

Advanced Pulley Demonstration Set

PARTS LIST:

- | | |
|---|--|
| 1. Pulleys Single – 7 | 7. Collars with Hook – 8 |
| 2. Pulleys Triple Tandem – 2 | 8. Right-angled Clamp – 3 |
| 3. Pulleys Quadruple – 2 | 9. Wheel and Axle – 1 |
| 4. Wooden Base (81×20cm) fitted with a capstan and eye-hook and flanges – 1 | 10. Cord - 1 roll |
| 5. Vertical rod (12.5mm dia & 81cm length) with clamp – 2 | 11. Tommy bar (to tighten vertical rod) – 1 |
| 6. Crossbar (9.5mm dia & 20cm length) with clamp – 1 | 12. Masses: 1×500g, 4×200g, 4×100g, 2×50g, 2×20g & 2×10g |
| | 13. Hangers: 5×50g, 1×20g and 1×10g |

ADDITIONAL ITEMS REQUIRED:

1. Meter Rules
2. Spring Balances
3. Stopwatch

Because of its large size, this set is very useful for classroom demonstrations. It can be used for demonstrating the application of pulleys and wheel & axle for better and easier load lifting.

PULLEYS:

A pulley is a wheel, which has an axle through its center. It is a simple machine and is a modified form of lever (also referred to as continuous or perpetual lever) that can be used in many ways. Pulleys have three important applications.

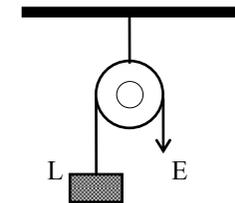
1. Multiplication of effort.
2. Changing speed of direction of movement of load or jobs.
3. Changing the direction and point of application of effort.



The pulley consists of two parts - the sheave and the block. The sheave is a wheel with a groove cut along its circumference around which a cord can pass. This sheave is mounted on an axle, which is fixed on a framework called the block. The sheave rotates freely in the block. The block may be fixed or movable. If the block is fixed, the pulley is called a fixed

pulley, and in this case, the pulley cannot move up or down. If the block is movable, the pulley can rotate as well as move up and down.

For experimental purposes, an inelastic smooth cord of negligible weight is passed over the groove along the circumference of the pulley. The tension in the cord is the resistance it offers to forces trying to stretch it. This tension in the cord is same throughout the length of the cord, provided it has no knots and it does not stretch. On one side, the tension supports the load and on the other, it opposes the effort. In such a set up, assuming the pulley to be frictionless, Load = Effort (as shown in the diagram).



MECHANICAL ADVANTAGE (MA) is defined as the ratio of load moved or the resistance overcome to the effort applied.

$$MA = \frac{\text{Load}}{\text{Effort}} = \frac{L}{E}$$

VELOCITY RATIO (VR) is the ratio of the distance through which the effort moves to the distance through which the load moves.

$$VR = \frac{\text{Distance moved by Effort}}{\text{Distance moved by Load}}$$

In case of pulleys, only movable pulleys provide mechanical advantage and velocity ratio. Fixed pulleys only help in changing direction and point of application of effort and direction of movement of load.

Under ideal conditions, in the absence of friction or any other resistance to the motion of pulley and assuming machine to be weightless,

$$MA = VR$$

Efficiency of a simple machine is defined as the ratio of the output work to the input work and is given by,

$$\text{Efficiency}(\%) = \eta = \frac{MA}{VR} \times 100$$

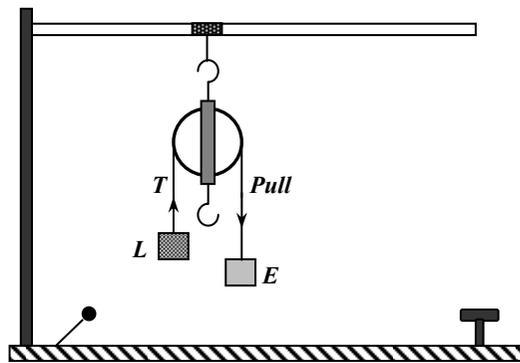
The above equation of efficiency is generally useful for solving simple problems based on mechanics of machines, but is not a fundamental definition of efficiency and should not be used as such.

BASIC SETUP

DEMONSTRATION 1: STUDY OF USE OF SINGLE FIXED PULLEY FOR CHANGING THE DIRECTION OF EFFORT

In case of a fixed pulley arrangement, no MA is obtained. A fixed pulley is used to change the direction of force. For instance, to raise a weight up the cord has to be pulled down, which is more convenient than directly pulling the load upward.

Setup the apparatus as shown in the diagram.



A spring balance can be used by attaching it to the “effort side” (in the setup shown in the diagram) for observing the effort required to just move the load. In this case, the effort will be found to be approximately same as that of the load. For example,

For $L = 100\text{g}$,

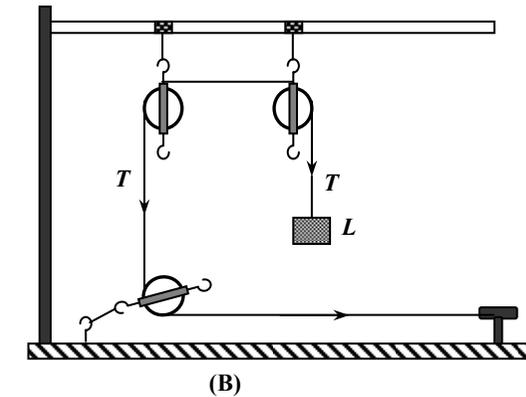
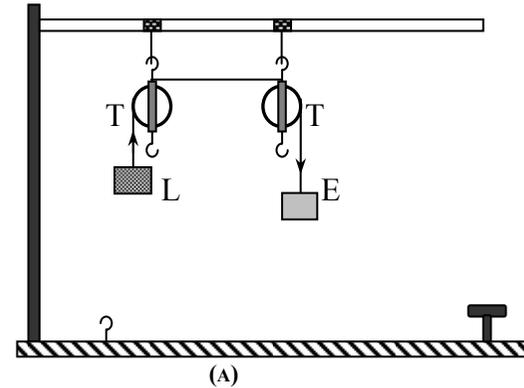
Effort (E) is found to be $\approx 100\text{g}$ (using a spring balance).

Hence, in this case $MA = 1$.

Here, since distance moved by both, load as well as effort is same, $VR = 1$

This arrangement is primarily used to change the direction of effort as in this case load (L) is being lifted upward by applying effort (E) in the downward direction. The tension (T) in the cord is same throughout the length of the cord.

DEMONSTRATION 2: STUDY OF USE OF MULTIPLE SINGLE FIXED PULLEYS FOR CHANGE IN DIRECTION AND POINT OF APPLICATION OF EFFORT



Both diagrams show a shift in the point of application of E (as compared to previous demonstration) and a change in direction. Such mechanisms are used in curtain rails, venetian blinds etc.

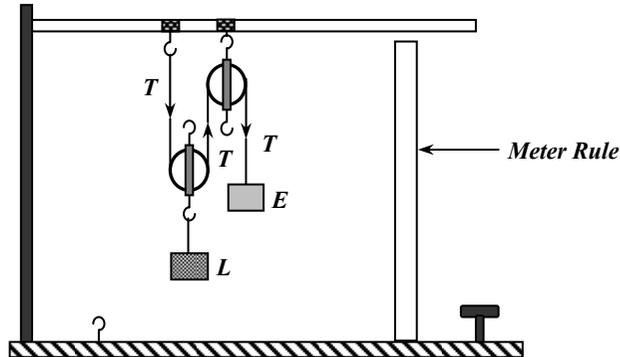
In this case also (since all the pulleys are fixed), it will be observed that the effort required is approximately same as that of load, which can be demonstrated using a spring balance in the setup shown in the above diagrams.

Using a spring balance and a 100g weight as load, show that Load = Effort.

Further, since distance moved by both, load as well as effort is same, $VR = 1$

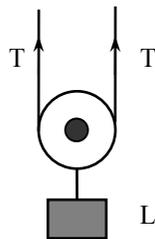
DEMONSTRATION 3: STUDY OF SINGLE MOVABLE PULLEY AND CHANGE IN MECHANICAL ADVANTAGE (MA) AND VELOCITY RATIO (VR)

In this demonstration, a spring balance and a meter rule that can be supported alongside the setup are required.



In this single movable pulley arrangement, the load is suspended from the pulley block. One end of the cord passing around the movable pulley is attached to a fixed support, while the other end passes over a fixed pulley (as shown in the diagram) and is used for application of effort. Assuming that the pulley is frictionless and the cord is inelastic, the tension is same throughout the cord. Hence, every segment of the cord is experiencing a tension 'T'. Thus, the two segments of cords supporting movable pulley are having tension 'T', as is apparent from the diagram.

Neglecting the weight of movable pulley and cord, and resistance due to friction,



Since, Load (L) is being supported by two segments of cord, each having tension 'T'
 $\therefore L = T + T = 2T$

Tension in the cord is being produced by the pull due to effort 'E'.
 Hence, $E = T$

$$\therefore MA = \frac{\text{Load}}{\text{Effort}} = \frac{2T}{T} = 2$$

Thus, mechanical advantage is 2.

However, in this case movable pulley is also exerting some weight alongwith the load, which in some cases is significant as compared to the load 'L'. Hence, practically, because of the weight of movable pulley and resistance due to friction, mechanical advantage of the setup is less than 2. Let the weight of pulley be 'w', resistance due to friction be 'f' and assuming the cord to be weightless,

$$2T = L + (w + f)$$

Hence Effort, in this case, becomes

$$E' = T = \frac{L + (w + f)}{2}$$

Thus, actual mechanical advantage can be given as

$$MA' = \frac{2L}{L + (w + f)} < 2$$

The above equation can be modified and written as,

$$MA' = 2 - \frac{(w + f)}{E}$$

Thus, both friction as well as weight of the movable pulley decreases the MA. However, bigger the size of the pulley, the less is the force required to overcome friction. Hence, in case of big pulleys, the resistance due to friction is almost negligible and can be safely ignored.

The same can be demonstrated by hanging different loads (L) on effort side, as shown in the diagram. Using a spring balance, it can be demonstrated that effort $E \neq L$, but $E \approx (L + w)/2$. A suitable weight can be hung on the effort side equal to the spring balance reading to illustrate the equilibrium.

- Note the position of L and E along the meter rule. For this, the levels of top surface of both the weights in the hanger are to be noted.
- On Lowering the effort by a fixed distance, note by how much distance, the load rises (Load will be observed to rise by about half the distance through which effort has been lowered).

Hence, Velocity Ratio of this setup can be given as,

$$VR = \frac{\text{Distance moved by Effort}}{\text{Distance moved by Load}} = 2$$

In the above set up, the purpose of the fixed pulley is only to change the direction of application of effort. On the similar basis, mechanical advantage greater than 2 can be achieved by using a combination of movable pulleys.

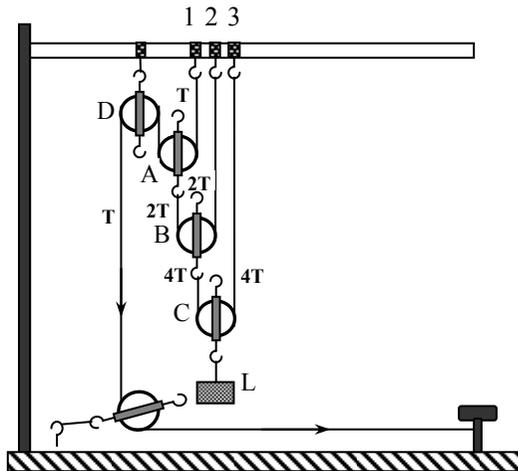
Again, assuming the above pulley system to be weightless, the above results can be generalized as,

MA = Number of segments of cord supporting the movable block (to which load is suspended), excluding the segment on which effort is applied.

$$\text{Efficiency of the setup, } \eta = \frac{MA}{VR} \times 100$$

DEMONSTRATION 4: TO SHOW THE INCREASE IN MECHANICAL ADVANTAGE (MA) WITH THE INCREASE IN NUMBER OF MOVABLE PULLEYS

First, hang pulley D using cord and attach it to the capstan as shown in the diagram below. Subsequently, suspend pulleys A, B and C through hooks 1, 2 & 3, and the pulleys D, A & B respectively. Separate cord is to be used for hanging each movable pulley (as illustrated in the diagram). Hang the load 'L' from the pulley C.



Since, in this setup, separate cord segment has been used for each movable pulley, tension in each cord segment holding the pulley is not same. It is evident from the setup that if there are 'n' movable pulleys, then there will be 'n' segments of cord supporting the system.

In the above diagram, n = 3 (A, B & C).

In this case, if T is the tension on the string connected to the capstan and the pulley 'D', then the tension in both the cord segments, supporting pulley A is T. Similarly, the tension in both the cord segments supporting pulleys 'B' and 'C' are 2T and 4T respectively.

Here, load attached to pulley 'C' is being supported by tension 4T+4T.

$$\therefore L = 4T + 4T = 8T$$

and E = T

$$\Rightarrow MA = \frac{L}{E} = \frac{8T}{T} = 8$$

The mechanical advantage (MA = 8) can also be written as 2^3 . In this case, number of movable pulleys is three.

Hence, the above result can be generalized for a system of 'n' number of movable pulleys. For 'n' movable pulleys,

$$MA = 2^n$$

In the description of above results, the weights of movable pulleys & cords, and the resistance due to friction has been ignored. Hence, the mechanical advantage obtained practically is less than the one calculated theoretically.

$$\text{Actual } MA < 2^n$$

Let tensions in cord segments attached to pulleys A, B and C are T_1 , T_2 and T_3 respectively and their respective weights are W_A , W_B , W_C , then writing different equations of equilibrium, we get

$$E = T_1$$

$$T_1 + T_1 = T_2 + W$$

$$\Rightarrow T_2 = 2T_1 - W_A$$

$$\text{Similarly, } T_3 = 2T_2 - W_B$$

$$\text{and } L = 2T_3 - W_C$$

Solving above equations for L and eliminating T_1 , T_2 and T_3 , we get

$$L = 8E - 4W_A - 2W_B - W_C$$

The above results can be verified to near approximation, using a spring balance. Small error in the above results and the one obtained practically is because of the resistance due to friction and the weight of the cords, which have been neglected to simplify the results.

As a general case, for 'n' movable pulleys

$$L = 2^n E - 2^{n-1} W_A - 2^{n-2} W_B - 2^{n-3} W_C \dots\dots\dots \text{and so on.}$$

DEMONSTRATION 5: TO STUDY THE WHEEL AND AXLE AND HOW IT CAN BE USED TO INCREASE MA AND VR AND CHANGE THE SPEED OF DOING WORK

The wheel and axle arrangement consists of two coaxial pulleys of different radii 'r' and 'R' attached to each other and turning together in the same direction. The pulley with bigger diameter is called wheel and the other with smaller diameter is called axle.

The wheel and axle arrangement is used for the magnification of applied effort and change of speed of movement of load. The wheel and axle allows the force applied through a cord to be redirected and the magnitude of force applied to be decreased or increased.

Two separate cords are wound around the axle and the wheel. When the end of the cord wound round the wheel is pulled downward, both, wheel and axle rotate simultaneously and the load hanging from the axle cord is raised upward.

Corresponding to the one complete rotation of the wheel, the axle also rotates through one complete rotation.

$$\text{Load} = L$$

$$\text{Effort} = E$$

Let 'R' and 'r' be the radius of wheel and axle respectively. When the wheel moves through one rotation,

$$\text{Distance moved by Effort} = 2\pi R$$

$$\text{Distance moved by Load} = 2\pi r$$

$$\therefore VR = \frac{\text{Distance moved by Effort}}{\text{Distance moved by Load}} = \frac{2\pi R}{2\pi r} = \frac{R}{r}$$

$$\text{Input Work Done} = E \times 2\pi R$$

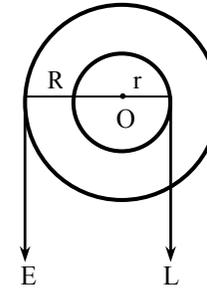
$$\text{Output Work Done} = L \times 2\pi r$$

$$\therefore \text{Efficiency}(\eta) = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{2\pi r L}{2\pi R E} = \frac{r}{R} \times \frac{L}{E}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{MA}{VR}$$

Assuming efficiency to be 100 percent, $MA = R/r = VR$.

MA can also be derived by taking moments of forces (effort and load) about the axial center (O) of the wheel and axle.



$$E \times R = L \times r$$

$$\Rightarrow MA = \frac{L}{E} = \frac{R}{r}$$

Thus, for a wheel and axle, Mechanical Advantage and hence the ease of lifting increases with the increase in diameter of the wheel and decrease in diameter of axle. In this arrangement, the longer but less forceful movement of the wheel is turned into a shorter but more forceful movement of the axle.

The wheel and axle is one of the most widely used methods of changing the speed of a large number of machines or other mechanical devices such as drill machines. Wheel and Axle combinations are also used in machines used for lifting heavy weights such as winches and capstans. A special form of wheel and axle is used in the gearing mechanisms of clocks and watches.

EXPERIMENTS

This pulley set is very versatile kit for performing various experiments and demonstrations on mechanics of pulleys and other related experiments/demonstrations.

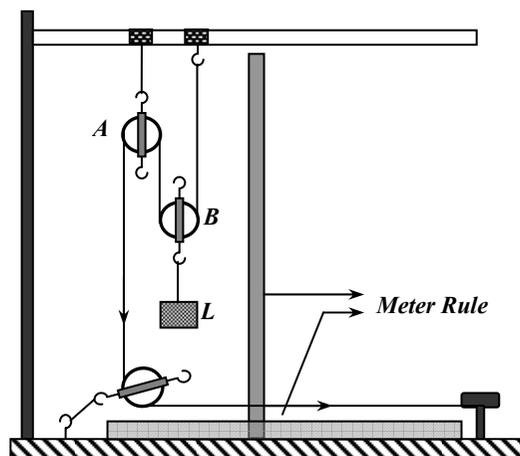
EXPERIMENT 1: TO FIND MA AND VR IN A SINGLE PULLEY COMBINATION

Items Required:

1. Meter Rules – 2

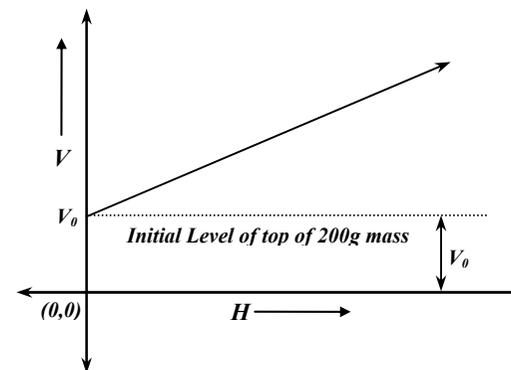
Procedure:

1. Here, two meter rules are used, one horizontally on the base and the other vertically against the rod.
2. Find the weight of the movable pulley 'B' (w) that is supporting the load (L).



3. Setup the arrangement as shown in the above diagram. First, hang the pulley 'A'. Then, using a single piece of cord, hang the pulley 'B' according to the arrangement shown. The free end of the cord is wound around the capstan.
4. Hang a known weight (L) to the pulley 'B' (say $L = 200\text{g}$). Note the position of the top of the weight along the vertical meter rule (V_0).
5. Mark the position on the cord corresponding to the zero mark on the horizontal meter rule using a pen.
6. Make sure that the position of both the meter rules is not disturbed during the experiment, since it will affect the accuracy of the results.
7. Gently turn the capstan in order to wind about 2 cm of the cord. Note the position of the pen mark on the cord along the horizontal meter rule (H).
8. Again, note the position of the top of the weight along the vertical meter rule (V).

9. Repeat the experiment again to obtain atleast 10 sets of readings by winding the additional cord of about 2 cm each time by rotating the capstan. Tabulate your observations as below.
10. Remove the cord from the capstan and attach it to the spring balance. Note the effort (E) required to just move the load.
11. Plot a graph between H and V by taking same scale on both the axes. The nature of graph obtained will be as shown in the figure below. Find out the slope of the line (which will give the value of VR) and compare it to the value of VR calculated.



12. Perform the experiment with different loads.
13. Find the efficiency of the system.

Observations & Calculations:

1. Initial position of mark on horizontal meter rule = $H_0 = 0$
2. Initial position of top of brass mass = $V_0 =$

Trial	Position of Mark on Horizontal Ruler (H)	Position of 200g Mass (V)	$(H-H_0)$	$(V-V_0)$	$VR = \{(H-H_0)/(V-V_0)\}$
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					

Mean value of VR =
 (* VR in this case should be close to 2)

Here, the theoretical value of mechanical advantage is given as $MA = \frac{2L}{L + w}$

∴ MA =

Actual MA = L/E =

The mechanical efficiency of the system is given as,

$$\text{Efficiency } (\eta) = \frac{\text{Actual MA}}{\text{Theoretical MA}} \times 100 = \frac{\text{Actual MA}}{VR} \times 100$$

∴ Efficiency (η) =

The reduction in efficiency (< 100 percent) of the system is because of the weight of cord and resistance due to friction.

EXPERIMENT 2: TO FIND THE CHANGE IN MA WITH THE INCREASE IN NUMBER OF MOVABLE PULLEYS

Items Required:

1. Three spring balances of capacity 0-1000g, 0-500g and 0-250g each.

Procedure:

1. Weigh the movable pulley A and note its weight W_A .
2. Set up the pulley set apparatus as shown in Figure 2.1, with one movable pulley.
3. Using a suitable spring balance, estimate how much effort is needed to just move the 1000g weight slightly upward.

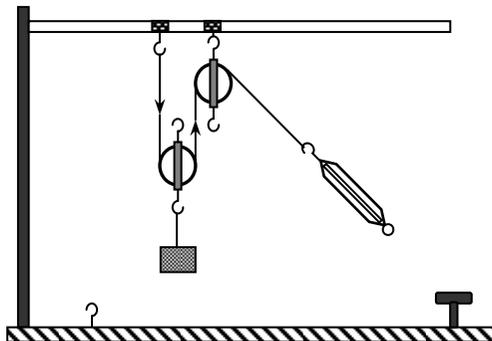


Fig. 2.1

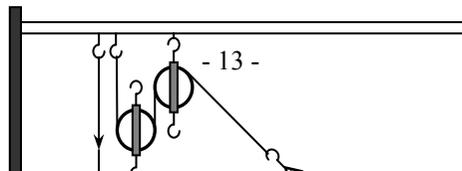


Fig. 2.2

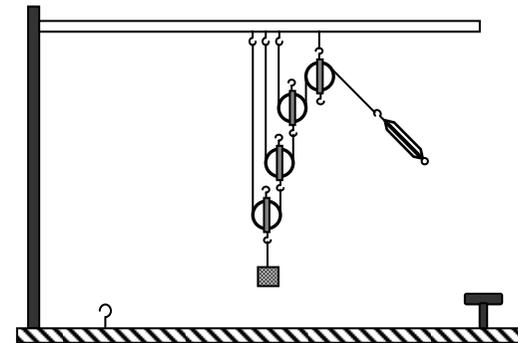


Fig. 2.3

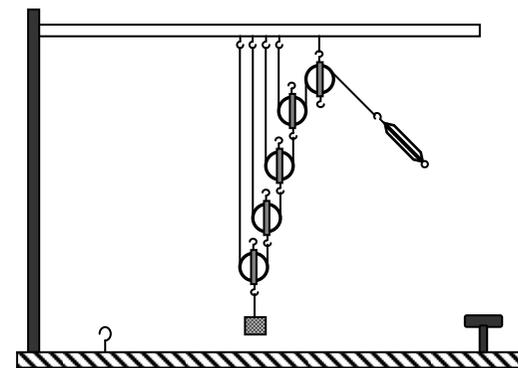


Fig. 2.4

4. Weigh the other movable pulleys and note their weights W_B , W_C and W_D respectively.
5. Repeat the steps 1 to 3 for different setups as shown in Figures 2.2, 2.3 and 2.4 using two, three and four movable pulleys, respectively and using suitable spring balances, note the effort needed to just lift the mass in each case.
6. Record the observations in the table given below.
7. The actual mechanical advantage of a system of movable pulleys can be given by the following equation.

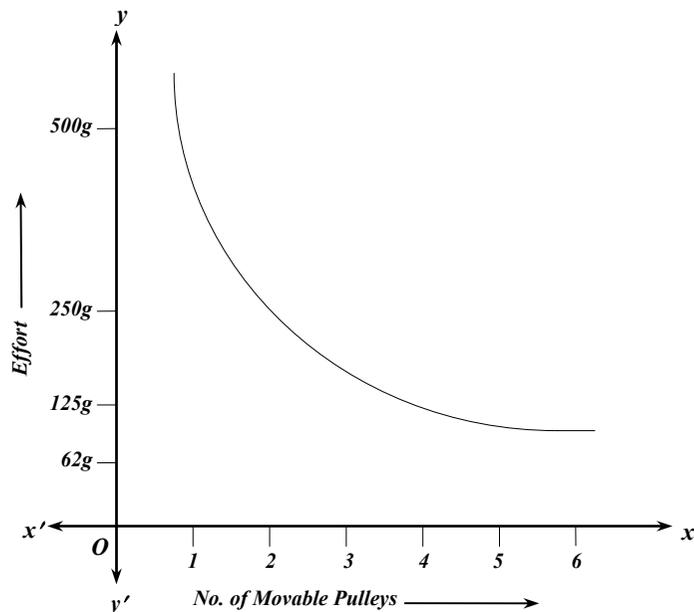
$$\text{Actual MA} = 2^n - \frac{2^{n-1}W_A + 2^{n-2}W_B + 2^{n-3}W_C + 2^{n-4}W_D}{E}$$

Where, n is the number of movable pulleys and E is the effort measured by spring balance.

8. On increasing the number of movable pulleys, drop in effort 'E' as measured above will be observed. In such a case, effort is given as,

$$E = \frac{L + 2^{n-1}W_A + 2^{n-2}W_B + 2^{n-3}W_C + 2^{n-4}W_D}{2^n}$$

9. Plot a graph of Effort against number of movable pulleys. The graph will be similar to the one shown below.



- This graph is an exponential curve.

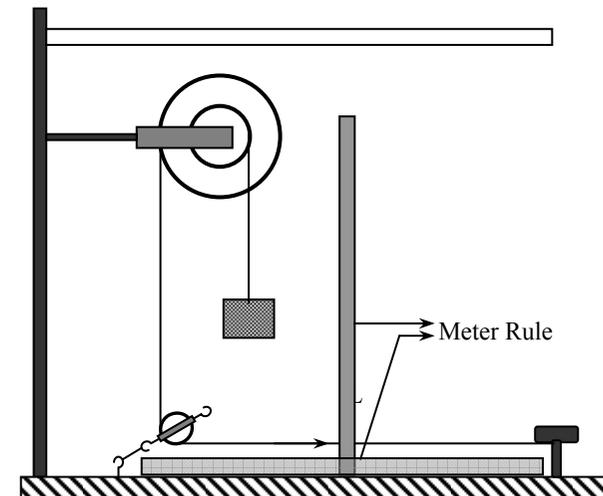
Observations & Calculations:

S. No.	Mass Suspended (L)	No. of Movable Pulleys	Spring Balance Reading (E)	Actual MA (as per above relation)
1.	1000g	1		
2.		2		
3.		3		
4.		4		

EXPERIMENT 3(A): TO FIND THE MA AND VR IN CASE OF WHEEL AND AXLE ASSEMBLY.

Items Required:

1. Meter rules – 2
2. Vernier Caliper - 1



Procedure:

- The wheel & axle assembly consists of an integrated pulley arrangement having four grooves, each with different diameter. Find the diameter of each groove using a vernier caliper.
- Take two separate cords of sufficient length one each for the load and effort.
- Use two grooves of the wheel & axle assembly, one having the biggest diameter i.e., wheel & other having the smallest diameter i.e., axle. Wind one of the cords several times around the wheel, with one end hanging free. Wind the other cord on the axle, starting from the opposite side as that of the wheel again with one end hanging free (in order to attach the load). Hence, when the cord on the wheel is uncoiled by pulling, the other cord gets coiled thus resulting in the lifting of load.
- Attach the free end of the axle to a 200 g mass and note the position of the top of the weight along the vertical meter rule (V_0).
- Attach the free end of the wheel to the capstan (for applying effort) and complete the setup, as shown in the diagram.
- Mark the position on the cord corresponding to the zero mark on the horizontal meter rule using a pen.
- Make sure that the position of both the meter rules remains undisturbed during the experiment, since it will affect the accuracy of the results.
- Gently turn the capstan in order to wind about 2 cm of the cord. Note the position of the pen marking the cord (H).
- Again, note the position of the top of the weight along the vertical meter rule (V).
- Repeat steps 8 and 9, till the load is sufficiently close to the wheel & axle assembly and tabulate your observations as bellow.
- Find the effort using a spring balance for different loads and calculate MA.
- Find the efficiency of the system as given by following equation.

$$\text{Efficiency} = \eta = \frac{\text{Actual MA}}{\text{Theoretical MA}} = \frac{\text{Actual MA}}{VR}$$

Observations & Calculations:

Radius of biggest groove (wheel) = R =

Radius of smallest groove (axle) = r =

Initial reading of vertical meter rule corresponding to the top of the weight = V_0 =

S. No.	Horizontal Meter Rule	Vertical Meter Rule	$VR=H/(V-V_0)$
--------	-----------------------	---------------------	----------------

	Reading of Pen Mark (H)	Reading of Top of Load (V)	
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Theoretical MA = VR = R/r =
(Compare the two values)

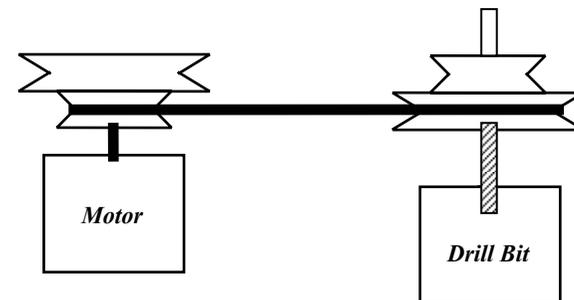
Efficiency (η) =

EXPERIMENT 3(B):

Repeat the above experiment by using the different combinations of grooves, and find MA, VR and efficiency of the system in each case.

EXPERIMENT 3(C):

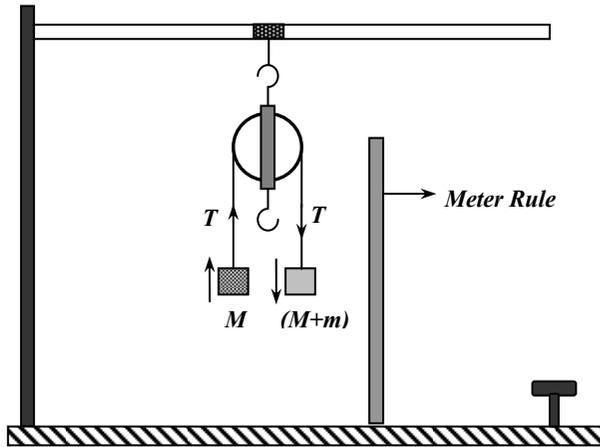
Again repeat the experiment 4 after interchanging the position of the load and effort i.e., place the load to be lifted on the cord wound on the bigger groove (wheel) and effort on the smaller one (axle). Since VR equals the ratio of diameters of the pulleys attached to the effort and load respectively, the load will be lifted faster due to VR being less than 1. This forms the basis of changing speeds of drill motors, lift machines etc. A conveyor belt goes round the small groove of the wheel and axle at the motor end to the large groove on the drill bit end (as shown in the diagram below) thus, resulting into the multiplication of speed.



EXPERIMENT 4: TO FIND THE ACCELERATION DUE TO GRAVITY, TENSION IN A CORD AND THRUST ON A PULLEY WHEN WEIGHTS ARE ATTACHED TO THE PULLEY

Items Required:

1. Meter rule – 1
2. Stopwatch – 1



Procedure:

1. Set up apparatus as shown in figure.
2. Hang a weight (M) of 200g from each end of the cord.
3. Make sure that the level of both the weights is same. Note the position of top of the weight along the vertical meter rule (H_1).
4. Increase one of the 200g weights by about 1g or 2g (m).
5. Using a stop-watch, note the time 't' in seconds taken by the heavier mass to move downward to position (H_2) along the vertical meter rule, starting from rest.
6. Repeat the above procedure for different values of weights (M) and additional weights (m), and also for different positions of H_1 & H_2 and tabulate the results as below. Please note that the initial weight (M) hung from both the ends of the cord should be same.

7. Plot a graph of h against t^2 and find the slope of the graph. The slope of the graph obtained will give the value of acceleration with which the heavier weight descends downward.

Theory:

When weight on one side of the cord is increased, the heavier side will start descending. This is because of the imbalance in the equilibrium of the two weights, created by the additional weight. The similar motion is observed on the lighter side but in upward direction. Let 'a' be the acceleration with which the heavier side starts descending. If 'T' is the tension in the cord, then the equation for the dynamics of the system can be written as,

$$(M + m)a = (M + m)g - T; \text{ and}$$

$$Ma = T - Mg$$

Adding both the equations, we get

$$(2M + m)a = mg$$

$$\Rightarrow g = \frac{(2M + m)}{m}a; \text{ and}$$

$$a = \frac{m}{(2M + m)}g$$

Also, from equations of motion, the heavier weight starts descending with uniform acceleration from rest. If 'H' is the distance covered by the weight in time 't', then

$$H = 0 + \frac{1}{2}at^2$$

$$\therefore a = \frac{2H}{t^2}$$

Since $H = H_2 - H_1$,

$$\Rightarrow a = \frac{2(H_2 - H_1)}{t^2}$$

$$\text{Hence, } g = 2 \left(\frac{2M + m}{m} \right) \left(\frac{H_2 - H_1}{t^2} \right)$$

Also, solving the above equations for 'T', the tension in the strings is given as,

$$T = \frac{2M(M + m)}{(2M + m)} g$$

Observations & Calculations:

S. No.	Weight Hung on both sides of Cord (M)	Initial Position of the weight (H ₁)	Additional Weight (m)	Final Position of the weight (H ₂)	Time Taken (t) (in sec)	$g = 2 \left(\frac{2M+m}{m} \right) \left(\frac{H_2 - H_1}{t^2} \right)$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						

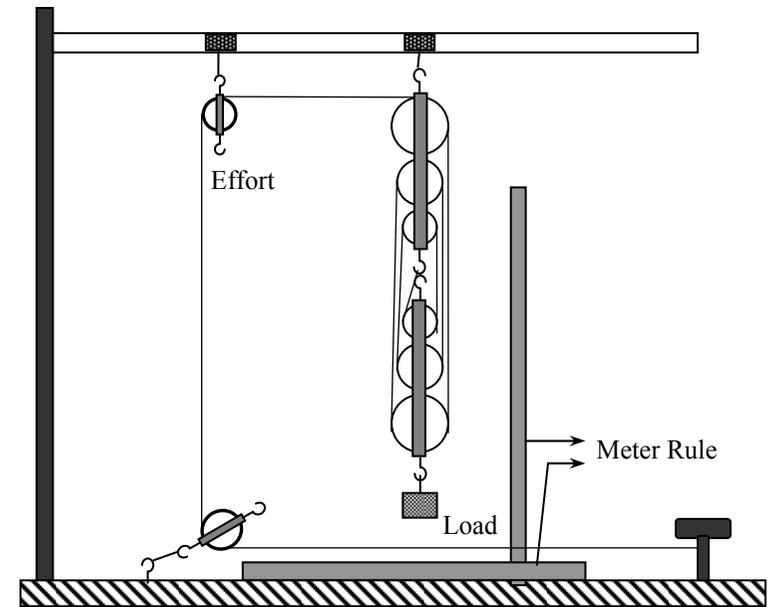
The average value of g =

Actual value of g = 9.81 m/s²

Percentage error =

DEMONSTRATION 5(A): STUDY THE USE OF TRIPLE TANDEM PULLEYS AND FIND THE CHANGE IN MECHANICAL ADVANTAGE (MA) & VELOCITY RATIO (VR)

The triple tandem pulley arrangement consists of three pulleys of increasing diameter arranged in a linear fashion with their axis of rotation parallel to each other. Such an arrangement provides advantage over other arrangements including single and double pulleys by furnishing a compact arrangement with large number of movable pulleys thus providing large MA and greater VR. This type of arrangement (consisting of two triple tandem pulley assemblies, as shown in the diagram below) gives a maximum MA and VR of 7. Single pulley is used to change the direction and position of the effort applied.



Additional Items Required:

1. Meter Rules – 2
2. Spring Balance

Procedure:

1. Find the weight of the triple tandem movable pulley block.
2. Setup the arrangement as shown in the above diagram.
3. Hang a known piece of weight (say L=500g) from the lower pulley in place of the load.
4. Using a suitable spring balance, estimate the effort needed to just move the weight from the effort side.
5. Repeat the steps (3) and (4) for different values of Loads and tabulate the results.
6. Attach the effort end of the cord to the capstan and mark the position on the cord corresponding to the zero mark on the horizontal meter rule with a pen.
7. Note the segments of the cord supporting the lower movable block of triple tandem pulley. In this case, it will be observed to be 6.

8. Note the position of the top of the weight hanging along the vertical meter rule (V_0) and make sure that the position of both the meter rules is not disturbed during the experiment.
9. Gently turn the capstan in order to wind about 6cm of cord and note the position of the top of the weight along the vertical meter rule (V).
10. Repeat the experiment to obtain atleast five sets of readings and record your observations.

Observations and Calculations:

Here, if W is the weight of movable pulley block, then

$$L + W = 6T = 6E$$

$$\therefore MA = \frac{L}{E} = 6 - \frac{W}{E}$$

1. Weight of the movable pulley block = $W =$
2. Table for Effort Observed:

S. No.	Load (L)	Effort (E)	MA (= L/E)
1.	500g		
2.	600g		
3.	700g		
4.	800g		
5.	1000g		

3. Initial reading of top of load on vertical scale = $V_0 =$
4. Table for finding VR:

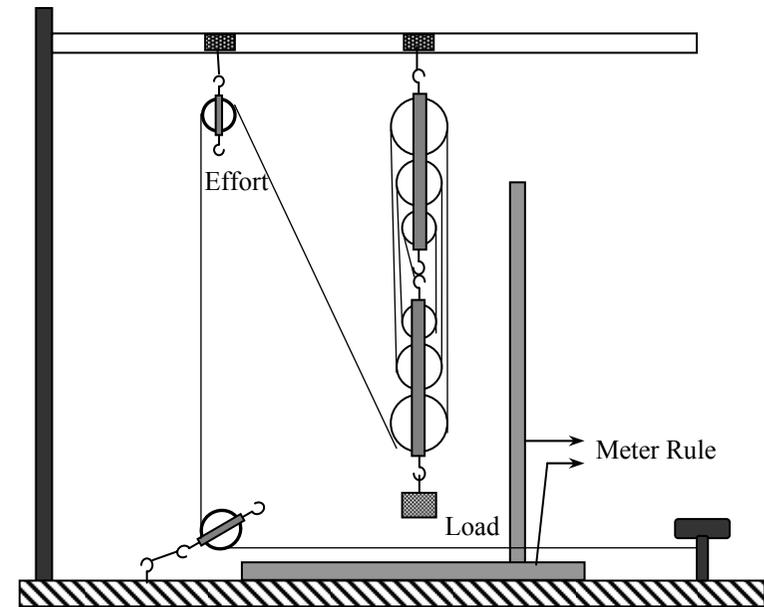
S. No.	Horizontal Meter Rule Reading of Pen Mark (H)	Vertical Meter Rule Reading of Top of Load (V)	VR = H/(V-V ₀)
1.	6		
2.	9		
3.	12		
4.	15		
5.	18		

5. Mean value of VR =

On plotting the graph of h against $(V-V_0)$, a straight line curve will be obtained, the slope of which gives the value of Velocity Ratio.

EXPERTIMENT 5(B): STUDY THE USE OF TRIPLE TANDEM PULLEYS WITH DIFFERENT CONFIGURATION AND FIND THE CHANGE IN MECHANICAL ADVANTAGE (MA) & VELOCITY RATIO (VR)

- In the arrangement, one end of the cord which was connected to the lower end of the upper pulley block (in the previous setup), is now connected to the upper end of the lower pulley.



- Thus, in this case, the number of cord segments supporting the movable pulley block becomes 7. Hence, the effort required becomes,

$$E = \frac{(L + W)}{7}$$

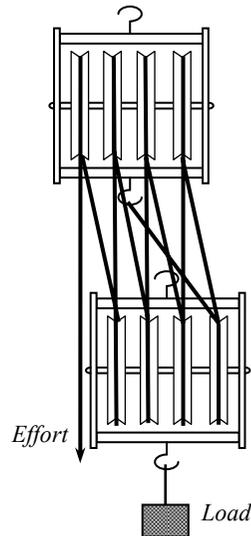
The Mechanical Advantage (MA) becomes

$$MA = \frac{L}{E} = 7 - \frac{W}{E}$$

- The above results can be verified by repeating the previous experiment with this setup.

EXPERIMENT 6: STUDY THE USE OF QUADRUPLE PULLEY AND FIND THE CHANGE IN MECHANICAL ADVANTAGE (MA) & VELOCITY RATIO (VR)

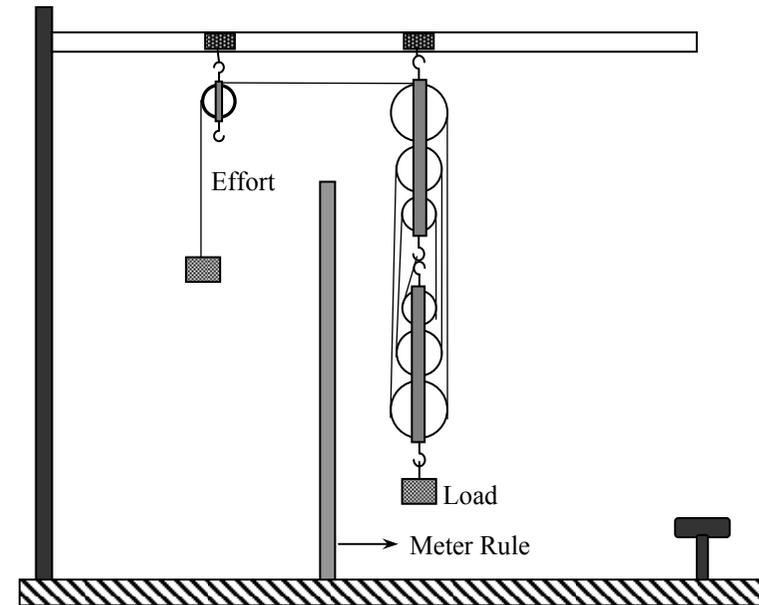
- Repeat the experiments 5(a) and 5(b) using quadruple pulley block instead of triple tandem pulleys. The quadruple pulley block arrangement four pulleys of same diameter arranged parallel to each other on the same axle.
- In the first case, the number of cord segments supporting the lower movable pulley block are 8 and in the second case these are 9. Accordingly, the value of MA becomes $(8-W/E)$ and $(9-W/E)$ respectively, where W is the weight of the movable pulley block.
- It will be observed out of the two quadruple pulley blocks, if the one with lesser weight of the two is made movable, the value of MA will be more than when the other one is used as a movable pulley block. This result is also evident from the equation of MA.
- The value of MA and VR will be observed to be independent of the load and the effort applied.



EXPERIMENT 7: TO STUDY THE EFFECT OF LOAD ON EFFICIENCY AND MECHANICAL ADVANTAGE

Additional Items Required:

1. Meter Rule – 1
2. Spring Balance



Procedure:

1. Note the weight of both the triple tandem pulley blocks.
2. Set up the apparatus using the two triple pulley blocks (as shown in the diagram). Please ensure that the pulley block having lesser weight is to be made movable.
3. Use 50g weight hangers for the measurement of both load and effort.
4. Suspend about 200g weight from the lower pulley block.
5. Add weights on the effort side as necessary to balance the load and note the effort.
6. Repeat the steps (5) for different value of loads and tabulate the results.
7. Gently lower the effort cord and see the rise in load from the vertical meter rule.
8. Plot the curve of Load versus Mechanical Advantage and Load versus Efficiency.

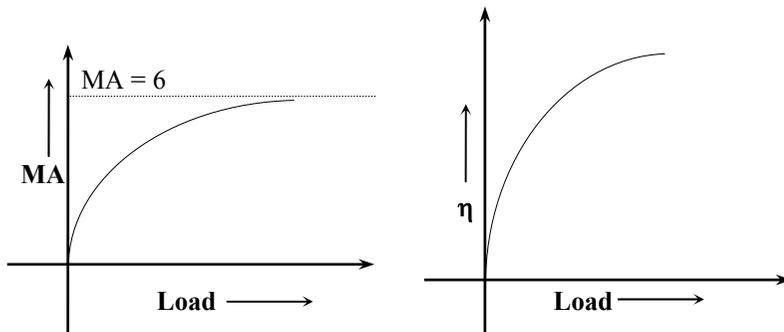
Observations and Calculations:

1. Weight of lower movable pulley block = $W =$
2. Table of Observations:

S No	Load (L)	Effort (E)	Distance Moved by Effort (D_1)	Distance Moved by Load (D_2)	MA (L/E)	VR (D_1/D_2)	Efficiency $\left(\frac{MA}{VR} \times 100\right)$
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

Discussion of Results:

The curve obtained of Load versus Mechanical Advantage will be similar to the one shown below.



The actual load of the arrangement consists of other useless load also apart from the applied load. This useless load consists of the weight of the lower pulley block, weight of the strings, resistance due to friction, effort lost on account of the elasticity of the strings. Among the above useless loads, the weight of the pulley block remains constant; weight of the strings depends on the distance between the pulley blocks; resistance due to friction

varies with the load but is small enough as compared to the total effort applied; elasticity of the each segment of string varies with the tension in the string and is negligibly small. Hence, as the total load increases, the useless proportion of the load decreases. As a result, the Mechanical Advantage starts increasing as shown in the above diagram. For the same reasons, the efficiency of the arrangement also increases with the increase in load. (Efficiency is the ratio MA to VR. Since MA increases with the increase in load but VR remains constant, thus efficiency also increases with the increase in load).

Contenuto

Fornitura

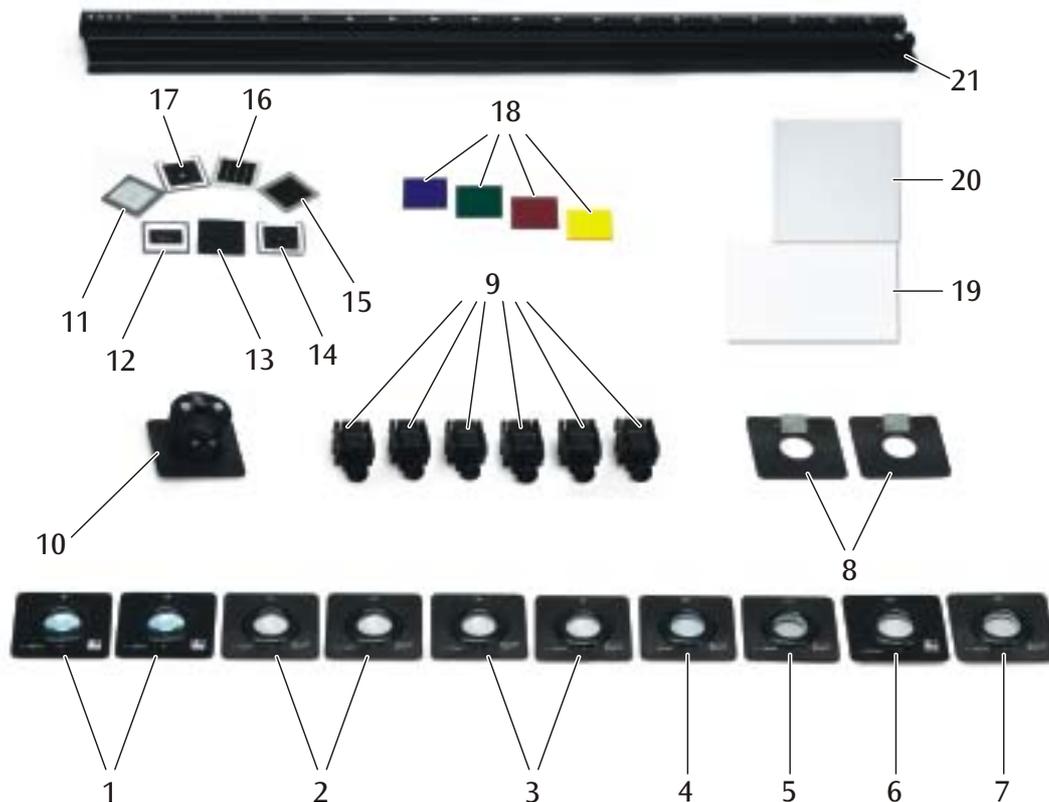
Kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)

Ottica geometrica

- Esperimento 1 Camera oscura a foro
- Esperimento 2 Distanza focale di una lente convessa
- Esperimento 3 Equazioni delle lenti
- Esperimento 4 Errore di riproduzione
- Esperimento 5 Riproduzione nell'occhio (modello di occhio)
- Esperimento 6 L'occhio miope e la sua correzione
- Esperimento 7 L'occhio ipermetrope e la sua correzione
- Esperimento 8 Lente
- Esperimento 9 Microscopio
- Esperimento 10 Cannocchiale astronomico
- Esperimento 11 Cannocchiale di Galileo
- Esperimento 12 Proiettore per diapositive

Fornitura

Kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)



- 1 2 Lenti K, $f = + 50 \text{ mm}$
- 2 2 Lenti K, $f = + 100 \text{ mm}$
- 3 2 Lenti K, $f = + 150 \text{ mm}$
- 4 1 Lente K, $f = + 300 \text{ mm}$
- 5 1 Lente K, $f = - 100 \text{ mm}$
- 6 1 Lente K, $f = + 500 \text{ mm}$
- 7 1 Lente K, $f = - 500 \text{ mm}$
- 8 2 Supporti di fissaggio K
- 9 6 Cavalieri ottici K
- 10 1 Lampada ottica K
- 11 1 Scala, 15 mm
- 12 1 Foto nel telaio per diapositive (denominata di seguito diapositiva)
- 13 1 Arrotondato
- 14 1 Diaframma 1 mm
- 15 1 Diaframma con 1 fenditura
- 16 1 Diaframma con 3 fenditure
- 17 1 Diaframma 6 mm
- 18 1 Set di 4 filtri colorati (blu, verde, rosso, giallo)
- 19 1 Schermo, bianco
- 20 1 Schermo, trasparente
- 21 1 Banco ottico K, 1000 mm

Esperimento 1 Camera oscura a foro

Funzione

- Struttura del modello di una camera oscura a foro.
- Analisi della dipendenza della grandezza immagine B dalla distanza immagine b e dalla distanza oggetto g .

Principi

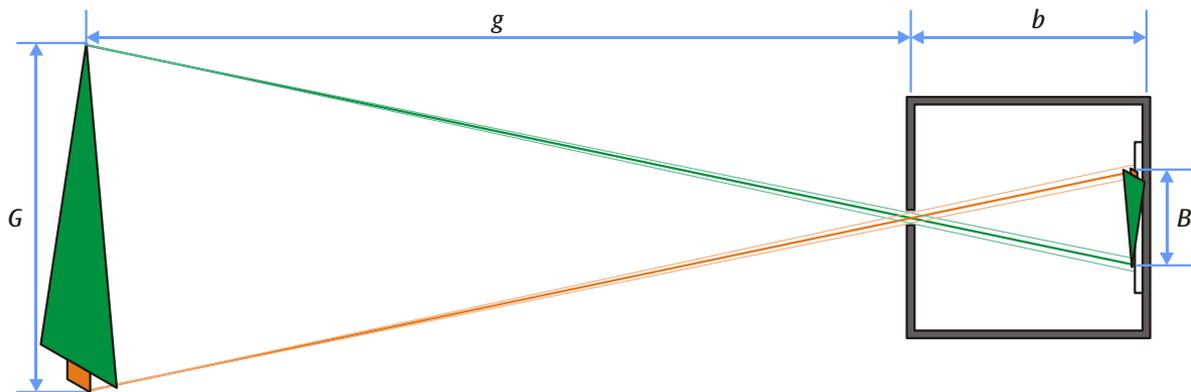


Fig. 1: principio di funzionamento di una camera oscura a foro

Una camera oscura a foro consente di creare e fotocopiare immagini ottiche. È composta da una cella scura, che sul lato anteriore ha una piccola apertura richiudibile e sul lato interno opposto una superficie di proiezione, ad es. carta fotografica, al fine di registrare l'immagine reale che ne deriva di un oggetto. La fig. 1 mostra due fasci di raggi che da due punti dell'oggetto raggiungono la superficie di proiezione attraverso l'apertura. Il piccolo diametro dell'apertura impedisce la sovrapposizione completa dei fasci di raggi sulla superficie di proiezione.

La grandezza immagine B non dipende dal diametro del foro. Considerato che G indica la grandezza dell'oggetto osservato, g la distanza dal disco forato e b la distanza dal disco forato rispetto alla superficie di proiezione, vale quanto segue:

$$B = G \cdot \frac{b}{g}$$

Occorrente

dal kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 4 Cavalieri ottici
- 2 Supporti di fissaggio
- 1 Schermo
- 1 1 "Arrotondato"
- 1 Diaframma di apertura, 1 mm

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)
- 1 Righello

Preparazione dell'esperimento

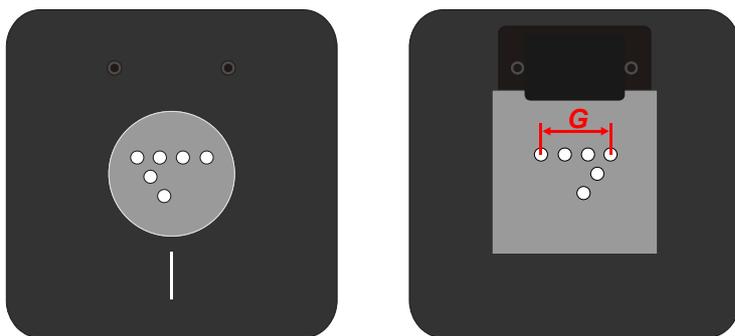


Fig. 2: “arrotondato” nel supporto di fissaggio osservato in direzione del fascio luminoso (a sinistra) e in direzione opposta al fascio luminoso (a destra)

- 1) Misurare la grandezza dell’“arrotondato” con il righello e annotare il valore in mm nella tabella come grandezza oggetto G .
- 2) Fissare l’“arrotondato” in un supporto e allinearlo al centro nella rispettiva apertura.
- 3) Fissare il diaframma di apertura al centro nel secondo supporto.

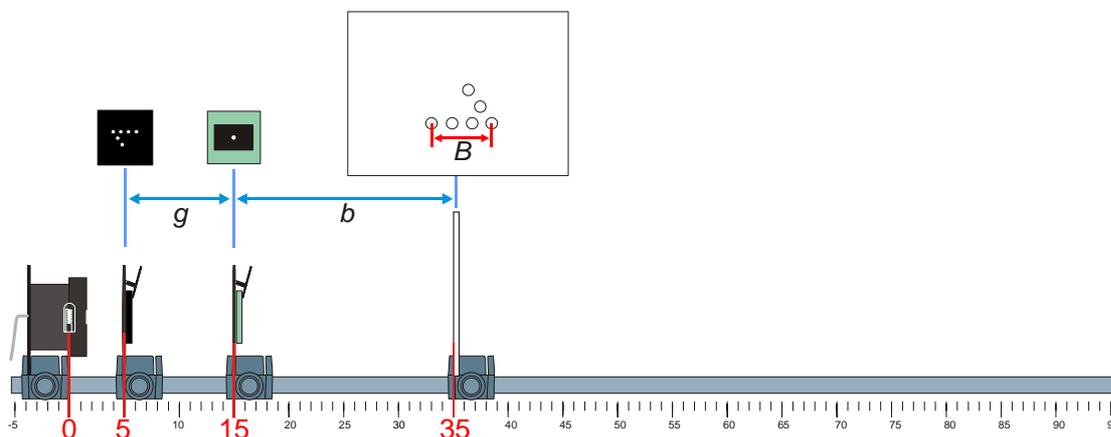


Fig. 3: struttura sperimentale, vista dal lato.

- 4) Disporre sul banco ottico la lampada ottica, entrambi i supporti di fissaggio e lo schermo secondo la fig. 3.
- 5) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.

Esecuzione dell'esperimento

- 1) Determinare la distanza tra l’“arrotondato” e il diaframma di apertura e annotare il valore nella tabella come distanza oggetto g .
- 2) Determinare la distanza tra il diaframma di apertura e lo schermo e annotare il valore nella tabella di misurazione come distanza immagine b .
- 3) Misurare la grandezza dell’immagine dell’“arrotondato” sullo schermo con il righello e annotare il valore nella tabella come grandezza immagine B (vedere fig. 3).
- 4) Ridurre la distanza immagine a $b = 150$ mm, misurare la grandezza immagine B e inserire i valori nella tabella di misurazione.
- 5) Ripetere l’esperimento per le distanze immagine $b = 100$ mm e $b = 50$ mm.
- 6) Lasciare la distanza immagine a $b = 50$ mm e ridurre la distanza oggetto a $g = 75$ mm.
- 7) Determinare la grandezza immagine B e inserire i valori nella tabella di misurazione.

- 8) Ridurre la distanza oggetto a $g = 50$ mm, determinare la grandezza immagine B e inserire i valori nella tabella di misurazione.
- 9) Calcolare i rapporti b/g e B/G e confrontarli.

Tabella di misurazione:

g / mm	b / mm	G / mm	B / mm	b / g	B / G

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Come appare l'immagine dell'"arrotondato" sullo schermo?
- b) In che modo dipende la grandezza immagine dalla distanza immagine?
- c) In che modo dipende la grandezza immagine dalla distanza oggetto?
- d) In che modo dipendono i rapporti B/G e b/g gli uni dagli altri?
- e) Che relazione esiste tra la grandezza e la luminosità dell'immagine?

Esperimento 2 Distanza focale di una lente convessa

Funzione

- Formazione di un fascio di luce parallelo nel punto focale di una lente convessa.
- Determinazione della distanza focale calcolata dalla distanza tra lente e punto focale.

Principi

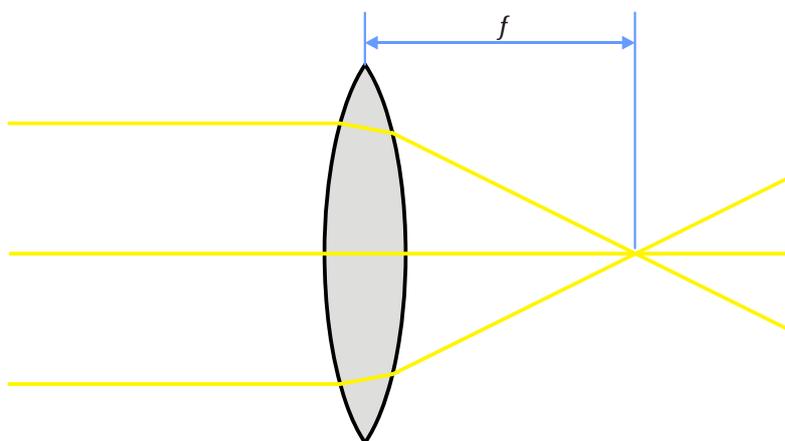


Fig. 1: percorso dei raggi per la formazione di un fascio di luce parallelo nel punto focale di una lente convessa

Una lente convessa raccoglie la luce parallela incidente e la focalizza sul livello focale. La luce incidente parallelamente all'asse ottico si focalizza nel punto focale. La distanza rispetto alla lente viene denominata distanza focale f (vedere fig. 1).

Occorrente

dal kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 4 Cavalieri ottici
- 1 Supporto di fissaggio
- 1 Schermo, bianco
- 1 Diaframma con 3 fenditure
- 1 Lente, $f = +300$ mm
- 1 Lente, $f = +100$ mm
- 1 Lente, $f = +150$ mm
- 1 Filtro colore, rosso
- 1 Filtro colore, blu

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)
- 1 Foglio di carta

Preparazione dell'esperimento

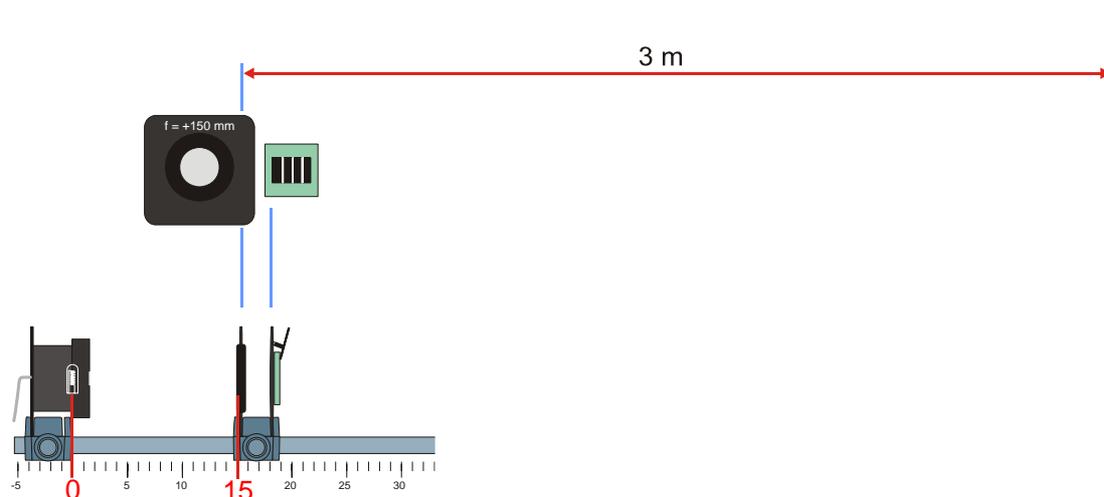


Fig. 2: creazione di un fascio di luce parallelo e suddivisione in tre fasci parziali, vista dal lato.

- 1) Disporre sul banco ottico la lampada ottica e la lente $f = +150$ mm secondo la fig. 2.
- 2) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.
- 3) Per creare un fascio di luce parallelo spostare la lente in modo che sul foglio di carta si crei ad una distanza di circa 3 m un'immagine a contorni nitidi della spirale della lampada.
- 4) Fissare il diaframma con 3 fenditure al centro del supporto e disporlo immediatamente dietro la lente.

Esecuzione dell'esperimento

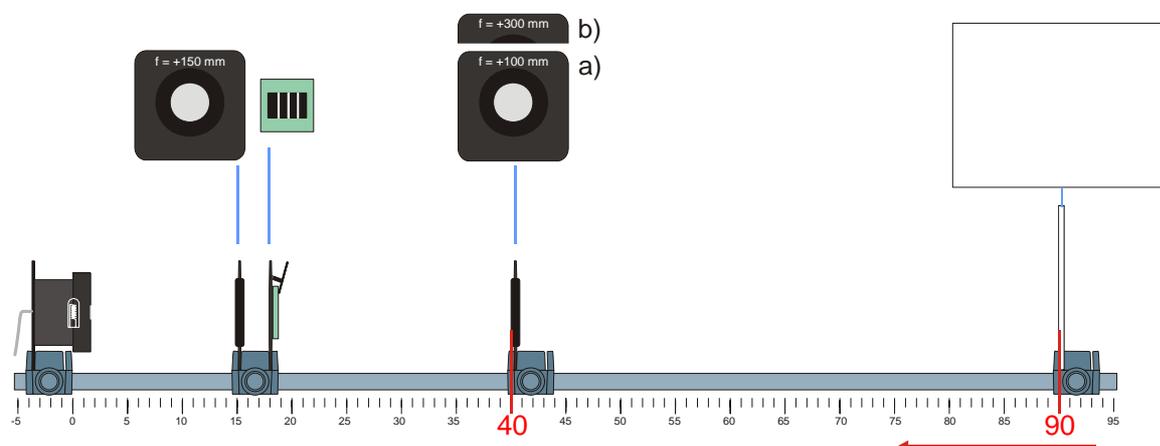


Fig. 3: struttura sperimentale, vista dal lato.

- 1) Disporre sul banco ottico anche la lente $f = +100$ mm secondo la fig. 3.
- 2) Posizionare lo schermo alla fine del banco ottico, spostarlo lentamente in direzione della lente e osservare il fascio di luce sullo schermo.
- 3) Ora spostare lo schermo dove il fascio di luce ha l'estensione minore.
- 4) Determinare la distanza tra schermo e lente e annotare il valore nella tabella di misurazione.
- 5) Sostituire la lente $f = +100$ mm con la lente $f = +300$ mm e ripetere le operazioni da 2 a 4.

Tabella di misurazione:

Distanza focale stampata / mm	Distanza tra lente e punto focale / mm
100	
300	

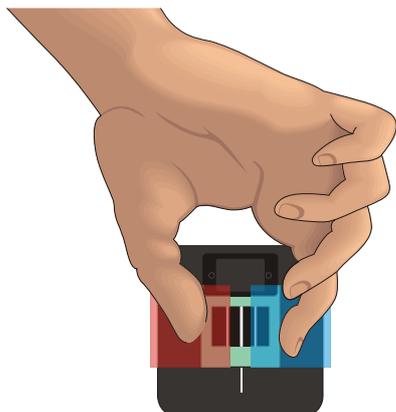
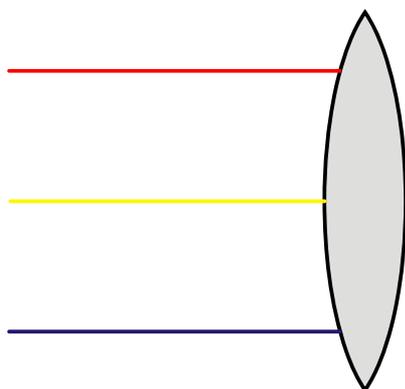


Fig. 4: creazione di fasci parziali colorati inserendo filtri colore nel percorso del raggio

- 6) Riutilizzare la lente $f = +100$ mm e riposizionare lo schermo alla fine del banco ottico.
- 7) Posizionare dietro il diaframma con 3 fenditure, i filtri colore rosso e blu in modo che il filtro colore rosso copra la fenditura sinistra e il filtro colore blu quella destra (vedere fig. 4).
- 8) Spostare lo schermo e osservare l'andamento dei fasci colorati parziali davanti e dietro il punto focale.

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Fare uno schizzo e descrivere l'andamento del raggio nel fascio di luce dietro la lente:



- b) Confrontare la distanza focale stampata con la distanza rispetto alla lente dove il fascio di luce ha l'estensione minore.

Esperimento 3 Equazioni delle lenti

Funzione

- Determinazione della distanza focale f di una lente dalla distanza immagine b e dalla distanza oggetto g .
- Determinazione della distanza immagine b , della grandezza immagine B e della scala di riproduzione A in funzione della distanza oggetto g .

Principi

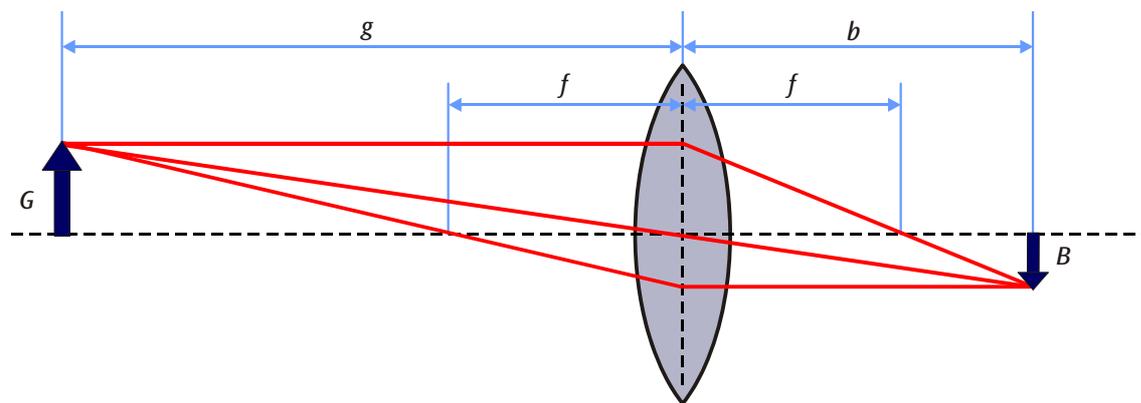


Fig. 1: rappresentazione di un oggetto della grandezza G con l'ausilio di una lente convessa con distanza focale f

Una lente convessa crea un'immagine ingrandita o rimpicciolita di un oggetto. La riproduzione in scala A , ovvero il rapporto della grandezza immagine B rispetto alla grandezza oggetto G , dipende dalla distanza immagine b e dalla distanza oggetto g . Vale la seguente equazione di riproduzione

$$A = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$$

laddove G indica la grandezza dell'oggetto da riprodurre e B quella dell'immagine. La distanza oggetto e la distanza immagine non possono essere modificate indipendentemente le une dalle altre, bensì sono collegate tra loro mediante l'equazione lenti.

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f}$$

Occorrente

dal kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 4 Cavalieri ottici
- 1 Supporto di fissaggio
- 1 Schermo, bianco
- 1 "Arrotondato"
- 1 Lente, $f = +150$ mm

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)
- 1 Righello

Preparazione dell'esperimento

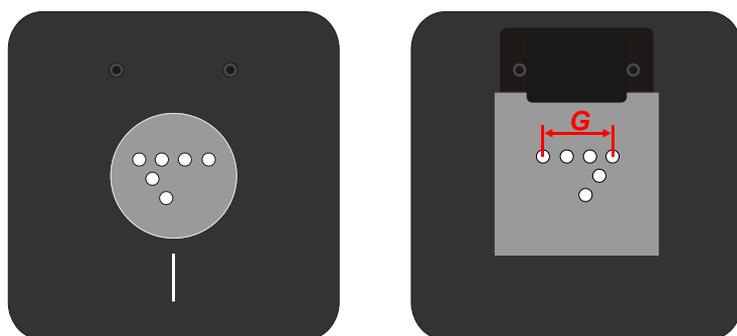


Fig. 2 “arrotondato” nel supporto di fissaggio osservato in direzione del fascio luminoso (a sinistra) e in direzione opposta al fascio luminoso (a destra)

- 1) Misurare la grandezza dell’“arrotondato” con il righello e annotare il valore in mm come grandezza oggetto G .
- 2) Fissare l’“arrotondato” in un supporto e allinearli al centro nella rispettiva apertura.

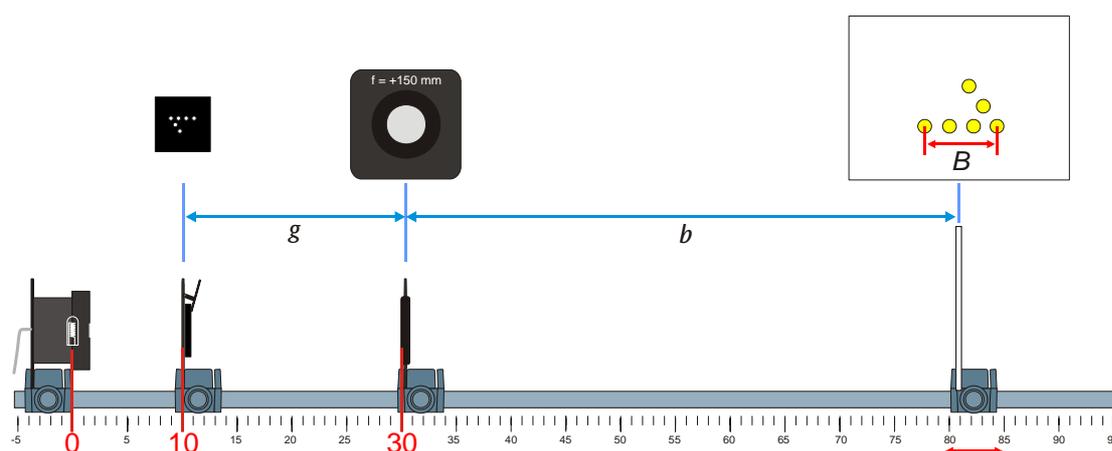


Fig. 3: struttura sperimentale, vista dal lato.

- 3) Disporre sul banco ottico la lampada ottica, i supporti di fissaggio e la lente $f = +150$ mm secondo la fig. 3.
- 4) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.

Esecuzione dell'esperimento

- 1) Posizionare lo schermo alla fine del banco ottico, spostarlo in direzione della lente, finché non si vede un'immagine nitida dell’“arrotondato” su di esso.
- 2) Determinare la distanza tra l’“arrotondato” e la lente e annotare il valore nella tabella di misurazione come distanza oggetto g (vedere fig. 2).
- 3) Determinare la distanza tra la lente e lo schermo e annotare il valore nella tabella di misurazione come distanza immagine b (vedere fig. 2).
- 4) Misurare la grandezza dell’immagine dell’“arrotondato” sullo schermo con il righello e annotare il valore nella tabella di misurazione come grandezza immagine B (vedere fig. 3).
- 5) Spostare la lente per regolare la distanza oggetto $g = 250$ mm e spostare lo schermo fino ad ottenere un'immagine nitida dell’“arrotondato”.

- 6) Determinare i valori della distanza immagine b , della grandezza immagine B e annotarli nella tabella di misurazione.
- 7) Ripetere la misurazione per le altre distanze oggetto g dalla tabella di misurazione.
- 8) Calcolare i quozienti B/G e b/g e inserire i valori nella tabella di misurazione.
- 9) Calcolare la distanza focale f dai valori misurati per la distanza oggetto g e la distanza immagine b con l'ausilio dell'equazione lenti e annotarla nella tabella di misurazione.
- 10) Calcolare il valore medio dalle distanze focali calcolate e impostare la distanza oggetto g al valore doppio della distanza focale così determinata.
- 11) Determinare per questo caso la distanza immagine b e la grandezza immagine B e annotarle nella tabella di misurazione.

Tabella di misurazione:

$G = 23 \text{ mm}$

g / mm	b / mm	B / mm	$\frac{b}{g}$	$\frac{B}{G}$	f / mm
200					
250					
300					
450					
600					
Valore medio delle distanze focali:					
$2f =$					

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Come appare l'immagine dell'"arrotondato" sullo schermo?
- b) In che modo dipende la grandezza immagine dalla distanza immagine?
- c) In che modo dipende la grandezza immagine dalla distanza oggetto?
- d) In che modo dipendono i rapporti B / G e b / g gli uni dagli altri?
- e) Qual è la grandezza della distanza focale della lente?
- f) Con quali distanze oggetto, l'immagine si riduce e con quali diventa più grande?
- g) Quando l'immagine e l'oggetto hanno la stessa grandezza?

Esperimento 4 Errore di riproduzione

Funzione

- Determinazione della distanza focale delle lenti sferiche per raggi vicino all'asse e raggi marginali.
- Analisi dell'errore di riproduzione cromatico di una lente.

Principi

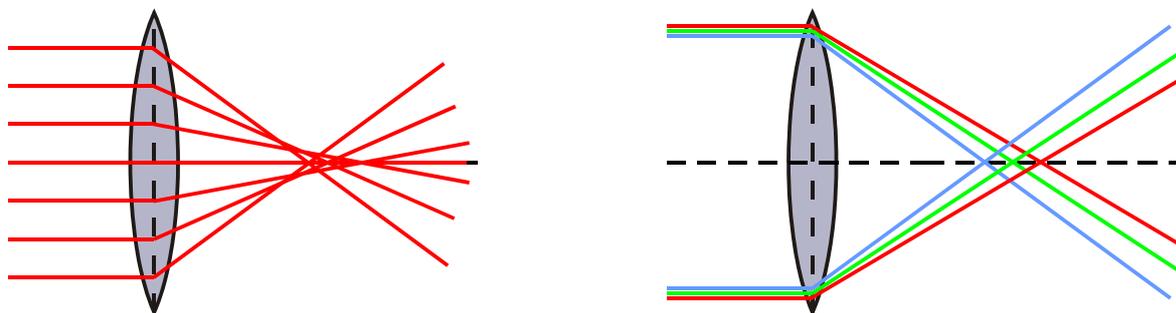


Fig. 1: errore di riproduzione sferico (sinistra) ed errore di riproduzione cromatico (destra)

Per errori di riproduzione di una lente s'intendono gli scostamenti dalla riproduzione ideale che causano un'immagine non nitida o distorta. Gli errori di riproduzione sferici fanno sì che i fasci di luce a incidenza parallela sull'asse, dopo il passaggio attraverso la lente, non confluiscono in un punto. Anzi, la distanza focale dipende dalla distanza del fascio a incidenza parallela rispetto all'asse ottico. Poiché, d'altro canto, l'indice di rifrazione dei vetri della lente dipende dalla lunghezza d'onda λ della luce, la distanza focale dipende anche dalla lunghezza d'onda. Ne risultano errori di riproduzione cromatici.

Occorrente

dal kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 4 Cavalieri ottici
- 2 Supporti di fissaggio
- 1 Schermo, bianco
- 1 Diaframma 6 mm
- 1 Lente, $f = +50$ mm
- 1 Lente, $f = +100$ mm
- 1 Lente, $f = +150$ mm

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)
- 1 Pezzo di cartone (circa 100×100 mm²)
- 1 Nastro adesivo, ad es. nastro Tesa
- 1 Foglio di carta

Preparazione dell'esperimento

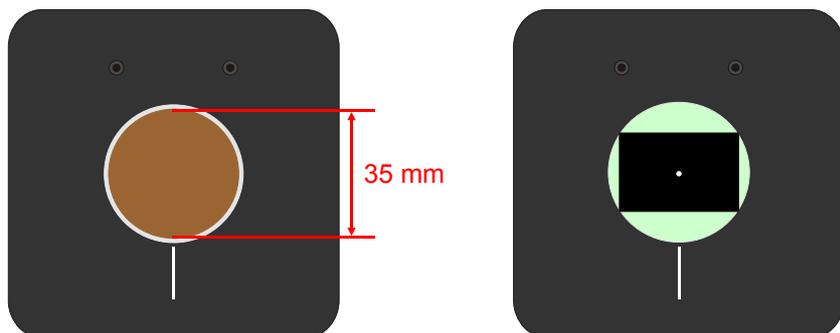


Fig. 2: supporto di fissaggio con maschera di cartone per la visualizzazione di raggi vicini all'asse (sinistra) e supporto di fissaggio con diaframma forato in cartone per la visualizzazione dei raggi marginali (destra)

- 1) Tagliare il disco circolare con un \varnothing di 35 mm in cartone, posizionarlo centralmente sopra l'apertura del supporto di fissaggio, affinché possano passare solo raggi marginali e vengano visualizzati i raggi vicini all'asse (vedere fig. 2). Quindi fissarlo con strisce adesive.
- 2) Fissare centralmente nel secondo supporto il diaframma forato da 6 mm (vedere fig. 2).

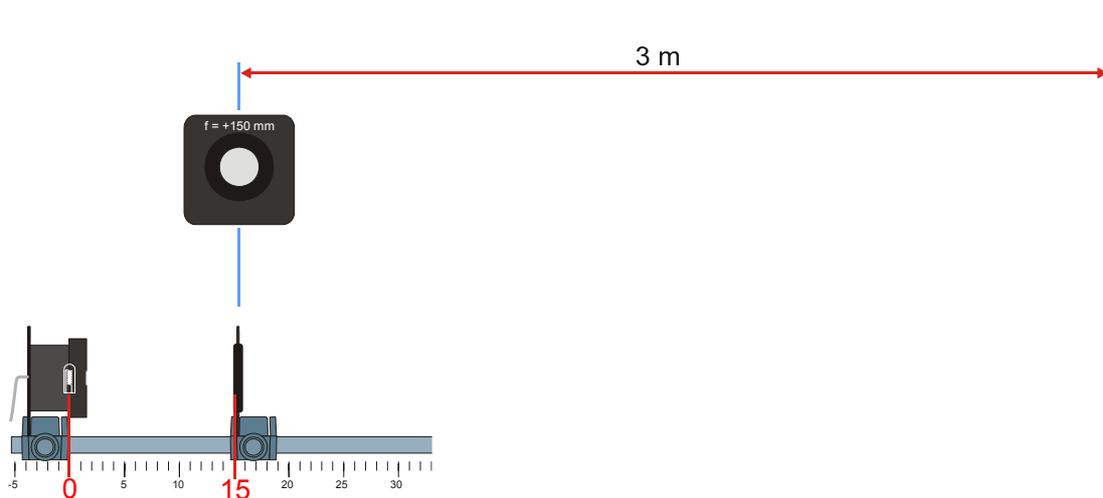


Fig. 3: creazione di un fascio di luce parallelo, vista dal lato.

- 3) Disporre sul banco ottico la lampada ottica e la lente $f = +150$ mm secondo la fig. 3.
- 4) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.
- 5) Per creare un fascio di luce parallelo spostare la lente in modo che sul foglio di carta si crei ad una distanza di circa 3 m un'immagine a contorni nitidi della spirale della lampada.

Esecuzione dell'esperimento

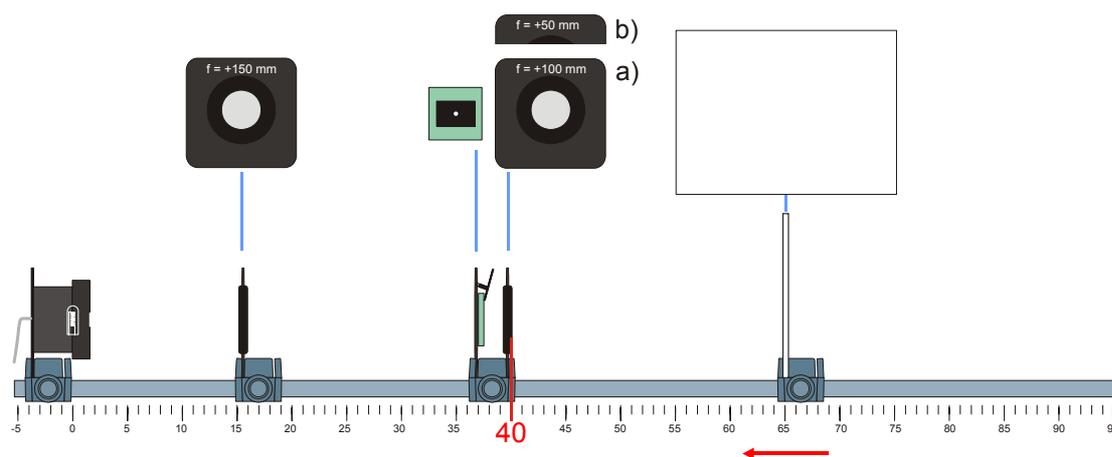


Fig. 4: struttura sperimentale per la determinazione della distanza focale, vista dal lato.

- 1) Disporre la lente $f = +100$ mm secondo la fig. 4 sulla tacca di 40 cm del banco ottico e, per visualizzare i raggi marginali, montare il supporto di fissaggio con il diaframma forato direttamente davanti alla lente.
- 2) Posizionare lo schermo bianco sul banco ottico e spostarlo, finché non si trova il punto più stretto del fascio di luce (vedere fig. 4).
- 3) Determinare la distanza tra lente $f = +100$ mm e schermo e inserire il valore come distanza focale per i raggi vicino all'asse nella tabella di misurazione.
- 4) Ora, per visualizzare i raggi vicino all'asse, sostituire il supporto di fissaggio con il diaframma forato con quello con la maschera in cartone.
- 5) Spostare di nuovo lo schermo, finché non si trova il punto più stretto del fascio di luce.
- 6) Determinare la nuova distanza tra lente $f = +100$ mm e schermo e inserire il valore come distanza focale per i raggi marginali nella tabella di misurazione.
- 7) Ripetere le analisi con la lente $f = +50$ mm al posto della lente $f = +100$ mm.

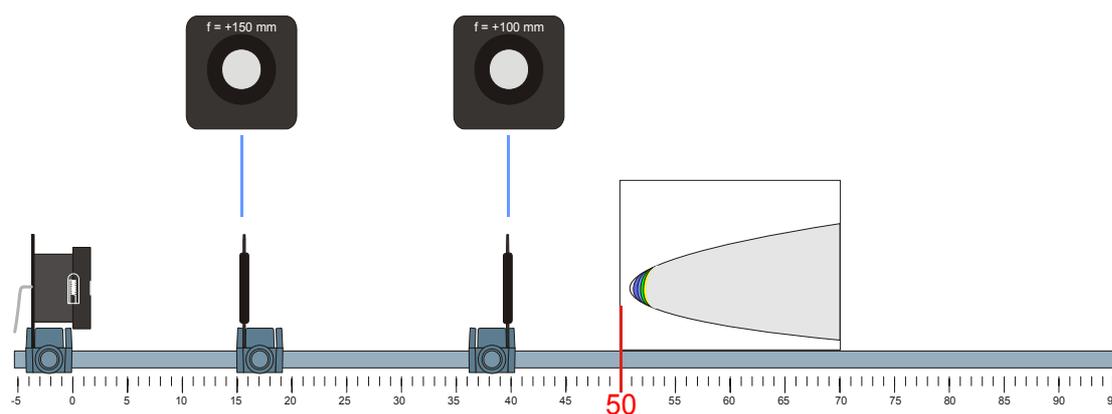


Fig. 5 osservazione del fascio di luce rifratto attraverso la lente, vista dal lato.

- 8) Rimuovere lo schermo e il supporto di fissaggio dal banco ottico.
- 9) Utilizzare di nuovo la lente $f = +100$ mm al posto della lente $f = +50$ mm.
- 10) Per osservare il fascio di luce rifratto attraverso la lente nell'area del punto focale, posizionare lo schermo sul banco ottico in modo che il fascio di luce incidente colpisca lo schermo e crei un margine colorato (vedere fig. 5).
- 11) Per rivisualizzare i raggi vicino all'asse, collocare il supporto di fissaggio con il disco circolare in cartone davanti alla lente $f = +100$ mm e osservare il fascio di luce sullo schermo.

Tabella di misurazione:

Lente	Distanza focale / mm	
	Raggi vicino all'asse	Raggi marginali
$f = +100$ mm		
$f = +50$ mm		

Analizzare e spiegare le osservazioni

- Per cosa vengono utilizzati il diaframma forato e il disco circolare in cartone?
- Con una lente sferica come si differenzia la distanza focale per raggi vicini all'asse e per raggi marginali?
- Che andamento ha il fascio di raggi dietro la lente nella seconda parte dell'esperimento?
- Come viene creato un margine colorato sullo schermo?

Esperimento 5 Riproduzione nell'occhio (modello di occhio)

Funzione

- Struttura di un modello dell'occhio umano.
- Riproduzione dell'accomodazione su un oggetto lontano e uno vicino.

Principi

Nell'occhio umano, un oggetto osservato viene riprodotto sulla retina a contorni nitidi con l'ausilio del cristallino. Poiché la curvatura del cristallino è variabile, è possibile osservare sia oggetti lontani sia vicini e riprodurre immagini dai contorni nitidi. La curvatura aumenta e la distanza focale diminuisce, tanto più l'oggetto è vicino all'occhio. Questo adattamento viene denominato accomodazione.

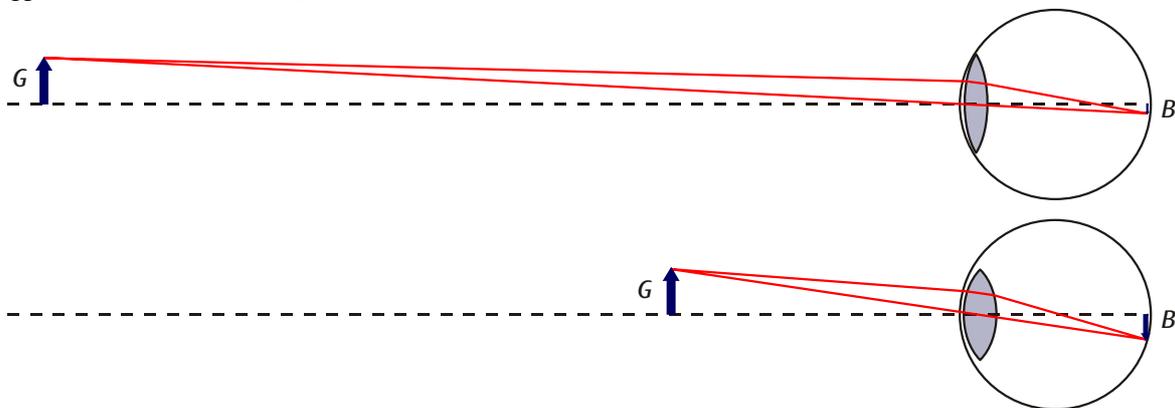


Fig. 1: formazione dell'immagine sulla retina dell'occhio per un oggetto lontano e uno vicino

Occorrente

dal kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)

- 1 Banco ottico
- 1 Lampada ottica
- 3 Cavalieri ottici
- 1 Schermo, bianco
- 1 Lente $f = +150$ mm
- 1 Lente $f = +100$ mm

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)

Struttura ed esecuzione dell'esperimento

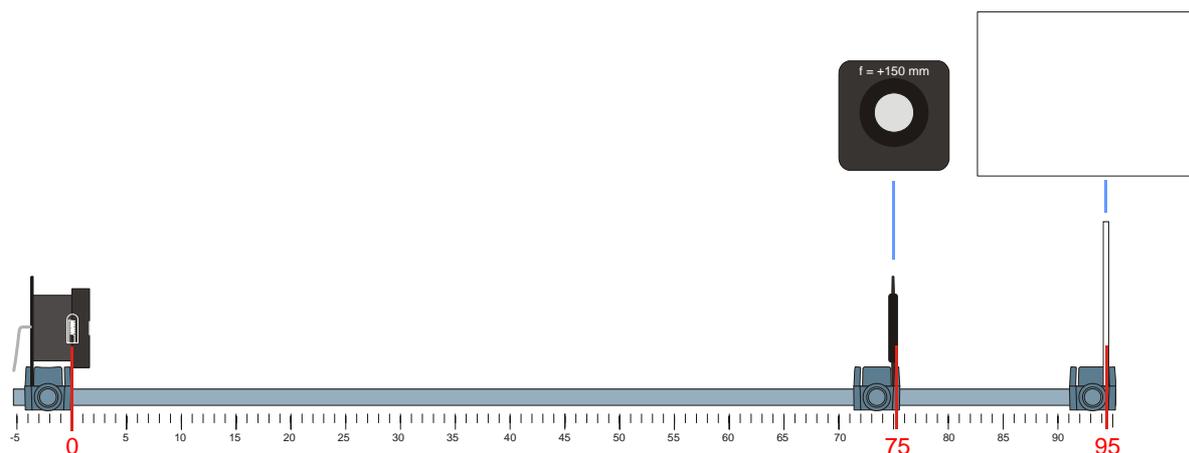


Fig. 2: struttura sperimentale per la riproduzione di un oggetto lontano (spirale della lampada), vista dal lato.

- 1) Disporre sul banco ottico la lampada ottica, la lente $f = +150$ mm e lo schermo secondo la fig. 2.
- 2) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.
- 3) Spostare la lente, finché sullo schermo non è visibile un'immagine a contorni nitidi della spirale della lampada.

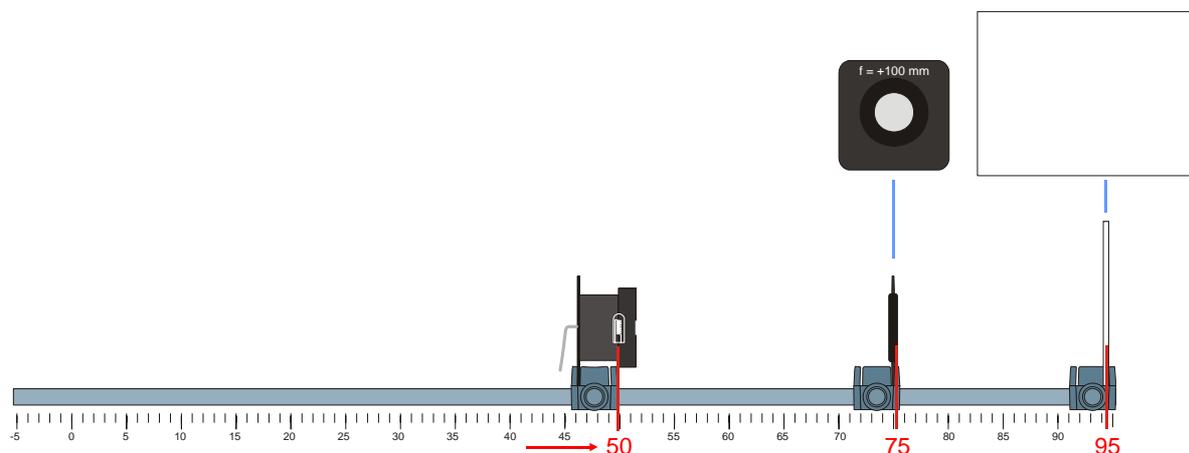


Fig. 3: struttura sperimentale per la riproduzione di un oggetto vicino (spirale della lampada), vista dal lato.

- 4) Spostare la lampada ottica fino alla tacca di 50 cm e osservare l'immagine sullo schermo (vedere fig. 3).
- 5) Sostituire la lente $f = +150$ mm con la lente $f = +100$ mm ed eventualmente spostare leggermente la lampada ottica, finché non è visibile sullo schermo un'immagine a contorni nitidi della spirale della lampada.

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) A quali parti dell'occhio corrispondono la lente e lo schermo?
- b) Che cosa si osserva sullo schermo con distanze ottimali?

- c) Come varia l'immagine se l'oggetto si avvicina alla lente (occhio)?
- d) Cosa si deve fare per ottenere nuovamente un'immagine nitida?

Esperimento 6 L'occhio miope e la sua correzione

Funzione

- Struttura di un modello dell'occhio miope.
- Correzione della miopia con l'ausilio di un occhiale.

Principi

Nell'occhio miope, l'immagine di un oggetto si trova davanti alla retina, in quanto il bulbo oculare è troppo lungo o la distanza focale del cristallino è troppo piccola. Si origina un effetto visivo non nitido. Questo diventa nitido quando l'oggetto viene avvicinato all'occhio in modo che l'immagine si trovi sulla retina. Per poter vedere in modo nitido anche gli oggetti lontani, nella miopia è necessaria una lente concava come occhiale.

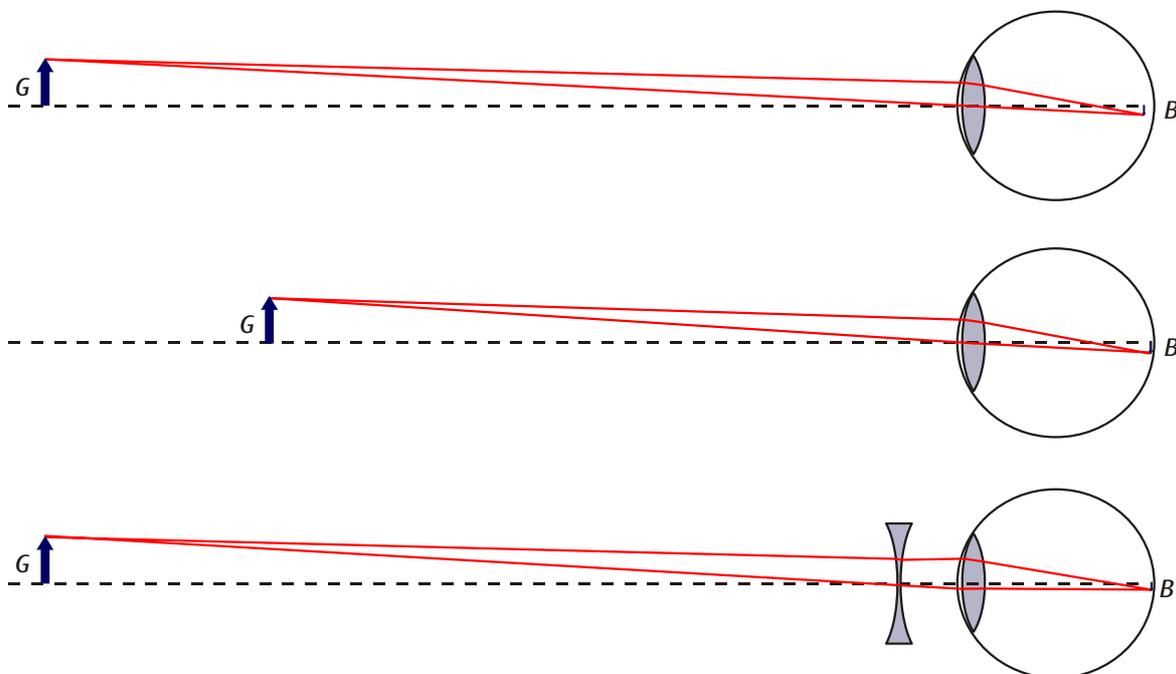


Fig. 1 formazione dell'immagine nell'occhio miope di un oggetto lontano, di un oggetto vicino e di un oggetto lontano utilizzando una lente concava come occhiale (dall'alto verso il basso).

Occorrente

dal kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 4 Cavalieri ottici
- 1 Schermo, bianco
- 1 Lente, $f = +150$ mm
- 1 Lente, $f = +500$ mm
- 1 Lente, $f = -500$ mm

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)

Preparazione dell'esperimento

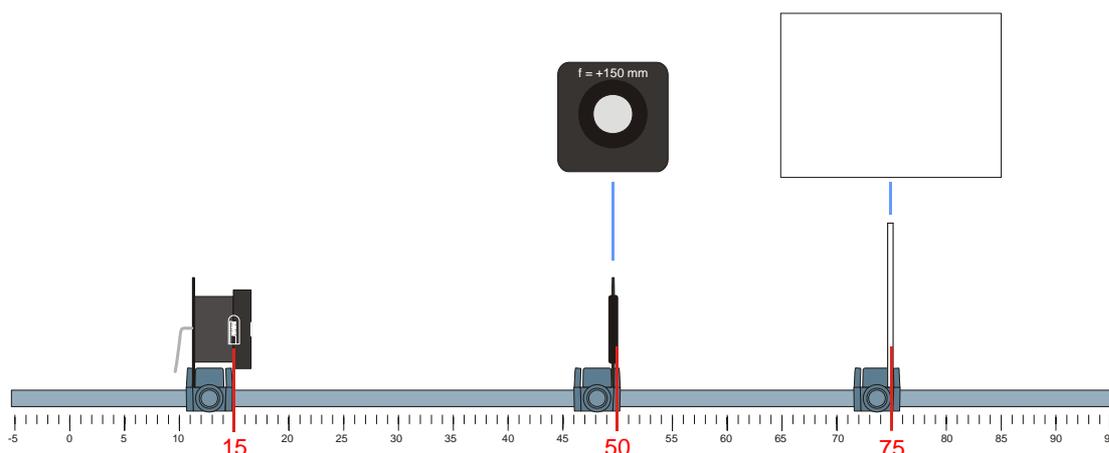


Fig. 2: struttura sperimentale per la rappresentazione dell'occhio normale, vista dal lato.

- 1) Disporre sul banco ottico la lampada ottica, la lente $f = +150 \text{ mm}$ e lo schermo secondo la fig. 2.
- 2) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.
- 3) Per rappresentare l'occhio normale, spostare lo schermo, finché sullo stesso non è visibile un'immagine a contorni nitidi della spirale luminosa.
- 4) Marcare sul banco ottico le posizioni dello schermo e della lampada ottica utilizzando una matita.

Esecuzione dell'esperimento

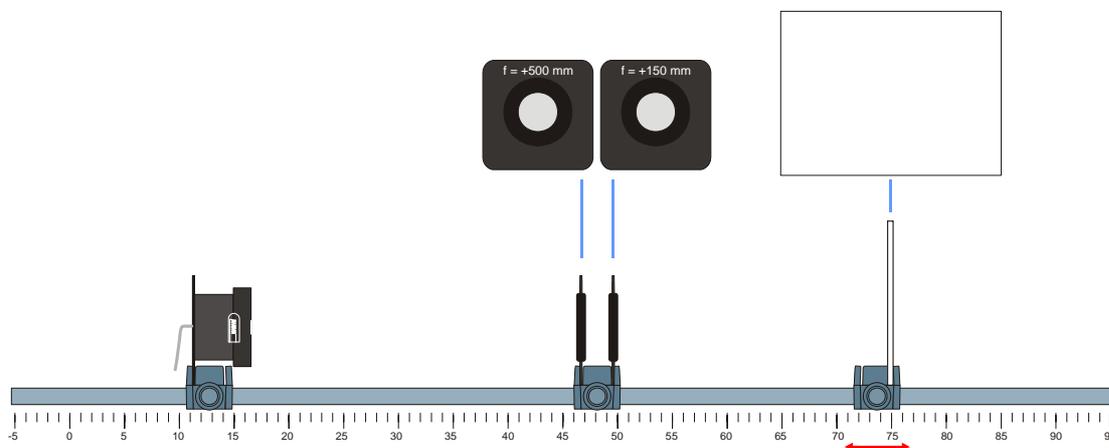


Fig. 3: struttura sperimentale per la rappresentazione dell'occhio miope, vista dal lato.

- 1) Per rappresentare l'occhio miope collocare davanti alla lente $f = +150 \text{ mm}$ anche la lente $f = +500 \text{ mm}$ (vedere fig. 3) e osservare l'immagine sullo schermo.
- 2) Spostare lo schermo, finché sullo stesso non è visibile di nuovo un'immagine a contorni nitidi della spirale luminosa. Inserire l'osservazione nella tabella di misurazione.
- 3) Rispostare lo schermo alla marcatura fatta con la matita.
- 4) Spostare ora la lampada ottica, finché sullo schermo non è visibile un'immagine a contorni nitidi della spirale luminosa. Inserire l'osservazione nella tabella di misurazione.
- 5) Rispostare la lampada ottica alla marcatura fatta con la matita.

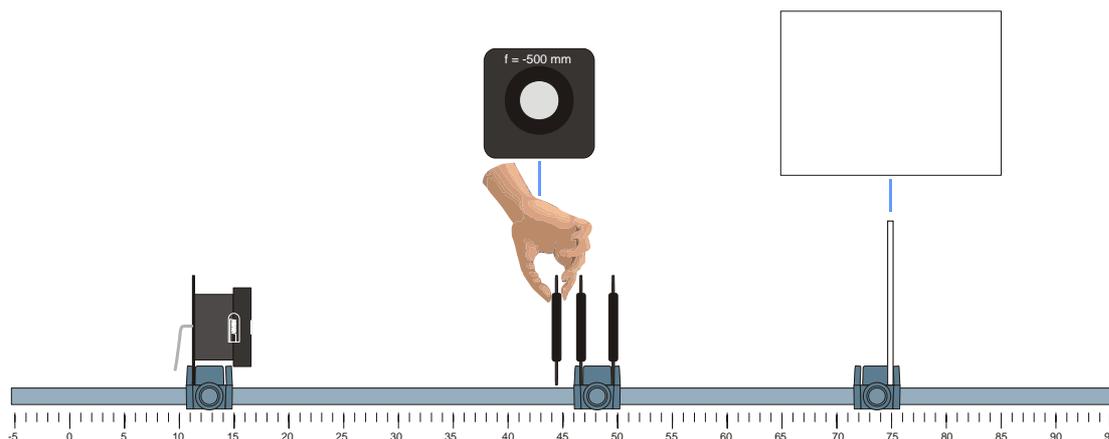


Fig. 4: correzione della miopia con l'ausilio di una lente concava, vista dal lato

- 6) Per la correzione della miopia mantenere la lente $f = -500 \text{ mm}$ direttamente davanti al "cristallino" (vedere fig. 4).
- 7) Osservare l'immagine sullo schermo e inserire l'osservazione nella tabella di misurazione.

Tabella di misurazione:

Occhio	Correzione	Posizione lampada	Posizione schermo	Qualità immagine
Normale	Senza	Sulla tacca	Sulla tacca	Nitida
Miope	Senza	Sulla tacca	Sulla tacca	
		Sulla tacca		Nitida
			Sulla tacca	Nitida
Miope		Sulla tacca	Sulla tacca	

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Dove si forma l'immagine nell'occhio miope?
- b) Come si deve spostare l'oggetto (la lampada) per ottenere un'immagine nitida?
- c) Quale lente utilizzare per correggere l'occhio miope?

Esperimento 7 L'occhio ipermetrope e la sua correzione

Funzione

- Struttura di un modello dell'occhio ipermetrope.
- Correzione dell'ipermetropia con l'ausilio di un occhiale.

Principi

Nell'ipermetropia, il bulbo oculare è troppo corto rispetto alla forza di rifrazione del cristallino. Ciò fa sì che l'immagine di un oggetto vicino si trovi dietro la retina e più precisamente tanto più quanto l'oggetto è vicino all'occhio. Si origina un effetto visivo non nitido. Questo diventa nitido quando l'oggetto viene allontanato dall'occhio in modo che l'immagine si trovi sulla retina. Nella presbiopia, i muscoli non sono più in grado di curvare il cristallino in modo da vedere nitidamente anche gli oggetti vicini. Per poter vedere in modo nitido anche gli oggetti vicini, nell'ipermetropia e nella presbiopia è necessaria una lente convessa come occhiale.

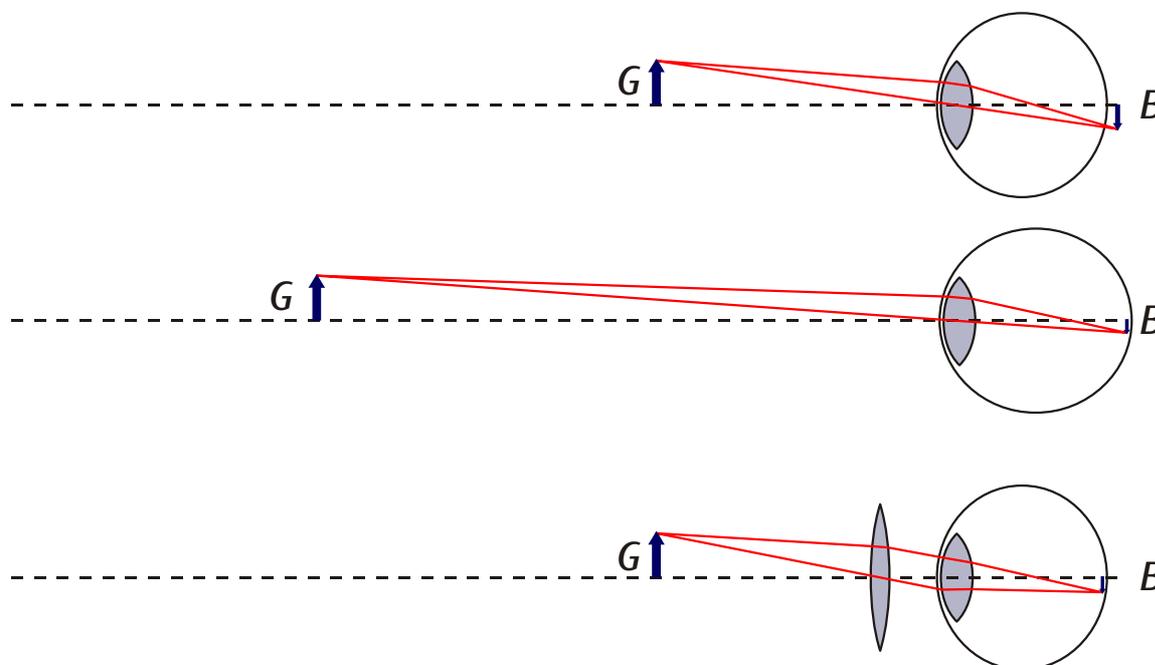


Fig. 1 formazione dell'immagine nell'occhio ipermetrope di un oggetto vicino, di un oggetto lontano e di un oggetto vicino utilizzando una lente convessa come occhiale (dall'alto verso il basso).

Occorrente

dal kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 4 Cavalieri ottici
- 1 Schermo, bianco
- 1 Lente, $f = +150$ mm
- 1 Lente, $f = +500$ mm
- 1 Lente, $f = -500$ mm

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)

Preparazione dell'esperimento

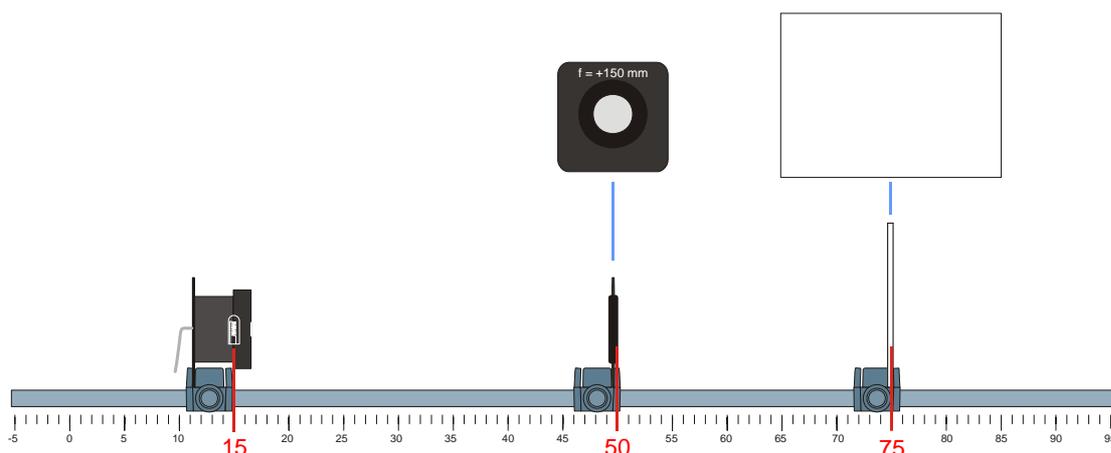


Fig. 2: struttura sperimentale per la rappresentazione dell'occhio normale, vista dal lato.

- 1) Disporre sul banco ottico la lampada ottica, la lente $f = +150 \text{ mm}$ e lo schermo secondo la fig. 2.
- 2) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.
- 3) Per rappresentare l'occhio normale, spostare lo schermo, finché sullo stesso non è visibile un'immagine a contorni nitidi della spirale luminosa.
- 4) Marcare sul banco ottico le posizioni dello schermo e della lampada ottica utilizzando una matita.

Esecuzione dell'esperimento

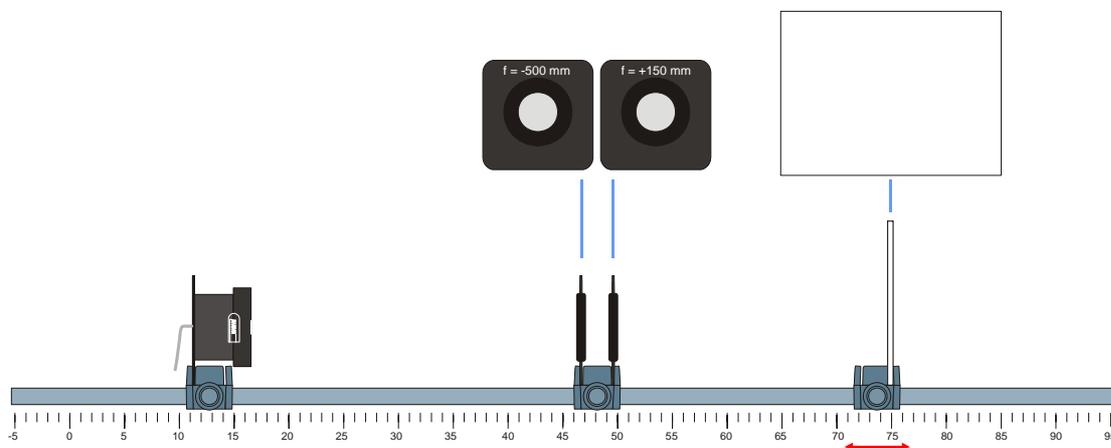


Fig. 3: struttura sperimentale per la rappresentazione dell'occhio ipermetrope, vista dal lato.

- 1) Per rappresentare l'occhio ipermetrope collocare davanti alla lente $f = +150 \text{ mm}$ anche la lente $f = -500 \text{ mm}$ (vedere fig. 3) e osservare l'immagine sullo schermo.
- 2) Spostare lo schermo, finché sullo stesso non è visibile di nuovo un'immagine a contorni nitidi della spirale luminosa. Inserire l'osservazione nella tabella di misurazione.
- 3) Rispostare lo schermo alla marcatura fatta con la matita.
- 4) Spostare ora la lampada ottica, finché sullo schermo non è visibile un'immagine a contorni nitidi della spirale luminosa. Inserire l'osservazione nella tabella di misurazione.
- 5) Rispostare la lampada ottica alla marcatura fatta con la matita.

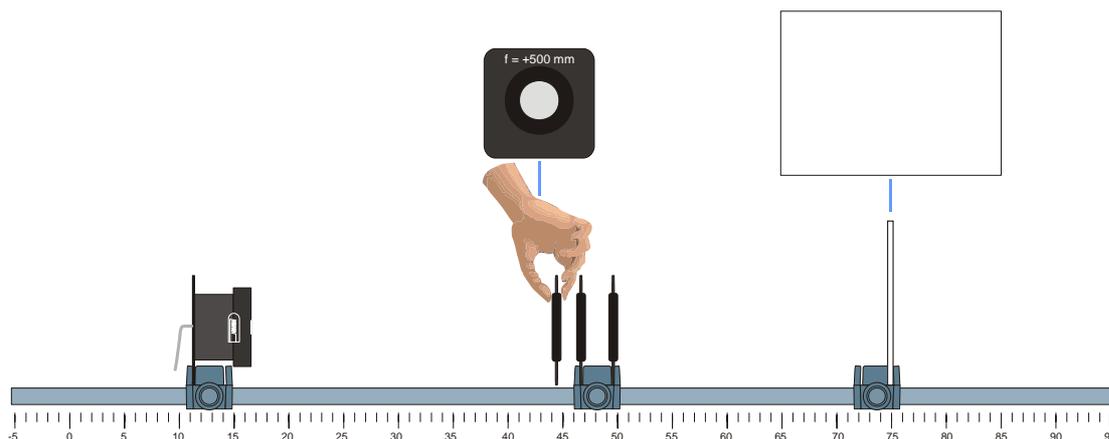


Fig. 4: correzione dell'ipermetropia con l'ausilio di una lente convessa, vista dal lato

- 6) Per la correzione dell'ipermetropia mantenere la lente $f = +500$ mm direttamente davanti al "cristallino" (vedere fig. 4).
- 7) Osservare l'immagine sullo schermo e inserire l'osservazione nella tabella di misurazione.

Tabella di misurazione:

Occhio	Correzione	Posizione lampada	Posizione schermo	Qualità immagine
Normale	Senza	Tacca	Tacca	Nitida
Ipermetrope	Senza	Tacca	Tacca	
		Tacca		Nitida
			Tacca	Nitida
Ipermetrope		Tacca	Tacca	

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Dove si forma l'immagine nell'occhio ipermetrope?
- b) Come si deve spostare l'oggetto (la lampada) per ottenere un'immagine nitida?
- c) Quale lente utilizzare per correggere l'occhio ipermetrope?

Esperimento 8 Lente

Funzione

- Determinazione dell'ingrandimento di una lente in funzione della distanza focale f .

Principi

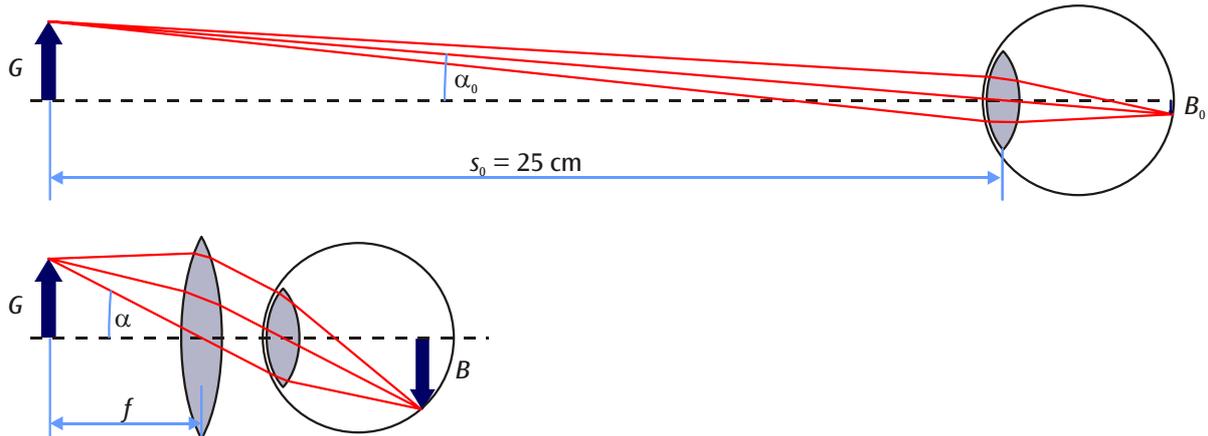


Fig. 1: percorso del raggio durante l'osservazione di un oggetto ad occhio nudo (in alto) e con l'ausilio di una lente (in basso)

Mediante una lente, una lente convessa con distanza focale f corta, è possibile osservare un oggetto della grandezza G , che si trova nel livello focale della lente, con occhio completamente dilatato regolato su una distanza infinita. Per l'occhio che si trova direttamente dietro la lente, l'immagine appare sotto l'angolo visivo

$$\alpha = \frac{G}{f}$$

Se l'oggetto viene osservato a occhio nudo nell'intervallo della distanza visiva s_0 , l'immagine appare sotto l'angolo visivo

$$\alpha_0 = \frac{G}{s_0}$$

Le lente ingrandisce così l'immagine del fattore

$$V = \frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{s_0}{f}$$

Occorrente

dal kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)

- 1 Banco ottico
- 3 Cavalieri ottici
- 1 Schermo, bianco
- 1 Lente, $f = + 50$ mm
- 1 Lente, $f = + 100$ mm

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Carta millimetrata

Preparazione dell'esperimento

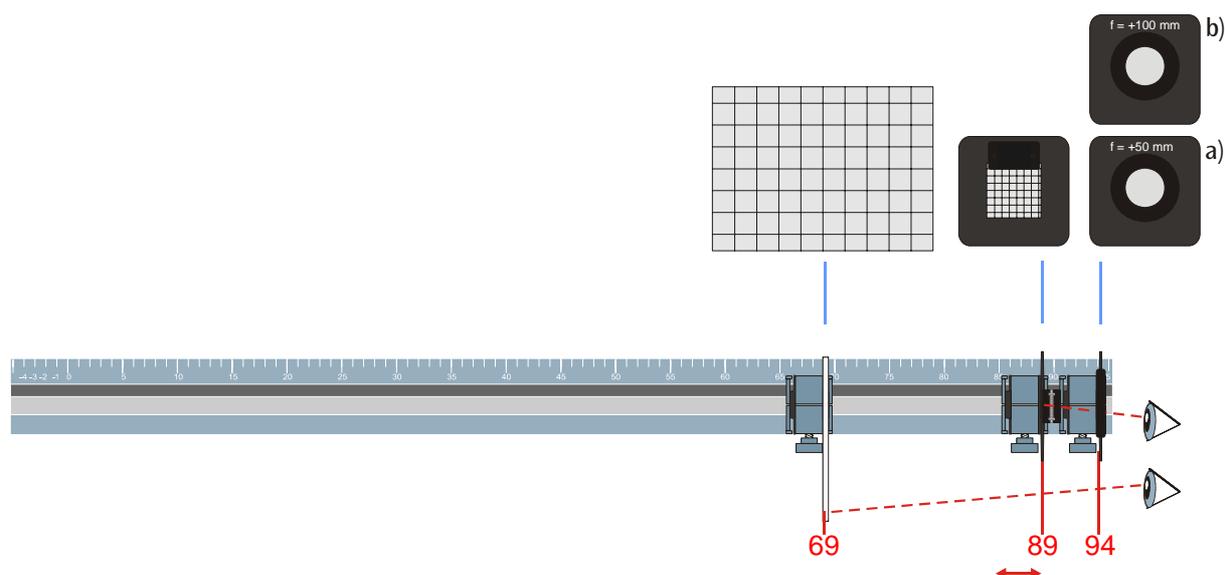


Fig. 2: struttura sperimentale, vista dall'alto.

- 1) Tagliare la carta millimetrata da 60x60 mm² e fissarla centralmente nel supporto di fissaggio.
- 2) Fissare un foglio di carta millimetrata con strisce adesive sullo schermo bianco.
- 3) Disporre sul banco ottico la lente $f = +50$ mm, il supporto di fissaggio con la carta millimetrata e lo schermo secondo la fig. 2.

Esecuzione dell'esperimento

- 1) Guardare attraverso la lente $f = +50$ mm sulla carta millimetrata nel supporto di fissaggio e spostando quest'ultimo rendere più nitida l'immagine.
- 2) Guardare con un occhio la carta millimetrata nel supporto di fissaggio e con l'altro occhio, accanto alla lente e al supporto di fissaggio, guardare lo schermo coperto con la carta millimetrata.
- 3) Confrontare la griglia millimetrata ingrandita con quella originale, valutare l'ingrandimento V e inserirlo nella tabella di misurazione.
- 4) Calcolare l'ingrandimento secondo l'equazione $v = \frac{s_0}{f}$ e confrontarlo con l'ingrandimento stimato.
- 5) Ripetere l'esperimento con la lente $f = +100$ mm.

Tabella di misurazione:

f / mm	V	$\frac{s_0}{f}$
+50 mm		
+100 mm		

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Quale relazione esiste tra la distanza focale f della lente e l'ingrandimento V ?

Esperimento 9 Microscopio

Funzione

- Struttura di un modello del microscopio.
- Determinazione dell'ingrandimento dell'obiettivo.

Principi

Un microscopio consente di vedere ingranditi oggetti di piccole dimensioni. È costituito di norma da due lenti convesse, dall'obiettivo e dall'oculare. L'oggetto della grandezza G si trova tra la distanza focale semplice e doppia dell'obiettivo e sul lato opposto si forma un'immagine intermedia invertita e ingrandita della grandezza B' . Questa immagine intermedia si trova nella distanza del livello focale dell'oculare, che agisce come lente e consente all'osservatore di vedere con l'occhio dilatato un'immagine ingrandita dell'oggetto.

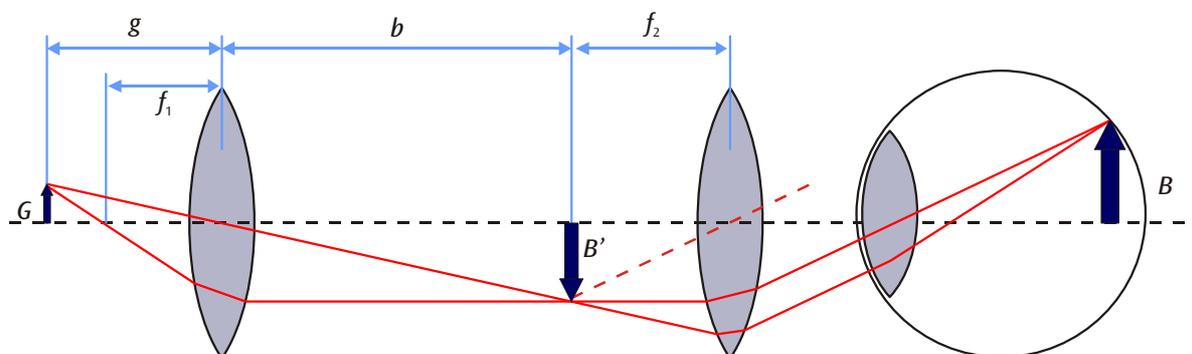


Fig. 1: percorso del raggio durante l'osservazione di un oggetto con l'ausilio di un microscopio

Occorrente

dal kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 5 Cavalieri ottici
- 2 Supporti di fissaggio
- 1 Schermo, trasparente
- 2 Lenti $f = +50$ mm
- 1 Scala 15 mm

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)
- 1 Carta millimetrata, trasparente
- 1 Matita
- 1 Righello
- 1 Foglio di carta

Preparazione dell'esperimento

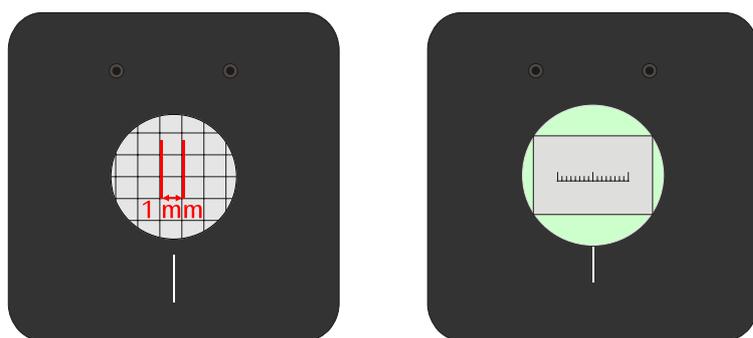


Fig. 2 carta millimetrata nel supporto di fissaggio (sinistra) e scala nel supporto di fissaggio (destra), entrambe osservate in direzione del fascio luminoso

- 1) Disegnare due linee verticali ad 1 mm di distanza sulla carta millimetrata, fissare quest'ultima in un supporto e allineare le linee disegnate al centro rispetto all'apertura del supporto di fissaggio (vedere fig. 2).
- 2) Fissare orizzontalmente nel secondo supporto la scala da 15 mm e allinearla centralmente all'apertura del supporto di fissaggio (vedere fig. 2).

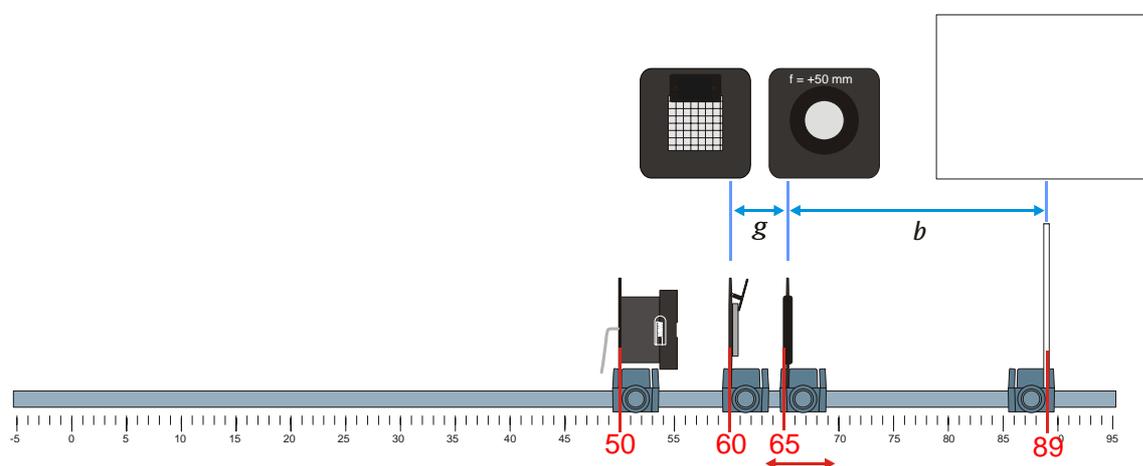


Fig. 3: struttura sperimentale senza oculare, vista dal lato

- 3) Disporre sul banco ottico la lampada ottica, il supporto di fissaggio con carta millimetrata, una lente $f = +50$ mm e lo schermo trasparente secondo la fig. 3.
- 4) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.

Esecuzione dell'esperimento

- 1) Spostare la lente $f = +50$ mm (obiettivo) sul lato posteriore dello schermo trasparente per creare un'immagine reale dai contorni nitidi delle linee disegnate.

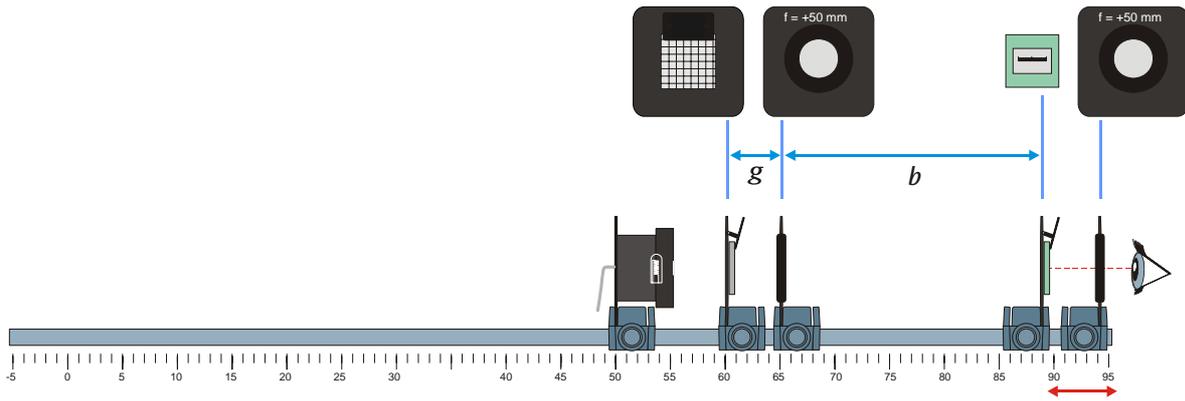


Fig. 4: struttura sperimentale completa, vista dal lato

- 2) Posizionare alla fine del banco ottico la seconda lente $f = +50 \text{ mm}$ (oculare) secondo la fig. 4.
- 3) Osservare l'immagine delle linee verticali sullo schermo attraverso questa lente ed eventualmente regolarne la nitidezza spostando la lente.
- 4) Rimuovere lo schermo e continuare ad osservare l'immagine delle linee verticali.
- 5) Posizionare il supporto di fissaggio con la scala da 15 mm al posto dello schermo (vedere fig. 4).
- 6) Rilevare la distanza delle linee verticali sulla scala (distanza tra due tratti: 0,1 mm) e annotare il valore nella tabella di misurazione.
- 7) Calcolare l'ingrandimento della distanza tra le linee e annotarlo nella tabella di misurazione.
- 8) Determinare la distanza tra supporto di fissaggio con carta millimetrata e obiettivo e annotare nella tabella di misurazione il valore come distanza oggetto g .
- 9) Determinare la distanza tra obiettivo e supporto di fissaggio con scala e annotare nella tabella di misurazione il valore come distanza immagine b .
- 10) Calcolare dalla distanza immagine e dalla distanza oggetto la scala di riproduzione e annotare il valore nella tabella di misurazione.

Tabella di misurazione:

Distanza lineare sulla carta millimetrata	Distanza lineare nell'immagine intermedia / mm	Ingrandimento	g / mm	b / mm	$A = \frac{b}{g}$
1 mm					

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Cosa dire dell'immagine creata dall'obiettivo?
- b) Quale ingrandimento viene misurato mediante la scala?
- c) A che distanza deve trovarsi l'oggetto dall'obiettivo per ottenere l'ingrandimento dell'obiettivo più grande possibile?

Esperimento 10 Cannocchiale astronomico

Funzione

- Struttura di un modello del cannocchiale astronomico.
- Determinazione dell'ingrandimento e della distanza lenti in funzione delle distanze focali delle lenti.

Principi

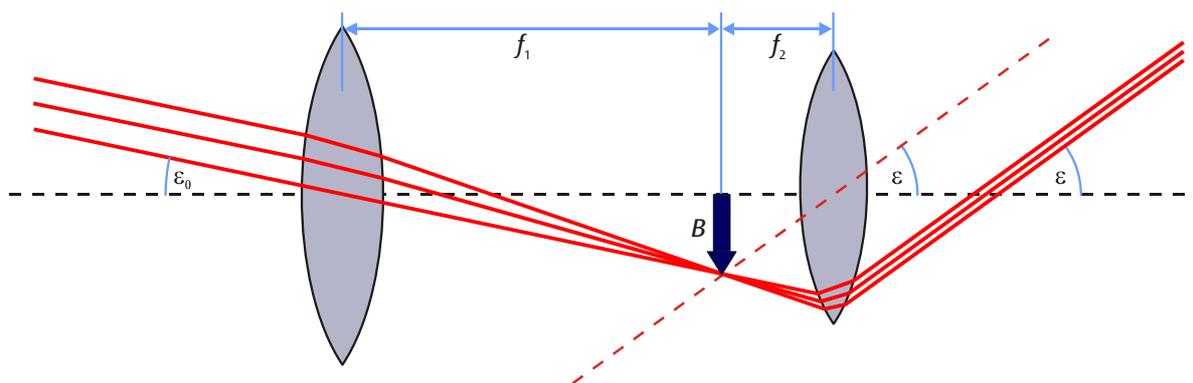


Fig. 1: ingrandimento dell'angolo visivo ε_0 di un oggetto lontano mediante un cannocchiale astronomico

Guardato da un cannocchiale astronomico, un oggetto molto lontano appare più grande, in quanto il cannocchiale ingrandisce l'angolo visivo coperto dall'oggetto per l'occhio. Tuttavia, il cannocchiale astronomico è scomodo per l'osservazione di oggetti terrestri in quanto l'immagine appare invertita. L'ingrandimento si ottiene mediante due lenti convergenti, la cui distanza d corrisponde esattamente alla somma delle rispettive distanze focali:

$$d = f_1 + f_2$$

La prima lente, l'obiettivo, crea un'immagine reale invertita della grandezza

$$B = f_1 \cdot \varepsilon_0$$

dell'oggetto lontano nel rispettivo livello focale. Questa immagine viene osservata con l'occhio regolato su distanza infinita mediante la seconda lente convessa, l'oculare, passando sotto l'angolo visivo ingrandito

$$\varepsilon = \frac{B}{f_2} = \frac{f_1}{f_2} \cdot \varepsilon_0$$

L'angolo visivo originario ε_0 , coperto dall'oggetto, viene ingrandito del fattore

$$A = \frac{f_1}{f_2}$$

Occorrente

dal kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)

- 1 Banco ottico
- 2 Cavalieri ottici
- 1 Lente, $f = +50$ mm
- 1 Lente, $f = +150$ mm
- 1 Lente, $f = +300$ mm

Preparazione dell'esperimento

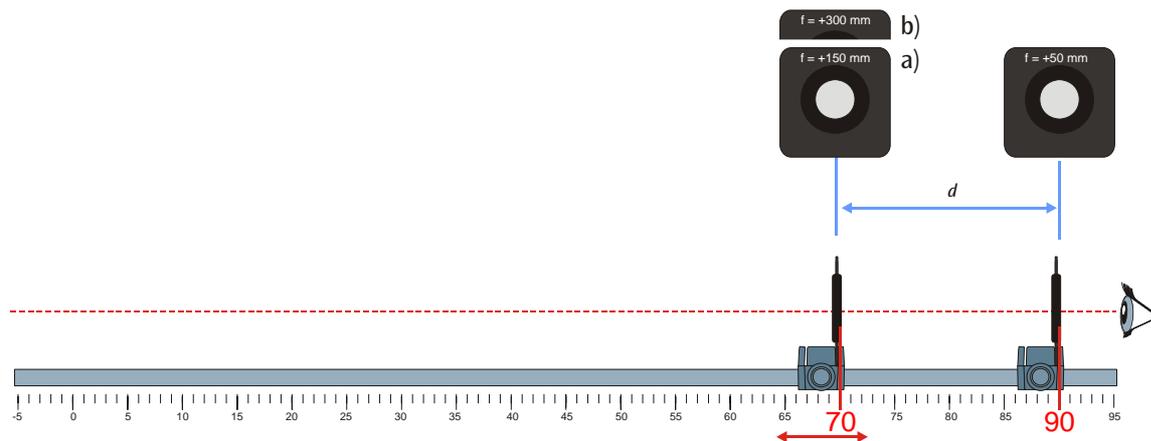


Fig. 2: struttura sperimentale, vista dal lato

- 1) Disporre sul banco ottico la lente $f = +50$ mm da utilizzare come oculare e la lente $f = +150$ mm da utilizzare come obiettivo secondo fig. 2.

Esecuzione dell'esperimento

Vengono osservati oggetti molto lontani, ad es. case o alberi o, più indicato per la valutazione dell'ingrandimento, una riga per lavagna da muro molto lontana con suddivisione bicolore.

- 1) Guardare attraverso le due lenti l'oggetto lontano e spostare l'obiettivo per rendere più nitida l'immagine.
- 2) Determinare la distanza d tra oculare e obiettivo e inserire il valore nella tabella di misurazione.
- 3) Calcolare la somma $f_1 + f_2$ delle distanze focali e confrontarla con la distanza d .
- 4) Osservare con un occhio l'immagine del cannocchiale e con l'altro accanto le lenti l'oggetto.
- 5) Confrontare l'oggetto con l'immagine ingrandita, stimare l'ingrandimento A e inserire il valore nella tabella di misurazione.
- 6) Calcolare il quoziente $\frac{f_1}{f_2}$ e confrontarlo con l'ingrandimento stimato A .
- 7) Ripetere l'esperimento con la lente $f = +300$ mm al posto della lente $f = +150$ mm.

Tabella di misurazione:

f_1 / mm	f_2 / mm	d / mm	$f_1 + f_2 / \text{mm}$	A	$\frac{f_1}{f_2}$
150	50				
300	50				

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Cosa dire sulla grandezza, la posizione e la definizione dell'immagine visibile attraverso l'oculare?
- b) Con quale distanza delle lenti, l'immagine è nitida?
- c) Che rapporto esiste tra l'ingrandimento A e il quoziente $\frac{f_1}{f_2}$?
- d) Quale distanza focale dell'obiettivo origina l'ingrandimento maggiore?
- e) Che rapporto hanno ingrandimento e lunghezza del cannocchiale?

Esperimento 11 Cannocchiale di Galileo

Funzione

- Struttura di un modello del cannocchiale di Galilei.
- Determinazione dell'ingrandimento e della distanza lenti in funzione delle distanze focali delle lenti.

Principi

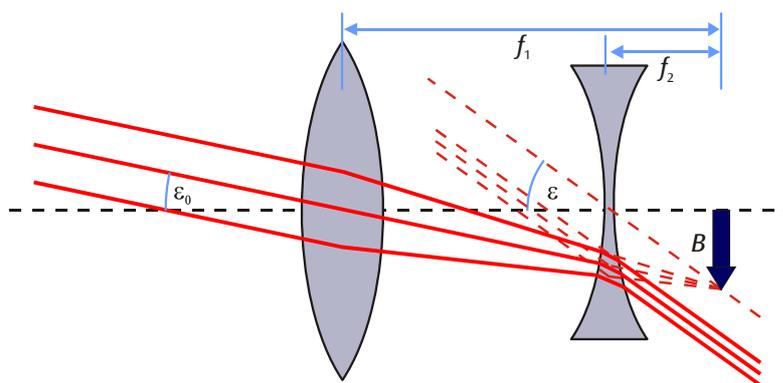


Fig. 1: ingrandimento dell'angolo visivo ε_0 di un oggetto lontano mediante un cannocchiale di Galilei

Guardato da un cannocchiale di Galilei, un oggetto molto lontano appare più grande, in quanto il cannocchiale ingrandisce l'angolo visivo coperto dall'oggetto per l'occhio. L'ingrandimento si ottiene mediante due lenti, una convessa e una concava, la cui distanza d corrisponde esattamente alla somma delle rispettive distanze focali se si assegna alla lente concava una distanza focale negativa:

$$d = f_1 + f_2$$

La lente concava, l'obiettivo, crea un'immagine reale invertita della grandezza

$$B = f_1 \cdot \varepsilon_0$$

dell'oggetto lontano nel rispettivo livello focale. Questa immagine viene osservata con l'occhio regolato su distanza infinita mediante la lente concava, l'oculare, passando sotto l'angolo visivo ingrandito

$$\varepsilon = \frac{B}{|f_2|} = \frac{f_1}{|f_2|} \cdot \varepsilon_0$$

L'angolo visivo originario ε_0 , coperto dall'oggetto, viene ingrandito del fattore

$$A = \frac{f_1}{|f_2|}$$

Occorrente

dal kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)

- 1 Banco ottico
- 2 Cavalieri ottici
- 1 Lente, $f = +150$ mm
- 1 Lente, $f = +300$ mm
- 1 Lente, $f = -100$ mm

Preparazione dell'esperimento

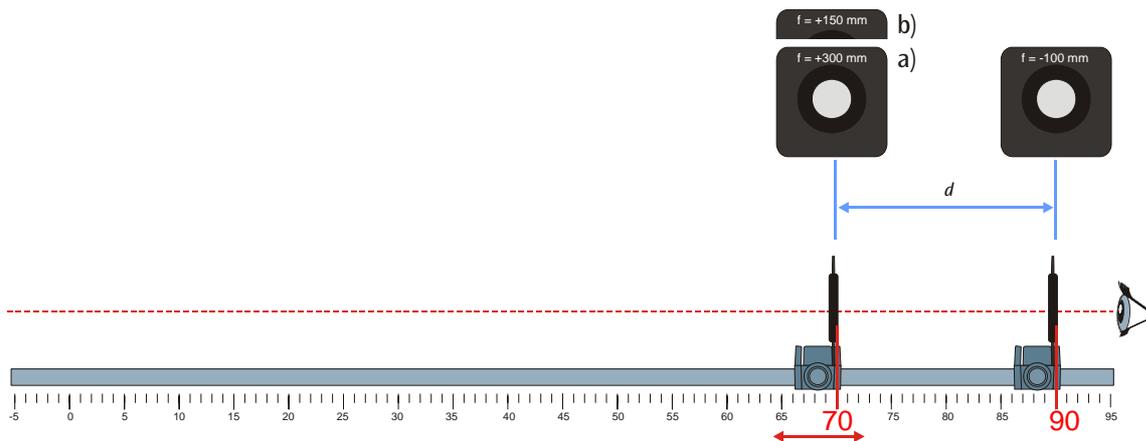


Fig. 2: struttura sperimentale, vista dal lato

- 1) Disporre sul banco ottico la lente $f = -100$ mm da utilizzare come oculare e la lente $f = +300$ mm da utilizzare come obiettivo secondo fig. 2.

Esecuzione dell'esperimento

Vengono osservati oggetti molto lontani, ad es. case o alberi o, più indicato per la valutazione dell'ingrandimento, una riga per lavagna da muro molto lontana con suddivisione bicolore.

- 1) Guardare attraverso le due lenti l'oggetto lontano e spostare l'obiettivo per rendere più nitida l'immagine.
- 2) Determinare la distanza d tra oculare e obiettivo e inserire il valore nella tabella di misurazione.
- 3) Calcolare la somma $f_1 + f_2$ delle distanze focali e confrontarla con la distanza d .
- 4) Osservare con un occhio l'immagine del cannocchiale e con l'altro accanto le lenti l'oggetto.
- 5) Confrontare l'oggetto con l'immagine ingrandita, stimare l'ingrandimento A e inserire il valore nella tabella di misurazione.
- 6) Calcolare il quoziente $\frac{f_1}{|f_2|}$ e confrontarlo con l'ingrandimento stimato A .
- 7) Ripetere l'esperimento con la lente $f = +150$ mm al posto della lente $f = +300$ mm.

Tabella di misurazione:

f_1 / mm	f_2 / mm	d / mm	$f_1 + f_2 / \text{mm}$	A	$\frac{f_1}{f_2}$
150	-100				
300	-100				

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Cosa dire sulla grandezza e la posizione dell'immagine visibile attraverso l'oculare?
- b) Con quale distanza delle lenti, l'immagine è nitida?
- c) Che rapporto esiste tra l'ingrandimento A e il quoziente $\frac{f_1}{|f_2|}$?
- d) Quale distanza focale dell'obiettivo origina l'ingrandimento maggiore?
- e) Che rapporto hanno ingrandimento e lunghezza del cannocchiale?

Esperimento 12 Proiettore per diapositive

Funzione

- Struttura di un modello del proiettore per diapositive.
- Riproduzione di una diapositiva con la lente dell'obiettivo.
- Illuminazione della diapositiva con l'ausilio della lente del condensatore.

Principi

Nel proiettore per diapositive, la diapositiva viene illuminata dal retro con una lampada e riprodotta ingrandita dall'obiettivo come oggetto più chiaro su uno schermo. A tale scopo, la diapositiva si trova immediatamente prima del livello focale dell'obiettivo. In base alla distanza dello schermo è necessario correggere la distanza dell'obiettivo dalla diapositiva. Con un'altra lente convessa, il condensatore, la luce della lampada viene concentrata sulla diapositiva garantendo che sull'obiettivo cada attraverso la diapositiva un fascio di luce più grande possibile.

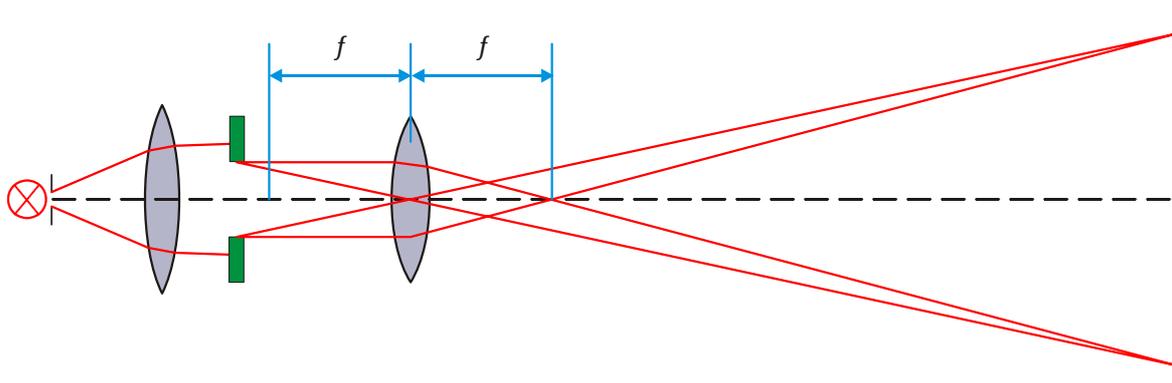


Fig. 1: percorso del raggio nel proiettore per diapositive

Occorrente

dal kit di base per ottica di Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 5 Cavalieri ottici
- 1 Supporto di fissaggio
- 2 Lenti, $f = + 50 \text{ mm}$
- 1 Lente, $f = + 100 \text{ mm}$
- 1 Schermo, bianco
- 1 Foto nel telaio per diapositive (denominata di seguito diapositiva)

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)

Preparazione dell'esperimento

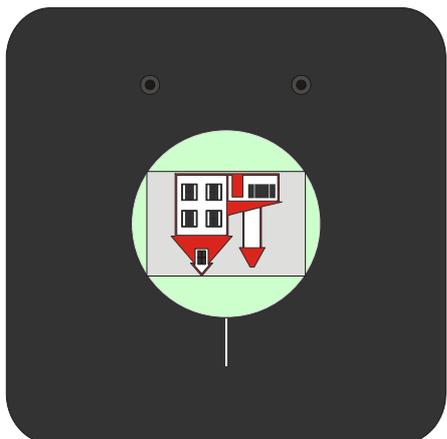


Fig. 2: diapositiva nel supporto di fissaggio osservata in direzione del fascio luminoso

- 1) Fissare la diapositiva capovolta e verticale nel supporto e allinearla centralmente nel foro del supporto di fissaggio (vedere fig. 2).

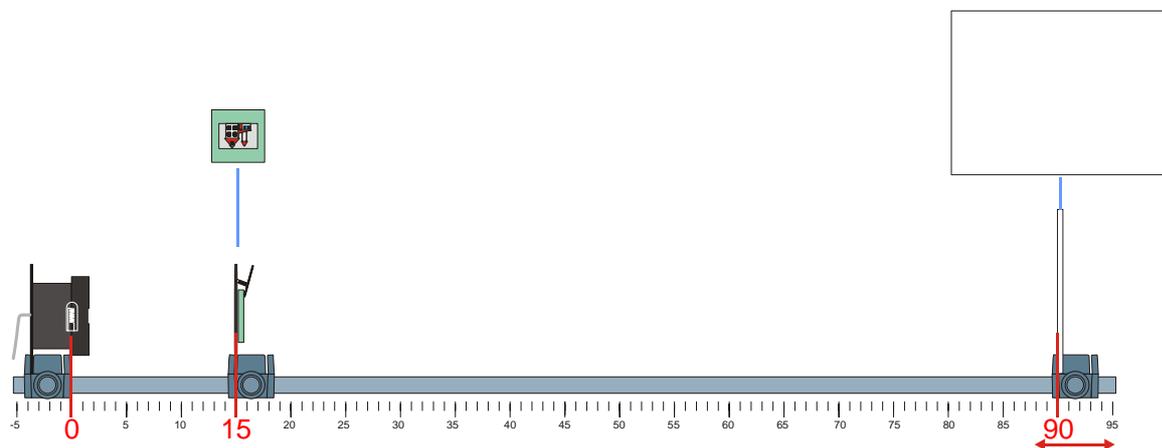


Fig. 3: struttura sperimentale senza obiettivo e lente del condensatore, vista dal lato

- 2) Disporre sul banco ottico la lampada ottica, la diapositiva e lo schermo secondo la fig. 3.
- 3) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.

Esecuzione dell'esperimento

- 1) Spostare lo schermo avanti e indietro e osservare l'immagine.

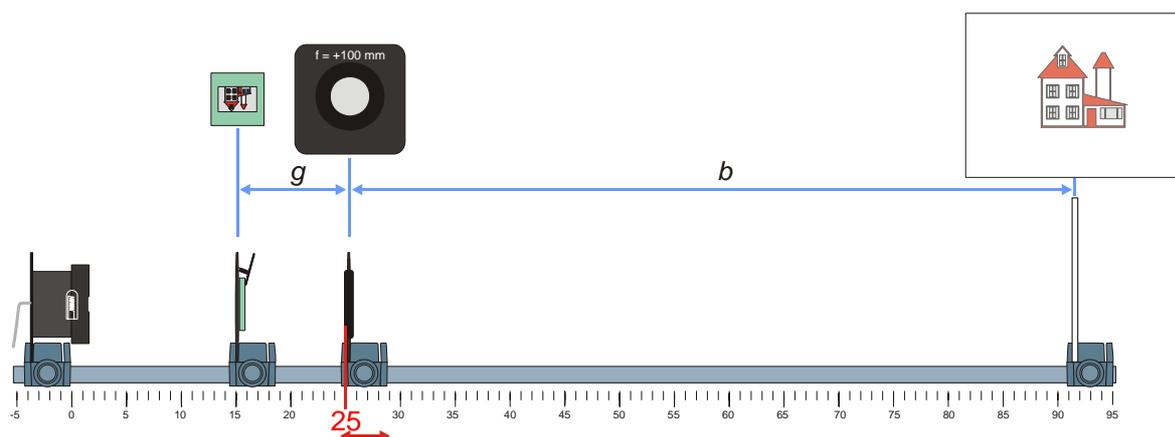


Fig. 4: struttura sperimentale senza lente del condensatore, vista dal lato

- 2) Collocare la lente $f = +100$ mm, da utilizzare come obiettivo di proiezione, direttamente dietro la diapositiva e spostarla, finché non è visibile sullo schermo un'immagine dai contorni nitidi (vedere fig. 4).

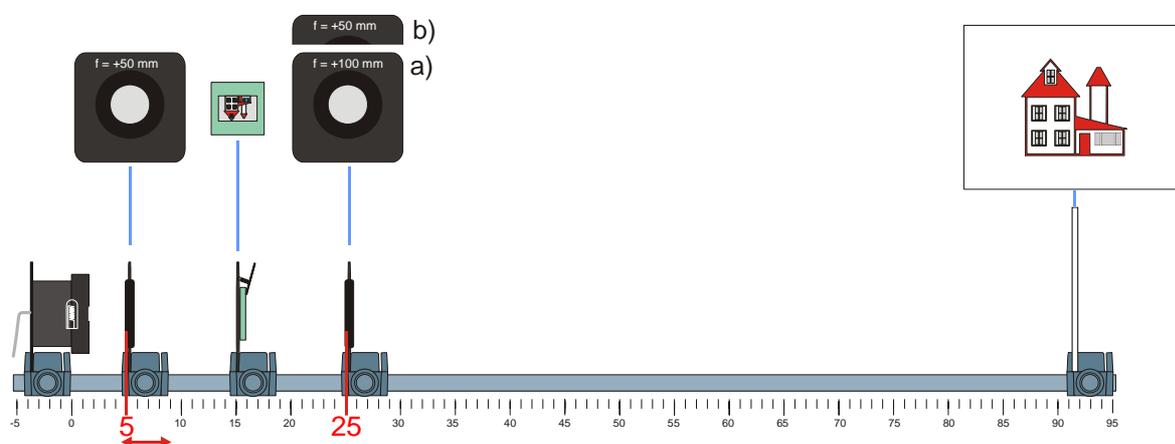


Fig. 5: struttura sperimentale completa, vista dal lato.

- 3) Posizionare ora la lente $f = +50$ mm, da utilizzare come lente del condensatore, direttamente dietro la lampada ottica, al fine di illuminare il più possibile la diapositiva (vedere fig. 5).
- 4) Osservare la luminosità dell'immagine.
- 5) Ripetere le analisi con la seconda lente $f = +50$ mm come obiettivo di proiezione.

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Perché la diapositiva viene inserita capovolta e verticale nel supporto di fissaggio?
- b) A cosa serve l'obiettivo di proiezione?
- c) A cosa serve la lente del condensatore?
- d) Con quale distanza focale si ottiene un'immagine più grande e perché?

Contenuto

Fornitura

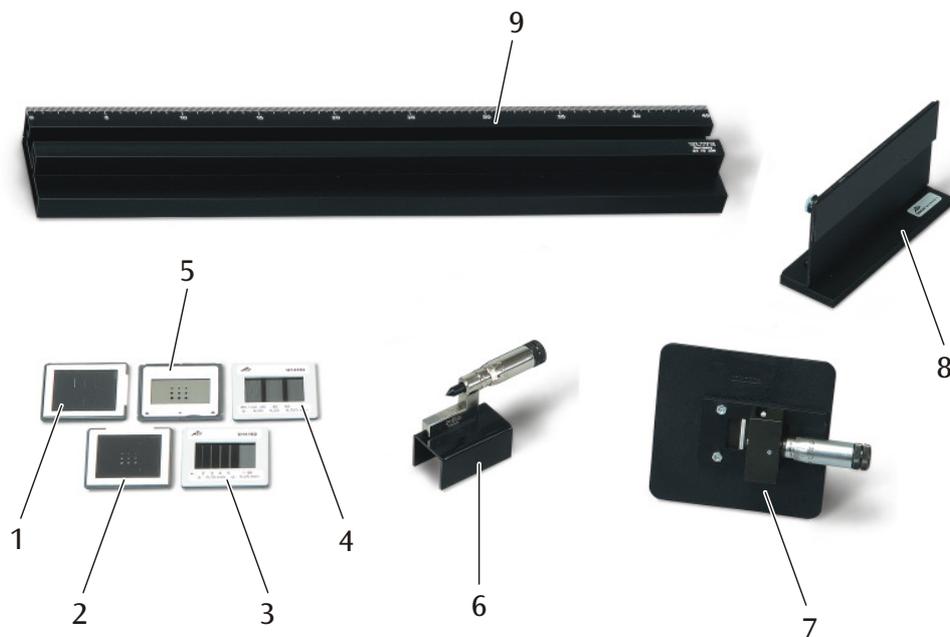
Kit aggiuntivo interferenza (U8477105)

Interferenza

- Esperimento 1 Diffrazione della luce
- Esperimento 2 Diffrazione su una fenditura e su un ponte (principio di Babinet)
- Esperimento 3 Diffrazione su fenditura con diverse larghezze fenditura
- Esperimento 4 Diffrazione su fenditura con diverse lunghezze d'onda
- Esperimento 5 Diffrazione su piccole aperture e dischi
- Esperimento 6 Fenditura come sorgente luminosa per esperimenti sulla diffrazione
- Esperimento 7 Diffrazione su doppia fenditura
- Esperimento 8 Diffrazione su fenditura multipla
- Esperimento 9 Diffrazione su reticolo
- Esperimento 10 Specchio di Fresnel

Fornitura

Kit aggiuntivo interferenza (U8477105)



- 1 1 Diaframma con 3 fenditure singole e 1 doppia fenditura
- 2 1 Diaframma con 9 fori circolari
- 3 1 Diaframma con 4 fenditure multiple e reticolo
- 4 1 Diaframma con 3 reticoli incisi
- 5 1 Diaframma con 9 dischi circolari
- 6 1 Vite micrometrica K
- 7 1 Fenditura regolabile K
- 8 1 Specchio di Fresnel K
- 9 1 Banco ottico K, 500 mm

Esperimento 1 Diffrazione della luce

Funzioni

- Osservazione della diffrazione della luce su una fenditura.
- Osservazione della diffrazione della luce su un ponte.

Principi

La diffrazione della luce è la "deviazione" delle onde luminose di fronte ad un ostacolo come ad es. una fenditura, per cui le onde luminose possono propagarsi anche nell'ombra geometrica dell'ostacolo. Può essere spiegata attraverso il principio di Huygens.

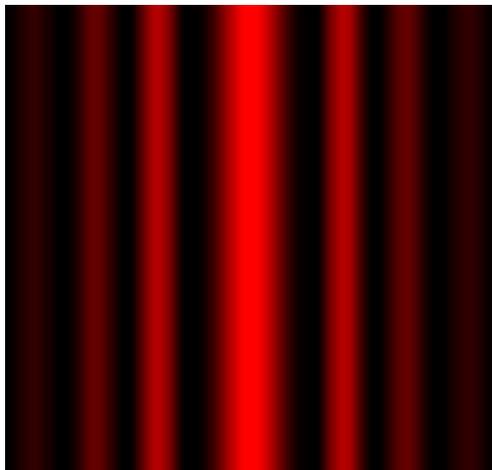


Fig. 1 Immagine di diffrazione nella diffrazione da fenditura

Occorrente

dal kit di base Ottica Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 3 Cavalieri ottici
- 1 Supporto di fissaggio
- 1 Lente, $f = + 50$ mm
- 1 Filtro colorato, rosso

dal kit aggiuntivo interferenza (U8477105)

- 1 Banco ottico, 500 mm
- 1 Fenditura regolabile

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)
- 1 Filo, ca. 0,5 mm \varnothing (ad es. in U8495540)

Preparazione dell'esperimento

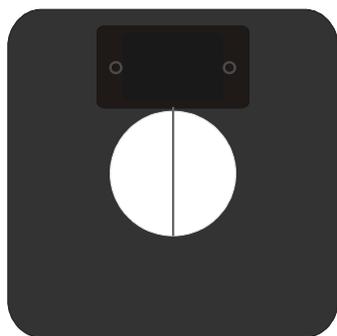


Fig. 2 Filo nel supporto di fissaggio

- 1) Per il successivo utilizzo come ponte, staccare un pezzo di filo, posizionarlo al centro del supporto di fissaggio e bloccarlo (vedere fig. 2).
- 2) Come indicato nell'allegato fig. A1, disporre la lampada ottica sul banco ottico corto e la fenditura regolabile e la lente $f = + 50$ mm sul banco ottico lungo.
- 3) Posizionare i due banchi ottici ad almeno 1 m di distanza l'uno dall'altro.
- 4) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.
- 5) Posizionare i banchi ottici in modo tale che la lente, la fenditura regolabile e la lampada ottica formino insieme un asse ottico.
- 6) Appoggiare il filtro colorato rosso sulla fenditura regolabile.
- 7) Impostare la larghezza fenditura a 0,5 mm.

Esecuzione dell'esperimento

- 1) Guardare attraverso la lente e osservare le frange scure e chiare dell'immagine di diffrazione.
- 2) Ridurre e aumentare la larghezza della fenditura e ogni volta osservare attraverso la lente i cambiamenti dell'immagine di diffrazione.
- 3) Annotare l'osservazione nella tabella.
- 4) Spostando la fenditura, ridurre e aumentare la distanza dalla lente di osservazione e osservare ogni volta i cambiamenti dell'immagine di diffrazione.
- 5) Annotare l'osservazione nella tabella.
- 6) Spostare nuovamente la fenditura al centro del banco ottico lungo, rimuovere il filtro colorato e osservare l'immagine di diffrazione attraverso la lente.
- 7) Rimuovere la fenditura regolabile e posizionare il supporto di fissaggio con il filo nella stessa posizione.
- 8) Appoggiare il filtro colorato rosso al supporto di fissaggio.
- 9) Guardare attraverso la lente e osservare le frange scure e chiare dell'immagine di diffrazione.
- 10) Spostando il supporto di fissaggio, ridurre e aumentare la distanza dalla lente di osservazione e osservare ogni volta i cambiamenti dell'immagine di diffrazione.
- 11) Annotare l'osservazione nella tabella.

Tabella di misurazione fenditura:

Larghezza fenditura	Distanza fenditura da lente di osservazione	Distanza frange di interferenza
aumentata	invariata	
ridotta	invariata	
invariata	ridotta	
invariata	aumentata	

Tabella di misurazione ponte:

Spessore filo	Distanza fenditura da lente di osservazione	Distanza frange di interferenza
invariato	ridotta	
invariato	aumentata	

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Come si presenta l'immagine di diffrazione all'osservazione attraverso la lente?

- b) Come cambia l'immagine di diffrazione in relazione alla distanza tra filo e lente di osservazione?

- c) Come cambia l'immagine di diffrazione in relazione alla larghezza della fenditura mantenendo una distanza costante dalla lente di osservazione?

- d) Cosa succede quando viene rimosso il filtro colorato e si osserva l'immagine di diffrazione a luce bianca? Come si spiega tale osservazione?

Esperimento 2 Diffrazione su una fenditura e su un ponte (principio di Babinet)

Funzioni

- Confronto della posizione dei minimi di diffrazione nella diffrazione su fenditura e su ponte.
- Conferma del principio di Babinet.

Principi

Una fenditura ed un ponte di uguale larghezza sono oggetti di diffrazione complementari. Secondo il principio di Babinet, la diffrazione su questi oggetti genera immagini di diffrazione identiche al di fuori del fascio di luce indisturbato. I minimi di diffrazione si trovano quindi in entrambe le immagini di diffrazione negli stessi punti.

Occorrente

dal kit di base Ottica Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 6 Cavalieri ottici
- 2 Supporti di fissaggio
- 2 Lenti, $f = + 50$ mm
- 1 Filtro colorato, rosso
- 1 Filtro colorato, verde
- 1 Scala, 15 mm
- 1 "Diaframma con 1 fenditura"

dal kit aggiuntivo interferenza (U8477105)

- 1 Banco ottico, 500 mm
- 1 Fenditura regolabile

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)
- 1 Filo, ca. 0,5 mm \varnothing (ad es. in U8495540)

Preparazione dell'esperimento

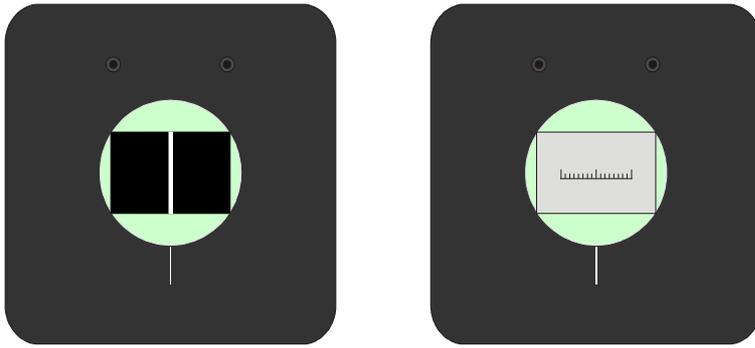


Fig. 1 “Diaframma con 1 fenditura” (sinistra) e scala 15 mm (destra), entrambi nel supporto di fissaggio

- 1) Bloccare nel primo supporto di fissaggio il “diaframma con 1 fenditura” e nel secondo supporto di fissaggio la scala 15 mm e posizionarli al centro rispetto all’apertura del supporto di fissaggio (vedere fig. 1).
- 2) Come indicato nell’allegato Fig. A2, disporre la lampada ottica, una lente $f = +50$ mm e la fenditura regolabile sul banco ottico corto e la fenditura singola, la scala e la seconda lente $f = +50$ mm sul banco ottico lungo.
- 3) Guardare attraverso la lente all’estremità del banco ottico lungo e spostare il supporto di fissaggio con la scala in modo tale che la parte micrometrica della scala sia visibile in modo nitido.
- 4) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che entrambe le fenditure si trovino a una distanza di almeno 1,5 m l’una dall’altra.
- 5) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l’alimentazione di tensione.
- 6) Impostare la larghezza fenditura della fenditura regolabile a 0,2 mm.
- 7) Spostare la lente sul banco ottico corto fino a quando la spirale della lampada non viene rappresentata in modo nitido sulla fenditura regolabile, eventualmente tenere un foglio di carta davanti alla fenditura. La fenditura illuminata funge nell’esperimento da fonte luminosa sottile.
- 8) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che entrambe le fenditure formino insieme un asse ottico.
- 9) Appoggiare il filtro colorato rosso alla lente sul banco ottico corto.

Esecuzione dell'esperimento

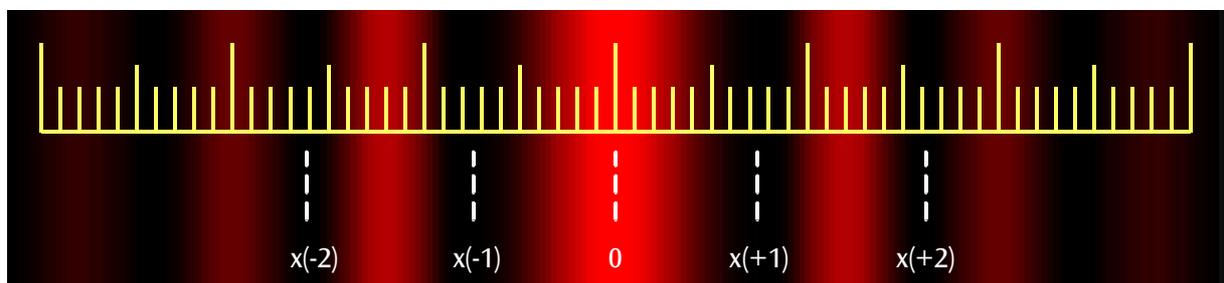


Fig. 2 Immagine di diffrazione e scala osservate attraverso la lente all’estremità del banco ottico

- 1) Guardare attraverso la lente all’estremità del banco ottico lungo e spostare la scala su un lato nel supporto di fissaggio in modo tale che una linea lunga della scala graduata si trovi esattamente nel mezzo, sul punto massimo centrale. Tenere questa marcatura come punto zero (vedere fig. 2).
- 2) Rilevare le distanze $x(n)$ dei minimi di intensità a destra e sinistra del massimo centrale sulla scala (distanza tra due lineette: 0,1 mm) e annotare il valore nella tabella.

- 3) Sostituire il filtro colorato rosso con il filtro colorato verde e ripetere l'esperimento.

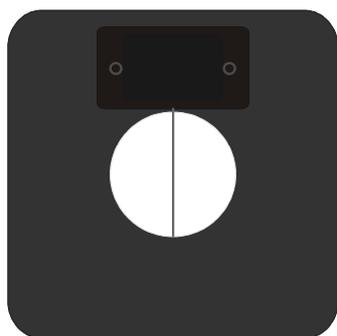


Fig. 3 Filo nel supporto di fissaggio

- 4) Rimuovere il “diaframma con 1 fenditura” dal supporto di fissaggio. Per l'utilizzo come ponte, staccare un pezzo di filo, posizionarlo al centro del supporto di fissaggio e bloccarlo (vedere fig. 3).
- 5) Rilevare le distanze $x(n)$ dei minimi di intensità a destra e sinistra del massimo centrale sulla scala (distanza tra due lineette: 0,1 mm) e annotare il valore nella tabella.
- 6) Sostituire il filtro colorato verde con il filtro colorato rosso e ripetere l'esperimento.
- 7) Rappresentare graficamente le distanze x in relazione all'ordine di diffrazione n per entrambi i colori.

Tabella di misurazione: Diffrazione su fenditura e ponte

Larghezza $b = 0,5$ mm

	rosso		verde	
	Fenditura	Ponte	Fenditura	Ponte
n	x/mm		x/mm	
-2				
-1				
0				
1				
2				

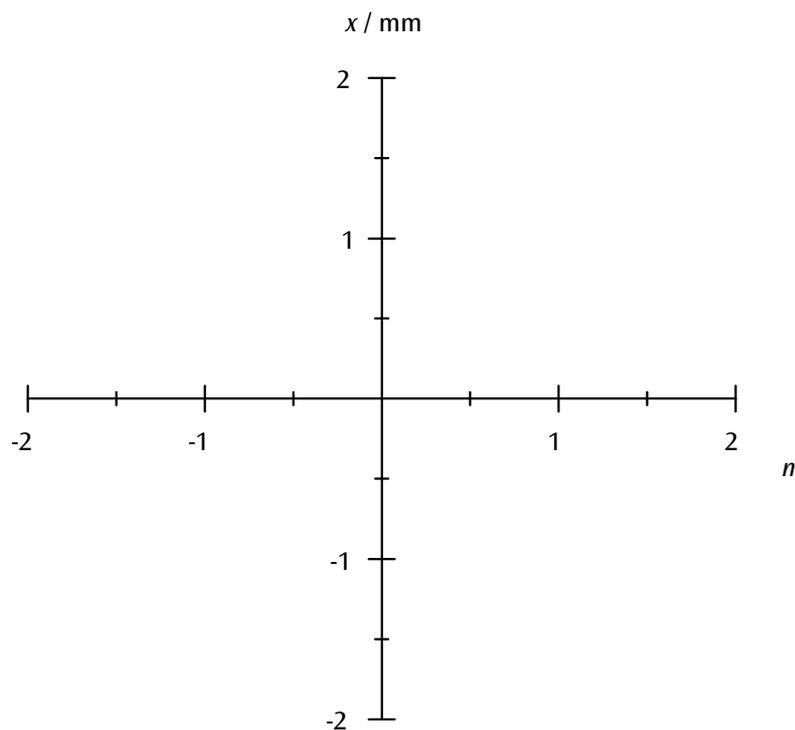


Fig. 4 Distanze dei minimi di intensità dal massimo centrale nella diffrazione su ponte con filtro colorato rosso e filtro colorato verde e nella diffrazione su ponte con filtro colorato rosso e filtro colorato verde.

Analizzare e spiegare le osservazioni

a) Confrontare la posizione dei minimi di diffrazione per i quattro casi:

- Diffrazione su fenditura con filtro colorato rosso,
- Diffrazione su fenditura con filtro colorato verde,
- Diffrazione su ponte con filtro colorato rosso,
- Diffrazione su ponte con filtro colorato verde.

Cosa accade?

b) Cosa si deduce dal confronto tra la diffrazione sul ponte e la diffrazione sulla fenditura?

Esperimento 3 Diffrazione su fenditura con diverse larghezze fenditura

Funzioni

- Osservazione della diffrazione della luce su fenditura con diverse larghezze fenditura.
- Determinazione delle distanze dei minimi di diffrazione dal massimo centrale.
- Determinazione della lunghezza dell'onda luminosa.

Principi

Con diffrazione della luce su una fenditura si intende la sovrapposizione delle onde elementari, che secondo il principio di Huygen si propagano dalla fenditura illuminata in tutte le direzioni. In base all'angolo di propagazione la sovrapposizione dietro alla fenditura causa un'estinzione o un rafforzamento dell'intensità. L'estinzione completa, quindi l'oscurità massima, si osserva quando per ogni onda elementare dalla prima parte della fenditura c'è un'onda elementare dalla seconda parte della fenditura che si estinguono reciprocamente. Tale condizione è soddisfatta se il ritardo ottico tra il raggio del punto centrale e il raggio marginale è un multiplo intero n di mezza lunghezza d'onda λ :

$$\frac{b}{2} \cdot \sin \alpha_n = \Delta s_n = n \cdot \frac{\lambda}{2} \quad b: \text{larghezza fenditura, } \alpha_n: \text{angolo di propagazione}$$

I punti di massima oscurità si trovano in posizione simmetrica rispetto al raggio primario (vedere fig. 1). La distanza dal raggio primario, misurata nel piano di osservazione, è uguale a

$$x_n = L \cdot \tan \alpha_n \quad L: \text{distanza tra fenditura e superficie di osservazione}$$

Ne consegue, per angoli piccoli α_n : $x_n = \frac{\lambda \cdot L}{b} \cdot n = \Delta \cdot n$ con $\Delta = \frac{\lambda \cdot L}{b}$

Nella direzione dello stesso raggio primario la luminosità è massima.

La grandezza Δ è la distanza tra i minimi. Può essere calcolata come incremento lineare, se si rappresentano in un diagramma le distanze x_n in relazione a n . Poiché la distanza Δ è inversamente proporzionale alla larghezza fenditura b , è possibile riportare il quoziente Δ/L in relazione a $1/b$ in un diagramma e ottenere la lunghezza d'onda λ dall'incremento lineare dei dati misurati.

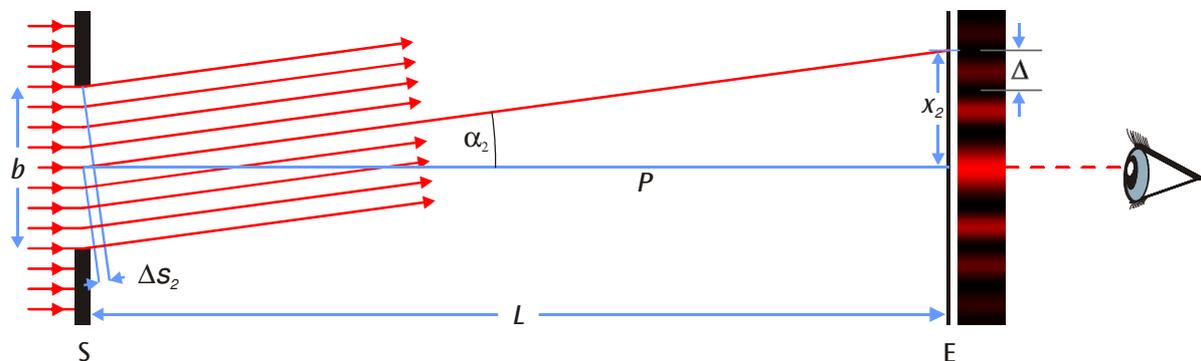


Fig. 1 Rappresentazione schematica della diffrazione su fenditura. S: fenditura, E: piano di osservazione, P: raggio primario, x_2 : distanza del secondo minimo di diffrazione dal raggio primario, α_2 : angolo di osservazione, Δs_2 : ritardo ottico tra raggio mediano e raggio marginale.

Occorrente

dal kit di base Ottica Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 6 Cavalieri ottici
- 2 Supporti di fissaggio
- 2 Lenti, $f = + 50$ mm
- 1 Filtro colorato, rosso
- 1 Scala, 15 mm
- 1 Diaframma con 1 fenditura
- 1 Foglio di carta

dal kit aggiuntivo interferenza (U8477105)

- 1 Banco ottico, 500 mm
- 1 Fenditura regolabile

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)
- 1 Metro a nastro (es. U10073)

Preparazione dell'esperimento

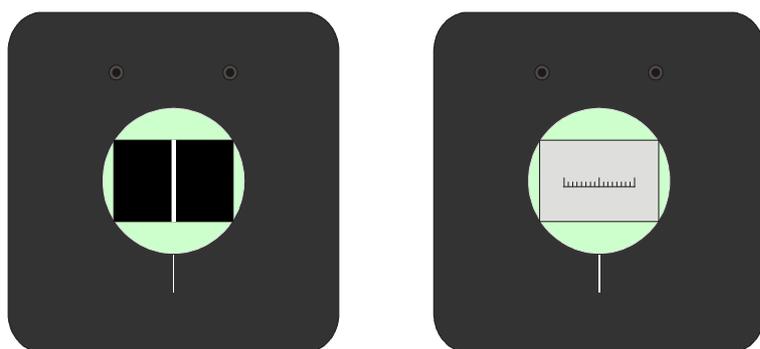


Fig. 2 “Diaframma con 1 fenditura” (sinistra) e scala (destra), nel supporto di fissaggio

- 1) Bloccare nel primo supporto di fissaggio il “diaframma con 1 fenditura” e nel secondo supporto di fissaggio la scala 15 mm e posizzarli al centro rispetto all’apertura del supporto di fissaggio (vedere fig. 2).
- 2) Come indicato nell’allegato Fig. A3, disporre la lampada ottica, una lente $f = +50$ mm e la fenditura singola sul banco ottico corto e la fenditura regolabile, la scala e la seconda lente $f = +50$ mm sul banco ottico lungo.
- 3) Guardare attraverso la lente all’estremità del banco ottico lungo e spostare il supporto di fissaggio con la scala in modo tale che la parte micrometrica sia visibile in modo nitido.
- 4) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che entrambe le fenditure si trovino a una distanza di almeno 1,5 m l’una dall’altra.
- 5) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l’alimentazione di tensione.
- 6) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che entrambe le fenditure formino insieme un asse ottico.
- 7) Spostare la lente sul banco ottico corto fino a quando la spirale della lampada non viene rappresentata in modo nitido sulla fenditura singola, eventualmente tenere un foglio di carta davanti alla fenditura. La fenditura illuminata funge da fonte luminosa sottile.
- 8) Impostare la larghezza fenditura della fenditura regolabile a 0,3 mm e annotare il valore.

- 9) Appoggiare il filtro colorato rosso alla lente sul banco ottico corto.
- 10) Misurare e annotare la distanza L tra fenditura regolabile e supporto di fissaggio.

Esecuzione dell'esperimento

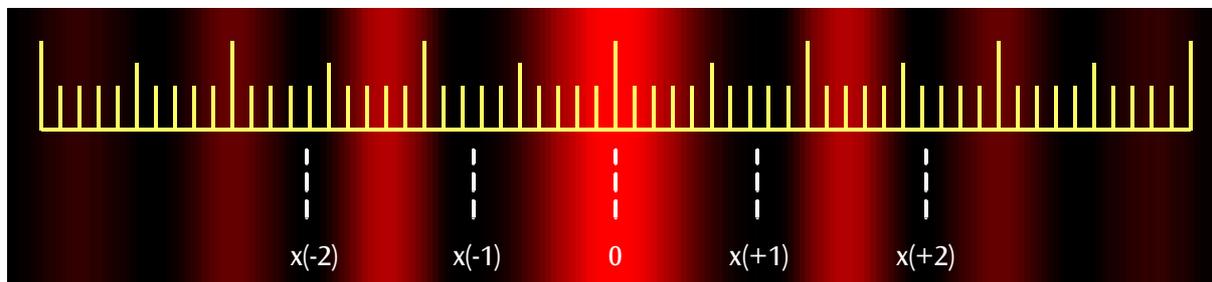


Fig. 3 Immagine di diffrazione e scala osservate attraverso la lente all'estremità del banco ottico

- 1) Guardare attraverso la lente all'estremità del banco ottico lungo e spostare la scala su un lato nel supporto di fissaggio in modo tale che una linea lunga della scala graduata si trovi esattamente nel mezzo, sul punto massimo centrale. Tenere questa marcatura come punto zero (vedere fig. 3).
- 2) Rilevare le distanze $x(n)$ dei minimi di intensità a destra e sinistra del massimo centrale sulla scala (distanza tra due lineette: 0,1 mm) e annotare il valore nella tabella.
- 3) Ripetere le misurazioni per le larghezze fenditura $b = 0,4$ mm, $b = 0,5$ mm e $b = 0,6$ mm.
- 4) Inserire i valori di misurazione in un diagramma $x(n)$ e definire per ogni larghezza fenditura l'incremento Δ .
- 5) Inserire in un diagramma i quozienti dalla distanza Δ e dalla distanza L tra fenditura e posizione di osservazione in relazione al valore reciproco della larghezza fenditura b .
- 6) Definire e annotare la lunghezza d'onda λ in base all'incremento lineare nel diagramma.

Tabella di misurazione:

Distanza $L =$

	$b = 0,3$ mm	$b = 0,4$ mm	$b = 0,5$ mm	$b = 0,6$ mm
n	$x(n)/\text{mm}$	$x(n)/\text{mm}$	$x(n)/\text{mm}$	$x(n)/\text{mm}$
-3				
-2				
-1				
0				
1				
2				
3				

	$b = 0,3 \text{ mm}$	$b = 0,4 \text{ mm}$	$b = 0,5 \text{ mm}$	$b = 0,6 \text{ mm}$
Δ/mm				
$\frac{\Delta}{L}$				
$\frac{\Delta}{L} \cdot 10^3$				

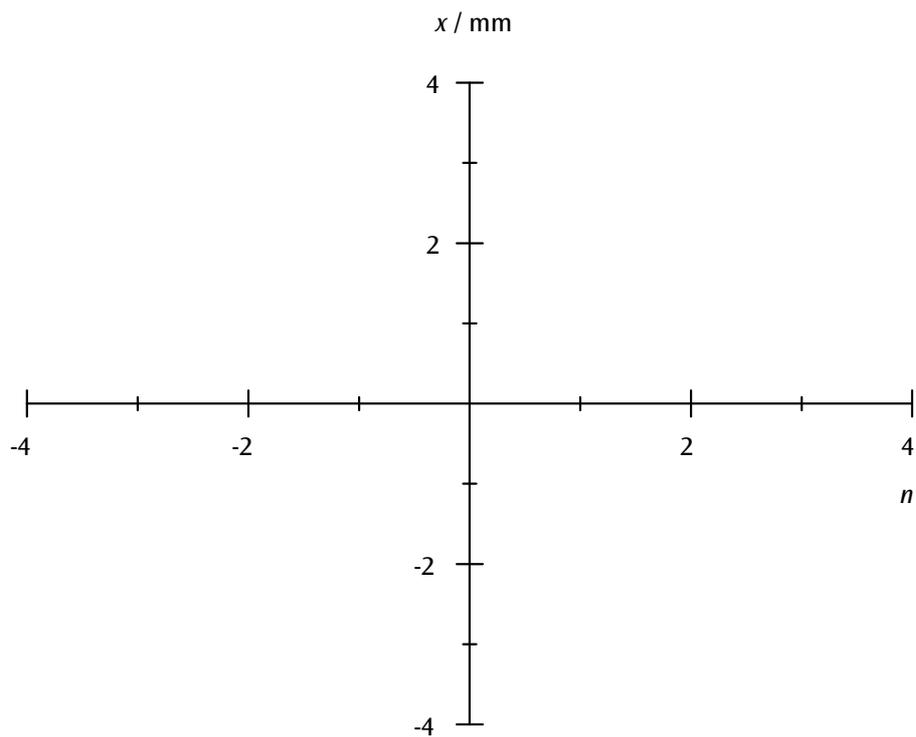


Fig. 4 Distanze $x(n)$ dei minimi dal massimo centrale per diverse larghezze fenditure b

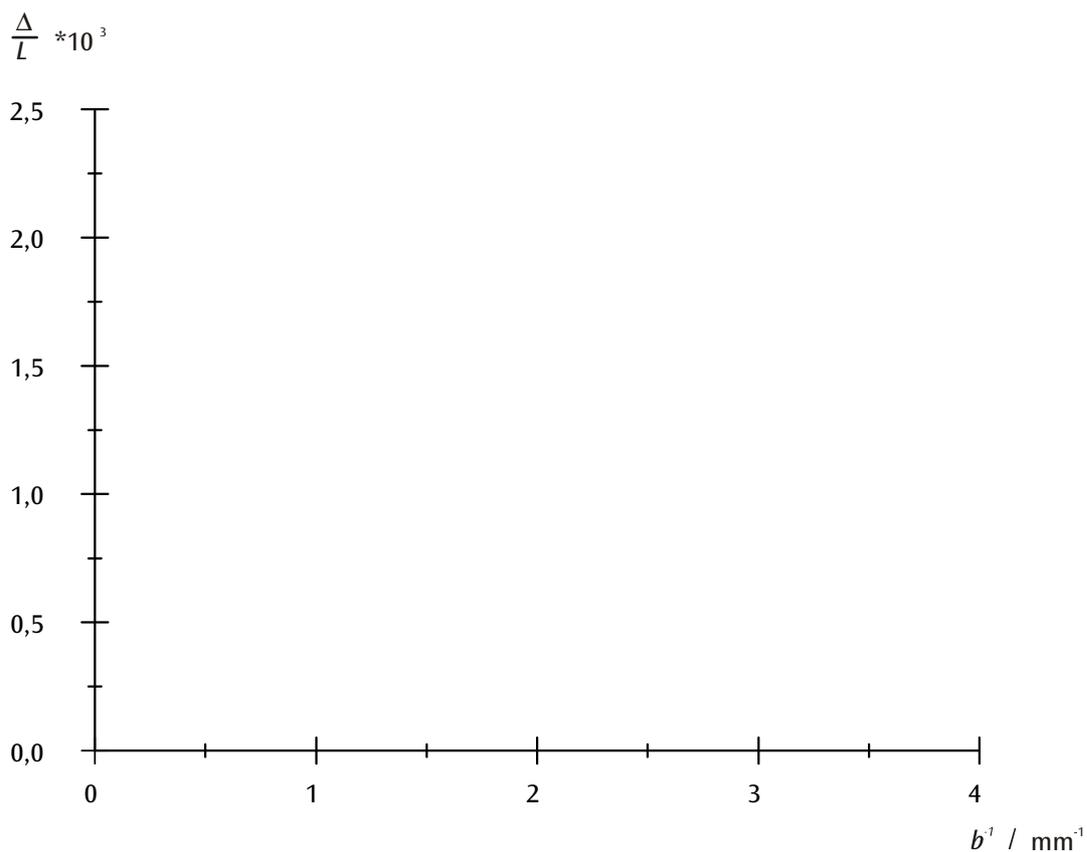


Fig. 5 Quoziente dalla distanza Δ e dalla distanza L in relazione alla larghezza fenditura reciproca $1/b$

Lunghezze d'onda risultanti dall'incremento:

Analizzare e spiegare le osservazioni

a) A cosa si riferisce la grandezza Δ ?

b) Come varia Δ , a lunghezza d'onda costante λ , al variare della larghezza fenditura b ?

Esperimento 4 Diffrazione su fenditura con diverse lunghezze d'onda

Funzioni

- Osservazione della diffrazione della luce su fenditura con diverse lunghezze d'onda.
- Determinazione delle distanze dei minimi di diffrazione dal massimo centrale.
- Determinazione delle lunghezze di onda luminosa.

Principi

La distanza $\Delta = \frac{\lambda \cdot L}{b}$ definita nell'esperimento 3 tra i minimi di diffrazione è proporzionale alla lunghezza d'onda λ . Perciò, partendo da una larghezza fenditura b e una distanza L tra fenditura e piano di osservazione date, è possibile definire la lunghezza d'onda λ dalla distanza Δ .

Occorrente

dal kit di base Ottica Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 6 Cavalieri ottici
- 2 Supporti di fissaggio
- 2 Lenti, $f = + 50$ mm
- 1 Filtro colorato, rosso
- 1 Filtro colorato, verde
- 1 Scala, 15 mm
- 1 "Diaframma con 1 fenditura"

dal kit aggiuntivo interferenza (U8477105)

- 1 Banco ottico, 500 mm
- 1 Fenditura regolabile

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)

Preparazione dell'esperimento

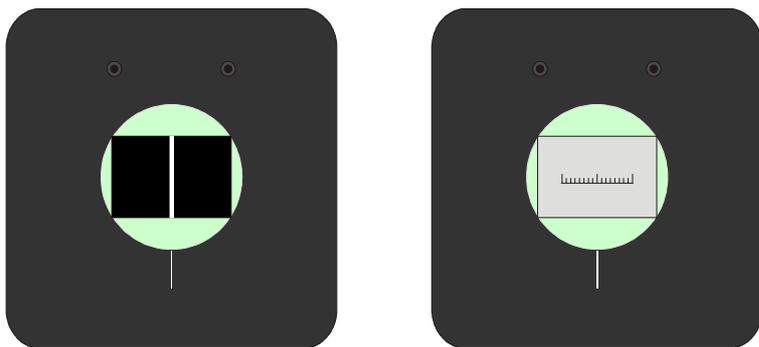


Fig. 1 “Diaframma con 1 fenditura” (sinistra) e scala (destra), nel supporto di fissaggio

- 1) Bloccare nel primo supporto di fissaggio il “diaframma con 1 fenditura” e nel secondo supporto di fissaggio la scala 15 mm e posizzarli al centro rispetto all’apertura del supporto di fissaggio (vedere fig. 1).
- 2) Come indicato nell’allegato Fig. A3, disporre la lampada ottica, una lente $f = +50$ mm e la fenditura singola sul banco ottico corto e la fenditura regolabile, la scala e la seconda lente $f = +50$ mm sul banco ottico lungo.
- 3) Guardare attraverso la lente all’estremità del banco ottico lungo e spostare il supporto di fissaggio con la scala in modo tale che la parte micrometrica sia visibile in modo nitido.
- 4) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che entrambe le fenditure si trovino a una distanza di almeno 1,5 m l’una dall’altra.
- 5) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l’alimentazione di tensione.
- 6) Spostare la lente sul banco ottico corto fino a quando la spirale della lampada non viene rappresentata in modo nitido sulla fenditura semplice, eventualmente tenere un foglio di carta davanti alla fenditura. La fenditura illuminata funge da fonte luminosa sottile.
- 7) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che entrambe le fenditure formino insieme un asse ottico.
- 8) Impostare la larghezza fenditura della fenditura regolabile a 0,5 mm e annotarla.
- 9) Appoggiare il filtro colorato rosso alla lente sul banco ottico corto.
- 10) Definire con la scala e annotare la distanza L tra fenditura regolabile e supporto di fissaggio.

Esecuzione dell'esperimento

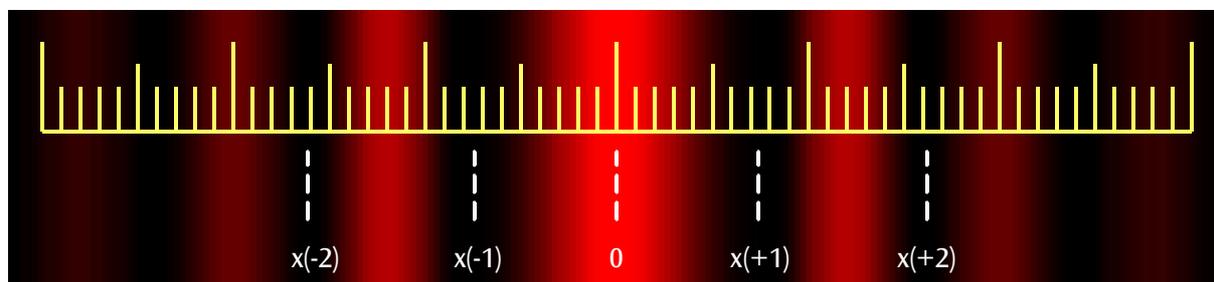


Fig. 2 Immagine di diffrazione e scala osservate attraverso la lente all’estremità del banco ottico

- 1) Guardare attraverso la lente all’estremità del banco ottico lungo e spostare la scala su un lato nel supporto di fissaggio in modo tale che una linea lunga della scala graduata si trovi esattamente nel mezzo, sul punto massimo centrale. Tenere questa marcatura come punto zero (vedere fig. 2).

- 2) Rilevare le distanze $x(n)$ dei minimi di intensità a destra e sinistra del massimo centrale sulla scala (distanza tra due lineette: 0,1 mm) e annotare il valore nella tabella.
- 3) Rimuovere il filtro colorato rosso e osservare l'immagine di diffrazione generata dalla luce bianca.
- 4) Appoggiare il filtro colorato verde alla lente sul banco ottico corto, ripetere la misurazione e annotare i valori nella tabella.
- 5) Inserire i valori di misurazione per entrambi i colori in un diagramma $x(n)$ e definire per entrambi i colori l'incremento Δ .
- 6) Definire e annotare la lunghezza d'onda λ in base all'incremento lineare nel diagramma per entrambi i colori.

Tabella di misurazione:

Larghezza fenditura $b =$

Distanza $L =$

$b/L =$

	rosso	verde
n	$x(n)/\text{mm}$	$x(n)/\text{mm}$
-2		
-1		
0		
1		
2		

	rosso	verde
Δ		
λ/nm		

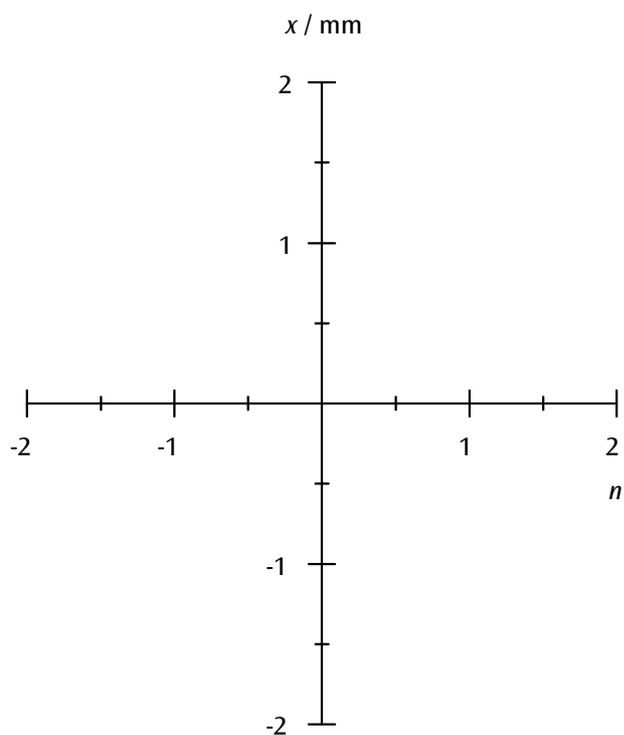


Fig. 3 Diagramma per la definizione della lunghezza d'onda

Analizzare e spiegare le osservazioni

- A cosa si riferisce la grandezza Δ ?
- Come varia Δ , a larghezza fenditura b costante, al variare della lunghezza d'onda λ ?
- Cosa si osserva nella diffrazione di luce bianca sulla fenditura? Come si spiega tale osservazione?

Esperimento 5 Diffrazione su piccole aperture e dischi

Funzioni

- Osservazione del fenomeno della diffrazione su piccole aperture e dischi.
- Confronto qualitativo dei risultati.
- Dimostrazione del principio di Babinet.

Principi

La luce viene diffranta anche su fori circolari o dischi. L'immagine di diffrazione è composta da anelli concentrici di luminosità massima o minima, il cui diametro varia al variare del diametro dell'oggetto. Dischi e fori sono oggetti di diffrazione complementari. Vale il principio di Babinet:

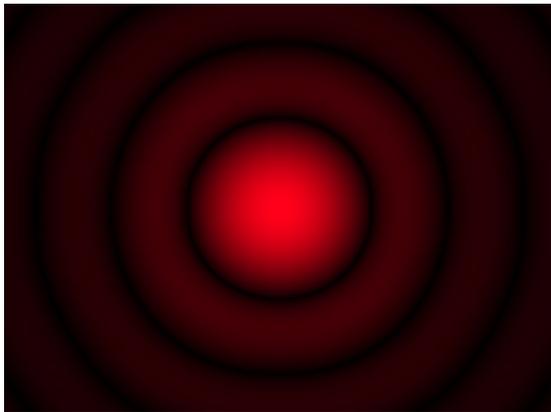


Fig. 1 Diffrazione su un diaframma di apertura circolare

Occorrente

dal kit di base Ottica Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 5 Cavalieri ottici
- 2 Supporti di fissaggio
- 2 Lenti, $f = + 50$ mm
- 1 Filtro colorato, rosso
- 1 Diaframma di apertura, 1mm

dal kit aggiuntivo interferenza (U8477105)

- 1 Banco ottico, corto
- 1 "Diaframma con 9 dischi circolari"
- 1 "Diaframma con 9 fori circolari"

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12V, 25 VA (U8475470)
- 1 Foglio di carta

Preparazione dell'esperimento

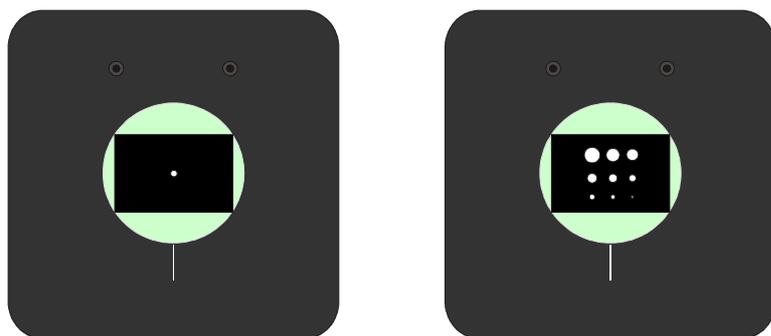


Fig. 2 Diaframma di apertura 1 mm (sinistra) e "diaframma con 9 fori circolari" (destra) nel supporto di fissaggio

- 1) Bloccare in un supporto di fissaggio il diaframma di apertura da 1 mm e nel secondo supporto di fissaggio il "diaframma con 9 fori circolari" al centro (vedere fig. 2).
- 2) Come indicato nell'allegato fig. A4, disporre la lampada ottica, una lente $f = + 50$ mm e il morsetto con il diaframma di apertura sul banco ottico corto e il morsetto con "diaframma con 9 fori circolari" e la seconda lente $f = +50$ mm all'estremità del banco ottico lungo.
- 3) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che entrambi i diaframmi si trovino a una distanza di almeno 1,5 m l'uno dall'altro.
- 4) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.
- 5) Spostare la lente sul banco ottico corto fino a quando la spirale della lampada non viene rappresentata in modo nitido sul diaframma di apertura, eventualmente tenere un foglio di carta davanti al diaframma di apertura. Il diaframma di apertura illuminato funge da fonte luminosa sottile.
- 6) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che entrambi i diaframmi formino insieme un asse ottico.
- 7) Appoggiare il filtro colore al diaframma di apertura.

Esecuzione dell'esperimento

- 1) Guardare attraverso la seconda lente sul banco ottico lungo e posizionare il "diaframma con 9 fori circolari" nel supporto di fissaggio in modo tale che le immagini di diffrazione di tutti i fori circolari siano illuminati in modo uguale.
- 2) Confrontare le immagini di diffrazione dei 9 fori circolari.
- 3) Aumentare e diminuire la distanza tra lente di osservazione e "diaframma con 9 fori circolari" e osservare le immagini di diffrazione.
- 4) Ripetere l'esperimento con il "diaframma a 9 fori circolari".

Esperimento 6 Fenditura come sorgente luminosa per esperimenti sulla diffrazione

Funzioni

- Illuminazione uniforme di una fenditura da utilizzare come sorgente luminosa in esperimenti sulla diffrazione.
- Osservazione tramite un cannocchiale della fenditura illuminata.
- Determinazione della larghezza dell'immagine della fenditura.

Principi

Come “sorgente di calore” per esperimenti sulla diffrazione con luce bianca è preferibile una fenditura molto lontana e illuminata in maniera uniforme. La fenditura viene osservata tramite un cannocchiale e viene inserito un oggetto di diffrazione nel percorso dei raggi luminosi.

Nelle descrizioni seguenti si considera una distanza focale dell'obiettivo $f = +300$ mm, come distanza dell'oggetto g tra fenditura e obiettivo viene proposto $g = 750$ mm, in modo che la distanza focale corrisponda a $b = 500$ mm. Se per ragioni di spazio si scelgono altre distanze dell'oggetto, occorre adattare anche la distanza focale.

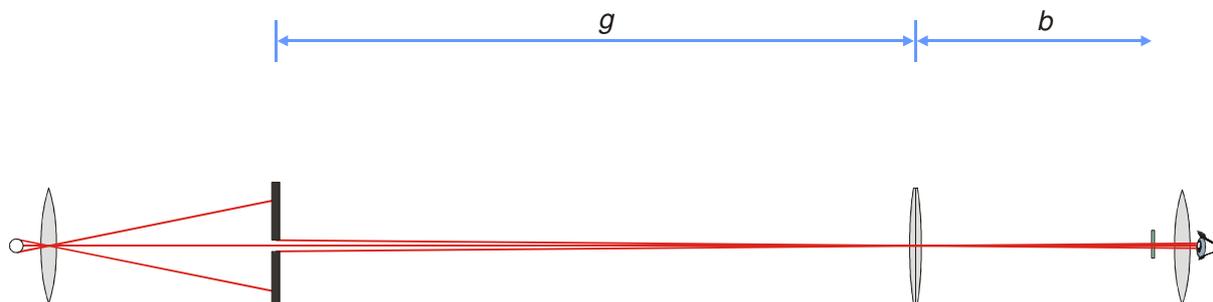


Fig. 1: Misurazione di una fenditura illuminata S tramite un cannocchiale

Occorrente

dal kit di base Ottica Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 6 Cavalieri ottici
- 2 Lenti, $f = +50$ mm
- 1 Lente, $f = +300$ mm
- 1 Supporto di fissaggio
- 1 Scala 15 mm

dal kit aggiuntivo interferenza (U8477105)

- 1 Banco ottico, corto
- 1 Fenditura regolabile

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)
- 1 Foglio di carta, 80 g/m²

Preparazione dell'esperimento

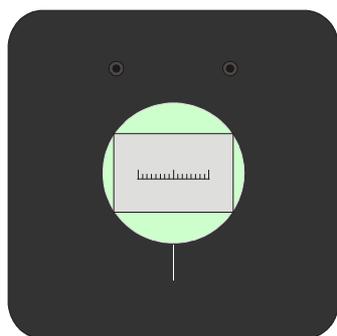


Fig. 2: Scala nel supporto di fissaggio

- 1) Fissare la scala al supporto di fissaggio e allinearla centralmente (vedere Fig. 2).
- 2) Come indicato nell'allegato Fig. A5, disporre la lampada ottica, la prima lente $f = +50$ mm e la fenditura regolabile sul banco ottico corto e la lente $f = +300$ mm e la seconda lente $f = +50$ mm sul banco ottico lungo.
- 3) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che la distanza dell'oggetto sia $g = 750$ mm e che le lenti formino insieme un asse ottico.
- 4) Leggere la distanza dell'oggetto g e annotare il valore nella tabella.
- 5) Impostare la larghezza fenditura della fenditura regolabile a 0,2 mm.

Struttura ed esecuzione dell'esperimento

- 1) Non accendere ancora la lampada ottica.
- 2) Guardare attraverso la lente all'estremità del banco ottico lungo e spostare la lente $f = +300$ mm in modo tale che la fenditura regolabile sia visibile in modo nitido. Quindi spostare il supporto di fissaggio con la scala in modo tale che la parte micrometrica sia visibile in modo nitido.
- 3) Leggere la distanza focale b e annotare il valore nella tabella.
- 4) Leggere sulla scala la larghezza dell'immagine della fenditura e annotare il valore nella tabella (distanza tra due lineette: 0,1 mm).
- 5) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.
- 6) Spostare la lente sul banco ottico corto fino a quando la spirale della lampada non viene rappresentata in modo nitido sulla fenditura regolabile, eventualmente tenere un foglio di carta davanti alla fenditura.
- 7) Per l'isolamento del fascio luminoso posizionare un pezzetto di carta dietro la lente $f = +50$ mm sul banco ottico corto.
- 8) Quindi guardare con prudenza attraverso la lente all'estremità del banco ottico lungo, leggere nuovamente la larghezza della fenditura e annotare il valore nella tabella.

Tabella di misurazione:

Larghezza fenditura =

 g : b :

	Larghezza dell'immagine della fenditura /mm
Con lampada ottica spenta	
Con lampada ottica accesa	

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Confrontare la larghezza dell'immagine della fenditura con la larghezza della fenditura e spiegare il risultato.
- b) Quale può essere l'utilizzo della fenditura illuminata nell'esperimento successivo?

Esperimento 7 Diffrazione su doppia fenditura

Funzioni

- Osservazione della diffrazione della luce su doppia fenditura con diverse lunghezze d'onda.
- Determinazione delle distanze dei massimi di diffrazione dal massimo centrale.
- Determinazione delle lunghezze d'onda luminosa.

Principi

Con diffrazione della luce su una doppia fenditura si intende la sovrapposizione delle onde elementari, che secondo il principio di Huygen si propagano dalle fenditure illuminate in tutte le direzioni. In base all'angolo di propagazione la sovrapposizione dietro alle fenditure causa un'estinzione o un rafforzamento dell'intensità. Occorre osservare l'amplificazione dell'intensità, ovvero la massima luminosità, se per ogni onda elementare dalla prima fenditura vi è esattamente un'onda elementare dalla seconda fenditura che si sovrappongono entrambe in fase. Tale condizione è soddisfatta esattamente se il ritardo ottico Δs_n tra le onde elementari provenienti dal centro delle fenditure corrisponde ad un multiplo intero della lunghezza d'onda λ della luce (vedere la Fig. 1).

$$d \cdot \sin \alpha_n = \Delta s_n = n \cdot \lambda \quad d: \text{Distanza fenditure, } \alpha_n: \text{angolo di propagazione}$$

I punti di massima luminosità si trovano in posizione simmetrica rispetto al raggio primario (vedere fig. 1). La distanza dal raggio primario, misurata nel piano di osservazione, è uguale a

$$x_n = L \cdot \tan \alpha_n \quad L: \text{distanza tra doppia fenditura e superficie di osservazione}$$

Ne consegue, per angoli piccoli α_n : $x_n = \frac{\lambda \cdot L}{d} \cdot n = \Delta \cdot n$ con $\Delta = \frac{\lambda \cdot L}{d}$ o $\lambda = \frac{\Delta \cdot d}{L}$

Nella direzione dello stesso raggio primario la luminosità è ugualmente massima.

La grandezza Δ è la distanza tra i massimi. Può essere calcolata come incremento lineare, se si rappresentano in un diagramma le distanze x_n in relazione a n . Con distanza tra le fenditure fissa d e una distanza L tra doppia fenditura e piano di osservazione dati, è possibile definire la lunghezza d'onda λ dalla distanza Δ .

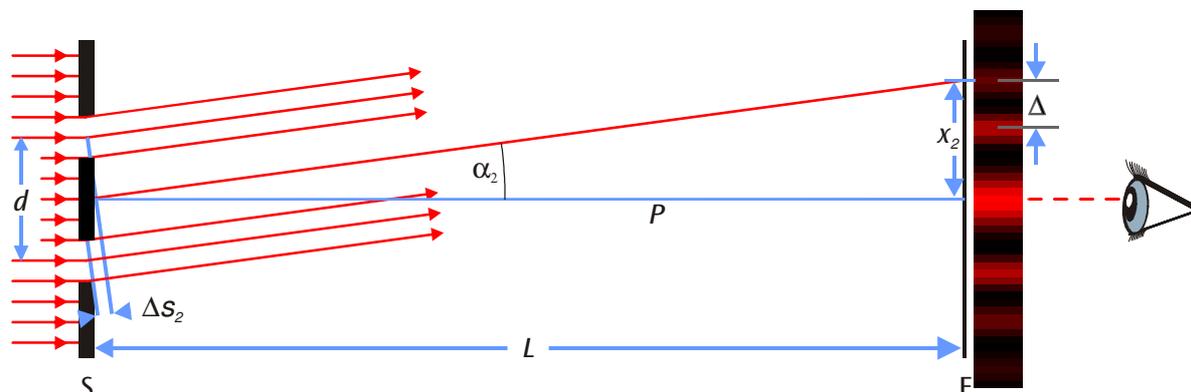


Fig. 1 Rappresentazione schematica della diffrazione su doppia fenditura.
S: doppia fenditura, E: piano di osservazione, P: raggio primario,
 x_2 : distanza del secondo massimo di diffrazione dal raggio primario, α_2 : angolo di osservazione,
 Δs_2 : ritardo ottico tra raggio mediano e raggio marginale.

Occorrente

dal kit di base Ottica Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 6 Cavalieri ottici
- 2 Supporti di fissaggio
- 2 Lenti, $f = + 50$ mm
- 1 Lente, $f = + 300$ mm
- 1 Filtro colorato, rosso
- 1 Filtro colorato, verde
- 1 Scala, 15 mm

dal kit aggiuntivo interferenza (U8477105)

- 1 Banco ottico, corto
- 1 "Diaframma con fenditure multiple e reticolo"
- 1 Fenditura regolabile

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)
- Cartone

Preparazione dell'esperimento

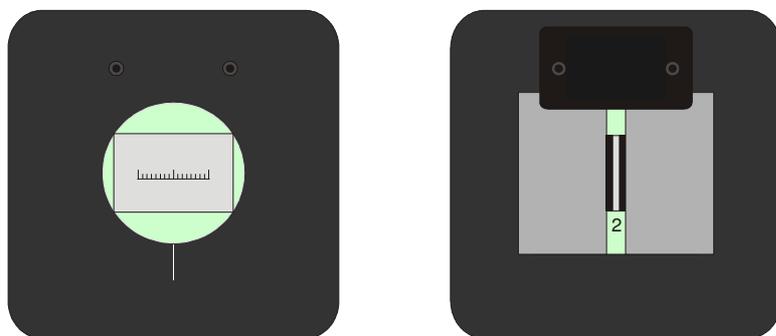


Fig. 2: Scala (sinistra) e "diaframma con fenditure multiple e reticolo" (destra), entrambi nel supporto di fissaggio.

- 1) Fissare la scala al supporto di fissaggio e posizionarla al centro.
- 2) Nel secondo supporto fissare il "diaframma con fenditure multiple e reticolo" e posizionarlo in modo tale che la doppia fenditura ($N = 2$) si trovi al centro del supporto di fissaggio.
- 3) Coprire le fenditure multiple restanti con il cartone.
- 4) Annotare la distanza tra le fenditure d della doppia fenditura.
- 5) Come indicato nell'allegato Fig. A5 disporre la lampada ottica, la prima lente $f = +50$ mm e la fenditura regolabile sul banco ottico corto e la lente $f = +300$ mm e la seconda lente $f = +50$ mm sul banco ottico lungo.
- 6) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che la distanza dell'oggetto sia $g = 750$ mm.
- 7) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.
- 8) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che le lenti formino insieme un asse ottico.

- 9) Spostare la lente $f = + 50$ mm sul banco ottico corto fino a quando sulla fenditura regolabile non viene rappresentata un'immagine a contorni nitidi della spirale della lampada, eventualmente tenere un foglio di carta davanti alla fenditura.
- 10) Impostare la larghezza fenditura della fenditura regolabile a 0,2 mm.
- 11) Appoggiare il filtro colorato rosso sulla fenditura regolabile.

Esecuzione dell'esperimento

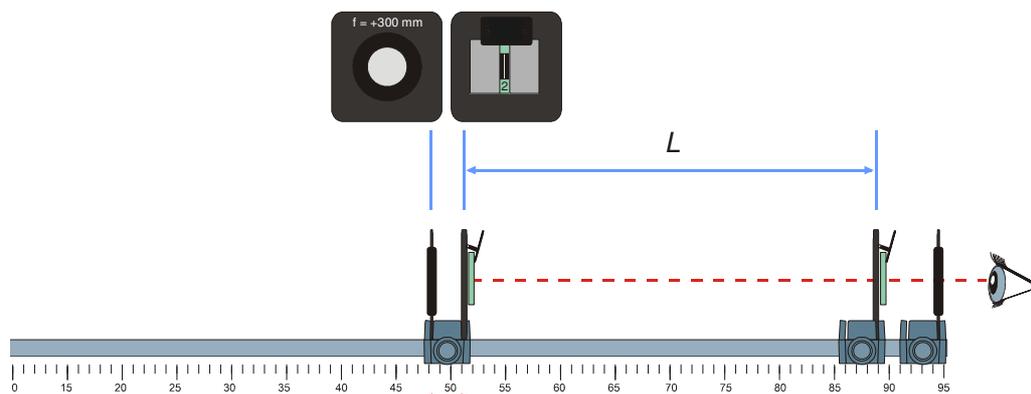


Fig. 3 Dettaglio della struttura sperimentale, visto dal lato

- 1) Posizionare il supporto di fissaggio con “diaframma con fenditure multiple e reticolo” subito dietro la lente $f = +300$ mm (vedere la Fig. 3.)
- 2) Guardare attraverso la lente $f = +50$ mm all'estremità del banco ottico lungo ed eventualmente spostare un po' il “diaframma con fenditure multiple e reticolo” insieme alla lente $f = +300$ mm finché non è visibile in maniera nitida l'immagine di diffrazione.
- 3) Annotare la distanza L tra il “diaframma con fenditure multiple e reticolo” e la scala.

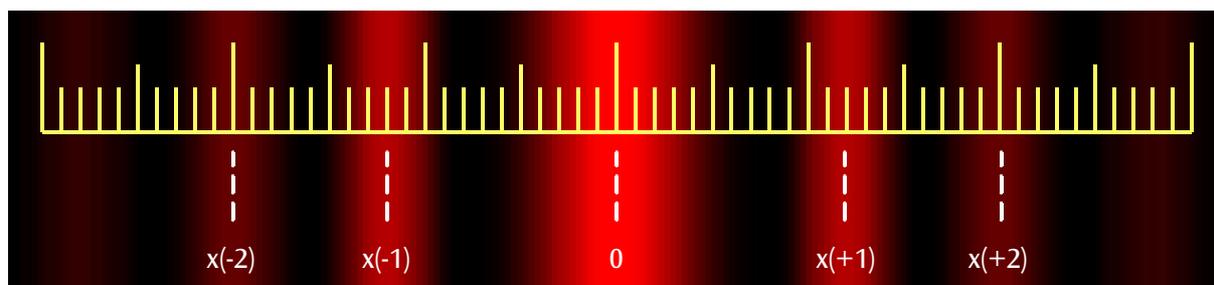


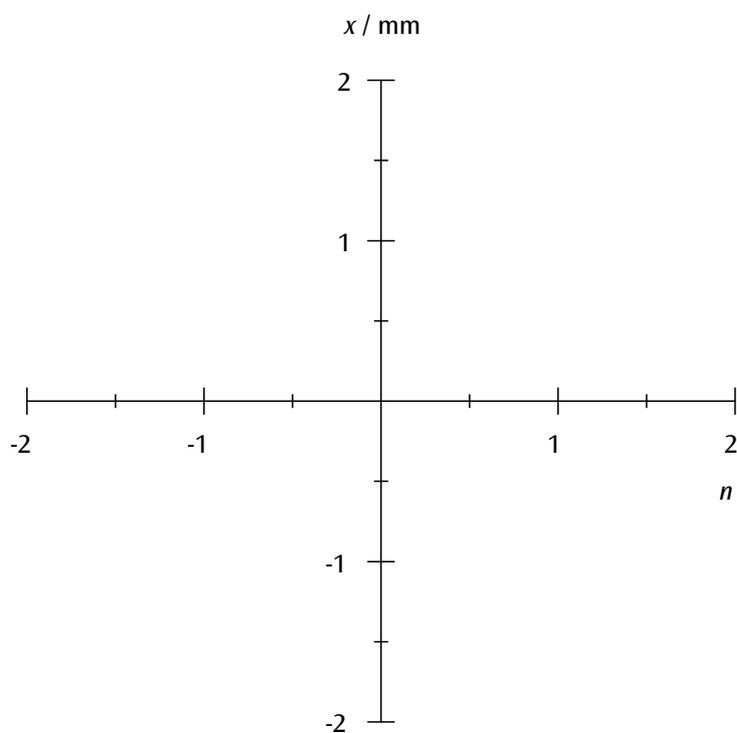
Fig. 4 Immagine di diffrazione e scala osservate attraverso la lente all'estremità del banco ottico

- 4) Guardare nuovamente attraverso la lente e spostare la scala su un lato nel supporto di fissaggio in modo tale che una linea lunga della scala graduata si trovi esattamente nel mezzo, sul punto massimo centrale. Tenere questa marcatura come punto zero (vedere fig. 4).
- 5) Rilevare le distanze $x(n)$ dei massimi di intensità a destra e sinistra del massimo centrale sulla scala (distanza tra due linee: 0,1 mm) e annotare i valori nella tabella.
- 6) Ripetere la misurazione per il filtro colorato verde.
- 7) Inserire i valori di misurazione in un diagramma $x(n)$ e definire per entrambi i colori l'incremento Δ .
- 8) Definire e annotare la lunghezza d'onda λ in base all'incremento lineare nel diagramma per entrambi i colori.

Tabella di misurazione:Distanza fenditure $d =$ Distanza $L =$

	rosso	verde
n	$x(n)/mm$	$x(n)/mm$
-2		
-1		
0		
1		
2		

	rosso	verde
Δ/mm		
λ/nm		

Fig. 5 Distanza $x(n)$ dei massimi dal massimo centrale per luce rossa e verde.

Esperimento 8 Diffrazione su fenditura multipla

Funzioni

- Osservazione della diffrazione su fenditura multipla in funzione del numero N delle fenditure.
- Determinazione della distanza a dei massimi principali in funzione del numero N delle fenditure.
- Determinazione del numero dei massimi secondari in funzione del numero N delle fenditure.

Principi

La diffrazione della luce da una fenditura multipla con N fenditure e stessa distanza d può essere spiegata in maniera analoga alla diffrazione su fenditura doppia. Tutte le onde elementari di Huygen si sovrappongono in maniera costruttiva, se il ritardo ottico Δs_n tra le onde elementari provenienti dal centro delle due fenditure adiacenti corrisponde ad un multiplo intero della lunghezza d'onda λ della luce:

$$d \cdot \sin \alpha_n = \Delta s_n = n \cdot \lambda \quad d: \text{distanza fenditure, } \alpha_n: \text{angolo di propagazione}$$

Pertanto i massimi di diffrazione su fenditura multipla si trovano, indipendentemente dal numero delle fenditure N , a distanza regolare l'uno dall'altro (vedere anche l'esperimento 7: diffrazione su doppia fenditura):

$$a = x_{n+1} - x_n = \frac{\lambda}{d} \cdot L \quad L: \text{distanza tra fenditura multipla e superficie di osservazione}$$

Se tuttavia il ritardo ottico tra i raggi del punto centrale della fenditura adiacente soddisfa la condizione:

$$\Delta s = n \cdot \lambda + m \cdot \frac{\lambda}{N}, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \quad m = 1, \dots, N - 1$$

allora vi è un minimo tra l' n -esimo e l' $(n+1)$ -esimo massimo. Le onde elementari dalle fenditure N si sovrappongono in modo tale che l'intensità totale si azzeri. Nell'immagine di diffrazione è possibile osservare tra due massimi, minimi $(N-1)$ e tra questi i cosiddetti massimi secondari $(N-2)$, la cui intensità è inferiore a quella dei cosiddetti massimi principali.

All'aumentare del numero N delle fenditure scompare l'intensità dei massimi secondari rispetto ai massimi principali. Non si parla più di fenditura multipla bensì di reticolo inciso.

Occorrente

dal kit di base Ottica Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 6 Cavalieri ottici
- 2 Supporti di fissaggio
- 2 Lenti, $f = + 50$ mm
- 1 Lente, $f = + 300$ mm
- 1 Filtro colorato, rosso
- 1 Scala, 15 mm

dal kit aggiuntivo interferenza (U8477105)

- 1 Banco ottico, corto
- 1 „Diaframma con fenditure multiple e reticolo“
- 1 Fenditura regolabile

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)
- Cartone

Preparazione dell'esperimento



Fig. 1: Scala (sinistra) e “diaframma con fenditure multiple e reticolo“ (destra), entrambi nel supporto di fissaggio.

- 1) Fissare la scala al supporto di fissaggio e posizionarla al centro.
- 2) Nel secondo supporto fissare il "diaframma con fenditure multiple e reticolo" e posizionarlo in modo tale che la doppia fenditura ($N = 2$) si trovi al centro del supporto di fissaggio.
- 3) Coprire le fenditure multiple restanti con il cartone.
- 4) Annotare la distanza tra le fenditure d del “diaframma con fenditure multiple e reticolo”.
- 5) Come indicato nell'allegato Fig. A5 disporre la lampada ottica, la prima lente $f = +50$ mm e la fenditura regolabile sul banco ottico corto e la lente $f = +300$ mm e la seconda lente $f = +50$ mm sul banco ottico lungo.
- 6) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che la distanza dell'oggetto sia $g = 750$ mm.
- 7) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.
- 8) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che le lenti formino insieme un asse ottico.

- 9) Spostare la lente $f = +50$ mm sul banco ottico corto fino a quando sulla fenditura regolabile non viene rappresentata un'immagine a contorni nitidi della spirale della lampada, eventualmente tenere un foglio di carta davanti alla fenditura.
- 10) Impostare la larghezza fenditura della fenditura regolabile a 0,2 mm.
- 11) Appoggiare il filtro colorato rosso sulla fenditura regolabile.

Esecuzione dell'esperimento

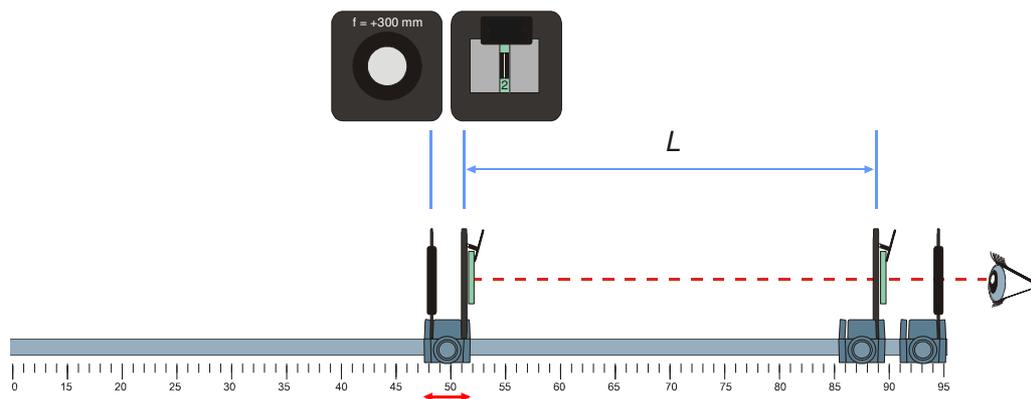


Fig. 2 Dettaglio della struttura sperimentale, visto dal lato.

- 1) Posizionare il supporto di fissaggio con "diaframma con fenditure multiple e reticolo" subito dietro la lente $f = +300$ mm (vedere la Fig. 2.)
- 2) Guardare attraverso la lente $f = +50$ mm all'estremità del banco ottico lungo ed eventualmente spostare un po' il "diaframma con fenditure multiple e reticolo" insieme alla lente $f = +300$ mm finché non è visibile in maniera nitida l'immagine di diffrazione (vedere la Fig. 2).
- 3) Annotare la distanza L tra il "diaframma con fenditure multiple e reticolo" e la scala.

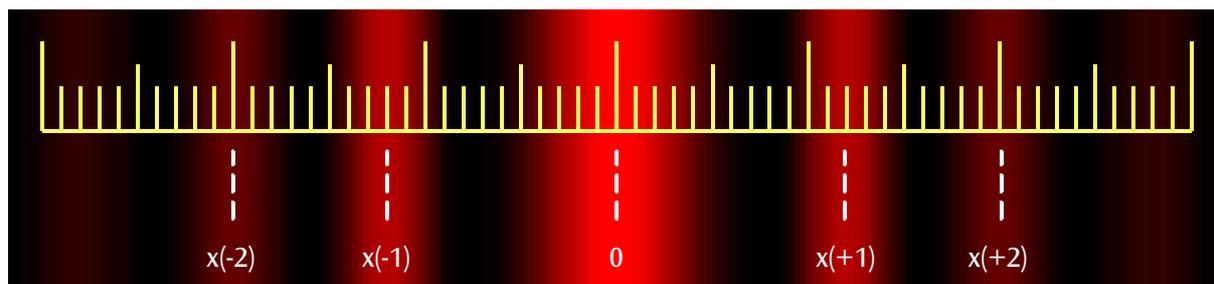


Fig. 3 Immagine di diffrazione e scala osservate attraverso la lente all'estremità del banco ottico

- 4) Guardare nuovamente attraverso la lente e spostare la scala su un lato nel supporto di fissaggio in modo tale che una linea lunga della scala graduata si trovi esattamente nel mezzo, sul punto massimo centrale. Tenere questa marcatura come punto zero (vedere fig. 3).
- 5) Rilevare la distanza tra il massimo di intensità $x(2)$ e $x(-2)$ sulla scala (distanza tra due linee: 0,1 mm) e annotare il valore nella tabella.
- 6) Rilevare la distanza tra il massimo di intensità $x(1)$ e $x(-1)$ sulla scala e annotare il valore nella tabella.
- 7) Determinare il numero di massimi secondari tra ogni due massimi principali e annotarlo nella tabella di misurazione.

- 8) Rimuovere il filtro colorato rosso e osservare l'immagine di diffrazione generata dalla luce bianca.
- 9) Posizionare di nuovo il filtro colorato rosso.
- 10) Disporre quindi la tripla fenditura al centro del supporto di fissaggio e coprire le fenditure multiple restanti con il cartone.
- 11) Osservare l'immagine di diffrazione della tripla fenditura.
- 12) Rilevare la distanza tra il massimo di intensità $x(2)$ e $x(-2)$ sulla scala e annotare il valore nella tabella.
- 13) Rilevare la distanza tra il massimo di intensità $x(1)$ e $x(-1)$ sulla scala e annotare il valore nella tabella.
- 14) Determinare il numero di massimi secondari tra ogni due massimi principali e annotarlo nella tabella di misurazione.
- 15) Rimuovere il filtro colorato rosso e osservare l'immagine di diffrazione generata dalla luce bianca.
- 16) Ripetere l'esperimento con le fenditure multiple restanti e il reticolo.
- 17) Dai valori di misurazione della distanza a calcolare i massimi principali adiacenti.

Tabella di misurazione:Distanza $L =$ Distanza fenditure $d =$

	Fenditura doppia	Fenditura tripla	Fenditura quadrupla	Fenditura quintupla	Reticolo
$x(2) - x(-2)/\text{mm}$					
$x(1) - x(-1)/\text{mm}$					
a/mm					
Numero dei massimi secondari					

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Le distanze dei massimi principali si differenziano da fenditure multiple a fenditure multiple e perché è così?
- b) In cosa si differenziano le immagini di diffrazione delle diverse fenditure multiple?
- c) Perché nell'immagine di diffrazione del reticolo non vi sono massimi secondari?
- d) Perché le misurazioni vengono effettuate con luce rossa e non con luce bianca?

Esperimento 9 Diffrazione su reticolo

Funzioni

- Osservazione della diffrazione su reticolo in funzione della costante reticolare.
- Determinazione della lunghezza dell'onda luminosa.

Principi

Con diffrazione della luce su un reticolo con distanza tra le fenditure d vi sono massimi a distanza costante a (vedere anche l'esperimento 8: diffrazione su fenditura multipla):

$$a = \frac{\lambda}{d} \cdot L$$

Oltre la distanza tra fenditure d vi è anche la lunghezza d'onda λ della luce e la distanza L tra reticolo e superficie di osservazione.

Per un reticolo la distanza tra le fenditure viene chiamata costante reticolare g . Spesso al posto della costante reticolare viene indicato il valore reciproco, ovvero il numero di fenditure per unità di lunghezza (ad es. per mm).

Occorrente

dal kit di base Ottica Kröncke (U8477100)

- 1 Lampada ottica
- 1 Banco ottico
- 6 Cavalieri ottici
- 2 Supporti di fissaggio
- 2 Lenti, $f = + 50$ mm
- 1 Lente, $f = + 300$ mm
- 1 Filtro colorato, rosso
- 1 Scala, 15 mm

dal kit aggiuntivo interferenza (U8477105)

- 1 Banco ottico, corto
- 1 „Diaframma con tre reticoli incisi“
- 1 Fenditura regolabile

Dotazione supplementare necessaria

- 1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)
- Cartone

Preparazione dell'esperimento

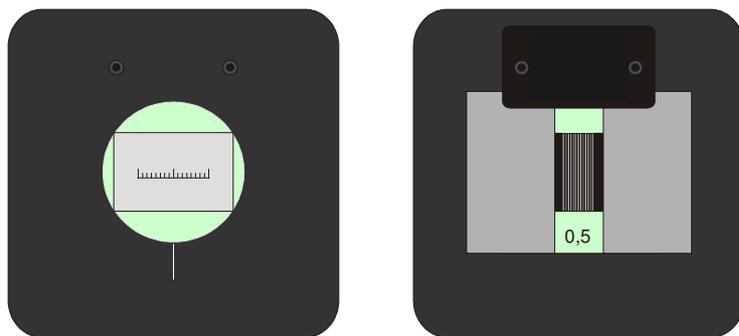


Fig. 1: Scala (sinistra) e „diaframma con tre reticoli incisi“ (destra), entrambi nel supporto di fissaggio

- 1) Fissare la scala al supporto di fissaggio e posizionarla al centro.
- 2) Nel secondo supporto fissare il “diaframma con tre reticoli incisi” e posizionarlo in modo tale che il reticolo inciso con la costante reticolare $g = 0,5$ mm si trovi al centro del supporto di fissaggio.
- 3) Coprire i reticoli restanti con il cartone
- 4) Come indicato nell'allegato Fig. A5 disporre la lampada ottica, la prima lente $f = +50$ mm e la fenditura regolabile sul banco ottico corto e la lente $f = +300$ mm e la seconda lente $f = +50$ mm sul banco ottico lungo.
- 5) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che la distanza dell'oggetto sia $g = 750$ mm.
- 6) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.
- 7) Posizionare entrambi i banchi ottici in modo tale che le lenti formino insieme un asse ottico.
- 8) Spostare la lente $f = + 50$ mm sul banco ottico corto fino a quando sulla fenditura regolabile non viene rappresentata un'immagine a contorni nitidi della spirale della lampada, eventualmente tenere un foglio di carta davanti alla fenditura.
- 9) Impostare la larghezza fenditura della fenditura regolabile a 0,2 mm.
- 10) Appoggiare il filtro colorato rosso sulla fenditura regolabile.

Esecuzione dell'esperimento

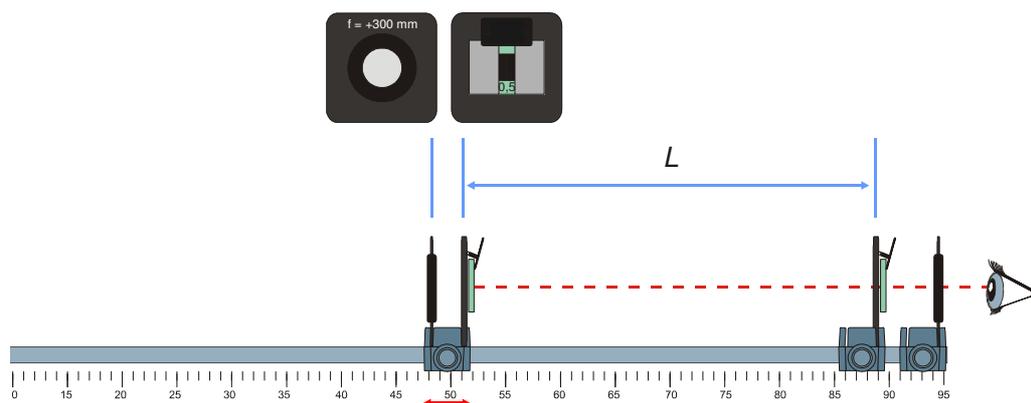


Fig. 2 Dettaglio della struttura sperimentale, visto dal lato.

- 1) Posizionare il supporto di fissaggio con „diaframma con tre reticoli incisi“ subito dietro la lente $f = +300$ mm, vedere Fig. 2.
- 2) Guardare attraverso la lente $f = +50$ mm all'estremità del banco ottico lungo ed eventualmente spostare un po' il “diaframma con tre reticoli incisi” insieme alla lente $f = +300$ mm finché non è visibile in maniera nitida l'immagine di diffrazione (vedere la Fig. 2).
- 3) Annotare la distanza L tra il “diaframma con tre reticoli incisi” e la scala.

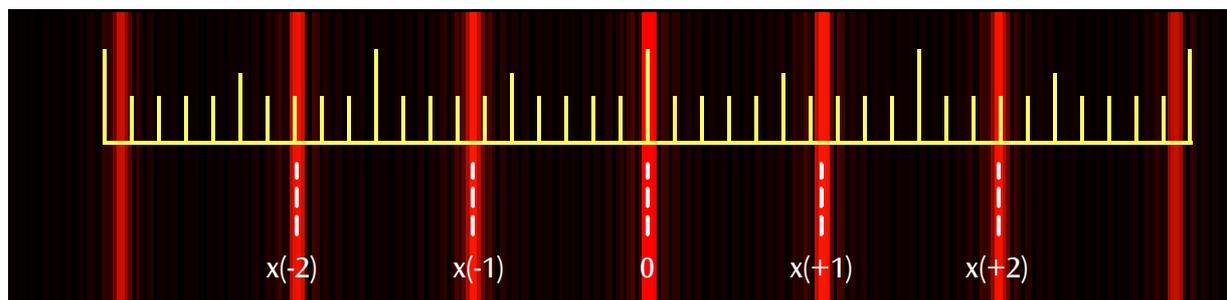


Fig. 3 Immagine di diffrazione e scala osservate attraverso la lente all'estremità del banco ottico

- 4) Guardare nuovamente attraverso la lente e spostare la scala su un lato nel supporto di fissaggio in modo tale che una linea lunga della scala graduata si trovi esattamente nel mezzo, sul punto massimo centrale. Tenere questa marcatura come punto zero (vedere fig. 3).
- 5) Rilevare sulla scala le distanze $x(n)$ dei massimi di intensità a destra e sinistra del massimo centrale (distanza tra due linee: 0,1 mm) e annotare i valori nella tabella.
- 6) Rimuovere il filtro colorato rosso e osservare l'immagine di diffrazione generata dalla luce bianca.
- 7) Ripetere l'esperimento con i reticoli incisi restanti.
- 8) Inserire i valori di misurazione in un diagramma $x(n)$ e definire per ogni reticolo l'incremento Δ .
- 9) Da ciò si calcolano le lunghezze d'onda con l'aiuto dell'equazione $\lambda = m \cdot \frac{g}{L}$.

Tabella di misurazione:

$L=$

n	$x(n)/\text{mm}$		
	$g = 0,5 \text{ mm}$	$g = 0,25 \text{ mm}$	$g = 0,125 \text{ mm}$
-2			
-1			
0			
1			
2			

	$g = 0,5 \text{ mm}$	$g = 0,25 \text{ mm}$	$g = 0,125 \text{ mm}$
m			
λ/nm			

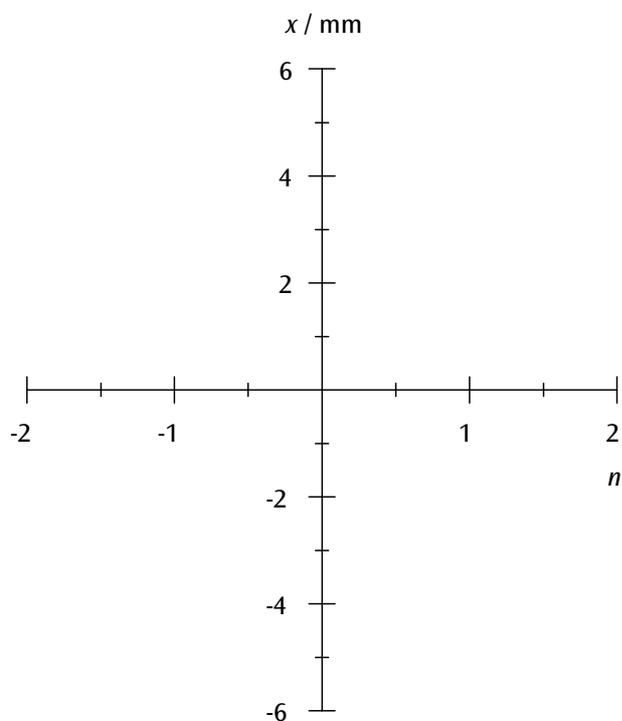


Fig. 4 Distanza $x(n)$ dei massimi dal massimo principale dei tre reticoli incisi nella costante reticolare g

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) In che modo dipende la distanza tra i massimi di diffrazione dal numero di righe del reticolo per unità di lunghezza?

Esperimento 10 Specchio di Fresnel

Funzioni

- Generazione di due sorgenti luminose virtuali coerenti mediante riflessione della luce di una sorgente divergente su uno specchio di Fresnel.
- Osservazione dell'interferenza della luce delle due sorgenti luminose virtuali.
- Misura della distanza delle due sorgenti luminose virtuali.
- Determinazione della lunghezza d'onda della luce.

Principi

Lo specchio di Fresnel è formato da due specchi piani leggermente inclinati uno rispetto all'altro. Da una sorgente luminosa divergente S riflessa dallo specchio si formano due sorgenti luminose virtuali S_1 e S_2 , che interferiscono tra loro a causa della loro coerenza (vedere Fig. 1). La luce riflessa è quindi attraversata da frange di interferenza parallele.

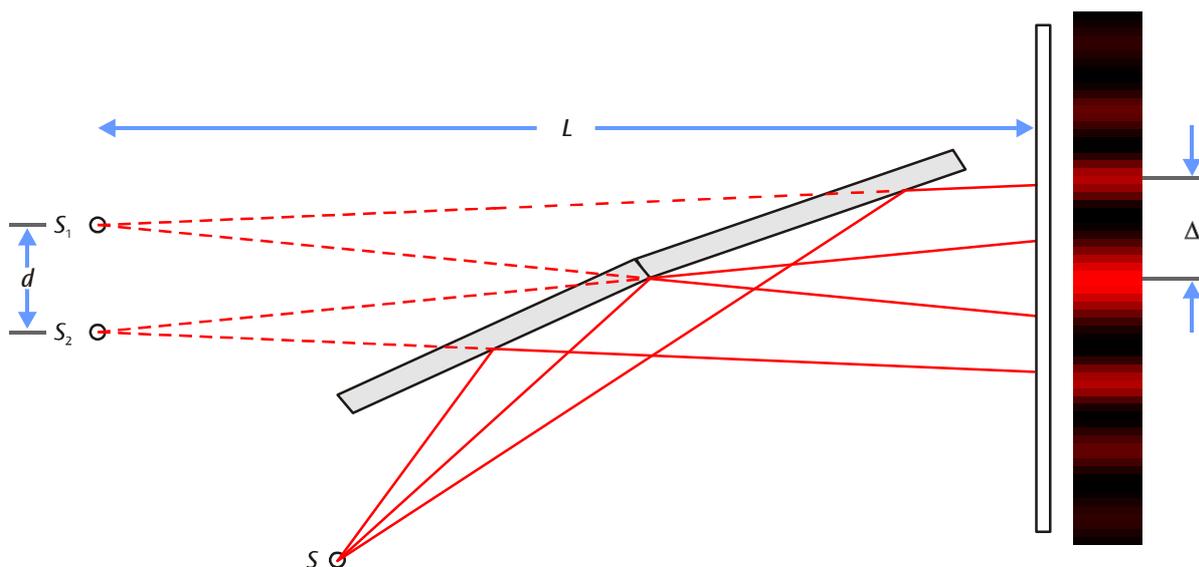


Fig. 1 Generazione di due sorgenti luminose virtuali S_1 e S_2 mediante riflessione di una sorgente luminosa divergente S su uno specchio di Fresnel (osservato dall'alto).

Per la distanza Δ tra i massimi di interferenza vale la relazione nota dalla diffrazione su doppia fenditura (vedere esp. 7):

$$\Delta = \frac{\lambda \cdot L}{d} \text{ dove } \lambda : \text{lunghezza d'onda.}$$

Si presuppone che la distanza L tra le sorgenti luminose e il piano di osservazione sia sufficientemente ampia. d è la distanza tra le due sorgenti luminose virtuali. Essa è desumibile rappresentando le sorgenti luminose virtuali sul piano di osservazione con l'ausilio di una lente. Vale:

$$\frac{d}{L_1} = \frac{D}{L_2} \text{ dove } D: \text{distanza tra le immagini, } L_1: \text{distanza sorgente luminosa - lente, } L_2: \text{distanza lente - piano di osservazione.}$$

Occorrente

dal kit di base Ottica Kröncke (U8477100)

1 Lampada ottica
1 Banco ottico
6 Cavalieri ottici
1 Supporto di fissaggio
2 Lenti, $f = +50$ mm
1 Lente, $f = +300$ mm
1 Filtro colorato, rosso
1 Scala, 15 mm
1 Schermo, bianco

dal kit aggiuntivo interferenza (U8477105)

1 Specchio di Fresnel
1 Banco ottico, corto

Dotazione supplementare necessaria

1 Trasformatore 12 V, 25 VA (U8475470)
1 Metro a nastro
1 Matita
1 Riga, Carta

Preparazione dell'esperimento

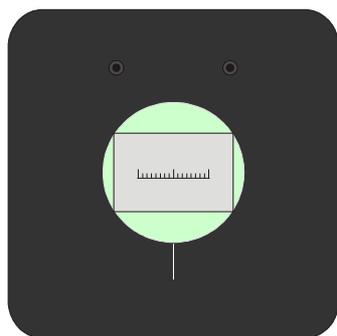


Fig. 2 Scala nel supporto di fissaggio

- 1) Fissare la scala nel supporto di fissaggio e posizionarla al centro.
- 2) Fare arretrare completamente le metà mobili dello specchio di Fresnel con l'ausilio della vite a testa zigrinata.
- 3) Come indicato nell'allegato Fig. A6, posizionare il banco ottico lungo e il banco ottico corto ad una distanza di almeno 1 m l'uno dall'altro.
- 4) Disporre la lampada ottica, una lente $f = +50$ mm e lo specchio di Fresnel sul banco ottico lungo, la scala e la seconda lente $f = +50$ mm sul banco ottico corto.
- 5) Guardare attraverso la lente all'estremità del banco ottico corto e spostare il supporto di fissaggio con la scala in modo tale che la parte micrometrica sia visibile in modo nitido.
- 6) Collegare la lampada ottica al trasformatore 12 V per l'alimentazione di tensione.

- 7) Spostare la lente $f = +50$ mm sul banco ottico lungo fino a quando la spirale della lampada non viene rappresentata in modo nitido sullo specchio di Fresnel, mentre questo è disposto trasversalmente rispetto al percorso dei raggi luminosi. Collocare eventualmente un foglio di carta davanti allo specchio.
- 8) Come indicato nell'allegato Fig. A7 disporre sul banco ottico lungo anche la fenditura regolabile e la lente $f = +300$ mm.
- 9) Impostare la larghezza della fenditura regolabile su 0,3 mm e appoggiare il filtro colorato rosso sulla fenditura regolabile.
- 10) Allineare con cura lo specchio di Fresnel parallelamente al percorso dei raggi luminosi e spostarlo perpendicolarmente rispetto a quest'ultimo, in modo tale che il raggio luminoso colpisca l'intera superficie dello specchio (vedere allegato Fig. A7).
- 11) Disporre lo schermo bianco sul banco ottico corto nel punto della scala.
- 12) Spostare la lente $f = +300$ mm in modo tale che la fenditura regolabile venga riprodotta in modo nitido sullo schermo.
- 13) Se necessario, ottimizzare l'allineamento dello specchio di Fresnel.

Esecuzione dell'esperimento

Nota: la fenditura regolabile è di seguito la sorgente luminosa divergente. L'andamento del raggio rispetto all'immagine della fenditura è il raggio principale. Se lo specchio resta allineato parallelamente al raggio principale non si generano sorgenti luminose virtuali.

- 1) Impostare la larghezza della fenditura regolabile su 0,1 mm.
- 2) Ruotare con cura lo specchio di Fresnel nel percorso dei raggi luminosi, fino a quando accanto all'immagine della fenditura del raggio principale sullo schermo appaiono altre due immagini della fenditura: le immagini delle sorgenti luminose virtuali (vedere allegato Fig. A8).
- 3) Ruotando la vite a testa zigrinata dello specchio di Fresnel ridurre la distanza delle due immagini della fenditura ulteriori fino ad arrivare pressoché a zero.
- 4) Rimuovere la lente $f = +300$ mm e lo schermo (vedere allegato Fig. A9).
- 5) Posizionare la scala nel posto dello schermo.
- 6) Osservare attraverso la lente all'estremità del banco ottico corto e cercare le frange di interferenza.
- 7) Con l'ausilio della vite a testa zigrinata dello specchio di Fresnel impostare l'inclinazione delle metà dello specchio l'una rispetto all'altra in modo tale che siano chiaramente visibili le frange di interferenza.
- 8) Calcolare la distanza Δ tra i due massimi di interferenza e annotarla (distanza tra due lineette della scala: 0,1 mm).
- 9) Rimuovere nuovamente la scala e posizionare lo schermo nello stesso punto (vedere allegato Fig. A8).
- 10) Riposizionare la lente $f = +300$ mm sul banco ottico lungo e osservare le immagini delle sorgenti luminose virtuali sullo schermo.
- 11) Calcolare la distanza D tra le due immagini sullo schermo e annotarla.
- 12) Calcolare la distanza L_1 tra lente $f = +300$ mm e fenditura regolabile così come la distanza L_2 tra la lente $f = +300$ mm e lo schermo e annotarle.

- 13) Calcolare la distanza d tra le sorgenti luminose virtuali e la distanza $L = L_1 + L_2$.
- 14) Da questi valori calcolare la lunghezza d'onda λ .

Tabella di misurazione:

Δ / mm	D / mm	L_1 / mm	L_2 / mm	d / mm	λ /nm

Analizzare e spiegare le osservazioni

- a) Dove si trova la sorgente luminosa divergente S nell'esperimento?
- b) Quale forma geometrica hanno le sorgenti luminose virtuali S_1 e S_2 ?
- c) Come si ripercuote ciò sul fenomeno di interferenza?
- d) Perché si osserva l'interferenza?
- e) Perché si parla di interferenza tra due raggi?
- f) Perché l'interferenza tra due raggi è paragonabile alla diffrazione su doppia fenditura?
- g) In quale settore dello spettro cromatico si trova la lunghezza d'onda calcolata?

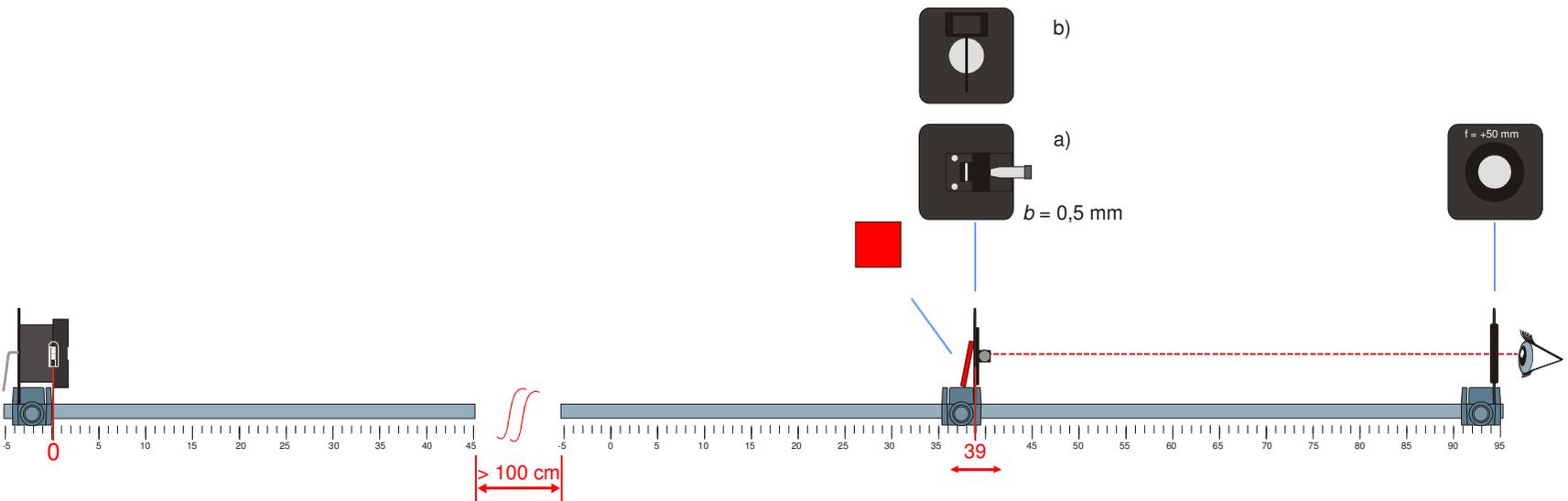


Fig. A1: Preparazione esperimento 1

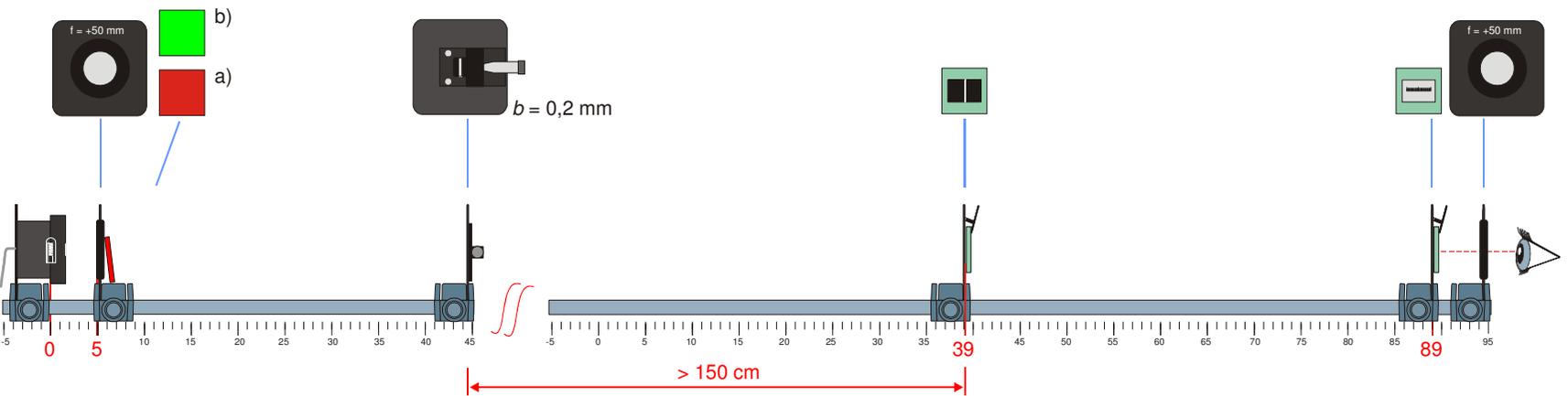


Fig. A2:

Preparazione esperimento 2

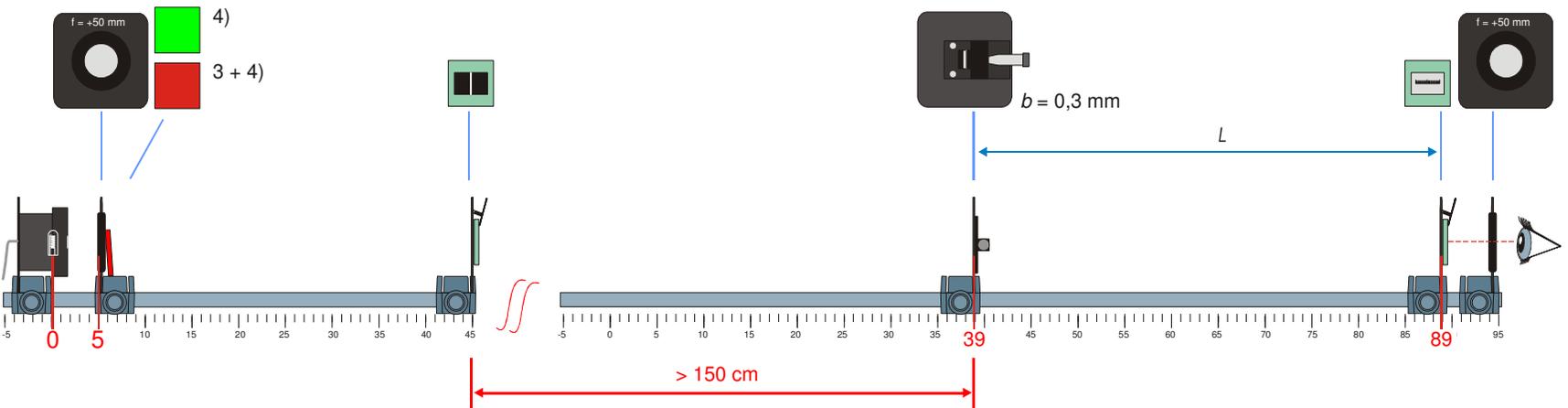


Fig. A3:

Preparazione esperimento 3 e 4

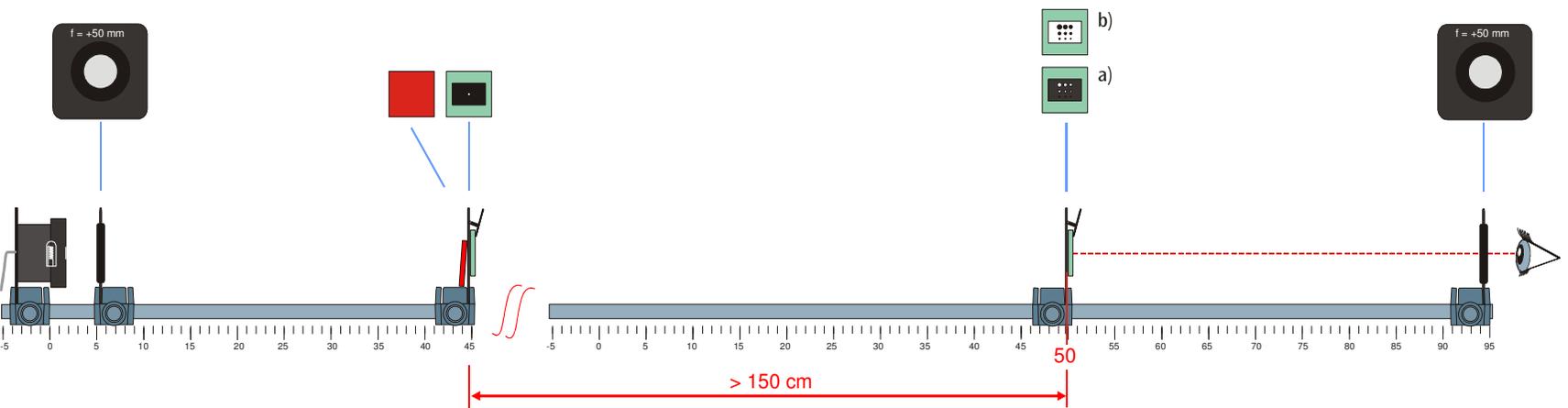


Fig. A4:

Preparazione esperimento 5

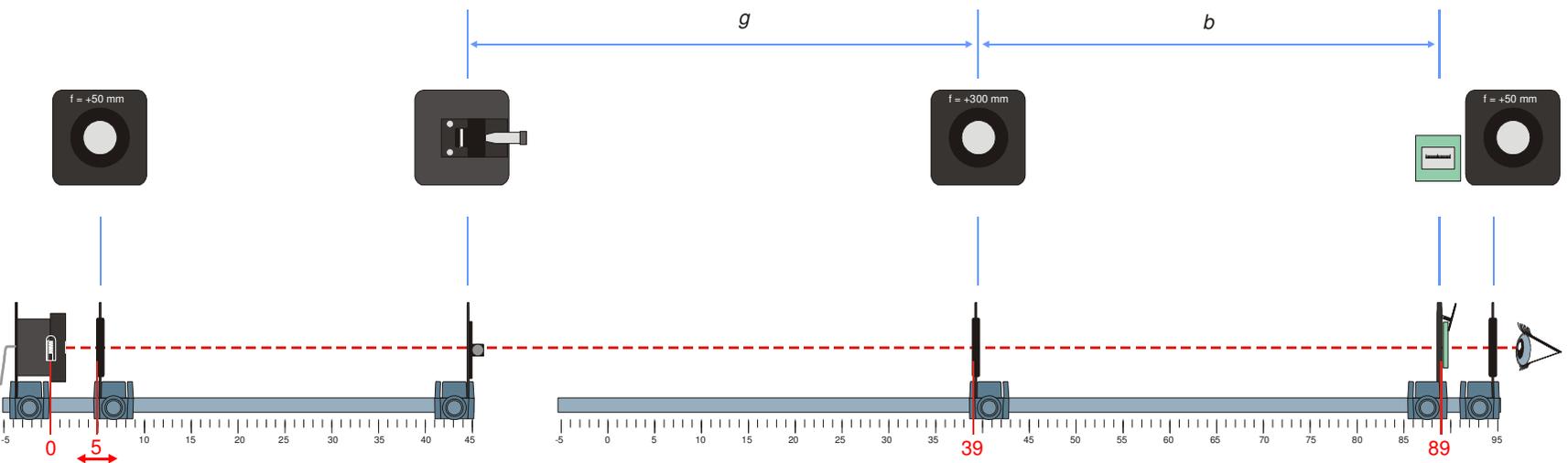


Fig. A5:

Preparazione esperimento 6, 7, 8 e 9

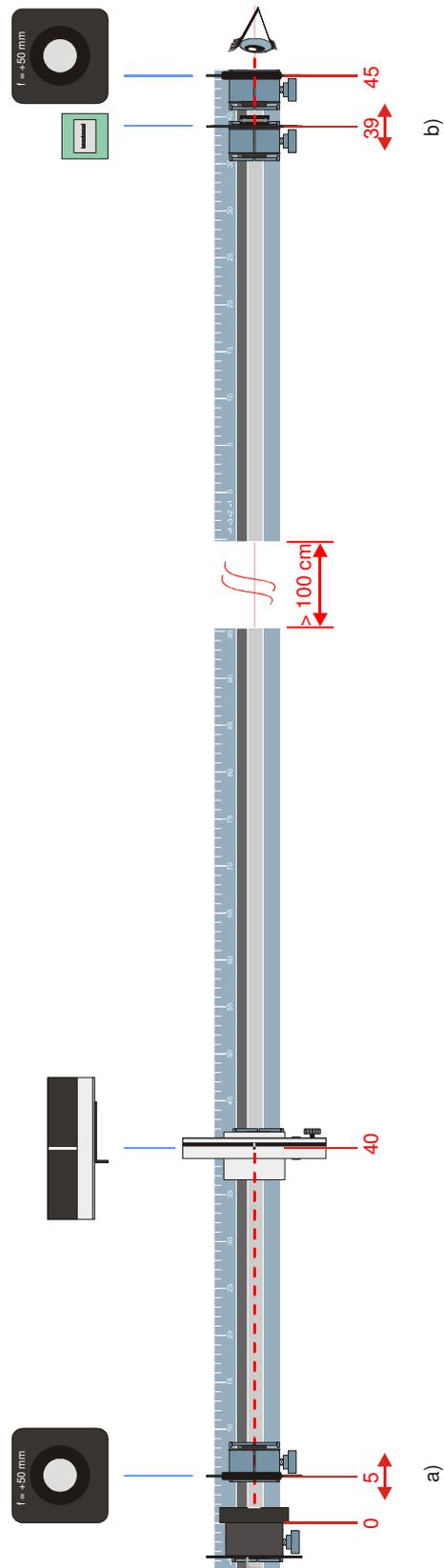


Fig. A6: Preparazione esperimento 10, visto dall'alto
a) Rappresentazione della spirale della lampada sullo specchio di Fresnel
b) Regolazione della scala, 15 mm

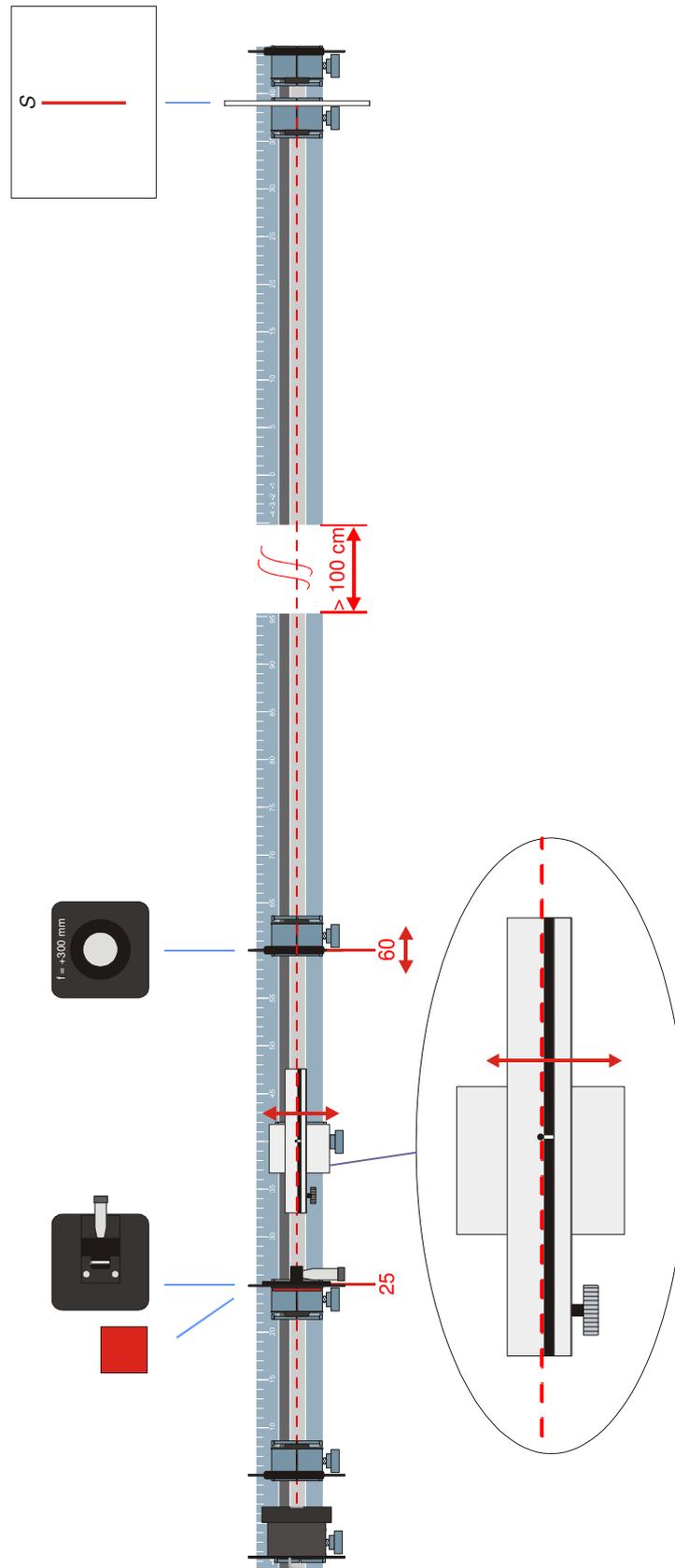


Fig. A7: Preparazione esperimento 10; visto dall'alto
Rappresentazione della fenditura regolabile come sorgente luminosa sullo schermo.

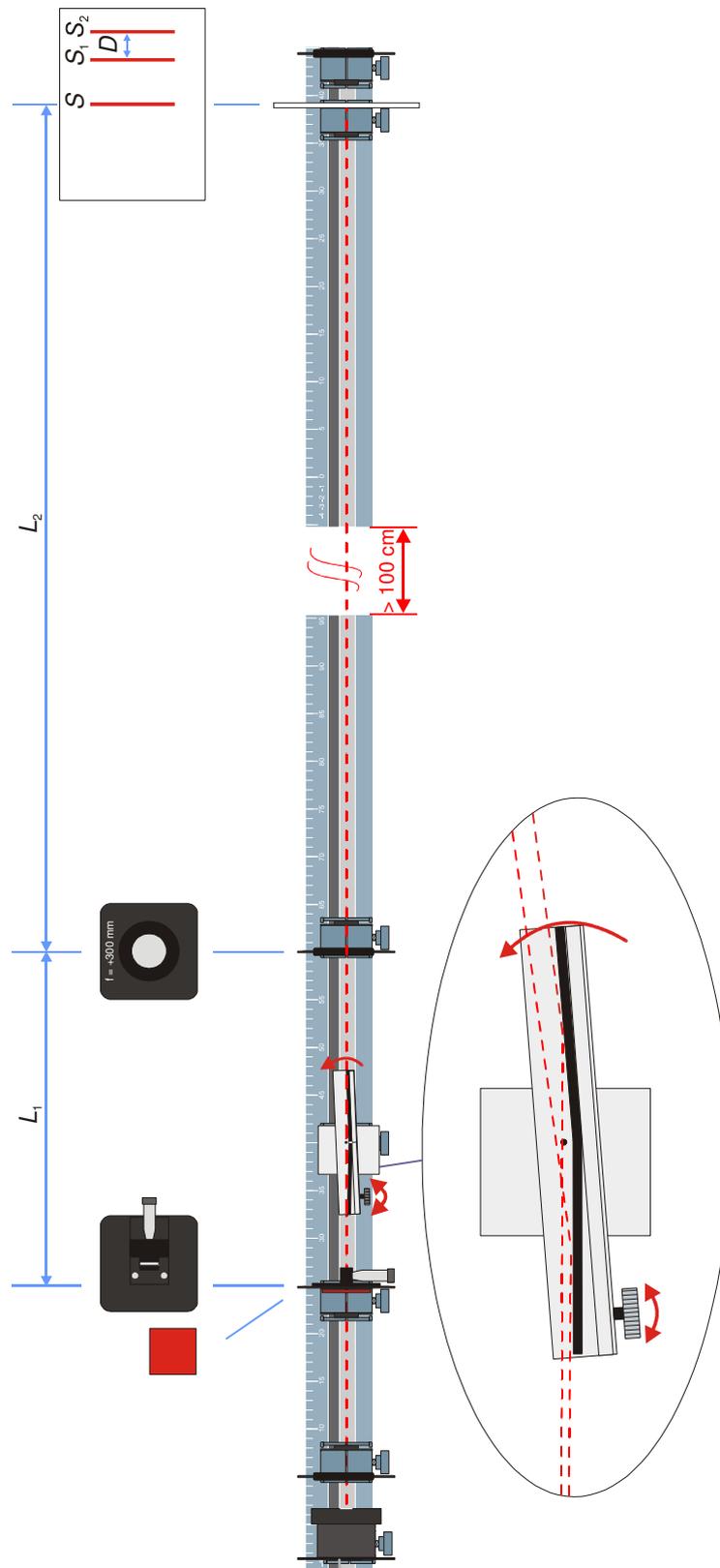


Fig. A8: Preparazione esperimento 10, visto dall'alto
Generazione e rappresentazione delle sorgenti luminose virtuali S_1 e S_2 sullo schermo.

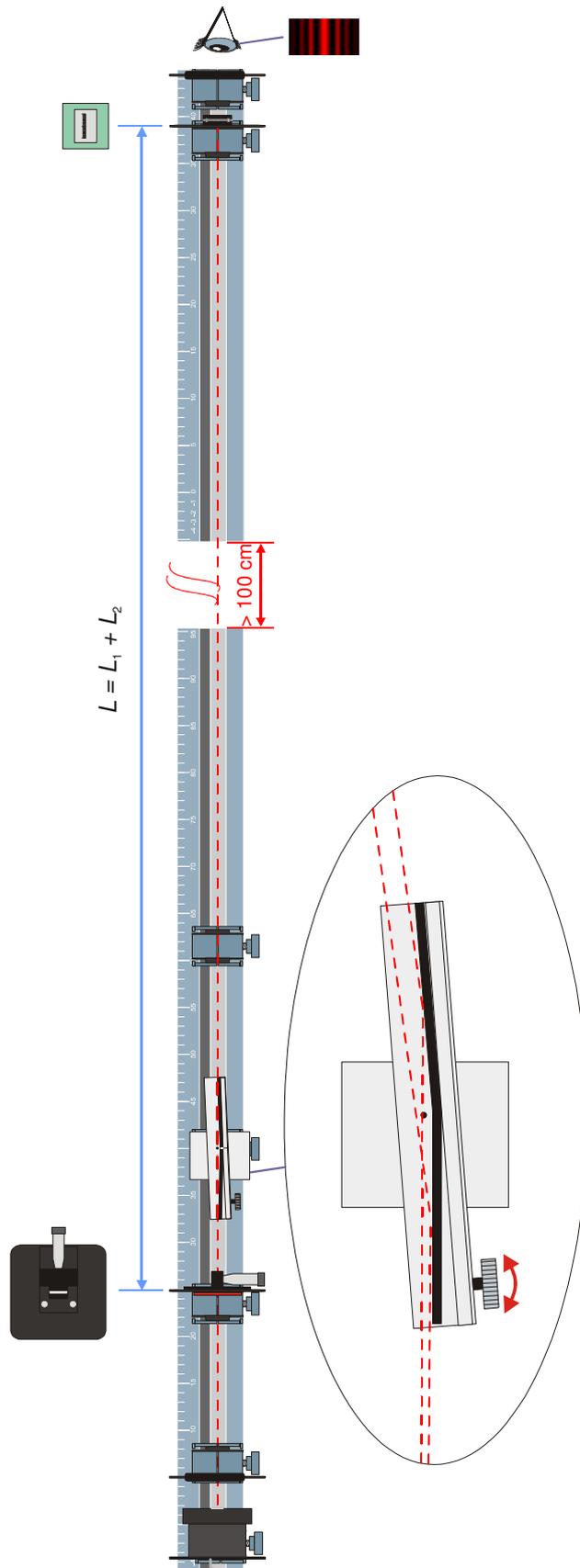


Fig. A9: Preparazione esperimento 10, visto dall'alto
Osservazione dell'interferenza.

CORSO DI FISICA – MODULO DI LABORATORIO

IL PENDOLO SEMPLICE

NOME

DATA .. / .. /....

SCOPO:

- Determinare il periodo di oscillazione di un pendolo semplice
- Verificare sperimentalmente che per piccole oscillazioni la durata del periodo di un pendolo non dipende dall'ampiezza delle oscillazioni
- Misurare l'accelerazione di gravità g

RICHIAMI TEORICI:

Un pendolo è un qualsiasi oggetto in grado di oscillare intorno ad un punto di sospensione fisso. L'intervallo di tempo impiegato per compiere un'intera oscillazione è detto periodo τ : esso dipende dalla lunghezza del filo di sospensione e dall'ampiezza dell'oscillazione, ma per piccole oscillazioni quest'ultima dipendenza è trascurabile.

Il periodo di oscillazione τ per piccoli angoli vale:

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{l_0}{g}}$$

che mostra come il periodo dipenda solo dalla lunghezza del pendolo l_0 e dall'accelerazione di gravità g.

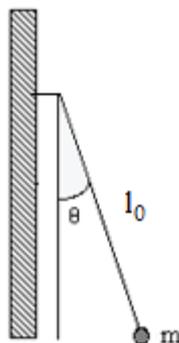
MATERIALE E STRUMENTI:

- Asta con supporto e punto di sospensione
- Filo inestensibile di lunghezza $l_0 \cong 100$ cm
- Asta rigida di lunghezza $l_0 \cong 100$ cm
- Massa

STRUMENTI	SENSIBILITÀ
Metro	1 mm
Cronometro	0,01 s
Contatore digitale	1 ms

ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

- Fissare accuratamente l'asta alla sua base e il punto di sospensione all'asta.
- Misurare accuratamente la lunghezza l_0 del pendolo e l'angolo θ .
- Legare il filo al punto di sospensione e alla massa con nodi tali da non introdurre torsioni del filo e/o scorrimenti sul punto di sospensione.
- Misurare il periodo di oscillazione τ con il cronometro e successivamente con il contatore digitale.
- Ripetere l'esperienza sostituendo il filo con l'asta rigida.
- Verificare il valore dell'accelerazione di gravità g in dipendenza dal periodo.



RACCOLTA DATI:

$l_0 = \dots$

Ora registra i dati nella tabella. Ricorda che la misura effettuata sarà affetta da un'incertezza dovuta ad errori casuali che dovrà essere confrontata con l'incertezza dovuta alla risoluzione. Attenzione particolare sarà da porre nell'analisi del contributo di errori di natura sistematica.

- Colonna 1: contiene il numero N delle misurazioni del periodo τ .
- Colonna 2: contiene il valore delle misurazioni del periodo τ .
- Colonna 3: contiene il valore g dell'accelerazione di gravità.

N	τ (s)	g (m/s ²)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
...		

$\tau_{\text{medio}} = \dots$

$g_{\text{medio}} = \dots$

$\sigma = \dots$