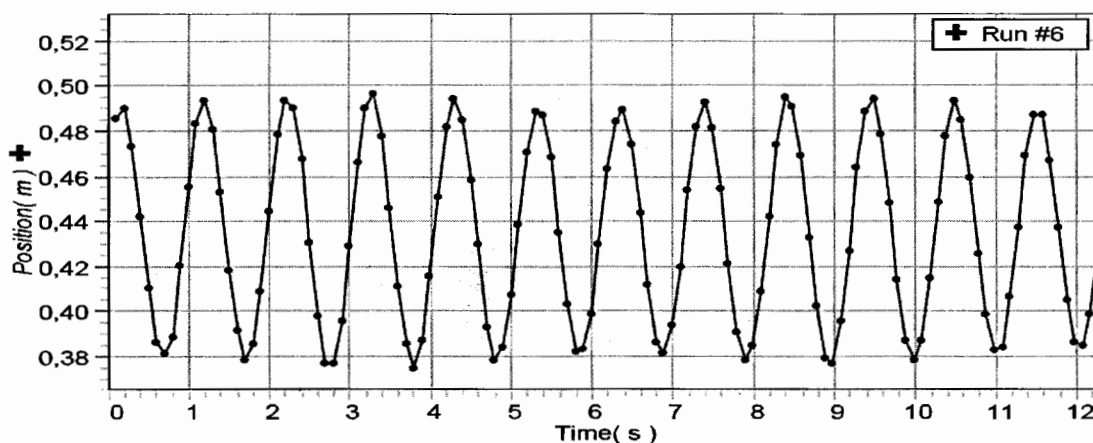


Vastaa viiteen tehtävään!

- Jousen jousivakio voidaan määrittää jouseen ripustetun punnuksen heilahdusajan avulla. Alla olevassa kuvassa on esitetty jousen varassa värähtelevän punnuksen etäisyys suoraan alapuolella olevaan Data Studion liikeanturiin. Näytteenottotaajuus on 10 Hz. a) Jousivakio halutaan määrittää 2 % tarkkuudella annettua dataa käyttäen. Millainen tarkkuus tällöin vaaditaan heilahdusajalle  $T$ ? b) Esitä tapa, jolla heilahdusajan saa määritettyä annetusta kuvaajasta vaaditulla tarkkuudella. Perustele vastauksesi! Jousivakio  $k$  saadaan kaavasta  $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ , missä  $m$  on punnuksen massa. Massan virhe on merkityksettömän pieni ( $m = 200$  g, tarvitaankohan sitä missään!).



- Monokromaattisen sähkömagneettisen säteilyn intensiteetti väliaineessa noudattaa eksponentiaalista vaimenemislakia  $I(x) = I_0 e^{-\alpha x}$ , missä  $I_0$  = intensiteetti pinnalla,  $x$  = väliaineessa kuljettu matka ja  $\alpha$  = matkavaimennuskertoimen määrittämiseksi on intensiteetiksi mitattu  $I(x_1) = (0,40 \pm 0,02)I_0$  syvyydeltä  $x_1 = 50 \pm 2$  mm. Mikä on  $\alpha$ :n suuruus virheineen? Oleta matkan ja intensiteetin virheet satunnaisiksi. Mistä tulee suurin epävarmuus matkavaimennuskertoimen arvoon (perustele)?
- Olet työparisi kanssa mitannut resistanssin kahdella eri menetelmällä. Kummallakin menetelmällä tehtiin 10 toistomittausta ja tuloksista laskettiin keskiarvot virhearvioineen. Tulokset ovat (menetelmä A)  $R = 72 \pm 4 \Omega$  ja (menetelmä B)  $R = 78,0 \pm 2 \Omega$ . a) Mikä on molemmat mittaustulokset huomioonottava arvio resistanssille ja sen epävarmuudelle? b) Kuinka monta toistoa teidän olisi pitänyt tehdä menetelmällä A, jotta menetelmällä saadun tuloksen paino lopputuloksessa olisi sama kuin menetelmällä B saadun tuloksen?
- a) Mille oletuksille tavallinen PNS-sovitin perustuu ja mitä siinä käytetään sovitinparametrien "virheiden" arvioimiseen? b) Missä painotettu PNS oleellisimmin poikkeaa tavallisesta PNS:stä?
- Sinulla on standardivastus, jonka resistanssi on  $1000,0 \pm 0,1$  ohmia. Valikoit kasasta kilo-ohmin vastuksia hyvin tarkasti saman resistanssin omaavaa vastusta. Tähän

mittaukseen liittyvä mittauserpävarmuus on merkityksetön, ts., paljon pienempi kuin 0,1 ohm. Rakennat vastuksista ketjun saadaksesi 10 kilo-ohmin standardivastuksen. Mikä on rakentamasi vastusketjun resistanssin epävarmuus?

6. Pyranometri on laite, jolla mitataan säteilyn kokonaisintensiteettiä. Yksinkertainen pyranometri koostuu ohuesta, mustaksi värjätystä kuparikalvosta, joka on suljettu eristävään laatikkoon. Tutkittava säteily ohjataan laatikossa olevasta reiästä kalvoon, jonka lämpenemisestä päätellään tulevan säteilyn kokonaisenergia.

Pyranometrin kalvon lämpötilan mittaamiseksi sen takapintaan on juotettu 0,3 mm paksu konstantaanilanka. Kupari-konstantaaniliitos toimii termoelementtinä. Mittauspiiri suljetaan kuparilangoilla, joista toinen juotetaan kiinni kuparikalvoon ja toinen kalvoon juotetun konstantaanilangan toiseen päähän. Kuparilangat tuodaan jännitemittarille. Lankojen kupari-konstantaani-liitos, kylmäliitos, laitetaan lämpöhauteeseen, jonka lämpötilaa mitataan PT-100-anturilla. Piirrä kuva mittausasetelmasta.

Pyranometrin kalvon lämpötilan määrittämiseksi mitataan piiristä jännitemittarille tulevaksi jännitteeksi 2,243 mV. Mittarin tarkkuus jännitemittaukselle on  $\pm(0,4\%$  lukemasta + 2 digit). Pt-100 anturin vastukseksi mitataan yleismittarilla 119,7 ohm. Yleismittarin tarkkuus resistanssimittaukselle on  $\pm(0,7\%$  lukemasta + 3 digit). Pt-100 anturi on kalibroitu ennen mittausta jäähautteessa ja todettu sen näyttävän vesi-jää-seoksessa 100,0 ohm - käytetty mittari sama kuin edellä. Oletetaan, että termoelementin herkkyuden tarkka arvo on  $48 \mu\text{V/K}$  (todellisuudessa arvo riippuu lämpötilasta). Pt-100 anturin herkkyys on  $0,385 \text{ ohm/K}$  ja sen lineaarisuus mittausalueella on  $\pm 0,4\%$ . Laske kalvon lämpötila virhearvioineen. Mikä on tuloksen suurin virhelähde? Voisiko sitä jotenkin pienentää?