

XLIV OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP WSTĘPNY

Zadania doświadczalne

ZADANIE D2

Nazwa zadania: „Trawienie elektrolityczne”

W mikroskopie tunelowym używa się metalowych igieł o bardzo ostrych końcach (zwykle są to igły wolframowe). Standardowe metody, takie jak ostrzenie pilnikiem czy przecięcie drutu pod pewnym kątem, pozwalają otrzymać igłę z końcem (często zakrzywionym w haczyk lub niesymetrycznym) o powierzchni $0,1 - 1\mu\text{m}^2$ ($1\mu\text{m}^2 = 10^{-12}\text{m}^2$). W związku z tym stosuje się inne metody ich otrzymywania.

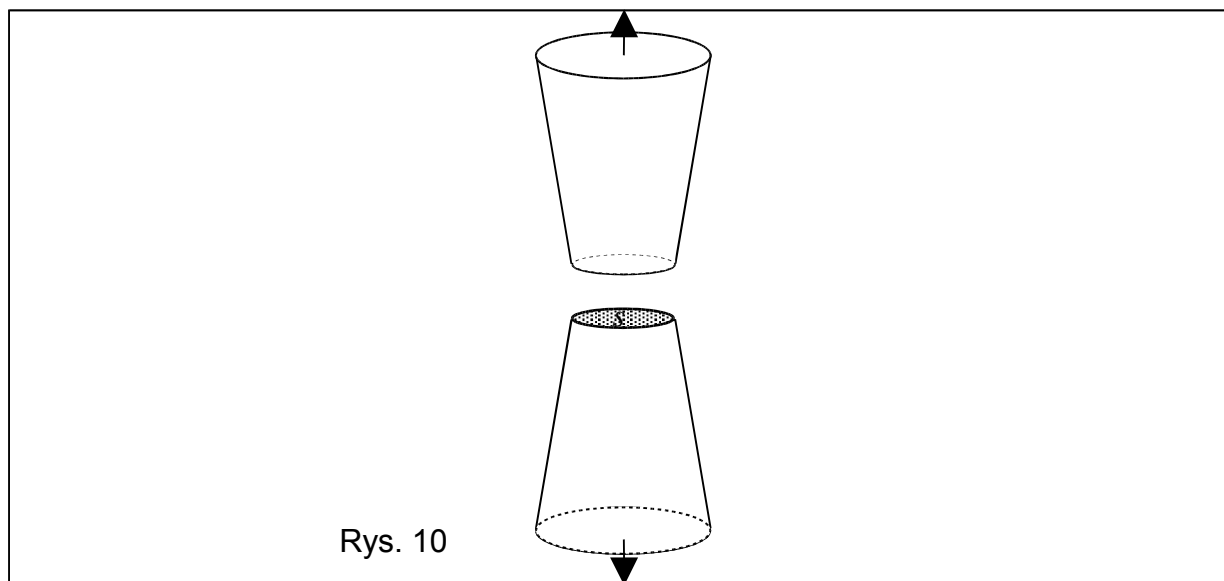
Wykorzystując zjawisko elektrolitycznego trawienia wykonaj igłę o powierzchni ostrza $S < 0,02\mu\text{m}^2$. Przedstaw czynniki wpływające na ostrość igły.

Masz do dyspozycji:

- drut miedziany o średnicy ok. 0,1 mm (bez izolacji elektrycznej),
- 1cm^3 dwunormalnego roztworu NaOH (lub innego elektrolitu) w strzykawce,
- baterię 9V,
- opornik regulowany w zakresie 0 - 1000Ω ,
- kable i końcówki do połączeń elektrycznych,
- suwmiarkę,
- statyw pozwalający na zawieszenie drutu i odprowadzeń elektrycznych.

Wskazówki:

1. Przyjmij, że wytrzymałość miedzi na zerwanie wynosi 40 – 45 MPa, a posiadany drut jest jednorodny i ma gęstość $\rho = 8,9\text{ g/cm}^3$.
2. Załóż, że po rozerwaniu końce drutu tworzą płaskie obszary o powierzchni S (patrz rys. 10) nazywanej w treści zadania powierzchnią ostrza.
3. Jeden z kawałków drutu powinien być zakończony pętelką o takiej średnicy aby mogła się na niej utrzymać błonka utworzona z elektrolitu.



ROZWIĄZANIE ZADANIA D2

Wykonanie igły polega na rozerwaniu drutu miejscu przewężenia powstałego na skutek trawienia elektrolitycznego. Kawałek drutu zawieszony na statywie należy przeprowadzić przez błonkę elektrolitu, utrzymującą się na pętelce z drugiego kawałka drutu (ryc. 9). Końce obu drutów należy połączyć do baterii w taki sposób aby trawieniu ulegał zwisający drut, a nie pętelka (wybór kierunku przepływu prądu). Opornik R włączony do obwodu ma za zadanie ograniczenie prądu płynącego przez błonkę. Przy zbyt dużym natężeniu prądu w elektrolicie pojawiają się pęcherzyki gaz co może doprowadzić do przerywania błonki. Użycie prądu zwiększa prędkość trawienia i zapewnia stabilność tego procesu. Po pewnym czasie trawienia (typowo kilka minut), część drutu zwisająca poniżej błonki z elektrolitu urwie się pod wpływem własnego ciężaru.

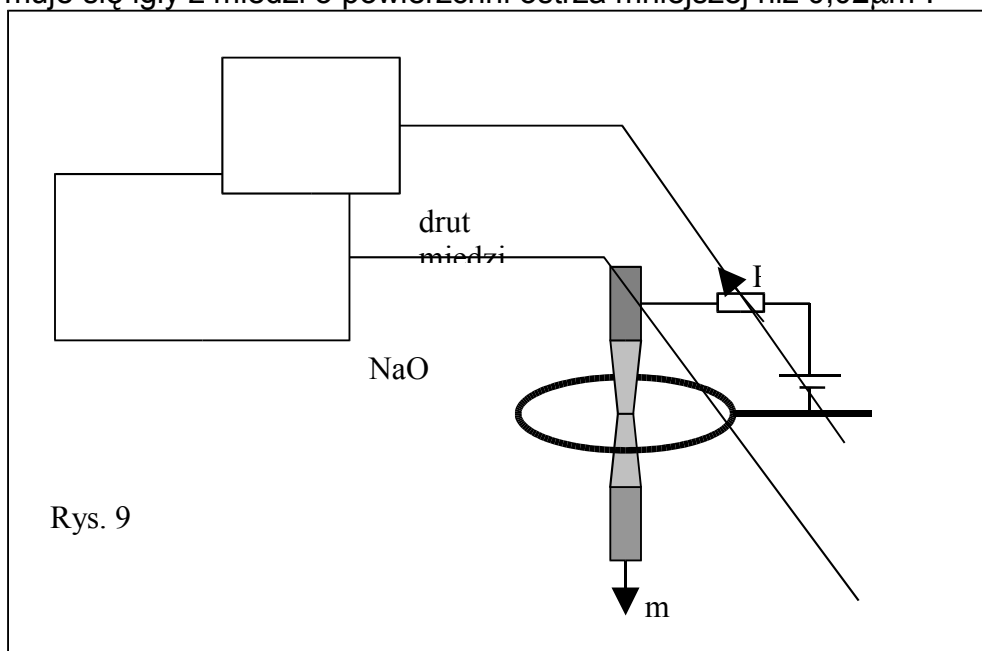
Wielkość powierzchni ostrza można oszacować na podstawie długości h oderwanego kawałka drutu (pomiar suwmiarką). Zakładamy, że drut oderwie się w momencie, gdy przewężenie osiągnie wartość krytyczną. Przy założeniu jednorodności materiału można wtedy napisać

$$S = \frac{Q}{R},$$

Gdzie Q - ciężar drutu, R - wytrzymałość miedzi na zerwanie. Zakładając, że urwany kawałek ma kształt walca, otrzymujemy wyrażenie na powierzchnię ostrza S

$$S = \frac{\pi \rho g h d^2}{4R},$$

Gdzie d - średnica drutu, ρ - gęstość miedzi, R - wytrzymałość miedzi na zerwanie, h - długość urwanego kawałka, g - przyspieszenie ziemskie. Opisaną metodą otrzymuje się igły z miedzi o powierzchni ostrza mniejszej niż $0,02\mu\text{m}^2$.



Istnieje szereg czynników wpływających na ostrość igły. Oto niektóre z nich.

1. Zmniejszona wytrzymałość materiału na zerwanie w obszarze trawionym (niejednorodność drutu) spowoduje zwiększenie powierzchni ostrza.
2. Drgania mechaniczne w trakcie procesu mogą spowodować wzrost naprężeń w obszarze przewężenia i w efekcie zerwanie drutu przy większej średnicy przewężenia.
3. Napięcia powierzchniowe błonki z elektrolitu podtrzymuje trawioną igłę zmniejszając wielkość naprężenia w materiale prowadzi to do zmniejszenia powierzchni ostrza.
4. Tuż przed zerwaniem zachodzi nieelastyczne rozciąganie drutu. Efektem tego jest zmniejszenie powierzchni ostrza.

Źródło:

Zadanie pochodzi z czasopisma „Fizyka w Szkole” 94/95 r

Komitet Główny Olimpiady Fizycznej w Szczecinie

www.of.szc.pl