ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Ακ. Έτος 2020 - 2021

Στα προηγούμενα …

- ✓ Εκροή Αερίου από Δεξαμενή
- ✓ Εκροή Αερίου από Δεξαμενή με υψηλή ταχύτητα (Free jet)
- ✓ Εκροή Υγρού από Δεξαμενή
- ✓ Εκροή υγρών-ατμού σε ισορροπία (κατάσταση κορεσμού) από Δεξαμενή
- ✓ Εκροή υγροποιημένου αερίου από Δεξαμενή
- ✓ Εκροή Αερίου από σωλήνα
- ✓ Εκροή Υγρού από σωλήνα
- ✓ Επιπτώσεις τοξικότητας – ακτινοβολίας – ωστικού κύμματος
- ✓ Γλώσσα φωτιάς
- ✓ Φωτιά λίμνης
- ✓ Πύρινη σφαίρα
- ✓ Έκρηξη αέριου νέφους

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 2

Βυτιοφόρο χωρητικότητας 20 m^3 είναι γεμάτο κατά το 1/4 με βενζίνη. Μετά από σύγκρουση με ΙΧ διαρρέει στο δρόμο όλη η βενζίνη δημιουργώντας λίμνη πάχους 3 cm η οποία στη συνέχεια αναφλέγεται. Να υπολογιστεί η πιθανότητα θανάτων και εγκαυμάτων 1ου και 2ου βαθμού σε απόσταση 10m από το κέντρο της φλόγας.

Δεδομένα:

ρ_{vl} = πυκνότητα βενζίνης 740 kg/m^3

h_c = θερμότητα καύσης υγρού 43700 kJ/kg

h_v = θερμότητα εξάτμισης υγρού 370 kJ/kg

T_b = θερμοκρασία βρασμού 473 K

c_{vl} = ειδική θερμότητα του υγρού 2.32 kJ/(kgK)

ρ_α = πυκνότητα αέρα 1.21 kg/m^3

T_a = θερμοκρασία περιβάλλοντος 20 ^oC

F = ποσοστό ακτινοβολίας (view factor) 0.445

τ_α= ατμοσφαιρική διαπερατότητα 0.95

Θεωρείστε:

- *Η ακτινοβολούμενη ισχύς περιορίζεται κατά 55% λόγω καπνού*
- *Η ροή θερμικής ακτινοβολίας q(x) είναι 1 kw/m^2 σε απόσταση 50 m από το κέντρο της φλόγας*
- *Θερινή περίοδος*

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 2

1. Εκτίμηση φαινομένου

Φωτιά λίμνης – Θερμική ακτινοβολία

0.95 για θερινή ένδυση

2. Ζητούμενο

Πιθανότητα θανάτων και εγκαυμάτων 1ου και 2ου βαθμού

$P = F_k - 1/2 \cdot \{1 + \text{erf}\,[(P_r - 5)/\text{sqrt}(2)]\}$ με $P_r = c_1 + c_2 \cdot \ln(D)$

σε $(W/m^2)^{4/3}$ s

Συνεπώς θα πρέπει να υπολογιστεί η δόση θερμικής ακτινοβολίας σε απόσταση 10m.

3. Απορία

Ακίνητος ή κινούμενος παρατηρητής?

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 2

3α. Ακίνητος παρατηρητής

$D = q(x)^{4/3} \cdot t_{eff}$

$q(x) = E \cdot F \cdot \tau\alpha$

$E = 0,35 \cdot m'' \cdot h_c / (72\, m''^{0,61} + 1)$

$m'' = h_c \cdot 10^{-3} / (h_v + c_{vl} \cdot \Delta T)$ αφού $T_b > T_a$

$t_{eff} = ;$

Για φαινόμενο “bleve” ο χρόνος έκθεσης ακίνητου παρατηρητή λαμβάνεται ίσος με τη διάρκεια του φαινομένου, ενώ για “pool fire” ίσος με 40 sec (υποσημείωση Πίνακα 3, σελ. 131 για τις ζώνες επικινδυνότητας θερμικής ακτινοβολίας)

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 2

3α. Ακίνητος παρατηρητής

$m'' = h_c \cdot 10^{-3} / (h_v + c_{vl} \cdot \Delta T) = \ldots = 0,0555 \text{ kg/m}^2\text{s}$

$E = 0,35 \cdot m'' \cdot h_c / (72\, m''^{0,61} + 1) = \ldots = 63,6212 \text{ kW/m}^2$

$q(x) = E \cdot F \cdot \tau\alpha = \ldots = 26,8959 \text{ kW/m}^2$

$D = q(x)^{4/3} \cdot t_{eff} = \ldots = 3223,3520 \text{ (kW/m}^2)^{4/3} \text{ s} = 3,2234 \cdot 10^3 \text{ (kW/m}^2)^{4/3} \text{ s}$

$3,2234 \cdot 10^7 \text{ (W/m}^2)^{4/3} \text{ s}$

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 2

3α. Ακίνητος παρατηρητής

	Εγκαύματα 1ου βαθμού	Εγκαύματα 2ου βαθμού	Θάνατοι
c_1	-39,83	-43,14	-36,38
c_2	3,0186	3,0186	2,56
P_r	**12,3571**	**9,0471**	**7,8786**
$Z = [(P_r-5)/sqrt(2)]$	**5,2023**	**2,8617**	**2,0355**
erf(Z)	**1,0000**	**0,9998**	**0,9955**
P (%)	**0,9500 (95,00%)**	**0,9499 (94,99%)**	**0,9479 (94,79%)**

Ισχύει για $x > 0$ και σφάλμα < 0.0005 :

$\text{erf}(x) = 1 - (1 + 0.278393x + 0.230389x^2 + 0.000972x^3 + 0.078108x^4)^{-4}$

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 2

3β. Κινούμενος παρατηρητής

$m'' = h_c \cdot 10^{-3} / (h_v + c_{vl} \cdot \Delta T) = \ldots = 0{,}0555\ kg/m^2s$

$E = 0{,}35 \cdot m'' \cdot h_c / (72\ m''^{0,61} + 1) = \ldots = 63{,}6212\ kW/m^2$

$q(x) = E \cdot F \cdot \tau\alpha = \ldots = 26{,}8959\ kW/m^2$

$t_{eff} = (x_o - r)/u + t_r = \ldots = 15\ s$

xo = 50m και r = 10m

Μέσες τιμές αντίδρασης: t_r = 5 sec και u = 4 m/s

$$D = q(x)^{4/3} \cdot t_r + \int_{t_r}^{t_{eff}} (q(x')^{4/3} \cdot dt)$$

Όμως δεν γνωρίζουμε την ακριβή εξάρτηση του q από το x

Καταχρηστικά λοιπόν:

$D = q(x)^{4/3} \cdot t_{eff} = \ldots = 1208{,}7570\ (kW/m^2)^{4/3}\ s = 1{,}2088 \cdot 10^3\ (kW/m^2)^{4/3}\ s$

$1{,}2088 \cdot 10^7\ (W/m^2)^{4/3}\ s$

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 2

3β. Κινούμενος παρατηρητής

	Εγκαύματα 1ου βαθμού	Εγκαύματα 2ου βαθμού	Θάνατοι
c_1	-39,83	-43,14	-36,38
c_2	3,0186	3,0186	2,56
P_r	**9,3964**	**6,0864**	**5,3677**
$Z = [(P_r-5)/sqrt(2)]$	**3,1087**	**0,7682**	**0,2600**
erf(Z)	**1,0000**	**0,7222**	**0,2872**
P (%)	**0,9500** (95,00%)	**0,8181** (81,81%)	**0,6114** (61,14%)

Ισχύει για $x > 0$ και σφάλμα < 0.0005 :

$\text{erf}(x) = 1 - (1 + 0.278393x + 0.230389x^2 + 0.000972x^3 + 0.078108x^4)^{-4}$

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 2

3γ. Κινούμενος παρατηρητής

$E = 0,35 \cdot m'' \cdot h_c / (72\ m''^{0,61} + 1) = \ldots = 63,6212\ kW/m^2$

$E' = E \cdot 0,55 = 34,9917\ kW/m^2$, επίδραση καπνού

$q(x) = E \cdot F \cdot \tau\alpha = \ldots = 14,7927\ kW/m^2$ και $D = 5,4470 \cdot 10^6\ (W/m^2)^{4/3}\ s$

	Εγκαύματα 1ου βαθμού	Εγκαύματα 2ου βαθμού	Θάνατοι
c_1	-39,83	-43,14	-36,38
c_2	3,0186	3,0186	2,56
P_r	**6,9902**	**3,6802**	**3,3271**
$Z = [(P_r-5)/sqrt(2)]$	**1,4073**	**-0,9332**	**-1,1829**
erf(Z), για Z>0	**0,9538**	**0,8129**	**0,9061**
P (%)	**0,9281 (92,81%)**	**0,0889 (8,89%)**	**0,0446 (4,46%)**

Ισχύει erf (-x) = - erf (x) και
για x > 0 και σφάλμα < 0.0005 :
$\text{erf}(x) = 1 - (1 + 0.278393x + 0.230389x^2 + 0.000972x^3 + 0.078108x^4)^{-4}$

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 2

4. Υπολογισμός ύψους φλόγας

$h_f = 42 \cdot d_p \cdot (m'' / (\rho_a \cdot (g \cdot d_p)^{1/2})^{0,61}$

$r_p^2 = (C'' \cdot g \cdot \delta_{vl,o}) \cdot t_e^2 + r_{p,o}^2 = \dots$

Όμως ξέρω πάχος λίμνης (δ_{vl} = 3 cm)

Αν θεωρήσω

Ομοκεντρική διασπορά τότε έχω σχηματισμό κυλίνδρου με ακτίνα r_p και ύψος δ_{vl}

και ισχύει $V_p = \pi \cdot r_p^2 \cdot \delta_{vl}$

Όπου $V_p = ¼ \cdot V_{βυτίου}$

Έχω λοιπόν

$V_p = \dots = 5\ m^3$

$r_p = sqrt [V_p / (\pi \cdot \delta_{vl})] = \dots = 7,2837\ m \Longrightarrow d_p = 2 \cdot r_p = 14,5673\ m$

$h_f = \dots = 20,5488\ m$

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 3

Δεξαμενή αμμωνίας (NH_3) περιβάλλεται από ανάχωμα ακτίνας 30m και ύψους 5m. Κατά τη διάρκεια της νύχτας προκαλείται ρήγμα στη δεξαμενή με αποτέλεσμα τη στιγμιαία διαρροή της αποθηκευμένης αμμωνίας εντός του αναχώματος και τη δημιουργία σχετικής λίμνης.
Να υπολογίσετε το ρυθμό εξάτμισης σε χρόνο (t) δύο ώρες μετά το συμβάν.

Δεδομένα:

MB = 17,031 gr/mol

P_o = 1 atm

u_{air} = 0 m/s

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 3

1. Εκτίμηση φαινομένου

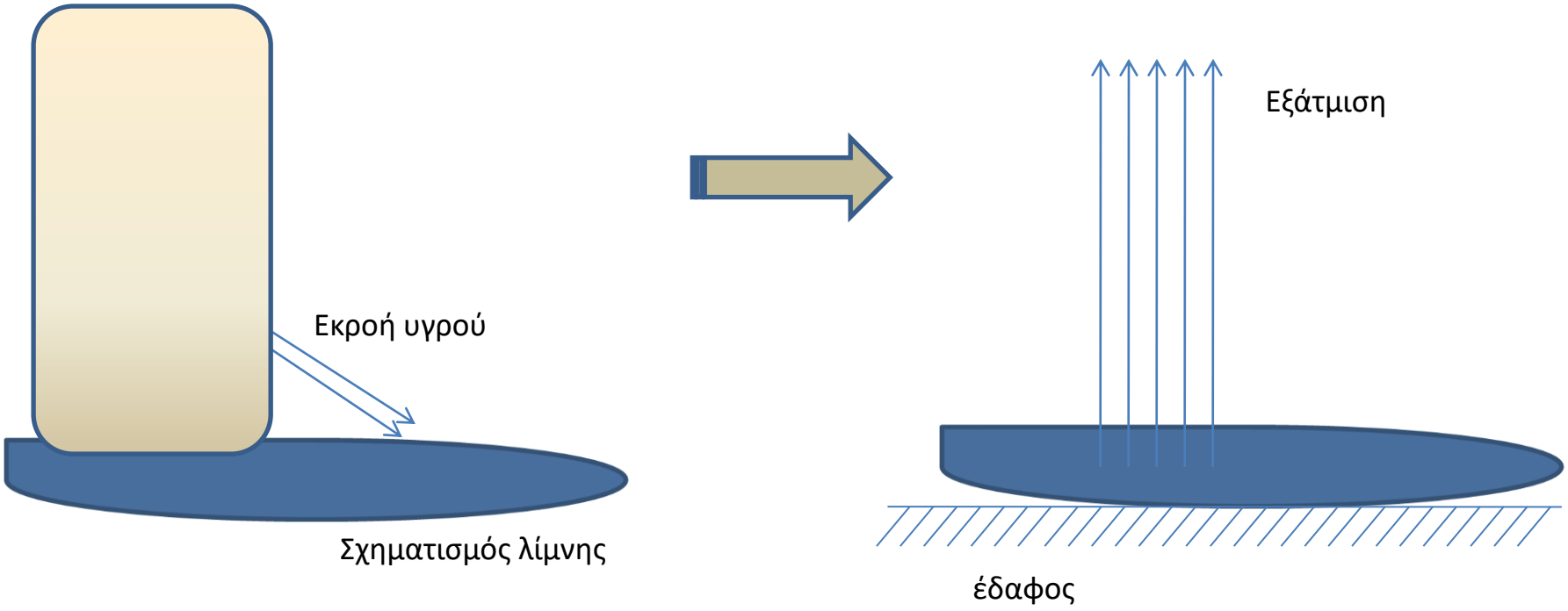
Temperature			Pressure			Vacuum [1]	
[K]	[°C]	[°F]	[MPa]	[bara]	[psia]	[mm Hg], [torr]	[in Hg]
222	-51.1	-60	0.0386	0.39	5.6	460	18.1
223	-50.0	-58	0.0407	0.41	5.9	445	17.5
224	-49.4	-57	0.0421	0.42	6.1	435	17.1
224	-48.9	-56	0.0434	0.43	6.3	424	16.7
238	-35.0	-31	0.0931	0.93	13.5	52	2.0
239	-34.4	-30	0.0958	0.96	13.9	31	1.2
239	-33.9	-29	0.0986	0.99	14.3	11	0.4
240	-33.3	-28	0.1014	1.01	14.7	0	
240	-32.8	-27	0.1041	1.04	15.1	0.4	
241	-32.2	-26	0.1076	1.08	15.6	0.9	
241	-31.7	-25	0.1103	1.10	16.0	1.3	
242	-31.1	-24	0.1131	1.13	16.4	1.7	

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 3

1. Εκτίμηση φαινομένου

Με δεδομένο ότι σχηματίζεται λίμνη μιλάμε για αποθήκευση αμμωνίας σε μορφή υγρού σε χαμηλή θερμοκρασία (< -33,3 ^{o}C).



Εξάτμιση = f (προσφερόμενη θερμότητα, διαπερατότητα εδάφους, φράγμα …)

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 3

2. Βήματα επίλυσης

Βήμα 1ο: Καθορισμός προβλήματος

Μιλάμε για εξάτμιση λίμνης υγρού από καθορισμένα όρια.

- Προσφορά θερμότητας μόνο από το υπέδαφος αφού:
  - ✓ ηλιακή ακτινοβολία αμελητέα (συμβάν τη νύχτα)
  - ✓ δεν έχω συναγωγή αφού επικρατεί άπνοια
- Υπέδαφος
  - ✓ διαπερατό ή μη διαπερατό ;
  - ✓ υλικό ;
  - ✓ θερμοκρασία ;
- ύπαρξη φράγματος
  - ✓ επιφάνεια λίμνης;

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 3

2. Βήματα επίλυσης

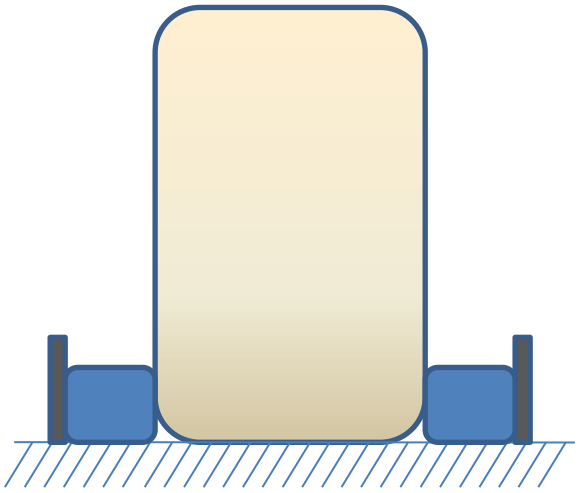
- Υπέδαφος

  Δεδομένα:
  - ✓ μη διαπερατό
  - ✓ αμμοχάλικο
  - ✓ $T_{εδ} = 15^oC$

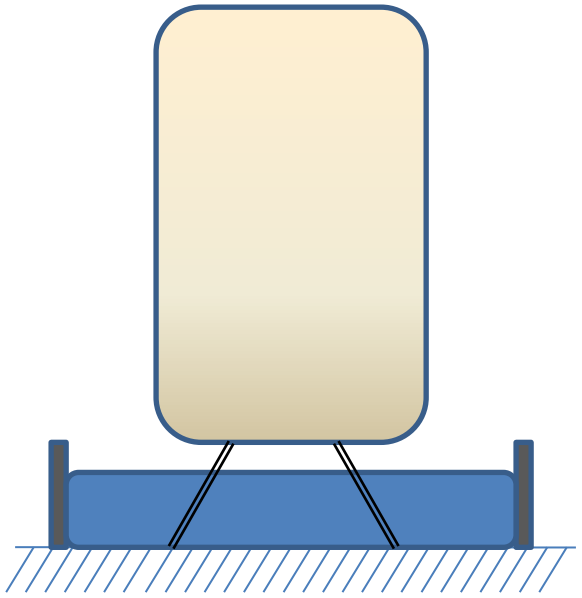
- ύπαρξη φράγματος

Επιφάνεια εξάτμισης

Επιφάνεια φράγματος – Επιφάνεια δεξαμενής



ή



Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 3

2. Βήματα επίλυσης

Βήμα 2ο: Υπολογισμός ρυθμού εξάτμισης

$$\dot{m}'_{pool} = \dot{m}''_s A_b = eA_b t^{-\frac{1}{2}}$$

- Συντελεστής e

$$e = \frac{\lambda_s (T_s - T_k)}{h_v (\pi \alpha_s)^{1/2}}$$

Σελ. 71, 73 βιβλίο

Συντελεστή αγωγής υπεδάφους (αμμοχάλικο) , λ_s = 2,5 W/(mK)

Θερμοκρασιακός συντελεστής υπεδάφους (αμμοχάλικο) , $\alpha_s = 11 \cdot 10^{-7}$ m^2/s

Θερμότητα εξάτμισης αμμωνίας , $h_v = 13,7 \cdot 10^5$ J/kg

T_s = 273+15 = 288 K , θερμοκρασία υπεδάφους

T_k = 273+(-33,3) = 239,7 K , σημείο ζέσεως αμμωνίας

$e = 0,047$ kg/($m^2 s^{1/2}$)

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 3

2. Βήματα επίλυσης

Βήμα 2ο: Υπολογισμός ρυθμού εξάτμισης

- Επιφάνεια εξάτμισης $A_b = A_f - A_d$

  Επιφάνεια φράγματος $A_f = \pi (r_f)^2 = 2827{,}43\ m^2$

  Επιφάνεια δεξαμενής $A_d = \pi (r_d)^2 = \ldots\ldots\ m^2$

Θεωρώντας ότι η δεξαμενή είναι υπερυψωμένη μπορεί να θεωρεί ότι το Ad δεν επηρεάζει την επιφάνεια εξάτμισης και άρα $A_b = A_f$

$$\dot{m}'_{pool} = 1{,}58\ kg/s$$

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 4

1. Να υπολογιστεί το μέγιστο ύψος του κέντρου μίας πύρινης σφαίρας η οποία δημιουργείται από την ακαριαία ανάφλεξη προπανίου από έκρηξη δεξαμενής 45m^3.
2. Ποια η ακτίνα της πύρινης σφαίρας;
3. Να υπολογιστεί η δόση θερμικής ακτινοβολίας σε απόσταση 200m από το κέντρο της πύρινης σφαίρας γνωρίζοντας ότι η διαθέσιμη θερμότητα καύσης είναι ίση με 4,115*10^7 J/kg

Η δεξαμενή ήταν γεμάτη με προπάνιο κατά 85%.

<u>Δίνονται:</u>

Πυκνότητα προπανίου: 517 kg/m^3

Σημείο βρασμού προπανίου: -43^{o}C

Πίεση δεξαμενής: 15,8 atm

Θερμοκρασία αέρα: 10 °C

τα: 1 , γ: 0,825 , δ: 0,26

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 4

Βήματα επίλυσης

Βήμα 1ο: Μέγιστο ύψος κέντρου σφαίρας

- Δίνεται από την εξίσωση:

  $z = 1,97 \cdot (g^{1/2} \cdot t_f / V^{1/6})^{0,86} \cdot V^{1/3}$

  z = 83,632 m

  Θεωρώντας ότι όλη η αποθηκευμένη μάζα του προπανίου συμμετέχει στη δημιουργία της πύρινης σφαίρας τότε:

  $V = 0,85 \cdot 45 = 38,25\ m^3$ (αρχικός όγκος αερίου που σχηματίζει την πύρινη σφαίρα)

  $m = \rho \cdot V = 19775,25\ kg$ (μάζα πύρινης σφαίρας)

  $t_f = 0,852 \cdot m^{0,26} = 11.154\ s$ (χρονική διάρκεια πύρινης σφαιρα)

  $g = 9,81\ m^2/s$

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 4

Βήματα επίλυσης

Βήμα 2ο: Ακτίνα πύρινης σφαίρας

- Δίνεται από την εξίσωση:

  $r_f = 3,24 \cdot m^{0,325}$

r_f = 80,683 m

Βήμα 3ο: Δόση θερμικής ακτινοβολίας

- Υπολογίζεται πρώτα η ροή θερμικής ακτινοβολίας

  $E(L) = h_c \cdot m^{(1-\delta)} / (4 \cdot \pi \cdot L^2 \cdot \gamma)$, L=200m

  σε kJ/kg

  $f = 0,27 \cdot P^{0,32} = 0,314$ %

  σε MPa

  $q(L) = \tau\alpha \cdot E(L) \cdot f$

q(L) = 47,048 kW/m²

Γιατί q(L) και όχι q(x) ?

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 4

Βήματα επίλυσης

Βήμα 3ο: Δόση θερμικής ακτινοβολίας

Για να δούμε το φαινόμενο

1. Τρίγωνο ΑΒΓ: $ΑΓ^2 = ΑΒ^2+ΒΓ^2$

2. Τρίγωνο ΑΔΕ: $ΑΕ^2 = ΑΔ^2+ΔΕ^2$

$AE = L$

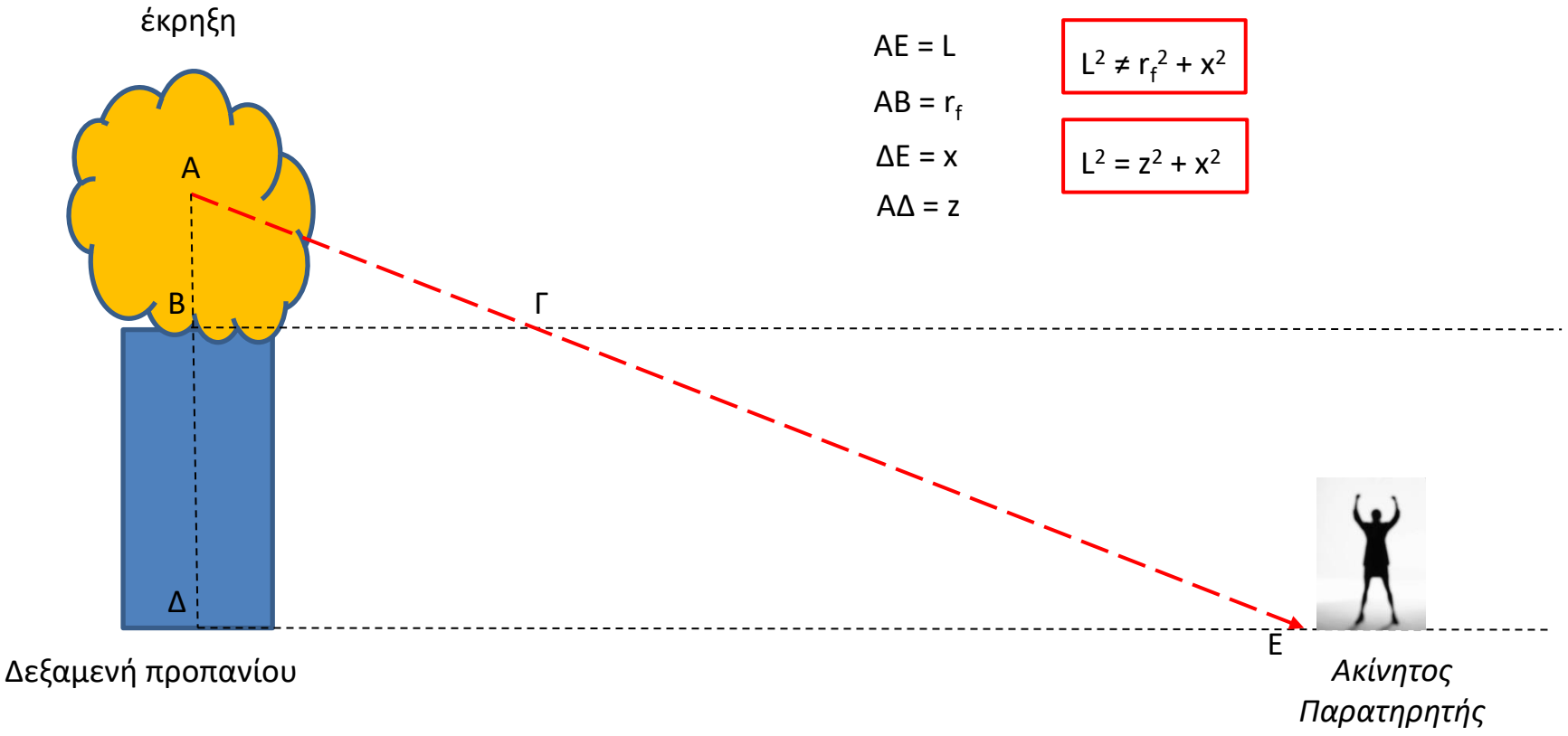
$AB = r_f$

$ΔE = x$

$AΔ = z$

$L^2 \neq r_f^2 + x^2$

$L^2 = z^2 + x^2$



Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 4

Βήματα επίλυσης

Βήμα 3ο: Δόση θερμικής ακτινοβολίας

$$q(L) = \tau\alpha \cdot h_c \cdot f \cdot m^{(1-\delta)} / (4 \cdot \pi \cdot L^2 \cdot \gamma)$$

$$q(x) = \tau\alpha \cdot h_c \cdot f \cdot m^{(1-\delta)} / (4 \cdot \pi \cdot (x^2 + z^2) \cdot \gamma)$$

$$q(L) = q(x)$$

$$L^2 = z^2 + x^2$$

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 4

Βήματα επίλυσης

Βήμα 4ο: Υπολογισμός δόσης θερμικής ακτινοβολίας σε απόσταση x

- για ακίνητο παρατηρητή ισχύει:

  $D = q(x)^{4/3} \cdot t_f$

$D = 1894{,}454\ (kW/m^2)^{4/3}\ s$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Γιατί $t = t_f = 11{,}154s$ και όχι $t = 40s$???
- Γιατί ακίνητος παρατηρητής ???

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 4

Βήματα επίλυσης

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

- Επειδή $t_f = 11,154s < 40s$

  Μπορώ να έχω έκθεση για περισσότερο χρόνο ?

- Για κινούμενο παρατηρητή πρέπει:
  - ✓ Να υπολογιστεί η απόσταση x’ όπου το $q(x') = 1\ kW/m^2$
  - ✓ Να υπολογιστεί ο συνολικός χρόνος (t_c) που χρειάζεται για να φτάσει ο παρατηρητής μέχρι το σημείο x’

    θεωρώντας ότι ο παρατηρητής κινείται με σταθερή ταχύτητα (u) θα ισχύει:

    $t_c = (x' - x) / u$

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 4

Βήματα επίλυσης

- για κινούμενο παρατηρητή ισχύει:

$$D=q(x)^{4/3}\,tr+\int_{tr}^{tc} q(x')^{4/3}\,dt$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- t_r ο χρόνος αντίδρασης του παρατηρητή ώστε να περάσει από την ακίνητη στην κινούμενη κατάσταση
- Αν $t_c > t_f$ τότε θέτω $t_c = t_f$
- Στο ολοκλήρωμα δεν βάζω $q(x') = 1$

  (Συνήθως $t_r = 5s$ και $u = 4m/s$)

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 5

Να υπολογιστεί η επικίνδυνη απόσταση L κατά την εκδήλωση γλώσσας φωτιάς από τη δημιουργία οπής διαμέτρου 20cm σε δεξαμενή που περιέχει μεθάνιο σε θερμοκρασία 15°C και πίεση 10 atm.

Δίνονται:

Μοριακό βάρος μεθανίου: 16,042 g/mol

Άνω όριο αναφλεξιμότητας μεθανίου: 150000 ppm

Κάτω όριο αναφλεξιμότητας μεθανίου: 50000 ppm

Μοριακό βάρος αέρα: 28,96 g/mol

Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 15 °C

Ατμοσφαιρική πίεση: 1 atm

R: 0,082 atm lt/K/mole

γ: 1,31

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 5

1. Εκτίμηση φαινομένου

Γλώσσα Φωτιάς

Χαρακτηριστικά:

- Σχήμα Κυλίνδρου
  - Μήκος κυλίνδρου: $L_f = d_u / K_1$
  - Διάμετρος κυλίνδρου: $d_f = d_u / \text{sqrt}(2 \cdot K_1 \cdot b_2)$
  - Επικίνδυνη Απόσταση: $L = 2 \cdot L_f$

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 5

2. Βήματα επίλυσης

Βήμα 1ο: Υπολογισμός K_1

$K_1 = 0,32 \cdot \rho'_{g,a} \cdot b_1 \cdot j_{st} / [sqrt(\rho'_{g,u}) \cdot (b_1 + b_2)]$

με:

- $b_1 = 50,5 + 48,2 \cdot \rho'_{g,a} - 9,95 \cdot (\rho'_{g,a})^2$
- $b_2 = 23 + 41 \cdot \rho'_{g,a}$

Όπου:

- $\rho'_{g,a} = \rho_g / \rho_a$, σχετική πυκνότητα αερίου ως προς τον αέρα σε συνθήκες περιβάλλοντος
- $\rho'_{g,u} = \rho_{g,u} / \rho_a$, σχετική πυκνότητα αερίου στην οπή ως προς τον αέρα
- $j_{st} = sqrt(j_{uel} \cdot j_{lel})$, στοιχειομετρική σύνθεση
- $\rho_{g,u} = \rho_{g,r} \cdot (2/(\gamma+1))^{1/(\gamma-1)}$

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 5

2. Βήματα επίλυσης

Βήμα 1ο: Υπολογισμός K_1

$\rho_a = (M_a \cdot P_a)/(R \cdot T_a) = \ldots = 1{,}226$ gr/lt

$\rho_g = (M_g \cdot P_a)/(R \cdot T_a) = \ldots = 0{,}679$ gr/lt

$P_{g,r} = (M_g \cdot P_r)/(R \cdot T_r) = \ldots = 6{,}793$ gr/lt

Οπότε:

$\rho_{g,u} = \rho_{g,r} \cdot (2/(\gamma+1))^{1/(\gamma-1)} = \ldots = 4{,}268$ gr/lt

$\rho'_{g,a} = \rho_g/\rho_a = \ldots = 0{,}554$

$\rho'_{g,u} = \rho_{g,u}/\rho_a = \ldots = 3{,}480$

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 5

2. Βήματα επίλυσης

Βήμα 1ο: Υπολογισμός K_1

$j_{st} = sqrt(j_{uel} \cdot j_{lel}) = \ldots = 0,087$

(προσοχή j_{uel} = 150000/1000000 & J_{lel} = 50000/1000000)

b_1 = 74,147

b_2 = 45,711

K_1 = 0,005

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 5

2. Βήματα επίλυσης

Βήμα 2ο: Υπολογισμός μήκος κυλίνδρου L_f

$L_f = d_u / K_1 = \ldots = 39{,}288$ m

Βήμα 3ο: Υπολογισμός επικίνδυνης απόστασης L

$L = 2 \cdot L_f = \ldots = 78{,}575$ m

Παραδείγματα Ασκήσεων

Άσκηση 6

Εύφλεκτο υγρό Α είναι αποθηκευμένο σε κάθετη κυλινδρική δεξαμενή. Σε απόσταση x = 420m από τη δεξαμενή βρίσκεται παιδική χαρά. Να υπολογίσετε σε ποια ζώνη προστασίας (I, II ή III) βρίσκεται η παιδική χαρά εάν υπάρξει απότομη έκρηξη της δεξαμενής (Fireball).

Δίνονται:

Μάζα υγρού Α εντός της δεξαμενής = 77000 kg

Πίεση εντός της δεξαμενής = 1.8 atm

Θερμότητα καύσης = 30830 kJ/kg

Για απλοποίηση υπολογισμών θεωρείστε ότι ισχύει $L^2 = x^2 + r_f^2$