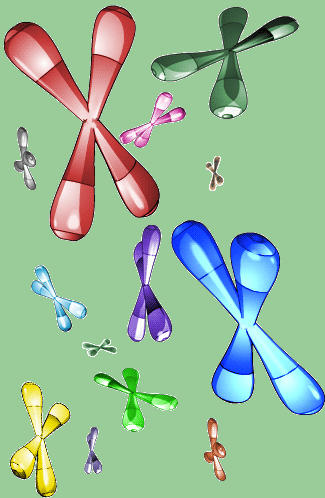


Bi6270c Cvičení z cytogenetiky 2018



Oddělení genetiky a molekulární biologie
Ústav experimentální biologie
PřF MU

Cytogenetika 2/0

Cytogenetika - cvičení 0/2 na PŘF MU

Bakalářský studijní program Experimentální biologie:

Mateřské studijní obory:

Lékařská genetika a molekulární diagnostika

Molekulární biologie a genetika

Organizační záležitosti

Mgr. Markéta Wayhelová

- e-mail: marketa.wayhelova@mail.muni.cz

Mgr. Marta Hanáková, Mgr. Jan Smetana, PhD.

- **Integrované laboratoře molekulární cytogenetiky**
 - Odd. genetiky a molekulární biologie
Ústav experimentální biologie PřF MU
 - Oddělení lékařské genetiky FN Brno

<http://www.sci.muni.cz/cytogenlab/>



Organizační záležitosti

- jarní semestr 2018 – cvičení 12 vyučovacích týdnů
- 3 skupiny – A, B, C; cvičení každý třetí týden – 4 hod.

Místo cvičení:

- Univerzitní kampus, A13, Bohunice – Kamenice
- pavilon A36/209
- pavilon A3, 3. poschodí, Laboratoře molekulární cytogenetiky

Organizační záležitosti

- **Podmínky pro udělení zápočtu:**
 - přítomnost na každém cvičení
 - soustředěné pracování a základní znalosti na každém cvičení
- **Literatura**
 - **Kuglík, P.:** Základy molekulární cytogenetiky člověka, Masarykova univerzita, Brno - pdf
 - **Michalová, K.:** Úvod do lidské cytogenetiky, Institut pro další vzdělávání, Brno
 - **Nussbaum R. L., McInnes R. R., Willard H. F.:** Thompson & Thompson – Klinická genetika. Triton, Praha, 2004



Poučení o bezpečnosti při práci

- 1) Do laboratoře vstupujeme jen se souhlasem vyučujícího a **v pracovním oděvu**.
- 2) Před začátkem vlastní práce se seznámíme s **pracovním návodem** a během práce jej dodržujeme. Smíme provádět pouze práce, které jsou nařízeny a povoleny vyučujícím a pod jeho dohledem.
- 3) Před začátkem vlastní práce zkontrolujeme stav pracoviště, pracovních pomůcek a přístrojů. Veškeré **závady** a nedostatky (a to i během vyučování) jsme povinni nahlásit vyučujícímu.
- 4) Se zařízením učebny, pomůckami a přístroji zacházíme opatrně a šetrně dle pokynů vyučujícího.
- 5) V učebně je zakázáno **jíst a pít**, zachováváme zde klid a pořádek.
- 6) Na pracovišti udržujeme pořádek a čistotu, chováme se ukázněně, pracujeme soustředěně podle návodu a pokynů vyučujícího a používáme potřebné osobní ochranné pracovní prostředky na ochranu života a zdraví.
- 9) Každou mimořádnou událost (vysypání či vylití látky, zasažení očí a kůže, požití, nadýchání, **úraz** aj.) okamžitě **hlásíme vyučujícímu**, který zajistí potřebná opatření.
- 11) Po skončení práce pomůcky omyjeme a uklidíme na stanovené místo, uklidíme pracoviště, vypneme elektrické přístroje, nepoužité chemikálie vrátíme vyučujícímu k uložení.

Cvičení z cytogenetiky - osnova

- **1. Základy mikroskopické techniky - světelná mikroskopie.**
Seřízení mikroskopu dle Kohlerova principu, práce se suchým a imerzním objektivem. Pozorování chromozomů *Vicia faba*, pozorování živočišných a lidských chromozomů.
- **2. Klasická cytogenetika člověka.**
Příprava cytogenetických preparátů z periferní krve, kostní dřeně. Barvení chromozomů – G pruhování. Identifikace chromozomů. Karyotyp člověka, snímání a počítačové vytváření karyotypu. Nomenklatura ISCN 2016.
- **3. Molekulární cytogenetika.**
Principy fluorescenční hybridizace *in situ* (FISH) a její využití v prenatální, postnatální a nádorové cytogenetice. Základy využití počítačové analýzy obrazu v molekulární cytogenetice.
- **4. Pokročilé metody molekulární cytogenetiky.**
Technika array-CGH.

Cvičení 1

Základy mikroskopické techniky - světelná mikroskopie.

1. Seřízení mikroskopu dle Köhlerova principu
2. Pozorování chromozomů *Vicia faba*, práce se suchým a imerzním objektivem
3. Pozorování živočišných chromozomů
4. Pozorování a počítání lidských chromozomů v procházejícím světle

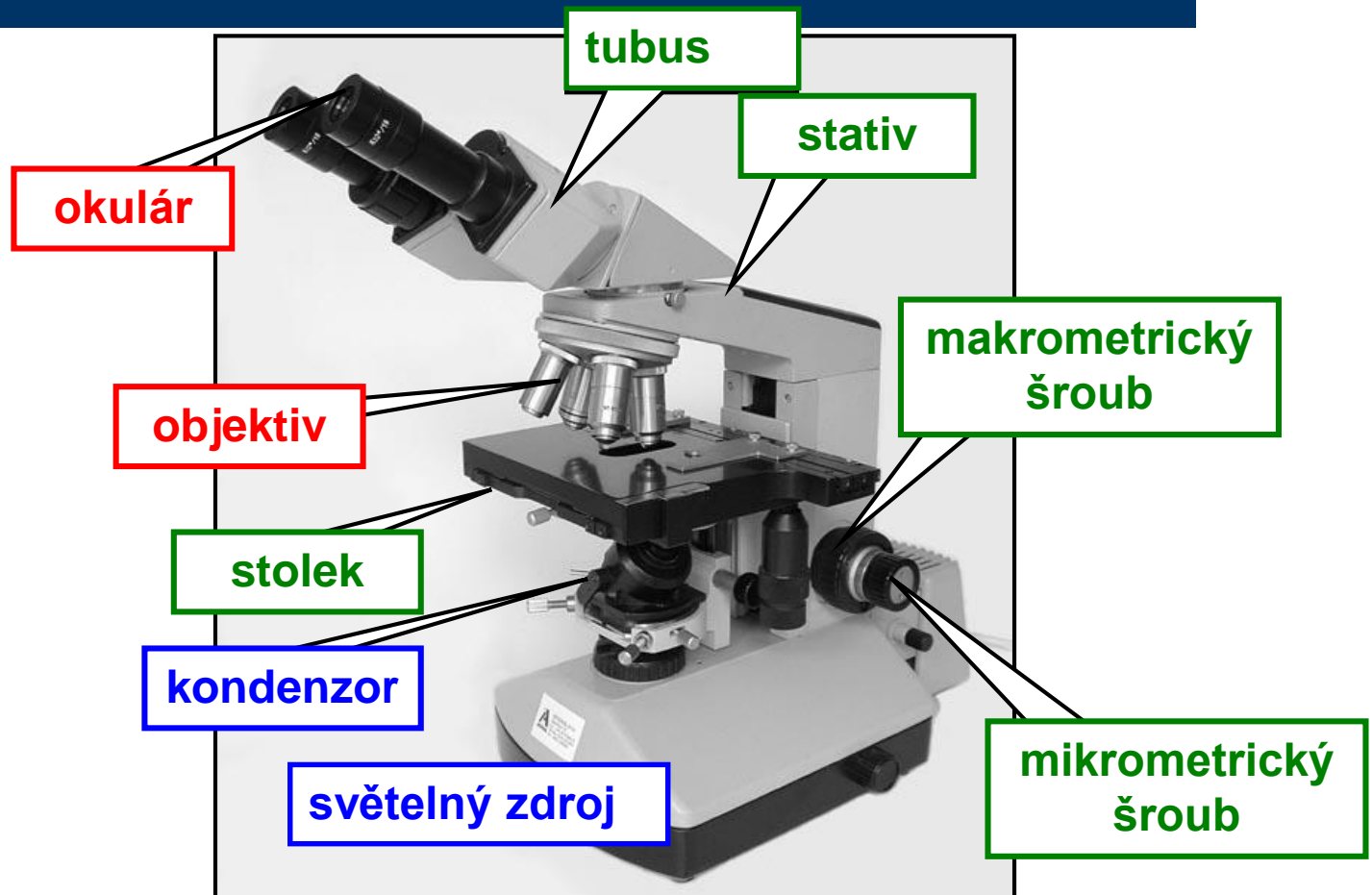


Úkol 1: Mikroskop CX31- Olympus

Seřízení mikroskopu dle Köhlerova principu



Popis světelného mikroskopu



Okuláry
(stálé zvětšení 10X)

Stupnice vzdálenosti okulárů (strana 11)

Tubus

Binokulární tubus: Stativ mikroskopu CX31RBSF
Stativ mikroskopu CX31RBSFA
Sklopný tubus: Stativ mikroskopu CX31RTBISF

Upevňovací šroub tubusu
(Použijte nástrčný klíč.)

Kroužek dioptrické korekce (strana 11)

Jednoduchý kotouč zarážky hrubého ostření (strana 9)

Revolverový nosič objektivů

Stativ mikroskopu

CX31RBSF
CX31RBSFA
CX31RTBISF

Objektiv

Držák preparátu
(strana 10)

Přepavní pojistný kolík*

Přepavní pojistný kolík*

OLYMPUS
CX31

Hlavní spínač
(strana 8)

Kolečko aperturní clony (strana 13)

Kolečko pro nastavení intenzity osvětlení (strana 8)

Centrovací šrouby kondenzoru (strana 13)

Stolek

Kondenzor

Kolečko jemného ostření (strana 9)

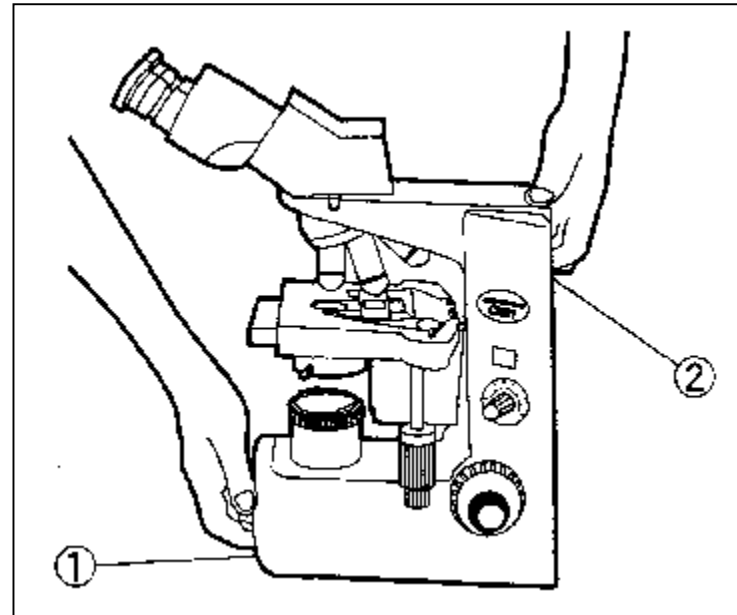
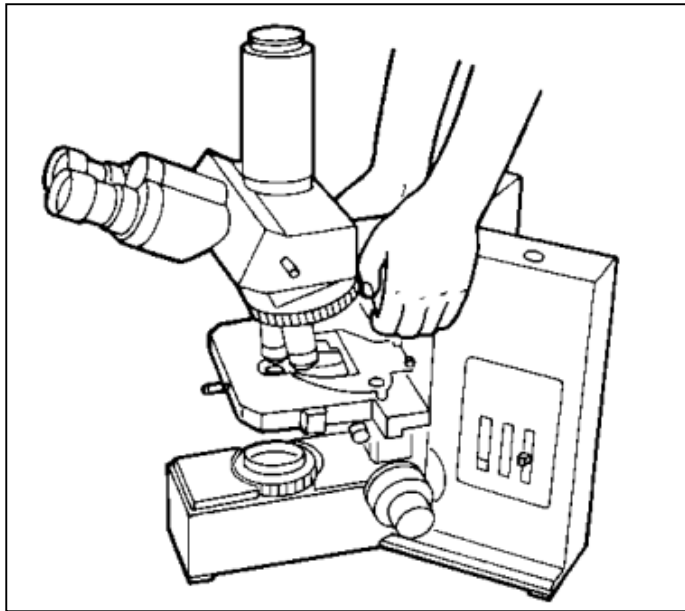
Držák filtru
Umístěte na něj filtr o průměru 45 mm.

Kroužek polní clony

Kolečko osy X (strana 11)

Kolečko osy Y (strana 11)

Transport mikroskopu

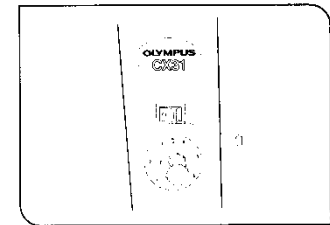


Při jakémkoli přemísťování je nutné mikroskop držet **oběma rukama na dvou určených místech** (1, 2). Jakýkoli jiný způsob přemísťování či posunování po pracovní desce stolu může vést k vážnému poškození mikroskopu!

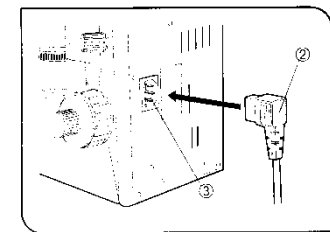
Uvedení mikroskopu do provozu

Před zapnutím mikroskopu kolébkovým spínačem (1) se přesvědčte, že napětí přiváděné ke světelnému zdroji je staženo na minimum, tedy že otočný potenciometr (2) je **nastaven na hodnotu 1**.

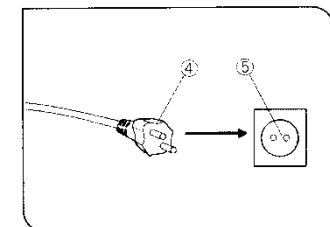
Teprve **po zapnutí spínače** je možné zvyšovat napětí (otáčení potenciometru ve směru šipky) a tedy intenzitu emitovaného světla. Otočný potenciometr používejte i v průběhu mikroskopování k úpravě světelné intenzity, např. vždy při změně objektivu.



Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6

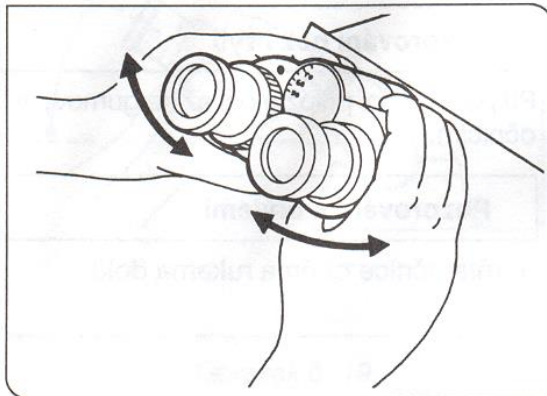
Mikroskopické preparáty

- Trvalé – **s krycím sklíčkem** (*Vicia faba*)
čištění vatou s xylenem



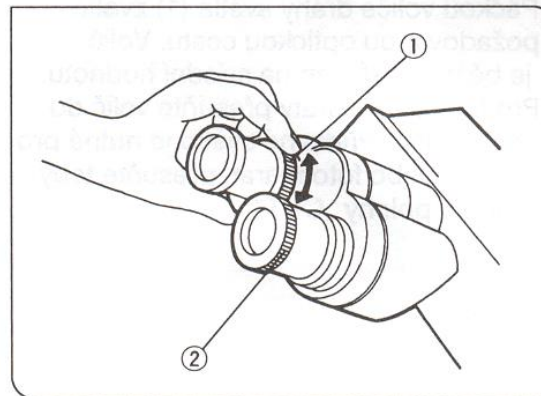
- Trvalé – **bez krycího sklíčka** (lidské chromozomy)
čištění v kyvetě s xylenem !

Seřízení mikroskopu



1 *Nastavení vzdálenosti okulárů*

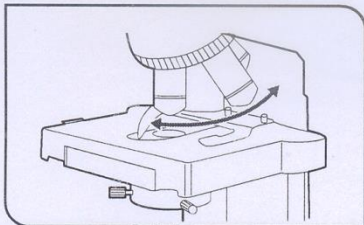
Upravte šířku binokulárního nástavce tak, aby při pohledu do okulárů bylo dobře vidět levým i pravým okem totéž zorné pole. Stupnice napomáhá tomu, abyste mohli mikroskop znovu snadno seřídit.



2 *Dioptrická korekce*

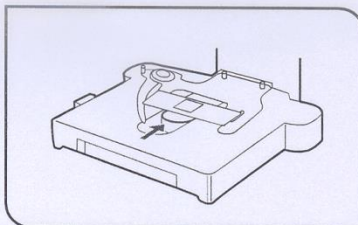
- 1 Dívejte se pravým okem do pravého okuláru a hrubým i jemným posuvem přesně zaostřete.
- 2 Pak při pohledu levým okem do levého okuláru zaostřete obraz pomocí kroužku dioptrické korekce (1).

1



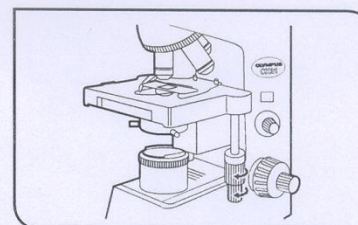
- Otočte revolverový nosič objektivů, aby se do světelné dráhy zařadil objektiv se zvětšením 10x.
- ★ Přesvědčte se, že revolverový nosič objektivů slyšitelně zaskočil.

2



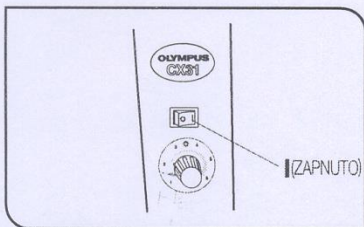
- Uložte preparát na stolek. (strana 10)

3



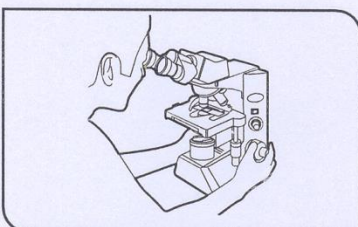
- Otáčejte kolečky osy X a Y k posunutí preparátu do světelné dráhy. (strana 11)

4



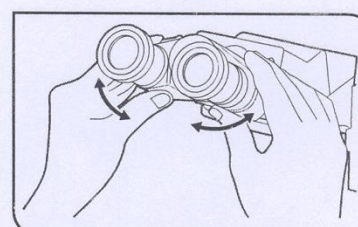
- Hlavní spínač přepněte do polohy „I“ (ZAPNUTO) a pomocí kolečka pro nastavení intenzity osvětlení nastavte osvětlení. (strana 8)

5



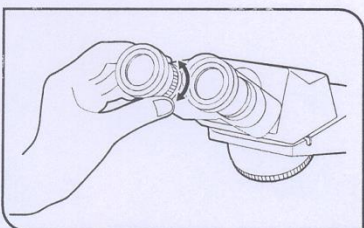
- Otáčejte kolečky hrubého a jemného ostření k zaostření na preparát.

6



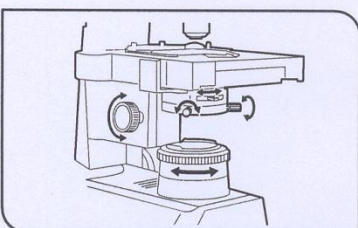
- Nastavte vzdálenost okulárů. (strana 11)
- Pokud je použit sklopný tubus, nastavte jeho úhel sklonu. (strana 11)

7



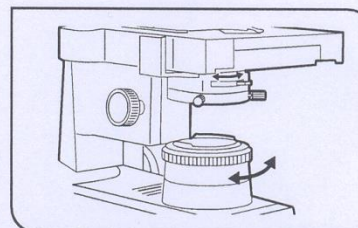
- Nastavte dioptrickou korekci. (strana 11)

8



- Centrování polní clony. (strana 13)

9

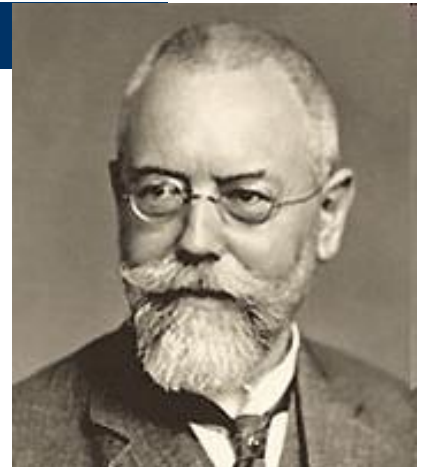


- Nastavte aperturní clonu a polní clonu. (strana 8)

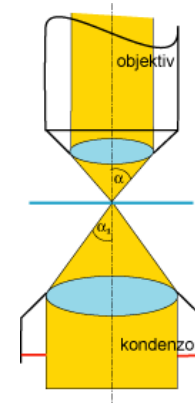
Kohlerův princip

Seřízení osvětlení mikroskopu podle Köhlerova principu

- pro **optimalizaci** osvětlení v mikroskopu
- optimální využití optického potenciálu mikroskopu, **numerické apertury** objektivu a tím i jeho rozlišení
- výsledkem Köhlerova nastavení by mělo být **rovnoměrné a maximální osvětlení průhledného preparátu**, ležícího v předmětové rovině. Současně by měla být dosažena nejlepší kombinace mezi **rozlišovací schopností a kontrastem**.



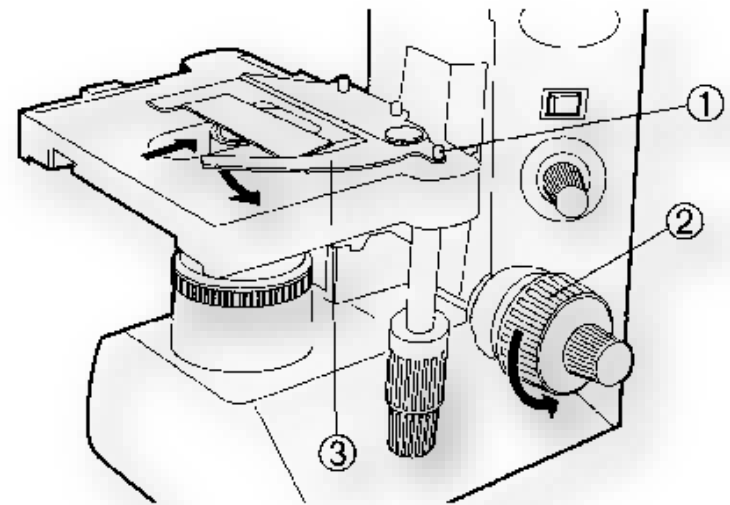
August Köhler (1866 -1948)



Seřízení mikroskopu podle Köhlerova principu

- Musíme mít preparát – trvalé preparáty *Vicia faba* (dobře kontrastní – barveno Feulgenem)

Na pracovní stůlek mikroskopu vložte připravený preparát tak, že pomocí páčky (1) odkloníte držák preparátu (3). Zaostřete na preparát pomocí ostřicího šroubu (2).



Seřízení mikroskopu podle Köhlerova principu

(polní clona, výška kondenzoru, aperturní clona)

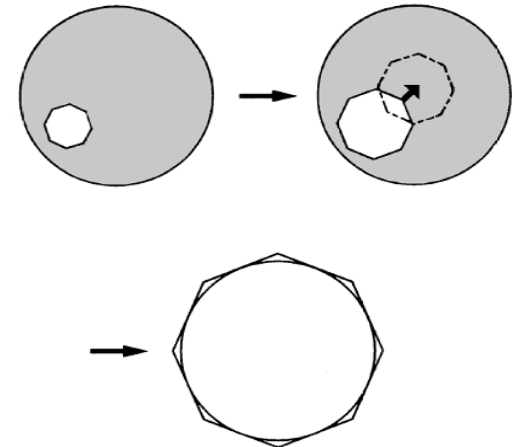
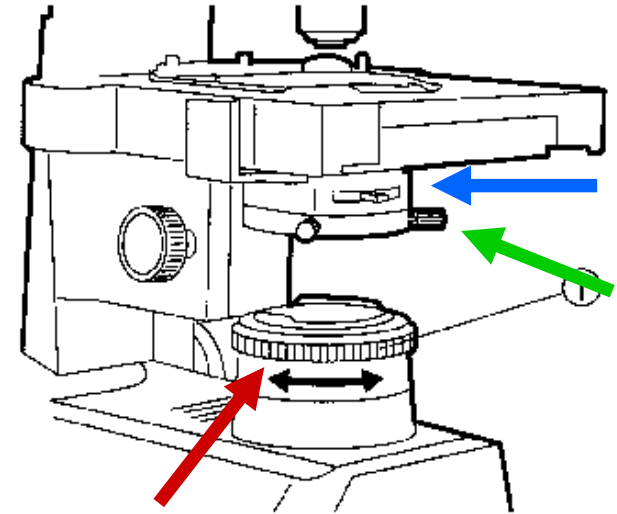
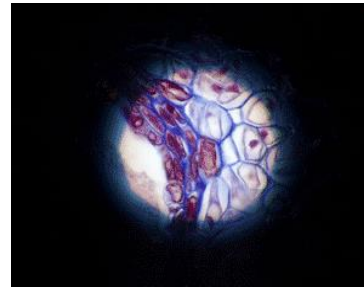
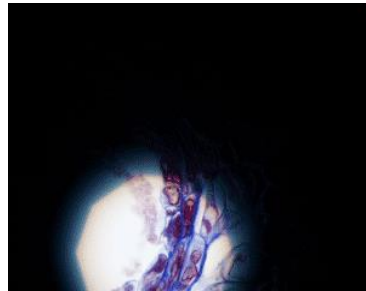
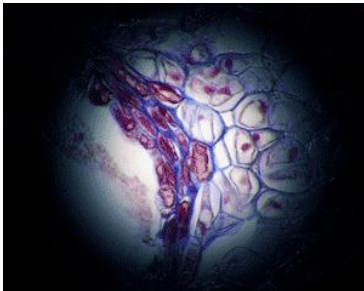
Polní clona

- Nastavte objektiv 10x (případně očistěte objektiv od imerze) a **zaostřete buňky** preparátu.
- Zavřete **polní clonku** tak, až uvidíte její obrys v zorném poli. Obraz polní clonky (světlý kotouček) v této fázi nemusí být ve středu zorného pole a nemusí mít zaostřené okraje.
- Zaostřete obraz polní clonky tím, že snižujete nebo zvyšujete polohu **kondenzoru – ostré okraje clony !**
- Vycentrujte obraz polní clonky tak, aby byl přesně ve středu zorného pole použitím **centrovacích šroubů** na obvodu kondenzoru.
- Otevřete clonu; při správném vycentrování se okraje budou **krýt s okrajem zorného pole**.

- zaostřený preparát s
přivřenou polní clonou...

- polní clona po
zaostření...

- .. a vycentrování



Správně – v této poloze
nechat kondenzor !

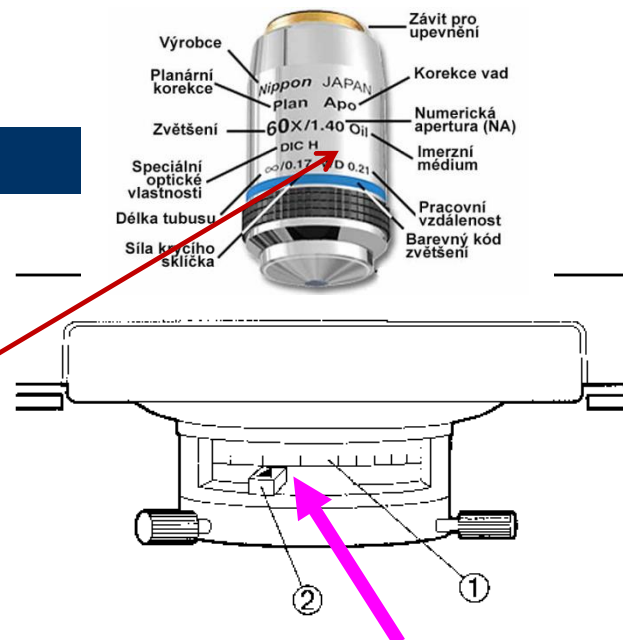
Seřízení mikroskopu podle Köhlerova principu

Aperturní clonka - umístěná na kondenzoru. Její otevřenost nastavte pomocí páčky maximálně na hodnotu NA objektivu, který právě používáte. Nejlepších výsledků bývá dosaženo při nastavení aperturní clony na **70 až 80 % NA objektivu**.

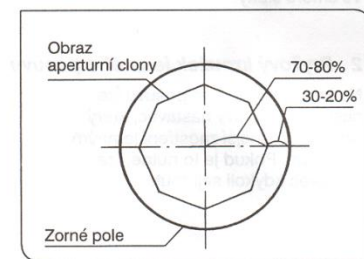
S postupným uzavíráním aperturní clony se zvyšuje hloubka ostrosti a **zvyšuje kontrast**, postupně však vystupují i různé nečistoty nebo nežádoucí vrstvy buněk.

A co když na kondenzoru není stupnice?

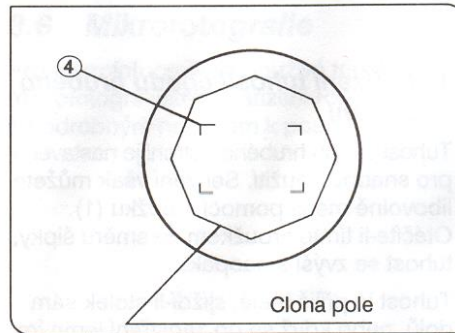
Vyjměte okulár a přivřete aperturní clonu, až ji uvidíte na zadní straně čočky objektivu. Otevřete aperturní clonu tak, aby odpovídala **70 – 80%** plochy maximálního zorného pole.



Se stupnicí nebo bez stupnice



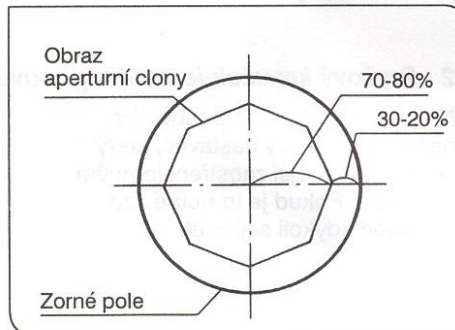
Obrázek č. 22



Obrázek č. 21

Clona pole

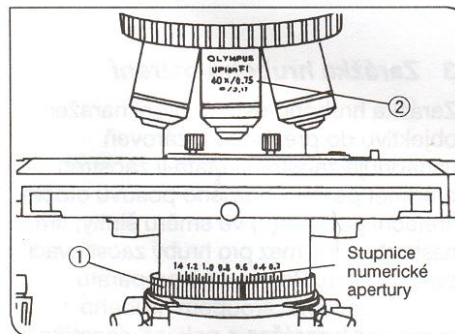
Irisová clona pole zmenšuje průměr svazku paprsků, který vstupuje do kondenzoru, tím omezuje světlo, které se na tvorbě obrazu nepodílí a tak zlepšuje kontrast obrazu. Průměr clony pole má být přizpůsoben zvětšení objektivu tak, aby obraz otvoru clony byl o něco větší než pozorované pole. Při fotografování je vhodné uzavřít clonu tak, aby osvětlené pole bylo jen o málo větší než odpovídající formát filmu (4).



Obrázek č. 22

Aperturní clona

- Aperturní irisová clona kondenzoru určuje numerickou aperturu osvětlovací soustavy, která by pro dosažení lepšího rozlišení, vyššího kontrastu a také větší hloubky ostrosti měla souhlasit s numerickou aperturou objektivu.
- Protože preparáty bývají obvykle málo kontrastní, doporučuje se nastavit clonu kondenzoru jen na 70 až 80% numerické apertury použitého objektivu.



Obrázek č. 23

Nastavení numerické apertury

Nastavte numerickou aperturu kondenzoru (1) na asi 80% hodnoty na objektivu (2).

Například: Pro objektiv Plan 40x (NA 0,65) nastavte na stupnici hodnotu 0,5 ($0,65 \times 0,8 = 0,5$).

Kondenzor se stupnicí – nastavení dle NA objektivu

Máme seřízený mikroskop!

...ale pouze pro danou kombinaci objektivu a okuláru !

- každý objektiv má jinou hodnotu NA !

Teď už se bude měnit jenom **aperturní clonka kondenzoru** – při každé výměně objektivu ji musíme nastavit na **70 – 80% hodnoty NA daného objektivu !**

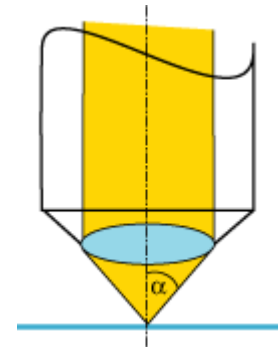
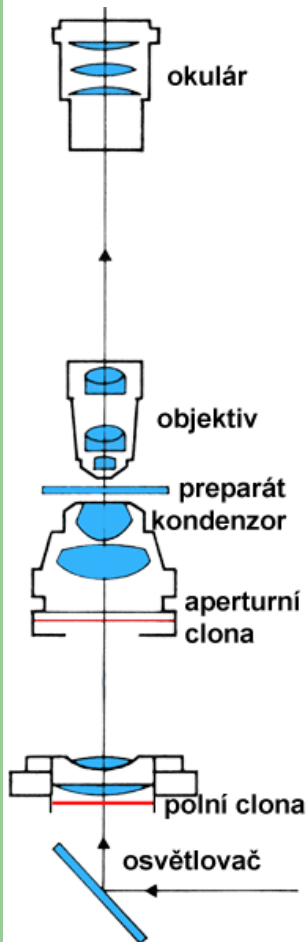
Př. zvolte objektiv 40x a znovu seříd'te clonu kondenzoru

Úkol 2:

Pozorování chromozomů *Vicia faba*, práce se suchým a imerzním objektivem



Objektiv – suchý a imerzní



$$NA = \eta \cdot \sin \alpha$$

η - index lomu média před frontální čočkou

α - 1/2 otvorového úhlu

$\eta_{\text{imerzní olej}} = 1,512$

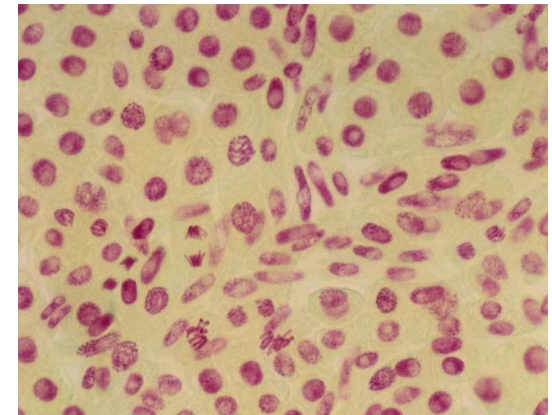
$\eta_{\text{vzduch}} = 1$

Postup při práci se suchým objektivem

- preparát uložíme tak, aby prohlížená část byla ve středu
- kondenzor snížíme dle použitého objektivu (čím je zvětšení menší, tím je kondenzor níže), aperturní clonu kondenzoru otevřeme (na 80 % velikosti numerické apert. objektivu)
- **makrošroubem** snižujeme tubus a v okuláru sledujeme, kdy se objeví záblesk obrazu a doostříme **mikrošroubem**

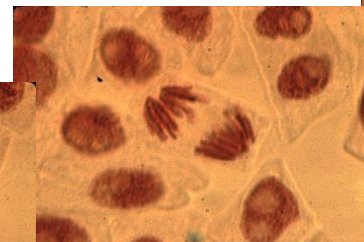
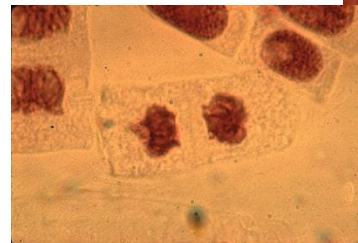
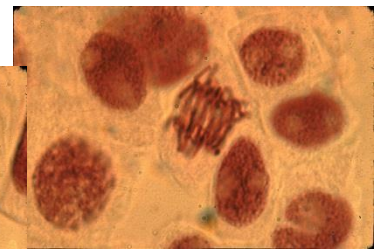
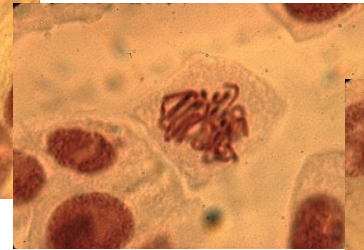
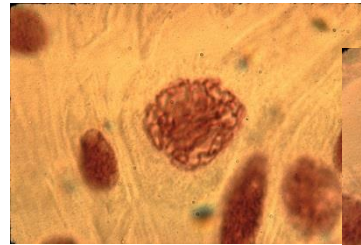
Pozorování chromozomů *V. faba* suchým objektivem

- Sklo položte (buňkami nahoru!) na stolek mikroskopu a prohlížejte objektivem o malém zvětšení (4x–10x).
- **Najděte a pozorujte jednotlivé fáze mitózy v preparátech *Vicia faba*.**
- Po zaostření na vhodnou mitózu použijte objektiv s vyšším zvětšením (**nejlépe 40x-45x**) – pozor při zaostřování (nebezpečí poškození preparátu a znehodnocení objektivu!)
- **Spočítejte 1000 buněk a určete mitotický index.**



MI = počet buněk v mitóze/celkový počet buněk

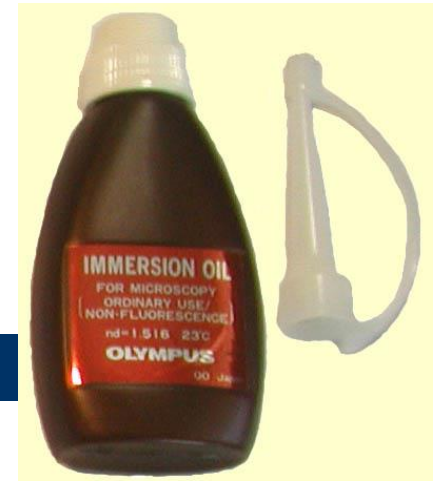
Pozorování chromozomů *V. faba* suchým objektivem - mitóza



Postup při práci s imerzním objektivem

- preparát uložíme tak, aby prohlížená část byla ve středu
- upravíme hodnotu **aperturní clony otevřeme**
- **na preparát kápneme imerzní olej** (pokud pracujeme s dvojitou imerzí, kápneme olej také na čočku kondenzoru – ještě než ho zvedneme nahoru)
- **makrošroubem snižujeme tubus a pozorováním ze strany sledujeme, kdy se čočka objektivu spojí s olejovou kapkou (záblesk na hraně podložního skla), dále objektiv nesnižujeme díváme se do okulárů a jemným otáčením makrošroubu zvedáme tubus, jakmile se objeví preparát, doostříme mikrošroubem**
- po skončení pozorování zvedneme tubus, preparát odsuneme a pokud nepokračujeme v práci s imerzí, ihned řádně očistíme objektiv (i kondenzor, pokud pracujeme s dvojitou imerzí).

Imerzní olej



Oil Immersion and Numerical Aperture

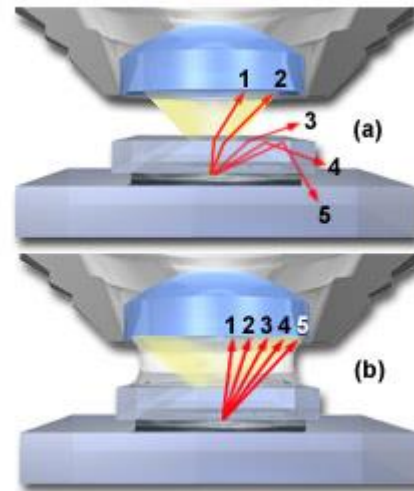


Figure 1

Nemíchat imerzní oleje od různých výrobců !!!

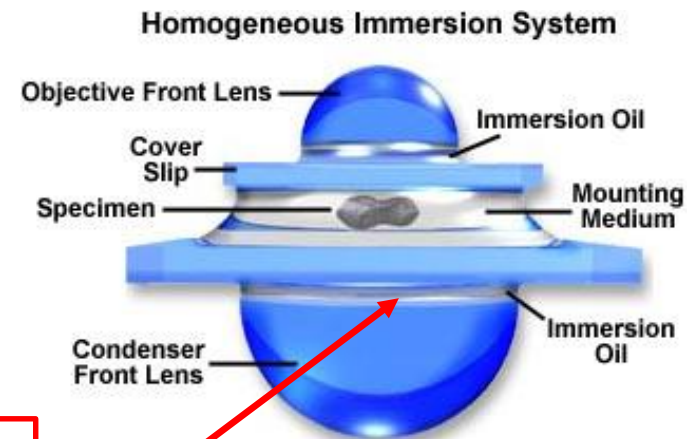


Figure 2

Čištění objektivů od im. oleje – směs alkohol - éter 7 : 3

Imerzní olej i pod kondenzor !!!

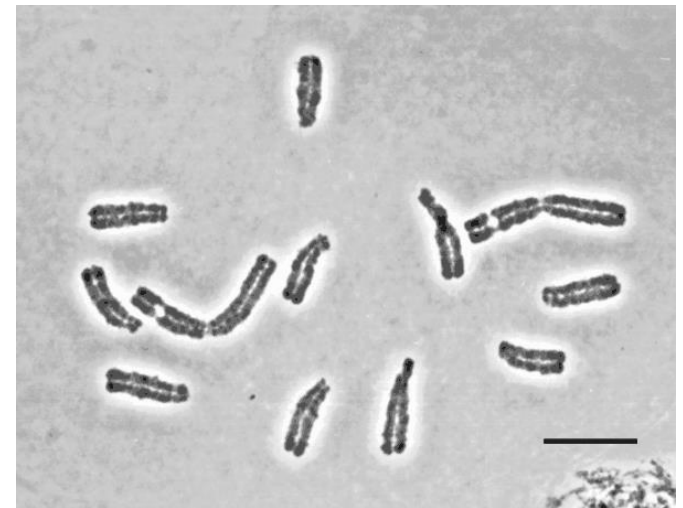
Nejčastější závady

- **nedostatečně osvětlené zorné pole** – špatně seřízené světlo, snížený kondenzor, zúžená clona
- **přesvětlené zorné pole** – zvýšený kondenzor, příliš otevřená clona a intenzivní světlo
- **objektiv není přetočen přesně do optické osy**
- **čočky objektivu nebo okuláru jsou znečištěny**
- preparát není zcela suchý – i malé zbytky vody vytvářejí s imerzním olejem neprůhlednou emulzi
- **preparát s krycím sklem je položen obráceně**

Pozorování chromozomů *V. faba* imerzním objektivem

- Po zaostření na vhodnou mitózu použijte objektiv se zvětšením 100x – pozor při zaostřování (nebezpečí poškození preparátu a znehodnocení objektivu!)
- **Kolik chromozomů má bob?**

**Správná odpověď je:
12 (nebo 6 párů)**



Alteration by centric fission of the diploid chromosome number in *Vicia faba* L.

I. Schubert & R. Rieger

Zentralinstitut für Genetik und Kulturpflanzenforschung, AdW, DDR-4325 Gatersleben, G.D.R.

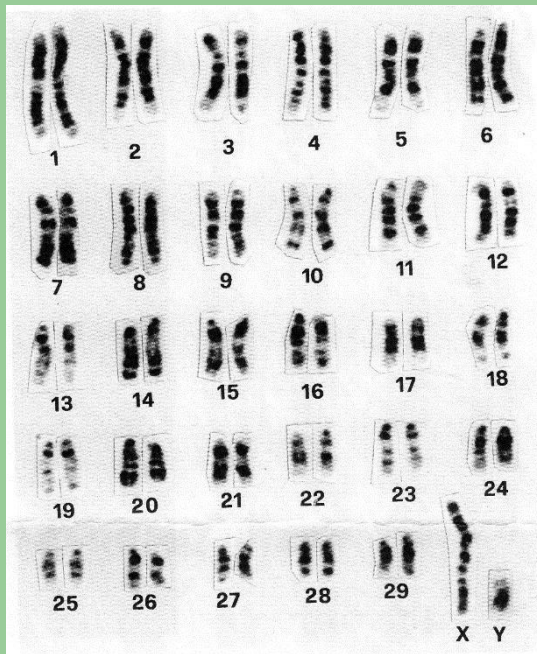
Received 13.9.1989 Accepted 27.1.1990

Abstract

An individual with a diploid chromosome complement of $2n=14$ instead of $2n=12$ is described for the broad bean *Vicia faba* L. This karyotypic deviation resulted from 'centromere splitting' of the wildtype metacentric satellite chromosome pair as demonstrated by Giemsa banding pattern. It is the first case of centric fission observed in this species. Our data support the hypothetical mechanism of Robertsonian rearrangements suggested by Holmquist and Dancis (Genetica 52-53: 151-163, 1980).



Úkol 3: Pozorování a počítání živočišných chromozomů



Pozorujte pod mikroskopem chromozomy **býka, žirafy, nosorožce, sitatungy, kudu velkého, hyeny, orangutana** a pokuste se přiřadit jednotlivé preparáty danému živočišnému druhu.





Tur domácí
(*Bos taurus*)
 $2n = 60$
(akrocentrické
chromozomy)



Hyena skvrnitá
(*Crocuta crocuta*)
 $2n = 40$



Žirafa sít'ovaná
(*Giraffa camelopardalis
reticulata*)
 $2n = 30$



Nosorožec černý
(*Diceros bicornis*)
 $2n = 84$



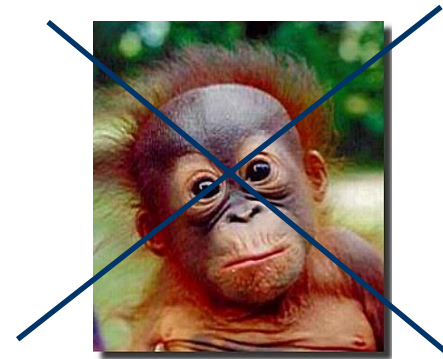
Kudu velký
(*Tragelaphus
strepsiceros*)
 $2n = 32$ ♀, 31 ♂ (t(13;Y)**)**



**Nosorožec bílý
(tuonosý)**
(*Ceratotherium simum*)
 $2n = 82$



Sitatunga
(Lesoň bahenní)
(*Tragelaphus spekeii*)
 $2n = 30$



Orangutan
(*Pongo pygmaeus*)
 $2n = 48$

Pes domácí
(*Canis lupus f. familiaris*)
2n=78



Antilopa skákavá
(*Antidorcas marsupialis*)
2n=56



Voduška abok
(*Kobus megaceros*)
2n=52

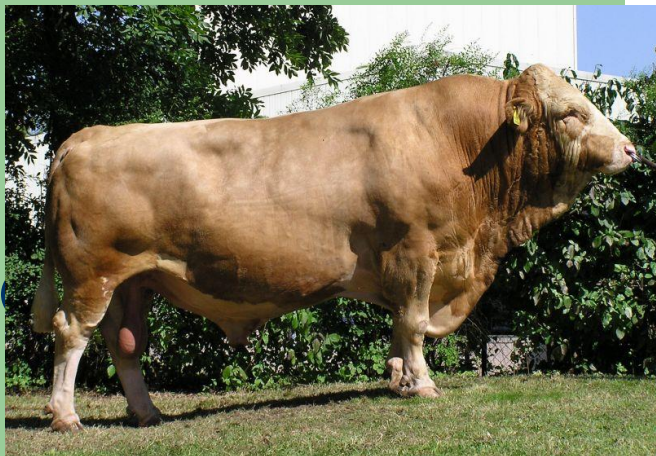


Pakůň běloocasý
(*Connochaetes gnou*)
2n=58



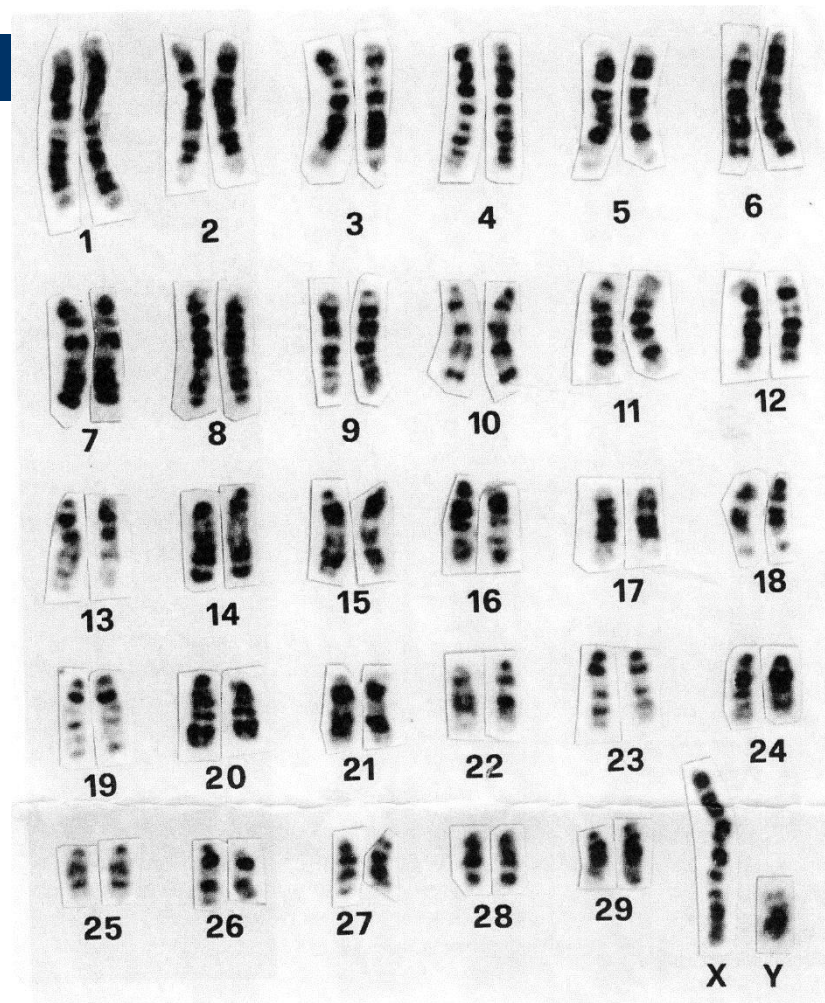
Postup

- A) vyhledání dobře rozložených mitóz (objektiv 10x) - suchý
- B) pozorování a počítání chromozomů (objektiv 100x) - imerzní
- objektiv **vyhledávací a hodnotící**



Tur domácí (*Bos taurus*)

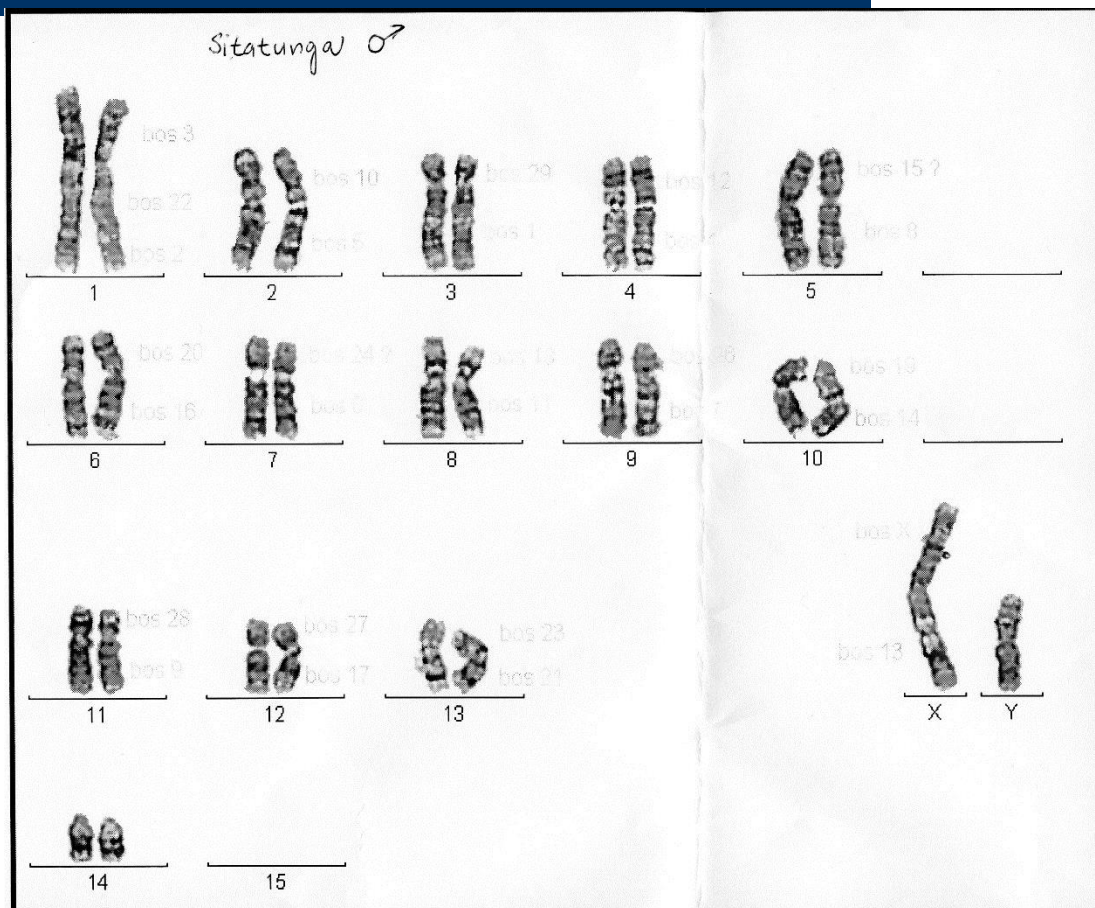
$2n = 60$ (akrocentrické chromozomy)





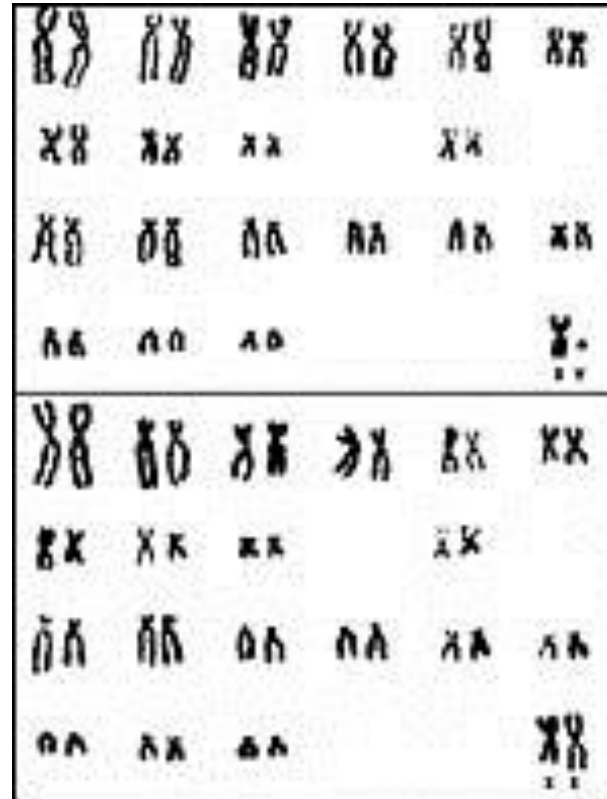
Sitatunga (Lesoň bahenní) (*Tragelaphus spekei*)

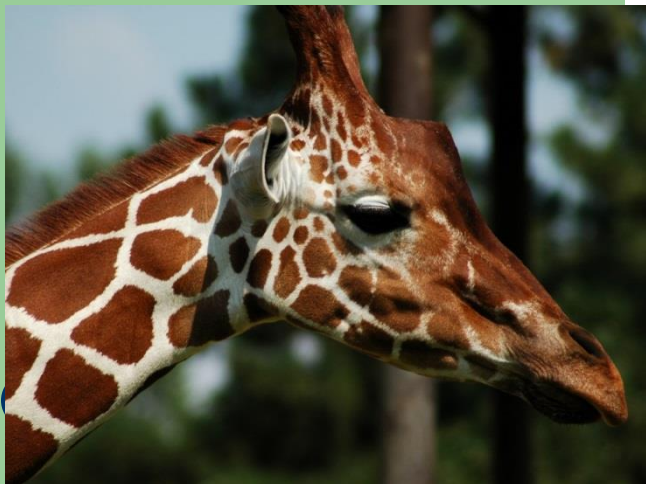
$$2n = 30$$



Hyena skvrnitá (*Crocuta crocuta*)

$2n = 40$





Žirafa síťovaná (*Giraffa camelopardalis reticulata*) $2n = 30$



- *Giraffa camelopardalis giraffa*
- *G. c. rothschildi*
- *G. c. tippelskirchi*
- *G. c. reticulata*
- *G. c. camelopardalis*
- *G. c. antiquorum*
- *G. c. peralta*
- *G. c. thomicrofti*



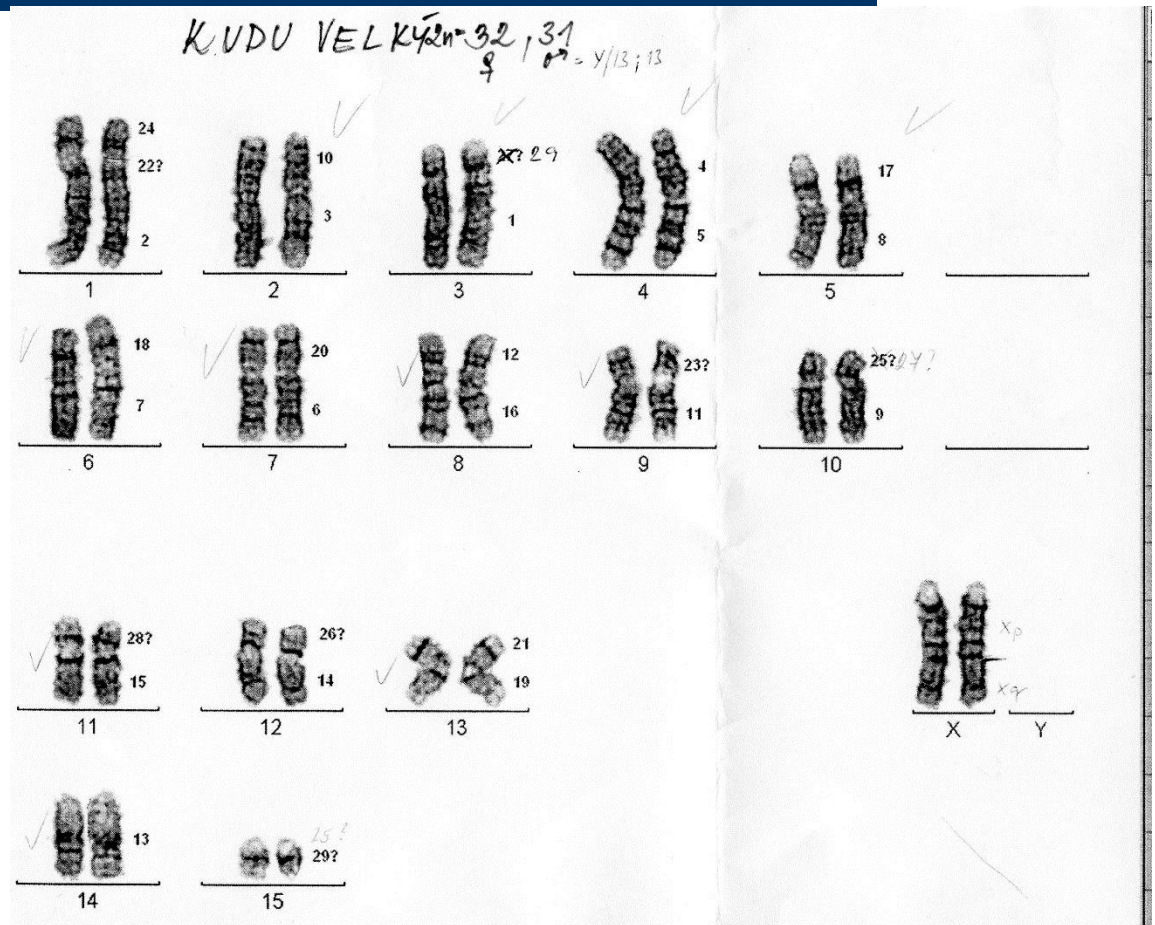


www.naturfoto.cz

© Jan Ševčík

Kudu velký (Tragelaphus strepsiceros)

$2n = 32 \text{ ♀}, 31 \text{ ♂} (t(13;Y))$



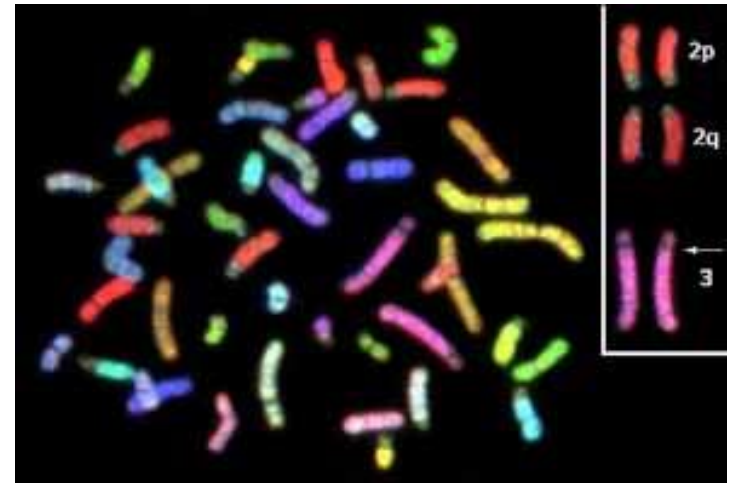
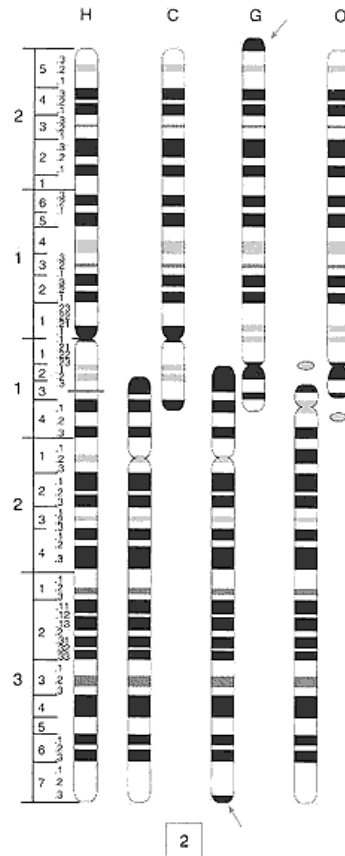


Orangutan (*Pongo pygmaeus*)

Orangutan bornejský (*P.p.pygmaeus*)

Orangutan sumaterský (*P.p.abelii*)

$$2n = 48$$





Black Rhinoceros range

Nosorožec černý (*Diceros bicornis*)

$$2n = 84$$

Nosorožec bílý (tuonosý) (*Ceratotherium simum*)

$$2n = 82$$



White Rhinoceros original range [orange: Northern (*C. s. cottoni*), green: Southern (*C. s. simum*)].

Porovnání dle velikosti dospělých jedinců nosorožců

Nosorožec (hmotnost, délka, výška)
 Indický (1,6-2,6t, 420cm, 190cm)
 Bílý (1,8t, 450cm, 180cm)
 Černý (1,5t, 350cm, 170cm)
 Jávský (2t, 300cm, 170cm)
 Sumaterský (1t, 300cm, 140cm)

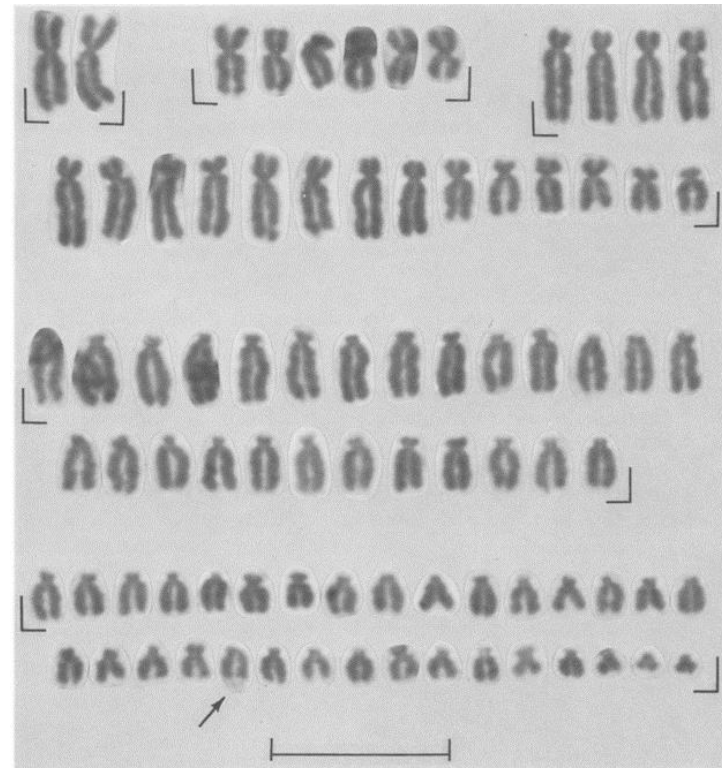
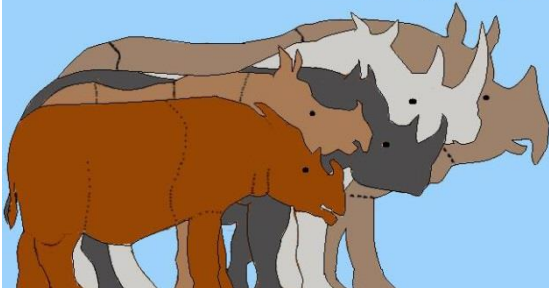


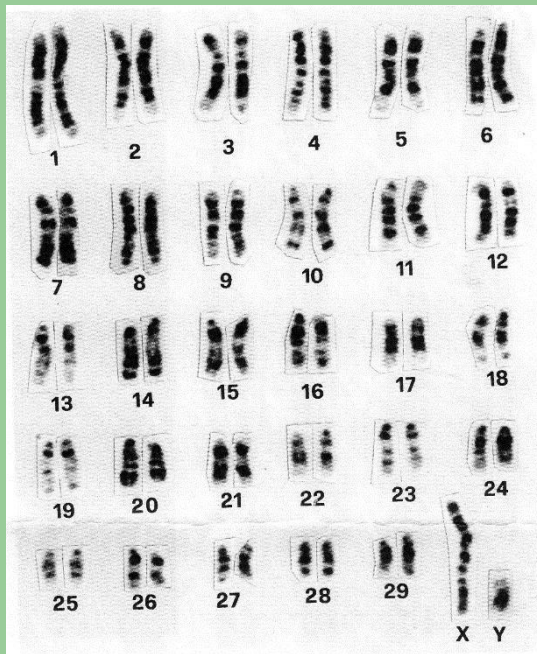
FIG. 1. Chromosomes of a black rhinoceros (acquisition 114M). Satellites (arrow) were consistently seen on one small acrocentric chromosome. Scale indicates 10 μ .

Cytogenetika živočichů

• Prase	$2n = 40$ (38)	• Býk	$2n = 60$
• Pes	$2n = 78$	• Hyena	$2n = 40$
• Žirafa	$2n = 30$	• Kudu	$2n = 32$
• Zebu bílý	$2n = 60$	• Ovce tlustorohá	$2n = 54$
• Nosorožec bílý	$2n = 82$	• Orangutan	$2n = 48$
• Nosorožec černý	$2n = 84$	• Antilopa skákavá	$2n = 56$
• Siatunga	$2n = 30$	• Velbloud	$2n = 70$
• Jelen	$2n = 68$	• Voduška	$2n = 52$
• Pakůň	$2n = 58$		

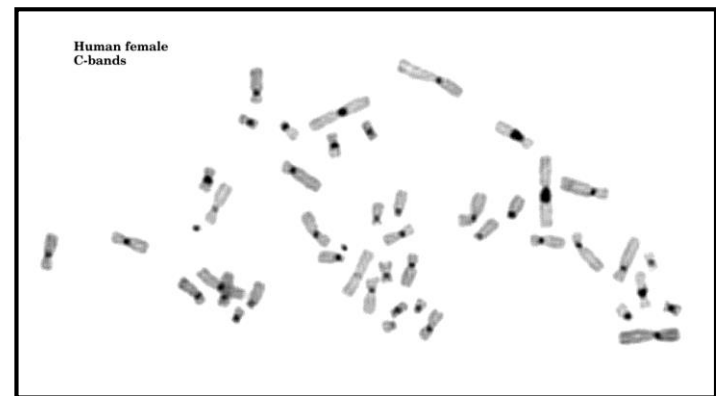
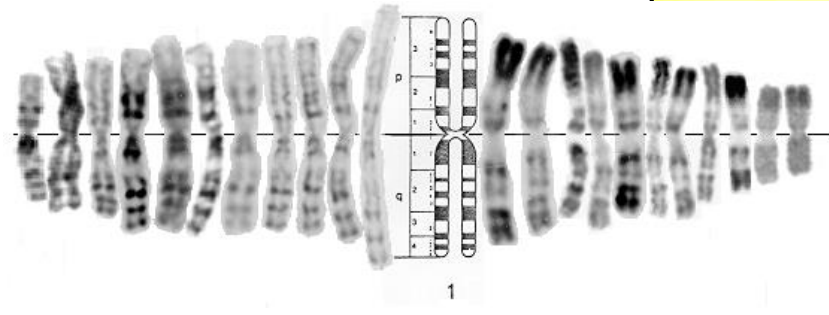
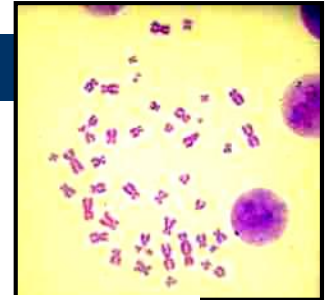
Úkol 4:

Pozorování lidských chromozomů v procházejícím světle



Typy barvení lidských chromozomů

- Klasické barvení
- G-pruhování
- R-pruhování
- C-pruhování



Pozorování a počítání lidských chromozomů pod mikroskopem

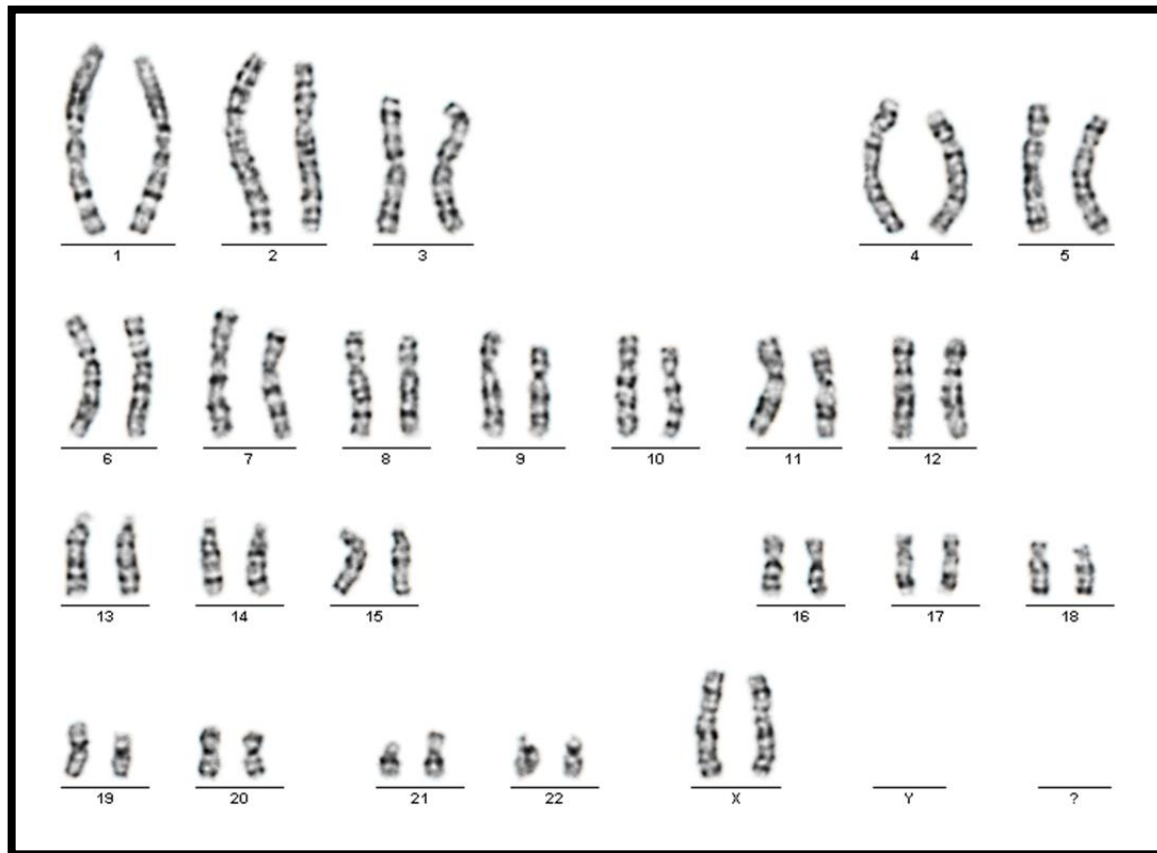
- Preparáty byly získány z dělicích se **lymfocytů lidské periferní krve**.
- Krev jsme po odběru kultivovali v médiu, kde byly buňky přinuceny k mitotickému dělení.
- Vzniklou suspenzi jsme fixovali, nakapali na skla a napruhovali pomocí **G-pruhů** (bližší postup v dalším cvičení)

Preparáty jsou bez krycího sklíčka – nestírat imerzi !!!

Pozorování lidských chromozomů pod mikroskopem

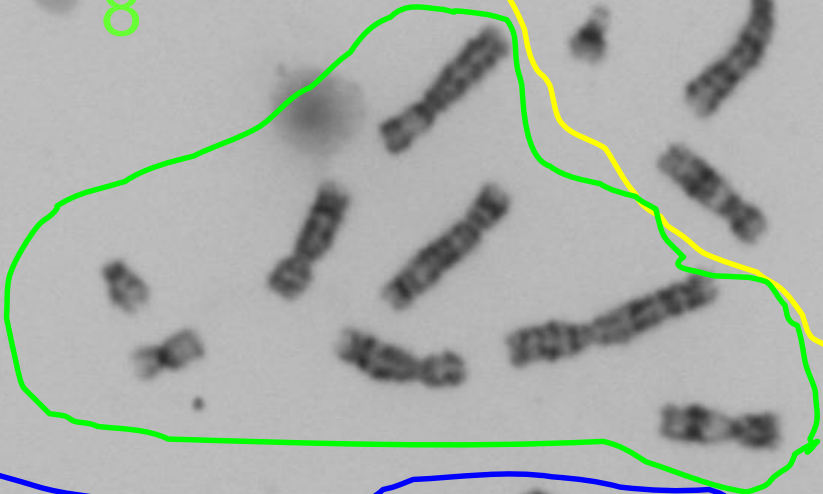
- Sklo položte (buňkami nahoru!) na stolek mikroskopu a prohlížejte objektivem o malém zvětšení (**10x**).
- Po vyhledání vhodné mitózy použijte objektiv s vyšším zvětšením (nejlépe **100x**) a pozorujte chromozomy barvené G-pruhováním.
- Vhodnou mitózu zakreslete a zkuste spočítat chromozomy.

Karyotyp člověka





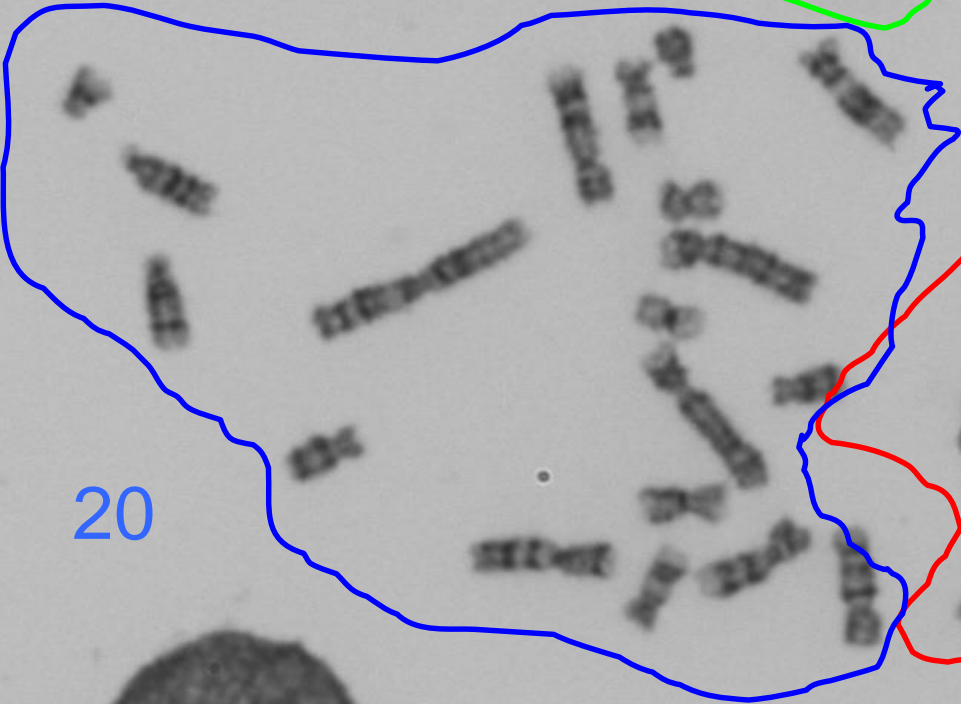
8



9

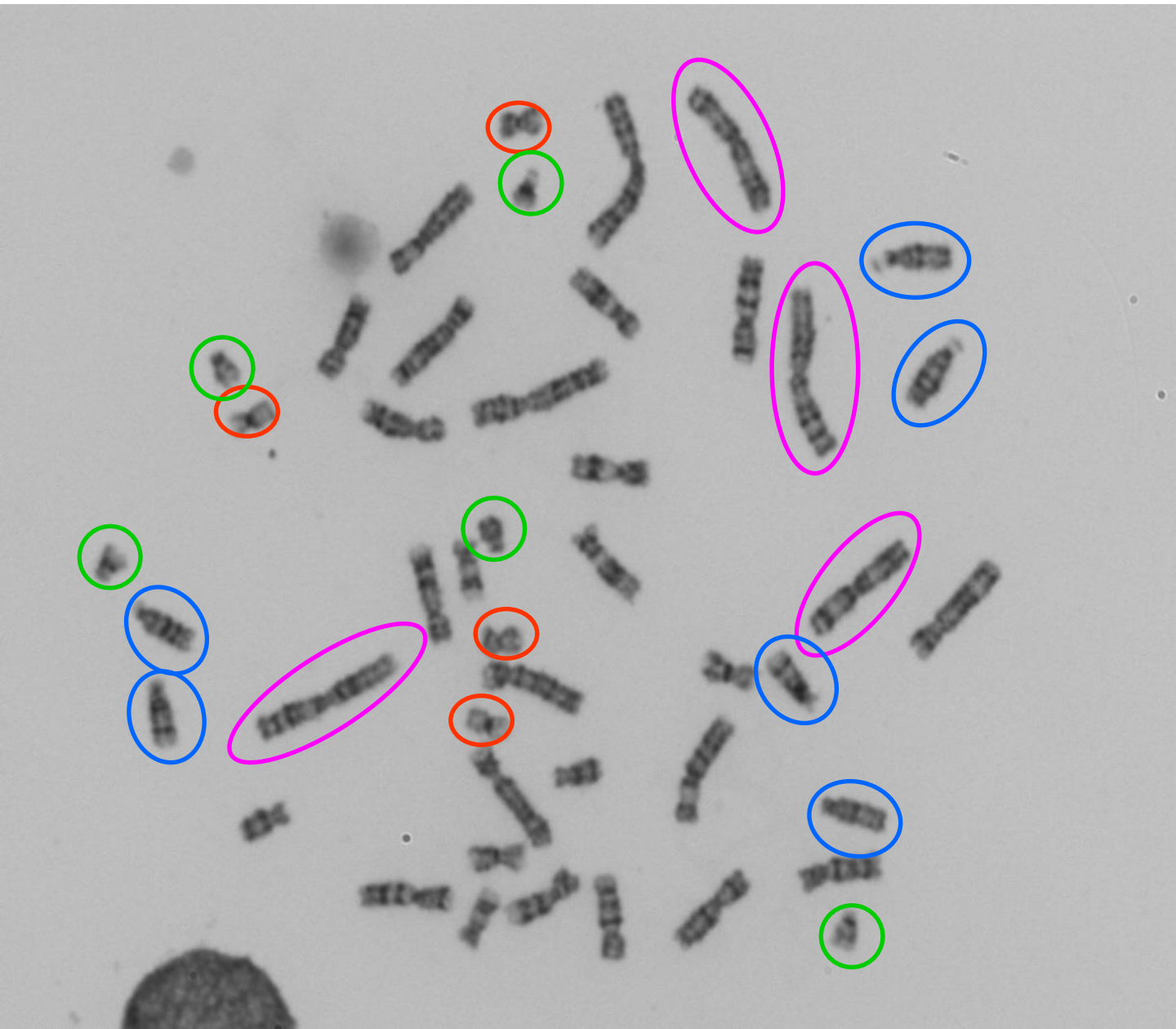


20



9





velké metacentry

malé metacentry

velké akrocentry

malé akrocentry

**zbytek -
submetacentry**

Patologické nálezy

- 47,XXY
- ring 21
- 45,X
- 46,XX
- 45,X[9]/47,XXX[1]
- 45,XY,der(13;14)
- 47,+21
- 46,XX,t(4;5)
- 46,XY,t(6;7)
- 47,+mar
- 47,XXX