$\boxed{1}$:
Να βρεθούν οι εκφράσεις των $\vec{v}$, $\vec{a}$ στη βάση $\hat{r}$, $\hat{\phi}$ των πολικών συντεταγμένων.

$\boxed{2}$:
Σώμα έχει διάνυσμα θέσης

$$\vec{r} = \left(2t^3 - 3t^2\right)\hat{x} + \left(t^2 - \lambda t + 1\right)\hat{y} \quad (\text{στο σύστημα mks})\,.$$

(α) Ποιό το λ ώστε η ταχύτητα του σώματος να μηδενίζεται κάποια χρονική στιγμή; Ποιά αυτή η χρονική στιγμή;
(β) Σε ποιό χρόνο η δύναμη που ασκείται στο σώμα είναι παράλληλη στον άξονα y;
(γ) Ποιά τα μοναδιαία $\hat{\varepsilon}$, $\hat{\eta}$ (στην εφαπτόμενη της τροχιάς και προς το κέντρο καμπυλότητας, αντίστοιχα) και ποιά η ακτίνα καμπυλότητας, σε χρόνο t;

$\boxed{3}$:
(α) Σώμα εκτελεί κυκλική κίνηση ακτίνας R, με γωνιακή ταχύτητα $\dot{\phi} = \omega(t)$, τέτοια ώστε η κεντρομόλος επιτάχυνση να είναι ανάλογη του τετραγώνου της επιτρόχιας επιτάχυνσης, $a_\kappa = \left(t_0^2/R\right) a_\varepsilon^2$, όπου $t_0 =$ σταθερά. Ποιά είναι η συνάρτηση $\omega(t)$;
(β) Εκτός από την κυκλική κίνηση το σώμα εκτελεί ταυτόχρονα και κίνηση στον άξονα κάθετα στην κυκλική τροχιά, με ταχύτητα $v_\perp(t)$. Η ελικοειδής τροχιά μπορεί να γραφεί σαν

$$\vec{r} = R\cos\phi\hat{x} + R\sin\phi\hat{y} + z\hat{z}\ ,\ \text{όπου}\ \dot{\phi} = \omega(t)\ ,\dot{z} = v_\perp(t)\,.$$

(β_1) Ποιές είναι οι επιτρόχια και κεντρομόλος συνιστώσες της επιτάχυνσης;
(β_2) Ποιά η ακτίνα καμπυλότητας της τροχιάς αν τα ω και $v_\perp$ είναι χρονοανεξάρτητα;

$\boxed{4}$:
Η τροχιά ενός σώματος σε πολικές συντεταγμένες είναι $r = (r_0/2)\left[1 + \cos(\lambda\phi)\right]$, όπου r_0 και λ θετικές σταθερές.
(α) Αν $\phi = t$ (στο σύστημα mks) μελετήστε για ποιές τιμές του λ η κίνηση είναι περιοδική. Αν η σταθερά λ είναι ρητός και γράφεται σαν ανάγωγο κλάσμα N/M, ποιά η περίοδος της κίνησης; Σχεδιάστε την τροχιά για διάφορες ρητές τιμές της σταθεράς λ.
(β) Ποιό το μήκος της τροχιάς που διανύει το σώμα σε μια περίοδο; Εκφράστε το αποτέλεσμα σε μορφή ολοκληρώματος και υπολογίστε την τιμή του για $\lambda = 1$.

$\boxed{5}$:
Σώμα μάζας m κινείται σε κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης ϕ. Αν υπάρχει τριβή ολίσθησης με συντελεστή f, αλλά και αντίσταση αέρα η οποία είναι ανάλογη της ταχύτητας του σώματος και ανάλογη της επιφάνειάς του, μελετήστε την κίνηση, δηλαδή βρείτε τις συναρτήσεις $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$. Υποθέστε ότι $x'Ox$ είναι άξονας πάνω στην κίνηση και $x(t=0) = 0$, $v(t=0) = 0$.

Χρησιμοποιώντας τις εκφράσεις $x(t)$, $v(t)$ που βρήκατε, δείξτε ότι στο όριο που η αντίσταση του αέρα μηδενίζεται η κίνηση γίνεται ομαλά επιταχυνόμενη με τις εκφράσεις των $x(t)$, $v(t)$ να αποκτούν τη γνωστή μορφή.

Έστω ότι δύο κυβικά σώματα με μάζες m_1 και $m_2 = 2m_1$ ξεκινούν από το ίδιο σημείο και κινούνται πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο. Αν οι επιφάνειες των σωμάτων είναι S_1 και $S_2 = 4S_1$, ποιό σώμα θα κινηθεί πιο γρήγορα; Σχεδιάστε τα διαγράμματα $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$ για τα δύο σώματα.

Επαναλάβατε τα παραπάνω αν η αντίσταση αέρα είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας του σώματος και ανάλογη της επιφάνειάς του.