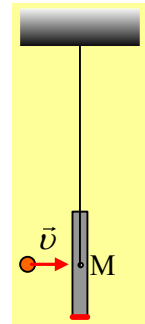
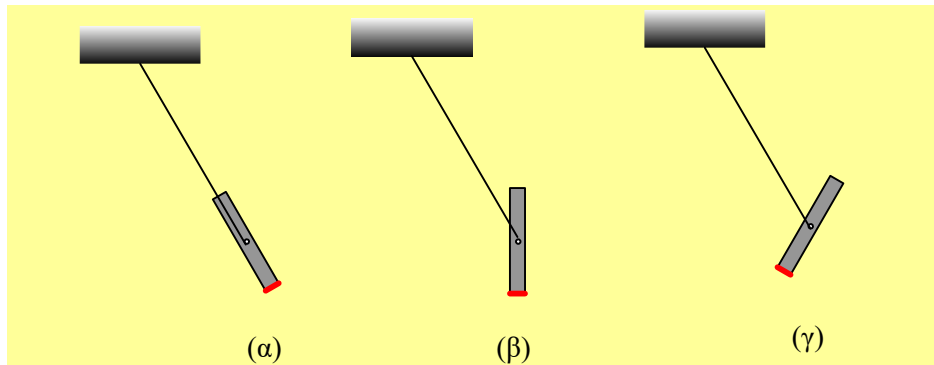


## Η κίνηση της ράβδου μετά την κρούση.

Μια ομογενής λεπτή σανίδα κρέμεται στο άκρο κατακόρυφου νήματος, το οποίο έχει δεθεί στο μέσον της  $M$ . Σε μια στιγμή στην σανίδα προσπίπτει μια σφαίρα με ταχύτητα  $v$ , η οποία κατευθύνεται στο σημείο  $M$ , όπως στο σχήμα.



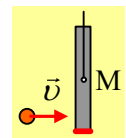
- i) Να εξηγήσετε αν ισχύει η διατήρηση της ορμής για το σύστημα σφαίρα-σανίδα, στη διάρκεια της κρούσης.
- ii) Ποιο από τα παρακάτω σχήματα, δείχνει τη θέση της σανίδας, λίγο χρόνο μετά την κρούση;



iii) Η κίνηση που πραγματοποιεί η σανίδα μετά την κρούση είναι:

- α) μεταφορική, β) στροφική, γ) σύνθετη.

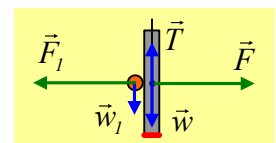
iv) Θα άλλαζε κάτι αν η κρούση της σφαίρας με τη σανίδα γινόταν σε χαμηλότερη θέση, όπως στο διπλανό σχήμα;



Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

### Απάντηση:

- i) Στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί οι δυνάμεις στη σφαίρα και στη σανίδα στη διάρκεια της κρούσης, όπου οι δυνάμεις δράσης αντίδρασης  $F$  και  $F_1$  είναι κρουστικές, πολύ μεγαλύτερου μέτρου από τα βάρη και την τάση του νήματος. Από μια πρώτη ματιά το διανυσματικό άθροισμα των εξωτερικών δυνάμεων  $\vec{w} + \vec{T} + \vec{w}_1 \neq 0$  δεν είναι μηδενικό. Όμως θεωρώντας το βάρος  $w_1$  πολύ μικρότερο της εσωτερικής δύναμης  $F_1$ , θεωρούμε αμελητέα την συνεισφορά του στο αποτέλεσμα της κρούσης, με αποτέλεσμα να θεωρούμε, χωρίς σοβαρό λάθος, ότι η ορμή διατηρείται στη διάρκεια της κρούσης. Κάτι πρόσθετο που αξίζει να τονισθεί, είναι ότι στην οριζόντια διεύθυνση, που θα εφαρμόσουμε την ΑΔΟ, δεν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις, άρα η ορμή διατηρείται, χωρίς καμιά αμφιβολία και χωρίς καμιά προσέγγιση! Αν κάποιο ρόλο παίζει το βάρος  $w_1$ , αυτό θα είναι κάποια  $\Delta p$  στην κατακόρυφη διεύθυνση, πρακτικά βέβαια  $\Delta p_y \rightarrow 0$ .
- ii) Με βάση το παραπάνω σχήμα με τις δυνάμεις, βλέπουμε όλες τις δυνάμεις που ασκούνται στη σανίδα να περνάνε από το μέσον της  $M$ , το οποίο είναι και κέντρο μάζας της ράβδου. Αλλά τότε στη διάρκεια της κρούσης δεν ασκείται κάποια ροπή στη ράβδο που να την θέσει σε περιστροφή, όπως δεν θα ασκηθεί και στη συνέχεια! Αλλά τότε ο προσανατολισμός της ράβδου δεν πρόκειται να αλλάξει και η εικόνα που θα

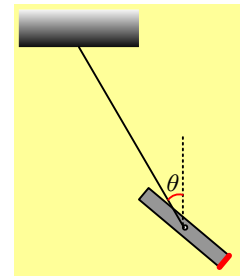
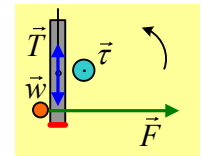
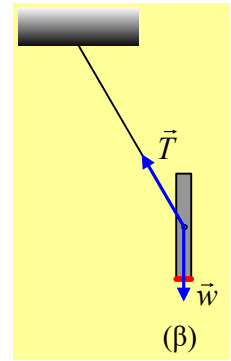


πάρουμε θα είναι το σχήμα (β).

iii) Με βάση τα παραπάνω, η σανίδα, μετά την κρούση, εκτελεί μια κυκλική **μεταφορική** κίνηση. Το κέντρο μάζας της  $M$  εκτελεί κυκλική κίνηση, χωρίς η ράβδος να αποκτά κάποια γωνιακή ταχύτητα περιστροφής. Ας σημειωθεί εδώ ότι μιλάμε για γωνιακή ταχύτητα **περιστροφής** και όχι για γωνιακή ταχύτητα **περιφοράς** του μέσου  $M$ , ενός σημείου που διαγράφει κυκλική τροχιά... Σωστό το (α).

iv) Μετά την παραπάνω ανάλυση, είναι νομίζω φανερό τι θα συμβεί αν η κρούση πραγματοποιηθεί σε σημείο χαμηλότερα του κέντρου μάζας  $M$ . Αν σχεδιάσουμε τις δυνάμεις στη σανίδα, κατά τη διάρκεια της κρούσης, θα πάρουμε το διπλανό σχήμα. Τώρα η κρουστική δύναμη  $F$  από τη σφαίρα έχει ροπή κάθετη στο επίπεδο της σελίδας, όπως στο σχήμα, μέτρου  $\tau = F \cdot d$ , η οποία θα προκαλέσει την περιστροφή της ράβδου με φορά αντίθετη της φοράς περιστροφής των δεικτών του ρολογιού. Με βάση αυτό:

- Η ορμή διατηρείται, όπως και προηγούμενα.
- Η ράβδος δεν θα είναι κατακόρυφη μετά από λίγο, οπότε ένα (πιθανόν) σχήμα θα είναι αυτό του διπλανού σχήματος, όπου η ράβδος έχει στραφεί κατά γωνία  $\theta$ , σε σχέση με την αρχική κατακόρυφη διεύθυνσή της.
- Η κίνηση αυτή είναι μια **σύνθετη** κίνηση.



[dmargaris@gmail.com](mailto:dmargaris@gmail.com)