

Lineal på pegefingre – breddeopgave 66 med didaktisk kommentar

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, NSM, RUC.

Mit formål med artikelserien om breddeopgaver er – udover at gøre opmærksom på RUCs fysikuddannelse – dobbelt: Dels udvælger jeg opgaverne, så de kan have interesse som fysikproblemer i egen ret. Dels udvælger jeg dem med henblik på at kunne knytte didaktiske overvejelser til dem af interesse for fysikundervisere. I første omgang i forhold til universitetsundervisning. Men i anden omgang kunne der måske også trækkes paralleller til andre undervisningsniveauer.

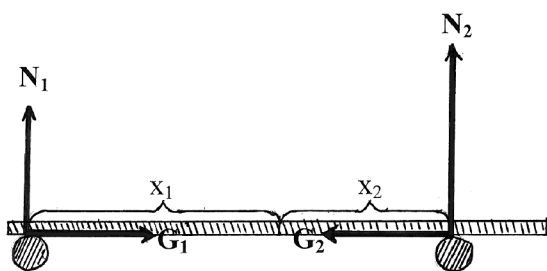
Her bringes løsning og kommentar til opgaven fra forrige nummer samt en ny opgave. Opgaven i sidste nummer af KVANT var denne breddeopgave (nr. 66 i rækken her i KVANT):

Breddeopgave 66. Lineal på pegefingre.

En stok, lineal eller lignende ligger på en persons to udstrakte pegefingre. Når pegefingrene bevæges imod hinanden glider stokken/linealen først kun på den ene pegefingre, så kun på den anden, så igen kun på den første, så igen kun på den anden osv. Forklar hvordan og hvorfor.

Løsning

På figuren er indtegnet normalreaktionerne N_1 og N_2 på linealen fra de to pegefingre i situationen, hvor pegefingrene har henholdsvis afstanden x_1 og afstanden x_2 til linealens midtpunkt. Samtidig er gnidningskræfterne G_1 og G_2 indtegnet svarende til, at pegefingrene bevæges imod hinanden på en rolig måde, så linealen ikke accelereres.



Ved brug af den sædvanlige model for gnidning imellem faste stoffer, og under antagelse af at linealen har samme tværsnit i hele sin længde, gælder:

1) $N_1 x_1 = N_2 x_2$, idet det samlede kraftmoment omkring linealens midtpunkt må være nul, da stangen ikke roterer.

2) $G_1 = G_2$, idet den samlede kraft i vandret retning må være nul, da linealen antages ikke at blive accelereret.

3) $G = \mu_d N$, ved en pegefingre som glider under linealen. μ_d er den dynamiske gnidningskoefficient.

4) $G \leq \mu_s N$, ved en pegefingre som er i ro i forhold til linealen. μ_s er den statiske gnidningskoefficient.

Linealens glid over de to pegefingre på skift, når pegefingrene bevæges imod hinanden, hænger sammen

med, at μ_d erfaringsmæssigt er mindre end μ_s . Til en start er linealen i ro på pegefingrene medens vi forsøger at bevæge dem imod hinanden uden at kunne det, da fingrene holdes fast af de statiske gnidninger imod linealen. Når vi så øger presset vil linealen begynde at glide i forhold til den pegefingre, hvor vores påtrykte G først overskrider $\mu_s N$. Hvis det drejer sig om pegefingre nummer 2 vil denne pegefingre herefter et stykke tid glide under linealen og påvirke den med gnidningskraften $G_2 = \mu_d N_2$. Da $\mu_d < \mu_s$, er G_2 (og G_1 , som hele tiden er lig med G_2) til at begynde med mindre end lige før pegefingren begyndte at glide under linealen. Men i takt med at x_2 mindskes, vil G_2 blive større, fordi N_2 bliver større, når x_2 bliver mindre. Jo mindre x_2 bliver i forhold til x_1 , jo større en andel af stangens vægt skal modvirkes af N_2 . Samtidigt betyder N_1 's tilsvarende mindre andel af stangens vægt, at grænsen for, hvor stor en statisk gnidningskraft pegefingre nummer 1 kan levere, bliver gradvist mindre. På et tidspunkt vil $G_2 = G_1 = \mu_d N_2$ derfor nå grænsen $\mu_s N_1$. Pegefingre 1 vil da begynde at glide under linealen. Herefter vil de to pegefingre kunne bevæges imod hinanden et stykke tid, ved at pegefingre nummer 1 glider medens pegefingre nummer 2 er i ro i forhold til linealen, indtil kravet til den statiske gnidningskraft fra pegefingre 2 når grænsen $\mu_s N_2$. Så bytter pegefingrene igen roller. Og sådan fortsætter det indtil pegefingrene mødes på midten af linealen.

Overgangen fra, at pegefingre 2 glider og pegefingre 1 er i ro, til, at pegefingre 1 glider og pegefingre 2 er i ro, sker som sagt, når $\mu_d N_2 = \mu_s N_1$. Da $N_1 x_1 = N_2 x_2$, ses heraf, at skiftet sker, når x_2 , i forhold til den fastholdte værdi af x_1 , når til værdien givet ved

$$x_2/x_1 = \mu_d/\mu_s. \quad (1)$$

Tilsvarende sker det næste skift, når x_1 , med x_2 givet ved ligning (1), når til værdien givet ved $x_1/x_2 = \mu_d/\mu_s$. Og så fremdeles.

Kommentar

Et usikkert pilotforsøg med min 40 cm plastiklineal giver ved hjælp af ligning (1) resultatet $\mu_d/\mu_s \approx \frac{1}{2}$ for gnidningskoefficienterne imellem plastiklinealen og mine pegefingre.

Opgaven er ikke en af dem vi på RUC selv har fået ideen til. Den blev brugt ved eksamen i august

2012, fordi jeg af anden årsag forud var blevet mindet om den ved gennembladning af mekaniknoter fra min egen studietid (Mekanik III, Partikelsystemer og stive legemer, Forelæsninger ved Københavns Universitet, efterår 1959, 2. udg.). I noterne, som er velskrevne uden forfatterangivelse, optræder opgaven som et gennemregnet eksempel.

I almindelighed kommer ideerne til nye breddeeksamensopgaver løbende og ikke ved fx søgning i opgavesamlinger, lærebøger m.m. ved udarbejdelsen af opgavesæt umiddelbart forud for eksamen. De ca. 700 indtil nu formulerede breddeeksamensopgaver er en blanding af velkendte, omformulerede velkendte og nyopfundne opgaver. Der er ikke copyright på opgaver, og for os har det ikke første prioritet at være originale. Det afgørende er, at opgaverne ikke er for tæt på at være kloner af allerede eksisterende opgaver i samlingen, og at de så vidt muligt lever op til følgende 7 hensyn:

1. Rimelig behandling af de antydende 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.

I introduktionen til artikelserien om breddeopgaver i KVANT, marts 2000, er der givet lidt begrundelse for de 7 hensyn.

Pointen med at opliste de 7 hensyn her er at tydeliggøre, at det ikke i almindelighed lader sig gøre at kopiere efter traditionelle opgavesamlinger, hvis der skal leves op til hensynene. Nogle gange lader det sig gøre at kopiere direkte. Flere gange får vi inspiration fra opgavesamlinger eller lærebøger til opgaver, der i kraft af justerede formuleringer lever op til breddeopgavegenren. Oftest kommer ideerne imidlertid fra alle mulige andre kilder. Vores studerende, vores yngre kandidater, vores kolleger, konferencer, foredrag, tidsskriftartikler, avisartikler, vores hverdage, vores ferier, museumsbesøg, fjernsynet, venner og bekendte, samt vores undervisning og forberedelserne til den. Uanset arten af kilde til opgaveideer er den afgørende overvejelse, om ideen kan udvikles, så den lever rimeligt op til de 7 hensyn, og ikke ligger for tæt op af allerede stillede opgaver.

Den første censor på Breddekurset på RUC i 1976, Ove Nathan, støttede os i udviklingen af kurset. Men han var bekymret for, at vi inden for en overskuelig tid ville udtømme opgavemulighederne, der kunne leve op til de skitserede hensyn. For mig har måden at undgå

det på været løbende året rundt og igennem årene at oparbejde en samling af stikord til opgaveideer ved, fra en ides undfangelse at notere ideen (senest 10 minutter efter, for ikke at glemme den igen) på en lap papir i min tegnebog. Når jeg så siden skal udarbejde eksamensopgaver, kigger jeg til en start bunken af stikord igennem. Og indtil videre er bunken mere vokset end svundet ind.

Uden en sådan idebunke er det erfaringsmæssigt svært at udarbejde et breddeeksamensopgavesæt. Hvis man uden idebunken sætter sig for at udarbejde sættet to uger før eksamen får man problemer. Det er svært at få ideer under tidspres og på kommando. I min idebunke forud for udarbejdelsen af eksamensopgavesættet fra august 2012 var der et stikord, der henviste til eksemplet "lineal på pegefingre" i mine gamle mekaniknoter.

Breddeopgave 67. Atlanterhavsbølger

Inden næste nummer af KVANT udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne opgave fra breddekurset på RUC (fra samlingen af træningsopgaver ved opstarten af "Breddekursus", nummer 67 i rækken her i KVANT):

Hvordan er sammenhængen mellem bølgehastighed og bølgelængde for bølgerne på Atlanterhavet? Begrund svaret ud fra en dimensionsbetragtning.

Løsning og kommentar bringes i næste nummer.

KVANT søger nye redaktører

Redaktionen af KVANT stræber mod at skabe et blad af høj kvalitet. Manuskripterne læses først igennem med henblik på faglige og pædagogiske forbedringer og derefter læses der korrektur på sproget. Dette arbejde udføres for en stor del af frivillige kræfter.

Der er plads til flere redaktører. Hvis du har lyst til at bidrage til én eller flere af følgende opgaver, så skriv til kvant@kvant.dk og hør nærmere.

- Ideer til kommende artikler og temanumre
- Fagkorrektur af manuskripter
- Layout og korrektur
- Redigere i latex
- Anmelde bøger
- Digitalisering af ældre numre
- Udvikling af facebook-gruppen, www.facebook.com/KVANT.fysiktidsskrift.

Det er en fordel, hvis du er fysikstuderende, forsker eller fysiklærer i gymnasiet. Redaktionen holder møder i København, men man kan evt. deltage via Skype eller få refunderet rejseudgifterne.