# ΜΑΣ026 - Μαθηματικά για Μηχανικούς ΙΙ
# Εαρινό εξάμηνο 2020

Ασκήσεις 4ου Κεφαλαίου

**1.** Έστω $f(x,y) = x + \sqrt[3]{xy}$. Να υπολογιστούν τα:
i) $f(2,1)$ ii) $f(t,t^2)$ iii) $f(2y^2,4y)$

**Απάντηση:** i) $2+\sqrt[3]{2}$ ii) $2t$ iii) $2y^2+2y$

**2.** Έστω $f(x,y,z) = xy^2z^3+3$. Να υπολογιστούν τα:
i) $f(2,1,2)$ ii) $f(a,a,a)$ iii) $f(t,t^2,-t)$ iv) $f(a+b,a-b,b)$

**Απάντηση:** i) 19 ii) $a^6+3$ iii) $-t^8+3$ iv) $(a+b)(a-b)^2b^3+3$

**3.** Να προσδιοριστεί το πεδίο ορισμού των συναρτήσεων. Στην περίπτωση των δύο μεταβλητών να δοθεί κι ένα πρόχειρο σχέδιο.

i) $f(x,y) = \ln(1-x^2-y^2)$
ii) $f(x,y) = \sqrt{x^2+y^2-4}$
iii) $f(x,y) = \dfrac{1}{x-y^2}$
iv) $f(x,y) = \ln(xy)$
v) $f(x,y,z) = xe^{-\sqrt{y+2}}$
vi) $f(x,y,z) = \sqrt{25-x^2-y^2-z^2}$.

**Απάντηση:** i) $x^2+y^2<1$ ii) $x^2+y^2\geq 4$ iii) $x\neq y^2$ iv) 1ο και 3ο τεταρτημόριο v) $y\geq -2$ vi) $x^+y^2+z^\leq 25$

**4.** Να υπολογιστούν τα όρια ή να αποδειχθεί ότι δεν υπάρχουν.

i) $\lim\limits_{(x,y)\to(1,3)} 4(xy^2-x)$
ii) $\lim\limits_{(x,y)\to(-1,2)} \dfrac{xy^3}{x+y}$
iii) $\lim\limits_{(x,y)\to(0,0)} \dfrac{3}{x^2+2y^2}$
iv) $\lim\limits_{(x,y)\to(0,0)} \dfrac{x-y}{x^2+y^2}$
v) $\lim\limits_{(x,y)\to(0,0)} \dfrac{x^4-y^4}{x^2+y^2}$
vi) $\lim\limits_{(x,y)\to(0,0)} \dfrac{xy}{3x^2+2y^2}$
vii) $\lim\limits_{(x,y,z)\to(2,-1,2)} \dfrac{xz^2}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$

**Απάντηση:** i) 8 ii) -8 iii) δεν υπάρχει iv) δεν υπάρχει v) 0 vi) δεν υπάρχει vii) 8/3

**5.** Έστω $f(x,y) = e^{2x}\sin y$. Να υπολογιστούν τα:
i) $\dfrac{\partial f}{\partial x}$ ii) $\dfrac{\partial f}{\partial y}$ iii) $f_x(0,y)$ iv) $f_y(\ln 2, 0)$

**Απάντηση:** i) $2e^{2x}\sin y$ ii) $e^{2x}\cos y$ iii) $2\sin y$ iv) $4$

**6.** Να υπολογιστούν οι παρακάτω μερικές παράγωγοι.

i) $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ και $\dfrac{\partial z}{\partial y}$, για $z = 9x^2y - 3x^5y$

ii) $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ και $\dfrac{\partial z}{\partial y}$, για $z = xe^{\sqrt{15xy}}$

**Απάντηση:** i) $\dfrac{\partial z}{\partial x} = 18xy - 15x^4y$, $\dfrac{\partial z}{\partial y} = 2x^2 - 3x^5$ ii) $\dfrac{\partial z}{\partial x} = (1+\sqrt{15xy})e^{\sqrt{15xy}}$, $\dfrac{\partial z}{\partial y} = \dfrac{15x^2e^{\sqrt{15xy}}}{2\sqrt{15xy}}$

**7.** Έστω $f(x,y) = \sqrt{3x+2y}$.

i) Να υπολογιστεί η κλίση της επιφάνειας $z = f(x,y)$ στην $x$-κατεύθυνση στο $(4,2)$.

ii) Να υπολογιστεί ο ρυθμός μεταβολής ως προς $y$ της $f$ στο $(4,2)$.

**Απάντηση:** i) $3/8$ ii) $1/4$

**8.** Για τη συνάρτηση $f(x,y,z) = z\ln(x^2y\cos z)$ να υπολογιστούν οι $\dfrac{\partial f}{\partial x}$, $\dfrac{\partial f}{\partial y}$ και $\dfrac{\partial f}{\partial z}$.

**Απάντηση:** i) $\dfrac{\partial f}{\partial x} = 2z/x$, $\dfrac{\partial f}{\partial y} = z/y$, $\dfrac{\partial f}{\partial z} = \ln\bigl(x^2y\cos z\bigr) - \dfrac{z\sin z}{\cos z}$

**9.** Ένα σωματίδιο κινείται στην τομή του ελλειπτικού παραβολοειδούς $z = x^2 + 3y^2$ και του επιπέδου $y = 1$. Ποιος είναι ο ρυθμός μεταβολής του $z$ ως προς $x$ όταν το σωματίδιο βρίσκεται στο $(2,1,7)$;

**Απάντηση:** $4$

**10.** Ο όγκος $V$ ενός κυλίνδρου δίνεται από τον τύπο $V = \pi r^2 h$, όπου $r$ είναι η ακτίνα και $h$ το ύψος.

i) Ποιος είναι ο ρυθμός μεταβολής του $V$ ως προς $r$ όταν το $h$ είναι σταθερό;

ii) Ποιος είναι ο ρυθμός μεταβολής του $V$ ως προς $h$ όταν το $r$ είναι σταθερό;

iii) Αν $h = 4$ και το $r$ μεταβάλλεται ελεύθερα, ποιος είναι ο ρυθμός μεταβολής του $V$ ως προς $r$ όταν $r = 6$;

**Απάντηση:** i) $2\pi rh$ ii) $\pi r^2$ iii) $48\pi$

**11.** Για την συνάρτηση $f(x,y) = 4x^2 - 8xy^4 + 7y^5 - 3$ να αποδειχθεί ότι $f_{xy} = f_{yx}$.

**Απάντηση:** $f_{xy} = f_{yx} = -32y^3$

**12.** Για την συνάρτηση $f(x,y) = x^3y^5 - 2x^2y + x$ να υπολογιστούν οι παράγωγοι $f_{xxy}$, $f_{yxy}$ και $f_{yyy}$.

**Απάντηση:** $f_{xxx} = 6y^5$, $f_{yxy} = 60x^2y^3$, $f_{yyy} = 60x^3y^2$

**13.** Να χαρακτηριστεί η κάθε πρόταση ως σωστή (Σ) ή λάθος (Λ) και να αιτιολογηθεί η απάντησή σας.

i) Αν υπάρχουν οι μερικές παράγωγοι της συνάρτηση $f(x,y)$ στο σημείο $(x_0,y_0)$, τότε η $f$ είναι παραγωγίσιμη στο $(x_0,y_0)$.

ii) Αν οι $f_x$ και $f_y$ είναι συνεχείς στο $(0,0)$, τότε και η $f(x,y)$ είναι συνεχής στο $(0,0)$.

**Απάντηση:** Λάθος, Σωστό

**14.** Να υπολογιστεί η παράγωγος $dz/dt$ χρησιμοποιώντας τον κανόνα αλυσίδας.

i) $z = 3x^2y^3$, $x = t^4$, $y = t^2$

ii) $z = \ln(2x^2 + y)$, $x = \sqrt{t}$, $y = t^{2/3}$

iii) $z = 3\cos x - sin(xy)$, $x = 1/t$, $y = 3t$

**Απάντηση:** i) $42t^{13}$ ii) $\dfrac{1}{2t + t^{2/3}}\left(2 + \dfrac{2}{3}t^{-1/3}\right)$ iii) $-\dfrac{3}{t^2}\sin\dfrac{1}{t}$

**15.** Να υπολογιστεί η παράγωγος $dw/dt$ χρησιμοποιώντας τον κανόνα αλυσίδας.

i) $w = 5x^2y^3z^4$, $x = t^2$, $y = t^3$, $z = t^5$

ii) $w = 5\cos(xy) - \sin(xz)$, $x = 1/t$, $y = t$, $z = t^3$

**Απάντηση:** i) $165t^{32}$ ii) $-3t\cos t^2$

**16.** Να υπολογιστούν οι μερικές παράγωγοι $\dfrac{\partial z}{\partial u}$ και $\dfrac{\partial z}{\partial v}$ χρησιμοποιώντας τον κανόνα αλυσίδας.

i) $z = 8x^2y - 2x + 3y$, $x = uv$, $y = u - v$

ii) $z = x/y$, $x = 2\cos u$, $y = 3\sin v$

**Απάντηση:** i) $\dfrac{\partial z}{\partial u} = 24u^2v^2 - 16uv^3 - 2v + 3$, $\dfrac{\partial z}{\partial v} = 16u^3v - 24u^2v^2 - 2u - 3$ ii) $\dfrac{\partial z}{\partial u} = -dfrac2\sin u3\sin v$, $\dfrac{\partial z}{\partial v} = -\dfrac{2\cos u\cos v}{3\sin^2 v}$

**17.** Να βρεθούν οι μερικές παράγωγοι χρησιμοποιώντας κανόνα αλυσίδας.

i) $dR/d\phi$, $R = e^{2s - t^2}$, $s = 3\phi$, $t = \phi^{1/2}$

ii) $\dfrac{dw}{dx}$, $w = 3xy^2z^3$, $y = 3x^2 + 2$, $z = \sqrt{x - 1}$.

**Απάντηση:** i) $5e^{5\phi}$ ii) $\dfrac{3}{2}(3x^2 + 2)(39x^3 - 30x^2 + 10x - 4)\sqrt{x - 1}$

**18.** Να βρεθούν οι μερικές παράγωγοι $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ και $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ στις παρακάτω περιπτώσεις.

i) $x^2 - 3yz^2 + xyz - 2 = 0$

ii) $ye^x - 5\sin(3z) = 3z$

**Απάντηση:** i) $\dfrac{\partial z}{\partial x} = \dfrac{2x + yz}{6yz - xy}$, $\dfrac{\partial z}{\partial y} = \dfrac{3z^2 - xz}{xy - 6yz}$ ii) $\dfrac{\partial z}{\partial x} = \dfrac{ye^x}{15\cos(3z) + 3}$, $\dfrac{\partial z}{\partial y} = \dfrac{e^x}{15\cos(3z) + 3}$

**19.** Να βρεθεί η $D_{\vec{u}}f$ στο σημείο $P$.

i) $f(x, y) = (1 + xy)^{3/2}$, $P(3, 1)$, $\vec{u} = \dfrac{1}{\sqrt{2}}\imath + \dfrac{1}{\sqrt{2}}\jmath$

ii) $f(x, y) = \sin(5x - 3y)$, $P(3, 5)$, $\vec{u} = \frac{3}{5}\imath - \frac{4}{5}\jmath$

iii) $f(x, y) = \ln(1 + x^2 + y)$, $P(0, 0)$, $\vec{u} = -\dfrac{1}{\sqrt{10}}\imath - \dfrac{3}{\sqrt{10}}\jmath$

iv) $f(x, y, z) = 4x^5y^2z^3$, $P(2, -1, 1)$, $\vec{u} = \frac{1}{3}\imath + \frac{2}{3}\jmath - \frac{2}{3}k$

**Απάντηση:** i) $6\sqrt{2}$ ii) $\dfrac{27}{5}$ iii) $-3/\sqrt{10}$ iv) $-320$

**20.** Να βρεθεί η κατευθυνόμενη παράγωγος της $f$ στο $P$ στην κατεύθυνση του $\vec{a}$.

i) $f(x, y) = 4x^3y^2$, $P(2, 1)$, $\vec{a} = 4\imath - 3\jmath$

ii) $f(x, y, z) = \dfrac{z - x}{z + y}$, $P(1, 0, -3)$, $\vec{a} = -6\imath + 3\jmath - 2k$.

**Απάντηση:** i) 0 ii) $-8/63$

**21.** Να βρεθεί η κατευθυνόμενη παράγωγος της $f$ στο $P$ στην κατεύθυνση του διανύσματος που σχηματίζει γωνία $\theta$ με τον θετικό άξονα $x$.

i) $f(x, y) = \sqrt{xy}$, $P(1, 4)$, $\theta = \pi/3$

ii) $f(x, y) = \dfrac{x - y}{x + y}$, $P(-1, -2)$, $\theta = \pi/2$

**Απάντηση:** i) $1/2 + \sqrt{3}/8$ ii) $2/9$

**22.** Έστω ότι $D_{\vec{u}}f(1, 2) = -5$ και $D_{\vec{v}}f(1, 2) = 10$, όπου $\vec{u} = \dfrac{3}{5}\imath - \dfrac{4}{5}\jmath$ και $\vec{v} = \dfrac{4}{5}\imath + \dfrac{3}{5}\jmath$.

i) Να βρεθούν τα $f_x(1, 2)$ και $f_y(1, 2)$.

ii) Να βρεθεί η κατευθυνόμενη παράγωγος της $f$ στο $(1, 2)$ στην κατεύθυνση που δείχνει στην αρχή των αξόνων.

**Απάντηση:** i) $f_x(1, 2) = 5$, $f_y(1, 2) = 10$ ii) $-5\sqrt{5}$

**23.** Έστω $f_x(-5, 1) = -3$ και $f_y(-5, 1) = 2$. Να βρεθεί η κατευθυνόμενη παράγωγος της $f$ στο $P(-5, 1)$ στην κατεύθυνση από το $P$ στο $Q(-4, 3)$.

**Απάντηση:** $1/\sqrt{5}$

**24.** Να βρεθεί μοναδιαίο διάνυσμα στην κατεύθυνση γρηγορότερης αύξησης της $f$ στο $P$ και ο ρυθμός μεταβολής σε εκείνη την κατεύθυνση.

i) $f(x, y) = 4x^3y^2$, $P(-1, 1)$

ii) $f(x, y, z) = x^3z^2 + y^3z + z - 1$, $P(1, 1, -1)$

iii) $f(x, y, z) = \dfrac{x}{z} + \dfrac{z}{y^2}$, $P(1, 2, -2)$

**Απάντηση:** i) $(3/\sqrt{13}, -2/\sqrt{13})$, $4\sqrt{13}$ ii) $(1/\sqrt{2}, -1/\sqrt{2})$, $3\sqrt{2}$ iii) $(-1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}, 0)$, $\sqrt{2}/2$

**25.** Να βρεθεί μοναδιαίο διάνυσμα στην κατεύθυνση γρηγορότερης μείωσης της $f$ στο $P$ και ο ρυθμός μεταβολής σε εκείνη την κατεύθυνση.

i) $f(x, y) = 20 - x^2 - y^2$, $P(-1, -3)$

ii) $f(x, y, z) = 4e^{xy}\cos z$, $P(0, 1, \pi/4)$

**Απάντηση:** i) $(-1/\sqrt{10}, -3/\sqrt{10})$, $-2\sqrt{10}$ ii) $(-\dfrac{1}{2\sqrt{2}}, 0, -\dfrac{1}{2\sqrt{2}})$, $-4$

**26.** Να χαρακτηριστεί η κάθε πρόταση ως σωστή (Σ) ή λάθος (Λ) και να αιτιολογηθεί η απάντησή σας.

i) Αν $\vec{v} = 2\vec{u}$ τότε η κατευθυνόμενη παράγωγος της $f$ στην κατεύθυνση του $\vec{v}$ είναι διπλάσια από την κατευθυνόμενη παράγωγο στην κατεύθυνση του $\vec{u}$ σε ένα σημείο $(x_0, y_0)$.

ii) Αν $\vec{u}$ είναι μοναδιαίο διάνυσμα και $D_{\vec{u}}f(x,y) = 0$ για κάθε $(x,y)$, τότε η $f$ είναι σταθερή.

**Απάντηση:** i) Λάθος ii) Λάθος

**27.** Η κατευθυνόμενη παράγωγος της $f(x,y,z)$ στο $(3,-2,1)$ στην κατεύθυνση του $\vec{a} = 2\imath - \jmath - 2k$ είναι $-5$ και $\|\nabla f(3,-2,1)\| = 5$, να βρεθεί το $\nabla f(3,-2,1)$.

**Απάντηση:** $(-10/3, 5/3, 10/3)$

**28.** Να βρεθεί η εξίσωση του εφαπτόμενου επιπέδου και οι παραμετρικές εξισώσεις της κάθετης ευθείας στο σημείο $P$.

i) $x^2 + y^2 + z^2 = 25$, $P(-3,0,4)$

ii) $x^2 - xyz = 56$, $P(-4,5,2)$

iii) $z = e^{3y}\sin 3x$, $P(\pi/6, 0, 1)$

**Απάντηση:** i) $-3x + 4z - 25 = 0$, $x = -3 - 6t, y = 0, z = 4 + 8t$ ii) $-18x + 8y + 20x - 152 = 0$, $x = -4 - 18t, y = 5 + 8t, z = 2 + 20t$ iii) $-3y + z = 1$, $x = \pi/6, y = -3t, z = 1 + t$

**29.** Έστω το ελλειψοειδές $x^2 + y^2 + 4z^2 = 12$.

i) Να βρεθεί η εξίσωση του εφαπτόμενου επιπέδου στο $(2,2,1)$.

ii) Να βρεθούν οι παραμετρικές εξισώσεις της κάθετης ευθείας στο $(2,2,1)$.

iii) Να βρεθεί η γωνία του εφαπτόμενου επιπέδου στο $(2,2,1)$ με το $xy$-επίπεδο.

**Απάντηση:** i) $x + y + 2z - 6 = 0$ ii) $x = 2 + 4t, y = 2 + 4t, z = 1 + 8t$ iii) $\cos\theta = 2/\sqrt{6}$, $\theta \approx 35,26^o$

**30.** Να βρεθούν τα σημεία της επιφάνειας στα οποία το εφαπτόμενο επίπεδο είναι οριζόντιο.

i) $z = x^3y^2$

ii) $z = x^2 - xy + y^2 - 2x + 4y$

**Απάντηση:** i) $(x,0,0)$, $(0,y,0)$ ii) $(0,-2,-4)$

**31.** Να βρεθεί σημείο της επιφάνειας $z = 3x^2 - y^2$ στο οποίο το εφαπτόμενο επίπεδο είναι παράλληλο στο επίπεδο $6x + 4y - z = 5$.

**Απάντηση:** $(1,2,-1)$

**32.** Να δειχθεί ότι κάθε ευθεία κάθετη στη σφαίρα $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

**33.** Να βρεθούν τα τοπικά μέγιστα ή ελάχιστα και τα σαγματικά σημεία.

i) $f(x,y) = y^2 + xy + 3y + 2x + 3$

ii) $f(x,y) = xy - x^3 - y^2$

iii) $f(x,y) = x^2 + y^2 + \dfrac{2}{xy}$

**Απάντηση:** i) Σαγματικό σημείο στο $(1,2)$ ii) Σαγματικό σημείο στο $(0,0)$, τοπικό ελάχιστο στο $(1/6, 1/12)$ iii) Τοπικά ελάχιστα στα $(1,1)$ και $(-1,-1)$

**34.** Να βρεθούν τα ολικά ακρότατα της συνάρτησης στο χωρίο $R$.

i) $f(x,y) = xy - x - 3y$, $R$ το τρίγωνο με κορυφές $(0,0)$, $(0,4)$ και $(5,0)$

ii) $f(x,y) = x^2 - 3y^2 - 2x + 6y$, $R$ το τετράγωνο με κορυφές $(0,0)$, $(0,2)$, $(2,2)$ και $(2,0)$.

iii) $f(x,y) = x^2 + 2y^2 - x$, $R$ ο δίσκος $x^2 + y^2 \leq 4$

**Απάντηση:** i) Μέγιστη τιμή $0$, ελάχιστη τιμή $-12$ ii) μέγιστη τιμή $3$, ελάχιστη τιμή $-1$ iii) μέγιστη τιμή $33/4$, ελάχιστη τιμή $-1/4$

**35.** Να βρεθούν τρεις θετικοί αριθμοί με άθροισμα $48$ και μέγιστο δυνατό γινόμενο.

**Απάντηση:** $x = y = z = 16$

**36.** Να βρεθούν τα σημεία του επιπέδου $x + y + z = 5$ στο πρώτο οκτημόριο ($x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0$) στα οποία η $f(x,y,z) = xy^2z^2$ έχει μέγιστη τιμή.

**Απάντηση:** $(1,2,2)$

**37.** Ένα κλειστό ορθογώνιο κουτί με όγκο $16cm^3$ φτιάχνεται από δύο υλικά. Οι άνω και κάτω έδρες φτιάχνονται από υλικό που κοστίζει 0,10€ ανά $cm^2$ ενώ οι παράπλευρες έδρες φτιάχνονται από υλικό που κοστίζει 0,05€ ανά $cm^2$. Να βρεθούν οι διαστάσεις του κουτιού που ελαχιστοποιούν το κόστος των υλικών.

**Απάντηση:** $x = 2, y = 2, z = 4$

**38.** Βρείτε τα ακρότατα της συνάρτησης υπό τη δοσμένη συνθήκη με τη μέθοδο των πολλαπλασιαστών Lagrange.

i) $f(x,y) = 4x^3 + y^2$, $2x^2 + y^2 = 1$

ii) $f(x,y,z) = 2x + y - 2z$, $x^2 + y^2 + z^2 = 4$

iii) $f(x,y,z) = xyz$, $x^2 + y^2 + z^2 = 1$.

**Απάντηση:** i) Μέγιστη τιμή $\sqrt{2}$, ελάχιστη τιμή $-\sqrt{2}$ ii) μέγιστη τιμή $6$, ελάχιστη τιμή $-6$ iii) μέγιστη τιμή $\dfrac{1}{3\sqrt{3}}$, ελάχιστη τιμή $-\dfrac{1}{3\sqrt{3}}$

**39.** Να βρεθεί διάνυσμα στον χώρο με μήκος $5$ και μέγιστο δυνατό άθροισμα συντεταγμένων.

**Απάντηση:** $\vec{v} = (5/\sqrt{3}, 5/\sqrt{3}, 5/\sqrt{3})$

**40.** Να βρεθούν διαστάσεις ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου με μέγιστο όγκο που να εγγράφεται σε σφαίρα ακτίνας $a$.

**Απάντηση:** $x = y = z = 2a/\sqrt{3}$.