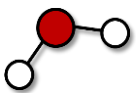
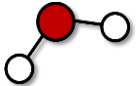
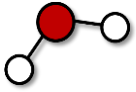


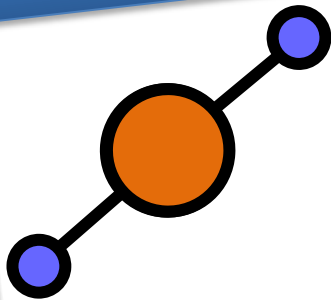
הסממה 

מוליכים למחצה מסוג N ומסוג P 

כיצד פועלת דיודה 

דיודה פולטת אור (LED) 

מה אנחנו צריכים כבר לדעת?



אכלוס אלקטרונים באטומים 

דיאגרמת פסי אנרגיה 

פס ערכיות, פס הולכה, פער אנרגיה אסור

מוליכות חשמלית של מוליכים למחצה 

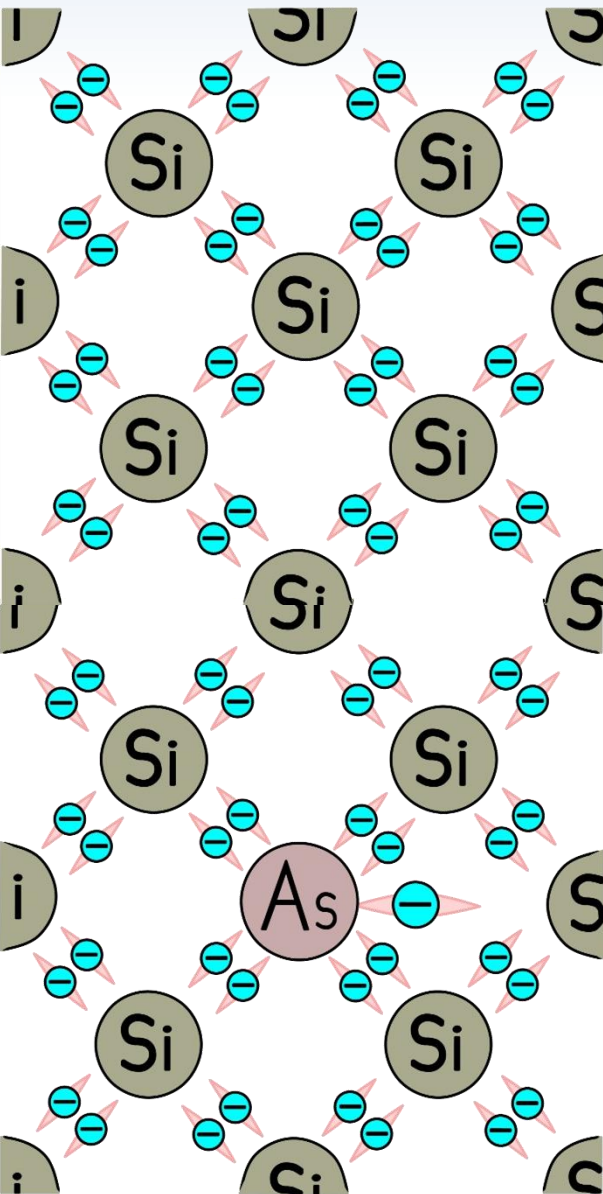
הֶסְמָמָה היא שיטה להגדלת המוליכות החשמלית של מוליכים למחצה.

בשיטה זו מכניסים לתוך הסריג המוצק של המל"מ אטומים זרים: בדרך כלל מטור 3 או מטור 5.

אפשר לכוון את מידת המוליכות של המל"מ על ידי בחירת החומר המסמם וכמותו.

ממוליכים למחצה שעברו הֶסְמָמָה יוצרים התקנים מיקרואלקטרוניים כמו טרנזיסטור ודיודה.

הסממה באמצעות יסודות מטור 5



בסריג סיליקון לכל אטום ארבעה
אלקטרוני ערכיות המאכלסים פסי
אנרגיה.

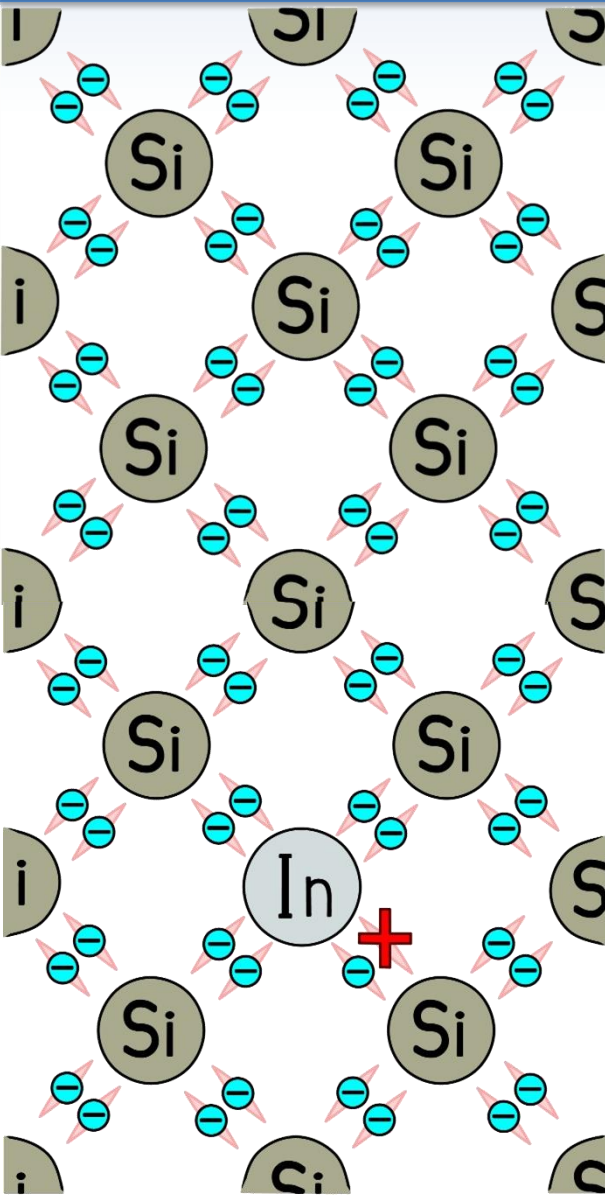
כאשר מוסיפים כמות קטנה של יסוד
מטור 5 (As, P) ארבעה מאלקטרוני
הערכיות של כל אטום מזהם
מאכלסים את פסי האנרגיה בגביש,
אך האלקטרון החמישי מאכלס
אורביטל אטומי של האטום המזהם.

הסממה באמצעות יסודות מטור 5

האנרגיה של אורביטלים אטומיים אלו גבוהה מן האנרגיה של פס הערכיות המלא של הגביש, והיא נמצאת בפער האנרגיה האסור של הסריג, מעט מתחת לפס ההולכה הריק.



הסממה באמצעות יסודות מטור 3



כאשר מוסיפים כמות קטנה של יסוד מטור 3 (In, B) לכל אטום מזהם רק 3 אלקטרוני ערכיות והם מאכלסים את פסי האנרגיה בגביש הסיליקון.

לאטומי המסמם אורביטלים אטומיים ריקים – "חורים".

אלקטרון מקשר קוולנטי סמוך יכול למלא את ה"חור" ולהשאיר "חור" במקומו הקודם.

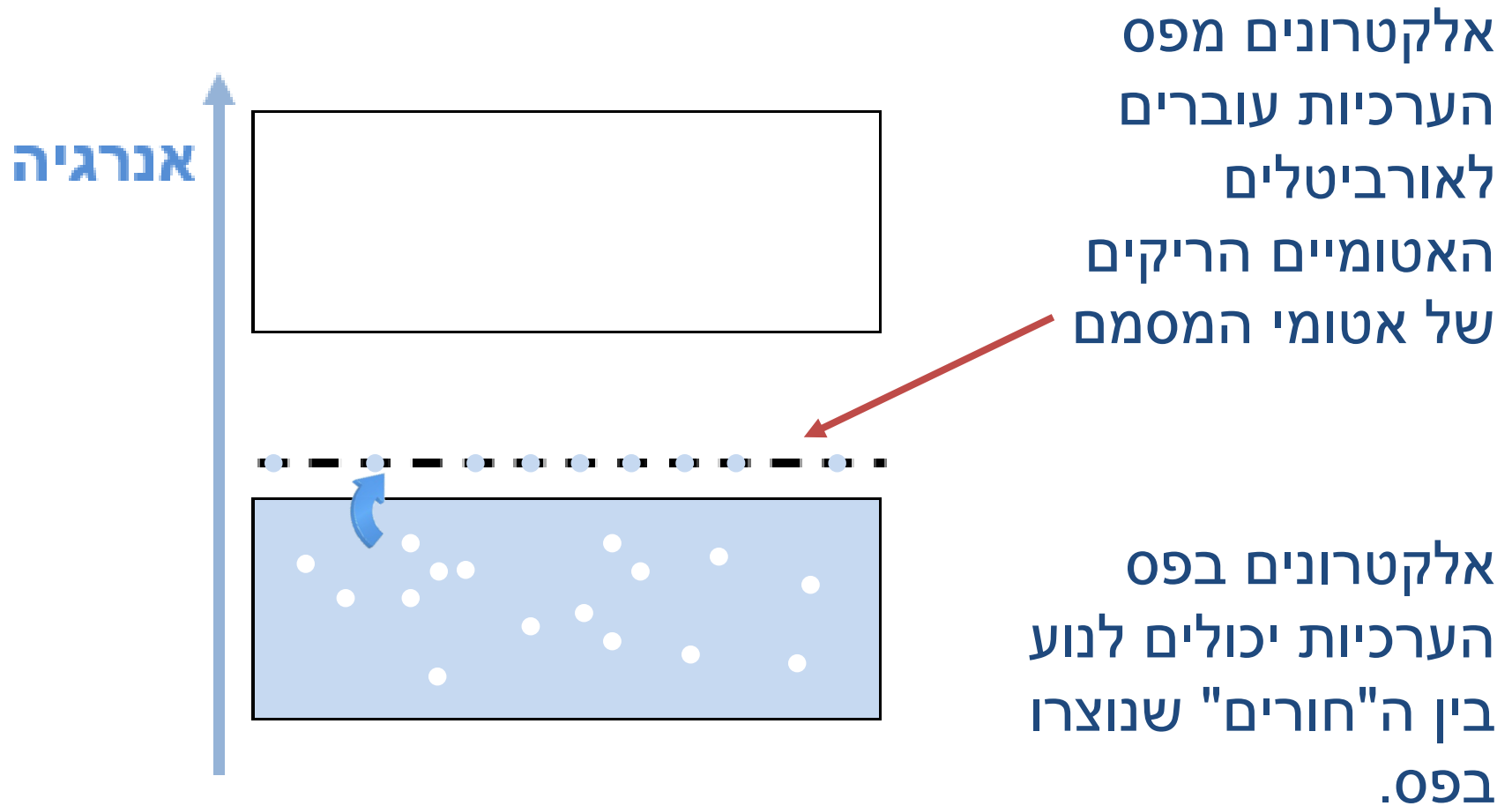
הסממה באמצעות יסודות מטור 3

האנרגיה של האורביטלים האטומיים הריקים האלה נמצאת בפער האנרגיה האסור, מעל פס הערכיות המלא.



האלקטרונים שנמצאים בפס הערכיות יכולים כעת לנוע בפס בחופשיות בין ה"חורים" שנוצרו בו, והמוליכות של החומר עולה.

הסממה באמצעות יסודות מטור 3



כאשר המזהם הוא יסוד מטור 5, אלקטרונים נוספים של אטומי המזהם עוברים מאורביטלים אטומיים לפס ההולכה.

מטען האלקטרונים שלילי ולכן מוליך למחצה שעבר הסממה כזאת נקרא **מוליך למחצה מסוג N** (negative).



כאשר המזהם הוא יסוד
מטור 3, אלקטרונים עוזבים
את פס הערכיות ומשאירים
בו "חורים". האלקטרונים
שנותרו בפס הערכיות יכולים
עכשו לנוע אל ה"חורים".
תנועת האלקטרונים בפס
יוצרת תנועה של ה"חורים".

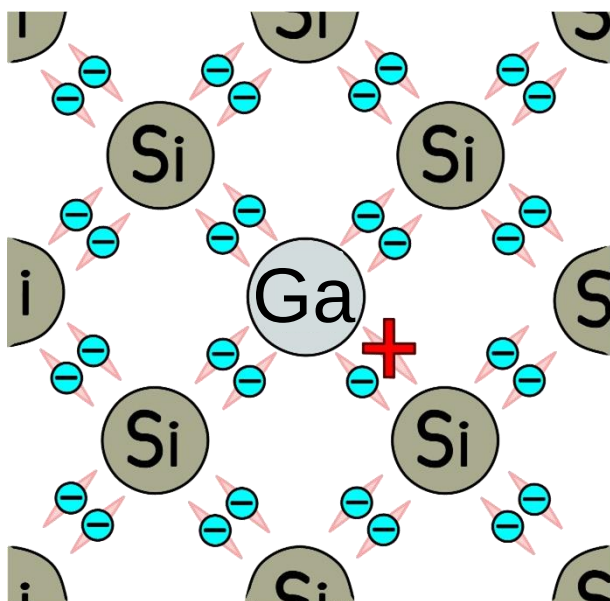
אם הילד שאוכל פופקורן
יזוז לכסא משמאלו, מקום
הכסא הריק "יזוז" לימין.

כך גם כשהאלקטרונים נעים
בפס בכיוון כלשהו ה"חורים"
נעים בכיוון מנוגד.

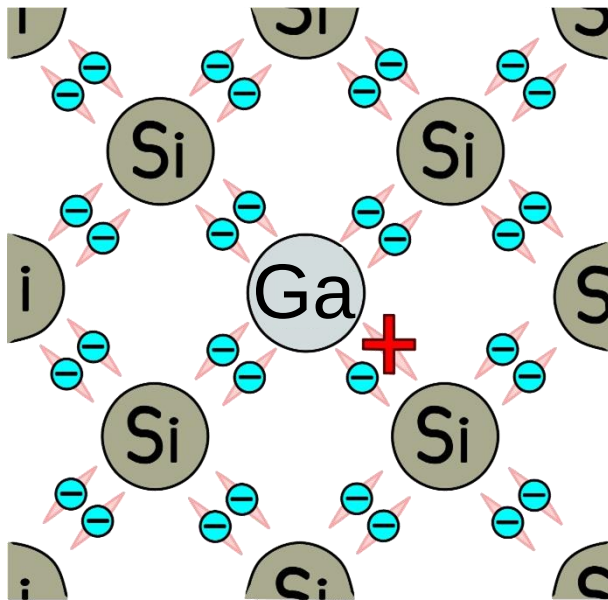


מוליך למחצה שעבר הסמכה
כזאת נקרא **מוליך למחצה**
מסוג P (positive).

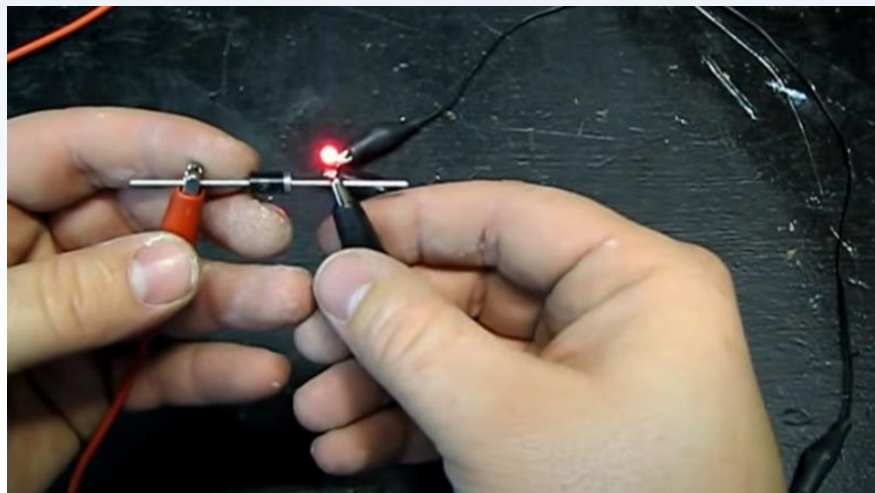
לפניכם איור קטע של סריג סיליקון שעבר הסממה.
האם האיור מתאר מל"מ מסוג P או מל"מ מסוג N?



גליום, Ga, שייך לטור 3 בטבלה המחזורית, ולכן זהו מל"מ
מסוג P.



נצפה בסרטון



מהי דיודה?

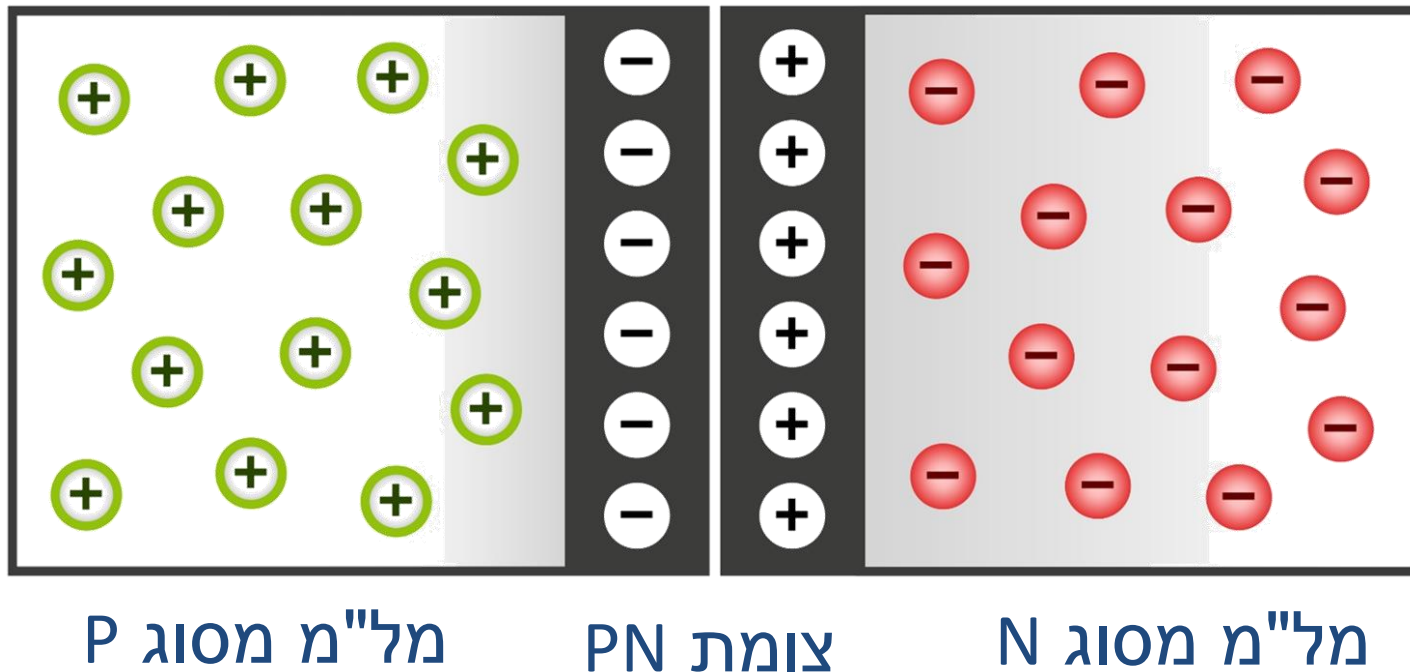
דיודה היא התקן אלקטרוני המאפשר לזרם לנוע בכיוון אחד בלבד. אם נהפוך את חיבור הדיודה במעגל החשמלי - הזרם לא יוכל לעבור. נראה זאת בניסוי.

https://www.youtube.com/watch?v=MVy_MG0X2h4&ab_channel=electronhacks

לצפות עד דקה 1:40

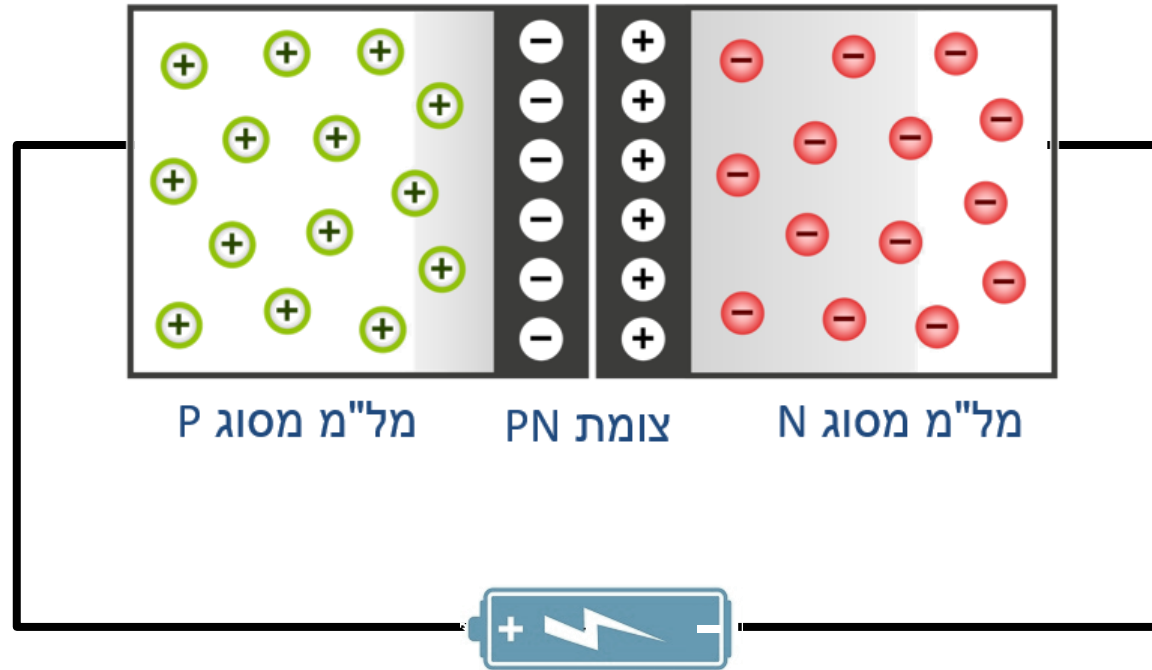
כיצד בנויה הדיודה?

דיודה מתקבלת מחיבור מל"מ מסוג P עם מל"מ מסוג N. אזור החיבור נקרא **צומת PN**.

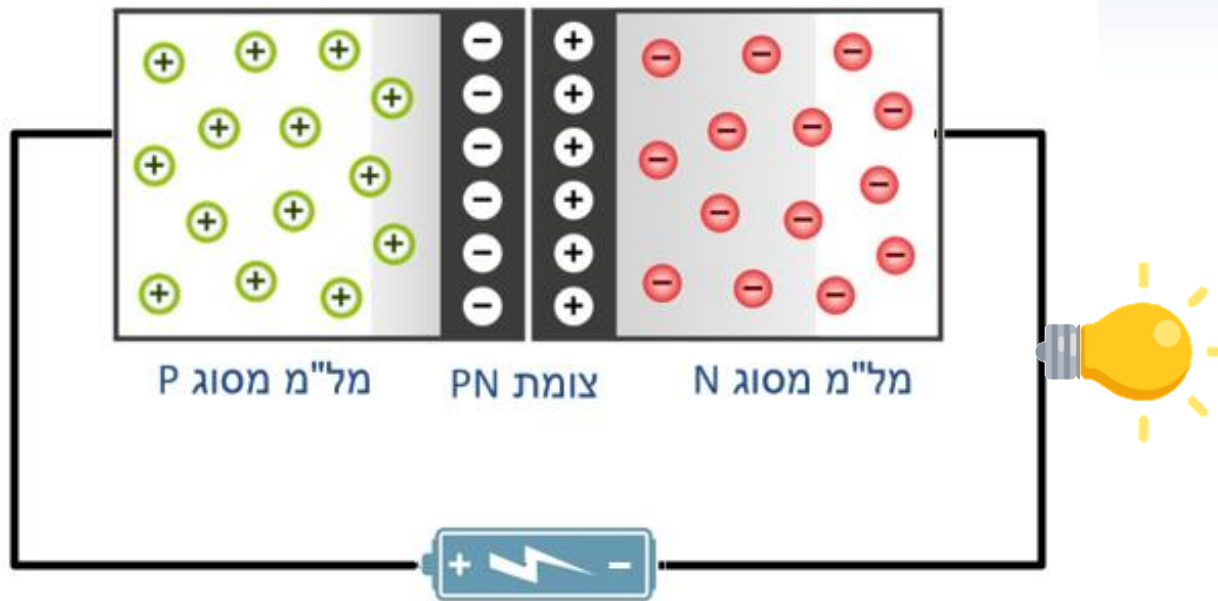


כיצד פועלת הדיודה?

כדי שהדיודה תעביר זרם, יש לחבר את הקוטב **החיובי** של הסוללה למל"מ **מסוג P** ואת הקוטב **השלילי** - למל"מ **מסוג N**.



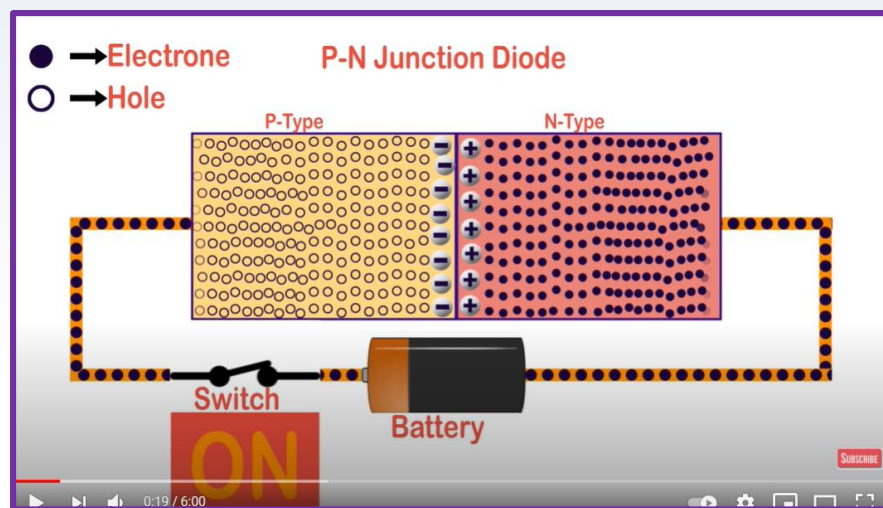
כיצד פועלת הדיודה? המשך



האלקטרונים במל"מ מסוג N נמשכים שמאלה להדק החיובי של הסוללה ו"חורים" במל"מ מסוג P נמשכים ימינה לקוטב השלילי של הסוללה.

יש מעבר מטענים דרך הצומת ולכן יש מעבר זרם בכל המעגל החשמלי והנורה דולקת.

נצפה בסרטון



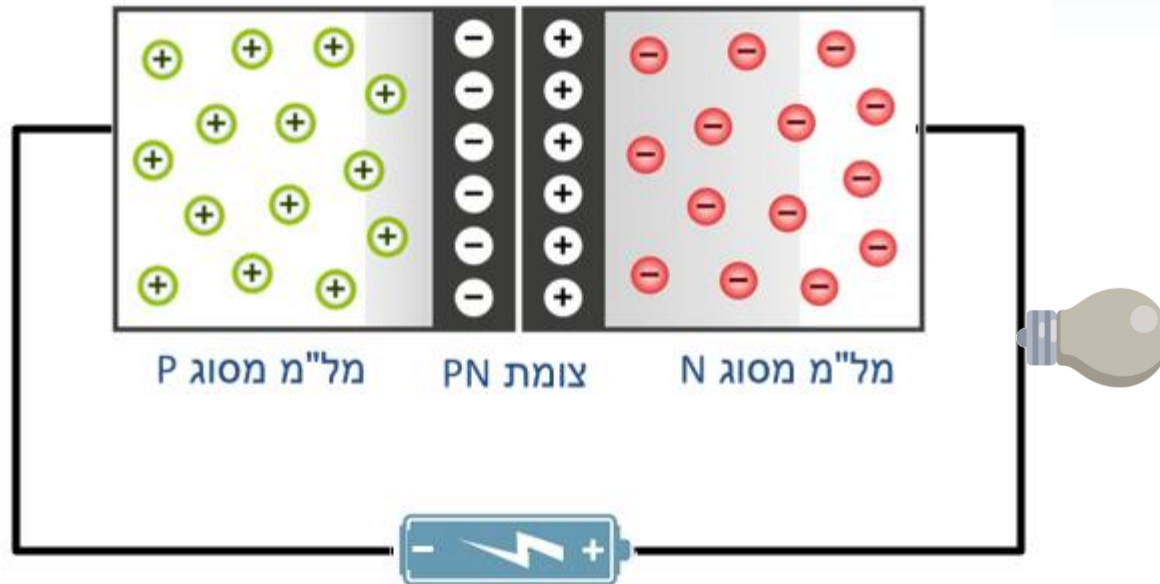
כיצד פועלת הדיודה?

ה"חורים" במל"מ P נמשכים ימינה, לקוטב השלילי של הסוללה, והאלקטרונים במל"מ N נמשכים שמאלה לקוטב החיובי.

https://www.youtube.com/watch?v=K-IgMOZLr_s&ab_channel=sourabhsharma

לצפות עד דקה 0:49

כיצד פועלת הדיודה? המשך

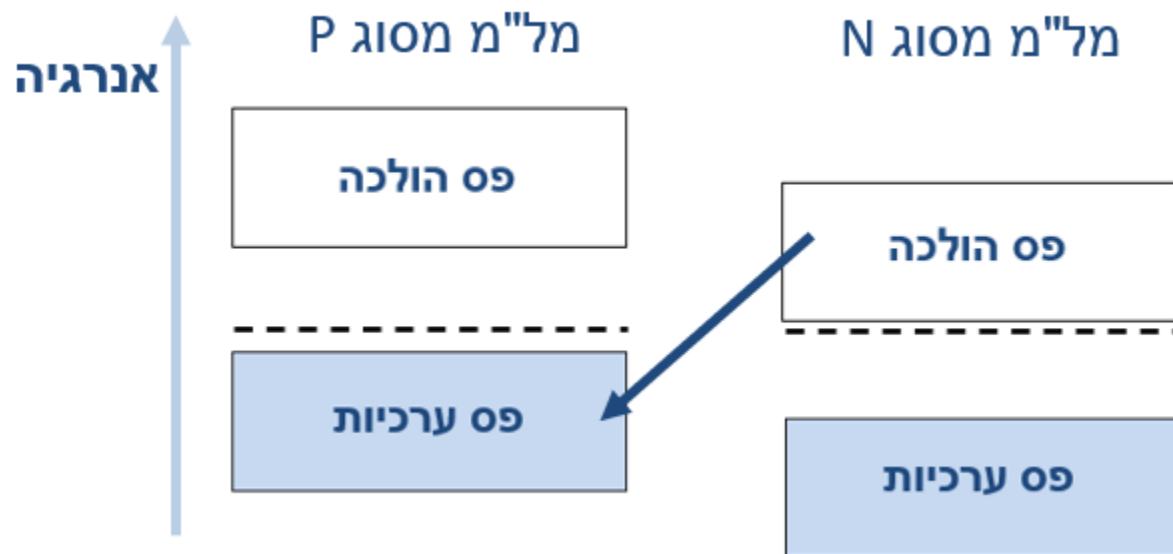


כשהופכים את הסוללה, ה"חורים" ממל"מ P נמשכים שמאלה לקוטב השלילי והאלקטרונים ממל"מ N נמשכים ימינה לקוטב החיובי. מטענים לא עוברים דרך אזור הצומת, המעגל החשמלי לא סגור והנורה לא נדלקת.

כיצד פועלת דיודה? המשך

האלקטרונים ממל"מ N מגיעים לצומת ושם הם מתלכדים עם ה"חורים" ממל"מ P שאף הם נמשכים לצומת.

האלקטרונים נמצאים בפס ההולכה של מל"מ N וה"חורים" נמצאים בפס הערכיות של מל"מ P , שהוא בעל אנרגיה נמוכה יותר. הפרש האנרגיה משתחרר כחום (בדיודה רגילה) או כאור (בדיודה פולטת אור, LED).



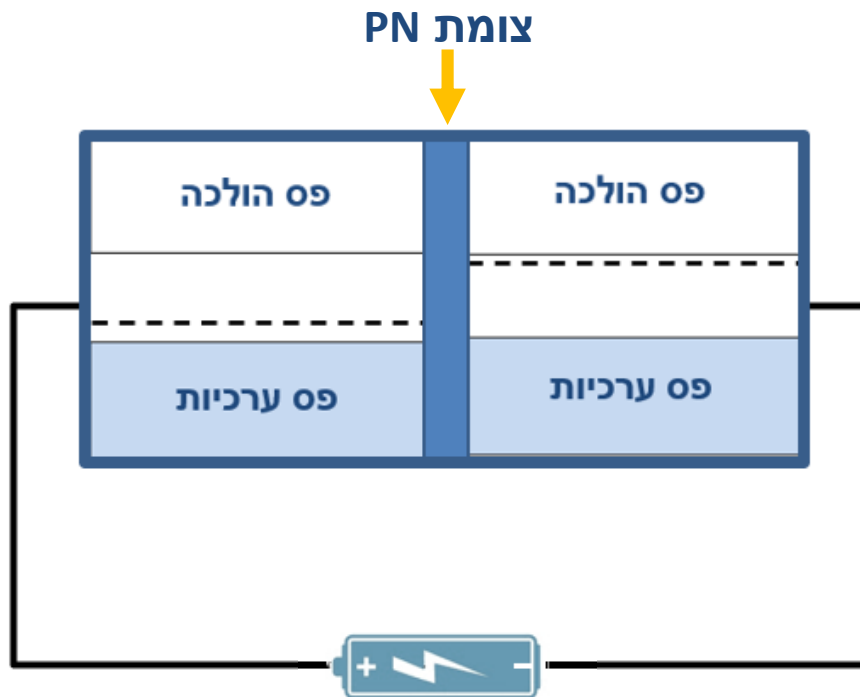
דיודה פולטת אור (LED)



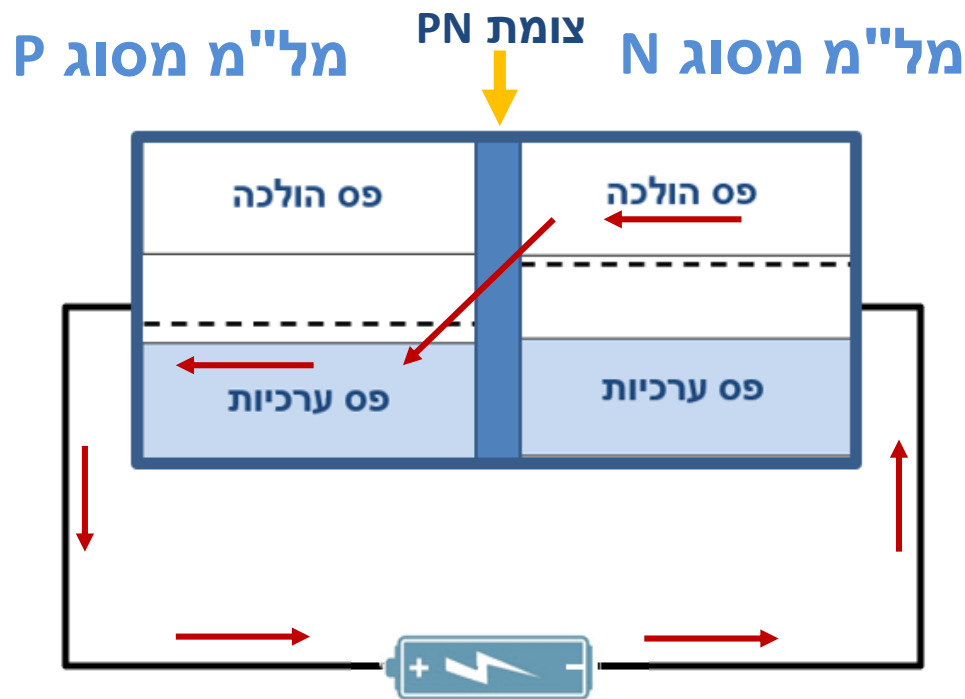
קיימות דיודות פולטות אור
בצבעים שונים.
אורכי הגל הנפלטים תלויים
בהפרש האנרגיה בין פס
ההולכה במל"מ מסוג N לבין
פס הערכיות במל"מ מסוג P.
ככל שהפרש האנרגיה גדול
יותר, אורך הגל הנפלט קצר
יותר.

לפניכם שרטוט של דיודה פולטת אור (מנורת LED).

- א. סמנו בשרטוט את המל"מ מסוג P ואת המל"מ מסוג N.
- ב. סמנו בשרטוט את כיוון זרימת האלקטרונים במעגל.



א. במל"מ מסוג N רמת האנרגיה של האורביטלים האטומיים של החומר המסמם נמצאת מעט מתחת לפס ההולכה. במל"מ מסוג P רמת האנרגיה של האורביטלים האטומיים של החומר המסמם נמצאת מעט מעל פס הערכיות.



ב. כיוון זרימת האלקטרונים מסומן בחיצים אדומים.

תהליך ההסממה משפר את המוליכות החשמלית של מל"מ. 

בתהליך ההסממה מכניסים אטומים זרים לגביש הסיליקון: הסממה עם יסוד מטור 3 יוצרת מל"מ P והסממה עם יסוד מטור 5 יוצרת מל"מ N.

דיודה מתקבלת מחיבור מל"מ N למל"מ P. 
אלקטרונים חוצים את הצומת בדיודה ועוברים מפס ההולכה במל"מ N לפס הערכיות במל"מ P. הפרש האנרגיה נפלט כחום או כאור (בנורות לד).

נצפה בסרטון



GLOW

https://www.youtube.com/watch?v=hJR4S2PRng&ab_channel=studioroosegaarde

האמן Dan Roosegaarde האיר שדה כרישה בנורות לד אדומות, כחולות ועל-סגולות. מחקרים הראו שהאור האדום והכחול מאיצים גדילה והאור העל-סגול פוגע במזיקים וחוסך שימוש בחומרי ריסוס. המיצג נועד לעודד שימוש בתאורה כזאת בחקלאות בעתיד.