



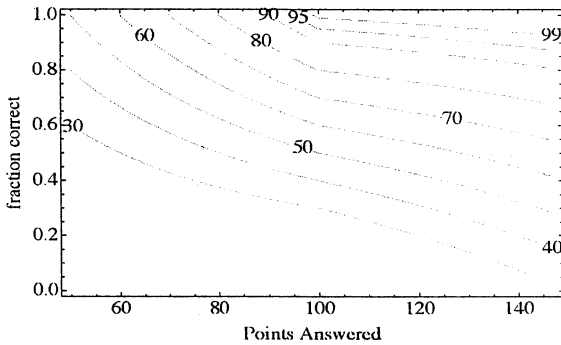
פרופ' ניר שביב

נעלם

שיטות שיערוך בפיסיקה 77412
מבחן מועד א' - אביב 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.

- **בטבלה למטה, יש להקיף את מספרי השאלות והסעיפים שברצונכם שיבדקו.**

- 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.

- **חדש!** נקודת בונוס תנתן למי שטופס הבחינה שלו נקי ומסודר.

בהצלחה!

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

1. (10 נק') עתודות הגז הטבעי של ישראל עומדות על 900 ביליון מטר קוב של גז. גז נמכר כיום באירופה בכשקל למטר קוב. החרדים מהווים כחמישה אחוז מאוכלוסית ישראל. מה יהיה האפקט היחסי על המשק של הגז לעומת אפקט הכנסת החרדים למעגל העבודה?

תשובה: נניח למשתמש בגז 40 שקל מן של 40 שנה. במקרה כזה ההשפעה

פי אצרה תהיה כ- $I_{gas} \sim \frac{900 \times 10^9 \text{ NIS}}{7 \times 10^6 \text{ per } 40 \text{ yr}} \approx 3200 \frac{\text{NIS}}{\text{yr} \cdot \text{citizen}}$

Impact per citizen per year

לדמות זאת, הכנסת האוכלוסיה החזרית למשק העבודה תכניס, פי אצרה:

$I_{orth} \sim 0.05 \times \underbrace{8000 \text{ NIS/yr} \cdot \text{fam.}}_{\text{הכנסה המשפחה}} \times \frac{1}{5} \frac{\text{fam}}{\text{citizen}} \times 12 \frac{\text{mo}}{\text{yr}} \approx 1000 \frac{\text{NIS}}{\text{citizen} \cdot \text{yr}}$

לפניק פי חרדי
פי אצרה

דין אחיה והעדיף את I_{orth} היא ע"י התל"ג. ואם חרדי ממוצע יתרום לתל"ג חרדי ממה שאצרה ממוצע תוכח (כי למשל מספיק העוקבים קטן יותר [יותר יוצרים] או כי עוקבים בעדויות עם פחית

$I_{orth} \sim 0.05 \times \frac{1}{2} \times (30,000 \frac{\text{cit. yr}}{\text{USD}} \times 3.6 \frac{\text{NIS}}{\text{USD}}) \sim 9000 \frac{\text{NIS}}{\text{cit. yr}}$

תוצרי (נק"ל)

סה"כ: $I_{orth} \ll I_{gas}$ לאינדיקטור שנה.

2. (12 נק') העריכו את הלחץ במרכז כדור"א.

תשובה: התנאים הבלתינכחים הם ρ, M, R והקוטר הרצוי הוא P . המשפט Π יש

אנו גוזר את מסר מימדים שמתקלי בין 4 הגזרים (עם 3 מימדים) ולכן אפשר להשתמש משקלי מימדים כדי לפתור את הדיקה.

היות וטני היא זכרה את ρ ו- M , נעזר במקום עם ρ ו- g . מימדי העצמים

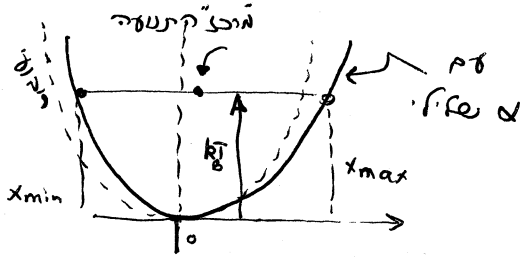
הם: $[P] = \frac{\text{erg}}{\text{cm}^3} = \frac{\text{gr}}{\text{cm} \cdot \text{sec}^2}$; $[R] = \text{cm}$; $[g] = \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$; $[g] = \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$

אכן, את P נוכל להיכנס בזכרה:

$P \sim \rho g R \sim 5 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \cdot 10^3 \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2} \cdot 6.4 \times 10^8 \text{ cm} \sim 3 \times 10^{12} \text{ dyne/cm}^2$

3. נתון פוטנציאל מהצורה $U = kx^2 + \alpha x^3$.
 בתוך הפוטנציאל נע חלקיק קלאסי בטמפרטורה T.
 א. (15 נק') מהי התוחלת $\langle x \rangle$ עבור α קטן?
 ב. (5 נק') מהו α קטן?

תשובה: א. נניח את פתשדה δ חישה הממוצע בין גבולות התנועה של החיק
 עם אנרגיה $k_B T$.



נדבר על הקיבול (חזיה) של החיק נדימו
 $U(x_m) = k_B T$
 $kx_m^2 + \alpha x_m^3 = k_B T$

זו משוואה עם בתים מרובים. לכן, נבלי בקירוב של α קטן. נניח $x_m = x_{m,0} + \delta x$
 $kx_{m,0}^2 = k_B T \rightarrow x_{m,0} = \pm \sqrt{\frac{k_B T}{k}}$ בתים סגור 0 ירה:

נבדוק את התנה של x_m משוואה α קטן, יאה נשאו α אזהרים קטן האון
 ג- δx קטן:

$$k(x_{m,0} + \delta x)^2 + \alpha(x_{m,0} + \delta x)^3 \approx k_B T$$

$$kx_{m,0}^2 + 2kx_{m,0}\delta x + \frac{k\delta x^2}{2} + \alpha x_{m,0}^3 + \alpha x_{m,0}^2 \delta x + \alpha x_{m,0} \delta x^2 + \alpha \delta x^3 \approx k_B T$$

בתים:
 מקבלים $k_B T$

$$2kx_{m,0}\delta x \approx -\alpha x_{m,0}^3 \rightarrow \delta x \approx \frac{\alpha k_B T}{2k^2}$$

סה"כ:

התוחלת של x תהיה:

$$\langle x \rangle \approx \frac{x_{max} + x_{min}}{2} \approx \frac{x_{m,0} + \delta x - x_{m,0} + \delta x}{2} \approx \delta x = \frac{\alpha k_B T}{2k^2}$$

ה. α קטן זכרם $\delta x \ll x_{m,0}$ פשוט כמות:

$$\frac{\alpha k_B T}{2k^2} \ll \sqrt{\frac{k_B T}{k}} \rightarrow \alpha \ll \sqrt{\frac{4k^3}{k_B T}}$$

הערה: חלק גדול מהמטריאל הפניה את האויבר αx^3 . במקרה כזה התוחלת של $\langle x \rangle$ היא 0 (כי הפוטנציאל שמשאר הוא סימטרי) ובכך הורגים את החזיה.
 עמה הדבר צומה? אם היינו חוצים קודם מקצם התפסטר ולאו היינו
 קוראים גיקון א-סימטרי. פוטנציאל היינו מקבלים שטון מקצם התפסטר!



4. (15 נק') העריכו מהי עלות החשמל הדרוש לגרום לאדם לרוחף בחלל סגור (מעל מאוורר גדול) במשך דקה. קילו ואט שעה של חשמל עולה חצי שקל.

תשובה: נפתינו את בעיט המהירות הספירה של (פיה של אדם).
 כח החיכוך שווה לנחיה הגרי. בקבול הטורבולנט:

$$F_d \sim \rho_{air} v^2 A_{HS} = mg \quad \rightarrow \quad v^2 = \frac{mg}{\rho_{air} A_{HS}}$$

(homo sapiens)

המאונך ציפוף אוראולאטי אולי פמהילת הצו. כמות האוויר פיה' כמון הינו: $\rho_{air} A_{fan} v$,
 ואילו כמות האנרגיה איה מסה היא $\frac{1}{2} v^2$ קט:

$$P \approx v \cdot \rho_{air} A_{fan} \frac{1}{2} v^2$$

כמות האנרגיה הפולטת הינו:

$$E = \Delta t \cdot P \approx \frac{\Delta t \cdot \rho_{air} \cdot A_{fan} (mg)^{3/2}}{2 \rho_{air}^{3/2} A_{HS}^{3/2}} \approx \frac{\Delta t A_{fan} (mg)^{3/2}}{2 \rho_{air}^{1/2} A_{HS}^{3/2}}$$

$$\Delta t \approx 60 \text{ sec}, \quad A_{fan} \approx \pi \cdot (2 \text{ m})^2 \quad A_{HS} \sim 1 \text{ m}^2 \quad \text{נחם:}$$

$$\rho_{air} \sim 1 \text{ kg/m}^3 \quad g \sim 10 \text{ m/s}^2 \quad m \sim 70 \text{ kg}$$

$$E \sim 1 \times 10^7 \text{ kg} \frac{\text{m}^2}{\text{sec}^2} \quad \text{סה"כ נקלה:}$$

$\approx \text{J}$

יחידת אנרגיה לחברת החשמל משתמשת הינו:

$$1 \text{ kWh} = \frac{\text{k}}{1000} \frac{\text{W}}{\text{sec}} \cdot \frac{3600 \text{ sec}}{\text{hr}} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

$$E \sim 3 \text{ kWh} \sim 1.5 \text{ MJs} \quad \text{קט:}$$

זה עקרו יעילות של 100%. אט היעילות 50%. מוצר כקר ג - 3 MJs

5. בשיחה רגילה, עצמת הקול במרחק של 1 מטר מאדם שמדבר היא כ-60db (מעט יותר אם היא בין אנשים שגדלו מסביב לים התיכון...). העצמה ב-db מוגדרת בצורה:

$$L_{dB} = 20 \log_{10}(P_{rms}/P_{ref}); P_{ref} = 20 \mu Pa = 2 \cdot 10^{-5} N/m^2$$

אנשים מדברים בעצמה רגילה כל עוד עצמת רעש הרקע נמוכה מכ-55db. אולם, אם עצמת רעש גבוהה יותר, אנשים מרימים את הקול לעצמה של כ-66db במרחק 1 מטר. בתחילתה של מסיבה, אנשים כמעט תמיד מדברים בשקט יחסית. כאשר באים עוד ועוד אנשים, פתאום ישנו "מעבר פאזה" בו רמת הרעש קופצת ואנשים מדברים בקול רם.

א. (15 נק') העריכו את הצפיפות הקריטית של אנשים הדרושה למעבר פאזה (באיזור פתוח אין סופי עם קרקע שבולעת היטב את הקול כמו דשא).

ב. (15 נק') כיצד משתנה ההערכה לצפיפות הקריטית אם הפעם נמצאים באולם אין סופי בו תקרה (בגובה 4 מטר) ורצפה המחזירים כ-50% מהקול הפוגע בהם?

תשובה: א. ראשית, מה שליוני? הוא לא מסני האנשים, אלא מסני הקולות. יתרה הקחה
 שלב קולות יש רק יוצר אחר שלפחה?

כדת נסכום את התקומה אינעם מקדומת האנשים. נניי שאפסי עקה את ההתפלגות כרצף בר צפיפות אחידה σ . עצמת הרעש מקדומת יחידה גמיחה r יהיה: $I_A(r) = I_0 (r/r_0)^{-2}$ כואי I_0 העצמה σ הצבוי במרחק $r_0 = 1m$ ואילו r^{-2} בקרן שלפחה האנכית (שמה. זכין):

$$I_{tot} \sim \int_{r_{min}}^{r_{max}} I_1 \cdot 2\pi r dr \sim \int_{r_{min}}^{r_{max}} I_0 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{-2} 2\pi r dr = 2\pi I_0 r_0^2 \sigma \ln\left(\frac{r_{max}}{r_{min}}\right)$$

אנחנו כוזים אנדר מע $I_{tot} \sim I_{crit}$ כי אלו זה יכיה את המצבי במרחב הקדומת (ולכן בקדומת אחרת) קהציף את עצמת הצבוי שלו כ-6db.

$$I_{crit} \approx 2\pi I_0 r_0^2 \sigma_{crit} \ln \frac{r_{max}}{r_{min}} \quad \text{צבי}$$

$$\sigma_{crit} \approx (2\pi)^{-1} \frac{I_{crit}}{I_0} r_0^{-2} \Lambda^{-1}$$

כפול מכ:

דמה שונה? $\frac{I_{crit}}{I_0}$ יחס זה הנו היחס המתקף $> 66db - 55db$.

↓
(המשק)

שימו לב שהגדרת ה- dB היא כזו עבור החיטה שהיא האמפליטודה של הסיגנל. דיו.

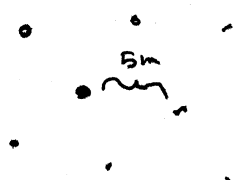
וכן $P_{rms} \propto \sqrt{I}$, חסן: $L_{dB} = 20 \log_{10} \frac{P_{rms}}{P_{ref}} = 10 \log_{10} \frac{I}{I_{ref}}$

5 dB הם אם כן 0.5 ג'ואג'10 חסן מתאוננים לים עצמה של $\sqrt{10} \sim 3$

נקבל: $\sigma_{crit} \approx (2\pi)^{-1} \cdot \frac{1}{3} m^{-2} \Lambda^{-1} \approx \frac{1}{12 m^2} \Lambda^{-1}$

Λ תלוי לואזיטמית ביום בין המרחק המקסימלי והמינימלי. גורם צומח מיכיל כשמתקבצות ועל חתף הפעולה קפוצי קוואדי בין מטלני או גריטציוני בין כוכבים (חסן נקרא Coulomb logarithm). ערך מסדר $\Lambda \sim \log \left(\frac{30m}{3m} \right)$

וכן: $\sigma_{crit} \approx \frac{1}{24} m^{-2} \sim \left(\frac{1}{5m} \right)^2$

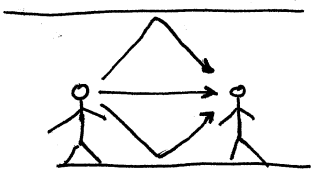


כלומר מרחק ממוצע של כ- 5m בין הקוכבים

הוא יש תקרה שלמהצורה את העלים, העצמה תהיה בצורה יותר קילוב פשוט הוא שלם גם יכול להגיע

העצמה כפולה (עומס ניהתקרה ו-15 מהצורה)

אמנם ישנם צרכים נוספים עם יותר התחלה אבל בין מתאוננת למרחק יותר גדול חסן עצמתן קטנה מאוד.



$I_{with ref} \sim 2 I_{no ref} \sim 4 \pi I_0 r_0^2 \sigma \Lambda$

$\hookrightarrow \sigma_{crit, with ref} \approx \frac{\sigma_{crit, no ref}}{2} \sim \frac{1}{50 m^2}$

כלומר, המרחק בין הקוכבים צריך להיות גדול מכפלה $\sqrt{2}$.

6. (15 נק') סירה באורך של עשרה מטר יוצרת שובל עם חצי זווית פתיחה של 10 מעלות, אם הסירה נעה במהירות של 36 קמ"ש. באיזו מהירות צריך מייקל פלפס לשחות כדי שהשובל שלו יהיה בעל אותו מפתח?

תשובה:

הזר ושיבו נוצר מלפני כדירה אל פני השטח, כפי שהקצות תהיה

פונקציה, המספר חסר מימנים הלחיצות חייב להיות זהה. המספר חסר

המימנים שקשור למהירות v , לכדירה g אצבעות α המים

ולאורך L של האובייקט הנע הוא מספר פלפס:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}$$

אם נשווה את מיקן פלפס אסרה:

$$Fr_{M.P.} = Fr_{BOAT} \rightarrow \frac{v_{M.P.}}{\sqrt{gL_{M.P.}}} = \frac{v_{BOAT}}{\sqrt{gL_{BOAT}}}$$

$$v_{M.P.} = v_{BOAT} \cdot \sqrt{\frac{L_{M.P.}}{L_{BOAT}}} \approx 36 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \cdot \sqrt{\frac{2\text{m}}{10\text{m}}} \leftarrow \begin{matrix} \text{הוא} \\ \text{צדקה!} \end{matrix}$$

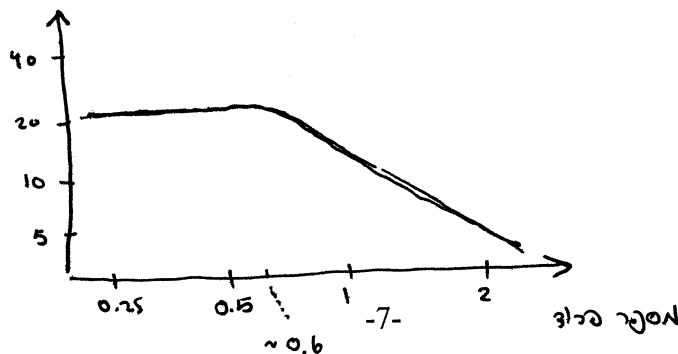
$$\approx 16 \text{ km/hr}$$

אם פלפס שחה 16 קמ"ש, הוא שוחה בכ - $2 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \approx 7 \text{ km/hr}$

זוהי הנואציה של שחייה בי שחיי יתר מהכ ממה שהוא מלפני (פי 4 יותר ממה שאני!).
 גם סגים ו/או אביסר תזיבור אסורה של סביבו או אכנה לטו יעדרו.

אז, זווית השלד תלוייה במספר פלפס בזווית הבאה:

זווית חצי פתיחה



7. (15 נק') נתונה מולקולה דו אטומית (למשל O_2). העריכו מה יהיה ההפרש באנרגיה בין רמות ויברציוניות של המולקולה. (דהיינו לאוסצילציה רדיאלית בין שני האטומים).

תשובה: הפרש רמות האנרגיה האוסילטור הכימי. הם מסדר גודל $\Delta E = \hbar \omega$

(אוק, קצת, אבל אפשר להניח לזה גם בהערכה, למשל, ע"י עקיף או הוצאת ויניאציה ω אנרגיה). צריך אם כן להעריך את ω התנודתי.

פוטנציאל הכימי (ניאה):

$$E = \frac{1}{2} m_0 v^2 + \frac{1}{2} k x^2 \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

כלומר, אנו צריכים להעריך את k "הקפיץ". אם אניגזית הקשר הוא:

$$E_{\text{bond}} \sim 3 \text{ eV} \quad \text{והמרחק בין האטומים הוא:} \quad d \sim 3 \text{ \AA}$$

$$\frac{1}{2} k d^2 \sim E_{\text{bond}} \rightarrow k \sim \frac{2 E_{\text{bond}}}{d^2}$$

$$\Delta E \approx \hbar \sqrt{\frac{2 E_{\text{bond}}}{m d^2}}$$

ולכן:

$$E_{\text{bond}} \approx 3 \text{ eV} \cdot 1.6 \times 10^{-12} \frac{\text{erg}}{\text{eV}}$$

$$d \approx 3 \text{ \AA}$$

(צ"ב):

אז צריך להחליט על m

$$m \approx \frac{1}{2} \cdot 1.6 \times 10^{-24} \text{ g} \sim 10^{-23} \text{ g}$$

מה אטומים
ו ω

$$\hbar \approx 1 \times 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{sec}$$

$$\Delta E \sim 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{sec} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 3 \cdot 1.6 \times 10^{-12} \text{ erg}}{10^{-23} \text{ g} \cdot (3 \times 10^{-8} \text{ cm})^2}}$$

ולכן:

$$\sim 3 \times 10^{-14} \text{ erg} \sim 0.02 \text{ eV}$$

זה מסתדר היטב הקדמה.

8. א. (15 נק') נתון דיפול חשמלי d המתנדנד בתדירות ω נתונה. מה יהיה קצב איבוד האנרגיה שלו ע"י קרינה דיפולית חשמלית?
 ב. (15 נק') אם אטום המימן היה מתואר ע"י פיסיקה קלאסית. מהו הזמן האופייני בו האלקטרון היה קורן את אנרגיית הקשר שלו ונופל לפרוטון?

תשובה: נפתור בעזרת אנליזת יחידות. הגדלים הבולטים הם:

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

$$[c] = \frac{\text{cm}}{\text{sec}} \quad [\omega] = \frac{1}{\text{sec}} \quad \text{גדלים נתונים}$$

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

כדי
 לחזק
 את שניגים

הקומבינציה שניתנת גורם חסר יחידות היא:

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

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

ואכן

הסדרה שיכולנו להשתמש באנליזת יחידות היא מבני שיש אנרגיה גדלים ושלישה מימדים ולפי משפט π , יש לנו רק גורם אחד חסר מימדים $4-3=1$.

ב. אנו צריכים כואשר למצוא את ω . (שתמש בטיווח אנרגיה):

$$m \omega^2 r^2 \approx \frac{e^2}{r} \rightarrow \omega \sim \left(\frac{e^2}{m_e r^3} \right)^{1/2}$$

כדי למצוא את האנרגיה ואת המרחק האופייני, נפתור את בעיית בורר (הצדה), אפשר גם להשתמש ב- 13.6 eV ו- $\hbar \omega \sim \alpha \text{ אבא}$ אם נרשם דיטו סזוק לפני שנצמד, זה יהיה טיפה יותר יפה...

$$[h] = \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}} \cdot \text{gr} \quad \text{קבוע פלנק} \quad \text{הגדלים בקצת דוהר הם:}$$

המשק

$$[e^2] = \frac{\text{gr} \cdot \text{cm}^3}{\text{sec}^2}$$

מטען :

המשך תשובה לשאלה מס' 8

$$[m_e] = \text{gr}$$

ומסת אלקטרון :

$$U \sim \frac{m_e e^4}{\hbar^2}$$

טאפסי קהרטיב אינרם אנרגיה

$$a \sim \frac{e^2}{U} \sim \frac{\hbar^2}{m_e e^2}$$

ומיתך אופיני :

(ממשקט π יש בין קומוניצייה איתר שנתנה U וואר שנתנה a)

$$\tau \sim \frac{U}{P} \sim \frac{m_e e^4}{\hbar^2} \frac{c^3}{d^2 \omega^4} \sim \frac{c^3 \hbar^6}{e^{10} m_e}$$

קטן :

$$d \sim a e ; \omega \sim (e^2 / m_e a^3)^{1/2}$$

אז τ איאפסר קמזוא יסירה ממשקט π כויס הרדה קומניצייה איתר שנתנה זמן יאר מכניסיס אור c כהרמטרי.

(3.2 :

$$e = 4.8 \times 10^{-10} \text{ erg}^{1/2} \text{ cm}^{3/2}$$

$$\hbar = 1.05 \times 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{sec}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-28} \text{ gr}$$

$$\tau \approx 4 \times 10^{-11} \text{ sec}$$

$$c = 3 \times 10^{10} \text{ cm/sec}$$