

Vastaa viiteen tehtävään!

1. a) Selitä lyhyesti, mitä tarkoitetaan satunnaisvirheellä ja systemaattisella virheellä. Mitä näille virheille voidaan tehdä? b) Tarkastele ajanottoa 100 m juoksussa käsiajanotolla. Kellottajat seisovat maaliviivan kohdalla ja lähettäjä lähtöpaikan luona. Ajanotto alkaa, kun kellottajat (5 kpl) kuulevat lähtölaukauksen ja loppuu, kun voittaja ylittää maaliviivan. Pohdi, mitä virhelähteitä ajanottoon liittyy ja kuinka merkittävä kukin virhelähde on. Kumoutuuko osa virheistä ja millä perusteella? Miten saat parhaan arvion voittajan ajalle virheineen?

2. Linssin polttoväli saadaan laskettua yhtälöstä $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$, missä a on esineen etäisyys

linssistä ja b kuvan etäisyys linssistä. Kuperan linssin polttovälin määrittäminen edellä mainittua yhtälöä käyttäen tapahtuu esim. siten, että asetetaan linssi tietylle etäisyydelle ja katsotaan, millä etäisyydellä kuva varjostimella on terävä. Asetettaessa esine 50,0 cm etäisyydelle kuvan etäisyydeksi saatiin 33,3 cm. Etäisyydet voitiin määrittää 0,2 cm tarkkuudella. Osoittautui lisäksi, että kuva näytti likimain yhtä tarkalta, vaikka varjostinta siirrettiin 1,0 cm puoleen tai toiseen annetusta etäisyydestä. Mikä on linssin polttoväli virheineen?

3. a) Selitä, mitä suurimman (eli maksimaalisen) todennäköisyyden periaate tarkoittaa ja mihin sitä tällä kurssilla käytetään. b) Mille oletuksille PNS-sovitusta perustuu ja mitä perus-PNS:ssä käytetään sovitustietojen ”virheiden” arvioimiseen?

4. Olet työparisi kanssa mitannut resistanssin kahdella eri menetelmällä. Kummallakin menetelmällä tehtiin 10 toistomittaus 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?

5. 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-konstantaaniliitos, kylmäliitos, laitetaan lämpöhauteeseen, jonka lämpötilaa mitataan PT-100-anturilla.

a) Piirrä kuva mittausasetelmasta. b) Mikä on laatikon tarkoitus? c) Miksi mittauksessa käytetään kahta erilaista lämpöanturia? Eikö yksi riittäisi? Miksi ei?

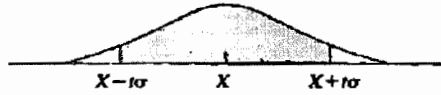
d) Täytyykö myös kuparikalvolta jännitemittarille menevän kuparilangan kulkea lämpöhauteen kautta, jossa kupari-konstantaaniliitosta pidetään? Miksi/miksi ei?

6. Edellisen tehtävän pyranometrin kalvon lämpötilan määrittämiseksi mitataan piiristä jännitemittarille tulevaksi jännitteeksi 2,243 mV. Mittarin tarkkuus jännitemittaukselle on $\pm(0,4\%$ lukemasta + 2 digit). Termoparin herkkyys muuttuu lämpötilan mukana, eli jännitelukeman ja lämpötilaeron riippuvuus on epälineaarinen. Koska tästä aiheutuva vaikeus on enemmän teknistä kuin periaatteellista laatua, pidetään herkkyyttä tässä tehtävässä (mutta vain tässä tehtävässä) lineaarisena ja herkkyyden tarkkana arvona 48 $\mu\text{V}/\text{K}$. Pt-100 anturin vastus mitataan yleismittarilla 119,7 ohm. Yleismittarin tarkkuus resistanssimittaukselle on $\pm(0,7\%$ lukemasta + 3 digit). Pt-100 anturin herkkyys on 0,385 ohm/K ja sen lineaarisuus mittausalueella on $\pm 0,4\%$. Pt-100 anturi on kalibroitu ennen mittausta jäähauteessa ja todettu sen näyttävän vesi-jää-seoksessa 100,0 ohm - käytetty mittari sama kuin edellä.

Laske kalvon lämpötila virhearvioineen. Mikä on tuloksen suurin virhelähde? Voisiko sitä jotenkin pienentää?

Normaalijakaumataulukko:

Table A. The percentage probability,
 $Prob(\text{within } t\sigma) = \int_{X-t\sigma}^{X+t\sigma} G_{X,\sigma}(x) dx,$
 as a function of t .



t	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.00	0.80	1.60	2.39	3.19	3.99	4.78	5.58	6.38	7.17
0.1	7.97	8.76	9.55	10.34	11.13	11.92	12.71	13.50	14.28	15.07
0.2	15.85	16.63	17.41	18.19	18.97	19.74	20.51	21.28	22.05	22.82
0.3	23.58	24.34	25.10	25.86	26.61	27.37	28.12	28.86	29.61	30.35
0.4	31.08	31.82	32.55	33.28	34.01	34.73	35.45	36.16	36.88	37.59
0.5	38.29	38.99	39.69	40.39	41.08	41.77	42.45	43.13	43.81	44.48
0.6	45.15	45.81	46.47	47.13	47.78	48.43	49.07	49.71	50.35	50.98
0.7	51.61	52.23	52.85	53.46	54.07	54.67	55.27	55.87	56.46	57.05
0.8	57.63	58.21	58.78	59.35	59.91	60.47	61.02	61.57	62.11	62.65
0.9	63.19	63.72	64.24	64.76	65.28	65.79	66.29	66.80	67.29	67.78
1.0	68.27	68.75	69.23	69.70	70.17	70.63	71.09	71.54	71.99	72.43
1.1	72.87	73.30	73.73	74.15	74.57	74.99	75.40	75.80	76.20	76.60
1.2	76.99	77.37	77.75	78.13	78.50	78.87	79.23	79.59	79.95	80.29
1.3	80.64	80.98	81.32	81.65	81.98	82.30	82.62	82.93	83.24	83.55
1.4	83.85	84.15	84.44	84.73	85.01	85.29	85.57	85.84	86.11	86.38
1.5	86.64	86.90	87.15	87.40	87.64	87.89	88.12	88.36	88.59	88.82
1.6	89.04	89.26	89.48	89.69	89.90	90.11	90.31	90.51	90.70	90.90
1.7	91.09	91.27	91.46	91.64	91.81	91.99	92.16	92.33	92.49	92.65
1.8	92.81	92.97	93.12	93.28	93.42	93.57	93.71	93.85	93.99	94.12
1.9	94.26	94.39	94.51	94.64	94.76	94.88	95.00	95.12	95.23	95.34
2.0	95.45	95.56	95.66	95.76	95.86	95.96	96.06	96.15	96.25	96.34
2.1	96.43	96.51	96.60	96.68	96.76	96.84	96.92	97.00	97.07	97.15
2.2	97.22	97.29	97.36	97.43	97.49	97.56	97.62	97.68	97.74	97.80
2.3	97.86	97.91	97.97	98.02	98.07	98.12	98.17	98.22	98.27	98.32
2.4	98.36	98.40	98.45	98.49	98.53	98.57	98.61	98.65	98.69	98.72
2.5	98.76	98.79	98.83	98.86	98.89	98.92	98.95	98.98	99.01	99.04
2.6	99.07	99.09	99.12	99.15	99.17	99.20	99.22	99.24	99.26	99.29
2.7	99.31	99.33	99.35	99.37	99.39	99.40	99.42	99.44	99.46	99.47
2.8	99.49	99.50	99.52	99.53	99.55	99.56	99.58	99.59	99.60	99.61
2.9	99.63	99.64	99.65	99.66	99.67	99.68	99.69	99.70	99.71	99.72