

## Kaalud ja kaalumine

04.09.2019

1

## Kaalud ja kaalumine

- Ettekanne puudutab eeskätt analüütilisi kaalusid, põhiliselt 0,0001 g loetavusega.
- Põhiliselt on silmas peetud kaasaegseid, niinimetatud digitaalseid kaalusid.

04.09.2019

2



## Kaalude paigutus ruumis

- Kaalud peavad asetsema
  - tugeval laual, hea põrandaga ruumis või
  - kandva seina külge kinnitatud laual
- Ebasoodsad asjaolud kaalude jaoks:
  - akende või uste lähedus
  - kuumutuskehad (ahjud, kuivatuskapid)
  - vibratsiooniallikad (kompressorid, tõmbekapid)
  - inimeste sagedane käimine
  - temperatuuri olulised muutused päeva jooksul

04.09.2019

4

## Näide kaalude paigutusest



04.09.2019

5

## Kaalude igapäevane hooldus ja kontroll

- Enne töö algust:
  - Kaalukambris ei ole prahti, vedelikutilku jms
  - Kaal peab olema vähemalt 30 min vooluvõrgus
    - Parem variant on kaalud kogu aeg vooluvõrgus hoida
  - Veenduda, et kaalud on loodis

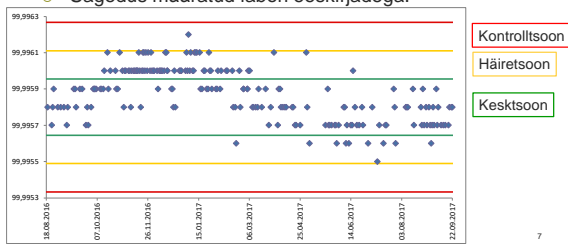


04.09.2019

6

## Kaalude igapäevane hooldus ja kontroll

- X-kaardi andmete kogumine on väga mõistlik
  - Testimiseks sobib iga stabiilse massiga ese (vana viht).
  - Sagedus määratud labori eeskirjadega.



[http://tera.chem.ut.ee/~ivo/metro/TRAP\\_CC\\_Presentation\\_ee.pdf](http://tera.chem.ut.ee/~ivo/metro/TRAP_CC_Presentation_ee.pdf)

7

## Justeerimine

- Digitaalseid kaalusid tuleb kalibreerida
  - Kalibreerida saab välise või sisemise testvihiga (kui kaalul see on)
    - Mõnedes laborites tehakse seda vaid sel juhul, kui eelneval testvihi kaalumisel ei lange selle mass ettenähtud piiridesse
  - Kalibreerimine võib olla automaatne
  - Oluline: see kalibreerimine, mida ise laboris teha saab, on sisuliselt vaid kaalu häälestamine hetke keskkonnamitingimuste jaoks

04.09.2019

8

## Väline testviht

- Kui kalibreerimise jaoks on väline testviht, siis sellega tuleb käia ümber väga hoolikalt:
  - mitte tõsta seda palja käega, kasutada plastmassotstega pintsette
  - mitte kriimustada (mitte kasutada metallotstega pintsette)
  - mitte asetada laua peale (kohe peale kaalumist panna tagasi karp)



04.09.2019

Pintsettide otsad kaetud silikoonvooliku juppidega



## Kaalumine analüütilistel kaaludel

- Üldist
  - Rahulikult ja istudes
  - Lauale, millel asuvad kaalud, ei maksa toetuda
  - Kaalutav objekt asetada kaalukausi keskele
  - Kõrgema täpsuse saavutamiseks võtta kaalutavaid anumaid (keeduklaas, kaaluklaas, ...) kas pintsettidega või paberiga
    - eriti, kui on tegemist väikeste koguste kaalumise
  - Kaalumise anum olgu väljastpoolt puhas
  - Kaalutava anuma temperatuur ei tohi palju erineda ümbritsevast temperatuurist

04.09.2019

11

## Analüütiliste kaaludega tohib

- Analüütilise kaaluga **võib** aineid kaaluda
  - kaaluklaasis
  - keeduklaasis
  - koonilises kolvis
  - mõõtkolvis
  - viaalis
  - süstlas

04.09.2019

12

## Analüütiliste kaaludega ei tohi

- Analüütilise kaaluga **ei tohi** aineid kaaluda
  - otse kaaluplaadil
  - paberi peal
- **Aineid ei tohi valada/puistata kaaluplaadil asuvasse anumasse!**
  - Anum tuleb valamise ajaks kaaluplaadilt laua peale tõsta

04.09.2019

13

## Kaalumise määramatus (täpsus)

- Kaalumise **määramatus** väljendab piire, milles kõrge tõenäosusega asub kaalutava objekti tõeline mass
- **Kaalumise määramatus pole sama, mis kaalu viimase koha täpsus!**
  - St, neljakohalise kaaluga kaalutud massi määramatus on üldiselt suurem kui  $\pm 0,0001$  g
- **Määramatus on olemas ka siis, kui kaal on täiesti korras!**

04.09.2019

14

## Kaalumise määramatuse põhjused

- Kaalu piiratud komakohtade arv
- Kaalumise korduvus
  - puruke kaalutava objekti küljes
  - vibratsioon (nt inimeste liikumisest)
  - kaalu ebastabiilsus (nt elektrostaatika tõttu)
- Triiv
  - tingitud näiteks toatemperatuuri muutumisest päeva jooksul, õhurõhu muutumisest jne
  - kaalutava aine hügroσκοopsus või lenduvus
- Kaalu mittelineaarsusest tingitud määramatus

04.09.2019

15

## Kaalumise määramatus

- Täiesti normaalseks määramatuseks 4-kohalise kaalu puhul võib lugeda  $\pm 0,0003 \dots 0,0004$  g
- Lenduvate ja hügroσκοopsete ainete kaalumisel võib määramatus olla **kuni mitukümmend korda kõrgem**
- Massiühikutes antud määramatust nimetatakse ka **absoluutseks määramatuseks**

04.09.2019

16

## Kaalumise määramatus

- **Kaalumise absoluutne määramatus sõltub vähe kaalutava objekti massist**
- Samas, enamasti on analüüsi juures oluline mitte absoluutne määramatus ( $U_{absoluutne}$ ) vaid **suhteline määramatus** ( $U_{suhteline}$ ):

$$U_{suhteline} = \frac{U_{absoluutne}}{\text{kaalutise mass}} \cdot 100\%$$

04.09.2019

17

## Kaalumise määramatus

- Näide
  - Olgu kaalumise määramatus  $\pm 0,0004$  g ja see sõltub vähe kaalutise massist
  - olgu kaks kaalutist:
    - 4 grammi ja 0,04 grammi (40 mg)
  - vastavad suhtelised määramatused:
    - 0,01% ja 1%
  - Erinevus on **sajakordne!**
- **Madalam määramatus (kõrgem täpsus) saadakse suuremate kaalutiste korral**

04.09.2019

18

## Minimaalne kaalutis

- Neljakohaliste kaalude kasutamisel on minimaalseks kaalutiseks, mida kõrge täpsusega kaaluda saab, **100-200 mg**.
- Alates **umbes 300 mg** ei ole kaalutise suurendamisel enam olulist mõju määramatusele.

04.09.2019

19

## “Neljakohalise kaaluga kaalutakse umbes 1 gramm ...”

- Selline kirjaviis tähendab järgmist.
  - Kaalutis ei pea olema täpselt 1,0000 grammi.
    - Võib olla nt 1,2653 g või 0.9865 g.
  - **Kaalutise täpne mass tuleb siiski määrata** (ja kirja panna).

04.09.2019

20

## Eriolukorrad kaalumisel

- Lenduvad ained (näiteks lenduvad lahustid)
  - Neid väga täpselt kaaluda on **väga raske**
  - Kui vähegi võimalik, tasub analüüsimetoodika optimeerida selliselt, et lenduva aine täpne mass ei mängiks suurt rolli
  - Kaaluda suletud anumad
  - Kasulik on eelnevalt hinnata aine lendumist kaalumisel

04.09.2019

21

## Eriolukorrad kaalumisel

- Hügrokoopssed ained (NaOH, mitmed soolad, ...)
  - Neid väga täpselt kaaluda on **väga raske**
  - Kui vähegi võimalik, tasub analüüsimetoodika optimeerida selliselt, et hügrokoopse aine täpne mass ei mängiks suurt rolli
  - Kaaluda suletud anumad
  - Kasulik on eelnevalt hinnata aine massi suurenemist kaalumisel

04.09.2019

22

## Eriolukorrad kaalumisel

- Elektrostaatilised häired kaalumisel
  - Kaalu näit triivib (triivi suund võib muutuda)
    - pikali asetatud süstla korral kuni 200 mg hälbet!
  - Kui võimalik, tasub **maandada**:
    - kaalud
    - spaatel, millega ainet võtta
    - metallplaat, millele enne kaalumist asetada aine purk ja purk kaalutise jaoks

04.09.2019

23

## Staatilise laengu kõrvaldamine

- Staatilist laengut eemaldavad ioonid õhus
  - radioaktiivse kiirguse allikas või kõrgepinge nt. <https://youtu.be/3MjB0viqXpE>

loone genereeritakse vahelduvvoolu abil.



<http://www.shimadzu.com/an/balance/remover-2.html>  
04.09.2019

loone genereeritakse piezoelektrilise kristalli abil.



<http://www.sigmaldrich.com/catalog/product/aldrich/z108812>  
24

## Kaalude valimine

- Kaalude olulisemad parameetrid
  - **Komakohtade arv**
  - **Maksimaalne kaalutis**
    - Liikumatu piirkonnaga (subtractive tare)
    - Liikuva piirkonnaga (additive tare)
  - **Sisemine kalibratsiooniviht**
    - Täpsuslikud parameetrid
    - ...
  - Kaalude hinnad 600 kuni 12 000 € (km-ga).

04.09.2019

25

## Kombineeritud alaga kaalud

- 0.01/0.1 mg, 80/220 g kaalude korral kaks võimalust:
  - Enamasti täpsem piirkond ei ole liikuv (odavam)
    - Sel juhul taara + pluss kaalutis on max 80 g
  - Vahel täpsem piirkond on liikuv (kallim)
    - Sel juhul kaalutis on max 80 g

04.09.2019

26