



הפקולטה להנדסת ביוטכנולוגיה ומזון

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

תרמודינמיקה בהנדסת ביוטכנולוגיה ומזון 064106
סמסטר חורף תשפ"א - 2020/2021

מקצועות קדם 124503 ו-114051 מקצועות צמודים 064117 (מקצועות הקדם בתהליך עדכון) נקודות זכות: 4

3 ש' הרצאה, 2 ש' תרגול.

תרגול: יום ג' 11:30 - 13:30

הרצאות: יום א' 14:30 - 16:20
יום ג' 10:30 - 11:20

ההרצאות תתקיימנה ב-ZOOM אלא אם יצוין אחרת

סגל הקורס:

Livney@technion.ac.il	טל. 4225	חדר 325א	פרופ' יואב ליבני- מרצה הקורס שעת קבלה: בתאום מראש (רצוי באימייל)
orenchus@campus.technion.ac.il	טל. 1348	חדר 248	אורן בכר – מתרגל אחראי שעת קבלה: בתאום מראש (רצוי באימייל)
yardenabu@campus.technion.ac.il	טל. 3033	חדר 325	ירדן אבוחצירה-כהן - מתרגלת שעת קבלה: בתאום מראש (רצוי באימייל)
aviad_bitan@campus.technion.ac.il	טל. 3033	חדר 325	אביעד משה ביתן – בודק תרגילים שעת קבלה: בתאום מראש (רצוי באימייל)

בחינה סופית **60%** נדרש ציון 55 לפחות בבחינה הסופית! (ציון נמוך מזה יהווה 100% חומר פתוח.
תאריך הבחינה: מועד א': 07.02.2021; מועד ב': 05.03.2021

בחן אמצע **20%** (מגן) 20.12.2020 בשעות 16:30-18:30
עד נושא (6) גזים אידיאליים ומשוואות מצב – כולל; חומר סגור- רק דפי נוסחאות (יסופקו בהמשך).

תרגילי בית **20%** (תקף, אלא אם ציון בחינה סופית אינו ציון עובר)
הגשת תרגילי בית: עד שבוע אחרי פרסום התרגיל (תאריך מדויק יצוין) עד השעה 15:00.

שיעורי הבית יהיו מורכבים מ-3 שאלות, שאלה 1 תיבדק במלואה (80%), שאלות 2-3 תיבדק הגשה (20%).

"כיתה הפוכה": במהלך הסמסטר 2 מההרצאות תתבצענה במתכונת של "כיתה הפוכה" שבמסגרתה נדרש לצפות בהרצאה בוידאו טרם ההגעה לכיתה ולפתור שאלה מתרגיל הבית באותו הנושא, במתכונת של סדנא. פרטים ממוקדים יישלחו במרוכז עבור כל סדנא בנפרד.
השאלה שתפתר בכיתה תיבדק במלואה (80%), כאשר 2 השאלות הנוספות של תרגיל הבית (20%) תוגשנה בנפרד לאחר התרגול בנושא.

חובת הגשה עבור 2 תרגילי הבית השייכים למתכונת "כיתה הפוכה" אך ורק במועד הסדנא! ציוני 2 תרגילי הסדנאות יחשבו כשיעורי בית רגילים. כלומר, בסך הכל יש להגיש 10 תרגילים מבין 13. אם יוגשו יותר (כך

מומלץ) לציון ייבחרו 10 התרגילים הטובים ביותר. (לא יתקבלו בקשות לדחיית הגשה מכל סיבה שהיא, פרט למילואים). **2 השאלות הנוספות בתרגיל בית מס' 13 יפורסמו יחד עם פתרון לשם תרגול.**

בונסים: על משימות התנדבותיות מיוחדות שיקדמו את הידע וההבנה של כל הסטודנטים בקורס- עד 10 נק' סה"כ (הציון הכולל בקורס יהיה לכל היותר 100, וציון עובר בבחינת סיום הוא תנאי להכנסת הבונוס לציון).

המועד האחרון בו הסטודנט נבחן וקיבל ציון הוא המועד הקובע.

אתר הקורס באינטרנט – הכניסה דרך אתר Moodle בטכניון: <http://moodle.technion.ac.il>

נושאי הקורס ותוצאי למידה (Learning Outcomes)

(הניסוחים מציינים "סטודנט" מטעמי נוחות- אך מופנים לסטודנטית ולסטודנט במידה שווה)

כללי: הסטודנט יהיה מסוגל לפתור באופן עצמאי בעיות כמותיות מילוליות חדשות תוך איור סכמטי של המערכת, יישום העקרונות והמשוואות שנלמדו, ופרוט ההנחות המתאימות כנדרש לשם הפתרון.

מושגי יסוד

הסטודנט יהיה מסוגל להשתמש במושגים מערכת פתוחה וסגורה, סביבה, תכונה אקסטנסיבית ואינטנסיבית, עבודה, חום, אנרגיה ואנתלפיה באופן נכון בעת פתרון בעיות. הסטודנט ידע לפתור תרגילים ובעיות כמותיות באמצעות החוק הראשון של התרמודינמיקה. הסטודנט ישתמש באופן נכון בהסכמי הסימנים למעבר חום ועבודה ויהיה מסוגל לפתור בעיות כמותיות של חישוב חום, עבודה ותכונות תרמודינמיות קשורות כגון שינוי אנרגיה פנימית ואנתלפיה במערכות סגורות.

תהליכי זרימה

הסטודנט ישתמש בחוק הראשון בחישובים כמותיים בעת פתרון בעיות עבור מקרים מוגדרים של מערכת פתוחה בזרימה.

מכונות חום, הפיכות, אנטרופיה

הסטודנט יהיה מסוגל לפתור בעיות איכותיות וכמותיות בנושא מכונות חום. הסטודנט יכיר ויבין את שני הניסוחים של החוק השני של התרמודינמיקה ויהיה מסוגל ליישם חוק זה לצורך פתרון בעיות איכותיות וכמותיות. הסטודנט יבדיל בין תהליך הפיך לבין תהליך בלתי הפיך. הסטודנט יבין את מושג האנטרופיה וידע לחשב כמותית את שינוי האנטרופיה עבור תהליכים שונים, הפיכים ובלתי הפיכים. הסטודנט ידע לחשב עבודה חום ושינויים בתכונות חומר במכונות חום, ואת ניצולת מכונת חום במצבים מוגדרים היטב.

תכונות תרמודינמיות של מים (אדים, נוזל וקרח) וטבלאות קיטור

הסטודנט יידע להשתמש בחוק הפאזות של גיבס ובטבלאות הקיטור לשם חישוב השינויים בתכונות בתהליכים מוגדרים במים במצבי צבירה שונים ומשתנים.

גזים אידיאליים וריאליים, תערובות גזים ופסיכרומטריה

הסטודנט יהיה מסוגל לפתור בעיות כמותיות העוסקות בגזים אידיאליים וריאליים, בתערובות של גזים אידיאליים ובתערובות של גז אידיאלי ואדים של חומר אחר. הסטודנט יוכל לחשב חום, עבודה ושינויים בתכונות של גזים ותערובות גזים או גז ואד. הסטודנט ידע להשתמש במפות פסיכרומטריות ובמשוואות המתאימות לחישוב כמותי של השינויים המתרחשים בתהליכים כגון חימום, קירור, הלחה, דחיסה, שינוק, ייבוש ועוד.

אריזות

הסטודנט יהיה מסוגל לחשב את השינויים המתרחשים באריזת מזון קשיחה או גמישה (כגון קופסאות שימורים), המכילה מוצר נוזלי (וכן עשויה להכיל פאזה גזית), בעת חימום, קירור, ושינויי לחץ חיצוני, תוך התחשבות בתכונות המכניות של האריזה ומגבלותיה.

משאבות חום ותהליכי קירור ומיזוג

הסטודנט יוכל לחשב כמותית תהליכים של שאיבת חום, לשם חימום או קירור, במערכות קירור או מיזוג אוויר, כולל חישובי מקדמי ביצועים (COP), הספק מושקע והספקי חימום/קירור, ויהיה מסוגל למצוא את התכונות הנדרשות מחומר הקירור במקורות מידע זמינים ולהשתמש בהם באופן נכון בחישובים.

שיווי משקל בין פאזות

הסטודנט יידע להשתמש בחוקי התרמודינמיקה והקריטריונים המתאימים (כגון פוגאסיות ופוטנציאל כימי), לשם זיהוי וניתוח מצבי שיווי משקל בין פאזות ולקביעת השינויים בתכונות השונות בעת מעבר ממצב צבירה למשנהו, בחומר טהור, תוך יישום חוקים ומשוואות (כגון קלאוזיוס קלפרון).

מודל השריג והתאוריה הרגילה של התמיסות

הסטודנט יידע לחשב אנטרופיה של ערבוב לפי מודל השריג במערכות בינאריות. הסטודנט יוכל לחשב אנרגיה ואנרגיה חופשית של ערבוב על פי התאוריה הרגילה של התמיסות. הסטודנט יהיה מסוגל להסיק על אנרגיית אינטראקציה בין מולקולרית מתוך תכונות מקרוסקופיות- כגון חום אידוד.

תמיסות אידיאליות ולא אידיאליות; שיווי משקל בין פאזות בתמיסות

הסטודנט יידע לחשב תהליכים בתמיסות אידיאליות ובלתי אידיאליות, תוך שימוש במושג האקטיביות, לזהות ולהגדיר כמותית מצבי שיווי משקל ומצבים בהם יש כוח מניע למעבר של מרכיב מסוים בין פאזות שונות ולקשר כמותית בין הרכב התמיסה להרכב הפאזה הגזית שבשיווי משקל עמה (חוקי ראול, הנרי וכו').

תכונות קוליגטיביות ותהליכי הקפאה

הסטודנט יוכל לחשב שינויים בנקודת רתיחה וקיפאון בתלות בהרכב תמיסות ביחס לממס הטהור. הסטודנט יידע לחשב לחץ אוסמוטי בתלות בהרכב תמיסה, במצבים מוגדרים, ולהסיק על תכונות המומס (כולל משקל מולקולרי) מתוך התכונות הקוליגטיביות.

הסטודנט יידע לחשב הספק קירור שנדרש בעת הקפאת תמיסה (או מוצר אחר בעל תכונות והרכב ידועים) בספיקה מוגדרת מטמפ' התחלתית ידועה לטמפ' סופית מוגדרת. הסטודנט יוכל לחשב את כמות הקרח הנוצר בהקפאה ואת הריכוז של התמיסה המתקבלת בתהליך הקפאה מוגדר.

יושרה אקדמית

כל משימה שתוגש ע"י הסטודנט/ית לשם נקודות זכות אקדמיות בקורס, תהיה פרי עבודתו/ה העצמאית של הסטודנט/ית. אפשר ומומלץ ללמוד ביחד עם סטודנטים/ות אחרים/ות ולדון במושגים ובמידע שהוצגו בהרצאות. אפשר לסייע ולהסתייע בהתייעצות עם חברים/ות לקורס, אך שיתוף פעולה זה אסור שייכלול מצב בו ברשות סטודנט/ית נמצאת/ת חלק מעבודה או עבודה שלמה שהכין מישהו/י אחר/ת. בבחנים ובחינות חובה לעשות עבודה עצמאית לחלוטין. כל "שיתוף פעולה" בבחנים ובחינות יביא לכישלון בבחינה ועלול להביא לכישלון בקורס ולצעדים משמעתיים טכניוניים כנגד המעורבים.

ספרי לימוד מומלצים:

1. A. Shavit & C.Gutfinger, Thermodynamics from concepts to applications, Prentice Hall
2. J.M Smith, H.C Van Ness & M.M Abbott, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 5th Ed

תכנית הקורס – תרמודינמיקה בהנדסת ביוטכנולוגיה ומזון (064106) – תשפ"א 2020/2021

הרצאות: יום א' 14:30-16:20, יום ג' 10:30-11:20 תרגולים: יום ג' 11:30-13:30

		תרגולים		הרצאות		
אורן	מושגי יסוד	27.10	מבוא, מושגי יסוד, תהליכי זרימה	1 א'	25.10	
	תהליכי זרימה	03.11	מכונות חום הפיכות, אנטרופיה	1 ב'	27.10	
	מכונות חום הפיכות, אנטרופיה	10.11	מכונות חום הפיכות, אנטרופיה	2 א'	01.11	
ירדן	טבלאות קיטור	17.11	כיתה הפוכה 1 - טבלאות קיטור	2 ב'	03.11	
	טבלאות קיטור- המשך	24.11	טבלאות קיטור - המשך	3 א'	08.11	
	גזים ומשוואות מצב	01.12	טבלאות קיטור, גזים ומשוואות מצב	3 ב'	10.11	
	תערובות אויר ואדי מים - ייבוש	08.12	גזים, תערובות אויר ואדי מים	4 א'	15.11	
	תערובות אויר ואדי מים - לחצים שונים	22.12	גזים, תערובות אויר ואדי מים	4 ב'	17.11	
	אריזות	29.12	המשך תערובות: ייבוש ; לחצים, אריזות	5 א'	22.11	
	קירור ומשאבות חום	05.01	המשך תערובות: ייבוש ; לחצים, אריזות	5 ב'	24.11	
	ש"מ, קל. קלפרון, תמיסות- מומס לא נדיף	12.01	אריזות	6 א'	29.11	
	מודל השריג, חוק הנרי	19.01	חזרה לבוחן אמצע	6 ב'	01.12	
	תכונות קוליגטיביות והקפאה	26.01	המשך אריזות קירור ומשאבות חום	7 א'	06.12	
			המשך משאבות חום	7 ב'	08.12	
			ש"מ בין פאזות	8 א'	20.12	
			קל. קלפרון, תמיסות	8 ב'	22.12	
		מודל השריג, ח. הנרי	9 א'	27.12		
		תכונות קוליגטיביות	9 ב'	29.12		
		כיתה הפוכה 2 – תכונות קוליגטיביות והקפאה	10 א'	03.01		
		חזרה למבחן	10 ב'	05.01		
			11 א'	10.01		
			11 ב'	12.01		
			12 א'	17.01		
			12 ב'	19.01		
			13 א'	24.01		
			13 ב'	26.01		

בוחן אמצע (עד גזים אידיאליים ומשוואות מצב - כולל): 20/12/2020

מועד א': 07/02/2021 מועד ב': 05/03/2021