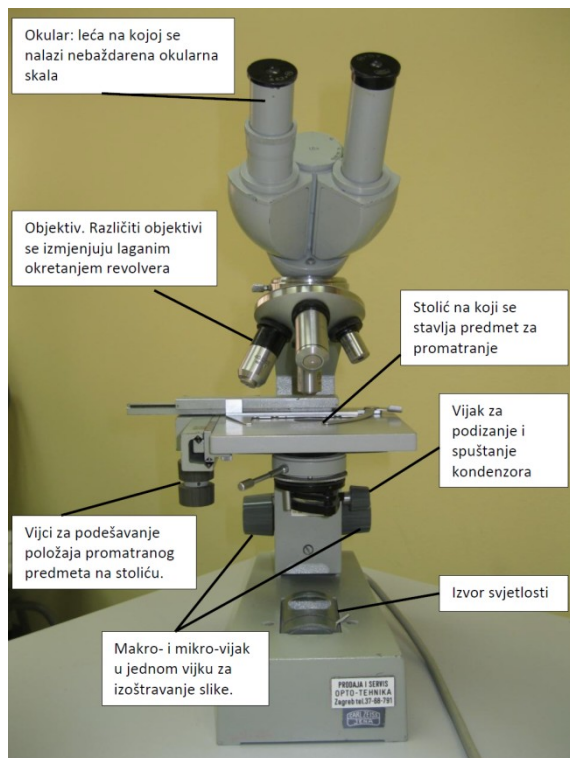
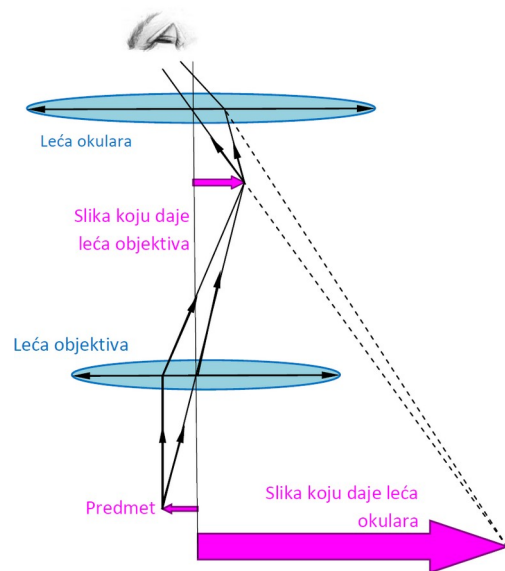


Mikroskop

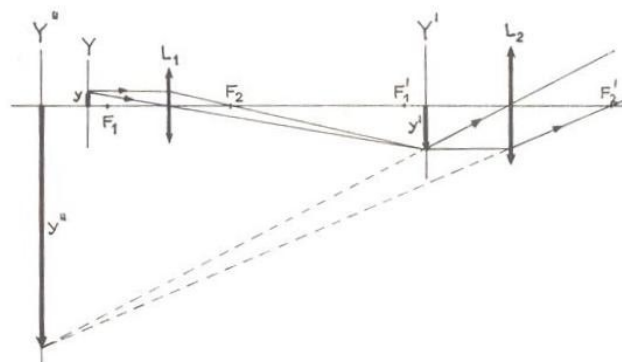
Mikroskop je optička sprava koja daje uvećanu sliku malih predmeta. U praksi se najčešće susreće složeni mikroskop, koji se u osnovi sastoji od dvije konvergentne leće, objektivu i okulara. Zbog udobnosti pri rukovanju dodani su odgovarajući mehanički dijelovi za učvršćivanje i pomicanje predmeta i optičkih elemenata, te sustav za osvjetljivanje.



Slika 1. Dijelovi mikroskopa



Slika 2. Nastajanje slike u mikroskopu



Slika 3. Konstrukcija slike koja nastaje u mikroskopu. L_1 je leća objektivu, L_2 je leća okularu. F_1 i F_2 su njihove pripadne žarišne daljine. Y je položaj predmeta visine y u odnosu na objektivu. Y' je položaj slike koju daje leća objektivu, visina te slike je y' . Y'' je položaj slike dobivene okularom, visina slike je y'' .

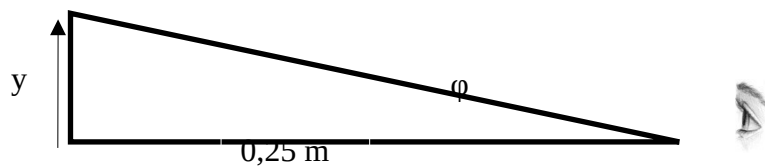
Konstrukcija slike

Na Slici 3 nalazi se konstrukcija virtualne slike predmeta koju daje mikroskop. Ispred objektiva L_1 , na udaljenosti većoj od njegove žarišne duljine, a manjoj od dvostruke žarišne duljine, nalazi se u položaju Y predmet duljine y . U ravnini Y' dobivamo uvećanu, realnu i obrnutu sliku duljine y' . Ovu sliku promatramo okularom L_2 kao lupom, što znači da je sada ona realni predmet ispred okulara na udaljenosti manjoj od njegove žarišne duljine. Tako se u ravnini Y'' dobiva uvećana, obrnuta i virtualna slika predmeta duljine y'' .

Da bi izmjerili duljinu predmeta y mikroskopom potrebno je u ravnini Y' staviti izbaždarenu mjernu skalu, koju nazivamo okularni mikrometar.

Povećanje mikroskopa

Kod optičkih sprava za vizualno promatranje definira se kutno povećanje m kao omjer kuta φ pod kojim oko vidi sliku predmeta kroz optičku spravu i kuta φ_0 pod kojim vidi predmet bez sprave. Za mikroskop je φ_0 kut pod kojim se vidi predmet udaljen od oka 0,25 m (daljina jasnog vida), a φ kut pod kojim se kroz mikroskop vidi njegova slika, nastala na udaljenosti 0,25 m od oka.



Slika 4. Kut φ pod kojim se vidi predmet visine y udaljen 25 cm od oka

Budući da male kutove možemo zamijeniti njihovim tangensima, kutno povećanje je:

$$m = \frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{\frac{y''}{0,25}}{\frac{y}{0,25}} = \frac{y''}{y}$$

Povećanje mikroskopa ne može ići u beskonačnost. Minimalna udaljenost bliskih detalja na predmetu, koji će se vidjeti kroz mikroskop kao dvije odvojene točke naziva se rezolucija mikroskopa (d), a izračunava se prema jednadžbi:

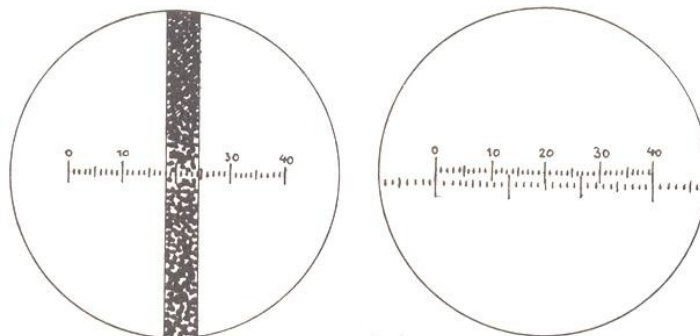
$$d = \frac{\lambda}{2n \sin(\alpha)}$$

gdje je λ -valna duljina, n -indeks loma tvari između objektiva i predmeta, izraz $(n \sin \alpha)$ - numerička apertura, kut α je kut što ga zatvaraju zrake povučene iz žarišta objektiva u dvije dijametralno suprotne točke njegova ruba.

Numerička apertura optičkog sustava je bezdimenzionalan broj koji karakterizira raspon kuteva pod kojima sustav može prihvatiti svjetlost.

Okularni mikrometar je okrugla staklena planparalelna pločica u koju je urezano mjerilo, najčešće od 50 (u našem slučaju) ili 100 dijelova sa brojkom kod svakog desetog dijela. Stavlja se u ravninu u kojoj nastaje realna slika predmeta. Ona je za dobro podešeni okular na mjestu zaslona koji služi i kao nosač okularnog mikrometra, prema tome se i istovremeno sa slikom vidi i slika okularnog mikrometra. Da bi se izmjerila duljina predmeta, potrebno je poznavati i duljinu koja za upotrijebljenu kombinaciju objektiva i okulara odgovara jednom dijelu skale okularnog mikrometra. Ona je nazvana mikrometraska vrijednost skale okularnog mikrometra i ako je označimo sa d , duljina y predmeta iznosi:

$$y = d \cdot n$$



Slika 5. Mikrometraska skala. Na slici **lijevo** prikazana je žica čiju debljinu želimo izmjeriti pomoću okularne skale. Vidimo da debljini žice odgovara $n = 7$ podjeljaka okularne skale. Kad odredimo duljinu d jednog podjeljka skale, znat ćemo koliko iznosi debljina y mjerene žice, $y = nd$. Na slici **desno** prikazane su okularna (numerirana) i objektna (nenumerirana) skala. Prema poznatoj duljini na objektnoj skali određujemo koliko iznosi širina podjeljka na okularnoj skali, na taj se način baždari okularna skala.

gdje je n broj dijelova skale koji joj na slici odgovaraju. Mikrometraska vrijednost se određuje tako se uzme predmet poznate duljine y i za njega se odredi odgovarajući broj dijelova skale okularnog mikrometra n . Tada vrijedi:

$$d = \frac{y}{n}$$

Predmet poznate duljine je objektni mikrometar. Objektni mikrometar koji koristimo na praktikumu je skala duljine 1 mm podijeljena na 100 dijelova (1 dio = 0,01 mm = 10 μ m), koja je urezana na staklenoj pločici, a da bi se olakšalo njeno traženje mikroskopom, skala se nalazi u sredini crne kružnice. Skala objektnog mikrometra nema na sebi naznačene brojeve. Na mikroskopu koji se koristi na praktikumu, okularna skala je podijeljena na 100 dijelova, sa brojem kod svakog desetog dijela, te na srednjem povećanju slika izgleda ovako:



Slika 6. Okularna skala na srednjem povećanju. Skala koja ima naznačene brojeve je okularna skala, okularni mikrometar, nalazi se u okularu mikroskopa. Skala bez brojeva je objektni mikrometar, nalazi se na predmetnom stakalcu.

Zadatak 1 - Određivanje debljine žice

Izvođenje mjerenja:

Za danu kombinaciju objektiva i okulara nađe se najprije mikrometerska vrijednost skale okularnog mikrometra. Na stolić mikroskopa stavi se objektni mikrometar i potraži njegova slika. Odabere se jedna dužina za predmet, i izbroje dijelovi skale okularnog mikrometra koji joj odgovaraju. Pri tome se od oka ocjenjuju desetine jednog dijela skale okularnog mikrometra. Npr. 30 dijelova objektivnog mikrometra odgovara 40 dijelova okularnog mikrometra;

duljina koju izaberemo na predmetnom stakalcu:

$$y = 30 \cdot 0,01 \text{ mm} = 0,3 \text{ mm} = 300 \text{ } \mu\text{m}$$

$n = 40$ dio (dijelovi numerirane skale okularnog mikrometra)

$$d = \frac{y}{n} = \frac{300 \text{ } \mu\text{m}}{40 \text{ dio}} = 7,5 \text{ } \mu\text{m/dio} \text{ (širina podjeljka okularne skale je traženi okularni mikrometar)}$$

Mjerenje ponovi četiri puta i izračunati svaki puta d . Naći srednju vrijednost, srednju apsolutnu pogrešku, srednju relativnu pogrešku, te vrijednosti unijeti u tablicu.

y [μm]	n [dio]	d [$\mu\text{m/dio}$]	Δd [$\mu\text{m/dio}$]	\bar{d} [$\mu\text{m/dio}$]	$\overline{\Delta d}$ [$\mu\text{m/dio}$]

$$d = \bar{d} \pm \overline{\Delta d} = i$$

$$\frac{\overline{\Delta d}}{\bar{d}} = i$$

Sada se može pristupiti mjerenju debljine žice.

Primjer uz Sliku 5 lijevo, na kojoj se mjeri debljina žice pomoću mikrometra: promjeru žice odgovara 6,2 dijelova skale okularnog mikrometra:

$$n = 6,2 \text{ dio}$$

$$y = n \cdot d = 6,2 \text{ dio} \cdot 7,5 \frac{\mu\text{m}}{\text{dio}} = 46,5 \mu\text{m}$$

Mjerenja debljine žice napraviti na tri različita mjesta duž žice, podatke unijeti u sljedeću tablicu te izračunati tražene veličine:

$n[\text{dio}]$	$\Delta n[\text{dio}]$	$\bar{n}[\text{dio}]$	$\overline{\Delta n}[\text{dio}]$

$$n = \bar{n} \pm \overline{\Delta n} = i$$

$$\frac{\overline{\Delta n}}{\bar{n}} = i$$

Iz dobivenih podataka odredi debljinu žice y , te ukupnu relativnu pogrešku.

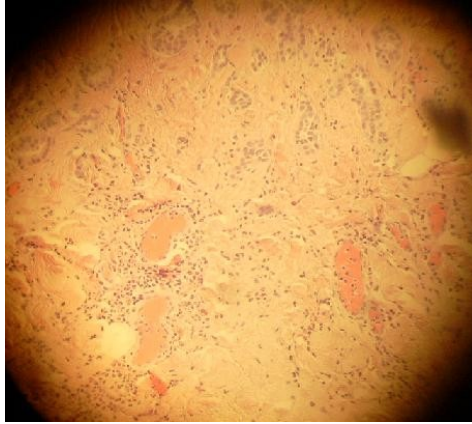
$$\bar{y} = \bar{n} \cdot \bar{d}$$

$$\frac{\overline{\Delta y}}{\bar{y}} = \frac{\overline{\Delta n}}{\bar{n}} + \frac{\overline{\Delta d}}{\bar{d}}$$

$$\overline{\Delta y} = \left(\frac{\overline{\Delta y}}{\bar{y}} \right) \cdot \bar{y}$$

$$y = \bar{y} \pm \overline{\Delta y}$$

Zadatak 2 - Odrediti promjer kapilara na presjeku tumorskog tkiva (jedno mjerenje).



Slika 7. Preparat tumorskog tkiva.