



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

Lekce 2

ENV012

Chemická bezpečnost a hazardní materiály Úvod do detekce CBR látek a principy detekce chemických látek

Ing. Pavel Častulík, CSc

castulik@recetox.muni.cz

Jaro 2012



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

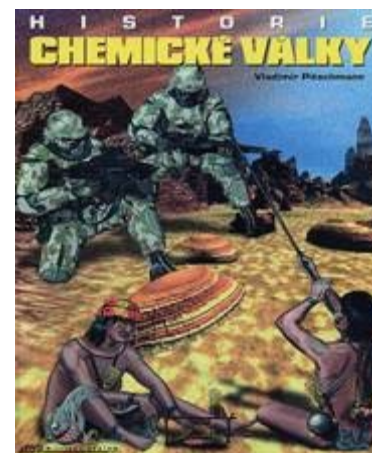
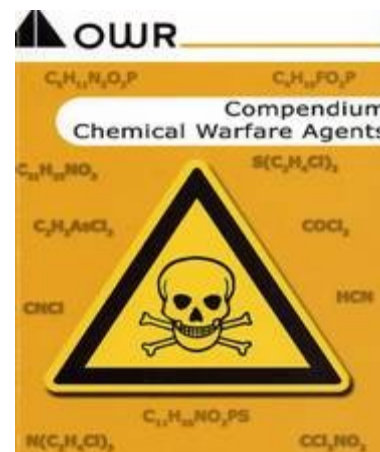
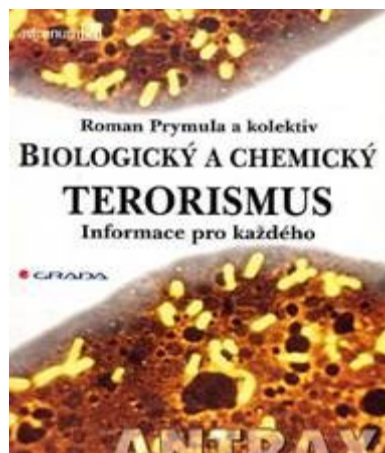


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

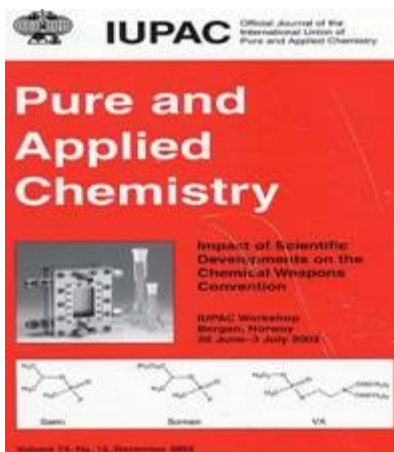
OSNOVA

- Účel detekce
- Podmínky detekce
- Neelektronické detekční prostředky
- Elektronické detekční prostředky
- Mobilní analytické prostředky
- Odběr vzorků
- Průzkumné prostředky
- Vytyčovací prostředky

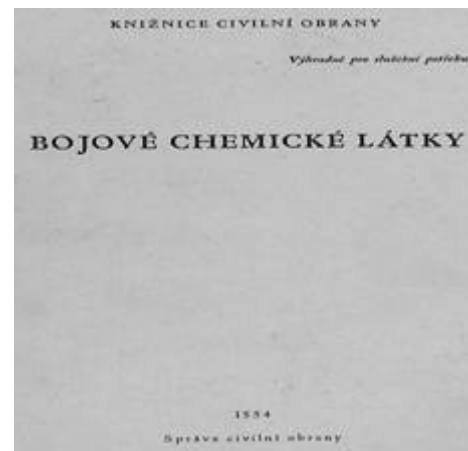
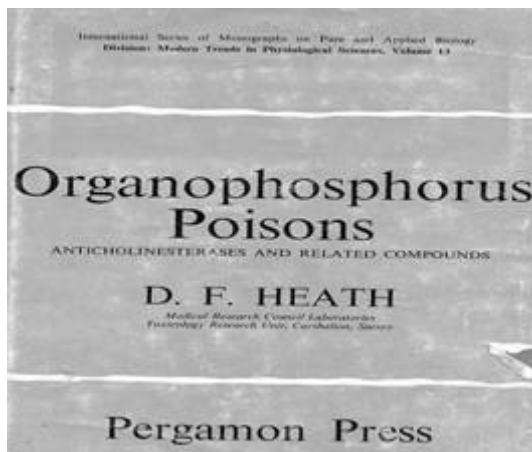
ÚVOD - Informační zdroje



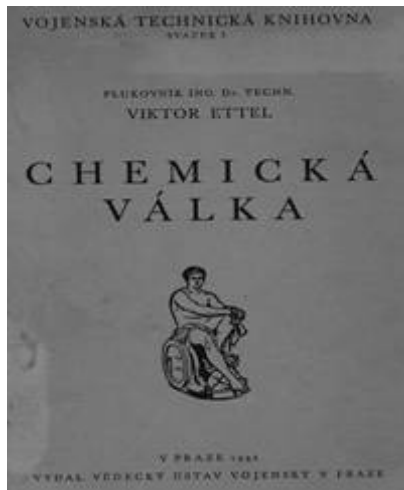
Informační zdroje



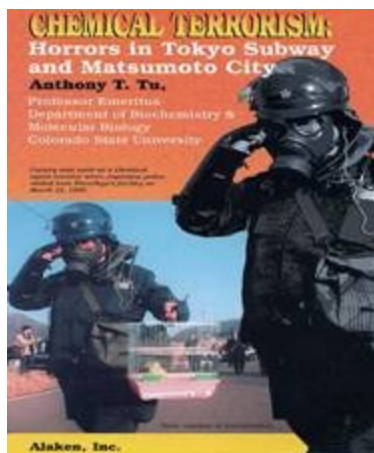
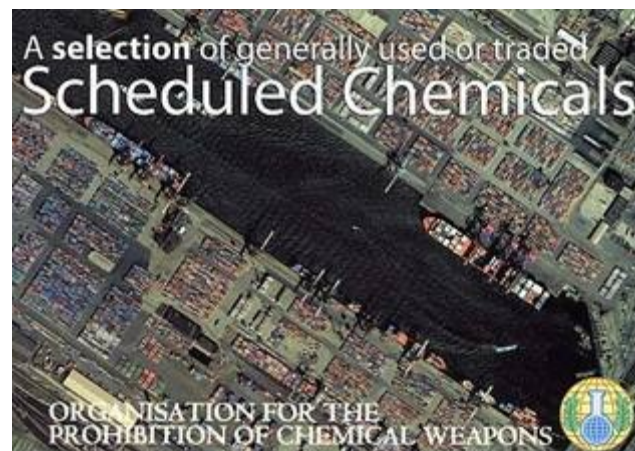
Informační zdroje



Informační zdroje



Informační zdroje



OBSAH

- Účel detekce
- Podmínky detekce
- Neelektronické detekční prostředky
- Elektronické detekční prostředky
- Mobilní analytické prostředky
- Odběr vzorků
- Průzkumné prostředky
- Vytyčovací prostředky

Typy nehod a incidentů s možným únikem CBR látek

- Dopravní nehody
- Požáry a exploze
- Průmyslové nehody
- Povodně
- Zemětřesení
- Přírodní infekční epidemie
- Záměrné použití Chemických, Biologických, Radiologických, Nukleárních a Explosivních materiálů)

Civilní nehody s nebezpečnými materiály



**Zřícení
nákladního
letadla**

**Silniční a
železniční
nehody**



Výbuchy



Průmyslové havárie

THURSDAY 2 DECEMBER 2004

VIEW FROM EUROPE

Bhopal 20 years on: polluted wa chronic illness and little compens

THE FAILURE of the Indian government and an American corporation to tackle the after-effects of one of the worst industrial accidents in history has left a legacy of continuing pollution and inadequate medical care for survivors, according to a report released on Monday.

Days before the 20th anniversary of the Bhopal disaster in India a study has shown that survivors are still desperately in need of medical treatment and have not been properly treated since the 1984, poisonous methyl isocyanate (MIC) gas leaked from the Union Carbide pesticide factory in Bhopal. Thousands were killed and many more were injured. The survivors were suffering from the effects of that night in the months and years that followed.

Amnesty International has called for the Indian government to provide proper redress for the victims or to clean up the site. A disaster shock and the world are still asking the question of government responsibility for industrial accidents that devastate human life and local envi-

BY JUSTIN HUGGER
in Delhi

"Yet 20 years on, the survivors still await just compensation, adequate medical assistance and treatment, and comprehensive economic and social rehabilitation. The plant site has still not been cleaned up so toxic wastes still pollute the environment and contaminate water that surrounding communities rely on. And, astonishingly, no one has been held to account for the leak and poisoning."

Survivors are marking the 20th anniversary this week by demanding the site is cleaned up and victims given proper compensation. Immediately after the site of the factory, still severely contaminated, and is poisoning ground water supplies. The report details the case of Masina Bee, a survivor of the gas who still lives near the factory site, has been drinking the water from the hand-pump near her house for 18 years.

"When you look at the health of the survivors, it is a tragedy," said: "I have spots in my house have become discoloured... green-yellow. We have to travel at least two kilo-



Many lost their sight after the chemical leak in 1984 and the suffering continues, with pollution and toxic waste still in the region. Much of the compensation for those injured has yet to be paid

my health is so bad that it is a tragedy," said: "I have spots in my house have become discoloured... green-yellow. We have to travel at least two kilo-

of 2,000 claimed by the Indian government in the immediate aftermath, and 15,000 more have died of related diseases

0,000 people still suffer from chronic illnesses. The report says that the ultra-hazardous MIC in Bhopal in bulk, and did not equin the plant

capacity," the report says. "UCC transferred technology that was not proven and entailed operational risks. It did not apply the same standards of safety in design or operations

the USA. Unlike in the USA the company failed to set up comprehensive emergency or system in Bhopal to local communities about the Union Carbide has a

Seveso/dioxin – Itálie
Černobyl/JE - Ukrajina
Epidemie
Destrukce průmyslu ve válkách

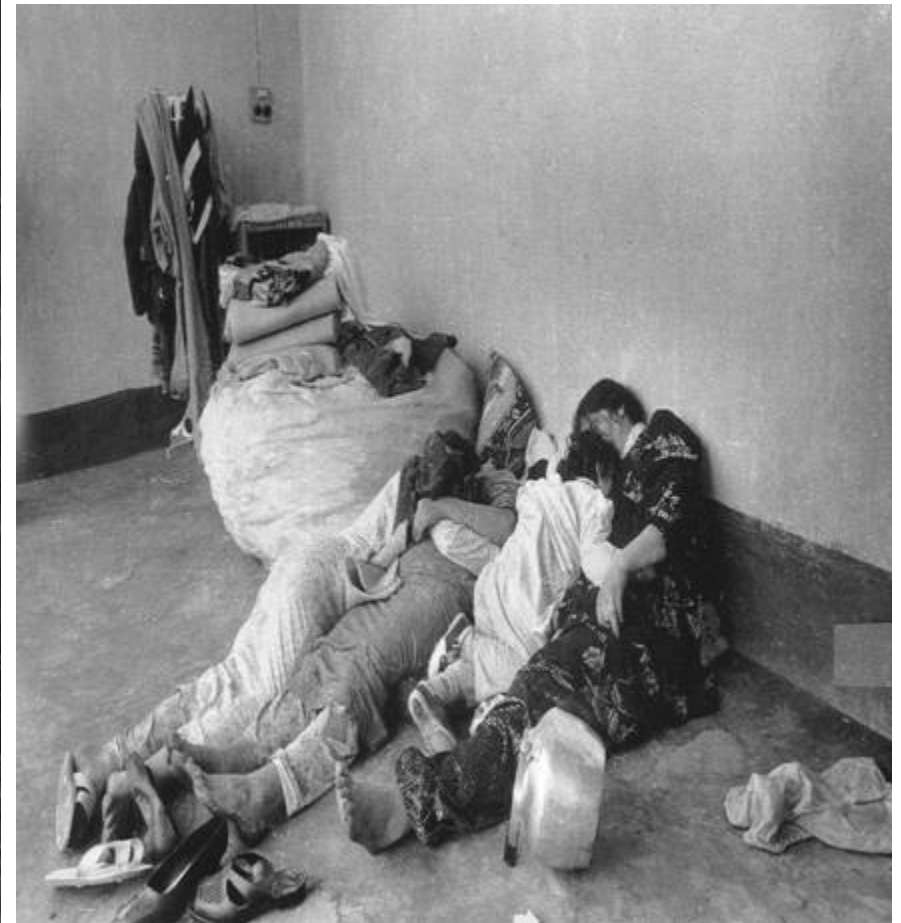
Požár v chemickém provozu



Únik chloru na železnici



Inhalační otrava nervověparalytickou látkou (Kurdistan)



V kurdském městě Halabja bylo v roce 1988
usmrceno na 5,000 civilistů



Konvenční útoky generují nebezpečné látky



Chemikálie jako výbušniny



Zbraně hromadného ničení

C hemické



B iologické



R adiologické



N ukleární

E xplozivní
& zápalné



Synonyma

- **ZHN**- zbraně hromadného ničení zahrnují prostředky biologické, chemické a jaderné
- Anglický ekvivalent
- **WMD**-weapons of mass destruction zahrnují **NBC**- Nuclear, Biological and Chemical weapons



Synonyma

- Nyní:
- CBRN-chemické, biologické, radiologické, nukleární
- Popřípadě:
- CBRNE -chemické, biologické, radiologické, nukleární a vysoce explosivní

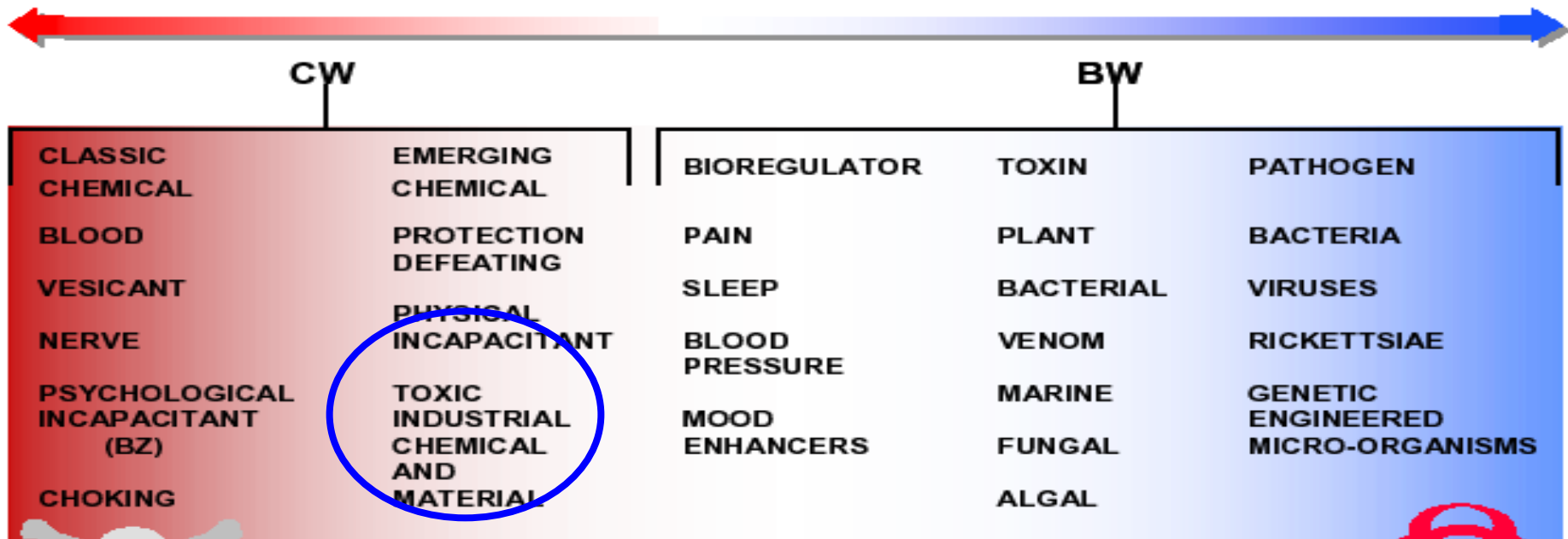
ZHN versus ZHN

- ZHN Zbraně Hromadného Ničení
- Nebo
- ZHN Zbraně Hromadného Narušení

Kategorie CBRN nebezpečných materiálů

CLEARLY CHEMICAL

CLEARLY BIOLOGICAL



Traditional Nuclear

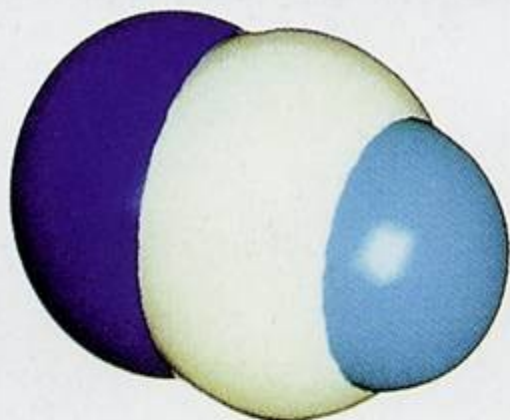
Nuclear Bombs
Nuclear Missiles
Tactical Nukes



Asymmetric Weapons

Radiological Dispersion Devices
Improvised Nuclear Devices
Nuclear Power Plants

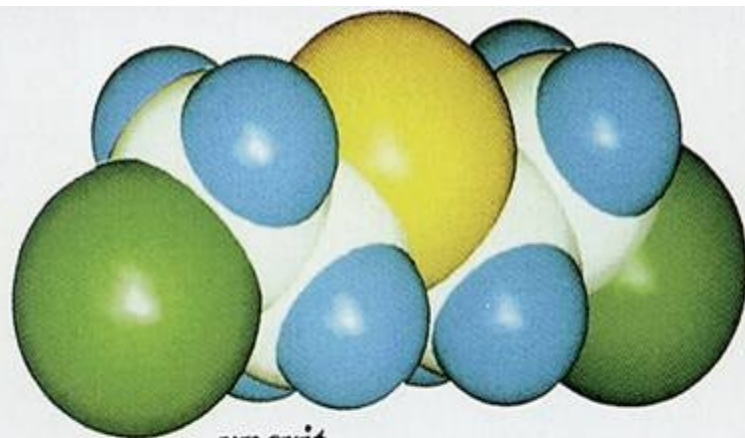
Nízkomolekulární toxické látky



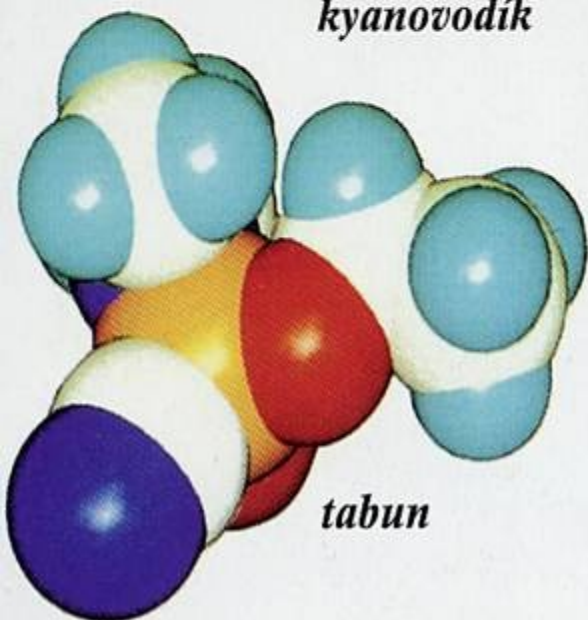
kyanovodík



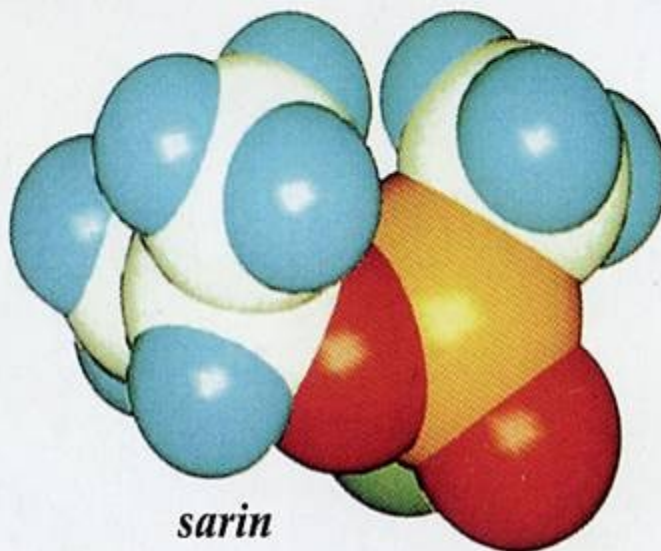
fosgen



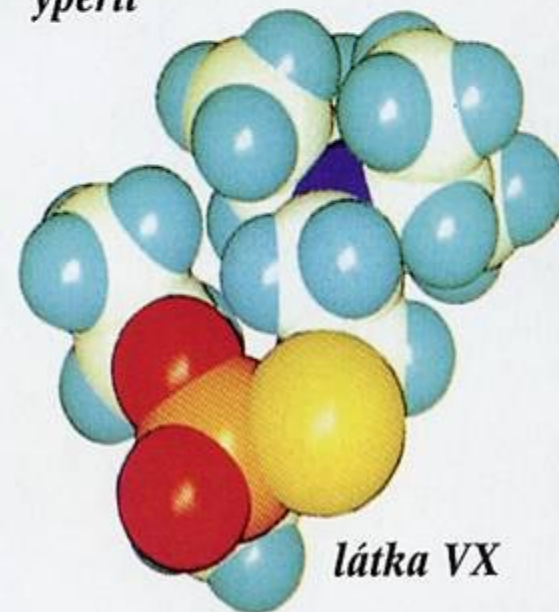
yperit



tabun

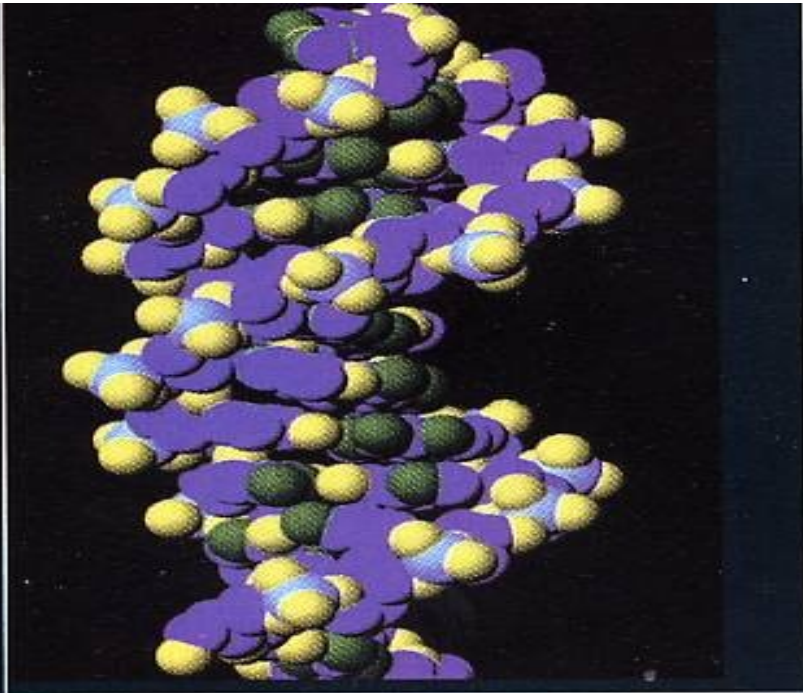


sarin

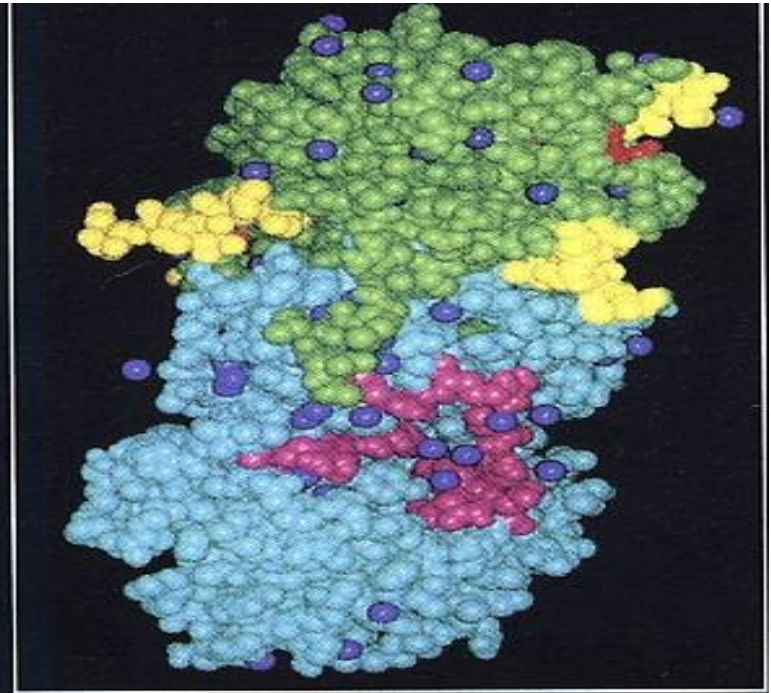


látka VX

Vysokomolekulární struktury



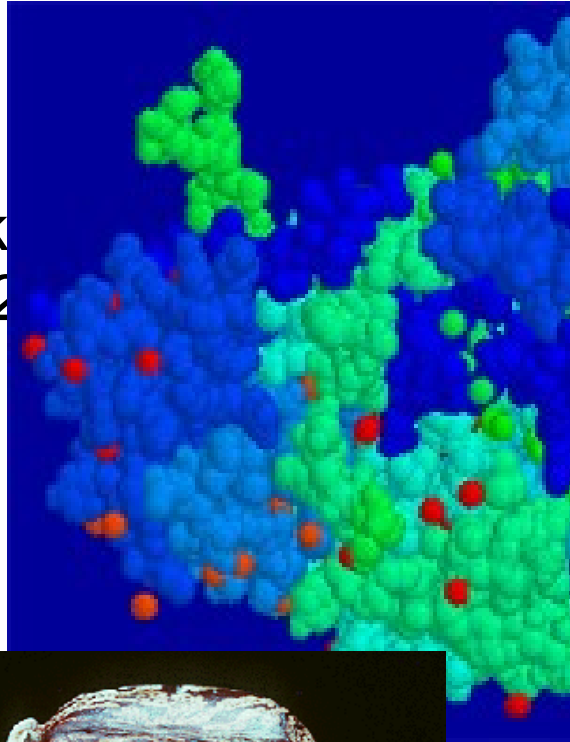
Molekulový model kyseliny deoxyribonukleové, nositele genetických informací, která je jedním z nejdůležitějších cílů působení otravných látek a bojových biologických prostředků



Molekulový model ricinu, rostl. jedu, který byl v USA navržen jako bojová otravná látka

Ricinis communis toxin

- Vstup infekce:
Zažívací a inhalační trakt
- Inkubační doba: 24-72
hod
- Nákaza nepřenositelná
- Úmrtnost: vysoká
- Symptomy:
Nevolnost/Vrhnutí
Dýchací potíže
Bolesti břicha
Krvavý průjem



Toxiny

Toxiny biologického původu:

- ricin
- aconitine
- anisatine
- amanitine
- falloidine
- ophiotoxin
- bufotoxin
- batrachotoxin
- saxitoxin
- nereistotoxin
- fugu toxin
- botulinus toxin
- tetanus toxin

VIRY

EBOLA

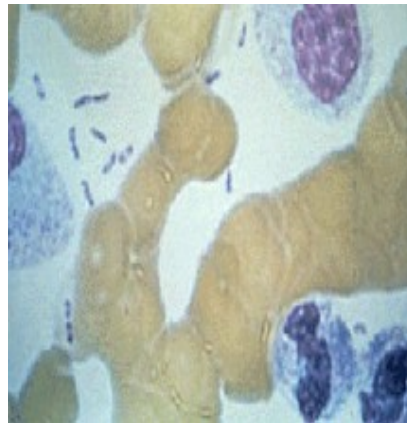


NEŠTOVICE

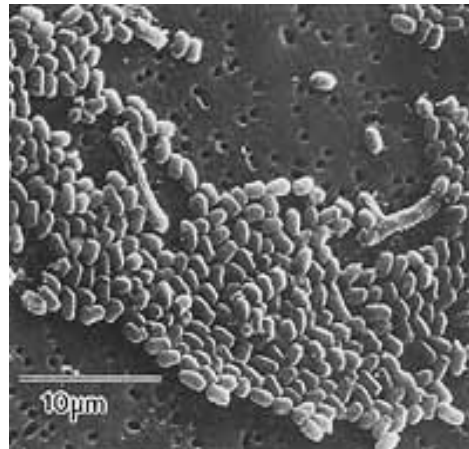


BAKTERIE

MOR

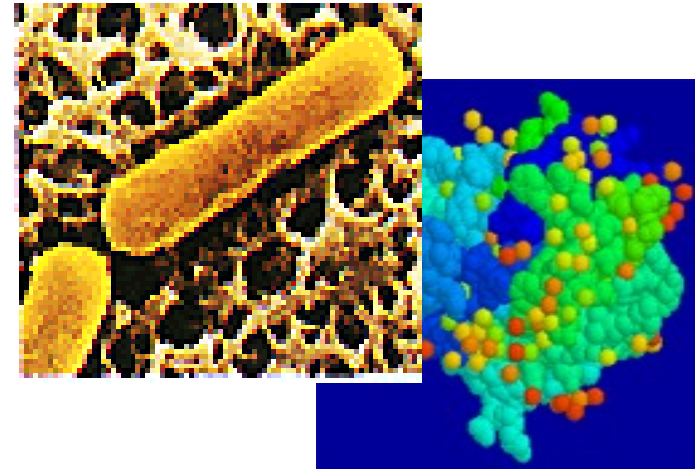


ANTRAX

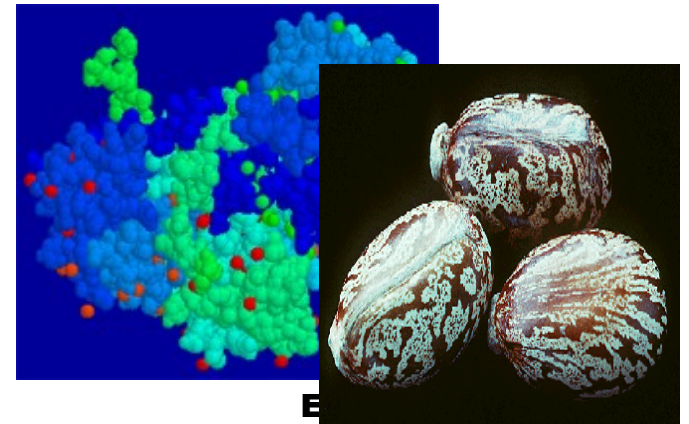


TOXINY

STAFYLOCOCCUS ENTEROTOXIN B

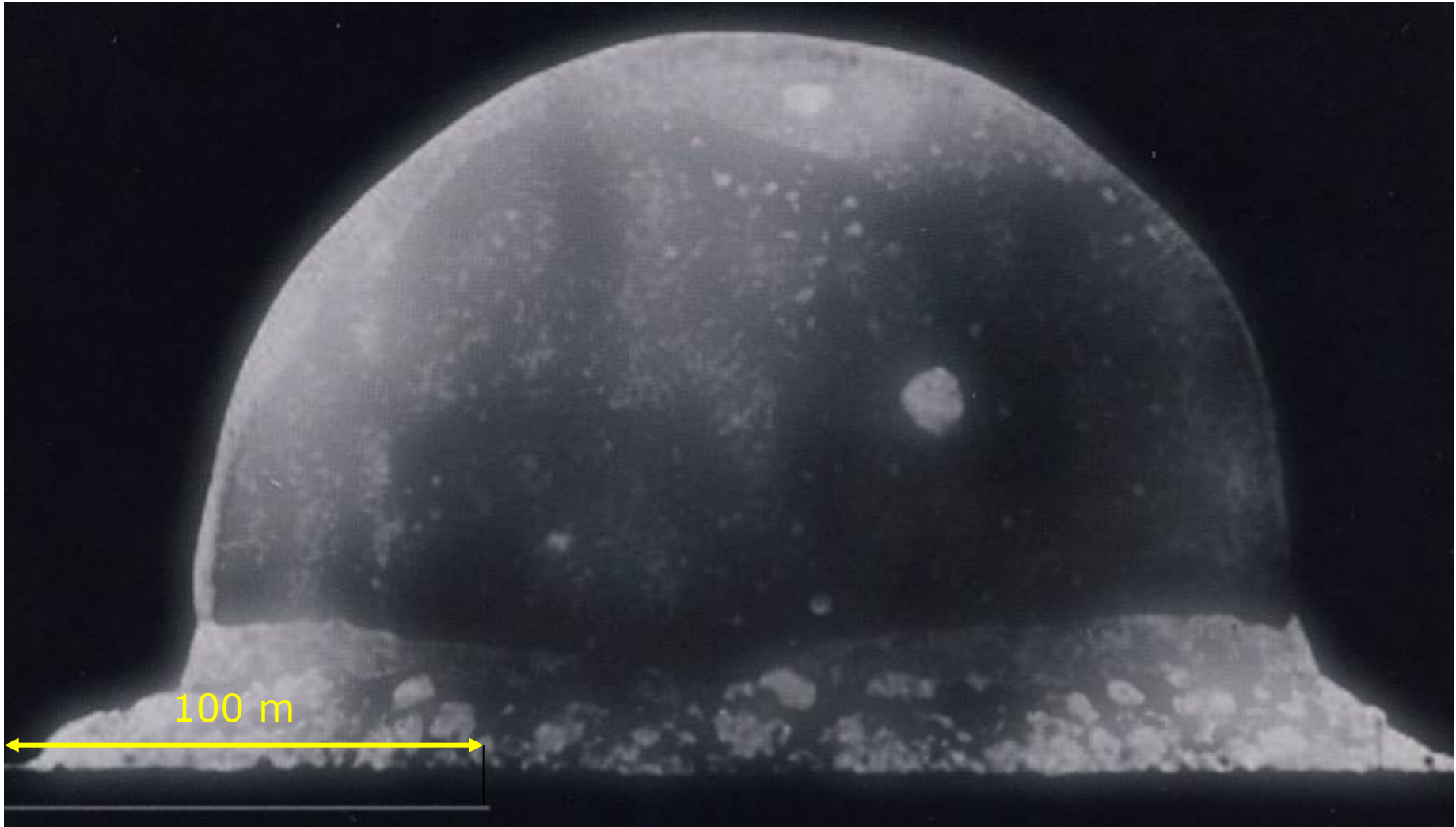


RICIN

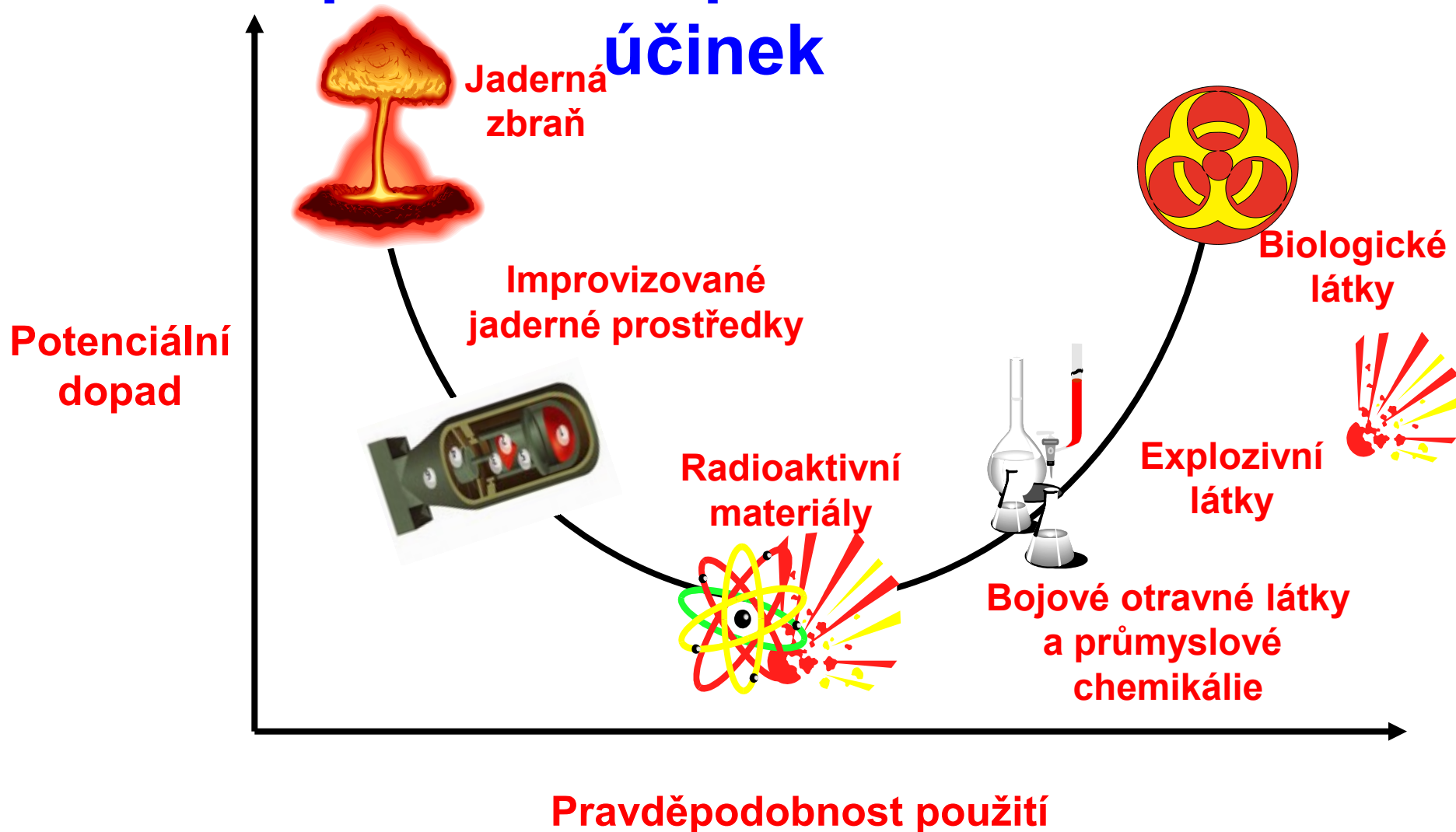


První jaderný pokus TRINITY

16.červenec 1959 0.016 vteřiny po explozi



Pravděpodobnost použití ZHN versus účinek



Srovnání účinnosti ZHN

Typ ZHN	Mrtví Bez ochrany	Zranění Bez ochrany	Mrtví s ochranou	Zranění s ochranou
Konvenční 1 tuna	5	13	2	6
Chemický 300kg	200- 3000	200- 3000	20-300	20-300
Biologický 30 kg	20000- 80000		2000- 8000	
Jaderný 20kt	40000	40000	20000	20000

Chemické zbraně

účinek

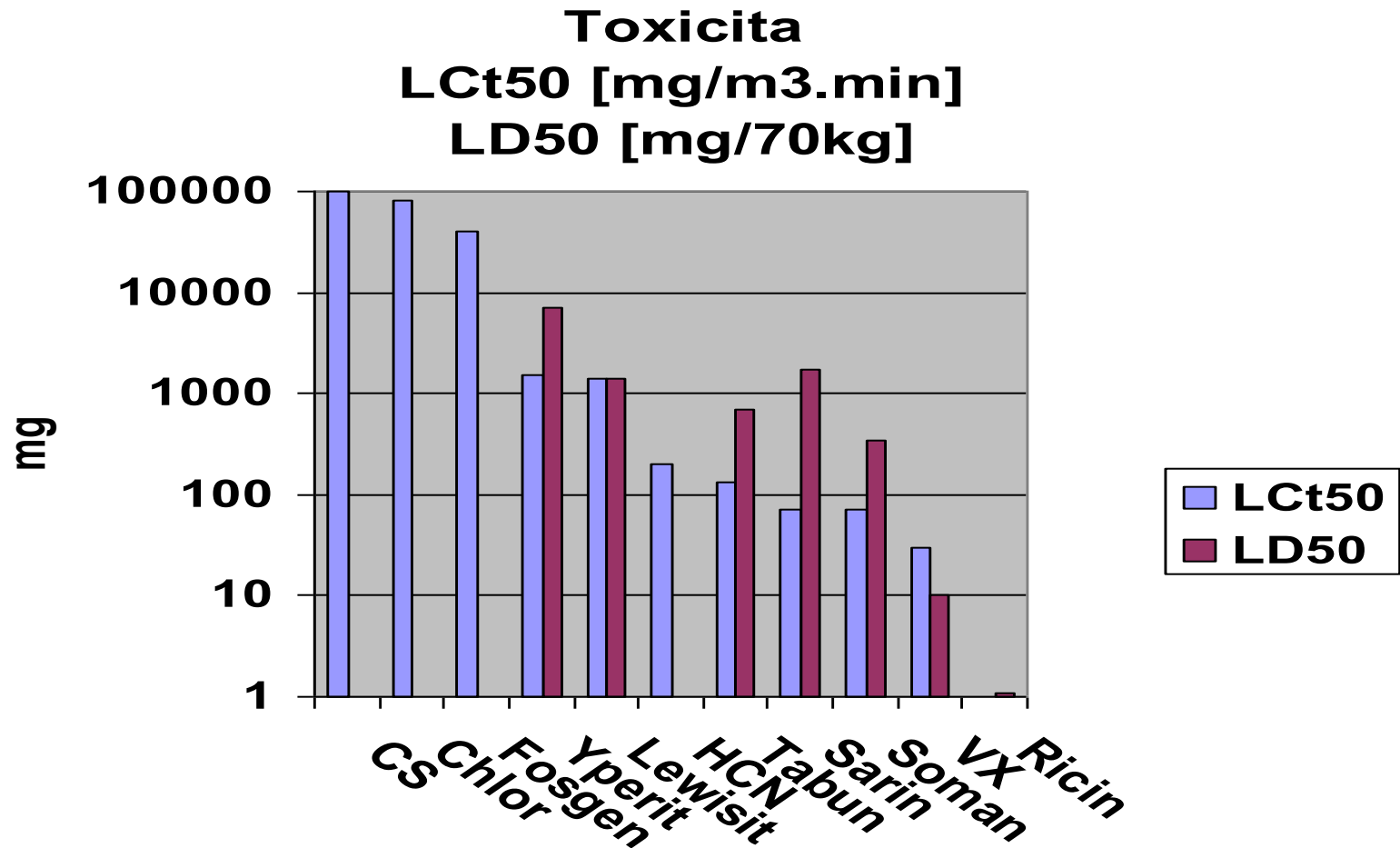
- Otrava plic, kůže, nervového systému, krve
- Rychle působící zejména přes dýchací orgány a sliznice
- Kontaminace osob, ochranných prostředků, materiálu, techniky a prostředí po dobu hodin, dnů až týdnů
- Problémy s identifikací zasažení a zdravotnickými opatřeními
- Vyvolávají paniku a narušení civilního života a ekonomických aktivit
- Nemají mechanický destrukční účinek

<i>Toxicita látek</i>	<i>LD₅₀ (μg.kg⁻¹)</i>
glukóza	35 000 000
chlorid sodný	3 700 000
jodid draselný	300 000
oxid arsenitý	45 000
kyanid draselný	10 000
sírový yperit	3 000
strychnin	500
sarin	20
tetrodotoxin	5
VX	0.14
ricin	0, 02
tetanus toxin	0, 001
botulotoxin	0,00003

Toxicita bojových otravných látek

Látka	EC _{t50} mg-min/m ³	LC _{t50} mg-min/m ³	ED ₅₀ mg	LD ₅₀ mg
Tabun	2-3	200-400	-	1000
Sarin	3	100-200	-	1700
Soman	1-2	50-70	-	50
VX	1-2	10-50	1	10
Yperit	10-1000	1500	10	7000
Lewisit	1500	1500	15	4000
Fosgen	-	3200	-	-
HCN	~1500	2500-5000	-	7000

Inhalační a dermální toxicita



Toxicita Sarinu a látky „VX“

Vstup	Forma	Účinek	Typ	Sarin-dávka mg-min/m ³	VX-dávka mg-min/m ³
oči	páry	miosa	EC _{t50} 2-10 min	<2	<0.09
inhalace	páry	lehký rýma	EC _{t50} 2-10 min	<2	<0.09
inhalace 15l/min	páry	těžký	IC _{t50} 2-10 min	<35	<25
inhalace 15l/min	páry	smrt	LC _{t50} 2-10 min	70	<30
kůže	kapky	smrt	LD _{t50}	1700 mg/ 70 kg man	<10 mg/ 70 kg man

Účinky zpuchýřujícího yperitu na kůži



Fyzikální vlastnosti BOL

Veličina	GA	GB	GD	VX	HD	L	AC	CK	CG
M.h.	162	140	182	267	159	207	27	61	99
ρ par	5.6	4.9	6.33	9.2	5.4	7.1	0.99	1.18	3.4
ρ kapaliny g/ml	1.07	1.09	1.02	1.01	1.27	1.89	0.69	0.69	1.37
B. t. °C	-5	-56	-42	-51	14	-18	-13	-6.9	-128
B. v. °C	240	158	198	298	217	190	25.7	25.7	7.6
Tlak par mmHg	0.07	2.9	0.4	.007	0.07	0.39	742	1000	1.17
Těkavost mg/m ³	610	22k	3k9	10.5	610	4k48	1m1	2m6	4m3

Kategorie možných zneužitelných nebezpečných látek

- Bojové chemické supertoxické a zpuchýřující látky
- Policejní dráždivé látky
- Toxické průmyslové chemikálie
- Agrochemikálie
- Farmakologické látky
- Toxiny
- Bakteriologické látky
- Radiologické látky

Vysoce nebezpečné chemikálie

acrylonitrile

amiton

amonia

arsine

boron trichloride

boron trifluoride

carbon disulfide

chlorine

chloroacetophenon

diborane

ethylene oxide

fentanyl

fluorine

formaldehyde

hydrogen bromide

hydrogen chloride

hydrogen cyanide

hydrogen fluoride

hydrogen sulfide

malathion

mercury

methyl isocyanate

nitric acid-fuming

parathion

perflurisobutylene

phosgene

phosphine

phosphorus trichloride

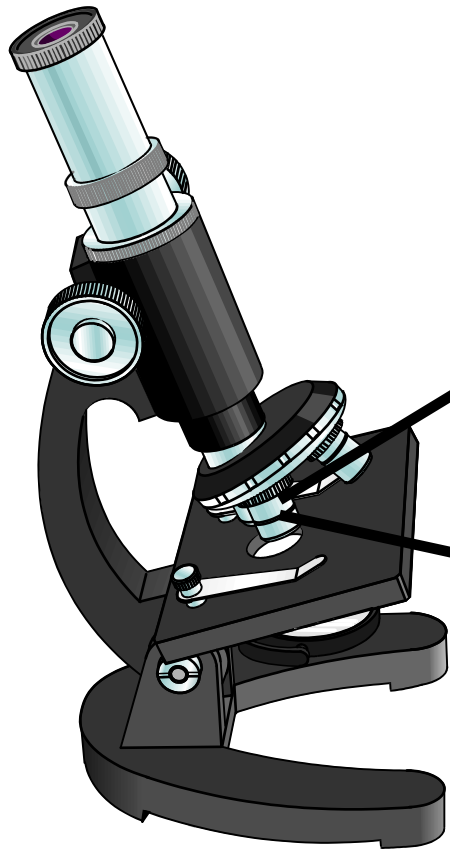
sulfur dioxide

sulfuryl chloride

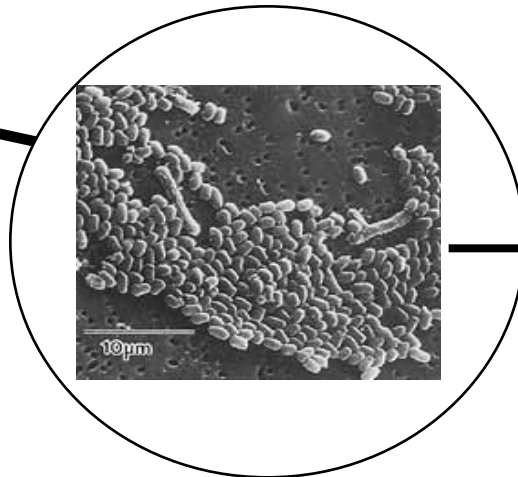
sulfuric acid

tungsten hexafluoride

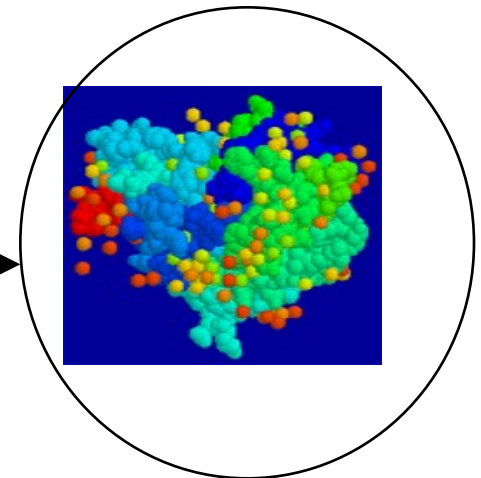
Bakteriologické látky



VIRY



BAKTERIE



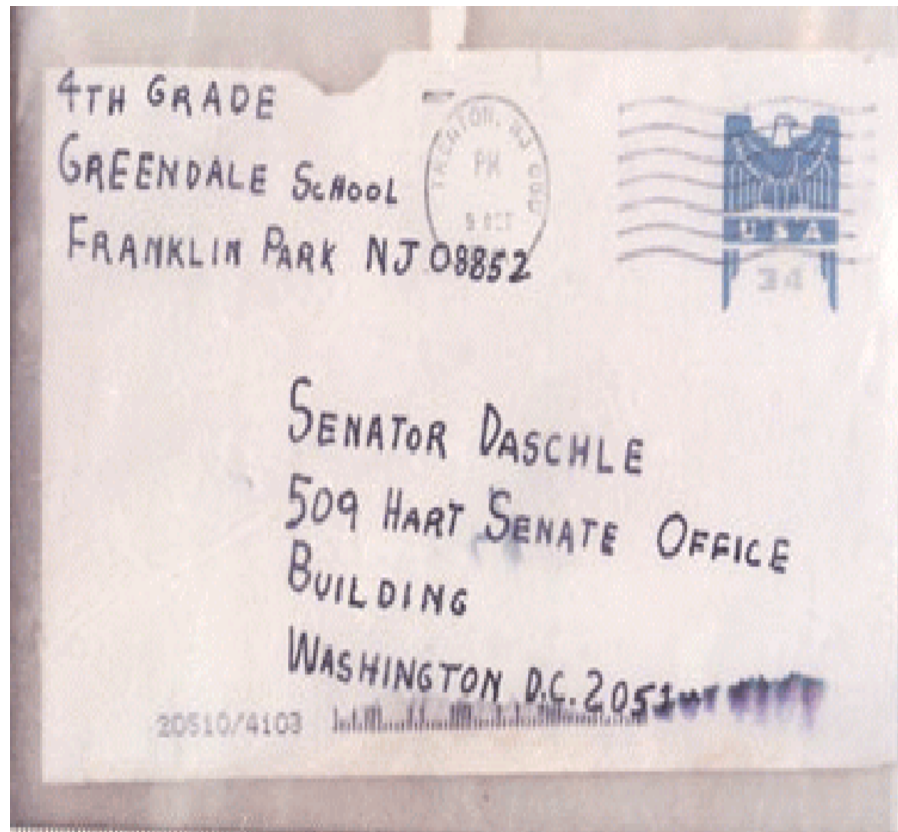
TOXINY

Biologické zbraně

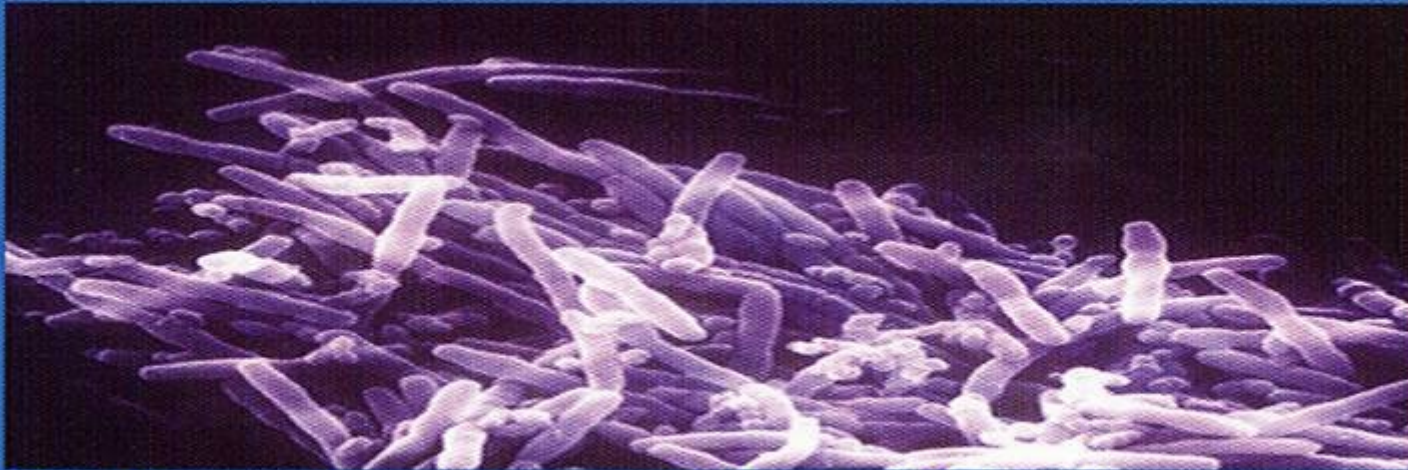
účinek

- Infekční onemocnění nebo biochemická otrava
- Obtížná včasná identifikace a záměna symptomů s chemickou otravou
- Obtížná kontrola infekční kontaminace a jejího přenosu infikovanými osobami
- Kontaminace prostředí, materiálu, techniky a ochranných prostředků po dobu hodin až týdnů
- Zpožděný účinek a projevy infekce
- Záměna symptomů s chemickou otravou
- **Potenciálně mnohem účinnější než-li chemické zbraně**
- Nemají mechanický destrukční účinek

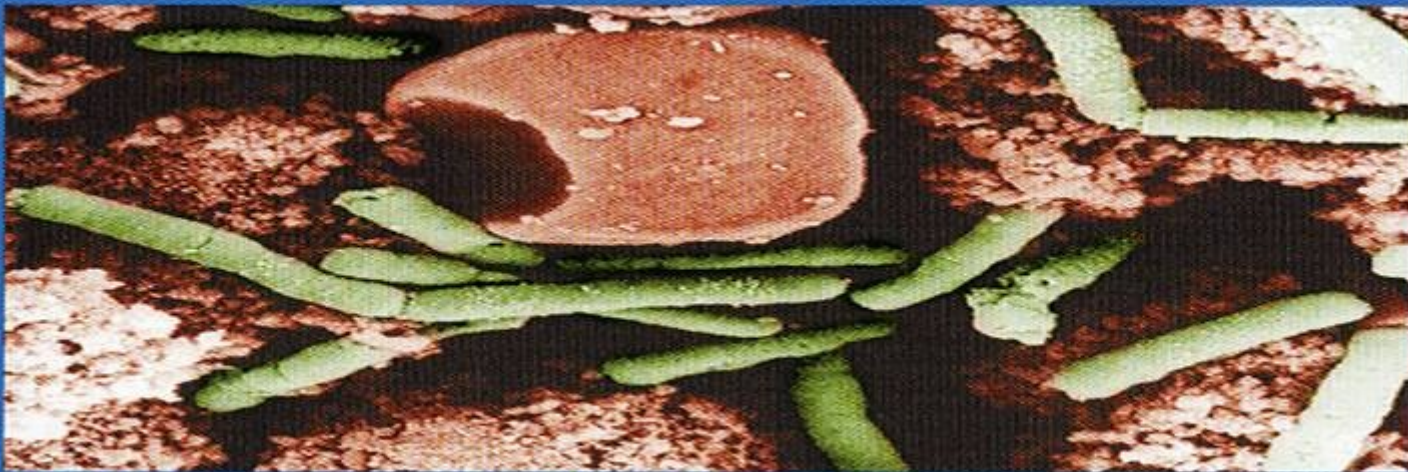
Bacillus Anthracis ověřený teroristický prostředek



Bacillus Anthracis



***Bacillus anthracis* vegetative cells and spores**



***Bacillus anthracis* colonizing tissue**

Skotsko-Gruniard Island

- B-Antrax přetrval v terénu ostrova ještě pro 36 letech jeho rozšíření výbuchy v roce 1942
- B-dekontaminace byla zahájena v roce 1979 a ukončena po 8 letech v roce 1987
- Náklady na dekontaminaci nejsou zveřejněny
- Bylo spotřebováno 280 tun formaldehydu a 2000 tun mořské vody

Washington 2001-poštovní sekce budovy Senátu

- Kontaminace prostor B-Antraxem
zaslaným v poštovní obálce
- B-dekontaminace trvala několik měsíců
- Náklady na B-dekontaminaci byly cca
23 milionů US dolarů
- Následná kontaminace US Velvyslanectví
ve Vídni

Charakteristika

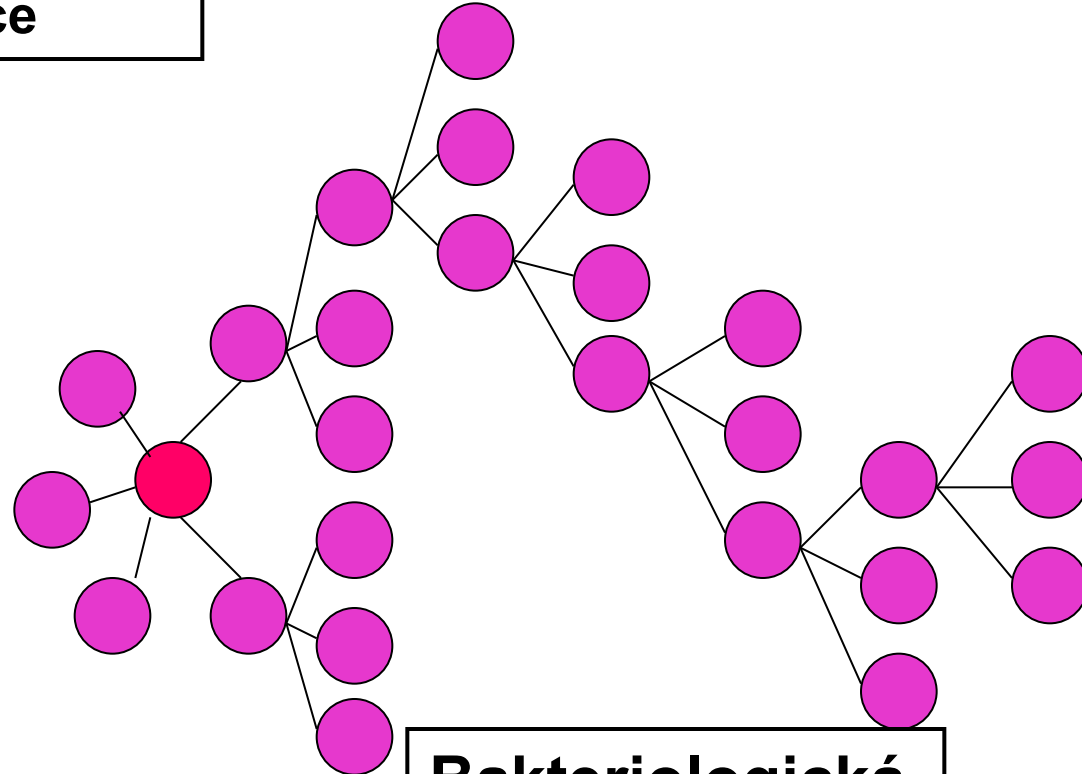
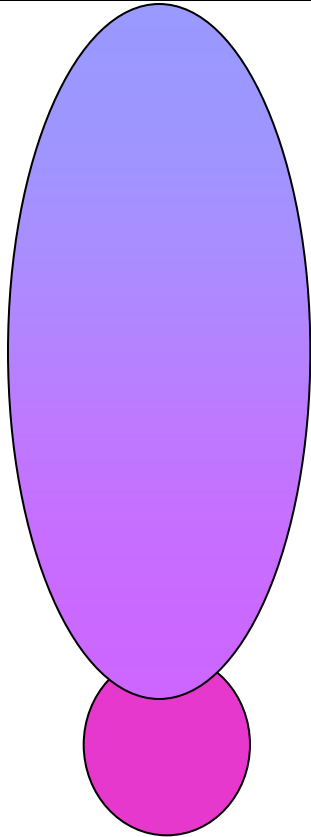
- Nepronikají nepoškozenou pokožkou
- Nejsou těkavé
- Jsou samostatně množivé
- Jsou mnohem toxičtější než chemikálie (vztaženo na hmotnost)
- Nelze je detekovat lidskými smysly
- Velmi omezená včasná detekce
- Šíření jako aerosoly, dotyk a konzumace kontaminovaných předmětů (potrava, voda), přenášení infikovaným hmyzem, hlodavci, atd.

Biologická charakteristika

- Velký a variabilní rozsah účinků
- Jsou přírodního původu a rovněž modifikované uměle
- Dají se relativně snadno produkovat
- Mají zpožděné účinky
- V prvních fázích infekcí znaky a účinky jsou obtížné identifikovatelné

Šíření kontaminace

**Chemická nebo radiační
kontaminace**



**Bakteriologická
kontaminace**

Jaderné zbraně a jejich destruktivní účinek

- Rozsáhlý mechanický destrukční účinek
- Exploze, požár a radiace
- Zničení rozsáhlých prostorů a následný spad kontaminace na velkých prostorech
- Kontaminace prostoru, ochranných prostředků, techniky a materiálů po dobu dnů, týdnů až roků
- Velká zdravotnická zátěž
- Dlouhodobé umírání obětí vlivem radiace
- Masivní narušení civilního života a ekonomických aktivit
- Vyvolává velkou paniku s teroristickým charakterem

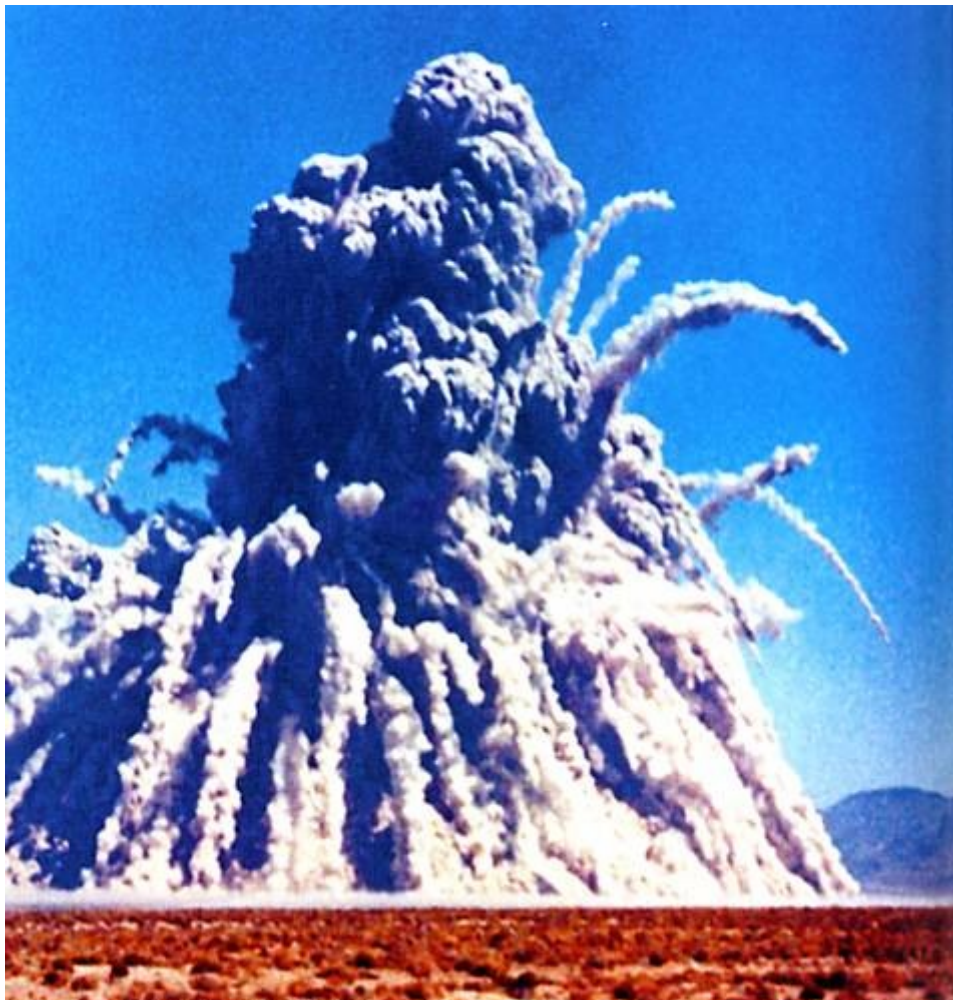
Pozemní a podvodní jaderná exploze



Mechanický účinek tlakové vlny



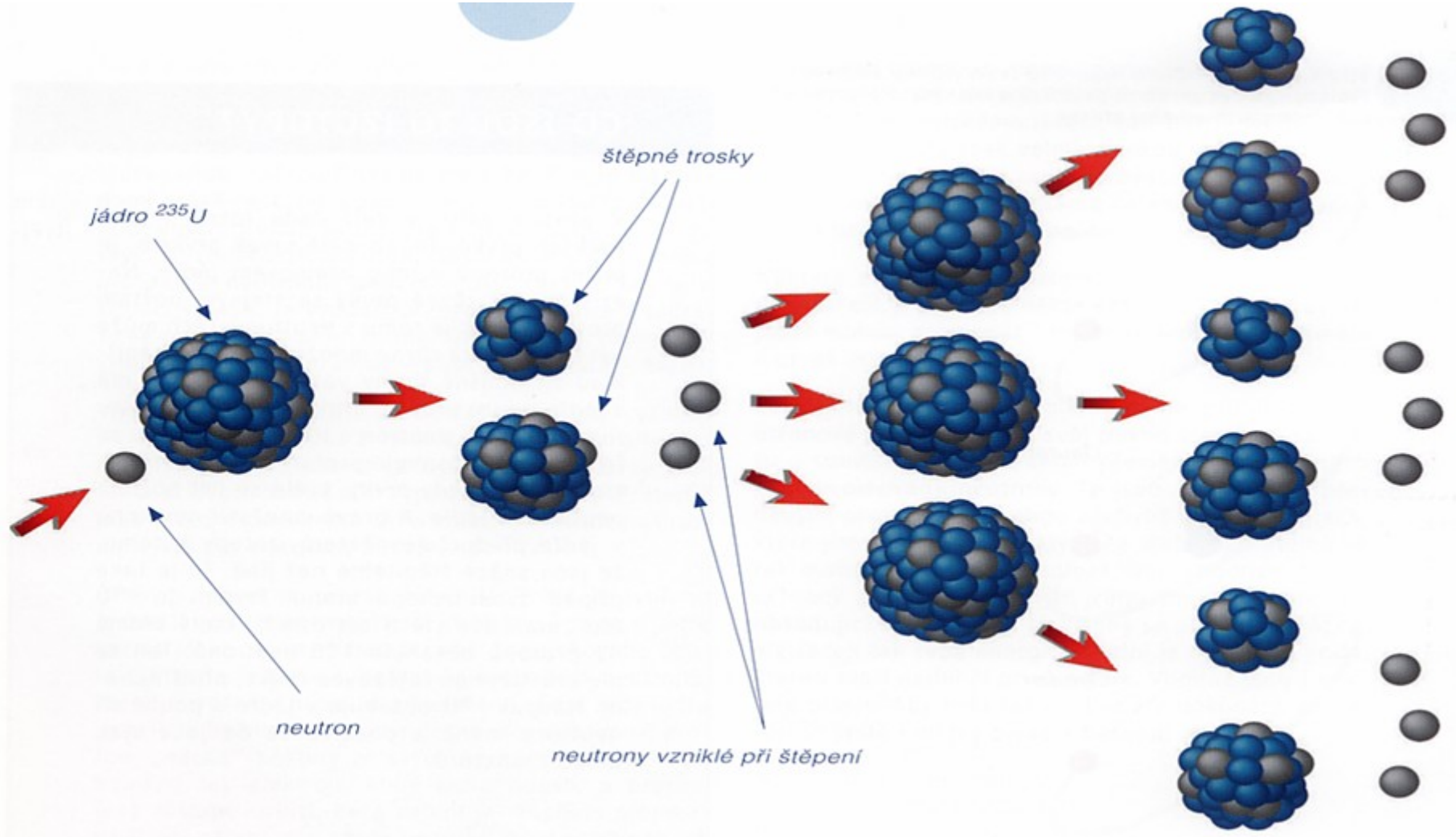
Podzemní jaderná exploze



Ničivé faktory nukleární exploze

- Světelný záblesk
- Elektromagnetický impuls
- **Pronikavá gama radiace**
- Tepelné záření
- Tlaková vlna (primární a sekundární)
- **Radiace v okolí epicentra**
- **Radioaktivní spad (aerosol prachu a vody)**
- **Indukovaná radiace**

Množivá jaderná reakce



Detekce ionizační záření

- Nelze detekovat lidskými smysly



- Detekovat lze pouze pomocí přístrojů



System detekce-varování-identifikace CBR nebezpečných látek

- System detekce-varování a identifikace CBR látek poskytuje životně důležité informace o typech a hodnotách CBR látek v prostředí za účelem:
 1. Zabezpečit varování o použití/úniku nebezpečných CBR látek
 2. Zjistit a ověřit typ, hodnoty a rozsah kontaminace
 3. Monitorovat hodnoty CBR kontaminantů v prostředí po incidentu
 4. Stanovit zbytkovou kontaminaci na dekontaminovaných površích a prostředí

Detekce a monitoring chemických látek (důvody pro monitoring)

Důvody:

- Poplach a varování
- Prevence expozice / negativní zdravotní účinky
- Nutné pro první pomoc a terapii
- Vyhledání zdroje / rozsah kontaminovaného prostoru
- Identifikace chemické látky
- Kontrola účinnosti monitorovacího opatření
- Kontrola dekontaminace
- Provedení rozhodnutí a dalších činností

Detekce a monitoring chemických látek

Pozorování prostředí

- Viditelné oblaky
- Symptomy u zvířat
- Odbarvení listí
- Olejovité kapky, skvrny na površích
- Muniční pozůstatky, nevybuchlá munice, barevné značení

Pozorování osob

- Pachy, vůně
- Znaky a symptomy zasažení (dráždění očí, pokožky, dýchacího traktu)

Entry??????

ADMITTANCE
TO AUTHORISED
PERSONNEL ONLY



ADMITTANCE
TO AUTHORISED
PERSONNEL ONLY



DANGER
CONTAMINATED
AREA
KEEP OUT

Vnější znaky napadení



Atypický zápach/vůně látek

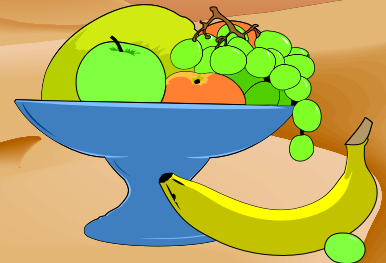
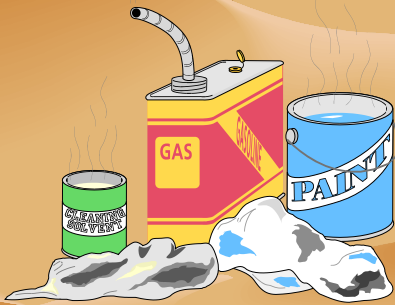
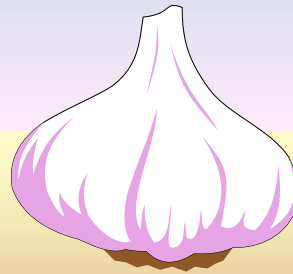
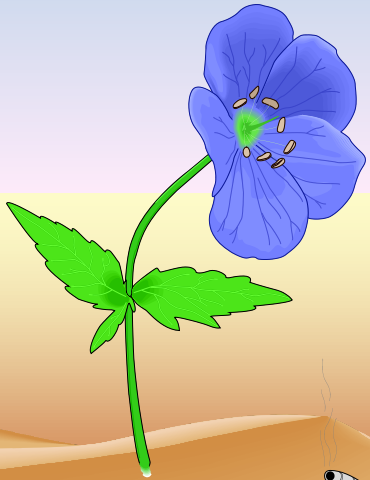
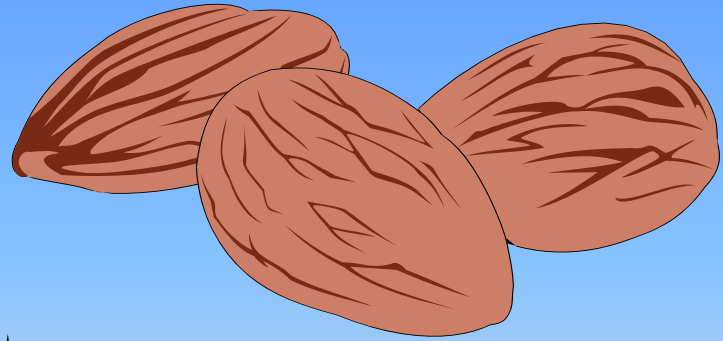
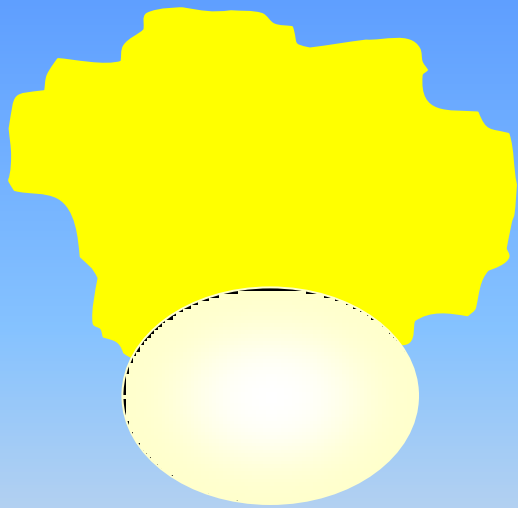
- Zkažená vejce
- Zelená kukuřice
- Česnek/hořčice
- Muškáty
- Hořké mandle
- Zelí
- Kafr
- Ředidlo
- Ovoce
- H_2S
- Fosgen
- Sulfidový yperit
- Lewisit
- Kyanovodík
- Vx
- Soman
- Sarin
- Tabun

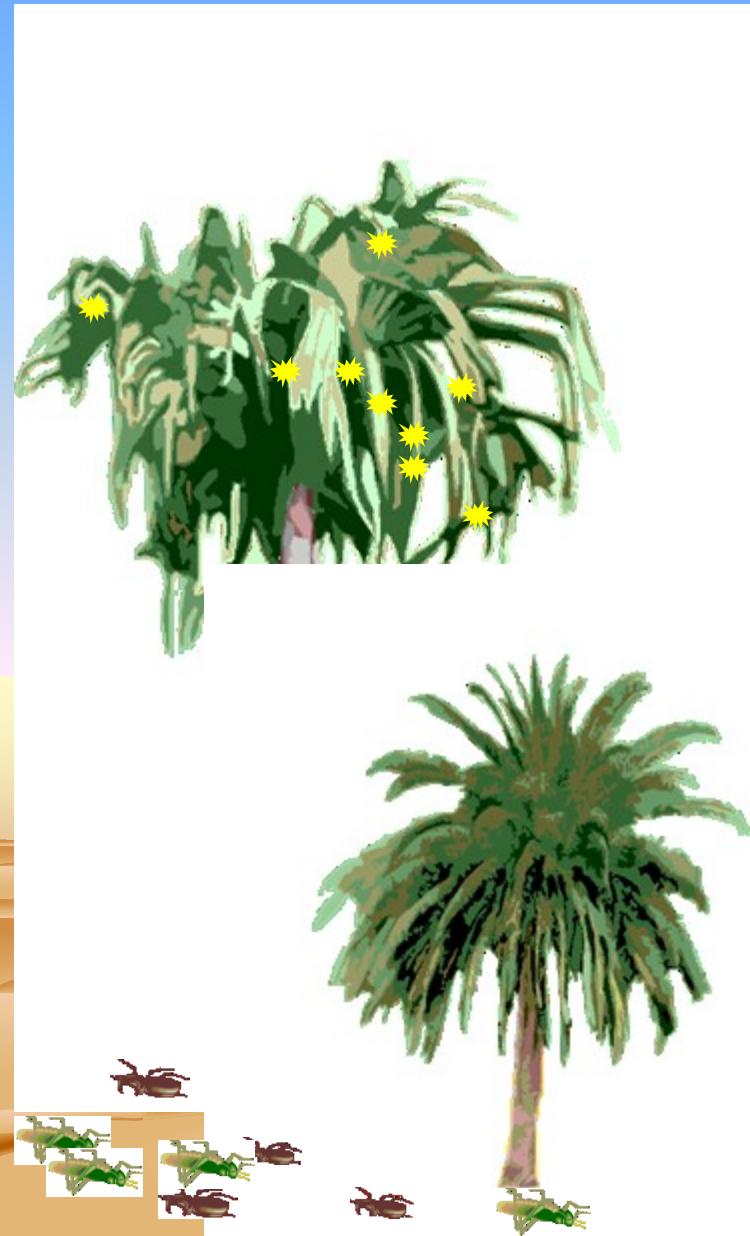
Organoleptické koncentrace

mg/m³

Br-benzylCN	Dráždí dříve	jabloň. květ
Cl-acetofenon	0.2	ovocný
Clark I	0.3	ovocný
Clark II	0.3	mandle
Br-aceton	0.5	ostrý
Metyldick	0.8	štiplavý
HCN	1.0	mandle
Yperit	1.3	česnek
Cl-kyan adamsit	2.5	dráždí

Fosgen	4.4	ztuchlé seno zelená kukuřice
Chlorpikrin	7.3	pichlavý
Difosgen	8.8	Ztuchlé seno
Chlor	10.0	štiplavý
Lewisit	14.0	muškáty
Soman		kafr
VX		0
N-yperit		ryby
CS, CR		dráždí-štiplavý





Detekční principy

Kolorimetrie

Plamenová fotometrie/fotoionizace

Spektrometrie pohyblivosti iontů

Enzymologie

Chromatografie plynová/vrstvová

Infračervená spektroskopie

Hmotnostní spektrometrie

Neutronová indukční spektrometrie

Ramanova spektrometrie

Určení detekčních přístrojů

- Detekce na místě
- Detekce a monitoring prostorů
- Dálková detekce a monitoring
- Identifikace na místě
- Přímé vyhodnocení
- Odběr vzorků a následná analýza

Detekce a monitoring chemických látek

Volba prostředků detekce a monitoringu závisí na:

- ◆ Typu chemické látky
- ◆ Fyzikálním stavu (plyn, páry nebo kapalin)
- ◆ Požadavek na detekční citlivost a přesnost
- ◆ Rychlost detekce/potřeba stálého monitoringu
- ◆ Vnější teplota, vlhkost, srážky, vítr
- ◆ Typ kontaminovaného povrchu
- ◆ Charakter falešné pozitivní a negativní detekce
- ◆ Bezpečnost detekčního prostředku (např. výbušné prostředí)

Detekce a monitoring chemických látek (faktory ovlivňující expozici)

Fyzikální vlastnosti chemické látky:

- Plyn, páry, kapalina
- Hustota par/těkavost
- Charakteristické chemické skupiny/atomy v molekule

Vnější podmínky:

- Směr a rychlost větru
- Teplota
- Vlhkost
- Srážky
- Charakter povrchů

Detekce a monitoring chemických látek

Být si vědom že:

- Při nízkých teplotách ($< 10^{\circ}\text{C}$) je obtížné detekovat málo těkavé látky ve formě par
- Je nutné sledovat ohrožené prostředí také podle vnějších znaků/známek kontaminace
- Provádět přístup ke kontaminovanému prostředí zpravidla po směru větru
- V případě postupu proti větru, použít stupeň ochrany A
- Kontaminované prostředky jsou zdrojem sekundární kontaminace

Detekční limity

Relative Lethality & Detection Thresholds (in ppm)



Domestic Preparedness
DPT 7.0
I-10/11/2007

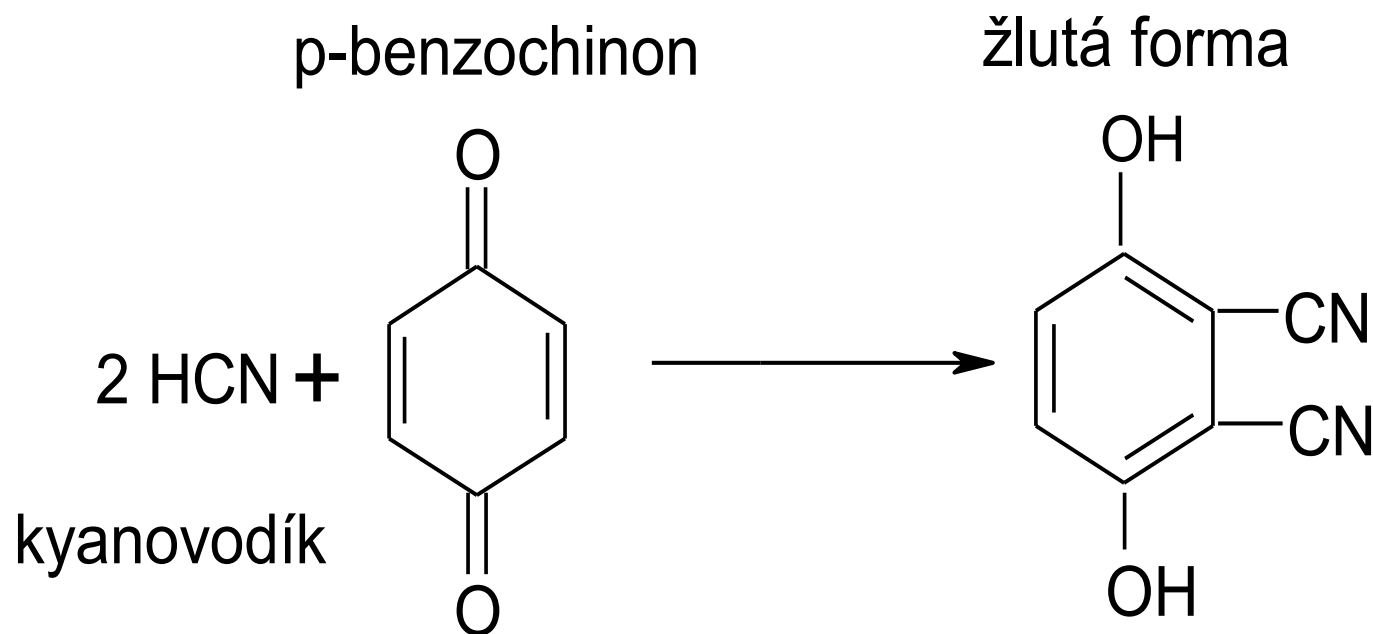
Kategorie detekční metod

- Princip detekčních metod chemikálií je založen na interakci sledovaných molekul nebo atomů molekul s jinými chemikáliemi, katalyzátory nebo s vybranými spektry záření. Doprovodné změny jsou vyhodnocovány:
 - neelektronicky
 - elektronicky

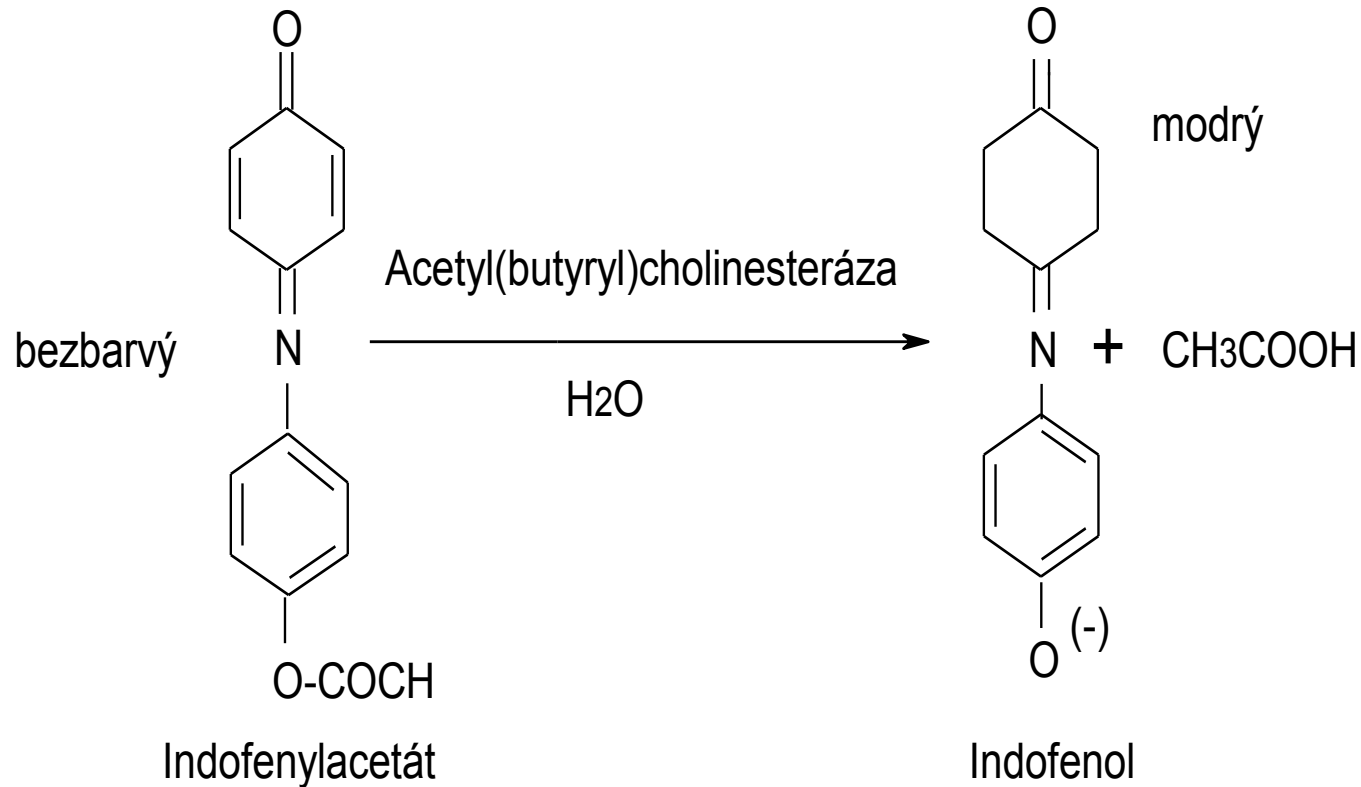
Rozpouštění barviv s látkami

Látka	Barvivo	Zbarvení
Lewisit	Kongo červeně	
Yperit	Sudánová červeně	
VX	Bromkrezolátová zeleň	
Soma/Sarin	Žluté barvivo	

Barevné reakce



Barevné reakce



Detekce a monitoring chemických látek

Detekce par

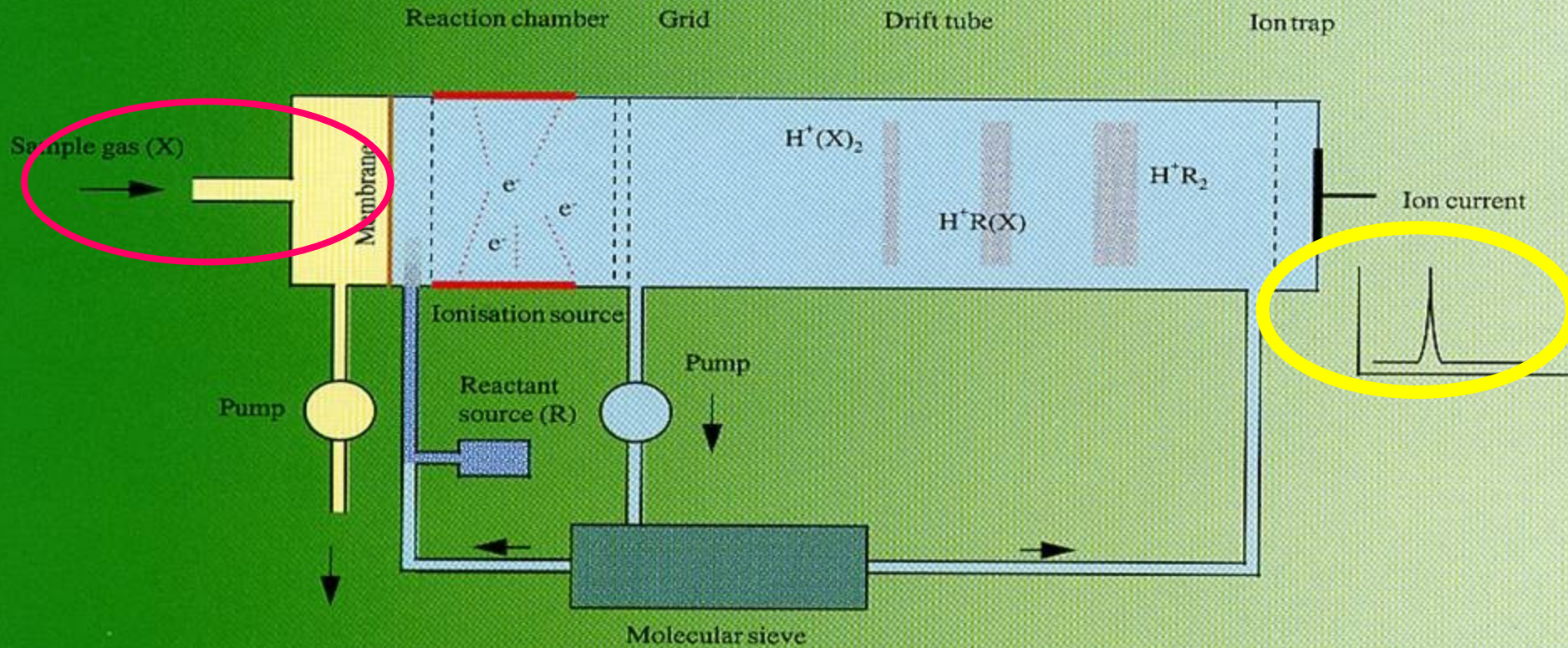


Detekce kapalin



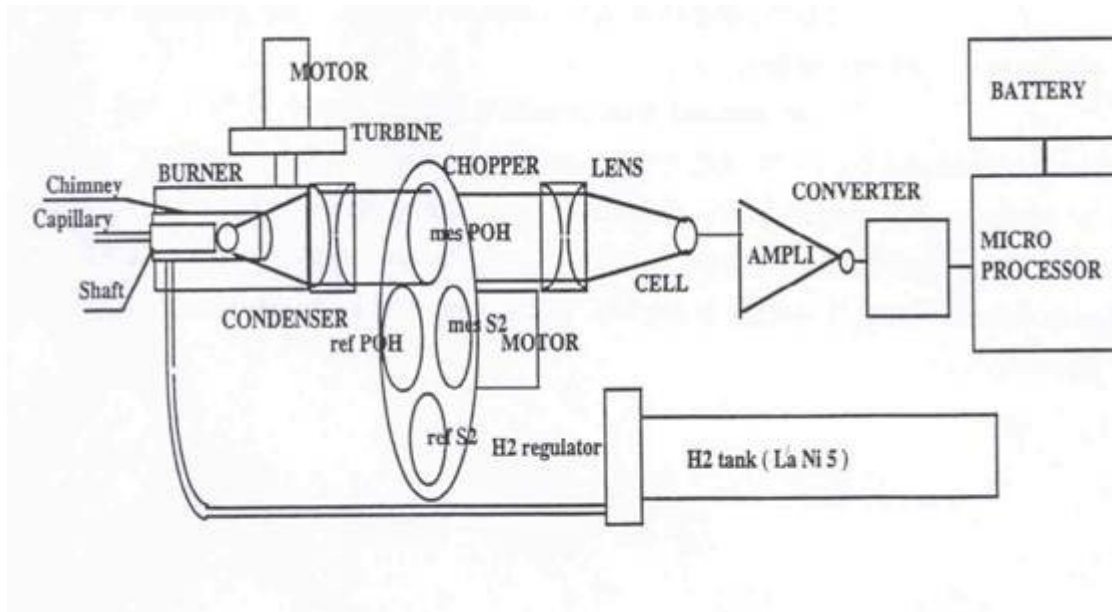
Elektronická detekce IMS

Functional diagram

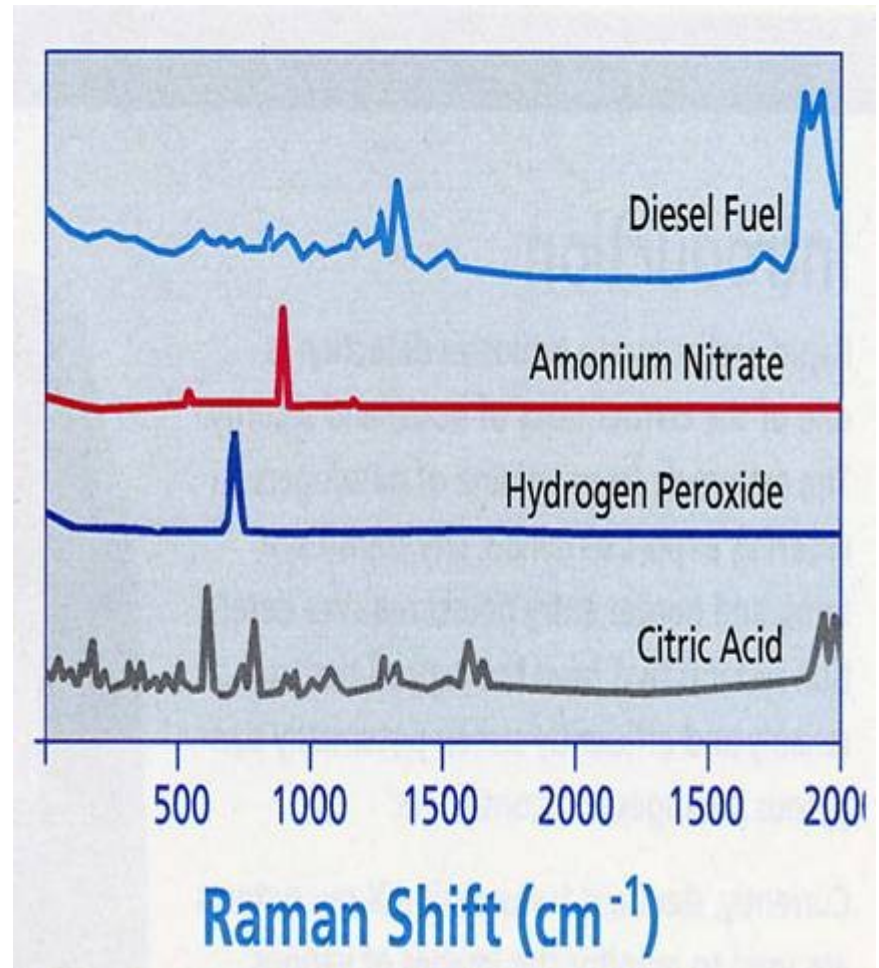
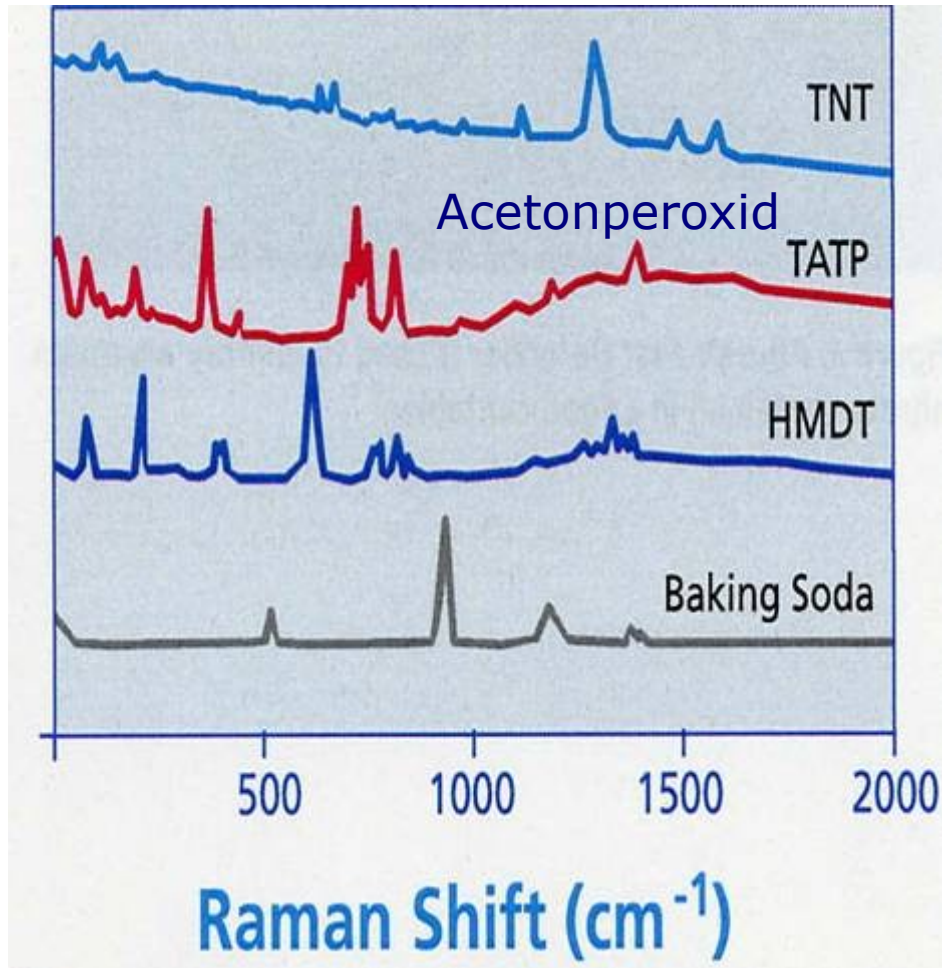


Plamenová spektrometrie

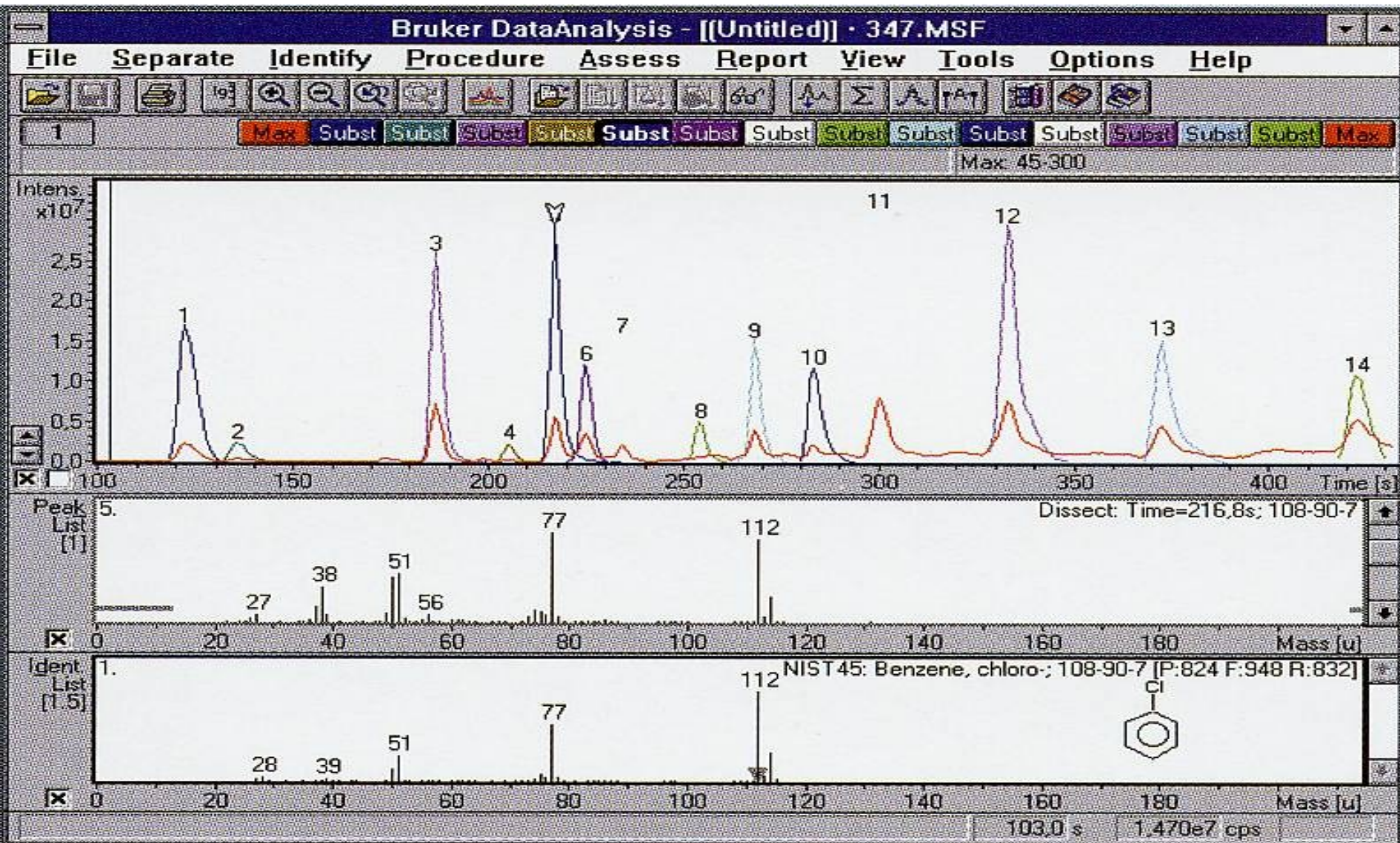
Vzorek látky je spalován ve vodíkovém plameni a přítomnost atomů prvků emituje charakteristické světlo. Optický systém vyhodnocuje patřičné vlnové délky světla odpovídající konkrétním prvkům (např. fosfor 510 nm, síra 392 nm atd.)



Ramanova spektra

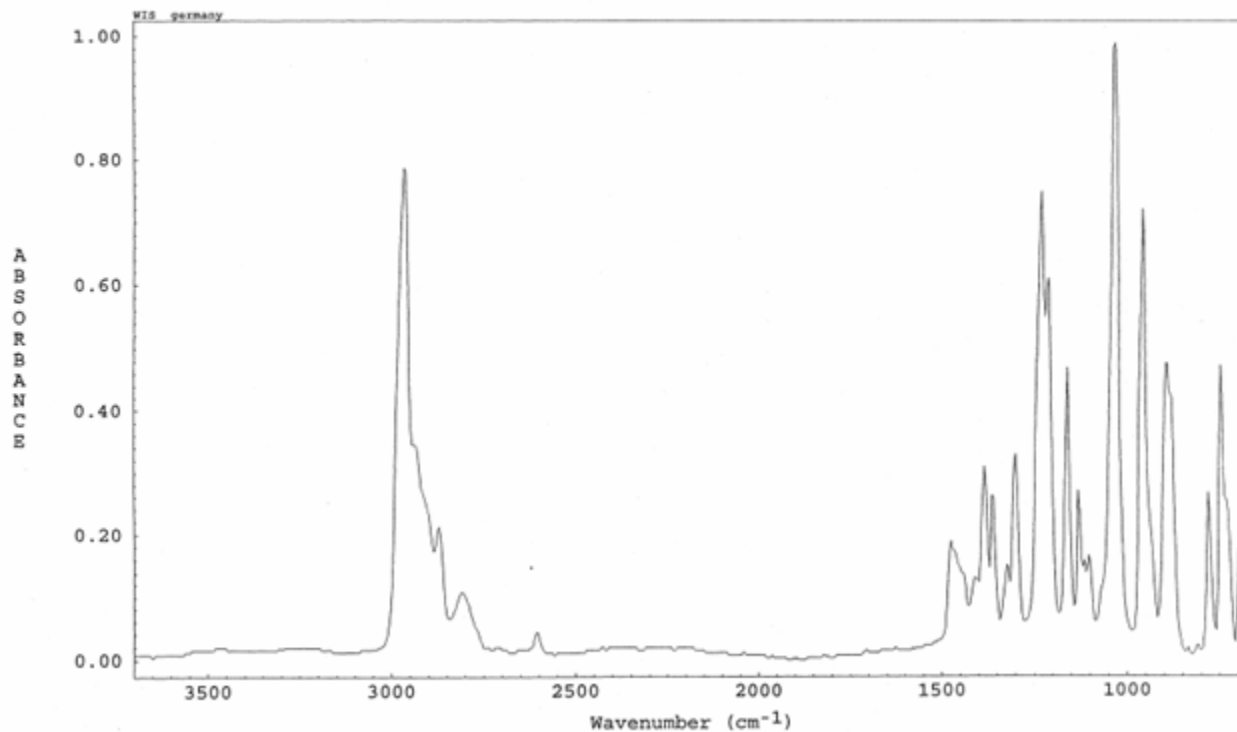


Identifikace-analýza na místě GC/MS spektrum



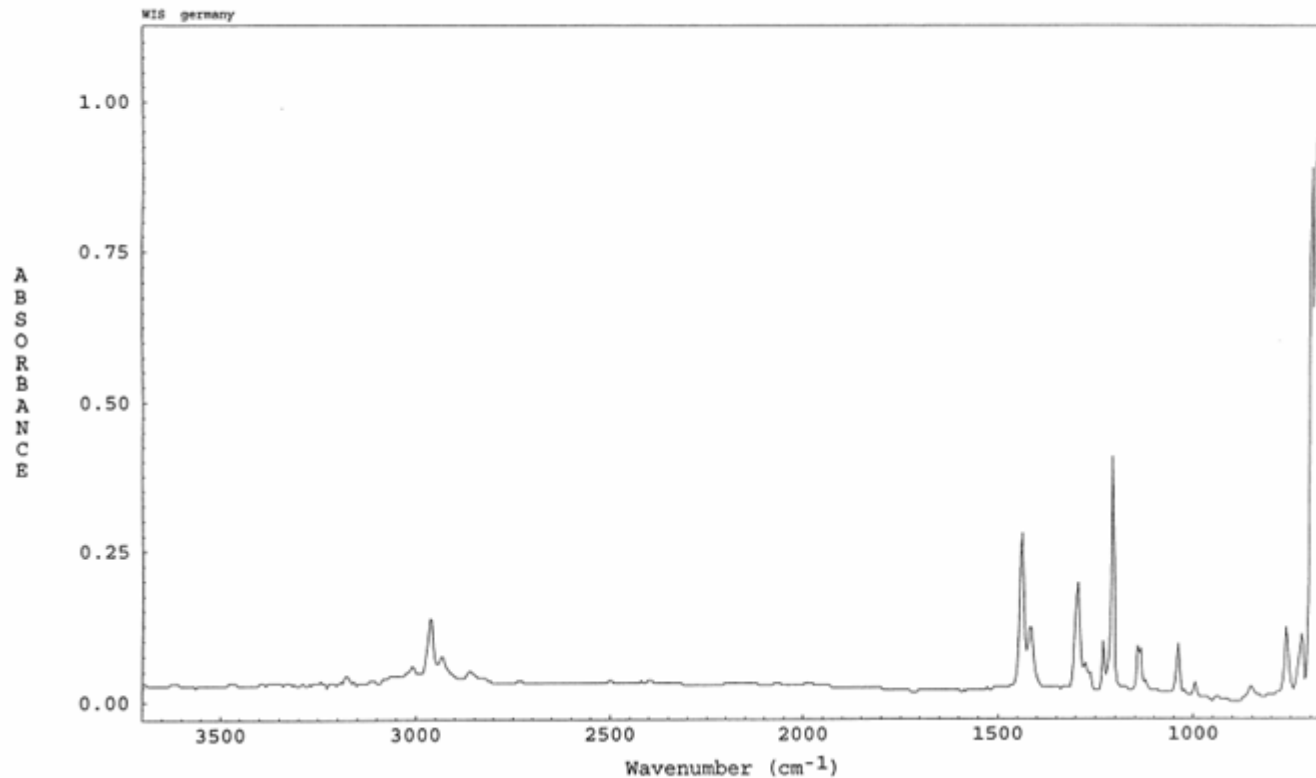
IČ spektrum VX látky

Z1424 O-ETHYL-S-(2-DIISOPROPYLAMINOETHYL) METHYLPHOSPHONOTHIOLATE; Z1424



IČ spektrum yperitu

Z399 S-MUSTARD, BIS(2-CHLOROETHYL) SULFIDE; Z399



IČ dálková detekce

$$P_d \propto C \times L \times \Delta T$$

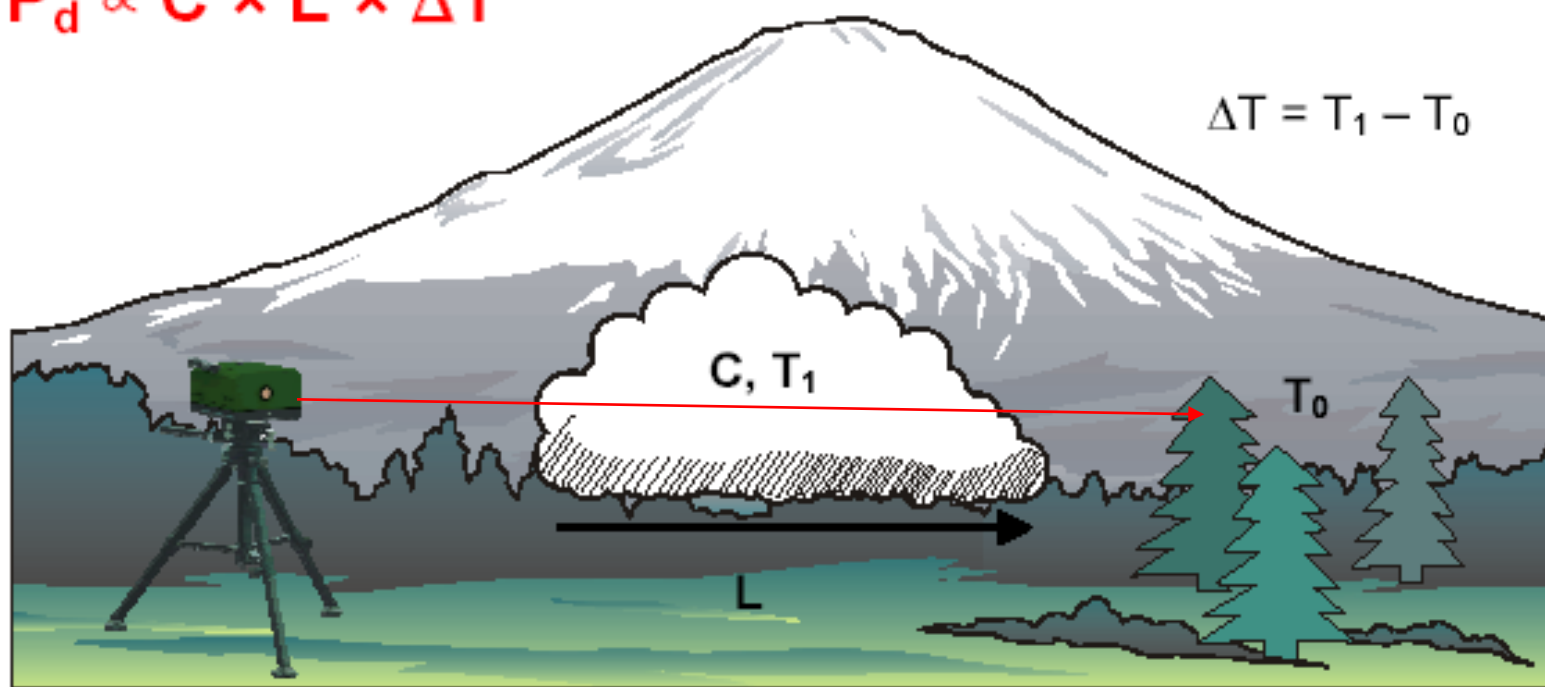
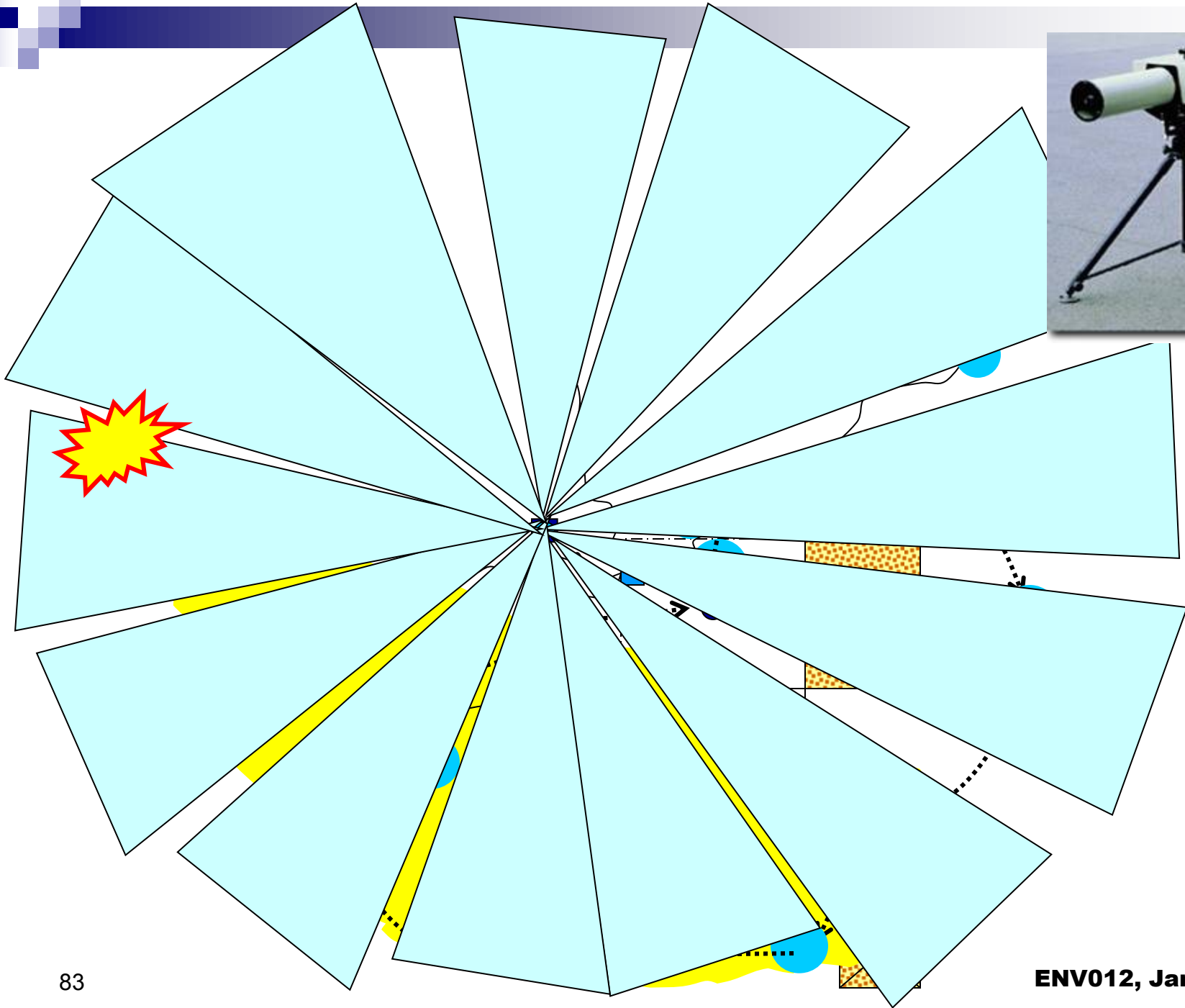
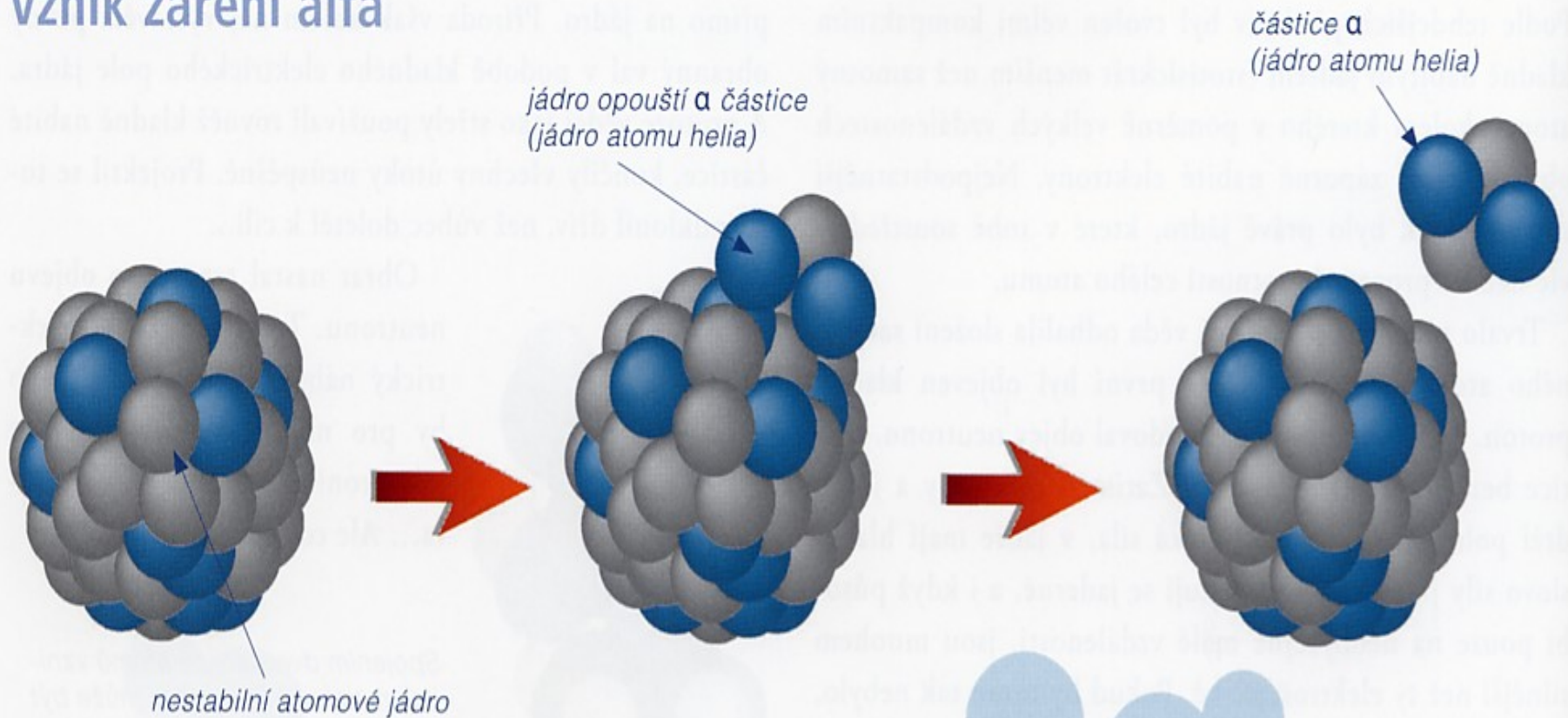


Fig. 1 Passive IR detection



Vznik čáisticového záření alfa (α)

vznik záření alfa



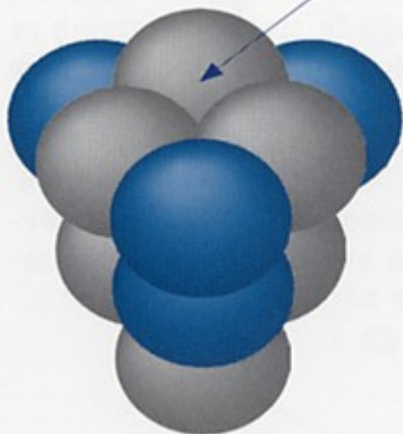
Nestabilní atomové jádro s nadbytkem protonů a neutronů může vyzářit nadbytečné částice v podobě záření alfa.

Vznik částicového záření beta (β)

vznik záření beta

Pokud je uvnitř nestabilního jádra příliš velké množství neutronů, může se některý z neutronů rozpadnout na proton a elektron.

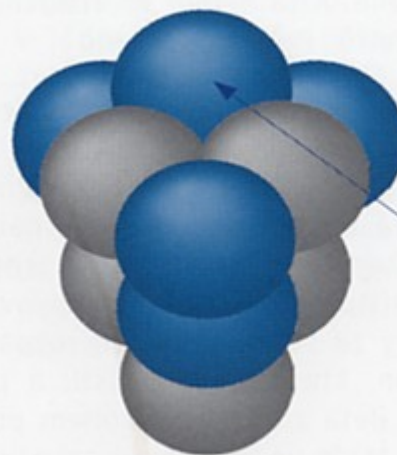
neutron se rozpadá na proton a elektron



elektron (částice β) opouští jádro



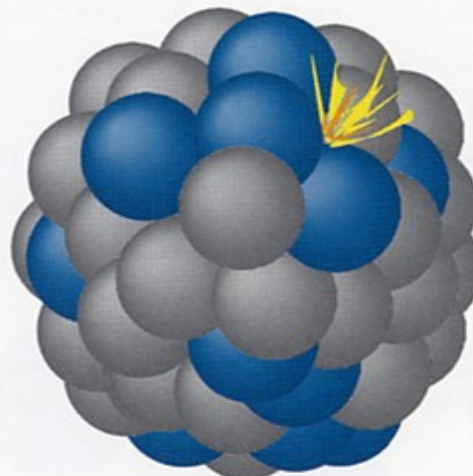
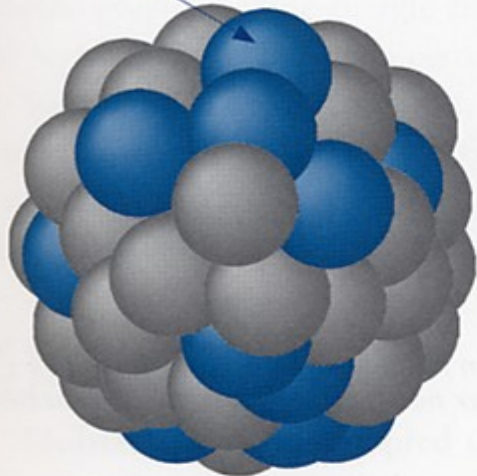
proton zůstává v jádře



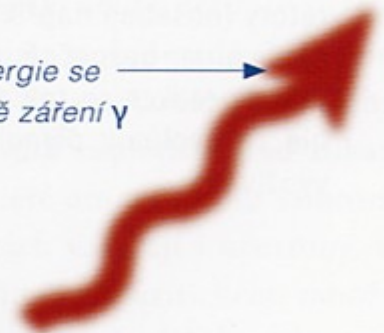
Vznik elektromagnetického záření gama (γ)

vznik záření gama

nestabilní atomové jádro

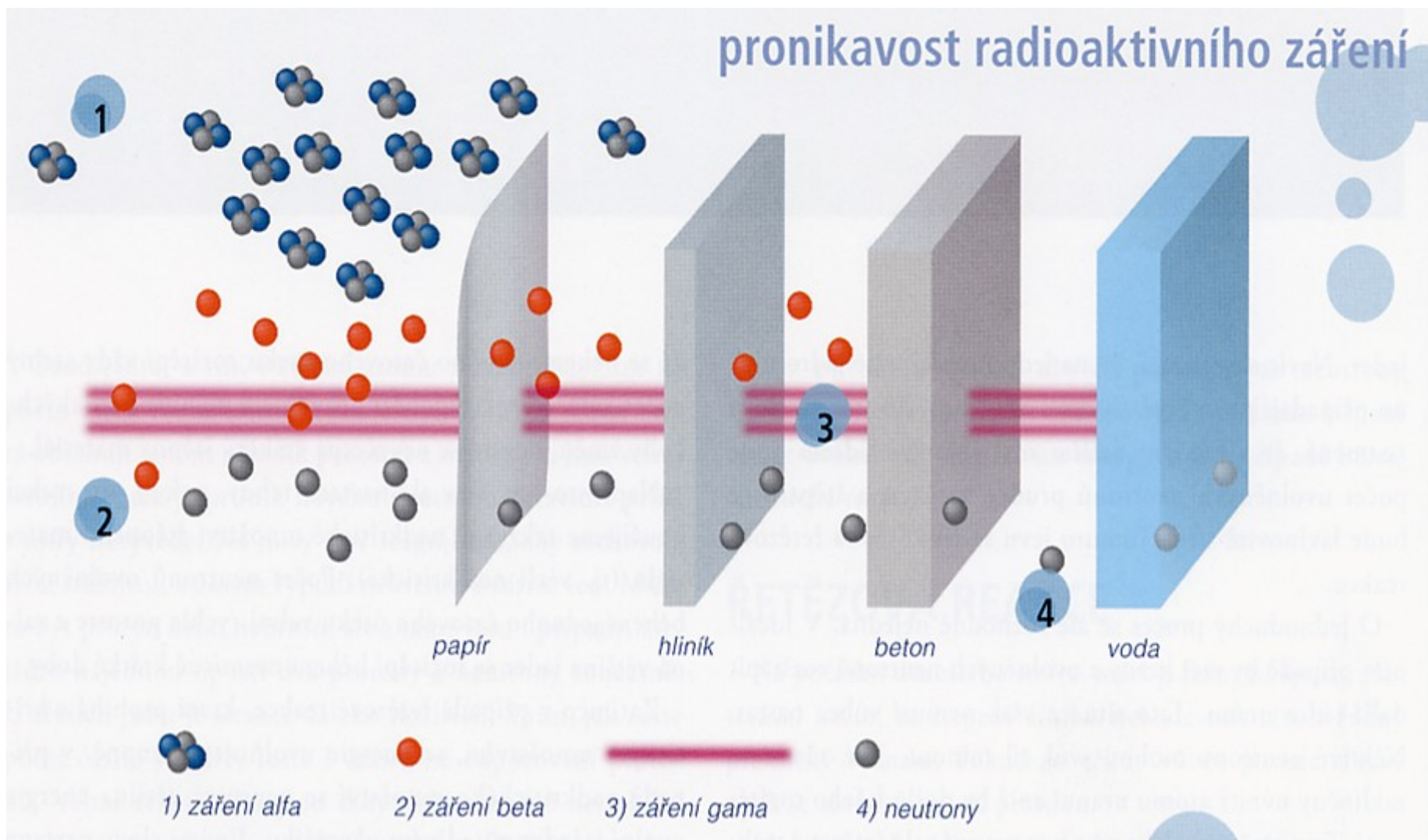


přebytečná energie se
uvolní v podobě záření γ

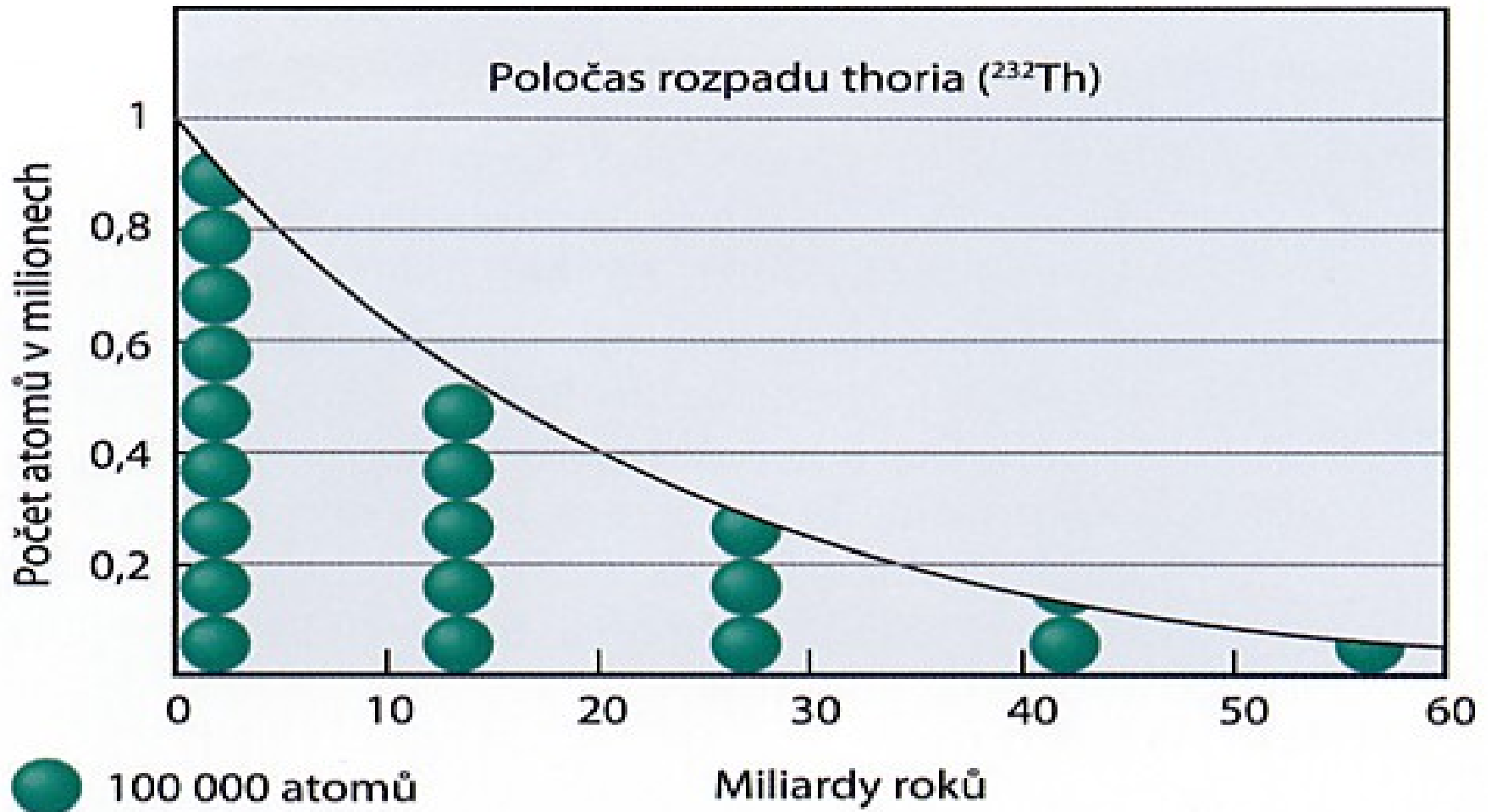


Jednou z cest, kterou se jádro zbavuje přebytečné energie, je její vyzáření v podobě záření gama (elektromagnetické záření).

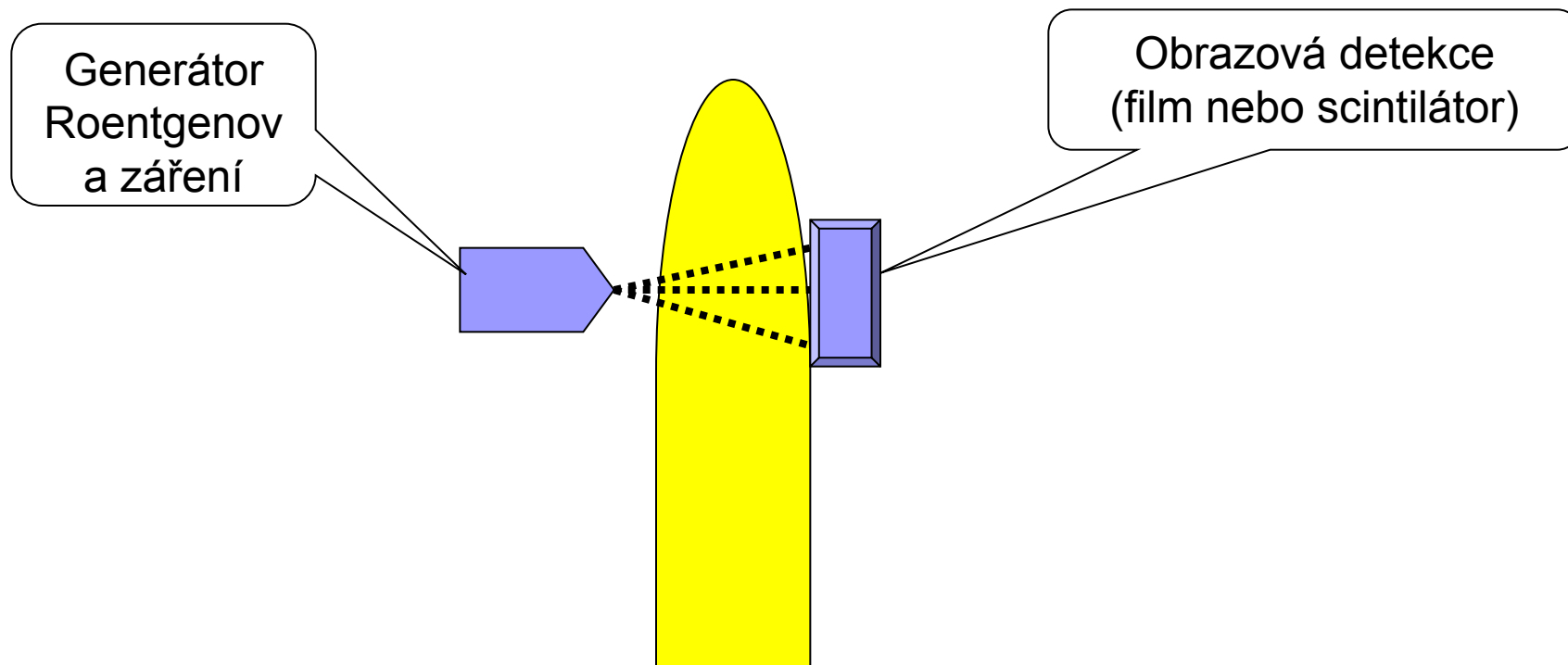
Stínění radioaktivních záření



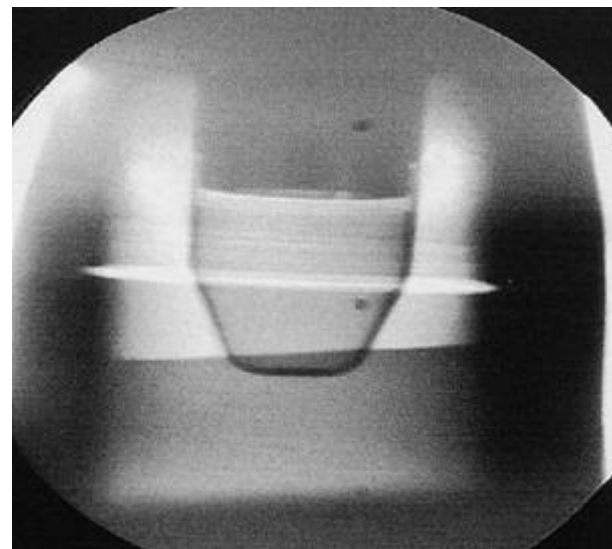
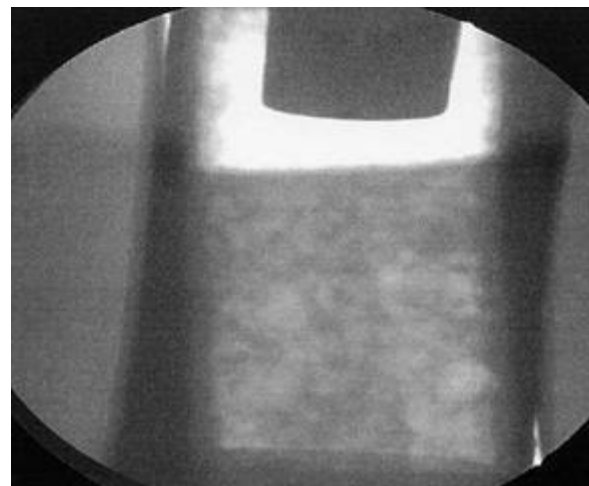
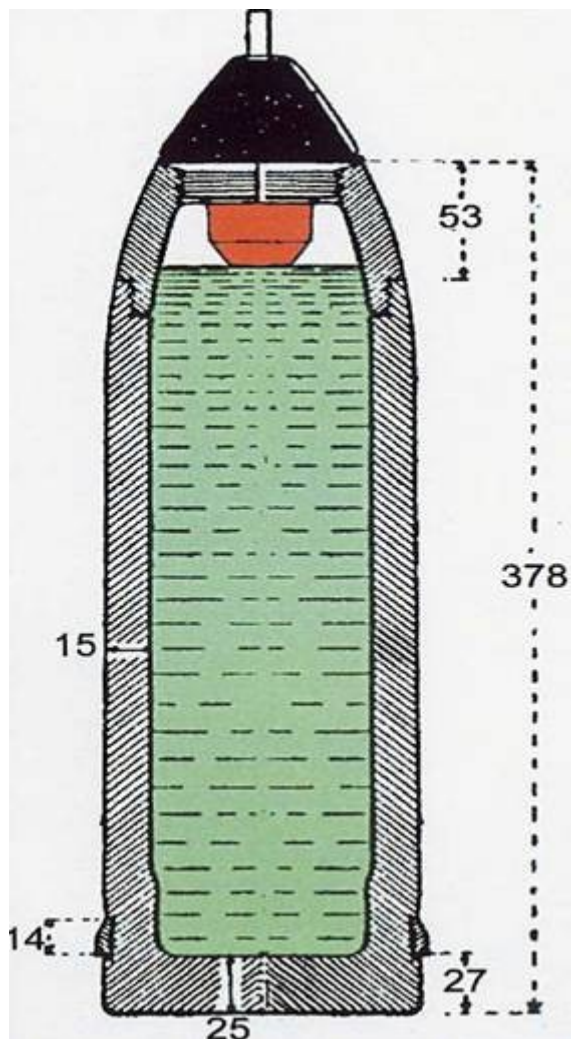
Poločas rozpadu



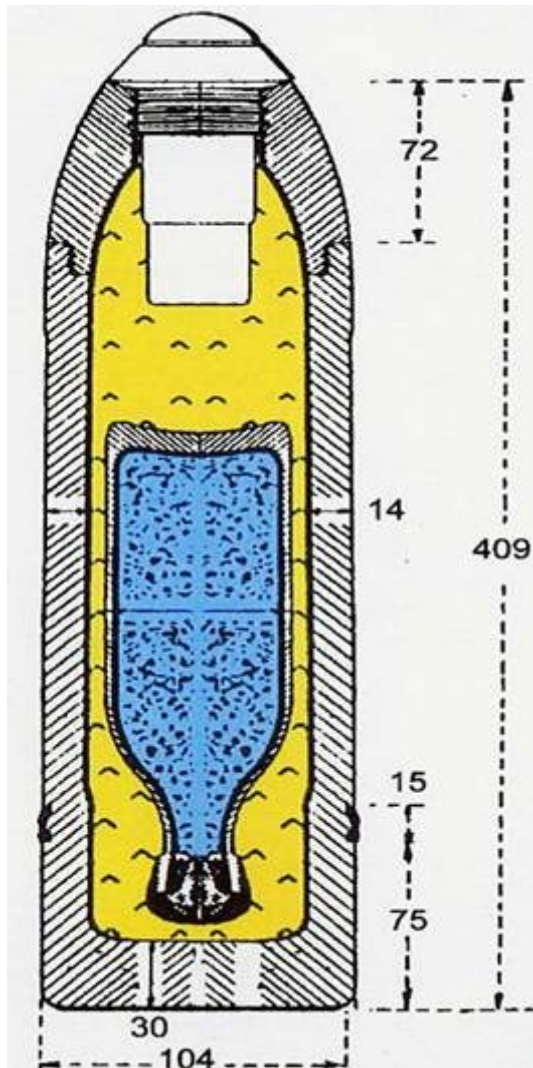
Rentgenová metoda



Hladina kapalné náplně

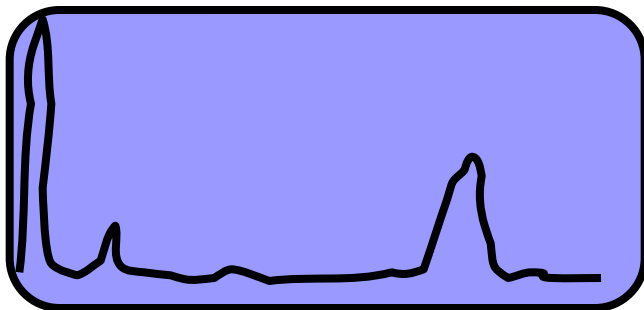
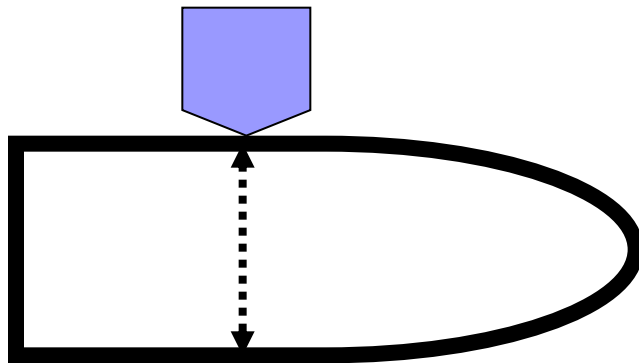


Zobrazení náplně ve skleněném obalu

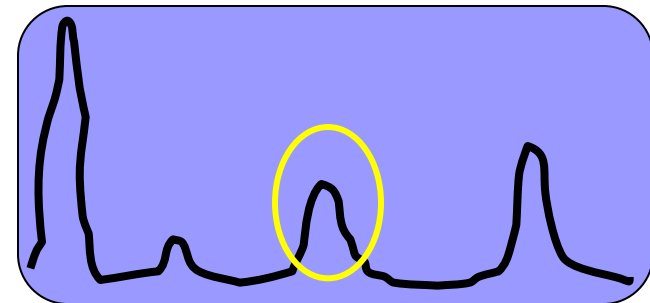
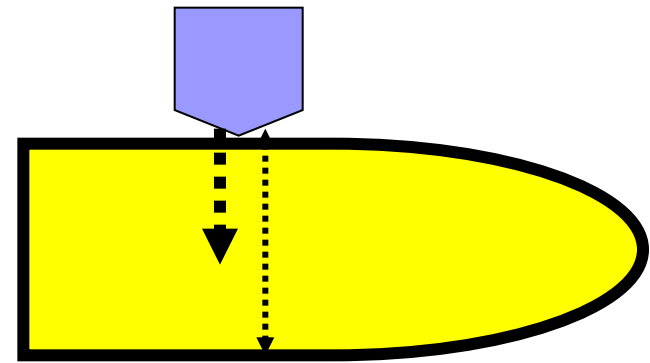


Ultrazvuková metoda

Spektrum prázdného náboje



Spektrum náboje s náplní



Isotopová neutronová spektroskopie

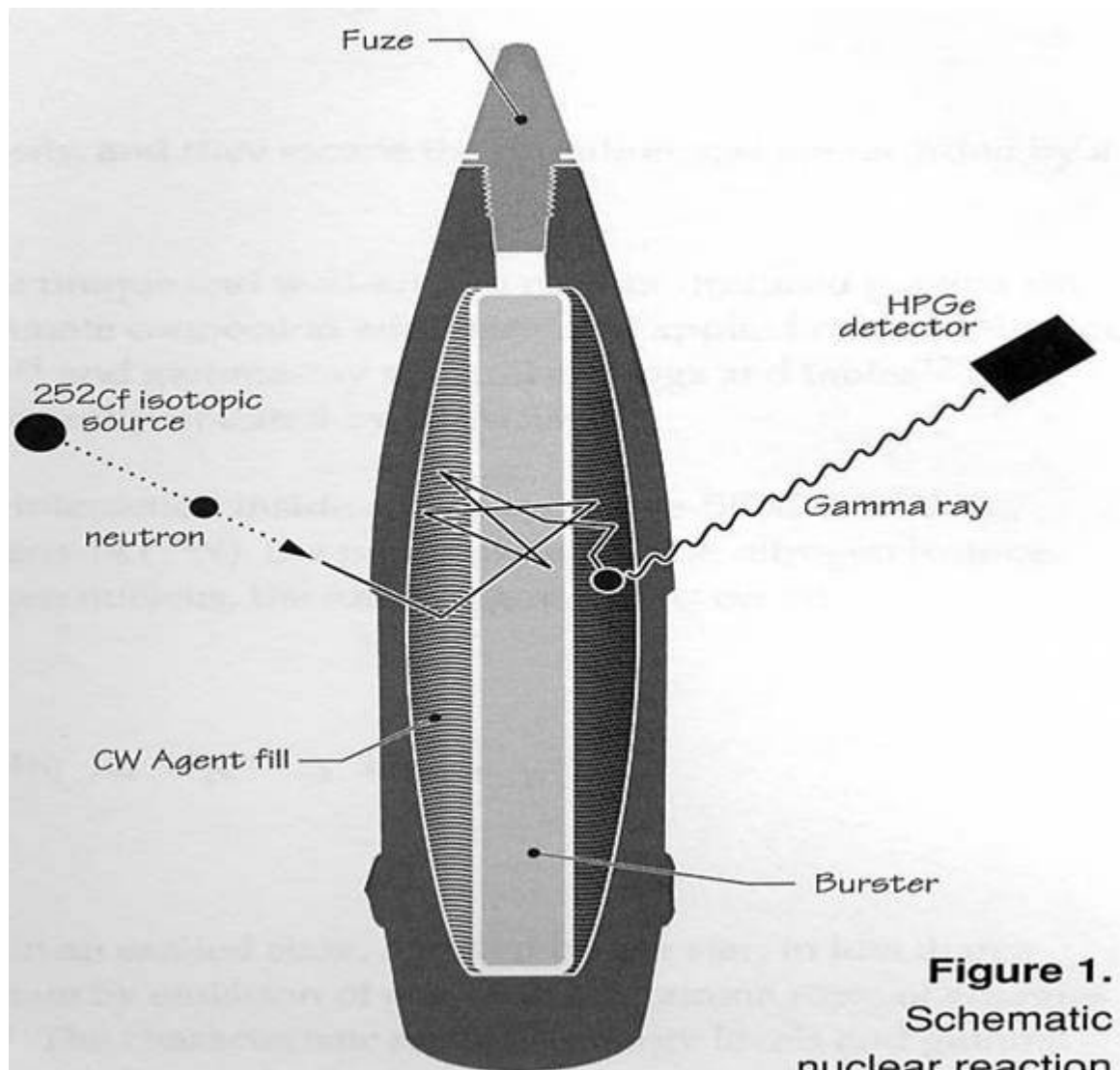


Figure 1.
Schematic
nuclear reaction

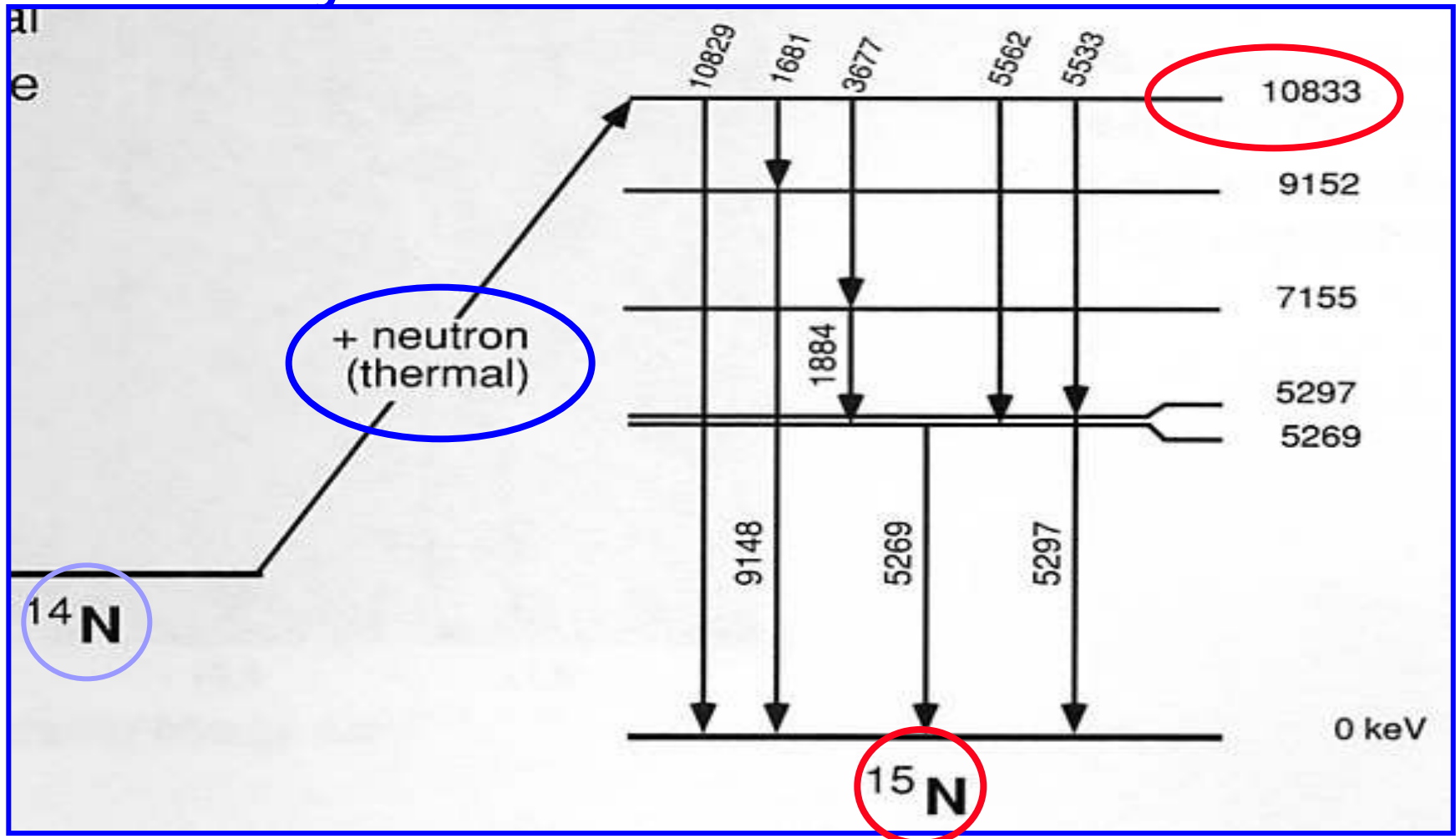
NV012, Jaro 2012

Gamma energie prvků v náplních munice

Gamma-ray energies

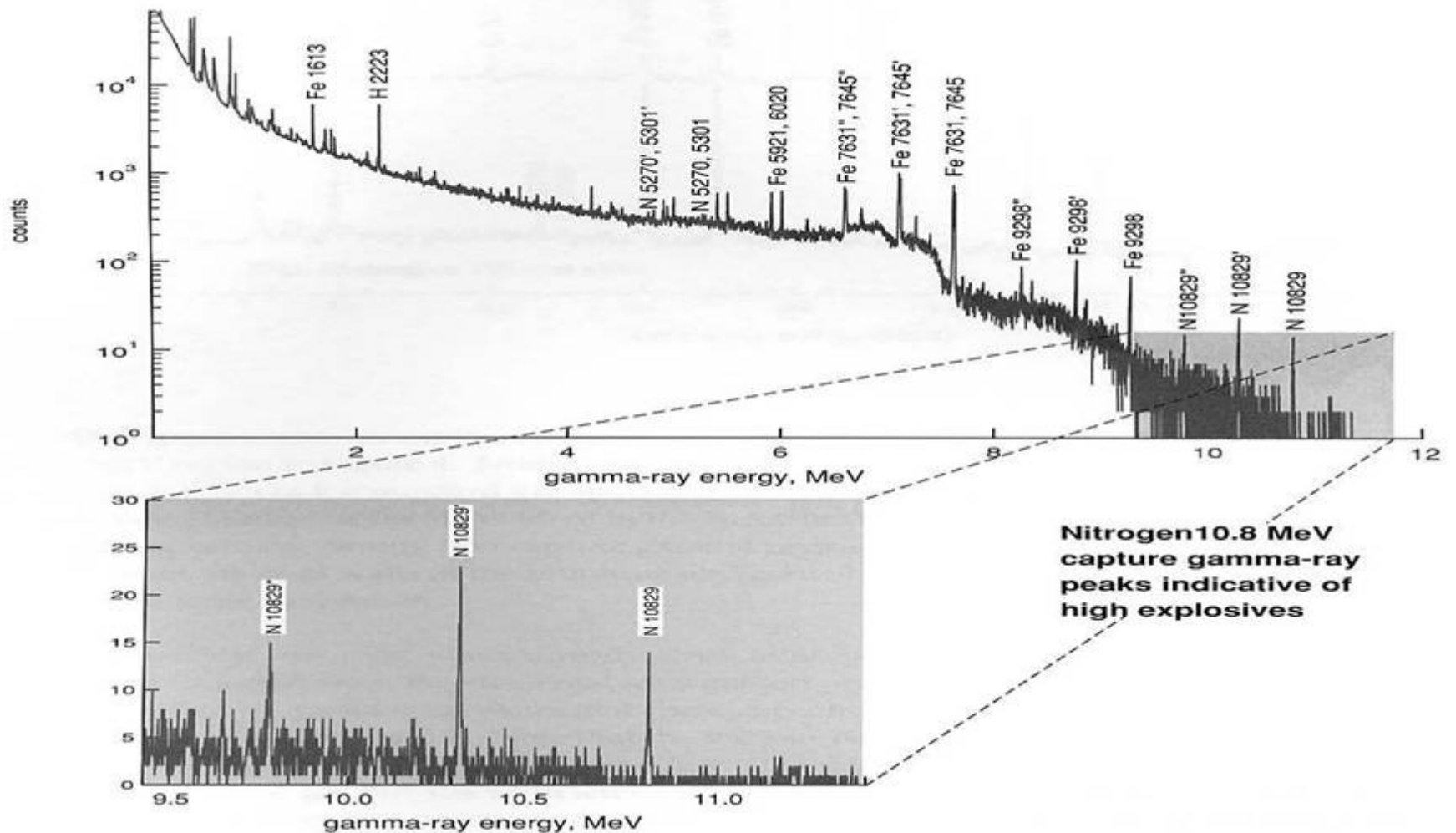
Energy (keV)	Element	Reaction	Other lines	Remarks
279.5	arsenic	(n, n'γ)	264.7	L-agent
983.5	titanium	(n, n'γ)	1381.5	FM smoke
1266.1	phosphorus	(n, n'γ)	2233.4, 3900.3	WP, G & V agents
1950.9	chlorine	(n, γ)	1959.1, 6110.9	decon bleach, FM, FS, HC smoke, H & L agents
2211.8	aluminum	(n, n'γ)	1014.4, 7723.9	M55 rocket casing
2223.25	hydrogen	(n, γ)		energy calibration line
2230.2	sulfur	(n, n'γ)	5420.5	FS smoke, H & V agents
2233.4	phosphorus	(n, n'γ)	1266.1, 3900.3	WP, G & V agents
3900.3	phosphorus	(n, γ)	1266.1, 2233.4	G & V agents
5420.5	sulfur	(n, γ)	2230.2, 4909.5	FS smoke, H & V agents
6110.9	chlorine	(n, γ)	1950.9, 1959.1	decon bleach, FM, FS, HC smoke, H & L agents
7631.13	iron	(n, γ)	1238.3, 7645.45	steel munition casings
7645.45	iron	(n, γ)	1238.3, 7631.13	energy calibration line
10318.3	nitrogen	(n, γ)	5269.2, 10829.2	explosives, V agent

Generace isotopu dusíku tepelnými neutrony

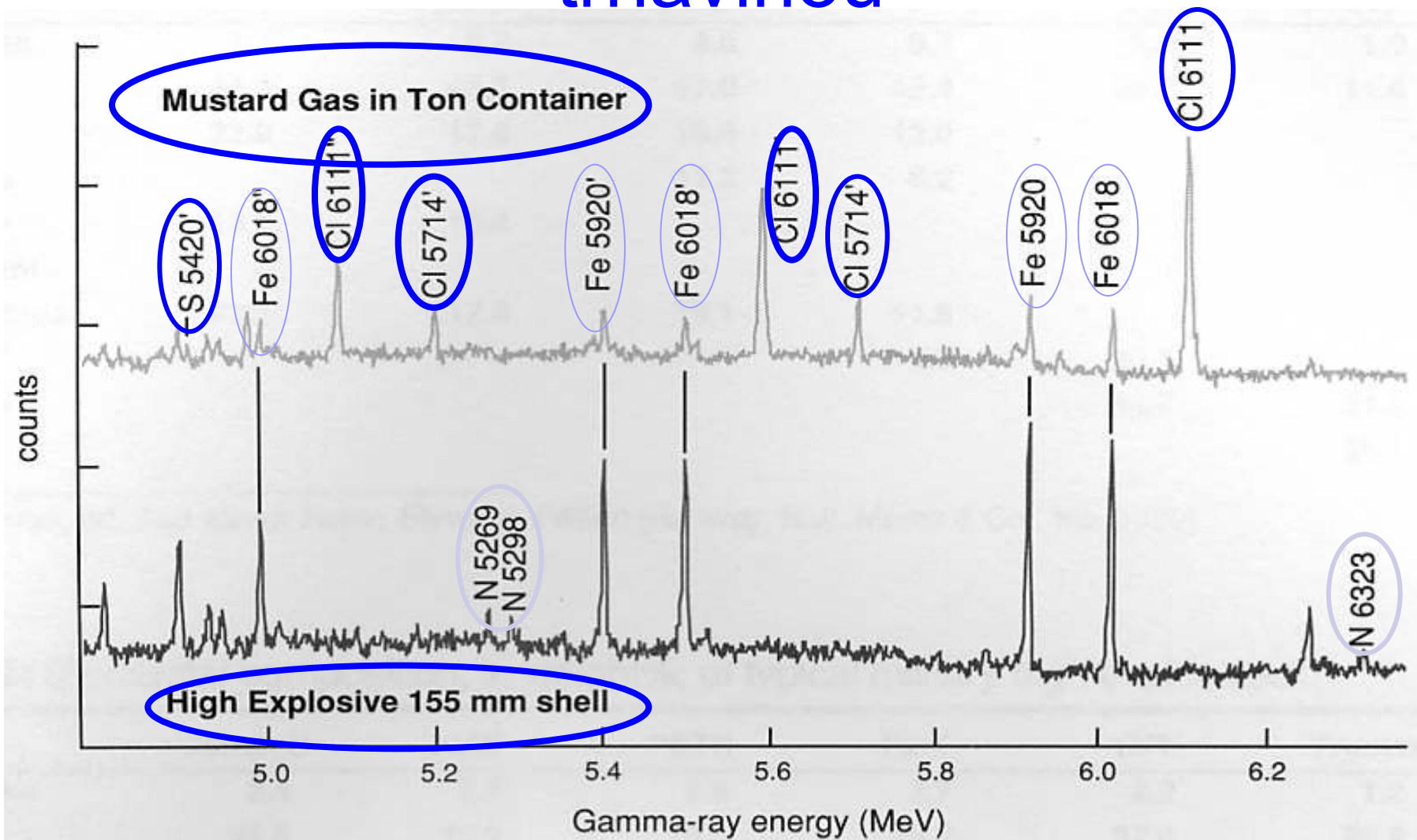


Gama spektrum náplně trhaviny

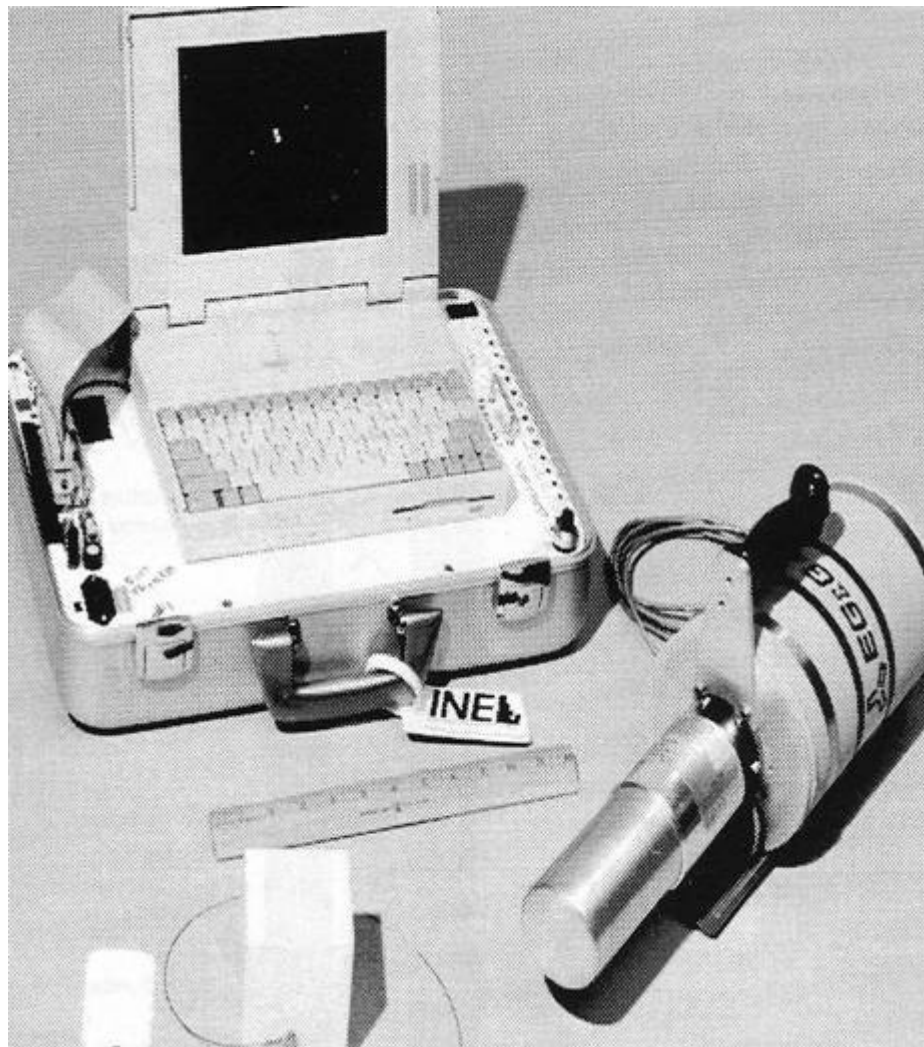
Figure 3. High explosive-filled 155mm projectile spectrum



Gamma spectrum náplní s yperitem a trhavinou



Přenosné a mobilní spektrometry



NIGAS

The Neutron Induced
Gamma Spectrometer



Detekce a monitoring chemických látek (faktory ovlivňující expozici)

Měřicí přístroj:

- Detekční citlivost a selektivita
- Rychlost detekční odezvy
- Falešná pozitivní a negativní detekce
- Teplotní rozsah měření
- Bezpečný provoz

VÝSTUPY LEKCE

- Úvod do kurzu
- Zdroje informací
- Principiální vlastnosti nebezpečných CBR látek
- Důvody pro detekci CBR
- Principy detekce CBR
- Na konci přednášky by jste měli vědět:
- Vědět o základních zdrojích informací
- Mít stručný přehled o vlastnostech CBR a potřebách jejich detekce
- Orientovat se v principech detekce CBR