

אופטיקה גאומטרית

1

1. אור וצל

2. החזרת אור

3. שבירת אור

4. עדשות

1. אור וצל

מקורות אור

3

- מקור אור – גוף שמאיר (פולט אנרגיה בצורת אור)
- מקור אור נקודתי הוא מקור אור שניתן להזניח את ממדיו בשאלה מסוימת.
- מקורות אור טבעיים: כוכבים, ברקים, אש, גחלילית, דגים.
- מקורות אור מלאכותיים: מנורה, מסך, לייזר.

גופים אטומים ושקופים

4

1. כאשר קרן אור פוגעת בגוף אטום מתרחשות 2 תופעות:

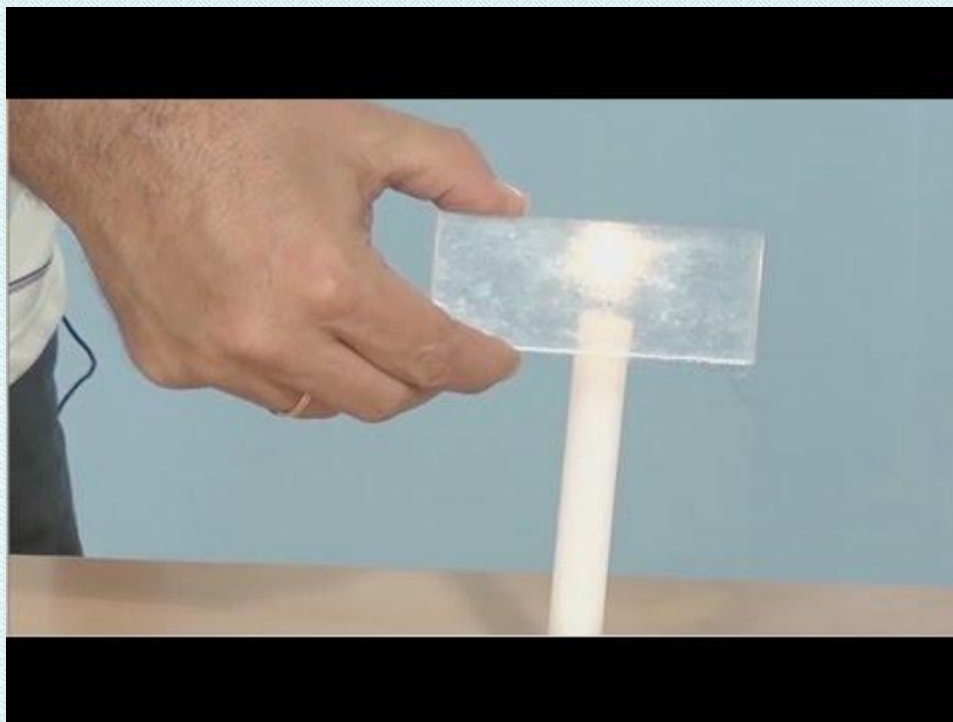
- בליעה
- החזרה

2. כאשר קרן אור פוגעת בגוף שקוף, מתרחשות 3 תופעות:

- בליעה
- החזרה
- העברה

גופים אטומים ושקופים

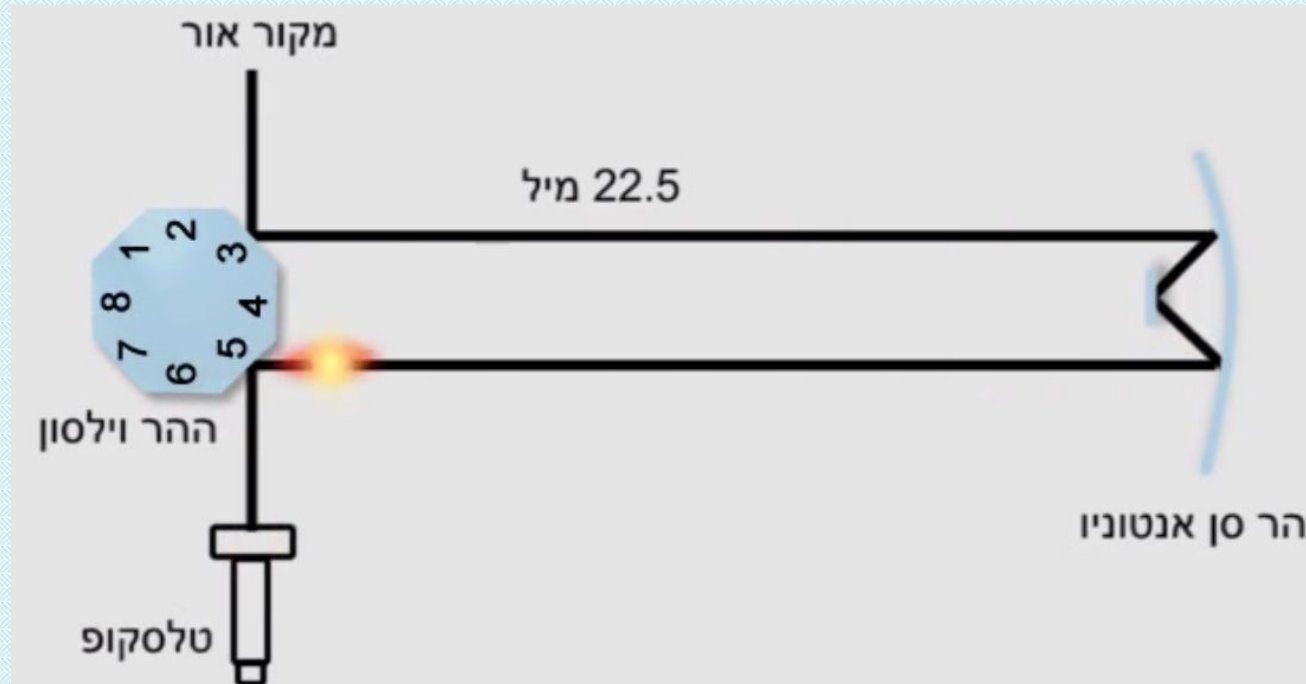
5



<https://www.youtube.com/watch?v=gJPlgf4yb4s>

מדידת מהירות האור

6



http://video.cet.ac.il/VideoPlayerHTML5.aspx?xmlConfigPath=mafilim/2012/tikhonvirtuali/meirutor_mdi.xml

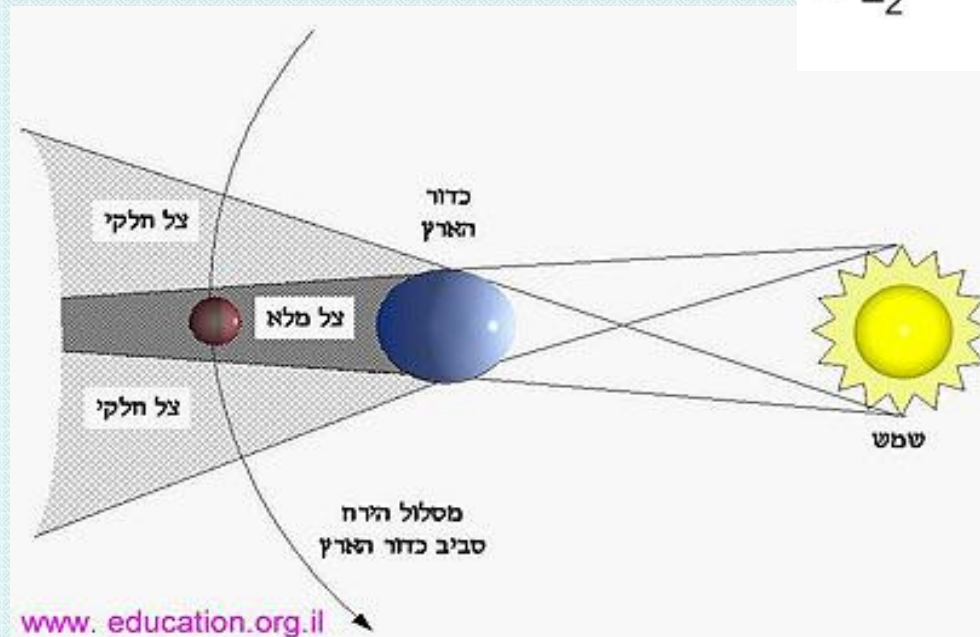
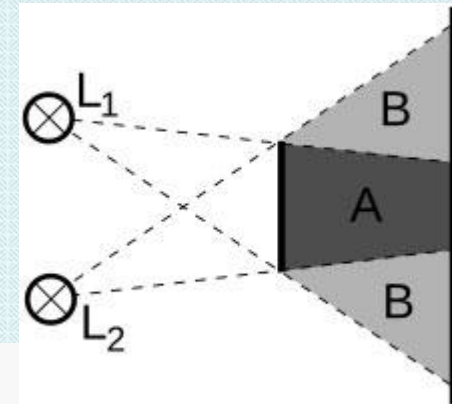
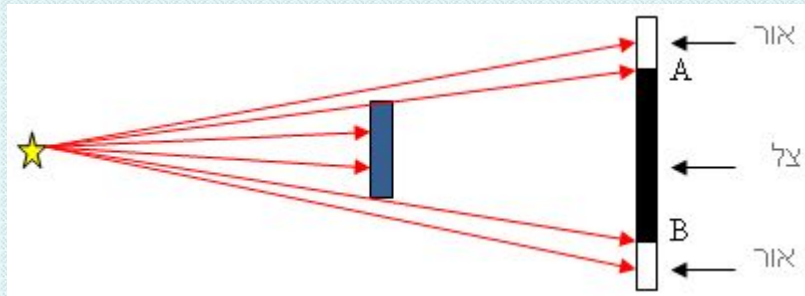
צל מלא וצל חלקי

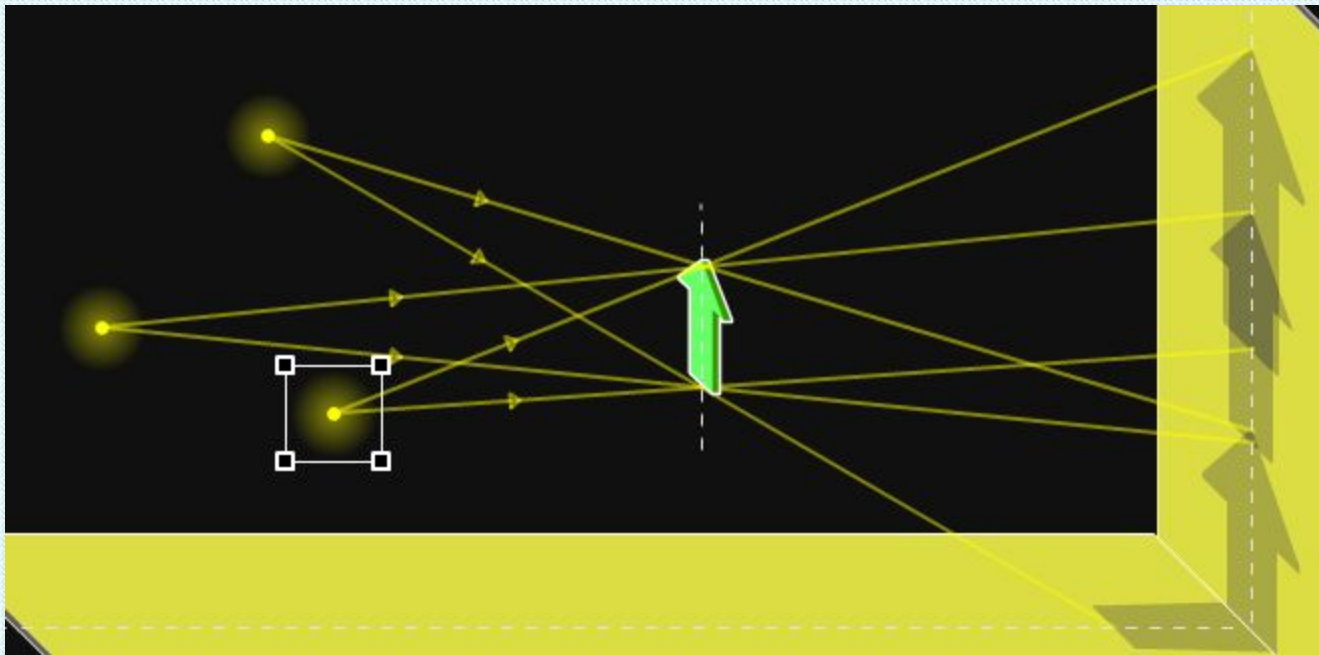
7

- צל מלא – אזור שאליו לא מגיעה אף קרן אור מהמקור
- צל מלא נוצר רק כאשר יש מקור אור נקודתי
- צל חלקי – אזור שאליו מגיעות רק חלק מקרני אור מהמקור
- צל חלקי נוצר ממקור אור לא נקודתי או מספר מקורות אור

צל מלא וצל חלקי – תמונה

8

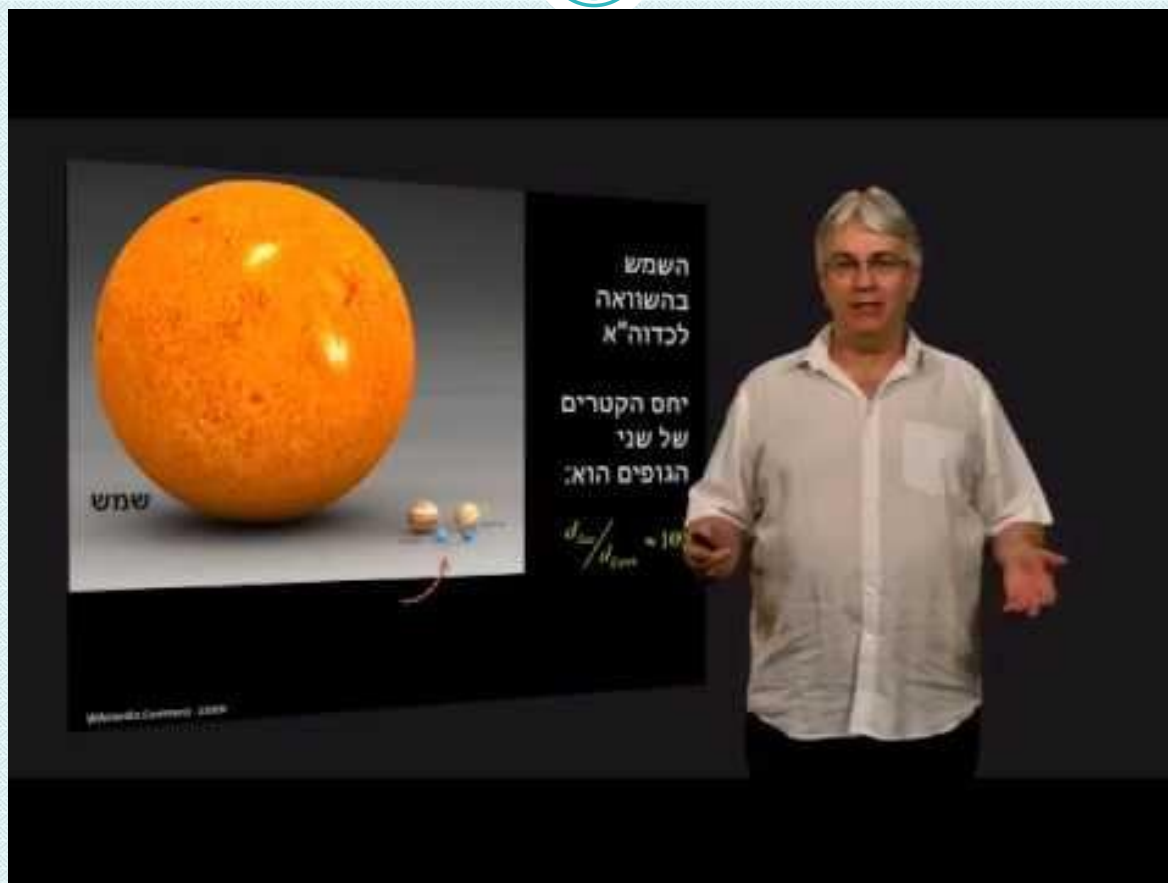




<http://mybag.high.cet.ac.il/content/player.aspx?manifest=%2fapi%2fmanifests%2fitem%2fhe%2f76050ca8-d1b8-44ce-99db-b5b7b9b41542%2f>

סרטון הסבר ליקוי מאורות

10



https://www.youtube.com/watch?v=lv1K3mzUpDw&index=2&list=PLyOzf3z52A8pDBUdlfEF-8Vym_0MaZ788

ליקוי מאורות – סרטון נוסף

11



<https://www.youtube.com/watch?v=RAcneRcJF8U&feature=youtu.be>

צבעים

12



<https://www.youtube.com/watch?v=EHHM0uQDEOU>

דיסק של ניוטון

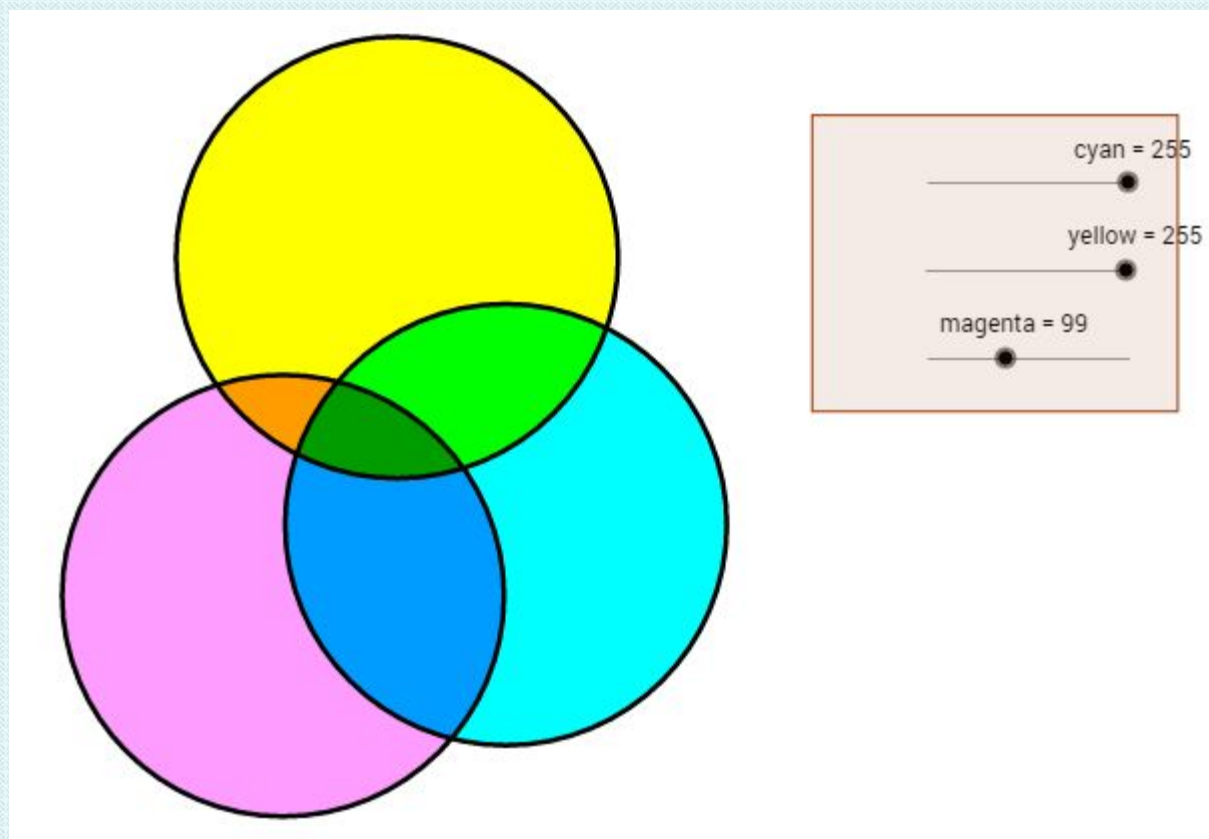
13



<https://www.youtube.com/watch?v=y3dNDb2isU8>

ערבוב צבעים בדף

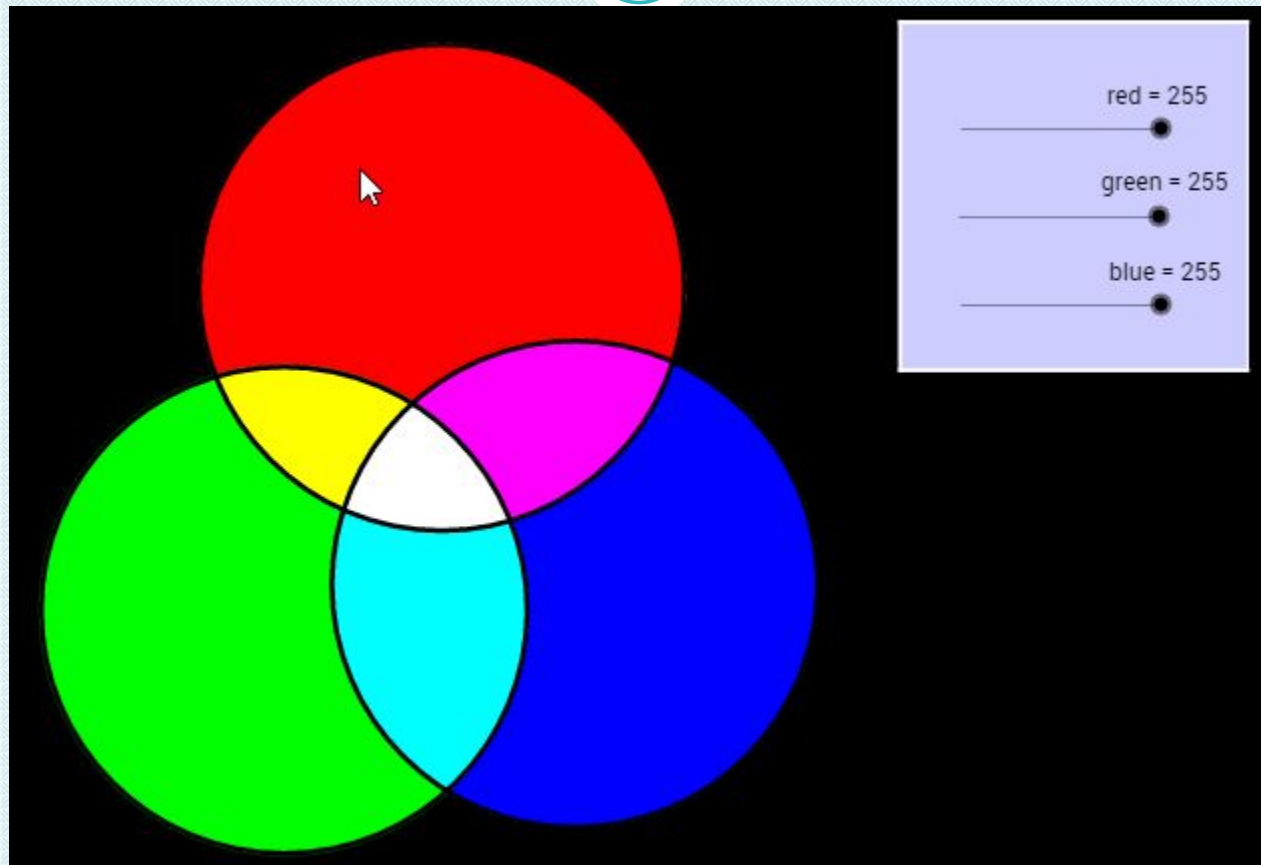
14



<http://tube.geogebra.org/student/m4580>

ערבוב קרני אור

15



<http://tube.geogebra.org/student/m4579>

סרטון הסבר על צבעים

16



https://www.youtube.com/watch?v=Sfv5Xn2L1t4&index=4&list=PLyOzf3z52A8pDBUdlfEF-8Vym_0MaZ788

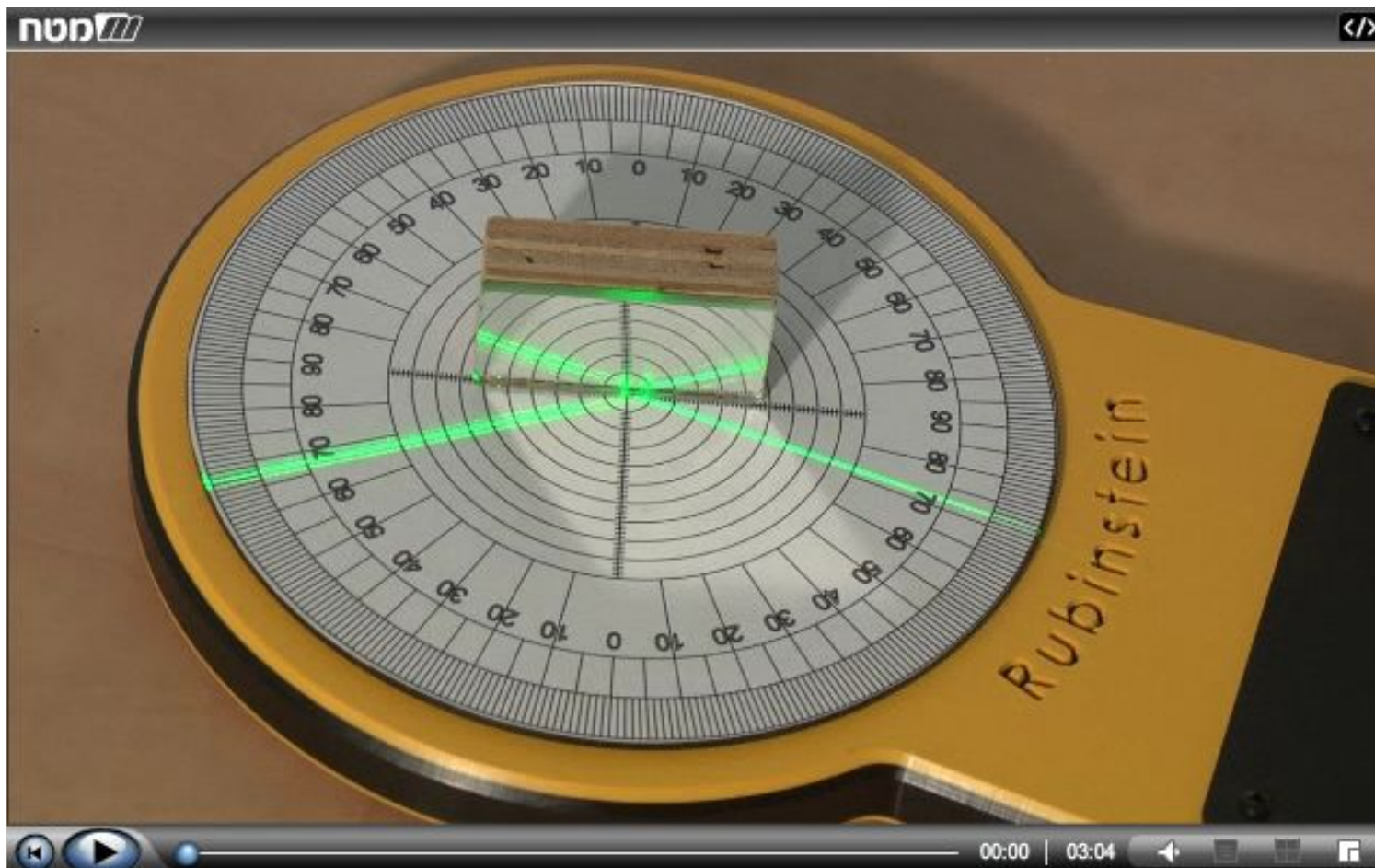
2. החזרת אור

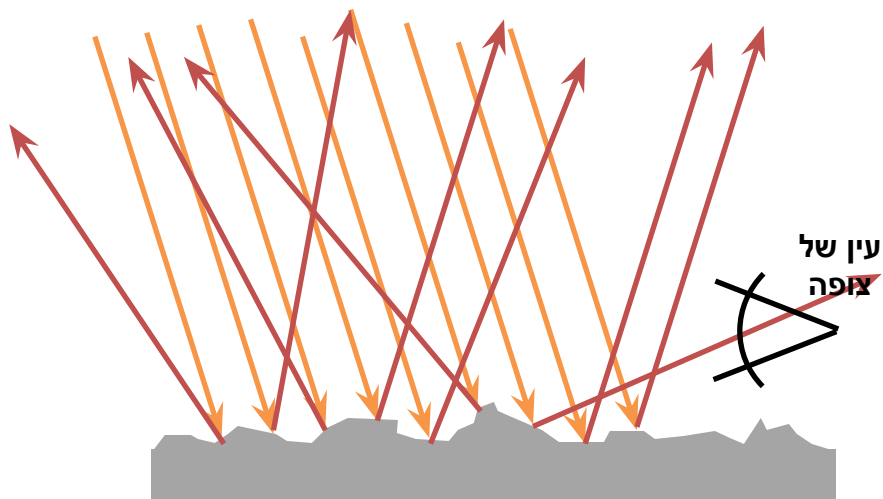
הדגמת הנר שאינו ניתן לכיבוי.



החזרה מסודרת והחזרה מפוזרת (1)

אלומה מקבילה של קרני לייזר, פוגעת במשטח חלק ובמשטח עם גבשושיות.

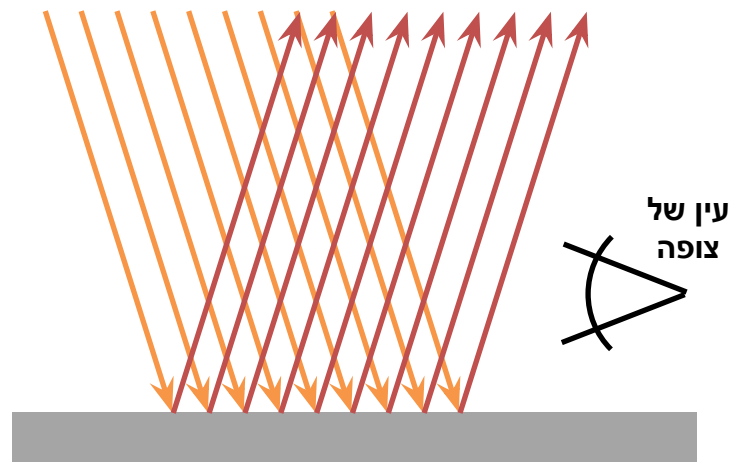




החזרה מפוזרת

ממשטחים שאינם שחורים לגמרי

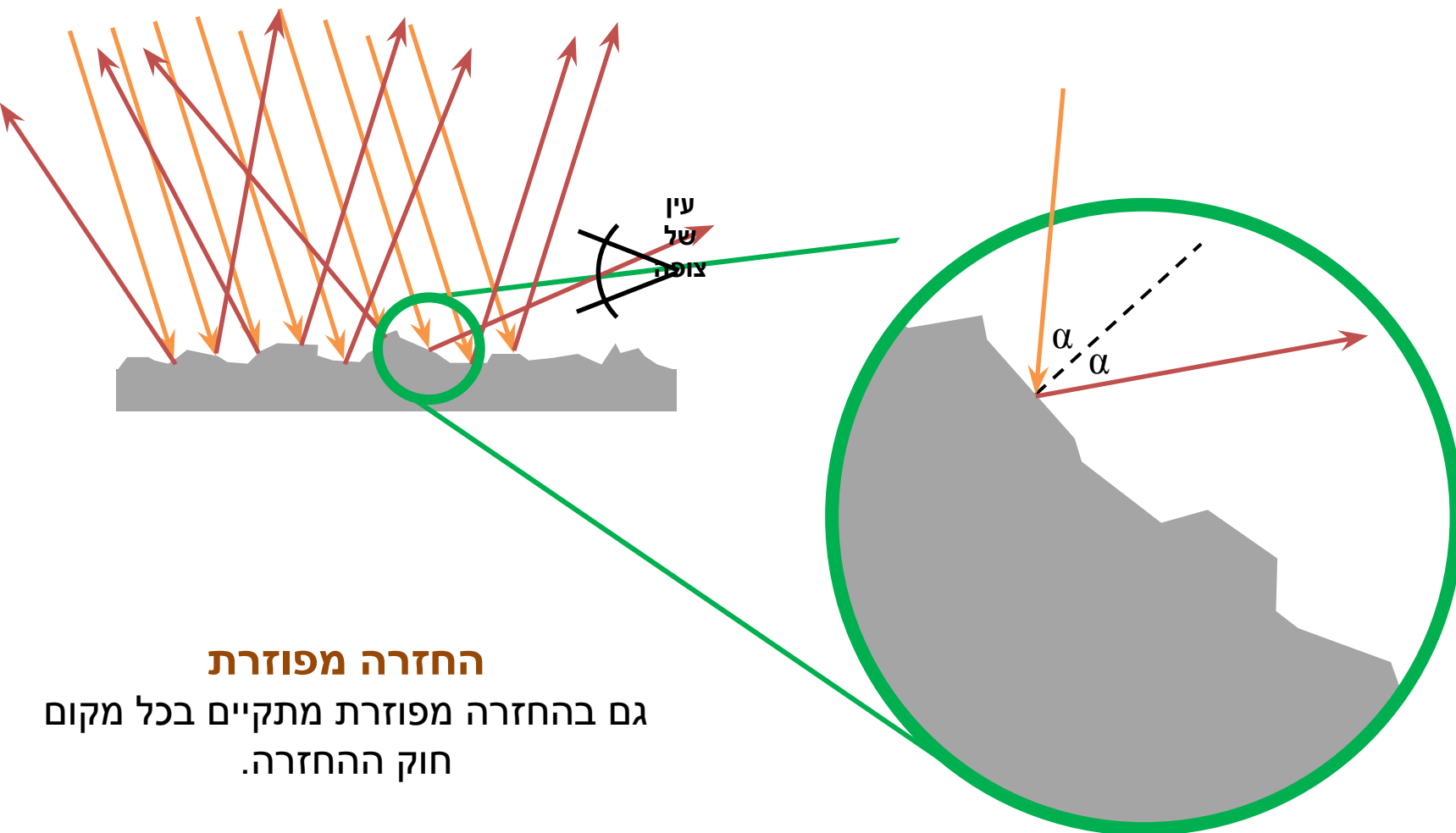
את המשטח המואר רואים מכל מקום.



החזרה מסודרת

ממשטחים חלקים (מלוטשים)
כגון מראות, פני מים שקטים

את המשטח המואר לא רואים מכל מקום.

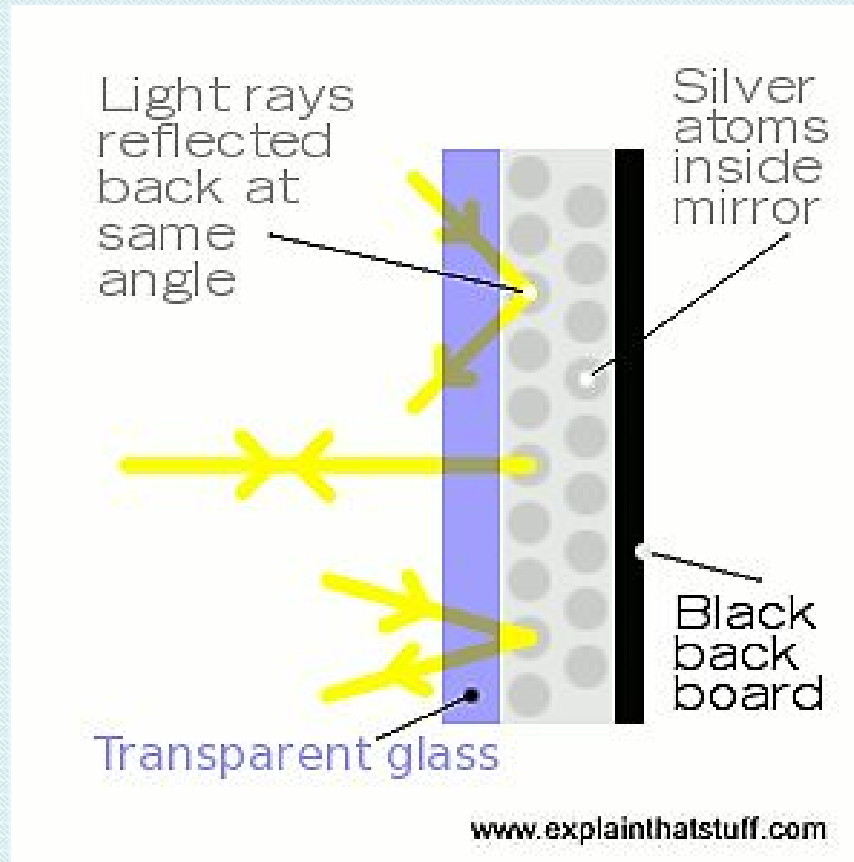


החזרה מפוזרת

גם בהחזרה מפוזרת מתקיים בכל מקום חוק ההחזרה.

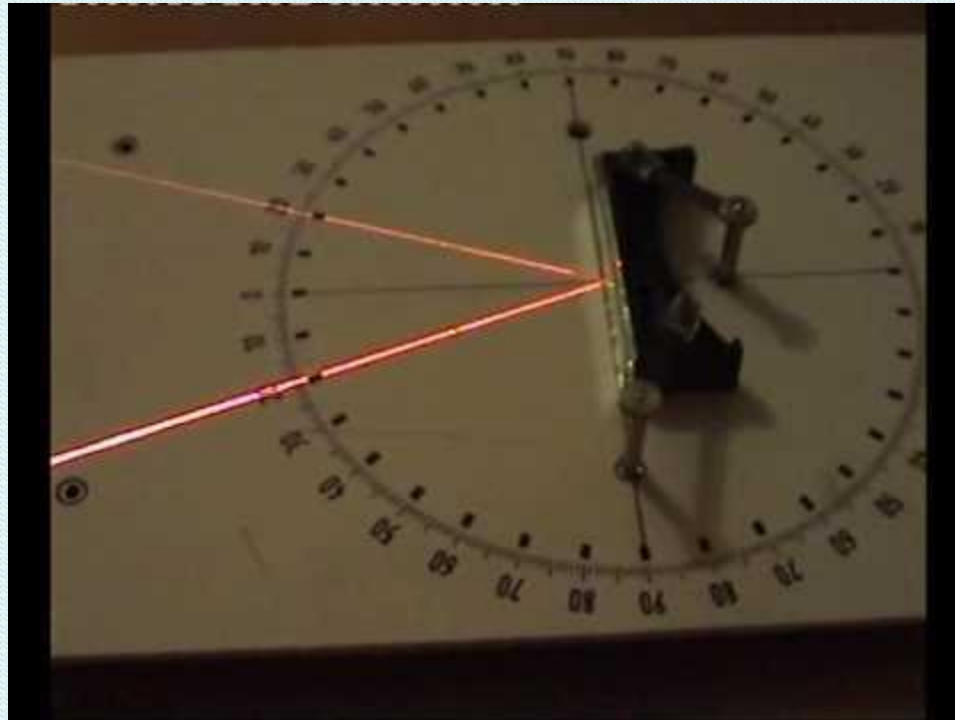
מראה מישורית

22



חוק החזרת אור ניסוי - סרטון

23



<https://www.youtube.com/watch?t=3&v=Qr8exoX-uE0>

חוק החזרת אור ניסוח

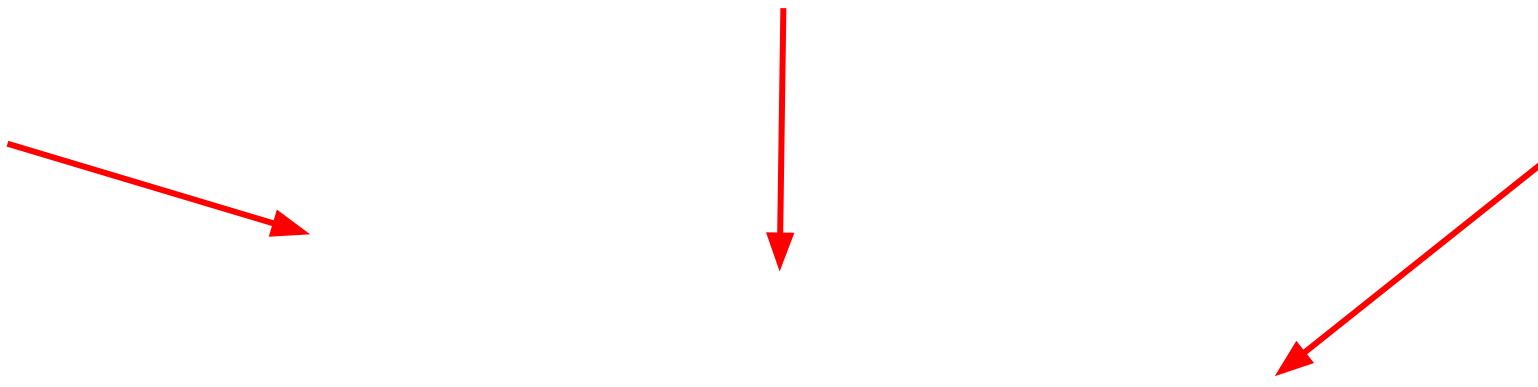
24

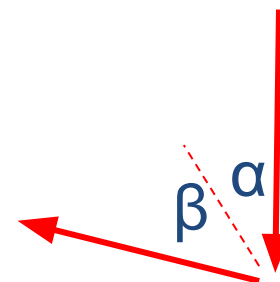
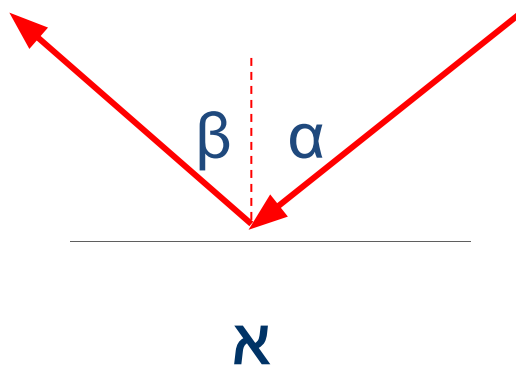
1. **קרן פוגעת, קרן מוחזרת ואנך לנקודת הפגיעה נמצאים באותו מישור.**
2. **זווית הפגיעה (ביחס לאנך) שווה לזווית החזרה (ביחס לאנך)**

בכל אחד מהתרשים מתוארים חתך של מראה מישורית, וקרן הפוגעת במראה.

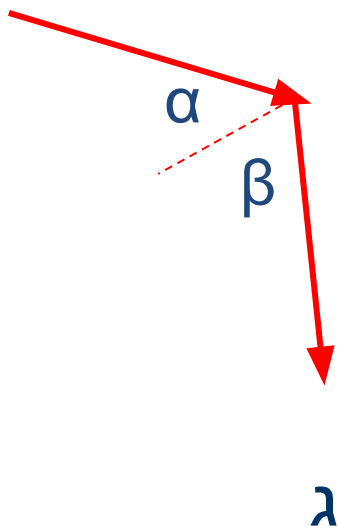
1. הוסיפו לכל תרשים סרטוט מקורב של האנך ושל הקרן המוחזרת.

2. סמנו ב- α את זווית הפגיעה ואת זווית ההחזרה ב- β .





ב

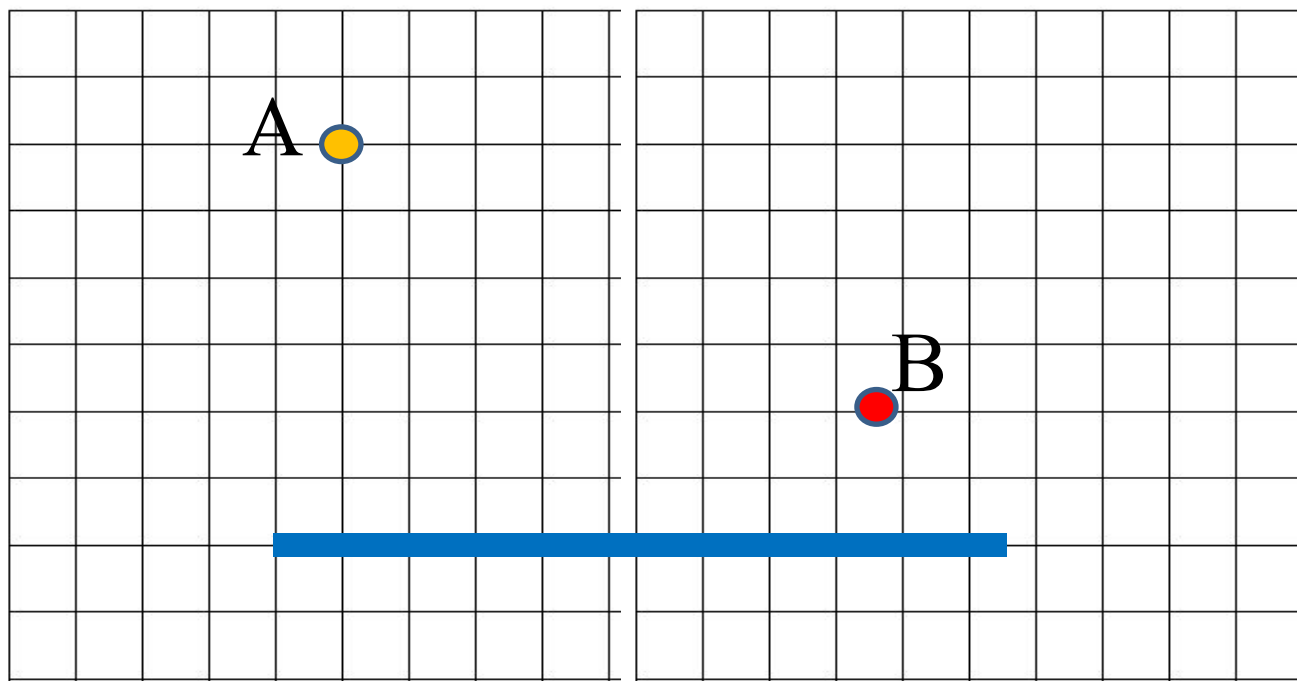


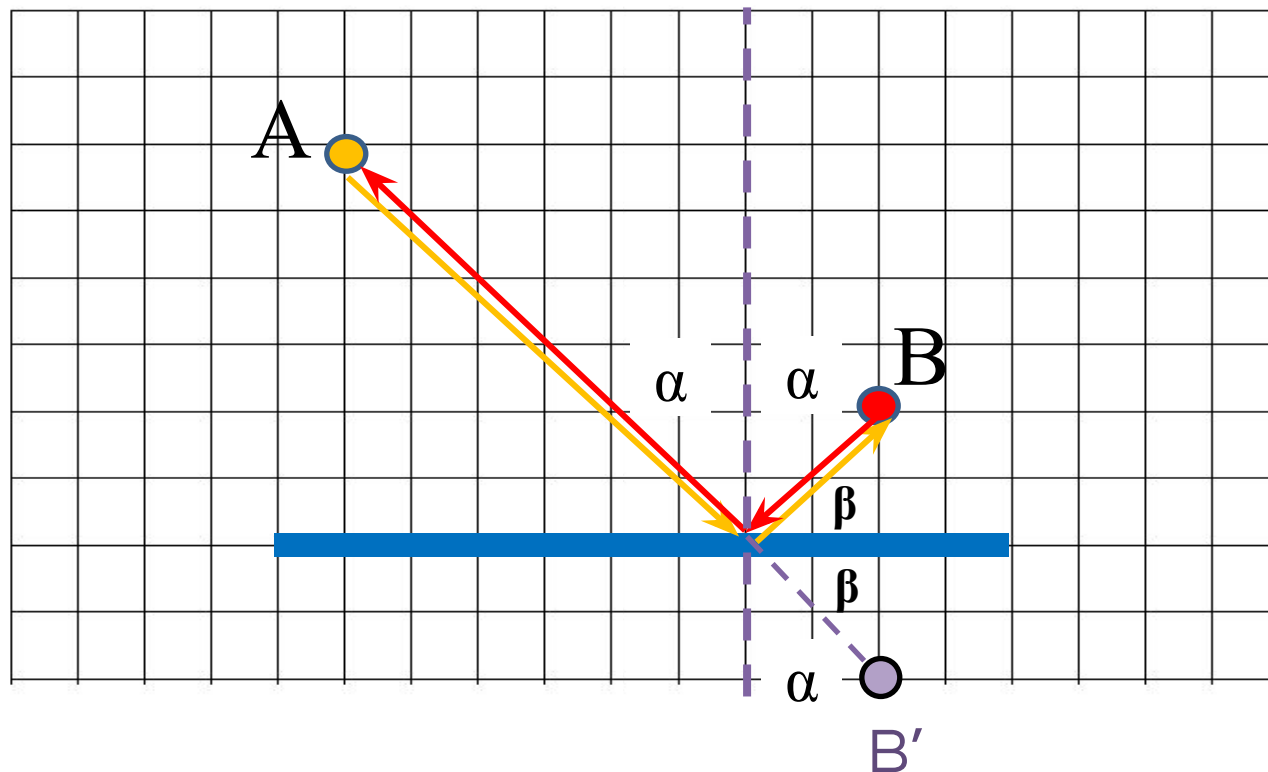
שני מקורות אור נקודתיים ממוקמים לפני מראה מישורית.

יש לשרטט במדויק מהלך קרן אור:

1. היוצאת מ-A ופוגעת ב-B.

2. היוצאת מ-B ופוגעת ב-A.





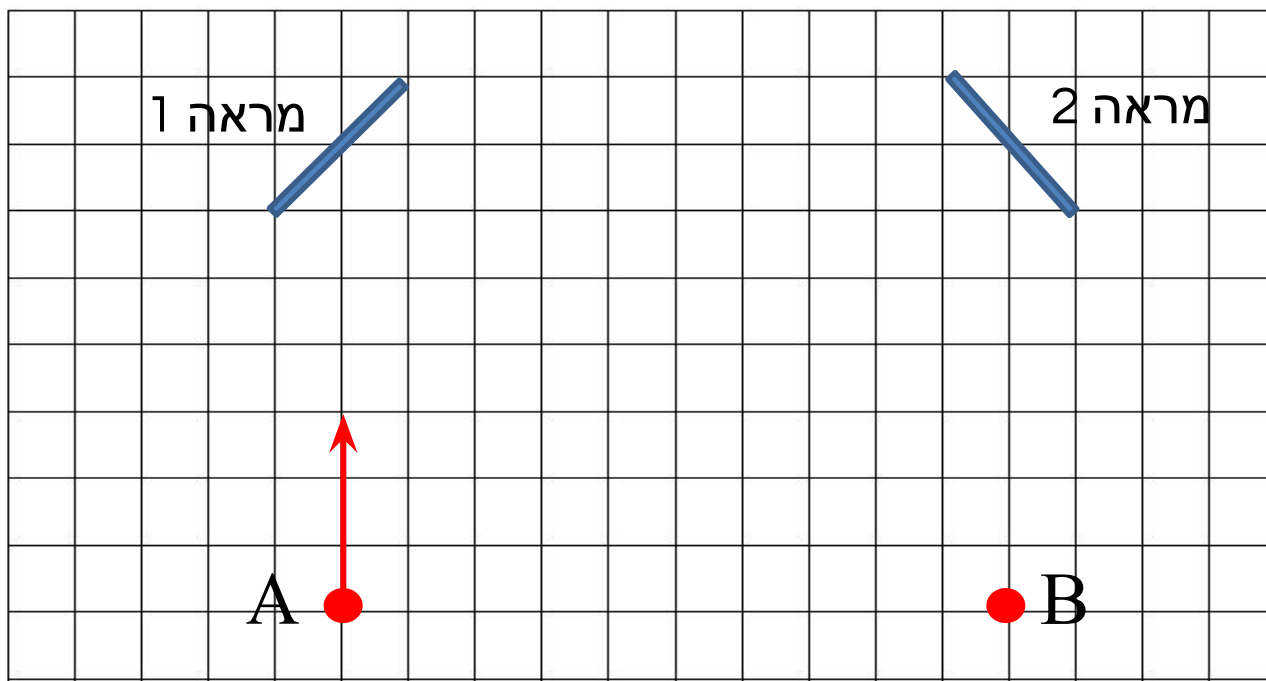
על מנת למצוא את נקודת הפגיעה של קרן האור במראה משקפים את נקודה B במראה כדי לקבל את נקודה B'. מחברים את A עם B' בקו ישר. נקודת החיתוך של קו זה עם המראה היא נקודת הפגיעה של הקרן במראה.

שני מקורות אור נקודתיים ממוקמים לפני שתי מראות מישוריות.

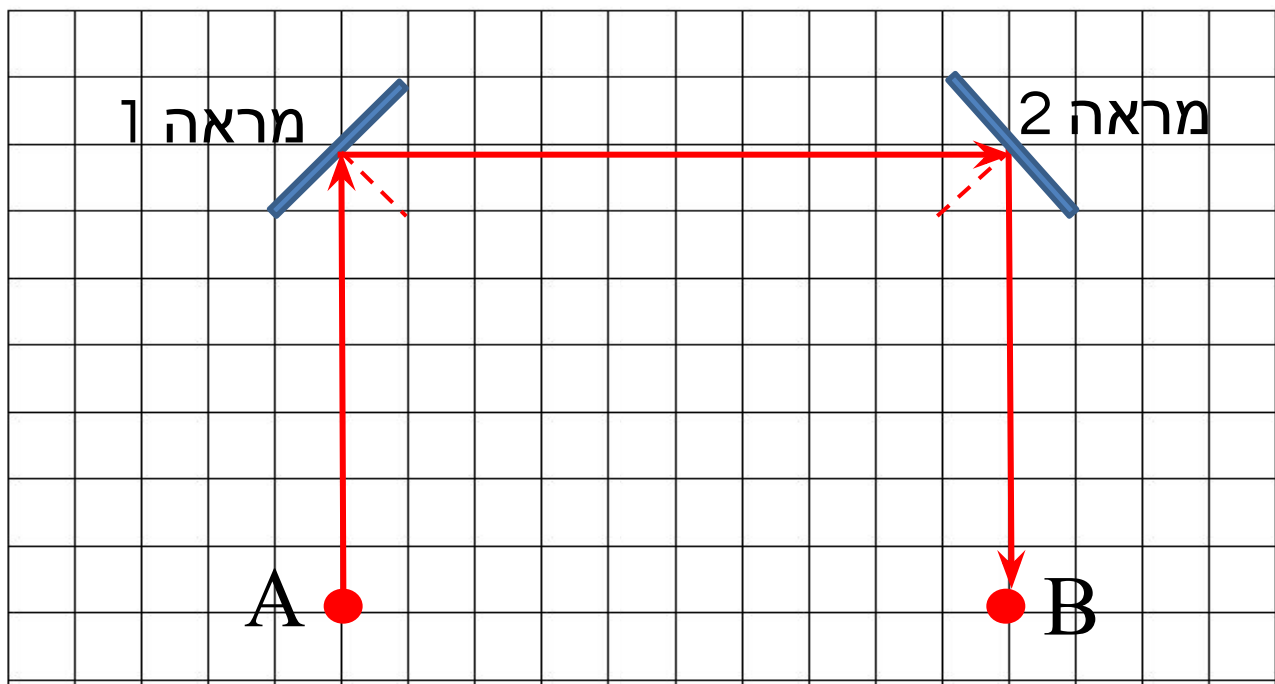
יש לשרטט מהלך קרן אור:

1. היוצאת מ-A ופוגעת ב-B.

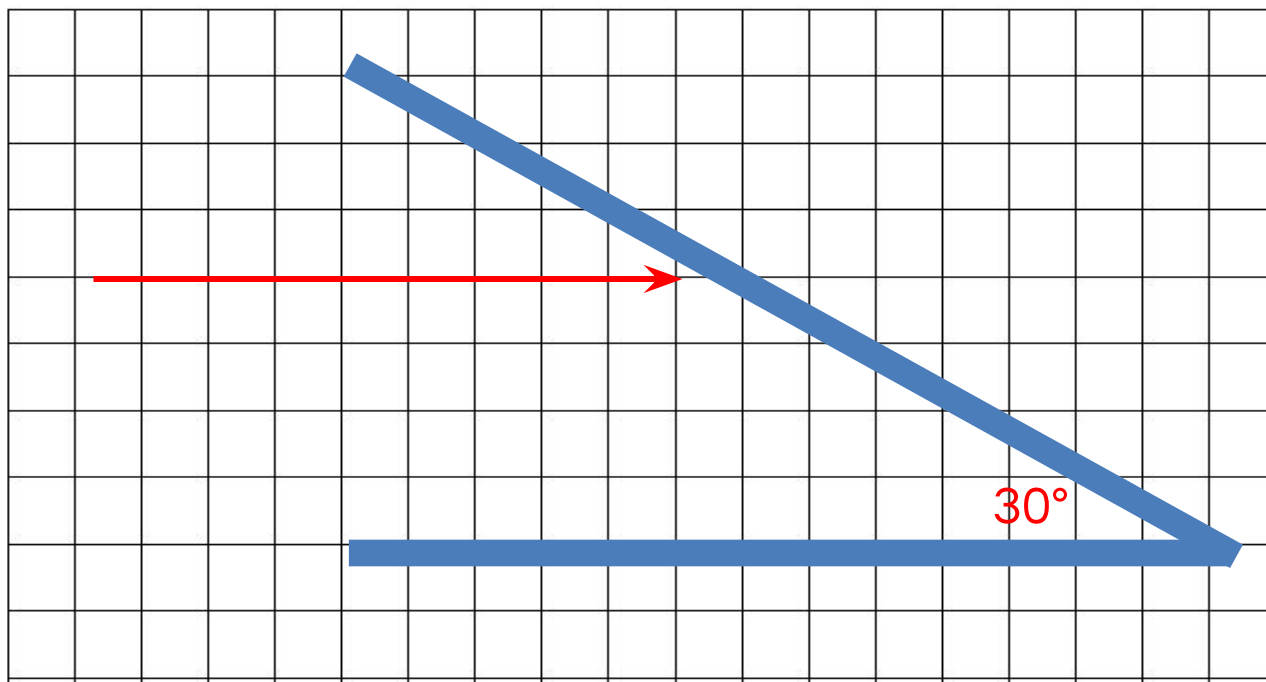
2. היוצאת מ-B ופוגעת ב-A.



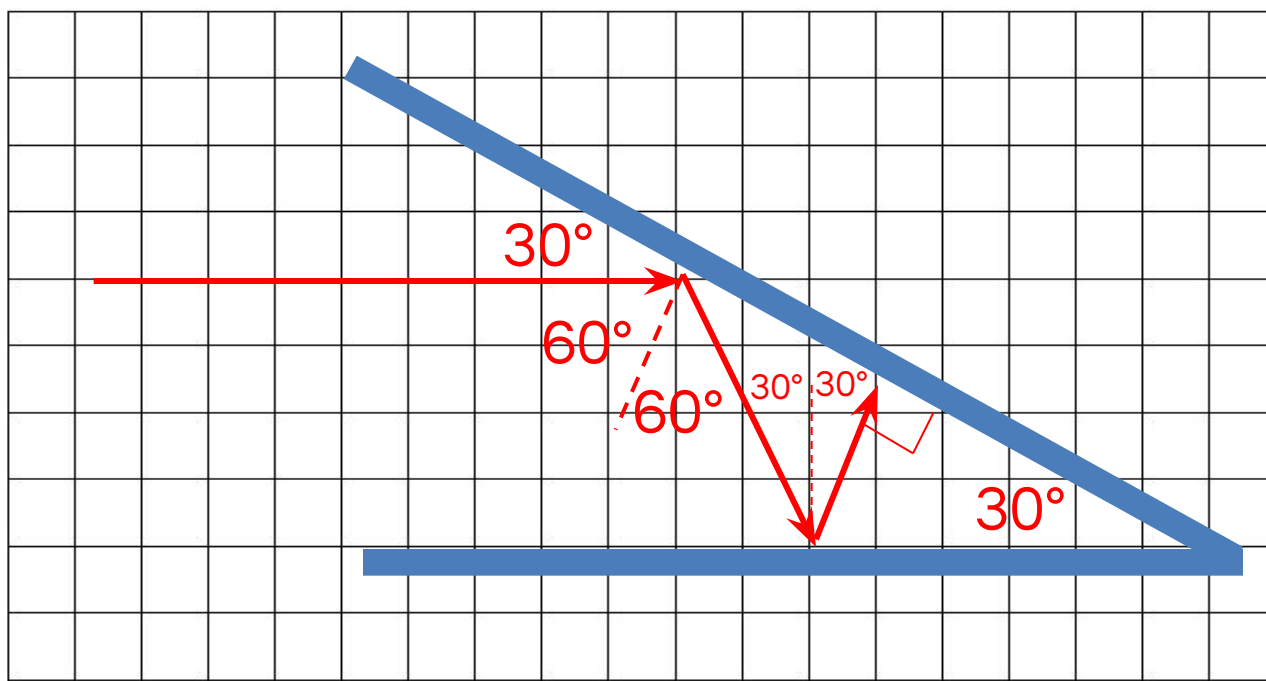
זווית הפגיעה בכל אחת מהמראות היא 45° , בהתאם לחוק ההחזרה זווית ההחזרה היא גם 45° , לכן קרן האור תוחזר במקביל לכיוונה המקורי.

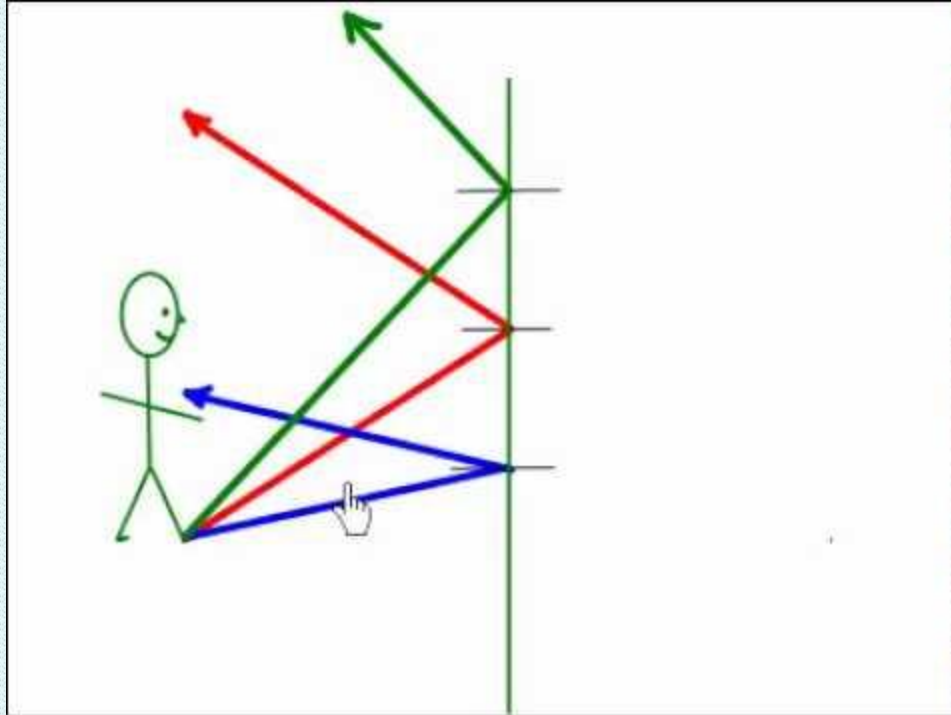


קרן אור פוגעת במראה מישורית הנמצאת בזווית של 30° ביחס למראה שנייה הממוקמת במקביל לקרן הפוגעת.
יש לשרטט מהלך קרן האור עד יציאתה לאחר כל ההחזרות.



קרן האור תצא באותו המסלול בו היא נכנסה.



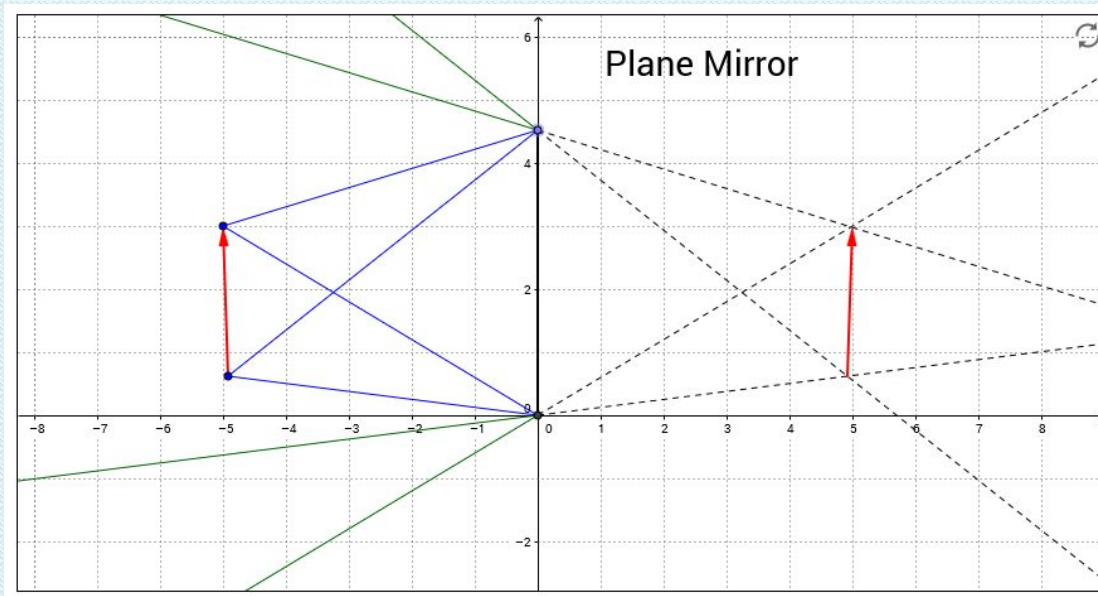


<https://www.youtube.com/watch?v=2ek0EsEMTBc>

חוק ההחזרה

34

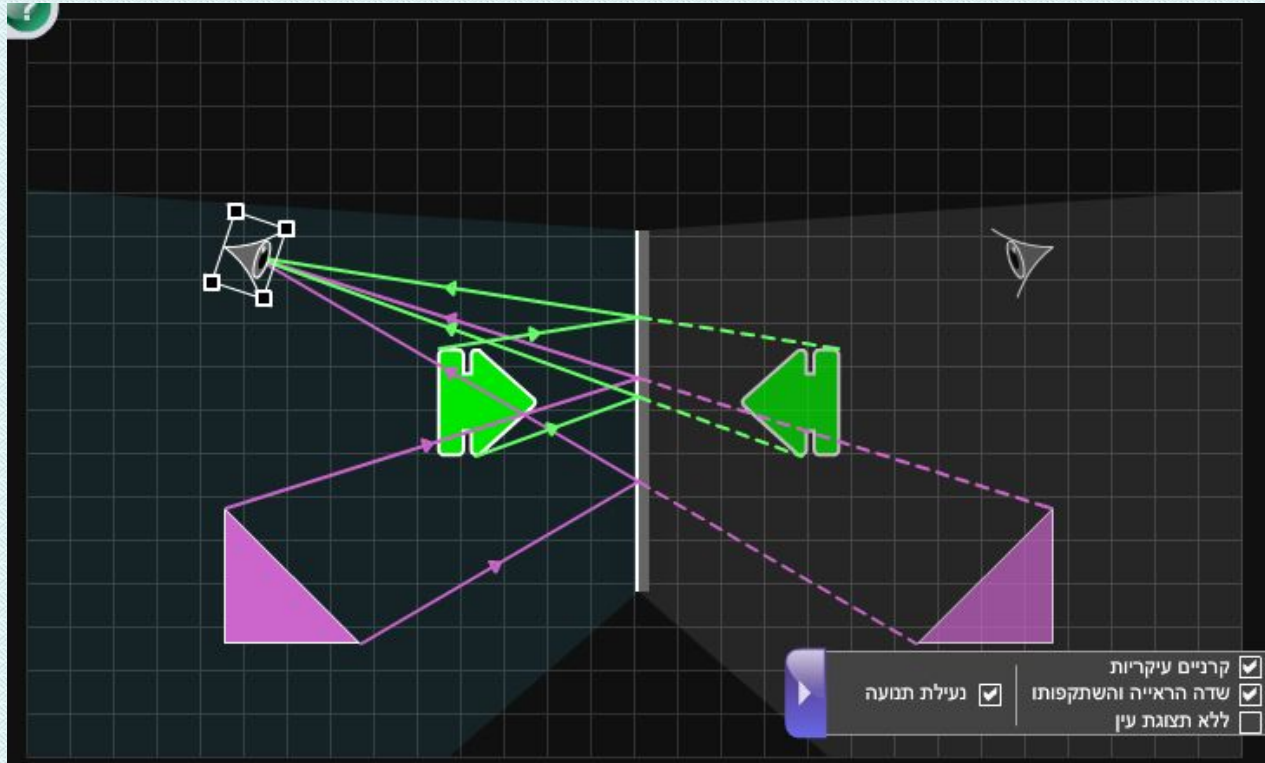
- קרן פוגעת, קרן מוחזרת ואנך לנקודת הפגיעה נמצאים באותו מישור.
- זווית הפגיע (ביחס לאנך) שווה לזווית החזרה (ביחס לאנך).



<http://tube.geogebra.org/m/4581>

חוק ההחזרה

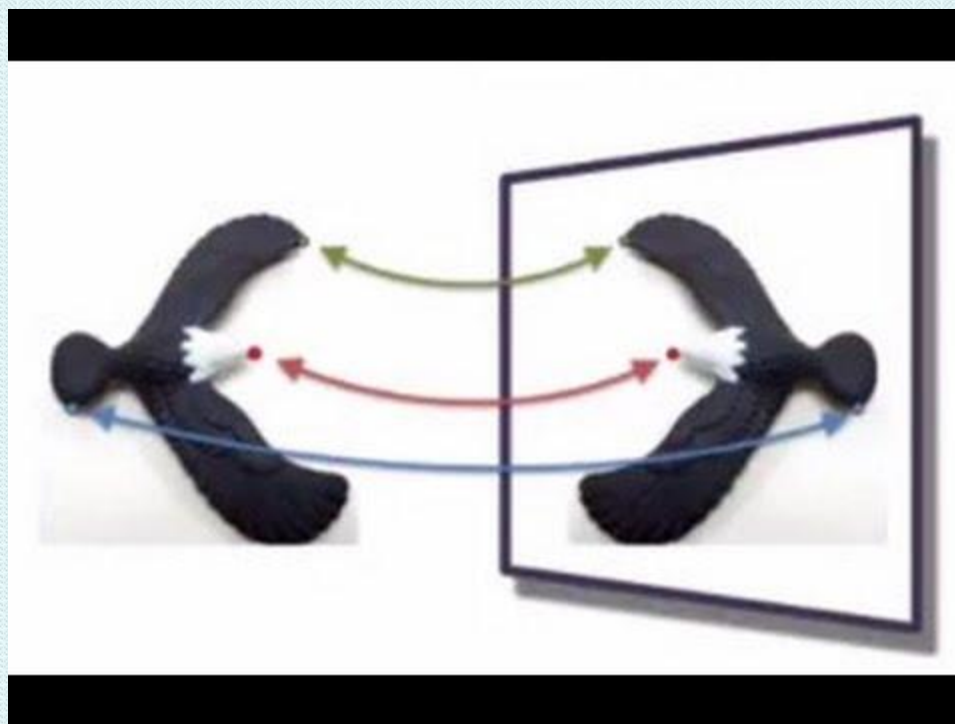
35



<http://mybag.high.cet.ac.il/content/player.aspx?manifest=%2fapi%2fmanifests%2fitem%2fhe%2f56515966-cde1-43b8-bfcd-3fe0ad0ac0e3%2f>

מראה מישורית – סרטון

36



https://www.youtube.com/watch?v=6mM6S2dZMtU&index=1&list=PLyOzf3z52A8pDBUdlfEF-8Vym_0MaZ788

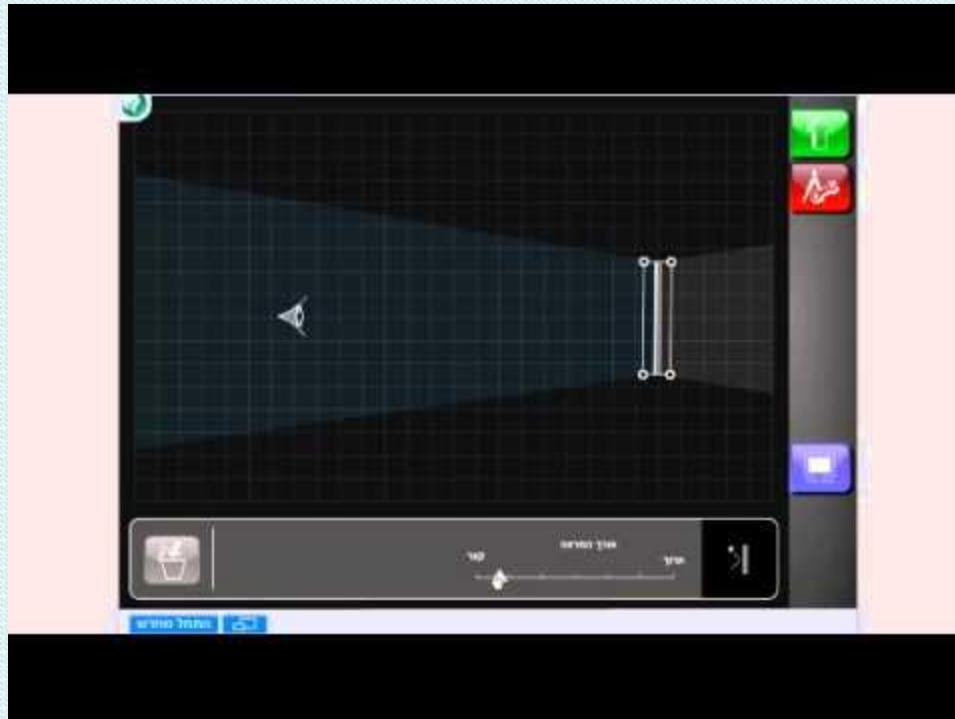
מראה מישורית – הערות 1

37

- מהלך קרניים הפיך.
- דמות שנוצרת במראה מישורית היא דמות מדומה (נוצרת ע"י המשכי הקרניים) ולא ניתן לראות אותה על מסך.

שדה ראיה סרטון הסבר

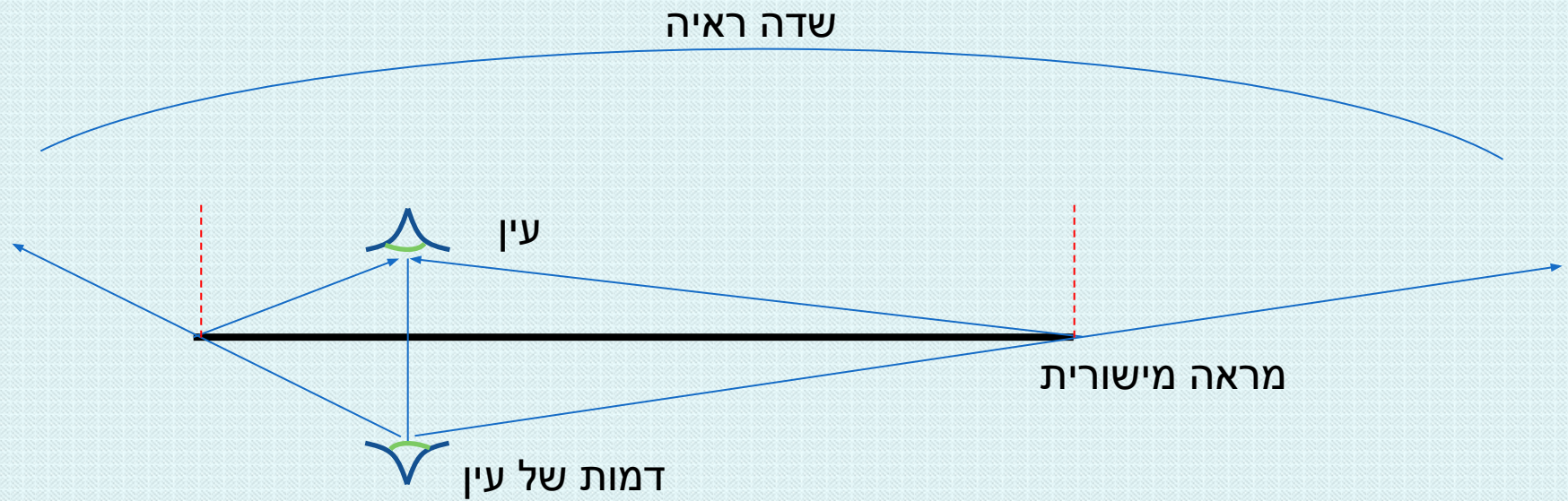
38



https://www.youtube.com/watch?v=__e0x_SDB-E

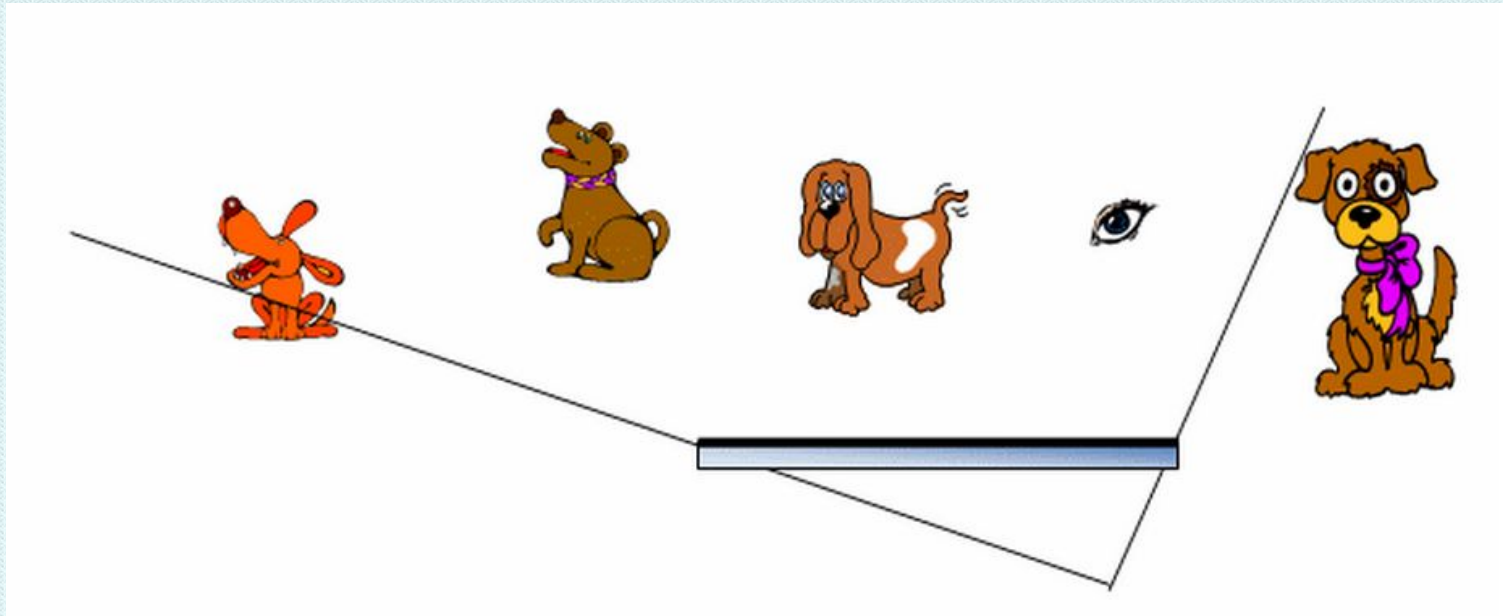
שדה ראיה

39



שדה ראייה – תרגול

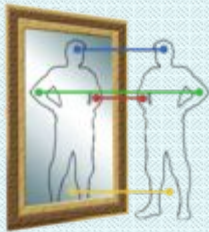
40



<http://c3.ort.org.il/Apps/WW/page.aspx?ws=c95853ea-7439-4431-b760-fa7e35c2dc61&page=3e98e78a-2822-41a6-a11b-f76b8cd85ab4&fol=c488c6ef-94fa-470c-9416-775b7efea7ca>

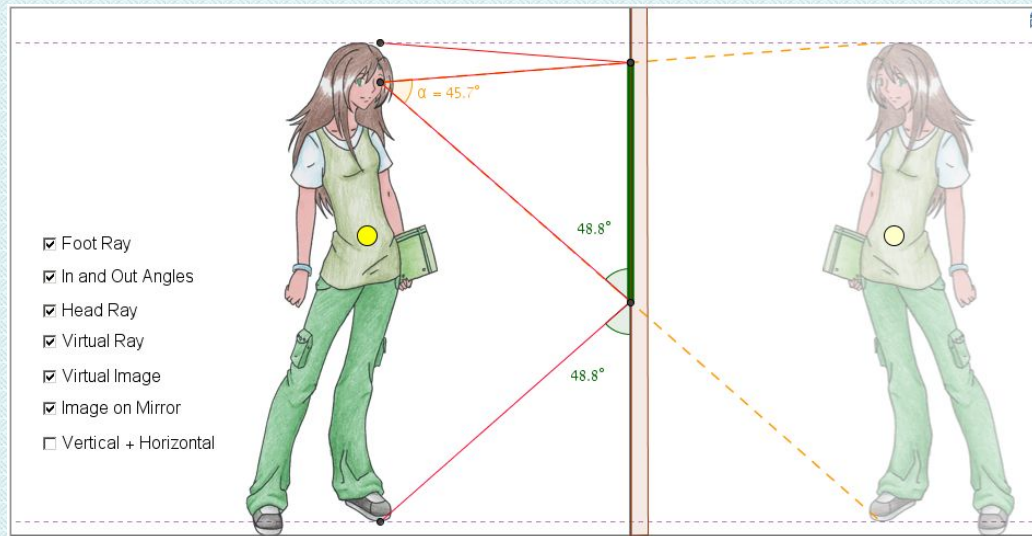
מראה מישורית – הערות 2

41



● אפשר לסרטט דמות בהמשך אנך למראה
במרחק שווה אחרי המראה

● כדי לראות את כל הגוף דרושה מראה בחצי גובה



<http://www.geogebraTube.org/student/m17496>

שדה ראייה בהתרחקות ממראה

42



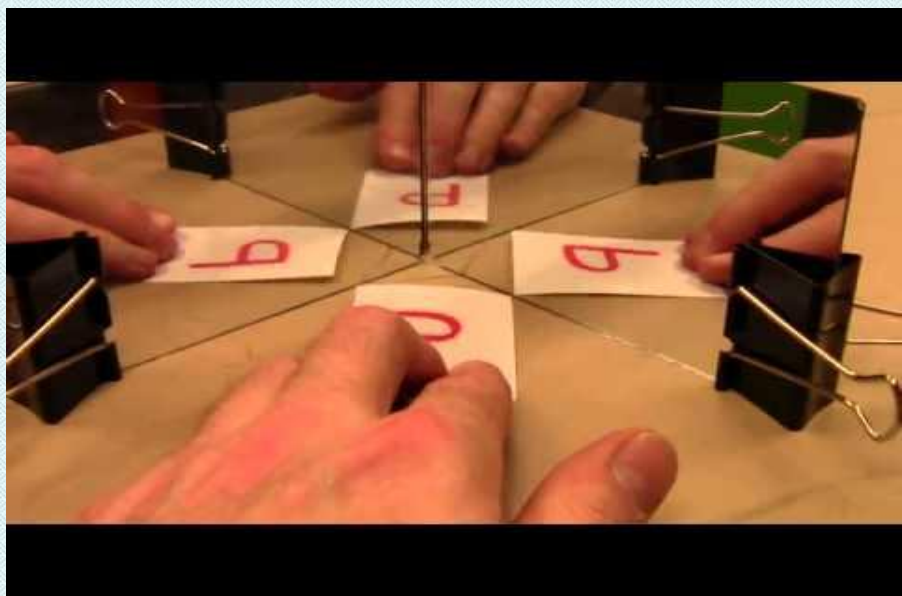
<http://youtu.be/UJ02MqjKCWM>



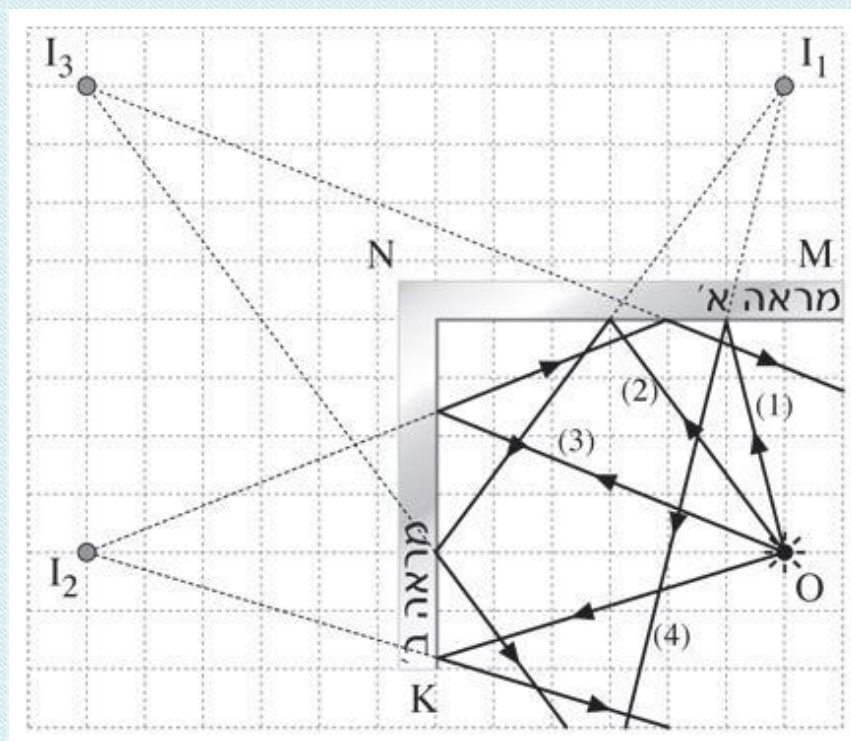
מראות מאונכות

43

- בשתי מראות מאונכות נוצרות 3 דמויות (4, אבל 2 מתוכן מתלכדות בנקודה אחת)

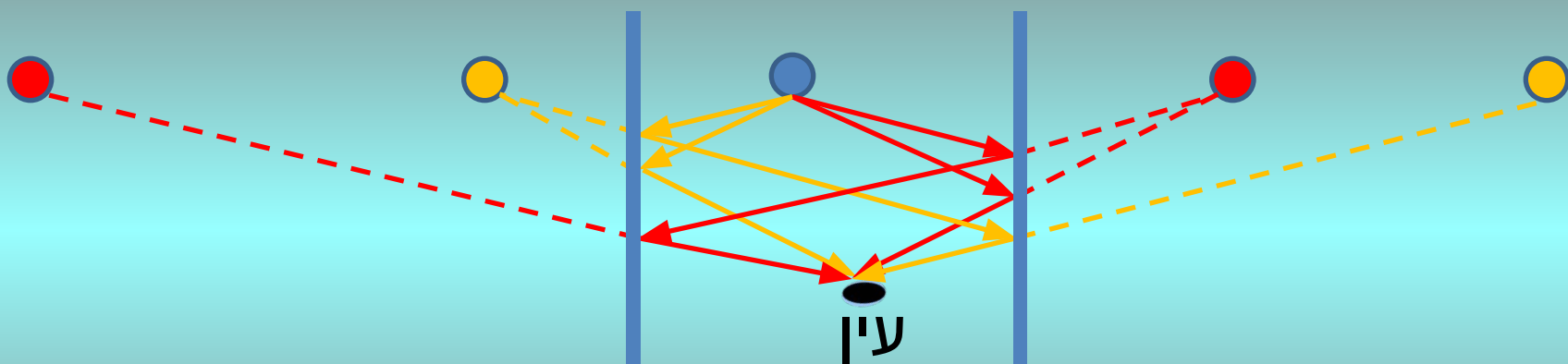


<https://www.youtube.com/watch?v=n4V3vT87L3w>



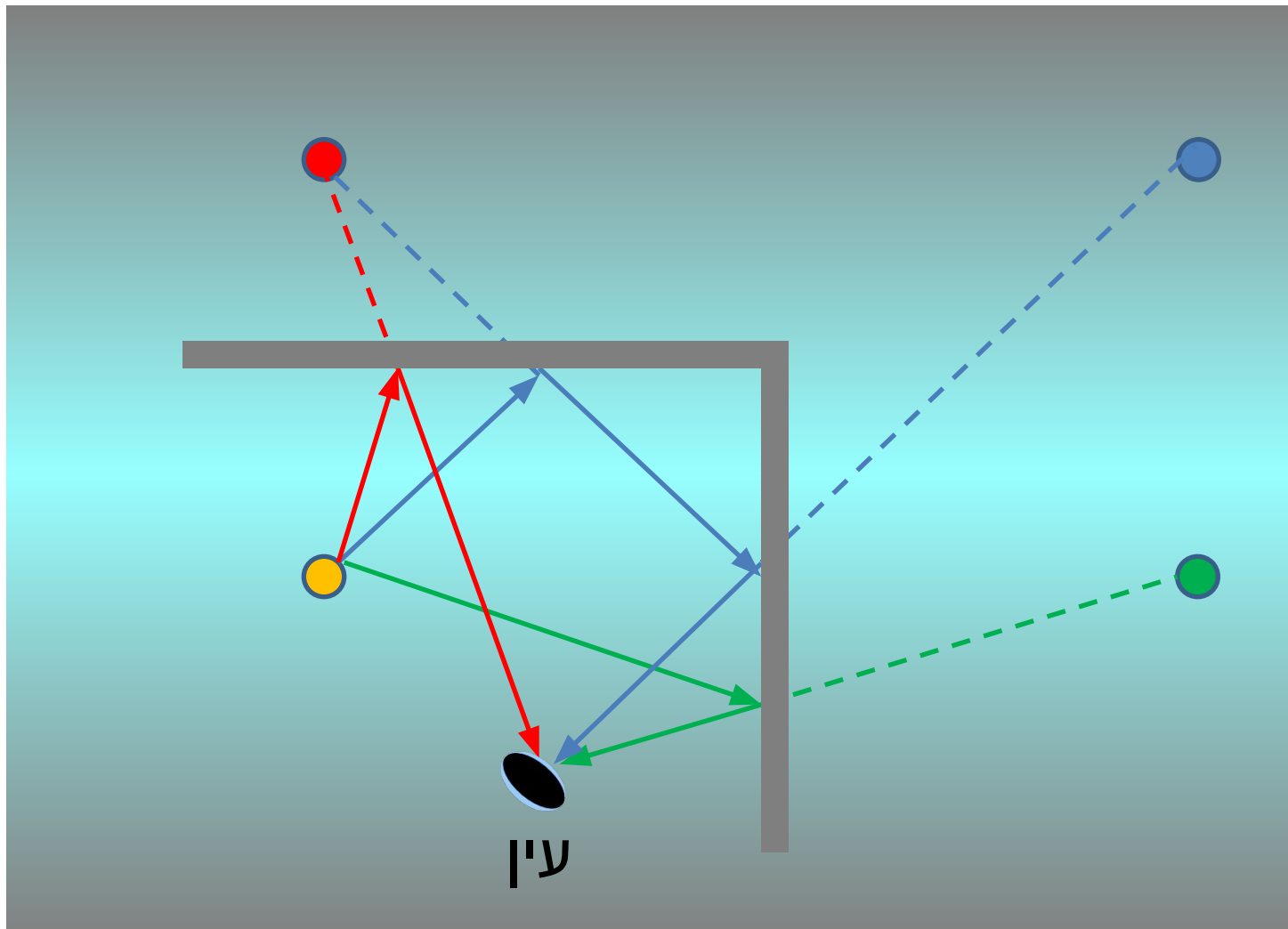
השתקפות בשתי מראות המקבילות זו לזו

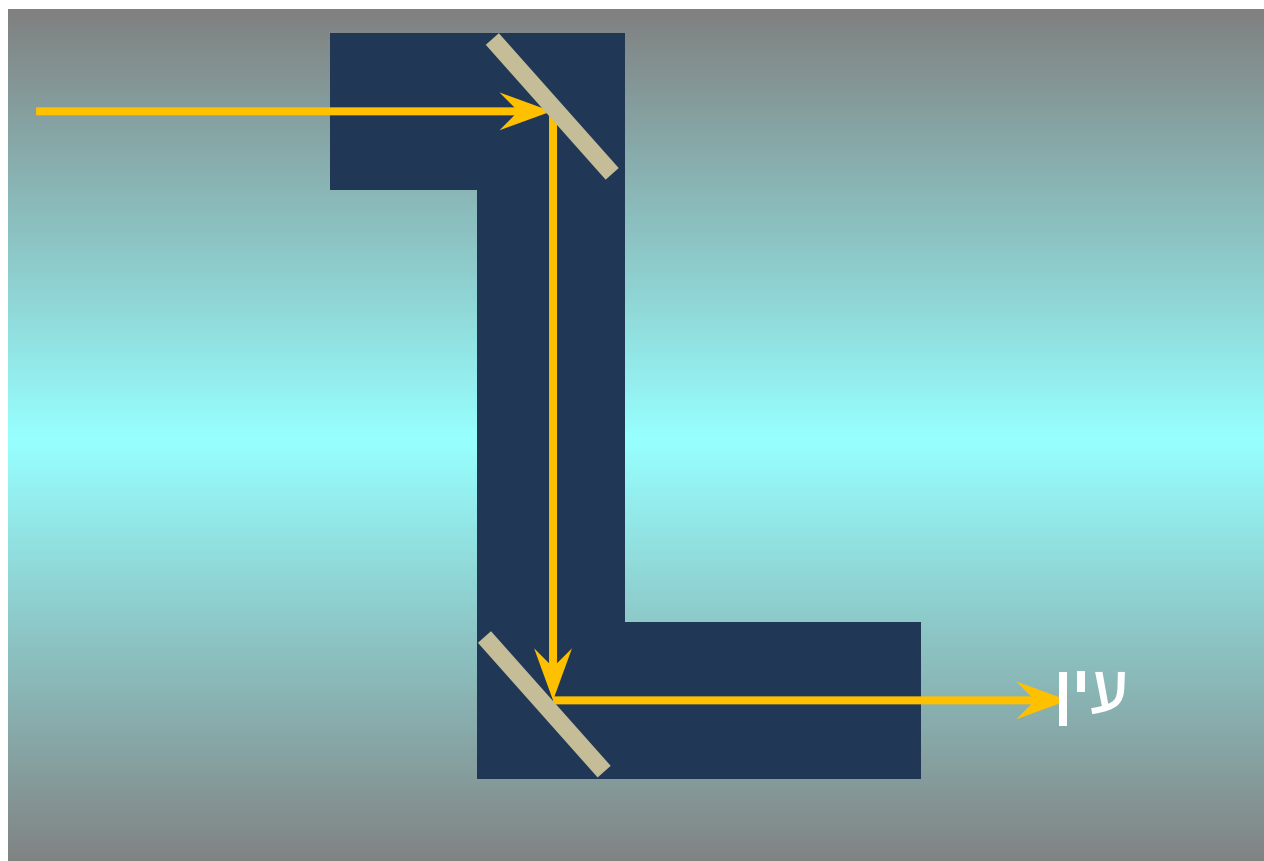
ניתן לקבל את מיקום הדמות הראשונה כסימטרית לגוף ביחס למראה, ואת שאר הדמויות כשיקוף סימטרי של דמויות.



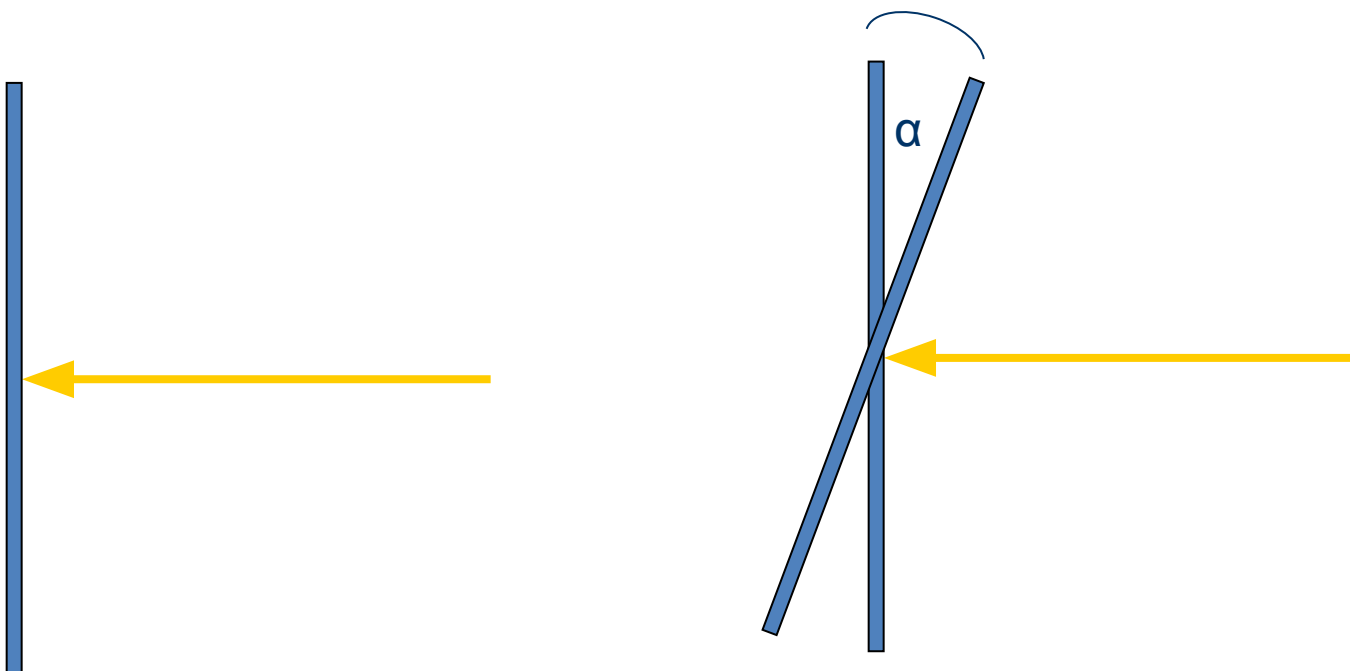
השתקפות בשתי מראות הניצבות זו לזו

ניתן לראות את הדמות הנוצרת במראה הראשונה כמקור אור עבור המראה השנייה.





קרן אור פוגעת במראה מישורית ומוחזרת. בכמה מעלות תסטה הקרן המוחזרת אם המראה תסתובב בזווית α ?



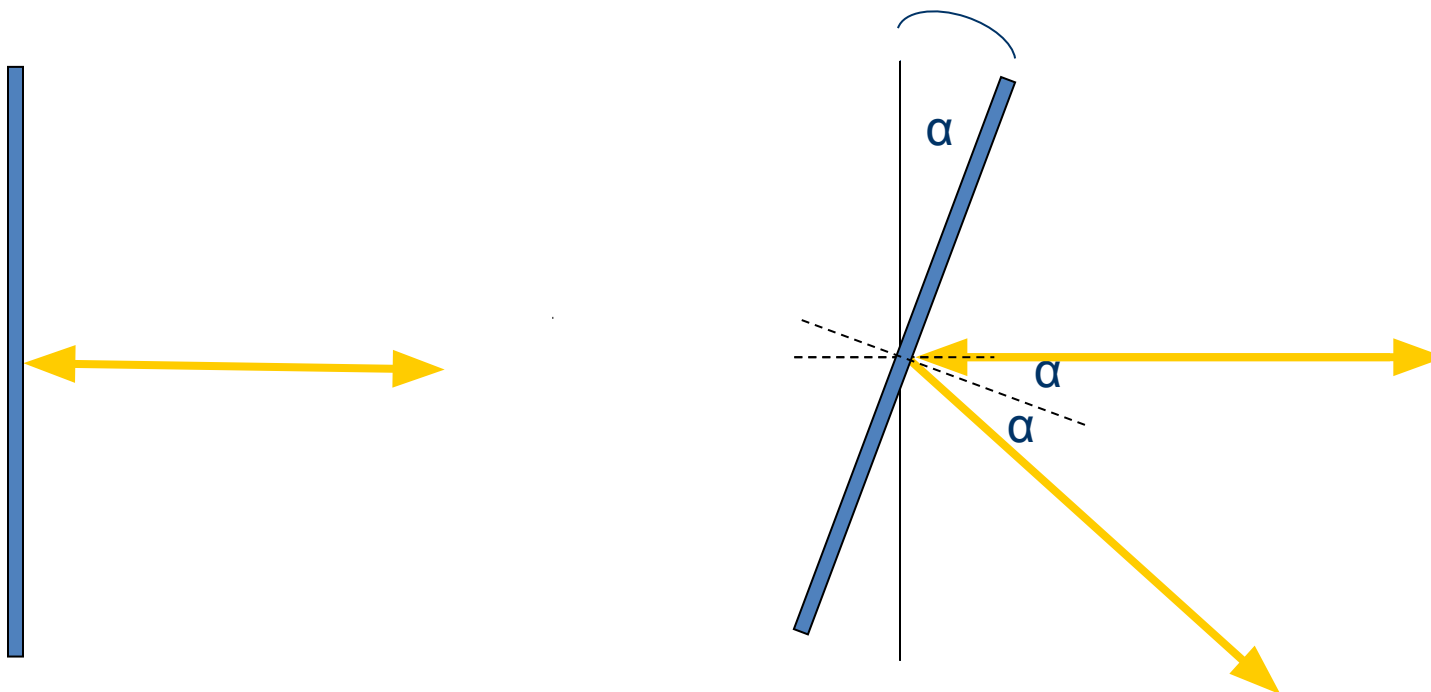
ד. 0°

ג. 0.5α

ב. 2α

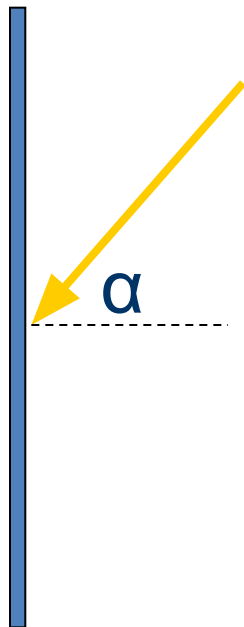
א. α

לפני סיבוב המראה זווית ההחזרה הייתה שווה ל- 0° , לאחר סיבוב המראה זווית הפגיעה ביחס לאנך היא α , ולכן גם זווית ההחזרה היא α , מכאן שהקרן תסטה בזווית של 2α .

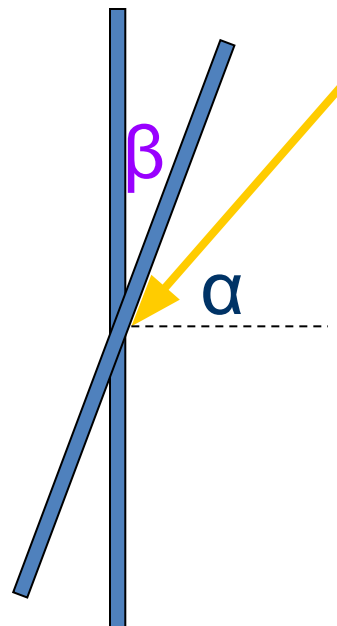


תרגול 3 – פגיעה בזווית במראה מסתובבת

קרן אור פוגעת במראה מישורית בזווית α ומוחזרת. בכמה מעלות תסטה הקרן המוחזרת אם המראה תסתובב בזווית β ?



ד. $2\alpha + \beta$



ג. β^2

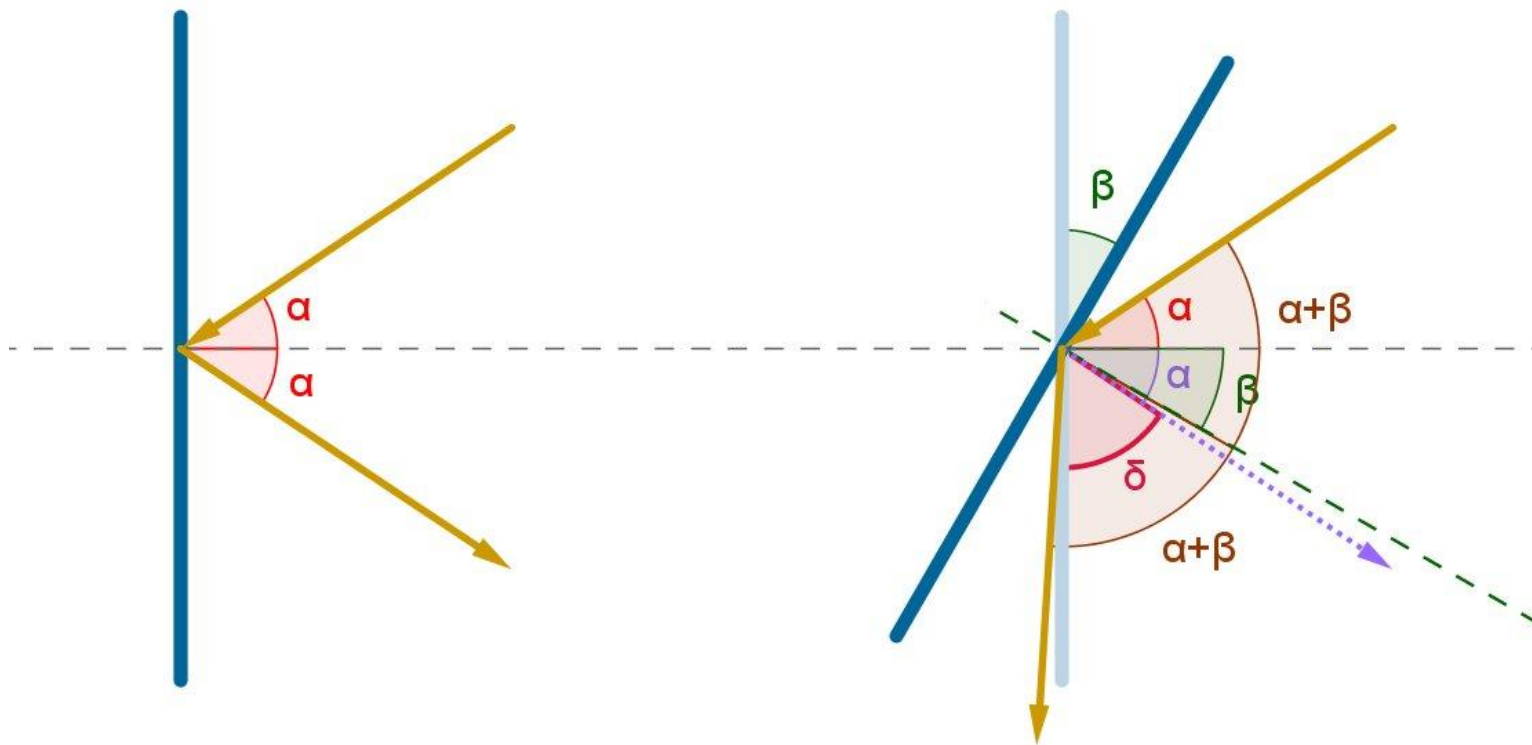
ב. $\beta + \alpha$

א. 2α

פתרון 3 - פגיעה בזווית במראה מסתובבת

לפני סיבוב המראה זווית ההחזרה הייתה שווה ל- α , לאחר סיבוב המראה זווית הפגיעה ביחס לאנך היא $\alpha + \beta$, ולכן גם זווית ההחזרה היא $\alpha + \beta$, מכאן שהקרן תסטה בזווית של 2β .

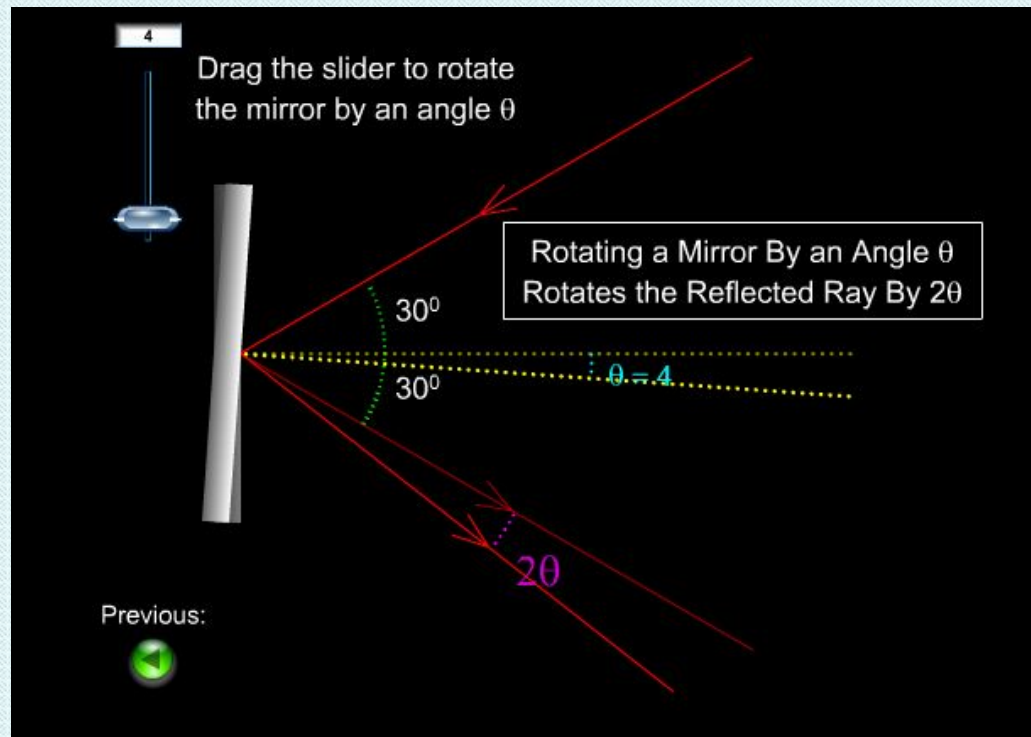
פתרון: ג. 2β נימוק: $\delta = (\alpha + \beta) + (\alpha + \beta) - 2\alpha = 2\beta$



מראה מישורית - הערות 4

51

- אם מראה מסתובב סביב צירה בזווית α , אז זווית בין קרן פוגעת וקרן מוחזרת גדלה ב- 2α



<http://faraday.physics.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/Reflection/Reflection.html>

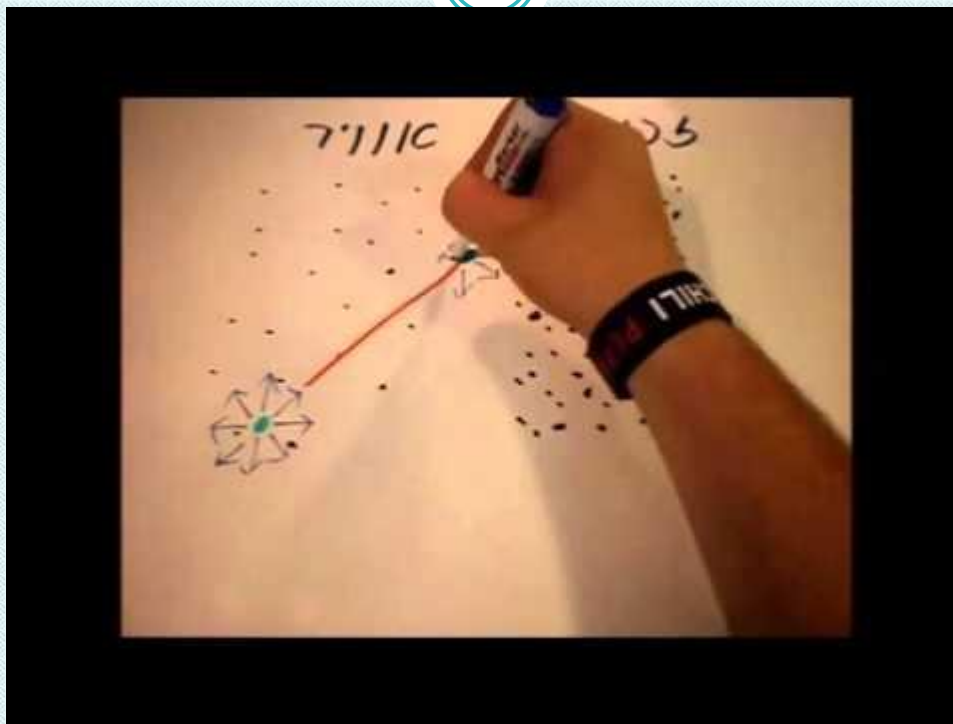


[http://video.cet.ac.il/VideoPlayer.aspx?
xmlConfigPath=mafilim/2012/tikhonvirtuali/archimed
es_mdi.xml](http://video.cet.ac.il/VideoPlayer.aspx?xmlConfigPath=mafilim/2012/tikhonvirtuali/archimedes_mdi.xml)

3. שבירת אור

שבירת אור

54



https://www.youtube.com/watch?v=FH08Wlkb7I4&index=11&list=PLyOzf3z52A8pDBUdlfEF-8Vym_0MaZ788

- במעבר מתווך (חומר) שקוף אחד לאחר, אור משנה את מהירותו
- מקדם שבירה n מראה פי כמה מהירות האור קטנה בחומר לעומת מהירותו באוויר (ריק)

חוק סנל (1626)

55

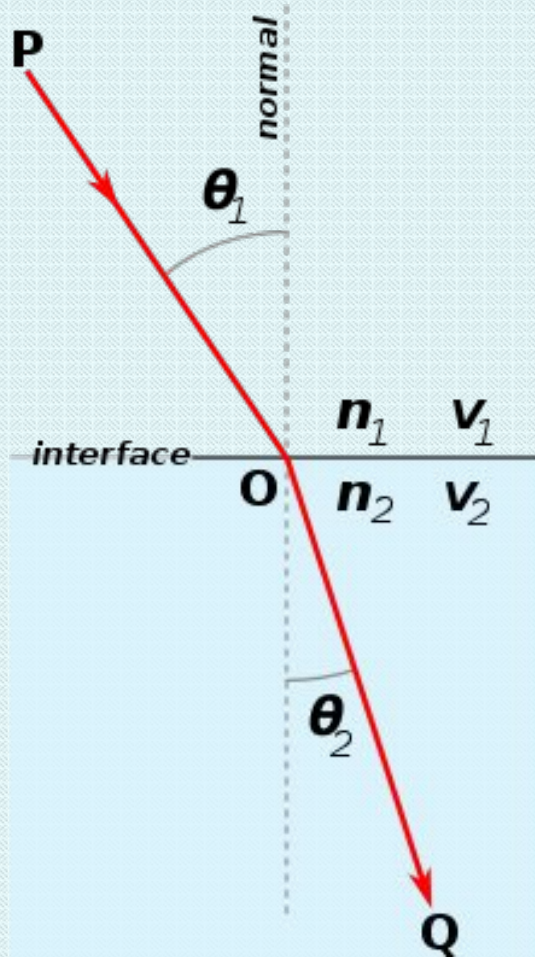
- קרן פוגעת, קרן נשברת ואנך לנקודת הפגיעה נמצאים באותו מישור
- בין זווית הפגיעה (ביחס לאנך) וזווית השבירה (ביחס לאנך) קיים קשר



$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

חוק סנל – שרטוט

56



$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

v_1 ו- v_2 - הן מהירויות של אור
בתווך שבו נמצאת קרן פוגעת
ונשברת בהתאם

n_1 ו- n_2 - הן מקדמי שבירה
של תווך שבו נמצאת קרן
פוגעת ונשברת בהתאם

חוק סנל – הערות 1

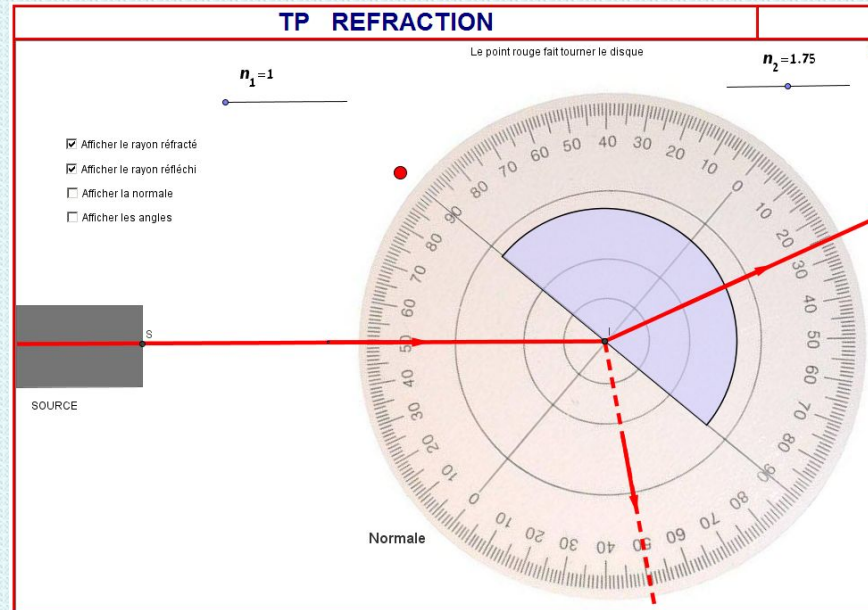
57

- קרן אור, שעוברת מתווך בעל מקדם שבירה נמוך לתווך בעל מקדם שבירה גבוה, נשברת ומתקרבת לאנך לנקודת הפגיעה
- קרן אור, שעוברת מתווך בעל מקדם שבירה גבוה לתווך בעל מקדם שבירה נמוך, נשברת ומתרחקת מאנך לנקודת הפגיעה
- קרן אור שפוגעת בקו הפרדה של שני תווכים בזווית פגיעה θ מעלות (ביחס לאנך) לא נשברת

חוק סנל – הערות 2

58

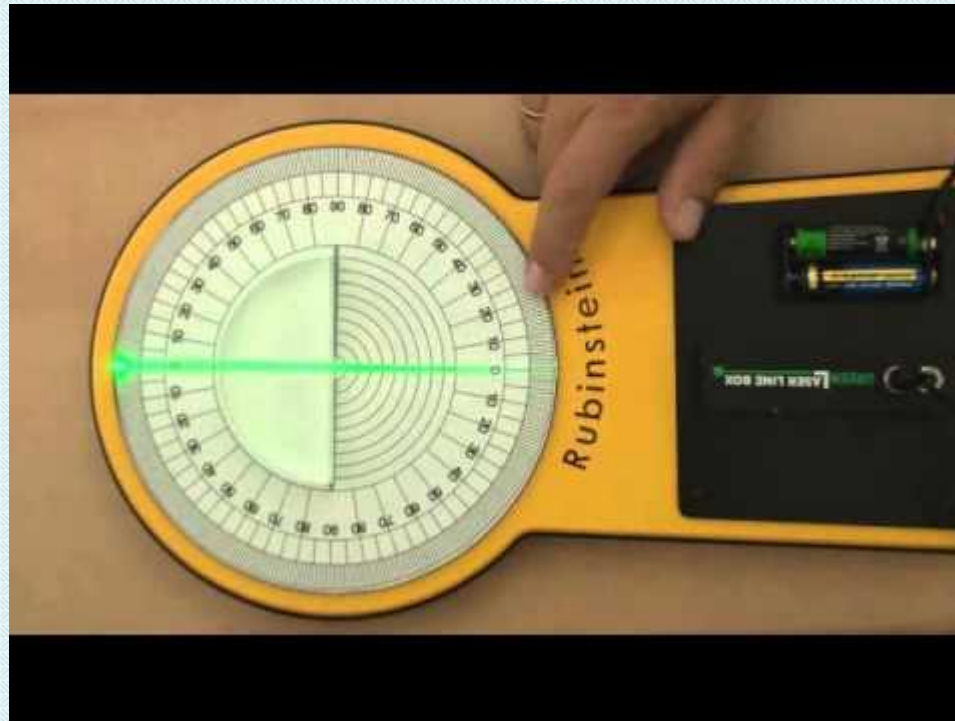
- יחד עם קרן נשברת קיים גם קרן מוחזרת שעוצמתה תלויה בזווית הפגיעה.
- קרן שפוגעת בחצי עיגול ברדיוס לא נשבר (רדיוס מאונך למשיק למעגל).



<http://dmentrard.free.fr/GEOGEBRA/Sciences/Physique/Optique/TPrefraction.html>

חצי עיגול מאוויר לפרספקס

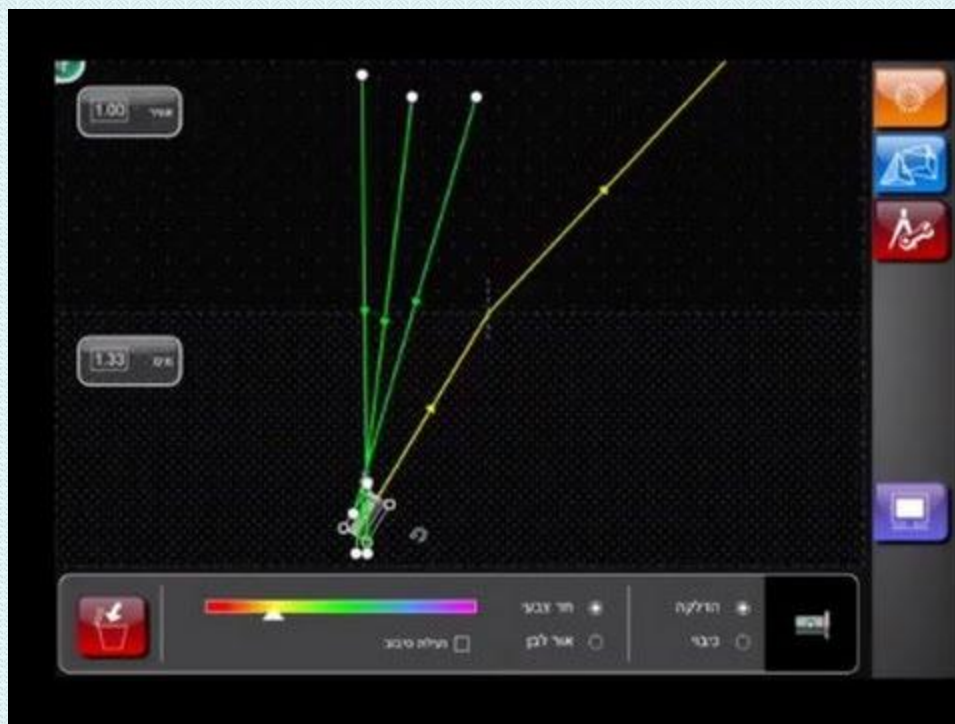
59



https://www.youtube.com/watch?v=lxNtEjnZXB8&list=PLyOzf3z52A8pDBUdlfEF-8Vym_0MaZ788&index=9

עומק מדומה – סרטון

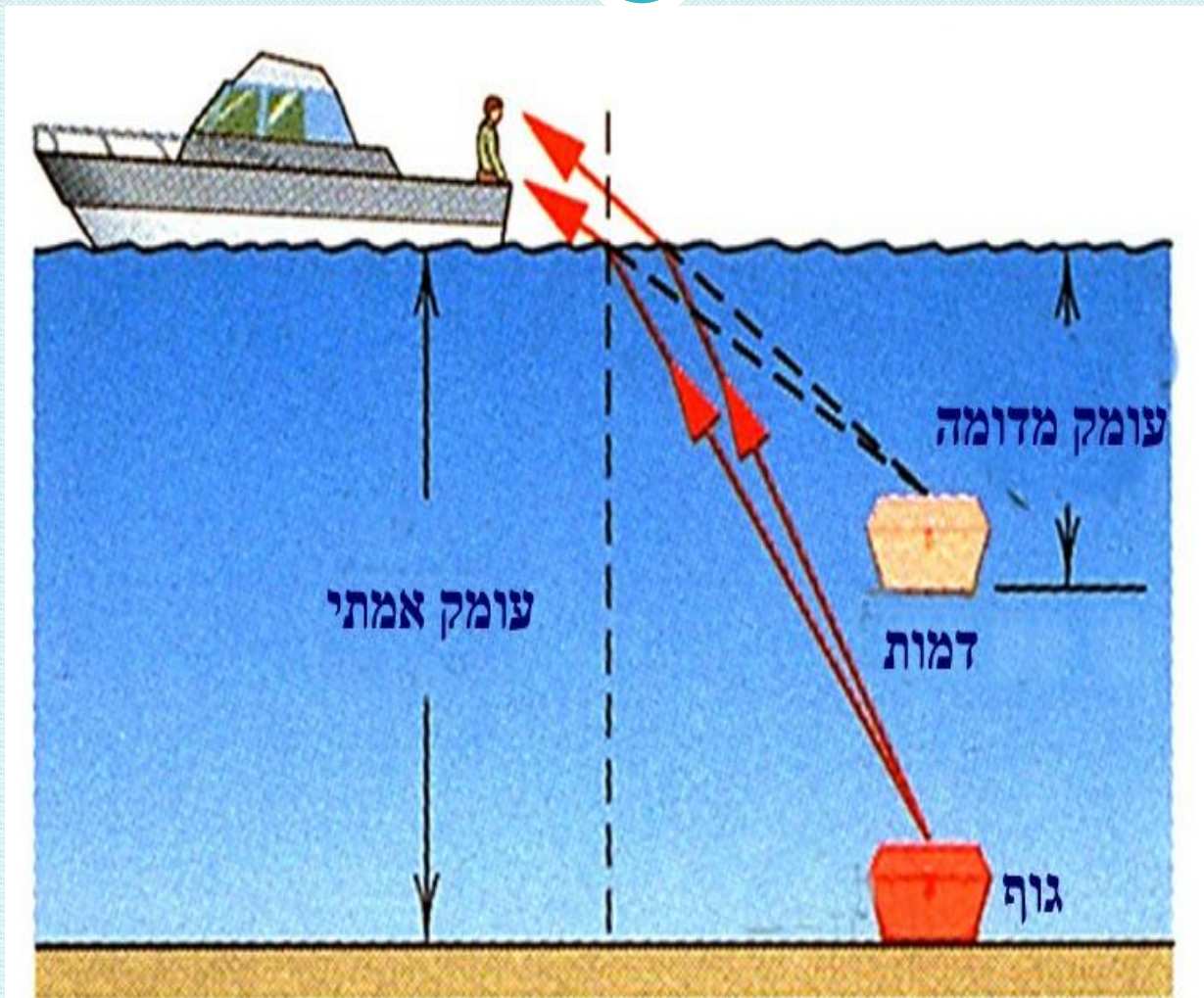
60



<https://www.youtube.com/watch?v=-BkF5WiOI1o>

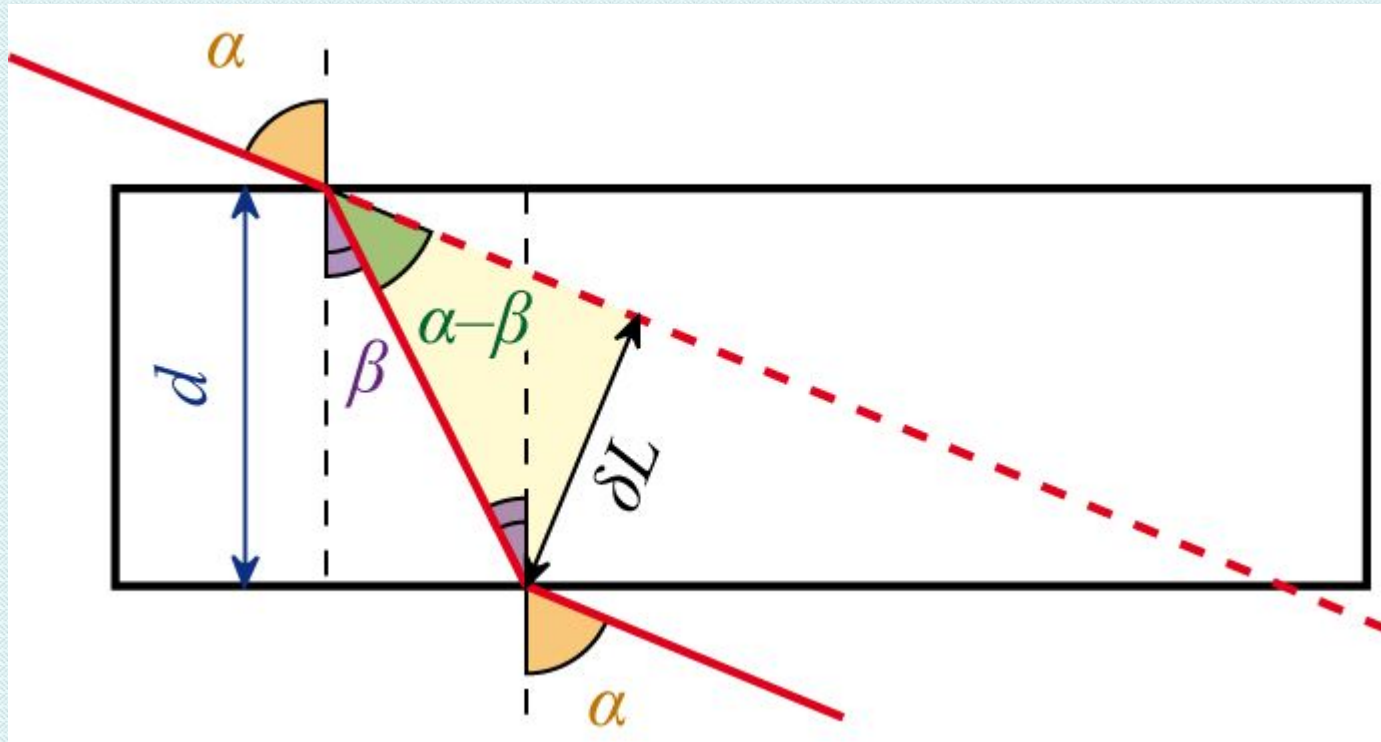
עומק מדומה

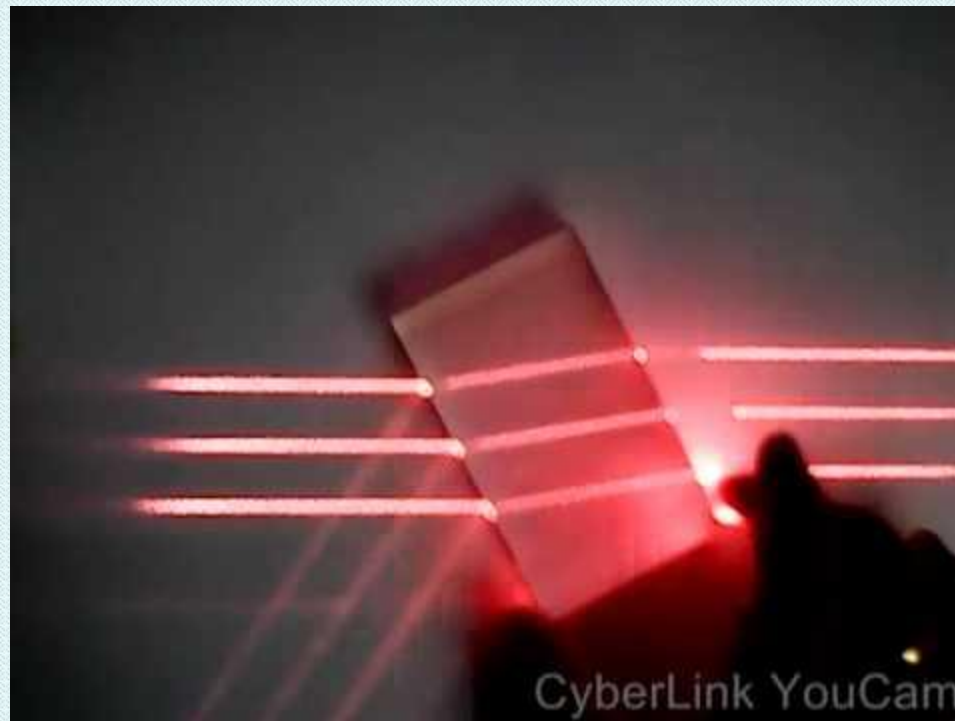
61



לוח עם דפנות מקבילות

62

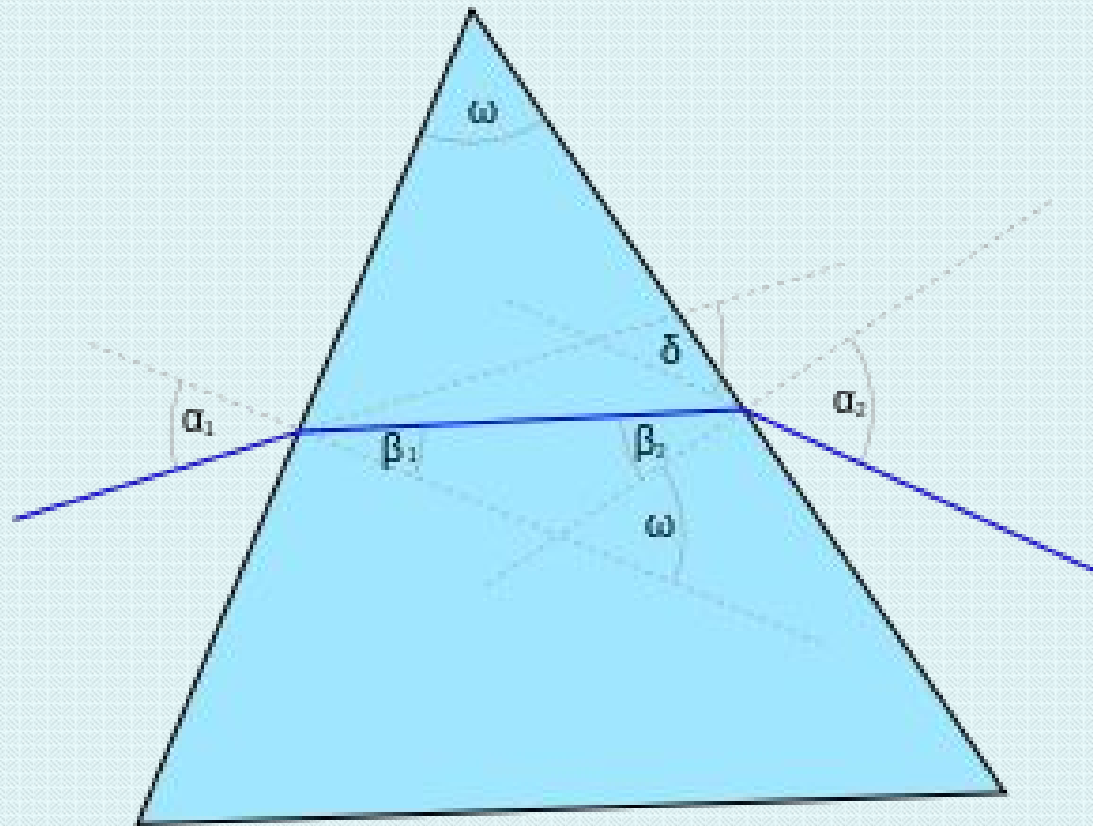




https://www.youtube.com/watch?v=NcUBgDu9vb0&list=PLyOzf3z52A8pDBUdlfEF-8Vym_0MaZ788&index=10

מנסרה

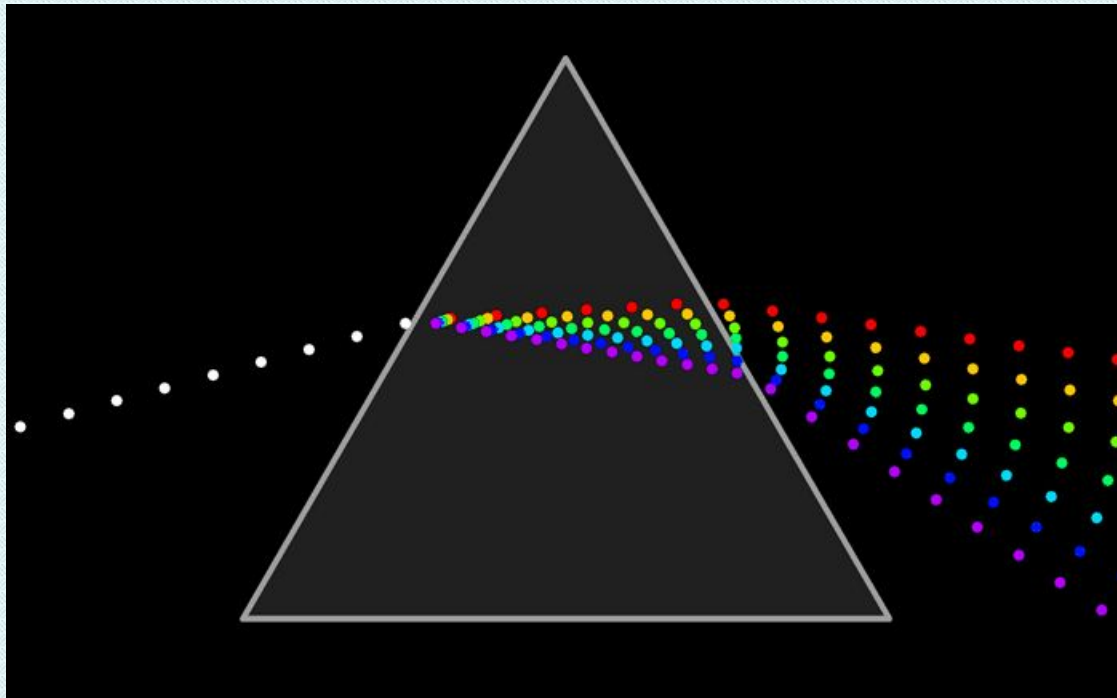
64



נפיעה

65

- תופעה של פירוק אור לבן ל-7 צבעי הקשת
- עיקרון: לכל צבע (אורך גל) יש מקדם שבירה שונה



קשת בענן

66



<https://www.youtube.com/watch?v=7zSyblgPKL0>

חצי עיגול מפרספקס לאוויר – החזרה גמורה

67



https://www.youtube.com/watch?v=2OM1GShsc2U&list=PLyOzf3z52A8pDBUdlfEF-8Vym_0MaZ788&index=12

החזרה גמורה

68

- תופעה של החזרה גמורה מתרחשת רק במעבר מתווך בעל מקדם שבירה גבוה לתווך בעל מקדם שבירה נמוך (כמו ממים לאוויר)
- החזרה גמורה מתרחשת רק כאשר זווית הפגיעה גדולה מזווית הקריטית (גבולית)
- זווית קריטית היא זווית הפגיעה כזאת, שזווית השבירה שלה לפי חוק סנל היא 90 מעלות

החזרה גמורה (מוחלטת) סרטון

69



חישוב הזווית הקריטית

70

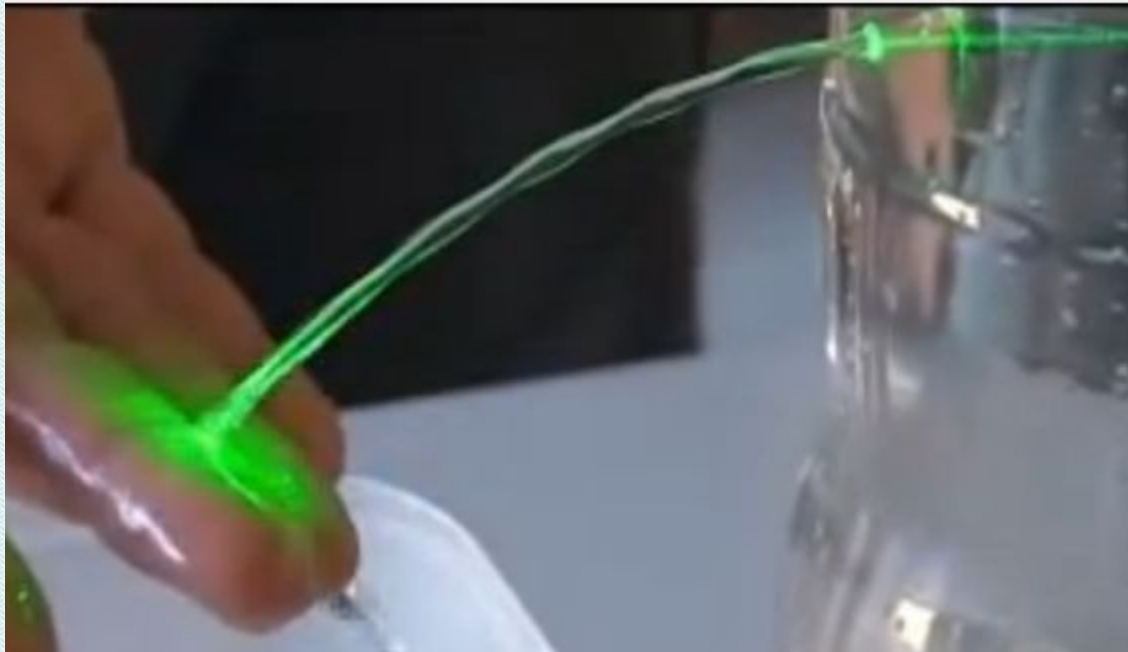
$$\frac{\sin \Theta_c}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

מקדם שבירה של אוויר הוא 1, לכן במעבר מתווך כלשהו לאוויר ניתן לחשב כך:

$$\frac{\sin \Theta_c}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{v_2}$$

החזרה גמורה – סיב אופטי

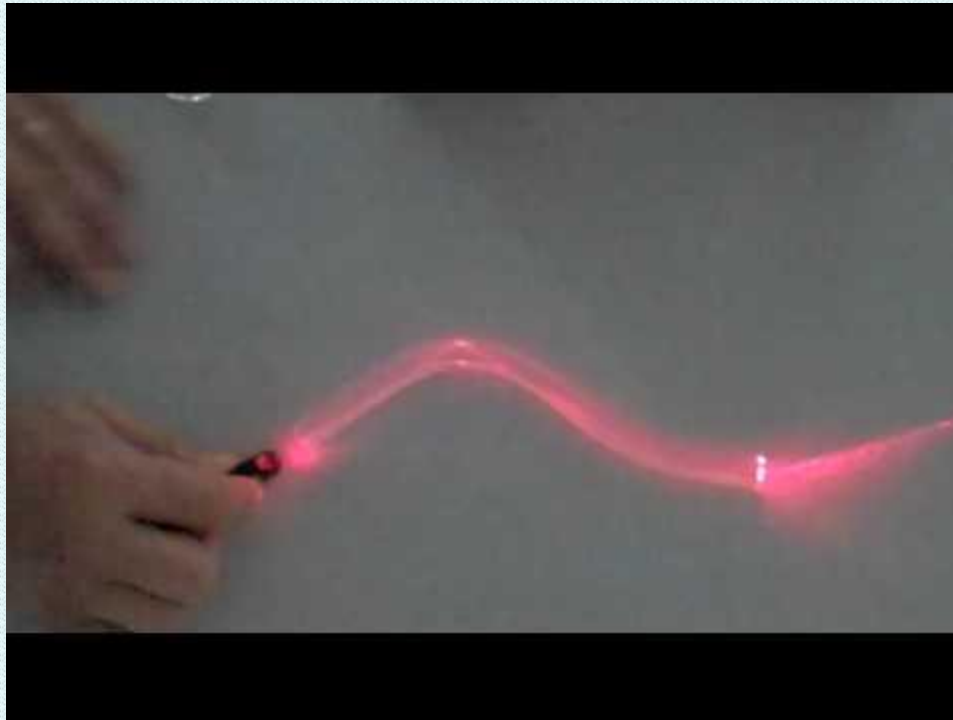
71



https://www.youtube.com/watch?v=hBQ8fh_Fp04&list=PL5C55F4122B03492C&index=30

שימוש הבחזרה גמורה

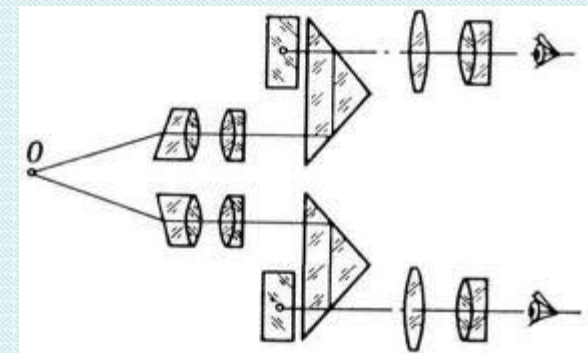
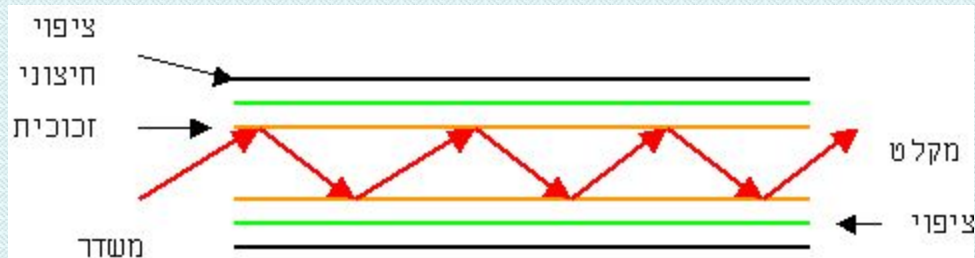
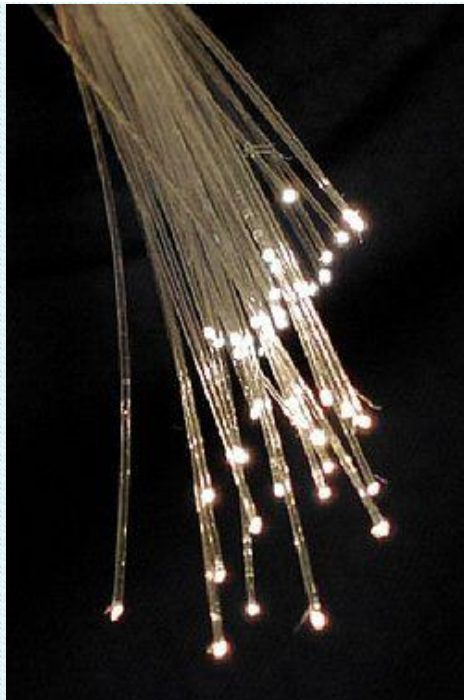
72



<https://www.youtube.com/watch?v=rlo2XeB2qt4>

שימוש בהחזרה מוחלטת (גמורה)

73

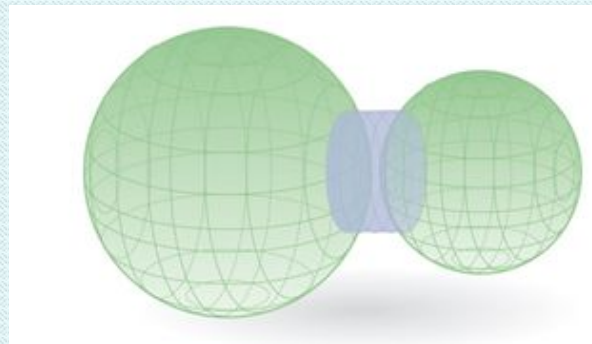
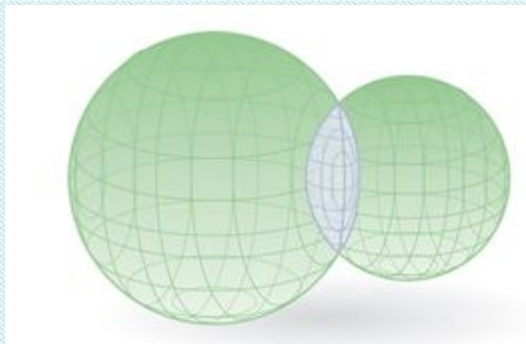


4. עדשות

עדשות

75

עדשה כדורית היא גוף שקוף בעל שני משטחים כדוריים, כלומר משטחים שאפשר לראות כל אחד מהם כחלק מפני כדור, או על-ידי משטח כדורי ומשטח מישורי (משטח שהוא חלק ממישור). לעדשות כדוריות יכולות להיות צורות שונות.



עדשה מרכזת ומפזרת

76

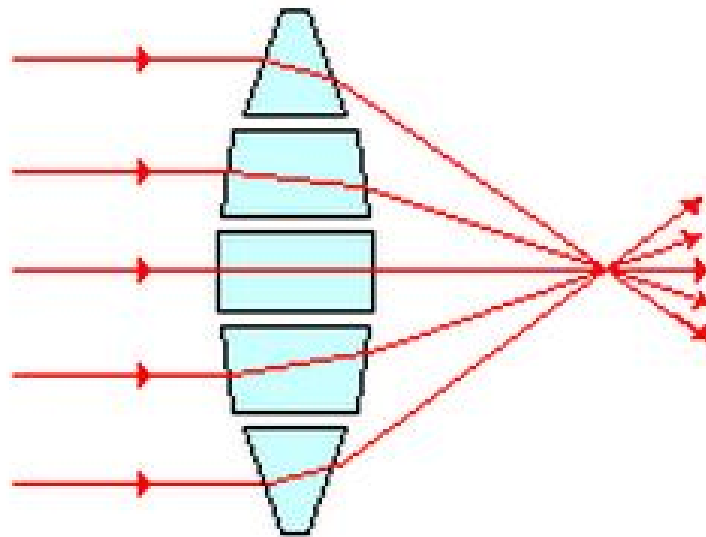
- עדשה מפזרת
- עבה יותר במרכז, מאשר בקצוות
- דקה יותר במרכז, מאשר בקצוות
- עדשה מרכזת
- עבה יותר במרכז, מאשר בקצוות



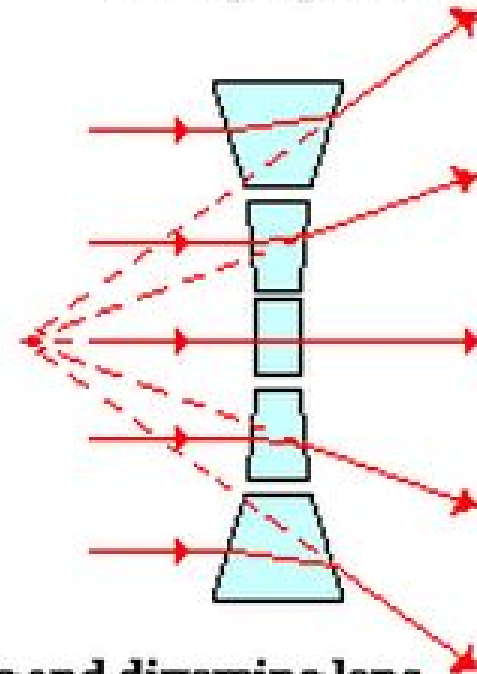
עדשה כאוסף מנסרות

77

Converging Prisms



Diverging Prisms

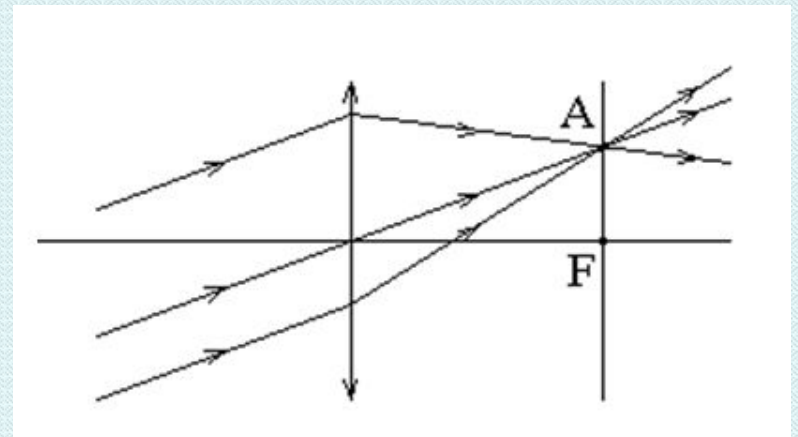
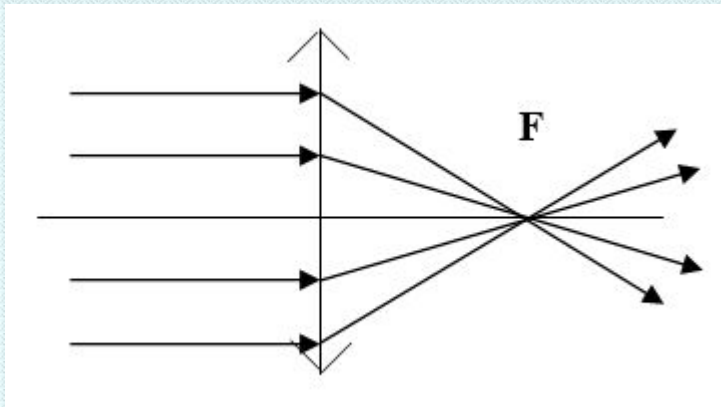


A set of prisms acting as a converging and diverging lens.

העדשות המרכזת

78

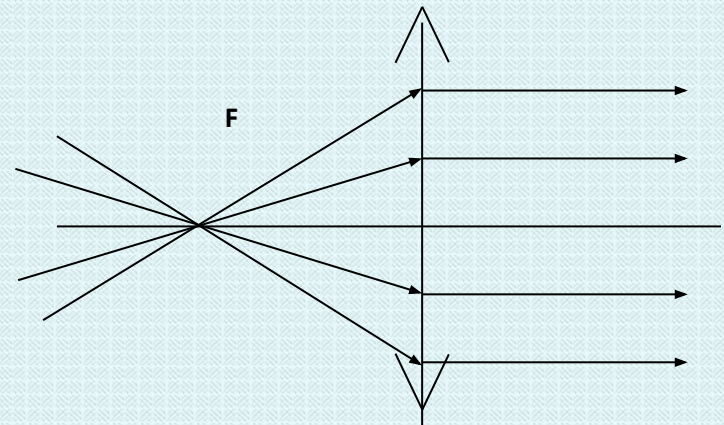
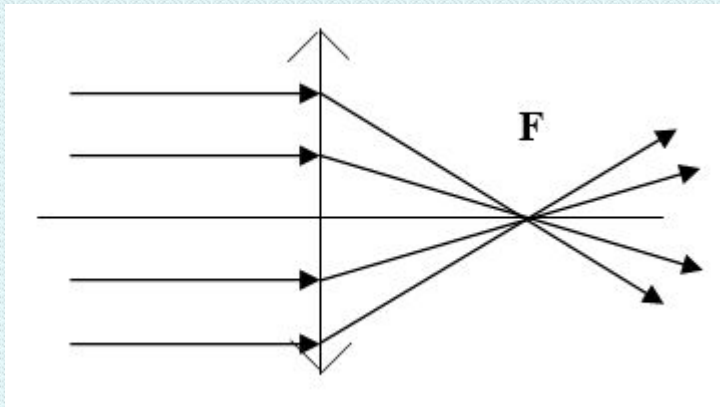
- ציר אופטי ראשי הוא ציר שעובר דרך מרכז העדשה ומאונך למישור העדשה
- ציר אופטי משני – ישר שעובר דרך מרכז עדשה
- קרני אור שפוגעות בעדשה מרכזת במקביל לציר אופטי ראשי, נפגשות במוקד בצדו השני של העדשה



העדשות המרכזת

79

- קרני אור שעוברות דרך מרכז העדשה לא נשברות
- לכל עדשה יש שתי נקודות מוקד באותו מרחק משני צדדים של העדשה. (מהלך קרניים הפיך).



קרניים בעדשה מרכזת

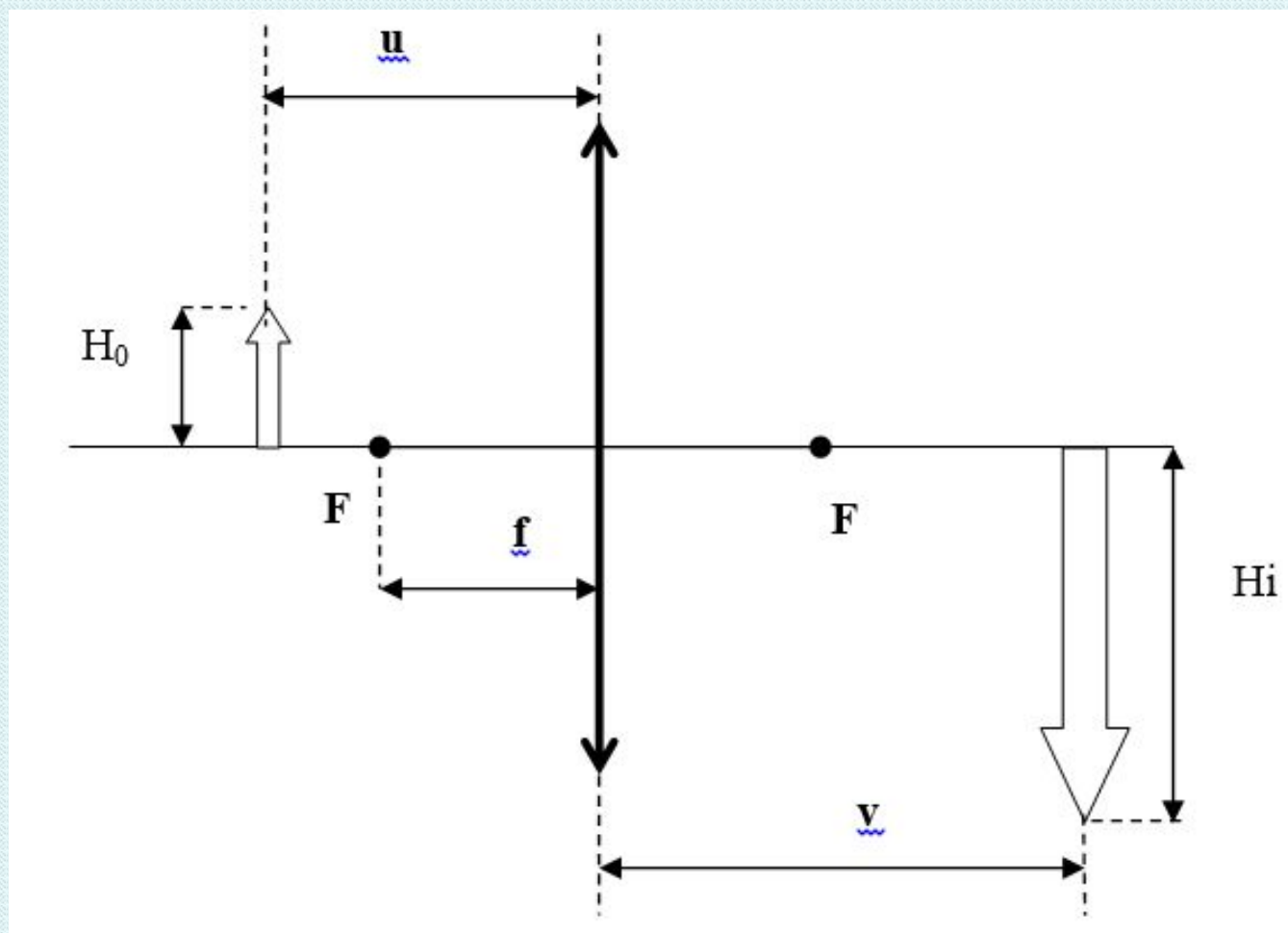
80



<http://www.youtube.com/watch?v=MadCcYUoHMg>

מושגים של עדשה - סרטוט

81



מושגים של עדשה - מקרא

82

הגדרה	חיובי	שלילי
u	מרחק הגוף מהעדשה	תמיד
v	מרחק הדמות מהעדשה	דמות ממשיה
f	מרחק המוקד	עדשה מרכזת
H₀	גובה הגוף	תמיד
H	גובה הדמות	דמות הפוכה
m	הגדלה קווית	הגדלה: $m < 1$ הקטנה: $m > 1$
c	עוצמת העדשה	נמדדת בדיופטר - DPT

נוסחאות של עדשה

83

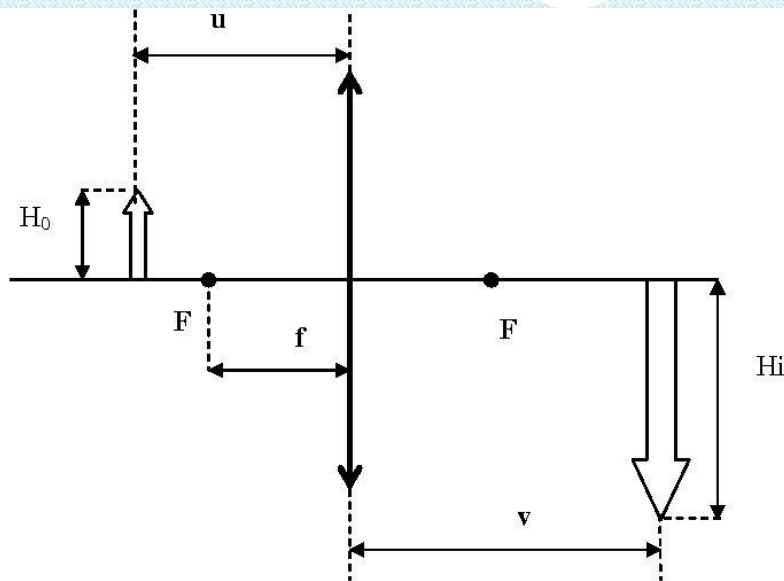
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

$$m = \frac{H_i}{H_o} = \left| \frac{V}{u} \right|$$

$$c = \frac{1}{f \text{ (מטרים)}}$$

נוסחת עדשה

84



$$c = \frac{1}{f(\text{מטרים})}$$

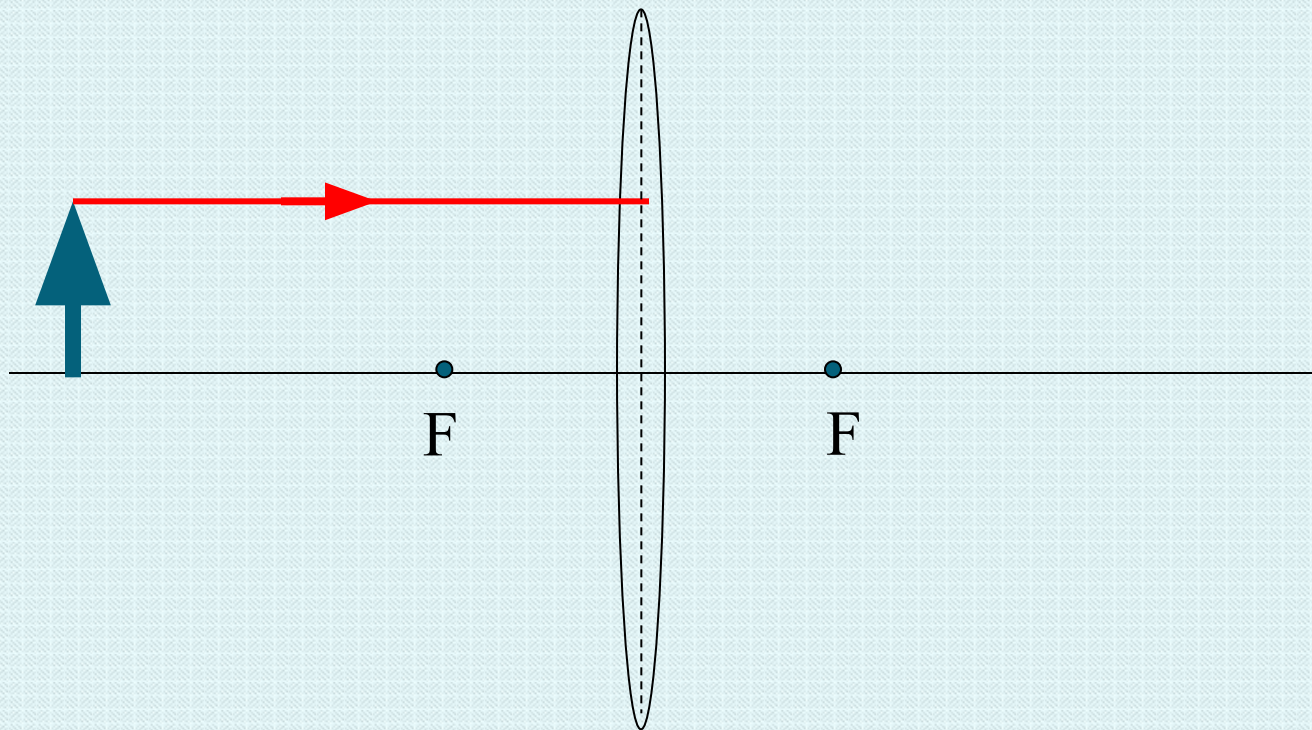
$$m = \frac{H_i}{H_0} = \left| \frac{v}{u} \right|$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

הגדרה	חיובי	שלילי
u	מרחק הגוף מהעדשה	תמיד
v	מרחק הדמות מהעדשה	דמות ממשית
f	מרחק המוקד	עדשה מרכזת
H₀	גובה הגוף	תמיד
H	גובה הדמות	דמות הפוכה
m	הגדלה קווית	הגדלה: $1 < m$
		הקטנה: $1 > m$
c	עוצמת העדשה	נמדדת בדיופטר - DPT

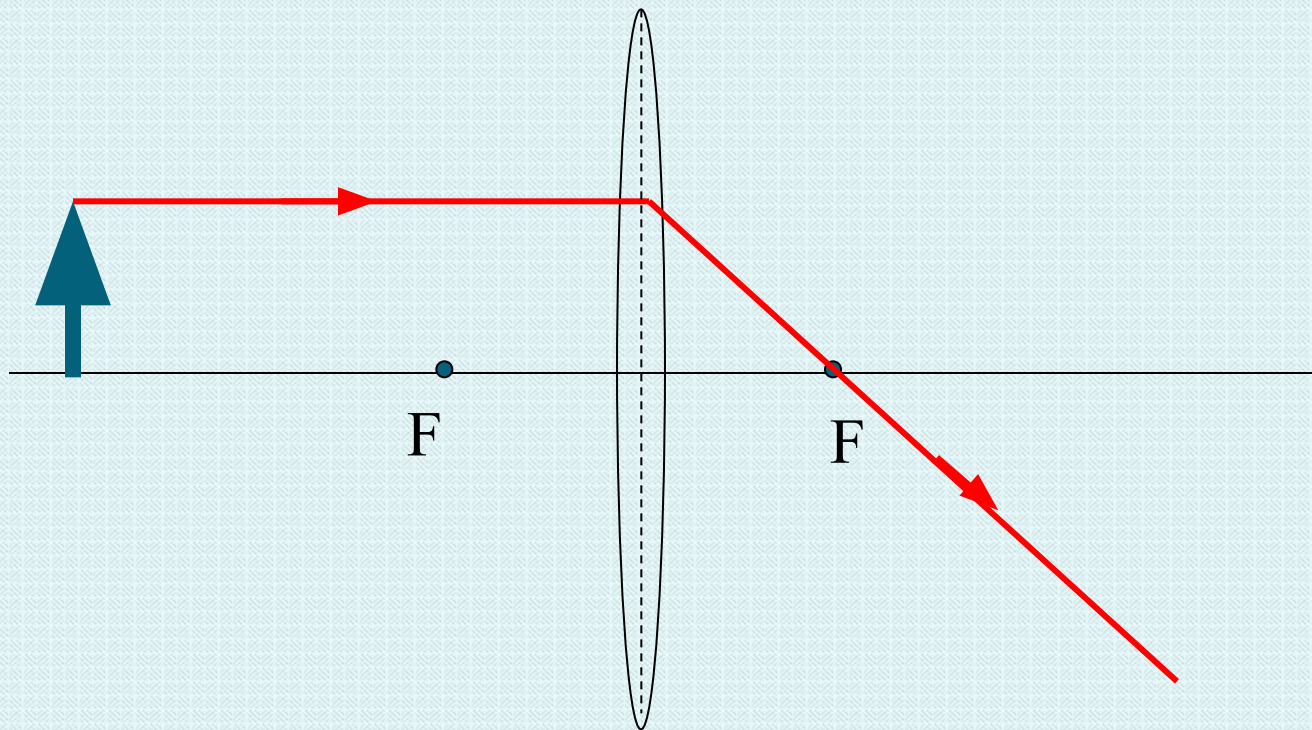
$$U > 2f$$

85



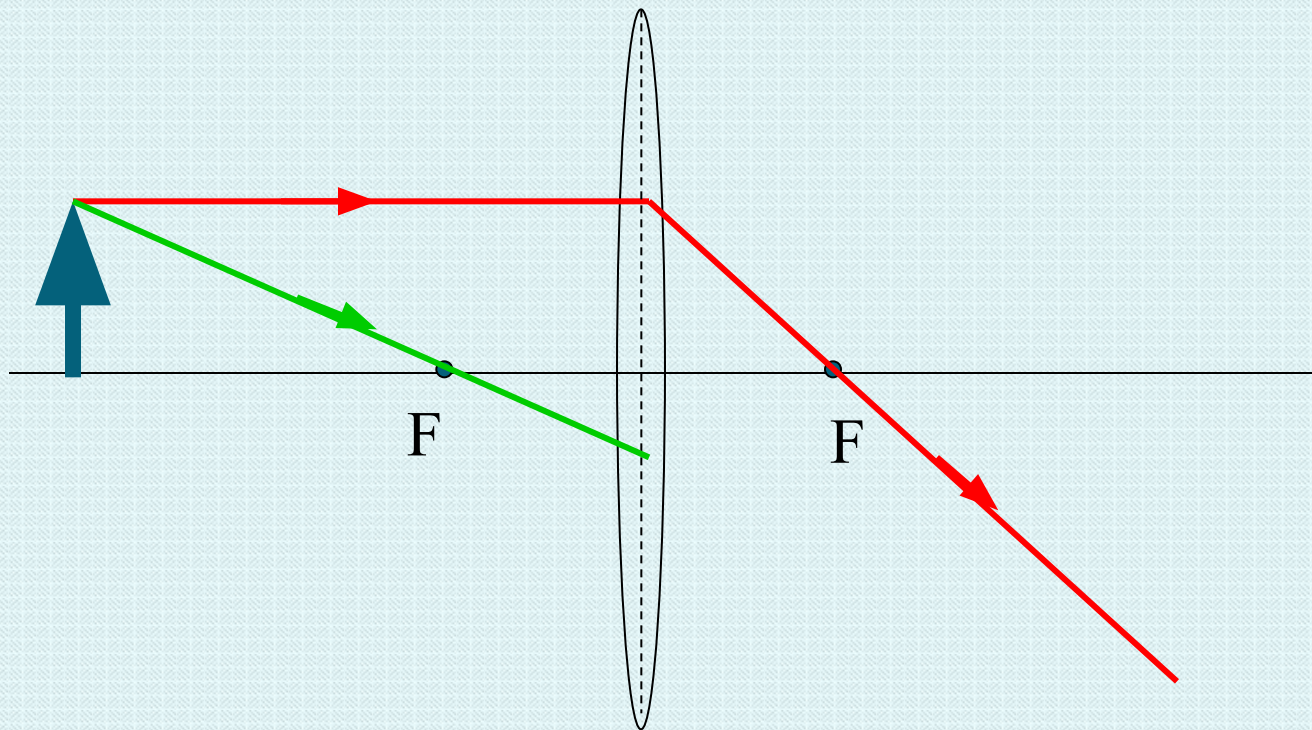
$$U > 2f$$

86



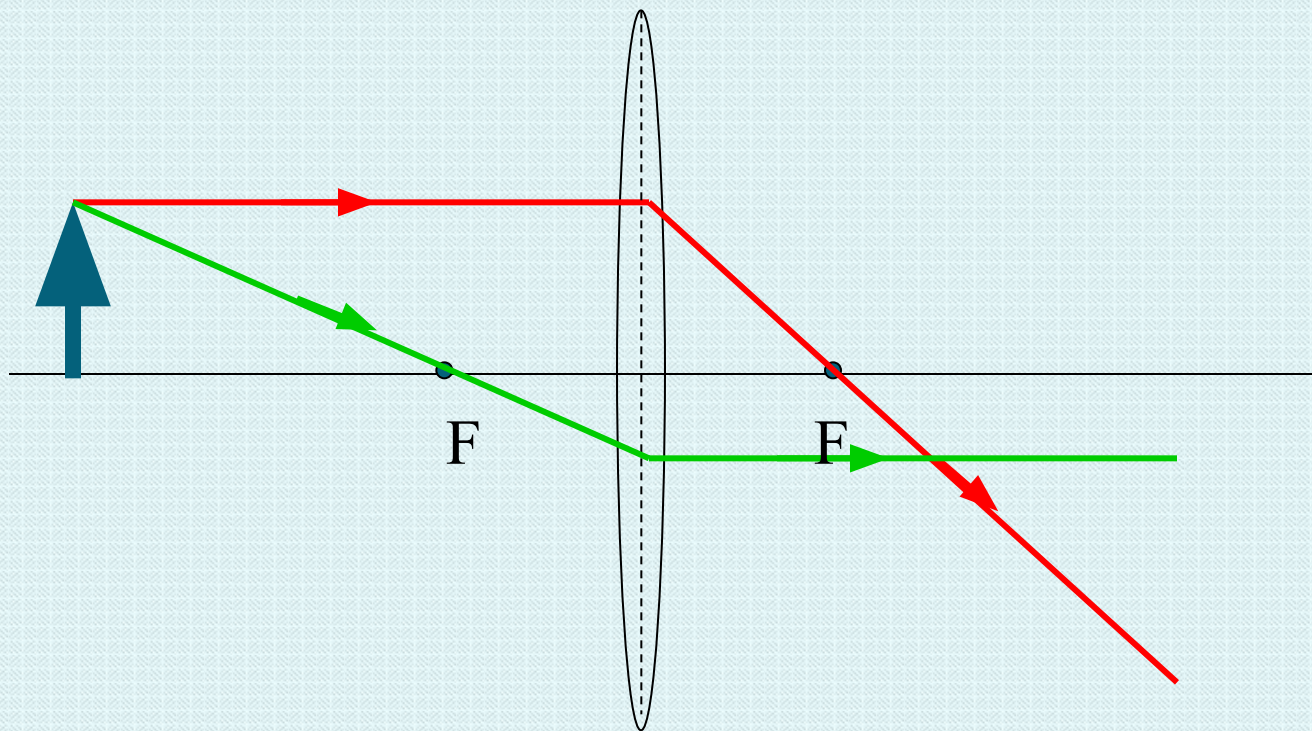
$$U > 2f$$

87



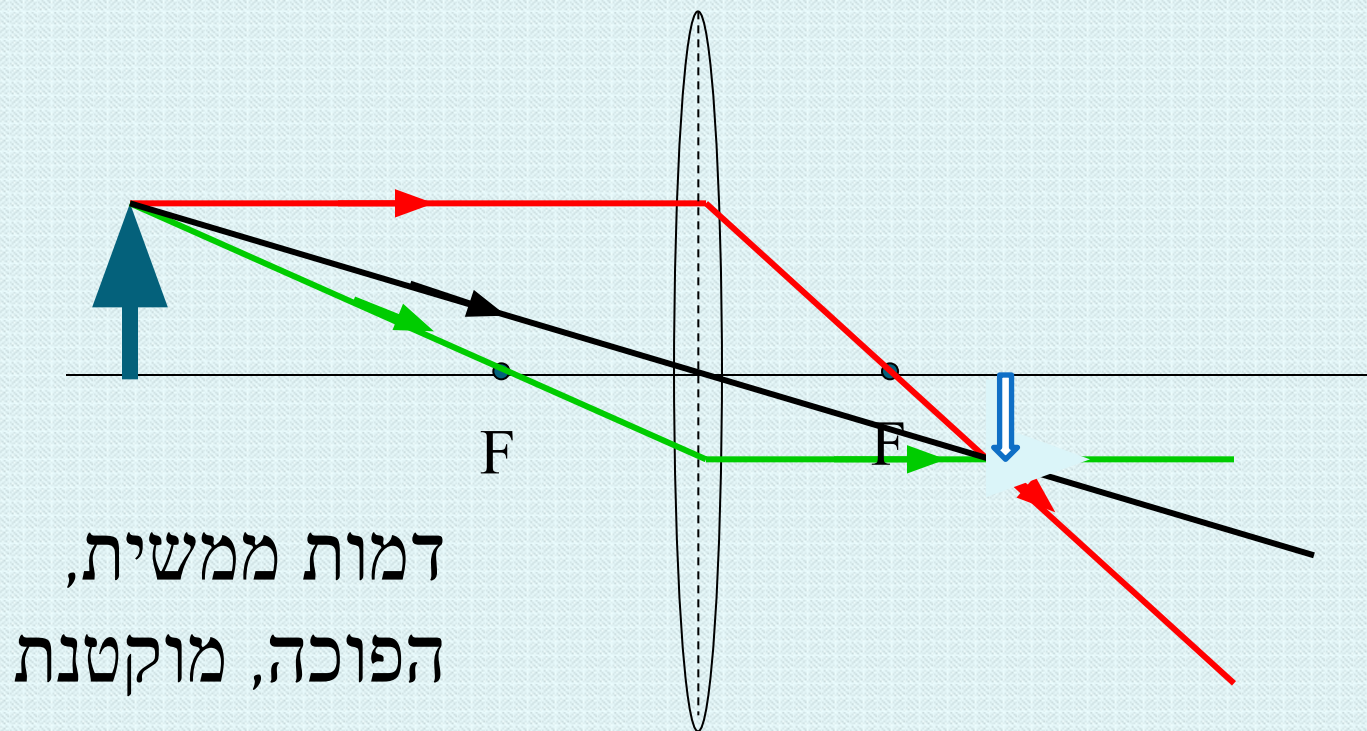
$$U > 2f$$

88



$$U > 2f$$

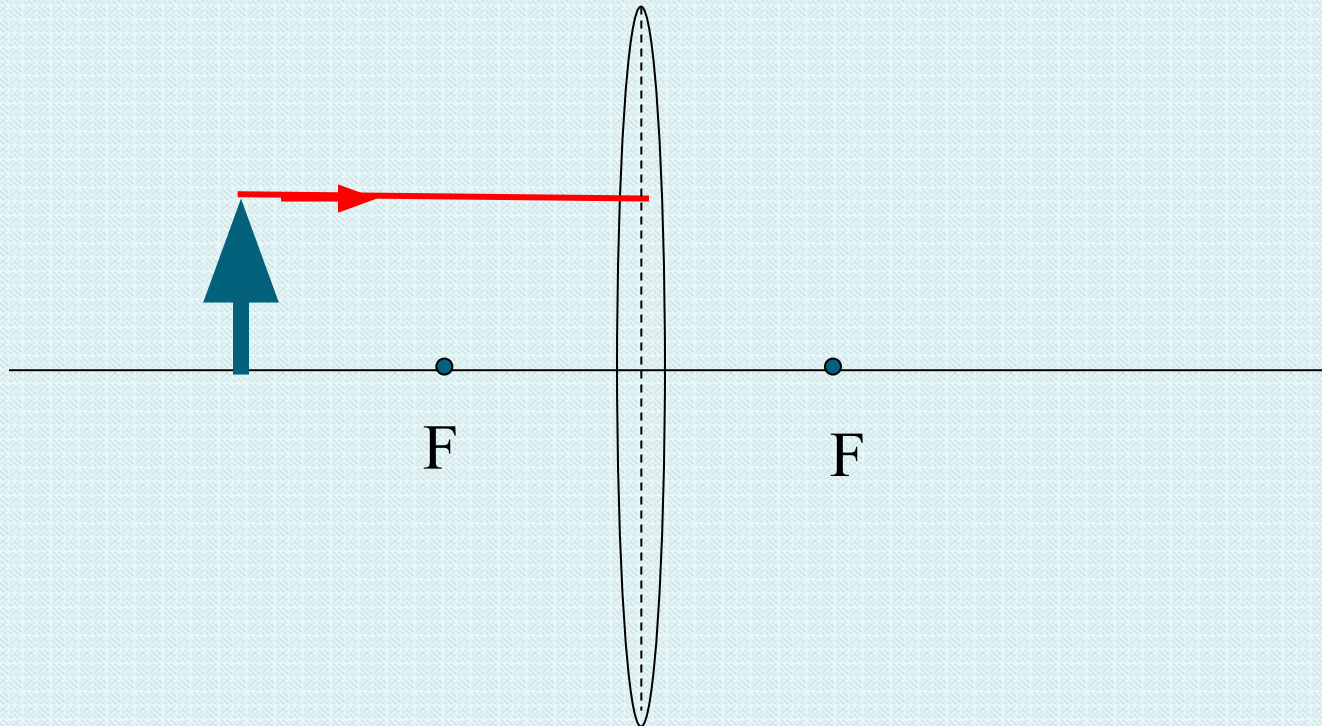
89



דמות ממשית,
הפוכה, מוקטנת

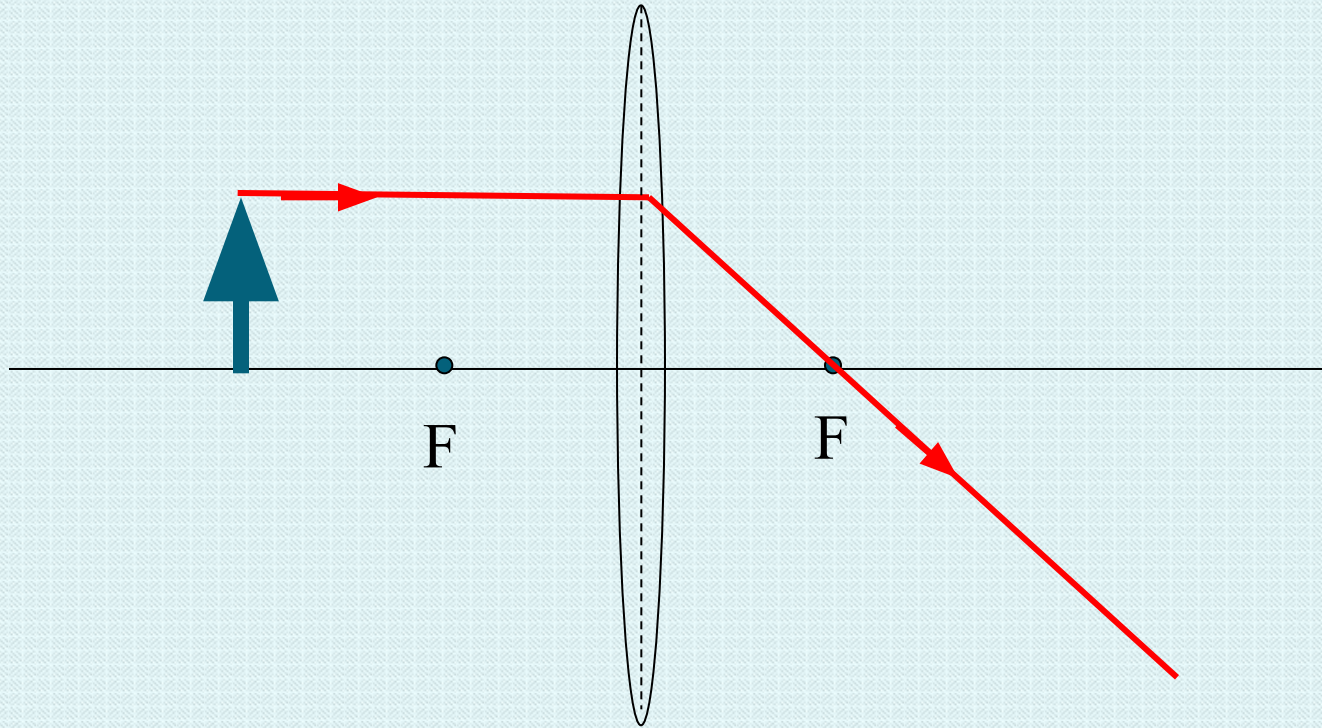
$$U=2f$$

90



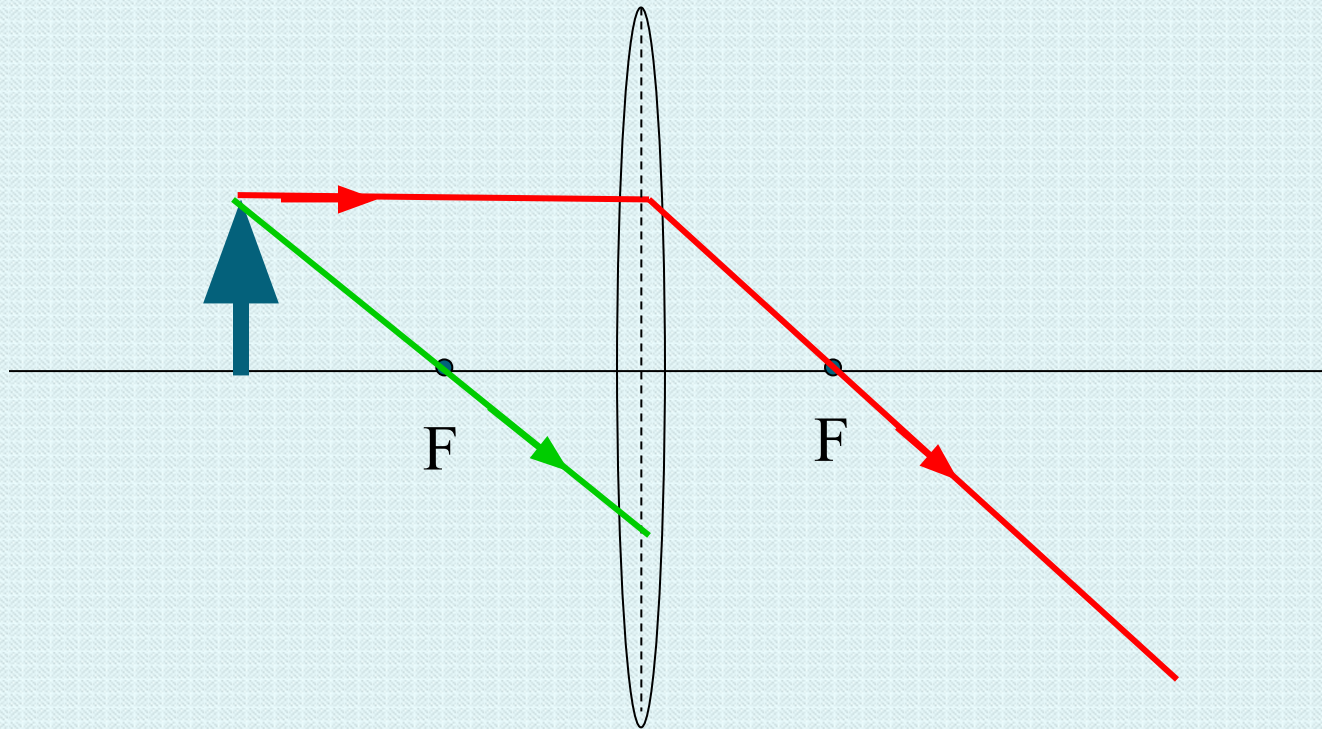
$$U=2f$$

91



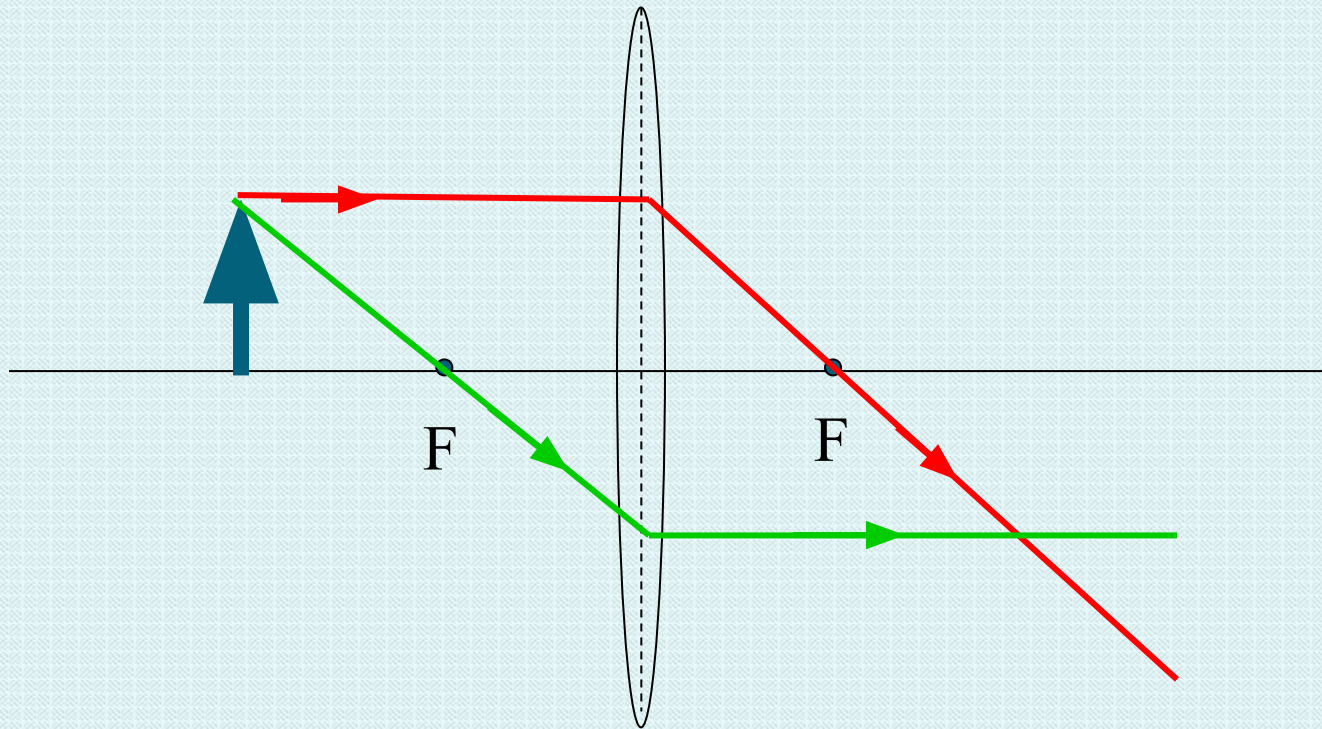
$$U=2f$$

92



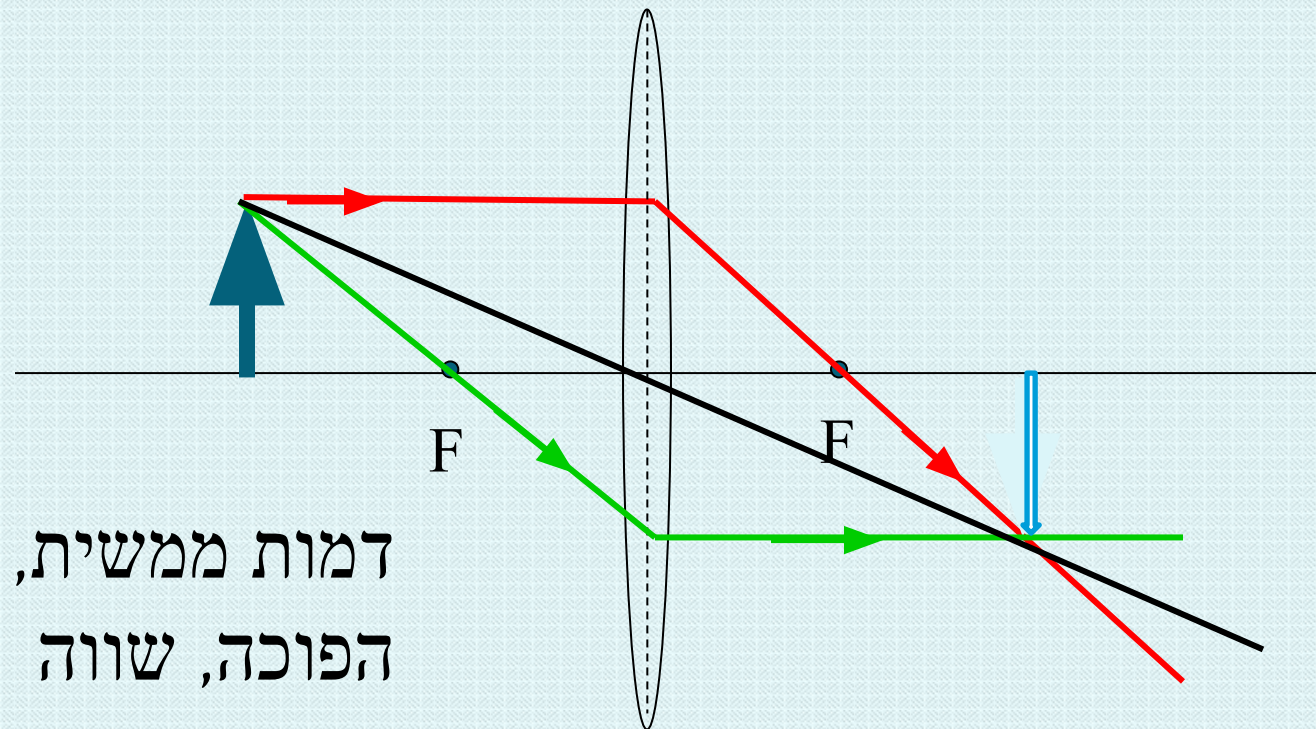
$$U=2f$$

93



$$U=2f$$

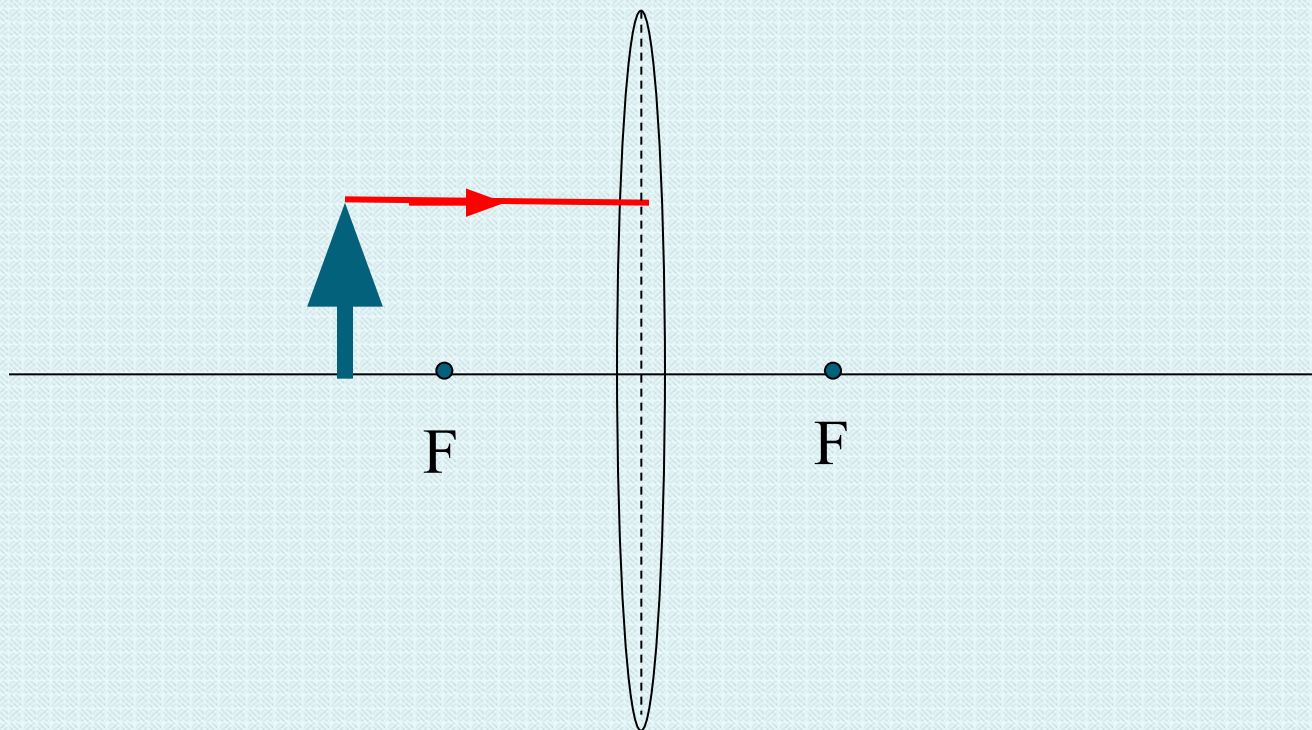
94



דמות ממשית,
הפוכה, שווה

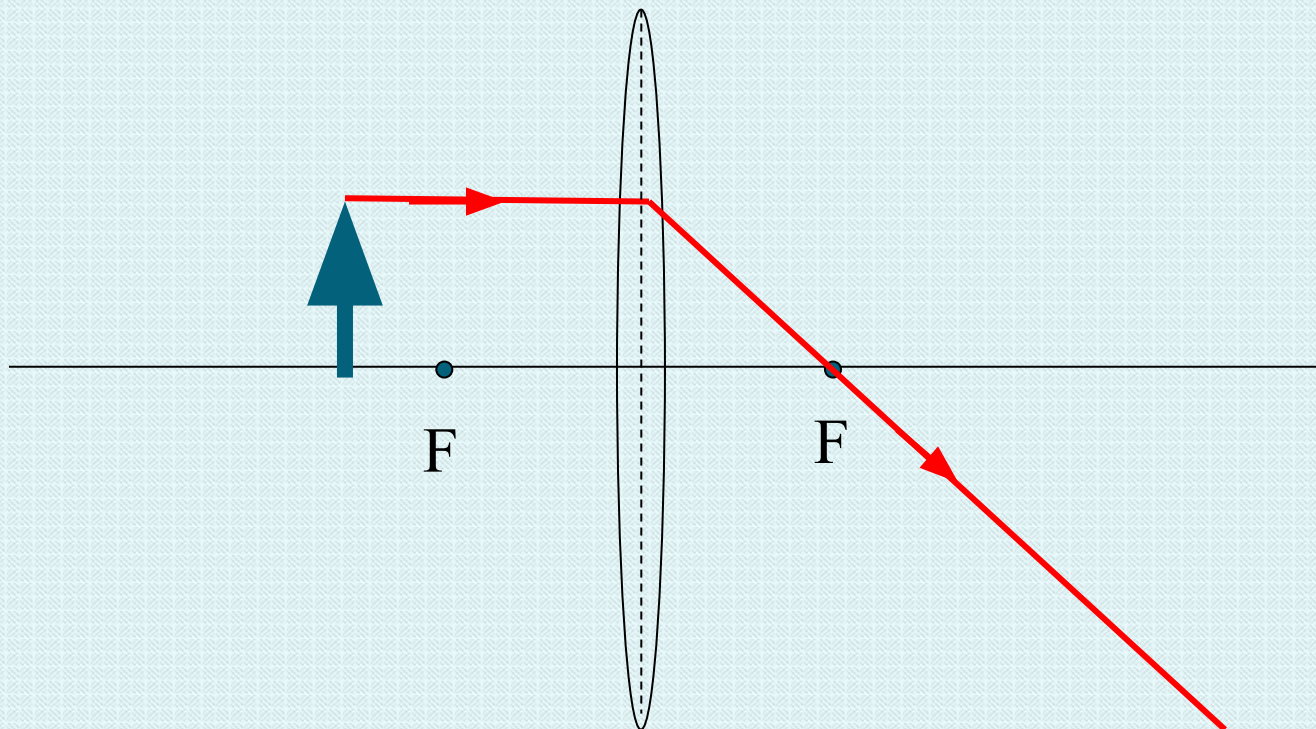
$$f < u < 2f$$

95



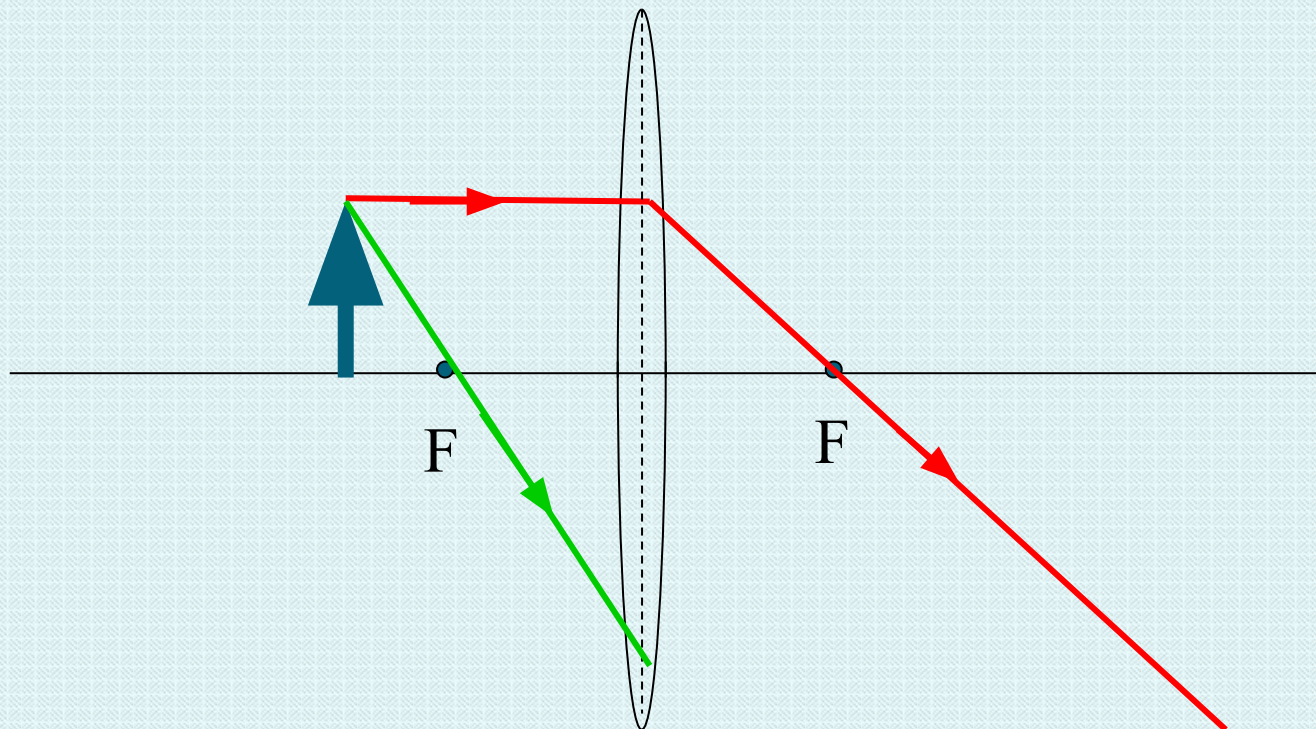
$$f < u < 2f$$

96



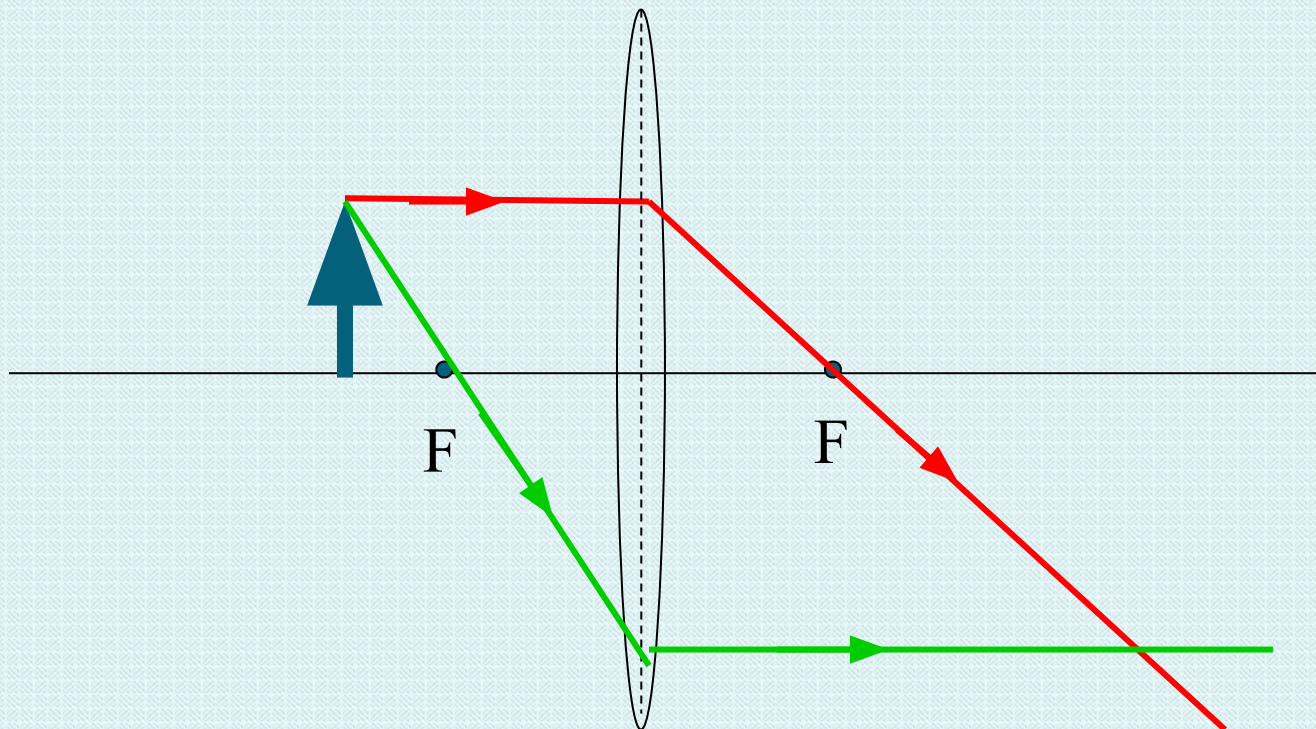
$$f < u < 2f$$

97



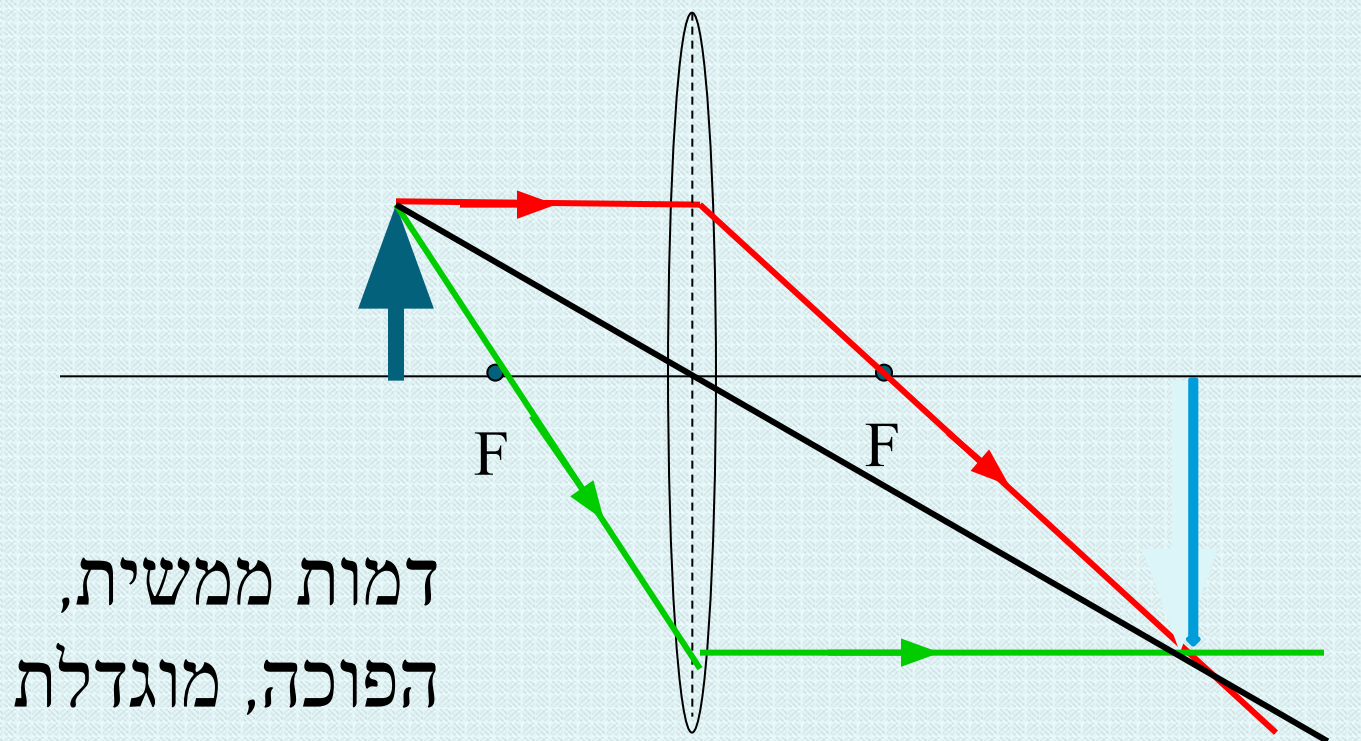
$$f < u < 2f$$

98



$$f < u < 2f$$

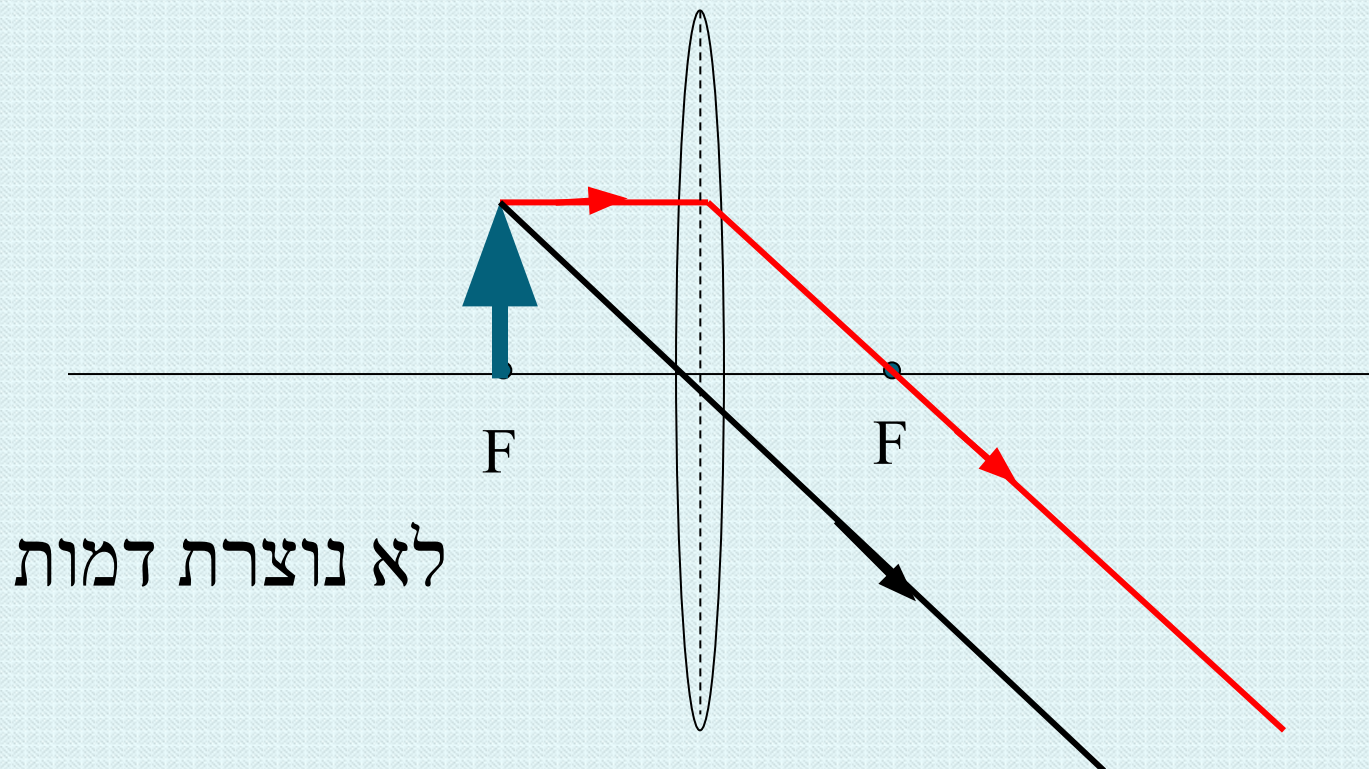
99



דמות ממשית,
הפוכה, מוגדלת

$$U=f$$

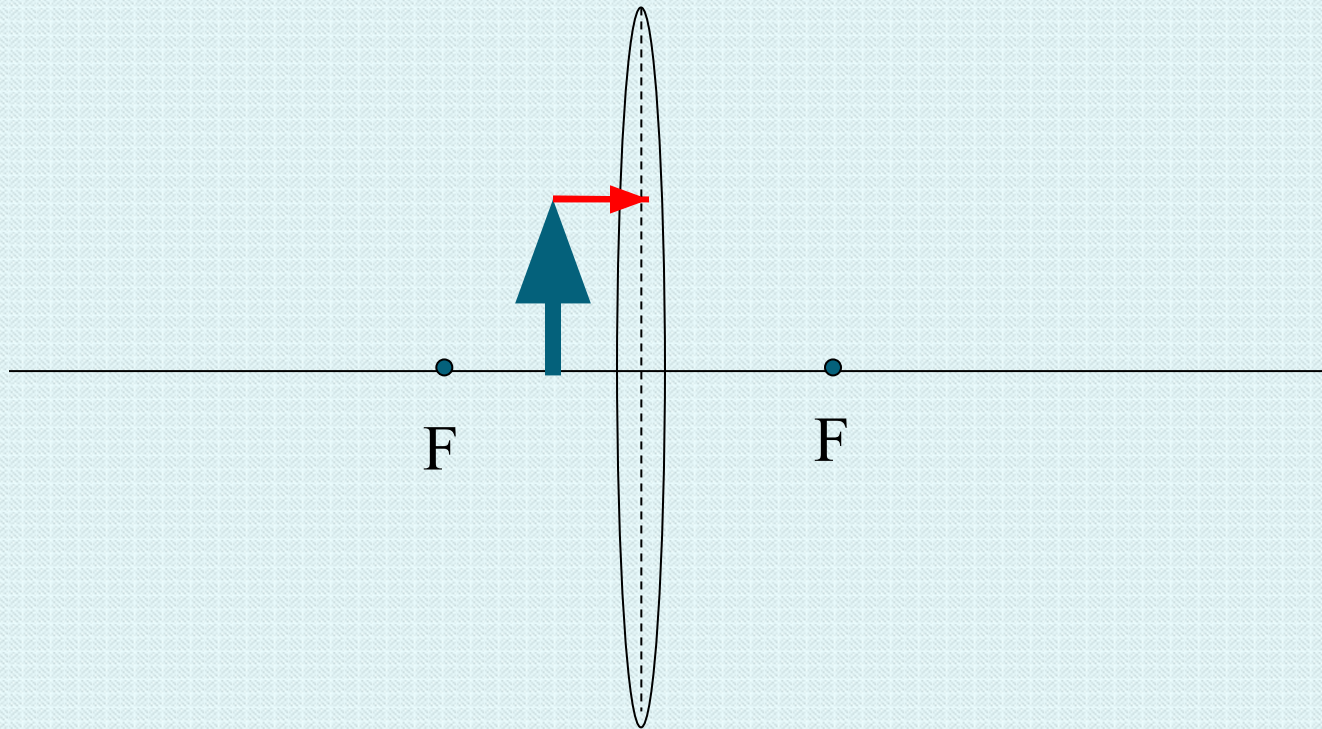
100



לא נוצרת דמות

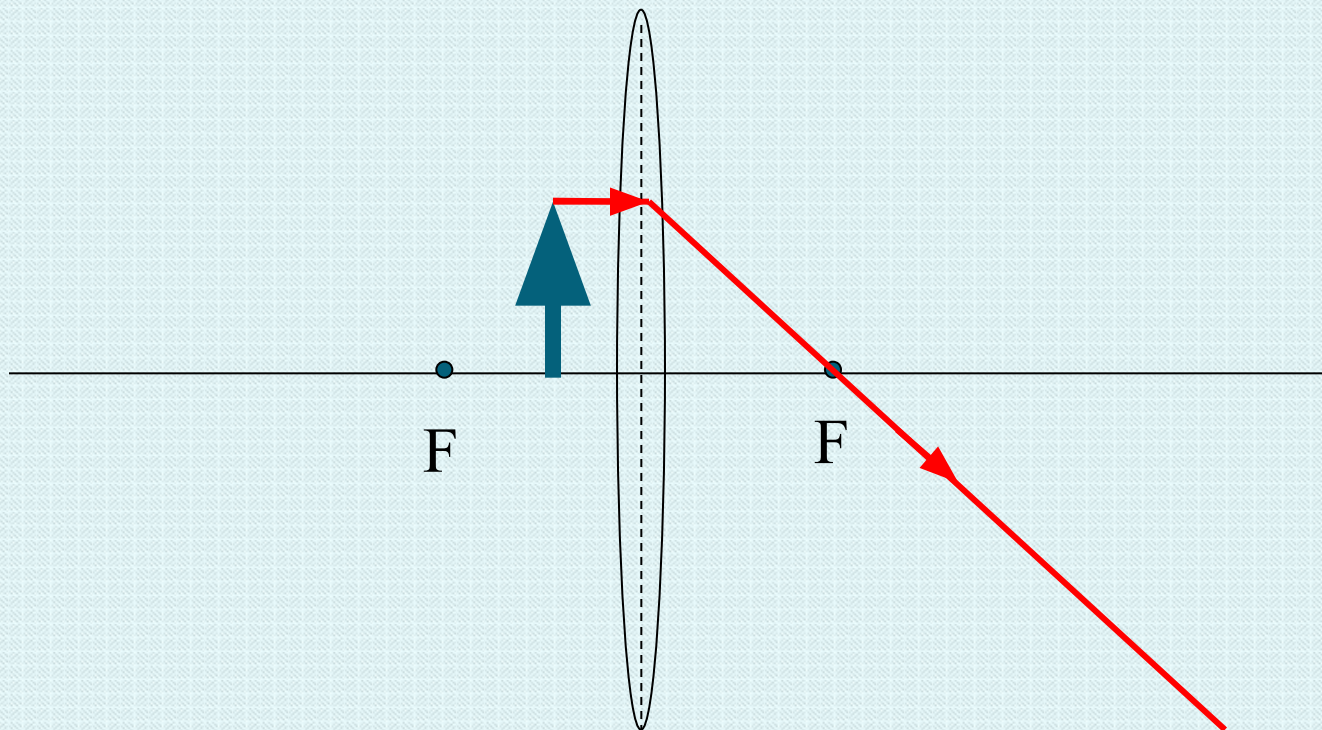
$$u < f$$

101



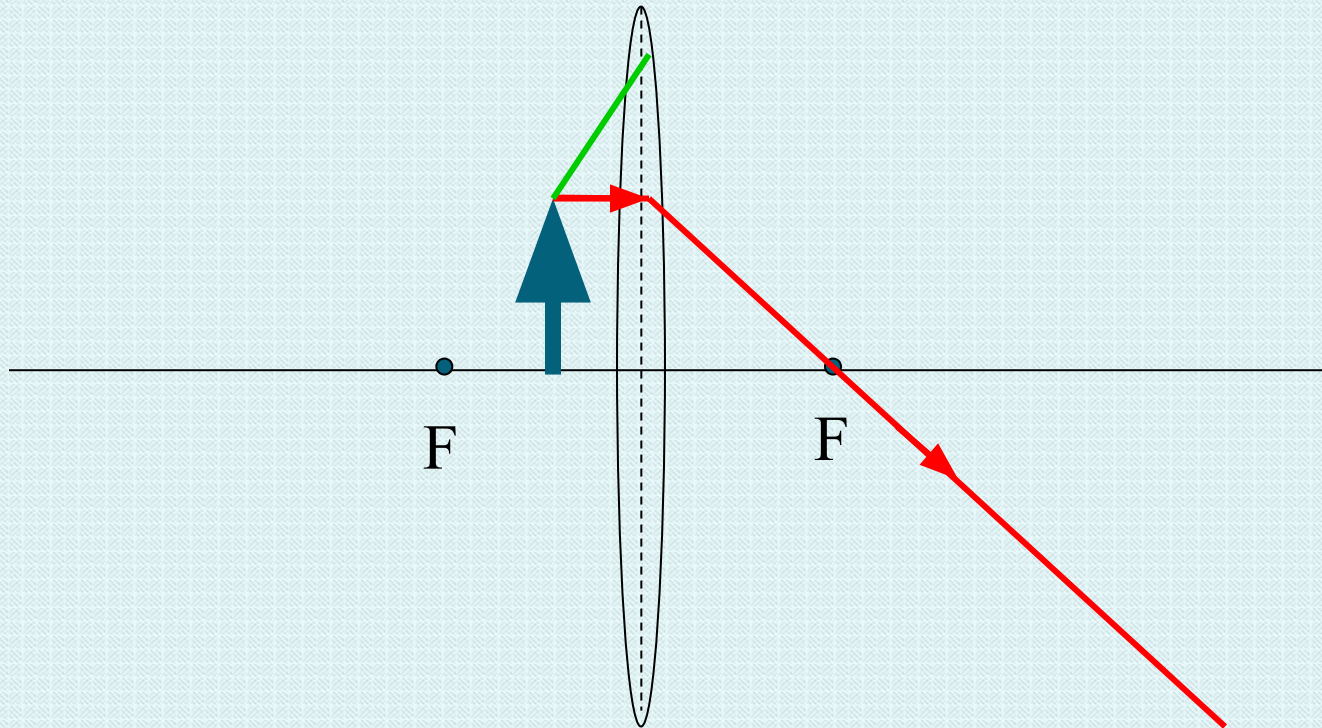
$$u < f$$

102



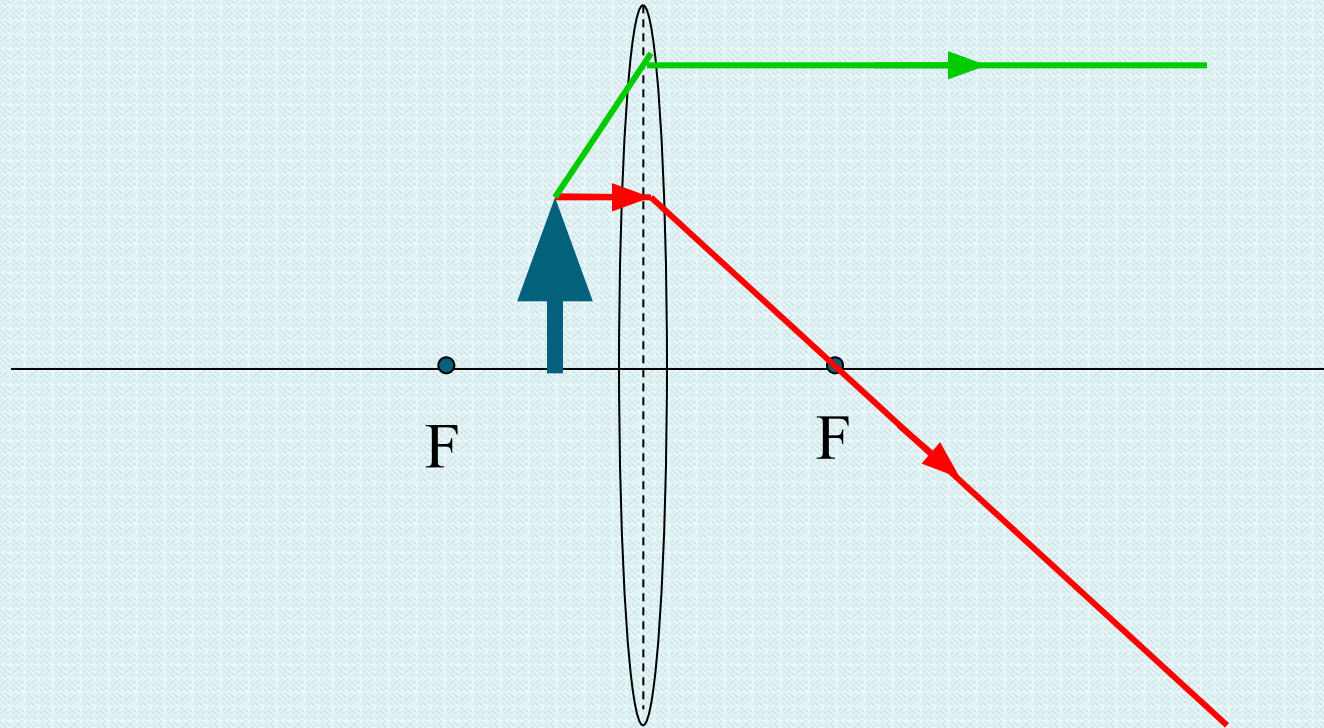
$$u < f$$

103



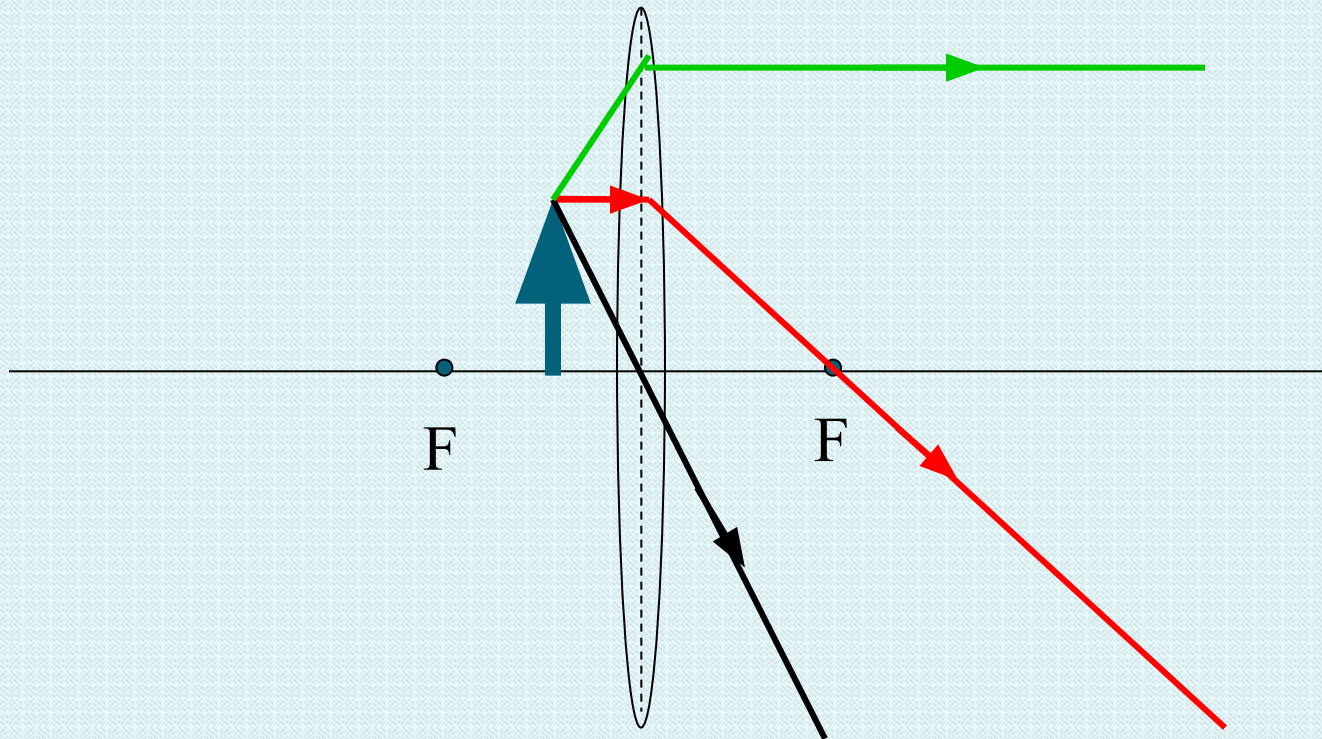
$$u < f$$

104



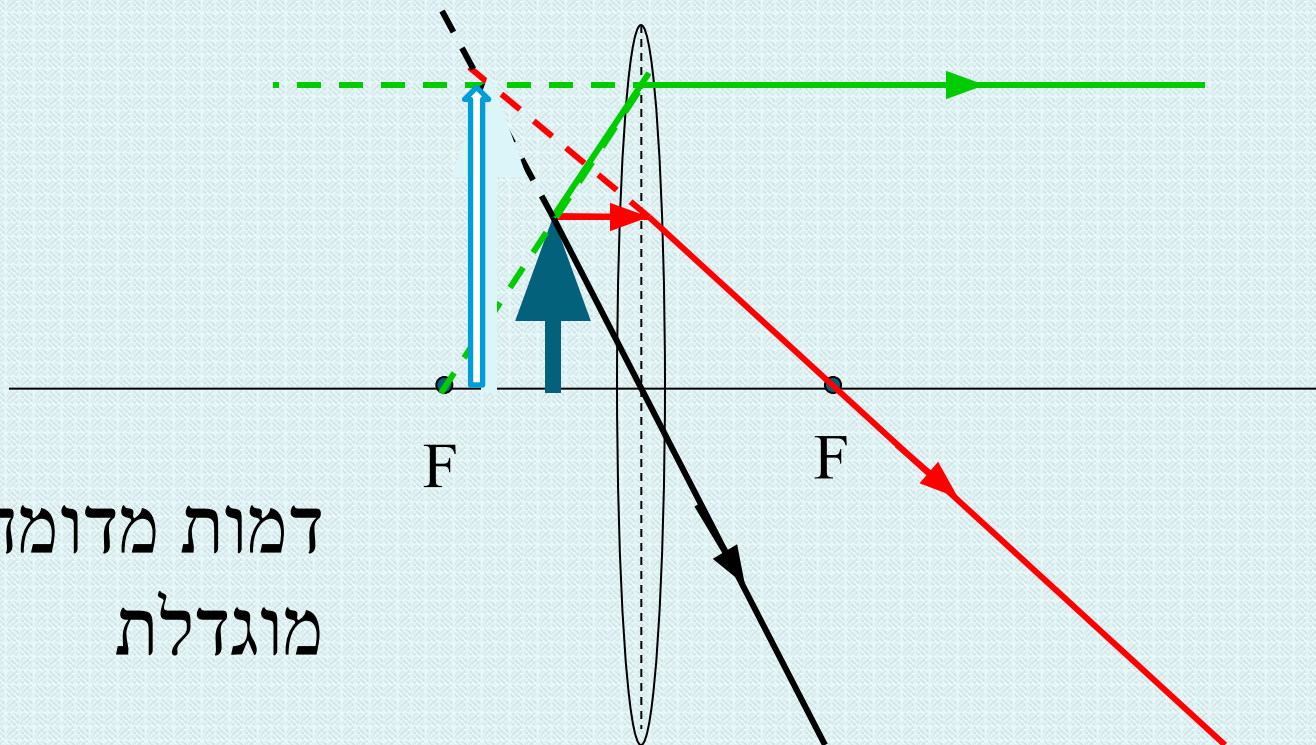
$$u < f$$

105



$$u < f$$

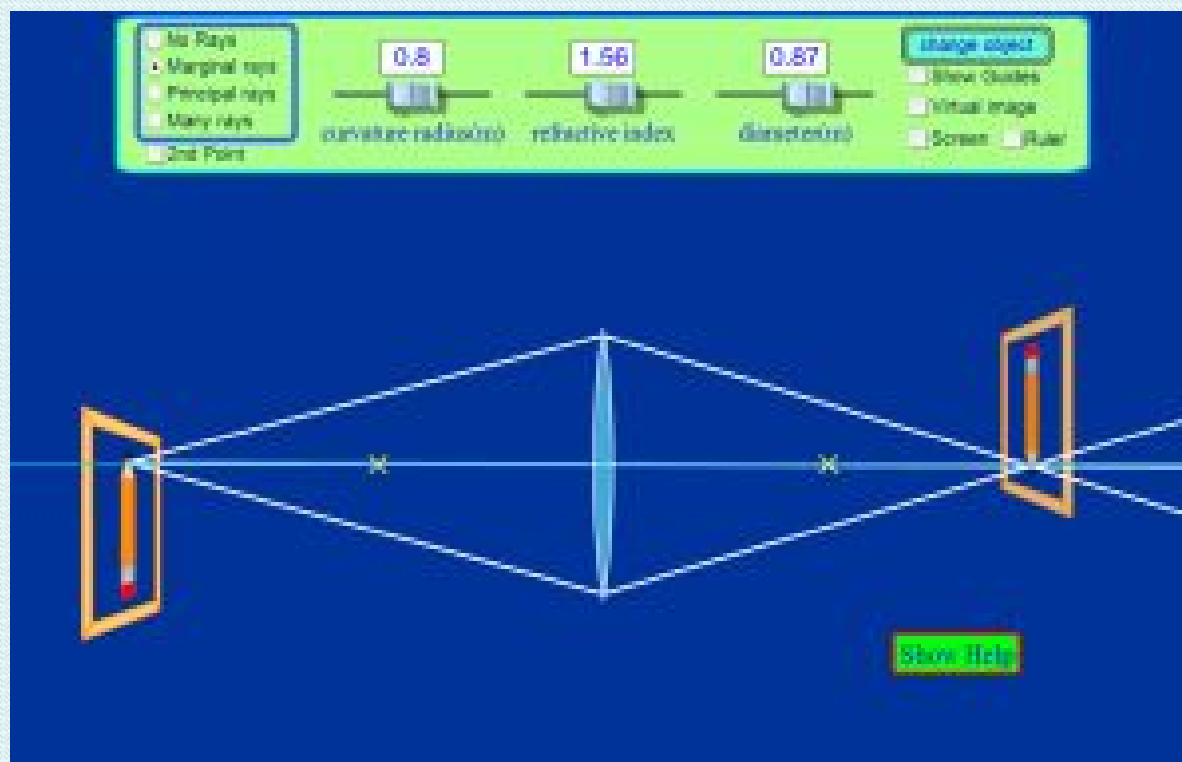
106



דמות מדומה, ישרה,
מוגדלת

הדמיה 2 העדשה המרכזת

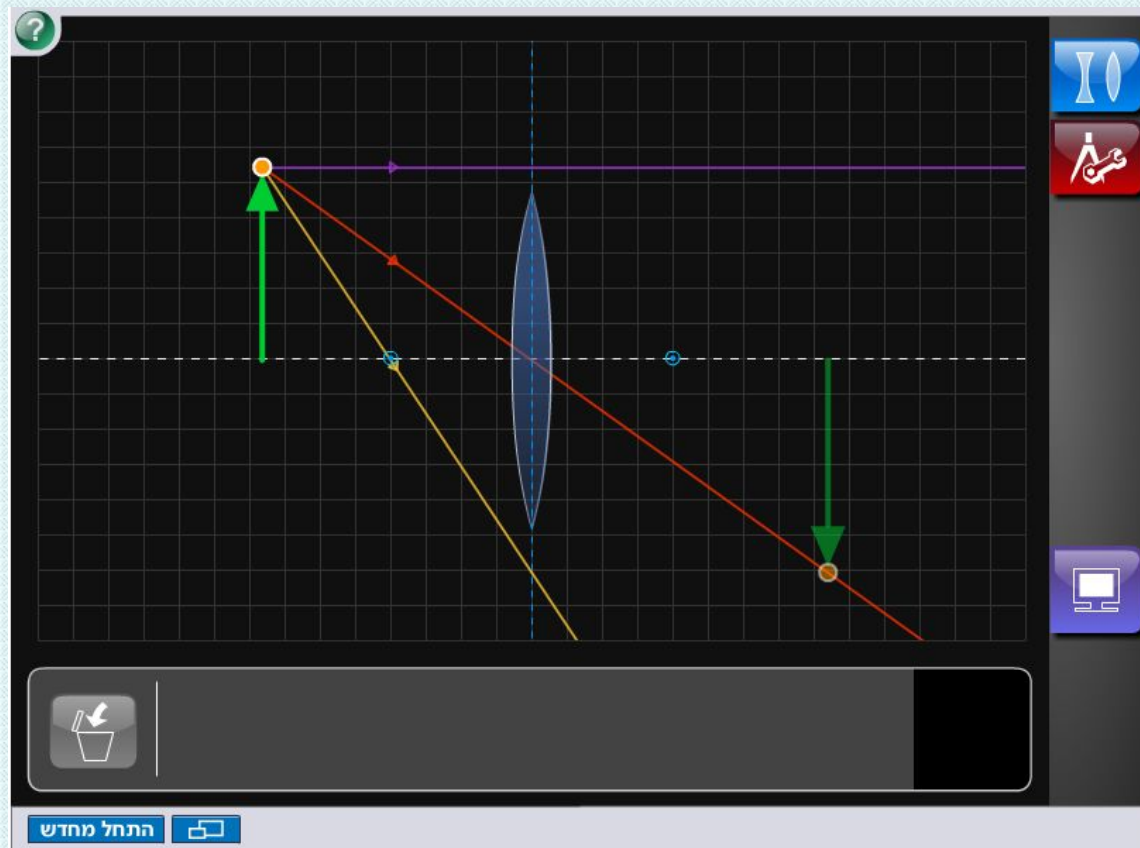
107



http://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_iw.html

הדמיה – העדשה המרכזת

108



<http://mybag.high.cet.ac.il/content/player.aspx?manifest=%2fapi%2fmanifests%2fitem%2fhe%2fdd74b612-7f7c-4941-93da-2caacb14648c%2f>

סיכום עדשה מרכזת

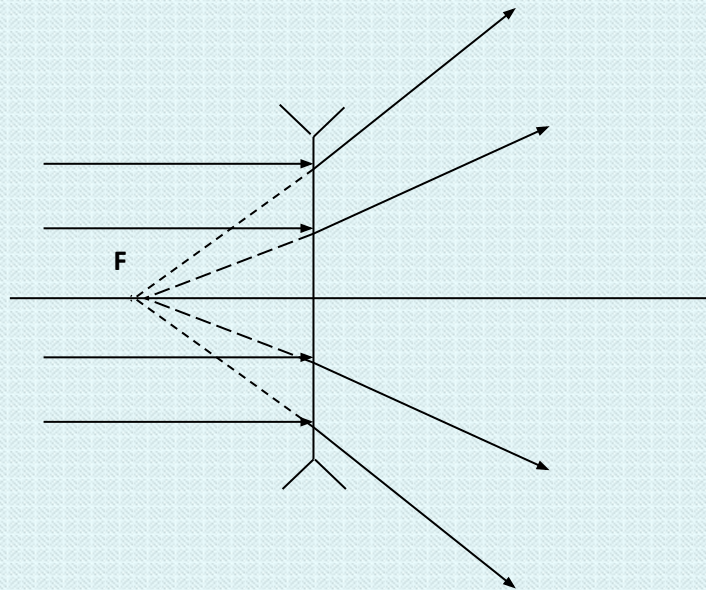
109

- דמות ממשית נוצרת ע"י קרניים אמתיות ודמות מדומה ע"י המשכי הקרניים
- דמות ממשית תמיד הפוכה.
- דמות מדומה תמיד ישרה.
- דמות ממשית יכולה להיווצר על המסך
- דמות מדומה נראית רק לעין (לא נוצרת על מסך)

עדשה מפזרת

110

- קרניים שפוגעות בעדשה מפזרת במקביל לציר אופטי ראשי, מתפזרות כאילו יצאו ממוקד באותו צד עם העצם.
- מוקד עדשה מפזרת – נקודת המפגש הדמיונית של המשכי הקרניים שפגעו בעדשה במקביל לציר אופטי ראשי



קרניים בעדשה מפזרת

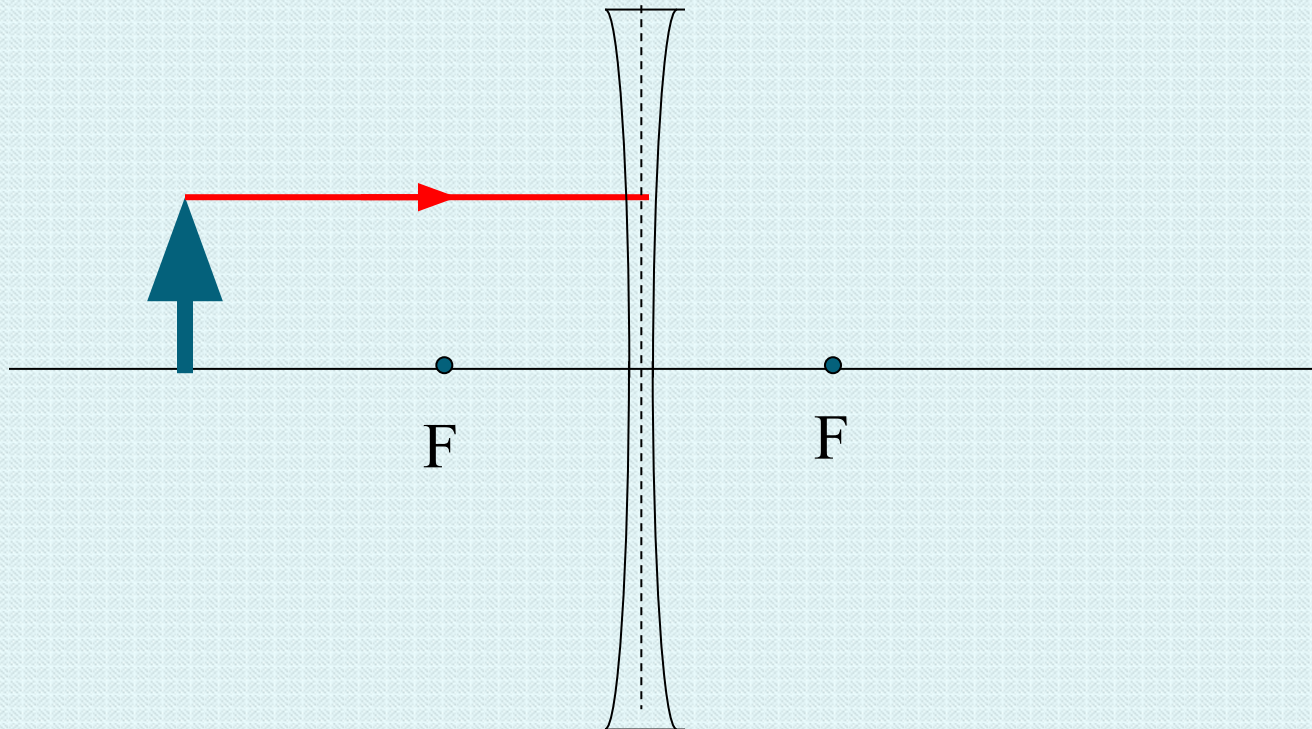
111



<http://www.youtube.com/watch?v=tjQ6HRNynsk>

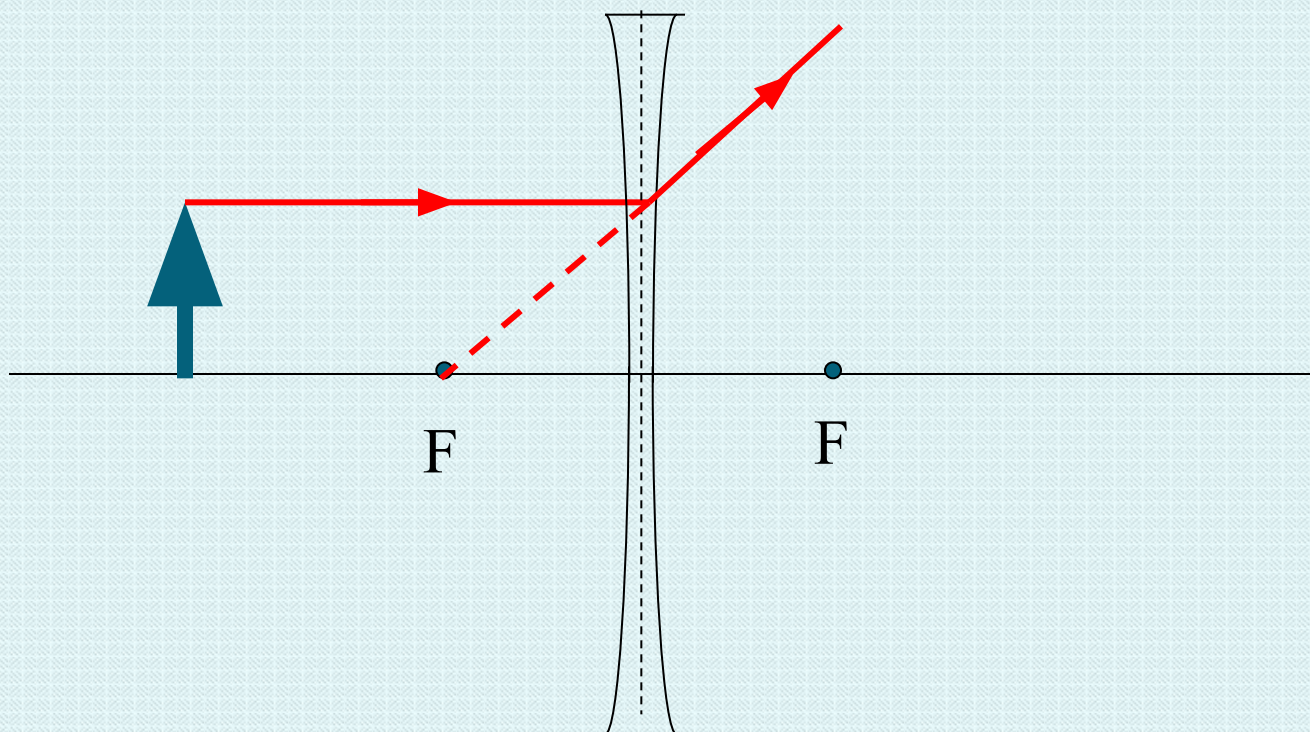
העדשה המפזרת

112



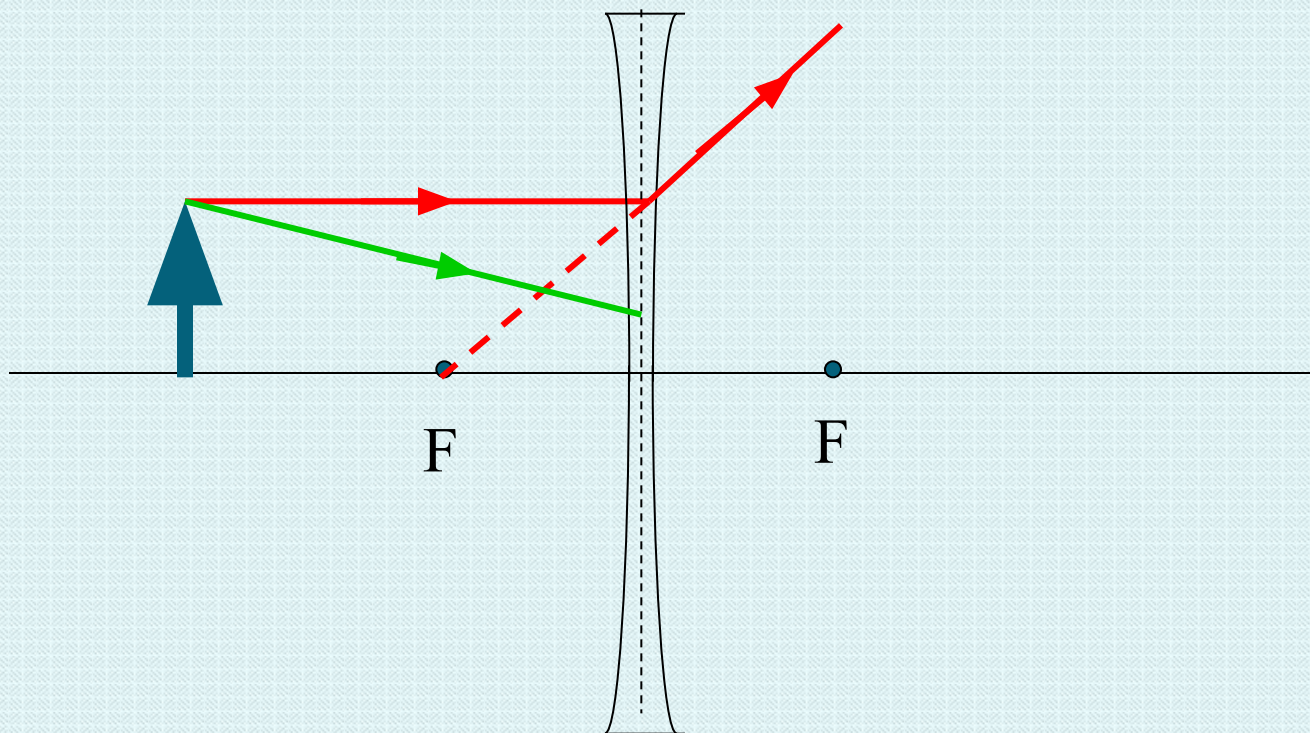
העדשה המפזרת

113



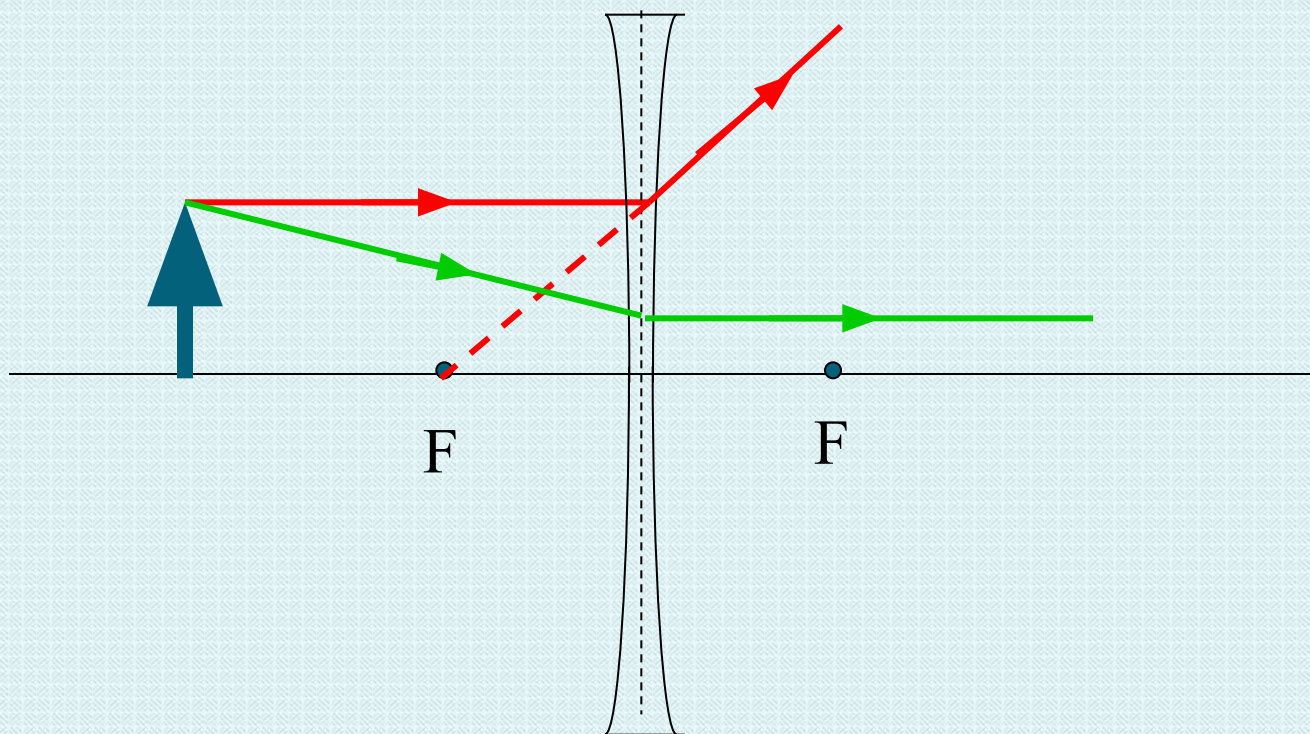
העדשה המפזרת

114



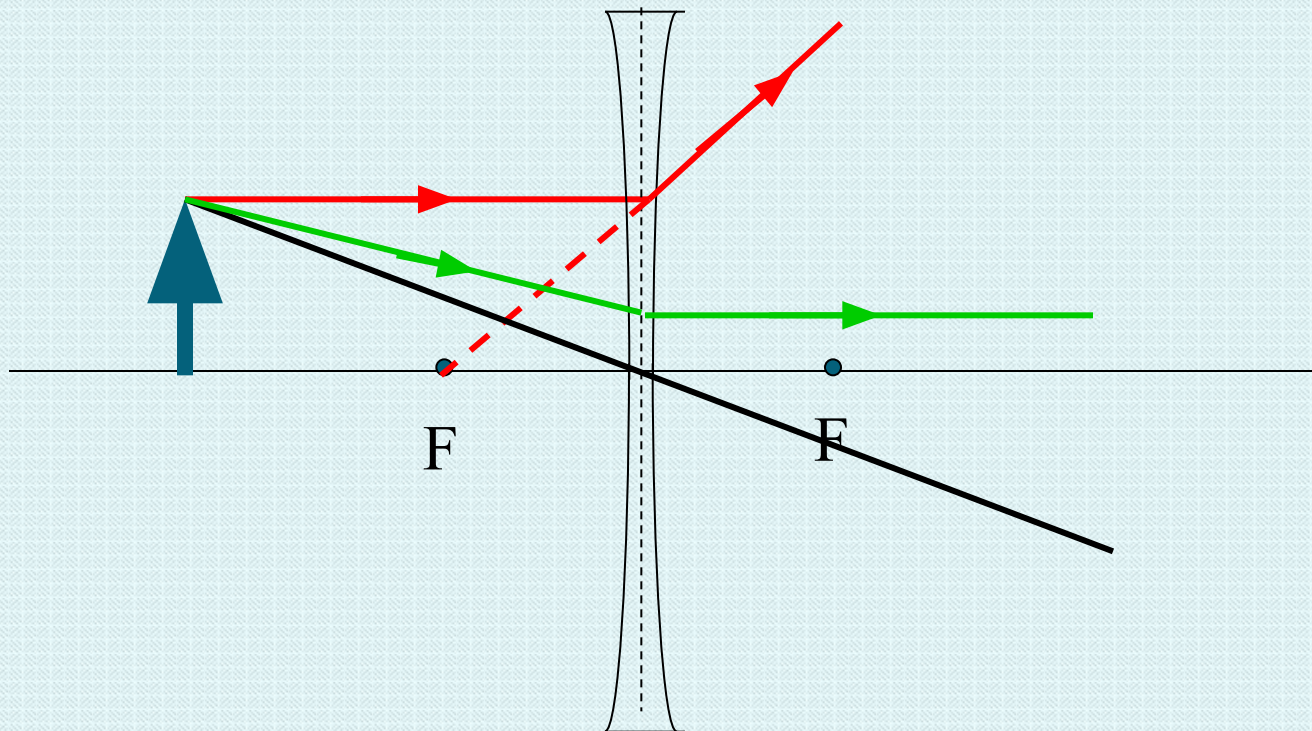
העדשה המפזרת

115



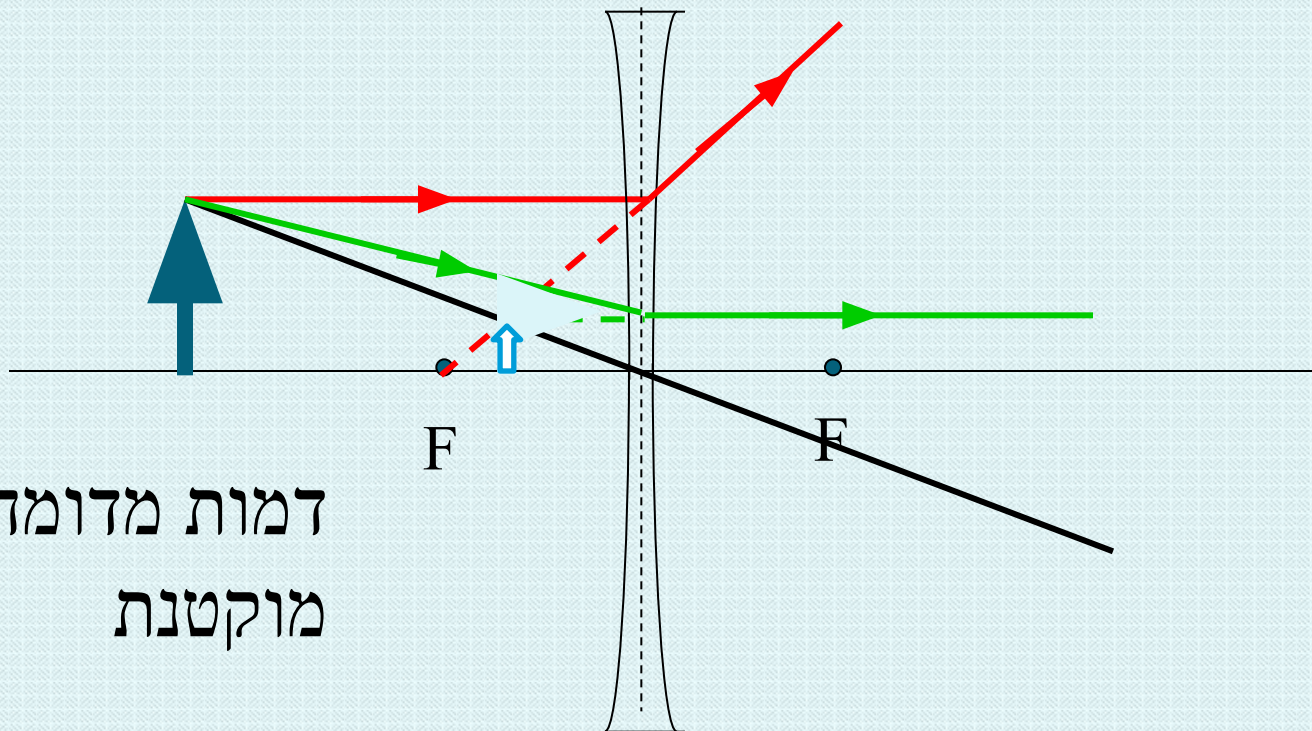
העדשה המפזרת

116



העדשה המפזרת

117



דמות מדומה, ישרה,
מוקטנת

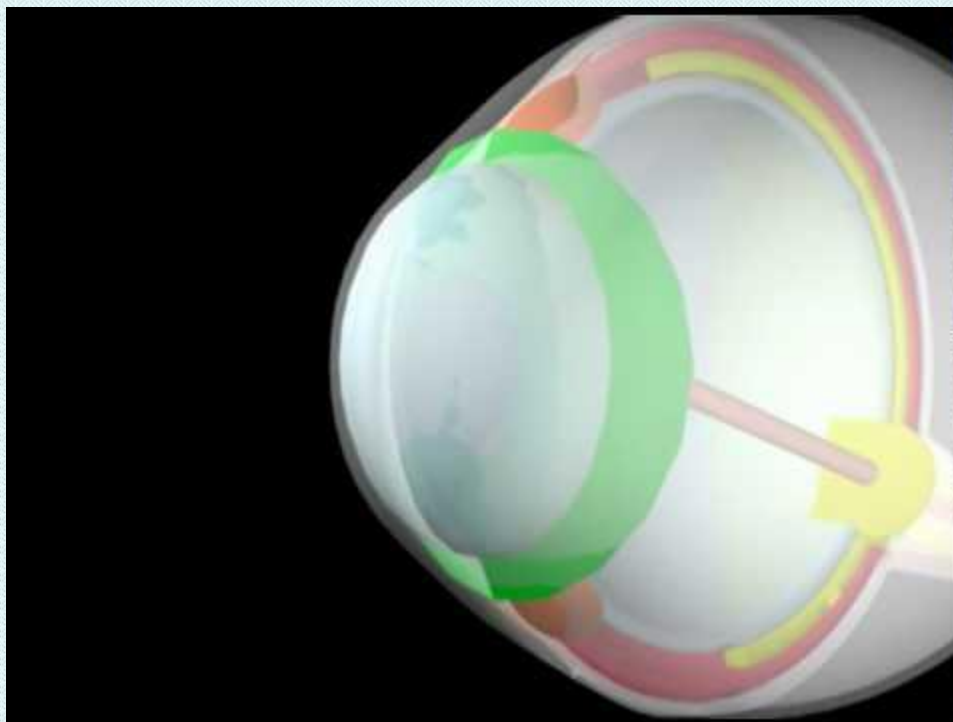
סיכום עדשה מפזרת

118

- דמות מדומה לא נוצרת על המסך, רק עין יכולה לזהות אותה, מפני שהיא נוצרת ע"י המשכי קרניים ולא קרניים אמתיות
- דמות תמיד מוקטנת, ישרה, מדומה

מבנה העין – סרטון

119



<https://www.youtube.com/watch?v=f6T5CqfpE7k>

מבנה העין

120

