Geometrisk optik

Facit

Facit: en avbildning

Sfärisk gränsyta

1) l=-2,0 mm, n=4/3 och n'=1. $m=L/L'=nl'/(n'l)$=1,25 ger l'=-1,875 mm. Avbildningsformeln för sfärisk gränsyta $L'=L+(n'-n)/r$ ger $r=-2,5$ *mm*.

2) Bilden måste hamna på näthinnan, så l'=22,22 mm och l=-6,0 m ger L=1/-6=-0,1667 D och L'=(4/3)/0,02222=60 -> $m=L/L'=-0,00278$. Det ger $h=h'/m=0,000004/0,00278=0,0014$ *m = 1,4 mm.*

3) Sag-formeln ger $r=y^2/(2s)$. $y=a/2$=15 mm, $s=b-c$=4,5 mm ger r=25 mm. Då blir $F=(n-1)/r=(1,5-1)/0,025=20$ D

4) Styrka före operationen F=(1,336-1)/0,0078=43,1 D. Styrka efter operationen blir 38,1 D. Då blir krökningsradien r=(1,336-1)/38,1=0,00882 m. Sag-formeln med y=3 mm ger att $s_{före}=y^2/(2r_{före})=0,577$ mm samt att $s_{efter}=0,510$ mm. Differensen blir 67 µm.

5) F=(1,52-1)/0,2=2,6 D. L=1/-0,15=-6,667 D. $L'=L+F$ -> L'=-6,667+2,6=-4,067 D. Notera att n' är brytningsindex för bildrymden, trots att vi har negativ bildvergens, vilket ger $l'=n'/L'$=1,52/-4,067=-0,3738 m = -37,38 cm. Förstoring ges av $m=L/L'$=-6,667/-4,067=1,64, så bildstorleken blir 1,64 cm (rättvänd).

6) Sagformeln ger $r=-y^2/2s$=-1 m. Då blir $F=(n'-n)/r$=(-1-1)/-1=2 D. Om $l=-0,6$ m blir L=-1,667 D och L'=0,333 D. Det ger l'=-1/0,333=-3 m. Förstoringen blir $m=L/L'$=-1,667/0,333=-5 ggr.

7) L=1/-0,3=-3,33 D. $F=(n'-n)/r$=(-1-1)/0,04=-50 D. $L'=L+F$=-53,33 D Det ger bildavstånd l'=-1/-53,33=0,01875 m=18,75 mm. Bilden ligger alltså efter ytan (d.v.s. inuti glaskulan). Förstoringen blir m=-3,33/-53,33=0,062, en förminskning. Då blir $h'=hm$=4,2 mm.

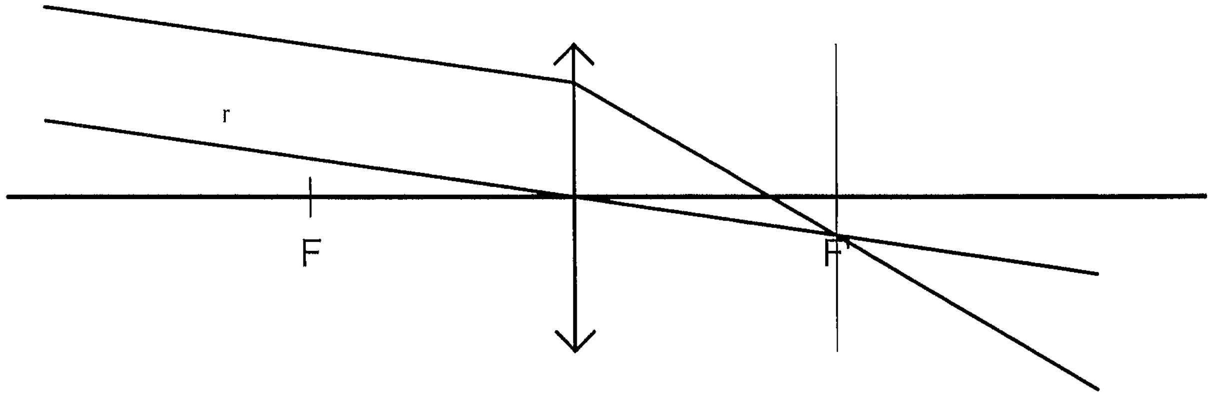
8) $F=(n'-n)/r$=(-1-1)/0,1=-20 D. L=-10 D -> L'=-30 D -> $l'=n'/L'$=-1/-30=0,0333 m. Förstoring blir $m=L/L'$=-10/-30=1/3. Bilden hamnar 3,33 cm efter spegeln och förminskas till en tredjedel och blir 1 cm stor (rättvänd).

9) $F=(n'-n)/r$=(-1-1)/-0,15=13,33 D. L=-20 D -> L'=-6,67 D -> $l'=n'/L'$=-1/-6,67=0,15 m. Förstoring blir $m=L/L'$=-20/-6,67=3. Bilden hamnar 15 cm efter spegeln och förstoras med en faktor tre till 9 cm (rättvänd).

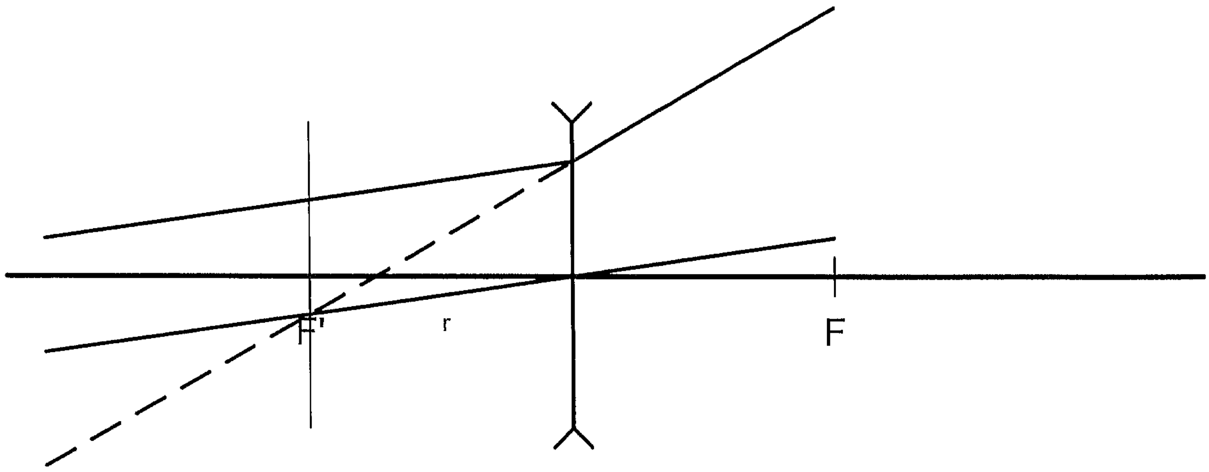
10) $F=(n'-n)/r$=-2/0,008=-250 D. L=1/-0,2=-5 D. $L'=L+F$=-255 D. Det ger $m=-5/-255=0,02$, $l'=n'/L'=0,00392$ l'=3,92 mm. Bilden hamnar 3,92 mm inuti ögat och blir 60*0,02=1,2 mm stor.

11 Rita in fortsatt strålgång. Använd hjälpstråle.

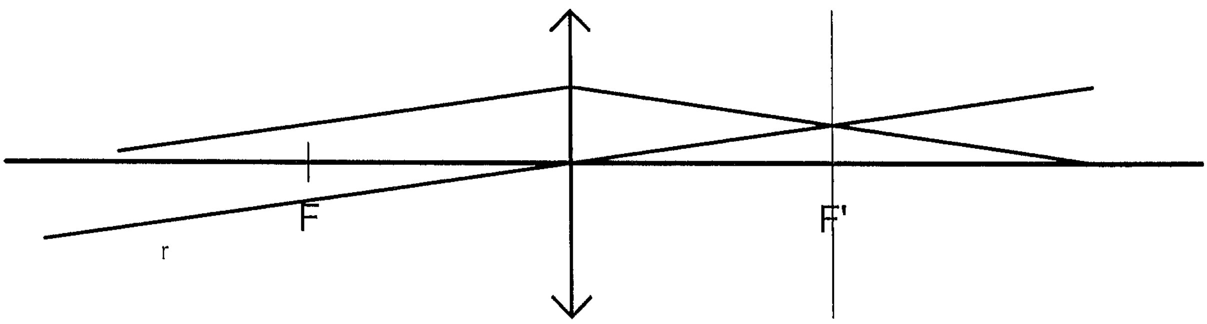
a)



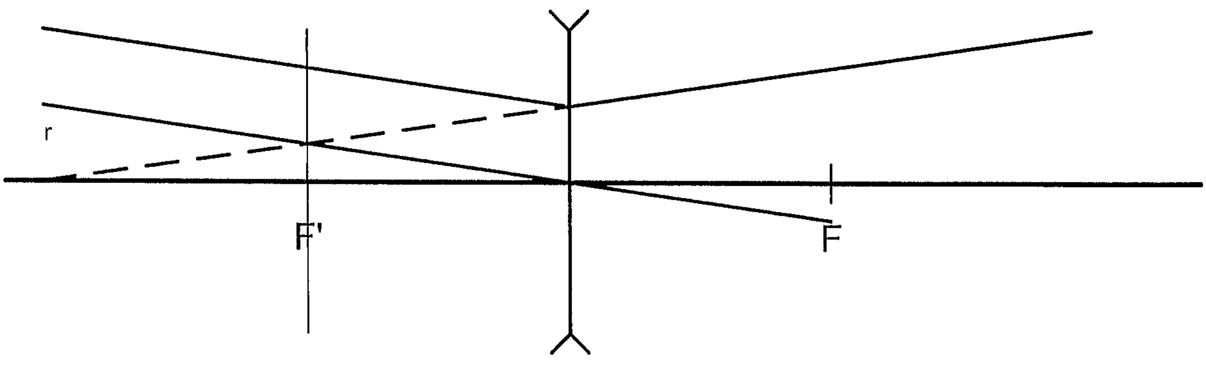
b)



c)



d)



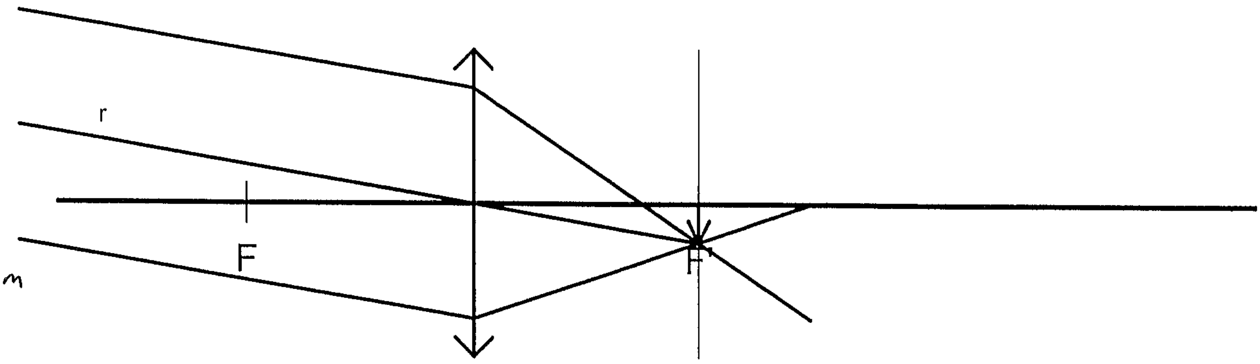
12

Avbilda de avlägsna objekten.

Bilderna hamnar i fokalpunkterna

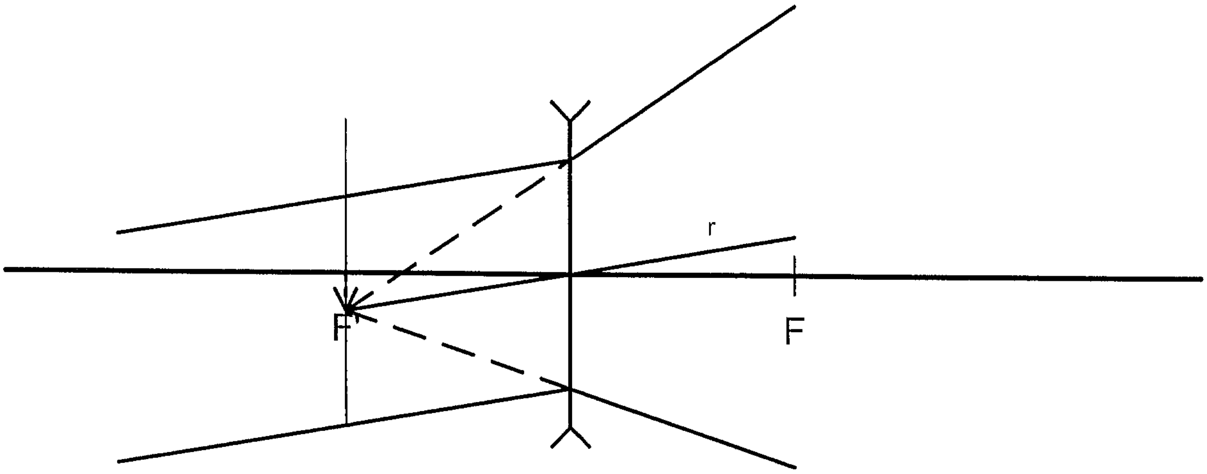
a)

$h' = -5$ mm



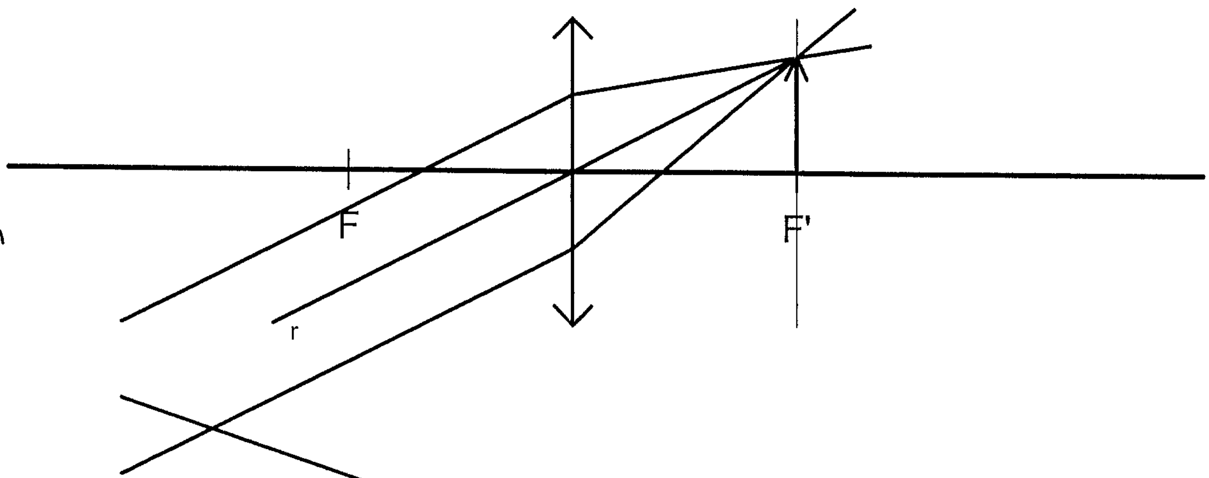
b)

$h' = -5$ mm



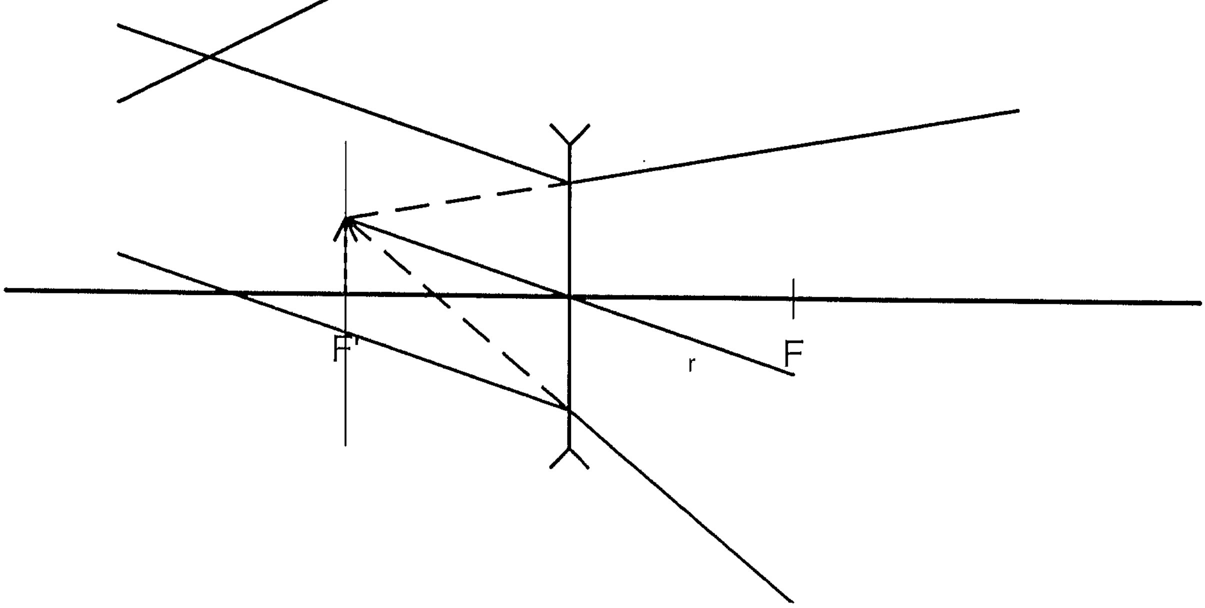
c)

$h' = 15$ mm



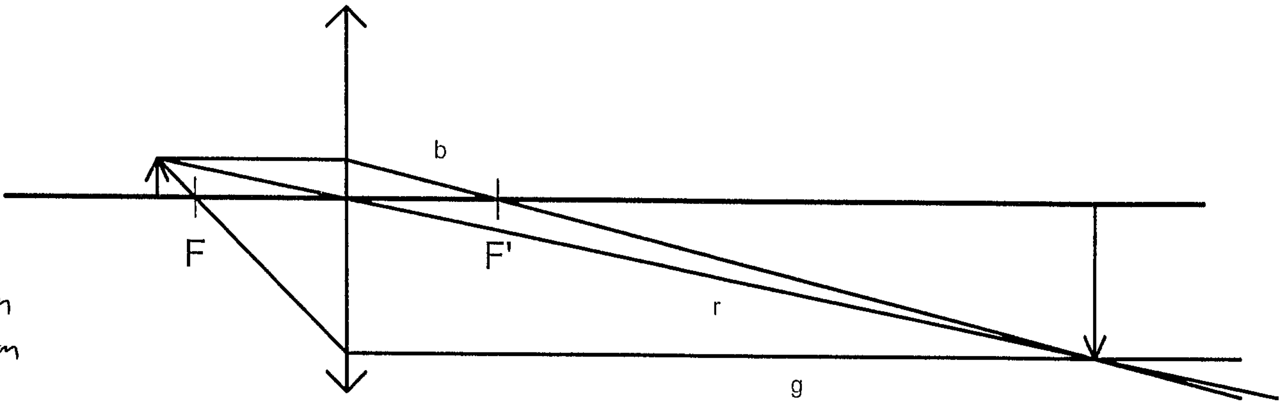
d)

$h' = 10$ mm



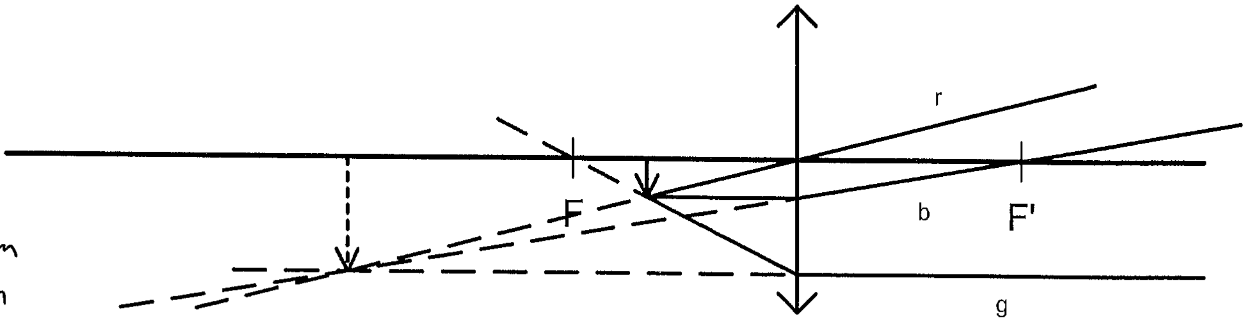
13 Avbilda objekten.

a)



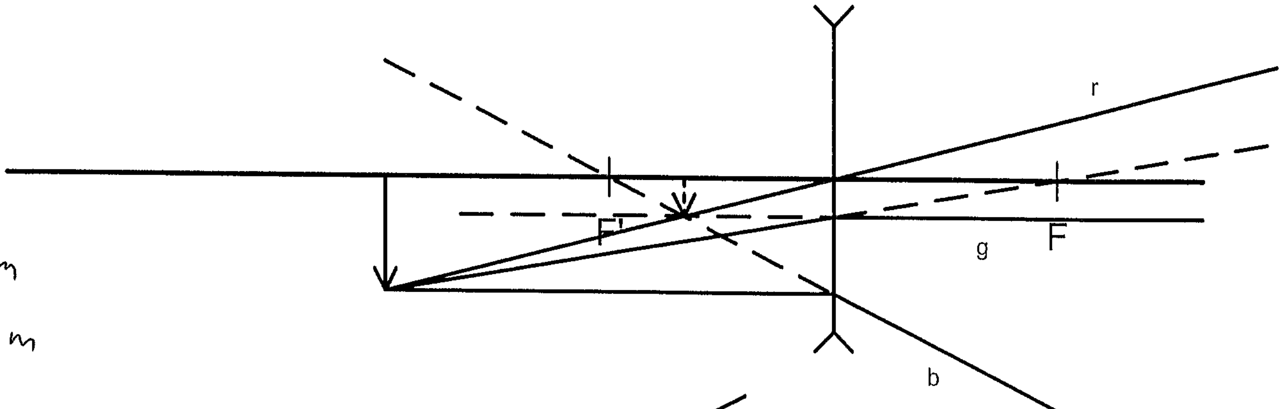
$l' = 100$ mm
$h' = -20$ mm

b)



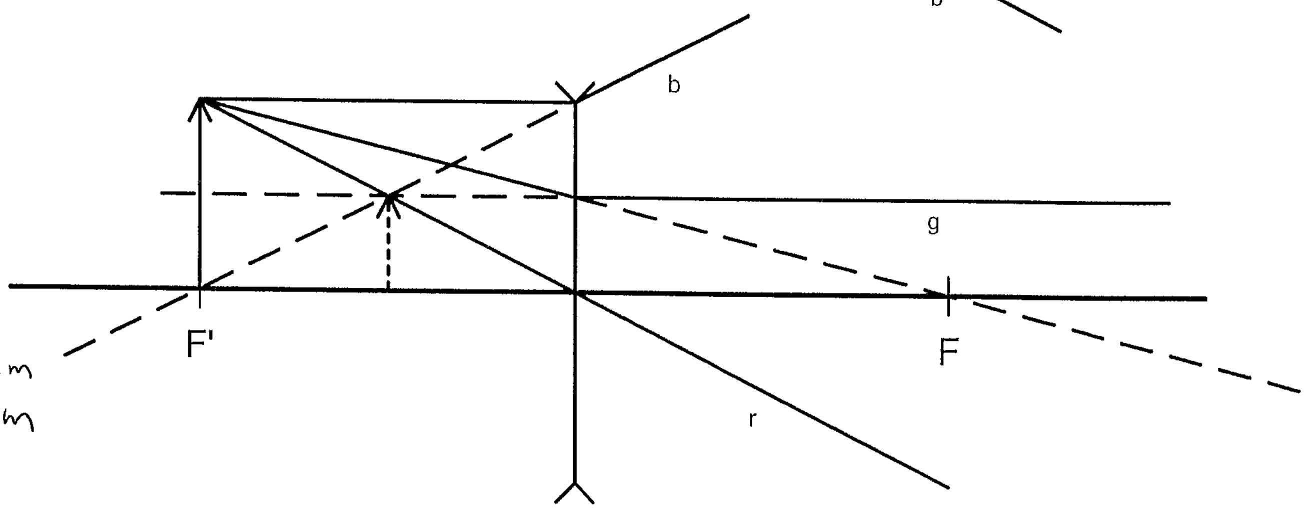
$l' = -60$ mm
$h' = -15$ mm

c)



$l' = -20$ mm
$h' = -5$ mm

d)



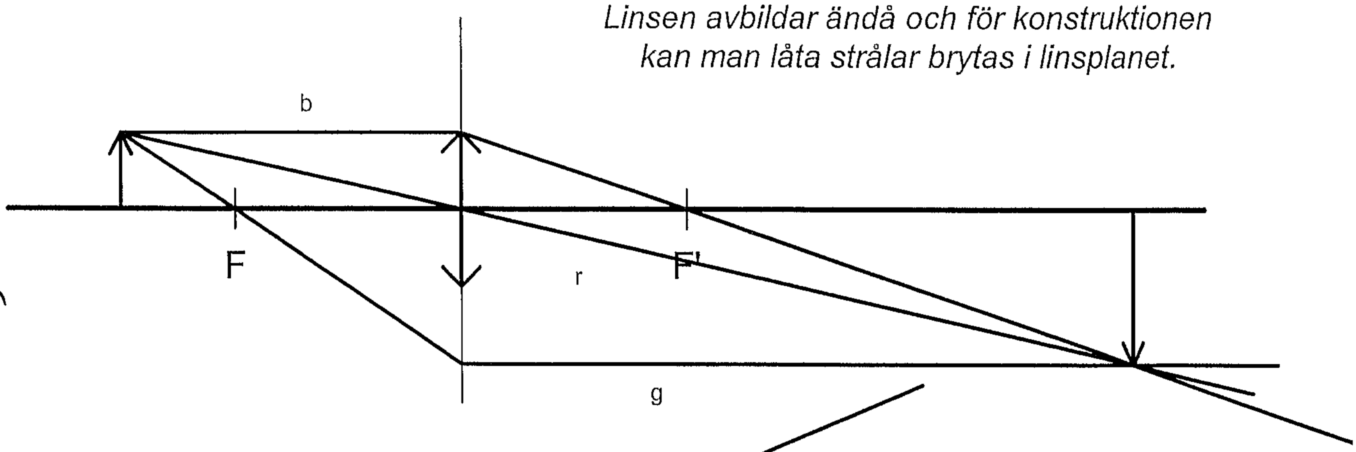
$l' = -25$ mm
$h' = 12{,}5$ mm

14

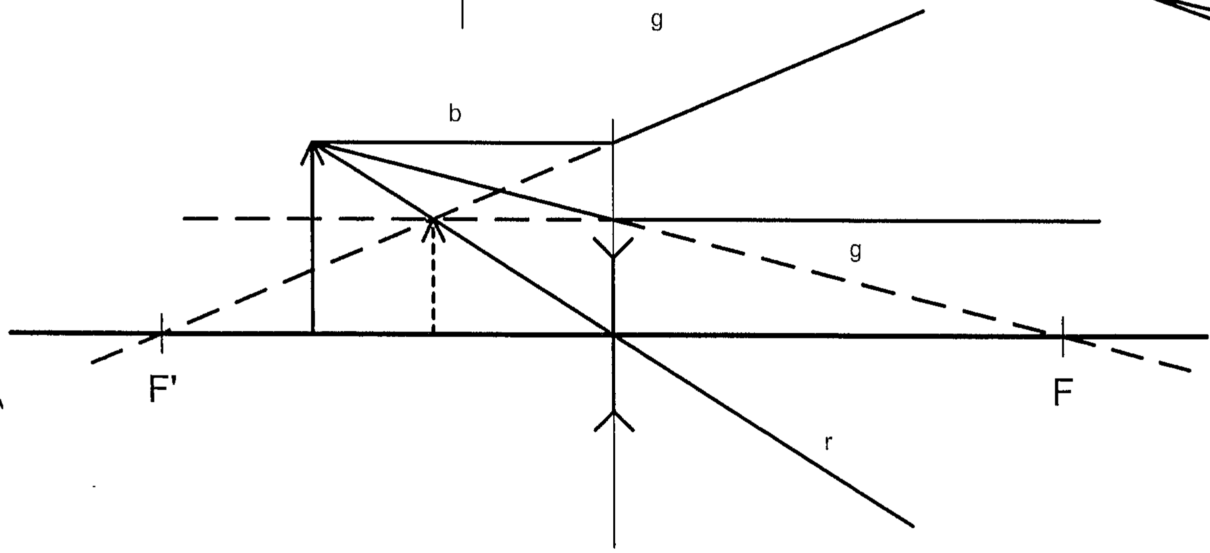
Avbilda objekten.

Ibland går inte alla typstrålar igenom linsen. Linsen avbildar ändå och för konstruktionen kan man låta strålar brytas i linsplanet.

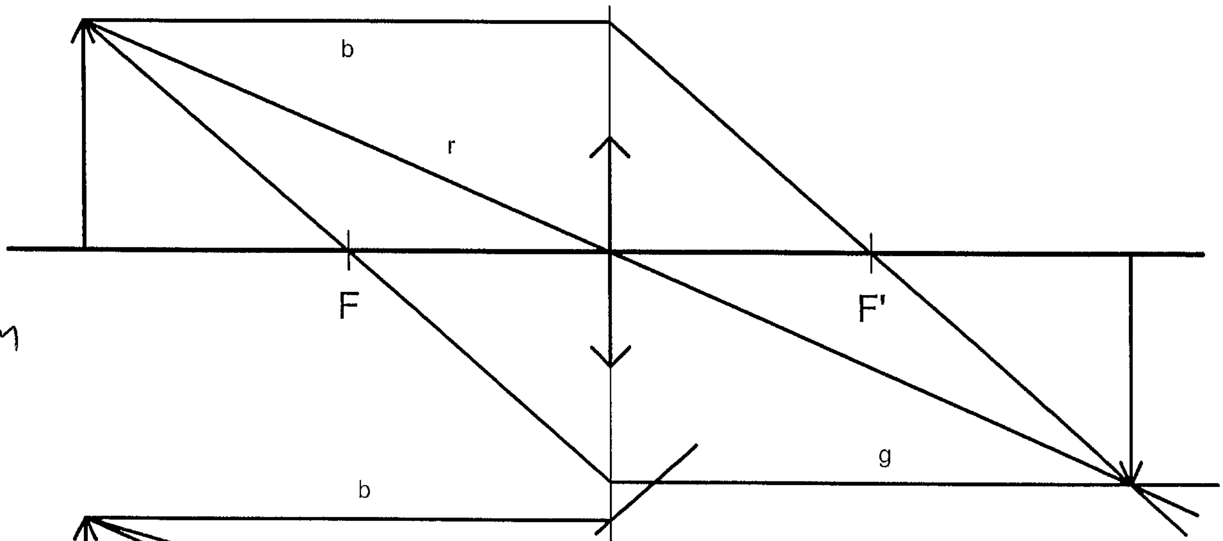
a)
$l' = 90$ mm
$h' = -20$ mm



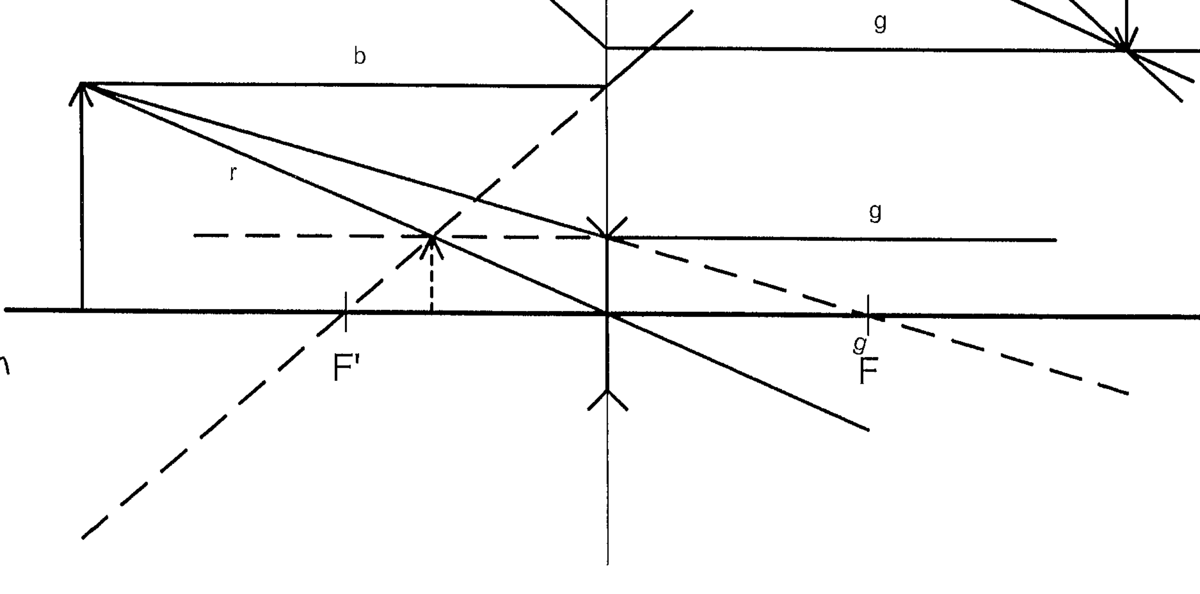
b)
$l' = -24$ mm
$h' = 15$ mm



c)
$l' = 70$ mm
$h' = -30$ mm



d)
$l' = 23.33$ mm
$h' = 10$ mm



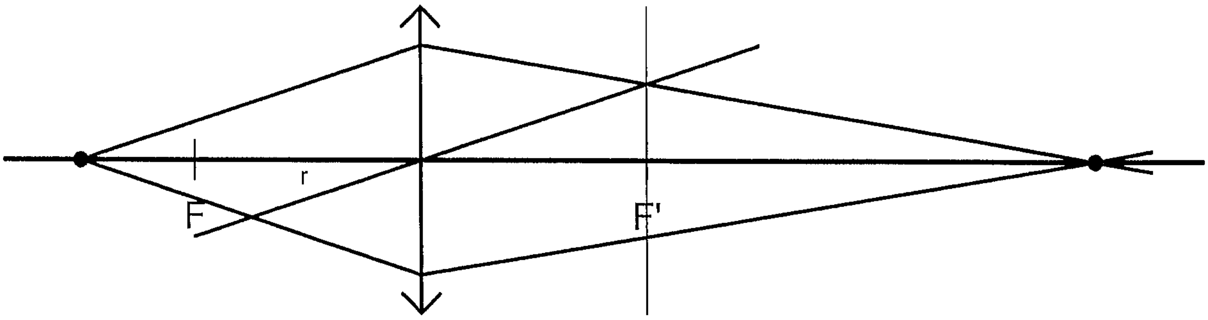
15

Avbilda punktobjekten.

a)

$l' = 90\ mm$

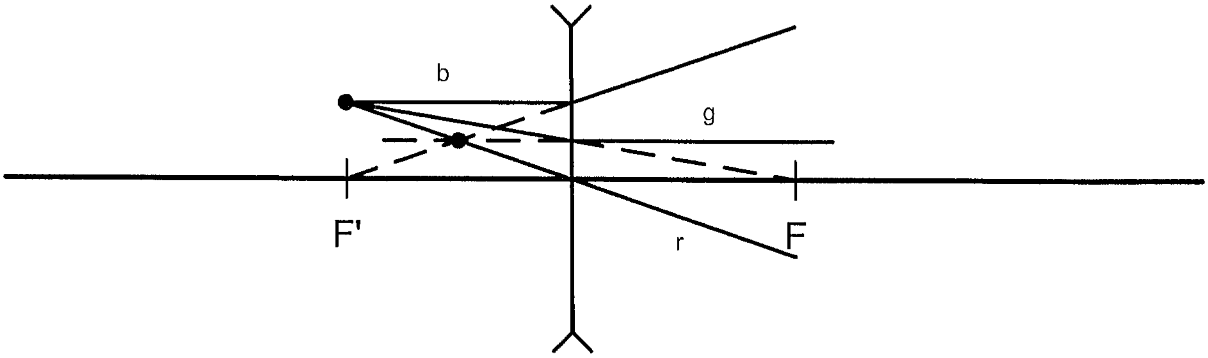
$h' = 0\ mm$



b)

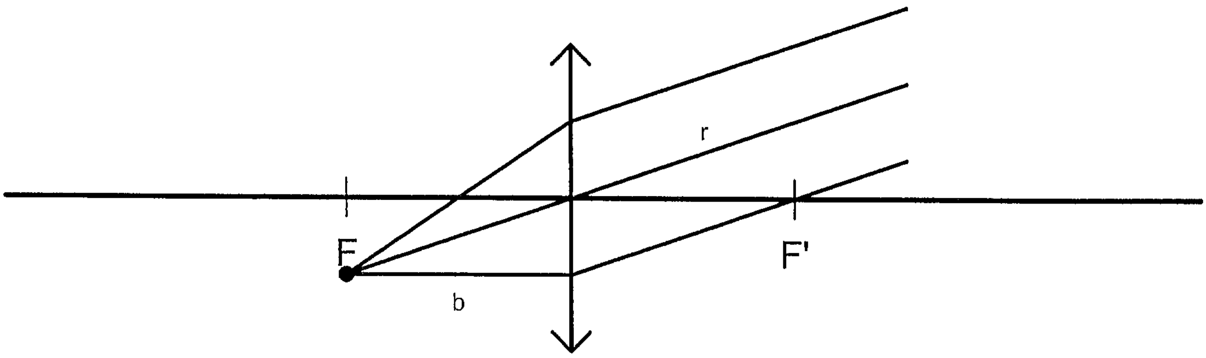
$l' = -15\ mm$

$h' \approx 5\ mm$



c)

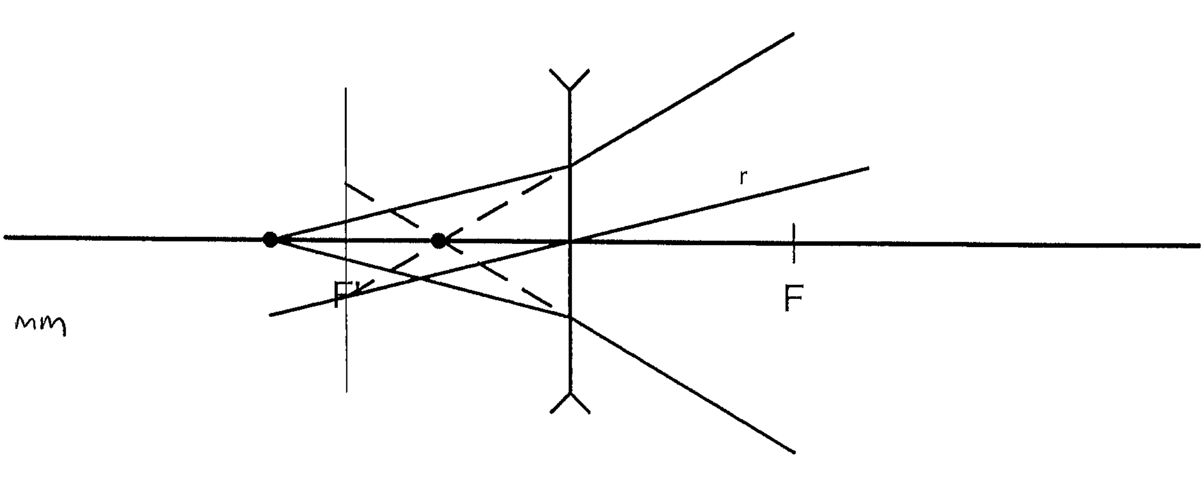
$l' = \infty$



d)

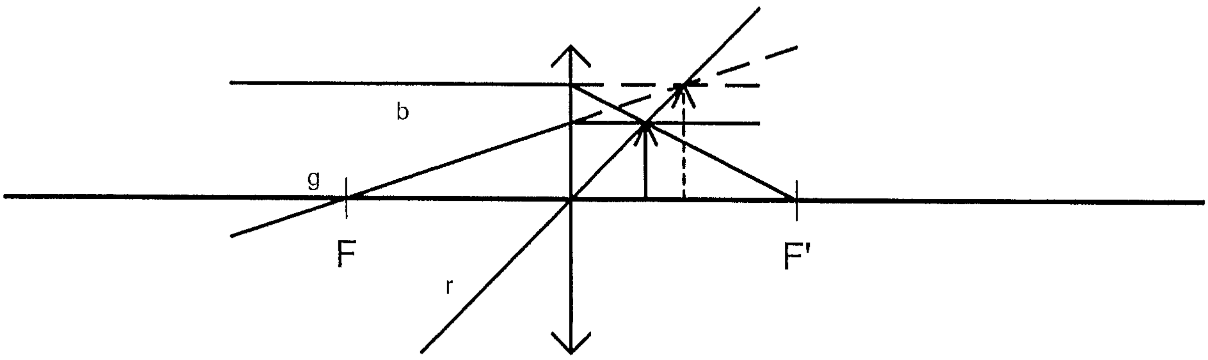
$l' = -17.14\ mm$

$h' = 0\ mm$

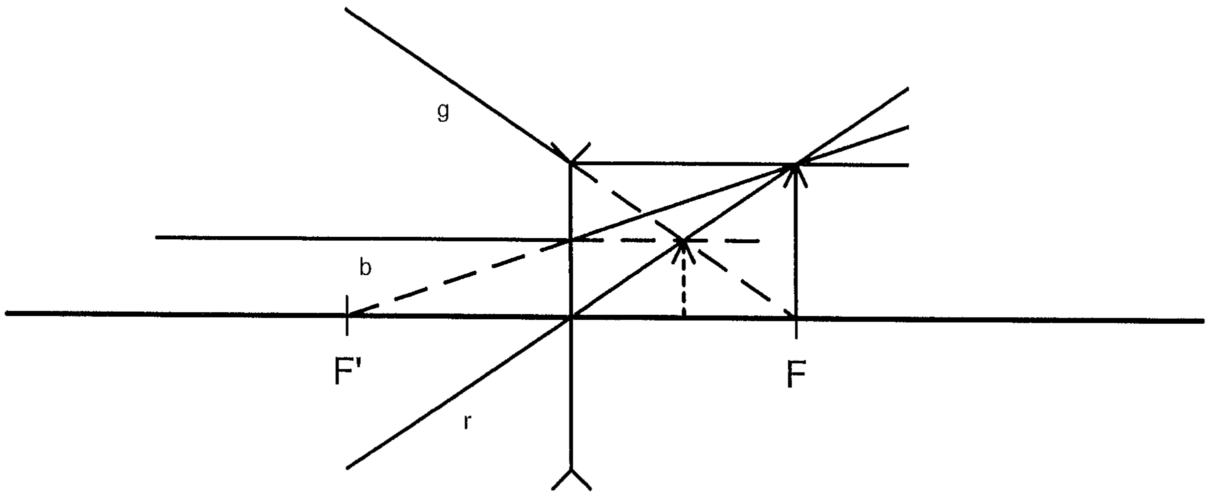


16 Avbilda (de virtuella) objekten.

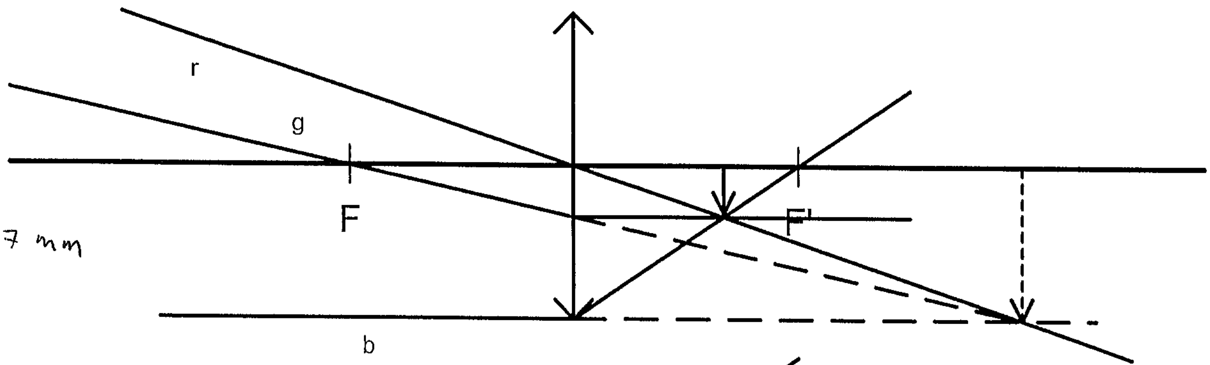
a)
$l' = 10$ mm
$h' = 10$ mm



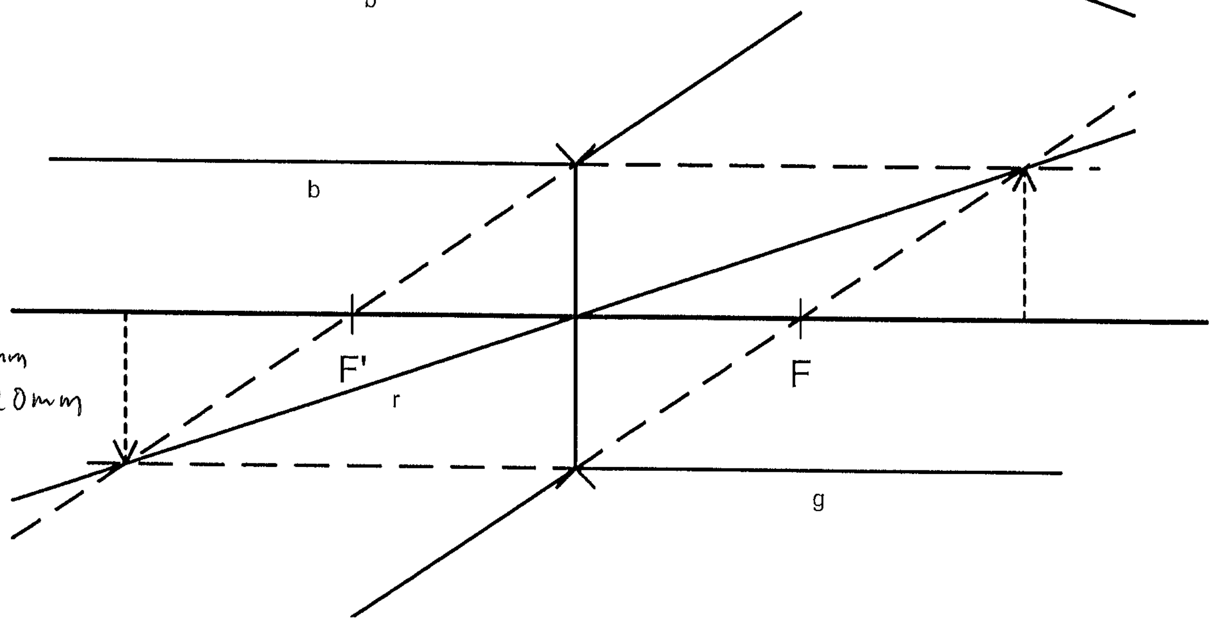
b)
$l' = 30$ mm
$h' = 20$ mm



c)
$l' = 20$ mm
$h' = -6.67$ mm

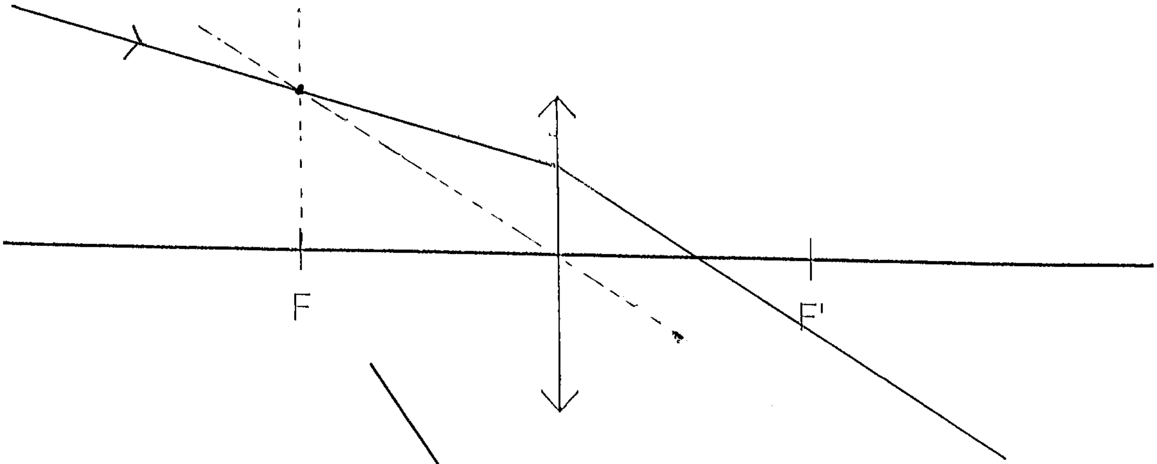


d)
$l' = -60$ mm
$h' = -20$ mm

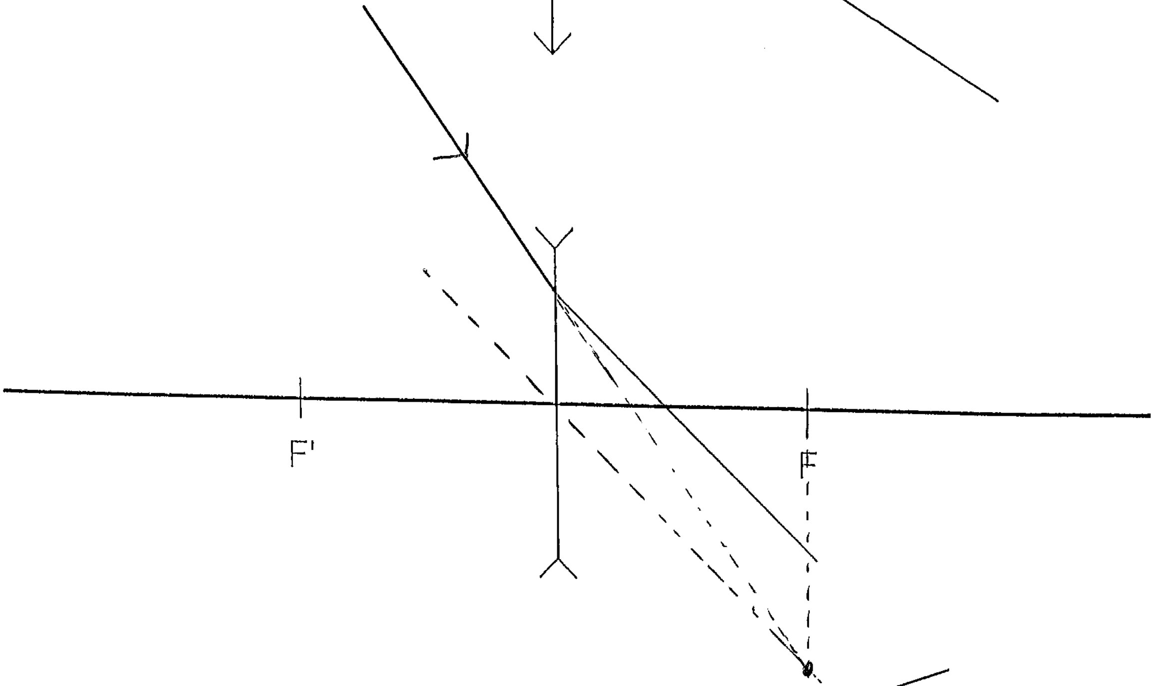


17 Rita in strålarnas gång innan de kom till linsen.
Använd hjälpstråle

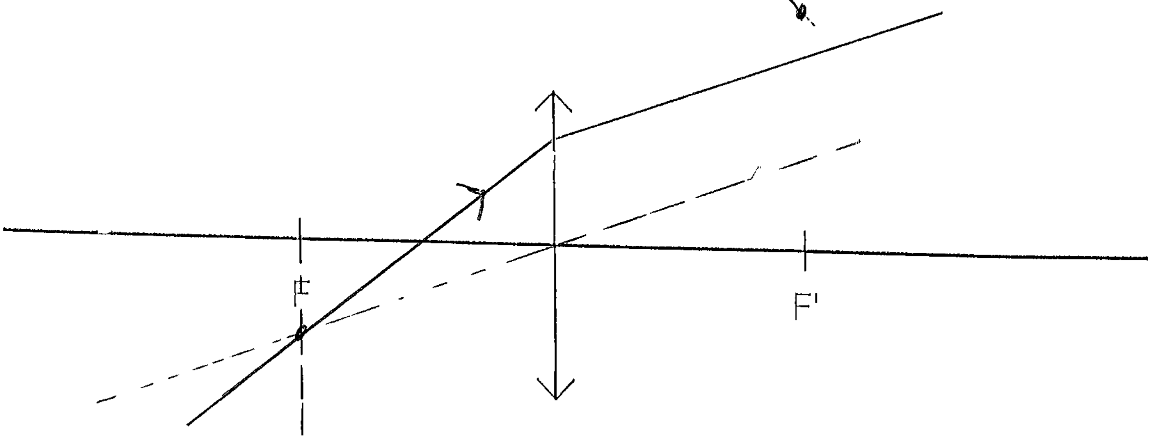
a)



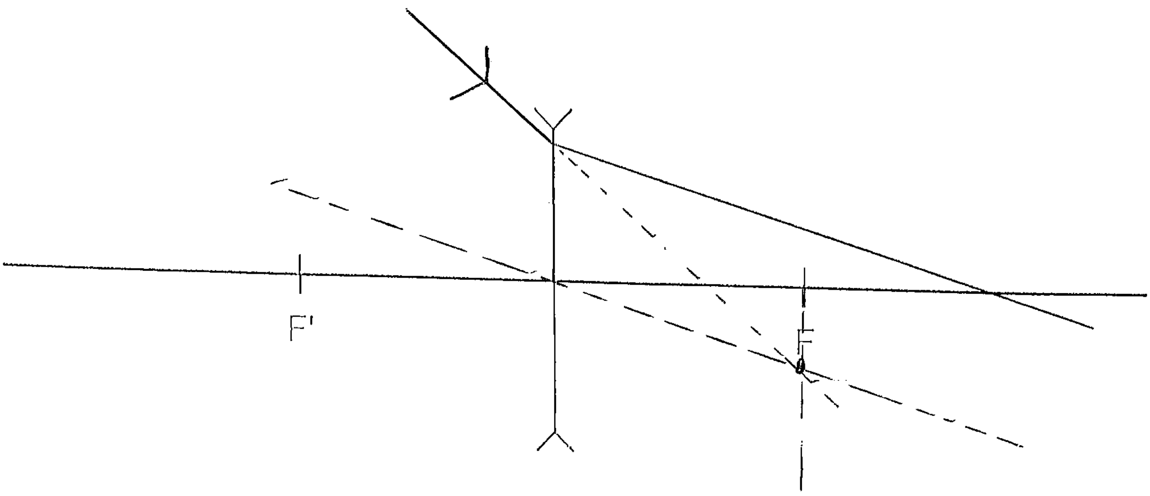
b)



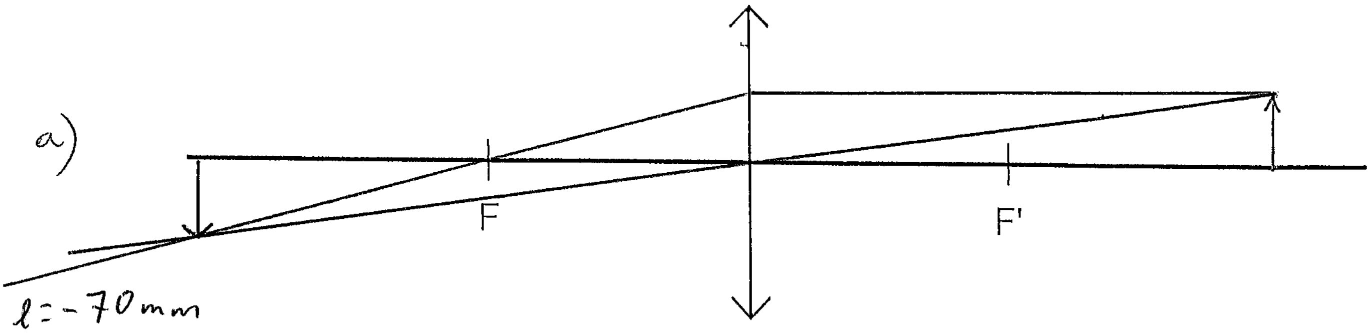
c)



d)

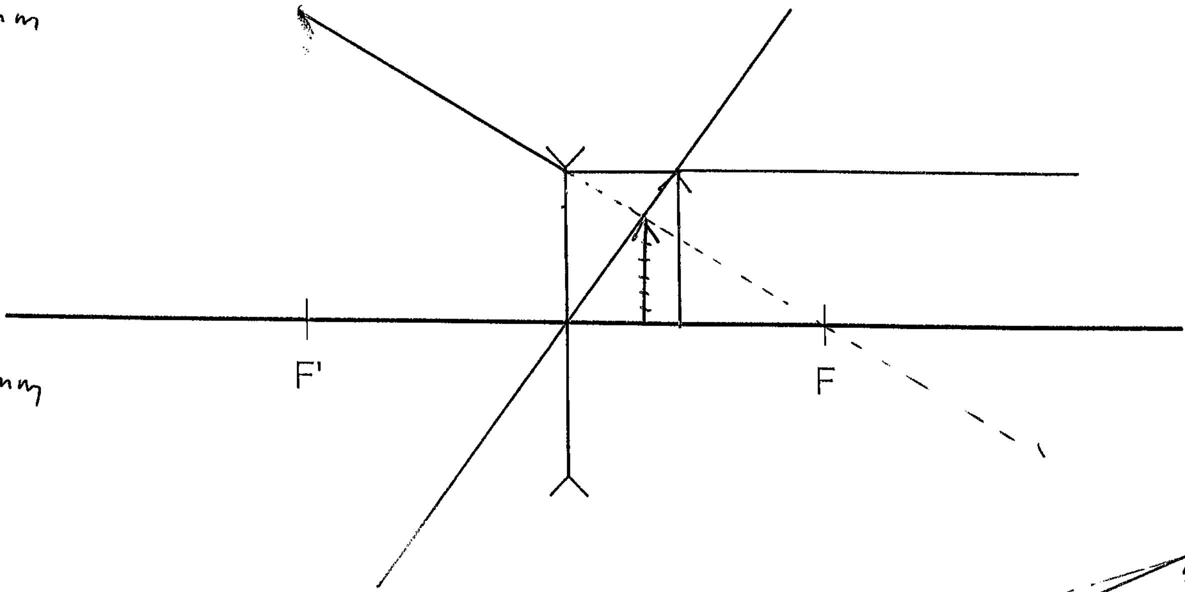


a)



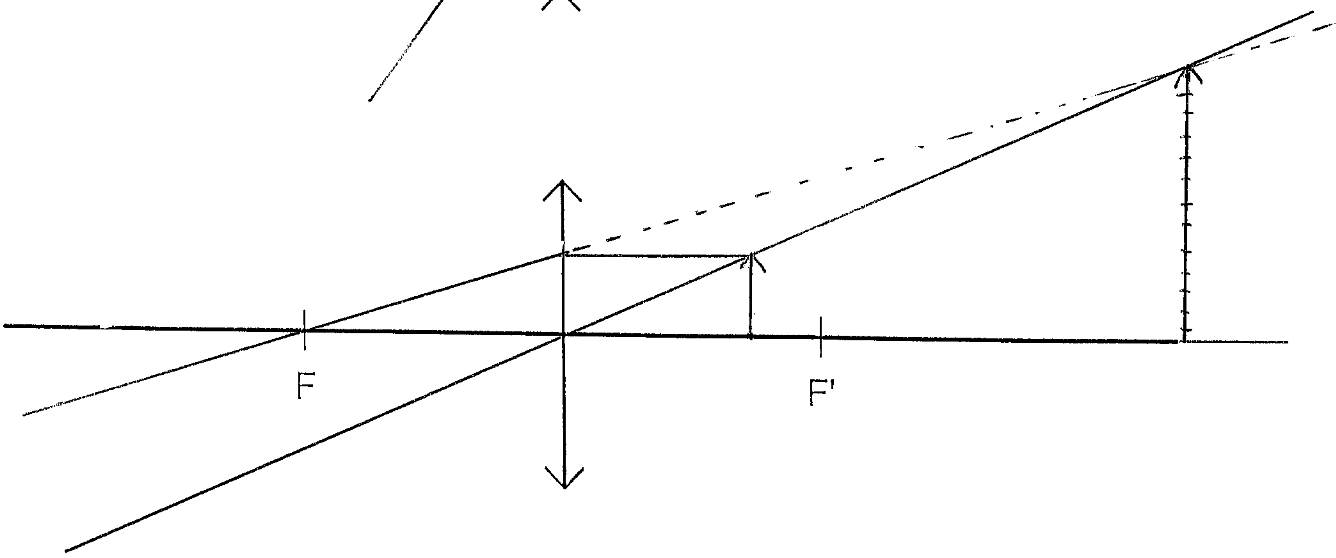
$l = -70$ mm
$h = -10$ mm

b)



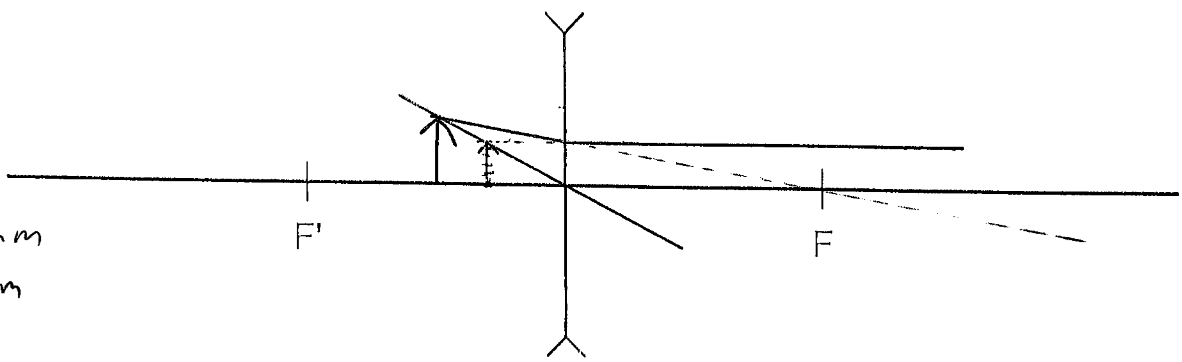
$l = 10.5$ mm
$h = 14$ mm

c)



$l = 87.5$ mm
$h = 35$ mm

d)



$l = -14$ mm
$h = 7$ mm

19) När det inte är luft används främre fokallängd, h'=-tan(w')f'=tan(w)f. Med F=60 D blir f=-1/60=-0,0167 m. Vinkeln 5'=5/60°=0,0833°. Då blir h'=-0,0167*tan(0,0833)=-0,000024 m.

20) Förstoringen skall vara h'/h=1,20/0,024=50. Det innebär att L/L'=-50 (reellt objekt och reell bild innebär upp-och-nervänd avbildning) -> L=-50L' och l'=-50l. Dessutom är -l+l'=4 (teckenkonventionen!). Det ger att 4+l=-50l -> l=-0,0784 m, L=-12,75 D, L'=*0,255* D, med linsformeln blir F=13 D så f'=0,077 m=77 mm.

21) Förstoringen är m=0,0042/-0,21=-0,02. Halva höjden skall uppta vinkeln 15°, vilket ger oss objektsavståndet. Då tan(15°)=-(21/2)/l -> l=-39,2 cm. Vi kan lösa ut L=-2,55 D, L'=127,5 D, l'=0,0078 m=7,8 mm. Linsformeln ger då f'=7,6 mm.

22) Vi vet att –l+l'=500 mm -> l'=*500*+l. Linsformeln ger då 1/(0,5+l)=1/0,1+1/l. Detta blir en andragradsekvation som har två möjliga lösningar: l=-0,138 m och l=*-0,362* m. Störst förstoring får man när objektet är nära linsen, så det första objektsavståndet ger en förstoring på -2,6.

23) Vi får att L=-10 D, L'=10 D -> F_{tot}=20 D. Med F_2=(1-1,5)/0,02=-25 D bör F_1=45 D, och därmed r_1=0,011 m, vilket innebär att det är en menisklins.

24) F=(n-1)(1/r_1-1/r_2)=(1,53-1)(1/r_1-*1/(-6r_1)*. Med F=5 D löses r_1 ut till 0,1237 m och därmed r_2 till -0,742 m.

25) *F=(n-1)(R_1-R_2)*. Då R_2 är 0, F=5 D och n=1,62 kan vi lösa ut R_1=8,06 D och därmed *r_1=1/ R_1=0,124 m.*

26) L=-3 D, L'=-0,5 D -> F=2,5 D. F=(n-1)(1/r_1-1/r_2)= (*1*,52-1)(1/r_1-1/-r_1)=2,5 gör att vi kan lösa ut r_1=0,418 m.

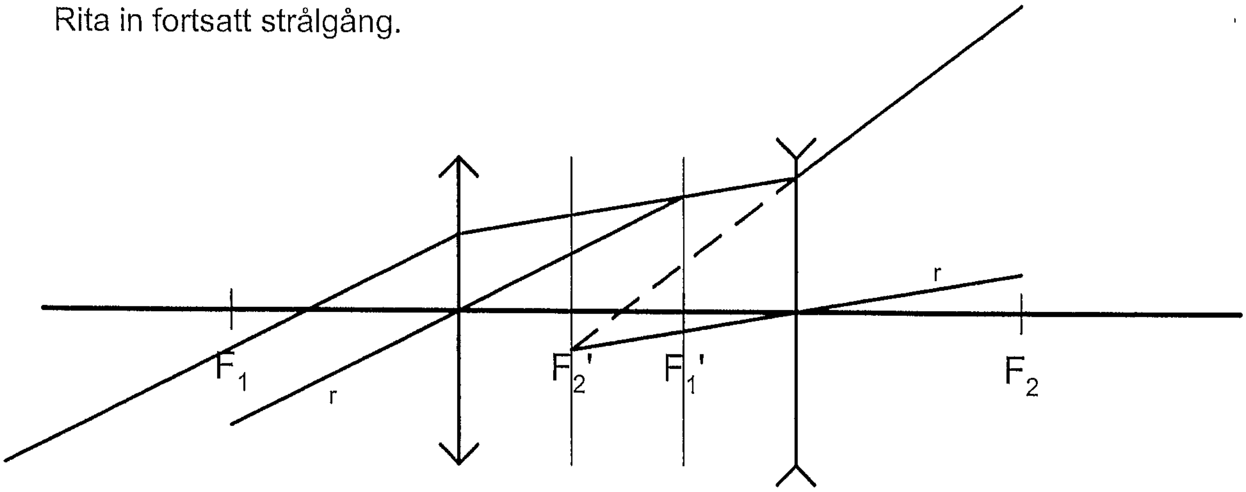
27) L=-1,67 D, F=-4 D -> L'=-5,67 D -> l'=-0,176 m. Förstoring m=L/L'=-1,67/-5,67=0,295. Det ger storlek h'=5*0,295=1,47 mm.

28) h'=-f'tan(w) -> f'=(-)h'/tan(5) -> f'=91 mm.

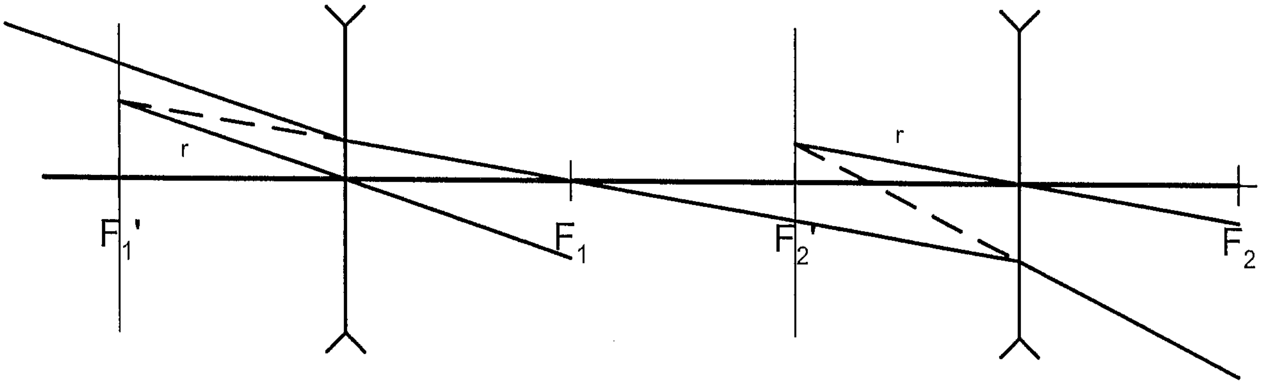
29

Rita in fortsatt strålgång.

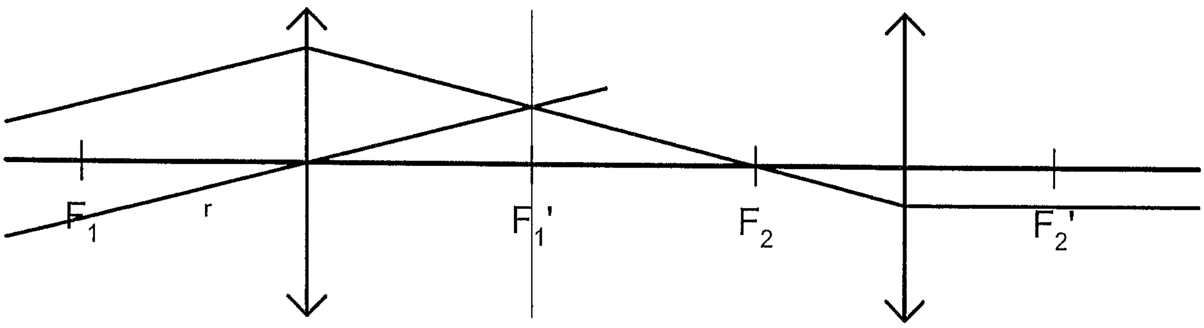
a)



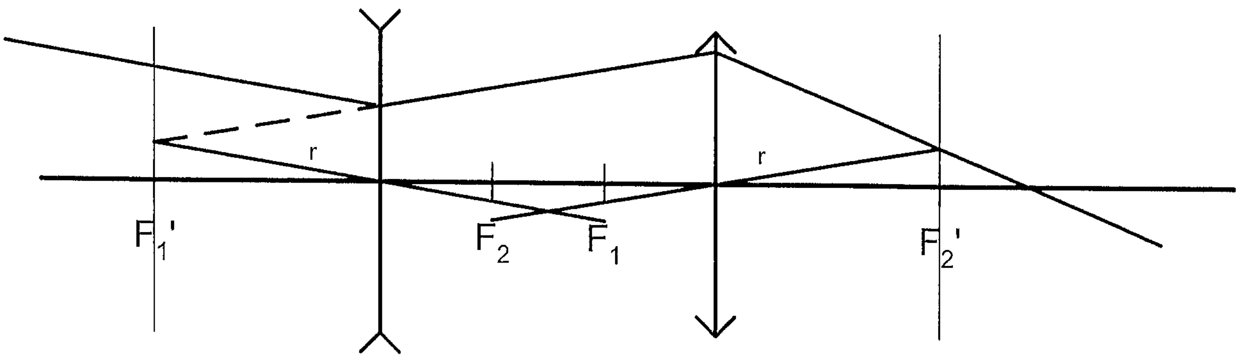
b)



c)



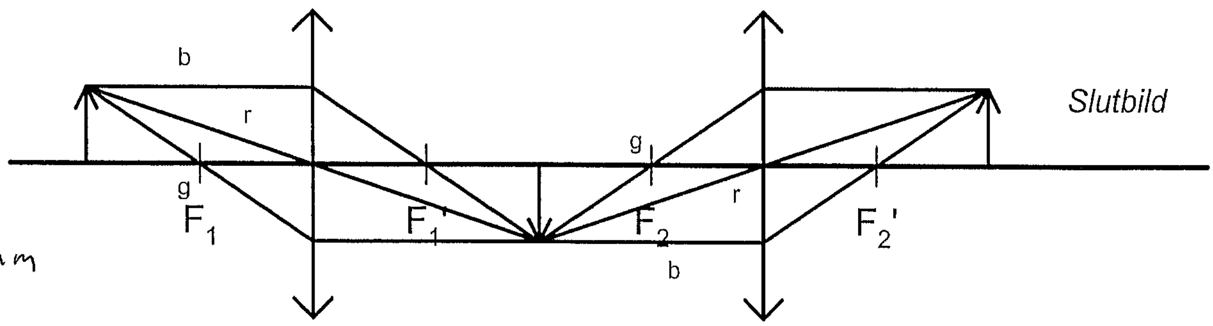
d)



30

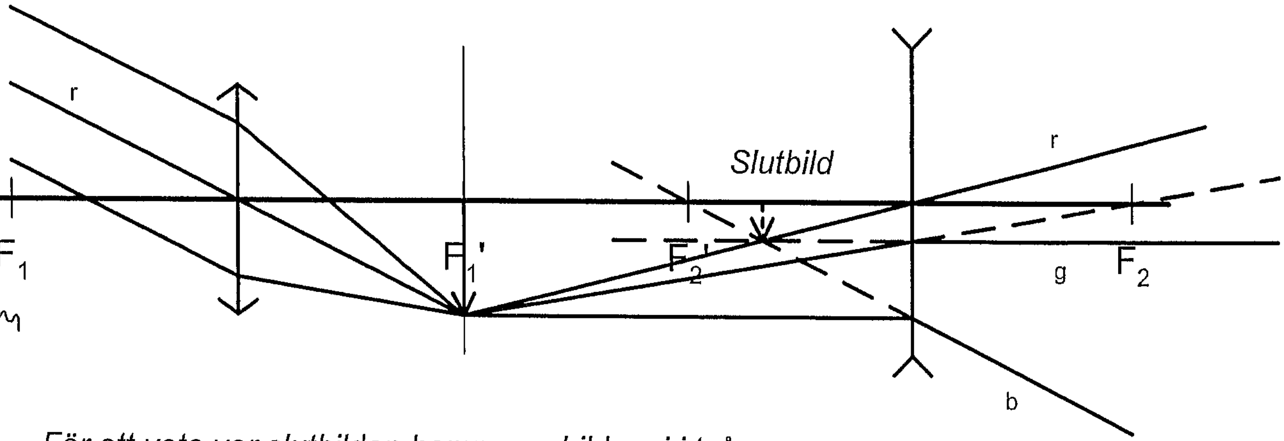
Avbilda objekten. $m_{tot} = m_1 \cdot m_2$

a) $l_2' = 30$ mm



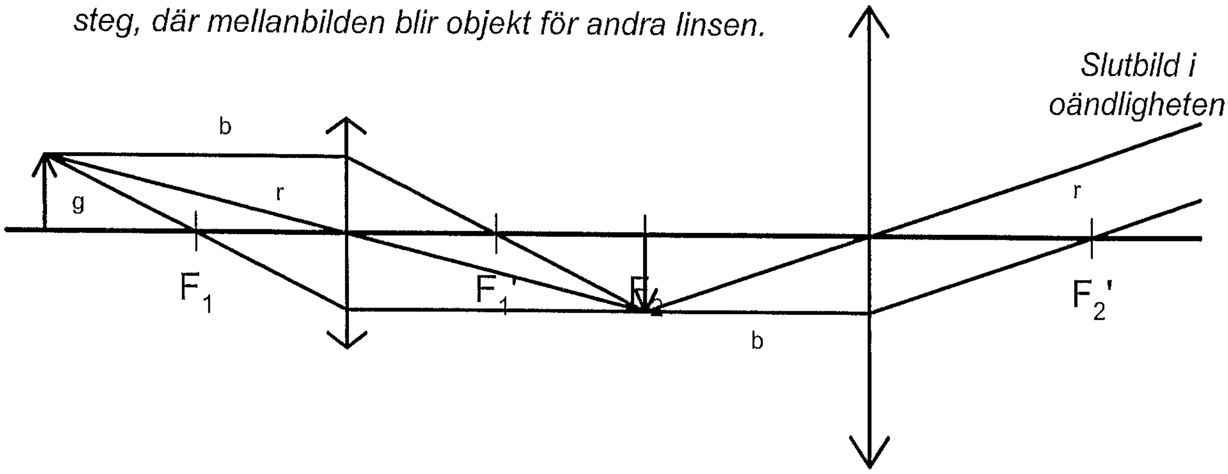
Konstruktionsstrålar och verkliga strålar skiljer sig åt. Ex. blå stråle från första linsen kommer ej igenom andra linsen.

b) $l_2' = -20$ mm

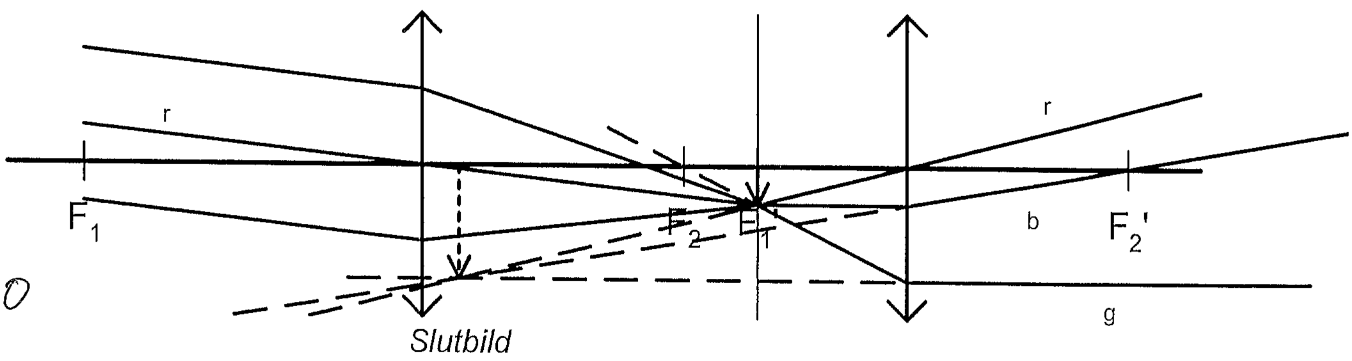


För att veta var slutbilden hamnar avbildar vi i två steg, där mellanbilden blir objekt för andra linsen.

c) $l_2' = \infty$



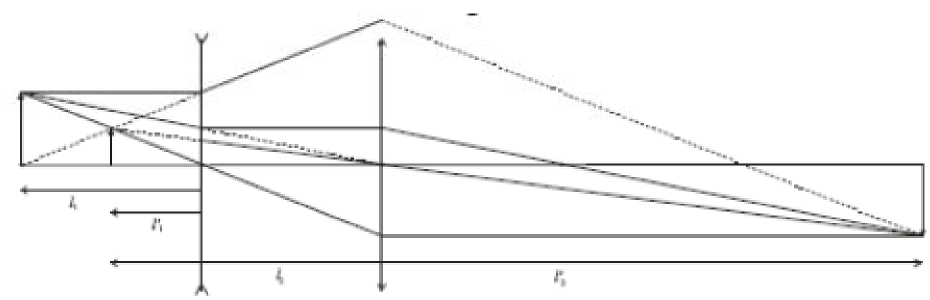
d) $l_2' = -60$



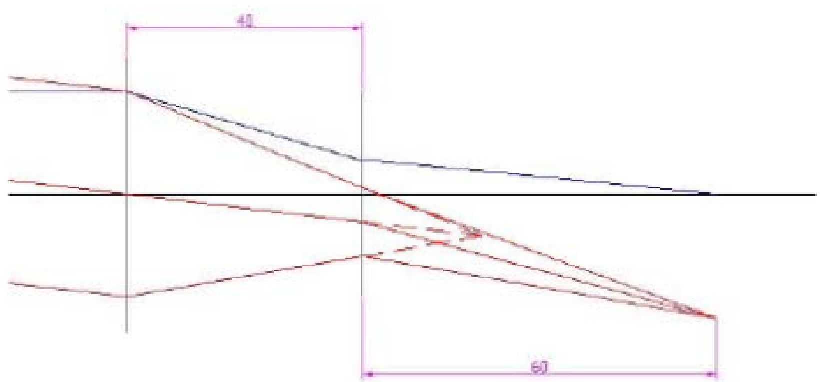
31) Två sfäriska gränsytor: r_1=0,003 m, r_2=-0,003 m, n_1=4/3, n_1'=n_2=1,6, n_2'=4/3. Styrkan i de båda ytorna blir (1,6-4/3)/0,003=88,89 D. Med $l_1=\infty$ blir l_1'=1,6/88,89=0,018 m, $l_2=l_1'-d$=0,018-0,006=0,012 m, så L_2=1,6/0,012=133,33 D, L_2'=222,22 D och l_2'=(4/3)/222,22=0,006 m. Således sitter näthinnan 6 mm efter linsen.

32) Objektet är i första linsens främre fokalplan, så mellanbilden hamnar i oändligheten. Då blir slutbilden i den andra linsens bakre fokalplan. Förstoringen blir L_1/L_2'=4, vilket man också kan se med strålkonstruktion.

33) Strålkonstruktion enligt figuren ger att bilden hamnar 150 mm efter den positiva linsen med förstoringen -1. Med L_1=-20 D blir L_1'=-40 D, l_1'=-0,025 m, $l_2=l_1'-d$=-75 mm, L_2=-13,33 D, L_2'=6,67 D -> l_2'=150 mm. Förstoringen blir totalt $(L_1/L_1')*(L_2/L_2')$=-1.



34)



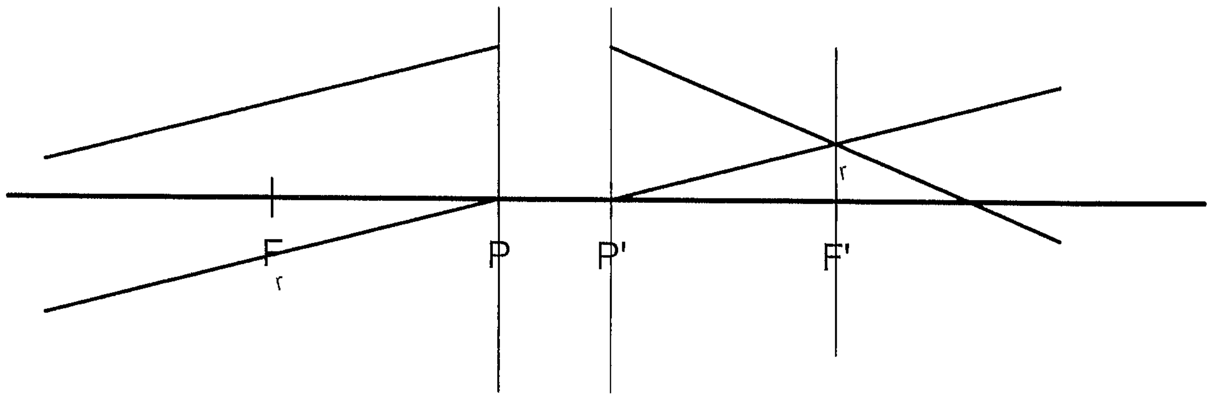
35) Givet $l_3'=\infty$ blir l_3=-12 mm. Då $l_2'=l_3+d_2$=-12+32=20 mm -> L_2'=50 D, L_2=30 D, l_2=0,03333 m (virtuellt objekt för andra avbildningen). Räknar vi vidare blir $l_1'=l_2+d_1$=133,33 mm och L_1'=7,5 D och L_1=7,5-8,33=-0,83 D -> l_1=-1,2 m.

36) Givet l_3'=200 mm blir $l_3=\infty$ mm. Då måste vi ha $l_2'=\infty$ och därmed l_2=-10 mm. Då blir $l_1'=l_2+d_1$=-10+5=-5 mm, så lins ett ger en virtuell bild. Vi får L_1'=-200 D och därmed L_1=-300 D så l_1=-3,33 mm.

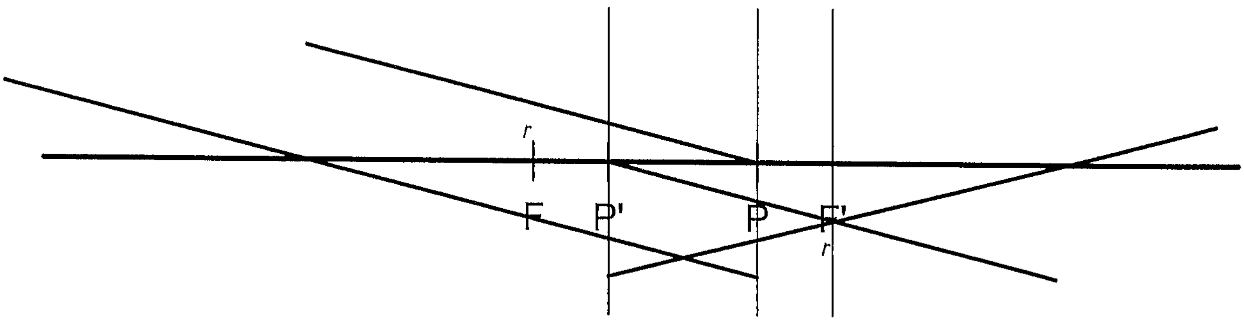
3.7

Rita in fortsatt strålgång. Använd hjälpstråle.

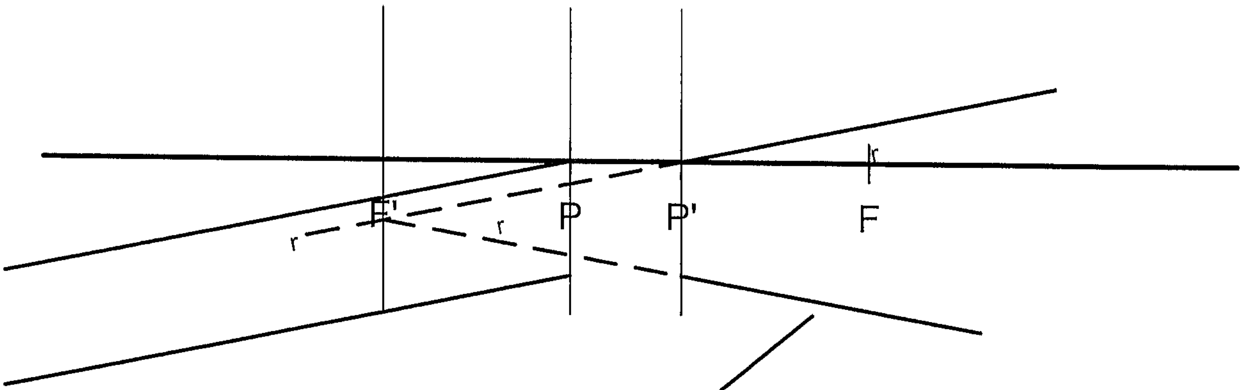
a)



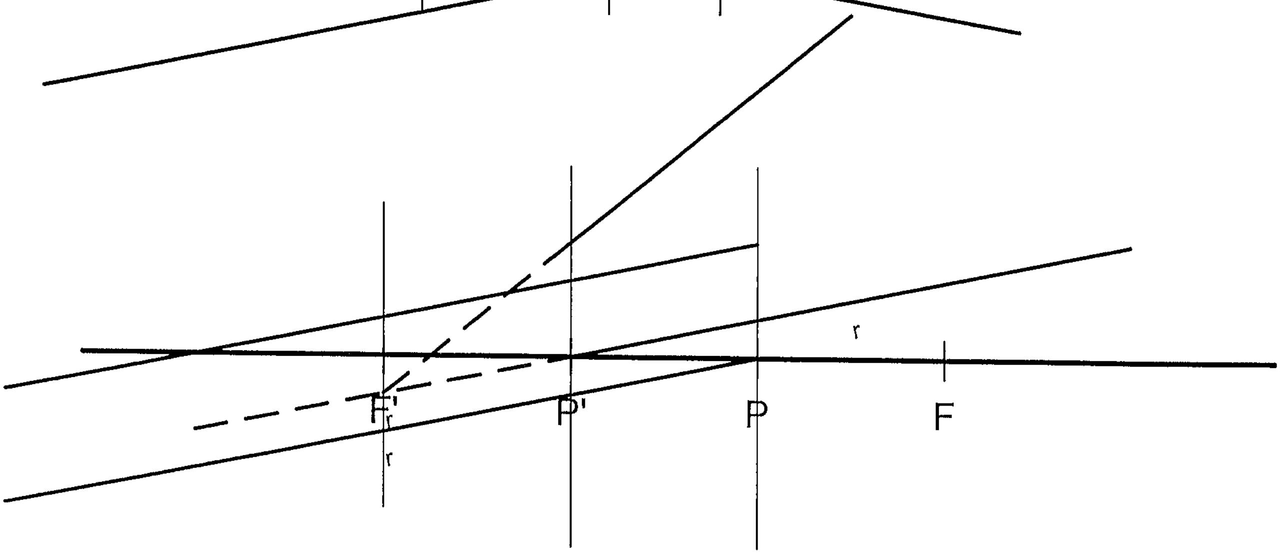
b)



c)

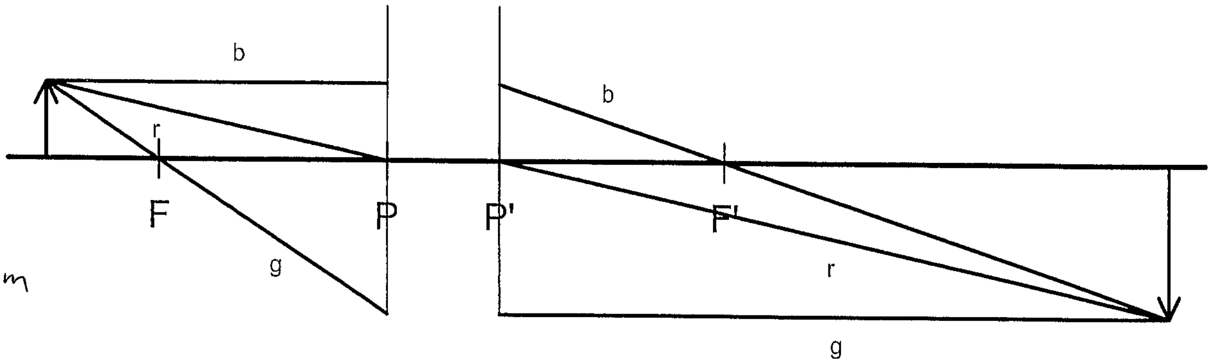


d)

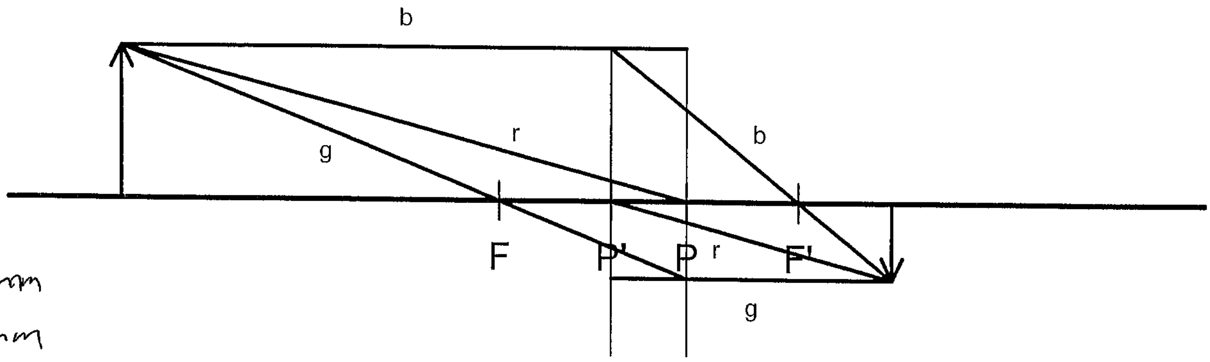


3.8 Avbilda objekten.

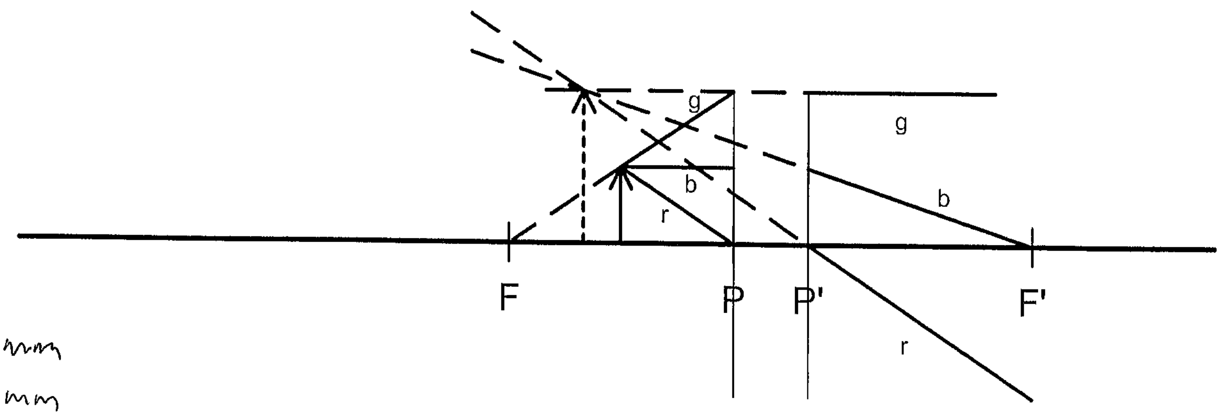
a)
$l' = 90$ mm
$h' = -20$ mm



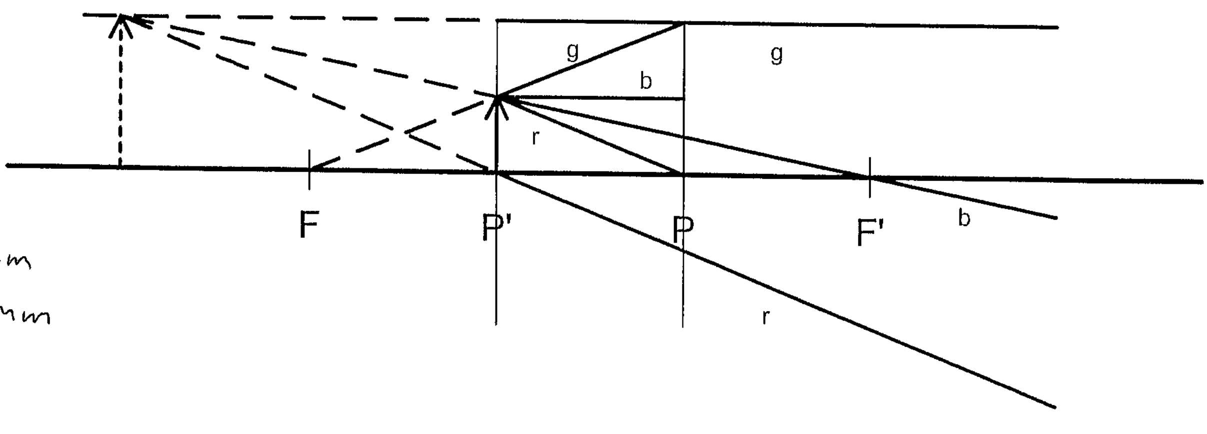
b)
$l' = 37.5$ mm
$h' = -10$ mm



c)
$l' = -30$ mm
$h' = 20$ mm



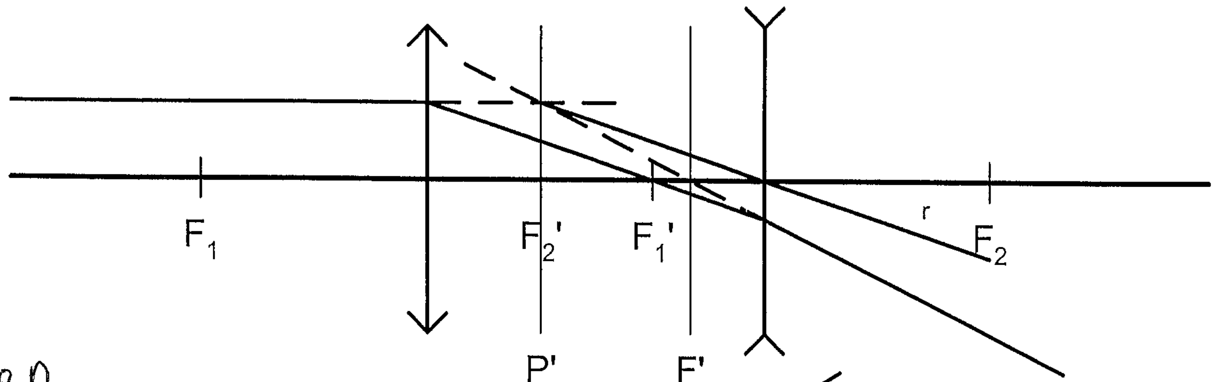
d)
$l' = -50$ mm
$h' = 20$ mm



Hitta bakre huvudplan och bakre fokalplan.

39

a)



$F_E = 50\ D$

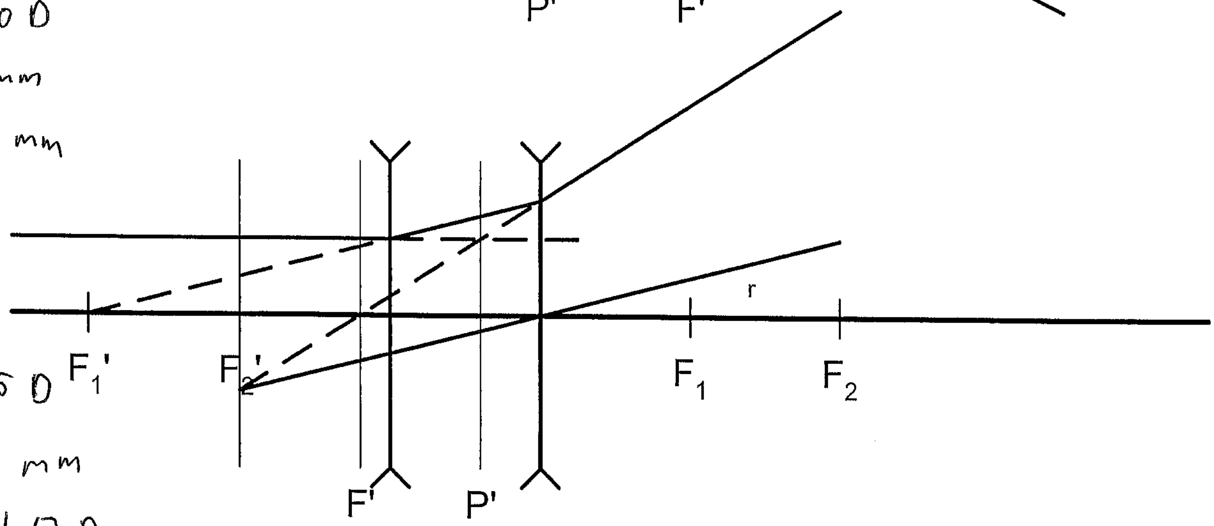
$f'_E = 20\ mm$

$F'_V = -100\ D$

$f'_V = -10\ mm$

$e' = -30\ mm$

b)



$F_E = -62{,}5\ D$

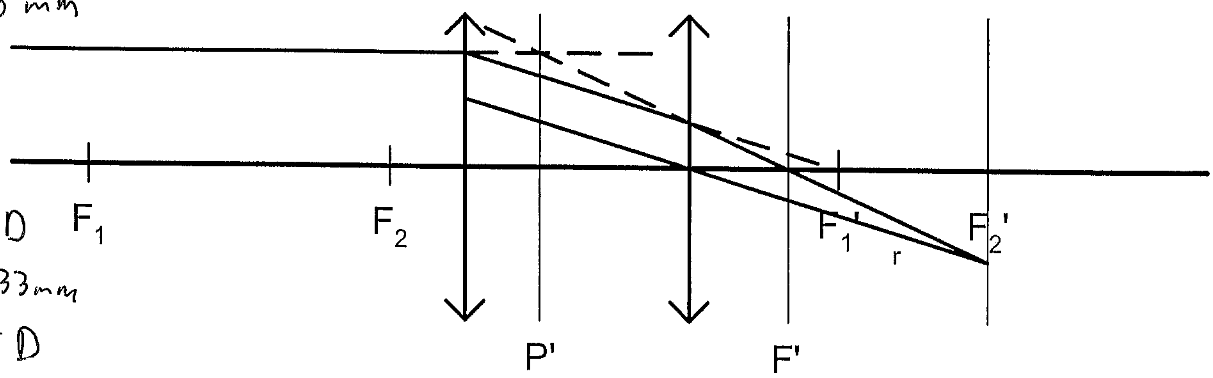
$f'_E = -16\ mm$

$F'_V = -41{,}67\ D$

$f'_V = -24\ mm$

$e' = -8\ mm$

c)



$F_E = 30\ D$

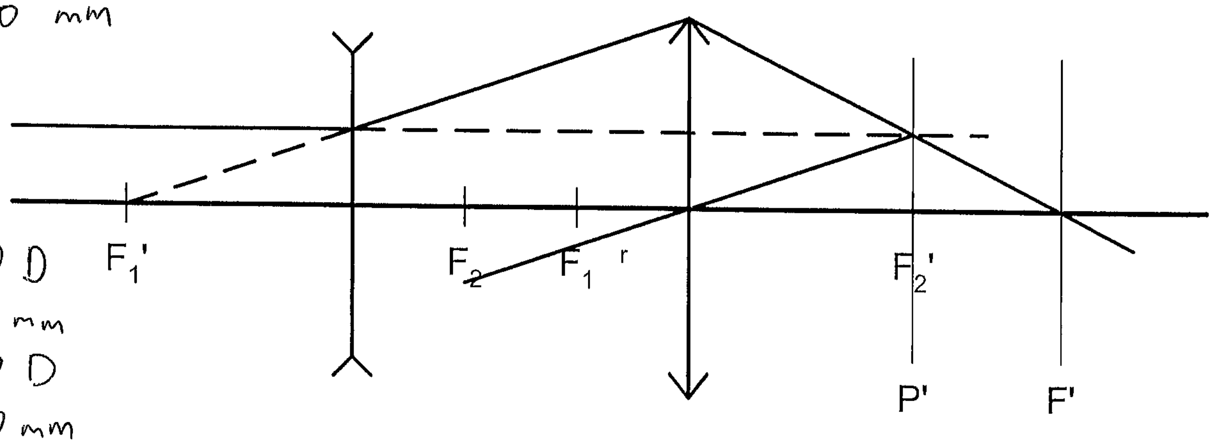
$f'_E = 33{,}33\ mm$

$F'_V = 75\ D$

$f'_V = 13{,}33\ mm$

$e' = -20\ mm$

d)



$F_E = 50\ D$

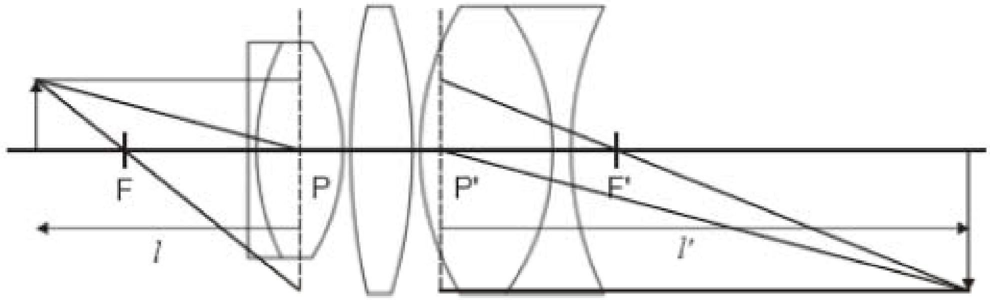
$f'_E = 20\ mm$

$F'_V = 20\ D$

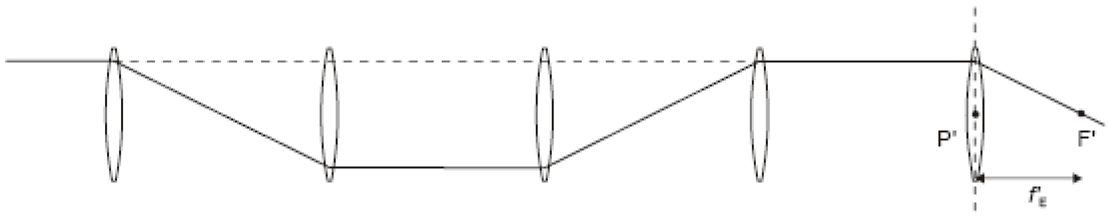
$f'_V = 50\ mm$

$e' = 30\ mm$

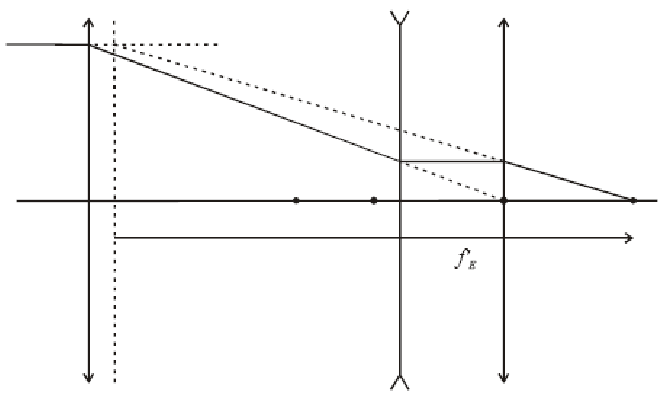
40) Strålkonstruktion enligt figuren ger att bilden hamnar 50 mm efter F' med förstoring m=-2. Mätning ger att l=-37,5 mm och f'_E=25 mm. Avbildning ger L=-26,67 D, F_E=40 D, L'=13,33 D och därmed l'=75 mm och m=-2.



41) Strålkonstruktion enligt bilden ger fokallängden 10 mm.

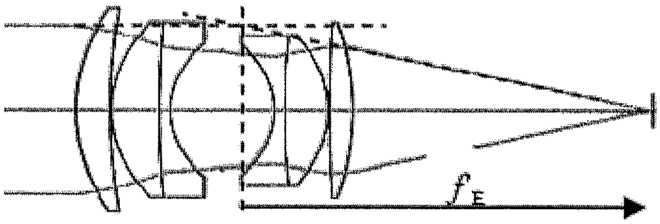


42) Strålkonstruktion ger f'_E=100 mm.



43) Först räknar vi ut ytornas brytkraft. $F_1=(n-1)/r_1=(1,52-1)/0,0042=12,4$ D och $F_2=(1-1,52)/0,15=-3,47$ D. Sedan behöver vi systemets brytkraft: $F_E=F_1+F_2-(d/n)F_1F_2=12,4-3,47-(10/1,52)*12,4*(-3,47)=9,2$ D. Vi behöver även huvudplanens läge och räknar ut $F'_v=F_E/(1-(d/n)F_1)=10,0$ D och motsvarande $F_v=9,0$ D. Det ger $f_v=-0,1111$ m, $f_E=-0,1087$ m (minustecken för att det är främre fokallängd), $f'_v=0,1$ m och $f'_E=0,1087$ m. Då får vi $e=f_v-f_E=-0,0024$ m = -2,4 mm och $e'=f'_v-f'_E=-0,0087$ m = -8,7 mm. Då blir objektsavståndet -117,6 mm, vilket ger L=-8,5 D, $L'=L+F_E$=0,7 D och l'=1,43 m. Förstoringen blir L/L'=-8,5/0,7=-12 ggr.

44) Systemfokallängden kan mätas upp enligt figuren till 50 mm. Sedan kan bildhöjden räknas ut av $h'=-f'_E\tan(w)$. Det ger bildstorleken 4,4 mm.

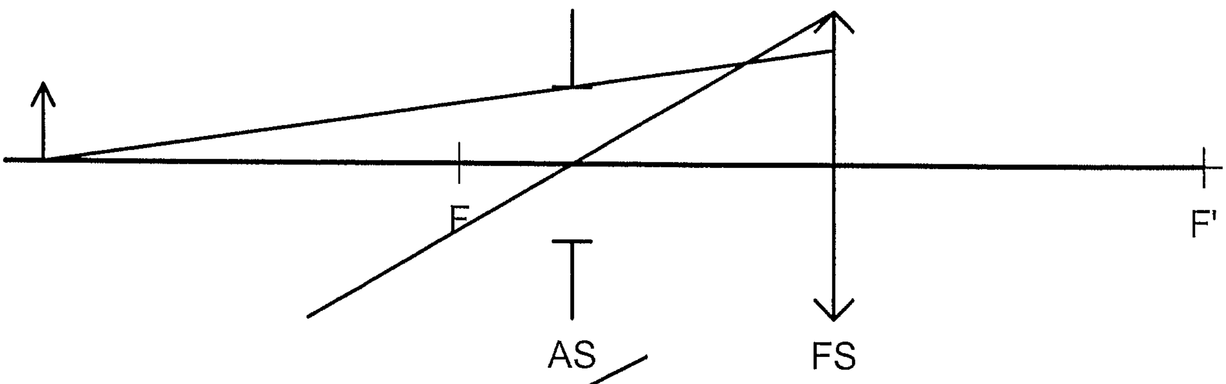


45) $F_E=F_1+F_2-(d/n)F_1F_2$=-20+40-0,025*40*(-20)=40 D. $F'_V=F_E/(1-(d/n)F_1)$=40/(1-0.025*(-20))=26,67 D. Då får vi f'_E=0,025 m och f'_V=0,0375= och e'=0,0375-0,025=0,0125 m. Kontrollera med strålkonstruktion att det är rimligt!

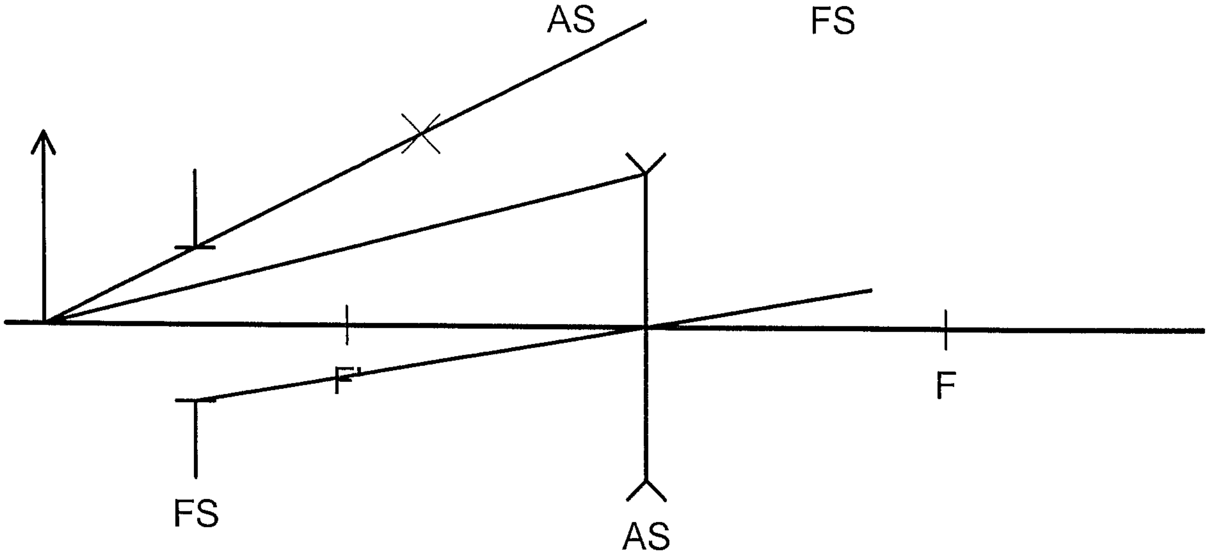
4 b

Hitta apertur och fältstopp för objekten.

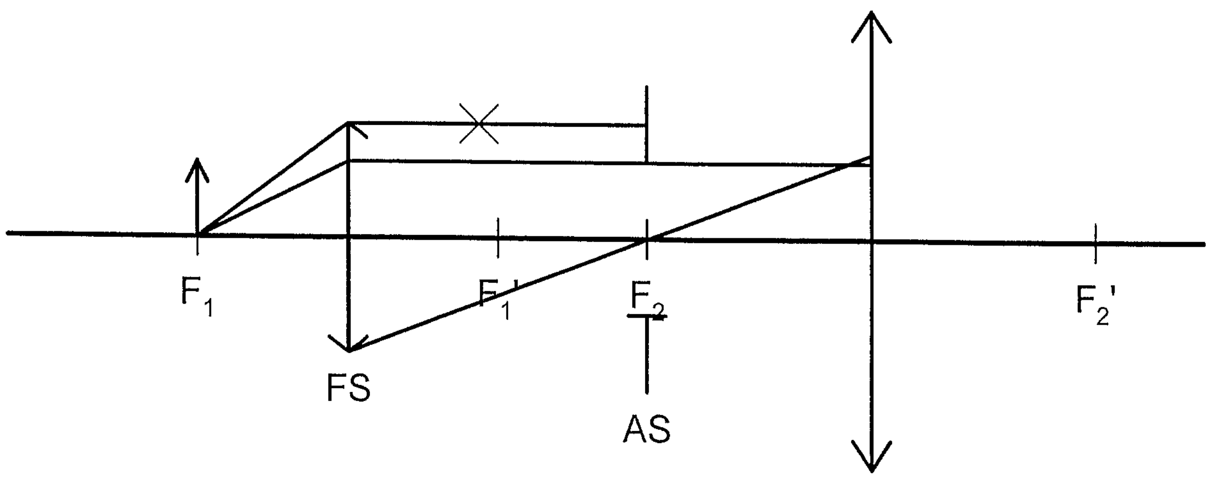
a)



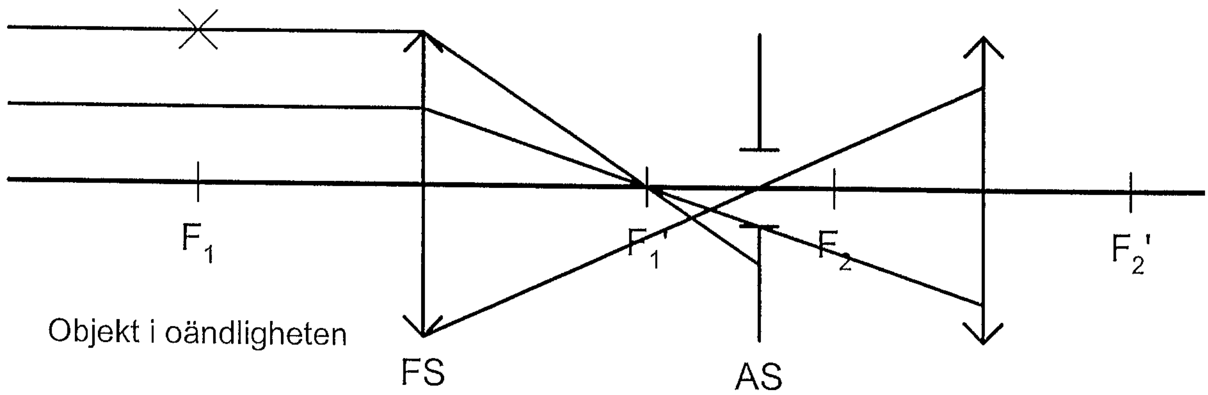
b)



c)



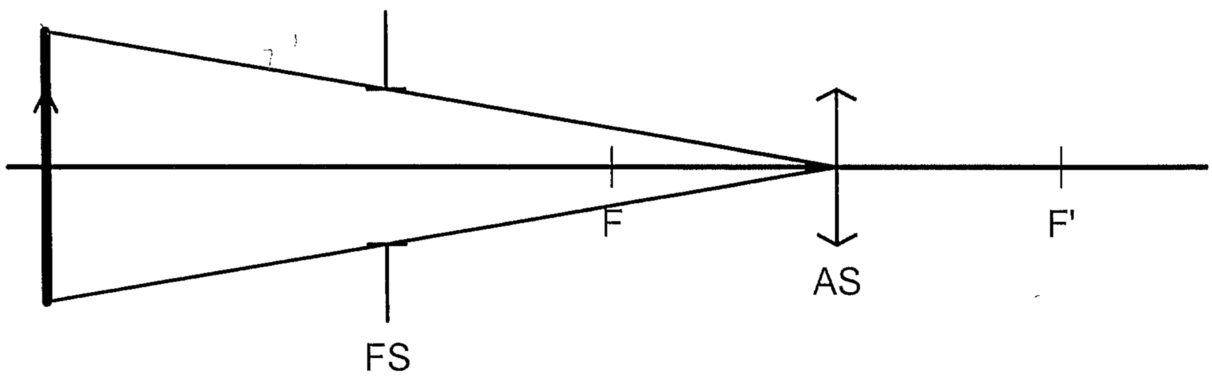
d)



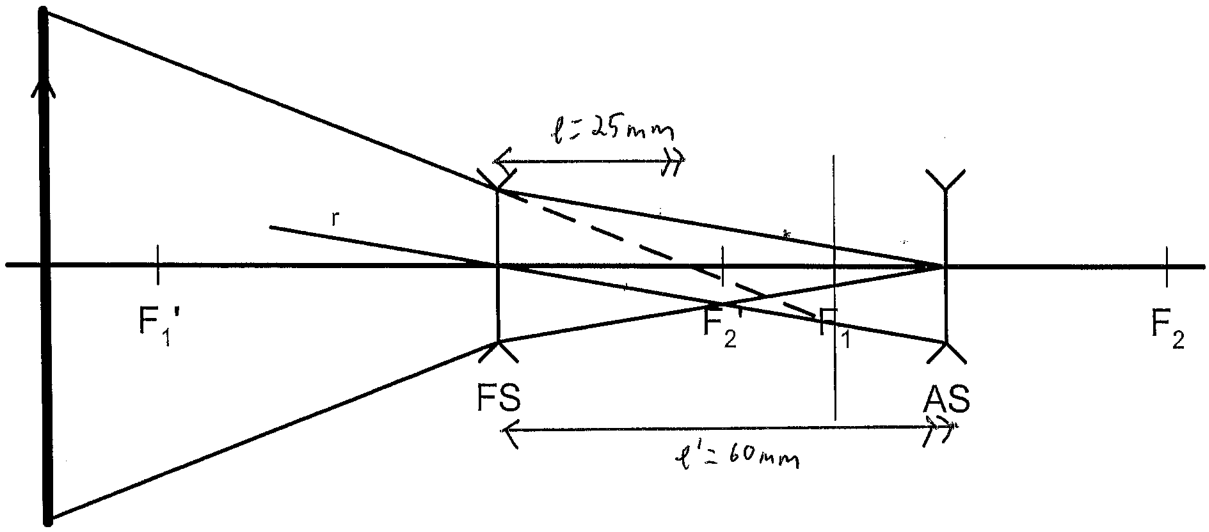
Objekt i oändligheten

47 Hitta synfältet

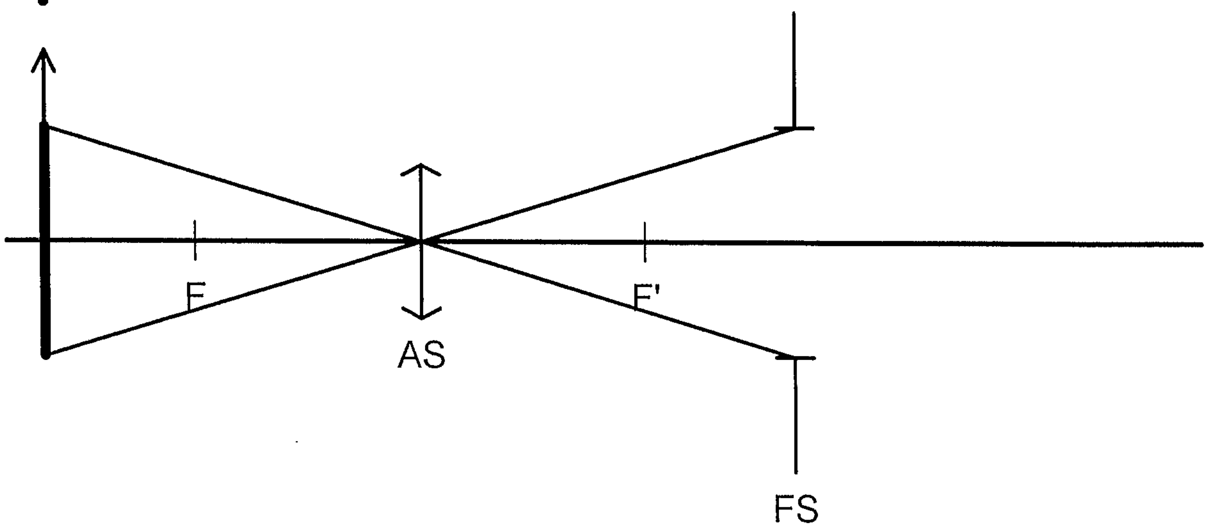
a)



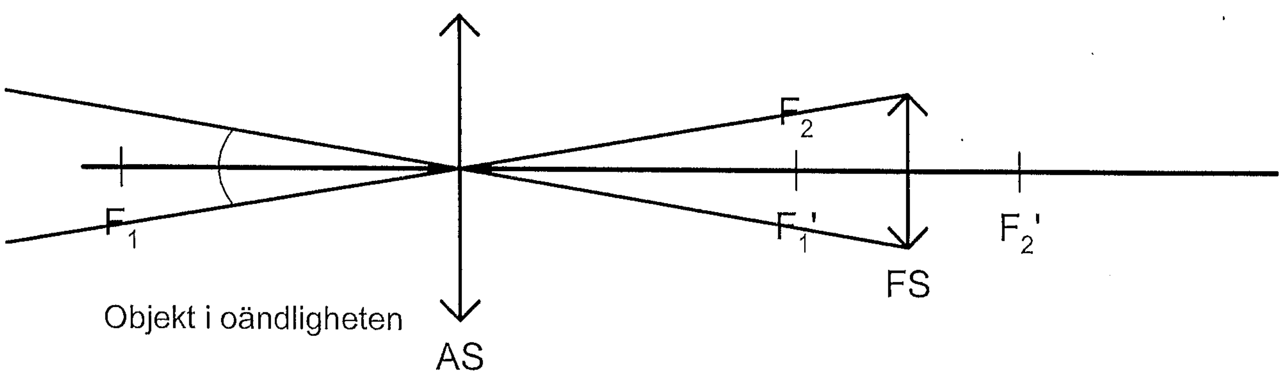
b)



c)



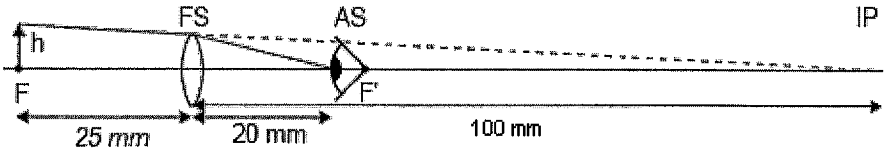
d)



Synfält

48) Strålkonstruktion ger att ögat är AS och därmed linsen FS. Den synfältsbegränsande strålen bryts därmed i linsen. Då l'=70 mm blir L'=14,29 D och därmed L=-5,71 D och l=-0,175 m. Synfältsbegränsande strålen skall alltså gå genom kanten på linsen och skära optiska axeln 175 mm innan linsen och 125 mm innan objektet. Med likformiga trianglar ser man då att synfältet=(125/175)*20=14 mm.

49) Avståndet från objekt till lupp blir 25 mm (luppens fokallängd). Med strålkonstruktion inser man att ögat är AS. Synfältsbegränsande strålar genom mitten av pupillen och kanten på luppen (FS) bryts i luppen. Vi vet att l'=20 mm, så L'=50 D, då F=40 D blir L=10 D och l=100 mm. Avståndet från FS till där synfältsbegränsande strålar skär optiska axeln (IP) är alltså 100 mm. Med likformiga trianglar kan man se att synfältet = 2h =(125/100)*10=12,5 mm.



50) Slutbild i oändligheten ger l_2=-25 mm och $l'_1=l_2+d$=-25+185=160 mm. Då blir L'_1=6,25 D och L_1=-12,5 D och l_1=-80 mm. Strålkonstruktion ger då att objektivet blir AS och okularet FS. Synfältsbegränsande stråle går då genom mitten av objektivet och kanten av okularet. Eftersom AS kommer först bryts inte strålen något mer (och IP blir vid objektivet). Med likformiga trianglar ser man att synfältet för objektet blir (80/185)*25=10,8 mm (vilket räcker för att se ögat!).

51) Med strålkonstruktion inser man att ögat är AS. Synfältsbegränsande strålen dras genom mitten av ögat, upp till kanten av linsen. Då blir l'=240 mm, L'=4,167 D. Vi har F=12,5 D så L=-8,33 D och l=120 mm. Synfältsbegränsande strålen går alltså mitt genom nyckelhålet och vi ser att linsen är FS. Vinkeln kan då fås av att tan(v)=20/120 (halva diametern) och därmed är v=9,46° och hela synfältet blir 19°.

52) Linsen sätts 100 mm efter tidningen och därmed blir det 200 mm mellan lins och öga. Med strålkonstruktion ser man att ögat är AS och linsen FS. Synfältsbegränsande strålen genom mitten av ögat och kanten av linsen. För att se hur den bryts i linsen räknar vi med l'=200 mm så L'=5 D -> L=-5 D. Synfältsbegränsande strålen skär optiska axeln 200 mm innan linsen (så IP ligger där). Med likformiga trianglar ser vi att synfältet vid tidningen (100 mm innan linsen) blir 40*(100/200)=20 mm diameter.

53) Vi kan först konstatera att ögat är AS och förstoringsglaset är FS. Synfältsbegränsande strålen mitt genom AS och kanten av FS bryts i

förstoringsglaset och vi vill räkna ut hur den gick innan. Med l'=0,4 m blir L'=2,5 D och därmed L=-2,5 D så l=-0,4 m. Den synfältsbegränsande strålen skär optiska axeln 40 cm innan förstoringsglaset (och där hamnar IP). Vi får nu räkna med likformiga trianglar med den okända diametern d på förstoringsglaset, där vi vet att (40/25)*5=8 cm, vilket förstoringsglaset minst måste ha.

54) Följer vi strålarna ser vi att objektivet är AS och okularet FS. Att ögat placeras optimalt innebär att ögat placeras så att den synfältsbegränsande strålen går mitt genom ögat (därmed påverkar inte ögat synfältet). Där den synfältsbegränsande strålen går ut ur systemet kallas utträdespupill, UP. Synfältet begränsas alltså av strålen genom mitten av objektivet och kanten av okularet. Synfältsbegränsande strålen bryts ej mer innan det och vi kan direkt räkna med likformiga trianglar att synfältet blir (1000/0,135)*0,012=89 m.

Vinkelförstoring och instrument

55) Vi avbildar lärarens ansikte: l=-0,3 m ger L=-3,33 D -> L'=-1,33 -> l'=-0,75 m. Bilden blir virtuell och hamnar 1,45 m från eleven. Bilden får den laterala förstoringen L/L'=2,5. Synvinkel utan lins (i radianer) blir $w=h/1$ (där h är ansiktets storlek) och med lins $w'=h'$/1,45=2,5h/1,45=1,7h. Vinkelförstoringen blir alltså 1,7.

56) Vi antar en objektshöjd h. Avbildning ger objektsavstånd l=-0,1 m, L=-10 D. Med plan spegel är F=0 D och L'=-10 D -> l'=-1/-10=0,1 m, så bilden hamnar totalt 0,2 m från person och m=-10/-10=1. Synvinkeln blir $w=h$/0,2=5h. Med krökt spegel blir istället F=-2/-0,3=6,67 D och L'=-3,33 D -> l'=0,3 m så bilden hamnar 0,4 m från personen. Förstoring blir m=-10/-3,33=3. Således blir synvinkeln 3h/0,4. Vi kan räkna ut vinkelförstoringen som $w_{krökt}/w_{plan}=(3h/0,4)/5h$=1,5 ggr större med krökt.

57) Om betraktningsavståndet är rimligt (250 mm) blir synvinkel utan h/0,25 och synvinkel med 1,25h/0,25 (skillnaden i position är mindre än två tiondels millimeter, så avståndet är samma men bilden förstoras med den laterala förstoringen). $M=w_{med}/w_{utan}$=1,25.

58) Optisk tublängd $g=d-f'_{obj}-f'_{ok}$=160 mm. Vinkelförstoring är $M=(gq)/(f'_{obj}f'_{ok})$=160*250/(4*50)=200. Synvinkel utan instrument med blodkropp på 250 mm avstånd blir i radianer h/q=32 mikroradianer. Genom mikroskopet får vi 200 ggr större = 6,4 milliradianer (0,37 grader).

59) Utan glasögon får vi anta synvinkel w. Mellanbilden hamnar i bakre fokalplanet till linsen, d.v.s. 10 cm bakom linsen och 30 cm från Gullan. Bildstorleken blir $h'=-wf'_g$ om w är i radianer och liten. Vinkel med blir då h'/0,3=$-wf'_g/0,3$=$-w$*0,1/0,3 och vinkel med/vinkel utan blir 1/3.

60) Med $M=f'_{objektiv}/f_{okular}=4$ och $f'_{objektiv}+f'_{okular}=120$ mm kan vi direkt lösa ut att $f'_{objektiv}=160$mm och $f'_{okular}=-40$ mm.

61) Optimalt placerade innebär att ögat är vid UP, d.v.s. där bilden av AS i kikaren är. I kikare är objektivet AS. Kikaren har förstoringen 7 och objektivet har diametern 50 mm (det är vad märkningen står för). För teleskop och kikare gäller att $D_{UP}=D_{IP}/M$, så $D_{UP}=7,1$ mm och därmed är ögat AS. Nu måste vi hitta IP, d.v.s. det objekt vars bild hamnar i ögat. Fast vi behöver inte läget, enbart diametern. För hela systemet kikare-öga blev ögat AS, och därmed även UP. Fortfarande gäller att $D_{IP}=D_{UP}*M=3*7=21$ mm, vilket också är svaret.

62) Med objektshöjd h blir synvinkel med kontaktlins $h/5$ radianer. Avbildning i glasögat ger $l=-(5-0,013)$ och $L=-0,2005$ D -> $L'=-10,2005$ D och $l'=-0,098$ m från glasögat. Avståndet till ögat blir $-(0,098+0,013)=-0,111$ m. Mellanbilden får storlek $h'=(L/L')h=0,01966h$. Synvinkel med blir $0,01966h/0,111=0,1771h$. Kvoten mellan synvikel med och synvinkel utan blir $0,1771/0,2=0,89$, vilket är vinkelförstoringen.

63) Slutbild i oändligheten betyder att mellanbilden ligger i okularets fokalplan, d.v.s. 162 mm efter lins 2. Sedan behöver vi förstoringen i objektivet. Så $l'_2=0,162$ -> $L'_2=6.17$ D, $F_2=200$ D -> $L_2=-193,83$ D -> $l_2=-0,00516$ m. Det är mellanbilden som skapas av lins 1, så $l'_1=l_2+d=-0,00516+0,002=-0,00316$ m och $L'_1=-316,5$ D -> $L_1=-516,5$ vilket ger oss objektsavståndet $l_1=-0,00194$ eller -1,94 mm. Förstoringen i objektivet är den laterala förstoringen i avbildningen: $m_1m_2=(L_1/L'_1)(L_2/L'_2)=-51$. Okularet har förstoring som en lupp, d.v.s. $M=F/4=40/4=10$. Total förstoring i ett mikroskop är $m_{objektiv}M_{okular}=-510$ ggr.

64) Låt skålens radie vara r. Avbildning sker där $l=-2r$ och $L=n/(-2r)$. Skålen är en brytande sfärisk yta så $F=(1-n)/(-r)$. Då blir $L'= n/(-2r)+(1-n)/(-r)$ och med $n=4/3$ blir $l'=-3r$. Så totalt avstånd utan blir $3r$, totalt avstånd med blir $4r$. Vidare behöver vi laterala förstoringen. Den är $L/L'=2$. Totalt blir vinkelförstoringen $(2h/4r)/(h/3r)=1,5$ ggr.

65) Med linsformeln beräknas $L=-16,67$ D -> $L'=3,33$ D -> $l'=300$ mm. Patientens korrektion skall alltså enligt korrektionsprincip lägga en bild 300 mm efter linsen i figuren. Om glasögat är placerat 14 mm innan ögat blir bildavståndet från glasögat 250 mm. Med objekt i oändligheten blir då $F=1/0,25=4$ D.