

חומרים אלקטרוניים

הרצאות מס' 8 + 9 + 10

ד"ר אירית יובילר

המכללה האקדמית להנדסה

סמי שמעון

המחלקה להנדסת חשמל ואלקטרוניקה

The Periodic Table of the Elements

Atomic number

Symbol

Atomic weight

Metal

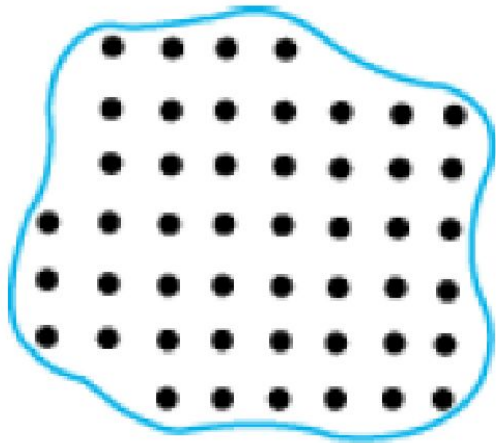
Semimetal

Nonmetal

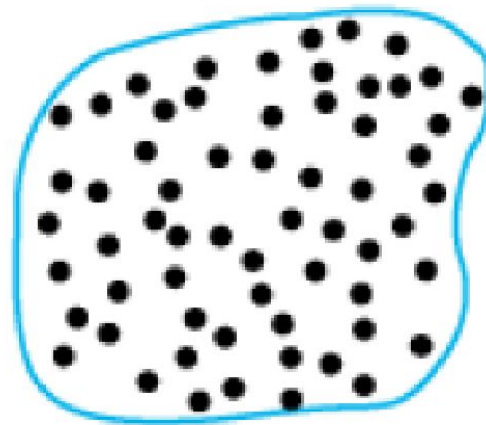
1	2											13	14	15	16	17	18
1 H 1.008												5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
3 Li 6.941	4 Be 9.012											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	31	32	33	34	35	36
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98.91	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	71 Lu 175.0	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po 209.0	85 At 210.0	86 Rn 222.0
87 Fr 223.0	88 Ra 226.0	103 Lr 262.1	104 Rf 261.1	105 Db 262.1	106 Sg 263.1	107 Bh 264.1	108 Hs 265.1	109 Mt 268	110 Uun 269	111 Uuu 272	112 Uub 277	113 Uut	114 Uuq 289	115 Uup	116 Uuh 289	117 Uus	118 Uuo 293
		57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm 146.9	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0		
		89 Ac 227.0	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np 237.0	94 Pu 244.1	95 Am 243.1	96 Cm 247.1	97 Bk 247.1	98 Cf 251.1	99 Es 252.0	100 Fm 257.1	101 Md 258.1	102 No 259.1		

המבנה הגבישי

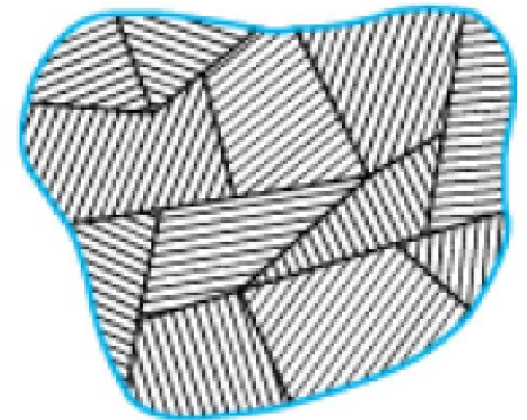
- כמעט כל הנוזלים קופאים למוצקים כאשר הטמפרטורה נמוכה מספיק.
- במצב מוצק, האטומים, היונים או המולקולות קשורים ביחד כל-כך חזק עד כדי כך שהם לא יכולים לחלוף אחד על פני השני. כתוצאה הם יוצרים מסה קשוחה.
- המוצקים מסווגים כגבישיים או כאמורפים.
- **מוצק גבישי** – מוצק שבו האטומים, יונים או מולקולות ממוקמים במערך באופן מסודר.
- **מוצק אמורפי** – מוצק שבו האטומים, יונים או מולקולות ממוקמים בערבוב אקראי



(a) Crystalline



(b) Amorphous



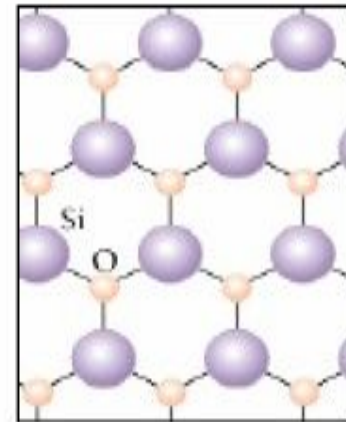
(c) Polycrystalline



- Crystalline = Quartz



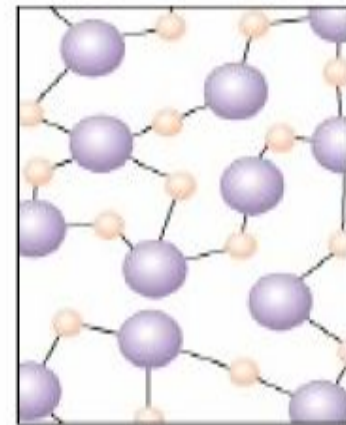
(a)



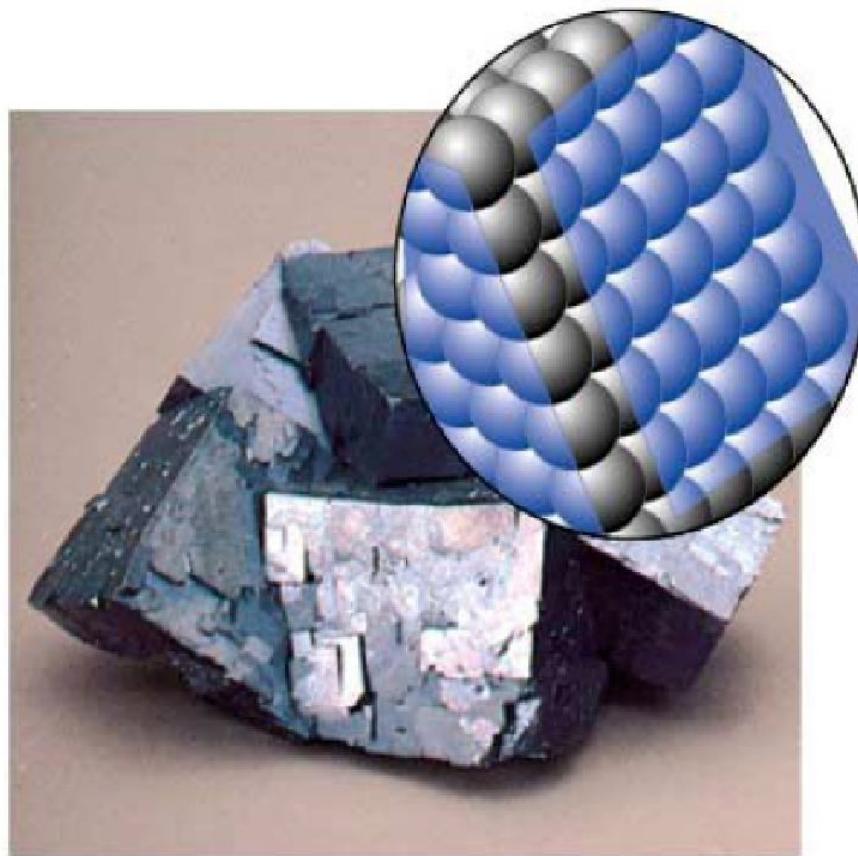
- Amorphous = Glass



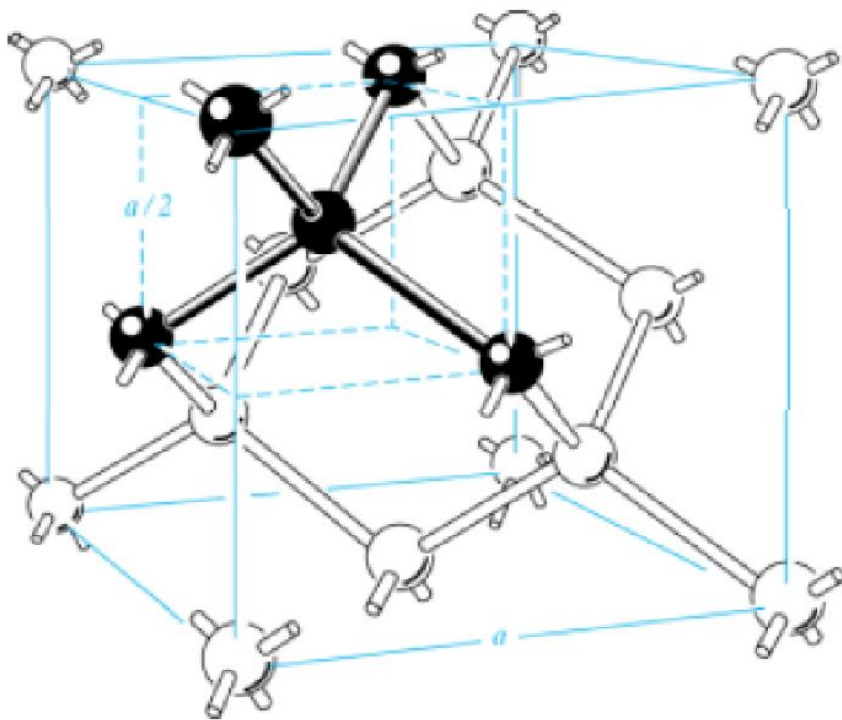
(b)



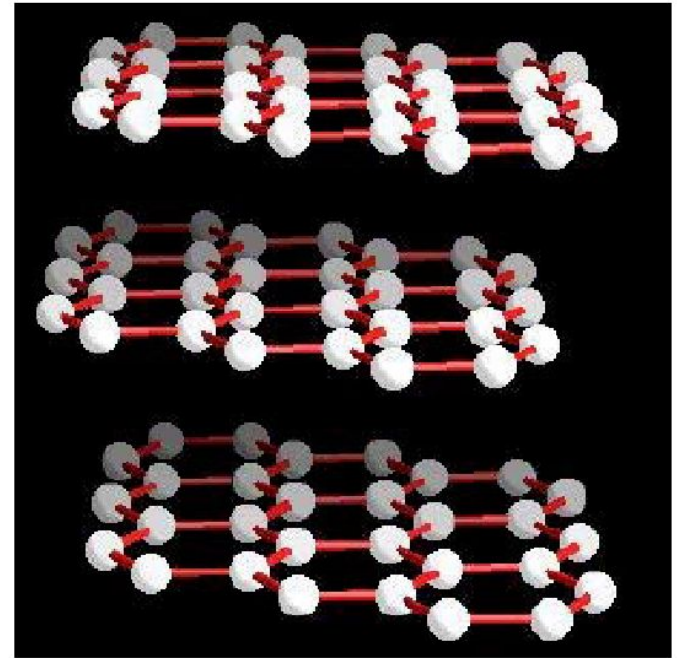
- **למוצקים גבישיים** יש פני שטח שטוחים, מוגדרים היטב, שנקראים פאות, המגדירות זוויות בקצוות שלהן. פאות אלה נוצרים על-ידי גושים של אטומים.
- **למוצקים אמורפים** אין פאות מוגדרות אלא אם כן הם עוצבו או נחתכו.



צורות של חומר ששונות בתבנית של קשרים בין אטומים נקראות **אלוטרופ**. לדוגמא, **יהלום וגרפית** הינם שני **אלוטרופים** שונים של **פחמן**, עם אטומי פחמן שמסודרים באופן שונה בכל צורה.



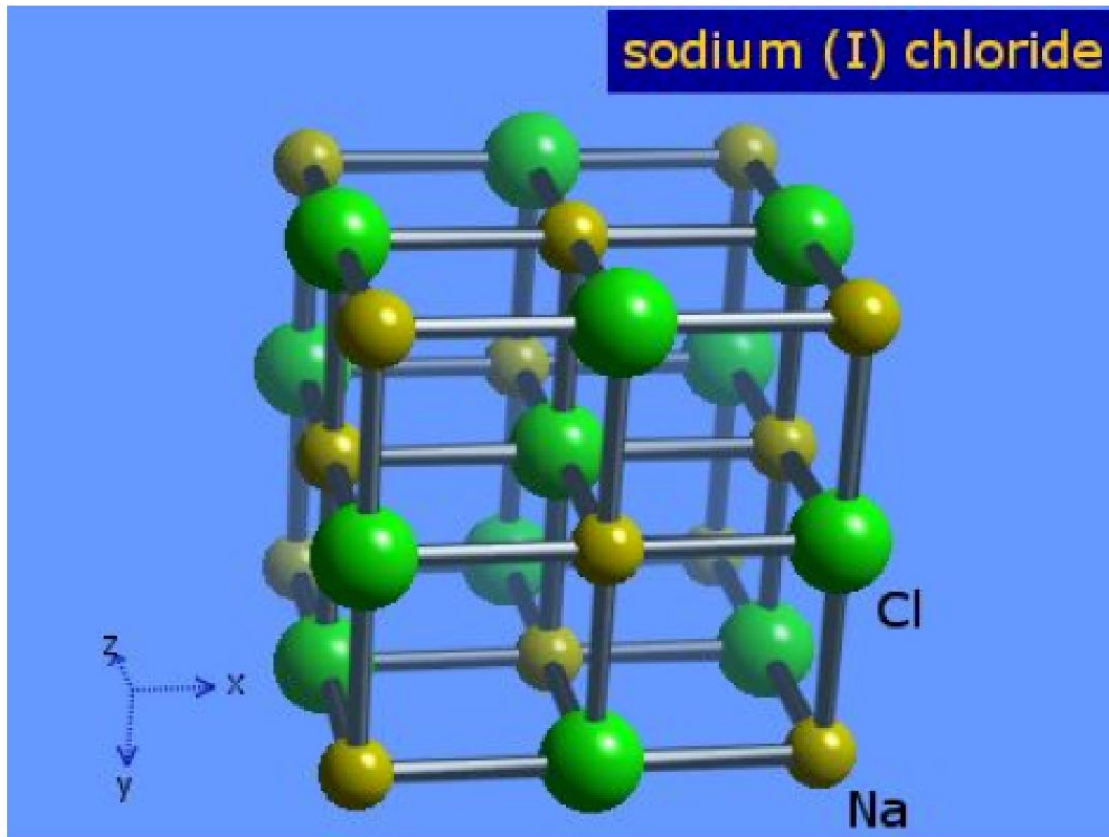
Diamond



Graphite

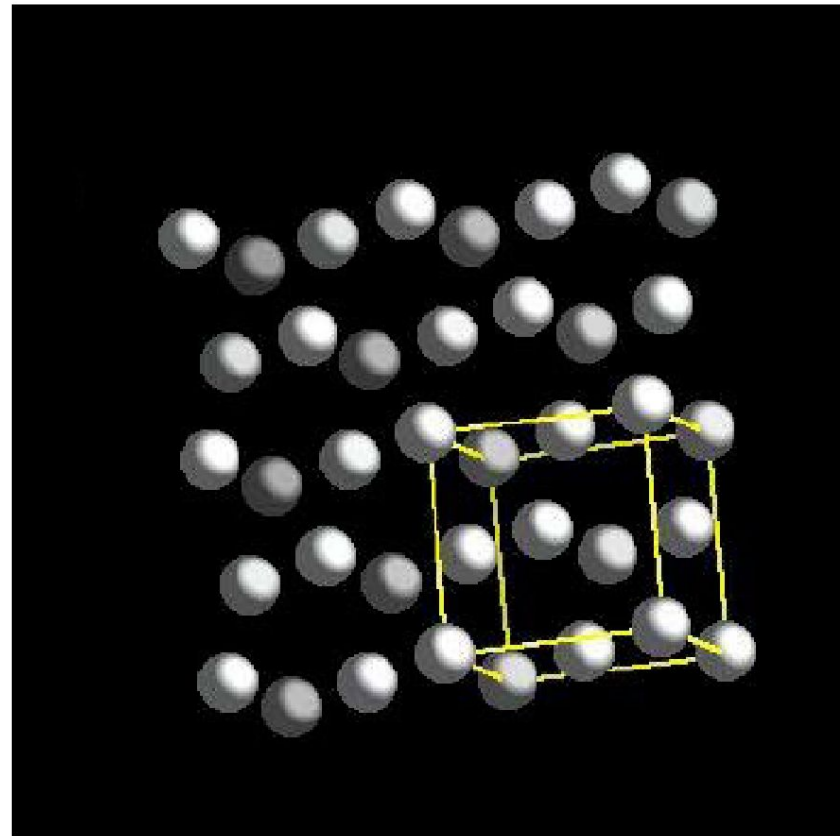
מוצקים גבישיים כוללים

Ionic Lattice



מוצקים גבישיים כוללים

Metallic Lattice

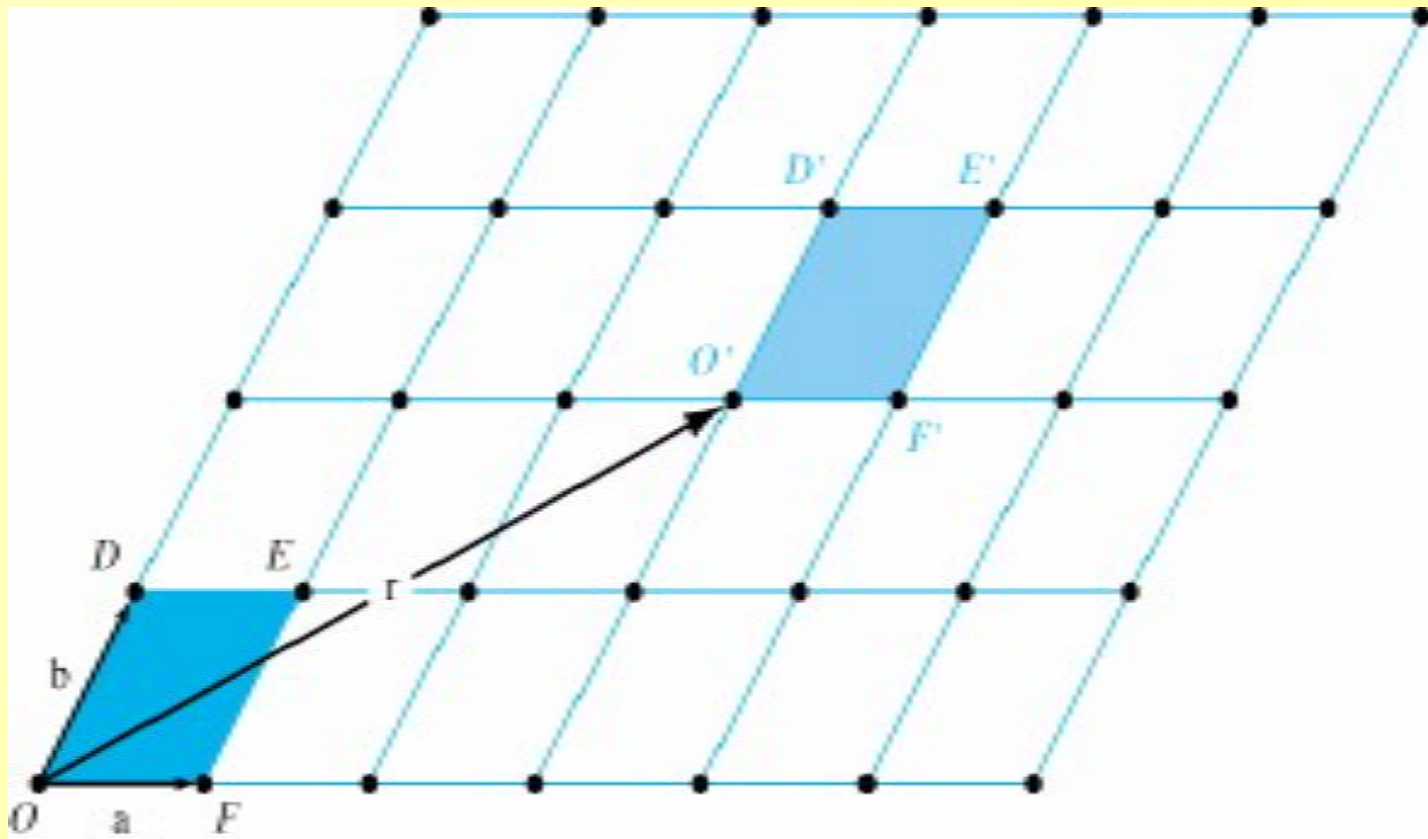


Ag

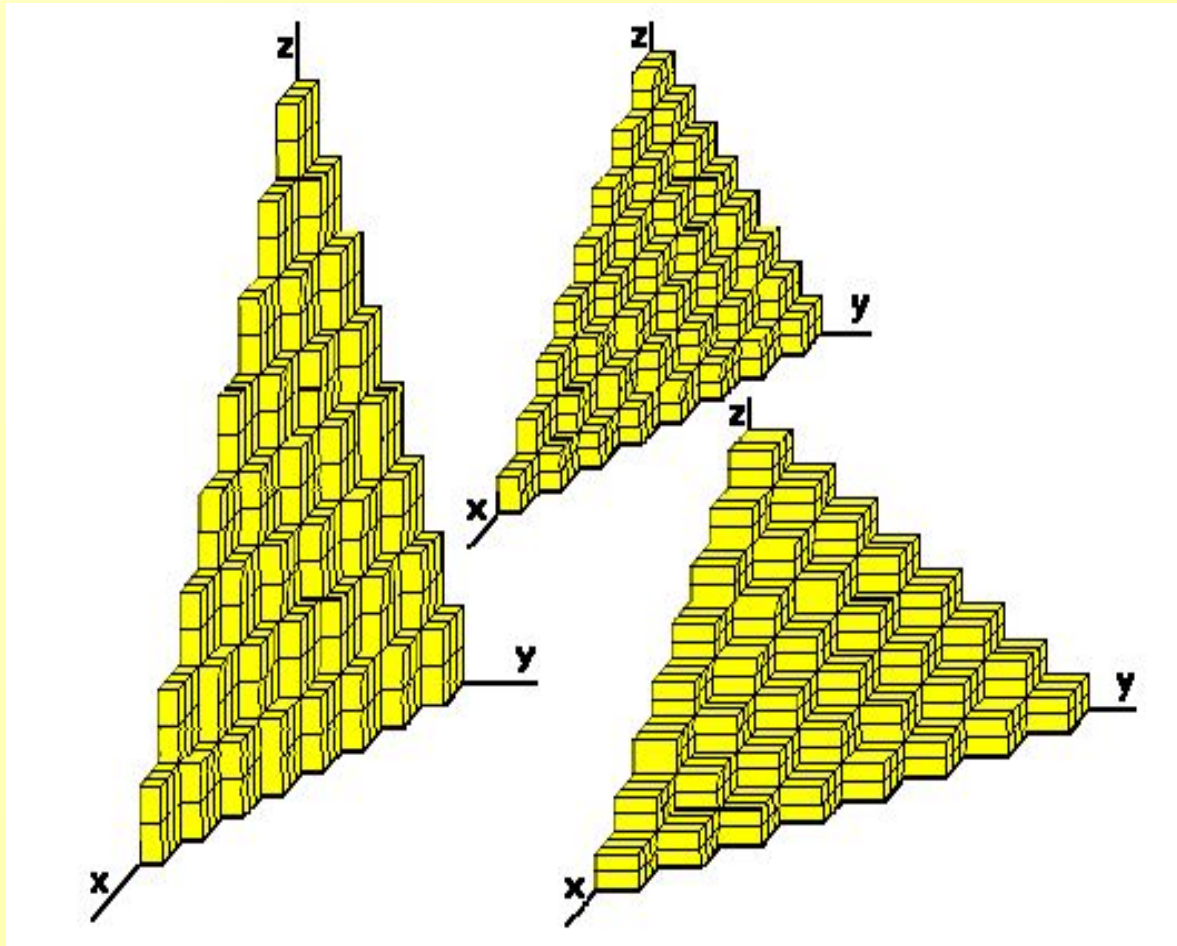
מבנים מתזוריים

- **מוצק גבישי** מובחן על-ידי העובדה **שהאטומים שיוצרים את הגביש מסודרים בצורה מתזורית**. כך, שישנו סידור בסיסי של האטומים שהוא חוזר על עצמו לאורך כל המוצק.
- הסידור המתזורי של אטומים בגביש נקרא **סריג (lattice)**.
- הסריג המכיל נפח נקרא **תא יחידה (unit cell)** המייצג את הסריג כולו וחוזר על עצמו לאורך כל הגביש.
- **ווקטורי הבסיס** עבור הסריג הינם כאלה שאם תא היחידה מועתק בכפולות שלמות של וקטורים אלה, יימצא תא יחידה חדש הזהה לתא המקורי.

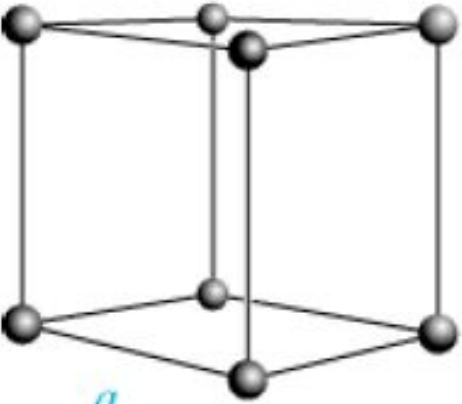
2D Unit Cell



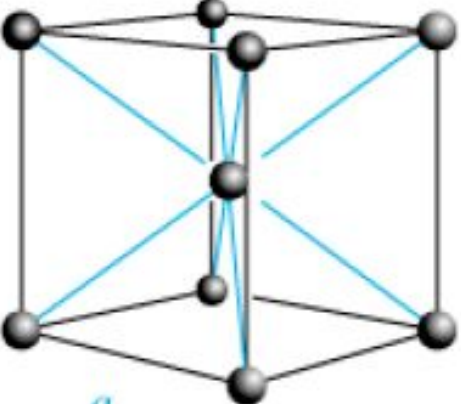
3D Unit Cell



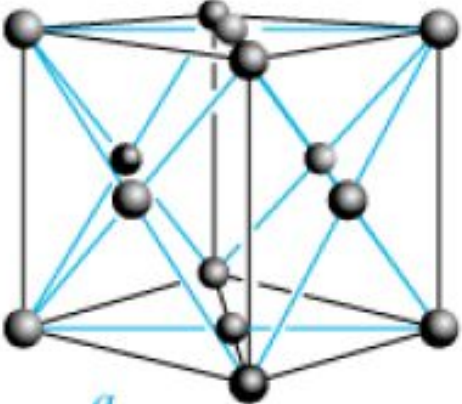
סריגים קוביים



Simple cubic



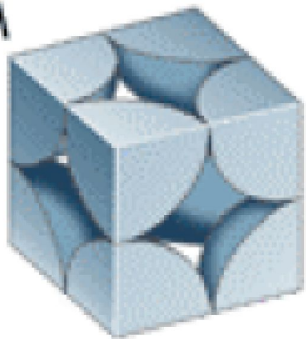
Body-centered cubic



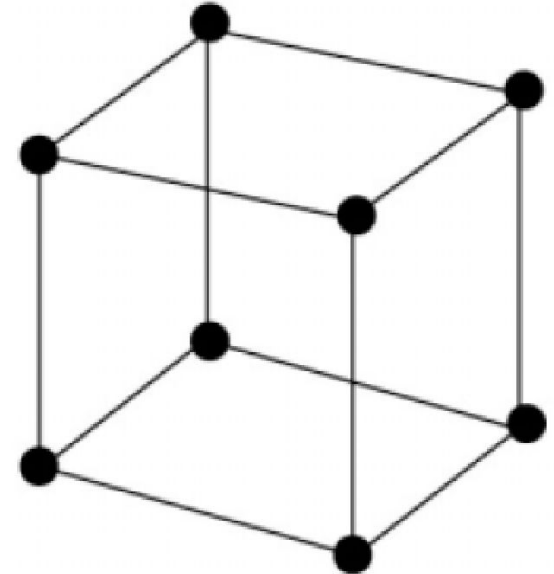
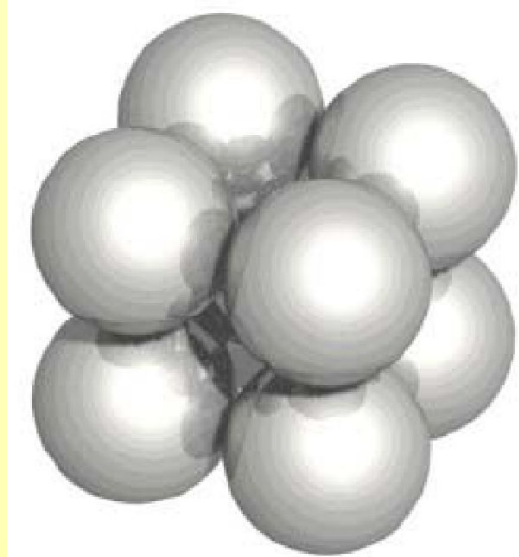
Face-centered cubic

Simple Cubic

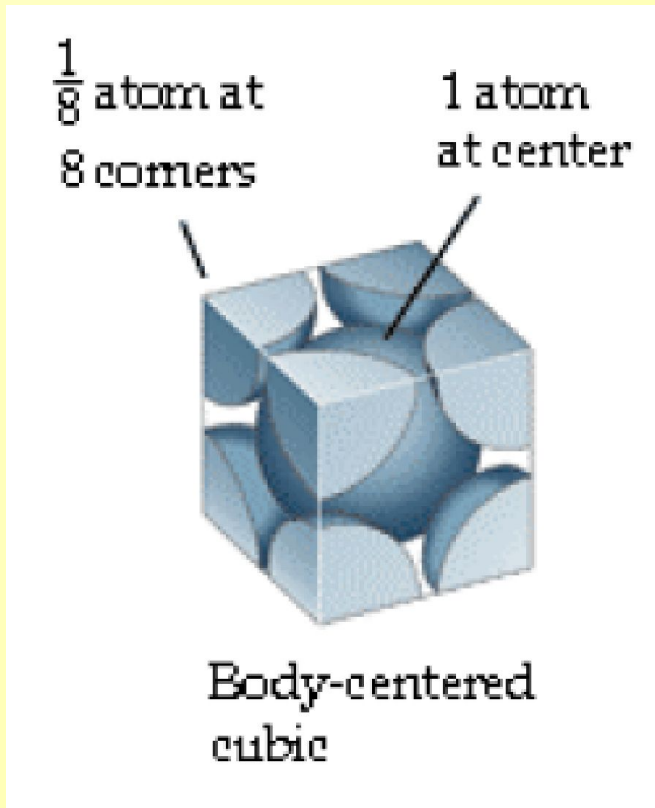
$\frac{1}{8}$ atom at
8 corners



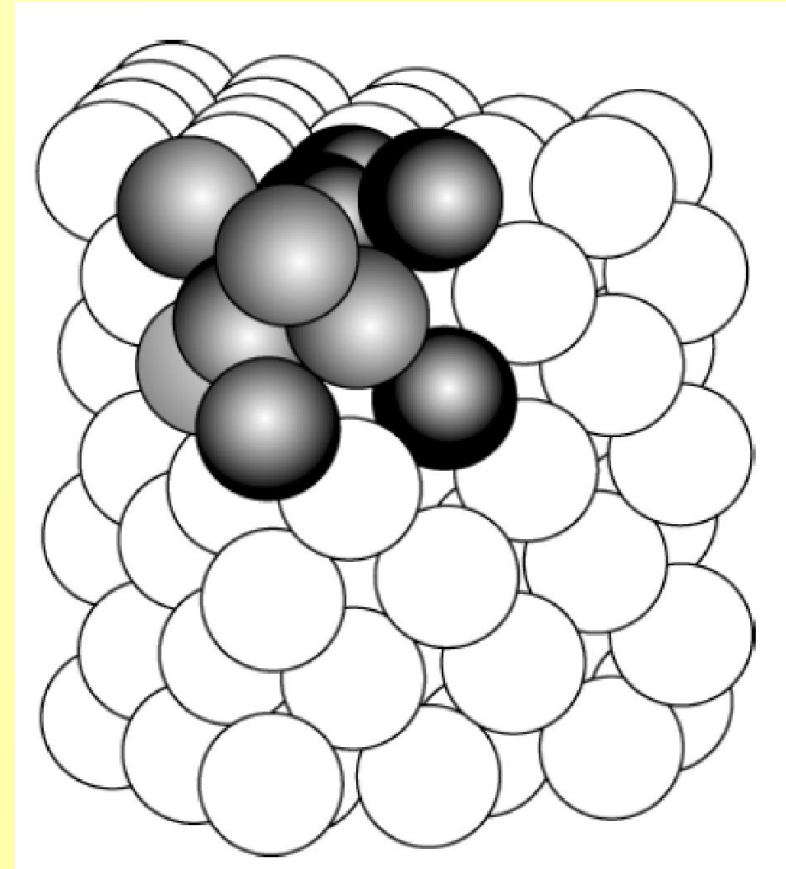
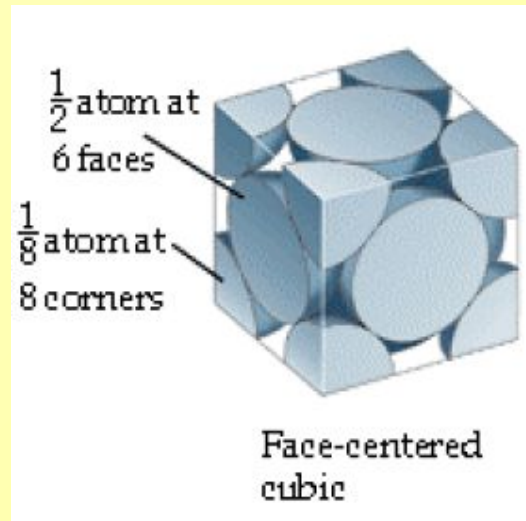
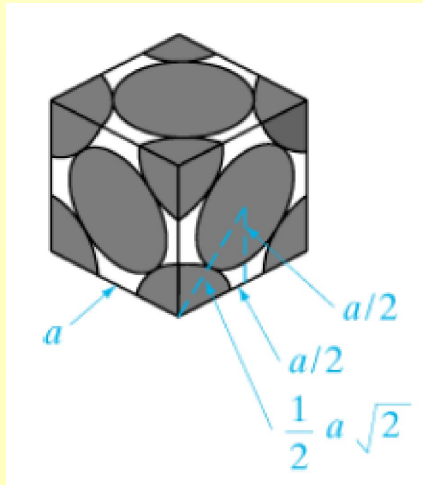
Simple cubic

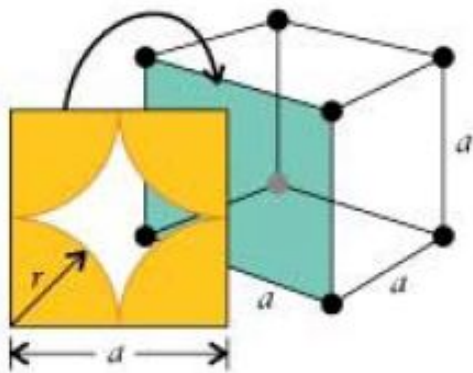


Body-Centered Cubic

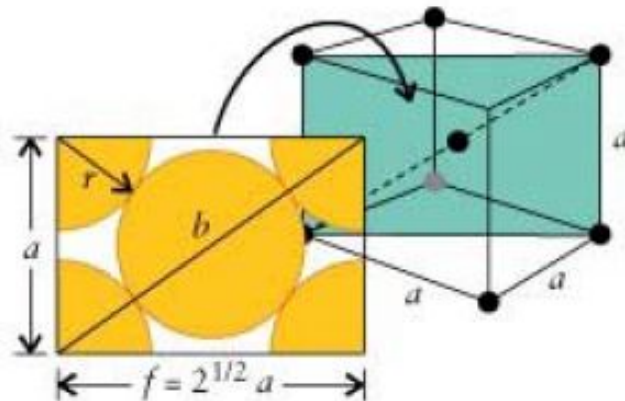


Face-Centered Cubic

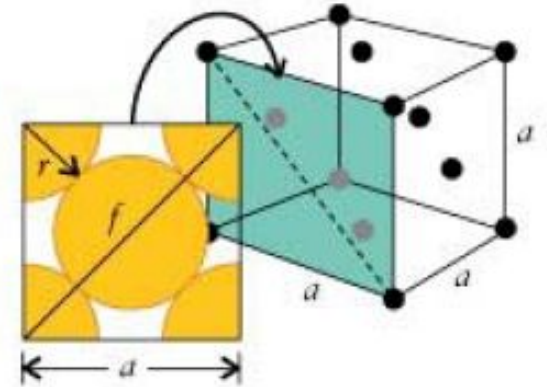




(a) Primitive cubic



(b) Body-centered cubic



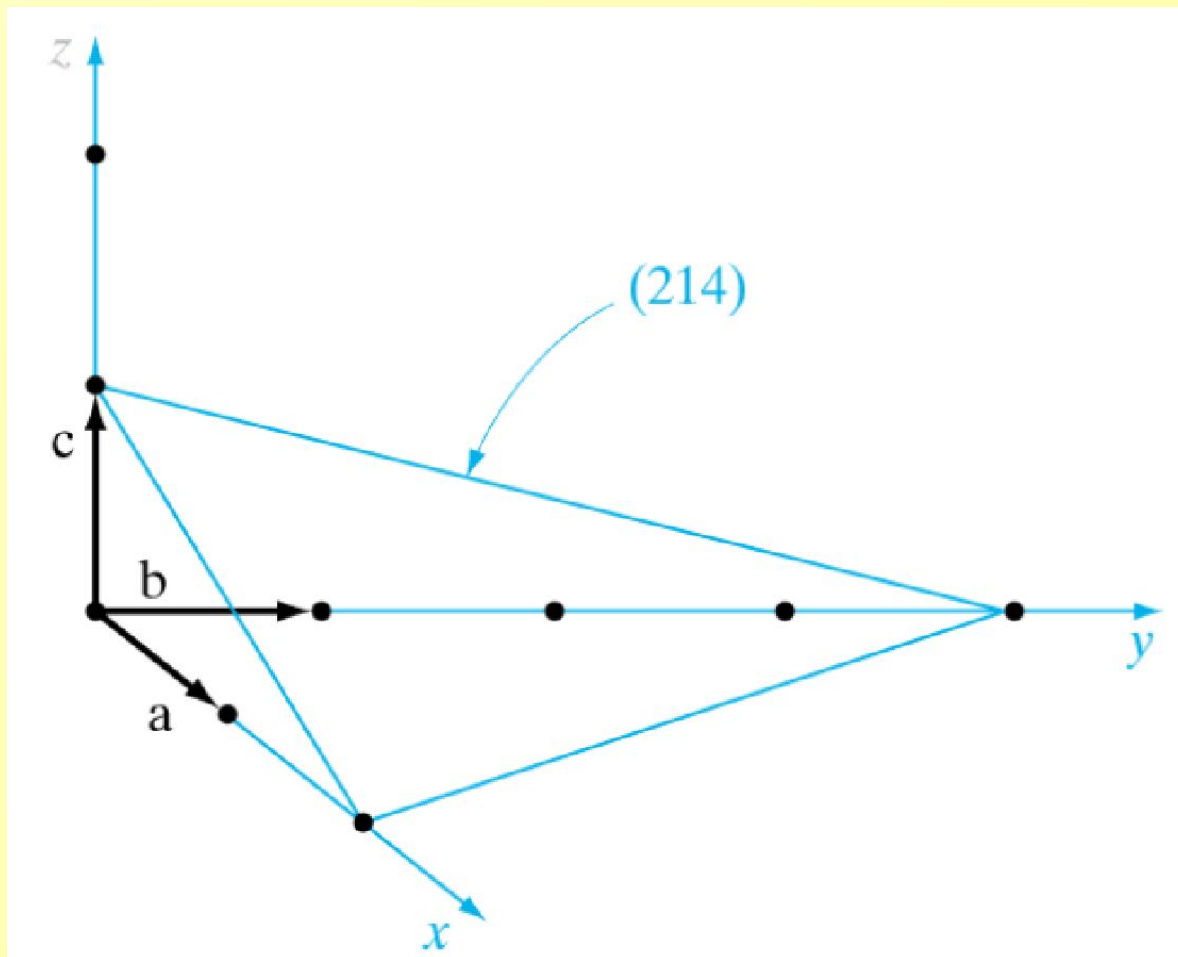
(c) Face-centered cubic (ccp)

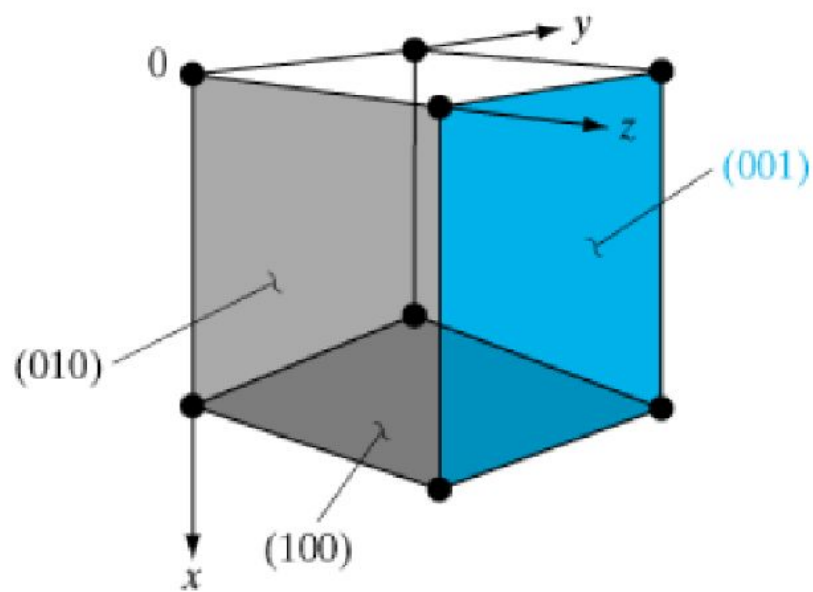
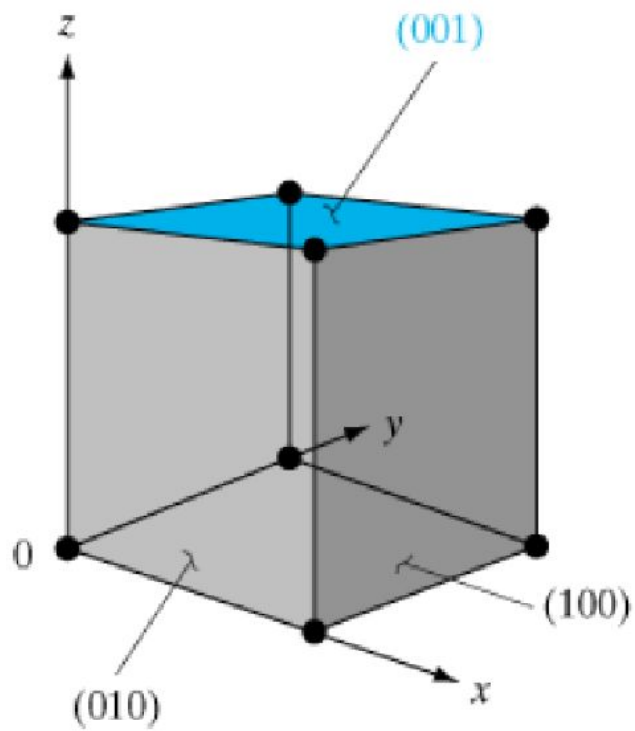
מישורים וכיוונים במונחי אינדקסי מילר

- כשדנים בגבישים, זה מאוד עוזר כשיכולים להתייחס למישורים וכיוונים בתוך הסריג.
- מערכת הסימון הינה סט של 3 מספרים שלמים לתיאור המיקום של המישור או הכיוון של הווקטור בתוך הסריג.

נמצא את שלושת המספרים השלמים המתארים מישור בגביש $(h \ k \ l)$

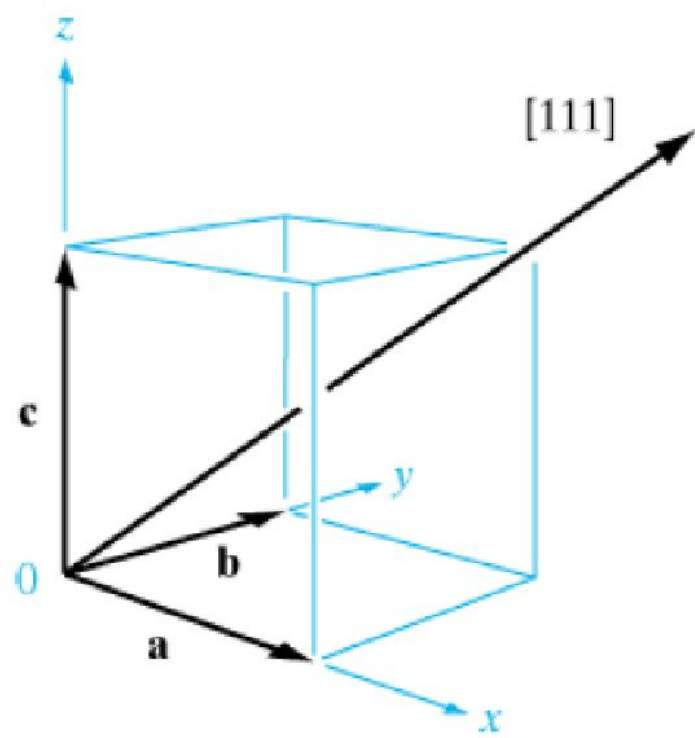
- מצא את החיתוכים של המישור עם צירי הגביש ובטא את החיתוכים הללו ככפולות שלמות של וקטורי הבסיס. (המישור יכול לזוז פנימה והחוצה מהמקור, שימור האוריאנטציה שלו, עד שחיתוך שלם כזה מתגלה בכל ציר).
- קח 1 חלקי כל אחד מהחיתוכים, וסדר את השברים שהתקבלו למספרים שלמים הכי קטנים שאפשר h, k, l .
- סמן את המישור כ- $(h \ k \ l)$.



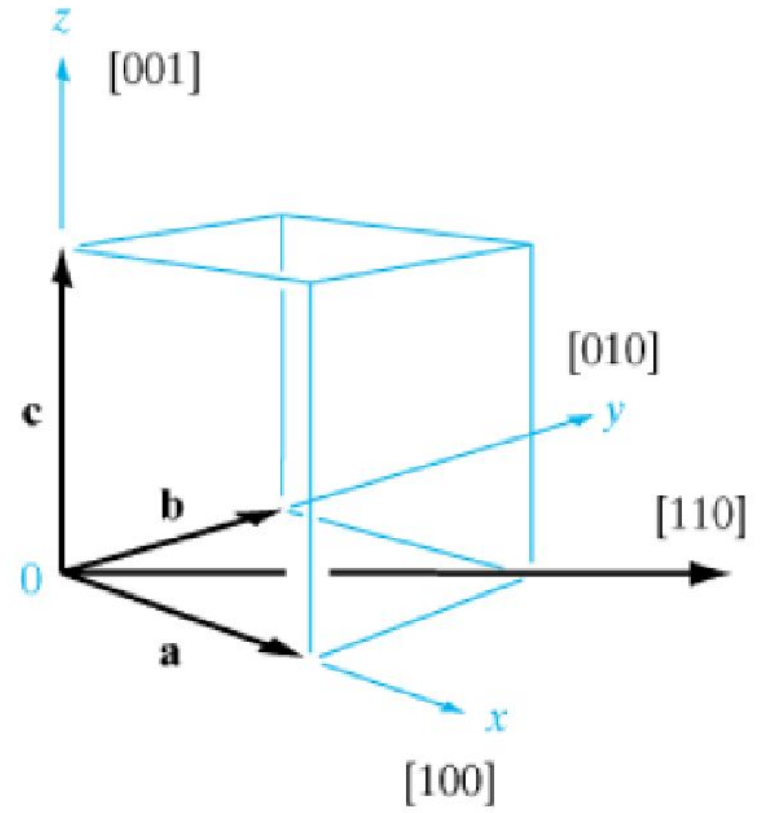


מציאת כיוון בגביש [h k l]

- כיוון בגביש מבוטא כסט של שלושה מספרים שלמים עם אותו קשר כמו רכיבים של וקטור באותו כיוון.
- שלושת רכיבי הוקטור מבוטאים בכפולות של וקטורי הבסיס, ושלושת המספרים השלמים מוקטנים לערכים הקטנים ביותר שלהם כאשר משמרים על היחס ביניהם.



(a)



(b)

• כשמשווים בין שקפים 21 ו-23, אנו שמים לב שבסריגים קוביים, כיוון $[h k l]$ מאונך למישור $(h k l)$.

• נוח לנתח גבישים עם תאי יחידה קוביים, אבל צריך לזכור שזוה לא בהכרח נכון עבור מערכות לא קוביות.