

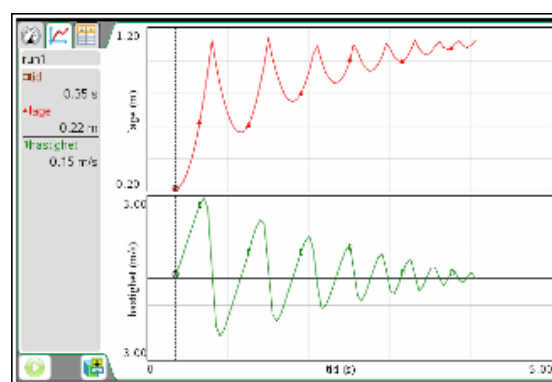
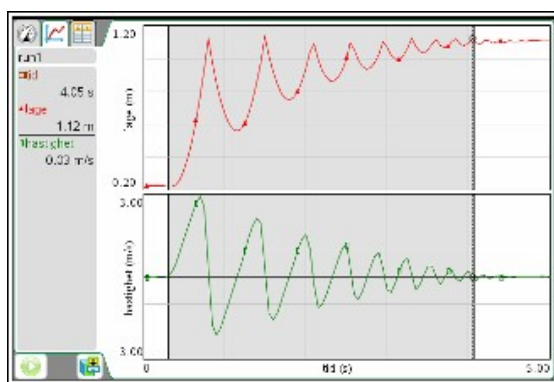
Studs, rörelse och energi - lärarstöd

Inledande anmärkning angående sätt för datainsamling:

Om du inte har tillgång till labsläde kan du ändå genomföra detta försök genom att ansluta detektorn till en EasyLink[®] som du sedan ansluter till handenhetens USB-ingång eller genom att ansluta detektorn till en GoLink som ansluts till en USB-port på datorn. Detta arbetssätt är möjligt om du använder endast en sensor och så länge din datainsamlingshastighet understiger 200 per sekund.

Kommentarer:

- Bilden till vänster nedan visar graferna så som de presenteras efter mätningen och när intressanta data markerats. I den övre bilden finns läge-tid-grafen och i den undre hastighet-tid-grafen. I den högra bilden har icke-markerade datapunkter markerats som strukna (Data, Strike Data, Outside Selected Region).

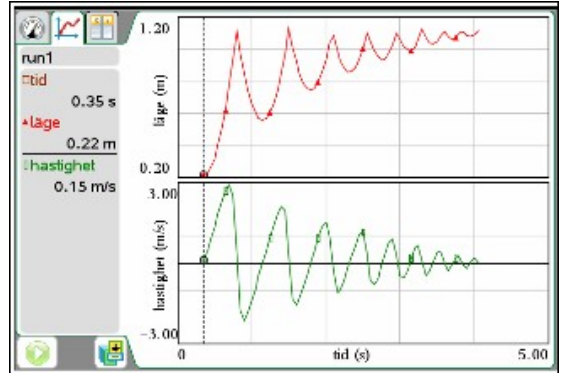


- Det är viktigt att diskutera utseendet av de båda graferna så att eleverna är klara över vad som sker. Ställ kollfrågor som t ex: När sker studsarna? Var är bollen när hastigheten är noll? Varför är lutningarna på hastighet-tid-grafen samma vid de tillfällen då de har positiv lutning? Är det samma acceleration hos bollen när den faller och när den stiger?
- Det är intressant att lägga in en rörlig tangent med verktyget Tangent (menyn Analyze). Vad betyder lutningen hos tangenten till läge-tid-grafen? Jämför koordinaterna för punkten i hastighet-tid-grafen! Vad betyder lutningen hos tangenten till hastighet-tid-grafen? När är accelerationen negativ och varför är den det? Diskutera storleken av den negativa accelerationen. Hur kan den vara så stor? Relatera accelerationerna till vilka krafter som verkar och hur de är riktade!
- Hur högt når bollen efter varje studs? Vilka energiomvandlingar sker?

Undersökning 1: Minskningen i studshöjd

- Studera energiförlusten vid studsarna genom att med hjälp av spårningsverktyget ta reda på maximala höjden efter varje studs. Lägg sedan in värdena i listor i en List&Spreadsheet-applikation på TI-Nspire. Bollens största avstånd till detektorn kan avläsas vid andra studsens i det här fallet. Avläst värde i grafen var 1,13 m. Den formel eleverna ska skriva in i kolumn C är därför " $=1.13 - \text{avst}$ ". Kanske behöver eleverna hjälp med hur de ska bestämma detta avstånd. Följande bilder visar steg i avläsningen och beräkningen av maxhöjder:

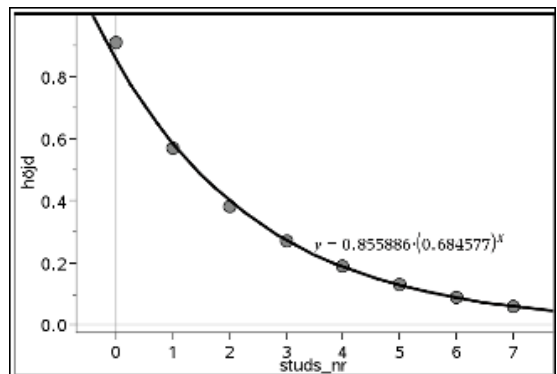
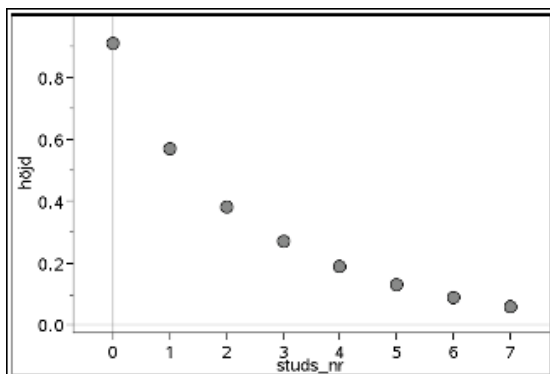
A studs_nr	B höjd	C	D	E	F
1	0				
2	1				
3	2				
4	3				
5	4				
6	5				
7					
8					
9					
10					



A studs_nr	B höjd	C avst	D	E	F
1	0	0.22			
2	1				
3	2				
4	3				
5	4				
6	5				
7					
8					
9					
10					

A studs_nr	B höjd	C avst	D	E	F
1	0	=1.13-av	0.22		
2	1		0.57	0.56	
3	2		0.38	0.75	
4	3		0.27	0.86	
5	4		0.19	0.94	
6	5		0.13	1.	
7	6		0.09	1.04	
8	7		0.06	1.07	
9					
10					

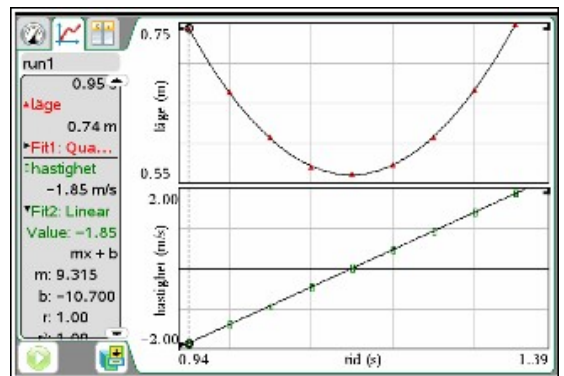
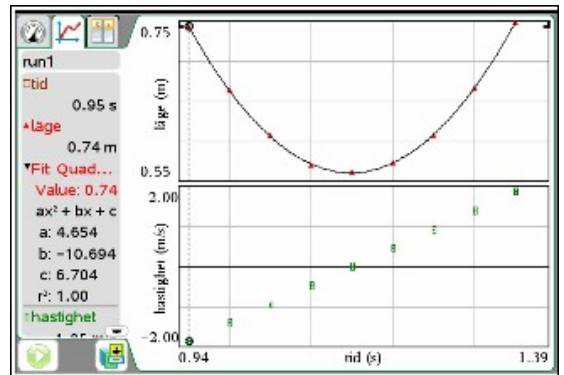
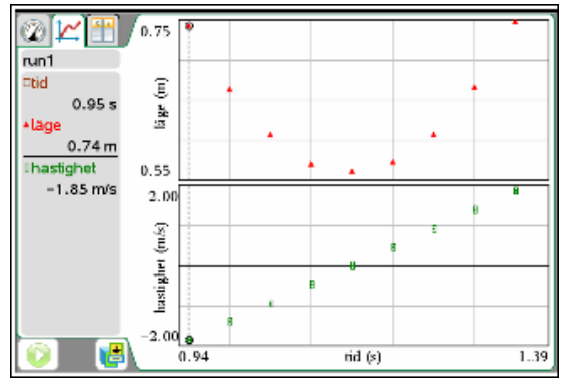
- För att rita grafen går det bra att infoga antingen en Data&Statistics-sida eller en Graph-sida. Här har en Data&Statistics-sida valts eftersom den och den efterföljande exponentiella regresssionen är lättare att göra i Data&Statistics. Diskutera grafens utseende. Vilken typ av funktionsanpassning verkar rimlig? Till vänster nedan finns grafen och till höger grafen med funktionsanpassningen.



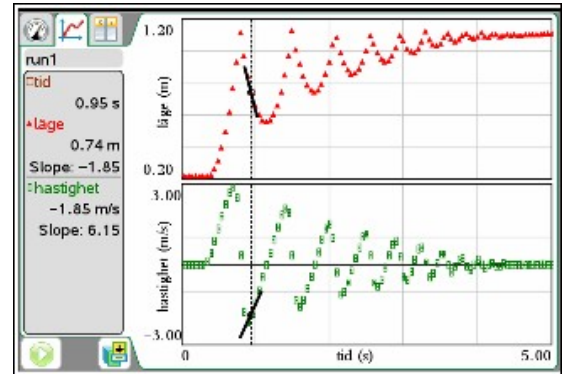
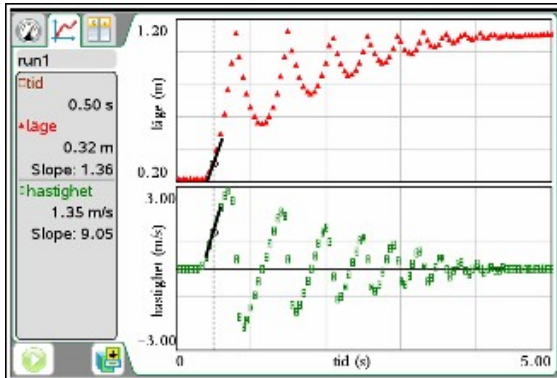
- Som framgår kan funktionen $y = 0,86 \cdot 0,68^x$ anpassas till värdena. Basen i exponentialfunktionen visar hur stor del av studshöjden som "kvarstår" från en studs till nästa. Detta kan också formuleras så att 68 % av energin kvarstår efter varje studs jämfört med föregående eller att 32 % av bollens energi övergår i värme vid varje studs. Den inledande höjden är som synes enligt modellen 86 cm.

Undersökning 2: Rörelsen mellan två studsar

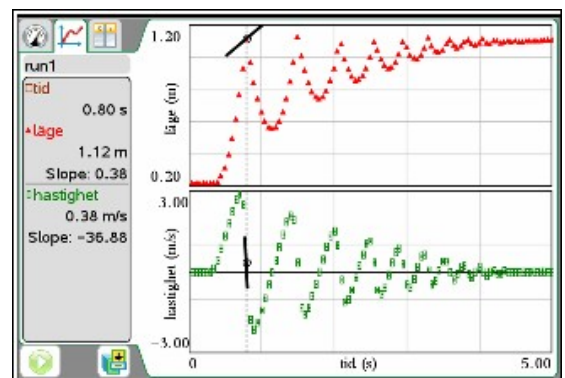
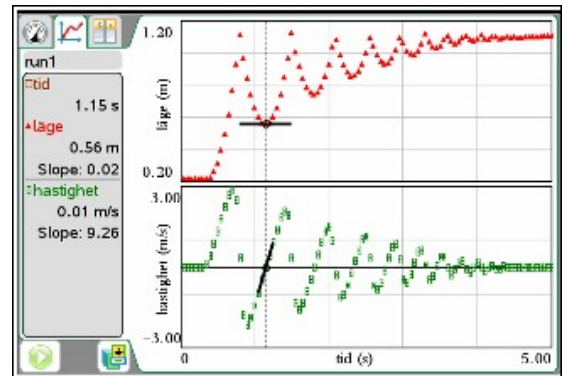
- Markera de data som tillhör det önskade intervallet. Ofta är det enklast att ta hastighet-tid-grafen som hjälp för att göra ett korrekt urval. Urvalet är gjort i bilden intill! I denna bild är också de linjestycken som normalt finns mellan datapunkterna borttagna. Praktiskt sker borttagningen genom att du högerklickar på grafen och väljer Graph Settings följt av Point Options. Avmarkera sedan Connect Data Points.
- Diskutera vilken typ av funktionsanpassning som verkar rimlig för läge-tid-grafen. Gör anpassningen och godkänn den med OK.
- I bilden intill visas resultatet till vänster. Diskutera värdet på konstanten a och fråga också vad b och c kan ha för betydelse. Som hjälp för dem kan det vara bra att diskutera för vilka x modellen är giltig, dvs för vilka tider modellen gäller ,
- Gör sedan en anpassning till hastighet-tid-grafen. Vad betyder det att den är linjär? Övertyga eleverna att accelerationen är densamma hela tiden. Det är ingen skillnad mellan den uppåtgående och den nedåtgående rörelsen vad beträffar accelerationen. En vanlig vanföreställning är att den måste vara olika! Om kraftlagen är bekant kan den hjälpa till ytterligare att befästa kunskapen.
- Med stöd av föregående punkt bör eleverna nu själva kunna förklara varför alla de linjära delarna med positiv lutning är parallella med varandra.



- Med samtliga data återställda aktiveras verktyget Tangent och eleverna kan studera lutningen i en punkt på läge-tid-grafen och jämföra med motsvarande funktionsvärde för hastighet-tid-grafen. Efter att ha gjort det i några punkter bör sambandet vara klart. Detta finns redovisat för två punkter i bilderna som följer.



- Påtala betydelsen av att hastigheten är noll och när detta inträffar för de positivt lutande delarna av hastighet-tid-grafen. Detta bör framgå tydligt när de använder tangentverktyget. I bilden intill visas en sådan situation.
- Genom att studera hastighet-tid-grafen kan man se att bollen är i kontakt med golvet mellan tidpunkterna 0,75 s och 0,85 s (ungefär). Hastigheten vid tiden 0,75 s avläses till 2,53 m/s² och vid 0,85 s – 2,10 m/s². Med dessa värden beräknas en medelacceleration i intervallet som är - 46 m/s². Detta värde har stor felmarginal eftersom tidsintervallet är så kort.
- Var befinner bollen sig när hastigheten är noll för de negativt lutande delarna? Om en studs väljs ut och studeras ser vi att hastigheten ändras under en kort tid från ett positivt till ett negativt värde och med tangentverktygets hjälp kan eleverna ta reda på hur stor den negativa accelerationen är vid olika tidpunkter under studsens.



Hastighet-tid-grafen kan tyckas linjär men så är inte fallet. Det är elastiska krafter som verkar och det syns också på lutningarnas värden att accelerationen är som kraftigast då hastigheten är noll och då bollen är som mest hoptryckt. Den befinner sig som längst då. Storleken på accelerationen i denna upptagning har sitt ”minsta” värde på ca - 37 m/s². Detta är den största storleken på den uppåtriktade accelerationen. Se bilden! Den maximala studskraften är med andra ord cirka fyra gånger större än bollens tyngd.

Extrauppgiften

- Ytterligare punkter i stil med de som finns ovan registreras och eleverna upprättar en tabell med sammanhörande värden på tider, t , lägen, s , och hastigheter, v . Bollen vägs. Den här använda bollens massa var 0,40 kg.
- Beräkna höjder, h , över golvet, lägesenergier, wp , rörelseenergier, wk , och totalenergi, $wtot$. Tillvägagångssättet att göra detta i listor med hjälp av TI-Nspire™ finns illustrerat i bilden. Studera tabellen där totalenergierna har färgats in med olika färger. Med hjälp av tidskoordinaterna kan eleverna enkelt se att de värden som är ungefär lika hör till samma intervall mellan två studsar.
- Slutligen åskådliggörs totalenergierna som funktion av tiden. Det är intressant för eleverna att se att totalenergierna är konstanta mellan två studsar vilket ju redan kunde konstateras ovan. Luftmotståndet mot en boll med massan 400 g är sannolikt försumbart vid dessa låga farter.

t	s	v	h	wp	wk	wtot	
1	0.5	0.32	1.35	0.81	3.18168	0.3645	2.50018
2	0.6	0.5	2.3	0.63	2.47464	1.058	2.53224
3	1	0.66	-1.38	0.47	1.84616	0.38088	2.22704
4	1.15	0.56	0.01	0.57	2.23896	0.00002	2.23898
5	1.3	0.67	1.45	0.46	1.80688	0.4205	2.22738
6	1.65	0.85	-1.3	0.28	1.09984	0.338	1.43784
7	1.95	0.86	1.37	0.27	1.06056	0.37538	1.43594
8	2.2	0.93	-1.04	0.2	0.7856	0.21632	1.00192
9	2.4	0.89	0.7	0.24	0.94272	0.098	1.04072
10	2.7	0.95	-0.52	0.18	0.70704	0.05408	0.76112
11	2.85	0.97	0.75	0.16	0.67948	0.1175	0.74098

