

1 Cel doświadczenia

Wyznaczenie modułu Younga metodą statyczną za pomocą pomiaru wydłużenia mosiężnego drutu obciążonego stałą siłą.

2 Wstęp teoretyczny

Prawo Hooke'a i moduł Younga

Wszystkie ciała zmieniają swój kształt po przyłożeniu do nich siły. Jeżeli po usunięciu siły ciało powróci do stanu pierwotnego to nazywamy to odkształcenie sprężystym. Odkształceń tego rodzaju dotyczy prawo Hooke'a, opisane wzorem:

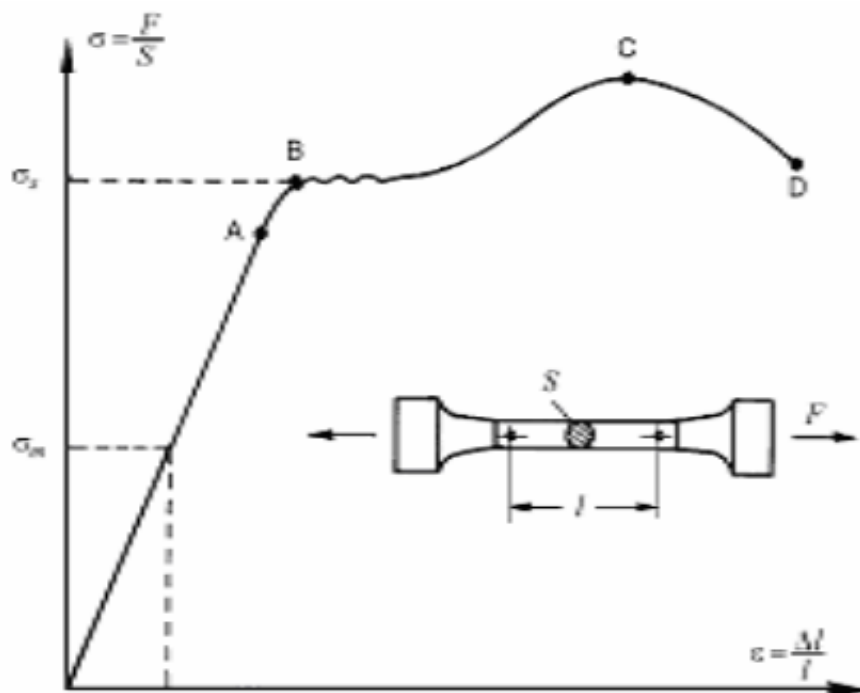
$$\Delta l = \frac{Fl}{ES}$$

Gdzie Δl oznacza zmianę długości ciała, F - przyłożoną siłę, S - przekrój poprzeczny w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku siły. Stała materiałowa E nosi nazwę modułu Younga.

Prawo Hooke'a można też zapisać jako wzór:

$$\sigma = E\varepsilon$$

Wzór ten nie zależy od kształtu próbki, σ oznacza naprężenie normalne, czyli stosunek siły do pola przekroju pręta, $\sigma = \frac{F}{S}$. Z kolei ε to normalne odkształcenie względne, tzn. stosunek przyrostu długości do długości początkowej, $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$, przy czym w obu przypadkach "normalne" oznacza prostopadłe względem płaszczyzny przekroju poprzecznego.

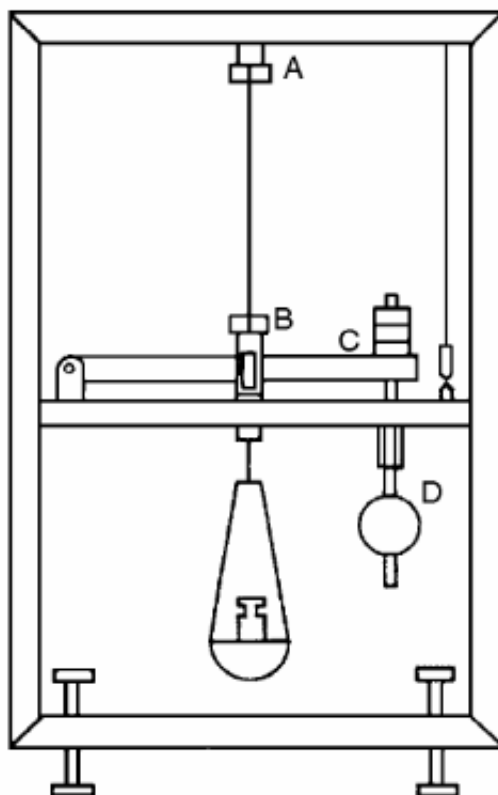


σ_s oznacza tu granicę sprężystości ciała, po jej przekroczeniu ulegnie ono trwałemu odkształceniu. σ_m to naprężenie maksymalne, kluczowe w przypadku ciał kruchych ponieważ po jego przekroczeniu ciało ulega pęknięciu. Nie będziemy go przekraczać w doświadczeniu.

3 Układ pomiarowy

W skład układu pomiarowego wchodzi przyrząd do pomiaru wydłużenia drutu pod wpływem stałej siły, zaopatrzony w czujnik mikrometryczny do pomiaru wydłużenia drutu, zestaw odważników kilogramowych, śruba mikrometryczna, przymiar milimetrowy.

Do pomiaru wydłużenia drutu wykorzystano czujnik mikrometryczny D (niepewność pomiaru 0,01 mm), sprzężony z badanym prętem przy użyciu dźwigni C. Dźwignia opiera się na wsporniku związanym sztywno ze statywem. Pręt i szalka zamocowane są w połowie odległości między osią obrotu a punktem styku z czujnikiem. Wydłużenie drutu Δl jest zatem dwukrotnie mniejsze od wartości wskazywanej przez czujnik. Badany drut powinien być prosty.



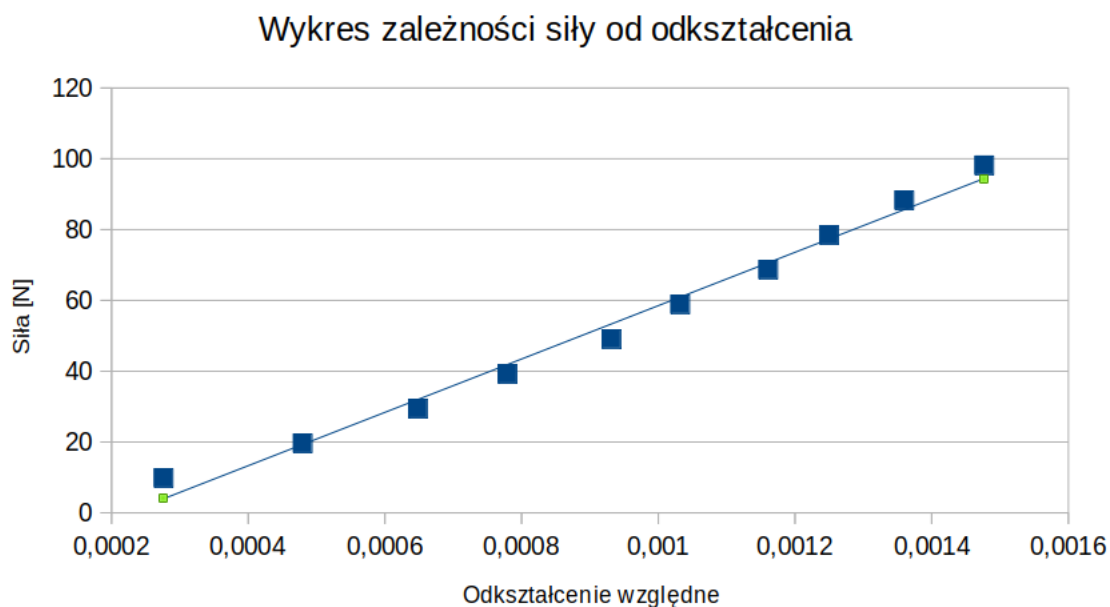
4 Wykonanie ćwiczenia

1. Zmierzyć śrubą mikrometryczną grubość pręta d
2. Zmierzyć długość pręta
3. Kolejno dokładać ciężarki na szalę
4. Dołożyć jeden półkilogramowy ciężarek na kilka sekund
5. Zebrać ponownie pomiary czujnika zdejmując ciężarki z szali

5 Wyniki pomiarów

Masa odważników [kg]	Siła F [N]	Wskazanie czujnika (zwiększanie masy) [mm]	Wskazanie czujnika (zmniejszanie masy) [mm]	Średnie wydłużenie względne	Średnie wydłużenie rzeczywiste [mm]
1	9,81	0,54	0,64	0,00028	0,3
2	19,62	1,02	1,03	0,00048	0,51
3	29,43	1,36	1,41	0,00065	0,69
4	39,24	1,62	1,71	0,00078	0,83
5	49,05	1,96	2,02	0,00093	1
6	58,86	2,15	2,26	0,00103	1,1
7	68,67	2,44	2,52	0,00116	1,24
8	78,48	2,62	2,72	0,00125	1,34
9	88,29	2,85	2,96	0,00136	1,45
10	98,1	3,13	3,18	0,00148	1,58

6 Opracowanie wyników



1. ε obliczam jako średnią pomiarów wskazań czujnika, zmniejszoną dwukrotnie ze względu na odległość od punktu przyłożenia siły
2. Przyjmuję niepewności pomiarów: $u(l) = 1mm$, $u(d) = 0,01mm$, $u(\Delta l) = 0,01mm$
3. Zależność siły od wyliczonego odkształcenia względnego jest liniowa, współczynnik zależności dany jest wzorem $a = \frac{F}{\varepsilon}$
4. Sporządzam wykres $F(\varepsilon)$ korzystając z arkusza kalkulacyjnego
5. Otrzymuję współczynnik $a = 59800[N]$ przy niepewności $u(a) = 2900[N]$
6. Wyprowadzam wzór roboczy na moduł Younga $E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F}{S} \frac{l}{\Delta l} = \frac{a}{S} = \frac{a}{\frac{d^2\pi}{4}} = \frac{4a}{d^2\pi}$
7. Wyliczam niepewność metody z prawa przenoszenia niepewności:

$$\begin{aligned}
 u(E) &= \sqrt{\left(\frac{\partial E}{\partial d} u(d)\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial a} u(a)\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{-8a}{d^3\pi} u(d)\right)^2 + \left(\frac{4}{d^2\pi} u(a)\right)^2} = \\
 &= \sqrt{\left(\frac{-8 * 59800}{(1,19 * 10^{-3})^3 * 3,1415} 0,01 * 10^{-3}\right)^2 + \left(\frac{4}{(1,19 * 10^{-3})^2 * 3,1415} 2900\right)^2} = \\
 &= 2,8[GPa]
 \end{aligned}$$

8. Obliczam wartość modułu Younga z podanego wcześniej wzoru:

$$E = \frac{59800 * 4}{(1,19 * 10^{-3}) * 3,1415} = 53,8[GPa]$$

7 Wnioski

Wyliczona wartość modułu Younga nie mieści się w zakresie wartości tabelarycznych (100-125 GPa) ani dla niepewności zwykłej, ani rozszerzonej. Spowodowane jest to stanem pręta, jego nieregularnym powyginanym kształtem czy wiekiem, który również mógł wpłynąć na własności materiału.