differing forms known as 'isotopes'. These isotopes (16 in the case of uranium) differ from each other in the number of particles (neutrons) in the nucleus. 'Natural' uranium as found in the earth's crust is a mixture largely of two isotopes: uranium-238 (U-238), accounting for 99.3% and U-235 about 0.7%.

The isotope U-235 is important because under certain conditions it can readily be split, yielding a lot of energy. It is therefore said to be 'fissile' and we use the expression 'nuclear fission'. Meanwhile, like all radioactive isotopes, it decays. U-238 decays very slowly, its half-life being the same as the age of the earth (4500 million years). This means that it is barely radioactive, less so than many other isotopes in rocks and sand. Nevertheless it generates 0.1 watts/tonne and this is enough to warm the earth's core.

<http://www.world-nuclear.org/education/uran.htm>



Zadanie domowe: co to jest Semtex?



Semtex is a general-purpose plastic explosive.

First made by the Semtín East Bohemian Chemical Works (then called VCHZ Synthesia, Pardubice, Czech Republic), it is used in commercial blasting, demolition, and in certain military applications. Semtex became notoriously popular with terrorists because it was, until recently, extremely difficult to detect, as in the case of Pan Am Flight 103.

Also in response to international pressure, Semtex has ethylene glycol dinitrate added as a detection taggant to produce a distinctive vapor signature to aid detection. Efforts have also been made to reduce the shelf life of Semtex from its current 20 years to three or even less but have proved difficult, and all new supplies contain an identifying metallic code

Główny składnik tetraazotanu(V) pentaerytrytolu = pentryt

There are two common varieties, A for blasting and H (or SE) for hardening:

	Semtex H	Semtex A
PETN	49.8 %	94.3 %
RDX	50.2 %	5.7 %
Dye	Sudan I (red-orange)	Sudan IV (reddish brown)
Antioxidant		1%
Plasticizer	,	9%
Binder	styrene-butadiene rubber	9,4%