8.11
An experiment on measuring volumes

8_enPages_for_TamilBook.indd 193 02/08/22 11:27 PM

8.11 கன அளவுகளை அளந்திட ஒரு பரிசோதனை

8.11. An experiment on measuring volumes

Overview

The story of the crow and the pitcher (a kind of pot for holding water) from the collection of Aesop's Fables is very popular among children. Using this simple story, we can explore the concept of volume of solids and liquids with the students. In this Learning Unit, students learn how to estimate the volumes of different bodies by immersing them in water. We also introduce the idea of the packing of solids, i.e., when you try to pack together (or put together) many solid objects, there may be some gaps in between. Due to this property of solids, the crow may not be successful in raising the level of water beyond a certain limit.

Unit-specific objectives

- To make a marked transparent cylinder and use it to measure the volume of liquids
- To use the volume of fluid displaced by submerged bodies to measure the volume of solids that do not dissolve in water
- To understand the importance of the least count of a measuring instrument, and its use in finding the accuracy of volume measurement
- To develop an intuitive understanding of the concept of packing fraction

Minimum time required

Three sessions of 40 mins each

Type of Learning Unit

Classroom

8_enPages_for_TamilBook.indd 194 02/08/22 11:27 PM

8.11 கன அளவுகளை அளந்திட ஒரு பரிசோதனை

குறைந்தபட்ச நேரம்:

மூன்று அமர்வுகள், ஒவ்வொன்றும் 40 நிமிடங்கள்

கற்றல் பிரிவின் வகை:

வகுப்பறை

சுருக்கம்

ஈசாப்பின் நீதிக்கதைகள் தொகுப்பில் இருக்கும் காகமும் பானையும் (குடுவை) என்ற கதை, குழந்தைகளின் மத்தியில் அதிக புகழ்பெற்றது. இந்த எளிமையான கதையைப் பயன்படுத்தி, திண்மங்கள் மற்றும் திரவங்களின் கன அளவு என்ற கருத்தை மாணவர்களுடன் சேர்ந்து ஆராயலாம். இந்தக் கற்றல் பிரிவில், வெவ்வேறு பொருட்களைத் தண்ணீரில் மூழ்க வைத்து அவற்றின் கன அளவை மதிப்பீடு செய்வது எவ்வாறு என்று மாணவர்கள் கற்றுக்கொள்வார்கள். திண்மங்களை அடுக்குதல் என்ற கருத்தும் இங்கு அறிமுகம் செய்யப்படும். அதாவது, பல திண்ம பொருட்களைச் சேர்த்து அடுக்கும் போது (அல்லது சேர்த்து வைக்கும் போது), அவற்றிற்கிடையே சில இடைவெளிகள் இருக்கக்கூடும். திண்மங்களின் இந்தப் பண்பினால், ஒருவரம்புக்கு மேல் காகத்தினால் நீர்மட்டத்தை உயரத்த முடியாமல் போகலாம்.

பாடப்பிரிவு சார்ந்த இலக்குகள்

- குறியீடுகளைக் கொண்ட ஓர் ஒளிபுகு உருளையைத் தயாரிப்பது மற்றும் அதனைப் பயன்படுத்தி திரவங்களின் கன அளவை அளவிடுதல்.
- தண்ணீரில் கரையாத திண்மங்களை முழுகவைத்து, அதனால் இடமாற்றப்படும் திரவத்தின் கன அளவின் மூலம் பொருளின் கன அளவை அளவிடுதல்.
- அளக்கும் கருவியிலுள்ள குறைந்தபட்ச அளவின் (least count) முக்கியத்துவத்தையும், கன அளவு அளவீட்டின் துல்லியத்தைக் கண்டுபிடிப்பதில் அதன் பயனையும் புரிந்துகொள்ளுதல்.
- பொதிவுக்கூறு (Packing Fraction) என்ற கருத்தில் உணர்வார்ந்த புரிதலை வளர்த்துக் கொள்ளுதல்.

Links to curriculum

1. NCERT Class 7 Science Textbook: Chapter 9, Soil (relates to the concept of water that can be held in pore spaces of soil/rock pieces)
2. NCERT Class 8 Mathematics Textbook: Chapter 11, Mensuration Modified (the formulas from this chapter are not directly required here, but this unit helps students internalise some of the ideas of volume measurements)

Learning from "The crow and the pitcher" story

Do you remember the childhood fable of the crow and the pitcher? (See figure 1.) In this unit, we will imitate the crow in the story and use the concept that 'a body submerged in water displaces an amount of water equivalent to its volume', to carry out some measurements. The last task in this unit is closely related to the tale — and you may reach a surprising conclusion at the end of it!

Figure 1 *The Crow and the Pitcher*

பாடத்திட்டத்துடன் உள்ள தொடர்புகள்

1. NCERT வகுப்பு 7 அறிவியல் பாடப்புத்தகம்: பிரிவு 9, Soil (மண்/கல் துகள்களின் நுண்துளை இடைவெளிகளில் தண்ணீர் தேங்குதல் என்ற கருத்துக்குத் தொடர்பான பாடம்)
2. NCERT வகுப்பு 8 கணித பாடப்புத்தகம்: பிரிவு 11, Mensuration Modified (இந்தப் பிரிவில் உள்ள சூத்திரங்கள் இங்கே நேரடியாக பயன்படப்போவது இல்லை. ஆனால் கன அளவு அளவீடுகளின் சில கருத்துக்களை உள்வாங்கிக்கொள்ள, இந்தப்பிரிவு மாணவர்களுக்கு பயனுள்ளதாக இருக்கும்.)

காகமும் பானையும் கதையிலிருந்து கற்றுக்கொள்ளுதல்

காகமும் பானையும் என்ற நீதிக்கதையை குழந்தைப்பருவத்தில் கேட்ட நினைவுள்ளதா உங்களுக்கு? (படம் 1-ஐ பாருங்கள்). இந்தப் பாடப்பிரிவில், கதையில் வரும் காகம் செய்வதைப் போன்று நாமும் செய்யலாம். அதனுடன், "நீரில் மூழ்கியுள்ள ஒரு பொருள், அதன் கன அளவுக்கு சமமான நீரை இடமாற்றம் செய்யும்" என்ற கருத்தைப் பயன்படுத்தி சில அளவீடுகளை மேற்கொள்ளப் போகிறோம். இந்தப் பிரிவின் இறுதிச் செயலுக்கு கதையுடன் நெருங்கிய தொடர்பு உள்ளது - அதில் எட்டப்படும் முடிவு உங்களுக்கு வியப்பூட்டுவதாக இருக்கக்கூடும்.

படம் 1 *காகமும் பானையும்*

Are you familiar with these ideas?

- Volume

Students should be familiar with the concept of volume, in general, and also, the formula for volume of a sphere.

- Displacement of fluids by solid objects

Students should be aware that when a non-porous solid body is immersed in a fluid, it displaces fluid equal to its own volume. Familiarity with the Archimedes' principle of buoyancy is **not** necessary for this task.

- Average/ Mean

Students should be familiar with the concept of the average of several quantities.

Task 1: Creating your own volume measuring instrument (a graduated cylinder)

i. Use a beaker to carefully measure 50 mL water and transfer it to the transparent cylinder. Mark the height of the water column on the cylinder using a marker pen.

ii. Repeat this till the cylinder is almost full, marking successive heights at the steps of 50 mL.

iii. Label the markings with appropriate multiples of 50 mL (50, 100, 150,...).

Materials

- A narrow transparent cylinder (or a transparent 500 mL water bottle with the top cut off; the cylinder need not have uniform diameter across its length)
- Glass marbles (~40) of similar size
- Small irregular stone which can fit into the cylinder comfortably (see note in task 4)
- Ruler
- Marker pen (fine-tipped)
- Straight edge (like another ruler or edge of a notebook)
- Beaker (with graduated volume markings)
- A tray or tough may be kept to collect water spills

8_enPages_for_TamilBook.indd 196 02/08/22 11:27 PM

பின்வரும் கருத்துக்களை நீங்கள் கேள்விப்பட்டிருக்கிறீர்களா?

- கன அளவு

கன அளவு என்ற கருத்தைக் குறித்து பொதுவாகவும், கோளத்தின் கன அளவுக்கான சூத்திரமும் மாணவர்களுக்குத் தெரிந்திருத்தல் அவசியம்.

- திண்மப் பொருட்களால் திரவங்கள் இடம்மாற்றப்படுவது

நுண்துளைகள் அற்ற ஒரு திண்ம பொருள் திரவத்தில் மூழ்கினால், அப்பொருளின் கன அளவுக்கு சமமான திரவத்தை அது இடமாற்றம் செய்யும் என்பது மாணவர்களுக்குத் தெரிந்திருக்க வேண்டும். இந்தச் செயல்பாட்டுக்கு, ஆர்க்கிமிடிஸ் மிதப்புத் தன்மை தத்துவத்தை அறிந்திருக்க வேண்டிய **அவசியமில்லை.**

- சராசரி

பல்வேறு அளவுகளின் சராசரியைக் கணக்கிடுவது என்ற கருத்தை மாணவர்கள் நன்கு தெரிந்திருக்க வேண்டும்.

பொருட்கள்

- குறுகிய, ஒளிபுகக்கூடிய உருளை (அல்லது மேல் பகுதி வெட்டப்பட்ட 500 மி.லி. தண்ணீர்க் குடுவை/பாட்டில்; உருளையின் விட்டம் ஆங்காங்கே மாறியிருக்கலாம், சமமாய் இருக்க வேண்டிய அவசியம் இல்லை)
- ஒரே அளவிலான கண்ணாடி கோலிக்குண்டுகள் (~40).
- உருளையில் எளிதாக நுழையக் கூடிய சிறுகல். (செயல் 4-ஐ பாருங்கள்)
- அளவுகோல்
- கூர்முனையை உடைய குறியிடும் பேனா. (fine tipped marker pen)
- நேர்விளிம்பு (வேறொரு அளவுகோல் அல்லது ஒரு நோட்புக்கின் விளிம்பு)
- பீக்கர்/முகவை (கன அளவு குறியீடுகளைக் கொண்டது).
- வெளியே சிந்தும் தண்ணீரைச் சேகரிக்க ஒரு தட்டு அல்லது பாத்திரம் (trough).

செயல் 1: சொந்தமாக ஒரு கன அளவு அளவீட்டுக் கருவியை வடிவமைத்தல் (அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்ட ஓர் உருளை)

- ஒரு பீக்கரில் 50 மி.லி. தண்ணீரைக் கவனமாக அளந்து, அதை ஒளிபுகு உருளைக்குள் ஊற்றுங்கள். குறியிடும் பேனாவை பயன்படுத்தி அந்த உருளையில் தண்ணீர் இருக்கும் உயரத்தைக் குறித்திடுங்கள்.
- உருளை கிட்டதட்ட நிரைந்திடும்வரை, இதைத் திரும்பச் செய்து, தொடர்ச்சியான 50 மி.லி. உயரங்களைக் குறித்திடுங்கள்.
- 50 மி.லி. மடங்குகளுடன் (50, 100, 150 …) அளவீடுகளைக் குறித்திடுங்கள்.

Now you have a graduated cylinder which measures volume. You will notice that we can use this cylinder to measure volume only in multiples of 50 mL. Hence, 50 mL is the least count of this graduated cylinder. If the water level is between two markings, we take the reading as the mark that is closest to the water level.

The maximum volume your graduated cylinder can measure is (Highest marking on the cylinder) _______________

- Here it would be useful to discuss the concept of least count with the students. In this context, the least count would be 50 mL.
- In task 4, we will see how to increase the accuracy of this graduated cylinder beyond the current least count.
- The graduated cylinders prepared by the students in this task can also be reused for other experimental purposes.
- You may make suitable modifications to the instructions above. For example, if there is a beaker which measures 25 mL instead of 50 mL, then the transparent cylinder could have markings for every 25 mL. However, reducing this least count of the cylinder should be avoided as it may increase error in measurements because of non-uniformity in shape of the bottle and errors in making marks. Lower least count of this cylinder may also prompt students to take fewer number of marbles, which will lead to measuring volume change for lesser number of marbles increasing the relative error in volume per marble.
- Some labs may have a graduated beaker, or a graduated transparent cylinder, which is already marked. If the beaker or cylinder is large enough, it could be used directly by one of the student groups. But do encourage the students to also prepare their own measuring cylinder. The results obtained with the marked cylinder and the beaker could then be compared. Before beginning, ask the students to observe the graduated beaker carefully and find its least count.

8_enPages_for_TamilBook.indd 197 02/08/22 11:27 PM

தற்போது, கன அளவை அளந்திடும் குறியீடுகளைக் கொண்ட உருளை ஒன்று உங்களிடம் உள்ளது. இந்த உருளையைப் பயன்படுத்தி, 50 மி.லி. மடங்குகளாகதான் கன அளவை அளந்திடமுடியும் என்பதைக் கவனித்திருப்பீர்கள். அதனால், இந்த உருளையின் குறைந்தபட்ச அளவாக 50 மி.லி. இருக்கிறது. இரண்டு குறியீடுகளுக்கு இடையே தண்ணீரின் மேல்மட்டம் இருக்குமானால், அதற்கு அருகிலுள்ள குறியீட்டு அளவை நாம் எடுத்துக்கொள்வோம்.

குறியீடுகளைக் கொண்ட உங்களின் உருளை, அளக்கக்கூடிய அதிகபட்சக் கன அளவு - (உருளையிலுள்ள அதிகபட்சக் குறியீடு)

- -

- இங்கே, குறைந்தபட்ச அளவு என்ற கருத்தைக் குறித்து மாணவர்களுடன் உரையாடுவது பயனுள்ளதாக இருக்கும். இந்தச் சூழலில், குறைந்தபட்ச அளவு 50 மி.லி. ஆகும்.
- இந்த உருளையின் (குறியீடுகளைக் கொண்ட) குறைந்தபட்ச அளவை எவ்வாறு மேலும் துல்லியமாக்கலாம் என்பதை செயல் 4-ல் காணலாம்.
- இச்செயலில் மாணவர்கள் உருவாக்கியுள்ள உருளைகளை (குறியீடுகளைக் கொண்டவை) வேறு பரிசோதனைகளுக்கும் பயன்படுத்தலாம்.
- மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள வழிமுறைகளில் தகுந்த மாற்றங்களை நீங்கள் செய்துகொள்ளலாம். எடுத்துக்காட்டாக, 25 மி.லி அளவைக் கொண்ட பீக்கர் இருந்தால், ஒவ்வொரு 25 மி.லி-க்கும் உருளையில் குறியீடுகள் இருக்கலாம். ஆனால், உருளையின் குறைந்தபட்ச அளவைக் குறைப்பதைத் தவிர்க்கவேண்டும். ஏனென்றால், அளவுகளைக் குறிப்பதில் ஏற்படும் பிழைகளாலும், பாட்டிலின் வடிவம் ஒரேசீராக இல்லாமல் இருப்பதாலும் அளவிடுவதில் பிழைகள் அதிகரிக்கக்கூடும். உருளையின் குறைந்தபட்ச அளவு சிறியதாக இருந்தால், மாணவர்களும் குறைந்த எண்ணிக்கையில் கோலிக்குண்டுகளை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டியதாக இருக்கும். இதனால், குறைந்த எண்ணிக்கையிலான கோலிகளுக்கு கன அளவு மாற்றத்தைக் கணக்கிட வேண்டியதாக இருக்கும். எனவே, ஒற்றைக் கோலிக்குண்டின் கன அளவைக் கணக்கிடும்போது அதில் ஒப்பீட்டுப் பிழை அதிகரிக்கக்கூடும்.
- குறியீடுகள் உள்ள அளவிடு பீக்கர்கள்/அளவிடு உருளைகள், சில ஆய்வகங்களில் இருக்கும். அவை போதுமான அளவு பெரிதாக இருந்தால், சில மாணவர் குழுக்கள் நேரடியாக இவற்றையே பயன்படுத்திக்கொள்ளலாம். ஆயினும், மாணவர்களைச் சொந்தமாக குறியீடுகளைக் கொண்ட உருளையை வடிவமைக்க ஊக்குவியுங்கள். இதன் மூலம், பீக்கரிலும் குறியீடுகளைக் கொண்ட உருளையிலும் இருந்து பெறப்பட்ட முடிவுகளை ஒப்பிட்டுப் பார்க்க ஏதுவாக இருக்கும். தொடங்குவதற்கு முன்பாக, அளவிடு பீக்கரைக் கவனித்து அதன் குறைந்தபட்ச அளவைக் குறித்துக்கொள்ளும்படி மாணவர்களுக்கு அறிவுறுத்துங்கள்.

Task 2: Measuring the average volume of marbles

i. Take the empty graduated cylinder and fill it up to the 200 mL mark.

ii. Drop the marbles in the cylinder, one by one while counting them, until the water level rises up to the next mark. Ensure that all the marbles are fully submerged in water. That is, the level of the water should be above all the marbles. The water level rises because each marble displaces an amount of water equal to its own volume.

Volume of water before adding marbles_ .

Volume of water after adding marbles _ .

Number of marbles required to raise the water level to the next mark _ .

Thus, ___________ marbles displace _____________ volume of water.

iii. Use this result to estimate the average volume of one marble, obtained experimentally (V_{exp}).

Average volume of one marble _ .

- It is possible that the students may not get the water level exactly up to a mark on the transparent cylinder. If the water level is below a certain mark, for say 20 marbles and goes above this mark for 21 marbles, then in such case, the number of marbles making up the difference in volume may be taken as 20 or 21 depending on if the 21st marble is submerged more or less than half and closeness of water level to the mark.
- Moreover, the topmost marbles must be submerged while measuring volume. If there are air spaces between the top marbles, some marbles may be removed till such spaces are no more observed. Alternatively, the task may be repeated with a larger starting volume of water.
- The students may be given a hint to first obtain the volume for "n" marbles in this task and then the average volume of one marble. Note that all the marbles are nearly equal in volume, but not exactly equal. This is why it makes sense to talk of an average volume and take it as an estimate of the volume of one marble.
- When we performed this task, the result we obtained for the set of marbles that we had was about 50 mL for 25 marbles, which meant that the average volume of one marble was about 2 mL.

8_enPages_for_TamilBook.indd 198 02/08/22 11:27 PM

செயல் 2: கோலிக்குண்டின் சராசரி கன அளவை அளவிடுதல்

i. குறியீடுகளைக் கொண்ட காலியான உருளையை எடுத்துக்கொண்டு அதில் 200 மி.லி. அளவு வரையில் தண்ணீரை நிரப்புங்கள்.

ii. கோலிக்குண்டுகளை ஒன்றொன்றாக உருளையில் எண்ணிக்கொண்டே போடுங்கள். தண்ணீரின் மேல்மட்டம் அடுத்தக் குறியீட்டை எட்டும் வரை இதைச் செய்யுங்கள். அனைத்துக் கோலிகளும் முழுமையாக தண்ணீரில் மூழ்கி இருப்பதை உறுதிச் செய்யுங்கள். அதாவது, தண்ணீரின் மேல்மட்டம் அனைத்துக் கோலிகளுக்கும் மேலிருக்க வேண்டும். ஒவ்வொரு கோலிக்குண்டும் தன்னுடைய கன அளவுக்கு இணையான தண்ணீர் அளவை இடமாற்றம் செய்வதால் தண்ணீரின் மட்டம் உயர்கிறது.

கோலிக்குண்டுகளைச் சேர்த்த முன்பு தண்ணீரின் கன அளவு ___________________________.

கோலிக்குண்டுகளைச் சேர்த்தப் பின்பு தண்ணீரின் கன அளவு ___________________________.

அடுத்தக் குறியீட்டுக்குத் தண்ணீரின் மட்டத்தை உயர்த்தத் தேவைப்படும் கோலிக்குண்டுகளின் எண்ணிக்கை ____________

ஆதலால், ____________ கோலிக்குண்டுகள் ____________ கன அளவு தண்ணீரை இடமாற்றும்.

iii. பரிசோதனையின் மூலம் பெற்ற இந்த முடிவை வைத்து ஒரு கோலிக்குண்டின் சராசரி கன அளவைக் கணக்கிடுங்கள் (V_{exp}).
ஒரு கோலிகுண்டின் சராசரிக் கன அளவு ____________ .

- மாணவர்கள் இந்தப் பரிசோதனையை செய்யும் போது, தண்ணீரின் மேல்மட்டம் (ஒளிபுகு) உருளையின் ஒரு குறியீட்டை சரியாக தொடாமல் போகலாம். எடுத்துக்காட்டாக, 20 கோலிக்குண்டுகள் போடும்போது ஒரு குறியீட்டின் கீழ் தண்ணீரின் மேல்மட்டம் உள்ளது என்று கொள்ளலாம். மேலும் ஒரு கோலியைச் சேர்த்தால் மேல்மட்டம் அக்குறியீட்டைக் கடந்துவிடுகிறது என்று எடுத்துக்கொள்வோம். இச்சூழ்நிலையில், 21வது கோலி பாதிக்கு கீழாக அல்லது பாதிக்கு மேலாக மூழ்கியிருப்பதைப் பொறுத்தும், குறியீட்டுக்கும் தண்ணீரின் மட்டத்துக்கும் இடையே உள்ள நெருக்கத்தைப் பொறுத்தும், கன அளவின் வேறுபாட்டை குறிக்கும் கோலிகளின் எண்ணிக்கை 20 அல்லது 21 ஆக எடுத்துக்கொள்ளலாம்.
- மேலும், கன அளவை அளவிடும்போது அனைத்து கோலிக்குண்டுகளும் முழுதாய் மூழ்கி இருக்க வேண்டும். மேல்பரப்பில் இருக்கும் கோலிகளின் இடையே காற்று இடைவெளிகள் இருக்குமானால், அவை இல்லாமல் போகும்வரை தண்ணீரைக் கொண்டு நிரப்பிட வேண்டும் (அல்லது சில கோலிகளை அகற்ற வேண்டும்).
- “n” கோலிக்குண்டுகளின் கன அளவை முதலில் பெற்ற பின்னர், ஒருகோலியின் சராசரி அளவை கணக்கிடலாம் என்ற யோசனையை இந்தச் செயலில் ஈடுபட்டுள்ள மாணவமாணவியருக்கு வழங்கலாம். அனைத்து கோலிகளின் கன அளவுகளும் கிட்டத்தட்ட சமமாக இருக்குமே தவிர, ஒரே மதிப்பாக இருக்காது என்பதை நினைவில் கொள்ளுங்கள். இதனால் தான் ஒருகோலியின் கன அளவைக் கண்டுபிடிக்க சராசரியை கணக்கிடுவது அர்த்தமுள்ளதாகப்படுகிறது.
- எங்களிடம் இருந்த கோலிக்குண்டுகளை வைத்து இந்தச் செயலை நாங்கள் மேற்கொண்டபோது, 25 கோலிகளுக்கு 50 மி.லி என்ற முடிவைப் பெற்றோம். இதன்படி ஒரு கோலியின் சராசரி கன அளவு 2 மி.லி ஆகும்.

Figure T1 *(Left) A measuring cylinder and (right) A measuring cylinder with water and marbles*

Task 3: Comparing the volume of a marble estimated by two different methods

i. Keep ten marbles in a straight line touching each other. (You can create a long narrow channel by placing a straight edge and a ruler parallel to one another with a gap in between, with the marbles lined up in the gap.)

ii. Measure the end-to-end length of the line of marbles.

End-to-end length of ten marbles ___________________________ .

8_enPages_for_TamilBook.indd 199 02/08/22 11:27 PM

படம் 1 *(இடது) அளவிடும் உருளை மற்றும் (வலது) தண்ணீர் மற்றும் கோலிக்குண்டுகளைக் கொண்ட அளவிடும் உருளை*

செயல் 3: இரண்டு வெவ்வேறு வழிமுறைகளின் மூலம் அளவிடப்பட்ட கோலிக்குண்டுகளின் கன அளவுகளை ஒப்பிடுதல்

i. ஒன்றுக்கொன்று தொடும்படியாக பத்து கோலிக்குண்டுகளை நேர்கோட்டில் வையுங்கள். (நேரான விளிம்புடைய பொருள் ஒன்றையும், சற்று இடைவெளிவிட்டு அதற்கு இணையாக அளவுகோல் ஒன்றையும் வைத்து அவற்றிற்கிடையில் நீளமான, குறுகிய பாதையை உருவாக்கலாம். அவ்விடைவெளியில் கோலிக்குண்டுகளை அடுக்கிவைக்கலாம்.)

ii. கோலி வரிசையின் நீளத்தை அளவிடுங்கள்.

இந்த வரிசையில் பத்து கோலிகள் நிரப்பும் நீளம் ______________________.

iii. Use this measurement to estimate the average radius of the marbles.

Average radius of one marble ______________________________.

iv. Calculate the volume of a marble (sphere) $V_{calc} = \frac{4}{3}\pi r^3$ using the radius you have obtained.

Volume of one marble (obtained using the formula) ______________________

v. You may notice that the volumes obtained by these two methods differ slightly from each other. One can estimate percentage difference as the ratio (expressed in percentage) of the difference in volume to the volume of a marble (by either method).

Percentage difference = ______________________

- Dividing the end-to-end length by the number of marbles will give the mean diameter of the marbles. Have a discussion with the students on whether the diameter of each marble is exactly equal to the answer they wrote. If not, what does this answer signify?
- For our set of marbles, the end-to-end length of the line of marbles was (for 10 marbles) ~ 15.1 cm, i.e., the average diameter of a marble was about 1.51 cm. This gives the volume of one marble as $\frac{4}{3}\pi r^3 = \left(\frac{4}{3}\right) \times \left(\frac{22}{7}\right) \times \left(\frac{1.5}{2}\right)^3 = 1.77ml$
- The expression for the percentage difference can be written as: $\frac{|V_{calc} - V_{exp}|}{V_{calc}\ OR\ V_{exp}} \times 100\%$
- We are using the percentage difference instead of percentage error, because among the two methods, we cannot say which is the accurate measurement. Both methods have inherent possibility of measurement errors.
- The teacher can explain the concept of error qualitatively as follows: There is a clear discrepancy in the volume of one marble obtained in task 2 and that obtained in task 3. This is because in task 2, we calculate the average volume of one marble directly without finding the radius of marbles. On the other hand, in task 3, we find the average radius of a marble and then calculate the volume. In this process, any error in the measurement of the radius leads to larger error in volume as the radius gets cubed (due to $\frac{4}{3}\pi r^3$). This error can be minimised by increasing the number of marbles taken to measure the end-to-end length and then calculating the corresponding average radius of one marble.

8_enPages_for_TamilBook.indd 200 02/08/22 11:27 PM

i. இந்த அளவைப் பயன்படுத்தி, கோலிக்குண்டுகளின் சராசரி ஆரத்தை மதிப்பீடு செய்யுங்கள்
ஒரு கோலிக்குண்டின் சராசரி ஆரம் ____________________________________.

ii. நீங்கள் கணக்கிட்ட ஆரத்தைப் பயன்படுத்தி, ஒரு கோலிக்குண்டின் (கோளம்) கன அளவைக் V_{calc} $\frac{4}{3}\pi r^3$ கணக்கிடுங்கள்.
ஒரு கோலிக்குண்டின் கன அளவு (சூத்திரத்தின் மூலம் பெற்றது) ____________________________________

iii. இந்த இரண்டு வழிமுறைகளிலிருந்து கணக்கிட்ட கனஅளவுகள் சிறிதளவு வேறுபடுவதை நீங்கள் கவனித்திருக்கலாம். கனஅளவுகளுக்கு இடையேயான வேறுபாட்டுக்கும் ஒருகோலிக்குண்டின் கன அளவுக்கும் (இரண்டில் ஒருவழிமுறையில் பெற்றது) உள்ள விகிதத்தை (சதவீதத்தில் வெளிப்படுத்த வேண்டும்) வேறுபாடு சதவீதமாக நீங்கள் கணக்கிடலாம்.
வேறுபாட்டு சதவீதம் = ____________________________________.

- கோலிக்குண்டு வரிசையின் நீளத்தை (ஒரு முனையிலிருந்து இன்னொரு முனை வரை), கோலிக்குண்டு எண்ணிக்கையைக் கொண்டு வகுத்தால், கோலிகளின் சராசரி விட்டத்தை மதிப்பிடலாம். மாணவர்கள் இவ்வாறு பெற்ற மதிப்பும், ஒவ்வொரு கோலிக்குண்டினுடைய விட்டமும் சரிசமமாக இருக்குமா என்பதைக் குறித்து அவர்களுடன் கலந்துரையாடுங்கள். அவ்வாறு இல்லையென்றால், இந்த முடிவு தெரிவிப்பது என்ன?
- எங்களுடைய கோலிக் குண்டுகளை எடுத்துக்கொண்டபோது, 10 கோலி வரிசையின் (ஒரு முனையிலிருந்து இன்னொரு முனையின்) நீளம் $\sim$ 15.1 செ.மீ. அதாவது, ஒரு கோலியின் சராசரி விட்டம் 1.51 செ.மீ. இதன் மூலம், ஒரு கோலியின் கனஅளவு, $\frac{4}{3}\pi r^3 = \left(\frac{4}{3}\right) \times \left(\frac{22}{7}\right) \times \left(\frac{1.5}{2}\right)^3 =$ 1.77 மி.லி என்று கிடைக்கிறது.
- வேறுபாட்டு சதவீதத்தின் சூத்திரத்தை $\frac{|V_{calc} - V_{exp}|}{V_{calc}\ OR\ V_{exp}} \times 100\%$ ஆக எழுதலாம்.
- இங்கே சதவீத பிழைக்கு பதிலாக வேறுபாட்டு சதவீதத்தைப் பயன்படுத்துகிறோம். ஏனெனில், நாம் பயன்படுத்தியுள்ள இரண்டு வழிமுறைகளில் எது துல்லியமானது என்பதை நாம் உறுதியாக கூறமுடியாது. இரண்டு வழிமுறைகளிலுமே உள்ளார்ந்த அளவீட்டு பிழைகளுக்கான சாத்தியங்கள் உள்ளன.
- பிழை என்ற கருத்தைத் தன்மை ரீதியாக ஆசிரியர் பின்வருமாறு விளக்கலாம்: செயல்கள் 2 மற்றும் 3 மூலம் கணக்கிடப்பட்ட கோலிக்குண்டின் கன அளவுகளில் தெளிவான வேறுபாடு இருப்பது தெரிகிறது. இதன் காரணம் என்னவென்றால், செயல் 2-ல் கோலிக்குண்டுகளின் ஆரத்ததை கண்டுபிடிக்காமல் ஒரு கோலியின் சராசரி கன அளவைக் கணக்கிடுகிறோம். மறுபக்கம், செயல் 3-ல் ஒரு கோலியின் சராசரி ஆரத்தை அளவிட்ட பின் கன அளவைக் கணக்கிடுகிறோம். இந்த வழிமுறையில், ஆரத்தின் கனம் கணக்கிடப்படுவதால் ($\frac{4}{3}\pi r^3$) ஆரத்தை அளவிடுவதில் ஏதேனும் பிழைகள் இருந்தால் கன அளவில் அந்த பிழை மேலும் பெரிதாகிவிடும். இந்தப் பிழையைக் குறைக்க, கோலி வரிசையின் (ஒருமுனையிலிருந்து இன்னொரு முனையின்) நீளத்தைக் கணக்கிடப் பயன்படுத்தப்படும் கோலிகளின் எண்ணிக்கையை அதிகரிக்க வேண்டும். பின்னர், இதை வைத்து கோலியின் சராசரி ஆரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

- Note that the mean volume of marbles is obtained here to a greater accuracy than the accuracy imposed by the least count of our "manufactured" measuring cylinder.
- Possible extension: If the students want, they can repeat this with more marbles and/or with random sets of ten marbles each. Will the calculated average volume now be closer to that obtained in task 2?
- Possible extension: Students may also try repeating the tasks 2 and 3 using machined steel balls (like those is used in ball bearings) of a size similar to that of the marbles. Since these are usually manufactured to a higher degree of precision than the marbles, the discrepancy in the volume obtained in task 2 and that obtained in task 3 will be smaller.

Task 4: Measuring the volume of an irregular stone

i. Fill the cylinder with water to the 200 mL mark.

ii. Put an irregular stone in the water. (The stone should be completely immersed inside the water with the water level at least 2-3 cm above the upper surface of the stone.)

iii. Estimate the volume of the stone by observing the amount of water displaced. Unless the water level matches with one of the markings, this will only be approximate measurement.

iv. Now, immerse enough marbles to bring the water level up to the next marking.

Volume of water before adding the stone _

Number of marbles required to raise the water level to the next mark _

The irregular stone + _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ marbles displaced _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ volume of water.

v. Use the mean volume of marbles, V_{exp} obtained in task 2 to determine the volume of the stone more precisely.

Volume of the irregular stone_ _

- நாம் “வடிவமைத்த” உருளையின் குறைந்தபட்சஅளவு விதித்த துல்லியத்தன்மையைக் காட்டிலும், இங்கு பெற்ற கோலிக்குண்டுகளின் சராசரி கன அளவு அதிக துல்லியத்தன்மை உடையது என்பதை நினைவில் கொள்ளுங்கள்.
- மேலும் தொடர: விருப்பமுள்ள மாணவர்கள், அதிக கோலிக்குண்டுகளைக் கொண்டு அல்லது/மற்றும் வெவ்வேறு பத்து பத்து கோலிகளைக் கொண்டு இப்பரிசோதனையை மீண்டும் மேற்கொள்ளலாம். இதன்மூலம் நீங்கள் பெறப்போகும் சராசரி கன அளவு செயல் 2-ல் பெற்ற கன அளவுக்கு அருகில் இருக்குமா?
- மேலும் தொடர: கோலிக்குண்டுகளுக்கு இணையான அளவை கொண்டிருக்கக்கூடிய உலோக உருளைகளைப் (தாங்கு உருளைகளில் (ball bearings) பயன்படுத்தப்படுவதை போல) பயன்படுத்தி செயல்கள் 2 மற்றும் 3-ஐ மாணவர்கள் மீண்டும் முயற்சி செய்து பார்க்கலாம். பொதுவாக இப்பந்துகள், கோலிக்குண்டுகளைக் காட்டிலும் துல்லியமாக தயாரிக்கப்படுகிறது. அதனால், செயல்கள் 2 மற்றும் 3-ல் பெற்ற கன அளவுகளுக்கு இடையேயான வேறுபாடு குறைவாக இருக்கும்.

செயல் 4: ஒரு கல்லின் கனஅளவை அளவிடுதல்

i. 200 மி.லி குறியீடு வரை உருளையில் தண்ணீரை நிரப்புங்கள்.

ii. ஒரு கல்லை தண்ணீருக்குள் போடுங்கள். (கல் முழுவதுமாக மூழ்கியிருக்க வேண்டும். கல்லின் மேற்பரப்பிலிருந்து குறைந்தபட்சம் 2 முதல் 3 செ.மீ உயரத்தில் தண்ணீரின் மட்டம் இருக்க வேண்டும்)

iii. இடமாற்றம் செய்யப்பட்ட தண்ணீரின் அளவை உற்றுநோக்குவதன் மூலம் கல்லின் கன அளவைக் கணக்கிடலாம். தண்ணீரின் மட்டம் ஏதாவது ஒரு குறியீட்டுக்கு சமமாக இல்லாத வரையில், இது தோராயமான ஒரு அளவீடுதான்.

iv. இப்போது, அடுத்தக் குறியீட்டுக்கு தண்ணீரின் மட்டம் உயரும் வரை கோலிக்குண்டுகளை உள்ளே போடுங்கள்.

கல்லை போடுவதற்கு முன் தண்ணீரின் கன அளவு ______________________________

அடுத்தக் குறியீட்டுக்கு தண்ணீரின் மட்டத்தை உயர்த்த தேவைப்படும் கோலிகளின் எண்ணிக்கை ____________________

கல் + ______ கோலிகள் (எண்ணிக்கை) ______ மி.லி. தண்ணீரை இடமாற்றியது.

v. இந்தக் கல்லின் கன அளவை மேலும் துல்லியமாக அளவிடுவதற்கு, செயல் 2-ல் பெற்ற கோலிகளின் சராசரி கன அளவைப் பயன்படுத்துங்கள்.

கல்லின் கன அளவு ______________________________

Note that once the stone is submerged, there needs to be sufficient depth of water above the stone to immerse a few marbles completely. If this is not the case, the teacher may consider restarting with a larger amount of water.

Task 5: A challenge

In this task, the students confront their belief that by putting enough number of marbles, the water level will always rise to the top of the container. They may be surprised that this is not the case. The main reason for this, which the students will discover through this task, is that there are gaps between the marbles even when they are closely packed, and the amount of water may be just sufficient to fill these gaps without rising above the level of the marbles.

1. Fill up the cylinder with water to the 50 mL mark.
2. By adding enough marbles, try to raise the **water level** to the top of the cylinder.
3. If you do not succeed in raising the water level to the top, can you estimate the maximum marking to which the water level rises?
   Maximum marking to which the water level rises _____________________

   Number of marbles required to increase the volume by this amount ______________________________
4. Can you think of an explanation for this?

____

____

____

____

8_enPages_for_TamilBook.indd 202 02/08/22 11:27 PM

கல் மூழ்கிய பின்னர், அதற்கு மேல் போதுமான அளவில் தண்ணீரின் ஆழம் இருந்தால்தான் மேலும் சில கோலிகளை முழுமையாக மூழ்கச் செய்யமுடியும் என்பதை நினைவில் கொள்ளுங்கள். இவ்வாறு இல்லையென்றால், அதிக அளவு தண்ணீரைக் கொண்டு ஆசிரியர் மீண்டும் தொடங்கலாம்.

செயல் 5: ஒரு சவால்

போதுமான எண்ணிக்கையில் கோலிகளைப் போடுவதன் மூலம், தண்ணீரின் மட்டம் உருளையின் உச்சத்தை அடைந்துவிடும் என்ற மாணவர்களின் நம்பிக்கை இந்தச் செயலில் கேள்விக்குள்ளாகும். இவ்வாறு நிகழ்வதில்லை என்பது அவர்களுக்கு வியப்பூட்டுவதாக இருக்கலாம். கோலிக்குண்டுகள் நெருக்கமாக அடுக்கப்பட்டிருந்தாலும் அவற்றிற்கு இடையே இடைவெளிகள் இருக்கும். கோலிகள் அடையும் உயரத்தை தண்ணீர் கடக்காமல், இவ்விடைவெளிகளை நிரப்பவே போதுமானதாக இருக்கும் என்பது இதற்கு முக்கியமான காரணம். இந்தச் செயலின் மூலம் இதை மாணவர்கள் அறிந்துகொள்வார்கள்.

1. 50 மி.லி குறியீடு வரை உருளையில் தண்ணீரை நிரப்புங்கள்.
2. போதுமான கோலிகளைப் போடுவதன் மூலமாக, உருளையின் உச்சத்துக்கு **தண்ணீரின் மட்டத்தை** உயர்த்த முயற்சியுங்கள்.
3. தண்ணீரின் மட்டம் உச்சத்தை தொடவில்லை என்றால், அது எட்டும் அதிகபட்சக் குறியீட்டை மதிப்பீடு செய்ய முடியுமா?

   தண்ணீர் மட்டம் தொடும் அதிகபட்சக் குறியீடு_____________________

   இந்த மட்டத்துக்கு கன அளவை அதிகரிக்கத் தேவைப்படும் கோலிக்குண்டுகளின் எண்ணிக்கை_______________

4. இதற்கான விளக்கத்தை உங்களால் அளிக்க முடியுமா?

____

____

____

____

5. Do you think the thirsty crow would have succeeded in quenching its thirst? Explain your answer.

____

____

____

____

____

- The initial volume of water is kept deliberately low so that adding more and more marbles does not bring the water level up to the top. Once this happens, the teacher may support the students in finding the explanation that when objects like marbles are packed as closely as possible, they still have some gaps in between. The water accumulates there and hence never rises above a certain level. Assuming the closest possible packing of the marbles, there is still about a quarter of volume between the marbles that is left over for air or water. Thus, in this task, if the initial volume of water was 50 mL, the water level after adding many marbles will not rise beyond 200 mL. The teacher may also point out to the more interested students that this concept is called the "packing fraction". Similar concept also becomes important in the theory which explains how atoms are packed together in solids.
- Thus, one of the takeaways of this unit is that the thirsty crow would not have succeeded in quenching its thirst if the water level in the pitcher had been too low to begin with.
- Only for the teachers: In case of (spherical) marbles, the closest possible packing is called "hexagonal close packed". The packing fraction for this is ~ 0.74. This means that in the most ideal closest packing, 74% of the volume will be occupied by marbles and at most 26% by water. Further, on the edges of the cylinder, this fraction will be poorer. Hence, we expect water in the task above to rise to between 120-150 mL.

8_enPages_for_TamilBook.indd 203 02/08/22 11:27 PM

5. காகம் வெற்றிகரமாக அதனுடைய தாகத்தை தணித்திருக்கும் என்று நினைக்கிறீர்களா? உங்களின் பதிலை விளக்குங்கள்.

____

____

____

____

____

- மேலும் மேலும் கோலிக்குண்டுகளை தண்ணீருக்குள் போடும்போது, தண்ணீரின் மட்டம் உச்சத்துக்கு வராமால் இருப்பதற்குதான் தொடக்கத்தில் அதன் கன அளவு திட்டமிட்டு குறைவாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. கோலிக்குண்டுகள் போன்ற பொருட்கள் நெருக்கமாக அடுக்கப்பட்டிருந்தாலும் அவற்றிற்கிடையே இடைவெளிகள் இருக்கும் என்ற விளக்கத்தை மாணவர்கள் கண்டுபிடிப்பதற்கு ஆசிரியர்கள் உதவி செய்யலாம். இவ்விடைவெளிகளில் தண்ணீர் தேங்குவதால் குறிப்பிட்ட ஒருமட்டத்துக்கு மேல் அது உயராது. கோலிகள் மிக நெருக்கமாக அடுக்கப்பட்டுள்ளன என்று எடுத்துகொண்டாலும் கூட, அவற்றின் கன அளவில் கிட்டதட்டக் கால்பங்கு காற்று அல்லது தண்ணீரால் நிரப்பப்படுகிறது. அதனால், இச்செயலின் தொடக்கத்தில் தண்ணீரின் கன அளவு 50 மி.லி.ஆக இருக்குமானால், பல கோலிகளை போட்ட பின்னரும் தண்ணீரின் மட்டம் 200 மி.லி. கன அளவுக்கு மேல் உயராது. "பொதிவுக் கூறு" என்ற கருத்துதான் இது என அதிக ஆர்வம் கொண்ட மாணவர்களுக்கு ஆசிரியர்கள் சுட்டிக்காட்டலாம். இதை ஒத்த கருத்துதான் திண்மங்களில் அணுக்கள் அடுக்கப்பட்டிருப்பதை விவரிக்கும் கோட்பாட்டில் முக்கியமாகிறது.
- ஆதலால், இந்தக் கற்றல் பிரிவில் நாம் புரிந்துகொள்ளும் முக்கியமான கருத்துகளில் ஒன்று, தொடக்கத்திலேயே பானையில் தண்ணீரின் மட்டம் குறைவாக இருந்ததென்றால், காகம் அதனுடைய தாகத்தை தணித்திருக்க இயலாது.
- ஆசிரியர்களுக்கு மட்டும்: கோலிக்குண்டு(கோளம்)-களுக்கு மிக நெருக்கமான அடுக்க-அமைப்பாக சாத்தியப்படுவது "அறுகோண நெருக்கப்பொதிவு அமைப்பு". இந்த அமைப்பின் பொதிவுக் கூறு $= \sim 0.74$. அதாவது, கருத்தியல் ரீதியாக, மிக நெருக்கமான அடுக்கஅமைப்பில், கன அளவில் 74 சதவீதம் கோலிகளாலும் அதிகபட்சமாக 26 சதவீதம் தண்ணீராலும் நிரம்பியிருக்கும். மேலும், உருளையின் விளிம்புகளில் இக்கூறு குறைவாக இருக்கும். ஆதலால், இந்தச் செயல்பாட்டில் தண்ணீரின் மட்டம் 120 முதல் 150 மி.லி வரை உயரும் என்று எதிர்பார்க்கப்படுகிறது.

Task 6: Estimating the packing fraction (Optional)

i. Fill the marked cylinder with marbles up to the 50 mL mark. Count the marbles as you are putting them in one by one. Give the cylinder a good shake to ensure that the marbles are packed as closely as possible and make sure that the marbles are as close as possible to the level with the 50 mL mark by adding or removing some marbles.

ii. The packing fraction is the ratio of the volume of the marbles filling up the space to the total volume of the space. Can you find the packing fraction using this definition?

iii. Repeat this for the 100 mL and the 150 mL mark and find the packing fractions for these trials as well. What do you notice?

- It should not be difficult for the students to find the average volume of one marble by calculation since they know the average radius of a marble. Multiplying by the number of marbles gives the total volume of the marbles. They already know the total space inside the container from the marked volume (50 mL, 100 mL, or 150 mL as the case may be). So they can find the ratio, which is the packing fraction.
- This is slightly more challenging: Another method is to plot a graph with the total volume of the marbles on

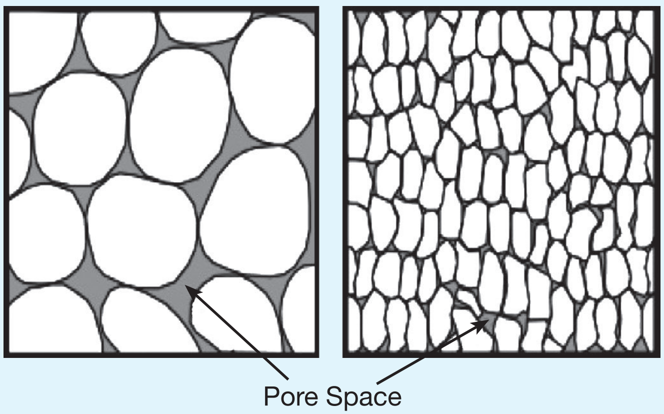


Figure T2 *Pore space between soil particles*

8_enPages_for_TamilBook.indd 204 02/08/22 11:27 PM

செயல் 6: பொதிவுக்கூற்றை மதிப்பீடு செய்தல் (கட்டாயமில்லை)

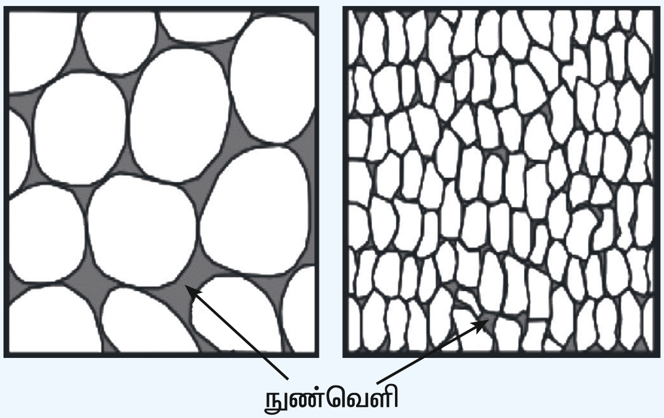
i. குறியீடுகளைக் கொண்ட உருளையில் 50 மி.லி வரையில் கோலிக்குண்டுகளை ஒவ்வொன்றாக எண்ணிக்கொண்டே போடுங்கள். அவை நெருக்கமாக அடுக்கி இருப்பதை உறுதிசெய்ய உருளையை நன்றாக குலுக்குங்கள். சில கோலிகளைச் சேர்த்தோ அகற்றியோ முடிந்த அளவுக்கு 50 மி.லி குறியீட்டுக்கு அருகில் கோலிகள் இருப்பதை உறுதி செய்யுங்கள்.

ii. வெளியை நிரப்பி இருக்கும் கோலிக்குண்டுகளின் கன அளவுக்கும் அவ்வெளியின் மொத்த கன அளவுக்கும் உள்ள விகிதம்தான் பொதிவுக் கூறு ஆகும். இவ்வரையறையைப் பயன்படுத்தி பொதிவுக் கூற்றை உங்களால் கண்டுபிடிக்க முடியுமா?

iii. 100 மி.லி மற்றும் 150 மி.லி அளவுகளுக்கும் இச்சோதனையை திரும்ப செய்திடுங்கள். மேலும், இவற்றின் பொதிவுக் கூறுகளை கண்டுபிடியுங்கள். நீங்கள் கவனித்தது என்ன?

- மாணவர்களுக்கு கோலிக்குண்டின் சராசரி ஆரம் தெரியும் என்பதால், ஒரு கோலியின் சராசரி கன அளவைக் கண்டுபிடிப்பது சவாலாக இருக்காது. இந்த அளவுடன் கோலிக்குண்டுகளின் எண்ணிக்கையை பெருக்கினால், கோலிகளின் மொத்த கன அளவைப் பெறுவோம். உருளையில் உள்ள குறியீட்டுகளை வைத்து, அதற்குள் உள்ள வெளியின் கன அளவை நாம் ஏற்கனவே அறிவோம் (50 மி.லி, 100 மி.லி, அல்லது 150 மி.லி. சோதனைக்கு ஏற்ப). இதை வைத்து மாணவர்கள் விகிதத்தை கண்டுபிடிக்கலாம். இதுதான் பொதிவுக் கூறு ஆகும்.

கொஞ்சம் சவாலான ஒரு செயல்: கன அளவுகளைக் கொண்டு ஒரு வரைபடத்தை வரைதல் இன்னொரு வழிமுறையாகும்.



படம் T2 *மண்துகள்களின் இடையே உள்ள நுண்வெளிகள்*

the Y-axis and the total volume of the space occupied by them on the X-axis. By drawing a "best fit" straight line through the points, the slope of the line gives the packing fraction.

- An interesting extension of this activity is to compare the packing fractions obtained by using ball bearings and marbles together, and by varying the diameter of the container.
- It may be worth expanding the analogy to explain that groundwater is also filled in the pore spaces of soil particles and stones beneath the ground. Thus even though pore spaces in the soil seem tiny, they hold huge amounts of groundwater that we extract via hand pumps and borewells.
- Figure T3 below shows "hexagonal close packing" that you may have observed in the stacking of balls or of fruits in the market.

Figure T3 *Fruits stacked in a fruit stall*

8_enPages_for_TamilBook.indd 205 02/08/22 11:27 PM

X-அச்சில் கோலிக்குண்டுகள் இருக்கும் வெளியின் மொத்த கன அளவையும் Y-அச்சில் கோலிக்குண்டுகளின் மொத்த கன அளவையும் குறித்திடுங்கள். புள்ளிகளின் வழியே "நன்கு பொருந்தக்கூடிய" நேர்கோட்டை வரைவதன் மூலம், அந்தக் கோட்டின் சாய்வுவிகிதம், பொதிவுக்கூற்றைத் தரும்.

- உருளையின் விட்டத்தை மாற்றியும் உலோக உருளைகள் மற்றும் கோலிக்குண்டுகளைச் சேர்த்து எடுத்துகொண்டும் பரிசோதனைச் செய்வது இந்தச் செயலின் சுவாரஸ்யமான தொடர்ச்சியாக இருக்கும்.
- இந்த ஒப்புமையைக் கொண்டு நிலத்தடிநீரை விளக்குவது பயனுள்ளதாக இருக்கும். மண்துகள்கள் மற்றும் கற்களின் நுண்வெளிகளில்தான் நிலத்துக்கு அடியில் உள்ள தண்ணீரும் தேங்கியிருக்கும். இவ்வெளிகள் சின்னஞ்சிறியதாகத் தெரிந்தாலும் கூட, அவை பெருமளவில் நிலத்தடிநீரைக் தேக்கிவைக்கும். இந்த நீரைதான் கைபம்புகள் மற்றும் ஆழ்குழாய் கிணறுகளைக் கொண்டு நாம் எடுக்கிறோம்.
- கீழுள்ள படம் 3-ல் "அறுகோண நெருக்கப்பொதிவு அமைப்பு" காட்டப்பட்டிருக்கிறது. இதைச் சந்தைகளில் உள்ள பழங்கள்/பந்துகள் அடுக்கப்பட்டிருக்கும் முறையில் நீங்கள் பார்த்திருக்கலாம்.

படம் T3 *ஒரு பழக்கடையில் அடுக்கப்பட்டுள்ள பழங்கள்*

Idea for further extension

What happens if we use a bottle with a larger or smaller diameter, or if we use marbles that are larger or smaller? Does the packing fraction change?

Suggested readings

- An advanced discussion on pores in soils and their relationship to various processes and phenomena taking place in soil can be found at: Nimmo, J. R. (2013). Porosity and pore size. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Elsevier.*doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.05265-9
  Retrieved from: https://wwwrcamnl.wr.usgs.gov/uzf/abs_pubs/papers/nimmo.13.porosity-encyc.rmeses.pdf
- The overflow principle, the principle that when a body is immersed in a liquid, it displaces an equal volume of the liquid, is often confused with the related but different Archimedes principle. The latter states the equivalence of the force of buoyancy and the weight of the displaced liquid. For an explanation see this link: https://www.math.nyu.edu/~crorres/Archimedes/Crown/CrownIntro.html

Image sources

- Image 1: *The Crow and the Pitcher: From The Aesop for Children, by Aesop, illustrated by Milo Winter, Project Gutenberg etext 1994*

Title: An experiment on measuring volumes
Main Authors: Ananda Dasgupta, Keyuri Raodeo
Contributing Author: Aniket Sule
Reviewers: Arnab Bhattacharya, Vandana Nanal
Creative Commons Licence: CC BY-SA 4.0 International

VIGYAN PRATIBHA
विज्ञान प्रतिभा

தொடர்ந்த கற்றலுக்கான யோசனை

வெவ்வேறு விட்டங்களைக் கொண்ட பாட்டில்கள்/குடுவைகள் அல்லது வெவ்வேறு அளவுகளைக் கொண்ட கோலிக்குண்டுகள், அல்லது இரண்டையுமே மாணவர்கள் வைத்துள்ளார்கள் என்று எடுத்துகொள்ளலாம். இவற்றில் தண்ணீரின் மட்டம் அதிகபட்சமாக எந்த அளவு வரையில் உயரும்?

பரிந்துரைக்கப்படும் நூல்கள்

- மண்ணிலுள்ள நுண்வெளிகளைக் குறித்த பொதுவான ஒரு வாசிப்புக்கு:
  Nimmo, J. R. (2013). Porosity and pore size. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Elsevier.*doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.05265-9
  Retrieved from: https://wwwrcamnl.wr.usgs.gov/uzf/abs_pubs/papers/nimmo.13.porosity-encyc.rmeses.pdf
- ஆர்க்கிமிடிஸ் எவ்வாறு அரசனுடைய தங்க கீரிடத்தின் தூயத்தன்மையில் எழுந்த சந்தேகத்தை, மேலே கொடுக்கப்பட்ட வழிமுறையைப் பயன்படுத்தி தீர்த்திருக்கலாம் என்பதை குறித்தக் கதை (புனைவாக இருக்கலாம், ஆனால் பயனுள்ளது):
  https://www.math.nyu.edu/~crorres/Archimedes/Crown/CrownIntro.html

பட ஆதாரங்கள்

- படம் 1: *The Crow and the Pitcher: From The Aesop for Children, by Aesop, illustrated by Milo Winter, Project Gutenbergetext 1994.*

Title: An experiment on measuring volumes
Main Authors: Ananda Dasgupta, Keyuri Raodeo
Contributing Author: Aniket Sule
Reviewers: Arnab Bhattacharya, Vandana Nanal
Translators: Manikandan Sambasivam, Uthra Dorairajan
Creative Commons Licence: CC BY-SA 4.0 International

VIGYAN PRATIBHA
विज्ञान प्रतिभा