

1. mérés

Faminták sűrűségének meghatározása

Homogén anyageloszlású testek sűrűségét m tömegük és V térfogatuk hányadosa adja meg:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Az inhomogén szerkezetű faanyagok esetén ez az összefüggés az átlagsűrűséget adja meg, és minél kisebb a minta térfogata, annál inkább függ attól, hogy a fatörzs mely részéből származik. Jelentős különbség van a korai és a késői pászta átlagsűrűsége között, de eltérések mutatkoznak a három anatómiai főirány mentén is. A faanyag átlagsűrűsége számos más tényezőtől is függ, ezek közül a legfontosabbak a fafaj, a nedvességtartalom és az egyes fahibák. Tehát a fa sűrűségét nem tudjuk egyetlen adattal jellemezni, még egy fafajra vonatkozóan sem.

Mérési feladat: Egy fafaj átlagsűrűségének meghatározása a kiadott mintasorozatok alapján.

A méréshez használt eszközök:

egy mintasorozat, mely 10 db fakockát tartalmaz
tolómérő
analitikai mérleg.

A mérés kivitelezése:

Tolómérővel megmérjük a fakockák mindegyikének három egymásra merőleges oldalhosszúságát (a , b , c), majd a mérlegen a tömegüket (m).

Számolás:

Az oldalhosszúságok segítségével kiszámoljuk a térfogatokat, majd a térfogat és a tömeg ismeretében az átlagsűrűségeket. Eredményeinket táblázatban foglaljuk össze.

(Fafaj)	a (cm)	b (cm)	c (cm)	V (cm ³)	m (g)	ρ (g/cm ³)
1.						
2.						
3.						
.						
.						
.						
9.						
10.						

A tíz sűrűségadat felhasználásával átlagot és szórást számolunk:

$$\bar{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \rho_i}{10}, \quad \Delta\rho = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\bar{\rho} - \rho_i)^2}{9}}.$$

Eredmények: A végeredményt $\rho = \bar{\rho} \pm \Delta\rho$ alakban adjuk meg mindkét faj esetében.

Az eredmény értékelése: A kapott átlagsűrűségeket összehasonlítjuk az irodalmi adatokkal.

Kérdés: Melyik a világ legnagyobb és legkisebb sűrűségű fafaja, és mekkora ezek átlagsűrűsége?

2. mérés

Légnedvesség mérése pszichrométerrel

Az *abszolút nedvesség* a levegő 1 m³-ében levő vízgőz tömegét jelenti grammokban. Ennek megfelelően a mértékegysége a g/m³. Az így megadott abszolút nedvesség számértékileg megegyezik a levegőben levő vízgőz millibarban kifejezett parciális párányomásával. Mindkét megadási mód használatos.

Adott hőmérsékletű levegő egy meghatározott mennyiségű vízgőznél többet nem tartalmazhat. Ez a maximális vízgőzmennyiség a levegő telítettségi nedvessége. A *relatív nedvességet* az abszolút nedvesség és a telítettségi nedvesség hányadosának százszorosaként definiálják, tehát azt adja meg, hogy a levegőben pillanatnyilag jelenlevő vízgőzmennyiség hány százaléka az adott hőmérsékleten lehetséges maximális nedvességtartalomnak.

A *pszichrométer* a légnedvesség mérésére szolgáló eszköz. Két azonos pontosságú hőmérőből és egy kis ventilátorból áll. A két hőmérő közül az egyik higanytartálya nedvszívó anyaggal van körülvéve, amely vizet tartalmazó edénykébe merül. A ventilátor légáramlást létesít a hőmérők higanytartálya körül, ami megnöveli a nedves anyagról a víz párolgását. A párolgás hőt von el a higanytól, aminek következtében ez a hőmérő alacsonyabb hőmérsékletet mutat, mint a száraz hőmérő. Mivel a párolgás mértéke többek között a levegő nedvességtartalmától is függ, ezért a két hőmérő által mutatott értékek különbségéből a levegő páratartalmára következtethetünk. Minél nagyobb a száraz és a nedves hőmérséklet között a különbség, annál szárazabb a levegő. A párolgás mértéke a légmozgás sebességétől is függ, ezt pedig a műszerhez tartozó ventilátor határozza meg. Így a mutatott hőmérsékletkülönbség nem csak a páratartalomtól, hanem a műszertől is függ. Ezért minden műszerhez adnak egy táblázatokat tartalmazó könyvet, amelyből a mért száraz és nedves hőmérsékleti adatpárokhoz kikereshetjük az abszolút és a relatív nedvesség értékeit.

Mérési feladat: A tanterem hőmérsékletének és páratartalmának mérése 30 percen keresztül.

A méréshez használt eszközök:

pszichrométer
desztillált víz

A mérés kivitelezése:

A nedves hőmérő vizesedénykékét töltsük meg desztillált vízzel, majd helyezzük vissza a hőmérőket a műszer fémházába. Indítsuk el a ventilátort. Várjunk addig, amíg a nedves hőmérséklet gyors csökkenése megáll, azután 30 percen keresztül 2 percnként olvassuk le a száraz és a nedves hőmérsékleteket. Közben többször változtassuk meg a tanterem légköri viszonyait: nyissunk ablakot, csináljunk keresztvizet, stb. Eredményeinket a következő táblázatba foglaljuk:

<i>Idő</i> (perc)	t_{sz} (°C)	t_n (°C)	Δt (°C)	p_d (mbar)	r (%)
2					
4					
6					
.					
.					
.					
20					

Számolás:

A pszichrométerhez adott könyv 37 – 294. oldalai tartalmazzák azt a táblázatot, amelyből a száraz és a nedves hőmérséklet ismeretében a páratartalom kikereshető. A táblázat baloldali oszlopában a száraz hőmérséklet található, a felső sorában pedig a száraz és a nedves hőmérséklet különbsége: $\Delta t = t_{sz} - t_n$. A mért száraz hőmérséklet sorának és a hőmérsékletkülönbség oszlopának metszéspontjában két adat található: a baloldali jelenti a vízgőz parciális párányomását (p_d) millibarban, tehát az abszolút páratartalmat, míg a jobboldali érték a relatív páratartalmat (r) százalékban kifejezve.

Eredmény:

Ábrázoljuk grafikonon a hőmérsékletet, az abszolút és a relatív páratartalmat az idő függvényében! A három grafikont egyetlen milliméterpapíron úgy helyezzük el, hogy az egyazon időadathoz tartozó hőmérséklet, abszolút és relatív páratartalom egyetlen függőleges egyenes mentén legyen leolvasható.

Az eredmény értékelése:

A grafikon alapján elemezzük a tanterem hőmérsékletének és páratartalmának változását a mérés során. A növekedéseket, csökkenéseket indokoljuk!

3. mérés

Viszkózitásmérés

Azon folyadékokat, amelyekben áramlás közben nem lépnek fel érintőleges feszültségek, ideális folyadékoknak, míg ha fellépnek, sűrűdó folyadékoknak nevezzük. Sűrűdó folyadékok áramlásakor a folyadék belsejében lévő gyorsabban mozgó folyadékrétegek a szomszédos, lassabban mozgó rétegeket gyorsítani, az utóbbiak pedig a gyorsabban mozgó rétegeket lassítani igyekeznek. Ezt a belső sűrűdést az egyes folyadékrétegek között fellépő belső sűrűdési erők hozzák létre. Az x áramlási irányban lévő két szomszédos, A felületű folyadékréteg között ható belső sűrűdési erő nagysága arányos az A felülettel és az áramlás irányára merőleges dv/dz sebességeséssel:

$$F = \eta A \frac{dv}{dz}.$$

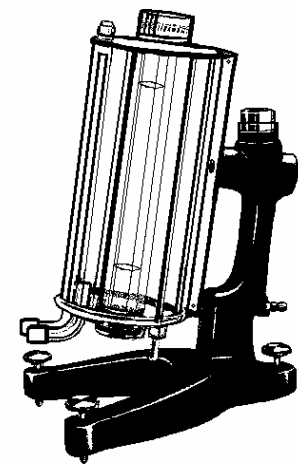
Ez a Newton-féle sűrűdési törvény, amelyben a folyadék anyagi minőségétől függő η tényező a belső sűrűdési vagy viszkózitási együttható, röviden *viszkózitás*.

A viszkózitásmérés egyik eszköze a *Höppler-féle viszkóziméter*, amely a golyók esésén alapul. A műszer kissé ferdén álló csövét buborékmentesen megtöltik a vizsgálandó folyadékkal, és mérik azt az időt, amely alatt a készülékhez tartozó golyó a csőben a két szélső jel közötti utat megteszi. A folyadékoszlop átmérője csak alig nagyobb a golyóénál. A viszkózitást egy tapasztalati összefüggésből számítják ki:

$$\eta = t(\rho_1 - \rho_2)K,$$

ahol

- η a viszkózitás,
- t az esési idő,
- ρ_1 a golyó sűrűsége,
- ρ_2 a folyadék sűrűsége,
- K a golyóra nézve gyárilag hitelesített állandó.



Höppler-féle viszkóziméter

Mérési feladat: A viszkóziméter csövében lévő ismert sűrűségű folyadék viszkózitásának meghatározása.

A méréshez használt eszközök:

Höppler-féle viszkóziméter
stopperóra.

A mérés kivitelezése:

A mérés kezdetekor a viszkóziméter csöve már tartalmazza a vizsgálandó folyadékot és a golyót, ezért a feltöltést nem kell elvégezni.

A lábazon található csavarok segítségével állítsuk vízszintesre az eszközt! Jegyezzük fel a hőmérsékletet, mert a viszkózitás erősen függ a hőmérséklettől. A forgatható hengert fordítsuk meg, így a csőben felülre kerül a golyó, és megindul lefelé. Figyelem! Ha a golyó nem indul el felülről, akkor ne kezdjük az eszközt kocogtatni, ütögetni, hanem szóljunk a gyakorlatvezetőnek! A stopperórát akkor indítsuk el, amikor a golyó alja a felső jelzéshez

érkezik, és akkor állítsuk meg, amikor szintén az alja az alsó jelzéshez érkezik. A csőre rajzolt jelzéseket vízszintes irányból nézzük úgy, hogy csak egy vonalnak látszódjanak.

Mérjük meg hússzor a golyó esési idejét, majd a mérés végeztével ismét jegyezzük fel a hőmérsékletet.

Számolás:

Szükséges adatok:

$$\rho_1 = 8100 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_2 = 1570 \text{ kg/m}^3$$

$$K = 10,5 \cdot 10^{-6} \text{ Pa m}^3/\text{kg}.$$

Minden esési időhöz kiszámoljuk a viszkozitást. Eredményeinket a következő táblázatban foglaljuk össze:

Mérés sorszáma	t (s)	η (Pa s)
1.		
2.		
3.		
.		
.		
.		
19.		
20.		

Az eredmények értékelése: Ha a mérés során nagyon eltérő viszkozitásértékeket kapunk, indokoljuk! Vegyük figyelembe a hőmérséklet változását, valamint a viszkozitás hőmérséklettől való függését!

4. mérés

Szilárd testek fajhőjének meghatározása vízkaloriméterrel

Valamely anyag *fajhője* azt a hőmennyiséget adja meg, amely az egységnyi tömegű anyag 1 °C-kal való felmelegítéséhez szükséges. A fajhő mérése két vagy több anyag közötti hőcsere útján létrejövő hőmérsékletkiegyenlítődésen alapul. Amikor két anyag egymással termikus kölcsönhatásba lép, akkor a magasabb hőmérsékletű test $Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - t)$ hőmennyiséget ad le, míg a másik $Q_2 = c_2 m_2 (t - t_2)$ hőmennyiséget vesz fel, ahol

c_1, c_2 a melegebb illetve a hidegebb test fajhője,

m_1, m_2 a melegebb illetve a hidegebb test tömege,

t_1, t_2 a melegebb illetve a hidegebb test hőmérséklete,

t a kialakuló közös hőmérséklet.

Ha a két test és a környezetük között nincs termikus kapcsolat, akkor $Q_1 = Q_2$, azaz

$$c_1 m_1 (t_1 - t) = c_2 m_2 (t - t_2).$$

Ha ismert tömegű és hőmérsékletű de ismeretlen fajhőjű anyagot termikus kölcsönhatásba hozunk egy ismert tömegű, hőmérsékletű és fajhőjű anyaggal úgy, hogy a környezettől elszigeteljük őket, akkor a kialakuló közös hőmérséklet mérésével a fenti összefüggés alapján az ismeretlen fajhő kiszámolható:

$$c_1 = \frac{c_2 m_2 (t - t_2)}{m_1 (t_1 - t)}$$

A fajhő mérésére szolgáló eszközök a *kaloriméterek*. Ezek legfőbb része egy hőszigetelt falú edény, amelybe ismert fajhőjű (c_v), hőmérsékletű (t_v) és tömegű (m_v) folyadékot, legtöbbször vizet töltenek. Ebbe teszik az ismeretlen fajhőjű (c), ismert tömegű (m) és hőmérsékletű ($t_1 > t_v$) szilárd testet. A kialakuló közös hőmérsékletet hőmérőről olvassák le.

A hőmérsékletkiegyenlítődéskor a víz és a mérendő test nem tekinthető zárt rendszernek, hiszen nemcsak a víz vesz fel hőt, hanem maga a kaloriméter is. A folyamat során a kalorimétert úgy tekintjük, mintha k tömegű víz lenne, amely Δt hőmérsékletváltozáskor ugyanannyi hőt vesz fel, mint a kaloriméter. Ez a k mennyiség a kaloriméter *vízértéke*, amely azt jelenti, hogy hőfelvétel szempontjából a kaloriméter k tömegű vízzel egyenértékű. Így a hőmérsékletkiegyenlítődéskor a mérendő test által leadott hőmennyiség:

$$Q_1 = cm(t_1 - t),$$

a víz és a kaloriméter által felvett hőmennyiség:

$$Q_2 = c_v(m_v + k)(t - t_v).$$

A test–víz–kaloriméter rendszert zártan tekintve $Q_1 = Q_2$, amely egyenlőségből

$$c = \frac{c_v(m_v + k)(t - t_v)}{m(t_1 - t)}.$$

Mérési feladat: A gyakorlatvezető által kiadott próbatest fajhőjének meghatározása kaloriméterrel.

A méréshez használt eszközök:

- kaloriméter
- próbatest
- hőmérő
- főzőpohár
- desztillált víz
- csapvíz
- gázégő, állvány, gyufa
- másodpercmutatós óra
- kampós végű fémpálca
- mérleg
- mérőpohár.

A mérés kivitelezése:

A kaloriméterbe annyi csapvizet kell tölteni, hogy a mérendő testet elfedje. Ez kb. 200-250 ml, amelyet a mérőpohár segítségével mérünk ki. A kaloriméterbe töltött víz tömegét úgy határozzuk meg, hogy először mérlegen megmérjük a vízzel teli mérőpohár tömegét,

aztán a vizet a kaloriméterbe öntjük, majd az üres mérőpohár tömegét is megmérjük. A tele és az üresen mért tömegek különbsége adja a kaloriméterbe öntött víz tömegét.

A víz hőmérsékletét 5-10 percen keresztül percenként leolvassuk a hőmérőről és a következő táblázatba foglaljuk:

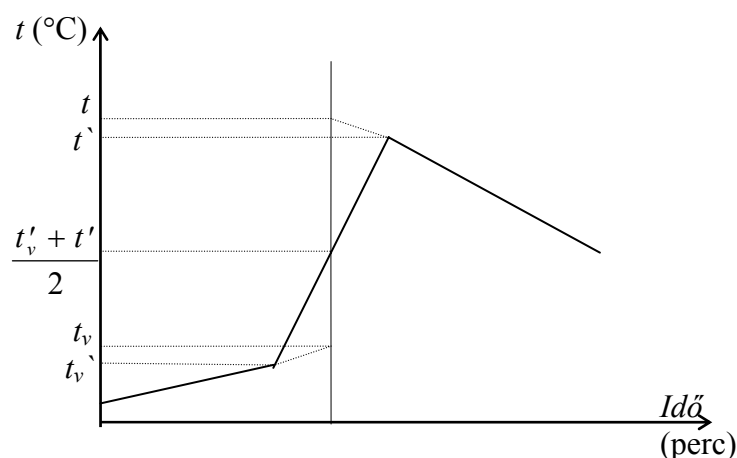
<i>Idő</i> (p)	1	2	...
<i>t</i> (°C)			

Mindeközben megmérjük a próbatest tömegét, a főzőpohárba desztillált vizet töltünk, beletesszük a testet és a gázégőn forrásig hevítjük. Ekkor a 100 °C-os próbatestet a kampós végű fémálca segítségével a kaloriméter vizébe tesszük, és a kalorimétert lefedjük. Innentől kezdve a hőmérsékletet fél percenként olvassuk le egészen addig, amíg csökkenni nem kezd, attól kezdve még 5 percig percenként mérünk. Az eredményeket a fenti táblázatba folyamatosan feljegyezzük.

Számolás:

A táblázat alapján milliméterpapíron ábrázoljuk a kaloriméter vizének hőmérsékletét az idő függvényében. A hőmérsékletváltozás három jól elkülönülő szakaszból áll: az első szakaszban a csapvíz felveszi a kaloriméter és a tanterem hőmérsékletét, Ezt követi egy hirtelen felszökő szakasz, amikor a testet a vízbe helyeztük, majd az utószakaszban a közös hőmérséklet elérése után a rendszer lassan hűlni kezd. E három szakaszban a mérési pontokat egy-egy egyenessel közelítjük. A víz kezdeti hőmérsékletét (t_v) és a beálló közös hőmérsékletet (t) nem a mérési eredményekből állapítjuk meg, hanem a grafiknról olvassuk le a következőképpen: az előszakasz és az utószakasz főszakasszal alkotott metszéspontjait az ordinátatengelyre vetítve megkapjuk a t_v' és a t' hőmérsékleteket. Megállapítjuk e két érték

számtani közepének $\left(\frac{t_v' + t'}{2}\right)$ megfelelő időpontot. Ebben a pontban merőlegeset állítunk az abszcisszára, és az elő- és utószakaszt eddig az egyenesig extrapoláljuk. Az így kapott metszéspontoknak megfelelő hőmérsékleteket leolvassuk az ordinátatengelyről, ezek lesznek a víz kezdeti hőmérsékletének és a beálló közös hőmérsékletnek a korrigált értékei.



A próbatest fajhőjét a

$$c = \frac{c_v(m_v + k)(t - t_v)}{m(t_1 - t)}$$

összefüggés segítségével számoljuk ki, ahol

c_v a víz fajhője, $c_v = 4183 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$,

m_v a víz tömege (mért adat),

k a kaloriméter vízártéke, $k = 50 \text{ g}$,

t a beálló közös hőmérséklet (grafikonról megállapított adat),

t_v a víz kezdeti hőmérséklete (grafikonról megállapított adat),

m a próbatest tömege (mért adat),

t_1 a próbatest kezdeti hőmérséklete, $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Az eredmény értékelése: A kapott fajhőértéket összehasonlítjuk az irodalmi értékkel. Indokoljuk az esetleges eltérést!

Kérdések:

1. Milyen hibalehetőségek léphetnek fel a mérés során? Soroljon fel minél többet! Hogyan lehetne az általuk okozott mérési hibát csökkenteni?
2. Miért nem célszerű túl sok vizet tölteni a kaloriméterbe?
3. Miért szükséges t és t_v értékének korrigálása?

5. mérés

Nehézségi gyorsulás meghatározása matematikai (fonál-) ingával

A matematikai inga egy súlytalan, merevnek képzelt fonálra függesztett tömegpont, amelyre szabaderőként csak a nehézségi erő hat. Ezt az ideális rendszert jól megközelíti a fonálinga: hosszabb, könnyű fonálon függő kisméretű és viszonylag nagy tömegű test. Ha az ingát egyensúlyi (függőleges) helyzetéből kitérítjük és elengedjük, akkor a test függőleges síkban, a fonál hosszának megfelelő sugarú körív mentén mozog: egyensúlyi helyzete körül lengéseket végez. Kis szögkitérések esetén ez a mozgás a szögkitérésre harmonikus rezgőmozgásnak tekinthető, amelynek periódusideje:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

ahol

l az inga hossza,

g a nehézségi gyorsulás.

Ez az összefüggés lehetővé teszi, hogy a periódusidő és az inga hosszának mérésével meghatározzuk a nehézségi gyorsulást.

Mérési feladat: A nehézségi gyorsulás meghatározása fonálingával.

A méréshez használt eszközök:

vasgolyó
 damil
 állvány
 tolómérő
 mérőszalag
 stopperóra.

A mérés kivitelezése:

A vasgolyót a damil segítségével az állványra függesztjük. Mérőszalaggal megmérjük a damil hosszát a felfüggesztési ponttól a golyóig, majd tolómérővel a golyó átmérőjét. Az inga hosszát (l) úgy kapjuk, hogy a damil hosszához hozzáadjuk a golyó átmérőjének a felét. Ezután az ingát kitérítjük maximum 10° -os szögkitérésig, majd elengedjük. Stopperrel megmérjük tíz teljes lengés idejét (t), majd ezt elosztjuk tízzel, így megkapjuk egy lengés idejét, azaz a periódusidőt (T). Ezt tízszer megismételjük úgy, hogy minden egyes mérés előtt megállítjuk az ingát és újraindítjuk. (Az inga hosszát elég egyszer megmérni a mérés kezdetekor. Újramérése csak akkor szükséges, ha a damil hosszát is megváltoztatjuk.)

Számolás:

A lengésidőre vonatkozó összefüggésből kifejezzük g -t:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2},$$

és a képletbe helyettesítve az inga hosszát és a periódusidőt megkapjuk a nehézségi gyorsulást.

Eredményeinket a következő táblázatba foglaljuk:

Mérés sorszama	t (s)	T (s)	g (m/s ²)
1.			
2.			
.			
.			
.			
10.			

A tíz g értékből átlagot és hibát számolunk:

$$\bar{g} = \frac{\sum_{i=1}^{10} g_i}{10}, \quad \Delta g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\bar{g} - g_i)^2}{10 \cdot 9}}.$$

Eredmény: A végeredményt $g = \bar{g} \pm \Delta g$ alakban adjuk meg.

Az eredmény értékelése: Az általunk mért nehézségi gyorsulást összehasonlítjuk g irodalmi értékével. Az esetleges eltérést a mérés során fellépő hibalehetőségekkel indokoljuk.

Kérdések:

1. Milyen hibalehetőségek léphetnek fel a mérés során? Soroljunk fel minél többet!
2. Hogyan lehetne ezt a mérést pontosabbá tenni?

6. mérés

Rugalmassági modulus meghatározása

Külső erők hatására a testek különböző alakváltozást szenvednek. Rugalmas a test akkor, ha az alakját megváltoztató erők hatására a testben olyan belső erők lépnek fel, amelyek a test eredeti alakját igyekeznek visszaállítani. Ha a deformáló erő hatásának megszűnte után a test visszanyeri eredeti alakját, akkor rugalmas alakváltozásról beszélünk. Rugalmas alakváltozáskor nem túl nagy erők esetén érvényes *Hooke törvénye*, mely szerint az alakváltozás mértéke egyenesen arányos a deformáló erővel. Ha egy l_0 hosszúságú, A keresztmetszetű rúd egyik végét rögzítjük, másik végét pedig F erővel húzzuk, akkor a hatására létrejövő Δl megnyúlás a nyújtásra vonatkozó Hooke-törvényből számolható:

$$\Delta l = \frac{1}{E} \frac{Fl_0}{A},$$

ahol az anyagi minőségtől függő E állandó a *rugalmassági* vagy *Young-féle modulus*. Egysége a N/m^2 . Az összefüggés alapján a rúd geometriai adatainak ismeretében a nyújtóerő és a hatására létrejövő megnyúlás mérésével a rugalmassági modulus kiszámolható.

Mérési feladat: Acéldrót rugalmassági modulusának meghatározása megnyúlás mérésével.

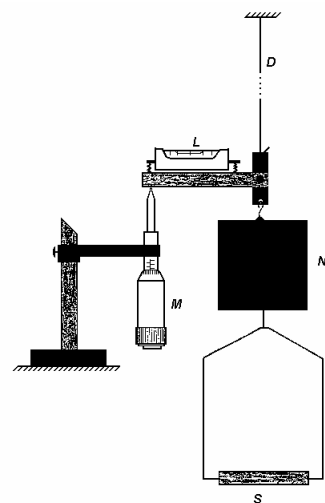
A méréshez használt eszközök:

mikrométercsavar
mérőszalag
pótsúlyok

a tanteremben előre összeállított kísérleti elrendezés, amelynek legfontosabb részei:

D : felfüggesztett drótszál
 L : libella
 M : mikrométercsavar
 N : nehezék
 S : serpenyő

A drót felső vége egy befalazott vastartóba van rögzítve, alsó végét pedig a nehezékekkel előterhelik abból a célból, hogy a drót kiegyenesedjék. A libella jobboldali végét szintén a drót alsó végéhez rögzítették, míg másik vége a mikrométercsavarral süllyeszthető vagy emelhető. Vízszintes állapotban a libellában található buborék két meghatározott jel között, középen foglal helyet. A mikrométercsavart szintén egy falba beépített vastartóhoz rögzítették.



Kísérleti elrendezés a rugalmassági modulus meghatározásához

A mérés kivitelezése:

Mérőszalaggal megmérjük a drótszál hosszát (l_0) a felfüggesztési ponttól a libellához csatlakozó csuklóig, valamint mikrométercsavarral az átmérőjét három különböző helyen (d_1 , d_2 , d_3). A geometriai adatok felvétele után a libellát beszintezzük a mikrométercsavar segítségével, a mutatott értéket feljegyezzük. Ezután a drótot fokozatosan terheljük úgy, hogy a serpenyőbe 100, 200, 300, 400 és 500 gramm pótsúlyokat helyezünk. A drót megnyúlása esetén a libella jobboldali vége lentebb süllyed. Vízszintbe állításkor a mikrométercsavarral pontosan annyival kell süllyeszteni a baloldali végét, amennyivel a drótszál megnyúlt. A terhelés során minden egyes alkalommal vízszintbe állítjuk a libellát és a mikrométercsavar állását feljegyezzük. A fokozatos terhelés után leszedjük a serpenyőről a pótsúlyokat: 500, 400, 300, 200, 100 gramm terhelés esetén az előbbi módon, a mikrométercsavar beszintezésével mérjük a megnyúlást. Mérési eredményeinket a következő táblázatban foglaljuk össze:

Terhelés m (kg) F (N)		Mikrométercsavar állása (mm)	Δl_1 (mm)	Δl_2 (mm)	Δl (mm)	E (N/m ²)
0	0					
0,1	1					
0,2	2					
0,3	3					
0,4	4					
0,5	5					

Adott terhelés esetén a megnyúlás értékét úgy kapjuk meg, hogy a mikrométercsavar által mutatott értékből kivonjuk a drótszál terheletlen állapotában mutatott értéket. Δl_1 jelenti a növekedő terheléskor, Δl_2 pedig a csökkenő terheléskor mért megnyúlást. Δl a Δl_1 és Δl_2 átlagával számított megnyúlás.

Számolás:

A drótszál keresztmetszetét (A) a három átmérőadat (d_1 , d_2 , d_3) átlagának segítségével számítjuk ki:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3}$$

$$A = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \pi$$

A rugalmassági moduluszt a Hooke-törvényből fejezzük ki:

$$E = \frac{F l_0}{A \Delta l}$$

Ezen összefüggés alapján kiszámítjuk a rugalmassági moduluszt minden terhelés esetén. Az öt E értékből átlagot és hibát számolunk:

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^5 E_i}{5} ; \quad \Delta E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\bar{E} - E_i)^2}{5 \cdot 4}}$$

Az eredményt $E = \bar{E} \pm \Delta E$ alakban adjuk meg.

Ábrázoljuk milliméterpapíron a megnyúlást az erő függvényében! A mérési pontokra illesszünk egy origóból kiinduló egyenest!

Az eredmény értékelése:

Az általunk mért rugalmassági modulust összehasonlítjuk az irodalmi értékkel. Az esetleges eltérést a mérés során fellépő hibalehetőségekkel indokoljuk!