

לרשותך 3 שעות שבהן עליך לפתור 4 שאלות שכל אחת שווה 25 נקודות. עליך לבחור 3 שאלות מתוך הארבע שמופיעות שחלק א' ושאלה אחת מתוך השתיים שמופיעות בחלק ב'. השאלות בחלק ב' קשות יותר לפתרון. הניקוד עבור כל סעיף מופיע בסוגריים. לבסוף ישנה שאלת בונוס ששוויה 10 נקודות (+הערכתי הרבה). אין להשתמש בכל חומר עזר מלבד דף הנוסחאות שמחולק על ידי הבוחנות. אין להשתמש במחשבון (לא נידרש להגיע לדיוקים גבוהים בתוצאות). בהצלחה.

חלק א' (ענה על 3 מתוך 4 השאלות הבאות)

1. קוונטים

- נתון חלקיק בבור פוטנציאל אינסופי בעל רוחב L (הנח שהבור מתחיל ב- $x=0$).
- א. (10) מצא/י ביטוי כללי עבור פונקציית הגל של המצבים העצמיים ונרמל/י את הביטוי.
- ב. (10) פתח/י את הביטוי עבור ערכי האנרגיה של המצבים העצמיים השונים.
- ג. (5) אם האטום הוא בעצם בור פוטנציאל אינסופי עבור האלקטרון, הערך/י את האנרגיה הבסיסית של האלקטרון באטום המימן בהנחה שגודלו בערך חצי אנגסטרום.

2. חלקיקים

- א. (5) הסבר מהי קרינת אלפא.
- ב. (5) הסבר מדוע לדעתך מתרחשת קרינה זו. השתמש בעמק היציבות.
- האם סוג החומר משתנה בעקבות קרינה זו? פרט.
- ג. (15) מצא כמה אנרגיה יש להשקיע בשביל שחלקיק אלפא יאבד נויטרון.

3. יחסות

- א. (10) אקדח יורה כדור במהירות לוע (מהירות ביחס לאקדח) של $0.9c$. אדם שטס על מטוס שמהירותו ביחס לכדור הארץ גם $0.9c$ מחזיק בידו את האקדח ויורה מהאקדח בכיוון טיסת המטוס. חשב את מהירות הכדור ביחס לכדור הארץ.
- ב. (15) מטאוריט שמסתו 8×10^4 ק"ג חולף על פני כדור הארץ במהירות $0.01c$. איזה אנרגיה ותנע ימדוד מדען לגבי מטאוריט זה אם המדען נמצא על חללית שטסה באותו כיוון כמו המטאוריט במהירות $0.9c$ ביחס לכדור הארץ?

4. קוונטים

ניסוי האפקט הפוטו-אלקטרי

- א. (5) תאר את מהלך הניסוי והסבר מדוע הראייה הקלאסית של האור עומדת בסתירה לתוצאות הניסוי.
- ב. (10) צייר 2 גרפים של תוצאות הניסוי: 1. הזרם בשפופרת כפונקציה של המתח בין האלקטרודות (עבור שתי עוצמות שונות של האור הפוגע). 2. המתח העוצר (קרי שגורם לזרם להתאפס) כפונקציה של תדירות האור. ציירו בדיוקנות והסבירו.
- ג. (5) הראה כיצד ניתן לחשב מאחד הגרפים את קבוע פלנק.
- ד. (5) אשלגן מואר בקרינה אולטרה סגולה באורך גל של 2500 אנגסטרם. פונקצית העבודה של אשלגן היא 2.21eV . מהי האנרגיה המכסימלית של אלקטרון שנפלט מהמתכת? האם ניתן להתעלם כאן מאפקטים יחסותיים? הסבר.

חלק ב': (ענה על אחת מתוך שתי השאלות הבאות)

5. יחסות

- א. (20) אורך סרגל במערכת S (מערכת המנוחה שלו) הוא L_0 . הוכח שאורך הסרגל הזה במערכת S' (שנעה שביחס ל-S במהירות V) הוא L_0/γ .
- ב. (5) כיצד משפיעה עובדה זו על יכולתו של מוט באורך 10 מטר להיות מוכל בתוך בית של 5 מטר? האם יוכל המוט להיות מוכל בבית לאורך זמן? הסבר.

ההמשך בעמוד הבא...

6. קוונטים

נתונות 3 פונקציות הגל הראשונות (של בור פוטנציאל הרמוני):

$$\psi_1(x) = \sqrt{2} \left(\frac{m\omega}{\pi^3 \hbar} \right)^{3/4} x e^{-\frac{m\omega x^2}{2\hbar}}, \psi_0(x) = \left(\frac{m\omega}{\pi \hbar} \right)^{1/4} e^{-\frac{m\omega x^2}{2\hbar}}$$

$$\psi_2(x) = \left(\frac{m\omega}{\pi \hbar} \right)^{1/4} \frac{1}{2\sqrt{2}} \left(-2 + \frac{4m\omega x^2}{\hbar} \right) e^{-\frac{m\omega x^2}{2\hbar}}$$

א. (2) צייר בור פוטנציאל הרמוני ואת מיקום רמות האנרגיה בו. צייר את פונקציות הגל של שלוש הרמות הראשונות.

ב. (5) ביחס לרמת היסוד, בדוק שהפונקציה מנורמלת, חשב את רוחב פונקציית הגל (אי הודאות במקום) והסק מכך מה האנרגיה המינימלית שיכולה להיות לרמת היסוד.

ג. (5) הסבר בעזרת נוסחאות מדוע פוטון לא יכול לגרום לאלקטרון שנימצא בבור לקפוץ מרמת היסוד

(n=1) לרמה השלישית (n=3). אופרטור האינטראקציה הוא האופרטור הדיפולי שתלוי ב-X.

ד. (3) כתוב את פונקציית הגל שבה יש לאלקטרון סיכוי של 40% להיות ברמה הראשונה ו-60% להיות ברמה השלישית.

ה. (5) הסבר בעזרת נוסחאות מדוע ככל שמסתכלים על רמה יותר גבוהה בבור, מרחק החדירה שלה

לאזור האסור מבחינה אנרגטית, קטן יותר. נסה לתת שני הסברים שונים.

ו. (5) מה הנוסחא להפרשי האנרגיה בין הרמות? מה מיוחד בה ביחס לבור פוטנציאל אינסופי.

שאלת בונוס:

(10) תאר ניסוי המבוסס על שני הסדקים כיצד ניתן לעבור בצורה הדרגתית מפוטון שהוא גל לפוטון שהוא חלקיק. השתמש בדרגת החופש של הקיטוב.