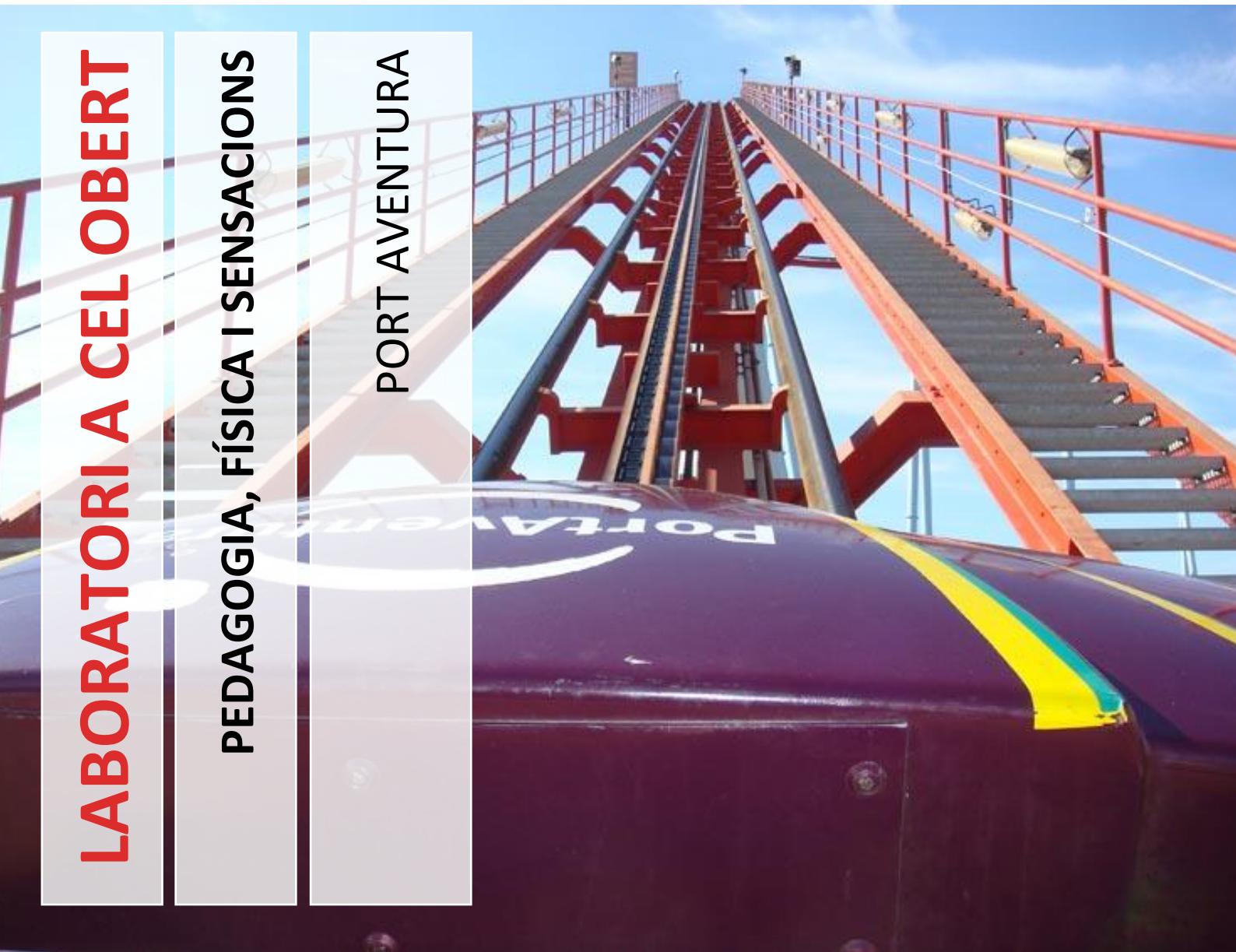


LABORATORI A CEL OBERT

PEDAGOGIA, FÍSICA I SENSACIONS

PORT AVENTURA



PSEUDÒNIM: Fisis

“No entens realment quelcom, a menys que siguis
capaç d’explicar-li a la teva àvia”

-Albert Einstein-

AGRAÏMENTS

En primer lloc, vull agrair al meu tutor del Treball de Recerca, per la seva orientació i l'ajuda tècnica, que han estat essencials.

Per últim, vull agrair molt especialment la dedicació i la paciència dels meus pares i el seu suport i predisposició per ajudar-me durant la realització d'aquest treball.

ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ	8
1.1. Elecció i justificació del tema de treball	8
1.2. Objectiu principal	9
1.3. Desenvolupament i estructura del treball.....	9
1.4. Pedagogia, física i sensacions	10
2. PORT AVENTURA.....	11
2.1. Port Aventura, un complex turístic	11
2.2. Àrees temàtiques i principals atraccions.....	12
2.3. Història i evolució	13
3. CONCEPTES PREVIS	16
3.1. Conceptes previs físics.....	16
3.2. Conceptes relacionats amb les sensacions	29
4. ESTUDI DE LES ATRACCIONS	33
4.1. DRAGON KHAN.....	33
4.1.1. Història i temàtica	33
4.1.2. Característiques generals	34
4.1.3. Curiositats	34
4.1.4. Descripció recorregut	35
4.1.5. Treball de camp.....	35
4.1.6. Simulació informàtica moviments	42
4.1.7. Un viatge gaudint de les sensacions	47
4.2. HURAKAN CONDOR.....	49
4.2.1. Història i temàtica	49
4.2.2. Quadre general.....	50
4.2.3. Curiositats	50
4.2.4. Descripció recorregut	51
4.2.5. Treball de camp.....	51
4.2.6. Simulació informàtica moviments	61

4.3. FURIUS BACO.....	66
4.3.1. Història i temàtica	66
4.3.2. Quadre general.....	67
4.3.3. Curiositats.....	67
4.3.4. Descripció del recorregut.....	68
4.3.5. Treball de camp.....	68
4.3.6. Simulació dels moviments.....	75
4.4. CARROUSEL	78
4.4.1. Història i temàtica	78
4.4.2. Quadre general.....	79
4.4.3. Curiositats.....	79
4.4.4. Descripció del recorregut.....	79
4.4.5. Treball de camp.....	79
4.5. KON-TIKI WAVE	84
4.5.1. Història i temàtica	84
4.5.2. Quadre general.....	85
4.5.3. Curiositats.....	85
4.5.4. Recorregut.....	85
4.5.5. Treball de camp.....	85
5. PRÀCTIQUES AL LABORATORI	90
5.1. Pràctica 1: Construcció d'un hipsòmetre i pràctica del seu funcionament	90
5.1.1. Construcció hipsòmetre	90
5.1.2. Mesurem una paret	91
5.2. Pràctica 2: La balança variable: pes aparent a un ascensor	93
5.3. Pràctica 3: Què cau primer?	95
5.3.1. Agafem 2 objectes diferents	95
5.3.2. Agafem 2 fulls de paper.	96
5.3.3. Fem dos boles de paper i introduïm pes a una d'elles.....	96

5.4. Pràctica 4: Cap per avall i no cau?	97
5.4.1. El got on l'aigua no vessa (tancat amb paper)	97
5.5. Pràctica 5: Canvi de pes en una bàscula.	98
5.6. Pràctica 6: Construcció d'un looping	99
6. CONCLUSIÓ	101
7. BIBLIOGRAFIA	102
 ANNEXOS	 104

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Elecció i justificació del tema de treball

Pareix l'altre dia quan els professors de l'ESO ens parlaven del Treball de Recerca de 2n de BAT. Semblava que estigués molt lluny i que encara quedava molt de temps per escollir el tema del treball. Però en un vist i no vist, ja estic escrivint la introducció d'aquest treball que durant tants anys he sentit parlar.

L'estiu abans de fer 1r de BAT vaig començar a rumiar el tema sobre el treball de recerca. Des d'un principi vaig tenir clar que seria un tema de física, ja que és una de les assignatures que des de sempre m'ha cridat més l'atenció.

Tot i la meua passió per la física, he de reconèixer que per a moltes persones aquesta és una assignatura abstracta i, és per aquest motiu que m'he proposat apropar la física al món real, a la vida quotidiana; i posar el meu granet de sorra per a demostrar que no solament la trobem als llibres de text, sinó que la física ens envolta.

La meua altra passió, des de ben petita, és l'ensenyança; i per aquest motiu he decidit fer del meu treball de recerca una classe de física en context, perquè considero que la física si s'experimenta i es viu s'entén millor.

I quin és el millor lloc per experimentar els diferents moviments i sensacions que ens produeix la física, i fer-la atractiva i divertida? La resposta és senzilla: un parc d'atraccions.

L'escenari del meu treball de recerca serà el parc d'atraccions de Port Aventura, ja que és el que se situa més prop de la meua població; també, perquè tots els anys els companys del meu institut van allí a divertir-se.

A més de divertir-se, els alumnes podran comprovar per ells mateixos els moviments i les sensacions de les diferents atraccions al mateix temps que apliquen els coneixements en física i matemàtiques estudiats prèviament a classe.

1.2. Objectiu principal

El meu objectiu principal és que els coneixements que s'han adquirit a l'aula i al laboratori de física de classe es puguin desenvolupar i experimentar a un laboratori a cel obert, en el meu cas a Port Aventura. També tinc com a objectiu relacionar la física amb les sensacions que aquesta ens produeix.

1.3. Desenvolupament i estructura del treball

Per a portar a cap aquesta tasca he anat a Port Aventura diverses vegades i he pujat a totes les atraccions per experimentar les sensacions que van relacionades a cada magnitud física que explico en el treball, he realitzat tots els càlculs, mesures, vídeos i fotografies que em calien per a poder desenvolupar el meu treball de recerca.

Un treball de recerca que consisteix en una classe de física que després la traslladaré al parc d'atraccions. Un cop al parc d'atraccions els estudiants hauran de: prendre mesures, fer càlculs, gravar vídeos, experimentar els moviments i les sensacions, per a poder completar el quadern de l'alumne que he dissenyat. Les solucions del quadern de l'alumne les trobem a l'annex V del treball.

Cal destacar que tots els dibuixos, fotografies explicatives i totes les gràfiques del treball i del quadern de l'alumne han estat d'elaboració pròpia.

1.4. Pedagogia, física i sensacions

Anem a fer pedagogia al parc d'atraccions, anem a buscar estratègies per a fer un excel·lent ús de tots els recursos d'ensenyament que tenim al nostre abast.

Dues mirades, dos punts de vista diferents, fem un plec i comencem a gaudir del meravellós món de la física i de les emocions que aquesta ens produeix.

Un parc d'atraccions és un lloc per a explorar les nostres sensacions i reptes personals. Un lloc per experimentar les emocions: la por, l'alegria. I a més, és un laboratori de física i de tecnologia a cel obert.

Anem a fusionar aquestes dues mirades complementàries experimentant a Port Aventura.

M'he formulat la pregunta: per a què anem al parc d'atraccions? I el primer que m'ha vingut al cap ha sigut 'per l'adrenalina'. Quan nosaltres estimulem noves emocions i les vivim d'una manera especial, el nostre cos segrega aquesta substància que ens ajuda a estar més atents i ens fa alhora més valents. L'adrenalina fa que el ritme cardíac i el respiratori augmentin, ens dilata les pupil·les i ens dóna una sensació de benestar i satisfacció.

Totes les atraccions es basen en uns principis i lleis físiques que juntament amb la tecnologia fa que tinguéssim una diversió segura. Els enginyers i els físics, juntament amb els psicòlegs i especialistes amb ergonomia, són els encarregats de fer atraccions atractives, còmodes i segures.

Cada atracció té el moviment com el seu gran aliat per a poder fer sentir als visitants unes sensacions úniques i inoblidables.

2. PORT AVENTURA

2.1. Port Aventura, un complex turístic

El complex turístic de Port Aventura és una explosió de diversió, adrenalina i aigua, situat a les ribes del mar Mediterrani entre les poblacions de Salou i Vila- Seca a la província de Tarragona.

Des de la seva inauguració l'1 de maig del 1995, pel president de Catalunya vigent aleshores Jordi Pujol, Port Aventura va introduir a Espanya un nou model d'oci, ja que va ser el primer parc temàtic d'Espanya.

El parc d'atraccions de Port Aventura compta en 105 hectàrees distribuïdes en grans zones temàtiques plenes d'atraccions, espectacles, restaurants i botigues de tota mena. Un viatge al·lucinant a través de 6 diferents regions del món, en diferents èpoques històriques: des d'un petit i tranquil poble mediterrani fins al més salvatge oest, passant per les illes de la més llunyana Polinèsia, el Mèxic més enigmàtic o la Xina mil·lenària. També hi trobem un lloc destinat a la fantasia, pensat per a les famílies i especialment per als més petits: Sèsam Aventura.

Amb 4 milions de visites anuals, de les quals aproximadament la meitat provenen del mercat internacional, Port Aventura representa un motor econòmic per a la província de Tarragona, amb aproximadament 8.000 llocs de treball directes i indirectes; i representa també una de les primeres marques turístiques de Catalunya i Espanya.



Figura 1: Imatge general de Port Aventura.

2.2. Àrees temàtiques i principals atraccions

Mediterrània	Estació del Nord
	Furius Baco
	Port de la Drassana
Far West	Stampida
	Grand Canyon Rapids
	Carrousel
	Silver River Flume
Mèxic	Hurakan Condor
	El Diablo -Tren de la mina
	Templo del Fuego
Xina	Angkor
	Waitan Port
	Dragon Khan
	Shambala
	Tea Cups
Polinèsia	Sea Odissey
	Kon- Tiki- Wave
	Tutuki Splash
	Canoes
Sésamo Aventura	Coco Piloto
	El salto de Blas

*Les atraccions marcades són les que s'estudien en el treball.

2.3. Història i evolució

La història de Port Aventura ha estat fidel a l'esperit d'adrenalina d'una muntanya russa amb els seus alts i baixos durant el procés previ de construcció del parc, així com la seva expansió i creixement convertint-se en el complex turístic que és.

El naixement del primer parc temàtic va lligat a l'enrenou que Disney va aixecar a Europa en els anys 80 amb la idea de buscar una ubicació al primer parc de Disney i les múltiples negociacions amb diferents governs.

Després de la signatura entre Disney i el govern de França, la frustració inicial de la Generalitat de Catalunya es va transformar en una empenta per aconseguir construir un parc temàtic.

1995	Port Aventura s'inaugura l'1 de maig (per al públic 2 de maig).
	Atracció estrella: Dragon Khan, guanyadora de dos rècords mundials.
	La primera temporada té 2.700.000 visitants.
1996	S'inaugura un baixador de Renfe que enllaça Port Aventura amb grans ciutats com Tarragona, Barcelona, Girona, Castelló de la Plana, València o Alacant.
1997	Inauguració de la Stampida, una muntanya russa de fusta. La Stampida va posar fi a la vida d'un passatger aquest mateix any.
1998	El parc es renova amb nous espectacles.
	Universal Studios anuncia que vol construir el seu destí de vacances a Europa a Port Aventura, amb l'acceptació del consell d'administració del parc.
1999	Es deixa notar l'empremta d'Universal al parc amb un canvi de nom a Universal's Port Aventura.
	Nous espectacles i la construcció de l'atracció Sea Odyssey.

2000	Port Aventura va complir 5 anys i es va celebrar amb un gran espectacle.
	Es comença a construir el Temple del Foc i s'acaba Sea Odyssey.
	Es va començar a utilitzar <i>l'express</i> . Consistia a reservar a una hora i entraves sense fer cap fila.
	El parc canvia de nom per anomenar-se Universal Studios Port Aventura.
2001	Van haver-hi moltes novetats com el Temple del Foc, 4 noves botigues, nous espectacles, un nou restaurant.
	Comencen les obres per al parc aquàtic, que li posaran el nom de Costa Caribe.
2002	El parc esdevé un resort anomenat Universal Mediterranea, integrat per: l'Hotel Port Aventura, l'Hotel El Paso, el parc aquàtic Universal Costa Caribe i el parc temàtic Universal Port Aventura.
2003	Inauguració d'un hotel ambientat en la temàtica caribenya, Hotel Caribe. S'obre la zona exterior de Costa Caribe.
2004	Inauguració del Diablo Backwards. Apareixen petites novetats i millores: llocs de caricatures, llocs de tatuatges temporals.
	Universal Studios ven les seves accions a La Caixa que queda com a gestora del parc i del resort.
2005	Port Aventura va decidir anul·lar els efectes d'aigua de la Font del Drac de la Plaça Imperial de China per a estalviar aigua.
	Universal Mediterranea passa a dir-se Port Aventura, el parc passa a dir-se Port Aventura Park i el parc aquàtic Costa Caribe passa a anomenar-se Caribe Aquatic Park.
	Es va inaugurar l'Hurakan Condor, atracció situada a la zona de Mèxic. Ha estat nomenada com atracció més emocionant i vertiginosa per la UETPA en diverses ocasions.
2006	El principal objectiu és superar la barrera dels 4.000.000 de visitants.
2007	Es va inaugurar el Furius Baco, una muntanya russa situada a l'àrea Mediterrània. Va ser la més ràpida d'Europa fins que es va inaugurar Ring Race.

2008	S'inauguren els tres camps de golf.
2009	S'estrena un nou hotel a la zona del Far West, anomenat Gold River.
2010	15 aniversari de Port Aventura amb la renovació d'espectacles.
2011	Inici de la temporada amb una nova àrea infantil 'Sésamo Aventura'. El parc passa a tenir 6 àrees temàtiques.
2012	S'inaugura la muntanya russa Shambhala: Expedició al Himalaya. És la més alta d'Europa i la <i>hypercoaster</i> més ràpida d'Europa.
	Port Aventura rep 3.540.000 visitants.
2013	Novetats al parc aquàtic: un tobogan de 31 metres (el més al d'Europa) i una petita àrea temàtica ambientada en Barri Sèsam.
2014	Nova atracció familiar, Angkor: Aventura al regne perdut. Té el rècord a la Boat Ride més llarga d'Europa.
	Acolliment d'espectacles del Cirque du Soleil a partir d'aquest any.
2015	Comença la construcció de Ferrari Land, un nou parc temàtic de Ferrari que Port Aventura inaugurarà l'any 2016 i que inclourà l'accelerador vertical més alt d'Europa.
	Celebració del 20è Aniversari, amb espectacles renovats.



Figura 2: Logotip de Port Aventura 2015.

3. CONCEPTES PREVIS

3.1. Conceptes previs físics

Etimològicament, la paraula Física prové del grec $\phi\upsilon\sigma\epsilon\zeta$ (*fisis*) i vol dir naturalesa, univers, cosmos. Amb això, podem dir que la Física és una branca de la Filosofia Natural (terme proposat per Galileu) que estudia les propietats bàsiques de l'Univers i, per tant, està regida pels principis inalterables de la naturalesa.

Per tant, podem definir la física com:

La física és la ciència que té com a objectiu estudiar els components de la matèria i les seves interaccions mútues.

He elaborat un petit glossari amb definicions i fórmules que posteriorment trobarem i estudiarem a les diferents atraccions.

Sistema Internacional (SI): Conjunt de magnituds fonamentals amb una unitat per a cada magnitud que la comunitat científica utilitza universalment.

Magnituds i unitats fonamentals del Sistema Internacional (SI)				
Magnitud	Símbol	Unitat	Símbol	
Longitud	r,x,y	metre	m	
Massa	m	quilogram	kg	
Temps	t	segon	s	
Angle	Θ	radiant	rad	
Magnituds i unitats derivades del Sistema Internacional (SI)				
Magnitud	Símbol	Unitat	Símbol	Equivalència
Freqüència	f,v	hertz	Hz	s^{-1}
Força	F	newton	N	$Kg \cdot m \cdot s^{-2}$
Energia	E	joule	J	$N \cdot m$
Treball	W			
Potència	P	watt	W	$J \cdot s^{-1}$

Força (F): una força és una tracció sobre un objecte. Les forces resulten de la interacció de dos o més objectes. Moltes interaccions impliquen contacte entre elles.

-Forces equilibrades: una força es considera equilibrada quan sobre un objecte hi actuen dues o més forces iguals però en sentit contrari, de forma que s'anul·len. Com podem veure a la il·lustració la N (força normal) i el pes són dues forces s'anul·len i s'equilibren.

-Forces de fregament (Ff): és una força que ofereix resistència al moviment d'un objecte. Apareix com a conseqüència de la interacció de dues superfícies en contacte que es llisquen una sobre l'altra.

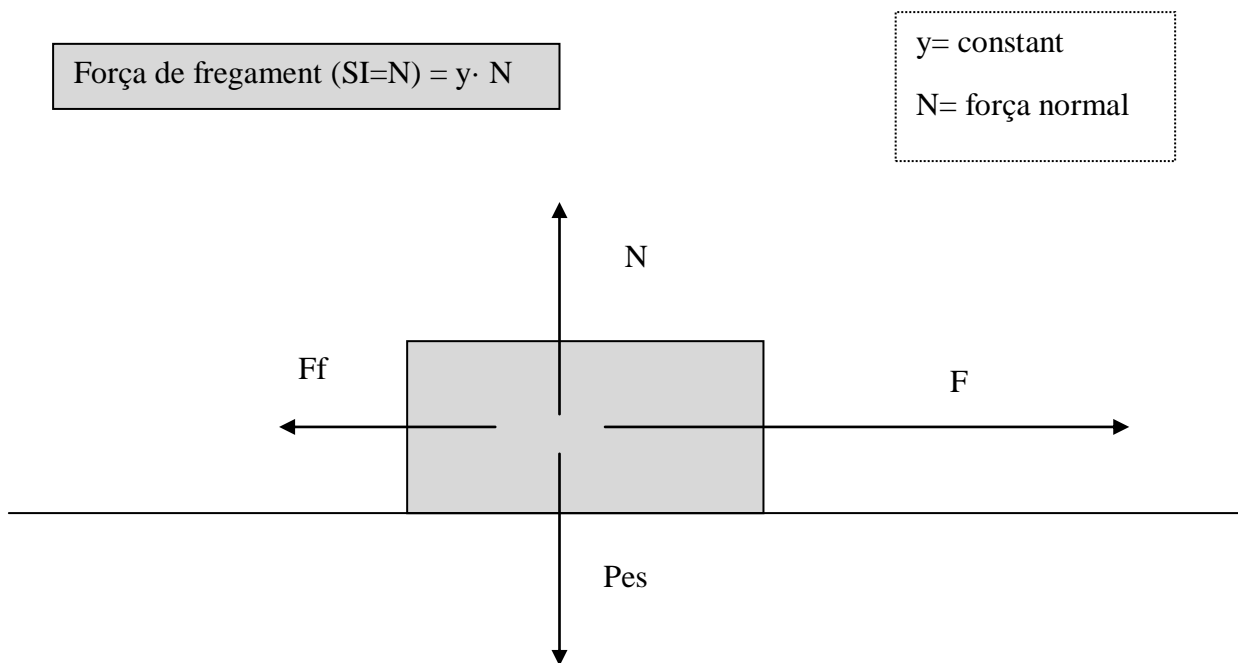


Figura 3: Esquema de les forces equilibrades i de fregament.

-Força gravitacional: dos objectes, independentment de la massa que tinguin s'atreuen entre si per una força anomenada gravetat. Aquesta força depèn tant de la massa com de la distància que els separen.

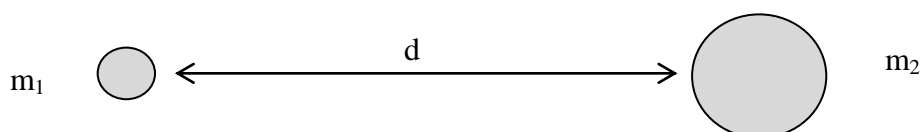


Figura 4: Esquema de la força gravitacional.

$$\text{Força gravitacional (SI=N)} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

m=massa (kg)

d=distància (m)

Desplaçament: quan una atracció canvia de posició, es pot calcular la diferència entre aquestes dues posicions. Això es diu trobar el desplaçament.

$$\text{Desplaçament (SI=m)} = x - x_0$$

x= posició final (m)

x₀= posició inicial (m)

Velocitat mitjana: la velocitat és la variació de posició d'una partícula respecte al temps.

$$\text{Velocitat mitjana (SI=m/s)} = \frac{x-x_0}{t-t_0}$$

x= posició final (m)

x₀= posició inicial (m)

t= temps final (s)

t₀= temps inicial (s)

Acceleració: la variació de la velocitat respecte al temps.

$$\text{Acceleració mitjana (SI=m/s}^2\text{)} = \frac{v-v_0}{t-t_0}$$

v= velocitat final (m)

v₀= velocitat inicial (m)

t= temps final (s)

t₀= temps inicial (s)

La g és l'acceleració causada per la força de gravetat. La força de gravetat fa que els objectes caiguin cap a terra a una acceleració de 9,8 m/s² quan es troben en posicions properes a la superfície terrestre.

Si es diu que un objecte experimenta 3 g's d'acceleració, vol dir que aquest objecte està canviant la seva velocitat a 30 m/s² aproximadament.

Massa: la massa d'un objecte és la mesura que indica la quantitat de material de què està compost aquest objecte.

Pes: el pes és la força que exerceix la Terra sobre els cossos.

$$\text{Pes (SI=N)} = m \cdot g$$

$m =$ massa (kg)

$g =$ gravetat (m/s^2)

Pes aparent: sensació de tenir un pes diferent al que exerceix la Terra sobre els cossos. Un exemple de la vida quotidiana: Un cos dins l'aigua sembla que pesi menys. El líquid exerceix sobre el cos submergit una força cap amunt anomenada empenyiment.

El pes del cos no canvia, sinó que a causa de l'empenyiment sembla més lleuger.

Ingravidesa o microgravetat: sensació de tenir el pes nul. Tenim aquesta sensació quan la força gravitatòria és contrarestada per la força centrífuga o per alguna força de la mateixa intensitat que el pes, però que actui en la direcció oposada.

També podríem definir la ingravidesa o microgravetat com un entorn on el pes aparent és menor que el pes real.

Tot i això hem de tenir en compte que, l'home de peu a terra, assegut en una cadira, al llit, etc. les seves forces estan en equilibri, però no hi ha sensació de pèrdua pes aparent.

Els parcs d'atraccions sovint produeixen sensacions d'ingravidesa. Aquesta sensació es produeix quan els passatgers no senten cap tipus de força actuant sobre els seus cossos.

També podem trobar l'efecte contrari, quan la persona té una sensació de tenir un pes aparent més gran. Aquest fet és degut al fet que hi trobem forces d'alta g, causades per la participació d'altres forces que se sumen a la força de la gravetat.

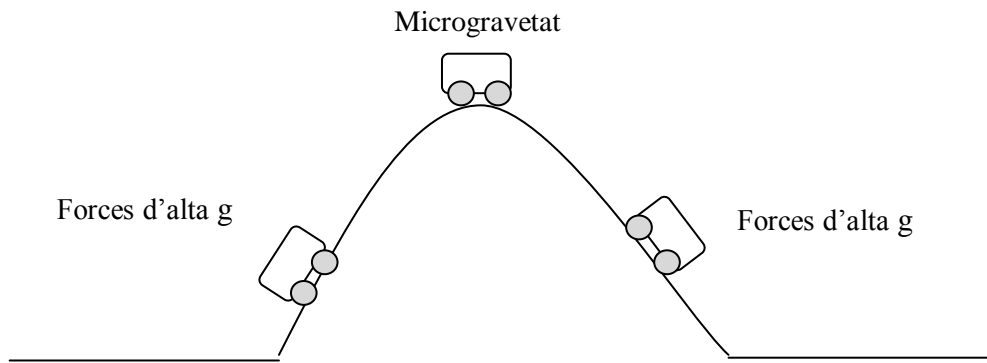


Figura 5: Esquema de la ingravidesa i de les forces d'alta G a una muntanya russa.

Treball (W): producte de la força que actua en la direcció del desplaçament per aquest desplaçament. Per tant si estem aplicant una força a un cos i en aquest no s'observa cap desplaçament en la direcció que s'aplica la força, podem dir que no hi ha cap tipus de treball.

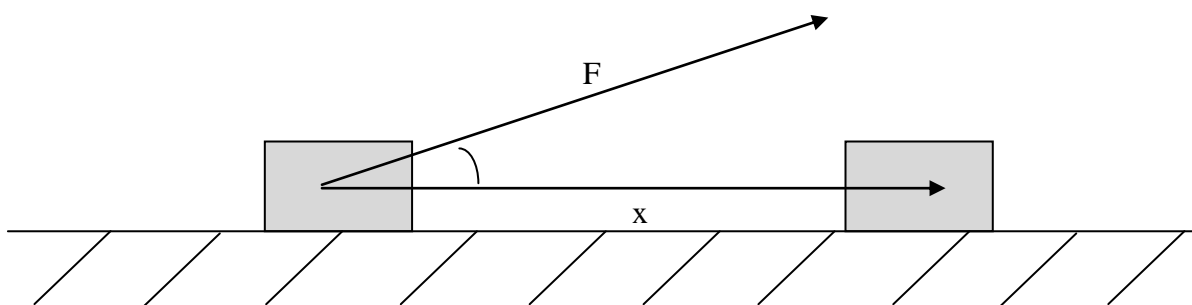


Figura 6: Esquema del treball que hi ha en un cos.

Treball (SI=J): $F \cdot x \cdot \cos a$

F= força (N)

x= desplaçament (m)

Potència (P): és una magnitud que va directament relacionada amb el treball perquè avalua el treball realitzat en relació al temps.

Potència (SI=J/s=Watts): W/t

W=treball (J)

t=temps (s)

Energia mecànica (E_M): l'energia mecànica és la suma de l'energia cinètica i l'energia potencial. En absència de forces externes no conservatives, com la resistència de l'aire i la fricció, la quantitat total d'energia d'un objecte es manté constant.

Principi de conservació energia mecànica
($E_M = E_C + E_P$): $E_{M1} = E_{M2}$

E_M = energia mecànica (J)

E_C = energia cinètica (J)

E_P = energia potencial (J)

En una muntanya russa, l'energia potencial es transforma ràpidament en energia cinètica en el moment de la caiguda, i al revés en el moment següent quan arriba de nou la pujada.

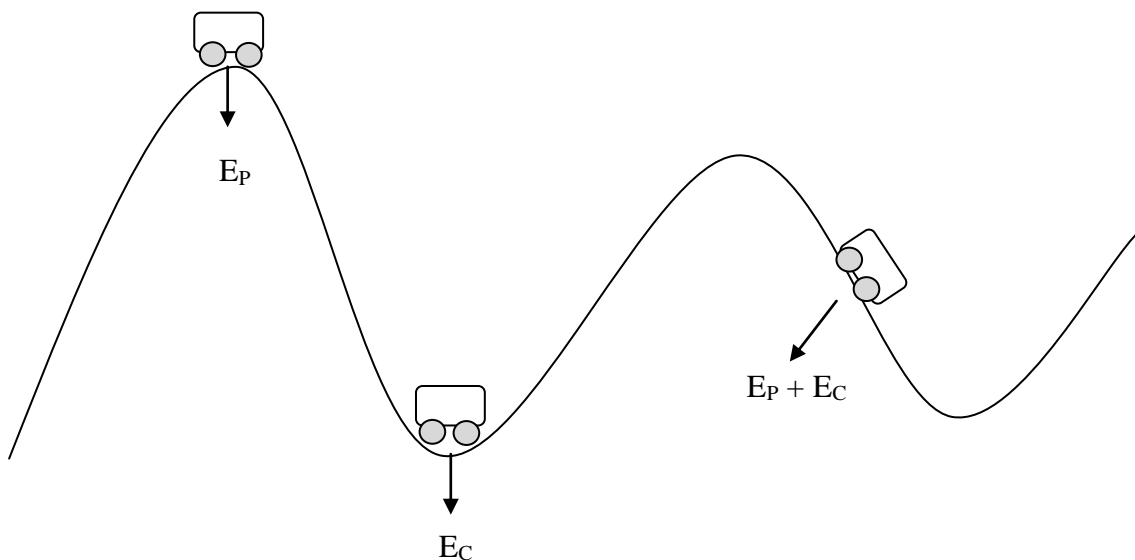


Figura 7: Esquema d'energies (cinètica i potencial) al llarg del recorregut d'una muntanya russa.

-Energia cinètica (E_C): és l'energia que pot tenir un cos a causa del seu moviment. La quantitat d'aquesta energia depèn tant de la massa com de la velocitat de l'objecte.

Un tren d'una muntanya russa té molta energia cinètica, ja que té molta massa i es mou molt ràpid.

Energia cinètica (SI=J): $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

m = massa (kg)

v = velocitat (m/s)

-Energia potencial (E_p): és l'energia que té un cos depenent de la seva posició.

El tren d'una muntanya russa és inicialment arrossegat per un motor i un sistema de cadenes fins a dalt de la primera caiguda, cosa que fa que augmenti molt la seva energia potencial.

Energia potencial (SI=J): $m \cdot h \cdot g$

m =massa (kg)

h =altura (m)

g =gravetat (m/s^2)

Inèrcia: és la tendència que té un objecte a no canviar el seu estat de moviment. Com més massa té l'objecte, més inèrcia té a causa de que oposen major resistència a modificar el seu moviment en la direcció que ho fan.

Quantitat de moviment: es defineix com el producte de la massa, per la velocitat que porta.

Quantitat de moviment (SI=kg· m/s): $m \cdot v$

m =massa (kg)

v = velocitat (m/s)

Un tren de la muntanya russa movent-se a alta velocitat té una quantitat molt més gran. Una pilota de tennis movent-se a alta velocitat té menys quantitat de moviment perquè la massa és més petita. I un edifici, malgrat la seva enorme massa, no té quantitat de moviment, perquè es troba en repòs.

Primera llei de Newton sobre el moviment: els objectes sempre es mantenen en repòs o en moviment rectilini uniforme (MRU) a menys que una força canviï el seu estat de moviment.

Segona llei de Newton (llei fonamental de la dinàmica): la variació de l'estat de moviment o deformació que experimenta un cos, o acceleració, és proporcional a la força que actua sobre aquest cos.

Força (SI=N): $m \cdot a$

m =massa (kg)

a =acceleració (m/s^2)

Tercera llei de Newton (Llei de la interacció): si un cos 'A' exerceix una força sobre un altre cos 'B', el cos 'B' exerceix una força d'igual magnitud i en sentit contrari cap al cos 'A'.

Moviment rectilini uniforme (MRU):

En aquest moviment la velocitat es manté constant, per tant, no hi ha acceleració. Trajectòria rectilínia.

$$\text{Velocitat (SI=m/s): } \frac{(x-x_0)}{(t-t_0)}$$

$$\text{Acceleració (SI=m/s}^2\text{) : } 0$$

$$\text{Posició (SI= m): } x = x_0 + v \cdot (t-t_0)$$

x = posició final (m)

v =velocitat (m/s)

t_0 = temps inicial (s)

t = temps final (s)

x_0 = posició inicial (m)

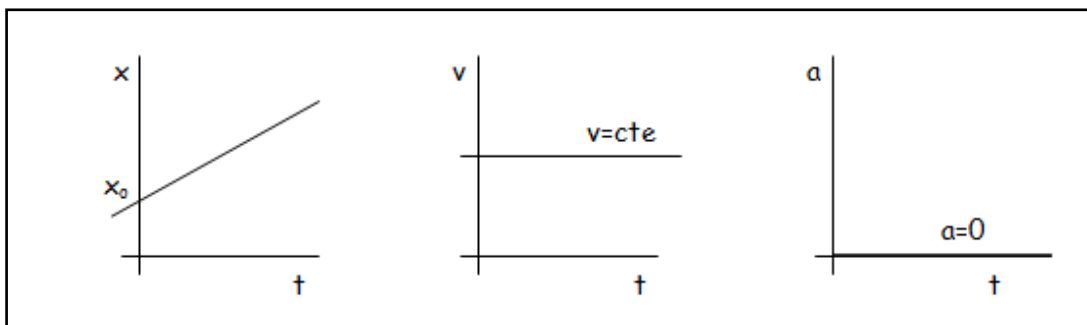


Figura 8: Gràfics posició, velocitat i acceleració respecte al temps en un MRU.

Moviment rectilini uniformement accelerat (MRUA):

En aquest moviment l'acceleració es manté constant, per la qual cosa la velocitat del mòbil varia linealment i la posició de forma quadràtica.

$$\text{Velocitat (SI=m/s): } v_0 + a \cdot t$$

$$\text{Acceleració (SI=m/s}^2\text{) : } \frac{(v-v_0)}{(t-t_0)}$$

$$\text{Posició (SI= m): } x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

x = posició final (m)

v =velocitat (m/s)

v_0 =velocitat inicial (m/s)

t_0 = temps inicial (s)

t = temps final (s)

a =acceleració (m/s²)

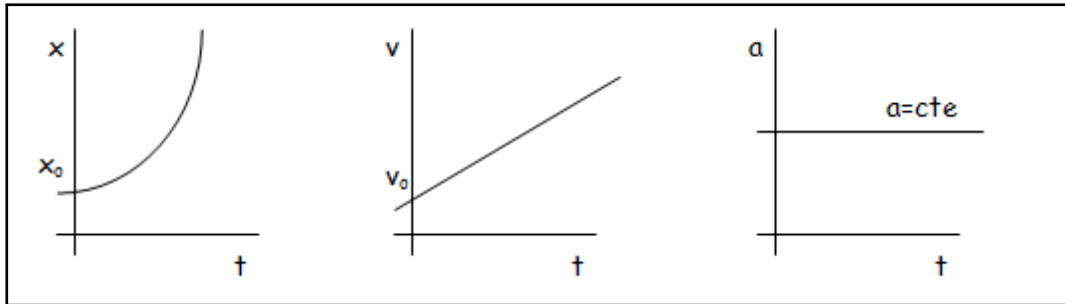


Figura 9: Gràfics posició, velocitat i acceleració respecte al temps en un MRUA.

Un cas específic de MRUA és la caiguda lliure:

-Caiguda lliure: moviment d'un objecte que cau en direcció al centre de la Terra amb una acceleració equivalent a l'acceleració de la gravetat (que en el cas del planeta Terra al nivell del mar, és aproximadament $9,8 \text{ m/s}^2$).

La velocitat inicial és 0. L'objecte es desplaça cap avall, per tant la velocitat té signe negatiu. L'acceleració és constant.

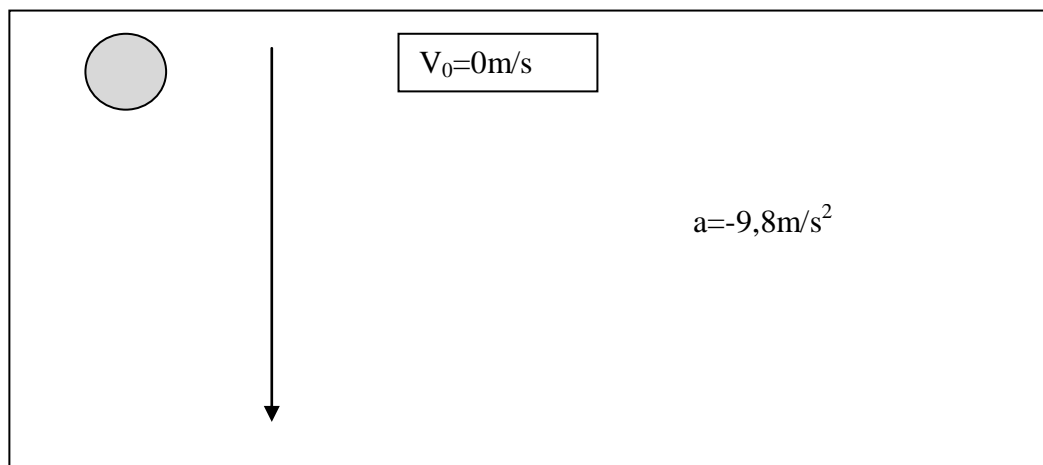


Figura 10: Esquema representat la caiguda lliure.

Moviment circular uniforme (MCU):

Moviment de trajectòria circular en què per als mateixos intervals de temps, es recorren els mateixos arcs de circumferència i els mateixos angles. Per tant podem deduir que, la velocitat angular i el mòdul de la velocitat lineal són constants, és a dir que no varien.

Conceptes propis del MCU:

-Velocitat lineal: és la relació que hi ha entre la longitud de l'arc girat, i el temps en què ho fa.

$$\text{Velocitat lineal, } v \text{ (SI=m/s): } \frac{L}{t}$$

L=longitud (m)

t= temps (s)

-Velocitat angular: és la relació entre l'angle girat, mesurat en radiants, i el temps que triga a fer-ho, per tant les unitats d'aquesta magnitud són rad/s.

$$\text{Velocitat angular, (SI=rad/s): } \frac{y}{t}$$

y=angle girat (rad)

t= temps (s)

Hi ha unes certes equivalències que cal esmentar i que ens seran molt útils a l'hora de passar d'unes unitats a unes altres.

$$1 \text{ volta}=360^\circ=2\pi \text{ radiants.}$$

Com que el moviment circular uniforme no té cap tipus d'acceleració, a part de l'acceleració centrípeta (que explicaré a continuació) que la trobem en tots els moviments circulars, podem dir que es tracta d'un moviment periòdic, és a dir, que es repeteix en intervals de temps iguals.

A partir d'això podem definir dues altres característiques del MCU, que són el període i la freqüència.

-Període: temps que triga un element a fer una volta completa, és a dir, en realitzar un gir de 360° .

$$\text{Període (SI=s)}: \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi r}{v}$$

r =radi (m)

ω =velocitat angular (rad/s)

v =velocitat lineal (m/s)

-Freqüència: nombre de voltes fetes per unitat de temps.

$$\text{Freqüència (SI=Hz)}: \frac{\omega}{2\pi}$$

ω =velocitat angular (rad/s)

Relació entre magnituds		
<i>Magnitud lineal</i>	<i>Magnitud angular</i>	<i>Relació</i>
Velocitat lineal (m/s)	Velocitat angular (rad/s)	$V=\omega \cdot R$

ω =velocitat angular (rad/s)

v =velocitat lineal (m/s)

r =radi (m)

Com veiem la velocitat lineal en un MCU depèn del radi. Com que la velocitat angular no varia, si el radi és més gran, la velocitat lineal serà més gran, ja que haurà de recórrer més distància en el mateix temps.

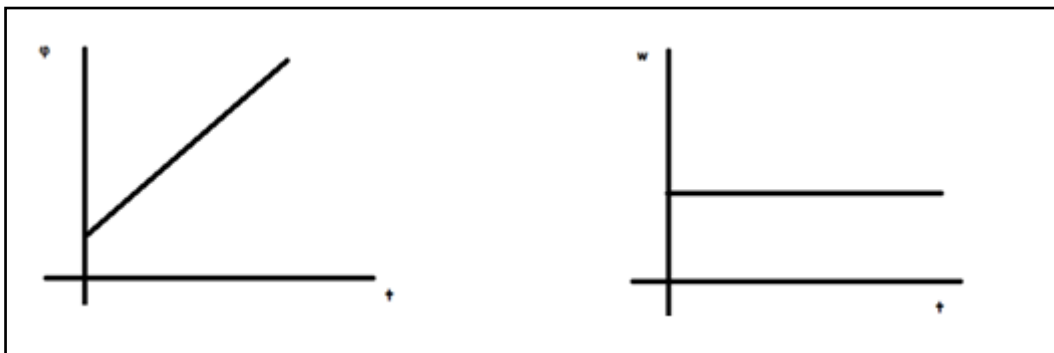


Figura 11: Gràfics posició i velocitat angular en un MCU.

Tots els moviments circular, tenen un vector velocitat que va canviant la seva direcció constantment i el que fa canviar aquesta direcció i per tant que es tracti d'una trajectòria circular és l'acceleració centrípeta.

$$\text{Acceleració centrípeta (SI=m/s}^2\text{): } \frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r$$

v =velocitat lineal (m/s)
 r =radi (m)
 ω = velocitat angular (rad/s)

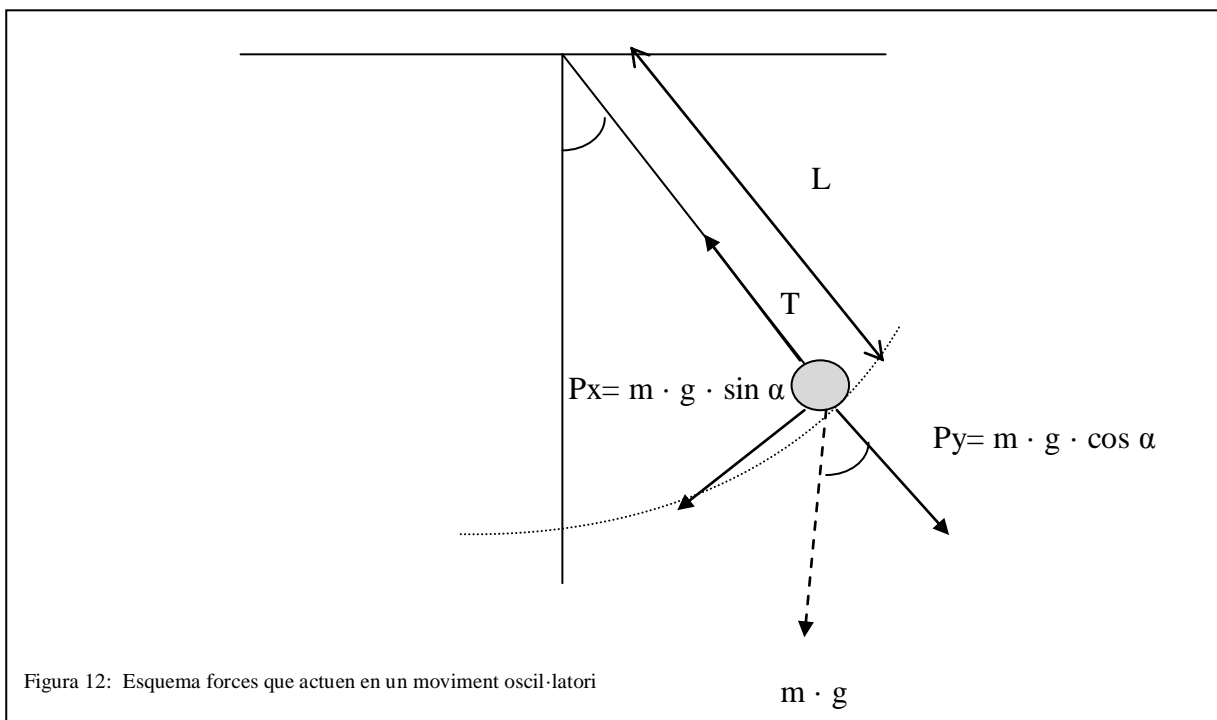
Segons la segona llei de Newton qualsevol cos que té una certa massa i una acceleració, se li està aplicant una força, que en aquest cas anomenem força centrípeta:

$$\text{Força centrípeta (SI=N): } m \cdot a_c = m \cdot (v^2/r)$$

v =velocitat lineal (m/s)
 r =radi (m)
 a_c =acceleració centrípeta (m/s²)

Pèndul simple:

El pèndul simple és un sistema mecànic que es mou segons un moviment periòdic i oscil·latori.



Com podem veure a la il·lustració, les forces que actuen sobre la massa són: la tensió i la força gravitatòria ($m \cdot g$).

-Tensió: força aplicada a un cos que li produeix una extensió o, si és negativa, una compressió.

Tal com podem observar a la figura, podem dir que la tensió que exerceix la corda és igual a la component del pes que és paral·lela a la tensió.

$$\text{Tensió (SI=N): } m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

m =massa (kg)

g =gravetat (N)

-Força recuperadora: força que origina en moviment oscil·lant. És l'altra component del pes, ja que es tracta d'una força recuperadora.

$$\text{Força recuperadora (SI=N)= } -m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

m =massa (kg)

g =gravetat (N)

Com hem dit abans, el pèndul simple és un moviment periòdic, que es repeteix en intervals iguals.

$$\text{Període d'oscil·lació (SI=s)= } 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

L = longitud (m)

g =gravetat (N)

3.2. Conceptes relacionats amb les sensacions

Nosaltres estem acostumats a canvis de direcció i de velocitat quotidians però si aquests s'alteren dràsticament fan que experimentem por o sorpresa.

La por sorgeix de l'inesperat i és una reacció natural per adaptar-nos a les circumstàncies. La sorpresa apareix enfront de la manca de coneixement de la resposta del nostre cos davant de canvis de moviment als que som sotmesos.

Quan anem a un parc d'atraccions, podem veure com els visitants se situen davant de les atraccions i valoren la possibilitat de pujar o no. La seva motivació s'inicia observant el funcionament i la seva decisió dependrà, entre altres coses, de les experiències prèvies.

Els seus rostres comencen a reflectir el seu estat emocional: les pupil·les es dilaten, se'ls posa la pell de gallina i els músculs de la bufeta es relaxen. Les glàndules suprarenals llencen al reg sanguini una descàrrega d'adrenalina, la qual provoca una alliberació de glucosa que es converteix en una font d'energia per a les cèl·lules.

Segons com evoluciona la situació, el visitant estarà disposat a pujar i experimentar les entranyes i sorprenents sensacions corporals que produeixen els diferents canvis de velocitat; o bé fugir i sortir de la fila. Totes aquestes reaccions involucren al sistema nerviós i es produeixen amb molta rapidesa.

Lligada a la motivació està l'emoció. Aquesta representa la forma en què actuem i sentim la motivació i expressa la preparació per a l'acció. L'emoció que els visitants del parc experimentaran amb els diferents canvis de moviment al pujar a les atraccions es desenvolupa a diferents nivells: cognitiu, expressiu i fisiològic.

En l'àmbit cognitiu és quan la situació la percebem per un dels sentits mitjançant imatges, impressions o sensacions (quan estem mirant el funcionament de l'atracció). En l'àmbit expressiu és quan l'emoció es comunica cap a fora en la forma del llenguatge corporal: expressions facials (la boca oberta), vocalització (crits), pels de punta o pell de gallina, ens posem vermells o molt pàl·lids, riem molt si ens agrada o plorem si tenim por. En l'àmbit fisiològic és quan l'emoció s'expressa internament en forma de canvis viscerals produïts pel sistema nerviós.

Però hi ha dos parts del sistema nerviós que són específicament importants: el sistema límbic i el sistema nerviós autònom. La funció del sistema límbic està relacionada amb les respostes emocionals, l'aprenentatge i la memòria; regula el pols, la pressió sanguínia, la respiració i l'activació fisiològica en resposta a circumstàncies emocionals. La funció del sistema nerviós automàtic és la de preparar el cos per a enfrontar-se a situacions vigoroses que tenen a veure en la lluita o fugida (pujar o no a l'atracció); un dels seus efectes més importants és provocar que les glàndules adrenals alliberin adrenalina, una hormona que fa que diferents parts del cos reaccionin de la mateixa manera. Aquest sistema té dues subdivisions: la simpàtica i la parasimpàtica.

L'activació del sistema nerviós simpàtic té els següents efectes: dilata les pupil·les, obre les parpelles, inhabilita les glàndules salivals, estimula les glàndules sudorípares, obre els tubs bronquials, dilata els vasos sanguinis a la resta del cos, relaxa la bufeta. L'activació del sistema nerviós parasimpàtic té els efectes de restablir tot el que el sistema simpàtic ha modificat: constricció de les pupil·les, activació de les glàndules salivals, estimulació de les secrecions a l'estómac i als pulmons, estimulació de l'activitat dels intestins, la constricció dels tubs bronquials, disminució de la freqüència cardíaca.

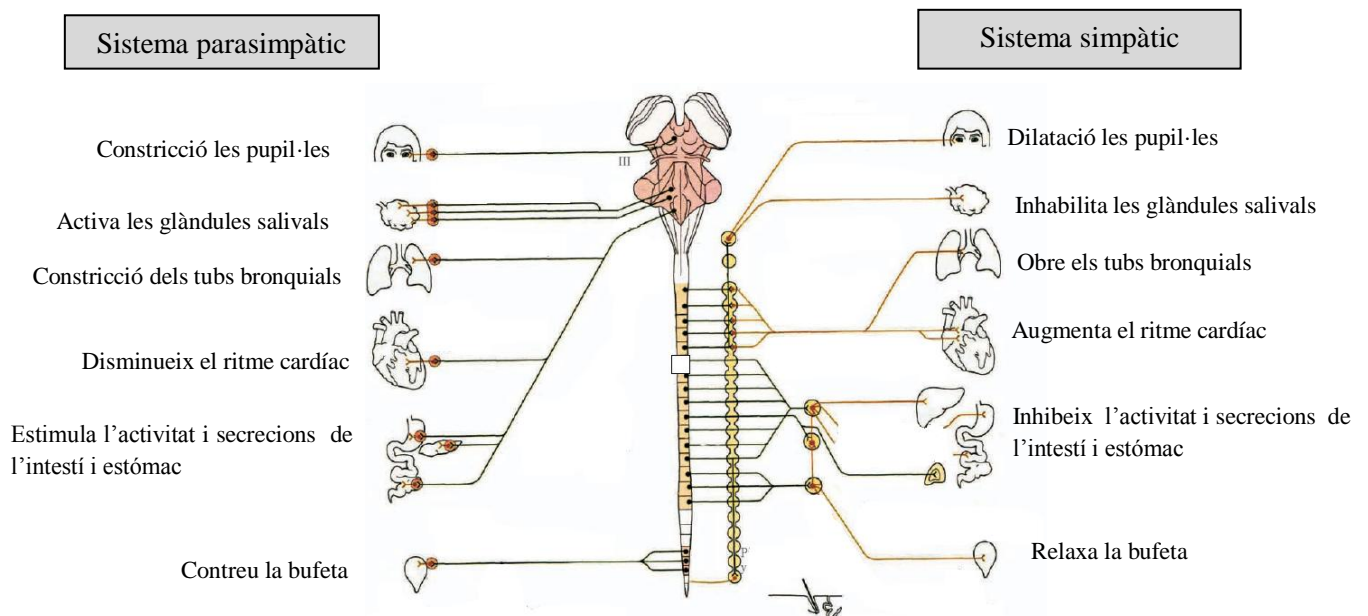


Figura 13: Esquema de l'activació del sistema nerviós.

En aquest tipus d'atraccions és inevitable sofrir mareig, per petit que sigui. Aquest mareig s'anomena 'mareig cinètic' o simplement vertigen. El vertigen és un trastorn momentani del sentit de l'equilibri. Això succeeix quan el nostre cos està exposat a acceleracions de diferents direccions, com és el cas de la muntanya russa. També ocorre quan els nostres ulls tracten de buscar algun punt on fixar la mirada i no el poden focalitzar, com per exemple quan estem a dalt d'una muntanya russa quan tot es mou respecte de nosaltres i no podem fixar un punt de referència.

En aquest moment, els nostres centres d'equilibri situats als oïts interns, concretament al sistema vestibular, envien informació al cervell que entra en conflicte amb les marques visuals.

Tots aquests efectes que es produeixen molt ràpidament i que van canviant a causa del joc de moviment són les nostres sensacions. Unes sensacions que estan molt estudiades pels professionals perquè l'experiència del viatge sigui positiva.

Totes les atraccions es basen en una sèrie de principis i lleis físiques; i és la tecnologia la que permet que tinguem una diversió segura.

Els constructors d'atraccions juntament amb enginyers, físics, psicòlegs i especialistes en ergonomia s'encarreguen d'aquesta tasca. El que es busca és aconseguir la satisfacció de les expectatives del visitant, per tant els psicòlegs i els ergonomistes ajuden a comprendre les respostes biològiques i tecnològiques associades a l'adaptació mútua entre l'home i la màquina. Enginyers i físics, al mateix temps, concentren els seus esforços perquè les atraccions siguin atractives i segures. La seguretat és crucial per a protegir a les persones.

Per als tècnics de manteniment de Port Aventura la temporada alta és a l'hivern, quan tanca el parc. D'ençà que s'atura la darrera vagoneta en acabar la temporada de Nadal, els passatgers es canvien per tècnics i eines en cadascuna de les estructures. Tot un complicat quadrant de feina, a què se sumen els encarregats del manteniment més estètic de les atraccions (com poden ser els pintors) i que obliguen un esforç de coordinació entre tots els equips i empreses implicats. Tots els trens es desmunten totalment. Als tallers de cada atracció es revisa tot peça a peça, però l'estructura també se sotmet a una revisió gairebé mèdica, fins i tot de forma gairebé literal per les sorprenents eines que s'hi empen habitualment.

Tècniques com la radiografia, on s'aconsegueix buscar si algun punt que sofreix més tensió del normal i que pot ser dèbil.

En concret, l'equip del parc disposa de dues cambres fosques amb què fan radiografies de punts de l'estructura; fins i tot en alguns casos fan servir grues per accedir-hi, si es tracta de punts de l'estructura situats en un punt elevat. Tot un desplegament per tal d'assegurar-se de la bona salut de cadascun dels punts de suport de les atraccions.

El darrer pas, un cop revisat cargol a cargol, és posar a prova el funcionament de cada atracció. Per fer-ho, no s'hi fan servir passatgers reals sinó els anomenats *dummies*, uns peculiars passatgers de plàstic que substitueixen els de carn i ossos. En cada cas, s'analitza com reacciona l'atracció davant de qualsevol problema de seguretat hipotètic que hi pot sorgir. Com per exemple, detectar si una muntanya russa que té més d'un tren en marxa activa l'aturada de seguretat en cas que un dels dos trens s'avarïi i així evitar que acabin xocant. Aquesta llarga revisió es fa per tal d'aconseguir la certificació externa a què estan obligats els parcs d'atraccions i que en el cas de Port Aventura es renova anualment, coincidint amb el final del període hivernal.

Però aquesta no és l'única feina que fan els tècnics. Un cop s'obren les portes, la feina no s'atura. Cada matí es fa una revisió de totes les atraccions i dels petits desperfectes. Una feina de continuïtat que s'acaba cada dia a les deu del matí, quan s'obre el parc.

Aquesta seguretat que ens proporcionen els tècnics, permet que passatgers de les atraccions puguin gaudir d'un viatge ple de sensacions.

4. ESTUDI DE LES ATRACCIONS

4.1. DRAGON KHAN

4.1.1. Història i temàtica

A l'antiga Xina, l'orgullós príncep Hu de Beijing va intentar destronar a l'Emperador. Els Déus el van castigar convertint-lo en un terrible drac i condemnant-lo a anar sense rumb per a sempre. Cada vegada que un home tracta de pujar al lloc del Dragon Khan per a domar-lo, aquest treu tota la seva ira.

T'atreveixes a desafiar a la bèstia? Estàs disposat a cavalcar al seu lloc? Estàs preparat per enfrontar-te al terrible 'Dragon Khan'?



Figura 14: Imatge de l'entrada del Dragon Khan.

4.1.2. Característiques generals

Nom de l'atracció: Dragon Khan	
Zona del parc: Xina.	Fabricant: Bollinger and Mabillard.
Dissenyador: Büro Stengel.	Tipus: Steel Roller Coaster.
Model: Sitting Coaster.	Inauguració: 01/05/1995.
Material: Acer.	Cost: 6.000.000€.
Durada total : 105segons (1min, 45 s).	Durada sense cadena: 69 segons.
Capacitat: 1.300 persones/hora.	Inversions: 8.
Trens: 3 trens amb la capacitat de 28 persones a cadascú.	Tipus de gòndoles: model assegut (sit down)
Sistema de pujada: cadena.	Sistema frenada: frens pneumàtics.
Longitud: 1.266 metres.	Altura: 45 metres.
Caiguda màxima: 49 metres.	Velocitat màxima: 110 km/h.
Inclinació: 45° a la primera baixada.	Altura màxima <i>looping</i> : 36 metres.
Seguretat: arnesos hidràulics amb cinturó.	Accessibilitat: persones amb cadira de rodes.

4.1.3. Curiositats

- Des de l'inici de Port Aventura, el Dragon Khan es va convertir en un punt de referència del parc i en un punt d'atenció mundial.
- Va ser inaugurada pel president de Catalunya actual d'aquell moment Jordi Pujol.
- En el moment d'inauguració i durant diversos anys va obtenir records mundials, com per exemple el *looping* més alt del món (38 metres).
- És el segon gran disseny de Bollinger and Mabillard després de l'atracció 'Kumba' de 'Busch Gardens Tampa'.

- Una de les principals característiques és el *pre-drop* o *Kickler*, una petita baixada abans de l'inici del recorregut després de la pujada, que permet que no es danyi en excés la cadena.
- L'atracció va ser tancada a finals de la temporada 2011 per a repintar-la per complet, aplicant-li uns colors amb una tonalitat més forts als suports; I també van ser modificats els colors dels trens.

4.1.4. Descripció recorregut

Inicialment, una cadena motoritzada t'eleva fins al punt més alt del recorregut. Cauràs per un pronunciat pendent i, durant un llarg minut, recorreràs els seus vuit tirabuixons.

En el punt més alt, l'atracció obté una energia potencial que després es converteix en cinètica i així pot adquirir grans velocitats per poder realitzar els anomenats *loopings* que són trams de l'atracció on la vagoneta queda totalment cap per avall i altres girs que fan que cada atracció sigui diferent de les altres.

4.1.5. Treball de camp

La part física que ens interessa estudiar d'aquesta atracció és la conservació de l'energia mecànica així com les forces que intervenen en els *loopings*.

Per a estudiar la part física de l'atracció seguirem el principi del recorregut de l'atracció: analitzarem la primera pujada, la primera baixada i el primer looping (la velocitat mínima i l'alçada mínima inicial perquè aquest es pugui realitzar).

4.1.5.1. Primera pujada: velocitat pujada

En primer lloc volem calcular la velocitat que porta la vagoneta fins a pujar al punt més alt de l'atracció.

Aquesta velocitat de pujada de l'atracció la calcularem a partir de les dades recollides personalment al parc d'atraccions de Port Aventura per mitjà d'un cronòmetre i pels diferents vídeos registrats amb la meva càmera.

Temps de pujada (s)			
1	36,65	6	37,22
2	37,31	7	37,45
3	37,30	8	37,20
4	37,45	9	37,26
5	37,48	10	36,93

Les dades de la taula superior són els temps que triga la vagoneta a pujar fins al punt més alt, que mesura aproximadament uns 88 metres. D'aquestes dades extraurem el temps mitjà.

$$\text{Temps} = \frac{36,65 + 37,31 + 37,30 + 37,45 + 37,48 + 37,22 + 37,45 + 37,20 + 37,26 + 36,93}{10} = 37,23 \text{ s}$$

A més del temps, també tindrem en compte l'espai recorregut:

$X_0 = 0 \text{ m}$	$x = 88 \text{ m}$
---------------------	--------------------



Figura 15: Dades posicions de la primera pujada del Dragon Khan.

Com l'espai recorregut ja era conegut, un cop tenim el temps mitjà que triga la vagoneta a arribar a dalt de tot, ens disposem a calcular la velocitat. Com es tracta d'un MRU utilitzarem la fórmula següent:

$$\text{Velocitat (SI= m/s): } \frac{(x-x_0)}{(t-t_0)}$$

$$v = \frac{88-0}{37,23} = \underline{2,36 \text{ m/s}}$$

4.1.5.2. Primera baixada: velocitat màxima

En segon lloc, calcularem la velocitat màxima que s'assoleix a la baixada. Per a realitzar aquest càlcul aplicarem el principi de conservació de l'energia i tindrem en compte que a l'inici es troba en repòs i que al final l'altura és 0.

$h_0 = 49\text{m}$	$h = 0\text{m}$
$v_0 = 0 \text{ m/s}$	$g = 9,81 \text{ m/s}$

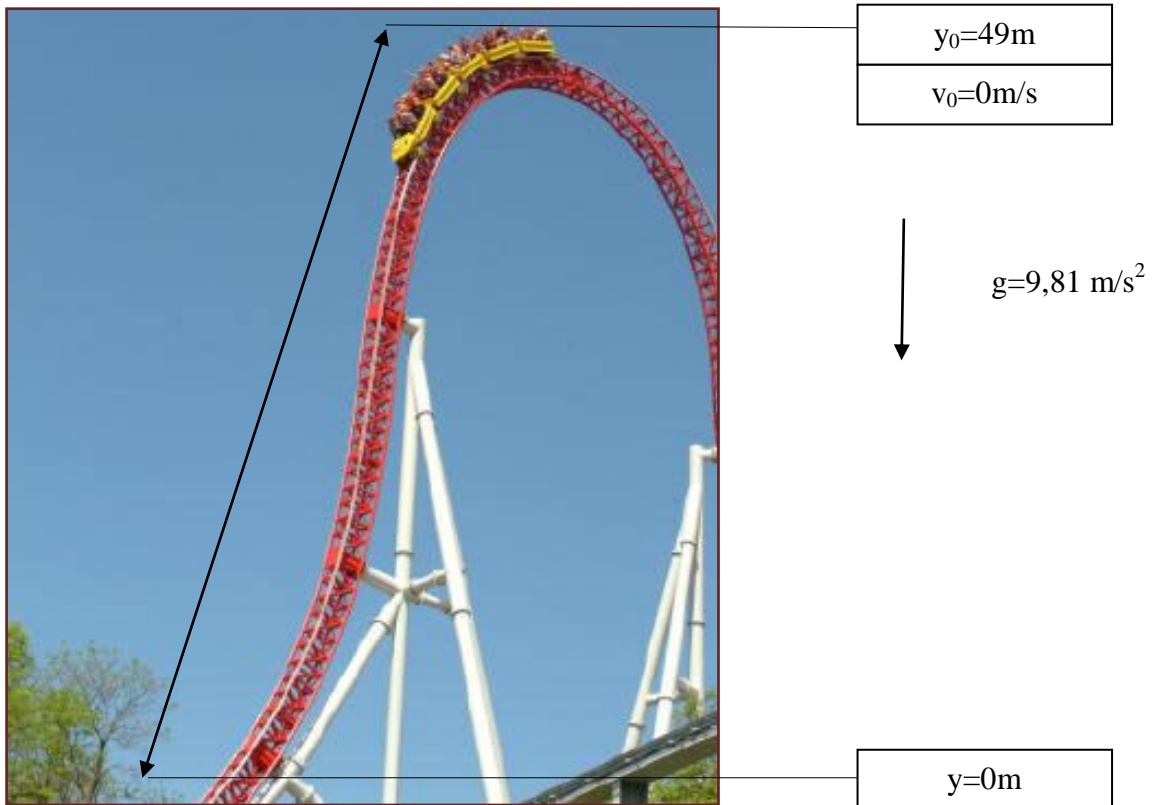


Figura 16: Dades posicions, velocitats i acceleració de la primera baixada del Dragon Khan.

Principi de conservació energia mecànica ($E_M = E_C + E_P$): $E_{M1} = E_{M2}$

$$49 \cdot 9,81 = \frac{1}{2} \cdot v^2; \quad \underline{v = 31\text{m/s}}$$

És la velocitat més gran de tot el recorregut, ja que és el punt més baix de tota l'atracció, on l'energia potencial és mínima i per tant la cinètica és màxima.

4.1.5.3. Velocitat mínima per a realitzar el primer looping

Continuem el recorregut, situant-nos al primer *looping*.

Aquest *looping*, que és el més alt de l'atracció, no és casualitat que estigui situat al final de la primera baixada. Si es trobés cap al final el més segur és que no aconseguís realitzar-lo. A causa del fregament de les vies i de l'aire es va perdent energia pel recorregut i per tant es redueix la velocitat i es perd altura.

En aquest apartat calcularem la velocitat mínima que ha de portar la vagoneta en el punt superior del primer *looping* per poder realitzar-lo sense problemes i que no retrocedim quan ens trobem totalment cap per avall.

Perquè això no passi, la velocitat que duu la vagoneta al punt més alt del *looping* ha de ser suficientment gran i la força centrípeta ha de ser igual o més gran que el pes. Per tant, per calcular la velocitat mínima igualarem el pes amb la força centrípeta: $F_c = P$.

Pes (SI=N) = $m \cdot g$ Força centrípeta (SI=N): $m \cdot (v^2/r)$	→	$(m \cdot v^2)/r = m \cdot g$
--	---	-------------------------------

Per a saber la velocitat mínima només necessitem saber el valor de la gravetat i el valor del radi del *looping*.

$g=9,81 \text{ m/s}^2$	$d=36\text{m}; \text{radi}=18 \text{ m}$
------------------------	--

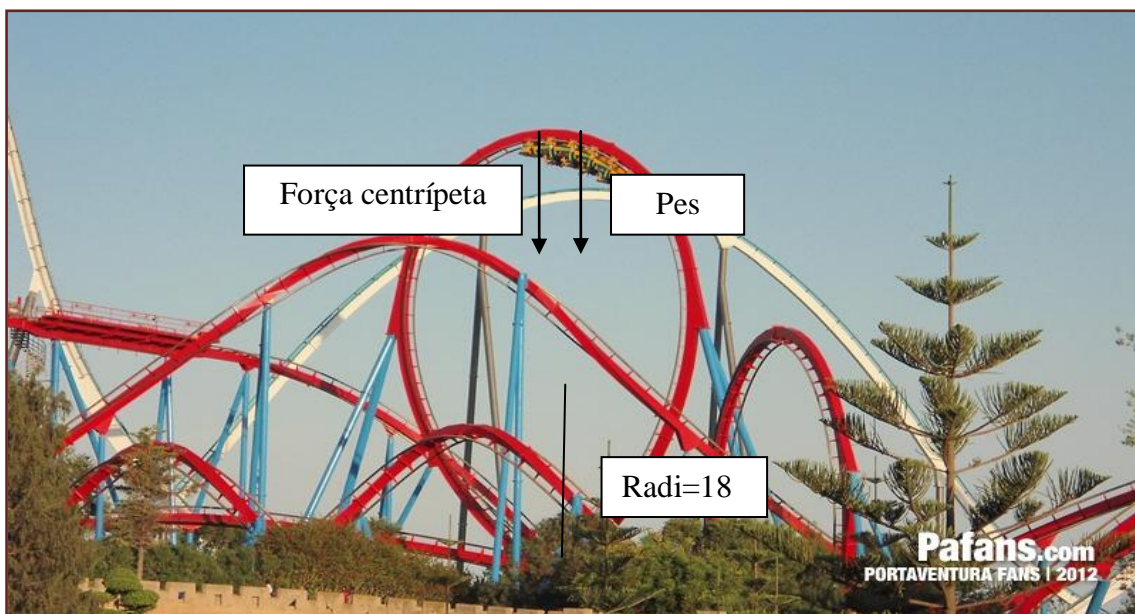


Figura 17: Dades força, pes i radi del primer looping del Dragon Khan.

Aïllem la velocitat de la fórmula i trobarem la velocitat: $v^2 = g \cdot r$;

$$v^2 = 9,81 \cdot 18;$$

$$v = 13,29 \text{ m/s}$$

Trobem que la velocitat mínima que ha de dur la vagoneta a dalt del looping ha de ser de 13,29 m/s; si és inferior, no podrà seguir el seu recorregut.

Als *loopings* de les muntanyes russes, els passatgers se senten amb un pes aparent més gran, perquè estan sent pressionats contra el seient. Durant els girs, és difícil que el passatger pugui aixecar el cap del seient.

4.1.5.4. Alçada mínima per aconseguir completar el primer *looping*

Una vegada hem estudiat quina és la velocitat mínima necessària per a completar el primer *looping*, volem saber de quina alçada s'ha de deixar caure la vagoneta perquè aconseguixi aquesta velocitat mínima.

Una vegada calculada aquesta alçada, la compararem amb l'alçada real de l'atracció.

Aquest càlcul el farem per mitjà de la conservació de l'energia mecànica.

Disposem de les següents dades:

$v_0 = 0 \text{ m/s}$ (repòs)	$h_0 = ?$
$v_f = 13,29 \text{ m/s}$	$h_f = 36 \text{ m}$



$$g=9,81 \text{ m/s}^2$$

$$v_f=13,29\text{m/s}$$

$$h_0=36\text{m}$$

Figura 18: Dades posició i velocitat primera baixada Dragon Khan.

Principi de conservació energia mecànica ($E_M = E_C + E_P$): $E_{M1} = E_{M2}$

$$m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$9,81 \cdot h = 9,81 \cdot 36 + \frac{1}{2} \cdot 13,29^2; \quad \underline{h_{\text{mín}}=45 \text{ metres}}$$

Tal com observem l'alçada mínima des de la qual hauria de caure la vagoneta per poder realitzar el primer looping seria de 45 metres, mentre que en realitat el desnivell que hi ha és de 49 metres. Amb això podem veure com els enginyers dissenyen les atraccions amb cert marge.

Els enginyers dissenyen les atraccions amb cert marge, ja que hi ha factors que ells no poden controlar, com són les condicions meteorològiques. Això justifica que el Dragon Khan tanca quan els vents són superiors a 50 km/h, ja que el fort vent podria fer que hi hagués més pèrdues de les esperades i potser no podria realitzar el recorregut amb normalitat.

4.1.6. Simulació informàtica moviments

4.1.6.1. Primera pujada

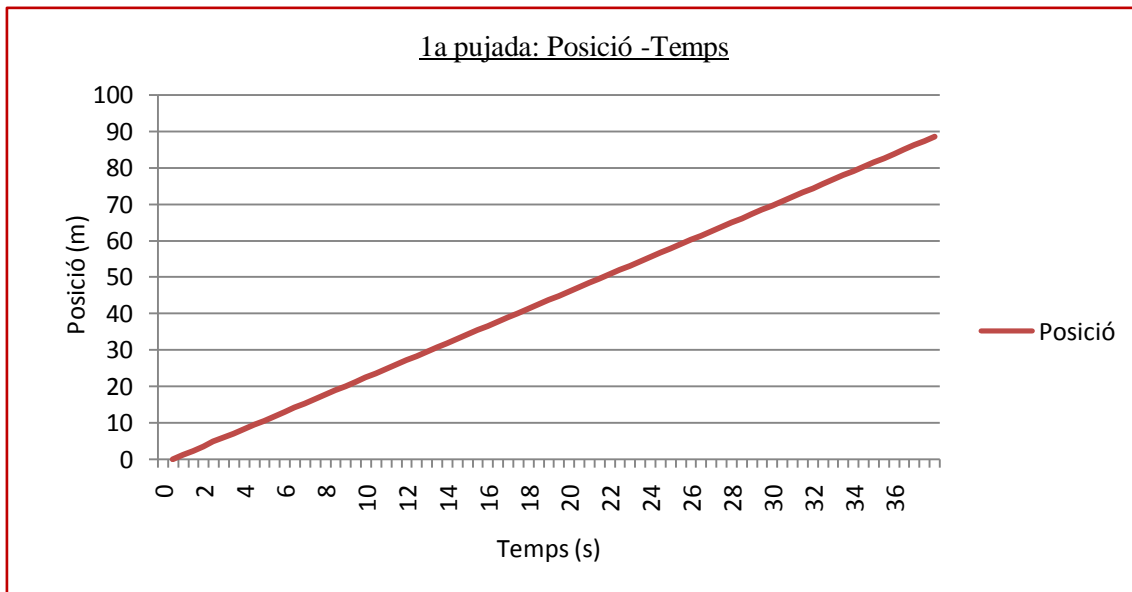


Figura 19: Gràfic 1a pujada: Posició-Temps del Dragon Khan.

Aquest gràfic ens mostra el recorregut (en metres) respecte al temps (en segons) que realitza el Dragon Khan durant la primera pujada. Es tracta d'un MRU i per tant segueix una trajectòria rectilínia.

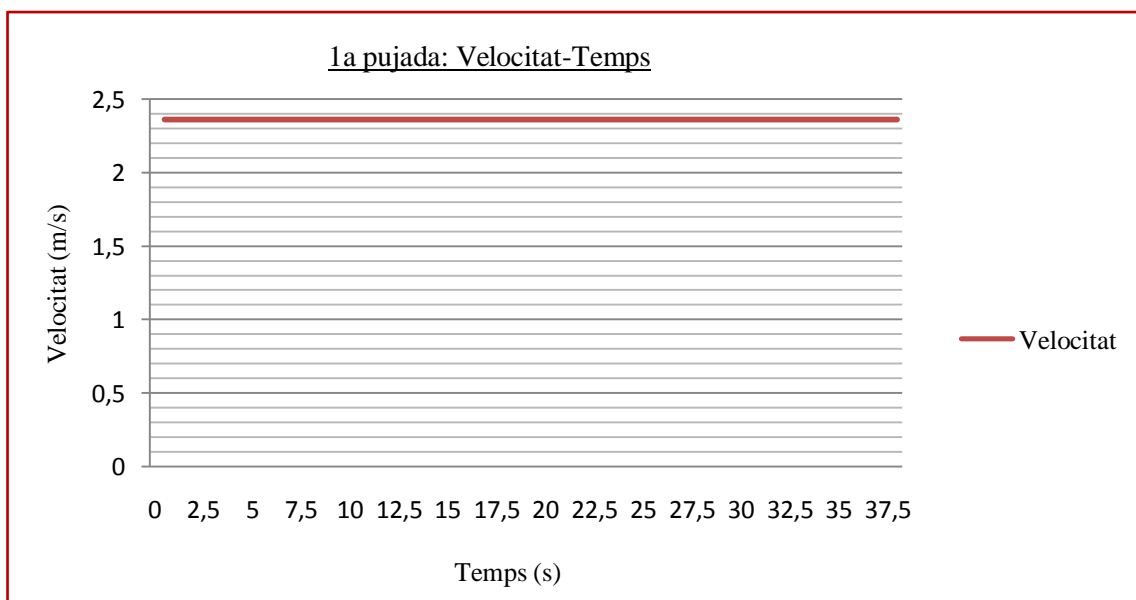


Figura 20: Gràfic 1a pujada: Velocitat-Temps del Dragon Khan.

Aquest gràfic ens mostra la velocitat (en metres/segons) respecte al temps (en segons) que porta el Dragon Khan durant la primera pujada. Es tracta d'un MRU i per tant, la seva velocitat es manté constant al llarg d'aquesta part del recorregut.

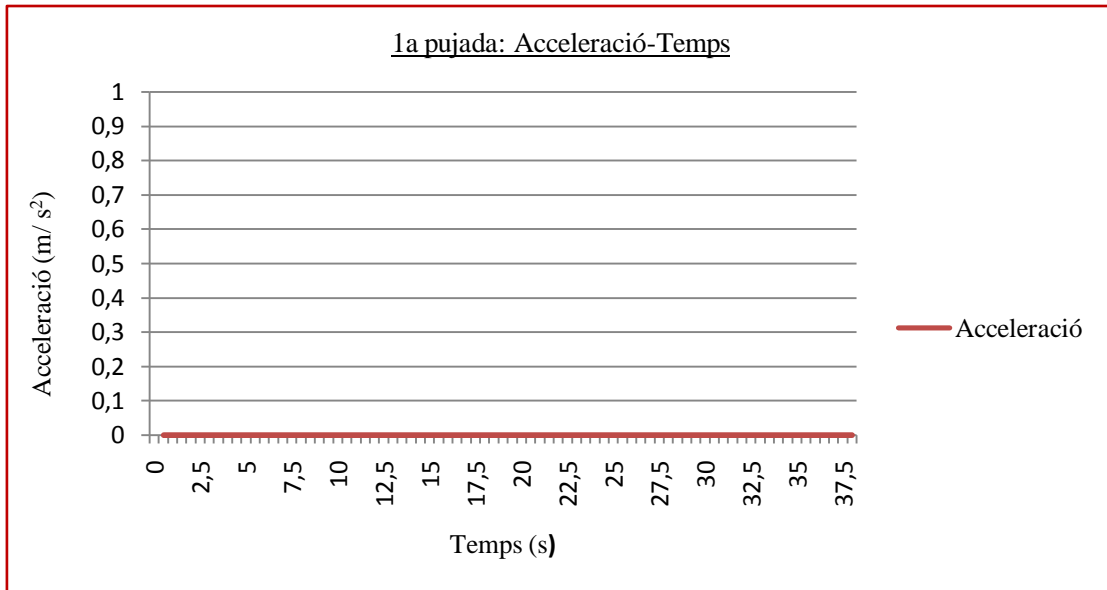


Figura 21: Gràfic 1a pujada: Acceleració-Temps del Dragon Khan.

Aquest gràfic ens mostra l'acceleració (en metres/segon²) respecte al temps (en segons) que porta el Dragon Khan durant la primera pujada. Es tracta d'un MRU i per tant, la seva acceleració és 0.

4.1.6.2. Primera baixada

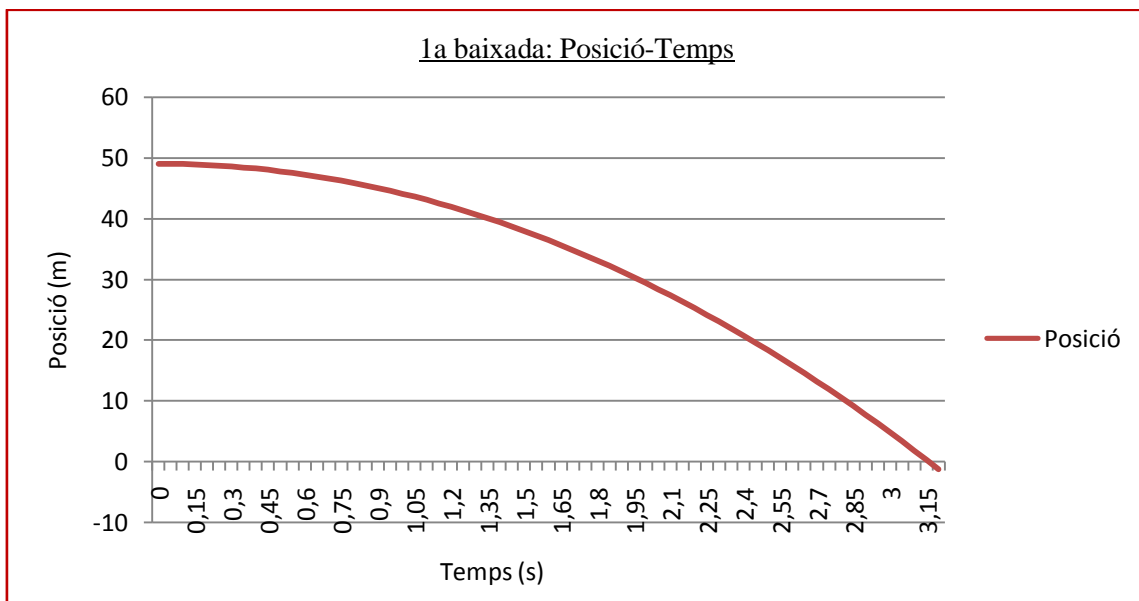


Figura 22: Gràfic 1a baixada: Posició-Temps del Dragon Khan.

Aquest gràfic ens mostra el recorregut (en metres) respecte al temps (en segons) que realitza el Dragon Khan durant la primera baixada. Es tracta d'un MRUA i per tant segueix una trajectòria quadràtica.

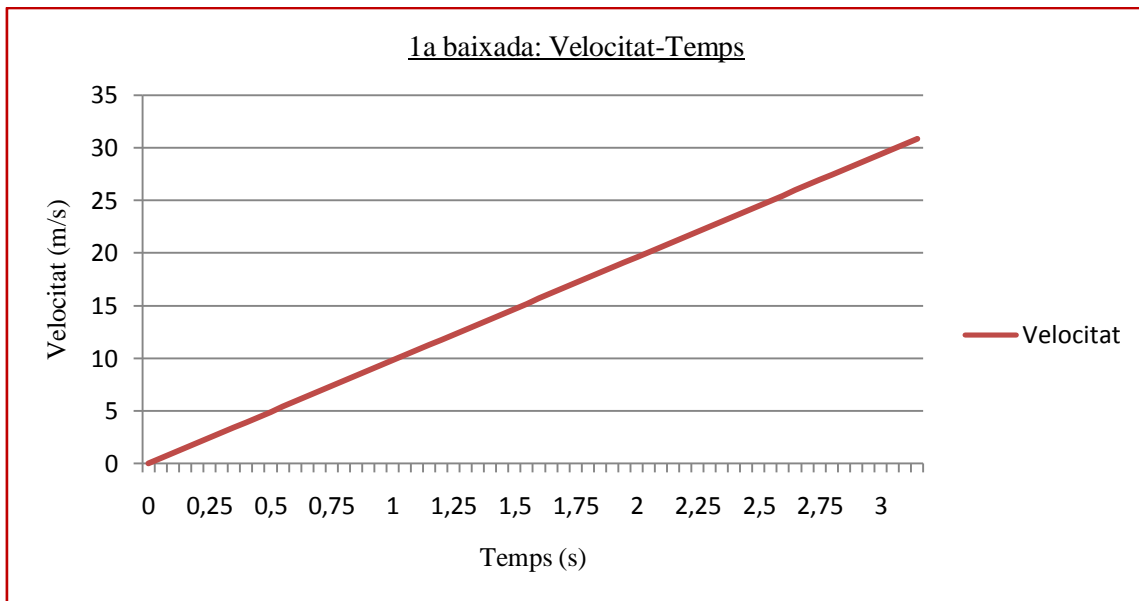


Figura 23: Gràfic 1a baixada: Velocitat-Temps del Dragon Khan.

Aquest gràfic ens mostra la velocitat (en metres/segon) respecte al temps (en segons) que porta el Dragon Khan durant la primera baixada. Es tracta d'un moviment MRUA i per tant, la seva velocitat augmenta de forma lineal.

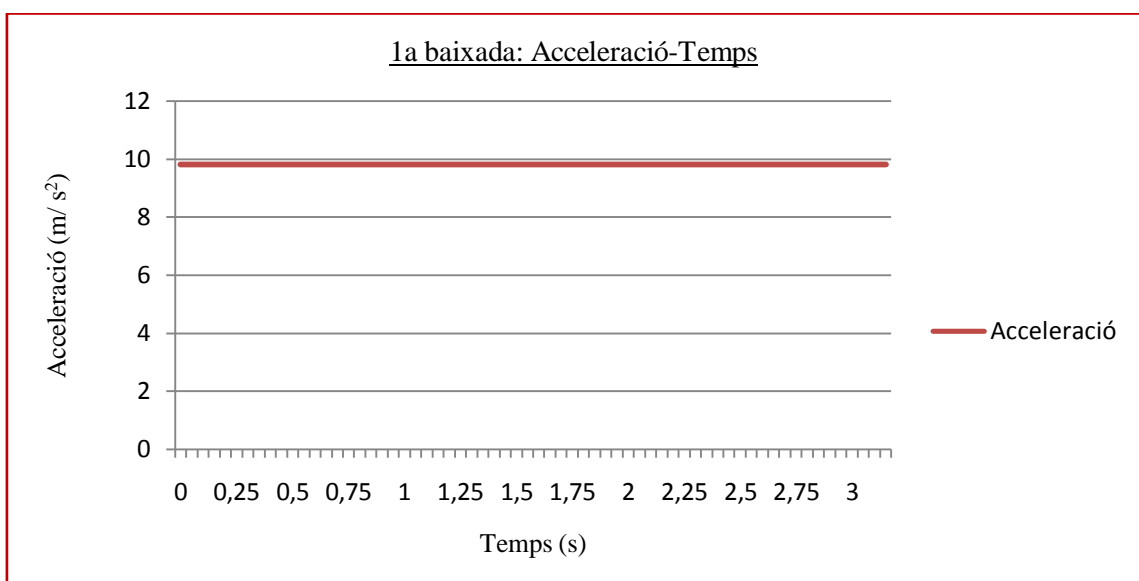


Figura 24: Gràfic 1a baixada: Acceleració-Temps del Dragon Khan.

Aquest gràfic ens mostra l'acceleració (en metres/segon²) respecte al temps (en segons) que porta el Dragon Khan durant la primera baixada. Es tracta d'un MRUA i per tant, la seva acceleració es manté constant durant aquesta part del recorregut.

4.1.6.3. Primer *looping*

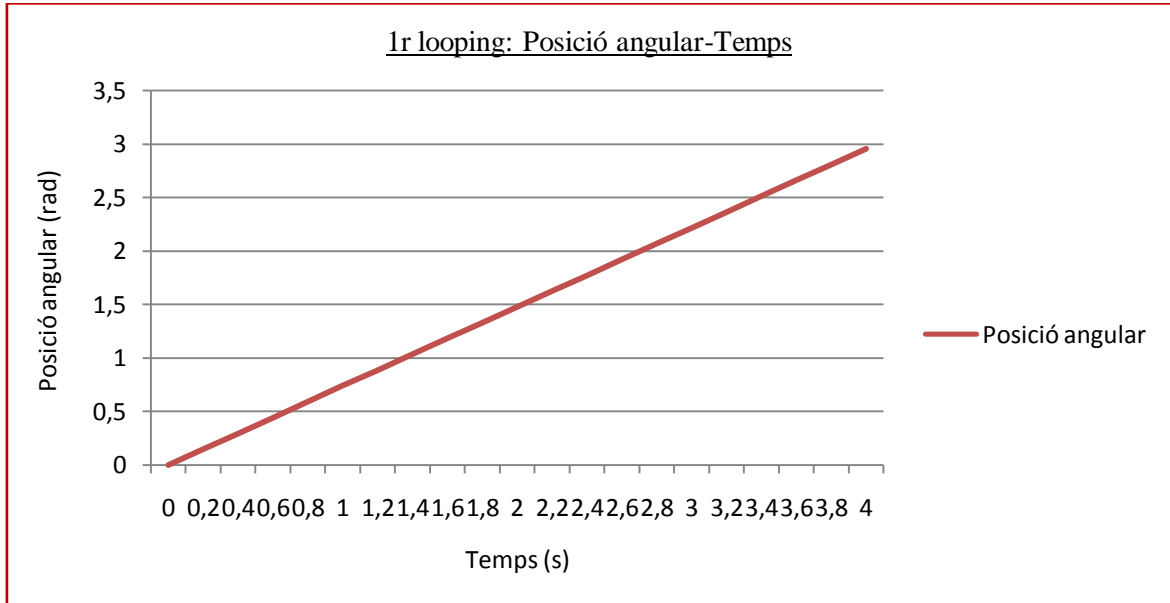


Figura 25: Gràfic 1r looping: Posició angular-Temps del Dragon Khan.

Aquest gràfic ens mostra la posició angular (en radiants) respecte al temps (en segons) que realitza el Dragon Khan durant el primer looping. Es tracta d'un MCU i per tant segueix una trajectòria lineal.

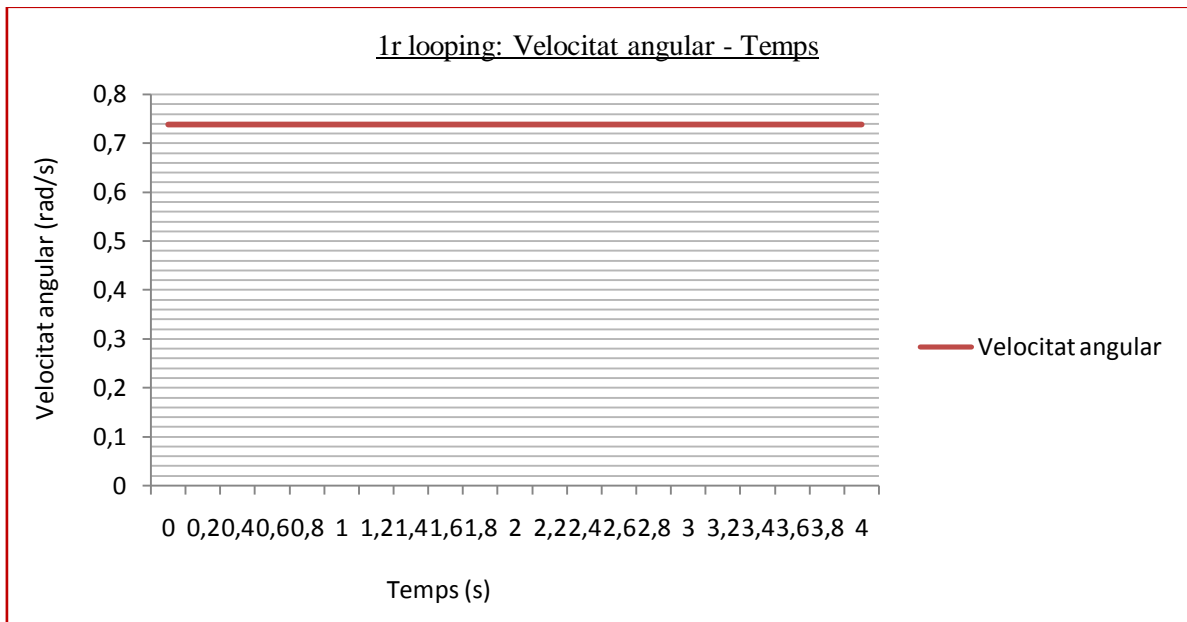


Figura 26: Gràfic 1r looping: Velocitat angular-Temps del Dragon Khan.

Aquest gràfic ens mostra la velocitat angular (en radiants/segon) respecte al temps (en segons) que porta el Dragon Khan durant el primer looping. Es tracta d'un moviment MCU i per tant, la seva velocitat és constant.

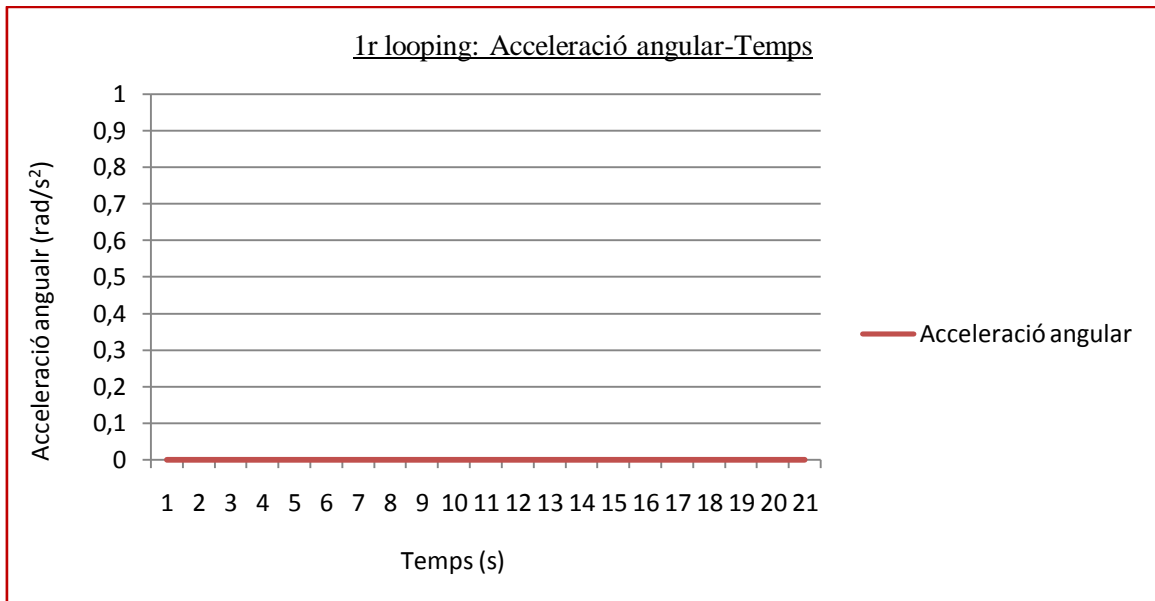


Figura 27: Gràfic 1r looping: Acceleració angular-Temps del Dragon

Aquest gràfic ens mostra l'acceleració (en radiants/segons²) respecte al temps (en segons) que porta el Dragon Khan durant el primer looping. Es tracta d'un MCU i per tant, la seva acceleració és 0.

*Les taules Excel amb les dades a partir de les quals he extret els gràfics estan a l'Annex III.

4.1.7. Un viatge gaudint de les sensacions

Quan travesses l'arc d'entrada protegit per dos dracs, de seguida passaràs al voltant del cap del drac que hi ha just al centre de l'edifici de la cua, i arribaràs a l'estació. Allí, un tren amb capacitat per a 28 persones t'estarà esperant. Mentrestant fas la cua, començaràs a sentir l'emoció del que vas a experimentar i és el moment d'afrontar-ho o de fugir. El cor s'accelera, respires més ràpid, comences a suar; en fi, sents que tens moltes ganes de pujar o pel contrari, ganes de baixar i de què s'acabi molt ràpid.

Després de col·locar-te en una de les 8 files de 4 persones cadascuna, el tren arranca i fa una primera corba, on ja pots comprovar la velocitat que agafa el tren només començar. A continuació, el tren s'enganxa a una cadena per traslladar-te mecànicament fins a una alçada de 38,5 metres respecte a l'estació. En aquest punt és on el tren assoleix la seva màxima energia potencial que prové del treball mecànic que fa el motor del sistema d'elevació.

En el moment que arribes dalt de tot, a la part més alta de la recta, la teva inèrcia fa que tinguis la sensació de què continues pujant o que et quedaràs en repòs dalt; però en realitat el tren ja està començant a baixar. En aquest instant tens la sensació de què t'han tret el seient i que estàs flotant. En aquest punt és quan comença l'emoció: passes per una altra petita corba de 90° a la dreta i comences a baixar per la primera baixada d'una mica més de 40 metres on arribes als 110 km/h. És en aquest instant quan sents l'adrenalina i ho expresses cridant. El tren perd altura i guanya velocitat; perd l'energia potencial i guanya energia cinètica. És al fons de la primera baixada on el tren adquireix la màxima velocitat; per tant, l'energia cinètica també serà màxima. Aquesta energia és la que el tren necessita juntament amb l'inèrcia per a continuar el seu recorregut.

Després de la primera baixada et trobes amb un *looping* vertical gegant de 38 metres d'altura seguit d'un recorregut impressionant amb vuit inversions més. En aquest recorregut la velocitat del tren varia tot el temps; unes vegades augmenta, altres disminueix, i els canvis en la direcció del moviment també són permanents.

La pista del recorregut canalitza totes les forces: acceleració, inèrcia, força centrípeta, gravetat i controla la força en què es mou el tren.

El tren puja i la gravetat el frena i aquest desaccelera; baixa i accelera perquè la gravetat tira del tren i l'empeny; supera les corbes o pega la volta a les inversions gràcies a la força centrípeta que el fa girar. La força de fregament entre el tren i la pista, i el tren i l'aire també juga un paper important en les sensacions dels moviments perquè frena les vagonetes en tot moment.

Un dels efectes que perceps és que el teu pes aparent està modificant-se tot el temps. Experimentes aquestes modificacions amb el teu sistema sensorial i com a resposta del teu cos. Quan el seient t'impulsa i accelera, els ossos de l'espatlla empenen les parts internes i a la vegada aquestes s'empenen entre elles, i aleshores tu tens la sensació de tenir un pes aparent més gran. En canvi quan estàs en caiguda lliure, en el moment que el tren comença a caure, a la gravetat se li oposa la força de l'acceleració i ens sentim sense pes aparent. En aquest instant les diferents parts del cos no s'empenen entre si com abans i cada una cau pel seu compte. Com cada part del cos cau individualment experimentes la sensació de tenir l'estómac buit, perquè aquest es torna més lleuger i ja no el sents com abans.

A tot això s'uneix que el viatge es produeix a l'aire lliure i no tenim moltes referències visuals. Al mateix temps, veus passar l'esquelet de la pista i les columnes de l'estructura molt ràpidament, amb l'aire colpejant la teva cara, el qual fa que augmenti la sensació de què estem fent quelcom a una velocitat que pareix estar fora de control.

Després de les inversions ve una petita corba amb pendent que et porta directament al tram de frenada de l'estació. En aquest moment, quan baixes del tren, sents que tot et pega voltes perquè els teus oïts interns encara registren moviment; en canvi, els teus ulls perceben que ja s'ha parat l'atracció. Aquesta diferència d'informació confon al cervell i tenim la sensació de vertigen.

Totes aquestes sensacions les experimentes molt ràpidament i totes una rere l'altra, ja que el recorregut de l'atracció només dura 105 segons. Uns poc segons que pareixen interminables i unes sensacions que et deixaran bocabadat. T'atreveixes a desafiar al drac?

4.2. HURAKAN CONDOR

4.2.1. Història i temàtica

A les ruïnes d'una vella torre asteca, un sacerdot tracta de calmar la ira del Déu Huracà. Per tal de calmar-la, el Déu de les tempestes i els trons exigeix el sacrifici de 20 mortals que hauran de ser llençats pel còndor al buit. Només així s'aconseguirà la calma del Déu Huracà i aquest procés s'haurà de repetir cada cop que el Déu ho demani.

En estar dalt de tot, et sents com si estiguessis al cel, però quan menys t'ho esperis el Déu t'invocarà i et farà caure a la més absoluta foscor, però tranquil, el déu frenarà el cop.

Serà vostè un dels 20 mortals elegits?



Figura 28: Imatge de l'Hurakan Condor vista des de baix.

4.2.2. Quadre general

Nom de l'atracció: Hurakan Condor	
Zona del parc: Mèxic.	Fabricant: Intamin.
Tipus: Caiguda lliure.	Inauguració: 20/05/2005.
Material: Acer.	Cost: 6.500.000€.
Durada: 33 segons.	Capacitat: 850 passatgers/hora.
Gòndoles: 5 gòndoles amb capacitat de 4 persones cadascuna.	Tipus de gòndoles: 3 a.2 gòndoles de tipus assegut, on durant tot el trajecte, el passatger va assegut. b.1 gòndola de tipus assegut amb una inclinació de 15°. Única al món. c. 2 gòndoles de tipus de peu i també amb una inclinació de 15°.
Pes total: 250 tones.	Sistema frenada: frens magnètics 3G (tres vegades la gravetat).
Distància de frenada: 24 metres.	Alçada total : 100 metres.
Alçada caiguda: 86 metres	Alçada de l'edifici: 24 metres (equivalent a 8 pisos)
Velocitat màxima: 115 km/h.	Diàmetre del cilindre: 2,7 metres.
Profunditat dels ciments: 7 metres.	Seguretat: arnesos hidràulics amb cinturó.

4.2.3. Curiositats

- És la caiguda lliure d'aquest tipus més alta del món, la més decorada i la que conta en una modalitat de gòndola única.
- La temàtica està inspirada en les ruïnes de Palenque (la Torre de Palau).
- L'atracció conta en efectes de llum i so, i també efectes de fum cada X tems.
- Variès vegades surt un actor parlant amb autèntiques paraules asteques invocant al Déu creant un espectacle al·lucinant a la mateixa atracció. (El *show* està cancel·lat de moment).

- A l'interior de la torre t'hi trobaràs amb figures maies i amb un gran nombre de plantes trepadores juntament amb estàtues penjades i jeroglífics.
- Les góndoles s'inclinen cap avant en arribar a dalt de tot.
- Els últims 24 metres, en ser coberts, provoquen l'efecte de caure a un poc obscur i sense fi.
- Els nens poden gaudir de la sensació de l'Hurakan Condor a El Salt de Blas de Sèsam Aventura.

4.2.4. Descripció recorregut

Després d'una pujada de 86 metres cauràs durant 3 segons i mig en caiguda lliure, aconseguint una velocitat de 115 km/h. Després arriba la frenada. Els últims 24 metres els recorreràs a l'interior del temple, on uns potents frens magnètics reduiran la velocitat amb una frenada magnètica de 3g, tres vegades major que la que s'experimenta en una frenada d'emergència d'un cotxe.

4.2.5. Treball de camp

La relació principal que té L'Hurakan Condor amb la física és que es tracta d'una caiguda lliure, en la qual es deixa anar un cos, en aquest cas la vagoneta amb les persones que hi van assegudes. Tot i això trobem molta física a l'atracció. Per estudiar-la, dividirem l'atracció en dues fases: la de pujada i la de baixada.

Fase 1: ascens de la vagoneta en una velocitat constant, per tant es tracta d'un MRU; excepte els primers metres (que arranca) i els últims (que frena) però que en aquest cas no ho tindrem en compte. Repòs al capdamunt de l'atracció durant un segons.

El funcionament durant aquesta primera etapa podem dir que és semblant al d'un ascensor: per tal que la vagoneta sigui portada des del punt més baix al punt més alt de l'atracció, hi ha instal·lats uns motors a la part superior i que, mitjançant tres cables força resistents, que suporten 12 vegades més el pes de la gòndola, són capaços d'eleva-la.

4.2.5.1. Velocitat de pujada de l'atracció

En aquest apartat calcularem la velocitat de pujada de l'atracció. Per a calcular-la necessitarem el temps i l'espai recorregut.

El temps de pujada l'he calculat personalment al parc d'atraccions de Port Aventura per mitjà d'un cronòmetre i per mitjà de les gravacions realitzades al parc amb la càmera.

Temps de pujada (s)			
1	30,45	6	29,21
2	28,30	7	28,42
3	29,95	8	29,10
4	29,39	9	29,38
5	28,43	10	29,26

Les dades de la taula superior són els temps que triga la vagoneta a pujar fins al capdamunt de la torre de caiguda, que mesura aproximadament uns 86 metres. D'aquestes dades extraurem el temps mitjà.

$$\text{Temps} = \frac{30,45 + 28,30 + 29,95 + 29,39 + 28,43 + 29,21 + 28,42 + 29,10 + 29,38 + 29,26}{10} = 29,19 \text{ s}$$

També tindrem en compte que surt del repòs, és a dir sense velocitat inicial.

$y_0 = 0$ metres	$y = 86$ metres	$v_0 = 0$ m/s
------------------	-----------------	---------------

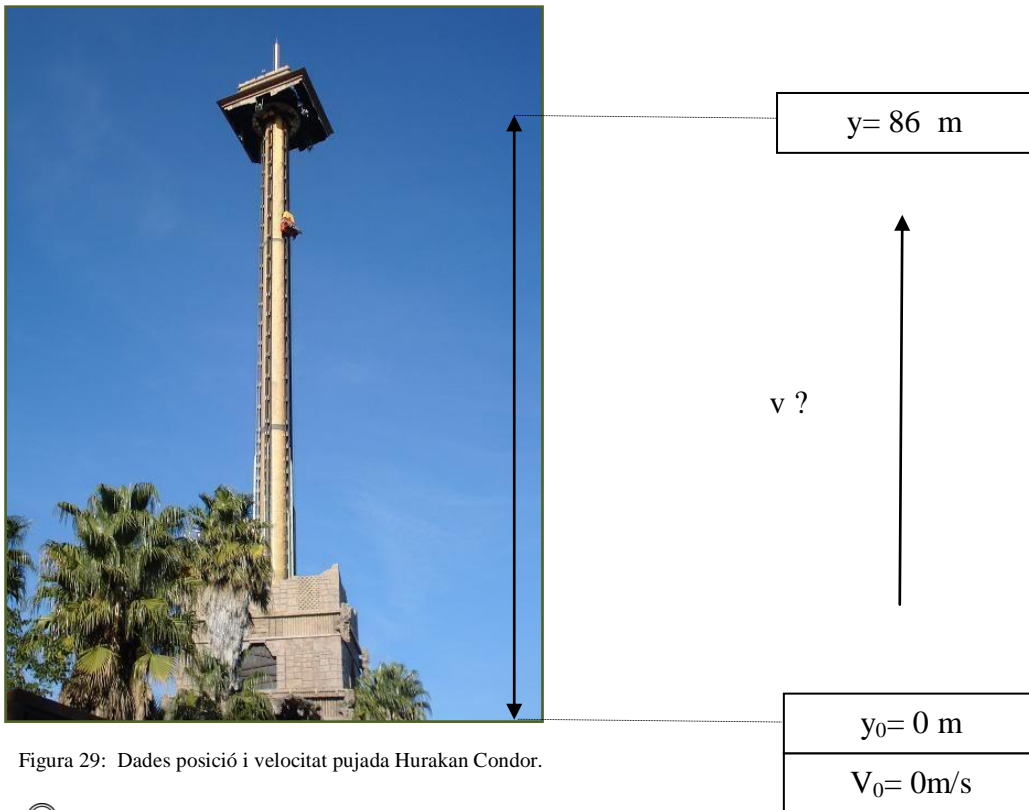


Figura 29: Dades posició i velocitat pujada Hurakan Condor.



29,189 s

Com l'espai recorregut ja era conegut, un cop tenim el temps mitjà que triga la vagoneta a arribar a dalt de tot, ens disposem a calcular la velocitat. Com es tracta d'un MRU utilitzarem la fórmula següent:

$$\text{Velocitat (SI=m/s): } \frac{(x-x_0)}{(t-t_0)}$$

$$v = \frac{86-0}{29,189} = \underline{2,94 \text{ m/s}}$$

4.2.5.2. Treball i potència pujada

En aquest apartat calcularem el treball realitzat i la potència subministrada durant la primera fase, la pujada.

Hem de tenir en compte que a la góndola hi van quatre persones de 60 kg aproximadament i que el pes de la góndola és de 1500 kg.

Per a calcular el treball són necessaris la força i el desplaçament; a nosaltres però ens falta la força.

Massa gòndola= 1500 kg	Massa 4 persones= 240 kg	$a=g=9,81 \text{ m/s}^2$
------------------------	--------------------------	--------------------------

Força (SI=N): $m \cdot a$

$$F = (1500+240) \cdot 9,81;$$

$$\underline{F=17.069,4 \text{ N}}$$

Una vegada coneguda la força ja podem calcular el treball:

$F=17.069,4 \text{ N}$	$x= 86 \text{ m}$
------------------------	-------------------

Treball (SI=J): $F \cdot x \cdot \cos a$

$$W=17.069,4 \cdot 86;$$

$$\underline{W= 1.467.968,4\text{J}}$$

Una vegada hem trobat el treball, ja podem calcular la potència. Per a calcular la potència necessitem el treball i el temps.

$W= 1.467.968,4 \text{ J}$	$t=29,189 \text{ s}$
----------------------------	----------------------

Potència (SI=J/s=Watts): W/t

$$P= 1.467.968,4 / 29,189; \underline{P=50.291,836 \text{ W}}$$

Fase 2: descens de la vagoneta. En aquesta fase diferenciem dos moviments diferents: la caiguda lliure (moviment principal de l'atracció) i MRUA de frenada (frenada i descens lent).

En aquesta fase calcularem l'espai recorregut en la caiguda lliure i també l'espai recorregut en la frenada.

4.2.5.3. Espai recorregut durant la caiguda lliure

En aquest apartat calcularem l'espai recorregut durant la caiguda lliure. Per a calcular-lo necessitarem el temps, la velocitat inicial, la posició i l'acceleració, que en aquest cas coincideix amb la gravetat.

El temps de baixada en caiguda lliure, el calcularem de dues maneres: de manera experimental, és a dir, la mesura que he fet personalment amb el cronòmetre al parc d'atraccions de Port Aventura; i també de forma teòrica. Així comprovarem que els dos temps són iguals.

Temps de caiguda lliure (experimental)			
1	2,90	6	2,91
2	3,20	7	2,86
3	3,76	8	3,20
4	3,91	9	3,22
5	3,30	10	3,31

Les dades de la taula superior són els temps que triga la vagoneta a experimentar la caiguda lliure. D'aquestes dades extraurem el temps mitjà.

$$\text{Temps} = \frac{2,90 + 3,20 + 3,76 + 3,91 + 3,30 + 2,91 + 2,86 + 3,20 + 3,22 + 3,31}{10} = \underline{\underline{3,26 \text{ s}}}$$

Per trobar el temps de forma teòrica hem de tenir en compte algunes dades que ens subministra la web oficial de Port Aventura: la velocitat inicial de baixada, la velocitat final; També hem de tenir en compte la gravetat.

$v_0 = 0 \text{ m/s}$	$v = 115 \text{ km/h} = 31,94 \text{ m/s}$	$g = 9,81 \text{ m/s}^2*$
-----------------------	--	---------------------------

* Realment l'acceleració de caiguda és inferior a $9,8 \text{ m/s}^2$ pel fregament però en els càlculs utilitzarem $9,8$ perquè com aquest és mínim el negligim.

Per calcular el temps teòric, com es tracta d'un MRUA utilitzarem la fórmula següent:

$$\text{Velocitat (SI= m/s): } v_0 + a \cdot t$$

A continuació, substituïm pels valors corresponents i seguidament aïllem el temps.

$$31,94 = 9,81 \cdot t ; \quad t = 3,26 \text{ s}$$

Una vegada tenim el temps de caiguda lliure, trobarem l'espai recorregut durant la caiguda lliure. Agafarem com a punt de referència inicial el punt més alt de la vagoneta. També sabem que la vagoneta surt del repòs, que la velocitat final són 31,94 m/s i que l'acceleració coincideix amb gravetat.

$y_0 = 86 \text{ m}$	$v_0 = 0 \text{ m/s}$
$v = 31,94 \text{ m/s}$	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

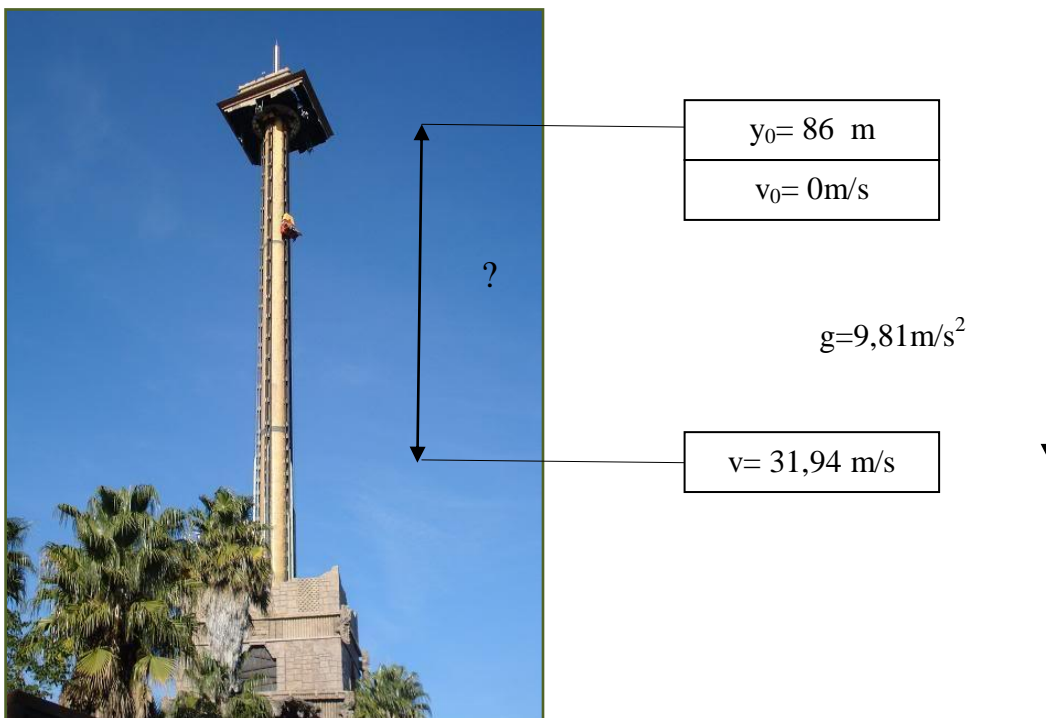


Figura 30: Dades posició, velocitat i acceleració caiguda lliure Hurakan Condor.

Com es tracta d'un MRUA, utilitzarem la fórmula següent:

$$\text{Posició (SI= m): } y = y_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$y = 86 - \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot (3,26^2); \quad y = 52,13 \text{ metres.}$$

Qualsevol persona en caiguda lliure, tot i estar caient, experimenta la ingravidesa, que no és el mateix que la manca de pes o la manca de gravetat. No havent-hi una força de sustentació no és possible que una persona en caiguda lliure experimenti un quelcom semblant al pes. Qui experimenta la caiguda lliure, té la sensació de surar, de no pesar, però al mateix temps pot veure com està caient.

4.2.5.4. Espai recorregut durant la frenada

En aquest apartat calcularem l'espai recorregut durant la frenada. Com hem vist en la taula de característiques generals, en aquesta atracció, concretament en la frenada es poden arribar a sentir unes forces equivalents a 3g.

Com a conseqüència de les forces 3g, la persona sent triplicada la força que exerceix el seu pes en algun moment.

Per trobar l'acceleració a què es sotmet la vagoneta per aturar-la, realitzarem el següent factor de conversió.

$$a = 3g \cdot \frac{9,81 \text{ m/s}^2}{1g} = 29,43 \text{ m/s}^2$$

Ja tenim l'acceleració que hi ha durant la frenada, on la vagoneta passa d'una gran velocitat fins a gairebé aturar-se; però si considerem que es tracta d'una frenada a l'hora de fer els càlculs de l'espai recorregut l'agafarem en signe negatiu.

Per a realitzar aquest càlcul necessitem la velocitat màxima a la qual arriba la vagoneta, calculada ja anteriorment i la velocitat final. També hem de tenir en compte l'acceleració.

$v_0 = 31,94 \text{ m/s}$	$v = 0 \text{ m/s}$
$a = -29,43 \text{ m/s}$	$y_0 = 0 \text{ m}$

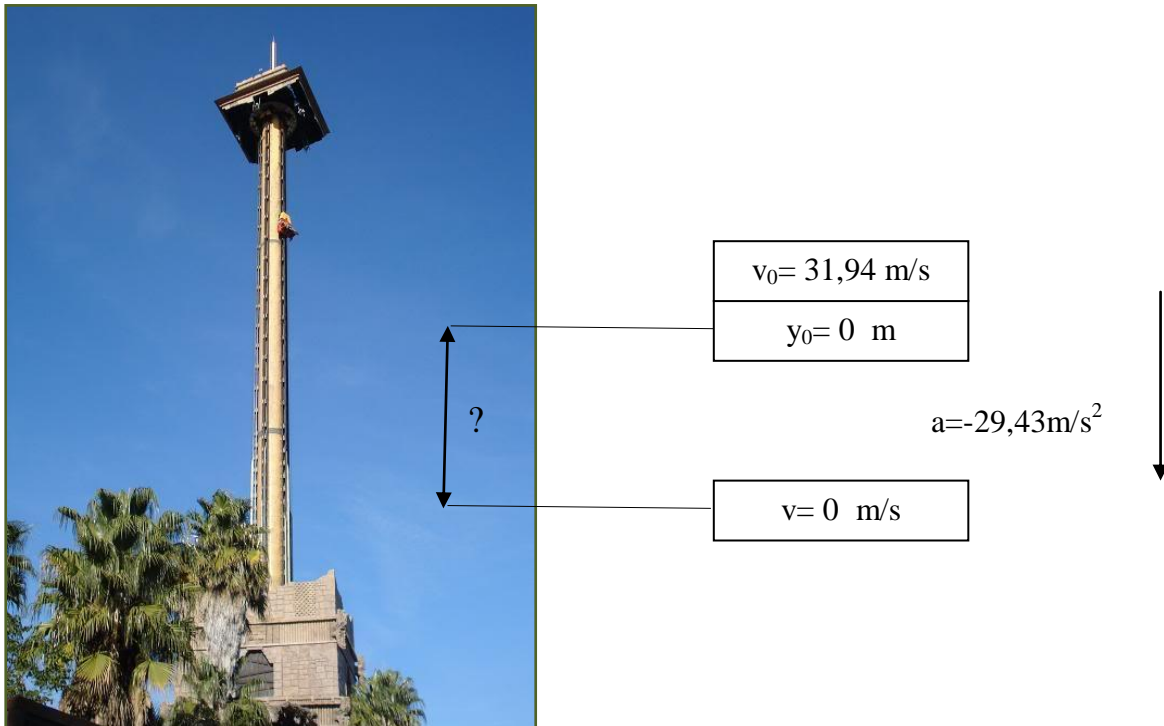


Figura 31: Dades posició, velocitat i acceleració frenada Hurakan Condor.

Com es tracta d'una frenada, és a dir MRUA, utilitzarem les fórmules següents:

$$\text{Velocitat (SI= m/s): } v_0 + a \cdot t$$

$$\text{Posició (SI= m): } x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

De la primera fórmula n'extrauré el temps i de la segona l'espai recorregut de frenada.

$$0 = 31,94 - 29,43 \cdot t; \quad \underline{t = 1,08 \text{ s}}$$

$$y = 31,94 \cdot 1,08 - \frac{1}{2} \cdot 29,43 \cdot 1,08^2; \quad \underline{y = 17,33 \text{ m}}$$

L'espai recorregut durant la frenada és de 17,33 metres i la vagoneta ha passat de trobar-se a una altura de 33, 87 (86 totals -52,13 de caiguda lliure) metres a una altura de 16, 54 metres sobre el terra.

4.2.5.5. Treball i potència durant la frenada

En aquest apartat calcularem el treball realitzat i la potència subministrada per una góndola durant la frenada.

Per a calcular el treball són necessaris la força i el desplaçament, calculats ja anteriorment.

$F=17.069,4 \text{ N}$	$x= 17,33 \text{ m}$
------------------------	----------------------

Treball (SI=J): $F \cdot x \cdot \cos a$
--

$$W=17.069,4 \cdot 17,33; \underline{W= - 295.812,702 \text{ J}}$$

Una vegada hem trobat el treball, ja podem calcular la potència. Per a calcular la potència necessitem el treball i el temps.

$W= -295.812,702$	$t=1,08$
-------------------	----------

Potència (SI=J/s=Watts): W/t

$$P= -295.812, 702 /1,08; \underline{P= 273.900,65 \text{ J}}$$

4.2.5.6. Espai de descens lent

Finalment, la vagoneta està pràcticament aturada i va baixant fins arribar a nivell del terra, és a dir baixa els 16,54 metres restants.

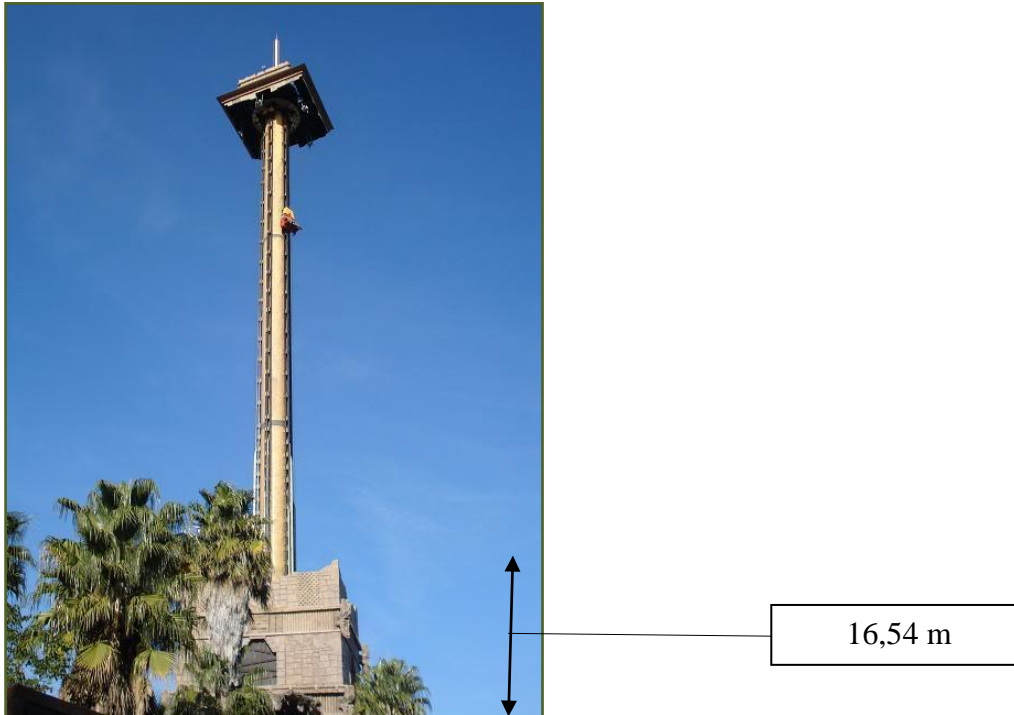


Figura 32: Dada espai recorregut descens lent Hurakan Condor.

Amb aquests càlculs hem pogut veure que la vagoneta comença a frenar a una altura de 33,87 metres.

$$17,33 \text{ (frenada)} + 16,54 \text{ (descens lent)} = \underline{33,87 \text{ metres}}$$

4.2.6. Simulació informàtica moviments

4.2.6.1. Simulació pujada

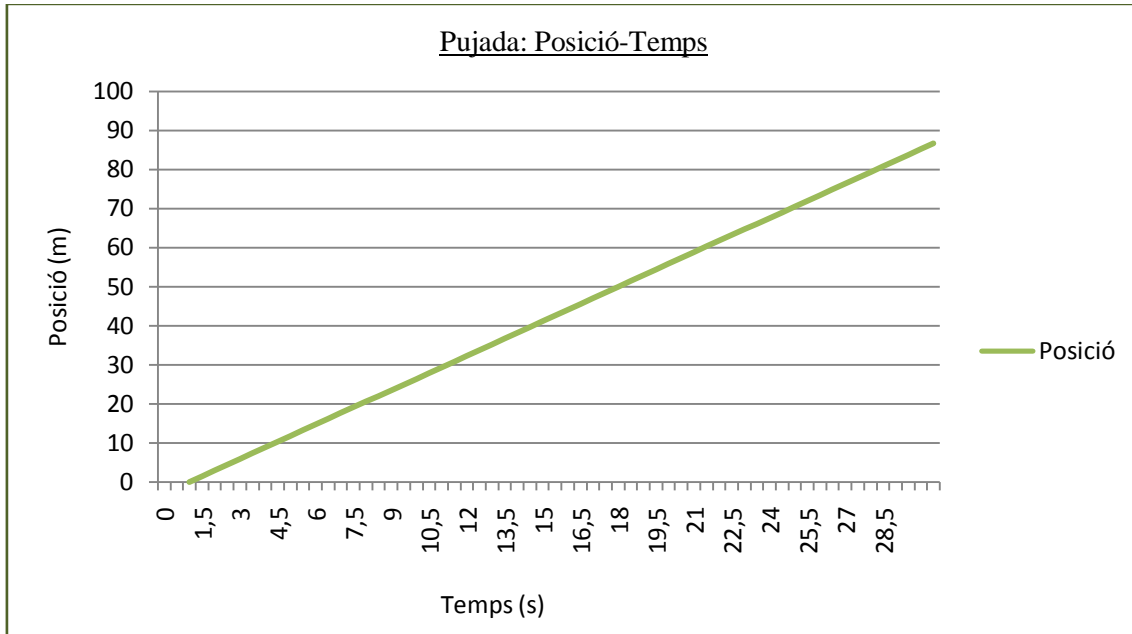


Figura 33: Gràfic pujada: Posició-Temps de l'Hurakan Condor

Aquest gràfic ens mostra el recorregut (en metres) respecte al temps (en segons) que realitza l'Hurakan Condor durant la pujada. Es tracta d'un MRU i per tant segueix una trajectòria lineal.

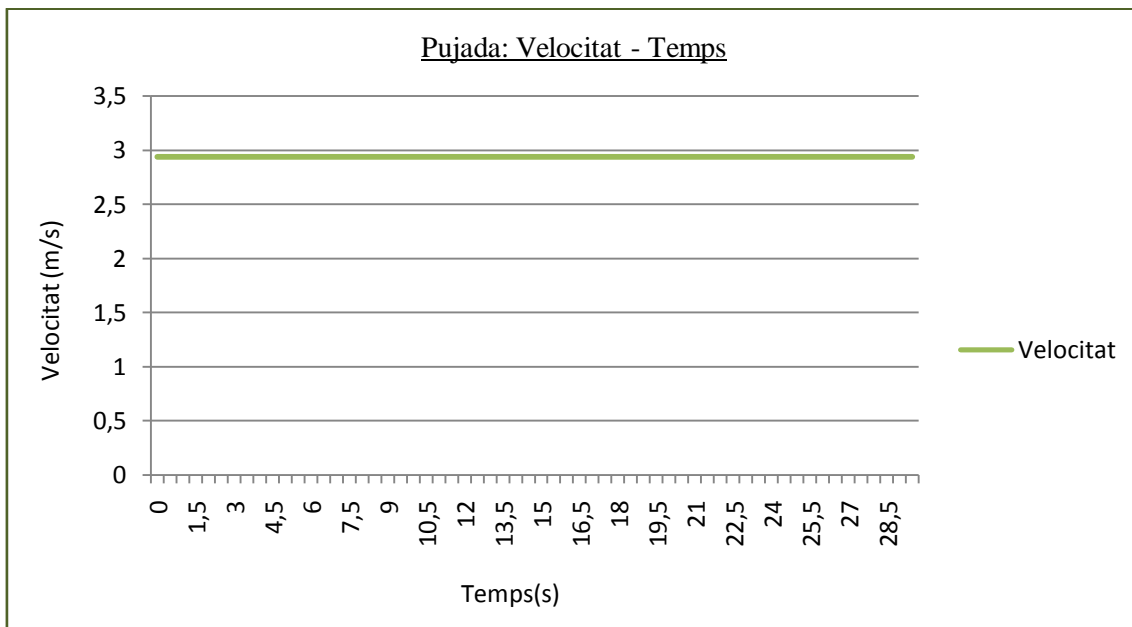


Figura 34: Gràfic pujada: Velocitat-Temps de l'Hurakan Condor

Aquest gràfic ens mostra la velocitat (en metres/segon) respecte al temps (en segons) que porta l'Hurakan Condor durant la pujada. Es tracta d'un MRU i per tant la velocitat es manté constant al llarg d'aquesta part del recorregut.

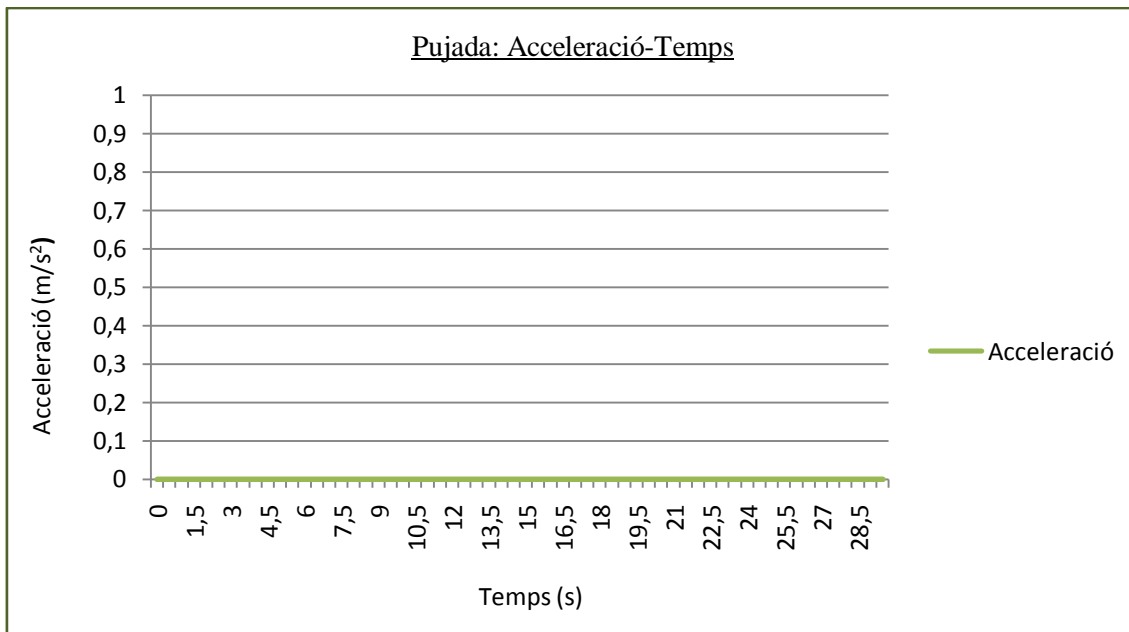


Figura 35: Gràfic pujada: Acceleració-Temps de l'Hurakan Condor

Aquest gràfic ens mostra l'acceleració (en metres/ segon²) respecte al temps (en segons) que porta el l'Hurakan Condor durant la pujada. Es tracta d'un MRU i per tant l'acceleració és 0.

4.2.6.2. Simulació caiguda lliure

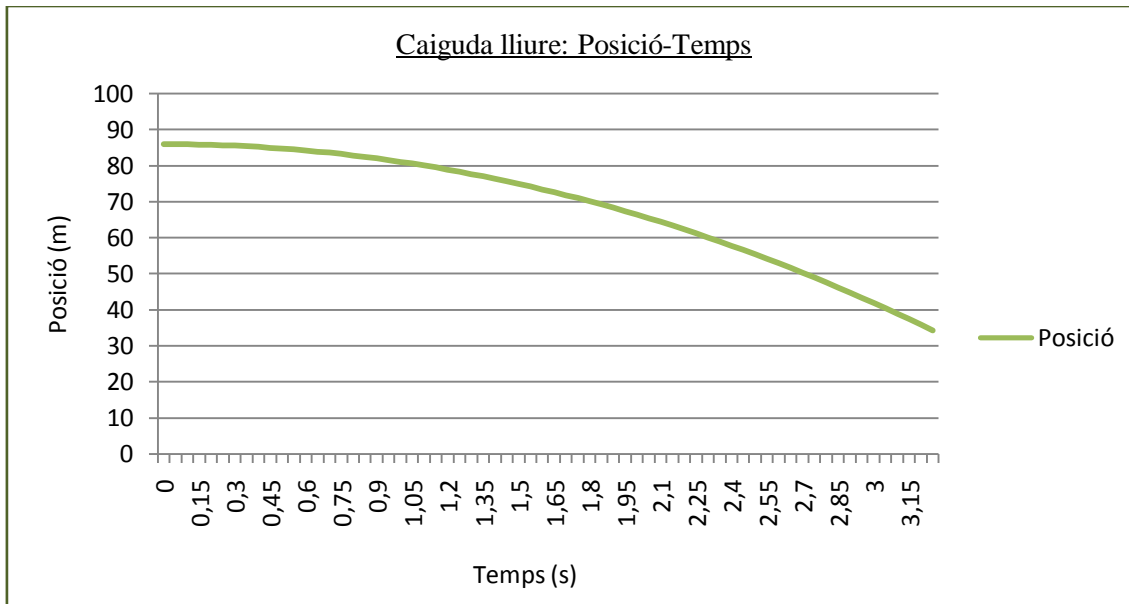


Figura 36: Gràfic caiguda lliure: Posició-Temps de l'Hurakan Condor

Aquest gràfic ens mostra el recorregut (en metres) respecte al temps (en segons) que realitza l'Hurakan Condor durant la caiguda lliure. Es tracta d'un MRUA i per tant segueix una trajectòria quadràtica.

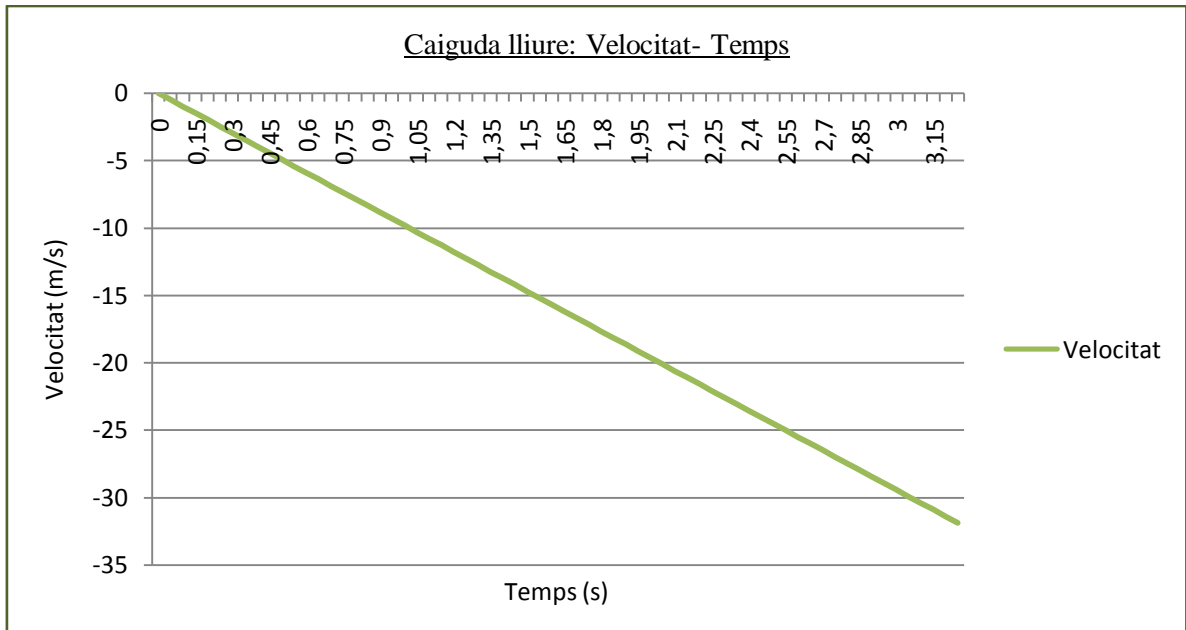


Figura 37: Gràfic caiguda lliure: Velocitat-Temps de l'Hurakan Condor

Aquest gràfic ens mostra la velocitat (en metres/segons) respecte al temps (en segons) que porta l'Hurakan Condor durant la caiguda lliure. Es tracta d'un MRUA i per tant segueix una trajectòria lineal.

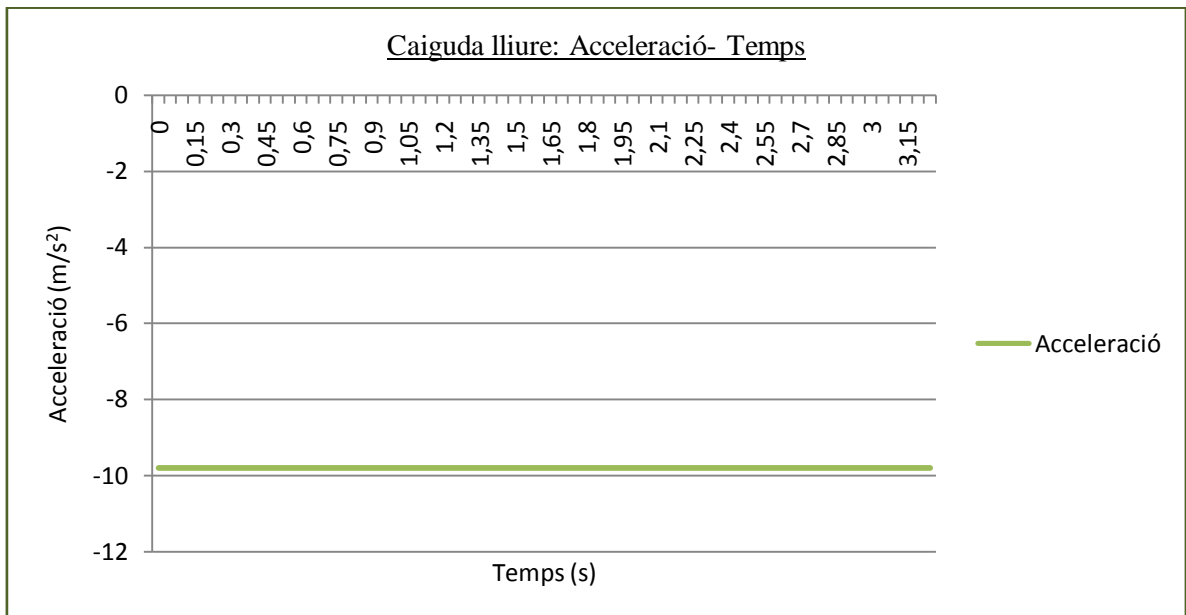


Figura 38: Gràfic caiguda lliure: Acceleració-Temps de l'Hurakan Condor

Aquest gràfic ens mostra l'acceleració (en metres/segon²) respecte al temps (en segons) que porta l'Hurakan Condor durant la caiguda lliure. Es tracta d'un MRUA i per tant l'acceleració, que és igual a la gravetat, es manté constant.

4.2.6.2. Simulació frenada

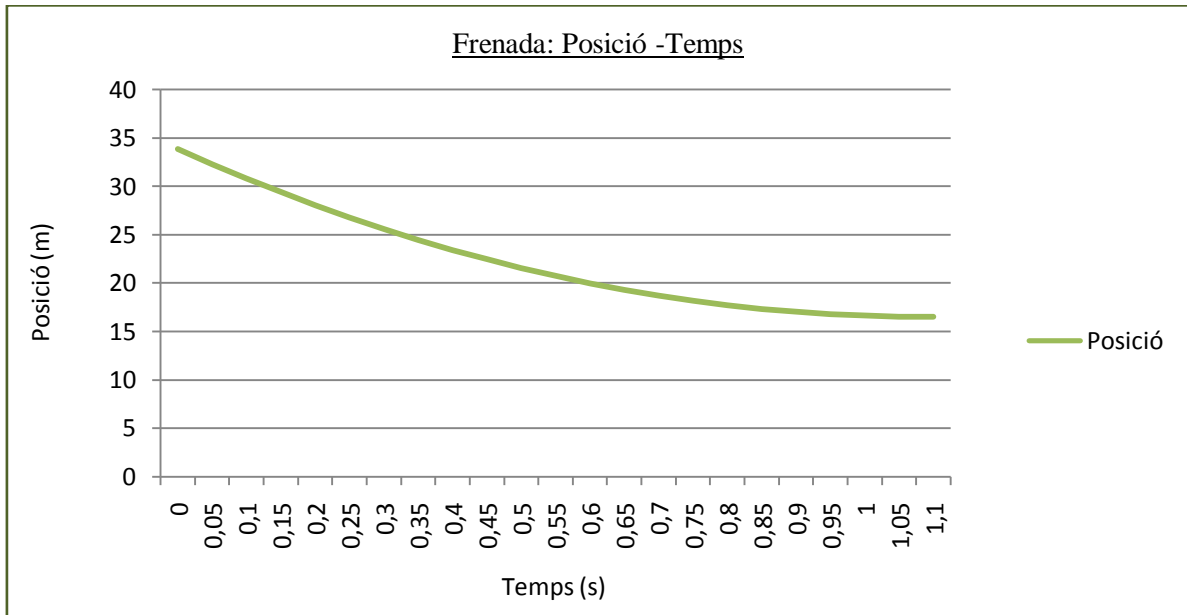


Figura 39: Gràfic frenada: Posició-Temps de l'Hurakan Condor

Aquest gràfic ens mostra el recorregut (en metres) respecte al temps (en segons) que realitza l'Hurakan Condor durant la frenada. Es tracta d'un MRUA i per tant segueix una trajectòria quadràtica.

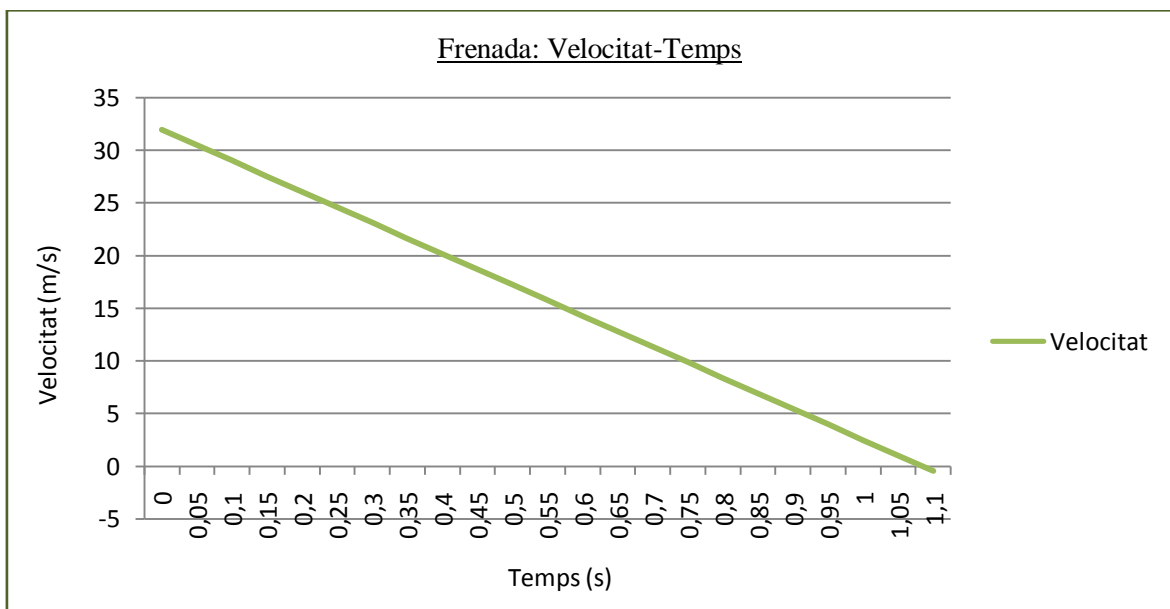


Figura 40: Gràfic frenada: Velocitat-Temps de l'Hurakan Condor

Aquest gràfic ens mostra la velocitat (en metres/segon) respecte al temps (en segons) que porta l'Hurakan Condor durant la frenada. Es tracta d'un MRUA i per tant segueix una trajectòria lineal.

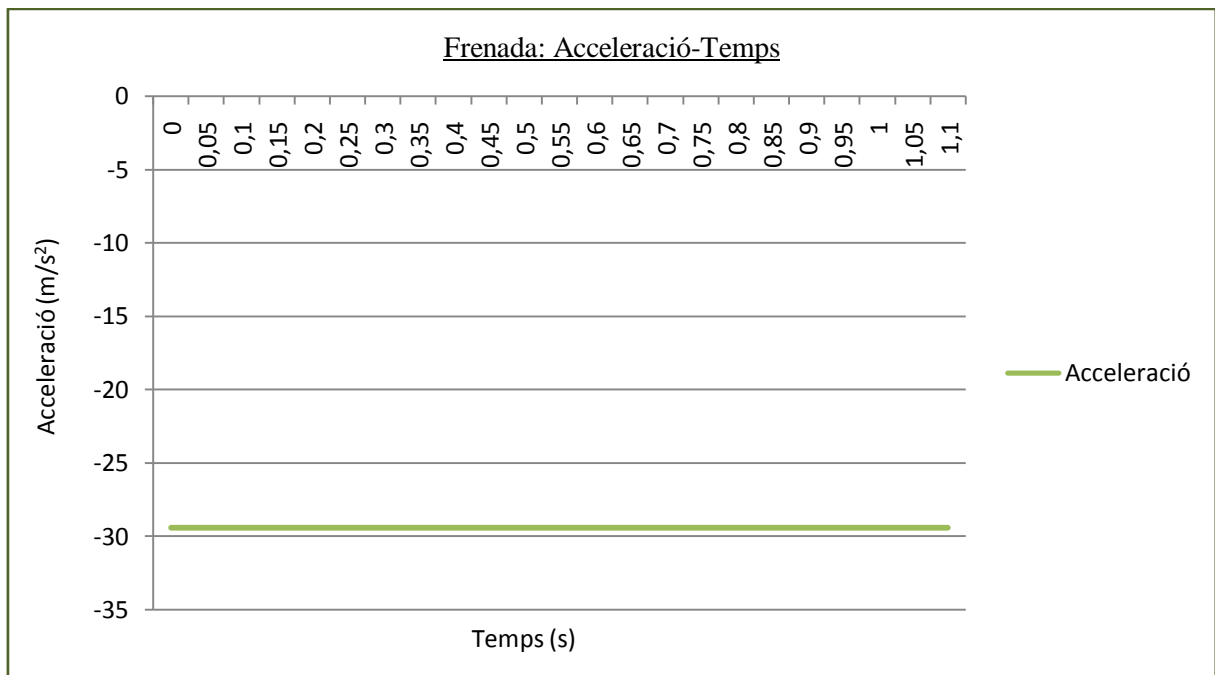


Figura 41: Gràfic frenada: Acceleració-Temps de l'Hurakan Condor

Aquest gràfic ens mostra l'acceleració (en metres/segon²) respecte al temps (en segons) que porta l'Hurakan Condor durant la frenada. Es tracta d'un MRUA i per tant l'acceleració es manté constant al llarg d'aquesta part del recorregut.

*Les taules Excel amb les dades a partir de les quals he extret els gràfics estan a l'Annex III.

4.3. FURIUS BACO

4.3.1. Història i temàtica

L'hereu de Can Ventura, una masia del litoral català dedicada al cultiu de la vinya i a la producció de vi, és un inventor boig que ha ideat una màquina per a transportar les tones de vi a gran velocitat. El transport del vi fins al magatzem que anteriorment durava mesos, amb aquest invent es duu a terme en segons. L'invent però necessita la nostra ajuda, aquest només funcionarà si persones reals fan de contrapesos.

Serà vostè un dels voluntaris per provar el nou invent? Podran els barrils de vi arribar fins al magatzem?

En la prova però, alguna cosa surt malament i sortim disparats a gran velocitat per les vinyes i jardins de la masia.



Figura 42: Imatge de l'entrada del Furius Baco.

4.3.2. Quadre general

Nom de l'atracció: Furius baco	
Zona del parc: Mediterrània.	Fabricant: Intamin.
Dissenyador: Think Well Design.	Tipus: Acceleradora.
Model: Sitting Coaster	Inauguració: 07/06/2007.
Material:	Cost: 15.000.000€.
Durada total : 60 segons.	Durada del recorregut: 20 segons.
Capacitat: 1600 passatgers/hora.	Inversions: 1.
Trens: 2 trens de 6 files de 4 persones.	Tipus de gòndoles: 1.
Sistema de llançament: Hidràulic.	Sistema frenada: Magnètic.
Longitud: 850 metres.	Altura màxima: 13 metres.
Acceleració inicial: 10,71 m/s.	Velocitat màxima: 135 km/h
Seguretat: arnesos hidràulics amb cinturó.	Accessibilitat: persones amb cadira de rodes

4.3.3. Curiositats

- Atracció inaugurada l'any 1977 pel pilot italià Valentino Rossi i pre-estrenada per PA-COMMUNITY un dia abans de la seva obertura.
- Furius Baco és la muntanya russa més ràpida d'Europa (135 km/h). Amb aquesta velocitat supera l'anterior atracció que ostentava el rècord de muntanya russa més ràpida, Stealth de Thorpe Park (Regne Unit)
- Furius Baco és la muntanya russa sense terra més ràpida del món i l'atracció més baixa construïda per Intamin AG.
- L'argument de l'atracció s'explica en rimes il·lustrades que es van descobrir al llarg de la cua.

- El passatger passa a 50 cm de l'entorn en algunes zones, produint així un efecte de xoc.
- Es va estrenar sent l'atracció tènicament més complexa del resort amb un equip de manteniment només per a ella especialitzat en els seus sistemes realitzats amb la tecnologia més puntera.
- Hi ha 10 tones d'oli que s'ha de mantenir a una temperatura constant d'uns 40 °C. A causa del treball realitzat en cada llançament l'oli s'escalfa, així que cal refrigerar-lo constantment.

4.3.4. Descripció del recorregut

Un cop es puja als seients en forma de barril, el tren avança uns quants metres a poc a poc fins a arribar a una sala on es mostra la història de l'inventor i el seu mico. L'arrencada és un dels punts forts de l'atracció, ja que l'acceleració és de 135 km/h en 3,5 segons.

4.3.5. Treball de camp

En aquesta atracció ens centrarem en l'acceleració que porta al començament, quan passa d'estar aturat a dur una gran velocitat en molt poc temps. A partir d'aquesta acceleració trobarem altres magnituds com la força i el treball que ha de realitzar el sistema de llançament per tal de donar-li aquesta velocitat a la vagoneta. Finalment també estudiarem la seva frenada.

4.3.5.1. Acceleració a l'arrencada i espai recorregut

Comencem calculant l'acceleració que duu la vagoneta quan és llançada.

Per fer-ho disposem de la velocitat final, de la velocitat inicial i del temps que triga a assolir la velocitat final, ja que són dades subministrades pel parc.

$V=135\text{hm/h}= 37,5 \text{ m/s}$	$V_0= 0 \text{ m/s}$ (repòs)	$t=3,5 \text{ s}$
--------------------------------------	------------------------------	-------------------

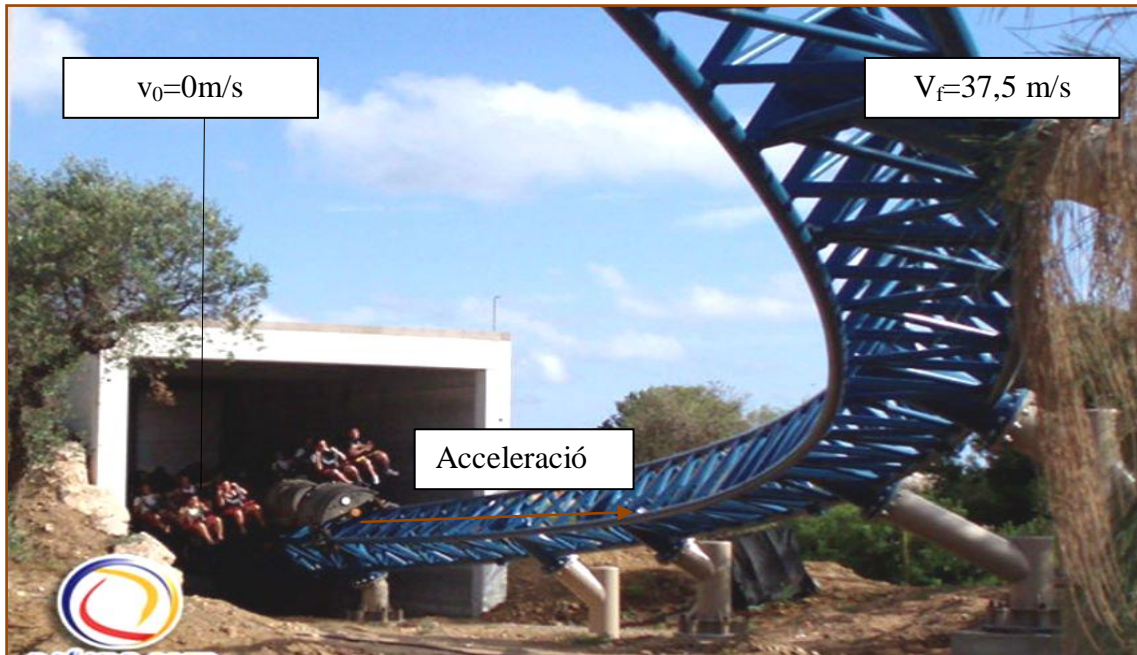


Figura 43: Dades velocitats i temps arrancada Furius Baco

 $t=3,5\text{s}$

Amb aquestes dades, ja podem trobar l'acceleració mitjançant la fórmula del MRUA:

$$\text{Velocitat (SI=m/s): } v_0 + a \cdot t$$

$$37,5 = 0 + a \cdot 3,5$$

$$a = 10,71 \text{ m/s}^2$$

Un cop ja tenim l'acceleració de llançament, calcularem la distància que recorre durant aquest tram en què la vagoneta està accelerant i que més endavant ens servirà per poder trobar el treball per aquesta força que empeny la vagoneta.

Com és tracta d'un MRUA, utilitzarem la següent fórmula:

$$\text{Posició (SI= m): } x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$X_0=0\text{m}$	$V_0=0\text{m/s}$ (repòs)	$t=3,5\text{ s}$	$a=10,71\text{m/s}^2$
-----------------	---------------------------	------------------	-----------------------

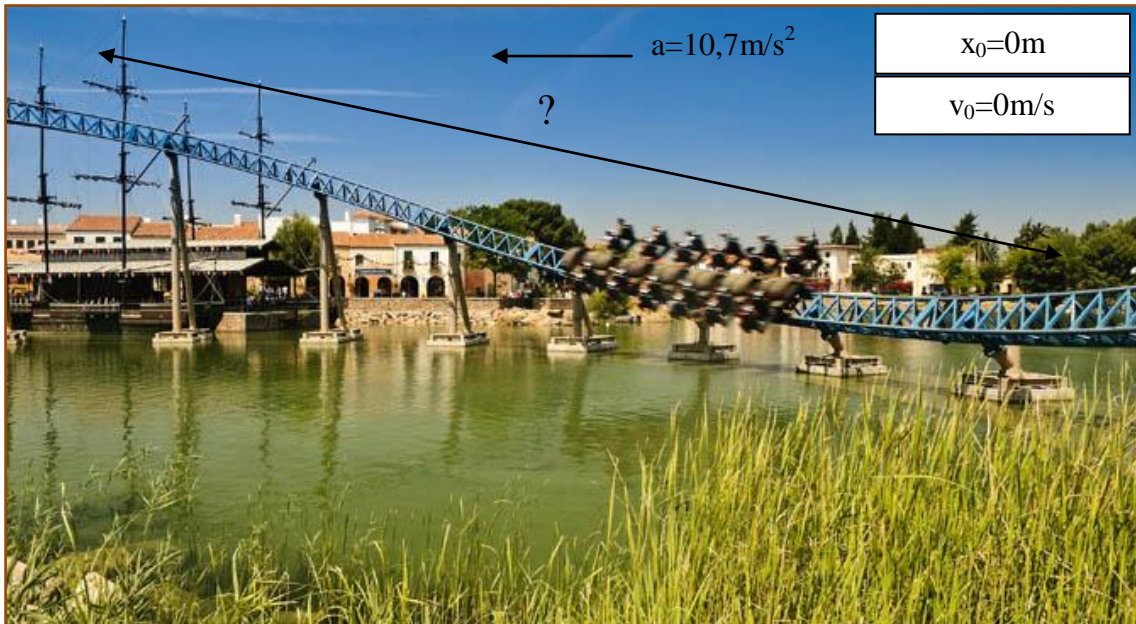


Figura 44: Dades velocitat i posició inicial, acceleració i temps arrancada Furius Baco



$t=3,5\text{s}$

$$x=1/2 \cdot 10,71 \cdot 3,5^2; \quad \underline{x=65,6 \text{ metres}}$$

4.3.5.2. Força aplicada a la vagoneta

Un cop conegudes l'acceleració i l'espai recorregut, calcularem la força que s'ha d'aplicar a la vagoneta perquè dugi aquesta acceleració tan gran.

La segona llei de Newton és la que ens permetrà trobar aquesta força, ja que coneixem la massa* i l'acceleració de la vagoneta:

Força (SI=N): $m \cdot a$

$m=12.000\text{ kg}$	$a= 10,71\text{ m/s}$
----------------------	-----------------------

*Com podem suposar la massa de la vagoneta varia depenent si tots els seients estan ocupats i depenent de la persona que puja, però la massa mitjana que duu la vagoneta amb totes les persones muntades és d'unes 12 tones.

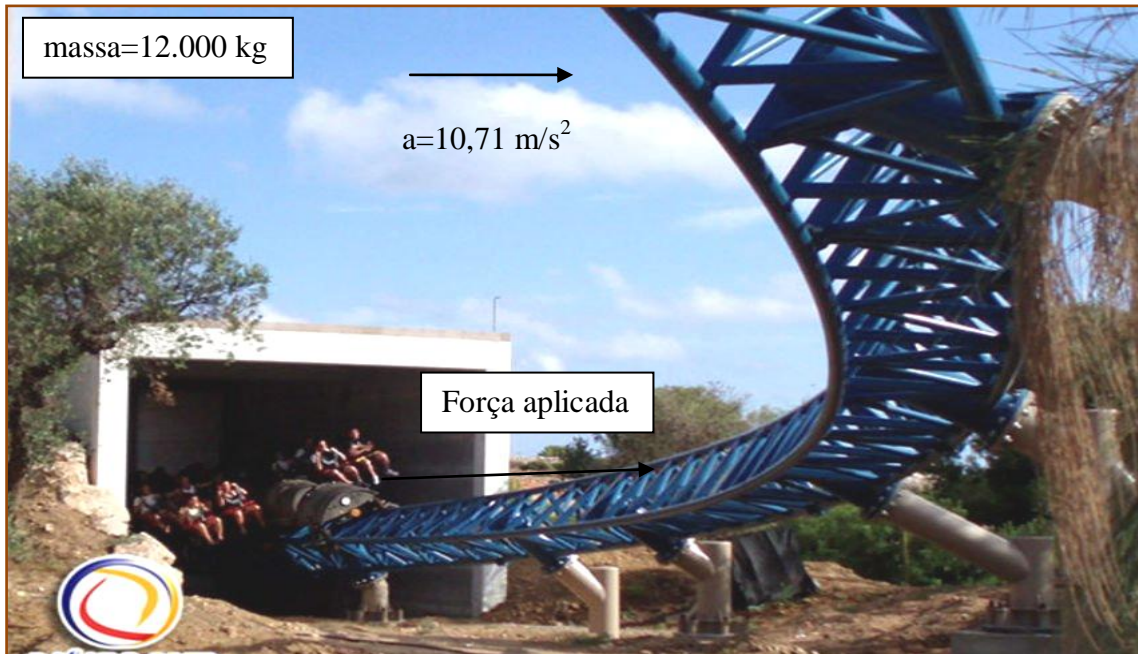


Figura 45: Dades massa vagoneta i acceleració per a calcular la força aplicada.

$$F=12.000 \cdot 10,71; \quad \underline{F=128.520 \text{ N}}$$

Aquesta gran força en el llançament és deguda al fet que la resta del recorregut es realitza aprofitant l'energia cinètica obtinguda en aquest llançament.

4.3.5.3. Treball realitzat i potència subministrada

Ara que coneixem la força que cal per fer moure la vagoneta, calcularem el treball realitzat.

$$\text{Treball (SI=J): } F \cdot x \cdot \cos \alpha$$

$F=128.520 \text{ N}$	$65,6 \text{ m}$	$\alpha=0^\circ$
-----------------------	------------------	------------------

$$W = 128.520 \cdot 65,6 \cdot \cos 0^\circ; \quad W = 128.520 \cdot 65,6 \cdot 1; \quad \underline{W=8.430.912 \text{ J}}$$

Si volem calcular la potència que subministra la màquina a la vagoneta només hem de dividir el treball calculat anteriorment amb el temps que triga a realitzar-lo.

Potència (SI=J/s=Watts): $\frac{W}{t}$
--

$$P = \frac{8.430.912}{3,5} \quad \underline{P=2.408.832 \text{ W.}}$$

4.3.5.4. Força centrípeta durant l'espiral

L'espiral consisteix en un gir entorn el rail. En aquest apartat calcularem la força centrípeta en un d'aquestes espirals que trobem al llarg del recorregut.

Força centrípeta (SI=N): $m \cdot a_c = m \cdot (v^2/r)$
--

$r=1,5 \text{ m}$	$t=1,5 \text{ s}$	$m=12.000 \text{ kg}$
-------------------	-------------------	-----------------------

A partir del radi podem conèixer la longitud, ja que: $l=2\pi r$

$$\text{Longitud} = 2 \pi 1,5 = \underline{3\pi}$$



Figura 46: Imatge representativa de l'espiral del Furius Baco .

$$\text{Acceleració centrípeta (SI=m/s): } \frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r$$

$$A_c = \frac{(3 \pi / 1,5)^2}{1,5} = 26,32 \text{ m/s}^2$$

$$F_c = 12.0000 \cdot 26,32 = \underline{315840 \text{ N}}$$

5.3.5.5. Desacceleració durant la frenada

En aquest apartat trobarem la desacceleració que duu el Furius Baco durant la frenada. A la frenada, els frens magnètics permetran portar el tren de 130 km/h a 0 km/h en 15 metres.

El sistema de frenada està compost per dos grans imants potents i permanents a cada tren. El que aquests fan és que quan interactuen amb unes plaques metàl·liques que hi ha cap al final del recorregut frenen l'atracció. Com més ràpid passen els trens per les plaques més gran és el camp magnètic i també més forta la frenada. Aquests frens són molt utilitzats i molt segurs ja que si marxés la llum, funcionarien sense la necessitat de què li proporcionessin corrent elèctric.

Coneixem les dades següents:

$v_0=130 \text{ km/h}=36.1 \text{ m/s}$	$v=0\text{m/s}$
$x_0=0\text{m}$	$x=15 \text{ m}$

Com ens falta el temps i l'acceleració haurem de dur a terme un sistema entre les equacions de posició i velocitat del MRUA.

Aïlarem l'acceleració de les dos fórmules i igualarem les dos equacions.

$$\text{Velocitat (SI=m/s): } v_0 + a \cdot t$$

$$\text{Posició (SI= m): } x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$\begin{array}{l}
 0=36,1 + a \cdot t \quad \longrightarrow \quad a = \frac{-36,1}{t} \\
 15 = 36,1 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad \longrightarrow \quad a = \frac{15 - 36,1 t}{\frac{1}{2} \cdot t^2}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \\ \\ \end{array}} \right\} t=?$$

$$t=0,83 \text{ segons}$$

Substituïm el temps a qualsevol de les dos fórmules i trobem l'acceleració: $a=-43,4 \text{ m/s}$

4.3.6. Simulació dels moviments

4.3.6.1. Arrancada

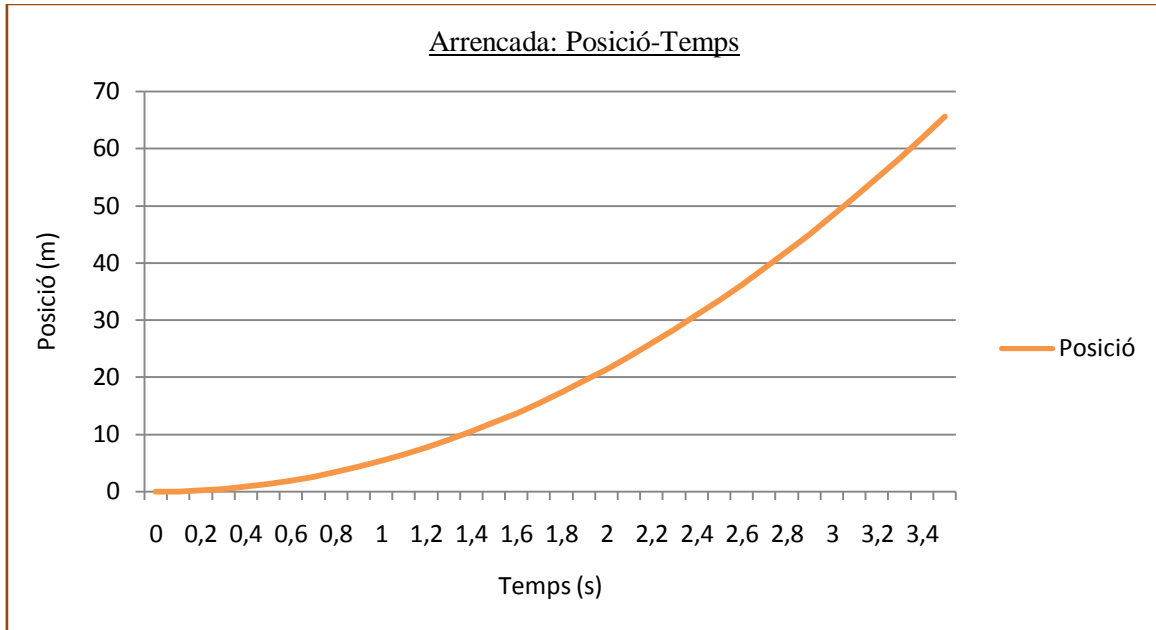


Figura 47: Gràfic arrencada: Posició-Temps del Furius Baco

Aquest gràfic ens mostra el recorregut (en metres) respecte al temps (en segons) que realitza el Furius Baco durant l'arrencada. Es tracta d'un MRUA i per tant segueix una trajectòria quadràtica.

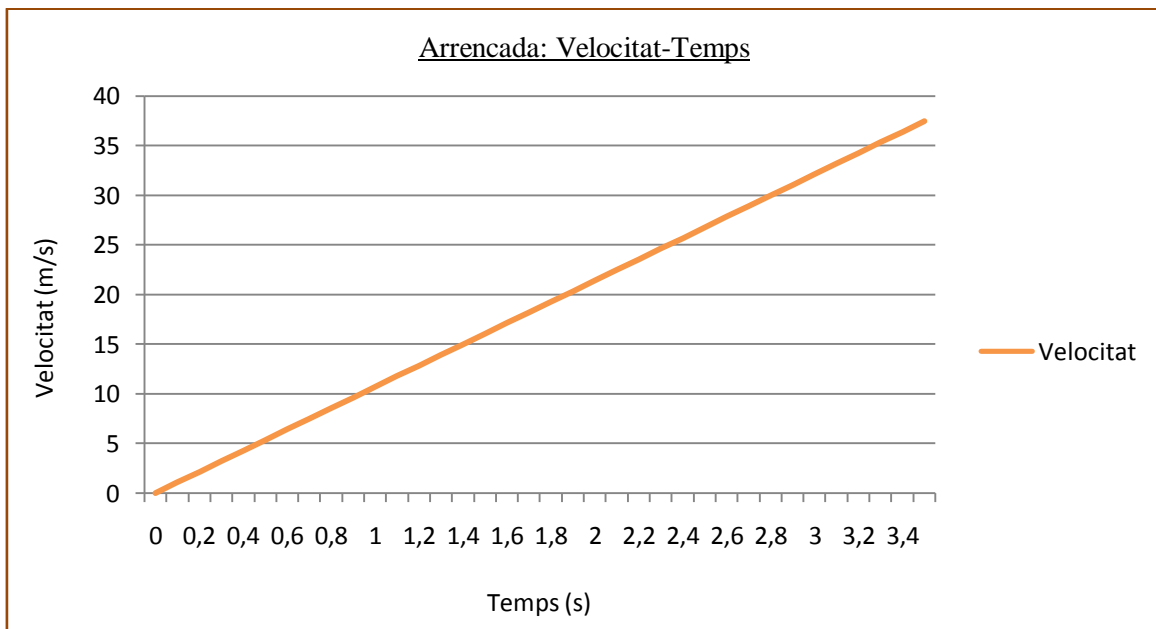


Figura 48: Gràfic arrencada: Velocitat-Temps del Furius Baco

Aquest gràfic ens mostra la velocitat (en metres/segon) respecte al temps (en segons) que porta el Furius Baco durant l'arrencada. Es tracta d'un MRUA i per tant segueix una trajectòria lineal.

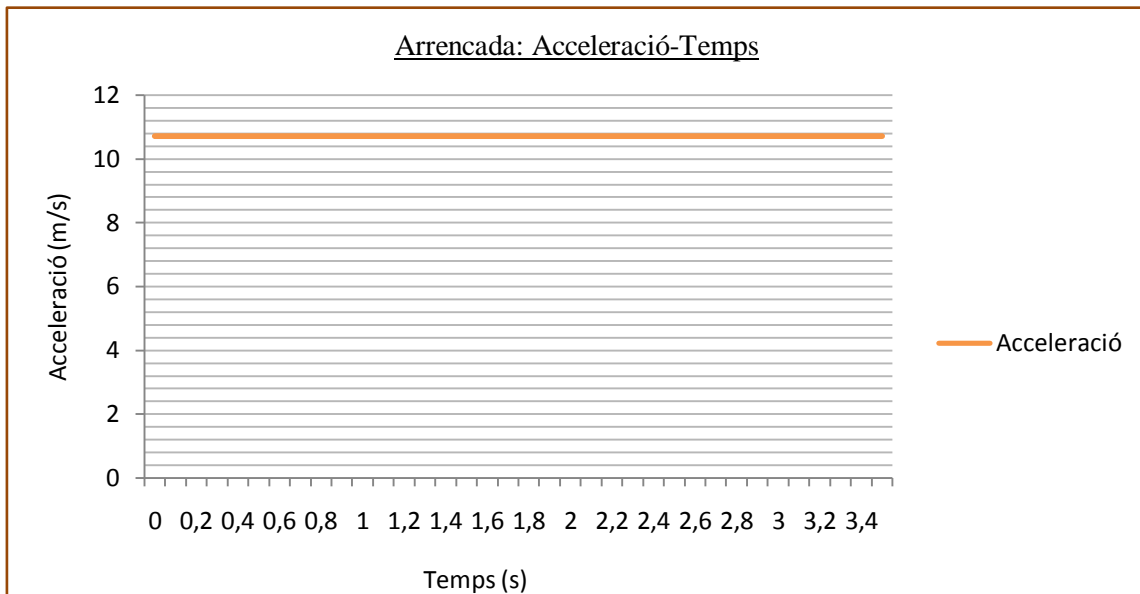


Figura 49: Gràfic arrencada: Acceleració-Temps del Furius Baco

Aquest gràfic ens mostra l'acceleració (en metres/segon²) respecte al temps (en segons) que porta el Furius Baco durant l'arrencada. Es tracta d'un MRUA i per tant l'acceleració es manté constant al llarg d'aquesta part del recorregut.

4.3.6.1. Frenada

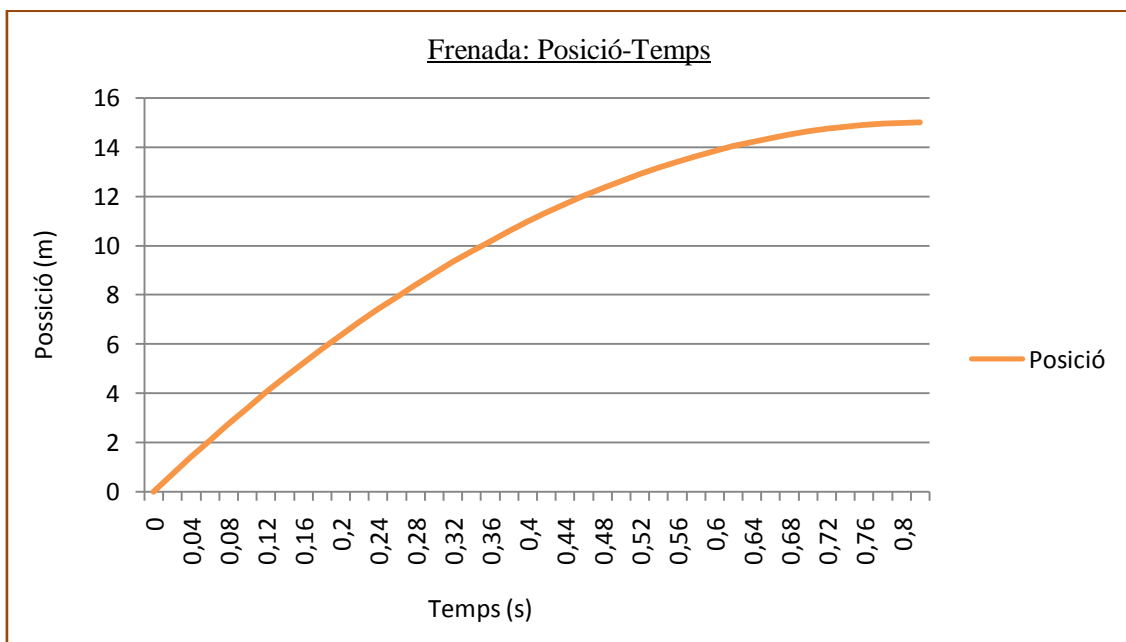


Figura 50: Gràfic frenada: Posició-Temps del Furius Baco

Aquest gràfic ens mostra el recorregut (en metres) respecte al temps (en segons) que realitza el Furius Baco durant la frenada. Es tracta d'un MRUA i per tant segueix una trajectòria quadràtica.

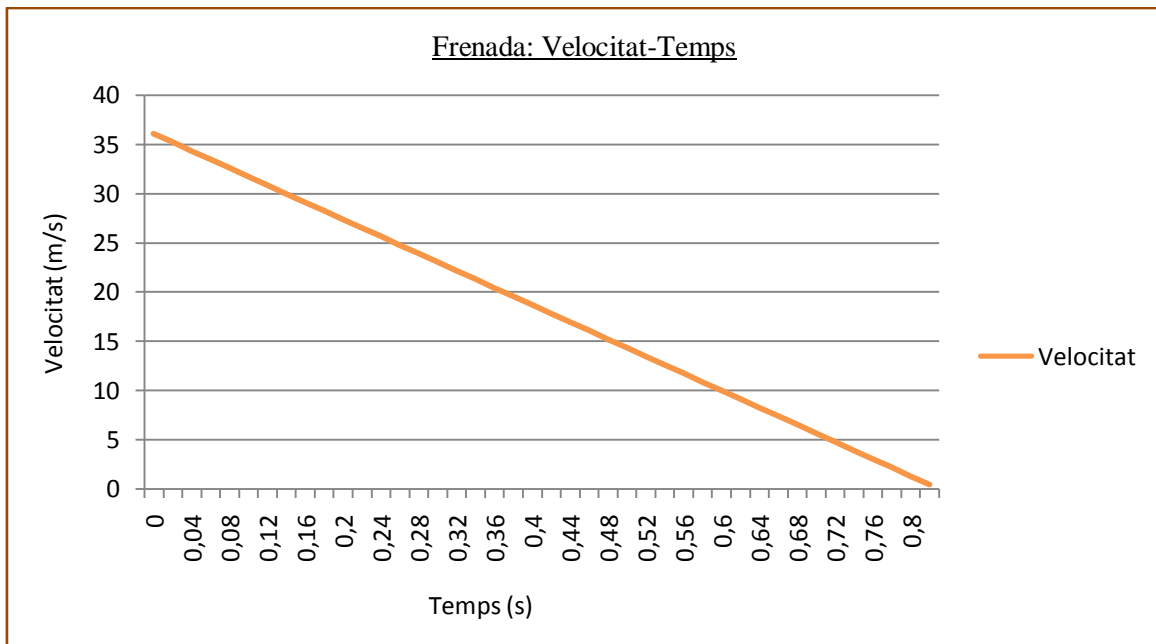


Figura 51: Gràfic frenada: Velocitat-Temps del Furius Baco

Aquest gràfic ens mostra la velocitat (en metres/segon) respecte al temps (en segons) que porta el Furius Baco durant la frenada. Es tracta d'un MRUA i per tant segueix una trajectòria lineal.

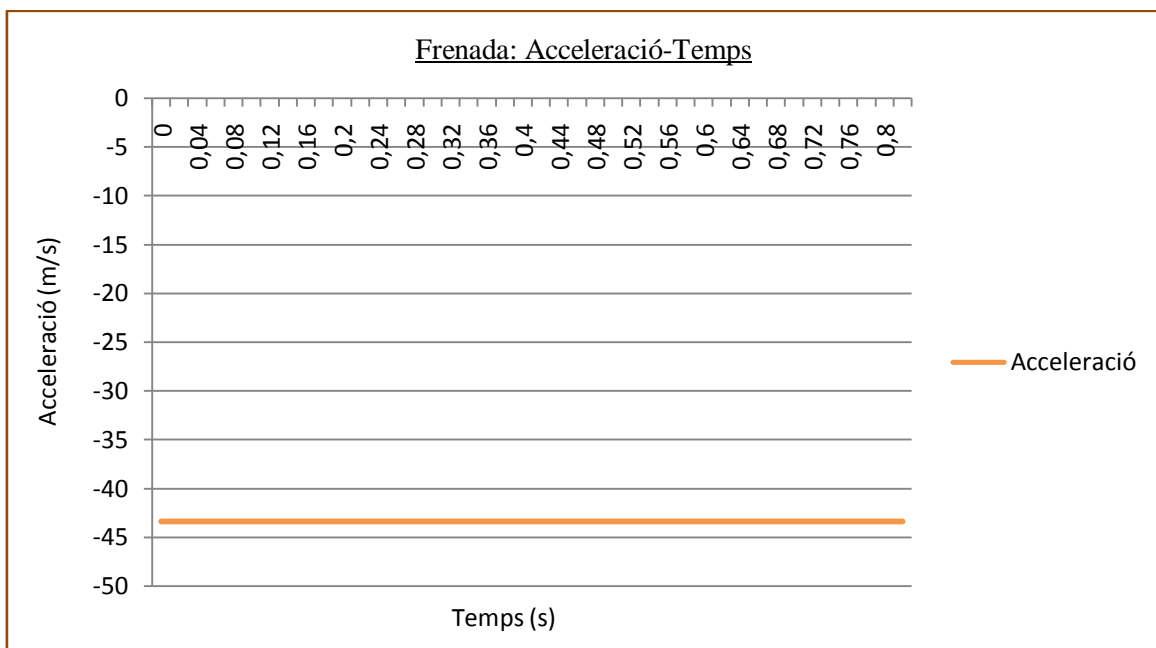


Figura 52: Gràfic frenada: Acceleració-Temps del Furius Baco

Aquest gràfic ens mostra l'acceleració (en metres/segon²) respecte al temps (en segons) que porta el Furius Baco durant la frenada. Es tracta d'un MRUA i per l'acceleració es manté constant al llarg d'aquesta part del recorregut.

*Les taules Excel amb les dades a partir de les quals he extret els gràfics estan a l'Annex III.

4.4. CARROUSEL

4.4.1. Història i temàtica

Els ancians habitants expliquen que segons la història, el llegendari Carrousel va ser instal·lat al melic del repoblat Penitence City per celebrar el primer aniversari de la Independència dels estats Units d'Amèrica.

En aquesta atracció et transportaràs a la celebració per excel·lència del Far West girant a ritme de l'entretingut orguenet.

Converteix-te amb un autèntic vaquer celebrant la seva festa nacional i munta't en algun dels vehicles que et proposa el fantàstic Carrousel del parc d'atraccions de Port Aventura.

Aquests cavallets disposen de diferents elements per a tots els gustos: els atrevids cowboys cavalcaran a cavall d'un salvatge cavall i els rics de Penitence City podran passejar-se en una de les seves majestuoses carrosses. Reservat per als més valents, els esperen els búfals que hauran de dominar amb gran destresa si volen completar una volta sencera.



Figura 53: Imatge frontal del Carrousel.

4.4.2. Quadre general

Nom de l'atracció: Carrousel	
Zona del parc: Far West.	Tipus: Flat Ride
Inauguració: 01/05/1995.	Model: Tiovivo.
Durada: 3 minuts.	Capacitat: 40 persones/cicle.
Seguretat: suports de subjecció.	Accessibilitat: Persones en cadira de rodes.
Restriccions: menors d'1,2 metres acompanyats d'un adult	

4.4.3. Curiositats

- Disposa de diversos tipus de seients i sona música d'un òrgan mentre gira.
- Està inspirada en la festa de la independència del 4 de juliol.
- Els pares també solen pujar a aquesta atracció tan mítica; inclús hi ha dies que no es veuen ni nens.
- A la nit es crea un joc de llums únic.

4.4.4. Descripció del recorregut

Elegeix el teu seient, agafat bé i preparat per a girar al ritme de la música festiva juntament amb els altres habitants de la ciutat del Far West que també estan celebrant el 4 de juliol.

4.4.5. Treball de camp

Calcularem el radi, la velocitat angular, la velocitat lineal, l'acceleració centrípeta, la força centrípeta i la freqüència.

4.4.5.1. Càlcul del radi

Per a començar a estudiar la física d'aquesta atracció va ser necessari saber el radi del Carrousel. Com aquesta informació ningú me la va poder proporcionar, vaig decidir dirigir-me a Port Aventura.

Abans però vaig fer un petit estudi de la circumferència: Després de mirar molts de vídeos i fotografies vaig poder observar que la circumferència estava dividida en 16 arcs iguals.

Per aquesta raó, vaig agafar una corda i vaig mesurar quant feia un d'aquests arcs



Figura 54: Mesura arc del Carrousel.

Ara ja podem calcular el perímetre, d'on posteriorment traurem el radi.

$$\text{Perímetre} = 16 \cdot 2,64 = \underline{42,24 \text{ metres}}$$

$$\text{Perímetre de la circumferència} = 2\pi r$$

$$2\pi r = 42,24; \quad \underline{r = 6,72 \text{ metres}}$$

4.4.5.2. Velocitat angular

Per al càlcul de la velocitat angular és necessari saber el període i l'angle girat. Per calcular el període em vaig dirigir a Port Aventura i ho vaig fer personalment amb un cronòmetre i per mitjà de vídeos gravats amb la meva càmera.

Període (s)			
1	29,74	6	29,00
2	29,22	7	29,04
3	28,55	8	30,82
4	29,35	9	29,22
5	30,09	10	28,69

Les dades de la taula superior són els temps que triga el vaixell a realitzar una oscil·lació completa. D'aquestes dades extraurem el temps mitjà.

$$\text{Temps} = \frac{29,74 + 29,22 + 28,55 + 29,35 + 30,09 + 29,00 + 29,04 + 30,82 + 29,22 + 28,69}{10} = 29,37\text{s}$$

Per calcular l'angle girat, ho vaig tenir més fàcil, com sabem que el període és el temps que triga a fer una volta, llavors ja sabem quin és aquest angle: $360^\circ = 2\pi\text{rad}$.

$T = 29,37\text{ s}$	$y = 2\pi\text{ rad}$
----------------------	-----------------------

Velocitat angular, ω (SI=rad/s): $\frac{y}{t}$

$$\omega = \frac{2\pi\text{ rad}}{29,37}$$

$$\text{Velocitat angular} = 0,2139\text{ rad/s}$$

4.4.5.3. Velocitat lineal

En aquest apartat calcularem la velocitat lineal per als cavallets situats a la part més interna i a la part més externa de l'atracció.

Per a calcular la velocitat lineal només haurem de multiplicar la velocitat angular (ω) pel radi (r).

Velocitat lineal, v (SI=m/s) : $\omega \cdot R$

Part més externa:

$\omega = 0,2139 \text{ rad/s}$	$r = 6,72 \text{ m}$
---------------------------------	----------------------

$$\omega = 0,2139 \cdot 6,72 ;$$

$$\underline{\text{Velocitat lineal} = 1,437 \text{ m/s}}$$

Part més interna:

$\omega = 0,2139 \text{ rad/s}$	$r = 3,20 \text{ m}$
---------------------------------	----------------------

$$\omega = 0,2139 \cdot 3,20;$$

$$\underline{\text{Velocitat lineal} = 0,684 \text{ m/s}}$$

4.4.5.4. Acceleració centrípeta

A continuació calcularem l'acceleració centrípeta a dos punts de l'atracció.

Acceleració centrípeta (SI=m/s): $\frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r$

Part més externa:

$v = 1,437 \text{ m/s}$	$r = 6,72 \text{ m}$
-------------------------	----------------------

$$A_c = \frac{1,437^2}{6,72};$$

$$\underline{\text{Acceleració centrípeta} = 0,3072 \text{ m/s}^2}$$

Tot seguit calcularem l'acceleració centrípeta per als cavallets més interns de l'atracció.

$v = 0,2139 \text{ m/s}$	$r = 3,30 \text{ m}$
--------------------------	----------------------

$$A_c = \frac{0,2139^2}{3,30};$$

$$\underline{\text{Acceleració centrípeta} = 0,0138 \text{ m/s}^2}$$

Com podem comprovar, la velocitat lineal i l'acceleració centrípeta a l'interior de l'atracció és més petita; això explica el fet que els nens i ancians se situen a la part interior del Carrousel.

4.4.5.5. Força centrípeta

Si volem calcular la força centrípeta que s'aplica sobre aquest punt hem de considerar que aquest té una certa massa, per exemple 60 kg.

$$\text{Força centrípeta (SI=N): } m \cdot a_c = m \cdot (v^2/r)$$

$m = 60 \text{ kg}$	$A_c = 0,372 \text{ m/s}^2$
---------------------	-----------------------------

$$F_c = 60 \cdot 0,3072;$$

$$\underline{\text{Força centrípeta} = 18,432 \text{ N}}$$

4.4.5.6. Freqüència

Per acabar, calcularem la freqüència d'aquest moviment, tenint en compte que és la inversa del període.

$$\text{Frequència (SI=Hz): } \frac{1}{T}$$

$$T = 29,37 \text{ s}$$

$$F = \frac{1}{29,37};$$

$$\underline{\text{Frequència} = 0,0340 \text{ Hz}}$$

4.5. KON-TIKI WAVE

4.5.1. Història i temàtica

Una forta tempesta tropical es troba sobre el Pacífic. Molts de vaixells han naufragat ja, però el vaixell d'expedició Kon-Tiki resisteix a les grans onades. Des de el Perú fins a la Polynèsia, les onades et mouran d'un costat a l'altre.

Thor Heyerdal va anomenar a l'atracció Kon Tiki barrejant dues tradicions: la de Con-Ticci-Viracocha i la història de Tiki. Travessant quatre mil milles marines del Pacífic des de el Perú fins a la Polynèsia, va arribar a la illa després de 101 dies de navegació. Els 127 habitants de la veïna illa de Raroia van acollir a la tripulació del Kon-Tiki amb qui van intercanviar antigues històries i llegendes de la Polynèsia. La tripulació seguidament se'n va anar en direcció Rahití on va naufragar. Les ones eren molt fortes, el mar s'aixecava i baixava amb gran fúria i el vaixell no parava de moure's.

T'atreveixes a pujar?



Figura 55: Imatge del Kon-Tiki Wave

4.5.2. Quadre general

Nom de l'atracció: Kon-Tiki Wave	
Zona del parc: Polynesia.	Fabricant: Huss Rides
Durada total: 150 segons	Inauguració: 01/05/1995.
Capacitat: 45 persones cada viatge. 9 files amb capacitat per a 5 persones.	Inclinació: 75°
Seguretat: barres hidràuliques automàtiques.	Accessibilitat: persones amb cadira de rodes.

4.5.3. Curiositats

- Alta possibilitat de mareig. La sensació s'accentua als seients més allunyats del centre de la barca.
- Universal va baixar la intensitat de l'atracció, per a fer-la més familiar i va passar de 85° d'inclinació a 75°.

4.5.4. Recorregut

Aquesta atracció et balancejarà fins a posar el vaixell totalment perpendicular a terra.

4.5.5. Treball de camp

El vaixell es modela com si fos un pèndol que descriu un moviment oscil·latori, produint diversos canvis d'energies al llarg del recorregut.

4.5.5.1. Arrencada

Perquè el vaixell comenci a oscil·lar, és necessari el subministrament d'energia elèctrica que través del fregament amb una roda en moviment i el contacte amb la part inferior del vaixell començarà a accelerar.

L'energia cinètica que s'adquireix allí, farà oscil·lar el vaixell fins a un altre punt.

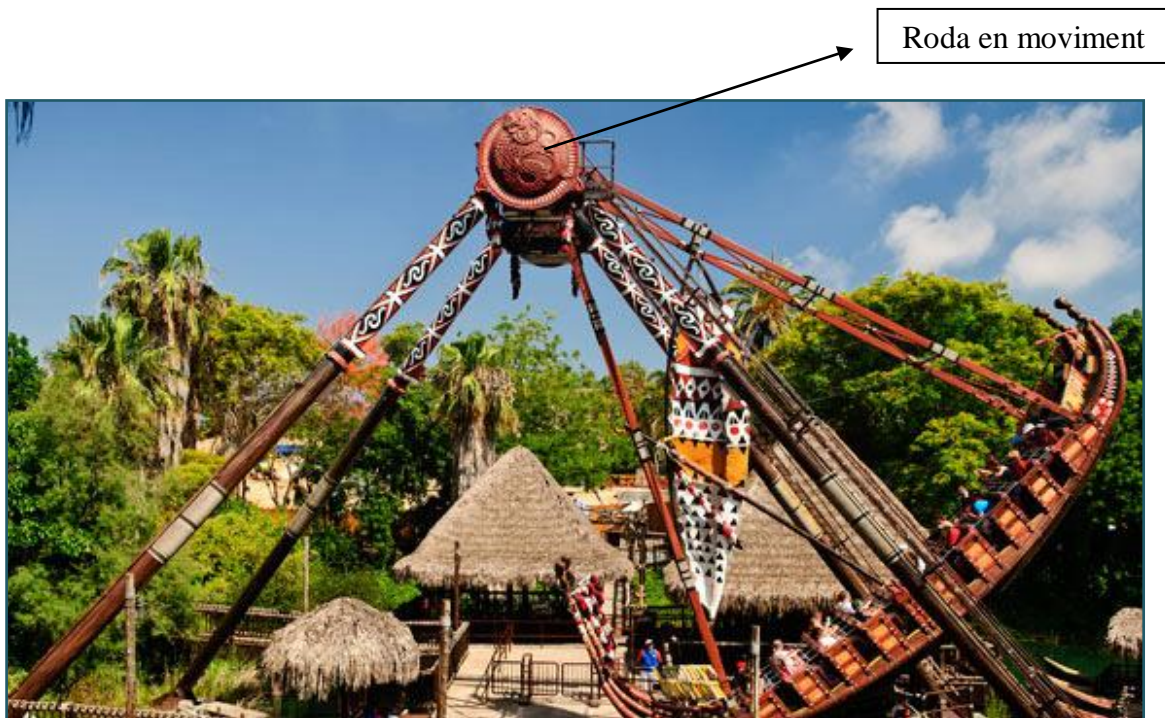


Figura 56: Imatge del Kon-Tiki Wave que assenyalava la roda que inicia el moviment.

La roda és la força impulsora cada vegada que el vaixell passa per la posició inicial, accelerant-lo més per a compensar les pèrdues de moviment.

4.5.5.2. Període del pèndol

El període el vaig calcular jo personalment a Port Aventura amb un cronòmetre.

Període (s)			
1	7,32	6	7,38
2	7,27	7	7,87
3	7,50	8	7,75
4	7,50	9	7,92
5	7,40	10	7,13

Les dades de la taula superior són els temps que triga el vaixell a realitzar una oscil·lació completa. D'aquestes dades extraurem el període.

$$\text{Temps} = \frac{7,32+7,27+7,50+7,50+7,40+7,38+7,87+7,75+7,92+7,13}{10} = \underline{7,497 \text{ s}}$$

4.5.5.3. Freqüència

En aquest apartat calcularem la freqüència, és a dir, el nombre d'oscil·lacions de la barca per segon.

Aquest és un càlcul ràpid i senzill, ja que la freqüència és la inversa del període i, el període ja és conegut.

$$T = 7,497$$

$$\text{Freqüència (SI=Hz): } \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{7,497} = \underline{0,13 \text{ Hz}}$$

4.5.5.4. Tensió

Per calcular la tensió és necessari conèixer l'angle que forma el pes amb la tensió, la massa i la gravetat.

L'angle el vaig determinar aproximadament per mitjà de vídeos i fotografies = 50°

La massa, tot i que varia depenent de les persones que pugen, és aproximadament d'uns 9.000 kg.

La gravetat ja és coneguda. * Realment l'acceleració és inferior a 9,8 m/s² pel fregament però en els càlculs utilitzarem 9,8 perquè com aquest és mínim el negligim.

$a=50^\circ$	$m=9.000 \text{ kg}$	$g=9,81 \text{ m/s}^2$
--------------	----------------------	------------------------

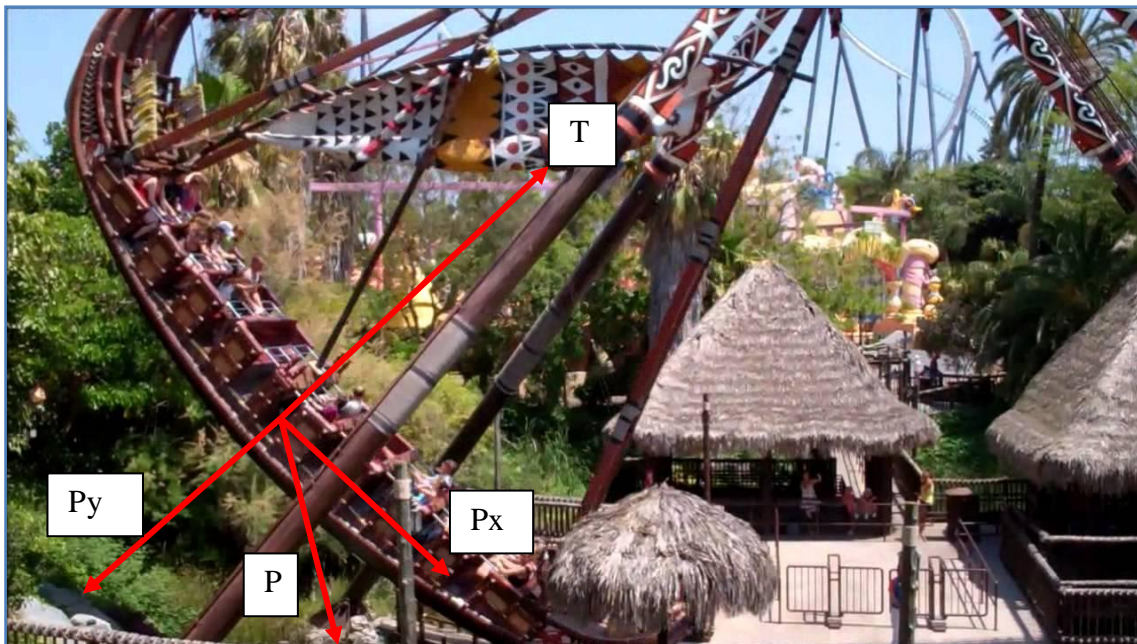


Figura 57: Imatge del Kon-Tiki Wave que assenyalava les forces que intervien al llarg de l'atracció.

Tensió (SI=N): $m \cdot g \cdot \cos a$

$$T = 9.000 \cdot 9,81 \cdot \cos 50^\circ$$

$$\underline{\underline{Tensió=56751,72N}}$$

4.5.5.5. Força recuperadora

Per calcular la força recuperadora és necessari conèixer l'angle que forma el pes amb la força recuperadora, la massa i la gravetat.

L'angle el vaig determinar aproximadament per mitjà de vídeos i fotografies = 50°

La massa, tot i que varia depenent de les persones que pugen, és aproximadament d'uns 9.000 kg.

La gravetat ja és coneguda. * Realment l'acceleració és inferior a $9,8 \text{ m/s}^2$ pel fregament però en els càlculs utilitzarem 9,8 perquè com aquest és mínim el negligim.

$a=50^\circ$	$m=9.000 \text{ kg}$	$g=9,81 \text{ m/s}^2$
--------------	----------------------	------------------------

$$\text{Força recuperadora (SI=N)} = -m \cdot g \cdot \sin a$$

$$F = - 9.000 \cdot 9,81 \cdot \sin 50^\circ ; \quad \text{Força recuperadora} = -67565,11 \text{ N}$$

4.5.5.6. Frenada

La força impulsora es converteix en una força de fricció que va frenant a poc a poc el moviment de la barca.

5. PRÀCTIQUES AL LABORATORI

5.1. Pràctica 1: Construcció d'un hipsòmetre i pràctica del seu funcionament

5.1.1. Construcció hipsòmetre

1. Materials

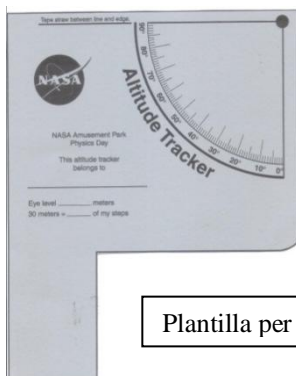
Plantilla (situada a l'annex IV del treball), cartolina ferma, vareta o tub recte, cola o cinta adhesiva, petita volandera, fil o corda molt fina, tisores, aguda de cosir i metre.

2. Procediment

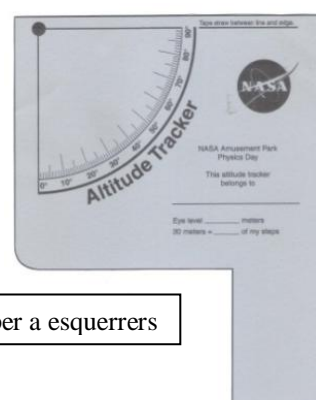
- Enganxem la plantilla a la cartolina.
- Retallem la plantilla i el cartró per les vores exteriors.
- Enganxem amb la cinta adhesiva o cola la vareta o el tub recte a la part superior.
- Fem un forat amb l'agulla a la rodona i passem el fil o corda.
- Fem un nus a un extrem i l'altre extrem enganxem el cordó amb la volandera. El fil o cordó no ha de quedar ni molt llarg ni molt curt.
- Un cop construït l' hipsòmetre mesurem quants passos són 1 metre i l'alçada del terra fins als ulls i ho anotem al mateix.

3. Resultat

Passos corresponents a 1 metre	Alçada del terra fins als ulls
2	1,56 m



Plantilla per a dreters



Plantilla per a esquerrers

Figura 58: Plantilles de l'hipsòmetre per a dreters i esquerrers

5.1.2. Mesurem una paret

1. Objectiu

Mesurar l'altura de la paret del laboratori (o de la classe).

2. Materials

Hipsòmetre.

3. Procediment

- Ens col·loquem a una distància considerable de la paret que volem mesurar.
- Mesurem a quina distància estem de l'objecte amb passes i després ho convertim a metres.
- Subjectem pel mànec i mirem pel tub de cartolina. És important que l'angle 0° quedi al costat de l'ull.
- Quan haguem enfocat l'extrem de l'objecte deixem que la volandera es mogui lliurement, esperant fins que es pari.
- Subjectem fermament la volandera contra el cartró per a mantenir-la quieta i mirem l'angle que està marcat.
- Amb uns simples càlculs ja podem calcular l'alçada de la paret.

4. Explicació teòrica

Només amb un poc de trigonometria podem calcular l'alçada buscada.

$$h = (a \cdot \operatorname{tg} \alpha) + h_0$$

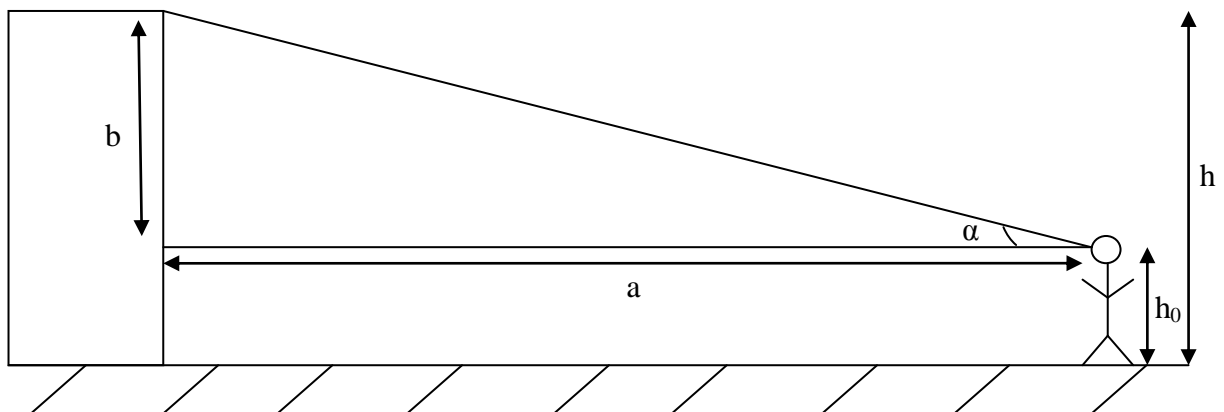


Figura 58: Dibuix mesures hipsòmetre

h_0 = Altura que mesura una persona (dada coneguda).

a = distància de la persona a la paret (normalment és fàcil de mesurar).

α = L'angle que obtenim amb l'hipsòmetre.

b = distància de l'observador

5. Resultat

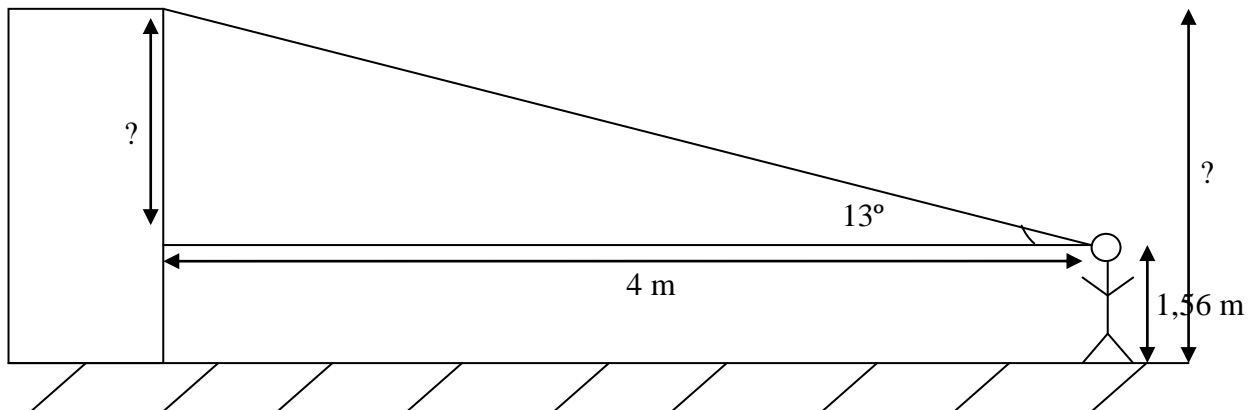


Figura 59: Dades de la paret mesurada amb un hipsòmetre

Altura que mesura una persona (fins als ulls)=1,56 m

Distància de la persona a la paret (mesurada amb passos)= 4 m

L'angle (mesurat amb l'hipsòmetre) =13°

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\operatorname{tg} 13^\circ = \frac{\sin \alpha}{4}$$

$$\sin \alpha = \operatorname{tg} 13 \cdot 4 = 0,92$$

$$0,92 \text{ m} + 1,56 = \underline{2,48 \text{ metres}}$$

6. Conclusió final

Hem pogut mesurar l'alçada d'una paret amb molta precisió sense la necessitat d'utilitzar tecnologia molt avançada.

5.2. Pràctica 2: La balança variable: pes aparent a un ascensor

1. Objectiu

Comprovar com, dins d'un ascensor, una balança, ens 'fa pesar' més o menys que el que realment pesem.

2. Materials

Ascensor, balança domèstica (de bany), botella d'aigua de 2 litres.

3. Procediment

- Pesem la botella d'aigua abans d'entrar a l'ascensor (o a l'interior d'aquest quan està quiet).
- Anem analitzant les variacions de pes de la botella al llarg del recorregut de pujada i baixada.

4. Resolució

Estats de moviment	Lectura balanç (kg)
Repòs: abans d'arrancar	2,026
Inici ascens: quan l'ascensor comença a pujar	2,186
Ascens a velocitat constant: quan l'ascensor està a mig recorregut	2,026
Final: quan l'ascensor frena a l'arribar a dalt	1,865
Inici descens: quan l'ascensor comença a baixar	1,896
Descens a velocitat constant: quan l'ascensor està a mig recorregut	2,026
Final descens: quan l'ascensor frena a l'acabar de baixar	2,193

5. Explicació teòrica

Durant la pujada: en arrencar per a pujar, l'objecte guanya pes, perquè exerceix més força a terra.

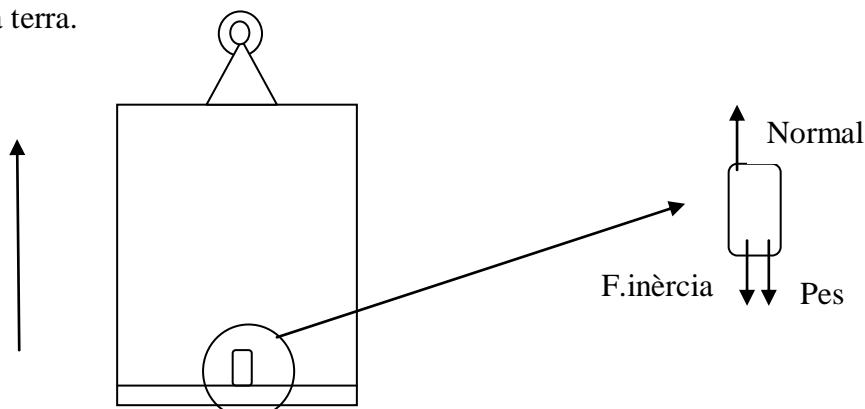


Figura 60: Dibuix de les forces que actuen en un ascensor en arrencar quan pugem.

Durant l'ascens a velocitat constant, com no hi ha acceleració el seu pes es manté constant.

Al final de la pujada, quan l'ascensor frena en arribar dalt de tot, com l'objecte porta la inèrcia de pujar, deixa de fer tanta força contra el terra i per això el seu pes disminueix.

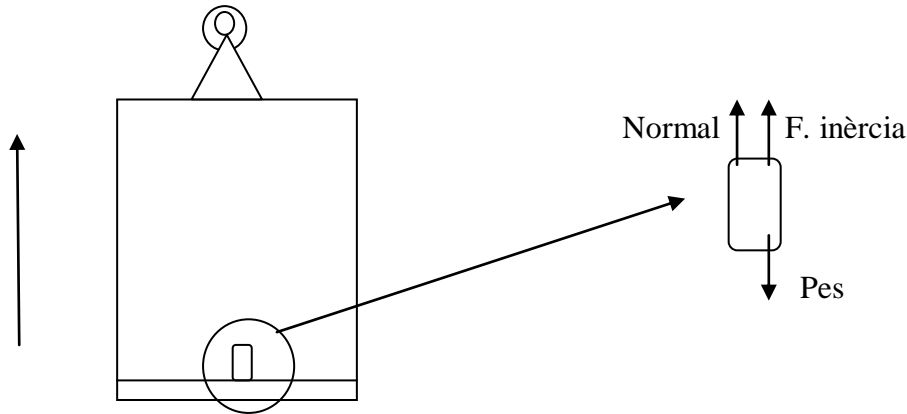


Figura 61: Dibuix de les forces que actuen en un ascensor en frenar quan pugem.

Durant la baixada: quan l'ascensor accelera per a començar a baixar, el pes de l'objecte disminueix perquè en accelerar i baixar s'exerceix menys força sobre el terra.

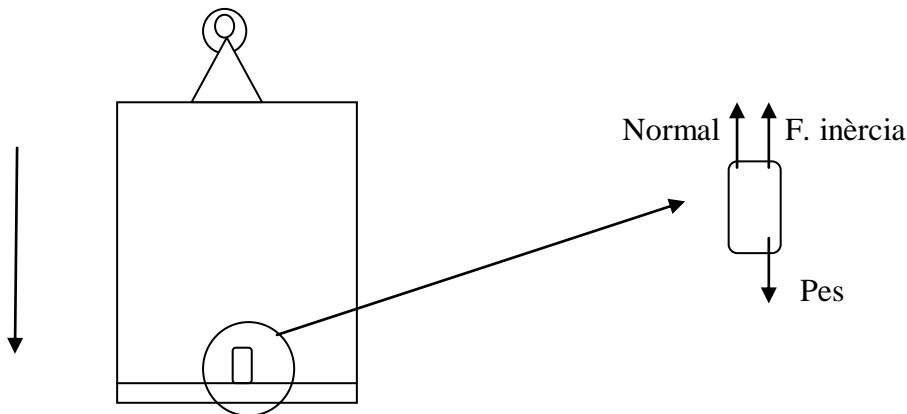


Figura 62: Dibuix de les forces que actuen en un ascensor en accelerar quan baixem.

Durant el descens a velocitat constant, com no hi ha acceleració el seu pes es manté constant.

Al final de la baixada, quan comença a frenar, el nostre cos exerceix més força sobre el terra i per això la bàscula marca un és més gran que el de l'inici.

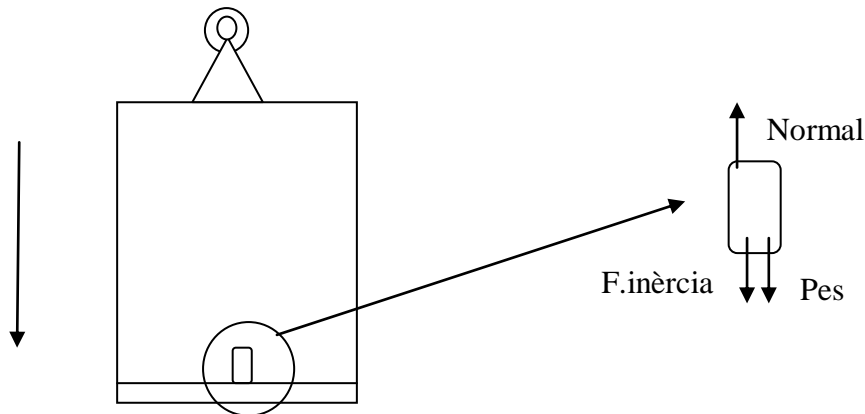


Figura 63: Dibuix de les forces que actuen en un ascensor en frenar quan baixem.

6. Conclusió

Aquest experiment ens mostra que com allò que percebem com el nostre pes es pot modificar amb l'acceleració.

7. Observacions

Els ascensors es dimensionen amb una acceleració màxima de pujada i de baixada de $0,2 \text{ g}$ (m/s^2) per tal que no provoquin efectes inercials nocius sobre els ocupants dels ascensors.

5.3. Pràctica 3: Què cau primer?

1. Objectiu global

Analitzar els factors que determinen el temps de caiguda d'un objecte

5.3.1. Agafem 2 objectes diferents

1. Objectiu

Veure quin dels dos objectes cau primer si els llancem de la mateixa altura i al mateix temps.

2. Materials

2 objectes del nostre voltant (ex. llapis i quadern).

3. Procediment

- a) Agafem el llapis i el quadern (o dos objectes diferents) i els situem a una mateixa altura.
- b) Els deixem caure des de la mateixa alçada i al mateix moment.
- c) Repetim el pas anterior diverses vegades.

4. Resolució

Podem observar que gairebé cauen els dos objectes al mateix temps.

5.3.2. Agafem 2 fulls de paper.

1. Objectiu

Veure quin dels dos objectes cau primer si els llancem de la mateixa altura i al mateix temps.

2. Materials

Un full de paper pla i un full de paper en bola.

3. Procediment

- a) Agafem els dos trossos de paper.
- b) Els deixem caure des de la mateixa alçada i al mateix moment.
- c) Repetim el pas anterior diverses vegades.

4. Resolució

Podem observar que, encara que no canviï el pes dels dos papers (el comprimit i el pla), la fulla que està comprimida arriba més aviat a terra.

5.3.3. Fem dos boles de paper i introduïm pes a una d'elles.

1. Objectiu

Veure quin dels dues objectes cau primer si els llancem de la mateixa altura i al mateix temps.

2. Materials

Dos fulls de paper en bola i objectes petits, però pesats (monedes o pedres)

3. Procediment

- a) Agafem els dos fulls de paper i fem una bola.
- b) A un dels dos, introduïm 3 o 4 monedes o pedres petites tenint en compte que les dues boles de paper tinguin la mateixa forma.
- c) Deixem caure les dues boles des de la mateixa alçada i al mateix moment.
- d) Repetim el pas anterior diverses vegades.

4. Resolució

Podem observar que, encara que una de les fulles comprimides tingui un pes més gran, les dues arriben al mateix temps al terra.

Conclusió global

El factor que determina el temps de caiguda d'un objecte és la resistència que l'aire i l'objecte tenen durant la caiguda.

5.4. Pràctica 4: Cap per avall i no cau?

5.4.1. El got on l'aigua no vessa (tancat amb paper)

1. Objectiu

Comprovar com, si girem un got ple d'aigua i el tapem amb un tros de paper no cau.

2. Materials

1 got amb aigua i un tros de paper o cartolina

3. Procediment

- a) Tapem el got amb aigua amb un tros de paper més gran que la boca del got.
- b) Posem una mà sobre el paper i gira'l cap per avall.
- c) Traiem la mà.

4. Resolució

L'aigua no cau, tot i si està cap per avall, ple o mig buit.

5. Explicació teòrica

L'aire que està prop de la superfície terrestre té per sobre una capa de diversos quilòmetres que coneixem com atmosfera. Mentre més prop vius del nivell, més alta és aquesta capa.

Aquesta capa d'aire empeny cap a totes les direccions, inclús cap amunt, vencent el pes de l'aigua.

6. Conclusió

Hem pogut comprovar que l'aigua no cau, a causa de la pressió atmosfèrica de l'aire.

7. Observacions

Pot fallar l'experiment si entra aire al got.

5.5. Pràctica 5: Canvi de pes en una bàscula.

1. Objectiu

Observar si canvia el pes a una bàscula si realitzem l'experiment següent.

2. Materials

Bàscula, got ple d'aigua, fil, una bola petita.

3. Procediment

- a) Omplim el got amb aigua i el posem a sobre d'una bàscula.
- b) Mirem i apuntem el seu pes.

c) Introduïm a l'aigua una bola penjada d'un fil sense que arribi a tocar el fons del got.

d) Observem si canvia o no el pes de l'aigua.

4. Resolució

Pes del got amb l'aigua	Pes del got amb aigua, amb la bola a l'interior
34,1 g	36 g

5. Explicació teòrica

El pes canvia, perquè com que l'aigua empeny la bola i per la llei de l'acció i reacció de forces existeix una altra força del mateix mòdul i direcció, però sentí contrari. Aquesta força fa augmentar el pes llegit per la bàscula.

Abans d'introduir la bola, la única força que llegia la bàscula era el pes de l'aigua.

6. Conclusió

Hem pogut observar que, encara que la bola no toqui el fons del got, el pes canvia, a causa de la 3^a llei de Newton (acció-reacció).

7. Imatges de la pràctica



Figures 64 i 65: Fotografies del procediment d'aquesta pràctica.

5.6. Pràctica 6: Construcció d'un looping

1. Objectiu

Construcció d'un looping i estudi dels factors que intervenen perquè aquest es pugui duu a terme.

2. Materials

Fusta, tires de rivet adhesiu, tira de cautxú - goma, cola, cargols, tornavís, pintura, boles de diferents mides.

3. Procediment

- a) Fem un croquis, amb les mesures que ha de tenir la nostra maqueta.
- b) Tallem diversos llistons de fusta: un per a la base (on situarem el looping), un per a fer la baixada del looping, i un altre per a subjectar el looping.
- c) Fixem els llistons a la base de la fusta i comencem a muntar.

4. Resolució

Obtenim un looping on les diferents boles són capaces de realitzar-lo correctament.

5. Explicació teòrica

Per a que el looping construït es pugui completar sense cap dificultat ha de portar la velocitat mínima adequada. A més, cal afegir, que la massa no influeix.

6. Conclusió

Hem aconseguit construir el looping amb les condicions adequades: amb la velocitat corresponent i hem pogut comprovar que les dues boles de diferent massa poden completar el recorregut.

7. Imatges de la pràctica



Figures 66 i 67: Materials i procés de construcció del looping.

6.CONCLUSIÓ

Aquest treball ha estat una experiència inoblidable, ja que he pogut viure en primera persona allò que sempre havia desitjat: experimentar la física a flor de pell. Ara que miro el treball acabat, em sento molt satisfeta de la feina feta i dels coneixements adquirits.

No ha estat pas fàcil encarrilar el treball i m'he trobat amb diverses dificultats. En un principi la meva idea era simular les atraccions amb uns programes informàtics però, això no ho vaig poder duu a terme per problemes tècnics amb els diferents programes i aparells. El que podia semblar un entrebanc es va convertir amb un trampolí cap al treball de recerca que jo realment buscava. Un treball que combinava la física amb la meva passió, l'ensenyament.

El que no es pot dubtar és tot el que après i les hores invertides al llarg de l'any; ja que no solament he après física, sinó que cada dia aprenia alguna cosa nova i tornava enrere per a millorar el que ja tenia fet. He après a incloure a programes que aparentment ja coneixia conceptes matemàtics: fórmules, gràfics, dibuixos tècnics, figures en moviment, etc. Ha estat una sort descobrir tots aquests recursos, ja que han enriquit molt el meu treball i que de ben segur que em seran de molta utilitat al llarg de la meva vida d'estudiant.

No em pot passar per alt nomenar l'escenari del meu treball, Port Aventura. He descobert que Port Aventura no és simplement un parc d'atraccions, és un laboratori a cel obert. Un lloc on he après a relacionar la física amb les sensacions que aquesta ens produeix i apreciar tots aquells petits detalls que envolten cadascuna de les atraccions.

Per qüestió de temps i d'extensió ha estat impossible analitzar totes les atraccions; per això, invito a què les generacions futures s'endinsin a Port Aventura i que puguin fer el que jo no he tingut temps a fer, d'aquesta manera descobriran que la física no és només una assignatura de fórmules sinó que és la base de la nostra vida quotidiana i que la podem trobar a qualsevol lloc.

7.BIBLIOGRAFIA

Joana Martínez. Simulació d'atraccions de Port Aventura. [en línia].

<<http://www.bibliotecavilaseca.cat/historialocal/images/stories/treballs/TR.JoanaMartin ez.pdf>>

[Consulta:11/05/15]

Alba Ollé Martínez. Física+Emoció=Excel·lent combinació? [en línia]

<<http://www.ersilia.org/canalrecerca/documents/treballs/atraccions.pdf>>

[Consulta:11/05/15]

Port Aventura:Parc Atraccions Tarragona. [en línia]

<<http://www.portaventura.cat/>>

[Consulta:11/05/15]

YouTube. QueQuiCom. Física al límit. [en línia]

<<https://www.youtube.com/watch?v=Ziiqk0fETx4>>

[Consulta:10/07/15]

Sebastià Cuadras. Qüestionari sobre:'Física al parc'. [en línia]

<blocs.xtec.cat/scuadras/files/2008/03/questionari-fisica-al-parc.pdf>

[Consulta:10/07/15]

Pafans. Web no oficial de Port Aventura 2015. [en línea]

<www.pafans.com/>

[Consulta:15/07/15]

NASA. Amusement Park Physics with a NASA Twist. [en línea]

<er.jsc.nasa.gov/seh/amuse_park_physics.pdf>

[Consulta:01/08/15]

Drop towers: Discovery and Columbia. Science in school. [en línea]

<www.scienceinschool.org/.../issue20_amusement>

[Consulta:01/08/15]

Orfayanet Quintero Alzate. Una propuesta para enseñar energía: visita a un parque de atracciones como una forma de observar, experimentar y analizar el tema. [en línea]

<www.bdigital.unal.edu.co/9468/>

[Consulta:05/08/15]

Eduardo Rodríguez. Entornos invisibles (de la ciencia y la tecnología). [en línea].

<http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/C1_Parque_de_diversionesR.pdf>

[Consulta:10/09/15]

ANNEXOS

ANNEX I-Entrades a Port Aventura

Entrades al parc d'atraccions amb la data corresponent a les 3 visites al parc.



10/07/15



17/08/15



03/10/15

ANNEX III-Taules dades Excel

Taules d'Excel a partir de les quals he extret els gràfics que hi ha al treball.

a) Dades gràfics Dragon Khan

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Temps	Velocitat	Acceleració	Posició															
2																			
3	0	2,36	0	0		14	2,36	0	33,04		28	2,36	0	66,08					
4	0,5	2,36	0	1,18		14,5	2,36	0	34,22		28,5	2,36	0	67,26					
5	1	2,36	0	2,36		15	2,36	0	35,4		29	2,36	0	68,44					
6	1,5	2,36	0	3,54		15,5	2,36	0	36,58		29,5	2,36	0	69,62					
7	2	2,36	0	4,72		16	2,36	0	37,76		30	2,36	0	70,8					
8	2,5	2,36	0	5,9		16,5	2,36	0	38,94		30,5	2,36	0	71,98					
9	3	2,36	0	7,08		17	2,36	0	40,12		31	2,36	0	73,16					
10	3,5	2,36	0	8,26		17,5	2,36	0	41,3		31,5	2,36	0	74,34					
11	4	2,36	0	9,44		18	2,36	0	42,48		32	2,36	0	75,52					
12	4,5	2,36	0	10,62		18,5	2,36	0	43,66		32,5	2,36	0	76,7					
13	5	2,36	0	11,8		19	2,36	0	44,84		33	2,36	0	77,88					
14	5,5	2,36	0	12,98		19,5	2,36	0	46,02		33,5	2,36	0	79,06					
15	6	2,36	0	14,16		20	2,36	0	47,2		34	2,36	0	80,24					
16	6,5	2,36	0	15,34		20,5	2,36	0	48,38		34,5	2,36	0	81,42					
17	7	2,36	0	16,52		21	2,36	0	49,56		35	2,36	0	82,6					
18	7,5	2,36	0	17,7		21,5	2,36	0	50,74		35,5	2,36	0	83,78					
19	8	2,36	0	18,88		22	2,36	0	51,92		36	2,36	0	84,96					
20	8,5	2,36	0	20,06		22,5	2,36	0	53,1		36,5	2,36	0	86,14					
21	9	2,36	0	21,24		23	2,36	0	54,28		37	2,36	0	87,32					
22	9,5	2,36	0	22,42		23,5	2,36	0	55,46		37,5	2,36	0	88,5					
23	10	2,36	0	23,6		24	2,36	0	56,64										
24	10,5	2,36	0	24,78		24,5	2,36	0	57,82										
25	11	2,36	0	25,96		25	2,36	0	59										
26	11,5	2,36	0	27,14		25,5	2,36	0	60,18										
27	12	2,36	0	28,32		26	2,36	0	61,26										
28	12,5	2,36	0	29,5		26,5	2,36	0	62,54										
29	13	2,36	0	30,68		27	2,36	0	63,72										
30	13,5	2,36	0	31,86		27,5	2,36	0	64,9										

Taula de dades: primera pujada Dragon Khan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Temps	Velocitat	Acceleració	Posició		1,15	11,27	9,81	42,51975		2,35	23,03	9,81	21,93975	
2	0	0	9,81	49		1,2	11,76	9,81	41,944		2,4	23,52	9,81	20,776	
3	0,05	0,49	9,81	48,98775		1,25	12,25	9,81	41,34375		2,45	24,01	9,81	19,58775	
4	0,1	0,98	9,81	48,951		1,3	12,74	9,81	40,719		2,5	24,5	9,81	18,375	
5	0,15	1,47	9,81	48,88975		1,35	13,23	9,81	40,06975		2,55	24,99	9,81	17,13775	
6	0,2	1,96	9,81	48,804		1,4	13,72	9,81	39,396		2,6	25,48	9,81	15,876	
7	0,25	2,45	9,81	48,69375		1,45	14,21	9,81	38,69775		2,65	25,97	9,81	14,58975	
8	0,3	2,94	9,81	48,559		1,5	14,7	9,81	37,975		2,7	26,46	9,81	13,279	
9	0,35	3,43	9,81	48,39975		1,55	15,19	9,81	37,22775		2,75	26,95	9,81	11,94375	
10	0,4	3,92	9,81	48,216		1,6	15,68	9,81	36,456		2,8	27,44	9,81	10,584	
11	0,45	4,41	9,81	48,00775		1,65	16,17	9,81	35,65975		2,85	27,93	9,81	9,19975	
12	0,5	4,9	9,81	47,775		1,7	16,66	9,81	34,839		2,9	28,42	9,81	7,791	
13	0,55	5,39	9,81	47,51775		1,75	17,15	9,81	33,99375		2,95	28,91	9,81	6,35775	
14	0,6	5,88	9,81	47,236		1,8	17,64	9,81	33,124		3	29,4	9,81	4,9	
15	0,65	6,37	9,81	46,92975		1,85	18,13	9,81	32,22975		3,05	29,89	9,81	3,41775	
16	0,7	6,86	9,81	46,599		1,9	18,62	9,81	31,311		3,1	30,38	9,81	1,911	
17	0,75	7,35	9,81	46,24375		1,95	19,11	9,81	30,36775		3,15	30,87	9,81	0,37975	
18	0,8	7,84	9,81	45,864		2	19,6	9,81	29,4						
19	0,85	8,33	9,81	45,45975		2,05	20,09	9,81	28,40775						
20	0,9	8,82	9,81	45,031		2,1	20,58	9,81	27,391						
21	0,95	9,31	9,81	44,57775		2,15	21,07	9,81	26,34975						
22	1	9,8	9,81	44,1		2,2	21,56	9,81	25,284						
23	1,05	10,29	9,81	43,59775		2,25	22,05	9,81	24,19375						
24	1,1	10,78	9,81	43,071		2,3	22,54	9,81	23,079						

Taula de dades: primera baixada Dragon Khan

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Temps	Radi	Velocitat angular	Acceleració angular	Posició angular							
2	0	18	0,738	0	0							
3	0,2	18	0,738	0	0,1476							
4	0,4	18	0,738	0	0,2952							
5	0,6	18	0,738	0	0,4428							
6	0,8	18	0,738	0	0,5904							
7	1	18	0,738	0	0,738							
8	1,2	18	0,738	0	0,8856							
9	1,4	18	0,738	0	1,0332							
10	1,6	18	0,738	0	1,1808							
11	1,8	18	0,738	0	1,3284							
12	2	18	0,738	0	1,476							
13	2,2	18	0,738	0	1,6236							
14	2,4	18	0,738	0	1,7712							
15	2,6	18	0,738	0	1,9188							
16	2,8	18	0,738	0	2,0664							
17	3	18	0,738	0	2,214							
18	3,2	18	0,738	0	2,3616							
19	3,4	18	0,738	0	2,5092							
20	3,6	18	0,738	0	2,6568							
21	3,8	18	0,738	0	2,8044							
22	4	18	0,738	0	2,952							
23												
24												

Taula de dades: primer looping Dragon Khan

b) Dades gràfics Hurakan Condor

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Temps	Velocitat	Acceleració	Posició		10,5	2,94	0	30,87		22,5	2,94	0	66,15	
2						11	2,94	0	32,34		23	2,94	0	67,62	
3						11,5	2,94	0	33,81		23,5	2,94	0	69,09	
4	0	2,94	0	0		12	2,94	0	35,28		24	2,94	0	70,56	
5	0,5	2,94	0	1,47		12,5	2,94	0	36,75		24,5	2,94	0	72,03	
6	1	2,94	0	2,94		13	2,94	0	38,22		25	2,94	0	73,5	
7	1,5	2,94	0	4,41		13,5	2,94	0	39,69		25,5	2,94	0	74,97	
8	2	2,94	0	5,88		14	2,94	0	41,16		26	2,94	0	76,44	
9	2,5	2,94	0	7,35		14,5	2,94	0	42,63		26,5	2,94	0	77,91	
10	3	2,94	0	8,82		15	2,94	0	44,1		27	2,94	0	79,38	
11	3,5	2,94	0	10,29		15,5	2,94	0	45,57		27,5	2,94	0	80,85	
12	4	2,94	0	11,76		16	2,94	0	47,04		28	2,94	0	82,32	
13	4,5	2,94	0	13,23		16,5	2,94	0	48,51		28,5	2,94	0	83,79	
14	5	2,94	0	14,7		17	2,94	0	49,98		29	2,94	0	85,26	
15	5,5	2,94	0	16,17		17,5	2,94	0	51,45		29,5	2,94	0	86,73	
16	6	2,94	0	17,64		18	2,94	0	52,92						
17	6,5	2,94	0	19,11		18,5	2,94	0	54,39						
18	7	2,94	0	20,58		19	2,94	0	55,86						
19	7,5	2,94	0	22,05		19,5	2,94	0	57,33						
20	8	2,94	0	23,52		20	2,94	0	58,8						
21	8,5	2,94	0	24,99		20,5	2,94	0	60,27						
22	9	2,94	0	26,46		21	2,94	0	61,74						
23	9,5	2,94	0	27,93		21,5	2,94	0	63,21						
24	10	2,94	0	29,4		22	2,94	0	64,68						

Taula de dades: pujada Hurakan Condor

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Temps	Velocitat	Acceleració	Posició		1,1	-10,78	-9,8	80,071		2,3	-22,54	-9,8	60,079	
2						1,15	-11,27	-9,8	79,51975		2,35	-23,03	-9,8	58,93975	
3	0	0	-9,8	86		1,2	-11,76	-9,8	78,944		2,4	-23,52	-9,8	57,776	
4	0,05	-0,49	-9,8	85,98775		1,25	-12,25	-9,8	78,34375		2,45	-24,01	-9,8	56,58775	
5	0,1	-0,98	-9,8	85,951		1,3	-12,74	-9,8	77,719		2,5	-24,5	-9,8	55,375	
6	0,15	-1,47	-9,8	85,88975		1,35	-13,23	-9,8	77,06975		2,55	-24,99	-9,8	54,13775	
7	0,2	-1,96	-9,8	85,804		1,4	-13,72	-9,8	76,396		2,6	-25,48	-9,8	52,876	
8	0,25	-2,45	-9,8	85,69375		1,45	-14,21	-9,8	75,69775		2,65	-25,97	-9,8	51,58975	
9	0,3	-2,94	-9,8	85,559		1,5	-14,7	-9,8	74,975		2,7	-26,46	-9,8	50,279	
10	0,35	-3,43	-9,8	85,39975		1,55	-15,19	-9,8	74,22775		2,75	-26,95	-9,8	48,94375	
11	0,4	-3,92	-9,8	85,216		1,6	-15,68	-9,8	73,456		2,8	-27,44	-9,8	47,584	
12	0,45	-4,41	-9,8	85,00775		1,65	-16,17	-9,8	72,65975		2,85	-27,93	-9,8	46,19975	
13	0,5	-4,9	-9,8	84,775		1,7	-16,66	-9,8	71,839		2,9	-28,42	-9,8	44,791	
14	0,55	-5,39	-9,8	84,51775		1,75	-17,15	-9,8	70,99375		2,95	-28,91	-9,8	43,35775	
15	0,6	-5,88	-9,8	84,236		1,8	-17,64	-9,8	70,124		3	-29,4	-9,8	41,9	
16	0,65	-6,37	-9,8	83,92975		1,85	-18,13	-9,8	69,22975		3,05	-29,89	-9,8	40,41775	
17	0,7	-6,86	-9,8	83,599		1,9	-18,62	-9,8	68,311		3,1	-30,38	-9,8	38,911	
18	0,75	-7,35	-9,8	83,24375		1,95	-19,11	-9,8	67,36775		3,15	-30,87	-9,8	37,37975	
19	0,8	-7,84	-9,8	82,864		2	-19,6	-9,8	66,4		3,2	-31,36	-9,8	35,824	
20	0,85	-8,33	-9,8	82,45975		2,05	-20,09	-9,8	65,40775		3,25	-31,85	-9,8	34,24375	
21	0,9	-8,82	-9,8	82,031		2,1	-20,58	-9,8	64,391						
22	0,95	-9,31	-9,8	81,57775		2,15	-21,07	-9,8	63,34975						
23	1	-9,8	-9,8	81,1		2,2	-21,56	-9,8	62,284						
24	1,05	-10,29	-9,8	80,59775		2,25	-22,05	-9,8	61,19375						

Taula de dades: caiguda lliure Hurakan Condor

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled 'Hurakan Condor.xlsx'. The data is organized in a table with the following columns: Temps, Velocitat, Acceleració, and Posició. The rows represent time intervals from 0 to 0.6 seconds.

Temp	Velocitat	Acceleració	Posició
0	0	-29,43	33,87
0,05	30,4685	-29,43	32,3097875
0,1	28,997	-29,43	30,82315
0,15	27,5255	-29,43	29,4100875
0,2	26,054	-29,43	28,0706
0,25	24,5825	-29,43	26,8046875
0,3	23,111	-29,43	25,61235
0,35	21,6395	-29,43	24,4935875
0,4	20,168	-29,43	23,4484
0,45	18,6965	-29,43	22,4767875
0,5	17,225	-29,43	21,57875
0,55	15,7535	-29,43	20,7542875
0,6	14,282	-29,43	20,0034

Taula de dades: frenada Hurakan Condor

c) Dades gràfics Furius Baco

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled 'Furius Baco.xlsx'. The data is organized in a table with the following columns: Temps, Velocitat, Acceleració, and Posició. The rows represent time intervals from 0 to 2.1 seconds.

Temp	Velocitat	Acceleració	Posició
0	0	10,71	0
0,1	1,071	10,71	0,05355
0,2	2,142	10,71	0,2142
0,3	3,213	10,71	0,48195
0,4	4,284	10,71	0,8568
0,5	5,355	10,71	1,33875
0,6	6,426	10,71	1,9278
0,7	7,497	10,71	2,62395
0,8	8,568	10,71	3,4272
0,9	9,639	10,71	4,33755
1	10,71	10,71	5,355
1,1	11,781	10,71	6,47955
1,2	12,852	10,71	7,7112
1,3	13,923	10,71	9,04995
1,4	14,994	10,71	10,4958
1,5	16,065	10,71	12,04875
1,6	17,136	10,71	13,7088
1,7	18,207	10,71	15,47595
1,8	19,278	10,71	17,3502
1,9	20,349	10,71	19,33155
2	21,42	10,71	21,42
2,1	22,491	10,71	23,61555

Taula de dades: arrencada Furius Baco


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Temps	Velocitat	Acceleració	Posició											
2															
3	0	36,1	-43,4	0				0,44	17,004	-43,4	11,68288				
4	0,02	35,232	-43,4	0,71332				0,46	16,136	-43,4	12,01428				
5	0,04	34,364	-43,4	1,40928				0,48	15,268	-43,4	12,32832				
6	0,06	33,496	-43,4	2,08788				0,5	14,4	-43,4	12,625				
7	0,08	32,628	-43,4	2,74912				0,52	13,532	-43,4	12,90432				
8	0,1	31,76	-43,4	3,393				0,54	12,664	-43,4	13,16628				
9	0,12	30,892	-43,4	4,01952				0,56	11,796	-43,4	13,41088				
10	0,14	30,024	-43,4	4,62868				0,58	10,928	-43,4	13,63812				
11	0,16	29,156	-43,4	5,22048				0,6	10,06	-43,4	13,848				
12	0,18	28,288	-43,4	5,79492				0,62	9,192	-43,4	14,04052				
13	0,2	27,42	-43,4	6,352				0,64	8,324	-43,4	14,21568				
14	0,22	26,552	-43,4	6,89172				0,66	7,456	-43,4	14,37348				
15	0,24	25,684	-43,4	7,41408				0,68	6,588	-43,4	14,51392				
16	0,26	24,816	-43,4	7,91908				0,7	5,72	-43,4	14,637				
17	0,28	23,948	-43,4	8,40672				0,72	4,852	-43,4	14,74272				
18	0,3	23,08	-43,4	8,877				0,74	3,984	-43,4	14,83108				
19	0,32	22,212	-43,4	9,32992				0,76	3,116	-43,4	14,90208				
20	0,34	21,344	-43,4	9,76548				0,78	2,248	-43,4	14,95572				
21	0,36	20,476	-43,4	10,18368				0,8	1,38	-43,4	14,992				
22	0,38	19,608	-43,4	10,58452				0,82	0,512	-43,4	15,01092				
23	0,4	18,74	-43,4	10,968											
24	0,42	17,872	-43,4	11,33412											

Taula de dades: frenada Furius Baco

ANNEX IV-Plantilla hipsòmetre

Plantilla de l' hipsòmetre per a dreters i esquerrans per a poder experimentar a l'aula i al parc.

Tape straw between line and edge.



NASA Amusement Park
Physics Day

This altitude tracker
belongs to _____

Eye level _____ meters
30 meters = _____ of my steps

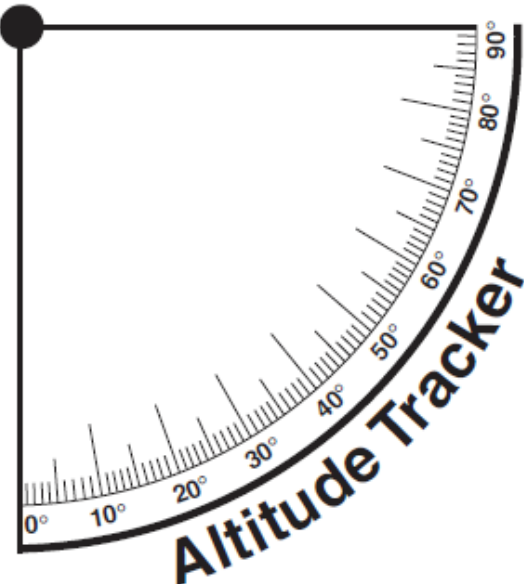
Altitude Tracker

0° 10° 20° 30° 40° 50° 60° 70° 80° 90°

**Right-Handed Template
Using the Tracker**


1. Hold the tracker by the handle and look through the straw, sighting to the top of the object whose height you want to measure.
2. Let the washer hang freely, waiting until it stops moving.
3. With your free hand, tightly hold the washer against the cardboard to keep it still.
4. Have a partner read the angle measurement and record.

Plantilla per a dreters.



Altitude Tracker

Tape straw between line and edge.



NASA Amusement Park
Physics Day

This altitude tracker
belongs to _____

Eye level _____ meters
30 meters = _____ of my steps

**Left-Handed Template
Using the Tracker**

1. Hold the tracker by the handle and look through the straw, sighting to the top of the object whose height you want to measure.
2. Let the washer hang freely, waiting until it stops moving.
3. With your free hand, tightly hold the washer against the cardboard to keep it still.
4. Have a partner read the angle measurement and record.

Plantilla per a esquerrans.

ANNEX V-Solucions quadern de l'alumne

a)Hurakan Condor

1. c)Parabòlica.
2. a)Augmenta.
3. b)Caiguda lliure.
4. $9,81 \text{ m/s}^2$
5. a)Frenada, b)Pujada, c)Cap
6. Arnesos hidràulics amb cinturó.
7. Dades mesurades personalment amb cronòmetre:

T1=30,45 s	T2=28,30 s	T3=29,95 s
------------	------------	------------

Temps mitjà= 29,57 s

Dades conegudes:

$y_0= 0 \text{ metres}$	$y=86 \text{ metres}$	$v_0=0 \text{ m/s}$
-------------------------	-----------------------	---------------------

Com és tracta d'un MRU (Moviment Rectilini Uniforme) utilitzarem la fórmula següent:

$$\text{Velocitat (SI=m/s): } \frac{(x-x_0)}{(t-t_0)}$$

$$v = \frac{86-0}{29,57} = \underline{2,94 \text{ m/s.}}$$

8.

$$\text{Pes= massa} \cdot \text{gravetat}$$

$$\text{Pes= } (60 \cdot 4) \cdot 9,81 = \underline{2354,4 \text{ N}}$$

$$\text{Treball= F} \cdot x$$

$$\text{Treball= } 2354,4 \cdot 86 = \underline{202478,4 \text{ J}}$$

$$\text{Potència= W/t}$$

$$\text{Potència= } 202478,4/29,57 = \underline{6847,4 \text{ W}}$$

9. Dades mesurades personalment amb cronòmetre:

T1=2,90 s	T2=3,20 s	T3=3,76 s
-----------	-----------	-----------

Temps mitjà= 3,29s

Com és tracta d'un MRU (Moviment Rectilini Uniforme) utilitzarem la fórmula següent:

Velocitat (SI= m/s): $v_0 + a \cdot t$
--

$v_0=0\text{m/s}$	$a=9,81\text{m/s}^2$	$t=3,29\text{s}$
-------------------	----------------------	------------------

$$v=0+9,8 \cdot 3,29= \underline{32,242 \text{ m/s} \rightarrow 116 \text{ km/h}}$$

10.

$$E_{m0} = E_c + E_p = 0 + m \cdot h \cdot g \quad \longrightarrow \quad m \cdot h \cdot g = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + 0$$

$g=9,81\text{m/s}^2$	$y=86 \text{ metres}$
----------------------	-----------------------

$$v^2 = 86 \cdot 9,81 \cdot 2;$$

$$\underline{v=41,05 \text{ m/s} \rightarrow 147,78 \text{ km/h}}$$

11. La moneda sura ingràvida perquè baixa a la mateixa a la mateixa velocitat que el seient de l'atracció.

12. Per un moment, no es fa cap bombolla a l'interior de l'aigua i s'intueix que l'aigua per un moment deixa de pesar.

13. Les pilotes suren ingràvides perquè baixen a la mateixa velocitat que el seient de l'atracció.

14. a) Més lleuger.

15. b) Igual pes.

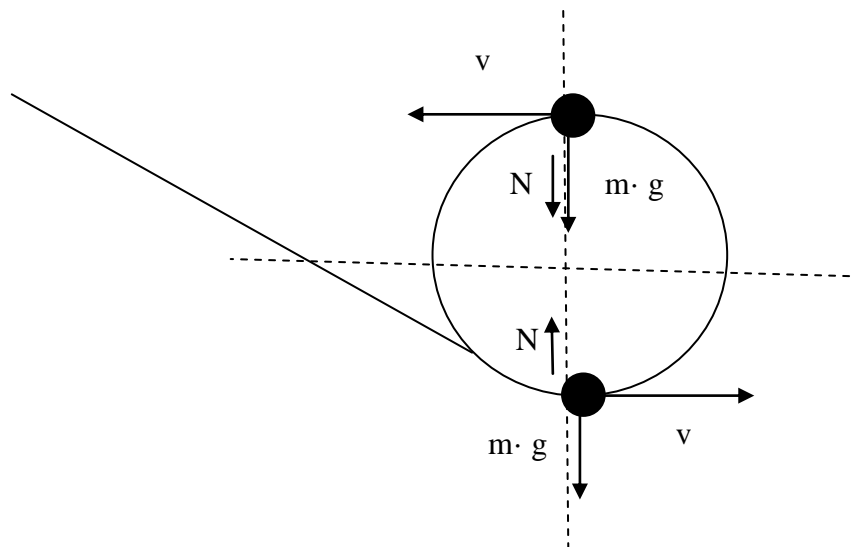
16. c) Sense pes.

17. d) Més pesat.

DRAGON KHAN

1. Per a aconseguir el màxim d'energia potencial per a poder realitzar tot el recorregut sense cap motor ni màquina acoblada.

2.



3. La velocitat que duu la vagoneta al punt més alt del looping ha de ser suficientment gran i la força centrípeta ha de ser igual o més gran que el pes.

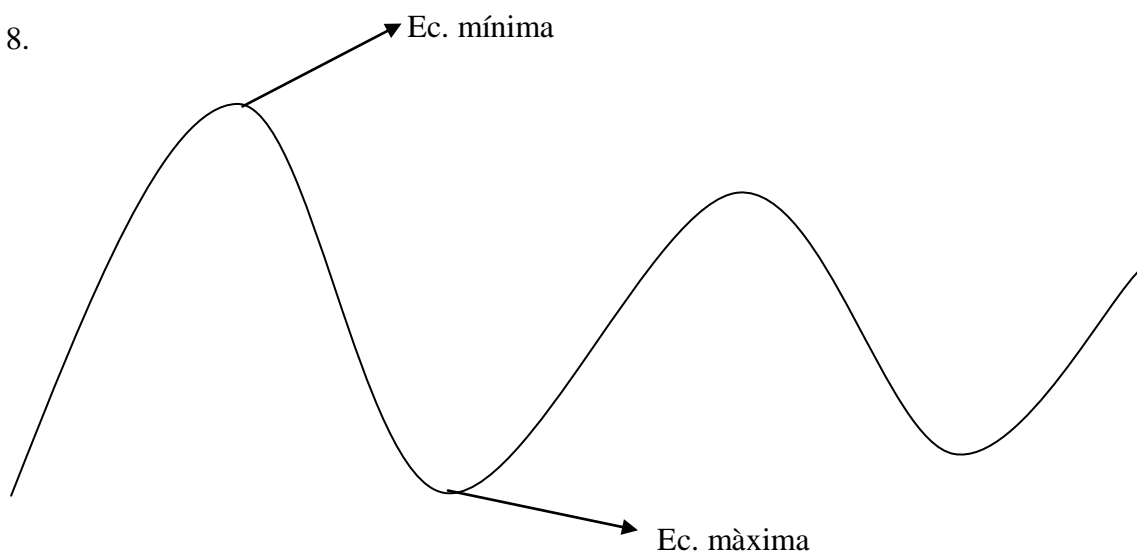
4. La velocitat que necessitariem a l'entrada del looping si aquest fos circular, crearia unes acceleracions moltes altes, unes intenses forces g que causarien lesions als passatgers.

5. No, perquè degut al fregament, l'energia no és conserva totalment i si hi haguessin 2 pujades de la mateixa altura no aconseguiria pujar-la. Si el segon looping fos més alt que el primer tampoc aconseguiria superar-lo per la mateixa raó; per les pèrdues d'energia degut al fregament amb l'aire i les vies.

6. Calcularia l'energia a la primera pujada, i l'energia a la segona pujada i calcularia la diferència.

7. a)potencial, b)cinètica, c)cinètica, d)mecànica, e)calorífica.

8.



9. La massa no influeix quan calculem l'energia mecànica; per tant, no varia l'energia cinètica ni l'energia potencial independentment dels passatgers que ocupin un tren.

10. Arnesos hidràulics amb cinturó.

11. Dades mesurades personalment amb cronòmetre:

T1=37,48s	T2=36,93	T3=37,30
-----------	----------	----------

Temps mitjà= 37,24 s

Dades conegudes:

$y_0 = 0$ metres	$y = 88$ metres	$v_0 = 0$ m/s
------------------	-----------------	---------------

Com és tracta d'un MRU (Moviment Rectilini Uniforme) utilitzarem la fórmula següent:

Velocitat (SI=m/s): $\frac{(x-x_0)}{(t-t_0)}$

$$v = \frac{88-0}{37,24} = 2,36 \text{ m/s} \rightarrow 8,496 \text{ km/h.}$$

12.

$$E_{m1} = E_{m2}$$

$$E_c + E_p = E_c + E_p$$

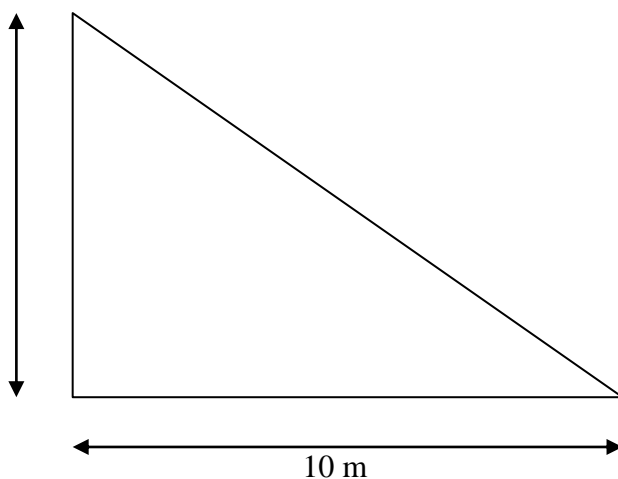
$$m \cdot h \cdot g = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$v^2 = 88 \cdot 9,81 \cdot 2$$

$$v = 41,55 \text{ m/s} \rightarrow 150 \text{ km/h}$$

13.

Distància del sol fins als ulls = 1,53 metres.



Amb trigonometria i sumant la distància del sol fins als ulls trobem que l'altura de la primera pujada és igual a 49 metres.

14.No cauria. La força de la gravetat i la força centrípeta estan perfectament compensades.

15. Si anem amb els ulls oberts experimentem més sensacions; fins i tot anant amb els ulls tancats podríem no percebre els loopings.

16. a)Més lleuger.

17. c)Sense pes.

18. c)Sense pes.

FURIUS BACO

1.Arnesos hidràulics amb cinturó.

2. Sistema de llançament hidràulic.

3.Frens magnètics.

4.

Dades conegudes:

$v_0 = 0 \text{ m/s}$	$v = 135 \text{ km/h} = 37,5 \text{ m/s}$	$t = 3,5 \text{ s}$
-----------------------	---	---------------------

Com és tracta d'un MRUA utilitzarem la fórmula següent:

$\text{Velocitat (SI= m/s): } v_0 + a \cdot t$	$37,5 = 0 + (a \cdot 3,5)$	$a = 10,7 \text{ m/s}^2$
--	----------------------------	--------------------------

És una acceleració un poc major que la de la gravetat.

5.

$P = W/T$	$W = 12.000 \cdot 10,71 \cdot 65,5 \cdot \cos 0$
-----------	--

$t=3,5 \text{ s}$	$m=12.000 \text{ kg}$	$a=10,71 \text{ m/s}^2$	$x=65,6 \text{ m}$
-------------------	-----------------------	-------------------------	--------------------

$$W=12.000 \cdot 10,71 \cdot 65,5 \cdot \cos 0$$

$$W=84186,06 \text{ J}$$

$$P=W/t$$

$$P=84186,06/3,5=\underline{2405,16 \text{ W}}$$

6. Dades conegudes:

$r=1,5 \text{ m}$	$t=1,5 \text{ s}$
-------------------	-------------------

A partir del radi podem conèixer la longitud, ja que: $l=2\pi r$

$$\text{Longitud} = 2 \pi 1,5 = \underline{3\pi}$$

$$\text{Acceleració centrípeta (SI=m/s): } \frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r$$

$$A_c = \frac{(3 \pi / 1,5)^2}{1,5} = 26,32 \text{ m/s}^2$$

$$F_c = 12.0000 \cdot 26,32 = \underline{315840 \text{ N}}$$

7. Dades conegudes:

$v_0=130 \text{ km/h}=36.1 \text{ m/s}$	$v=0\text{m/s}$
$x_0=0\text{m}$	$x=15 \text{ m}$

Com ens falta el temps i l'acceleració haurem de dur a terme un sistema entre les equacions de posició i velocitat del MRUA. Aïllarem l'acceleració de les dos fórmules i igualarem les dos equacions.

$$\text{Velocitat (SI=m/s): } v_0 + a \cdot t$$

$$\text{Posició (SI= m): } x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$\begin{array}{lcl}
 0=36,1 + a \cdot t & \longrightarrow & a = \frac{-36,1}{t} \\
 15 = 36,1 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 & \longrightarrow & a = \frac{15 - 36,1 t}{\frac{1}{2} \cdot t^2}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \\ \\ \end{array}} \right\} t=?$$

t=0,83 segons

Substituïm el temps a qualsevol de les dos fórmules i trobem l'acceleració: a=-43,4 m/s

8. La nostra inèrcia fa que el nostre cos es vulgui mantenir en repòs mentre l'acceleració d'arrencada ja ens està empenyent cap endavant.

CARROUSEL

1. En realitat no, ja que per a iniciar el moviment té una certa acceleració; encara que considerant MCU es faciliten els càlculs i la diferència és mínima.

2.a. Sí

3.b. No

4. Sortiríem disparats cap a fora.

5. Acceleració centrípeta.

6. Mesurat personalment amb cronòmetre (pot canviar)

$T_1 = 29,74 \text{ s}$	$T_2 = 29,22 \text{ s}$	$T_3 = 29,22 \text{ s}$	<u>$T_{\text{mitjà}} = 29,39 \text{ s}$</u>
-------------------------	-------------------------	-------------------------	--

7. Dades conegudes:

$T = 29,37 \text{ s}$	$\gamma = 360^\circ = 2 \pi \text{ rad}$
-----------------------	--

Velocitat angular, w (SI=rad/s): $\frac{\gamma}{t}$

$$w = \frac{2 \pi \text{ rad}}{29,37};$$

$$\underline{\text{Velocitat angular} = 0,2139 \text{ rad/s}}$$

8.

Per a calcular la velocitat lineal només haurem de multiplicar la velocitat angular (w) pel radi (r).

Velocitat lineal, v (SI=m/s) : $w \cdot R$
--

Dades conegudes:

$w = 0,2139 \text{ rad/s}$	$r = 6,72 \text{ m}$
----------------------------	----------------------

$$w = 0,2139 \cdot 6,72 ;$$

$$\underline{\text{Velocitat lineal} = 1,437 \text{ m/s}}$$

KON- TIKI WAVE

1.a.Cert

2. Sí, encara que tenim un motor que el fa moure (iniciar i parar el seu recorregut)

3. Energia elèctrica

4. La força impulsora es converteix en una força de fricció que va frenant a poc a poc el moviment de la barca.

5.Màxima energia cinètica= part més baixa del recorregut.

Màxima energia potencial= parts més altes del recorregut.

6.a)

7. Barres hidràuliques automàtiques.

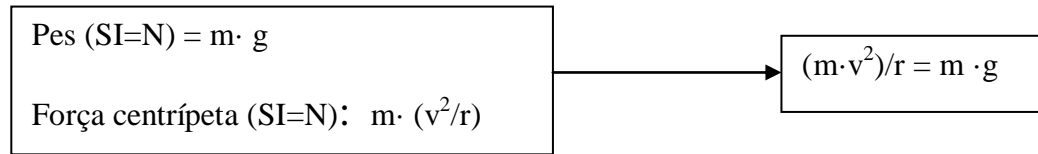
8.b)

9. Mesurat personalment amb cronòmetre (pot canviar).

$T_1=7,32 \text{ s}$	$T_2=7,27\text{s}$	$T_3= 7,50\text{s}$	$T \text{ mitjà}= 7,36 \text{ s}$
----------------------	--------------------	---------------------	-----------------------------------

10. Longitud=14,01 metres.

11.



$$v^2=9,8 \cdot 14,01 \text{ m}; v=11,72 \text{ m/s}^2$$

12. (El nombre de l'acceleració pot variar). Als extrems tenim la sensació de pesar menys, mentre que al centre tenim la sensació de pesar més.

13. Longitud= 14,01 m

14. Als extrems tenim la sensació de pesar més, al centre tenim la sensació de pesar menys.

15. Pel continu moviment oscil·latori.

Enigmes:

Pàg. 9: 3 animals (1 gos, 1 gat i 1 lloro).

Pàg. 15: El nombre 9.

Pàg. 21: El segon.

Pàg. 22: 3 calcetins.

Pàg. 24: El nombre 6.

Pàg. 25: Pi.

Pàg. 28: Perquè tenia massa problemes.

Pàg. 29: 4.

