

# יצירת מערכים מסודרים של ננו חלקיקי זהב באמצעות מערכות מקרוציקליות מסוג תיובבוסוריל

מגיש : עמירם מויאל

בהנחיית ד"ר עופר ריעני ופרופ' טאלב מוקארי

מטרת הפרויקט

ננו-חלקיקים , שיטות הכנה , סמיתיו-במבוסוריל

מתודולוגיה

ניסוי תוצאות ודיון

מסקנות

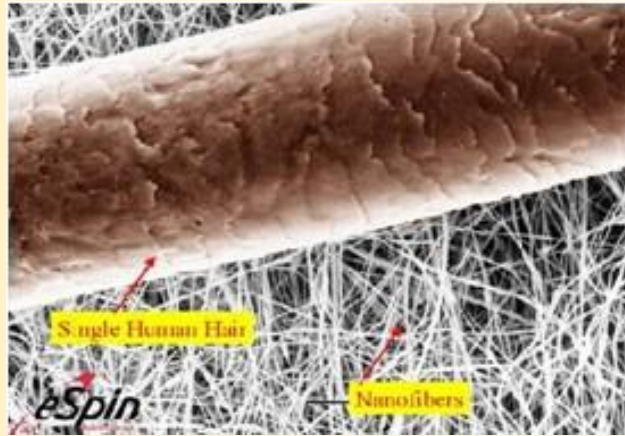
# מטרת הפרויקט

**יצירת מערכי ננו חלקיקי-זהב באמצעות מערכות מקרוציקליות  
מסוג תיובמוסוריל**

## הפרויקט מתחלק לשתי מטרות עיקריות:

1. הכנת ננו חלקיקי זהב בפאזה אורגנית בעלי התפלגות קוטר חלקיקים צרה.
2. יצירת מערכים מסודרים של ננו חלקיקי זהב בנוכחות מולקולות סמיתיו-במבוסוריל.

# ננו חלקיקים



חלקיקים שגודלם בין 1 ל-100 ננומטר

תחום המגשר בין המימד המולקולרי למקרוסקופי

העלאת היחס בין מספר האטומים על פני-שטח החלקיק לאלו הנמצאים בתוך החלקיק גורמים לשינויים דרסטיים בתכונות הכימיות והפיסיקליות של החומר

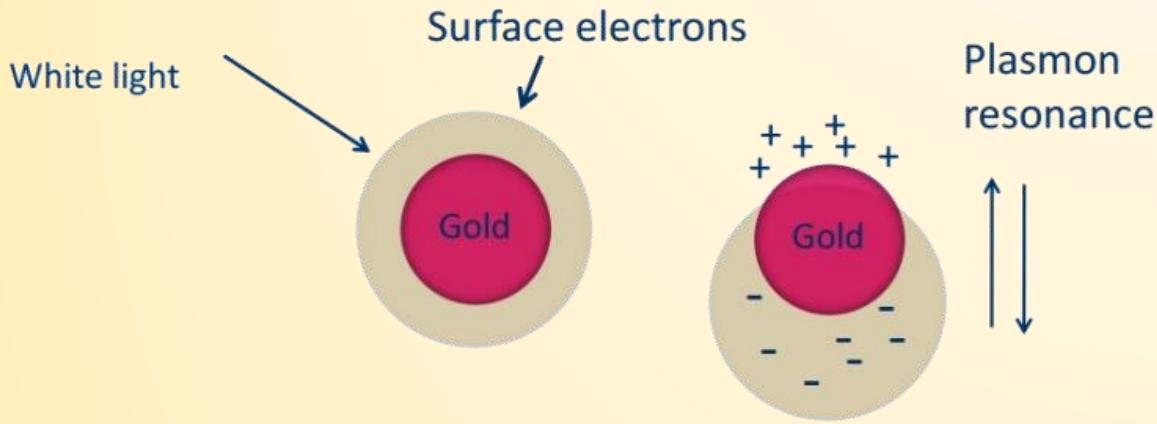


m.p (AuNPs 1.6 nm)= 350 °C

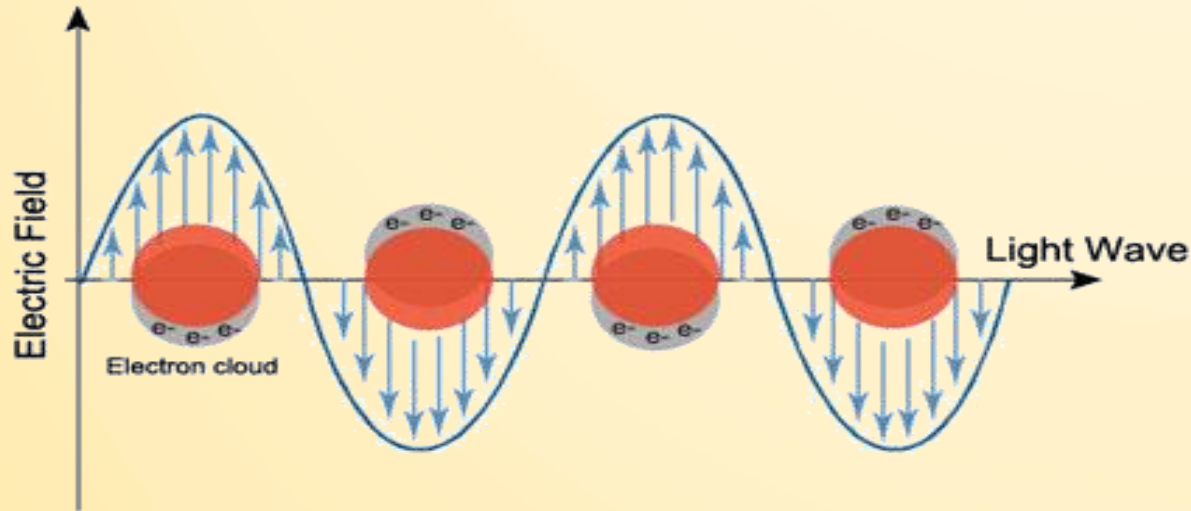


m.p = 1064 °C

# אפקט הפלסמון

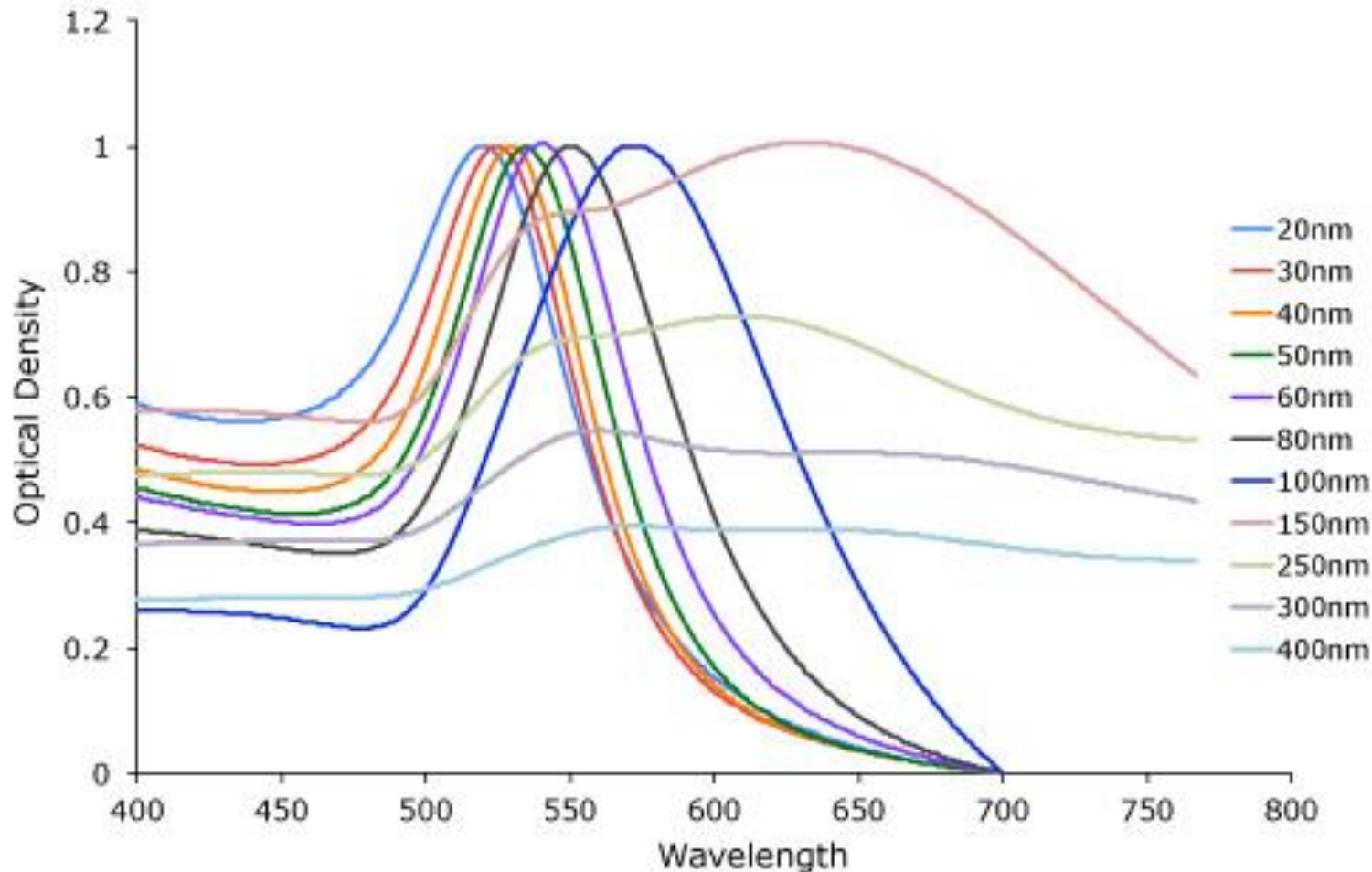


□ ענן אלקטרונים לא מאותרים על פני שטח החלקיק נעים בתנועה מסונכרנת, בתדירות מסוימת



□ אור באותו אורך גל פוגע במתכת ונבלע על ידי ענן האלקטרונים. האלקטרונים מפזרים חלק מהאנרגיה בתדירות שונה המוחזרת לעיני הצופה בתהליך היוצר רזוננס.

# אפקט הפלסמון



ככל שקוטר החלקיק קטן כך תדירות תנועת האלקטרונים גדלה ונקבל פלסמון באורכי גל קצרים יותר

רוחב פס הבליעה מעיד בן היתר על התפלגות קוטר החלקיק בתמיסה

# הכנת ננו חלקיקים

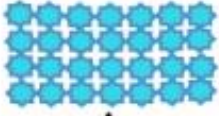
Top down



Bulk



Powder



Nanoparticles

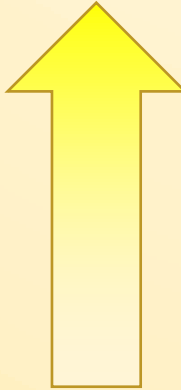
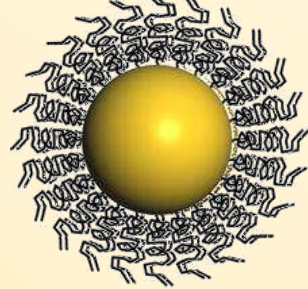
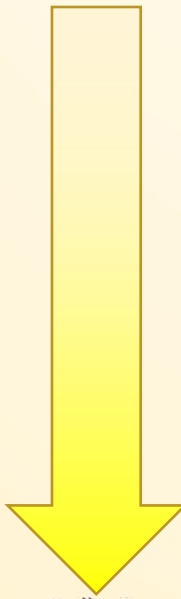


Clusters



Atoms

Bottom up



## מלמעלה למטה

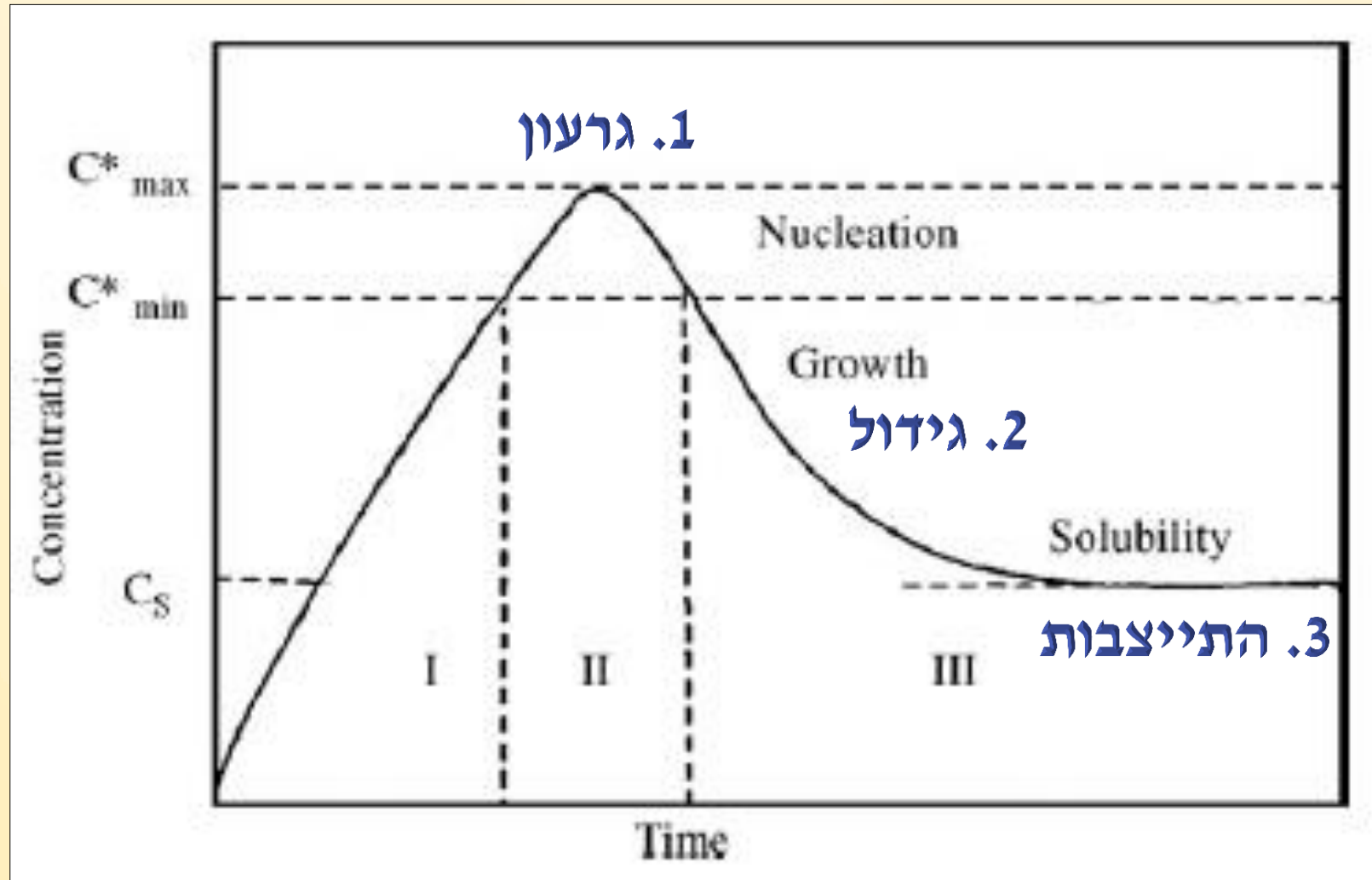
הקטנת החומר באמצעות פעולות מכאניות כגון קילוף, כתישה, טחינה וחיתוך

## מלמטה למעלה

סידור מולקולות ואטומים באופן מכוון לצורה ולגודל הנדרשים באמצעות העברתם לסביבה מתאימה

# הפקת ננו חלקיקי זהב בגישת "מלמטה למעלה"

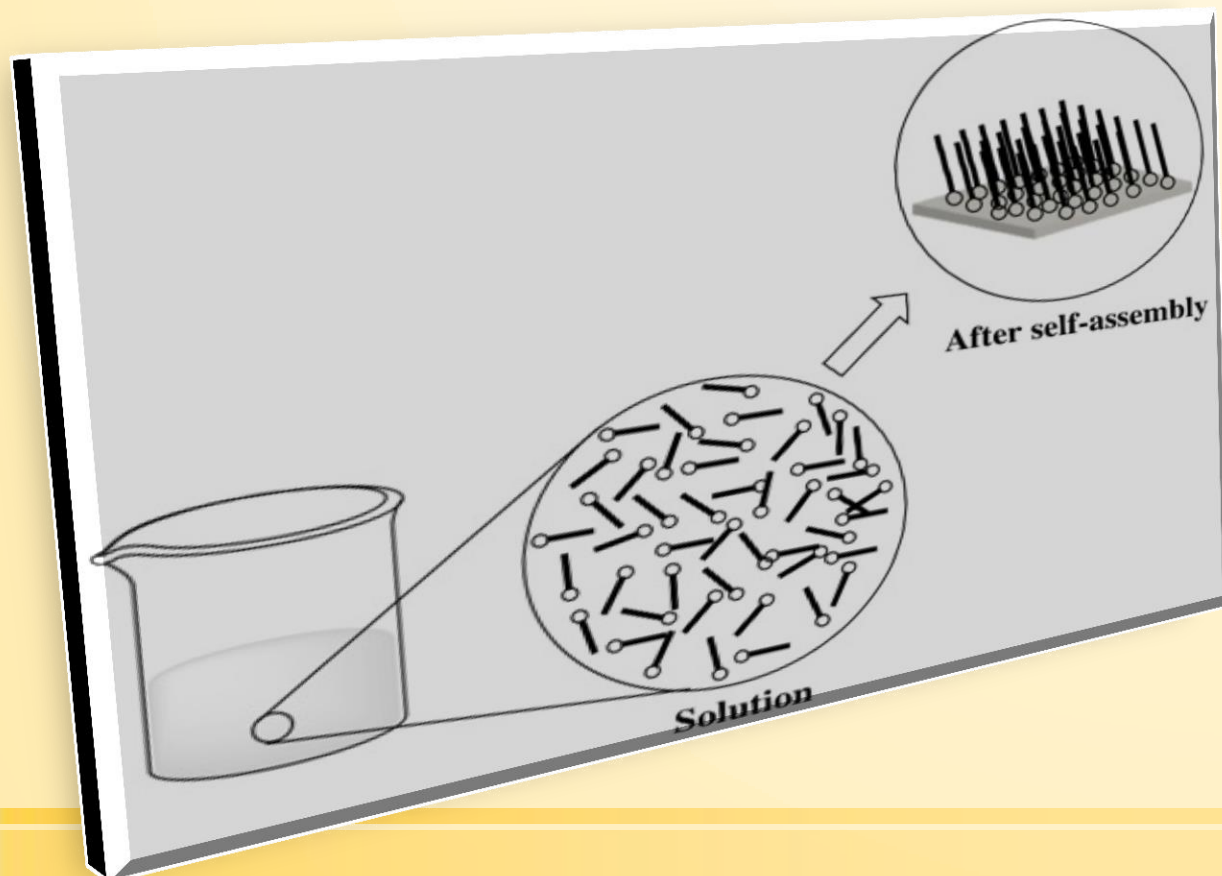
תהליך הגידול מחולק לשלושה שלבים





# הרכבה עצמית - assemblies

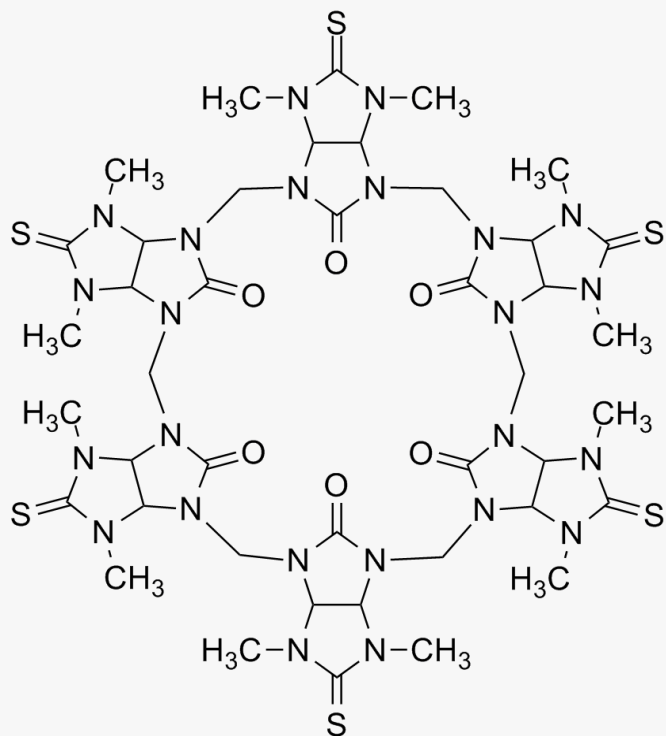
שיטה ליצירת מבנה מסודר מתוך קבוצה של ננו חלקיקים לא מסודרים, תוך ניצול אינטראקציות מקומיות או כתוצאה מהשפעות סביבתיות הגורמות למערכת החלקיקים להסתדר באופן מאורגן.



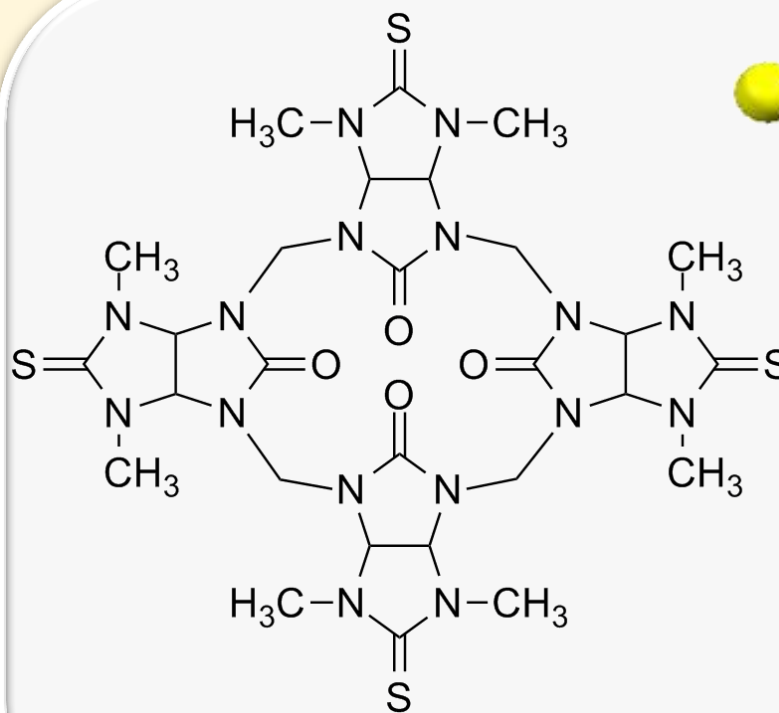
באמצעות טכניקה זו ננסה  
ליצור מערכים מסודרים של  
ננו חלקיקי זהב בנוכחות  
סמיתיו-במבוסוריל

# סמיתיו- במבוסוריל

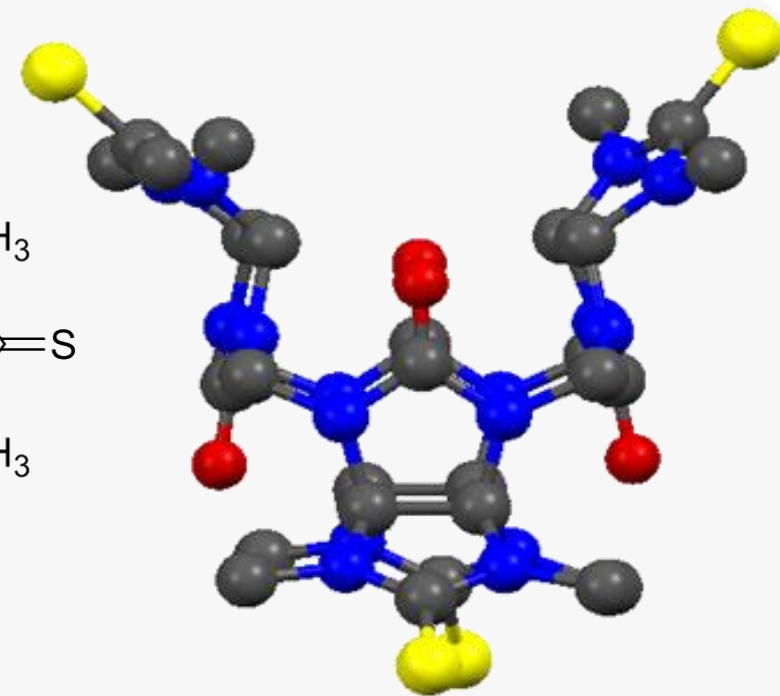
מערכות מקרוציקליות מארחות המורכבות מיחידות סמיתיו-גליקולאוריל המחוברות אחת לשנייה באמצעות גשר מתילני יחיד



סמיתיו – במבוסוריל [6]



סמיתיו – במבוסוריל [4]



# תכונות ייחודיות ליישומים בתחום הננו חומרים

קשירה ייחודית וסלקטיבית של יוני מתכות  
ואינטראקציה עם פני שטח של מתכות

מסיסות גבוהה בממסים אורגניים

מבנה כלובי המאפשר קישור של אניונים  
בחלל המערכת המקרוציקלית

מערכת מקרוציקלית מארחת  
בעלת מבנה יציב וקשיח

# מתודולוגיה

## שלב ראשון:

1. הכנת ננו חלקיקי זהב בהתפלגות גודל חלקיקים צרה
2. אפיון החלקיקים:  
□ אנליזות בספקטרופוטומטר UV-Vis ובמיקרוסקופ אלקטרוניס חודר-TEM

## שלב שני:

1. המסה של סמיתיו במבוסוריל
2. הגבה בין חלקיקי הזהב וסמיתיו – במבוסוריל
3. אפיון החלקיקים לאחר התגובה:  
□ אנליזות בספקטרופוטומטר UV-Vis ובמיקרוסקופ אלקטרוניס חודר-TEM

# מכשור לאפיון החלקיקים

## ספקטרופוטומטר

מכשיר למדידת בליעת האור של החומר הנבדק באורכי גל שונים. במעבדה השתמשתי ספקטרופוטומטר המודד בתחום האור הנראה והעל סגול. הנתונים הספקטריים שהתקבלו מהמדידות אפשר הסקת מסקנות בזמן אמת לגבי הצלחת הניסוי ומידע אודות גודל החלקיקים הננומטריים והתפלגותם בהתאם למיקום פס הבליעה וצורתו של השיא שהתקבל

## מיקרוסקופ אלקטרוני חודר – TEM (transmission electron microscopy)

מיקרוסקופ המבוסס על סריקת פני שטח הדגימה באמצעות קרן אלקטרוני. מאפשר להפיק תמונות ברזולוציה גבוהה מאוד מדגימות של חלקיקי זהב ננומטריים ובכך לבחון את המבנה והסידור של חלקיקי הזהב

ניסוי

תוצאות ודיון

# הכנת ננו חלקיקי זהב בפאזה אורגנית

## שיטה שנייה

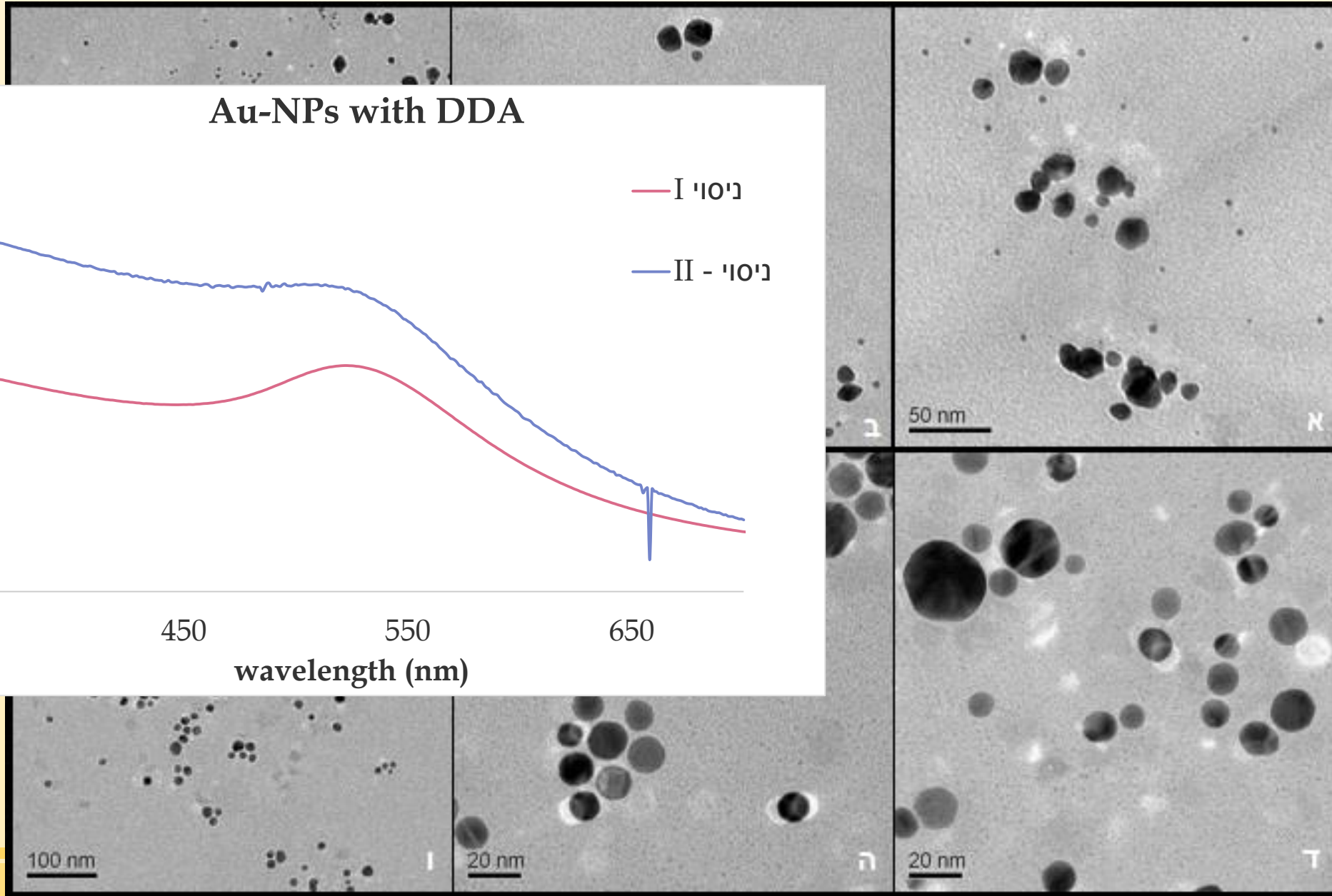
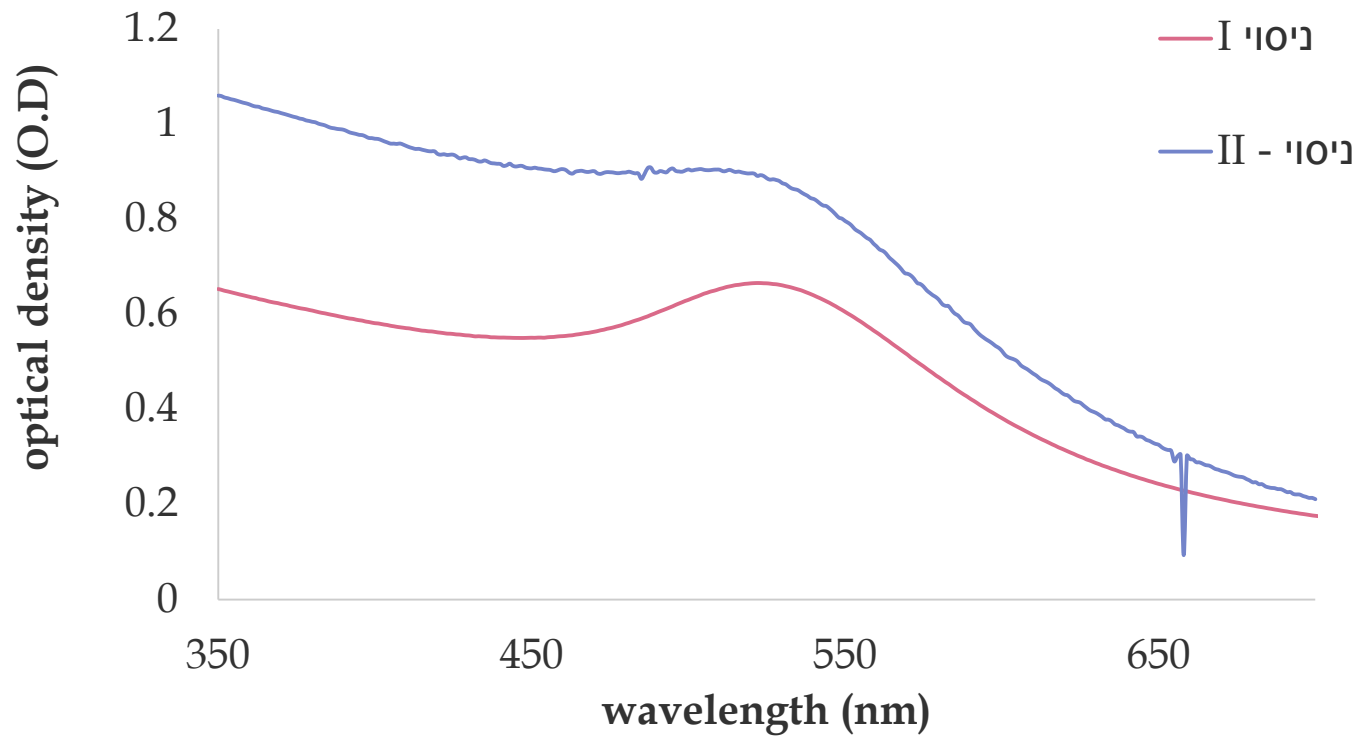


## שיטה ראשונה



# הכנת ננו חלקיקי זהב

Au-NPs with DDA



ne

לי

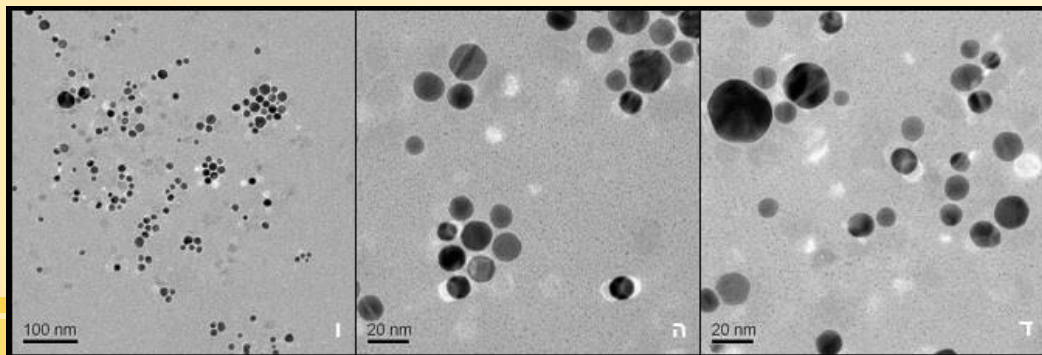
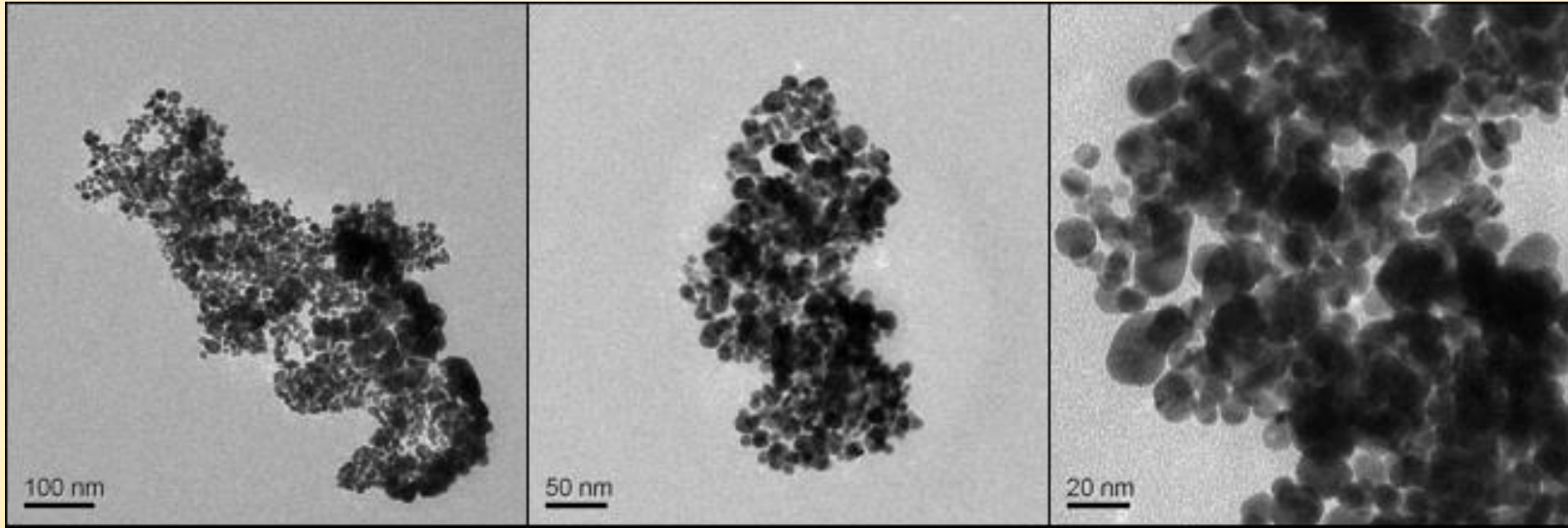
חיזור ב

והמסת



# תגובה ראשונית

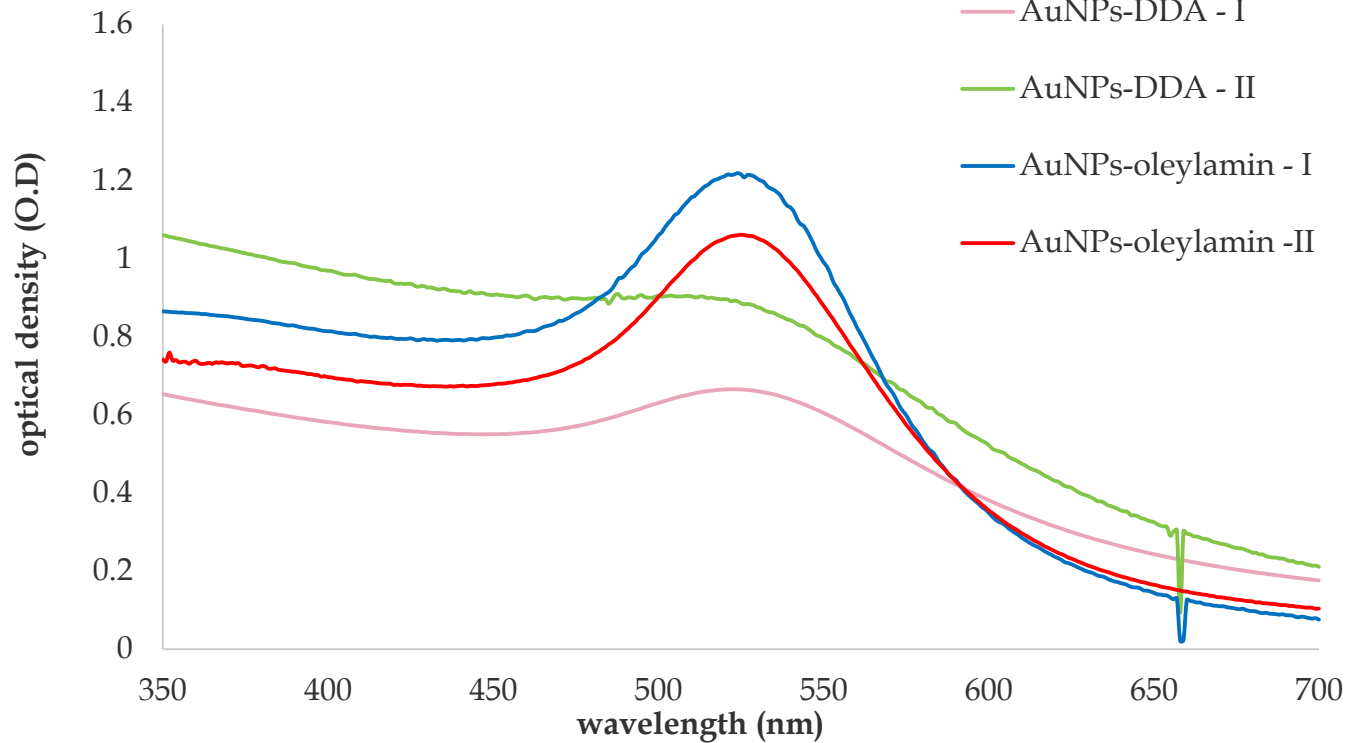
ננו חלקיקי זהב בנוכחות DDA עם סמיתיו- במבוסוריל[4]



זיקה גבוהה לקבוצות התיוקרבוניל

# הכנת ננו חלקיקי זהב בפאזה אורגנית

Au-NPs with oleylamin(70%)



המסה  $\text{HAuCl}_4$   
באולילאמין (70%)

Reflex  
1h , 120°C

שיקוע עם מתנול  
והמסה חוזרת עם כלורופורם

# תוצאות החלק הראשון – הכנת ננו חלקיקי זהב

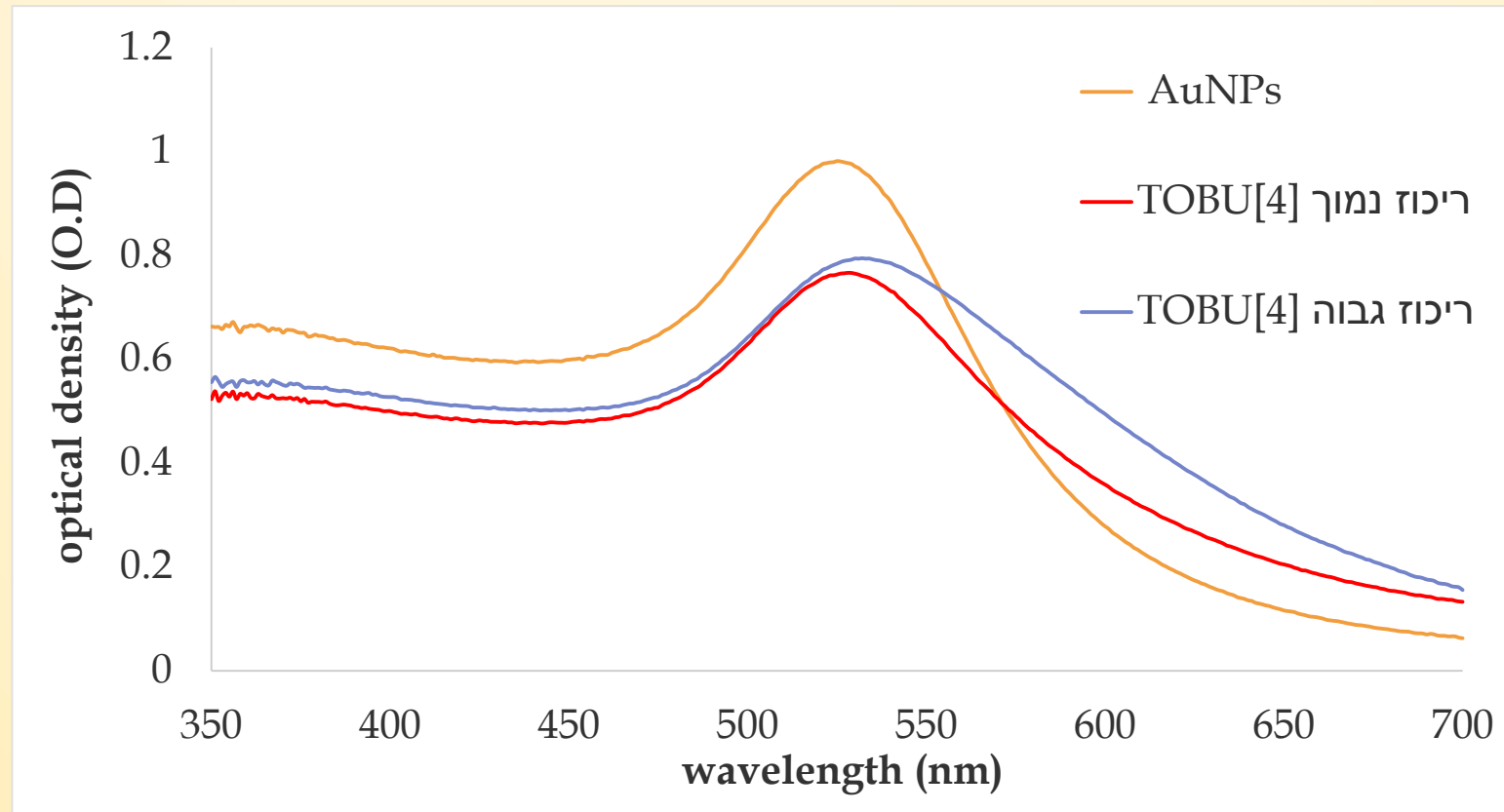
□ נבחרה שיטת הכנה בה התקבלו חלקיקי זהב בגאומטריה כדורית ובהתפלגות טובה

□ נבדקה יציבות תמיסת חלקיקי הזהב - יציבה גם לאחר שבוע ימים

□ בתגובת היתכנות ראינו כי ישנה זיקה גבוהה בין הסמיתיו-במבוסוריל[4] לחלקיקי הזהב

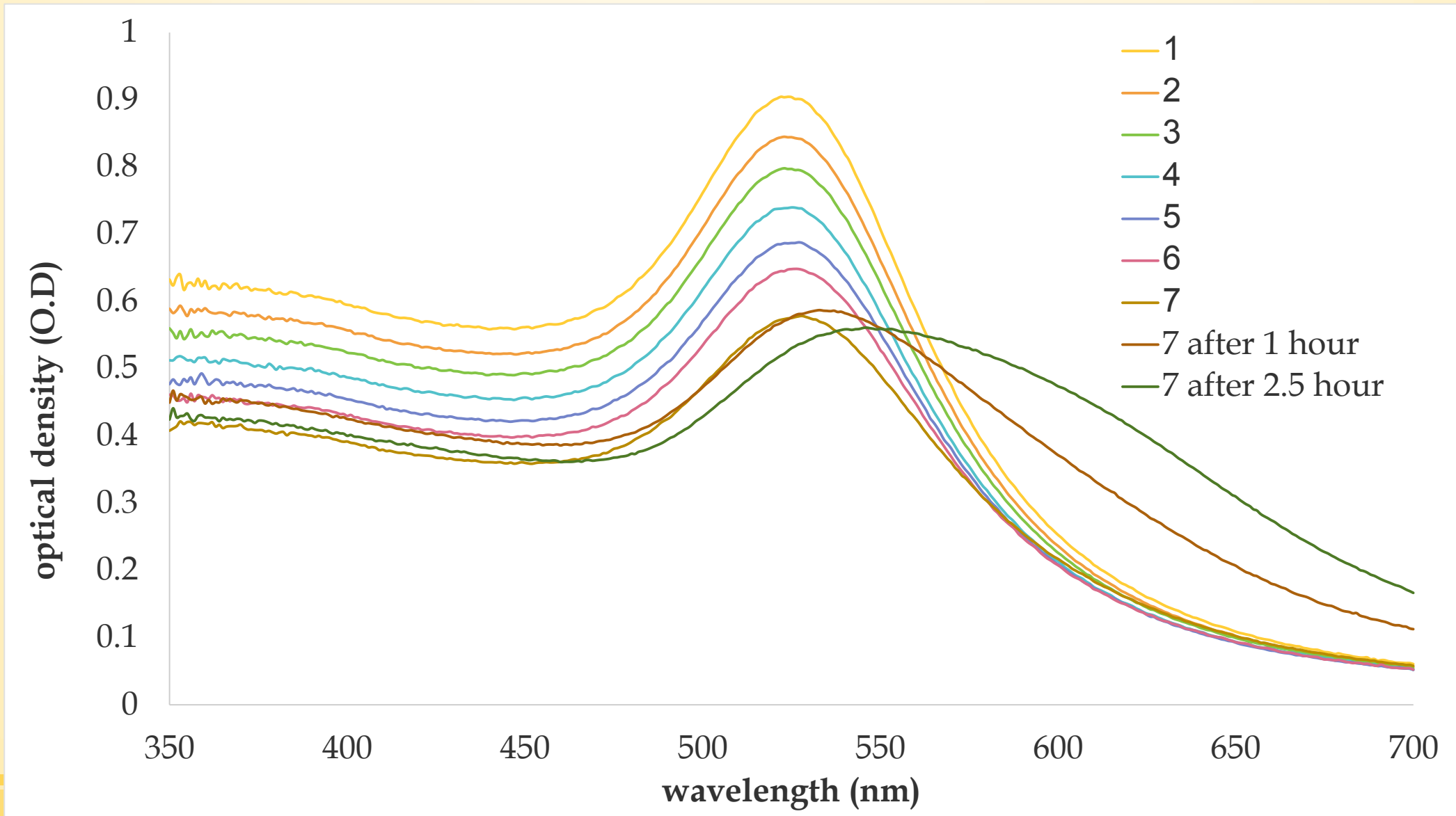
# ניסוי ראשון ליצירת מערכים מסודרים

תגובה בין תמיסת זהב בריכוז קבוע לבין TOBU[4]  
בריכוז גבוה (38nmol)    וריכוז נמוך (7 nmol)

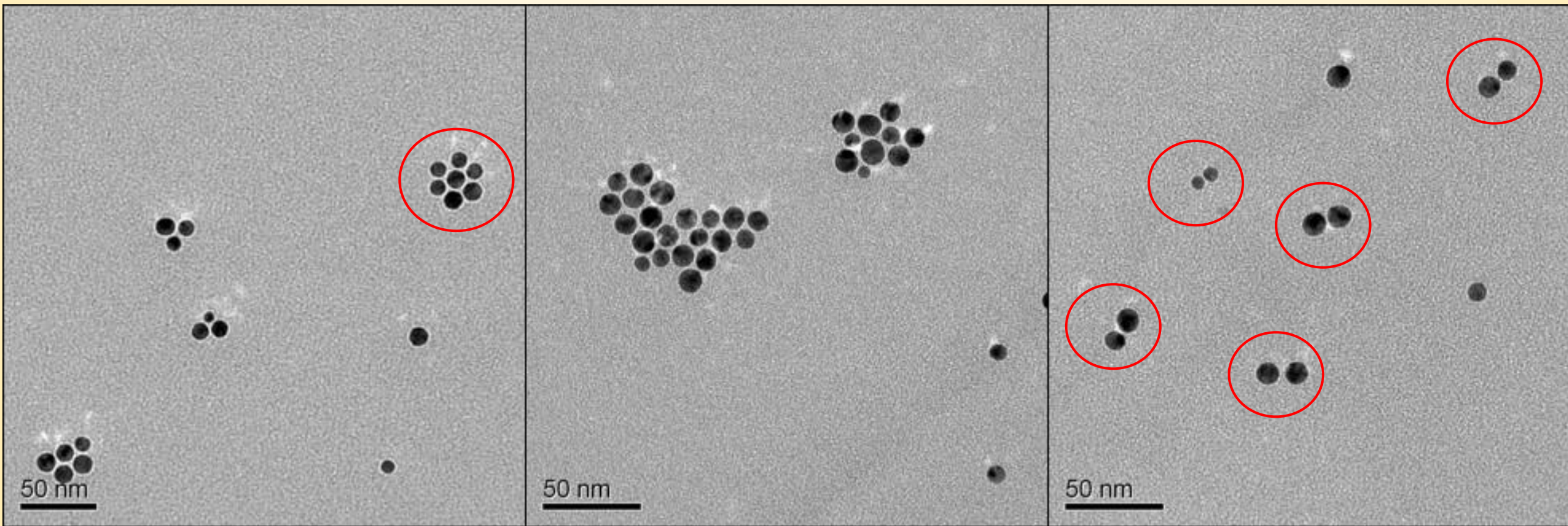


הסטה לאדום בריכוז גבוה של TOBU[4]

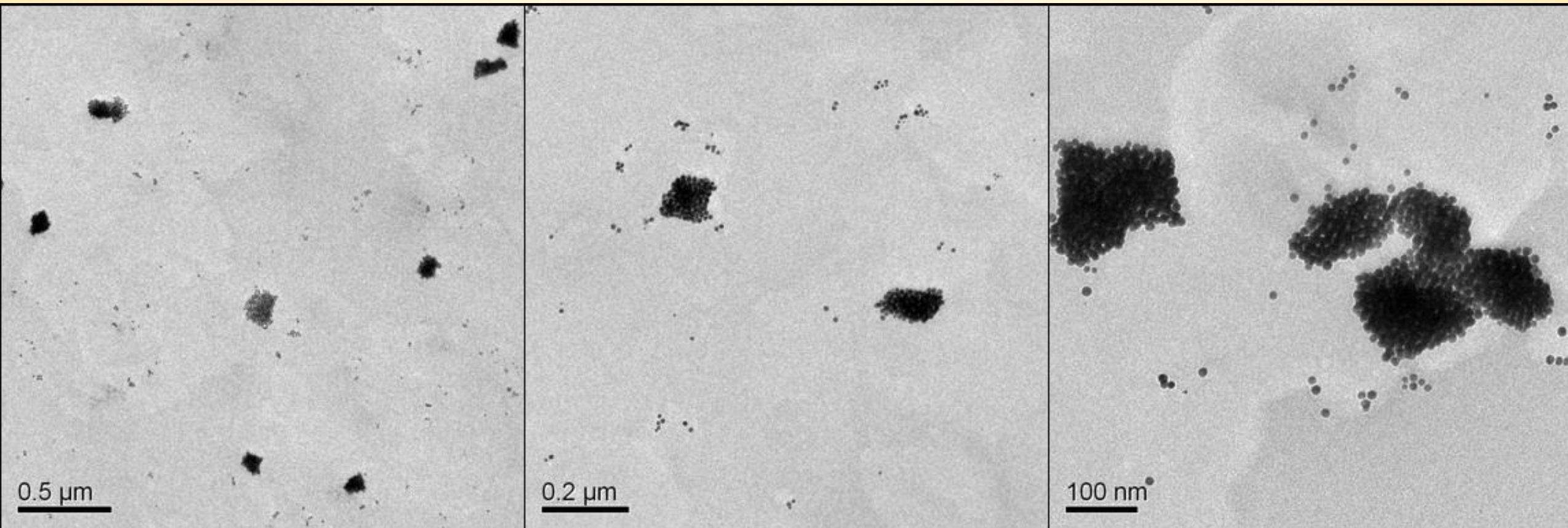
# תגובה בין תמיסת זהב לבין TOBU[4] בריכוזים משתנים



# ניסוי מספר 3



# ניסוי מספר 7



קבלת צברים המפוזרים בצורה אקראית בתמיסה מהווה הוכחה כי אלו לא נוצרו בצורה ספונטנית אלא כתוצאה ממולקולת סמיתיו-במבוסוריל[4]

# סיכום הניסוי

ההצלחה ליצור אגרגטים מפוזרים באמצעות מולקולת במבוסוריל

מהווה בסיס טוב להמשך המחקר במציאת תנאי תגובה ויחס ריכוזים

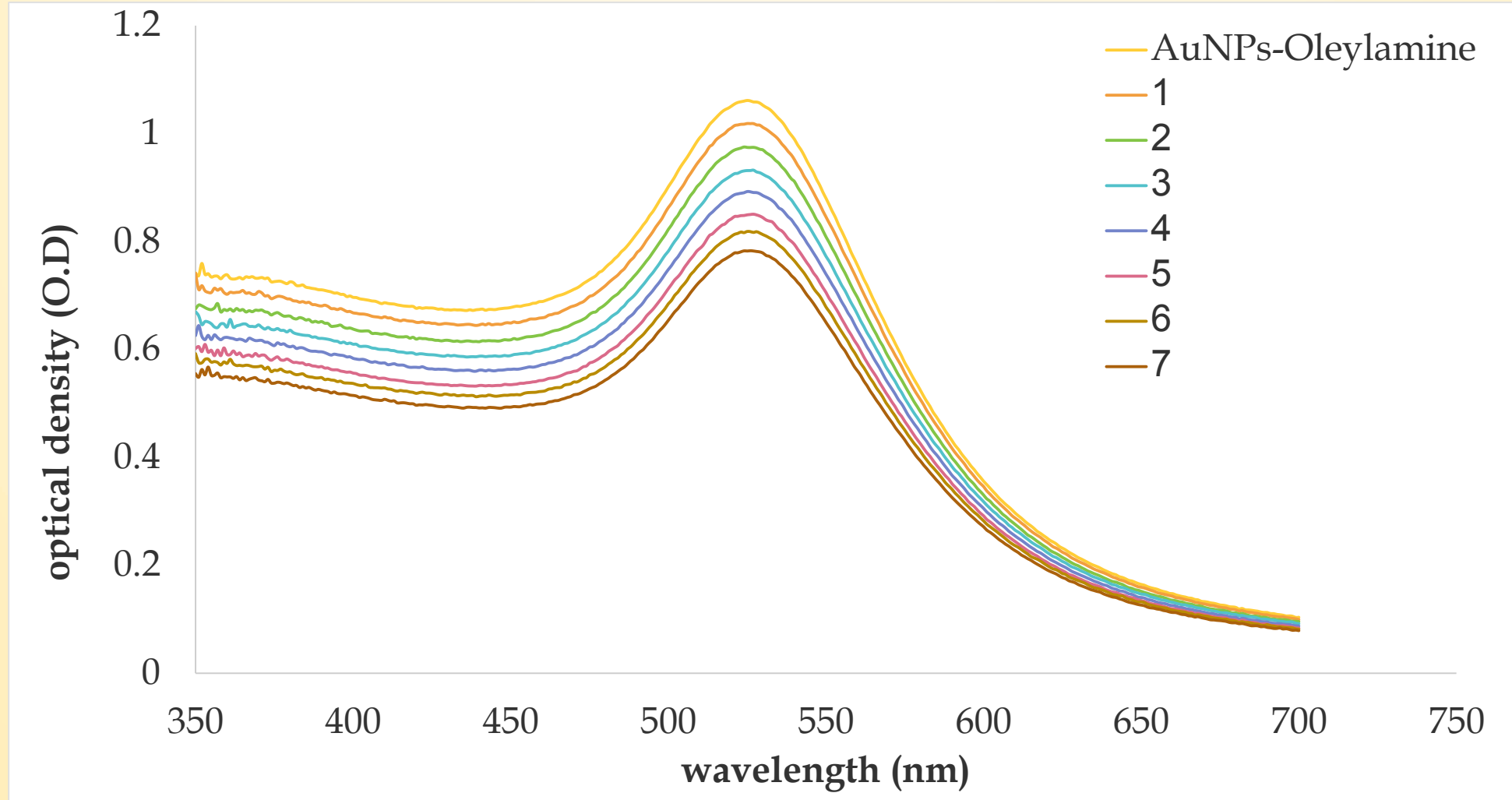
אופטימליים על מנת להגיע ליכולת שליטה ובקרה ביצרת צברים אלו וכך

ליצור מערכים מסודרים.



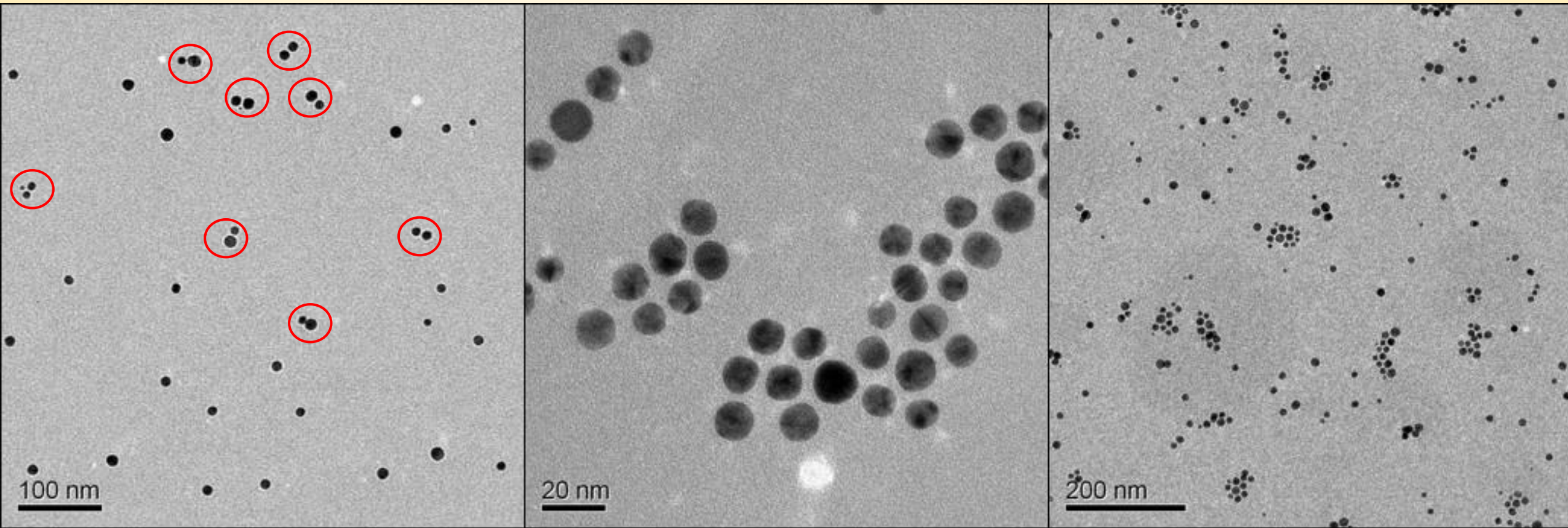
# שחזור הניסוי

לאור ההצלחה בניסוי הקודם התמקדנו בניסיון לשחזר את הניסוי



לאחר שחזור הניסוי לא התקבלו תוצאות זהות

# אנליזת TEM לניסוי השחזור 1, 3, 7



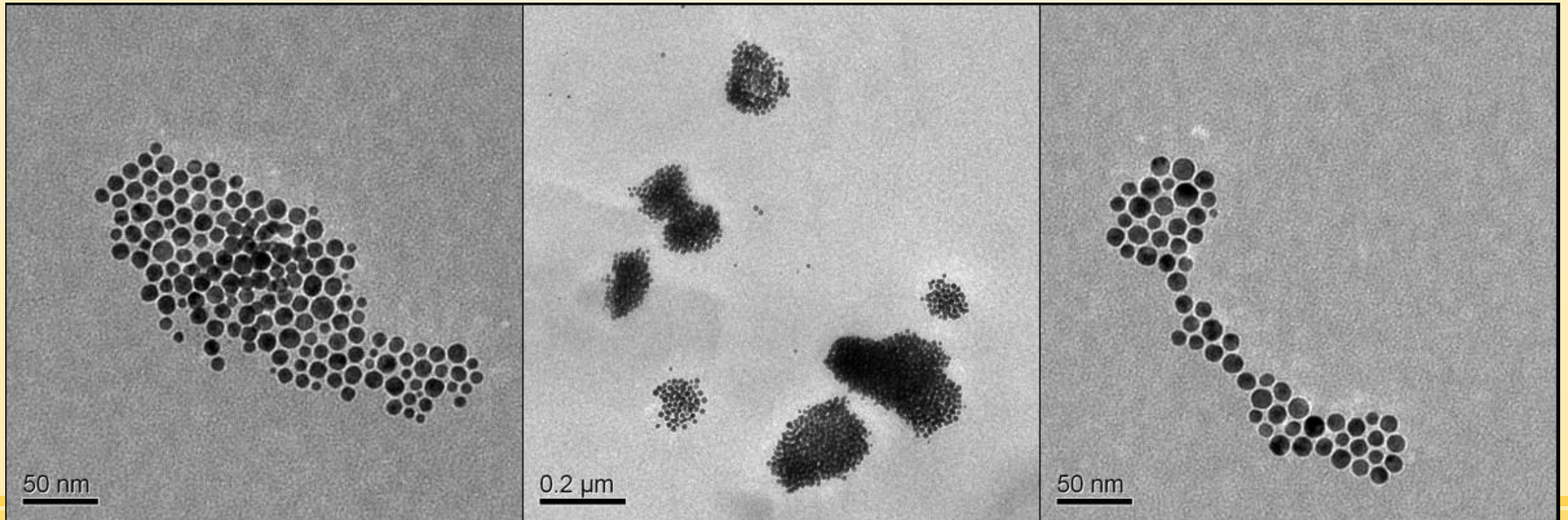
לא הצלחנו לשחזר את הניסוי הקודם

אך גם בניסוי זה ישנם אינטרקציות הנובעות מנוכחות של סמיתיו- במבוסוריל[4]

# ניסוי המסה ותגובה של סמיתיו-במבוסוריל[6]

□ המסה בכלורופורם – תמיסה עכורה ולאחר שבוע התקבלה המסה מלאה ותמיסה צלולה

## ניסוי הגבה בין ננו חלקיקי זהב לסמיתיו במבוסוריל[6]



# מסקנות

הצלחנו לעמוד במטרה הראשונה שהצבנו לעצמנו בתחילת הפרויקט:

שיטת הכנה של ננו חלקיקי זהב בפאזה אורגנית בקוטר 10 nm בהתפלגות צרה בעלי גאומטריה מוגדרת

המטרה השנייה, יצירת מערכי ננו חלקיקי-זהב באמצעות מערכות מקרוציקליות מסוג תיובמבוסוריל לא הושגה במלואה אולם הושגה התקדמות ניכרת בפרויקט מחקר זה בדרך להשגת המטרה.

ישנה העדפה ברורה של ננו חלקיקי זהב לקבוצת התיוקרבוניל מאשר לליגנד האולילאמין

נצפו דימרים רבים של ננו חלקיקי זהב לאחר התגובה עם סמיתיו במבוסוריל[4]

**תגובה בין סמיתיו-במבוסוריל[4] לננו חלקיקי זהב גרמה ליצירת צברים המפוזרים באופן אקראי בתמיסה**

הוכחנו את הזיקה הגבוהה של ננו חלקיקי הזהב למערכות סמיתיו-במבוסוריל

הראנו כי ניתן להמיס סמיתיו-במבוסוריל[6] חופשי באמצעות כלורופורם

# נקודות להמשך המחקר ...

**בחינת הקינטיקה - מעקב אחר התגובה בזמן אמת לצורך מציאת יחס אופטימלי בין המערכת המקרוציקלית לננו חלקיקי הזהב**

**ביצוע אופטימיזציה לתנאי התגובה לשיפור השליטה בקבלת מערכים מסודרים**

**חישובים תיאורטיים להסתברות סוג האינטרקציה (קבלת מערך קווי / מערך טטרהדרלי) של חלקיק הזהב עם הסמיתיו-במבוסוריל**

# תודות

לד"ר עופר ריעני על ההנחיה המקצועית והצמודה

לפרופ' טאלב מוקארי על שיתוף הפעולה

לדוקטורנט מחמוד דיאב על עזרה מעשית לאורך כל הפרויקט.