



LUNDS UNIVERSITET  
Lunds Tekniska Högskola

# F2 Avbildning med linser och speglar

GEOMETRISK OPTIK



# Kursinformation

## Kurshemsidan

<http://www.atomic.physics.lu.se/education/mandatory-courses/faff25/>

- Kursprogram
- Läsanvisningar
- Föreläsningsbilder
  - Lösenord: *CDFotonik*



**LUNDS UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola

Atomic Physics  
FACULTY OF ENGINEERING, LTH

Research | Education | Staff | Publications | Contact | Local Information

Local Information



Search lu.se

SEARCH

Atomic Physics > Education > Compulsory courses > FAFF25 / FAFA60 Fysik för C och D, åk 3 Delkurs i Fotonik och åk 1

Photonics

Elective courses

Compulsory courses

- ▶ FAFA01 Fysik - Mekanik och Vågor
- ▶ FAFA35 Fysik - Termodynamik och atomfysik
- FAFF25 Fysik för C och D - Delkurs i Termodynamik
- FAFF25 / FAFA60 Fysik för C och D, åk 3 Delkurs i Fotonik och åk 1
  - Laborationer
  - Föreläsningar
  - Tentamen
- FAFA20 Energi- & miljöfysik
- FAFA15 Energi- & miljöfysik
- FAF108 Inledande fysik
- ▶ FAF260 Tillämpad vågrörelselära
- FAFF10 Atom- och kärnfysik med tillämpningar
- ▶ FAFF30 Våglära och optik
- FAFF45 Medicinsk Fysik för BME
- ▶ FAFF36 Medicinsk Fysik
- ▶ FYSTC11 Atomic and Molecular Physics for Science Faculty

Diploma projects

Postgraduate studies

## FAFF25 / FAFA60 Fysik för C och D, åk 3 Delkurs i Fotonik och åk 1

### Välkomna!

År 2016 och 2017 ges denna kurs i fotonik både som en delkurs i FAFF25 för C och D i åk 3 samt som en självständig kurs, FAFA60, för C och D i åk 1.

Syftet med kursen är att ge en introduktion till fotonik inkluderande optik och signalöverföring med ljus och radiovågor. Kursen ska också ge träning i problemlösning, modelltänkande, experimentellt arbete samt skriftlig och muntlig kommunikation.

Informationen för denna sida gäller för kursomgången vårterminen 2017 och uppdateras löpande under kursens gång. Har du några frågor eller funderingar som rör denna kurs, hör gärna av dig till [Martin Hansson](#).

### Anmälan till laborationsgrupper

Laborationsschema är publicerat här på hemsidan och anmälan till laborationsgrupperna är nu öppen. Anmäl dig, så snart som möjligt, till en (och endast en) via länken: <http://www.signupgenius.com/go/409044da4ab2da0ff2-laborationsgrupper>

Page Manager: |

### KURSAKTA

Omfattning: 5 hp  
Kursperiod: Vt1 2017  
Obligatorisk för: C och D

Kursansvarig: [Martin Hansson](#) och [Olle Lundh](#)

Sekreterare: [Kerstin Nilsson](#)  
Telefon: 046-222 7665

Kursombud: Vakant

### LÄNKAR OCH DOKUMENT

#### Planering och gruppindelning:

- [Kursprogram](#)
- [Läsanvisningar](#)
- [Kursplan FAFF25](#)
- [Kursplan FAFA60](#)
- [Kurschema](#)

#### Laborationer:

- [Laborationsschema](#)
- [Geometrisk optik](#)
- [Ljusets böjning & interferens](#)
- [Rapportskrivning](#)

#### Övningsuppgifter:

- [Extra övningsuppgifter](#)
- [Formelblad](#)

# Kursinformation

## Schema

TimeEdit® LUNDS UNIVERSITET > LÄSSCHEMA FÖR PÅSEENDE - VÅRTERMINEN 2017									
IDAG < V 4 > 2017-01-23 - 2017-01-29 ÄNDRA SÖKNING Fysik, FAFF25, LTH, Fotonik, FAFA60, LTH PRENUMERERA SKRIV UT ANPASSA									
v 4	MÅNDAG 23/1	TISDAG 24/1		ONSDAG 25/1	TORSDAG 26/1		FREDAG 27/1		
8		08:00	FAFF25 Labb Fys:H323 Fysik Geometrisk optik	08:00	FAFF25 Labb Fys:H323 Fysik Geometrisk optik	08:00	FAFF25 Labb Fys:H323 Fysik Ljusets diffraktion	08:00	FAFF25 Labb Fys:H226 Fysik Ljusets diffraktion
9									
10	10:00			10:00					
11	FAFA60 FAFF25 Förel E:A Fotonik Fysik	12:00		12:00			12:00		12:00
12									
13	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00
14	FAFA60 Övn Fys:H421 Seminarierum Fotonik	FAFF25 Övn Fys:H221 Seminarierum Fysik	FAFA60 Labb Fys:H323 Fotonik Geometrisk optik	FAFA60 Labb Fys:H226 Fotonik Ljusets diffraktion	FAFA60 Övn Fys:H421 Seminarierum Fotonik	FAFF25 Övn Fys:H221 Seminarierum Fysik	FAFA60 Labb Fys:H323 Fotonik Geometrisk optik	FAFA60 Labb Fys:H226 Fotonik Ljusets diffraktion	FAFA60 Labb Fys:H226 Fotonik Ljusets diffraktion
15	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00
16									
		17:00	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00
Föreläsning Laboration Övning Tentamen									
LÄNK TILL DETTA SCHEMA TEXTSCHEMA									



# Kursinformation

## Laborationer

---

- Geometrisk optik
  - Förenklad rapport: Svarsformulär
- Ljusets böjning och interferens
  - Fullständig rapport
- Laborationerna utföres parvis
- Förbered er väl
  - *Läsa instruktionerna ingår i förberedelserna*
- Grupplistor publiceras på hemsidan i eftermiddag



# Dagens föreläsning

---



- F1 – Reflexion och brytning
  - F2 – Avbildning med linser och speglar
  - F3 – Optiska instrument
- 
- Repetition: Vågor, reflektion och brytning
  - Dispersion, reflektans och transmittans
  - Brytning i sfärisk yta
  - Brytning i tunn lins
  - Avbildning i tunna linser
    - Strålkonstruktion
    - Förstoring
  - Avbildning i sfäriska speglar

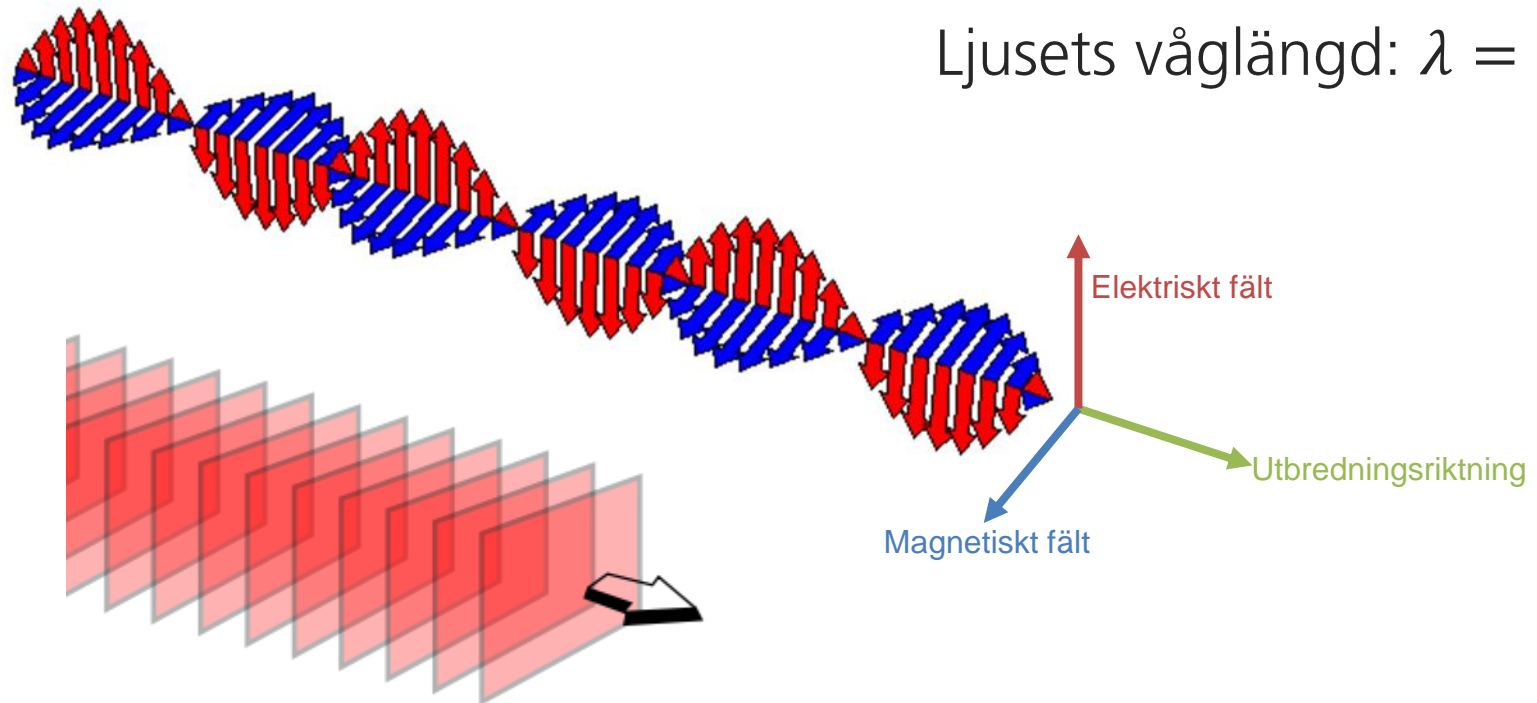


# Ljus som en vågrörelse

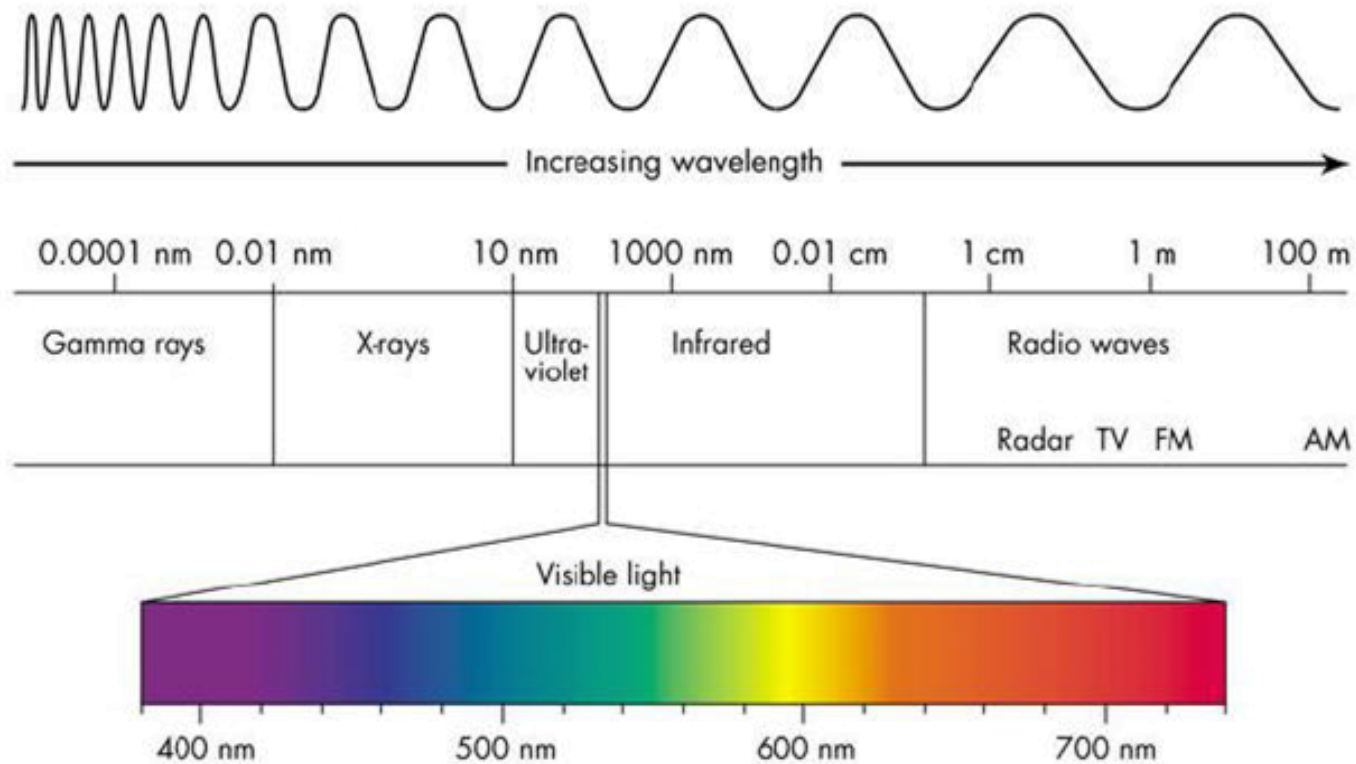
Ljusets frekvens:  $f$  [Hz]

Ljusets hastighet i vakuum:  $c = 299\,792\,458$  m/s

Ljusets våglängd:  $\lambda = c/f$



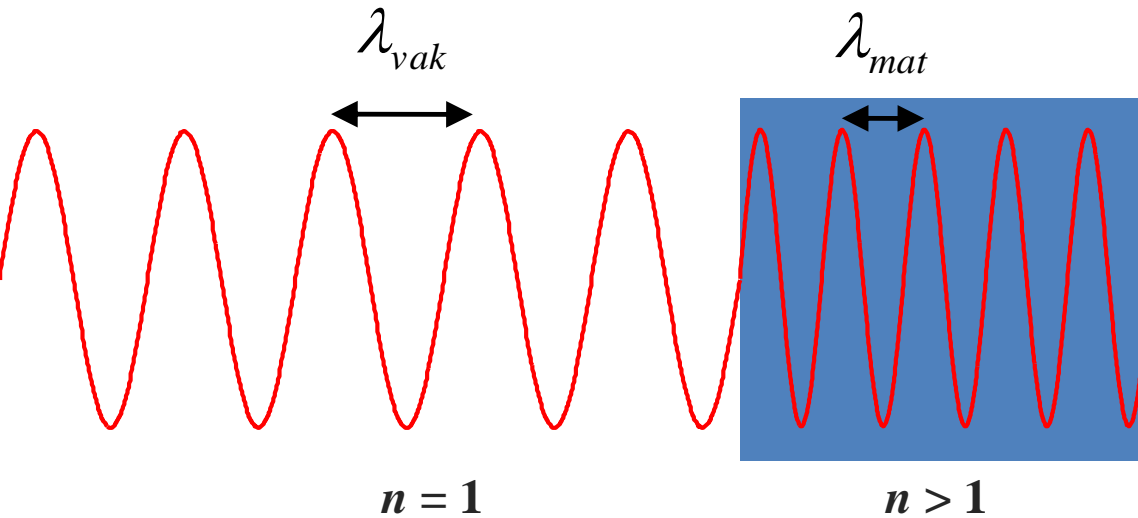
# Det elektromagnetiska spektrumet





# Sammanfattning

## Brytning och reflektion

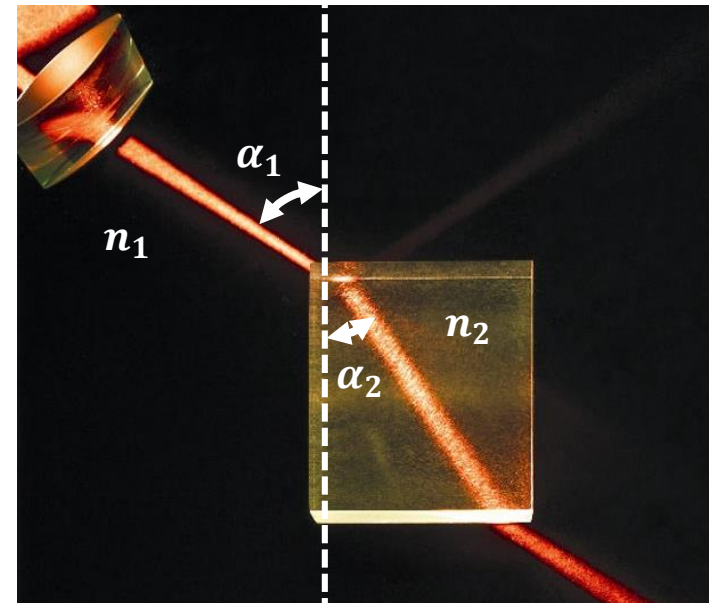


$c$  – ljusets hastighet i vakuum  
 $v$  – ljusets hastighet i ett material

$$f = \frac{c}{\lambda_{vak}} = \frac{v}{\lambda_{mat}}$$

$$n \equiv \frac{c}{v} \quad \rightarrow \quad n = \frac{\lambda_{vak}}{\lambda_{mat}}$$

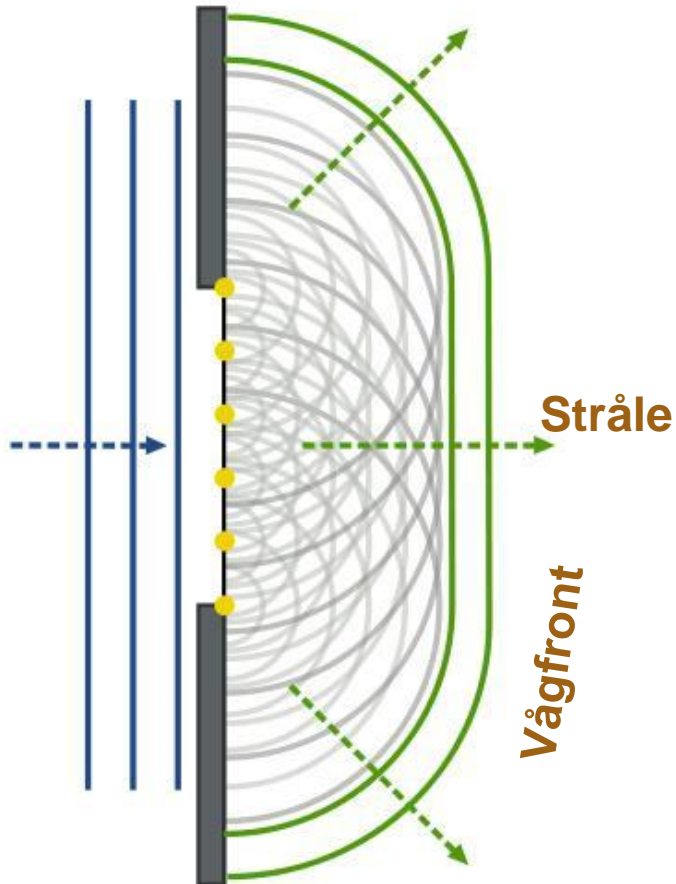
- Brytningslagen:  $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$
- Reflektionslagen:  $\alpha_1 = \alpha_2$
- Gränsvinkeln för totalreflektion:  $\alpha_g = \arcsin \frac{n_t}{n_i}$





# Strålar

## Kopplingen mellan vågoptik och stråloptik

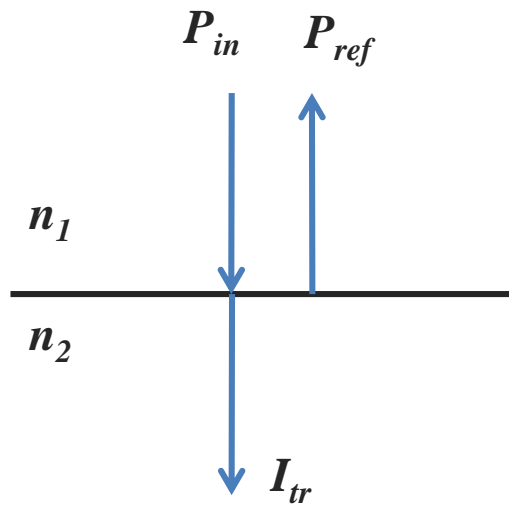


- **Vågfront:**
  - Yta i rymden där en våg har konstant fas
- **Stråle:**
  - Anger i vilken riktning energin transporteras
  - Fungerar bra endast då våglängden är försumbart liten i förhållande till storleken på de optiska komponenterna



# Reflektion och transmission

## Definition

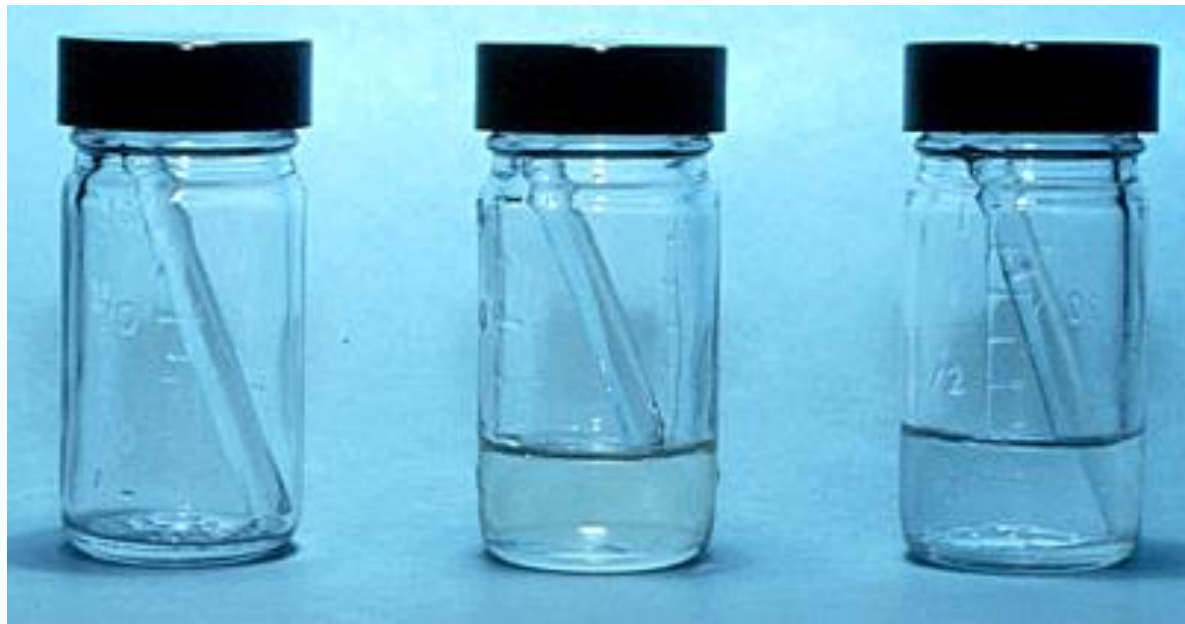


Reflektans:  $R \equiv P_{ref} / P_{in}$

Transmittans:  $T \equiv P_{tr} / P_{in} = 1 - R$

Vid vinkelrätt (normalt) infall:  $R = \left( \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2$

Exempel: Immersionsolja



# Exempel 12.1

---

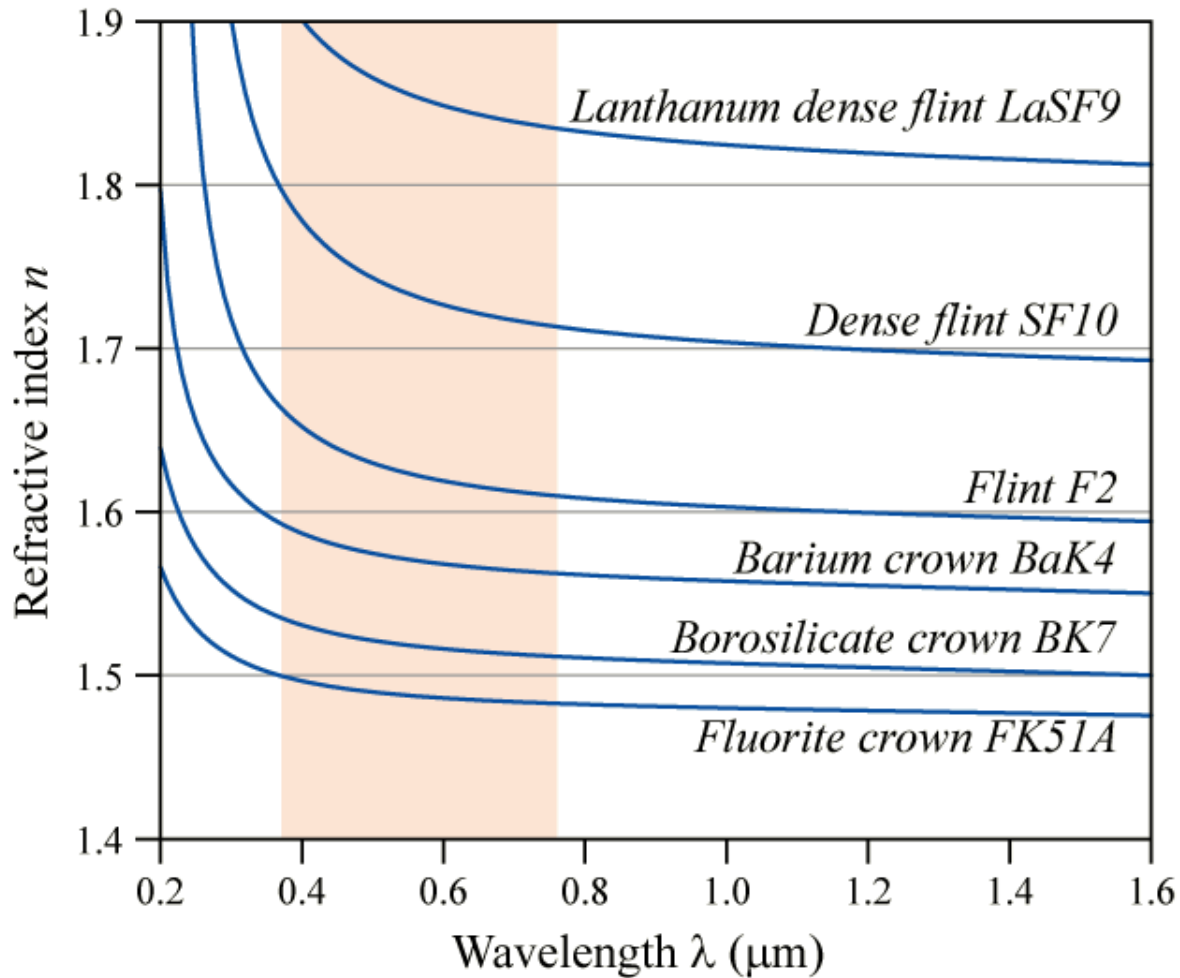
Hur mycket ljus går genom en enkel fönsterruta respektive ett treglasfönster?

Förutsätt att ljuset infaller längs med fönstrets normal och att glasets brytningsindex är 1,5.



# Dispersion

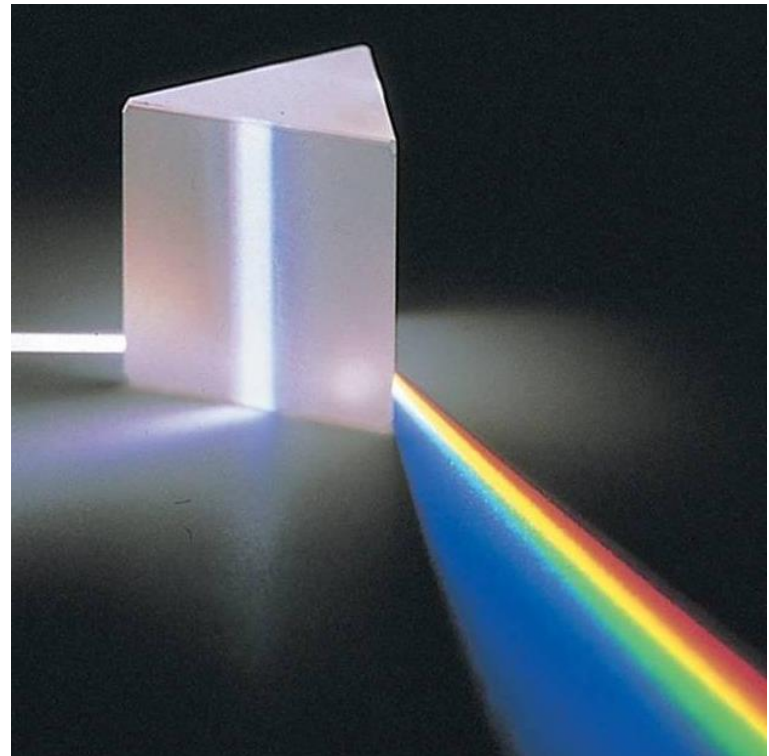
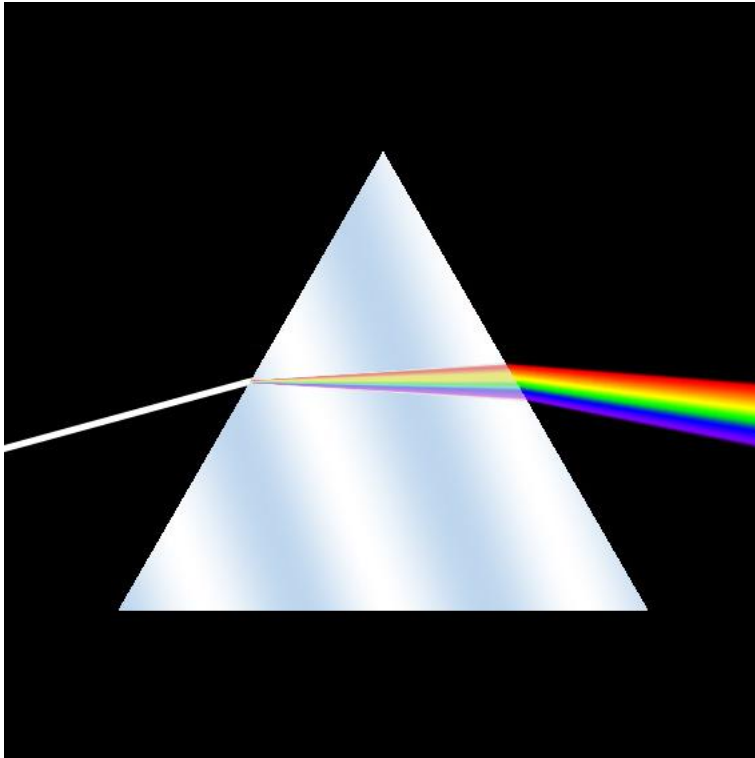
Brytningsindexets våglängdsberoende



# Dispersion

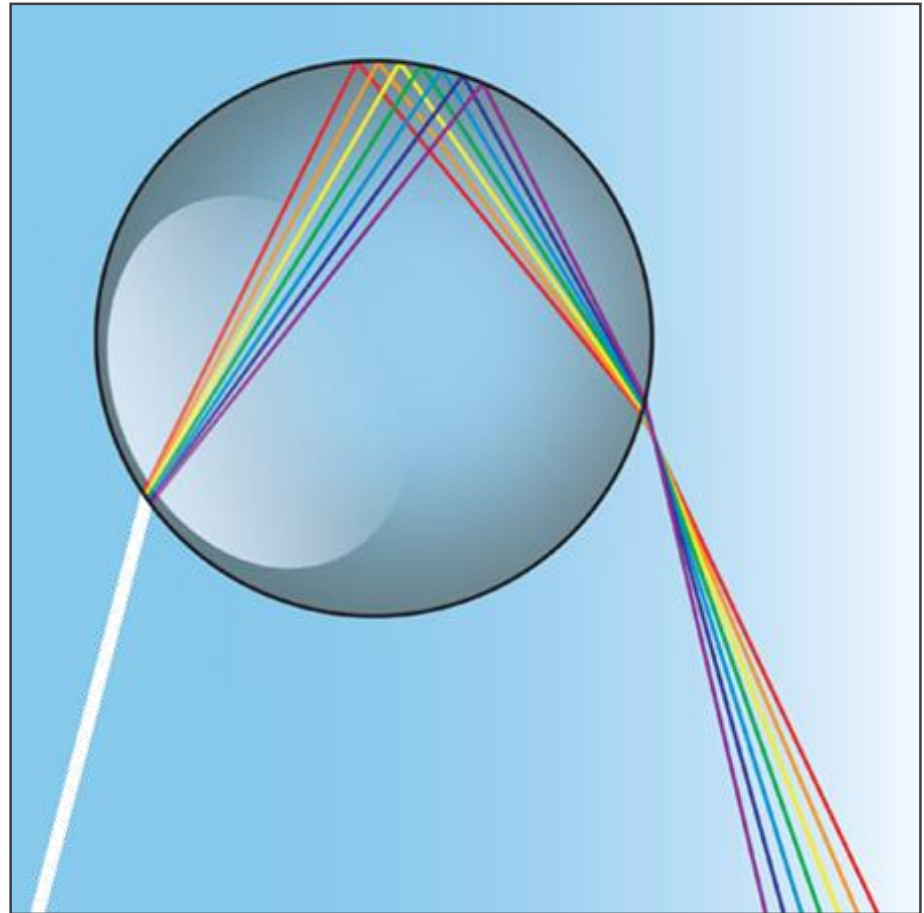
## Exempel: Prisma

---



# Dispersion

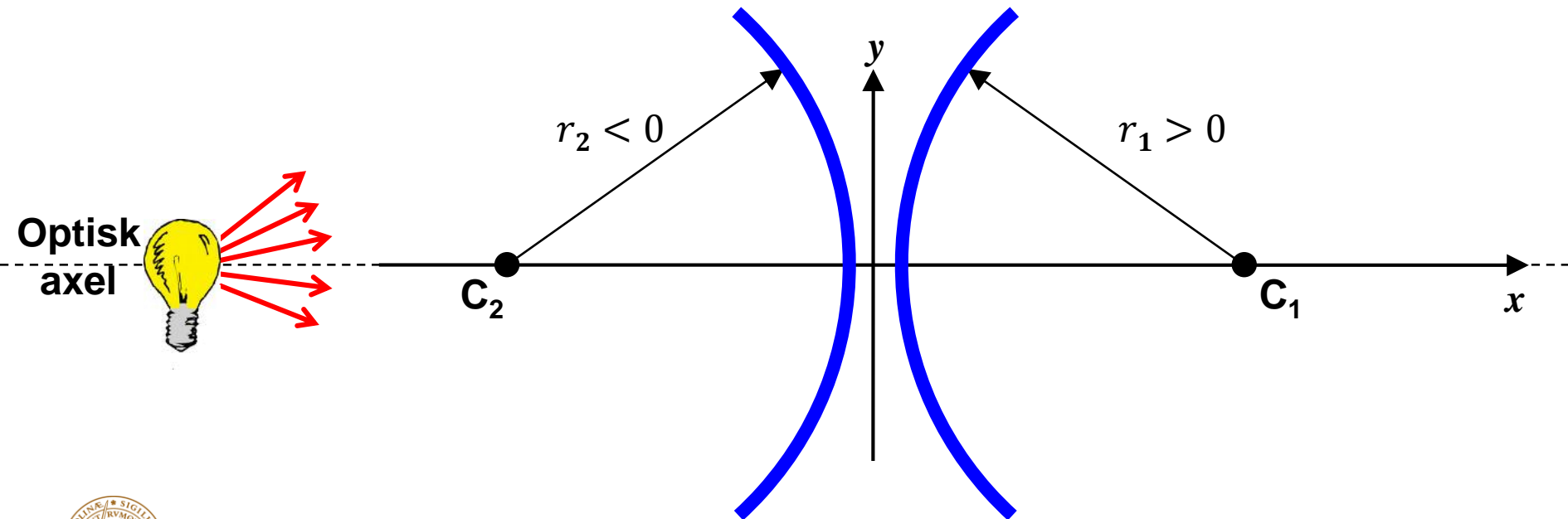
Exempel: Regnbågen



# Strålkonstruktion

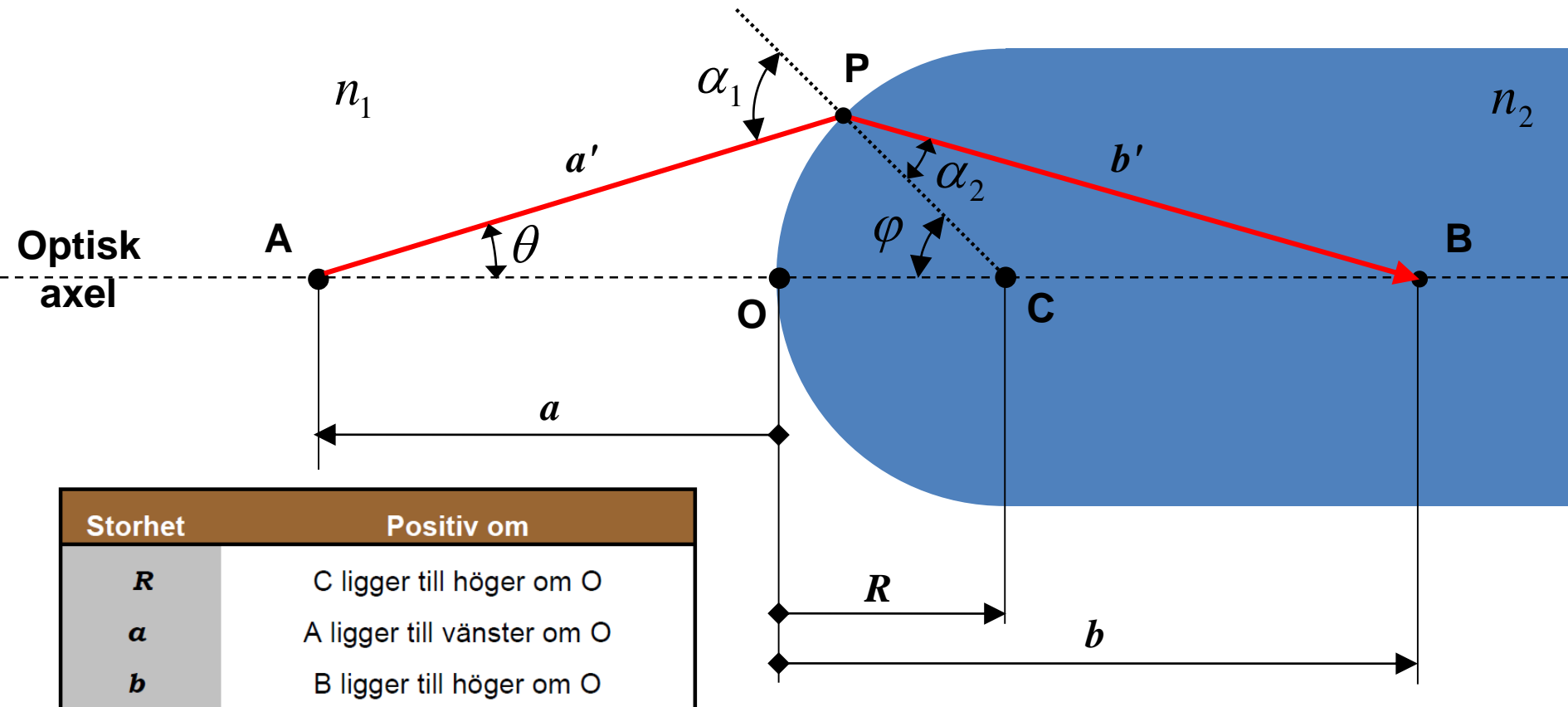
## Teckenkonvention

- Ljus går från vänster till höger – positiv  $x$ -led.
- Krökningsradien för en yta är positiv om krökningscentrum är vid högre  $x$  än ytan.





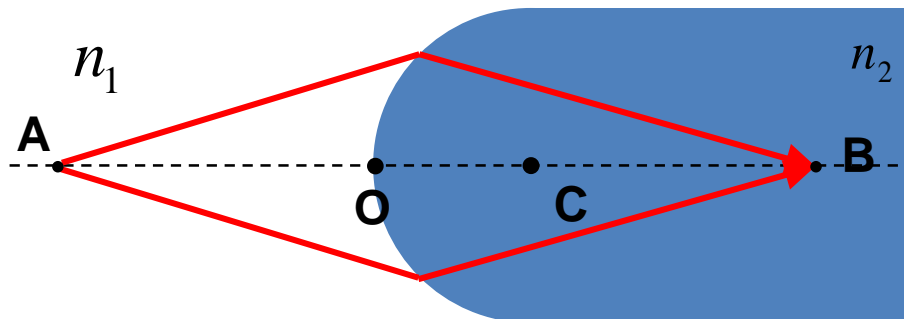
# Brytning i sfärisk yta



Resultat: 
$$\frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

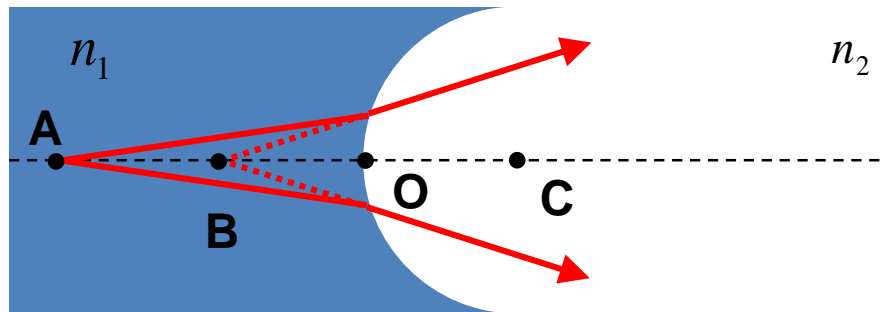


# Exempel: Reella och virtuella bilder



$$b > 0$$

**Reell  
bild**



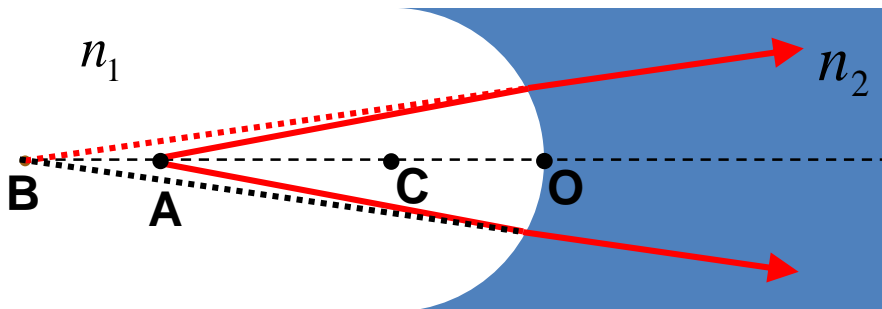
$$n_1 > n_2$$

$$R > 0$$

$$a > 0$$

$$b < 0$$

**Virtuell  
bild**



$$n_1 < n_2$$

$$R < 0$$

$$a > 0$$

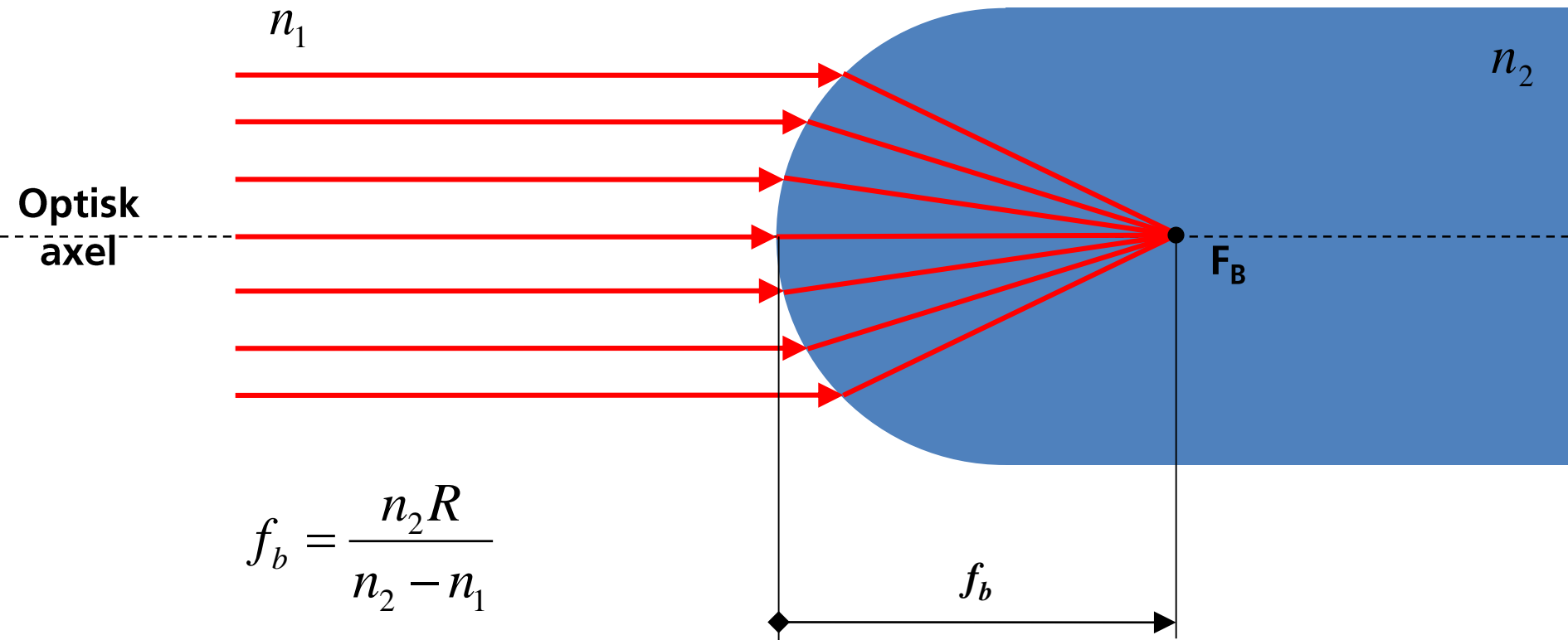
$$b < 0$$

**Virtuell  
bild**



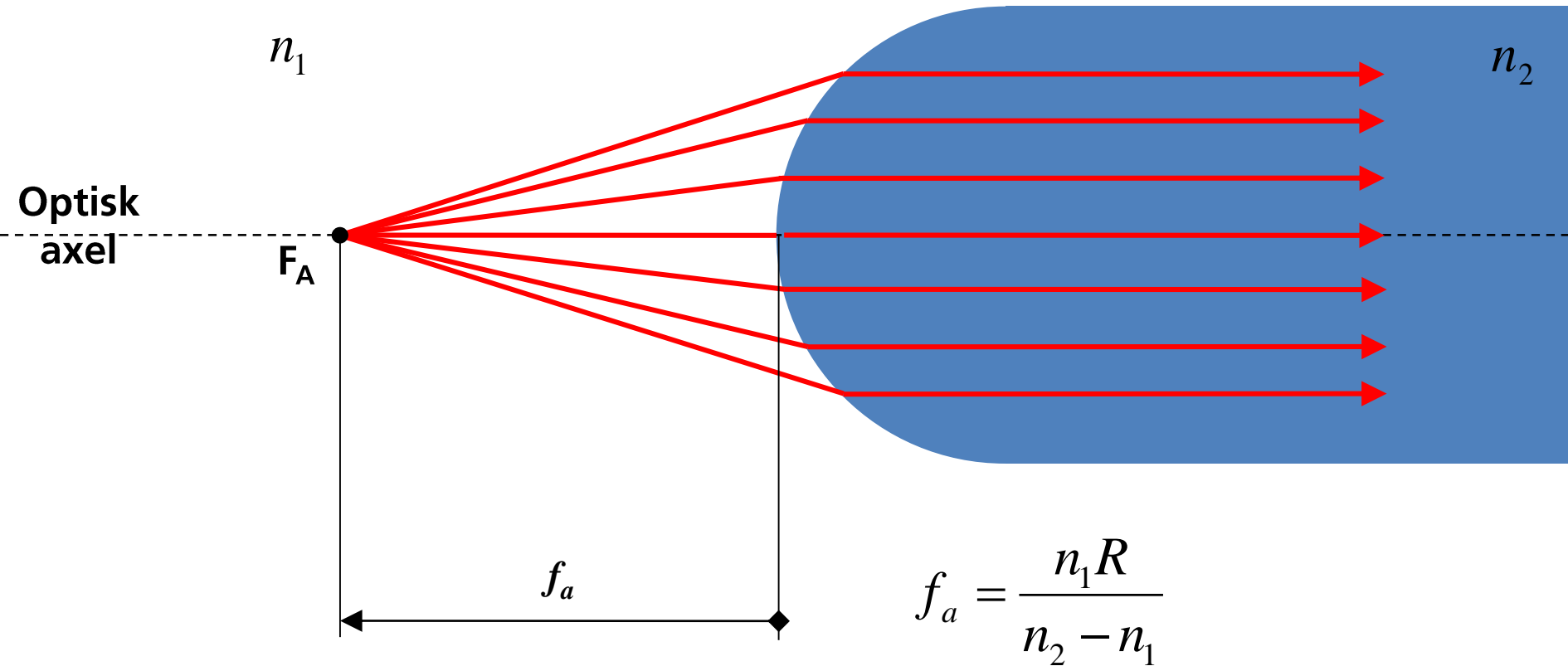
# Brännpunkter

## Bildbrännpunkten



# Brännpunkter

## Föremålsbrännpunkten

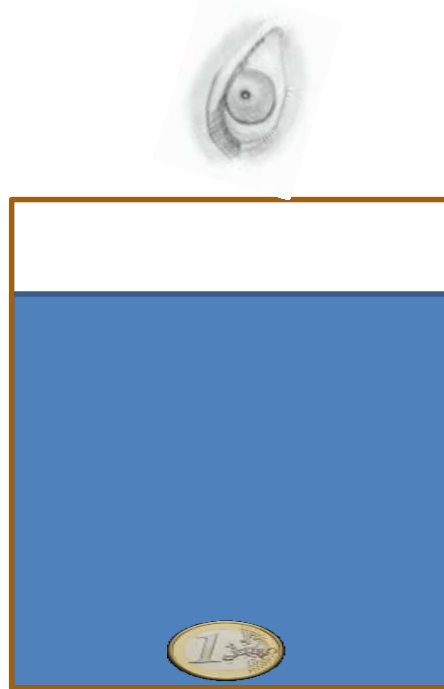


# Avbildning i yta

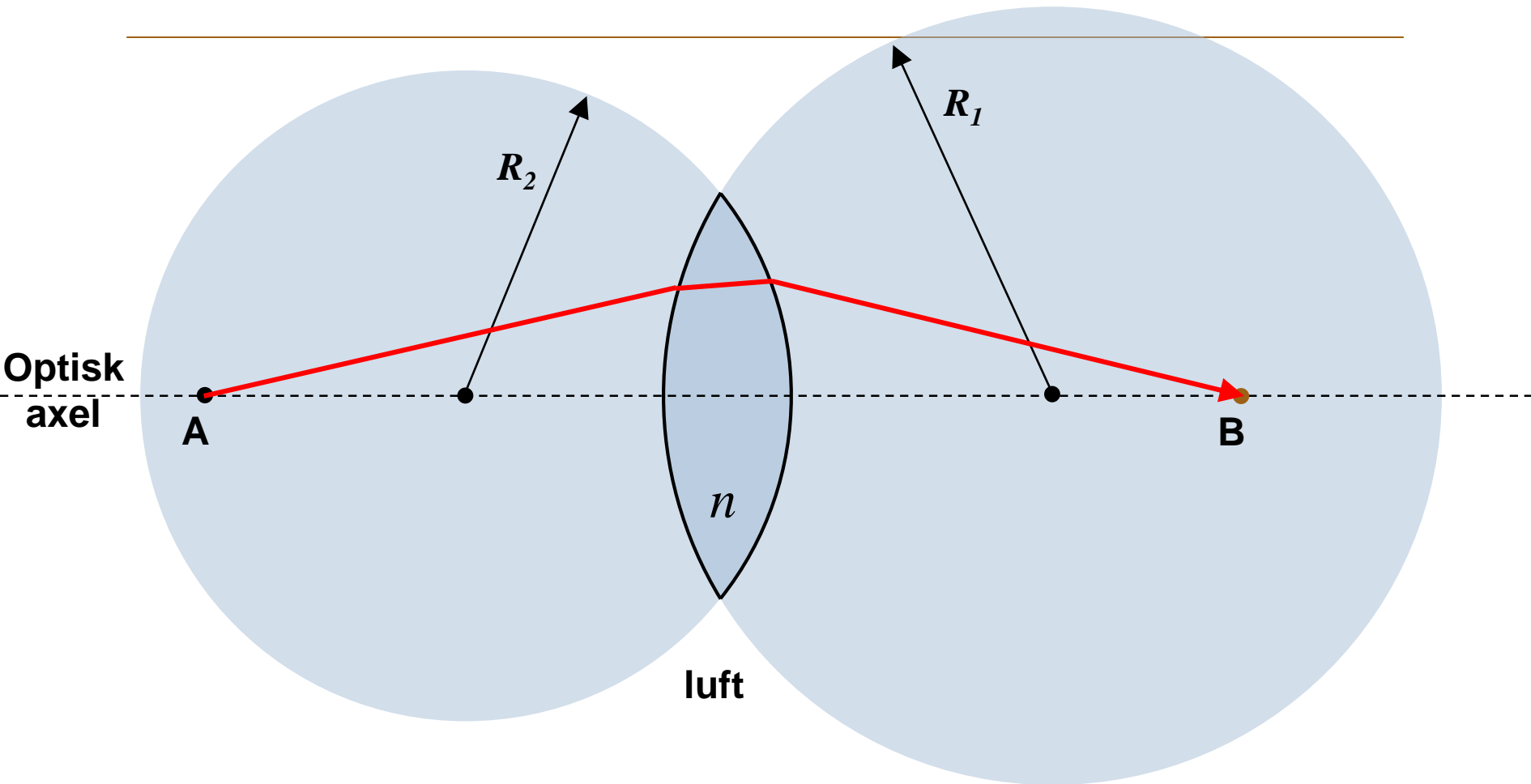
## Exempel 13.2

---

- När ett mynt placeras i botten av ett glas med vatten ser myntet ut att "lyftas" upp av vattnet. Antag att myntet ligger under 10 cm vatten och beräkna var bilden av myntet hamnar.

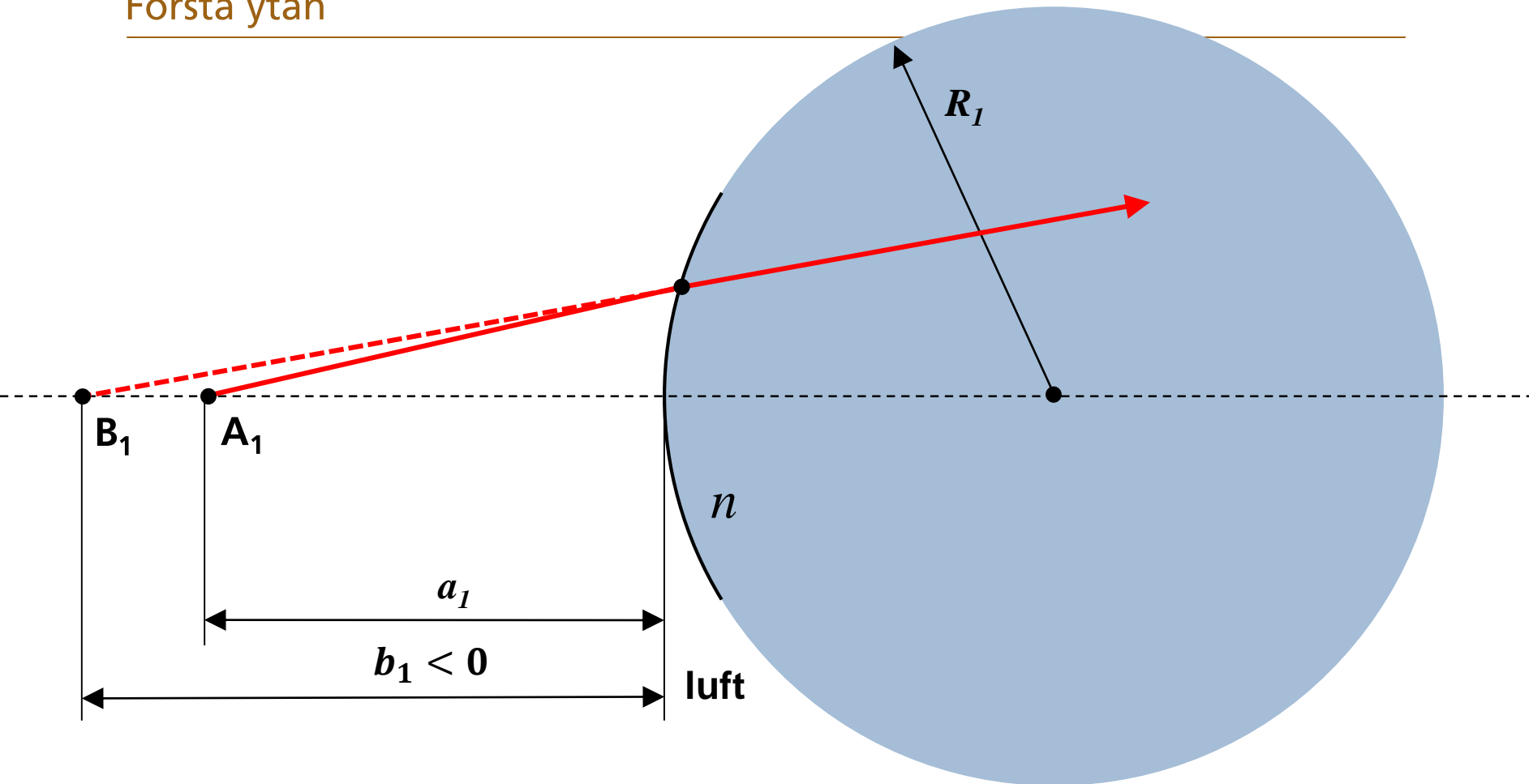


# Tunn lins



# Tunn lins

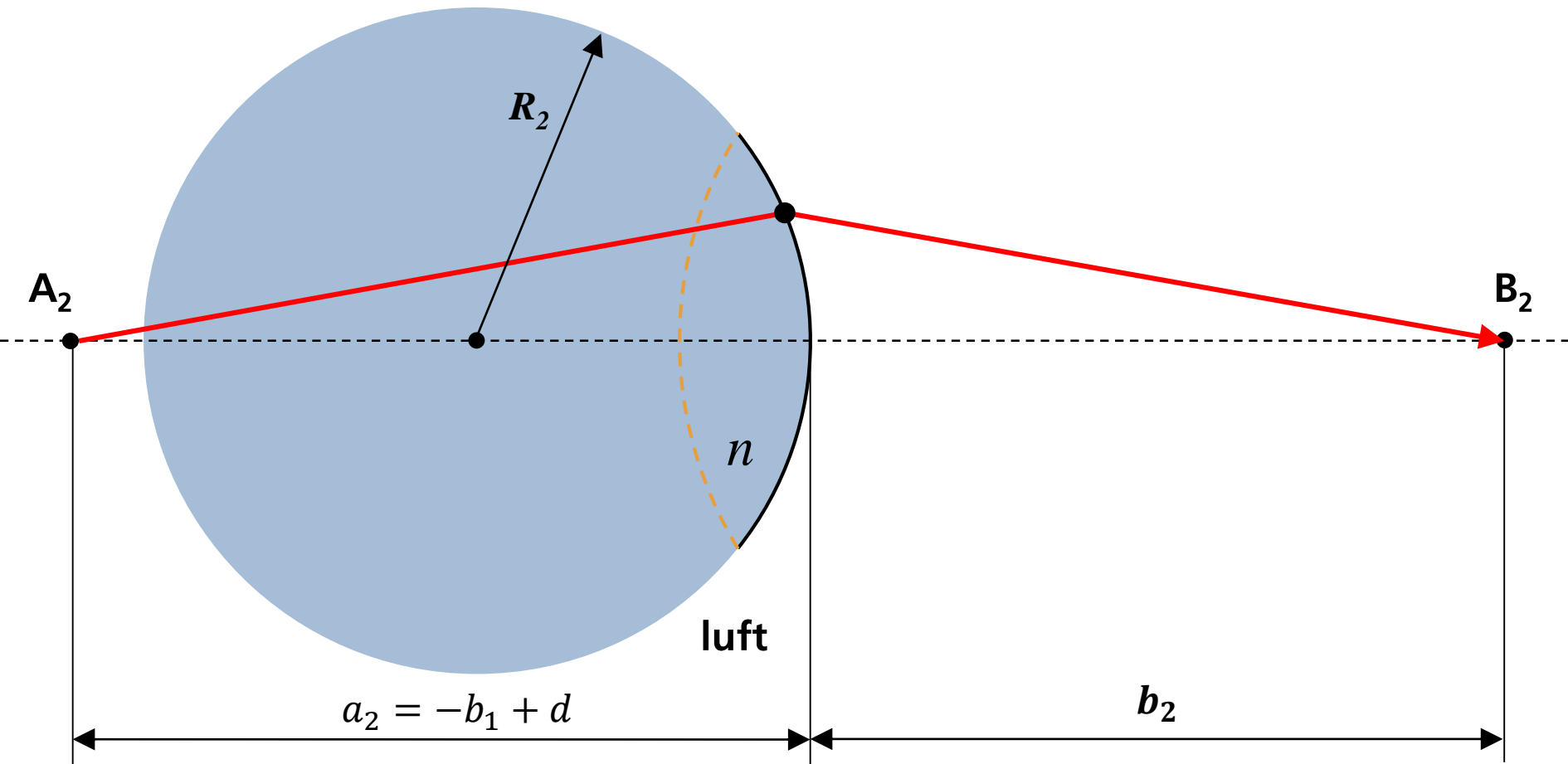
## Första ytan





# Tunn lins

Andra ytan

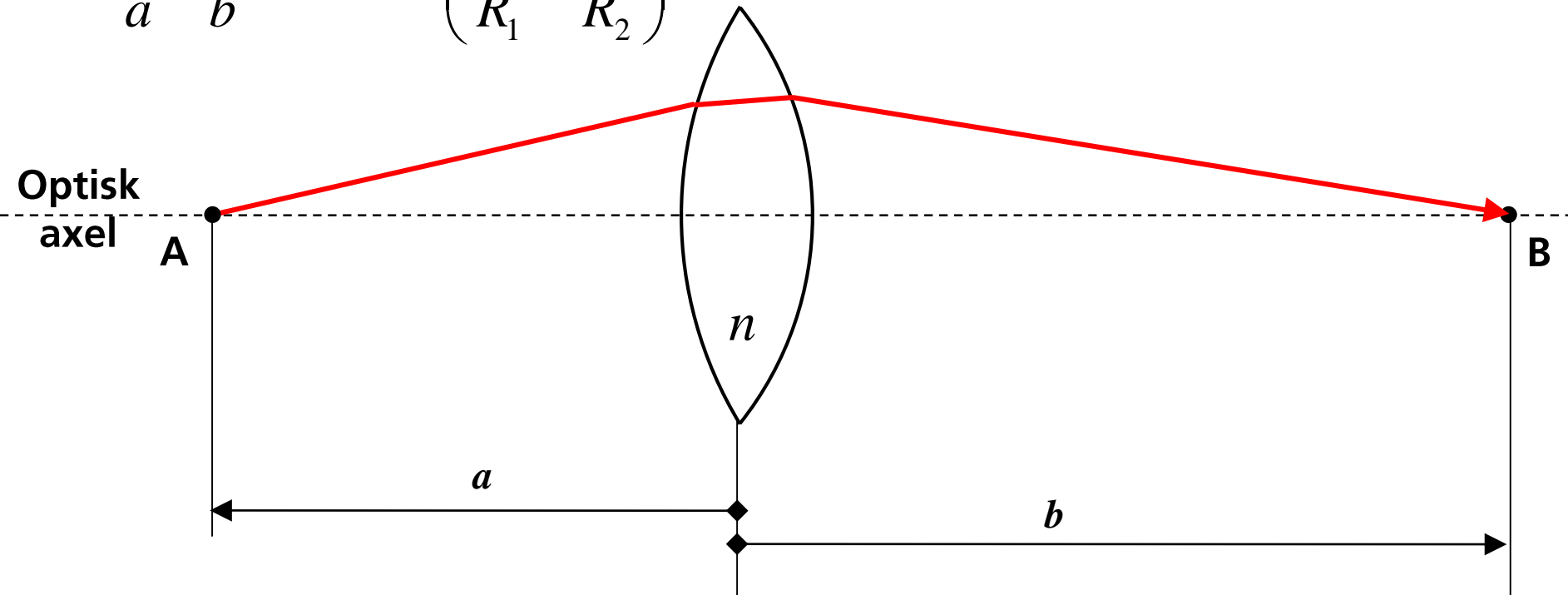


# Tunn lins

## Resultat

---

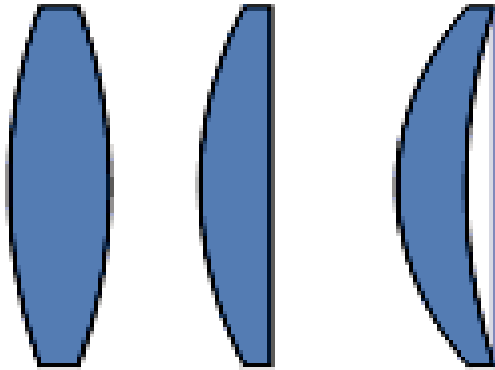
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = (n - 1) \cdot \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$



# Linstyper

---

## Samlingslinser

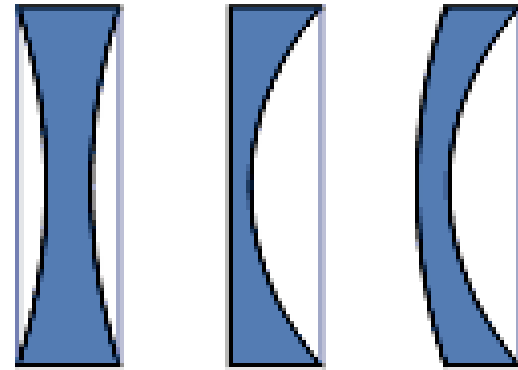


**Bikonvex**

**Konkavkonvex**

**Plankonvex**

## Spridningslinser



**Bikonkav**

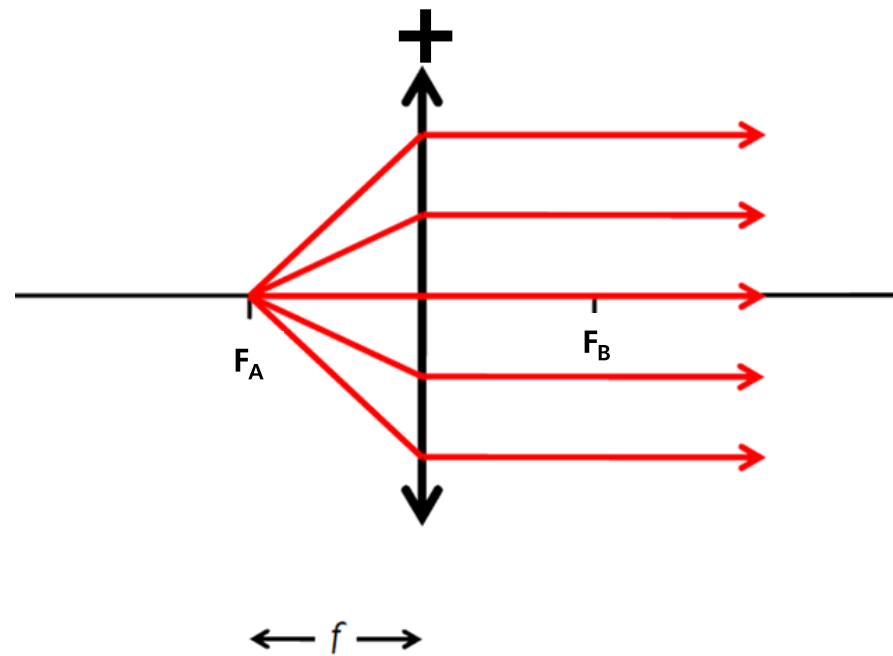
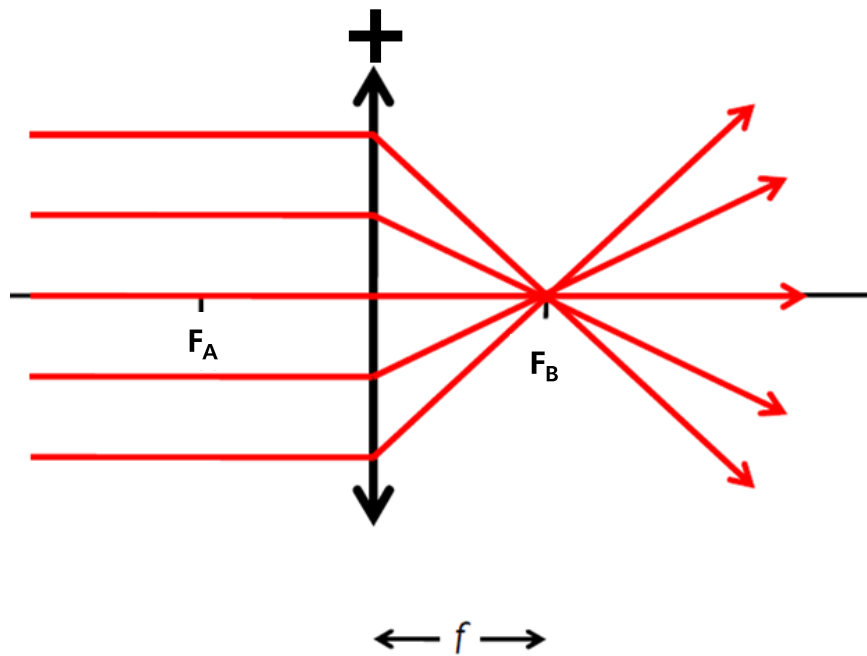
**Konvexkonkav**

**Plankonkav**



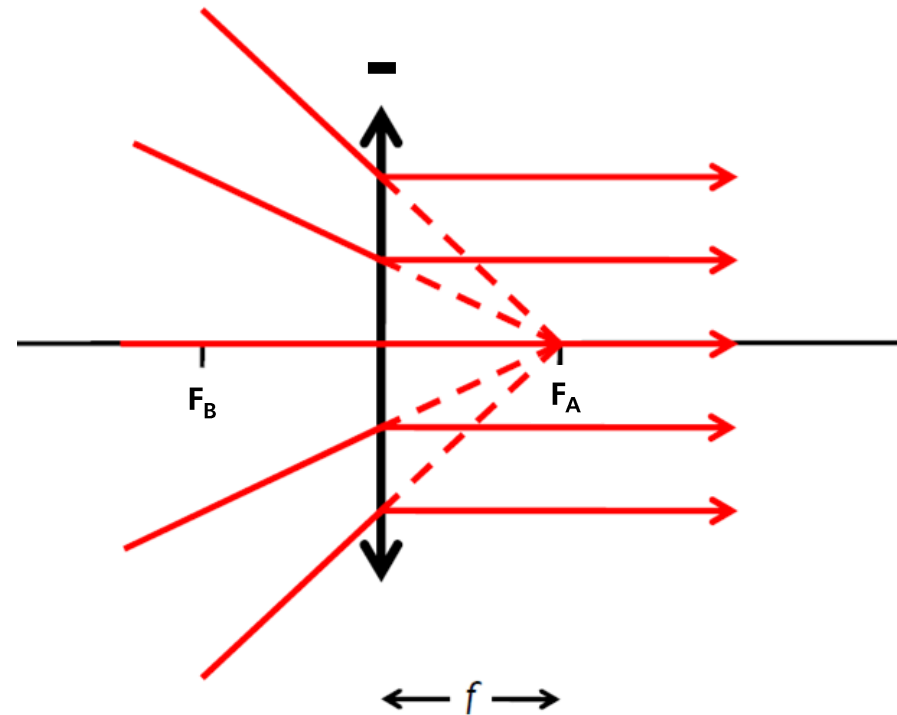
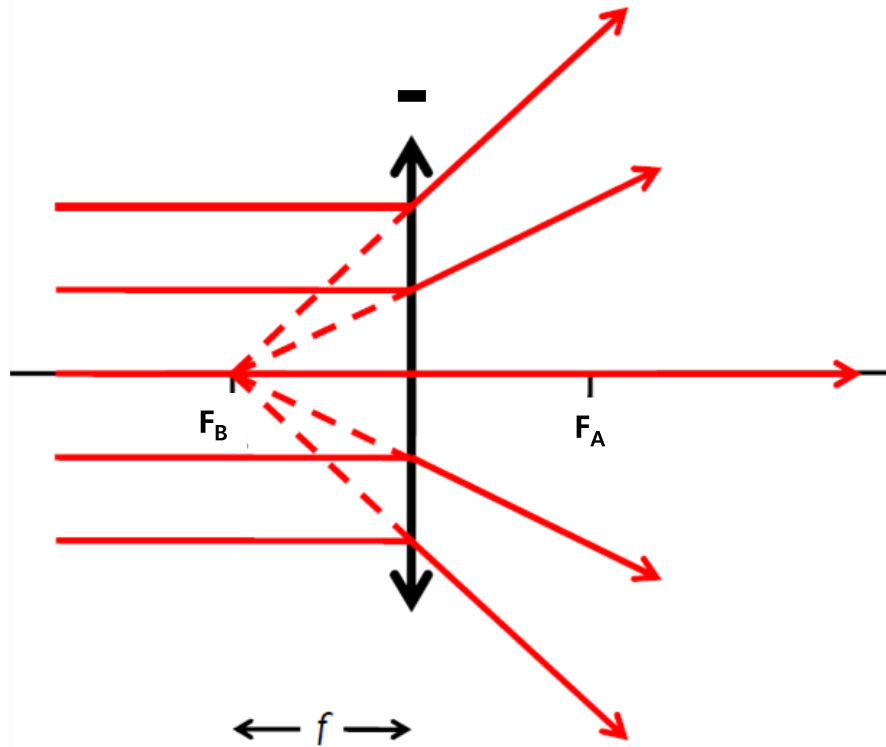
# Brännvidder

## Samlingslins



# Brännvidder

## Spridningslins



# Tunn lins

## Sammanfattning

- Linstillverkarformeln:  $\frac{1}{f_b} = \frac{1}{f_a} = \frac{1}{f} = (n-1) \left[ \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right]$
- Samlingslins eller positiv lins:  $f > 0$
- Spridningslins eller negativ lins:  $f < 0$
- Gauss' linsformel:  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

Storhet	Positiv om
$f$	linsen är konvex (samlar ljuset)
$a$	föremålet till vänster om linsen
$b$	bilden till höger om linsen



# Strålkonstruktion

## Standardstrålar

---

- En stråle genom *linsens centrum* bryts inte.
- En stråle som är *parallell* med den optiska axeln *före* en positiv lins går genom linsens bildbrännpunkt. En stråle som är *parallell* med den optiska axeln *före* en negativ lins ser ut att komma från linsens bildbrännpunkt.
- En stråle som går genom föremålsbrännpunkten hos en positiv lins är *parallell* med den optiska axeln *efter* linsen. En stråle på väg mot föremålsbrännpunkten hos en negativ lins är *parallell* med den optiska axeln *efter* linsen.





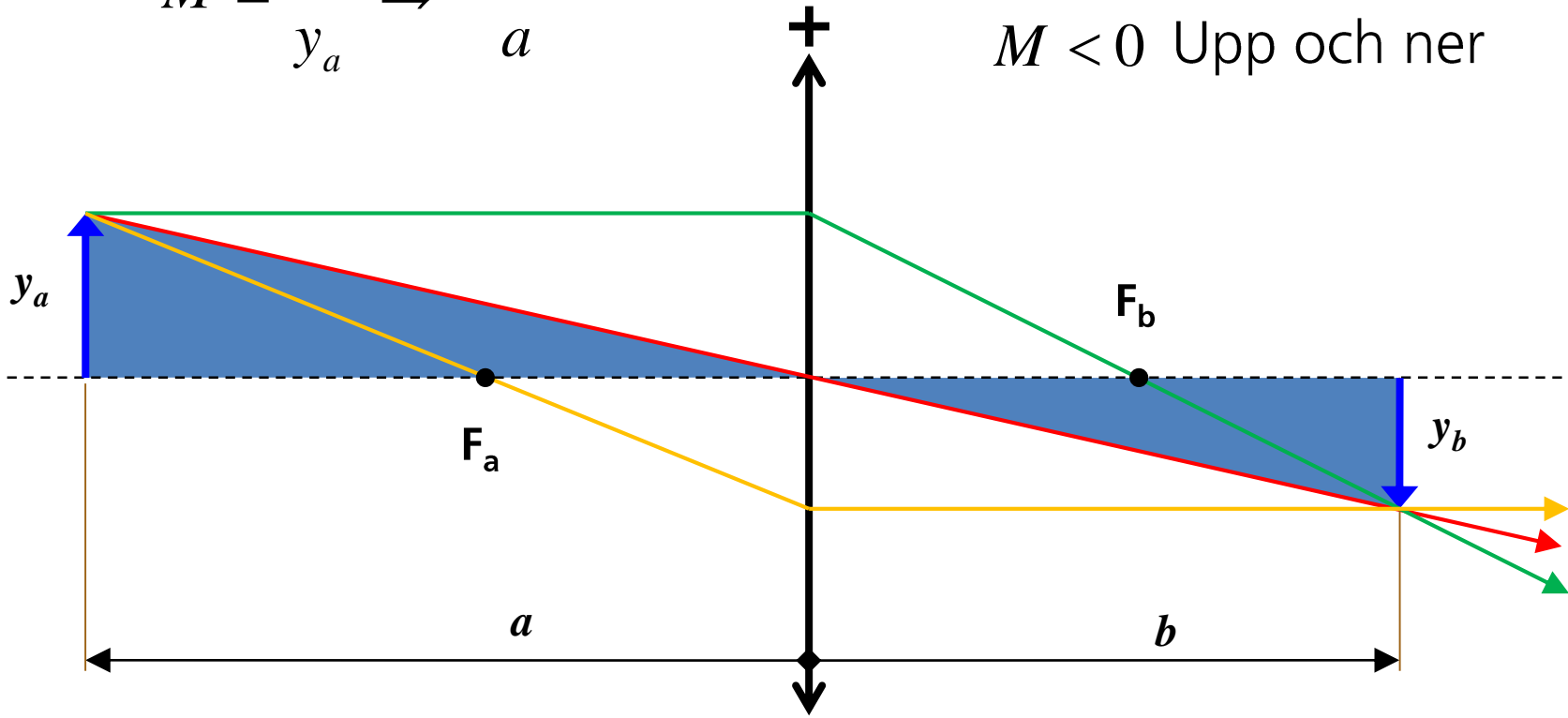
# Lateralförstoring

## Definition

$$M \equiv \frac{y_b}{y_a} \Rightarrow -\frac{b}{a}$$

$M > 0$  Rättvänd

$M < 0$  Upp och ner



# Exempel 13.3

## Overheadprojektor

---

En overheadprojektor består av en jämnt belyst yta, en lins och en vikspegel. En stordbild läggs på den belysta ytan 40 cm ifrån objektivet, som har brännvidden 35 cm.

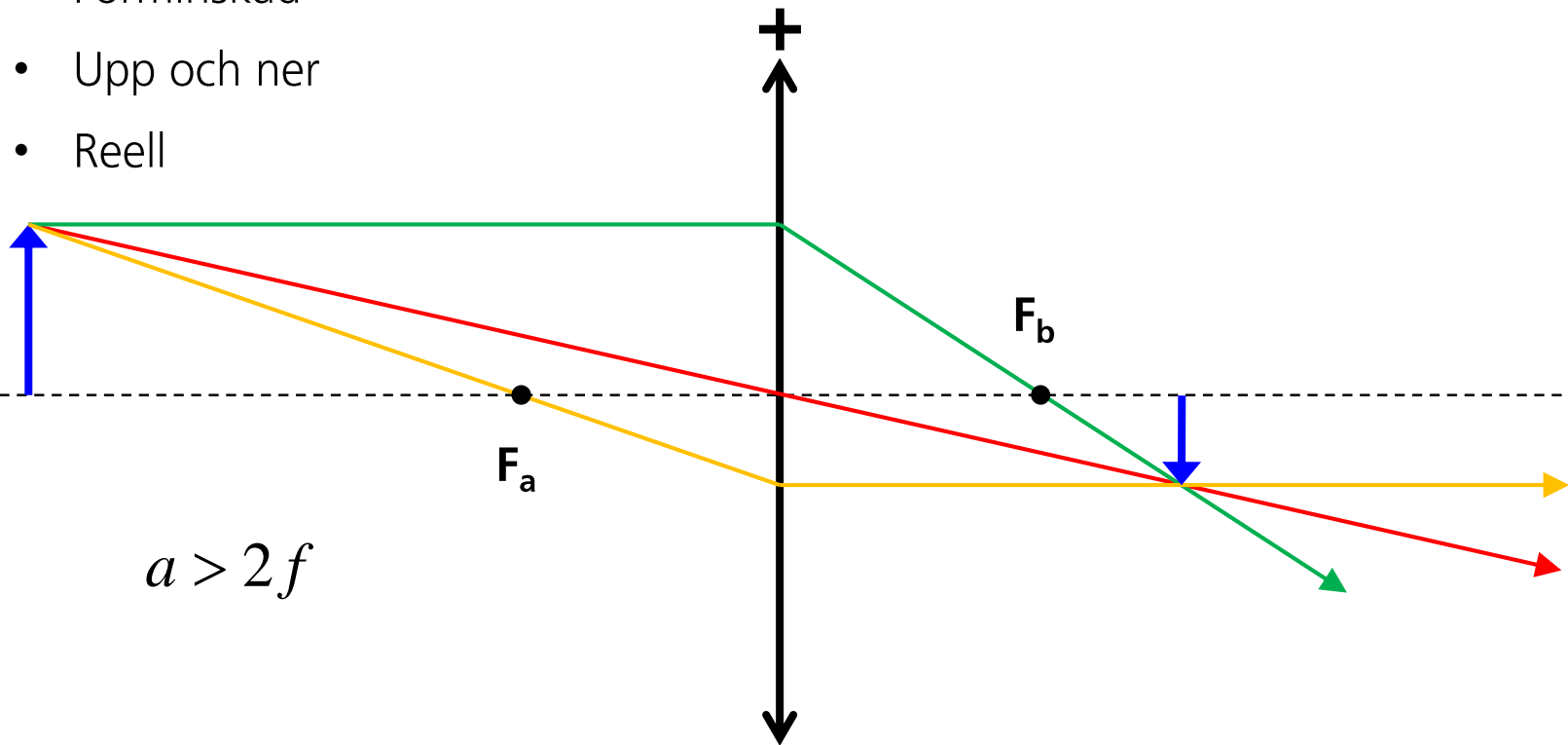
- a)** På vilket avstånd ifrån objektivet skall projektorskärmen stå?
- b)** Texten på en stordbild är 8,0 mm hög. Hur stor blir texten på skärmen när bilden är skarp?



# Exempel

## Konvex lins

- Förminskad
- Upp och ner
- Reell



# Exempel: Konvex lins

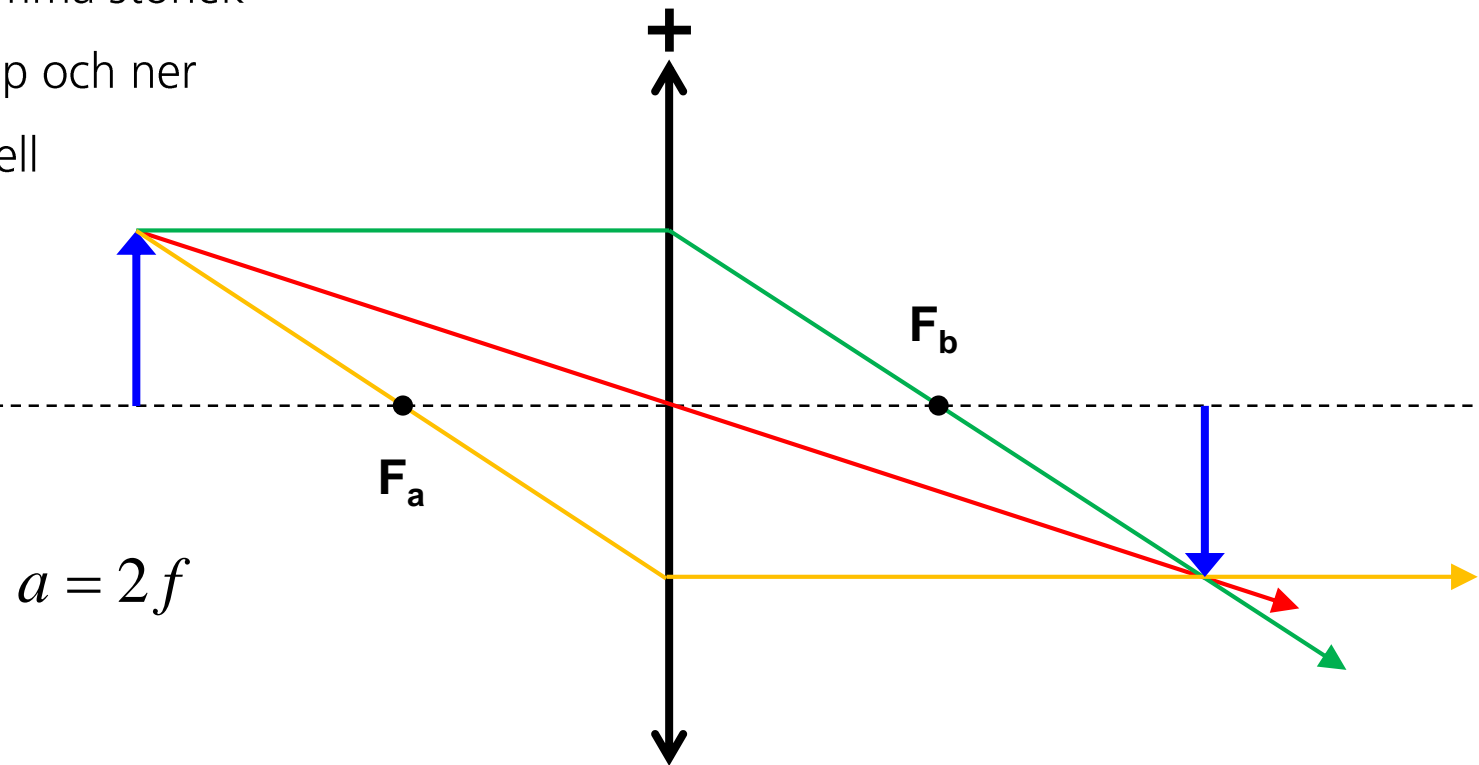
---



# Exempel

## Konvex lins

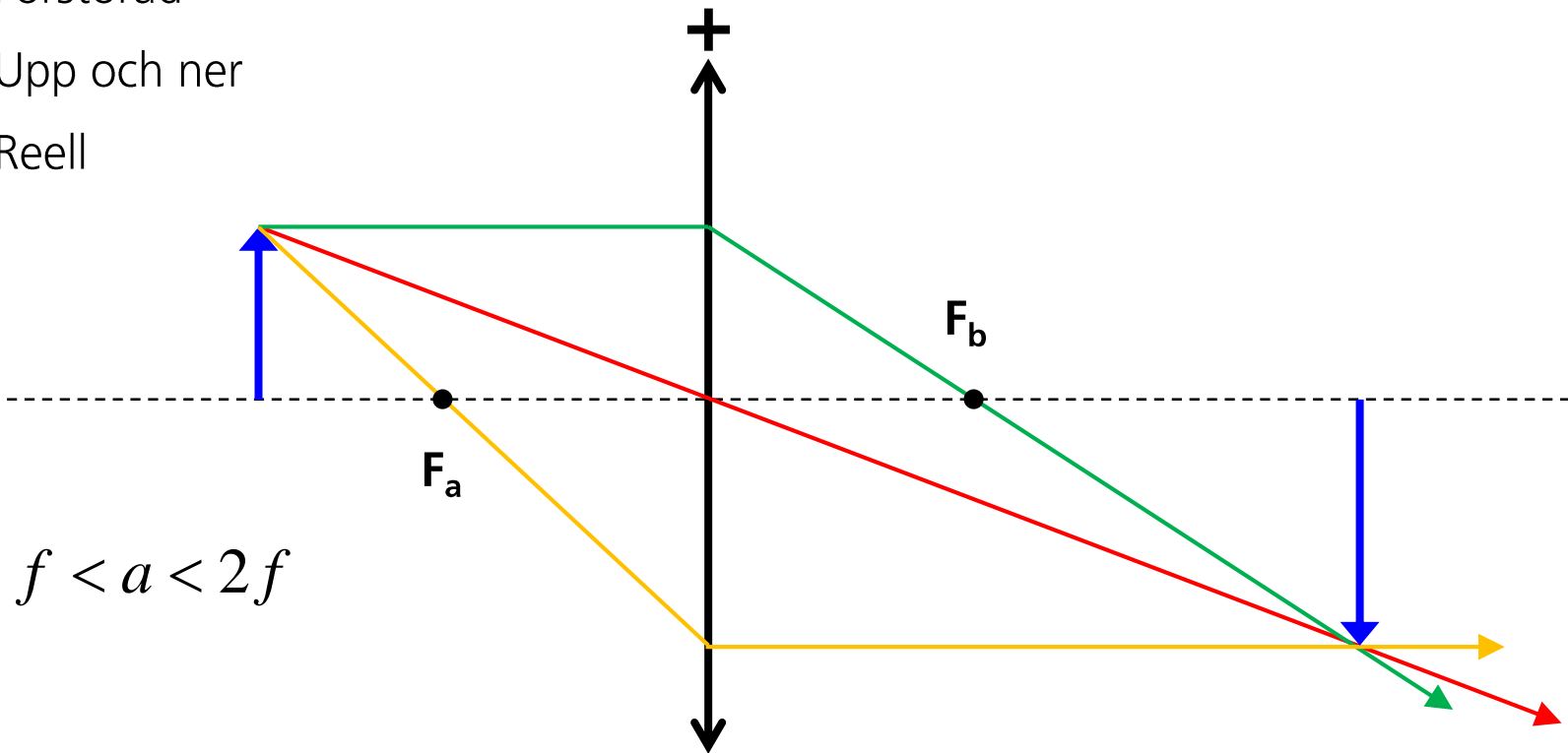
- Samma storlek
- Upp och ner
- Reell



# Exempel

## Konvex lins

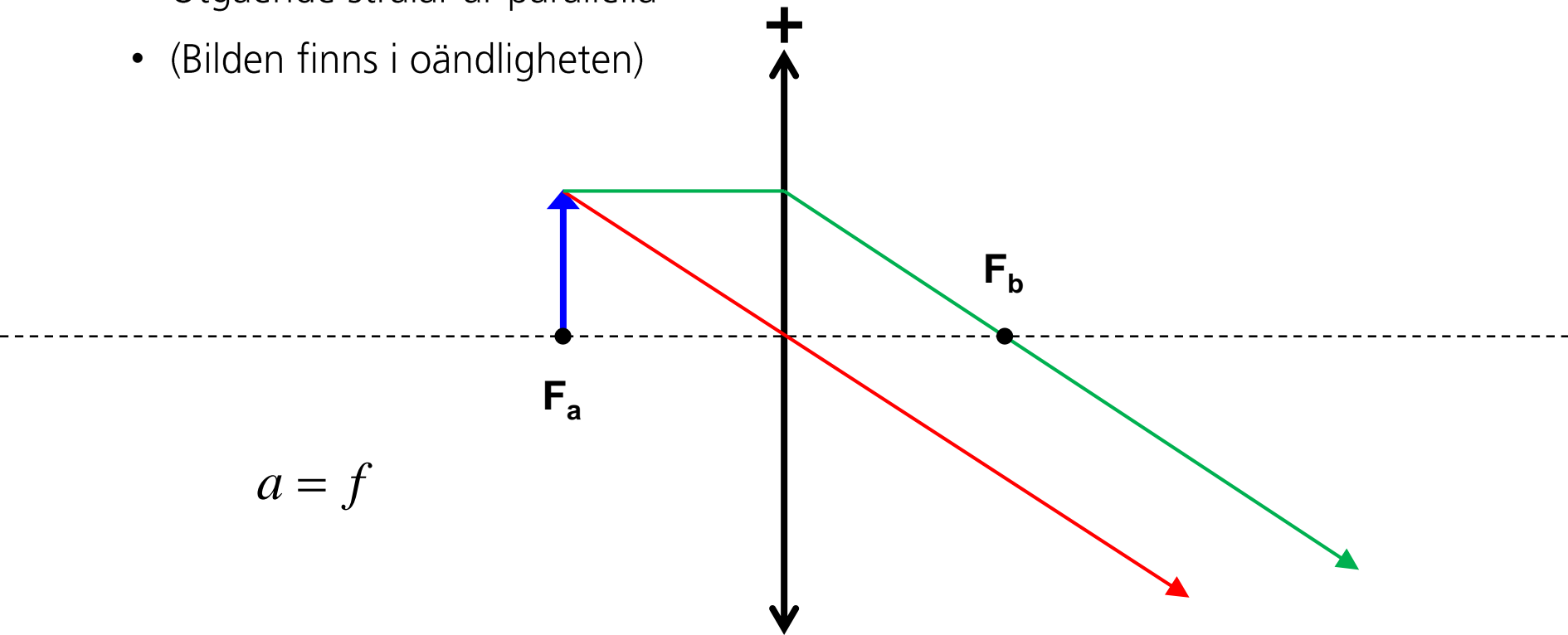
- Förstorad
- Upp och ner
- Reell



# Exempel

## Konvex lins

- Utgående strålar är parallella
- (Bilden finns i oändligheten)

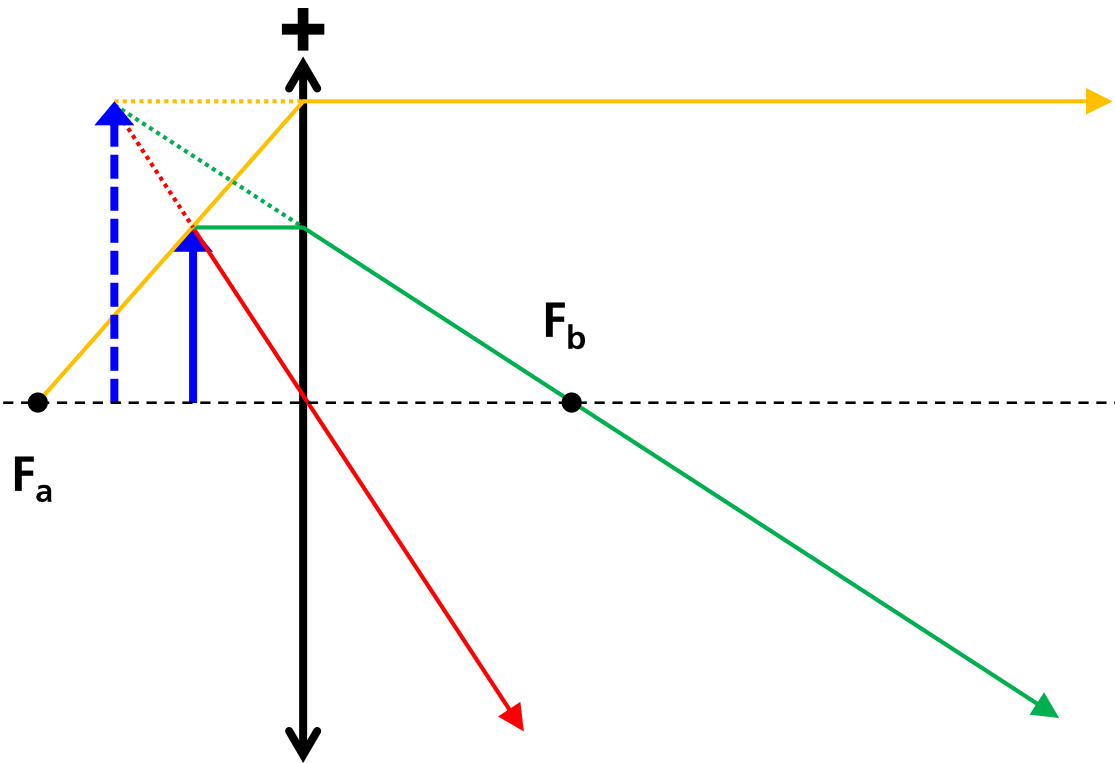




# Exempel

## Konvex lins

- Förstorad
- Rättvänd
- Virtuellt



$$a < f$$



# Exempel

## Konvex lins

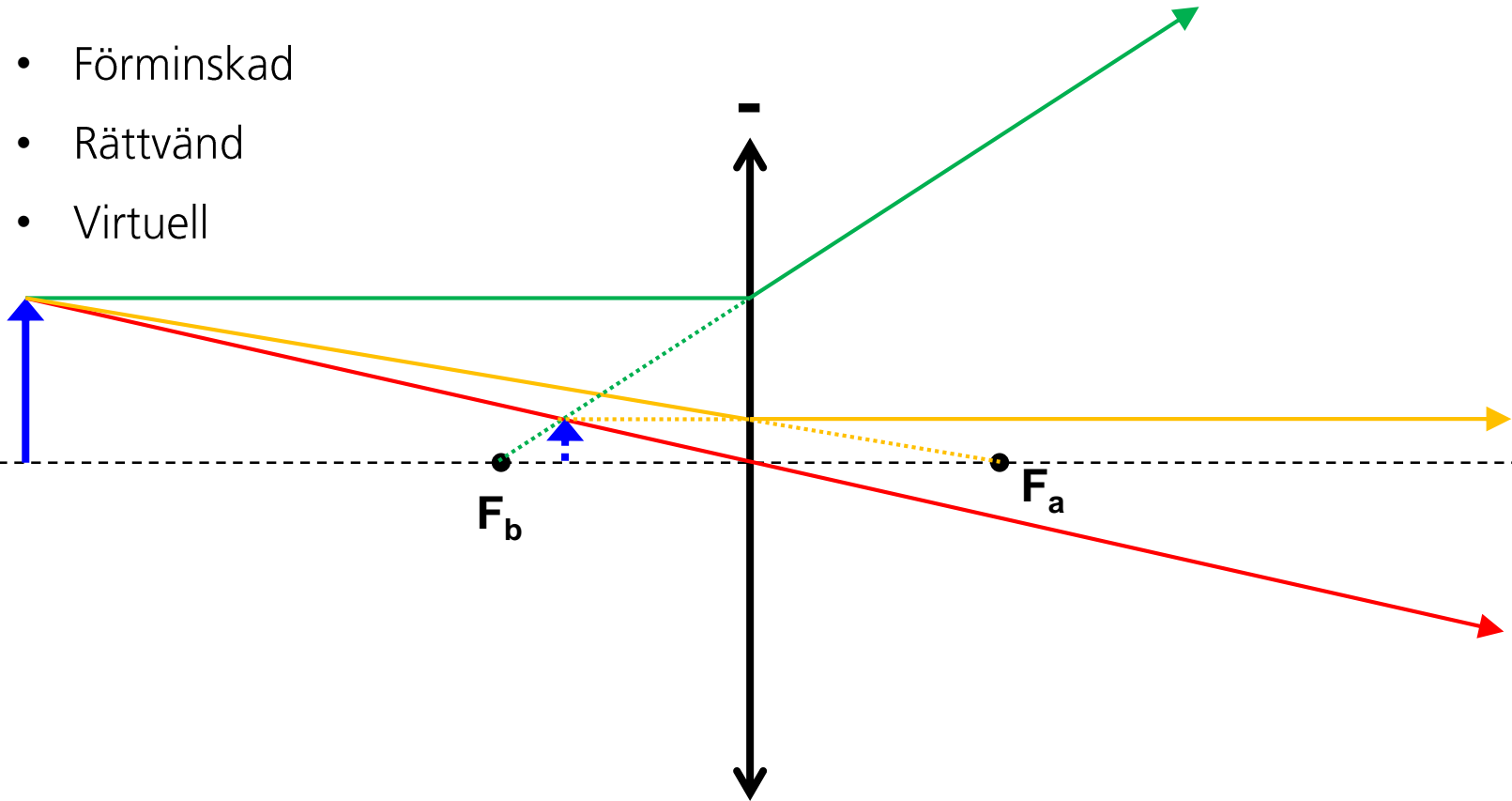
---



# Exempel

## Konkav lins

- Förminskad
- Rättvänd
- Virtuellt



# Exempel

## Konkav lins

---

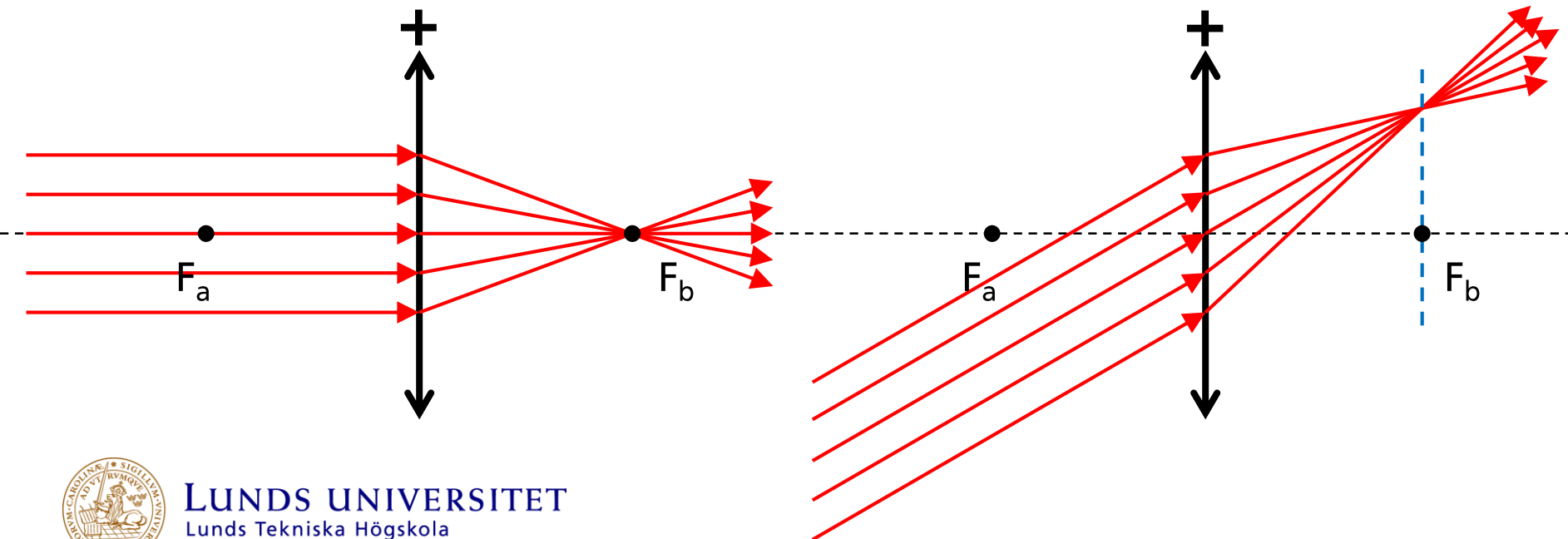


# Parallella strålar

## Uppgift 13.11

Strålar som kommer från *en* punkt långt borta är (med god approximation) parallella när de når fram till en lins. Det betyder att parallella strålar ska ge upphov till *en* bildpunkt.

**a)** Ett parallellt strålknippe infaller mot en tunn konvex lins. Strålknippet bildar 30 graders vinkel med den optiska axeln. Rita en figur och visa hur strålarna går efter linsen.

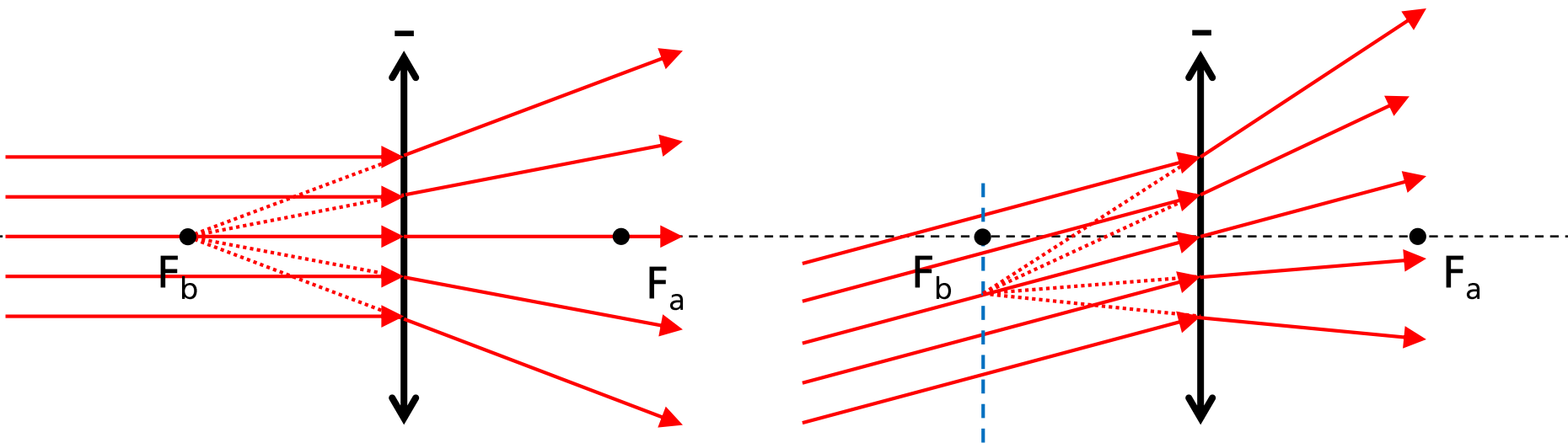


# Parallella strålar

## Uppgift 13.11

Strålar som kommer från *en* punkt långt borta är (med god approximation) parallella när de når fram till en lins. Det betyder att parallella strålar ska ge upphov till *en* bildpunkt.

**b)** Ett parallellt strålnippe infaller mot en tunn konkvav lins. Strålnippet bildar 15 graders vinkel med den optiska axeln. Rita en figur och visa hur strålarna går efter linsen.



# Tunn lins

## Sammanfattning

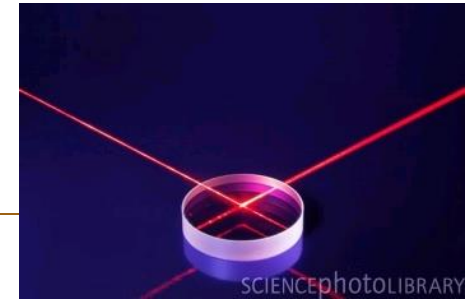
---

- Linstillverkarformeln:  $\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$
- Samlingslins:  $f > 0$                       Spridningslins:  $f < 0$
- Gauss' linsformel:  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$
- Lateralförstoring:  $M \equiv \frac{y_b}{y_a} = -\frac{b}{a}$
- Strålkonstruktion
  - Stråle genom centrum förblir obruten
  - Strålar parallella med optiska axeln bryts mot brännpunkten

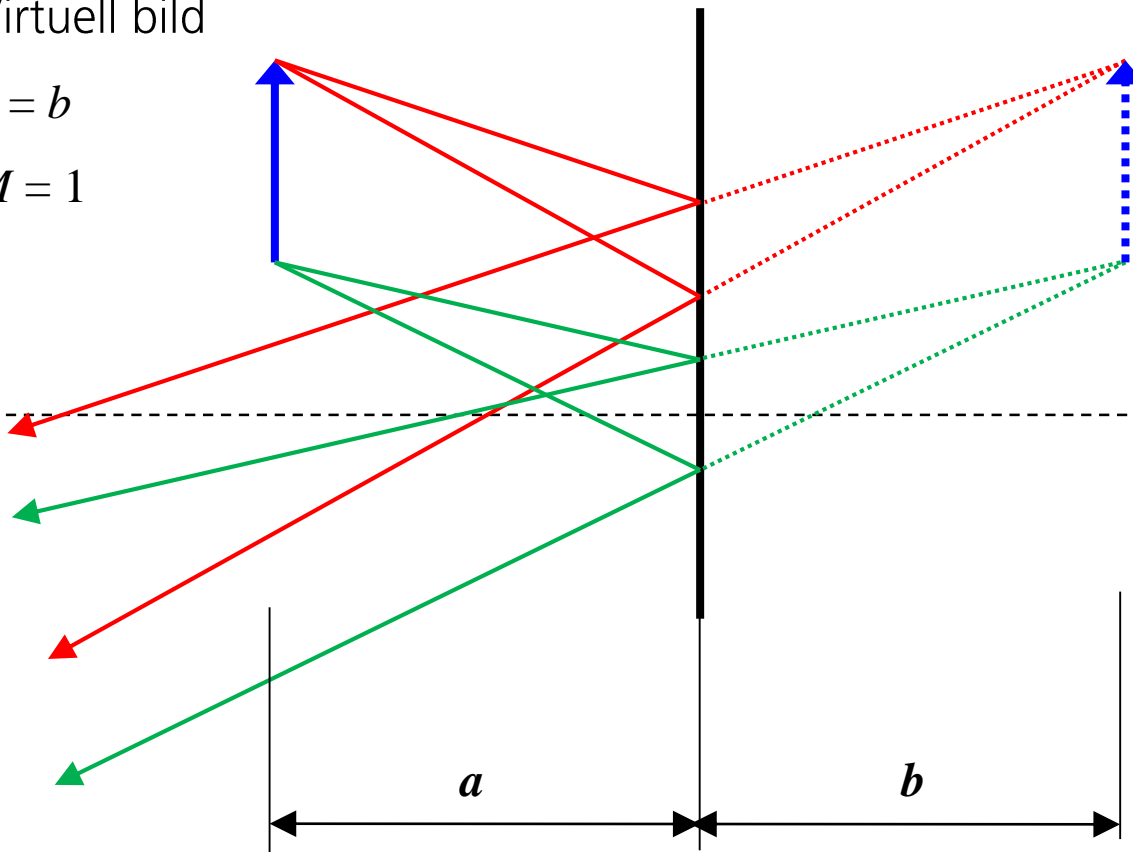
Storhet	Positiv om
$f$	linsen är konvex (samlar ljuset)
$a$	föremålet till vänster om linsen
$b$	bilden till höger om linsen
$y_a$	föremålet ovanför optiska axeln
$y_b$	bilden ovanför optiska axeln
$M$	avbildningen rättvänd



# Plana speglar



- Virtuellt bild
- $a = b$
- $M = 1$

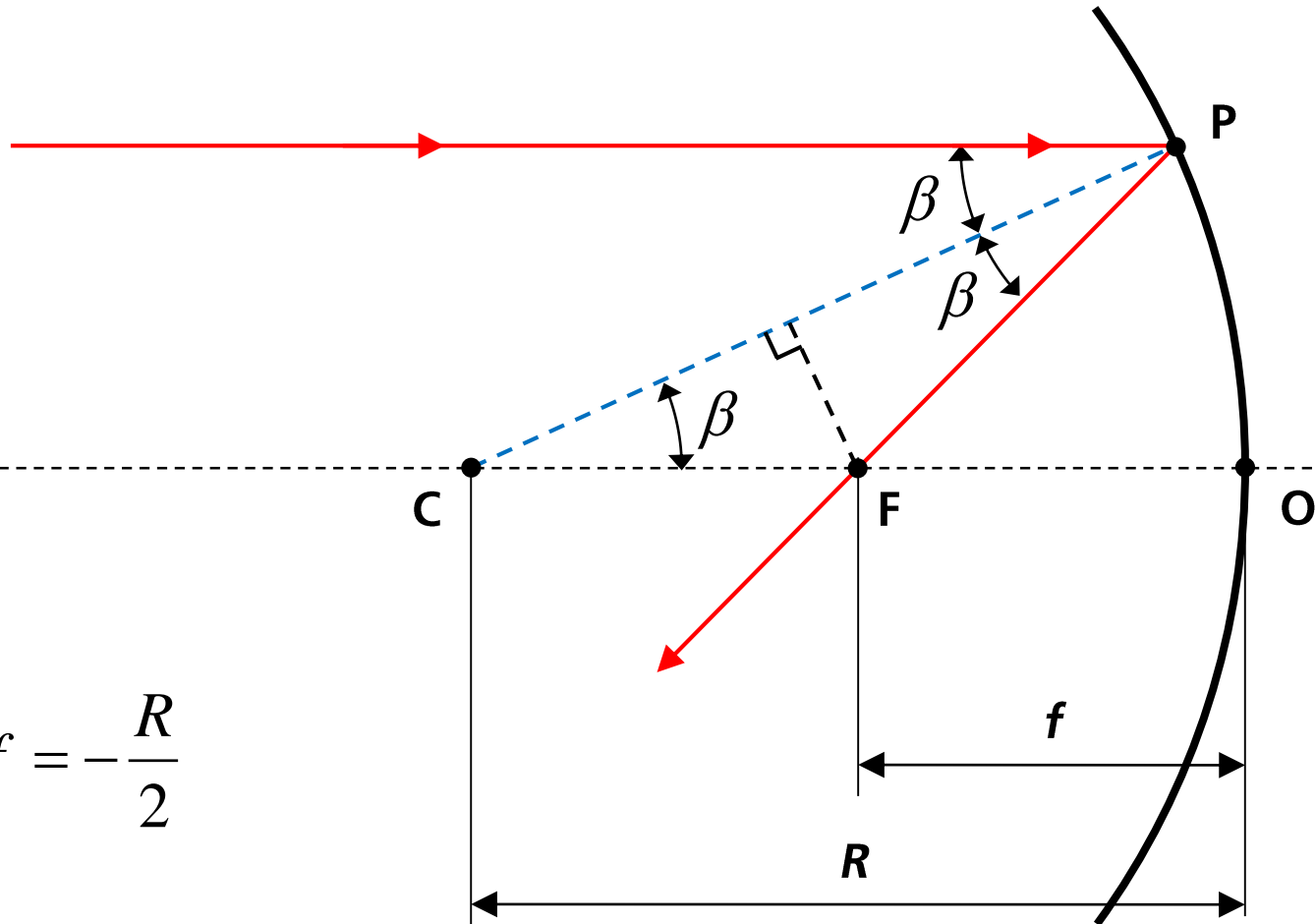




# Sfäriska speglar

## Brännvidd

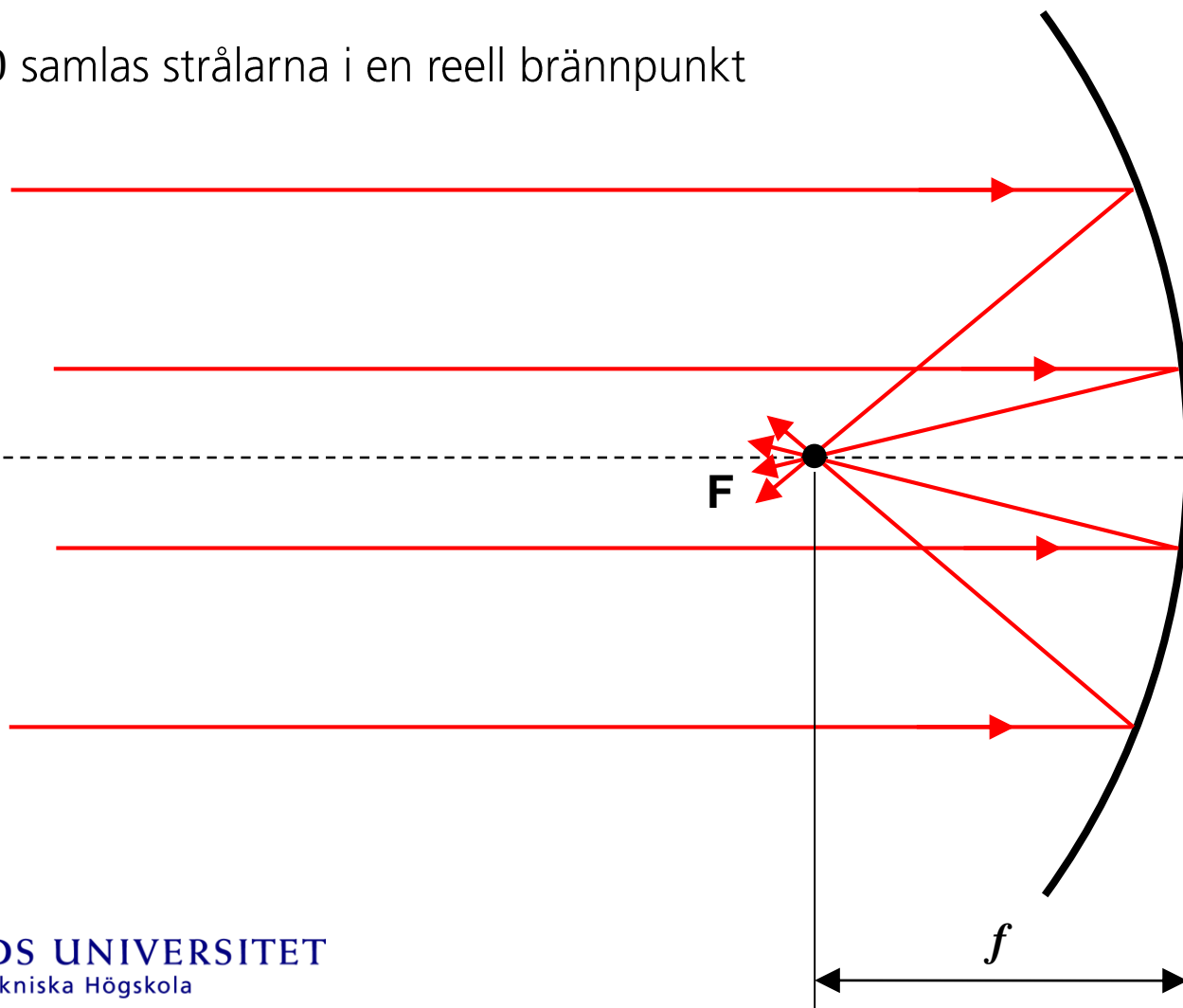
$$\Rightarrow f = -\frac{R}{2}$$



# Sfäriska speglar

## Brännpunkt för konkav spegel

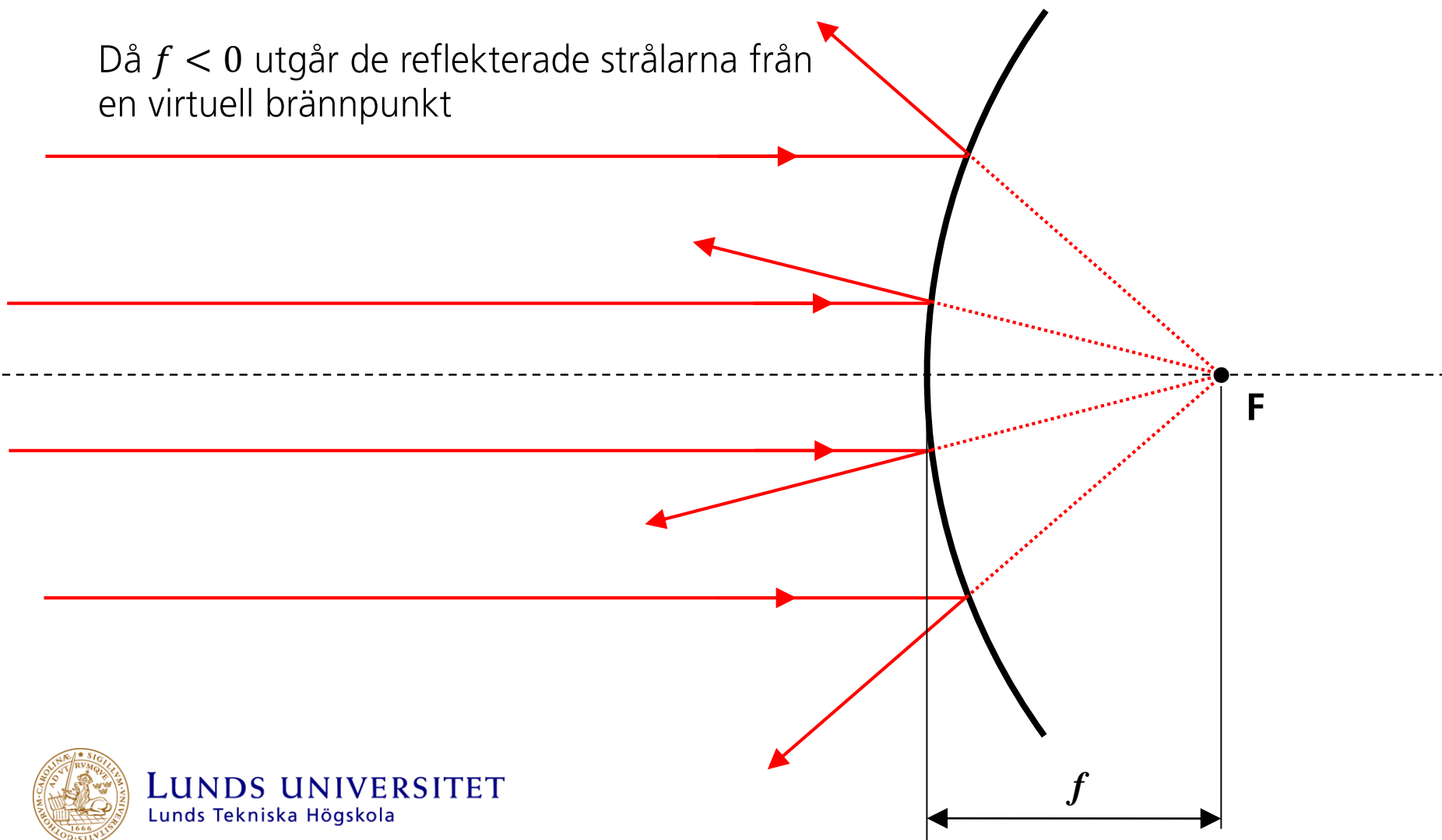
Då  $f > 0$  samlas strålarna i en reell brännpunkt



# Sfäriska speglar

## Brännpunkt för konvex spegel

Då  $f < 0$  utgår de reflekterade strålarna från en virtuell brännpunkt



# Strålkonstruktion

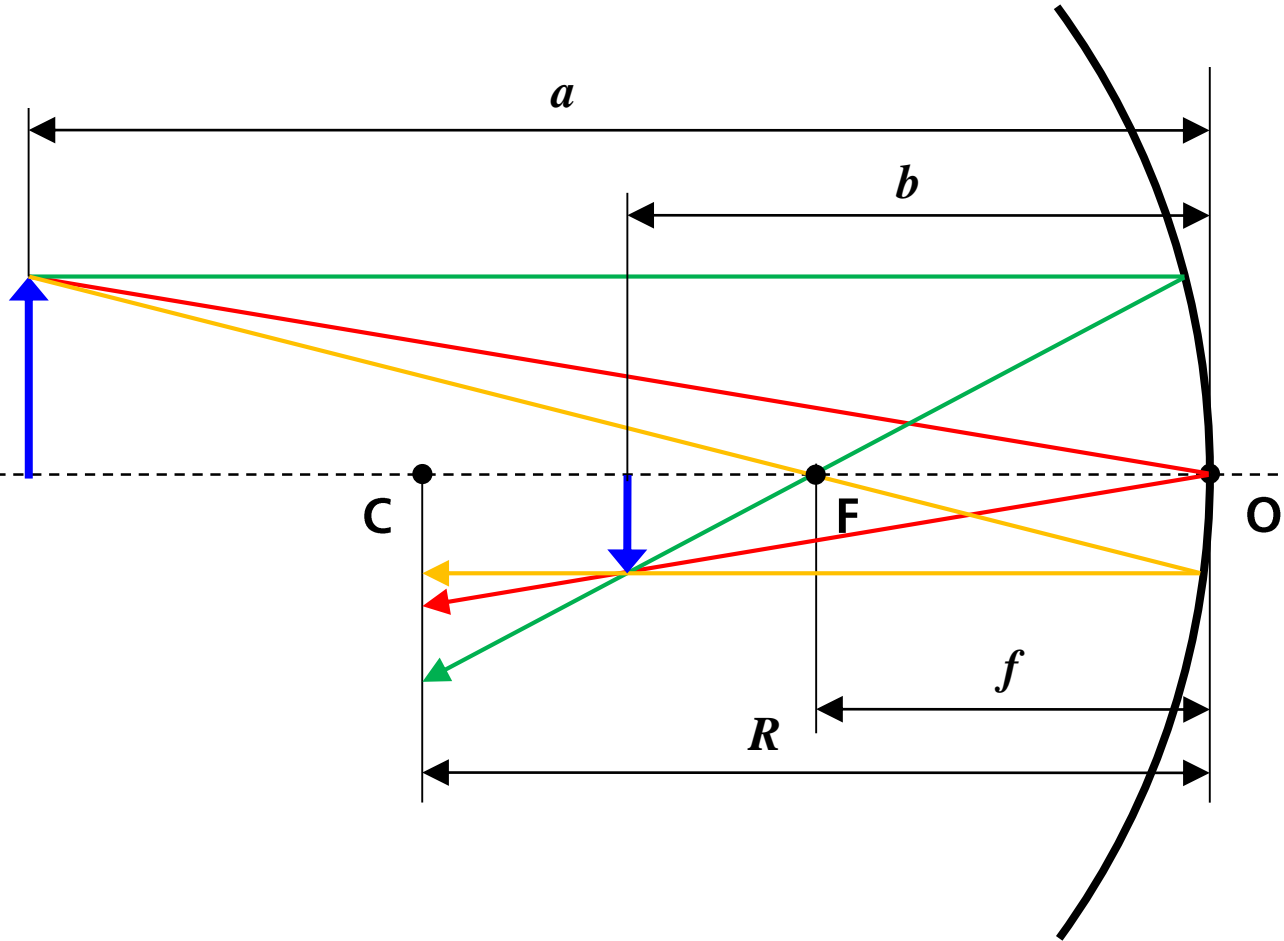
## Standardstrålar

---

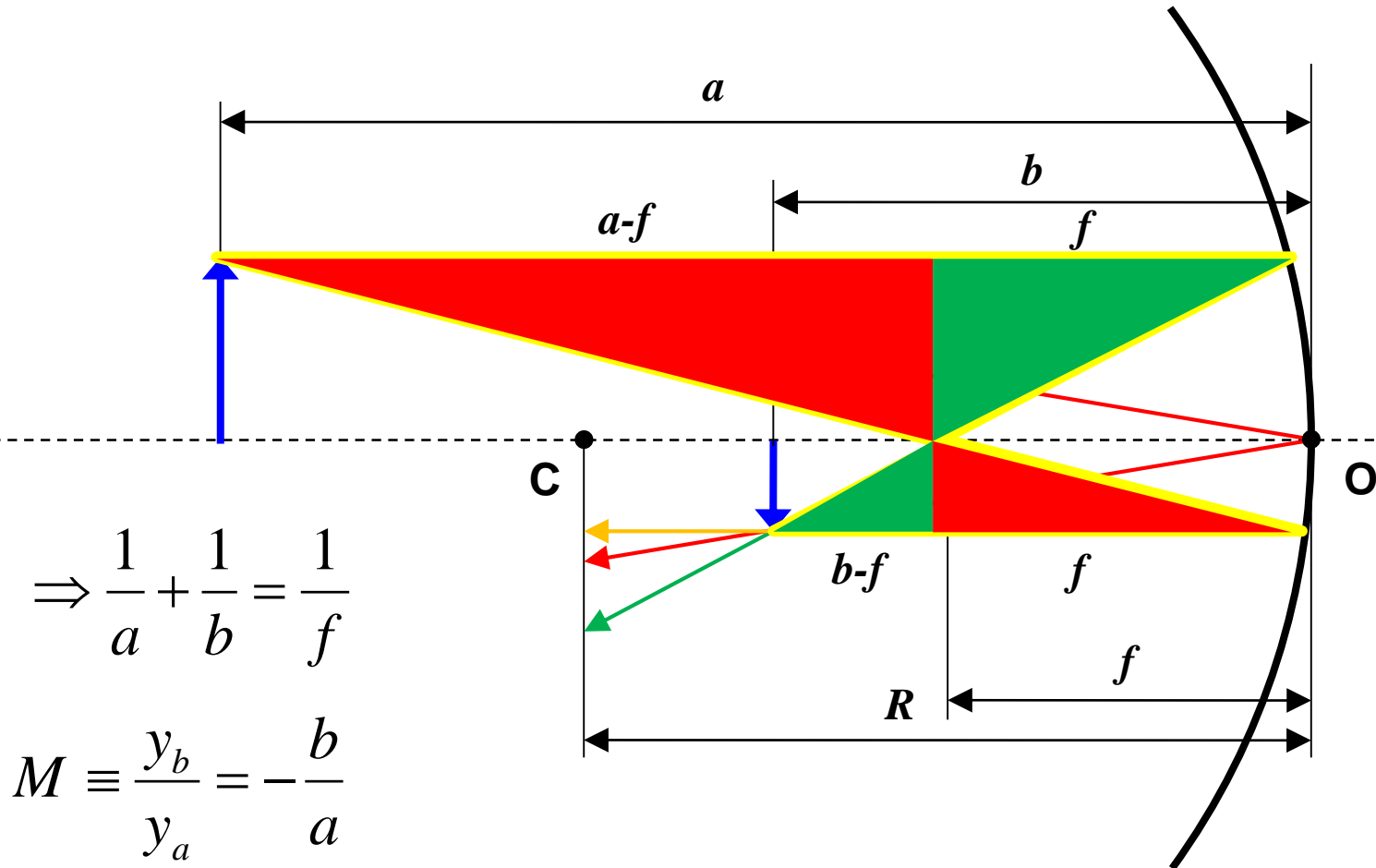
- En stråle som träffar spegelns origopunkt går tillbaka i lika stor vinkel på andra sidan den optiska axeln.
- En stråle som infaller *parallellt* med den optiska axeln hos en konkav spegel går efter reflektion genom spegelns brännpunkt. Är spegeln konvex ser strålen i stället ut att komma från brännpunkten efter reflektionen.
- En stråle som går genom *brännpunkten* hos en konkav spegel är parallell med den optiska axeln efter reflektionen. Hos en konvex spegel blir en stråle som är på väg mot brännpunkten parallell med den optiska axeln efter reflektionen.



# Bildkonstruktion



# Bildkonstruktion

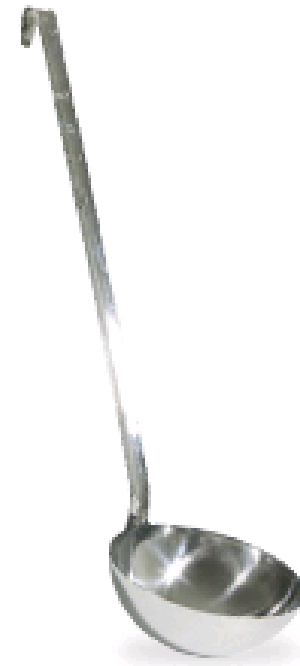


# Exempel

## Uppgift 14.13

---

En soppslev består av ett förkromat halvklot med diametern 8,0 cm. Om man tittar ner i sleven ser man en upp-och-ned-vänd bild. Hur nära ska ett föremål komma för att det ska ge upphov till en rättvänd bild?



# Speglar

## Sammanfattning

- Spegelns brännvidd  $f = -\frac{R}{2}$
- Konkav lins:  $f > 0$       Konvex lins:  $f < 0$
- Gauss' linsformel:  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$
- Lateralförstoring:  $M \equiv \frac{y_b}{y_a} = -\frac{b}{a}$

Storhet	Positiv om
$R$	C till höger om O (konvex)
$f$	F till vänster om O (konkav)
$a$	A ligger till vänster om O
$b$	B ligger till vänster om O
$M$	avbildningen är rättvänd

