

ΑΣΚΗΣΗ 2^η

*Μελέτη βολής σφαίρας σε περιβάλλον ρευστού με χρήση
προσομοίωσης σε Ηλεκτρονικό Υπολογιστή*

Μελέτη – ανάπτυξη: Δ. Ψύλλος, Δ. Ευαγγελινός, Ο. Βαλασιάδης

Αρχική ανάπτυξη λογισμικού: Δ. Ευαγγελινός

Προσαρμογή λογισμικού σε PC: Δ. Αποστολίδης – Γ. Πριμεράκης

ΜΕΛΕΤΗ ΒΟΛΗΣ ΣΦΑΙΡΑΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΡΕΥΣΤΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

1. Σκοπός της άσκησης

Η άσκηση στοχεύει στη μελέτη της βολής σφαίρας με τη χρήση της τεχνικής της **προσομοίωσης** του φαινομένου μέσω Η/Υ. Τα προγράμματα προσομοίωσης μιμούνται ένα πραγματικό φυσικό σύστημα με την χρήση απλών ή πολύπλοκων μοντέλων φυσικής. Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλλει τα μεγέθη που σχετίζονται με το υπό μελέτη φαινόμενο και να παρατηρεί άμεσα τις αλλαγές στο προσομοιωμένο σύστημα, είτε ποιοτικά (γραφήματα, εικόνες), είτε ποσοτικά (αριθμητικές τιμές). Με αυτό τον τρόπο, ο χρήστης μπορεί να παίρνει αποφάσεις για τις τιμές των παραμέτρων, να βλέπει άμεσα τα αποτελέσματα των αλλαγών τους και να επαναλαμβάνει τις μετρήσεις του με σημαντική οικονομία χρόνου. Αυτή η επαναληπτική διαδικασία αναμένεται να τον βοηθήσει αφενός μεν στο συσχετισμό της ποιοτικής με την ποσοτική προσέγγιση των φαινομένων, αφετέρου δε στην εξοικείωσή του με την ίδια την τεχνική της προσομοίωσης, η οποία είναι μία από τις βασικές ερευνητικές μεθοδολογίες της Φυσικής.

Στην άσκηση, οι φοιτητές “εκτελούν” πλάγιες βολές μιας σφαίρας στο κενό ή μέσα σε ρευστό, στην οποία, εκτός από την δύναμη της βαρύτητας, επενεργούν δυνάμεις **άνωσης** και **τριβής**. Σε μια πρώτη φάση, επιλέγονται οι αρχικές παράμετροι της κίνησης και αποτυπώνεται το γράφημα της βολής, το οποίο στη συνέχεια μελετάται ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για τα φυσικά μεγέθη. Σε μια δεύτερη φάση, αναλύεται γνωστό γράφημα βολής σε κενό, με σκοπό τον προσδιορισμό των παραμέτρων της κίνησης από τις οποίες αυτή προέκυψε. Τέλος, τα προηγούμενα συνδυάζονται, ώστε να επιτευχθεί επιτυχημένη βολή σε προκαθορισμένο στόχο.

Η ιδιαιτερότητα της προσέγγισης της παρούσας άσκησης είναι ότι δεν προσομοιώνεται μόνο το φυσικό σύστημα υπό μελέτη, αλλά και η ίδια η πειραματική διαδικασία την οποία θα ακολουθούσε ένας πειραματιστής για να μελετήσει την κίνηση ενός σώματος με πραγματικά όργανα, ακολουθώντας την στροβοσκοπική μέθοδο καταγραφής της κίνησης. Με αυτό τον τρόπο, προσπαθώντας να απαντήσουν σε ερωτήματα του τύπου “*τί θα συμβεί αν...*”, ελπίζεται ότι οι φοιτητές θα συνδέσουν την συνήθως μηχανική χρήση ενός προγράμματος Η/Υ με τα παραμετρικά μοντέλα Φυσικής που διέπουν την κίνηση ενός σώματος και θα αναπτύξουν δεξιότητες διερεύνησης του φαινομένου σε οικείες αλλά και μη οικείες συνθήκες διεξαγωγής του πειράματος.

2. Κίνηση σφαίρας μέσα σε ρευστό

Θεωρούμε τα ακόλουθα:

Σφαίρα ακτίνας r , μάζας m και πυκνότητας d_0 .

Ρευστό απόλυτου ιξώδους η_f και πυκνότητας d_f , το οποίο βρίσκεται σε ηρεμία.

Έστω ότι η σφαίρα κινείται μέσα στο ρευστό υπό την επίδραση βαρυτικού πεδίου έντασης g , έχοντας σαν αρχικές συνθήκες:

Αρχική θέση $\mathbf{O}(\mathbf{0}, h_0)$, όπου h_0 το αρχικό ύψος,

Αρχική ταχύτητα \mathbf{v}_0 ,

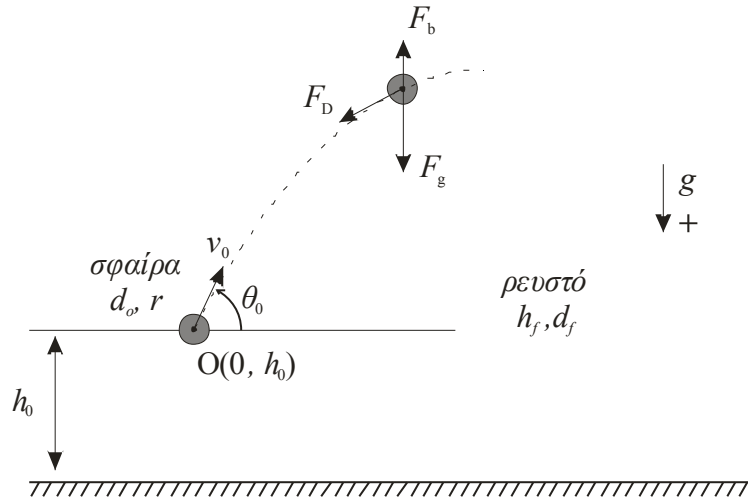
Κλίση θ_0 ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

Οι δυνάμεις που ασκούνται στη σφαίρα κατά την κίνηση της είναι (βλέπε Σχήμα 1): η δύναμη βαρύτητας \mathbf{F}_g , η δύναμη άνωσης \mathbf{F}_b και η δύναμη τριβής \mathbf{F}_D .

Σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, η επιτάχυνση της σφαίρας a θα δίνεται από τη σχέση:

$$\alpha = \frac{F_{ολ}}{m} = \frac{F_b - F_g - F_D}{m} \quad (1)$$

Για μια σφαίρα ακτίνας r , η δύναμη βαρύτητας F_g θα είναι $F_g = \frac{4}{3} \pi r^3 d_0 g$



Σχήμα 1. Κίνηση σφαίρας μέσα σε ρευστό

Σύμφωνα με την αρχή του Αρχιμήδη, η δύναμη άνωσης F_b ισούται με το βάρος του ρευστού που εκτοπίζεται από τον όγκο της σφαίρας:

$$F_b = \frac{4}{3} \pi r^3 d_f g$$

Η δύναμη τριβής γενικά εκφράζεται από τη σχέση:

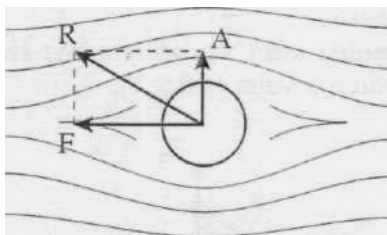
$$F_D = \frac{1}{2} \pi d_f C_D r^2 v^2$$

Όπου C_D ο αδιάστατος συντελεστής τριβής, ο οποίος εξαρτάται από την ακτίνα r της σφαίρας, την στιγμιαία ταχύτητα v και το απόλυτο ιξώδες η_f του ρευστού. Άρα η διαφορική εξίσωση της κίνησης για την απομάκρυνση s της σφαίρας από το αρχικό σημείο $O(0, h_0)$ γράφεται:

$$\frac{d^2 s}{dt^2} = \delta - \frac{3d_f C_D \left(r, \frac{ds}{dt}, n_f \right) \left(\frac{ds}{dt} \right)^2}{8d_0 r} \quad (2)$$

όπου $\delta = g \left(\frac{d_f}{d_0} - 1 \right)$.

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμη μια συνοπτική ανάλυση της δύναμης τριβής F_D . Θεωρώντας ότι υπάρχει σχετική κίνηση μεταξύ σφαίρας - ρευστού (εδώ θεωρούμε κίνηση της σφαίρας μέσα σε ακίνητο ρευστό), τότε στη σφαίρα ασκείται δύναμη αντίστασης R , η οποία και αναλύεται σε δύο κάθετες συνιστώσες F και A (Σχήμα 2). Η F είναι αντίθετη στη διεύθυνση κίνησης της σφαίρας και ονομάζεται μετωπική αντίσταση, ενώ η A ονομάζεται ανυψωτική δύναμη.



Σχήμα 2. Ανάλυση της δύναμης αντίστασης R . Διακρίνονται οι γραμμές ροής του ρευστού γύρω από τη σφαίρα.

Στην περίπτωσή μας η ανυψωτική δύναμη A δεν υπολογίζεται δηλαδή $F_D = F$, γιατί θεωρήθηκε ότι:

- α. η διαμόρφωση της ροής γύρω από τη σφαίρα είναι συμμετρική, ώστε να μην υπάρχει διαφορά πίεσης και
- β. η σφαίρα δεν περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της κατά την κίνηση της μέσα στο ρευστό.

Η μετωπική αντίσταση F προέρχεται είτε από ιξώδες του ρευστού (F_v), είτε από την ύπαρξη διαφοράς πίεσης ανάμεσα σε ακραία σημεία της σφαίρας (F_σ). Ο λόγος των δύο παραπάνω ειδών μετωπικής αντίστασης, δίνει τον αριθμό Reynolds (R_e) για την κίνηση της σφαίρας στο ρευστό:

$$\frac{F_\sigma}{F_v} = R_e = \frac{2rvd_f}{n_f} \quad (3)$$

Αν ο συντελεστής R_e είναι μεγάλος, υπερισχύει η F_σ και η ροή είναι **τυρβώδης**, ενώ αν ο συντελεστής R_e είναι μικρός, υπερισχύει η F_v και η ροή είναι **νηματώδης**. Και τα δύο αυτά είδη μετωπικών αντιστάσεων υπάρχουν στο συντελεστή τριβής C_D . Επειδή η F προσδιορίζεται από χαρακτηριστικά της ροής, ο συντελεστής C_D θα εξαρτάται μόνο από το συντελεστή R_e αλλά με σύνθετο τρόπο. Έτσι για $R_e < 1$, η F_v επικρατεί και η δύναμη τριβής είναι ανάλογη με την ταχύτητα της σφαίρας (νόμος Stokes):

$$F = F_v = 6\pi n_f r v$$

Ο συντελεστής τριβής γίνεται $C_D(r, v, n_f) = C_D(R_e) = \frac{24}{R_e}$.

Για $R_e > 1$ ισχύουν άλλες σχέσεις που υπερβαίνουν το σκοπό της παρούσας άσκησης.

Την κίνηση της σφαίρας τη μελετάμε σαν σύνθεση δύο ανεξάρτητων κινήσεων. Η μια γίνεται στον άξονα Y (κατακόρυφος) και η άλλη στον άξονα X (οριζόντιος).

Στην περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει σαν ρευστό το KENO ($F_b = 0, F_D = 0$), τότε σαν εξισώσεις κίνησης λαμβάνονται αυτές της Νευτώνειας μηχανικής:

Άξονας X : $x = v_0 \sigma \nu \theta \cdot t$

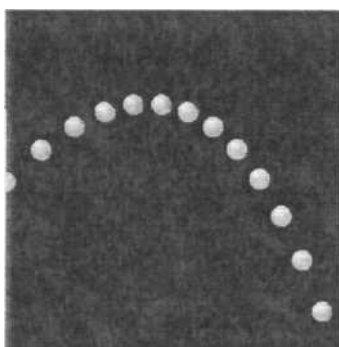
Άξονας Y : $y = v_0 \eta \mu \theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$

Στην περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΡΕΥΣΤΟ και όχι το κενό, τότε η εξίσωση (2) είναι δυνατόν να λυθεί μόνο αριθμητικά, με τη μέθοδο του Euler.

3. Περιγραφή του προγράμματος

3.1. Η τεχνική της χρονοφωτογράφισης για τη μελέτη των βολών

Το στροβοσκοπικό φλας παρέχει λάμπες με ρυθμιζόμενη συχνότητα και έτσι μας δίνει τη δυνατότητα να φωτίζουμε επιλεγμένες όψεις της εξέλιξης ενός φαινομένου. Το χρησιμοποιούμε στην τεχνική της χρονοφωτογράφισης στην οποία καταγράφουμε διαδοχικά στιγμιότυπα της κίνησης μιας σφαίρας. Μετά την επεξεργασία και την εμφάνιση του φιλμ παίρνουμε μια φωτογραφία στην οποία φαίνονται οι διαδοχικές θέσεις της σφαίρας σε τακτά χρονικά διαστήματα (Σχήμα 3).

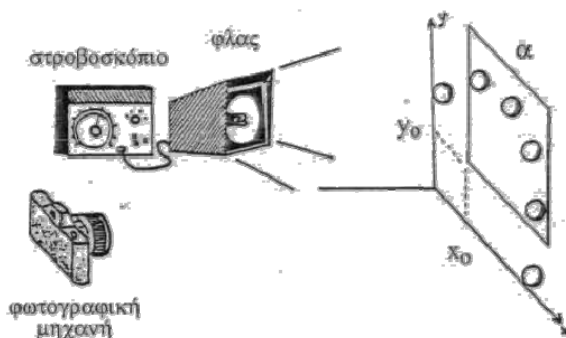


Σχήμα 3. Προσομοιωμένη φωτογραφία βολής σφαίρας.

Τα κρίσιμα στοιχεία μιας διάταξης χρονοφωτογράφισης είναι η εστίαση της φωτογραφικής μηχανής, η κάλυψη όλου του χώρου όπου εξελίσσεται το φαινόμενο και η ρύθμιση της συχνότητας του στροβοσκοπίου ώστε να πάρουμε επαρκές πλήθος στιγμιότυπων της κίνησης που θα διευκολύνουν τη μελέτη του φαινομένου.

3.2. Δομή του προγράμματος προσομοίωσης

Η διάταξη με την οποία θα κάναμε στροβοσκοπική καταγραφή της κίνησης απεικονίζεται στο Σχήμα 4. Η διάρθρωση του προγράμματος προσομοίωσης αντιστοιχεί με τα επιμέρους βήματα που θα ακολουθούσαμε για την εκτέλεση ενός πειράματος στροβοσκοπικής καταγραφής της κίνησης της σφαίρας και παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Στην αριστερή στήλη του πίνακα αποτυπώνονται οι πειραματικές εργασίες που θα έπρεπε να γίνουν στην περίπτωση της πραγματικής εκτέλεσης του πειράματος. Κάθε μια από αυτές προσομοιώνεται με το αντίστοιχο μέρος του προγράμματος που παρουσιάζεται στη δεξιά στήλη του πίνακα.



Σχήμα 4. Πειραματική διάταξη στροβοσκοπικής καταγραφής της κίνησης.

Πίνακας I. Αντιστοίχιση πειραματικών εργασιών – προσομοιωμένου πειράματος.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	ΥΠΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
Διάταξη χρονοφωτογράφισης Ρύθμιση συχνότητας στροβοσκοπίου Καθορισμός χώρου εκτέλεσης βολής Καθορισμός συνθηκών / φυσικών μεγεθών Λήψη φωτογραφιών βολής Σύγκριση κινήσεων	Παράμετροι / καταγραφή
Λήψη μετρήσεων από τη φωτογραφία π.χ. μέτρηση βεληνεκούς	Λήψη μετρήσεων
Κατασκευή γραφικών παραστάσεων Συμμεταβολή των φυσικών μεγεθών από τα δεδομένα, σε διάφορες κλίμακες, π.χ. log-log Στατιστική επεξεργασία των Μετρήσεων με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων	Επεξεργασία μετρήσεων
Θεωρητική μελέτη του φαινομένου με τις εξισώσεις της κίνησης Γραφικές παραστάσεις παραγώγων μεγεθών	Θεωρητική μελέτη
Αρχειοθέτηση φωτογραφιών	Αρχείο φωτογραφιών

3.3. Λειτουργία του προγράμματος

Το πρόγραμμα λειτουργεί σε περιβάλλον Windows και είναι φιλικό προς τον χρήστη. Οδηγίες δίνονται από το πρόγραμμα σε κάθε στιγμή. Αναλυτικές οδηγίες δίνονται στο παράρτημα που συνοδεύει την άσκηση και αντιστοιχούν στις εργασίες που πρέπει να κάνουν οι φοιτητές στη διάρκεια της άσκησης.

4. Μέθοδος χρήσης του προγράμματος προσομοίωσης για τη μελέτη βολής σφαίρας

Κύριο γνώρισμα ενός προγράμματος προσομοίωσης είναι η ευλυγισία και οι πολλαπλές δυνατότητες που παρέχει για τη μελέτη του φαινομένου. Έτσι τα διάφορα μέρη του προγράμματος μπορούν να συνδυαστούν με πολλούς τρόπους ανάλογα με τη σκοπιά που μελετάμε τη βολή.

Πριν την εκτέλεση της εργαστηριακής άσκησης, είναι καλό να εξοικειωθείτε με την λειτουργία του προγράμματος, η οποία περιγράφεται στο Παράρτημα της άσκησης. Στα επόμενα, οι αναφορές σε οδηγία Π0, Π1 κλπ. αναφέρονται στις αντίστοιχες παραγράφους του Παραρτήματος.

5. Εκτέλεση της άσκησης

5.1. Εύρεση χαρακτηριστικών και παραμέτρων βολής

Ανοίξτε τον υπολογιστή και εκτελέστε το πρόγραμμα (οδηγία Π0, Παράρτημα Α της άσκησης).

Διαβάστε τις Γενικές Οδηγίες (Π01).

Επιλέξτε το υποπρόγραμμα **Παράμετροι / καταγραφή** (οδηγία Π1). Αναγνωρίστε τα μεγέθη που εμφανίζονται στην οθόνη και συσχετίστε τα με τα Σχήματα 1 και 4. Σε τι διαφέρουν τα μεγέθη α , x_0 και y_0 ;

5.2. Λήψη και ποιοτική μελέτη δεδομένων

α. Ποιοτική μέτρηση μέγιστου ύψους, βεληνεκούς και συνολικού χρόνου της κίνησης

Δώστε στις παραμέτρους τις παρακάτω τιμές (οδηγία Π1):

$v_0 = 2 \text{ m/sec}$	ρευστό: KENO	$f = 20 \text{ Hz}$
$\theta_0 = 45^\circ$	υλικό: ΣΙΑΗΡΟΣ	$x_0 = 0 \text{ m}$
$h_0 = 0.5 \text{ m}$	$r = 0.02 \text{ m}$	$y_0 = 0 \text{ m}$
$g = 9.8 \text{ m/sec}^2$		$\alpha = 1 \text{ m}$

Καταγράψτε τη βολή.

Χρησιμοποιήστε το υποπρόγραμμα **Λήψη μετρήσεων** (οδηγία Π2). Εργαστείτε στην οθόνη του υπολογιστή και υπολογίστε προσεγγιστικά, με τη βοήθεια των δύο χαράκων, το μέγιστο ύψος h_m , την μέγιστη οριζόντια απομάκρυνση x_m καθώς και τον ολικό χρόνο $t_{ολ}$ της κίνησης της σφαίρας.

β. Επίδραση στην κίνηση της αλλαγής μιας αρχικής παραμέτρου και προσδιορισμός παραμέτρων για την επίτευξη καταγραφής με συγκεκριμένες προδιαγραφές

Επιλέξτε το υποπρόγραμμα **Παράμετροι / καταγραφή**.

Στις παραπάνω αρχικές τιμές των παραμέτρων **τριπλασιάστε** την τιμή της ταχύτητας. Αλλάξτε αρνητικό στη φωτογραφική μηχανή. Καθορίζοντας κατά την κρίση σας τις τιμές των υπόλοιπων παραμέτρων (χωρίς να αλλάξετε την νέα v_0), προσπαθήστε να πετύχετε βολή στο KENO η οποία να έχει συγγρόνως μέγιστη οριζόντια απομάκρυνση x_m περίπου ίση με 3 m και 15 στιγμιότυπα, αλλάζοντας μία-μία τις παραμέτρους και εκτελώντας καταγραφή της κίνησης. Συζητήστε στην ομάδα τις προτεινόμενες αλλαγές παραμέτρων **πριν** τις αλλάξετε, και διαπιστώστε αν κάθε αλλαγή είχε πράγματι το αναμενόμενο αποτέλεσμα. Για την εργασία θα χρειαστεί να περιγράψετε το σκεπτικό σας για κάθε αλλαγή παραμέτρου και την αντίστοιχη μεταβολή στην κίνηση της σφαίρας που προέκυψε και να κάνετε ένα σκαρίφημα της στροβοσκοπικής φωτογραφίας που προέκυψε.

Σημειώστε τις τιμές των παραμέτρων της κάθε σας προσπάθειας, συγκρίνατε τα χαρακτηριστικά της κίνησης σε κάθε περίπτωση και συζητήστε τα με τον διδάσκοντα.

γ. Επίδραση στην κίνηση της αλλαγής του περιβάλλοντος ρευστού

Εκτελέστε την παραπάνω βολή αλλάζοντας το ρευστό σε NEPO αντί για το KENO. Μετρείστε το νέο βεληνεκές και τον νέο ολικό χρόνο κίνησης της σφαίρας.

Η κίνηση έχει μεγαλύτερο ή μικρότερο βεληνεκές από την προηγούμενη στο κενό; Γιατί;

Η κίνηση διαρκεί περισσότερο ή λιγότερο χρόνο από την προηγούμενη στο κενό; Γιατί;

Συζητήστε τα αποτελέσματα με τις άλλες ομάδες και τον διδάσκοντα. Έχουν βρει όλες οι ομάδες π.χ. μεγαλύτερο χρόνο κίνησης στο νερό από ότι στον αέρα ή όχι; Γιατί;

δ. Προσδιορισμός παραμέτρων για την επίτευξη συγκεκριμένου βεληνεκούς

Κρατώντας το g σταθερό, μπορείτε να πετύχετε μέγιστη οριζόντια απομάκρυνση 3 m στο νερό αλλάζοντας άλλες παραμέτρους; Αιτιολογείστε την απάντησή σας.

ε. Μελέτη της αρχής ανεξαρτησίας κινήσεων

Επιλέξτε το υποπρόγραμμα **Παράμετροι / καταγραφή**. Δώστε στις παραμέτρους τις παρακάτω τιμές:

$v_0 = 2 \text{ m/sec}$	ρευστό: KENO	$f = 20 \text{ Hz}$
$\theta_0 = 0^\circ$	υλικό: ΣΙΔΗΡΟΣ	$x_0 = 0 \text{ m}$
$h_0 = 0.8 \text{ m}$	$r = 0.02 \text{ m}$	$y_0 = 0 \text{ m}$
$g = 9.8 \text{ m/sec}^2$		$\alpha = 1 \text{ m}$

Καταγράψτε την κίνηση. Βρείτε την οριζόντια και κατακόρυφη συνιστώσα της κίνησης, υπολογίζοντας τις αντίστοιχες παραμέτρους. Εκτελώντας τις αντίστοιχες βολές καταγράψτε τις κινήσεις (χωρίς αλλαγή αρνητικού) ώστε να δείξετε την αρχή ανεξαρτησίας των κινήσεων.

5.3. Λήψη και ποσοτική επεξεργασία δεδομένων

α. Επιλέξτε το υποπρόγραμμα **Αρχείο φωτογραφιών** (οδηγία Π5).

Ανακαλέστε από το αρχείο τη φωτογραφία προς μελέτη. Στη συνέχεια να κάνετε τις ακόλουθες εργασίες.

Με το υποπρόγραμμα **Λήψη μετρήσεων** υπολογίστε την ακτίνα r της σφαίρας. Λάβετε 10 μετρήσεις θέσεων της σφαίρας. Με το υποπρόγραμμα **Επεξεργασία μετρήσεων** (οδηγία Π3) κατασκευάστε γραφική παράσταση στην οποία να φαίνονται τα 10 σημεία και η γραμμική συσχέτιση των μεγεθών x και y σε δύο κλίμακες.

Κατόπιν εφαρμόστε στα πειραματικά μεγέθη την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και προσδιορίστε τις τιμές των μεγεθών v_0 , θ_0 , h_0 και g .

β. Πάρτε φωτογραφία βολής σε περιβάλλον κενού από τον διδάσκοντα.

Δίδονται μαζί και οι τιμές ορισμένων παραμέτρων της κίνησης. Στην συνέχεια να κάνετε τις παρακάτω εργασίες με τη βοήθεια ενός χάρακα και ενός υπολογιστή αριθμητικών πράξεων (δυνατή η χρήση αυτού που υπάρχει στο πρόγραμμα).

Προσδιορίστε γραφικά την ακτίνα r και την γωνία θ_0 εκτόξευσης της σφαίρας. Βρείτε τα h_0 , h_m και τη μέγιστη οριζόντια απομάκρυνση x_m της σφαίρας. Υπολογίστε την ταχύτητα v_0 εκτόξευσης της σφαίρας και την αρχική ολική της ενέργεια.

Χρησιμοποιήστε τα παραπάνω αποτελέσματα και καταγράψτε την αντίστοιχη κίνηση στο πρόγραμμα. Συγκρίνετε το αποτέλεσμα με τη φωτογραφία που σας δόθηκε.

5.4. Επίτευξη βολής καθορισμένου στόχου

Στο υποπρόγραμμα **Παράμετροι / καταγραφή** επιλέξτε την βολή σε στόχο. Στην οθόνη εμφανίζεται ο στόχος (καλάθι basketball). Σκοπός είναι η επιτυχής βολή της μπάλας (σφαίρα) στο καλάθι. Οι παράμετροι λαμβάνουν συγκεκριμένες τιμές εκτός της αρχικής ταχύτητας v_0 που μπορεί να μεταβληθεί. Υπολογίστε θεωρητικά την παραπάνω τιμή και επαληθεύστε το αποτέλεσμα καταγράφοντας την βολή για την υπολογισμένη ταχύτητα.

5.5. Θεωρητική μελέτη

Με το υποπρόγραμμα **Θεωρητική μελέτη** είναι δυνατή η γραφική απεικόνιση των διαφόρων μεγεθών που σχετίζονται με την κίνηση. Συγκρίνετε περιπτώσεις βολών σε ΚΕΝΟ με αντίστοιχες σε ΡΕΥΣΤΟ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

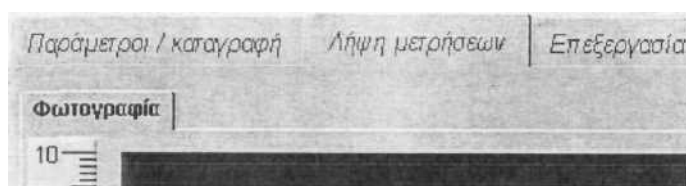
Π0. ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ - ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

1. Σε αυτή την άσκηση θα χρησιμοποιήσετε μόνο τον υπολογιστή.
2. Ανάψτε το πολύμπριζο από το οποίο τροφοδοτείται ο υπολογιστής (ανάβει το ενδεικτικό φως).
3. Ανάψτε τον υπολογιστή.
4. Εκτελέστε την εφαρμογή ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ που βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας των Windows.

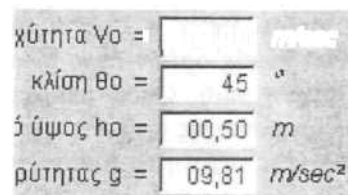
Π01. ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

Το πρόγραμμα έχει σχεδιαστεί με βάση τις παρακάτω αρχές αλληλεπίδρασης με τον χρήστη:

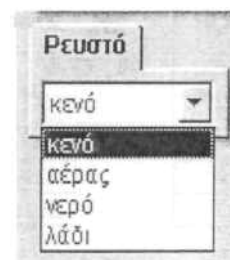
Η επιλογή του καθενός από τα υποπρογράμματα γίνεται από τον τίτλο του στην κορυφή της οθόνης.



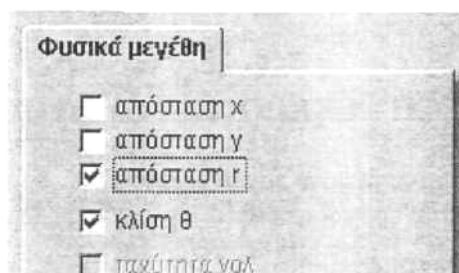
Η ελεύθερη εισαγωγή αριθμητικών τιμών σε παραμέτρους (συνήθως εντός ορίων και με συγκεκριμένο αριθμό δεκαδικών ψηφίων) γίνεται σε άσπρα πλαίσια. Η εισαγωγή γίνεται πατώντας **Enter** ή **Tab** ή επιλέγοντας άλλο αντικείμενο με το ποντίκι. Αν η τιμή είναι μη επιτρεπτή, είτε απορρίπτεται κρατώντας την προηγούμενη, είτε μετατρέπεται στην πλησιέστερη επιτρεπτή.



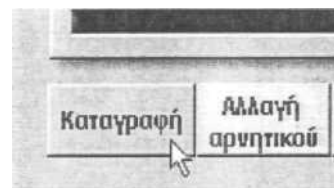
Η εισαγωγή προεπιλεγμένων αριθμητικών τιμών, φυσικών μεγεθών, κ.ά. γίνεται με κυλιόμενες λίστες επιλογής (pull-down menus). Κάνοντας κλικ στο βέλος της λίστας, αυτή αναδιπλώνεται και με το ποντίκι επιλέγουμε την τιμή που θέλουμε.



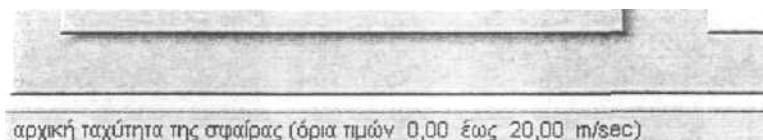
Η ενεργοποίηση ή όχι καταστάσεων με δύο επιλογές γίνεται με τα τετράγωνα μαρκαρίσματος. Επιλογές ή λειτουργίες που δεν είναι διαθέσιμες στον χρήστη είναι γκριζαρισμένες και είναι μη επιλέξιμες.



Η εκτέλεση λειτουργιών (καταγραφή, αρχειοθετήσεις, γραφικές παραστάσεις, καθώς και βοήθεια) γίνεται με την επιλογή με το ποντίκι του αντίστοιχου πλήκτρου εντολής.



Καθ' όλη τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος, στο κάτω μέρος της οθόνης (status bar) δίνονται συνοπτικές πληροφορίες σχετικά με την περιοχή της οθόνης που βρίσκεται ο δείκτης του ποντικιού.



Π1. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ / ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ

Στο αριστερό μέρος της οθόνης γίνεται ο καθορισμός των **παραμέτρων** του πειράματος, είτε με εισαγωγή τιμών από τον χρήστη, είτε με επιλογή κάποιας προκαθορισμένης τιμής. Οι τιμές **εισάγονται** με πάτημα του πλήκτρου Enter ή Tab ή με επιλογή κάποιας άλλης λειτουργίας. Αν η τιμή που δόθηκε είναι **εκτός ορίων** (που δίδονται στο κάτω μέρος της οθόνης) τότε επαναφέρεται η προηγούμενη τιμή. Όπου υπάρχει δυνατότητα **δεκαδικών** ψηφίων, αυτό είναι φανερό από τη μορφή της αντίστοιχης αριθμητικής τιμής. **Αρνητικό** πρόσημο μπορεί να δοθεί μόνο στην κλίση της αρχικής ταχύτητας (θετική για βολή προς τα πάνω και αρνητική για βολή προς τα κάτω).

Προκαθορισμένες είναι οι δυνατότητες επιλογής ρευστού ή υλικού της σφαίρας. Οι τιμές του απόλυτου ιξώδους η_f , της πυκνότητας d_f των ρευστών και της πυκνότητας d_0 των διαφόρων υλικών δίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Ρευστό	Απόλυτο ιξώδες η_f (N.sec/m ²)	Πυκνότητα d_f (Kgr/m ³)
ΚΕΝΟ	0	0
Αέρας	0.0000182	1.12
Νερό	9.80	100
Λάδι	0.07	920

Υλικό	Πυκνότητα d_0 (Kgr/m ³)
Σίδηρος	7800
Αλουμίνιο	2700
Πλαστικό	900
Ξύλο	240

Το χρώμα της σφαίρας έχει μόνο εποπτική σημασία.

Η επιλογή βολή σε στόχο εμφανίζει (ή κρύβει) ένα στόχο στην περιοχή της βολής. Όταν υπάρχει ο στόχος, ορισμένες τιμές των παραμέτρων λαμβάνουν προκαθορισμένη τιμή, ενώ οι υπόλοιπες είναι δυνατό να οριστούν από το χρήστη ώστε να πετύχει συγκεκριμένη βολή.

Λειτουργίες:

- Καταγραφή:** *Γίνεται η καταγραφή της κίνησης της σφαίρας σε τετράγωνη φωτογραφία 10 X10 cm*
- Αλλαγή αρνητικού:** *Γίνεται αλλαγή του αρνητικού στη φωτογραφική μηχανή. Αν δεν γίνει αλλαγή, τότε οι καταγραφές γίνονται επάνω στο ίδιο αρνητικό, παρέχοντας τη δυνατότητα σύγκρισης διαφόρων κινήσεων.*
- Εκτύπωση:** *Εκτυπώνονται οι παράμετροι και η φωτογραφία.*
- Υπολογιστής:** *Εμφανίζεται μία αριθμομηχανή για την εκτέλεση πράξεων.*
- Βοήθεια:** *Εμφανίζεται ένα παράθυρο με διάφορες βοηθητικές πληροφορίες.*
- Έξοδος:** *Τερματίζεται η εκτέλεση του προγράμματος. ΠΡΟΣΟΧΗ, γιατί είναι πιθανό να χαθούν αλλαγές που έχετε κάνει.*

Π2. ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Χάρακες: Υπάρχουν δύο χάρακες που είναι δυνατό να μετακινούνται με την βοήθεια του ποντικιού πάνω στη φωτογραφία. Η μετακίνηση είναι δυνατή μόνο οριζόντια ή κατακόρυφα (ανάλογα τον χάρακα). Ο χρήστης πρέπει να κάνει την αναγωγή της μέτρησης του χάρακα στην πραγματική απόσταση λαμβάνοντας υπόψη τις παραμέτρους a , x_0 και y_0 , που αφορούν το χώρο φωτογράφισης.

Πίνακας μετρήσεων: Ο πίνακας έχει 3 στήλες (χρόνος t , οριζόντια θέση x και κατακόρυφη θέση y).

Όταν γίνει καταγραφή μιας βολής γίνεται και διαγραφή όλων των μετρήσεων που τυχόν έχουν εισαχθεί στον πίνακα.

Επιλέγοντας ένα κελί του πίνακα με το ποντίκι και πληκτρολογώντας έναν αριθμό γίνεται η εισαγωγή της τιμής. Υπάρχει δυνατότητα για τρία δεκαδικά ψηφία.

Όταν γίνει η εισαγωγή και των 3 τιμών σε μια γραμμή, γίνεται αυτόματα ταξινόμηση με **αύξουσα χρονική σειρά**.

Αν επιλεγεί μια σειρά μετρήσεων (από το τρίγωνο στο αριστερό άκρο της) μπορεί να διαγραφεί με το πλήκτρο **Delete**.

Λειτουργίες:

- Διαγραφή πίνακα:** *Γίνεται διαγραφή όλων των μετρήσεων του πίνακα.*
- Εκτύπωση πίνακα:** *Εκτυπώνεται ο πίνακας των μετρήσεων.*
- Αποθήκευση πίνακα:** *Αποθηκεύεται ο πίνακας των μετρήσεων σε δισκέτα σε μορφή .xls (αρχείο Excel)*
- Υπολογιστής:** *Εμφανίζεται μία αριθμομηχανή για την εκτέλεση πράξεων.*
- Βοήθεια:** *Εμφανίζεται ένα παράθυρο με διάφορες βοηθητικές πληροφορίες.*

Π3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Γραφική επεξεργασία: Γίνεται η γραφική παράσταση των μετρήσεων που έχουν γίνει.

Ζητούνται:

Το φυσικό μέγεθος για κάθε άξονα.

Το είδος κάθε άξονα (χιλιοστομετρικός ή λογαριθμικός).

Για κάθε άξονα ζητείται η αρχή και η κλίμακα του.

Για χιλιοστομετρικό χαρτί η αρχή πρέπει να έχει την μορφή $\alpha \times 10^b$ (α ακέραιος μεταξύ 1 και 9 και b ακέραιος μεταξύ -3 και 3). Αν δεν έχει αυτή τη μορφή, στρογγυλοποιείται στην πλησιέστερη σωστή. Επίσης και η αντιστοιχία σε 1 cm πρέπει να έχει την παραπάνω μορφή.

Για λογαριθμικό άξονα, η αρχή είναι κάποια από τις προεπιλεγμένες δυνάμεις του 10, ενώ οι περιοχές μπορεί να είναι 1 έως 4.

Ελάχιστα τετράγωνα: Γίνεται η γραφική παράσταση των καμπύλων (ευθείας ή παραβολής) $y=f(x)$ και οι αντίστοιχες παράμετροι, για τα αντίστοιχα ζεύγη τιμών των μεγεθών που έχει επιλέξει ο χρήστης, στους άξονες που έχουν καθοριστεί. Για την ευθεία απαιτείται η ύπαρξη δύο τουλάχιστον σημείων και για την παραβολή τριών.

Λειτουργίες:

Εκτύπωση: Εκτυπώνονται η γραφική παράσταση και οι παράμετροι των καμπύλων των ελαχίστων τετραγώνων αν έχουν υπολογιστεί.

Υπολογιστής: Εμφανίζεται μία αριθμομηχανή για την εκτέλεση πράξεων.

Βοήθεια: Εμφανίζεται ένα παράθυρο με διάφορες βοηθητικές πληροφορίες.

Π4. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Γίνεται η γραφική παράσταση διαφόρων φυσικών μεγεθών που αφορούν την κίνηση της σφαίρας, σε σχέση με το χρόνο. Στον οριζόντιο άξονα υπάρχει ο χρόνος. Είναι δυνατή η επιλογή και παραπάνω από δύο μεγεθών αρκεί να είναι από δύο διαφορετικές ομάδες μεγεθών, οπότε και παρουσιάζονται δύο κατακόρυφοι άξονες, ενώ είναι αδύνατη η επιλογή μεγεθών μη ομοειδούς με τα ήδη επιλεγμένα.

Παράδειγμα: επιλέγουμε την κεντρομόλο και επιτρόχια επιτάχυνση και την κλίση της τροχιάς.

Οι κλίμακες των αξόνων καθορίζονται αυτόματα για την όσο το δυνατό καλύτερη μελέτη των καμπυλών που προκύπτουν.

Λειτουργίες:

Εκτύπωση: Εκτυπώνονται η γραφική παράσταση και οι παράμετροι.

Υπολογιστής: Εμφανίζεται μία αριθμομηχανή για την εκτέλεση πράξεων.

Βοήθεια: Εμφανίζεται ένα παράθυρο με διάφορες βοηθητικές πληροφορίες.

Π5. ΑΡΧΕΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ

Είναι δυνατή η αρχειοθέτηση 3 καταγραφών με τις μετρήσεις που έχουν γίνει. Η τελευταία καταγραφή αποθηκεύεται αυτόματα ώστε να είναι εύκολη η ανάκληση της. Επίσης είναι δυνατή μιας φωτογραφίας για μελέτη, της οποίας δίδονται ορισμένες παράμετροι και ζητούνται οι υπόλοιπες.

Λειτουργίες

Ανάκληση: Λαμβάνεται από το αρχείο η επιλεγμένη φωτογραφία και οι μετρήσεις που τυχόν έχουν αποθηκευτεί.

Αποθήκευση: Αποθηκεύεται στο αρχείο στην επιλεγμένη θέση (1-3) η τελευταία καταγραφή και οι μετρήσεις που τυχόν έχουν ληφθεί.

Βοήθεια: Εμφανίζεται ένα παράθυρο με διάφορες βοηθητικές πληροφορίες.

