

1. 12 נק'. העלתם את מהירות הנסיעה מ-90 ל-100 קמ"ש. בכמה אחוז עלתה תרומת חיכוך האוויר לתצרוכת הדלק?

תשובה:

$$F_D \sim \frac{1}{2} C_D \rho v^2 A g \rightarrow \underbrace{W}_{\text{סדרה}} = \int F dx = \frac{1}{2} C_D \rho v^2 A g \times \underbrace{x}_{\text{מרחק נסיעה}}$$

11.5. סדרות הכ"ה יחסית למהירות בהיכוד. אם (1.8) את v - 10% קצת
 סדרות כ"ה ישרי ב- 20%.
 היות וקמהילא אלה נוב המינין הלו זהו אלו, נקצם תפסל תצריכת הדלק.

2. 12 נק'. לפני מספר שבועות, היה שרב מרשים בו הטמפ' בירושלים היתה כ-35°C ביום. בשרב זה נשבר שיא צריכת החשמל של כל הזמנים, כ-9.5GW. הצריכה הממוצעת בישראל היא 5GW לשם השוואה. בכמה להערכתכם גדלה תצרוכת החשמל של מדינת ישראל על כל מעלה בה שרב נתון יותר חם? כמה כסף ליום מכניסה חברת החשמל לכיסה על כל מעלת חמסין? למי שלא משלם חשבון חשמל עדיין... מחיר קוט"ש (kWhr) הוא כחצי שקל.

תשובה:

בדיוק: שיא פחות מעצם = תצריכת הדלק לעצמים. סמפ' למיוצרת בה אין לעצמים 25°C
 רב, אר כל מאל: ים תצריכת (נספת של) כ- 10 יומים. רבין, כמטר חשמל שנצריכת א
 כל מעלה היוו כ- $400 \text{ MW/}^\circ\text{C} \approx (9000 \text{ GW} - 5000 \text{ GW}) \times 0.1$
 אר נוב השמש היוו אר א שצור אלו. כמטר חשמל 15. תינים לחברת החשמל 6 יום:
 $12 \text{ hr} \times 400 \text{ MW} \times \frac{0.5 \text{ NIS}}{10^3 \text{ kWhr}} \approx 5 \times 10^6 \text{ NIS}$
 ההכנסות (16) תהיה קטנה יותר

3. 12 נק'. נתון פוטנציאל מהצורה $U = \alpha(x-x_0)^6$. כיצד יהיה תלוי זמן מחזור תנודותיו של חלקיק קלאסי באמפליטודה A של תנועתו בתוך הפוטנציאל?

תשובה:

אנרגיה קינטית גופנית = אנרגיה פוטנציאלית אופינית:

$$\alpha A^6 \approx mv^2 \Rightarrow v \sim \left(\frac{\alpha A^6}{m} \right)^{1/2}$$

$$\tau \sim \frac{A}{v} \sim \left(\frac{m}{\alpha} \right)^{1/2} A^{-3} = \left(\frac{m}{\alpha} \right)^{1/2} A^{-2} \quad \text{הצגת הילופנין:}$$

4. בברכת הסולטן מתקיים קונצרט קלסי בו מנגנים את הסימפוניה התשיעית של בטהובן. במהלך הקונצרט יורדת הטמפרטורה ב-5 מעלות.

(א) $\sqrt{15}$ נק'. העריכו בכמה ישתנו צלילי כלי הנשיפה. תנו תשובתכם בחצאי טונים. (כל חצי טון = שינוי תדר יחסי של $2^{1/12} \approx 1.06$)

(ב) $\sqrt{15}$ נק'. העריכו בכמה ישתנו צלילי כלי המיתר. לידיעתכם, מקדם ההתפשטות של עץ קטן בהרבה מזה האופיני של מתכות. מקדם ההתפשטות של פלדה הוא כ- $1.5 \times 10^{-5} / ^\circ K$. מיתרים מתוחים בדרך כלל כמעט עד לעיבור המקסימלי, שהוא $\epsilon \sim 0.004$ בפלדה. שוב, תנו תשובתכם בחצאי טונים.

תשובה:

א. צרי השינוי (נקד למך) שמהיאר הקול משתנה. היאר (מהיאר הקול) הישר ל- \sqrt{T} (נקד):
 $c_s \sim \sqrt{E/\rho} \propto \sqrt{T}$

$$v \sim \frac{c_s}{l} \rightarrow \frac{v_1}{v_0} = \frac{(c_s/l)_1}{(c_s/l)_2} = \frac{(c_s)_1}{(c_s)_0} = \left(\frac{T_1}{T_0}\right)^{1/2} \Rightarrow \frac{\Delta v}{v} \approx \frac{1}{2} \frac{\Delta T}{T} \sim \frac{-5^\circ K}{2 \cdot 300^\circ K} = -8 \times 10^{-3}$$

ישנה ירידה של מעט יותר מחצי טון.

ב. התצורה האופינית ביותר בהייה תלויה ב-
 $[F] \sim \text{dyne}$, $[\lambda] \sim \text{gr/cm}$, $[L] \sim \text{cm}$
 $= \text{gr cm/sec}^2$

$$\left[\frac{F}{\lambda}\right] \sim \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}^2} \rightarrow v \sim \frac{1}{L} \sqrt{\frac{F}{\lambda}}$$

(יציב אצלם):

כאשר הטמפ' יורדת, משתנה המתח (אורך שילוי משך) וזכור ההתאבדור היחסית קטנה שילוי משך גדלה \leftarrow התצורה תהיה.

$$\frac{v_1}{v_0} \sim \sqrt{\frac{F_1}{F_0}} \Rightarrow \frac{\Delta v}{v} \sim \frac{1}{2} \frac{\Delta F}{F}$$

אורך שילוי המשך משתנה ב- $\Delta T L \propto \epsilon L$.

$$\sim \epsilon L$$

אורך מקורי יחסית קטנה שילוי משך קטן לעומת המקור.

$$\frac{\Delta v}{v} \sim \frac{1}{2} \frac{\Delta F}{F} \sim \frac{\alpha \Delta T}{2 \epsilon} \sim \frac{1.5 \times 10^{-5} \cdot 5}{2 \cdot 0.004} \sim 0.01 \quad \frac{\Delta F}{F} \sim \frac{\alpha \Delta T L}{\epsilon L}$$

כילוי תהיה עליה של פחות משישה חצי טון.

5. 24 נק'. לכוכב שדה מגנטי אופייני B . הכוכב מתכווץ ורדיוסו קטן: $R \rightarrow \alpha R$. מה יהיה השדה המגנטי האופייני החדש אם:

- (א) השטף הכולל של השדה B נשמר (למשל, דרך מישור המשווה).
 (ב) האנרגיה הכוללת של השדה נשמרת.
 (ג) היחס בין האנרגיה הכוללת בשדה ואנרגיית הקשר הגרביטציונית של הכוכב נשאר קבוע.

תשובה:

א. שטף קבוע: $\Phi_B = B \cdot A = \text{const} \Rightarrow BR^2 = \text{const} \Rightarrow B \propto R^{-2}$
 $B \rightarrow \alpha^{-2} B$ טווח:

ב. האנרגיה הכוללת קבועה: $B^2 R^3 = \text{const} \Rightarrow B \propto R^{-3/2}$
 $B \rightarrow \alpha^{-3/2} B$ טווח:

ג. אנרגיה כוללת בשדה $E_B \sim B^2 R^3$ וטווח
 אנרגיה כוללת קשורה כבידה $E_{\text{grav}} \sim \frac{GM^2}{R}$
 $B^2 R^3 \sim \frac{GM^2}{R}$
 $\hookrightarrow B \sim \frac{1}{R^2} \rightarrow B \sim \alpha^{-2} B$ כן שטף קבוע.

6. 15 נק'. טיפת מים מטפטפת מפיפטה ברדיוס R_p קטן מאוד. העריכו מהו גודלה של הטיפה. מה נחשב לרדיוס קטן?

תשובה:

כוח גרביטציוני \approx כוח מתח פנים
 $Mg \sim \frac{4\pi}{3} R^3 \rho g$
 $G \cdot R_p \sim R^3 \rho g$
 $R \sim \left(\frac{R_p \rho}{\rho g} \right)^{1/3}$
 כוח מתח פנים $\sigma = \text{erg/cm}^2$
 כוח גרביטציוני \rightarrow (הוא ופחותו התחיל שגשמי כאשר הטיפה ניכרת).
 $R_p < \left(\frac{R_p \sigma}{\rho g} \right)^{1/3} \leftarrow R > R_p$
 $\hookrightarrow R_p < \left(\frac{\sigma}{\rho g} \right)^{1/2}$

7. □ 15 נק'. קוואדרופול חשמלי Q מתנדנד בתדירות ω . העריכו את שטף הקרינה הא"מ שתתקבל במרחק R מהקוואדרופול.

תשובה: היחידה: הספק: $[P] = \text{erg} \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}}$ והוא יהיה יחיד \Rightarrow $[c] = \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$ $[w] = \frac{1}{\text{sec}}$

אזי > קואזיבילי: $[Q]^2 = \text{esu}^2 \cdot \text{cm}^4 = \text{erg} \cdot \text{cm}^5 = \text{erg} \frac{\text{cm}^7}{\text{sec}^2}$

כדי לקבל ע"ג ג. $[P]$ יש לקחת Q^2 ו- c^{-5} כדי לקבל cm^5 ולקבל ω^6 כדי לקבל את היחידה:

$$\Pi = P / \left(\frac{Q^2 \omega^6}{c^5} \right) \Rightarrow P \sim \frac{Q^2 \omega^6}{c^5}$$

$$F \sim P / R^2 \sim \frac{Q^2 \omega^6}{c^5 R^2} \quad \text{כדי לקבל שטף במרחק R}$$

8. □ 15 נק'. ברגע נתון, נוצרים על מישור אין סופי מטענים חיוביים ושיליים בצפיפות מטען מש-טחית σ כל אחד. המטענים עוברים דיפוזיה עם מקדם דיפוזיה D. קצב הרקומבינציה של המטענים (רקומבינציות ליח' נפח ליח' זמן) נתון ע"י: $r = \alpha n_+ n_-$ כאשר α הוא מקדם הרקומבינציה. בבעיה ישנו גודל מרחבי אופייני. למה הוא שווה ומה משמעותו?

תשובה: בהיחזק אופיני, ל, הזמן האופייני דיפוזיה הוא: $\tau_D \sim \frac{l^2}{D}$

לכאורה זמן, אם היונים עוברים דיפוזיה עד ל, צפיפות תהיה $n \sim \frac{\sigma}{l}$

אז והזמן האופייני לקומבינציה יהיה: $\tau_R \sim \frac{n(l)}{r} = \frac{(\sigma/l)}{\alpha(\sigma/l)^2} = \frac{l}{\alpha\sigma}$

עכשיו $\tau_D \sim \tau_R$ $\Rightarrow \tau_D \sim \frac{l}{\alpha\sigma}$ $\Rightarrow l \sim \frac{D}{\alpha\sigma}$

הוא אופייני. אולי יכתוב יוני-קרינציה אכן משמעות קומבינציה.

9. □ 15 נק'. הלב פועם כ-60 פעימות לדקה, כנגד הפרש לחצים של כ-100mmHg, בממוצע. נפחו כנפח אגרופכם (מעט פחות מפחית קולה). מה הספקו? (בוואט בבקשה). כמה קלוריות אוכל ליום הוא צורך? (אטמוספירה = 760mmHg = 10^6erg/cm^3)

תשובה: כמות ≈ 3300 ק"מ, החזר השטח. זה ≈ 150 מ"ל. שניה (3) א"מ: $\frac{\Delta V}{\tau} \approx 150 \text{ cc/sec}$

ההספק יהיה אכן: $\int = \frac{W}{\tau} = \frac{\Delta P \cdot \Delta V}{\tau} = \frac{120 \text{ mmHg} \cdot 10^6 \frac{\text{erg}}{\text{cm}^3} \cdot 150 \frac{\text{cm}^3}{\text{sec}}}{760 \text{ mmHg}}$

$\approx 2 \times 10^7 \frac{\text{erg}}{\text{sec}} \approx 2 \text{ W}$

תצטרך קלוריות א"מ: $24 \text{ hr/day} \times 3600 \frac{\text{sec}}{\text{hr}} \times 2 \text{ J/sec} \times \frac{1 \text{ kcal}}{4180 \text{ J}} = 40 \text{ kcal}$

100 ml קולה.