

Titolo dell'esperienza

Attenuazione del pendolo. (energia-tempo atteso esponenziale) Misure dei tempi di oscuramento della fotocellula (per ottenere le velocità nel punto più basso e così l'energia cinetica.)

Relazione realizzata da: Sula Olga, Matteuzzi Daniele, Summa Andrea.

Scopo dell'esperienza

Determinare l'andamento dell'energia e della velocità di un pendolo soggetto a smorzamento al passare del tempo.

Descrizione dell'esperienza

- **Apparecchiatura di montaggio e strumenti di misura:**

pendolo a filo:

filo di lunghezza l con estremità fissa (al soffitto) e all'altra estremità appesa una determinata massa.

cronometro a fotocellula (sensibilità 0.001 s):

usato per misurare i tempi di oscuramento di 2 fotocellule che serve a determinare un intervallo di tempo entro il quale il corpo appeso percorre una distanza nota che corrisponde appunto alla distanza tra le 2 fotocellule.

Lo start della misura di tempo avviene quando il pendolo attraversa per la prima volta la linea LED-detector (vedi figura) interrompendo il fascio di luce infrarossa. Il timer ignora la seconda interruzione del fascio (che avviene durante l'oscillazione "di ritorno"). Lo stop della misura di tempo avviene in concomitanza della terza interruzione, cioè esattamente in corrispondenza di un'oscillazione completa.

Cronometro semplice (sensibilità 0.01 s):

misurazione intervalli di tempo regolari.

Bilancia (sensibilità 0.01 g) -

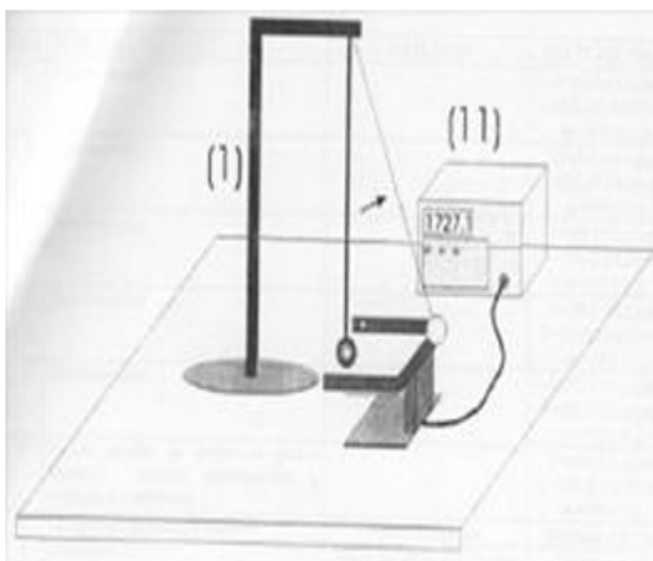
determinazione massa corpi appesi

Metro a nastro (sensibilità 0.1 cm)

misurazione lunghezza del filo

- **Operazioni e misure condotte**

Il pendolo semplice è una struttura formata da una massa appesa ad un'asta o ad un filo di massa trascurabile. Quando viene applicata una forza alla massa, essa oscilla attorno al suo punto di equilibrio, in cui la posizione dell'asta o del filo è perfettamente verticale e di conseguenza la



massa è all'altezza minima. Ora, poiché il punto di equilibrio è il punto di altezza minore, l'energia totale in questo punto è totalmente cinetica, mentre quella potenziale è nulla. A questo punto corrisponde la velocità massima.

Abbiamo effettuato 2 prove prendendo in considerazione 2 masse diverse, rispettivamente alluminio e acciaio. Per osservare l'andamento della velocità abbiamo dovuto misurare il tempo di oscuramento ogni 30 secondi per 10 volte (in totale 4min 30s) per ogni prova. In questa maniera siamo in grado di calcolare la velocità attraverso un semplice calcolo $v = \Delta s / \Delta t$ (con le rispettive incertezze di misura) dove Δs rappresenta la distanza tra le 2 fotocellule e Δt è l'intervallo di tempo misurato. Il pendolo preso in considerazione è soggetto a smorzamento e quindi si aspetta un andamento negativo della velocità in funzione del tempo.

Dati di misura

Alluminio

Materiale	Massa (g)	distanza fotocellule(mm)	Lunghezza filo (cm)
alluminio	10,600	25	254,4
	±0,01	±1	±0,1

tempo osc. (s)	errore	tempo (s)	errore
0,01	±0,001	0	±0,01
0,023	±0,001	30	±0,01
0,038	±0,001	60	±0,01
0,056	±0,001	90	±0,01
0,077	±0,001	120	±0,01
0,105	±0,001	150	±0,01
0,135	±0,001	180	±0,01
0,171	±0,001	210	±0,01
0,221	±0,001	240	±0,01
0,341	±0,001	270	±0,01

Acciaio

Materiale	Massa (g)	distanza fotocellule(mm)	Lunghezza filo (cm)
acciaio	30,000	25	254,4
	±0,01	±1	±0,1

tempo osc. (s)	errore	tempo (s)	errore
0,009	±0,001	0	±0,01
0,014	±0,001	30	±0,01
0,018	±0,001	60	±0,01
0,023	±0,001	90	±0,01
0,028	±0,001	120	±0,01
0,034	±0,001	150	±0,01
0,04	±0,001	180	±0,01
0,046	±0,001	210	±0,01
0,053	±0,001	240	±0,01
0,06	±0,001	270	±0,01

Elaborazione dei dati sperimentali

Calcolo della velocità e dell'energia con rispettiva propagazione dell'errore usando le formule:

$$v = \Delta s / \Delta t \text{ e } E = \frac{1}{2} m v^2.$$

Alluminio:

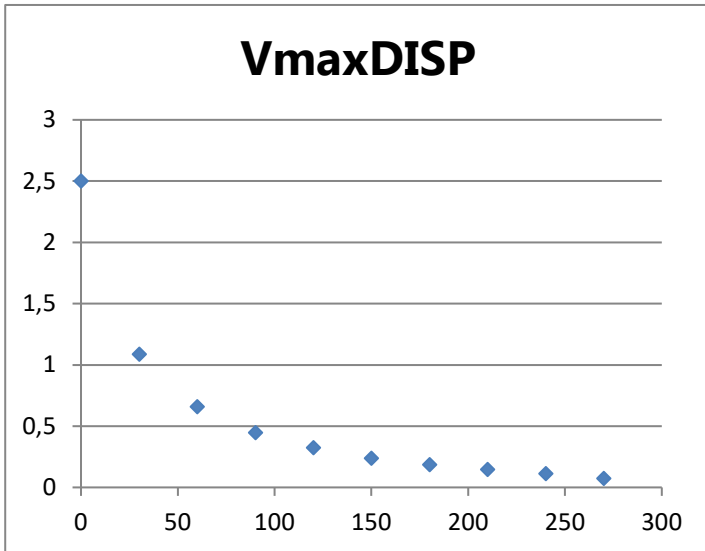
tempo osc. (s)	errore	tempo (s)	errore	velocità (m/s)	errore	energia (J)	errore
0,01	±0,001	0	±0,01	2,5	±0,14	0,033125	±5,28304E-05
0,023	±0,001	30	±0,01	1,086956522	±0,083478261	0,006261815	±7,24531E-05
0,038	±0,001	60	±0,01	0,657894737	±0,066315789	0,002293975	±9,50947E-05
0,056	±0,001	90	±0,01	0,446428571	±0,057857143	0,001056282	±0,000122265
0,077	±0,001	120	±0,01	0,324675325	±0,052987013	0,000558695	±0,000153963
0,105	±0,001	150	±0,01	0,238095238	±0,04952381	0,000300454	±0,000196227
0,135	±0,001	180	±0,01	0,185185185	±0,047407407	0,000181756	±0,00024151
0,171	±0,001	210	±0,01	0,14619883	±0,045847953	0,000113283	±0,00029585
0,221	±0,001	240	±0,01	0,113122172	±0,044524887	6,78221E-05	±0,000371322
0,341	±0,001	270	±0,01	0,073313783	±0,042932551	2,8487E-05	±0,000552455

Acciaio:

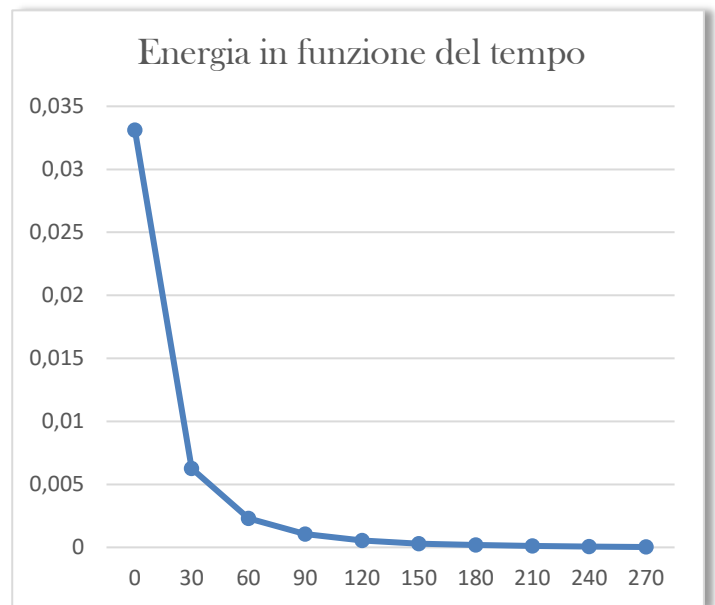
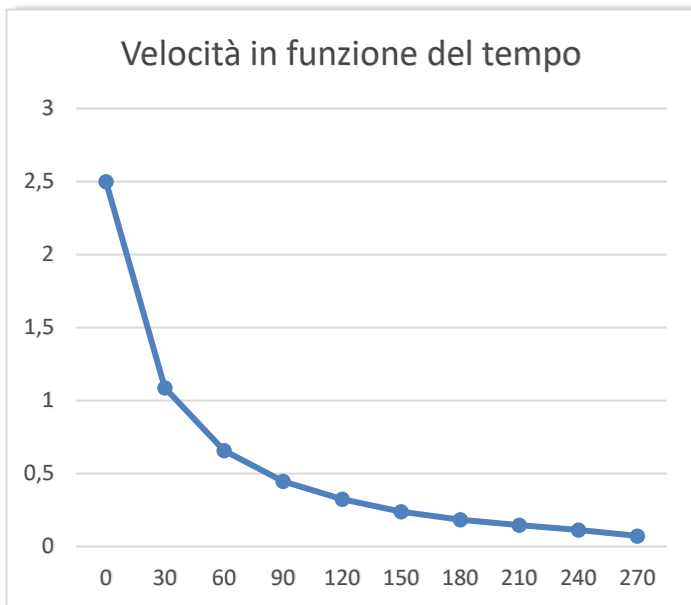
tempo osc. (s)	errore	tempo (s)	errore	velocità (m/s)	errore	energia (J)	errore
0,009	±0,001	0	±0,01	2,777777778	±0,151111111	0,115740741	±1,813E-05
0,014	±0,001	30	±0,01	1,785714286	±0,111428571	0,047831633	±2,08E-05
0,018	±0,001	60	±0,01	1,388888889	±0,095555556	0,028935185	±2,293E-05
0,023	±0,001	90	±0,01	1,086956522	±0,083478261	0,017722117	±2,56E-05
0,028	±0,001	120	±0,01	0,892857143	±0,075714286	0,011957908	±2,8267E-05
0,034	±0,001	150	±0,01	0,735294118	±0,069411765	0,008109862	3,14667E-05
0,04	±0,001	180	±0,01	0,625	±0,065	0,005859375	±3,4667E-05
0,046	±0,001	210	±0,01	0,543478261	0,06173913	0,004430529	±3,7867E-05
0,053	±0,001	240	±0,01	0,471698113	0,058867925	0,003337487	±4,16E-05
0,06	±0,001	270	±0,01	0,416666667	0,056666667	0,002604167	±4,5333E-05

Grafici

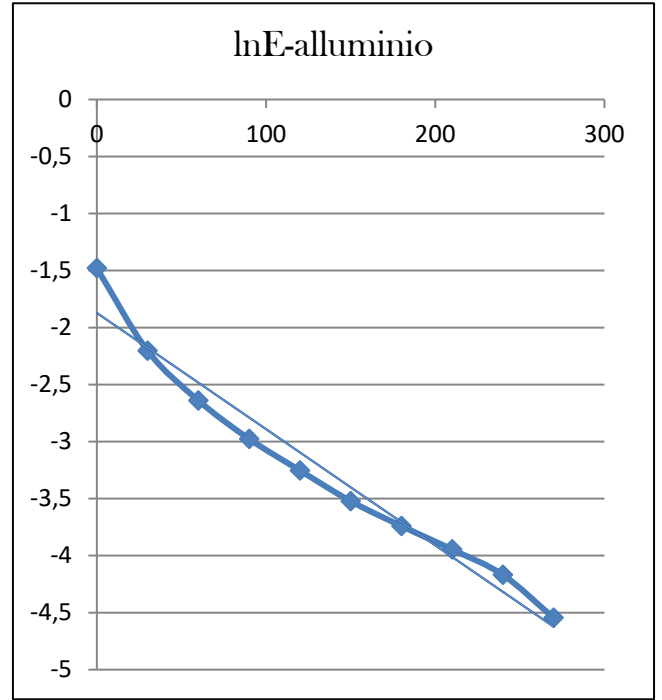
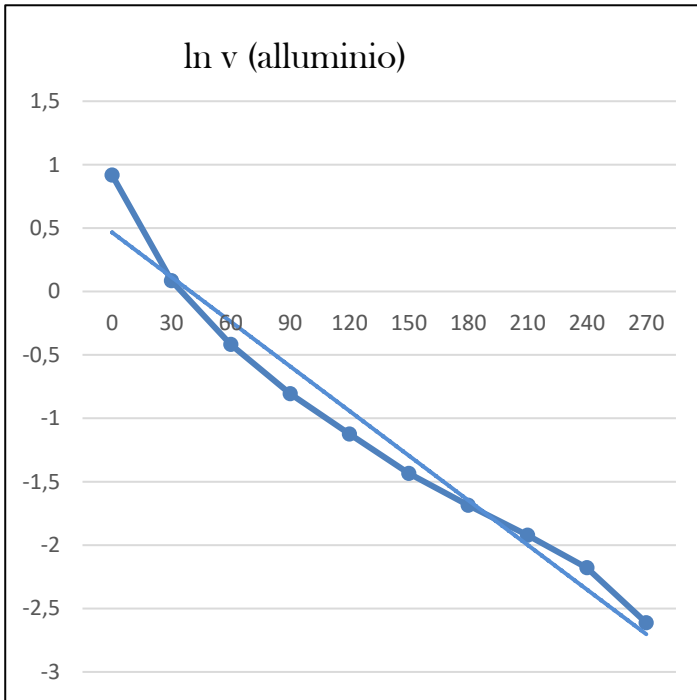
1. Alluminio



Grafici dispersione rispettivamente della velocità e dell'energia

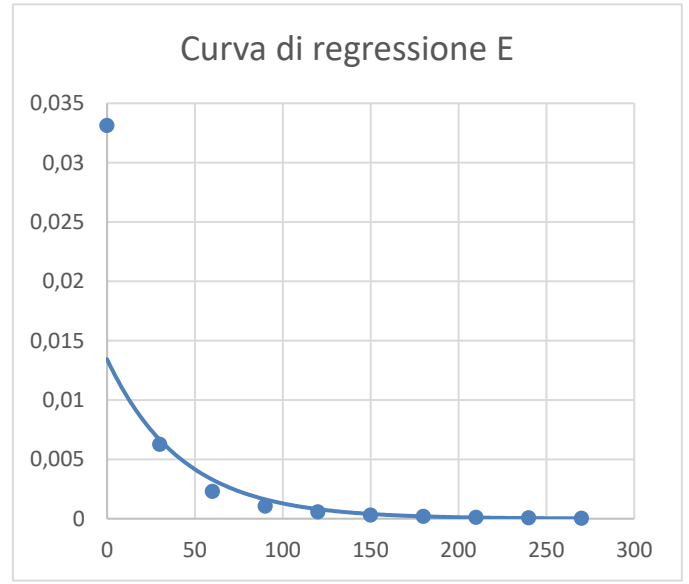
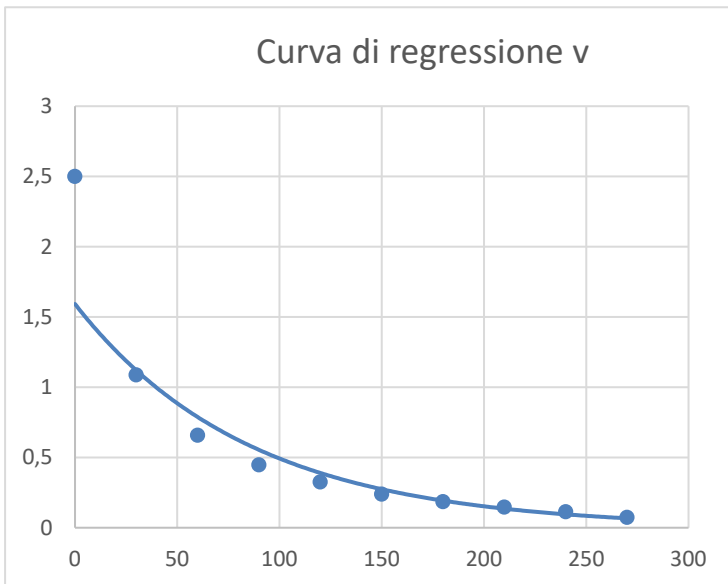


Andamento della velocità massima e dell'energia cinetica al passare del tempo



grafici linearizzati rispettivamente della velocità e dell'energia utilizzando la funzione $\ln v(t)$ e $\ln E(t)$,

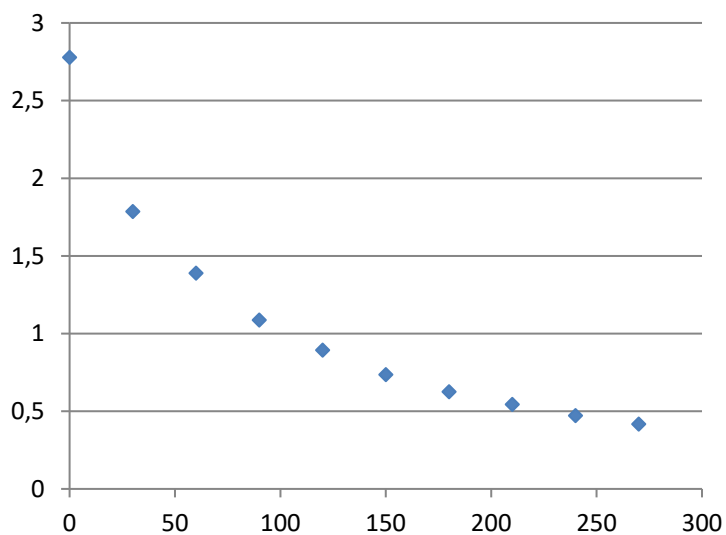
Siccome la curva che meglio approssima l'andamento della velocità e dell'energia è di tipo esponenziale si possono linearizzare i due grafici.



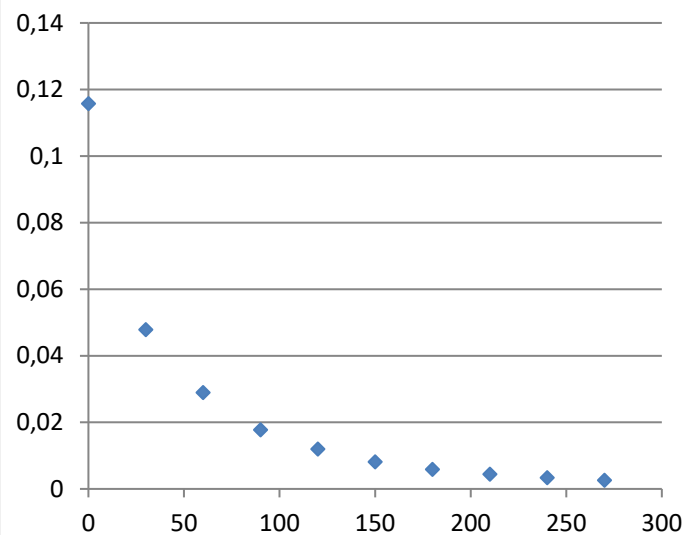
Grafici curve di regressione velocità ed energia in funzione del tempo.

2. Acciaio

VmaxDISP



EnergiaDISP



Grafici dispersione rispettivamente della velocità e dell'energia

Grafico v-t

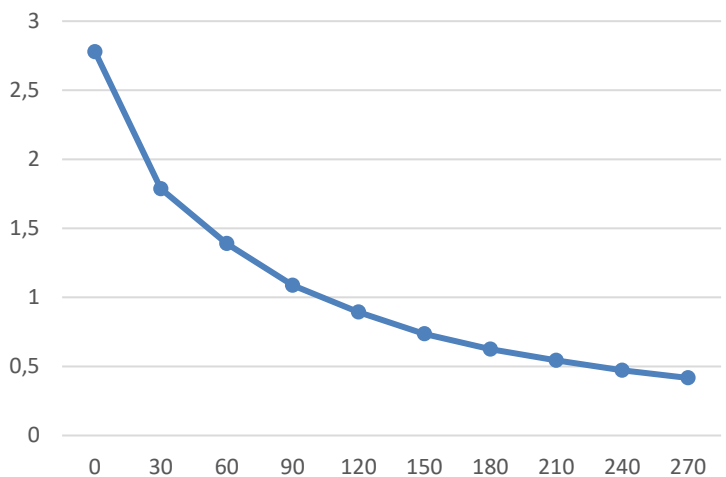
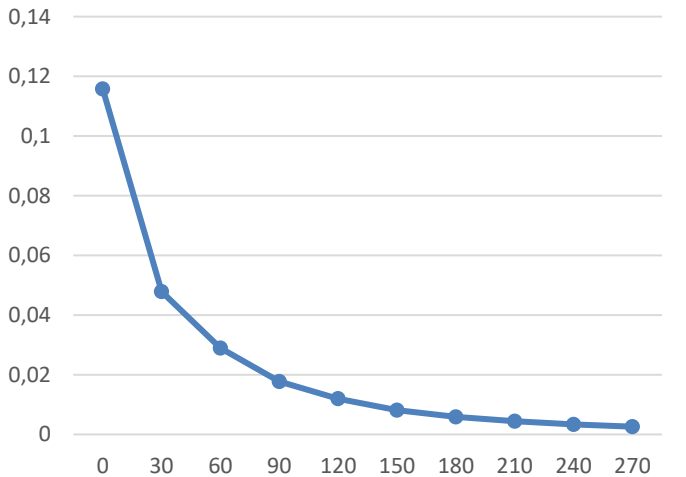
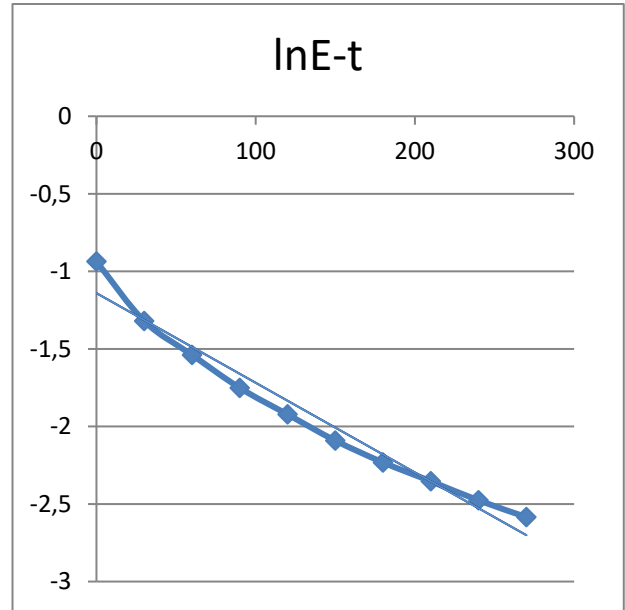
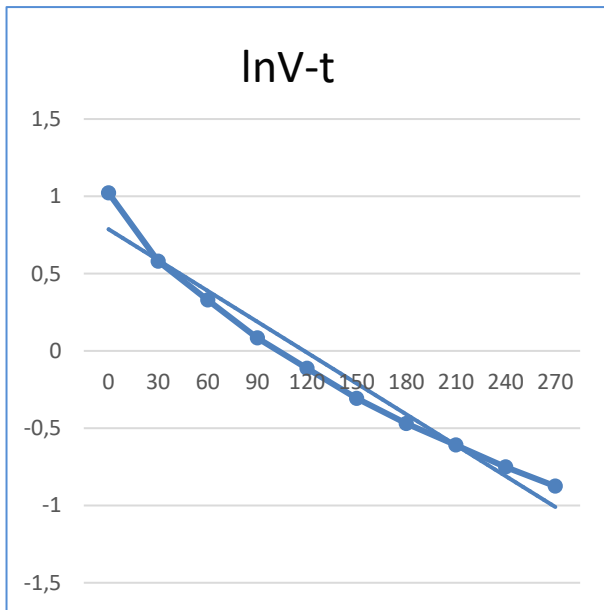


Grafico E-t



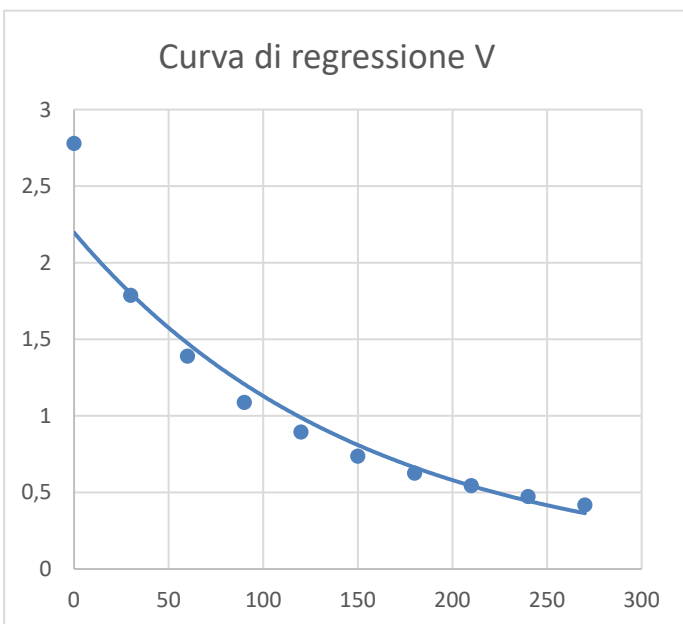
Andamento della velocità massima e dell'energia cinetica al passare del tempo



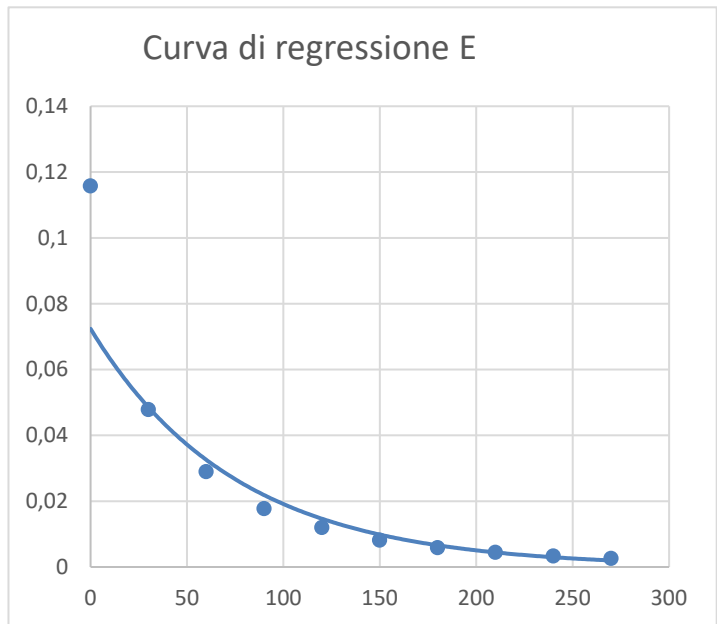
grafici linearizzati rispettivamente della velocità e dell'energia utilizzando la funzione $\ln v(t)$ e $\ln E(t)$,

Lo scostamento e l'imperfezione di queste linee possiamo ipotizzare che siano dovute ad errori sistematici (sono quelli che compaiono in ogni singola misura e possono essere errori strumentali o errori soggettivi, provocati dalla poca abilità o dalla negligenza dello sperimentatore) e/o errori casuali (questi errori possono essere provocati anche da brevi e imprevedibili variazioni di fattori ambientali, come la pressione, l'umidità o la temperatura dell'aria, di cui lo sperimentatore non ha tenuto conto durante l'esecuzione della misura).

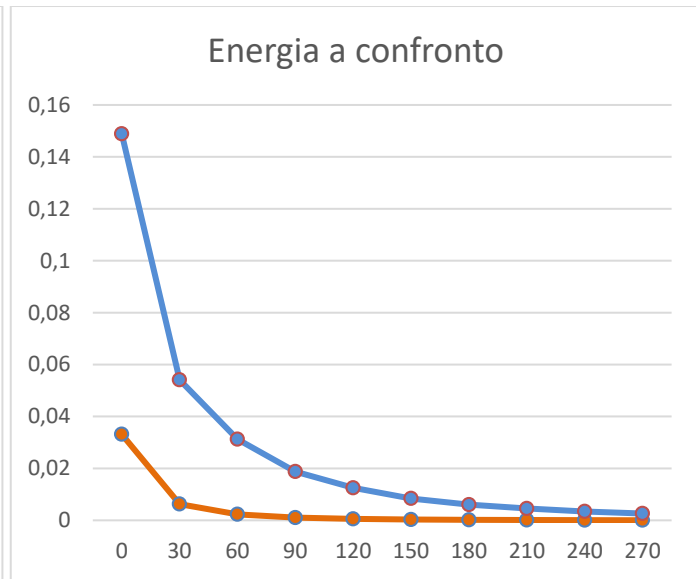
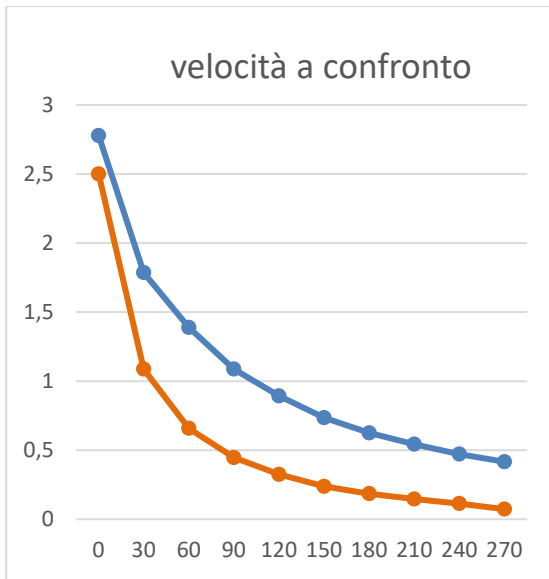
Curva di regressione V



Curva di regressione E



Grafici curve di regressione velocità ed energia in funzione del tempo.



Osservazioni e conclusioni

Notiamo che la velocità e l'energia del pendolo con peso in ACCIAIO, rappresentato con linea BLU, è maggiore rispetto alla velocità del pendolo con peso in ALLUMINIO, rappresentato dalla linea ARANCIONE, rilevata ai soliti intervalli di tempo. Dato che la lunghezza dei fili di entrambi i pendoli è la stessa possiamo ipotizzare che la massa influisce sulle velocità in quanto possiamo osservare dai vari esperimenti che il pendolo in ALLUMINIO tende a rallentare più velocemente di quello in ACCIAIO.

Quello che si osserva quando il moto di un oscillatore armonico è soggetto ad attriti è un moto armonico smorzato cioè l'ampiezza decresce nel tempo. La causa dello smorzamento delle oscillazioni è l'attrito con l'aria del corpo appeso al filo. Lo smorzamento è diverso se prendiamo in considerazione masse diverse dello stesso volume. Ciò è dovuto al fatto che l'energia meccanica iniziale dei 2 corpi risulta essere diversa. Cambiando la massa cambiano rispettivamente anche la velocità e la forza peso a cui è sottoposto il pendolo.

