

Corso di macchine



INTRODUZIONE AL SOFTWARE DI CALCOLO EES

Prof. Rodolfo Taccani

Ing. Chiara Dall'Armi

A.A. 2021-22



Software Engineering Equation Solver (EES)

Regole e comandi base:

- 1) NON c'è distinzione tra lettere maiuscole e minuscole
- 2) Si possono inserire spazi e saltare righe
- 3) Commenti: "commenti che poi appaiono nella finestra con le equazioni formattate", {commenti che non compaiono nella finestra delle eq. formattate}
- 4) variabili di tipo array hanno l'indice tra parentesi quadre: es. x[1], x[2], ..., x[j]
- 5) I nomi delle variabili NON possono contenere $()^*/+^{-}\{\}$
- 6) **È un solutore simultaneo: L'ORDINE DI SCRITTURA DELLE EQUAZIONI NON HA IMPORTANZA**



Software Engineering Equation Solver (EES)

EES Commercial Version: - [Equations Window]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help Examples

Equation window: è la finestra che appare all'apertura del software; è qui che posso scrivere le equazioni

Tasto per tornare all'equations window



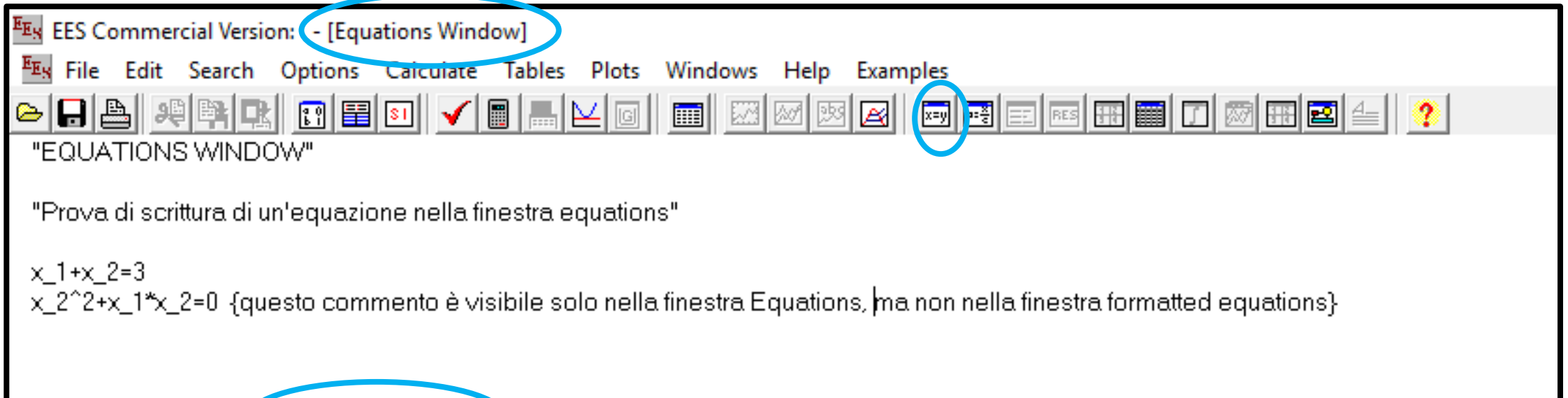
Software Engineering Equation Solver (EES)

EES Commercial Version: - [Equations Window]
File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help Examples

Per risolvere il sistema di equazioni:
Calculate → solve
Oppure tasto con calcolatrice
Oppure F2



Software Engineering Equation Solver (EES)



EES Commercial Version: - [Equations Window]

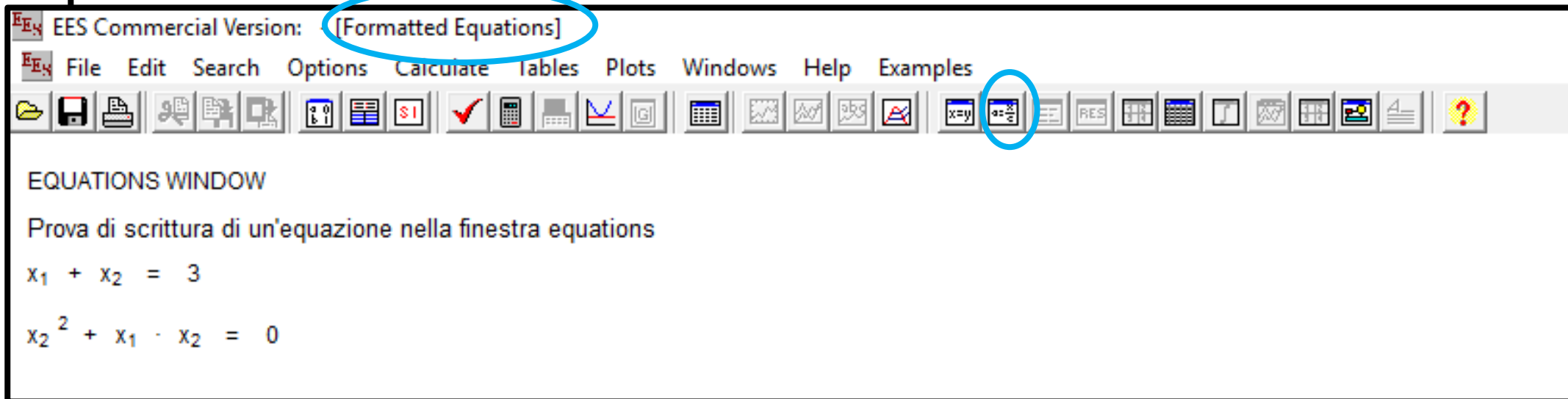
File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help Examples

"EQUATIONS WINDOW"

"Prova di scrittura di un'equazione nella finestra equations"

$x_1 + x_2 = 3$
 $x_2^2 + x_1 \cdot x_2 = 0$ {questo commento è visibile solo nella finestra Equations, ma non nella finestra formatted equations}

Detailed description: This screenshot shows the 'Equations Window' in EES. The title bar reads 'EES Commercial Version: - [Equations Window]'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Search', 'Options', 'Calculate', 'Tables', 'Plots', 'Windows', 'Help', and 'Examples'. The toolbar contains various icons, with the 'x=y' icon circled in blue. The main text area contains the title 'EQUATIONS WINDOW', a prompt in Italian, and two equations: $x_1 + x_2 = 3$ and $x_2^2 + x_1 \cdot x_2 = 0$. A comment in curly braces follows the second equation.



EES Commercial Version: [Formatted Equations]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help Examples

EQUATIONS WINDOW

Prova di scrittura di un'equazione nella finestra equations

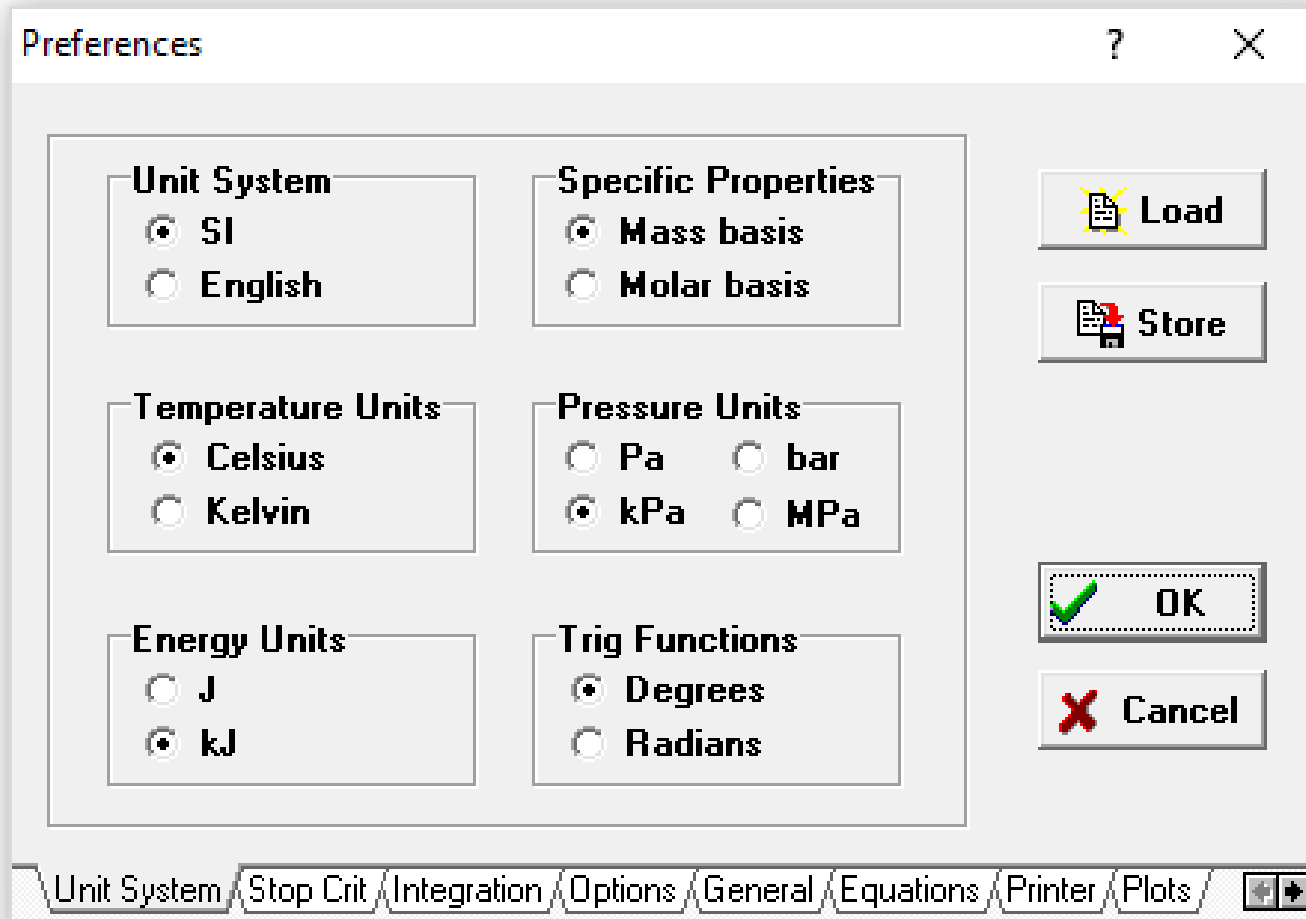
$x_1 + x_2 = 3$
 $x_2^2 + x_1 \cdot x_2 = 0$

Detailed description: This screenshot shows the 'Formatted Equations Window' in EES. The title bar reads 'EES Commercial Version: [Formatted Equations]'. The menu bar is identical to the previous window. The toolbar is also identical, with the 'a=b/c' icon circled in blue. The main text area shows the same equations as the previous window, but they are formatted: $x_1 + x_2 = 3$ and $x_2^2 + x_1 \cdot x_2 = 0$. The comment is not visible.



Software Engineering Equation Solver (EES)

Prima di iniziare: impostare sistema delle unità di misura

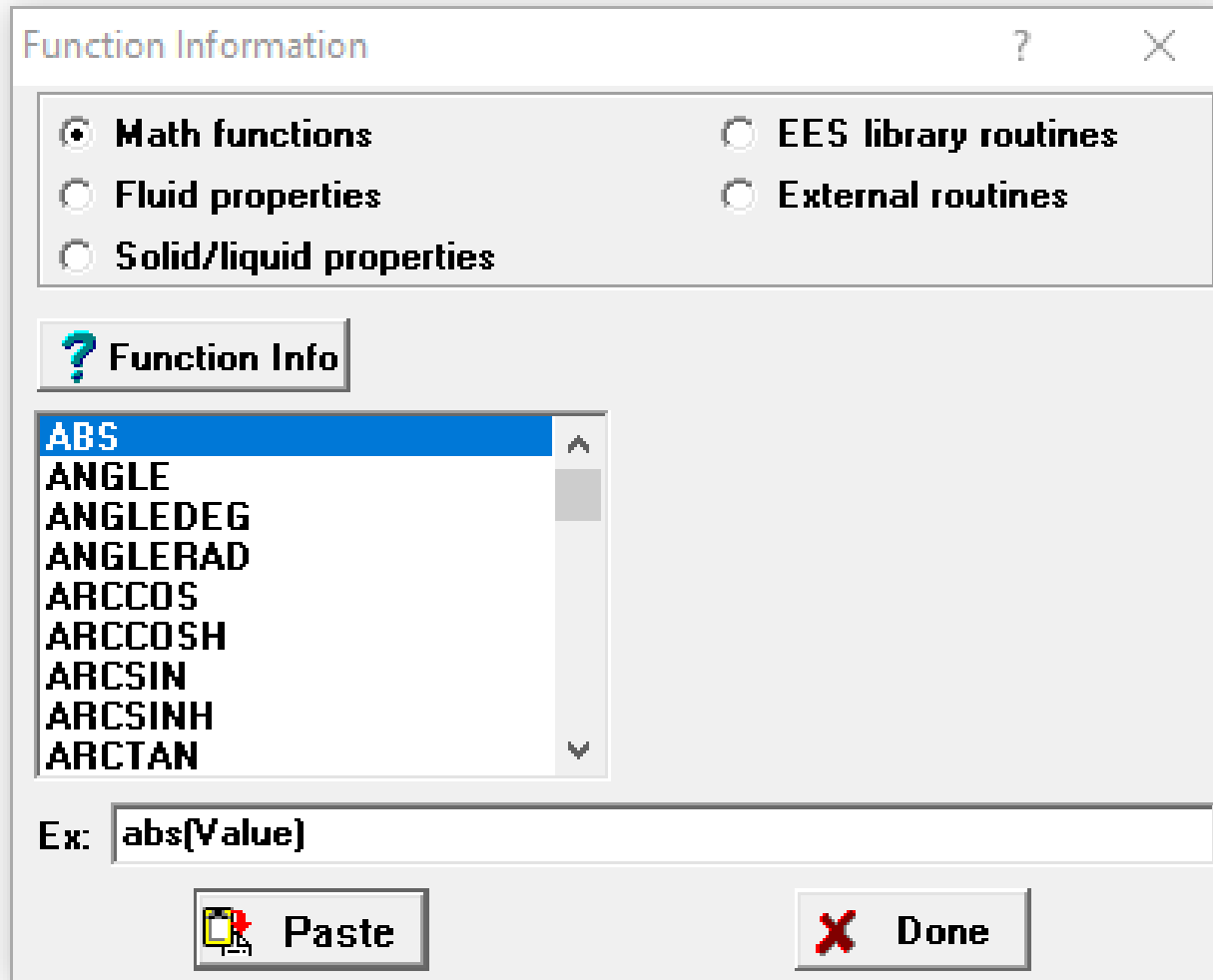


Options → unit system



Software Engineering Equation Solver (EES)

Per avere informazioni sulla sintassi delle funzioni:

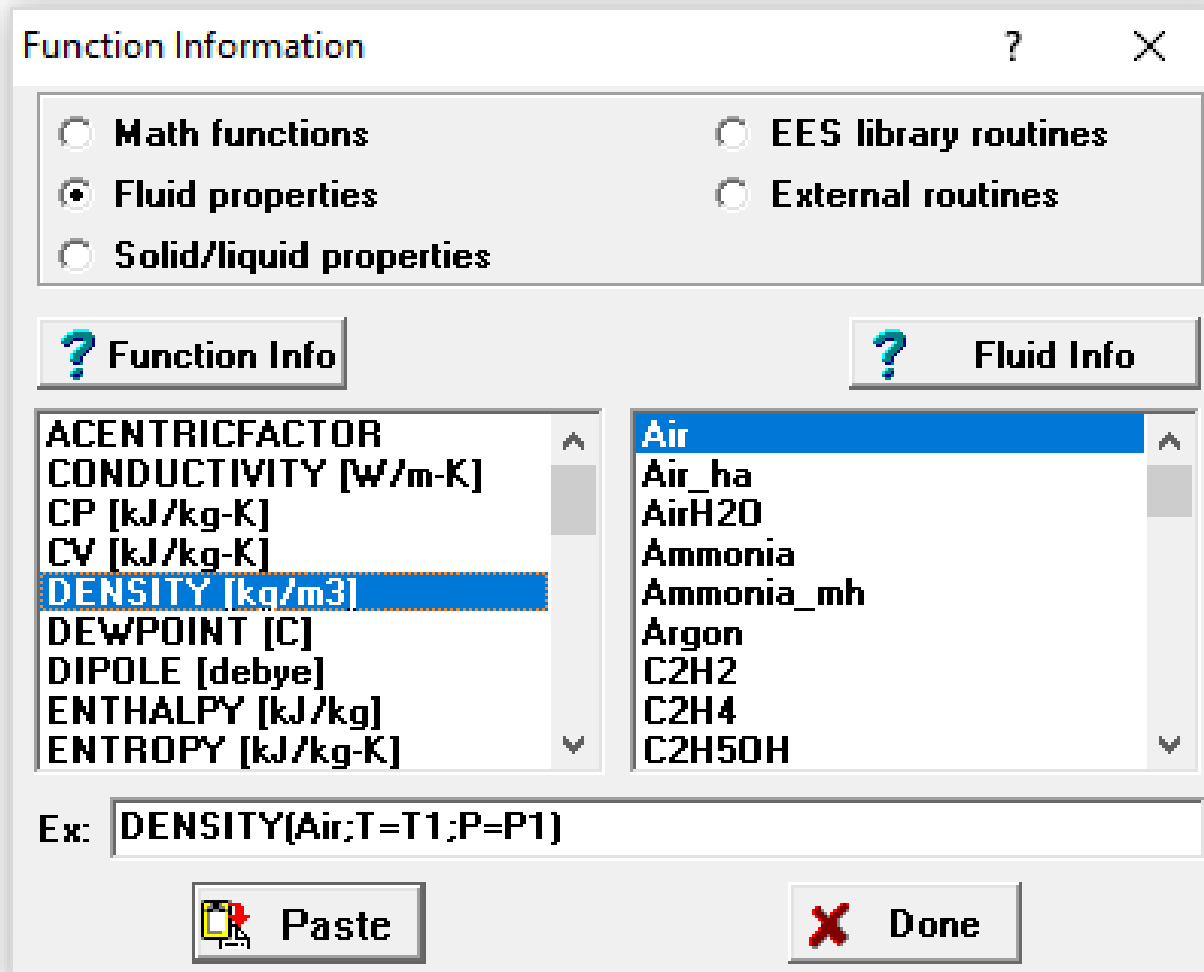


Options → Function info



Software Engineering Equation Solver (EES)

Per avere informazioni sulla sintassi delle funzioni:



Options → Function info

- Lista delle proprietà fisiche e termodinamiche che possono essere calcolate
- Lista delle sostanze presenti nella libreria



Esercizio 1: calcolo di proprietà fisiche e termodinamiche

1. Calcolare la densità (kg/m^3) dell'acqua alla pressione di 1 bar ed alla temperatura di 25°C .
2. Calcolare la densità (kg/m^3) dell'idrogeno alla pressione di 1 bar e temperatura di 25°C .
3. Calcolare la densità (kg/m^3) dell'idrogeno alla pressione di 1 bar e alla temperatura di -253°C .
4. Calcolare l'entalpia dell'ammoniaca alla pressione di 5 bar e alla temperatura di 7°C .
5. Determinare la temperatura ($^\circ\text{C}$) alla quale il fluido refrigerante R134a alla pressione di 1 MPa presenta un'entalpia pari a 38.6 kJ/kg .



Esercizio 1: soluzioni

1. Calcolare la densità (kg/m^3) dell'acqua alla pressione di 1 bar ed alla temperatura di 25°C . [$\rho = 997 \text{ kg/m}^3$]
2. Calcolare la densità (kg/m^3) dell'idrogeno alla pressione di 1 bar e temperatura di 25°C . [$\rho = 0.081 \text{ kg/m}^3$]
3. Calcolare la densità (kg/m^3) dell'idrogeno alla pressione di 1 bar e alla temperatura di -253°C . [$\rho = 71.1 \text{ kg/m}^3$]
4. Calcolare l'entalpia dell'ammoniaca alla pressione di 5 bar e alla temperatura di 7°C . [$h = 1474 \text{ kJ/kg}$]
5. Determinare la temperatura ($^\circ\text{C}$) alla quale il fluido refrigerante R134a alla pressione di 1 MPa presenta un'entalpia pari a 38.6 kJ/kg . [$T = -10.1^\circ\text{C}$]



Software Engineering Equation Solver (EES)

Options → variable info

Variable Information

Show array variables
 Show string variables

| Variable | Guess | Lower | Upper | Display | Units |
|----------|-------|-----------|----------|--------------|-------|
| cp_w | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| eta_ll | 1 | -infinity | infinity | A 3 <u>U</u> | |
| eta_ise | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| eta_isp | | -infinity | infinity | A 3 N | |
| eta_th | | -infinity | infinity | A 3 <u>U</u> | |
| Ex[1] | | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[2] | | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[3] | | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[4] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[5] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[6] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| ex_ch[1] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| ex_ch[2] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| ex_ch[3] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| ex_ch[4] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |

Di default pari a 1; può essere utile modificare



Software Engineering Equation Solver (EES)

Options → variable info

Variable Information

Show array variables
 Show string variables

| Variable | Guess | Lower | Upper | Display | Units |
|----------|-------|-----------|----------|--------------|-------|
| cp_w | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| eta_ll | 1 | -infinity | infinity | A 3 <u>U</u> | |
| eta_ise | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| eta_isp | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| eta_th | 1 | -infinity | infinity | A 3 <u>U</u> | |
| Ex[1] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[2] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[3] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[4] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[5] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[6] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| ex_ch[1] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| ex_ch[2] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| ex_ch[3] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| ex_ch[4] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |

Di default limiti di + infinito e - infinito



Software Engineering Equation Solver (EES)

Options → variable info

Variable Information

Show array variables
 Show string variables

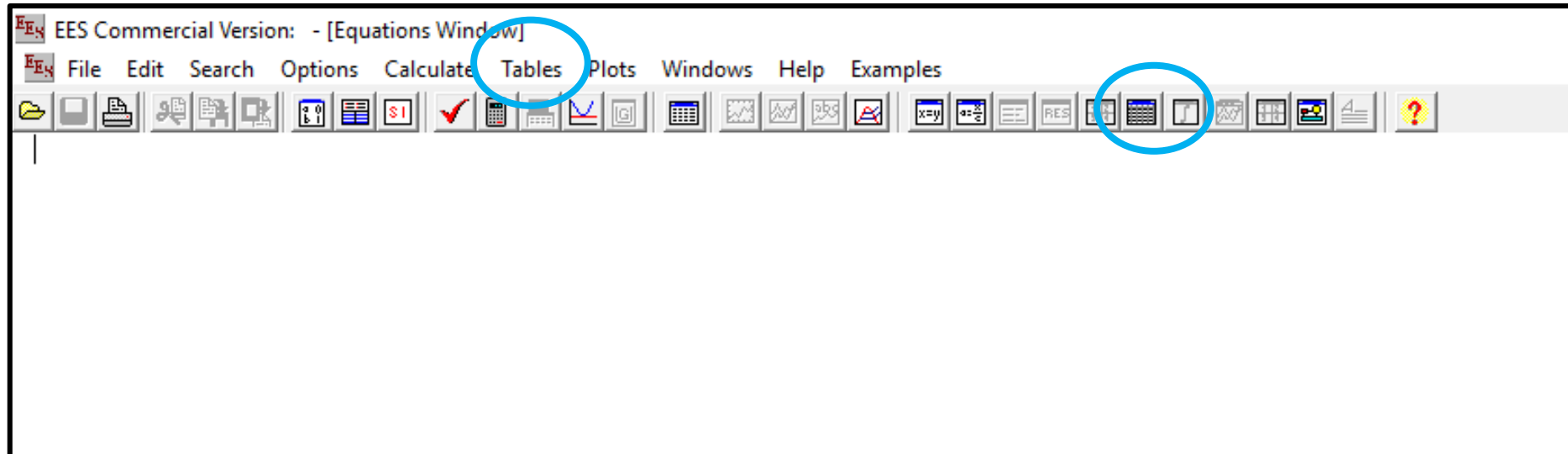
| Variable | Guess | Lower | Upper | Display | Units |
|----------|-------|-----------|----------|--------------|-------|
| cp_w | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| eta_ll | 1 | -infinity | infinity | A 3 <u>U</u> | |
| eta_ise | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| eta_isp | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| eta_th | 1 | -infinity | infinity | A 3 <u>U</u> | |
| Ex[1] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[2] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[3] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[4] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[5] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| Ex[6] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| ex_ch[1] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| ex_ch[2] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| ex_ch[3] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |
| ex_ch[4] | 1 | -infinity | infinity | A 3 N | |

Display:
A = automatico
E = esponenziale
N = nessuna
formattazione in
risultati
U = verrà sottolineata
nella fin. Solution
3 = numero di cifre
dopo la virgola



Software Engineering Equation Solver (EES)

Per analizzare andamento di una funzione al variare di una variabile si può usare la **Parametric table**



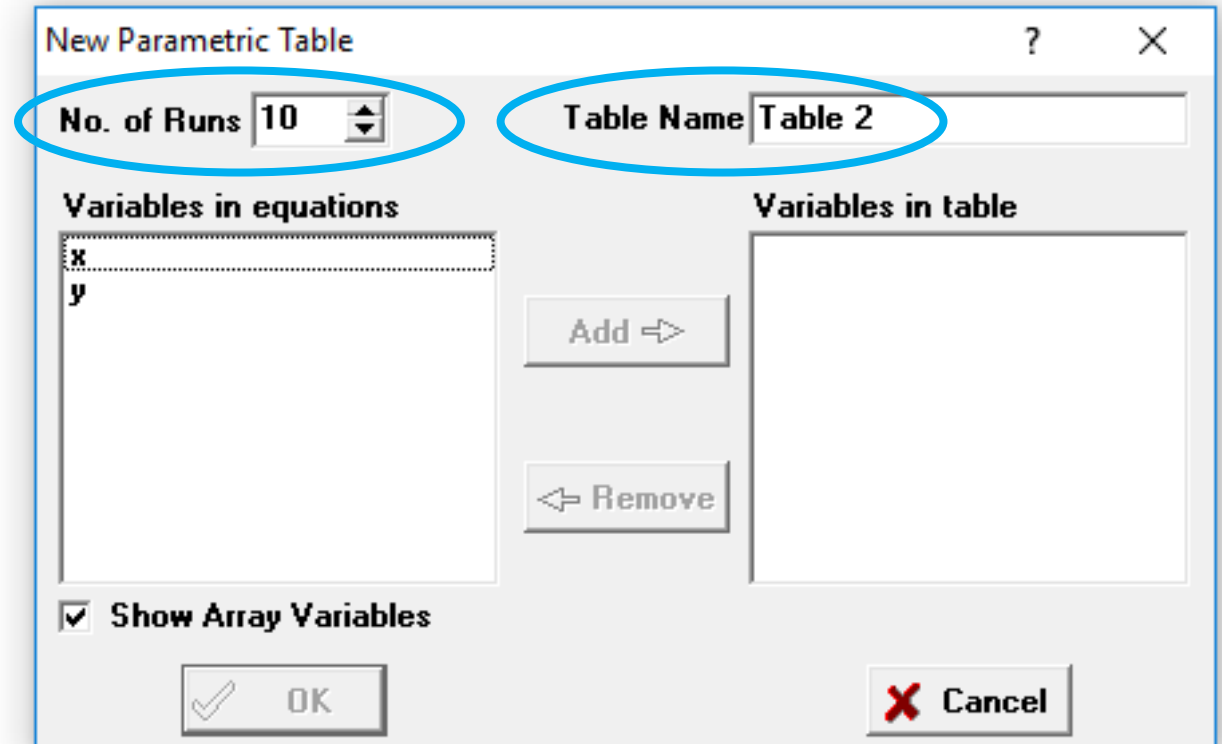
Tables → new parametric table



Esercizio 2: esempio di utilizzo di una parametric table

Si consideri l'equazione $y = \sin(x)$.
Valutare i valori di y per $0^\circ \leq x \leq 359$
su due diverse parametric table:

- Parametric table nominata "Funzione seno 1" con 10 elementi
- Parametric table nominata "Funzione seno 2" con 150 elementi





Esercizio 2: esempio di utilizzo di una parametric table

Si consideri l'equazione $y = \sin(x)$.
Valutare i valori di y per $0^\circ \leq x \leq 359$
su due diverse parametric table:

- Parametric table nominata "Funzione seno 1" con 10 elementi
- Parametric table nominata "Funzione seno 2" con 150 elementi

The screenshot shows the EES Commercial Version interface. A table titled "Table 2 Funzione seno 1" is visible, with columns for "x" and "y". The table has 10 rows labeled "Run 1" through "Run 10". A blue circle highlights the column header "x", and a blue arrow points from it to a dialog box titled "x: Column 1".

The dialog box "x: Column 1" contains the following settings:

- First Row: 1
- Last Row: 10
- Clear Values:
- Set Values:
- First Value:
- Last value:
- Repeat pattern every: 10 rows
- OK:
- Cancel:



Esercizio 2: esempio di utilizzo di una parametric table

Si consideri l'equazione $y = \sin(x)$.
Valutare i valori di y per $0^\circ \leq x \leq 359$
su due diverse parametric table:

- Parametric table nominata "Funzione seno 1" con 10 elementi
- Parametric table nominata "Funzione seno 2" con 150 elementi

| | 1 | 2 |
|--------|-------|---|
| | x | y |
| Run 1 | 0 | |
| Run 2 | 39,89 | |
| Run 3 | 79,78 | |
| Run 4 | 119,7 | |
| Run 5 | 159,6 | |
| Run 6 | 199,4 | |
| Run 7 | 239,3 | |
| Run 8 | 279,2 | |
| Run 9 | 319,1 | |
| Run 10 | 359 | |



Esercizio 2: esempio di utilizzo di una parametric table

Si consideri l'equazione $y = \sin(x)$.
Valutare i valori di y per $0^\circ \leq x \leq 359$
su due diverse parametric table:

- Parametric table nominata "Funzione seno 1" con 10 elementi
- Parametric table nominata "Funzione seno 2" con 150 elementi

EES Commercial Version: C:\Users\263938\Documents\Corsi\Impiego industriale dell'energia\Esercitazi...

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help Examples

Table 2 Funzione seno 1

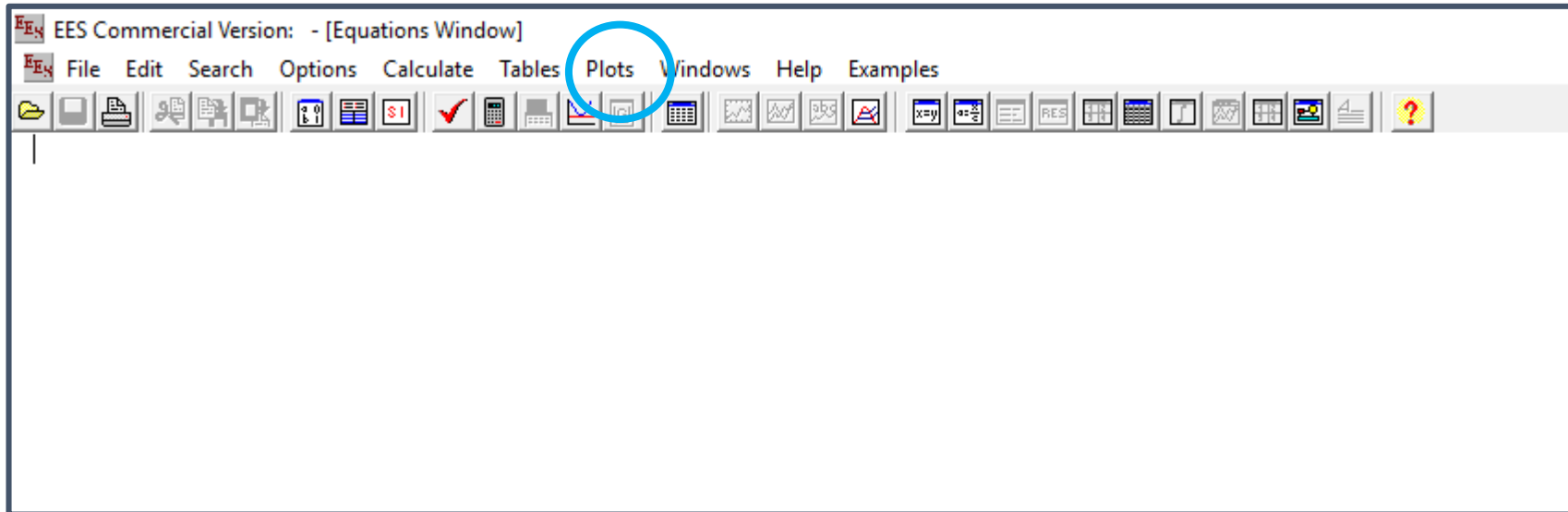
| | 1 x | 2 y |
|--------|-------|-----|
| 1..10 | | |
| Run 1 | 0 | |
| Run 2 | 39,89 | |
| Run 3 | 79,78 | |
| Run 4 | 119,7 | |
| Run 5 | 159,6 | |
| Run 6 | 199,4 | |
| Run 7 | 239,3 | |
| Run 8 | 279,2 | |
| Run 9 | 319,1 | |
| Run 10 | 359 | |

SALVARE E MANTENERE IL FILE APERTO



Software Engineering Equation Solver (EES)

EES consente di tracciare grafici di **funzioni** matematiche e di **proprietà termodinamiche**



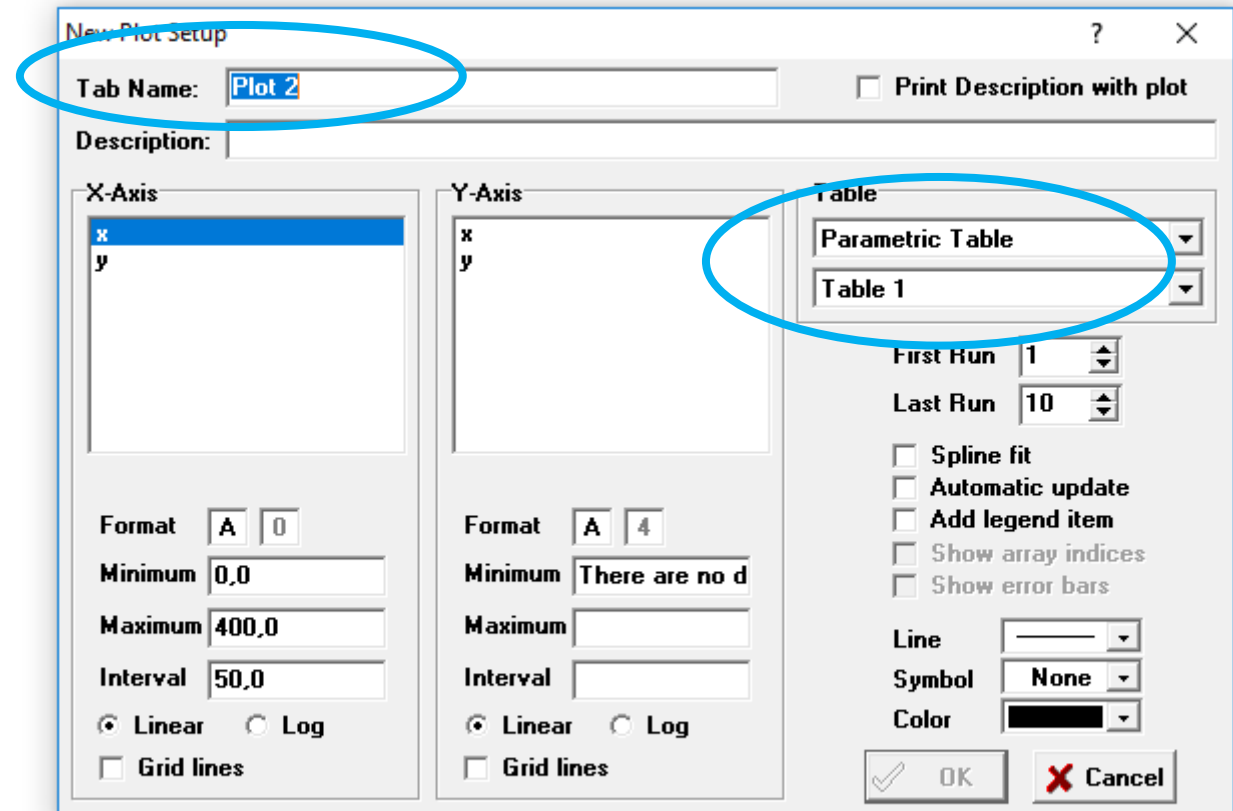
Plots → new plot window → tipo di grafico che si vuole tracciare



Esercizio 3: esempio di un grafico x-y a partire da parametric table

Si consideri l'equazione $y = \sin(x)$ e le parametric table tracciate nell'esercizio 2.

- Tracciare un grafico x-y a partire dalla parametric table "Funzione seno 1" con 10 elementi; nominare il grafico "grafico xy 1"
- Tracciare un grafico x-y dalla parametric table "Funzione seno 2" con 150 elementi; nominare il grafico "grafico xy 2"

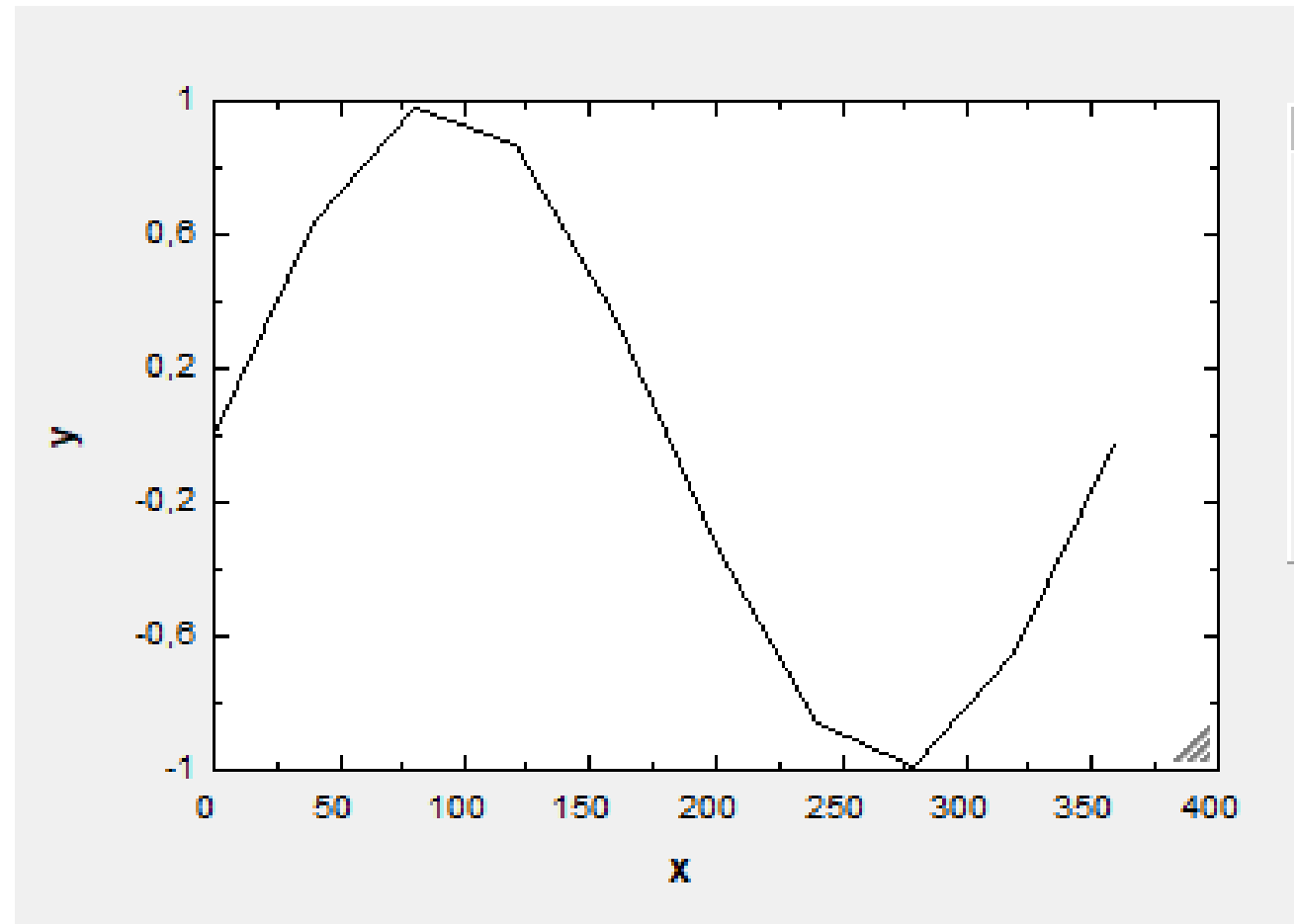




Esercizio 3: esempio di un grafico x-y a partire da parametric table

Si consideri l'equazione $y = \sin(x)$ e le parametric table tracciate nell'esercizio 2.

- Tracciare un grafico x-y a partire dalla parametric table "Funzione seno 1" con 10 elementi; nominare il grafico "Grafico xy 1"
- Tracciare un grafico x-y dalla parametric table "Funzione seno 2" con 150 elementi; nominare il grafico "Grafico xy 2"



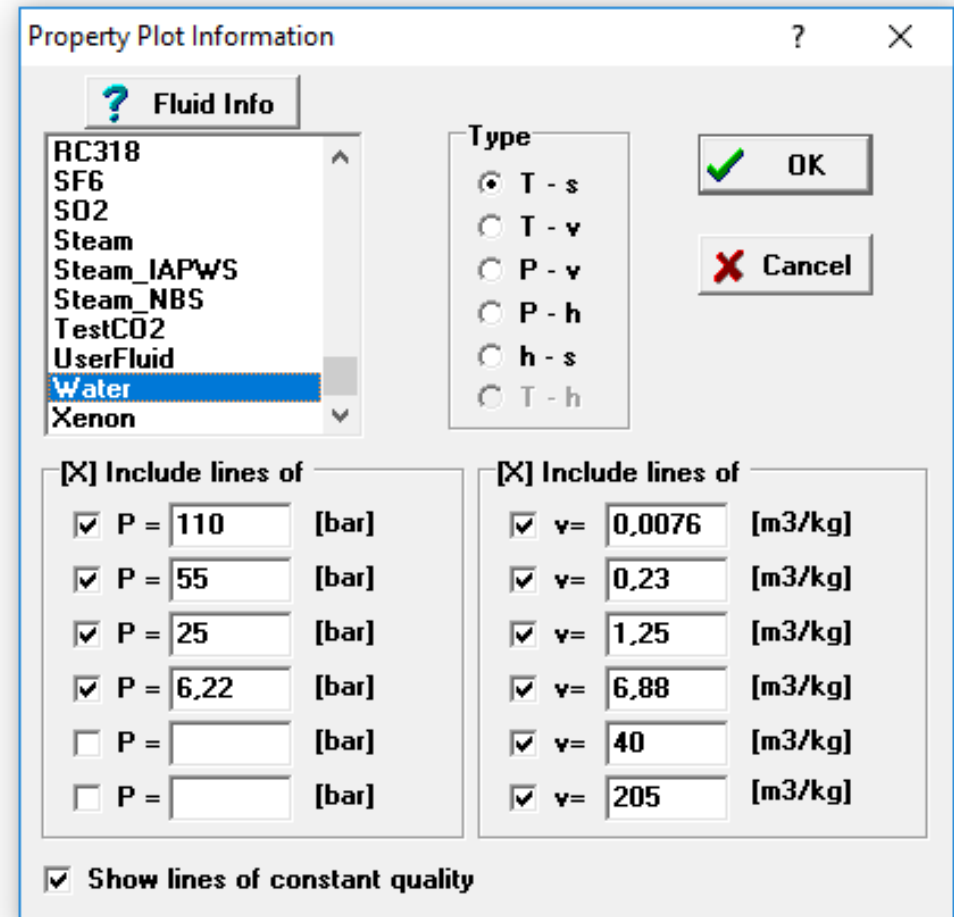


Esercizio 4: diagrammi di stato (*property plot*)

EES consente di tracciare i diagrammi di stato di diverse sostanze e di individuare in essi punti termodinamici calcolati nel sistema di equazioni.

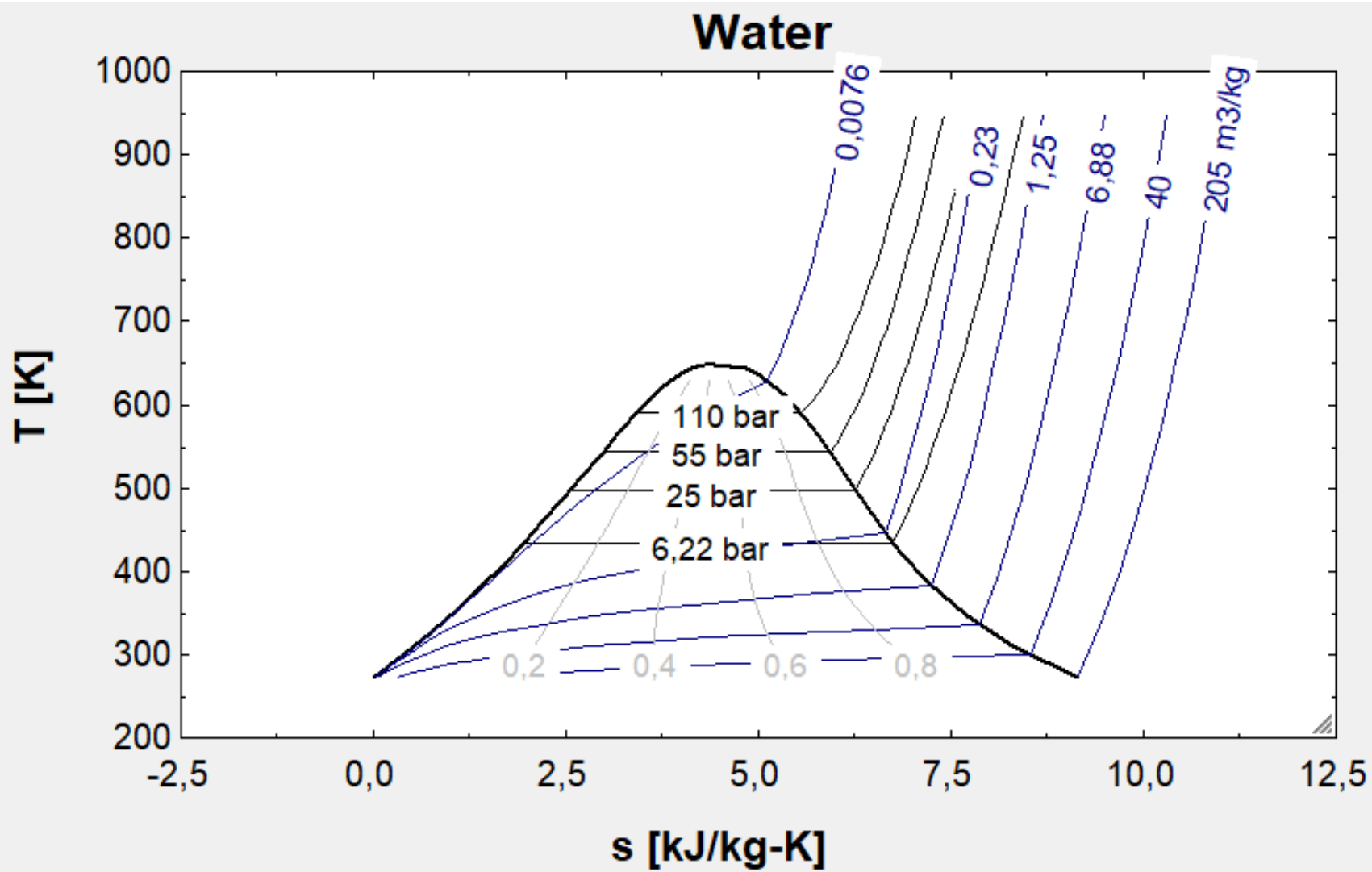
Plots → property plot

Si tracci ad esempio il diagramma T-s dell'acqua.





Esercizio 4: diagrammi di stato (*property plot*)



Con il comando *overlay plot* si possono includere nel grafico i punti specifici calcolati nella finestra *equations*



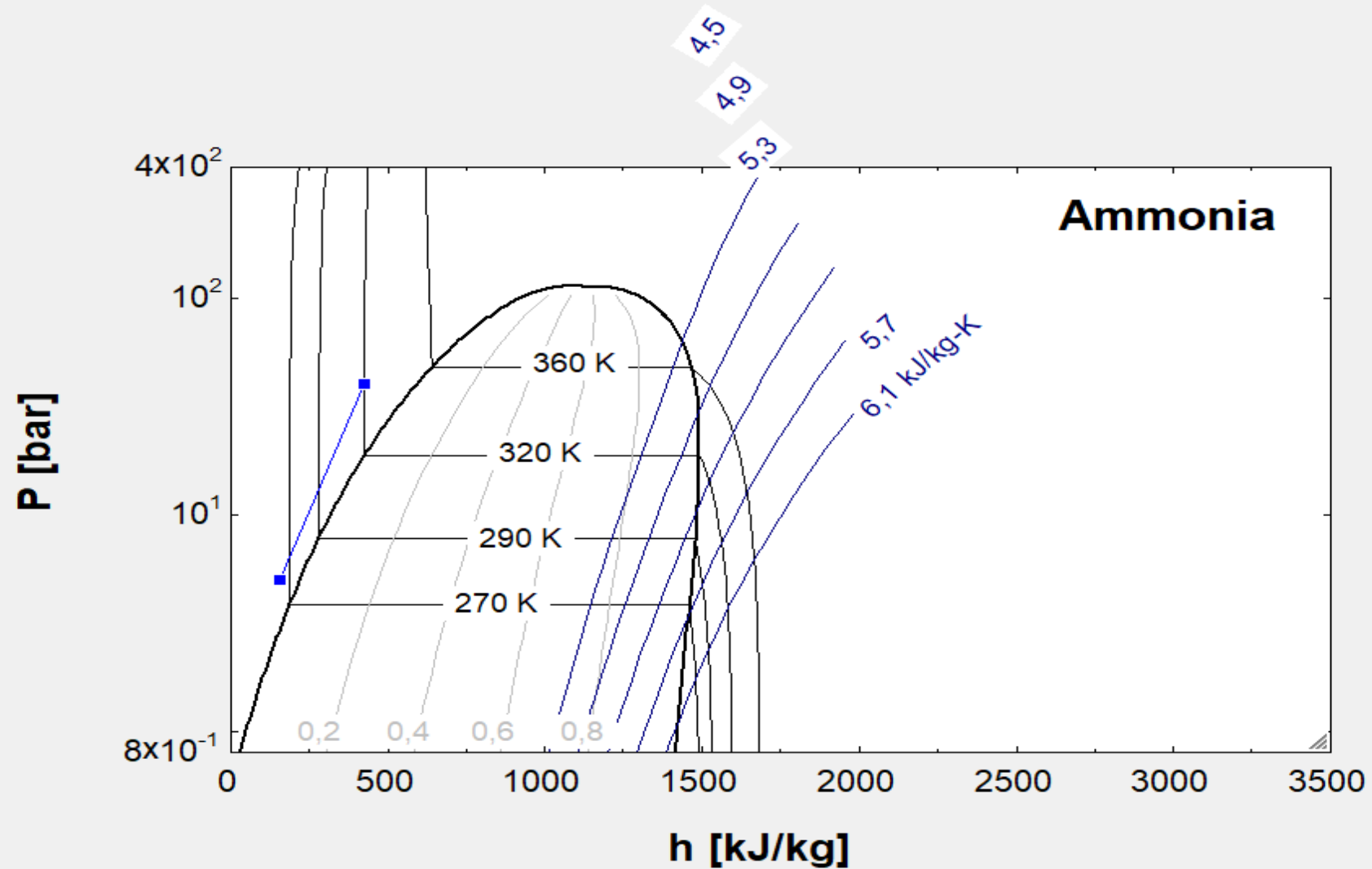
Esercizio 5: diagrammi di stato (*property plot*)

Tracciare il diagramma p-h dell'ammoniaca. Impostare come valori limite di pressione ed entalpia sugli assi 0.8÷400 bar e 0÷3500 kJ/kg rispettivamente.

Determinare l'entalpia dell'ammoniaca nei punti 1 e 2 così definiti:

- **punto 1:** $p=5$ bar; $T=-10^{\circ}\text{C}$;
- **punto 2:** $p=40$ bar; $T_2=320\text{K}$;

Riportare i punti 1 e 2 sul diagramma p-h.

Esercizio 5: diagrammi di stato (*property plot*)



Software Engineering Equation Solver (EES)



chiara.dall'armi@phd.units.it