ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Α.Μ. Εξάμηνο Περίοδος

Εξεταζόμενο Μάθημα ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ - ΝΑΝΟΫΛΙΚΩΝ

Ημερομηνία 21/6/2007

Ονοματεπώνυμο

ΘΕΜΑ 1

(α) $N_2 + * \leftrightarrow N_2*$ $\Rightarrow$ $\theta_{N_2} = k_1 P_{N_2} \theta_*$

$H_2 + 2* \leftrightarrow 2H*$ $\Rightarrow$ $\theta_H^2 = k_2 P_{H_2} \theta_*^2 \Rightarrow \theta_H = \sqrt{k_2 P_{H_2}}\, \theta_*$

Θα είναι $\theta_{N_2} + \theta_H + \theta_* = 1 \Rightarrow k_1 P_{N_2} \theta_* + \sqrt{k_2 P_{H_2}}\, \theta_* + \theta_* = 1$

$$\Rightarrow \theta_* = \frac{1}{1 + k_1 P_{N_2} + \sqrt{k_2 P_{H_2}}}$$

$$\Rightarrow \theta_{N_2} = \frac{k_1 P_{N_2}}{1 + k_1 P_{N_2} + \sqrt{k_2 P_{H_2}}} \qquad \theta_H = \frac{\sqrt{k_2 P_{H_2}}}{1 + k_1 P_{N_2} + \sqrt{k_2 P_{H_2}}}$$

(β) αν στους παραπάνω τύπους $P_{N_2} = \dfrac{P_{N_2}}{P_{ολ}}$, $P_{H_2} = \dfrac{P_{H_2}}{P_{ολ}}$

θα ισχύει $P_{N_2} + P_{H_2} = 1$ και $P_{N_2} = 10 P_{H_2} \Rightarrow P_{N_2} = \frac{10}{11}$, $P_{H_2} = \frac{1}{11}$

$$k_1 P_{N_2} = \exp\left(-\frac{\Delta H_{AD}^{N_2}}{RT}\right)\frac{10}{11} = \exp\left(\frac{20 \cdot 10^3 \text{ J/mol}}{8.31 \text{ J/mol K } 273 \text{ K}}\right)\frac{10}{11} = 6128$$

$$\sqrt{k_2 P_{H_2}} = \left\{\exp\left(-\frac{\Delta H_{AD}^{H}}{RT}\right)\frac{1}{11}\right\}^{1/2} = \left\{\exp\left(\frac{60 \cdot 10^3 \text{ J/mol}}{8.31 \text{ J/mol K } 273 \text{ K}}\right)\frac{1}{11}\right\}^{1/2} =$$

$$= 166900$$

Αντικαθιστώ στις παραπάνω σχέσεις και βρίσκω ότι

$\theta_* = 5 \cdot 10^{-6}$ $\quad\theta_{N_2} = 0{,}04$ $\quad\theta_H = 0{,}96$

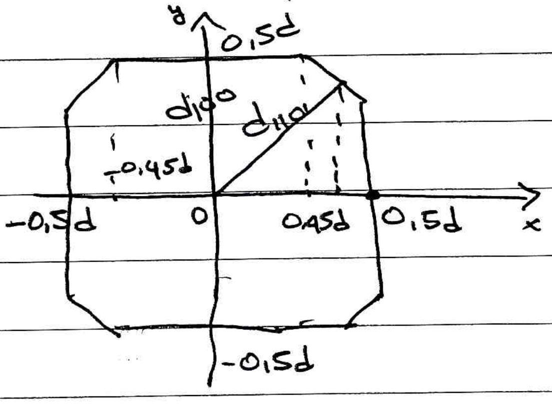
ΘΕΜΑ 2

Καταρχήν παρατηρούμε ότι εμφανίζονται μόνο οι επιφάνειες (100), (110) και (111). Επομένως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι όλες οι άλλες επιφάνειες (πχ η (210) ή η (312)) έχουν υψηλότερη επιφανειακή τάση.

Καθώς η (100) καταλαμβάνει μεγαλύτερο εμβαδόν από τις άλλες, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι έχει την χαμηλότερη επιφανειακή τάση.

Από τη γεωμετρία μπορώ να υπολογίσω και τους λόγους των επιφανειακών τάσεων:

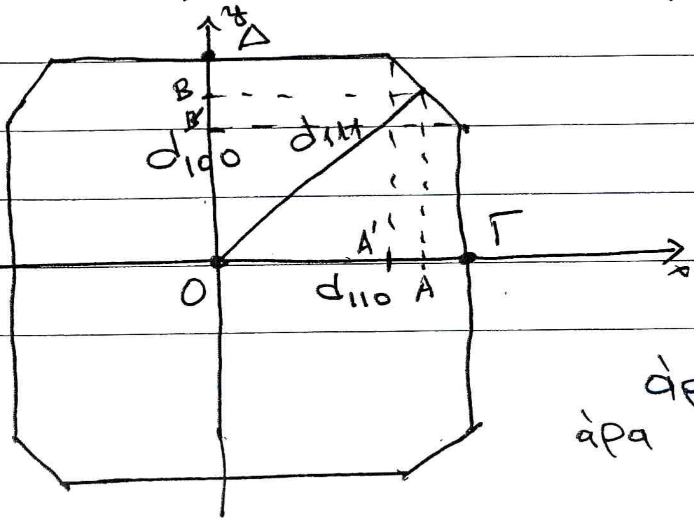
Θεωρώ τομή του σχήματος που περνάει από το κέντρο και είναι παράλληλη στην (100): Από το Θ. Wulff έχω



$$\frac{\gamma_{100}}{\gamma_{110}} = \frac{d_{100}}{d_{110}} = \frac{0{,}5d}{0{,}475\sqrt{2}\,d}$$

$$\Rightarrow \boxed{\gamma_{110} = 1{,}34\,\gamma_{100}}$$

Θεωρώ τώρα τομή του σχήματος η οποία περνάει από το κέντρο και είναι παράλληλη στην (110):



$$d_{111} = \sqrt{\left(d_{110} - \frac{A\Gamma}{2}\right)^2 + \left(d_{100} - \frac{\Delta B'}{2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{2}d_{110} + \frac{OA'}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}d_{100} + \frac{OB'}{2}\right)^2}$$

$$OA' = \frac{\sqrt{2}}{2}0{,}9d = 0{,}64d$$

$$OB' = \frac{1}{2}0{,}8d = 0{,}4d$$

άρα $d_{111} = 0{,}80$

άρα $\gamma_{111} = \frac{d_{111}}{d_{100}}\gamma_{100} \Rightarrow \boxed{\gamma_{111} = 1{,}60\,\gamma_{100}}$

ΘΕΜΑ 3

(α) $C=\frac{Q}{V}$ Για να βρώ την τάξη μεγέθους, αρκεί να πάρω μια απλή περίπτωση. Πχ για σφαίρα ακτίνας R

$V=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{R}$ άρα $C=4\pi\varepsilon_0 R$

άρα $P=\exp\left(-\frac{E}{kT}\right)=\exp\left(-\frac{e^2}{2CkT}\right)=\exp\left(-\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 RkT}\right)$

Πολ/ζω και διαιρώ με a_0 (ακτίνα Bohr) ώστε να δημιουργήσω τον όρο $\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 a_0}=13{,}6\ eV$

Για $T=300\ K$ $kT=0{,}025\ eV$

άρα $P=\exp\left(-\frac{13{,}6\ eV}{0{,}025\ eV}\frac{a_0}{R}\right)=\exp\left(-544\frac{a_0}{R}\right)$

Σε μακροσκοπικά συστήματα $R\approx 1cm \Rightarrow \frac{a_0}{R}=5\cdot 10^{-8}$

άρα $P\approx\exp(-10^{-6})\approx 1$

Η P είναι φθίνουσα συνάρτηση του R

για $R\sim a_0$ $P\approx\exp(-544)\approx 0$

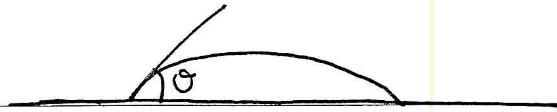
Στα νανοϋλικά απαιτείται αρκετή ενέργεια για να φορτιστούν. Αυτό έχει εφαρμογές στα ηλεκτρονικά, πχ σε τρανζίστορ όπου μπορούμε να έχουμε τον έλεγχο του αριθμού των ηλεκτρονίων. Αυτό γίνεται γιατί είναι απίθανη η φόρτιση ή αποφόρτιση λόγω θερμικών διεργασ

(β) $\exp\left(-\frac{E}{kT}\right)=\frac{1}{2} \Rightarrow \frac{E}{kT}=\ln 2 \Rightarrow \frac{e^2}{2CkT}=\ln 2$

$\Rightarrow \frac{5e^2}{\varepsilon_0 d kT}=\ln 2 \Rightarrow d=\frac{5e^2}{\ln(2)\,\varepsilon_0 kT}$

Με αντικατάσταση βρίσκω ότι $d=5\cdot 10^{-6}\ m$

ή $d=5\ \mu m$.



ΘΕΜΑ 4

Θα εξετάσουμε κατά πόσον μπορούμε να έχουμε συγκεντρωμένη τη σταγόνα όπως στο σχήμα.

Στον καθρέφτη: $\gamma^{καθ} = \gamma^{λαδ}\cos\theta + \gamma_{int}^{καθ-λαδ}$

$$\Rightarrow \quad 47 = 36\cos\theta + 30$$

$$\Rightarrow \quad \cos\theta = \frac{17}{36} \Rightarrow \theta = 62^\circ$$

Άρα όντως στον καθρέφτη η σταγόνα απλώνει μεν (αφού $\theta < 90^\circ$) αλλά λίγο.

Στο νερό αν είχα ίδια συμπεριφορά θα ήταν

$$\gamma^{νερ} = \gamma^{λαδ}\cos\theta + \gamma_{int}^{νερ-λαδ}$$

$$\Rightarrow 73 = 36\cos\theta + 30 \Rightarrow \cos\theta = \frac{43}{36} \text{ αδύνατο}$$

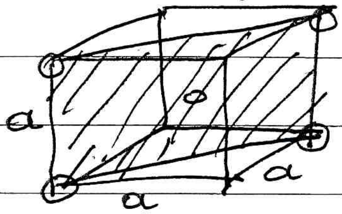
Άρα στο νερό έχω πλήρες άπλωμα του λαδιού. Ο λόγος είναι ότι $\gamma^{λαδ} << \gamma^{νερ}$ και το σύστημα κερδίζει ενέργεια καλύπτοντας όσο γίνεται περισσότερο νερό με λάδι.

Το πάχος του υμενίου δεν μπορεί όμως να είναι μικρότερο από το μέγεθος των μορίων του λαδιού, το οποίο είναι της τάξεως του 1nm. Αν έχω μια σταγόνα όγκου $1mm^3$ αυτή θα απλωθεί σε εμβαδόν A τέτοιο ώστε

$$1mm^3 = A \cdot 1nm \Rightarrow A = 1\,mm^3/nm \Rightarrow \boxed{A = 1m^2}$$

ΘΕΜΑ 5

Θα υπολογίσω την συγκέντρωση ατόμων στην $V(110)$:



Έχω $4\cdot\frac{1}{4}+1=2$ άτομα ανά εμβαδόν $a\cdot a\sqrt{2}=a^2\sqrt{2}$ άρα $n_s=\frac{2}{a^2\sqrt{2}}$

$\Rightarrow n_s = 1{,}54\cdot 10^{19}\ m^{-2}$

Στην ισορροπία, πέφτουν πάνω στην επιφάνεια μόρια με συχνότητα που δίνεται από τον τύπο του Knudsen:

$$Z=\frac{P}{\sqrt{2\pi m k T}}$$

Εδώ $P=10^{-9}\ \text{Torr} = 10^{-9}\frac{1}{760}\ \text{bar}$

$= 10^{-9}\frac{1}{760}\cdot 10^{5}\ N/m$

$\Rightarrow P = 1.32\cdot 10^{-7}\ N/m$

$m=\frac{M_{mol}}{N_A}=$ και $M_{mol}=32\ gr/mol$

άρα $m=\frac{32\cdot 10^{-3}\ kg/mol}{6.02\cdot 10^{23}\ mol^{-1}} \Rightarrow m = 5.32\cdot 10^{-26}\ kg$

Αντικαθιστώ και το $k=R/N_A$ και το $T=300K$ και βρίσκω $Z=3{,}55\cdot 10^{15}\ m^{-2}\ s^{-1}$.

Το Z δίνει συχνότητα ανά m^2 επιφάνειας. Για να βρώ τη συχνότητα πολ/ζω με το εμβαδόν ανά άτομο, ή, ισοδύναμα, διαιρώ με n_s:

$$r=\frac{Z}{n_s}=2{,}31\cdot 10^{-4}\ s^{-1}$$

Άρα ο χρόνος για να φτιαχτεί 1ML O_2 είναι $T=1/r \Rightarrow T=4330$ sec. Αφού όμως το O_2 διασπάται, θα απαιτείται ο μισός χρόνος, αφού με κάθε μόριο O_2 καλύπτονται δύο θέσεις.

ΘΕΜΑ 5 (συνέχεια)

άρα $T_{ML} = T/2 = 2165 \text{ sec}$

Ο χρόνος για να έχω 0,25 ML είναι προφανώς το 1/4 του T_{ML} δηλαδή $\boxed{541 \text{ sec}}$ ή περίπου 9 λεπτά.

(β) Πρέπει να υπολογίσω πόσο ζυγίζουν τα 0.25 ML του O_2. Αρκεί να βρω πόσα ~~τομοι~~ άτομα οξυγόνου περιέχονται (N). Τότε $m = N m_o$

όπου $m_o = \frac{1}{2} m_{O_2} = 2.66 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

$$N = 0.25 \frac{\text{συνολικό εμβαδόν}}{\text{εμβαδόν ανά άτομο}} = 0.25 \frac{A_{ολ}}{1/n_s}$$

$$N = 0.25 A_{ολ} n_s = 0.25 \cdot 100 \left(10^{-2} m\right)^2 1.54 \cdot 10^{19} m^{-2}$$

$$\Rightarrow N = 3.85 \cdot 10^{16}$$

άρα $m = N m_o \Rightarrow m = 1{,}02 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$

ή $\boxed{m = 1{,}02 \ \mu gr}$