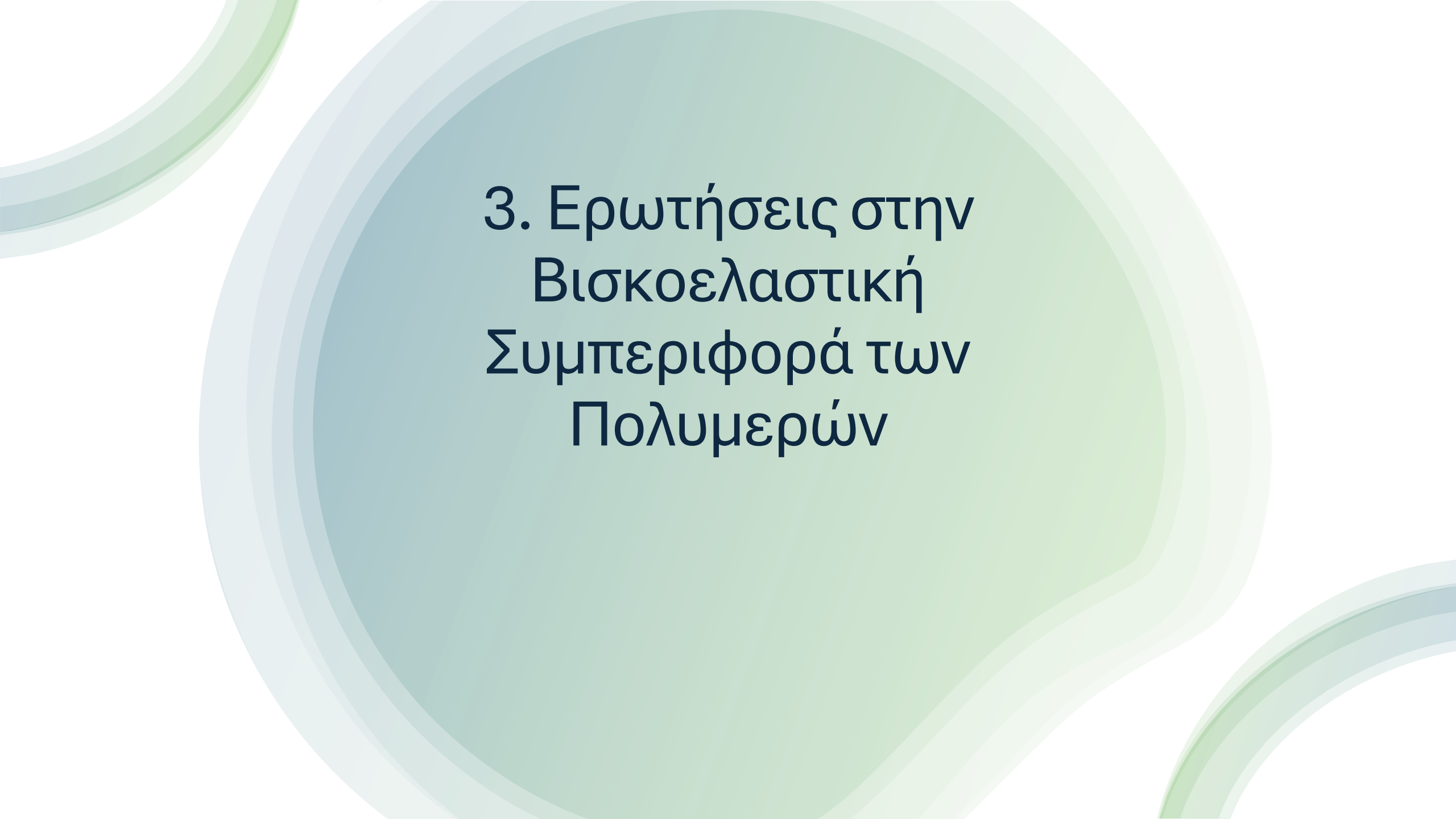




3. Ερωτήσεις στην Βισκοελαστική Συμπεριφορά των Πολυμερών

Ερωτήσεις 155-160

Ερώτηση 155. Πώς ορίζεται η «Βισκοελαστική συμπεριφορά» ενός πολυμερούς?

Ερώτηση 156. Με ποιους τρόπους εκδηλώνεται η χρονική εξάρτηση της συμπεριφοράς των υλικών?

Ερώτηση 157. Από ποιες παραμέτρους επηρεάζεται κυρίως η βισκοελαστική συμπεριφορά ενός πολυμερούς? Τι ονομάζουμε «τέλεια γραμμικά ελαστική συμπεριφορά» και τι «τέλεια ιξώδη συμπεριφορά»? ΄ Σε ποιες σχέσεις υπακούουν οι δύο αυτές συμπεριφορές?

Ερώτηση 158. Ποιοι είναι οι βασικοί τύποι πειραμάτων που χρησιμοποιούνται για την μελέτη της βισκοελαστικής συμπεριφοράς των πολυμερών? Πώς επηρεάζει η ταχύτητα επιβολής παραμόρφωσης την συμπεριφορά σε εφελκυσμό ενός πολυμερούς?

Ερώτηση 159. Τι ονομάζουμε ερπυσμό? Από ποιες παραμέτρους εξαρτάται?

Ερώτηση 160. Τα μέταλλα παρουσιάζουν το φαινόμενο του ερπυσμού? Αν ναι, κάτω από ποιες συνθήκες? Σε τι διαφέρουν αυτές από τις αντίστοιχες συνθήκες που απαιτούνται στα πολυμερή?

Ερωτήσεις 161-165

Ερώτηση 161. Να σχεδιαστεί η καμπύλη ερπυσμού ενός πολυμερούς και να σχολιαστεί.

Ερώτηση 162. Να σχεδιαστεί μία καμπύλη ερπυσμού, $\epsilon=f(t)$, ενός πολυμερούς σε κλίμακες:
α) γραμμική-γραμμική, β) γραμμική-λογαριθμική, γ) λογαριθμική-λογαριθμική.

Ερώτηση 163. Στο ίδιο διάγραμμα, να σχεδιαστούν για το ίδιο πολυμερές οι καμπύλες ερπυσμού για τρία διαφορετικά φορτία και να δοθεί η ερμηνεία των καμπυλών. Πώς επηρεάζει το μέγεθος του εφαρμοζόμενου φορτίου την καμπύλη ερπυσμού?

Ερώτηση 164. Τι ονομάζουμε χαλάρωση ενός πολυμερούς? Να σχεδιαστεί και να σχολιαστεί η καμπύλη χαλάρωσης μετά από εφελκυσμό.

Ερώτηση 165. Τι ονομάζουμε επανάταξη μετά από ερπυσμό? Να σχεδιαστεί και να σχολιαστεί η καμπύλη ερπυσμού και επανάταξης μετά από ερπυσμό.

Ερωτήσεις 166-170

Ερώτηση 166. Τι ονομάζουμε: α) Γραμμικά Ελαστική, β) Γραμμικά βισκοελαστική συμπεριφορά, γ) μη-γραμμικά βισκοελαστική συμπεριφορά. Να δώσετε ένα διάγραμμα σ-ε στο οποίο να φαίνονται οι τρεις παραπάνω συμπεριφορές.

Ερώτηση 167. Τι ονομάζουμε καταστατική εξίσωση ενός υλικού?

Ερώτηση 168. Πώς επηρεάζει η θερμοκρασία την καμπύλη σ-ε ενός πολυμερούς? Πώς μεταβάλλεται το μέτρο ελαστικότητας ενός πολυμερούς με την θερμοκρασία? Ποιες περιοχές διακρίνουμε στην καμπύλη $E=f(T)$? Τι ονομάζουμε περιοχή θερμοκρασιακής μετάβασης και ποιο είναι το κύριο χαρακτηριστικό της? Πώς βρίσκουμε την τιμή της T_g από το διάγραμμα $E=f(T)$?

Ερώτηση 169. Πώς επηρεάζεται το όριο διαρροής ενός πολυμερούς από την θερμοκρασία? Και πώς από την κρυσταλλικότητα?

Ερώτηση 170. Πώς επηρεάζει η κρυσταλλικότητα ενός θερμοπλαστικού την καμπύλη μεταβολής του μέτρου με την θερμοκρασία? Πώς επηρεάζεται το μέτρο και πώς η T_g ?

Ερωτήσεις 171-175

Ερώτηση 171. Πώς επηρεάζει η πυκνότητα ενός πολυμερούς την καμπύλη σ - ϵ και τα χαρακτηριστικά της (μέτρο, αντοχή, παραμόρφωση θραύσης)?

Ερώτηση 172. Πώς επηρεάζει η πυκνότητα των σταυροδεσμών ενός θερμοσκληρυνόμενου πολυμερούς την καμπύλη $E=f(T)$ του πολυμερούς και την T_g και γιατί?

Ερώτηση 173. Για ποιο λόγο η ταχύτητα εφελκυσμού ενός πολυμερούς επηρεάζει το μέτρο, την αντοχή και την παραμόρφωση θραύσης του?

Ερώτηση 174. Τα ελαστομερή γιατί σε θερμοκρασίες δωματίου παρουσιάζουν πολύ μεγάλες παραμορφώσεις?

Ερώτηση 175. Πώς μεταβάλλεται ο όγκος ενός πολυμερούς με την θερμοκρασία? Τι ονομάζουμε «ελεύθερο όγκο» (free volume) και τι κατειλημμένος όγκο (occupied volume)?

Ερωτήσεις 176-181

Ερώτηση 176. Ποια η Φυσική σημασία του ελεύθερου όγκου και ποια η χρησιμότητά του?

Ερώτηση 177. Τι ονομάζουμε ειδικό όγκο ενός πολυμερούς? Ποια η σχέση του με την πυκνότητα? Ποια η Φυσική του σημασία και πού χρησιμεύει?

Ερώτηση 178. Ποια είναι η σχέση μεταξύ του ειδικού και του ελεύθερου όγκου?

Ερώτηση 179. Στο ίδιο διάγραμμα να σχεδιάσετε στην μεταβολή του ειδικού όγκου συναρτήσει της θερμοκρασίας για α) ένα κρυσταλλικό, β) ένα ημικρυσταλλικό, και γ) ένα άμορφο πολυμερές.

Ερώτηση 180. Γιατί τα κρυσταλλικά πολυμερή στην θερμοκρασία τήξης τους παρουσιάζουν μία απότομη αύξηση του ειδικού τους όγκου?

Ερώτηση 181. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τις τιμές των T_m και T_g

Ερωτήσεις 182-184

Ερώτηση 182. Να σχεδιάσετε την μεταβολή του ειδικού όγκου ενός άμορφου πολυμερούς και πάνω στην καμπύλη να σημειώσετε την φυσική κατάσταση του πολυμερούς που αντιστοιχεί σε κάποιο εύρος θερμοκρασιών. Επίσης, να δείξετε την θέση της T_g .

Ερώτηση 183. Να περιγράψετε πώς επηρεάζεται η τιμή της T_g από τις παρακάτω παραμέτρους και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας: 1) απορρόφηση υγρασίας, 2) Διακλαδώσεις των μακρομορίων, 3) Μοριακό βάρος του πολυμερούς, 4) Πυκνότητα των σταυροδεσμών 5) Ρυθμό θέρμανσης, 6) Συχνότητα ταλάντωσης, 7) Ποσοστό πλαστικοποιητή, 8) Ποσοστό ενίσχυσης, 9) Ποσοστό κρυσταλλινών, 10) Πάχος της interphase, 11) Βαθμό πρόσφυσης ίνας-μήτρας, 12) Περιεκτικότητα σε κενά, 13) Θερμοκρασία curing, 14) Ποσοστό σκληρυντή, 15) Χρόνος Curing, 16) αναφέρετε και άλλες 5 επιπλέον παραμέτρους.

Ερώτηση 184. Να διατυπώσετε τον ορισμό του ερπυσμού. Μεταβάλλεται η δυσκαμψία του υλικού κατά των ερπυσμό? Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας. Όλα τα υλικά έρπουν? Ή κάποια μόνο από τα υλικά έρπουν και κάποια όχι? Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας και να δώσετε παραδείγματα.

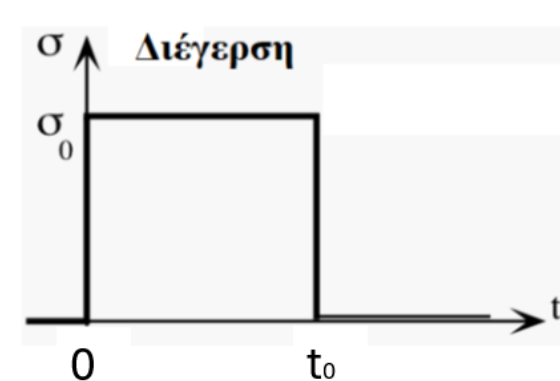
Ερωτήσεις 185-187

Ερώτηση 185. Τι ονομάζουμε επανάταξη? Να σχεδιάσετε την καμπύλη ερπυσμού και της επανάταξης μετά από τον ερπυσμό και να σημειώσετε πάνω σε αυτήν, την ελαστική παραμόρφωση, την βισκοελαστική παραμόρφωση, την ελαστική επανάταξη και τέλος, την βισκοελαστική επανάταξη.

Ερώτηση 186. Σε μία καμπύλη ερπυσμού και της επανάταξης μετά από τον ερπυσμό ποια σχέση υπάρχει μεταξύ της ελαστικής παραμόρφωσης που παρατηρείται σε χρόνο μηδέν και της ελαστικής επανάταξης? Κάτω από ποιες προϋποθέσεις ισχύει αυτή η σχέση?

Ερώτηση 187. Αν ένα πολυμερές διεγείρεται από την διέγερση του σχήματος, ποια θα είναι η απόκριση του υλικού αν το υλικό συμπεριφέρεται, α) γραμμικά ελαστικά, β) έχει απολύτως ιξώδη συμπεριφορά, γ) βισκοελαστικά

Διέγερση: Για $t < 0$, $\sigma = 0$. Για $0 < t < t_0$, $\sigma = \sigma_0$. Για $t > t_0$, $\sigma = 0$



Ερωτήσεις 188-190

Ερώτηση 188. Να σχεδιάσετε δύο ξεχωριστά διαγράμματα καμπυλών ερπυσμού, όπου στο πρώτο διάγραμμα θα υπάρχουν τρεις καμπύλες ερπυσμού για την ίδια θερμοκρασία αλλά σε τάσεις $\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3$, και στο δεύτερο διάγραμμα θα υπάρχουν τρεις καμπύλες ερπυσμού για την ίδια τάση, αλλά σε θερμοκρασίες $T_1 < T_2 < T_3$.

Ερώτηση 189. Αν σε ένα σμήνος καμπυλών ερπυσμού ενός πολυμερούς που έχουν ληφθεί κάτω από την ίδια θερμοκρασία αλλά σε διαφορετικά επίπεδα τάσης, παρατηρήσουμε ότι ισχύει η σχέση,

$$\epsilon(k\sigma) = k\epsilon(\sigma)$$

τι θα σημαίνει αυτό για τον τύπο της συμπεριφοράς του πολυμερούς?

Ερώτηση 190. Τι ονομάζουμε ισόχρονη καμπύλη. Να σχεδιάσετε στο ίδιο διάγραμμα τρεις καμπύλες ερπυσμού που έχουν ληφθεί στην ίδια θερμοκρασία αλλά σε διαφορετικά επίπεδα τάσης και να δείξετε γραφικά πώς κατασκευάζεται η ισόχρονη καμπύλη. Ποια συμπεράσματα εξάγονται από την μορφή της ισόχρονης καμπύλης?

Ερωτήσεις 191-194

Ερώτηση 191. Τι ονομάζουμε Μέτρο Ερπυσμού? Πώς το υπολογίζουμε? Να σχεδιάσετε την μεταβολή του συναρτήσεως του χρόνου ερπυσμού. Σε ποιες μονάδες το μετράμε? Είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο από το μέτρο ελαστικότητας σε εφελκυσμό?

Ερώτηση 192. Τι ονομάζουμε Μέτρο Ένδοσης σε ερπυσμό? Πώς το υπολογίζουμε? Να σχεδιάσετε την μεταβολή του συναρτήσεως του χρόνου ερπυσμού. Σε ποιες μονάδες το μετράμε? Τί σημαίνει ότι κάποιο πολυμερές έχει υψηλό μέτρο ένδοσης? Το μέτρο Ένδοσης ισούται με το αντίστροφο του μέτρου ελαστικότητας?

Ερώτηση 193. Πώς ορίζεται το Μέτρο Ένδοσης σε Ερπυσμό? Ποιες είναι οι μονάδες μέτρησής του? Πώς μεταβάλλεται με τον χρόνο ερπυσμού? Για σταθερή θερμοκρασία, το μέτρο ένδοσης σε ερπυσμό εξαρτάται από το επίπεδο τάσης? Να δικαιολογήστε την απάντηση.

Ερώτηση 194. Τι ονομάζουμε χρόνο καθυστέρησης σε ερπυσμό? Πώς τον μετράμε γραφικά?

Ερωτήσεις 195-198

Ερώτηση 195. Να σχεδιάσετε δύο ξεχωριστά διαγράμματα ερπυσμού $\varepsilon=f(t)$ όπου στο πρώτο διάγραμμα να σχεδιαστούν τρεις καμπύλες ερπυσμού ενός πολυμερούς που να αντιστοιχούν σε τρία διαφορετικά επίπεδα τάσης $\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3$ και $T=\text{σταθ.}$, ενώ στο δεύτερο διάγραμμα να σχεδιαστούν τρεις καμπύλες ερπυσμού ενός πολυμερούς που να αντιστοιχούν σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες $T_1 < T_2 < T_3$ και $\sigma=\text{σταθ.}$

Ερώτηση 196. Να δώσετε τους ορισμούς της χαλάρωσης και της επανάταξης μετά από ερπυσμό.

Ερώτηση 197. Σε ένα πείραμα χαλάρωσης τάσης να σχεδιαστούν τα διαγράμματα της διέγερσης και της απόκρισης του πολυμερούς, συναρτήσει του χρόνου. Να περιγράψετε τις τρεις περιοχές της καμπύλης απόκρισης.

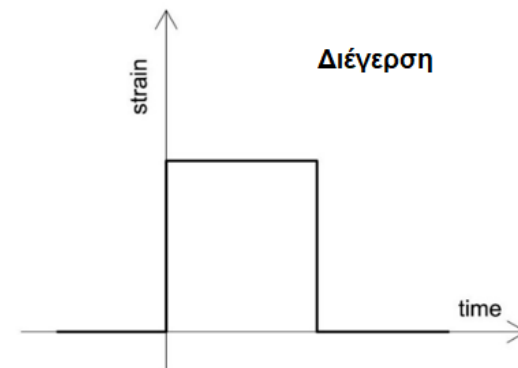
Ερώτηση 198. Να δώσετε τον ορισμό του Μέτρου Χαλάρωσης. Πώς το υπολογίζουμε? Να σχεδιάσετε την μεταβολή του συναρτήσει του χρόνου χαλάρωσης. Σε ποιες μονάδες το μετράμε? Είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο από το μέτρο ελαστικότητας σε εφελκυσμό?

Ερωτήσεις 199-201

Ερώτηση 199. Σε δύο ξεχωριστά διαγράμματα, να σχεδιάσετε την μεταβολή του μέτρου χαλάρωσης, ενός θερμοπλαστικού, α) συναρτήσει της θερμοκρασίας για μικρό και για μεγάλο μοριακό βάρος, και β) συναρτήσει του χρόνου, για μικρό και για μεγάλο μοριακό βάρος.

Ερώτηση 200. Εκτελούμε ένα πείραμα εφελκυσμού με σταθερό ρυθμό παραμόρφωσης σε ένα πολυμερές. Κάποια χρονική στιγμή $t=t_1$ και ενώ το υλικό βρίσκεται ακόμα στην γραμμική περιοχή, ακινητοποιούμε το δοκίμιο και παρακολουθούμε την εξέλιξη της μεταβολής της τάσης με τον χρόνο. Να σχεδιαστούν οι καμπύλες μεταβολής της τάσης και της παραμόρφωσης με τον χρόνο στο διάστημα $0 < t < t_2$, όπου $t_2 > t_1$.

Ερώτηση 201. Αν η διέγερση ενός πολυμερούς είναι αυτή που φαίνεται στο Σχήμα, να σχεδιαστεί η απόκριση του πολυμερούς συναρτήσει του χρόνου και να σχολιαστεί το αποτέλεσμα.



Ερωτήσεις 202-205

Ερώτηση 202. Στο ίδιο διάγραμμα, να σχεδιαστούν τρεις καμπύλες χαλάρωσης τάσης ενός πολυμερούς που αντιστοιχούν σε τρία διαφορετικά επίπεδα σταθερής παραμόρφωσης, ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 , με $\epsilon_1 < \epsilon_2 < \epsilon_3$.

Ερώτηση 203. Από τρεις καμπύλες χαλάρωσης τάσης που αντιστοιχούν σε τρία διαφορετικά επίπεδα σταθερής παραμόρφωσης, ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 , με $\epsilon_1 < \epsilon_2 < \epsilon_3$ να κατασκευαστούν οι ισόχρονες καμπύλες υποθέτοντας ότι το πολυμερές συμπεριφέρεται γραμμικά βισκοελαστικά.

Ερώτηση 204. Αν γνωρίζουμε τρεις καμπύλες χαλάρωσης τάσης ενός πολυμερούς που αντιστοιχούν σε τρία διαφορετικά επίπεδα σταθερής παραμόρφωσης, ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 , με $\epsilon_1 < \epsilon_2 < \epsilon_3$ πώς μπορούμε να υπολογίσουμε το μέτρο χαλάρωσης? Πώς μεταβάλλεται το μέτρο χαλάρωσης με τον χρόνο? Εξαρτάται το μέτρο χαλάρωσης από το επίπεδο παραμόρφωσης?

Ερώτηση 205. Τι ονομάζουμε χρόνο χαλάρωσης ενός πολυμερούς? Πώς το υπολογίζουμε γραφικά?

Ερωτήσεις 206-210

Ερώτηση 206. Να σχεδιάσετε στο ίδιο διάγραμμα, την μεταβολή του Μέτρου χαλάρωσης συναρτήσει του χρόνου σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες $T_1 < T_2 < T_3$.

Ερώτηση 207. Πώς συνδέονται μεταξύ τους το Μέτρο Χαλάρωσης με το Μέτρο ένδοσης σε ερπυσμό?

Ερώτηση 208. Ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ της γραμμικά ελαστικής συμπεριφοράς, της γραμμικά βισκοελαστικής συμπεριφοράς και της μη-γραμμικά βισκοελαστικής συμπεριφοράς? Να τις δείξετε σε ένα διάγραμμα σ-ε.

Ερώτηση 209. Πώς μπορούμε πειραματικά να καταλάβουμε ότι η συμπεριφορά ενός πολυμερούς είναι γραμμικά ή μη-γραμμικά βισκοελαστική?

Ερώτηση 210. Τι ονομάζουμε «κατώφλι γραμμικής-μη γραμμικής βισκοελαστικής συμπεριφοράς»? Από ποιες παραμέτρους εξαρτάται και πώς επηρεάζει η κάθε παράμετρος την τιμή του?

Ερωτήσεις 211-214

Ερώτηση 211. Από ένα σμήνος καμπυλών ερπυσμού ενός πολυμερούς που έχουν ληφθεί στην ίδια θερμοκρασία και σε διαφορετικά επίπεδα τάσης, ποιες καμπύλες μπορούν να προκύψουν και πώς?

Ερώτηση 212. Τι ονομάζουμε «χαρακτηριστική επιφάνεια» ενός πολυμερούς?

Ερώτηση 213. Στο ίδιο διάγραμμα, να κατασκευάσετε τρεις καμπύλες εφελκυσμού ενός πολυμερούς που αντιστοιχούν σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες $T_1 < T_2 < T_3$ και να συγκρίνετε το μέτρο, την αντοχή και την παραμόρφωση θραύσης συναρτήσει της θερμοκρασίας. Τι παρατηρείτε? Πώς ερμηνεύετε την παρατηρούμενη διαφορά?

Ερώτηση 214. Στο ίδιο διάγραμμα, να κατασκευάσετε τρεις καμπύλες εφελκυσμού ενός πολυμερούς που αντιστοιχούν σε τρεις ταχύτητες παραμόρφωσης $(d\epsilon/dt)_1 < (d\epsilon/dt)_2 < (d\epsilon/dt)_3$ και να συγκρίνετε το μέτρο, την αντοχή και την παραμόρφωση θραύσης συναρτήσει της θερμοκρασίας. Τι παρατηρείτε? Πώς ερμηνεύετε την παρατηρούμενη διαφορά?

Ερωτήσεις 215-216

Ερώτηση 215. Να διατυπώσετε την αρχή του Boltzmann για την βισκοελαστική απόκριση ενός υλικού που υφίσταται χρονικά μεταβαλλόμενες α) παραμορφώσεις, ή β) τάσεις. Να δοθούν οι μαθηματικές εκφράσεις της αρχής τόσο για πεπερασμένο αριθμό βημάτων όσο και για την περίπτωση απείρων βημάτων.

Ερώτηση 216.

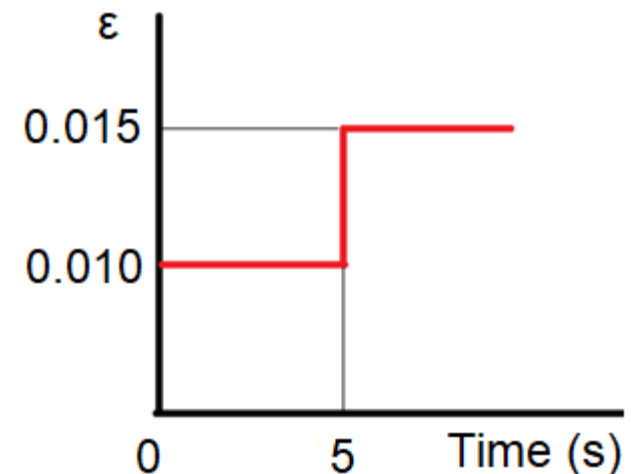
Υλικό με συνάρτηση χαλάρωσης

$$E(t) = 100 e^{-t/5} \text{ MPa}$$

(δηλαδή αρχικό μέτρο 100 MPa και χρόνος χαλάρωσης 5 s)

Εφαρμόζεται βηματική παραμόρφωση:

Να βρεθεί η τιμή της τάσης για $t = 10\text{s}$



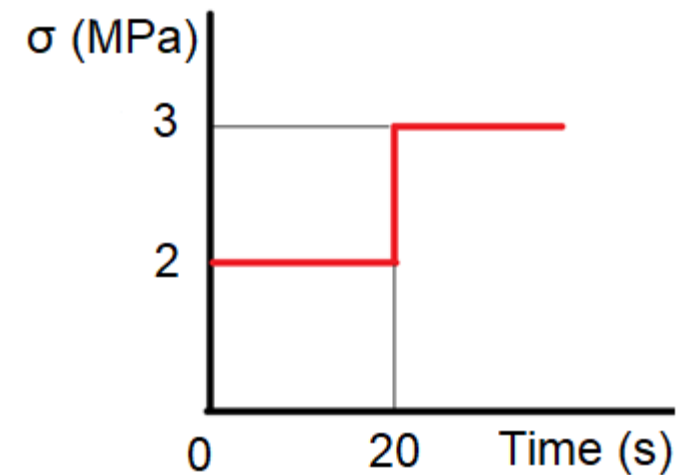
Ερώτηση 217

Σε υλικό με συνάρτηση ένδοσης

$$C(t) = 0.001 + 0.002(1 - e^{-t/10}) \text{ MPa}^{-1}$$

(δηλαδή αρχική ελαστική ένδοση 0.001 MPa^{-1} και μακροχρόνια 0.003 MPa^{-1})

εφαρμόζεται η βηματική φόρτιση που φαίνεται στο Σχήμα.
Να βρεθεί η τιμή της παραμόρφωσης την χρονική στιγμή,
 $t = 30\text{s}$.



Ερώτηση 218

Ένας τύπος PP του οποίου το μέτρο ένδοσης σε ερπυσμό στους 35°C δίνεται από την σχέση

$$C(t) = 1,2 t^{0,1} \text{ GPa}^{-1}$$

όπου το t εκφράζεται σε sec, του επιβάλλεται η παρακάτω ιστορία φόρτισης:

$\sigma = 0$	$t < 0$
$\sigma = 1 \text{ MPa}$	$0 \leq t < 1000 \text{ s}$
$\sigma = 1,5 \text{ MPa}$	$1000 \text{ s} \leq t < 2000 \text{ s}$
$\sigma = 0$	$2000 \text{ s} \leq t$

Να βρεθεί η παραμόρφωση στις ακόλουθες χρονικές στιγμές, t :

(a) 1500 s, (b) 2500 s. Να υποτεθεί ότι κάτω από τις συνθήκες της φόρτισης το PP συμπεριφέρεται γραμμικά βισκοελαστικά και επομένως υπακούει στον νόμο της υπέρθεσης του Boltzmann.

