

Kérdések és feladatok a Bevezetés az anyagtudományba kurzus anyagához

Atomszerkezet és kémiai kötések

Alapvető fogalmak, elektronok az atomokban

1. Mi a különbség az atomsúly és az atomtömeg között?
2. Mit határoz meg a négy kvantumszám az elektronok és az elektronállapotok esetében?
3. A kvantumszámok megengedett értékei az elektronok esetében a következők:

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

$$l = 0, 1, 2, 3, \dots, n - 1$$

$$m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots, \pm l$$

$$m_s = \pm \frac{1}{2}$$

A kapcsolatot n és a héjak megnevezései között a következő táblázat mutatja:

Principal Quantum Number n	Shell Designation	Subshells	Number of States	Number of Electrons	
				Per Subshell	Per Shell
1	<i>K</i>	<i>s</i>	1	2	2
2	<i>L</i>	<i>s</i>	1	2	8
		<i>p</i>	3	6	
3	<i>M</i>	<i>s</i>	1	2	18
		<i>p</i>	3	6	
		<i>d</i>	5	10	
4	<i>N</i>	<i>s</i>	1	2	32
		<i>p</i>	3	6	
		<i>d</i>	5	10	
		<i>f</i>	7	14	

Az elérhető elektronállapotok száma az elektron néhány héján és alhéján.

Az alhéjakat illetően:

- $l=0$ egy *s* alhéjnak felel meg
- $l=1$ egy *p* alhéjnak felel meg
- $l=2$ egy *d* alhéjnak felel meg
- $l=3$ egy *f* alhéjnak felel meg

A *K* héjon az $1s$ állapot két elektronjának négy kvantumszáma - $nlm_l m_s$ sorrendben - $100(1/2)$ és $100(-1/2)$. Írja fel a négy kvantumszámot az *L* és *M* héjak összes elektronjára, és adja meg, hogy melyek felelnek meg az *s*, *p* és *d* alhéjaknak.

4. Adja meg a következő ionok elektronszerkezetét: P^{5+} , P^{3-} , Sn^{4+} , Se^{2-} , I és Ni^{2+} .

A periódusos rendszer

5. Anélkül, hogy utánanézne, állapítsa meg, hogy az alábbi elektronszerkezetek közül melyik tartozik nemesgázhoz, halogénhez, alkálifémhez, alkáliföldfémhez illetve átmeneti-fémhez. Válaszát indokolja.

a) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

b) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$

c) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$

d) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

e) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^5 5s^2$

f) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

Kötési erők és energiák

6. Két szomszédos ion közötti teljes potenciális energia, E_N a következő egyenlettel adható meg:

$$E_N = -\frac{A}{r} + \frac{B}{r^n},$$

ahol A , B és n az adott ionrendszerre jellemző konstansok. A következő eljárást használva számolja ki az E_0 kötési energiát mint az A , B és n paraméterek függvényét:

- Mivel az $E_N(r)$ görbének minimuma van E_0 -ban differenciálja E_N -t r szerint, majd a kapott kifejezést tegye egyenlővé nullával.
- Az 1. pontban kapott egyenletből fejezze ki r -t (mint A , B és n függvényét), így megkapja r_0 -t, azaz az ionok közötti egyensúlyi távolságot.
- r_0 (1)-be való helyettesítésével határozza meg E_0 -t.

7. Egy Na^+ -ból és Cl^- -ből álló ionpár esetén az E_A vonzó és E_R taszító energiák

$$E_A = -\frac{1,436}{r}$$
$$E_R = \frac{7,32 \cdot 10^{-6}}{r^8}$$

szerint függenek az ionok közti r távolságtól. Ezekben a kifejezésekben az ionpárra vonatkozó energia elektronvoltban, míg az r távolság nanométerben értendő. Az E_N teljes energia a két fenti kifejezés összege.

- Ábrázolja ugyanazon a grafikonon E_A -t, E_R -t és E_N -t r függvényében úgy, hogy r értékét 1,0 nm-ig növelje.
- A rajz alapján határozza meg (i) a Na^+ és Cl^- ionok közti r_0 egyensúlyi távolságot, valamint (ii) a két ion közötti E_0 kötési energia nagyságát.

- c) A 6.-os feladat megoldását felhasználva határozza meg matematikai úton r_0 és E_0 értékét, és hasonlítsa össze azokat a b) pontban kapottakkal.

Elsődleges kémiai kötések

8. Számítsa ki az atomok közti kötések százalékos ionos karakterét a következő vegyületekben: MgO, GaP, CsF, CdS és FeO. Az elemek elektronegativitását a következő periódusos rendszerben találja:

IA 1 H 2.1	IIA												IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0 2 He -
3 Li 1.0	4 Be 1.5											5 B 2.0	6 C 2.5	7 N 3.0	8 O 3.5	9 F 4.0	10 Ne -	
11 Na 0.9	12 Mg 1.2	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIA	VIII			IB	IIB	13 Al 1.5	14 Si 1.8	15 P 2.1	16 S 2.5	17 Cl 3.0	18 Ar -	
19 K 0.8	20 Ca 1.0	21 Sc 1.3	22 Ti 1.5	23 V 1.6	24 Cr 1.6	25 Mn 1.5	26 Fe 1.8	27 Co 1.8	28 Ni 1.8	29 Cu 1.9	30 Zn 1.6	31 Ga 1.6	32 Ge 1.8	33 As 2.0	34 Se 2.4	35 Br 2.8	36 Kr -	
37 Rb 0.8	38 Sr 1.0	39 Y 1.2	40 Zr 1.4	41 Nb 1.6	42 Mo 1.8	43 Tc 1.9	44 Ru 2.2	45 Rh 2.2	46 Pd 2.2	47 Ag 1.9	48 Cd 1.7	49 In 1.7	50 Sn 1.8	51 Sb 1.9	52 Te 2.1	53 I 2.5	54 Xe -	
55 Cs 0.7	56 Ba 0.9	57-71 La-Lu 1.1-1.2	72 Hf 1.3	73 Ta 1.5	74 W 1.7	75 Re 1.9	76 Os 2.2	77 Ir 2.2	78 Pt 2.2	79 Au 2.4	80 Hg 1.9	81 Tl 1.8	82 Pb 1.8	83 Bi 1.9	84 Po 2.0	85 At 2.2	86 Rn -	
87 Fr 0.7	88 Ra 0.9	89-102 Ac-No 1.1-1.7																

Az elemek Pauling-féle elektronegativitása.

9. Ábrázolja a kötési energiát az olvadáspont függvényében az alábbi táblázatban felsorolt fémek esetén.

<i>Bonding Type</i>	<i>Substance</i>	<i>Bonding Energy</i>		<i>Melting Temperature (°C)</i>
		<i>kJ/mol</i>	<i>eV/Atom, Ion, Molecule</i>	
Ionic	NaCl	640	3.3	801
	MgO	1000	5.2	2800
Covalent	Si	450	4.7	1410
	C (diamond)	713	7.4	>3550
Metallic	Hg	68	0.7	-39
	Al	324	3.4	660
	Fe	406	4.2	1538
	W	849	8.8	3410
van der Waals	Ar	7.7	0.08	-189
	Cl ₂	31	0.32	-101
Hydrogen	NH ₃	35	0.36	-78
	H ₂ O	51	0.52	0

Néhány anyag kötési energiája és olvadáspontja.

A rajz alapján közelítőleg határozza meg a molibdén kötési energiáját, ha annak olvadáspontja 2617°C.

Kristályos szilárd anyagok szerkezete

Alapvető fogalmak

10. Mi a különbség az atomszerkezet és a kristályszerkezet között?

Elemi cellák, fémes kristályszerkezetek

11. Mutassa meg, hogy tércentrált köbös rács (BCC) esetén az atomi térkitöltési hányad értéke 0,68.

Sűrűesszámítás

12. Számítsa ki egy tantál atom sugarát, ha ismert, hogy a Ta tércentrált köbös rácsban (BCC) kristályosodik, sűrűsége $16,6 \text{ g/cm}^3$, relatív atomtömege pedig $180,9 \text{ g/mol}$.

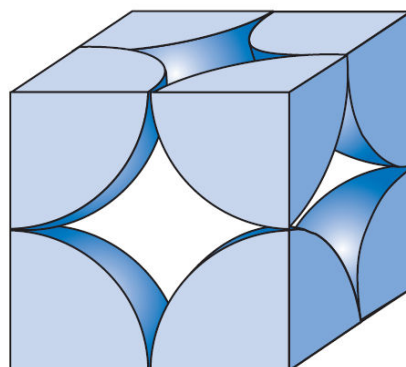
13. A titán hexagonális szoros illeszkedésű (HCP) kristályráccsal rendelkezik, sűrűsége pedig $4,51 \text{ g/cm}^3$.

a) Mekkora a Ti elemi cellájának térfogata m^3 -ben kifejezve?

b) Számítsa ki c és a rácsállandók értékeit, ha a c/a arány 1,58!

14. Az alábbi táblázat három képzeletbeli ötvözet atomsúlyát, sűrűségét és atomsugarát tartalmazza. Határozza meg, hogy melyek rendelkeznek lapcentrált köbös (FCC), tércentrált köbös rács (BCC) illetve az alábbi ábrán látható egyszerű köbös szerkezettel! Állítását minden esetben indokolja is!

<i>Alloy</i>	<i>Atomic Weight (g/mol)</i>	<i>Density (g/cm³)</i>	<i>Atomic Radius (nm)</i>
A	43.1	6.40	0.122
B	184.4	12.30	0.146
C	91.6	9.60	0.137



Egy egyszerű köbös szerkezet elemi cellája

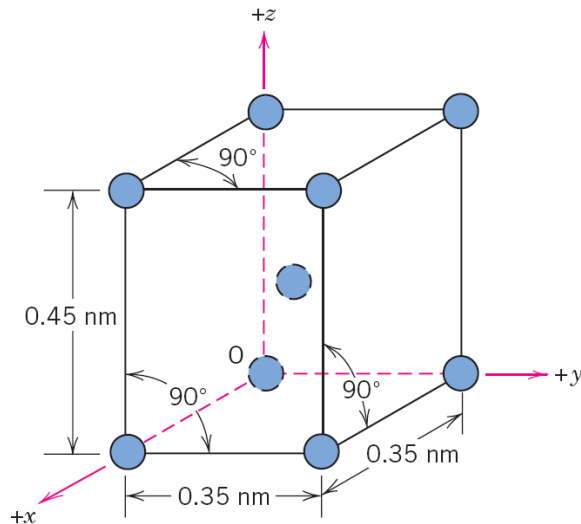
15. Az indium elemi cellája tetragonális, melynek rácsállandói $a=0,459 \text{ nm}$ és $c=0,495 \text{ nm}$.

a) Határozza meg hogy hány atom van az elemi cellában, ha az atomi térkitöltési hányad és az atomsugár rendre 0,693 és 0,1625 nm!

b) Számítsa ki az indium elméleti sűrűségét, ha relatív atomtömege 114,82 g/mol.

Kristályrendszerek

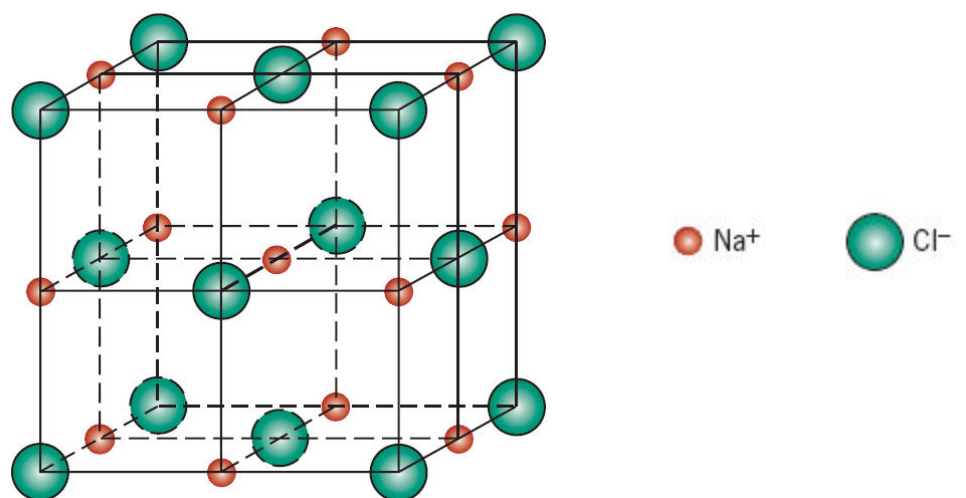
16. Az alábbi ábrán egy képzeletbeli fém elemi cellája látható.



- a) Melyik kristályrendszerhez tartozik ez az elemi cella?
- b) Hogyan nevezhetnénk ezt a kristályszerkezetet?
- c) Számítsa ki az anyag sűrűségét, ha relatív atomtömege 141 g/mol!

Pontok indexelése

17. Adja meg a nátrium és a klorid ionok koordinátáit egy nátrium-klorid kristály elemi cellájában.



A kősó, vagy nátrium-klorid (NaCl) elemi cellája.

18. Rajzoljon egy tetragonális elemi cellát és jelölje benne az $11\frac{1}{2}$ és az $\frac{1}{2}\frac{1}{4}\frac{1}{2}$ koordinátájú pontok helyét!

Kristálytani irányok

19. Rajzoljon egy rombos elemi cellát és jelölje benne a $[2\bar{1}1]$ irányt!

20. Rajzolja be egy köbös elemi cellába a következő irányokat:

- | | |
|--------------------|--------------------------------|
| a) $[101]$, | e) $[\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$, |
| b) $[211]$, | f) $[\bar{2}12]$, |
| c) $[10\bar{2}]$, | g) $[3\bar{1}2]$, |
| d) $[3\bar{1}3]$, | h) $[301]$. |

21. Egy tetragonális kristályrácsban adja meg azon irányok indexeit, melyek ekvivalensek az alábbi irányokkal:

- a) $[011]$
- b) $[100]$

Kristálytani síkok

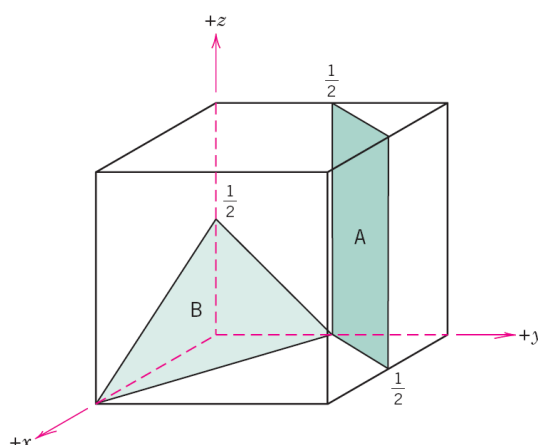
22. a) Rajzoljon egy rombos elemi cellát és jelölje benne a $(02\bar{1})$ síkot!

b) Rajzoljon egy monoklin elemi cellát és jelölje benne a (200) síkot!

23. Rajzolja be egy köbös elemi cellába a következő síkokat:

- a) $(10\bar{1})$,
- b) $(2\bar{1}\bar{1})$,
- c) (012) ,
- d) $(3\bar{1}3)$,
- e) $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$,
- f) $(\bar{2}12)$,
- g) $(3\bar{1}2)$,
- h) (301) .

24. Határozza meg az alábbi elemi cellában jelölt A és B síkok Miller indexeit!



Vonalmenti és felületi atomsűrűségek

25. a) Fejezze ki a felületi atomsűrűséget az R atomsugar függvényében a BCC rács (100) és (110) síkjaiban!

b) Számítsa ki és hasonlítsa össze a felületi atomsűrűség értékét a fenti két síkban molibdén esetén!

Röntgen-diffrakció: kristályszerkezetek meghatározása

26. Az alábbi táblázat adatait felhasználva számítsa ki az alumínium (110) indexű síkjai közti távolságot!

<i>Metal</i>	<i>Crystal Structure^a</i>	<i>Atomic Radius^b (nm)</i>	<i>Metal</i>	<i>Crystal Structure</i>	<i>Atomic Radius (nm)</i>
Aluminum	FCC	0.1431	Molybdenum	BCC	0.1363
Cadmium	HCP	0.1490	Nickel	FCC	0.1246
Chromium	BCC	0.1249	Platinum	FCC	0.1387
Cobalt	HCP	0.1253	Silver	FCC	0.1445
Copper	FCC	0.1278	Tantalum	BCC	0.1430
Gold	FCC	0.1442	Titanium (α)	HCP	0.1445
Iron (α)	BCC	0.1241	Tungsten	BCC	0.1371
Lead	FCC	0.1750	Zinc	HCP	0.1332

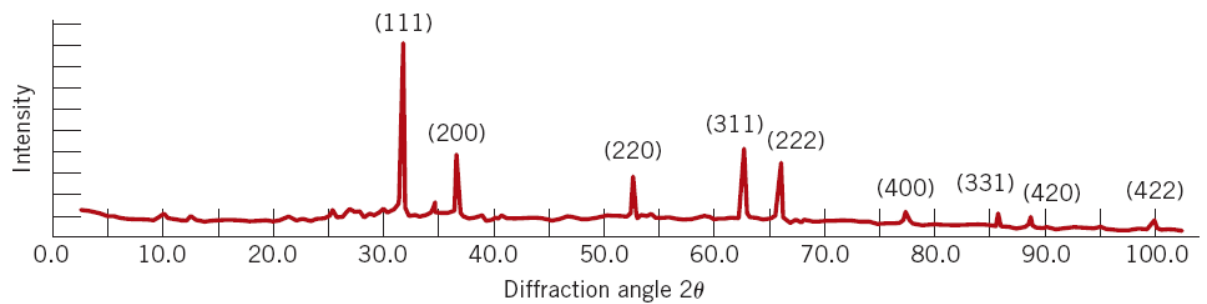
16 fém atomsugara és kristályszerkezete

27. A nióbbium BCC kristályszerkezettel rendelkezik. Ha 0,1659 nm hullámhosszúságú monokromatikus röntgensugárzás használatával a diffrakciós szög a (211) síkokon $75,99^\circ$ -nak adódik (elsőrendű reflexió), számítsa ki:

a) A fent említett síkok közti távolságot!

b) A nióbbium atom atomsugarát!

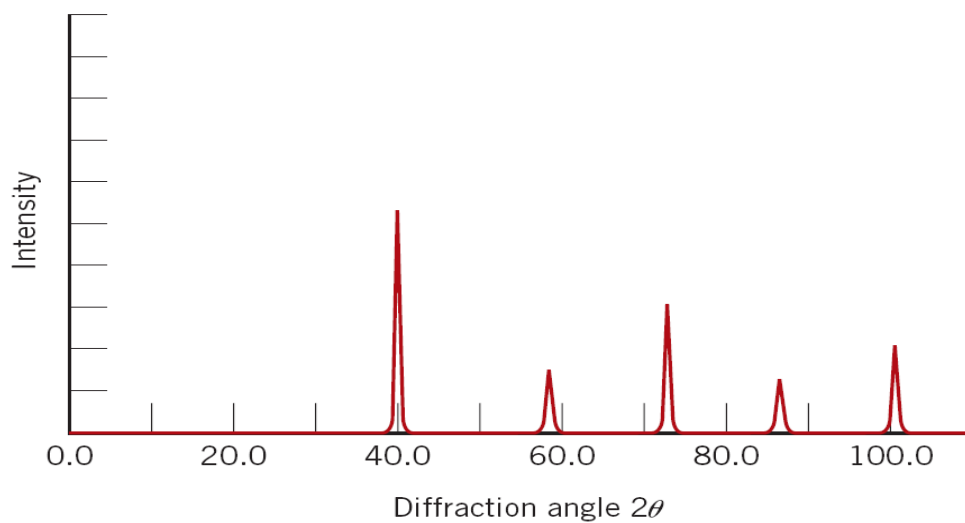
28. Az alábbi ábrán az ólom Röntgen diffraktogramja látható, ami 0,1542 nm hullámhosszúságú, monokromatikus röntgensugárzás használatával készült. A minta minden diffrakciós csúcsa indexszel van ellátva.



Ólompor diffraktogramja

Számítsa ki az egyes indexekhez tartozó síkok közti távolságot, valamint határozza meg a Pb rácsparamétereit minden csúcs esetén.

29. A következő ábrán a volfrám Röntgen diffraktogramjának 5 legintenzívebb csúcsa látható. A volfrám BCC kristályszerkezettel rendelkezik, a diffraktogram pedig 0,1542 nm hullámhosszúságú, monokromatikus röntgensugárzás használatával készült.



Volfrámpor diffraktogramja

- Lássa el h , k és l indexekkel az egyes csúcsokat!
- Minden csúcs esetén határozza meg a síkok közti távolságot!
- Minden csúcs esetén számítsa ki a W atomsugarát, majd hasonlítsa azt össze a fenti – 16 fém atomsugarát és kristályszerkezetét tartalmazó – táblázatban található értékkel!

Hibahelyek szilárd anyagokban

Vakanciák és saját intersticiális rácshibák

30. Számítsa ki a vakanciák részarányát olvadáspont hőmérsékletű szilárd rézben (1084°C), ha a vakancia keletkezését jellemző aktivációs energia $0,90\text{ eV/atom}$.

31. Számítsa ki a vakanciák számát 1 m^3 900°C -os aranyban, ha a vakancia keletkezésére jellemző aktivációs energia $0,98\text{ eV/atom}$. Az arany atomtömege $196,9\text{ g/mol}$ sűrűsége pedig 900°C -on $18,63\text{ g/cm}^3$.

Szennyeződések szilárd anyagokban

32. Az alábbi táblázat néhány elem atomsugarát, ráctípusát, elektronegativitását és leggyakoribb vegyértékét tartalmazza. (Nemfémek esetén csak az atomsugár van megadva.)

<i>Element</i>	<i>Atomic Radius (nm)</i>	<i>Crystal Structure</i>	<i>Electro-negativity</i>	<i>Valence</i>
Ni	0.1246	FCC	1.8	+2
C	0.071			
H	0.046			
O	0.060			
Ag	0.1445	FCC	1.9	+1
Al	0.1431	FCC	1.5	+3
Co	0.1253	HCP	1.8	+2
Cr	0.1249	BCC	1.6	+3
Fe	0.1241	BCC	1.8	+2
Pt	0.1387	FCC	2.2	+2
Zn	0.1332	HCP	1.6	+2

Ezen elemek közül várhatóan melyek alkotják nikkellel a következő szilárd oldatokat:

- Korlátlan oldhatóságú szubsztitúciós szilárd oldat.
- Korlátolt oldhatóságú szubsztitúciós szilárd oldat.
- Intersticiális szilárd oldat.

Az összetétel megadása

33. Adja meg annak az ötvözetnek az atomszázalékban kifejezett összetételét, amely 33 g rezet és 47 g cinket tartalmaz!

34. Határozza meg közelítőleg annak a Ti-6Al-4V titán ötvözetnek a sűrűségét melynek összetétele a következő: $90\text{ m/m}\%$ Ti, $6\text{ m/m}\%$ Al és $4\text{ m/m}\%$ V.

35. Egy képzeletbeli ötvözet $25\text{ m/m}\%$ A és $75\text{ m/m}\%$ B fémből áll. Az A fém $6,17\text{ g/cm}^3$, a B pedig $8,00\text{ g/cm}^3$ sűrűségű, atomtömegeik pedig rendre $171,3$ és $162,0\text{ g/mol}$.

Határozza meg, hogy ezen ötvözet egyszerű köbös, lapcentrált köbös, vagy tércentrált köbös kristályrácsba kristályosodik-e, ha elemi cellájának élhosszúsága 0,332 nm!

36. A molibdén szubsztitúciós szilárd oldatot alkot a volfrámmal. Számítsa ki a molibdén atomok számát 1 cm^3 molibdén-volfrám ötvözetben, ha az 16,4 m/m% Mo-t tartalmaz! A tiszta molibdén és volfrám sűrűsége rendre 10,22, illetve $19,30 \text{ g/cm}^3$.

37. Az arany szubsztitúciós szilárd oldatot alkot az ezüsttel. Számítsa ki hány tömegszázalék aranyat kell tartalmazzon az az arany-ezüst ötvözet, amely köbcentiméterenként $5,5 \cdot 10^{21}$ darab Au atomot tartalmaz. A tiszta Au és Ag sűrűsége 19,32 és $10,49 \text{ g/cm}^3$.

Határfelületi hibák

38. Egy BCC egykristály (100) síkjának felületi energiáját nagyobbnak vagy kisebbnek várja a (110) síkéhoz képest? Válaszát indokolja! (*Megjegyzés:* idézze fel a „Kristályos szilárd anyagok szerkezete” című fejezet 25. feladatának megoldását!)

39. a) Egy adott anyag esetén a felületi energia nagyobb, kisebb, vagy egyenlő a szemcsehatár energiájánál? Válaszát indokolja!

b) Egy kisszőgű szemcsehatár energiája kevesebb, mint egy nagyszzőgűjé. Mivel magyarázható ez?

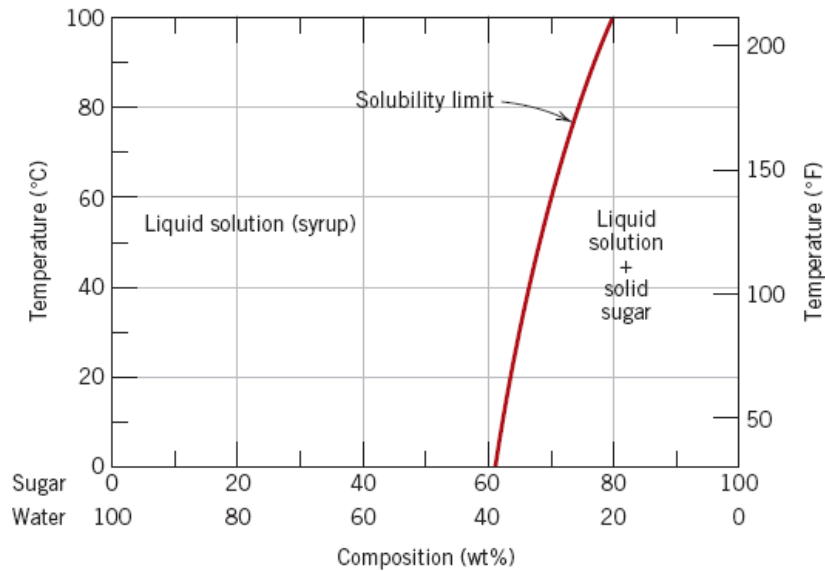
Tervezési probléma

40. Az alumínium-lítium ötvözeteket a repülőgépipar fejleszteti, egyidejűleg csökkentve ezáltal a repülőgépek súlyát és javítva azok teljesítményét. Számítsa ki hogy mekkora, tömegszázalékban kifejezett, lítium tartalom szükséges egy olyan kereskedelmi forgalomban kapható repülőgép borítás anyagához, melynek sűrűsége $2,47 \text{ g/cm}^3$?

Fázisdiagramok

Oldhatósági határ

41. Tekintse a következő cukor-víz fázisdiagramot:



A cukor ($C_{12}H_{22}O_{11}$) oldhatósága vízben

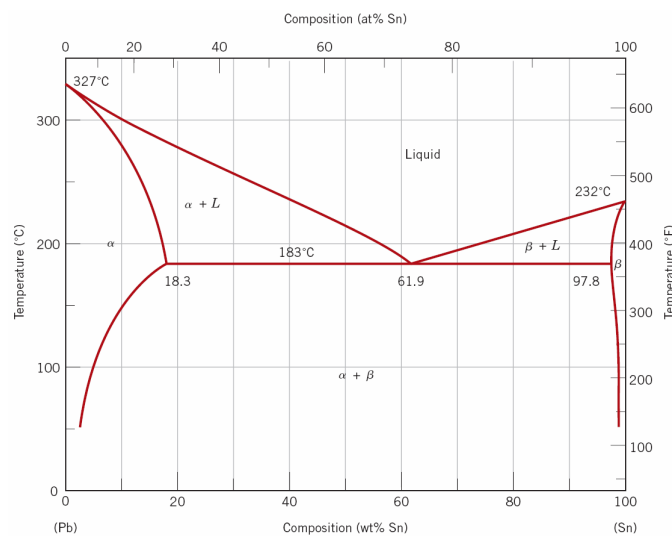
a) Mennyi cukor oldódik fel 1000 g 80°C-os (176°F) vízben?

b) Ha az a) részbeli telített oldatot 20°C-ra (68°F) hűtjük, a cukor egy része szilárd halmazállapotú cukor formájában kiválik. Milyen lesz az oldat tömegszázalékban kifejezett összetétele 20°C-on?

c) A cukor mekkora része fog kiválni az oldat 20°C-ra való hűtése során?

42. a) Mekkora az Pb maximális oldhatósága Sn-ban 100°C-on?

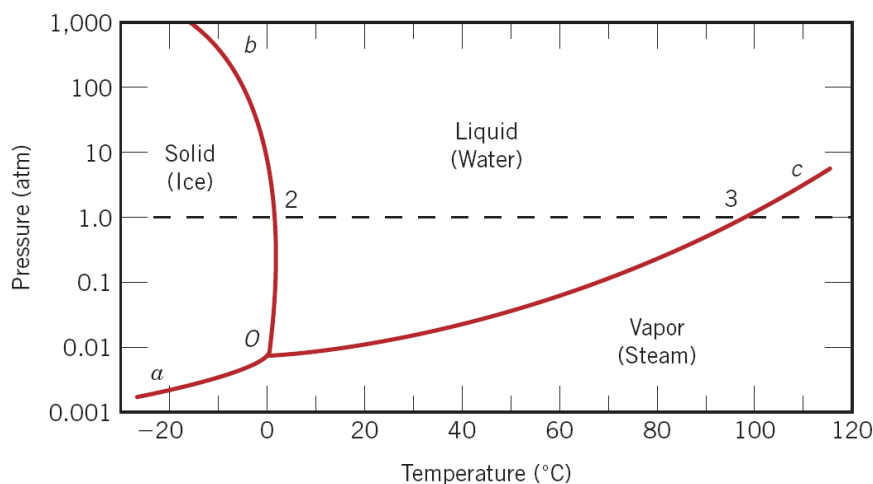
b) Mekkora az Sn maximális oldhatósága Pb-ban 100°C-on?



Az ón-ólom rendszer fázisdiagramja

Egykomponensű rendszerek fázisdiagramja

43. Egy darab jeget -15°C -on és 10 atm nyomáson tartunk. A víz alábbi nyomás-hőmérséklet fázisdiagramjának felhasználásával határozza meg hogyan kell megváltoztatnunk a nyomást ahhoz, hogy a jégdarab **a**) megolvadjon **b**) elszublimáljon?



A víz nyomás-hőmérséklet fázisdiagramja. A szaggatott vízszintes vonal és a szilárd-folyadék fázishatár metszéspontja (2. pont) az 1 atm nyomáshoz tartozó olvadáspontot jelöli. Hasonlóan a folyadék-gőz fázishatárral való metszéspont (3. pont) az 1 atm nyomáshoz tartozó forráspontot jelöli.

Bináris izomorf rendszerek

44. A következő táblázat a réz-arany rendszer *solidus* és *liquidus* görbéihez tartozó hőmérsékleteket tartalmazza. Készítse el a rendszer fázisdiagramját, és jellemezze az egyes régiókat.

<i>Composition</i> (wt% Au)	<i>Solidus</i> Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	<i>Liquidus</i> Temperature ($^{\circ}\text{C}$)
0	1085	1085
20	1019	1042
40	972	996
60	934	946
80	911	911
90	928	942
95	974	984
100	1064	1064

Egyensúlyi fázisdiagramok értelmezése (kétkomponensű izomorf, kétkomponensű eutektikus, köztes fázist vagy vegyületet alkotó kétkomponensű rendszerek)

45. Létezik-e olyan réz-ezüst ötvözet, amely egyensúlyban egy $4\text{ m/m\% Ag} - 96\text{ m/m\% Cu}$ összetételű α fázisból és egy $95\text{ m/m\% Ag} - 5\text{ m/m\% Cu}$ összetételű β fázisból áll? Ha

igen, közelítőleg mekkora lesz az ötvözet hőmérséklete? Ha nem lehetséges, magyarázza meg miért.

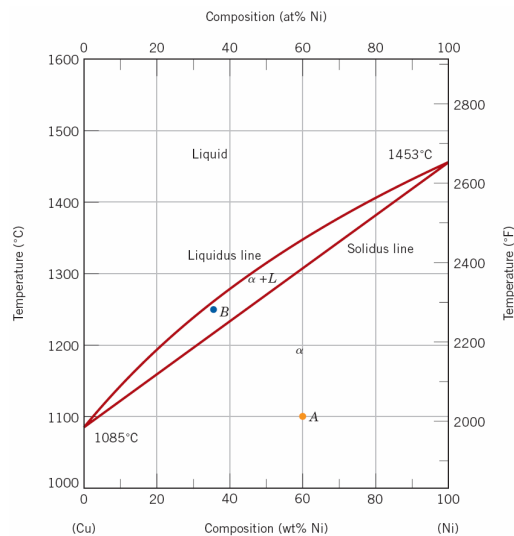
46. Egy 30 m/m% Sn – 70 m/m% Pb összetételű ólom-ón ötvözetet 150°C-os kezdeti hőmérsékletről lassan melegítünk.

- Mekkora hőmérsékleten fog megjelenni az első folyadékfázis?
- Milyen összetételű ez a folyadékfázis?
- Mekkora hőmérsékleten olvad meg teljesen az ötvözet?
- Milyen összetételű a szilárd fázis a teljes olvadás előtt?

47. Egy 65 m/m% Ni – 35 m/m% Cu ötvözetet az α +folyadékfázis régióhoz tartozó hőmérsékletre melegítünk. Határozza meg

- az ötvözet hőmérsékletét,
- a folyadékfázis összetételét,
- a fázisok tömegszázalékban kifejezett relatív mennyiségét,

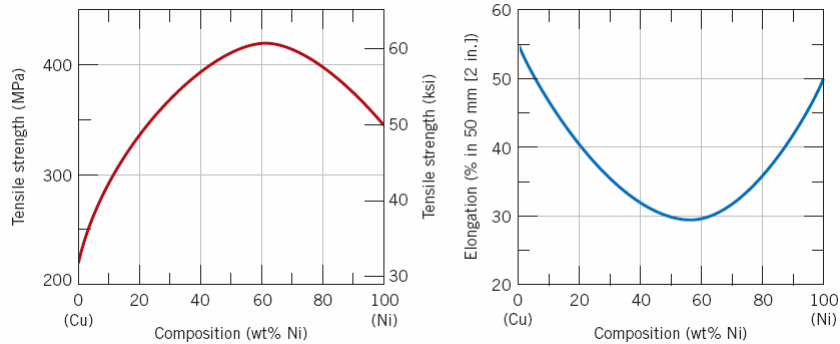
ha az α fázis 70 m/m% Ni-t tartalmaz.



A réz-nikkel rendszer fázisdiagramja

Izomorf ötvözetek mechanikai tulajdonságai

48. Egy olyan réz-nikkel ötvözet elkészítése a cél, melynek minimális szakítószilárdsága 380 MPa (55000 psi), a duktilitása pedig legalább 45%EL. Létezik-e ilyen ötvözet? Ha igen, milyen kell legyen annak összetétele? Ha nem, magyarázza meg miért nem létezik ilyen ötvözet.



A réz-nikkel rendszer szakítószilárdsága és duktilitása a Ni-tartalom függvényében

Köztes fázist vagy vegyületet alkotó kétkomponensű rendszerek

49. Az A_3B és AB_3 intermetallikus vegyületek A és B elemekből állnak. Azonosítsa a B elemet, ha az A elem cirkónium, és az A_3B , illetve AB_3 vegyületek összetétele rendre 91,0 m/m% A – 9,0 m/m% B és 53,0 m/m% A – 47,0 m/m% B.

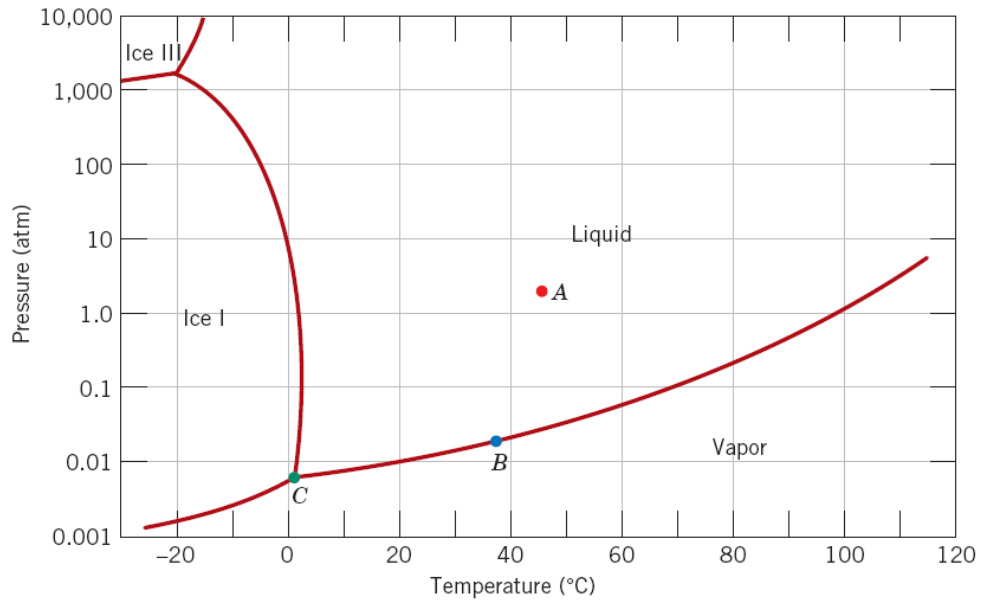
Kongruens fázisátalakulások (bináris eutektikus rendszerek, köztes fázist vagy vegyületet alkotó kétkomponensű rendszerek, eutektoid és peritektikus reakciók)

50. Az alábbi információk alapján készítse el a képzeletbeli A-B rendszer fázisdiagramját szobahőmérséklet (20°C) és 700°C között.

- Az A fém olvadáspontja 480°C .
- A-ban legfeljebb 4 m/m% B oldódik, mely rendszer 420°C -on stabil.
- Szobahőmérsékleten B nem oldódik A-ban.
- Az első eutektikum 420°C -on alakul ki és 18 m/m% B-t és 82 m/m% A-t tartalmaz.
- A második eutektikum 475°C -on alakul ki és 42 m/m% B-t és 58 m/m% A-t tartalmaz.
- Az AB összegképletű intermetallikus vegyület 30 m/m% B-t és 70 m/m% A-t tartalmaz és 525°C -on kongruensen olvad.
- A B fém olvadáspontja 600°C .
- B-ben legfeljebb 13 m/m% A oldódik, mely rendszer 475°C -on stabil.
- Szobahőmérsékleten 3 m/m% A oldódik B-ben.

A Gibbs-féle fázisszabály

51. A következő ábra a víz nyomás-hőmérséklet fázisdiagramját ábrázolja. Alkalmazza a Gibbs-féle fázisszabályt az A, B és C pontokra, azaz határozza meg a rendszer szabadsági fokainak számát az egyes pontokban!



A víz nyomás-hőmérséklet fázisdiagramja

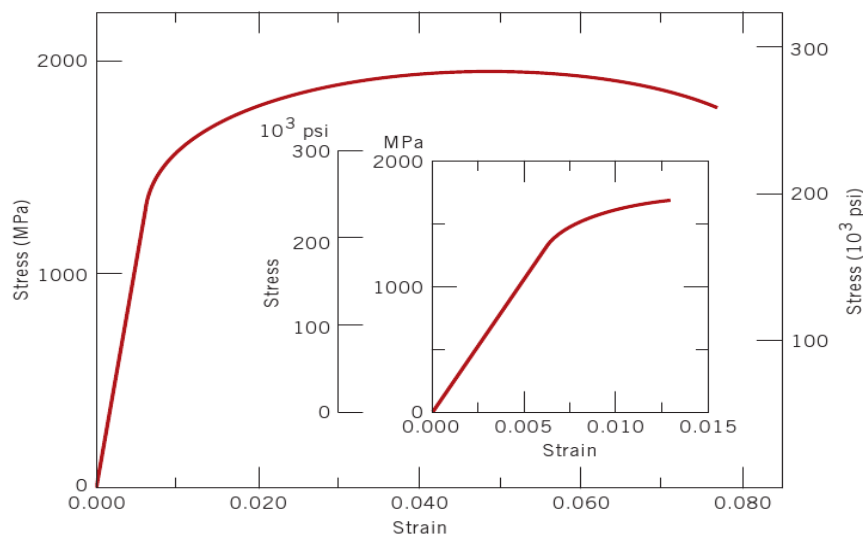
Fémek mechanikai tulajdonságai

Feszültség-deformáció viselkedés

52. Egy $15,2 \times 19,1 \text{ mm}^2$ téglalap keresztmetszerű réz mintára 44500 N nagyságú húzóerő hat, melynek hatására az anyag rugalmas deformációt szenved. Számítsa ki a relatív hosszváltozás nagyságát.

53. Egy 125 mm hosszú, $16,5 \text{ mm}$ élhosszúságú négyzetes keresztmetszetű alumínium rúd 66700 N nagyságú húzóerő hatására $0,43 \text{ mm}$ -t nyúlik meg. Számítsa ki az alumínium rugalmassági együtthatóját, feltételezve, hogy a deformáció tisztán rugalmas.

54. Tekintsünk egy acéltüzetből készült henger alakú mintát, melynek *feszültség-deformáció viselkedését* a következő ábra mutatja.



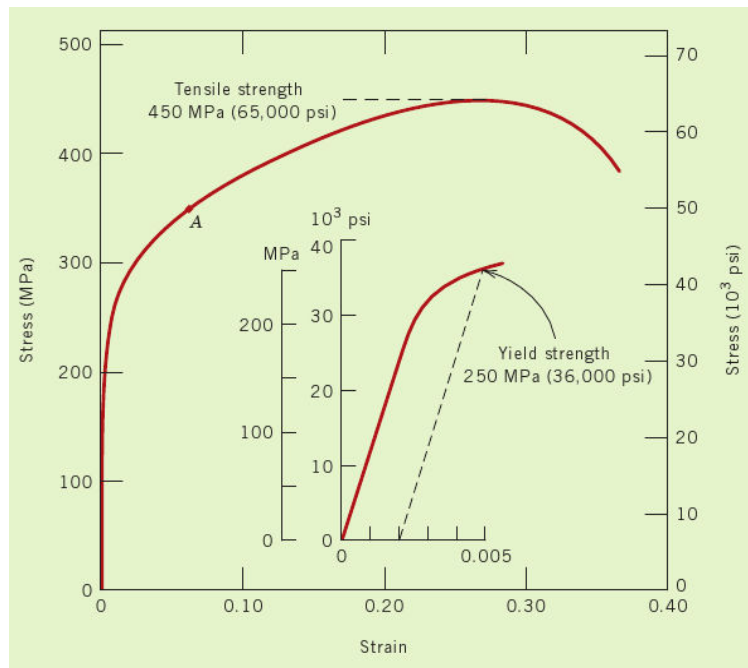
Egy ötvözet acél feszültség-deformáció görbéje

Határozza meg, hogy 65200 N súlyú teher hatására milyen mértékű lesz egy olyan mintadarab megnyúlása, melynek méretei a következők: átmérő $8,5 \text{ mm}$, hosszúság 80 mm .

55. A bronz feszültség-deformáció görbéjének ismeretében határozza meg

a) a rugalmassági együtthatóját;
b) a (0,2% maradandó relatív alakváltozásra vonatkozó) folyáserősség nagyságát;
c) annak a maximális tehernek a súlyát, amelyet egy terheletlenül $12,8 \text{ mm}$ átmérőjű henger alakú minta elbír;

d) hogy 345 MPa húzófeszültség hatására mennyivel változik meg a hosszúsága egy terheletlen állapotában 250 mm hosszú mintának?



A bronz feszültség-deformáció grafikonja

Az anyagok rugalmas tulajdonságai

56. Egy 250 mm hosszú, 15,2 mm átmérőjű henger alakú acél minta 48900 N nagyságú húzóerő hatására rugalmas deformációt szenved. Az alábbi táblázat adatainak felhasználásával határozza meg:

- az alkalmazott erőhatás irányába eső megnyúlás mértékét
- a minta átmérőjének változását. Növekszik vagy csökken az átmérő?

<i>Metal Alloy</i>	<i>Modulus of Elasticity</i>		<i>Shear Modulus</i>		<i>Poisson's Ratio</i>
	<i>GPa</i>	<i>10⁶ psi</i>	<i>GPa</i>	<i>10⁶ psi</i>	
Aluminum	69	10	25	3.6	0.33
Brass	97	14	37	5.4	0.34
Copper	110	16	46	6.7	0.34
Magnesium	45	6.5	17	2.5	0.29
Nickel	207	30	76	11.0	0.31
Steel	207	30	83	12.0	0.30
Titanium	107	15.5	45	6.5	0.34
Tungsten	407	59	160	23.2	0.28

Fém ötvözetek szobahőmérsékleten mért rugalmassági és nyírási együtthatói, illetve Poisson számai

57. Tekintsünk egy képzeletbeli fém ötvözetből álló 10,0 mm átmérőjű, henger alakú mintát. 1500 N nagyságú húzóerő hatására a minta átmérője, rugalmas alakváltozás során, $6,7 \cdot 10^{-4}$ mm-rel csökken. Számítsa ki az ötvözet rugalmassági együtthatóját, ha ismert, hogy a Poisson szám 0,35.

58. Egy 150 mm hosszú, 15,0 mm átmérőjű, henger alakú fém mintát 50 MPa nagyságú húzófeszültségnek teszünk ki. Ilyen mértékű feszültség mellett a deformáció teljesen rugalmas lesz.

a) Az előző feladathoz mellékelt táblázatban szereplő fémek közül melyek esetén lesz kisebb a megnyúlás 0,072 mm-nél? Választásait indokolja.

b) Az **a)** részben választott fémek közül melyek felelnek meg annak a további elvárásnak is, hogy azonos körülmények mellett a maximálisan megengedhető átmérőcsökkenés $2,3 \cdot 10^{-3}$ mm. Miért?

Nyújtási tulajdonságok

59. Az **54.** feladatnál ötvözet acélra megadott grafikon felhasználásával adjon válasz a következő kérdésekre.

a) Mekkora a rugalmassági együttható?

b) Mekkora az arányossági határ?

c) Mekkora a folyáserősség, azaz a 0,002 maradandó relatív alakváltozáshoz tartozó feszültség?

d) Mekkora a szakítószilárdság?

60. Egy 50,800 mm terheletlen hosszúságú és 12,8 mm átmérőjű henger alakú, rozsdamentes acél mintára húzófeszültség hat. A terhelés-megnyúlás karakterisztika felhasználásával

a) ábrázolja a mérnöki feszültség-deformáció grafikont;

b) számítsa ki a rugalmassági együtthatót;

c) határozza meg a folyáserősséget;

d) határozza meg az ötvözet szakítószilárdságát;

e) adja meg, hogy közelítőleg mekkora a hosszegységre vonatkoztatott százalékos alakíthatóság (duktilitás);

f) számítsa ki a fajlagos elasztikus deformációs munkát (modulus of resilience).

<i>Load</i>		<i>Length</i>	
<i>N</i>	<i>lb_f</i>	<i>mm</i>	<i>in.</i>
0	0	50.800	2.000
12,700	2,850	50.825	2.001
25,400	5,710	50.851	2.002
38,100	8,560	50.876	2.003
50,800	11,400	50.902	2.004
76,200	17,100	50.952	2.006
89,100	20,000	51.003	2.008
92,700	20,800	51.054	2.010
102,500	23,000	51.181	2.015
107,800	24,200	51.308	2.020
119,400	26,800	51.562	2.030
128,300	28,800	51.816	2.040
149,700	33,650	52.832	2.080
159,000	35,750	53.848	2.120
160,400	36,000	54.356	2.140
159,500	35,850	54.864	2.160
151,500	34,050	55.880	2.200
124,700	28,000	56.642	2.230
Fracture			

Terhelés-megnyúlás karakterisztika

61. Egy rugalmas eszközhöz szükséges acélötvözet fajlagos elasztikus deformációs munkájának legalább $2,07 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3}$ -nak kell lennie. Mekkora kell legyen a minimális folyás erősség? (Az acél Young-modulusát vegye 207Gpa-nak.)

Valódi feszültség és deformáció

62. A **60.** feladatban szereplő táblázat adatainak, illetve az $\sigma_T = \frac{F}{A_i}$, $\varepsilon_T = \ln \frac{l_i}{l_0}$ és $\sigma_T = \sigma(1 + \varepsilon)$ összefüggések felhasználásával készítse el a rozsdamentes acél valódi feszültség-valódi deformáció grafikonját. A harmadik egyenlet a befűződés megindulása után hibás eredményre vezet, ezért a helyes feszültségszámításhoz használja a következő táblázatban található átmérő értékeket.

<i>Load</i>		<i>Length</i>		<i>Diameter</i>	
<i>N</i>	<i>lb_f</i>	<i>mm</i>	<i>in.</i>	<i>mm</i>	<i>in.</i>
159,500	35,850	54.864	2.160	12.22	0.481
151,500	34,050	55.880	2.200	11.80	0.464
124,700	28,000	56.642	2.230	10.65	0.419

Képlékeny alakváltozást követő rugalmas helyreállítás

63. Egy 120,0 mm hosszú, 10,0 mm átmérőjű, henger alakú bronz mintára 11750 N nagyságú húzóerővel hatunk, majd megszüntetjük a hatást.

a) Az **55.** feladatban szereplő ábra segítségével számítsa ki a minta végső hosszát.

b) Számítsa ki a minta végső hosszát, ha a terhelő erőt 23500 N-ra növeljük, majd megszüntetjük.

Keménység

64. Becsülje meg a bronz Brinell és Rockwell-féle keménységét. Használja az **55.** feladatban szereplő ábrát.

Az anyagi tulajdonságok változása

65. A következő ábra egy acél minta Rockwell G keménységi értékeit tartalmazza.

47.3	48.7	47.1
52.1	50.0	50.4
45.6	46.2	45.9
49.9	48.3	46.4
47.6	51.1	48.5
50.4	46.7	49.7

Számítsa ki a mért adatok átlagát és szórását.

Tervezési probléma

66. Egy nagy tornyot acélhuzalokkal akarnak biztosítani. Az előzetes becslések szerint az egyes huzalokra 13300 N terhelő erő fog hatni. Számítsa ki a huzalok minimális átmérőjét, ha 2-es biztonsági faktort és 860 MPa értékű folyáserősséget feltételezünk. (A biztonsági faktor azt jelenti, hogy a megengedett felső határérték hanyad részével terveznek.)

Megoldások

Atomszerkezet és kémiai kötések

Alapvető fogalmak, elektronok az atomokban

3. Az L héjon az s állapotokban $200(1/2)$, $200(-1/2)$; a p állapotokban $210(1/2)$, $210(-1/2)$, $211(1/2)$, $211(-1/2)$, $21(-1)(1/2)$ és $21(-1)(-1/2)$.

Az M héjon az s állapotokban $300(1/2)$, $300(-1/2)$; a p állapotokban $310(1/2)$, $310(-1/2)$, $311(1/2)$, $311(-1/2)$, $31(-1)(1/2)$, és $31(-1)(-1/2)$; a d állapotokban $320(1/2)$, $320(-1/2)$, $321(1/2)$, $321(-1/2)$, $32(-1)(1/2)$, $32(-1)(-1/2)$, $322(1/2)$, $322(-1/2)$, $32(-2)(1/2)$, és $32(-2)(-1/2)$.

4. P^{5+} : $1s^2 2s^2 2p^6$.

P^{3-} : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

Sn^{4+} : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10}$.

Se^{2-} : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$.

I : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6$.

Ni^{2+} : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8$.

A periódusos rendszer

5. Megoldás: **a)** halogén; **b)** átmenetifém; **c)** nemesgáz; **d)** alkálifém; **e)** átmenetifém; **f)** alkáliföldfém.

Kötési erők és energiák

6. $r_0 = \left(\frac{A}{nB}\right)^{1/(1-n)}$, $E_0 = -\frac{A}{\left(\frac{A}{nB}\right)^{1/(1-n)}} + \frac{B}{\left(\frac{A}{nB}\right)^{n/(1-n)}}$.

7. **b)** A grafikonról: $r_0=0,24$ nm $E_0=-5,3$ eV; **c)** Az egyenletből: $r_0=0,236$ nm $E_0=-5,32$ eV.

Elsődleges kémiai kötések

8. MgO IC=73,4 %; GaP IC=6,1 %; CsF IC=93,4 %; CdS IC=14,8 %; FeO IC=51,4 %.

9. $\sim 7,0$ eV.

Kristályos szilárd anyagok szerkezete

Sűrűségszámítás

12. $R = 0,143$ nm.

13. **a)** $V_c = 1,058 \cdot 10^{-28} m^3$.

b) $a = 0,296$ nm, $c = 0,468$ nm.

14. A: BCC; B: egyszerű köbös; C: BCC.

15. a) $n = 4,0$ atom.

b) $\rho = 7,31 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

16. a) Tetragonális.

b) Tércentrált tetragonális.

c) $\rho = 8,49 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

Pontok indexelése

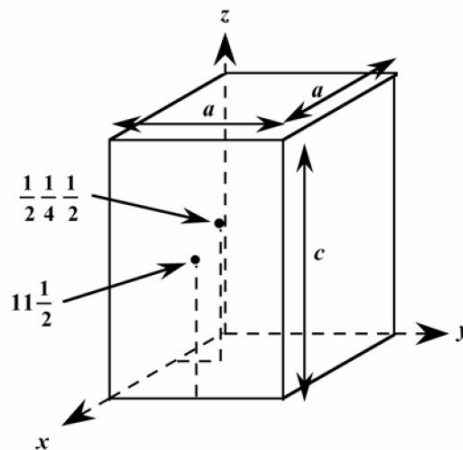
17. A klorid ionok helye: $000, 100, 110, 010, 001, 101, 111, 011, \frac{1}{2} \frac{1}{2} 0, \frac{1}{2} \frac{1}{2} 1, 1 \frac{1}{2} \frac{1}{2}, 0 \frac{1}{2} \frac{1}{2}, \frac{1}{2} 0 \frac{1}{2}$ és $\frac{1}{2} 1 \frac{1}{2}$.

A nátrium ionok esetében az elemi cella alsó lapján a koordináták: $\frac{1}{2} 0 0, 1 \frac{1}{2} 0, \frac{1}{2} 1 0, 0 \frac{1}{2} 0$. Az elemi cella közepén átmenő vízszintes síkban a koordináták:

$0 0 \frac{1}{2}, 1 0 \frac{1}{2}, \frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}, 1 1 \frac{1}{2}$ és $0 1 \frac{1}{2}$. A felső lapon található négy ion koordinátája:

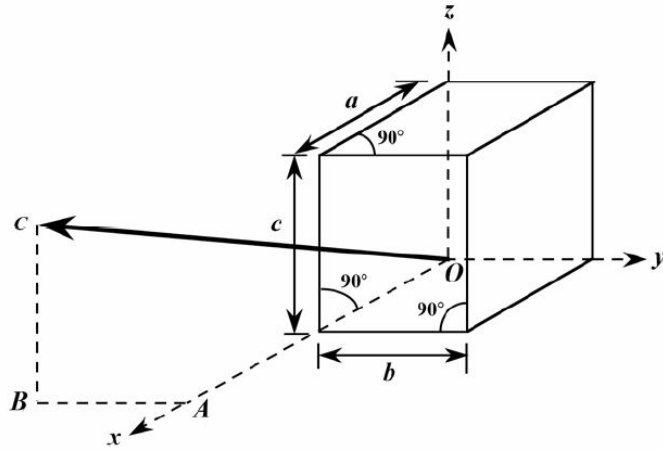
$\frac{1}{2} 0 1, 1 \frac{1}{2} 1, \frac{1}{2} 1 1, 0 \frac{1}{2} 1$.

18.

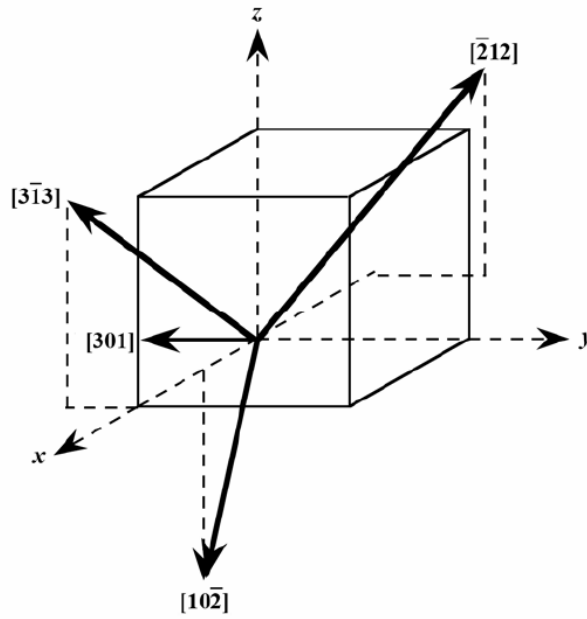
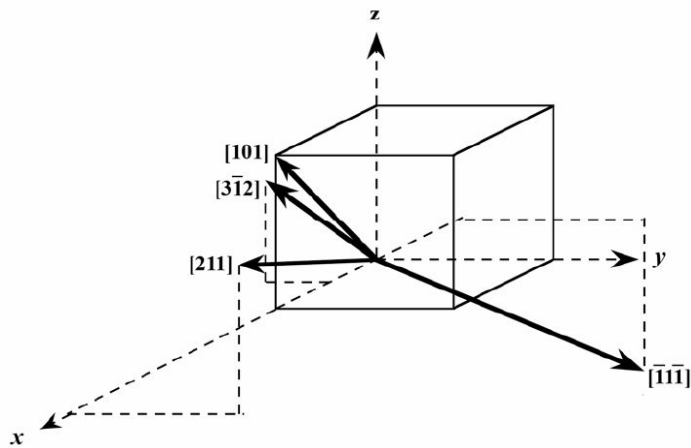


Kristálytani irányok

19.



20.

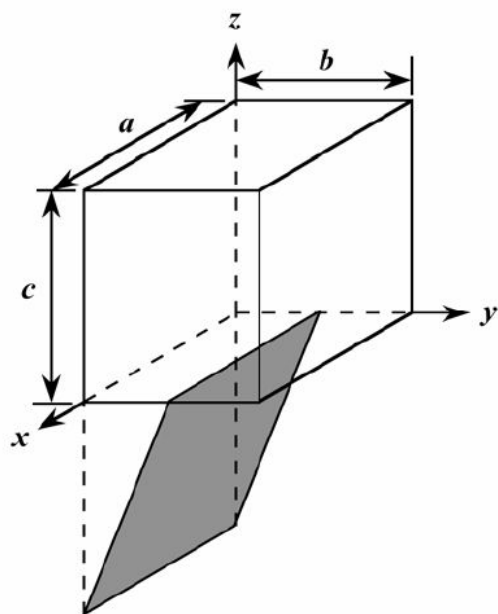


21. a) $[101]$, $[\bar{1}0\bar{1}]$, $[\bar{1}01]$, $[10\bar{1}]$, $[01\bar{1}]$, $[0\bar{1}1]$ és $[0\bar{1}\bar{1}]$

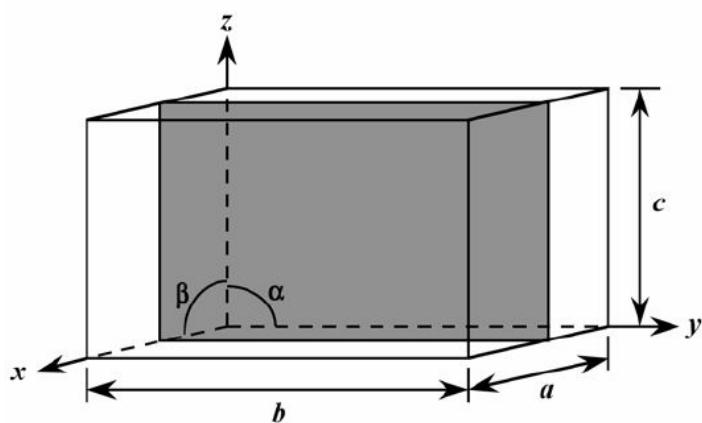
b) $[\bar{1}00]$, $[010]$ és $[0\bar{1}0]$

Kristálytani síkok

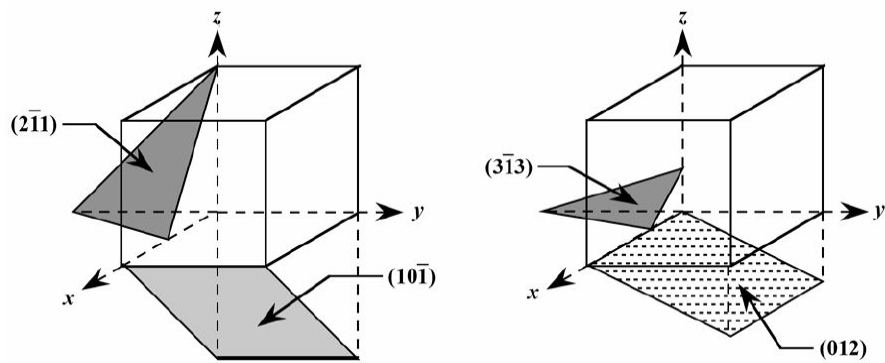
22. a)

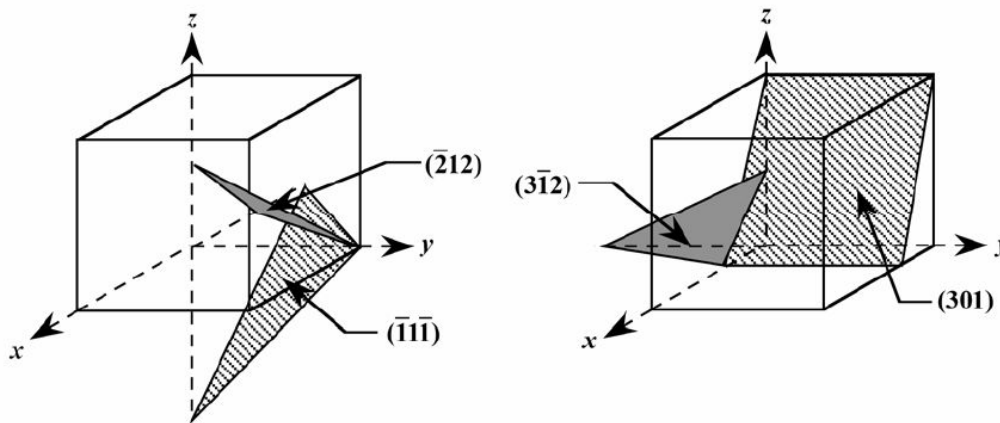


b)



23.





24. A: $(\bar{1}\bar{1}0)$; B: (122) .

Vonalmenti és felületi atomsűrűségek

25. a) $PD_{100} = \frac{3}{16R^2}$;
 $PD_{110} = \frac{3}{8R^2\sqrt{2}}$.

b) $PD_{100}(Mo) = 1,014 \cdot 10^{19} m^{-2}$;
 $PD_{110}(Mo) = 1,434 \cdot 10^{19} m^{-2}$.

Röntgen-diffrakció: kristályszerkezetek meghatározása

26. $d_{110} = 0,2862 nm$.

27. a) $d_{211} = 0,1348 nm$.

b) $R = 0,1429 nm$.

28. A diffraktogram 4 diffrakciós csúcsára a kérdezett mennyiségek a következők.

Csúcs index	2θ	d_{hkl} (nm)	a (nm)
200	36,6	0,2455	0,4910
220	52,6	0,1740	0,4921
311	62,5	0,1486	0,4929
222	65,5	0,1425	0,4936

29. A diffraktogram 4 diffrakciós csúcsára a kérdezett mennyiségek a következők.

Csúcs index	2θ	d_{hkl} (nm)	R (nm)
200	58,4	0,1580	0,1369
211	73,3	0,1292	0,1370
220	87,0	0,1120	0,1371
310	100,7	0,1001	0,1371

Hibahelyek szilárd anyagokban

Vakanciák és saját intersticiális rácshibák

30. $\frac{N_v}{N} = 4,56 \cdot 10^{-4}$.

31. $N_v = 3,52 \cdot 10^{24} m^{-3}$.

Szennyeződések a szilárd anyagokban

32. a) Pt;

b) Ag, Al, Co, Cr, Fe és Zn;

c) C, H és O.

Az összetétel megadása

33. $C_{Cu} = 41,9at\%$; $C_{Zn} = 58,1at\%$.

34. $\rho = 4,38 g / cm^3$.

35. Egyszerű köbös.

36. $N_{Mo} = 1,73 \cdot 10^{22} atom / cm^3$.

37. $C_{Au} = 15,9m / m\%$.

Határfelületi hibák

38. Az (110) sík felületi energiája kisebb.

39. a) A felületi energia nagyobb, mint a szemcsehatár energia.

Tervezési probléma

40. $C_{Li} = 2,38m / m\%$.

Fázisdiagramok Oldhatósági határ

41. a) $m_{\text{cukor}} = 2846 \text{ g}$.

b) $64 \text{ m/m}\%$.

c) $m''_{\text{cukor}} = 1068 \text{ g}$.

42. a) $2 \text{ m/m}\%$ Pb.

b) $5 \text{ m/m}\%$ Sn.

Egykomponensű rendszerek fázisdiagramja

43. a) 1000 atm .

b) $0,003 \text{ atm}$.

Fázisdiagramok értelmezése (bináris izomorf rendszerek, bináris eutektikus rendszerek, köztes fázist vagy vegyületet alkotó kétkomponensű rendszerek)

45. $\sim 690^\circ\text{C}$.

46. a) 183°C .

b) $C_L = 61,9 \text{ m} / \text{m}\% \text{ Sn}$.

c) 260°C .

d) $C_\alpha = 13 \text{ m} / \text{m}\% \text{ Sn}$.

47. a) 1340°C .

b) $59 \text{ m/m}\%$ Ni.

c) $W_\alpha = 0,55$,

c) $W_L = 0,45$.

Izomorf ötvözetek mechanikai tulajdonságai

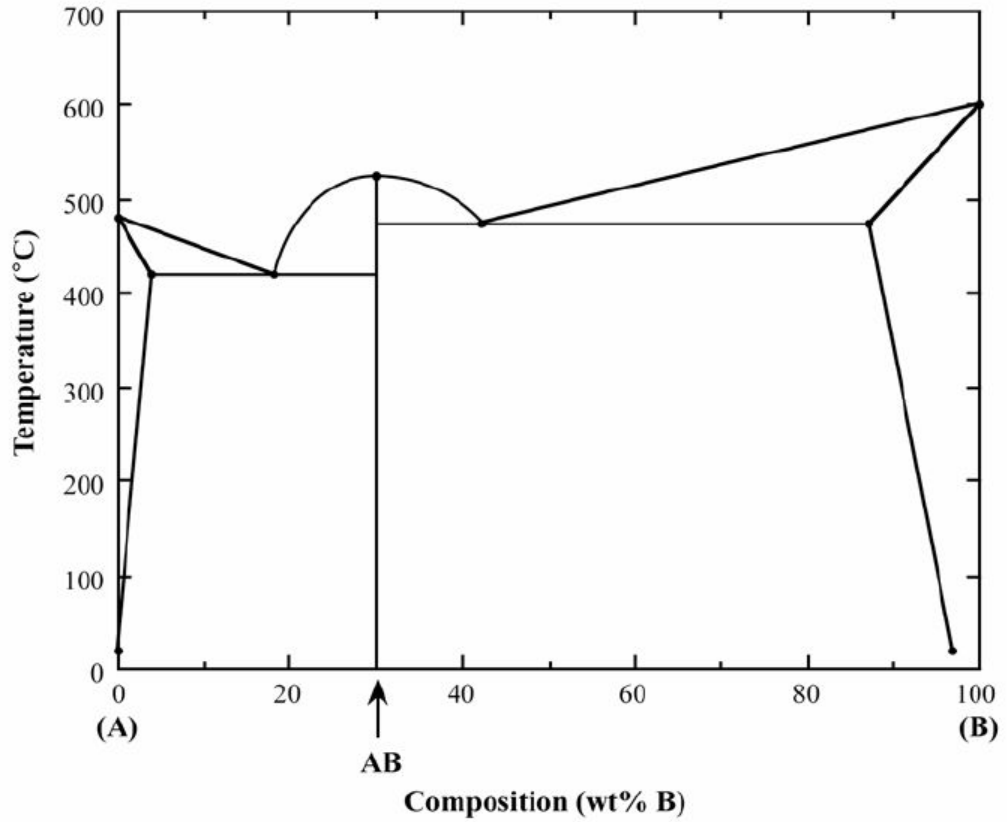
48. Nem lehetséges.

Köztes fázist vagy vegyületet alkotó kétkomponensű rendszerek

49. Alumínium.

Kongruens fázis-transzformációk, bináris eutektikus rendszerek, köztes fázist vagy vegyületet alkotó kétkomponensű rendszerek, eutektoid és peritektikus reakciók

50.



A Gibbs-féle fázisszabály

51. Az A pontban: $F=2$; a B pontban: $F=1$; a C pontban: $F=0$.

Fémek mechanikai tulajdonságai

Feszültség-deformáció viselkedés

52. $\varepsilon = 1,39 \cdot 10^{-3}$.
53. $E = 71,2 \text{ GPa}$.
54. $\Delta l = 0,43 \text{ mm}$.
55. a) $E = 93,8 \text{ GPa}$;
b) 250 MPa ;
c) $F = 57900 \text{ N}$;
d) $\Delta l = 15 \text{ mm}$.

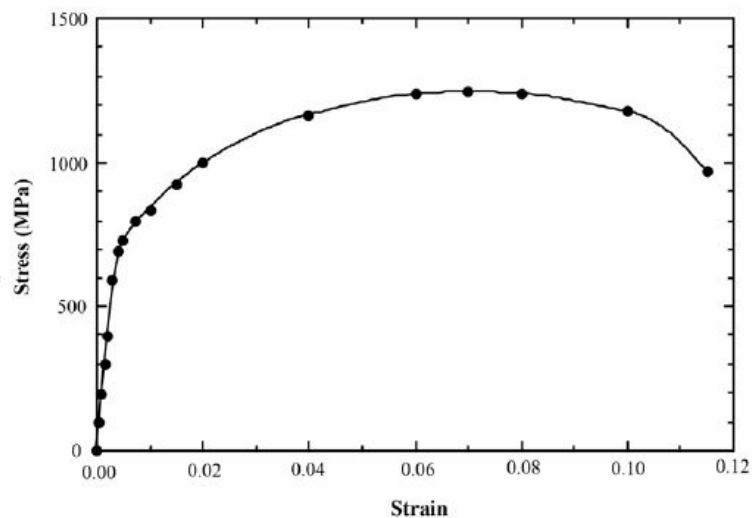
Az anyagok rugalmas tulajdonságai

56. a) $\Delta l = 0,325 \text{ mm}$;
b) $\Delta d = -5,9 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$.
57. $E = 100 \text{ GPa}$.
58. a) Cu, Ni, acél, Ti és W;
b) Ni, acél és W.

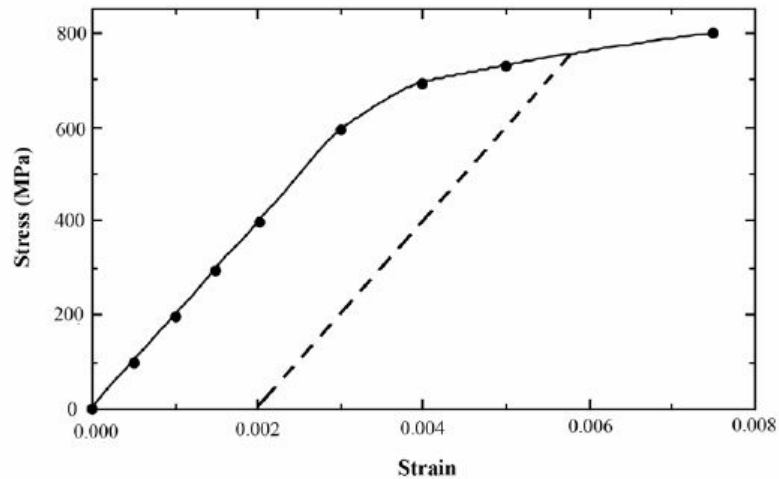
Nyújtási tulajdonságok

59. a) $E = 210 \text{ GPa}$;
b) 1370 MPa ;
c) 1570 MPa ;
d) 1970 MPa .

60. a) A teljes feszültség-deformáció görbe:



A görbe kezdeti szakasza:



b) $E = 200\text{GPa}$;

c) 750 MPa ;

d) 1250 MPa ;

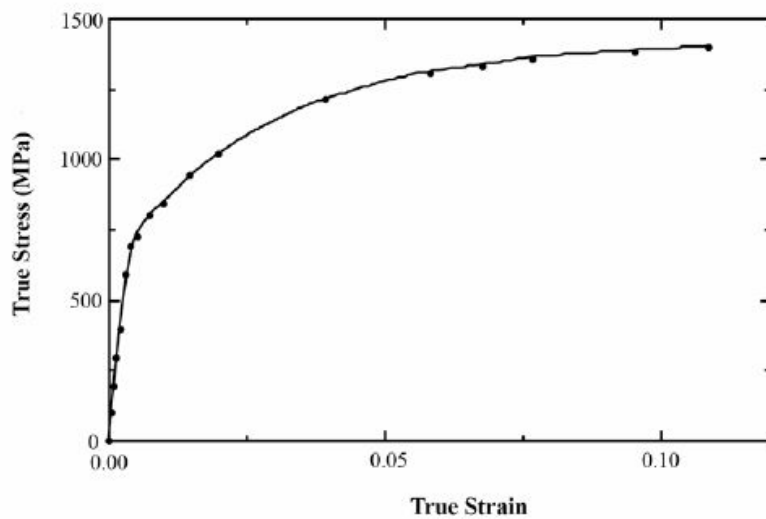
e) $11,2\ \%EL$;

f) $U_r = 1,40 \cdot 10^6\ \text{J}/\text{m}^3$.

61. $\sigma_y = 925\text{ MPa}$.

Valódi feszültség és deformáció

62.



Képlékeny alakváltozást követő rugalmas helyreállítás

63.a) $120,0\text{ mm}$;

b) $121,44\text{ mm}$.

Keménység

64. 125 HB illetve 70 HRB .

Az anyagtulajdonságok változatossága

65. $\overline{HRG} = 48,4; \sigma = 1,95 .$

Tervezési probléma

66. $d_0 = 6,3 \text{ mm} .$