

tiden at give et legeme en acceleration gående vinkelret på legemets øjeblikkelige banebevægelse. Corioliskraften "driver ikke værket" så man kan derfor tale om kraften som en passiv eller regulerende kraft. Forudsætningen for at have en corioliskraft og en deraf foranlediget coriolisacceleration er bevægelser i planer, der accelererer i forhold til et fastliggende referencesystem, som vi også kalder for et initialsystem. I et initialsystem er det kun naturkræfterne, som er virksomme, så her optræder ingen corioliskraft. Corioliskraften virker altid vinkelret på legemer der bevæger sig i systemer, som accelererer i forhold til initialsystemet. Vores roterende jord er et eksempel på sådant et system, der accelererer i forhold til fiksstjernehimlen. På nordlig halvkugle der roterer mod uret, søger corioliskraften altid at trække et legeme i bevægelse vinkelret til højre. Det gælder uanset om bevægelsen er radiær eller cirkulær eller en kombination af begge dele. På sydlig halvkugle, der roterer med uret, er kraften rettet vinkelret til venstre. Da corioliskraften ændrer sig jævnt og ikke springvis med breddegraden må den være lig med nul på ækvator, der som bekendt danner overgangen mellem nordlig og sydlig halvkugle.

### Afsluttende bemærkninger

Corioliskraften her på vores nordlige breddegrader er en "stærk geofysisk" kraft, hvor vertikalkomponenten har omtrent den samme størrelse som horisontalkom-

posanten. Vinkelhastigheden,  $\vec{\omega}$  regnes for konstant og den beskriver jordens omløbstid i forhold til et initialsystem, dvs. en omløbstid på et stjernedøgn, som er på knapt et døgn. Værdien på  $\vec{\omega}$  sættes til  $7.292115 \cdot 10^{-5}$  rad/s. Normalt regnes der i geofysik kun med horisontale corioliskræfter som i værdi andrager sinus til breddegraden multipliceret med massen,  $m$  og faktoren  $2|\vec{v}_r|$ . Typiske værdier for  $|\vec{v}_r|$  i lufthavet ligger på til 40 m/s men overstiger sjældent 4 m/s i havet.

Det kan til sidst være nyttigt med følgende skalering der typisk er gældende for oceanografiske forhold i Danmark: Forholdstallene for tyngdekraften : corioliskraften : tidevandskræfterne alle i vertikal retning ligger på omkring 100,000:1:0,01.



Niels K. Højerslev er dr.scient. og lektor på Geofysisk Afdeling, Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik (nkh@gfy.ku.dk).

## Breddeopgave nr. 7 og 8

af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.

Breddeopgave nr. 7 stammer fra sommereksamen 2000 og lyder:

*I reaktoren DR3 på RISØ skabes der urenhedsatomer i rent silicium gennem kernereaktioner ved neutronbestraling. Opnås der herved en p-type halvleder eller en n-type halvleder? Begrund svaret.*

Breddeopgave nr. 8 stammer fra vintereksamen 1999 og lyder:

*Ledningsevnerne af henholdsvis rent silicium og rent germanium er størrelsesordensmæssigt henholdsvis  $10^{-11}$  og  $10^{-7}$  gange ledningsevnen af typiske metaller. Hvad er forholdet imellem båndgabene i silicium og germanium? Begrund svaret.*

Løsninger og kommentar findes side 24.

**PFEIFFER**  **VACUUM**

## Totalleverandør

### Af vacuumkomponenter

- vacuumsystemer
- turbopumper
- lamelpumper
- rootspumper
- vacuum måleudstyr
- vacuum ventiler
- massespektrometre
- on-line analyse
- læksøgningsudstyr
- vacuum olier og smøremidler
- alt tænkeligt vacuumudstyr

### Vi ses til DFS årsmøde

Tel. 4352 3800 Fax 4352 3850  
efa@pfeiffer-vac m.dk

# Løsninger og kommentar til breddeopgaver side 16

Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.

## Løsning til opgave 7

Den kernereaktion, der er tale om, må være en neutronindfangning i en siliciumkerne med en efterfølgende omdannelse af en neutron til en proton og en elektron. Herved er der skabt et atom i siliciumgitteret med en ekstra proton i kernen samtidigt med, at der er frigivet en elektron, der kan bevæge sig relativt frit, fordi den er i overskud i forhold til gitterstrukturen. Ved neutronbesrålingen frembringes der derfor en n-type halvleder, da der fremkommer ekstra bevægelige negative ladninger.

## Løsning til opgave 8

Det er ikke forskelle i mobiliteten af ladningsbærerne i henholdsvis metaller og halvledere, men forskellen i antallet af frie ladningsbærere, der medfører størrelsesordensforskellene i ledningsevner. Brøkdelen af en ren halvleders elektroner i valensbåndet, der er eksiteret op i ledningsevnebåndet, og derfor kan bevæge sig frit, er  $\exp(-E_g/k_B T)$ , hvor  $E_g$  er halvlederens båndgab. Da der størrelsesordensmæssigt er det samme antal elektroner i halvlederens valensbånd, som der er frie elektroner i metallernes ledningsevnebånd, angiver denne Boltzmann-faktor også forholdet mellem frie ladninger i halvlederen og i et metal, og derfor også forholdet mellem halvlederens og metallets ledningsevner. Altså gælder:

$$\exp(-E_{gSi}/k_B T) = 10^{-11}, \quad \exp(-E_{gGe}/k_B T) = 10^{-7}, \quad (1)$$

$$\frac{E_{gSi}}{k_B T} = 11 \ln(10), \quad \frac{E_{gGe}}{k_B T} = 7 \ln(10), \quad (2)$$

og

$$\frac{E_{gSi}}{E_{gGe}} = \frac{11}{7} \quad (3)$$

## Kommentar

I breddekurset er der blot indlagt én kursusgang (af tre timer) til kernefysik, én kursusgang til atom-, molekyl- og faststoffysik, og én kursusgang til statistisk mekanik. De studerende har derfor ikke på dette

trin af deres fysikuddannelse forudsætninger for at bedømme værdien af de anførte opgaveløsninger ud fra mere grundlæggende kernefysiske (andre kernereaktioner end neutronindfangning og beta-henfald), faststoffysiske (urenhedstilstande) og statistisk mekaniske (Fermi-Dirac fordeling) forståelser. Men måske er det en pædagogisk fordel, at de derfor her i første omgang tvinges til at orientere sig imod at se skoven før de mange træer siden komplicerer billedet. De studerende er godt klar over, at de kun er blevet præsenteret for en introduktion til de nævnte fysikemner.

I introduktionsartiklen til rækken af breddeopgaver i KVANT nr. 1, marts 2000, nævnte jeg, at der ved udarbejdelsen af opgaverne er forsøgt taget følgende 7 hensyn:

- 1) Rimelig behandling af de antydede problemer skal forudsætte fysisk forståelse.
- 2) Opgaverne skal vedrøre de centrale begrebsdannelse og forståelsesmåder i fysikken.
- 3) Opgaverne skal tilsammen udspænde pensum.
- 4) Løsning af opgaverne skal kunne ske ved simple regninger.
- 5) Problemstillingerne skal kunne formuleres i dagligdags sprog, således at den nøjere præcisering af problemerne i fysiske termer bliver et centralt punkt ved opgaveløsningen.
- 6) Opgaverne skal have en rimelig sværhedsgrad.
- 7) Opgaverne skal vedrøre virkelige, ikke tænkte, problemstillinger.

De to opgaver denne gang er bl.a. valgt for at illustrere den erfaring, at det kan være vanskeligere at leve op til disse hensyn i forbindelse med moderne fysik end i forbindelse med klassisk fysik. Især kan det volde vanskeligheder at honorere punkt 5 og punkt 7. Dybfrysere og tørretumblere er tættere på dagligdags erfaringer end halvledere.

Alligevel mener jeg, at opgave 7 opfylder kravene til en breddemodulopgave. For de studerende fungerer "neutronbesråling", "p-type halvleder" m.m. som tekniske termer, der går forud for de fysiske præciseringer ved opgaveløsningen. Og opgaven vedrører også en virkelig problemstilling, selvom den jo nu med lukningen af DR3 desværre er blevet historisk. Derimod forbyrder opgave 8 sig imod konceptet ved at spørge til det udpræget internt fysiske begreb båndgab.