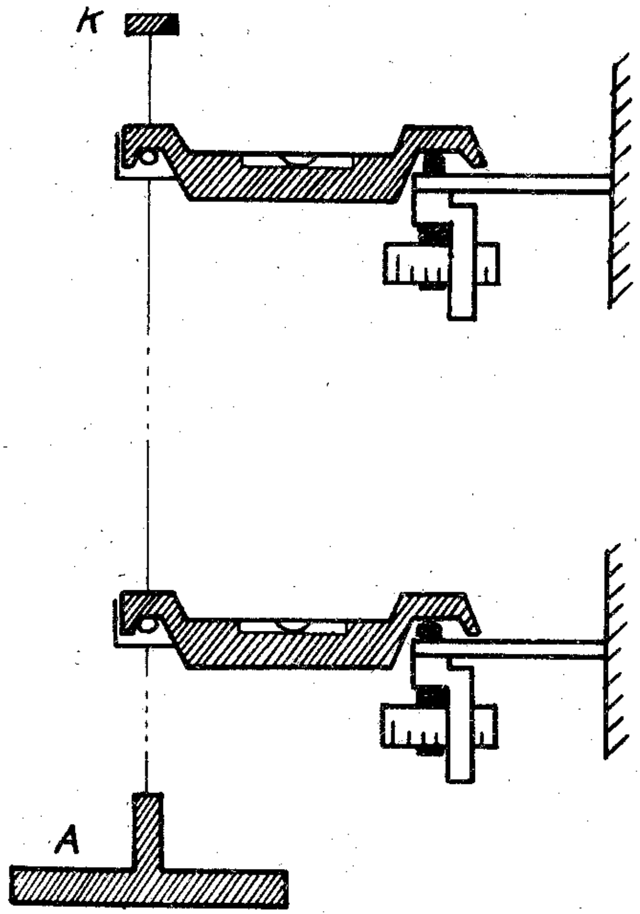
Tallinna Tehnikaülikool Füüsikainstituut	
Üliõpilane: Meelis Saluvee	Teostatud: 22. oktoober 1999
Õpperühm: LAP 13	Kaitstud:
Töö nr: 11	OT allkiri:
ELASTSUSMOODUL	
Töö eesmärk: Tutvumine Hooke´i seadusega ja traadi elastsusmooduli määramine venitamisel.	Töövahendid: Uuritav traat, seadis traadi pikenemise määramiseks, kruvik, mõõtejoonlaud.

Skeem



Katseandmete tabel

Traadi pikenemine venitamisel.

l = ……… ± ……… , d_1 = ……… ± ………, d_2 = ……… ± ………,

d_3 = ……… ± ………, $\overline{d}$ = ……… ± ………, g = 9.818 m/s^2 .

Katse nr.	Lisakoormised		Alumine vesilood		Ülemine vesilood		Pikene-mine, mm
	Mass, kg	Raskus, N	Lugem, mm	Nihkumine, mm	Lugem, mm	Nihkumine, mm	
0.				0		0	0
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

Arvutused ja veaarvutused

$t_{\infty,0.95} = 2.0$ $\quad$ $t_{2,0.95} = 4.3$

$\sum_{i=1}^{3} (d_i - \overline{d})^2 = 6.70 \cdot 10^{-5}$

$$\Delta d_j = t_{n-1,\,\beta} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (d_i - \overline{d})^2}{n \cdot (n-1)}} = 4.3 \cdot \sqrt{\frac{6.70 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 2}} = 0.0144\ mm$$

Kruviku lubatud põhiviga $\Delta p = 0.004$ mm

$$\Delta d = \sqrt{(\Delta d_j)^2 + \left(t_{\infty,\,\beta} \cdot \frac{\Delta p}{3}\right)^2} = \sqrt{0.0144^2 + \left(2.0 \cdot \frac{0.004}{3}\right)^2} = 0.0146 \text{ mm}$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14}{4} \cdot \left(0.61 \cdot 10^{-3}\right)^2 = 2.92 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$\Delta S = S \cdot \sqrt{\left(2 \cdot \frac{\Delta d}{d}\right)^2} = S \cdot \frac{2 \cdot \Delta d}{d} = 2.92 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2 \cdot 1.46 \cdot 10^{-5}}{6.13 \cdot 10^{-4}} = 1.39 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2$$

$\mathrm{l} = 0.80$ m

$\Delta \mathrm{l} = 2 \cdot 10^{-3}$ m

<u>Elastsusmooduli arvutamine</u>

Punkti A koordinaadid on 22 N, 0.12 mm.

Punkti B koordinaadid on 65 N, 0.64 mm.

$$\mathrm{E} = \frac{l \cdot \left(F_B - F_A\right)}{S \cdot \left(\Delta l_B - \Delta l_A\right)}$$

$$\mathrm{E} = \frac{0.80 \cdot (65 - 22)}{2.92 \cdot 10^{-7} \cdot \left((6.4 - 1.2) \cdot 10^{-4}\right)} = 2.27 \cdot 10^{11}\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$$

Elastsusmooduli vea arvutamine

Punkti A ümbritseva viie eksperimentaalse punkti kõrvalekalded lähendusjoonest on 0.03; 0; 0; 0; 0.01 . Punkti B ümbritseva viie eksperimentaalse punkti kõrvalekalded lähendusjoonest on 0.005; 0.005; 0.005; 0.005; 0.015 .

$t_{3,0.95} = 3.2$

$$\Delta(\Delta l_A) = t_{n-2,\beta} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(l_i - l_i')^2}{n \cdot (n-2)}} = 3.2 \cdot \sqrt{\frac{0.03^2 + 0.01^2}{5 \cdot 3}} = 0.0261\, mm$$

$$\Delta(\Delta l_B) = t_{n-2,\beta} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(l_i - l_i')^2}{n \cdot (n-2)}} = 3.2 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 0.005^2 + 0.015^2}{5 \cdot 3}} = 0.0149\, mm$$

$$\frac{\partial E}{\partial l} = \frac{F_B - F_A}{S \cdot (\Delta l_B - \Delta l_A)} = \frac{65 - 22}{2.92 \cdot 10^{-7} \cdot (6.4 - 1.2) \cdot 10^{-4}} = 2.83 \cdot 10^{11}$$

$$\frac{\partial E}{\partial S} = -\frac{l \cdot (F_B - F_A)}{S^2 \cdot (\Delta l_B - \Delta l_A)} = -7.76 \cdot 10^{17}$$

$$\frac{\partial E}{\partial \Delta l_A} = -\frac{l \cdot (F_B - F_A)}{S \cdot (\Delta l_B - \Delta l_A)^2} = -4.36 \cdot 10^{14}$$

$$\frac{\partial E}{\partial \Delta l_B} = \frac{l \cdot (F_B - F_A)}{S \cdot (\Delta l_B - \Delta l_A)^2} = 4.36 \cdot 10^{14}$$

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{\partial E}{\partial l} \cdot \Delta l\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial S} \cdot \Delta S\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial \Delta l_A} \cdot \Delta(\Delta l_A)\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial \Delta l_B} \cdot \Delta(\Delta l_B)\right)^2} =$$

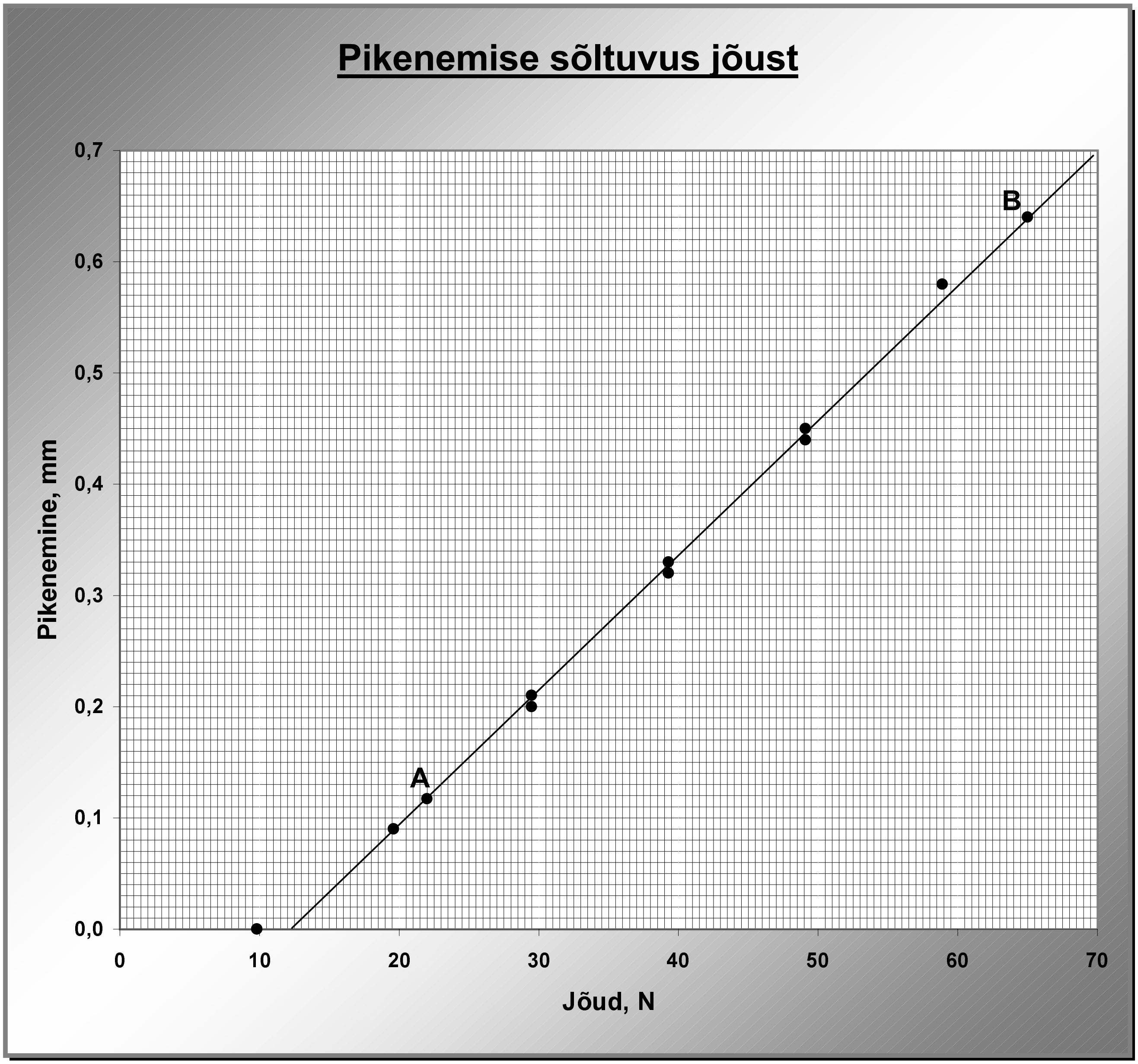
$$= \sqrt{\left(2.83 \cdot 10^{11} \cdot 2.0 \cdot 10^{-3}\right)^2 + \left(-7.76 \cdot 10^{17} \cdot 1.39 \cdot 10^{-8}\right)^2 + \left(-4.36 \cdot 10^{14} \cdot 2.61 \cdot 10^{-5}\right)^2 + \left(4.36 \cdot 10^{14} \cdot 1.49 \cdot 10^{-5}\right)^2} =$$

$$= 1.70 \cdot 10^{10}\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$$

$$\mathrm{E} = (2.3 \pm 0.2) \cdot 10^{11}\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$$

<u>Suhtelise vea arvutamine</u>

$$\delta = \frac{\Delta E}{E} \cdot 100\ \% = \frac{1.70 \cdot 10^{10}}{2.27 \cdot 10^{11}} \cdot 100\ \% = 7.49\ \%$$


Pikenemise sõltuvus jõust
Pikenemine, mm
0,0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0
10
20
30
40
50
60
70
Jõud, N
A
B

Järeldus

Arvutuste tulemused:

Traadi elastsusmoodul: $E = (2.3 \pm 0.2) \cdot 10^{11}\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$, usutavusega 0.95.

suhteline viga: $\delta = 7.5\,\%$

Järeldus:

Saadud elastsusmoodul lubab väita, et tegemist on terastraadiga, kuna viimase elastsusmoodul on 210 GPa. Graafikult on näha, et Hooke'i seadus kehtib. Käesolev metoodika on sobiv materjali elastsusmooduli määramiseks.

Spikker

1. Elastsusmoodul iseloomustab materjali elastsust: pinge ja sellele vastava elastse deformatsiooni suhe.
2. Selle abil hinnatakse materjalide jäikust, tugevust, püsivust, ka aatomitevahelisi jõude.
3. N/m^2 .
4. Sõltub mõõteriistast ja algsuuruste mõõtevigadest.
5. Suureneb molekulide vaheliste kauguste suurenemise tõttu.
6. See on seletatav nende ainete erineva struktuuriga.
7. Molekulidevaheliste jõudude ületamiseks ja soojuseks.
8. Elastne keha – keha, mis taastab oma kuju ja ruumala pärast deformeeriva jõu mõju lõppu. Plastiline keha – keha, mis ei taasta oma kuju ja ruumala pärast deformeeriva jõu mõju lõppu.
9. $A = \int F dx = \int -kx dx = \frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}$
10. Keha soojeneb.