

## תרגיל בית מספר 5: מכניקה קוונטית, מחסום פוטנציאל ומנהור

### שאלה 1: בור פוטנציאל חצי אינסופי

בשאלה זו נמצא ביטוי עבור האנרגיות של המצבים הקשורים בבור פוטנציאל חצי אינסופי. נניח אלקטרון בעל מסה  $m_e$  הנע תחת השפעת בור פוטנציאל חצי אינסופי. אורך הבור הוא  $L$  כלומר הפוטנציאל במרחב הוא

$$V(x) = \begin{cases} \infty & , x < 0 \\ 0 & , 0 \leq x \leq L \\ V_0 & , x \geq L \end{cases}$$

נניח כי אנרגיית החלקיק היא  $E < V_0$ .

- א. רשמו את משוואת שרדינגר בכל התחומים במרחב וקבלו ממנה ביטוי כללי לפונקציית הגל בכל המרחב. (שימו לב לתנאים על פונקציית הגל ב  $x \rightarrow \pm\infty$ )
- ב. מהם תנאי השפה?
- ג. באמצעות תנאי השפה, קבלו ביטוי סגור עבור אנרגיית החלקיק בבור  $E$ . לשם נוחות, דאגו שהביטוי יכלול רק את האנרגיה  $E$ , הפוטנציאל  $V_0$  ועוד פרמטר  $\alpha$ , שהוא פרמטר בעל יחידות של  $\left[\frac{1}{\sqrt{E}}\right]$  שעליכם להגדיר מהפרמטרים בבעיה.
- ד. שרטטו באופן גרפי את הביטוי שקיבלתם בסעיף הקודם (בחרו ערך כלשהו עבור  $\alpha$  כשאתם משרטטים). הניחו כי  $\alpha$  הוא קבוע. מצאו תנאי על  $V_0$  לכך שיהיה לפחות מצב קשור אחד (בטאו את התנאי באמצעות  $\alpha$ ). מהו התנאי לכך שיהיו שני מצבים קשורים? (רמז – שימו לב לנקודות החיתוך).
- ה. כעת מצאו באופן מפורש את האנרגיות כאשר  $V_0 \rightarrow \infty$ . האם אתם מופתעים מהתוצאה?

**שאלה 2: זרם זליגה בשער של טרנזיסטור**

נניח כי אתם מהנדסי מחשבים, ועליכם לתכנן מחשב בו הטרנזיסטורים הם קטנים ככל האפשר.

חלק חשוב בטרנזיסטור הינו שכבת תחמוצת מבודדת אשר מפרידה בין שער הטרנזיסטור לבין המוליך למחצה שמתחתיו.

לרוע מזלכם, למדתם מכניקת קוונטים, וכך גיליתם שככל שהטרנזיסטור קטן יותר (כלומר השכבה המבודדת דקה יותר), כך לאלקטרונים יש לזלוג דרכו אפילו במצב בו הוא לא אמור להוליך זרם.

נחשוב על שכבת התחמוצת המבודדת כמחסום פוטנציאל בעובי  $a$  עם פוטנציאל בגובה  $4[eV]$ .  
מה העובי של השכבה המבודדת בה תוכלו להשתמש כך שלאלקטרונים עם אנרגיה  $2[eV]$  תהיה הסתברות הקטנה מ  $0.05$

למעבר?

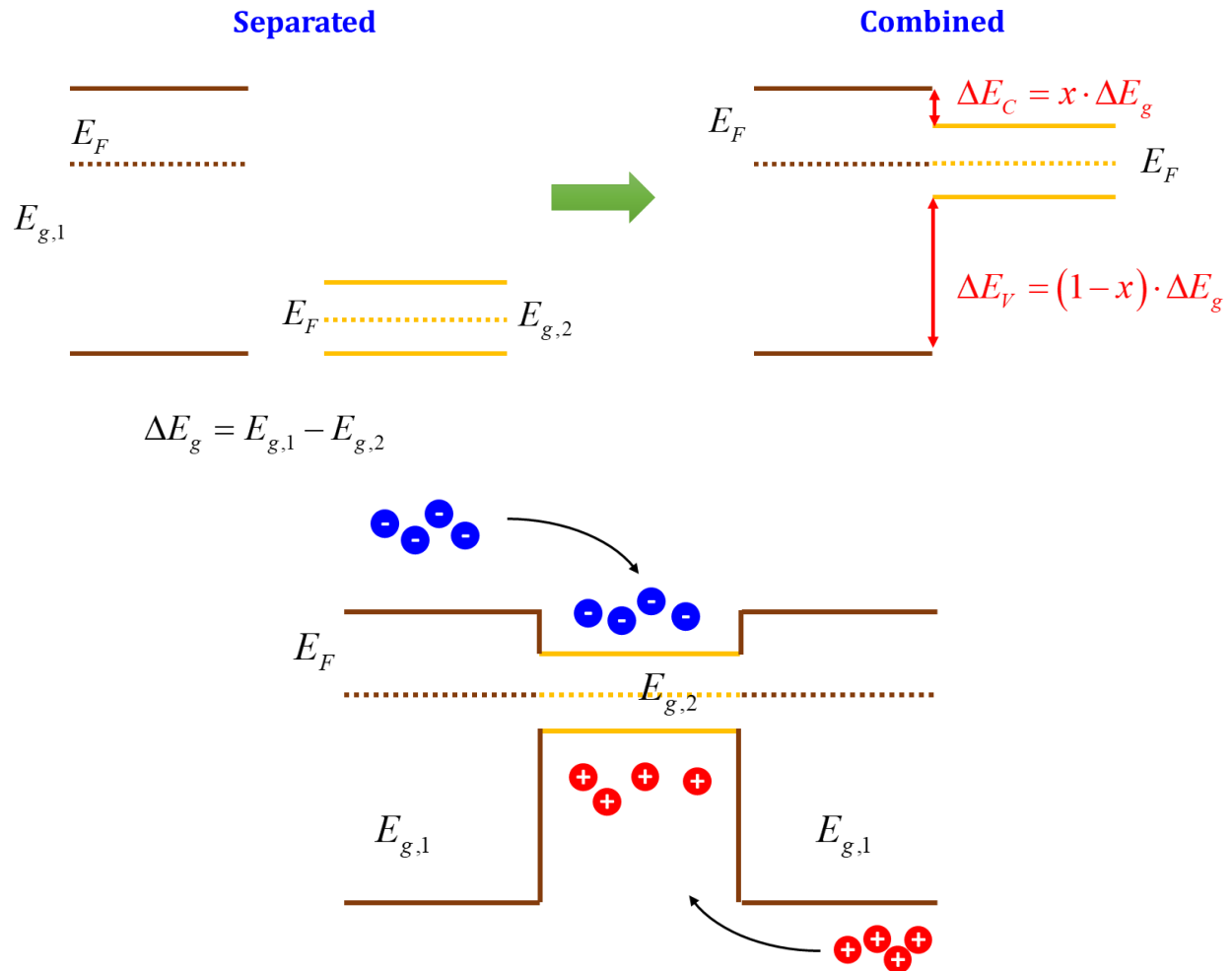
### שאלה 3: בור קוונטי בממד אחד

בתחום של ננו ואופטו-אלקטרוניקה לבור קוונטי יש חשיבות רבה בבניית התקנים יעילים לפליטת אור – לייזרים ו-LED. הבור נבנה ע"י הכנסה של מוליך למחצה עם פער אנרגיה  $E_{g2}$  בין שני מוליכים למחצה עם פער אנרגיה זהה  $E_{g1}$ . הבור מהווה מלכודת לנושאי מטען כך שקשה יותר לנושאי מטען לברוח מהבור וזה משפר את יעילות הפליטה של האור.

בתרגיל זה אנו נתרכז במשפחת החומרים AlGaAs-GaAs-AlGaAs שבאמצעותה ניתן לבנות לייזרים ודיודות הפולטים בתחום אורכי גל בין 600 ל-820 ננומטר. אנחנו נתרכז באלקטרונים החיים בפס הולכה. מהספרות ניתן לקבל הערכים הבאים

AlGaAs	$E_g = 1.673eV$
GaAs	$E_g = 1.424eV$

בנוסף נניח ש-  $x = 0.6$



- א. נניח שאורך הבור הינו  $L = 10nm$ . מצאו בעזרת מחשב את האנרגיות הבדידות בהן יכול להימצא האלקטרון. מהו מספר האנרגיות שמצאתם?
- ב. כעת מגדילים את אורך הבור פי שניים  $L = 20nm$  מצאו את האנרגיות העצמיות כעת. מהו מספר האנרגיות שמצאתם?
- ג. כעת נניח שהבור הינו אינסופי בציר האנרגיה. חזרו על סעיפים א' וב' וציינו מהי הסטייה באנרגיה בין הערכים בבור הסופי לבין ערך האנרגיה לבור אינסופי.
- ד. עבור סעיף א' ציירו את הפונקציות העצמיות התואמות לאנרגיות שמצאתם?
- ה. הסבירו איכותית מהי המשמעות של פרמטר  $x$ .