

כיתה ח - פיזיקה - יחידה 3 - תרמו-דינמיקה

תרמו דינמיקה

נושא מתוך הפיזיקה הקלאסית המתאר את האנרגיה של חומר מסוים או מערכת, וכיצד הוא עוברת או מתקבלת.

התרמו דינמיקה חוקרת את הקשר שבין טמפרטורה, לחץ ונפח של חומרים.

חשוב לציין שחום עובר רק ממקום למקום קר יותר

הגדרות

מערכת - חלק מהמרחב התחום במעטפת מוגדרת היטב.

מערכת פתוחה - מערכת שבה חומר יכול לעבור בין הסביבה למערכת.

מערכת סגורה - מערכת שבה חומר אינו יכול לעבור בין הסביבה למערכת, אך אנרגיה יכולה לעבור ביניהן.

מערכת מבודדת - מערכת שבה לא מתאפשר מעבר הן של חומר והן של אנרגיה בין הסביבה למערכת.

אינטראקציה - סוג ההשפעה של המערכת על הסביבה ולהפך.

שיווי משקל - מצב שאינו ניתן לשינוי בלי אינטראקציה עם הסביבה. במצב שיווי משקל אין שינוי בתכונות המקרוסקופיות של המערכת.

טמפרטורה - מדד לאנרגיה הקינטית שיש במערכת או בחומר, הטמפרטורה הנמוכה האפשרית היא -273°C

אנרגיה - יכולת של מערכת לבצע פעולה, ביצוע פעולה נקראת עבודה

נמדדת על ידי גאול או קלוריה

קלוריה (סימן מקוצר: Cal) היא יחידת מידה לחום ואנרגיה.

כמות האנרגיה הדרושה לחמם 1 גרם מים במעלת צלזיוס אחת, בלחץ של אטמוספירה אחת (בטמפרטורה של 15°C - 14°C)

נהוג להשתמש בימנו במילה קלוריה אך הכוונה היא לקילו קלוריה Cal שהיא 1000 cal

חשוב לציין ש-1 קילו קלוריה = 4.2 ג'אול

© כל הזכויות שמורות לגיא קורן, אין להפיץ או להעתיק תרגילים או חלק מהם ללא אישור מגיא קורן

אנרגיה פנימית - היא סך האנרגיה הקינטית ופוטנציאלית של מערכת (חומר), הנובעת מתנועת החלקיקים יחסית למרכז המסה ואינטראקציה של בניהם, כמו כן כוללת גם את האנרגיה החשמלית וקשרים הכימיים שבין החלקיקים.

את האנרגיה הפנימית לא ניתן לחשב בכל מצב ומצב של המערכת, אך ניתן לחשב את השינוי באנרגיה המושפע מהשינוי בחום של המערכת ובעבודה שנעשתה על המערכת, לפי החוק הראשון של התרמו-דינמיקה.

את האנרגיה הפנימית מודדים ביחידות של קלוריה או ג'ול.

האנומליה של המים - בשונה מרוב החומרים, כאשר מים (נוזל) קופאים לקרח (מוצק) נפחם גדל, כלומר צפיפות המולקולות קטן משקלם הסגולי קטן.

למעשה נפח המים גדל בכ-10% כאשר הופך לקרח וזאת הסיבה לכך שקרח צף על פני מים.

שינוי זה קורה עקב סידור ייחודי של מולקולות המימן והחמצן של המים. חומרים נוספים המתרחבים במעבר מנוזל למוצק הם עופרת, ניאון ועוד.

דוגמה

- צפיפות קרח ב- 0° - 0.917 גרם לסמ"ק
- צפיפות מים ב- 0° - 0.998 גרם לסמ"ק
- ב- 4° צפיפות המים מרבית: 1 גרם לסמ"ק

קיבול חום סגולי c

קיבול חום של גוף הוא כמות החום (האנרגיה) הדרושה כדי להעלות את הגוף במעלת צלזיוס אחת.

את קיבול חום הסגולי של חומרים שונים אנו מודדים בטמפרטורת החדר ובלחץ אטמוספירי

חום כמוס (באנגלית: Latent heat) מתאר את כמות האנרגיה בצורה של חום הדרושה לחומר מסוים כדי לעבור מעבר פאזה.

בדרך כלל מתארים שני סוגי חום כמוס: זה הנחוץ לשם התכה וזה הדרוש לשם אידוי.

$$L = \frac{Q}{m}$$

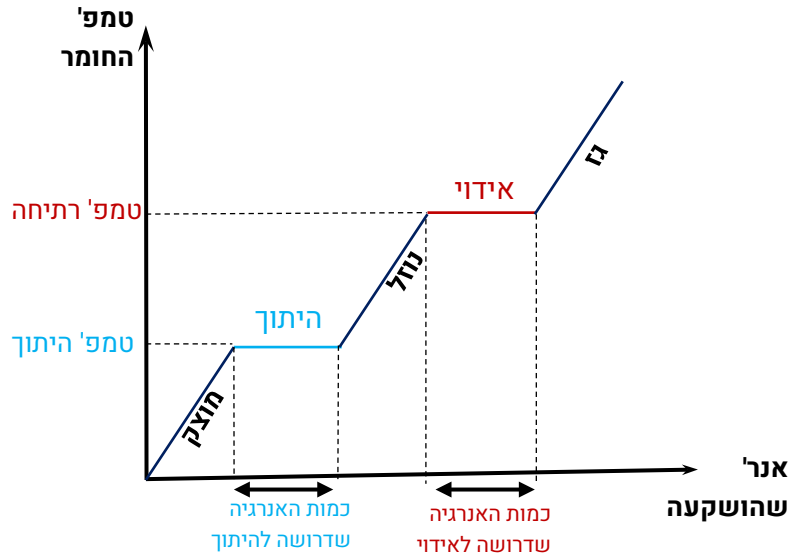
מחושב על ידי

לימוד מתמטיקה ופיזיקה לחטיבה, תיכון והכנה לבגרות - **התמחות ביח"ל**
 "תמציתה של מתמטיקה היא לא לסבך דברים פשוטים, כי אם לפשט דברים מסובכים" - ס. גאורד

לכן לדוגמה כאשר מחממים מים עד לטמפרטורה של $c100$ ולאחר מכן ממשיכים לחמם, עד שלא נעמיק למים את החום הכמוס הדרוש, מים לא יהפכו לאדים והטמפרטורה שלהם תישאר על 100

החום הכמוס תלוי בקשר שבין חלקיקי החומר, ככך שהקשר יותר חזק, כך גדל גם החום הכמוס של חומר.

כמו כן גם טמפרטורת הריתוך והאידיוי משתנות לפי תנאי הסביבה



האפס המוחלט - $c273$ או $-F459.6$, או 0 בקלווין.

זאת הטמפרטורה הכי נמוכה האפשרית על פי החוק 3 של התרמו דינמיקה, בטמפרטורה זה האנטרופיה שואפת לאפס.

כאשר מקררים חומרים מסוים עד קרוב מאוד לאפס המוחלט מתגלות תופעות פיזיקליות (קוונטיות), לדוגמה מוליכות על.

תרמו דינמיקה - העשרה - כיתה ט'

אנתלפיה (Enthalpy)

סך האנרגיה הפנימית של החומר ומכפלה של הלחץ בנפח: $H = U + PV$
למעשה משינוי באנתלפיה של החומר ניתן להסיק על כמות החום שנכנסה למערכת.
אם האנתלפיה חיובית, אז למעשה המערכת קלטה חום ואז הסביבה של המערכת תתקרר.

אנטרופיה (Entropy)

הערכה לגבי האפשרות לאי סדר (אקראיות) של מערכות מיקרוסקופיות.
לדוגמה חומר במצב מוצק בדרך יהיה בעל אנטרופיה נמוכה מזה של נוזל.
חישוב השינוי באנטרופיה הוא ביחס ישר לכמות החום שנכנסה וביחס הפוך לטמפרטורה של המערכת.

4 חוקי התרמו-דינמיקה - (נלקח מויקיפדיה)

חוק האפס של התרמו דינמיקה - חוק השקילות (טרנזיטיביות) של שיווי המשקל התרמי - אם מערכות A ו-B בשיווי משקל תרמי זו עם זו וגם מערכות B ו-C בשיווי משקל תרמי זו עם זו, אזי גם מערכות A ו-C בשיווי משקל תרמי זו עם זו.

החוק הראשון של התרמו דינמיקה - הרחבה של חוק שימור האנרגיה, אנרגיה אינה נעלמת ואינה נוצרת יש מאין, כשהחוק מוסיף עוד צורה של מעבר אנרגיה אל המערכת (או ממנה), וזהו החום. הניסוח המתמטי של החוק הוא:

$$W - Q = \Delta U$$

כאשר U היא האנרגיה הפנימית, W העבודה שנעשתה על ידי המערכת ו-Q החום שזרם אליה.

החוק השני של התרמו דינמיקה - מערכת תשאף תמיד לרמת האנטרופיה (א'הסדר) הגבוהה ביותר, וכן לרמת האנרגיה הנמוכה ביותר. חוק זה בא לידי ביטוי בעיקר בתגובות כימיות. ניסוחו היותר מדויק הוא: במערכת מבודדת, בתהליך ספונטני, האנטרופיה יכולה רק לגדול.

החוק השלישי של התרמו דינמיקה - בטמפרטורה של האפס המוחלט (273.15 - מעלות צלזיוס), האנטרופיה שווה לאפס או ליתר דיוק ללוגריתם של ניוון רמת היסוד.

לימוד מתמטיקה ופיזיקה לחטיבה, תיכון והכנה לבגרות - התמחות ביח"ל
"תמציתה של מתמטיקה היא לא לסבך דברים פשוטים, כי אם לפשט דברים מסובכים" - ס. גאורד

תרמו-דינמיקה – דף נוסחאות

חישוב שינוי באנרגית החום: $Q = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1)$ (יחידות של ג'אול [J])

שינוי באנר' חום - Q , מסת החומר - m , קיבול חום סגולי - c , טמפ' סופית - T_2 , טמפ' התחלתית - T_1

*אפשר להשתמש גם בנוסחה: $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, כאשר שינוי בטמפ' - ΔT

משוואה לתערובת של שני חומרים: $Q_1 + Q_2 = 0$

כמות האנרגיה שנלקחה מחומר 2 - Q_2 , כמות האנרגיה שקיבל - Q_1

קיבול חום סגולי חומרים שונים (יחידות של ג'ול לקילוגרם):

מים	קרח	אדים	ברזל	נוהל	נחושת	חלב
4200	2100	1850	460	2400	380	3900

חום כמוס:

קרח למים (היתוך)	מים לאדים (אידיוי)
$L = 336,000 \text{ j/kg}$	$L = 2,256,000 \text{ j/kg}$

חישוב האנרגיה הדרושה לעבור מצב צבירה: $Q = L \cdot m$

מעבר בין יחידות טמפרטורה:

צלסיוס $^{\circ}C$ << לפריינט $^{\circ}F$	מפריינט $^{\circ}F$ << מצלסיוס $^{\circ}C$	צלסיוס $^{\circ}C$ << לקלווין K
$T_F = 1.8 \cdot T_C + 32$	$T_C = \frac{T_F - 32}{1.8}$	$T_K = T_C + 273$

© כל הזכויות שמורות לגיא קורן, אין להפיץ או להעתיק תרגילים או חלק מהם ללא אישור מגיא קורן

כיתה ט - תרמו דינמיקה - מעברי חום - תרגילים

דוגמה

מהי כמות האנרגיה חום הדרושה לעלות 2 קילו מים מטמפרטורה של 20°C לטמפרטורה של 50°C ?

$$Q = 2 \cdot 4200 \cdot (50 - 25) =$$

$$Q = 210,000 \text{ J (ג'אול)}$$

1. מהי כמות האנרגיה חום הדרושה לעלות 300 גרם מים מטמפרטורה של 10°C לטמפרטורה של 25°C ?
2. מהי כמות האנרגיה הדרושה לעלות 4 קילו של ברזל מטמפרטורה של 20°C לטמפרטורה של 100°C ?
3. לקחו בקבוק חלב שהיה בטמפרטורת החדר - 25°C , והעניקו לו כמות חום של 68,250 גאול והטמפרטורה שלו עלתה ל-60 מעלות. מה משקל החלב (בהנחה שמשקל הבקבוק זניח)?
4. מוט נחושת שמשקלו 3 ק"ג היה בטמפרטורת החדר - 25°C , העניקו לו כמות חום של 4000 גאול. מהי טמפרטורת המוט עכשיו?
5. לקחו כמות של מים וחיממו אותה ב- 14°C , ידוע שהעניקו למים 6500 גאול. מהי כמות המים שחיממו?
6. השאירו כוס מים ודלי מים בשמש, מי מהם יהיה יותר חם, בהינתן שקלטו אותה כמות אנרגיה? נמקו

7. על ידי אנרגיה של 120 גאול, חימום 20 גרם של זהב, כך שהטמפרטורה שלו עלתה ב- 60°C מה החום הסגולי של זהב?

8. השאירו בשמש מוט ברזל ומוט נחושת זהים. לאחר זמן מה, בדקו את הטמפרטורה של כל אחד מהמוטות, איזה מוט היה חם יותר?

9. חימום 200 גרם נחושת ו-200 גרם ברזל ב- 70°C . למי מהחומרים הייתה דרושה יותר אנרגיה לחימום? נמקו

10. חימום 700 גרם של חומר מסוים בעזרת 75,600 ג'אול מטמפרטורה של 25 מעלות לטמפרטורה של 70 מעלות איזה סוג חומר חימום?

11. השלימו את הטבלה הבאה:

טמפרטורה בקלווין	טמפרטורה בצלזיוס	טמפרטורה בפריינט
50°K	$T_K - 273 = T_C$ $50 - 273 = T_C$ $-223^{\circ} = T_C$	$T_F = 1.8 \cdot T_C + 32$ $T_F = 1.8 \cdot (-223)$ $T_F = 401.4^{\circ}$
	-273°C	
		250°F
	24°C	
450°K		
	-40°C	
		-80°F

לימוד מתמטיקה ופיזיקה לחטיבה, תיכון והכנה לבגרות - **התמחות ביח"ל**
 "תמציתה של מתמטיקה היא לא לסבך דברים פשוטים, כי אם לפשט דברים מסובכים" - גאורג

12. חימום 200 גרם חלב שהיה בטמפרטורה של 276 K עד לטמפרטורה של 104 F

כמה אנרגיה השקיעו לחימום זה?

13. חימום 200 גרם נחושת ו-200 גרם ברזל כך שהטמפרטורה שלהם עלתה ב- 70 C .

למי מהחומרים הייתה דרושה יותר אנרגיה לחימום? נמקו

מעבר בין מצבי צבירה (חום כמוס)

14. חימום חצי ליטר מים (1 ליטר מים שוקל 1 קילוגרם) מטמפרטורה של 25°C

לטמפרטורה של 120°C .

כמה אנרגיית חום השתמשו?

*יש לחשב ב-3 שלבים

(1) עד 100 מעלות (נוזל)

(2) מעבר מצב צבירה (חום כמוס של נוזל לגז)

(3) מ-100 עד 120 (אדים)

15. חימום חצי ליטר מים (1 ליטר מים שוקל 1 קילוגרם) מטמפרטורה של -30°C

לטמפרטורה של 20°C .

כמה אנרגיית חום השתמשו?

16. חימום קרח במשקל של 0.4 ק"ג שהיה בטמפרטורה של -10°C עד לטמפרטורה

של 125°C .

א. חשבו את האנרגיה הנדרשת לחימום זה.

ב. שרטטו גרף המתאר את הטמפרטורה של הקרח (מים ואדים) כתלות בכמות

האנרגיה שניתנה.

17. חימום קרח שהיה בטמפרטורה של -10°C עד לטמפרטורה של 125°C .

ג. חשבו את האנרגיה הנדרשת לחימום זה.

ד. שרטטו גרף המתאר את הטמפרטורה של הקרח (מים ואדים) כתלות בכמות

האנרגיה שניתנה.

לימוד מתמטיקה ופיזיקה לחטיבה, תיכון והכנה לבגרות - **התמחות ב"ח"ל**
 "תמציתה של מתמטיקה היא לא לסבך דברים פשוטים, כי אם לפשט דברים מסובכים" - ס. גאורד

18. חימום חצי ליטר מים (1 ליטר מים שוקל 1 קילוגרם) מטמפרטורה של -80°C

לטמפרטורה של 20°C .

כמה אנרגיית חום השתמשו?

פתרונות

- ג. 1
- ג. 2
- ג. 3
- ג. 4
- ג. 5
- ג. 6
- ג. 7
- ג. 8
- ג. 9
- ג. 10
- ג. 11
- ג. 12
- ג. 13
- ג. 14
- ג. 15

תערובות

19. לתוך דלי שבו ליטר מים, שהיו בטמפרטורה של 25°C הכניסו 300 גרם של שמן בישול (חום סגולי של 1200 j/kg) שהיה בטמפרטורה 80°C .
 בינתן שלא היו איבודי אנרגיה מה הטמפרטורה שנמדדה לאחר זמן ממושך בדלי?

20. לכוס זכוכית שמשקלה היה 250 גרם בטמפרטורה של 20°C שפכו 200 מיליליטר של מים חמים.

ידוע שלאחר זמן מה הטמפרטורה של הכוס והמים היו 60°C
 מה הייתה הטמפרטורה של המים, לפני שנשפכו?

© כל הזכויות שמורות לגיא קורן, אין להפיץ או להעתיק תרגילים או חלק מהם ללא אישור מגיא קורן

21. הכניסו לתוך סיר לוחט של נחושת שמשקלו 1.5 קילוגרם שהיה בטמפרטורה של 20°C , 0.5 קילו מים שהיו בטמפרטורה של 20°C קבעו האם המים התאדו? נמקו

22. הכניסו לתוך סיר לוחט של נחושת שמשקלו 1.5 קילוגרם, 0.5 קילו מים שהיו בטמפרטורה של 20°C

- א. קבעו מה הטמפרטורה של הסיר על מנת שהמים יגיעו לטמפרטורה של 100°C
- ב. חשבו לאיזה טמפרטורה יש לחמם את הסיר לפני, על מנת שהמים שהכניסו התאדו? (יש להיעזר בחום הכמוס של מים)

23. לתוך חדר סגור הכניסו סיר ברזל לוחט שמשקלו היה 2 ק"ג והיה בטמפרטורה של 250°C .

ידוע שמשקל האויר בחדר היה 35 קילוגרם וידוע שהטמפרטורה בחדר הייתה 20°C . לאחר זמן ממושך, מה הייתה הטמפרטורה בחדר?

24. לתוך כוס שבה 200 גרם במים, שהיו בטמפרטורה של 15°C הוסיפו חתיכת נחושת בטמפרטורה של 70°C . נתון שלאחר זמן ממושך הטמפרטורה המשותפת הייתה 35 מעלות. מה משקל הנחושת שהוסיפו?

25. לתוך כוס שבה יש מים בטמפרטורה של 90°C מזגו מים בטמפרטורה של 25°C . ידוע שבכוס כעת יש 0.23 ליטר מים בטמפרטורה של 70°C . מהי כמות המים שמזגו לכוס? (מה משקל המים שמזגו)

26. לתוך מכיל של 200 גרם מים בטמפרטורה של 33.21°C הכניסו מוט ששוקל קילו, שהיה בטמפרטורה של 10°C מעלות, לאחר זמן ממושך הייתה טמפרטורת המוט 25°C . מה סוג החומר של המוט?

27. לתוך קערת מים שבה היו חצי ליטר מים שהיו בטמפרטורה 40°C מעלות הכניסו קוביית נחושת שמשקלה 300 גרם.

לאחר זמן מה טמפרטורת המים הייתה 10°C מעלות

מה הייתה טמפרטורת הקובייה לפני שהכניסו אותה?

28. לתוך מיכל שבו היו 302 גרם מים בטמפרטורה של 40°C מעלות הכניסו חתיכה של נחושת שמשקלה 5 קילוגרם.

נתון שלאחר זמן ממושך טמפרטורה של המים הייתה 10°C מעלות.

א. מה הייתה טמפרטורת הנחושת לפני שהכניסו אותה למים?

ב. קבעו ללא חישוב, אם הטמפרטורות של המים (אותה כמות) הייתה 60°C מעלות והיו מכניסים את אותה נחושת באותה טמפרטורה שמצאתם בסעיף הקודם.

לאחר זמן ממושך, מה הייתה טמפרטורת המים? נמקו

29. לתוך דלי של מים שהיו בטמפרטורה של 25°C הכניסו 300 גרם של שמן שהיה בטמפרטורה 80°C .

בינתן שלא היו איבודי אנרגיה,

מה הטמפרטורה שנמדדה לאחר זמן ממושך בדלי?

30. לכוס זכוכית שמשקלה היה 250 גרם בטמפרטורה של 20°C שפכו 200 מיליליטר של מים חמים.

ידוע שלאחר זמן מה הטמפרטורה של הכוס והמים היו 60°C

מה הייתה הטמפרטורה של המים, לפני שנשפכו?

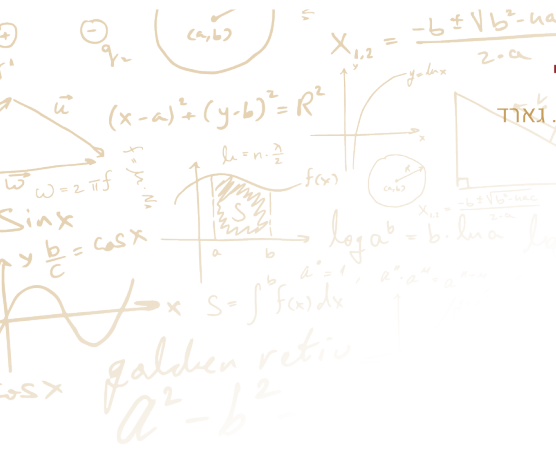
31. הכניסו לתוך סיר לווהט של נחושת שמשקלו 1.5 קילוגרם שהיה בטמפרטורה של

180°C , 0.5 קילו מים שהיו בטמפרטורה של 20°C

קבעו האם המים התאדו? נמקו

© כל הזכויות שמורות לגיא קורן, אין להפיץ או להעתיק תרגילים או חלק מהם ללא אישור מגיא קורן

לימוד מתמטיקה ופיזיקה לחטיבה, תיכון והכנה לבגרות - **התמחות ביח"ל**
 "תמציתה של מתמטיקה היא לא לסבך דברים פשוטים, כי אם לפשט דברים מסובכים" - גאורד



© כל הזכויות שמורות לגיא קורן, אין להפיץ או להעתיק תרגילים או חלק מהם ללא אישור מגיא קורן