Fysik 1 labøvelser

HotWheels – Bevarelse af mekanisk energi, og centripetal acceleration omkring en vertikal loop

HOLD 4 GRUPPE 6
Jonas Hemstra
Lasse
Daniel Lawther
- Og bilen 'Iron Man'

Fremgangsmåde:

Vi opstillede en HotWheels-bane som vist ovenfor. Loopen tilnærmer sig en cirkel. For at holde sig i denne cirkelbane skal Iron Man have en vis hastighed når den går ind i loopen, som udledt ovenfor. Vi måler hastigheden før loopen med gate måleren. Vi laver forsøget for forskellige starthøjder h, i 10 cms intervaller. Ved hver højde gentages forsøget tre gange. Det noteres også, om Iron Man kom 'rent' rundt om loopen, svarende til at den havde den nødvendige minimums hastighed i bunden (plus den hastighed, der skal til for at overvinde gnidningskraft i loopen!)

Desværre fik vi kun målt banelængden til h=50cm. Det viste sig at være ret ærgerligt, da det betyder at vi kun kan regne den gennemsnitslige friktionskraft ud for disse tre målinger.

Teori:

Vi ser loopen som en cirkelbevægelse, hvilket giver den 'teoretiske' centripetalacceleration:

$a = v^2 / r$.

De faktiske fysiske kræfter, der må give denne acceleration, består i banens normalkraft og tyngdekraften.

Når bilen lige netop skal være i kontakt med banen i toppen af loopen kræves der ingen normalkraft fra banen for at holde på den – al centripetalacceleration kommer fra bilens vægt m*g.

Summen af kræfter i toppen af loopen er lig centripetalkraften:

$F(res) = m * a = m * v^2 / r = - n - m*g$ (her har vi bestemt at den positive retning er lodret opad).

Normalkraften n isoleres:

$n = (v^2 / r) * m - g * m$

Ved at sætte n lig nul finder vi den minimale hastighed i toppen af loopen, der lader bilen blive i kontakt med banen.

$V(top, min) = sqrt (g * r)$

Når vi i første omgang ser bort fra gnidning med banen og luften, skulle der gerne være energibevarelse i bevægelsen fra toppen af rampen til toppen af loopen, da tyngdefeltet er et konservativt kraftfelt. Turen svarer energimæssigt til at bilen falder fra toppen af rampen til toppen af loopen:

$E(kin,top) = h * m * g - 2r * m * g$ (da loopen er 2r høj)

...som så skal være lig $½ * m * v(top,min)^2$.

Ved indsættelse af v(top,min) fra overvejelserne omkring centripalaccelerationen får vi:

$h(min) = 2.5 * r$

En anden ting, som vi bruger i vores udregninger af gnidning, er at den kinetiske energi lige før loopen (hvor vi måler hastigheden) bør være lig tabet i potentiel energi, hvis der ikke var noget gnidning med banen og luften: $E(kin,bund) = m * g * h$.

Resultater:

Det viste sig at højden skulle være meget højere end vores teoretisk udledte h(min), før Iron Man kunne gennemføre loopen. Derfor må de diverse friktionskræfter involveret i bilens tur ned ad banen have en stor betydning for den resulterende kraft, der accelererer bilen.

Ved at se på ændringen i mekanisk energi i toppen og bunden af loopen har vi prøvet at få en ide om hvor stor en kraft, gnidnigen påvirker bilen med. For den højeste startsted har vi udregnet gnidnigens arbejde på nedturen. Ved at dividere med banens længde fra startsted til hastighedsmåleren har vi fundet den gennemsnitslige gnidningskraft.

Spørgsmålet er så, om gnidningskraften er nogenlunde konstant under hele turen. Luftmodstand er ifølge vores bøger afhængig af hastigheden i anden, men kunne heller ikke tænkes at have spillet den store rolle for den lille, kompakte bil. Den statiske gnidning mellem hjulene og banen udfører ingen arbejde i bevægelsesretningen, og skulle derfor ikke bidrage til ændringen i mekanisk energi.

Gnidningen mellem siden af bilen og banekanterne kunne derimod tænkes at være forholdsvis store, rettet modsat bevægelsen, og ret afhængige af, hvor lige vi havde formået at sætte bilen på banen. Denne gnidning vil jeg tro var ret tilfældig fra tur til tur, men ikke hastighedsafhængig. Evt. indre gnidninger i bilen bidrager også til en omdannelse af mekanisk energi til varme.

Det er synd at vi ikke fik målt banelængden til flere af startpositionerne, da vi så kunne have fået et mere repræsentativt billede af gnidningen og set om den gennemsnitslige kraft ændrede sig fra tur til tur.

Højde af startsted (cm)	Målt hastighed (cm/s)	Potentiel energi i top (J)	E(kin) i bunden	W(frik)
18,7	156,2	0,068	0,045	-0,023
18,7	144,9	0,068	0,039	-0,029
18,7	147	0,068	0,040	-0,028
28,7	185,1	0,104	0,063	-0,041
28,7	178,5	0,104	0,059	-0,045
28,7	188,6	0,104	0,066	-0,038
38,7	208,3	0,140	0,080	-0,060
38,7	222,2	0,140	0,091	-0,049
38,7	208,3	0,140	0,080	-0,060
48,7	222,2	0,177	0,091	-0,085
48,7	222,2	0,177	0,091	-0,085
48,7	238	0,177	0,105	-0,072

Loopens radius = 11,25cm. Bilens masse = 0,037kg

Hvis W(frik) = 0
Så teoretisk h(min)= 28,13 (=2,5 R)

Højde af startsted (cm)	Banekurvens længde	F(frik) avg.
48,7	0,75	0,11
48,7	0,75	0,11
48,7	0,75	0,10