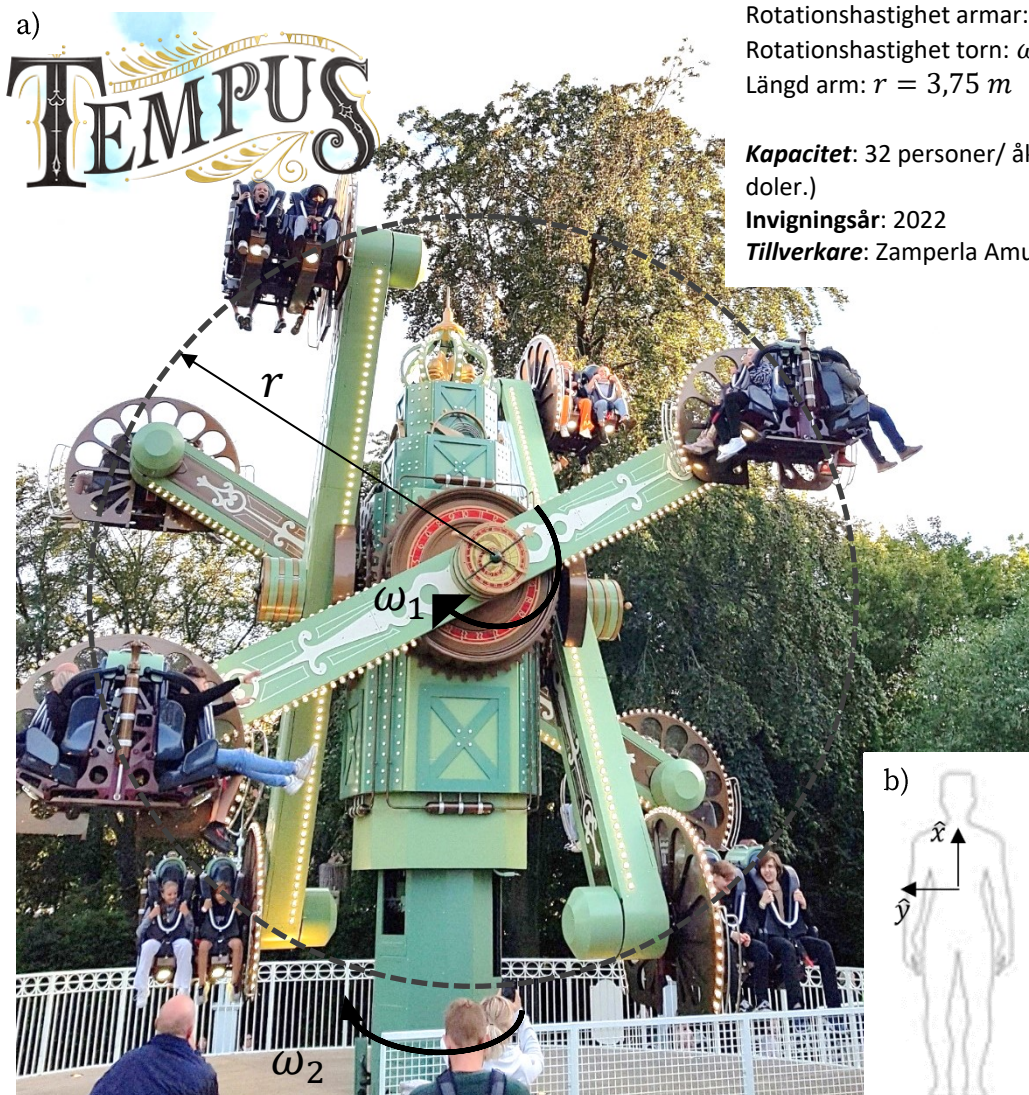


## Fysik 2 – Lisebergsprojektet

### Tempus

Attraktionen Tempus invigdes 2022 och ligger i det området som kallas Luna Park på Liseberg. Attraktion består av 8 st gondoler, med plats för 4 personer i varje, som sitter längst ut på en roterande arm. Armarna roterar enligt Liseberg med hastigheten 13 rpm (rotationer per minut) och attraktionen roterar samtidigt runt centrum med hastigheten 1,5 rpm [1]. Armarnas längd är  $r = 3,75\text{ m}$ . Mer information om attraktionen finner du hos tillverkaren Zamperla, [2]. Om du vill se hur attraktionen rör sig så kan du titta på filmen: <https://www.youtube.com/watch?v=EaO7rfRzR5Y>



Rotationshastighet armar:  $\omega_1 = 13\text{ rpm}$   
Rotationshastighet torn:  $\omega_2 = 1,5\text{ rpm}$   
Längd arm:  $r = 3,75\text{ m}$

**Kapacitet:** 32 personer/ åktur. (4 x 8 gondoler.)

**Invigningsår:** 2022

**Tillverkare:** Zamperla Amusement group

Figur 1. a) Tempus, översiktsbild. b) Koordinataxlar och enhetsvektorer för en passagerare under färd.  $\hat{x}$ ,  $\hat{y}$  &  $\hat{z}$  är det koordinatsystem som accelerometern rör sig i.

# Uppgifter

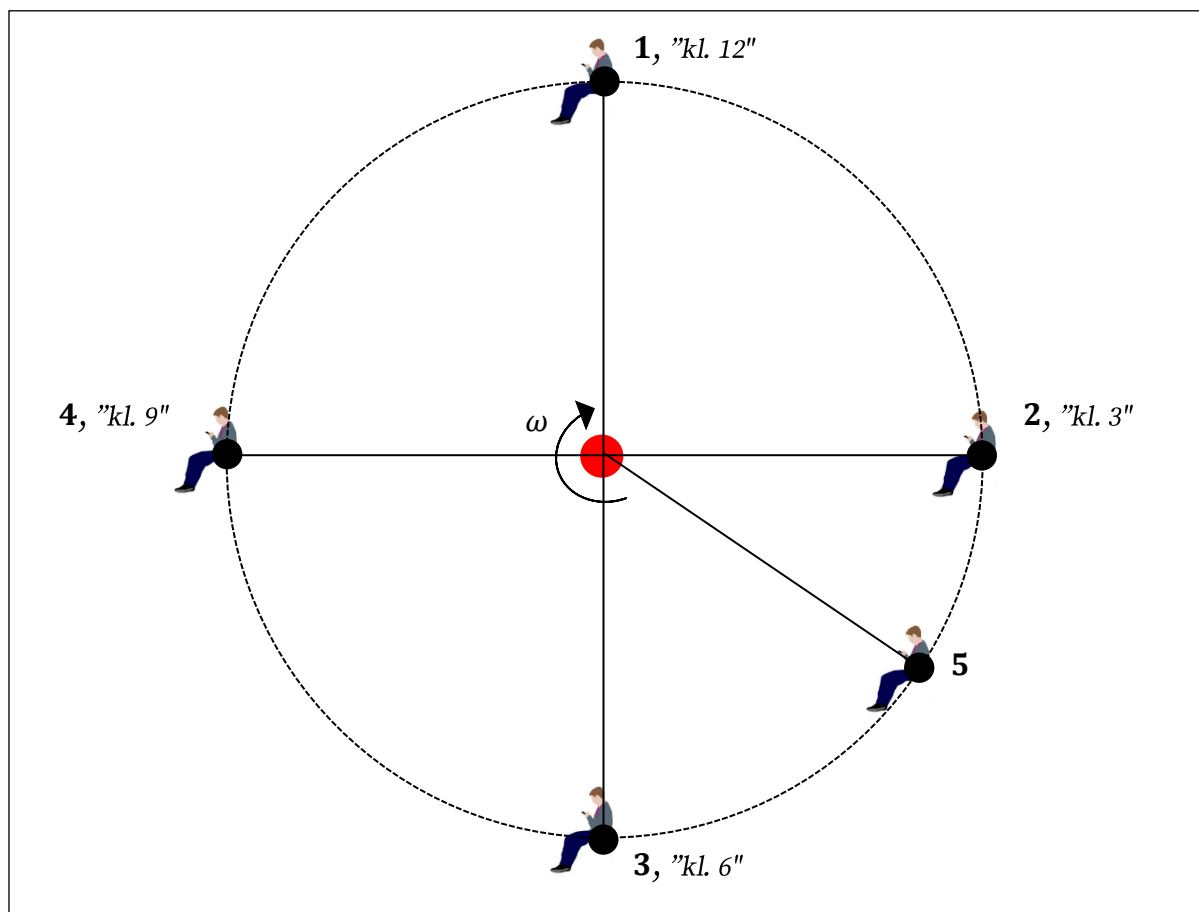
## Inför Liseberg

Instuderingsfrågorna ska göras innan besöket och dessa kräver ingen mätdata.

- Hur lång **tid**, i sekunder, tar det för personen i gondolen att snurra ett varv runt centrum av attraktionen? (Bestäm tiden det tar att snurra från det lägsta läget, "kl. 6", till det högsta läget, "kl. 12", och åter till det lägsta läget.)
- Hur stor **vinkelhastighet**,  $rad/s$ , motsvarar rotationshastigheten 13  $rpm$ ?
- Hur **långt** rör man sig på ett varv om man sitter i gondolen och rör sig från lägsta läget, "kl. 6", till det högsta läget, "kl. 12", och åter till det lägsta läget?
- Hur **fort** rör man sig runt centrum om man sitter i gondolen?
- Hur stor blir **accelerationen** in mot centrum (centripetalaccelerationen) på grund av rotationen?

## Kraftsituationen för personen i gondolen.

Antag att Tempus kan beskrivas som en centralrörelse med konstant fart i planet. Använd dig av figuren nedan för att lösa följande uppgifter.



- Vilka **krafter** verkar under resans gång på en person som åker attraktionen? Rita upp kraftsituation i punkterna **1 & 3** i figuren ovan. Därefter så skall kraftsituationen i **2 & 4** ritas ut i samma figur. Slutligen så skall kraftsituationen i läge **5** ritas ut i figuren.
- Beräkna **reaktionskraften** som verkar från gondolen på en person med massan  $m = 70 \text{ kg}$  i det översta och nedersta läget, **1 & 3**, samt bestäm dess riktning. Hur mycket tyngre eller lättare känner sig personen? (*D.v.s. beräkna  $F/mg$ .*)
- Beräkna **reaktionskraften** som verkar från gondolen på personen i de två horisontella lägena, **2 & 4**, samt bestäm dess riktning. Personen har massan  $m = 70 \text{ kg}$ .
- Hur stor **radie** skulle attraktionen behöva ha om den roterar med samma fart för att personen skall känna sig **tyngdlös** högst upp, i läge 1?

## På Liseberg

Varje grupp har tillgång till sensorer som mäter acceleration och vinkelhastighet i tre dimensioner resp. kring tre koordinataxlar. Sensorerna mäter även lufttryck, [3]. När gruppen befinner sig vid åkattraktionen Tempus på Liseberg ska följande genomföras.

- **Mät** acceleration och vinkelhastighet i alla riktningar samt höjden som funktion av tiden under ett åk. (Du kommer senare primärt att använda dig av accelerationen i  $\hat{x}$ -led och  $\hat{z}$ -led samt rotationen kring  $\hat{y}$ -axeln och lufttryck/höjd).
- **Filma** förloppet, utifrån.
- **Anteckna** efter färden så noga du kan dina upplevelser. Utgå från positionerna i figuren ovan och notera t.ex. var känner du dig lättast/tyngst eller hur det känns framåt/bakåt.
- Tag fram mobiltelefonens stoppur och **mät** periodtiden för ett varv och anteckna värdet. (För att få ett mer noggrant resultat så kan du mäta 4 eller 5 hela varv och dividera med antalet varv.)
- Skicka datafilen som t.ex. e-post så att den kan öppnas med LoggerPro på en dator (på plats).

## Efter Liseberg

Genomför nedanstående och lös följande uppgifter med hjälp av datafilen som skapades på Liseberg.

- Använd **mätdata** för att bestämma **periodtiden**,  $T$ , och **vinkelhastigheten**,  $\omega$ , för den vertikala rotationen. Stämmer resultaten överens med periodtiden som ni mätte upp på Liseberg och med den data som Liseberg anger?
- Hur mycket tyngre eller lättare känner du dig i läge 1 & 3? D.v.s. beräkna kvoten av **reaktionskraften**,  $F = m \cdot a_x$ , och tyngdkraften  $m \cdot g$ ? (D.v.s. beräkna  $F/mg = a_x/g$ )
- Hur stor är **accelerationen**, framåt/bakåt,  $a_z$ , i läge 2 & 4? Bestäm dess storlek och riktning samt beräkna  $a_z/g$ .
- Hur stor är den totala **accelerationen**,  $a_x$  &  $a_z$  i läge 2 & 4? Bestäm dess storlek och riktning samt beräkna  $a_{tot}/g$ .
- Använd dig av mätdata för att bestämma ett värde på **tyngdaccelerationen** i Göteborg.
- Gör en lämplig **kurvanpassning** för accelerationen i  $\hat{x}$ -led och  $\hat{z}$ -led,  $a_x(t)$  &  $a_z(t)$ .
- Använd dina mätdata för att bestämma ett värde på radien,  $r$ , för rotationen. Du skall använda dig av såväl data från accelerationen som av lufttrycket.
- Redovisa förarbete, mätningar och efterarbete i en rapport. (Max 3 sidor.)

## Referenser

- [1] "Tempus," [Online]. Available: <https://lisepedia.se/attraktioner/tempus>. [Använd 02 04 2024].
- [2] "Nebulaz," [Online]. Available: <https://www.zamperla.com/products/nebulaz/>. [Använd 02 04 2024].
- [3] "Product - Sensors - Accelerometers - Go Direct® Acceleration Sensor," Vernier, [Online]. Available: <https://www.vernier.com/products/sensors/accelerometers/gdx-acc/>. [Använd 29 10 2019].