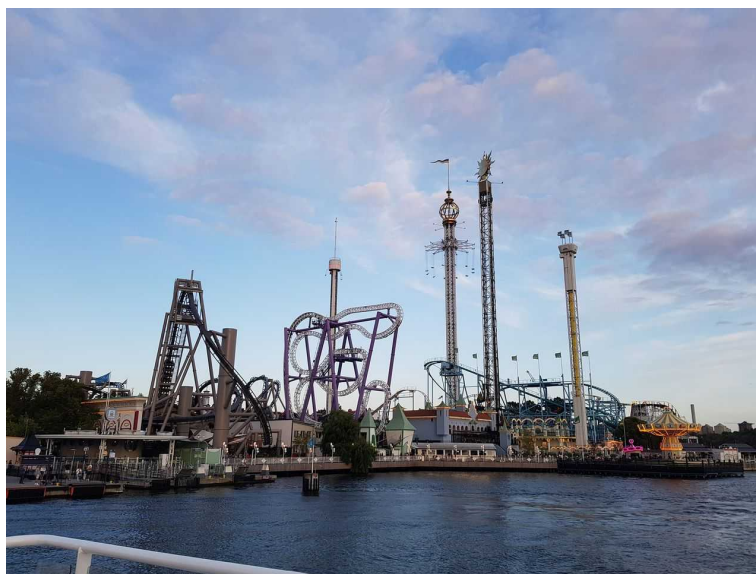


# Gröna Lund som klassrum

## Elevuppgifter 2026



### Table of Contents

Bläckfisken.....	2
Cirkuskarusellen.....	3
Flygande Elefanterna.....	3
Fritt Fall.....	4
Ikaros.....	5
Insane.....	6
Katapulten.....	7
Kvasten.....	8
Kättingflygaren.....	9
Lyckohjul.....	10
Lyktan.....	11
Lyktan: Hastighet och acceleration!.....	12
Pumpen.....	17
Radiobilar.....	19
Rockjet.....	19
Spindeln.....	20
Tekopparna.....	21
Twister.....	23
Vilda musen.....	24
Teknikbord på Gröna Lund (under Edutainmentdagar).....	25

Kompletterande material finns på <https://www.gronalund.com/edutainment> och på <http://tivoli.fysik.org>. Frågor om innehållet kan ställas till Ann-Marie.Pendrill@physics.gu.se

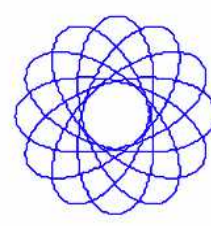
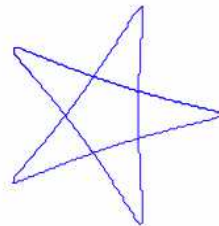
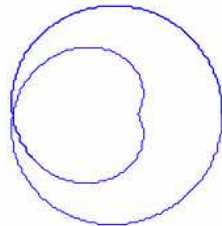
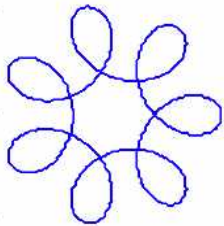
# Bläckfisken

## Åk, känn efter och undersök:

- Observera turen. Försök att följa en persons rörelse. Varje arm är 6.0 m och Bläckfisken roterar c:a 9 varv/minut. I änden av varje arm sitter en "kors" med 4 gondoler 2.1 m från korsets centrum. Korset roterar i motsatt riktning så att varje bil kommer närmast attraktionens centrum, c:a 16 gånger per minut.
- Hur känns det i de olika lägena? Vilka krafter verkar?
- Hur påverkas upplevelsen av att man samtidigt som man snurrar runt åker uppåt och nedåt



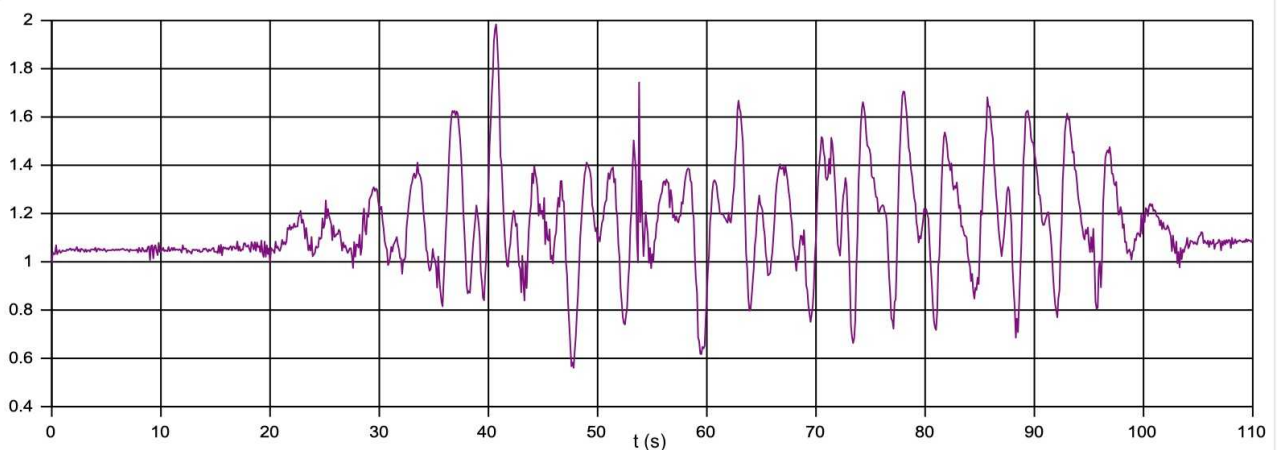
Vilken av bilderna stämmer bäst med turen för en gondol?



## Efter besöket:

Rita en skiss av banan sedd uppifrån. (Man kan också göra en simulering av banan, t.ex. i Excel.)

Grafen nedan visar hur g-kraften på kroppen varierar under en tur i Bläckfisken. (Data från ett Wireless Dynamic Sensor System (WDSS) från Vernier).



## Cirkuskarusellen



### **Mät och räkna:**

- Hur lång tid tar ett varv? \_\_\_\_\_
- Hur stor är diametern? \_\_\_\_\_
- Hur fort åker man i Cirkuskarusellen? \_\_\_\_\_
- Hur stor är accelerationen?



### **Åk, känn efter och undersök:**

Tag med ett "gosedjurslod" (se bilden) och sätt det i gungning. Håll sedan handen stilla medan djuret gungar vidare. Beskriv vad som händer! Varför?

## Flygande Elefanterna

### **Mät och räkna:**

- Hur lång tid tar ett varv? \_\_\_\_\_
- Hur stor är diametern? \_\_\_\_\_
- Hur långt åker man på ett varv? \_\_\_\_\_
- Hur fort åker man i Flygande elefanterna?

### **Åk, känn efter och undersök:**

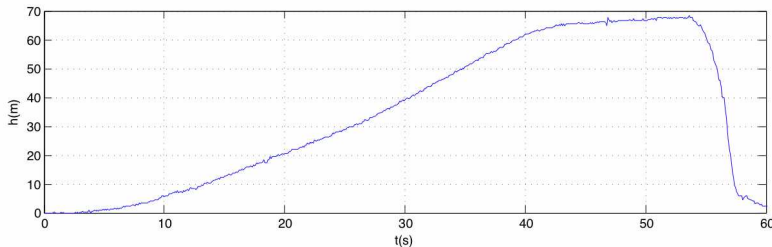
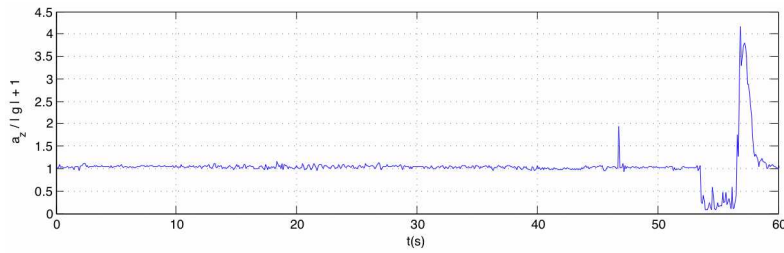
- Ta med ett "gosedjurslod" (mjukt djur, max 10 cm stort, i mjukt snöre, högst 20 cm långt) och sätt det i gungning. Håll sedan handen stilla medan djuret gungar vidare. Beskriv vad som händer!



### **Teknikfråga**

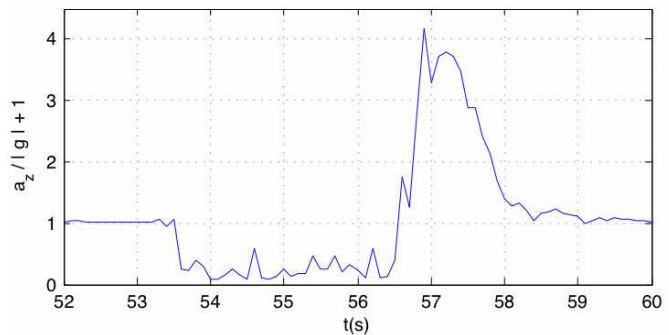
- De Flygande Elefanterna flyger med hjälp av pneumatik. Hur fungerar det? Gå till teknikbordet och undersök!
- Vad är det för skillnad på pneumatik och hydraulik? Ge ett exempel på en attraktion som drivs av hydraulik och en som drivs av pneumatik. Gå till teknikbordet och undersök!

# Fritt Fall



## Före besöket:

- Hur långt är det till horisonten om man är 80 m.ö.h.? Titta på en karta i förväg och försök räkna ut hur långt man borde kunna se åt olika håll när man sitter högst upp.
- Titta på grafen ovan över höjd,  $h$ , som funktion av tiden,  $t$ . Hur stor är medelhastigheten under uppfarten?
- Grafen till höger visar själva fallet och inbromsningen i lite mer detalj. Hur långt faller man under 3 sekunders fritt fall? Vilken fart kommer man upp i? Vilken acceleration behövs för att bromsa fallet på 1 sekund?



## Åk, känn efter och undersök:

- Hur långt kan du se högst uppifrån? Stämmer det med dina beräkningar och när du tittade på kartan innan besöket?
- Från marken: Mät tiden från att man släpps till början av inbromsningen. Stämmer dina observationer med uppgifterna från grafen?
- Ta med en mugg vatten under turen. Håll den stadigt mot bygel under hela fallet. (Försök låta bli att rycka till när du börjar falla). Vad händer med vattnet i muggen under fallet? Försök förklara vad du ser.

## Teknikfråga

Hur bromsas Fritt Fall? Gå och titta på attraktionen. Varför används just det bromssystemet? Under Edutainmentdagen: Gå till teknikbordet och undersök.

# Ikaros

Mytens Ikaros gjorde vingar av fågelfjädrar och fäste med vax. När han flög för nära solen smälte vaxet, vingarna föll av och Ikaros störtade ner mot havet.

I attraktionen Ikaros på Gröna Lund dras man sakta upp mot solen, upp till 95 m. Upp till 16 personer kan åka samtidigt. När man kommit upp tippas sätena  $90^\circ$  innan man faller ner med ansiktet mot marken, snabbare och snabbare, upp till 90 km/h, innan man når bromsarna. I slutet av åkturen vänds gondolerna så att man kommer upprätt igen.

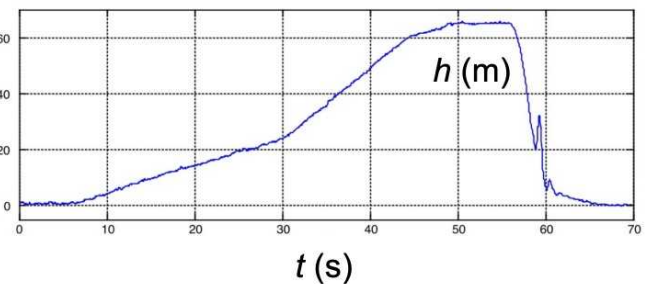
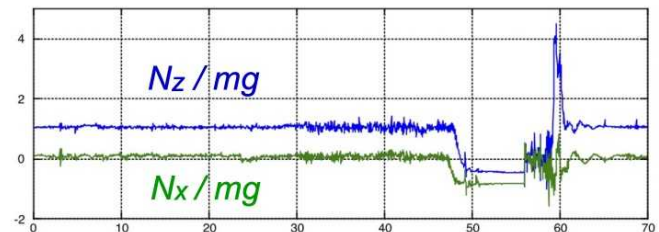


1. Hur lång tid tar det att komma upp i 90 km/h om man faller fritt?
2. Hur långt faller man under denna tid?
3. Hur syns inbromsningen i graferna?
4. På väg upp ökar farten strax efter 30 sekunder i grafen, ca 20 m över starthöjden.
5. Kan du känna det när du åker?
6. Vad ändras på attraktionen efter 20 meter?
7. Vilka krafter verkar på kroppen högst upp, medan man väntar på att falla? I vilken riktning i förhållande till kroppen?
8. Vilka krafter verkar på kroppen när accelerometergraferna visar ungefär  $0g$ ?
9. Hur bromsas Ikaros?
10. Varför blir det små svängningar efter den starka inbromsningen, både i höjdgraf och accelerometergraf?

I filmen på [youtu.be/D2iHboXRjmM](https://youtu.be/D2iHboXRjmM) tagen från färjan, kan du se fallet och början av inbromsningen.

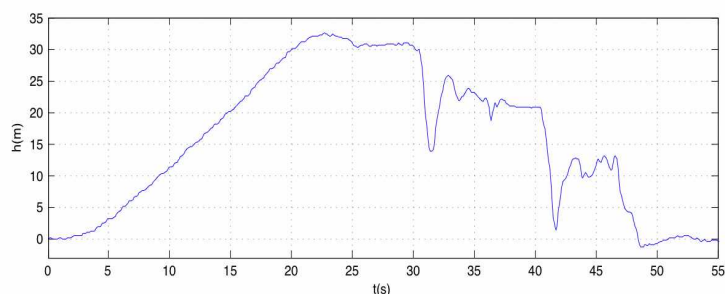
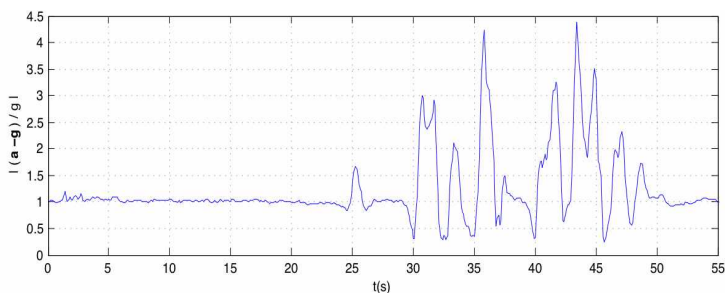
Efter 20,65 m fall når man det första korta bromssvärdet. De kommer med 2m mellanrum. Efter 44,15 m fall, börjar det långa bromssvärdet (27,75 m från botten). Kan man urskilja detta i diagrammen?

Hur känns det när man åker?



# Insane

Insane är något så ovanligt som en tvådimensionell berg- och dalbana



## Före besöket:

- Graferna ovan visar "g-kraft" och höjd som funktion av tiden. Titta på fotot och försök identifiera punkterna A, B och C i fotot med motsvarande punkter i graferna.
- När under turen tror du man känner sig tyngst?

## Mät och räkna:

- Går alla turer lika snabbt? Stå på marken och tag tid (t.ex. med mobiltelefonens stoppur) med vagnen går från punkt A på bilden till punkt B, där vagnen stannar upp, och sedan från B till C. Om du får olika resultat för olika turer, försök förklara varför det blir så! Använd tabellen nedan och fyll i tiden för 8 olika turer.

## Åk, känn efter och undersök:

- Titta på vagnarna och se hur man har löst tekniken för upphängning för att detta skall vara möjligt!
- Observera turen och notera på fotot i vilka lägen vagnarna gungar (g) och snurrar runt (r). Hur varierar det mellan olika turer. Vad kan det bero på?

Punkter	Tid från graf	Tur 1	2	3	4	5	6	7	8
A-B									
B-C									

## Teknikfrågor

(För Edutainmentdag)

- Varför finns det olika slags däck på hjulen på berg- och dalbanetåg? Gå till teknikbordet och undersök!
- Vad för ämne kan man lukta på vid teknikbordet och vad kan det användas till?

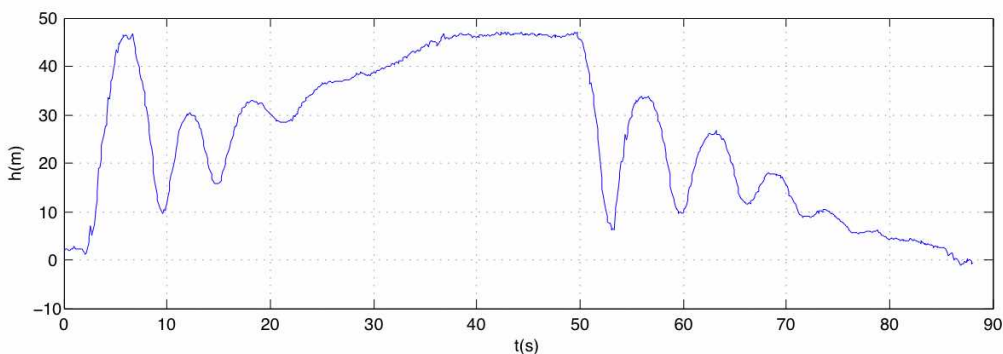
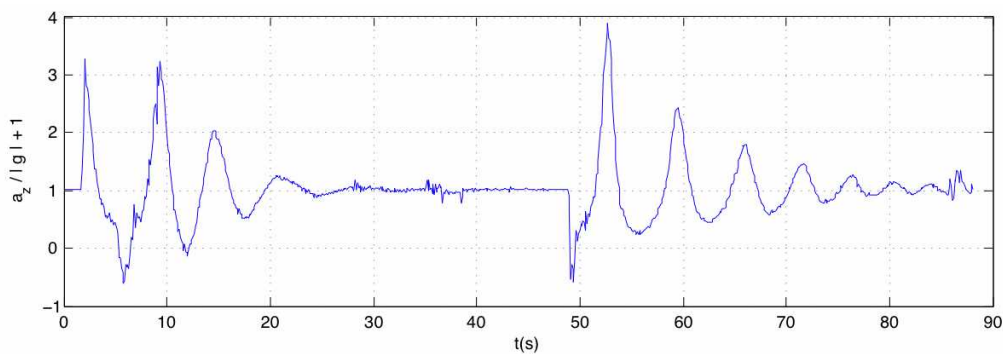
# Katapulten

Åk, känn efter och undersök:

- Under en Edutainmentdag kan du få möjlighet att ta med en mugg med lite vatten upp i Katapulten. Vad tror du kommer att hända med vattnet?
- Grafen nedan visar accelerometer- och höjddata för Katapulten.
- Från marken: Försök att identifiera de olika delarna av turen utifrån grafen.
- När (var) är kraften på kroppen som störst? (Titta på grafen och känn efter när du åker)
- Var är accelerationen störst? (Titta på grafen och känn efter när du åker)

När du vänder längst ner i den andra delen av turen (efter ca 50 s) så är kraften större än när du vänder på samma ställe i den första delen av turen. Varför är det så? (Fundera först. Under Edutainmentdagar kan du fråga och diskutera vid info-bord.)

- När är hastigheten noll och i vilka lägen befinner man sig då? När och var är hastigheten mest positiv/mest negativ? (Titta på grafen)
- Känner man sig tyngdlös under någon del av turen? (Titta på grafen och känn efter när du åker)



# Kvasten

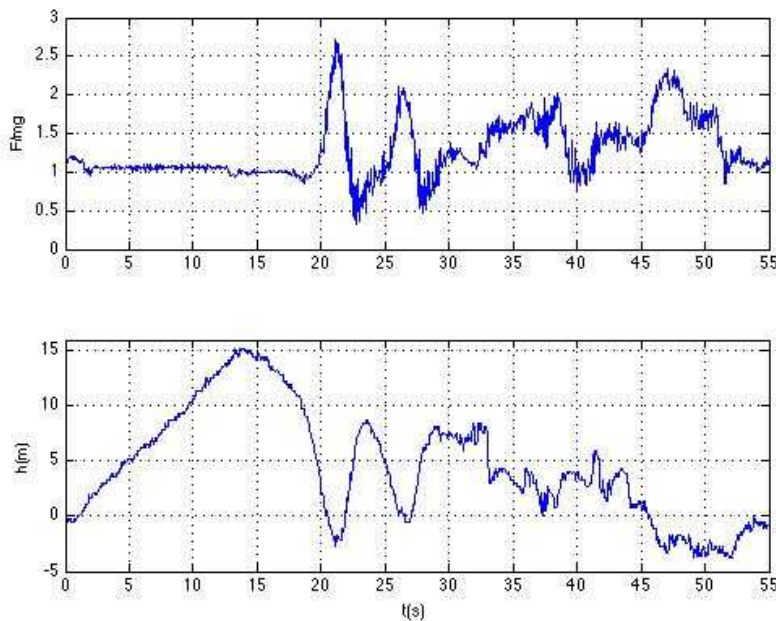
## Före besöket:

I Kvasten sitter man i en vagn som hänger under spåret. I kurvan i fotot ändras höjden nästan inte alls. Accelerationen är då bara i horisontell led. Försök att rita ut alla krafterna som verkar på kroppen när man åker genom kurvan på fotot. Försök rita dem i skala. (Ledtråd: Om kraften från spåret är ungefär vinkelrät mot spåret, hur stor behöver kraften vara för att både motverka tyngdkraften och ge den acceleration som behövs? Kan du använda bilden för att också uppskatta accelerationen?)



Grafen nedan visar hur kraften på kroppen och höjden varierar medan man åker Kvasten.

Var under turen tror du att man känner sig lättast/tyngst ?



## Mät och räkna:

- Hur fort åker tåget ? Ta tid från marken, t.ex. med mobiltelefonens stoppur. Tåget är 14.45 m långt.
- Försök att identifiera var i grafen man passerar kurvan i fotot.

## Åk, känn efter och undersök:

- Försök identifiera delarna av turen i banan med tidpunkter i grafen.
- Om du har en liten plastlinky, var under turen blir den som längst/kortast? Hur lång/kort?
- Var under turen känner du dig tyngst?



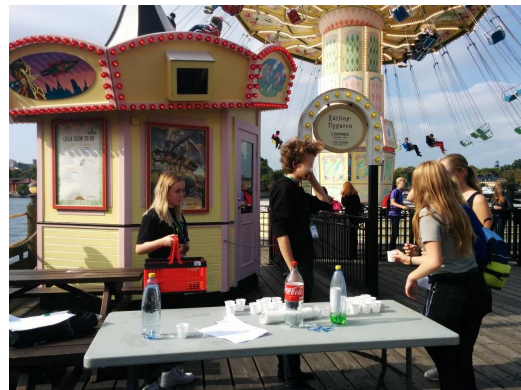
## Kättingflygaren

### Före besöket:

- Hur långt åker man under ett varv. Det är 2 m mellan de yttre gungorna när Kättingflygaren är i vila
- Vilka krafter verkar på kroppen när man åker? (Rita i figuren!)

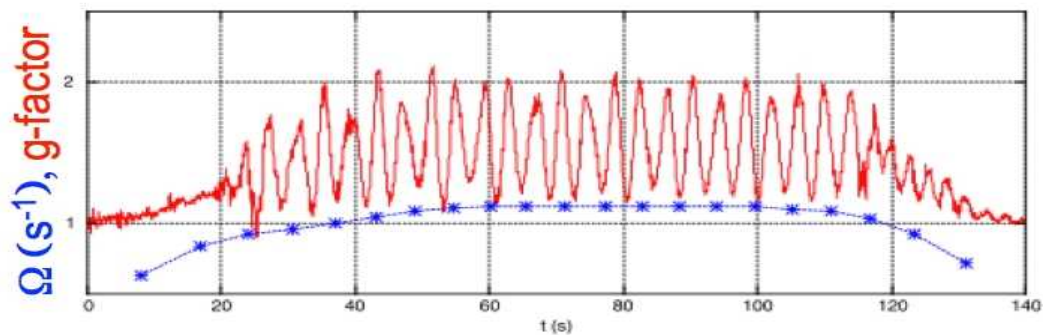
### Åk, känn efter och undersök:

Ta med en mugg vatten. Sätt den i knät parallellt med sätet. Observera vattenytan under turen. Vad ser du? Varför blir det så?



### Mät och räkna:

- Hur lång tid tar ett varv? Mät från marken och använd t.ex. mobiltelefonens stoppur.
- Hänger alla gungorna i samma vinkel? Varför/varför inte?
- Hur stor är centripetalaccelerationen? (Mät vinkeln i bilden)
- Beräkna omloppstiden från accelerationen och radien. Utnyttja att accelerationen kan skrivas som  $v^2/r$ , där  $v$  är farten och  $r$  är radien i cirkelrörelsen. Stämmer den uträknade omloppstiden med den observerade?



# Lyckohjul

Vilket hjul har du valt? \_\_\_\_\_

- Hur många olika tal finns på hjulet? \_\_\_\_\_
- Välj 5 "brickor" att "spela" på – ringa in i tabellen nedan
- Hur stor sannolikhet är det att någon av dina brickor skall få en vinst under 1 spel? \_\_\_\_\_
- Hur stor sannolikhet är det att någon av dina brickor skall få en vinst under 5 spel? \_\_\_\_\_
- Under 20 spel? \_\_\_\_\_
- Observera spelet minst 5 gånger. Skriv in de tal som vinner på rätt rad.
- Räkna ihop antal vinster för de olika brickorna för hela klassen

Brickor	Nummer	Antal vinster
	1-5	
	6-10	
	11-15	
	16-20	
	21-25	
	26-30	
	31-35	
	36-40	
	41-45	
	46-50	
	51-55	
	56-60	
	61-65	
	66-70	
	71-75	
	76-80	
	81-85	
	86-90	
	91-95	
	96-100	



# Lyktan

## Före besöket



Bildserien visar skärmlipp med 0,2s intervall från en del av en film av en tur i Lyktan.

- Var åker man snabbast?
- Var åker man långsammast?
- Var tror du att man känner sig tyngst?
- Var tror du att man känner sig lättast?
- Var tror du att man känner sig ungefär lika tung som vanligt?

## Åk, känn efter och undersök:

- Trä slinkyns gummiband över långfingret och kliv upp. Håll handen sträckt så stilla du kan och se vad som händer. Låt gärna någon på marken eller den som sitter bredvid dig hjälpa dig att observera slinkyn när du åker.
- Var känner du dig tyngst? Lättast?
- Hur lång är slinkyn på väg upp i början av åkturen?
- Hur lång är slinkyn när du vänder längst upp?
- Hur lång är slinkyn när du vänder längst ner?
- Hur lång är slinkyn när du är på väg upp igen? På väg ner?

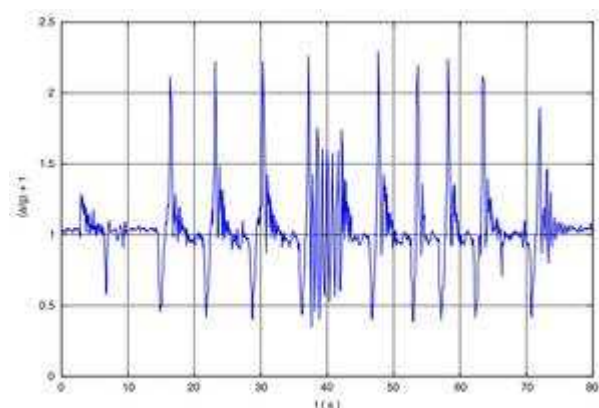


## Hur många g?

Grafen på denna sida visar hur många "g" man upplever under olika delar av turen. Om du har en SmartPhone kan du själv mäta: t.ex som i grafen till höger:

- Kan du lista ut vad de olika topparna svarar mot?
- Titta på turen: Vad händer i mitten? Hur syns det i grafen?

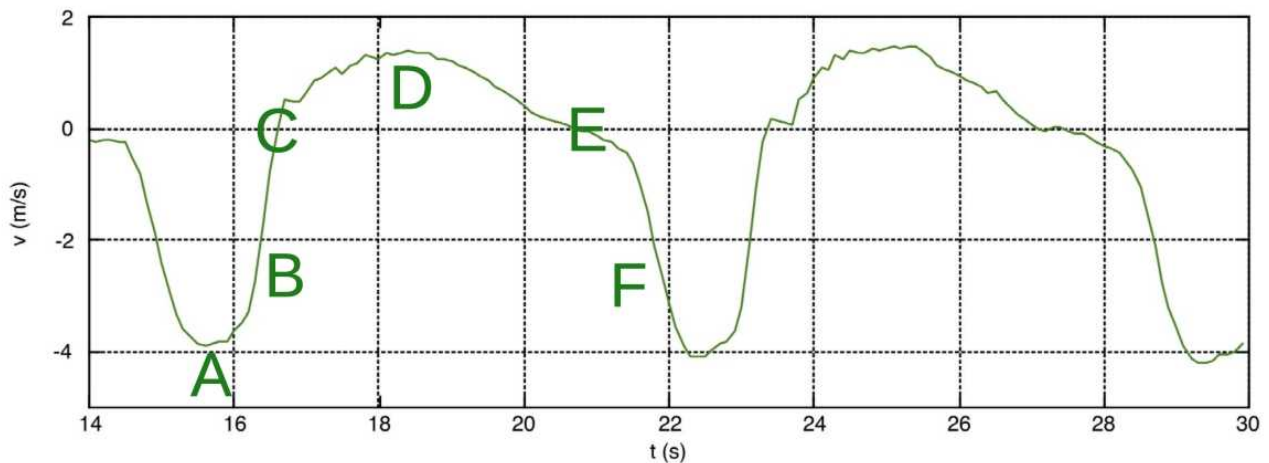
Obs att en accelerometer inte mäter acceleration utan vektorn ( $\mathbf{a-g}$ ), ofta i enheten "g". Att stå stilla på marken - eller röra sig med konstant hastighet - svarar då mot 1g. Ur grafen ser man att man under korta stunder känner sig ungefär hälften så tung som vanligt, och däremellan lite mer än dubbelt så tung som vanligt.



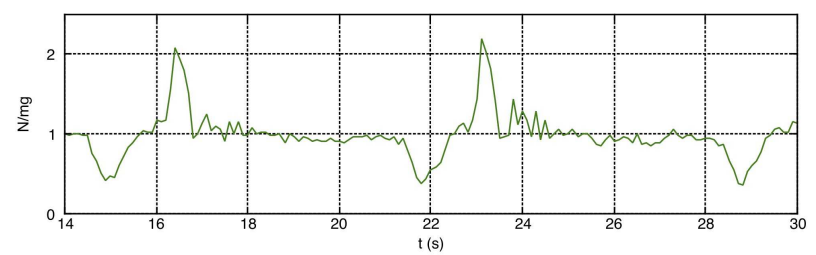
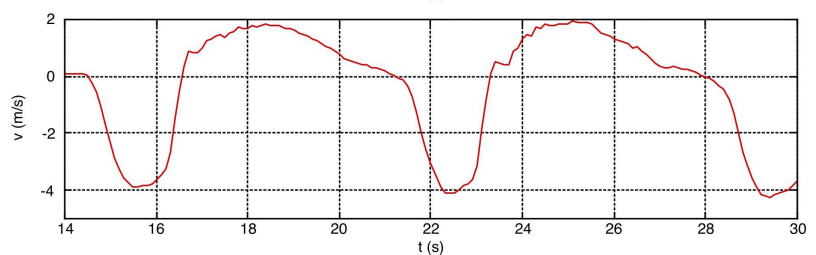
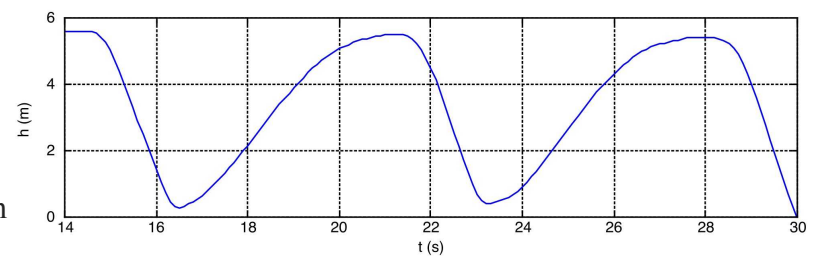
## Lyktan: Hastighet och acceleration!

Bilden nedan visar en graf över hastigheten varierar under två studsar i Lyktan. Positiv hastighet är riktad uppåt.

- I vilken/vilka av de markerade punkterna är man högst upp och längst ned. Beskriv hur du tänker.
- Hur man kan använda grafen för att få fram en uppskattning av hur långt det är mellan högsta och lägsta punkten. Rita i figuren
- I vilken av de markerade punkterna är accelerationen är som störst (mest positiv)? När är den mest negativ? När är accelerationen noll??
- Kroppen påverkas hela tiden av tyngdkraften,  $mg$ , nedåt. I Lyktan påverkas kroppen också av en kraft från sätet - en "normalkraft",  $N$ . När man sitter stilla eller åker med konstant hastighet är normalkraften lika stor som tyngdkraften, men riktad uppåt så att krafterna tar ut varandra, dvs  $N = -mg$ . (kom ihåg att krafter är vektorer, här markerade med fetstil). När man accelereras uppåt måste normalkraftens belopp vara större än tyngdkraftens, dvs  $|N| > |mg$ . Rita "frikroppsdiagram" ("kraftfigurer) för dessa situationer och även för acceleration nedåt.
- När känner man sig tyngre än vanligt (T) och när känner man sig lättare (L)? Markera i figuren!



Graferna till höger visar hur höjd och hastighet och acceleration varierar under två studsar.



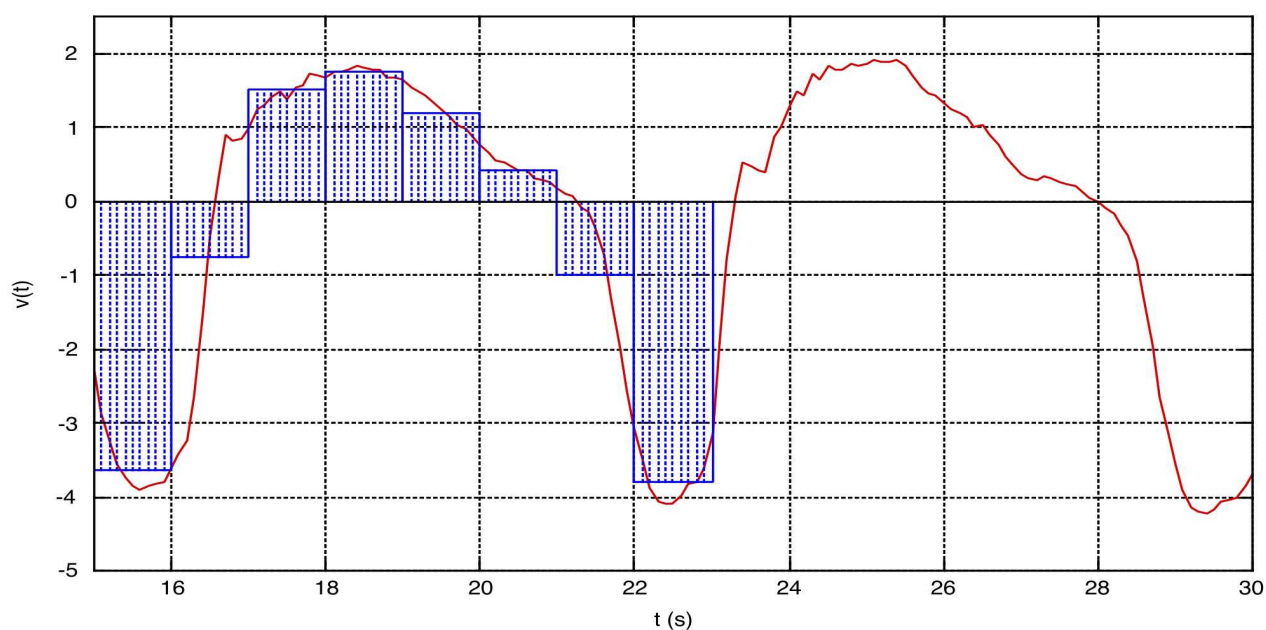
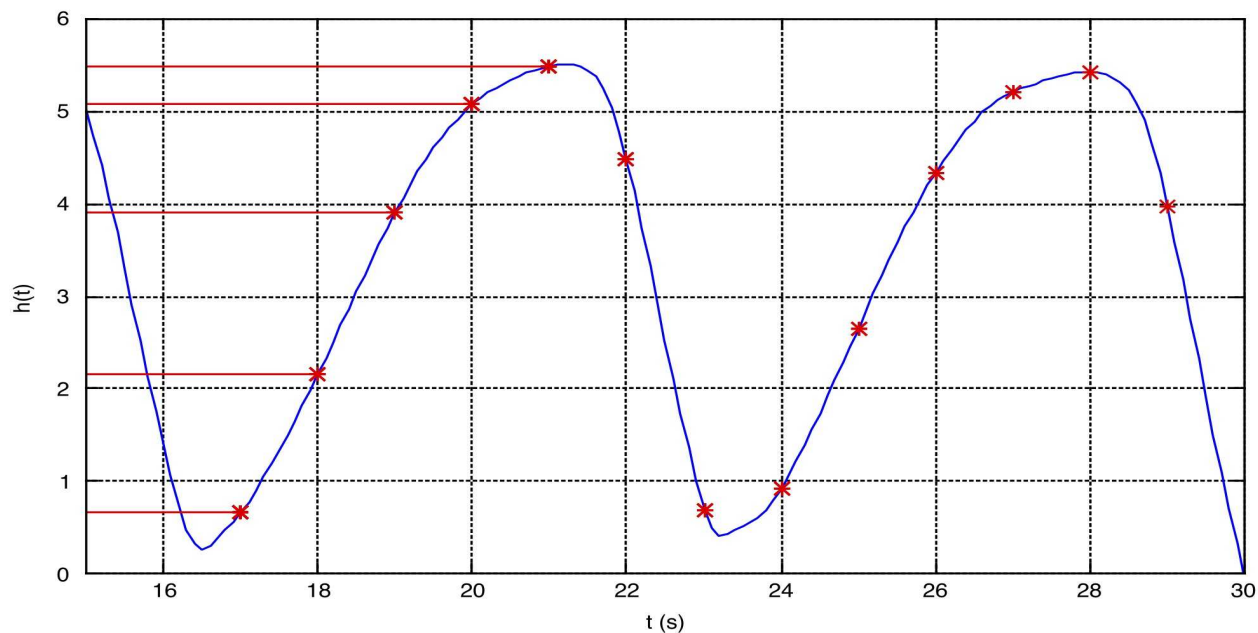
## Lyktan: Höjd, hastighet och acceleration

Graferna på denna sida visar hur höjd och hastighet och acceleration varierar under två studsar. Skriv ned matematiska uttryck som använder hastigheten  $v(t)$  som funktion av tiden för att uttrycka

\* accelerationen vid tiden  $t$

\* höjden vid tiden  $t$  om från höjden vid  $t_0$  är  $h(t) = h_0$ .

Läs mer: i [LMNT-nytt 2020:1, s 28-31](#) och [Physics Education 54 2 025017](#)

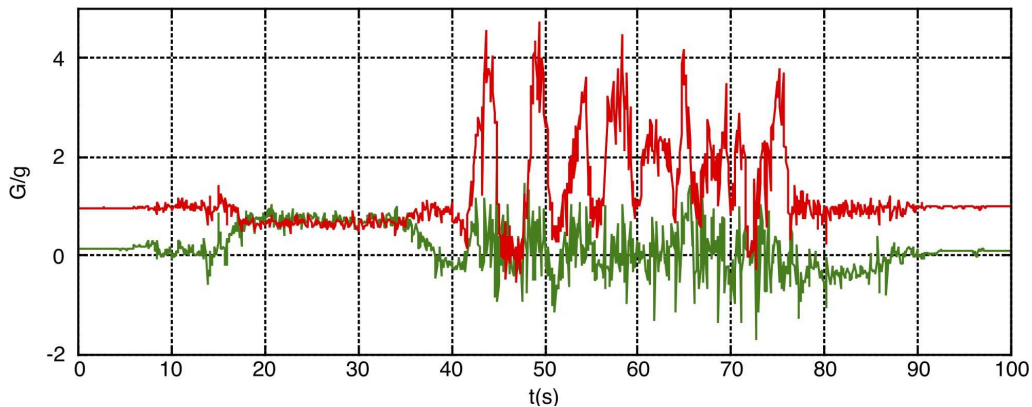


## Monster

I berg- och dalbanan Monster från Bolliger & Mabillard hänger vagnarna under spåret. Den börjar med ett "uppslag" där tåget dras upp till högsta punkten innan tåget lämnar kedjan och fortsätter med omvandlingar av lägesenergi till rörelseenergi som låter gästerna accelerera nedför första backen, rotera runt alla axlar, åka upp och ner, bli tyngdlös eller mycket tyngre än vanligt.

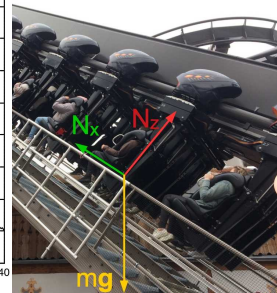
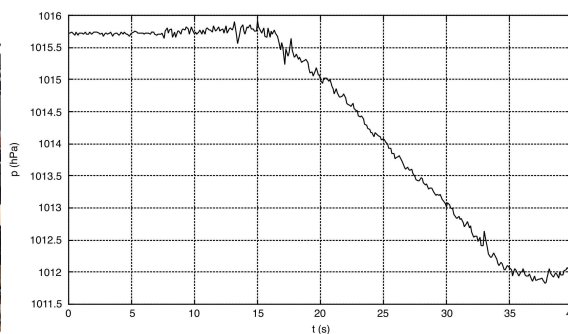


Graferna visar hur G-kraften varierar under en åktur, dvs krafterna från tåget på dig delat med  $mg$ . Den röda grafen visar krafter upp från sätet och den gröna visar krafter framåt/bakåt (grön)



Vilka krafter verkar på kroppen under själva uppslaget? Vilka krafter verkar under "uppslaget"? Rita ett "frikroppsdiagram". Kan du identifiera uppslaget i accelerometergrafens?

Hur många grader lutar backen ("uppslaget")? Använd ögonmått eller gradskiva. Du kan också använda "Inclinometer" i Physics Toolbox eller "Inclination" i Phyphox (under "tools").



Grafen visar hur lufttrycket varierar under uppslaget. Använd grafen för att svara på frågorna:

- Hur mycket minskar lufttrycket under uppslaget?
- Vilken höjdskillnad svarar det mot? (Använd värdet  $1.29 \text{ kg/m}^3$  för luftens densitet)
- Hur stor blir den vertikala hastighetskomponenten?
- Hur snabbt åker tåget uppför backen?

## Monster - Rotation



Bilderna visar några skärmsklipp från början av turen. Vilka typer av rotation förväntar du dig att se under de olika delarna?

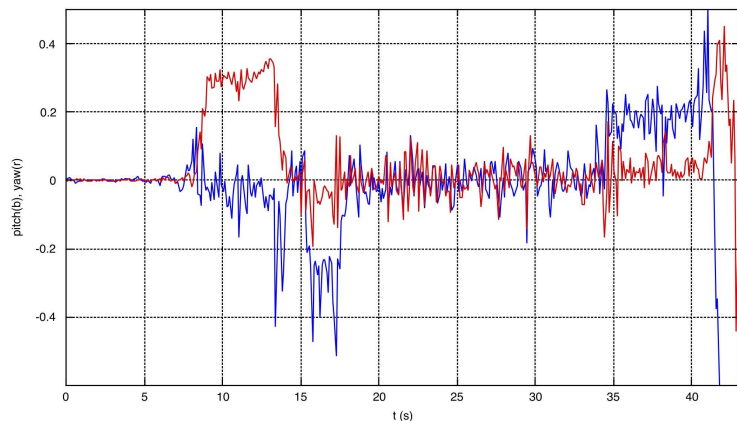
### Pitch, yaw, roll / Tippa, gira, rolla

- Pitch (tippa) är en rotation runt y-axeln som pekar åt vänster (kullerbytta).
- Roll är en rotation runt framåtriktningen (hjula).
- Yaw (gira) är en rotation runt en linje utmed ryggraden mot huvudet (piruett).

Positiv rotationsriktning är den som skulle få en högerskriv att röra sig i axelns riktning.

- a) På väg från stationen mot uppdraget
- b) På väg mot uppförsbacken
- c) I mitten av backen
- d) När man har kommit till toppen

Grafen visar uppmätta data för pitch (blå) och yaw (röd) under början av turen.



## Pop Expressen – En BreakDance 3 från Huss

Pop-Expressen öppnade 1996. Informationen nedan är från Gröna Lunds arkiv

Attraktionen hämtades från Finland av Gröna Lunds personal 1995 och hade premiär året därpå. Den är tillverkad av Huss och består av ett 12-sidig tallrik som lutar 7.5 grader där gondolerna är monterade i grupper om fyra på fyra nav. När attraktionen börjar snurra roterar naven i motsatt riktning och vinkel och hastighet gör så att gondolerna kan rotera 360 grader.

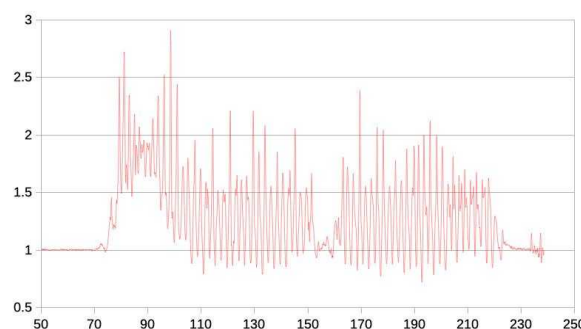
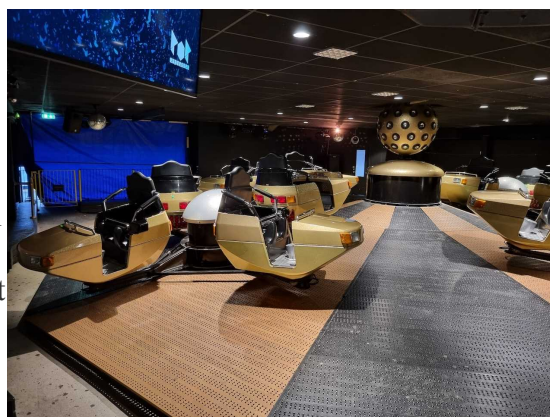
Attraktionen som kallas för Breakdance av tillverkaren är väldigt vanlig i nöjesparker och hos resande tivolin. På vissa modeller kan karusellföraren sköta attraktionen med hjälp av två joysticks och därigenom få åkturen att bli ännu snurrigare och häftigare. Den står uppställd på den plats där Gröna Lunds första radiobilar stod 1927. Men den började sin karriär med att stå uppställd där Tekopparna står idag 1996–2004 innan den flyttades till sin nuvarande plats.

Tid för åktur: 120 sekunder

Antal åkande/timme: 380

Kapacitet Gäster/åktur: 32

Hastighet: 17,5 rpm /14 rpm



### Hur rör sig en gondol?

Liksom i Tekopparna uppkommer rörelsen som en summa av två cirkelrörelser i motsatt riktning. Huvudrotationen är ca 14 varv per minut motsols, medan gruppen av 4 gondoler på ett nav, på ett avstånd  $R$  från centrum roterar medsols ca 17.5 varv per minut (relativt huvudrotationen). Varje gondol har ett avstånd  $r$  från navet. Hela golvet formen av en vid kon (se bilden), vilket gör att gondolernas rörelse runt navet kommer att luta 7.5° i förhållande till horisontellt. För versionen med 3 armar med 4 gondoler gäller:

- $R$  - avståndet från centrum varje nav med 4 gondoler: 4.3 m
- $r$  - avstånd nav till centrum för gondolens rotationsaxel 1.90 m

Prova att simulera rörelsen (sedd uppifrån) i Wolfram Alpha med

[parametricplot\(4.3\\*cos\(14t\)+1.9\\*cos\(-3.5\\*t\),4.3\\*sin\(14t\)+1.9\\*sin\(-3.5t\)\)](#) Se också en [film över rörelsen](#) och en [ritning från Huss](#)

### Kapacitet och flöde

Hur många turer måste attraktionen köras varje timme för att 380 personer ska hinna åka?

Hur ofta måste PopExpressen starta för att hinna med?

Hur lång tid kan av- och pålastning ta?

# Pumpen

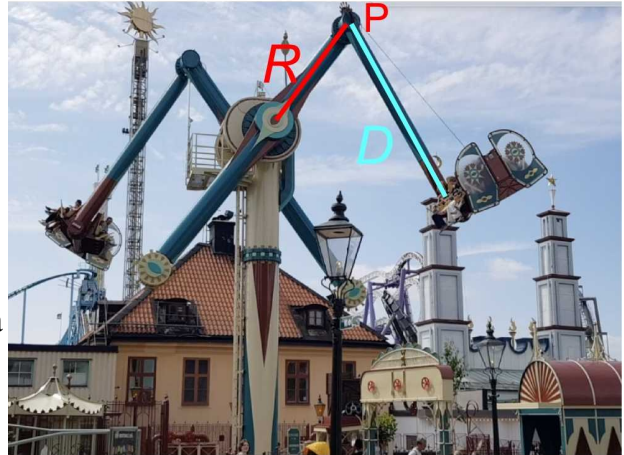
Pumpen är en Superswing från RES Rides. Enligt ritningen är  $R = 6.655$  m och den armen kan rotera upp till 8 varv per minut.

Största avståndet från centrum är  $R + D = 11.765$  m. ("Clearance envelope"). Högsta farten anges till 8 m/s. Film på Pumpen: [youtu.be/Deitnc-c5Uw](https://youtu.be/Deitnc-c5Uw)

## Före besöket

Titta på bilder och film för Pumpen och fundera över

- Hur kan man vara säker på att inte slå i fötterna när man åker förbi stationen?
- Vilken funktion har vajern som går till utsidan av gungorna?
- Hur många elektriska motorer tror ni det finns i attraktionen? Skulle man kunna lösa på andra sätt?
- Hur många rotationsaxlar finns i attraktionen?



## Kapacitet

Fem personer kan sitta på vardera sidan av de två gungorna. Enligt databladet kan 480 personer per timme åka Pumpen.

- Hur många turer i timmen behöver Pumpen köras.
- Hur ofta måste Pumpen starta för att hinna med 480 personer?
- Hur lång tid kan det ta för att de som har åkt ska komma ur gungorna och lämna plats för de som ska åka nästa tur. Den kortaste turen varar i 90 sekunder.
- Observera attraktionen medan du står i kön och notera tidpunkterna när attraktionen startar. Gör en ny uppskattning av hur många personer som kan åka på en timme.
- Det finns också möjlighet att köra längre turer. Hur många personer hinner åka på en timme om turen varar i 120 sekunder?
- Hur många personer hinner åka på en timme om turen tar 180 sekunder?

## Kraft och rörelse

Accelerationen in mot centrum i en cirkelrörelse ges av uttrycket  $v^2/r$ , där  $v$  är farten och  $r$  är radien i cirkelrörelsen. Hur stor bli accelerationen om man passerar lägsta punkten med maximal fart och båda armarna i linje?

## På Gröna Lund

Observera av- och pålastning. Hur många sekunder tar det? Mät några gånger: \_\_\_\_\_

## Kommentarer

### Observationer:

Se hur golvet dras ned när attraktionen börjar röra sig. Vajern ger stöd så att inte vridmomentet i upphängningspunkten ska bli för stort.

På varje sida finns två rotationsaxlar. Bara den centrala axeln har en drivande motor. Med en växel skulle den kunna delas mellan båda sidor. (Kommentar ... finns det något på teknikbordet att visa?)

### Kapacitet

- Eftersom 20 personer kan åka samtidigt behövs 24 turer i timmen, dvs 2 minuter och 30 sekunder = 150 s mellan turerna
- Om själva turen tar 90 sekunder måste av- och pålastning gå på 60 sekunder.
- Om turen varar i 2 minuter=120 sekunder hinner bara 400 personer åka på en timme.
- Om turen är hela 3 minuter hinner bara 300 personer åka på en timme.

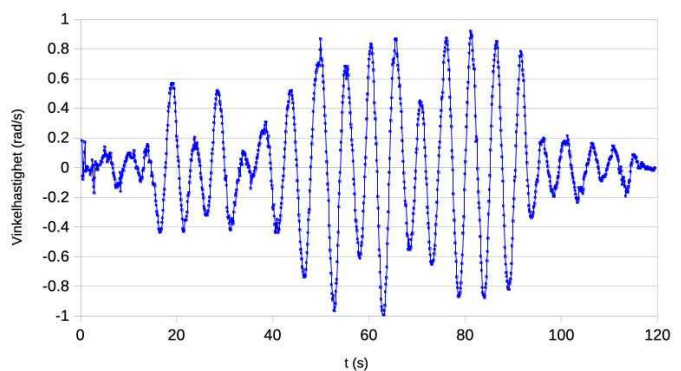
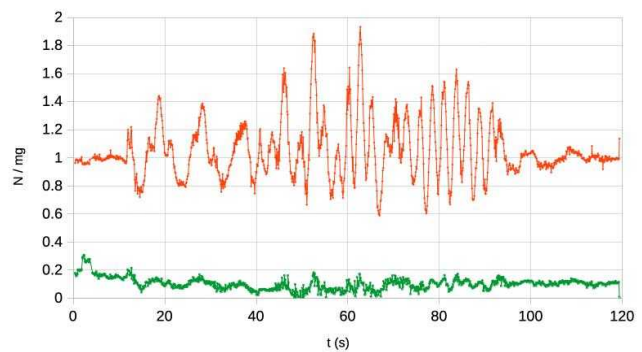
### Kraft och rörelse

Troligen känner man sig tyngst i lägsta punkten och lättast när gungan accelererar fritt när armen är längst ut åt sidan.

I sidläget skulle man kunna vara tyngdlös.

Grafen till höger visar uppmätta "G-krafter" under turen. Den röda grafen visar kraft uppåt från sätet. Hur mycket tyngre än vanligt känner man sig i som mest? Upplever man någon gång tyngdlöshet? Den gröna accelerometergrafen visar kraft framåt/bakåt Varför är värdena så små, fast man hela tiden ändrar fart i rörelseriktningen?

Den blå grafen visar hur vinkelhastigheten varierar under turen.

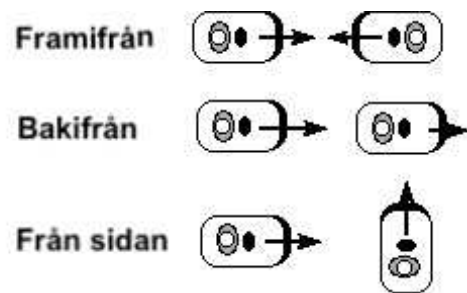




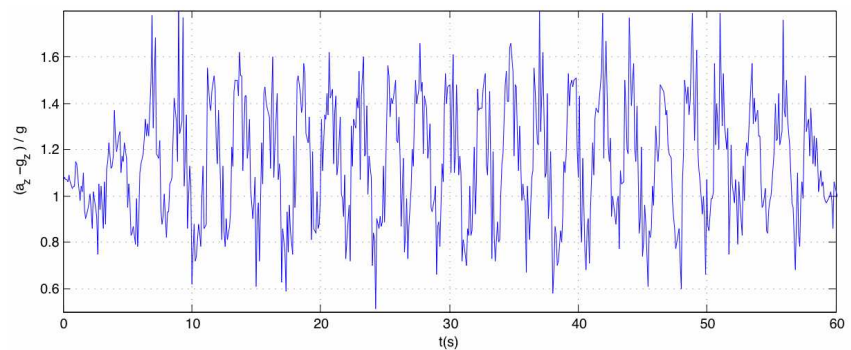
## Radiobilar

### Åk, känn efter och undersök

- Teckningarna i figuren till vänster visar radiobilar precis före tre olika kollisioner: Frontalkrock, påkörning bakifrån och påkörning från sidan
- Cirkeln i varje bil representerar förarens läge. Rita en pil från varje cirkel för att visa i vilken riktning föraren kastas i kollisionen.
- Förklara med ord vad som händer.
- 
- 



## Rockjet



### Åk, känn efter och undersök:

- Hur många gånger åker man upp och ned på ett varv? Hur känns det?
- Grafen till höger visar hur kraften uppåt från sätet varierar med tiden. Hur lång tid tar det att åka ett varv?
- Om du åker med ett litet syskon, spelar det någon roll vem som sitter innerst eller ytterst? Motivera svaret.

## Spindeln

En [SuperJumper](#) från [SBF](#). Denna Spindel har hela 14 ben med plats för 3 personer på varje ben. Drygt 500 personer kan åka varje timme. Man får uppleva upp till 3G medan man rör sig ca 23,5 km/h, 12 varv per minut.



## Före besöket

- Hur många turer måste Spindeln åka varje timme?
- Hur fort rör man sig, uttryckt i meter per sekund?  $v = \underline{\hspace{2cm}}$
- Hur lång tid tar ett varv?  $T = \underline{\hspace{2cm}}$
- Hur långt hinner man röra sig under ett varv? Omkrets:  $O = vT$
- Hur stor blir radien?  $R = O / 2\pi \approx \underline{\hspace{2cm}}$
- Hur stor blir centripetalaccelerationen?  $a_c = v^2/R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2 \approx \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$
- Upplever man flest G (dvs känner man sig tyngst) när man är längst ned eller högst upp studsarna?
- Studsarna ger en acceleration av i vertikalled. Hur stor måste den vara för att man ska uppleva 3G?

## Uppskattningar

Ca 12 varv per minut och  $v \approx 6.5 \text{ m/s}$  ger  $R \approx 5.2 \text{ m}$ ,  $a_c \approx 0.84 \text{ g}$ ,

Använd Pythagoras sats:  $(g+a_v)^2 + a_c^2 \leq (3g)^2$ .

Detta ger  $(g+a_v)^2 = (3g)^2 - a_c^2$  och  $a_v \leq 1.9g$ .

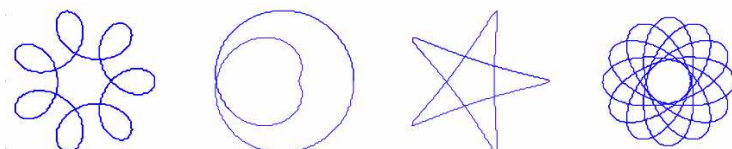
## På plats

- Hur lång tid tar en tur?  $\underline{\hspace{2cm}}$
- Hur lång tid tar i- och urlastning? Mät några gånger:  $\underline{\hspace{2cm}} \underline{\hspace{2cm}} \underline{\hspace{2cm}}$
- Kan den hinna med 500 personer i timmen?

# Tekopparna

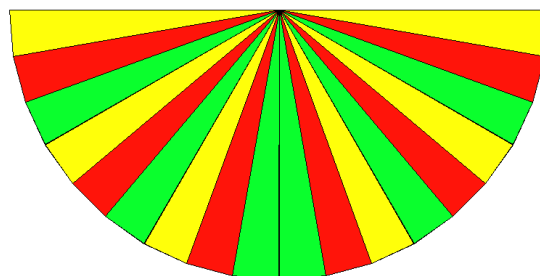
## Åk, känn efter och undersök:

- Observera turen. Försök att följa en persons rörelse. Rita en skiss av hur personen rör sig under turen.
- Ta med ett gosedjurslod och ev. en mjuk gradskiva under turen. (Undvik att rotera själva koppen)
  - I vilka lägen hänger gosedjurslodet ut som mest/minst?
  - Vilken är den största/minsta vinkeln under turen?
- Hur lång tid tar ett varv för hela plattan?
- Hur ofta är man nära tekannan när man åker?



## Mät och räkna:

Utifrån de uppmätta (största/minsta) vinklarna beräkna accelerationen vid dessa tillfällen.



## Tekopparna – matematik

### Mått för Tekopparna

Följande mått har mätts med tumstock och kan utnyttjas för att göra en skiss av attraktionen:

- Avståndet,  $R$ , från centrum av attraktionen till centrum av en bricka: 3.55m
- Avstånd från brickans centrum till centrum av en kopp 1.55m
- Avstånd från koppens centrum till en sittplats: c:a 45 cm

Om man vill kan man använda dessa data för att simulera hur man rör sig när man åker.

### En tekopps rörelse

Plattan roterar medsols 8 varv/min. Samtidigt roterar brickorna motsols 20 varv/minut (relativt plattan). Dessutom kan varje kopp snurras individuellt av dem som sitter i den, men för enkelhets skull kan denna rotation försummas.

- Välj t.ex. ett startläge där den som åker befinner sig på x-axeln, på maximalt avstånd (dvs  $R+r$ ) från centrum.
- Rita en linje från origo till brickans centrum vid starten och en linje från brickans centrum till den som åker. Markera brickans centrum

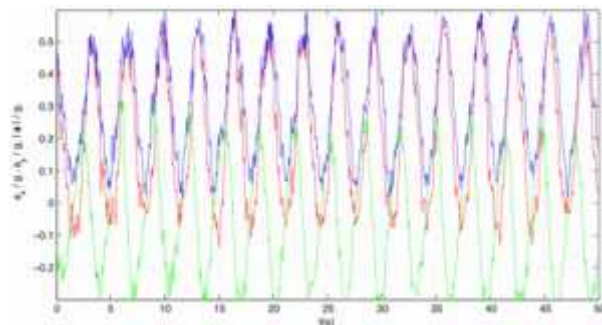
- Efter 3 sekunder kommer den som åker åter att vara som längst ifrån centrum. Rita linjer som illustrerar brickans och personens läge. Hur stor vinkel har plattan roterat på 3 sekunder? Hur stor vinkel har brickan roterat?
- Hur stor är brickans vinkelhastighet relativt marken? Vilken period svarar det mot?
- 1.5 sekunder tidigare befann sig personen på det minsta avståndet från centrum. Rita en linje från origo till brickans centrum och en linje till personen.
- Sammanbind de punkter som markerar personens läge efter 0, 1.5s och 3s.
- Markera personens läge med 1.5s intervall och sammanbind punkterna. Vilken figur blir det?
- Hur ändras figuren om du väljer ett annat värde på avståndet mellan personen och brickans centrum? Hur skulle figuren ändras om du ritade läget med 0.5 s intervall?

Om du vill kan du också använda t.ex. kalkylprogram eller [Wolfram Alpha](#) för att [rita banan](#). Se också en [film från lärardag 2017](#): <https://youtu.be/SHv7mQxp-8E>

(Och en film som visar rörelsen för systerattraktionen Kaffekoppen på Liseberg: [http://tivoli.fysik.org/fileadmin/tivolifysik/Liseberg/filmer/MVI\\_5445.MOV](http://tivoli.fysik.org/fileadmin/tivolifysik/Liseberg/filmer/MVI_5445.MOV) )

### **Mätningar och observationer på plats**

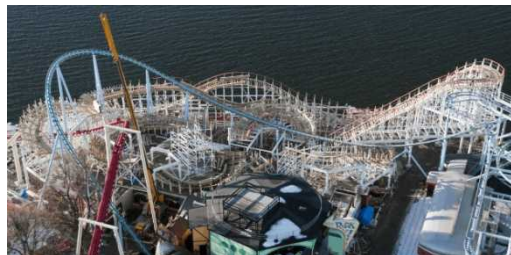
Figuren visar acceleration i två horisontella riktningar under turen. Den röda kurvan visar accelerationen i y-led som är rakt ut från "brickans" centrum och den gröna kurvan visar accelerationen i x-led. Den blå kurvan visar beloppet av accelerationen. Använd graferna för att uppskatta accelerationerna på grund av hela plattans rotation och på grund av brickans rotation.



# Twister

## Före besöket:

- Den första nedförsbacken lutar  $56^\circ$ . Rita en figur över de krafter som verkar på tåget. Hur stor är tågets acceleration i nedförsbacken?
- Använd energiprincipen för att uppskatta hur fort tåget går genom första dalen. Höjdskillnaden är 14.7 m.
- Krökningsradien i botten av första dalen är 14.3 m. Hur stor är tågets acceleration botten av dalen?
- Vilka krafter verkar på en person med massa  $M$  som åker genom första dalen i Twister. Rita en figur och glöm inte att krafterna bör ritas i samma skala.



## Åk, känn efter och undersök:

- Var under åkturen känner man sig tyngst/lättast? Varför?
- Spelar det någon roll för krafterna på kroppen om du sitter i mitten, längst fram eller längst bak?

## Mät och räkna:

- Högsta punkten i Twister ligger 15.4m över marken medan nästa krön bara är 8.6m över havet. Använd energiprincipen för att beräkna hur fort tåget går över det krönet.
- Hur lång tid tar det för tåget att åka över krönet? (Ta tid från marken, t.ex. med mobiltelefonens stoppur) Fyll in dina tider i tabellen nedan.
- Vilken fart svarar det mot? (Tåget är 7.3 m långt).
- Vilka skäl kan det finnas om den uppmätta farten inte stämmer med den beräknade?
- Åker alla tåg lika fort? Prova att genomföra mätningen för några olika tåg.

Tid för tågpassage	Person 1	2	3	4	5	6	7	8
Tåg 1								
Tåg 2								
Tåg 3								

## Vilda musen

Vilda musen på Gröna Lund är byggd igenom Jetline, och de delar ibland stöd för spåren.

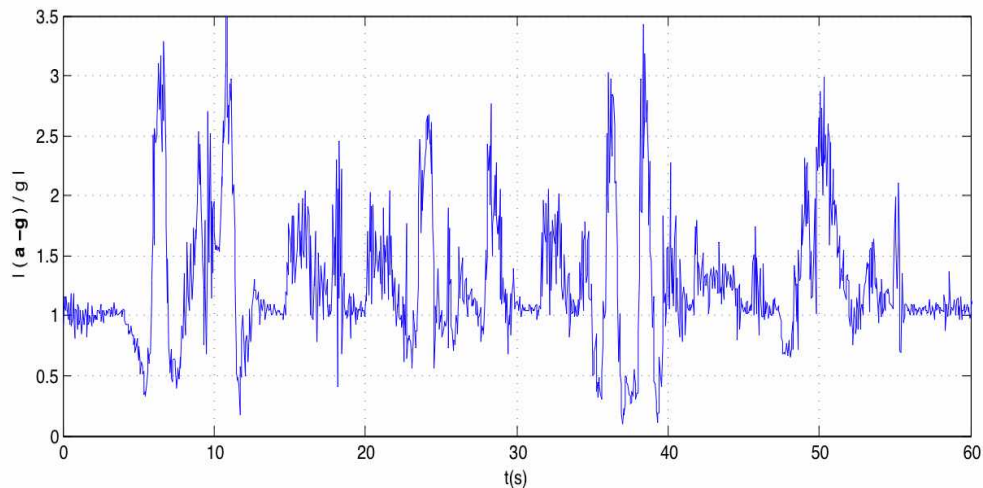


### Mät och räkna:

- Går alla vagnar lika fort? Prova att ta tid (från marken) på några vagnar mellan två punkter du väljer och jämför tiden för olika tåg. Använd tabellen nedan.

### Åk, känn efter och undersök:

- Vagnarna är små och rymmer bara 4 personer. Hur påverkar det turen?
- Det finns många vagnar samtidigt på spåret. Hur har man gjort för att vagnarna inte ska kunna köra in i varandra? Hur många vagnar kan det finnas samtidigt?
- Titta på kurvorna. Hur skiljer de sig från t.ex. kurvorna i Jetline? Hur påverkar det åkupplevelsen? Åk och känn efter!
- Grafen nedan visar hur "g-kraften" varierar med tiden medan man åker Vilda musen. Försök att identifiera några olika tidpunkter i grafen med platser i banan.



### Teknikfrågor:

1. I Vilda musen finns det samtidigt flera tåg på spåret. Hur kan man vara säkra på att ett tåg inte kör in i ett annat om det skulle bli stopp någonstans
2. När man åker i "uppdraget" i en berg- och dalbana hör man ett klickande ljud. Det kommer från "anti-rollback" systemet som ska hindra tåget att åka bakåt nedför backen om kedjan skulle gå av. Hur fungerar systemet? På teknikbordet (under Edutainmentdagar) kan du prova Vilda Musens system.



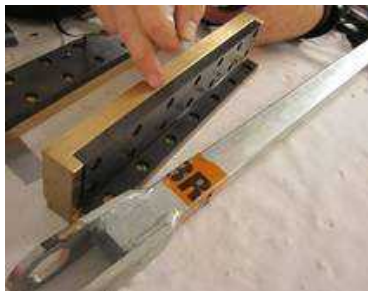
## Tekniktorget på Gröna Lund (under Edutainmentdagar)

Tekniktorget är utvecklat av Patrik Ekerman, Peter Andersson, m.fl. på Teknikavdelningen på Gröna Lund, på initiativ av Andreas Theve. Uppgifterna har tagits fram i samarbete med Cecilia Kozma, Stefan Åminneborg och Tanja Nymark på Vetenskapens Hus och Ann-Marie Pendrill, tidigare föreståndare för Nationellt Resurscentrum för fysik. Varianter av de flesta av uppgifterna på denna sida finns fördelade på arbetsbladen för skolklasser inför Edutainmentdag på Gröna Lund.

### 1. Hur får man stopp på ett berg- och dalbanetåg?

Vilka typer av bromsar finns det och hur fungerar de?

- **Mekaniska bromsar:** Hur fungerar en mekanisk broms? Ge exempel på en attraktion där mekaniska bromsar används. Vad händer om det blir strömavbrott?



- **Hur bromsas Fritt Fall?** Gå och titta på attraktionen. Varför används just det bromssystemet?

Gå till teknikbordet och undersök.

## 2. Anti-rollback system

När man åker i "uppdraget" i en berg- och dalbana hör man ett klickande ljud. Det kommer från "anti-rollback" systemet som ska hindra tåget att åka bakåt nedförs backen om kedjan skulle gå av. Hur fungerar systemet? På teknikbordet kan du prova Vilda musens system.



## 3. Kan du lyfta en berg- och dalbane-motor med en hävstång?

Gå till tekniktorget och prova!

## 4. Pneumatik och hydraulik:

Vad är det för skillnad på pneumatik och hydraulik? Ge exempel på en attraktion som drivs av hydraulik och en som drivs av pneumatisk. Gå till teknikbordet och undersök!



De Flygande Elefanterna flyger med hjälp av pneumatik. Hur fungerar det? Gå till teknikbordet och undersök!

## 5. Lös skruv

I en berg- och dalbana finns många bultar som måste vara åtdragna. De behöver ibland dras åt. Hur ofta kontrolleras de? Hur kan man veta om bultar är åtdragna utan att känna på dem? Gå till teknikbordet och undersök.



## 6: Bygellåsning

Hur låser man byglarna så att alla sitter fast?



## 7: Hur ser hjulen ut



Hur har man placerat hjulen för att ett berg- och dalbanetåg ska stanna kvar på spåret även om de som åker lyfter från sätet? Hur kan man vara säker på att berg- och dalbanan inte åker av spåret i kurvorna?

## 8. Vilket hjul hör till vilken attraktion

Varför finns det olika slags däck på hjulen på berg- och dalbanetåg? Gå till tekniktorget och undersök eller titta på de olika hjulen på bilden. Vilket/vilka hjul hör till vilken attraktion?

## 9 Blocksystem och induktiva givare

I några av berg- och dalbanorna finns det samtidigt flera tåg på spåret. Hur kan man vara säker på att ett tåg inte kör in i något annat om det skulle bli stopp någonstans? Gå först till teknikbordet och försök sedan hitta exempel medan du åker i någon av berg- och dalbanorna.

## 10 Belysning

Med en vevgenerator vid teknikbordet kan du driva en vanliga glödlampa resp. en LED-lampa. Märker du någon skillnad mellan de båda lamporna? Vad beror det på?  
(Hemma: Vad finns det för för- och nackdelar med de olika belysningsformerna? Tänk på energi-åtgång, ljusutbyte, färgåtergivning, produktionskostnad, livslängd och miljöpåverkan?)

## 11: Vad för ämne kan man lukta på vid teknikbordet?

Hur luktar det och vad kan det användas till?

