

# [119 ] Θερμοδυναμική Ι

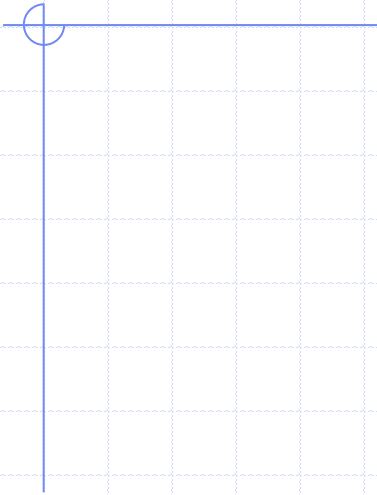
## Εισαγωγή

*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...

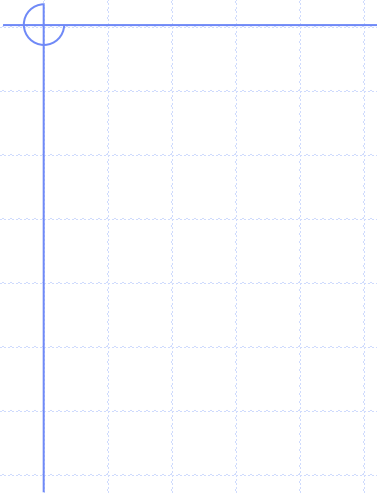
- Η Θερμοδυναμική ασχολείται με την ενέργεια και τους μετασχηματισμούς της
- Τα Αξιώματα είναι γενικοί περιορισμοί που θέτει η φύση στους μετασχηματισμούς της ενέργειας
- Τα Αξιώματα είναι πρωταρχικά και δεν μπορούν να προκύψουν από κάτι πιο θεμελιώδες
- Η διατύπωση των αξιωμάτων απαιτεί την χρήση εννοιών 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 – Βασικές έννοιες και ορισμοί**  
(θερμοδυναμική, σύστημα και κατάσταση, πίεση, θερμοκρασία, η θερμοδυναμική διεργασία, μηχανικό έργο, ενέργεια, θερμότητα, αντιστρεπτότητα)
- ❑ **Το μηδενικό θερμοδυναμικό αξίωμα**
- ❑ **Το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα**  
(εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, έργο, κλειστά συστήματα, διεργασίες μόνιμης ροής)
- ❑ **Το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα**  
(εντροπία και θερμοδυναμική ισορροπία, εντροπία, θερμότητα και ενέργεια σκεδάσεως, θερμικές μηχανές, αντλίες θερμότητας, εντροπία τελείου αερίου, κύκλος Carnot για τέλειο αέριο, εφαρμογή σε ενεργειακές μετατροπές)
- ❑ **Το τρίτο θερμοδυναμικό αξίωμα**  
(θερμοκρασία απολύτου μηδενός, εντροπία απολύτου μηδενός, εντροπία ιδανικού κρυστάλλου, σχέσεις Nerst, Lewis-Randall, σχέσεις Gibbs, Gibbs-Helmholtz, Maxwell, Clapeyron, Clapeyron-Clausius)



# Περιεχόμενα μαθήματος...

- ❑ **Μαθηματική θεμελίωση της θερμοδυναμικής**  
(ολικό διαφορικό και καταστατικές συναρτήσεις, σχέσεις μετασχηματισμού, μετασχηματισμοί Legendre, βασικές σχέσεις ιδιοτήτων για συστήματα PVT μεταβλητής σύστασης και θερμοχωρητικοτήτων για συστήματα PVT σταθερής σύστασης, ισορροπία σε κλειστά ετερογενή συστήματα)
- ❑ **Θερμοδυναμικές ιδιότητες καθαρών συστατικών**  
(θερμοδυναμικά καταστατικά μεγέθη, περιοχή υγρού-ατμού, περιοχή στερεού, καταστατικές εξισώσεις, συντελεστής συμπιεστότητας, συσχετίσεις αντιστοίχων καταστάσεων)
- ❑ **Ιδανικά αέρια και μίγματα αερίων και αερίων-ατμών**  
(ιδανικά αέρια, ιδανικά μίγματα αερίων, μίγματα αερίου-ατμού, υγρός αέρας)
- ❑ **Θερμοδυναμική ανάλυση διεργασιών ροής**  
(έργο, έργο ενέργεια σκεδάσεως, διεργασίες ροής, διεργασίες ανάμιξης, διεργασίες έργου)



# Περιεχόμενα μαθήματος...

## □ **Εντροπία και Εξέργεια**

(αρχή αύξησης εντροπίας, μεταβολές εντροπίας, αντιστρεπτό έργο σταθεροποιημένης ροής, ισοζύγιο εντροπίας, δυνητικό έργο ενέργειας, αντιστρεπτό έργο και αντιστρεπτότητα)

## □ **Εντροπία και Εξέργεια**

(μεταβολή της εξέργειας συστήματος, ισοζύγιο εξέργειας σε κλειστά και ανοιχτά συστήματα, απόδοση με βάση το 2<sup>ο</sup> θερμοδυναμικό αξίωμα)

## □ **Κύκλοι ισχύος με αέριο**

(κύκλοι αερίου, μηχανές εσωτερικής καύσης, Carnot, Otto, Diesel, Diesotto, Brayton-Joule, Rankine, Stirling, Ericsson)

## □ **Κύκλοι ισχύος με ατμό**

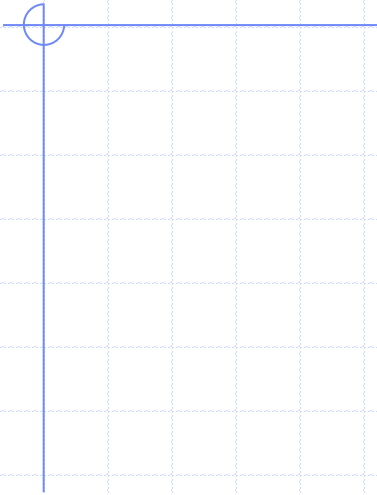
(ιδανικό υγρό και ατμός, ενθαλπία και εντροπία μίγματος νερού/ατμού, κύκλοι ατμού, Carnot, Rankine, διαμορφώσεις κύκλου Rankine)



# Περιεχόμενα μαθήματος...

- **Θερμοδυναμική της ψύξης και της υγροποίησης**  
(η ψύξη ως βασικό θερμοδυναμικό πρόβλημα, μέθοδοι παραγωγής ψύξης, κύκλος ψύξης Carnot, αντλίες θερμότητας, διεργασίες υγροποίησης, κύκλοι ψύξης με ατμό, πολυβάθμιοι κύκλοι ψύξης, συστήματα ψύξης με απορρόφηση)
- **Θερμοδυναμική των εγκαταστάσεων παραγωγής ισχύος με θερμότητα και καύση**  
(μετατροπή χημικής και πυρηνικής ενέργειας σε έργο και ηλεκτρική ενέργεια, παραγωγή έργου με ατμό, βελτιώσεις, παραγωγή έργου με αέριο)
- **Θερμοδυναμική υψηλών ταχυτήτων**  
(συμπιεστή ροή, αριθμός Mach, συγκλινόπν/αποκλινόν ακροφύσιο σε στροβιλοκινητήρες)





***Εξέταση μαθήματος...***



# Εξέταση μαθήματος...

- **Δύο ή τρεις (2 ή 3) εργασίες κατ' οίκο, υποχρεωτικές**  
Τρεις υπολογιστικές ασκήσεις που πρέπει να υποβληθούν πριν την γραπτή εξέταση  
1<sup>η</sup> υποβολή: 31.01.2021  
2<sup>η</sup> υποβολή: 31.08.2021  
Συμμετέχουν στον τελικό βαθμό σε ποσοστό 20% ή 30%, εφόσον παραδοθούν τον Ιανουάριο, και σε ποσοστό 10% ή 15% εφόσον παραδοθούν τον Αύγουστο
- **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' οίκον
- ✓ Προβιβάσιμος βαθμός τόσο στις εργασίες, όσο και στο γραπτό



***Προτεινόμενα  
συγγράμματα...***

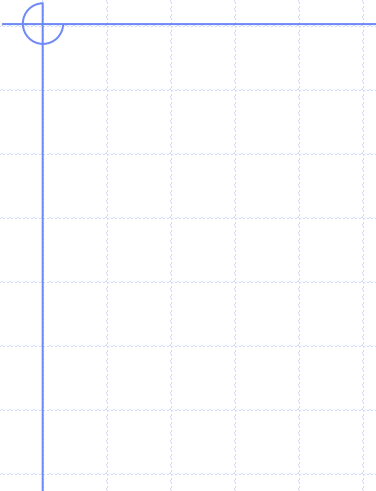




# Προτεινόμενα συγγράμματα...

- ❑ "**Θερμοδυναμική**" [κωδ. 18548693], Gyftopoulos E., Beretta Gian P.
- ❑ "**Θερμοδυναμική**" [κωδ. 3011], Hans Dieter Baehr
- ❑ "**Θερμοδυναμική για Μηχανικούς**" [κωδ. 50655949], 9η Έκδοση, Cengel Yunus A., Boles Michael A.
- ❑ "**Θερμοδυναμική και Προχωρημένη Θερμοδυναμική**", [κωδ. 33155128], 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...***



# Δρ Γεώργιος Σκόδρας

## Καθηγητής Νέων & Καθαρών Ενεργειακών Τεχνολογιών



### Εκπαίδευση

- Διπλωματούχος Χημικός Μηχανικός, ΑΠΘ
- Διδακτορικό Δίπλωμα στην Χημική Μηχανική, ΑΠΘ
- Μετεκπαίδευση Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Portugal – Zero emissions team
- Μετεκπαίδευση στο Trevizo Tecnologia, Italy – Energy Audit of Buildings
- Μετεκπαίδευση στο August Horch Akademie, Germany - Wastes utilization
- Μετεκπαίδευση στο Hellenic Institute of European and Foreign Policy

### Ερευνητικά Ενδιαφέροντα & Ενδεικτικές Δημοσιεύσεις

- **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 CO<sub>2</sub> 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 – CO<sub>2</sub> 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 numerical investigation concerning the effect of step-feeding on performance of constructed wetlands”, *Int. J. Environment and Pollution*, 2019, in press
- **Environmental impacts on 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

### Επιστημονικά Επιτεύγματα

- Publications in peered journals (74) / Conference proceedings (99) / Chapters in books (14) / Invited speaker (17) / Engineering and feasibility studies (132)
- Citations 1.932 (Scopus 1.394), *h*-index 23 (Scopus 20)
- Scientific co-ordinator / principal researcher in 39 projects and 10 consulting projects
- Reviewer in 30 peered scientific journals
- Independent expert at the European Commission (REA, RFCS)

# Θερμοδυναμική Ι

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ!

