

1.  10 נק'. העריכו בכמה אחוזים יגדל תקציב המדינה אם יקצרו את שירות החובה של בנים מ-3 שנים לשנתיים וחצי (כפי שאמור להיות ע"פ החוק) ויאיישו את אותם תפקידים באנשי קבע נוספים. לנוחיותכם, תקציב המדינה עומד על כ-320 מיליארד שקל לשנה.

תשובה:

שכר המינימום הוא כ- 4000 ש"ח לחודש. אם אולם אנשי קודם הם עם מינימום (מונה משלמת תמך לא חיכה על נניו 6000 ש"ח. (בגל זמן, צריך לשכנע אותם להשאיר).

מחזיקים על הזן

$$50,000 \sim \frac{1}{2} \times \frac{7000,000}{70} \text{ חצי מהאנשים מתעייים}$$

חצי שנה של משלמת קבע משמעותיים:  $1.8 \times 10^9 \text{ NIS} = \frac{6000}{6000} \times 6000 \times 50,000 \text{ אנשים}$

1.8 מיליארד ש"ח מהווים ליזם מתקציב המס ש"ח 320 מיליארד.

← או שהתקציב יצטמצם, או שמס הכנסה יצטמצם או שיקוצצו... או שיקוצצו בצדדים אחרים כמו ההשכלה השקורה.

המשך תשובה לשאלה

2. אוסף של  $N$  חלקיקים קלאסיים, בטמפר'  $T$  נמצא בפוטנציאל מהצורה  $U(x) = \begin{cases} -U_0 & \text{for } |x| < d/2 \\ 0 & \text{for } |x| > d/2 \end{cases}$

(א) 12 נק'. העריכו כמה חלקיקים אמורים היו להיות עם אנרגיה חיובית לו הפוטנציאל היה עם קירות אינסופיים (דהיינו, עם  $U(x) = \infty$  for  $|x| > d/2$ ).

(ב) 10 נק'. אם הזמן האופייני שכל חלקיק מתנגש בתוך הבור הוא  $\tau$ , העריכו תוך כמה זמן תרד האוכלוסית החלקיקים בפקטור  $e$ ? (ללא הקירות האינסופיים, כל חלקיק שמוצא את עצמו לאחר ההתנגשות עם אנרגיה חיובית בורח מהבור).

(ג) 12 נק'. אם הבור הוא קוביה תלת מימדית, והחתך פעולה להתנגשות הוא  $\sigma$  שאינו תלוי במהירות, מהו אותו  $\tau$ ?

תשובה:

א. כפי שרואים במצב, יש לזכור את צפיפות המצבים, ונוי לרצפת אחידה. במקרה

$$f = \frac{\int_{U_0}^{\infty} \frac{dN}{dE} \exp(-\frac{kT}{E}) dE}{\int_0^{\infty} \frac{dN}{dE} \exp(-\frac{kT}{E}) dE} \sim \exp(-\frac{kT}{U_0})$$

צפיפות מצבים - מנייה דו-ממדית

צפיפות מצבים (מוח)

קמעה החלק  $\frac{dN}{dE} \propto E^\alpha$  תפוס בקצות רציף זהה  $f$

ה. נסתכל על חלקיק קובי. הונו מתנגש כל זמן  $\tau$ . יש לו סיכוי  $\alpha$  כ-  $\exp(-\frac{kT}{E})$

קמעה  $\tau$  -  $E > U_0$ , detailed balance, הזמן הונו הוא  $\tau$  כן.

$$\tau_{\text{loss}} \sim \tau / \exp(-kT/U_0)$$

ג. צפיפות החלקיקים היטוי:  $m = N/d^3$

לכן, הגודל המאפיין הממוצע להתנגשות הוא:

אם המהירות היא  $v$ , אזי הזמן להתנגשות ניתן על ידי:

$$l \sim \frac{1}{\sigma n} \sim \frac{d^3}{\sigma N}$$

$$\tau \sim \frac{l}{v} \sim \frac{d^3}{\sigma N} \sqrt{\frac{m}{kT}}$$

$$v \sim \sqrt{\frac{E_{\text{typical}}}{m}} \sim \sqrt{\frac{kT}{m}}$$

$$\tau_{\text{loss}} \sim \frac{d^3}{\sigma N} \sqrt{\frac{m}{kT}} \exp\left(\frac{kT}{U_0}\right)$$

3. להפיל פילו

- (א)  10 נק'. מה המהירות הסופית של פיל המופל ממוטוס?  
 (ב)  10 נק'. מה צריך להיות גודל המצנח כדי שפיל יואט למהירות של 5 קמ"ש?

לנחיותכם, המסה האופיינית של פיל היא 5 טון. המהירות הסופית של צנחן הקופץ עם גפיים פרוסים היא 200 קמ"ש. לאחר פתיחת המצנח (עם שטח אופייני של 20 מ"ר), מהירות הצנחן יורדת של 20 קמ"ש.

תשובה:

$f_g \sim mg \sim \rho R^3 g$  : ואלו כח המשיכה :  $f_D \sim \alpha \rho_a v^2 R^2$  : כח הער הייל  
 צפיפות האוויר

$\rho R^3 g = \alpha \rho_a v^2 R^2$  : סלוא :  $f_D = f_g$  : המהירות הסופית מתקבל מהאילוין

$\hookrightarrow v^2 = \frac{R g}{\alpha}$

נשווה למהירות הסופית של אדם:

$\frac{v_{eleph}}{v_{man}} = \left( \frac{R_{eleph}}{R_{man}} \right)^{1/2} \sim 5^{1/2} \sim 2.2$

כבי אדם  $F \sim 5$  ג'  $N$  - 50 ג'  $N$  צינור בקלאו  
 100 קג,  $m \sim R^3$  , אדם וסלון צינור בקלאו  
 $\frac{R_{eleph}}{R_{man}} \sim \left( \frac{m_{eleph}}{m_{man}} \right)^{1/3} \sim 100^{1/3} \sim 5$

ה. סכסון, או אכסו רגנית יתר ש -  $A \sim R^2$  . (שזה טוב)  
 $f_g = \rho R^3 g = \alpha \rho_a v^2 A \rightarrow A \sim \frac{Mg}{\rho_a v^2}$

$\frac{A_E}{A_m} = \frac{M_E}{M_m} \left( \frac{v_E}{v_m} \right)^{-2} = 100 \times 16 = 1600$

$\hookrightarrow A_E = A_m \times 1600 \approx 30,000 \text{ m}^2 = 20 \text{ dunam}$

שימו לב שצינור האדם כולל למהירות (נוכח יתר כבי) או לטעונו אדם צנחן.  
 אנו התנוו הסלף אלו שפיל יוכל להיזק למהירות הסופית כמות

$mgh > \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow h > \frac{v^2}{2g} \approx 600 \text{ m}$

4. מסוק אנושי.

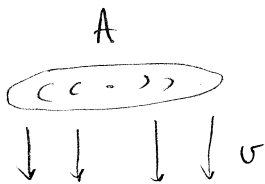
- (א)  10 נק'. מהו הספק העבודה המכנית אותו אדם יכול ליצר למשך זמן ממושך (למשל, למשך שעה)?
- (ב)  15 נק'. מהו הרדיוס המינימלי הדרוש לרוטור מסוק הממונע אדם כדי שאותו אדם יוכל לשהות באוויר זמן ממושך?

תשובה:

לא נניח שאסטר אלפא היטן שעה קלמה ב 5 שניות (קשה אפס אפס קטורבה)

ההספק אה כן יהיה:

$$P = \frac{mgh}{\Delta t} = \frac{70 \text{ kg} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \times 4 \text{ m}}{5 \text{ s}} \approx 500 \text{ W}$$



ההזרם של מסוק נולד מבחינת אלור כלפ מטה, בתווך, הינו שההטור מצידי אלור הוא הינו (בסמן "-") טעקי מסוק וטעקי כצג q, אס:

$$mg = f_g = f_R = \dot{m}_{air} \cdot v = A_{air} \cdot v \cdot v = \frac{dV_{air}}{dt} \cdot \rho_{air} = \frac{dV}{dt} \cdot \rho_{air} = \pi R^2 v^2 \rho_{air}$$

← צג אס      ← צג אס      ← צג אס

נניח שהמסוק היחז עב האצב שקי 100 קצאים. ההספק הזה? האור? אה האור?

$$P_{air} = \frac{1}{2} \dot{m}_{air} v^2 = \frac{1}{2} \pi R^2 v^3 \rho_{air}$$

$$= \frac{1}{2} \pi R^2 \rho_{air} \left( \frac{mg}{\pi R^2 \rho_{air}} \right)^{3/2}$$

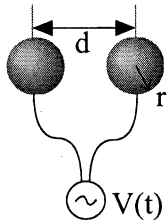
$$= \frac{\pi}{2R} \frac{m^{3/2} g^{3/2}}{\rho_{air}^{1/2}}$$

←  $v^2 = \frac{mg}{\pi R^2 \rho_{air}}$

(3)  $P_{air} = P_{mech}$  ונק':

$$R \sim \frac{\pi}{2} \frac{m^{3/2} g^{3/2}}{\rho_{air}^{1/2} P_{mech}} \approx 80 \text{ m}$$

! צג אס



5. נבנה אנטנת שידור פשוטה ביותר: נחבר שני כדורים ברדיוס  $r$  ובמרחק  $d$  בין מרכזיהם כמתואר בציור. הניחו כי  $d \gg r$  הם מאותו הסדר גודל. נחבר את הכדורים למקור זרם חילופין  $V = V_0 \sin(\omega t)$ .

- (א)  15 נק'. העריכו את הקיבולת החשמלית של שני הכדורים.  
 (ב)  15 נק'. העריכו את הספק המוקרן כקרינה א"מ.

תשובה:

א. ישנן כמה דרכים למשל, השיטה הישנה יותר היא לראות ש  $C \sim r$ .

נבחר בדרך אחת, נשווה אקדח לראיה, הקיבולת של קול לאחור היא:

$$C = \frac{A}{4\pi d}$$

הנקודה שלנו יש לנו שתי ראיה ב  $A \sim r^2$  ודמיון  $d \sim r$  ביניהם  
 נוסף:  $C \sim \frac{r^2}{4\pi r} \sim \frac{r}{4\pi}$

ב. כדי לדעת מהו ההספק הנוקדן, אנו צריכים לדעת כמה שווה הצפיפות החשמלית וכוונת הקרינה קטנה  $D \sim r$ .

$$D = Q \cdot r = \underbrace{V C}_{\text{מקדח}} \cdot r \approx V_0 r^2$$

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

$$[c] = \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$$

$$[\omega] = \frac{1}{\text{sec}}$$

$$[D] = \text{esu}^2 \text{ cm}^2 = \frac{g^2 \cdot \text{cm}^5}{\text{sec}^2}$$

כדי לקבל את  $P$  (עם  $c$  אנרגיה יחידים) כמו הימים).

$$\rightarrow \left[ \frac{P}{D^2} \right] = \frac{1}{\text{sec} \text{ cm}^3}$$

$$\left[ \frac{c^3 P}{D^2} \right] = \frac{1}{\text{sec}^4}$$

$$\left[ \frac{c^3 P}{D^2 \omega^4} \right] = 1$$

$$P \sim \frac{D^2 \omega^4}{c^3} \sim \frac{V_0^2 r^4 \omega^4}{c^3}$$

6. בכיתה ראינו את ההתנהגות של פיצוץ בו משתחררת אנרגיה  $E$  לתוך תווך בעל צפיפות  $\rho$ , בגבול בו מצד אחד המסה ההתחלתית של הפיצוץ זניחה ביחס למסת התווך הכלואה בתוך גל ההלם המתפשט, ומצד שני אנרגיית הפיצוץ גדולה בהרבה מהאנרגיה התרמית שהייתה באותו נפח אותו גמע גל ההלם. נבחן כעת פיצוץ המתרחש באיזור עם צפיפות התלויה ברדיוס  $r$  כמו  $\rho = \rho_0 (r/r_0)^{-\alpha}$ , (למשל, בפיצוץ של כוכב בתוך הרוח שיצר בעצמו נקבל  $\alpha = 2$ ).

(א)  $\square$  20 נק'. העריכו בגבול הנ"ל (של מסה התחלתית ואנרגיה תרמית של התווך זניחים) את המהירות  $v(t)$  של הגל הלם שנוצר בפיצוץ.

(ב)  $\square$  10 נק'. עבור ערכים מסוימים של  $\alpha$ , לא ניתן למצוא תחום המקיים את ההנחות הנ"ל, גם עבור  $E$ -ים גדולים כרצוננו. מהם אותם ערכים של  $\alpha$  ומדוע לא ניתן לקיים את שני ההנחות הנ"ל?

תשובה:

אם המסת  $t$  של הגל הלם יש מהירות  $v$  אזי המסת האופיית  $\rho_0$  תהיה דומה ל  $\rho_0$  מקרה  $\rho_0$  תהיה הנפח בתוך הגל הלם האופיית.

$$E_{kin} \approx \frac{1}{2} m v^2 \sim \frac{1}{2} M(r) v^2$$

$$4\pi \int \rho_0 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{-\alpha} r^2 dr = \frac{4\pi}{3-\alpha} r^{3-\alpha} r_0^\alpha \rho_0$$

אם  $r \sim vt$  ניתן לרשום כ-  $v \sim r/t$

$$\rho_0 \frac{2\pi}{3-\alpha} r_0^\alpha (vt)^{3-\alpha} v^2 \approx E_0$$

$$v^{3-\alpha+2} t^{3-\alpha}$$

$$v \approx \left( \frac{E_0}{\rho_0 r_0^\alpha t^{3-\alpha}} \right)^{\frac{1}{5-\alpha}}$$

סוג נקבל:

עוד  $\alpha=0$  מקבלים  $v \sim (E_0/\rho_0 t^3)^{1/5}$  שזו התוצאה שגילויי הבינה.

ד. עבור  $\alpha > 3$  נקבל שהמסה בתוך הגל הלם אופיית זניחה ביחס ל  $\rho_0$  תהיה כמעט זניחה. במקרה כזה אי אפשר לתת ביחס למסה  $\rho_0$  התיוק שניספר יתג אולי מהמסה ההתחלתית של הפיצוץ.  
(אם, ידוע המסה של כוכב מתפוצץ)