

1. 10 נק'. העריכו כמה רופאי שניים עובדים בירושלים.

תשובה:

בממוצע, אדם מאה כפול שניים כשהם בשנה. אם אונולוס יולאם כחצי גזון דולקין, 3 יין כ- 5×10^5 שער רפוא שניה לפי.

השנה יולא שניים עוזר כ- 40 שאל לפיוך 50 טדוקו- ≈ 2000 שער לפי.

סה"כ (63) יין כ-

$$\frac{5 \times 10^5 \text{ שער לפי}}{2000 \text{ שער לפי זולא}} \approx \boxed{250 \text{ כולא}}$$

2. 12 נק'. חלקיק קלסי עם אנרגיה ממוצעת kT נמצא בתוך בור פוטנציאל מהצורה $U(x) = ax^4$. העריכו למה שווה התוחלת $\langle x^2 \rangle$.

תשובה:

$$\langle ax^4 \rangle \sim kT$$

$$\downarrow$$

$$\boxed{\langle x^2 \rangle \sim \sqrt{\frac{kT}{a}}}$$

3. 12 נק'. חלקיק קוונטי נמצא באותו פוטנציאל של השאלה הקודמת. העריכו למה שווה אנרגיית רמת היסוד של החלקיק.

תשובה:

$$\frac{p^2}{2m} = E \approx ax^4 \quad \text{ברמת היסוד:} \quad \Delta x \Delta p \sim \hbar$$

$$\Delta p \sim \sqrt{ma \Delta x^4}$$

$$\Delta x \cdot \sqrt{ma \Delta x^4} \approx \hbar \Rightarrow \Delta x \approx \left(\frac{\hbar}{\sqrt{ma}} \right)^{1/3}$$

רסק:

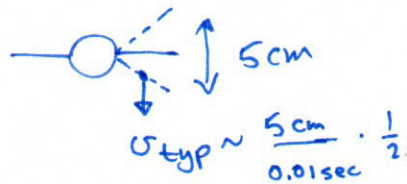
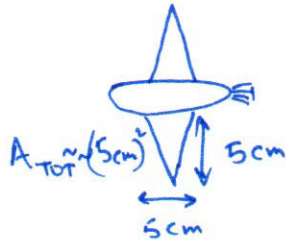
$$\boxed{E_0 \sim ax^4 \approx a \left(\frac{\hbar}{\sqrt{ma}} \right)^{4/3}}$$

(3) חמה ג'וניקה:

4. 15 נק'. לצופיות (הידועות בכינון יונק הדבש) מוטת כנפיים של כ-10 ס"מ, והן שוקלות כ-5 גר'. בעת מעופן, הן מניעות את כנפיהן כ-50 פעם בשניה. העריכו את ההספק ליח' מסה (W/kg) הדרוש על מנת לשמור על הציפור באוויר.

תשובה:

נתנה מוצא פשוט: כנף 5 ס"מ צפה 5 ס"מ - 100% שניה (הכנף צריכה גם לחזק).



מה הצורך בכך? לאור שזה מספק כדי להניק את הציפור מהאוויר:

$$\dot{m} v = Mg \Rightarrow v = \frac{Mg}{\dot{m}}$$

צורה אחרת

$$\dot{m} = \rho A v \Rightarrow v = \frac{1}{2} \frac{5 \text{ cm}}{0.01 \text{ sec}} \sim 2.5 \text{ m/sec}$$

כנף
אוויר
אוויר

$$P = \frac{1}{2} \dot{m} v^2 = \frac{1}{2} \frac{(Mg)^2}{\dot{m}} = \frac{M^2 g}{2 \rho A v}$$

האנרגיה הצריכה להניק את האוויר:

$$\frac{P}{M} = \frac{1}{2} \frac{Mg^2}{\rho A v} \approx \frac{0.005 \text{ kg} (9.8 \text{ m}^2/\text{sec}^2)^2}{1.2 \text{ kg/m}^3 \cdot 0.0025 \text{ m}^2 \cdot 2.5 \text{ m/sec}}$$

הספק ליח' מסה:

$$\frac{P}{M} \approx 60 \text{ W/kg}$$

5. 15 נק' בקירוב, טמפ' הגוף של יונקים וציפורים זהה (עד כדי מספר מעלות). איבוד החום יחסי להפרש הטמפ' בין הגוף ובין הסביבה ולשטח הגוף הכולל. מצאו יחס שקילות שיתן את ההספק ליח' מסה הדרוש על מנת לשמור על חום הגוף, כתלות במשקל הגוף. מהו הספק זה ליח' מסה עבור הצופית? (עבור אדם, $P/W \sim 1W/kg$).

תשובה:

קצת ציבורי יחסים טמפ': $P_{int} \sim rM$

איבוד החום יחס לשטח A, ויחס לטמפ' הסביבה פחות האם היכולות: ΔT ופן:

$$P_{out} \sim \alpha \Delta T A$$

השווה שני: $P_{int} \sim P_{out} \Rightarrow rM \sim \alpha \Delta T A$

בלוג: $r = \alpha \Delta T \left(\frac{A}{M}\right) \rightarrow \frac{r_{Bird}}{r_{Human}} = \frac{A_B}{A_H} \cdot \left(\frac{M_B}{M_H}\right)^{-1}$

הנחיה פשוט, שטח החיה יגדל כמו הולדת אורך שלה דהיינו ואלו המסה כמו

הנפח, כמו מימד האורך ב-3: $A \sim l^2, M \sim l^3$
 $\hookrightarrow A \sim M^{2/3}$

ובס: $\frac{r_{Bird}}{r_{Hum}} \sim \left(\frac{M_B}{M_H}\right)^{2/3} \left(\frac{M_B}{M_H}\right)^{-1} = \left(\frac{M_B}{M_H}\right)^{-1/3}$

המקרה שלנו: $M_B \sim 0.005 \text{ kg}$, $M_H \sim 70 \text{ kg}$

$$\frac{r_B}{r_H} \sim \left(\frac{0.005 \text{ kg}}{70 \text{ kg}}\right)^{-1/3} \sim 25$$

$$\frac{P_{Bird}}{\text{Weight}} \sim \underbrace{1 \text{ W/kg}}_{\approx 1 \text{ W/kg}} \cdot 25 = \underline{25 \text{ W/kg}}$$

6. (א) 15 נק'. דיפול חשמלי d מתנדנד בתדירות ω . העריכו מהו קצב פליטת האנרגיה שלו.
 (ב) 15 נק'. אילו האלקטרון באטום המימן היה חלקיק קלאסי, מהו הזמן האופייני בו היה קורן את אנרגית הקשר שלו?

תשובה:

א. הספק קרינה ציפוף תהיה תלוי בגודלים:

$$[P] = \frac{\text{erg}}{\text{sec}} = \text{gr} \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}^3}$$

$$[c] = \frac{\text{cm}}{\text{sec}} \quad [\omega] = \frac{1}{\text{sec}} \quad [d^2] = e^2 u^2 \cdot \text{cm}^2 = \text{erg cm}^3 = \text{gr} \frac{\text{cm}^5}{\text{sec}^2}$$

ציון השדה - יותר נוח לדעתו רק נגזרת - $e^2 u$.

$$\Pi_1 = \frac{c^3 P}{d^2 \omega^4}$$

(יש לך קואנטיזציה אחת: $4-3=1$...)

$$c \rightarrow P \sim \frac{d^2 \omega^4}{c^3}$$

ב. (סתם אם חשבתי האלמנט כדפול) שמתנדנד בתדירות ω . אזו ציינים את התפלגות לר

$$E \sim 13.6 \text{ eV} \quad d \sim e \cdot a$$

d ואלמנט אנרגיה קשר, E .

$$\frac{1}{2} m v^2 \sim E \quad \sim 1 \text{ \AA} \quad \text{כציל בובה}$$

$$\omega \sim \frac{v}{a} \approx \frac{\sqrt{E/m}}{a}$$

$$\tau \sim \frac{E}{P} \approx \frac{E c^3}{d^2 \omega^4} = \frac{E c^3 m^2 a^4}{(e^2 a^2) E^2} = \frac{c^3 a^2 m^2}{e^2 E}$$

כדין האופן הזה: $\sim 10^{-8} \text{ cm}$

$4.8 \times 10^{-10} \text{ esu} \quad 13.6 \text{ eV} \times 1.6 \times 10^{-12} \text{ erg/eV}$

$$\tau \sim 6 \times 10^{-10} \text{ sec}$$

(3 ינק):

7. $\sqrt{}$ 15 נק'. טיטן הוא ירחו הגדול של שבתאי. בטיטן יתכנו ענני אתן מהם נופלות טיפות "גשם". מה גודלן המקסימלי יחסית לגודל הטיפות המקסימלי על כדור"א? להלן מספר גדלים הקשורים לטיטן ולאתן: כבידה: $0.14g$. רדיוס $= 2500km$. אטמוספירת חנקן, בלחץ 1.5 אמוספירות כדור"א $= 1.5 \times 10^6 erg/cm^3$. אתן, מתח פנים: $\sigma_E \approx 20 erg/cm^2$, וצפיפות: $0.59 gr/cm^3$. מים, מתח פנים: $\sigma_w \approx 70 erg/cm^2$.

תשובה:

אוצף טיפות מקסימלית מתקבל כאשר כח הייכוך \approx כח איתח פנים.

אולם כח הייכוך במהלך הספית של הטיפות \approx כח הכבידה. ולכן התנאי יהיה:

כח איתח פנים \approx כח כבידה

$$F_g \approx F_\sigma$$

$$\rho R^3 \approx Mg \approx R\sigma \quad \text{P - רדיוס הטיפה.}$$

$$\hookrightarrow R \approx \sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}$$

אם נשווה בין ρ / σ / g / R / כדור"א / כדור"א / נקבל:

$$\frac{R_{\text{drop on Titan}}}{R_{\text{drop on Earth}}} = \sqrt{\frac{\sigma_{C_2H_6}}{\sigma_{H_2O}} \frac{\rho_{H_2O}}{\rho_{C_2H_6}} \cdot \frac{g_{\oplus}}{g_{\text{Titan}}}} = \sqrt{\frac{20}{70} \cdot \frac{1}{0.59} \cdot \frac{1}{0.14}} \approx 2$$

ל.א. אם טיפות הקשה הגדולות ביותר הן כדור"א בקוטר של כ -

0.5 ס"מ, אז טיפות האתן תהיינה רחב יותר בקוטר של כ - 1 ס"מ.

8. 16 נק'. פצצה המורכבת מ-10 ק"ג חנ"מ, מתפוצצת. מאיזה מרחק נקבל את הפתרון לגל ההדף המתקבל בגבול בו מסת הפצצה זניחה ביחס למסת האוויר הנהדף? כמו כן, עד איזה רדיוס נקבל פיצוץ עם גל הלם חזק (דהיינו, שינוי בלחץ האוויר שהוא לפחות 1 אטמוספירה)? לידיעתך, האנרגיה האצורה בחומר נפץ דומה לאנרגיה האצורה בשמן בישול, כ-900 קק"ל למאה גרם. צפיפות האוויר היא כ-1 ק"ג למטר מעוקב, ולחץ אטמוספירי הוא כ- 10^6 erg/cm^3 .

תשובה:

$$\frac{4\pi}{3} \rho_{\text{air}} R_1^3 \approx M_{\text{Bomb}} \quad \text{כז'ל כז'סן לתק'ל כז'ל}$$

$$\rightarrow R_1 \approx \left(\frac{3M_{\text{B}}}{4\pi \rho_{\text{A}}} \right)^{1/3} = \left(\frac{30 \text{ kg}}{15 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \approx 1 \text{ m}$$

$$\underbrace{\varepsilon M_{\text{Bomb}}}_{\text{אנרגי'ת הכז'ס}} \approx \underbrace{\rho_{\text{atm}} \cdot V}_{\text{נ'ס הכז'ס}} \quad \text{כז'סן חזק לתק'ל כז'ל}$$

$$\approx \frac{4\pi}{3} \rho_{\text{atm}} \cdot R_2^3$$

אנרגי'ת נ'ס הכז'ס

$$\boxed{R_2} \approx \left(\frac{3 \varepsilon M_{\text{Bomb}}}{4\pi \rho_{\text{atm}}} \right)^{1/3} = \left(\frac{3 \cdot 900 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot 10 \text{ kg} \cdot \frac{4200 \text{ J}}{\text{kcal}} \cdot 10^7 \frac{\text{erg}}{\text{J}}}{4\pi \cdot 1.5 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3} \right)^{1/3} \quad \text{כז'סן}$$

$$\approx 40,000 \text{ cm} = \boxed{400 \text{ m}}$$

9. (א) \square 15 נק'. גרדיאנט הטמפ' בתוך כדור"א הוא כ- $20^\circ K/km$. מקדם ההולכה האופייני של מבודד כמו אבן הוא $(s \cdot cm \cdot ^\circ K)^{-1} \sim 10^{-2} cal$. לאיזו טמפ' יגיעו פני השטח של כדור"א אם השמש תכבה?

(ב) \square 10 נק'. כמה אנרגיה צורכת האנושות? האם חוס גיאותרמי יכול לספק את צריכת האנרגיה של האנושות?

לידעתך ישראל התשמשה ב- 45267 מיליוני קוט"ש של חשמל בשנת 2005, שהם כשליש מצריכת האנרגיה הכוללת. רדיוס כדור"א הוא כ-6400 ק"מ. שטף הקרינה מהשמש הוא כ-1360 וואט למטר מרובע לשניה.

תשובה:

אם השטף היגיע לפני השטח הוא: $q = k \cdot \nabla T$. נקדקן יהי כפי שהיה בטוחים:

$$[k \nabla T] = \frac{cal}{cm \cdot sec \cdot ^\circ K} \cdot \frac{^\circ K}{cm} = \frac{cal}{cm^2 \cdot sec} = \text{energy flux} \checkmark$$

בסיווי מסוף, קלו תרומה מהשמש, השטף טמפ' אף השטח מכדי"ו שווה השטף שבוה ע"י קרינה. נניי בקיולד שפני השטח הם זורף שאר. במקרה ככיו $\nabla T \approx \sigma T^4$

$$\Rightarrow T = \left(\frac{k \nabla T}{\sigma} \right)^{1/4} = \left(\frac{10^{-2} \frac{cal}{sec \cdot cm \cdot ^\circ K} \cdot 20^\circ K \cdot 4.2 \times 10^7 \frac{erg}{cal}}{5.6 \times 10^{-5} \frac{cm^2 \cdot sec \cdot ^\circ K^4}{erg}} \right)^{1/4} \approx 35^\circ K$$

ה. אם היונושות צונכת פר אצמ כמו יסוף אנ':

$$P = P_{IL} \times \frac{6 \times 10^9}{7 \times 10^6} \approx 1000 \frac{45 \times 10^9 \text{ kWhr/yr}}{365 \cdot 24 \text{ hr/yr}} = 5 \times 10^{12} \text{ W}$$

אבל אסיר חלום

אם המנוצצ כדור"א צורך לנכס אנזיה כמו נפח ביסוף השמל (קפא אאר, יסכוי) מביתר יאר מהצום המנוצצ (15 תהיה העדיכתינו רצויכה הכוללת א אנזיה טניזיה גיאותרמית:

$$P_{geo} = 4\pi (6400 \times 1000 \text{ m})^2 \cdot k \nabla T = 5 \times 10^{14} \text{ m}^2 \cdot 10^{-2} \cdot 4.2 \text{ J} \cdot \frac{20^\circ K}{100 \text{ m}} \approx 4.2 \times 10^{13} \text{ J/s} \text{ W}$$

5. האנושית צונכת כ- 10^{12} ליהארגיה הגיאותרמית (בלהחולית) (ציוצ יבטת פולור

ולקצ"ת וכו'... רמא נראה הזגן. חנצ) 10% מאנזיה צוי. (!