

# Návody k laboratorním cvičením

## Mikrobiologie

### Pozorování mikroorganismů

#### 1. Pozorování kvasinek pekařského droždí (*Saccharomyces cerevisiae*), vitální test a důkaz metabolismu kvasinek

Kvasinky jsou jednobuněčné houby. Rozmnožují se zpravidla nepohlavně pučením. Za určitých podmínek, zmenší-li se například obsah živných látek v prostředí, se rozmnožují pohlavně. Zjišťování množství živých mikroorganismů v kultuře se provádí tzv. vitálním testem. Ten je založen na polopropustnosti (semipermeabilitě) cytoplazmatické membrány živých buněk.

- Úkoly:**
1. Zhotovte nativní preparát kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*. Zakreslete pučící buňky.
  2. Provedte vitální test a popište pozorovaný jev.
  3. Provedte důkaz metabolismu kvasinek

**Pomůcky:** pekařské droždí (čerstvé kvasnice nebo sušené droždí), kostka nebo lžička cukru, 0,01% vodný roztok metylenové modři, voda, mikroskop, kapátko, kádinka 250 ml, podložní a krycí sklíčka, plastová láhev, nafukovací balónek

#### **Postup:**

1. Do kádinky nalijte asi 100 ml vlažné vody, rozmíchejte v ní cukr a 2 g droždí. Suspenzi nechte několik minut stát. Kapátkem naberte kapku suspenze, kápněte na podložní sklíčko a přiložte krycí sklíčko. Pozorujte pod mikroskopem.
2. Na okraj krycího sklíčka kápněte methylenovou modř a prosajte do suspenze. Nechte několik minut probarvit a pozorujte.
3. Postupujte obdobně jako v prvním úkolu, jen jako kultivační nádobu použijte něco se zúženým hrdlem (menší plastovou láhev nebo Erlenmayerovu baňku). Po založení pokusu umístěte na vrchol zkumavky gumový nafukovací balónek.

#### **Pozorování a závěr:**

1. V preparátu jsme pozorovali kulovité buňky kvasinek. Patrné bylo i nepohlavní rozmnožování – pučení.
2. Část buněk v preparátu se zbarvila methylenovou modří. Jde o mrtvé buňky, které nejsou osmoticky aktivní, a jejich biomembrána je propustná pro barvivo. Živé buňky mají biomembránu polopropustnou, barvička jí neproniká. Vitální test se provádí běžně v potravinářství pro zjištění kvality kvasinkové kultury.
3. Kvasinky vylučují svým metabolismem odpadní plyn, který nafukuje balónek na horním konci zkumavky. Zamyslete se, proč byl do nádoby přidán cukr? Jaký plyn nafukuje balónek?

**Doplňující experiment:** Místo nafukování balónek je možné unikající plyn jímat do baňky naplněné vápennou vodou (přefiltrovaný roztok hydroxidu vápenatého  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Vápenná voda v baňce se po čase bíle zakalí: vzniká nerozpustný uhlíčitán vápenatý.

**Doplňující experiment:** Do kádinky nalejte 120 ml teplé vody z kohoutku a v ní rozpusťte 10 g čerstvých kvasnic. Vezměte dvě misky a dejte do každé pět polévkových lžic mouky a tři čajové lžičky cukru. Do jedné misky přidejte 50 ml kvasnicové vody, do druhé přidejte 50 ml běžné, ale teplé vody z kohoutku. Obě směsi dobře promíchejte, dokud nevznikne vazké a lepivé těsto. Dvě sklenice naplňte vlažnou vodou, do jedné vložte těsto s kvasnicemi a do druhé těsto bez kvasnic. Za několik minut začne hrouda těsta s kvasnicemi ve sklenici s vodou stoupat na hladinu. Hrouda těsta bez kvasnic zůstane ležet na dně sklenice. Kvasinky produkují do těsta bublinky CO<sub>2</sub>, díky tomu je těsto nakypřené a lehké, takže po určité době vystoupá na vodní hladinu.

## 2. Pozorování mikroorganismů v jogurtu

Mléčné bakterie jsou v přírodě velmi rozšířené. Vyskytují se v mléce, kde vyvolávají přirozené kysání, dále v půdě, na travinách, ve vodě, v ústech i zažívacím traktu teplokrevných živočichů. Protože mléčná kyselina zastavuje rozmnožování hnilobných bakterií a stafylokoků, využívá lidstvo činnosti mléčných bakterií odedávna pro konzervaci zeleniny (u nás zejména zelí a okurek), v Orientu též ovoce. V mlékárenském průmyslu se používají při přípravě sýrů. Některé druhy se používají pro přípravu acidofilního mléka a jogurtů. Mezi nejčastější organismy jogurtových kultur patří druhy *Lactobacillus bulgaricus* (tyčinkovité bakterie), *Streptococcus salivarius* (kulovité bakterie uspořádané v řetězcích) a *Bifidobacterium bifidum* (tyčinkovité bakterie).

**Úkol:** Pozorujte mikroorganismy přítomné v jogurtu.

**Pomůcky:** bílý jogurt s živými jogurtovými kulturami, voda, roztok metylenové modři, směs alkoholu a etheru (1:1), podložní a krycí skla, pipeta, lihový kahan, zápalky.

**Postup:** Trochu jogurtu zředte vodou. Suspenzi rozetřete po podložním sklíčku. Nechte zaschnout, poté preparát fixujte v plameni. Na 1 minutu přelejte preparát směsí etanol-éter. Omyjte vodou a poté přelejte metylenovou modří, přikryjte krycím sklem a 10 minut inkubujte. Pozorujte pod imerzním objektivem zvětšujícím 100×.

**Pozorování a závěr:** V preparátu jsme pozorovali tyčinkovité / kulovité bakterie.

**Doplňující experiment:** Studenti si mohou doma sami zkusit vyrobit jogurt následovně: svaří 0,5 l mléka oslazeného jednou kávovou lžičkou cukru, mléko následně zchladí na teplotu ca 40 °C. Do vlažného mléka vloží polévkovou lžící kvalitního jogurtu a promíchají. Směs přelijí do uzavíratelných sklenic a uloží přes noc do tepla (např. obalí sklenice utěrkou nebo ručníkem). Přes noc se ve sklenicích namnoží jogurtové kultury, směs zhoustne a získá příjemně nakyslou chuť jogurtu. Při přípravě je třeba dbát na čistotu všech nádob a .

## Obecná biologie

### Pozorování fází mitózy

Mitóza je dělení buněčného jádra, při němž zůstává zachován počet chromozomů. Tento typ dělení je charakteristický pro jádra tělních (somatických) buněk. Mitotické dělení jádra probíhá ve čtyřech fázích: profáze, metafáze, anafáze a telofáze. Pro

studium fází mitózy jsou vhodná rostlinná pletiva, v nichž probíhá intenzivní buněčné dělení, např. meristémy z kořenových špiček.

**Materiál a pomůcky:** naklíčená semena hrachu (cibule), fixační roztok (směs 96% alkoholu a ledové kyseliny octové v poměru 3 : 1), macerační roztok (směs 96% alkoholu a koncentrované kyseliny chlorovodíkové v poměru 1 : 1), barvivo (laktopropionorcein), destilovaná voda, pinzeta, preparační jehla, podložní a krycí skla, Petriho misky, filtrační papír.

**Postup:**

(0. Přibližně 5 dní před prováděním pokusu je nutné dát na vlhký filtrační papír do Petriho misky naklíčit semena hrachu nebo nad sklenici s vodou vložit cibule.)

1. Kořenové špičky dlouhé asi 1 cm odřízněte ostrou žiletkou a pinzetou přeneste do fixačního roztoku. Minimální doba působení fixačního činidla jsou 2 hodiny, optimální je nechat materiál v ledničce do druhého dne.

2. Fixovaný materiál pinzetou přeneste do maceračního roztoku. Doba macerace je 1–3 minuty, macerační směs musí být v přikryté nádobě.

3. Po maceraci kořínek vyperte v destilované vodě. Doba vypírání je shodná s dobou macerace.

4. Takto vypraný objekt připravte na barvení. Umístěte ho do kapky vody na podložní sklíčko. Žiletkou odřízněte co nejmenší kousek kořenové špičky a odsajte přebytek vody.

5. Kápněte kapku barviva (laktopropionorceinu), přiložte krycí sklíčko a objekt opatrně rozmáčkněte špičkou preparační jehly. Žiletkou lehce nadzvedněte rožek krycího sklíčka, aby se barvička přelila přes objekt. Protější rožek přidržujte, aby se krycí sklíčko neposunulo.

Na takto zhotoveném preparátu pozorujte pod mikroskopem jádra buněk v různých fázích mitózy. Fáze mitózy zakreslete.

**Nákres:**

**Pozorování a závěr:** Většina buněk ve zhotoveném preparátu byla v interfázi, tyto buňky měly obarvené jádro, nicméně despiralizované chromozomy nebyly patrné. V některých buňkách byly patrné fáze mitózy.

## Izolace DNA

DNA (deoxyribonukleová kyselina) je nositelkou dědičné informace. Kromě některých virů ji obsahují všechny živé organismy. Je možné ji přirovnat ke „kuchaře“, ve které je uložen „recept“ na tvorbu molekul, které řídí a spravují buňku, ale i „vyrábějí“ jiné sloučeniny potřebné pro správný chod buňky. DNA je uložena v jádru buňky. Z jádra je možno DNA dostat pomocí detergentu, který způsobí rozpraskání plazmatické i jaderné membrány. Během následujícího postupu se pokusíme izolovat DNA z rostlinných buněk.

**Materiál a pomůcky:** třecí miska, kádinky, nálevka, filtrační papír (nebo papírový kapesník), lžička, polévková lžíce, nůž, špejle, banán, kivi, jahody, bezbarvý šampon obsahující dodecylsírany sodný, kuchyňská sůl, destilovaná voda, 96% etanol, led

Postup:

1. Do třecí misky nakrájejte banán (kivi, jahody) a rozmačkejte vidličkou.
2. Smíchejte 1 kávovou lžičku šamponu, 3 polévkové lžíce destilované vody a ¼ kávové lžičky soli tak, aby roztok moc nepěnil, a roztok vmíchejte do kaše z ovoce (nebo jater). Nechte 5 minut odstát a přefiltrujte do kádinky.
3. K filtrátu přidejte trojnásobné množství etanolu zchlazeného na led a pozorujte.

**Závěr:** Po přilítí etanolu se vysráží v etanolu nerozpustná bílá vlákna DNA. Vlákna je možno namotat na špejli. Vlákna získaná z různého rostlinného materiálu vypadají identicky.

## Botanika

### Pozorování průduchů

Průduchy jsou součástí pokožky rostlin, umožňují výměnu plynů mezi rostlinou a prostředím. Průduch je ohraničen svěracími buňkami (obsahují chloroplasty), které mohou regulovat otvírání a zavírání průduchové štěrbin. Tím zajišťují výměnu plynů a výpar vody.

Ke studiu velikosti, rozmístění a tvaru průduchů lze s úspěchem použít tzv. **mikroreliefové metody**. Jde o metodu, kdy pomocí bezbarvého laku na nehty snímáme otisky ze spodní strany listů a na těchto otiscích potom studujeme průduchy (otisky je možné snímat i ze sušených lisovaných rostlin, tj. z herbářových položek).

**Materiál a pomůcky:** listy různých druhů rostlin (voděnka (*Tradescantia*), potos (*Scindapsus*), zelenec (*Chlorophytum*), muškát (*Pelargonium*), ap.), bezbarvý lak na nehty, průhledná izolepa, podložní sklíčka, nůžky, (pinzeta, žiletka).

**Postup:** Na spodní stranu listu naneste tenkou vrstvičku bezbarvého laku. Po zaschnutí nalepte na lak čtvereček izolepy a ten opatrně sejměte. Izolepu, na níž je přilepena vrstva laku, přilepte na podložní sklíčko.

Na takto zhotoveném preparátu můžete pozorovat velikost, tvar i množství průduchů. Pokožkové buňky i průduchy zakreslete.

**Nákres:**

**Pozorování a závěr:** V preparátu jste viděli běžné pokožkové buňky i buňky průduchů, tzv. svěrací buňky, které uzavírají průduchovou štěrbinu.

**Doplňující pozorování:** Naříznete-li spodní stranu listu, můžete s pomocí pinzety stáhnout pokožku. Tu umístěte do kapky vody na podložním skle a přikryjte krycím sklem. Pozorujte chloroplasty obsažené ve svěracích buňkách. Pokožkové buňky chloroplasty neobsahují.

## Pozorování plastidů v rostlinných buňkách

### 1. Pozorování chloroplastů v lístcích měříku

Mechorosty patří mezi výtrusné vyšší rostliny. Jejich stélky, listnaté nebo lupenité, jsou však odlišné od těla ostatních vyšších rostlin. Na mechové rostlince s listnatou stélkou rozlišujeme přichytná vlákna (rhizoidy), lodyžku (kauloid) a lístky (fyloidy). Lístky mechorostů mají jednoduchou stavbu: často jsou tvořeny jednou vrstvou buněk, které obsahují velké množství chloroplastů.

**Materiál a pomůcky:** stélky měříku, podložní a krycí skla, kapátko, pinzeta.

**Postup:** Pinzetou opatrně utrhnete jeden lístek měříku, vložte jej do kapky vody na podložním skle a přikryjte krycím sklem. Nejprve při menším zvětšení pozorujte rozmístění buněk různého tvaru na ploše lístku a zakresli. Při větším zvětšení pozorujte buňky lístků měříku, které jsou zeleně zbarveny velkým množstvím chloroplastů.

**Nákres:**

**Pozorování a závěr:** Buňky lístků měříku obsahují velké množství zelených chloroplastů.

### 2. Pozorování chromoplastů v buňkách dužiny šípku

Při dozrávání některých plodů se mění původně zelená barva nezralých plodů v barvu žlutou, oranžovou nebo červenou. Změna barvy je způsobena přeměnou zelených chloroplastů (obsahujících chlorofyl) ve žluté nebo oranžové chromoplasty (obsahující jiná barviva).

**Materiál a pomůcky:** zralé šípky růže šípkové, podložní sklo, krycí sklo, kapátko.

**Postup:** Do kapky vody na podložním sklíčku vyškrábněte preparační jehlou dužninu zralého šípku. Preparát přikryjte krycím sklem a pozorujte v mikroskopu.

**Nákres:**

**Pozorování a závěr:** V preparátu byly patrné kulovité nebo diskovité oranžově zbarvené chromoplasty.

## Pozorování stavby lístků mechorostů

Mechorosty patří mezi výtrusné vyšší rostliny. Jejich stélky jsou však odlišné od těla ostatních vyšších rostlin. Nemají ještě vyvinuta rostlinná pletiva (= soubory buněk stejného tvaru, které plní stejnou funkci), nicméně jejich lístky jsou již tvořeny tvarově

diferencovanými buňkami, které mohou plnit různou funkci. Lístky mechorostů obvykle obsahují velké množství chloroplastů.

**Materiál a pomůcky:** stélky měříku a rašeliníku, podložní a krycí skla, kapátko, pinzeta.

**Postup:**

1. Pinzetou opatrně utrhnete jeden lístek měříku, vložte do kapky vody na podložní sklo a přikryjte krycím sklem. V mikroskopu pozorujte diferencované buňky lístků měříku, které jsou zeleně zbarvené velkým množstvím chloroplastů, a zakreslete je.
2. Pinzetou opatrně utrhnete jeden lístek rašeliníku, vložte do kapky vody na podložní sklo a přikryjte krycím sklem. V mikroskopu pozorujte diferencované buňky lístků rašeliníku a zakreslete je.

**Nákres:**

**Pozorování a závěr:** Na okraji lístku měříku je patrných několik vrstev protáhlých buněk, střed lístku tvoří kulovité buňky a střední žilka je opět tvořena buňkami protáhlého tvaru. V lístcích rašeliníku jsou patrné dva typy buněk: Velké bezbarvé buňky se nazývají hyalocyty a slouží jako zásobárna vody. Drobné zelené buňky obsahují četné chloroplasty, nazývají se chlorocyty a mají asimilační funkci. Suché lodyžky rašeliníku byly v minulosti díky schopnosti nasávat tekutinu používány jako obvazový materiál.

## Pozorování pylových zrn

Přenos pylového zrna na bliznu se nazývá opylení. Pylová zrna jsou nejčastěji přenášena větrem (rostliny větrosnubné) a živočichy, zejména hmyzem (rostliny hmyzosnubné). Vnější tvar pylových zrn často souvisí se způsobem jejich přenosu.

**Materiál a pomůcky:** pylová zrna borovice lesní (*Pinus sylvestris*) naložená v glycerolu, gerbera (*Gerbera hybrida*, může být i kopetina, *Leucanthemum vulgare*, nebo pampeliška, *Taraxacum* sp.), podložní skla, krycí skla, kapátko.

**Postup:**

1. Kapátkem opatrně naberte ze dna lahvičky pylová zrna borovice lesní a přeneste na podložní sklo. Přikryjte krycím sklem, pozorujte v mikroskopu.
2. Z prašníků gerbera vypreparujte do kapky vody na podložním skle pylová zrna, přikryjte krycím sklem a v mikroskopu pozorujte preparát. Oba typy pylových zrn nakreslete.

**Nákres:**

**Pozorování a závěr:** Pylová zrna borovice jsou přenášena větrem, mají dva nápadné vzdušné vaky. Pylová zrna gerbera jsou přenášena hmyzem, jsou na nich patrné výstupky usnadňující zachycení na těle hmyzu.

## Pozorování výtrusnicových klasů a výtrusů přesličky rolní

Přesličky patří mezi výtrusné rostliny. Jejich výtrusy jsou uloženy ve výtrusnicích nesených výtrusnými listy. Šestiboké výtrusné listy jsou uspořádané do výtrusnicových klasů. Některé přesličky, např. přeslička lesní, nesou výtrusnicové klasy na vrcholu zelené lodyhy, jiné přesličky, například přeslička rolní, tvoří během vegetační sezóny dva typy lodyh: nezelená jarní lodyha nese výtrusnicový klas, zelená letní lodyha je sterilní a má asimilační funkci. Výtrusy přesliček jsou opatřeny výrůstky (= hapterami), které se při zvýšené vlhkosti splétají a spojují spory ve shluky.

**Materiál a pomůcky:** plodné (jarní) lodyhy přesličky rolní, podložní skla, preparační jehla.

### Postup:

1. Pozorujte jarní fertilní lodyhu přesličky rolní a zakreslete ji.
2. Opatrně vypreparujte jeden výtrusný list, pozorujte ho v dopadajícím světle a zakreslete jeho tvar včetně umístění a tvaru výtrusnic.
3. Výtrusnicovým klasem přesličky klepněte několikrát opatrně o podložní sklo a uvolněte výtrusy. Nezakrytý preparát pozorujte pod mikroskopem a zakreslete výtrusy s dlouhými výrůstky. Poté proveďte jednoduchý pokus. Pozorujte v mikroskopu výtrusy, zatímco vám spolužák z boku zlehka dýchne na výtrusy na podložním skle. V mikroskopu můžete pozorovat výrazné pohyby výrůstků reagujících na zvýšenou vlhkost vzduchu. Vystřídejte se se spolužákem a pokus zopakujte. Pokuste se vysvětlit, jaký význam má pro výtrusy přesliček jejich spojování ve shluky.

### Nákres:

**Pozorování a závěr:** Haptery výtrusů se při zvýšené vlhkosti prudce napřímily a opětovně stočily a propletly navzájem, výtrusy se tak spojily ve shluky. Vypadávání výtrusů ve shlucích usnadňuje pohlavní rozmnožování přesliček, neboť (zpravidla jednopohlavné) gametofyty přesliček, které vyklíčí z výtrusů, rostou v těsné blízkosti.

## Fytolity v rostlinných buňkách

Fytolity jsou mikroskopické útvary inkrustující buněčné stěny nebo krystalické inkluze nacházející se uvnitř rostlinných buněk. Jedná se o organické i anorganické zásobní nebo odpadní látky. Tvar, uložení a chemické složení fytolitů je u různých taxonů odlišné. Jednou z nejrozšířenějších organických látek obsažených v rostlinných buňkách je šťavelan vápenatý, který tvoří tvarově rozdílné struktury.

**Materiál a pomůcky:** suché suknice cibule kuchyňské nastříhané na čtverečky velké asi 0,5 × 0,5 cm a naložené v glycerolu, stonky podeňky (*Tradescantia* sp.), podložní skla, krycí skla, kapátko.

**Postup:**

1. Čtvereček suknice cibule přeneste pinzetou na podložní sklo, přikryjte krycím sklem a pozorujte pod mikroskopem.
2. Na podložní sklo umístěte kousek stonku podeňky, obsah stonku vytlačte tlakem preparační jehly a přikryjte krycím sklem.

**Nákres:**

**Pozorování a závěr:** V buňkách suknice cibule jsou patrné hranolovité krystaly (= styloidy) šťavelanu vápenatého. V materiálu vytlačeném ze stonku podeňky jsou patrné jak, tak dlouhé štíhlé jehlice šťavelanu vápenatého (= rafidy). U některých druhů podenek se mohou nacházet i hranolovité krystaly (= styloidy) šťavelanu vápenatého.

## Důkaz tuků v rostlinách

V rostlinném těle jsou tuky (lipidy) obsaženy např. v biomembránách. Jsou také zásobárnou energie. Tuky jako zásobní látky jsou časté v semenech či plodech rostlin.

**Pomůcky a materiál:** savý papír, skleněná tyčinka, závaží, nebo kámen, sádlo nebo rostlinný olej, olejnatá semena (řepka olejka, *Brassica napus*, len, *Linum* sp., mák, *Papaver somniferum*, ořech *Juglans regia*), nažky slunečnice (*Helianthus annuus*)

**Postup:**

1. Na list savého papíru položte různá semena (plody). Přiložte druhý list savého papíru a pomocí závaží semena rozdrťte.
2. Pozorujte vzniklé skvrny. Pro srovnání na papír kápněte kapku oleje a kapku vody. Srovnajte vzniklé skvrny.

**Pozorování a závěr:** Skvrny z rozmačkaných semen (plodů) jsou totožné se skvrnou z rostlinného oleje nebo sádla, na papíře přetrvávají. Skvrna od vody velmi rychle vyschne a zmizí.

## Důkazy vitamínů v rostlinách

### 1. Důkaz provitamínu A v mrkvi/šípku

Vitamin A (retinol) je v tucích rozpustný vitamín. Je nutný pro tvorbu rodopsinu, zrakového pigmentu využívaného za malého osvětlení. Nedostatek vitamínu proto vede k šerosleposti. Vitamin A je také důležitý antioxidant. Tvoří se až v zažívacím



traktu člověka z provitamínu A (karoten), který je obsažen v mrkvi, šípčích, rybím tuku nebo špenátu.

**Pomůcky a materiál:** zkumavka, hodinové sklíčko, pipeta, nůž, mrkev (*Daucus carota*) nebo šípky (*Rosa sp.*), struhadlo, benzín, koncentrovaná  $H_2SO_4$

**Postup:**

1. Dužinu šípku naškrábejte, dužinu mrkve nastrouhejte a vložte do zkumavky do výšky asi 1 cm.
2. Přilijte 3 ml benzínu, protřepete a nechte ustát asi 3 minuty.
3. Benzín slijte na hodinové sklo, nechte odpařit a na usazeninu nakapejte pár kapek  $H_2SO_4$ .

**Pozorování a závěr:** Po odpaření benzínu vytvoří karoten na hodinovém skle soustředné kružnice. Po zakápnutí kyselinou sírovou se zbarví modře.

## 2. Důkaz vitamínu C v ovoci

Vitamín C (kyselina askorbová, E300) je ve vodě rozpustný vitamín, nezbytný pro zdraví člověka. Člověk musí vitamín C přijímat z potravy. Vitamín C má silné redukční účinky.

**Pomůcky a materiál:** 3 zkumavky, stojánek na zkumavky, chemická lžička, citrón, roztok celaskonu (100 ml), Tillmannovo činidlo (100 ml)

**Postup:**

1. Do zkumavky A vlijte 3 ml roztoku celaskonu. Do zkumavky B vytlačte pár kapek citronové šťávy. Do zkumavky C vlijte 3 ml vody.
2. Do každé zkumavky přidejte 3 ml Tillmannova činidla, protřepete a pozorujte změnu barvy v jednotlivých zkumavkách.

**Pozorování a závěr:** Tillmannovo činidlo je redukováno vitamínem C, ve zkumavkách 1 a 2 jsou roztoky zbarveny modře. Ve zkumavce C k barevné změně nedojde.

## Pozorování škrobových zrn a důkaz škrobu v rostlinných pletivech

Škrob je rostlinný zásobní polysacharid. Skládá se ze dvou hlavních složek – amylozy a amylopektinu. Rostlinám slouží jako zásoba energie, ukládá se například v semenech a hlízách. Rostliny, které mají semena a hlízy bohaté na škrob, jsou často pěstovány jako zemědělské plodiny. Příkladem může být kukuřice, brambory, rýže, banány a obiloviny. Škrob lze využít v potravinářství (pečení, omáčky, polévky), v domácnosti na škrobení prádla, apod.

Škrob není rozpustný ve studené vodě. V horké se částečně rozpouští. Za tuto vlastnost může nerozpustná složka amyloza. Bobtnání ve vodě způsobuje amylopektin. Je to projev hydratace škrobu.

Škrobová zrna jsou uložena nejprve v amyloplastech. Krystalky škrobu narůstají vrstevnatě kolem krystalizačního centra, zvětšují se, až dojde k protržení membrány amyloplastu a uvolnění škrobového zrna. Tvar škrobových zrn je pro jednotlivé druhy rostlin charakteristický.

## 1. Pozorování škrobových zrn

**Materiál a pomůcky:** preparační jehla, podložní a krycí skla, obilky pšenice seté (*Triticum aestivum*), semena fazolu (*Phaseolus vulgaris*), hlízy bramboru (*Solanum tuberosum*), stonky pryšce (*Euphorbia milii*)

### Postup:

1. Z obilky pšenice seškrábněte trochu endospermu do kapky vody na podložní sklo a přikryjte krycím sklem.
2. Ze semen fazolu seškrábněte trochu endospermu do kapky vody na podložní sklo a přikryjte krycím sklem.
3. Z hlízy bramboru seškrábněte na podložní sklo trochu pletiva a přikryjte krycím sklem.
4. Ze stonku pryšce kápněte trochu latexu na podložní sklo a přikryjte krycím sklem. Pozorujte preparáty pod mikroskopem, zakreslete škrobová zrna.

### Nákres:

**Pozorování a závěr:** Na škrobových zrnech bramboru jsou patrné jednotlivé excentrické vrstvy. Škrobová zrna pšenice jsou jednoduchá, kulovitá. Škrobová zrna fazolu jsou oválná, vrstevnatá, vrstvy jsou koncentrické. Škrobová zrna pryšce mají činkovitý tvar.

## 2. Izolace škrobu z hlízy bramboru

**Materiál a pomůcky:** kádinka 800 ml, miska nebo talíř, struhadlo na brambory, nůž, bavlněný hadřík nebo kapesník, brambory, voda

### Postup:

1. Syrové brambory oloupejte a nastrouhejte na struhadle.
2. Nastrouhanou bramboru zabalte do hadříku a po dobu 3 minut mněte ve vodě v kádince. Nechte odstát.
3. Po 30 minutách slijte vodu nad usazeninou, usazeninu vysušte. Přikápněte Lugolův roztok.

**Pozorování a závěr:** Voda v kádince se po promnutí nastrouhaných brambor zkalila bramborovým škrobem. Po 30 minutách škrob sedimentoval na dně kádinky. Po vysušení zbyl v kádince bramborový škrob. Lugolův roztok obarvil bramborový škrob modře.

**Doplňující pozorování:** Obsah škrobu můžeme pomocí Lugolova roztoku testovat i v různých potravinách (i v těch, v nichž bychom přítomnost škrobu neočekávali), např. v pečivu, pudingu, v některých jogurtech, zmrzlínách a pomazánkovém másle, v levných uzeninách.

# Rostlinná barviva

Rostlinná barviva jsou organické látky různého složení, které mají pro rostliny životní význam. Rozdělujeme je na barviva rozpustná v tucích (lipochromy) a barviva rozpustná ve vodě (hydrochromy). Lipochromy jsou obsaženy v plastidech. Patří k nim zelené **chlorofyly**, žluté **xantofyly** a červené **karoteny** (souhrnně se žlutá a červená barviva nazývají karotenoidy). Jak chlorofyly, tak karotenoidy mají význam pro fotosyntézu, xantofyly a karoteny způsobují žluté, oranžové a červené zbarvení listů, květů a plodů. Mezi hydrochromy patří zejména **antokyany**, které jsou obsaženy ve vakuolách a způsobují modré, červené, fialové až černé zbarvení zejména květů a plodů. Antokyany mění barvu se změnou pH.

## 1. Izolace asimilačních barviv

**Materiál a pomůcky:** třecí miska, zkumavky, nálevka, filtrační papír, písek, 96% ethanol, zelené listy (např. salát, *Lactuca*; špenát, *Spinacia*).

**Postup:** Listy roztrhejte nebo rozstříhejte nůžkami na malé kousky a v třecí misce je rozetřete s trochou písku. Přilijte 50 ml ethanolu a ještě chvíli roztírejte. Roztok přefiltrujte do zkumavky. Pozorujte v procházejícím a v dopadajícím světle.

**Zjištění a závěr:** Získaný roztok má zelenou barvu, kterou způsobil chlorofyl extrahovaný z listů alkoholem. Při pozorování v procházejícím světle je roztok tmavozelený, v dopadajícím světle je tmavočervený. Tento jev se nazývá autofluorescence.

## 2. Dělení roztoku asimilačních barviv

**Materiál a pomůcky:** zkumavka, benzín, voda, roztok chlorofylu v alkoholu.

**Postup:** Pro tento pokus použijte roztok chlorofylu z předchozího pokusu. Ve zkumavce smíchejte 6 ml roztoku chlorofylu s 2 ml benzínu a několika kapkami vody. Zkumavku zazátkujte a důkladně protřepejte.

**Zjištění a závěr:** Po protřepání se tekutina ve zkumavce rozvrstvila. Horní vrstvu tvoří hexan zbarvený zeleně chlorofyly, spodní vrstvu tvoří alkohol zbarvený žlutě xantofyly.

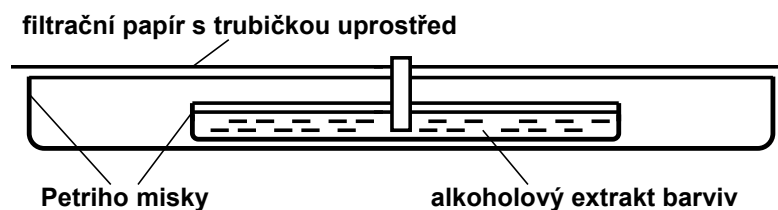
**Doplňující pozorování:** Podobně jako v první úloze připravte roztok chlorofylu z listů červenolistých rostlin (např. červené zelí, *Brassica oleracea*). Získaný roztok je červeně zbarven antokyany, které překryjí zelenou barvu chlorofylu. Po přilítí benzínu se barvy rozvrství: horní vrstvu tvoří hexan zbarvený chlorofyly zeleně, spodní vrstvu tvoří alkohol zbarvený antokyany fialově (žluté zbarvení xantofylů je překryto fialovými antokyany).

## 3. Dělení rostlinných barviv pomocí papírové chromatografie

**Materiál a pomůcky:** alkoholové extrakty rostlinných barviv z prvního a druhého pokusu, Petriho miska  $\varnothing$  10 cm, Petriho miska  $\varnothing$  5 cm, kruhový filtrační papír, nůžky

**Postup:**

Do Petriho misky s  $\varnothing$  10 cm postavte Petriho misku s  $\varnothing$  5 cm s alkoholovým extraktem. Větší misku překryjte kruhem filtračního papíru, jehož poloměr je větší než poloměr větší misky. Do středu filtračního papíru udělejte hrotem tužky otvor o průměru asi 3 mm a tímto otvorem protáhněte trubičku zhotovenou svinutím proužku filtračního papíru, který bude o něco málo vyšší, než je hloubka větší Petriho misky. Spodní okraj trubičky musí být ponořen v extraktu barviv (viz obrázek). Pozorujte zbarvení filtračního papíru.



**Zjištění a závěr:** Na kruhové ploše filtračního papíru se objeví kruhová barevná pásma: nejbližší středu je tmavozelené pásmo chlorofylů, dále od středu je žlutozelené pásmo xantofylů, nejvzdálenější vrstvu tvoří fialové pásmo antokyanů.

#### 4. Příprava výluhu antokyanů a změna jejich zbarvení při různém pH

**Pomůcky:** listy červeného zelí (*Brassica oleracea*), kádinka, varná konvice, 3 zkumavky, 8% kyselina octová, 1% roztok hydroxidu draselného, voda.

**Postup:** Listy červeného zelí rozřezané na drobné kousky zalejte vroucí vodou, nechte chvíli louhovat a slijte. Získaný roztok nalijte do tří zkumavek. První zkumavka je kontrola, do druhé přikápněte kyselinu octovou a do třetí roztok hydroxidu draselného. Pozorujte změny barvy roztoků ve druhé a třetí zkumavce.

**Zjištění a závěr:** Roztok antokyanů v první (kontrolní) zkumavce je tmavě červený. Ve druhé zkumavce došlo přikápnutím kyseliny octové k okyselení (snížení pH), roztok se zbarvil jasně červeně. Ve třetí zkumavce došlo přikápnutím roztoku hydroxidu draselného ke zvýšení pH, roztok se zbarvil více do modra. Tento jev můžeme pozorovat i v přírodě u rostlin, jejichž květy jsou zbarveny antokyanem, např. u plicníků, pomněnek, kostivalů nebo hrachoru jarního: mladé květy (poupata) jsou zbarvené červeně (růžově), později modrají, což je způsobeno změnou pH ve vakuolách rostlinných buněk.

## Fluorescence u rostlin

Fluorescence je fyzikální jev, kdy dochází k vyzařování světla látkou, která předtím pohltila elektromagnetické záření. Mechanismus vzniku fluorescence je dán schopností látky pohlcovat budící elektromagnetické záření a schopností nashromážděnou energii následně vyzářit v podobě charakteristického emisního záření. Látka absorbcí elektromagnetického záření vstoupí do energeticky bohatšího stavu, z něhož se následně navrácí do základního stavu pomocí zářivých přechodů s uvolněním fotonu. Nastává-li tento jev bezprostředně po excitaci (méně než  $10^{-8}$  s), hovoříme o fluorescenci. Budícím zářením může být například viditelné světlo nebo UV záření.

Fotoluminiscenci je možné vybudit u řady organických látek, např. u fluorescenčních barviv rozmanité struktury. Mezi přírodní barviva schopná fluorescence patří chlorofyl, tedy listová zeleň (tato barviva mají systém konjugovaných násobných vazeb, což značí, že elektrony jsou v molekule delokalizovány). Jinými látkami rostlinného původu schopnými fluorescence, jsou deriváty kumarínu (například glykosidy aesculin a fraxin nebo furanokumaríny) nebo některé alkaloidy (berberin, chelerythin a sanguinarin).

## 1. Fluorescence chlorofylu

**Materiál a pomůcky:** třecí miska, zkumavka, nálevka, filtrační papír, písek, 96% ethanol, zelené listy (salát, *Lactuca*; špenát, *Spinacia*), UV lampa.

**Postup:** Listy roztrhejte nebo rozstříhejte nůžkami na malé kousky a v třecí misce je rozetřete s trochou písku. Přilijte 50 cm<sup>3</sup> ethanolu a ještě chvíli roztírejte. Roztok přefiltrujte do zkumavky a pozorujte v procházejícím a v dopadajícím světle a pod UV lampou.

**Zjištění a závěr:** Získaný roztok má zelenou barvu, kterou způsobil chlorofyl extrahovaný z listů alkoholem. Při pozorování v procházejícím světle je roztok tmavozelený, v dopadajícím světle je tmavočervený. Pod UV lampou červené zbarvení vynikne. Tento jev se nazývá fluorescence.

**Doplňující pozorování:** Chlorofyl je derivátem porfyriu. Jiné deriváty porfyriu můžeme najít v živočišné říši. Pozorujte pod UV lampou vaječnou skořápku. Derivát porfyriu protoporfyrin IX, který je obsažen ve vaječné skořápce hnědých vajec, svítí červeně.

## 2. Fluorescence aesculinu/fraxinu

**Materiál a pomůcky:** větvička jírovce maďalu (*Aesculus hippocastanum*)/ jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*), skleněná kádinka, Petriho miska, voda, UV lampa

**Postup:**

(1) Do kádinky vložte větvičku jírovce maďalu/jasanu ztepilého a dolijte trochu vody. Po chvíli posviťte na vodu v kádince UV lampou.

(2). Kousky větvičky jírovce maďalu/jasanu ztepilého umístěte do vody na Petriho misce a pozorujte pod UV lampou.

**Zjištění a závěr:** Aesculin/fraxin vylouhovaný z jírovce/jasanu v úkolu (1) a uvolňující se z větvičky v úkolu (2) svítí modře. Již v 19. století bylo pozorováno, že extrakt z kůry jírovce maďalu dokáže nažloutlé bílé prádlo výrazně opticky vybělit. Analýza struktury aesculinu přivedla chemiky k přípravě opticky zjasňující prostředků, které jsou přítomny např. v pracích prášcích nebo v kancelářských papírech.

**Doplňující pozorování 1:** Pozorujte pod UV lampou bílý kancelářský papír a filtrační papír. Na rozdíl od filtračního papíru bílý kancelářský papír pod UV lampou modře září díky přidavku opticky zjasňujících látek.

**Doplňující pozorování 2:** Šikmým řezem rozřízněte kořen petržele (*Petroselinum crispum*) nebo bulvu celeru (*Apium graveolens*) a řeznou plochu pozorujte pod UV lampou. Furanokumaríny obsažené v kořenech obou druhů svítí modře.

**Doplňující pozorování 3:** Plod kivi příčně rozřízněte a řeznou plochu pozorujte pod UV lampou. Na řezu je patrná fluorescence chlorofylu (svítí červeně) a aesculinu a fraxinu (svítí modře ve středové části a kolem semen).

### 3. Fluorescence alkaloidů berberinu, chelerythinu a sanguinarinu

**Materiál a pomůcky:** vlaštovičník větší (*Chelidonium majus*), filtrační papír, UV lampa

**Postup:** (1) Utržený stonk vlaštovičníku pozorujte pod UV lampou. (2) Mlékem obsaženým ve stonku potřete filtrační papír a pozorujte po UV lampou.

**Zjištění a závěr:** Celá rostlina vlaštovičníku obsahuje žlutooranžové mléko, které se objeví po odtrhnutí části rostliny. Nejlépe je pozorovatelné na utrženém stonku, kde po osvětlení UV lampou jasně žlutě luminiscuje. Mléko obsahuje směs alkaloidů (berberin, chelerythin a sanguinarin), která zapříčiňuje žlutooranžovou barvu. Pod UV lampou svítí také mléko vymačkané na filtrační papír. Luminiscence na filtračním papíru přetrvává i po vyschnutí mléka.

## Podmínky klíčení semen

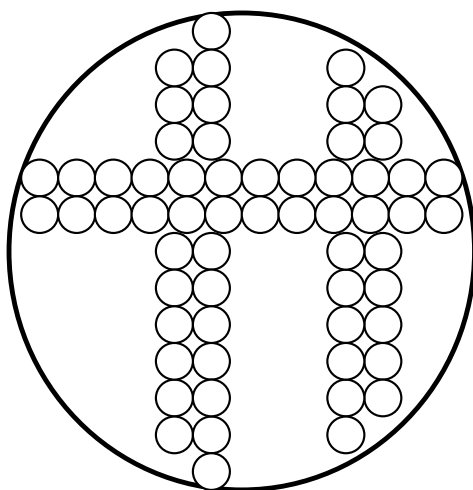
### 1. Bobtnání klíčících semen

Semena potřebují ke zdárnému klíčení určitou teplotu, vodu, kyslík, světlo (případně tmu). Voda způsobuje bobtnání semen, které umožní prasknutí osemení a uvolnění děloh.

**Materiál a pomůcky:** 2 plastové nádoby (třeba od pomazánkového másla nebo sýra), sádra, suchá semena hrachu setého (*Pisum sativum*) nebo fazolu obecného (*Phaseolus vulgaris*), fotomiska nebo menší akvárium

**Postup:** Plastové nádoby naplňte sádrou následovně: první naplňte po okraj, druhou pouze do poloviny. V misce vyplněné sádrou jen do poloviny vyskládejte do ještě měkké sádry semena hrachu nebo fazolu (viz obrázek) a misku doplňte sádrou po okraj. Po ztvrdnutí sádry oba sádrové bločky vyjměte z Petriho misek a vložte do

fotomisky (nebo akvária) naplněné vodou tak, aby byly bločky ponořeny. Během příštích 48 hodin fotomisku (akvárium) pravidelně kontrolujte.



**Pozorování a závěr:** Sádra v misce bez semen zůstala nezměněná. Sádra v misce obsahující semena byla zhruba po 24 hodinách roztržena tlakem bobtnajících semen.

## 2. Dýchání klíčících semen

**Pomůcky:** 2 skleněné válce, 2 čtverce alobalu, svíčka omotaná drátem, zápalky, semena hrachu setého (*Pisum sativum*).

**Postup:** Jeden válec naplňte do jedné čtvrtiny semeny hrachu setého a přidejte tolik vody, aby byla semena ponořena. Druhý válec ponechte prázdný, bude sloužit jako kontrola. Oba válce zakryjte co nejtěsněji alobalem a postavte je na teplé místo. Druhý den zapalte svíčku omotanou drátkem a vsuňte ji nejprve do prázdného válce a poté do válce s klíčovými semeny (alobal z válců odstraňte těsně před vsunutím svíčky).

**Pozorování a závěr:** Svíčka umístěná do prázdného válce nadále hoří. Svíčka umístěná do válce s klíčovými semeny okamžitě zhasne. Klíčící semena přijímají kyslík a vydávají oxid uhličitý.

## 3. Látky brzdící klíčení

**Pomůcky:** 3 Petriho misky, lihová fixa, 30 semen řeřichy seté, jablko, rajče

**Postup:** Petriho misky označte čísly 1, 2 a 3 a vyložte filtračním papírem. Filtrační papír v misce 1 navlhčete vodou, v misce 2 šťávou z jablka a v misce 3 šťávou z rajčete. Do každé misky dejte 10 semen řeřichy seté. Misky zakryjte a nechte stát tři dny při pokojové teplotě, každý den je větrejte.

**Pozorování a závěr:** Semena v misce 1 nabobtnala a vyklíčila, semena v miskách 2 a 3 nabobtnala, ale nevyklíčila. Látky obsažené ve šťávách plodů brzdí klíčení. Tak

je zajištěno, že semena po dozrání nevyklíčí v plodech, ale až mimo plody (například pecky třešní vyklíčí až po té, co jsou třesně pozřeny a pecky vyplivnuty na zem).

## Tvorba herbáře

Herbářem rozumíme sbírku sušených rostlin nalepených na tvrdý papír a opatřených etiketou se jménem rostliny a informací o místě sběru. Herbáře mohou vlastnit soukromé osoby ale také instituce. Institucionální sbírky (ale i kvalitní soukromé herbáře) jsou potom cenným srovnávacím materiálem a také materiálem, z něhož lze čerpat informace o výskytu druhů na určitém území, jejich šíření či ubývání v čase, atp. Tvorba kvalitní herbářové položky má určitá pravidla.

**Sběr rostlin.** Rostliny sbíráme celé včetně přízemních listů a podzemních orgánů (vyrýpneme rostlinu nožem nebo lopatkou). Rostliny sbíráme kvetoucí nebo plodné (determinační znaky!!!). U dřevin sbíráme větvičku, nikoliv jednotlivý list.

Sebrané rostliny uchováváme ve velkých plastových sáčcích vždy s poznačeným místem sběru.

Z podzemních orgánů před zakládáním vypereme nebo vydrolíme zeminu. Rozměrné podzemní orgány (oddenkové hlízy, tlusté oddenky nebo cibule) vždy před lisováním rozřízneme.

**Sušení.** Rostliny rozložíme na novinový papír formátu A4 tak, jak chceme, aby byla rostlina rozložena na herbářové položce. Vysoké rostliny skládáme do tvaru písmene V, N, W (stonky při skládání fixujeme ve správném úhlu proužkem papíru) nebo rozdělíme na více částí. Rostliny sušíme mezi novinami (savými papíry). (Prokládáme vlnitou lepenkou.) Zatížíme. Pravidelně překládáme do suchých novin, abychom zabránili plesnivění rostlin.

### Příklady skládání rostlin na položku





**Tvorba herbářové položky.** Rostliny na papír lepíme bílou lepicí páskou nebo proužkem papíru a lepidlem Herkules (nikdy průhlednou izolepou). Položku opatříme herbářovou etiketou (schedou), která musí obsahovat jméno taxonu, lokalitu, datum sběru a jméno sběratele. Scheda musí být **čitelná!!!**

Lokalizaci herbářového dokladu píšeme vždy **pomocí směru a vzdálenosti od pevného neměnného bodu** (kostel, vlakové nádraží).

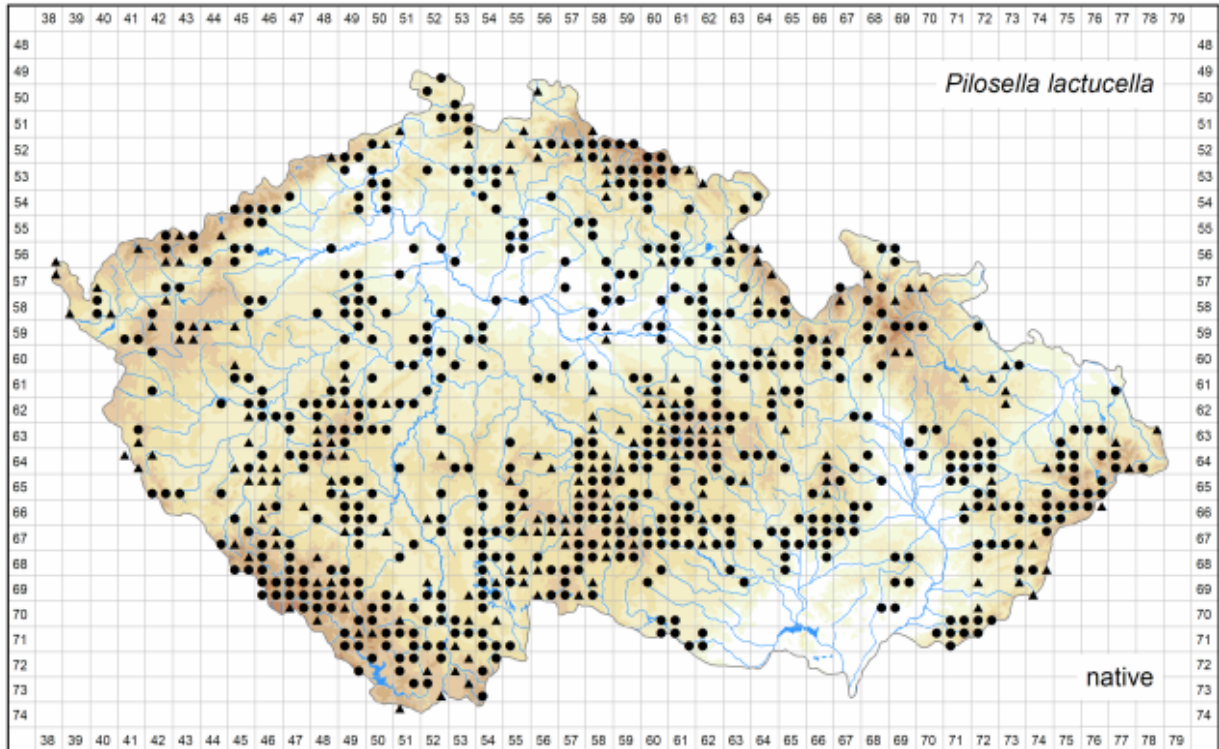
(Nevhodné lokalizace: 500 m za obcí..., nad městem..., vlevo od autobusové zastávky..., podél žluté turistické značky..., u řepkového pole).

Vhodné je doplnit nadmořskou výšku a souřadnice.

#### **Vzor herbářové schedy**

jméno taxonu, např. <b><i>Carex obtusata</i></b>	
lokality, např. Ohrozim: rezervace Za Hrnčířkou, stepní svah 2 km ZJZ od kostela v obci, 350 m n. m. 49°29'19.518"N, 16°58'48.318"E	
datum sběru, např. 4. 6. 2004	sběratel, např. V. Grulich

Příkladem využití herbářových dokladů uložených v institucionálních herbářích může být mapa rozšíření konkrétního taxonu na určitém území. V současné době vznikají síťové mapy rozšíření druh cévnatých rostlin v České republice (viz obrázek: rozšíření chlupáčku myší ouško, *Pilosella lactucella*). Každý označený kvadrant reprezentuje nejméně jedna (ale ve většině případů jednotky či desítky) herbářová položka daného druhu, sebraná na lokalitě spadající do daného kvadrantu.



## Zoologie

### Pozorování žížaly

Žížala patří mezi kroužkovce, živočichy s tělem rozděleným na stejnocenné články. Na každém článku má čtyři dvojice štětinek usnadňující její pohyb. Dýchá celým povrchem těla. V přední části těla má opasek tvořený zduřenými kožními žlázami, což ji řadí v rámci kroužkovců mezi opaskovce. Opasek vylučuje sliz usnadňující kopulaci a pohyb spermií a chrání vajíčka (kokon). Žížala se živí zbytky rostlin a živočichů obsažených v půdě (požírá je společně s půdou, kterou potom vyloučí řítním otvorem).

#### 1. Pozorování vnější stavby těla žížaly

**Pomůcky:** filtrační papír, lupa nebo preparační mikroskop, žížala

**Postup:** Žížalu opatrně očistěte od hlíny a položte na kousek suchého filtračního papíru. Pozorujte tvar těla, způsob pohybu a pokuste se odhadnout počet článků. Žížalu zakreslete. Přiložte ucho nad filtrační papír a pozorně poslouchejte. Je něco slyšet? Pokud ano, pokuste se vysvětlit, co slyšíte a proč.

**Pozorování a vysvětlení:** Trubicovité tělo žížaly je rozděleno na přibližně 120–170 článků (nejčastěji 135–150) článků. Na každém článku jsou čtyři páry štětin, které při pohybu na papíře šustí. Při pohybu žížala postupně natahuje a smršťuje po sobě

jdoucí články, k ukotvení jednoho článku k podkladu a snazšímu natažení následujícího článku využívá štětinky.

## 2. Reakce žížaly na světlo

**Pomůcky:** skleněná trubička nebo zkumavka, černý papír, žížala

**Postup:** Černý papír oviňte kolem skleněné trubičky/zkumavky a slepte ho v posuvné pouzdro (viz obrázek). Do skleněné trubičky/zkumavky opatrně vsuňte žížalu a papírové pouzdro posuňte tak, aby byla žížala skrytá ve tmě. Po 5 minutách pouzdro posuňte a odkryjte přední konec žížaly. Po dalších 5 minutách pouzdro opět posuňte a odkryjte zadní konec žížaly. Popište svoje pozorování.



**Pozorování a vysvětlení:** Žížala se pohybuje směrem k zatemněné části skleněné trubičky. Při osvětlení přední části těla je reakce na změnu světelných podmínek rychlejší než při osvětlení zadní části těla. Žížala vnímá světlo světločivnými buňkami, které jsou nerovnoměrně rozmístěny v pokožce: v přední části těla, která se častěji dostane na denní světlo, je světločivných buněk víc. Pohybuje se vždy směrem od zdroje světla, tento pohyb se nazývá **negativní fototaxe**.

## 3. Reakce žížaly na mechanické podněty

**Pomůcky:** špejle, vlhký filtrační papír, žížala

**Postup:** Žížalu položte na navlhčený filtrační papír a nechte ji volně pohybovat. Po chvíli ji **opatrně** píchněte špejlí do předního konce těla, do středu a do zadního konce těla. Pozorujte reakci žížaly.

**Pozorování a vysvětlení:** Při podráždění předního konce těla leze žížala dozadu; peristaltické pohyby svalstva směřují odzadu dopředu. Při podráždění střední části těla se přední část napíná vpřed a zadní dozadu; peristaltické pohyby svalstva směřují v přední části odpředu dozadu a v zadní části odzadu dopředu. Při podráždění zadního konce těla leze žížala dopředu; peristaltické pohyby svalstva směřují odpředu dozadu. Žížala reaguje na mechanické podráždění ve všech částech těla stejně rychle.

## 4. Reakce žížaly na chemické podněty

**Pomůcky:** skleněná tyčinka nebo špejle, ocet, vlhký filtrační papír, žížala

**Postup:** Žížalu položte na navlhčený filtrační papír. Skleněnou tyčinku (špejli) namočenou v octu přiblížte nejprve k přednímu, poté k zadnímu konci těla. Pozorujte reakci žížaly.

**Pozorování a vysvětlení:** Žížala reaguje na ocet rychlým pohybem směrem od skleněné tyčinky. Reakce probíhá rychleji při podráždění přední části těla. Buňky,

kteře reagují na chemické podráždění, jsou umístěny v pokožce celého těla, v přední části je jich víc než v části zadní.

## 5. Reakce žížaly na změnu vlhkosti

**Pomůcky:** filtrační papír, žížala, voda

**Postup:** Žížalu položte v zastíněné části pracovny na filtrační papír, na němž se střídají suchá a vlhká místa a pozorujte její chování.

**Pozorování a vysvětlení:** Dostane-li se žížala při pohybu po papíře na suché místo, začne vykonávat přední částí těla krouživé pohyby a vyhledává vlhké prostředí, ke kterému začne lézt. Buňky reagující na vlhkost jsou uloženy v přední části těla.

## 6. Příjem a výdej vody pokožkou

**Pomůcky:** 3 Petriho misky, váhy a závaží, filtrační papír, 100 ml 2% a 0,45% roztoku chloridu sodného (NaCl), 3 žížaly

**Postup:** Očíslované Petriho misky naplníme vodou (miska č. 1), 2% roztokem chloridu sodného (miska č. 2) a 0,45% roztokem chloridu sodného (miska č. 3). Žížaly očistíme, osušíme filtračním papírem a zvážíme. Do každé misky vložíme jednu žížalu a misky přiklopíme víčkem. Po 15 minutách žížaly vyjmeme, znovu osušíme filtračním papírem a zvážíme. Výsledky zapíšeme do tabulky.

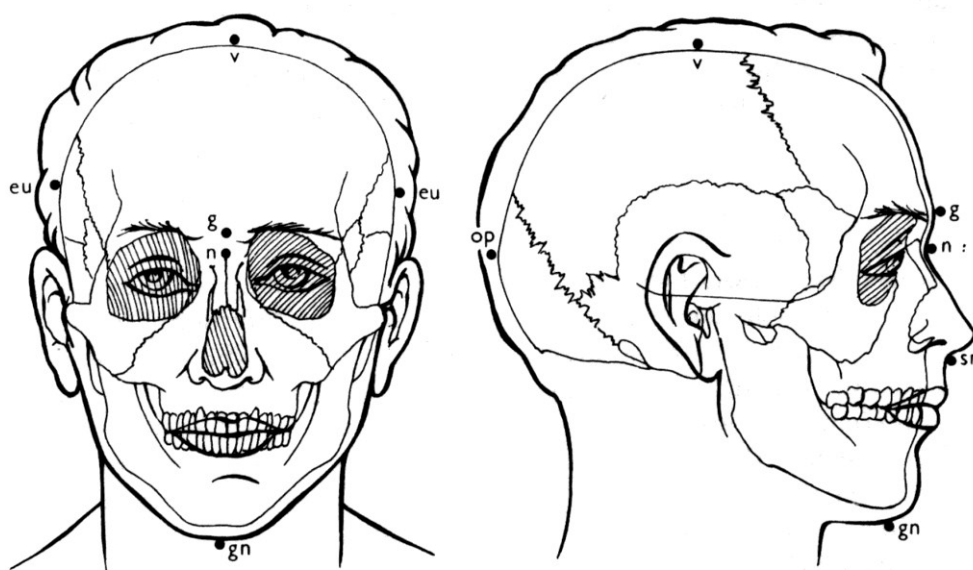
	váha žížaly před pokusem	váha žížaly po pokusu
voda		
2% roztok NaCl		
0,45% roztok NaCl		

**Zjištění a vysvětlení:** Žížala, která byla ve vodě z vodovodu, přibrala na váze. Žížala, která byla ve 2% roztoku chloridu sodného, váží méně. Žížala, která byla v 0,45% roztoku chloridu sodného, váží stejně jako před pokusem.

Žížala přijímá vodu celým povrchem těla procesem zvaným osmóza, tedy pronikáním molekul vody přes polopropustnou cytoplazmatickou membránu pokožkových buněk z prostředí s vyšší koncentrací solí (hypertonický roztok) do prostředí s nižší koncentrací solí (hypotonický roztok). Žížala v misce s vodou přibrala na váze, protože koncentrace solí v její tělní tekutině byla vyšší než ve vodě a voda tedy pronikala směrem z misky do těla žížaly. 2% roztok chloridu sodného má naopak koncentraci vyšší než tělní tekutina žížaly a voda tedy pronikala opačně, z těla žížaly do roztoku v misce a žížala ztratila na váze. 0,45% roztok chloridu sodného má stejnou koncentraci jako tělní tekutina žížaly (izotonické roztoky), voda tedy neprocházela přes cytoplazmatickou membránu pokožkových buněk ani jedním směrem a váha žížaly se nezměnila.

## Antropometrie

Antropometrie je jedna ze základních výzkumných metod antropologie, tedy vědy o člověku, jeho vývoji v čase, kultuře, atd. Antropometrie je systém měření a pozorování lidského těla a jeho částí. Podkladem pro měření je soustava antropometrických bodů na hlavě, trupu a končetinách. Jsou to většinou místa, kde je kostra překryta pouze kůží, nikoli svaly či tukem (viz obr.). V praxi se antropometrická vyšetření uplatňují např. v lékařství, textilním a oděvním průmyslu, ve strojírenství, kriminalistice, atd.



Antropometrické body na hlavě: v – vertex, g – glabella, n – nasion, gn – gnathion, sn – subnasale, eu – euryon, op - opisthokranion

### 1. Měření tělesné výšky

**Pomůcky:** měřicí pás či krejčovský metr, pravoúhlý trojúhelník.

**Postup:** Měřicí pás připevníme ke stěně tak, aby se jeho spodní konec dotýkal podlahy. Měřený bosý žák se postaví k měřidlu, stěny se dotýká patami, hýžděmi a lopatkami. Postoj by měl být nenucený, vzpřímený, ne přehnaně vypjatý. Při měření přitiskneme pravoúhlý trojúhelník jeho odvěsnu k měřicímu pásu a shora sjíždíme k hlavě měřeného žáka, až se druhá odvěsna trojúhelníku dotkne temene hlavy. Tělesnou výšku odečteme na stupnici měřícího pásu u hrotu pravého úhlu trojúhelníku.

**Závěr:** Tělesnou výšku v centimetrech zapíšeme do pracovního listu. Měření tělesné výšky bychom měli provádět dopoledne, hodnoty naměřené v odpoledních hodinách bývají vlivem únavy a tlaku na meziobratlové ploténky poněkud nižší.

*tělesná výška:.....cm*

## 2. Měření rozpětí paží

**Pomůcky:** měřicí pás či krejčovský metr.

**Postup:** Měřicí pás připevníme vodorovně na stěnu tak, aby jeho začátek byl v rohu místnosti. Měřený žák se postaví zády ke stěně a rozpaží, jak nejvíce může, stěny se dotýká lopatkami a hřbety rukou. Prostředník jedné ruky se dotýká rohu stěny, na níž je nulový konec měřidla. Konec prostředníku druhé ruky ukazuje na měřidle zjišťovaný rozměr.

**Závěr:** Rozpětí paží se má přibližně rovnat výšce těla. Tento znak ukazuje vztah délky končetin k výšce těla. V dospělosti sahá prostředníček svěšených napjatých paží asi do poloviny stehen.

*rozpětí paží:.....cm*

## 3. Zjišťování tělesné hmotnosti

**Pomůcky:** váha.

**Postup:** Dbáme na správné použití váhy. Osoby, které vážíme, jsou bosé a oblečeny jen v nejnútnejším oblečení. Při vážení na běžné váze záleží na umístění těžiště, proto je lepší, když vážená osoba stojí zády ke stupnici, a hmotnost odečítá druhá osoba.

**Závěr:** Tělesnou hmotnost ovlivňuje hmotnost kostry, svalstva a tuku, dále výživa a tělesná aktivita. Rámcově pro dospělé platí Brocův vzorec ideální tělesné hmotnosti, podle kterého má člověk vážit tolik, kolik centimetrů má nad jeden metr tělesné výšky, přičemž možný rozptyl je  $\pm 5-10\%$ .

*tělesná hmotnost:.....kg*

## 4. Měření obvodu hlavy

**Pomůcky:** krejčovský metr.

**Postup:** Měřidlo přiložíme žákovi na dolní část čela na antropometrický bod zvaný glabella, který leží nad kořenem nosu mezi obočím (viz obr). Měříme ve vodorovné rovině.

**Závěr:** Obvod hlavy se zvětšuje nejvíce v prvních letech života dítěte. U novorozenců měří průměrně 34 cm, ve 14 letech 54 cm, po čtrnáctém roce přibývá již velmi málo. Chlapci mají obvod hlavy větší než dívky. Z naměřených hodnot obvodu hlavy jednotlivců vypočítáme průměrný obvod hlavy všech hochů a dívek.

*obvod hlavy:.....cm*

## 5. Měření obvodu hrudníku

**Pomůcky:** měřicí pás či krejčovský metr.

**Postup:** Měřidlo přiložíme na záda těsně pod lopatky, vpředu probíhá u chlapců nad prsními bradavkami, u dívek přes střed hrudní kosti. Maximální obvod hrudníku zjišťujeme při maximálním vdechu. Žák se zhluboka nadechne, zadrží dech a v tomto okamžiku odečítáme maximální (inspirační) obvod hrudníku. Pak ještě změříme obvod hrudníku při maximálním výdechu. Měřený žák s největším úsilím provede výdech a na okamžik zadrží dech. Odečítáme tedy minimální (expirační) obvod hrudníku. Rozdíl mezi maximálním a minimálním obvodem se nazývá respirační amplituda. Vypočítáme ji z naměřených hodnot.

**Závěr:** Zvětšování hrudníku při vdechu umožňují dýchací svaly. Obvod hrudníku je tím větší, čím zdatnější tyto svaly jsou. Respirační amplituda závisí na pružnosti hrudníku a na práci dechového svalstva. Průměrné hodnoty respirační amplitudy u chlapců vysokých 160–180 cm jsou 6–9 cm. U stejně vysokých dívek se hodnota pohybuje kolem 5 cm.

*inspirační obvod hrudníku:.....cm expirační obvod hrudníku:.....cm*  
*respirační amplituda (insp. – exp. obvod):.....cm*

## 6. Výpočet Body Mass Indexu (BMI)

**Postup:** Výpočet je velice jednoduchý: tělesnou hmotnost v kilogramech podělíme druhou mocninou výšky v metrech, tedy dle vzorce **BMI = tělesná hmotnost (kg) / výška (m)<sup>2</sup>**.

Kategorie jsou pak dle výsledku tyto:

18,5 až 24,9 – normální váha

25 až 29,9 – mírná nadváha

30 až 34,9 – obezita I. stupně

35 až 39,9 – obezita II. stupně

více než 40 – těžká obezita

**Závěr:** Queteletův index tělesné hmoty neboli Body Mass Index slouží jako jednoduchý a snadno vypočitatelný ukazatel míry obezity jedince. Není příliš přesný ani směrodatný, ale je-li váš index vyšší než 25 a nejste aktivní sportovci, měli byste se svou kondicí něco málo dělat. Hladina BMI 30 pak odpovídá asi 120 % žádoucí hladiny.

*BMI:.....*                      *kategorie:.....*

## 7: Měření obvodu pasu

Obvod pasu vypovídá o vzniku obezity v oblasti břicha, která je spojená s rizikem vzniku onemocnění srdce a cév nebo cukrovky.

**Pomůcky:** měřicí pás či krejčovský metr.

**Postup:** Měřicím pásem změřte obvod pasu v oblasti pupku.

Naměřená hodnota: .....

**Závěr:** Ideální obvod pasu u žen je do 80 cm, ideální obvod pasu u mužů je do 94 cm. Hodnoty nad 88 cm u žen a nad 102 cm u mužů představují potenciální zdravotní riziko vzniku kardiovaskulárních chorob a cukrovky.

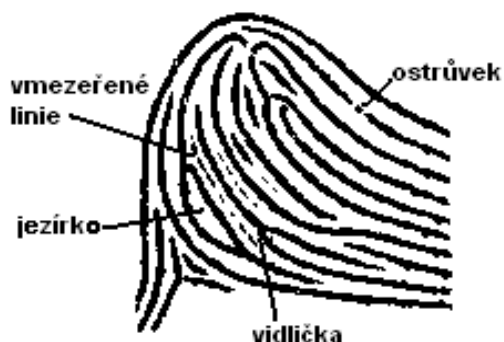
## Dermatoglyfy

**Dermatoglyfy** jsou otisky papilárních linií z prstů rukou, dlaní, prstů nohou a plosek nohou (chodidel). Papilární linie na prstech se odvozují od hmatových papil ve škáře a tvoří obrazce zvané dermatoglyfy, které jsou pro každého člověka charakteristické. Obor, který tuto problematiku zkoumá, se nazývá **daktyloskopie** nebo také **dermatoglyfika**. Uplatnění nachází zejména v soudní antropologii, při identifikaci osob (v kriminalistice, ale i k ověření totožnosti při přístupu k určitým zařízením) nebo v lékařství.

Základní dermatoglyfy jsou **plochý oblouk** (1), **stanový oblouk** (2), **ulnární smyčka** (3, otevřená směrem k loketní kosti), **radiální smyčka** (4, otevřená směrem k vřetenní kosti), **dvojsmyčka** (5), **spirální vír** (6) a **koncentrický vír** (7, viz obr. 1).



Obr. 1: Základní dermatoglyfy.



Pro identifikaci osob jsou však mnohem důležitější drobné detaily v dermatoglyfech, například přerušení linií, ostrůvky, vmezeřené linie, splývání (jezírko) nebo rozdvojování (vidlička) linií (obr. 2).

Obr. 2. Detaily v dermatoglyfech.

### Poznámky:

1. Vzhledem k tomu, že uspořádání papilárních linií je asi z 90 % podmíněno geneticky a z 10 % je závislé na vnějších podmínkách, nemají shodné otisky prstů



ani jednovaječná dvojčata. Jejich otisky se shodují v základních vzorech, odlišují se však právě v drobných detailech. Papilární linie se zakládají ve 3. měsíci vývoje plodu.

**2.** Existuje souvislost mezi některými dermatoglyfy a chromozomálními aberacemi (= poruchami). Příkladem mohou být typické dermatoglyfy u žen s Turnerovým syndromem (v karyotypu se vyskytuje pouze jeden chromozom X), „opičí rýha“ u lidí s Downovým syndromem (trizomie 21. chromozomu) apod. Dermatoglyfika může být tedy využívána v lékařství k pomocnému stanovení diagnózy.

**3.** Vzhledem k tomu, že papilární linie jsou založeny ve škáře, dermatoglyfy se obnoví i při poškození pokožky (popáleniny nebo odřeniny).

**Pomůcky:** měkká tužka, bílý papír, izolepa, nůžky, bílý papír formátu A4, mýdlo, teplá voda.

**Postup:** Měkkou tužkou vybarvěte část bílého papíru. Vybarvenou skvrnu přejeďte několikrát bříškem prstu a dostatečně je obarvěte. Na nabarvené bříško prstu nalepte obdélník izolepy, přitlačte a po sejmutí nalepte na bílý papír. Otisky prstů snímejte od palce k malíku a označte číslem prstu pro každou ruku.

Získané otisky si každý student vyhodnotí na základě vyobrazení základních tvarů, vyhodnocení zapíše do závěru.

**Závěr:** Studenti si srovnají získané hodnoty navzájem, popřípadě s hodnotami typickými pro evropskou populaci.

## Zjišťování laterality párových orgánů

Lateralita je asymetrie organismu, která je odrazem dominance jedné z hemisfér mozku nad druhou. Projevuje se v činnosti párových orgánů sklonem používat více jeden z nich a také jeho větší obratností. Jeden z párových orgánů je vždy vedoucí a přednostně jej používáme k jemnějšímu a přesnějšímu výkonu.

### 1. Zkouška sepnutí rukou

**Postup:** Student bez dlouhého přemýšlení se zavřenýma očima sepne obě ruce, přičemž prsty se do sebe zaklesnou.

**Hodnocení:** Ruka, jejíž palec zůstává nahoře nad palcem druhé ruky, se obvykle pokládá za vedoucí.

### 2. Test zápalky

**Pomůcky:** zápalky

**Postup:** Přes dvě paralelně ležící zápalky položte jednu napříč tak, aby se nepohnuly zápalky vespod.

**Hodnocení:** Tento výkon vyžaduje určitou opatrnost, student jej dělá palcem a ukazovákem vedoucí ruky. Zvedne-li student zápalky oběma rukama, hodnotíme výkon jakou obourukost.

### 3. Zkouška navlékání

**Pomůcky:** korálky, jehla, nit

**Postup:** Student navléká korálky na nit navlečenou do jehly.

**Hodnocení:** Vedoucí ruka je ta, která činí pohyb vyžadující přesnost, tedy buď pohybuje jehlou proti korálku, nebo nasouvá korálek na jehlu. Pokud se při výkonu pohybují obě ruce proti sobě, jde opět o obourukost.

### 4. Časové měření výkonu pravé a levé ruky

**Pomůcky:** 10 zkumavek s plochým dnem, korálky, Petriho miska

**Postup:** Student má před sebou 10 zkumavek s plochým dnem postavených do řady a Petriho misku s 10 korálky. Má za úkol nejprve jednou a potom druhou rukou vždy vzít jeden korálek a vhodit ho do první zkumavky, vzít druhý korálek a vhodit ho do druhé zkumavky a tak dále, až vhodí poslední korálek do desáté zkumavky. Druhý student mu měří čas, který je potřebný k výkonu.

Pravá ruka:

Levá ruka:

**Hodnocení:** Vedoucí ruka bývá při plnění úkolu šikovnější a tím rychlejší.

### 5. Kopnutí do papírové koule

**Pomůcky:** křída, papírová koule

**Postup:** Nakreslete křídou na zem v učebně metu, z níž bude student vykopávat a ve vzdálenosti asi 4 m branku. Student musí ke kouli přijít a kopnout tak, aby se trefil do branky.

**Hodnocení:** Vedoucí noha je ta, která kope.

### 6. Posunování předmětu nohou

**Pomůcky:** křída, dřevěná kostka nebo krabička zápalek

**Postup:** Nakreslete křídou na zem v učebně čáru dlouhou 2m. Student musí po nakreslené čáře nohou posouvat krabičku nebo kostku tak, aby se od nakreslené čáry neodchýlil.

**Hodnocení:** Protože úloha vyžaduje přesnost, vybere si student k jejímu plnění vedoucí nohu.

### 7. Zkouška na vedoucí ucho

**Pomůcky:** hodinky, které hlasitě tikají, krabička od zápalek, guma, zátka, klíče a další drobné předměty do počtu asi 15 kusů, šátek

**Postup:** Předměty rozmístěte po stole a přikryjte šátkem. Student má podle zvuku nalézt tikající hodinky tak, že přiblíží k šátku ucho a pátrá po zvuku. Pokus opakuje student čtyřikrát, přičemž umístění hodinek pod šátkem mezi jednotlivými pokusy je třeba změnit.

**Hodnocení:** Vedoucí ucho je to, které student použil k vyhledávání při většině pokusů.

## 8. Zkouška na vedoucí oko

**Pomůcky:** arch papíru formátu A4, který má uprostřed otvor o průměru asi 1,5 cm, krabička zápalek

**Postup:** Student drží před sebou ve výšce očí v natažených rukou papír. Otvorem uprostřed papíru pozoruje krabičku zápalek, kterou drží v ruce druhý student asi půl metru za otvorem v papíru. Poté student držící papír přibližuje papír těsně k obličeji tak, aby stále otvorem viděl krabičku od zápalek. Pokus opakuje čtyřikrát.

**Hodnocení:** Student přibližuje papír k obličeji tak, že otvor přikládá k vedoucímu oku.

**Závěr:** Hodnotit laterální je třeba u **malých dětí**. U starších dětí a dospělých osob může převážit vliv výchovy (zejména v případě leváků vyrůstajících v pravorukém prostředí). Výrazně ovlivněný výchovou může být například úkol s navlékáním korálek. Hodnocení obvykle není jednoduché a jednoznačné, je třeba se studenta ptát také na subjektivní pocity, které má při plnění úkolů. Zjišťování laterality u dětí je však velmi důležité, neboť potlačováním přirozené laterality (zejména přeučováním leváků) se narušuje souhra dominantní a subordinované mozkové polokoule. V současné době se pro hodnocení laterality využívá škála cviků a pohybů, které provádí a vyhodnocuje zkušený odborník. Během vyšetření jsou cviky prováděny oběma párovými orgány a pro hodnocení jsou důležité pocity vyšetřovaného při vykonávání cviků.

## Vyšetřování tepové frekvence a zátěžové testy

Zevním projevem činnosti srdce na obvodových tepnách je tep. Tep se nejčastěji zjišťuje na místech, kde tepny procházejí blízko kožního povrchu, například v loketní jamce nebo na zápěstí. Počet tepů za minutu, tedy tepová frekvence, se zvyšuje při horečce, při rozčilení nebo při tělesné námaze. Měření tepové frekvence před tělesnou námahou a po ní a doba, za kterou tepová frekvence dosáhne původní klidové hodnoty, slouží ke zjišťování tělesné zdatnosti jedince.

## 1. Měření klidové tepové frekvence

**Pomůcky:** hodinky nebo stopky

**Postup:** Pro měření tepové frekvence nahmátněte tep na vřetenní tepně v zápěstí nad palcem a k měření užíjte ukazovák, prostředník a prsteník druhé ruky. Počítejte počet tepů za půl minuty, výsledek vynásobte dvěma a запиšte do tabulky. Měření proveďte celkem 3x a vypočítejte průměrnou tepovou frekvenci. Srovnajte svoje výsledky s výsledky ostatních studentů. Porovnejte výsledky studentů, kteří se aktivně věnují nějakému sportu s výsledky ostatních studentů, a vyvoďte závěr.

	počet tepů/min.
měření č. 1	
měření č. 2	
měření č. 3	
průměr	

**Závěr:** Průměrná klidová frekvence dospělého člověka je 72 tepů za minutu. V dětském věku je vyšší, v 17 letech je asi 76 tepů.

## 2. Měření tepové frekvence po zátěži

**Pomůcky:** hodinky nebo stopky

**Postup:** Udělejte 20 dřepů a bezprostředně po námaze měřte tepovou frekvenci po dobu 30 sekund. Po dalších 30 sekundách znovu měřte tepovou frekvenci po dobu 30 sekund a měření opakujte ve stejných časových intervalech ještě čtyřikrát. Naměřené hodnoty запиšte do tabulky (první hodnota v tabulce bude klidová tepová frekvence za 30 sekund) a vynesete do grafu, který přiložíte k protokolu. Srovnajte svoje výsledky s výsledky ostatních studentů. Porovnejte výsledky studentů, kteří se aktivně věnují nějakému sportu, s výsledky ostatních studentů a vyvoďte závěr.

Tepová frekvence						
klidová	po výkonu					
	0–0,5 min.	1–1,5 min.	2–2,5 min.	3–3,5 min.	4–4,5 min.	5–5,5 min.

**Závěr:** Při námaze se tepová frekvence zvýšila násobně, do minut se dostala opět do původní klidové hodnoty. Rozdíly zjištěné mezi skupinou studentů, kteří sportují a skupinou ostatních studentů nebyly žádné – byly následující:

## 3. Step-up test

**Pomůcky:** hodinky nebo stopky, židle

**Postup:** Student, který bude zátěžový test provádět, se postaví jednou nohou na židli, druhou nechá na zemi. Na znamení vystoupí na židli a sestoupí druhou nohou, odrazí se, opět vystoupí na židli, vystřídá nohy a sestoupí. Jedna noha vždy zůstává na židli. Cvičení provádí celkem 5 minut v tempu zhruba 30 výstupů za minutu. Po skončení cvičení si změří tep ve třech intervalech vždy po dobu 30 sekund a výsledky zapíše do tabulky, podle vzorce vypočte index zdatnosti. Podle přiložené tabulky vyhodnoťte svoji tělesnou zdatnost.

	1–1,5 min.	2–2,5 min.	3–3,5 min.
počet tepů			

vzorec pro výpočet indexu zdatnosti:

$$I = \text{délka cvičení v sekundách} / \text{součet 3 tepových frekvencí} \times 100$$

tabulka tělesné zdatnosti

pod 55	slabá tělesná zdatnost
I = 55–64	slabší průměr
I = 65–79	lepší průměr
I = 80–89	zdatný
I = 90 a více	velmi zdatný

tabulka tělesné zdatnosti výkonnostních sportovců

I = 80 a méně		málo výkonný
I = 81–100		středně výkonný
I = 101–120		dobře výkonný
I = 121–140		velmi dobře výkonný
I = 140 a více		výborně výkonný

## Měření krevního tlaku

**Krevní tlak** je tlak, jakým působí krev na stěnu cévy. Tento tlak je různý v odlišných místech našeho těla (např. v aortě je maximální a v dutých žilách minimální). Při měření tlaku jsou výslednou hodnotou dvě čísla. Větší číslo je tlak systolický, což je tlak, který je v cévě při systole srdce (při vypuzení krve). Menší číslo je tlak diastolický, což je tlak, který je v cévě při diastole srdce (ochabnutí srdce). Měřený tlak je vždy tlak tepenný (arteriální). V praxi se tlak měří na pažní tepně za využití tonometrů (tlakoměrů) nebo automatických tlakoměrů, které dokáží změřit i tepovou frekvenci. Tlak se zapisuje ve formě zlomku (systola/diastola) a je nejčastěji v Torrech.

### 1. Měření tlaku automatickým tlakoměrem v klidu a po námaze

**Pomůcky:** automatický přístroj na měření krevního tlaku

**Postup:** Studenti pracují ve dvojicích. Manžetu přístroje připevníme k horní části paže měřeného studenta. Přístroj zapneme a čekáme na změření. Po dobu měření nesmí měřený student mluvit a konat zbytečné pohyby, aby nedošlo k ovlivnění výsledku. Změřenou hodnotu zapíšeme do tabulky. Poté student udělá 20 dřepů a ihned po výkonu mu opět změříme krevní tlak. Změřenou hodnotu opět zapíšeme do tabulky. Hodnoty srovnáme navzájem se spolužáky a s referenčními hodnotami.

klidová hodnota	hodnota po námaze
Torr	Torr

Referenční hodnoty:

Muži: v klidu 120/80 Torr, po námaze 145/90 Torr.

Ženy: v klidu 117/75 Torr, po námaze 140/90 Torr.

Měřený tlak zdravého člověka by neměl být nižší než hraniční hodnota 110/60 Torr a vyšší než hraniční hodnota 150/90 Torr. Zvyšování krevního tlaku po výkonu se liší podle typu zátěže: při dynamické zátěži (běh) se zvyšuje tlak systolický, diastolický zůstává obvykle nezměněný; při statické zátěži (vzpírání) se zvyšují hodnoty systolického i diastolického tlaku.

**Závěr:** Naměřené hodnoty se pohybovaly/nepohybovaly kolem uvedených průměrných hodnot, překročily/nepřekročily hraniční hodnoty.

## Chuť

Hlavním orgánem chuti je sliznice jazyka. Na jejím povrchu jsou papily, v nichž jsou umístěny chuťové pohárky s chuťovými buňkami. Chuťových pohárků je 5–10 tisíc, v každém je 50–100 chuťových buněk. Základní chuťové vjemy jsou sladkost, kyselost, slanost, hořkost a umami (chuť glutamátu). Vnímání ostré chuti zajišťují receptory bolesti.

### Lokalizace chuťových receptorů

**Pomůcky:** 4 kádinky (100 ml), vatové tyčinky, plastový kelímek na pití, voda, 2% roztok kuchyňské soli, 0,5% roztok kyseliny octové, 2% roztok sacharózy, 5% roztok síranu hořečnatého

**Postup:** Studenti pracují ve dvojicích, jeden potírá druhému jazyk a druhý si zaznamenává své chuťové vjemy. Jeden student nalije roztoky do kádinek a kádinky označí. Poté namočí vatovou tyčinku do jednoho roztoku a postupně se jí dotýká jazyka druhého studenta na špičce jazyka, po stranách na okrajích jazyka, vpředu na středu jazyka a vzadu na středu jazyka. Po každém dotyku musí druhý student vtáhnout jazyk do úst a přitlačit jej k patru, neboť teprve potom vynikne chuťový

počitek (během pokusu si může kdykoliv vypláchnout ústa vodou). Postupně vyzkouší každý student všechny čtyři roztoky, mezi jednotlivými roztoky je třeba důkladně vypláchnout ústní dutinu vodou a při testování kyselým roztokem (kyselinou octovou) by měl mít testovaný student zacpaný nos. Vždy před novým namočením vatové tyčinky do roztoku je třeba použít novou vatovou tyčinku. Zjištěné rozložení chuťových buněk pro různé chuti si každý student zakreslí.

**Zjištění a závěr:** Každý chuťový pohárek obsahuje všech pět typů buněk. Nicméně vnímání jednotlivých chutí je v různých částech jazyka různě intenzivní. Špička jazyka je zvláště citlivá na sladkou chuť, okraje jazyka na kyselou, střed jazyka vpředu na slanou a střed jazyka vzadu na hořkou chuť. Rozdíly ve vnímání různých chutí na různých částech jazyka však nejsou nijak významné a často nejsou přesně detekovatelné.

**Poznámka:** Vnímání chuti hrálo v evoluci člověka velmi významnou roli. Například hořká chuť byla spojována s toxickými látkami (jedovaté rostlinné alkaloidy jsou často hořké), jejich požití mohlo vést k otravě a ohrozit život člověka. Ke vnímání hořké chuti stačí velmi nízké koncentrace látek a pro rozpoznání hořké chuti jsme vybaveni 25–30 geny. Navíc receptory pro vnímání hořké chuti se vyskytují nejen v ústní dutině, ale i v žaludku a v tenkém střevu. Receptory v chuťových pohárcích v ústní dutině nutí osobu k vyplivnutí hořkého sousta, receptory v žaludku vyvolávají zvracení. Podobně vnímání kyselé chuti umožnilo rozpoznat zkvašené, tedy nepoživatelné, potraviny.

## Čich

Čichové smyslové buňky jsou uloženy ve sliznici (= čichovém epitelu) stropu dutiny nosní a jsou spojeny s konci vláken čichového nervu. Jsou drážděny látkami v plynném stavu, jedná se tedy o chemoreceptory. Informují nás o pachových látkách na velkou vzdálenost. Čichový epitel je schopen rozlišit miliony různých pachů.

### 1. Slábnutí čichového vjemu

**Pomůcky:** 2 zkumavky se zátkami, odměrný válec, 50 ml malinového a citrónového sirupu.

**Postup:** Do jedné zkumavky dejte asi 1 ml malinového sirupu, do druhé stejné množství citrónového sirupu a zazátkujte. K malinovému sirupu intenzivně čichejte po dobu 2 minut a sledujte vnímání vůně sirupu. Potom čichejte stejnou dobu k citrónovému sirupu. Nakonec opět čichejte k malinovému sirupu.

**Zjištění a vysvětlení:** Vůně malin je zpočátku velmi silná, časem slábne a po 2 minutách ji téměř necítíte. Totéž platí o vůni citrónové. Když však na závěr přičichnete k malinovému sirupu, opět silně cítíte jeho vůni. Je to způsobeno velmi rychlou adaptací čichového orgánu. Při trvalém působení jedné vůně (ale i zápachu)

se čichový orgán přizpůsobí a vnímání vůně je oslabeno. Jinou vůni však cítíte opět intenzivně, stejně tak otupení k prvnímu pachu po čase zmizí.

**Poznámka:** Člověk umí rozlišit až 10 000 různých pachů, není však schopen určit přesně koncentraci látky. V evoluci člověka bylo zřejmě důležitější zjistit výskyt pachu než jeho koncentraci. Čich hrál významnou roli při vyhledávání potravy, ale třeba také při rozmnožování. Ženy jsou obecně vnímavější na čichové vjemy, zejména v období ovulace a v těhotenství. Staří lidé naopak často trpí snížením citlivosti čichu.

## 2. Spojení čichových a chuťových vjemů

**Pomůcky:** Petriho misky, jablka, hrušky, kedlubny, okurky, cibule (popřípadě jiné druhy zeleniny a ovoce), sýr, čokoláda, vše nakrájené na malé kostky, párátko, šátek.

**Postup:** Jeden žák má zavázané (zavřené) oči a dvěma prsty si stiskne nos. Druhý mu do úst postupně vkládá na párátko napíchnuté kousky nakrájeného ovoce a zeleniny (z hygienických důvodů používejte párátko vždy jen jednou). Žák se zavázanýma očima se snaží poznat podle chuti druh ovoce nebo zeleniny, druhý žák do tabulky zaznamenává jeho správné odpovědi. Pokus opakujte ještě jednou, tentokrát s volným nosem, a znovu zaznamenejte správné odpovědi do tabulky.

ucpaný nos					
volný nos					

**Zjištění a vysvětlení:** Nemůžete-li čichat, nejste schopni správně rozlišit chuť. To jistě znáte z vlastní zkušenosti, při rýmě často ztrácíte čich a tím i chuť. Čich se na vnímání chuti významně podílí.

## Kůže a kožní cití

**Kůže** (cutis) je plošný orgán tvořící tělní povrch. Hlavní **funkcí** kůže je tvorba mechanické ochrany organismu, dále zajišťuje funkci sekreční, absorpční, termoregulační, dýchací, a v neposlední řadě i smyslovou.

Kůže se skládá ze tří vrstev. Svrchní **pokožka** (epidermis) je několikavrstevná, v povrchových vrstvách rohovatějící a obsahující bílkovinu **keratin**. Nachází se v ní i pigmentové buňky obsahující **melanin**, jenž způsobuje charakteristické zbarvení. Střední vrstvu označujeme jako **škáru** (dermis). Ta je bohatě inervovaná a vaskularizována. Škára je místem, kde je soustředěn **hmat**. Třetí vrstvou je **podkožní vazivo** (hypodermis), které je tvořeno sítí kolagenních a elastických vláken s vazivovými buňkami. Hlavní složkou jsou **adipocyty**, které umožňují ukládat podkožní tuk, jenž je bohatým zdrojem energie.



**Hmat** je významný mechanoreceptor reagující na dotyk, tlak, bolest a změny teploty. Tyto jsou zaznamenávány kožním čítím v podobě množství **hmatových receptorů** lokalizovaných v různém počtu různě po těle, nebo **volnými nervovými zakončeními**.

Pro vnímání dotyku a bolesti jsou v kůži uložena Meissnerova tělíska (= mechanoreceptory) umístěná v horních vrstvách škůry. Vnímání bolesti umožňují volná nervová zakončení (= nocireceptory). Vnímání tlaku a tahu umožňují Vater-Paciniho tělíska uložená na hranici mezi škůrou a podkožní vrstvou.

Receptory pro vnímání tepla a chladu jsou nerovnoměrně rozmístěny po celém těle a informují nás o změnách teploty. Receptory pro vnímání chladu se nazývají Krauseho tělíska, receptory pro vnímání zvýšené teploty se nazývají Ruffiniho tělíska.

## 1. Lokalizace receptorů pro vnímání dotyku

**Pomůcky:** špejle délky 10 cm, tužka na kůži (a obočí) dvou barev, šátek, propiska, esteziometr vlastní výroby

**Postup:** Esteziometr zhotovíme takto: hrubší vlas rozstříháme nůžkami na kousky dlouhé asi 3 cm. Kousek vlasu upevníme kapkou vosku na jeden konec špejle tak, aby svíral se špejlí pravý úhel. Pokusné osobě zavážeme oči. Vlasem upevněným na špejli se dotýkáme kůže na různých místech těla, např. na rtech, na tvářích, na čele, na špičkách prstů, na hřbetu ruky a na předloktí, a tak zjišťujeme dotykové body v kůži. Potom nakreslíme na předloktí pokusné osoby tužkou na kůži obdélník 2 × 1 cm. Uvnitř obdélníku se dotýkáme esteziometrem různých míst a pokusná osoba hlásí, zda cítí dotyk. Místa, v nichž dotyk cítí (dotykové body) označíme malými tečkami tužky na obočí.

**Zjištění a závěr:** Dotýkáme-li se vlasem esteziometru kůže, vznikají počitky dotyku jen v jistých dotykových bodech. Na jiných místech dotyk necítíme. Počitky dotyku nelze zjistit na celém povrchu kůže. Receptory pro dotyk nejsou v lidské kůži uloženy stejnoměrně, nýbrž ve zvláštních dotykových bodech. Člověk má asi 500 000 dotykových bodů. Nejvíce je jich na rtech a špičkách prstů. Na jiných místech, např. na zádech, nejsou tak početné.

**Obměna:** Stejným způsobem zjistíme body bolesti. V tomto případě nahradíme vlas na esteziometru tuhous štětinou. Štětinu upevníme na špejli a ostrými nůžkami šikmo sestříháme na délku asi 2 cm. Body bolesti označíme v obdélníkovém poli jinou barvou. Přitom si dáváme pozor na to, jak se liší počitky bolesti od počitků dotyku.

## 2. Hustota dotykových bodů

**Pomůcky:** odpichovátko, šátek, milimetrové měřítko

**Postup:** Pokusné osobě zavažte oči šátkem. Hroty odpichovátko rozevřete na vzdálenost 15 mm a přikládejte je na různá místa těla (např. na rty, tváře, špičky prstů, hřbet ruky, záloktí, záda). Pokusná osoba udává, zda pociťuje 1 nebo 2

dotyky. Pociťuje-li pokusná osoba jen jeden dotyk, zvětšete (popřípadě zmenšete) vzdálenost hrotů odpichovátka asi o 5 mm a pokus opakujte. Pro každou zkoumanou část těla zjistěte vzdálenost hrotů, při které pokusná osoba při současném dotyku vnímá dva podněty. Důležité je, přikládat při pokusu oba hroty současně a se stejnou silou. Pro kontrolu občas přiložte jen jeden hrot, přičemž pokusná osoba nesmí vidět, kolik hrotů v daný okamžik přikládáte. Výsledky měření (vzdálenost v mm, při nichž je pokusná osoba schopna rozeznat, že jde o dotyk dvěma hroty) запиšte do tabulky.

	<b>rty</b>	<b>tváře</b>	<b>špičky prstů</b>	<b>hřbet ruky</b>	<b>záloktí</b>	<b>záda</b>
<b>vzdálenost (mm)</b>						

**Zjištění a závěr:** Dotkneme-li se současně dvou míst na kůži, pociťujeme dotyky jako dva jen při jisté vzdálenosti hrotů odpichovátka, která je na různých částech těla velmi rozdílná. Vzdálenost, při které pociťujeme dotyky hrotů odpichovátka jako dva dotyky, je na následujících místech těla přibližně tato: rty – 4mm, tváře – 11mm, špičky prstů – 2 mm, hřbet ruky – 32 mm, záloktí – 50 mm, záda – 67 mm.

### 3. Dodatečná lokalizace dotyku

**Pomůcky:** vatové tyčinky, šátek

**Postup:** Pokusné osobě zavažte oči šátkem. Dotýkejte se její kůže na různých místech těla vatovou tyčinkou. Dotyk trvá vždy asi 1 vteřinu. Několikrát při tom drážděte i stejné místo kůže. Vždy za 10 vteřin po dotyku má pokusná osoba ukázat drážděné místo. Počet správných a nesprávných údajů vypočítejte v procentech z celkového počtu dotyků.

#### **Výsledky:**

počet správných údajů:

počet nesprávných údajů:

celkem dotyků:

**Závěr:** Dodatečná lokalizace dotykových počitků je obtížná a často se již po několika vteřinách nezdaří. Pozorujeme přitom značné individuální rozdíly.

### 4. Hmatové klamy

**Pomůcky:** plastelína

**Postup:** Prostředníček přeložte přes ukazováček téže ruky a dotýkejte se špičkami prstů kuličky uhnětené z plastelíny na protilehlých stranách kuličky.

**Zjištění a závěr:** Vzniká dojem, že se dotýkáme dvou kuliček. Hmatový klam způsobuje mozek, který vychází ze zkušenosti, že přichází-li vjem z těch částí prstů, které přímo nesousedí, musí se prsty dotýkat dvou různých předmětů.

## 5. Lokalizace tepelných a chladových bodů

**Pomůcky:** 4 pletací jehlice, 2 kádinky o objemu 500 ml, led, rychlovarná konvice, teploměr, šátek, omyvatelná pastelka (tužka na obočí) dvou barev, papírové kapesníky.

**Postup:** Naplňte vodou dvě kádinky, v první má být voda teplá asi 50 °C, ve druhé voda ochlazovaná kostkami ledu. Do každé kádinky vložte 2 pletací jehlice. Tužkou nakreslete na předloktí žáka obdélník 1 × 2 cm. Poté mu zavažte oči. Vyjměte z kádinky s teplou vodou jehlici, osušte ji papírovým kapesníkem a jemně bez přitlačení ji přikládejte na různá místa v obdélníčku. Vyšetřovaný žák hlásí, kdy vnímá teplo a kdy jen dotyk. Místo, v němž vnímal teplo, označte ihned tužkou. Protože jehlice po krátké době vychladnou, občas je vystřídejte, vždy je však po vyjmutí z vody osušte papírovým kapesníkem. Stejným způsobem použijte i jehlic ochlazených ve vodě s ledem, místa v obdélníčku, v nichž žák cítil chlad, označte pastelkou jiné barvy. Nakonec sečtěte zjištěné tepelné a chladové body. Pokus můžete opakovat na jiné části těla, např. na paži, na obličeji.

**Zjištění a vysvětlení:** Při dotyku teplými nebo chladnými jehlicemi vzniká vjem tepla a chladu jen v určitých místech. Chladových bodů je v pokožce asi osmkrát více než tepelných bodů, počet tepelných a chladových bodů je na různých místech pokožky různý. Nejvíce tepelných bodů je u očí a po stranách prstů, chladových bodů je nejvíce v obličeji.

## 6. Vnímání rozdílů v teplotě

**Pomůcky:** 2 kádinky o objemu 500 ml, varná konvice, teploměr, voda.

**Postup:** Kádinky naplňte vodou teplou asi 25–30 °C. V jedné kádince snižte přilítím chladné vody teplotu asi o půl stupně Celsia. Pokusná osoba, která nesmí vědět, v které kádince byla voda ochlazená, se pokouší zjistit tepelný rozdíl tím, že ponořuje střídavě prst do obou kádinek.

**Zjištění a vysvětlení:** Voda ochlazená o půl stupně se zdá zřetelně chladnější. U člověka je čivost k teplotě velmi jemně vyvinuta. Přesnými výzkumy bylo zjištěno, že v mezích 16 °C až 35 °C může člověk rozlišit rozdíly teploty o velikosti 1/5 až 1/6 stupně.

## 7. Relativita vnímání tepla

**Pomůcky:** 3 kádinky o objemu 500 ml, teploměr, rychlovarná konvice, led.

**Postup:** Kádinky naplňte do poloviny vodou. Teplota vody v 1. kádince má být 10 °C, ve druhé 35 °C a ve třetí 20 °C. Ponořte současně na jednu minutu prst levé ruky do kádinky s vodou teplou 10 °C a prst pravé ruky do kádinky s vodou teplou 35 °C. Poté ponořte prsty obou rukou do kádinky s vodou teplou 20 °C a popište, co cítíte.

**Zjištění a vysvětlení:** Prst, který byl předtím v chladné vodě, vnímá vodu v kádince jako teplou, prst, který byl v teplé vodě, vnímá vodu stejné teploty jako studenou. Vnímání tepla je tedy relativní. Odnímáte-li pokožce teplotu, máte počitek chladu a naopak. I v létě při koupání vnímáte teplotu v bazénu pokaždé jinak. Jdete-li do vody rozpálení ze sluníčka, zdá se vám voda v koupališti chladná, osprchujete-li se před vstupem do vody chladnou vodou, zdá se vám voda v koupališti teplá.

## 8. Spojené vnímání teploty a tlaku

**Pomůcky:** 2 závaží o stejné hmotnosti, kádinka, polystyrenová nádoba na led, led, varná konvice, voda, šátek.

**Postup:** Pokusné osobě zavažte oči. Na nataženou ruku jí položte závaží mírně ohřáté v teplé vodě a osušené. Po 5 vteřinách je nahradte jiným závažím, které ochladte ledem a osušte. Pokusná osoba má uvést, zda může zjistit rozdíl ve váze, nebo zda závaží mají stejnou váhu.

**Zjištění:** Stejně těžká závaží se zdají mít různou váhu. Při srovnávání tlakových počítků, které vzbuzují různá závaží, mají jistý význam i počítky teploty.

## Zrak

### 1. Prostorové vidění

Naše okolí vidíme trojrozměrně. Část okolního prostředí, které vidíte jedním okem, se nazývá zorné pole. Části zorných polí obou očí se překrývají, což způsobuje trojrozměrné vidění, které umožňuje např. správně odhadovat vzdálenosti předmětů.

**Pomůcky:** 2 tužky.

**Postup:** V každé ruce držte jednu tužku hroty obrácenými proti sobě. Hroty tužek jsou od sebe vzdáleny asi 60 cm. Snažte se přiblížit hroty tužek k sobě tak, aby se navzájem dotkly. Zkoušku proveďte pětkrát s oběma očima otevřenými, potom pětkrát vždy s jedním okem zavřeným. Úspěšné pokusy zaznamenává spolužák do tabulky.

pokus č.	otevřené oči	levé oko zavřené	pravé oko zavřené
1			
2			
3			
4			
5			

**Závěr:** Pro prostorové vidění a správný odhad vzdálenosti je nutné vidění oběma očima. Díváme-li se jen jedním okem, téměř vždy se zmýlíme.

## 2. Důkaz slepé skvrny

V sítnici oka jsou uloženy světločivné buňky, tyčinky a čípky. Tyčinky umožňují vnímat světlo, tmou a odstíny šedi, čípky umožní rozlišovat barvy. Buňky nejsou na sítnici rozmístěny rovnoměrně. Místo, kde je soustředěno nejvíce čípků a naopak chybí tyčinky, se nazývá žlutá skvrna a je místem nejostřejšího vidění. Místo, v němž zrakový nerv opouští sítnici, se nazývá slepá skvrna. Slepá skvrna neobsahuje tyčinky ani čípky. K důkazu existence slepé skvrny slouží tzv. Mariottovy obrázky.

**Postup:** Mariottův obrázek (viz obr.) držte nataženou paží před očima. Zavřete levé oko a pravým okem sledujte trojúhelník. Obrázek přibližujte pomalu k oku na vzdálenost asi 10 cm, poté pomalu oddalujte. Stejný postup opakujte i s druhým okem. Obdobný pokus proveďte i s druhým obrázkem.



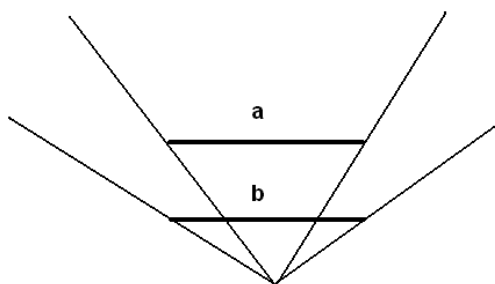
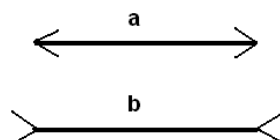
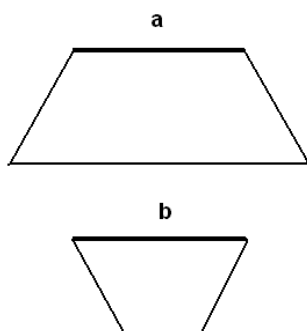
**Závěr:** Při pozorování prvního obrázku zmizí ve vzdálenosti asi 20–25 cm od oka nejprve kruh a potom čtverec. V případě druhého obrázku v obdobné vzdálenosti zmizí nejprve úzký černý proužek, potom zmizí bílá mezera a černý pruh se jeví jako souvislý. Oba jevy jsou způsobeny tím, že paprsky z oblasti, v níž je čtverec nebo kruh, popř. přerušení pruhu, dopadají do slepé skvrny, v níž nejsou světločivné buňky. V tomto místě nedochází k podráždění a zrakový vjem se nevytváří, nicméně mozek „dokreslí“ obrázek podle nejbližšího okolí.

O existenci žluté skvrny se můžete přesvědčit jednoduchým pokusem. Čípky umístěné ve žluté skvrně nejsou ve tmě aktivní. Proto „zmizí“ hvězda na noční obloze, jestliže na ni upřete zrak.

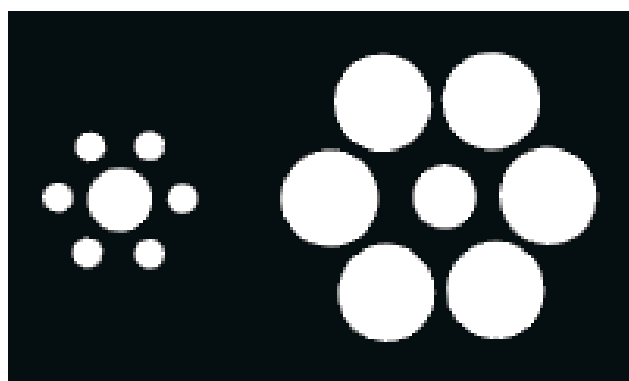
## 3. Optické klamy

Zrak je důležitým smyslovým orgánem, jehož prostřednictvím získáváme 80 % všech informací. Oko sděluje informace o pozorovaných předmětech zrakovým centřům v mozku, mozek informaci dále zpracovává. Vnímá pozorovaný předmět současně s jeho okolím, porovnává pozorované jevy s pamětí a zkušenostmi, apod. Dochází tak k celé řadě „chybných“ vjemů. Těmto „chybám“ říkáme optické klamy.

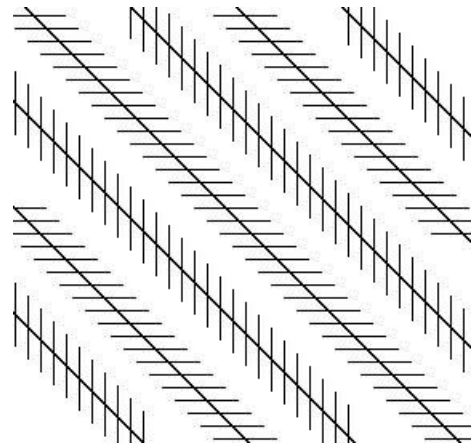
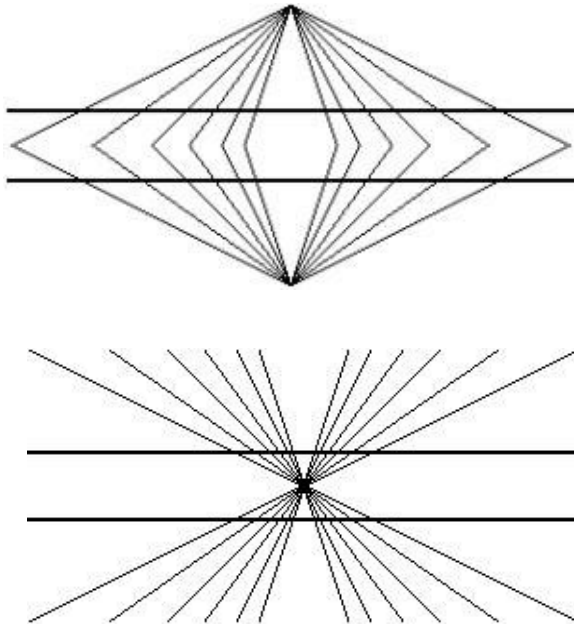
Postupně pozorujte jednotlivé obrázky a odhadem porovnejte velikost úseček **a** a **b**. Měřením ověřte správnost svého odhadu.



Který z kruhů uprostřed je větší?



Jsou přímky nebo úsečky v následujících obrazcích rovnoběžné? Ověřte pomocí dvou trojúhelníků.



**Vysvětlení:** Zrakové iluze byly způsobeny tím, že váš mozek vnímá obrázek jako celek, nikoliv jen tu jeho část, kterou jste měli srovnávat, a vyhodnocuje ho na základě předchozích pozorovaných objektů.

Někdy může být chyba v odhadu velikosti způsobena použitím různých barev. Odhadněte velikost následujících obrázků.



Který z dvojice čtverců je větší?

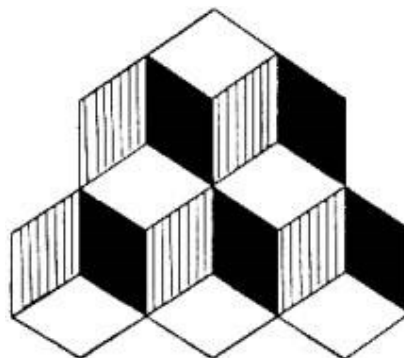
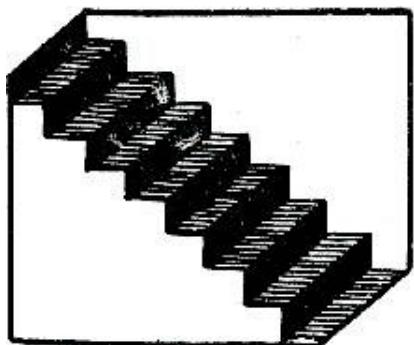


Který panáček je větší?

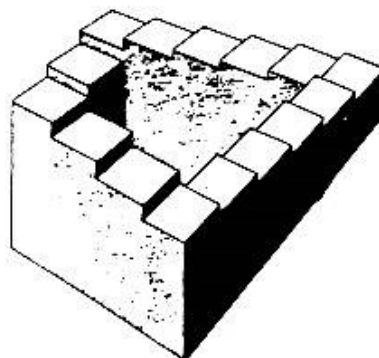
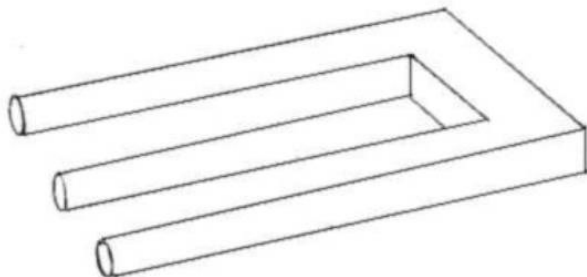
O správnosti svého odhadu se můžete přesvědčit přeměřením obrázků nebo jejich vystřížením a přiložením na sebe.

**Vysvětlení:** Světlé věci se zdají větší než tmavé, podobně působí některé barvy. Těchto optických klamů úspěšně užívají například módní návrháři při výběru barev látek na šaty.

Mnoho optických klamů vzniká při zobrazení trojrozměrných předmětů do dvourozměrného obrázku.



Díváte se na schodiště shora nebo zespodu? Jsou na vedlejším obrázku 3 kostky, na něž se díváte shora, nebo 5 kostek, na něž se díváte zespodu? Oba pohledy jsou správné. Lidský mozek má zkušenost s oběma pohledy, nedokáže si vybrat, který pohled je správný a často „přepíná“ mezi oběma zobrazeními.



Vidíte skutečně trojzubec a schodiště, které vede jen nahoru, a přesto po něm můžete chodit stále dokola? Šikovní malíř nakreslil obrázek s logickou chybou a vytvořil tak iluzi předmětu, který ve skutečnosti nemůže existovat.

**A na úplný závěr:** v mnoha případech záleží na dovednosti malíře, vašich předchozích zkušenostech, fantazii a směru pohledu. Co je nakresleno na následujících obrázcích?



Eskymák nebo hlava Indiána?



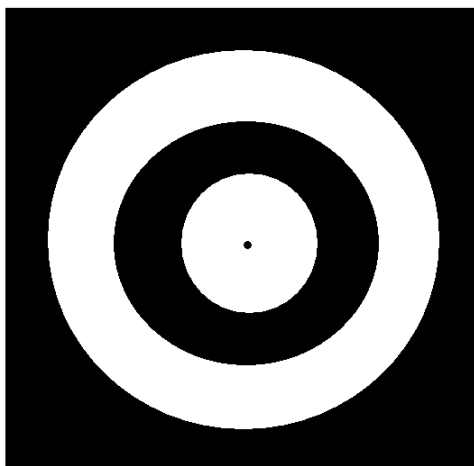
Saxofonista nebo obličej mladé ženy?



### Negativní a barevné paobrazy

Zrakový vjem umožňují světločivné buňky na sítnici oka, tyčinky a čípky. Tyčinky zajišťují vnímání světla, tmy a odstínů šedi, čípky zajišťují barevné vidění a jsou aktivní jen při dostatečném osvětlení.

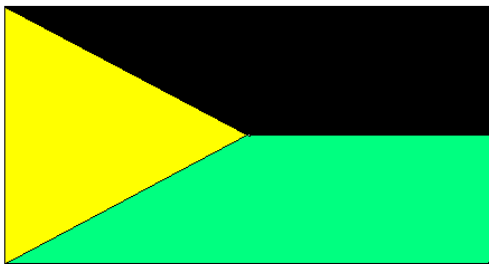
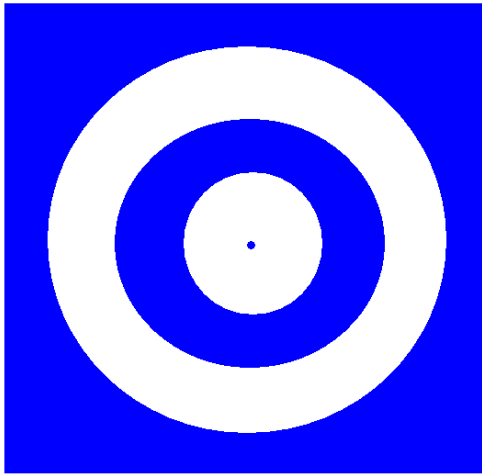
**Postup:** Po dobu asi půl minuty pozorujte černý bod ve středu obrazce. Poté upřete zrak na černý bod vpravo vedle obrazce.



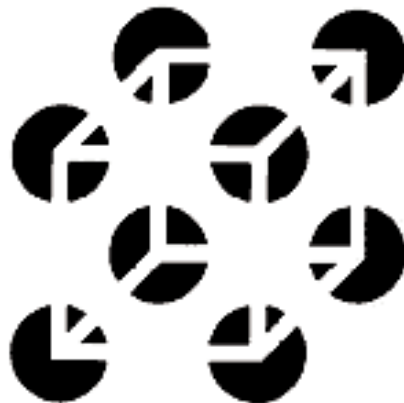
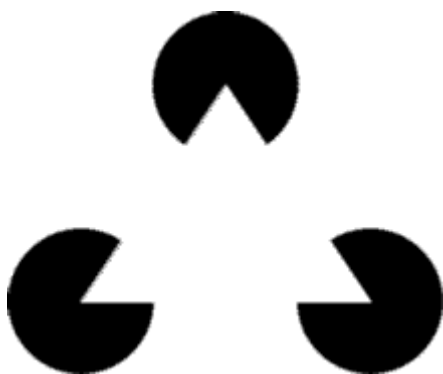
**Závěr:** Při pozorování bodu napravo od obrazce vznikl paobraz, který měl stejný tvar jako obrazec vlevo, ale všechny tmavé plochy se jevily jako světlé a naopak (negativ). Vznik negativního paobrazu byl způsoben předrážděním světločivných buněk v té části sítnice, na něž působily světelné podněty z pozorovaného obrazu. Vjem trval, dokud se činnost buněk v těchto částech sítnice neobnovila.

S podobným jevem se můžete setkat i při pozorování barevných obrazců. Barevné paobrazy vznikají v doplňkové barvě barevného spektra: červená – zelená, modrá – žlutá. Vznik barevných paobrazů si můžete ověřit na následujících obrázcích.





### Iluze tvaru

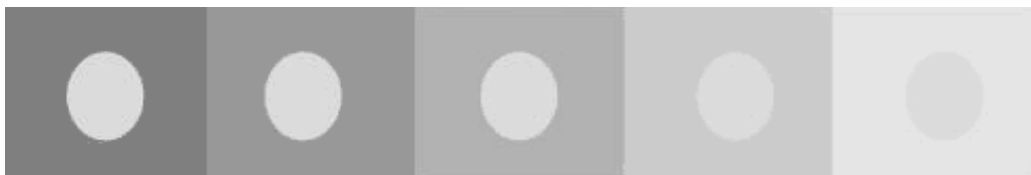


Co vidíte na obrázcích nahoře: černé kruhy s bílými výřezy nebo geometrické obrazce? Iluzi trojúhelníku a krychle vytváří mozek, který na základě výřezů v kruzích a na základě předchozí zkušenosti s tvarem geometrických obrazců vytváří vjem obrazce, který ve skutečnosti na obrázku zobrazen není.

## Iluze různých odstínů (barev)

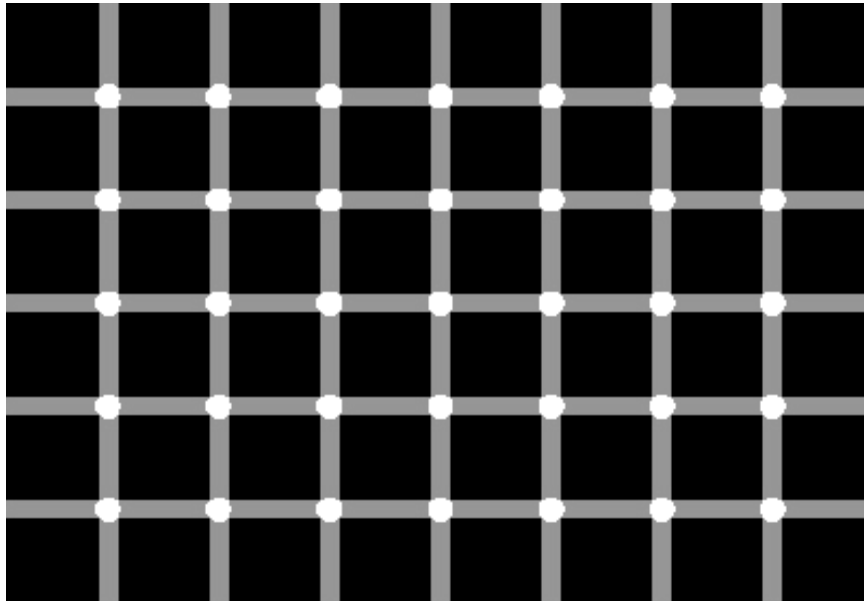


Mají oba šedé obdélníky tentýž odstín? Na první pohled se zdá levý obdélník světlejší než obdélník na pravé straně obrazce. Ve skutečnosti mají oba stejný odstín. Zrakový klam vzniká tak, že světelným vzruchem podrážděné světločivné buňky vyvolají v sousedních místech protichůdné podráždění, což vede k vytvoření ostré kontury obrazu a zvýšení kontrastu barev. Na stejném principu je založen i optický klam způsobený umístěním šedého oválu jednoho odstínu šedé barvy na obdélníková pole různých odstínů šedi. Vhodným poskládáním obrazců, při němž se k sobě dostanou vzdálené šedé plochy, dokážete shodu odstínů šedé barvy.



Důkaz tohoto jevu můžete provést také následovně: Vystříhněte si dva shodné geometrické obrazce (kruhy nebo čtverce) ze stejného šedého papíru a přiložte je v prvním případě na bílý a ve druhém na černý podkladový papír. Nyní rozhodněte, zda jsou odstíny šedi shodné.

## Hermanova mřížka



Vidíte v této mřížce na spojnici bílých pruhů šedé tečky?

Některé optické klamy vznikají spolupůsobením mnoha jednodušších jevů. Na tomto klamu se současně podílí jevy založené na kontrastech (stejně jako na předchozích dvou obrázcích) a jevy vedoucí ke vzniku negativních paobrazů (související s podrážděním a následným útlumem světločivných buněk v určitém místě na sítnici).

**Závěr:** Oko sděluje informace o pozorovaných předmětech zrakovým centřům v mozku, mozek informaci dále zpracovává. Vnímá pozorovaný předmět současně s jeho okolím a porovnává pozorované jevy s pamětí a s předchozími zkušenostmi. Účastí mozku na procesech vidění vznikají četné optické klamy.

## Sluch a rovnovážné ústrojí

### 1. Jakou frekvenci zvuku slyšíme?

Sluchové pole (nebo oblast slyšitelnosti) je rozsah všech zvuků, které dokáže lidské ucho vnímat. Vnímání zvuku je u člověka omezeno slyšitelnými frekvencemi (přibližně 16–20 000 Hz). U každé frekvence je odlišný rozdíl intenzit, jež slyšíme. Lidský sluchový orgán je nejcitlivější v oblasti frekvencí 1–5 kHz.

**Postup:** Pusťte nahrávku na jednom ze dvou uvedených kanálů. Každý žák si zaznamená frekvenci, při níž začal a přestal vnímat vysílaný zvuk.

<https://www.youtube.com/watch?v=vS7Brjrh36o>

<https://www.youtube.com/watch?v=zB-E7ApqlxA>

**Závěr:** Vnímání zvuku se u jednotlivců liší a mění se s věkem. Někteří mladí lidé dokážou slyšet frekvence mírně nad 20 kHz, naopak s přibývajícím věkem se horní hranice snižuje. Také schopnost rozeznávat jednotlivé tóny se u lidí různí. Rozsah vnímaného zvuku závisí nejen na frekvenci, ale i na hlasitosti zvuku.

## 2. Určování směru zdroje zvuku

Lidské ucho zaznamenává zvukové vlny a je schopno zaznamenat nejen sílu zvuku (hlasitost), ale i směr, ze kterého zvuk přichází. To je umožněno nepatrným časovým rozdílem v přijetí vln jedním a druhým uchem. Pro přesné určení směru je tedy nezbytné vnímat zvuk oběma boltci.

**Postup:** Žák stojící uprostřed třídy má zavázané oči. Ostatní žáci stojí v kruhu kolem něho ve vzdálenosti 3 m. Učitel ukazuje střídavě na žáky, kteří mají vydávat tiché zvuky. Žák stojící uprostřed ukazuje přesný směr, odkud zvuky přicházejí. Pokus zopakujte pětkrát, poté si žák stojící uprostřed palcem ucpe jedno ucho a pokus opakuje. Obdobně postupuje i s druhým uchem. Úspěšné pokusy zaznamenává učitel do tabulky.

pokus č.	volné uši	levé ucho ucpané	pravé ucho ucpané
1			
2			
3			
4			
5			

**Závěr:** Při poslechu oběma ušima je určení směru, ze kterého zvuk přichází, velmi přesné. Při poslechu jedním uchem je určení směru velmi nejisté. Mozek nemůže při vyhodnocování směru zvuku využít časového rozdílu v dopadu zvukových vln

## 3. Rovnovážné ústrojí

**Pomůcky:** otáčecí židle

**Postup:** Pokusnou osobu otáčejte 3–5x na otáčecí židli a pohyb náhle zastavte. Pozorujte pohyb, který následuje, a vyzvěte pokusnou osobu, aby vylíčila své počítky.

**Pozorování a závěr:** Pokusná osoba hned po zastavení pokračuje v pohybu ve směru otáčení, krátce nato udělá pohyb v opačném směru. Vypovídá, že pociťuje závrať. Ve vnitřním uchu je uložen složitý statický ústroj. Skládá se hlavně z polokruhových chodbiček naplněných endolymfou. Při otáčení přechází endolymfa ze stavu klidu do krouživého pohybu. V tomto pohybu nějakou dobu pokračuje i potom, když otáčení náhle ustane (setrvačnost hmoty). Tím jsou drážděny smyslové buňky čnící do polokruhových chodbiček. Tělo reaguje na podráždění pohybem v opačném směru.

#### 4. Testy na udržení rovnováhy

**Jarockého test** testuje citlivost vestibulárního aparátu.

**Pomůcky:** stopky.

**Postup:** Test se provádí ve dvojici. Jeden žák se postaví do stoje spojného, zavře oči a na povel začne vykonávat rychlé otáčivé pohyby hlavou. Druhý žák zaznamená čas, po který je první žák schopen udržet rovnováhu.

**Hodnocení:** Zdravý člověk udrží rovnováhu v průměru kolem 28 sekund, sportovci trénovaní v určitých druzích sportu vydrží 90 i více sekund.

**Stoj na jedné noze po otáčení** testuje citlivosti vestibulárního aparátu a statické rovnováhy se zavřenýma očima.

**Postup:** Test se provádí ve dvojici. První žák cvičí, druhý měří čas. První žák provede celé tři obraty kolem vlastní osy během 3 sekund, pak zavře oči, zvedne jednu nohu a zkouší stát na druhé noze co nejdéle, maximálně však 15 sekund. Pokus opakujeme pětkrát s 30 sekundovými odstupy, směr otáčení měníme po každém pokusu.

**Hodnocení:** Stanovíme součet časů ze všech pokusů, ve kterých testovaný vydrží stát na jedné noze s přesností na desetinu sekundy.

**Čapí test** testuje schopnost statické rovnováhy.

**Pomůcky:** Rovný neklouzavý povrch, stopky, tužka a papír.

**Postup:** Test se provádí ve dvojici. Jeden žák si zuje boty a postaví se s rukama v bok. Poté opře chodidlo ne-stojné nohy o vnitřní stranu kolenního kloubu stojné nohy a zvedne patu stojné nohy (postaví se na špičku). Druhý žák začne měřit čas a měří, pokud stojící žák udrží rovnováhu (nemění polohu, drží ruce v bok, nedotýká se patou stojné nohy země, neposkakuje, nemění polohu opory kolene). Poté opakujte test na druhé noze.

**Vyhodnocení:** Zaznamenejte nejlepší čas (v sekundách) ze tří pokusů a srovnajte vlastní výsledky s referenčními hodnotami.

Referenční hodnoty:

	Výborné	nadprůměrné	průměrné	podprůměrné	slabé
Muži: >50 s.	50–41 s.	40–31 s.	30–20 s.	<20 s.	
Ženy: >30 s.	30–23 s.	22–16 s.	15–10 s.	<10 s.	

## Ekologie

### Fyzikální vlastnosti půdy

Půda je jednou z hlavních složek životního prostředí. Vzniká zvětráváním hornin a činností půdotvorných činitelů (klíma, vegetace, půdní organismy, fyzikální činitelé). **Propustnost** je schopnost půdy propouštět vodu z půdního povrchu do spodních vrstev. Půda zadrží jen takové množství vody, které odpovídá její půdní kapacitě. Propustnost vyjádříme množstvím (objemem) vody, které projde určitou vrstvou půdy za určený časový úsek.

### Stanovení propustnosti různých vzorků půdy pro vodu

**Pomůcky:** 3 nálevky, gáza, odměrný válec, 3 kádinky, filtrační papír, 3 vzorky půdy (např. lesní půda, písčité půda, jílovitá půda z břehu potoka).

**Postup:** Vzorky půdy vysušíme při pokojové teplotě a odstraníme hrubší kamínky a zbytky rostlin. Hrdla nálevek utěsníme gázou. Pod nálevky umístíme kádinky. Do každé nálevky nasypeme jeden vzorek půdy, v nálevkách musí být stejná množství vzorku. V každé nálevce urovnáme povrch zeminy a přikryjeme kouskem filtračního papíru. Do kádinky odměříme 100 ml vody a pomalu vlijeme do první nálevky. V intervalech 10 s změříme a zaznamenáme množství vody, která protekla do kádinky a zaznamenáme celkový čas, který uběhne od nalití vody do nálevky po ukončení průtoku. Stejný postup zopakujeme i se zeminou ve druhé a třetí nálevce. Naměřené hodnoty zapíšeme do tabulky a vyneseme do grafu.

	Čas [s]	Množství vody [ml]			
		10 s	20 s	30 s	40 s
<b>vzorek 1</b>					
<b>vzorek 2</b>					
<b>vzorek 3</b>					



**Závěr:**

### Fyzikální vlastnosti vody

Voda je důležitou složkou prostředí a nezbytnou podmínkou existence života na Zemi. Mezi základní charakteristiky vody patří chuťové vlastnosti: chuť (pouze u pitných vod) a zápach; a fyzikální vlastnosti – teplota, barva, zákal, elektrická vodivost, pěnivost, atd. Teplota se stanovuje při odběru vody, barva, zákal a průhlednost v laboratoři.

## Stanovení barvy, průhlednosti a pěnivosti vody

**Pomůcky:** kádinky, bílý a černý papír, 3 skleněné válce, z textu vystřižená písmena velikosti 3,5 mm, PET láhve o objemu 1,5 l, 3 vzorky vody (pitná voda, voda z potoka nebo řeky, voda z rybníka nebo přehrady) o objemu 0,5–1 l.

**Postup:** Pro stanovení barvy vody použijeme 3 skleněné válce, do každého nalijeme 10 cm vysoký vodní sloupec jednoho vzorku. Provedeme vizuální zjištění průhledem vrstvou vody na bílý papír, kterým jsou válce podloženy, barvu vody hodnotíme slovně. Podobně stanovíme zákal: na černý podklad pod dna válců umístíme vystřižená písmena. Do válců doléváme vodu a zjišťujeme, v jak vysoké vrstvě vody je písmo ještě dobře čitelné. Zjištěnou výšku vodního sloupce vyjádříme v cm. Pěnovost vody stanovíme důkladným protřepáním (asi 1 minutu) 250 ml vody z každého vzorku v PET láhvi. Po protřepání měříme u každého čas, za který zmizí z vodní hladiny pěna. Vizuální zjištění a výsledky všech měření zapíšeme do tabulky

	barva	zákal	průhlednost	pěnovost
vzorek 1				
vzorek 2				
vzorek 3				

**Závěr:** Pokud pěna vydrží déle než 1 min., vzorek je podezřelý z kontaminace, jde-li o pitnou vodu, je třeba zdroj vyřadit z užívání.

### Použitá literatura:

- Altman A.: Přírodniny ve vyučování přírodopisu a biologie. – SPN, Praha, 1966.  
Anonymus: Základy přírodních věd v pokusech. – SPN, Praha, 1971.  
Baer H.-W.: Biologické pokusy ve škole. – SPN, Praha, 1968.  
Berger J.: Základy biologie. – Tobiáš, Havlíčkův Brod, 1995.  
Berger J.: Buněčná a molekulární biologie. – Tobiáš, Havlíčkův Brod, 1996.  
Berger J.: Systematická zoologie. – Tobiáš, Havlíčkův Brod, 1997.  
Berger J., Petrásek R. a Šimek V.: Fyziologie člověka a živočichů. – Tobiáš, Havlíčkův Brod, 1995.  
Boháč I.: Cvičení z biologie I. – SPN, Praha, 1983.  
Boháč I., Ošmera S., Papáček M.: Cvičení z biologie II. – SPN, Praha, 1986.  
Cibis N., Dobler H.-J., Lauer V., Meyer R., Schmale E. a Strecker H.: Člověk. Učebnice biologie člověka pro gymnázia a další střední školy. – Scientia, Praha, 1996.  
Hadač E. a kol.: Práce s rostlinným materiálem. – SPN, Praha, 1964.  
Hadač E. a kol.: Praktická cvičení z botaniky. – SPN, Praha, 1967.  
Jelínek J., Zicháček V.: Biologie - praktická část. – Fin Publishing, Olomouc, 1996.  
Machová J.: Cvičení z biologie III. – SPN, Praha, 1984.  
Molisch H. a Biebl R.: Botanická pozorování a pokusy s rostlinami bez přístrojů. – SPN, Praha, 1975.  
Pazourková Z., Kvasničková D., Pikálek P.: Cvičení z biologie IV. – SPN, Praha 1985.  
Strumhaus Z.: Rostliny v koutku živé přírody. – SPN Praha, 1954.