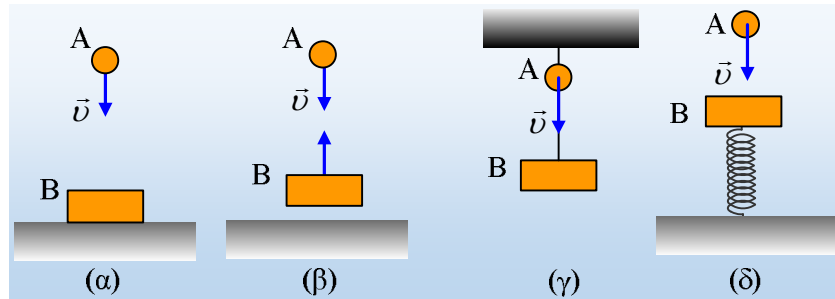


Κρούσεις και διατήρηση ορμής

Μια σφαίρα A πέφτει κατακόρυφα και συγκρούεται ελαστικά με πλάκα B. Στο σχήμα βλέπετε τέσσερις εκδοχές, όπου στο (α) η πλάκα ηρεμεί σε οριζόντιο επίπεδο, στο (β) κινείται κατακόρυφα προς τα πάνω, στο (γ) ηρεμεί στο κάτω άκρο μη εκτατού νήματος και στο (δ) ταλαντώνεται στο πάνω άκρο ιδανικού ελατηρίου.



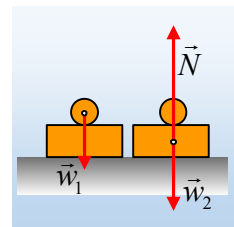
Συνήθως αναφέρεται ότι «σε κάθε κρούση η ορμή παραμένει σταθερή».

- i) Η παραπάνω διατύπωση είναι σωστή ή ελλιπής;
- ii) Να εξετάσετε σε ποιες από τις περιπτώσεις η ορμή του συστήματος σφαίρα-πλάκα, διατηρείται κατά την κρούση, δίνοντας και σύντομες δικαιολογήσεις.

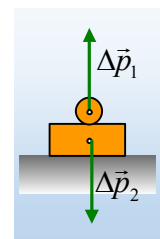
Απάντηση:

- i) Η πρόταση αυτή, πέρα από το ουσιαστικό περιεχόμενό της, είναι ελλιπής στην διατύπωσή της. Δεν μας λέει σε ποια ορμή αναφερόμαστε. Στην ορμή της σφαίρας A; Στην ορμή του συστήματος σφαίρα-πλάκα; Στην ορμή του συστήματος που δείχνει στο σχήμα, όπου συμπεριλαμβάνεται και η Γη; Θα πρέπει να είμαστε προσεκτικοί σε ποια ορμή αναφερόμαστε, θεωρώντας ότι παραμένει σταθερή...

- ii) Στο (α) σχήμα η σφαίρα συγκρούεται με την πλάκα και ανακλάται. Για να γνωρίζουμε αν η ορμή του συστήματος των δύο σωμάτων παραμένει σταθερή στη διάρκεια της κρούσης, θα πρέπει να εξετάσουμε αν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις και αν ο ρόλος τους είναι καθοριστικός* για την κρούση. Στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί οι εξωτερικές δυνάμεις που ασκούνται στα δυο σώματα, χωρίς να γνωρίζουμε όμως το μέγεθος της δύναμης N που δέχεται η πλάκα από το επίπεδο. Μην μας παρασύρει η ισορροπία και $N=w=mg$. Στην διάρκεια της κρούσης, δεν υπάρχει καμιά τέτοια ισορροπία της πλάκας, αφού δέχεται και την δύναμη αλληλεπίδρασης με τη σφαίρα (εσωτερική δύναμη).

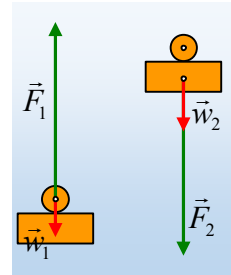


Οπότε πρέπει να σκεφτούμε εναλλακτικά. Η σφαίρα κινείται μετά την κρούση προς τα πάνω, άρα παρουσιάζει μια μεταβολή της ορμής της κατά $\Delta\vec{p}_1 = \vec{p}'_1 - \vec{p}_1$ με φορά προς τα πάνω, οπότε για να διατηρηθεί η ορμή, θα πρέπει η πλάκα να αποκτήσει ορμή $\Delta\vec{p}_2 = \vec{p}'_2 - \vec{p}_2$ με φορά προς τα κάτω, όπως στο διπλανό σχήμα, πράγμα που δεν μπορεί να συμβεί (η πλάκα να κινηθεί μέσα στο έδαφος...). Άρα η ορμή του συστήματος σφαίρα-πλάκα δεν διατηρείται κατά την κρούση.

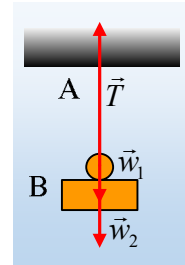


Στο σχήμα (β), το σύστημα των δύο σωμάτων δεν είναι μονωμένο, αφού τα δυο βάρη είναι εξωτερικές

δυνάμεις και $\Sigma F \neq 0$. Όμως οι εσωτερικές δυνάμεις F_1 και F_2 οι οποίες αναπτύσσονται στην διάρκεια της κρούσης (κρουστικές δυνάμεις), έχουν πολύ μεγαλύτερα μέτρα από τα βάρη. Αλλά τότε την δράση* των δύο βαρών, μπορούμε να την αγνοήσουμε για το πολύ μικρό χρονικό διάστημα Δt που διαρκεί η κρούση και να ισχυριστούμε ότι η ορμή διατηρείται στην διάρκεια της κρούσης.



Το (γ) σχήμα, είναι ίδια περίπτωση με το (α). Απλά η εξωτερική δύναμη εδώ, αντί για την N , είναι η τάση του νήματος. Η τάση αυτή στη διάρκεια της κρούσης αποκτά πολύ μεγάλο μέτρο και το σύστημα δεν είναι μονωμένο, οπότε η ορμή δεν διατηρείται. Με άλλα λόγια πριν την κρούση η ολική ορμή έχει φορά προς τα κάτω, ενώ μετά την κρούση θα κινηθεί μόνο η σφαίρα, έχοντας ορμή προς τα πάνω.



Τέλος στο (δ) σχήμα, ανεξάρτητα σε ποια θέση θα έχουμε την κρούση, η δύναμη του ελατηρίου θα έχει ένα ορισμένο μέτρο και αυτό δεν θα αλλάξει στην διάρκεια της κρούσης, ώστε η δύναμη να γίνει κρουστική, με αποτέλεσμα να μπορούμε να αγνοήσουμε την ύπαρξη των βαρών και της δύναμης του ελατηρίου και το σύστημα να θεωρηθεί μονωμένο. Αλλά τότε η ορμή διατηρείται.

* Λίγη περισσότερη θεωρία...

Από το γενικευμένο νόμο του Νεύτωνα αν σε ένα σώμα ασκηθεί μια δύναμη για ορισμένο χρονικό διάστημα Δt , τότε:

$$\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F} \rightarrow \Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t = \vec{\Omega}_F$$

Όπου το μέγεθος $\vec{\Omega}_F = \vec{F} \Delta t$ ονομάζεται ώθηση της δύναμης, η οποία είναι ίση και με την μεταβολή της ορμής του σώματος που προκαλεί. Έτσι λέγοντας παραπάνω ότι αγνοούμε την ύπαρξη και την δράση του βάρους, εννοούμε ότι για την διάρκεια της κρούσης, την οποία θεωρούμε απειροελάχιστη, η ώθηση του βάρους θεωρείται αμελητέα και όχι η δύναμη του βάρους!

Αντίθετά όταν η N (στο (α) ή η τάση του νήματος (στο (γ) παράδειγμα) μετατρέπονται σε «κρουστικές δυνάμεις», αποκτώντας πολύ μεγάλο μέτρο, η αντίστοιχη ώθηση δεν μπορεί να αγνοηθεί.

dmargaris@gmail.com