



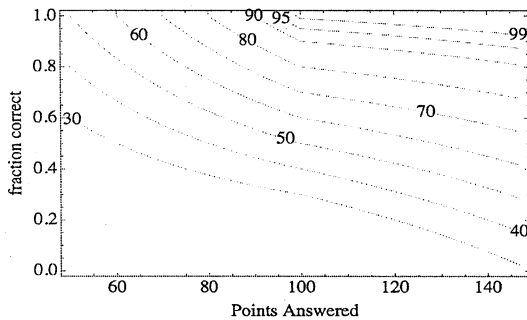
פרופ' ניר שביב

מ. ש. ז. י. ג.

שיטות שיערוך בפיסיקה 77412
מבחן מועד ב' – איב תשע"ג

- המבחן הוא ללא כל חומר עזר, פרט לפריטים הבאים:
- 2 דפי נוסחאות (4 עמודי A4)
- מחשבון

- יש לנמק את התשובות. תשובה לא מנומקת לא תתקבל.



- משך המבחן שעתיים.

- בבחינה אוסף שאלות שסכום ערכן עולה על 100 נקודות. הציון הסופי ניתן לפי אותה נוסחה כמו בשנים קודמות. גרפית, הציון הסופי כתלות במספר הנקודות הכולל עליהם עניתם והאחוז שעניתם נכון נתון בגרף משמאל.

- כמו בחיים האמיתיים יתכן ולא כל הגדלים הדרושים נתונים בשאלה, ולהיפך, יתכנו נתונים שאינם נחוצים.

- בטבלה למטה, יש להקיף את מספרי השאלות והסעיפים שברצונכם שיבדקו. (אין הכרח לענות על כל הסעיפים של שאלה).

- את התשובות, כולל הדרך, יש לכתוב בטופס הבחינה. רצוי להעזר במחברת משבצות כדפי טיוטא. בסוף הבחינה יש להגיש את הטופס. אין להגיש את המחברת. תוכלו למצוא עותק של טופס הבחינה באתר הקורס.

- נקודת בונוס תנתן למי שטופס הבחינה שלו נקי מסודר, ובמיוחד, קריא.

ב ה צ ל ח ה !

הקיפו השאלות לבדיקה:	1	2	3	4	5	6	7	8	סדר	סה"כ
לשימוש הבודק:										

1. (10 נק') העריכו את סך ההכנסות (ברוטו) של חברת אל-על בשנה. לחברת אל על יש כמעט 40 מטוסים.

תשובה:

נתפס על מספיק ממנצים על סך "מטוס" ממנצים.

200	מקומות ישיבה
4	מטוס ביום
300\$	מחיר כרטיס מטוס (200\$ חלקי 2 - שני כיוונים)
300	מספר ימים בשנה (אם על אלו מסה בשבת אלא חלק מהמטוסים
	טסים בדרך תחנה נפרדת).
3.6	צולק לש"ה
40	מטוסים

סה"כ : 10 מיליארד לש"ה בשנה. (בפועל מקומו : 9 מיליארד צולק לשנה לתימון כ- 7 מיליארד לש"ה).

2. נתון פוטנציאל מהצורה $U = \alpha|x|$. בתוכו נע חלקיק קוונטי יחסותי.
 א. (12 נק') העריכו את אנרגיית רמת היסוד בפוטנציאל.
 ב. (15 נק') העריכו את צפיפות רמות האנרגיה (כמה רמות אנרגיה יש ליחידת אנרגיה) באנרגיה E הגדולה בהרבה מהאנרגיה של רמת היסוד.

תשובה:

א. מצד אחד האנרגיה קשורה למרחק: $E_x \sim \alpha \Delta x$

מצד שני הקשר בין האנרגיה והתנע היסודי: $E_p \sim \Delta p c$

מסקינן ההולקה השווה נקבל: $E_x \sim E_p \Rightarrow \alpha \Delta x \sim \Delta p c$

מסקינן את הווצאות (אם רמת היסוד): $\Delta p \Delta x \sim \hbar$

$\hookrightarrow \Delta p \sim \frac{\hbar}{\Delta x}$

(צד הקשרי מסקינן ההולקה השווה ונקבל): $\alpha \Delta x \frac{c \hbar}{\Delta x} \sim E_{\text{ground}}$

$\hookrightarrow E_{\text{ground}} \sim \sqrt{\alpha c \hbar}$

ב. צפיפות הרמות מתקבלת מסקינן את הווצאות. האנרגיה מסוימת

E, ה- Δx הוא: $\Delta x \sim E/\alpha$

לפי ההפכים, Δp בין רמות האנרגיה יהיה:

$\Delta p \sim \frac{\hbar}{\Delta x} \sim \frac{\alpha \hbar}{E}$

ההפכים ביניהם אינדיקט קשור להפכים ביניהם:

$\Delta E_1 \sim \Delta p c \sim \frac{\alpha c \hbar}{E}$

$\frac{dN}{dE} \sim \frac{1}{\Delta E_1} \sim \frac{E}{\alpha c \hbar}$

הצפיפות היא:

3. (15 נק') זרימת הדם בגופינו נעשית בצורה פולסטילית. על סקלות גדולות הזרימה היא באותו פאזה של פעימות הלב ואילו בסקלות נמוכות בה הצמיגות שלטת, ישנו הפרש פאזה של רבע מחזור. העריכו את רדיוס העורקים בהם מתרחש השינוי בהתנהגות.

תשובה: זרימת הדם בגופינו (למשל בערכה פולסטילית). הגזרים החלוקים

sec^{-1}	ω	תדירות	הח:
cm^2/sec	ν	צמיגות	
g/cm^3	ρ	צפיפות החומר	
cm	r	רדיוס עורק	

מספר חסר מימדים יהיה:

$$[\omega^2] = \text{cm}^2$$

$$\left[\frac{\nu}{\omega r^2} \right] = 1 \rightarrow \Pi = \frac{\nu}{\omega r^2}$$

המשמעות הפיזיקלית של המספר הוא היחס בין הזמן שיש להתחזק קצוות הזמן שלקח לצמיגות קבלה רצימה קהור אחיזה קאוור החתך של הצננה:

$$\Pi = t_{osc} / t_{diff} \quad \text{וסק:} \quad t_{diff} \sim \frac{r^2}{\nu}$$

($\Pi \sim 1$ קראים מספר אומריס). ערכי $\Pi > 1$ זמן התחזק אוויר והצמיגות יכולה להשפיע על הצמיגות. ערכי $\Pi < 1$ זמן קצר והצמיגות נשלטת על ידי האווריר.

המחיר:

$$\Pi \sim 1 \quad \& \quad r \sim \left(\frac{\nu}{\omega} \right)^{1/2} \sim \left(0.01 \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}} \cdot 10 \cdot \frac{1}{2\pi} \right)^{1/2} \sim 0.1 \text{ cm}$$

נקח צמיגות עם למדו
 פי 10 זמן קבלה נעים
 (הערכה גסה).

4. ניתן להעריך את זמן הדעיכה של רמה אטומית מעורערת ע"י קירוב קלאסי. למשל, במועד א' ראינו שהזמן האופייני לקרון דרך קרינה דיפולית חשמלית את אנרגית הקשר של רמת היסוד של אטום מימן, היא מסדר גודל של 10^{11} שניות. זהו הזמן האופייני שמעבר דיפולי חשמלי קוונטי יתרחש בין שתי רמות אנרגיה.

- א. (20 נק') מצאו מהו היחס האופייני בין קרינה קואדרופולית מגנטית וקרינה דיפולית חשמלית למטען q המבצע תנועה הרמונית בתדירות ω ואמפליטודה a .
- ב. (15 נק') העריכו פי כמה יותר איטי מעבר קואדרופולי מגנטי לעומת מעבר דיפולי חשמלי באטום.

תשובה: היחידות של ציפול אנטי הם $\text{esu} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{sec}$:

$[Q_m] = \frac{\text{esu}}{\text{sec}} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{cm}$ (הוא הציפול האנטי יפה)

(הוא הציפול האנטי הוא בתנאי הצצה יחיד כמו מקרה נוספת a והוא ה"ציפול" חייב להכיל הצצה נוספת של cm .)

$[d_e] = \text{esu} \cdot \text{cm}$ (הוא הציפול החשמלי הרוק כמו)

היות וקצב הפליטה הרוק כמו האמפליטודה a של הציפול האנטי Q_m קרוב:

$$Q_m \cdot a \rightarrow \frac{P_{Q_m}}{P_{d_e}} \propto a \frac{Q_m^2}{d_e^2}$$

a צפוף להיות פקטור שיהיה יחס בין P שהוא חסר יחידות

$$[a] = \frac{[d_e^2]}{[Q_m^2]} = \frac{\text{esu}^2 \cdot \text{cm}^2}{\text{esu}^2 \cdot \text{cm}^6} \text{sec}^2 = \frac{\text{sec}^2}{\text{cm}^4}$$

האזורים שיש בהם יחידות אלו הם כפי הנראה הטו:

$(\omega) \sim \frac{1}{\text{sec}}$ $(a) \sim \text{cm}$

$$a \sim \frac{\omega^2}{c^4}$$

והוא נקרא: $d_e \sim q \cdot a$
 $Q_m \sim \underbrace{q \omega}_{\text{כמה}} \cdot q^3$

$$\frac{P_{Q_m}}{P_{d_e}} \sim \frac{q^2 \omega^2 a^6 \cdot \omega^2}{q^2 \cdot a^2 \cdot c^4} = \frac{a^4 \omega^4}{c^4}$$

תאוצה קלאסית. תאוצה בצינור

$$m\omega^2 a \sim \frac{e^2}{a}$$

$$\omega \sim \left(\frac{e^2}{m_e a^3} \right)^{1/2}$$

$$\frac{P_{q,m}}{P_{d,e}} \approx \frac{a^4 \omega^4}{c^4} \approx 10^{-9}$$

- $a \sim 10^{-8} \text{ cm}$
- $m_e \sim 1.6 \times 10^{-24} \text{ gm} / 2000$
- $e = 4.8 \times 10^{-10} \text{ esu}$

האטומי

3 ונקד

זמן, הזמן מעבר האנרגיה. $\sim 0.01 \text{ sec}$ $\sim 10^{-11} \text{ s}$

5. (15 נק') בסירת חותרים עיקר החיכוך הוא לא מיצירה של גלים על פני השטח אלא מחיכוך עם המים. כמו כן, זמני החתירה של גברים קצרים בכ-8% מהזמנים המקבילים לנשים. העריכו מהו היחס בין ההספק המקסימלי של ספורטאים לעומת זה של ספורטאיות.

תשובה: לפי השאלה, הגרר אינו נגזר אלא מחיכוך עם המים, ואם נכנה

כיינוארט גרר (גררן באר) הגרר יהיה:

$$F_D \sim \frac{1}{2} C_D A v^2$$

הכח העקוב של כח הגרר הוא:

$$P = F_D \cdot v = \frac{1}{2} C_D A v^3$$

לכן, המהירות הולכת כמו $P^{1/3}$. היר, ובצמח יחס $v \propto P^{1/3}$:

$$\frac{T_{men}}{T_{women}} = \left(\frac{P_{men}}{P_{women}} \right)^{-1/3} \quad 8 \times 3 = 24 \quad \text{אנ:}$$

$$\frac{P_{men}}{P_{women}} \approx \left(\frac{T_{men}}{T_{women}} \right)^{-3} \approx (0.92)^{-3} \approx 1.25$$

כלומר, ההספק המקסימלי של ספורטאים הוא כ-25% יותר גדול מזה של ספורטאיות.

ומכך כיינוארט?

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu} \approx \frac{500 \text{ cm} \cdot 300 \text{ cm/sec}}{0.01 \text{ cm}^2/\text{sec}}$$

אלכסונדורן $\rightarrow 1000 >> 1.5 \times 10^7$

הערה: אפשר לשכח את הערכה, אם אישה זוכה שקוים כ-10% יותר מהגברים

עדי, שטח החתך יהיה $V \propto W \rightarrow A \sim W^{2/3}$

$$P \sim \frac{1}{2} C_D \tilde{A} W^{2/3} v^3$$

ונקבל:

$$\frac{P_{men}}{P_{women}} \sim \frac{W_{men}^{2/3} v_m^3}{W_{women}^{2/3} v_w^3} \sim 1.07 \cdot 1.25 \approx 1.33$$

↑ ↓

(1.10)^{2/3} ייתי 33% ניפסק.

6. (15 נק') העריכו מה יהיה ההפרש באנרגיה בין רמות אנרגיה רוטציוניות של המולקולה H_2 .

תשובה:

$$\Delta x \Delta p \sim \hbar$$

עקרון אי הוודאות היסודי:

עקור תנע זוויתי, נצטרך יחידות האורך וגודל Δp ונקבל:

$$\Delta \theta \Delta l \sim \hbar$$

היות ו- $\Delta \theta$ אינו יכול להיות גדול מכפי 2π (כבר סתם חזר למצב) (כבר סתם חזר למצב)

ה- Δl המינימלי הוא:

$$\Delta l_{\min} \sim \frac{\hbar}{\Delta \theta_{\max}} \sim \hbar$$

האנרגיה הסדיוכית הקטנה למטה זה תהיה:

$$E = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$L = I \omega$$

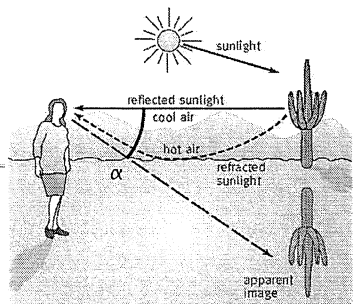
$$\rightarrow E_{\min} = \frac{1}{2} \frac{L_{\min}^2}{I} \sim \frac{\hbar^2}{I}$$

$$\rightarrow I \sim m_p a^2$$

עקור ממוקדים:

$$E_{\min} \sim \frac{\hbar^2}{m_p a^2} \sim \frac{(10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{s})^2}{1.6 \times 10^{-24} \text{ g} (10^{-8} \text{ cm})^2}$$

$$\sim 6 \times 10^{-15} \text{ erg} \sim 0.004 \text{ eV}$$



7. (15 נק') ביום חם, טמפרטורת האספלט בכביש היא כ-100 מעלות. היות והאוויר ליד הכביש חם, נוצר "מיראז'" (רואים את השמיים או גופים אחרים משתקפים כביכול מהכביש). העריכו את הזווית α המקסימלית מתחת לאופק בה ניתן לראות לראות את המיראז'.

תשובה:

כתוצאה מההתחממות האספלט, האוויר ליד הכביש

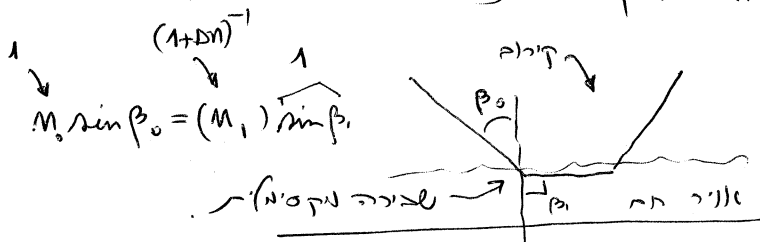
חם מאוד, היות והכביש פועל כתמיכה הטמפרטורה, נקבל שכיוון של הקינ"פ. הגודל חסר המימד של הרוחב הנוון לא כן השינוי במקום השכיחה:

$$v_s \propto \Delta T$$

$$\pi = \frac{\Delta v_s}{v_s} = \frac{1}{2} \frac{\Delta T}{T} \sim \frac{70^\circ \text{K}}{2 \cdot 300^\circ \text{K}} \sim \frac{1}{8}$$

אופן:

אלה הקשר בין $\Delta n \equiv \pi$ לבין הזווית שלפני האופק מתקבל:



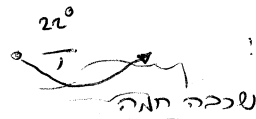
מה שמצאנו אולי זה הזווית מתחת לאופק $\alpha = \frac{\pi}{2} - \beta$ בוא נגד:

$$\sin \alpha = \cos \beta = \frac{1}{n} = (1 + \Delta n)^{-1} \approx 1 - \Delta n$$

$$1 - \frac{\alpha^2}{2}$$

$$\alpha = \sqrt{2\Delta n} \sim \frac{1}{2} \text{ (rad)}$$

$$\sim 25^\circ$$



כשכבה חמה, זכרון אולם קרובים לשכבה החמה:

8. (15 נק') כוכב כמו השמש נופל לחור שחור. הגדירו מספר חסר מימדים המתאר את חשיבות כח הגיאות על הכוכב בזמן שהוא עובר את אופק האירועים (הרדיוס בו מהירות הבריחה היא מהירות האור). אם השמש הייתה נופלת לתוך החור השחור במרכז שביל החלב, האם היא הייתה מתפרקת קודם מכח הגיאות או לא? (מסת השמש היא $M_{sun} = 2 \times 10^{33} \text{ gr}$, רדיוסה הוא $R_{sun} = 7 \times 10^{10} \text{ cm}$ ואילו מסת החור השחור במרכז שביל החלב הוא $M_{BH} = 4 \times 10^6 M_{sun}$.)

(שונה את כ"ה הזיאות מהמור השחור כי כ"ה המשיכה מהשמש (כלל), קצת
 בו היא עובר את אופק האירועים והיא השלל (הכזיבוס))

$$f_{\odot} = \frac{GM_{\odot}}{R_{\odot}^2} \quad f_{T,BH} = \frac{GM_{BH}}{R_{BH}^2} \cdot \left(\frac{R_{\odot}}{R_{BH}}\right)$$

כ"ה הזיאות כ"ה זיאות

$$\Pi = \frac{f_{T,BH}}{f_{\odot}} = \frac{GM_{BH}}{R_{BH}^2} \cdot \frac{R_{\odot}}{R_{BH}} \cdot \frac{R_{\odot}^2}{GM_{\odot}} \quad (\text{זכור את היחס})$$

$$= \left(\frac{M_{BH}}{M_{\odot}}\right) \frac{R_{\odot}^3}{R_{BH}^3}$$

היחס - $\frac{GM_{BH}}{R_{BH}} \sim c^2$

↓

$R_{BH} \sim \frac{GM_{BH}}{c^2}$: נק' :

(מהירות הבריחה > דרך מהירות האור)

$$\Pi \sim \frac{c^6 R_{\odot}^3}{G^3 M_{BH}^2 M_{\odot}} \approx 3000 > 1$$

↑ מסכנה / אסכנה

↓ החור השחור יקרע את הכוכב.