

# Inför Fysikdag på Liseberg 2015

[Ann-Marie.Pendrill@fysik.lu.se](mailto:Ann-Marie.Pendrill@fysik.lu.se)



|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| Balder.....                            | 2  |
| Bushållplatsen - Studsmatta.....       | 3  |
| Helix.....                             | 4  |
| Hissningen.....                        | 6  |
| Jukebox.....                           | 7  |
| Kanonen.....                           | 8  |
| Kaffekoppen .....                      | 9  |
| Lisebergbanan.....                     | 10 |
| Mechanica .....                        | 12 |
| Ponnykarusellen.....                   | 13 |
| Kållerado (när parken har öppnat)..... | 13 |
| Slänggungan.....                       | 15 |
| Spin Rock.....                         | 16 |
| Uppskjutet och Höjdskräcken .....      | 17 |
| Uppswinget.....                        | 18 |

Balder, Helix och Kanonen öppnar inte förrän parken öppnar.

Uppskjutet, Uppswinget och Höjdskräcken är stängda 15-16 men är liksom övriga attraktioner på listan öppna 14-15.

Kompletterande material finns på [tivolifysik.org](http://tivolifysik.org)

## Balder

**Data:** Spårlängd: 1070 m, Tågets längd: 15.680 m, Ett fullastat tåg väger 8500kg  
Maxfart: 90 km/h. Största lutning 70°

### Krafter

- Den första backen, "uppdraget" lutar 40°. Efter ett första litet krön varnar en trafikskylt för brant backe: 70° lutning.
- Rita ett frikroppsdiagram över de krafter som verkar på en person som åker upp för uppdraget och sedan nedför den branta backen.
- Hur stor blir accelerationen i nedförsbacken?
- Vilken höjdskillnad krävs för att komma upp i farten 90 km/h?



### Energi

När tåget har dragits upp för uppdraget fortsätter det runt hela banan i ett växelspel mellan lägesenergi och rörelseenergi. I norra delen av Balder (längst till vänster i figuren ovan) kommer tåget förbi tre gånger, lite lägre varje gång. Tag tiden på tåget och undersök hur mycket energi som har gått förlorad.

Genom att räkna balkarna mellan spåren kan man uppskatta höjdsskillnaden - det är 2.5m mellan balkarna. Titta också på fotot över hela banan och uppskatta hur långt tåget har åkt varje "varv".

Upprepa mätningarna några gånger och fyll t.ex. i tabellen nedan. Man kan uttrycka energin (potentiell + kinetisk) som en motsvarande höjd, dvs  $E/mg = (v^2/2g + H)$ .

Hur mycket energi går förlorad t.ex. per 100 m spår?

### Tabell att fylla i

| Passage | H(m) | t (s) | t (s) | t (s) | Medel värde | v (m/s) | $v^2/2g$ | $(v^2/2g + H)$ |
|---------|------|-------|-------|-------|-------------|---------|----------|----------------|
| Högsta  |      |       |       |       |             |         |          |                |
| Mellan  |      |       |       |       |             |         |          |                |
| Lägsta  |      |       |       |       |             |         |          |                |

## Bushållplatsen - Studsmatta

Hopp på en studsatta innehåller mycket fysik och möjligheter till matematik, simuleringar, planering av undersökningar och analys av mätdata och video.

- Var under hoppet känner man sig lättast? Tyngst?
- 
- Vilka krafter verkar på den som hoppar?
- Under vilken del av hoppet faller man fritt? Hur lång är denna period?
- Hur känns det att vara tyngdlös? (Enligt NE: Tyngdlöshet = tillstånd av fritt fall )
- Hur lång tid är det mellan två hopp?
  - Hur lång tid är det mellan två hopp när man studsar försiktigt, utan att lämna mattan?
  - Hur lång tid är det mellan två riktigt höga hopp?
  - Hur lång tid är det mellan två mellanhöga hopp?
- Spelar personernas massa någon roll?
- Hur många g tror du att man upplever som mest?



## Tid för perioder på Bushållplatsen

Mät tiden för 5 småhopp och sedan 5 mellanhopp och sist 5 höga hopp.

| Namn | 5 småhopp | 5 mellanstora | 5 höga hopp | kvot mellan/små | kvot stora/små |
|------|-----------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
|      |           |               |             |                 |                |
|      |           |               |             |                 |                |
|      |           |               |             |                 |                |
|      |           |               |             |                 |                |
|      |           |               |             |                 |                |
|      |           |               |             |                 |                |
|      |           |               |             |                 |                |

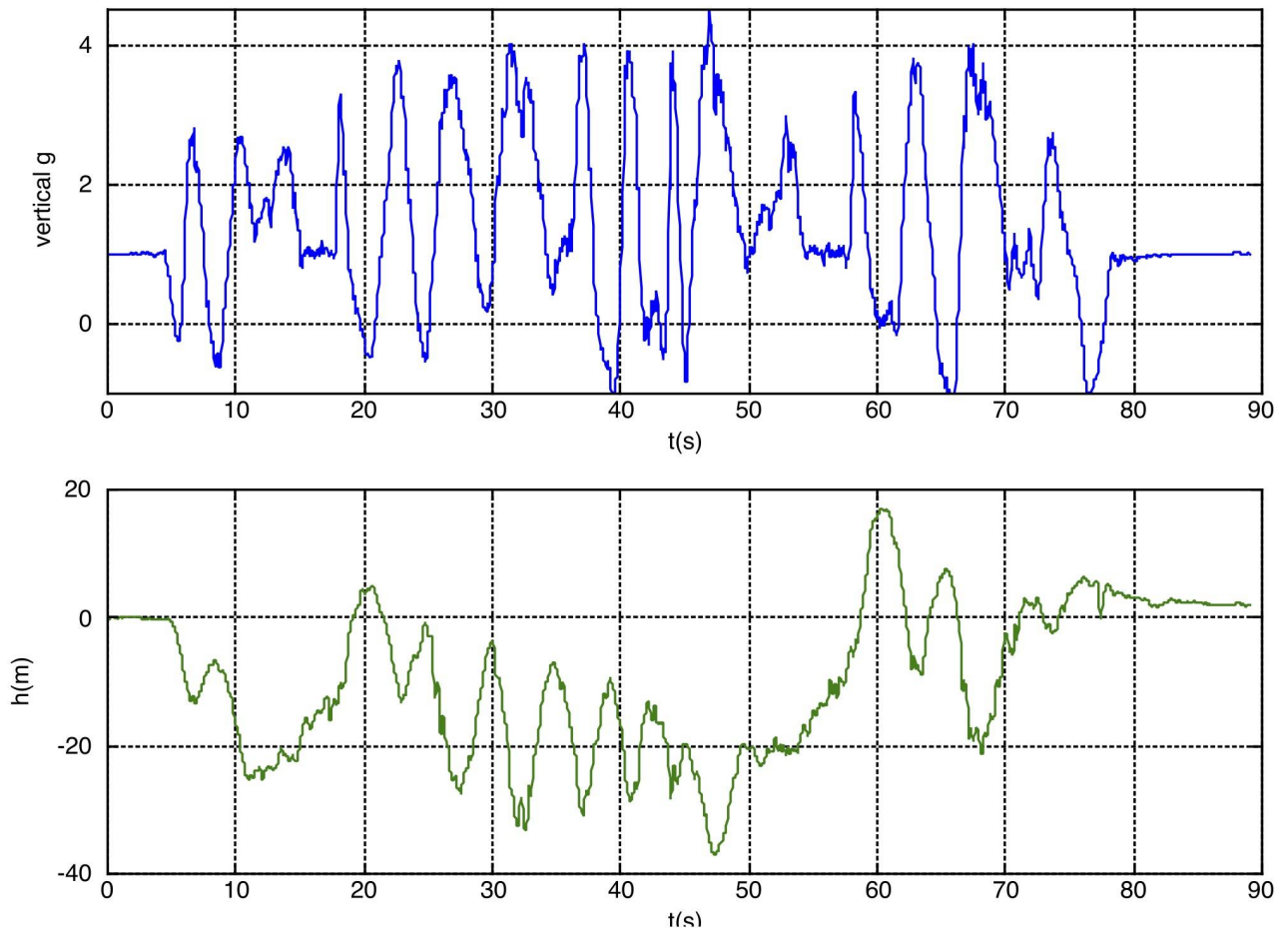


## Helix

1. I vilken/vilka av punkterna på bilden åker man snabbast?
2. I vilken/vilka av punkterna på bilden åker man snabbast?
3. I vilken/vilka av punkterna på bilden känner man sig mycket tyngre än vanligt?
4. I vilken/vilka av punkterna på bilden känner man sig mycket lättare än vanligt?
5. Spelar det någon roll var man sitter?
6. Hur får Helix-tåget energi?
7. Försök identifiera de olika delarna av Helix i accelerometer- och höjdgrafen nedan



På nästa sidag finns accelerometer- och höjddata för vagn 9. Försöka att identifiera vad som svarar mot de olika elementen.





## Hissningen

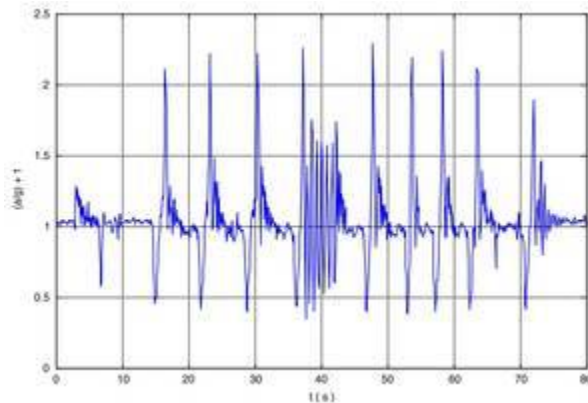
När under turen känner man sig som lättast?

När under turen känner man sig som tyngst?

Medan man väntar i kön kan man titta hur attraktionen ser ut underifrån.

På en fysikdag kan man också få ta med sig en liten slinky - eller en spiralkanin - för att se hur längden ändras i olika delar av turen

## Hur många g?



Grafen på visar hur många "g" man upplever under olika delar av turen. Om du har en SmartPhone kan du själv mäta - ladda ned appen SensorLog, resp Physics Toolbox Suite(Roller Coaster), t.ex Kan du lista ut vad de olika topparna svarar mot?

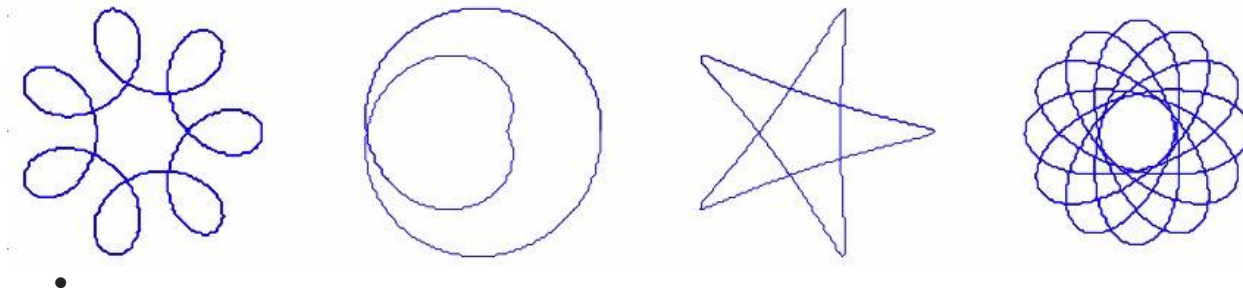
Titta på turen: Vad händer i mitten? Hur syns det i grafen?



## Jukebox

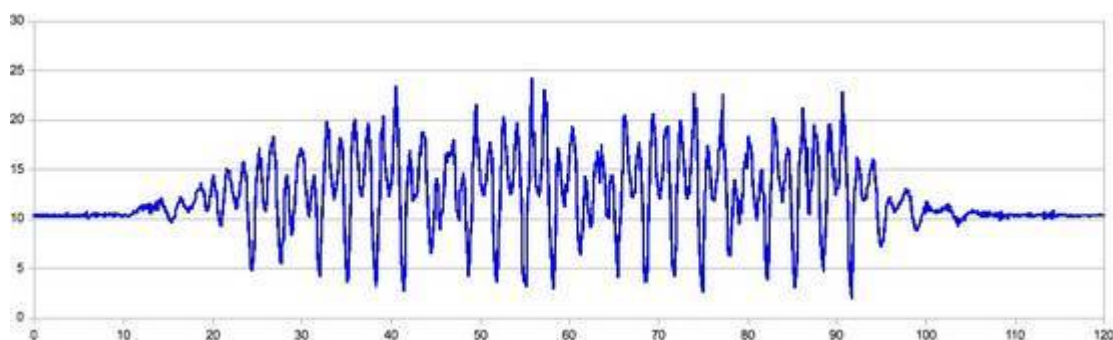
Studera först turen en gång. Hur åker bilarna?

- Hur tror du att det känns när bilen är längst från Jukeboxen?
- Närmast Jukeboxen?
- Hur känns det när bilen är högst upp?
- På väg ned?
- När den är längst ner och vänder?
- På väg upp?
- Hur lång tid tar det för hela attraktionen att röra sig ett varv?
- Hur ofta är en viss bil närmast centrum?
- Använd dessa värden för att göra en skiss över banan (sedd uppifrån) för en passagerare.



Uppskatta höjdskillnaden under turen. Hur lång tid tar det mellan två toppar?

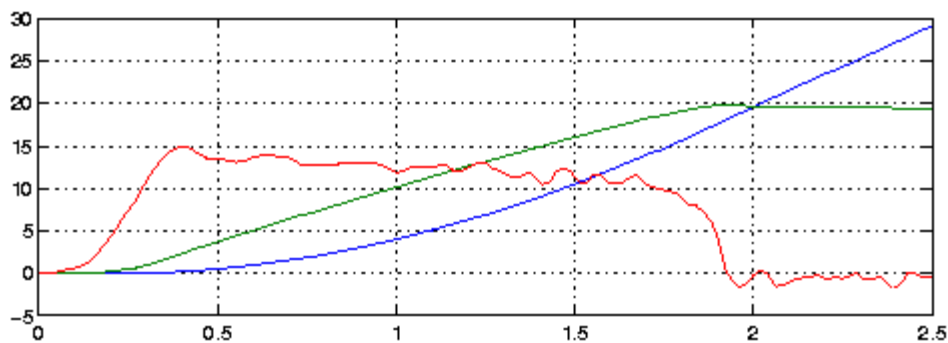
Bilden nedan visar accelerometerdata för nya Jukebox (2012). Grafen visar kraft/kg för den som åker.





## Kanonen

- Kanonen, som invigdes 2005, är en ovanlig berg- och dalbana, som först får kinetisk energi, genom utskjutningen. Det är en kort tur. Spårlängden är bara 440 m. Tågets längd är 9.784 m.
- Hur stor rörelseenergi har tåget efter utskjutningen "från 0 till 70 km/h på 2 sekunder", om tåget, inklusive släden som accelererar det, väger 8 ton.
- Hur stor effekt krävs för att accelerera tåget Hur många [hästkrafter](#) svarar det mot.
- Eftersom arbete, är kraft\*sträcka,  $W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s}$ , kan effekten uttryckas som kraft\*fart,  $P = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$ . Effekten är alltså högre i slutet. Hur mycket större än medeleffekten?
- Hur stor acceleration krävs för att uppnå farten 70 km/h på två sekunder?
- Hur lång sträcka färdas man under dessa två sekunder?
- Hur högt kan tåget gå (utan att extra energi tillförs) över en punkt där det har farten 70km/h?
- Gör en graf över acceleration, fart och sträcka om man antar att accelerationen är konstant under utskjutningen.
- Hur skiljer sig den grafen från uppmätta data?



## Mätningar på plats på Liseberg

Hur fort går tåget över toppen av loopen eller Top Hat? Går alla turer lika snabbt? Tag tid för tågets passage över högsta punkten. Bäst är om flera personer i gruppen tar tid på samma tåg.

| Tåg | t (s) | t (s) | t (s) | t (s) | Medel värde | Osäkerhet | v (m/s) | (v <sup>2</sup> /r ) |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------------|-----------|---------|----------------------|
|     |       |       |       |       |             |           |         |                      |
|     |       |       |       |       |             |           |         |                      |
|     |       |       |       |       |             |           |         |                      |
|     |       |       |       |       |             |           |         |                      |
|     |       |       |       |       |             |           |         |                      |
|     |       |       |       |       |             |           |         |                      |

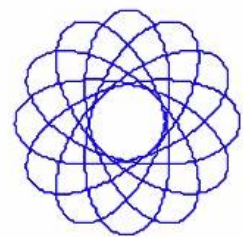
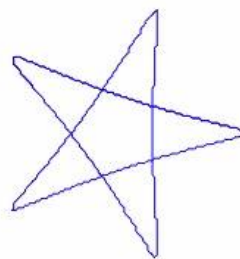
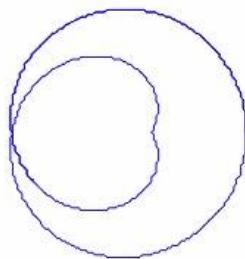
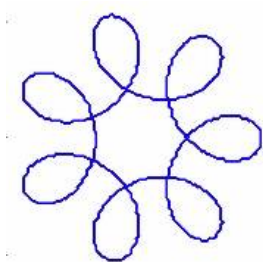
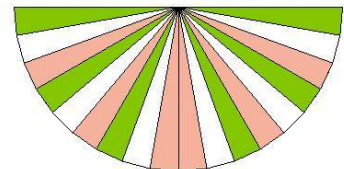




## Kaffekoppen

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 om man försöker rita rörelsen.

- Observera turen. Försök att följa en persons rörelse. Stämmer det med din skiss av banan?
- Tag 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?
- Vilken acceleration svarar detta mot?
- Hur lång tid tar ett varv för hela plattan? Hur ofta är man nära kaffekannan när man åker?
- Vilken av figurerna nedan beskriver bäst hur man åker i Kaffekoppen?



# Lisebergbanan

## Data:

Banans längd: 1340 meter

Banans högsta höjd: 65 meter (stationen ligger på 20 m höjd)

Antalet tåg samtidigt: 4 (5) stycken

Antalet passagerare per tåg: 22 stycken

Tågets vikt: 5950 kilogram

Tågets längd: 14 m

<http://schwarzkopf-coaster.net/ESlisebergbananGF.htm>



## Krafter

Vad är roligast i en berg- och dalbana? Är det pirret i magen när man lyfter från sätet? Är det när man känner sig riktigt tung? Är det vinden i håret när man susar nedför backen? Är det när spåret nästan vertikalt? Var under turen känner man sig som lättast? Tyngst? Var åker man fortast? Var lutar spåret som mest?

## Klurigheter

- Hur får tåget fart?
- Vilken vagn åker snabbast över ett backkrön, den första, den mellersta eller den sista? Förklara.
- Vilken vagn åker snabbast genom en dal?
- I vilken vagn kommer man att känna sig som tyngst? Lättast?
- Hur kan hjulen hålla tåget kvar på spåret när du lyfter från sätet? Rita en skiss på hjulen i detta läge och förklara vilka av hjulen som faktiskt pressade mot banan i detta ögonblick. (Se ritningar på olika hjulkonstruktioner)
- Lisebergbanan har flera tåg. Hur ser man till att ett tåg inte kör in i ett annat?
- "Det kommer att ta samma tid för ett tomt tåg som ett för ett fullt tåg att genomföra en tur." Sant eller falskt? Varför?

## Beräkningar

Lisebergbanan är - liksom andra berg- och dalbanor - ett exempel på omvandling mellan potentiell och kinetisk energi. Lisebergbanans tåg startar 20 m.ö.h. och spårets högsta punkt ligger 65 m.ö.h.

- Lägsta punkten ligger 19.5 m.ö.h. Vilken fart skulle tåget då ha om man försummar friktionen
- Hur mycket av den ursprungliga energin har gått förlorad (som värme) när tåget kommit till olika delar av spåret?
- Farten i en viss punkt kan uppskattas genom att bestämma tiden det tar för tåget (som är 14 m långt) att passera punkten. Gör några mätningar för varje punkt och uppskatta osäkerheten. Jämför med en teoretisk uppskattning.



Eftersom Lisebergbanan är så stor föreslår vi att med undersökningarna under fysikdagen fokuserar på någon del i mer detalj, t.ex: Vid Flumeride och vid Uppswinget: Se <http://tivolifysik.org/liseberg/attraktioner/lisebergbanan>





## Mechanica

Mechanica, som öppnade 25 april 2015, är en stor maskin som roterar runt tre olika axlar. En stjärna med 6 gondolarmar sitter längst ut på den 12 m långa armen som roterar runt en horisontell axel (X). Stjärnan kan i sin tur rotera runt den långa armen. På varje gondolarm finns 5 säten, som kan rotera runt gondolarmen (y).

Den stora armen i Mechanica åker runt några varv (kring X-axeln) samtidigt som stjärnan roterar runt z-axeln, och sätena kan rotera fritt runt y-axeln.

Vilka krafter verkar på en person när armen är horisontell, som i bilden och stjärnan roterar runt den stora armen. Titta på filmen och försök att mäta stjärnans rotationshastighet (görs lättast i högsta läget där armen står stilla).

- Upphängningspunkten är ca 15 m över marken. Hur högt över marken kommer man då som högst?
- Hur långt åker man på ett varv ?
- Hur lång tid tar ett varv (titta på någon av filmerna eller tag tid på plats)?
- Hur fort åker man i genomsnitt under varvet?
- Hur stor blir centripetalaccelerationen pga av armens rörelse?
- Spelar det någon roll om huvudrotationen inte är jämn?

Antag att man sitter längst ut i en av stjärnans gondolarmar (drygt 4m från stjärnans mitt).

- Hur stor blir centripetalaccelerationen på grund av stjärnans rotation?
- På en person som åker verkar tyngdkraften och en kraft från gondolerna. Rita ut krafterna (i skala) för de krafterna för en person längst ut i de olika gondolerna i figuren.
- Hur ändras krafterna om man i stället sitter närmast stjärnans centrum?





## Ponnykarusellen

Tag med ett "gosedjurslod" och sätt det i gungning. Håll sedan handen stilla medan djuret gungar vidare. Beskriv vad som händer! Varför tror du det blir så?

Om ni vill komplettera med mätningar och beräkningar:

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



## Kållerado (när parken har öppnat)

På bilden syns en "regnbåge" som bildas när vattnet skjuter upp i slutet av färden. Regnbågen kan du se med solen i ryggen, i en vinkel  $42^\circ$  ("regnbågs-vinkeln") från riktningen tillbaka till solen. Din regnbåge är personlig - en observatör bredvid dig ser ljus som träffat andra regndroppar.

Kållerado invigdes 1997. Fallhöjden är 3.3 m. Den roterande plattformens diameter är 18 m. Vattenbanan är gjord av Intamin AG i Schweiz. Banan är totalt 560 meter lång, och den rymmer 3 000 000 liter vatten. Pumpkapaciteten är 120 000 liter/minut.



Ta gärna en stund och titta på miljön på stationen - gammal flottarmiljö

- Hur många badkar/minut svarar pumpkapaciteten mot?
- Hur lång tid tar i genomsnitt det för vattnet att åka ett varv i rännan?
- Hur stor effekt krävs för att varjet minut pumpa 120 000 liter vatten 3.3. m upp?
- Hur stor är den genomsnittliga tvärsnittsytan för vattnet i rännan.
- Hur fort åker vattnet i genomsnitt?
- Ibland kolliderar flottor - Observera t.ex. vad som händer när en flotte kör på en annan som står stilla?
- Experimentet från Ponnykarusellen kan man också göra när man har gått av flotten i Kållerado.







## Slänggungan

- Hur långt åker man under ett varv. Det är 2 m mellan de yttre gungorna när Slänggungan är i vila och kedjorna är 4.3 m långa (Använd fotot för att få kompletterande data)
- Hur lång tid tar ett varv? (Mät från marken!)
- Hur fort åker man under turen
- Hur stor är centripetalaccelerationen?
- Om det är en speciell fysikdag kanske du får ta med dig en liten mugg vatten. Hur tror du vattnet kommer att stå medan du åker?
- Från foto på plats kan du göra flera observationer, t.ex.
- Hänger alla gungorna i samma vinkel? Tomma och fulla gungor? Gungor på olika avstånd från centrum? Varför / varför inte?
- Vilka krafter verkar på kroppen när man åker? (Rita i figuren!)

Kan du beräkna omloppstiden genom att titta på vinkeln och mäta sträckor i fotot? Utnyttja att accelerationen kan skrivas som  $v^2/r$ , där  $v$  är farten och  $r$  är radien i cirkelrörelsen. Jämför med dina mätningar.

Läs mer om ekvivalensprincipen - när massan inte påverkar rörelsen - på <http://iopscience.iop.org/0031-9120/49/4/425/article>



## Spin Rock

Motoriserad gunga med roterande bottenparti  
Antalet sittplatser: 24 (6 soffor med vardera 4 platser)

Rotation: 12 varv/minut

Avstånd till rotationsaxeln, c:a 13m

Största utslagsvinkel  $115^\circ$

[Bildsekvens](#)

### Uppgifter före besöket

Spin Rock är som en stor pendel. Hur lång tid kan man då förvänta sig att det skall ta för Spin Rock att gunga fram och tillbaka (dvs hur lång är en period)?

Hur snabbt passerar Spin Rock nedersta punkten?  
(Använd radie och vinkel för att uppskatta höjdskillnaden)

Hur stor blir centripetalaccelerationen längst ned?

Vilka krafter verkar på den som åker i högsta punkten?  
Längst ned? Rita frikroppsdiagram och försök rita alla krafter i samma skala.

### Mätningar på Liseberg

Tag tiden på svängningarna och jämför med det beräknade värdet.

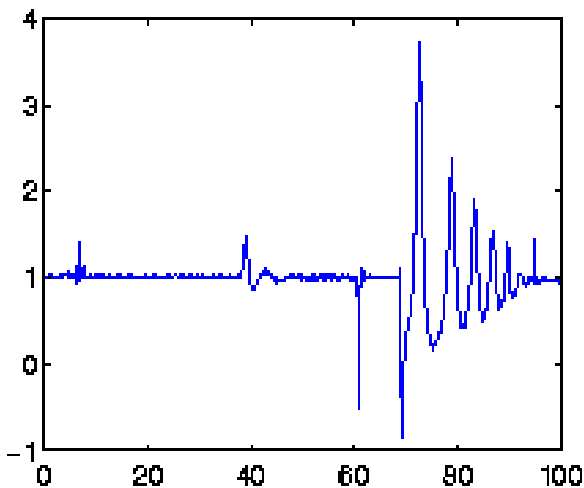
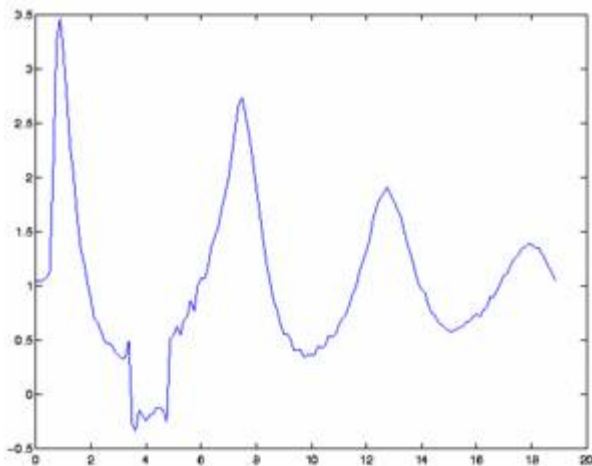
Troligen upptäcker du att den verkliga svängningstiden är lite längre. Spin Rock är inte en "matematisk pendel" - Hur skiljer den sig?

Spelar vinkeln någon roll? Är svängningstiden annorlunda i början? Mät och undersök! Använd t.ex. mobiltelefonens stoppur, gärna med mellantider. Notera vinkeln t.ex. genom att rita. Alternativt kan man filma rörelsen och analysera rörelsen på filmen.



## Uppskjutet och Höjdskräcken

Graferna visar "g-kraften" under en tur med Uppskjutet resp Höjdskräcken. I detta fall blir det vertikalkomponenten av  $(a-g)/|g|$ .



Några undersökningarna kan göras före besöket, t.ex.

- Hur stor är accelerationen vid starten?
- Efter högsta punkten faller man fritt. Hur länge? Vilken fart kommer man upp i?
- Vid vilka tidpunkter har farten maximum? Är farten 0 någon gång?
- Utnyttja grafen för att göra en skiss över hastighet och höjd som funktion av tiden och markera de olika momenten.
- Prova också numerisk integration redan före besöket. Ta med data till parken för att jämföra med era observationer nedan. Under besöket kan ni också (frivilligt) ta upp egna mätdata att analysera efteråt.

Observera att "övre parken" ofta öppnar en timme efter övriga parken!

På en fysikdag kan det hända att du kan få möjlighet att ta med en mugg med lite vatten upp. Vad tror du kommer att hända med vattnet?

**Uppskjutet:** På plats kan ni, förutom att åka och känna krafterna på kroppen, observera attraktionen. Ser du att var femte tvärbalk är kraftigare? Varje "box" med fem rutor är 12 meter hög. Detta kan du utnyttja för att uppskatta hur högt man kommer vid varje studs: Notera hur många "boxar" den passerar och antalet "smårutor" extra. Jämför med numeriska resultat.





# Uppswinget

Uppswinget är en stor gunga där man gungar upp till 120 grader och kommer 30 m över utgångshöjden, enligt uppgifter från Liseberg, som också anger att man 10 gånger under turen kommer upp i maxfarten 80 km/h.

- Var under åkturen kommer man att känna sig tyngst? Lättast?
- Använd värdena för höjd och vinkel för att beräkna längden av pendeln.
- Vilken period har en pendel med denna längd? (Dvs hur lång tid tar det att gunga fram och tillbaka en gång?) Du kommer väl ihåg att "sekundpendeln", som har en halvperiod på 1 sekund är ungefär 1m lång!
- Hur lång tid tar hela turen om man ska åka 10 halvperioder?
- Vilken fart kommer man upp i om man faller fritt i 30m?
- Vilka skäl kan det finnas om farten blir något lägre i gungan?
- De krafter som verkar på den som gungar är dels tyngdkraften och dels kraften från gungan. Hur stor är kraften från gungan i olika lägen?
  - I högsta punkten är hastigheten 0 (noll). Det finns inte någon centripetalacceleration utan accelerationen är bara i tangentens riktning. Hur stor blir denna acceleration? Hur stor är kraften från gungan?
  - I lägsta punkten utövar gungan en kraft uppåt för att dels motverka tyngdkraften,  $mg$ , och dels ändra rörelsens riktning, centripetalkraften,  $mv^2/r$ . (Gungan påverkas dessutom av en kraft framåt för att få mer fart.) Hur stor blir den uppåtriktade kraften på den som åker?
  - Kommer man att uppleva "negativa g" under denna tur? Var?
  - Hur många g kommer man att uppleva som mest?
- Vad kommer en accelerometer att visa? Jämför med tidigare uppmätta data eller ta upp egna.
- På Liseberg: Tag fram mobiltelefonens stoppur och mät tiden för några halvperioder. Stämmer den med din uppskattning baserad på pendellängden? Är alla halvperioder lika långa?

