

## חלק II

# תאים פוטו-וולטאיים

**תא פוטו-וולטאי (PV)** או **תא סולארי** הוא התקן סולארי להפקה ישירה של אנרגיה חשמלית על ידי קליטת קרינה אלקטרומגנטית מן השמש. מדובר באמצעי שימושי וידידותי לסביבה המיועד לשימושים שונים ומגוונים, החל ממכשירי צריכה קטנים כמחשבון כיס, שעונים וסוללות, דרך מתקנים ציבוריים כדוגמת עמודי תאורה, ועד להפקת אנרגיה עבור תחנות חלל ולוויינים. לאחרונה החל להיות נפוץ יותר השימוש במערכות פוטו-וולטאיות גם למטרות הפקת חשמל ביתי ירוק.

### מושגים בסיסיים:

#### 1. קרינה אלקטרומגנטית

נהוג לסווג את הקרינה האלקטרומגנטית למספר קבוצות לפי אורך גל של הקרינה. אוסף כל הקבוצות האלה נקרא **הספקטרום האלקטרומגנטי**.

**אורך גל** של הקרינה הוא המרחק בין שני שיאי גל סמוכים. אורך גל נמדד ביחידות אורך.

$$10^{-9} \text{ מטר} = 1 \text{ ננומטר}$$

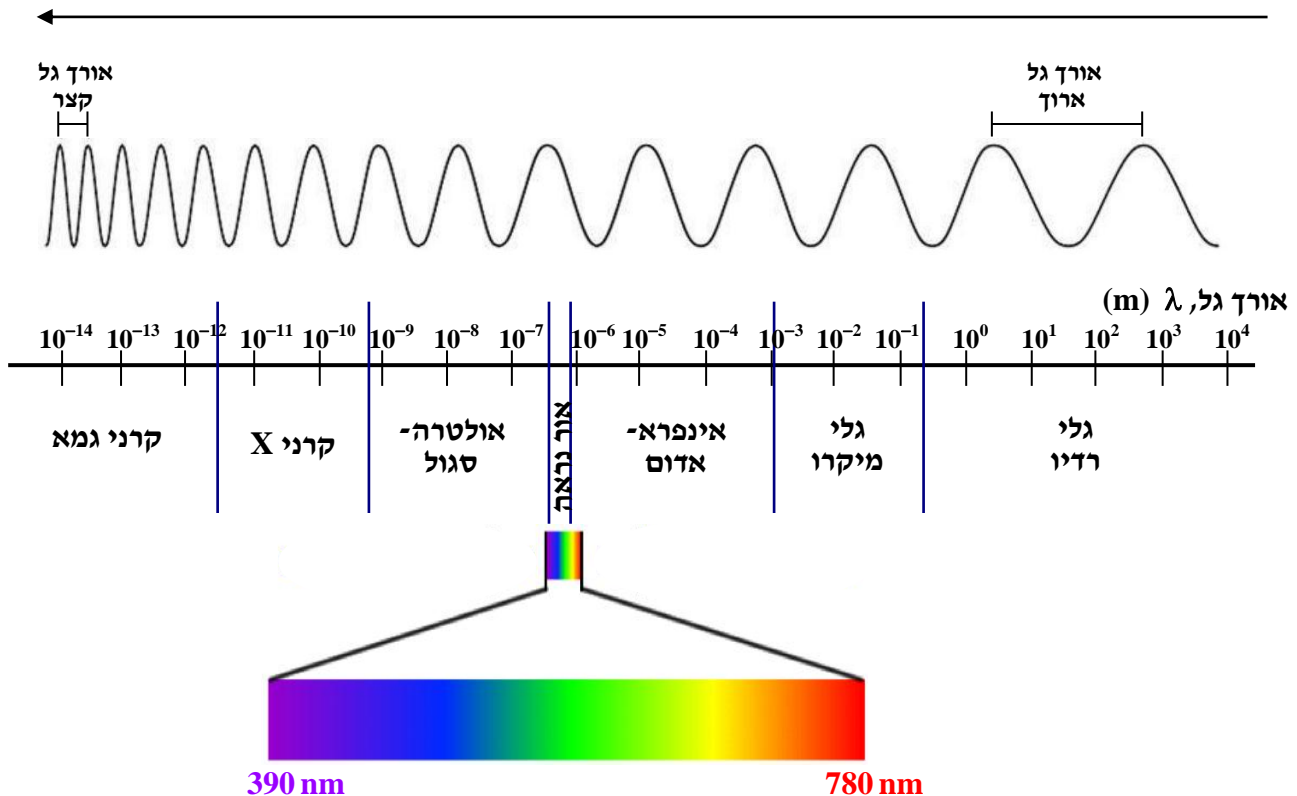
אנרגיה של קרינה אלקטרומגנטית נפלטת ונבלעת בצורה של מנות קצובות - פוטונים.

**פוטון** הוא מנת אנרגיה בודדת של קרינה אלקטרומגנטית.

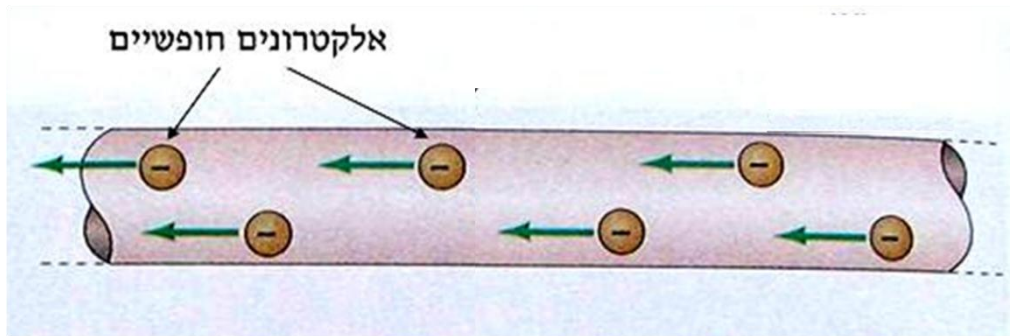
ככל שאורך גל של קרינה אלקטרומגנטית ארוך יותר, אנרגיית הפוטון של קרינה זו קטנה יותר.

### הספקטרום האלקטרומגנטי

אנרגיית הפוטון של הקרינה עולה



זרם חשמלי הוא תנועה מכוונת של חלקיקים טעונים החופשיים לנוע (לרוב אלקטרונים) בתוך החומר המוליך

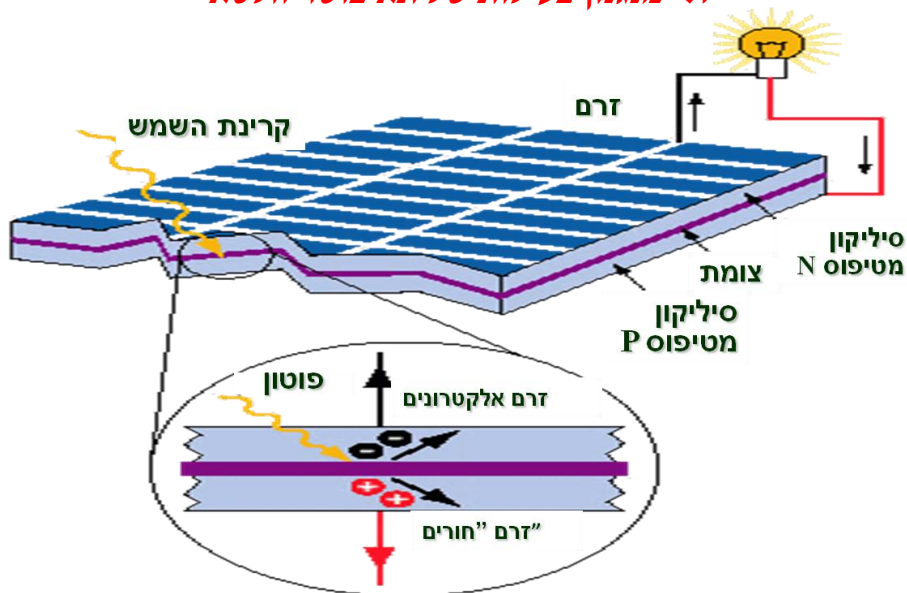


### 3. סוגי חומרים מבחינת מוליכות חשמלית

מבחינת מוליכות חשמלית יש שלושה סוגי חומרים:

- ◆ חומר מוליך
- ◆ חומר מבודד
- ◆ חומר מוליך למחצה - חומר שמוליך חשמל בתנאים מתאימים

### 4. מנגנון פעילות של תא פוטו-וולטאי



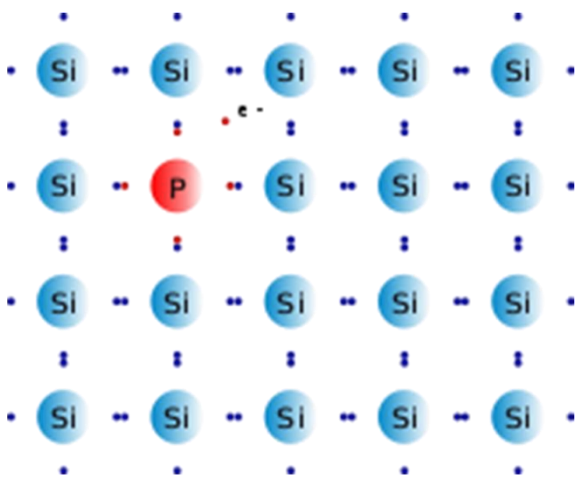
90% מהתאים הסולאריים מיוצרים כיום מסיליקון (צורף), שהוא חומר זול יחסית, מצוי בשפע, ומסוגל להוליך חשמל - בעיקר כאשר פוטונים של קרינת השמש פוגעים בו. פגיעת הפוטונים בפני השטח של הסיליקון משחררת אלקטרונים מהקשרים הכימיים שבהם השתתפו ומאפשרת להם לזרום. כדי להשלים את התהליך, מבצעים הסממה - מוסיפים לסיליקון ולתא הסולארי חומרים אחרים בכמויות קטנות, שמטרתם לסייע בהפרדת המטען: כאשר פוטון בעל אנרגיה מספקת פוגע בפני השטח, הוא מנתק אלקטרון מהקשר שבין אטומי הסיליקון, תוך יצירת מעין "מחסור באלקטרון", או "חור", במקום שבו היה האלקטרון קודם לכן. ה"חור" מתפקד למעשה כהיפוכו של האלקטרון, והוא בעל מטען חשמלי חיובי. לאחר פגיעת הפוטון נוצר מעין "צמד" של אלקטרון

ו"חור". הצומת מפריד בין האלקטרוניים ל"חורים". האלקטרוניים עוברים לצד אחד של התא הסולארי, והחורים לצדו השני.

## 5. הסממה (Doping)

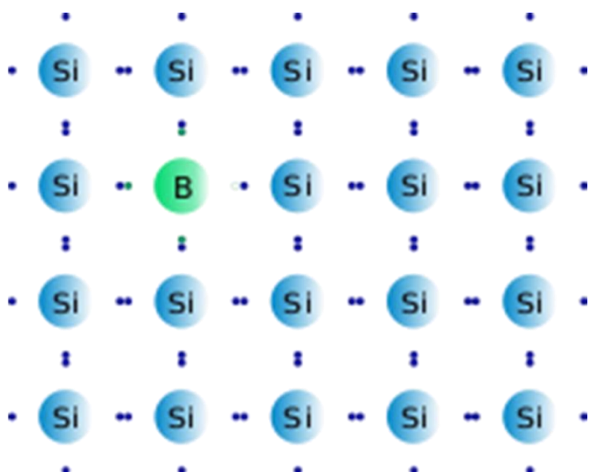
- הסממה היא הכנסת אטומים של יסודות אחרים (מזהמים) לגביש סיליקון.
- הסממה מאפשרת לשפר את המוליכות החשמלית של מוליך למחצה, כגון סיליקון.
- הסיליקון נמצא בטור 4 בטבלה המחזורית. בדרך כלל, מבצעים את ההסממה בעזרת אטומי היסודות מטור 5 או מטור 3.
- אפשר לשנות את המוליכות של מוליך למחצה בעזרת שינוי של סוג החומר המסמם וכמותו.
- הסממה בעזרת אטומי יסוד מטור 5 יוצרת מוליך למחצה מסוג N (Negative).
- הסממה בעזרת אטומי יסוד מטור 3 יוצרת מוליך למחצה מסוג P (Positive).

### הסממה בעזרת יסודות מטור 5



מוסיפים כמות קטנה של זרחן (P) או ארסן (As) לגביש של צורן. לאטומים אלו חמישה אלקטרוני ערכיות: ארבעה מאלקטרוני הערכיות של האטום המזהם שותפים במבנה הגביש, אך האלקטרון החמישי הוא חופשי ובעל אנרגיה גבוהה. די בכמות קטנה של מזהם כדי ליצור תנועה חופשית של אלקטרונים והולכה חשמלית. מטען האלקטרונים שלילי ולכן מוליך למחצה שעבר הסממה כזאת נקרא מוליך למחצה מסוג N (Negative).

### הסממה בעזרת יסודות מטור 3



מוסיפים כמות קטנה של בור (B) או אלומיניום (Al) לגביש של צורן. לאטומים אלו שלושה אלקטרוני ערכיות, כלומר באחד מהקשרים הקוולנטיים חסר אלקטרון. האטום המזהם יכול להשיג אלקטרון זה מקשר קוולנטי של אטום סמוך, אך אז ייווצר "חור" (חסר באלקטרון) במקום שהאלקטרון נלקח ממנו. כל אלקטרון שנע אל "חור" משאיר מאחוריו "חור" פנוי שאלקטרון אחר יכול לנדוד אליו.

תנועת האלקטרונים יוצרת גם תנועה של ה"חורים". מכיוון שלחורים מטען חיובי, מוליך למחצה שעבר הסממה כזאת נקרא מוליך למחצה מסוג P (Positive).

## 6. יעילות של תאים פוטו-וולטאיים

היעילות של תאים פוטו-וולטאיים הוא ערך המודד את היכולת של התא להפוך את קרינת השמש לאנרגיה חשמלית הניתנת לשימוש.

**הגדרה:** יעילות של תא סולרי היא, היחס בין כמות האנרגיה החשמלית הנוצרת בתא ביחס לכמות קרינת השמש הנכנסת לתוכו. היעילות נמדדת ביחידות  $w/m^2$

היעילות	סוג התא הסולרי
14%	תאי סיליקון
12%	תאים מרוגשי צבע (כפי שנעשה בניסוי)
15-17%	תאי פרובסקיט

## 7. יתרונות וחסרונות של תאים פוטו-וולטאיים

### היתרונות:

- ♦ אנרגיית השמש היא אנרגיה מתחדשת - חוסר תלות במקורות דלק מתכלים.
- ♦ הפקת אנרגיה נקייה שאיננה פוגעת בסביבה מבחינת פליטת מזהמים וגזי חממה.
- ♦ אפשרות להתקנה על גגות וחלונות ובכך לחסוך משאבי קרקע.
- ♦ הודות לפיתוחים חדשים - המחירים במגמת ירידה.

### החסרונות:

- ♦ חומרים מוליכים למחצה יקרים - השקעה ראשונית גדולה.
- ♦ הייצור של התאים הסולארים מבוססי סילקון מתבצע בתנאי ייצור קשים של טמפרטורה לחץ וניקיון.
- ♦ הפקת אנרגיה לא סדירה בימים מעוננים ובלילה.
- ♦ יעילות המרה לחשמל נמוכה יחסית למקורות המתבססים על דלק.
- ♦ אגירת אנרגיה בעייתית.

### מדענים מחפשים חומרים אחרים שיתגברו על החסרונות

## 8. עם הפנים לעתיד

תאים פוטו-וולטאיים הינם פאנלים קשיחים, עשויים לרוב מסיליקון, שתפקידם לקלוט את קרינת השמש ולהמיר אותו לזרם חשמל. הפאנלים מותקנים לרוב על גג הבית ועל החלונות באזור אליו מגיעה קרינת שמש מרבית.

תאים סולאריים מסיליקון מסוגלים לנצל רק חלק מוגבל מקרינת השמש המגיעה לפני השטח. אנרגיית הפוטונים של קרינה אינפרא-אדומה (IR) אינה מספיקה כדי לשחרר את אלקטרוני הסיליקון, ואנרגיית הפוטונים של קרינה אולטרה-סגולה (UV) גדולה מהאנרגיה הדרושה לשחרור אלקטרוני הסיליקון. כך חלק גדול מקרינת השמש מתבזבז.

חומרים חדשים עשויים לפתור בעיה זו - לנצל טוב יותר את קרינת השמש.

בפיתוחים החדשים מתכננים להשיג:

- ◆ יעילות הבליעה של הקרינה - שילוב חומרים שבולעים תחום גדול יותר של אורכי גל.
- ◆ חלונות שהם בעצם תאים פוטו-וולטאיים שקופים פלסטיים - בולעים קרינת IR.
- ◆ שיפור יעילות של מעבר האנרגיה.
- ◆ תאים שמשנים כיוון על פי מיקום השמש.
- ◆ תאים אורגניים להנעת מכוניות.
- ◆ הגדלת אורך החיים של התא.
- ◆ הגדלת היעילות של התא.
- ◆ הורדת המחיר של התאים.
- ◆ תאים מדור שני - אנרגיה בחושך - אגירת אנרגיה

