8.4 Looking through a microscope

8_enPages_for_TamilBook.indd 53 02/08/22 11:26 PM

8.4

நுண்ணோக்கியின் வழியாக உற்றுநோக்குதல்

8.4. Looking through a microscope

Overview

Most science teachers would have used a microscope to observe a variety of biological specimens. However, while teaching students to use a microscope, we become aware of many difficulties that students face, for example, while adjusting the light, preparing the slide, focusing, etc. This unit is designed to address some of these difficulties and to help students learn to use a microscope better, using simple samples from their surroundings.

Unit-specific objectives

In addition to the broader objectives discussed in the General Introduction, this Learning Unit is designed to enable students to learn/do the following:

- To handle a microscope and to take care of it
- To understand the parts of a microscope and their functions
- To calculate the total magnification of a microscope

Also, by using the microscope first-hand, students are expected

- To note that the image formed under the microscope is inverted,
- To observe the minute details of specimens while drawing images observed under the microscope.

Minimum time required

Two and half hours, or two sessions of 80 minutes each

Type of Learning Unit

Laboratory

8_enPages_for_TamilBook.indd 54 02/08/22 11:26 PM

8.4 நுண்ணோக்கியின் வழியாக உற்றுநோக்குதல்

சுருக்கம்

பெரும்பாலான அறிவியல் ஆசிரியர்கள், பல்வேறு உயிரியல் மாதிரிப்பொருள்களை உற்றுநோக்க நுண்ணோக்கியை பயன்படுத்தியிருப்பார்கள். எனினும், நுண்ணோக்கியை பயன்படுத்த கற்றுக்கொடுக்கும்போது மாணவர்கள் எதிர்கொள்ளும் பல சவால்களை நாம் உணர்ந்திடுவோம். ஒளியை சீர்படுத்துதல், சோதனை தகட்டை தயார்ச்செய்தல், குவியப்படுத்துதல், போன்றவை. இச்சவால்கள் சிலவற்றை கையாளும் விதமாகவும், சுற்றுப்புறத்தில் கிடைக்கும் எளிய மாதிரிகளைப் பயன்படுத்தி, மேலும் சிறப்பாக நுண்ணோக்கியை பயன்படுத்த மாணவர்கள் கற்றுக்கொள்வதற்கு உதவியாகவும் இக்கற்றல் பிரிவு வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது.

பாடப்பிரிவு சார்ந்த இலக்குகள்

அறிமுகத்தில் கலந்துரையாடப்பட்ட பொதுப்படையான இலக்குகளுக்கு கூடுதலாக, பின்வரும் கருத்துகளையும் மாணவர்கள் கற்றுக்கொள்வதற்கு தகுந்தவாறு இந்தக் கற்றல் பிரிவு வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது.

- ஒரு நுண்ணோக்கியை கையாளுதல் மற்றும் அதனை பாதுகாப்பாக வைத்துக்கொள்ளுதல்,
- ஒரு நுண்ணோக்கியின் பாகங்களையும் அவற்றின் செயல்பாடுகளையும் புரிந்துகொள்ளுதல்,
- ஒரு நுண்ணோக்கியின் மொத்த உருப்பெருக்கத்தை கணக்கிடுதல்.

மேலும், நுண்ணோக்கியுடன் பெறும் நேரடியான அனுபவத்தின் மூலம் மாணவர்களிடம் எதிர்பார்க்கப்படுபவை:

- நுண்ணோக்கியின் கீழ் காணப்படும் உருவம் தலைகீழாக இருப்பதை கவனித்தல்.
- நுண்ணோக்கியின் கீழ் உற்றுநோக்கிய உருவங்களை வரைந்திடும்போது, மாதிரிப்பொருள்களின் நுணுக்கமான விவரங்களை கூர்ந்து கவனித்தல்.

குறைந்தபட்ச நேரம்:

இரண்டரை மணி நேரம், அல்லது 80 நிமிடங்களைக் கொண்ட இரண்டு அமர்வுகள்.

கற்றல் பிரிவின் வகை:

ஆய்வகம் சார்ந்தது.

Links to curriculum

NCERT science textbooks from Class 7 to 10 include topics relevant to the use and understanding of microscopes. The reference chapters are listed below.

Class 7	Class 8	Class 9	Class 10
Chapter 1: Nutrition in plants	**Chapter 2:** Microorganisms: Friends & foe	**Chapter 7:** Diversity in living organisms	**Chapter 6:** Life processes
Chapter 12: Reproduction in plants	**Chapter 8:** Cell: Structure and function	**Chapter 9:** Tissue	**Chapter 8:** How do organisms reproduce
Chapter 15: Light	**Chapter 16:** Light		

Table T1

Introduction

Our eyes enable us to see the things in our surroundings. But, there are limitations to our vision. For example, we cannot see the things that are too far and too near. Also, we are unable to see things which are too small or too close to each other such as microorganisms. To see such small things, people use a lens or a combination of lenses. A magnifying glass (a hand lens) is a single convex lens that enlarges the image of an object. A microscope is an assembly or an arrangement of two or more lenses that enlarges the image even more.

Form groups of two or three with your classmates, and do the following tasks.

Before introducing the microscope to the students, use a magnifying glass to demonstrate how it shows an enlarged image of a small object.

Task 1: Let us try this...

You may have used a magnifying lens to view small objects. A magnifying lens helps to make small objects look bigger.

Materials

Two magnifying lenses per group

8_enPages_for_TamilBook.indd 55 02/08/22 11:26 PM

பாடத்திட்டத்துடன் உள்ள தொடர்புகள்

நுண்ணோக்கியை புரிந்துகொள்ளுதல் மற்றும் அதன் பயன்பாட்டிற்கு தொடர்புடைய தலைப்புகளை உள்ளடக்கிய 7 முதல் 10ம் வகுப்பு வரையிலான NCERT அறிவியல் பாடப்புத்தகங்கள். இப்பிரிவுகள் கீழே பட்டியலிடப்பட்டிருக்கின்றன.

7ம் வகுப்பு	8ம் வகுப்பு	9ம் வகுப்பு	10ம் வகுப்பு
தலைப்பு 1: Nutrition in plants	**தலைப்பு 2:** Microorganisms: Friends & foe	**தலைப்பு 7:** Diversity in living organisms	**Chapter 6:** Life processes
தலைப்பு 12: Reproduction in plants	**தலைப்பு 8:** Cell: Structure and function	**தலைப்பு 17:** Tissue	**Chapter 8:** How do organisms reproduce
தலைப்பு 15: Light	**தலைப்பு 16:** Light		

அட்டவணை T1

அறிமுகம்

சுற்றுப்புறத்திலுள்ள பொருள்களை பார்ப்பதற்கு நம்முடைய கண்கள் உதவுகின்றன. ஆனால், நமது பார்வைக்கென சில வரம்புகள் உள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, மிகஅருகிலும் மிகத்தூரத்திலும் இருக்கும் பொருள்களை நம்மால் பார்க்கமுடியாது. மேலும், மிகச்சிறிதான அல்லது மிக நெருக்கமாக இருக்கும் நுண்ணுயிரிகள் போன்ற பொருள்களையும் பார்க்கமுடியாது. இது போன்ற சிறு பொருள்களைப் பார்ப்பதற்கு, லென்ஸ் அல்லது லென்ஸ்களின் கூட்டமைவு பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஓர் உருப்பெருக்கி லென்ஸ் (கைப்பிடி லென்ஸ்) என்பது ஒரு பொருளின் பிம்பத்தைப் பெரிதாக்கி காண்பிக்கும் ஒற்றைக் குவிலென்ஸாகும். நுண்ணோக்கியென்பது இரண்டு அல்லது அதற்கு மேலான லென்ஸ்களின் கூட்டமைவு. இது பிம்பத்தை மேலும் பெரிதாக்கும்.

இரண்டு அல்லது மூன்று மாணவர்களைக் கொண்ட குழுக்களை உருவாக்கி, பின்வரும் செயல்களை நடத்திடுங்கள்.

மாணவர்களுக்கு நுண்ணோக்கியை அறிமுகம் செய்யும் முன்னர், ஓர் உருப்பெருக்கி எவ்வாறு சிறு பொருள் ஒன்றை பெரிதான பிம்பமாக்குகிறது என்பதை செய்துகாட்டுங்கள்.

செயல் 1: உற்றுநோக்கலாம் வாருங்கள்

சிறு பொருள்களை பார்ப்பதற்கு நீங்கள் உருப்பெருக்கி லென்ஸை பயன்படுத்தியிருக்கலாம். இப்பொருள்களை பெரிதாக பார்க்க ஓர் உருப்பெருக்கி லென்ஸ் உதவும்.

பொருள்கள்

ஒவ்வொரு குழுவுக்கும் இரண்டு உருப்பெருக்கி லென்ஸ்கள்

Take a magnifying lens and observe the following text.

This is how a single lens magnifies.

Let's see what happens when we use two lenses.

Take another magnifying lens. Keep the first lens above the following text at the same height from which you observed before. Hold a second magnifying lens above the first and move the second lens in such a way that you can read the following words.

Now remove one magnifying glass and observe.

An assembly of two magnifying lenses forms the basis of what is known as the microscope. In this unit, we will learn about different parts of a microscope and how to make the best use of these.

Task 2: Parts of a microscope

Materials

Compound microscope

With the help of figure 1, identify the different parts of your microscope.

The eyepiece typically magnifies the image of an object upto 10 times its original size.This is known as the magnification of this lens, and is indicated by the number '10X' written on its rim or the cylindrical part. Each lens of a microscope has its specific magnification.

Q1. What is the magnification of each objective lens of your microscope?

_ _

When we shift from a 10X objective lens to a lens of higher magnification, we are able to observe finer details of the specimen.

> Another number – 0.25 n.a. (numerical aperture) – is also written on the rim of the objective lens. A lens with a larger numerical aperture allows for finer details to be resolved than a lens with a smaller numerical aperture. This discussion is beyond the scope of Class 8 students.

8_enPages_for_TamilBook.indd 56 02/08/22 11:26 PM

ஓர் உருப்பெருக்கி லென்ஸை பயன்படுத்தி பின்வரும் சொற்களை உற்றுநோக்குங்கள்.

ஒற்றை லென்ஸ் இவ்வாறு தான் உருவத்தை பெரிதாக்கும்.

இரண்டு லென்ஸ்களை பயன்படுத்தும்போது என்னவாகும் என்பதைப் பார்க்கலாம்.

வேறொரு உருப்பெருக்கி லென்ஸை எடுத்துக்கொள்ளுங்கள். நீங்கள் இதற்கு முன் உற்றுநோக்கியது போலவே, பின்வரும் சொற்களுக்கு மேல் அதே உயரத்திலேயே முதல் உருப்பெருக்கி லென்ஸை வையுங்கள். பின்னர், இந்த லென்ஸின் மேல் இரண்டாவதொரு உருப்பெருக்கி லென்ஸை பிடித்துக்கொண்டு பின்வரும் சொற்களை வாசிக்க தோதாக இருக்கும்படி அதை நகர்த்திடுங்கள்.

இப்போது ஒரு லென்ஸை விலக்கிவிட்டு உற்றுநோக்குங்கள்.

ஒரு நுண்ணோக்கியென்பது இரண்டு உருப்பெருக்கி லென்ஸ்களின் கூட்டமைவை அடிப்படையாக கொண்டது. இந்தப் பிரிவில், நுண்ணோக்கியின் வெவ்வேறு பாகங்களை பற்றி கற்றுக் கொள்வதோடு அதை எவ்வாறு திறம்பட பயன்படுத்த வேண்டும் என்பதையும் அறிந்திடுவோம்.

செயல் 2: நுண்ணோக்கியின் பாகங்கள்

படம் 1-ன் உதவியோடு, உங்கள் நுண்ணோக்கியின் வெவ்வேறு பாகங்களை அடையாளம் காணுங்கள்.

பொதுவாக, ஒரு பொருளின் பிம்பத்தை, தன்னுடைய மெய்யான அளவிலிருந்து பத்து மடங்குகள் பெரிதாக கண்ணருகு லென்ஸ் உருப்பெருக்கும். இது ஒரு லென்ஸின் உருப்பெருக்க அளவு என்று சொல்லப்படுகிறது. நுண்ணோக்கியின் உருளையான பகுதியில் அல்லது விளிம்பில் '10X' என்ற குறியீட்டால் இது உணர்த்தப்படும். நுண்ணோக்கியின் ஒவ்வொரு லென்ஸுக்கும் குறிப்பிட்ட உருப்பெருக்க அளவு உள்ளது.

பொருள்கள்

கூட்டு நுண்ணோக்கி

கே.1. உங்களுடைய நுண்ணோக்கியின் ஒவ்வொரு பொருளருகு லென்ஸின் உருப்பெருக்கம் என்ன?

10X பொருளருகு லென்ஸைவிட அதிக உருப்பெருக்கத்தைக் கொண்ட ஒரு லென்ஸுக்கு நாம் மாறும் போது, மாதிரிப்பொருளின் நுண்ணிய விவரங்களை நாம் உற்றுநோக்க முடியும்.

இன்னொரு எண்ணும் - 0.25 n.a (numerical aperture - எண்ணளவுத் துளை) - பொருளருகு லென்ஸின் விளிம்பில் எழுதப்பட்டிருக்கும். சிறிய எண்ணளவுத் துளையைக் கொண்ட லென்ஸைக்காட்டிலும், பெரிய எண்ணளவுத் துளையைக் கொண்ட லென்ஸை வைத்து நுண்ணிய விவரங்களை பிரித்தறியலாம். இது குறித்த கலந்துரையாடல் 8-ம் வகுப்பு மாணவர்களின் புரிதலை கடந்ததாகும்.

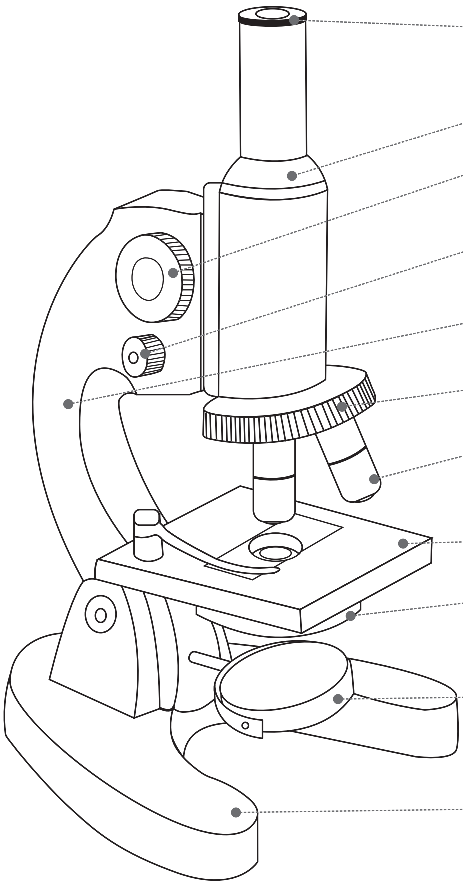
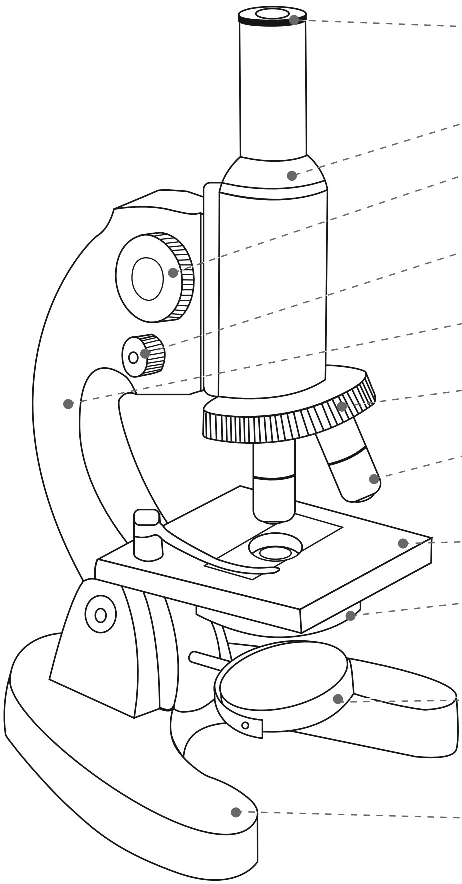


Figure 1 *Parts of a microscope*

8_enPages_for_TamilBook.indd 57 02/08/22 11:26 PM



படம் 1: *நுண்ணோக்கியின் பாகங்கள்*

Q2. When we use two lenses i.e. an eyepiece (10X) and an objective lens (10X), each lens enlarges the image by 10 times. Can you find out how large the final image looks, if the object is 0.1 mm long?

_ _

Q3. Rotate the mirror and examine the two mirror surfaces. What difference do you see between the two mirror surfaces?

_ _

What is magnification?

Magnification is a measure of the capacity of a lens or other optical instruments to make things appear larger than their actual size. It is the ratio of image size to object size.

Total magnification is the product of the magnifying power of the eyepiece lens and the magnifying power of the objective lens.

This number gives an idea about the total enlargement of the image of an object.

Total magnification of a microscope (M) can be calculated using the following formula:

Total magnification (M) = Objective magnification × eyepiece magnification

For example: The assembly of the eyepiece and the objective lens, each having a magnification of 10, will make the specimen look 100 times bigger than it is.

The microscope mirror is a set of two mirrors fixed back to back in a frame. One of them is a plane mirror and the other is a slightly curved (concave) one. The plane mirror works better for a distant source of light, such as sunlight. The concave mirror works better for a nearby light source, such as a tube-light in the room.

Rotate the circular disc (nosepiece) till the 10X objective lens is vertically below the body tube. When it is set in this position, you hear a 'click' sound.

Open the diaphragm completely with the help of the lever attached to it.

Orient the microscope towards the light source such that the mirror captures maximum light. Now, look through the eyepiece and rotate the mirror such that you achieve maximum illumination.

8_enPages_for_TamilBook.indd 58 02/08/22 11:26 PM

கே.2. இரண்டு லென்ஸ்களை நாம் பயன்படுத்தும்போது, எ.கா., ஒரு கண்ணருகு லென்ஸ் (10X) மற்றும் ஒரு பொருளருகு லென்ஸ் (10X), இரண்டுமே 10 மடங்குகள் பிம்பத்தை பெரிதாக்கும். பொருளின் நீளம் 0.1 மிமீ என்றால், இறுதி பிம்பம் எவ்வளவு பெரிதாக இருக்கும் என்பதைக் கண்டுபிடியுங்கள்.

_ _

கே.3. ஆடியைச் சுழற்றி அதன் இரண்டு மேற்பரப்புகளையும் ஆராயுங்கள். இவ்விரண்டு மேற்பரப்புகளுக்கு இடையே என்ன வேறுபாட்டைக் கவனித்தீர்கள்?

_ _

உருப்பெருக்கம் என்றால் என்ன?

லென்ஸ் அல்லது இதர ஒளியியல் கருவிகள், பொருள்களை அவற்றின் மெய்யான அளவைவிட பெரிதாக காட்சிப்படுத்தும் திறனின் அளவீட்டை உருப்பெருக்கம் என்றழைக்கிறோம். இது, பிம்ப அளவுக்கும் பொருளின் அளவுக்கும் இடையே உள்ள விகிதமாகும்.

கண்ணருகு லென்ஸின் உருப்பெருக்கத் திறன் மற்றும் பொருளருகு லென்ஸின் உருப்பெருக்கத் திறனின் பெருக்கல் மதிப்பை முழு உருப்பெருக்கம் என்றழைக்கிறோம்.

இந்த எண், பொருளின் பிம்பம் எவ்வளவு பெரிதாக இருக்கும் என்பது குறித்த அனுமானத்தை தரும்.

ஒரு நுண்ணோக்கியின் (M) முழு உருப்பெருக்கத்தைப் பின்வரும் சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிடலாம்:

முழு உருப்பெருக்கம் (M) = பொருளருகு லென்ஸின் உருப்பெருக்கம் × கண்ணருகு லென்ஸின் உருப்பெருக்கம்

எடுத்துக்காட்டு: தனித்தனியே 10X உருப்பெருக்கத்தை கொண்ட கண்ணருகு லென்ஸ் மற்றும் பொருளருகு லென்ஸின் அமைவு உள்ளது என்று எடுத்துக்கொள்ளலாம். இதில், மாதிரிப்பொருள் அதன் மெய்யான அளவைவிட 100 மடங்கு பெரிதாக காட்சிப்படுத்தப்படும்.

ஒரே அமைப்பில் ஒன்றின்பின் ஒன்றாக பொருத்தப்பட்ட இரண்டு ஆடிகளின் தொகுப்புதான் நுண்ணோக்கியின் ஆடி. இதில் ஒன்று சமதள ஆடி, மற்றொன்று சற்று வளைந்த (குழி) ஆடி. சூரிய ஒளி போன்ற தூரமான ஒளிமூலங்களுக்கு சமதள ஆடி பொருத்தமாக இருக்கும். ட்யூப் லைட் போன்ற அருகிலுள்ள ஒளிமூலங்களுக்கோ குழியாடி பொருத்தமாக இருக்கும்.

தண்டு குழாய்க்கு செங்குத்தாக கீழே, 10X பொருளருகு லென்ஸ் வரும்வரையில் வட்டத் தட்டை திருப்புங்கள். இந்த இடத்தில் அது பொருத்தப்பட்டவுடன்... "கிளிக்" என்ற சத்தம் உங்களுக்குக் கேட்கும்.

ஒடுக்கியுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ள நெம்புகோலைப் பயன்படுத்தி, ஒடுக்கியை முழுமையாக திறந்திடுங்கள்.

ஆடி அதிகப்படியான ஒளியை பெறும்விதத்தில், ஒளிமூலத்தின் திசையை நோக்கி நுண்ணோக்கியை வைத்திடுங்கள். இப்போது, அதிகபட்சமான ஒளியூட்டத்தை அடைய கண்ணருகு லென்ஸ் வழியாக பார்த்தவாறு ஆடியை திருப்புங்கள்.

Best practices while handling a microscope

i. Before observing the specimen, wipe the lenses, the mirror, and the stage of the microscope clean. For the stage and the mirror, use a tissue or a cloth. However, for lenses, use only a dry, soft paintbrush/muslin or silk cloth/lint-free paper tissue. Move the cloth or tissue in a gentle, circular swiping motion, rather than rubbing.

ii. Align the objective by holding the nosepiece and rotating it. The nosepiece should not be rotated by holding the objectives.

iii. While rotating the nosepiece, keep some distance between the stage and the objective. The objectives should not touch the stage.

iv. A microscope should always be kept covered when not in use.

Task 3: Did you ever wonder how things will appear under a microscope?

We have seen the lines drawn on paper using a pen or a pencil. How do these look? Smooth, coloured, and sometimes shiny? Let us imagine for a moment that we are as small as ants, and can walk over these lines. How will they appear to us then?

We cannot become as small as ants, but we can see the lines at that scale.

The teacher can prompt a discussion about whether a pen or pencil line can be observed through the microscope. Ask the students to predict how the lines will appear under the microscope.

Materials

For each group: 2 glass slides, 2 pieces of paper (approximately 2 cm × 2 cm), ball-point pen, pencil, transparent adhesive tape etc.

Procedure

i. On a piece of paper, draw two lines, one with a pencil, and another with a ball-point pen.

ii. Fix the paper on a slide with an adhesive tape or hold it between two slides. Put the slide/s on the microscope stage,

ஒரு நுண்ணோக்கியை கையாளும்போது கடைபிடிக்கவேண்டிய சிறந்த வழிமுறைகள்

i. மாதிரியை உற்றுநோக்கும் முன்பு, நுண்ணோக்கியின் மேடை, லென்ஸ்கள், மற்றும் ஆடிகளை சுத்தமாக துடைத்திடுங்கள். ஆடி மற்றும் மேடையைச் சுத்தம் செய்யும்போது, டிஷ்யூ அல்லது துணியைப் பயன்படுத்துங்கள். எனினும், லென்ஸ்களை பொறுத்தவரை மென்மையான, உலர் பெயிண்ட் பிரஷ்/மஸ்லின் அல்லது பட்டு துணி/இழைத் துண்டுகள் அற்ற பேப்பர் டிஷ்யூவை மட்டுமே பயன்படுத்துங்கள். அழுத்தித் தேய்க்காமல், நிதானமான, வட்ட சுழல் அசைவில் டிஷ்யூ அல்லது துணியை அதன்மேல் நகர்த்துங்கள்.

ii. முற்பகுதியை பிடித்து சுற்றுவதன் மூலம் பொருளருகு லென்ஸை ஒழுங்கு செய்யுங்கள். லென்ஸ்களைப் பிடித்தவாறு முற்பகுதியைச் சுற்றக் கூடாது.

iii. முற்பகுதியைச் சுற்றும்போது, மேடைக்கும் பொருளருகு லென்ஸுக்கும் இடையே சிறிதளவு தொலைவு இருப்பதை உறுதிசெய்யுங்கள். பொருளருகு லென்ஸ்கள் மேடையைத் தொடக்கூடாது.

iv. உபயோகத்தில் இல்லாதபோது, நுண்ணோக்கி மூடிவைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

செயல் 3: நுண்ணோக்கியின் வழியே பொருள்கள் எவ்வாறு காட்சியளிக்கும் என்று கற்பனைச் செய்து பார்த்திருக்கிறீர்களா?

காகிதத்தில் பென் அல்லது பென்சிலால் வரையப்பட்ட கோடுகளை நாம் பார்த்துள்ளோம். அவை எவ்வாறு காட்சியளித்தன? மென்மையாக, வண்ணத்துடன், மற்றும் சில சமயங்களில் மினுமினுத்ததா? தற்காலிகமாக, சிறு எறும்புகளாக நம்மைக் கற்பனைச் செய்து கொள்ளலாம். இந்தக் கோடுகளை தாண்டி நம்மால் இப்போது நடக்க முடியும். இவ்வாறான சூழலில் இக்கோடுகள் நமக்கு எவ்வாறு காட்சியளிக்கும்?

சிறு எறும்புகளாக நாம் மாறுவது சாத்தியமில்லையென்றாலும், எறும்பின் அளவிலுள்ள கோடுகளை நம்மால் பார்க்கமுடியும்.

பென் அல்லது பென்சிலால் வரையப்பட்ட கோட்டை நுண்ணோக்கியின் மூலம் உற்றுநோக்க முடியுமா என்பதைக் குறித்த கலந்துரையாடலை ஆசிரியர் நிகழ்த்தலாம். நுண்ணோக்கியின் வழியே கோடுகள் எவ்வாறு காட்சியளிக்கும் என்பதை ஊகிக்கும்படி மாணவர்களிடம் கூறுங்கள்.

பொருள்கள்

ஒவ்வொரு குழுவுக்கும்:
2 கண்ணாடி சோதனைதகடுகள்,
2 காகிதத் தாள்கள் (தோராயமாக 2 செ.மீ × 2 செ.மீ), பென், பென்சில், ஒளிபுகும் பசை நாடா (transparent adhesive tape) போன்றவை...

செய்முறை

i. ஒரு துண்டு காகிதத்தில், இரண்டு கோடுகளை வரைந்திடுங்கள். ஒரு கோட்டை பென்சிலாலும், இன்னொரு கோட்டை பால்-பாய்ண்ட் பென்னாலும் வரையுங்கள்.

ii. பசை நாடாவை பயன்படுத்தி சோதனை தகட்டில் இந்தக் காகிதத்தை ஒட்டுங்கள் அல்லது இரண்டு சோதனை தகடுகளுக்கு இடையே வையுங்கள். பொருளருகு லென்ஸ்க்குக் கீழே பென்சில் கோடு இருக்குமாறு (மேடை கிளிப்புகள் இருந்தெனவென்றால்

keeping the pencil line below the objective lens (use the stage clips, if available).

iii. Bring the objective lens (10X) very close to the slide with the help of the coarse focus knob. The objective lens should not touch the slide.

iv. Bring your head at the level of the stage and check if the pencil line to be seen is vertically below the tip of the lens. If not, then bring it below the lens by moving the slide. Now do the same by looking horizontally along the other perpendicular direction (See Figure 2).

v. We will observe the lines in the reflected light, hence close the diaphragm below the stage. Look through the eyepiece and move the objective lens in the upward direction using the coarse focus knob until you can see an image of the line. If the light is not sufficient, shine some light on the upper surface of the paper, using a torch.

vi. Once the pencil line is visible and close to focus, rotate the fine focus knob to sharpen the image.

vii. Use the same procedure to observe the ball-point pen line.

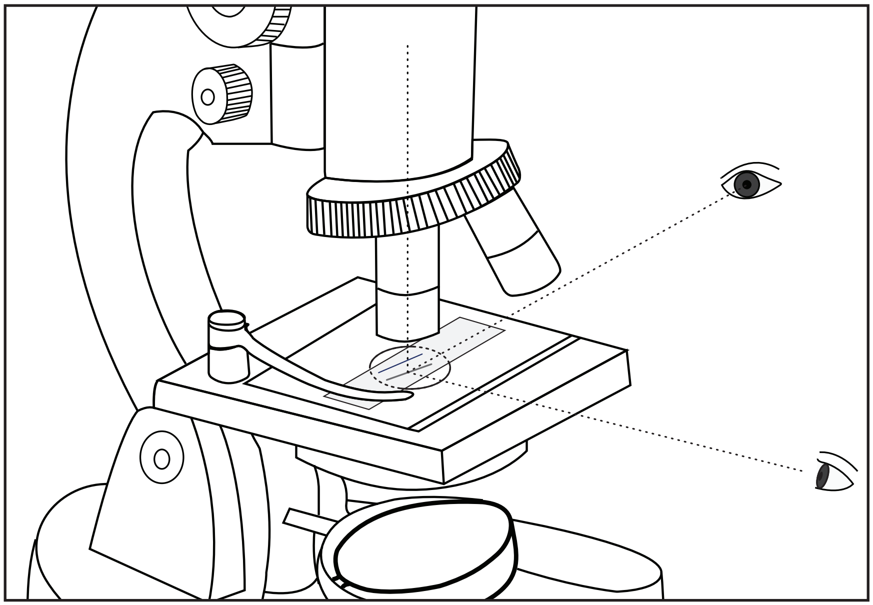


Figure 2 *Positioning the specimen under the lens*

அவற்றைப் பயன்படுத்துங்கள்) நுண்ணோக்கியின் மேடையில் சோதனை தகடுகளை வைத்திடுங்கள்.

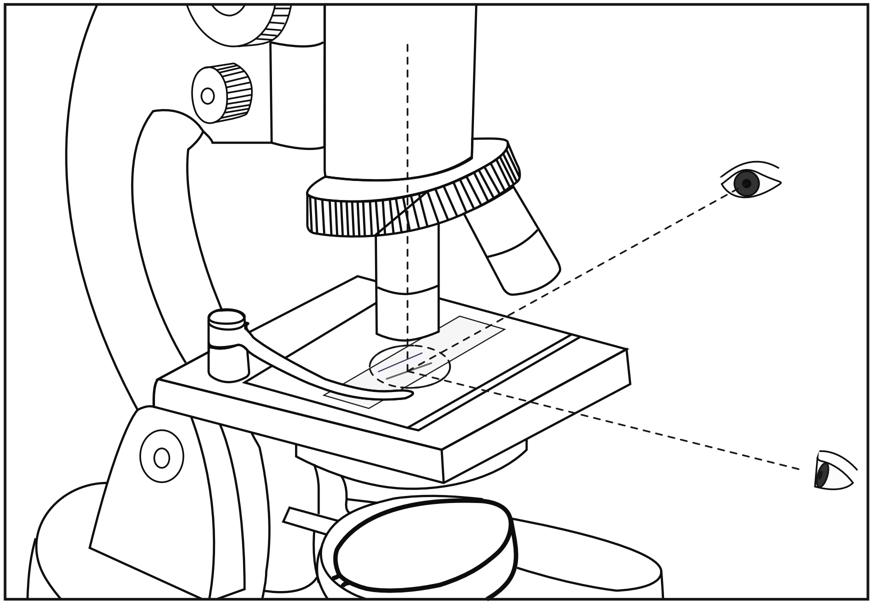
iii. தோராய சீராக்கியை பயன்படுத்தி, சோதனைதகட்டுக்கு மிக அருகில் பொருளருகு லென்ஸை (10X) கொண்டு வாருங்கள்.

iv. உங்களின் தலையை மேடையின் மட்டத்துக்கு கொண்டு வந்து, நாம் பார்க்கப்போகும் பென்சில் கோடு லென்ஸின் முனைக்கு செங்குத்தாக கீழே உள்ளதா என்பதைச் சரிபாருங்கள். இல்லையென்றால், அது பொருளருகு லென்ஸுக்கு கீழே வரும்படியாக சோதனை தகட்டை நகர்த்துங்கள். இப்போது, இன்னொரு செங்குத்து திசையிலிருந்து கிடைமட்டம் வழியே பார்த்தவாறு இதை திரும்பவும் செய்யுங்கள் (படம் 2-ஐ பாருங்கள்).

v. எதிரொளிக்கும் ஒளியில்தான் நாம் கோடுகளை உற்றுநோக்குவோம், ஆதலால் மேடையின் கீழுள்ள ஒடுக்கியை மூடிவிடுங்கள். கோட்டின் பிம்பத்தை நீங்கள் பார்க்கும் வரை, கண்ணருகு லென்ஸ் வழியே பார்த்தவாறு தோராயசீராக்கியை பயன்படுத்தி பொருளருகு லென்ஸை மேல் திசையில் நகர்த்துங்கள். ஒளி போதவில்லையென்றால், ஒரு டார்ச்சை பயன்படுத்தி காகித்தின் மேற்பரப்பில் கொஞ்சம் ஒளியை செலுத்துங்கள்.

vi. பென்சில் கோடு குவியப்படுத்தப்பட்டு தெரியும்போது, பிம்பத்தை தெளிவுபடுத்த நுண்சீராக்கியை பயன்படுத்துங்கள்.

vii. பால்-பாய்ண்ட் பென்னால் வரையப்பட்ட கோட்டை உற்றுநோக்கவும் இதே செய்முறையைப் பயன்படுத்துங்கள்.



படம் 2: *லென்ஸின் கீழ் இடம் பார்த்து மாதிரியை வைத்தல்*

What does it mean 'to focus'?

Focusing means moving the objective lens closer to or further away from the specimen to form a sharp image.

Q1. How do the pencil-line and the pen-line appear under the microscope? Describe your observations in your own words. Would you also like to sketch it?

_ _

_ _

_ _

If the students appear confused about how to describe their observations, ask for similarities and differences between the pen-line and the pencil-line, and the probable reasons for the differences.

The manner in which the ink spreads when a line is drawn with a pen depends on the texture of the paper. The ink being liquid, the paper is uniformly coloured and darker at the cross-fibres of the paper. The pencil lead is made of graphite and clay binders, and it appears as scattered marks on the paper. If you shine the torch light from above, the graphite reflects the light and appears shiny.

Q2. For each objective lens, there is an approximate lens-to-object/specimen distance around which it gives the best/ sharpest image. Let us try to estimate this distance while the object (line/s) is in focus.

It may not be possible to measure the distance between the slide and the objective lens using a scale. Think of other ways in which you could estimate this.

The size of objective lens cavities is so designed that the distance between body tube and stage remains approximately same for all the lenses.

However, the distance between object and objective is smaller for the objectives of higher magnification. To ensure this, the students can come up with techniques of using thread or paper to measure the distance between the slide and the objective lens.

8_enPages_for_TamilBook.indd 61 02/08/22 11:26 PM

'குவியப்படுத்துவது' என்றால் என்ன?

தெளிவான ஒரு பிம்பத்தை காணும் பொருட்டு, பொருளருகு லென்ஸை மாதிரிப்பொருளுக்கு நெருக்கமாக அல்லது தூரமாக நகர்த்துவதுதான் குவியப்படுத்துவது என்றழைக்கப்படுகிறது.

கே.1 பென்சில்-கோடும் பென்-கோடும் நுண்ணோக்கியின் கீழ் எவ்வாறு காட்சியளித்தன? சொந்த வார்த்தைகளில் நீங்கள் உற்றுநோக்கியவற்றை விளக்குங்கள். பார்த்ததை வரைய விருப்பப்பட்டால் வரையலாம்.

_ _

_ _

_ _

தாங்கள் உற்றுநோக்கியவற்றை எவ்வாறு விவரிக்கவேண்டும் என்பதில் மாணவர்கள் குழப்பமடைவதாகத் தெரிந்தால், பென்-கோட்டுக்கும் பென்சில்-கோட்டுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடுகளையும் அதை சாத்தியப்படுத்தும் காரணங்களையும் அவர்களிடம் கேளுங்கள்.

பேனாவை வைத்து ஒரு கோட்டை வரையும்போது காகிதத்தின் அமைப்பு நயத்தை பொருத்துதான், மை பரவும் பாணி இருக்கும். மை ஒரு திரவம் என்பதால், காகிதத்தின் குறுக்கு-இழைகளில் அது அதிக கருமையாகவும் ஒரே சீரான நிறத்திலும் இருக்கும். பென்சிலின் கரி (pencil lead) கிராபைட் மற்றும் களிமண் சேர்த்து செய்யப்பட்டது. இது காகிதத்தில் சிதறல்களாக தென்படும். மேலிருந்து டார்ச் ஒளியை அதன் மேல் செலுத்தினால், அவ்வொளியை கிராபைட் எதிரொளித்து பளிச்சென காட்சியளிக்கும்.

கே.2 ஒவ்வொரு பொருளருகு லென்ஸுக்கும், சிறந்த/கூர்மையான பிம்பத்தைக் கொடுக்ககூடிய தோராயமான ஒரு லென்ஸ்-மாதிரிப்பொருள் தொலைவு உள்ளது. பொருள் குவியப்படுத்தப்பட்டுள்ளபோது இந்தத் தொலைவு என்னவாக இருக்கும் என்பதை மதிப்பீடு செய்ய முயலுவோம்.

சோதனைதகட்டுக்கும் பொருளருகு லென்ஸுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவை ஓர் அளவுகோலைப் பயன்படுத்தி அளவீடு செய்யமுடியாமல் போகலாம். இதை செய்ய பிற வழிமுறைகளை சிந்தியுங்கள்.

தண்டு குழாய்க்கும் மேடைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு அனைத்து லென்ஸ்களுக்கும் ஏறத்தாழ சமமாக இருக்குமாறு பொருளருகு லென்ஸ் குழாய்களின் (tube cavity) அளவு வடிவமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

எனினும், அதிகபடியான உருப்பெருக்கத்தைக் கொண்ட பொருளருகு லென்ஸ்களில், மாதிரிப்பொருளுக்கும் அந்த லென்ஸுக்குமான தொலைவு குறைவாக இருக்கும். இதை உறுதிசெய்ய, சோதனைதகட்டுக்கும் பொருளருகு லென்ஸுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவை அளவிட காகிதத்தையோ நூலையோ பயன்படுத்தும் வழிமுறைகளை மாணவர்கள் யோசிக்கலாம்.

Using these methods, estimate the distance between the objective and the slide.

	Pencil-line	Pen-line
Distance between the slide and the tip of the objective lens	________cm/	________cm/
	________mm	________mm

Table 1 *Distance between the slide and the objective lens*

Task 4: Looking at the letters ‘s’ and ‘e’!

In this task, we will look at printed letters in a newspaper under the microscope. This activity requires newspaper cuttings. Keep these ready at the beginning of the task.

Cut a small piece of printed newspaper that has the letters ‘s’ and ‘e’.

Stick this newspaper piece on a slide as done in the previous task, and observe it under the 10X objective lens.

The back of the newspaper cutting should not have a dark or coloured background because it can interfere with the observations. Make sure that the students observe the letters carefully. When students observe the letter ‘s’ under the microscope, the image formed will be inverted but appear straight due to symmetry in the letter. In case of the letter ‘e’, they will see an inverted image. The image formed under the microscope is always a virtual and inverted image.

Materials

(For each group) 2 glass slides, a newspaper cutting that has letters ‘e’ and ‘s’, transparent adhesive tape. The letters need to be in small (regular) font, not from headlines that are printed in large and bold.

8_enPages_for_TamilBook.indd 62 02/08/22 11:26 PM

இந்த வழிமுறைகளை பயன்படுத்தி, பொருளருகு லென்ஸுக்கும் சோதனைதகட்டுக்கும் இடையேயான தொலைவை மதிப்பீடு செய்யுங்கள்.

	பென்சில் - கோடு	பென் - கோடு
பொருளருகு லென்ஸின் முனைக்கும் சோதனைதகட்டுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு	__________(செமீ)/	__________(செமீ)/
	__________(மிமீ)	__________(மிமீ)

அட்டவணை 1: *சோதனைதகட்டுக்கும் பொருளருகு லென்ஸுக்கும் இடையேயான தொலைவு*

செயல் 4: எழுத்துக்கள் 's' மற்றும் 'e'-ஐ பார்க்கலாம்!

இந்தச் செயலில், அச்சிடப்பட்ட எழுத்துக்களை நுண்ணோக்கியின் கீழ் பார்க்க போகிறோம். செய்தித்தாள் துண்டுகள் இந்தச் செயல்பாட்டுக்கு தேவைப்படும். செயலின் தொடக்கத்திலேயே இவற்றை தயாராக வைத்திருங்கள்.

எழுத்துக்கள் 's' மற்றும் 'e'-ஐ கொண்ட சிறு செய்தித்தாள் துண்டை வெட்டி எடுங்கள்.

முந்தையச் செயலில் செய்ததுபோல இந்தச் செய்தித்தாள் துண்டை சோதனைதகட்டில் ஒட்டுங்கள். பின்னர், அதை 10X பொருளருகு லென்ஸின் வழியே உற்றுநோக்குங்கள்.

வெட்டியெடுக்கப்பட்ட செய்தித்தாள் துண்டின் பின்புறம் கருமையாக அல்லது வண்ணங்களைக் கொண்டதாக இருக்கக்கூடாது. ஏனென்றால், உற்றுநோக்கும் போது அவை இடைஞ்சலாக இருக்கலாம். மாணவர்கள் எழுத்துக்களை கவனமாக உற்றுநோக்குவதை உறுதிசெய்யுங்கள். நுண்ணோக்கியின் வழியே எழுத்து 's'-ஐ மாணவர்கள் உற்றுநோக்கும்போது பிம்பம் தலைகீழாக இருந்தாலும், அதன் சமச்சீர் தன்மையால் நேராக காட்சியளிக்கும். 'e' என்ற எழுத்தைப் பொறுத்த வரை, அவர்கள் தலைகீழான பிம்பத்தை பார்ப்பார்கள். நுண்ணோக்கியின் கீழ் உருவாகும் பிம்பம் எப்போதுமே மெய்நிகர் மற்றும் தலைகீழ் பிம்பமாக இருக்கும்.

பொருள்கள்

ஒவ்வொரு குழுவுக்கும்:
2 கண்ணாடி சோதனைதகடுகள், 'e' மற்றும் 's' என்ற எழுத்துகளைக் கொண்ட செய்தித்தாள் துண்டுகள், ஒளிபுகும் பசை நாடா.
எழுத்துருக்கள் சிறிதாக (சிறிய அளவில்) இருக்க வேண்டும். தலைப்பு செய்திகளில் உள்ளது போல பெரிதாகவும் தடித்ததாகவும் இருக்கக் கூடாது.

Draw the observed images in the following circles.

(Note: The circle is the field of view that you see through the microscope. Compare the size of the image that you saw to the size of the field of view, and try to draw it just as you observed under the microscope.)

Magnification______X

Magnification______X

Q1. Do the letters 's' and 'e' appear different in any way from the way they appear without the microscope (besides appearing bigger)?

8_enPages_for_TamilBook.indd 63 02/08/22 11:26 PM

உற்றுநோக்கிய பிம்பங்களை பின்வரும் வட்டங்களுக்குள் வரைந்திடுங்கள்.

(குறிப்பு: நுண்ணோக்கியின் மூலம் பார்க்கும்போது தெரியும் பார்வைக்களத்தை இந்த வட்டம் குறிக்கிறது. நீங்கள் பார்த்த பிம்பத்தின் அளவை பார்வைக் களத்தின் அளவுடன் ஒப்பிட்டு, நுண்ணோக்கியின் வழியே பார்த்தது போலவே வரைந்திட முயற்சி செய்யுங்கள்.)

உருப்பெருக்கம் ________X

உருப்பெருக்கம் ________X

கே.1 எழுத்துக்கள் 's' மற்றும் 'e' சாதாரணமாக காட்சியளிப்பதற்கும், நுண்ணோக்கியின் கீழ் காட்சியளிப்பதற்கும் வேறுபாடுகள் ஏதும் உள்ளனவா? (பார்ப்பதற்கு பெரிதாக தெரிவதை தவிர)

How does light travel inside a microscope?

This task helps students understand the concepts of magnification as well as inversion of image. However, at this stage (Class 8), the teacher need not explain this ray diagram to students. If some students are curious about why an inverted image is formed or why the magnification of the two lenses is multiplied, then the teacher may use this diagram and explain.

The light at the object/sample (shown as the arrow AB in the diagram) comes either from the mirror at the bottom of the microscope or will fall on the paper from above (background light or torch light). Some of this light is absorbed/ reflected by the object. The transmitted and reflected light from the object reaches the eyepiece and then our eyes, helping us see the image of the object.

The objective lens focuses light from the specimen to produce its larger, real and inverted image (intermediate image A'B'). This is the primary image.

The rays from the image then pass through the eyepiece lens, which further magnifies the primary image, and forms a focused final virtual and inverted image (A"B"), seen by the eye.

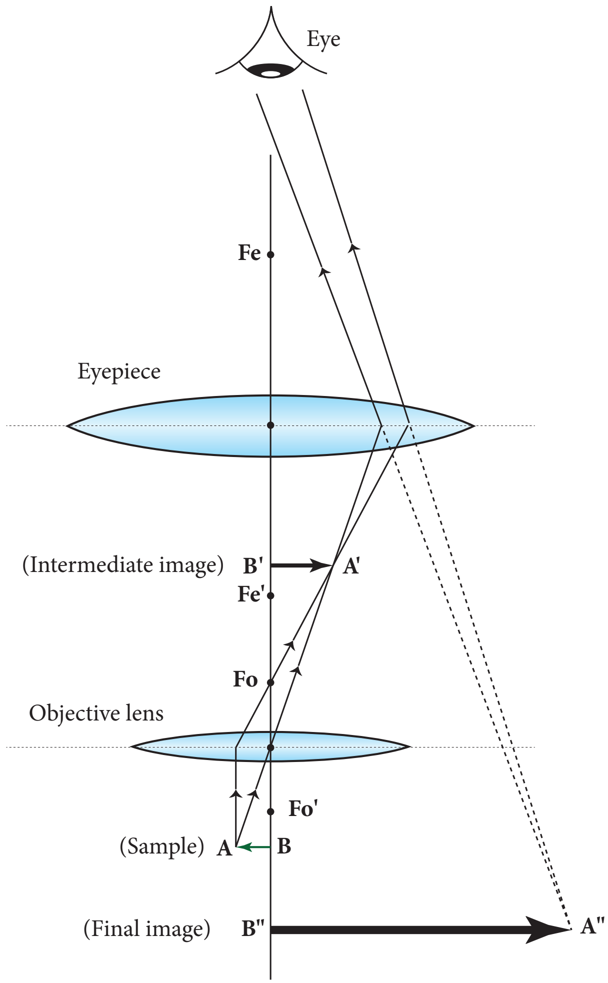


Figure 3 *Microscope ray diagram*

8_enPages_for_TamilBook.indd 64
02/08/22 11:26 PM

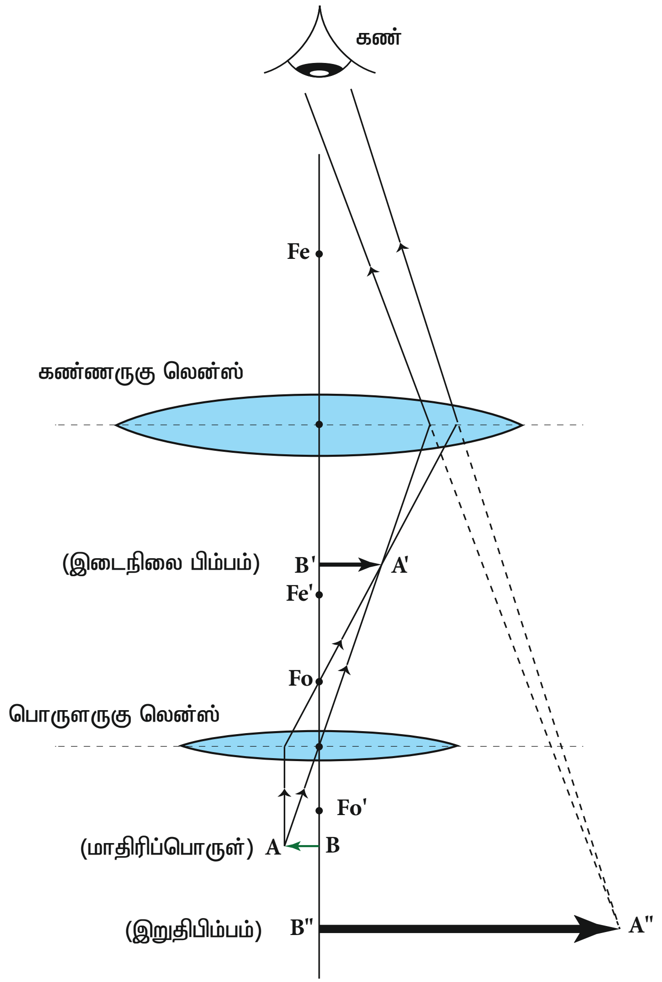
நுண்ணோக்கியின் உள்ளே ஒளி எவ்வாறு பயணிக்கிறது?

பிம்பம் தலைகீழாகுதல் மற்றும் உருப்பெருக்கம் ஆகிய கருத்துக்களை புரிந்துகொள்ள இந்தச் செயல் மாணவர்களுக்குப் பயனுள்ளதாக இருக்கும். எனினும், 8-ம் வகுப்பு படிக்கும் மாணவர்களுக்கு இந்த ஒளிகதிர் படத்தை ஆசிரியர் விளக்க வேண்டிய அவசியமில்லை. இரண்டு லென்ஸ்களின் உருப்பெருக்கம் ஏன் பெருக்கப்படுகிறது அல்லது தலைகீழான பிம்பம் ஏன் உருவாகிறது என்பனவற்றை சில மாணவர்கள் தெரிந்துகொள்ள ஆர்வம் காட்டினார்களென்றால் இந்தப் படத்தை பயன்படுத்தி ஆசிரியர் அவர்களுக்கு விளக்கலாம்.

மாதிரிப்பொருளில் (படத்தில் AB என்று குறிப்பிடப் பட்டுள்ளது) விழும் ஒளி, நுண்ணோக்கியின் அடிப்பகுதியில் உள்ள ஆடியிலிருந்து வருவதாகவோ மேலிருந்து காகிதத்தில் விழுவதாகவோ (பின்புற ஒளி அல்லது டார்ச் ஒளி) இருக்கலாம். இந்த ஒளியில் சிறிதளவு, பொருளினால் உட்கவரப்படும்/எதிரொளிக்கப்படும். பொருளிலிருந்து பரப்பப்பட்ட மற்றும் எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளி கண்ணருகு லென்ஸின் வழியே நம் கண்களை வந்தடையும். இதனால், நம்மால் பொருளை பார்க்க முடிகிறது.

மாதிரியிலிருந்து புறப்படும் ஒளியை பொருளருகு லென்ஸ் குவியப்படுத்தி, பெரிதாக்கப்பட்ட, மெய்யான, தலைகீழ் பிம்பத்தை தயாரிக்கும் (இடைநிலை பிம்பம் A'B'). இது தான் முதன்மை பிம்பமாகும்.

பிம்பத்திலிருந்து புறப்படும் ஒளிகதிர்கள் பின்னர் கண்ணருகு லென்ஸின் வழியே செல்லும். இதனால், முதன்மை பிம்பம் மேலும் பெரிதாக்கப்பட்டு, குவியப்படுத்தப்பட்ட இறுதியான, மெய்நிகர், மற்றும் தலைகீழ் பிம்பம் (A" B") உருவாக்கப்படும். இதைத்தான் கண்ணால் பார்க்கிறோம்.



படம் 3: *நுண்ணோக்கியின் ஒளிகதிர் படம்*

Task 5: Preparing slides for smaller samples

So far, we have learned to observe the surface of paper under reflected light, and to adjust the light of a microscope. When we want to look at the internal structure of small objects/samples, we need to use transmitted light coming from the mirror below. For this, it is important that the sample/object is thin to allow sufficient light to pass through. In this task, let us understand this process by observing a few other (smaller) specimens from our surroundings. Open the diaphragm, and orient the microscope and the mirrors to get sufficient light when observed through the eyepiece.

Materials

Slides, coverslips, salt, hibiscus flower (*gurhal* in Hindi, *jaswand* in Marathi), Baker's Yeast, onion, safranin stain (optional)

Procedure

i. Salt: Put a few granules of salt on a slide, and fix it below the objective (10X). Use coarse focus to bring salt particles in rough focus. Now use fine focus to observe different parts of the granules. You will notice that it will be difficult to focus on all the granules at the same time. By slightly varying fine focus, you will be able to focus on one horizontal section of granules at a time. The thickness of object/specimen which can be focussed on at a given time is known as depth of focus (for a given objective lens).

When using salt as a specimen, observe the slide within ten minutes, otherwise the salt will absorb water from the air, and its appearance will change.

ii. Now prepare one or more of following slides, which involve biological specimens. Water is added to these slides to prevent the shrinking of specimens due to drying, and a coverslip is placed on it.

A cover slip or cover glass is a very thin square piece of glass (or plastic) that is placed over the water layer containing a specimen. Because of surface tension, uncovered water drop on a surface forms a curved surface, which can deflect the path of light rays passing through it. With a cover slip in place, the water layer remains flat with even thickness between the coverslip and the slide surface. The cover slip also protects the objective lens from accidental smearing by the water drop. Cover slips also protect the specimens from contamination by airborne particles or other substances.

8_enPages_for_TamilBook.indd 65 02/08/22 11:26 PM

செயல் 5: சிறிய மாதிரிபொருள்களுக்கு சோதனைதகடுகளை தயார்ச்செய்தல்

பொருள்கள்

சோதனைதகடுகள், உப்பு, செம்பருத்திப் பூ, வெங்காயம், குங்குமப்பூ சாயம் (கட்டாயமில்லை), ரொட்டி பூஞ்சை (Baker's Yeast).

இது வரையில், எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளியின் கீழ் காகிதத்தின் மேற்பரப்பை உற்றுநோக்கவும் நுண்ணோக்கியின் ஒளியை சீர்செய்யவும் கற்றுக்கொண்டுள்ளோம். சிறு பொருள்கள்/மாதிரிப்பொருள்களின் அகஅமைப்பை நாம் பார்க்க விரும்பினால், கீழுள்ள ஆடியிலிருந்து வரும் ஒளியை பயன்படுத்த வேண்டும். இதற்கு, போதுமான ஒளி ஊடுருவுவதை அனுமதிக்க பொருள்/மாதிரிப்பொருள் மெலிதாக இருப்பது அவசியமாகும். இந்தச் செயலில், நம்முடைய சுற்றுப்புறத்திலுள்ள மேலும் சில மாதிரிப்பொருள்களை (மேலும் சிறிய அளவிலான) உற்றுநோக்குவதன் மூலம் இவ்வழிமுறையை நாம் புரிந்துகொள்ளுவோம். கண்ணருகு லென்ஸின் வழியே உற்றுநோக்கும்போது, ஒடுக்கியைத் திறந்து, நுண்ணோக்கியின் மற்றும் ஆடிகளின் திசையமைப்பை போதுமான ஒளியை பெறும்வாறு சரிசெய்யுங்கள்.

செய்முறை

i. உப்பு: சிறு உப்பு துகள்களை ஒரு சோதனைதகட்டில் எடுத்துக்கொண்டு, அத்தகட்டை பொருளருகு லென்ஸின் (10X) கீழ் பொருத்திடுங்கள். உப்பு துகள்களை தோராயாமாக குவியப்படுத்த தோராயசீராக்கியை பயன்படுத்துங்கள். இப்போது, துகள்களின் வெவ்வேறு பகுதிகளை உற்றுநோக்க, நுண்சீராக்கியை பயன்படுத்துங்கள். ஒரே நேரத்தில் அனைத்து துகள்களையும் தெளிவாகப் பார்ப்பது (குவியப்படுத்துவது) கடினமாக இருப்பது உங்களுக்குத் தெரியவரும். நுண்சீராக்கியில் சின்னஞ்சிறு மாற்றங்களை செய்தால், துகள்களின் ஒரு கிடைமட்ட பகுதியை ஒரு சமயத்தில் தெளிவாகப் பார்க்க முடியும். ஒரு தருணத்தில் குவியப்படுத்த முடியும் பொருளின்/மாதிரிப்பொருளின் தடிமன் குவிய ஆழம் (கொடுக்கப்பட்ட ஒரு பொருளருகு லென்ஸுக்கானது) எனப்படும்.

> உப்பை மாதிரிப்பொருளாக பயன்படுத்தும்போது, பத்து நிமிடங்களுக்குள் சோதனைதகட்டை உற்றுநோக்குங்கள். இல்லையெனில், உப்பு காற்றிலுள்ள ஈரப்பதத்தை எடுத்துக்கொண்டு அதனுடைய தோற்றத்தை மாற்றிக்கொள்ளும்.

ii. இப்போது, உயிரியல் மாதிரிப்பொருள்களை உள்ளடக்கிய பின்வரும் சோதனைதகடுகள் ஒன்று அல்லது அதற்கு அதிகமானவற்றை தயார் செய்யுங்கள். மாதிரிப்பொருள்கள் உலர்ந்துபோய் சுருங்குவதைத் தடுக்க, இத்தகட்டுகளில் தண்ணீர் சேர்க்கப்பட்டு அவற்றின் மேல் ஒரு கண்ணாடி மென்தட்டு வைக்கப்படும்.

> தண்ணீர் சேர்க்கப்பட்ட ஒரு மாதிரிப்பொருளின் மேல் வைக்கப்படும் கண்ணாடி மென்தட்டு, மிக மெலிதான சதுர கண்ணாடி (அல்லது பிளாஸ்டிக்) துண்டு. பரப்பு இழுவிசையினால், ஒரு பரப்பின் மேலுள்ள மூடப்படாத தண்ணீர் துளி வளைந்த மேற்பரப்பைக் கொண்டிருக்கும். இது, அதன் வழியே செல்லும் ஒளிக்கதிர்களின் திசையை மாற்றும். ஒரு கண்ணாடி மென்தட்டை வைத்திடும்போது, சோதனை தகட்டுக்கும் மென்தட்டுக்கும் இடையே உள்ள தண்ணீர் அடுக்கு சமமான தடிமனுடன் இருக்கும். தண்ணீர் துளி தற்செயலாக பொருளருகு லென்ஸின் மேல் படிதலிலிருந்து கண்ணாடி மென்தட்டு பாதுகாக்கும். காற்றுவழி துகள்கள் அல்லது பிற பொருள்களால் மாதிரிப்பொருள்கள் மாசுபடுத்தப்படுவதிலிருந்தும் கண்ணாடி மென்தட்டுகள் பாதுகாக்கும்.

- Hibiscus pollen: Place a drop of water on a slide, dust some pollen grains from the flower, and place a coverslip over it. Alternately, we can dust some pollen grains on a transparent adhesive tape and stick it on a slide.
- Yeast cells: Add 2-4 beads of Baker's yeast in a small quantity of water and mix well. Take a drop of this water on a slide. Place a coverslip over it.
- Onion peel: Place a drop of water on a slide. Take a piece of the inner transparent skin of an onion leaf or an onion ring, and put it on the slide. Add a drop of dilute Safranin stain (if available) on it, and place a coverslip over the specimen.

Teachers may also dust some hibiscus pollen grains on a watch glass and add a few drops of water to it. From this watch glass, students may take a single drop for their slide.

The teacher can provide dilute Safranin solution (1 drop of stain in 2 mL of water) to students.

Staining technique is used to increase the contrast by changing the colour of some parts of the specimen structure. Using a stain will demonstrate to the students the importance of stains in microscopy.

Sometimes, at very high intensity of transmitted light, the image contrast may decrease. For good contrast, try to maintain optimum light intensity using the diaphragm.

iii. Observe the specimen under the 10X objective lens (as done in task 1), and draw what you observed in the first circle given below.

Next, observe it with the objective lens of 45X.

iv. Move the 10X objective lens slightly in the upward direction with the help of the coarse focus knob.

v. Rotate the circular disc in such a way that the 45X objective lens will set vertically below the body tube with a "click" sound.

vi. Using the coarse focus knob, bring the objective lens close to the slide.

vii. Slowly rotate the fine focus knob until you see the fine details of the object.

(Note: While changing the objective lens, the slide should not move.)

8_enPages_for_TamilBook.indd 66 02/08/22 11:26 PM

- செம்பருத்தி மகரந்தங்கள்: சோதனை தகட்டில் ஒரு சொட்டு தண்ணீரை இடுங்கள். பூவிலிருந்து சிறிதளவு மகரந்தத் தூள்களை உதிர்த்திடுங்கள். பின்னர், தகட்டின் மேல் ஒரு கண்ணாடி மென்தட்டை வைத்திடுங்கள். மாறாக, ஒரு ஒளிபுகும் பசை நாடாவில் சில மகரந்தத் தூள்களை உதிர்த்து அதை சோதனை தகட்டில் ஒட்டிவிடலாம்.
- பூஞ்சை: 2 முதல் 4 ரொட்டிப் பூஞ்சை துகள்களை தண்ணீரில் சேர்த்து நன்றாக கலக்கிடுங்கள். இதிலிருந்து ஒரு சொட்டு தண்ணீரை சோதனைதகட்டில் இடுங்கள். அதன் மேல் ஒரு கண்ணாடி மென்தட்டை வைத்திடுங்கள்.
- வெங்காயத் தோல்: சோதனை தகட்டில் ஒரு சொட்டு தண்ணீரை இடுங்கள். வெங்காய இலை அல்லது வளையத்தின் உட்புற ஒளிபுகு தோல் துண்டு ஒன்றை எடுத்துக்கொண்டு சோதனை தகட்டில் வையுங்கள். ஒரு சொட்டு குறைந்த அமிலத்தன்மைக் கொண்ட சஃப்ரானின் சாயத்தைச் சேர்த்திடுங்கள். பின்னர், மாதிரிப்பொருளின் மேல் கண்ணாடி மென்தட்டை வைத்திடுங்கள்.

கண்ணாடி வட்டில் ஒன்றிலும் சிறிதளவு செம்பருத்தியின் மகரந்தத் தூள்களை ஆசிரியர்கள் உதிர்த்து, அதனுடன் சில சொட்டுக்கள் தண்ணீரைச் சேர்க்கலாம். இதிலிருந்து ஒரு சொட்டை தங்களின் தகட்டுக்கு மாணவர்கள் எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

குறைந்த அமிலத்தன்மைக் கொண்ட சஃப்ரானின் கரைசலை (2 மி.லி. தண்ணீரில் ஒரு சொட்டு சாயம்) மாணவர்களுக்கு ஆசிரியர் வழங்கலாம்.

மாதிரிப்பொருள் அமைப்பின் சில பகுதிகளின் நிறத்தை மாற்றுவதன் மூலம் நிற வேற்றுமையை அதிகரிக்க, சாயமாக்கல் செய்முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. சாயங்களைப் பயன்படுத்துவது, நுண்ணோக்கியியலில் அவற்றின் முக்கியத்துவத்தை மாணவர்களுக்கு விளக்குவதாக இருக்கும்.

சில சமயங்களில், மிகத்தீவிரமான ஒளி செலுத்தப்படும்போது, பிம்பத்தின் நிறவேற்றுமை குறையலாம். நல்ல நிறவேற்றுமைக்கு, ஒடுக்கியைப் பயன்படுத்தி தகுந்த ஒளி தீவிரத்தை தக்கவைக்க முயற்சி செய்யுங்கள்.

iii. 10X பொருளருகு லென்ஸின் கீழ் மாதிரிப்பொருளை உற்றுநோக்குங்கள் (செயல் 1-ல் செய்ததைபோல்). பின்னர், நீங்கள் உற்றுநோக்கியவற்றை கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள முதல் வட்டத்துக்குள் வரைந்திடுங்கள்.

அடுத்ததாக, 45X பொருளருகு லென்ஸைக் கொண்டு அதனை உற்றுநோக்குங்கள்.

iv. தோராயசீராக்கியின் உதவியுடன், 10X பொருளருகு லென்ஸை மேல் திசையில் சிறிதளவு நகர்த்திடுங்கள்.

v. "கிளிக்" என்ற சத்தத்துடன் தண்டு குழாயின் கீழ் 45X பொருளருகு லென்ஸ் பொருந்தும் படியாக வட்ட தட்டை திருப்புங்கள்.

vi. தோராய சீராக்கியை பயன்படுத்தி, சோதனை தகட்டின் அருகில் பொருளருகு லென்ஸை கொண்டுவாருங்கள்.

vii. பொருளின் நுண்ணிய விவரங்களை காணும் வரை நுண்சீராக்கியை மெல்ல திருப்புங்கள்.

(குறிப்பு: பொருளருகு லென்ஸை மாற்றும்போது, சோதனைதகடு இடம் மாறக் கூடாது.)

Draw what you observed in the second circle, and note down the magnification of the objective lens.

Specimen 1: ____

Magnification______X

Magnification______X

What happens when you zoom in on an image in a mobile phone camera? When you zoom in, you see the finer details of the image.

Q1. What happened when you changed the objective lens from 10X to 45X? What can you say about the distance between the slide and the tip of the objective lens?

____

____

____

8_enPages_for_TamilBook.indd 67 02/08/22 11:26 PM

நீங்கள் உற்றுநோக்கியதை இரண்டாவது வட்டத்துக்குள் வரைந்திடுங்கள். பின்னர், பொருளருகு லென்ஸின் உருப்பெருக்கத்தை குறித்திடுங்கள்.

மாதிரிப்பொருள் 1: _

உருப்பெருக்கம் _______X   உருப்பெருக்கம் _______X

மொபைல் கேமராவில் தெரியும் ஒரு பிம்பத்தை பெரிதாக்கினால் என்ன நடக்கும்? பெரிதாக்கும்போது, அந்தப் பிம்பத்தின் நுண்ணிய விவரங்களை பார்க்கலாம்.

கே.1 பொருளருகு லென்ஸை 10X-லிருந்து 45X-ஆக நீங்கள் மாற்றியபோது என்ன நடந்தது? சோதனை தகட்டுக்கும் பொருளருகு லென்ஸின் முனைக்கும் இடையேயான தொலைவைக் குறித்து நீங்கள் என்ன கூற முடியும்?

_ _

_ _

_ _

If the object is not visible or in focus,

i. try moving the lens a little using the fine focus knob,
ii. if the light is less, adjust the diaphragm,
iii. and if the specimen is not within the field of view, try moving the slide.

When you change the magnification from a lower magnification to a higher magnification objective lens, try not to move the slide. While rotating the nosepiece without changing the focus, you may accidentally move the slide from its place.

The distance between the objective lens and the slide reduces as the magnification of the objective lens increases. If you change the focus and try to adjust the focus using the coarse adjustment, the slide comes too close to the lens, crushing the specimen or sometimes the slide as well. Therefore, when you shift from lower to higher magnification use the fine adjustment to focus.

Repeat the procedure with the second specimen.

Specimen 2: ____

Magnification______X

Magnification______X

8_enPages_for_TamilBook.indd 68 02/08/22 11:26 PM

பொருள் தெரியவில்லை அல்லது குவியப்படுத்தப்படவில்லை என்றால்,

i. தோராயசீராக்கியை பயன்படுத்தி லென்ஸை சிறிதளவு நகர்த்திப் பாருங்கள்,

ii. ஒளியூட்டம் குறைவாக இருந்ததென்றால், ஒடுக்கியை சரிசெய்யுங்கள்,

iii. பார்வைக் களத்துக்குள் மாதிரிப்பொருள் இல்லையென்றால், சோதனை தகட்டை நகர்த்திப் பாருங்கள்.

குறைந்த உருப்பெருக்கத்தைக் கொண்ட லென்ஸிலிருந்து அதிக உருப்பெருக்கத்தைக் கொண்ட லென்ஸுக்கு மாறும் போது, சோதனைதகடு இடம் மாறாமல் பார்த்துக் கொள்ளுங்கள். குவியத்தை மாற்றாமல் முற்பகுதியை சுற்றும்போது, சோதனைதகட்டை அதன் இடத்திலிருந்து நகர்த்தலாம்.

பொருளருகு லென்ஸின் உருப்பெருக்கம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, பொருளருகு லென்ஸுக்கும் சோதனை தகட்டுக்கும் இடையேயான தொலைவு குறையும். குவியத்தை மாற்றிவிட்டு, தோராய சீராக்கியை பயன்படுத்தி அதை சரிசெய்ய நீங்கள் முயற்சி செய்தால், சோதனை தகடு லென்ஸை மிகவும் நெருங்கிவிடும். இதனால், மாதிரிப்பொருள் அல்லது தகடும் கூட நொருங்கலாம். ஆதலால், குறைந்த உருப்பெருக்கத்திலிருந்து அதிக உருப்பெருக்கத்துக்கு மாறும்போது நுண்சீராக்கியை பயன்படுத்தி குவியத்தைச் சரிசெய்யுங்கள்.

இரண்டாவது மாதிரியை வைத்து இச்செய்முறையை மீண்டும் செய்யுங்கள்.

மாதிரிப்பொருள் 2: ____

உருப்பெருக்கம் _______X

உருப்பெருக்கம் _______X

State whether True or False

1. Objects viewed under the microscope appear upside down (inverted). ___________________________
2. Eyepiece is attached to the body tube and is closest to the specimen. ____________________________
3. While working with a high magnification objective, we should use the coarse adjustment knob. ____________
4. We use the diaphragm to adjust the amount of light entering the microscope. _______________________

Tick the correct answer

1. What is the correct way to hold the microscope when carrying it?

   a) By the eyepiece
   b) By the arm
   c) By the stage
   d) By the slide

2. A microscope is set to 10X eyepiece and 40X objective. What is the total magnification?

   a) 140X
   b) 410X
   c) 400X
   d) 100X

3. If we place a letter 'e' under the objective of a compound microscope and moved the slide to the left, in what direction would the 'e' appear to move?

   a) To the left
   b) To the right

8_enPages_for_TamilBook.indd 69 02/08/22 11:26 PM

சரியா தவறா என்று கூறுங்கள்

1. நுண்ணோக்கியின் கீழ் பார்க்கப்படும் பொருள்கள் தலைகீழாக காட்சியளிக்கும். ________________________
2. மாதிரிப்பொருளுக்கு மிக அருகில் இருப்பது கண்ணருகு லென்ஸ் மற்றும் அது தண்டு குழாயுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். ________________________
3. அதிக உருப்பெருக்கத்தைக் கொண்ட பொருளருகு லென்ஸை எடுத்துக்கொள்ளும்போது, தோராயசீராக்கியை பயன்படுத்தவேண்டும். ____________________
4. நுண்ணோக்கியினுள் நுழையும் ஒளியை கட்டுப்படுத்த ஒடுக்கியை நாம் பயன்படுத்துகிறோம். __________________

சரியான விடைக்கு ஒப்புக்குறி இடுங்கள்

1. நுண்ணோக்கியை தூக்கிச்செல்லும்போது அதை பிடிக்கும் சரியான முறை எது?

   a) கண்ணருகு லென்ஸைப் பிடித்துக்கொண்டு

   b) கரத்தைப் பிடித்துக்கொண்டு

   c) மேடையைப் பிடித்துக்கொண்டு

   d) சோதனைதகட்டைப் பிடித்துக்கொண்டு

2. 10X கண்ணருகு லென்ஸையும் 40X பொருளருகு லென்ஸையும் கொண்டு ஒரு நுண்ணோக்கி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் முழு உருப்பெருக்கம் என்ன?

   a) 140X

   b) 410X

   c) 400X

   d) 100X

3. ஒரு கூட்டு நுண்ணோக்கியின் பொருளருகு லென்ஸின் கீழ் எழுத்து 'e' இருப்பதாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். இப்போது, சோதனைதகட்டை இடது பக்கம் நகர்த்தினால், 'e' எந்தத் திசையில் நகர்வதாக தெரியும்.

   a) இடது பக்கம்

   b) வலது பக்கம்

Answers

State whether True or False

1. True
2. False; eyepiece is the topmost part of a microscope, which is closest to our eye.
3. False; while working with high magnification we should never use the coarse adjustment, it can break the slide.
4. True

Tick the correct answer

1. b)
2. c)
3. b)

Task 6: Estimating the size of a specimen

This task may be considered as a possible extension of this Learning Unit.

Materials

Transparent scale/ruler with a minimum division of 1 mm

A microscope is not only useful for observing small specimens but can also be used to estimate their sizes. To do so, we must first get an approximation of the diameter of the bright circle seen through the eyepiece. This bright circle is called the field of view.

The size of the field of view reduces with the higher magnification of objectives.

8_enPages_for_TamilBook.indd 70 02/08/22 11:26 PM

விடைகள்

சரியா தவறா என்று கூறுங்கள்

1. சரி
2. தவறு; நுண்ணோக்கியின் உச்சியிலுள்ள பகுதி கண்ணருகு லென்ஸ். இது நமது கண்ணுக்கு அருகில் இருக்கும்.
3. தவறு; அதிகமான உருப்பெருக்கத்தை பயன்படுத்தும்போது நாம் எப்போதும் தோராயசீராக்கியை பயன்படுத்தக்கூடாது. இவ்வாறு செய்தால், சோதனைதகடு உடைந்துபோகலாம்.
4. சரி

சரியான விடைக்கு ஒப்புக்குறியீடு இடுங்கள்

1. b)
2. c)
3. b)

செயல் 6: மாதிரிப்பொருளின் அளவை மதிப்பீடு செய்தல்

இந்தச் செயலை, இந்தக் கற்றல் பிரிவின் தொடர்ச்சியாக எடுத்துக்கொண்டு செய்யலாம்.

பொருள்கள்:

குறைந்தபட்ச பிரிவாக 1 மிமீ-ஐ கொண்ட ஒளிபுகும் அளவுகோல்

சிறு மாதிரிப் பொருள்களை உற்றுநோக்குவதற்கு மட்டுமே நுண்ணோக்கிகள் பயன்படுவதில்லை, அந்த மாதிரிப் பொருள்களின் அளவுகளை மதிப்பீடு செய்யவும் பயன்படுத்தலாம். இதற்கு, கண்ணருகு லென்ஸின் வழியாக பார்க்கும்போது தெரியும் வெளிச்சமான வட்டத்தின் தோராயமான விட்டத்தை முதலில் கணக்கிட வேண்டும். இந்த வெளிச்சமான வட்டம்தான் பார்வைக்களம் என்றழைக்கப்படுகிறது.

பொருளருகு லென்ஸ்களின் உருப்பெருக்கம் உயரஉயர பார்வைக்களத்தின் அளவு குறையும்.

Procedure

Place the scale/ruler on the stage. Click the 10X objective lens into position. Rotate the coarse focus knob till one of the markings on the ruler is in focus. If you are able to observe at least one division of the scale/ruler then the diameter of field of view will be approximately 1 mm. If you can observe 2 divisions then the diameter will be approximately 2 mm.

1. In your microscope, the diameter of the bright circle (field of view) for 10X objective is _ _ _ _ _ mm. You cannot observe samples/objects bigger than this size completely using this set of lenses.

1 mm = 1000 micrometer

Therefore, diameter of the field of view is _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ micrometers.

Now look at your drawings of the pen/pencil lines observed in Task 3, and of the specimens observed in Task 5, to estimate their size.

Width of pen line _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Width of pencil line _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

Size of specimen 1 particles _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

Size of specimen 2 _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

For example, if you were looking at a specimen that took up half the field of view (for example, a diameter of 1300 micrometers), its length would be approximately 1/2 × 1300 micrometers = 650 micrometers. If a specimen appeared to be 1/5 the width of the field of view, you would estimate its width to be 1/5 × 1300 = 260 micrometers.

References

- Brown, M. T., Munn, M., & Tyler, L. (2007). *Amazing cells: A cell biology unit for grades 5 through 7.* Washington MESA and University of Washington, Genome Sciences Education Outreach. Retrieved from: https://gsoutreach.gs.washington.edu/files/amazingcellsbook.pdf
- Deshmukh, N. D., & Agarkar, S. C. (2010). *All about microscopes: History, use and care.* Mumbai, India: Homi Bhabha Centre for Science Education.

8_enPages_for_TamilBook.indd 71 02/08/22 11:26 PM

செய்முறை:

செய்முறை: அளவுகோலை மேடையில் வைத்திடுங்கள். 10X பொருளருகு லென்ஸை அதன் இடத்தில் பொருத்திடுங்கள். அளவுகோலிலுள்ள குறியீடுகளில் ஒன்று தெளிவாக தெரியும் வரை தோராய சீராக்கியை திருகுங்கள். குறைந்தபட்சமாக அளவுகோலின் ஒரு பிரிவையாவது உங்களால் உற்றுநோக்க முடிந்தால், பார்வைக் களத்தின் விட்டம் தோராயமாக 1 மிமீ ஆக இருக்கும். 2 பிரிவுகளை நீங்கள் உற்றுநோக்கினால், விட்டம் தோராயமாக 2 மிமீ ஆக இருக்கும்.

1. உங்களின் நுண்ணோக்கியில், 10X பொருளருகு லென்ஸுக்கான வெளிச்சமான வட்டத்தின் (பார்வைக்களம்) விட்டம் ________மிமீ

1 மிமீ = 1000 மைக்ரோ மீட்டர்

ஆதலால், பார்வைக்களத்தின் விட்டம் ________________ மைக்ரோ மீட்டர்கள்

இப்போது, செயல் 3-ல் நீங்கள் உற்றுநோக்கிய பென்/பென்சில் கோடுகள் மற்றும் செயல் 5-ல் உற்றுநோக்கிய மாதிரிப் பொருள்களின் படங்களைப் பார்த்து அவற்றின் அளவை மதிப்பீடு செய்யுங்கள்.

பென்-கோட்டின் அகலம் _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _   பென்சில் கோட்டின் அகலம் _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

மாதிரிப்பொருள் 1-ன் துகள்களின் அளவு _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

மாதிரிப்பொருள் 2-ன் அளவு _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

எடுத்துக்காட்டாக, பார்வைக்களத்தின் (எடுத்துக்காட்டாக, 1300 மைக்ரோ மீட்டர்கள் விட்டத்தை கொண்டது) பாதி இடத்தை எடுத்துக் கொண்டுள்ள ஒரு மாதிரிப் பொருளை நீங்கள் பார்க்கிறீர்களென்றால், அதன் நீளம் தோராயமாக 1/2 x 1300 மைக்ரோ மீட்டர்கள் = 650 மைக்ரோ மீட்டர்களாக இருக்கும். பார்வைக் களத்தின் அகலத்தில் ஐந்தில் ஒரு பங்கை மாதிரிப் பொருள் எடுத்துக் கொள்வதாக தெரிந்தால், அதன் அகலத்தை $1/5 \times 1300 = 260$ மைக்ரோமீட்டர்களாக நீங்கள் மதிப்பீடு செய்வீர்கள்.

மேற்கோள்கள்

- Brown, M. T., Munn, M., & Tyler, L. (2007). *Amazing cells: A cell biology unit for grades 5 through 7.* Washington MESA and University of Washington, Genome Sciences Education Outreach. Retrieved from: https://gsoutreach.gs.washington.edu/files/amazingcellsbook.pdf
- Deshmukh, N. D., & Agarkar, S. C. (2010). *All about microscopes: History, use and care.* Mumbai, India: Homi Bhabha Centre for Science Education.

Appendix for the teachers

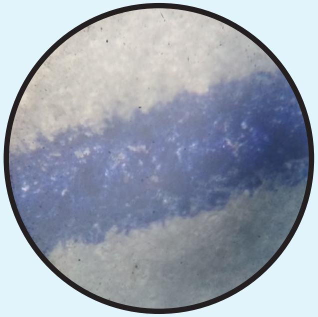


Figure 1 *Pen line under a 10X objective lens*

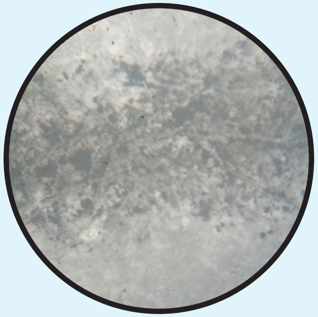


Figure 2 *Pencil line under a 10X objective lens*

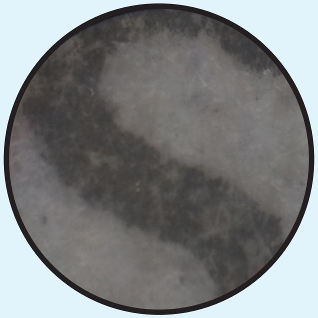
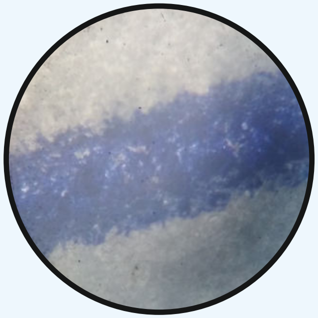


Figure 3 *Letter 's' under a 10X objective lens*

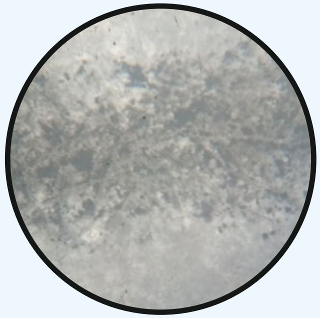
Figure 4 *Letter 'e' under a 10X objective lens*

8_enPages_for_TamilBook.indd 72 02/08/22 11:26 PM

ஆசிரியர்களுக்கான பின்னிணைப்பு



படம் 1: *10X பொருளருகு லென்ஸ் மூலம் பெரிதாக்கப்பட்ட பென்-கோடு*



படம் 2: *10X பொருளருகு லென்ஸ் மூலம் பெரிதாக்கப்பட்ட பென்சில்-கோடு*

படம் 3: *10X பொருளருகு லென்ஸ் மூலம் பெரிதாக்கப்பட்ட எழுத்து 's'*

படம் 4: *10X பொருளருகு லென்ஸ் மூலம் பெரிதாக்கப்பட்ட எழுத்து 'e'*

Figure 5 *Salt under a 10X objective lens*

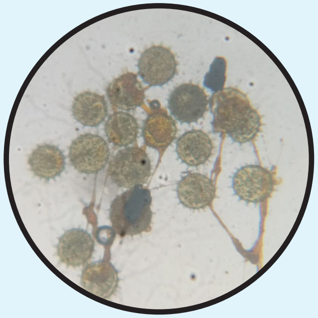


Figure 6 *Pollen grains under a 10X objective lens*

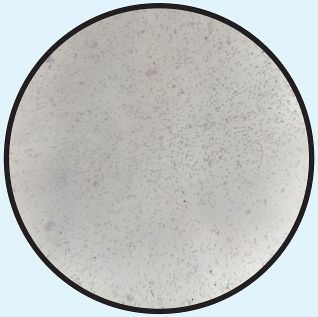


Figure 7 *Yeast cells under a 10X objective lens*

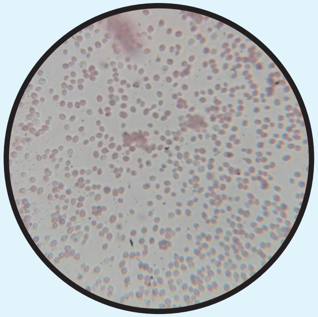


Figure 8 *Yeast cells under a 45X objective lens*

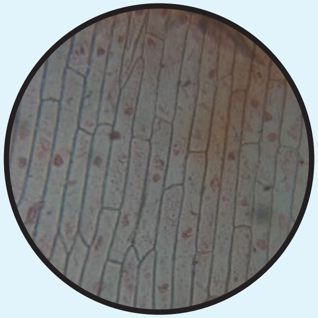


Figure 9 *Cells of spring onion under a 10X objective lens*

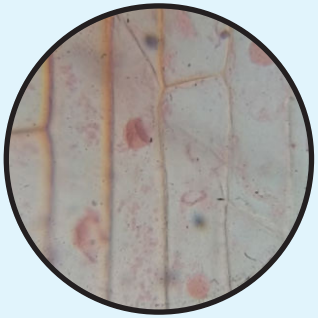
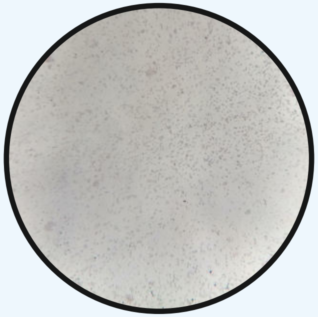


Figure 10 *Cells of spring onion under a 45X objective lens*

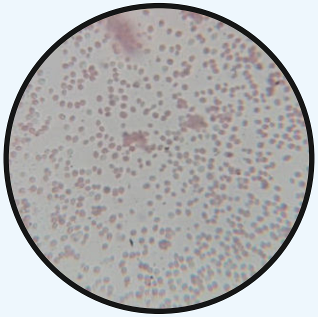
8_enPages_for_TamilBook.indd 73 02/08/22 11:26 PM

படம் 5: *10X பொருளருகு லென்ஸ் மூலம் பெரிதாக்கப்பட்ட உப்பு*

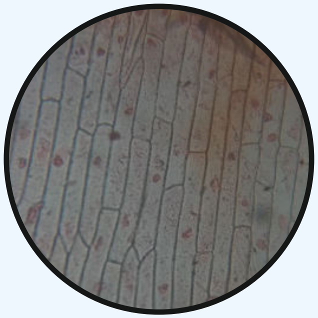
படம் 6: *10X பொருளருகு லென்ஸ் மூலம் பெரிதாக்கப்பட்ட மகரந்தத் தூள்கள்*



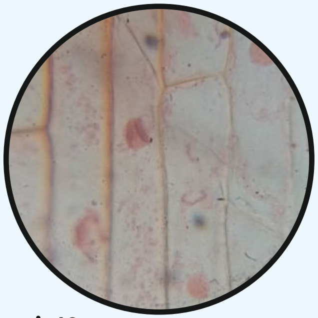
படம் 7: *10X பொருளருகு லென்ஸ் மூலம் பெரிதாக்கப்பட்ட பூஞ்சை*



படம் 8: *45X பொருளருகு லென்ஸ் மூலம் பெரிதாக்கப்பட்ட பூஞ்சை*



படம் 9: *10X பொருளருகு லென்ஸ் மூலம் பெரிதாக்கப்பட்ட வெங்காயத்தாள்*



படம் 10: *45X பொருளருகு லென்ஸ் மூலம் பெரிதாக்கப்பட்ட வெங்காயத்தாள்*

Title: Looking through a microscope
Main Authors: Mayuri Tawade, Rohini Karandikar
Contributing Author: Ankush Gupta
Reviewers: V. G. Gambhir, Maithreyi Narsimha
Creative Commons Licence: CC BY-SA 4.0 International

VIGYAN PRATIBHA
विज्ञान प्रतिभा

8_enPages_for_TamilBook.indd 74 02/08/22 11:26 PM

VIGYAN PRATIBHA
विज्ञान प्रतिभा

Title: Looking through a microscope
Main Authors: Mayuri Tawade, Rohini Karandikar
Contributing Author: Ankush Gupta
Reviewers: V. G. Gambhir, Maithreyi Narsimha
Translators: Manikandan Sambasivam, Uthra Dorairajan
Creative Commons Licence: CC BY-SA 4.0 International