



---

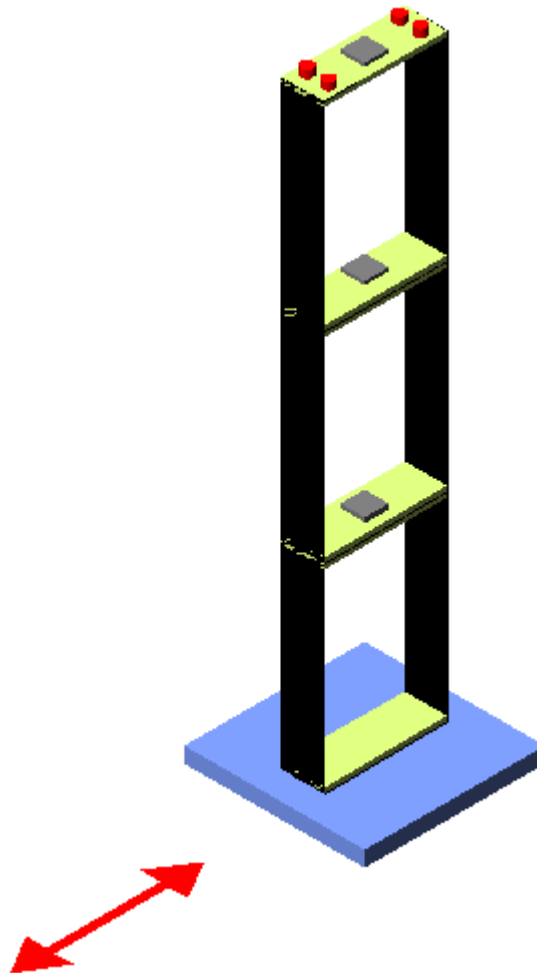
**ΠΠΜ 325: Ανάλυση Κατασκευών με Η/Υ**

---

**Πειράματα με Σεισμική Τράπεζα**

***B. ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ:***

*Πλαίσιο με 3 βαθμούς ελευθερίας υπό δυναμική φόρτιση*



---

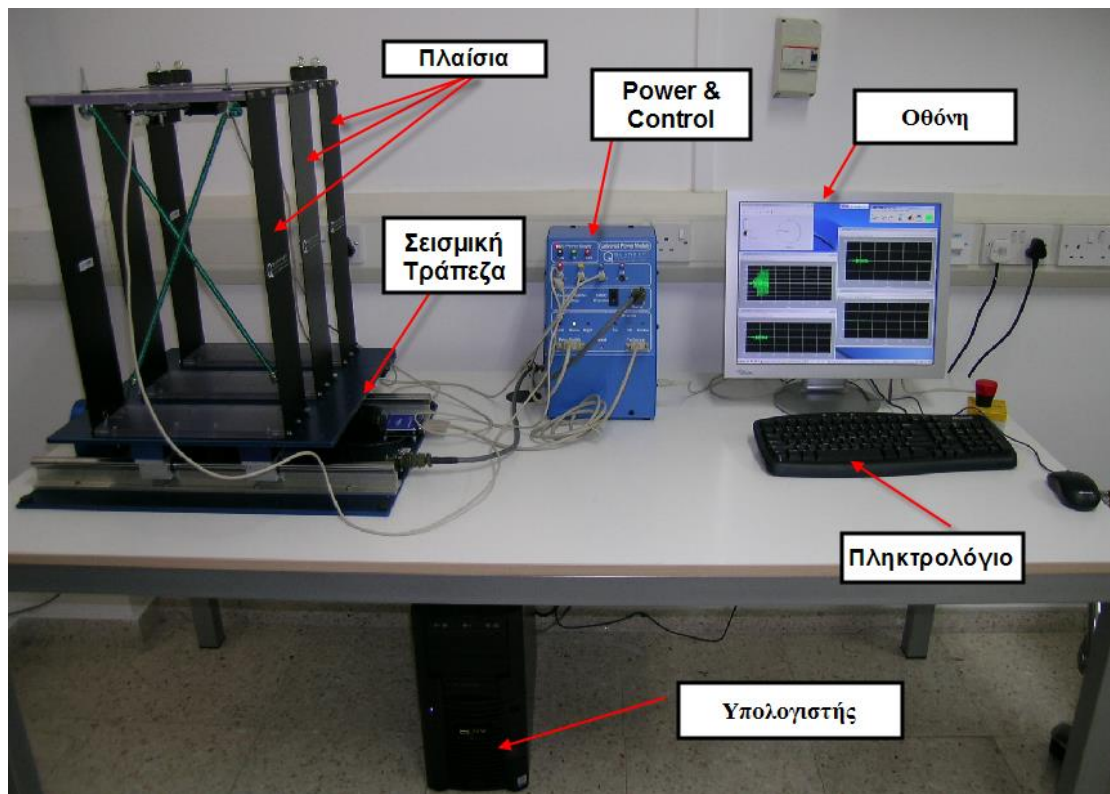
**Στόχος**

Το πείραμα αποσκοπεί, μέσω της οπτικής επαφής, στην καλύτερη κατανόηση των δυναμικών χαρακτηριστικών (ιδιοπερίοδοι, ιδιομορφές) ενός απλού επίπεδου πολυβάθμιου ταλαντωτή.

## Η σεισμική Τράπεζα

Η σεισμική τράπεζα του Ερευνητικού Κέντρου Τεχνολογίας Κατασκευών «Αρχιμήδης» είναι τύπου Quanser Shake Table II. Είναι μίας διεύθυνσης και έχει τις εξής δυνατότητες:

Μέγιστη επιτάχυνση	2.5 g
Μέγιστο φορτίο	15 kg
Συχνότητες	0 – 20 Hz
Μέγιστη ταχύτητα	83.8 cm/sec
Μέγιστη μετατόπιση	15.2 cm



Σεισμική τράπεζα

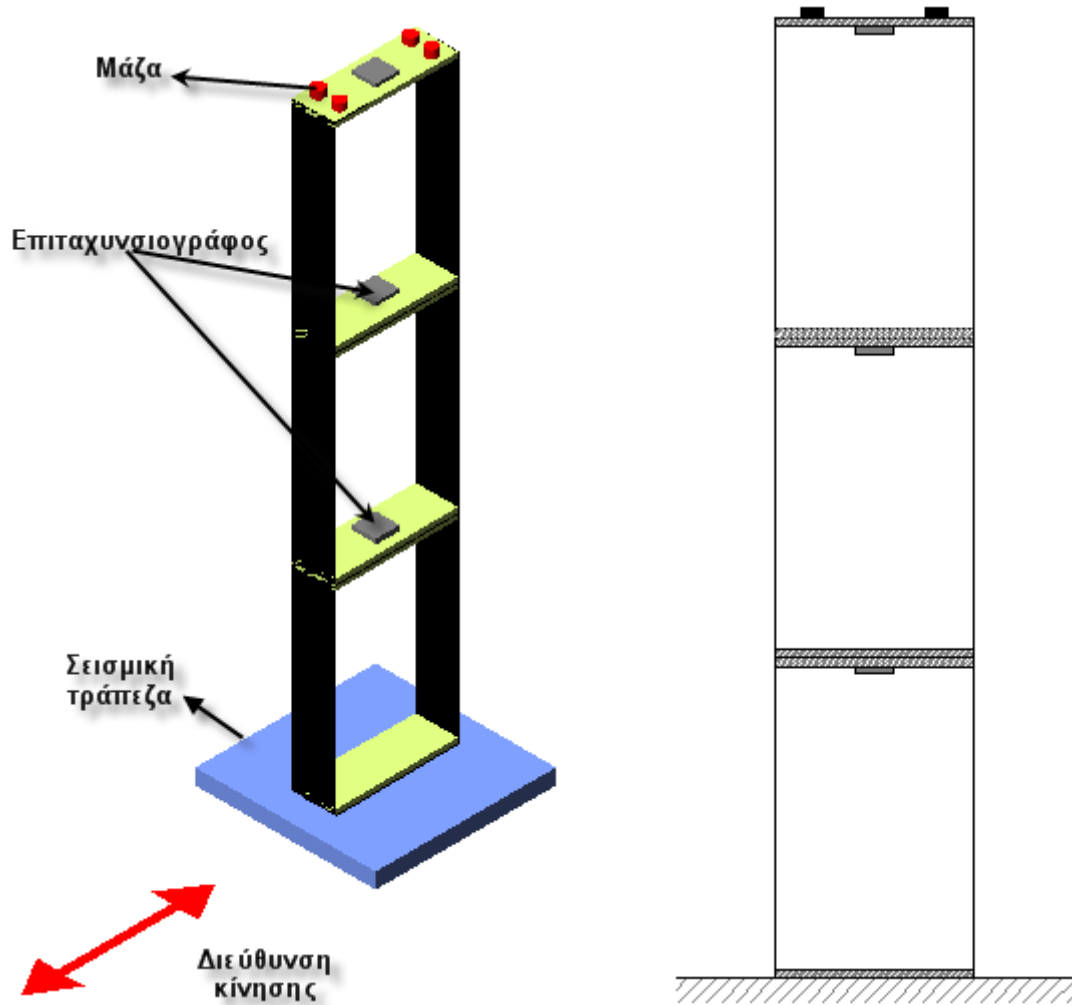
Οι επιταχύνσεις καταγράφονται από τα **επιταχυνσιόμετρα** στην κορυφή του κάθε πλαισίου αλλά και στην βάση της τράπεζας



Επιταχυνσιόμετρο

### Περιγραφή πειράματος

Για την εκτέλεση του πειράματος χρησιμοποιούνται τα 3 τυπικά πλαίσια τα οποία είχαν χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενο πείραμα ως 3 ανεξάρτητοι μονοβάθμιοι ταλαντωτές. Στη παρούσα διάταξη, τα πλαίσια στερεώνονται καθ' ύψος (το ένα πάνω στο άλλο) σχηματίζοντας ένα τριώροφο πλαίσιο όπως φαίνεται στο σχήμα. Σκοπός του πειράματος είναι να προσδιοριστούν τα δυναμικά χαρακτηριστικά του συστήματος, τόσο πειραματικά όσο και θεωρητικά.



Πειραματική διάταξη

## ΜΕΡΟΣ Ι Θεωρητικός Υπολογισμός Δυναμικών Χαρακτηριστικών

### Δεδομένα

1. Μάζες επιμέρους μελών του πλαισίου.
2. Δυσκαμψία ενός πλαισίου (ορόφου)

### Ζητούμενα

1. Μητρώο μάζας.
2. Μητρώο δυσκαμψίας
3. Θεωρητικός υπολογισμός των ιδιοπεριόδων του φορέα.
4. Υπολογισμός και σχεδίαση των ιδιομορφών.

### 1. Μητρώο Μάζας

*Ε1. Για τον υπολογισμό των δυναμικών χαρακτηριστικών, οι μάζες θα θεωρηθούν συγκεντρωμένες στις στάθμες των ορόφων. Να υπολογιστούν οι τιμές τους και να καταστρωθεί το μητρώο μάζας του συστήματος.*

Για τον υπολογισμό των μαζών, να θεωρηθεί ότι το βάρος των στύλων κατανέμεται στις εκατέρωθεν στάθμες ορόφων. Παρακάτω δίνονται οι μάζες (σε gr) των επιμέρους μελών του 3ώροφου πλαισίου.

#### Άνω πλάκα:

Πλαστική άκαμπτη πλάκα	478 gr
Επιταχυνσιογράφος	88 gr
Κοχλίες επιταχυνσιογράφου (4)	23 gr
Κοχλίες πλάκας (6) (+2 λαμάκια)	46 gr
<b>Σύνολο</b>	<b>635 gr</b>

#### Στύλοι:

1 στύλος	281 gr
<b>Σύνολο (2 στύλοι)</b>	<b>562 gr</b>

#### Κάτω πλάκα:

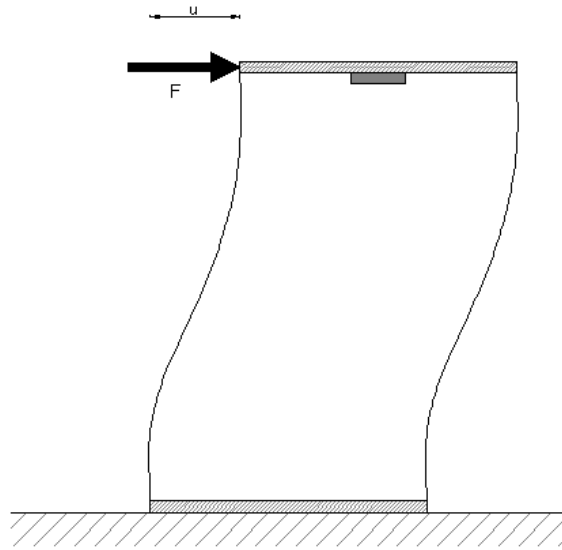
Πλαστική άκαμπτη πλάκα	478 gr
Κοχλίες σύνδεσης πλακών (4)	20 gr
Κοχλίες πλάκας (6) (+2 λαμάκια)	46 gr
<b>Σύνολο</b>	<b>544 gr</b>

#### Επιπλέον μάζα:

1 βαρίδιο με βίδα και ροδέλες	152 gr
<b>Σύνολο (4)</b>	<b>608 gr</b>

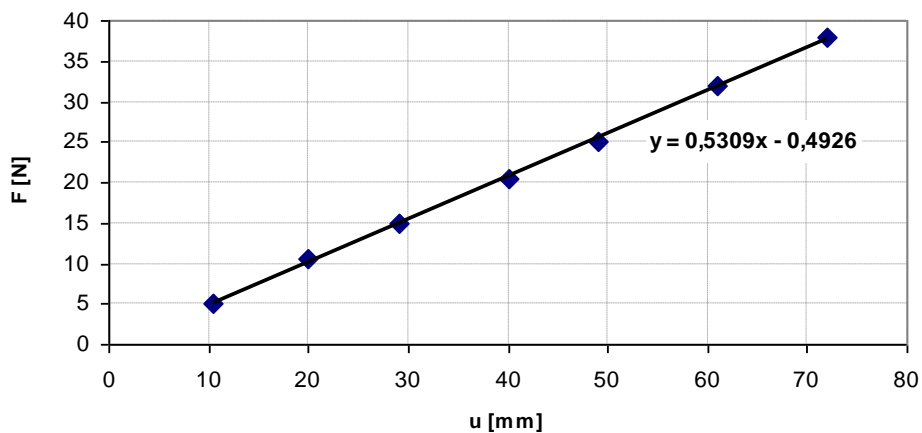
## 2. Μητρώο Δυσκαμψίας

Η δυσκαμψία ενός πλαισίου (ορόφου) μετρήθηκε σε προηγούμενο πείραμα με την μέτρηση της δύναμης για διάφορες τιμές της οριζόντιας μετακίνησης.



$F_1 =$	5.0 N	$u_1 =$	10.5 mm
$F_2 =$	10.5 N	$u_2 =$	20.0 mm
$F_3 =$	15.0 N	$u_3 =$	29.0 mm
$F_4 =$	20.5 N	$u_4 =$	40.0 mm
$F_5 =$	25.0 N	$u_5 =$	49.0 mm
$F_6 =$	32.0 N	$u_6 =$	61.0 mm
$F_7 =$	38.0 N	$u_7 =$	72.0 mm

Από τα πιο πάνω ζεύγη τιμών προκύπτει το διάγραμμα Δύναμης-Μετακίνησης (F-u) του οποίου η κλίση της ευθείας αντιπροσωπεύει την οριζόντια δυσκαμψία του πλαισίου (ορόφου).



$$K_{op} = 0.5309 \text{ N/mm}$$

**E2.** Με βάση τη δυσκαμψία του ορόφου, να υπολογιστεί το μητρώο δυσκαμψίας του φορέα.

**3. Θεωρητικός υπολογισμός των δυναμικών χαρακτηριστικών του φορέα**

Με βάση τα μητρώα που υπολογίστηκαν και με την επίλυση της χαρακτηριστικής εξίσωσης:

*E3. Να υπολογιστούν οι ιδιοσυχνότητες και οι ιδιοπερίοδοι του φορέα.*

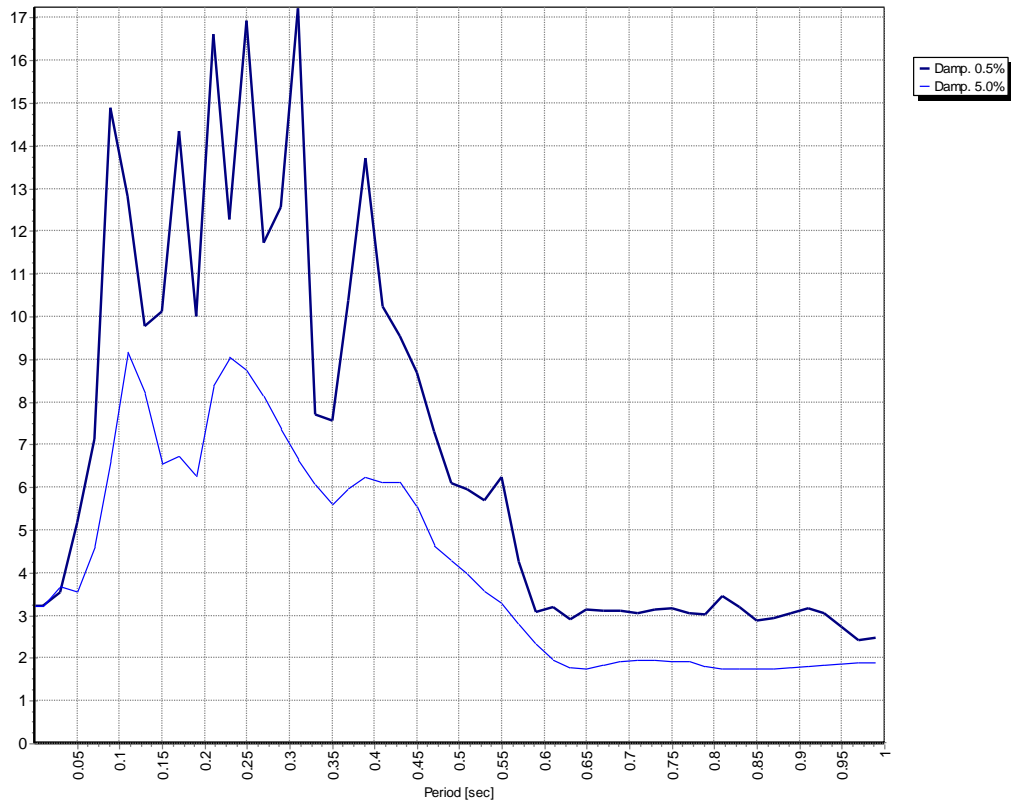
Θεωρητικές Τιμές					
$T_1=$	sec	$T_2=$	sec	$T_3=$	sec
$f_1=$	hz	$f_2=$	hz	$f_3=$	hz
$\omega_1=$	rad/sec	$\omega_2=$	rad/sec	$\omega_3=$	rad/sec

*E4. Να υπολογιστούν και να σχεδιαστούν οι ιδιομορφές.*

<b>1<sup>η</sup> Ιδιομορφή</b>	<b>2<sup>η</sup> Ιδιομορφή</b>	<b>3<sup>η</sup> Ιδιομορφή</b>

#### 4. Υπολογισμός της απόκρισης για δεδομένο σεισμό

Ο υπό μελέτη φορέας θα υποβληθεί σε διέγερση της βάσης με το σεισμό του El Centro (1940). Το φάσμα απόκρισης επιταχύνσεων του σεισμού δίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Φάσμα απόκρισης σεισμού El Centro

**E5. Θεωρώντας απόσβεση  $\xi=0.5\%$  και για τη δεδομένη διέγερση, υπολογίστε με τη φασματική μέθοδο επαλληλίας των ιδιομορφών τις πιθανές μέγιστες τιμές της επιτάχυνσης σε κάθε στάθμη.**

Θεωρητικές Τιμές		
1 <sup>ος</sup> Όροφος	2 <sup>ος</sup> Όροφος	3 <sup>ος</sup> Όροφος
$\alpha_{1ου ορ} =$ $\text{m/sec}^2$	$\alpha_{2ου ορ} =$ $\text{m/sec}^2$	$\alpha_{3ου ορ} =$ $\text{m/sec}^2$

## ΜΕΡΟΣ ΙΙ Πειραματικός Προσδιορισμός Δυναμικών Χαρακτηριστικών

### 1. Ελεύθερη ταλάντωση

Ο προσδιορισμός των ιδιοσυχνοτήτων του φορέα γίνεται με τη μέθοδο της ελεύθερης ταλάντωσης. Αυτό που κάνουμε είναι να δώσουμε μια αρχική μετατόπιση στο πλαίσιο και να το αφήσουμε να εκτελέσει ελεύθερη ταλάντωση καθώς θα καταγράφουμε στον επιταχυνσιογράφο τη κίνησή του στις 3 στάθμες. Εξάγοντας το Φάσμα Fourier χρησιμοποιώντας μια από τις 3 χρονοϊστορίες που καταγράψαμε θα αποκαλυφθούν οι κυρίαρχες συχνότητες της ιδιοταλάντωσης οι οποίες αποτελούν τις ιδιοσυχνότητες του φορέα.

**E6. Με βάση το Φάσμα Fourier, ποιες είναι οι ιδιοσυχνότητες του συστήματος; Συμπίπτουν με αυτές που υπολογίστηκαν θεωρητικά; Σχολιάστε.**

Πειραματικές Τιμές					
$T_1=$	sec	$T_2=$	sec	$T_3=$	sec
$f_1=$	hz	$f_2=$	hz	$f_3=$	hz
$\omega_1=$	rad/sec	$\omega_2=$	rad/sec	$\omega_3=$	rad/sec

### 2. Συντονισμός

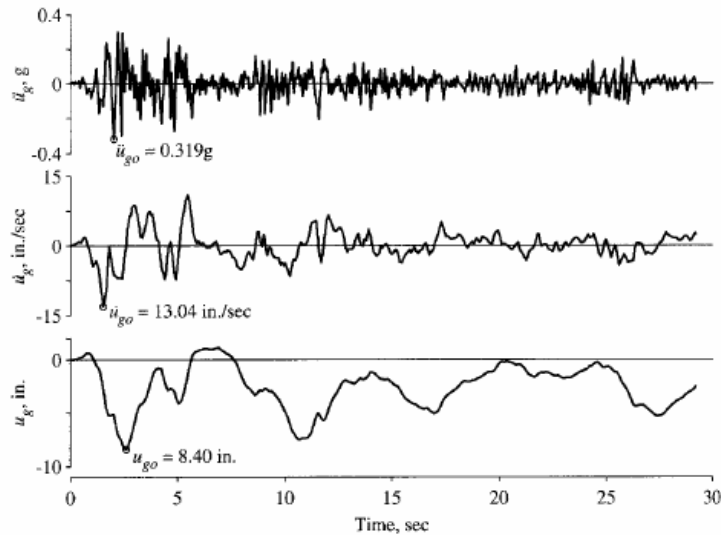
Στη συνέχεια επιβάλλεται ημιτονοειδής διέγερση στη σεισμική τράπεζα μεταβάλλοντας τη συχνότητα ούτως ώστε να συμπίπτει διαδοχικά με τις ιδιοσυχνότητες του συστήματος οι οποίες υπολογίστηκαν από το φάσμα Fourier.

**E7. Τι παρατηρούμε εάν επιβάλουμε αρμονική διέγερση με συχνότητα ίση με μια από τις ιδιοσυχνότητες του πλαισίου;**

### 3. Διέγερση της βάσης με το σεισμό του El Centro

Στη σεισμική τράπεζα επιβάλλεται διέγερση που αντιστοιχεί σε πραγματική καταγραφή από το σεισμό του El Centro (1940).





1940 Imperial Valley Earthquake, El Centro record, Component S00E

Κατά τη διάρκεια της διέγερσης καταγράφεται η χρονοϊστορία επιταχύνσεων στη στάθμη κάθε ορόφου του πλαισίου. Οι μέγιστες τιμές που καταγράφηκαν σε κάθε όροφο είναι:

Πειραματικές Τιμές					
1 <sup>ος</sup> Όροφος		2 <sup>ος</sup> Όροφος		3 <sup>ος</sup> Όροφος	
$\alpha_{1ου ορ} =$	$m/sec^2$	$\alpha_{2ου ορ} =$	$m/sec^2$	$\alpha_{3ου ορ} =$	$m/sec^2$

**E8.** Οι επιταχύνσεις που μετρήθηκαν πειραματικά συμπίπτουν με αυτές που υπολογίσατε αναλυτικά; Αν όχι, πού μπορεί να οφείλονται οι διαφορές;