Diskusjonsoppgaver uke 12

Diskusjonsoppgaver i gruppetimen for smågrupper (3-4 personer).

D12.1 Isen på Nordpolen og Sørpolen

Hvis isen på polene smelter og havnivået stiger, vil det ha konsekvenser for tiden til et døgn?

Løsning: Når isen smelter vil vannet fordele seg over hele kloden og derfor være lenger bort fra rotasjonsaksen. Treghetsmomentet til jorden vil øke. På grunn av bevaring av spinn vil vinkelfarten minke og et døgn blir lengre i tid.

D12.2 En student med håndvekter

En student står på en stol med armene utstrakt og en håndvekt i hver hånd. Stolen roterer uten friksjon. Når studenten drar inn armene, blir treghetsmomentet mindre og vinkelfarten øker på grunn av spinnbevaring. Hva skjer hvis studenten slipper vektene istedenfor å dra inn armene? Vil vinkelfarten øke, minke eller forbli det samme?

Løsning: Dette spørsmålet har mange fine fysikk-aspekter! Vi ser på de to tilfellene hver for seg:
Tilfelle 1:
Hvis vi betrakter student pluss vekter som ett system, så virker det ingen ytre kraftmoment som kan endre spinnet på dette systemet, så spinnet er bevart. Når studenten drar inn armene, reduseres treghetsmomentet til vektene (studenten bruker en kraft på vektene som reduserer deres avstand fra rotasjonsaksen). Dermed må vinkelfarten for systemet student-pluss-vekter øke for å bevare totalspinnet.
Tilfelle 2:
Nå går vi fra en situasjon hvor vi har et lukket system av student pluss vekter, til et de-koblet system når studenten slipper vektene. Før vektene slippes, har vektene og studenten samme vinkelfart. I det vektene slippes, vil vektene fare avgårde med en hastighet tangentielt til sirkelbanen de var på, med størrelse $v = \omega R$ hvor R er radien i sirkelen. Vektene får nå et spinn $\vec{\ell} = \vec{r} \times \vec{p}$, hvor normalkomponenten til $\vec{r}$ relativt til hastighetsvektor ikke endres. Dermed er spinnet bevart for vektene. Hva med studenten? Så sant studenten fortsatt holder armene utstrakt forandres ikke treghetsmomentet til studenten (armene er i samme avstand fra rotasjonsaksen). Igjen er det ikke noe ytre kraftmoment som kan endre spinnet , og vinkelfarten forblir den samme. Så spinnet er fortsatt bevart, men nå for system "student" og system "vekter" hver for seg.

D12.3 En ball som triller opp en skråning

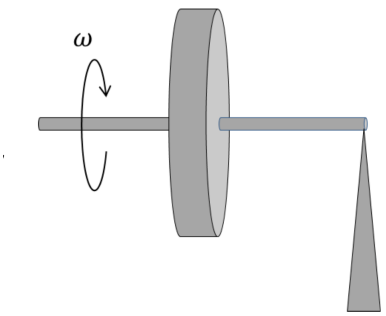
En ball ruller med hastighet $\vec{v}$ langs en horisontal vei uten å skli og kommer til en oppoverbakke som

stiger med konstant helningsvinkel. I hvilket tilfelle kommer ballen lengst opp bakken: hvis bakken har nok friksjon slik at ballen ikke sklir, eller hvis bakken er helt glatt slik at det er ingen friksjon? Begrunn svaret ditt både ved hjelp av energiargumenter og ved hjelp av Newtons andre lov.

Løsning: Ballen vil komme lenger opp hvis det er friksjon. Vi kan bruke energiargumenter: Mens ballen ruller på et horisontalt underlag har den kinetisk energi både fra translasjon og rotasjon. Uten friksjon på helningen vil ballen fortsette å rotere med samme vinkelhastighet. Derfor blir bare den kinetiske energien fra translasjonsbevegelsen omgjort til potensiell energi i tyngdefeltet. Også i det høyeste punktet roterer ballen med den opprinnelige vinkelhastigheten og har rotasjonsenergi. Med friksjon virker et kraftmoment på ballen som bremser rotasjonsbevegelsen. Siden ballen ikke sklir gjør friksjonskraften ikke noe arbeid (statisk friksjon, kontaktpunktet er momentant i ro, ingen forflytning), og kinetisk energi fra både translasjon og rotasjon gjøres om til potensiell energi. I det høyeste punktet har ballen ingen kinetisk energi og bare potensiell energi.
Vi kan også bruke Newtons andre lov: Uten friksjon virker det bare gravitasjon og normalkraften. Med helningsvinkel θ er nettokraften ned helningen lik $mg\sin\theta$. Friksjonskraften f_s virker opp langs helningen; med positiv retning opp helningen blir nettokraften $f_s - mg\sin\theta$. Med friksjon har ballen mindre akselerasjon mot bevegelsesretningen (uten friksjon: $-g\sin\theta$, med friksjon: $f_s/m - g\sin\theta$). Ballen kommer derfor lenger før den stopper opp.

D12.4 Gyroskop

Et hjul roterer med vinkelfart ω om aksen, se figur. Du setter den ene enden til aksen forsiktig på et stativ slik at aksen er horisontal, mens den andre enden til aksen er fri. Hvorfor faller ikke hjulet ned? Hva kommer å skje? Beskriv bevegelsen. Kan du bruke dette eksempelet til å forklare hvordan du kan sykle og greie å svinge sykkelen uten å holde hendene på styret?



Løsning: Uten rotasjon vil hjulet bare falle ned. Med rotasjon på svinghjulet ("flywheel") har hjulet spinn i horisontal retning. Det virker et kraftmoment fra gravitasjonskraften som peker "ut fra arket". Etter spinnsatsen endrer netto kraftmoment spinnet i retningen til det netto kraftmomentet, og aksen dreier seg ut fra arket. Hele gyroskopet vil bevege seg i en horisontal sirkelbevegelse om stativet. Dette kalles presesjon. Jo større spinnet er, jo større kraftmoment behøves for å endre spinnet.
Sykling er faktisk skikkelig komplisert! Se gjerne denne videoen fra Veritasium: `https://www.youtube.com/watch?v=9cNmUNHSBac`, og denne (kortere) videoen fra minutephysics: `https://`

www.youtube.com/watch?v=llRkf1fnNDM. Det er (minst) tre faktorer som hjelper til å stabilisere sykkelen: 1) vinkelen på gaffelen på framhjulet, som gjør at normalkraften fra bakken på hjulet virker bak der styre-aksen (gjennom styret og gaffelen) krysser bakken; 2) massesenteret til styret og framhjulet er litt *foran* styre-aksen; 3) en effekt av gyroskopisk presesjon fordi framhjulet roterer og har en vinkelhastighet (og et spinn) i retning av rotasjonsaksen til hjulet. Merk at denne effekten er liten i forhold til de to andre for vanlige sykler, men for motorsykler (høy fart, og høy vinkelhastighet) er gyroskopisk presesjon viktig. Så hva skjer? Når du for eksempel lener deg til venstre, får tyngdekraften som virker i massesenteret til totalsystemet (deg + sykkelen) en kraftarm med en komponent som er normalt på tyngdekraften, og dermed vil tyngdekraften gi et kraftmoment om kontaktpunktet med bakken som gjør at det blir en endring i spinn mot bevegelsesretning (se figur, hentet fra
http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Mechanics/bicycle.html#c3). Dermed svinger hjulet til venstre.

