

מבוא לתרמודינמיקה ומצבי צבירה – דף מידע כללי

שעורים: יום ד' 13:00-14:00, ויום ה' 12:00-14:00, בנין שנקר-פיסיקה, אולם לב (מספר 9).
לא יתקיימו השיעורים הבאים: יום ה' ה-2/5/2019 בשעות 12:00-13:00 (טקס יום השואה), יום ה'
ה-23/5/2019 (יום הסטודנט), ו-ימי ד' ו-ה', ה-29-30/5/2019 (העדרות המרצה).
במקומם תתקיימנה השלמות: בימי ה' הבאים בשעות 16:00-17:00: 7/3/2019, 14/3/2019,
28/3/2019, ובהתאם לצורך גם ב-2/5/2019, 16/5/2019 ו-2/6/2019.
יום ב' ה-15/4/2019 יתקיים בכל האוניברסיטה במתכונת יום ה'.

תרגילים: יום ב' 16:00-17:00, בנין אורנשטיין, חדר 102, או
יום ד' 10:00-11:00, בנין שנקר-פיסיקה, חדר 204, או
יום ד' 14:00-15:00, שנקר-פיסיקה, חדר 204.

www: אתר הקורס במודל.

מרצה: פרופ' רון ליפשיץ
בנין שנקר-פיסיקה, חדר 421
טלפון: 6405145
דואר אלקטרוני: ronlif@tau.ac.il
שעת קבלה: יום ד' 16:00-17:00.

מתרגל: מר אהוד חיימוב
בנין אורנשטיין, חדר 218
טלפון: 6405658
דואר אלקטרוני: ehud.haimov@gmail.com
שעת קבלה: יום ה' 17:00-18:00.

סילבוס:

1. קצת על מכניקה של רצף: אלסטיות – ההכללה של חוק הוק, מעוות-מאמץ, מודול יאנג, מודול הנפח וקומפרסיביליות, מאמץ גזירה. זורמים – צפיפות ולחץ בנוזלים וגזים ומדידתם, לחץ אטמוספרי, לחץ הידרוסטטי, כלים שלובים, עקרון פסקל, מעלית הידראולית, עקרון ארכימדס וכוח ציפה. הידרודינמיקה פשוטה – (משוואת אוילר, משוואת הרציפות), זרימה עמידה, משוואת ברנולי, כוח עילוי, צינור פיטו, מד ונטורי.
2. תאור מקרוסקופי של החומר: הרעיון של שיווי משקל תרמודינמי, חוק האפס של התרמודינמיקה, הגדרת הטמפרטורה בעזרת תרמומטר של גז אידאלי, סקלת קלוין והאפס המוחלט. מעברי פאזה גז-נוזל-מוצק (תאור איכותי) – קיבול חום, חום כמוס (של היתוך ואידוי), דיאגרמת הפאזה, הנקודה הקריטית, קווי דו-קיום והנקודה המשולשת, האנומליה של מים. מנגנוני העברת חום – הולכה, הסעה וקרינה.
3. השפה התרמודינמית הבסיסית: משוואת המצב (הראשונה) של גז אידאלי. פונקציות של מספר משתנים, שימוש בנגזרות חלקיות (וזהויות מתמטיות שלהן), דיפרנציאלים שלמים, ופונקציות מצב. תהליכים תרמודינמיים פשוטים בגז אידאלי – הגדרת תהליכים הפיכים ובלתי הפיכים, הגדרת תהליכים איזוכורים, איזוברים, ואיזותרמים.
4. החוק הראשון של התרמודינמיקה: ניסוי ג'אול והשקילות האנרגטית של חום. שינוי האנרגיה הפנימית על ידי ביצוע עבודה מכנית ו/או חימום, ותלות העבודה והחום במסלול. התפשטות איזותרמית, חימום איזוברי, חימום איזוכורי, התפשטות אדיאבטית. קיבול חום בלחץ קבוע ובנפח קבוע והקשר ביניהם.
5. התורה הקינטית של הגזים: ההסבר המיקרוסקופי לגדלים המקרוסקופיים – הקשר בין הלחץ, הטמפרטורה, האנרגיה הפנימית וקיבול החום לאנרגיה הממוצעת של המולקולות בגז. משוואת האנרגיה הפנימית של גז אידאלי (משוואת המצב השנייה), קיבול החום ואפיון מתמטי של אדיאבטה בגז אידאלי (משוואות פואסון). הנוסחה הברומטרי, והטעות המפורסמת של ניוטון בחישוב מהירות הקול באוויר.
6. החוק השני של התרמודינמיקה: התנהגות ספונטנית של תהליכים בלתי הפיכים. הניסוח של קלווין, הניסוח של קלאוזיוס והשקילות ביניהם. נצילות של מנועים ועקרון קרנו. מעגל קרנו, והנצילות המקסימלית של מנועים. הגדרת הטמפרטורה התרמודינמית האבסולוטית בעזרת מנועי קרנו. הגדרת האנטרופיה והניסוח המודרני לחוק השני. עקרון המקסימום של האנטרופיה במערכות מבודדות בש"מ. חישוב שינוי האנטרופיה



בתהליכים הפיכים ולא הפיכים. אנטרופיה של ערבוב. ההסבר המיקרוסקופי לאנטרופיה, והפרוש הסטטיסטי של בולצמן לחוק השני.

7. **החוק השלישי של התרמודינמיקה:** האנטרופיה וקיבול החום של מערכות בטמפרטורה אפס, וחוסר היכולת להגיע אליה.

8. **הפורמליזם התרמודינמי:** משוואת היסוד בהצגת האנרגיה ובהצגת האנטרופיה, הגדרת המשתנים האינטנסיביים ומשוואות המצב, צורת אוילר ומשוואת גיבס-דוהם. שיווי משקל תרמודינמי, עקרון המקסימום של האנטרופיה, עקרון המינימום של האנרגיה הפנימית, והשקילות ביניהם. טרנספורם לג'נדר והפוטנציאלים התרמודינמיים הנוספים – אנרגיה חופשית של הלמהולץ, אנתלפיה, אנרגיה חופשית של גיבס, הפוטנציאל הגרנד-קנוני – ועקרונות המינימום שלהם. קשרי מקסוול. יציבות תרמודינמית.

9. **מעברי פאזה מסדר ראשון:** דו-קיום, משוואת קלאוזיוס-קלפירון, משוואת לחץ האדים. מעבר גז-נוזל ממודל ון דר ואלס, חוק השטחים השווים (הבניה של מקסוול), כלל המנוף, מטה-סטביליות, חוק הפאזות של גיבס.

ספרות: ישנם ספרים רבים המכסים את תכני הקורס. מומלץ לבצע חיפוש בספריה ולמצוא את הספרים המתאימים לטעמכם האישי. אפשר להתחיל מהספרים הללו:

1. Jearl Walker, *Halliday & Resnick Fundamentals of Physics* (Wiley, 2003)
2. Enrico Fermi, *Thermodynamics* (Dover 1936). (קיים תרגום לעברית)
3. F. Reif, *Fundamentals of Statistical and Thermal Physics* (McGraw-Hill, 1965).
4. H. B. Callen, *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics* (Wiley, 1985).
5. C. J. Adkins, *Equilibrium Thermodynamics, 3rd Ed.* (Cambridge University Press, 1983).
6. David Goodstein, *Thermal Physics* (Cambridge University Press, 2015).
7. M. M. Abbot & H. C. van Ness, *Thermodynamics* (McGraw-Hill, 1972).
8. L. D. Landau, A. I. Akhiezer, & E. M. Lifshitz, *General Physics: Mechanics and Molecular Physics* (Pergamon Press, 1967).

חובות: חלה חובת הגשה מלאה של כל התרגילים. התרגילים מהווים חלק חשוב ומרכזי בקורס. אם אינכם מבינים משהו, היעזרו זה בזה, עיבדו ביחד על התרגילים (בתנאי שאת כתיבת הפתרון עצמו תעשו באופן עצמאי) ונצלו את שעות הקבלה שלנו. יש להקפיד על סדר וכתב יד קריא וברור של התרגילים המוגשים.

ציון: הציון הסופי בקורס יורכב משקלול של התרגילים והמבחן. כל תרגיל אשר יוגש בזמן ויקבל ציון עובר יזכה את המגיש/ה אותו ב-1% מהציון הסופי. המבחן בסוף הקורס יהווה את יתרת הציון מהגשה מלאה. יש לקבל ציון עובר במבחן כדי לעבור את הקורס. המבחן יערך בחומר סגור פרט לדף נוסחאות שיוכן על ידכם ודפי סיכום שיחולקו בכתה במהלך הקורס.

בהצלחה!!