



Laboratorio di analisi dati: esperienza di CINEMATICA

A.A. 2016–17

Daniele Bonacorsi, **Cristian Vignali**, Federico Marulli
(Università di Bologna)

In aula collaborano:

Enrico Baglione, Daniele Corradini, Lorenzo Gigante, Nicola Rubini, Anna Vianelli



Contatti e Comunicazioni

Per ogni informazione su laboratorio e analisi dati
(contenuto, materiale, dubbi, turnistiche, firme di presenza):

difa-docentilaboratori@unibo.it

Vi ricordo che:

NON SONO PREVISTI RECUPERI A GRUPPI

Cerchiamo di venirci incontro:

- Cercate di essere presenti nelle date previste per il turno nel quale vi siete segnati
- In caso abbiate problemi seri in una delle date, mandate subito un mail
 - in tal caso, è nel vostro interesse non essere passivi e segnalare “assenze”, ma essere attivi e proporre in anticipo un “cambio di turno”
- **IMPORTANTE:** chi salta un turno in cui era segnato, senza averci contattato prima del turno per informarci dell’assenza, o entro 1-2 giorni dopo l’assenza, potremmo non riuscire ad aiutarlo e rischia di non avere la firma di presenza e di non poter dare l’esame.

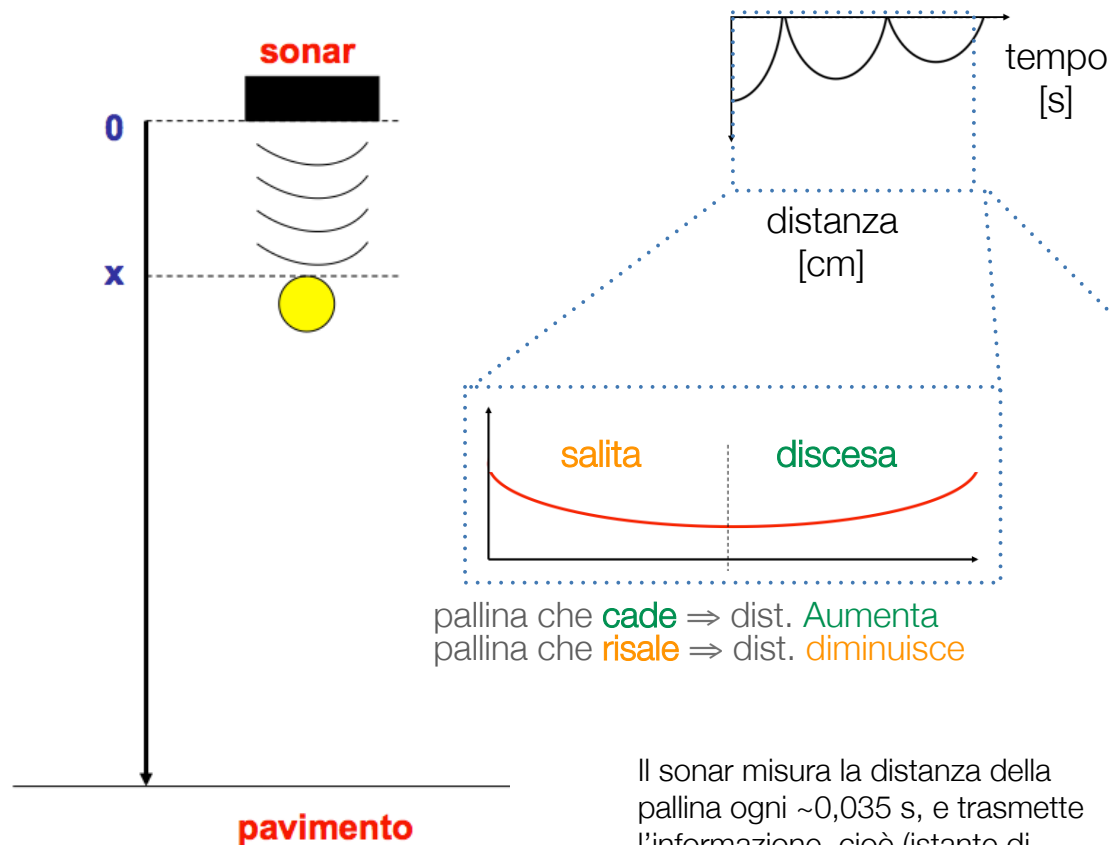
Grazie della collaborazione.



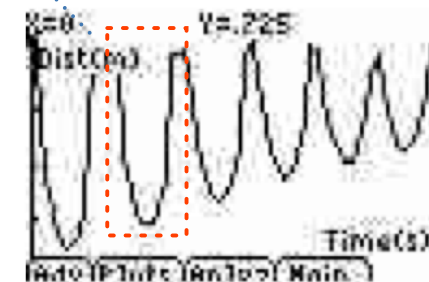
Cosa avete fatto in laboratorio (in breve)

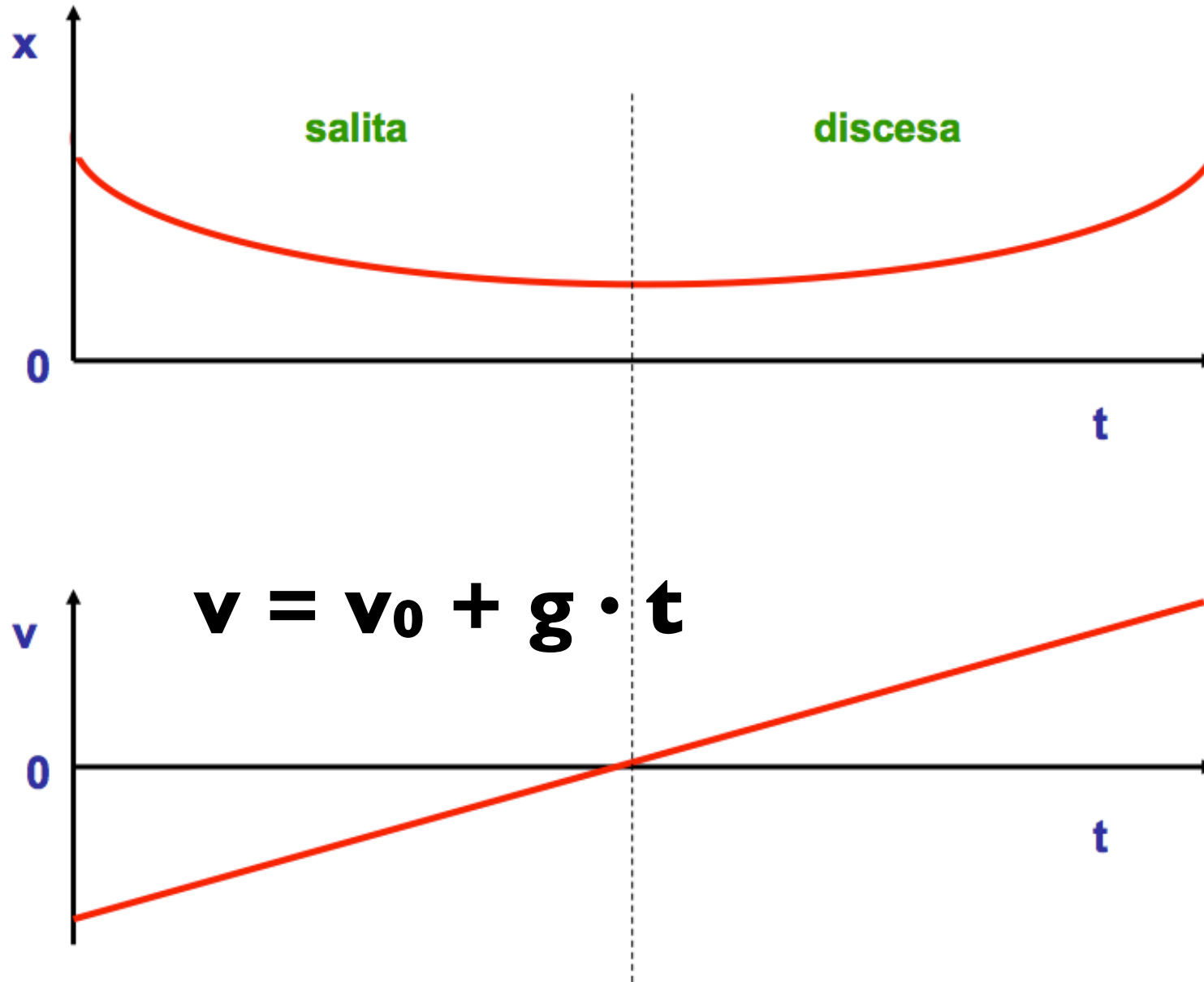
Studio di una pallina che rimbalza

- ◆ sensore di posizione sonar, calcolatrice grafica, foglio e penna
 - verificare che il moto è uniformemente accelerato
 - misura dell'accelerazione di gravità g



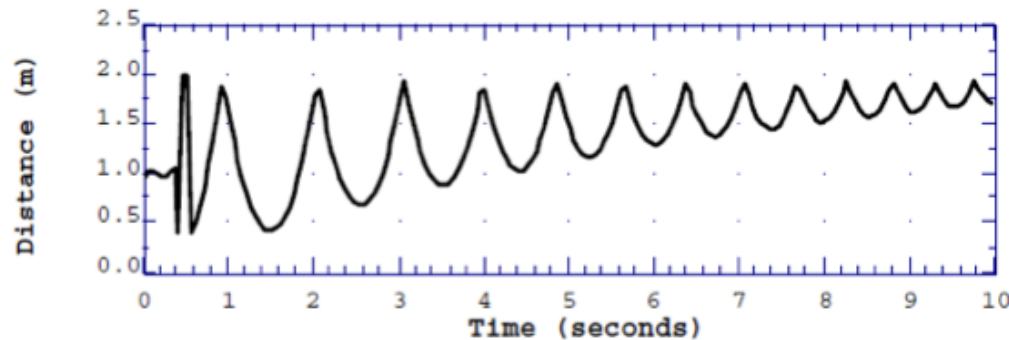
Avete selezionato, sul display della calcolatrice, un solo arco, cioè una fase salita-discesa, e chiesto alla calcolatrice di calcolare e disegnare sul display la velocità della pallina in funzione del tempo.



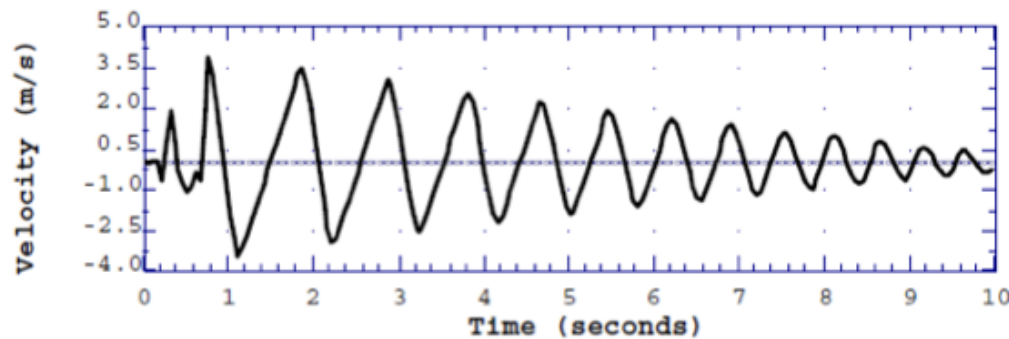




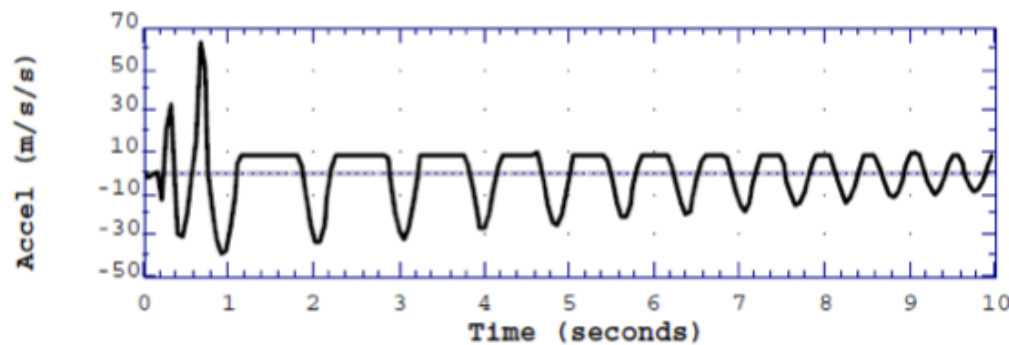
Legge oraria del moto



$$s(t) = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$



$$v(t) = \dot{s} = v_0 + g t$$



$$a(t) = \ddot{s} = g$$



Cosa faremo noi oggi

Nelle prossime due ore:

- ◆ esperienza di “analisi dati”
- ◆ **dati** = quelli raccolti nell’esperienza di laboratorio di CINEMATICA
- ◆ **analisi** = per analizzarli useremo un foglio elettronico

Cosa dovete avere con voi oggi, già prima di iniziare:

- ◆ gli appunti dal laboratorio
- ◆ i dati raccolti nell’esperienza di laboratorio (su carta)
 - posizioni e velocità della pallina in funzione del tempo

Cosa trovate oggi in Aula Informatica a vostra disposizione:

- ◆ postazioni PC dotate di un OS e un programma di foglio elettronico
- ◆ istruzioni / scheda da consegnare alla fine

IMPORTANTE:

- ◆ siete piccoli “gruppi di analisi”: discutete e consultatevi
- ◆ se avete dubbi/problemi che non riuscite a superare nel gruppo, chiedete a noi
- ◆ **gireremo con un foglio delle presenze: tenete a disposizione un documento**
- ◆ **ricordate di apporre la vostra firma sul foglio di presenza prima di uscire**



Foglio elettronico

Definizione “operativa”

- ◆ è un programma che consente di fare calcoli, creare tabelle correlate, elaborare dati in modo semplice e visuale - dato che produce grafici
- ◆ carta con tabelle → matrice elettronica con celle intercorrelabili

Oggi userete EXCEL (Microsoft Office ©)

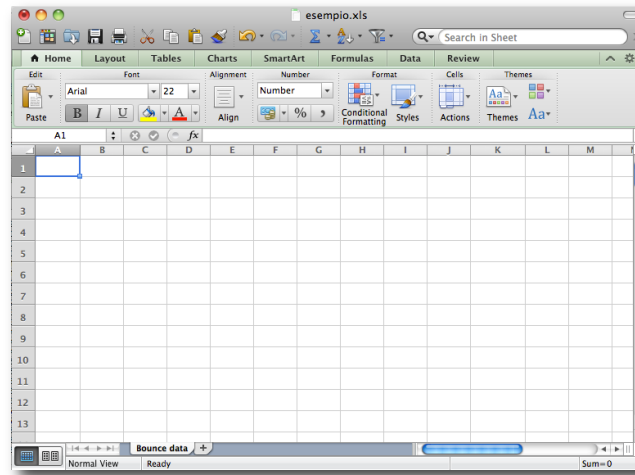
- ◆ molto diffuso ma di certo non l'unico
- ◆ VisiCalc... Lotus 1-2-3... Excel... piattaforme come Google docs

In ambienti di ricerca esistono piattaforme di analisi dati più evolute

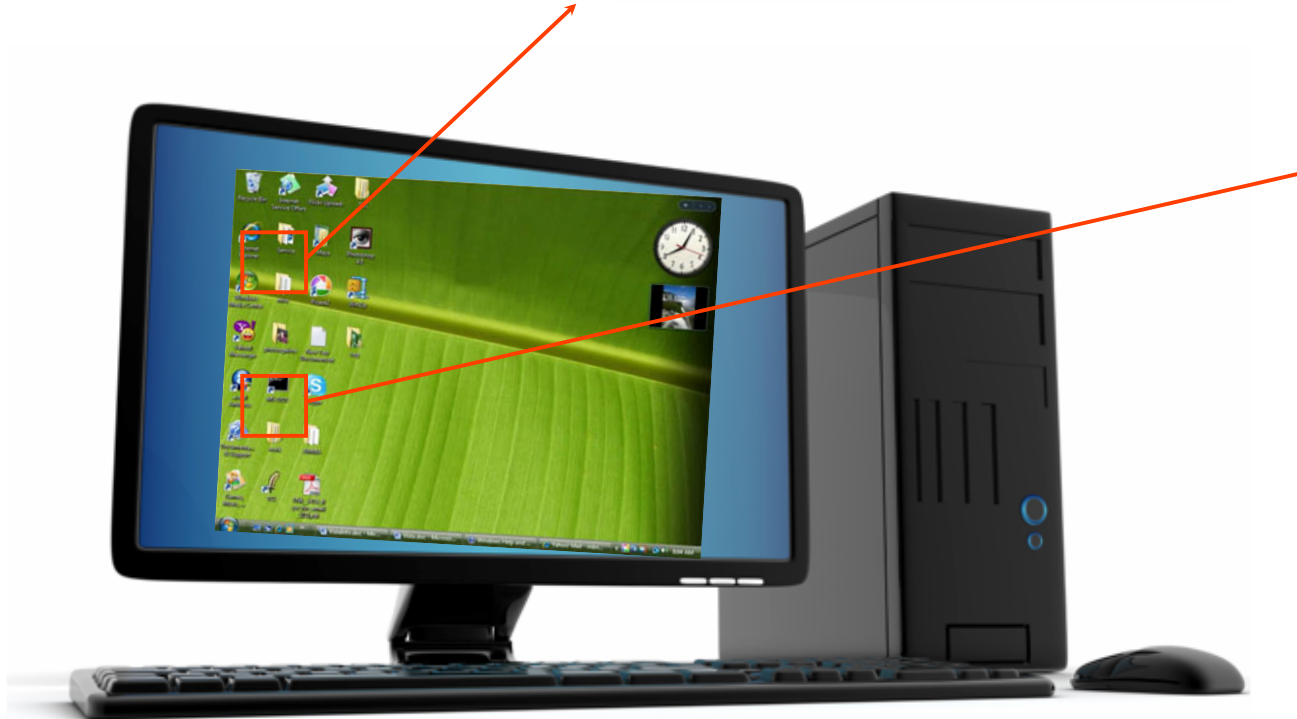
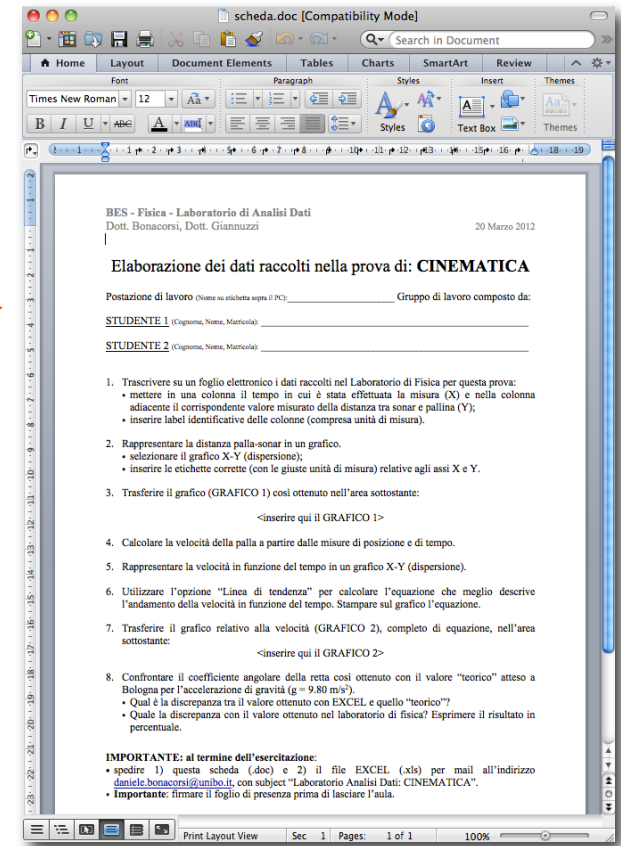
- ◆ ... ma oggi ci esercitiamo con concetti di base dell'elaborazione dati, che - entro certi limiti - sono comuni indipendentemente dallo “strumento”
 - **importanza dei dati** (unici e preziosi)
 - **importanza del rigore nella loro elaborazione** (statistica)



Foglio elettronico per l'analisi dati (**Excel**)

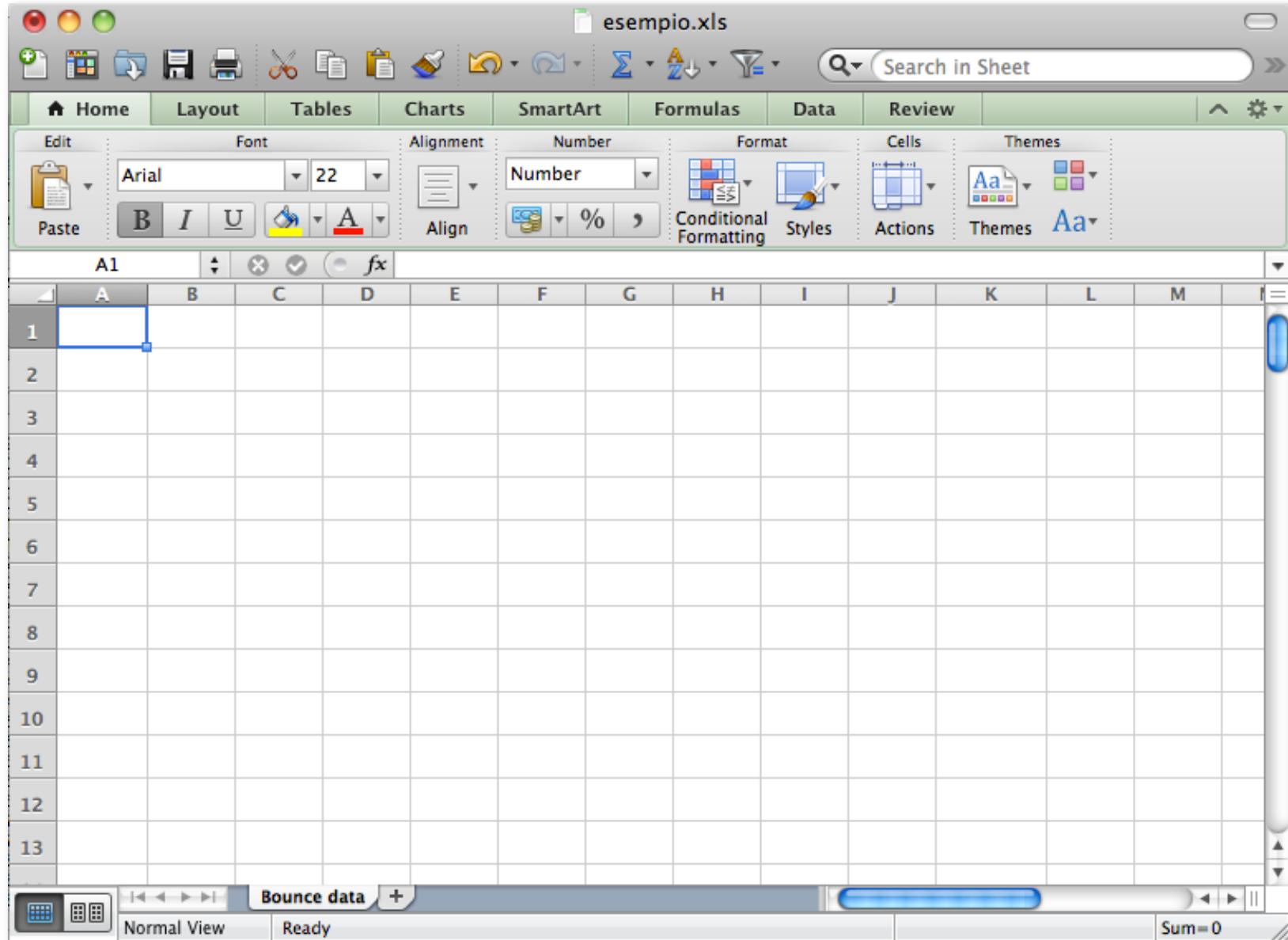


Editor di testo per la relazione (**Word**)





Excel





Se NON avete con voi i dati di laboratorio...

... male!

I dati sono la cosa più preziosa per chi fa scienza sperimentale.

L'analisi dei dati è spesso faticosa, ma si può ripetere. Al contrario, i dati sono spesso unici (rifare la presa dati è o estremamente complesso o addirittura impossibile) e perderli può essere molto grave.

◆ Usiamo questo esempio per riflettere insieme e imparare: immaginate che i dati fossero molto importanti, e/o solo oggi aveste avuto accesso a una costosa infrastruttura per l'analisi di quei dati: quanto è costata la vostra dimenticanza?

Pertanto, è essenziale portarli con sé per una esercitazione di analisi di quegli stessi dati - come vi è stato detto alla fine dell'esperienza di laboratorio.

Per poter comunque svolgere l'esercitazione, per questa esercitazione potrete prendere un file xls di un'altra presa dati "pre-confezionata":

◆ vedi ultima slide

e usarli come se fossero stati i vostri dati.



La scheda di analisi dati [1/5]

BES - Fisica - Laboratorio di Analisi Dati
Dott. Bonacorsi, Dott. Giunazzi 26 Marzo 2013

Elaborazione dei dati raccolti nella prova di: CINEMATICA
Postazione di lavoro (Nome su etichetta sopra il PC): _____ Gruppo di lavoro composto da: _____

STUDENTE 1 (Cognome, Nome, Matricola): _____
STUDENTE 2 (Cognome, Nome, Matricola): _____
STUDENTE 3 (Cognome, Nome, Matricola): _____

- Trasferire su un foglio elettronico i dati raccolti nel Laboratorio di Fisica per questa prova:
 - mettere in una colonna il tempo in cui è stata effettuata la misura (X) e nella colonna adiacente il corrispondente valore misurato della distanza tra sonar e pallina (Y);
 - inserire label identificative delle colonne (compresa unità di misura) nella prima riga.
- Rappresentare la distanza palla-sonar in un grafico.
 - selezionare il grafico X-Y (dispersione);
 - inserire le etichette corrette (con le giuste unità di misura) relative agli assi X e Y.
- Trasferire il grafico (GRAFICO 1) così ottenuto nell'area sottostante:
<rimuovere questa linea ed inserire qui il GRAFICO 1>
- Calcolare la velocità della palla a partire dalle misure di posizione e di tempo.
- Rappresentare la velocità in funzione del tempo in un grafico X-Y (dispersione).
- Calcolare l'equazione che meglio descrive l'andamento della velocità in funzione del tempo. (o con calcoli completi, o con opzione "linea di tendenza" o simili). Stampare sul grafico l'equazione:
$$y = mx + a ; m = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$
- Trasferire il grafico relativo alla velocità (GRAFICO 2), completo di equazione, nell'area sottostante:
<rimuovere questa linea ed inserire qui il GRAFICO 2>
- Confrontare tra loro: (a) il valore di g ottenuto al laboratorio; (b) il coefficiente angolare della retta così ottenuta (detto $g_{misurato}$); (c) il valore "accettato" atteso a Bologna per l'accelerazione di gravità ($g_{accettato} = 9.804 \text{ m/s}^2$), e rispondere alle seguenti due domande:
 - Qualitativamente: secondo voi, i valori (a) e (b) sono "ragionevoli"?
 - Quantitativamente: Calcolare la discrepanza tra (b) e (c) ed esprimere il risultato in %.

IMPORTANTE: al termine dell'esercitazione:

- spedire 1) questa scheda (.doc) e 2) il file EXCEL (.xls) per mail, all'indirizzo daniele.bonacorsi@unibo.it, con subject "Laboratorio Analisi Dati: CINEMATICA".
- Importante: firmare il foglio di presenza prima di lasciare l'aula.

- ◆ Fate login sul PC con il vostro account unibo.it
- ◆ Create un folder di lavoro (ad es. "Lab CINEMATICA")
- ◆ Scaricate tale scheda in formato doc (WORD):
 - <http://campus.unibo.it/276083> [*]
- ◆ Iniziate a editarla con i vostri dati nella prima parte, ovvero:

Elaborazione dei dati raccolti nella prova di: CINEMATICA

Postazione di lavoro (Nome su etichetta sopra il PC): _____ Gruppo di lavoro composto da: _____

STUDENTE 1 (Cognome, Nome, Matricola): _____

STUDENTE 2 (Cognome, Nome, Matricola): _____

STUDENTE 3 (Cognome, Nome, Matricola): _____

[*] Collezione AMS Campus - AlmaDL - area di lavoro del vostro docente di riferimento a seconda della lettera del cognome (A-L **Marulli**, M-Z **Vignali**)

Elaborazione dei dati raccolti nella prova di CINEMATICA

Postazione di lavoro (Non è richiesta sopra il PC)

Gruppo di lavoro composto da:

STUDENTE 1 (Cognome, Nome, Matricola): _____

STUDENTE 2 (Cognome, Nome, Matricola): _____

STUDENTE 3 (Cognome, Nome, Matricola): _____

1. Trascrivere su un foglio elettronico i dati raccolti nel Laboratorio di Fisica per questa prova:
 - mettere in una colonna il tempo in cui è stata effettuata la misura (X) e nella colonna adiacente il corrispondente valore misurato della distanza tra sonar e pallina (Y);
 - inserire i nomi delle grandezze fisiche riportate nelle colonne, comprese le unità di misura, nella prima riga.

2. Rappresentare la distanza pallina-sonar in un grafico
 - selezionare il grafico X-Y (dispersione);
 - inserire i nomi delle grandezze mostrate sui due assi X e Y, con le giuste unità di misura.

3. Trasferire il grafico (GRAFICO 1) così ottenuto nell'area sottostante:
<rimuovere questa linea ed inserire qui il GRAFICO 1>

4. Calcolare la velocità della pallina a partire dalle misure di posizione e di tempo.

5. Rappresentare la velocità in funzione del tempo in un grafico X-Y (dispersione).

6. Calcolare l'equazione che meglio descrive l'andamento della velocità in funzione del tempo, sia con i calcoli completi (metodo I), sia utilizzando le funzioni interne di Excel (metodo II), sia utilizzando la "linea di tendenza" (metodo III).

Queste sono le equazioni da usare per il metodo I:

$$y = bx + a ; a = y - bx ; b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

7. Trasferire il grafico relativo alla velocità (GRAFICO 2), completo di equazione, nell'area sottostante:
<rimuovere questa linea ed inserire qui il GRAFICO 2>

8. Confrontare tra loro:

- a_{lab} , accelerazione di gravità ottenuta in laboratorio;
- a_{calc} , accelerazione di gravità misurata oggi come coefficiente angolare della retta;

• $a_{acc} = 9.804 \text{ m/s}^2$, valore "accettato" a Bologna per l'accelerazione di gravità;

e rispondere alle seguenti domande:

1. Qualitativamente: secondo voi, i valori a_{lab} e a_{calc} sono entrambi "coerenti"?

2. Quantitativamente: calcolare la discrepanza tra a_{calc} e a_{acc} ed esprimere il risultato in percentuale.

IMPORTANTE: al termine dell'esercitazione:

- spedire 1) questa scheda (.doc) e 2) il file EXCEL (.xls) per mail, con subject "Laboratorio Analisi Dati: CINEMATICA", all'indirizzo difa-docenti@laboratori@unibo.it.

- **Importante:** firmare il foglio di presenza prima di lasciare l'aula.

scheda di analisi dati [2/5]

Seguite le istruzioni con attenzione

- **WARNING:** salvate il file di frequente per non perdere lavoro fatto.

NB: se in laboratorio non avete preso i dati sulla distanza sonar-pallina, potete usare il file di dati "finti" per svolgere i punti 1,2,3

1. **Trascrivere su un foglio elettronico** i dati raccolti nel Laboratorio di Fisica per questa prova:
 - mettere in una colonna il tempo in cui è stata effettuata la misura (X) e nella colonna adiacente il corrispondente valore misurato della distanza tra sonar e pallina (Y);
 - inserire i nomi delle grandezze fisiche riportate nelle colonne, comprese le unità di misura, nella prima riga.
2. **Rappresentare la distanza pallina-sonar in un grafico**
 - selezionare il grafico X-Y (dispersione);
 - inserire i nomi delle grandezze mostrate sui due assi X e Y, con le giuste unità di misura.
3. **Trasferire il grafico** (GRAFICO 1) così ottenuto nell'area sottostante:

Elaborazione dei dati raccolti nella prova di CINEMATICA

Postazione di lavoro (Non è etichetta sopra il PC): _____

Gruppo di lavoro composto da:

STUDENTE 1 (Cognome, Nome, Matricola): _____

STUDENTE 2 (Cognome, Nome, Matricola): _____

STUDENTE 3 (Cognome, Nome, Matricola): _____

1. Trascrivere su un foglio elettronico i dati raccolti nel Laboratorio di Fisica per questa prova:
 - mettere in una colonna il tempo in cui è stata effettuata la misura (X) e nella colonna adiacente il corrispondente valore misurato della distanza tra sonar e pallina (Y);
 - inserire i nomi delle grandezze fisiche riportate nelle colonne, comprese le unità di misura, nella prima riga.
2. Rappresentare la distanza pallina-sonar in un grafico
 - selezionare il grafico X-Y (dispersione);
 - inserire i nomi delle grandezze mostrate sui due assi X e Y, con le giuste unità di misura.
3. Trasferire il grafico (GRAFICO 1) così ottenuto nell'area sottostante:
<rimuovere questa linea ed inserire qui il GRAFICO 1>

4. Calcolare la velocità della pallina a partire dalle misure di posizione e di tempo.
 5. Rappresentare la velocità in funzione del tempo in un grafico X-Y (dispersione).
 6. Calcolare l'equazione che meglio descrive l'andamento della velocità in funzione del tempo, sia con calcoli completi (metodo I), sia utilizzando le funzioni interne di Excel (metodo II), sia utilizzando la "linea di tendenza" (metodo III).
- Queste sono le equazioni da usare per il metodo I:

$$y = bx + a ; a = \bar{y} - b\bar{x} ; b = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

7. Trasferire il grafico relativo alla velocità (GRAFICO 2), completo di equazione, nell'area sottostante:
<rimuovere questa linea ed inserire qui il GRAFICO 2>

8. Confronto tra leggi:

- g_{lab} : accelerazione di gravità ottenuta in laboratorio;
 - g_{cosi} : accelerazione di gravità misurata oggi come coefficiente angolare della retta;
 - g_{acc} : 9.804 m/s^2 , valore "accettato" a Bologna per l'accelerazione di gravità;
- e rispondere alle seguenti domande:
1. Qualitativamente: secondo voi, i valori g_{lab} e g_{cosi} sono entrambi "coerenti"?
 2. Quantitativamente: calcolare la discrepanza tra g_{cosi} e g_{acc} ed esprimere il risultato in percentuale.

IMPORTANTE: al termine dell'esercitazione:

- spedire 1) questa scheda (.doc) e 2) il file EXCEL (.xls) per mail, con subject "Laboratorio Analisi Dati: CINEMATICA", all'indirizzo difa-docenti@laboratori@unibo.it.
- **Importante:** firmare il foglio di presenza prima di lasciare l'aula.

scheda di analisi dati [3/5]

Seguite le istruzioni con attenzione

WARNING: salvate il file di frequente per non perdere lavoro fatto.

4. Calcolare la velocità della pallina a partire dalle misure di posizione e di tempo.

5. Rappresentare la velocità in funzione del tempo in un grafico X-Y (dispersione).

6. Calcolare l'equazione che meglio descrive l'andamento della velocità in funzione del tempo, sia con calcoli completi (metodo I), sia utilizzando le funzioni interne di Excel (metodo II), sia utilizzando la "linea di tendenza" (metodo III).

Queste sono le equazioni da usare per il metodo I:

$$y = bx + a ; a = \bar{y} - b\bar{x} ; b = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

7. Trasferire il grafico relativo alla velocità (GRAFICO 2), completo di equazione, nell'area sottostante:

3 metodi per calcolare a e b (b=costante g)



La scheda di analisi dati [4/5]

BES - Fisica - Laboratorio di Analisi Dati
Dott. Donacorsi, Dott. Giunuzzi 26 Marzo 2013

Elaborazione dei dati raccolti nella prova di: **CINEMATICA**
Postazione di lavoro (Nome su richiesta sopra il PC): _____ Gruppo di lavoro composto da: _____

STUDENTE 1 (Cognome, Nome, Matricola) _____
STUDENTE 2 (Cognome, Nome, Matricola) _____
STUDENTE 3 (Cognome, Nome, Matricola) _____

- Trascrivere su un foglio elettronico i dati raccolti nel Laboratorio di Fisica per questa prova:
 - mettere in una colonna il tempo in cui è stata effettuata la misura (X) e nella colonna adiacente il corrispondente valore misurato della distanza tra sonar e pallina (Y);
 - inserire label identificative delle colonne (compresa unità di misura) nella prima riga.
- Rappresentare la distanza palla-sonar in un grafico.
 - selezionare il grafico X-Y (dispersione);
 - inserire le etichette corrette (con le giuste unità di misura) relative agli assi X e Y.
- Trasferire il grafico (GRAFICO 1) così ottenuto nell'area sottostante:
<rimuovere questa linea ed inserire qui il GRAFICO 1>
- Calcolare la velocità della palla a partire dalle misure di posizione e di tempo.
- Rappresentare la velocità in funzione del tempo in un grafico X-Y (dispersione).
- Calcolare l'equazione che meglio descrive l'andamento della velocità in funzione del tempo. (o con calcoli completi, o con opzione "linea di tendenza" o simili). Stampare sul grafico l'equazione:
$$y = ax + b ; a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$
- Trasferire il grafico relativo alla velocità (GRAFICO 2), completo di equazione, nell'area sottostante:
<rimuovere questa linea ed inserire qui il GRAFICO 2>
- Confrontare tra loro: (a) il valore di g ottenuto al laboratorio; (b) il coefficiente angolare della retta così ottenuto (detto g_{excel}); (c) il valore "accettato" atteso a Bologna per l'accelerazione di gravità ($g_{\text{true}} = 9.804 \text{ m/s}^2$), e rispondere alle seguenti domande:
 - Qualitativamente: secondo voi, i valori (a) e (b) sono "entrambi corretti"?
 - Quantitativamente: Calcolare la discrepanza tra (b) e (c) ed esprimere il risultato in %.

IMPORTANTE: al termine dell'esercitazione:
• spedire 1) questa scheda (.doc) e 2) il file EXCEL (.xls) per mail, all'indirizzo danicadonacorsi@unibo.it, con subject "Laboratorio Analisi Dati: CINEMATICA".
• importante: firmare il foglio di presenza prima di lasciare l'aula.

- ◆ Seguite le istruzioni con attenzione. Per il punto 8, editate sotto e scrivete le risposte.
- WARNING: salvate il file di frequente per non perdere lavoro fatto.

8. Confrontare tra loro:

- g_{lab} , accelerazione di gravità ottenuto in laboratorio;
- g_{excel} , accelerazione di gravità misurata oggi come coefficiente angolare della retta;
- $g_{\text{true}} = 9.804 \text{ m/s}^2$, valore "accettato" a Bologna per l'accelerazione di gravità;

e rispondere alle seguenti domande:

1. Qualitativamente: secondo voi, i valori g_{lab} e g_{excel} sono "entrambi corretti"?
2. Quantitativamente: calcolare la discrepanza tra g_{excel} e g_{true} ed esprimere il risultato in percentuale.



La scheda di analisi dati [5/5]

BES - Fisica - Laboratorio di Analisi Dati
Dott. Donacorsi, Dott. Giunazzi 26 Marzo 2013

Elaborazione dei dati raccolti nella prova di: **CINEMATICA**
Postazione di lavoro (Nome su richiesta sopra il PC): _____ Gruppo di lavoro composto da: _____

STUDENTE 1 (Cognome, Nome, Matricola) _____
STUDENTE 2 (Cognome, Nome, Matricola) _____
STUDENTE 3 (Cognome, Nome, Matricola) _____

- Trascrivere su un foglio elettronico i dati raccolti nel Laboratorio di Fisica per questa prova:
 - mettere in una colonna il tempo in cui è stata effettuata la misura (X) e nella colonna adiacente il corrispondente valore misurato della distanza tra sonar e pallina (Y);
 - inserire label identificative delle colonne (compresa unità di misura) nella prima riga.
- Rappresentare la distanza palla-sonar in un grafico.
 - selezionare il grafico X-Y (dispersione);
 - inserire le etichette corrette (con le giuste unità di misura) relative agli assi X e Y.
- Trasferire il grafico (GRAFICO 1) così ottenuto nell'area sottostante:
<rimuovere questa linea ed inserire qui il GRAFICO 1>
- Calcolare la velocità della palla a partire dalle misure di posizione e di tempo.
- Rappresentare la velocità in funzione del tempo in un grafico X-Y (dispersione).
- Calcolare l'equazione che meglio descrive l'andamento della velocità in funzione del tempo. (o con calcoli completi, o con opzione "linea di tendenza" o simili). Stampare sul grafico l'equazione:
$$y = ax + b ; a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$
- Trasferire il grafico relativo alla velocità (GRAFICO 2), completo di equazione, nell'area sottostante:
<rimuovere questa linea ed inserire qui il GRAFICO 2>
- Confrontare tra loro: (a) il valore di a ottenuto al laboratorio; (b) il coefficiente angolare della retta così ottenuta (detto a_{teorico}); (c) il valore "accettato" atteso a Bologna per l'accelerazione di gravità ($g_{\text{Bologna}} = 9.804 \text{ m/s}^2$), e rispondere alle seguenti due domande:
 - Qualitativamente: secondo voi, i valori (a) e (b) sono "notrabili corretti"?
 - Quantitativamente: calcolate la discrepanza tra (b) e (c) ed esprimetene il risultato in %.

IMPORTANTE: al termine dell'esercitazione:

- spedire 1) questa scheda (.doc) e 2) il file EXCEL (.xls) per mail, all'indirizzo difa-docentilaboratori@unibo.it.
- Importante: firmare il foglio di presenza prima di lasciare l'aula.

IMPORTANTE:
senza firma di presenza in ogni prova
NON si può sostenere l'esame

Quando andrete all'esame, i docenti avranno in mano un resoconto di come avete condotto questa esperienza di laboratorio di analisi dati, e vi potranno essere fatte domande al riguardo all'orale.

IMPORTANTE: al termine dell'esercitazione:

- spedire 1) questa scheda (.doc) e 2) il file EXCEL (.xls) per mail, con subject "Laboratorio Analisi Dati: CINEMATICA", all'indirizzo difa-docentilaboratori@unibo.it.
- **Importante:** firmare il foglio di presenza prima di lasciare l'aula.



Riassumendo:

- ◆ scaricate la **scheda** (Word docx):
 - <http://campus.unibo.it/276083/>
 - salvatela in locale, cambiate il nome del file, e seguite le istruzioni ivi contenute
 - ricordate di salvare spesso il file per non perdere i progressi!

- ◆ se NON avete con voi i dati di laboratorio, trovate dati “pre-confezionati” qui:
<http://campus.unibo.it/276080/>

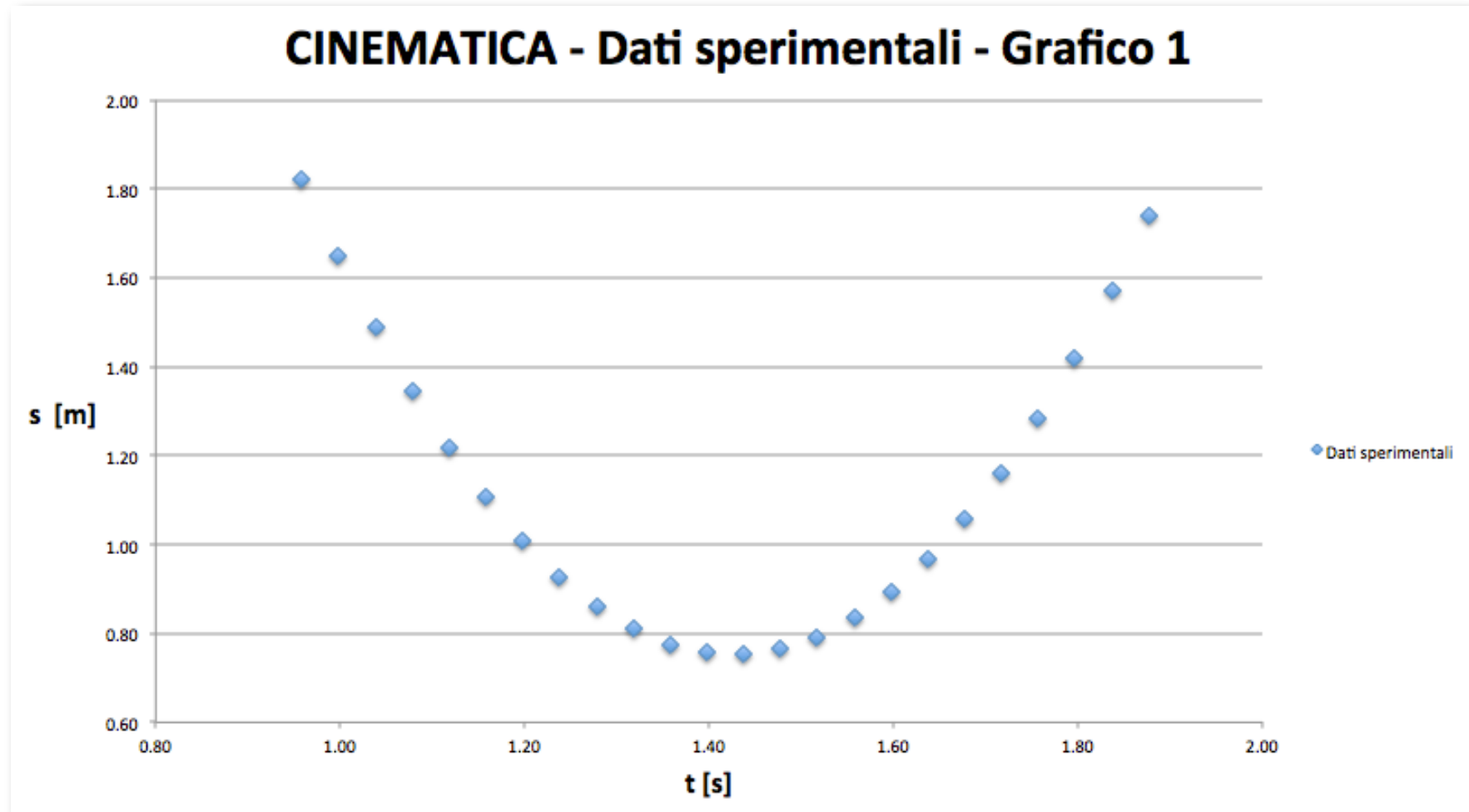
- ◆ se avete i vostri dati di laboratorio, usate quelli!
 - potete anche scaricare il file sopra, cancellare i dati che ci sono e inserire i vostri.

Ricordate di salvare spesso i files su cui lavorate (xls e doc)!

- ◆ Questa presentazione è disponibile presso): <http://campus.unibo.it/276087/>



Un possibile “Grafico 1”





Suggerimento per il punto 4.

	A	B	C	D	E	F
1	t (s)	s (m)	delta_s (m)	delta_t (s)	v (m/s)	
2	0.96	1.8236				
3	1.00	1.6502	=B3-B2	0.0399	-4.3419	
4	1.04	1.4897	-0.1605	0.0399	-4.0195	
5	1.08	1.3465	-0.1432	0.0399	-3.5863	
6	1.12	1.2188	-0.1277	0.0399	-3.1976	
7	1.16	1.1065	-0.1123	0.0399	-2.8127	
8	1.20	1.0091	-0.0973	0.0399	-2.4378	
9	1.24	0.9284	-0.0807	0.0399	-2.0219	
10	1.28	0.8615	-0.0669	0.0399	-1.6745	
11	1.32	0.8113	-0.0502	0.0399	-1.2585	
12	1.36	0.7763	-0.0350	0.0399	-0.8768	
13	1.40	0.7568	-0.0195	0.0399	-0.4883	
14	1.44	0.7526	-0.0041	0.0399	-0.1031	
15	1.48	0.7642	0.0115	0.0399	0.2888	
16	1.52	0.7914	0.0272	0.0399	0.6808	
17	1.56	0.8348	0.0434	0.0399	1.0865	
18	1.60	0.8930	0.0582	0.0399	1.4579	
19	1.64	0.9666	0.0736	0.0399	1.8429	
20	1.68	1.0561	0.0895	0.0399	2.2419	
21	1.72	1.1618	0.1057	0.0399	2.6476	
22	1.76	1.2829	0.1211	0.0399	3.0326	
23	1.80	1.4191	0.1362	0.0399	3.4110	
24	1.84	1.5715	0.1524	0.0399	3.8167	
25	1.88	1.7390	0.1675	0.0399	4.1948	
26						
27						

	A	B	C	D	E	F
1	t (s)	s (m)	delta_s (m)	delta_t (s)	v (m/s)	
2	0.96	1.8236				
3	1.00	1.6502	-0.1734	0.0399	=C3/D3	
4	1.04	1.4897	-0.1605	0.0399	-4.0195	
5	1.08	1.3465	-0.1432	0.0399	-3.5863	
6	1.12	1.2188	-0.1277	0.0399	-3.1976	
7	1.16	1.1065	-0.1123	0.0399	-2.8127	
8	1.20	1.0091	-0.0973	0.0399	-2.4378	
9	1.24	0.9284	-0.0807	0.0399	-2.0219	
10	1.28	0.8615	-0.0669	0.0399	-1.6745	
11	1.32	0.8113	-0.0502	0.0399	-1.2585	
12	1.36	0.7763	-0.0350	0.0399	-0.8768	
13	1.40	0.7568	-0.0195	0.0399	-0.4883	
14	1.44	0.7526	-0.0041	0.0399	-0.1031	
15	1.48	0.7642	0.0115	0.0399	0.2888	
16	1.52	0.7914	0.0272	0.0399	0.6808	
17	1.56	0.8348	0.0434	0.0399	1.0865	
18	1.60	0.8930	0.0582	0.0399	1.4579	
19	1.64	0.9666	0.0736	0.0399	1.8429	
20	1.68	1.0561	0.0895	0.0399	2.2419	
21	1.72	1.1618	0.1057	0.0399	2.6476	
22	1.76	1.2829	0.1211	0.0399	3.0326	
23	1.80	1.4191	0.1362	0.0399	3.4110	
24	1.84	1.5715	0.1524	0.0399	3.8167	
25	1.88	1.7390	0.1675	0.0399	4.1948	
26						
27						

$v = \Delta s / \Delta t$, ove Δs e Δt sono nuove colonne nel file excel



Come fare il Grafico 2

- ◆ selezionare la colonna in cui avete calcolato i valori della velocità
- ◆ far fare il grafico ad Excel
 - menu “Charts” -> “Scatter” -> “Marked scatter”
 - NB: Excel ve lo fa, ma sceglie una scala X arbitraria, quindi... (prossimo punto)
- ◆ selezionate i valori di “t [s]” come serie da graficare sull’asse X
 - selezionare la finestra del grafico, tasto destro del mouse -> “Select data” e selezionate “t[s]” come “X series”
- ◆ scegliere bene gli estremi degli assi per buona visibilità dei dati
 - doppio click su una scala per modificarne min e max
- ◆ aggiungere il titolo
 - seleziona il grafico, -> “Chart layout” -> “Chart title”
- ◆ aggiungere i titoli degli assi e le unità di misura su entrambi gli assi
 - seleziona il grafico, -> “Chart layout” -> “Axis title” (una volta per ciascun asse)
- ◆ verificare che le scale sugli assi siano ragionevoli e permettano di quantificare le posizioni dei singoli punti sperimentali
 - ad esempio, controllare quante cifre significative sono usate sulle scale
- ◆ dimensionarlo opportunamente in modo che sia ben leggibile
- ◆ aggiungere la linea di tendenza
 - selezionare la serie di punti, tasto destro -> “Add trendline”
 - Type -> “Linear”
 - Options -> selezionare “Display equation on chart”

**Istruzioni valide con la
versione inglese di:**





L'equazione per il punto 6.

$$\mathbf{y} = \mathbf{bx} + \mathbf{a} \quad ; \quad \mathbf{a} = \bar{y} - b\bar{x} \quad ; \quad \mathbf{b} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

X=tempo
Y=velocita`



Punto 6 - metodo I

Fare i calcoli delle formule, un passo dopo l'altro.

$$y = bx + a ; a = \bar{y} - b\bar{x} ; b = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Media in excel (e "propagazione" lungo tutta la colonna). Esempio: **MEDIA (A\$3:A\$25)**
Il \$ blocca l'indice numerico

Calcolo (x-<x>)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	t (s)	s (m)	delta_s (m)	delta_t (s)	v (m/s)		t_medio	v_medio	(x-<x>)
2	0.96	1.8236							
3	1.00	1.6502	-0.1734	0.0399	-4.3419		1.4376	-0.0921	=A3-G3
4	1.04	1.4897	-0.1605	0.0399	-4.0195		1.4376	-0.0921	-0.39930
5	1.08	1.3465	-0.1432	0.0399	-3.5863		1.4376	-0.0921	-0.35937
6	1.12	1.2188	-0.1277	0.0399	-3.1976		1.4376	-0.0921	-0.31944
7	1.16	1.1065	-0.1123	0.0399	-2.8127		1.4376	-0.0921	-0.27951
8	1.20	1.0091	-0.0973	0.0399	-2.4378		1.4376	-0.0921	-0.23958
9	1.24	0.9284	-0.0807	0.0399	-2.0219		1.4376	-0.0921	-0.19965
10	1.28	0.8615	-0.0669	0.0399	-1.6745		1.4376	-0.0921	-0.15972
11	1.32	0.8113	-0.0502	0.0399	-1.2585		1.4376	-0.0921	-0.11979
12	1.36	0.7763	-0.0350	0.0399	-0.8768		1.4376	-0.0921	-0.07986
13	1.40	0.7568	-0.0195	0.0399	-0.4883		1.4376	-0.0921	-0.03993
14	1.44	0.7526	-0.0041	0.0399	-0.1031		1.4376	-0.0921	0.00000
15	1.48	0.7642	0.0115	0.0399	0.2888		1.4376	-0.0921	0.03993
16	1.52	0.7914	0.0272	0.0399	0.6808		1.4376	-0.0921	0.07986
17	1.56	0.8348	0.0434	0.0399	1.0865		1.4376	-0.0921	0.11979
18	1.60	0.8930	0.0582	0.0399	1.4579		1.4376	-0.0921	0.15972
19	1.64	0.9666	0.0736	0.0399	1.8429		1.4376	-0.0921	0.19965
20	1.68	1.0561	0.0895	0.0399	2.2419		1.4376	-0.0921	0.23958
21	1.72	1.1618	0.1057	0.0399	2.6476		1.4376	-0.0921	0.27951
22	1.76	1.2829	0.1211	0.0399	3.0326		1.4376	-0.0921	0.31944
23	1.80	1.4191	0.1362	0.0399	3.4110		1.4376	-0.0921	0.35937
24	1.84	1.5715	0.1524	0.0399	3.8167		1.4376	-0.0921	0.39930
25	1.88	1.7390	0.1675	0.0399	4.1948		1.4376	-0.0921	0.43923

Calcolo <t> (idem per <v>)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	t (s)	s (m)	delta_s (m)	delta_t (s)	v (m/s)		t_medio	v_medio
2	0.96	1.8236						
3	1.00	1.6502	-0.1734	0.0399	-4.3419		=AVERAGE(A3:A25)	
4	1.04	1.4897	-0.1605	0.0399	-4.0195		AVERAGE(number1, [numb	
5	1.08	1.3465	-0.1432	0.0399	-3.5863		1.4376	-0.0921
6	1.12	1.2188	-0.1277	0.0399	-3.1976		1.4376	-0.0921
7	1.16	1.1065	-0.1123	0.0399	-2.8127		1.4376	-0.0921
8	1.20	1.0091	-0.0973	0.0399	-2.4378		1.4376	-0.0921
9	1.24	0.9284	-0.0807	0.0399	-2.0219		1.4376	-0.0921
10	1.28	0.8615	-0.0669	0.0399	-1.6745		1.4376	-0.0921
11	1.32	0.8113	-0.0502	0.0399	-1.2585		1.4376	-0.0921
12	1.36	0.7763	-0.0350	0.0399	-0.8768		1.4376	-0.0921
13	1.40	0.7568	-0.0195	0.0399	-0.4883		1.4376	-0.0921
14	1.44	0.7526	-0.0041	0.0399	-0.1031		1.4376	-0.0921
15	1.48	0.7642	0.0115	0.0399	0.2888		1.4376	-0.0921
16	1.52	0.7914	0.0272	0.0399	0.6808		1.4376	-0.0921
17	1.56	0.8348	0.0434	0.0399	1.0865		1.4376	-0.0921
18	1.60	0.8930	0.0582	0.0399	1.4579		1.4376	-0.0921
19	1.64	0.9666	0.0736	0.0399	1.8429		1.4376	-0.0921
20	1.68	1.0561	0.0895	0.0399	2.2419		1.4376	-0.0921
21	1.72	1.1618	0.1057	0.0399	2.6476		1.4376	-0.0921
22	1.76	1.2829	0.1211	0.0399	3.0326		1.4376	-0.0921
23	1.80	1.4191	0.1362	0.0399	3.4110		1.4376	-0.0921
24	1.84	1.5715	0.1524	0.0399	3.8167		1.4376	-0.0921
25	1.88	1.7390	0.1675	0.0399	4.1948		1.4376	-0.0921

Calcolo (y-<y>)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	t (s)	s (m)	delta_s (m)	delta_t (s)	v (m/s)		t_medio	v_medio	(x-<x>)	(y-<y>)
2	0.96	1.8236								
3	1.00	1.6502	-0.1734	0.0399	-4.3419		1.4376	-0.0921	-0.43923	=E3-H3
4	1.04	1.4897	-0.1605	0.0399	-4.0195		1.4376	-0.0921	-0.39930	-3.93
5	1.08	1.3465	-0.1432	0.0399	-3.5863		1.4376	-0.0921	-0.35937	-3.49
6	1.12	1.2188	-0.1277	0.0399	-3.1976		1.4376	-0.0921	-0.31944	-3.11
7	1.16	1.1065	-0.1123	0.0399	-2.8127		1.4376	-0.0921	-0.27951	-2.72
8	1.20	1.0091	-0.0973	0.0399	-2.4378		1.4376	-0.0921	-0.23958	-2.35
9	1.24	0.9284	-0.0807	0.0399	-2.0219		1.4376	-0.0921	-0.19965	-1.93
10	1.28	0.8615	-0.0669	0.0399	-1.6745		1.4376	-0.0921	-0.15972	-1.58
11	1.32	0.8113	-0.0502	0.0399	-1.2585		1.4376	-0.0921	-0.11979	-1.17
12	1.36	0.7763	-0.0350	0.0399	-0.8768		1.4376	-0.0921	-0.07986	-0.78
13	1.40	0.7568	-0.0195	0.0399	-0.4883		1.4376	-0.0921	-0.03993	-0.40
14	1.44	0.7526	-0.0041	0.0399	-0.1031		1.4376	-0.0921	0.00000	-0.01
15	1.48	0.7642	0.0115	0.0399	0.2888		1.4376	-0.0921	0.03993	0.38
16	1.52	0.7914	0.0272	0.0399	0.6808		1.4376	-0.0921	0.07986	0.77
17	1.56	0.8348	0.0434	0.0399	1.0865		1.4376	-0.0921	0.11979	1.18
18	1.60	0.8930	0.0582	0.0399	1.4579		1.4376	-0.0921	0.15972	1.55
19	1.64	0.9666	0.0736	0.0399	1.8429		1.4376	-0.0921	0.19965	1.93
20	1.68	1.0561	0.0895	0.0399	2.2419		1.4376	-0.0921	0.23958	2.33
21	1.72	1.1618	0.1057	0.0399	2.6476		1.4376	-0.0921	0.27951	2.74
22	1.76	1.2829	0.1211	0.0399	3.0326		1.4376	-0.0921	0.31944	3.12
23	1.80	1.4191	0.1362	0.0399	3.4110		1.4376	-0.0921	0.35937	3.50
24	1.84	1.5715	0.1524	0.0399	3.8167		1.4376	-0.0921	0.39930	3.91
25	1.88	1.7390	0.1675	0.0399	4.1948		1.4376	-0.0921	0.43923	4.29



Punto 6 - metodo I

Calcolo $(x-\langle x \rangle)^2$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	t (s)	s (m)	delta_s (m)	delta_t (s)	v (m/s)		t_medio	v_medio	(x-⟨x⟩)	(y-⟨y⟩)	(x-⟨x⟩)^2	(x-⟨x⟩)(y-⟨y⟩)
2	0.96	1.8236										
3	1.00	1.6502	-0.1734	0.0399	-4.3419		1.4376	-0.0921	-0.43923	-4.25	=I3*J3	1.87
4	1.04	1.4897	-0.1605	0.0399	-4.0195		1.4376	-0.0921	-0.39930	-3.93	0.16	1.57
5	1.08	1.3465	-0.1432	0.0399	-3.5863		1.4376	-0.0921	-0.35937	-3.49	0.13	1.26
6	1.12	1.2188	-0.1277	0.0399	-3.1976		1.4376	-0.0921	-0.31944	-3.11	0.10	0.99
7	1.16	1.1065	-0.1123	0.0399	-2.8127		1.4376	-0.0921	-0.27951	-2.72	0.08	0.76
8	1.20	1.0091	-0.0973	0.0399	-2.4378		1.4376	-0.0921	-0.23958	-2.35	0.06	0.56
9	1.24	0.9284	-0.0807	0.0399	-2.0219		1.4376	-0.0921	-0.19965	-1.93	0.04	0.39
10	1.28	0.8615	-0.0669	0.0399	-1.6745		1.4376	-0.0921	-0.15972	-1.58	0.03	0.25
11	1.32	0.8113	-0.0502	0.0399	-1.2585		1.4376	-0.0921	-0.11979	-1.17	0.01	0.14
12	1.36	0.7763	-0.0350	0.0399	-0.8768		1.4376	-0.0921	-0.07986	-0.78	0.01	0.06
13	1.40	0.7568	-0.0195	0.0399	-0.4883		1.4376	-0.0921	-0.03993	-0.40	0.00	0.02
14	1.44	0.7526	-0.0041	0.0399	-0.1031		1.4376	-0.0921	0.00000	-0.01	0.00	0.00
15	1.48	0.7642	0.0115	0.0399	0.2888		1.4376	-0.0921	0.03993	0.38	0.00	0.02
16	1.52	0.7914	0.0272	0.0399	0.6808		1.4376	-0.0921	0.07986	0.77	0.01	0.06
17	1.56	0.8348	0.0434	0.0399	1.0865		1.4376	-0.0921	0.11979	1.18	0.01	0.14
18	1.60	0.8930	0.0582	0.0399	1.4579		1.4376	-0.0921	0.15972	1.55	0.03	0.25
19	1.64	0.9666	0.0736	0.0399	1.8429		1.4376	-0.0921	0.19965	1.93	0.04	0.39
20	1.68	1.0561	0.0895	0.0399	2.2419		1.4376	-0.0921	0.23958	2.33	0.06	0.56
21	1.72	1.1618	0.1057	0.0399	2.6476		1.4376	-0.0921	0.27951	2.74	0.08	0.77
22	1.76	1.2829	0.1211	0.0399	3.0326		1.4376	-0.0921	0.31944	3.12	0.10	1.00
23	1.80	1.4191	0.1362	0.0399	3.4110		1.4376	-0.0921	0.35937	3.50	0.13	1.26
24	1.84	1.5715	0.1524	0.0399	3.8167		1.4376	-0.0921	0.39930	3.91	0.16	1.56
25	1.88	1.7390	0.1675	0.0399	4.1948		1.4376	-0.0921	0.43923	4.29	0.19	1.88
26												

Calcolo $(x-\langle x \rangle) (y-\langle y \rangle)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	t (s)	s (m)	delta_s (m)	delta_t (s)	v (m/s)		t_medio	v_medio	(x-⟨x⟩)	(y-⟨y⟩)	(x-⟨x⟩)^2	(x-⟨x⟩)(y-⟨y⟩)
2	0.96	1.8236										
3	1.00	1.6502	-0.1734	0.0399	-4.3419		1.4376	-0.0921	-0.43923	-4.25	0.19	=I3*J3
4	1.04	1.4897	-0.1605	0.0399	-4.0195		1.4376	-0.0921	-0.39930	-3.93	0.16	1.57
5	1.08	1.3465	-0.1432	0.0399	-3.5863		1.4376	-0.0921	-0.35937	-3.49	0.13	1.26
6	1.12	1.2188	-0.1277	0.0399	-3.1976		1.4376	-0.0921	-0.31944	-3.11	0.10	0.99
7	1.16	1.1065	-0.1123	0.0399	-2.8127		1.4376	-0.0921	-0.27951	-2.72	0.08	0.76
8	1.20	1.0091	-0.0973	0.0399	-2.4378		1.4376	-0.0921	-0.23958	-2.35	0.06	0.56
9	1.24	0.9284	-0.0807	0.0399	-2.0219		1.4376	-0.0921	-0.19965	-1.93	0.04	0.39
10	1.28	0.8615	-0.0669	0.0399	-1.6745		1.4376	-0.0921	-0.15972	-1.58	0.03	0.25
11	1.32	0.8113	-0.0502	0.0399	-1.2585		1.4376	-0.0921	-0.11979	-1.17	0.01	0.14
12	1.36	0.7763	-0.0350	0.0399	-0.8768		1.4376	-0.0921	-0.07986	-0.78	0.01	0.06
13	1.40	0.7568	-0.0195	0.0399	-0.4883		1.4376	-0.0921	-0.03993	-0.40	0.00	0.02
14	1.44	0.7526	-0.0041	0.0399	-0.1031		1.4376	-0.0921	0.00000	-0.01	0.00	0.00
15	1.48	0.7642	0.0115	0.0399	0.2888		1.4376	-0.0921	0.03993	0.38	0.00	0.02
16	1.52	0.7914	0.0272	0.0399	0.6808		1.4376	-0.0921	0.07986	0.77	0.01	0.06
17	1.56	0.8348	0.0434	0.0399	1.0865		1.4376	-0.0921	0.11979	1.18	0.01	0.14
18	1.60	0.8930	0.0582	0.0399	1.4579		1.4376	-0.0921	0.15972	1.55	0.03	0.25
19	1.64	0.9666	0.0736	0.0399	1.8429		1.4376	-0.0921	0.19965	1.93	0.04	0.39
20	1.68	1.0561	0.0895	0.0399	2.2419		1.4376	-0.0921	0.23958	2.33	0.06	0.56
21	1.72	1.1618	0.1057	0.0399	2.6476		1.4376	-0.0921	0.27951	2.74	0.08	0.77
22	1.76	1.2829	0.1211	0.0399	3.0326		1.4376	-0.0921	0.31944	3.12	0.10	1.00
23	1.80	1.4191	0.1362	0.0399	3.4110		1.4376	-0.0921	0.35937	3.50	0.13	1.26
24	1.84	1.5715	0.1524	0.0399	3.8167		1.4376	-0.0921	0.39930	3.91	0.16	1.56
25	1.88	1.7390	0.1675	0.0399	4.1948		1.4376	-0.0921	0.43923	4.29	0.19	1.88
26												



Punto 6 - metodo I

$$y = bx + a ; a = \bar{y} - b\bar{x} ; b = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

b	9.754323
a	-14.1152

Calcolo a

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	t (s)	s (m)	delta_s (m)	delta_t (s)	v (m/s)		t_medio	v_medio	(x-<x>)	(y-<y>)	(x-<x>)^2	(x-<x>)(y-<y>)					
1																	
2	0.96	1.8236															
3	1.00	1.6502	-0.1734	0.0399	-4.3419		1.4376	-0.0921	-0.43923	-4.25	0.19	1.87		b	=SUM(L3:L25)/SUM(K3:K25)		
4	1.04	1.4897	-0.1605	0.0399	-4.0195		1.4376	-0.0921	-0.39930	-3.93	0.16	1.57		a	=SUM(number1, [number2], ...)		
5	1.08	1.3465	-0.1432	0.0399	-3.5863		1.4376	-0.0921	-0.35937	-3.49	0.13	1.26					
6	1.12	1.2188	-0.1277	0.0399	-3.1976		1.4376	-0.0921	-0.31944	-3.11	0.10	0.99					
7	1.16	1.1065	-0.1123	0.0399	-2.8127		1.4376	-0.0921	-0.27951	-2.72	0.08	0.76					
8	1.20	1.0091	-0.0973	0.0399	-2.4378		1.4376	-0.0921	-0.23958	-2.35	0.06	0.56					
9	1.24	0.9284	-0.0807	0.0399	-2.0219		1.4376	-0.0921	-0.19965	-1.93	0.04	0.39					
10	1.28	0.8615	-0.0669	0.0399	-1.6745		1.4376	-0.0921	-0.15972	-1.58	0.03	0.25					
11	1.32	0.8113	-0.0502	0.0399	-1.2585		1.4376	-0.0921	-0.11979	-1.17	0.01	0.14					
12	1.36	0.7763	-0.0350	0.0399	-0.8768		1.4376	-0.0921	-0.07986	-0.78	0.01	0.06					
13	1.40	0.7568	-0.0195	0.0399	-0.4883		1.4376	-0.0921	-0.03993	-0.40	0.00	0.02					
14	1.44	0.7526	-0.0041	0.0399	-0.1031		1.4376	-0.0921	0.00000	-0.01	0.00	0.00					
15	1.48	0.7642	0.0115	0.0399	0.2888		1.4376	-0.0921	0.03993	0.38	0.00	0.02					
16	1.52	0.7914	0.0272	0.0399	0.6808		1.4376	-0.0921	0.07986	0.77	0.01	0.06					
17	1.56	0.8348	0.0434	0.0399	1.0865		1.4376	-0.0921	0.11979	1.18	0.01	0.14					
18	1.60	0.8930	0.0582	0.0399	1.4579		1.4376	-0.0921	0.15972	1.55	0.03	0.25					
19	1.64	0.9666	0.0736	0.0399	1.8429		1.4376	-0.0921	0.19965	1.93	0.04	0.39					
20	1.68	1.0561	0.0895	0.0399	2.2419		1.4376	-0.0921	0.23958	2.33	0.06	0.56					
21	1.72	1.1618	0.1057	0.0399	2.6476		1.4376	-0.0921	0.27951	2.74	0.08	0.77					
22	1.76	1.2829	0.1211	0.0399	3.0326		1.4376	-0.0921	0.31944	3.12	0.10	1.00					
23	1.80	1.4191	0.1362	0.0399	3.4110		1.4376	-0.0921	0.35937	3.50	0.13	1.26					
24	1.84	1.5715	0.1524	0.0399	3.8167		1.4376	-0.0921	0.39930	3.91	0.16	1.56					
25	1.88	1.7390	0.1675	0.0399	4.1948		1.4376	-0.0921	0.43923	4.29	0.19	1.88					
26																	

Calcolo b

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	t (s)	s (m)	delta_s (m)	delta_t (s)	v (m/s)		t_medio	v_medio	(x-<x>)	(y-<y>)	(x-<x>)^2	(x-<x>)(y-<y>)				
1																
2	0.96	1.8236														
3	1.00	1.6502	-0.1734	0.0399	-4.3419		1.4376	-0.0921	-0.43923	-4.25	0.19	1.87		b	=H3-O3*G3	
4	1.04	1.4897	-0.1605	0.0399	-4.0195		1.4376	-0.0921	-0.39930	-3.93	0.16	1.57		a		
5	1.08	1.3465	-0.1432	0.0399	-3.5863		1.4376	-0.0921	-0.35937	-3.49	0.13	1.26				
6	1.12	1.2188	-0.1277	0.0399	-3.1976		1.4376	-0.0921	-0.31944	-3.11	0.10	0.99				
7	1.16	1.1065	-0.1123	0.0399	-2.8127		1.4376	-0.0921	-0.27951	-2.72	0.08	0.76				
8	1.20	1.0091	-0.0973	0.0399	-2.4378		1.4376	-0.0921	-0.23958	-2.35	0.06	0.56				
9	1.24	0.9284	-0.0807	0.0399	-2.0219		1.4376	-0.0921	-0.19965	-1.93	0.04	0.39				
10	1.28	0.8615	-0.0669	0.0399	-1.6745		1.4376	-0.0921	-0.15972	-1.58	0.03	0.25				
11	1.32	0.8113	-0.0502	0.0399	-1.2585		1.4376	-0.0921	-0.11979	-1.17	0.01	0.14				
12	1.36	0.7763	-0.0350	0.0399	-0.8768		1.4376	-0.0921	-0.07986	-0.78	0.01	0.06				
13	1.40	0.7568	-0.0195	0.0399	-0.4883		1.4376	-0.0921	-0.03993	-0.40	0.00	0.02				
14	1.44	0.7526	-0.0041	0.0399	-0.1031		1.4376	-0.0921	0.00000	-0.01	0.00	0.00				
15	1.48	0.7642	0.0115	0.0399	0.2888		1.4376	-0.0921	0.03993	0.38	0.00	0.02				
16	1.52	0.7914	0.0272	0.0399	0.6808		1.4376	-0.0921	0.07986	0.77	0.01	0.06				
17	1.56	0.8348	0.0434	0.0399	1.0865		1.4376	-0.0921	0.11979	1.18	0.01	0.14				
18	1.60	0.8930	0.0582	0.0399	1.4579		1.4376	-0.0921	0.15972	1.55	0.03	0.25				
19	1.64	0.9666	0.0736	0.0399	1.8429		1.4376	-0.0921	0.19965	1.93	0.04	0.39				
20	1.68	1.0561	0.0895	0.0399	2.2419		1.4376	-0.0921	0.23958	2.33	0.06	0.56				
21	1.72	1.1618	0.1057	0.0399	2.6476		1.4376	-0.0921	0.27951	2.74	0.08	0.77				
22	1.76	1.2829	0.1211	0.0399	3.0326		1.4376	-0.0921	0.31944	3.12	0.10	1.00				
23	1.80	1.4191	0.1362	0.0399	3.4110		1.4376	-0.0921	0.35937	3.50	0.13	1.26				
24	1.84	1.5715	0.1524	0.0399	3.8167		1.4376	-0.0921	0.39930	3.91	0.16	1.56				
25	1.88	1.7390	0.1675	0.0399	4.1948		1.4376	-0.0921	0.43923	4.29	0.19	1.88				
26																



Punto 6 - metodo II

Esistono già, in Excel, funzioni statistiche, tra cui quelle che potete costruirvi a mano (metodo I), ad esempio:

- ◆ **SLOPE**(array_y,array_x) ---> per calcolare b
 - con Excel in italiano: "PENDENZA"
- ◆ **INTERCEPT**(array_y,array_x) --- per calcolare a
 - con Excel in italiano: "INTERCETTA"

SLOPE	9.7543
INTERCEPT	-14.1152

Calcolo SLOPE

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
t (s)	s (m)	delta_s (m)	delta_t (s)	v (m/s)		t_medio	v_medio	(x-<x>)	(y-<y>)	(x-<x>)^2	(x-<x>)(y-<y>)					
0.96	1.8236															
1.00	1.6502	-0.1734	0.0399	-4.3419		1.4376	-0.0921	-0.43923	-4.25	0.19	1.87		b	9.754323		
1.04	1.4897	-0.1605	0.0399	-4.0195		1.4376	-0.0921	-0.39930	-3.93	0.16	1.57		a	-14.1152		
1.08	1.3465	-0.1432	0.0399	-3.5863		1.4376	-0.0921	-0.35937	-3.49	0.13	1.26					
1.12	1.2188	-0.1277	0.0399	-3.1976		1.4376	-0.0921	-0.31944	-3.11	0.10	0.99					
1.16	1.1065	-0.1123	0.0399	-2.8127		1.4376	-0.0921	-0.27951	-2.72	0.08	0.76					
1.20	1.0091	-0.0973	0.0399	-2.4378		1.4376	-0.0921	-0.23958	-2.35	0.06	0.56		SLOPE	=SLOPE(E3:E25,A3:A25)		
1.24	0.9284	-0.0807	0.0399	-2.0219		1.4376	-0.0921	-0.19965	-1.93	0.04	0.39		INTERCEPT	=INTERCEPT(E3:E25,A3:A25)		
1.28	0.8615	-0.0669	0.0399	-1.6745		1.4376	-0.0921	-0.15972	-1.58	0.03	0.25					
1.32	0.8113	-0.0502	0.0399	-1.2585		1.4376	-0.0921	-0.11979	-1.17	0.01	0.14					
1.36	0.7763	-0.0350	0.0399	-0.8768		1.4376	-0.0921	-0.07986	-0.78	0.01	0.06					
1.40	0.7568	-0.0195	0.0399	-0.4883		1.4376	-0.0921	-0.03993	-0.40	0.00	0.02					
1.44	0.7526	-0.0041	0.0399	-0.1031		1.4376	-0.0921	0.00000	-0.01	0.00	0.00					
1.48	0.7642	0.0115	0.0399	0.2888		1.4376	-0.0921	0.03993	0.38	0.00	0.02					
1.52	0.7914	0.0272	0.0399	0.6808		1.4376	-0.0921	0.07986	0.77	0.01	0.06					
1.56	0.8348	0.0434	0.0399	1.0865		1.4376	-0.0921	0.11979	1.18	0.01	0.14					
1.60	0.8930	0.0582	0.0399	1.4579		1.4376	-0.0921	0.15972	1.55	0.03	0.25					
1.64	0.9666	0.0736	0.0399	1.8429		1.4376	-0.0921	0.19965	1.93	0.04	0.39					
1.68	1.0561	0.0895	0.0399	2.2419		1.4376	-0.0921	0.23958	2.33	0.06	0.56					
1.72	1.1618	0.1057	0.0399	2.6476		1.4376	-0.0921	0.27951	2.74	0.08	0.77					
1.76	1.2829	0.1211	0.0399	3.0326		1.4376	-0.0921	0.31944	3.12	0.10	1.00					
1.80	1.4191	0.1362	0.0399	3.4110		1.4376	-0.0921	0.35937	3.50	0.13	1.26					
1.84	1.5715	0.1524	0.0399	3.8167		1.4376	-0.0921	0.39930	3.91	0.16	1.56					
1.88	1.7390	0.1675	0.0399	4.1948		1.4376	-0.0921	0.43923	4.29	0.19	1.88					

Calcolo INTERCEPT

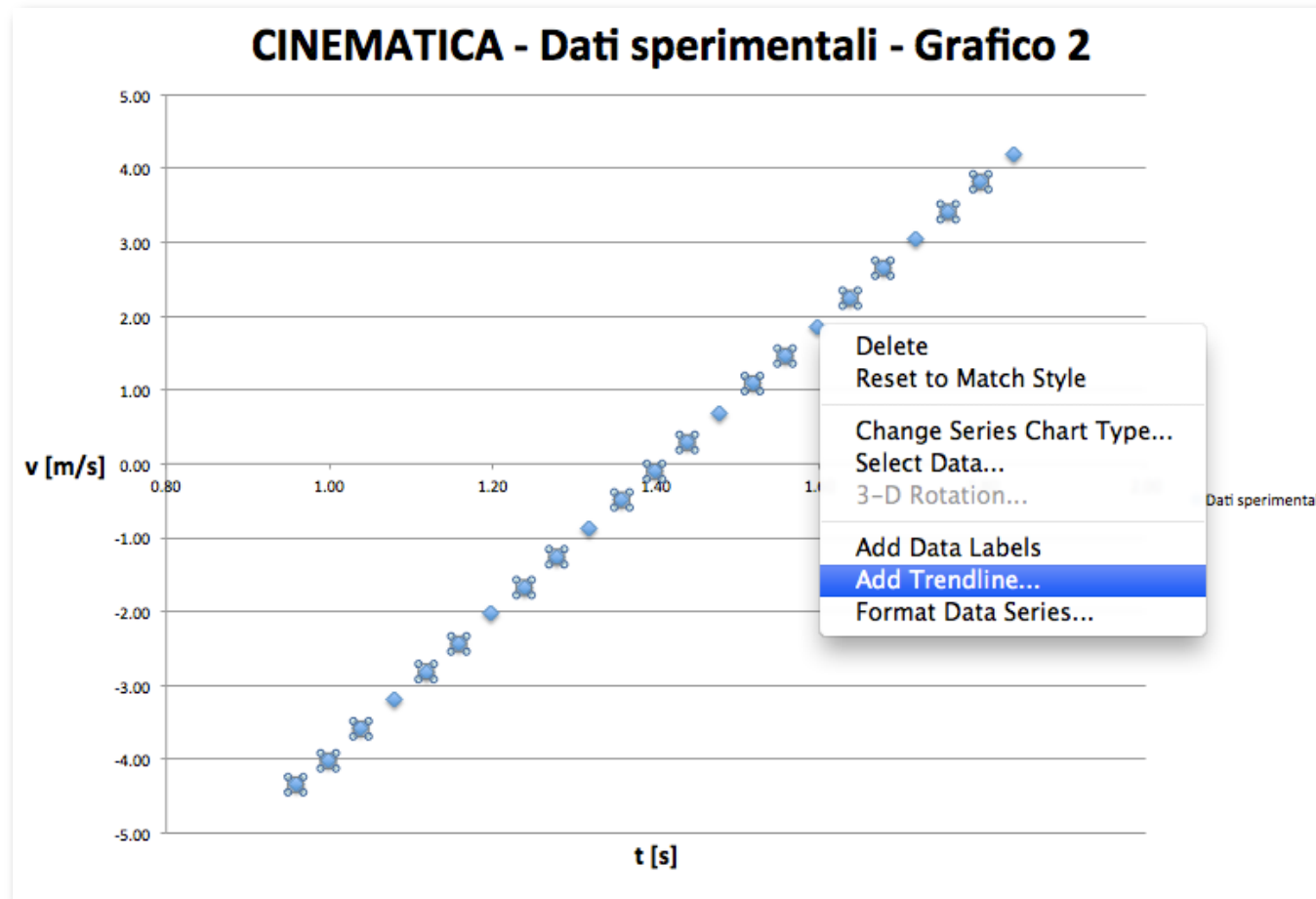
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
t (s)	s (m)	delta_s (m)	delta_t (s)	v (m/s)		t_medio	v_medio	(x-<x>)	(y-<y>)	(x-<x>)^2	(x-<x>)(y-<y>)					
0.96	1.8236															
1.00	1.6502	-0.1734	0.0399	-4.3419		1.4376	-0.0921	-0.43923	-4.25	0.19	1.87		b	9.754323		
1.04	1.4897	-0.1605	0.0399	-4.0195		1.4376	-0.0921	-0.39930	-3.93	0.16	1.57		a	-14.1152		
1.08	1.3465	-0.1432	0.0399	-3.5863		1.4376	-0.0921	-0.35937	-3.49	0.13	1.26					
1.12	1.2188	-0.1277	0.0399	-3.1976		1.4376	-0.0921	-0.31944	-3.11	0.10	0.99					
1.16	1.1065	-0.1123	0.0399	-2.8127		1.4376	-0.0921	-0.27951	-2.72	0.08	0.76					
1.20	1.0091	-0.0973	0.0399	-2.4378		1.4376	-0.0921	-0.23958	-2.35	0.06	0.56		SLOPE	9.7543		
1.24	0.9284	-0.0807	0.0399	-2.0219		1.4376	-0.0921	-0.19965	-1.93	0.04	0.39		INTERCEPT	=INTERCEPT(E3:E25,A3:A25)		
1.28	0.8615	-0.0669	0.0399	-1.6745		1.4376	-0.0921	-0.15972	-1.58	0.03	0.25					
1.32	0.8113	-0.0502	0.0399	-1.2585		1.4376	-0.0921	-0.11979	-1.17	0.01	0.14					
1.36	0.7763	-0.0350	0.0399	-0.8768		1.4376	-0.0921	-0.07986	-0.78	0.01	0.06					
1.40	0.7568	-0.0195	0.0399	-0.4883		1.4376	-0.0921	-0.03993	-0.40	0.00	0.02					
1.44	0.7526	-0.0041	0.0399	-0.1031		1.4376	-0.0921	0.00000	-0.01	0.00	0.00					
1.48	0.7642	0.0115	0.0399	0.2888		1.4376	-0.0921	0.03993	0.38	0.00	0.02					
1.52	0.7914	0.0272	0.0399	0.6808		1.4376	-0.0921	0.07986	0.77	0.01	0.06					
1.56	0.8348	0.0434	0.0399	1.0865		1.4376	-0.0921	0.11979	1.18	0.01	0.14					
1.60	0.8930	0.0582	0.0399	1.4579		1.4376	-0.0921	0.15972	1.55	0.03	0.25					
1.64	0.9666	0.0736	0.0399	1.8429		1.4376	-0.0921	0.19965	1.93	0.04	0.39					
1.68	1.0561	0.0895	0.0399	2.2419		1.4376	-0.0921	0.23958	2.33	0.06	0.56					
1.72	1.1618	0.1057	0.0399	2.6476		1.4376	-0.0921	0.27951	2.74	0.08	0.77					
1.76	1.2829	0.1211	0.0399	3.0326		1.4376	-0.0921	0.31944	3.12	0.10	1.00					
1.80	1.4191	0.1362	0.0399	3.4110		1.4376	-0.0921	0.35937	3.50	0.13	1.26					
1.84	1.5715	0.1524	0.0399	3.8167		1.4376	-0.0921	0.39930	3.91	0.16	1.56					
1.88	1.7390	0.1675	0.0399	4.1948		1.4376	-0.0921	0.43923	4.29	0.19	1.88					



Punto 6 - metodo III

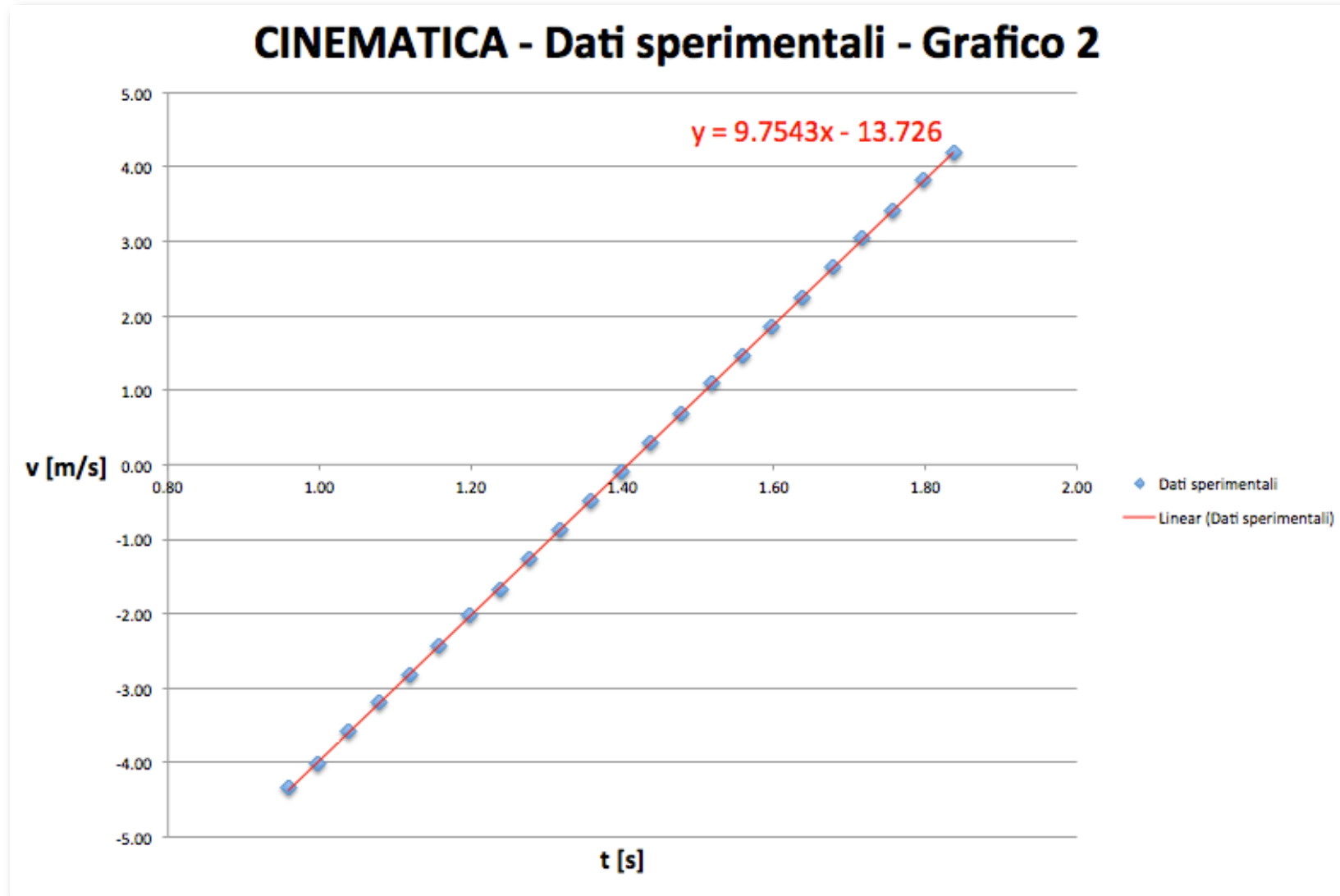
Aggiungere una **linea di tendenza**:

- ◆ usare pienamente le funzioni “grafiche” di Excel





Un possibile “Grafico 2”





Suggerimenti per il punto 8.

[vedi appunti di laboratorio per maggiori dettagli]

Ora avete in mano:

- ◆ g_{lab} , accelerazione di gravità ottenuto in laboratorio, con calcolatrice, penna e carta millimetrata;
- ◆ g_{excel} , accelerazione di gravità misurata oggi come coefficiente angolare della retta;
 - questo è il risultato dell'analisi dei dati raccolti in laboratorio
 - dovrebbe essere così diverso da g_{lab} ? Quanto conta la precisione sulle cifre significative?
- ◆ $g_{\text{true}} = 9.804 \text{ m/s}^2$, valore “accettato” a Bologna per l'accelerazione di gravità;
 - ovvero misurato con apparati di elevata precisione: è il vostro valore di riferimento

La differenza tra il valore di riferimento e quello da voi misurato è detto **discrepanza**. Può essere espressa in forma percentuale, se divisa per il valore accettato:

$$\text{discrepanza (\%)} = \frac{|g_{\text{misurato}} - g_{\text{accettato}}|}{g_{\text{accettato}}}$$



più in dettaglio



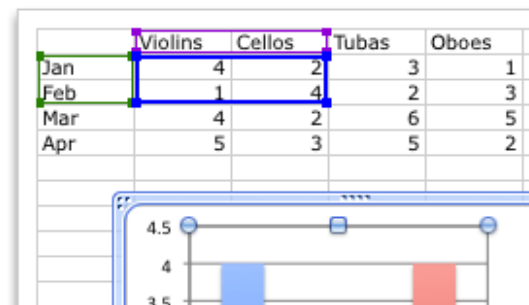
Come fare un grafico di dispersione

2. Select the rows and columns that you want to appear in the chart.

3. On the **Charts** tab, under **Insert Chart**, click a chart type, and then click the one that you want to add.



4. To change the number of rows and columns that are included in the chart, rest the pointer on the lower-right corner of the selected data, and then drag to select additional data. In the following example, the table is expanded to include additional categories and data series.



A noi qui interessa:

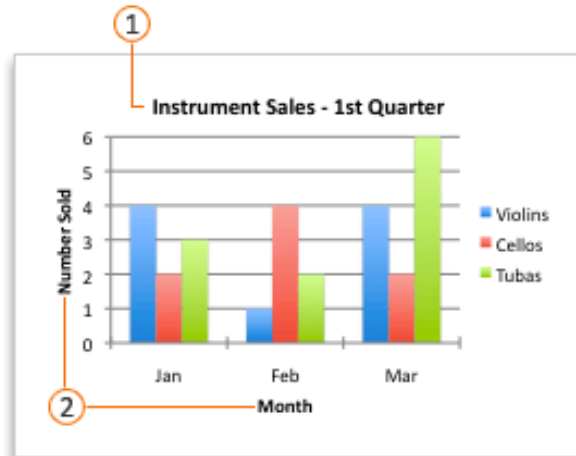
- ◆ tipo grafico (e.g.) “Scatter” -> “Marked scatter”

[Source: EXCEL help online]



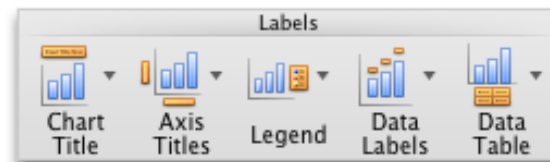
Aggiungi un titolo al grafico

You can add a title to your chart.




- ① Chart title
- ② Axis titles

1. Click the chart, and then click the **Chart Layout** tab.
2. Under **Labels**, click **Chart Title**, and then click the one that you want.



3. Select the text in the **Chart Title** box, and then type a chart title.

 **Tip** To format the title, select the text in the title box, and then on the **Home** tab, under **Font**, select the formatting that you want.

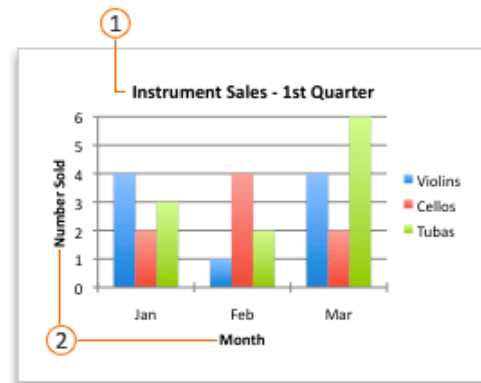
[Source: EXCEL help online]



Aggiungi un titolo agli assi

You can add a title to each **axis** in a chart. Axis titles are typically available for all axes that can be displayed in a chart, including depth (series) axes in 3-D charts.

Some chart types (such as radar charts) have axes, but they cannot display axis titles. Chart types that do not have axes (such as pie and doughnut charts) cannot display axis titles either.



① Chart title

② Axis titles

1. Click the chart, and then click the **Chart Layout** tab.
2. Under **Labels**, click **Axis Titles**, point to the axis that you want to add titles to, and then click the option that you want.



3. Select the text in the **Axis Title** box, and then type an axis title.


Tip To format the title, select the text in the title box, and then on the **Home** tab, under **Font**, select the formatting that you want.

[Source: EXCEL help online]

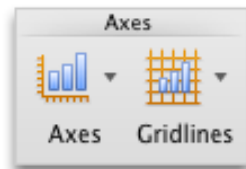


Aggiungi o sposta le scritte sugli assi

For a horizontal axis, you can add and position the axis on the left side or the right side of the plot area. For a vertical axis, you can add and position the axis on the top or the bottom of the plot area.

 **Note** The options may be reversed for bar compared column charts.

1. Click the chart, and then click the **Chart Layout** tab.
2. Under **Axes**, click **Axes**, point to the horizontal or vertical axis that you want, and then click the kind of axis label that you want.



Depending on the chart type, some options may not be available.

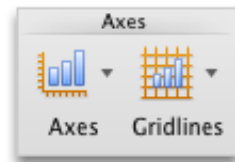
[Source: EXCEL help online]



Cambia la scala su un asse

By default, the minimum and maximum scale values of each axis in a chart are calculated automatically. However, you can customize the scale to better meet your needs. For example, if all the data points in your data table are between 60 and 90, you might want the value (y) axis to have a range of 50 to 100 instead of 0 to 100. When a value axis covers a very large range, you can also change the axis to a [logarithmic scale](#) (also known as log scale).

1. Click the chart, and then click the **Chart Layout** tab.
2. Under **Axes**, click **Axes**, point to the axis that you want to change, and then click **Axis Options**.



3. In the navigation pane, click **Scale**, and then under **Horizontal axis scale** or **Vertical axis scale**, enter the options that you want.

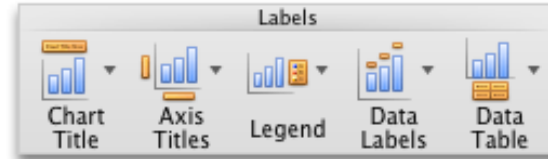
[Source: EXCEL help online]



Crea una legenda

A legend can make your chart easier to read because it positions the labels for the data series outside the **plot area** of the chart. You can change the position of the legend and customize its colors and fonts. You can also edit the text in the legend and change the order of the entries in the legend.

1. Click the chart, and then click the **Chart Layout** tab.
2. To change the position of the legend, under **Labels**, click **Legend**, and then click the legend position that you want.



3. To change the format of the legend, under **Labels**, click **Legend**, click **Legend Options**, and then make the format changes that you want. Depending on the chart type, some options may not be available.

[Source: EXCEL help online]



Come fare il Grafico 1

- ◆ selezionare le due colonne con i valori numerici da graficare
- ◆ far fare il grafico ad Excel
 - menu “Charts” -> “Scatter” -> “Marked scatter”
- ◆ scegliere bene gli estremi degli assi per buona visibilità dei dati
 - doppio click su una scala per modificarne min e max
- ◆ aggiungere il titolo
 - seleziona il grafico, -> “Chart layout” -> “Chart title”
- ◆ aggiungere i titoli degli assi e le unità di misura su entrambi gli assi
 - seleziona il grafico, -> “Chart layout” -> “Axis title” (una volta per ciascun asse)
- ◆ verificare che le scale sugli assi siano ragionevoli e permettano di quantificare le posizioni dei singoli punti sperimentali
 - ad esempio, controllare quante cifre significative sono usate sulle scale
- ◆ dimensionarlo opportunamente in modo che sia ben leggibile
- ◆ inserirlo nella relazione, nel punto opportuno.

**Istruzioni valide con la
versione inglese di:**

