מכון ויצמן למדע
המחלקה להוראת המדעים

קרן רוטשילד קיסריה

רטרוסינתזה - חשיבה בלשית בכימיה אורגנית

מירב דינור, אולפנת "להב"ה", קדומים

יש לכם חשיבה יצירתית או ראש של בלש? הצטרפו לפיתוח דרכים להכנת מולקולות אורגניות בשיטת הרטרוסינטזה.

בעידן המודרני התפתחה היכולת לפתור תעלומות בלשיות מורכבות ומסובכות בזכות התפתחות הידע המדעי. מרבית הכלים העומדים לרשות הבלשים כיום מבוססים על פיתוחים מתחום הביולוגיה המולקולרית, הכימיה האנליטית ותגובות כימיות שונות (אורגניות ואי אורגניות). חלק ניכר מהעשייה של הבלשים הוא מעבדות הזיהוי הפלילי (המז"פ) וכולל שימוש בשיטות מדעיות קיימות כדי לבחון ממצאים מזירת הפשע, כמו דגימות D.N.A (שערות, רוק, טיפות דם), פיסות בד מחומרים כימיים שונים. בעזרת הכלים האנליטיים וחיבור התוצאות השונות המתקבלים בהם בונה הבלש תמונה המאפשרת לפענח את הפשע שהתרחש.

כימיה אורגנית – ענף של הכימיה העוסק בחקר תכונותיהם של תרכובות אורגניות שהן תרכובות המכילות בעיקר פחמן ומימן. מטרת הכימיה האורגנית: הבנת התהליכים המתרחשים בין החומרים על־מנת ליצור חומרים מסוימים בעלי תכונות על־פי דרישה.

רטרוסינתזה – טכניקה לפתרון בעיות, הליכה אחורה במקום קדימה בתכנון סינתזה. בהינתן מולקולה בעלת מבנה ידוע (חומר רצוי), מנסים הכימאים האורגנים למצוא רצף של שלבים- כל שלב מקדם אותם לחומרים בסיסיים יותר. בסופו של דבר, מגיעים לחומרי מוצא מסחריים מהם ניתן יהיה להפיק את החומר הרצוי. בשנת 1990 זכה E. J. Corey בפרס נובל בכימיה על פיתוח גישת הרטרוסינתזה.

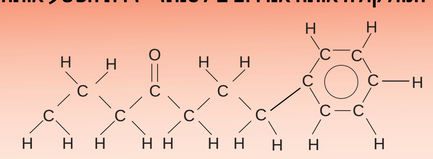
כאשר בלשי המחלקה לזיהוי פלילי מגיעים לזירת הפשע, הם מגיעים למצב נתון ומנסים לדלות רמזים ולהסיק מסקנות לגבי רצף הארועים שהביאו למצב הזה. תפקידו של הבלש: לפענח התרחשות נתונה, לאסוף את הנתונים, ולפתור את התעלומה. אתגר דומה עומד בפני כימאים אורגניים כאשר הם נדרשים למצוא את הדרך הסינטטית הטובה ביותר, תוך שימוש בכלל התגובות הכימיות הידועות לקבלת חומר רצוי מסוים.
בדיוק כמו הבלשים שמתייצבים כדי לפענח את זירת הפשע הכימאים האורגניים מפתחים את הדרך להכנת החומר הרצוי (מולקולת המטרה), תוך שימוש בשיטת חשיבה הנקראת חשיבה לאחור.

	חשיבה בלשית - פתרון תעלומה בעזרת חשיבה לאחור	רטרוסינתזה – תכנון מולקולת מטרה בעזרת חשיבה לאחור
נקודת המוצא	זירת הפשע, זירת ההתרחשות שאותה צריך לחקור ולפענח	מולקולת המטרה שאותה נרצה להכין.
יעד	ניתוח זירת הפשע, לצורך מציאת הפושע הבנת הנסיבות שהובילו לאירוע שיחזור האירוע שהתרחש	ניתוח מולקולת המטרה ומציאת חומרי המוצא והתנאים שבהם יגיבו יחד ליצירת החומר הרצוי
דרך	פירוק של זירת הפשע לחלקים המרכיבים אותה נסיון למצוא קצוות של חוט רמזים בזירת הפשע שיעידו על מה שהתרחש המניעים למתרחש: רקע פלילי, רקע לאומני, נסיון לשוד שהסתיים ברצח ועוד...	פירוק המולקולה לחומרי מוצא פשוטים יותר ויותר עד לקבלת חומרי מוצא זמינים מסחרית.
דרכים לחקירה	מציאת טביעות אצבעות וזיהויין מציאת עדויות נוספות בזירת הפשע כגון קרעי בגדים סמני גלגלים וכו'. מציאת עדי ראיה וחקירתם בניית קלסתרון של הפושע, חיפוש קלסתרון דומה במאגר ומציאת חשודים בפשע חקירת החשודים ושיחזור של הפשע בזירת הפשע.	חיתוך של המולקולה במקומות שונים. חיפוש ראקציות שמשמרות את תכונות החיתוך יצרת של מולקולה בעלת קצה טעון חיובי, ומולקולה בעלת קצה טעון שלילי. יצירת סינתונים – הקלסתרון של המולקולות חיפוש במאגר ומציאת אקוויוולנטים – מולקולות שקיימות במציאות ומשמרות את תכונות הסינתונים מציאת תגובה שמאפשרת חיבור החלקים

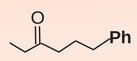
לאחר שהצגנו את העקרונות של גישת הרטרוסינתזה, נדגים כיצד כימאים אורגניים משתמשים בחשיבה זו כאשר הם מחפשים דרך להכנת מולקולה אורגנית חדשה - קטון ארומטי.

רטרוסינתזה

קטון ארומטי - המולקולה אותה אנו רוצים לסנתז - זירת הפשע אותה צריך לחקור



או בקיצור

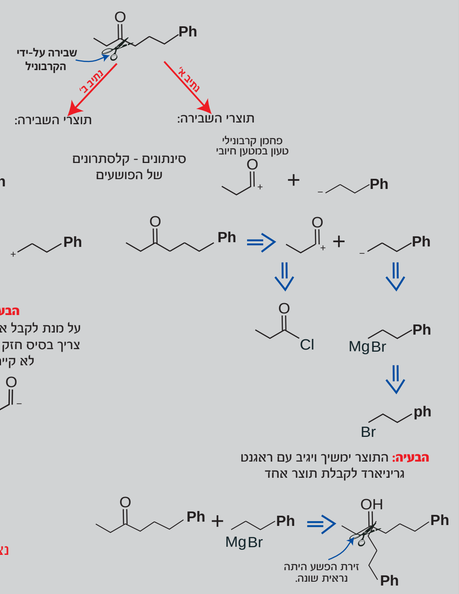


מקרא

- סימון לרטרוסינתזה סינתזה לאחור כלומר, אילו מגיבים יכולים לתת את החומר הרצוי
- מטען שלילי
- מטען חיובי

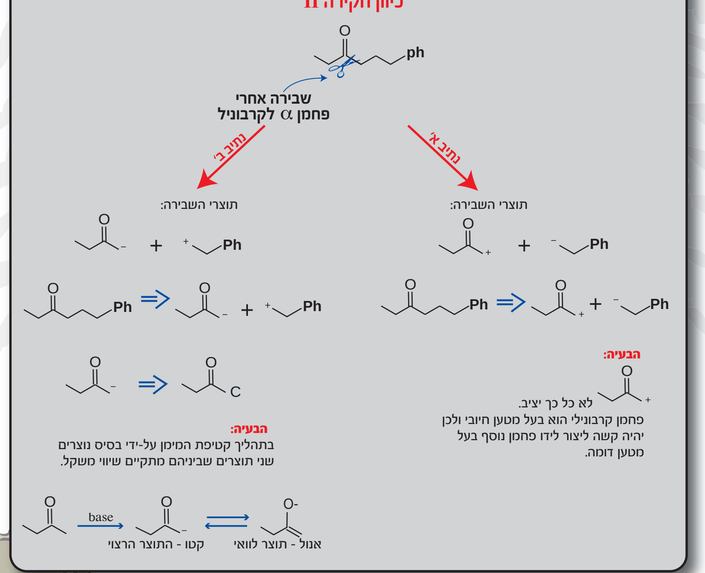
נפרק את המולקולה לשני חלקים.
נחפש קבוצה פוטנציאלית שמשפיעה על המטענים של שני החלקים.

כיוון חקירה I



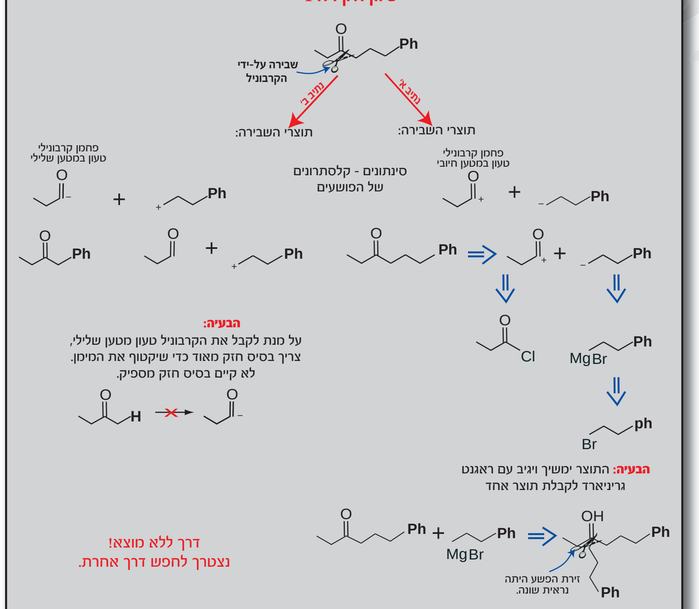
נסה להתרחק מעט מהקבוצה הפונקציונלית ולשבור את המולקולה אחרי הפחמן שקרוב לקרבוניל.

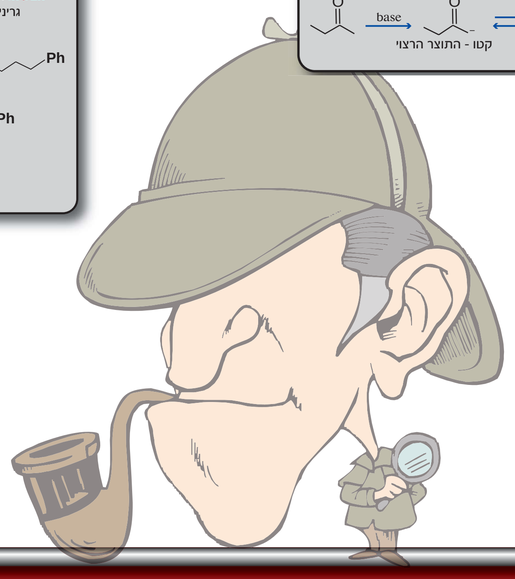
כיוון חקירה II



נפרק את המולקולה לשני חלקים.
נחפש קבוצה פוטנציאלית שמשפיעה על המטענים של שני החלקים.

כיוון חקירה I





סיכום:
הפוסטר חשף שיטה חדשה וייחודית למעקב אחרי התרחשות סינתזה של מולקולה - רטרוסינתזה.
יישום התהליך דורש מהכימאי, בנוסף לידע, יצירתיות וגמישות מחשבתית הדומה לתהליך של פיצוח תעלומה בלשית.
המאמץ המחשבתי הרב המושקע בתהליך בא על שכרו בסיפוק הגדול שיש לכימאי/לבלש כאשר הוא מצליח.

הפוסטר הוכן בעקבות הקורס: Prof. Alfred Hassner (2008-2009) Advanced Methods in Organic Synthesis
סדנה בכימיה אורגנית – ד"ר יניב ברדה, המחלקה לכימיה אורגנית, מכון ויצמן למדע
התאמה לשדה החינוכי – ד"ר רון בלונדר, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

כל קובץ המועלה למרכז משאבים וירטואלי בהוראת המדעים והמתמטיקה נועד אך ורק לשימושם האישי של מורים למתמטיקה, פיזיקה, כימיה וביולוגיה ולהוראה בכיתותיהם