

רקע תיאורטי

<div></div>
מהלך הניסוי:
<ul style="list-style-type: none">יצירת גל מישורי (ע"י ליזר ו Pin Hole). קבלת התמרת פורייה אופטית של מסכות שונות (על בסיס מערכת Telephoto וקירוב Fraunhofer) והשוואה להתמרת פורייה נומרית. ביצוע סינונים אופטיים שונים של תמונה (על בסיס מערכת 4-f).

קוהרנטיות:

קוהרנטיות של גל קובעת עד כמה הייצוג שלו בעזרת פונק' הרמנויות הוא ייצוג אמין, כלומר עד כמה הגל דומה לסינוס בהתקדמותו בזמן ובמרחב.

יצירת גל מישורי:

מקור האור הנדרש בניסוי הוא מקור אור קוהרנטי בצורת גל מישורי.

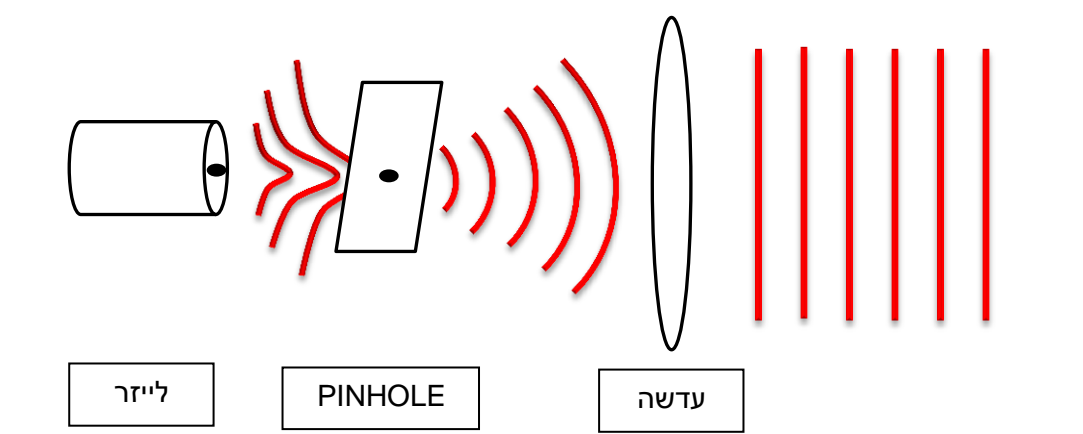
על מנת לייצר מקור כזה משתמשים בלייזר (מקור אור בעל פרופיל עוצמה גאوسي) כדי לקבל מקור אור קוהרנטי.

את הלייזר מעבירים דרך חריר קטן על מנת לסנן פלקטאציות באמפליטודה ובפאזה של הלייזר.

החריר הוא בקירוב מקור אור נקודתי, הפולט גל כדורי, בפועל החריר הוא גלילי ולכן נפלט גל בעל אמפליטודה הפרופורציונית לפונק' בסל.

החריר מוצב במוקד של עדשה מרכזת, כך שרק האונה המרכזית נכנסת אליה.

ולאחר העדשה יתקבל בקירוב גל מישורי.



התמרת פורייה אופטית (קירוב Fraunhofer):

קירוב זה שימושי רחוק מאוד מהמקור, כאשר הוא מואר על ידי גל מישורי.

ע"פ קירוב Fraunhofer כאשר גל מישורי פוגע במסכה, מתקבלת במרחק רחוק מאוד אמפליטודה הפרופורציונלית להתמרת פורייה של המסכה.

התנאי בו הקירוב מתקיים הוא:

r
≫

r

2

λ

{\displaystyle r\gg {\frac {r^{2}}{\lambda }}}

,

כאשר D הוא המרחק מהמסכה, ו- r הוא גודל המפתח של המסכה.

כדי להקל בדרישת המרחק מהמקור ניתן להשתמש בעדשה בעלת מרחק מוקד f ולקבל במוקד העדשה את אותה התמרת פורייה.

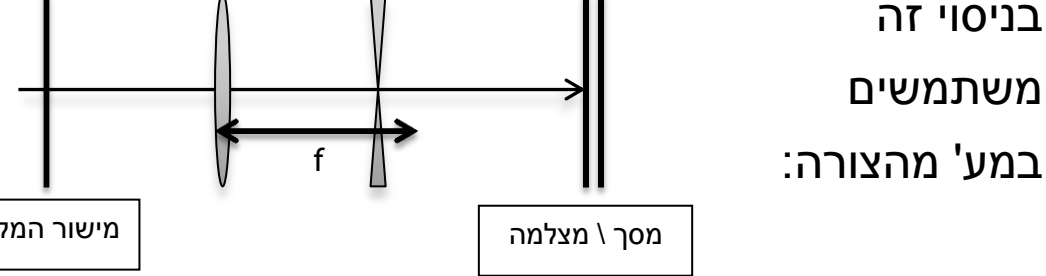
במקרה זה העוצמה המתקבלת היא:

כאשר F היא התמרת פורייה דו מימדית של מישור התמונה ב z=0.

כלומר קיבלנו דרך לבצע התמרת פורייה דו מימדית על ידי מערכת אופטית.

אין משמעות לכיוון התקדמות האור במערכת, ולכן באופן דומה מתקבלת התמרת פוריה הפוכה.

מע' הדמיה אופטית (Telephoto):



ע"פ אופטיקת קרניים לאחר העדשה המרכזת מתקבלת דמות של המקור, תפקיד העדשה המפזרת הוא להגדיל את הדמות כדי שניתן יהיה להבחין בפרטים שלה על חיישן ה CCD.

בניסוי זה המקור הוא גל מישורי העובר דרך מסכות בצורות שונות, והעדשה המרכזת מייצרת התמרת פורייה של המסכה במוקד שלה, לכן נמקם את העדשה המפזרת מעט לפני המוקד.

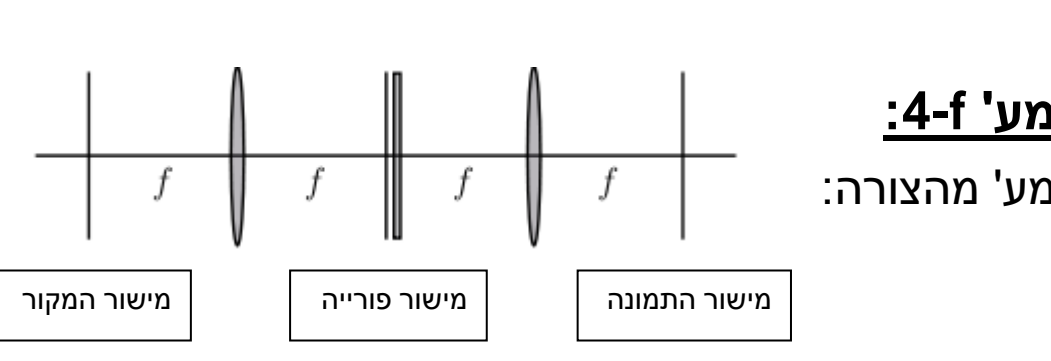
ניסוי אופטיקה קוהרנטית

חלק ב' – מערכת 4-f

בחלק זה של הניסוי מבצעים סינון אופטי של חלק מהתדרים שנמצאים בתמונה מסוימת ע"י מערכת הניסוי הבאה:

מסנים בהם השתמשנו בניסוי:

- Radial LP: מסנן מעביר תדרים נמוכים בלבד – ניתן למימוש ע"י מסכה אטומה (לדוג' פילם שרוף) שבמרכזה חור קטן בצורת עיגול.
- Radial HP: מסנן מעביר תדרים גבוהים בלבד – ניתן למימוש ע"י שקף שבמרכזו עיגול אטום (לדוג' טיפת בדיל).
- Horizontal/Vertical LP: מסנן החוסם את כל התדרים הגבוהים בכיוון אופקי או אנכי בלבד. ממומש ע"י חריץ מתכוונן.



מבנה זה ללא גורם מפריע במישור פורייה היא מע' הדמיה פשוטה שמציגה את המקור במישור התמונה ללא שינוי גודל (כאשר מישור התמונה יציג את המקור במערכת צירים הפוכה).

- החלק השמאלי (מישור מקור ועדשה שמאלית) מייצרים את התמרת פורייה של המקור, ומציגים אותו במישור פורייה.

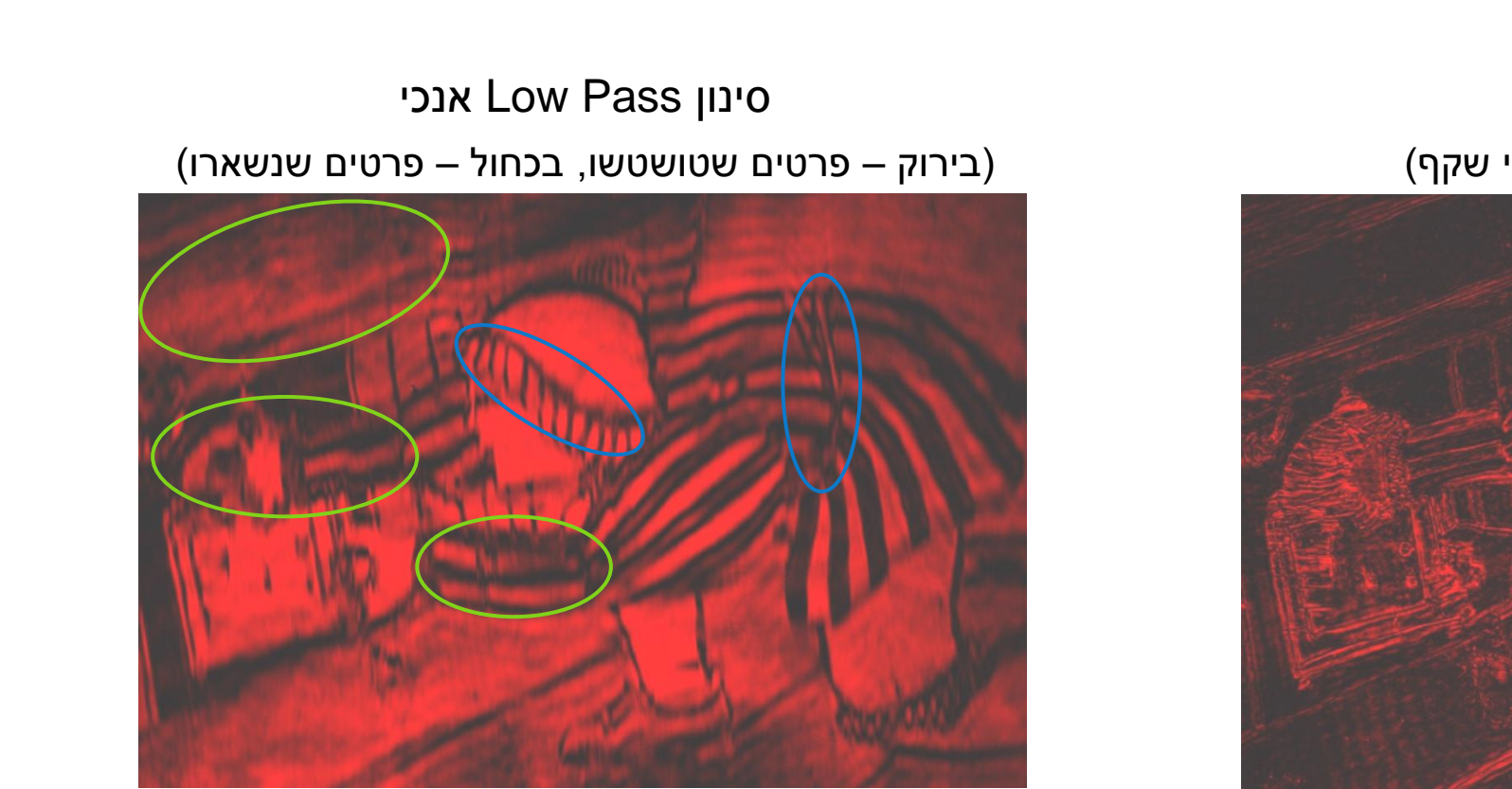
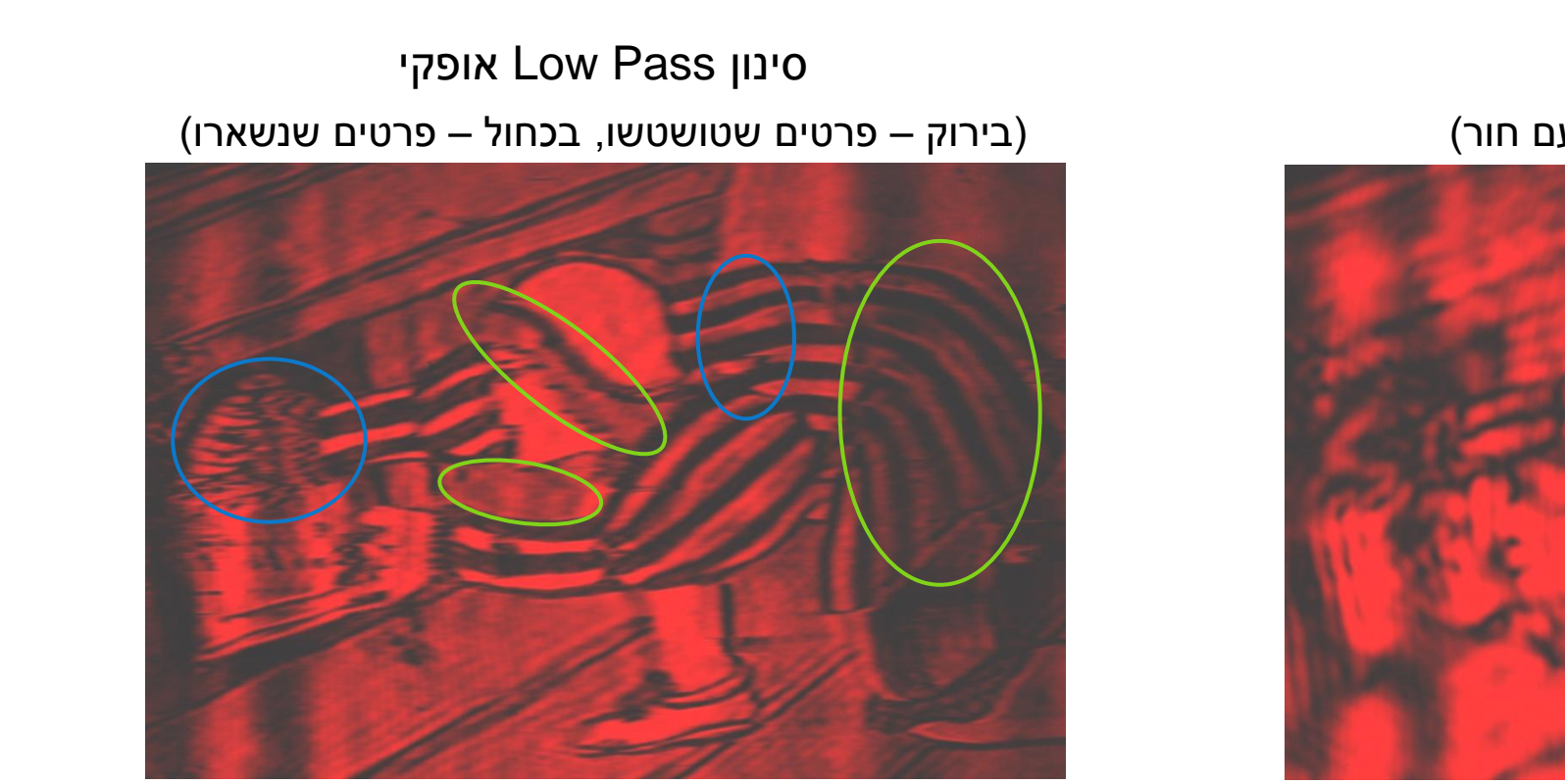
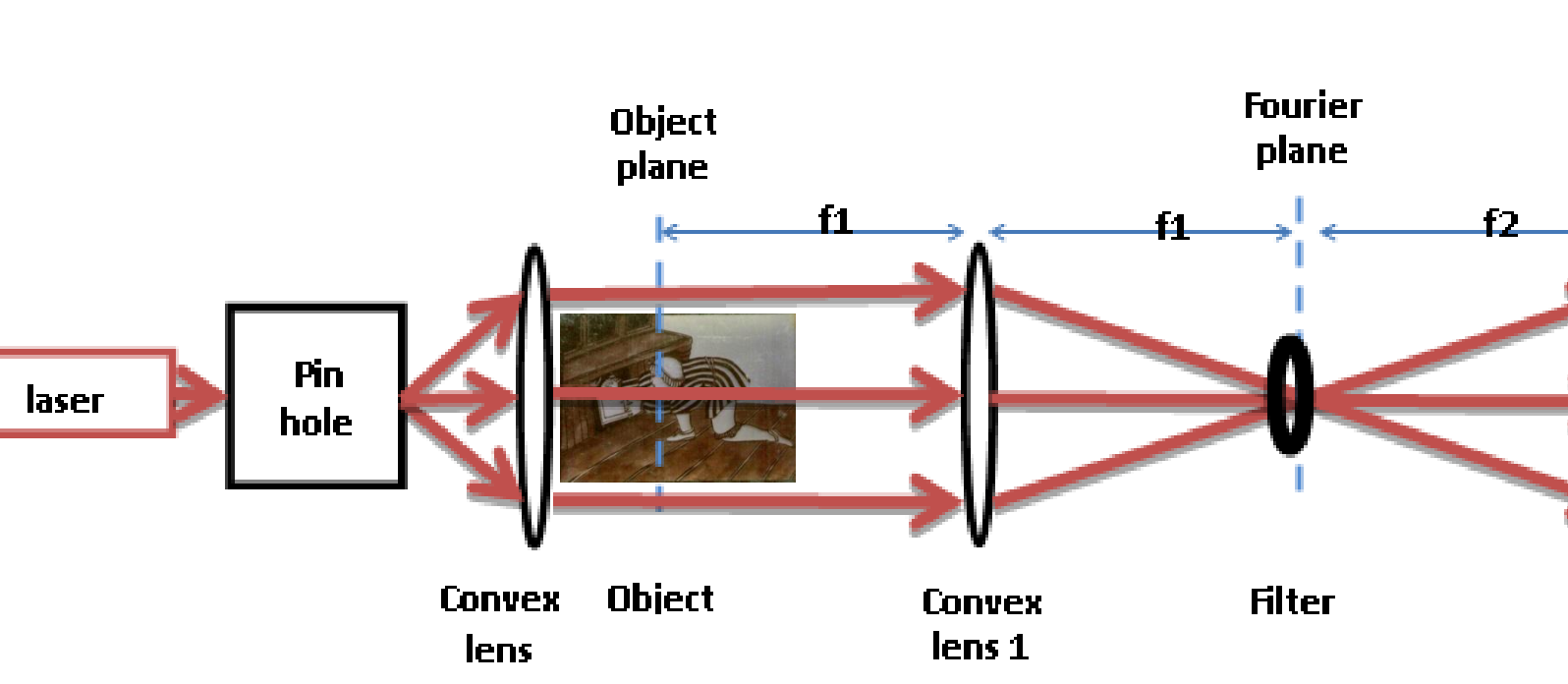
- ניתן לשים במישור פורייה מסנן אופטי וכך לסנן (או להחליש) תדרים מסוימים בתמונת המקור. הפילטר יעבוד על תדרים ע"פ המשוואות:

$$x=\lambda f v_x, \qquad y=\lambda f v_y$$

- החלק הימני (עדשה ימנית ומישור תמונה) מייצרים התמרת פורייה הפוכה של הגלים במישור פורייה.

במישור התמונה מתקבל המקור לאחר סינון.

מגישים: נמרוד ולד, גיא סתת מדריך: לאוניד גילבורד



סיכום ומסקנות

כללי:

- בניסוי זה ראינו ואימתנו את תיאוריית אופטיקת פוריה.
- אופטיקת פורייה נותנת כלי לקבל את התמרת פורייה של תמונה מסוימת.
- האימות של תיאוריית אופטיקת פורייה בוצע ב-2 דרכים:
 - מציאת התמרת פורייה אופטית ע"פ קירוב Fraunhofer.
 - ההתמרה האופטית והשווהה להתמרה נומרית באמעות מחשב.
 - ביצוע סינון מרחבי אופטי במישור פורייה.
- מאמת כי המישור לו קראנו מישור פורייה אכן מכיל חלוקה מרחבית של תדרים הפרוסים ע"פ התיאוריה.

חלק א':

- בחלק זה של הניסוי קיבלנו התמרת פוריה אופטית של מסכות שונות. השוואה איכותית של התוצאות שהתקבלו לתוצאות ההתמרה הנומרית נותנת תאימות גבוהה. מכך ניתן להסיק כי בקירוב Fraunhofer אכן מתקבלת התמרת פורייה במוקד העדשה המרכזת.
- כדי למזער את ההבדלים בין ההתמרה הנומרית לבין ההתמרה האופטית יש לשים לב להטיה של התמונות ולרגישות הגבוהה של המערכת לטיב המסכות (סוג החומר, עובי, אטימות, איכות החיתוכים).

חלק ב':

- בחלק זה של הניסוי ביצענו סינון מרחבי אופטי על תמונה במטרה להוכיח כי המישור לו קראנו מישור פורייה אכן מכיל את התמרת פוריה של התמונה וניתן להשתמש בו כדי לבצע סינון של תדרים.
- מערכת הניסוי בחלק זה רגישה מאוד לסוג המסנן, החומר ממנו הוא עשוי וגודלו (נדרש סדר גודל של חלקי מילימטר), למרות זאת מצאנו כי ניתן לבצע סינון אפקטיבי של תחום התדרים הרצוי, באמצעות המסננים בהם השתמשנו.
- שימוש במסנן Schlieren מאפשר לזהות שינויים בצפיפות התווך בו עובר הגל.

מסקנות:

- ביצוע התמרת פורייה היא פעולה מתמטית מורכבת אשר דורשת זמן חישוב לא מבטל, בניסוי אימתנו כי קיימת אפשרות לקבל את התמרת פורייה של תמונה ללא כל חישוב, ע"י שימוש באמצעים אופטיים.
- סינון במישור פוריה היא פעולה שכיחה, בניסוי הדגמנו כי ניתן לבצע סינון תדרים במישור פורייה ע"י שימוש באמצעים אופטיים בלבד.

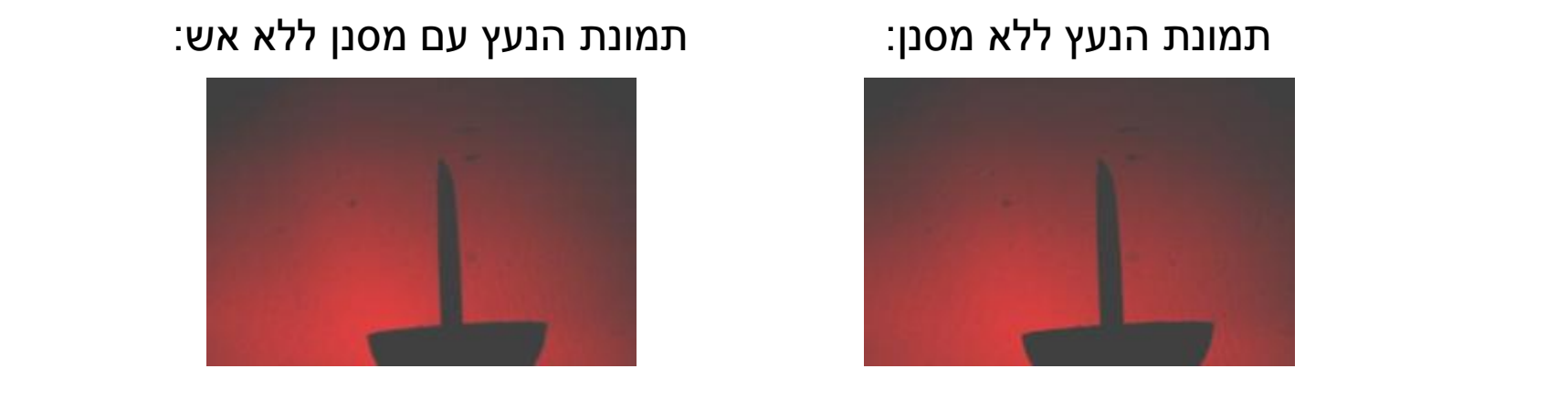
מסן Schlieren

מסנן זה מאפשר צילום של שינויים בתווך בו עוברת קרן (לדוג' קרן אור עוברת בנוזל שיש בו תנועה תרמית).

באופן כללי מכיוון שמקדם השבירה של התווך לא משתנה בצורה משמעותית לא ניתן לקבל תמונה של השינויים.

אם חוסמים חצי מישור פורייה אזי כל האור שלא השתנה עקב הווריאציות בנוזל הוא אות בתדר DC (קרניים מקבילות) ולכן יחסם, כל האור שהשתנה עקב השינויים יגיע בפאזה שונה ולכן יועבר. כך ניתן ע"י מע' 4-f לקבל תמונה של זרימה בנוזל או בגז.

הצבת מסנן Schlieren לאחר נעץ שמתחתיו דולקת אש נותנת את התוצאות הבאות:



רצף תמונות שצולם כאשר האש דולקת:

