

Trijodek azotu

Bardzo wrażliwa substancja

Marek Ples

Trijodek azotu to nieorganiczny związek chemiczny azotu N i jodu I. Jest to ekstremalnie niestabilna substancja. Związek ten rozkłada się w sposób wybuchowy pod wpływem nawet nikłych bodźców mechanicznych. Inicjacja reakcji rozkładu jest możliwa także pod wpływem naprężeń powstających w czasie tworzenia się kryształów. Trijodek azotu jest jedyną znaną do tej pory substancją, której eksplozywny rozkład może zostać wywołany przez kontakt z cząstkami będącymi produktami rozpadu promieniotwórczego, a dokładniej z cząstkami α [1].

Czysty trijodek azotu NI_3 można uzyskać w reakcji fluorku jodu z azotkiem baru w środowisku trichlorofluorometanu w temperaturze około 240 K. Nasza reakcja nie zadowala, ponieważ potrzebne reagenty są trudno dostępne i drogie. Trijodek azotu można też otrzymać w postaci analogicznego do hydratów amoniaku $NI_3 \cdot NH_3$. Związek ten łatwo wytworzyć w reakcji jodu i wody amoniakalnej w temperaturze pokojowej. Właśnie tę reakcję wykorzystamy do spreparowania niewielkich ilości interesującej nas dziś substancji.

Chciałbym zaapelować do Czytelnika o ostrożność. Synteza i manipulacje z trijodkiem azotu mogą być bardzo niebezpieczne, jeśli nie zachowa się odpowiednich środków ostrożności. Pokaz ten mogą przeprowadzać tylko doświadczeni chemicy z zachowaniem wszelkich możliwych środków ostrożności. Nigdy nie należy operować większymi ilościami tej substancji.

Nie wolno przechowywać trijodku azotu, dlatego dopuszczalne jest wytwarzanie jedynie minimalnych ilości, które zostaną natychmiast zużyte w celach pokazowych. Niedopuszczalne jest wykorzystywanie go w żadnym innym celu.

Nadmienię jeszcze, że substancja nie jest przydatna jako materiał wybuchowy, ponieważ jej wrażliwość na najsłabsze nawet bodźce mechaniczne praktycznie uniemożliwia jakiegokolwiek bardziej skomplikowane manipulacje.

Czego potrzebujemy?

By przeprowadzić doświadczenie musimy się zaopatrzyć w poniższe substancje:

- jod I,
- woda amoniakalna 30% $NH_3(aq)$.

Woda amoniakalna ma różnorodne zastosowanie i jej nabycie nie powinno być problemem. Jeśli chodzi o jod, to



Fot. 1 – Kryształowy jod

najlepiej użyć fioletowoczarnych kryształów czystego jodu (Fot. 1) lub w ostateczności alkoholowego roztworu jodu, czyli dostępnej w aptekach jodyny.

Jod to fioletowo-czarny, połyskujący niemetal z grupy halogenów. W warunkach normalnych ma postać kryształów, ale w nieco podwyższonej temperaturze łatwo sublimuje, tworząc charakterystyczne fioletowe pary. Topi się w około 113,7°C i wrze przy 184°C. Są to najwyższe wartości wśród halogenów, czego powodem jest występowanie stosunkowo silnych oddziaływań van der Waalsa między cząsteczkami I_2 . Chemicznie jest najsłabszym utleniaczem w grupie 17, lecz tworzy ciekawe układy redoks: poza jodem prostym I^0 , także kompleksowe jony trójjodkowe I_3^- . Jod reaguje z wieloma metalami tworząc ich jodki, a w chemii organicznej wykorzystuje się fakt, że wiązanie C–I jest stosunkowo słabe, więc jodki alkilowe są świetnymi substratami w reakcjach substytucji [2]. Biologicznie jod jest niezbędnym mikroelementem, ponieważ pełni funkcję przy syntezie hormonów tarczycy. Jego niedobór prowadzi do przerostu tarczycy i powstania tzw. wola, a także zaburzeń rozwoju. Farmaceutyczne preparaty jodu (np. jodopowidon) działają przeciwbakteryjnie, przeciwwirusowo i przeciwgrzybiczo, co wykorzystuje się w antyseptyce skóry i ran.

Oprócz tego będzie nam potrzebny także etanol C_2H_5OH , który posłuży do przemycia odsączonego produktu.

Należy pamiętać, że pierwiastkowy jod w ilościach większych niż fizjologiczne jest trujący! Dawka śmiertelna dla dorosłego człowieka wynosi około 4 gramów. Pary jodu są drażniące. Amoniak ulatniający się z wody amoniakalnej jest także drażniący, a w większych stężeniach trujący.

Doświadczenie

Do niewielkiej zlewki (najlepiej z tworzywa sztucznego) wlewamy kilka cm³ stężonej wody amoniakalnej. Następnie wsypujemy do roztworu dosłownie szczyptę jodu! Wystarczy kilka miligramów. Jeśli używamy jodiny, to wkraplamy do wody amoniakalnej jedynie taką jej ilość, by powstał czarny osad. Zlewkę nakrywamy szkiełkiem zegarkowym i odstawiamy na pewien czas.

Od tego momentu wszelkie manipulacje ze zlewką i powstałym produktem należy wykonywać bardzo ostrożnie.

Po pewnym czasie – w temperaturze pokojowej wystarczy kilka, kilkanaście minut – roztwór trzeba delikatnie przesączyć. Odsączony czarny związek można kilkakrotnie przemyć na sączku etanolem w celu wymycia pozostałości jodu. Wciąż wilgotny sączek należy następnie ostrożnie rozłożyć na metalowej płytce i pozostawić do wyschnięcia w temperaturze pokojowej. Gotowy produkt ma postać czarnego proszku (Fot. 2).



Fot. 2 – Gotowy amoniak trijodku azotu

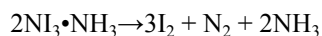
Wyschniętego produktu nie należy przenosić, ani usuwać z sączka. Pokaz najlepiej jest przeprowadzić w tym samym miejscu, gdzie sączek poddawany był suszeniu (Fot. 3A).

Dotknięcie proszku na sączku spowoduje teraz głośny huk. Najlepiej użyć w tym celu długiego drewnianego pręta (Fot. 3B). Detonacji można także dokonać w wyniku dotyku proszku ptasim piórem.

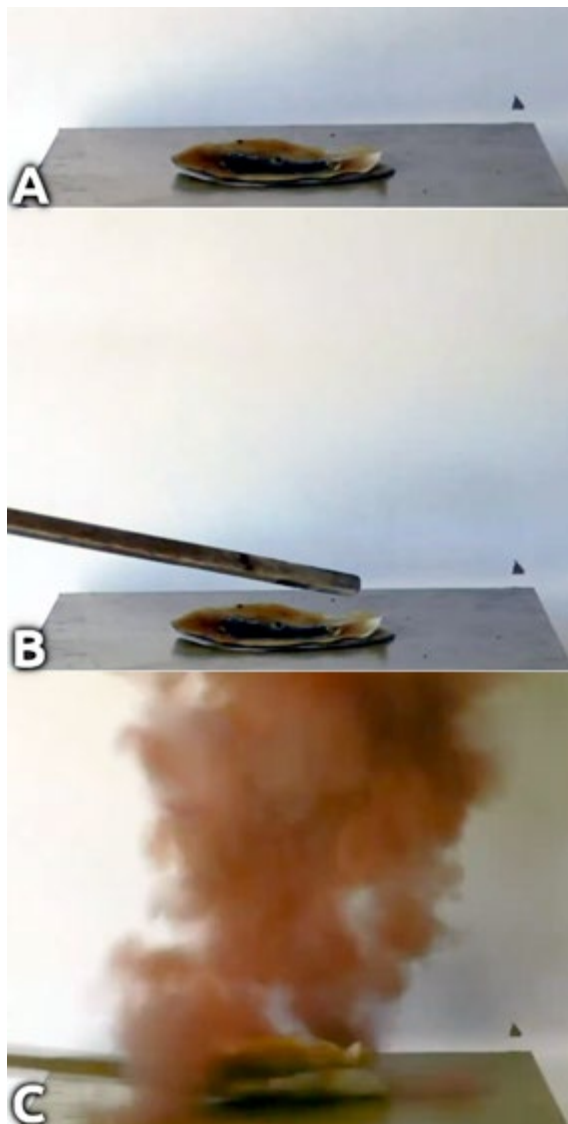
Huk eksplozji jest bardzo głośny; należy chronić przed nim słuch. W czasie rozkładu amoniaku trijodku azotu powstaje także duża ilość brunatnych par (Fot. 3C). Sączek zostaje zwykle rozerwany na strzępy.

Wyjaśnienie

Rozkład amoniaku zachodzi według poniższego równania:



W cząsteczce trijodku azotu niewielki atom azotu jest otoczony przez trzy masywne atomy jodu, co powoduje



Fot. 3 – Gotowy amoniak trijodku azotu

znaczące naprężenia steryczne w układzie i skutkuje niestabilnością. Oddziaływania odpychające między elektronowymi powłokami atomów jodu osłabiają wiązania N–I. W efekcie energia aktywacji procesu rozkładu ulega znacznemu obniżeniu, a silna tendencja do tworzenia niezwykle trwałej cząsteczki azotu (N≡N) stanowi główny czynnik termodynamicznie napędzający gwałtowną reakcję [3].

Brunatne pary są efektem odparowania powstałego pierwiastkowego jodu.

Mgr Marek Ples

Katedra Biomechatroniki, Wydział Inżynierii Biomedycznej

Politechnika Śląska

marek.ples@o2.pl, www.weirdscience.eu

Wszystkie fotografie zostały wykonane przez autora

Literatura:

- [1] Bowden, F. P., *The initiation of explosion by neutrons, α-particles, and fission products*, Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 246 (1245), 1958, str. 216-219
- [2] Kaiho T., *Iodine, Chemistry and Applications*, Wiley, 2014, str. 59
- [3] Tornieporth-Oetting I., Klapötke T., *Nitrogen Triiodide*, *Angewandte Chemie International Edition*, 29 (6), 1990, str. 677-679