

אקלים בית צמיחה

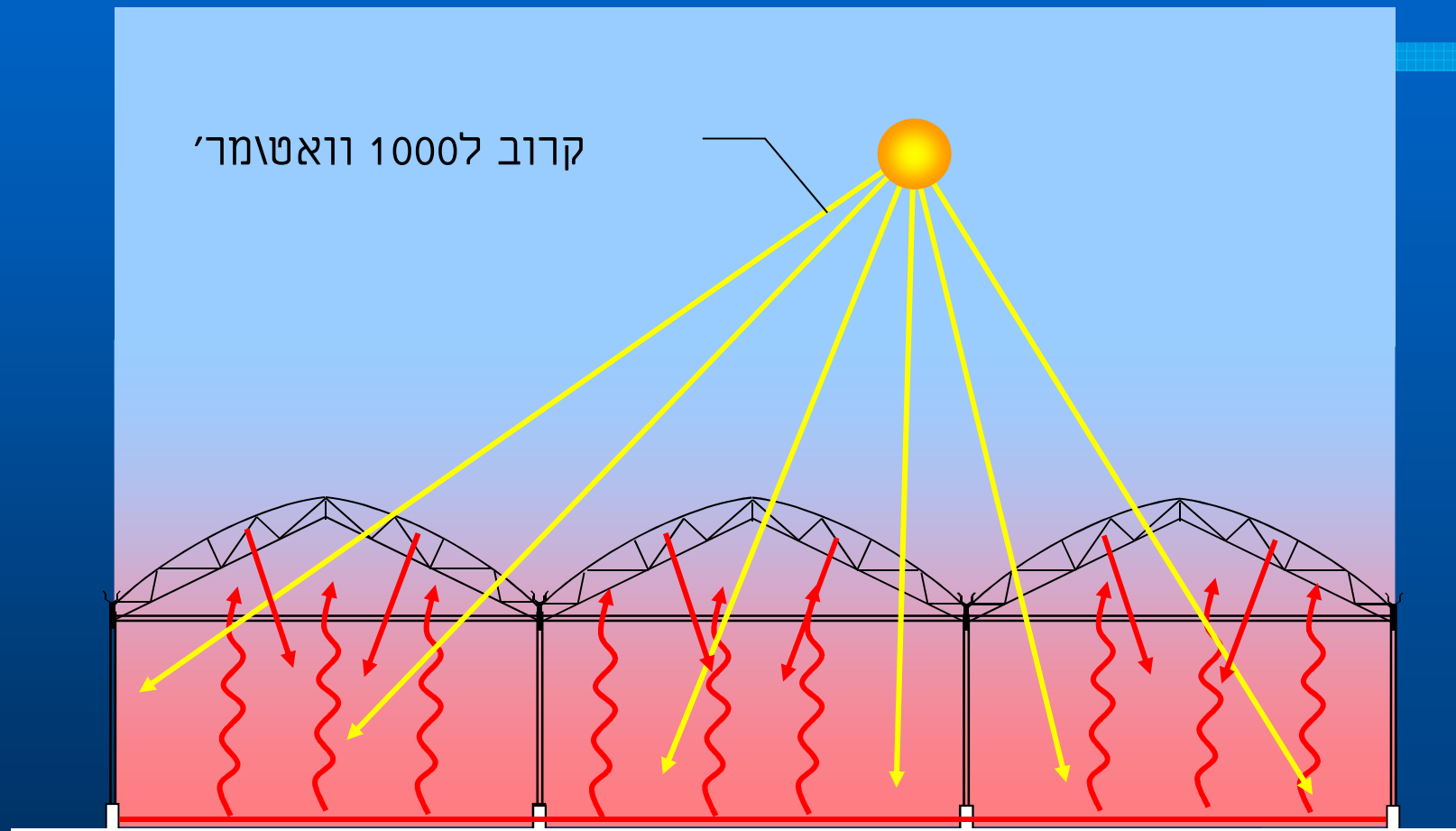
קורס יסודות לנקלטים

חדשים בערבה - 2012

יצחק אסקירה

רכז פעילות בתי צמיחה, מ. הצמחים ענף הירקות

אפקט החממה



השמש



המקור הראשי והכמעט יחיד של אנרגיה
על פני כדור הארץ.

משמשת לתהליכים כגון: חימום קרקע
ואויר, אידוי ופוטוסינתזה.

שטף הקרינה לאטמוספירה של כדור הארץ
הוא $1350-1500 \text{ Wm}^{-2}$



קרינה – חשיבותה

● תהליכים ליניאריים:

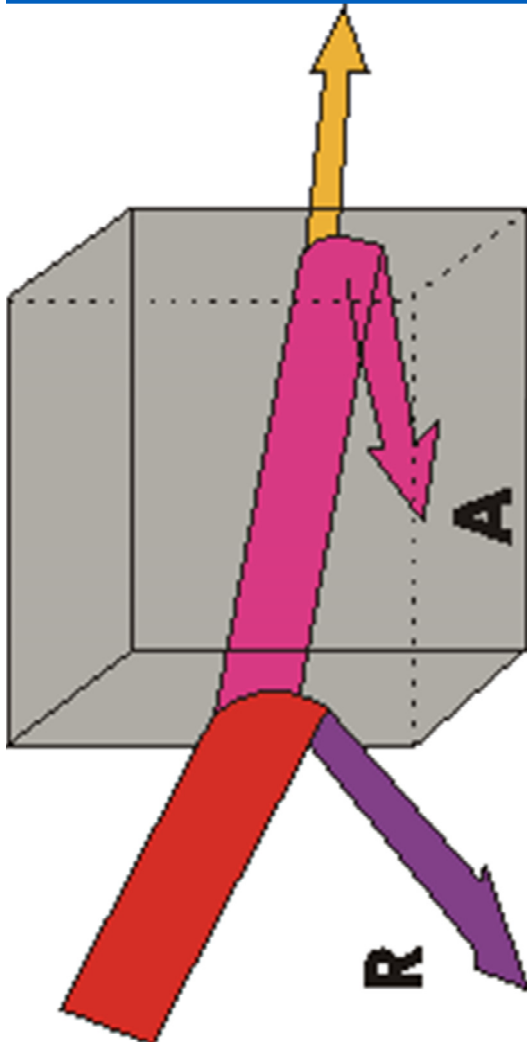
- מקור אנרגיה לאיבוד מים – התאדות ודיות
- מקור אנרגיה לפוטוסינתזה

● תהליכים לא ליניאריים:

- איתות להפעלת מנגנונים פוטומוורפוגנטיים

קליטה, פליטה, של קרינה

כל גוף קולט ופולט קרינה (אנרגיה) בהתאם לתכונותיו ולטמפרטורה שלו

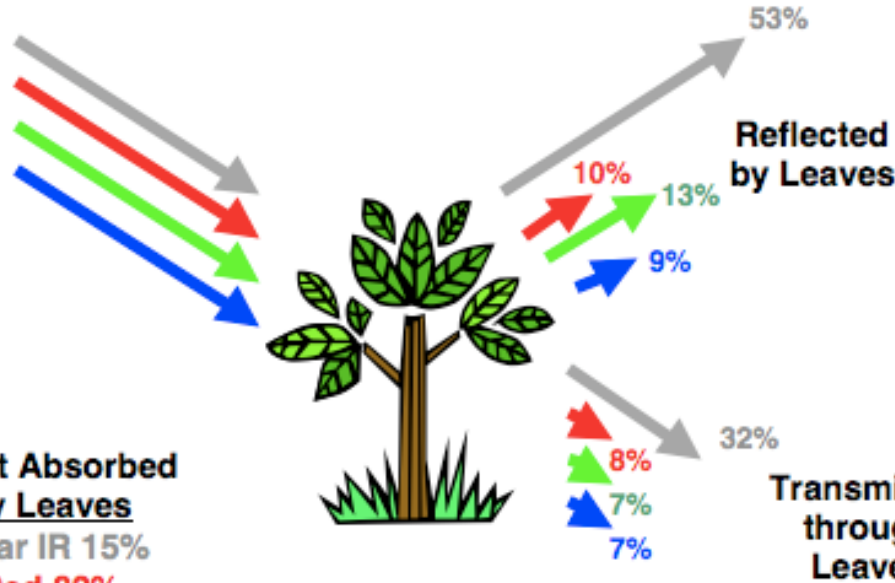


Three Ways Light Interacts with Leaves

(Typical Values)

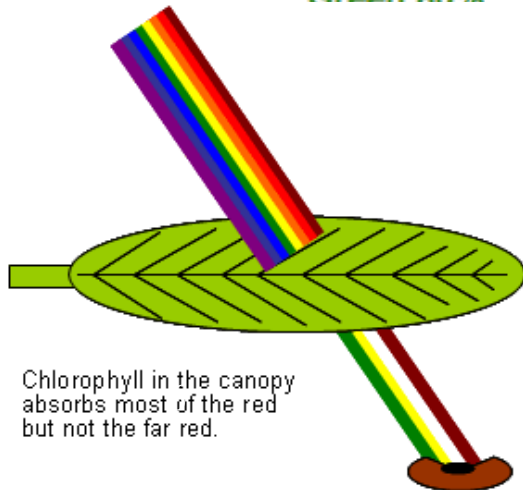


Sunlight

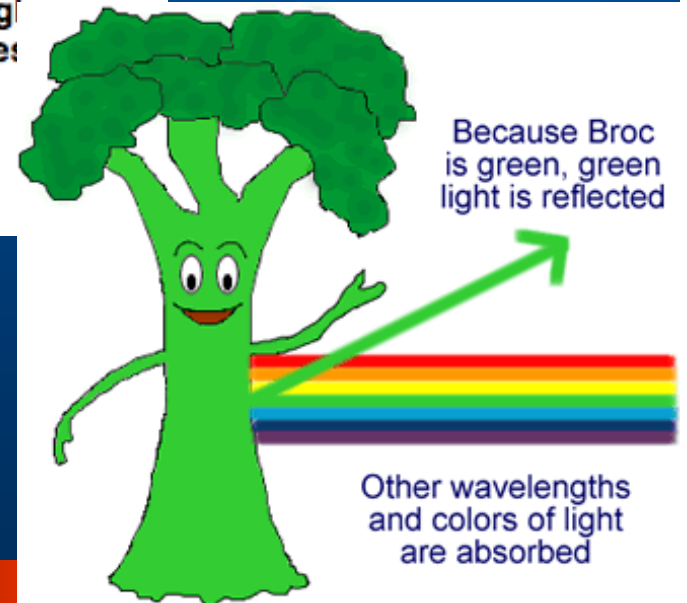
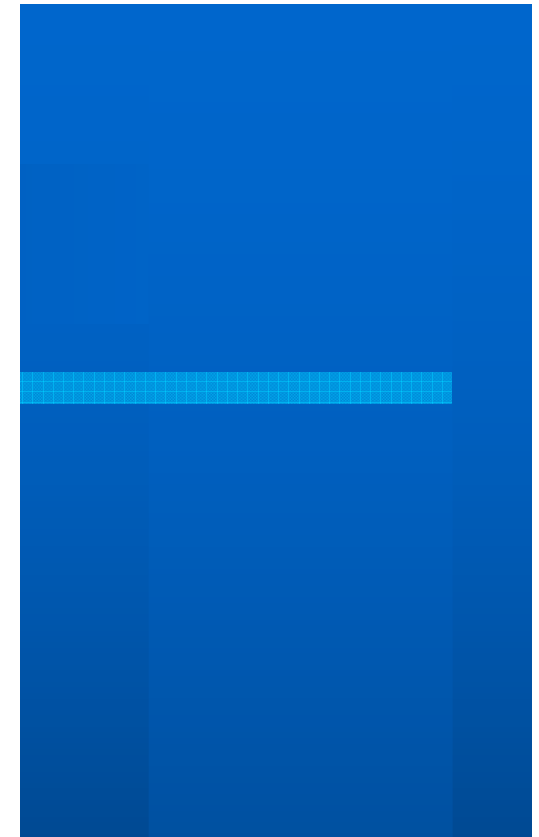


Light Absorbed by Leaves

Near IR 15%
Red 82%
Green 80%

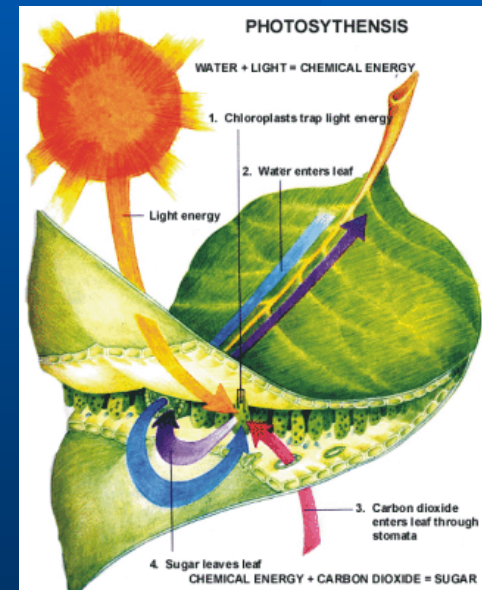
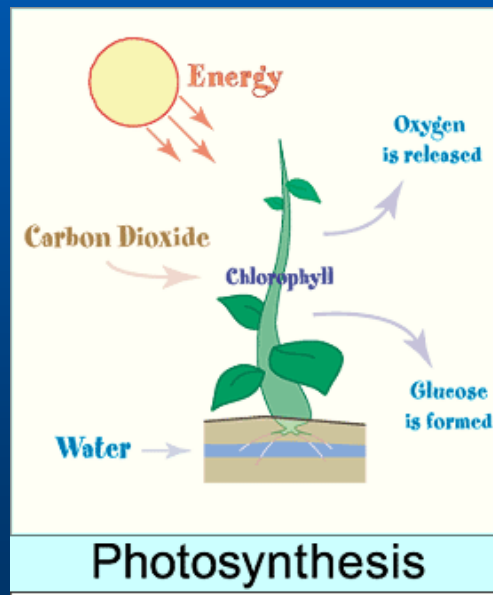
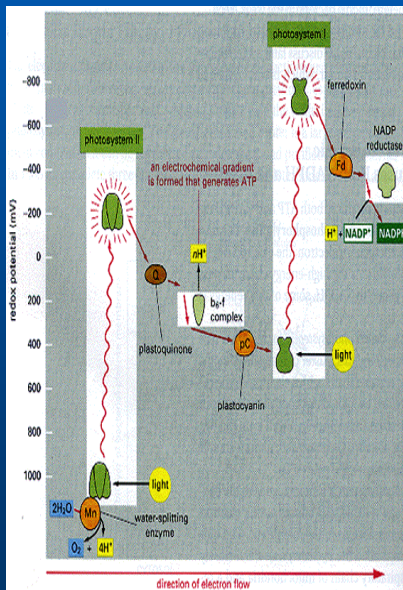


Chlorophyll in the canopy absorbs most of the red but not the far red.



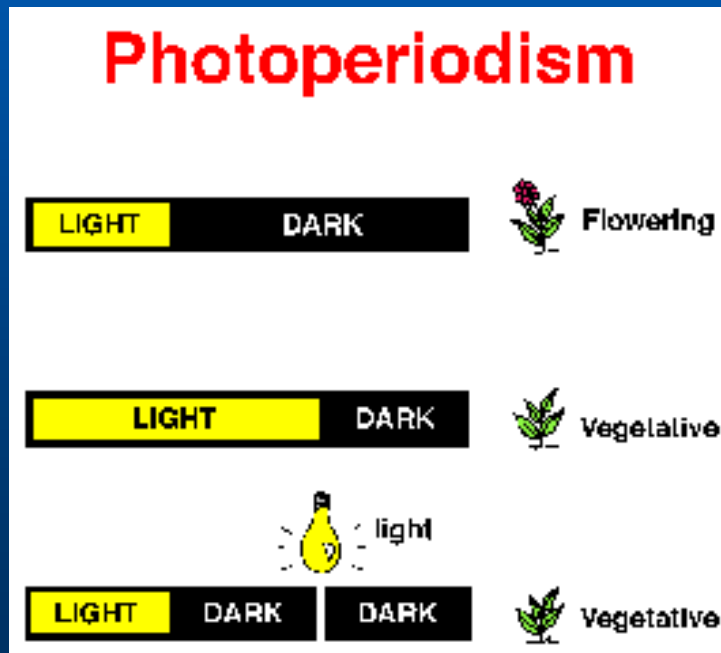
למה צמחים צריכים קרינה?

● לפוטוסינתזה – לגדול ולצמוח



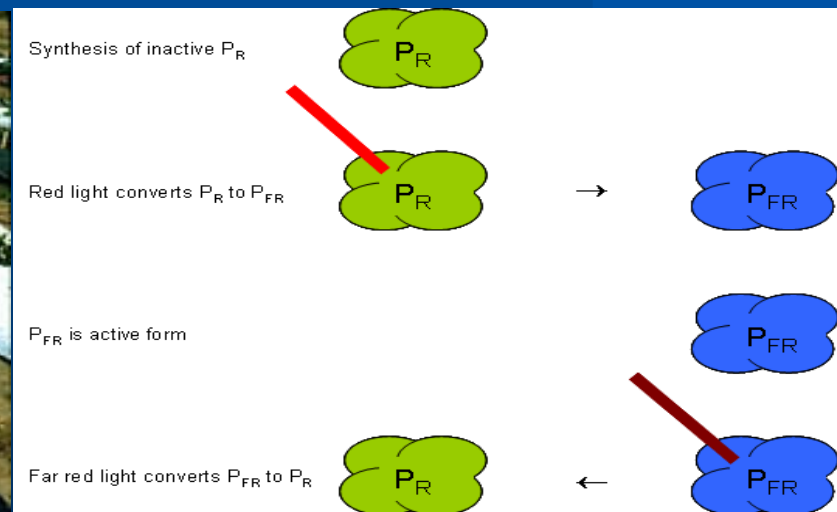
למה צמחים צריכים קרינה?

- לפוטוסינתזה – לגדול ולצמוח
- פוטופריודיזם - יום לילה



למה צמחים צריכים קרינה?

- לפוטו סינתזה – לגדול ולצמוח
- פוטו פריודיזים - יום לילה (עונתיות)
- פוטו מורפוגנזה - "עיצוב הצמח"

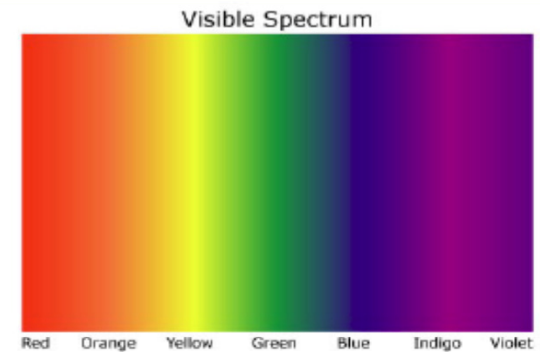


למה צמחים צריכים קרינה?

- לפוטו סינתזה – לגדול ולצמוח
- פוטו פריודיזים - יום לילה (עונתיות)
- פוטו מורפוגנזה - "עיצוב הצמח"
- פוטו טרופיזים - (חמניות)



Color and Waveband, nm



Color	Waveband
Violet	400-450
Blue	450-500
Cyan	500-550
Green	550-580
Yellow	580-600
Orange	600-650
Red	650-700

שטף קרינה

- כמות האנרגיה המתקבלת ליחידת שטח ליחידת זמן
- Wm^{-2} יחידות (SI)
- לדוגמא: קרינת שמש מעל לאטמוספירה:
- קבוע השמש, כלומר צפיפות שטף הקרינה מחוץ לאטמוספירה של כדור הארץ
- $Wm^{-2} 1373-1366 =$ (Solar constant)

הספקטרום של הקרינה מהשמש ומכדור הארץ

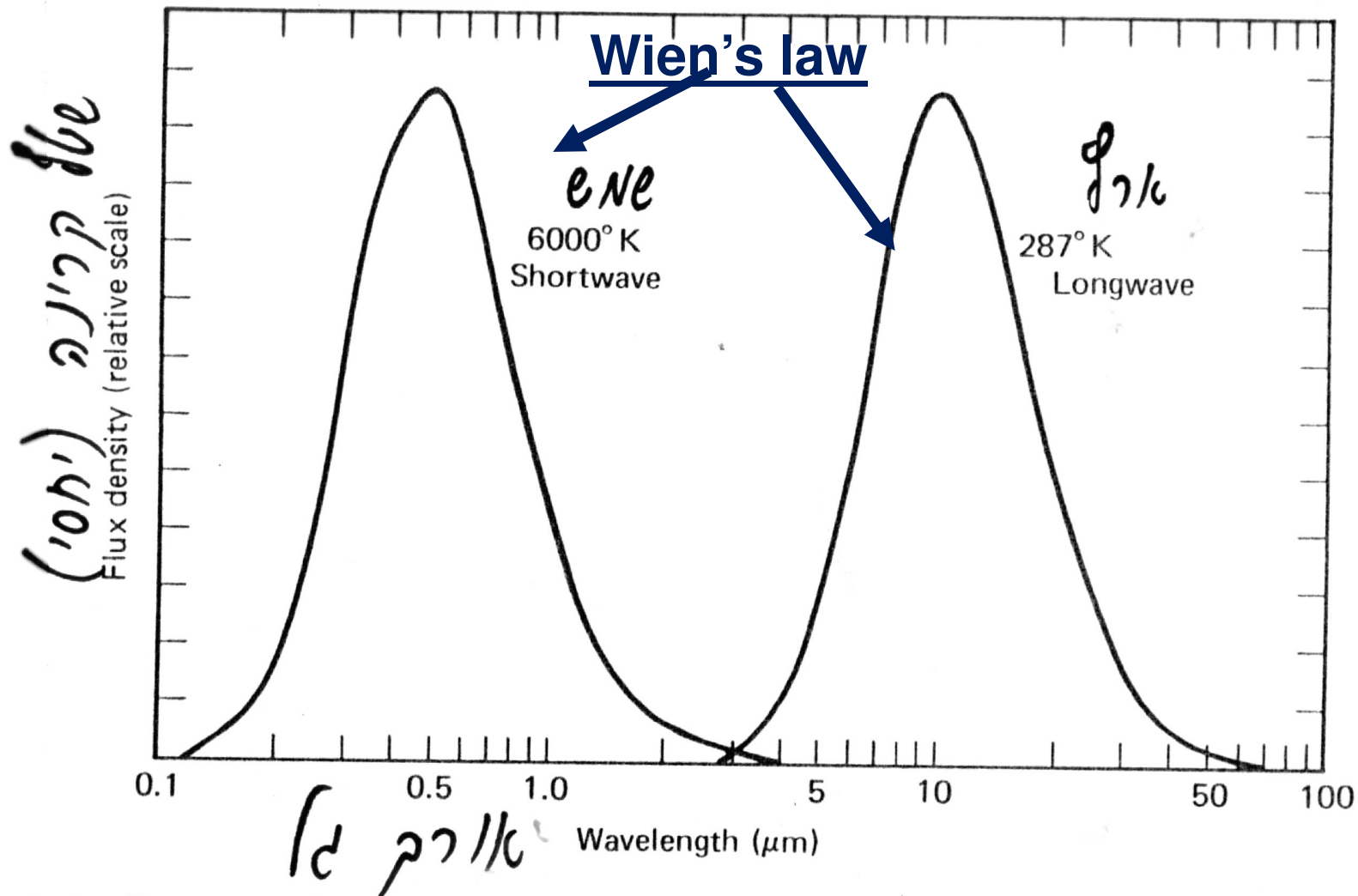


fig. 1.4 Spectra of solar and terrestrial radiation, both normalized with respect to their peak flux density (after Reifsnyder and Lull, 1965).

התפשטות קרינה ממקור נקודתי

- אם הספק קרינה E וואט יוצאת מהנקודה,

- במרחק R הוא יתחלק על כדור בעל רדיוס R .

- שטח פני הכדור A :

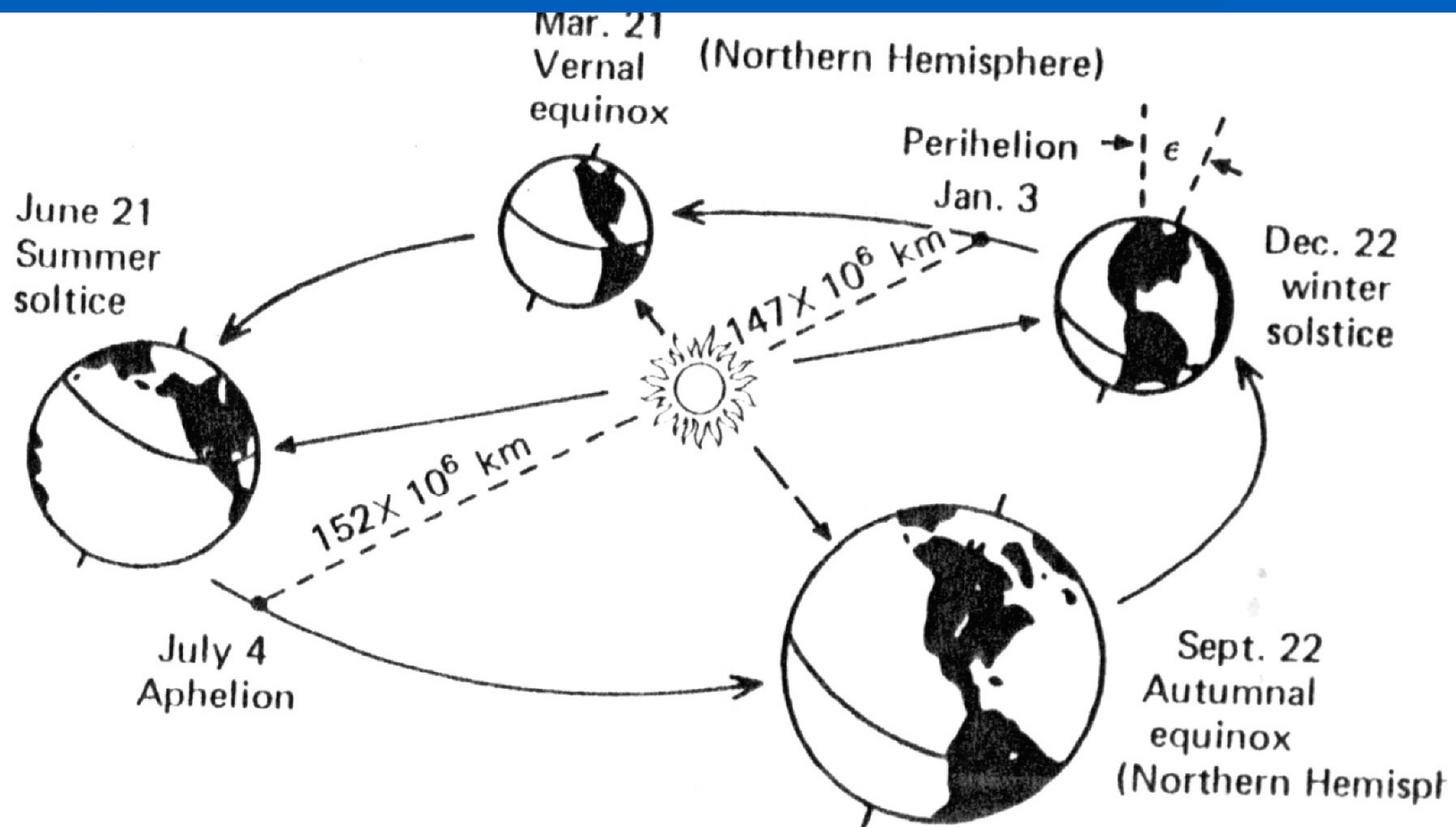
- $A=4\pi R^2$

- כלומר, צפיפות שטף הקרינה במרחק R יהיה:

- $E_R=E/A=E/(4\pi R^2)$

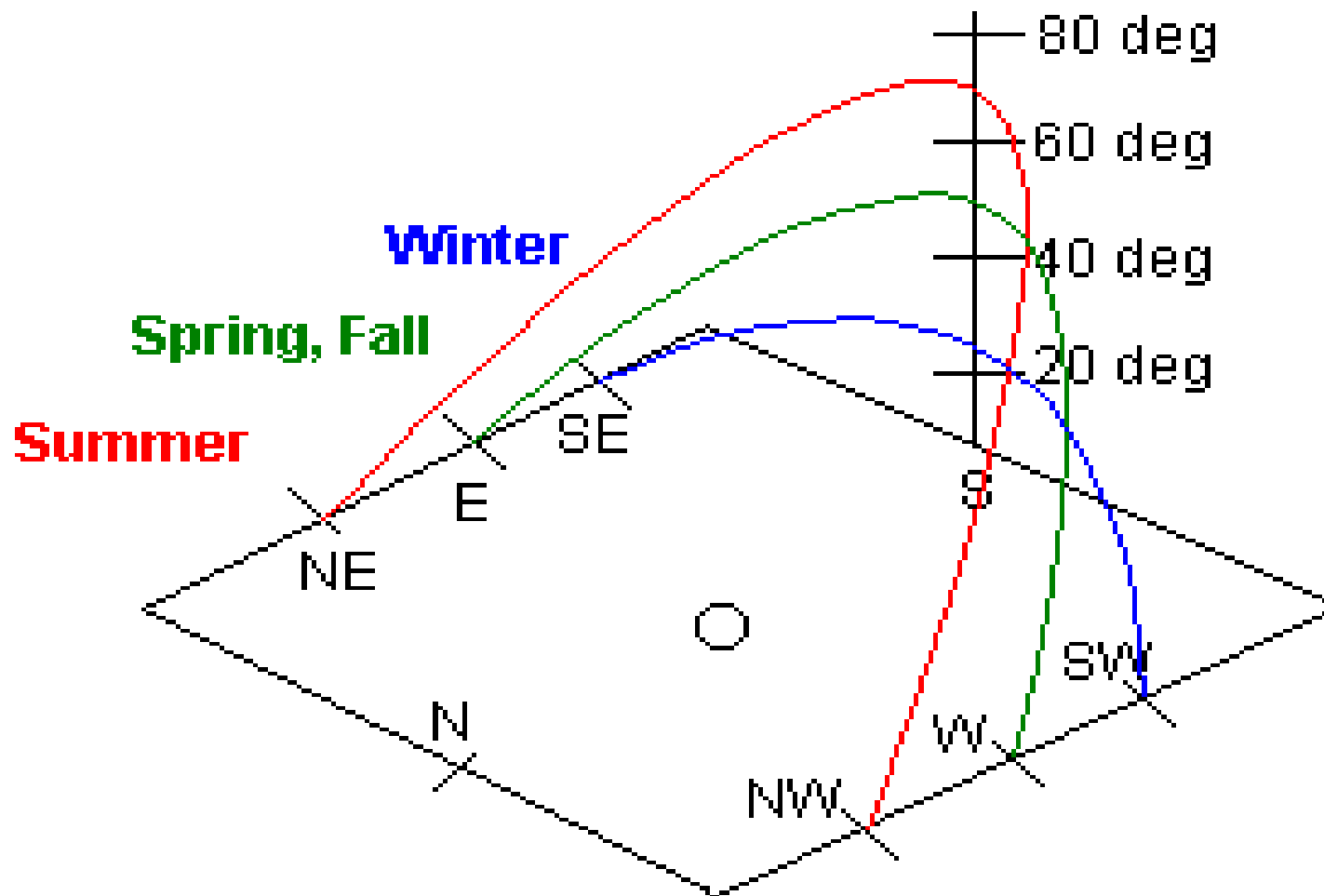


השפעת עונות השנה (מועד) על זווית השמש



מהם הגורמים המשפיעים על זווית פגיעת קרינת השמש בפני השטח?

- זווית הדקלינציה
- סיבוב כדור'הא סביב צירו = שעת היום
- קו הרוחב



Sun's Path - Menomonie, WI LAT 45⁰

קרינת שמש המגיעה לפני כדור הארץ

- מתחלקת לשתי שטפים

- קרינה ישירה מכיוון השמש

- קרינה מפוזרת המגיעה מכל השמיים

- מה ההשפעה של זווית הקרינה הישירה על

- החדירה של קרינה לתוך החממה?

מה המשמעות?

● חדירת קרינה תלויה ב

- התחלקות הקרינה בין קרינה ישירה לקרינה מפוררת
- תכונות החומר המכסה את החממה
- זוויות הגג והמבנה
- חוץ מההיגיון הפשוט, קיימים מודלים לנתח את המצב, ומומלץ להתייעץ עם מהנדס בנושא לפני קניית חממה או החלטה על כיוונה.

הגורמים המשפיעים על שטף הקרינה על

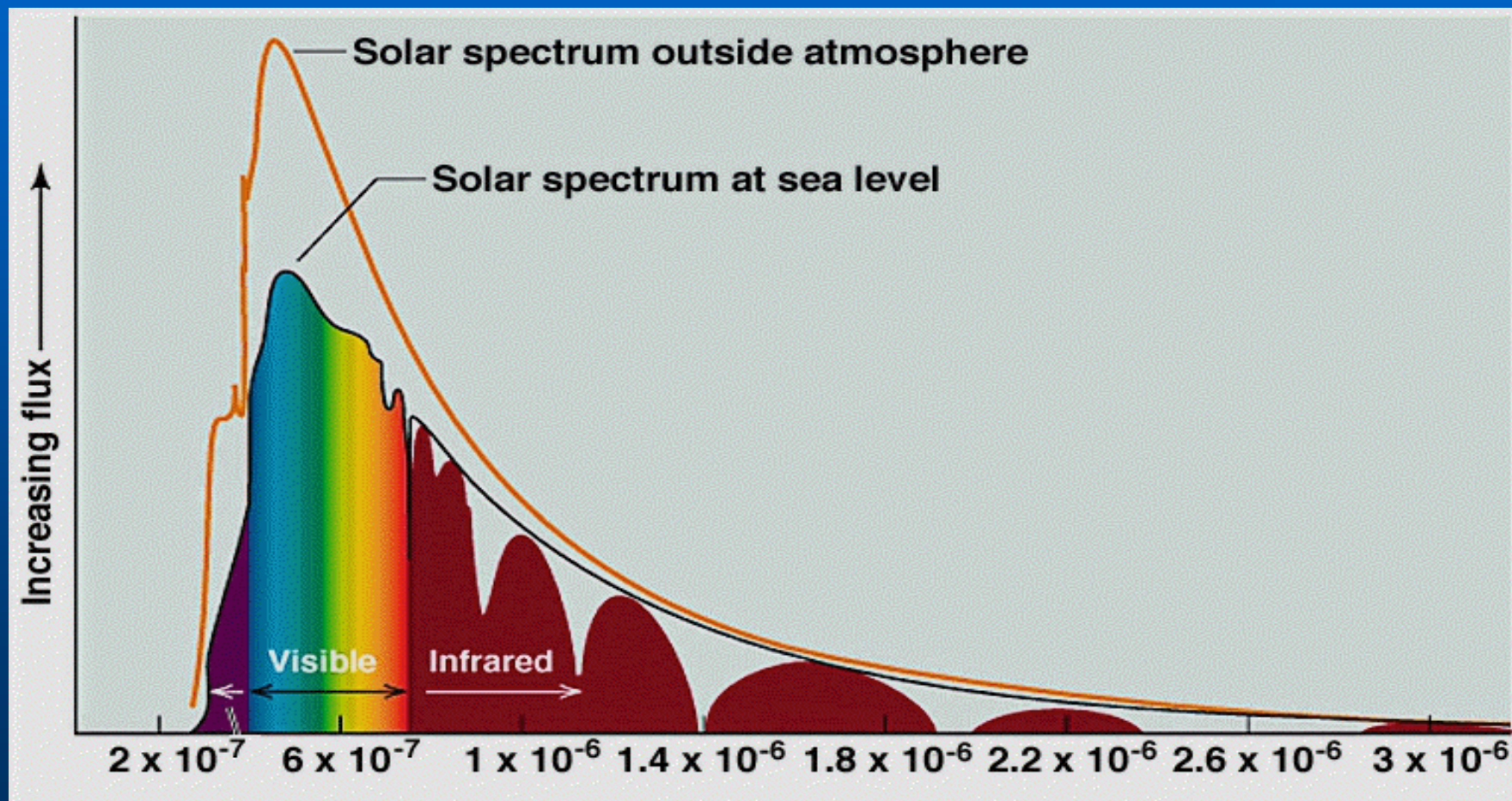
פני הקרקע



● זווית השמש

● בליעה על ידי האטמוספירה

נותן את הספקטרום המגיעה לכדור הארץ



הגורמים המשפיעים על שטף הקרינה על

פני הקרקע



● זווית השמש

● בליעה על ידי האטמוספירה

● עננים בליעה בין 10-40% והחזרה עד
90%

● חלקיקים באוויר : אבק, תעשייה, עשן

קרינת השמיים

- קרינה דיפוזית, קרינת השמש הלא ישירה
- בקווי רוחב גבוהים משמעותית יותר ויותר מושפעת:
- זוית השמש
- עננות
- חלקיקים אחרים באטמוספירה
- יתרון חקלאי ?
- חדירה טובה יותר לקמה

היסודות החשובים בבליעה ופליטה של קרינה ארוכת גל באטמוספירה

● אדי מים וגם עננים

● פתמן דו חמצני

● גזים נוספים

בלילה קרינה ארוכת גל היא מקור האנרגיה המרכזי

כאשר השמים בהירים – איבוד של כ-100 W למ"מ

כאשר השמיים מעוננים – כמעט שאין איבוד קרינה

מאזן הקרינה Rn

מבחינה אנרגטית מיצג את האנרגיה הזמינה
לתהליכים השונים כגון

● אידוי

● חימום

– קרקע

– אוויר

● פוטוסינתזה

התהליכים המנצלים את האנרגיה

של מאזן הקרינה

● שטף חום קרקעי S

● חום מוחשי לאוויר H

● חום כמוס אדי מים LE

● פוטוסינטזה PS

● שונות M

$$0 = R_n + S + H + LE + PS + M$$

סיכום

- קרינה אלקטרומגנטית מתוארת ע"י מספר חוקים
- למדנו על קרינת שמש ישירה ומפוזרת, שהם פונקציה של עננות, זווית השמש וגובה מעל פני הים
- למדנו על התנהגותה של קרינת שמש מפוזרת
- למדנו על התנהגותה של קרינת גלים ארוכים.
- חישבנו מאזני קרינה
- למדנו על יחידות קרינה רלוונטיים לפוטוסינתזה.

האוויר

תכונות האויר המענינות:

- רמת החום – טמפרטורה (מ'צ)
- לחות יחסית (%)
- טמפרטורת גולה לחה (מ'צ)
- טמפרטורת הטל (מ'צ)
- הלחץ הכולל (פסקל)
- הלחץ החלקי של אדי המים (פסקל)
- הנפח הסגולי (מ"ק לק"ג)
- כמות החום באויר – אנטלפיה (ג'אול לק"ג)
- הלחות המוחלטת (גר' לק"ג)
- רמת הרוויה (%)

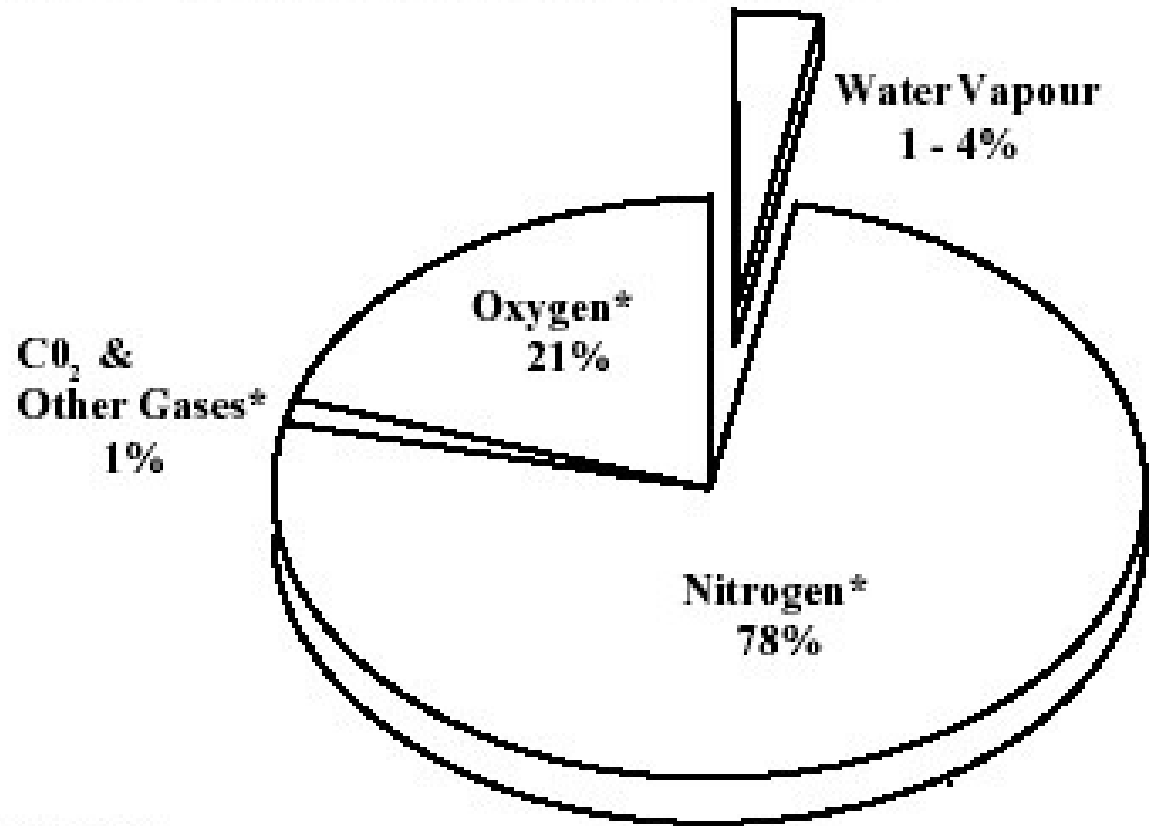
לשם תאור התכונות הנ"ל מספיקים שלושה

מדדים:

- רמת החוס (טמפרטורה)
- כמות המים באויר (טמפ' טל, טמפ' גולה לחה, לחות יחסית...)
- לחץ כללי של האויר

היתר ניתן לקבל מדיאגרמות או טבלאות.

Figure 1. Composition of the Atmosphere



* % in dry air

משקל האוויר

- האוויר הוא חסר צבע, טעם ושקוף. כמו כל חומר אחר יש לו משקל מוגדר. בהתאם להגדרה צפיפות האוויר המוערכת היא 0.00129 גר/מ³ באפס מעלות צלסיוס באטמוספירה אחת.

הרכב האטמוספירה: מרכיבי האוויר

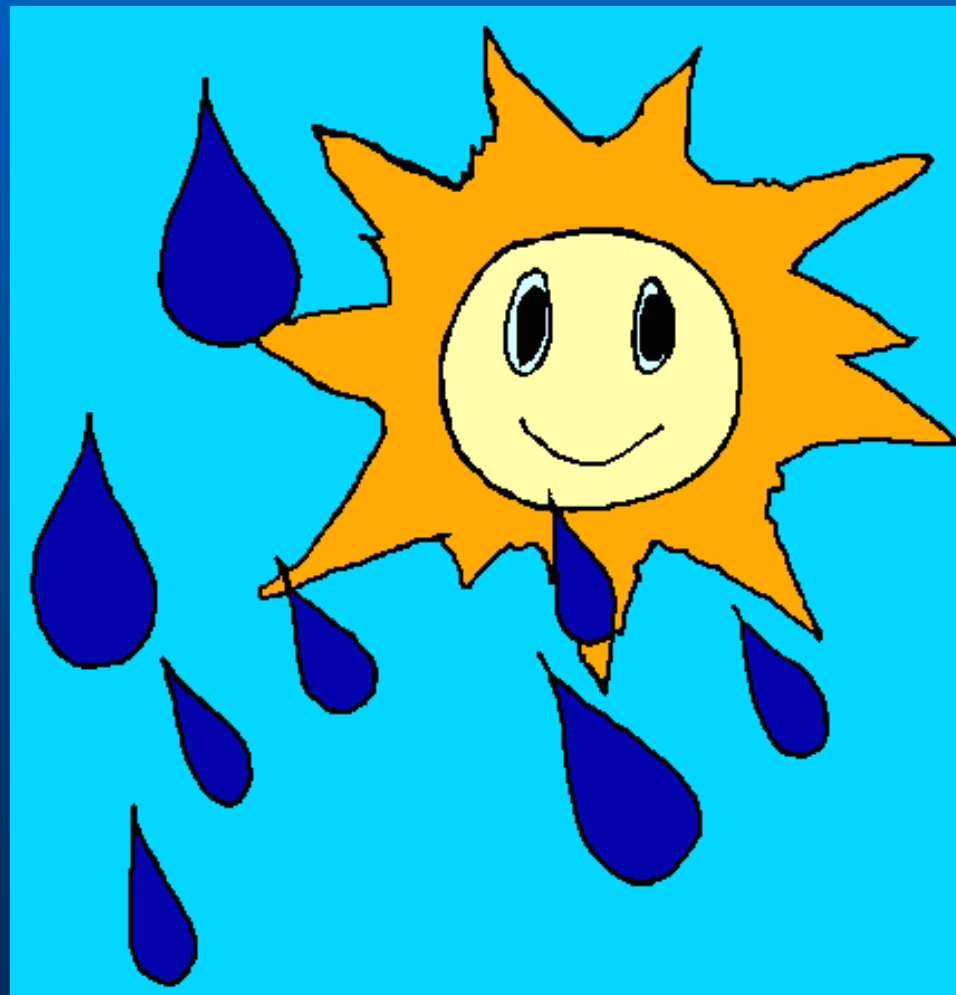
היבש סמוך לקרקע

שם	סימן כימי	שכיחות (באחוזים)	משקל מולקולרי
חנקן	N ₂	78.08%	28.016
חמצן	O ₂	20.95%	32.00
ארגון	Ar	0.93%	39.94
אדי מים	H₂O	0-5%	18.02
פחמן דו חמצני	CO ₂	ppm ¹ 380	44.01
ניאון	Ne	ppm 18	20.18
אוזון	O ₃	ppm 0.04	48.00

1
 ppm - Parts Per Million חלקים למיליון, כלומר מספר המולקולות של החומר מתוך סך הכל מיליון מולקולות אוויר.

המים: המרכיב היחיד של האוויר המצוי בטבע בשלושת מצבי הצבירה

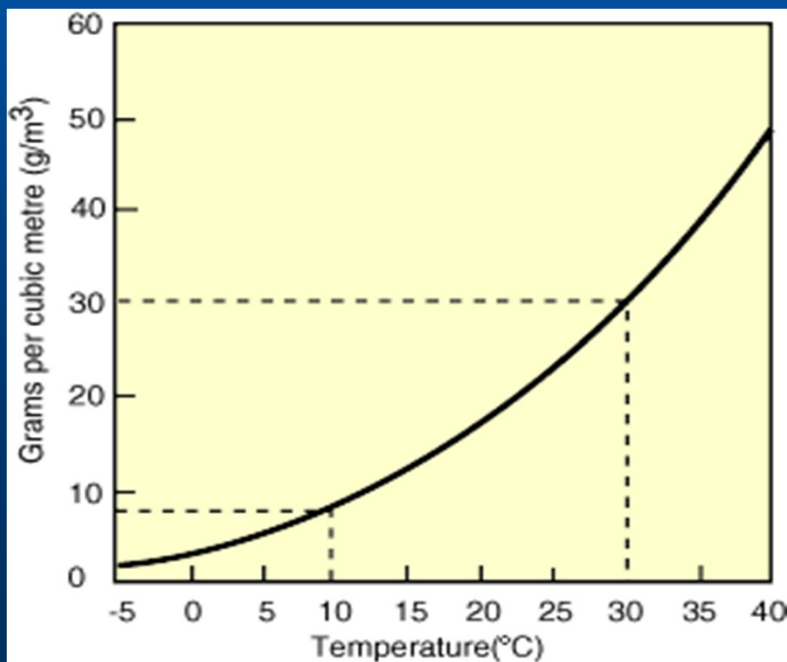
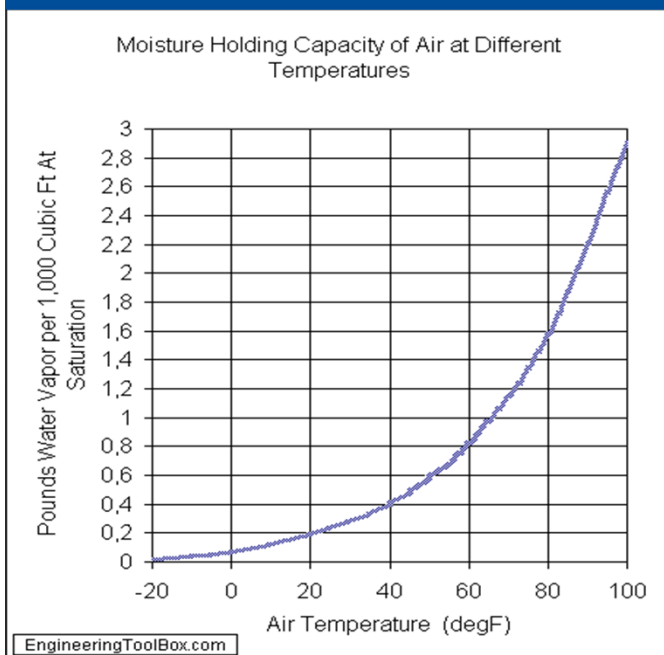
זה לא החום זה הלחות.....



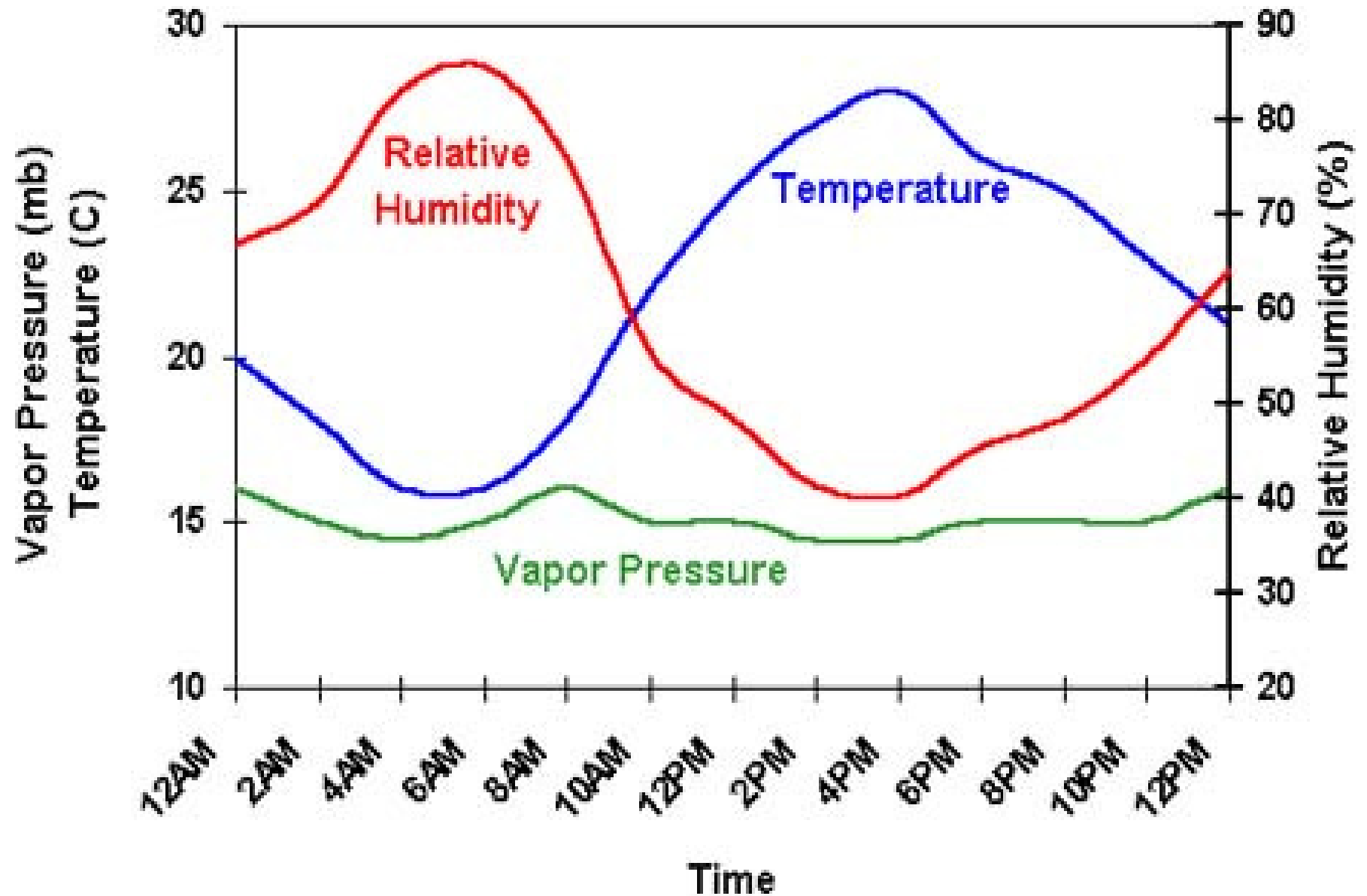


לחות יחסית

- מספר מולקולות אדי המים באוויר
- כמות אידי המים באוויר תלויה בטמפרטורה שלו
- ככל שתעלה הטמפרטורה של האוויר, כן תעלה יכולתו להכיל אידי מים ולהפך



Diurnal Relative Humidity Patterns



חוס כמוס

● מעבר אנרגיה להפיכת מים לאדים

קלוריה וחום כמוס

- **קלוריה – Calorie** : כמות החום הנדרשת לחימום גרם אחד של מים במעלה אחת צלסיוס.

לחימום 1 גרם מים מ- 0°C ועד ל- 100°C

דרושות 100 קלוריות.

- **חום כמוס – Latent Heat** : כמות החום שיש להשקיע לצורך אידוי גרם אחד של מים. כמות זו שווה לאנרגיה המשתחררת כאשר גרם אחד של אדי מים מתעבה.

לאידוי 1 גרם מים ללא שינוי בטמפרטורה

דרושות 580 קלוריות.

חשיבות נוכחות מיס באוויר:

החום הסגולי של האויר הוא 1000 ג'אול/ ק"ג/למעלה
החום הכמוס (החום הנדרש לאיוד) כ- 2500 ג'אול/גרם
לכן, שינוי בכמות של גרם אחד אדי מיס, ע"י אידוי או
עיבוי, שווה לשינוי של 2.5 מעלות בטמפי האוויר.

חום מוחשי

חוקי הגזים

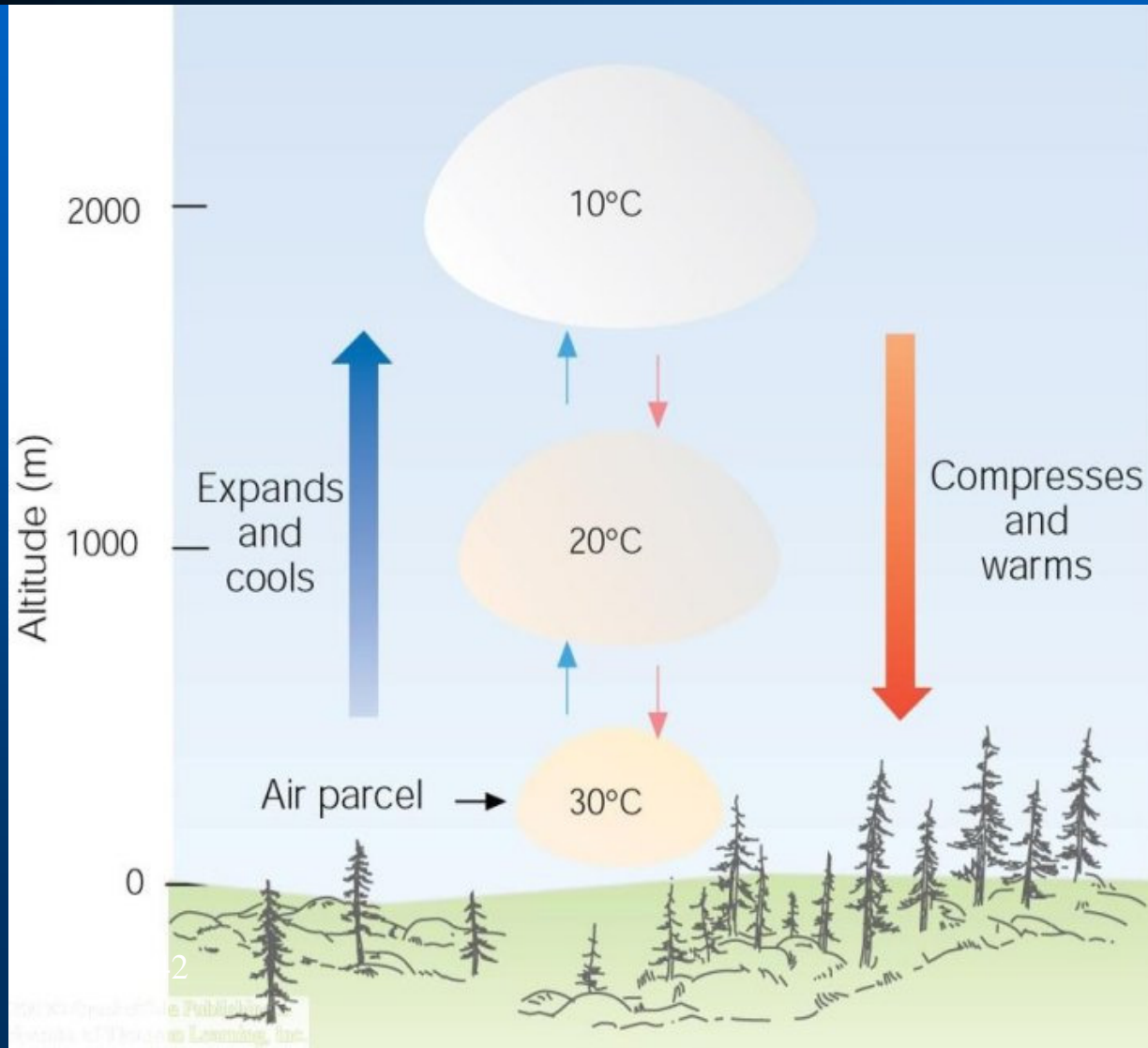
$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

ללא שינוי באנרגיה

- תהליך אדיאבטי - שנוי מצב תרמודינמי של מערכת כאשר אין העברת מסה או חום דרך גבולות המערכת. בתהליך אדיאבטי דחיסה מובילה לחימום והתפשטות לקירור.
- ככל שעולים בגובה
 - לחץ האוויר יורד
 - גם הטמפרטורה יורדת ללא שינוי באנרגיה
 - הירידה נעה בין $0.36-0.7$ °C/100m

כיצד משתנה הטמפרטורה עם העלייה

בגובה?



התוצאה:

- אוויר עולה מתקרר
- אוויר יורד מתחמם

לחות האוויר

● לאוויר המכיל אדי מים מתייחסים

כתערובת גזים אידיאליים

● ביטוי:

— לחות סגולית - היחס בין משקל אדי

המים לס"כ משקל הגז

— לחות מוחלטת - היחס בין משקל אדי

המים ליחידת נפח

— לחות יחסית - הסבר בהמשך

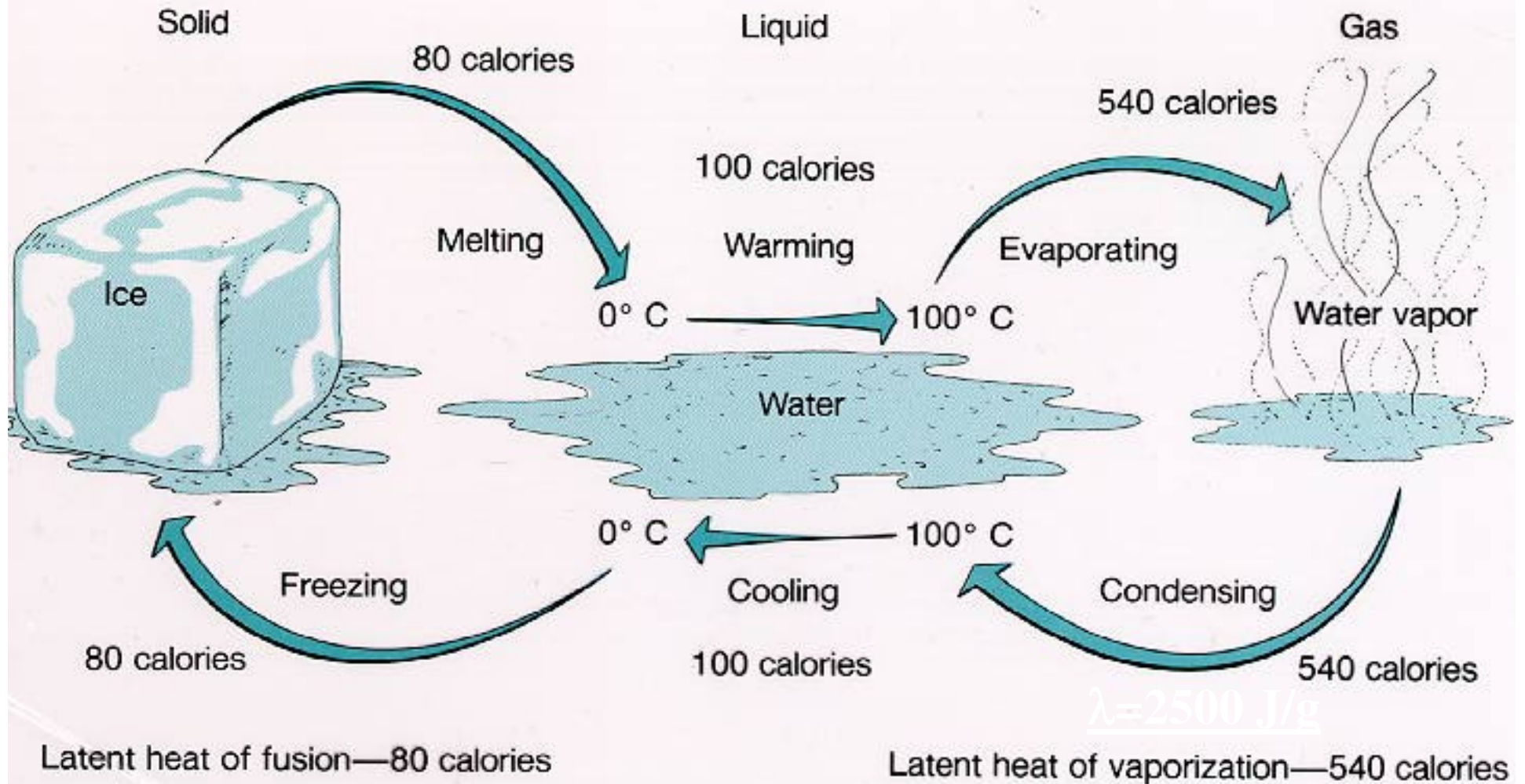
התאדות

- תהליך ההתאדות - מולקולות מהפאזה הנוזלית עוברות לפאזה הגזית - אוויר
- תהליך עתיר אנרגיה - לדוגמה 1 קג מיס ב20 מעלות זקוק לאידוי MJ 2.45
- רוויה - שיווי משקל מספר שווה של מולקולות עוברות מהאוויר לנוזל ומהנוזל לאוויר
- מה משפיעה על הרוויה ?

התאדות ודיות – נמדד במ"מ

- מ"מ = ק"ג למ"מ
- לדוגמא 0.3 מ"מ = 300 ג' למ"מ
- זה ערך סביר לאיבוד מים שעתי מגידול עגבניה בחממה בארץ באמצע היום.
- חוס כמוס במקרה זה יהיה: $\lambda E = 2454 * 300 = 736 \times 10^3 \text{ J m}^{-2} \text{ h}^{-1}$

Fig. 4.2, p. 121

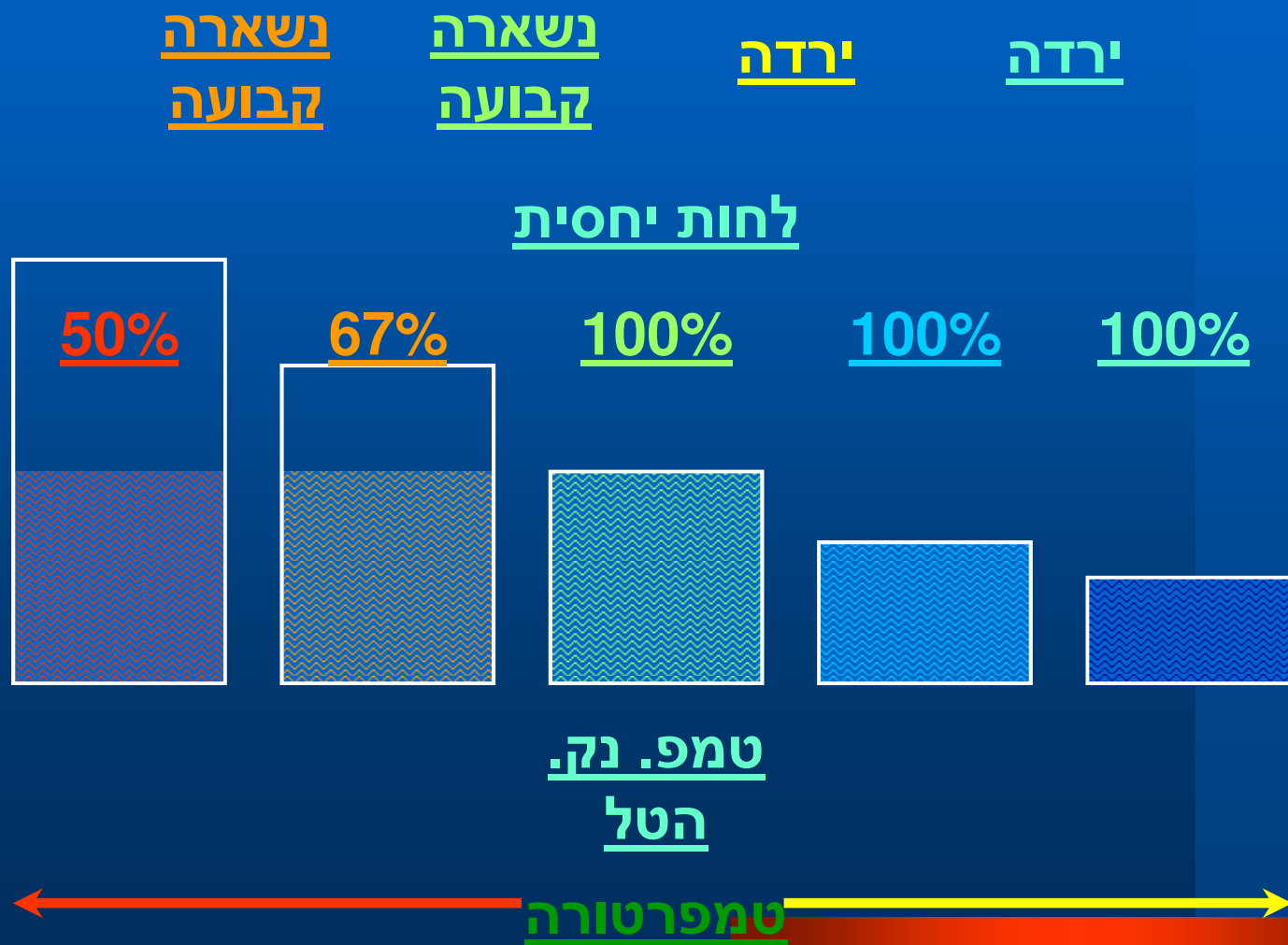


$\lambda = 2500 \text{ J/g}$

For $P = 1 \text{ atm}$

הקשר בין הטמפרטורה, הלחות היחסית והלחות המוחלטת

לחות מוחלטת



מושגים (1):

מצב רויה – מצב בו אדי המים באויר תואם את הלחץ

בו ירתחו מים מזוקקים בטמפי' בה מצוי האויר. כל כמות אדים שתמצא באויר מעל לכמות זו בטמפי' המסוימת תשנה את מצב הצבירה שלה לנוזל.

מצב בלתי רווי – כל מצב בו לחץ האדים באוויר נמוך

מלחץ הרוויה.

לחות יחסית – היחס שבין הלחץ החלקי של אדי המים

הקיים באוויר לבין הלחץ הלקי ברוויה.

מושגים (2):

אנטלפיה – כמות החום שבאוויר

תהליך צינון – נעשה ע"י העברת אויר ע"פ מים הפרוסים בשכבה דקה (מזרון לח, ערפול, התזה) כאשר כל החום לאיוד מסופק מהאוויר עצמו.

קירור ללא עיבוי – העברת אויר ליד גוף קר ללא גריעה של מים מהמערכת.

קירור עם עיבוי – העברת אויר ליד גוף קר עם גריעת מים מהמערכת.

נקודת הטל

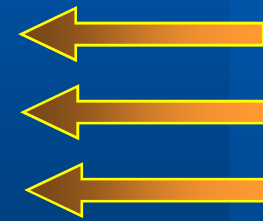
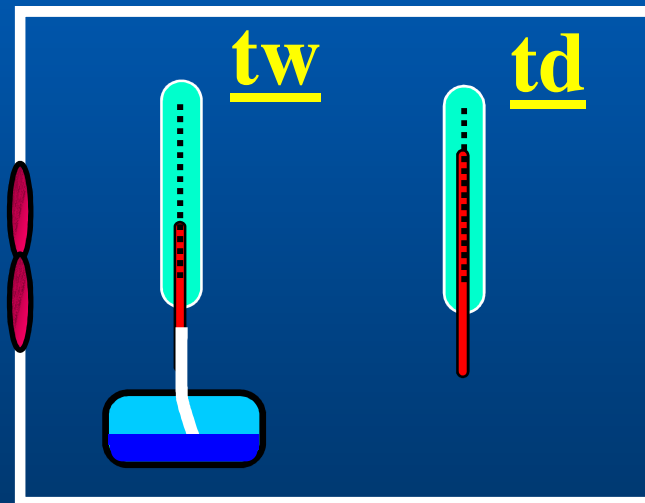
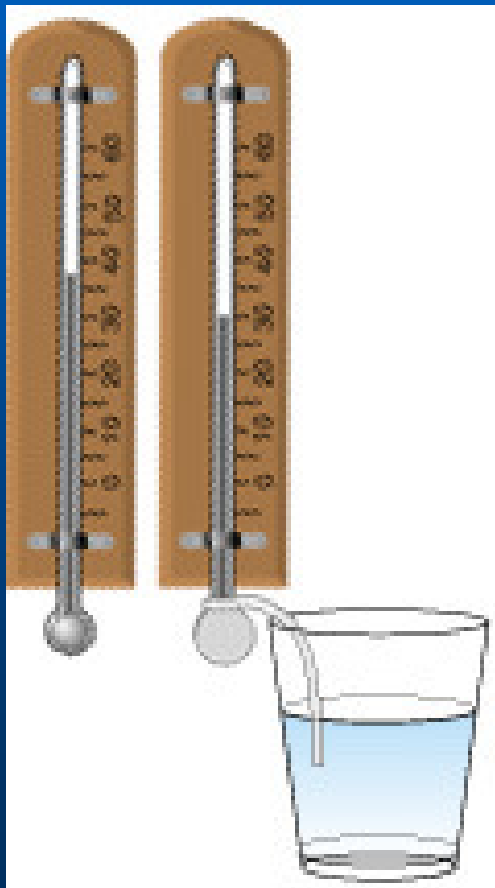
● *Dew Point* – טמפרטורת נקודת הטל –
Temperature: הטמפרטורה אליה יש
לקרר גוש אויר (ללא תוספת לחות וללא
שינוי בלחץ) על-מנת שיגיע לרוויה.

משטח לח (מד חום לח)

- המשטח יאדה מים ולכן הוא יתקרר
- ברגע שהוא יותר קר מהאוויר הוא יקלוט חום מהאוויר בתהליך הסעה.
- אם המשטח מאוורר היטב ניתן לחזות את קצב ההתקררות של המשטח הלח
- נקודת אלו הם הבסיס למדידת לחות בעזרת מד חום לח
- אותן עקרונות פועלות במזרון לח

מדידת לחות יחסית

A Breathing cell

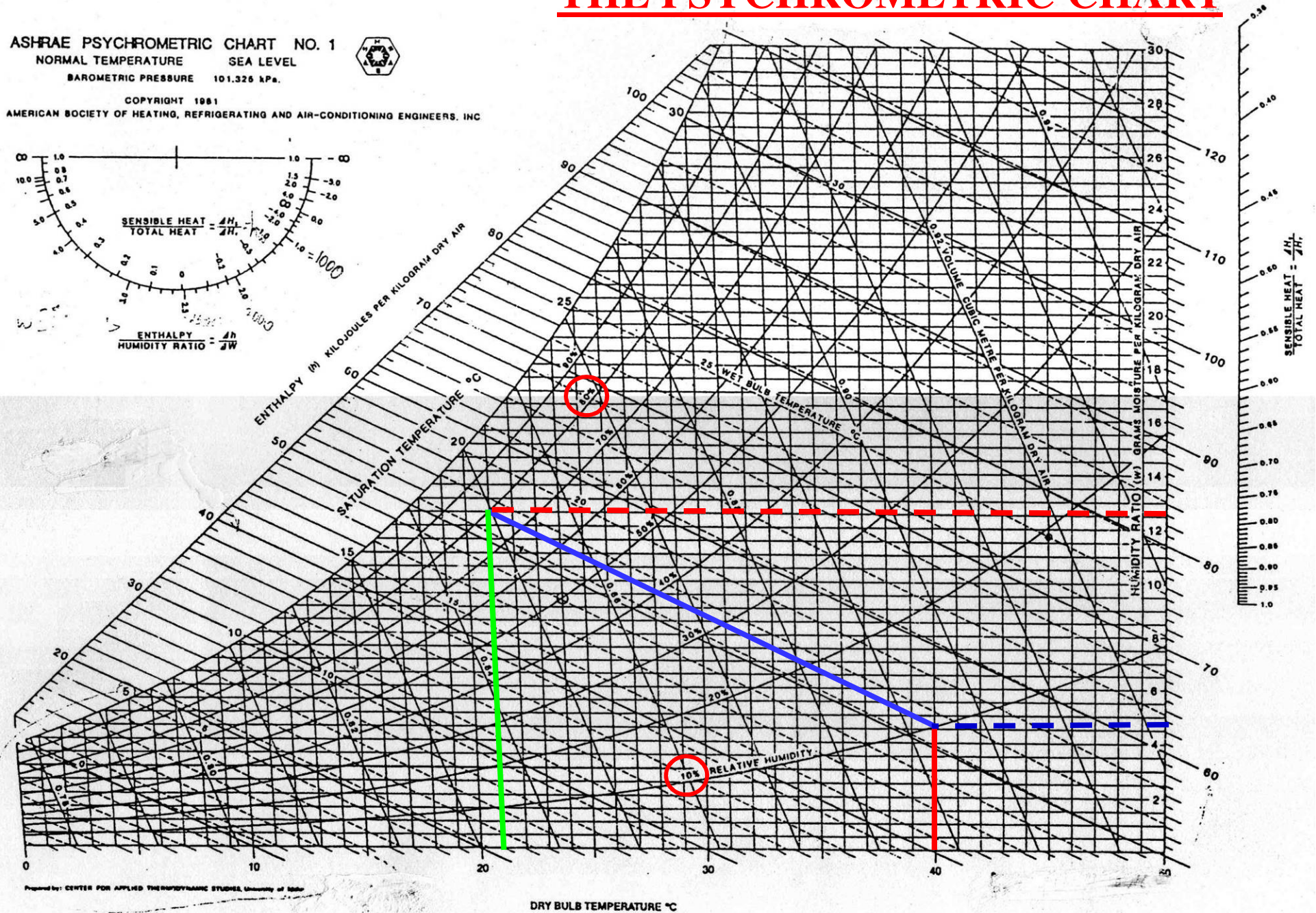
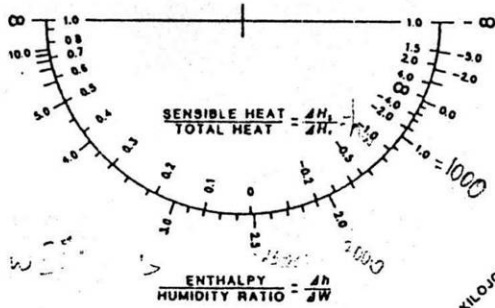


THE PSYCHROMETRIC CHART

ASHRAE PSYCHROMETRIC CHART NO. 1
NORMAL TEMPERATURE
SEA LEVEL
BAROMETRIC PRESSURE 101.326 kPa.



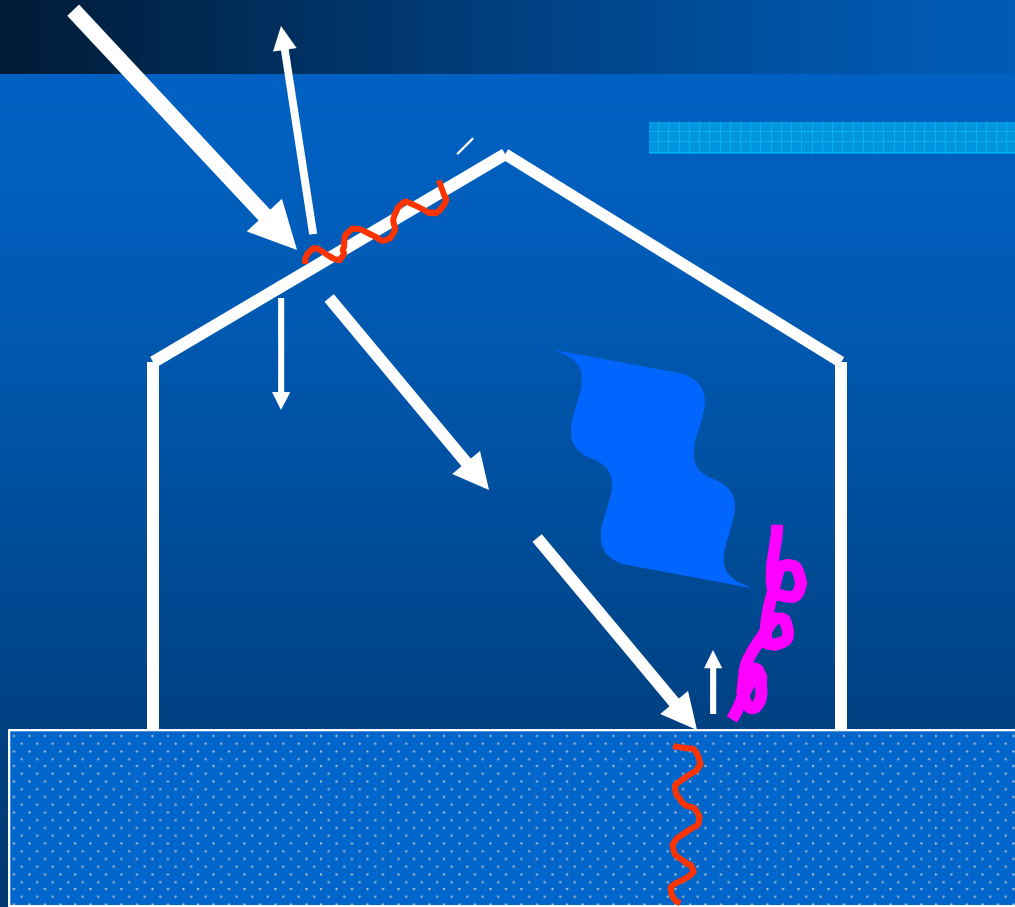
COPYRIGHT 1981
AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC



אקלים בבית הצמיחה



גילגולי קרינת השמש במבנה סגור



איבוד אנרגיה מהחממה

- Q = אנרגיה בקלוריות
- U = מקדם מעבר החום
- A = שטח הפנים של המבנה
- ΔT = הפרש טמפרטורות בין פנים לחוץ
- h = זמן
- $Q=U A \times \Delta T \times h$

גורמים המשפיעים על טמפרטורת המבנה

- סוג הכיסוי
- זווית הפגיעה של הקרינה (צורת המבנה)
- לחות הקרקע
- נוכחות צמחים
- עננות
- רוחב בסיס המבנה
- שונות – ניקיון הגג, אבק, אטימת המבנה וכו'



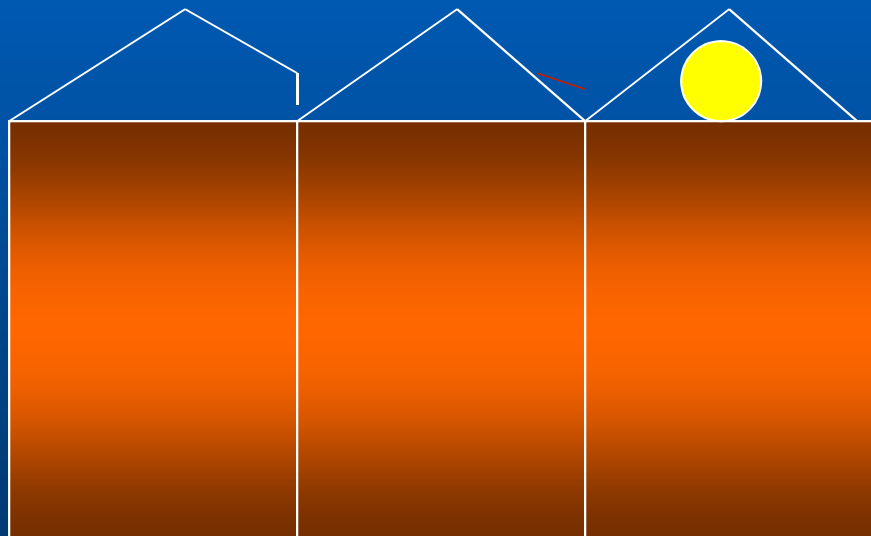
אוורור



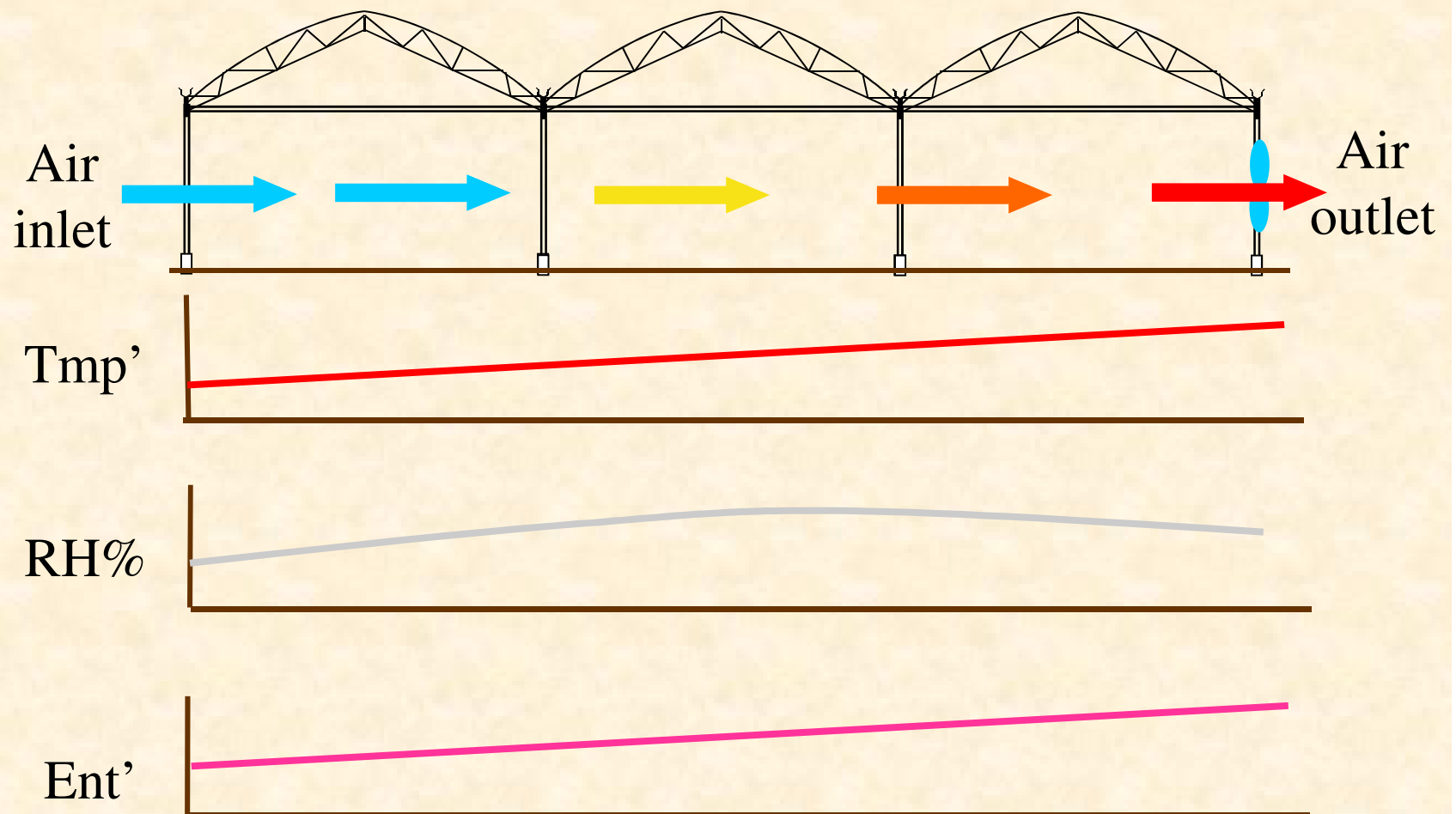
תפקיד האורור בחממה הוא לפתור את האויר
הכלוא בחממה מעדפי חום ולחות. עודפי החום נוצרים
עקב קרינת השמש ועודפי לחות עקב איוד הצמחים.
עודפי החום מופיעים בצורת חום כמוס או חום מוחש.
ייצור חום כמוס נקבע ע"י הצמחים (ע"י מצב
הפיוניות). בחממה ללא צמחים כל עודף החום מופיע
כחם מוחש.

אפשרויות אורור בית צמיחה

כיוון הרוח



השתנות הטמפ', לחות ואנטלפיה של האוויר בין כניסתו ליציאתו

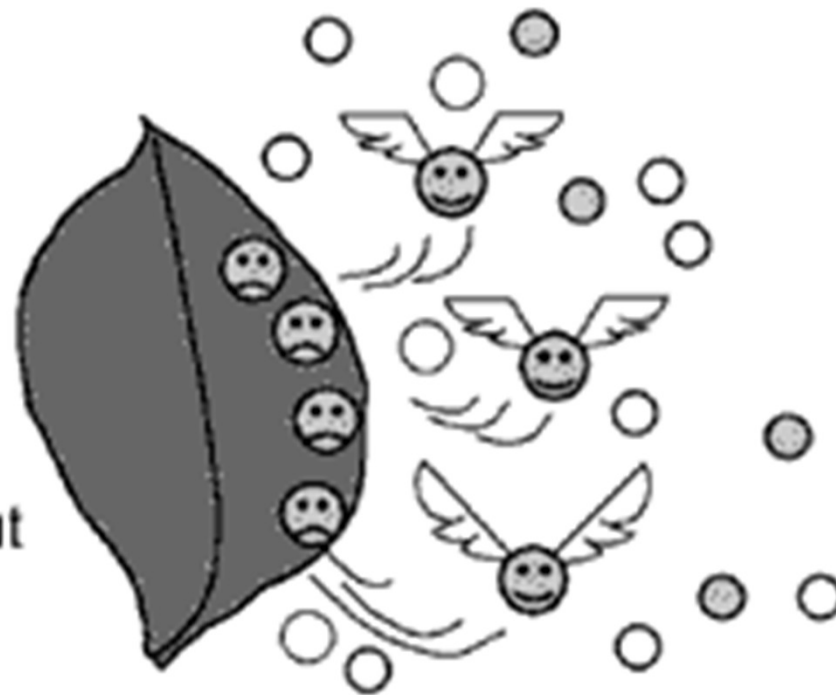


מסחרים

- Dry air
- Water vapor

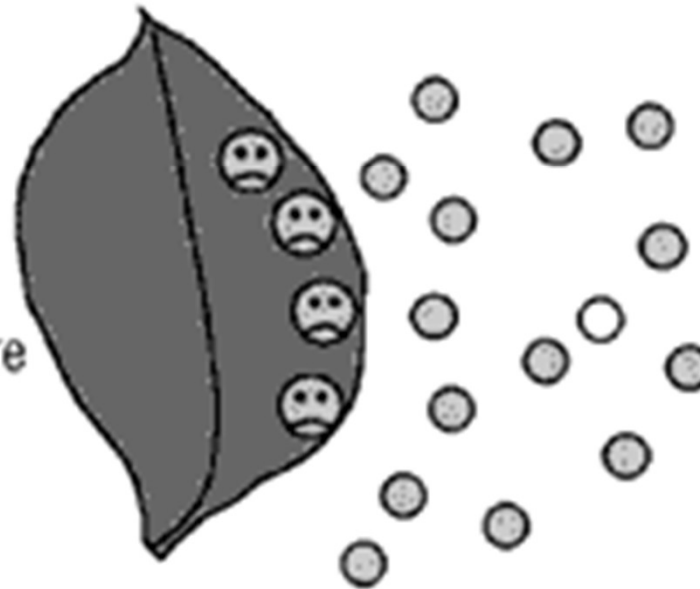
Higher VPD

- Transpiration is unhindered
- Plants can dry out



Lower VPD

- Transpiration is stifled by inability to release moisture to the air
- Moisture on plant surfaces leads to disease problems



מסחררים:

- תפקיד המסחררים להניע/לסחרר את האויר בבית הצמיחה במטרה לאפשר לצמח ליעל את הצינן העצמי שלו ע"י הגברת הדיות.
- לאפשר יישום של חומרי הדברה בנפח נמוך (פוגר קר)
- האחדת טמפ' האויר במבנה (בחימום וצינן)

מסחררים :

- לסחרור למטרות צינון נדרשים 4 מסחררים לדונם
- ליישום חומרי הדברה אחד לדונם
- גודל מומלץ – 28"
- אופן ההצבה – מותנה במטרת הסחרור (צינון, פוגר), סוג המבנה וצורתו (מומלץ להתייעץ עם מדריך המיכון המקומי), גודל המסחרר, צורת הגידול, סוג הגידול.

צינון

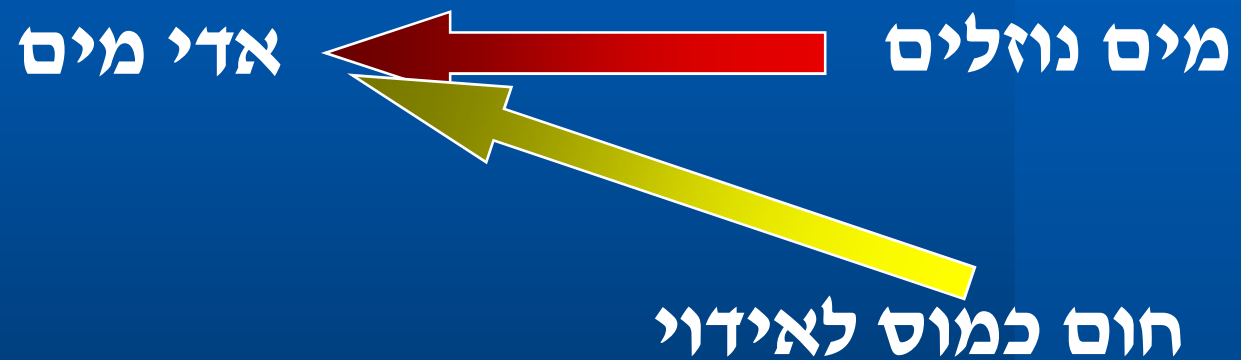
שיטת הצינון האדיאבטית:

- בשיטה זו אין מוסיפים ואין גורעים אנרגיה מהאוויר במבנה
- הורדת הטמפ' במבנה נעשית ע"י הגדלת תחולת אידי המים באוויר
- לצורך מעבר של 1cc מים ממצב נוזלי למצב גזי (אדים) יש צורך בכ 600cal

תהליך אדיאבטי:

תהליך בו אין חילוף חום (אנרגיה) עם הסביבה אלא רק בין תת המערכות המרכיבות אותה.

עקרון הצינור האדיאבטי (צינור התנדפות)



שיטות צינון:

● מזרון לח

● ערפול

● התזה

● ערפול/אוויר

שיטות הצינון האדיאבטיות (1)

התזה:

התזת מים באמצעות ממטירונים ע"פ העלווה ולקרקע.
כתוצאה מכך גדל השטח של המים החופשיים ובעקבות זאת גדל קצב האידוי.

תהליך האידוי גורם לירידת טמפרטורת המים עד טמפי הלח של אויר הסביבה הקרובה.

חסרונותיה של השיטה ביעילותה הנמוכה, ביצירת תנאים להתפרצות מחלות נוף מעודדות לחות/רטיבות וביצירת משקעים ע"פ העלווה

יתרונה – עלות נמוכה

שיטות הצינון האדיאבטיות(2)

ערפול:

מבוססת על הספקת מים בצורת טיפות קטנות ככל הניתן במגמה להגדיל את את שטח פני המים הבאים במגע עם האויר. ככל שהטיפה קטנה יותר קצב נפילתה קטן יותר ונישאת עם זרם האויר בקלות.

יתרונות – אינה מוגבלת בגאומטריה של המבנה.

- אחידות

חסרונות:

- מחייבת טיפול במים

- תפעול לא נכון עלול להרטיב את העלים

- עלות גבוה

שיטות הצינון האדיאבטיות (3)

מזרון לח:

אוויר חיצוני מוזרם דרך מזרון רטוב ומועשר במים אל תוך בית הצמיחה. כתוצאה מכך טמפי האוויר יורדת והלחות עולה.

מגבלות:

- השיטה מחייבת אוורור מאולץ
- האוויר המטופל מוזרם לאורך בית הצמיחה דבר הגורם לשינוי הדרגתי
- בטמפרטורה ובלחות.
- עלות גבוה.
- מוגבלת בגיאומטריה של המבנה

יתרון:

- ניסיון מוכח

ערפול: עקרונות עיקריים

סילוק עודפי חום ולחות 
באמצעות אוורור התממה

המרת חום מוחש לכמוס 
באמצעות אידוי מים

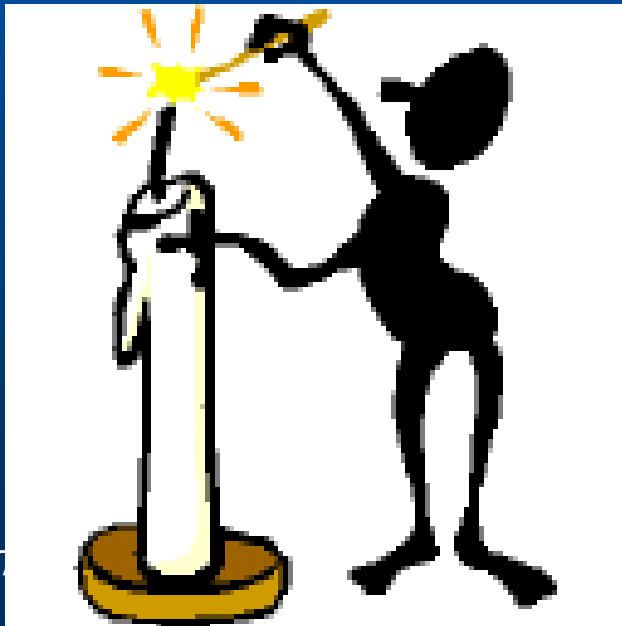
מרכיבי מערכת הערפול:

- פתחי גג לכניסת אויר
- מאווררים בדפנות נמוך ככול האפשר
- פומיות ריסוס פזורות בצורה אחידה הממוקמות גבוה ככול האפשר
- ריסוס המים בלחץ גבוה

חימום



מטרת חימום בית הצמיחה הינה להחזיר
את האנרגיה אשר אבדה לסביבה.





שיטות חימום:

1. חימום אויר
2. חימום מים
3. חימום משולב אויר/מים
4. חימום קרינתי

מקורות אנרגיה:

- מזוט
- סולר
- גז (בותן, פרופן)
- סולרית
- גאותרמית

בישראל:



נדרשות 12,000 קק"ל ל1000 מ3 לכל מעלה

להעלאת טמפ' מ-

4° c to 18° c

נדרשים כ- 180,000 קק"ל לדונם

השיטות לחמום בתי צמיחה

חימום בעזרת מים חמים



חימום בעזרת אוויר חם



העשרה בפד"ח

פוטוסינתזה

CO₂



H₂O

6CO₂

+

6H₂O

=

C₆H₁₂O₆

+

6O₂

A shortage of any of the above leads to reduced production

Ginegar Films = more light = more production

CO₂ באויר

ריכוז – 320 ח"מ

יעד העשרה – 700-1200 ח"מ

Concentration of CO₂ in % per volume – 0.00318

Concentration of CO₂ in % per weight – 0.0456

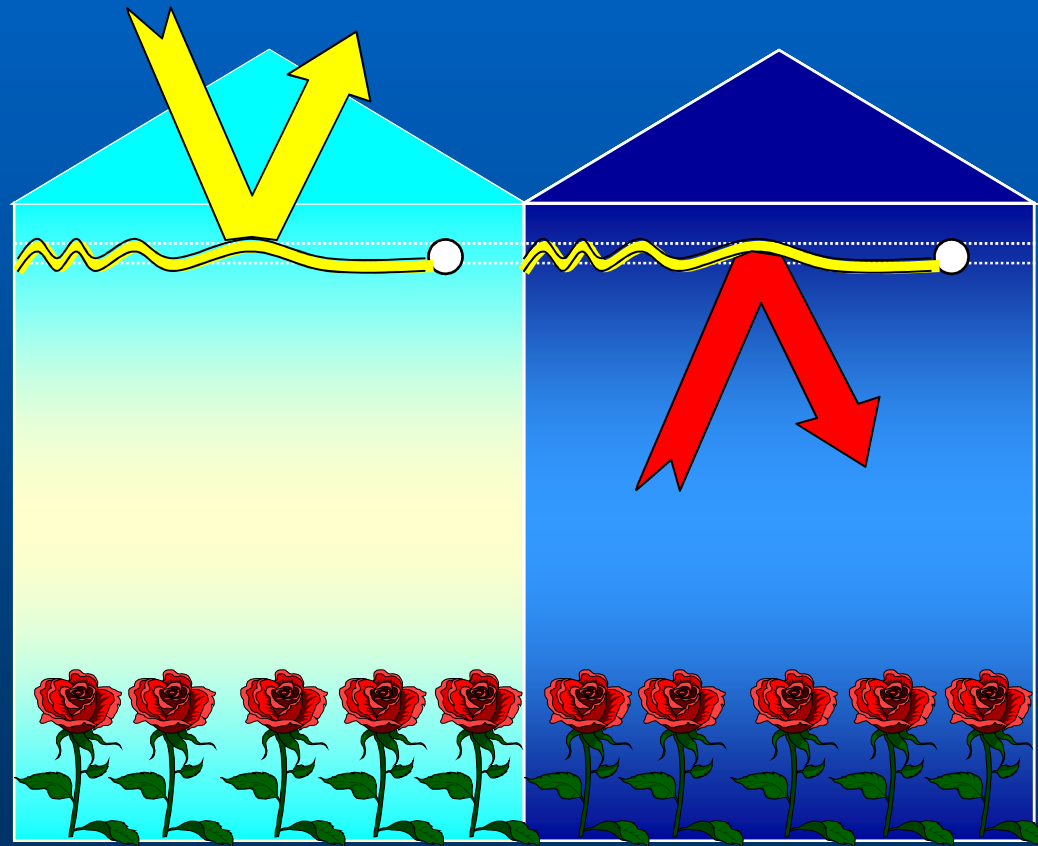
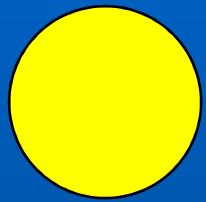
כל הנתונים באויר היבש

מקורות פד"ח CO₂

1. מיכלי איחסון
2. שריפה של גז טבעי (פרופאן, בותן)
3. קרח יבש

מסכים

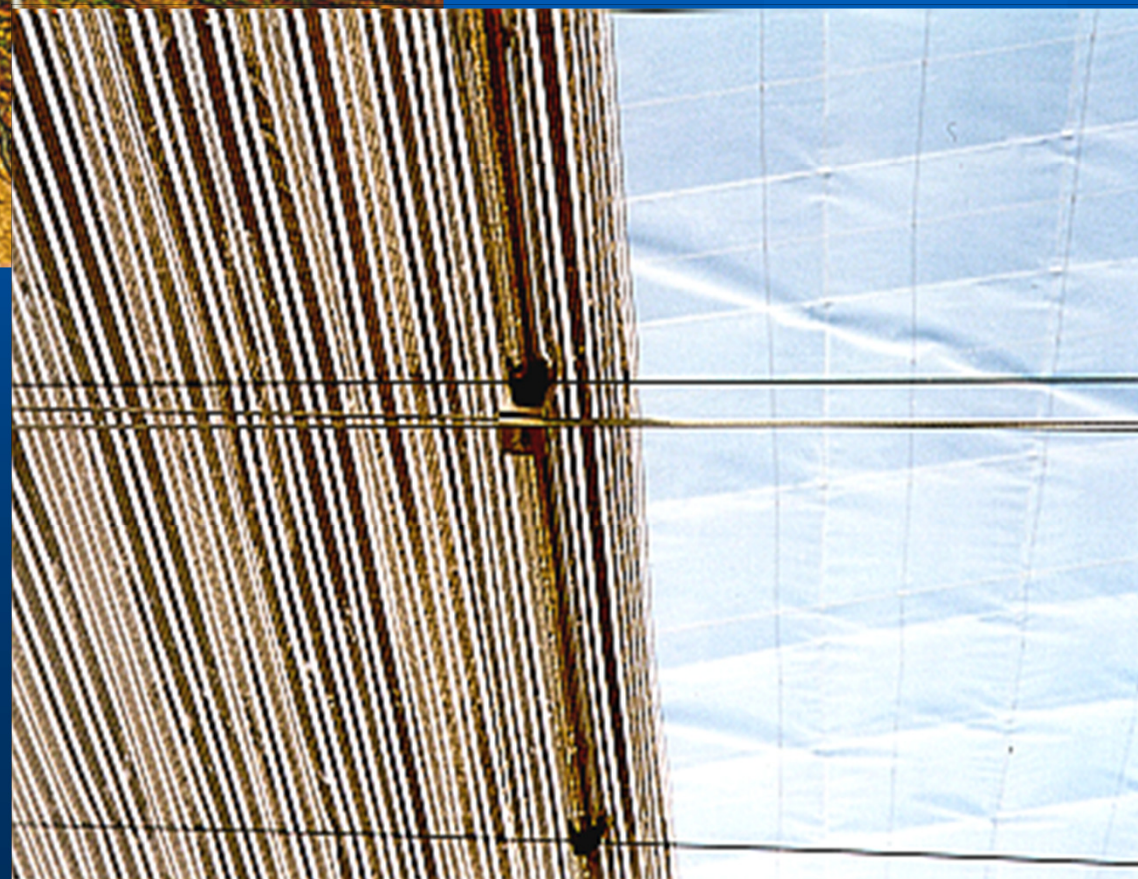
פעולתו הכפולה של המסך:





מבט כללי –

מסך תרמי



תורה על הקשר

