

Wprowadzenie teoretyczne

Doświadczenie „Y O U N G”

Moduł Younga to tak zwany moduł sprężystości, który określamy dla elementów podlegających naprężeniom statycznym takich jak pręty, liny czy płaskowniki. Substancje i materiały posiadają właściwości odzyskiwania swoich kształtów i rozmiarów po usunięciu siły zewnętrznej, która powoduje odkształcenie. Powyższą właściwość sprężystości w pewnym zakresie posiadają wszystkie ciała stałe. Przyłożenie zewnętrznej siły prowadzi do powstania wewnętrznego naprężenia w materiale. Odkształcenie względne ε (bezwymiarowe), związane ze zmianą długości próbki, definiujemy jako stosunek wydłużenia x do długości pierwotnej L :

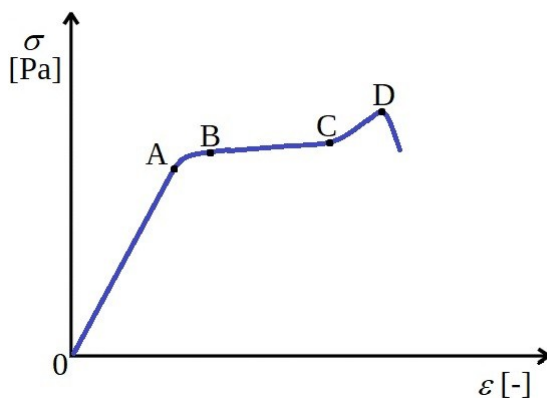
$$\varepsilon = \frac{x}{L} \quad [-] = \left[\frac{m}{m} \right]$$

Wartość siły zewnętrznej F przypadającą na jednostkę powierzchni S przekroju próbki nazywamy naprężeniem σ :

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad [Pa] = \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Prawo Hooke'a jest podstawowym doświadczalnym prawem sprężystości ciał, obowiązuje ono dla małych odkształceń. Prawo to mówi o proporcjonalności względnego odkształcenia do naprężenia wywołującego to odkształcenie. Współczynnik proporcjonalności, nazywany modułem sprężystości lub modułem Younga E , jest wielkością stałą dla danego materiału. Prawo Hooke'a dla materiału poddanego rozciąganiu definiujemy wzorem:

$$\frac{F}{S} = E \cdot \frac{x}{L}$$



Wykres naprężenia wewnętrznego jako funkcja wydłużania względnego rozciąganego drutu:

Zakres 0-A na wykresie jest zakresem sprężystości o charakterze liniowym, do którego stosuje się prawo Hooke'a.

Punkt B oznacza koniec zakresu sprężystości. Przekroczenie punktu B oznacza trwałą deformację próbki.

Zakres B-C to zakres plastyczności (płynięcia) materiału. Bez dodatkowych naprężeń obserwujemy wydłużanie się próbki.

Punkt D mówi o granicy wytrzymałości materiału, próbka ulega zerwaniu.

Pytania do przygotowania:

„YOUNG”

1. Podaj treść i zapisz wzorem prawo Hooke'a.
2. Wyjaśnij co to jest współczynnik sprężystości i podaj jego jednostkę.
3. Podaj definicję i jednostkę modułu Younga.
4. W jakim zakresie mieszczą się moduły Younga popularnych materiałów np. stal, miedź, aluminium, drewno, nylon itp?
5. Omów podział ciał stałych ze względu na budowę struktury cząsteczkowej i wyjaśnij różnicę w ich budowie (postaciowe i bezpostaciowe).
6. Podaj definicję i jednostkę odkształcenia względnego.
7. Podaj definicję i jednostkę naprężenia normalnego.
8. Podaj definicję i jednostkę siły.
9. Narysuj wykres naprężenia wewnętrznego w funkcji wydłużenia względnego.
10. Opisz charakterystyczne zakresy występujące na wykresie naprężenia wewnętrznego w funkcji wydłużenia względnego.
11. Narysuj wykres naprężenia wewnętrznego w funkcji wydłużenia względnego w zakresie stosowności prawa Hooke'a.
12. Jak zmieni się naprężenie normalne jeśli siła rozciągająca wzrośnie dwukrotnie?
13. Podaj rodzaje naprężeń występujących w materiale.
14. Wyjaśnij różnicę między odkształceniem sprężystym a odkształceniem plastycznym.
15. Opisz podział materiałów ze względu na właściwości mechaniczne i wyjaśnij różnicę między nimi (sprężyste, kruche, plastyczne).

Przebieg czynności

1. Pobrać mikrometr (śrubę mikrometryczną) od asystenta technicznego i pokazać umiejętność posługiwania się tym przyrządem.
2. Zmierzyć średnicę próbki d przy pomocy śruby mikrometrycznej.
3. Zamocować próbkę na górnym pręcie mocującym (wykorzystując niepełny węzeł kotwiczny).
4. Umieścić układ na stole.
5. Ostrożnie zamocować suwmiarkę na wykorzystywanej próbce, w taki sposób, aby długość na suwmiarce wynosiła między 30 a 50 mm.
6. Zmierzyć długość próbki L między zaczepami.
7. Odczytać początkową wartość długości z suwmiarki.
8. Zważyć szalkę i zanotować pierwszą wartość masy m .
9. Ostrożnie nałożyć szalkę na dolny zaczep suwmiarki i odczytać pierwszą wartość wydłużenia x z suwmiarki.
10. Ostrożnie umieszczać 1 - 2 nakrętki na szalkę za pomocą pęsety aż do uzyskania 10 - 15 pomiarów. Zanotować w tabelce:
 - całkowitą masę m szalki z nakrętkami
 - całkowite wydłużenie x spowodowane podwieszoną masą
11. Ostrożnie umieszczać 2 – 4 nakrętki na szalkę, odczekując co najmniej minutę na pomiar (ze względu na płynięcie materiału) i odczytywać wartość z suwmiarki, aż do wypełnienia tabeli pomiarowej lub zerwania próbki.
12. Po skończonych pomiarach:
 - oddać mikrometr asystentowi technicznemu
 - usunąć pozostałości próbki z suwmiarki i górnego pręta mocującego
 - ustawić stanowisko z powrotem na podłodze.

„YOUNG”

Student 1: Wyznaczanie modułu Younga.

Student 2: Sprawdzanie prawa Hooke’a.

Baza teoretyczna

Jeżeli do sprężystego pręta przykładamy naprężenie rozciągające, to jego wydłużenie x zwiększa się proporcjonalnie do początkowej długości L oraz naprężenia σ :

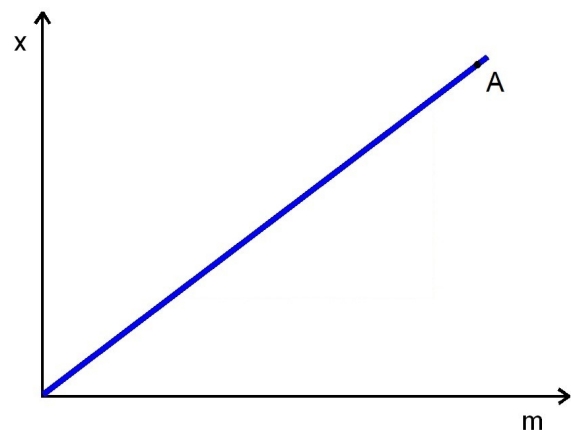
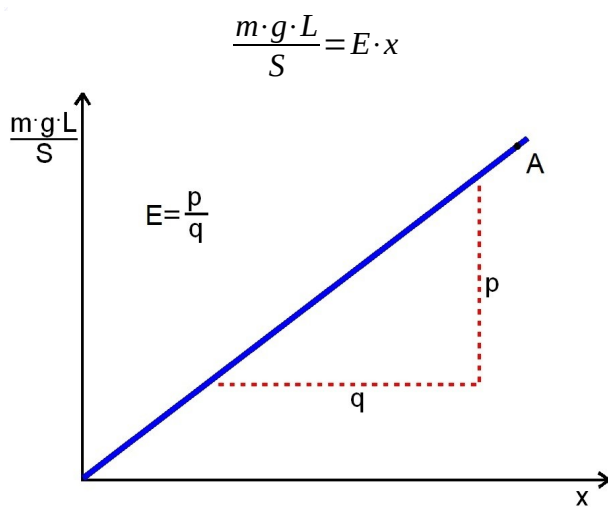
$$\frac{F}{S} = E \cdot \frac{x}{L}$$

Jeżeli naprężenie wytworzone będzie w wyniku obciążenia próbki masą m , wówczas powyższą zależność można przedstawić w postaci:

$$\frac{m \cdot g \cdot L}{S} = E \cdot x.$$

Zależność tą można odwrócić i pokazać, że prawo Hooke’a jest spełnione, gdy wydłużenie x będzie proporcjonalne do masy m obciążającej rozciąganą próbkę:

$$x = \frac{g \cdot L}{S \cdot E} \cdot m$$



Zatem, aby **wyznaczyć** moduł Younga należy:

- wykonać pomiary zależności wydłużenia drutu x (suwmiarką) od masy m obciążającego go ciężarka w granicy sprężystości,
- sporządzić wykres zależności mgL/S od x
- odczytać na nim wartość modułu Younga E

Zatem, aby **sprawdzić** prawo Hooke’a należy:

- wykonać pomiary zależności wydłużenia drutu (suwmiarką) od masy obciążającego go ciężarka w granicy sprężystości,
- sporządzić wykres zależności x od m
- zanalizować jego liniowość.

„YOUNG”

Student 1: Wyznaczanie modułu Younga.

I. Metodyka (ideowy plan ćwiczenia)

II. Przebieg ćwiczenia

II.1. Przebieg czynności

II.2. Szkic układu pomiarowego

III. Wyniki

III.1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
m	[g]																				
x	[mm]																				

$L = \dots$ $\Delta L = \dots$ $d = \dots$ $\Delta d = \dots$ $\Delta m = \dots$ $\Delta x = \dots$

III.2. Obliczenia przykładowe i rachunek na jednostkach (odnoszą się np. do pomiaru nr 3)

$S = 0,25\pi d^2 = \dots$

$\Delta S = 0,25 \pi |d^2 - (d + \Delta d)^2| = \dots$

$\frac{m \cdot g \cdot L}{S} = \dots$

$\Delta \frac{m \cdot g \cdot L}{S} = \frac{g \cdot L}{S} \cdot \Delta m + \frac{m \cdot g}{S} \cdot \Delta L + \frac{m \cdot g \cdot L}{S^2} \cdot \Delta S = \dots$

III.3. Wyniki obliczeń dla 10 pomiarów z zakresu liniowego (0-A) na wykresie próbnym

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\frac{m \cdot g \cdot L}{S}$	[...]										
$\Delta \frac{m \cdot g \cdot L}{S}$	[...]										
x	[m]										

$\Delta x = \dots$

III.4. Wykres

- + obliczenie E, (nachylenie prostej najlepszego dopasowania dla fragmentu 0-A wykresu)
- + obliczenie E' (nachylenie prostej odchylonej dla fragmentu 0-A wykresu)
- + obliczenie dokładności metody $\Delta E = |E - E'|$

IV. Podsumowanie

Wyznaczona wartość ... wynosi ...

Dokładność metody ...

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.

„YOUNG”

Student 2: Sprawdzanie prawa Hooke’a.

I. Metodyka (ideowy plan ćwiczenia)

II. Przebieg ćwiczenia

II.1. Przebieg czynności

II.2. Szkic układu pomiarowego

III. Wyniki

III.1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
m	[g]																					
x	[mm]																					

$L = \dots$ $\Delta L = \dots$ $\Delta m = \dots$ $\Delta x = \dots$

III.2. Obliczenia (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 3)

Ćwiczenie nie posiada obliczeń. Należy tylko przeliczyć jednostki mierzone na jednostki podstawowe układu SI, oraz poprawnie przedstawić zaokrąglone wyniki w zapisie wykładniczym.

III.3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	[kg]										
x	[m]										

$\Delta m = \dots$ $\Delta x = \dots$

III.4. Wykres

IV. Podsumowanie

Ponieważ na wykresie ... można poprowadzić prostą przechodzącą przez wszystkie prostokąty niepewności pomiarowych, nie ma podstaw do stwierdzenia odstępstwa od ...

Ewentualnie: Odstępstwo od liniowości w zakresie ... może wynikać z

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych