

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Διδάσκων: Δ. Βαλουγεώργης, Εαρινό εξάμηνο 2019-2020

ΕΡΓΑΣΙΑ #6: Ψύξη τροφίμων και Ανθρώπινη θερμορύθμιση

Ημερομηνία ανάρτησης εργασίας στην ιστοσελίδα του μαθήματος: 16-05-2020

Ημερομηνία παράδοσης εργασίας: **30-05-2020**

Προτείνονται προς επίλυση οκτώ ασκήσεις εκ των οποίων επιλύονται υποχρεωτικά πέντε (όποιες επιθυμείτε) και οι υπόλοιπες τρεις προαιρετικά.

1. Επιλέξτε μια από τις παρακάτω τεχνολογίες ψύξης και περιγράψτε αναλυτικά την αρχή λειτουργίας και τον τρόπο εφαρμογής της (1-2 σελίδες):
 - ο Ψύξη με βάση το θερμοηλεκτρικό φαινόμενο
 - ο Ψύξη με βάση το θερμοακουστικό φαινόμενο
 - ο Σύστημα εκχυτήρα ατμών (Ejector refrigeration system)
 - ο Σύστημα ψύξης κύκλου αέρα (Air cycle refrigeration)
 - ο Συστήματα ψύξης προσρόφησης-αναρρόφησης
2. Αποδείξτε την σχέση του Plank για (α) πλάκα απείρου μήκους και πλάτους και (β) για κύλινδρο απείρου μήκους και ακτίνας R .
3. Κεράσια μέσης διαμέτρου 1.5 cm καταψύχονται σε καταψυκτήρα ρευστοστερεάς στερεάς κλίνης (IQF) με αέρα θερμοκρασίας $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ και με επιφανειακό συντελεστή συναγωγής $h=60\text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Δίνονται: μέση περιεκτικότητα σε νερό κατά μάζα 77 %, πυκνότητα 1050 kg/m^3 , συντελεστή αγωγής θερμότητας του κατεψυγμένου τμήματος $1.80\text{ W/m }^{\circ}\text{C}$.
 - a) Ποια η θερμοκρασία πήξης των χυμών αν το 90% των στερεών είναι σάκχαρα (MB: 342) και μόνο αυτά επηρεάζουν το σημείο πήξης;
 - b) Ποιο το ποσό θερμότητας που πρέπει να απομακρυνθεί για την κατάψυξη του προϊόντος από τους $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ στους $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - c) Ποιος ο αντίστοιχος χρόνος;
 - d) Σε πόση διάρκεια θα φτάσει η θερμοκρασία στο κέντρο τους 2°C ;
 - e) Θα υπάρχει σημείο του φρούτου εκείνη τη στιγμή που να έχει παγώσει;
4. Μέσα σε ψυκτικό θάλαμο βοδινό κρέας σε θερμοκρασία 20°C και ποσοστό υγρασίας 65% κατά μάζα, ψύχεται μέχρι η μέση θερμοκρασία των τεμαχίων να φτάσει στους -17°C .
 - a) Υπολογίστε την ενέργεια που απαιτείται να απομακρυνθεί ανά κιλό κρέατος.
 - b) Αν η τροφοδοσία του θαλάμου σε κρέας είναι 2 tn/h , το θερμικό κέρδος από λοιπές πηγές (μηχανήματα, τοιχώματα κλπ) είναι 30 kW , η θερμοκρασία του χώρου είναι -40°C , εντός του χώρου κινούνται 6 άτομα και το COP του ψυκτικού συστήματος 2.4, ποια είναι η καταναλισκόμενη ισχύς του ψυκτικού συστήματος;
 - c) Στην ίδια περίπτωση, ο συντελεστής συναγωγής είναι $60\text{ W/(m}^2\text{ }^{\circ}\text{C)}$, η πυκνότητα του κρέατος είναι 1070 Kg/m^3 , η ειδική θερμότητα $c_p = 3.14\text{ KJ/(Kg }^{\circ}\text{C)}$ για θερμοκρασία πάνω από το σημείο τήξεως και η θερμική αγωγιμότητα $k=0.41\text{ W/(m}^{\circ}\text{C)}$. Θεωρώντας το κάθε τεμάχιο σφαίρα με διάμετρο 40cm να βρεθεί πόσος χρόνος απαιτείται ώστε η θερμοκρασία στο κέντρο του τεμαχίου να φτάσει στους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Επίσης, σε ποιο σημείο (αν υπάρχει) βρίσκεται το μέτωπο κατάψυξης θεωρώντας σταθερή θερμοκρασία τήξης (-2.7°C);

5. Έστω κύλινδρος μεγάλου μήκους που αρχικά βρίσκεται σε θερμοκρασία 37°C , ενώ η θερμοκρασία της κυλινδρικής επιφάνειας είναι σταθερή στους 0°C . Να υπολογιστεί η χρονική εξέλιξη της ακτινικής θερμοκρασιακής κατανομής της σφαίρας $T(t, r)$ με βάση την εξίσωση θερμότητας

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right), \quad 0 \leq r \leq R.$$

Η ακτίνα και οι φυσικές ιδιότητες του κυλίνδρου είναι αντίστοιχες με αυτές του ανθρώπινου ποδιού με μυϊκό ιστό.

6. Έστω σφαίρα αρχικά βρίσκεται σε θερμοκρασία 37°C , ενώ η θερμοκρασία της σφαιρικής επιφάνειας είναι σταθερή στους 0°C . Να υπολογιστεί η χρονική εξέλιξη της ακτινικής θερμοκρασιακής κατανομής της σφαίρας $T(t, r)$ με βάση την εξίσωση θερμότητας

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right), \quad 0 \leq r \leq R.$$

Η ακτίνα και οι φυσικές ιδιότητες της σφαίρας είναι αντίστοιχες με αυτές της ανθρώπινης κεφαλής με ιστό εγκεφάλου.

7. Έστω το στοιχείο του ανθρώπινου ποδιού που τροφοδοτείται με ρυθμό αιμάτωσης $w_{bl} = 0.002 \text{ s}^{-1}$ και σταθερή θερμοκρασίας αίματος $T_{bl} = 37^{\circ}\text{C}$, ενώ η θερμότητα μεταβολισμού είναι $q_m = 600 \text{ W/m}^3$. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 0°C . Επίσης, ο γραμμικοποιημένος συντελεστής μεταφοράς θερμότητας μεταξύ δέρματος και περιβάλλοντος λόγω συναγωγής και ακτινοβολίας είναι $h = 5 \text{ W/(m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C)}$ και οι άλλοι μηχανισμοί απωλειών θερμότητας δεν λαμβάνονται υπόψη. Θεωρώντας ότι το στοιχείο αποτελείται από μία στοιβάδα με φυσικές ιδιότητες αυτές του μυϊκού ιστού να υπολογιστεί η μόνιμη κατανομή θερμοκρασίας $T(r)$ επιλύοντας την μόνιμη εξίσωση βιοθερμότητας

$$k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + q_m + \rho_{bl} w_{bl} c_{bl} (T_{bl,a} - T) = 0.$$

8. Με βάση το άρθρο των Katic et al, Building and Environment, 106, 286-300, 2016 ή και άλλες πηγές περιγράψτε το μοντέλο θερμορύθμισης του Stolwijk (1 σελίδα).