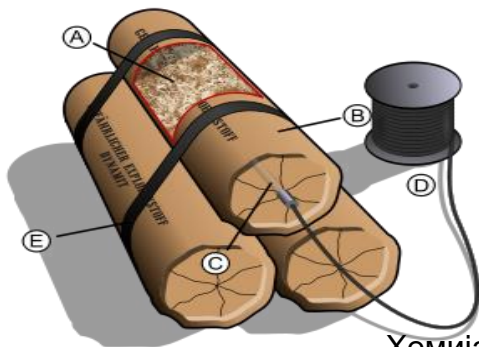




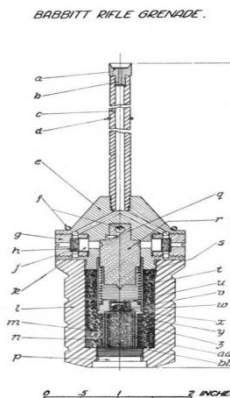
Експлозиви

Експлозиви

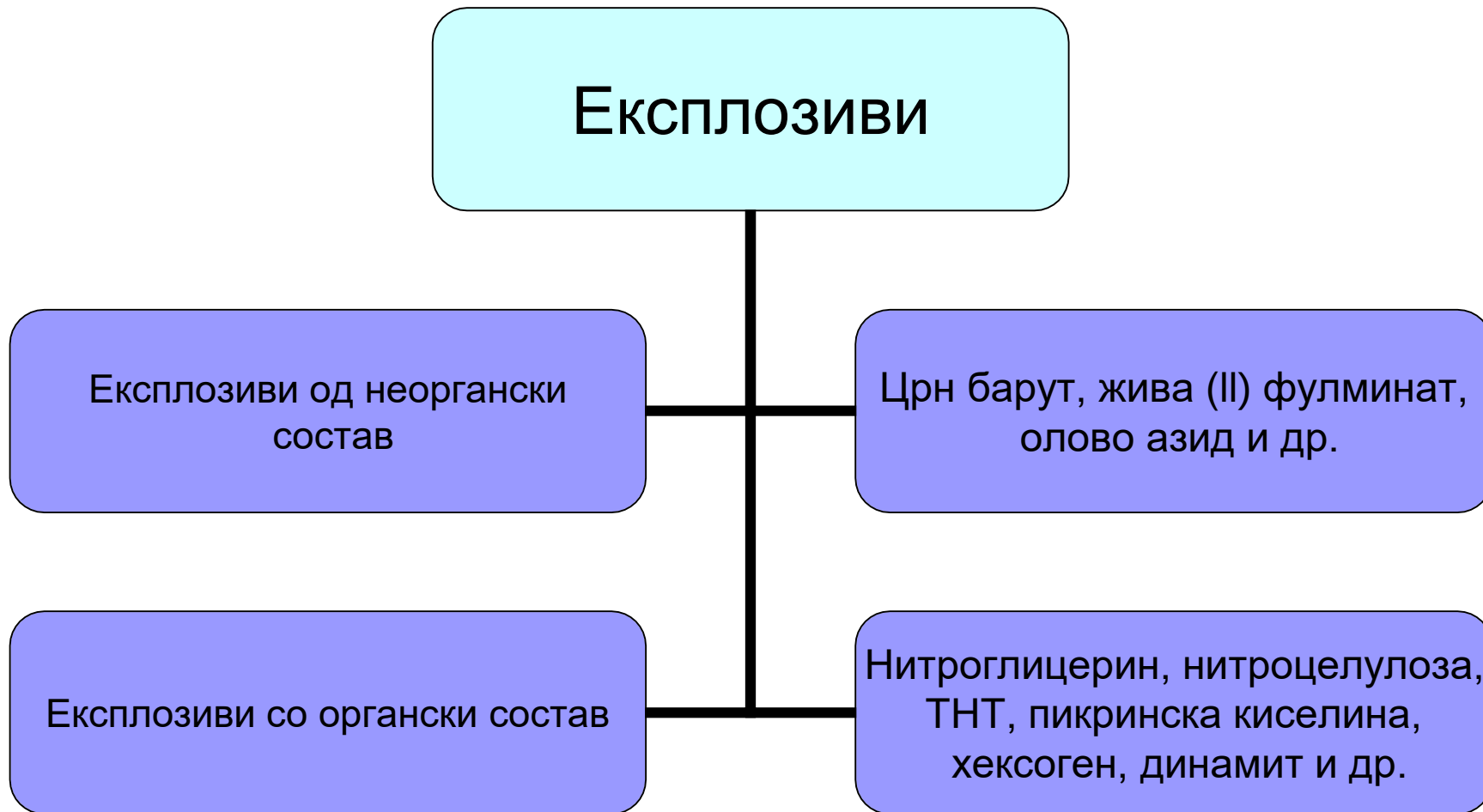
- Експлозиви се сите материи кои во допир со кислород, без или во присуство на искра или оган, **согоруваат за многу кратко време**, при што ослободува големо количество на топлинска и кинетичка енергија.
- Експлозивите се соединенија или смеси кои под надворешни влијанија (удар, триење, загревање или иницијално палење) хемиски многу **брзо се трансформираат** и при тоа ослободуваат голема количина топлина и гасовити производи што се манифестира како експлозија или детонација.
- Техничката примена на експлозивите се заснова на тоа што при експлозивната реакција се “произведува” силен притисок кој може да изврши механичка работа.



Хемија во практиката



Според хемискиот состав се делат на :



Според начинот на употреба експлозивите се делат на:

Иницирачки експлозиви

- Се користат за активирање и многу се осетливи на пламен и удар.
- Поради својата активност се користат исклучиво за правење на иницијални каписли и запалки.
- **жива(II) фулминат, олово азид и др.**

Бризантни експлозиви

- Се многу стабилни и разорната моќ им е многу силна.
- Тие најчесто се користат во воени цели (правење бомби, ракети, гранати итн.) или во стопански цели (рударство, градежништво итн.)
- **динамит, ТНТ, нитроцелулоза и др.)**

Според особините и **дејството** експлозивите најчесто се делат на :

1. Барути или **погонски експлозиви**
2. Експлозиви со разорно дејство (**разорни експлозиви**) меѓу кои се разликуваат воени и стопански експлозиви
3. **Иницијални експлозиви**, средства за палење или детонатори, кои се многу осетливи и служат како иницијални запалки за другите експлозиви

Механизмот (процесот) на настанување на експлозијата зависи од видот на експлозивните материји

- **Хемиски** - брзо претварање на цврста или течна експлозивна супстанца во гас.
- **Физички** – зголемување на притисокот
- **Нуклеарни** –
 - фисија и
 - фузија

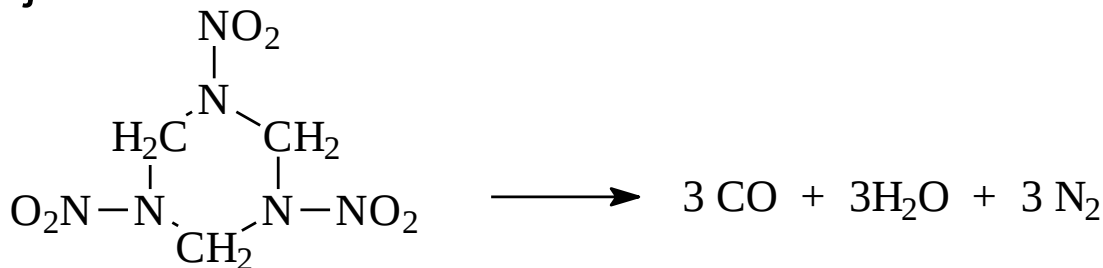
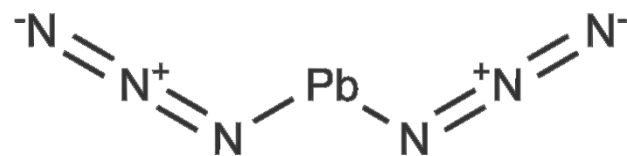
Експлозиите како последица на хемиски реакции се сметаат за прави, **вистински експлозии**, додека експлозиите кои настанале како последица на физички промени (Пр. Распрскување на садови под притисок) спаѓаат во **експлозивни појави**.

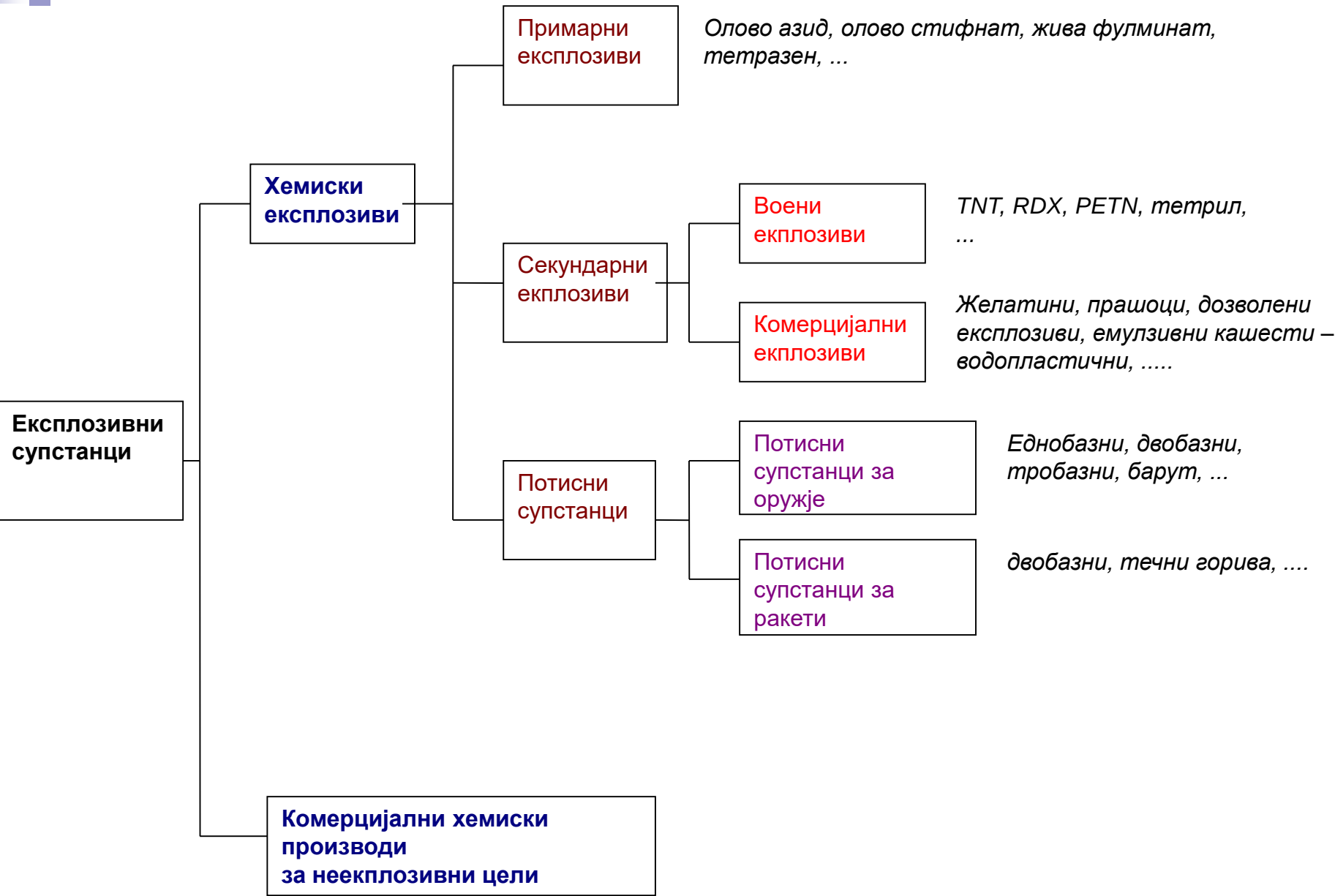
Хемиски експлозии

- Хемиска експлозија е резултат на хемиска реакција или промена на состојба на материја, која настанува во особено краток временски период со генерирање на големо количество **ТОПЛИНА** и големо количество на **ГАСОВИ**
- Хемиска експлозија – услов е претходно “компресирани” соединенија да бидат затворени
- Во текот на експлозија настанува брза **егзотермна** трансформација, што резултира со формирање на многу жешки гасови и пареи
- Гасови остануваат дел од секунда во затворениот простор, при што го зафаќаат волуменот на експлозивниот полнеж
- V е мало, T висока $\Rightarrow P$ е енормно висок $\Rightarrow$ доволен да настане бран кој може да ги разори ѕидовите на садот, како и другите објекти.

Хемиски експлозиви

- Супстанции класифицирани како хемиски експлозиви содржат С, Н (кои претставуваат горива) и О (обично сврзан во групите NO, NO₂ и NO₃).
- Исклучок
 - Азиди (PbN₆)
 - Азоттријодид (NI₃)
 - Азоимид (NH₃ NI₃)
- Големо количество на енергија
- Топлина на реакција





Класификација на хемиски експлозививи

- Експлозививи – поделба према :
 - Хемиска природа
 - Намена

- Хемиски експлозививи - према хемиска природа:
 - **Експлозивни супстанции**
(содржат молекуларни групи кои имаат експлозивни својства)
 1. пероксиди, озониди
 2. Азотни соединенија
 3. Азотни естери
 4. Нитрамини
 5. Деривати на хлорна и перхлорна киселина
 6. Азиди
 7. Разно соединенија (фулминати, ацетилиди, пероксиди, озониди итн.)

 - **Експлозивни смеси** (барут)

Класификација на експлозивни супстанции

Плетс 1953 г.

- Експлозивни супстанции**

(содржат молекуларни групи кои имаат експлозивни својства)

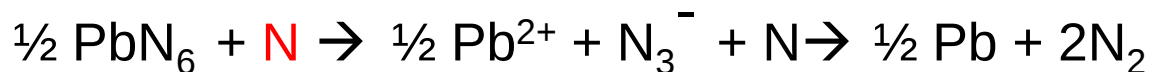
- | | | | |
|----|---|----------------------------|------------------|
| 1. | Неоргански и органски пероксиди и озониди | —O—O— | —O—O—O— |
| 2. | Неоргански и органски хлорати и перхлорати | —OClO_2 | —OClO_3 |
| 3. | Азотни соединенија со халогени елементи | —N—X_2 | |
| 4. | Неоргански и органски супстанции со нитро група | —NO_2 | —ONO_2 |
| 5. | Неоргански и органски азиди | —N=N— | —N=N=N— |
| 6. | фулминати | —N=C | |
| 7. | Ацетилен и метални ацетилиди | $\text{—C}\equiv\text{C—}$ | |
| 8. | Метали сврзани со јаглерод – органомет. соедин. | M—C | |

Примарни експлозиви

- Примарни експлозиви
- За разлика од секундарните:
 1. Минуваат низ особено **брза трансформација** од горење до детонација
 2. Имаат способност да ја **пренесат детонацијата** на помалку осетливите експлозиви
- Детонација настанува како последица на топлина или шок-ударен бран



Реакција е ендотермна (213kJ)



Реакција е егзотермна (657kJ)

Разложување е **прогресивно**: 1 N_3^- група $\rightarrow$ 2-3 соседни $\text{N}_3^- \rightarrow 22 \text{ N}_3^-$

Најчесто користени примарни експлозиви:

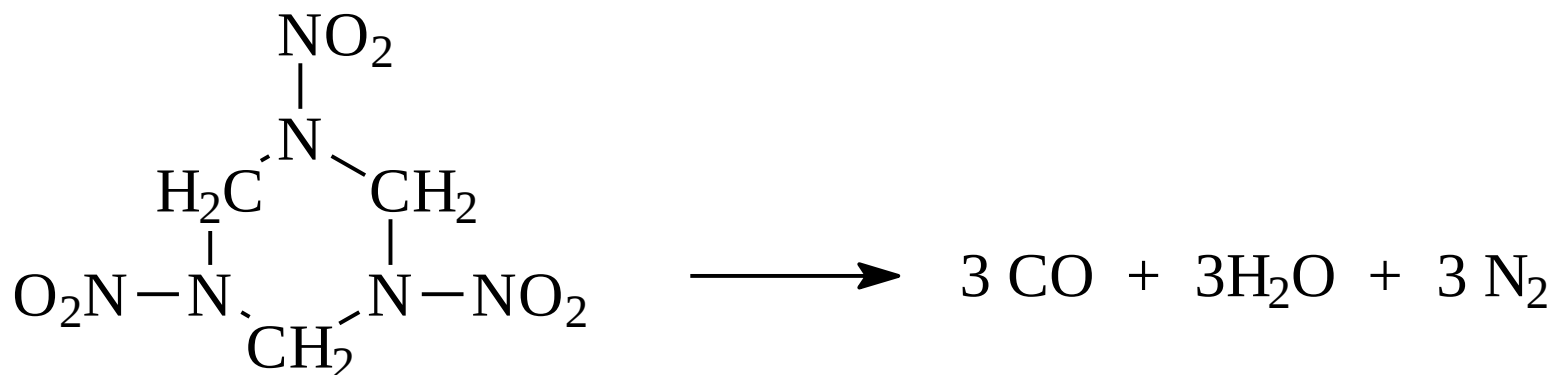
- Олово азид
- Олово стифнат (тринитрорезорцинат)
- Олово мононитрорезорцинат (LMNR)
- Калиум динитробензофуразан (KDNBF)
- Бариум стифнат

Помалку користени:

- Жива азид
- Жива фулминат

Секундарни експлозиви

- Бризантни експлозиви
- Помалку осетливи од примарните
- Се активираат само со детонација предизвикана од примарните експлозиви
- По активирањето, речиси моментално се формираат постабилни соединенија
- Се генерира ударен бран
- Брзина на детонација 5500 – 9000 ms⁻¹



Примери за секундарни експлозиви

- TNT
- тетрил
- пикринска киселина
- нитроцелулоза
- RDX – хексоген, циклонит, циклотриметилентринитрамин
- HMX – октоген, циклотетраметилентетранитрамин
- TATB (1,3,5-триамино-2,4,6-тринитробензен)

Комерцијални:

- Експлозивен желатин
- Дијатомејски динамит
- 60 % желатинизиран динамит

Потисни супстанции

- Потисни средства се **запаливи материјали** кои во себе **го содржат целиот кислород** потребен за согорување
- Горат, а **НЕ експлодираат**
- Се иницираат со пламен или искра
- **Релативно бавно** (неколку ms) преминуваат од цврста во гасовита состојба
- **Примери:** барут, безчаден барут, амониум нитратни експлозивни кои не содржат нитроглицерин или други ароматични нитро соединенија

Примарни Жива(II) фулминат

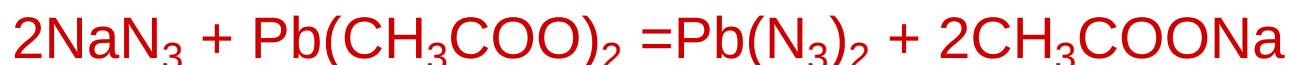
- Добиен е на самиот почеток на XIX век.
- По хемиски состав е $\text{Hg}(\text{ONC})_2$
- Многу лесно се пали и експлодира со голема брзина (**4250 m/s**), па затоа се употребува како иницијален експлозив.
- При удар лесно детонира:



- **Добивање:**
- Живата се раствора во концентрирана азотна киселина, па се меша со 96% алкохол при одредена температура. Кристалите од фулминатот се испираат и се сушат во вакуум.
- Жива (II) фулминат се употребува за полнење каписли и за правење смеса за иницијално палење но денес е воглавно потиснат од олово азид.
- Често се употребува во смеси.

Олово азид

- Се добива под дејство на натриум азид на олово ацетат во присуство на декстрин или поливинил-алкохол како би се спречило образување на крупни кристали:



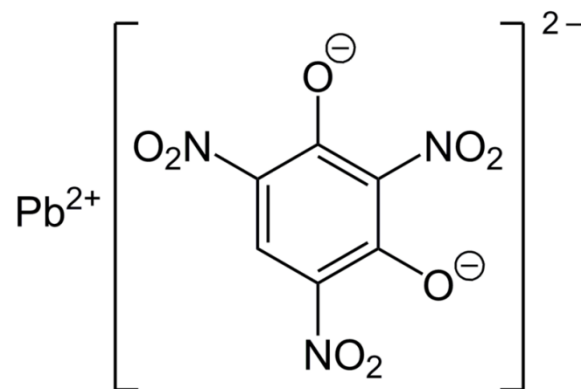
- Натриум азид лесно се добива од натриум амид и диазот моноксид:



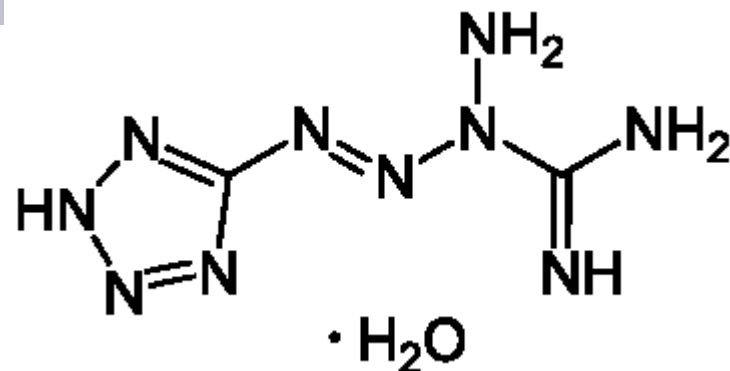
- Олово азид многу брзо експлодира (**4630 m/s**) дури и влажен!
- Кога е **во кристален облик не е опасен за ракување**.
- За разлика од фулминатот кој се пали на околу 220°C олово азидот не е многу осетлив на пламен, се пали на околу 330°C но за исто дејство е потребна помала количина.
- Се употребува најмногу за иницијално палење но и во смеса со други експлозиви.

Олово стифнат

- Име изведено од - *styphnic acid*
 - олово 2,4,6-тринитрорезорцинат
 - IUPAC име
 - Олово 2,4,6-тринитробензен-1,3-диолат
-
- Постојат две форми на олово стифнат:
 - шестострани монохидратни кристали и
 - мали правоаголни кристали.
-
- боја - од **жолто** до **кафена** боја.
 - особено чувствителен на огнот и статички електрицитет
 - кога е сув, може лесно да се активира со статички празнења од човечкото тело.
 - не реагира со метали и е помалку чувствителен на удари и триење од жива фулминат
 - **малку растворлив во вода** и метил алкохол
 - стабилен во складирање, дури и при покачени температури.
-
- токсичен за луѓето



Тетразен



- IUPAC име
- 1-(5-тетразолил)-4-гванил тетразен хидрат
- малку е почувствителен од жива фулминат
- кога ќе се притисне доволно, неговата чувствителност се намалува или уништува (*мртво притискање*).
- се разградува во вода што врие
- во контакт со огнот лесно експлодира, произведувајќи големи количества црн чад.
- *Добивање:* преку реакција на натриум нитрит со аминогванидин сол растворена во оцетна киселина на 30-40 °C.

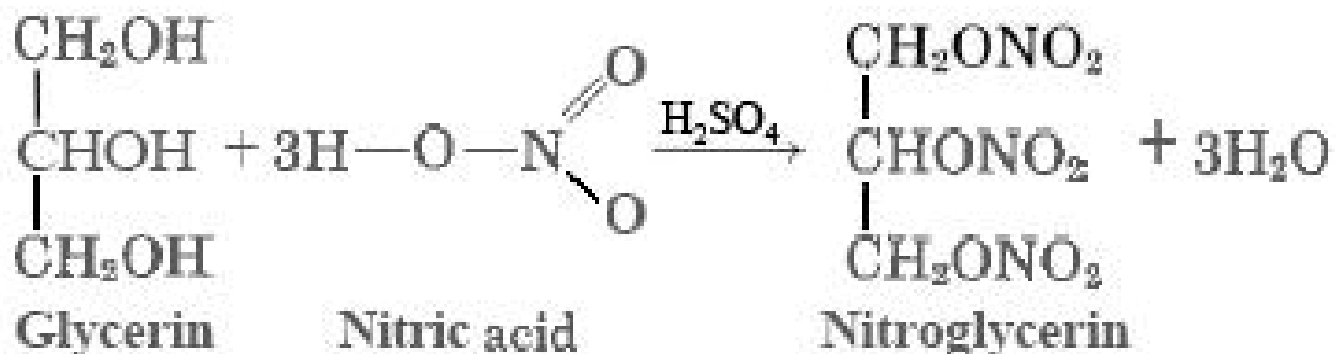
Секундарни

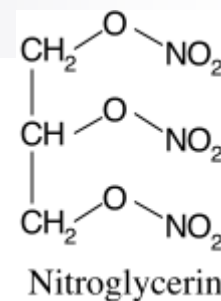
Нитроглицерин (глицерин тринитрат)

- Пронаоѓањето на нитроглицеринот и Нобеловиот пронајдок на динамитот претставуваат еден од најважните напредоци во развојот на експлозивите за примена во техниката.

Добивање

- Глицерин тринитрат се добива со естерификација на анхидриран глицерин со петкратна количина смеса од азотна киселина и 25% олеум на контролирана температура (до 20°C).





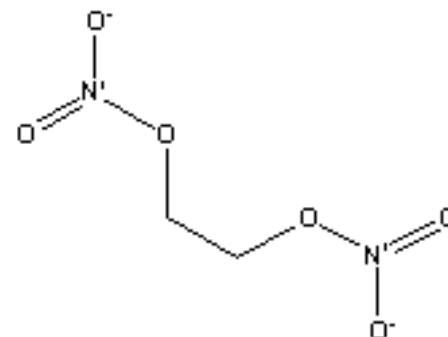
Постапка:

- Нитроглицеринот не се раствора во киселини, се центрифугира и испира со алкалии да се ослободи киселината.
- Техничкиот производ е **слабо жолтеникава** густа течност.
- На **обична температура е постојан**, но осетлив е на удар и триење.
- Брзината на детонација на нитроглицеринот е една од најголемите (**7600 m/s**).
- Нитроглицеринот никогаш не се употребува чист.
- Со **нитроцелулоза гради желатинозна маса** што е важно за примена на нитроглицеринот во облик на индустриски експлозив и малодимни барути.

- **Алфред Нобел** е еден од првите кои во техниката го употребувал нитроглицеринот. Меѓутоа поради неговата осетливост доаѓало до несакани експлозии и несреќи, и тоа било причина да се најде побезбеден начин за ракување.
- Тој нашол дека со **адсорпција** на нитроглицеринот со некој порозен материјал како што е **дијатомејска земја**, осетливоста значително се намалува. Таа смеса се нарекува “**динамит**”, меѓутоа чист нитроглицерински динамит денес не се употребува.
- Нобел го правел динамитот на база на дрвено брашно и шалитра, но наместо нив денес се употребуваат други експлозиви.

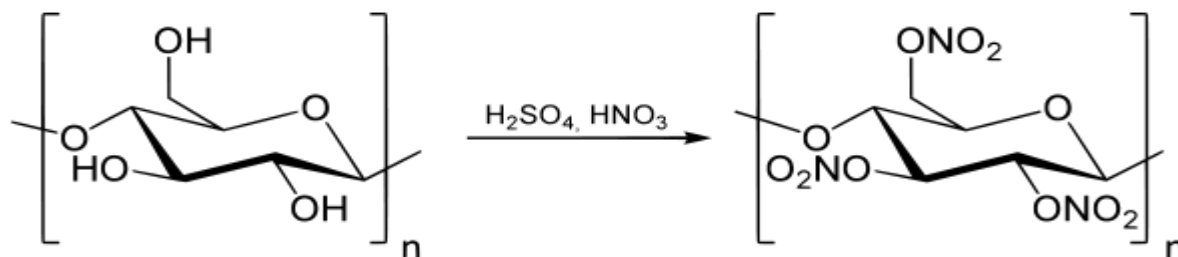


- Во рударството нитроглицеринот делумно се заменува со **нитрогликол** (**етиленгликол динитрат**) кој се добива на сличен начин како нитроглицеринот.
- При мешање нитрогликолот ја снижува точката за зацврстување на нитроглицеринот.
- Нитрогликолот на повисоки температури е нешто попостојан од нитроглицеринот и во некои експлозиви целосно го заменува нитроглицеринот.
- Со нитроцелулоза нитрогликол гради желатиозна гуместа маса веќе на собна температура.



Нитроцелулоза (целулозен нитрат)

- Нитроцелулоза технички се добива уште од средината на XIX век.
- Процесот на производство се состои во естерификација на алкохолните групи од целулозата со азотна киселина.

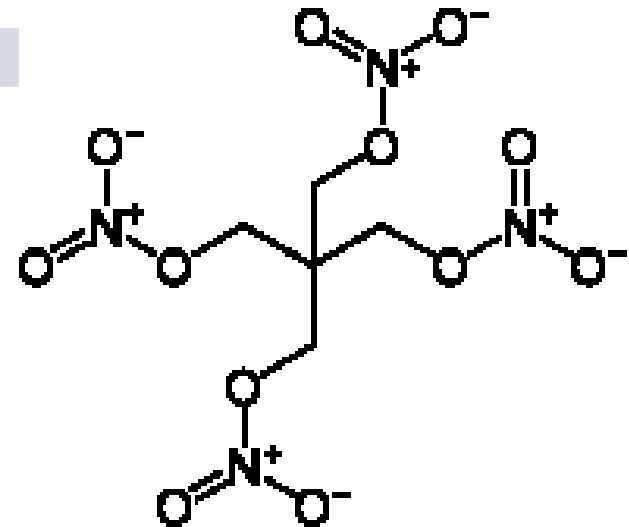


- Особините на производот зависат од **степенот на естерификација**.
- За експлозиви се употребува нитроцелулоза со 12.1-13.4% азот.
- За карактеризирање на нитроцелулоза освен количината на азот важен е и полимеризациониот степен кој за експлозивни смеси треба да биде висок.
- **Сува нитроцелулоза** е многу **запалива** и **осетлива на удар** и триење.
- **Не е хигроскопна** како целулозата.

- **Суровините за нитроцелулоза** се памучен линтрес (кратки влакна) и техничка целулоза оплеменети по посебна постапка.
- Како средство за естерификација се употребуваат смеса од азотна киселина, сулфурна киселина и вода. Од составот на смесата зависи степенот на естерификација. Количината на вода во смесите е мала 8.5-16%, а азотна киселина 25%.
- Нитроцелулозата внимателно се третира со повторно вриење со вода и испирање, потоа се меле, повторно се испира и на крај се цеди.
- Во преработката на разни експлозиви се става влажна нитроцелулоза со 25-35% вода бидејќи сува нитроцелулоза експлодира при загревање на 186 °C.
- Брзината на детонација на нитроцелулоза е **6800 m/s**.
- Се употребува за изработка на барут и други експлозиви.
- **Нитроцелулозните барути** спаѓаат во најважните барути. Од неа се изработуваат таканаречени **еднобазни, двобазни и тробазни** малодимни барути кои содржат само нитроцелулоза или пак содржат две или три компоненти (нитроцелулоза и нитроглицерин или нитроглицол и гванидин).

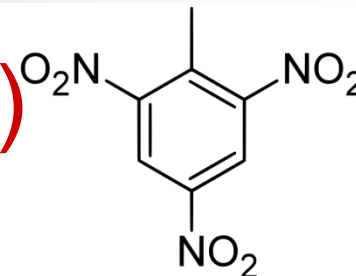
Пентрит - PETN

(пентаеритритол тетранитрат)



- Бел кристален прав
- Не се раствора во вода
- Добро се раствора во **ацетон**
- најосетлив од сите бризантни експлозиви за техничка примена
- **Осетлив на удар**, но помалку од нитроглицерин
- Се добива со дејство на концентрирана азотна киселина - нитрирање - на пентаеритритол.
- Брзината на детонација му е преку **8300 m/s**.
- Осетливоста му се намалува со додавање малку восок.
- Се употребува за изработка на каписли и фитили.
- Составен дел на пластичен експлозив пентринит

Тринитро-толуен (тротил, TNT)



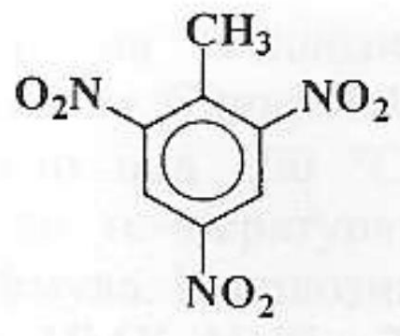
- Од сите нитро соединенија кои се употребуваат како експлозиви има најголема важност иако има **негативен баланс на O₂**.
- Тринитро-толуол е **силен експлозив** кој **не е премногу осетлив** на триење и удар а експлодира при загревање на преку 275°C.
- **Појдовна суровина за производство на нитротолуол е толуен.** Нитрирањето се изведува во три степени.
- Процесот се изведува неkontинуирано или континуирано.
- Производот се мие и пречистува со рекристализација или по хемиски пат на пр. со помош на натриум сулфат со кој се отстрануваат изомерите на тринитро-толуолот.
- Брзината на детонација на чист TNT е **6900 m/s**.
- Се употребува чист или во облик на разни привредни или воени експлозиви.
- Неговата широка примена се заснова на неговите добри особини: **хемиска постојаност, сигурност при ракување** и доволна јачина.

Кислороден баланс

- количество кислород присутен во молекулата на експлозивот, потребен за целосна оксидација на елементите во експлозивот (добивање на оксидациони продукти: вода, јаглерод диоксид, сулфур диоксид, ...)

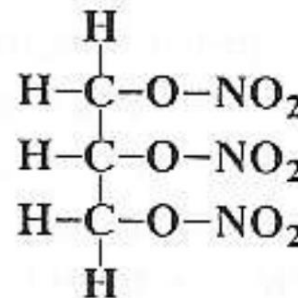
Доколку количество кислород присутен во молекулата на експлозивот е **недоволно** за целосна оксидација =>

Негативен кислороден баланс
пример: ТНТ



Доколку количество кислород присутен во молекулата на експлозивот е **доволно** за целосна оксидација =>

Позитивен кислороден баланс
пример: нитроглицерин



Кислороден баланс

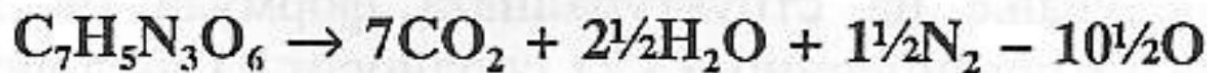
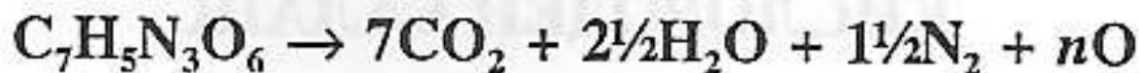
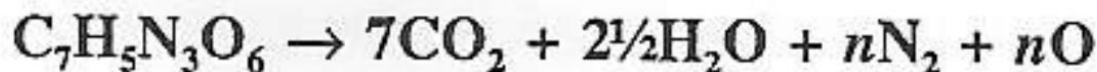
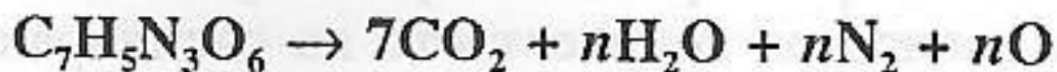
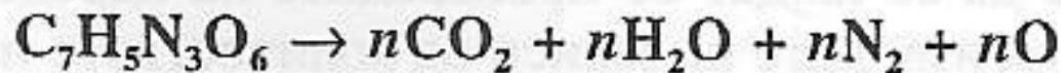
При настанување на детонација на TNT ($C_7H_5N_3O_6$), експлозивот оксидира и формира гасовити производи. Да претпоставиме дека при детонацијата, реактантите се целосно оксидирани и ги формираат гасовите јаглероддиоксид, вода и азот, како што е прикажано во Реакција 5.1:



Кислороден баланс

Равенката во Реакцијата 5.1 треба да се балансира, а ова може да се направи преку воведување на кислородните атоми (O), како што е прикажано во Реакцијата 5.2.

Равенки (5.2)



Кислороден баланс

Формула на TNT ($C_7H_5N_3O_6$)

$$\text{Молекуларна маса на TNT} = (7 \times 12) + (5 \times 1) + (3 \times 14) + (6 \times 16) \\ = 227$$

Вкупна молекуларна маса на кислородни атоми (O)
во производите = $-10\frac{1}{2} \times 16 = -168$

$$\text{Количество на ослободен или искористен} \\ \text{кислород} = \frac{-168 \times 100}{227} = -74\%$$

Алтернативниот метод за пресметување на кислородниот баланс е прикажан во Равенката 5.2. Тука, кислородниот баланс Ω се пресметува од експлозивот што ја содржи општата формула $C_aH_bN_cO_d$ со молекуларна маса M .

$$\Omega = \frac{[d - (2a) - (b/2)] \times 1600}{M} \quad (5.2)$$

Кислороден баланс

Табела 5.1 *Формули за балансирана реакција за одредени експлозиви*

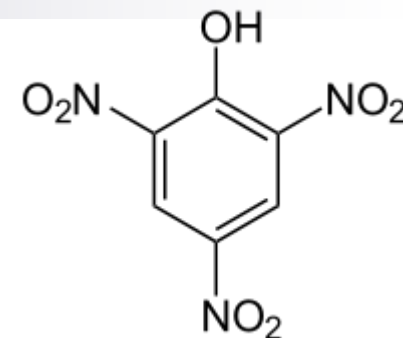
<i>Експлозивна супстанција</i>	<i>Формула за балансирана реакција за целосно согорување</i>
Амониумнитрат	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + 1\text{O}$
Нитроглицерин	$\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 2\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} + 1\frac{1}{2}\text{N}_2 + \frac{1}{2}\text{O}$
EGDN	$\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_6 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + 0\text{O}$
PETN	$\text{C}_5\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_{12} \rightarrow 5\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2 - 2\text{O}$
RDX	$\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{N}_2 - 3\text{O}$
HMX	$\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_8\text{O}_8 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 4\text{N}_2 - 4\text{O}$
Нитрогуанидин	$\text{CH}_4\text{N}_4\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2 - 2\text{O}$
Пикринска киселина	$\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 1\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} + 1\frac{1}{2}\text{N}_2 - 6\frac{1}{2}\text{O}$
Тетрил	$\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_5\text{O}_8 \rightarrow 7\text{CO}_2 + 2\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} + 2\frac{1}{2}\text{N}_2 - 8\frac{1}{2}\text{O}$
TATB	$\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{N}_2 - 9\text{O}$
HNS	$\text{C}_{14}\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_{12} \rightarrow 14\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{N}_2 - 19\text{O}$
TNT	$\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6 \rightarrow 7\text{CO}_2 + 2\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} + 1\frac{1}{2}\text{N}_2 - 10\frac{1}{2}\text{O}$

Кислороден баланс

Табела 5.2 Кислороден баланс за одредени експлозиви

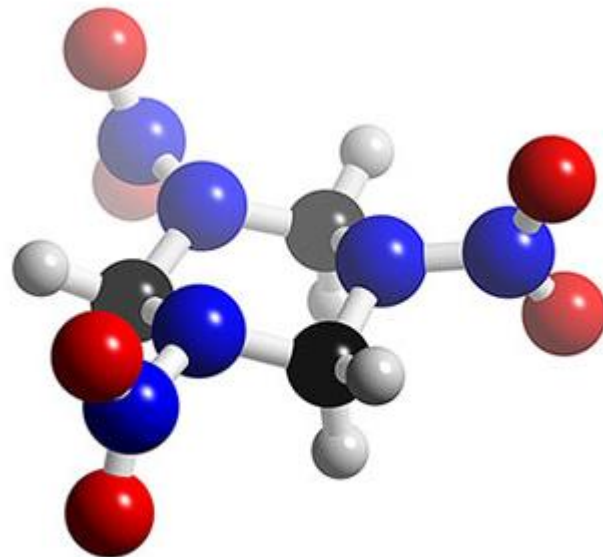
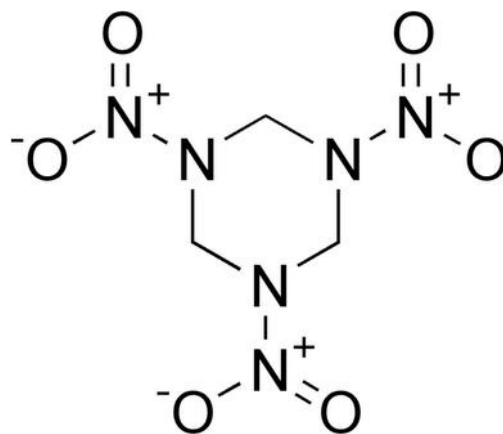
Експлозивна супстанција	емпириска формула	кислороден баланс /% од тежината
Амониумнитрат	NH_4NO_3	+19.99
Нитроглицерин	$\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$	+3.50
EGDN	$\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_6$	0.00
PETN	$\text{C}_5\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_{12}$	-10.13
RDX	$\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$	-21.60
HMX	$\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_8\text{O}_8$	-21.62
Нитрогуанидин	$\text{CH}_4\text{N}_4\text{O}_2$	-30.70
Пикринска киселина	$\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$	-45.40
Тетрил	$\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_5\text{O}_8$	-47.39
TATB	$\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$	-55.80
HNS	$\text{C}_{14}\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_{12}$	-67.60
TNT	$\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$	-74.00

Пикринска киселина (2,4,6-тринитро-фенол)



- Тоа е стар воен експлозив, **многу осетлив** на удар и триење.
- Осетлив е на оган и нитроглицерин или нитроцелулоза.
- Брзината на детонација на пикринска киселина е **7300m/s**.
- Таа како експлозив денес е потисната и има ограничена примена.

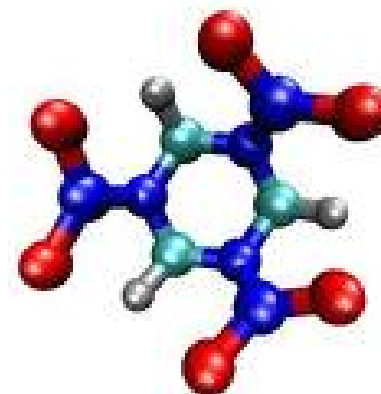
Хексоген (циклонит, RDX)



- RDX – хексоген, циклонит, циклотриметилентринитрамин
- Тој е **најважен од експлозивите со голема бризантност**.
- Хексогенот уште се нарекува и пластичен експлозив кој го применуваат командосите.
- Лента од пластичен материјал со овој експлозив, обвиена околу шина, е во состојба да го пресече челикот.
- Неговата брзина на детонација е многу голема **8400 m/s**.

Добивање на хексоген

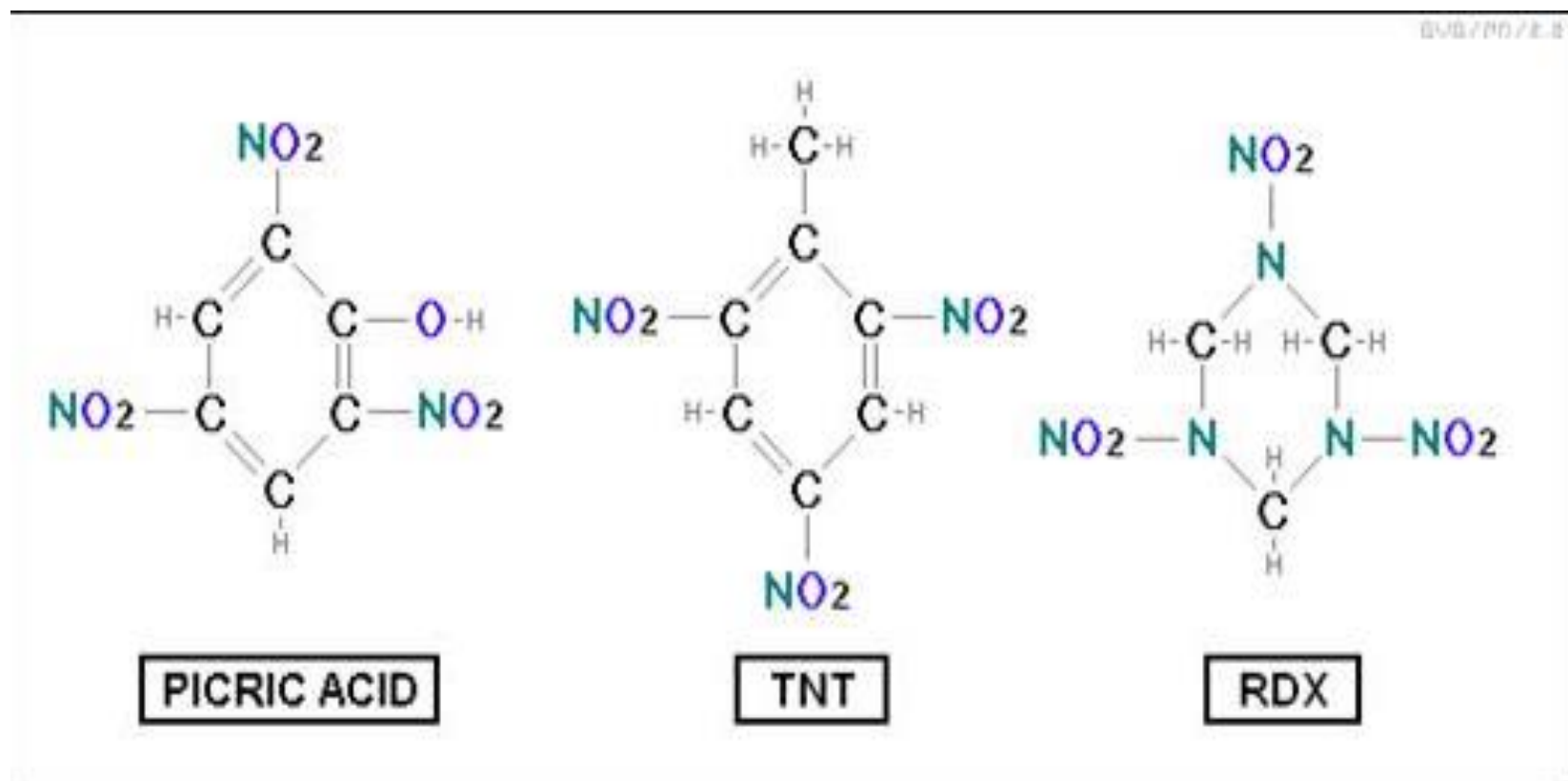
- Постапката за производство се заснова на **нитрирање на хексаметилен тетрамин** со помош на азотна киселина на температура до 20 °C или третирање на хексаметилен тетрамин динитрат со смеса од амониум нитрат, анхидрид на оцетна киселина и азотна киселина на 60 °C (приносите се подобри).
- **Хексоген е за околу 35% посилен од ТНТ.**
- Се меша со **3-5% восок**, а евентуално и со **алуминиум**, а се употребува и во смеси со други експлозиви.
- **Смеса со ТНТ и алуминиумски прав** се употребува за мини, глави за торпеда и проектили.
- **Пластичните експлозиви** се изработуваат така што се додава масло се додека не се постигне посакуваната конзистенција.



Октоген - циклотетраметилентетранитрамин

- Добиен 1942. Германија, при добивање на хексоген
- Брзина на детонација - 9100 m/s
- Постабилен на дејство на сулфурна киселина и каустична сода во однос на хексоген
- Растворливоста во ацетон – многу помала во однос на хексоген

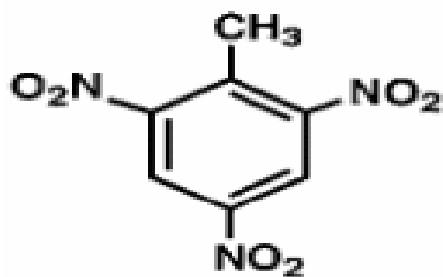
Пикринска киселина – Француска 1885. – тежок за ракување
TNT – Alfred Nobel, 1860, прв пат користен во воени цели од Германија
1902, лесен за ракување
RDX – Британци, 1899, лесен за ракување како TNT, но со поголема
експлозивна моќ



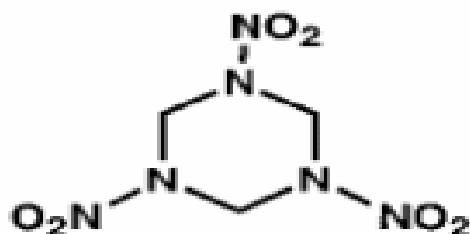
Hexanitrohexaazaisowurtzitane

2,4,6,8,10,12-hexanitro-2,4,6,8,10,12-hexaazaisowurtzitane, HNIW, CL-20

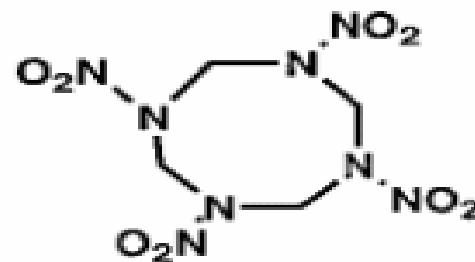
октанитрокубан - ONC



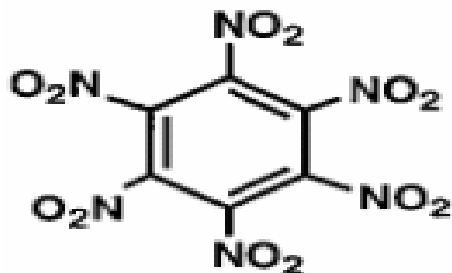
TNT



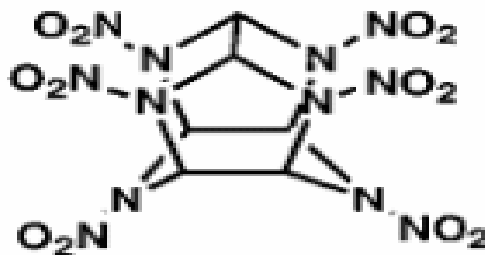
RDX



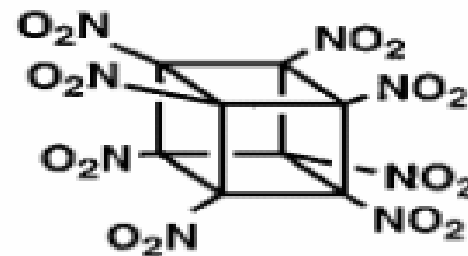
HMX



HNB



CL-20

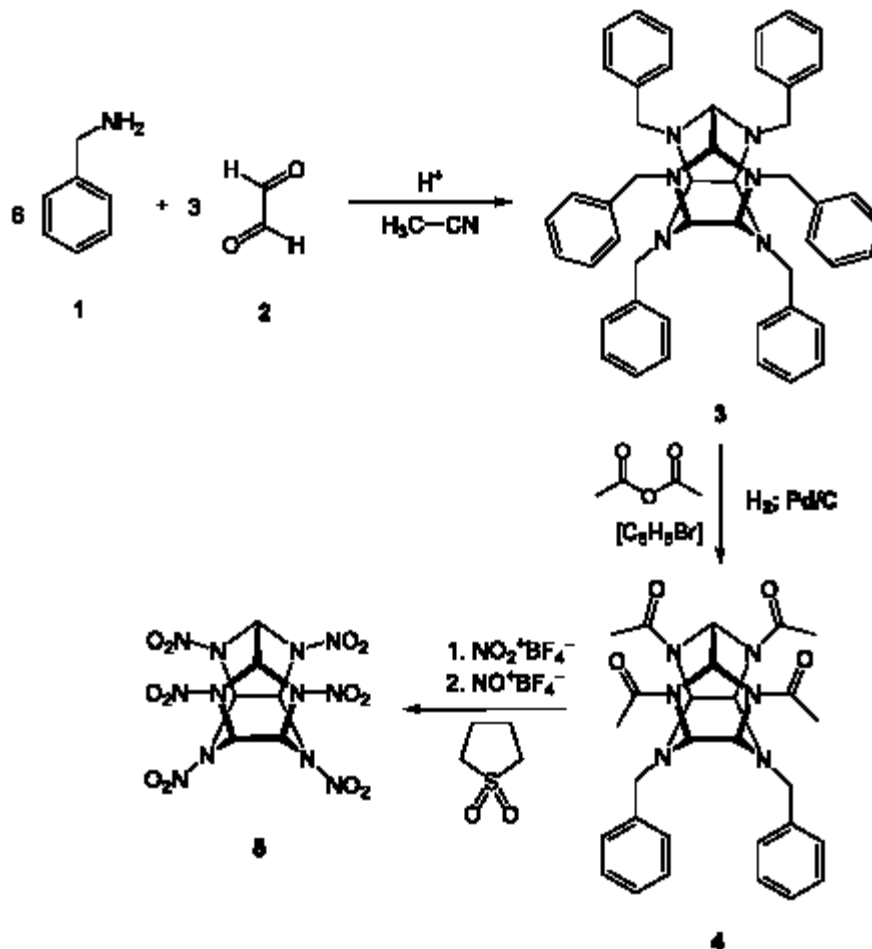
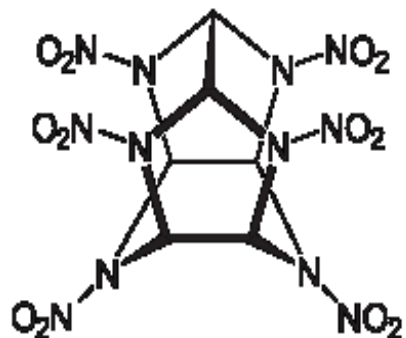
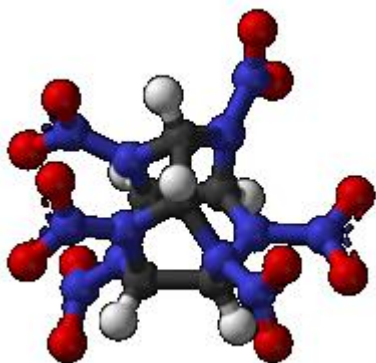


ONC

Hexanitrohexaazaisowurtzitane

2,4,6,8,10,12-hexanitro-2,4,6,8,10,12-hexaazaisowurtzitane, HNIW, CL-20

намена – ракетни горива – слабо забележлив чад



Амониум нитратни експлозиви



- Иако амониум нитрат е супстанца со експлозивни особини, негова **експлозија тешко се предизвикува**.
- Голема содржина (удел) на кислород и другите особини се искористуваат така што се прават смеси со нитроглицерин (4-6%) или ТНТ (5-12%), покрај некој согорувачки материјал како струготини или алуминиумско брашно.
- Амониум нитратни експлозиви се испорачуваат во облик на патрони и во чаури од хартија.
- **Не се преосетливи** на удар, триење и пламен.
- Брзината на детонација на еден таков експлозив со 80% амониум нитрат, 14% ТНТ, 4% нитроглицерин и 2% струготини е **4500 m/s**.

Разорни желатини

- Со мешање на околу 92% нитроглицерин со околу 8% нитроцелулоза се добива желатинозна, пластично-еластична маса која е силен експлозив, најсилен од сите индустриски експлозиви.
- Желатинирање со чист нитроглицерин се постигнува на температури околу 40 °C.
- Оваа температура е пониска ако се употреби смеса со нитроглицерин или чист нитроглицерин.
- Брзината на детонација на разорните желатини е 7700 m/s.

Динамити



- Првобитните, **класични динамити** биле составени од 40-65% желатинизиран нитроглицерин, 27-44% натриум нитрат и 8-15% струготини кои се додаваат да се израмни количеството на кислород.
- Со овие динамити тешко се ракува бидејќи точката на мрзнење е многу висока (13°C).
- На **новите видови динамити** се додава ароматични нитро соединенија или нитрогликол (20-40%) кои ја **снижуваат точката на мрзнење**.
- Најсигурни за употреба од разорните желатини и динамити се “*amon-geliti*” чии основни состојки се нитрогликол и амониум нитрат.

- Од ТНТ се прават голем број индустриски и воени мешовити експлозиви по релативно прости постапки.
- Бидејќи **ТНТ има негативен биланс на кислород** обично **се прават смеси** со супстанции кои имаат **позитивен биланс на кислород**.

- Се употребуваат смеси:
 - ТНТ со амониум нитрат (аматол),
 - амониум нитрат и алуминиум (амонал),
 - амониум нитрат и хексоген (амонит),
 - пентаеритритол-тетранитрат (пентолит) и други.



Црн барут



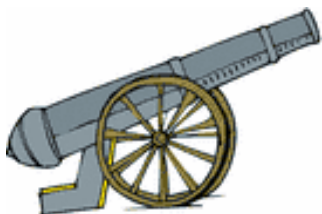
- Црниот барут е познат уште од XIII век.
- Тој е првиот и најстар експлозив.
- По хемиски состав црниот барут е смеса од 75% калиум нитрат, 15% дрвен јаглен и 10% сулфур.
- Наместо KNO_3 може да се искористи и NaNO_3 (кој е хигроскопен) и не се постигнува потполно исто дејство.
- Шалитрата дава кислород кој е потребен за согорување, јагленот при согорувањето ослободува повеќе топлина од сулфурот но сулфурот се додава за смесата полесно да се запали и побрзо да согори. Смесата без сулфур не е добар експлозив!
- Брзината на детонација на црниот барут е релативно мала (300-500 m/s).
- За разлика од разорните експлозиви чија детонација е неколку илјади m/s, црниот барут има потисно дејство.

Добивање на црн барут и употреба

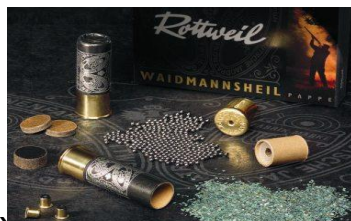
- Суровините а и самиот начин на производство воопшто не се менувале повеќе од шест векови.
- Суровините најпрво се мелат одделно, се просејуваат а потоа се прави смеса од барутно брашно. Брашното се навлажнува со вода (5-10%) и внимателно се гмечи. Смесата потоа се пресува во плочи, ситни во зрна, сее, суши (30-60°C) и полира.
- Процесите кои се случуваат при експлозијата не се едноставни и неможат да се претстават поединечно. Равенката која најчесто се дава како илустрација на она што се случува е:



- При согорувањето настанува голема количина на чад (дим) кој се состои од 40-45% гас (N_2 , CO_2 , CO и SO_2) и 55-60% цврсти производи (K_2CO_3 , K_2SO_4 , $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и K_2SO_3).
- Црниот барут сеуште се применува за некои цели во рударството, градежништвото, пиротехниката и за придвижување на мали ракети, воглавно затоа што е поефтин и дејството не му е претерано силно.



д-р Горан Стојковиќ



Хемија во практиката



Огномети

- Огнометите спаѓаат во групата на **слаби експлозиви**.
- Огнометот е **пиротехнички изум** кој се користи за естетски и забавни цели.
- За првпат биле користени во Кина во XII век, а потоа и многу други народи почнале масовно да ги користат за одбележување на различни свечености и прослави.
- **Огнометите продуцираат неколку ефекти** како што се различни звуци, светлина во разни бои, чад и лебдечки материјали.
- Може да постојат во различни видови како на пример:
 1. Светлосни ракети
 2. Распрскувачи
 3. Димни бомби во разни бои
 4. Блескави фонтани
 5. Во вид на вртена топка
 6. Петарди и тн.

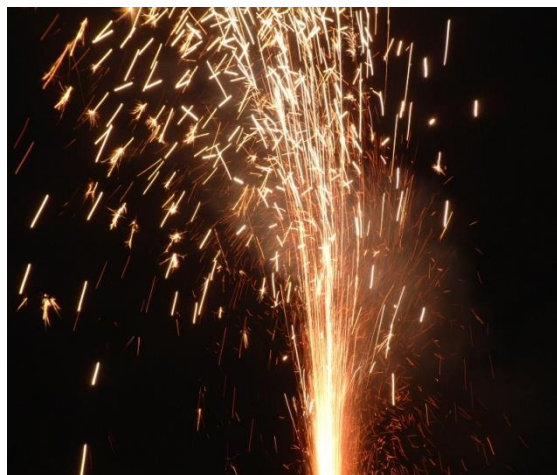




Различни видови ракетки и петарди



ракетки



распрскупачи



фонтана

Состав на огнометите

- Најчесто огнометите се составени од пет основни делови а тоа се :
- **Гориво** кое овозможува огнометот да гори.
- **Оксидационо средство** е компонента која произведува кислород кој го поддржува согорувањето на горивото.
- **Боја*** во зависност од тоа која хемикалија ќе ја додадеме.
- **Сврзивно средство** кое ги држи претходно наброените состојки заедно.
- **Хлориден донор** кој дава хлориди за засилување на бојата на пламенот (некогаш оксидационото средство служи и за оваа намена).

Во зависност од **металот** ќе зависи и **бојата**

Боја	Метал	Додадена сол/ смеса од соли
Црвена	Sr ; Li	SrCO_3 ; Li_2CO_3
Оранж	Ca	CaCl_2
Жолта	Na	NaNO_3
Зелена	Ba	BaCl_2
Сина	Cu	CuCl_2
Виолетова	K ; Rb	KNO_3 ; RbNO_3

Табела 1.3 Примери за енергетски полимери

Назив за општа употреба	Хемиски назив	Структура
GLYN (мономер)	Глицидил нитрат	$\text{H}_2\text{C}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{CH}-\text{CH}_2\text{ONO}_2$
polyGLYN	Поли(глицидил нитрат)	$\left[\text{CH}_2-\overset{\text{CH}_2\text{ONO}_2}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{CH}-\text{O} \right]_n$
NIMMO (мономер)	3-нитратометил-3-метил (мономер) оксетан	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_2\text{ONO}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array}$
polyNIMMO	Поли(3-нитратометил-3-метил оксетан)	$\left[\text{O}-\text{CH}_2-\overset{\text{H}_3\text{C}}{\underset{\text{CH}_2\text{ONO}_2}{\text{C}}}-\text{CH}_2 \right]_n$
GAP	Глицидил азид полимер	$\left[\text{CH}_2-\overset{\text{CH}_2\text{N}_3}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{CH}-\text{O} \right]_n$
AMMO (мономер)	3-азидометил-3-метил оксетан	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_2\text{N}_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array}$
PolyAMMO	Поли(3-азидометил-3-метил оксетан)	$\left[\text{O}-\text{CH}_2-\overset{\text{H}_3\text{C}}{\underset{\text{CH}_2\text{N}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_2 \right]_n$
BAMO (мономер)	3,3-бис-азидометил оксетан	$\begin{array}{c} \text{N}_3\text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2\text{N}_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array}$
PolyBAMO	Поли(3,3-бис-азидометил оксетан)	$\left[\text{O}-\text{CH}_2-\overset{\text{N}_3\text{H}_2\text{C}}{\underset{\text{CH}_2\text{N}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_2 \right]_n$

Табела 1.4 Примери за енергетски пластификатори

Назив за општа употреба	Хемиски назив	Структура
NENAs	Алкил нитратоетил нитрамини	$\text{R}-\overset{\text{NO}_2}{\text{N}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{ONO}_2$
EGDN	Етилен гликол динитрат	$\text{O}_2\text{NOH}_2\text{C}-\text{CH}_2\text{ONO}_2$
MTN	Метриол тринитрат	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{ONO}_2 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2\text{ONO}_2 \\ \\ \text{CH}_2\text{ONO}_2 \end{array}$
BTN	Бутан-1, 2, 4-триол тринитрат	$\text{O}_2\text{NOH}_2\text{C}-\overset{\text{ONO}_2}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{ONO}_2$
K10	Смеса од ди- и три-нитроетилбензен	$\begin{array}{c} \text{C}_2\text{H}_5 \quad \text{NO}_2 \quad \text{O}_2\text{N} \quad \text{C}_2\text{H}_5 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{C}_6\text{H}_4 \quad \text{and} \quad \text{C}_6\text{H}_4 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{NO}_2 \quad \quad \text{NO}_2 \end{array}$
BDNPA/ BDNFA	Смеса од бис-динитропропилацетал и бис-динитропропилформал	$\begin{array}{c} \text{O}_2\text{N}-\text{C}-\text{NO}_2 \quad \text{O}_2\text{N}-\text{C}-\text{NO}_2 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \end{array}$ and $\begin{array}{c} \text{O}_2\text{N}-\text{C}-\text{NO}_2 \quad \text{O}_2\text{N}-\text{C}-\text{NO}_2 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Полимерносврзани експлозиви

Полимерносврзаните експлозиви (PBX) беа развиени заради намалување на нестабилноста на новосинтезираните експлозивни кристали преку поставување на експлозивните кристали во гуменаста полиметриска матрица. Првиот PBX состав беше развиен во научните лаборатории Лос Аламос во САД во 1952. Составот содржеше RDX кристали вградени во пластицизираниот полистирен. Од 1952, Лоренс Ливермор лабораториите, морнарицата на САД и голем број други организации развија низа на PBX формулации, од кои дел се дадени во Табела 1.2.

PBX базирани на HMX беа направени за целите на проектилите

Табела 1.1 Примери за експлозивни соединенија што се користеле во Втората светска војна

Назив	Состав
Баронал	Барииум нитрат, TNT и алуминиум
Состав А	88.3% RDX and 11.7% неексплозивен пластификатор
Состав Б	RDX, TNT и восок
(циклотол)	
H-6	45% RDX, 30% TNT, 20% алуминиум и 5% восок
Минол-2	40% TNT, 40% амониумнитрат и 20% алуминиум
Пентолити	50% PETN и 50% TNT
Пикратол	52% пикринска киселина и 48% TNT
PIPE	81% PETN и 19% Gulf Crown E масло
PTX-1	30% RDX, 50% тетрил и 20% TNT
PTX-2	41-44% RDX, 26-28% PETN и 28-33% TNT
PVA-4	90% RDX, 8% PVA и 2% дибутил фталат
RIPE	85% RDX и 15% Gulf Crown E масло
Тетритолит	70% тетрил и 30% TNT
Торпекс	42% RDX, 40% TNT, 18% алуминиум

на неколку нови експлозиви. Производствената постапка за синтеза на чист RDX (без нечистотии), кој стана познат под името Тип А RDX, беше создадена од Брокман.

Во Велика Британија, Одделот за истражување на вооружувањето во Вулвич започна со развивањето на производствена постапка за RDX по објавувањето на патентот на Херц во 1920г. Во 1933 година беше инсталирана мала пилот- постројка која произведуваше 75 фунти (34 килограми) RDX на дневно ниво и работеше до 1939г. Во 1939г., во Волтам Аби, беше инсталирана нова постројка, а целосно оперативна постројка беше изградена во 1941г. во близина на Бриџвотер. RDX, во текот на Втората светска војна не се користеше како главно средство за полнење на британските патрони и бомби туку се додаваше заради зголемување на моќноста на експлозивните состави. RDX се користеше во експлозивните соединенија во Германија, Франција, Италија, Јапонија, Русија, САД, Шпанија и во Шведска.

Истражувањата и развојот продолжија во текот на Втората светска војна во насока на развивање на нови и помоќни експлозиви и експлозивни состави. Торпексот (TNT/RDX /алуминиум) и циклотетраметилтетранитраминот, познат како Октоген [(HMX) ($C_4H_8N_8O_8$)], станаа достапни при крајот на Втората светска војна. Во 1952г. беше направено експлозивното соединение, наречено октол; тоа содржеше 75% HMX и 25% TNT. Пластичните експлозиви беа направени, исто така, во текот на Втората светска војна; тие често содржеа вазелин или желатинизирани нитро соединенија заради обезбедување на пластична конзистентност. Резимето за експлозивни состави што се користеле во Втората светска војна е дадено во Табела 1.1.

Табела 1.2 Примери за RDX состави, каде што HMX е циклотетраметилтен-тетранитрамин (октоген), HNS е хексанитростилбен, PETN е пентаеритритол тетранитрат, RDX е циклотриметилентринитрамин (хексоген), а TATB е 1,3,5-триамино-2,4,6-тринитробензен

Експлозив	Сврзувач и пластификатор
HMX	Ацетил-формил-2,2-динитропропанол (DNPAF) и полиуретан
HMX	Карифлекс (термопластичен еластомер)
HMX	Хидрокси-терминиран полибутадиеен (полиуретан)
HMX	Хидрокси-терминиран полиестер
HMX	Кратон (блок кополимер на стирен и етилен – бутилен)
HMX	Најлон (полиамид)
HMX	Полиестерска смола – стирен
HMX	Полиетилен
HMX	Полиуретан
HMX	Поли(винил) алкохол
HMX	Поли(винил) бутирал смола
HMX	Тетфлон (политетрафлуороетилен)
HMX	Витон (флуороеластомер)
HNS	Тетфлон (политетрафлуороетилен)
NTD	Карифлекс (блок кополимер на бутадиеен – стирен)
NTD/HMX	Карифлекс (блок кополимер на бутадиеен – стирен)
NTD/HMX	Естан (полиестер полиуретан кополимер)
NTD/HMX	Хитемп (термопластичен еластомер)
PETN	Бутил гума со ацетил трибутилцитрат
PETN	Епоксидна смола - диетилентриамин
PETN	Кратон (блок кополимер од стирен и етилен – бутилен)
PETN	Латекс со бис-(2-етилхексил адипат)
PETN	Најлон (полиамид)
PETN	Кополимер на полиестер и стирен
PETN	Поли(етил акрилат) со дибутил фталат
PETN	Силиконска гума
PETN	Витон (флуороеластомер)
PETN	Тетфлон (политетрафлуороетилен)
RDX	Епоксиден етер
RDX	Ексон (полихлоротрифлуороетилен/ винилидин хлорид)
RDX	Хидрокси-терминиран полибутадиеен (полиуретан)
RDX	Kel-F (полихлоротрифлуороетилен)
RDX	Најлон (полиамид)
RDX	Најлон и алуминиум
RDX	Нитро-флуороалкил епоксиди
RDX	Полиакрилат и парафин
RDX	Полиамидна смола
RDX	Полиизобутилен / Тетфлон (политетрафлуороетилен)
RDX	Полиестер
RDX	Полистирен
RDX	Тетфлон (политетрафлуороетилен)
TATB/HMX	Кратон (блок кополимер на стирен и етилен – бутилен)