www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

به نام خدا

آشنایی با برنامه EES

EES چیست؟

EES مخفف Engineering Equation Solver است. ساده‌ترین قابلیت EES حل دستگاه معادلات جبری (شامل معادلات غیر خطی) است. همچنین EES می‌تواند معادلات دیفرانسیل و معادلات مختلط را حل کند، محاسبات بهینه‌سازی، رگرسیون خطی و غیرخطی، رسم نمودار با دقت بالا و تحلیل عدم اطمینان را انجام دهد و حتی انیمیشن‌های مهندسی بر پایه محاسبات بسازد.

برنامه EES با برنامه‌های محاسباتی دیگر دو تفاوت عمده دارد. اول اینکه EES با دسته بندی معادلات باعث ساده‌تر شدن کار برای کاربر می‌گردد و همچنین حل معادلات را در بهترین حالت تضمین می‌کند. دوم اینکه EES دارای توابع ریاضی و ترمودینامیکی و مکانیکی مفید زیادی است که می‌تواند محاسبات مهندسی را بسیار آسان کند. خواص ترمودینامیکی مواد زیادی بصورت داخلی در این برنامه وجود دارد؛ برای مثال همه خواص ترمودینامیکی جدول بخار و مایعات مبرد مختلف و بسیاری از مواد دیگر در EES قابل استفاده است. برنامه EES خواص هوا و توابع سایکرومتریک و داده های جدول JANAF برای بسیاری از گازها و همچنین جامدات را دارا می‌باشد و انجام محاسبات سایکرومتریک و رسم نمودارهای آنها را بسیار ساده کرده است.

توابع ریاضی و ترمودینامیکی EES بسیار متنوع است اما اگر نتواند خواسته‌های کاربر را ارضاء کند، EES سه روش برای ایجاد توابع مختلف در اختیار کاربر قرار می‌دهد. اول امکان استفاده از داده‌های جدولی و میانیابی و استفاده از آنها در برنامه است. دوم، EES از توابع و زیر برنامه‌های کاربر (مانند آنچه در FORTRAN و Pascal وجود دارد) پشتیبانی می‌کند. همچنین EES امکان می‌دهد از برنامه‌های نوشته شده توسط کاربر در برنامه‌های دیگر استفاده کرد، کافی است که توابع، روندها، زیربرنامه‌ها و ماژولها را بصورت فایلهای کتابخانه‌ای ذخیره کنیم که می‌توان آنها را بصورت اتوماتیک در برنامه EES وارد کرد. سوم، نوشتن توابع و روندها خارجی توسط زبانهای برنامه نویسی سطح بالا مانند Pascal، FORTRAN و زبان C و VB بصورت dll و فراخوانی توابع در برنامه EES می باشد. این برنامه امکان دریافت یا فرستادن اطلاعات به MATLAB و EXCEL را دارا می‌باشد. این سه روش به برنامه EES قابلیت و قدرت بسیار بالا می دهند.

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

ایده اصلی برای نوشتن EES آموزش ترمودینامیک و انتقال حرارت می‌باشد، برای اینکه دانشجویان این مباحث را بیاموزند باید مسائل زیادی حل کنند، اما در هر مسئله بیشتر وقت برای میانیابی خواص و استفاده از معادلات به ترتیب صحیح تلف می‌گردد. وقتی دانشجو مباحث را فهمید و با کار با جداول ترمودینامیکی آشنا شد، میانیابی داده‌های جدول و حل معادلات کمکی در بالا بردن دانش او نخواهد کرد. برنامه EES دانشجو را از این بخش رها خواهد کرد و اجازه می‌دهد که او در حل مسئله بر روی ماهیت فیزیکی و دانش مسئله متمرکز شود.

برنامه EES به خصوص برای انجام محاسباتی که در آنها باید تأثیر یک یا چند متغیر را تحلیل کرد، بسیار مناسب است. برنامه امکان ایجاد جداول پارامترها را فراهم کرده است که مانند صفحات گسترده عمل می کند.

دستورات و روش استفاده از EES بسیار ساده است و امکان می دهد که یک مبتدی هم بسیار راحت از آن برای حل معادلات جبری استفاده کند. قابلیتهای این برنامه بسیار گسترده است و یک حرفه‌ای هم می-تواند از این امکانات بهره‌مند گردد. بانک بزرگی از توابع و خواص ترمودینامیکی، امکان حل مسائل مکانیک سیالات، ترمودینامیک و انتقال حرارت را ایجاد می‌کند. از EES می‌توان برای حل مسائل مهندسی زیادی استفاده کرد. امکانات این برنامه برای آموزش مکانیک و همچنین تحلیل مسائل مهندسی بسیار ایده‌آل و مناسب است. همچنین با امکانات انتقال مستقیم معادلات به برنامه‌ای مانند WORD و ذخیره نمودارهای رسم شده برای تهیه مقالات علمی و تحلیلی بسیار مناسب است.

فهرست

بخش اول : آشنایی با برنامه EES

۱. حل اولین معادله و استفاده از بخش معادلات فرمت شده
۲. نوشتن معادلات خوش فرم (حروف یونانی، زیر نویس، فرمتهای خاص)

مراجع:

EES ver. 2008 Help file
EES Manual ver. 7.663
EES Newsletter No.1 to No.18

گردآوری و تدوین:

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

عبدالحمید انصاری نسب ، کارشناس ارشد مکانیک

بندرعباس، بهار ۸۷

بخش اول - ویرایش اول

تکثیر، توزیع و استفاده از مطالب به هر شکل توصیه می‌گردد!
dim-knight.blogfa.com
h772123204@yahoo.ca

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

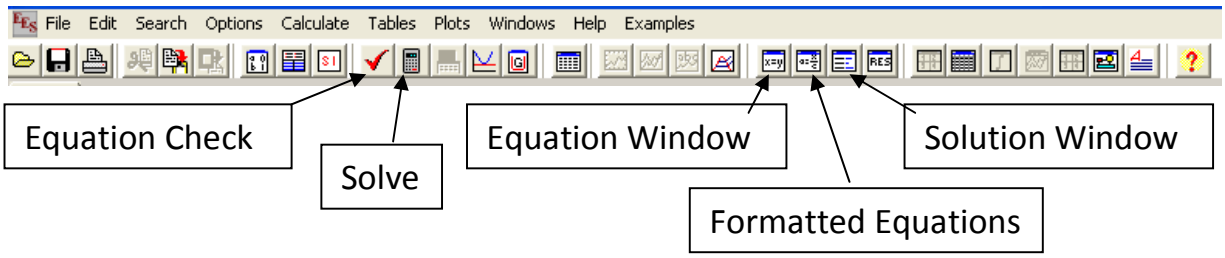
www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

درس اول

حل اولین معادله و استفاده از بخش معادلات فرمت شده

بزرگترین مزیت وجود EES حل معادلات مختلف با سرعت و دقت بالا می‌باشد. ترتیب وارد کردن معادلات در روند حل تأثیری نخواهد داشت. معادلات را همانگونه که آنها را می‌بینیم در EES وارد می-کنیم. قدرت و راحتی کار با EES به قدری است که من بجای ماشین حساب ویندوز هم از EES استفاده می‌کنم! بعنوان اولین قدم برای شروع کار با EES یک مسئله ساده را حل خواهیم کرد.

برای وارد کردن اولین مسئله باید با آیکون‌های زیر آشنا شوید.



- پنجره معادلات (Equation Window) برای وارد کردن معادلات
- پنجره معادلات فرمت شده (Formatted Equations) برای مشاهده معادلات با فرمت ریاضی، شما می‌توانید معادلات را از این پنجره با فرمت Mathtype (برای وارد کردن به WORD) یا فرمت تصویر یا فرمت LaTeX کپی کنید. برای این کار روی هر معادله کلیک راست کنید.
- پنجره پاسخ (Solution Window) پاسخها در این پنجره نشان داده خواهد شد
- کلید کنترل معادلات (Equation Check) برای کنترل معادلات از نظر تعداد معادلات و مجهولات

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

- کلید حل (Solve) برای حل معادلات

برنامه EES را اجرا کنید. وقتی EES را اجرا می‌کنید صفحه ای ورود شما را تأیید می‌کند! این صفحه اطلاعاتی در مورد ویرایش EES و همچنین نوع لایسنس شما را نمایش خواهد داد. کلید continue را کلیک کنید.

۱. مسئله: دستگاه معادلات زیر را حل کنید:

$$\begin{cases} x^2 + y^3 = 6 \\ 2*x+3/y=2 \end{cases}$$

پنجره معادلات را فعال کنید و معادلات را بصورت زیر وارد نمایید.

x^2+y^3=6

*2*x+3/y=2*

درستی معادلات را ارزیابی کرده و آنها را حل کنید. اگر معادلات را درست وارد کرده باشید، یک صفحه با عنوان calculations completed ظاهر خواهد شد با کلیک روی continue حاصل به شما نمایش داده خواهد شد. باید به شما تبریک بگویم! وارد کردن معادلات در EES بسیار ساده است.

۲. مسئله: سنگی را از ارتفاع ۱۰ متری سطح زمین رها می‌کنیم، سرعت برخورد سنگ با زمین را با صرفنظر کردن از مقاومت هوا محاسبه کنید. G=9.8

حل: پنجره معادلات را فعال کنید و معادلات را بصورت زیر وارد نمایید.

V0=0
h0=10
h=0
g=9.8
*h=-1/2*g*t^2+v0*t+h0*
g= (v1-v0)/t

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

نگران ترتیب معادلات وارد شده نباشید! درستی معادلات را ارزیابی کرده و آنها را حل کنید . پاسخ برابر $v1=14$ خواهد بود، همچنین چون زمان وارد شده است، مدت زمان لازم برای رسیدن سنگ به زمین نیز محاسبه می‌گردد. $t=1.429$ ، پنجره معادلات فرمت شده را فعال کنید . معادلات را به شکل ریاضی آنها خواهید دید، این پنجره برای کنترل کردن درستی معادلات از نظر املایی و همچنین کپی کردن آنها به برنامه‌های دیگر بسیار مناسب است.

به پنجره باقیمانده‌ها توجه کنید ، چون EES از روش تکرار برای محاسبه معادلات استفاده می‌کند، مانند همه روشهای تکراری، معادلات تا رسیدن به دقت قابل قبولی حل می‌شوند. بصورت پیش فرض این مقدار برابر 1e-6 ، برای تغییرات هر متغیر در نظر گرفته شده است که برای حل بسیاری از معادلات فیزیکی عدد بسیار مناسبی است. می‌توانید این پیش فرض را در صورت نیاز از منو Option/Preferences آنرا تغییر دهید!

استفاده از اطلاعات این پنجره برای رفع مشکلات احتمالی معادلات بسیار مفید است.

از همین ابتدا سعی کنید که عادت کنید تا معادلات را کامل وارد کنید، این مورد در آینده برای حل مسائل پیچیده بسیار مناسب خواهد بود. به خصوص اگر بخواهیم که برنامه خود را در آینده توسعه بدهیم. یکی از ویژگی‌های جالب EES، توانایی ایجاد برنامه بصورت exe است که در محیط ویندوز قابل اجراست. بنابراین شما می‌توانید برنامه‌های خود را بصورت exe به دیگران بدهید.

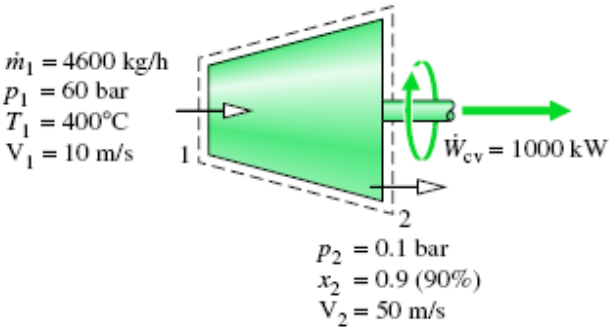
۳. مسئله: بخار با دبی جرمی 4600 kg/h وارد توربین بخاری یک نیروگاه می‌گردد، توربین قدرت خروجی معادل 1000 kW تولید می‌کند، بخار در فشار 60 bar و دمای 400 °C و با سرعت 10m/s وارد توربین می‌گردد. اگر فشار خروجی 0.1 bar و کیفیت خروجی 90%

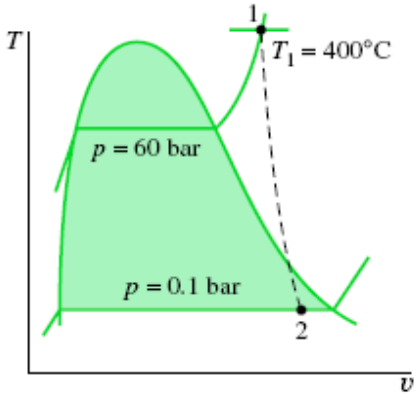
www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

باشد و بخار با سرعت 50m/s از توربین خارج شود، میزان انتقال حرارت توربین با محیط را بیابید.

حل: معادله انرژی یا قانون اول ترمودینامیک برای سیستمهای باز می‌نویسیم، چون در اینجا از سرعت صحبت شده است، انرژی جنبشی بخار را هم در نظر می‌گیریم.





$$\dot{Q}_{cv} = \dot{W}_{cv} + \dot{m}(h_{out} - h_{in}) + \frac{1}{2}\dot{m}(V_{out}^2 - V_{in}^2)$$

معادلات زیر را در EES وارد کنید:

```
m_dot=4600 *convert(kg/h,kg/s)
W_dot=1000
P_1=60 *convert(bar,kpa)
T_1=400
V_1=10
P_2=0.1 *convert(bar,kpa)
x_2=0.9
V_2=50
h_1=Enthalpy(Steam,T=T_1,P=P_1)
h_2=Enthalpy(Steam,P=P_2,x=x_2)
Ke=1/2*(v_2^2-v_1^2)*convert(m^2/s^2,kJ/kg)
Dh=h_2-h_1
Q_dot=W_dot+m_dot*(Dh+Ke)
```

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

درستی معادلات را ارزیابی کرده و آنها را حل کنید. در مسئله بالا از دو توانایی دیگر EES استفاده شد. اول توانایی تبدیل واحد و دوم استفاده از توابع خواص ترمودینامیکی است. برای مقایسه تغییرات انرژی جنبشی و تغییرات آنتالپی آنها را بر هم تقسیم می‌کنیم، به معادلات این خط را اضافه کنید:

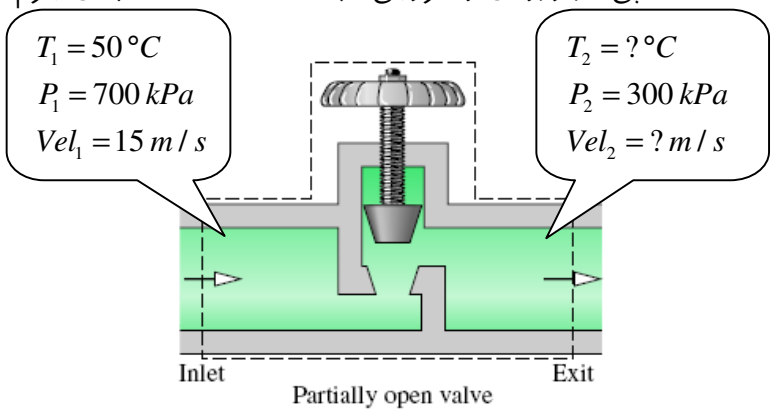
K2D= Dh / Ke

همانطور که انتظار داشتیم تغییرات آنتالپی خیلی بزرگتر از تغییرات انرژی جنبشی است حدود ۷۰۰ برابر.

تمرین: "برای کسب مهارت ، تمرین لازم است"

در یک خط لوله یک شیر نیمه باز داریم (شرایط اختناق)، شرایط ورودی و خروجی در شکل نشان داده شده است، دما و سرعت را در خروجی بیابید. مساحت ورودی و خروجی یکسان است.

راهنمایی: در شرایط اختناق آنتالپی در ورودی و خروجی ثابت است، معادلات بقای جرم را نیز نیاز دارید



حل این تمرین را در مثالهای برنامه EES خواهید یافت.

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

درس دوم

نوشتن معادلات خوش فرم (حروف یونانی، زیرنویس، فرمتهای خاص)

فرمت و شکل صحیح معادلات در خوانایی مسئله و ارائه معادلات بسیار مهم است. در این درس با نوشتن حروف یونانی، وارد کردن زیر نویس و نوشتن معادلات خوش فرم آشنا خواهیم شد.

یکی از تواناییهای قابل توجه EES، نمایش معادلات فرمت شده است. این توانایی در پنجره معادلات فرمت شده ، پنجره گزارش(Report Window) و در پنجره ترسیم (Diagram Window) دیده می‌شود. در EES ویرایش حرفه‌ای می‌توان معادلات فرمت شده را با فرمت برنامه‌های دیگر کپی کرد، مثلاً با فرمت MathType برای انتقال به برنامه Word.

برنامه EES نسبت به بزرگ و کوچک بودن متغیرها حساس نیست. برای مثال متغیرهای زیر همه با هم برابرند؛ XA ، xA ، Xa ، xa

در نمایش متغیرها و ثابت ها از نظر حروف بزرگ یا حروف کوچک در معادلات فرمت شده، اولین شکل متغیر یا ثابت ملاک نمایش می‌باشد اگر اولین نمایش آنها با حروف بزرگ باشد تا آخر برنامه با حروف بزرگ نمایش داده خواهند شد و بلعکس.

نوشتن زیرنویسها و توانها:

از underline برای نوشتن اندیسها و زیرنویسها استفاده می‌شود، برای مثال m_1 بصورت m_1 نمایش داده می‌شود. اگر از تعداد بیشتری underline استفاده کنیم، EES بین آنها کاما خواهد گذاشت. برای مثال m_c_1 بصورت $m_{c,1}$ نمایش داده می‌شود. از علامت | نیز برای نوشتن در جایگاه توان استفاده می-شود.

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

در برنامه EES چند زیرنویس خاص وجود دارد که در نوشتن معادلات فیزیکی بسیار کاربرد دارند:

پسوند dot_ برای نمایش نقطه گذاشتن روی متغیر، x_dot بصورت $\dot{x}$ نمایش داده خواهد شد.
پسوند ddot_ برای نمایش دو نقطه روی متغیر، برای مثال x_ddot بصورت $\ddot{x}$ نمایش داده خواهد شد
پسوند infinity_ علامت بینهایت را بعنوان اندیس نمایش خواهد داد، برای مثال x_nifinity بصورت x_{∞}
پسوند های bar_ و hat_ هم به ترتیب برای نمایش بار و هت روی متغیر می‌باشد، $\overline{x}$ و $\hat{x}$
پسوند |star برای نمایش * جای توان، برای مثال x|star بصورت x^{*} نمایش داده خواهد شد
پسوند |plus برای نمایش + جای توان، برای مثال x|plus بصورت x^{+} نمایش داده خواهد شد
پسوند |minus برای نمایش - جای توان، برای مثال x|minus بصورت x^{-} نمایش داده خواهد شد
پسوند |o برای نمایش o جای توان، برای مثال x|o بصورت x^{o} نمایش داده خواهد شد

نوشتن حروف یونانی:

برای نوشتن حروف یونانی در EES، همانگونه که آنها را می‌خوانیم، نوشته می‌شوند. اگر تمام حروف را با حروف بزرگ بنویسیم حروف یونانی بزرگ نمایش داده خواهد شد و در غیر اینصورت حروف یونانی کوچک نمایش داده می‌شود.

α	α	ALPHA
β	β	BETA
χ	χ	CHI
Δ	δ	DELTA
ε	ε	EPSILON
Φ	ϕ	PHI
Γ	γ	Gamma
η	η	ETA
ι	ι	IOTA
φ	φ	JTHETA
κ	κ	KAPPA
Λ	λ	LAMBDA
μ	μ	MU
ν	ν	NU
Θ	θ	THETA

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

RHO	ρ	ρ
SIGMA	σ	Σ
TAU	τ	τ
UPSILON	υ	υ
OMEGA	ω	Ω
XI	ξ	Ξ
PSI	ψ	ψ
ZETA	ζ	ζ

نوشتن کاراکترهای خاص:

برای وارد کردن کاراکترهای خاص از کلید ALT استفاده می‌شود، این کاراکترها فقط جنبه نمایشی دارند و خاصیت عملگر ندارند، یعنی فقط برای خوانایی بیشتر استفاده می‌شوند.

μ	Alt-230	برای وارد کردن میکرو مثلاً در میکرومتر μm
±	Alt-241	
÷	Alt-246	
°	Alt-248	برای نمایش درجه حرارت
·	Alt-250	برای نمایش ضرب در واحدها W/m^2·K

توضیحات:

برای اضافه کردن توضیحات در EES دو روش داریم، اول استفاده از " " در دو طرف نوشته مورد نظر و دوم قرار دادن {} در دو طرف توضیحات. در حالت اول توضیحات با رنگ آبی (پیش فرض) در پنجره معادلات فرمت شده نمایش داده می‌شود و در حالت دوم توضیحات در معادلات فرمت شده نمایش داده نخواهد شد. برای اضافه کردن توضیحات می‌توانید خط توضیحات مورد نظر را انتخاب کرده و روی آن

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

کلیک راست کرده و نوع توضیحات را انتخاب کنید. رنگ آبی توضیحات که در معادلات فرمت شده نمایش داده می‌شود قابل تغییر است.

در بخش توضیحات فقط می‌توانید از underline برای وارد کردن کاراکترهای خاص استفاده کنید (فرمت نوشتن کاراکترهای خاص در بخش توضیحات نیز به همان صورت است) و سایر کراکترهای خاص مانند حروف یونانی قابل نوشتن نیست!

مسئله ۴. انتقال حرارت جابجایی و تشعشعی بین یک جسم گرم با محیط اطراف را بیابید، درصورتی که دمای جسم ۳۰۰ درجه سانتیگراد و سطح انتقال حرارت آن ۱ متر مربع و دمای هوای اطراف ۵۰ درجه فارنهایت و دمای تشعشعی محیط ۱۶ درجه سانتیگراد باشد. ضریب انتقال حرارت جابجایی را برابر ۵۰ در نظر بگیرید.

حل: معادلات زیر را وارد کرده نتیجه را در معادلات فرمت شده ببینید.

```
T_s=300 [°C]
A_s=1 [m^2]
T_infinity_F=50 [°F]
T_infinity=  ConvertTEMP(F,C,T_infinity_F)
T_rad_infinity=16[°C]
h=50 [W/m^2·°C]
sigma=5.67e-8 [W/m^2·°C^4]
Q_conv=h*A_s*(T_s-T_infinity)
Q_rad=sigma*A_s*(T_s^4-T_rad_infinity^4)
Q_total=Q_rad+Q_conv
```

یادآوری برای وارد کردن ˚ از alt+250 و برای ° از alt+248 استفاده کنید.

تمرین: "کار نیکو کردن از پر کردن است"

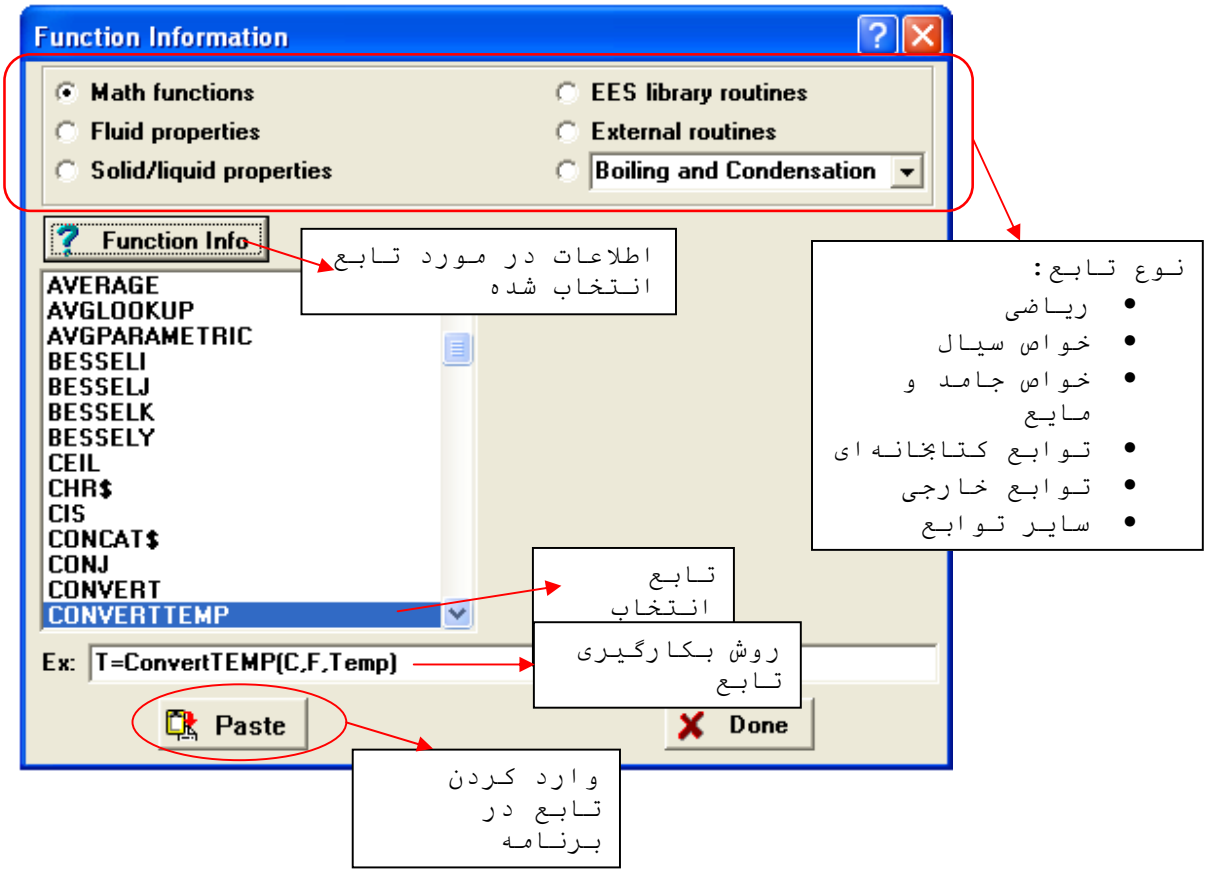
www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

در نوشتن تمام فرمولها از قواعد نوشتاری مناسب استفاده کنید تا فرمولها در عین زیبایی از خوانایی کافی برخوردار باشند.

یکی از قدرتهای برنامه EES داشتن توابع ریاضی و ترمودینامیکی بسیار توانمند می‌باشد.

برای دستیابی به توابع موجود در EES از منو option یا کلید ترکیبی ctrl+alt+F استفاده می‌کنیم. اگر همین حالا ctrl+alt+F را در برنامه EES فشار دهید، پنجره زیر دیده خواهد شد. همه توابع موجود در این برنامه از این پنجره قابل دسترسی است.



فراگیری کار با توابع و مهارت در استفاده از آنها کلید اصلی در آموختن و بدست گرفتن قدرت EES است.

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com
www.SoftGozar.Com

این مختصر فقط برای آشنایی با این برنامه می‌باشد، این برنامه بسیار ساده و خوش فرم نوشته شده است بطوری که به سادگی می‌توانید از همه امکانات آن استفاده کنید. مخصوصاً manual برنامه که از اینترنت قابل دریافت می‌باشد، و help آن، کار با این برنامه را دلپذیر کرده است! کافی است که فقط از امکانات برنامه استفاده کنید!

برای همگی دوستان آرزوی سلامتی و موفقیت دارم.

www.SoftGozar.Com
www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com