

Inclined Plane - Data collection and analysis

Date: 12/04/2018

Compile ONLY the blue cells

Components of the group:

| | Name |
|------|---------|
| n. 1 | nomi... |
| n. 2 | ... |
| n. 3 | |
| n. 4 | |

Part 1: Calculation of gravity acceleration in the absence of friction forces

Slope n. 1

| | |
|-----------------------|--------------|
| h (m) | 0,28 |
| δh (m) | 0,002 |
| $\sin \theta$ | 0,2456140351 |
| $\delta(\sin \theta)$ | 0,0019698369 |

Length of the rail (m) 1,14

| Gate distances: | | | | | | COMMENTS |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------|
| | Distance n. 1 | Distance n. 2 | Distance n. 3 | Distance n. 4 | Distance n. 5 | |
| Gate distance ΔS (m) | 0,7 | 0,2 | 0,3 | 0,6 | 0,5 | |
| Uncertainty $\delta(\Delta S)$ (m) | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | |
| Time measurements (in seconds): | | | | | | |
| Measurement n. | Δt (s) distance 1 | Δt (s) distance 2 | Δt (s) distance 3 | Δt (s) distance 4 | Δt (s) distance 5 | |
| 1 | 0,5007 | 0,191 | 0,2642 | 0,4471 | 0,3916 | |
| 2 | 0,5001 | 0,1913 | 0,2653 | 0,4475 | 0,3909 | |
| 3 | 0,5008 | 0,1908 | 0,265 | 0,4472 | 0,3917 | |
| 4 | 0,5004 | 0,1905 | 0,2651 | 0,4477 | 0,3912 | |
| 5 | 0,5012 | 0,1908 | 0,265 | 0,4468 | 0,391 | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| Average Δt | 0,501 | 0,191 | 0,265 | 0,447 | 0,391 | |
| $\delta(\Delta t)$ | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | |

Speed (m/s) **0,8343**

Speed (m/s) **0,83430282**

Accel.(m/s²) **2,2596**

Accel. a (m/s²) **2,2596**

da **0,0223**

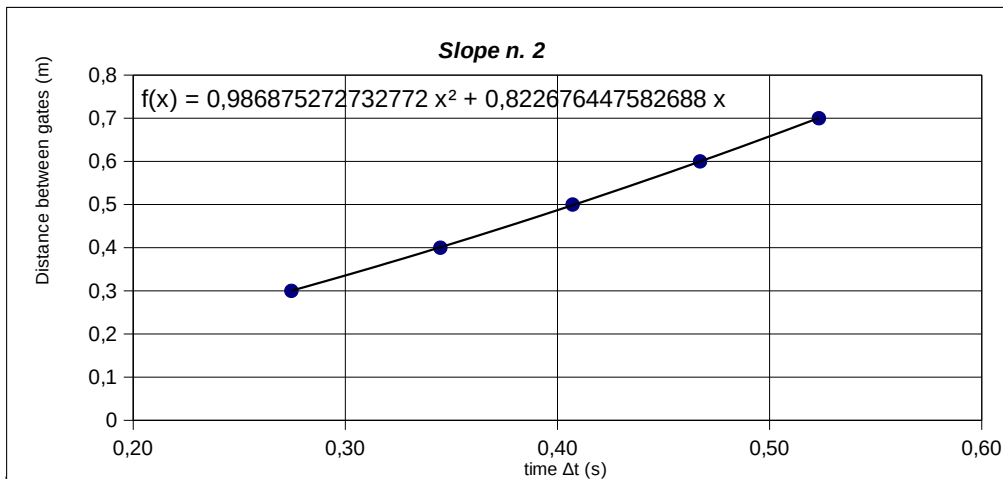
| | | |
|-------------------------|-----------------------------------|--|
| (derive from the graph) | (derive from least-square method) | |
|-------------------------|-----------------------------------|--|

Slope n. 2

| | |
|------------------------|--------------|
| h (m) | 0,262 |
| δh (m) | 0,002 |
| $\sin \theta$ | 0,2298245614 |
| $\delta (\sin \theta)$ | 0,0019559865 |

| | Gate distances: | | | | | COMMENTS |
|------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| | Distance n. 1 | Distance n. 2 | Distance n. 3 | Distance n. 4 | Distance n. 5 | |
| Gate distance ΔS (m) | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | |
| Uncertainty $\delta(\Delta S)$ (m) | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | |

| Measurement n. | Time measurements (in seconds): | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Δt (s) distance 1 | Δt (s) distance 2 | Δt (s) distance 3 | Δt (s) distance 4 | Δt (s) distance 5 |
| 1 | 0,5232 | 0,467 | 0,4073 | 0,3444 | 0,2743 |
| 2 | 0,5233 | 0,4673 | 0,4068 | 0,3446 | 0,2745 |
| 3 | 0,5231 | 0,4672 | 0,4068 | 0,3444 | 0,2744 |
| 4 | 0,5231 | 0,4674 | 0,4072 | 0,3441 | 0,275 |
| 5 | 0,5234 | 0,4671 | 0,4075 | 0,3464 | 0,2746 |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| Average Δt | 0,523 | 0,467 | 0,407 | 0,345 | 0,275 |
| $\delta(\Delta t)$ | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 |



| | | | | |
|---------------------------|---------------|-----------------------------------|-------------------|------------------|
| Speed (m/s) | 0,8227 | Speed (m/s) | 0,82267645 | |
| Accel.(m/s ²) | 1,9738 | Accel. a (m/s ²) | 1,9738 | da 0,0301 |
| (derive from the graph) | | (derive from least-square method) | | |

| | | | | |
|----------|--|--|--|--|
| COMMENTS | | | | |
| | | | | |

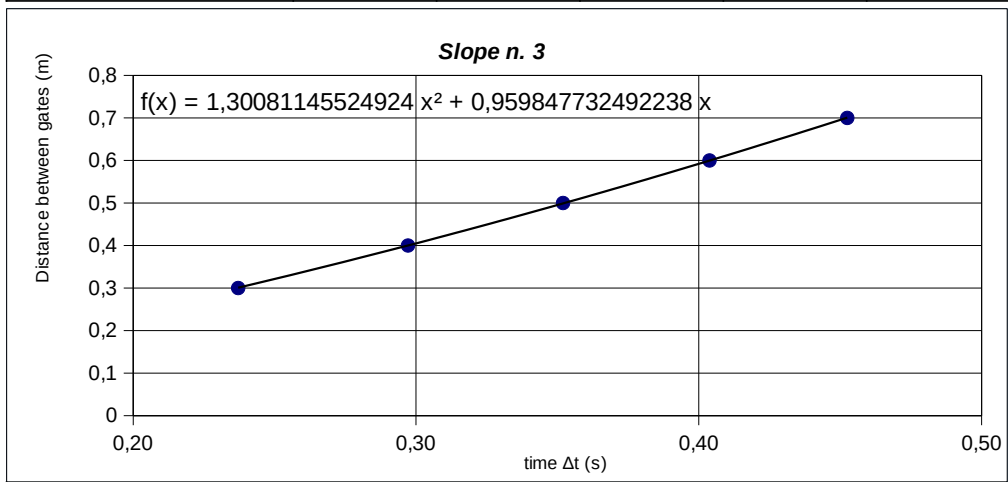
Slope n. 3

| | |
|------------------------|--------------|
| h (m) | 0,343 |
| δh (m) | 0,002 |
| $\sin \theta$ | 0,300877193 |
| $\delta (\sin \theta)$ | 0,0020183133 |

| | Gate distances: | | | | |
|------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Distance n. 1 | Distance n. 2 | Distance n. 3 | Distance n. 4 | Distance n. 5 |
| Gate distance ΔS (m) | 0,7 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| Uncertainty $\delta(\Delta S)$ (m) | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |

| Measurement n. | Time measurements (in seconds): | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Δt (s) distance 1 | Δt (s) distance 2 | Δt (s) distance 3 | Δt (s) distance 4 | Δt (s) distance 5 |
| 1 | 0,4554 | 0,2369 | 0,2972 | 0,3522 | 0,4035 |
| 2 | 0,452 | 0,2369 | 0,297 | 0,3516 | 0,4039 |
| 3 | 0,4522 | 0,2372 | 0,2971 | 0,3519 | 0,4036 |
| 4 | 0,4515 | 0,2373 | 0,2972 | 0,3518 | 0,4038 |
| 5 | 0,4513 | 0,2373 | 0,2973 | 0,3524 | 0,4041 |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| Average Δt | 0,452 | 0,237 | 0,297 | 0,352 | 0,404 |
| $\delta(\Delta t)$ | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

| COMMENTS | |
|----------|--|
| | |



| | | | | | |
|---------------------------|---------------|-----------------------------------|-------------------|----|---------------|
| Speed (m/s) | 0,9598 | Speed (m/s) | 0,95984773 | | |
| Accel.(m/s ²) | 2,6016 | Accel. a (m/s ²) | 2,6016 | da | 0,0303 |
| (derive from the graph) | | (derive from least-square method) | | | |

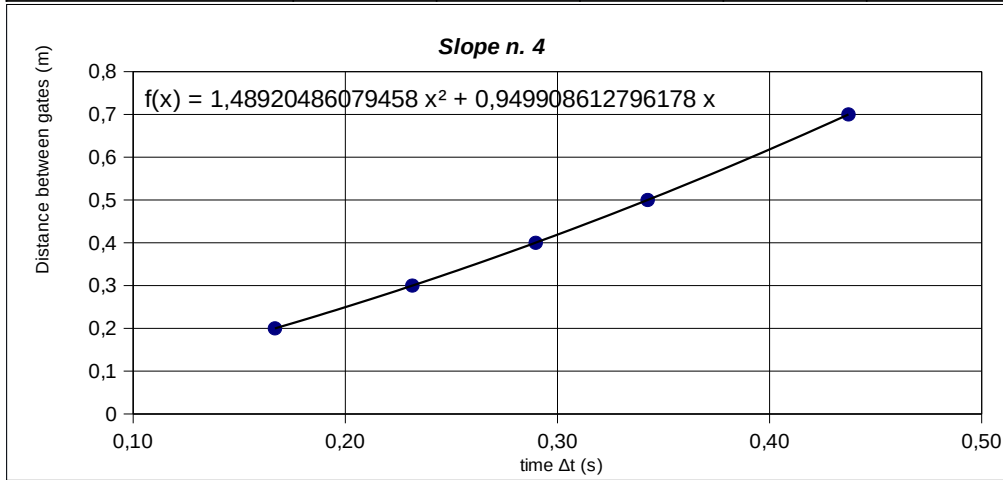
| COMMENTS | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|
| | | | | | |

Slope n. 4

| | |
|------------------------|--------------|
| h (m) | 0,368 |
| δh (m) | 0,002 |
| $\sin \theta$ | 0,3228070175 |
| $\delta (\sin \theta)$ | 0,00203755 |

| | Gate distances: | | | | | COMMENTS |
|------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| | Distance n. 1 | Distance n. 2 | Distance n. 3 | Distance n. 4 | Distance n. 5 | |
| Gate distance ΔS (m) | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | |
| Uncertainty $\delta(\Delta S)$ (m) | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | |

| Measurement n. | Time measurements (in seconds): | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Δt (s) distance 1 | Δt (s) distance 2 | Δt (s) distance 3 | Δt (s) distance 4 | Δt (s) distance 5 |
| 1 | 0,1668 | 0,2308 | 0,2904 | 0,3419 | 0,4373 |
| 2 | 0,1665 | 0,2315 | 0,2894 | 0,3427 | 0,4371 |
| 3 | 0,1666 | 0,2317 | 0,2897 | 0,3426 | 0,4371 |
| 4 | 0,1671 | 0,2317 | 0,2892 | 0,3431 | 0,4371 |
| 5 | 0,167 | 0,2322 | 0,29 | 0,3423 | 0,4373 |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| Average Δt | 0,167 | 0,232 | 0,290 | 0,343 | 0,437 |
| $\delta(\Delta t)$ | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,000 |



| | | | | | |
|---------------------------|---------------|-----------------------------------|-------------------|----|---------------|
| Speed (m/s) | 0,9499 | Speed (m/s) | 0,94990861 | | |
| Accel.(m/s ²) | 2,9784 | Accel. a (m/s ²) | 1,8998 | da | 0,0066 |
| (derive from the graph) | | (derive from least-square method) | | | |

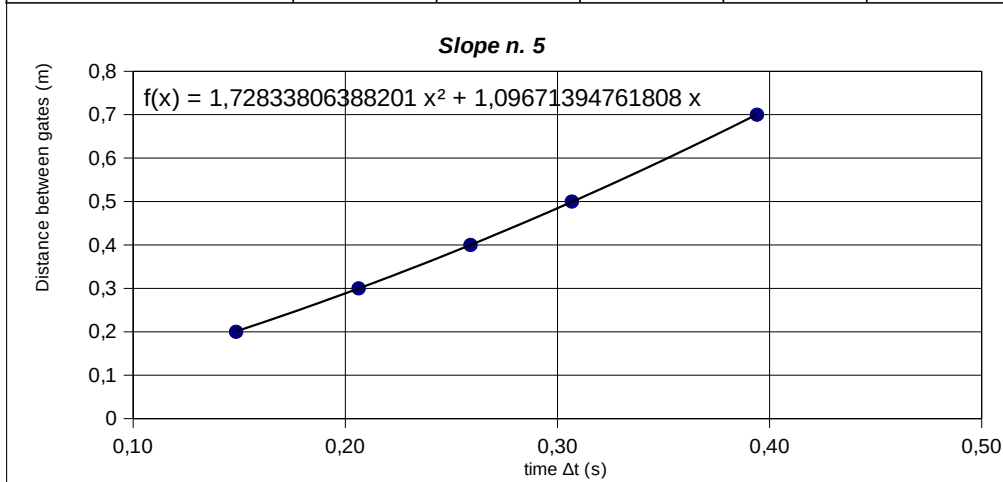
| | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|
| COMMENTS | | | | | |
| | | | | | |

Slope n. 5

| | |
|------------------------|--------------|
| h (m) | 0,451 |
| δh (m) | 0,002 |
| $\sin \theta$ | 0,3956140351 |
| $\delta (\sin \theta)$ | 0,0021014158 |

| | Gate distances: | | | | | COMMENTS |
|------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| | Distance n. 1 | Distance n. 2 | Distance n. 3 | Distance n. 4 | Distance n. 5 | |
| Gate distance ΔS (m) | 0,7 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | |
| Uncertainty $\delta(\Delta S)$ (m) | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | |

| Measurement n. | Time measurements (in seconds): | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Δt (s) distance 1 | Δt (s) distance 2 | Δt (s) distance 3 | Δt (s) distance 4 | Δt (s) distance 5 |
| 1 | 0,3921 | 0,1483 | 0,2059 | 0,259 | 0,3069 |
| 2 | 0,3915 | 0,1485 | 0,2063 | 0,2592 | 0,3066 |
| 3 | 0,3953 | 0,1485 | 0,206 | 0,2589 | 0,3069 |
| 4 | 0,396 | 0,1488 | 0,2063 | 0,2589 | 0,3065 |
| 5 | 0,3953 | 0,1484 | 0,2068 | 0,259 | 0,3069 |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| Average Δt | 0,394 | 0,149 | 0,206 | 0,259 | 0,307 |
| $\delta(\Delta t)$ | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |



| | | | | |
|--------------------------------|---------------|--|---------------|------------------|
| Speed (m/s) | 1,0967 | Speed (m/s) | 1,0948 | |
| Accel.(m/s ²) | 3,4566 | Accel. a (m/s ²) | 3,4658 | da 0,0481 |
| <i>(derive from the graph)</i> | | <i>(derive from least-square method)</i> | | |

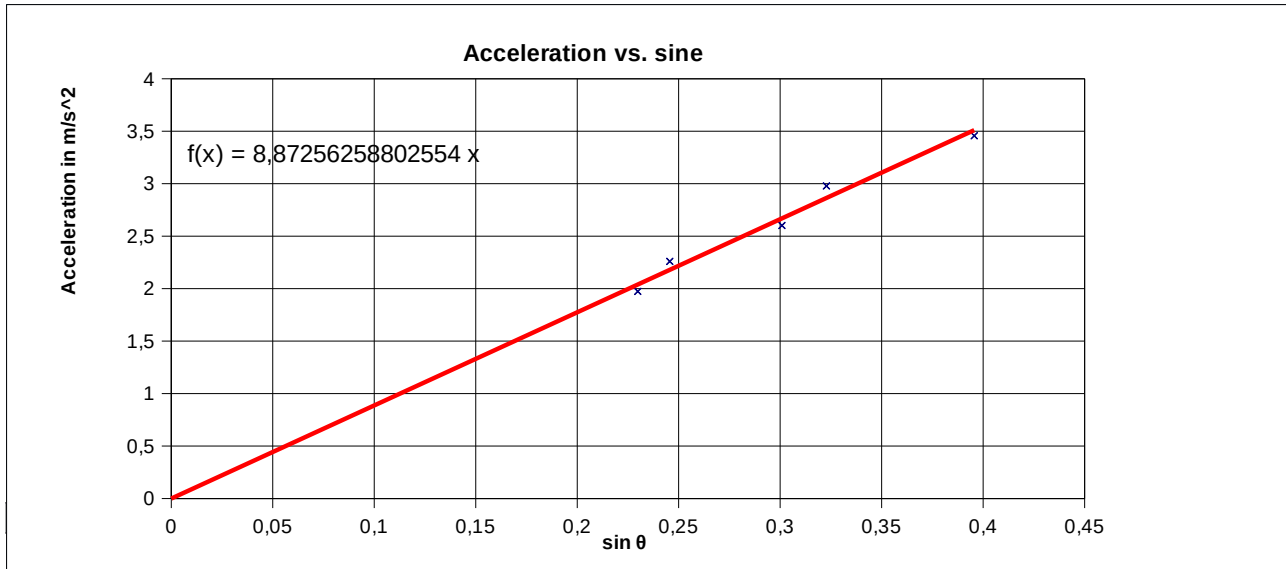
COMMENTS

Con lo scopo di minimizzare l'effetto delle forze di attrito sui risultati calcolati e di ottenere la minore incertezza relativa possibile dagli strumenti di misura, abbiamo evitato inclinazioni troppo piccole del piano (non meno di 20 cm di altezza) e posizioni troppo vicine delle fotocellule del cronometro (non meno di 10 cm).

Calculation of gravity acceleration g

| | |
|----------------------------|-------|
| Length of the rail L (m) | 1,14 |
| Uncertainty δL (m) | 0,001 |

| Slope # | h (m) | $\sin \theta$ | $\delta (\sin \theta)$ | Speed V (m/s) | a (m/s ²) | da | g (no friction) (m/s ²) |
|---------|---------|---------------|------------------------|-----------------|-------------------------|--------|---------------------------------------|
| 1 | 0,28 | 0,2456 | 0,0020 | 0,8343 | 2,2596 | 0,0223 | 9,1998 |
| 2 | 0,262 | 0,2298 | 0,0020 | 0,8227 | 1,9738 | 0,0301 | 8,5883 |
| 3 | 0,343 | 0,3009 | 0,3009 | 0,9598 | 2,6016 | 0,0303 | 8,6467 |
| 4 | 0,368 | 0,3228 | 0,0020 | 0,9499 | 2,9784 | 0,0066 | 9,2266 |
| 5 | 0,451 | 0,3956 | 0,0021 | 1,0967 | 3,4566 | 0,0481 | 8,7373 |



| | | |
|-------------------------------------|---------------|--------------|
| Estimate of g (m/s ²) | 8,8726 | 0,106 |
|-------------------------------------|---------------|--------------|

(derive this value from the least-square method)

COMMENTS

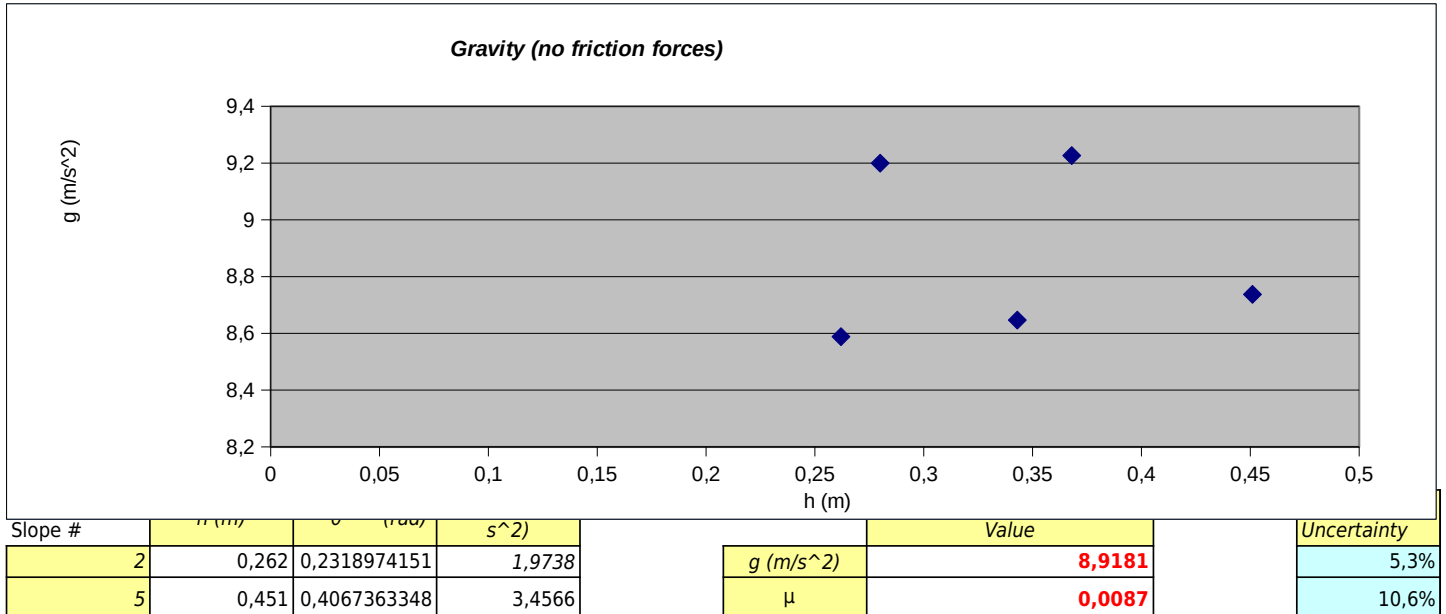
L'accelerazione misurata appare direttamente proporzionale al seno dell'angolo entro un'incertezza ragionevole (ottenuta con il fit lineare).
Il valore di g calcolato, però, differisce dal valore conosciuto per molto più dell'incertezza indicata dal fit lineare.

Part 2: Calculation of gravity acceleration in the presence of friction

The gravity g estimated for each h (neglecting friction forces) should increase with increasing h (and θ).

Can you see it on this Graph?

If not, maybe there is a problem in your data



COMMENTS

Quest'ultima sezione servirebbe a calcolare l'attrito a partire da due accelerazioni conosciute lungo il piano inclinato, in particolare quelle relative alle configurazioni con altezze minima e massima del piano inclinato.

Si può notare dal grafico che i valori di g calcolati non aumentano all'aumentare dell'altezza del piano inclinato; non seguono una tendenza precisa. Questo invalida i calcoli eseguiti per trovare μ . Sono riportati ugualmente i risultati, che possono passare per plausibili in quanto si sono scelte la 2a e la 5a misura, che insieme alla 3a seguono sul grafico la tendenza crescente richiesta.

Ciò indica anche che l'attrito trascurato è stato irrilevante rispetto ad altri errori, di misura e casuali, che hanno avuto effetto sulle misure eseguite.