

# Eksamen TFY4330 Nanotools høsten 2022

---

Merknad om programmering: Jeg lot være å bruke "lazy=True" fordi alle datasettene var nokså små  $< 10\text{MB}$ .

## Oppgave 1a) 5p

For å finne ut om det tynne laget er kontinuerlig kan hun bruke SEM EDS og se til at O<sub>2</sub> er til stede over hele prøven.

## Oppgave 1b) 7p

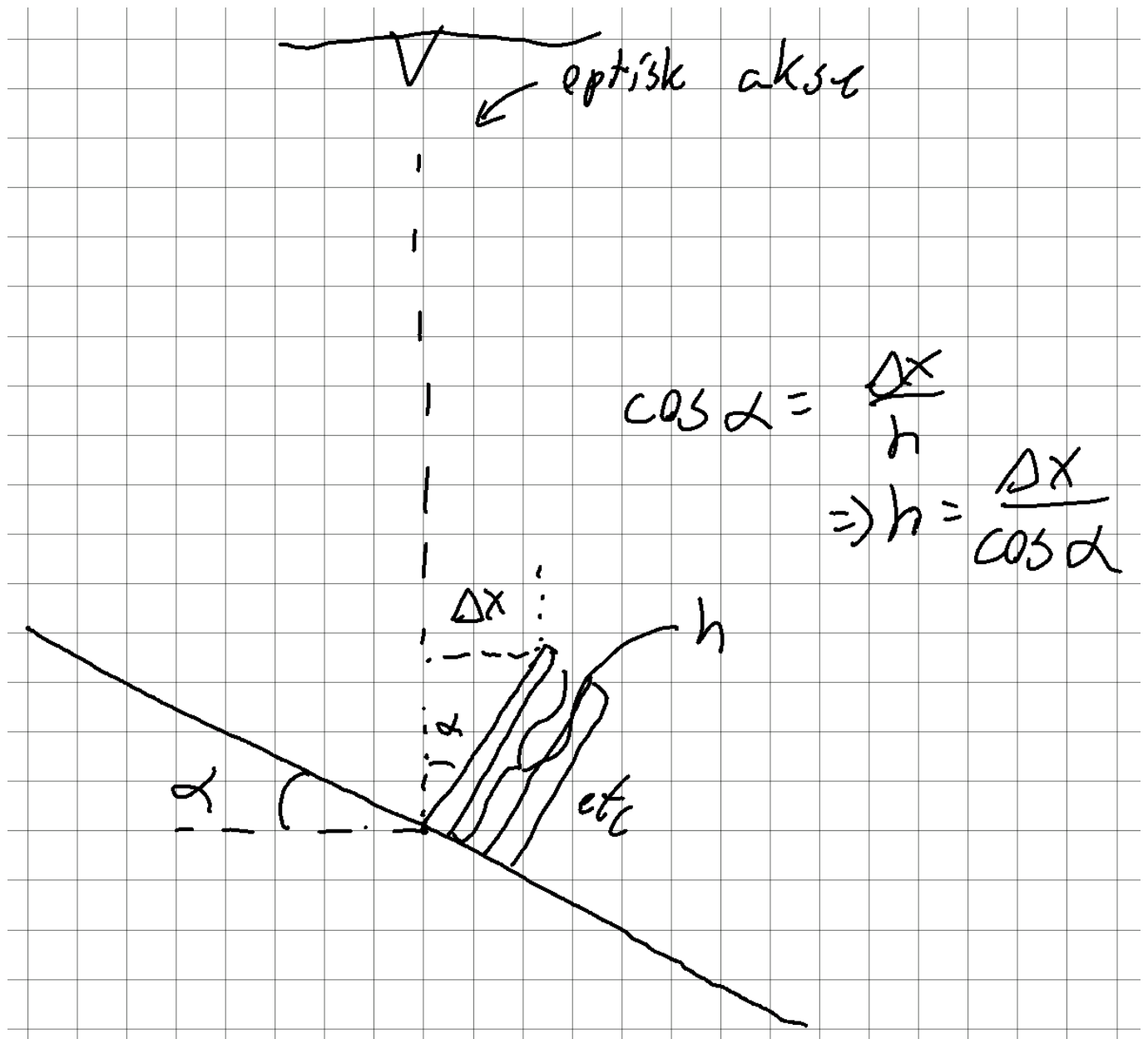
For å lage hull i SiO<sub>2</sub> kan hun bruke focused ion beam (FIB) til å malle bort SiO<sub>2</sub> laget på de bestemte plassene.

Fordelen med å bruke FIB er at man kan se på prøven underveis i struktureringen. FIB-en er også svært presis, og kan brukes til å malle vilkårlige\* 2D-strukturer med varierende høyde (\*begrenset av presisjon).

Ulempene med FIB er at den kan ødelegge prøven ved at noen av Galliumionene som blir brukt til å malle ender opp med å deponeres, så man får gallium i de øverste par nanometerene av prøven, pluss at prøven blir amorf. En annen ulempe er at prøven må være i et vakuum.

## Oppgave 1c) 20p

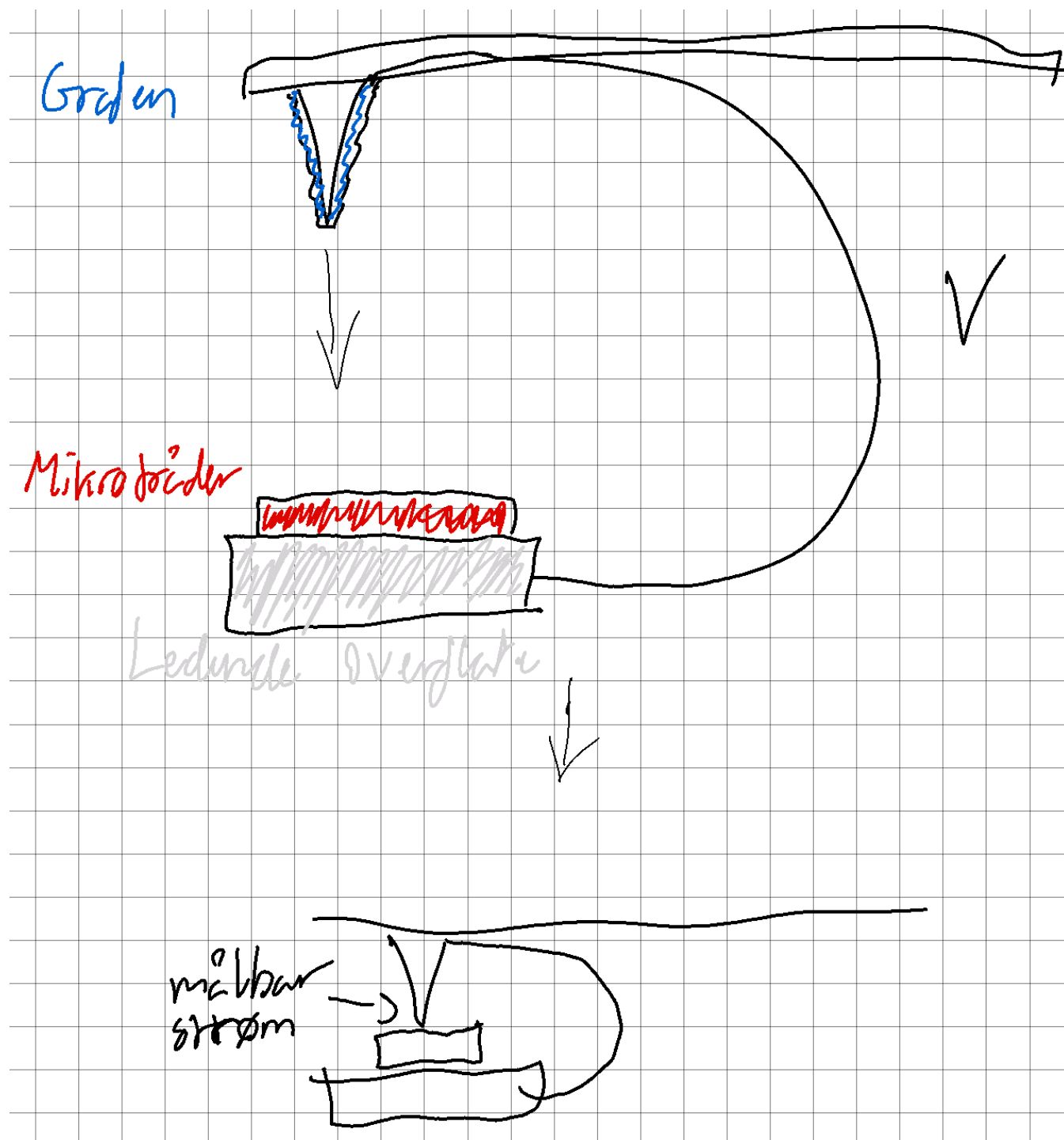
For å måle høyden til nanotrådene bruker hun SEM. Hun tilter prøven et bestemt antall grader  $\alpha$  og måler av høyden ved hjelp av trigonometri, se figur. Ved å velge stor  $\alpha$  får hun bedre oppløsning av høyden, men færre tråder i fokus per avbilding, og ved å velge liten  $\alpha$  får hun dårligere oppløsning men flere tråder i fokus.



Både sekundærelektroner og backscatterelektroner duger som signaler ettersom hensikten er å måle hvor det er prøve mot hvor det ikke er noe. Fordelen med denne metoden er at den ikke skader prøven i like stor grad som f.eks. en AFM ville gjort, som er nokså viktig når hun sier at trådene tåler lite.

### Oppgave 1d) 10p

For å måle den elektriske ledningsevnen til et representativt utvalg av trådene kan hun bruke C-AFM. Da setter hun en spenning mellom tuppen på AFM'en (som gjerne er coatet i noe som leder strøm) og den ledende overflaten fra figuren i oppgaveteksten. Deretter kan hun måle av konduktiviteten til det cantilever-tuppen er i kontakt med. Så scanner hun over prøven for å finne ledningsevnen per posisjon, og dermed fordelingen av ledningsevner over prøven.



### Oppgave 1f) 6p

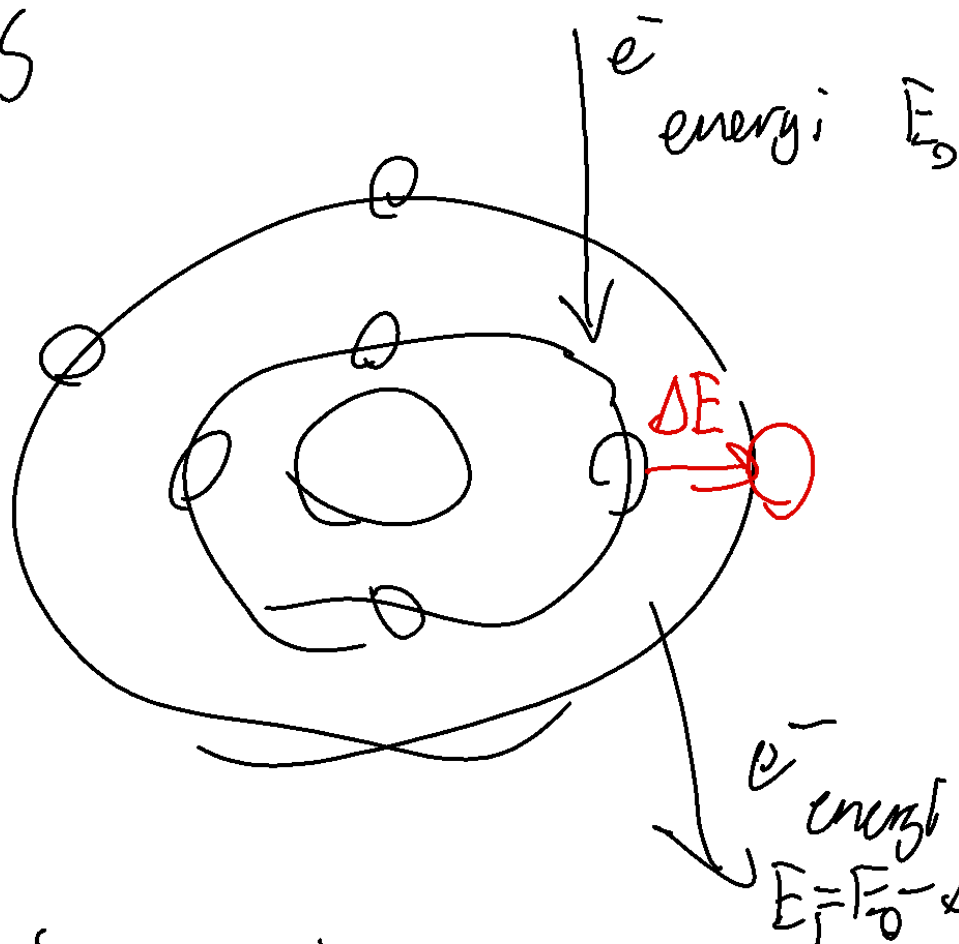
Hun kan se at det er tyngre atomer mot midten av mikrotråden, og at det er en tydelig korngrænse.

### Oppgave 1g) 12p

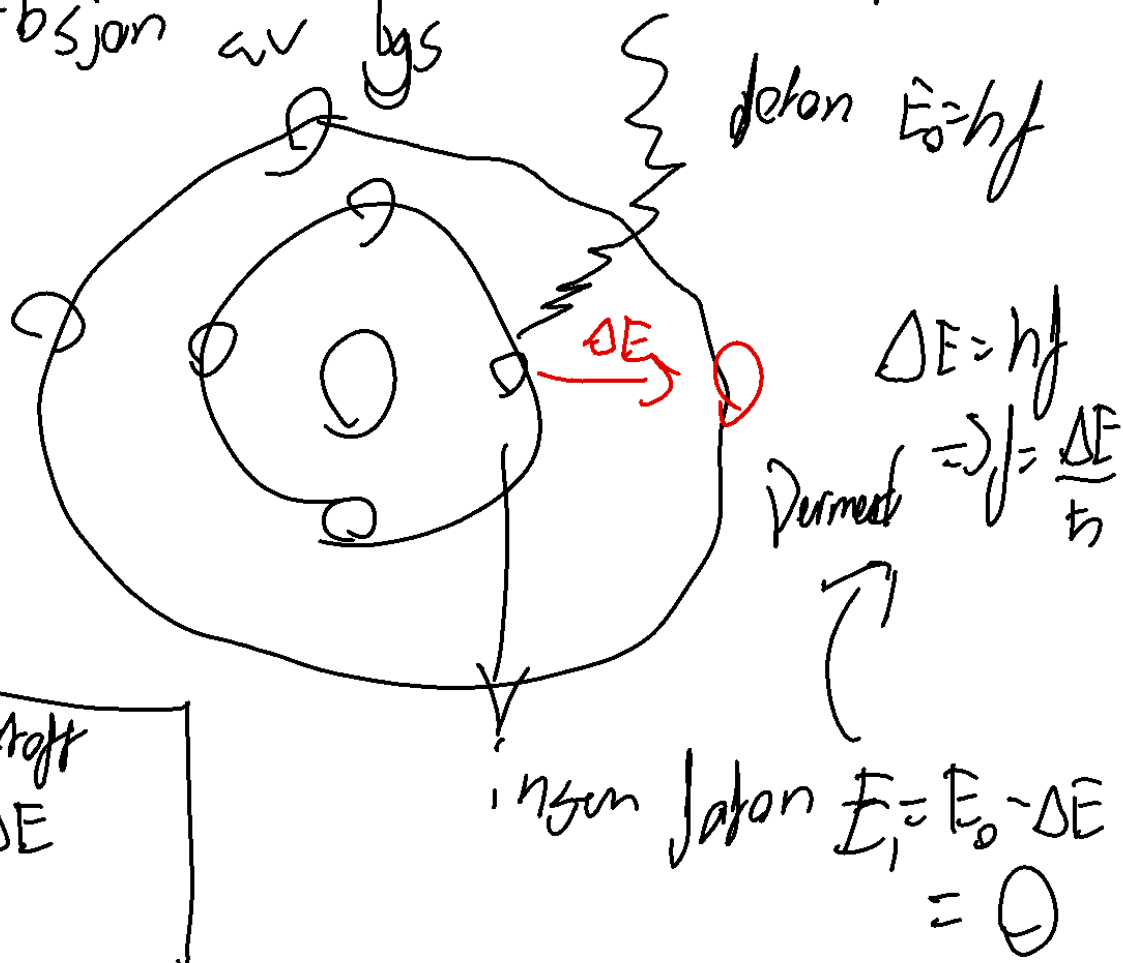
Electron energy loss spectroscopy. Bruk EELS til å se på elektronskallstrukturen til prøven. Denne informasjonen kan igjen brukes til å bestemme hvilke energier av synlig lys materialet vil ta opp. Dette er fordi mekanismen bak EELS er svært lik mekanismen bak absorpsjon av lys.

Tomme energinivåer er de eneste plassene hvor materialet kan "ta til seg" energi fra elektronene. Det er det samme for lys, fotonene eksiterer elektronene opp til et tomt energinivå. Dermed kan EELS fortelle oss hvilke bølgelengder av lys som blir tatt opp av hvilke deler av tverrsnittet. Se figur.

EELS



Absorpsjon av lys



Summe stoff  
 $\Rightarrow \Delta E = \Delta E$

Merk at det er enkelt å regne mellom  $f$  og  $\lambda$ .  $\lambda f = c$

## Oppgave 1h) 10p

Se også egen innlevering.

- Prøve 1
  - 0-0.3  $\mu\text{m}$  En-Krystallint
  - 0.3-0.6  $\mu\text{m}$  Amorft
  - 0.6+  $\mu\text{m}$  Poly-Krystallint
- Prøve 2
  - 0-0.3  $\mu\text{m}$  En-Krystallint
  - 0.3-0.67  $\mu\text{m}$  Amorft
  - 0.67+  $\mu\text{m}$  Poly-Krystallint

## Oppgave 2) 2p

På labben: Bestem dere for en problemstilling tidlig, og hold dere til den. Det er viktig å være litt forberedt til FIB-delen, ettersom det påvirker hele semesteret. anbefaler å velge en problemstilling som har med en av de tidlige labbene å gjøre. TEM og magnetisme er kult og man får bra data. IKKE vær avhengig av AFM, den er både seint i semesteret og ofte ødelagt.

Eksamen: Ettersom det er et fag med hjemmeksamen anbefaler jeg neste års elever å følge godt med også på detaljene i faget og ekstraordinære bruksmetoder, ikke bare det grunnleggende som blir gjort på labben. Det er fordi det er disse typene som kommer på eksamen.

Rapportskriving: Når det kommer til rapporten anbefaler jeg studentene å ikke være kritisk til eget arbeid underveis i skrivingen, heller skrive et elendig draft og så gå over det flere ganger. Ulempen er at man enklere leser seg blind, men fordelen er at man får mye bedre overblikk over generelt sett hva man ønsker å ha med i rapporten. Jeg anbefaler også å sette i gang med arbeidet så fort hver enkelt dataøving er i boks.