

# Lisebergsprojekt, ht 2012, F1, Grupp 5, Kanonen och Kaffekoppen

## Kanonens loop

Kanonen, som invigdes 2005, är en ovanlig berg- och dalbana, som först får kinetisk energi, genom utskjutningen. Det var den andra berg- och dalbanan i Europa av denna typ. (Alton Towers i England invigde "Rita - Queen of Speed" två veckor tidigare). Det är en kort tur. Spårlängden är bara 500 m. Tågets längd är 9.784 m.

Efter att ha passerat det första höga krönet och en liten puckel går tåget in i loopen. Loopar innehåller mycket fysik. Liksom alla moderna loopar är den inte cirkulär utan krökningsradien är minst på toppen - varför? Denna s.k. klotoid-loop infördes 1975 ([Se bild](#)) av den legendariske berg- och dalbanekonstruktören, [Werner Stengel](#), som också varit konsult för Kanonen (och tidigare varit med om att skapa Lisebergbanan och Balder).



Börja med beräkningar som kan genomföras före besöket:

1. Enligt en beräkning utsätts den som åker för  $0.4g$  i högsta punkten om tåget har farten  $31\text{km/h}$ . Vilken krökningsradie svarar detta mot?
2. Betrakta nu de punkter i loopen där spåret är vertikalt, dvs ett kvarts varv före eller efter toppen. Visa att  $g$ -kraften i dessa punkter skulle vara  $3.4g$  om spåret varit cirkulärt.
3. Uppskatta höjdskillnaden om farten i dessa punkter är  $50\text{km/h}$  för samma tur (försumma friktionens inverkan).
4. Uppskatta krökningsradien i dessa punkter om den som åker i stället utsätts för  $3g$ . (På vägen in i loopen är krökningsradien drygt  $9\text{m}$ .)
5. Hur skulle värdena ändras för en tur där man i stället upplever  $0g$  i högsta punkten?
6. Hur skulle upplevelsen ändras om hela berg- och dalbanan vore precis dubbelt så stor?

På plats på Liseberg: Tag tid för tågets passage över högsta punkten. Använd det arbetsblad ni får inför besöket. Hur stor blir då centripetalaccelerationen i högsta punkten? Vilka krafter verkar på tåget? Hur stor skillnad är det mellan olika tåg?

Om ni vill kan ni ta med er en accelerometer och själva mäta upp krafterna (frivilligt) – glöm då inte notera var ni satt.

Extra utmaning: Hur skiljer sig upplevelsen i högsta punkten beroende på om man sitter längst fram, i mitten eller längst bak?

Som extra del kan ni t.ex. studera utskjutningen eller undersöka tågets fart precis före bromsen. Hur lång sträcka behövs för inbromsningen (titta på tåget och gör en uppskattning). Ni kan också välja att gå djupare in på loopen, t.ex. genom videoanalys, beräkningar.

## Kaffekoppen (alt Jukebox)

Attraktionen består av en stor platta. I mitten av plattan står en stor kaffekanna och runt denna finns tre "brickor". På varje bricka finns 3 koppar. Det mesta av arbetet med Kaffekoppen kan göras i förväg. På plats, när attraktionen kommit igång bör ni titta på banans utseende. Vill ni vara noggranna kan ni ställa en gruppmedlem där koppen kommer närmast kanten och en annan person där koppen kommer nästa gång. Använd en kompass för att bestämma ändringen i vinkel. Stämmer det med angivna data ?

Om ni vill kan ni i stället studera Jukebox på plats. Där finns dock inga uppmätta data.

### Mått för Kaffekoppen

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

- Kannans diameter: 1.10m
- Avstånd från kannans ytterkant till centrum av en bricka: 3m
- Avstånd från brickans centrum till centrum av en kopp 1.55m
- Avstånd från koppens centrum till en sittplats: c:a 45 cm

Utnyttja mätningarna för att beräkna rotationsradier för rörelsen:

- Hur stort är avståndet,  $R$ , från centrum av attraktionen till centrum av en bricka?
- Vilket är det största avståndet från brickans centrum till en person som åker i attraktionen?
- Vilket är det minsta avståndet från brickans centrum till en person som åker i attraktionen?
- Välj ett möjligt avstånd som rotationsradie,  $r$ , för brickans rotation kring sitt centrum för att beskriva rörelsen i Kaffekoppen.

### Kaffekoppens 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?

## Hastighet och acceleration

Utnyttja de radier och perioder eller vinkelhastigheter du fått fram för att räkna ut hastighet och acceleration. Farten,  $v$ , i en cirkelrörelse med radien  $r$  och vinkelhastighet  $w$  är  $v=r w$  och accelerationens storlek blir  $v=r w^2$ . Både hastighet och acceleration är vektorer så man måste ta hänsyn till riktning när man adderar de två cirkelrörelserna.

- Hur fort rör sig brickans centrum?
- Hur fort skulle personen röra sig om vi försummade plattans rotation?
- Hur stor är accelerationen på grund av brickans rotation?
- Hur stor är brickans acceleration på grund av plattans rotation?
- Titta på diagrammet över hur personen åker. I vilka lägen är farten störst? Minst? Hur stor? Var är accelerationen som störst? Minst? Hur stor?

## Numerisk beskrivning

- Beskriv rörelsen matematiskt för en som åker attraktionen, men försumma koppens rotation. Skriv sedan ett litet program i Matlab eller gör ett kalkylblad i Excel för att illustrera rörelsen. Eftersom rörelsen består av två rotationer är det lämpligt att använda ett x,y-koordinatsystem. Välj t.ex. ett tidsintervall 0.1s eller 0.25 s. Markera läget vid varje tidpunkt
- Stämmer din figur med din handritade skiss?
- Titta på figuren. Hur kan du uppskatta hastigheten ur figuren? Var är hastigheten störst?
- Beräkna förflyttningen i x och y-led för varje tidsintervall.
- Beräkna medelhastighet och medelfart under tidsintervallet.
- Beräkna ändringen i hastighet mellan två intervall.
- Beräkna medelacceleration och dess belopp.
- Hur stor är största/minsta farten och accelerationen? Stämmer det med dina beräkningar ovan?
- Vid vilka tidpunkter är farten störst/minst? Jämför med din handritade skiss. Är resultatet rimligt?
- Vid vilka tidpunkter är accelerationen störst/minst?

## Utvidgning

- Vilka figurer är möjliga för denna typ av rörelse?
- Hur påverkas figuren av kvoten mellan de två rotationshastigheterna? (Jfr gärna med attraktionen Jukebox.)
- Hur skulle figuren ändras om båda rotationerna var i samma riktning?
- Vilka likheter och skillnader finns mellan Kaffekoppens rörelse runt brickan som i sin tur rör sig runt plattans centrum och månens rörelse runt jorden som rör sig kring solen?

Lycka till

*Ann-Marie.Pendrill@physics.gu.se*