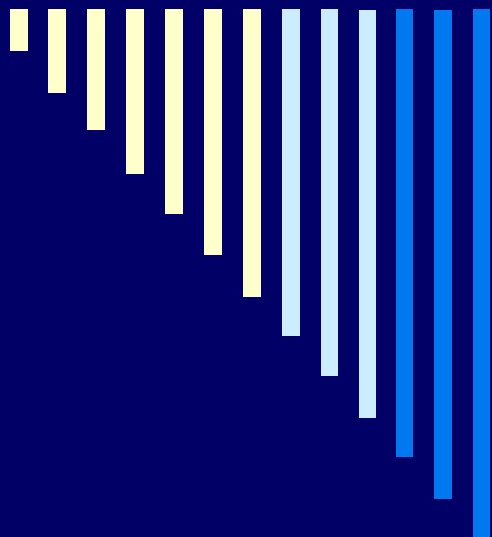




מבוא לסרטוט הנדסי

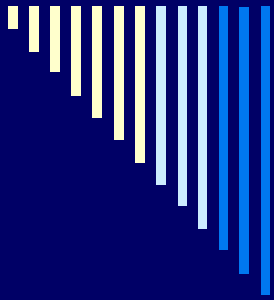
מקצוע 034036

מרצה: ד"ר אדריאן בירן

הטכניון, הפקולטה להנדסת מכונות, 2008

□ היישום השיטתי של הידע המדעי
לתכנון בניינים ומכונות, לייצורם
ולשימוש בהם.

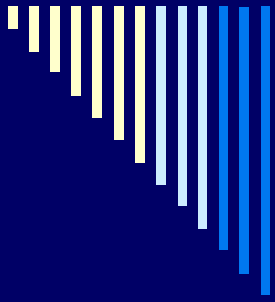
□ אנציקלופדיה פרטא



Engineering

Engineering is the professional art of □ applying science to the optimum conversion of the resources of nature to the uses of mankind. Engineering has been defined by the Engineers Council for Professional Development, in the United States, as the creative application of `scientific principles to design or develop structures, machines...'

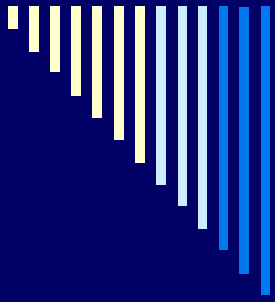
Encyclopedia Britannica, 2008 □



למהנדס אסור לטעות

□ טעות בהנדסה עלולה לגרום לאבדות
בנפש וברכוש ולגרום נזק לחברה ולסביבה

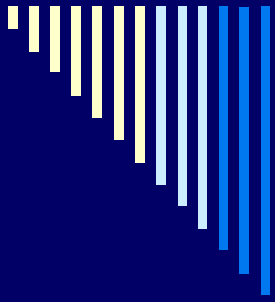
□ Zero tolerance לגבי טעויות בהנדסה.



המטרה של הגיאומטריה התיאורית

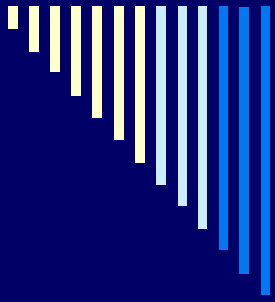
□ תיאור בשני מימדים של גוף תלת-מימדי בדרך שתאפשר לשחזר את צורת הגוף ומידותיו.

□ השיטה: דרך היטלים (projections).



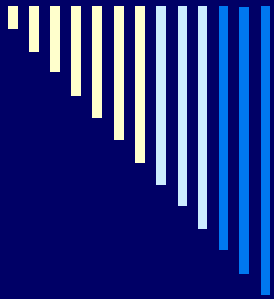
המטרה של הסרטוט ההנדסי

- הסרטוט ההנדסי יורש את המטרה של הגיאומטריה התיאורית ומוסיף את הדרישה שהסרטוט יאפשר את הייצור של הגוף בדיוק הדרוש ובהתאם לתקנים.
- הסרטוט ההנדסי הנו שפה וכמו לכל שפה יש לו מילון, דקדוק וסגנון. המילון והדקדוק מוגדרים ע"י תקנים. הסגנון תלוי בניסיון וכשרון המבצע.



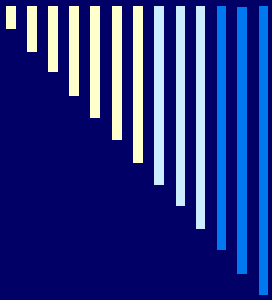
Spatial aptitude

The ideas of Dr. Howard Gardner have ☐ opened a new window for the aptitude testing industry. He theorized against general belief that intelligence is a single measurable entity. He said that spatial ability is one of the eight cognitive skills which may be collectively called intelligence



סוגי אינטליגנציה לפי Gardner

לינגוויסטית	Linguistic
לוגית-מתמטית	Logical-mathematical
מרחבית	Spatial
גופנית	Bodily-Kinesthetic
מוסיקלית	Musical
בין אישית	Interpersonal
תוך אישית	Intrapersonal
	Naturalist



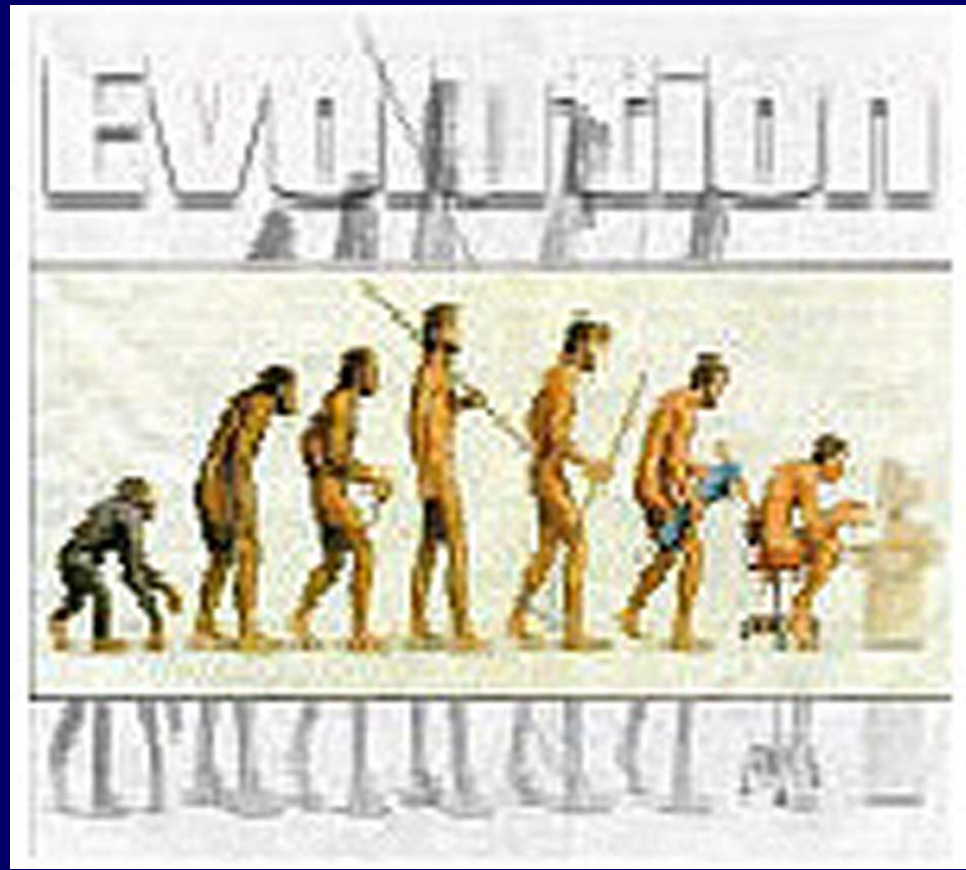
The spatial development is considered ☐
very important when you are looking for
an engineering career

Understandably, ☐

you need to build designs in your mind ☐
before you can put those on paper. If
you are looking for a career of
mechanical engineer

it becomes even more important , ☐

ומה לגבי המחשב?



CAD = תיב"מ או טיב"מ?



לראייה תלת-ממדית צריך שתי עיניים

parallax: binocular and instantaneous 📁

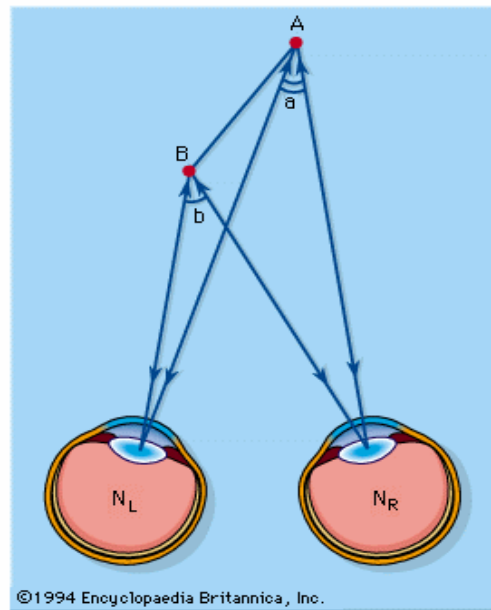
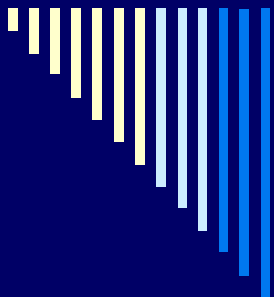


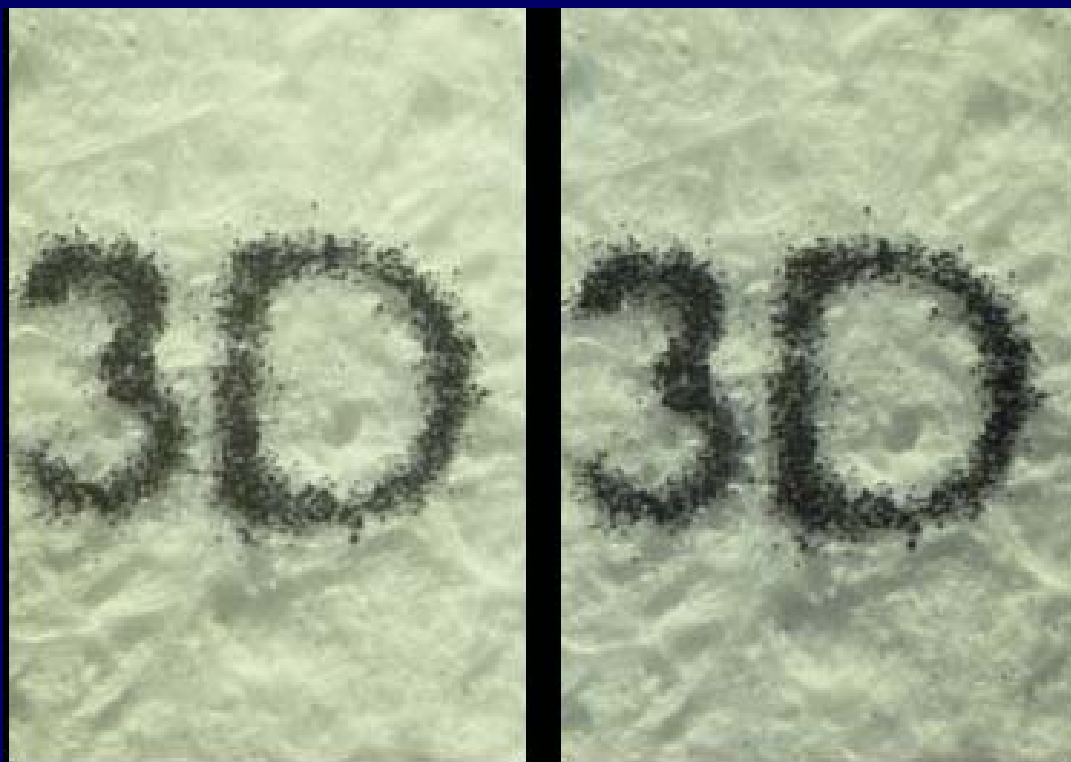
Figure 8: *Binocular and instantaneous parallax.* N_L and N_R are the nodal points of the left and right eyes respectively (see text).

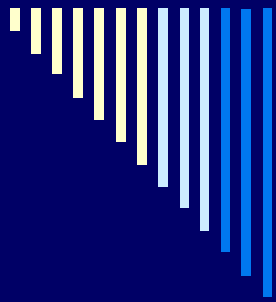
Encyclopædia Britannica, Inc.



ושתי תמונות

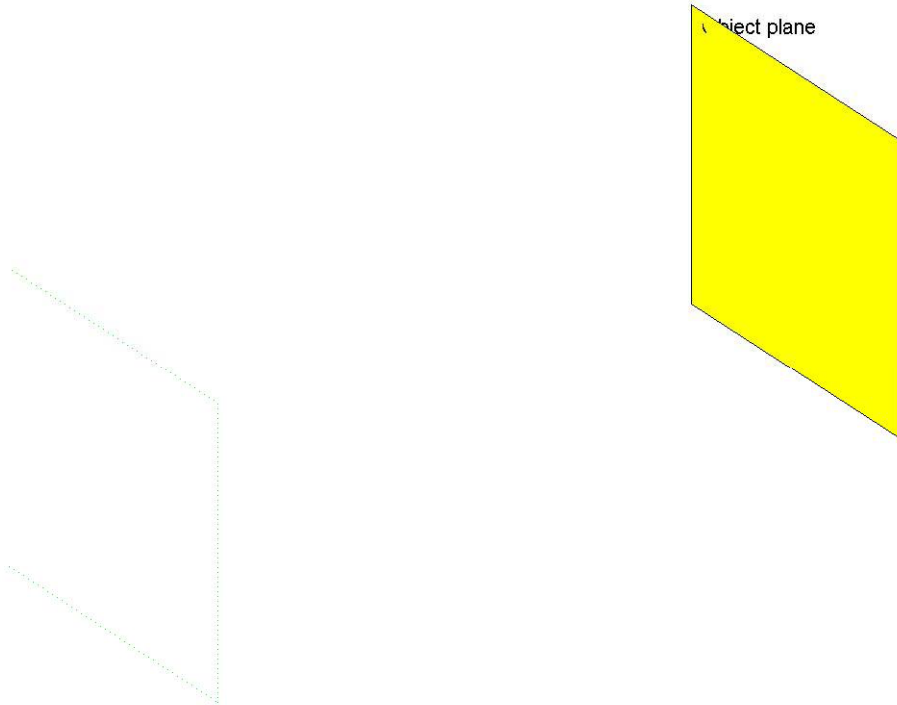
Stereo pair ☐

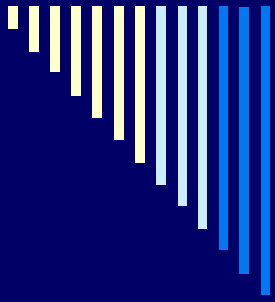




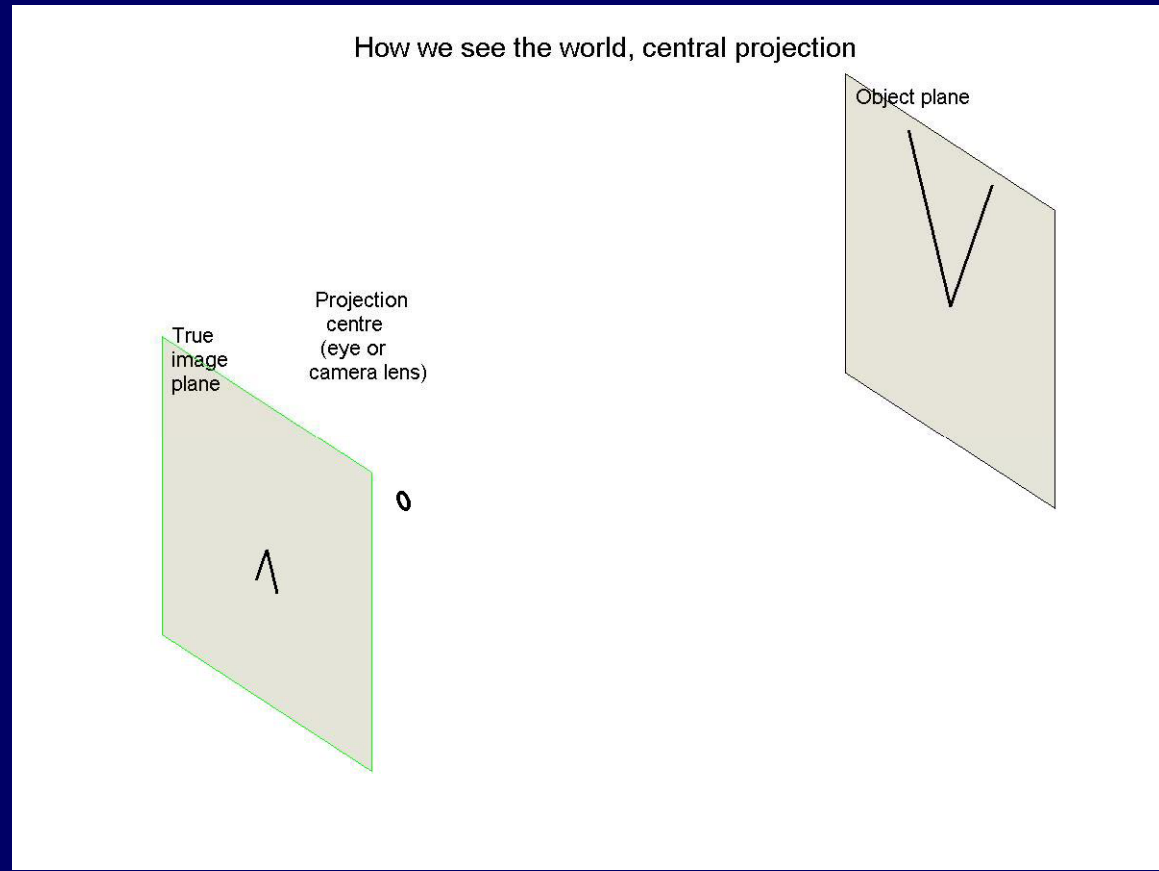
איך אנחנו רואים את העולם – הטלה מרכזית

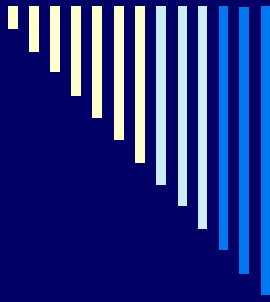
How we see the world, central projection





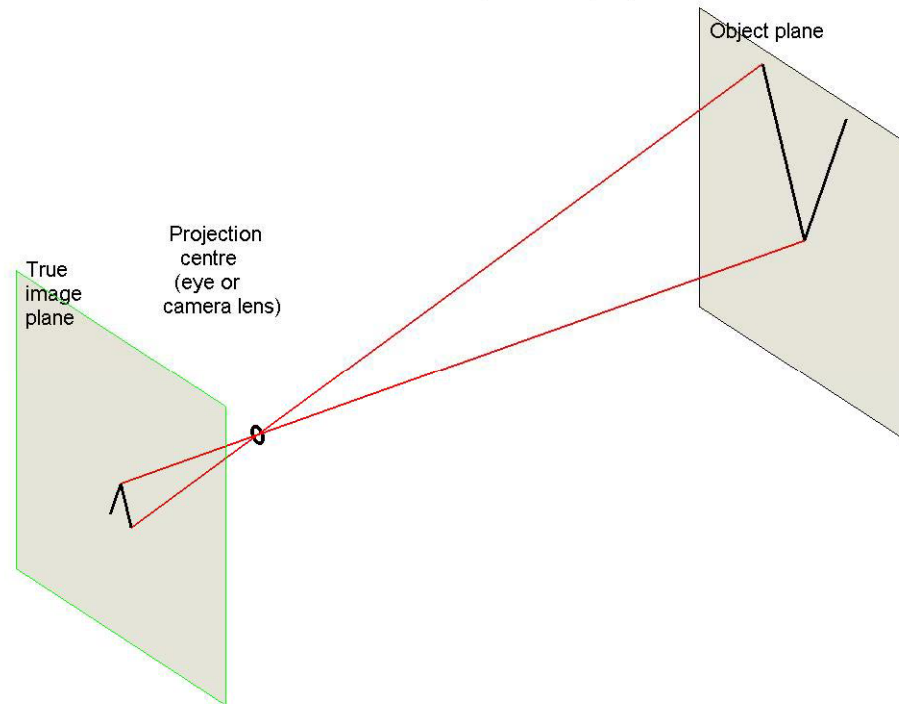
מישור העצם, מרכז ההטלה ומישור התמונה





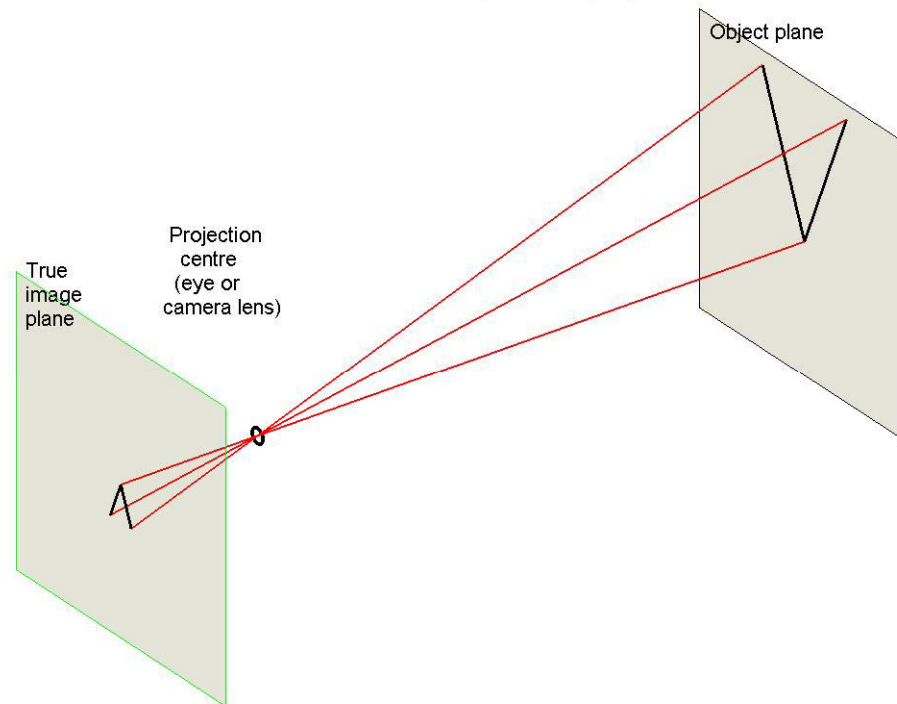
קרני הטלה

How we see the world, central projection

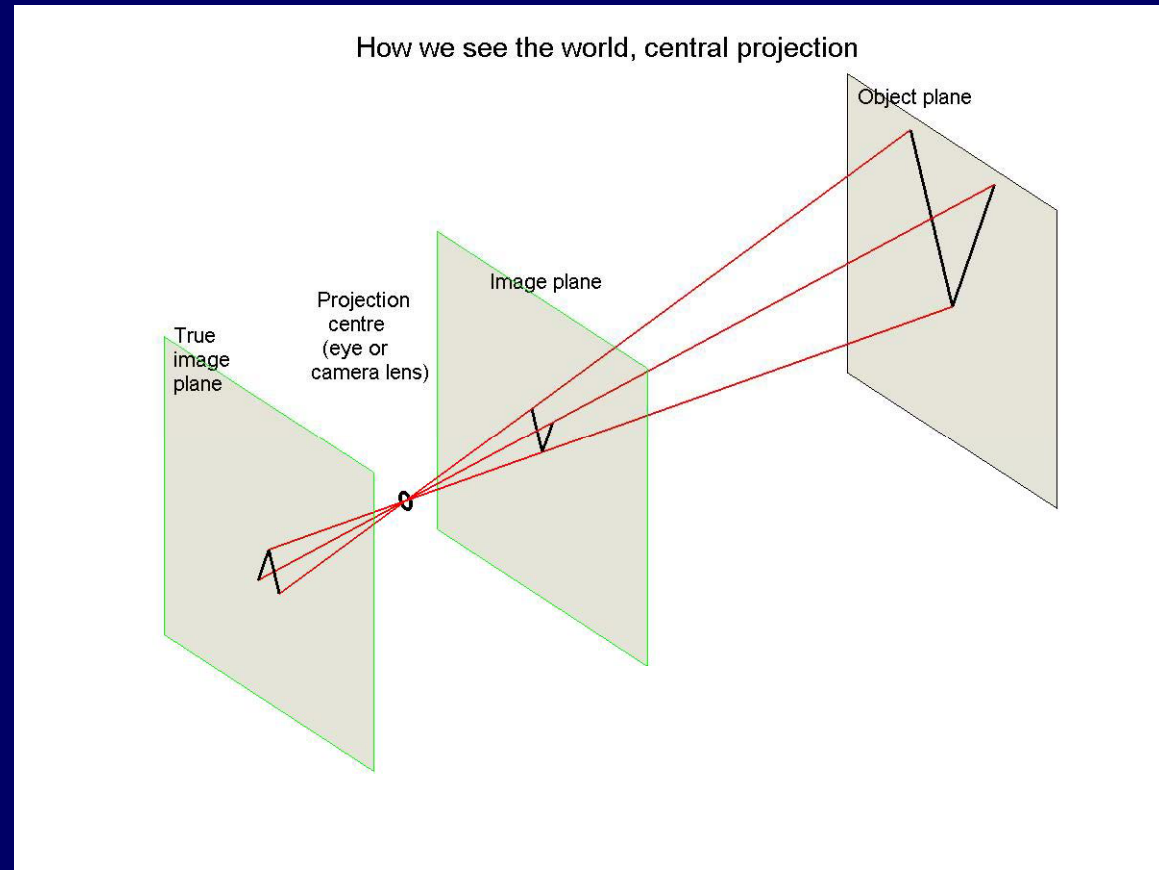


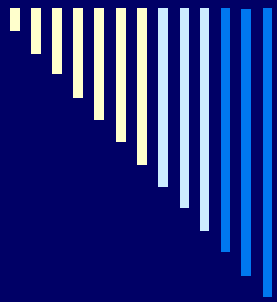
התמונה

How we see the world, central projection



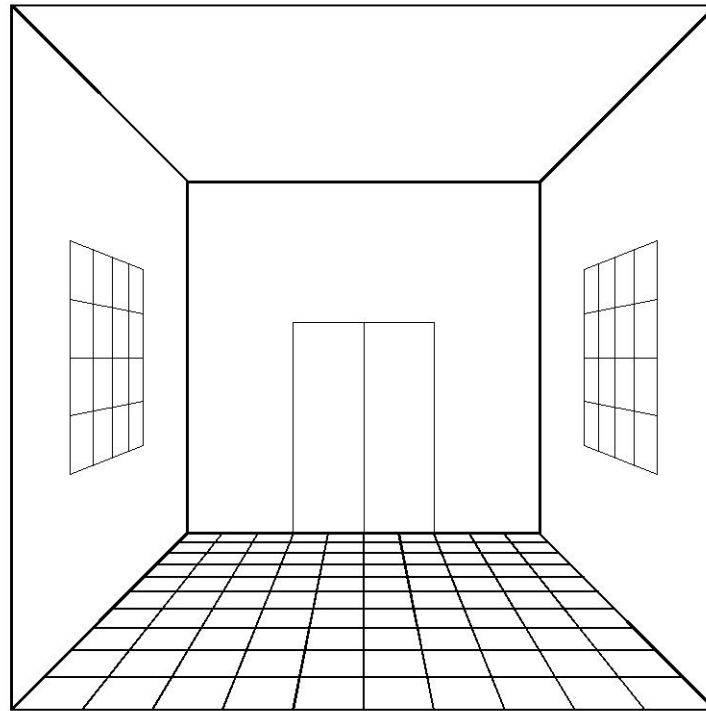
מישור תמונה לפי מוסכמה

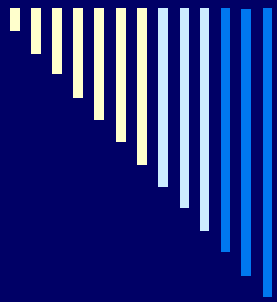




פְּרִסְפֶּקְטִיבָה עִם נִקְדַּת-מַגוּז אחת

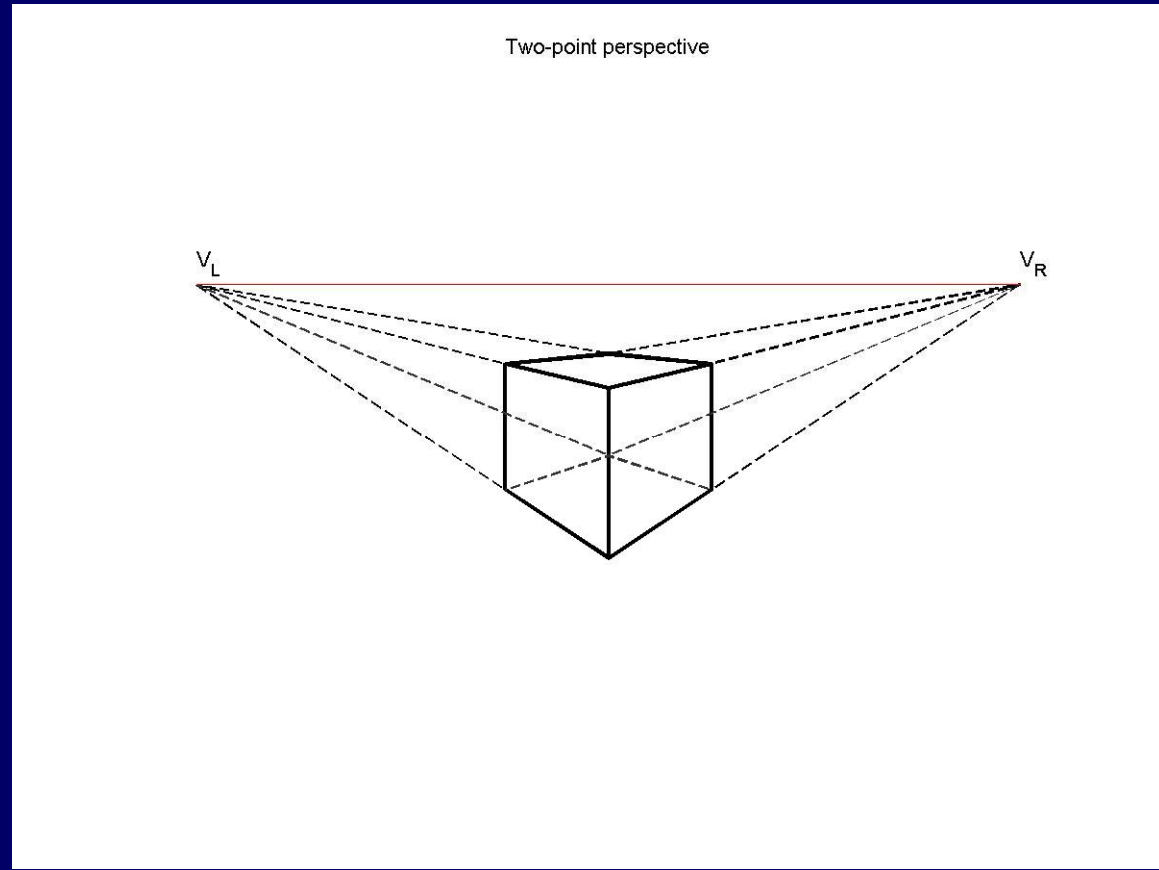
One-point perspective





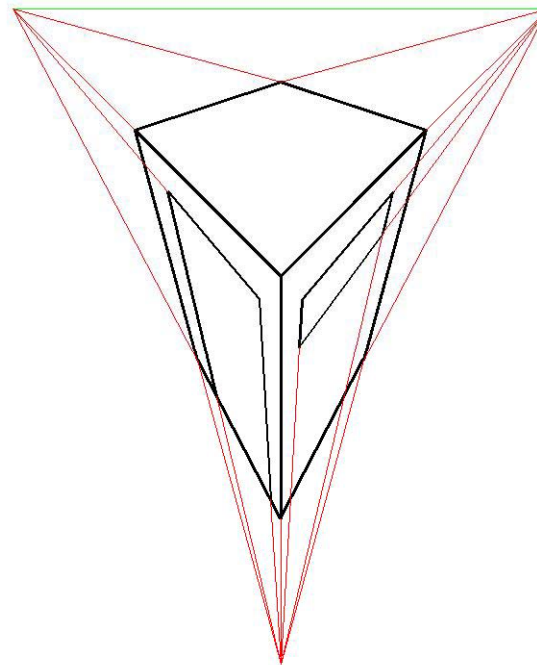
פְּרִסְפֶּקְטִיבָה עִם שְׁתֵּי נְקֻדּוֹת-מָגוֹז

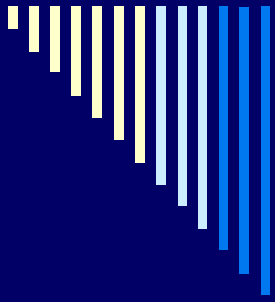
Two-point perspective



פְּרִסְפֶּקְטִיבָה עִם שְׁלוֹשׁ
נְקוּדוֹת-מָגוּז

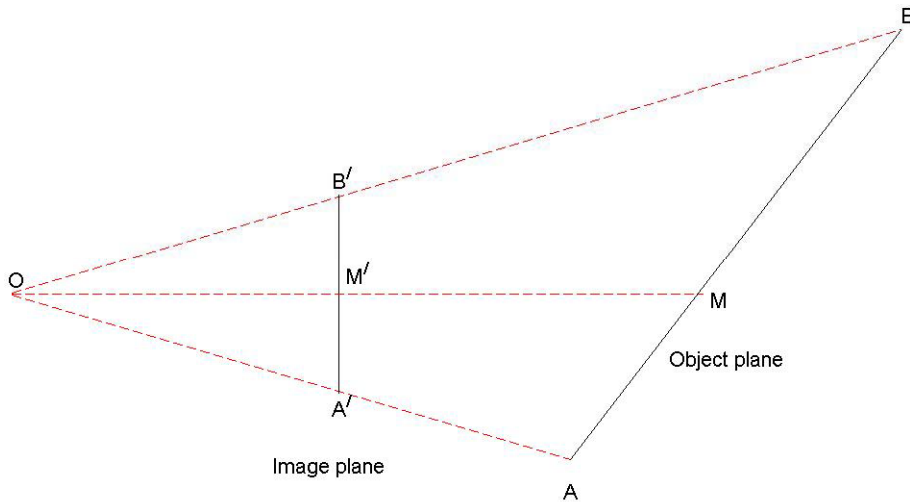
Three-point perspective

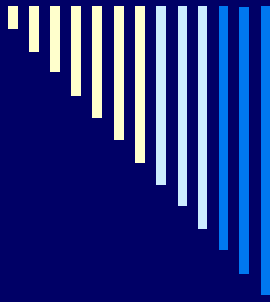




בהטלה המרכזית היחס הפשוט לא נשמר

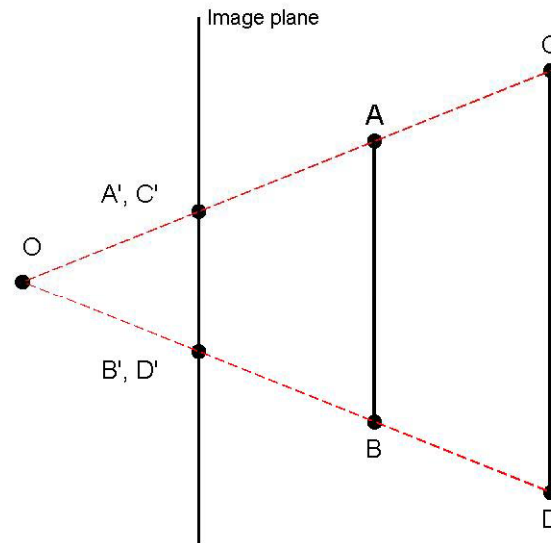
Central projection, variation of the simple ratio

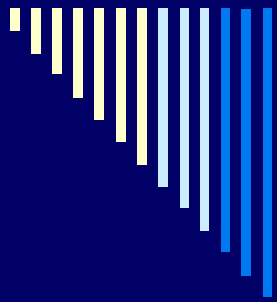




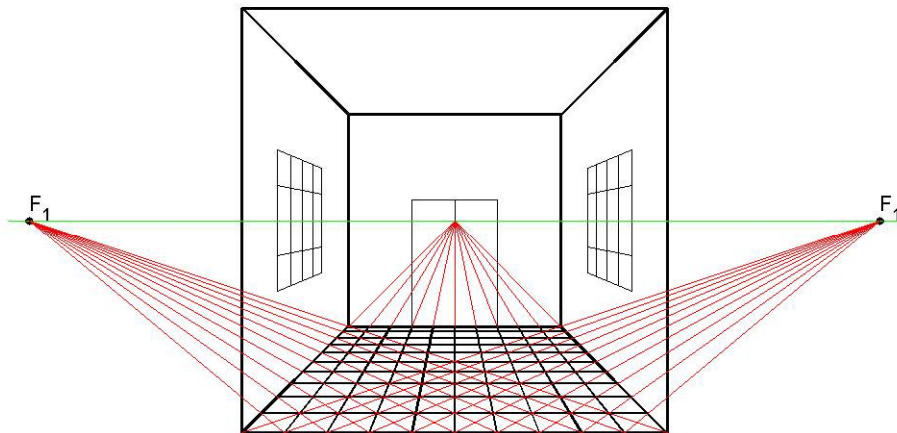
חוסר בהירות בהטלה המרכזית

Ambiguity of central projection



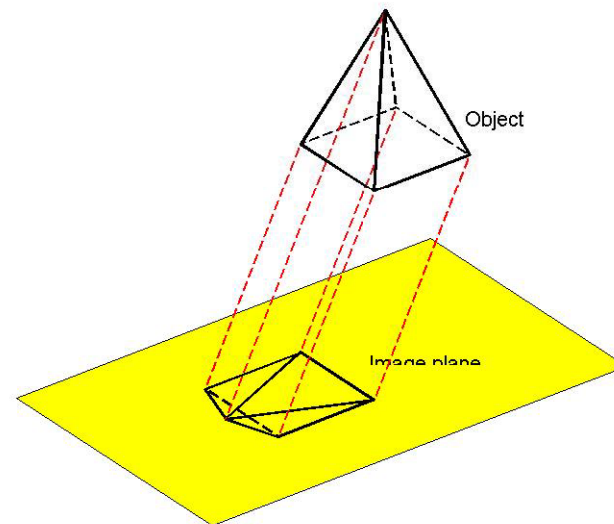


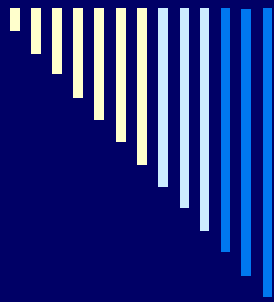
הבנייה בפרספקטיבה עם נקודת מגוז אחת



הטלת פִּיְרָמִידָה במקבילים

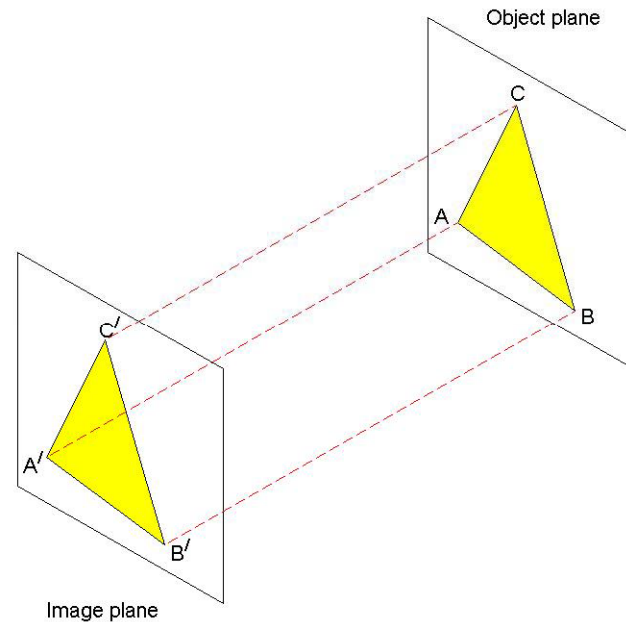
Parallel projection of a pyramid

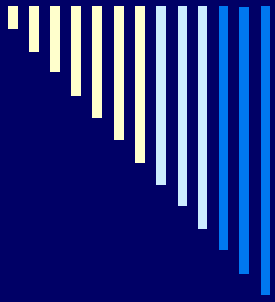




הטלה במקבילים – מה נשמר כאשר מישור העצם ומישור התמונה מקבילים

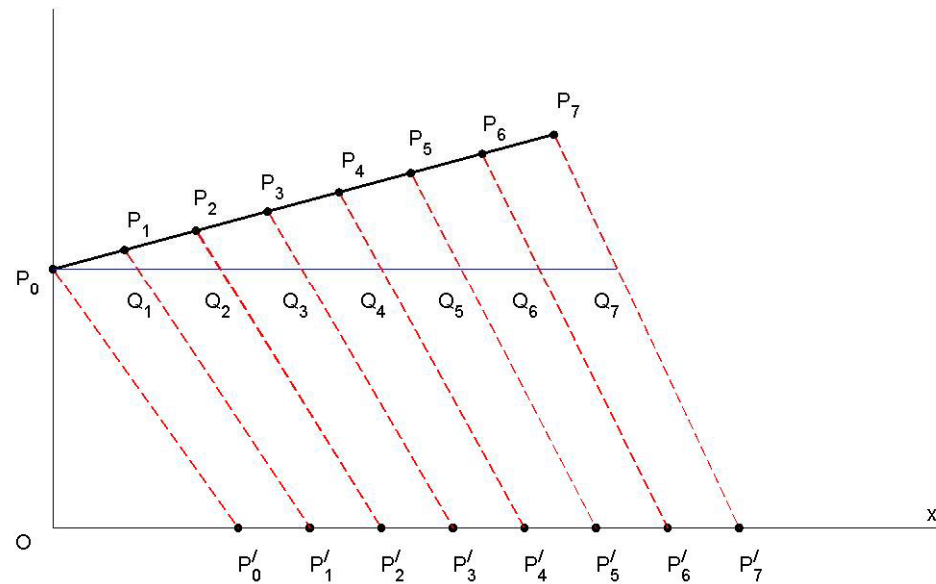
Parallel projection, object and image planes parallel





שמירת היחס הפשוט – שימוש בחלוקה לקטעים שווים

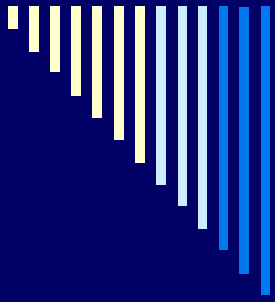
Parallel projection - Invariance of simple ratio



הטלה בניצבים

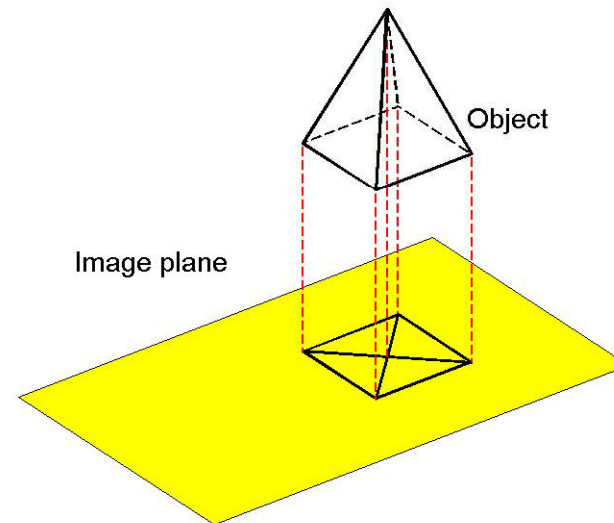
Orthographic projection

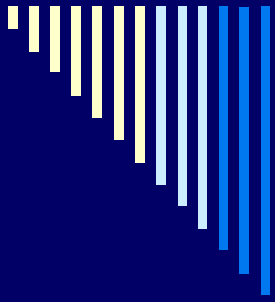




הטלת פִּרְמִידָה בַּנִּיצָבִים

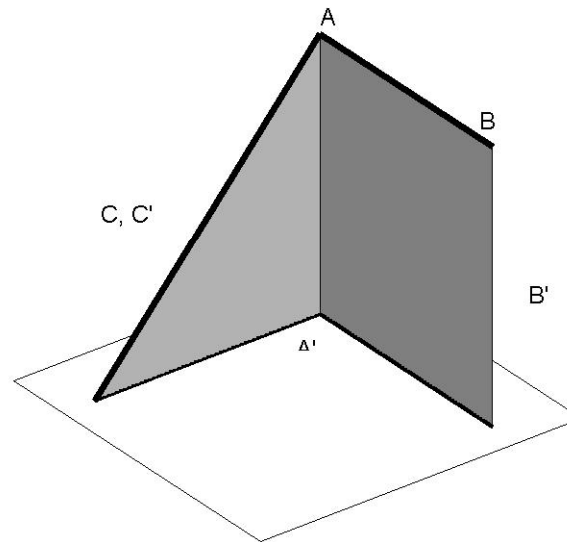
Orthographic projection of a pyramid

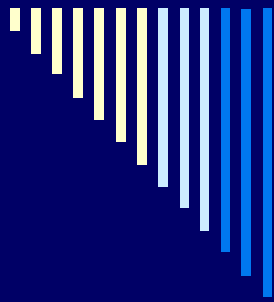




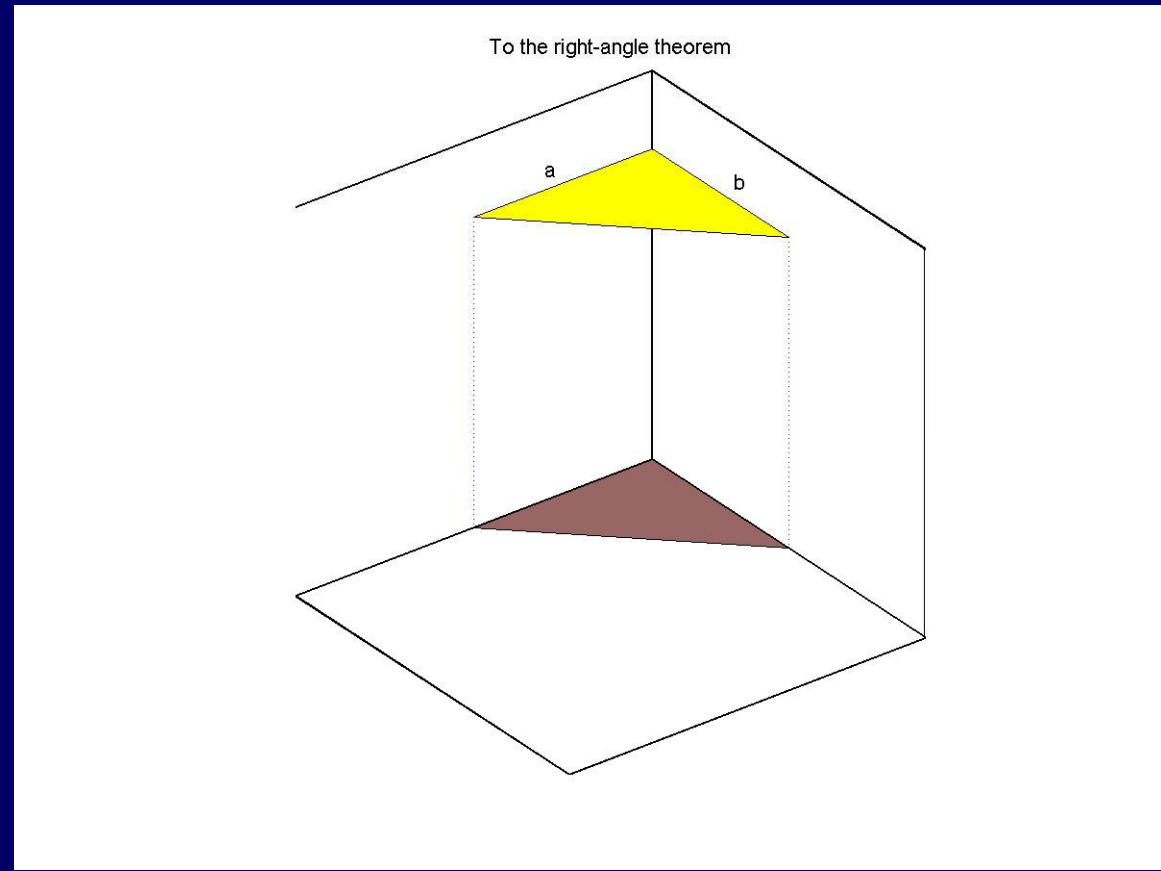
מתי ההיטל של זווית ישרה הוא זווית ישרה

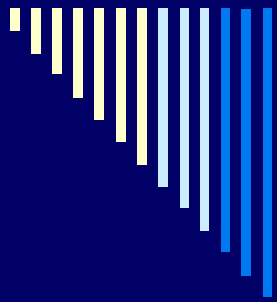
Condition of invariance of right angle





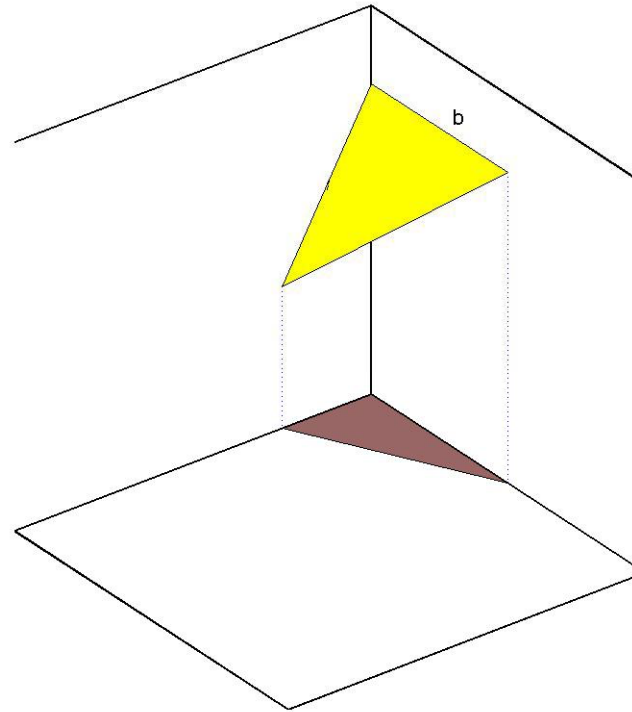
זווית ישרה – שתי זרועות מקבילות ללוח ההיטלים

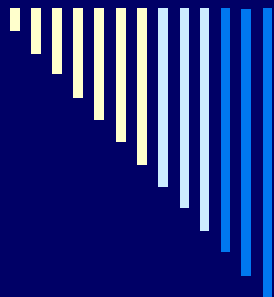




זווית ישרה – זרוע אחת מקבילה ללוח ההיטלים

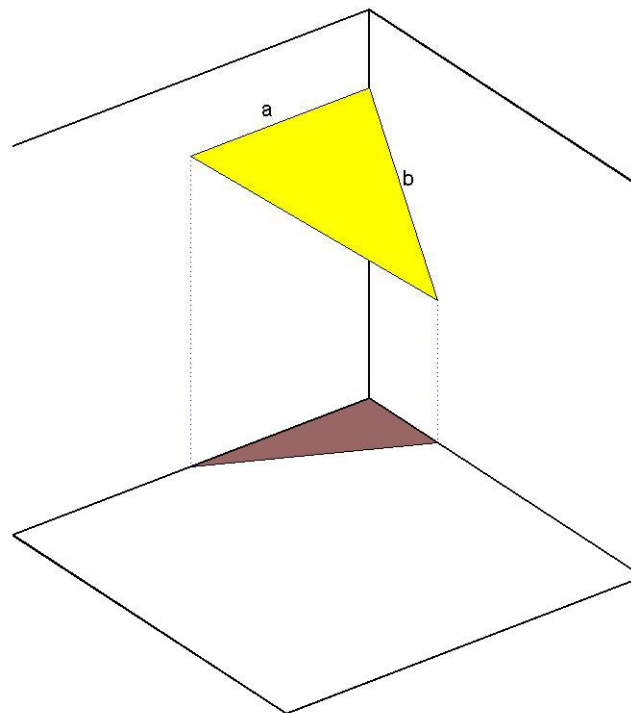
To the right-angle theorem

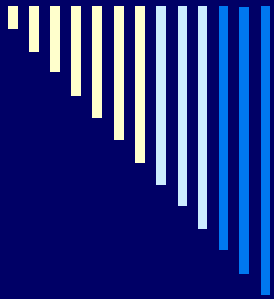




זווית ישרה – הזרוע האחרת מקבילה ללוח ההיטלים

To the right-angle theorem





שיטות הטלה ואילו תכונות נשמרות בהטלה

CENTRAL PROJECTION

Hypothesis: all projection rays pass through one centre

Invariants:

- 1) Parallelism of lines parallel to the image plane
- 2) The cross ratio of four collinear points

PARALLEL PROJECTION

Additional hypothesis: projection centre at infinity,
that is, parallel projection rays

Invariants:

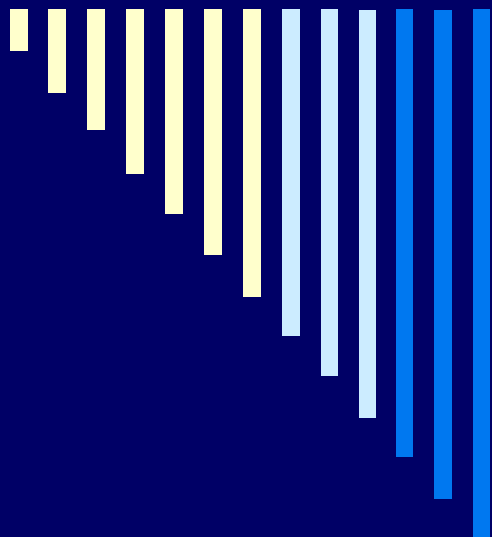
- 1) Sizes of objects in planes parallel
to the image plane
- 2) Parallelism of lines
- 3) Simple ratio of three collinear points

ORTHOGRAPHIC PROJECTION

Additional hypothesis: projection rays
perpendicular to projection planes

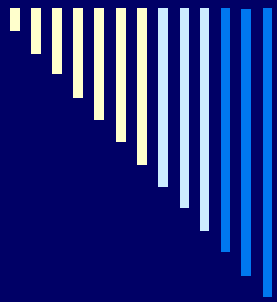
Invariants:

Right angle if one side is parallel
to a projection plane



1 - שיטת מונג' (Monge) 2 - הנקודה

מבוא לסרטוט הנדסי
מרצה ד"ר אדריאן בירן
הטכניון, הפקולטה להנדסת מכונות,
2008

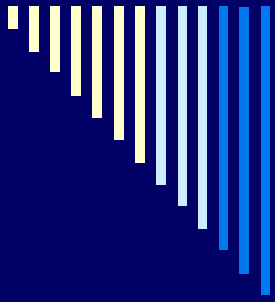


Albrecht Dürer הציע להשתמש במספר היטלים כדי להגדיר גוף תלת- מימדי

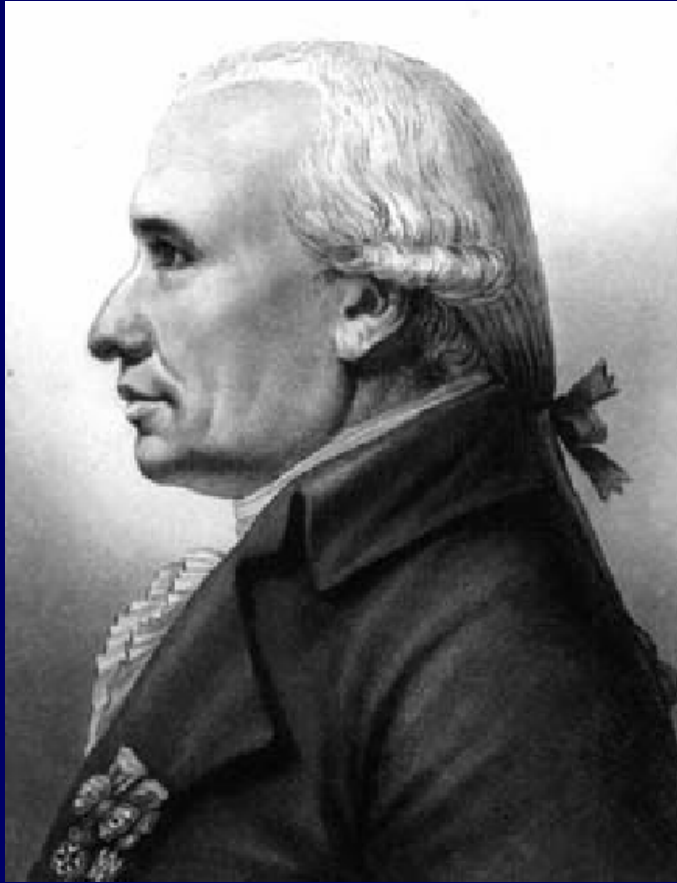


Albrecht Dürer □

1471-1528 □



מייסד הגיאומטריה התיאורית

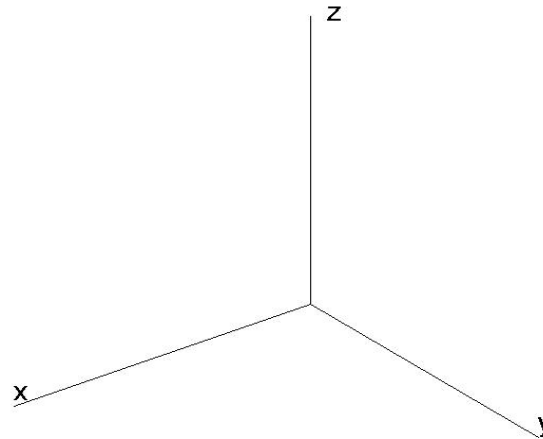


Gaspard Monge □

1746-1818 □

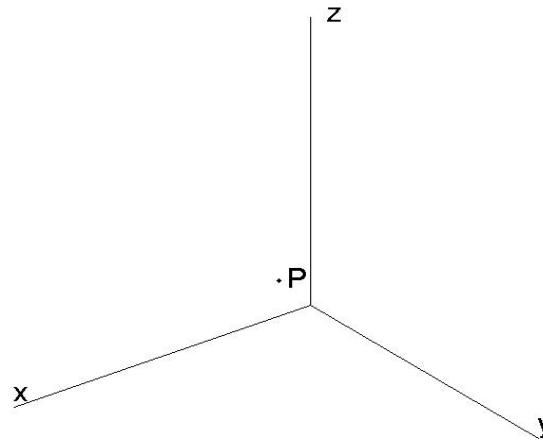
שיטת מונג' (**Monge**) – מערכת קואורדינאטות

The two-sheet method of Monge



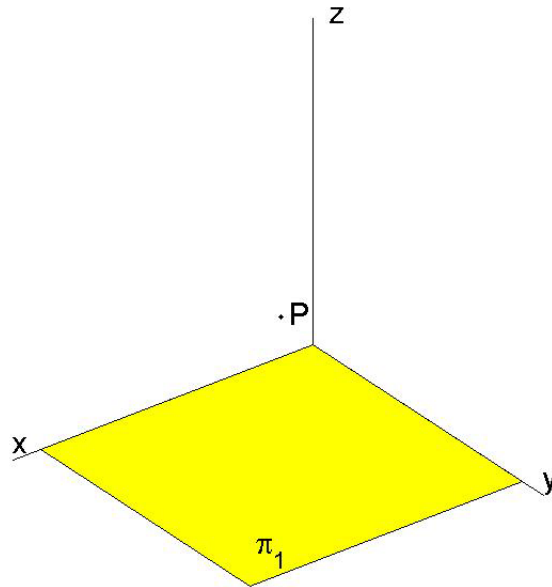
נקודה P במרחב, קואורדינטות x, y, z

The two-sheet method of Monge



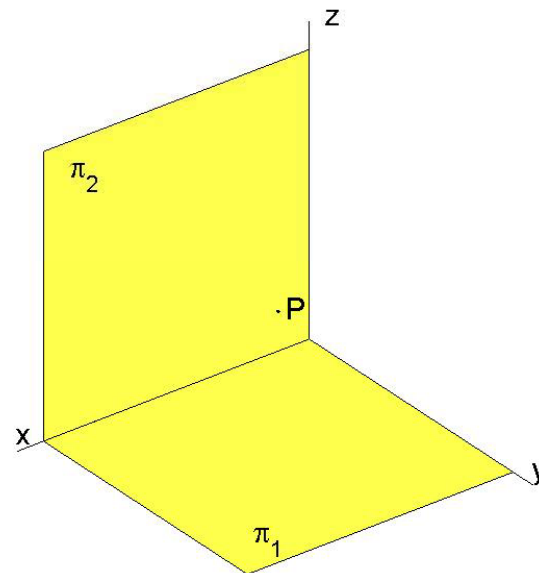
π_1 , (horizontal) לוח היטלים אופקי

The two-sheet method of Monge



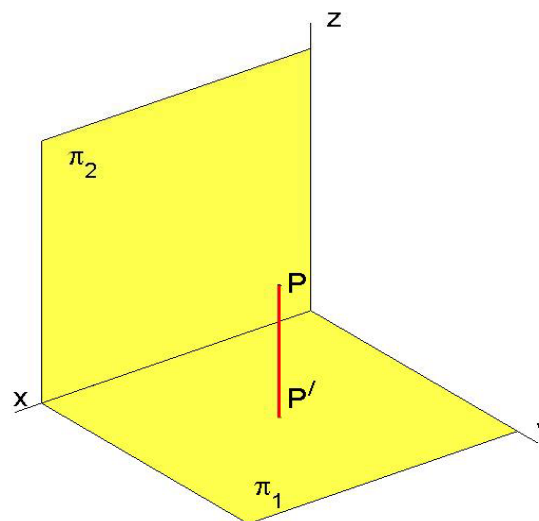
מוסיפים לוח היטלים נגדי π_2 (**frontal**)

The two-sheet method of Monge



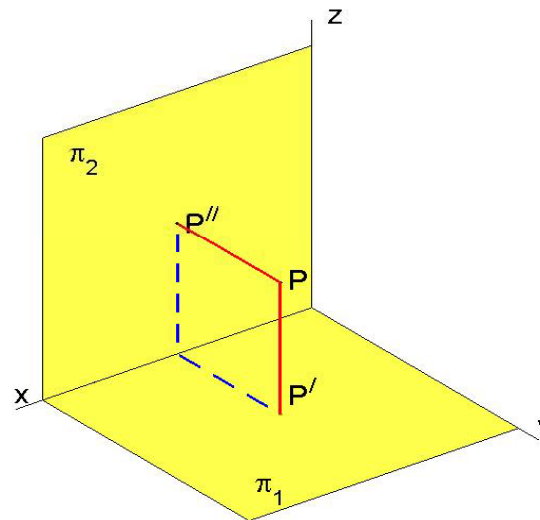
היטל אופקי של הנקודה **P**

The two-sheet method of Monge



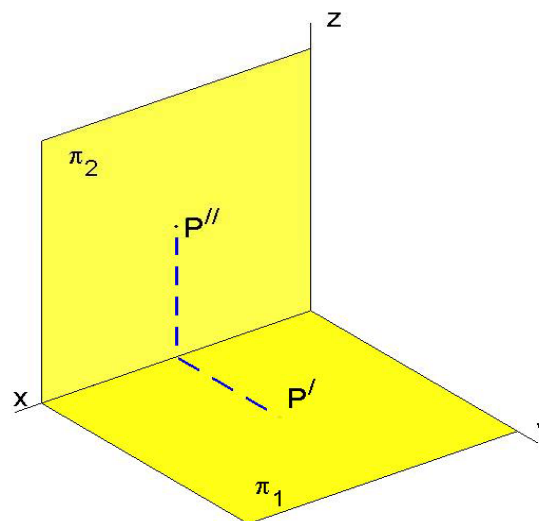
מוסיפים היטל נגדי

The two-sheet method of Monge



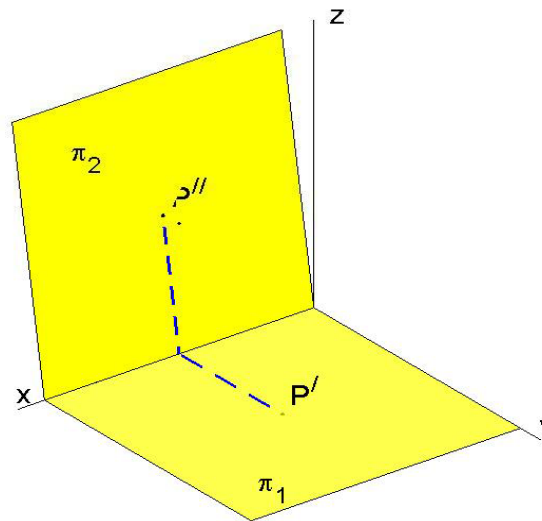
בהמשך נתייחס רק להיטלים ולא לנקודה האמיתית

The two-sheet method of Monge

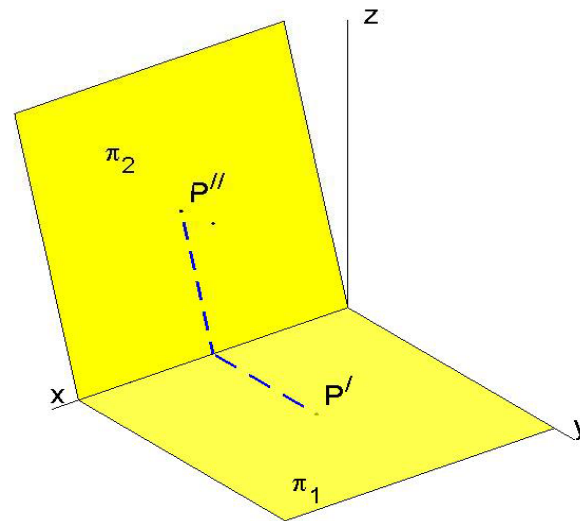


מסובבים את הלוח הנגדי

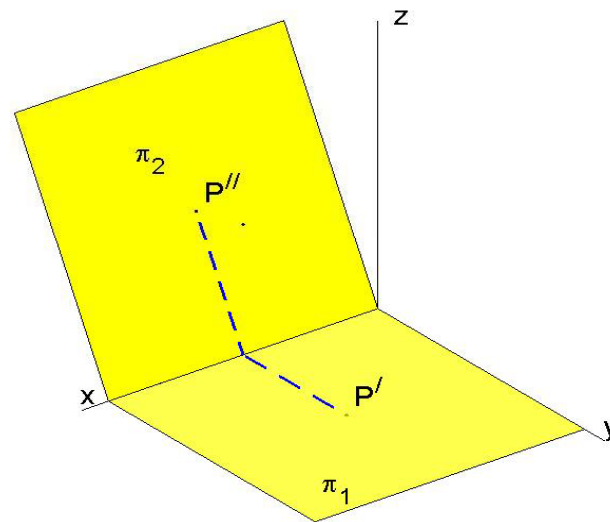
The two-sheet method of Monge



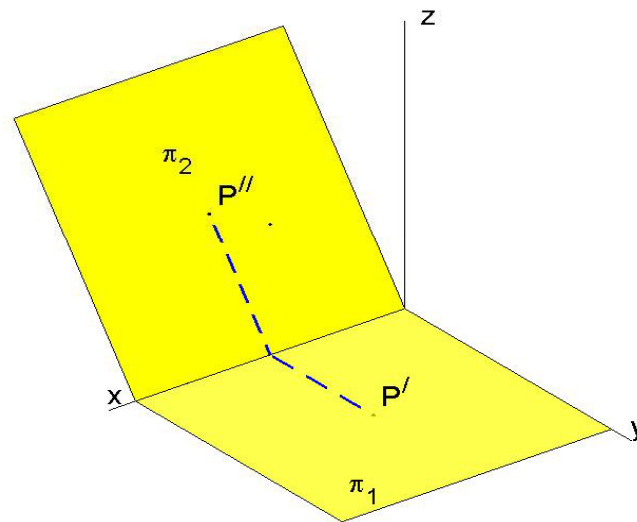
The two-sheet method of Monge



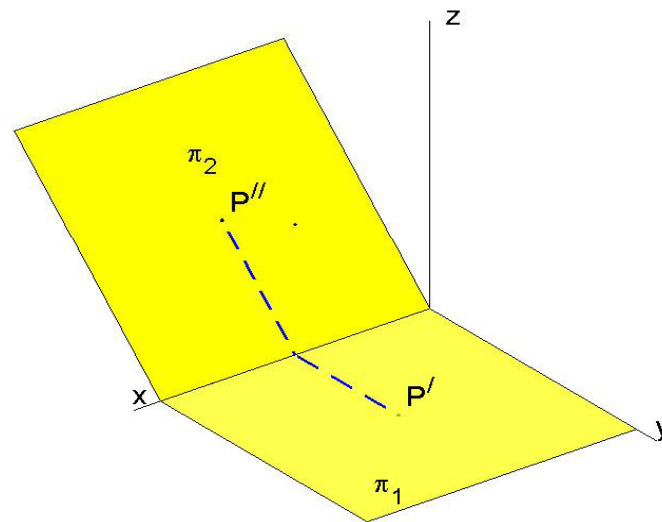
The two-sheet method of Monge



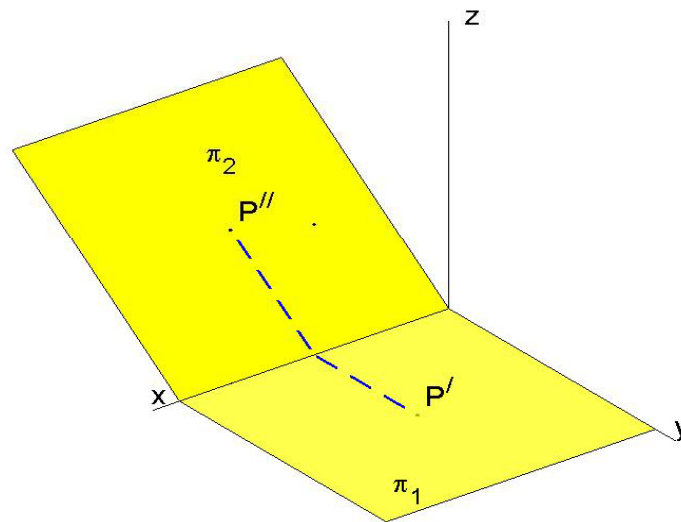
The two-sheet method of Monge



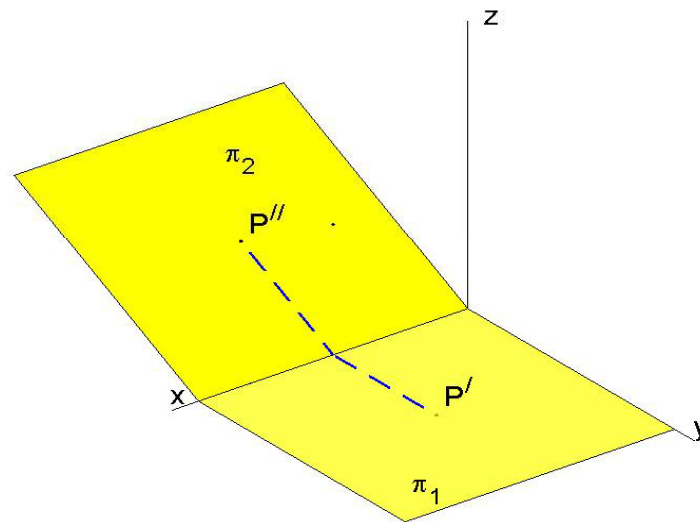
The two-sheet method of Monge



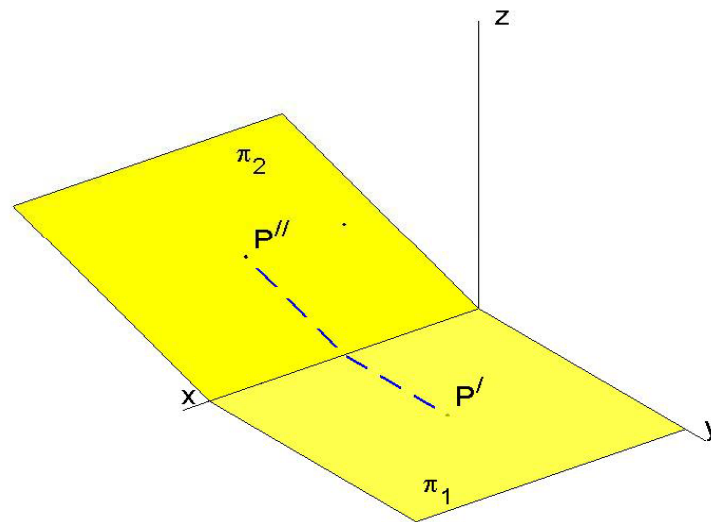
The two-sheet method of Monge



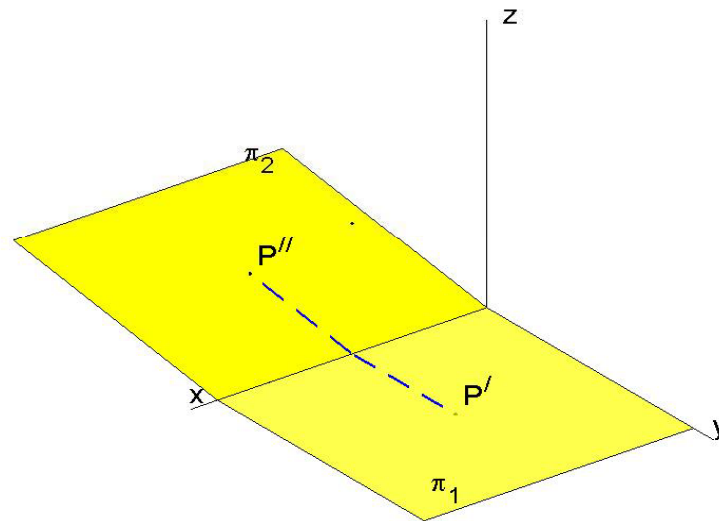
The two-sheet method of Monge



The two-sheet method of Monge

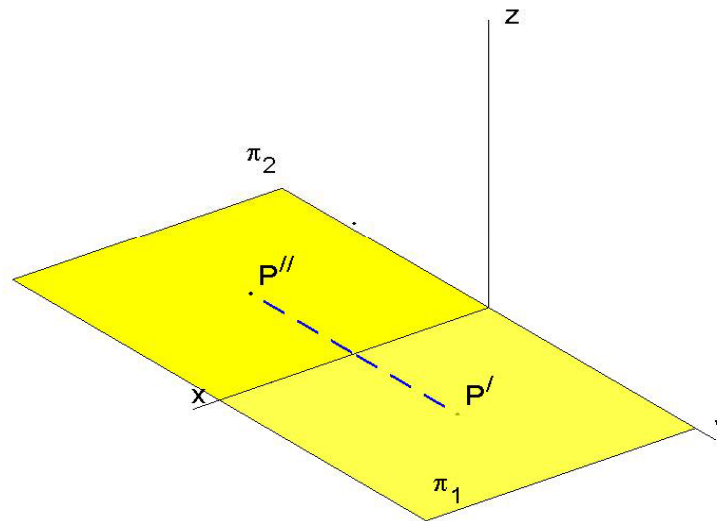


The two-sheet method of Monge



עד שהלוח הנגדי נמצא במישור הלוח האופקי

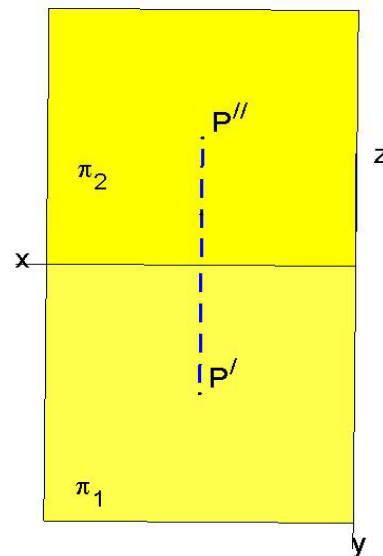
The two-sheet method of Monge



וכך מקבלים את התרשים של שיטת מונג'

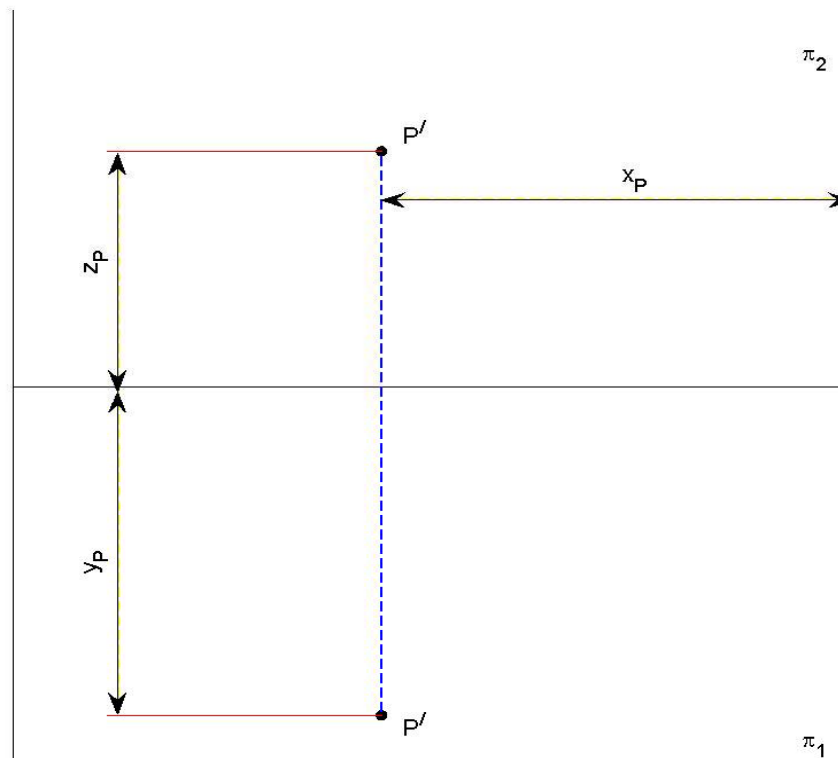
The two-sheet method of Monge

The sketch



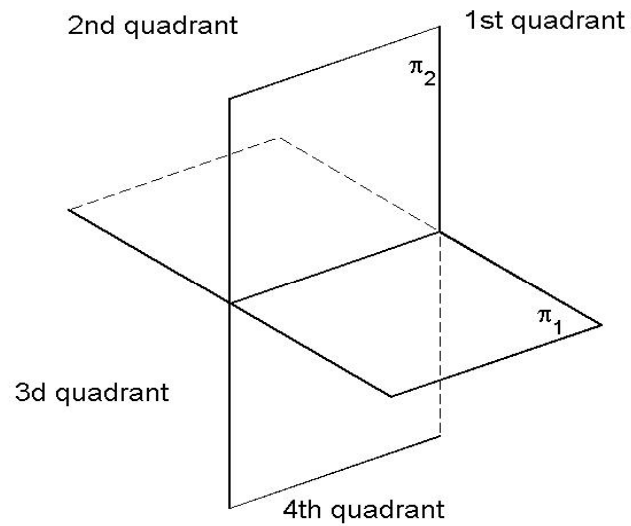
התרשים כולל את שלושת הקואורדינטות של הנקודה **P**

The coordinates of the point P in the Monge sketch



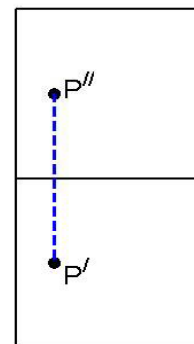
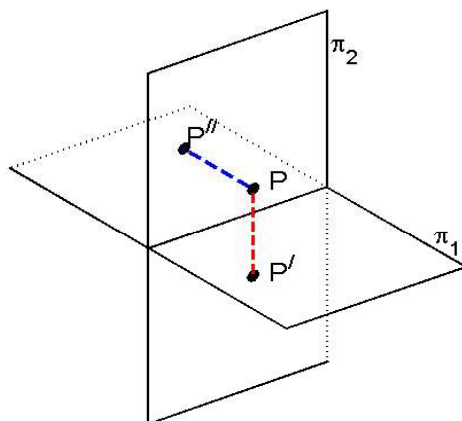
חלוקת המרחב לארבעה רביעים

The four quadrants



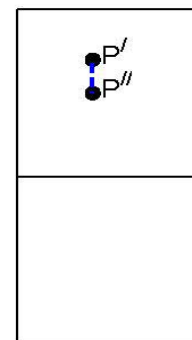
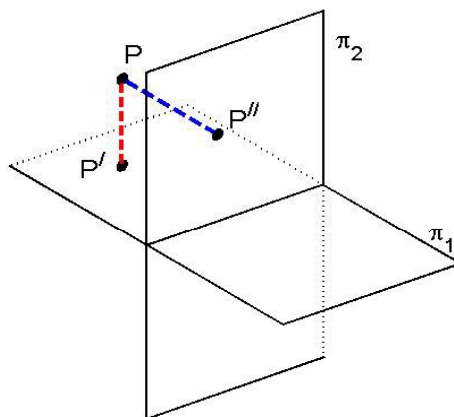
נקודה ברביע הראשון

Point in first quadrant



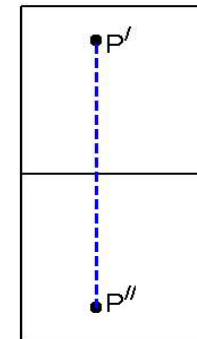
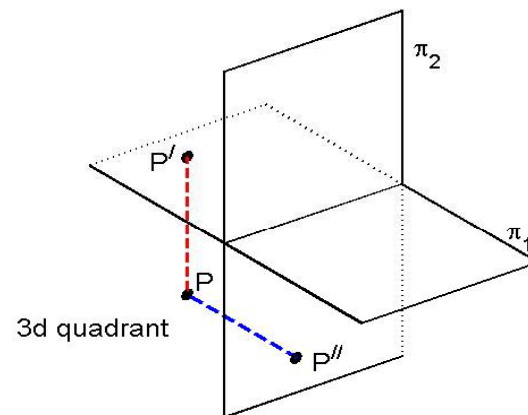
נקודה ברביע השני

Point in second quadrant



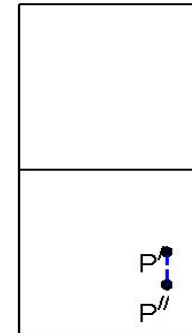
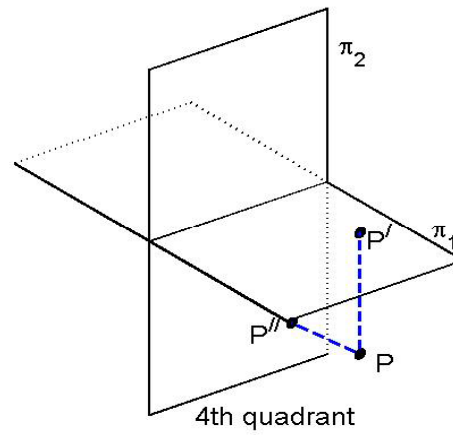
נקודה ברביע השלישי

Point in third quadrant



נקודה ברביע הרביעי

Point in fourth quadrant



איפה שמים את העצם שרוצים לסרטט

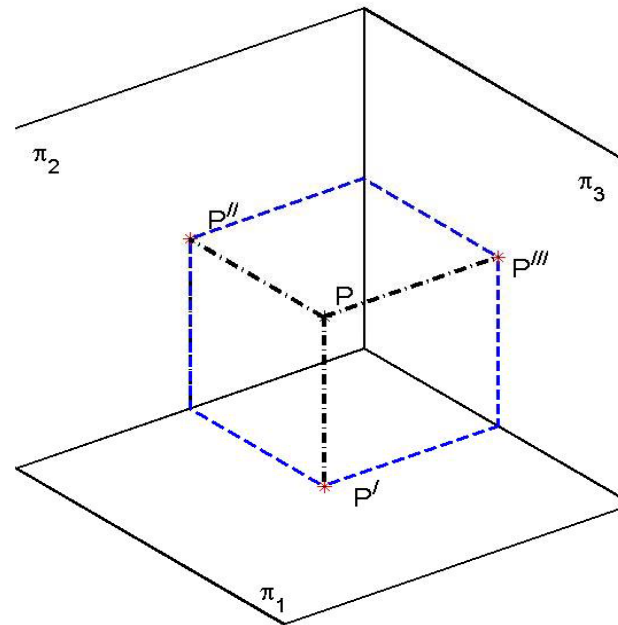
רביע	1	2	3	4
למעלה	P''	P', P''	P'	
למטה	P'		P''	P', P''
שימוש בסרטוט	First angle view		Third angle view	

הערה חשובה

- בקורס מבוא לסרטוט הנדסי יש להשתמש אך ורק ב- First angle view

הקשר בין שלושת ההיטלים של אותה הנקודה

The three projections of a point



Perpendicular on π_1 is parallel to π_2 and π_3

Perpendicular on π_2 is parallel to π_3 and π_1

דוגמה של הקשר בין האלגברה הליניארית לבין
הגיאומטריה התיאורית – היטל אופקי של נקודה

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_P \\ y_P \\ z_P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_P \\ y_P \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} P = P'$$

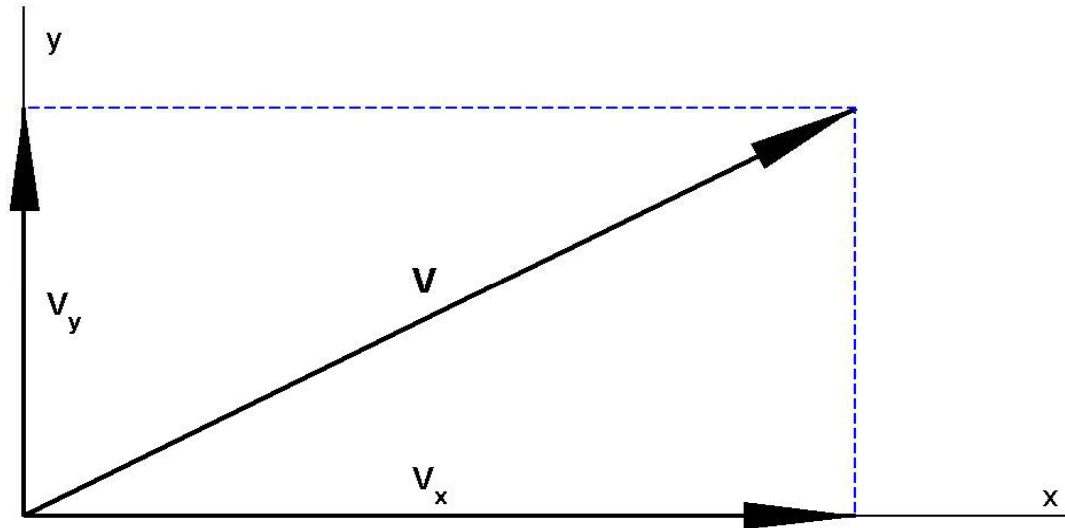
המוסכמות שלנו

Our conventions

- נקודות רושמים באותיות לטיניות גדולות
- הנקודה האמיתית P
- ההיטל האופקי P'
- ההיטל הנגדי P''
- ההיטל הצידי P'''
- קו הצמד

V_x הוא ההיטל של V על הציר x
 V_y הוא ההיטל של V על הציר y

The projections of a vector



פעולת ההטלה

$$\vec{V}_x = \left(\vec{V} \cdot \vec{i} \right) \vec{i}$$

ישרים – Straight lines

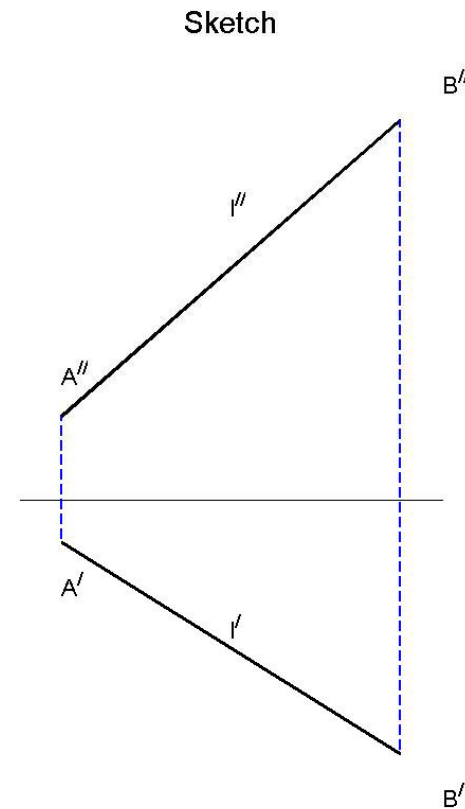
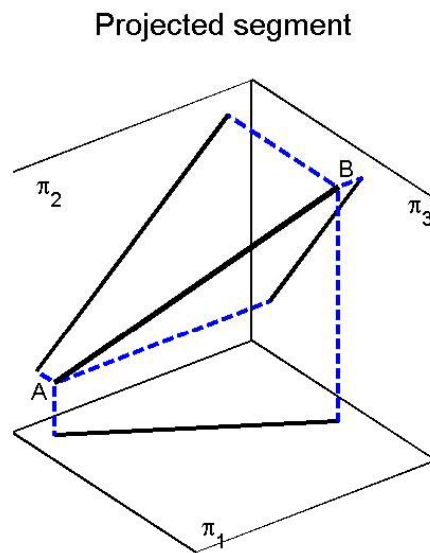
מבוא לסרטוט הנדסי

מקצוע 034036

מרצה: ד"ר אדריאן בירן

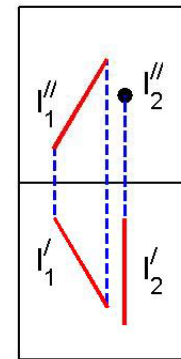
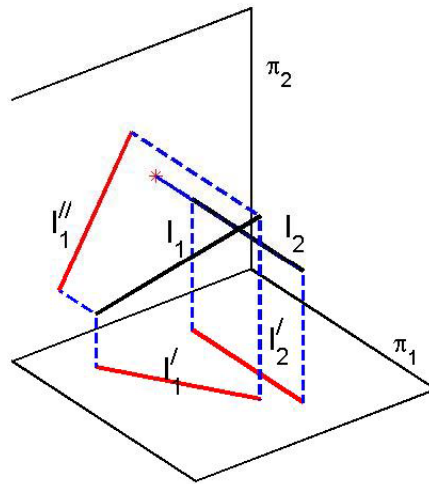
הטכניון, הפקולטה להנדסת מכונות, 2008

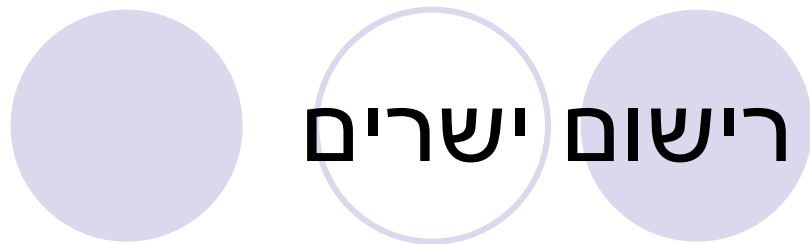
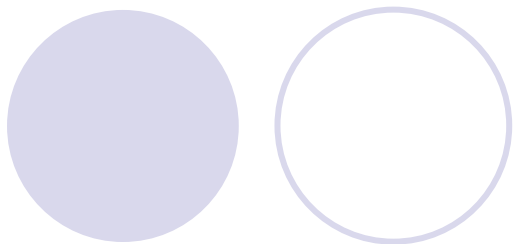
במקרה הכללי ההיטלים של ישר הם ישרים



במקרים פרטיים היטל אחד של ישר יכול להיות נקודה

Projections of straight lines





● בעזרת אות לטינית קטנה:

$\ell, \ell', \ell'', \ell'''$

● בעזרת הנקודות
שבקצוות:

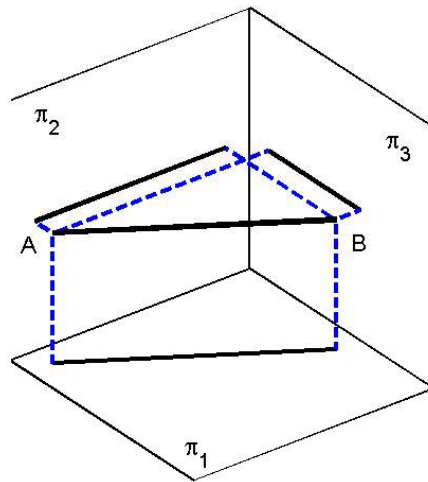
$AB; A'B'; A''B''; A'''B'''$

ישרים מיוחדים

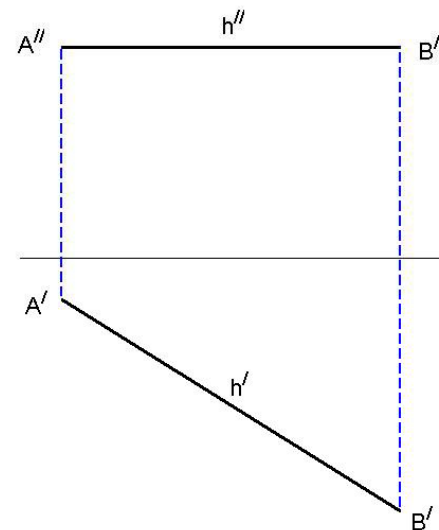
אופקיים	מקבילים ל- π_1
נגדיים	מקבילים ל- π_2
צידיים	מקבילים ל- π_3
אנכים	ניצבים ל- π_1
ישרי קצה	ניצבים ל- π_2
מקבילים	נחתכים באין-סוף

אופקי - Horizontal

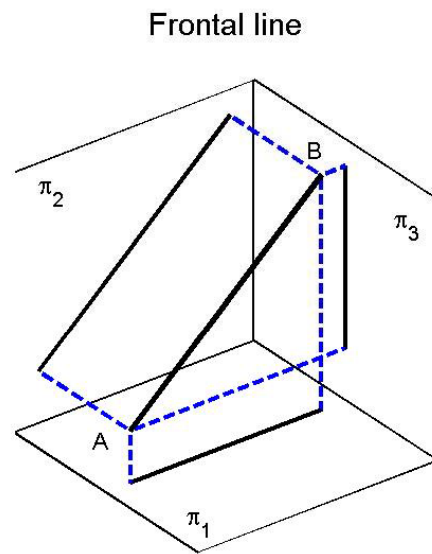
Horizontal line



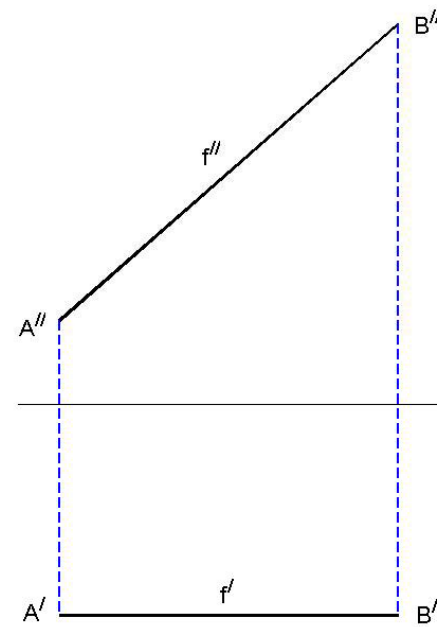
Sketch



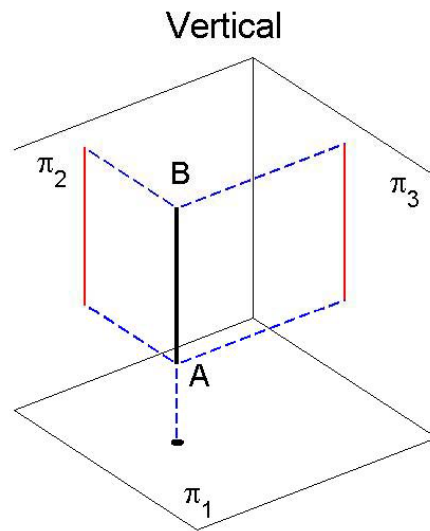
נגדי - Frontal



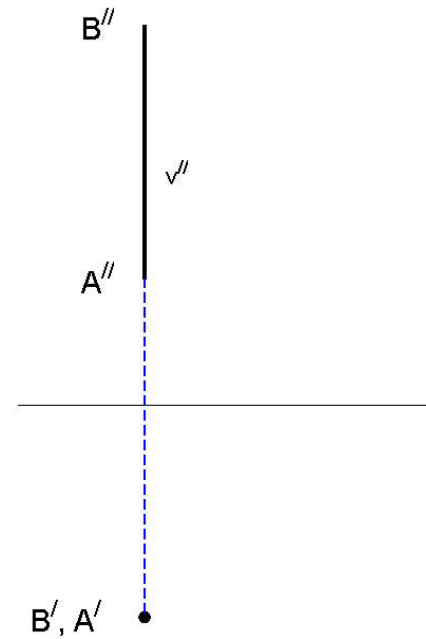
Sketch



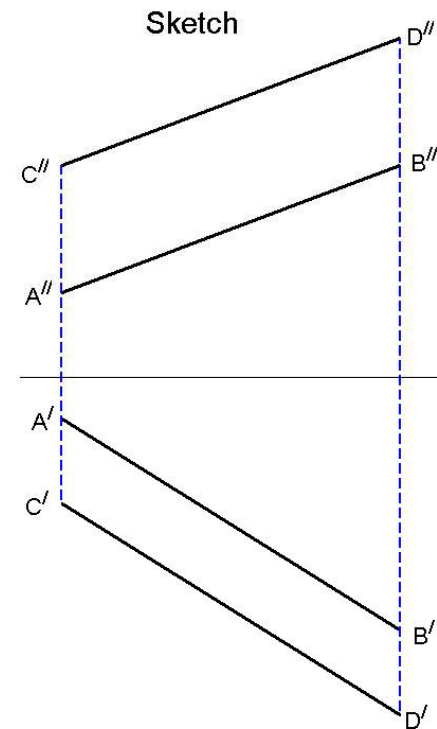
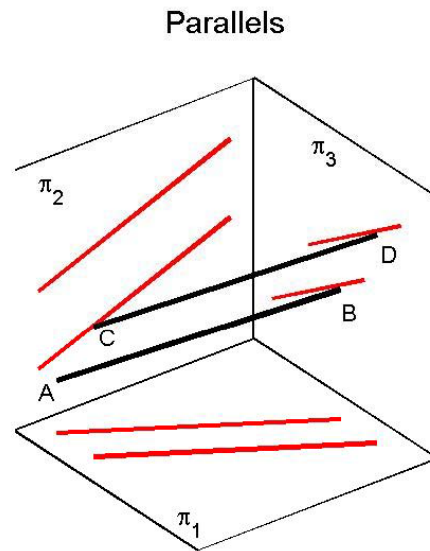
אנך - Vertical



Sketch

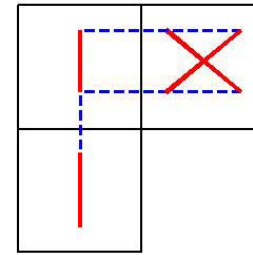
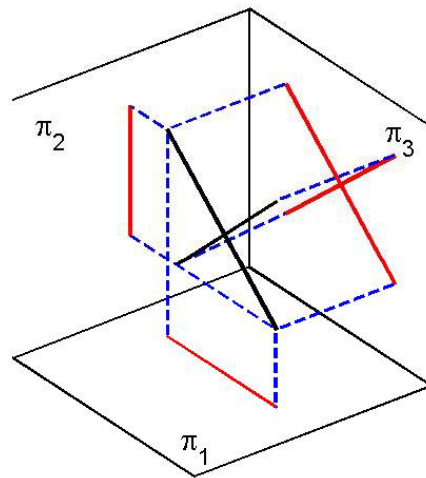


ישרים מקבילים מוטלים כמקבילים



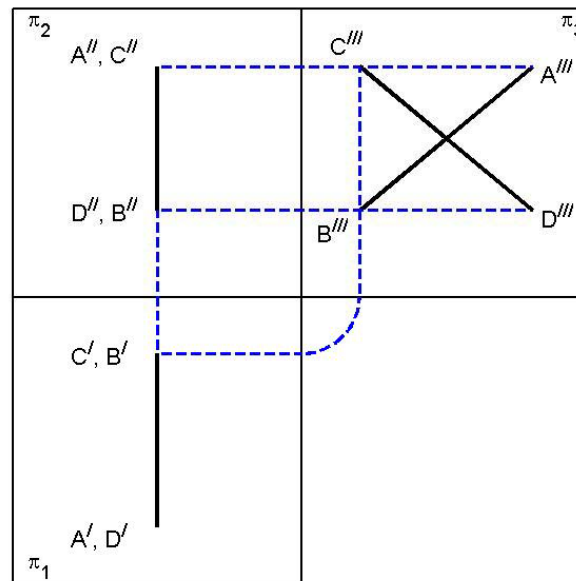
כאשר ההיטל השלישי עוזר להבנת הסרטוט

When a third projection helps



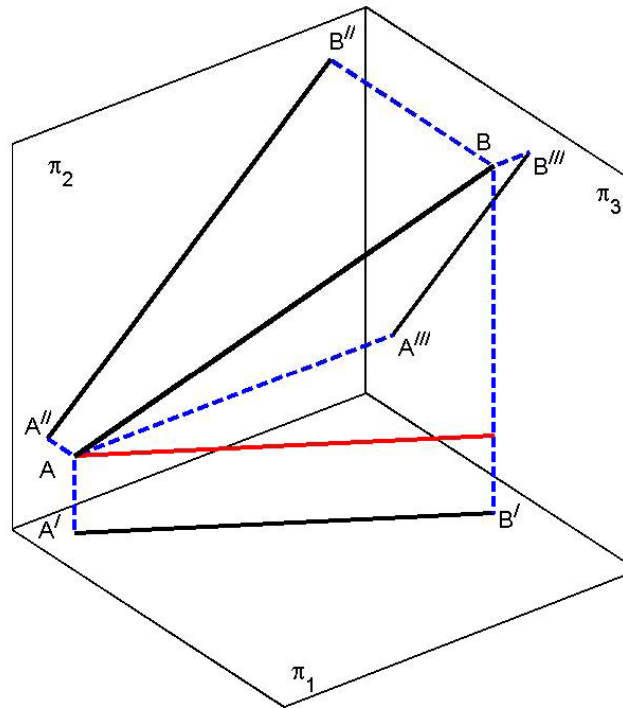
כאשר ההיטל השלישי עוזר להבנת התרשים

When a third projection helps



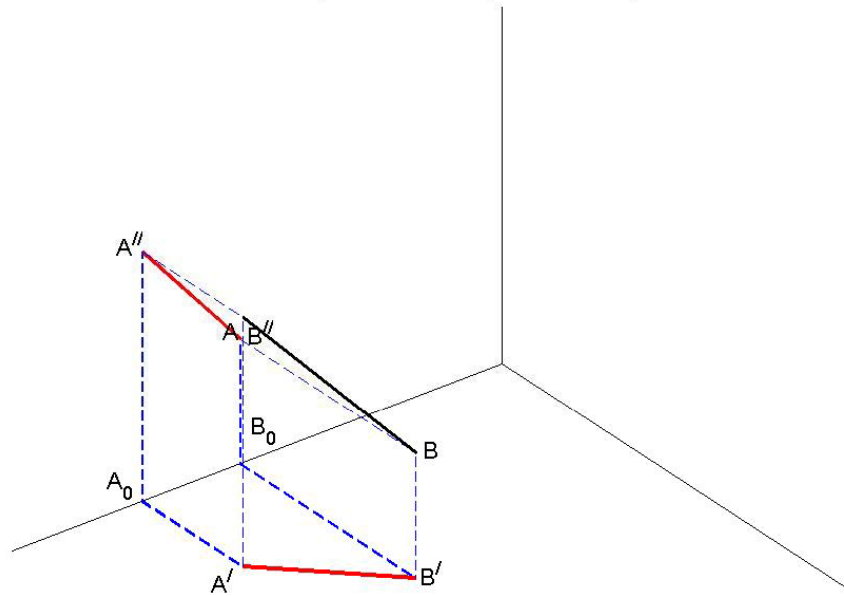
האורך של היטל של קטע של ישר שווה לכל היותר לאורך של הקטע

Projected segment

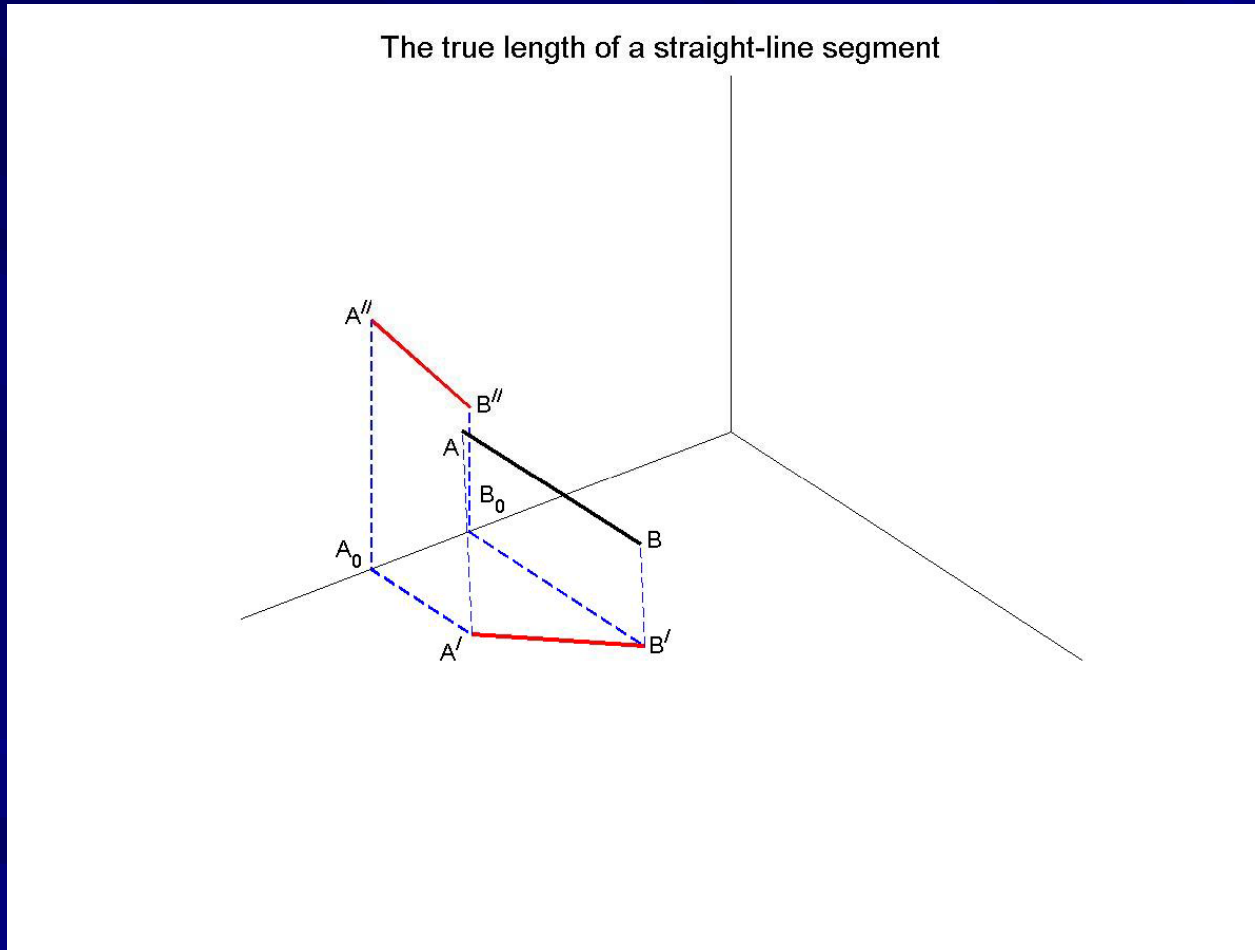


איך למצוא את הגודל האמיתי של קטע של ישר

The true length of a straight-line segment

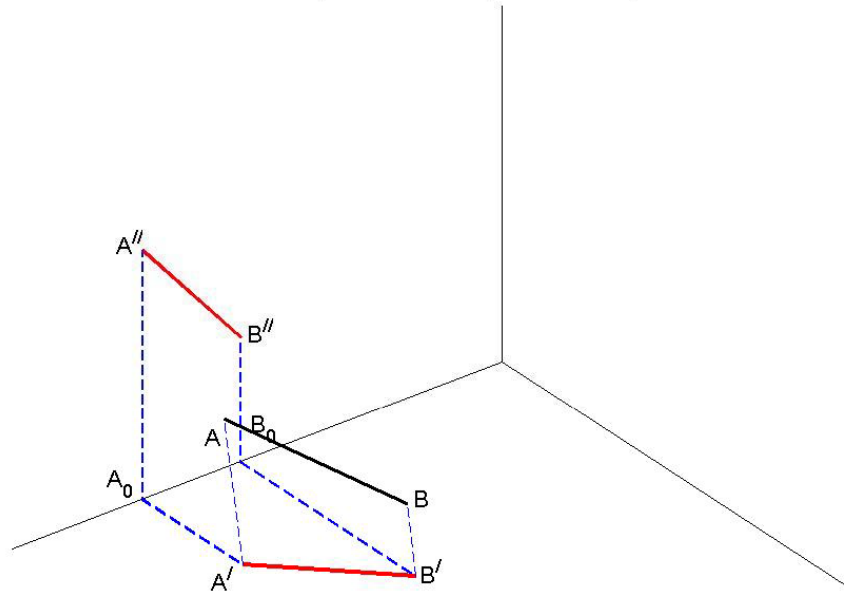


True length of a straight-line segment



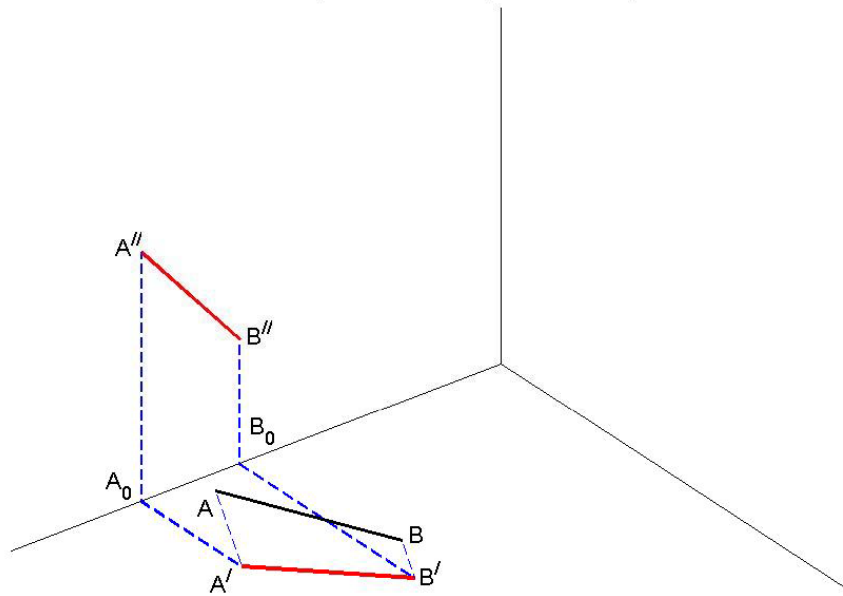
גודל אמיתי של קטע של ישר

The true length of a straight-line segment



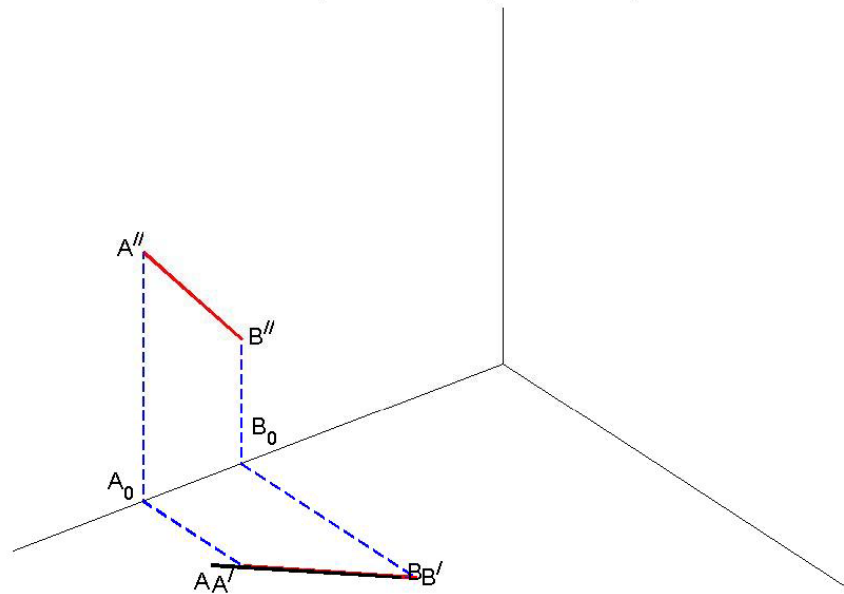
גודל אמיתי של קטע של ישר

The true length of a straight-line segment



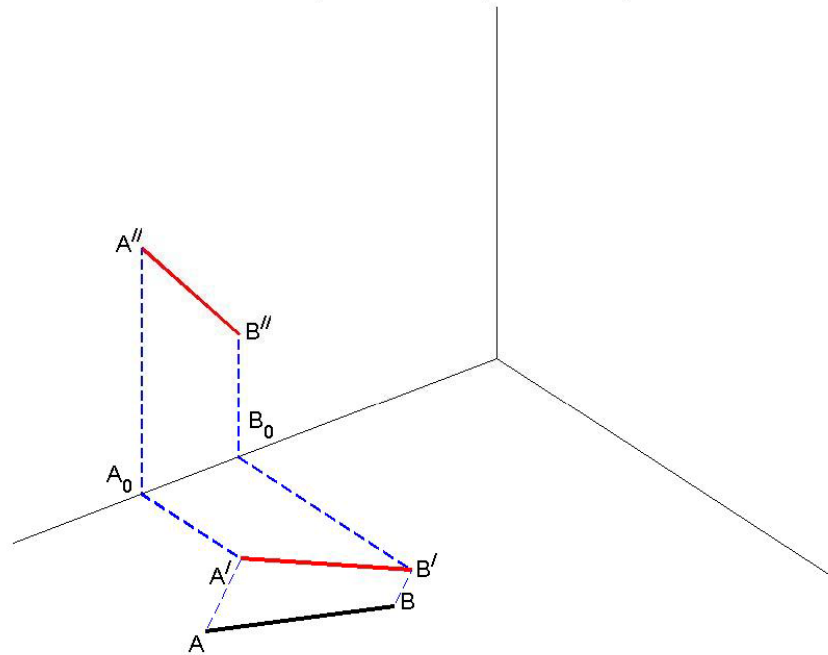
גודל אמיתי של קטע של ישר

The true length of a straight-line segment



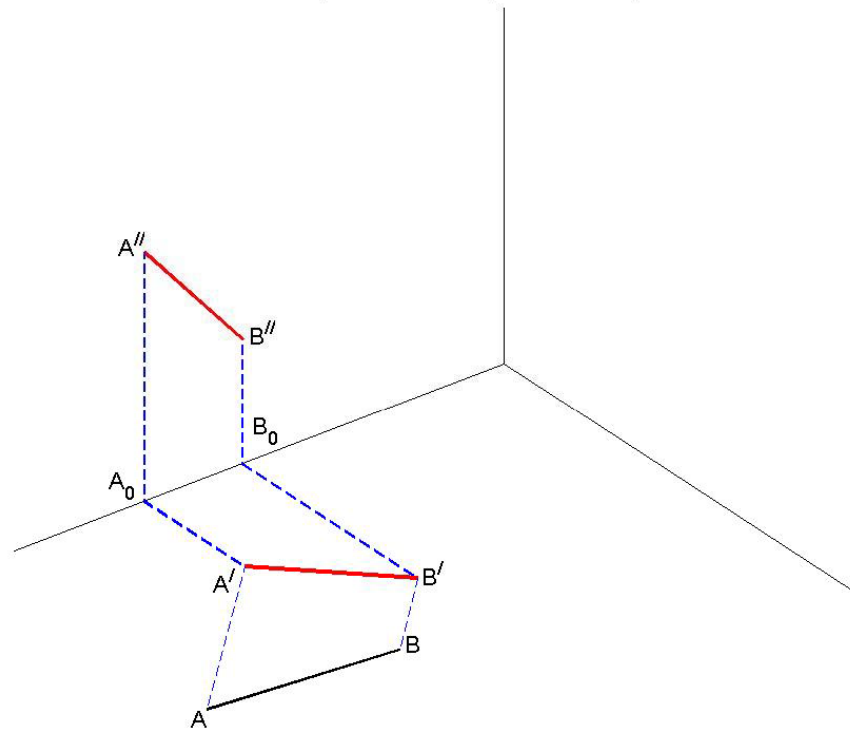
גודל אמיתי של קטע של ישר

The true length of a straight-line segment



גודל אמיתי של קטע של ישר

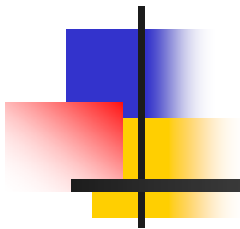
The true length of a straight-line segment



הספֶּרָה

אדריאן בירן

מבוא לסרטוט הנדסי, 2008



The sphere

Adrian Biran,

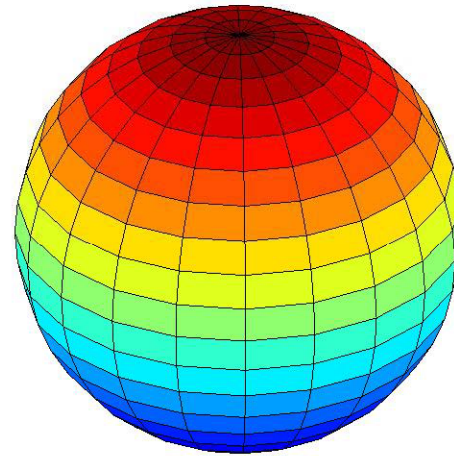
Introduction to Engineering drawing, 2008

למקום הגיאומטרי, במרחב, של

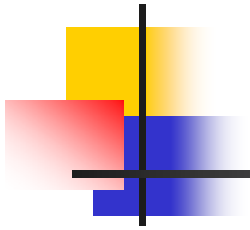
הנקודות שמרחקיהן מנקודה הנקראת

מרכז הוא קבוע קוראים ספֶּרָה

A sphere



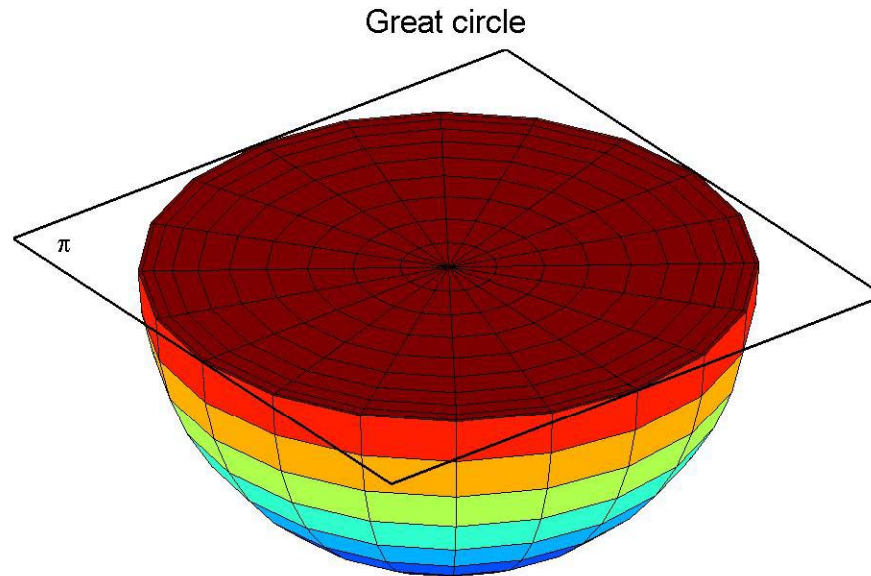
עקומת החיתוך בין מישור לבין ספֶּרָה היא תמיד מֶעָגֶל



- יהיו R רדיוס הספֶּרָה ו-
 d המרחק בין מרכז
הספֶּרָה לבין המישור
החותך, אזי עקומת
החיתוך היא מֶעָגֶל בעל
רדיוס

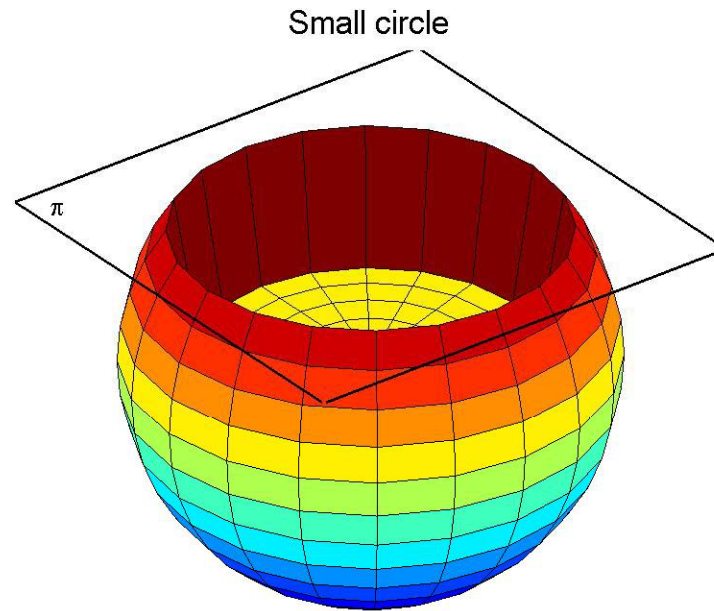
$$r = \sqrt{R^2 - d^2}$$

כאשר המישור החותך עובר דרך מרכז הספֵּרָה, עקומת החתך נקראת **מֵעֵגֶל** **גָּדוֹל**

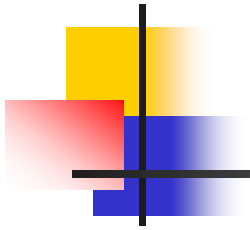


אחרת עקומת החיתוך היא מעגל

קטן



מעגלים גדולים Great circle



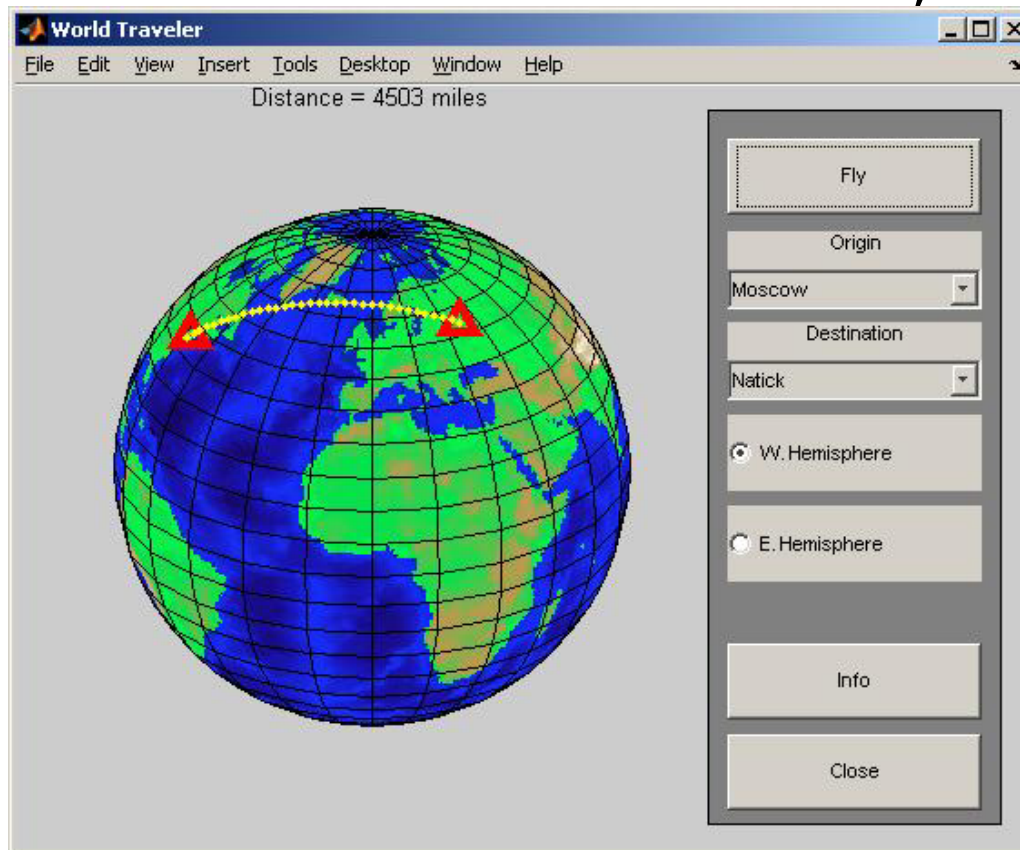
דרך שתי נקודות על הספֵּרָה, A ו-B, עובר מֵעֵגֶל גָּדוֹל אחד,

הדרך הקצרה ביותר בין הנקודות A ו-B, על משטח הספֵּרָה, נמצאת על המֵעֵגֶל הגָּדוֹל העובר דרכיהן.

שני מעגלים גדולים נחתכים בשתי נקודות. נקרא להן P_1 ו- P_2 . היא האַנְטִיפּוֹדָה (Antipode, antipodal point) של P_2 ולהפך. כלומר, הנקודות P_1 ו- P_2 נמצאות בשתי הקצבות של אותו הקוטר.

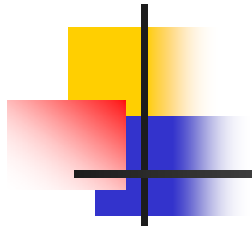
טיסה על מעגל גדול

הטיסה בין מוסקבה לבין Natick, MA עוברת מעל איסלנד.



■ האנטיפודה של העיר Córdoba שבספרד
היא Hamilton בניו זילַנד

הגיאומטריה על משטח הספֶּרָה איננה אוקלידית



- - בהינתן מעגל גדול אין מעגל גדול אחר שהוא מקביל לו,
- סכום הזוויות של משולש ספֶּרִי אינו שווה לשתי זוויות גדולות והוא תלוי בגודל המשולש.

דוגמה: איך לסרטט חתך מישורי של

ספֶּרָה

■ נתונים:

- - שני היטלים של ספֶּרָה,
- - שני היטלים של העקבות של מישור החותך את הספֶּרָה.

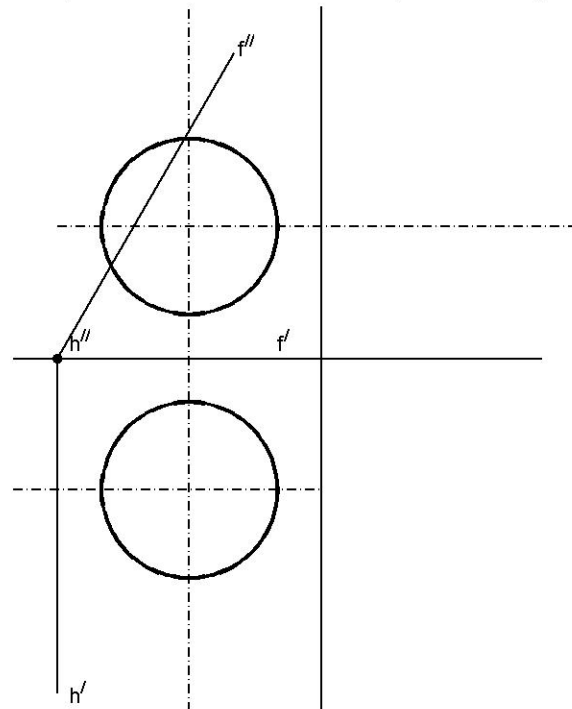
דרוש:

- לסרטט את ההיטל האופקי של עקומת החיתוך.

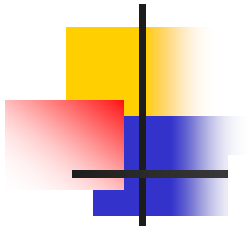
השיטה:

בעזרת חתכים אופקיים שהם מעגלים. השיטה כללית לכל משטחי סיבוב.

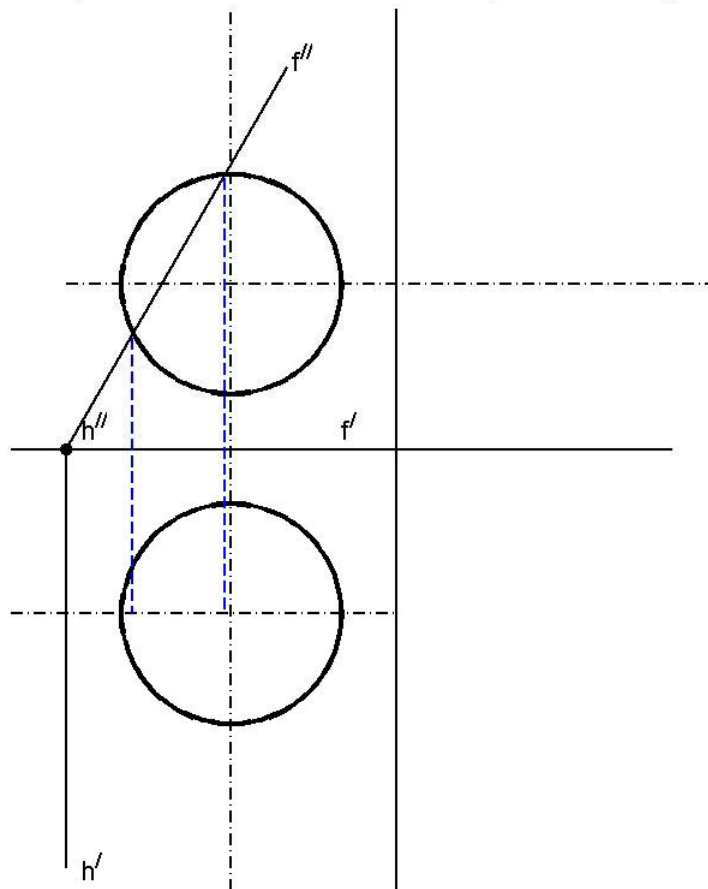
Sphere radius = 2, Plane slope = 60, deg

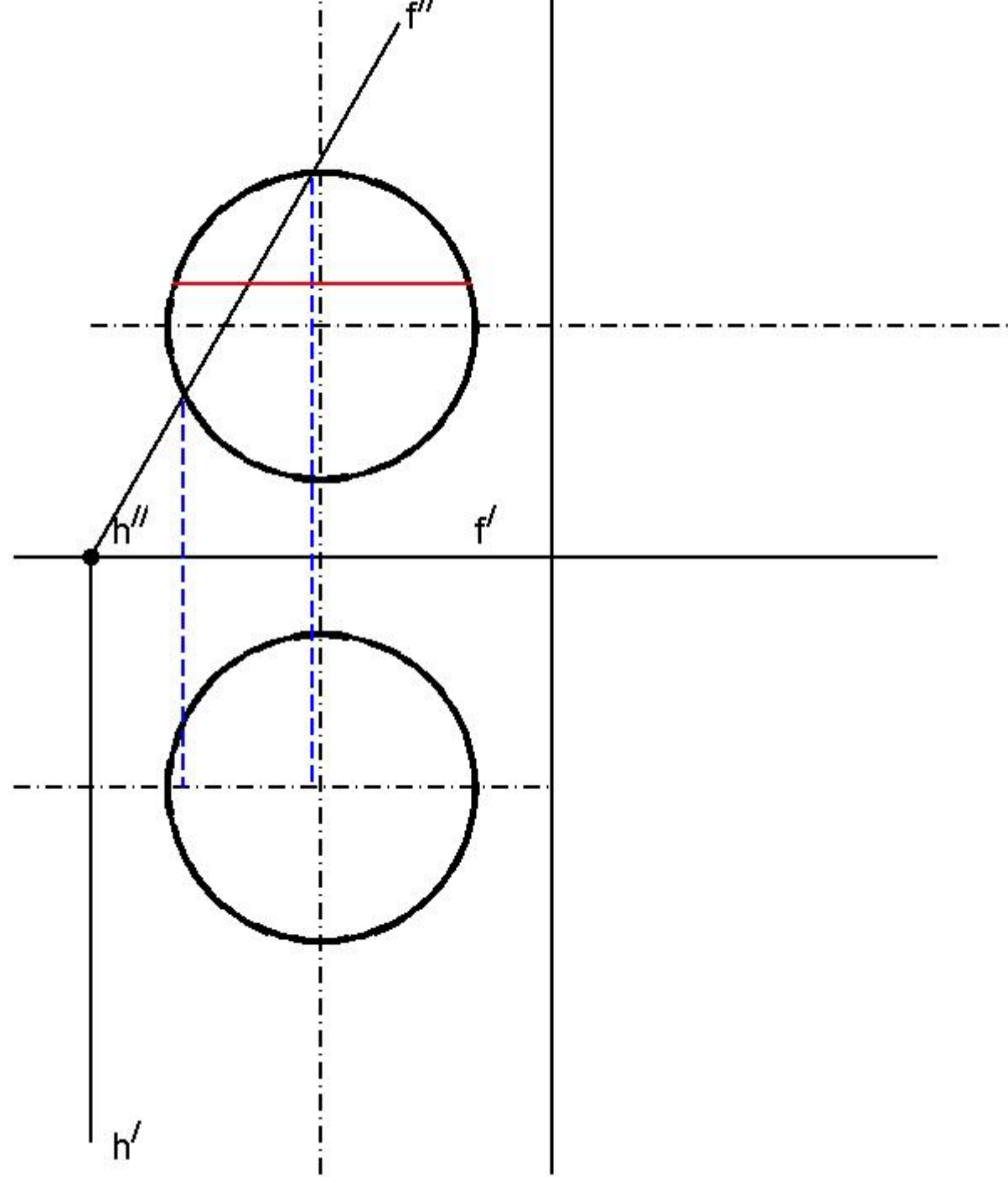


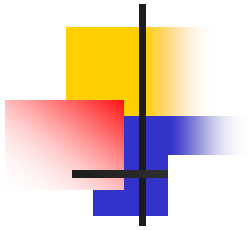
איך מוצאים את הנקודות השמאלית והימנית ביותר של עקומת החיתוך



Sphere radius = 2, Plane slope = 60, deg

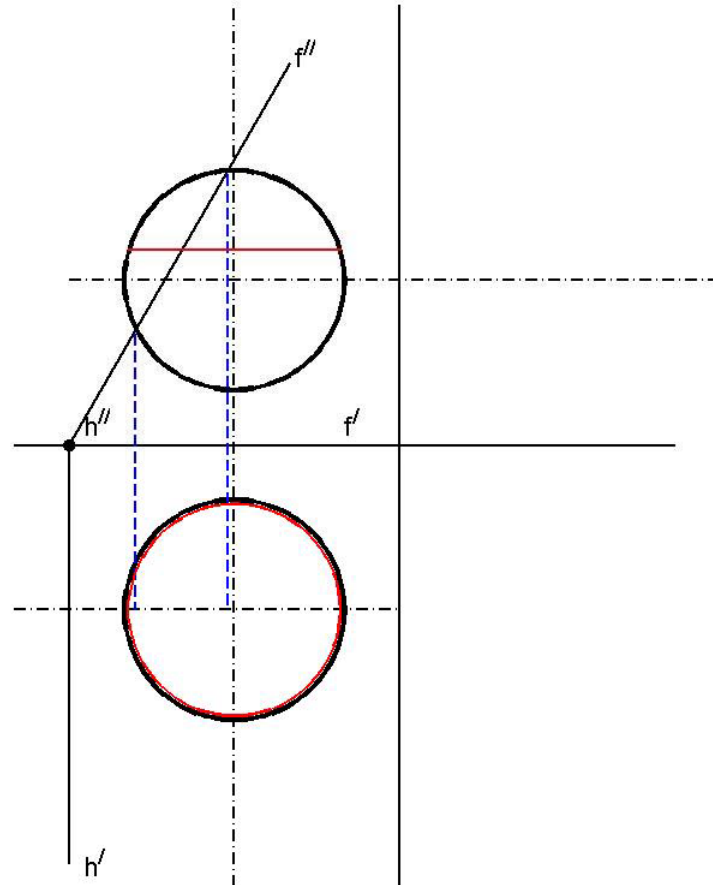


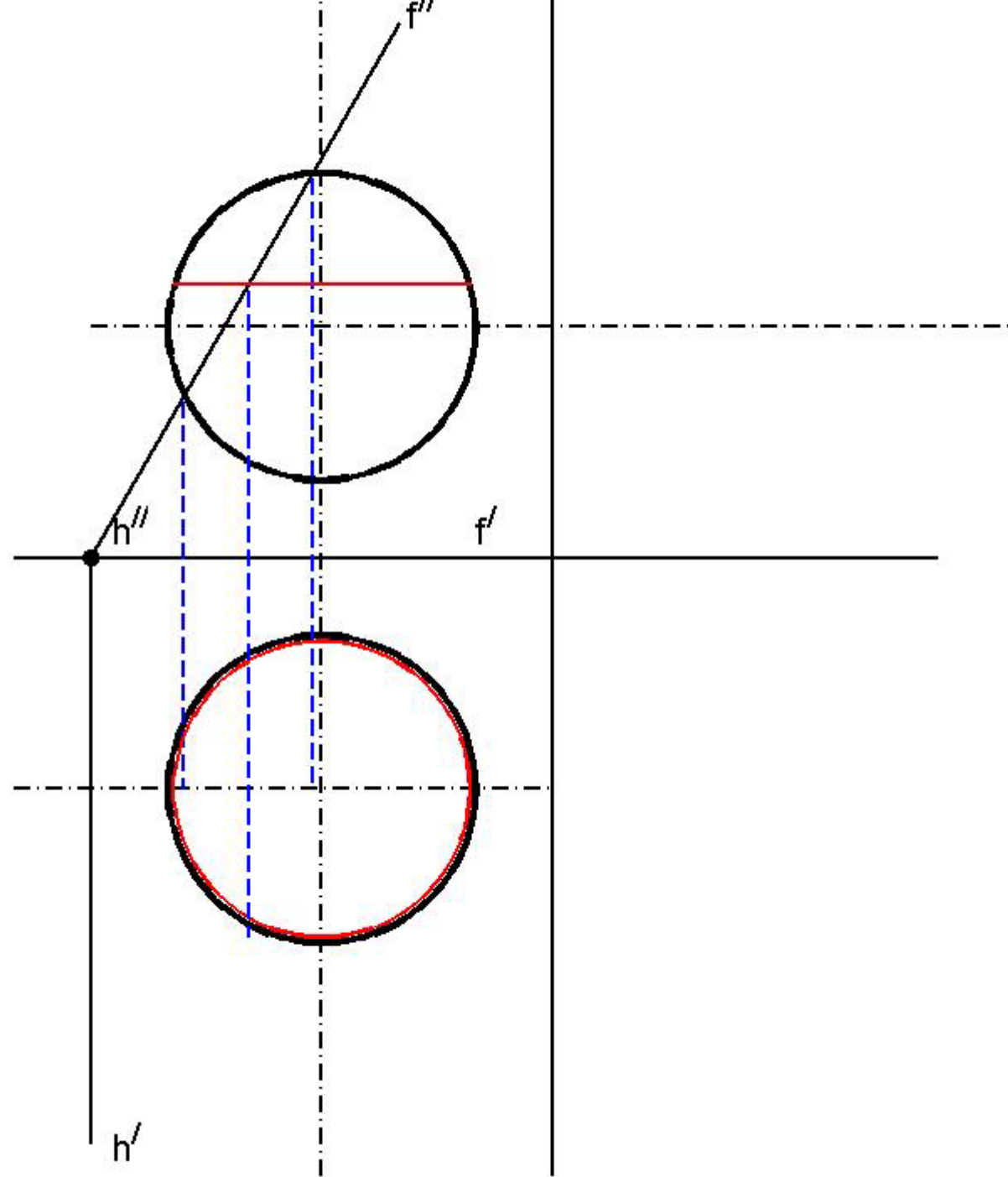


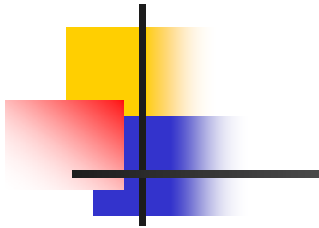


ההיטל האופקי של נקודת החיתוך הוא אליפסה. כאן רואים איך מוצאים את הציר הגדול שלה

Sphere radius = 2, Plane slope = 60, deg

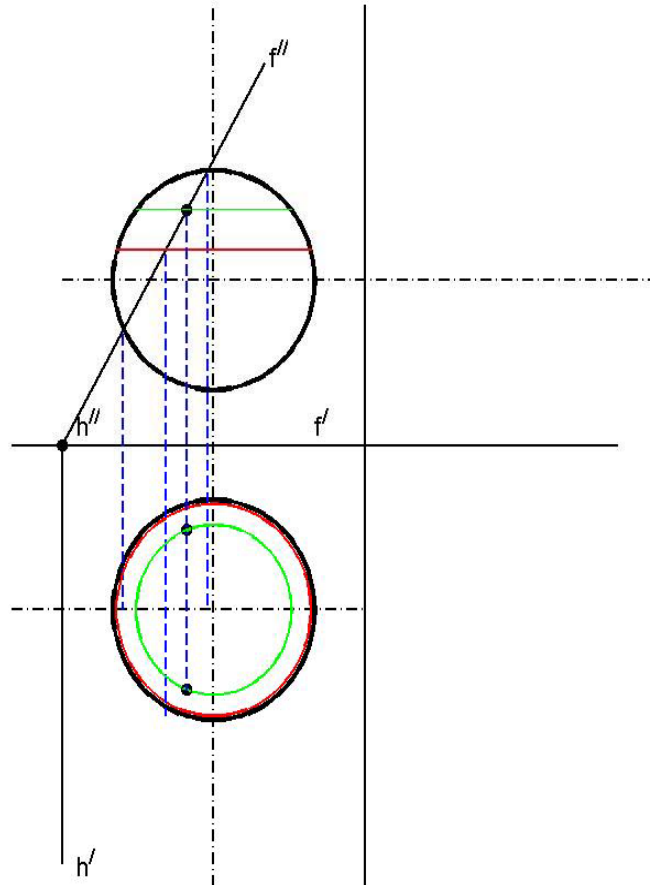


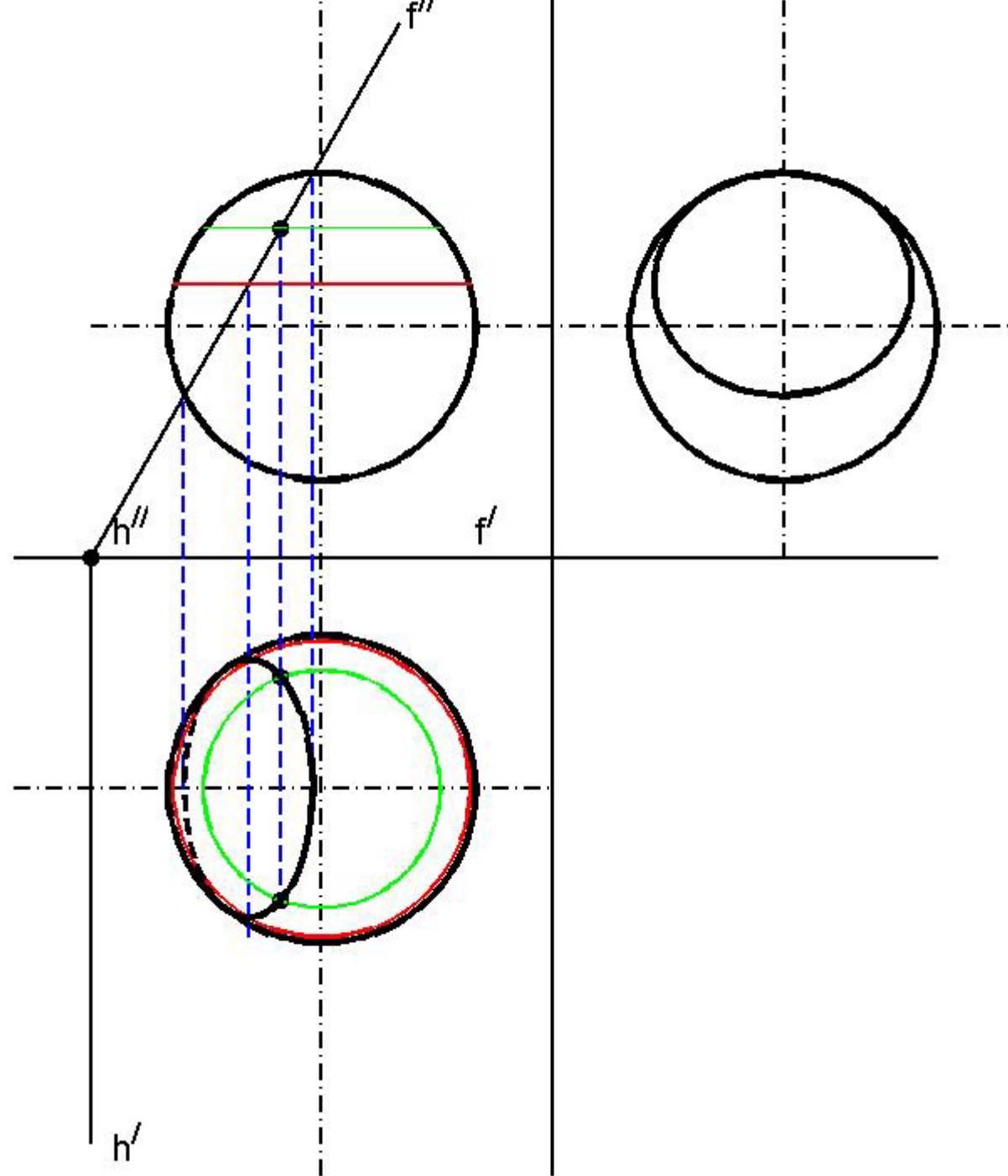


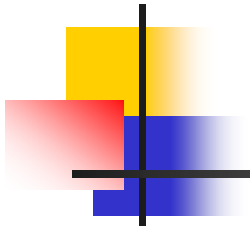


מציאת נקודה כל-שהיא של האליפסה

Sphere radius = 2, Plane slope = 60, deg







הנקודות בהן ישר דוקר ספֶּרָה

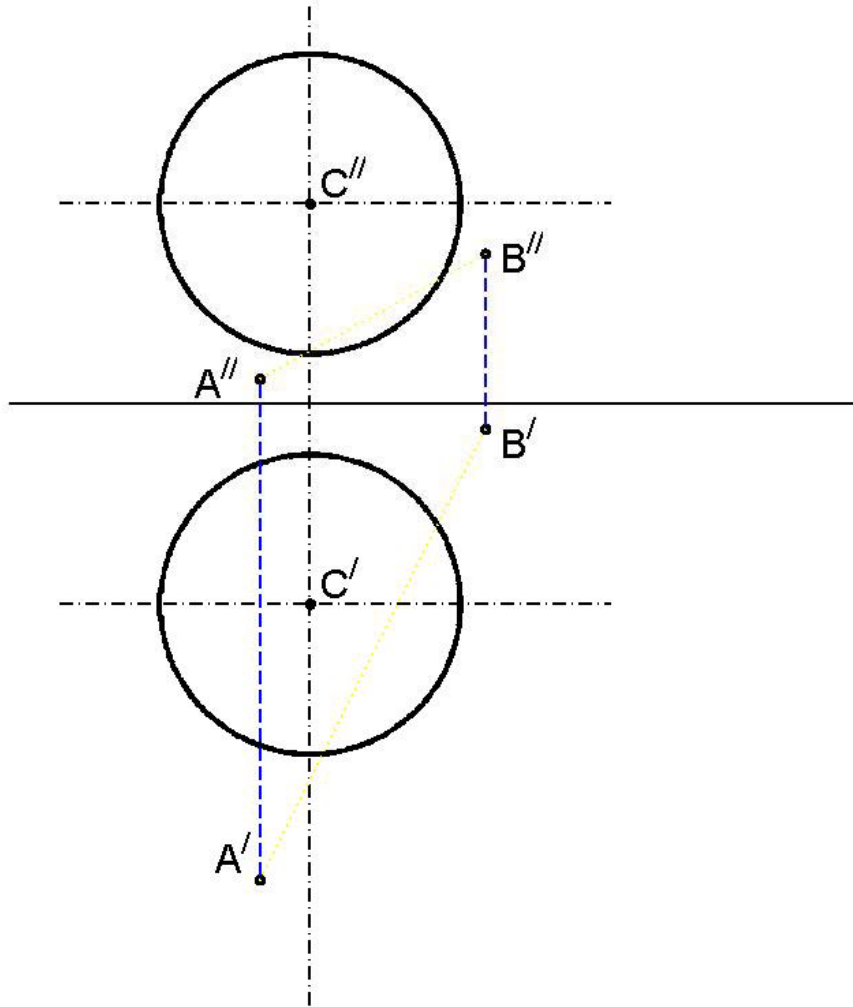
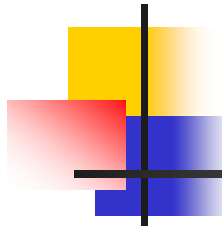
■ נתונים:

- שני היטלים של ספֶּרָה,
- שני היטלים של הנקודות A ו-B.

דרוש:

למצוא את הנקודות בהן הישר AB דוקר את הספֶּרָה.

Intersection of sphere and straight line



מסרטים קו אדמה המקביל להיטל האופקי של AB

Intersection of sphere and straight line

