

Ta med din smartphone i karusellen

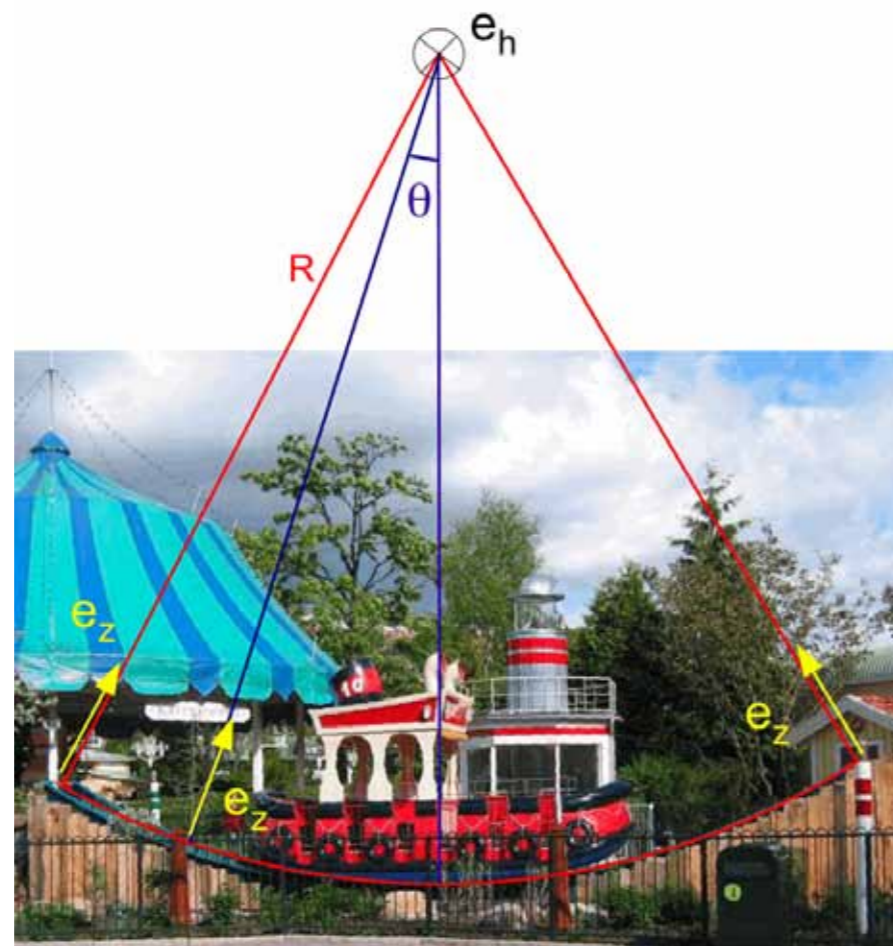
Moderna mobiltelefoner är ofta utrustade med olika sensorer som används flitigt bland annat för spel, men som också kan användas i fysikundervisningen. Här analyserar vi accelerometer- och rotationsdata från en Iphone 4 som tagits med (i en stängd ficka!) i åkattraktionen Lilla Lots på Liseberg.

NÖJESPARKERNAS åkattraktioner innehåller många olika fysikexempel, från barnkarusellens enkla rotation kring en vertikal axel, till berg- och dalbanor med loopar och skruvar och varierande acceleration i tre dimensioner. Rörelserna kan studeras på många olika nivåer under besöket, från observation av växelspelet mellan potentiell och kinetisk energi i gungor och berg- och dalbanor, till elektronisk datainsamling och detaljerad analys av rörelserna.

Pendeln är ett klassiskt exempel, som kan studeras i lekplatsens gungor och till exempel i Lilla Lots på Liseberg. Lilla Lots är en pendel, där snöret är ersatt med en räls i cirkelbåge med radien 11,5 meter (Figur 1). Rälsen utövar en kraft på den lilla "båten" som gör att den följer spåret. Kraften (per kg) från attraktionen på den som åker, det vill säga $m(a-g)/m$, kan mätas med en medföljande accelerometer, med axlar som roterar tillsammans med båten. I detta koordinatsystem är det bara "vertikala" z-axeln, vinkelrät mot spåret, som ger utslag under en ren pendelrörelse. Figur 2 visar accelerometerdata från en tur i Lilla Lots.

Gyrot i Iphone4 kan också mäta rotation. Pendelrörelsen svarar mot en rotation kring den horisontella axeln som markerats i figur 1. I Lilla Lots, liksom i många nya åkattraktioner, kombineras pendelrörelsen med en rotation kring sin z-axel, vilket gör att x- och y-axlarna (figur 3) ändrar riktning i förhållande till den horisontella axeln.

Figur 4 visar rotationsdata kring de tre axlarna. Rotationshastigheten kring z-axeln är 11 varv/minut enligt speci-



Figur 1: Lilla Lots på Liseberg rör sig utmed en cirkulär räls och rörelsen kan beskrivas som en pendelrörelse. De röda linjerna svarar mot radien, R , för cirkelbågen, medan de blå linjerna svarar mot vinkeln mot vertikallinjen. De gula pilarna visar riktningen för den medföljande z-axeln. Högst upp i figuren visas den horisontella rotationsaxeln för pendelrörelsen. Samtidigt som båten gungar fram och tillbaka roterar den också runt sin egen axel så att även x och y-axlarna ändras under rörelsen.

kationerna. Detta stämmer väl med den uppmätta vinkelhastigheten i den översta grafen i figur 4 som också visar att Lilla

Lots efter halva turen byter rotationsriktning.

Vinkelhastigheterna kring x- och y-

axeln visar en kombination av två olika effekter; dels variationen i vinkelhastighet ω_h kring den horisontella axeln som kan skrivas, $\omega_h = \omega_0 \sin pt$, dels ändringen i vinkeln $\phi = \Omega t$ i figur 3. Detta ger

$$\begin{aligned}\omega_x &= \omega_0 \sin pt \sin \phi = \omega_0 \sin pt \sin \Omega t \\ \omega_y &= \omega_0 \sin pt \cos \phi = \omega_0 \sin pt \cos \Omega t\end{aligned}$$

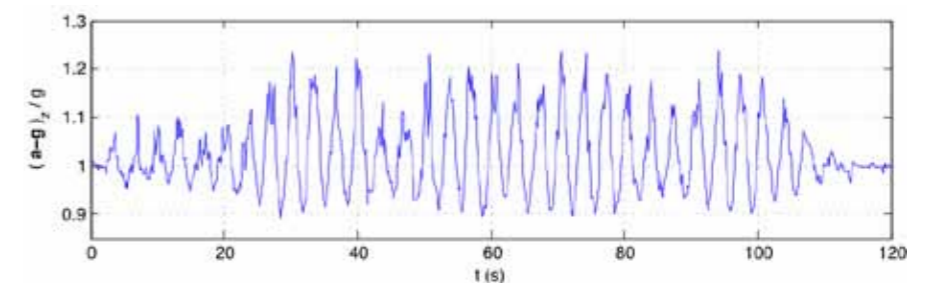
Övning: Skriv om detta uttryck som en summa av två termer, med vinkelhastigheterna $p+\Omega$ och $p-\Omega$, vilket svarar mot perioderna 27,5 s och 3,0 s.

ANALYSEN AV accelerations- och rotationsdata från Lilla Lots visar att det finns mycket matematik och fysik att undersöka även i barnattraktioner. Analysen av mätdata kan kompletteras med en uppgift att skriva ett litet program som modellerar rörelsen för en person som åker med båten sett uppifrån eller i en fullständig representation. Liknande rörelser finns också i större åkattraktioner, som HangHai och SpinRock på Liseberg. En fördel med de mindre attraktionerna är att det är lättare att placera sensorn med alla axlar i rätt riktning, för att slippa rotera koordinatsystemet vid efterbehandlingen av data. Accelerometern i Iphone är också begränsad till cirka 2g, vilket leder till begränsningar i val av åkattraktioner att studera. (Gyrot kan mäta 2000° per sekund, vilket är långt över de rotationshastigheter som är aktuella.)

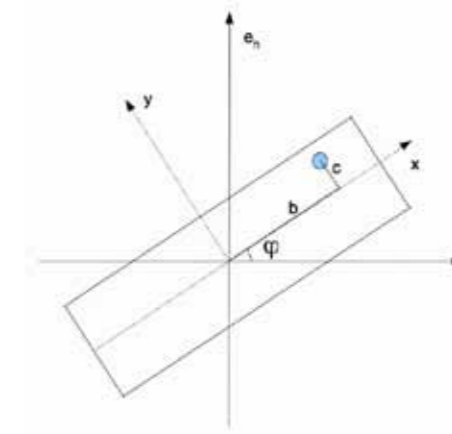
JOHAN ROHLÉN OCH ANN-MARIE PENDRILL
GÖTEBORGS UNIVERSITET
NATIONELLT RESURSCENTRUM FÖR FYSIK

Länkar:

Teardown of the Apple iPhone 4 Smart Phone:
www.chipworks.com/en/technical-competitive-analysis/resources/recent-teardowns/2010/06/silicon-teardown-of-the-apple-iphone-4-smart-phone/
Physics.gu.se/LISEBERG/



Figur 2: Accelerometerdata för Lilla Lots från en Iphone 4, som låg på sätet under åkturen. Eftersom sensorn följer med i rörelsen ändras axlarnas riktning hela tiden. Figuren visar accelerometerdata för z-riktningen som visas i Figur 1.



Figur 3: Koordinatsystem för att beskriva läge relativt båtens centrum och riktning för rotationsaxlarna, x och y, i förhållande till den fixa horisontella axeln e_h för pendelrörelsen.

Figur 4: Uppmätt vinkelhastighet (rad/s) för de tre axlarna hos Iphone 4 under en tur i Lilla Lots.

