

Studio di moti oscillatori smorzati

Lorenzo Roi (aprile 2019)

Codice

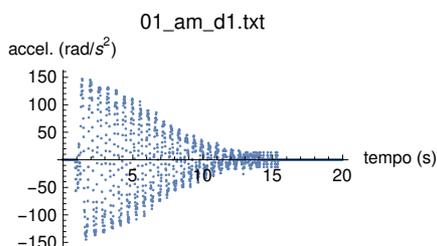
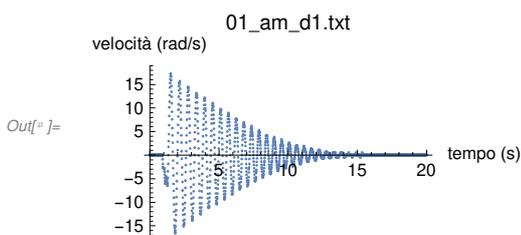
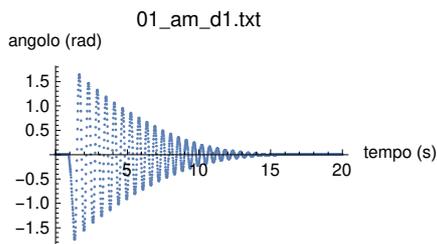
Elaborazione preventiva

In questa sezione proponiamo alcune funzioni utilizzate per la messa a punto dell'esperienza. Si sfrutta principalmente la funzione `FindFit` di *Mathematica*.

`rappresentaGraficiGrezzi[nomeFile_String]`

La funzione importa i dati del sensore (e per questo dipende dal formato output del software) e rappresenta i grafici dell'elongazione, della velocità angolare e dell'accelerazione in funzione del tempo così come riportati dal software collegato all'interfaccia.

```
In[ ]:= rappresentaGraficiGrezzi ["01_am_d1.txt"]
```



`quaterneDati[nomeFile_String, deltaT_]`

Dopo aver assegnato il tempo zero al valore dell'ampiezza massima (traslazione temporale), eliminati i dati privi di significato e determinato lo zero dell'angolo (traslazione dell'angolo), fornisce in output i

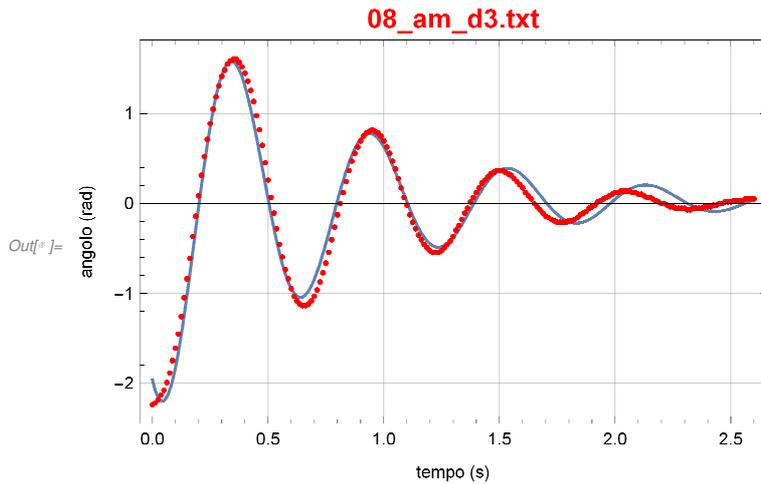
dati nel formato {tempo, angolo, velocità, accelerazione}.

```
In[ ]:= quaterneDati["04_am_d2.txt", 0.0125];
```

combinaDatiFunzioneExp[nomeFile_String, deltaT_]

La funzione seguente determina automaticamente (e cioè tramite la funzione `FindFit` di *Mathematica*) un fit di tipo esponenziale ai dati (tempo, angolo) e li rappresenta assieme alla funzione del fit.

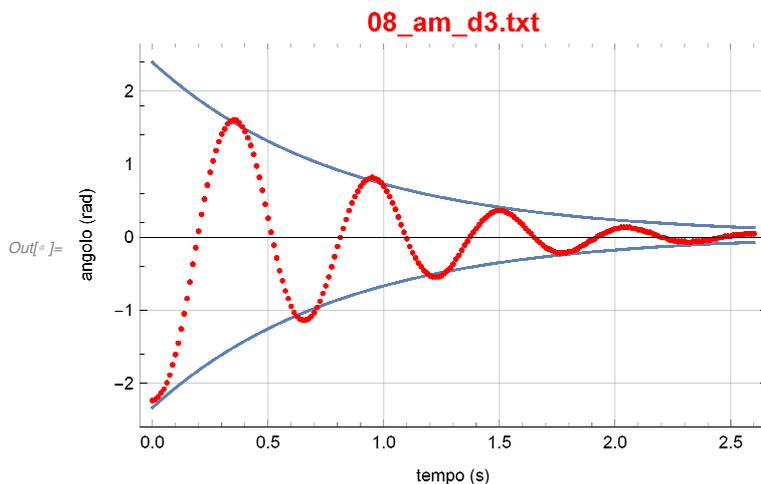
```
In[ ]:= combinaDatiFunzioneExp["08_am_d3.txt", 0.0125]
```



combinaDatiInviluppoExp[nomeFile_String, deltaT_]

Combina le coppie (tempo,angolo) con le due funzioni “involuppo” di tipo esponenziale.

```
In[ ]:= combinaDatiInviluppoExp["08_am_d3.txt", 0.0125]
```

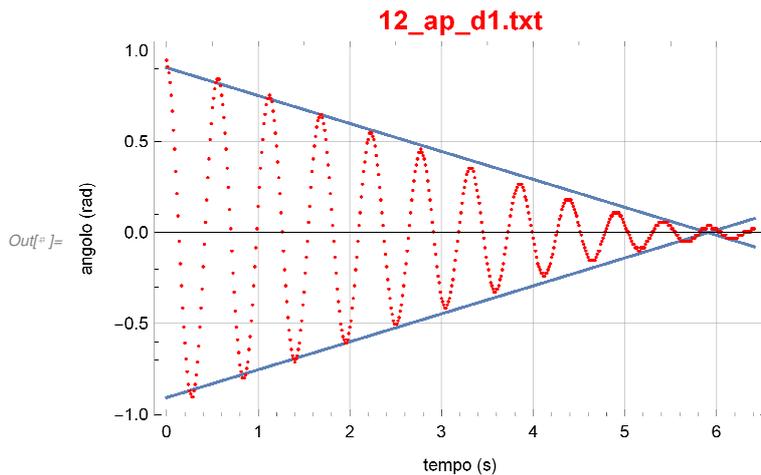


```
In[ ]:=
```

combinaDatiInviluppoLineare[nomeFile_String, deltaT_]

Combina le coppie (tempo,angolo) con le rette “involuppo” dei massimi e dei minimi. Tali rette sono determinate con un fit sui soli massimi.

```
In[*]:= combinaDatiInviluppoLineare ["12_ap_d1.txt", 0.0125]
```



parametri[nomeFile_String, attrito_String, deltaT_]

Fornisce i valori dei parametri coinvolti nelle funzioni “inviluppo”: se esponenziale nel formato (a,b,c,d,e) con $a \text{Exp}[-bx] \text{Sin}[c x+d] + e$, se lineare (a,b) con $ax+b$.

```
In[*]:= parametri["08_am_d3.txt", "viscoso", 0.0125]
```

```
Out[*]:= {2.36443, 1.22099, 10.5322, -8.424, 0.0312472}
```

```
In[*]:= parametri["12_ap_d1.txt", "radente", 0.0125]
```

```
Out[*]:= {-0.153409, 0.90628}
```

eqInviluppo[x_, nomeFile_String, attrito_String, deltaT_]

Riprende i parametri precedenti e li inserisce nell'equazione rappresentativa della funzione “inviluppo”

```
In[*]:= eqInviluppo[x, "08_am_d3.txt", "viscoso", 0.0125]
```

```
Out[*]:= 0.0312472 - 2.36443 e-1.22099 x Sin[8.424 - 10.5322 x]
```

```
In[*]:= eqInviluppo[x, "12_ap_d1.txt", "radente", 0.0125]
```

```
Out[*]:= 0.90628 - 0.153409 x
```

Analisi numerica

In questa seconda parte procediamo ad una analisi numerica “parallela” a quella presentata nel corrispondente foglio di calcolo. I risultati riproducono quanto già riportato nel foglio.

accelerazione[ang_, vel_, attrito_String, {coeffViscoso_, coeffRadente_, lunghezzaEff_}]

La funzione **accelerazione** calcola, a seconda del tipo di attrito prevalente (viscoso, radente, viscosoRadente), l'accelerazione in termini delle grandezze costanti e dei parametri che determinano l'attrito viscoso e/o radente e la lunghezza efficace del pendolo.

```
calcoloStep[{t_,  $\theta$ _,  $\omega$ _,  $\alpha$ _}, attrito_String, {deltaT_, coeffViscoso_,  
coeffRadente_, lunghezzaEff_}]
```

Sulla base dei valori di inizio intervallo calcola quelli finali del medesimo.

```
elaborazioneNumericaComplessiva[nomeFile_String, attrito_String, {deltaT_,  
coeffVis_, coeffRad_, lunghezzaEff_}]
```

Procede al calcolo numerico dell'angolo, della velocità angolare e della corrispondente accelerazione angolare e associa i valori calcolati a quelli sperimentali.

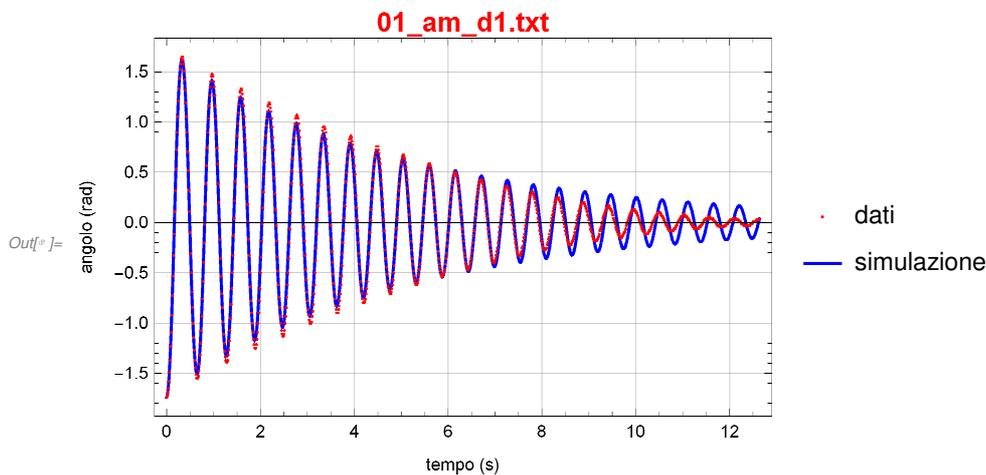
I valori numerici coincidono con quelli del corrispondente foglio di calcolo ma omettiamo, per la lunghezza, i risultati.

```
In[a]:= elaborazioneNumericaComplessiva["01_am_d1.txt", "viscoso", {0.0125, 0.37, 0, 0.0745}];  
elaborazioneNumericaComplessiva["04_am_d2.txt", "viscoso", {0.0125, 1.245, 0, 0.0743}];  
elaborazioneNumericaComplessiva["12_ap_d1.txt", "radente", {0.0125, 0, 2.8, 0.072}];  
elaborazioneNumericaComplessiva["16_ap_d3.txt", "radente", {0.0125, 0, 7, 0.076}];
```

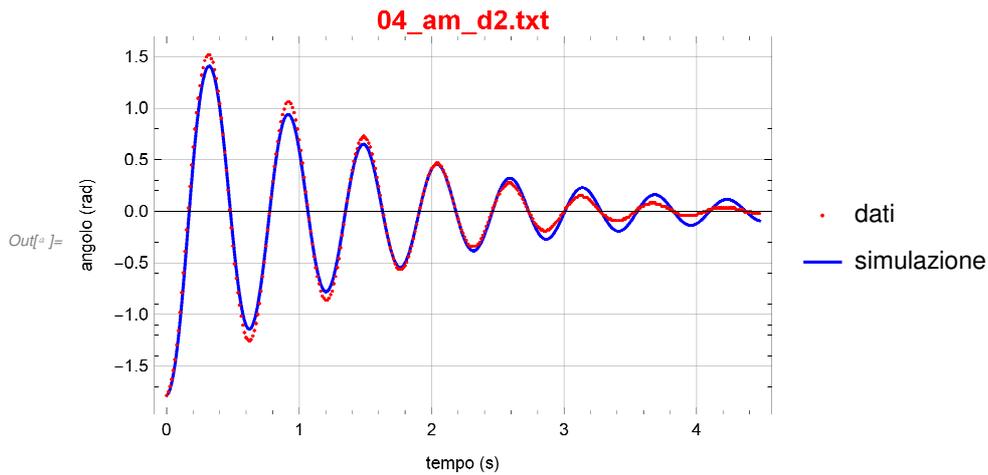
```
confrontoGrafico[nomeFile_String, attrito_String, {deltaT_, coeffVis_,  
coeffRad_, lunghezzaEff_}]
```

La funzione `confrontoGrafico` permette il confronto grafico tra i dati dell'elongazione sperimentale e quella dedotta dalla simulazione numerica. Pure qui i grafici coincidono con quelli del foglio di calcolo.

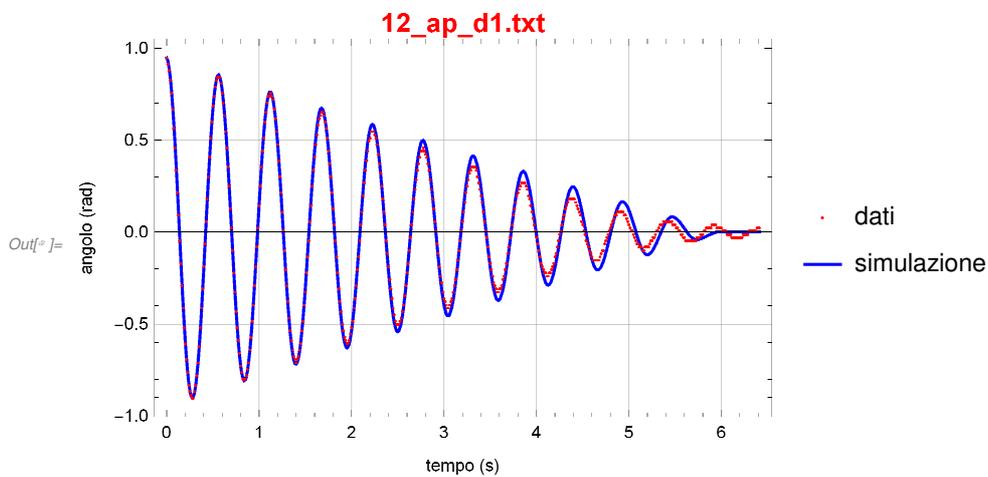
```
In[a]:= confrontoGrafico["01_am_d1.txt", "viscoso", {0.0125, 0.37, 0, 0.0745}]
```



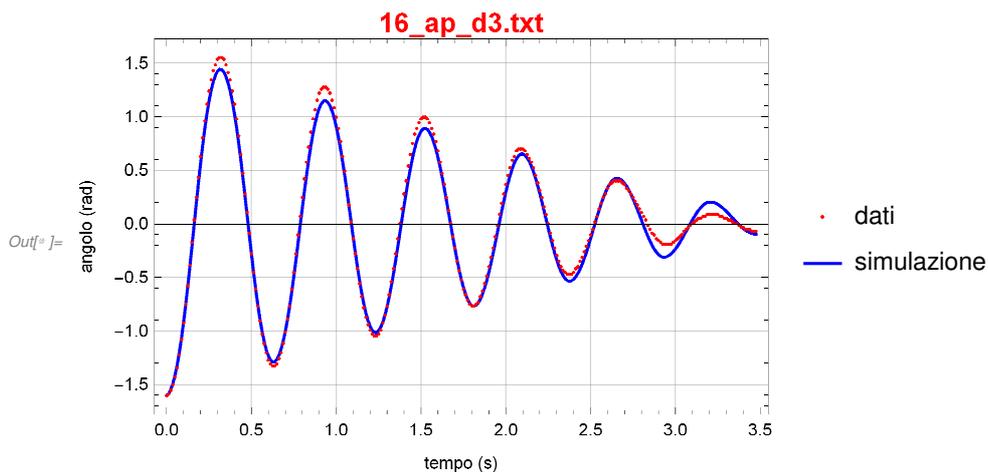
```
In[6]:= confrontoGrafico["04_am_d2.txt", "viscoso", {0.0125, 1.245, 0, 0.0743}]
```



```
In[7]:= confrontoGrafico["12_ap_d1.txt", "radente", {0.0125, 0, 2.8, 0.072}]
```



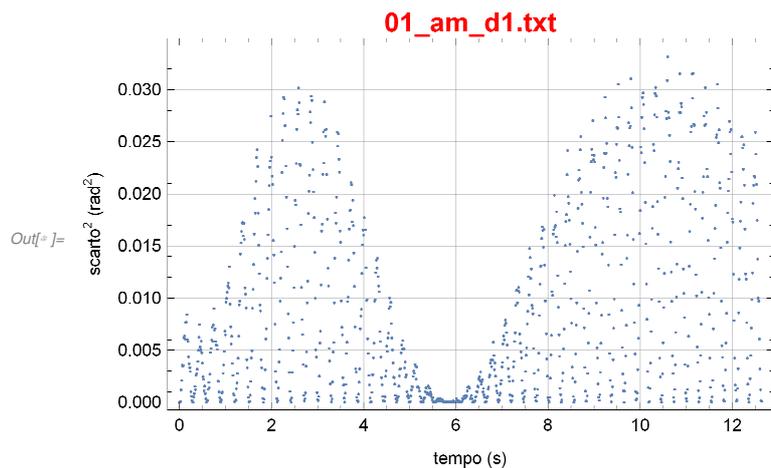
```
In[8]:= confrontoGrafico["16_ap_d3.txt", "radente", {0.0125, 0, 7, 0.076}]
```



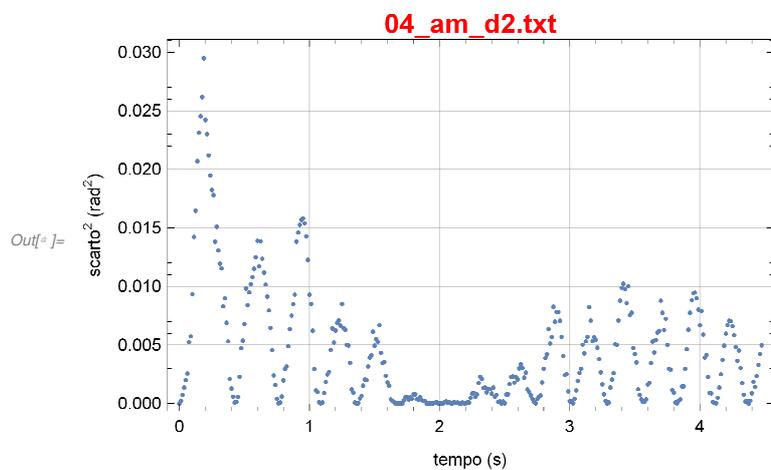
**graficoQuadratoScarti[nomeFile_String, attrito_String, {deltaT_, coeffVis_,
coeffRad_, lunghezzaEff_}]**

La funzione rappresenta il quadrato degli scarti in funzione del tempo ed evidenzia i punti di maggior o minor accordo con le misure.

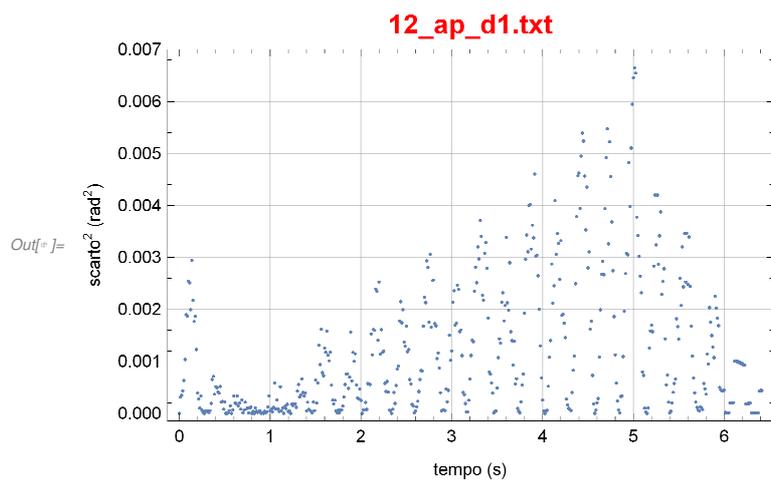
```
In[e]:= graficoQuadratoScarti["01_am_d1.txt", "viscoso", {0.0125, 0.37, 0, 0.0745}]
```



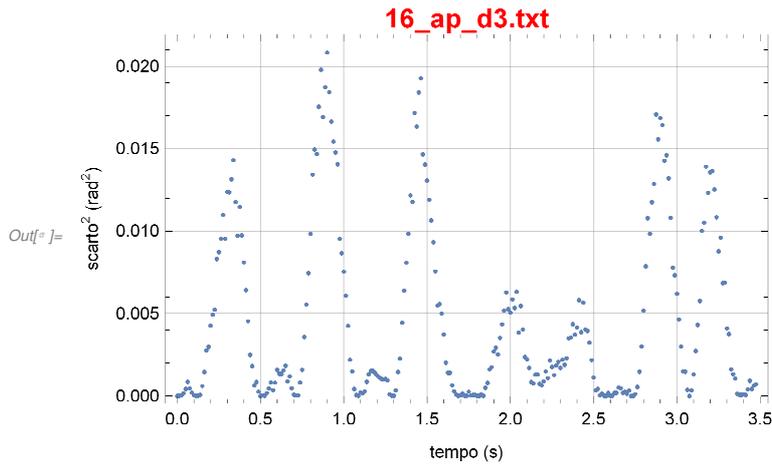
```
In[e]:= graficoQuadratoScarti["04_am_d2.txt", "viscoso", {0.0125, 1.245, 0, 0.0743}]
```



```
In[e]:= graficoQuadratoScarti["12_ap_d1.txt", "radente", {0.0125, 0, 2.8, 0.072}]
```



```
In[ ]:= graficoQuadratoScarti["16_ap_d3.txt", "radente", {0.0125, 0, 7, 0.076}]
```



```
sommaQuadratoScarti[nomeFile_String, attrito_String, {deltaT_, coeffVis_,  
coeffRad_, lunghezzaEff_}]
```

La funzione calcola la somma dei quadrati degli scarti tra i valori angolari sperimentali e quelli calcolati.

```
In[ ]:= sommaQuadratoScarti["01_am_d1.txt", "viscoso", {0.0125, 0.37, 0, 0.0745}]
```

```
Out[ ]:= {01_am_d1.txt, 9.05604}
```

```
In[ ]:= sommaQuadratoScarti["04_am_d2.txt", "viscoso", {0.0125, 1.245, 0, 0.0743}]
```

```
Out[ ]:= {04_am_d2.txt, 1.5483}
```

```
In[ ]:= sommaQuadratoScarti["12_ap_d1.txt", "radente", {0.0125, 0, 2.8, 0.072}]
```

```
Out[ ]:= {12_ap_d1.txt, 0.620837}
```

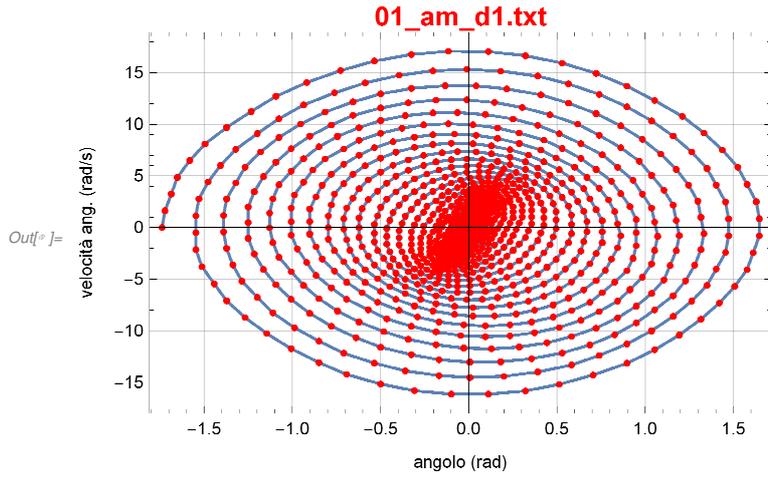
```
In[ ]:= sommaQuadratoScarti["16_ap_d3.txt", "radente", {0.0125, 0, 7, 0.076}]
```

```
Out[ ]:= {16_ap_d3.txt, 1.27143}
```

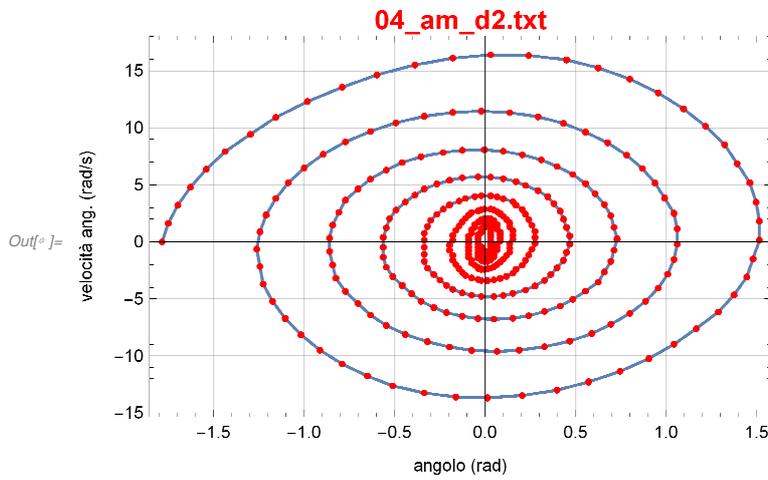
```
graficoSpazioFasi[nomeFile_String, attrito_String, {deltaT_, coeffVis_,  
coeffRad_, lunghezzaEff_}]
```

Rappresenta le coppie (angolo, velocità) nello spazio delle fasi.

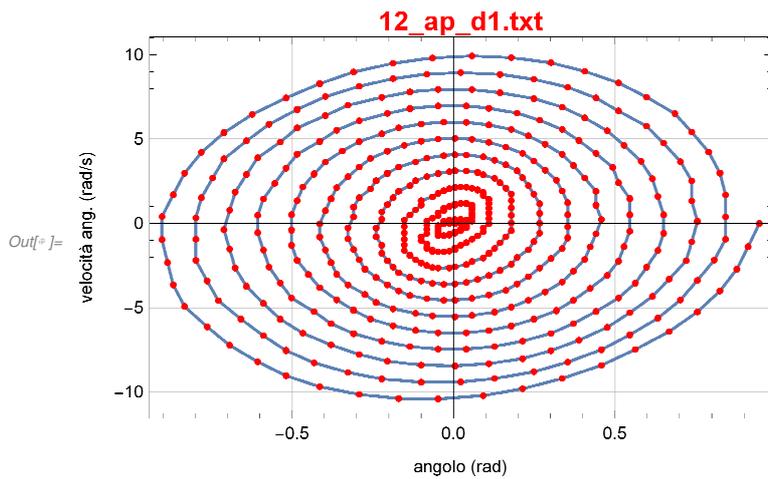
```
In[*]:= graficoSpazioFasi["01_am_d1.txt", "viscoso", {0.0125, 0.37, 0, 0.0745}]
```



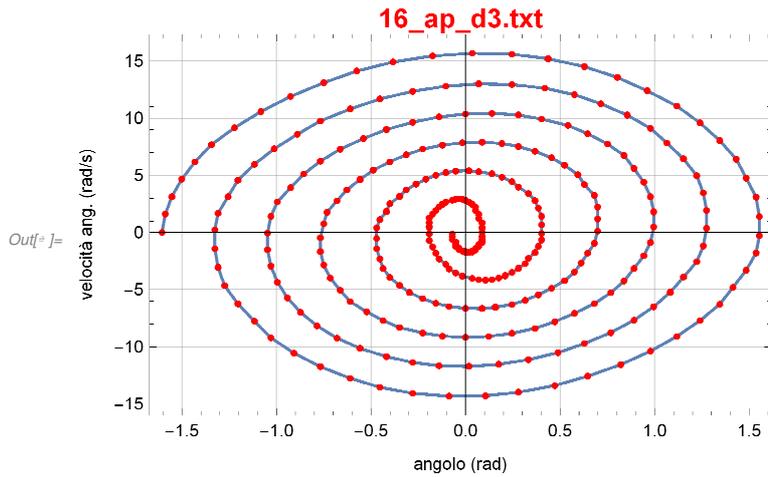
```
In[*]:= graficoSpazioFasi["04_am_d2.txt", "viscoso", {0.0125, 1.245, 0, 0.0743}]
```



```
In[*]:= graficoSpazioFasi["12_ap_d1.txt", "radente", {0.0125, 0, 2.8, 0.072}]
```



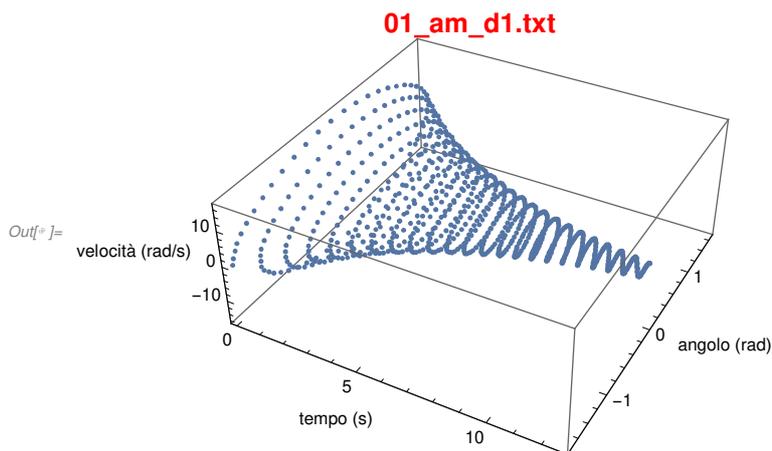
```
In[ ]:= graficoSpazioFasi["16_ap_d3.txt", "radente", {0.0125, 0, 7, 0.076}]
```



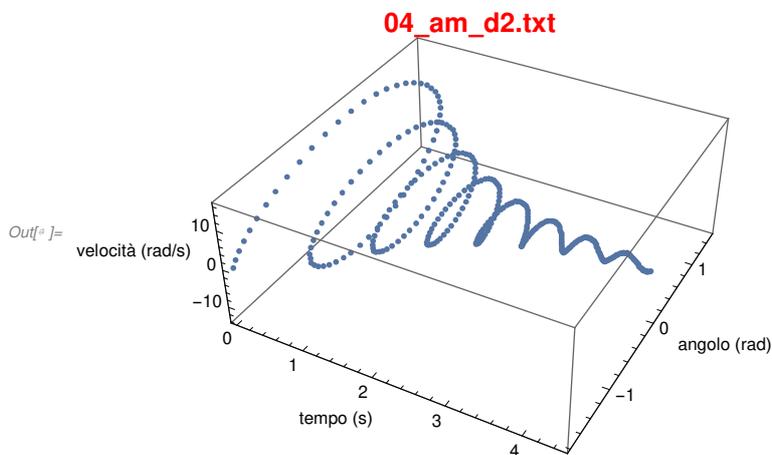
```
graficoSpazioFasi3D[nomeFile_String, attrito_String, {deltaT_, coeffVis_,  
coeffRad_, lunghezzaEff_}]
```

Rappresenta le terne (tempo, angolo, velocità) nello spazio tridimensionale delle fasi.

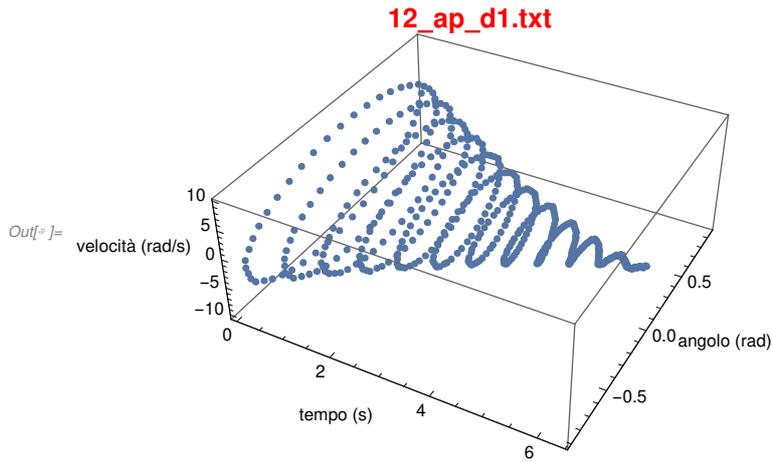
```
In[ ]:= graficoSpazioFasi3D["01_am_d1.txt", "viscoso", {0.0125, 0.37, 0, 0.0745}]
```



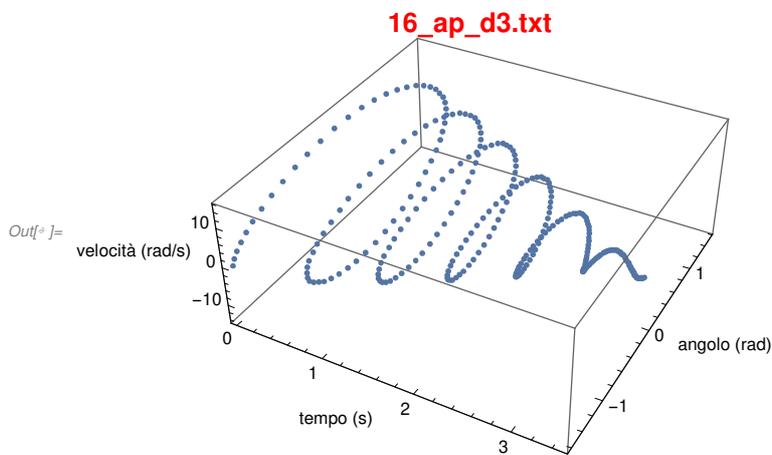
```
In[ ]:= graficoSpazioFasi3D["04_am_d2.txt", "viscoso", {0.0125, 1.245, 0, 0.0743}]
```



```
In[ ]:= graficoSpazioFasi3D["12_ap_d1.txt", "radente", {0.0125, 0, 2.8, 0.072}]
```



```
In[ ]:= graficoSpazioFasi3D["16_ap_d3.txt", "radente", {0.0125, 0, 7, 0.076}]
```



Riportiamo infine sullo stesso piano l'andamento dell'elongazione e della corrispondente velocità angolare per la prova "16_ap_d3.txt": come aspettato, in prossimità degli istanti dove l'elongazione è nulla, la velocità angolare è, in valore assoluto, massima e viceversa, l'elongazione è massima quando la velocità è nulla.

Angolo e velocità ang. (16_ap_d3.txt)

