

VEEPROOVIDE SOOLASISALDUSE MÄÄRAMINE AREOMEETRIGA (PK)

Tööjuhendi ja jooniste koostajad: Ülle Kikas ja Iris Merilo, kohandanud Jaanus Uibu
Tartu Ülikool, Teaduskool

TAUSTAINFO – TIHEDUS JA AREOMEETRI KALIBREERIMINE

Veeproove aitab üksteisest eristada asjaolu, et vedelike tihedus sõltub soolasisaldusest ja et soolasem vesi on magedamast tihedam. Tabel keedusoola lahuste tihedustest sõltuvalt lahuse soolasisaldustest on toodud käesoleva juhendi LISAS 1. Vedeliku tiheduse (ja soolasisalduse) määramiseks saame Pasteuri pipetist ja metallkuulikestest valmistada lihtsa mõõtevahendi – areomeetri. See on vedelikus ujuv skaalaga mõõteriist, mille ujumissügavus sõltub vedeliku tihedusest (ja ühtlasi ka soolasisaldusest). Areomeeter töötab vastavalt Archimedese seadusele.

Ujutades areomeetrit tuntud soolasisaldusega veeproovides, saab areomeetri kalibreerida: joonistada kalibreerimisgraafiku, millel igale areomeetri skaala näidule vastab kindel soolasisaldus. Koos kalibreerimisgraafikuga saab areomeetrit kasutada mõõteriistana, mille abil saab määrata tundmatute lahuste soolasisaldust.

TÖÖJUHEND

TÖÖ EESMÄRK: tuvastada kolme uuritava veeproovi soolasisaldused, mõõtes proove enda valmistatud mõõteriista **areomeetriga**, mis eelnevalt kalibreeritakse ise segatud soolalahuste ja millimeeterpaberile joonistatud graafiku abil; saadud andmete põhjal teha järeldused proovide päritolu kohta.

***Soovitus õpetajale:** võib kasutada süžeed, kus uuritakse nt kolme kahtluseluse juurest leitud veeproove, et leida, kas nende ütlused vee päritolu kohta peavad paika ja kas keegi neist võis viibida kuriteopaigal, kus nt tuli sumada kindla soolasisaldusega vees või lõhuti kindla soolasisaldusega akvaarium. Sel juhul tuleks juhendit ja protokollit vastavalt kohandada, eelnevalt valmistatud uuritavate veeproovide soolasisaldus võiks nt vastata soolasele mereveele, riimveele ja mageveele.*

VAJALIKUD VAHENDID

Koos töötavale õpilaste paarile:

- 5 kõrget keeduklaasi (250 ml);
- kraanivesi (1 l, mõõtkannus);
- keedusool (kaanega plasttopsis, ~ 200 g);
- plastlusikas;
- plasttops (keedusoola kaalumiseks);
- 2 Pasteuri pipetti;
- metallkuulikesed (nt õngetina – soovitavalt erineva suurusega) väikeses klaasis;
- tükk millimeeterpaberit (areomeetri skaala valmistamiseks);

- peenike veekindel marker;
- käärid;
- lai läbipaistev kleeplint;
- elektrooniline kaal;
- kaalupaber;
- kalkulaator;
- paberkäterätid.

Igale õpilasele:

- klaaspulk;
- harilik pliiats, pastapliiats;
- pikk joonlaud;
- harilik pliiats;
- kustukumm.

Jagamiseks 3...4 paari vahel:

- Iga pingirea otsas või eraldi laudadel 3 kõrget keeduklaasi (250 ml) uuritavate veeproovidega (igas 200 ml proovi), tähistatud: **A, B ja C**.

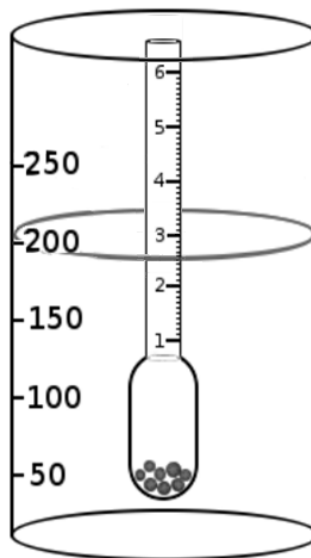
TÖÖ KÄIK

I Areomeetri valmistamine ja testimine kraanivees

1. Lõika ära Pasteuri pipeti kitsas ots veidi kõrgemalt ülemisest jaotuskriipsust.
2. Skaala tegemiseks lõika millimeeterpaberist umbes 1×6,5 cm suurune ristkülik, joonista peene markeri abil sellele mööda jämedamaid cm-jooni võimalikult täpselt 1 cm vahedega kriipsud. Kirjuta kriipsude juurde numbrid 1...6, nagu on kujutatud **joonisel 1**.
3. Skaala vee eest kaitsmiseks kasutame kleeplinti. Lõika laiast läbipaistvast kleeplindist tükk, mis on suurem kui valmistatud skaala. Kleebi skaala kleeplindi külge, numbritega vastu liimuvat poolt, nii et kleeplint ulatuks igast servast üle paberi.
4. Kleebi skaala ärälõigatud otsaga Pasteuri pipeti külge.
5. Kirjuta ühele 250 ml keeduklaasile markeriga number: **1** ja vala keeduklaasi 200 ml kraanivett (täpse veekoguse saamiseks lisa või eemalda vett teise Pasteuri pipeti abil).
6. Pane lõigatud Pasteuri pipeti jäme ots vette ning poeta selle toru otsast ettevaatlikult sisse nii palju metallkuulikesi, et pipett vajub võimalikult sügavale vette, kuid ei puuduta keeduklaasi põhja (vt **joonis 2**). Sulge pipeti ots kleeplindiga, et kuulikesed välja ei tuleks. Nii oled valmistanud **AREOMEETRI**.
7. Mõõda areomeetri skaala näit kraanivees ujumisel (vaata skaalat veepinna kõrguselt!) ja märgi see **protokolli tabelisse 1**.



Joonis 1. Omavalmistatud areomeeter



Joonis 2. Areomeetri sobiv asend keeduklaasis

II Kalibreerimislahuste valmistamine veest ja keedusoolast

8. Tähista markeriga kolm keeduklaasi: **2, 3 ja 4**. Vala igaühte täpselt 200 ml kraanivett.
9. Nüüd tuleb Sul igasse keeduklaasi laual olevast NaCl topsist kaaluda teatav kogus soola.
 - Lülita kaal sisse ja oota tähise „o“ ilmumist: siis on kaal töötamiseks valmis.
 - Murra kaalupaber keskelt kahekorra, painuta uuesti tagasi ja asetä kaalule. Nulli kaalu näit „TARE“ klahviga (võta maha paberi kaal).
 - Seejärel tõsta plastlusikaga kaalupaberile ettenähtud kogus keedusoola ja lisa see keeduklaasis olevale veele.
 - Sega lahust keeduklaasis rahulikult klaaspulgaga, kuni sool on täielikult lahustunud (lahused on läbipaistvad ja soolakristalle pole näha).
10. Esmalt lisa punktis 9 kirjeldatud viisil **5 g keedusoola keeduklaasi 2**.
11. Lisa samal viisil **15 g soola keeduklaasi 3** ning **30 g soola keeduklaasi 4**.
12. Teades, et 1 ml vett kaalub 1 g, arvuta iga lahuse soolasisaldus %-des. Kirjuta kaalumiste ja arvutuste tulemused protokollis Tabelisse 1!

III Valmistatud lahuste mõõtmine areomeetriga ja kalibreerimisgraafiku joonistamine

13. Sukelda areomeeter järgemööda testlahustesse 2, 3 ja 4 ning mõõda, millisel kõrgusel areomeeter igas lahuses ujub. Märki areomeetri skaala näidud **protokollis** Tabelisse 1! (Enne areomeetri tõstmist järgmisesse lahusesse tuleb see paberkäterätiga hoolikalt kuivatada, et soolalahuseid mitte saastada!)
14. Kui testlahused on mõõdetud, jäta areomeeter ühte keeduklaasi – seda läheb veel vaja!

Juhis õpetajale: pöörake tähelepanu, et mõõtmis- ja arvutustulemused esitatakse sellise kümnenkohtade arvuga, mis on kooskõlas kaalumise täpsusega.

IV Kalibreerimisgraafiku joonistamine millimeeterpaberile

15. Joonista millimeeterpaberile graafiku teljed, tähista ja pealkirjasta need. x-teljele lähevad lahuste soolasisaldused (%) ja y-teljele areomeetri näidud.

NB! Joonista teljed võimalikult pikad ning märgi skaalad selliselt, et teadaolevate mõõtmisandmete vahemik kataks võimalikult suure osa kummastki teljest! Graafikut tee terava hariliku pliiatsiga!

16. Märgi graafikule ristikestega mõõtmisandmed: iga lahuse soolasisalduse protsendile vastavad areomeetri näidud Tabelist 1.

17. Joonista graafikule andmepunkte kõige paremini lähendav sirge (st joonista sirge selliselt, et see asub kõikidele punktidele võimalikult lähedal). See on Sinu areomeetri **kalibreerimisgraafik!**

V Tundmatute veeproovide soolasisalduse määramine

Areomeetri ja calibreerimisgraafikuga saad nüüd määrata tundmatute veeproovide soolasisaldusi – igale näidule areomeetri skaalal vastab kindel lahuse soolasisaldus graafikult.

*Juhis õpetajale: andke tervele klassile samade soolasisaldustega proovid. Sõltuvalt õpilaste arvust jagage proovid vajalikuks arvuks komplektideks. Kui on soov tundmatuid veeproove seostada mõne konkreetse proovivõtukohaga, siis tuleb **Tabeli 2** täitmiseks vastav info õpilastele edastada). Mõõtmisvea hindamiseks peaksid õpilased teada saama ka vähemalt ühe proovi tegeliku soolsuse väärtuse (vt osa VI).*

18. Võta kaasa areomeeter, märkmepaber, paberkäterätt ja kirjutusvahend ning mine laua juurde, kus asuvad tundmatud veeproovid.

19. Aseta areomeeter järgemööda veeproovidesse A, B ja C ning märgi märkmepaberile areomeetri näidud. NB! Iga mõõtmise eel kuivata areomeetrit paberkäterätikuga!

20. Kirjuta areomeetri näidud **Tabelisse 2** ja kanna andmepunktid calibreerimisgraafikule. Leia calibreerimisgraafiku abil, millise soolasisaldusega olid veeproovid A, B ja C, ning kirjuta graafikult leitud soolasisaldused samuti Tabelisse 2!

21. Jäta areomeeter ühte keeduklaasi. Ära metallkuulikesi areomeetrist välja vala!

VI Mõõtmistulemuse täpsuse hindamine (edasijõudnutele)

22. Võrdle tundmatute veeproovide mõõtmistulemusi õpetaja antud õigete väärtustega ja arvuta **protokollis** mõõtmistulemuse suhteline viga protsentides.

NÄIDISPROTOKOLL

Nimi:

VEEPROOVIDE SOOLASISALDUSE MÄÄRAMINE

Kuupäev:

TABEL 1. Soolalahuste valmistamine ja areomeetri kalibreerimine

| Lahus | Vee kogus keeduklaasis V_{vesi} (ml) | Vee mass keeduklaasis m_{vesi} (g) | Lisatud soola mass m_{sool} (g) | Lahuse mass m_{lahus} (g) | Lahuse soolasisaldus P (%) | Areomeetri näit skaalal |
|-------|--|--|---|---------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1 | 200 | | | | | |
| 2 | 200 | | | | | |
| 3 | 200 | | | | | |
| 4 | 200 | | | | | |

TABEL 2. Tundmatute veeproovide soolasisalduse mõõtmine areomeetriga

| Proovi tähis | Väidetav vee päritolu (näidis) | Areomeetri näit | Veeproovi soolasisaldus (%) graafikult | Kas veeproov võib olla pärit väidetud proovivõtukohest? Põhjendamiseks otsi vajadusel infot internetist! |
|--------------|--------------------------------|-----------------|--|--|
| A | Kraavivesi | | | |
| B | Vesi jõesuudmest | | | |
| C | Vesi avamerest | | | |

TABEL 3. Mõõtmistulemuse täpsuse hindamine (edasijõudnutele / kiirematele)

| Proovi tähis | Õige soolsuse väärtus (% küsi õpetajalt!) | Minu leitud soolsuse väärtus (%) | Minu mõõdetud ja õige soolsuse vahe | Mõõtmistulemuse suhteline viga (%)* |
|--------------|---|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| A | | | | |
| B | | | | |
| C | | | | |

* Mõõtmistulemuse **suhteline viga** näitab, mitu protsenti moodustab eelnevas tulbas leitud mõõtetulemuse ja teadaoleva õige väärtuse vahe soolsuse õigest väärtusest.

**Naatriumkloriidi lahuse tihedus
sõltuvalt lahuse %-lisest kontsentratsioonist (temperatuuril 20°C)**

| Massi % | Tihedus [g/cm ³] | Massi % | Tihedus [g/cm ³] | Massi % | Tihedus [g/cm ³] |
|---------|------------------------------|---------|------------------------------|---------|------------------------------|
| 0,10 | 0,9989 | 3,60 | 1,0239 | 9,20 | 1,0647 |
| 0,20 | 0,9997 | 3,70 | 1,0246 | 9,40 | 1,0662 |
| 0,30 | 1,0004 | 3,80 | 1,0254 | 9,60 | 1,0677 |
| 0,40 | 1,0011 | 3,90 | 1,0261 | 9,80 | 1,0692 |
| 0,50 | 1,0018 | 4,00 | 1,0268 | 10,00 | 1,0707 |
| 0,60 | 1,0025 | 4,10 | 1,0275 | 10,50 | 1,0744 |
| 0,70 | 1,0032 | 4,20 | 1,0282 | 11,00 | 1,0781 |
| 0,80 | 1,0039 | 4,30 | 1,0290 | 11,50 | 1,0819 |
| 0,90 | 1,0046 | 4,40 | 1,0297 | 12,00 | 1,0857 |
| 1,00 | 1,0053 | 4,50 | 1,0304 | 12,50 | 1,0894 |
| 1,10 | 1,0060 | 4,60 | 1,0311 | 13,00 | 1,0932 |
| 1,20 | 1,0068 | 4,70 | 1,0318 | 13,50 | 1,0970 |
| 1,30 | 1,0075 | 4,80 | 1,0326 | 14,00 | 1,1008 |
| 1,40 | 1,0082 | 4,90 | 1,0333 | 14,50 | 1,1047 |
| 1,50 | 1,0089 | 5,00 | 1,0340 | 15,00 | 1,1085 |
| 1,60 | 1,0096 | 5,20 | 1,0355 | 16,00 | 1,1162 |
| 1,70 | 1,0103 | 5,40 | 1,0369 | 17,00 | 1,1240 |
| 1,80 | 1,0110 | 5,60 | 1,0384 | 18,00 | 1,1319 |
| 1,90 | 1,0117 | 5,80 | 1,0398 | 19,00 | 1,1398 |
| 2,00 | 1,0125 | 6,00 | 1,0413 | 20,00 | 1,1478 |
| 2,10 | 1,0132 | 6,20 | 1,0427 | 21,00 | 1,1558 |
| 2,20 | 1,0139 | 6,40 | 1,0442 | 22,00 | 1,1640 |
| 2,30 | 1,0146 | 6,60 | 1,0456 | 23,00 | 1,1721 |
| 2,40 | 1,0153 | 6,80 | 1,0471 | 24,00 | 1,1804 |
| 2,50 | 1,0160 | 7,00 | 1,0486 | 25,00 | 1,1887 |
| 2,60 | 1,0168 | 7,20 | 1,0500 | 26,00 | 1,1972 |
| 2,70 | 1,0175 | 7,40 | 1,0515 | | |
| 2,80 | 1,0182 | 7,60 | 1,0530 | | |
| 2,90 | 1,0189 | 7,80 | 1,0544 | | |
| 3,00 | 1,0196 | 8,00 | 1,0559 | | |
| 3,10 | 1,0203 | 8,20 | 1,0574 | | |
| 3,20 | 1,0211 | 8,40 | 1,0588 | | |
| 3,30 | 1,0218 | 8,60 | 1,0603 | | |
| 3,40 | 1,0225 | 8,80 | 1,0618 | | |
| 3,50 | 1,0232 | 9,00 | 1,0633 | | |