Relazione di Laboratorio - Guidovia

Francesco Forcher
Matricola: 1073458
mailto:francesco.forcher@studenti.unipd.it

Francesca Damiani
Matricola: 1071072
mailto:francesca.damiani@studenti.unipd.it

Andrea Piccinin
Matricola: 1070620
mailto:andrea.piccinin1@studenti.unipd.it

2 marzo 2014

Indice

1 Obiettivi

Stimare il valore dell'accelerazione di gravità **g** attraverso la misurazione dell'accelerazione della slitta su un piano inclinato, tenendo conto, nella seconda parte dell'esperienza, anche del contributo dell'attrito dell'aria.

2 Descrizione dell'apparato strumentale

Slitta in plexiglass che, inizialmente bloccata da un elettromagnete, scorre lungo una guidovia di acciaio, il cui attrito con la slitta è rimosso da un cuscino d'aria. Traguardi mobili a sensori infrarossi, collegati ad un cronometro di sensibilità 10^{-3} s. Nella seconda parte dell'esperienza , essendo la guida posta orizzontalmente, la slitta è stata fatta muovere attraverso un impulso elettrico dato dall'elettromagnete, che ne determina la velocità iniziale.

3 Metodologia di misura

Nella prima parte dell'esperienza, l'elettromagnete che trattiene la slitta viene disattivato tramite un pulsante. La slitta inizia così a scorrere lungo la guidovia su cui sono posizionati i traguardi, che inviano al cronometro il tempo di percorrenza dell'intervallo stabilito. Le misure vengono prese partendo da 40 cm dall'elettromagnete, aumentando l'ampiezza dell'intervallo da 10 cm a 70 cm. Le misure vengono poi ripetute applicando un disco di ottone sulla slitta in modo da modificarne il peso. Nella seconda parte dell'esperienza, essendo la guidovia orizzontale, si fa muovere la slitta attraverso un impulso elettrico, che ne determina la velocità iniziale. In questo caso le misure vengono prese su intervalli di 20 cm, sempre partendo da 40 cm di distanza dall'elettromagnete, in modo da stimare una riduzione della velocità dovuta alla forza di attrito. La velocità iniziale viene poi modificata interponendo tra la slitta e l'elettromagnete uno spessore in alluminio.

4 Presentazione dati sperimentali

Riportiamo in seguito le misure tabulate, con relative statistiche.

4.1 Inclinazione 15', senza peso

La quarta misura nell'intervallo 40-60 cm ha un valore non compatibile con gli altri. Potrebbe esserci stato un errore durante la misurazione. Ma adottando il modello di selezione dei dati oggettivo dei 3 sigma, poichè il valore rientra nei limiti, è stato lasciato.

4.2 Inclinazione 30', senza peso

Intervalli (cm)	40 – 50	40 – 60	40 – 70	40 – 80	40 – 90	40 – 100
Misure (s)	0.453	0.848	1.196	1.514	1.819	2.088
	0.452	0.846	1.200	1.518	1.822	2.093
	0.454	0.850	1.196	1.520	1.812	2.093
	0.452	0.849	1.196	1.522	1.812	2.092
	0.452	0.846	1.192	1.514	1.811	2.099
Media (s)	0.453	0.848	1.196	1.518	1.815	2.093
Varianza del campione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Deviazione standard campione (s)	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004
Varianza della popolazione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Deviazione standard popolazione (s)	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.004
Errore della media (s)	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002
Massimo (s)	0.454	0.850	1.200	1.522	1.822	2.099
Minimo (s)	0.452	0.846	1.192	1.514	1.811	2.088

4.3 Inclinazione 45', senza peso

Intervalli (cm)	40 – 50	40 – 60	40 – 70	40 – 80	40 – 90	40 – 100
Misure (s)	0.367	0.688	0.974	1.236	1.477	1.704
	0.368	0.687	0.972	1.235	1.478	1.702
	0.367	0.687	0.974	1.235	1.470	1.703
	0.368	0.690	0.974	1.234	1.480	1.702
	0.368	0.688	0.973	1.235	1.481	1.700
Media (s)	0.368	0.688	0.973	1.235	1.477	1.702
Varianza del campione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Deviazione standard campione (s)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	0.001
Varianza della popolazione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Deviazione standard popolazione (s)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	0.001
Errore della media (s)	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001
Massimo (s)	0.368	0.690	0.974	1.236	1.481	1.704
Minimo (s)	0.367	0.687	0.972	1.234	1.470	1.700

4.4 Inclinazione 45', con peso

Intervalli (cm)	40 – 50	40 – 60	40 – 70	40 – 80	40 – 90	40 – 100
Misure (s)	0.367	0.688	0.975	1.234	1.435	1.702
	0.368	0.688	0.976	1.236	1.474	1.700
	0.368	0.690	0.975	1.234	1.474	1.700
	0.368	0.690	0.974	1.234	1.474	1.700
	0.368	0.690	0.974	1.234	1.476	1.700
Media (s)	0.368	0.689	0.975	1.234	1.467	1.700
Varianza del campione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Deviazione standard campione (s)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.02	0.001
Varianza della popolazione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Deviazione standard popolazione (s)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.02	0.001
Errore della media (s)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.008	0.001
Massimo (s)	0.368	0.690	0.976	1.236	1.476	1.702
Minimo (s)	0.367	0.688	0.974	1.234	1.435	1.700

4.5 Inclinazione 0', senza peso, senza spessore

Intervalli (cm)	40 – 60	50 – 70	60 – 80	70 – 90	80 – 100	90 – 110
Misure (s)	1.168	1.182	1.187	1.194	1.207	1.160
	1.154	1.160	1.188	1.186	1.184	1.174
	1.158	1.172	1.187	1.196	1.192	1.168
	1.162	1.186	1.176	1.190	1.208	1.182
	1.156	1.177	1.185	1.200	1.196	1.172
Media (s)	1.160	1.175	1.185	1.193	1.197	1.171
Varianza del campione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Deviazione standard campione (s)	0.005	0.009	0.004	0.005	0.009	0.007
Varianza della popolazione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Deviazione standard popolazione (s)	0.006	0.01	0.005	0.005	0.01	0.008
Errore della media (s)	0.002	0.005	0.002	0.002	0.005	0.004
Massimo (s)	1.168	1.186	1.188	1.2	1.208	1.182
Minimo (s)	1.154	1.16	1.176	1.186	1.184	1.16

4.6 Inclinazione 0', senza peso, con spessore

Intervalli (cm)	40 – 60	50 – 70	60 – 80	70 – 90	80 – 100	90 – 110
Misure (s)	1.664	1.660	1.728	1.705	1.724	1.662
	1.642	1.666	1.758	1.697	1.774	1.681
	1.668	1.680	1.736	1.723	1.772	1.702
	1.630	1.668	1.706	1.726	1.714	1.741
	1.637	1.666	1.726	1.760	1.752	1.710
Media (s)	1.648	1.668	1.731	1.722	1.747	1.699
Varianza del campione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Deviazione standard campione (s)	0.02	0.007	0.02	0.02	0.02	0.03
Varianza della popolazione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Deviazione standard popolazione (s)	0.02	0.007	0.02	0.02	0.03	0.03
Errore della media (s)	0.008	0.003	0.008	0.01	0.01	0.01
Massimo (s)	1.668	1.680	1.758	1.760	1.774	1.741
Minimo (s)	1.630	1.660	1.706	1.697	1.714	1.662

4.7 Inclinazione 0', con peso, senza spessore

Intervalli (cm)	40 – 60	50 – 70	60 – 80	70 – 90	80 – 100	90 – 110
Misure (s)	1.708	1.761	1.838	1.889	1.927	1.939
	1.720	1.764	1.815	1.848	1.896	1.961
	1.720	1.772	1.840	1.870	1.930	1.968
	1.730	1.777	1.822	1.856	1.970	1.939
	1.733	1.777	1.808	1.880	1.896	1.900
Media (s)	1.722	1.770	1.825	1.869	1.924	1.941
Varianza del campione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Deviazione standard campione (s)	0.009	0.007	0.01	0.02	0.03	0.02
Varianza della popolazione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Deviazione standard popolazione (s)	0.01	0.007	0.01	0.02	0.03	0.03
Errore della media (s)	0.004	0.003	0.006	0.008	0.01	0.01
Massimo (s)	1.733	1.777	1.840	1.889	1.970	1.968
Minimo (s)	1.708	1.761	1.808	1.848	1.896	1.900

4.8 Inclinazione 0', con peso, con spessore

Intervalli (cm)	40 – 60	50 – 70	60 – 80	70 – 90	80 – 100	90 – 110
Misure (s)	2.678	2.814	3.036	3.164	3.41	3.774
	2.66	2.777	2.962	3.248	3.269	3.425
	2.654	2.804	3.028	3.067	3.384	3.845
	2.664	2.844	2.953	3.188	3.244	3.692
	2.652	2.812	2.986	3.146	3.293	3.748
Media (s)	2.662	2.810	2.993	3.163	3.320	3.697
Varianza del campione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.003	0.004	0.02
Deviazione standard campione (s)	0.009	0.02	0.03	0.06	0.07	0.1
Varianza della popolazione (s^2)	0.001	0.001	0.001	0.004	0.005	0.03
Deviazione standard popolazione (s)	0.01	0.02	0.04	0.07	0.07	0.2
Errore della media (s)	0.005	0.01	0.02	0.03	0.03	0.07
Massimo (s)	2.678	2.844	3.036	3.248	3.410	3.845
Minimo (s)	2.652	2.777	2.953	3.067	3.244	3.425

5 Discussione dati sperimentali

Prima di discutere i dati sperimentali si noti che si è deciso di calcolare le velocità del carrello scorrevole lungo la guidovia, facendo la media dei tempi misurati sperimentalmente, e poi utilizzando questo valore medio per calcolare le velocità media, e non calcolando un valore di velocità per ogni tempo registrato, per poi calcolare la media di queste velocità, perchè con quest'ultimo metodo si è dimostrato che l'errore propagato è maggiore rispetto al primo metodo. In seguito vengono allegate due tabelle rappresentanti un elaborazione delle misure prese durante le esperienze:

5.1 Tabella: coefficienti angolari

COEFFICIENTI ANGOLARI DELLE RETTE INTERPOLANTI		
$1^a Esperienza : v = a + bt$		
Pendenza: b $[m * s^{-2}]$	**Errore quadrarico medio** $[m * s^{-2}]$	**Tipo di Campione**
0.0389	0.0006	15', no peso
0.081	0.002	30', no peso
0.122	0.002	45', no peso
0.123	0.001	45', si peso
$2^a Esperienza : v = a + bx$		
Pendenza: b [s-1]	**Errore quadrarico medio** $[s^{-1}]$	**Tipo di Campione**
-0.007	0.005	0', no peso, no spessore
-0.014	0.005	0', no peso, spessore
-0.028	0.002	0', peso, no spessore
-0.040	0.001	0', peso, spessore

5.2 Tabella: stime accelerazioni di gravità

ACCELERAZIONI di GRAVITA'		
Accelerazione g $[m * s^{-2}]$	**Errore quadrarico medio** $[m * s^{-2}]$	Tipo di Campione
8.9	0.2	15', no peso
9.3	0.2	30', no peso
9.3	0.2	45', no peso
9.34	0.09	45', si peso
FATTORI di CORREZIONE delle ACCELERAZIONI DI GRAVITA'		
0.010	0.003	Dati senza peso
0.0339	0.0009	Dati con peso

Nella prima tabella vengono esposti tutti i valori dei coefficienti angolari, con il relativo errore, estrapolati (tramite il programma grafico: Gnuplot)

dalle rette illustrate nelle precedenti rappresentazioni; Nella seconda tabella invece vengono mostrate le stime dell'accelerazione di gravità (nella sezione riguardante la prima parte dell'esperienza) e i loro fattori di correzione (nella sezione riguardante la seconda parte dell'esperienza). Le stime dell'accelerazione di gravità, $\mathbf{g}$, ricavate dalla prima serie di esperimenti, ovvero lavorando con la guidovia a varie inclinazioni (15', 30', 45' con e senza peso) forniscono una stima dell'accelerazione di gravità media, $\mathbf{g}_0$, pari a (9.21 ± 0.08) m·s^{-2}. Già a prima vista si può notare che esso differisce di molto rispetto al valore atteso a padova, $\mathbf{g}_\mathrm{p} = (9.806 \pm 0.001)$ m·s^{-2}. Matematicamente quest'osservazione è confermata dal valore della compatibilità tra le due misure, ovvero 7.45; Queste sono chiaramente incompatibili. Probabilmente ciò è dovuto a causa degli errori sperimentali commessi durante l'esecuzione dell'esperimento dagli operatori. Il valore appena calolato $\mathbf{g}_0$ è comunque soggetto ad un errore dovuto alle forze di attrito agenti sull'apparato sperimentale. Questo errore è stato corretto di un fattore $\Delta\mathbf{g}$, calcolato nella seconda serie di esperimenti, in cui la guidovia è stata tenuta con inclinazione nulla. La media dei quattro valori di correzione (no peso, no spessore; no peso, spessore; peso, no spessore; peso, spessore) è pari a: $(\mathbf{9.21266 \pm 0.0840055})$ m·s^{-2}; per cui la nostra stima dell'accelerazione di gravità, corretta dalle forze di attrito, è pari a $\mathbf{g} = \mathbf{g}_0 + \Delta\mathbf{g} = (9.42 \pm 0.09)$ m·s^{-2}. La compatibilità di questo valore rispetto al valore atteso a padova è pari a: 4.29, ovvero è ancora non compatibile, nonostante, com'è lecito aspettarsi, sia comunque una miglior stima rispetto al valore non corretto dalle forze di attrito.

6 Conclusioni

Per verificare quale sia il metodo migliore per stimare l'accelerazione di gravità si allega questa tabella in cui sono riassunti tutti i valori di $\mathbf{g}$, corretti dall'errore dovuto all'attrito, correlati alla relativa compatibilità rispetto al valore atteso a padova, $\mathbf{g}_\mathrm{p}$.

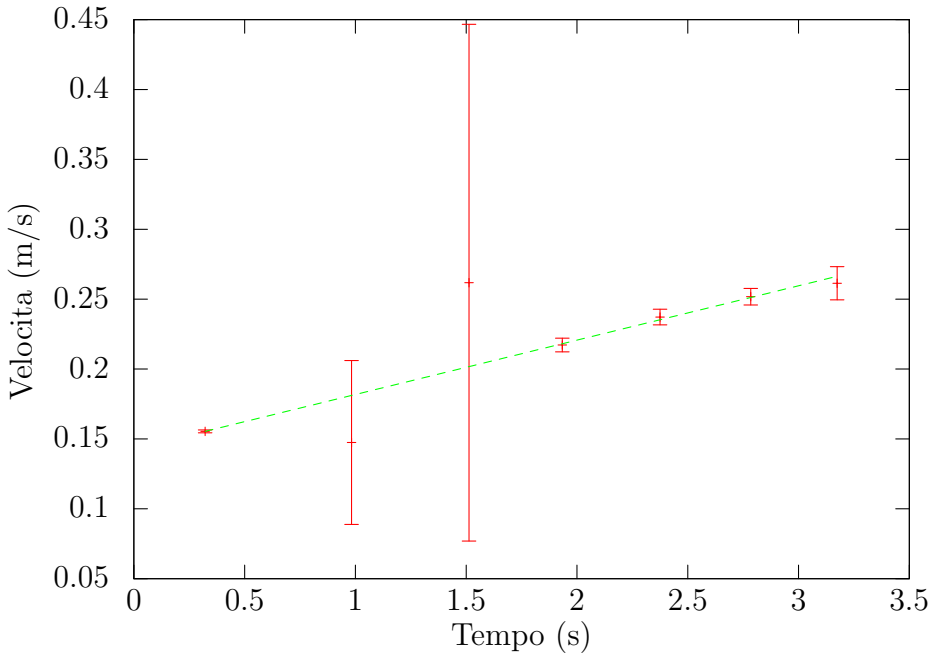
STIME g CORRETTE			
Tipo di Dato	g [m/s2] corretto	g [m/s2]	Compatibilità
15’	9.3	0.3	1.69
30’	9.5	0.2	1.53
45’	9.4	0.2	2.03
45’ peso	9.57	0.09	2.62

Questa tabella mostra delle particolarità, ovvero il valore con la miglior compatibilità rispetto al valore atteso è quello relativo ad un inclinazione di 15’ della guidovia, e senza il peso. Ciononostante si nota che il suo errore è parecchio elevato, al contrario del valore relativo all’incliazione 45’, con il peso, questo infatti ha una cattiva compatibilità, ma un errore molto basso. Si deduce da questo che il metodo più preciso per calcolare l’accelerazione di gravità è una maggior inclinazione dell’apparato sperimentale con applicato al carrello scorrevole un peso (Situazione sperimantale della guidovia: 45’, Applicando il peso). Si ipotizza che l’elevatà compatibilità già evidenziata sopra (il che contraddice la mia ipotesi riguardo il metodo più preciso) sia dovuta al grande errore della misura stessa.

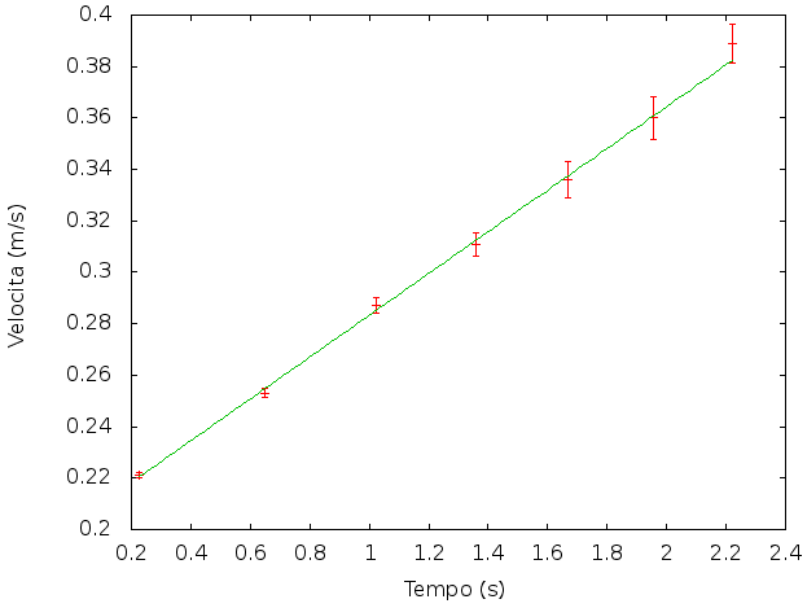
7 Grafici

Riportiamo in seguito i grafici delle velocità medie e le rette interpolanti.

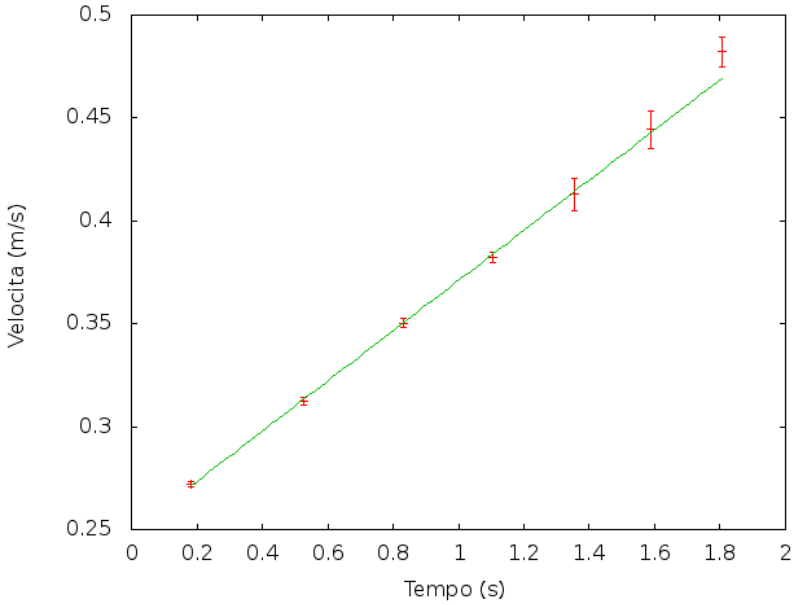
7.1 Inclinazione 15', senza peso



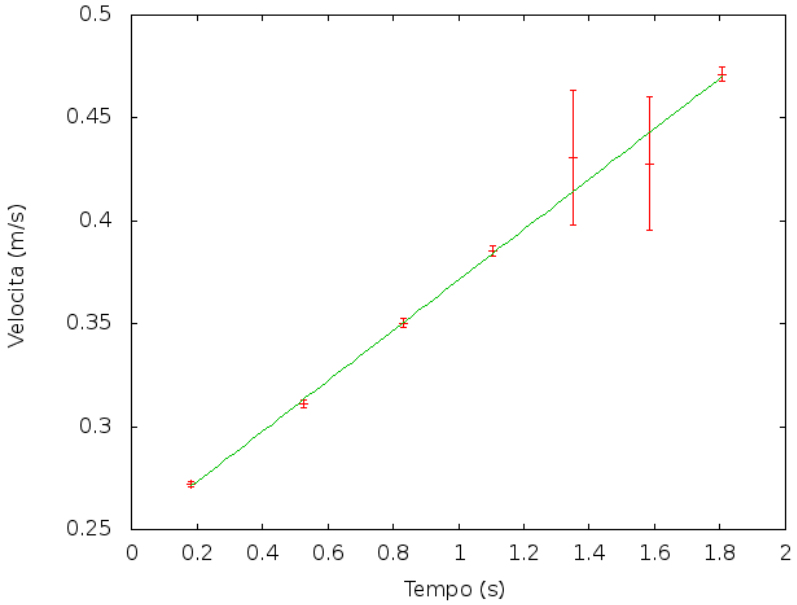
7.2 Inclinazione 30', senza peso



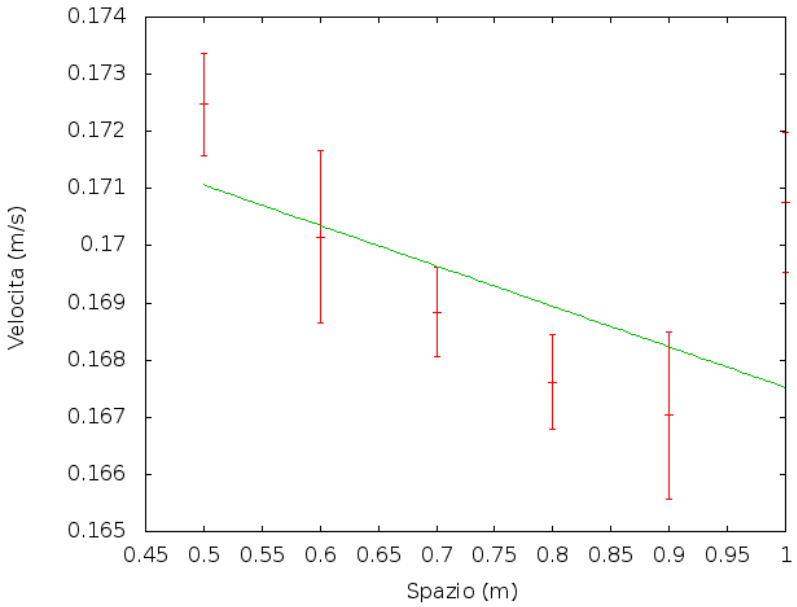
7.3 Inclinazione 45', senza peso



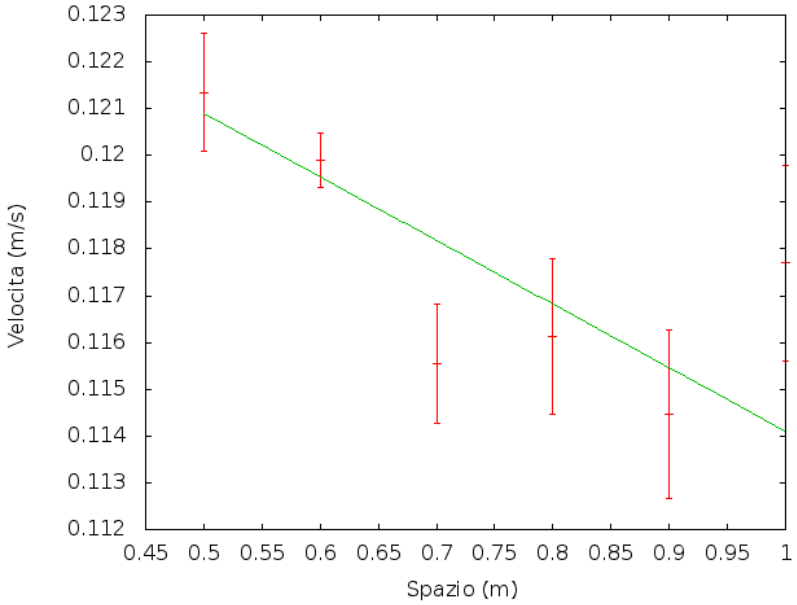
7.4 Inclinazione 45', con peso



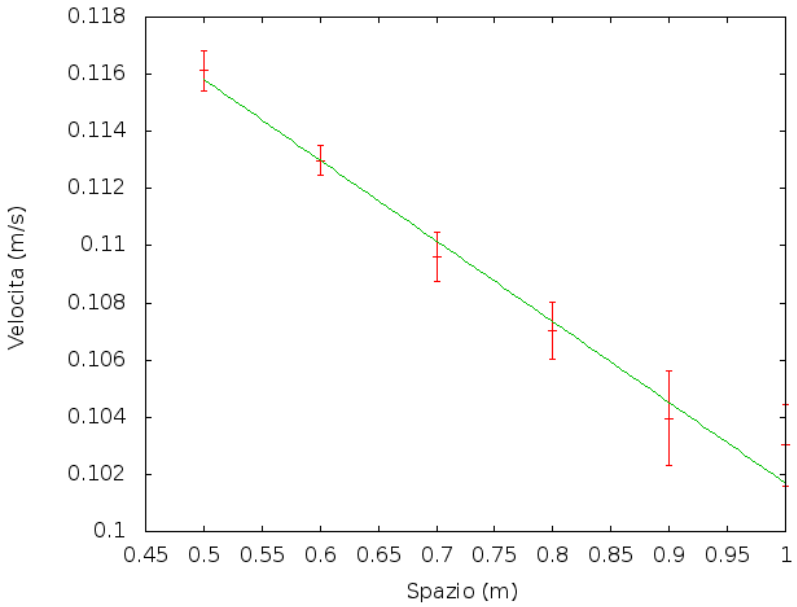
7.5 Inclinazione 0', senza peso, senza spessore



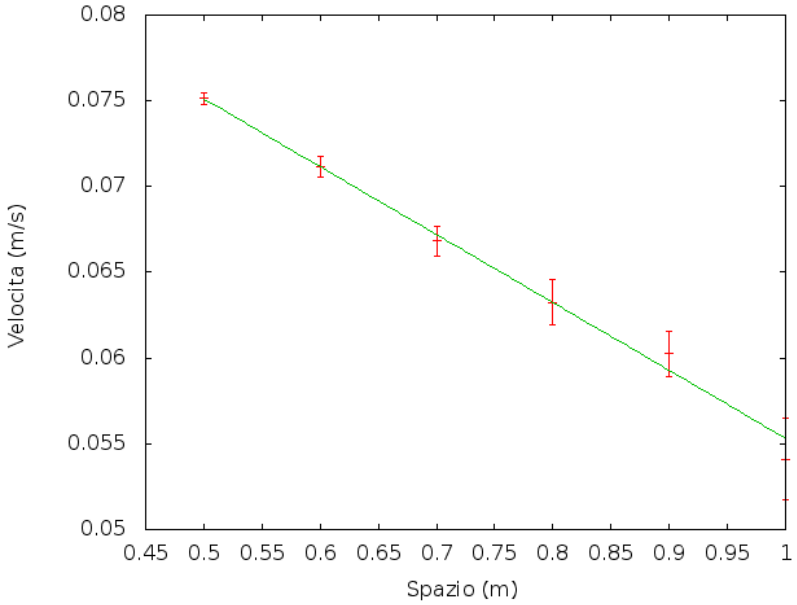
7.6 Inclinazione 0', senza peso, con spessore



7.7 Inclinazione 0', con peso, senza spessore



7.8 Inclinazione 0', con peso, con spessore



8 Codice

Riportiamo in seguito il programma utilizzato per l'elaborazione dei dati. Fondalmentalmente abbiamo creato una classe template (una gerarchia, a dire la verità, ma non abbiamo usato le specializzazioni) che rappresenta una variabile statistica: contiene la media, la varianza del campione e quella della popolazione, la deviazione standard del campione e quella della popolazione, il massimo, il minimo e l'errore della media. La classe base, (la sola usata qui) legge i dati solo all'inizio nel costruttore, poi astrae da essi e grazie all'overloading degli operatori di addizione, sottrazione, moltiplicazione e divisione, risulta facile ed efficiente da manipolare: espressioni complesse di variabili statistiche, dato che i vari errori vengono propagati dietro le quinte automaticamente, possono essere espresse chiaramente e concisamente nel codice, cosa che facilita il controllo e velocizza la scrittura.

```
//============================================================================
// Name        : Misure.cpp
// Author      : Francesco Forcher
// Version     : 1.5
// Description : Programma per analizzare i dati sul pendolo raccolti in laborator
//============================================================================

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//Librerie
#include <iostream>//cin e cout
#include <fstream>//FileStream
#include <exception>//Eccezioni
#include <string>
#include <cstdlib>//system(clear)
#include <algorithm>//Sort?
#include <sstream>//StringStream

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//le mie classi

//In file "VarStat.h"
#pragma once//L'equivalente delle Include guards
```

```
#include <cmath>
#include <vector>
#include <algorithm>
#include <memory>
#include <limits>
#include <cmath>


#ifdef _MIO_DEBUG_

#include <iostream>//Per cerr

//Stampa il nome della variabile
#define VNAME(x) #x
#define VDUMP(x) std::clog << #x << " " << x << std::endl

#endif


//Il mio namespace
namespace mions {
//Classi per l'analisi dei dati statistici
namespace dataAnalisi {
using std::vector;

//////////////////////
//  //
//   VERSIONE 1.3  //
//  //
//////////////////////

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/*
 * Forward declarations
 */
template <typename> class VarStat;//Forward declaration da usare nella funzione op

template <typename T> const VarStat<T> operator*(const double& , const VarStat<T>
```

```
template <typename T> const VarStat<T> operator*(const VarStat<T> , const double&

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//Versione
template <typename U>
std::ostream& operator <<(std::ostream& os, const VarStat<U>& rhs) {
using namespace std;

//Eclipse dà problemi con endl, modifichiamolo temporaneamente
#define endl "\n"
os << "Numero dati:                       " << rhs.getNumeroDatiEffettivo() << end
os << "Media:                             " << rhs.getMedia() << endl;
//cout << "Mediana:                           " << rhs.getMediana() << endl;
os << "Varianza del campione:             " << rhs.getVarianzaCampione() << endl;
os << "Deviazione standard campione:      " << rhs.getDeviazioneStandardCamp() <<
os << "Varianza della popolazione:        " << rhs.getVarianzaPopolazione() << end
os << "Deviazione standard popolazione:   " << rhs.getDeviazioneStandardPop() << e
os << "Errore della media:                " << rhs.getErroreMedia() << endl;
os << "Massimo:                           " << rhs.getMax() << endl;
os << "Minimo:                            " << rhs.getMin() << endl;
#undef endl

return os;

}

//Moltiplicazione a destra per uno scalare
template <typename U>
inline const VarStat<U> operator*(const VarStat<U> lhs, const double& rhs) {
VarStat<U> result = lhs; // Copia il primo oggettp
result *= rhs;            // Aggiungici dentro l'altro
return result;              // Ritorna il risultato
}

//Moltiplicazione a sinistra per uno scalare
template <typename U>
inline const VarStat<U> operator*(const double& lhs, const VarStat<U> rhs) {
return (rhs*lhs);
```

```
}

//Moltiplicazione a sinistra per uno scalare

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
// Classe per l'analisi di UNA variabile statistica offline, cioè avendo accesso a
// O anche, che "rappresenta" una variabile statistica
template <class T>
class VarStat {
public:
//vector<T> vectDati;
//Funzioni overloaded
friend std::ostream& operator<<<T>(std::ostream& , const VarStat<T>& );
friend const VarStat<T> operator*<T>(const VarStat<T> , const double& );
friend const VarStat<T> operator*<T>(const double& , const VarStat<T> );

//
VarStat(T valore) {
iNumero_dati = 1;
dMedia = (double)valore;
dDeviazioneStandardCamp = 0;
dDeviazioneStandardPop = 0;
dVarianzaCampione = 0;
dVarianzaPopolazione = 0;
dMax = (double)valore;
dMin = (double)valore;
dErroreMedia = 0;
}

VarStat(T valore, double DevStdPop, int numDati = 100000) {
iNumero_dati = numDati;
dMedia = (double)valore;
dDeviazioneStandardPop = DevStdPop;
dDeviazioneStandardCamp = DevStdPop * sqrt(double(numDati-1)/double(numDati));
dVarianzaCampione = dDeviazioneStandardCamp*dDeviazioneStandardCamp;
dVarianzaPopolazione = DevStdPop*DevStdPop;
dMax = (double)valore + DevStdPop;
dMin = (double)valore - DevStdPop;
```

```
dErroreMedia = DevStdPop / sqrt(numDati);
}

//Costruttore
VarStat(const vector<T>& aDati, bool eliminaTreSigma = true) {
//aDati = {1,2,3};//La classe ha una copia del vector! Non dei dati! Copiare un ve
int numDatiIniziale = aDati.size();
vector<int> ListaDatifuori3Sigma; //0.003 = 100% - 99.7% = percentuale atttesa di

//Se il vettore è vuoto la random variable è 0 +- 0 Buona idea?
if (numDatiIniziale == 0) {

#ifdef _MIO_DEBUG_
std::clog << "Vettore vuoto, metto la variabile a zero+-zero";
#endif

iNumero_dati = 0;
dMedia = 0;
dDeviazioneStandardCamp = 0;
dDeviazioneStandardPop = 0;
dVarianzaCampione = 0;
dVarianzaPopolazione = 0;
dMax = 0;//Oppure +INFINITY
dMin = 0;//O -INFINITY
dErroreMedia = 0;
return;
}

dMedia=(double)aDati[0];
dMax=(double)aDati[0];
dMin=(double)aDati[0];

for(int i=0; i < numDatiIniziale; i++){
//Media
dMedia=(i*dMedia+(double)aDati[i])/(i+1);

//Massimo e minimo (ottimizzabile?)
dMax = (aDati[i] > dMax) ? aDati[i] : dMax;
```

```
dMin = (aDati[i] < dMin) ? aDati[i] : dMin;
}

dVarianzaCampione=pow(((double)aDati[0]-dMedia),2);
for(int i=0; i < numDatiIniziale; i++){
//Varianza
dVarianzaCampione=(i*dVarianzaCampione+pow(((double)aDati[i]-dMedia),2)) /
(i+1);
}

dDeviazioneStandardCamp = sqrt(dVarianzaCampione);

//se sigma2c=S/N e sigma2p=S/(N-1), allora, sostituendo S e risolvendo, sigma2p=si
dVarianzaPopolazione = dVarianzaCampione*double(numDatiIniziale)/(double(numDatiIn
iNumero_dati = aDati.size();
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//Se eliminaTreSigma è true, rifai i conti togliendo i dati inaccettabili
int numCancellazioni = 0;
if (eliminaTreSigma){
std::clog << "Elimino i dati oltre 3 sigma...\n" ;
/* pDato è un tipo vector<double>::iterator, e si comporta come un puntatore a un
 * Sarebbe più leggibile scrivere "auto pDato = vectDati.begin();", ma per chiarez
 *
 * typename è richiesto perchè se qualcuno scrivesse "T::iterator * iter;" e se pe
 * sarebbe una moltiplicazione (stupido c++), quindi dobbiamo specificare che inte
 * http://pages.cs.wisc.edu/~driscoll/typename.html#real_reason
 *
 * Non incrementiamo l'iteratore (pDato++) nell'istruzione for, invece lo assegnam
 */
int i = 0;
for (typename vector<T>::const_iterator pDato = aDati.begin();
pDato != aDati.end();
pDato++, i++)// i indica l'offset dall'inizio del vector, lo useremo dopo per veri
{
//i++;//Per mettere gli offset degli iterator, probabilmente si può mettere nel ci
if (abs(dMedia - (*pDato) ) >= 3*dDeviazioneStandardCamp) {
/* Cancelliamo dal Vector i dati inaccettabili. Operazione costosa perchè i dati s
 * indietro, ma è meglio un Vector di una LinkedList perchè i dati possono essere
```

```
 * erase richiede un iterator, quindi siamo "costretti" a usarlo
 */
std::clog << "Eliminato dato: " << *pDato << "\n";

ListaDatifuori3Sigma.push_back(i);//Aggiungi il dato nella posizione i alla lista

numCancellazioni = numCancellazioni + 1;
}
}
std::clog << "Cancellati " << numCancellazioni << " dati\n\n";
}//EndIf
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

if ( !(ListaDatifuori3Sigma.empty())) {
for (int k = 0; k < numCancellazioni; ++k) {
std::cerr << ListaDatifuori3Sigma[k] << std::endl;
}

//Rifacciamo i conti
numDatiIniziale = aDati.size();
dMedia=(double)aDati[0];
dMax=(double)aDati[0];
dMin=(double)aDati[0];

// j è l'indice del vettore che contiene gli indici dei dati da scartare. Ovviamen
int j = 0;
for(int i=0; i < numDatiIniziale; i++) {
//Media
//Se il dato è buono prosegui coi calcoli
if (i != *(ListaDatifuori3Sigma.begin() + j) ) {
dMedia=(i*dMedia+(double)aDati[i])/(i+1);

//Massimo e minimo
dMax = (aDati[i] > dMax) ? aDati[i] : dMax;
dMin = (aDati[i] < dMin) ? aDati[i] : dMin;
} else {
//Il dato è da scartare, prosegui con quello successivo (e avanza al prossimo nume
j++;
```

```
}
}

// Di nuovo j
j=0;
dVarianzaCampione=pow(((double)aDati[0]-dMedia),2);
for(int i=0; i < numDatiIniziale; i++) {
//Varianza
if (i != *(ListaDatifuori3Sigma.begin() + j)) {
dVarianzaCampione=(i*dVarianzaCampione+pow(((double)aDati[i]-dMedia),2)) /
(i+1);
} else {
j++;
}
}
dDeviazioneStandardCamp = sqrt(dVarianzaCampione);

//se sigma2c=S/N e sigma2p=S/(N-1), allora, sostituendo S e risolvendo, sigma2p=si
dVarianzaPopolazione = dVarianzaCampione*double(numDatiIniziale)/(double(numDatiIn

}//EndIf del ricalcolo
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

//Deviazione standard popolazione
dDeviazioneStandardPop=sqrt(dVarianzaPopolazione);
iNumero_dati = numDatiIniziale - ListaDatifuori3Sigma.size();
dErroreMedia = dDeviazioneStandardPop / sqrt(iNumero_dati);

}//Fine costruttore

//Distruttore
virtual ~VarStat() = default;//Virtual perchè devono ereditare da questa. Lecito i

//Getters
inline double getMedia() const {return dMedia;};
//Scarto Quadratico Medio (N)
inline double getDeviazioneStandardCamp() const {return dDeviazioneStandardCamp;};
//Errore Quadrato Medio N-1
```

```
inline double getDeviazioneStandardPop() const {return dDeviazioneStandardPop;};
//Su Excel sono invertite, cioè per varianza del campione io intendo la varianza p
inline double getVarianzaCampione() const {return dVarianzaCampione;}
//Su Excel sono invertite, cioè per varianza popolazione io considero implicitamer
//la varianzaPopolazione è calcolata fratto N-1
inline double getVarianzaPopolazione() const {return dVarianzaPopolazione;}
//double getMediana() ordina i dati come side effect
//Tolta
inline double getMax() const {return dMax;}
inline double getMin() const {return dMin;}
// Errore della media
inline double getErroreMedia() const {return dErroreMedia;}
long getNumeroDatiEffettivo() const {return iNumero_dati;}
//Range della variabile
inline long getRange() const {return dMax - dMin;}
//double getModa() const {return dModa;}

//Operatori
//Somma una variabile statistica a un'altra e memorizzala nella prima. Vedi commer
inline VarStat<T>& operator+=(const VarStat<T>& rhs) {
using std::abs;
//Obiettivo: dare gli stessi risultati come se avessi sommato i dati di due insiem
//iNumero_dati = iNumero_dati; Non sto unendo gli insiemi di dati, ma sommando i s
dMedia += rhs.getMedia();//Somma le medie delle due variabili
dVarianzaCampione = rhs.getVarianzaCampione() + getVarianzaCampione();//Propagazio
dVarianzaPopolazione = rhs.getVarianzaPopolazione() + getVarianzaPopolazione();

//La nuova varianza permette di calcolare direttamente la nuova std
dDeviazioneStandardCamp = sqrt(getVarianzaCampione());
dDeviazioneStandardPop = sqrt(getVarianzaPopolazione());

// Il massimo della somma è la somma dei due massimi
// Worst-case max? Non ben definito, ma se ho due set di dati, il massimo (tra tut
dMax = rhs.getMax() + getMax();

//Idem per il minimo, il minimo "minore" è la somma dei minimi
dMin = rhs.getMin() + getMin();
```

```
dErroreMedia = sqrt(pow(rhs.getErroreMedia(),2) + pow(getErroreMedia(),2));
return *this; //Idiozia ma dicono che serva
}

//Sottrai una variabile statistica a un'altra e memorizzala nella prima. v1 -= v2

inline VarStat<T>& operator-=(const VarStat<T>& rhs) {
using std::abs;
//TODO: Possibile farlo come lhs += (-1)*rhs ?
//Obiettivo: dare gli stessi risultati come se avessi sottratto i dati di due insi
//iNumero_dati = iNumero_dati; Non sto unendo gli insiemi di dati, ma sottraendo i
dMedia = getMedia() - rhs.getMedia();//Sottrai le medie delle due variabili
dVarianzaCampione = getVarianzaCampione() + rhs.getVarianzaCampione();//Propagazio
dVarianzaPopolazione = getVarianzaPopolazione() + rhs.getVarianzaPopolazione();

//La nuova varianza permette di calcolare direttamente la nuova std
dDeviazioneStandardCamp = sqrt(getVarianzaCampione());
dDeviazioneStandardPop = sqrt(getVarianzaPopolazione());

//Worst-case min
// Il massimo della differenza è la differenza tra il valore più alto del minuendo
dMax = getMax() - rhs.getMin();

//Il minimo "minore" è il minimo del minuendo a cui abbiamo tolto il più possibile
dMin = getMin() - rhs.getMax();

dErroreMedia = sqrt(pow(rhs.getErroreMedia(),2) + pow(getErroreMedia(),2));
return *this; //Idiozia ma dicono che serva
}


//%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
//%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
//Operatori
//moltiplica una variabile statistica a un'altra e memorizzala nella prima. Vedi c
inline VarStat<T>& operator*=(const VarStat<T>& rhs) {
using std::abs;
//Obiettivo: dare gli stessi risultati come se avessi moltiplicato i dati di due i
```

```
//iNumero_dati = iNumero_dati; Non sto unendo gli insiemi di dati, ma moltiplicand
double tMedia = getMedia();//Salvo la media
dMedia = rhs.getMedia() * getMedia();//MOltiplica le medie delle due variabili
dVarianzaCampione = getMedia()*getMedia()*(getVarianzaCampione() / (tMedia*tMedia)
dVarianzaPopolazione = getMedia()*getMedia()*(getVarianzaPopolazione() / (tMedia*t

//La nuova varianza permette di calcolare direttamente la nuova std
dDeviazioneStandardCamp = sqrt(getVarianzaCampione());
dDeviazioneStandardPop = sqrt(getVarianzaPopolazione());

// Il massimo della somma è la somma dei due massimi
// Worst-case max? Non ben definito, ma se ho due set di dati, il massimo (tra tut
// TODO: Casi non maggiori di zero
// TODO: Casi non maggiori di zero
dMax = (getMedia() > 0) ? (getMax() * rhs.getMax()) : ( INFINITY );

//Idem per il minimo, il minimo "minore" è la somma dei minimi
dMin = (getMedia() > 0) ? (getMin() * rhs.getMin()) : ( -INFINITY );

dErroreMedia = getDeviazioneStandardPop() / sqrt(getNumeroDatiEffettivo());//Propa
return *this; //Idiozia ma dicono che serva
}

inline VarStat<T>& operator/=(const VarStat<T>& rhs) {
using std::abs;
//Obiettivo: dare gli stessi risultati come se avessi moltiplicato i dati di due i
//iNumero_dati = iNumero_dati; Non sto unendo gli insiemi di dati, ma moltiplicand
double tMedia = getMedia();//Salvo la media
dMedia = getMedia() / rhs.getMedia();//MOltiplica le medie delle due variabili
dVarianzaCampione = getMedia() * getMedia()*(getVarianzaCampione() / (tMedia*tMedi
dVarianzaPopolazione = getMedia() * getMedia()*(getVarianzaPopolazione() / (tMedia

//La nuova varianza permette di calcolare direttamente la nuova std
dDeviazioneStandardCamp = sqrt(getVarianzaCampione());
dDeviazioneStandardPop = sqrt(getVarianzaPopolazione());

// Il massimo della somma è la somma dei due massimi
// Worst-case max? Non ben definito, ma se ho due set di dati, il massimo (tra tut
```

```
// TODO: Casi non maggiori di zero
dMax = (getMedia() > 0) ? (getMax() / rhs.getMin()) : ( INFINITY );

//Idem per il minimo, il minimo "minore" è la somma dei minimi
dMin = (getMedia() > 0) ? (getMin() / rhs.getMax()) : ( -INFINITY );

dErroreMedia = getDeviazioneStandardPop() / sqrt(getNumeroDatiEffettivo());
return *this; //Idiozia ma dicono che serva
}
```

```
//Moltiplicazione per scalare, compound assignment. v *= d è come v.operator*=(d),
inline VarStat<T>& operator*=(const double& rhs) {
using std::abs;
//Obiettivo: dare gli stessi risultati come se avessi preso tutti i dati e, moltip
dMedia = rhs * getMedia();//Moltiplica la media della VarStat a sinistra del simbo
dVarianzaCampione = rhs * rhs * getVarianzaCampione();
dVarianzaPopolazione = rhs * rhs * getVarianzaPopolazione();
dDeviazioneStandardCamp = abs(rhs) * getDeviazioneStandardCamp();
dDeviazioneStandardPop = abs(rhs) * getDeviazioneStandardPop();

//Se moltiplico per uno scalare negativo, il minimo nei positivi diventa il massim
T tMax = dMax;//Massimo temporaneo, perchè quando calcoliamo dMin è già stato modi
T tMin = dMin;
dMax = (rhs >= 0 ? rhs * tMax : rhs * tMin);
dMin = (rhs >= 0 ? rhs * tMin : rhs * tMax);

dErroreMedia = abs(rhs)*getErroreMedia();
return *this; //Idiozia ma dicono che serva
}

//Somma di due VarStat
```

```
//Trucchetto per riutilizzare il lavoro svolto con +=
const VarStat<T> operator+(const VarStat<T> &other) const {
VarStat<T> result = *this; // Copia il primo oggettp
result += other;           // Aggiungici dentro l'altro
return result;             // Ritorna il risultato
}

//Sottrazione di due VarStat
//Trucchetto per riutilizzare il lavoro svolto con -=
const VarStat<T> operator-(const VarStat<T>& other) const {
VarStat<T> result = *this; // Copia il primo oggettp
result -= other;           // Aggiungici dentro l'altro
return result;             // Ritorna il risultato
}

const VarStat<T> operator*(const VarStat<T>& other) const {
VarStat<T> result = *this; // Copia il primo oggettp
result *= other;           // Aggiungici dentro l'altro
return result;             // Ritorna il risultato
}

const VarStat<T> operator/(const VarStat<T>& other) const {
VarStat<T> result = *this; // Copia il primo oggettp
result /= other;           // Aggiungici dentro l'altro
return result;             // Ritorna il risultato
}


//Moltiplicazione per uno scalare
//Trucchetto per riutilizzare il lavoro svolto con *= double,
// const VarStat<T> operator*(const double rhs) const {
// VarStat<T> result = *this; // Copia il primo oggettp
// result *= rhs;            // Aggiungici dentro l'altro
// return result;              // Ritorna il risultato
// }

private:
```

```
double dMedia = -INFINITY;
double dDeviazioneStandardCamp = -INFINITY;
double dDeviazioneStandardPop = -INFINITY;
double dVarianzaCampione = -INFINITY;
double dVarianzaPopolazione = -INFINITY;
//double dMediana = -INFINITY;
double dMax = -INFINITY;
double dMin = -INFINITY;
double dErroreMedia = -INFINITY;
int iNumero_dati = 0;
//double dModa=0;

};



}//Fine DataAnalisi

}//Fine del mio namespace


//In file "SortingVarStat.h"
/*
 * SortingVarStat.h
 *
 *  Created on: Feb 19, 2014
 *      Author: francesco
 */

#ifndef SORTINGVARSTAT_H_
#define SORTINGVARSTAT_H_

#include "VarStat.h"

//////////////////////
//  //
//   VERSIONE 0.1  //
```

```
//  //
//////////////////////


namespace mions {
namespace dataAnalisi {

template <typename> class Sorting_VarStat;

//Notare come non sia const Sorting_VarStat<U>&, poichè la mediana non viene calco
template <typename U>
std::ostream& operator <<(std::ostream& os, Sorting_VarStat<U>& rhs) {
using namespace std;

//Eclipse dà problemi con endl, modifichiamolo temporaneamente
#define endl "\n"
os << "Numero dati:                       " << rhs.getNumeroDatiEffettivo() << end
os << "Media:                             " << rhs.getMedia() << endl;
os << "Mediana:                           " << rhs.getMediana() << endl;
os << "Varianza del campione:             " << rhs.getVarianzaCampione() << endl;
os << "Deviazione standard campione:      " << rhs.getDeviazioneStandardCamp() <<
os << "Varianza della popolazione:        " << rhs.getVarianzaPopolazione() << end
os << "Deviazione standard popolazione:   " << rhs.getDeviazioneStandardPop() << e
os << "Errore della media:                " << rhs.getErroreMedia() << endl;
os << "Massimo:                           " << rhs.getMax() << endl;
os << "Minimo:                            " << rhs.getMin() << endl;
#undef endl

return os;
};

template <class T>
class Sorting_VarStat: public mions::dataAnalisi::VarStat<T> {
public:
friend std::ostream& operator<<<T>(std::ostream& os, Sorting_VarStat<T>& rhs);

vector<T> vectDati;
Sorting_VarStat(const vector<T>&& aDati, bool eliminaTreSigma = true) : mions::dat
```

```
vectDati = aDati;//Copiati i dati, così puoi riordinarli in santa pace. In teoria
};

virtual ~Sorting_VarStat() throw() {};

double getMediana() {
if (dMediana != -INFINITY) {
return dMediana;
}
else
{
ordinaDati();
int numDati = this->getNumeroDatiEffettivo();
if (numDati % 2 == 1) {
return dMediana = (double)vectDati[(numDati-1)/2];
} else {
return dMediana = (double)(vectDati[numDati/2-1]+vectDati[numDati/2])/2;
}
}
}

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
private:

bool DatiOrdinati = false;
double dMediana = -INFINITY;//Un valore che non dovrebbe assumere mai...


inline void ordinaDati() {
if (!DatiOrdinati) {
std::sort(vectDati.begin(),vectDati.end());
DatiOrdinati = true;
}
}
};

} /* namespace dataAnalisi */
} /* namespace mions */
```

```
#endif /* SORTINGVARSTAT_H_ */



#define VERSIONE 1.5

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//Prototipi

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//Il primo argomento è la cartella dei dati
int main(int numParam, char* args[]) {

using namespace std;

system("clear");
cout << "\n";
cout << "Programma per analizzare i dati della guidovia, versione: " << VERSIONE <
//Ricordarsi che con 0 gradi l'intervallo era di 20!
const int NUM_FILE = 7;// 7 file (7 intervalli) per 15, 30, 45 gradi
const int NUM_FILE_0GRADI = 6; //  file per 60,70,80,90,100,110
const int NUM_DATIPERFILE = 5;// 5 dati in ogni file
const int ANGOLI_NUM = 3;//15, 30, 45 0 e 45 li facciamo a parte
//const auto INTERVALLO = VarStat<double>(0.1, 0.001 / sqrt(6));//Distribuzione tr

try {
//stringstream ss;
string nf;//Nome file da aprire
//FileStream
ofstream FileMedie;//FileStream
ofstream FileRiassunto;
using namespace mions::dataAnalisi;
vector<VarStat<double> > arrayRiassunti;//Contiene le informazioni come la deviazi
vector<VarStat<double> > arrayTempi;
arrayRiassunti.reserve(NUM_FILE);
const auto INTERVALLO_PV = VarStat<double>(0.1, 0.001 / sqrt(6));//Distribuzione t
```

```
// vector<double> v1 = {1,1,1,100000,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
//
// vector<double> v2 = {3,4,7,8};
// vector<double> v3 = {1,2,5,6};
// VarStat<double> var2(v2,true);
// VarStat<double> var3(v3,true);
//
// VarStat<double> AnDat(v2,true);
// //Sorting_VarStat<double> var2(std::move(v3));//Non usare più v1
// //cout << "MEDIANA " <<var2.getMediana() << "\n";
// AnDat = (AnDat-var2)/(AnDat*3*var2);
// cout << "var2: \n" << var2 << endl;
// cout << "var3: \n" << var3 << endl;
// cout << "somma elementi: \n" << VarStat<double>({4,6,12,14}) << endl;
// cout << "somma variabili: \n" << (var2+var3) << endl;
//
// return 0;


//Prima esperianza, guidovia inclinata a 15, 30 e 45 gradi senza peso
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
{

//stringstream ss;
string nf;//Nome file da aprire
//FileStream
ofstream FileMedie;//FileStream
ofstream FileRiassunto;
ofstream FileVelocita;
using namespace mions::dataAnalisi;
vector<VarStat<double> > arrayRiassunti;//Contiene le informazioni come la deviazi
vector<VarStat<double> > arrayTempi;

arrayRiassunti.reserve(NUM_FILE);
string nomeoutputfile;
string nomefilemedie;
string nomefilevelocita;
string nomeoutputvelocita;//Per tenere temporaneamente la variabile ed evitare il
```

```
/* Vari casi:
 *  1. nè peso nè alluminio
 */
string tipodati;
nomeoutputfile = "./Risultati/normale_dati.txt";
//tipodati = "d";
nomefilemedie = "arrayTempi_PrimaVolta_normale.txt";
nomefilevelocita = "velocita_PV_normale.txt";//PV = prima volta

FileRiassunto.open(nomeoutputfile.c_str());

for (int angoli = 1; angoli <= ANGOLI_NUM; angoli++) {
//TODO aggiunto zero all'inizio
arrayTempi.emplace_back(0.0);

for (int intervallo = 1; intervallo <= NUM_FILE; intervallo++) {

stringstream ss;
ifstream FileImputDati;//File di imput
ss << "./DatiFormattati/DatiStandardizzati/";
ss << "d";//Tipo dei dati contenuti nel file: d, cd
ss << intervallo*10 + 40;
ss << "_";
ss << angoli*15;
ss >> nf;
//ss.flush();


clog << nf << endl;
FileImputDati.open(nf.c_str());//Apro il file indicato nell'argomento dato via she
if (!FileImputDati.is_open())
throw "Errore: file non aperto";

vector<double> tempVect(5);// Vector che contiene i dati di un file solo, da cui r
tempVect.reserve(NUM_DATIPERFILE);

clog << tempVect.size() << endl;
```

```
for (unsigned int i = 0; i < tempVect.size(); i++) {
FileImputDati >> tempVect[i];
clog << "Pos " << i << ": " << tempVect[i] << endl;
}
clog << "Dati letti. Analizzo..." << endl << endl;

arrayRiassunti.emplace_back(tempVect,true);// Forwarda gli argomenti a un oggetto

cout << endl;
cout << "Nome file: " << nf << endl;
cout << arrayRiassunti.back();

FileRiassunto << endl;
FileRiassunto << "Nome file: " << nf << endl;
FileRiassunto << arrayRiassunti.back() << endl;

arrayTempi.emplace_back(arrayRiassunti.back());

ss.clear();
FileImputDati.close();
}//Intervalli


switch (angoli) {
case 1:
//Ricicliamo nomeoutputfile per indicare i file di uscita
nomeoutputfile = string("./Risultati/MetaDati/15/") + nomefilemedie;
nomeoutputvelocita = string("./Risultati/MetaDati/15/") + nomefilevelocita;
FileMedie.open(nomeoutputfile.c_str());
FileVelocita.open(nomeoutputvelocita.c_str());
//const auto intervallo = VarStat<double>(0.1, 0.1 / sqrt(6));
for (int i = 0; i < NUM_FILE; i++)
{
FileMedie << ((arrayTempi[i+1]+arrayTempi[i])/2).getMedia() << endl;//sette medie
FileVelocita << (INTERVALLO_PV / (arrayTempi[i+1] - arrayTempi[i]) ).getMedia() <<
<< (INTERVALLO_PV / (arrayTempi[i+1] - arrayTempi[i]) ).getDeviazioneStandardPop()
}
FileMedie.close();
```

```
FileVelocita.close();
break;
case 2:
//Ricicliamo nomeoutputfile per indicare i file di uscita
nomeoutputfile = string("./Risultati/MetaDati/30/") + nomefilemedie;
nomeoutputvelocita = string("./Risultati/MetaDati/30/") + nomefilevelocita;
FileMedie.open(nomeoutputfile.c_str());
FileVelocita.open(nomeoutputvelocita.c_str());
for (int i = 0; i < NUM_FILE; i++)
{
FileMedie << ( (arrayTempi[i+1] + arrayTempi[i]) / 2 ).getMedia() << endl;//sette
FileVelocita << (INTERVALLO_PV / (arrayTempi[i+1] - arrayTempi[i]) ).getMedia() <<
<< (INTERVALLO_PV / (arrayTempi[i+1] - arrayTempi[i]) ).getDeviazioneStandardPop()
}
FileMedie.close();
FileVelocita.close();
break;
case 3:
//Ricicliamo nomeoutputfile per indicare i file di uscita
nomeoutputfile = string("./Risultati/MetaDati/45/") + nomefilemedie;
nomeoutputvelocita = string("./Risultati/MetaDati/45/") + nomefilevelocita;
FileMedie.open(nomeoutputfile.c_str());
FileVelocita.open(nomeoutputvelocita.c_str());
for (int i = 0; i < NUM_FILE; i++)
{
FileMedie << ((arrayTempi[i+1]+arrayTempi[i])/2).getMedia() << endl;//sette medie
FileVelocita << (INTERVALLO_PV / (arrayTempi[i+1] - arrayTempi[i]) ).getMedia() <<
<< (INTERVALLO_PV / (arrayTempi[i+1] - arrayTempi[i]) ).getDeviazioneStandardPop()
}
FileMedie.close();
FileVelocita.close();
break;
default:
throw "Errore: numero casi angoli sbagliato";
break;
}//switch
arrayTempi.clear();
}//Angoli
```

```
FileRiassunto.close();
arrayRiassunti.clear();
  }//Blocco prima esperienza senza peso
//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////








//Prima esperienza, guidovia inclinata a 45 con peso
//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/*
 * Vari casi:
 *  1. nè peso nè alluminio
 *  2. peso
 */
//for (int varicasi = 1; varicasi <= 2; varicasi++)
{

string nf; // Nome file
ofstream FileMedie; // File con le medie dei tempi
ofstream FileRiassunto; // File con le informazioni sulle cinquine di dati
ofstream FileVelocita;
using namespace mions::dataAnalisi;
vector<VarStat<double> > arrayRiassunti;//Contiene le informazioni come la deviazi
vector<VarStat<double> > arrayTempi;
//TODO aggiunto zero all'inizio
arrayTempi.emplace_back(0.0);

arrayRiassunti.reserve(NUM_FILE);
string nomeoutputfile;
string nomefilemedie;
```

```
string nomefilevelocita;
string nomeoutputvelocita;


string tipodati;
nomeoutputfile = "./Risultati/peso_dati.txt";
tipodati = "cd";
nomefilemedie = "arrayTempi_PrimaVolta_peso.txt";
nomefilevelocita = "velocita_PV_peso.txt";


//string nomeoutputfile = "./Risultati/nopeso_dati.txt";
FileRiassunto.open(nomeoutputfile.c_str());
for (int intervallo = 1; intervallo <= NUM_FILE; intervallo++) {

stringstream ss;
ifstream FileImputDati; //File di imput
ss << "./DatiFormattati/DatiStandardizzati/";
ss << tipodati; //Tipo dei dati contenuti nel file: d, cd
ss << intervallo * 10 + 40;
ss << "_";
ss << "45";
ss >> nf;
//ss.flush();

clog << nf << endl;
FileImputDati.open(nf.c_str()); //Apro il file indicato nell'argomento dato via sh
if (!FileImputDati.is_open())
throw "Errore: file non aperto";

vector<double> tempVect(5); // Vector che contiene i dati di un file solo, da cui
tempVect.reserve(NUM_DATIPERFILE);

clog << tempVect.size() << endl;
for (unsigned int i = 0; i < tempVect.size(); i++) {
FileImputDati >> tempVect[i];
clog << "Pos " << i << ": " << tempVect[i] << endl;
}
```

```
clog << "Dati letti. Analizzo..." << endl << endl;

arrayRiassunti.emplace_back(tempVect, true);// Forwarda gli argomenti a un oggetto

cout << endl;
cout << "Nome file: " << nf << endl;
cout << arrayRiassunti.back();

FileRiassunto << endl;
FileRiassunto << "Nome file: " << nf << endl;
FileRiassunto << arrayRiassunti.back() << endl;

arrayTempi.emplace_back(arrayRiassunti.back());

ss.clear();
FileImputDati.close();
}//Intervalli

//Ex switch
//Ricicliamo nomeoutputfile per indicare i file di uscita
nomeoutputfile = string("./Risultati/MetaDati/45/")
+ nomefilemedie;
nomeoutputvelocita = string("./Risultati/MetaDati/45/")
+ nomefilevelocita;
FileMedie.open(nomeoutputfile.c_str());
FileVelocita.open(nomeoutputvelocita.c_str());
for (int i = 0; i < NUM_FILE; i++)
{
FileMedie << ((arrayTempi[i+1]+arrayTempi[i])/2).getMedia() << endl;//sette medie
FileVelocita << (INTERVALLO_PV / (arrayTempi[i+1] - arrayTempi[i]) ).getMedia() <<
<< (INTERVALLO_PV / (arrayTempi[i+1] - arrayTempi[i]) ).getDeviazioneStandardPop()
}
FileMedie.close();
FileVelocita.close();

arrayTempi.clear();

FileRiassunto.close();
```

```
arrayRiassunti.clear();
} //Blocco prima esperienza 45 con peso
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////









//%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
// Seconda giornata %
//%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//Seconda esperienza, 0 gradi con alluminio e peso
/* Vari casi:
 *  1. nè peso nè alluminio (file "d...")
 *  2. peso (file "cd...")
 *  4. alluminio
 *  3. peso e alluminio ("cad...")
 */
for (int varicasi = 1; varicasi <= 4; varicasi++)
{
string nf; //Nome file da aprire
ofstream FileMedie; //File per le medie
```

```
ofstream FileRiassunto;
ofstream FileVelocita;
using namespace mions::dataAnalisi;
vector<VarStat<double> > arrayRiassunti;//Contiene le informazioni come la deviazi
vector<VarStat<double> > arrayTempi;//Niente zero perchè non devo dividere per la
arrayRiassunti.reserve(NUM_FILE_0GRADI);
string nomeoutputfile;
string nomefilemedie;
string nomefilevelocita;
string nomeoutputvelocita;
const auto INTERVALLO_SV = VarStat<double>(0.2, 0.001 / sqrt(6));//Distribuzione t


/* Vari casi:
 *  1. nè peso nè alluminio (file "d...")
 *  2. peso (file "cd...")
 *  4. alluminio
 *  3. peso e alluminio ("cad...")
 */
string tipodati;
switch (varicasi) {
case 1: // normale
nomeoutputfile = "./Risultati/normale_0gradi_dati.txt";
tipodati = "d";
nomefilemedie = "arrayTempi_0gradi_normale.txt";
nomefilevelocita = "velocita_0gradi_normale.txt";
break;
case 2: // peso
nomeoutputfile = "./Risultati/peso_0gradi_dati.txt";
tipodati = "cd";
nomefilemedie = "arrayTempi_0gradi_peso.txt";
nomefilevelocita = "velocita_0gradi_peso.txt";
break;
case 3: // alluminio
nomeoutputfile = "./Risultati/alluminio_0gradi_dati.txt";
tipodati = "ad";
nomefilemedie = "arrayTempi_0gradi_alluminio.txt";
nomefilevelocita = "velocita_0gradi_alluminio.txt";
```

```
break;
case 4: // normale
nomeoutputfile = "./Risultati/pesoalluminio_0gradi_dati.txt";
tipodati = "cad";
nomefilemedie = "arrayTempi_0gradi_pesoalluminio.txt";
nomefilevelocita = "velocita_0gradi_pesoalluminio.txt";
break;
default:
throw "Errore: Seconda esperienza: variante non nota";
break;
}

FileRiassunto.open(nomeoutputfile.c_str());

for (int intervallo = 1; intervallo <=  NUM_FILE_0GRADI; intervallo++) {
stringstream ss;
ifstream FileImputDati; //File di input
ss << "./DatiFormattati/DatiStandardizzati/";
ss << tipodati; //Tipo dei dati contenuti nel file: d, cd, ad, cad
ss << intervallo * 10 + 50;
ss << "_";
ss << "0";
ss >> nf;
//ss.flush();

clog << nf << endl;
FileImputDati.open(nf.c_str()); //Apro il file indicato nell'argomento dato via sh
if (!FileImputDati.is_open())
throw "Errore: file non aperto";

vector<double> tempVect(5); // Vector che contiene i dati di un file solo, da cui
tempVect.reserve(NUM_DATIPERFILE);

clog << tempVect.size() << endl;
for (unsigned int i = 0; i < tempVect.size(); i++) {
FileImputDati >> tempVect[i];
clog << "Pos " << i << ": " << tempVect[i] << endl;
}
```

```
clog << "Dati letti. Analizzo..." << endl << endl;

arrayRiassunti.emplace_back(tempVect, true);// Forwarda gli argomenti a un oggetto

cout << endl;
cout << "Nome file: " << nf << endl;
cout << arrayRiassunti.back();

FileRiassunto << endl;
FileRiassunto << "Nome file: " << nf << endl;
FileRiassunto << arrayRiassunti.back() << endl;

arrayTempi.emplace_back(arrayRiassunti.back());

ss.clear();
FileImputDati.close();
} //Intervalli

//Ex switch
//Ricicliamo nomeoutputfile per indicare i file di uscita
nomeoutputfile = string("./Risultati/MetaDati/0/")
+ nomefilemedie;//Nomefilemedie scelto all'inizio nello switch
nomeoutputvelocita = string("./Risultati/MetaDati/0/")
+ nomefilevelocita;//Idem per nomefilevelocita
FileMedie.open(nomeoutputfile.c_str());
FileVelocita.open(nomeoutputvelocita.c_str());
for (int i = 0; i < NUM_FILE_0GRADI; i++)
{
//Qui non c'è lo zero, quindi niente media
FileMedie << (arrayTempi[i]).getMedia() << endl;//sette medie di cinque tempi cias
FileVelocita << (INTERVALLO_SV / arrayTempi[i]).getMedia() << " "
<< (INTERVALLO_SV / arrayTempi[i]).getDeviazioneStandardPop() << endl;//10 cm di i
}
FileMedie.close();
FileVelocita.close();

arrayTempi.clear();
FileRiassunto.close();
```

```
arrayRiassunti.clear();

}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////









////////////////////////////////////////////////
//Analizza i dati per la gravità
typedef VarStat<double> vs;
const double G15 = 0.25*M_PI/180.0;//15 primi di grado
const double G30 = 0.50*M_PI/180.0;//15 primi di grado
const double G45 = 0.75*M_PI/180.0;//15 primi di grado

ofstream AnalisiGravita;
AnalisiGravita.open("./Risultati/Analisi_Dati/DatiGravità");

////Media tra gravità a 15, 30, 45, 45peso presi dai valori di Gnuplot
//AnalisiGravita << "Media gravità della prima giornata: (a15 + a30 + a45 + a45p)/
//AnalisiGravita << ((vs(0.0388864,0.001)*(1/sin(G15))).getMedia() + //15 norm
//   (vs(0.0811784,0.001408)*(1/sin(G30))).getMedia() + //30 norm
//   (vs(0.121616,0.001795)*(1/sin(G45))).getMedia() + //45 norm
//   (vs(0.122322,0.00114)*(1/sin(G45))).getMedia() ) / //45 peso
//   4
//   << endl << endl;

//Media tra gravità a 15, 30, 45, 45peso presi dai valori di Gnuplot
vs stimaGravita_orig = ((vs(0.0388864,0.001,7)*(1/sin(G15))) + //15 norm
      (vs(0.0811784,0.001503,7)*(1/sin(G30))) + //30 norm
```

```
      (vs(0.121616,0.001991,7)*(1/sin(G45))) + //45 norm
      (vs(0.122322,0.00114,7)*(1/sin(G45))) ) *  //45 peso
  (0.25);

AnalisiGravita << "Dati gravità della prima giornata: (a15 + a30 + a45 + a45p)/4"
AnalisiGravita << stimaGravita_orig << endl << endl;

AnalisiGravita << "a15: " << endl << vs(0.0388864,0.001,7)*(1/sin(G15)) << endl;
AnalisiGravita << "a30: " << endl << vs(0.0811784,0.001503,7)*(1/sin(G30)) << endl
AnalisiGravita << "a45: " << endl << vs(0.121616,0.001991,7)*(1/sin(G45)) << endl;
AnalisiGravita << "a45p: " << endl << vs(0.122322,0.00114,7)*(1/sin(G45)) << endl

//Media Coefficienti rette senza peso
vs b_np =  (vs(0.00707886,0.004894,6) + //0 norm
   vs(0.0135994,0.005114,6) ) * //0 alluminio
  (0.5);
AnalisiGravita << "B (seconda giornata), senza peso: (b_norm + b_alluminio)/2" <<
AnalisiGravita << b_np << endl << endl;

//Media Coefficienti rette con peso
vs b_conp = (vs(0.0282376,0.001601,6) + //0 peso
    vs(0.0395786,0.001124,6) ) * //0 pesoalluminio
  (0.5);
AnalisiGravita << "B (seconda giornata), con peso: (b_peso + b_peso)/2" << endl;
AnalisiGravita << b_conp << endl << endl;

////////////////////////////////////////////
//Stime gravità
// Velocita media norm (0 gradi)
vs vMed_norm = (vs(0.172473,0.001) + vs(0.170765,0.00122783) ) * 0.5;
vs vMed_allum = (vs(0.121344,0.00126562) + vs(0.117702,0.00208813)) * 0.5;
vs vMed_totnopeso = (vMed_norm + vMed_allum) * 0.5;

// Velocità media col peso (0 gradi)
vs vMed_peso = (vs(0.103018,0.00142386) + vs(0.116131,0.000705806)) * 0.5;
vs vMed_pesoallum = (vs(0.0541008,0.00236734) + vs(0.0751428,0.000329625)) * 0.5;
vs vMed_totpeso = (vMed_peso + vMed_pesoallum) * 0.5;
```

```
AnalisiGravita << "Delta G: Rispettivamente a 15, 30, 45 e 45 con peso " << endl;
AnalisiGravita << "15: " << endl << (vMed_totnopeso*b_np) * (1/sin(G15)) << endl;
AnalisiGravita << "30: " << endl << (vMed_totnopeso*b_np) * (1/sin(G30)) << endl;
AnalisiGravita << "45: " << endl << (vMed_totnopeso*b_np) * (1/sin(G45)) << endl;
AnalisiGravita << "45 con peso: " << endl << (vMed_totpeso*b_conp) * (1/sin(G45))

vs stimaGravita_corr = (((vs(0.0388864,0.001,7) + vMed_totnopeso*b_np) * (1/sin(G1
                  ((vs(0.0811784,0.001503,7) + vMed_totnopeso*b_np) * (1/sin(G30))
                  ((vs(0.121616,0.001991,7) + vMed_totnopeso*b_np) * (1/sin(G45))
                  ((vs(0.122322,0.00114,7) + vMed_totpeso*b_conp) * (1/sin(G45)) )
                   (0.25);
AnalisiGravita << "Stima gravità corretta: G = G0 + DeltaG" << endl;
AnalisiGravita << stimaGravita_corr << endl << endl;

} catch (exception &e) {
cout << e.what() << endl;
return -1;
} catch (string &e) {
cout << e << endl;
return -2;
} catch (const char* e) {
cout << e << endl;
return -3;
}
//cout << "\n";
return 0;
}
```