מתמטיקה לארכיטקטים

פרק 21 - טריגונומטריה במרחב - התיבה והקובייה

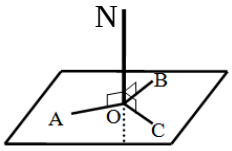
תוכן העניינים

1. הגדרות יסודיות 1
2. תיבה שבסיסה ריבוע 4
3. תיבה שבסיסה מלבן 8
4. הקובייה 13

הגדרות יסודיות:

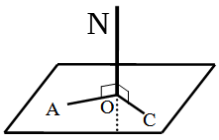
סיכום כללי:

הגדרה:



ישר המאונך לכל הישרים במישור העוברים דרך עקבו נקרא אנך למישור.
באיור הסמוך הישר ON מאונך לישרים AO , BO , CO שעל המישור.

משפט:

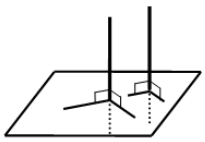


אם ישר מאונך לשני ישרים במישור העוברים דרך עקבו אזי הוא מאונך למישור כולו.
באיור הסמוך הישר ON מאונך לישרים AO , CO שעל המישור ולכן מאונך למישור כולו.

משפט:

בכל נקודה במישור אפשר להעלות אנך אחד בלבד.

משפט:

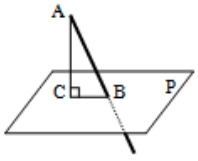


מנקודה שמחוץ למישור אפשר להוריד אנך אחד בלבד למישור זה.

משפט:

שני אנכים למישור אחד הם מקבילים.
באיור הסמוך ניתן לראות כי שני אנכים הם מקבילים.

הגדרה:

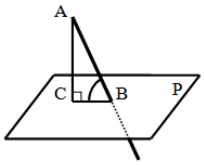


ישר החותך מישור ואינו מאונך למישור זה נקרא משופע למישור.
הקטע המחבר את עקב האנך עם עקב המשופע נקרא היטל המשופע על המישור.
באיור הסמוך הקטע AC הוא אנך למישור P , AB הוא משופע למישור ו-BC הוא היטל המשופע.

הגדרה:

אורך אנך המורד מנקודה שמחוץ למישור אל המישור נקרא מרחק הנקודה מהמישור.

הגדרה:



זווית בין ישר ומישור היא הזווית שבין הישר (המשופע) ובין היטלו של הישר על המישור.
באיור הסמוך הזווית שבין הישר המשופע AB לבין המישור P היא: $\sphericalangle ABC$.

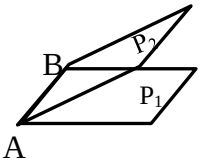
הגדרה:

שני מישורים שאינם נחתכים נקראים מישורים מקבילים.

הגדרה:

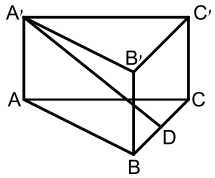
אורך האנך המורד מנקודה שעל פני מישור אחד אל מישור המקביל לו נקרא המרחק בין המישורים.

הגדרה:

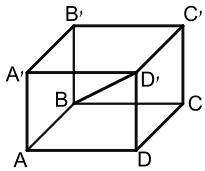


שני מישורים נחתכים יוצרים צורה גיאומטרית הנקראת פינה.
ישר החיתוך של שני המישורים נקרא מקצוע, והמישורים היוצרים את הפינה נקראים פאות.
באיור הסמוך הקטע AB הוא ישר החיתוך של שני המישורים P_1 ו-P_2 הנקרא מקצוע.
הצורות הסגורות של המישורים נקראות פאות וכל הצורה נקראת פינה.

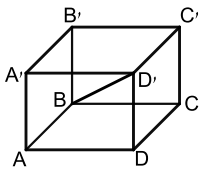
שאלות:



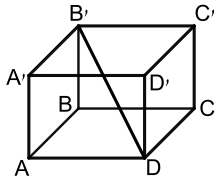
1) במנסרה ABCA'B'C' שבסיסה משולש שווה שוקיים $(AB=AC)$ הנקודה D היא אמצע המקצוע BC.
סמן את הזווית בין הישר A'D לבין הבסיס ABC.



2) נתונה תיבה ABCDA'B'C'D'.
סמן את הזווית בין האלכסון BD' לבין הבסיס ABCD.



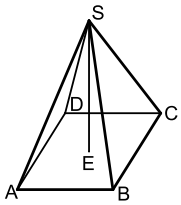
3) נתונה תיבה ABCDA'B'C'D' (ראה איור).
סמן את הזווית בין האלכסון AC' לבין הפאה D'C'CD.



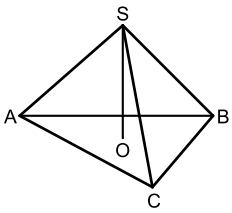
4) נתונה תיבה $ABCDA'B'C'D'$. סמן את הזוויות בין:

א. האלכסון $B'D$ לבין הפאה $B'C'CB$.

ב. האלכסון $B'D$ לבין הפאה $D'C'CD$.



5) $SABCD$ היא פירמידה ישרה שבסיסה מלבן (ראה איור).
סמן את הזווית בין המקצוע SB לבין הבסיס $ABCD$.



6) $SABC$ היא פירמידה ישרה שבסיסה
משולש שווה שוקיים $(AB=AC)$.
סמן את הזווית בין המקצוע SA לבין הבסיס ABC.

תשובות סופיות:

1) $\sphericalangle A'DA$

2) $\sphericalangle D'BD$

3) $\sphericalangle AC'D$

4) א. $\sphericalangle DB'C$ ב. $\sphericalangle B'DC'$

5) $\sphericalangle SBE$

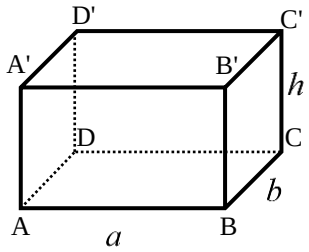
6) $\sphericalangle SAO$

תיבה שבסיסה ריבוע:

סיכום כללי:

הגדרה:

גוף מרחבי הבנוי משני מלבנים זהים מקבילים במרחב (ABCD ו-A'B'C'D')
הקרויים בסיסי התיבה. כל מקצוע צדדי (AA' , BB' , CC' , DD') נקרא גובה התיבה.
המקצועות הצדדיים שווים זה לזה ומאונכים למישורי הבסיס של התיבה.



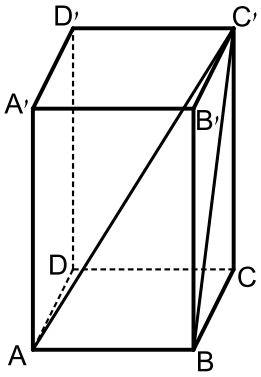
נוסחאות:

הנוסחה	תיאור מילולי
$S=a\cdot b$	שטח בסיס התיבה
$V=a\cdot b\cdot h$	נפח התיבה
$M=2h(a+b)$	שטח מעטפת התיבה
$P=2h(a+b)+2ab$	שטח פנים

- תיבה שבסיסה ריבוע: תיבה שבסיסיה הם ריבועים.
  מתקיים: $a=b$ בכל הנוסחאות.
- קובייה: אם בסיסי התיבה הם ריבועים וגובה התיבה שווה לאורך מקצוע הבסיס, דהיינו: $a=b=h$ אזי התיבה נקראת קובייה.

שאלות:

1) בתיבה $ABCDA'B'C'D'$ שבסיסה ריבוע,
אורך אלכסון הבסיס AC הוא 15.2 ס"מ.
אורך המקצוע הצדדי AA' הוא 10 ס"מ.



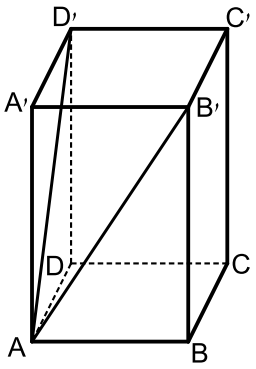
א. חשב אורך מקצוע הבסיס.

ב. חשב נפח התיבה ושטח הפנים.

ג. חשב את BC', אלכסון הפאה $BB'C'C$,
ואת אלכסון התיבה AC'.

ד. חשב את זווית $\sphericalangle AC'B$, שבין
האלכסון BC' בפאה $BB'C'C$ לבין אלכסון התיבה AC'.

2) נתונה תיבה $ABCDA'BC'D'$ שבסיסה
ריבוע. אורך האלכסון AD' של הפאה הצדדית $ADD'A'$
הוא 16.8 ס"מ. הזווית שנוצרת בין שני
האלכסונים AD' ו- AB' היא בת $58°$.



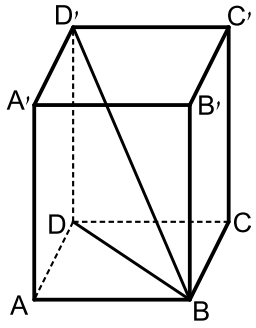
א. חשב את אורך אלכסון הבסיס, $B'D'$.

ב. חשב את אורך מקצוע הבסיס AB.

ג. חשב את גובה התיבה AA'.

ד. חשב את נפח התיבה.

3) נתונה תיבה $ABCDA'BC'D'$ שבסיסה ריבוע.
אורך אלכסון הבסיס BD הוא 16 ס"מ ונפח
התיבה הוא 1408 סמ"ק. חשב:

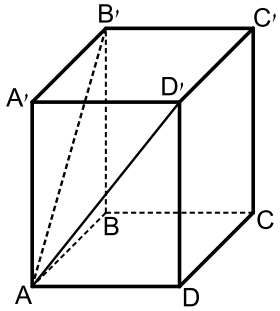


א. גובה התיבה DD'.

ב. הזווית שבין אלכסון התיבה BD' לבסיס $ABCD$.

ג. אורך מקצוע הבסיס AB.

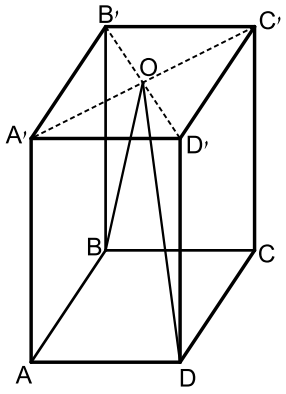
4) בתיבה $ABCDA'B'C'D'$, שבסיסה $ABCD$
הוא ריבוע. אורך האלכסון של הפאה הצדדית
הוא 10 ס"מ. הזווית שבין אלכסוני
הפאות הצדדיות היא בת $48°$.



א. חשב את אורך האלכסון של הבסיס העליון $B'D'$.

ב. חשב את שטח הבסיס של התיבה.

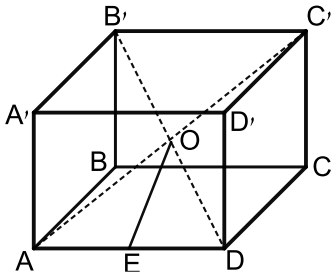
5) בתיבה ריבועית $ABCDA'B'C'D'$ מעבירים את האלכסונים $B'D'$ ו-$A'C'$ במישור הבסיס העליון.
האלכסונים נפגשים בנקודה O כך שנוצר המשולש BOD.
נתון כי: $\sphericalangle BOD = 23°$ וכי אורך מקצוע הבסיס של התיבה הוא 6 ס"מ.



א. חשב את היקף המשולש BOD.

ב. חשב את הזווית שנוצרת בין הצלע OD של המשולש BOD ומישור הפאה $AA'D'D$.

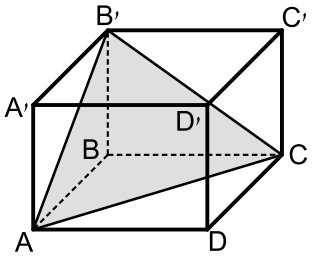
6) בתיבה $ABCDA'B'C'D'$ שבסיסה ריבוע מעבירים את האלכסונים AC' ו-$B'D$.
האלכסונים נחתכים בנקודה O שבתוך התיבה.
מהנקודה O מעבירים את הקטע OE כך ש-E היא אמצע המקצוע AD.
ידוע כי אורך מקצוע הבסיס של התיבה הוא 8 ס"מ ואורך אלכסון התיבה הוא 12 ס"מ.



א. מצא את אורך גובה התיבה.

ב. מצא את אורך הקטע OE.

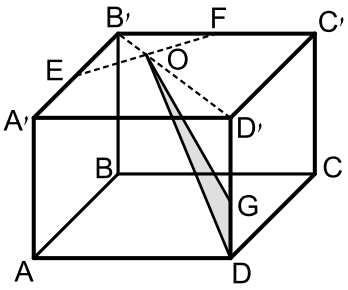
7) בתיבה ריבועית וישרה $ABCDA'B'C'D'$ מסמנים את אורך הגובה ב-h.
מעבירים את הקטעים AB' , AC ו-$B'C$ כך שנוצר המשולש $AB'C$ כמתואר באיור.
הזווית הנוצרת בין אנך לצלע AC במשולש $AB'C$ ומישור הבסיס ABCD היא α.



א. הבע באמצעות h ו-α את אורך מקצוע הבסיס של התיבה.

ב. הבע באמצעות h ו-α את נפח התיבה.

8) בתיבה הריבועית $ABCDA'B'C'D'$ שלפניך מעבירים את אלכסון הבסיס העליון $B'D'$.
הנקודות E ו-F נמצאות על אמצעי המקצועות $A'B'$ ו-$B'C'$ כך שהקטע EF חותך את האלכסון $B'D'$ בנקודה O.
מקצים נקודה נוספת G - הנמצאת על הגובה DD' כך ש: $DG = a$. מעבירים את הקטעים GO ו-DO כך שנוצר המשולש DOG. אורך מקצוע הבסיס הוא k וגובה התיבה הוא h.



א. הבע באמצעות k ו-a את שטח המשולש DOG.

ב. מצא את היחס $\frac{a}{h}$ עבורו מתקיים: $S_{DOG} = S_{D'OG}$.

9) בתיבה $ABCDA'B'C'D'$ הבסיס $ABCD$ הוא ריבוע. גובה התיבה הוא h.
נתון : $\sphericalangle A'DC' = \beta$.

א. הראה כי אורך הצלע בבסיס התיבה הוא : $\dfrac{\sqrt{2}h \cdot \sin\left(\frac{1}{2}\beta\right)}{\sqrt{\cos\beta}}$.

ב. לאלו ערכים של β יש פתרון לבעיה?

תשובות סופיות:

1) א. 10.748 ס"מ. ב. 1155.2 סמ"ק $= V$, 660.959 סמ"ר $= S$.
ג. 14.68 ס"מ, 18.19 ס"מ. ד. $\sphericalangle AC'B = 36.21°$.

2) א. 16.29 ס"מ. ב. 11.518 ס"מ. ג. 12.23 ס"מ.
ד. 1622.485 סמ"ק $= V$.

3) א. 11 ס"מ. ב. $34.51°$ ג. 11.313 ס"מ.

4) א. 8.13 ס"מ. ב. 33.09 סמ"ר.

5) א. 51 ס"מ. ב. $8.1°$.

6) א. 4 ס"מ. ב. 4.47 ס"מ.

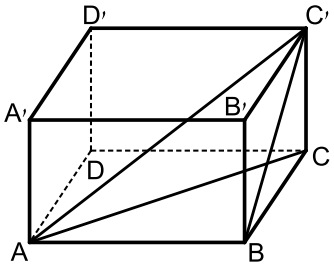
7) א. $\dfrac{h\sqrt{2}}{\tan\alpha}$ ב. $\dfrac{2h^3}{\tan^2\alpha}$.

8) א. $S_{DOG} = \dfrac{3ka}{4\sqrt{2}}$ ב. $\dfrac{a}{h} = \dfrac{1}{2}$.

9) ב. $0° < \beta < 90°$.

תיבה שבסיסה מלבן:

שאלות:



10) בתיבה שלפניך אורכי צלעות הבסיס הם:
12 ס"מ = AB , 5 ס"מ = BC. הזווית בין 'BC
אלכסון הפאה, BB'C'C, לבסיס ABCD היא 40°.

א. חשב את גובה התיבה 'CC.

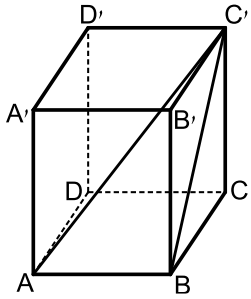
ב. חשב את אורך אלכסון הבסיס, AC.

ג. חשב את הזווית בין אלכסון התיבה 'AC לבסיס ABCD.

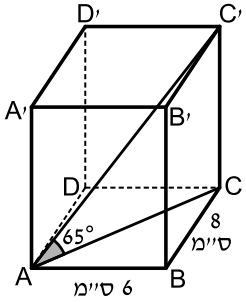
ד. חשב את אורך אלכסון התיבה 'AC.

ה. חשב את נפח התיבה.

ו. חשב את שטח מעטפת התיבה.



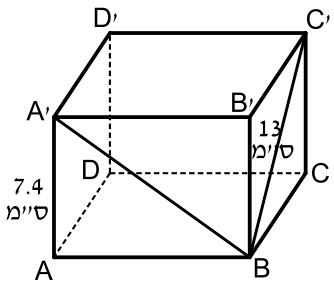
11) נתונה תיבה 'ABCDA'B'C'D.
אורך צלע הבסיס: 9 ס"מ = AB.
אלכסון הפאה BB'C'C הוא: 15 ס"מ = 'BC.
חשב את הזווית בין 'BC, אלכסון הפאה BB'C'C,
לאלכסון התיבה 'AC.



12) נתונה תיבה 'ABCDA'B'C'D, בה מתקיים:
8 ס"מ = AD , 6 ס"מ = AB. הזווית בין אלכסון
התיבה 'AC לבסיס ABCD היא בת 65°.

א. חשב את גובה התיבה 'CC.

ב. חשב את נפח התיבה ושטח הפנים שלה.

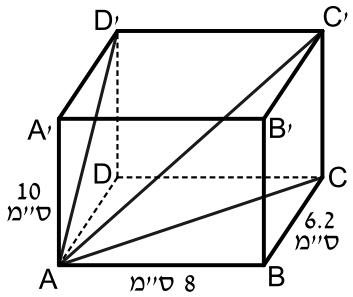


13) נתונה תיבה 'ABCDA'B'C'D שבסיסה
מלבן. גובה התיבה 'AA הוא 7.4 ס"מ.
אורך אלכסון הפאה 13 ס"מ = 'BC.
הזווית בין אלכסון הפאה A'B לבסיס ABCD
היא בת 37°.

א. חשב את אורכי צלעות הבסיס.

ב. חשב את שטח המעטפת ושטח הפנים של התיבה.

14) בתיבה $ABCDA'B'C'D'$ נתון:
$BC = 6.2$ ס"מ , $AB = 8$ ס"מ , $AA' = 10$ ס"מ.
חשב את:

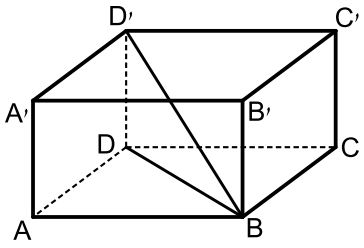


א. אלכסון הבסיס, AC, אלכסון הפאה, AD' ואלכסון התיבה, AC'.

ב. הזווית בין AD', אלכסון הפאה $ADD'A'$, לאלכסון התיבה AC': $\sphericalangle D'AC'$.

ג. נפח התיבה ושטח המעטפת.

15) נתונה תיבה $ABCDA'B'C'D'$. $AB = 12$ ס"מ.
אורך אלכסון הבסיס BD הוא 15 ס"מ.
נפח התיבה הוא 864 סמ"ק.
חשב את:

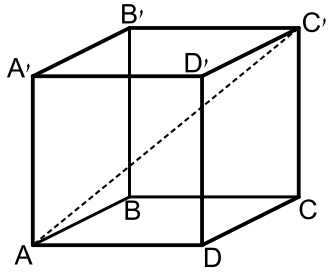


א. רוחב הבסיס של התיבה, BC.

ב. גובה התיבה, AA'.

ג. הזווית בין אלכסון התיבה BD' לבסיסה $ABCD$.

16) בתיבה $ABCDA'B'C'D'$ (ראה ציור), נתון:
$AD = 12$ ס"מ , $DC = 8$ ס"מ , $CC' = 14$ ס"מ.



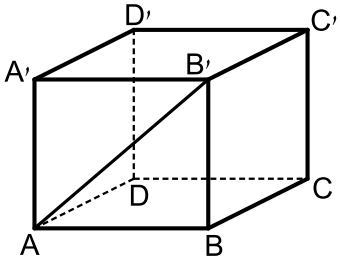
א. חשב את האורך של אלכסון הבסיס, AC.

ב. חשב את הזווית שבין אלכסון התיבה AC' לבין הבסיס $ABCD$.

ג. חשב את שטח המעטפת של התיבה.

ד. חשב את שטח הפנים של התיבה.

17) בתיבה $ABCDA'B'C'D'$ (ראה ציור) נתון:
$AB = 12$ ס"מ , $AD = 10$ ס"מ.
הזווית שבין אלכסון הפאה AB' לבין הבסיס $ABCD$ היא בת $35°$.

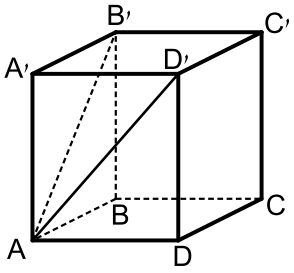


א. חשב את גובה התיבה BB'.

ב. חשב את AD', אלכסון הפאה $ADD'A'$.

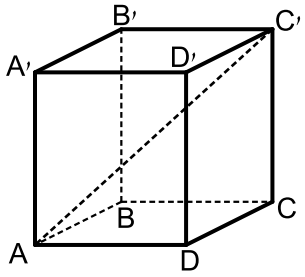
ג. חשב את הזווית שבין AD' לבין הבסיס $ABCD$.

18) נתונה תיבה $ABCDA'B'C'D'$ שבסיסה מלבן (ראה ציור).
אורך גובה התיבה AA' הוא 10 ס"מ.
אורך AB', אלכסון הפאה $ABB'A'$ הוא 14 ס"מ.



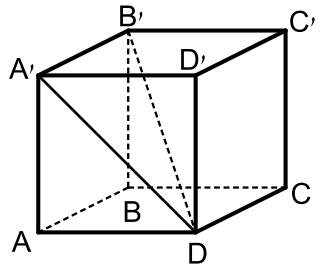
א. חשב את אורך המקצוע AB.
הזווית שבין AD', אלכסון הפאה $ADD'A'$,
לבין הבסיס $ABCD$ היא בת $40°$.
ב. חשב את נפח התיבה.
ג. חשב את שטח מעטפת התיבה.

19) נתונה תיבה $ABCDA'B'C'D'$ שבה
$AB = 10$ ס"מ, $AD = 12$ ס"מ (ראה ציור).
הזווית שבין אלכסון התיבה, AC'
לבין הבסיס $ABCD$ היא בת $38°$.



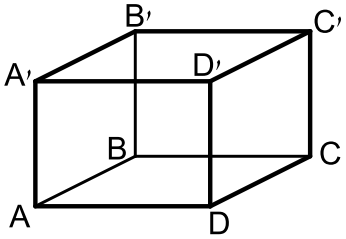
א. חשב את אלכסון הבסיס.
ב. חשב את גובה התיבה.
ג. חשב את שטח פני התיבה.

20) נתונה תיבה $ABCDA'B'C'D'$ (ראו סרטוט)
שבה: $AB = 10$ ס"מ, $AD = 12$ ס"מ, $AA' = 8$ ס"מ.

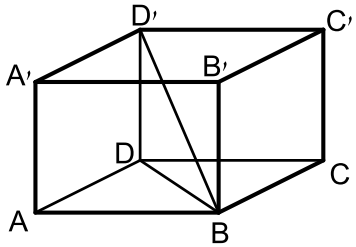


א. חשב את אורך $A'D$, אלכסון הפאה $ADD'A'$.
ב. חשב את אורך האלכסון של התיבה $B'D$.

21) בתיבה $ABCDA'B'C'D'$ נתון:
$AA' = 7$ ס"מ, $AD = 12$ ס"מ, $AB = 8$ ס"מ.
חשב את אורך האלכסון BD' ואת הזווית
בינו לבין בסיס התיבה.

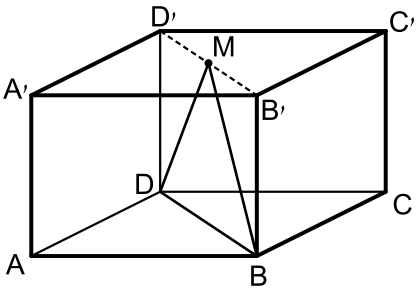


22) נתונה תיבה $ABCDA'B'C'D'$ שבסיסה מלבן.
מעבירים את האלכסונים BD ו-BD' כך
שמתקיים: $\sphericalangle ABD = \sphericalangle DBD' = \alpha$.
אורך האלכסון BD יסומן ב-a.



א. הבע באמצעות a ו-α את:
i. אורך התיבה – AB.
ii. רוחב התיבה – AD.
iii. גובה התיבה – AA'.
ב. מצא את α אם ידוע כי נפח התיבה הוא $0.64a^3$.

23) בתיבה $ABCDA'B'C'D'$ שבסיסה מלבן מעבירים את האלכסון $B'D'$ בבסיס העליון. מאמצע האלכסון M מעבירים את הקטעים DM ו-BM כך שנוצר המשולש ישר הזווית BMD $\left(\sphericalangle BMD = 90°\right)$.



אורך מקצוע הבסיס AB הוא $5a$ ואורך הקטע DM הוא $4a$.

א. הבע באמצעות a את אורך המקצוע AD.

ב. מעבירים את הקטע AM. חשב את זווית MAD.

ג. מצא את a אם ידוע כי שטח המשולש MAD הוא 125 סמ"ר (עגל למספר שלם).

24) בתיבה $ABCDA'B'C'D'$ נתון: $BD' = m$. הזווית שבין האלכסון BD' לבסיס ABCD היא α והזווית שבין האלכסון BD' לפאה צדדית $ABB'A'$ היא γ.
הבע באמצעות m , α ו- γ את נפח התיבה.

תשובות סופיות:

10) א. $CC'=4.195$ ס"מ ב. $AC=13$ ס"מ ג. $17.886°$
ד. $AC'=13.66$ ס"מ ה. $V=251.7$ סמ"ק ו. $M=142.63$ סמ"ר.

11) $\sphericalangle AC'B=30.96°$.

12) א. $CC'=21.44$ ס"מ ב. $V=1029.6$ סמ"ק, $P=696.96$ סמ"ר.

13) א. $AB=9.82$ ס"מ, $BC=10.688$ ס"מ ב. $M=303.5184$ סמ"ר, $P=513.43$ סמ"ר.

14) א. $AC=10.121$ ס"מ, $AD'=11.766$ ס"מ, $AC'=14.227$ ס"מ
ב. $34.22°$. ג. $V=496$ סמ"ק, $M=284$ סמ"ר.

15) א. $BC=9$ ס"מ ב. $h=8$ ס"מ ג. $28.072°$.

16) א. $AC=14.42$ ס"מ ב. $44.15°$ ג. 560 סמ"ר ד. 752 סמ"ר.

17) א. $BB'=8.4$ ס"מ ב. $AD'=13.06$ ס"מ ג. $40.03°$

18) א. $AB=9.8$ ס"מ ב. $V=1,167.9$ סמ"ק ג. 434.4 סמ"ר.

19) א. 15.62 ס"מ ב. $h=12.2$ ס"מ ג. $P=776.8$ סמ"ר.

20) א. $A'D=14.42$ ס"מ ב. $B'D=17.55$ ס"מ.

21) $BD'=16.031$ ס"מ, $\sphericalangle D'BD=25.89°$.

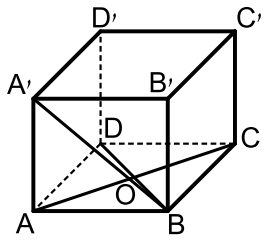
22) א. i. $a\cos\alpha$ ii. $a\sin\alpha$ iii. $a\tan\alpha$ ב. $53.13°$.

23) א. $a\sqrt{7}$ ב. $70.6°$ ג. $a=5$.

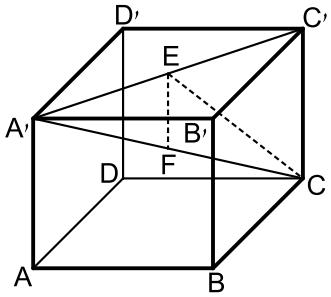
24) $V=m^3\sin\alpha\cdot\sin\gamma\cdot\sqrt{\cos^2\gamma-\sin^2\alpha}$.

הקובייה:

שאלות:



25) בקובייה $ABCDA'B'C'D'$ אורך המקצוע הוא 8 ס״מ.
הנקודה O היא מפגש אלכסוני הבסיס התחתון.
מצא את הזווית שבין OA' לפאה $ABB'A'$.



26) נתונה קובייה $ABCDA'B'C'D'$ מעבירים את האלכסון $A'C$ בבסיס העליון. מהנקודה E שעל האלכסון $A'C$ מותחים את הקטע CE השווה באורכו לקטע $A'E$. כמו כן מורידים גובה EF ממישור הבסיס העליון $A'B'C'D'$.
(EF מאונך ל-$A'C'$).
הנקודה F נמצאת על האלכסון הראשי $A'C$.
נסמן: $\sphericalangle A'CE=\alpha$, $A'F=m$.
הבע באמצעות α ו-m את נפח הקובייה.

תשובות סופיות:

25) $24.095°$.

26) $\left(m\sin 2\alpha\cos\alpha\right)^3$.