Laboratorio di fisica sperimentale

Ingegneria meccanica

Marco Toppi - canale L-Z

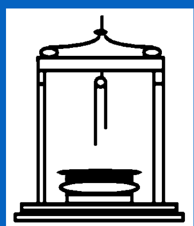
marco.toppi@uniroma1.it

https://corsidilaurea.uniroma1.it/it/users/marcotoppiuniroma1i

LABORATORIO DI FISICA SPERIMENTALE

Ingegneria meccanica

A.A. 2023-2024

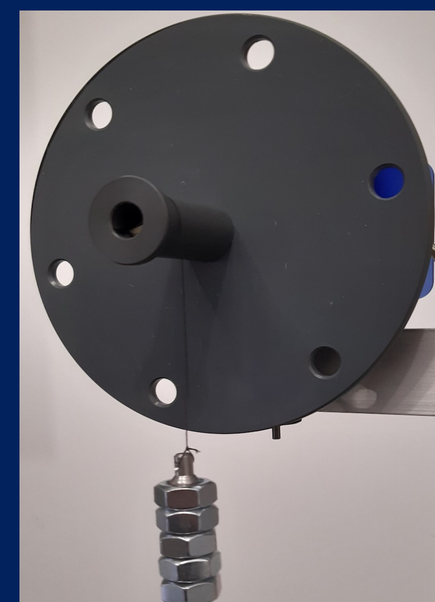


Quinta esperienza:
il volano

lasciate il tavolo di laboratorio in ordine e pulito;
ne siete responsabili (anche della strumentazione)

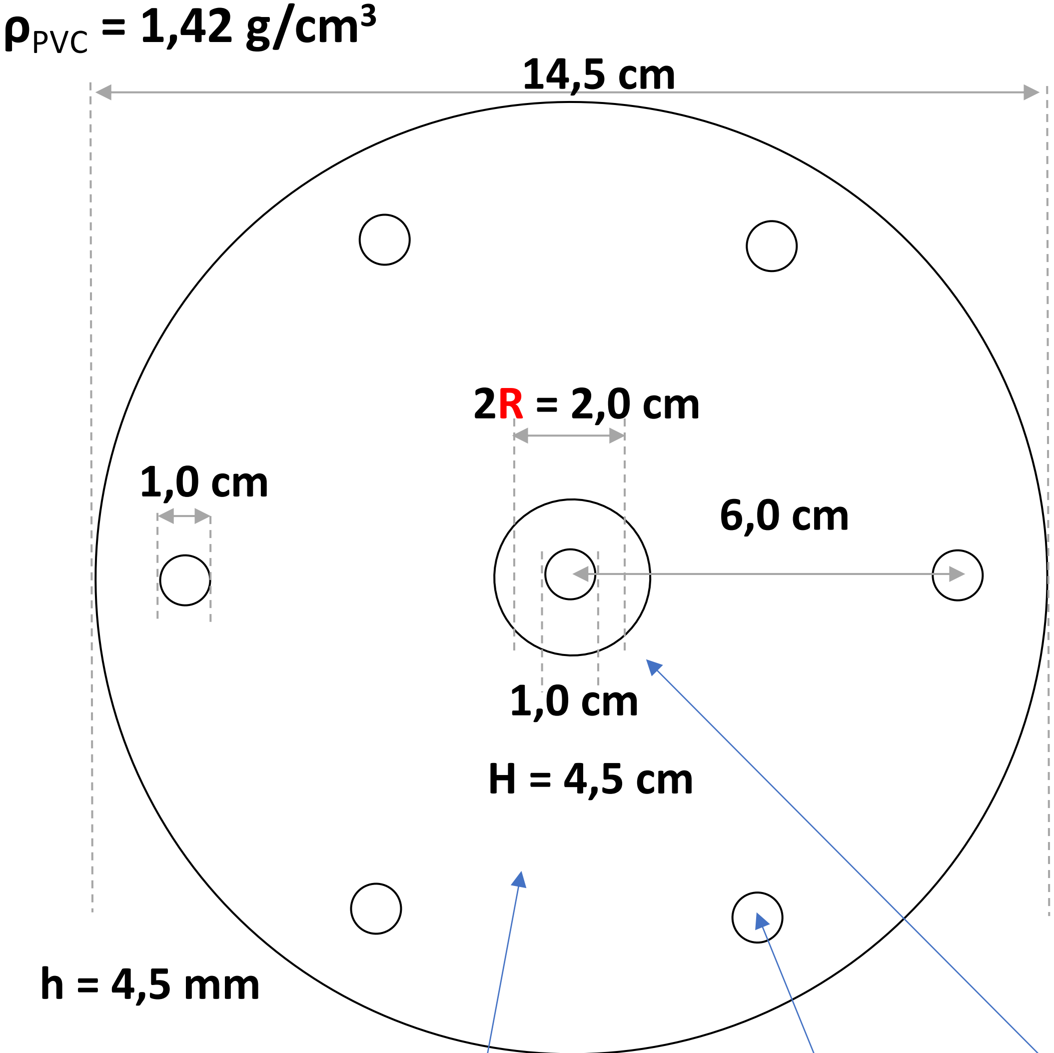
LaDiFi
laboratoriodidatticodiFisica

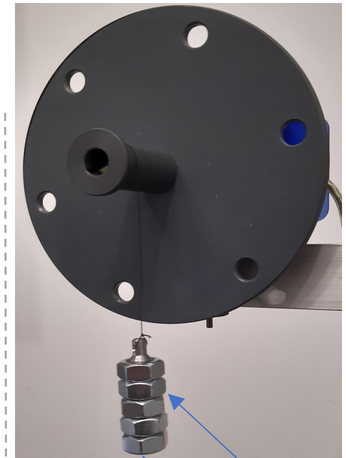
vite + dado = bullone
→ momento d'inerzia



dado → massa

VOLANO: organo rotante costruito in modo da presentare un elevato *momento di inerzia*
[Treccani]





MASSA DADO (Δm) 10 g

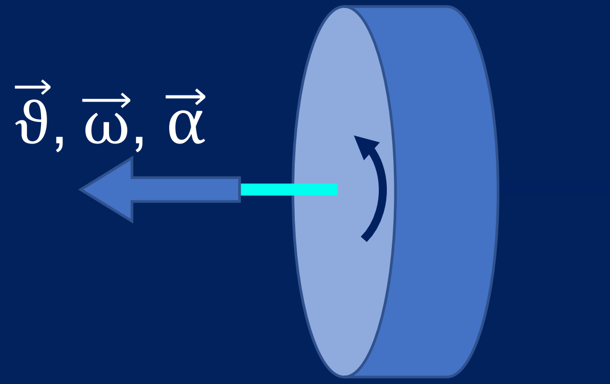
MASSA VITE 22 g

MASSA BULLONE 32 g

MASSA PERNO (m_0) 25 g

I_0 = [2770 (disco) -50 (6 fori) +10 (perno)] = **2730 g cm^2**

ΔI = 1150 (bullone) **g cm^2**

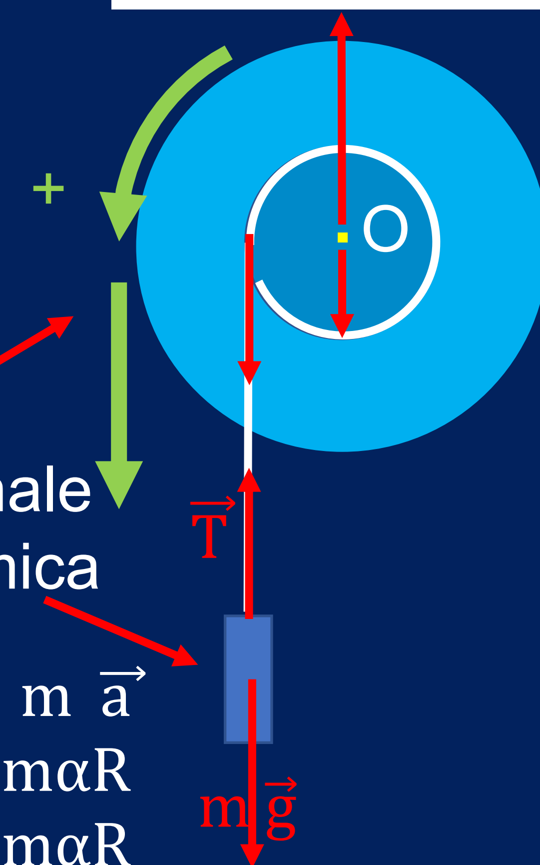


$$\sum_{1=1,N} \overrightarrow{M_i^{(e)}} = I\,\vec{\alpha}$$

accelerazione angolare

momento d'inerzia assiale

momenti delle forze esterne



I e II cardinale della dinamica

$$\overrightarrow{M_{Pv}} + \overrightarrow{M_{Rv}} + \overrightarrow{M_{T}} + \overrightarrow{M_{att}} = I\,\vec{\alpha}$$

$$0+0+R(mg-m\alpha R) - M_{att} = I\alpha$$

$$Rmg - M_{att} = I\alpha + m\alpha R^2$$

$$\alpha = \frac{Rmg - M_{att}}{I + mR^2}$$

$$\vec{T} + m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$$

$$-T + m\,g = m\alpha R$$

$$T = m\,g - m\alpha R$$

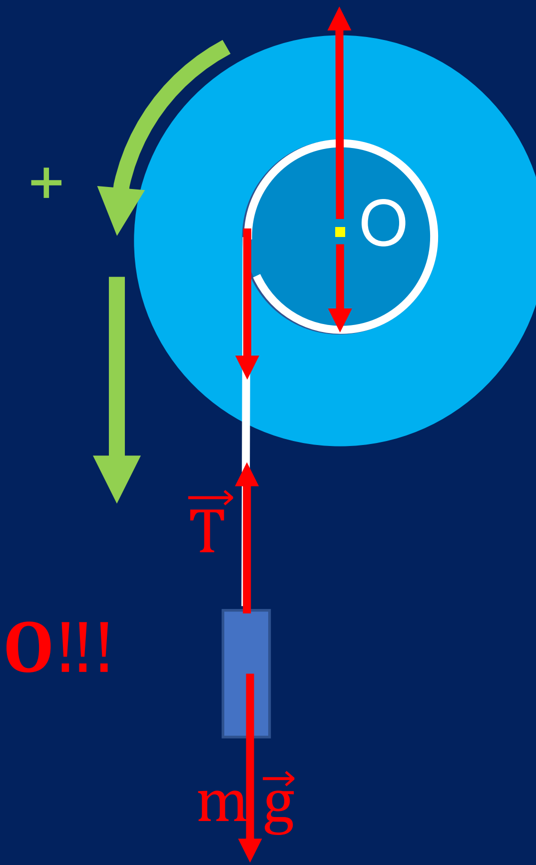
$$\alpha_{discesa} = \frac{Rmg - M_{att}}{I + mR^2}$$

$$\alpha_{salita} = \frac{Rmg + M_{att}}{I + mR^2}$$

$$\alpha = \frac{\alpha_{salita} + \alpha_{discesa}}{2} = \frac{Rmg}{I + mR^2}$$

$$\alpha_{attrito} = \frac{\alpha_{salita} - \alpha_{discesa}}{2} = \frac{M_{att}}{I + mR^2}$$

DOPO!!!



$$\alpha = \frac{Rm_0 g}{I_0 + N\Delta I + m_0 R^2}$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{I_0 + N\Delta I + m_0 R^2}{Rm_0 g}$$

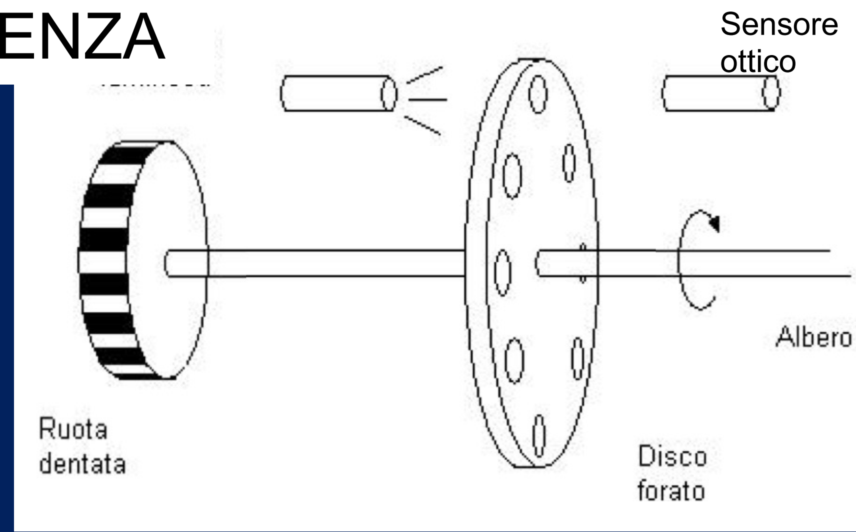
$I = I_0 + N\,\Delta I$

$m = m_0$

$$\frac{1}{\alpha} = N\frac{\Delta I}{Rm_0 g} + \frac{I_0 + m_0 R^2}{Rm_0 g}$$

RICAVARE I_0 DA q

I SENSORI PER QUESTA ESPERIENZA



sensore angolare

4000 punti: 360°/4000 = 0,09° = 1,57 mrad

Three-step Pulley	10, 29 and 48 mm diameter
Sensor Dimensions	10 cm by 5 cm by 3.75 cm, 6.35 mm diameter shaft
Resolution	±0.09° or 0.0078 mm 0.02 mm (linear) and 0.09° (angular) at 4,000 points per revolution
Rotational Resolution	0.00157 radian
Maximum Rotation Rate	30 revolutions per second
Optical Encoder	Bidirectional, indicates direction of motion, 4,000 divisions/revolution

massima velocità angolare misurabile: 2π x 30 Hz = 200 rad/s

PROMEMORIA:

nome, cognome, FIRMA

accelerazioni angolari con Capstone

dati → foglio

grafici (con excel)

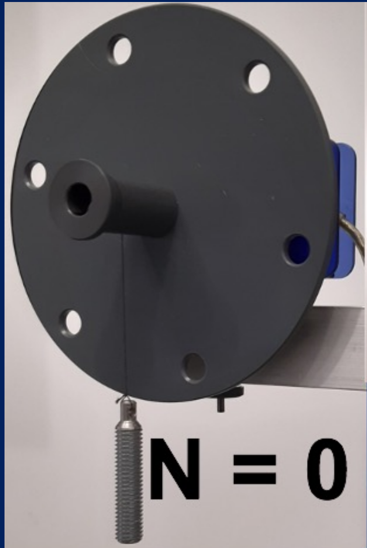
valutazione di q e di p → (con LabCalc)

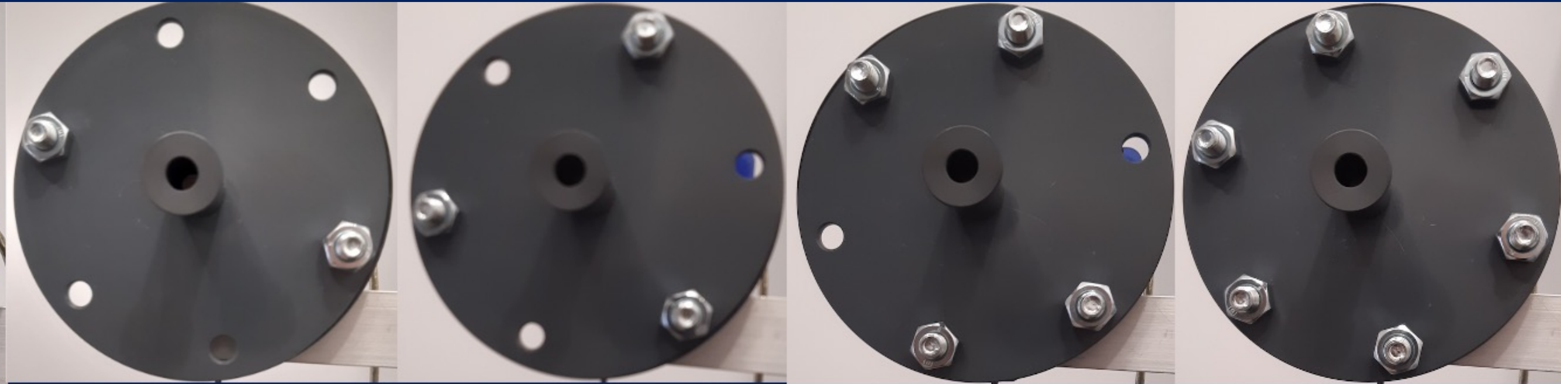
conclusioni → foglio

VOLANO [1/2]

1) studio del moto al variare del momento di inerzia

2) studio del moto al variare della massa

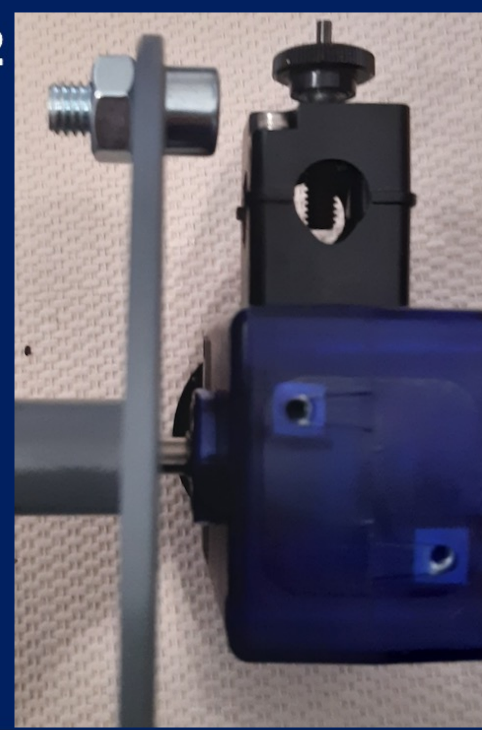




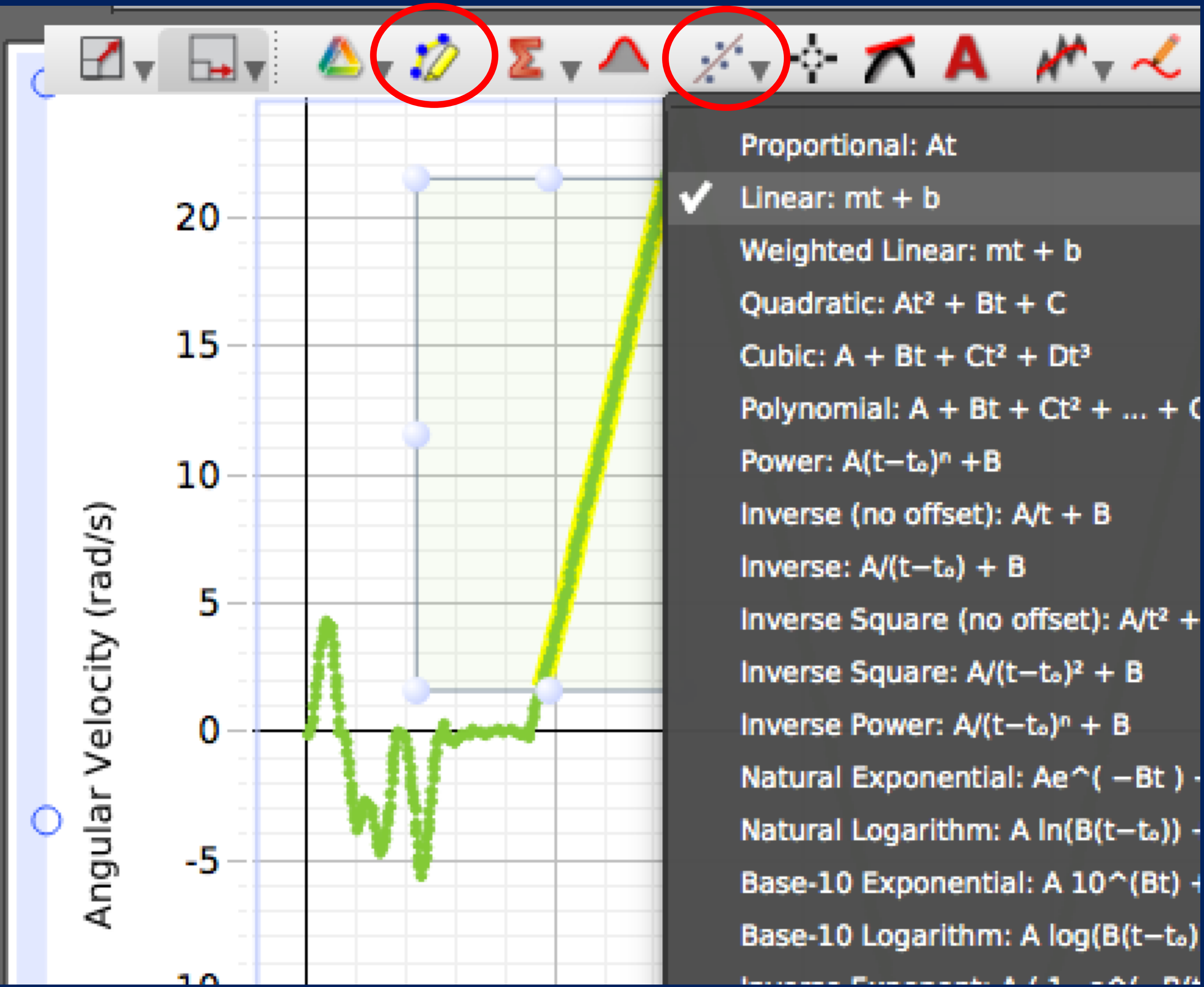
N = 2 N = 3 N = 4 N = 6

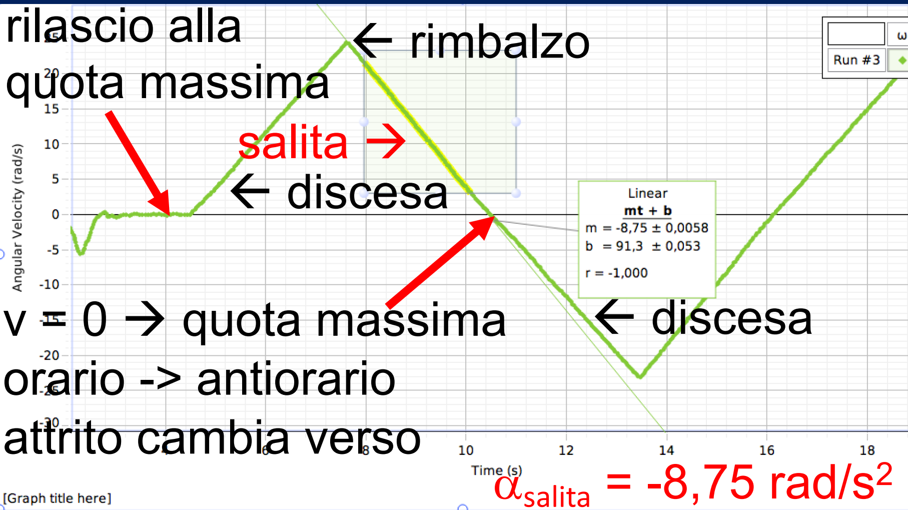
$$I = I_0 + N\,\Delta I$$

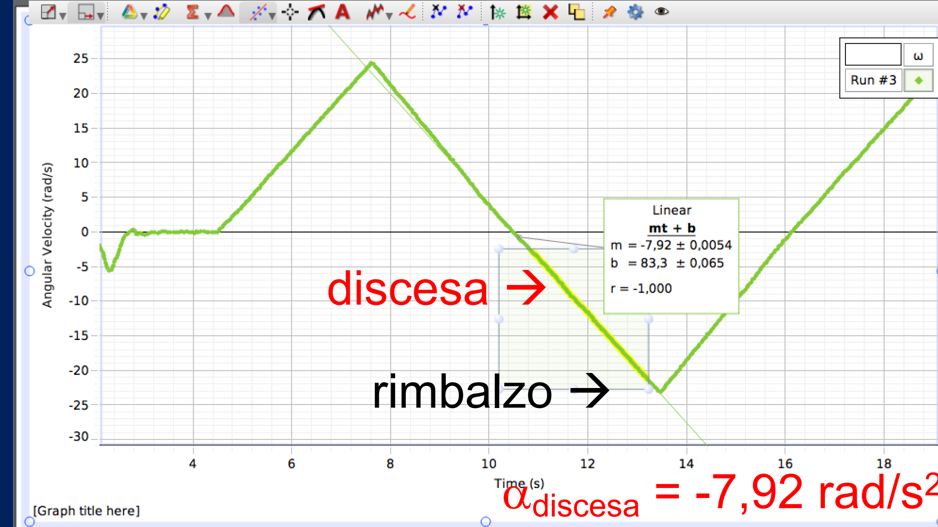
$2730\ \mathrm{g\ cm^2}$ $1150\ \mathrm{g\ cm^2}$

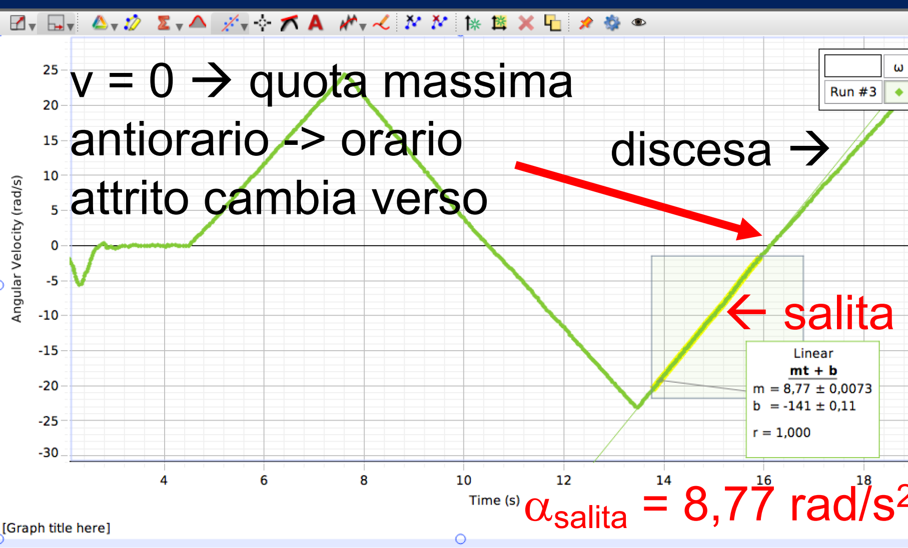


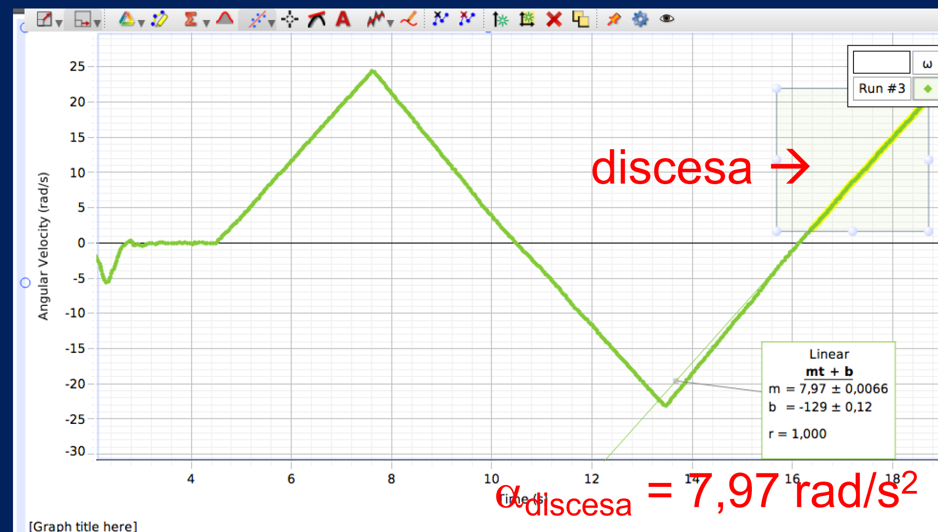
ACQUISIRE 3-4 TRATTI SALITA-DISCESA PER OGNI MOMENTO D'INERZIA (5)


Proportional: At
Linear: mt + b
Weighted Linear: mt + b
Quadratic: At² + Bt + C
Cubic: A + Bt + Ct² + Dt³
Polynomial: A + Bt + Ct² + ... +
Power: A(t−t₀)ⁿ +B
Inverse (no offset): A/t + B
Inverse: A/(t−t₀) + B
Inverse Square (no offset): A/t² +
Inverse Square: A/(t−t₀)² + B
Inverse Power: A/(t−t₀)ⁿ + B
Natural Exponential: Ae^(−Bt)
Natural Logarithm: A ln(B(t−t₀))
Base-10 Exponential: A 10^(Bt)
Base-10 Logarithm: A log(B(t−t₀)
Angular Velocity (rad/s)
20
15
10
5
0
-5









$$\alpha_{salita} = \frac{Rmg + M_{att}}{I + mR^2}$$

$$\alpha_{discesa} = \frac{Rmg - M_{att}}{I + mR^2}$$

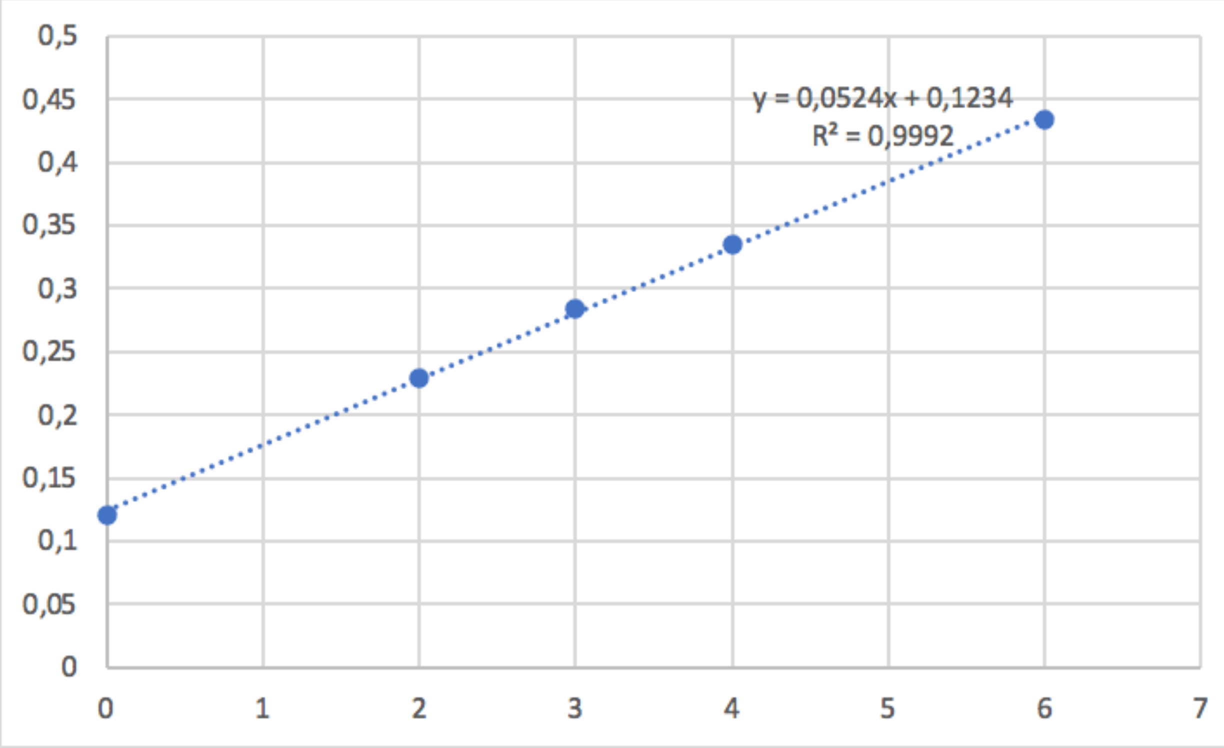
PER ELIMINARE L'EFFETTO DELL'ATTRITO (CONCORDE CON g IN SALITA)

	O	P	Q	R	S	T	U
12							
13							
14		7,92				7,92	
15		-8,73				-8,73	
16	ORARIO	8,86	=ASS((P16+P17)/2)		SALITA	8,86	8,43
17		7,99			DISCESA	7,99	
18	ANTIORARIO	-8,74	8,36		SALITA	-8,74	8,36
19		-7,98			DISCESA	-7,98	
20	ORARIO	8,97	8,47		SALITA	8,97	8,47
21		7,96			DISCESA	7,96	
22	ANTIORARIO	-8,60	8,22		SALITA	-8,60	8,22
23		-7,83			DISCESA	-7,83	
24	ORARIO	8,58	8,19		SALITA	8,58	8,19
25		7,80			DISCESA	7,80	
26		-8,62				-8,62	
27			=MEDIA(Q16:Q24)				8,33

ACCELERAZIONE ANGOLARE ($I = I_0$)

SOLO 3-4 TRATTI SALITA-DISCESA

alfa	N	1/alfa
8,331	0	0,120
4,358	2	0,229
3,514	3	0,285
2,985	4	0,335
2,303	6	0,434



$$\frac{1}{\alpha} = N\frac{\Delta I}{R m_0 g} + \frac{I_0 + m_0 R^2}{R m_0 g}$$

RICAVARE I_0 DA q

$m_0 = 25$ g
R = 1 cm

CALCOLARE LO SCARTO RELATIVO DA $I_0^* = 2730$ g cm^2

1) studio del moto al variare del momento di inerzia

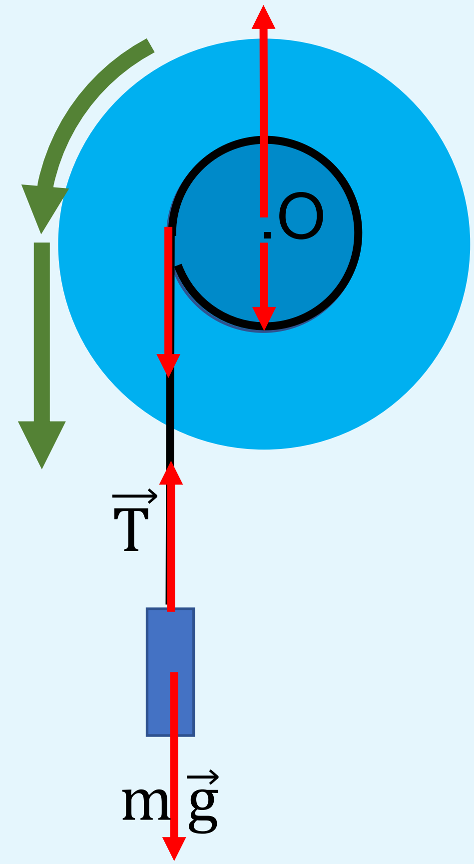
2) studio del moto al variare della massa

$$\alpha = \frac{\alpha_{salita} + \alpha_{discesa}}{2} = \frac{Rmg}{I + mR^2}$$

$$\alpha_{attrito} = \frac{\alpha_{salita} - \alpha_{discesa}}{2} = \frac{M_{att}}{I + mR^2}$$

$$\alpha = \frac{Rm_0 g + N\, R\Delta mg}{I_0 + m_0R^2 + N\, \Delta mR^2} \approx \frac{Rm_0 g + N\, R\Delta mg}{I_0 + m_0R^2}$$

$$\boldsymbol{\alpha = N\frac{R\Delta mg}{I_0 + m_0R^2} + \frac{Rm_0 g}{I_0 + m_0R^2}}$$

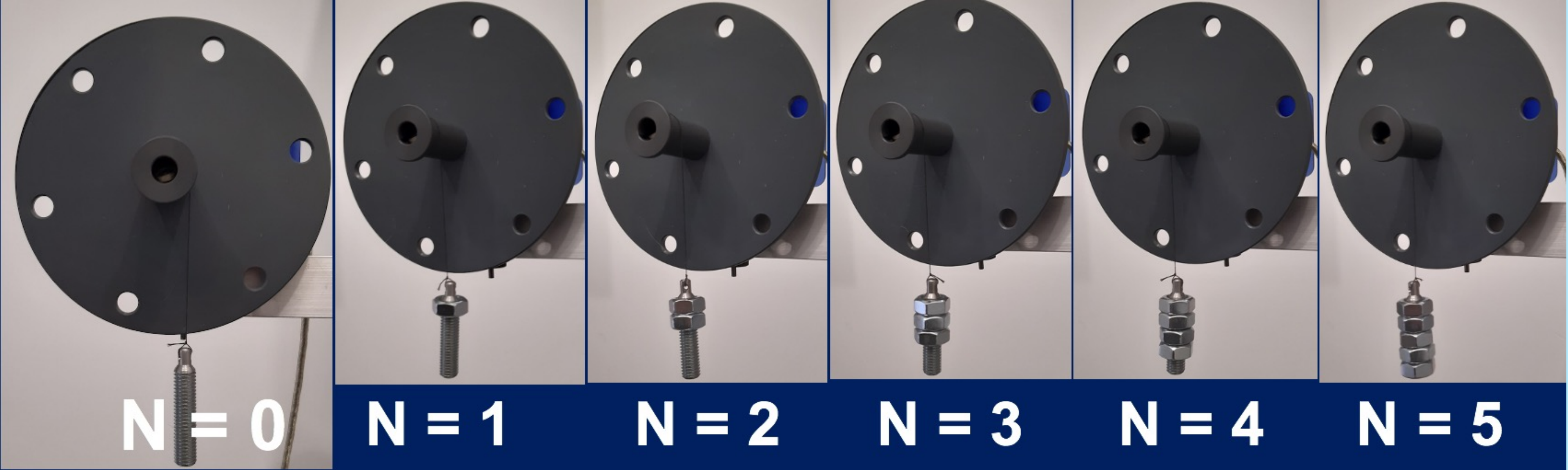


RIPORTARE I VALORI DI p E q E IL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE R^2

$I = I_0$ (0 BULLONI)

$m = m_0 + N\,\Delta m$

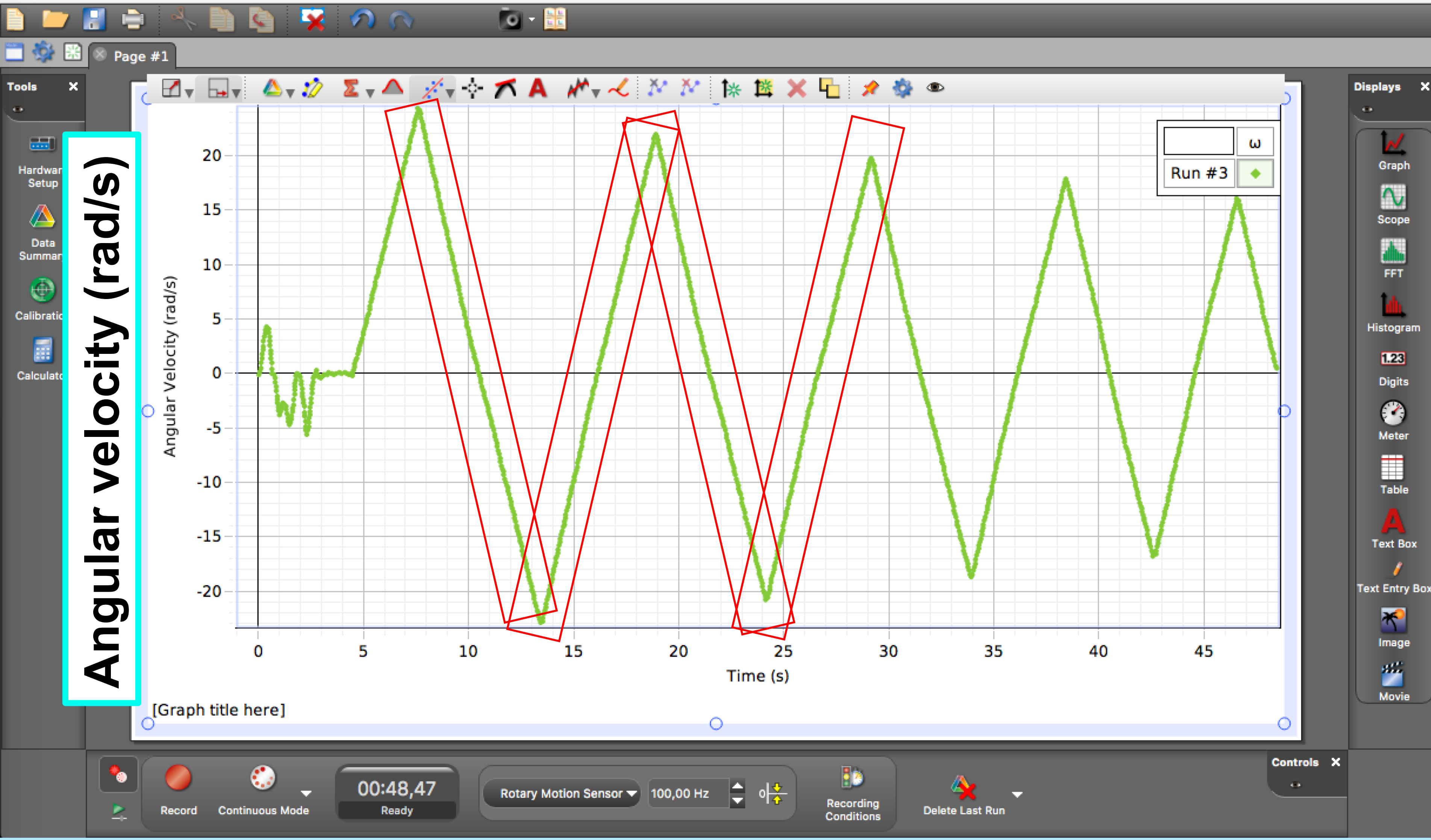
PER VALUTARE SE L'APPROSSIMAZIONE E' VALIDA ($\alpha_{attrito}$ E' INDIPENDENTE DA N?) VERIFICARE (LabCalc) SE $|p| < \sigma_p$



N = 0 N = 1 N = 2 N = 3 N = 4 N = 5

$$m = m_0 + N\,\Delta m$$

m_0: 25 g Δm: 10 g



Record

100,00 Hz

AQUISIRE 3-4 TRATTI SALITA-DISCESA PER OGNI MASSA DEL PESETTO (6)

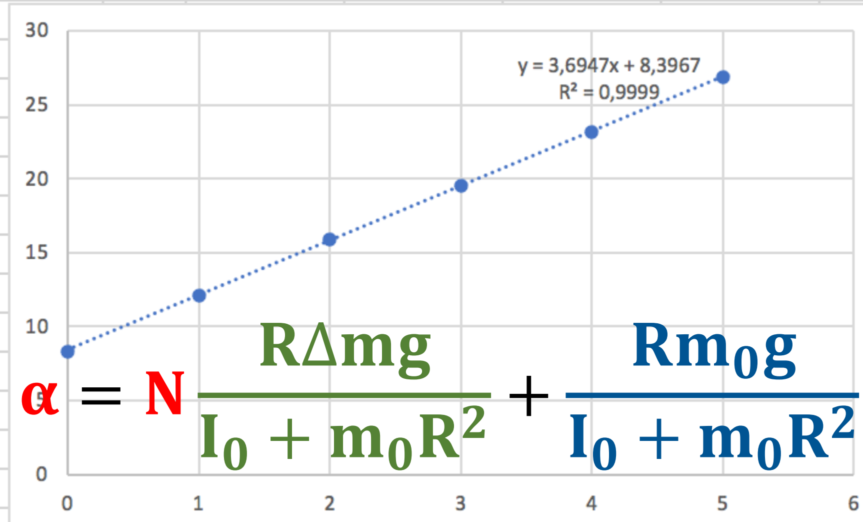
SEMISOMME SALITA/DISCESA: CONTRIBUTO DELL'INERZIA DEL DISCO

N=0		N=1		N=2		N=3		N=4		N=5	
8,86	8,43	12,6	12,15	-16,3	15,85	-20	19,55	-23,6	23,15	27,5	27,00
7,99		11,7		-15,4		-19,1		-22,7		26,5	
-8,74	8,36	-12,5	12,05	16,3	15,85	20,1	19,65	23,6	23,15	-27	26,60
-7,98		-11,6		15,4		19,2		22,7		-26,2	
8,97	8,47	12,6	12,10	-16,4	15,95	-20	19,55	-23,6	23,15	27,5	27,00
7,96		11,6		-15,5		-19,1		-22,7		26,5	
-8,60	8,22	-12,5	12,05	16,5	16,00	20	19,55	23,6	23,20	-27,2	26,70
-7,83		-11,6		15,5		19,1		22,8		-26,2	
8,58	8,19	12,5	12,05	-16,2	15,75	-19,9	19,45	-23,4	23,00	27,2	26,85
7,80		11,6		-15,3		-19		-22,6		26,5	
	8,33		12,08		15,88		19,55		23,13		26,83
	0,12		0,04		0,10		0,07		0,08		0,18

= MEDIA(xxx:yyy)

= DEV.ST.C(xxx:yyy)

N	alfa
0	8,33
1	12,1
2	15,9
3	19,6
4	23,1
5	26,8



$$\alpha = N\frac{R\Delta mg}{I_0 + m_0R^2} + \frac{Rm_0g}{I_0 + m_0R^2}$$

SEMIDIFFERENZE SALITA/DISCESA:
CONTRIBUTO DELL'**ATTRITO**
(DIPENDE SOLO DALLA MASSA DEL VOLANO)

N=0		N=1		N=2		N=3		N=4		N=5	
8,86	0,44	12,6	0,45	-16,3	0,45	-20	0,45	-23,6	0,45	27,5	0,50
7,99		11,7		-15,4		-19,1		-22,7		26,5	
-8,74	0,38	-12,5	0,45	16,3	0,45	20,1	0,45	23,6	0,45	-27	0,40
-7,98		-11,6		15,4		19,2		22,7		-26,2	
8,97	0,51	12,6	0,50	-16,4	0,45	-20	0,45	-23,6	0,45	27,5	0,50
7,96		11,6		-15,5		-19,1		-22,7		26,5	
-8,60	0,39	-12,5	0,45	16,5	0,50	20	0,45	23,6	0,40	-27,2	0,50
-7,83		-11,6		15,5		19,1		22,8		-26,2	
8,58	0,39	12,5	0,45	-16,2	0,45	-19,9	0,45	-23,4	0,40	27,2	0,35
7,80		11,6		-15,3		-19		-22,6		26,5	
	0,42		0,46		0,46		0,45		0,43		0,45

PER VALUTARE SE L'APPROSSIMAZIONE
E' VALIDA ($\alpha_{attrito}$ E' INDIPENDENTE DA N?)
VERIFICARE (LabCalc) SE $|p| < \sigma_p$

LABORATORIO DI FISICA SPERIMENTALE

Ingegneria meccanica

A.A. 2023-2024

a giovedì **30 MAGGIO**

lasciate il tavolo di laboratorio in ordine e pulito;
ne siete responsabili (anche della strumentazione)

laboratoriodidatticodiFisica