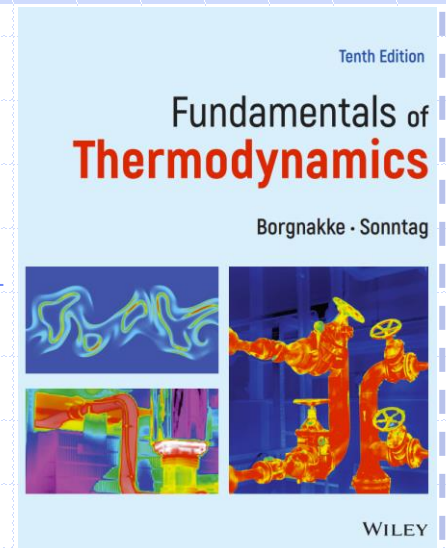




Fundamentals of Thermodynamics
Borgnakke – Sonntag
10^η έκδοση
Εκδόσεις ΚΡΙΤΙΚΗ, 2023



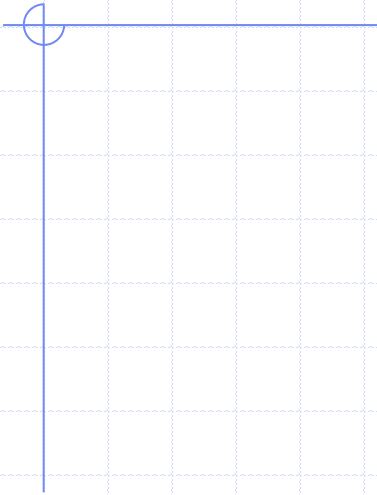
Θερμοδυναμική Ι
Περιεχόμενο μαθήματος

καθηγητής Γ. Σκόδρας

Contents...

- ✓ **Βασικές έννοιες**
- ✓ **Περιεχόμενα μαθήματος**
- ✓ **Εξέταση μαθήματος**
- ✓ **Προτεινόμενα συγγράμματα**
- ✓ **Διδάσκων**





Βασικές έννοιες...



Βασικές έννοιες...

- Η Θερμοδυναμική ασχολείται με την ενέργεια και τους μετασχηματισμούς της
- Η Θερμοδυναμική είναι η επιστήμη που ασχολείται με την ενέργεια, την ύλη και με τους νόμους που διέπουν τις αλληλεπιδράσεις ύλης – ενέργειας (*Huang*)
- Είναι η γενική ενεργειακή επιστήμη που διερευνά τις διάφορες μορφές ενέργειας και τις μετατροπές από μια μορφή ενέργειας σε άλλη, καθώς και τα όρια για τις μετατροπές ενέργειας σε πραγματικές συνθήκες (*Baehr*)
- Είναι η επιστήμη που μελετά τις καταστατικές μεταβολές σε θερμοδυναμικά συστήματα κάτω από την επίδραση θερμότητας και έργου



Βασικές έννοιες...

- Για τον Μηχανολόγο Μηχανικό, η Θερμοδυναμική είναι θεμελιώδης επιστήμη και ασχολείται με την μελέτη διατάξεων παραγωγής έργου –όπως οι κινητήρες– μέσω του υπολογισμού της παραγωγής ή κατανάλωσης θερμότητας ή έργου σε διεργασίες



Βασικές έννοιες...

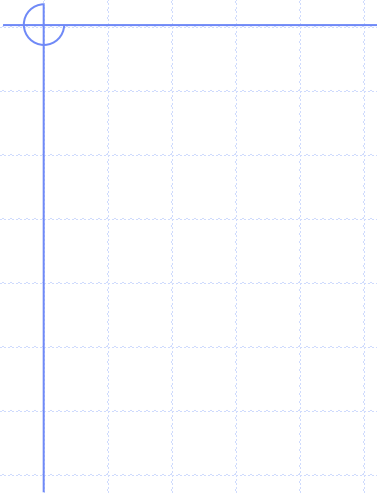
- ❑ Η Ενέργεια διαπιστώνεται από τα αποτελέσματα που προκαλεί και τους μετασχηματισμούς της
- ❑ Τα Αξιώματα είναι γενικοί περιορισμοί που θέτει η φύση στους μετασχηματισμούς της ενέργειας
- ❑ Τα Αξιώματα είναι πρωταρχικά και δεν μπορούν να προκύψουν από κάτι πιο θεμελιώδες
- ❑ Η διατύπωση των αξιωμάτων απαιτεί την χρήση εννοιών που είναι επίσης πρωταρχικές, και δεν έχουν ακριβείς ορισμούς



Βασικές έννοιες...

- Η **Ενέργεια** είναι μια αφηρημένη μαθηματική έννοια και δεν μπορεί να υπάρξει χωρίς τις απαραίτητες σχέσεις της με άλλες μεταβλητές ή συντεταγμένες που έχουν κάποια φυσική σημασία και μπορούν να μετρηθούν
 - ✓ Κινητική ενέργεια (ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας)
 - ✓ Πρώτο Θερμοδυναμικό αξίωμα (απλή δήλωση ότι η ενέργεια διατηρείται)





Περιεχόμενα μαθήματος...

Περιεχόμενα μαθήματος...

- ❑ **Εισαγωγή και βασικές έννοιες**
(θερμοδυναμικό σύστημα και όγκος ελέγχου, μακροσκοπική έναντι μικροσκοπικής θεώρησης, ιδιότητες και κατάσταση μιας ουσίας, διεργασίες και κύκλοι, μονάδες μάζας, μήκους, χρόνου και δύναμης, ειδικός όγκος και πυκνότητα, πίεση, ενέργεια, εξίσωση θερμοκρασίας, ο μηδενικός νόμος της θερμοδυναμικής, κλίμακες θερμοκρασίας)
- ❑ **Ιδιότητες μιας καθαρής ουσίας**
(καθαρή ουσία, όρια φάσεων, επιφάνεια P - v - T , πίνακες θερμοδυναμικών ιδιοτήτων, διφασικές καταστάσεις, καταστάσεις υγρού και στερεού, καταστάσεις υπέρθερμου ατμού, καταστάσεις ιδανικού αερίου, συντελεστής συμπίεστικότητας, καταστατικές εξισώσεις)
- ❑ **Εξίσωση ενέργειας και πρώτος νόμος της Θερμοδυναμικής**
(εξίσωση ενέργειας, πρώτος νόμος Θερμοδυναμικής, ορισμός έργου, έργο απλού συμπίεστου συστήματος, ορισμός και τρόποι μεταφοράς θερμότητας, εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδική θερμότητα υπό σταθερή πίεση και σταθερό όγκο,, εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία και ειδική θερμότητα ιδανικών αερίων, ανομοιογενής κατανομή καταστάσεων και μαζών, μεταβατική διεργασία, συστήματα που περιλαμβάνουν έργο)



Περιεχόμενα μαθήματος...

- ❑ **Ανάλυση ενέργειας για έναν όγκο ελέγχου**
(διατήρηση μάζας και όγκος ελέγχου, εξίσωση ενέργειας για έναν όγκο ελέγχου, σταθεροποιημένη διεργασία – παραδείγματα, διατάξεις με πολλές εισόδους – εξόδους, μη σταθεροποιημένες διεργασίες)
- ❑ **Ο δεύτερος νόμος της Θερμοδυναμικής**
(θερμικές μηχανές και ψυγεία, ο δεύτερος νόμος της Θερμοδυναμικής, αντιστρεπτή διεργασία, παράγοντες που καθιστούν τις διεργασίες μη αντιστρεπτές, κύκλος Carnot, απόδοση κύκλου Carnot, θερμοδυναμική κλίμακα θερμοκρασίας, κλίμακα θερμοκρασίας των ιδανικών αερίων, ιδανικές έναντι πραγματικών μηχανών, ανισότητα του Clausius)
- ❑ **Εντροπία**
(εντροπία, η εντροπία καθαρής ουσίας, μεταβολή εντροπίας σε αντιστρεπτές διεργασίες, συσχέτιση θερμοδυναμικών ιδιοτήτων, μεταβολή εντροπίας στερεού ή υγρού, μεταβολή εντροπίας ιδανικού αερίου, μεταβολή εντροπίας μάζας ελέγχου σε μη αντιστρεπτή διεργασία, παραγωγή εντροπίας, εξίσωση εντροπίας, αρχή αύξησης εντροπίας, η εντροπία ως εξίσωση ρυθμού, εντροπία και χάος)



Περιεχόμενα μαθήματος...

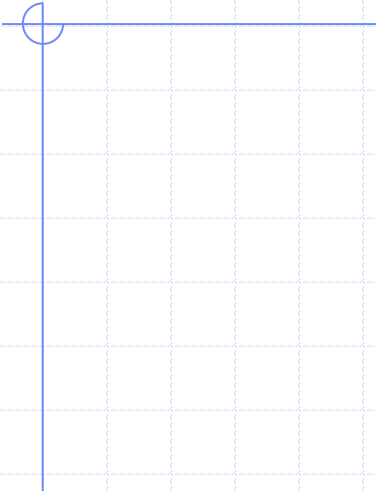
- ❑ **Ανάλυση εντροπίας για έναν όγκο ελέγχου**
(εξίσωση εντροπίας για έναν όγκο ελέγχου, διεργασία σταθεροποιημένης κατάστασης και μεταβατική διεργασία, διεργασία μονής ροής σταθεροποιημένης κατάστασης, αρχή αύξησης εντροπίας)
- ❑ **Εξέργεια**
(εξέργεια, αντιστρεπτό έργο και μη αντιστρεπτότητα, εξέργεια και ισοζύγιο εξέργειας, απόδοση με βάση τον δεύτερο νόμο της Θερμοδυναμικής)
- ❑ **Συστήματα ισχύος και ψύξης – Με αλλαγή φάσης**
(εισαγωγή στα συστήματα ισχύος, κύκλος Rankine, επίδραση της πίεσης και της θερμοκρασίας στον κύκλο Rankine, κύκλος αναθέρμανσης, κύκλος αναγέννησης και θερμαντήρες τροφοδοτούμενου ύδατος, απόκλιση πραγματικών από τους ιδανικούς κύκλους, συμπαραγωγή θερμότητας και ισχύος, συστήματα ψύξης, κύκλος ψύξης με συμπίεση ατμών, εργαζόμενα μέσα για κύκλος ψύξης με συμπίεση ατμών, απόκλιση του πραγματικού από τον ιδανικό κύκλο ψύξης με συμπίεση ατμών, διαμορφώσεις κύκλου ψύξης, κύκλος ψύξης με απορρόφηση, εξεργειακή ανάλυση κύκλων)



Περιεχόμενα μαθήματος...

- **Συστήματα ισχύος και ψύξης – Αέρια εργαζόμενα ρευστά**
(κύκλοι ισχύος πρότυπου αέρα, κύκλος Brayton, απλός κύκλος αεριοστροβίλου με αναγεννητή, διαμορφώσεις κύκλου ισχύος αεριοστροβίλου, κύκλος πρότυπου αέρα για αεριοπροώθηση, κύκλος ψύξης πρότυπου αέρα, κύκλοι ισχύος εμβολοφόρου κινητήρα, κύκλοι Otto, Diesel, Stirling, Atkinson και Miller, συστήματα συνδυασμένου ισχύος και ψύξης)





Εξέταση μαθήματος...



Εξέταση μαθήματος...

- ❑ **Μια ως τρεις (1 ή 3) εργασίες κατ' οίκο, υποχρεωτικές**
Τρεις υπολογιστικές ασκήσεις που πρέπει να υποβληθούν πριν την γραπτή εξέταση
1^η υποβολή: 31.01.2024
2^η υποβολή: 31.08.2024
Συμμετέχουν στον τελικό βαθμό σε ποσοστό 20% ή 30%, εφόσον παραδοθούν τον Ιανουάριο, και σε ποσοστό 10% ή 15% εφόσον παραδοθούν τον Αύγουστο
- ❑ **Γραπτή εξέταση με ερωτήσεις θεωρίας και ασκήσεις**
Οι ερωτήσεις θεωρίας αποτελούν το 30% της βαθμολογίας, και είναι πολλαπλών επιλογών και σωστό/λάθος
Οι ασκήσεις συμμετέχουν στον τελικό βαθμό 70% και είναι τρεις ή τέσσερις με υποερωτήματα



Εξέταση μαθήματος...

- Ηλεκτρονική εξέταση με εκατό (100) ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών και σωστό / λάθος
Κάθε σωστή ερώτηση λαμβάνει μια (1) μονάδα, ενώ κάθε λανθασμένη -0,25 μονάδες
Συμμετοχή στον τελικό βαθμό 70% ή 80%, εφόσον οι εργασίες υποβληθούν τον Φεβρουάριο και 85% ή 90%, εφόσον οι εργασίες υποβληθούν τον Αύγουστο



Εξέταση μαθήματος...

□ Προϋποθέσεις επιτυχίας

- ✓ Εμπρόθεσμη υποβολή των εργασιών κατ' οίκο
- ✓ Προβιβάσιμος βαθμός (≥ 5) τόσο στις εργασίες, όσο και στο γραπτό



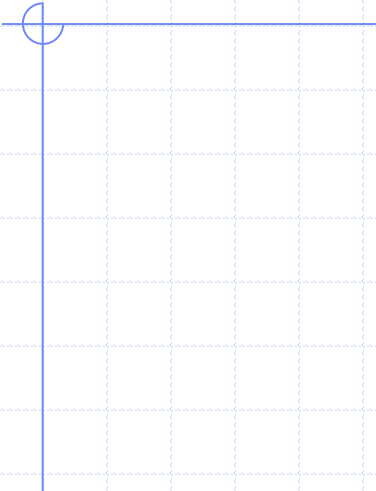
***Προτεινόμενα
συγγράμματα...***



Προτεινόμενα συγγράμματα...

- ❑ "***Fundamentals of Thermodynamics***" C. Borgnakke, R.E. Soontag, Wiley 2019
- ❑ "***Θερμοδυναμική***", Gyftopoulos E., Beretta Gian P.
- ❑ "***Θερμοδυναμική***", Hans Dieter Baehr
- ❑ "***Θερμοδυναμική για Μηχανικούς***", 9η Έκδοση, Cengel Yunus A., Boles Michael A.
- ❑ "***Θερμοδυναμική και Προχωρημένη Θερμοδυναμική***", Α. Πολυζάκης
- ❑ "***Θερμοδυναμική***", J.M. Smith, H.C. van Ness, M.M. Abbott
- ❑ "***Εφαρμοσμένη Θερμοδυναμική***", Α.Θ. Παπαϊωάννου, εκδ. ΣΟΦΙΑ, 2019
- ❑ "***Θερμοδυναμική για Μηχανικούς***", M.J. Moran, H.N. Shapiro, D.D. Boettner, M.B. Bailey, εκδ. ΤΖΙΟΛΑ. 2019





Διδάσκων...



Dr Georgios Skodras

Professor of Novel & Clean Energy Technologies



Education-Training

- Diploma in Chemical Engineering, AUTH
- PhD Diploma in Chemical Engineering, AUTH
- Sabbatical training at the Laboratorio Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Portugal–Zero emissions team
- Sabbatical training at the Trevizo Tecnologia, Italy – Energy Audit of Buildings
- Sabbatical training at the August Horch Akademie, Germany - Wastes utilization
- Training at the Hellenic Institute of European and Foreign Policy, Greece – Strategic issues of energy

Research interests & Selected publications

❑ Clean energy technologies for coal, biomass, wastes and non-conventional solid fuels

- ✓ G. Skodras et al, “Thermal mercury removal from coals: Effect of pyrolysis conditions and kinetic analysis”, *Fuel*, 2019, 238, 44-58

❑ Hydrogen and CO₂ technologies – sustainable buildings

- ✓ G. Skodras et al, “Hydrogenation behavior in rectangular metal hydride tanks under effective heat management processes for green building applications”, *Energy*, 2018, 142, 518-530

❑ Gasification technologies

- ✓ G. Skodras, “Low rank coal – CO₂ gasification: Experimental study, analysis of the kinetic parameters by Weibull distribution and compensation effect”, *Applied Thermal Engineering*, 2015, 74, 111-118

❑ Trace pollutants reduction

- ✓ G. Skodras et al, “Kinetic studies of elemental mercury adsorption in activated carbon fixed bed reactor”, *Journal of Hazardous Materials*, 2008, 158, 1-13

❑ Constructed wetlands for wastewater treatment

- ✓ G. Skodras et al, “A stochastic numerical approach for contaminant removal in constructed wetlands under uncertain-but-bounded input parameters”, *ENVIRONRISKs* 2020, *Proceedings* vol. 2, pp. 609-616

❑ Environmental impacts of large-scale infrastructures

- ✓ G. Skodras et al, “A stochastic analysis of RC structures under progressive environmental collapse considering uncertainty and strengthening by ties”, *Studies in Computational Intelligence*, 2021, 902SCI, 271-278

Scientific achievements

- ✓ Publications in peered journals (78) / OPET network (5) / Conference proceedings (101) / Chapters in books (14) / Invited speaker (20) / Engineering and feasibility studies (132)
- ✓ Citations 2.330 (Scopus 1.691), *h*-index 24 (Scopus 22)
- ✓ Scientific coordinator / principal researcher in 41 projects and 13 consulting projects
- ✓ Reviewer in 30 peered scientific journals
- ✓ Independent expert at the European Commission (REA, RFCS)



Θερμοδυναμική Ι

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ!

