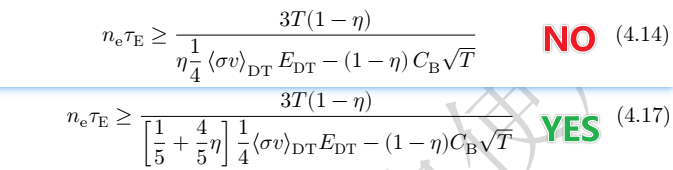


第四次作业

# 第一题

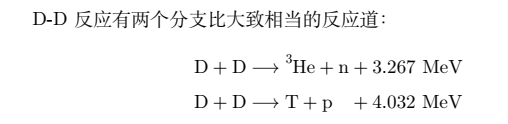
点火条件相当于时的劳逊判据。这是「点火」的字面意思！——不输入能量，体系也能自己持续反应放能。式子和图为：（有些同学式子找错了，会得到1/6这个错误结果）





# 第二题

不含催化反应的DD聚变：



由于两种反应的截面大致相当，可认为发生的概率相等。

完全催化反应的DD聚变：



由于催化反应中后续反应的反应截面远大于DD反应的，所以认为总等效反应截面就等于DD反应截面。

因此，可将情况简化为：

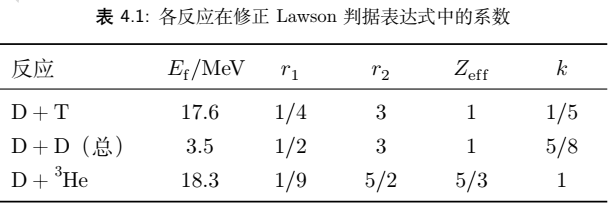
* **不含催化： 2D→3.5 MeV，带电粒子携能比k=65%；**
* **完全催化： 2D→14.4 MeV，带电粒子携能比k=62%**

且二者反应截面相等，为普通的DD反应截面。

代入点火条件的表达式（修正Lawson中令）

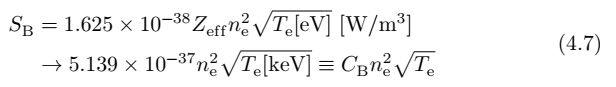


其中诸系数查表（上式和这个表在第四章勘误里，似乎有很多同学没看到）



改一下E\_f和k就得到催化DD反应的值了。

而见：



作图得：



最低点的数值写不写出来都行，主要考的就是画图。

# 第三题

当alpha粒子全都留在等离子体内时，的表达式为



（的1/5留住了，4/5输出出去了）

而如果只有的份额的alpha粒子能量留住，即总聚变功率的能留住，其它的都输出了，则



添加上各种转换效率：



老规矩：



表达式化为



绘图：



显示出鲜明的渐近线结构，就是点火的意思。时由于没有聚变能量留在体系中，维持体系内能的能量全部仰赖外部输入，这样的系统自然是不可能点火的。

**PS1**：当时，即变回



与讲义式子的差值（1.7→2.0）来自这里没考虑氚增殖。

**PS2：**在上面的绘图中，是被当做一个**不变的归一化常数**用的；而有的同学会**随变动的取值**，即从点火条件定义式出发



得到



即



这样的话由于对各个不是定值，所以归一化就不能成立了，不宜按照上面那样以为横坐标绘图，否则会造成「越小，越大」的奇怪表象。

或者更直观地说，代换



结果会变成



这样会发现「时，变成无穷大」——这从物理上来看起来就是矛盾的，约束能力差，能量增益怎么会反而增大到无穷呢？

问题就出在上：按这种方法计算出的本就是的函数，而从上面的表达式可以看出，当时，——如果与一个无穷大的值的比值是有限值，那也就变成无穷大了，所以是无穷大也就是可以理解的了。

总之，如果采用了随变化的路子，那便不能按的比值画图，而只能按的绝对值画图了，即



这样画出来的图线就跟上面的图线形状一样了，只不过横坐标的单位从1变成了3e21而已。In fact这正是我们按来归一化的动机。

# 第二题程序摘要

管用的就是高亮的部分

% 劳森判据/点火条件等图

clear;

clf;

%% 准备

Load\_Xsec\_and\_reactiv; % 载入截面和反应率的拟合式

% E in keV, Xsec in b; T in keV, reactiv in SI

paras=struct(...

"D\_T", struct("E",17.6\*1e3, "r1",1/4, "r2",3, "Zeff",1, "k",0.2),...

"D\_D", struct("E",3.5\*1e3, "r1",1/2, "r2",3, "Zeff",1, "k",0.65),...

"D\_D\_cat", struct("E",14.4\*1e3, "r1",1/2, "r2",3, "Zeff",1, "k",0.62),...

"D\_He3", struct("E",18.3\*1e3, "r1",1/9, "r2",2.5, "Zeff",5/3, "k",1)...

);

reactiv\_fit.D\_D\_cat=reactiv\_fit.D\_D;

%% 定义计算函数

C\_B=5.139e-37;

ntau\_fun=@(T,eta,type,isAlter) (1-eta)\*paras.(type).r2\*T\*1.6e-16./(...

(paras.(type).k\*isAlter+(1-paras.(type).k\*isAlter)\*eta)...

\*paras.(type).r1.\*reactiv\_fit.(type)(T)\*paras.(type).E\*1.6e-16...

-(1-eta)\*C\_B\*paras.(type).Zeff\*sqrt(T)...

);

% 其实就是：

% ntau=(1-eta)\*r2\*T\_SI./(...

% (k+(1-k)\*eta)...

% \*r1\*reactiv\*E\_SI...

% -(1-eta)\*C\_B\*Zeff\*sqrt(T\_SI)...

% );

%% 召唤图窗

f1=figure(1);

f1.Position=[-500,550,450,350];

ax1=axes(f1);

%% 算和画

T\_data=10.^[0:0.01:3];

% types=string(fieldnames(paras))';

types=["D\_D","D\_D\_cat"];

colors=["#0072BD","#D95319","#EDB120"];

% colors=colormap(parula(length(types)));

isIgnite=1;

isAlter=1;

for j=1:length(types)

type=types(j);

eta=0\*(isIgnite)+0.3\*(~isIgnite); % Lawson 0.3；点火 0

alter=1\*(isAlter)+0\*(~isAlter);

ntau\_data=0.\*T\_data;

for i=1:length(T\_data)

T=T\_data(i);

ntau\_data(i)=ntau\_fun(T,eta,type,alter);

end

ntau\_data(ntau\_data<0)=inf; % 负数干掉

loglog(ax1,T\_data,ntau\_data,'linewidth',1.5,'linestyle','-','color',colors(j));hold on

loglog(T\_data(ntau\_data==min(ntau\_data)),min(ntau\_data),'color',colors(j),'Marker','o')

disp(type)

disp(T\_data(ntau\_data==min(ntau\_data)))

disp(min(ntau\_data))

end

% hold off;

%% 事后

axis(10.^[0 3 19 24])

ax1.FontSize=12;

ax1.FontName='Times New Roman';

grid on

% legend(types)

xlabel("$T$ [keV]",'Interpreter','Latex');

% ylabel("$F=n\_eT\tau\_E$ [m$^{-3}\cdot$keV$\cdot$s]",'Interpreter','Latex');

ylabel("$n\_e \tau\_E$ [m$^{-3}\cdot\cdot$s]",'Interpreter','Latex');

text(ax1,10^1.2,10^19.9,"D-T",'FontSize',12,'FontName','宋体');

text(ax1,10^2.2,10^22.5,"D-D",'FontSize',12,'FontName','宋体');

text(ax1,10^2.2,10^20.5,"D-He3",'FontSize',12,'FontName','宋体');

% 把字打上去就行，可以用鼠标拖动调整位置

% exportgraphics(f1,"isIgnite="+isIgnite+", isAlter="+isAlter+".pdf")