



Let's go for a ride! The physics of roller-coasters

Creating a scale model and performing  
measurements on the model

### BEGIN

(punt 5)

$$\begin{aligned} \bullet \quad a_x(t) > a &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \\ a_y(t) &= \sqrt{(-1,435)^2 + (-1,432)^2} \\ &= 2,029 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad \left. \begin{aligned} v_x(t) > v &= \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \\ v_y(t) &= \sqrt{(0,084)^2 + (-0,084)^2} \\ &= 0,119 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \rightarrow E_{kin} &= \frac{m \cdot v^2}{2} \\ &= \frac{1 \cdot 0,119^2}{2} \\ &= 0,00706 \text{ J/kg} \end{aligned} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad y(t) &= 0,114 \\ E_{pot} &= m \cdot g \cdot h \\ &= 1 \cdot 9,81 \cdot 0,114 \\ &= 1,118 \end{aligned}$$

### MIDDEN

(punt 22)

$$\begin{aligned} \bullet \quad a_x(t) > a &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \\ a_y(t) &= \sqrt{0^2 + (-3,226)^2} \\ &= 3,228 \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} & \cdot \begin{matrix} v_x(t) \\ v_y(t) \end{matrix} \right\} v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \\ & \qquad \qquad \qquad = \sqrt{(-0,416)^2 + 0,04^2} \\ & \qquad \qquad \qquad = 0,420 \end{aligned} \right\} \Rightarrow E_{kin} = \frac{m \cdot v^2}{2} \\ & \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad = \frac{1 \cdot 0,420^2}{2} \\ & \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad = 0,088 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \cdot y(t) = 0,0780 \\ & E_{pot} = m \cdot g \cdot h \\ & \qquad = 1 \cdot 9,81 \cdot 0,0780 \\ & \qquad = 0,765 \end{aligned}$$

### EINDE

(punt 49)

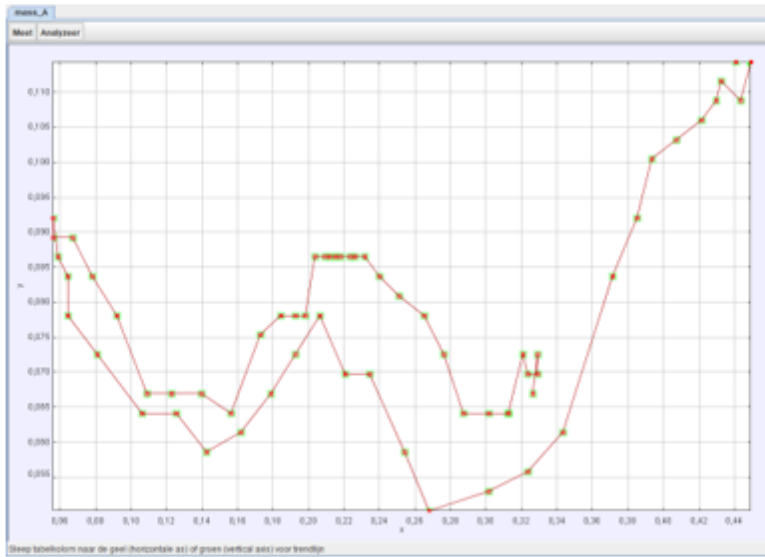
$$\left. \begin{aligned} & \cdot \begin{matrix} a_x(t) \\ a_y(t) \end{matrix} \right\} a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \\ & \qquad \qquad \qquad = \sqrt{0,717^2 + (-0)^2} \\ & \qquad \qquad \qquad = 0,717 \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} & \cdot \begin{matrix} v_x(t) \\ v_y(t) \end{matrix} \right\} v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \\ & \qquad \qquad \qquad = \sqrt{0,084^2 + (-0)^2} \\ & \qquad \qquad \qquad = 0,0840 \end{aligned} \right\} E_{kin} = \frac{m \cdot v^2}{2} \\ & \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad = \frac{1 \cdot 0,0840^2}{2} \\ & \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad = 0,00353 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \cdot y(t) = 0,0860 \\ & E_{pot} = m \cdot g \cdot h \\ & \qquad = 1 \cdot 9,81 \cdot 0,0860 \\ & \qquad = 0,844 \end{aligned}$$


# GRAFIEKEN EN TABELLEN

## 1. $Y(x)$ -grafiek



## 2. $Y(t)$ -grafiek



Databouwer... Vernieuw Help			
markeringen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
lijnen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
stijl			
as	horiz	vert	vert
row	t	y	x
0	0	0,114	0,441
1	0,033	0,114	0,449
2	0,067	0,114	0,449
3	0,1	0,114	0,449
4	0,133	0,114	0,449
5	0,167	0,114	0,449
6	0,2	0,114	0,449
7	0,233	0,109	0,444
8	0,267	0,112	0,432
9	0,3	0,109	0,43
10	0,333	0,106	0,421

11	0,367	0,103	0,407
12	0,4	0,1	0,393
13	0,433	0,092	0,385
14	0,467	0,084	0,371
15	0,5	0,061	0,343
16	0,533	0,056	0,324
17	0,567	0,053	0,301
18	0,6	0,05	0,268
19	0,633	0,059	0,254
20	0,667	0,07	0,234
21	0,7	0,07	0,22
22	0,733	0,078	0,206
23	0,767	0,073	0,193
24	0,8	0,067	0,179
25	0,833	0,061	0,162
26	0,867	0,059	0,142
27	0,9	0,064	0,126
28	0,933	0,064	0,106
29	0,967	0,073	0,081
30	1	0,078	0,064
31	1,033	0,084	0,064
32	1,067	0,086	0,059
33	1,1	0,092	0,056
34	1,133	0,089	0,056
35	1,167	0,089	0,067
36	1,2	0,084	0,078
37	1,233	0,078	0,092
38	1,267	0,067	0,109
39	1,3	0,067	0,123
40	1,333	0,067	0,139
41	1,367	0,064	0,156
42	1,4	0,075	0,173
43	1,433	0,078	0,184
44	1,467	0,078	0,193
45	1,5	0,078	0,198
46	1,533	0,086	0,204
47	1,567	0,086	0,209
48	1,6	0,086	0,212
49	1,633	0,086	0,215

niet bewerkbaar

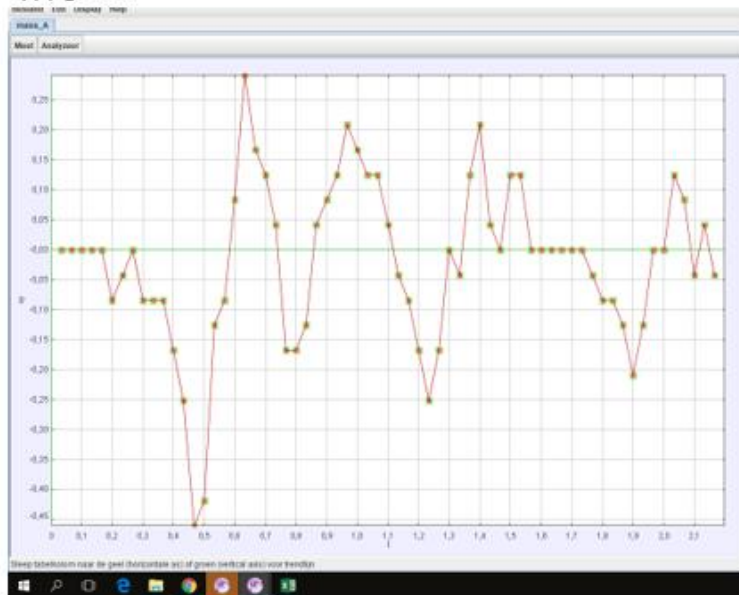
### 3. $V_x(t)$ -grafiek



Databoewer... Vernieuw Help				
markeringen				
lijnen				
stijl				
as	horiz	vert	vert	vert
row	t	$v_x$	y	x
0	0	0	0.114	0.441
1	0.033	0.126	0.114	0.449
2	0.067	0	0.114	0.449
3	0.1	0	0.114	0.449
4	0.133	0	0.114	0.449
5	0.167	0	0.114	0.449
6	0.2	-0.084	0.114	0.449
7	0.233	-0.251	0.109	0.444
8	0.267	-0.209	0.112	0.432
9	0.3	-0.167	0.109	0.43
10	0.333	-0.325	0.106	0.421
11	0.367	-0.418	0.103	0.407
12	0.4	-0.335	0.1	0.393
13	0.433	-0.335	0.092	0.385
14	0.467	-0.628	0.084	0.371
15	0.5	-0.711	0.061	0.343
16	0.533	-0.628	0.056	0.324
17	0.567	-0.837	0.053	0.301
18	0.6	-0.711	0.05	0.268
19	0.633	-0.502	0.059	0.254
20	0.667	-0.502	0.07	0.234
21	0.7	-0.418	0.07	0.22
22	0.733	-0.418	0.078	0.206
23	0.767	-0.418	0.073	0.193
24	0.8	-0.46	0.067	0.179
25	0.833	-0.544	0.061	0.162
26	0.867	-0.544	0.059	0.142
27	0.9	-0.544	0.064	0.126
28	0.933	-0.67	0.064	0.106
29	0.967	-0.628	0.073	0.081
30	1	-0.251	0.078	0.064
31	1.033	-0.084	0.084	0.064
32	1.067	-0.126	0.088	0.059
33	1.1	-0.042	0.092	0.056
34	1.133	0.167	0.089	0.056
35	1.167	0.335	0.089	0.067
36	1.2	0.377	0.084	0.078
37	1.233	0.46	0.078	0.092
38	1.267	0.46	0.067	0.109
39	1.3	0.46	0.067	0.123

40	1.333	0.502	0.067	0.139
41	1.367	0.502	0.064	0.156
42	1.4	0.418	0.075	0.173
43	1.433	0.293	0.078	0.184
44	1.467	0.209	0.078	0.19
45	1.5	0.167	0.072	0.196
46	1.533	0.167	0.066	0.204
47	1.567	0.126	0.069	0.209
48	1.6	0.084	0.066	0.212
49	1.633	0.084	0.066	0.215
50	1.667	0.126	0.066	0.218
51	1.7	0.126	0.066	0.223
52	1.733	0.126	0.066	0.226
53	1.767	0.209	0.066	0.232
54	1.8	0.293	0.064	0.24
55	1.833	0.377	0.061	0.251
56	1.867	0.377	0.078	0.261
57	1.9	0.335	0.073	0.276
58	1.933	0.377	0.064	0.287
59	1.967	0.377	0.064	0.301
60	2	0.193	0.094	0.312

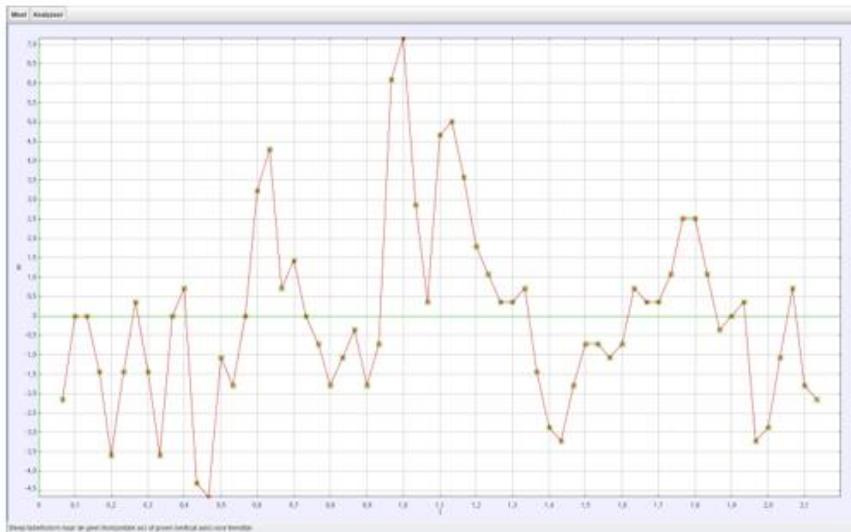
#### 4. $V_y(t)$ -grafiek



markeringen						
lijnen						
stijl						
as	horiz	vert	vert	vert	vert	vert
row	t	$v_x$	$v_y$	$\gamma$	$x$	$x$
0	0			0.114	0.441	
1	0.033	-0	0.126	0.114	0.449	
2	0.067	-0	0	0.114	0.449	
3	0.1	-0	0	0.114	0.449	
4	0.133	-0	0	0.114	0.449	
5	0.167	-0	0	0.114	0.449	
6	0.2	-0.084	-0.084	0.114	0.449	
7	0.233	-0.042	-0.251	0.109	0.444	
8	0.267	-0	-0.209	0.112	0.432	
9	0.3	-0.084	-0.167	0.109	0.43	
10	0.333	-0.084	-0.335	0.105	0.421	
11	0.367	-0.084	-0.418	0.103	0.407	
12	0.4	-0.167	-0.335	0.1	0.393	
13	0.433	-0.251	-0.335	0.092	0.385	
14	0.467	-0.46	-0.628	0.084	0.371	
15	0.5	-0.418	-0.711	0.061	0.343	
16	0.533	-0.126	-0.628	0.056	0.324	
17	0.567	-0.084	-0.637	0.053	0.301	
18	0.6	0.084	-0.711	0.05	0.268	
19	0.633	0.293	-0.502	0.059	0.254	
20	0.667	0.167	-0.502	0.07	0.234	
21	0.7	0.126	-0.418	0.07	0.22	
22	0.733	0.042	-0.418	0.078	0.206	
23	0.767	-0.167	-0.418	0.073	0.193	
24	0.8	-0.167	-0.46	0.067	0.179	
25	0.833	-0.126	-0.544	0.061	0.162	
26	0.867	0.042	-0.544	0.059	0.142	
27	0.9	0.084	-0.544	0.064	0.126	
28	0.933	0.126	-0.67	0.064	0.106	
29	0.967	0.209	-0.628	0.073	0.081	
30	1	0.167	-0.251	0.078	0.064	
31	1.033	0.126	-0.084	0.084	0.064	
32	1.067	0.126	-0.126	0.086	0.059	
33	1.1	0.042	-0.042	0.092	0.056	
34	1.133	-0.042	0.167	0.089	0.056	
35	1.167	-0.084	0.335	0.089	0.067	
36	1.2	-0.167	0.377	0.084	0.078	
37	1.233	-0.251	0.46	0.078	0.092	
38	1.267	-0.167	0.46	0.067	0.109	
39	1.3	-0	0.46	0.067	0.123	

40	1.333	-0.042	0.502	0.067	0.139
41	1.367	0.126	0.502	0.084	0.156
42	1.4	0.209	0.418	0.075	0.173
43	1.433	0.042	0.293	0.078	0.184
44	1.467	-0	0.209	0.078	0.193
45	1.5	0.126	0.167	0.078	0.196
46	1.533	0.126	0.167	0.086	0.204
47	1.567	-0	0.126	0.086	0.209
48	1.6	-0	0.084	0.086	0.212
49	1.633	-0	0.084	0.086	0.215
50	1.667	-0	0.126	0.086	0.218
51	1.7	-0	0.126	0.086	0.223
52	1.733	-0	0.126	0.086	0.226
53	1.767	-0.042	0.209	0.086	0.232
54	1.8	-0.084	0.293	0.084	0.24

### 5. Ax(t)-grafiek

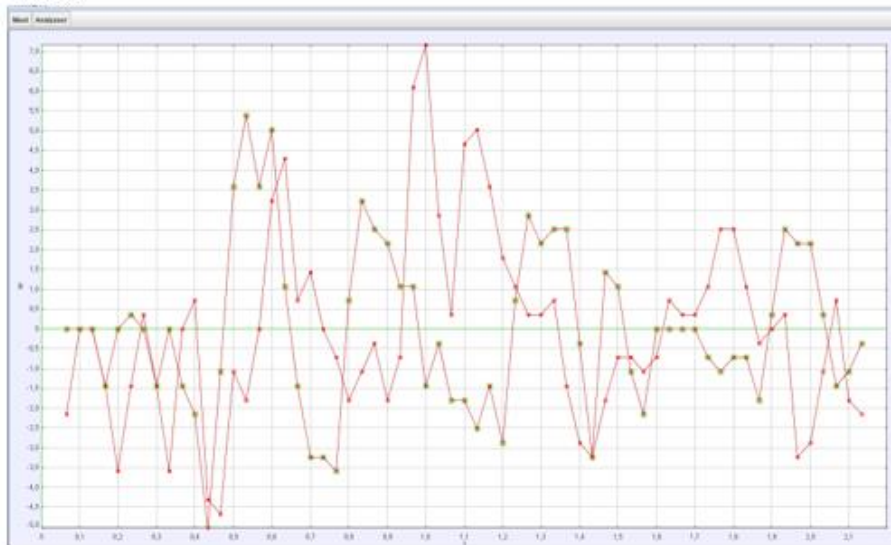




Databouwer... Vernieuw Help						
markeringen						
lijnen						
stijl						
as	horiz	vert	vert	vert	vert	vert
row	t	$a_x$	x	y	$v_y$	$v_x$
0	0		0.4	0.1		
1	0.0		0.4	0.1	-0.1	0
2	0.0	-2.152	0.4	0.1	-0	0
3	0.1	0	0.4	0.1	-0	0
4	0.1	0	0.4	0.1	-0	0
5	0.1	-1.435	0.4	0.1	-0	0
6	0.2	-3.587	0.4	0.1	-0	-0
7	0.2	-1.435	0.4	0.1	-0	-0
8	0.2	0.359	0.4	0.1	-0	-0
9	0.3	-1.435	0.43	0.1	-0	-0
10	0.3	-3.587	0.4	0.1	-0	-0
11	0.3	0	0.4	0.1	-0	-0
12	0.4	0.717	0.3	0.1	-0	-0
13	0.4	-4.304	0.3	0.0	-0	-0
14	0.4	-4.663	0.3	0.0	-0.46	-0
15	0.5	-1.076	0.3	0.0	-0	-0
16	0.5	-1.794	0.3	0.0	-0	-0
17	0.5	0	0.3	0.0	-0	-0
18	0.6	3.228	0.2	0.05	0.0	-0
19	0.6	4.304	0.2	0.0	0.2	-0
20	0.6	0.717	0.2	0.07	0.1	-0
21	0.7	1.435	0.22	0.07	0.1	-0
22	0.7	0	0.2	0.0	0.0	-0
23	0.7	-0.717	0.1	0.0	-0	-0
24	0.8	-1.794	0.1	0.0	-0	-0.46
25	0.8	-1.076	0.1	0.0	-0	-0
26	0.8	-0.359	0.1	0.0	0.0	-0
27	0.9	-1.794	0.1	0.0	0.0	-0
28	0.9	-0.717	0.1	0.0	0.1	-0.67
29	0.9	6.098	0.0	0.0	0.2	-0
30	1	7.174	0.0	0.0	0.1	-0
31	1.0	2.87	0.0	0.0	0.1	-0
32	1.0	0.359	0.0	0.0	0.1	-0
33	1.1	4.663	0.0	0.0	0.0	-0
34	1.1	5.022	0.0	0.0	-0	0.1
35	1.1	3.587	0.0	0.0	-0	0.3
36	1.2	1.794	0.0	0.0	-0	0.3
37	1.2	1.076	0.0	0.0	-0	0.46
38	1.2	0.359	0.1	0.0	-0	0.46
39	1.3	0.359	0.1	0.0	-0	0.46
40	1.3	0.717	0.1	0.0	-0	0.5
41	1.3	-1.435	0.1	0.0	0.1	0.5
42	1.4	-2.87	0.1	0.0	0.2	0.4
43	1.4	-3.228	0.1	0.0	0.0	0.2
44	1.4	-1.794	0.1	0.0	-0.02	
45	1.5	-0.717	0.1	0.0	0.1	0.1
46	1.5	-0.717	0.2	0.0	0.1	0.1
47	1.5	-1.076	0.2	0.0	-0	0.1
48	1.5	-0.717	0.2	0.0	-0	0.0
49	1.6	0.717	0.2	0.0	-0	0.0
50	1.6	0.359	0.2	0.0	-0	0.1

niet bewerkbaar

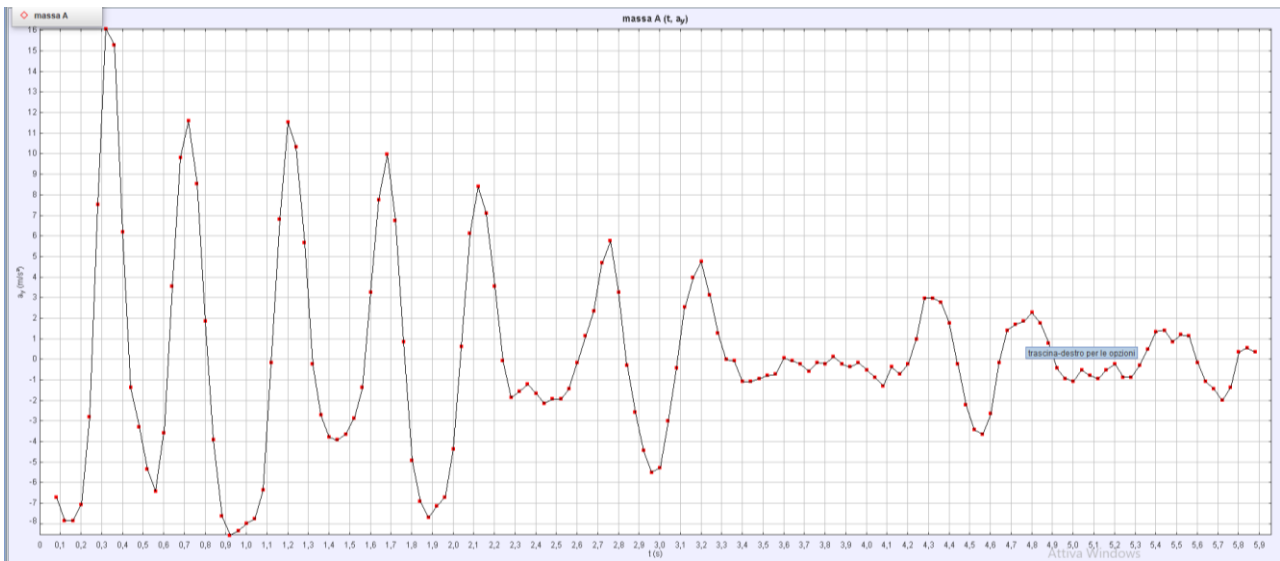
## 6. $A_y(t)$ -grafiek



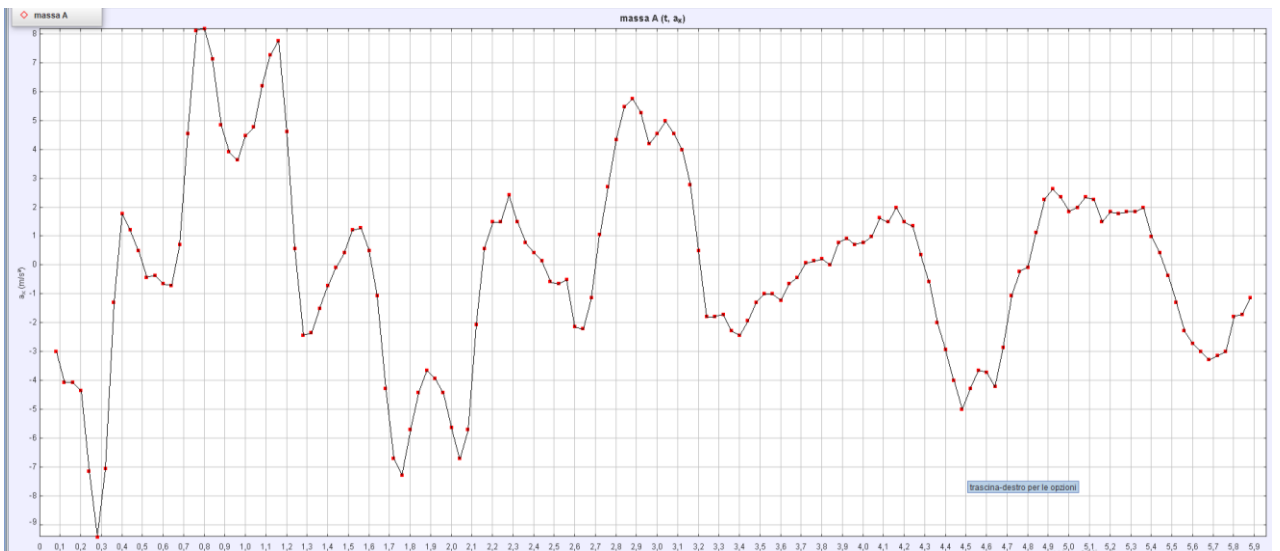
Databouwer...								Verslauw	Help
markertgen									
lijnen									
stijl									
as	ho	vert	vert	vert	vert	vert	vert	vert	
row	1	3 <sub>p</sub>	2 <sub>c</sub>	x	y	y <sub>p</sub>	y <sub>c</sub>		
0	0			0	0				
1	0			0	0	-0	0		
2	0	-0	-2,152	0	0	-0	0		
3	0,1	-0		0	0	-0	0		
4	0	-0		0	0	-0	0		
5	0	-1,435	-1,435	0	0	-0	0		
6	0,2	-0	-3,587	0	0	-0	-0		
7	0	0,359	-1,435	0	0	-0	-0		
8	0	-0	0,359	0	0	-0	-0		
9	0,3	-1,435	-1,435	0,43	0	-0	-0		
10	0	-0	-3,587	0	0	-0	-0		
11	0	-1,435		0	0	-0	-0		
12	0,4	-2,152	0,717	0	0,1	-0	-0		
13	0	-5,022	-4,304	0	0	-0	-0		
14	0	-1,076	-4,663	0	0	-0	-0		
15	0,5	3,587	-1,076	0	0	-0	-0		
16	0	5,381	-1,794	0	0	-0	-0		
17	0	3,587		0	0	-0	-0		
18	0,6	5,022	3,228	0	0,06	0	-0		
19	0	1,076	-4,304	0	0	-0	-0		
20	0	-1,435	0,717	0	0,07	0	-0		
21	0,7	-3,228	1,435	0,22	0,07	0	-0		
22	0	-3,228		0	0	0	-0		
23	0	-3,587	-0,717	0	0	-0	-0		
24	0,8	0,717	-1,794	0	0	-0	-0		
25	0	3,228	-1,076	0	0	-0	-0		
26	0	2,511	-0,359	0	0	-0	-0		
27	0,9	2,152	-1,794	0	0	-0	-0		
28	0	1,076	-0,717	0	0	-0	-0		
29	0	1,076	0,098	0	0	-0	-0		
30	1	-1,435	7,174	0	0	-0	-0		
31	1	-0,359	2,87	0	0	-0	-0		
32	1	-1,794	0,359	0	0	-0	-0		
33	1,1	-1,794	-4,663	0	0	-0	-0		
34	1	-2,511	5,022	0	0	-0	0		
35	1	-1,435	3,587	0	0	-0	0		
36	1,2	-2,87	1,794	0	0	-0	0		
37	1	0,717	1,076	0	0	-0	0,46		
38	1	2,87	0,359	0	0	-0	0,46		
39	1,3	2,152	0,359	0	0	-0	0,46		
40	1	2,511	0,717	0	0	-0	0		
41	1	2,511	-1,435	0	0	-0	0		
42	1,4	-0,359	-2,87	0	0	-0	0		
43	1	-3,228	-3,228	0	0	-0	0		
44	1	1,435	-1,794	0	0	-0	0		
45	1,5	1,076	-0,717	0	0	-0	0		
46	1	-1,076	-0,717	0	0	-0	0		
47	1	-2,152	-1,076	0	0	-0	0		
48	1,6	-0	-0,717	0	0	-0	0		
49	1	-0	0,717	0	0	-0	0		
50	1	-0	0,359	0	0	-0	0		



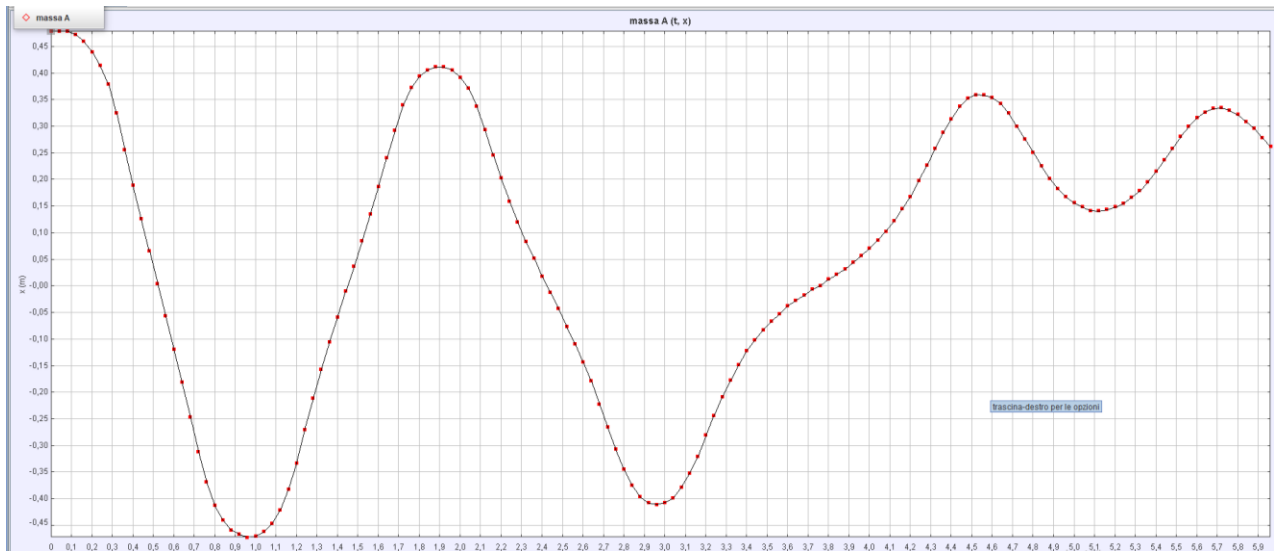
# Italian



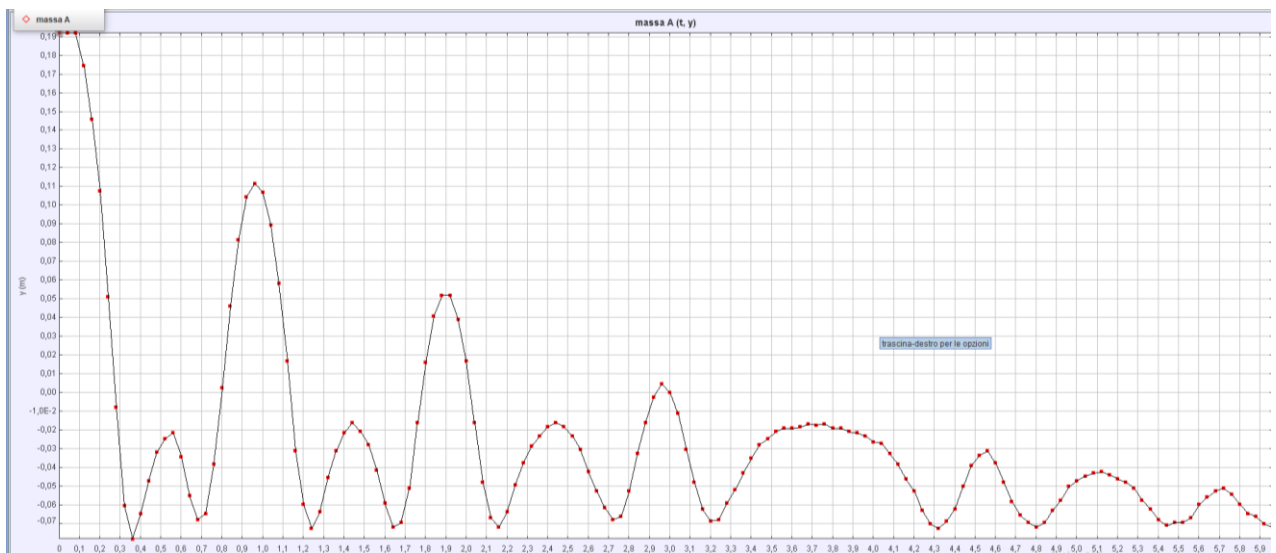
Acceleration-time chart (x)



Acceleration-time chart (y)



Position-time chart (x)



Position-time chart (y)

