الامتحان النهائي ربيع 22-23 مقرر: ديناميكا الموائع الحسابية (CFD) استاذ المقرر: د. سالم البهلول	كلية الهندسة - جامعة مصراتة قسم الهندسة الميكانيكية	التاريخ: 2023-07-15 الزمن : ثلاث ساعات اسم الطالب:.....

أجب عن 4 أسئلة- يسمح باستخدام الحواسيب بدون اتصال بالانترنت

س1- ناقش بالشرح والعلاقات الرياضية مايأتي:

الجزء أ (لكل الطلاب)

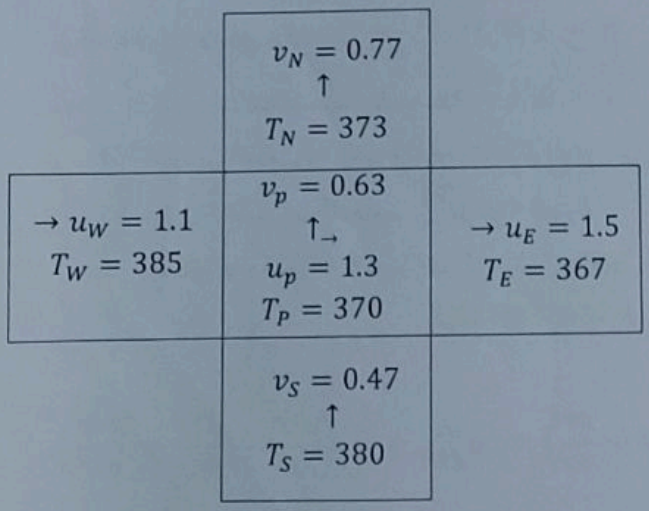
1. Solution Convergence
2. Numerical Diffusion
3. Implicit Differencing
4. Divergence Theorem in Finite Volume Methods

الجزء ب: (خاص بطلبة الماجستير)

1. Eddy and effective viscosity in a turbulence
2. $k-\varepsilon$ model
3. Reynolds Turbulent Stresses:

س2- لوح صلب $\left(\rho = 1500\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, k = 25\frac{W}{m.K}, c_p = 400\frac{\text{J}}{\text{kg.K}}\right)$ سمكه 6cm درجة حرارته الابتدائية 35^oC يسخن بتعريض جانبيه لدرجة حرارة $T_S = 200^oC$ وبحيث يكون التسخين أحادي البعد في اتجاه السمك. استخدم طريقة الفروق المحدودة *(Finite Difference Method)* بعدد مناسب من العقد لإيجاد تغير توزيع درجات الحرارة عبر القضيب مع الزمن. اشتق المعادلة الجبرية بتطبيق الفروق الصريحة *(explicit Differencing)* ذات الزمن المتقدم. وضح في كراسة الإجابة شبكة العقد وكيفية تطبيق الشروط الحدية مع بيان معيار استقرار الحل. اكتب أيضا عينة لحسابات الخطوة الأولى في كراسة الإجابة إذا تم استخدام الكومبيوتر. أوجد توزيع درجات الحرارة بعد 4 خطوات زمن. وكذلك عند الزمن الذي تكون فيه أدنى درجة حرارة في القضيب 75^oC و قدر الزمن اللازم لذلك

س3- برنامج كومبيوتر يستخدم طريقة الحجوم المحدودة (Finite Volume Methods) لمحاكاة انتقال الحرارة في تدفق ثنائي الاتجاه لخليط غازات يتفاعل كيميائيا فتتولد الحرارة بمعدل منتظم $(q_G''' = 45MW/m^3)$ والحرارة النوعية والكثافة للخليط ثابتان تقريبا $(c_p = 1100\frac{J}{kg.K}\ \&\ \rho = 1.15\frac{kg}{m^3})$. مركبات السرعة$(m/s)$ ودرجات الحرارة (K) في خلية P والخلايا المجاورة في أحد التكرارات كانت كما هو موضح في الشكل حيث الحمل الحراري يقرب بطريقة (simple upwinding). تأثير الانتشار الحراري في الخليط ضئيل بحيث يمكن إهماله، وأبعاد الخلايا $\Delta x = \Delta y = 2.5\ \text{mm}$



المطلوب إيجاد صيغة معادلة الحجوم لدرجة الحرارة في الخلية P وإيجاد قيمة T_P في التكرار التالي.

س4- قضيب معدني $\left(\rho = 4000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\ , k = 40\frac{W}{m.K}\ , c_p = 720\frac{\text{J}}{\text{kg.K}}\right)$ درجة حرارته الابتدائية 60^oC يمرر فيه تيار كهربائي فتتولد فيه الحرارة بمعدل منتظم $(q'''_G = 100MW/m^3)$. تنتقل الحرارة بالتوصيل الغير مستقر في بعد واحد x خلال سمك $L = 4\text{mm}$ بتعريض أحد جانبيه لدرجة حرارة ثابتة $T_s = 100^oC$ والجانب الأخر معزول حراريا.

استخدم طريقة الفروق المحدودة بشبكة منتظمة من $(\text{N} = 11)$ عقدة وخطوة زمنية $(\Delta t = 0.001s)$ وبحيث تكون العقد الحدية تخيلية خارج النطاق $\left(x_1 = -\frac{\Delta x}{2}\ \&\ x_N = L + \frac{\Delta x}{2}\right)$. استخدم الفروق المركزية لكل من الزمن والفراغ (Crank-Nicolson scheme).

اشتق الصيغة الجبرية لمعادلة درجات الحرارة للعقد داخل النطاق وكذلك معادلات العقد الحدية مع توضيح شروط استقرار الحل. أوجد توزيع درجات الحرارة عند زمن $(t_2 = 1s\ \ \&\ \ t_1 = 0.002s)$

س5- يتدفق الهواء عند الضغط الجوي في مجرى بين لوحين عريضين من الألومنيوم المسافة بينهما 2cm بحيث يمكن اعتباره تدفق داخل مجرى ثنائي البعد (في اتجاه التدفق x والاتجاه المتعامد على اللوحين y) وتأثير الجاذبية مهمل. المطلوب إجراء محاكاة بالحجوم المحدودة لطول $L = 20\ cm$ تبدأ من المدخل حيث السرعة عند الدخول منتظمة وعمودية على مدخل القناة $(u = 0.3\frac{m}{s})$ باستخدام برنامج FLUENT على منصة ANSYS أو غيرها ومعاينة النتائج في صورة خطوط كنتورية ومتجهات السرعة ومنحنيات التوزيع والقيم المتوسطة مع كتابة ما يأتي في كراسة الإجابة:

1. خطوات الحل بالتفصيل وخيارات النماذج وطرق الحل وتطبيق الشروط الحدية وعدد خلايا الحجوم المحدودة
2. انقل نتيجة منحنى تغير السرعة بين السطحين عند $x = L$
3. انقل مخطط قيمة معامل الاحتكاك السطحي الموضعي $C_{f,x}$ على طول أحد الجدارين
4. كم تكون قيمة السرعة القصوى عند الخروج وكذلك أوجد قيمة إجهاد القص ومعامل الكبح المتوسط عند الجدار

س6- نمذجة لتدفق مضطرب $\rho = 1\frac{kg}{m^3}, \mu = 1\times10^{-5}\frac{kg}{m.s}$ بنموذج $\boldsymbol{k-\varepsilon}$ مع افتراض (isotropic turbulence). عند موضع ما كانت المركبة للسرعة المتوسطة $u = 0.2\frac{m}{s}$ والاضطراب $k = 4\frac{m^2}{s^2}\ ,\ \varepsilon = 140\frac{m^2}{s^3}\ \&\ P_k = 0$ أوجد:

1. المقياس الطولي و الزمني والتردد للاضطراب
2. المقياس الطولي والزمني لأصغر دوامة مضطربة
3. إجهاد الاضطراب المتعامد $\tau_{xx} = \rho\,\overline{u'^2}$
4. لزوجة الاضطراب واللزوجة المكافئة
5. معادلة طاقة حركة الاضطراب التي تنتقل بالحمل المستقر في اتجاه x ويمكن إهمال كلا من الانتشار اللزج والمضطرب

انتهت الأسئلة - أرجو لكم التوفيق

Thermal energy transport equation: $$\rho c_p\left(\frac{\partial T}{\partial t} + u\frac{\partial T}{\partial x} + v\frac{\partial T}{\partial y} + w\frac{\partial T}{\partial z}\right) = q'''_{gen} + k\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right)$$

Turbulent kinetic energy (k) transport equation:

$$\frac{\partial k}{\partial t} + u\frac{\partial k}{\partial x} + v\frac{\partial k}{\partial y} + w\frac{\partial k}{\partial z} = P_k - \varepsilon + (\nu + \nu_{Tur})\left(\frac{\partial^2 k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 k}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 k}{\partial z^2}\right)$$