

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

נושא בחירה

הענף: כימיה פיזיקלית

הנושא: מוליכים מיקרו-אלקטרוניים וחומרי צבע

היקף: 45 שעות

הרעיון המרכזי

הכרת הבסיס המשותף להבנת המבנה האלקטרוני של אטומים, מולקולות וסריגים מוצקים בעזרת מודל האורביטל כדי להבין תכונות של החומר הנגזרות ממבנהו האלקטרוני (לדוגמה: צבע ומוליכות זרם).

המטרות

- הכרת האינטראקציה שבין קרינה אלקטרומגנטית לחומר ברמה הבסיסית.
- הכרת מבנה רמות האנרגיה והאורביטלים באטומים.
- הבנת הקישור הכימי באמצעות האורביטלים האטומיים והאורביטלים המולקולריים.
- הבנת צבעו של חומר על פי מבנהו האלקטרוני.
- הכרת תכונות מוליכות הזרם במוצקים על פי המבנה הכימי.
- הכרת חומרים מוליכים-למחצה ושימושיהם בתעשיית המיקרו-אלקטרוניקה.

המלצות לשיטות למידה-הוראה

בנושא האורביטלים: מומלץ ללמד באמצעות תצוגה גרפית וללא נוסחאות. מומלץ להשתמש בהדמיות מחשב של צורות "ענני המטען" ושל השתנותן במעבר מאטומים למולקולות.

בנושא חומרי הצבע: מומלץ לשלב פעילות מעבדתית בנושא הקורלציה בין מידת האל-איתור לבין אורך הגל של הבליעה.
בנושא המיקרו-אלקטרוניקה: מומלץ לשלב ביקור במפעלי תעשייה (בחדר הנקי) כדי להכיר יישומים של התקני מל"מ (מוליכים למחצה).

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

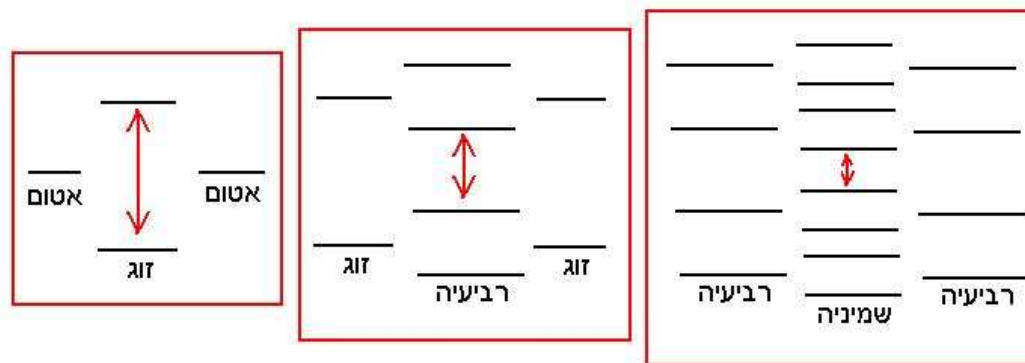
שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
17	<ul style="list-style-type: none"> - צבעי הקשת בענן - אור הלייזר לעומת אור לבן - בליעה או פליטה סלקטיבית של אורך גל מסוים – נייר צלופן צבעוני 	<ul style="list-style-type: none"> • קרינה אלקטרומגנטית: אורך גל, תדירות, מהירות האור • אנרגיה של קרינה א"מ, קבוע פלנק, פוטון 	<ul style="list-style-type: none"> • תחומי הספקטרום האלקטרומגנטי • מושגי אורך הגל, הצבע, האנרגיה והקשר ביניהם: $E = h\nu = hc / \lambda$ • תיאור איכותי של תופעות הבליעה והפליטה של מנות אנרגיית קרינה על ידי חומר (אטומים בודדים, מולקולות וסריגים) 	<p>1. המבנה האלקטרוני של אטומים ושל הקשר הכימי ביניהם</p> <p>הקרינה האלקטרו-מגנטית (א"מ)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - שימוש בספקטרום אטומי לזיהוי מעבדתי - ניתוח הרכב כימי של כוכבים על פי הספקטרום שלהם - שימוש במתכות שונות בזיקוקי דינור צבעוניים 	<ul style="list-style-type: none"> • ספקטרום בליעה • ספקטרום פליטה • רמות אנרגיה • קוונטיזציה 	<ul style="list-style-type: none"> • תיאור המדידה הניסיונית של ספקטרום הפליטה של אטום המימן והסקת המסקנה על קיומן של רמות אנרגיה בדידות באטום • היכרות איכותית עם תופעת ספקטרום הפליטה של אטומים אחרים (פסי פליטה וצבע האופייניים לכל אטום) 	<p>המבנה האלקטרוני של האטום</p>
			<ul style="list-style-type: none"> • הסתברות נקודתית • "ענן אלקטרוני" • אורביטל • צורות מרחביות של אורביטלי s ו-p 	<ul style="list-style-type: none"> • היכן ממוקם האלקטרון באטום? • תיאור הסתברותי של מיקום האלקטרון כ"ענן מטען". הגדרת האורביטלים כצורות אפשריות לפיזור המטען במרחב • היכרות עם הצורות המרחביות של אורביטלי s ו-p

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
		<ul style="list-style-type: none"> • כללי האכלוס: האיסור של פאולי • ספין 	<ul style="list-style-type: none"> • היכרות עם סידור האלקטרונים באורביטלים עבור אטומי השורה הראשונה (עד ניאון) • היכרות עם כללי האכלוס על פי סדר ובמגבלה של שני אלקטרונים בכל רמה • היכרות עם עובדת קיומם של שני מצבי ספין לכל אלקטרון 	<p>(המשך המבנה האלקטרוני...)</p> <p>סידור האלקטרונים באטום</p>
		<ul style="list-style-type: none"> • משיכה חשמלית • קישור קוולנטי • אנרגיית קשר • אורך קשר 	<ul style="list-style-type: none"> • מהו ההסבר ליצירת קשר בין זוג אטומים? שיתוף אלקטרונים (מטענים שליליים) באזור שבין הגרעינים החיוביים כגורם המייצב את המערכת 	מבוא לקישור הכימי
	– מולקולות דו-אטומיות חשובות: חמצן, חנקן, מימן	<ul style="list-style-type: none"> • אורביטל מולקולרי • אל-איתור 	<ul style="list-style-type: none"> • היכן ממוקם האלקטרון במולקולה דו-אטומית? אלקטרון באורביטל מולקולרי כ"ענן מטען" המשותף לשני גרעינים • תופעת האל-איתור של האלקטרון – אבדן הזיהוי של אלקטרוני הקשר עם אטום מסוים 	האורביטל המולקולרי
		<ul style="list-style-type: none"> • אורביטל קושר • אורביטל אנטי-קושר 	<ul style="list-style-type: none"> • משני אורביטלים אטומיים המתאימים באנרגיה, מתקבלים שני אורביטלים מולקולריים: בראשון גדלה צפיפות המטען בין גרעיני האטומים – אורביטל קושר (נמוך באנרגיה בהשוואה לאורביטלים האטומיים); בשני מתאפסת צפיפות המטען בין גרעיני האטומים – אורביטל אנטי-קושר (גבוה באנרגיה בהשוואה לאורביטלים האטומיים). 	אורביטלים קושרים ואנטי-קושרים

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
		<ul style="list-style-type: none"> סריג אטומי 	<ul style="list-style-type: none"> היכרות איכותית עם דיאגרמת רמות אנרגיה עבור שרשרות של 2, 4 ו-8 אטומים זהים (אטומי מימן כמודל). קבלת $N/2$ רמות קושרות ו-$N/2$ רמות אנטי-קושרות. אל-איתור אלקטרוני על פני מספר אטומים. אכלוס האלקטרונים ברמות האנרגיה לפי כללי האכלוס 	(המשך המבנה האלקטרוני...) מבנה אלקטרוני של סריג חד-אטומי
		<p>HOMO = Highest Occupied Molecular Orbitals</p> <p>LUMO = Lowest Unoccupied Molecular Orbitals</p> <ul style="list-style-type: none"> פער HOMO - LUMO 	<ul style="list-style-type: none"> הגדרת רמת HOMO (הרמה המאוכלסת הגבוהה ביותר באנרגיה) ורמת LUMO (הרמה הפנויה הנמוכה ביותר באנרגיה). הצטופפות רמות האנרגיה והירידה בפער HOMO - LUMO עם התארכות השרשרת – הסבר איכותי על פי דיאגרמות האנרגיה. (ראו סרטוט). 	



הקטנת פער ה HOMO LUMO עם אורך הסריג

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
14	– חומרי צבע, ערבוב צבעים, צבעים משלימים	• חומרי צבע	<ul style="list-style-type: none"> הגדרת צבע על פי בליעה בתחום האור הנראה. ההבדל בין חומר חסר צבע לחומר צבע על פי פער HOMO - LUMO המכתיב את תחום הבליעה. דוגמאות לפערי HOMO – LUMO בחומרי צבע אורגניים ובחומרים אורגניים חסרי צבע 	2. חומרי צבע צבעים
	– מולקולות אורגניות לינאריות, ציקליות ופוליציקליות המכילות קשרים כפולים מצומדים	• קשרים כפולים מצומדים	<ul style="list-style-type: none"> הסבר תופעת האל-איתור של קשרים כפולים מצומדים במולקולות אורגניות פשוטות (בוטאדיאן, הקסאטריאן, בנזן וכו'). הצגה איכותית כקשרים מתחלפים 	מערכות של קשרי דו מצומדים
	– הרטינל במערכת הראייה – קולטני אור במערכת הציטוכרום	• כרומופור	<ul style="list-style-type: none"> היכרות עם כרומופורים המבוססים על מערכות של קשרי דו מצומדים (דוגמאות לקולטני אור במערכות ביולוגיות) 	כרומופורים
	– קביעה מעבדתית של אורך גל הבליעה על פי אורך המערכת המצומדת בשורה הומולוגית של כרומופורים	• קשר בין מבנה החומר וצבעו	<ul style="list-style-type: none"> הקשר בין הופעת צבע (ירידה בפער HOMO – LUMO עם העלייה באורך הגל הנבלע) לתופעת האל-איתור של אלקטרונים על פי מודל הסריג האטומי הסבר מערכת של קשרי דו מצומדים במונחים של סריג של אורביטלי p הניצבים למישור המולקולה 	הקשר לאל-איתור אלקטרוני
	– חומרי צבע תעשייתיים והשימושים בהם			חומרי צבע והשימושים בהם

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא	
14	– מבנה סריגי של מוצקים שונים	<ul style="list-style-type: none"> • מבנה סריגי • פס אנרגיה מותר • פס אנרגיה אסור • חפיפת פסים 	<ul style="list-style-type: none"> • היווצרות פס אנרגיה בסריג אינסופי (מקרוסקופי) על בסיס המודל של אל-איתור אלקטרונים בסריג אטומי פסי אנרגיה מותרים ואסורים בסריג של אטום רב-רמות • אפשרות לחפיפת פסים שמקורם ברמות אטומיות שונות 	3. מוליכים מיקרו-אלקטרוניים מרמות אנרגיה באטום לפסי אנרגיה במוצק	
		<ul style="list-style-type: none"> • פס הולכה • פס ערכיות 	<ul style="list-style-type: none"> • מילוי האלקטרונים בפסים • הגדרת "פס הולכה" ו"פס ערכיות" 	אכלוס האלקטרונים בפסי האנרגיה	
		<ul style="list-style-type: none"> • מוליכות זרם • חורים 	<ul style="list-style-type: none"> • התניית מוליכות זרם בקיום רמות אנרגיה אלקטרוניות פנויות: עודף אלקטרונים בפס ההולכה או מחסור באלקטרונים בפס הערכיות. 	מוליכות חשמלית	
	– מבנה הפסים של מוליכים תעשייתיים: נחושת או אלומיניום	<ul style="list-style-type: none"> • מוליך • מבודד • מוליך-למחצה (מל"מ) 	<ul style="list-style-type: none"> • מודל קינטי למוליכות זרם באמצעות אנרגיית שפעול הנובעת מפער HOMO – LUMO בסריג • הגדרה כמותית של חומרים מוליכים ומבודדים באמצעות הפער HOMO – LUMO עבור דוגמאות שונות • תלות המוליכות בטמפרטורה במוליכים למחצה "נקיים" (אינטרינזיים) 	מוליך, מבודד, מוליך-למחצה (מל"מ)	
	– מבנה הפסים של מל"מ				
	– שימושי מל"מ: דיודות, טרנזיסטורים, לייזרים ממוזערים				
– תהליך הייצור של רכיבי מל"מ בתעשיית המיקרו-אלקטרוניקה	<ul style="list-style-type: none"> • אילוח (סימון) • Donor • Acceptor • מל"מ מסוג P • מל"מ מסוג N 	<ul style="list-style-type: none"> • סימון מטיפוס p ומטיפוס n • דוגמאות – ארסן (n) וגליום (p) • הקשר בין המיקום בטבלה המחזורית לסוג הסימון • רמות תורמות (donor) וקולטות (acceptor) בפס האסור • הולכת אלקטרונים והולכת חורים 	סימון (אילוח) כימי של מל"מ		
– מחשב, פלאפון	<ul style="list-style-type: none"> • טרנזיסטור 	<ul style="list-style-type: none"> • צומת PN, צומת PNP 	מבנה טרנזיסטור PNP ועקרון פעולתו (איכותי)		

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים