

ΕΝΟΤΗΤΑ 9^η

Εμβιομηχανική της Χιονοδρομίας

Μετά την ολοκλήρωση της ενότητας ο σπουδαστής θα είναι σε θέση να:

- ❖ Γνωρίζει τις θεμελιώδεις αρχές της χιονοδρομίας κατάβασης και τα χαρακτηριστικά τους
- ❖ Διακρίνει τις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ του χιονοδρόμου και της πίστας, αλλά και τους νόμους που τις διέπουν
- ❖ Μπορεί να εξηγήσει γιατί κατασκευαστικά τα χιονοπέδιλα έχουν αυξημένη ικανότητα στρέψης
- ❖ Αναλύει μηχανικά τις συνθήκες ελεύθερης κατάβασης, θέσης "λάμδα Λ", πλαγιοδρόμησης και παράλληλης στροφής
- ❖ Διακρίνει τις αλλαγές στις δυνάμεις που εφαρμόζονται από και προς τον χιονοδρόμο, με την αλλαγή κλίσης της πίστας

Θεμελιώδεις αρχές

Η έννοια τεχνική στο λεξικό ορίζεται γενικά ως η προκαθορισμένη αλληλουχία κινήσεων του ανθρώπινου σώματος, που έχουν ένα συγκεκριμένο στόχο, με όσο το δυνατόν μικρότερη ενεργειακή δαπάνη. Όταν μιλάμε για τη χιονοδρομία, ο στόχος αυτός είναι η αλλαγή κατεύθυνσης. Υπάρχουν διάφορων ειδών τεχνικές στροφών, αλλά αυτό που έχει σημασία είναι η σωστή, ποιοτική και αποτελεσματική εφαρμογή τους στην πράξη. Οποιαδήποτε τεχνική κι αν χρησιμοποιεί ένας χιονοδρόμος, οι μηχανικά θεμελιώδεις αρχές της τεχνικής της στροφής είναι ίδιες και αναλόγως πως θα εφαρμοστούν, καθορίζουν εάν η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε ήταν αποτελεσματική ή όχι. Οι αρχές αυτές είναι τέσσερις στον αριθμό, είναι αλληλοεξαρτώμενες και αναφέρονται παρακάτω:

1. Δυναμική ισορροπία
2. Στρέψη των σκι
3. Γώνιασμα των σκι
4. Πίεση των σκι

1. Δυναμική ισορροπία

Καθόλη τη διάρκεια της κίνησης του πάνω στα σκί, είτε σε ελεύθερη κατάβαση είτε σε στροφή, ο χιονοδρόμος αναπτύσσει δυναμική ισορροπία και όχι στατική. Όταν αναφερόμαστε σε στατική ισορροπία, μιλάμε για την διατήρηση μίας συγκεκριμένης στάσης, ενώ η δυναμική ισορροπία έχει να κάνει με τις στρατηγικές που χρησιμοποιεί το σώμα για να διατηρήσει την τροχιά του κέντρου βάρους του εντός συγκεκριμένων πλαισίων, ώστε να του επιτραπεί να διατηρήσει την στάση του, ενώ η βάση στήριξης του μεταβάλλεται. Η δυναμική ισορροπία επηρεάζεται κυρίως από τρεις παράγοντες. Από τη γραμμή των ματιών που πρέπει να είναι πάντα οριζόντια καθόλη τη διάρκεια της στροφής, από το ύψος του κέντρου βάρους του σώματος που πρέπει να είναι χαμηλά ώστε να μειώσει την μετωπιαία αντίσταση του αέρα κυρίως κατά τη διάρκεια κίνησης υψηλής ταχύτητας και τέλος από την εφαρμογή του βάρους εννοώντας ότι ο χιονοδρόμος πρέπει να αισθάνεται τα σκι σαν δυνάμεις που τον σπρώχνουν ψηλά, παρά σαν μια απλή βάση υποστήριξης του.

2. Στρέψη των σκι

Ο χιονοδρόμος κατά την κίνηση του και πριν από τη στροφή, επιλέγει την πορεία που θα διαγράψει και στη συνέχεια πρέπει να στρέψει δυναμικά τα πόδια του και κατ'επέκταση τα σκι, προς αυτή την κατεύθυνση. Παρόλαυτα δεν σημαίνει ότι και τα δύο πόδια εκτελούν 100% την ίδια κίνηση. Σε οποιοδήποτε χρονικό σημείο, κάθε πόδι εκτελεί διαφορετική κίνηση από το άλλο, όπως συμβαίνει σε όλα τα αθλήματα, ακόμη κι αν αυτή η διαφορά είναι μη διακριτή με το γυμνό μάτι.

3. Γώνιασμα των σκι

Γώνιασμα ή αλλιώς “φώλιασμα” των σκι. Αναφερόμαστε στην κίνηση του χιονοδρόμου που φέρνει τα σκι να “φωλιάσουν” μέσα στο χιόνι. Η συγκεκριμένη κίνηση αλλάζει την αντίσταση που θα εφαρμοστεί στα χιονοπέδιλα από το χιόνι και κατ'επέκταση στον χιονοδρόμο. Η αντίσταση, δηλαδή η τριβή που θα εφαρμοστεί στον χιονοδρόμο, μειώνεται με το γώνιασμα διότι η επιφάνεια επαφής των σκι με την πίστα μειώνεται και αντίστροφα. Ανάλογα τις ανάγκες κάθε κίνησης ο χιονοδρόμος αλλάζει προοδευτικά το γώνιασμα των σκι σε σχέση με το χιόνι. Σε αρχάριο επίπεδο η συμβουλή που δίνεται στο χιονοδρόμο για να το επιτύχει αυτό, είναι η φράση “σπρώξε τα γόνατα μέσα προς τη στροφή”.

4. Πίεση των σκι

Ο τέταρτος παράγοντας που θα καθορίσει το αποτέλεσμα της στροφικής κίνησης είναι η πίεση που θα ασκηθεί από τον χιονοδρόμο πάνω στα σκι του. Η κύρια δύναμη που μπορεί να ασκήσει αυτή την πίεση είναι το βάρος του σώματος και αυτό μπορεί να ασκηθεί και στα δύο, η από το ένα στο άλλο ή από το μπροστά μέρος του σκι στο πίσω κ.τ.λ. Σε όρθια στάση ο χιονοδρόμος τοποθετημένος πάνω στα σκι του, εφαρμόζει την βαρυτική του δύναμη στα σκι, η οποία κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο το μήκος τους σύμφωνα με τις κατασκευαστικές τους προδιαγραφές. Η πίεση που δέχονται λόγω του βάρους είναι μέγιστη στο κέντρο τους και μειώνεται σταδιακά όσο πηγαίνουμε προς το πίσω και το μπροστινό μέρος. Αυτές οι πιέσεις όμως εφαρμόζονται σε συνθήκες όρθιας στάσης. Σε δυναμικές συνθήκες (κίνηση), η παραμικρή στροφή – κλίση του σώματος θα αλλάξει αυτές τις εφαρμοζόμενες πιέσεις, είτε με θετικά είτε με αρνητικά αποτελέσματα, αναλόγως την ποιότητα της τεχνικής του χιονοδρόμου. Ένα βοηθητικό tip είναι ο χιονοδρόμος να εφαρμόζει τέτοια πίεση στα σκι ώστε να τα αισθάνεται σαν μια προέκταση των πελμάτων του.

Μηχανική της Χιονοδρομίας Κατάβασης

Η πορεία ενός χιονοδρόμου πάνω στην πίστα δεν είναι ποτέ προκαθορισμένη με αυστηρά προδιαγεγραμμένη τεχνική. Αυτό διότι συνεχώς μεταβάλλεται η στάση του, λόγω των δυνάμεων που εφαρμόζονται από και προς το περιβάλλον, στο οποίο εκτελεί συγκεκριμένη αλληλουχία κινήσεων. Η στάση του χιονοδρόμου αλλάζει συνεχώς ανάλογα τις δυνάμεις που δέχεται, ώστε να αντισταθεί και να αλληλοεπιδράσει με αυτές, με σκοπό τη διατήρηση της δυναμικής του ισορροπίας. Όλες αυτές οι δυνάμεις είναι ο βασικός κλάδος ενασχόλησης της μηχανικής και η ανάλυση αυτών εξετάζει τη δράση τους αλλά και το αποτέλεσμα τους. Κατά κύριο λόγο, ο σκοπός αυτής της ανάλυσης είναι να βρεθεί ο ορθότερος τρόπος εφαρμογής αυτών των δυνάμεων, ώστε να εκτελούνται οικονομικότερες κινήσεις με ποιότητα και ακρίβεια. Για παράδειγμα με ποιους τρόπους μπορούν να περιοριστούν οι δυνάμεις αντίστασης μεταξύ χιονοπέδλων και χιονού κατά τη διάρκεια εκτέλεσης στροφής.

Δυνάμεις

Από τη φυσική ξέρουμε ότι οι δυνάμεις είναι είτε έλξεις είτε ωθήσεις, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη ενότητα. Σκοπός τους είναι να αλλάξουν την κινητική κατάσταση ενός σώματος, δηλαδή να το επιταχύνουν ή να το επιβραδύνουν, αλλά και να αλλάξουν το σχήμα του. Για να προσδιοριστούν χρειάζονται μέτρο, διεύθυνση, φορά και σημείο εφαρμογής.

➤ Βαρύτητα

Η δύναμη της βαρύτητας δρα σε όλα τα σώματα που βρίσκονται πάνω στη γη και είναι δύναμη ελκτική. Έτσι και στο σκι κατάβασης, η βαρύτητα δρα σε όλο το φάσμα του πάνω στο χιονοδρόμο. Δρα πάντοτε κατακόρυφα προς το κέντρο της γης και έχει σημείο εφαρμογής το κέντρο βάρους του σώματος. Όσο αναφορά το μέτρο της, αυτό παραμένει σχετικά σταθερό, αν και το αποτέλεσμα της πάνω στο χιονοδρόμο επηρεάζεται κατά πολύ από την κλίση της πίστας, όπως θα δούμε παρακάτω.

➤ Αδράνεια

Αδράνεια, όπως έχουμε ξαναπεί, είναι η ικανότητα ενός σώματος να διατηρεί την κινητική του κατάσταση, είτε αυτό είναι ακίνητο, είτε κινείται με σταθερή ταχύτητα. Εξαρτάται εξ ολοκλήρου από τη μάζα και είναι ανάλογη αυτής. Ένα σώμα με μεγάλη μάζα θα έχει μεγάλη αδράνεια και αντίστροφα. Αυτή η διατήρηση της κινητικής κατάστασης μπορεί να αλλάξει μόνο εάν πάνω στο σώμα εφαρμοστεί μία δύναμη που θα το κινήσει ή θα το επιταχύνει. Στη χιονοδρομία, αδράνεια είναι η μορφή αντίστασης που νιώθει ο χιονοδρόμος όταν προσπαθεί να αλλάξει ταχύτητα ή κατεύθυνση, όταν δηλαδή προσπαθεί να αλλάξει την κινητική του κατάσταση. Για να το επιτύχει αυτό εφαρμόζει διάφορες δυνάμεις. Οπότε μπορούμε να πούμε στην πράξη ότι αδράνεια είναι η αντίσταση που νιώθει ο χιονοδρόμος σε κάθε αλλαγή.

➤ Αντίδραση εδάφους

Ο Νεύτωνας είχε πει ότι "όταν μία δύναμη εφαρμόζεται πάνω σε ένα σώμα, το σώμα ασκεί μία ίσου μεγέθους και αντίθετης κατεύθυνσης δύναμη". Ο νόμος αυτός είναι ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα ή "Νόμος δράσης αντίδρασης". Στην περίπτωση της χιονοδρομίας, το βάρος του χιονοδρόμου είναι αυτό που ασκεί την κάθετη δύναμη στο έδαφος και αυτό του "επαναφέρει" θα μπορούσαμε να πούμε την δύναμη αντίδρασης, που έχει ίδιο μέγεθος και αντίθετη κατεύθυνση, πίσω στο χιονοδρόμο.

➤ Αντίσταση του αέρα

Η αντίσταση του αέρα εφαρμόζεται σε κάθε σώμα που κινείται στο χώρο με κάποια ταχύτητα και οφείλεται κυρίως στη μετωπική επαφή των μορίων του αέρα με την επιφάνεια του σώματος. Ο υπολογισμός της γίνεται με τον τύπο : $A = \frac{1}{2} * E * Y * \Pi * \Sigma$, όπου A=αντίσταση του αέρα υπολογισμένη σε Newton, E=η κάθετη προέκταση της επιφάνειας του σώματος στη διεύθυνση κίνησης του αέρα, Y=η ταχύτητα του αέρα, Π= η πυκνότητα του αέρα και Σ=ο συντελεστής μετωπικής αντίστασης που εξαρτάται από το σχήμα και το υλικό του σώματος. Από τον τύπο καταλαβαίνουμε ότι στην περίπτωση του σκι κατάβασης, οι μόνες μεταβλητές που μπορεί ο χιονοδρόμος να αλλάξει, είναι η επιφάνεια και το σχήμα του σώματος του. Εάν υποθέσουμε ότι ένας χιονοδρόμος εκτελεί κατάβαση με τα χιονοπέδιλα του και σηκώσει το ένα χέρι του ψηλά, θα δεχθεί μία επιπλέον και καθόλου αμελητέα αντίσταση.

➤ Τριβή

Η τριβή ολίσθησης είναι η αντίθετη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα όταν αυτό θέλει να ολισθήσει πάνω σε μία επιφάνεια. Η διεύθυνση του είναι παράλληλη προς την επιφάνεια και έχει φορά αντίθετη με τη φορά της κίνησης του σώματος. Υπολογίζεται από τον τύπο : $T = \Delta\kappa\alpha\theta. * \eta$, όπου T=τριβή, Δκαθ.= κάθετη δύναμη που ασκεί το σώμα πάνω στην επιφάνεια και η=συντελεστής τριβής που έχει να κάνει με τη φύση των δύο σωμάτων που έρχονται σε επαφή. Από τον τύπο καταλαβαίνουμε ότι η τριβή δεν εξαρτάται από το εμβαδόν της επιφάνειας των σωμάτων, αλλά ούτε και από την ταχύτητα της κίνησης. Ο μόνος μεταβλητός παράγοντας την ώρα της κίνησης, είναι η κάθετη δύναμη που εφαρμόζει το σώμα πάνω στην επιφάνεια και στην περίπτωση του χιονοδρόμου αυτή θα δούμε ότι είναι μία από τις δύο συνιστώσες του βάρους. Παρόλαυτα, στο σκι είναι επιθυμητή η ελάττωση του συντελεστή τριβής μεταξύ των σκι και του χιονιού, κυρίως σε προχωρημένους αθλητές, κάτι το οποίο επιτυγχάνεται με το γνωστό waxing.

Ικανότητα στρέψης των σκι

Τα σκι κατασκευαστικά έχουν ιδιαίτερη μορφολογία με συγκεκριμένο όμως σκοπό. Όπως παρατηρούμε, το πλάτος των σκι δεν είναι όμοιο σε όλο τους το μήκος. Το μικρότερο πλάτος παρατηρείται στη μέση των σκι, το μέγιστο στο μπροστινό του μέρος (σπάτουλα) και ένα ενδιάμεσο μέγεθος πλάτους παρατηρείται στο πίσω μέρος (ουρά). Αυτές οι ιδιαιτερότητες στο σχήμα τους, βοηθούν τον χιονοδρόμο να στρίψει και στη συνέχεια να οδηγήσει τον εαυτό του στη στροφή πολύ εύκολα. Εάν πάρουμε ένα σκι και το “γωνιάσουμε” στο χιόνι, θα παρατηρήσουμε ότι σε επαφή με αυτό έρχονται μόνο η σπάτουλα και η ουρά, με τη μέση του να βρίσκεται στον αέρα. Ένα πιέσουμε και σπρώξουμε το σκι βαθύτερα μέσα στο χιόνι, ώστε και η μέση του να έρθει σε επαφή με το έδαφος, θα παρατηρήσουμε ότι η σπάτουλα έχει εισχωρήσει βαθύτερα μέσα στο χιόνι απ’ότι η ουρά. Εάν τώρα ταυτόχρονα εφαρμόσουμε οριζόντια δύναμη στο σκι με σκοπό να το ολισθήσουμε παράλληλα στην επιφάνεια, θα παρατηρήσουμε ότι η αντίσταση στο χέρι της σπάτουλας γίνεται όλο και μεγαλύτερη σε σχέση με την αντίσταση της ουράς, γεγονός που μετακινεί την ουρά περισσότερο και έτσι δημιουργείται περιστροφική κίνηση σε όλο το σκι. Το ίδιο συμβαίνει και σε συνθήκες πίστας, με τον χιονοδρόμο να ασκεί γωνιασμένη και πλάγια προς τα έξω δύναμη στα σκί, αντιμετωπίζοντας έτσι αντίσταση από το χιόνι. Η σπάτουλα εκτοπίζει μεγαλύτερες ποσότητες χιονιού, άρα ασκείται σε αυτή μεγαλύτερη δύναμη αντίστασης πίσω σε αυτήν από το χιόνι (Νόμος δράσης – αντίδρασης). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα αντίθετο ζεύγος δυνάμεων (προς τα έξω πίεση του ποδιού – προς τα μέσα αντίσταση του χιονιού) στις άκρες του σκι, που προκαλεί εν τέλει την στρέψη του.

Μηχανική ανάλυση της ελεύθερης κατάβασης

Όταν ο χιονοδρόμος εκτελεί πορεία ελεύθερης, ευθείας κατάβασης, κινείται παράλληλα με τη γραμμή της κατηφόρας. Αυτή είναι η πιο εύκολη πορεία προς τη βάση της πίστας και η ανάλυση της είναι απλή, διότι δεν παρουσιάζονται δυνάμεις στο μετωπιαίο και εγκάρσιο επίπεδο. Οι δυνάμεις που είναι παρούσες σε αυτή τη συνθήκη, δρουν στη διεύθυνση της κίνησης και πιο συγκεκριμένα στο οβελιαίο επίπεδο. Η δύναμη που παράγει την κίνηση είναι η βαρύτητα. Αυτή αναλύεται σε δύο συνιστώσες, μία κάθετη στο επίπεδο της πίστας (Δκαθ) και μία παράλληλη σε αυτό (Δκιν). Η παράλληλη συνιστώσα είναι η κινητήρια δύναμη του χιονοδρόμου, γιατί εκτός του ότι είναι παράλληλη στη διεύθυνση της κίνησης, έχει φορά προς τη βάση της πίστας. Σε αυτήν αντιτίθενται η δύναμη αντίστασης του αέρα και η δύναμη τριβής. Εάν θεωρήσουμε αμελητέα την αντίσταση του αέρα, η αλληλεπίδραση της Δκιν με την τριβή, είναι αυτή που θα καθορίσει εάν ο χιονοδρόμος θα κινηθεί. Όταν $\Delta\tau\rho\iota\beta < \Delta\kappa\iota\nu$, ο χιονοδρόμος κινείται. Όταν $\Delta\tau\rho\iota\beta > \Delta\kappa\iota\nu$, ο χιονοδρόμος μένει στάσιμος. Άλλη δύναμη που δρα είναι η αντίδραση του εδάφους, η οποία είναι κάθετη στο επίπεδο της πίστας και εξουδετερώνει την Δκαθ (ίσες και αντίθετες φοράς δυνάμεις). Επίσης να τονίσουμε ότι το μέτρο της Δκαθ συντελεί στο μέγεθος της παραγόμενης τριβής, όπως προαναφέρθηκε. Καταλαβαίνουμε από τα

παραπάνω ότι τα μέτρα της Δκαθ και της Δκιν καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την κίνηση και την ταχύτητα του χιονοδρόμου. Η Δκαθ από τη μία αντιτίθεται στην κίνηση, μιας και συντελεί στην αύξηση της τριβής, ενώ από την άλλη η Δκιν είναι η μόνη κινητήρια δύναμη. Το μέγεθος αυτών των δύο συνισταμένων δυνάμεων θα καθοριστεί, να μεν από το συνολικό βάρος του χιονοδρόμου, αλλά και από την κλίση της πίστας. Το πώς θα κατανοηθεί αυτό το βάρος στην εκάστοτε κλίση θα καθορίσει την κίνηση. Με βάση την τριγωνομετρία και την ανάλυση των συνισταμένων αυτών δυνάμεων, η Δκαθ ελατώνεται συνεχώς καθώς αυξάνεται η κλίση της πίστας, ενώ η Δκιν αυξάνεται με αποτέλεσμα ο χιονοδρόμος να επιταχύνεται. Αντίστροφα, με την μείωση της κλίσης, η Δκαθ αυξάνεται και η Δκιν μειώνεται, με αποτέλεσμα τη μείωση της πιθανότητας κίνησης.

Εναλλαγές στην κλίση της πίστας

Ο χιονοδρόμος καθ' όλη τη διάρκεια της πορείας του προς τη βάση της πίστας, αντιμετωπίζει συνεχώς εδαφικές ανωμαλίες και εναλλασσόμενες, θα μπορούσαμε να πούμε τις περισσότερες φορές, κλίσεις. Αυτή του η πορεία μπορεί να έχει δύο μορφές:

- A. Από μικρή σε μεγάλη κλίση
- B. Από μεγάλη σε μικρή κλίση

A. Στην πρώτη περίπτωση, ο χιονοδρόμος από μία μικρή κλίση οδεύει στην είσοδο του για τη μεγάλη κλίση, με μία συγκεκριμένη ταχύτητα. Όπως σε όλα τα σώματα, έτσι και εδώ, στον χιονοδρόμο δρα η δύναμη της αδράνειας, η οποία τείνει να διατηρήσει την κινητική του κατάσταση (ταχύτητα) και να τον απογειώσει, ακολουθώντας την πορεία της κινητήριας δύναμης Δκιν. Για να αποφευχθεί αυτό, ο χιονοδρόμος πρέπει λίγο πριν την αλλαγή της κλίσης να προετοιμασθεί χαλαρώνοντας τα πόδια του και τη στιγμή που μπαίνει στη μεγάλη κλίση, να χαμηλώσει το κέντρο βάρους του μετατοπίζοντας το λίγο εμπρός. Αυτό γίνεται λυγίζοντας τα γόνατα και ταυτοχρόνως ρίχνοντας το βάρος του σώματος μπροστά, κάμπτοντας τον κορμό.

B. Στη δεύτερη περίπτωση, η αδράνεια τείνει να οδηγήσει τον χιονοδρόμο μέσα στην πίστα, με αποτέλεσμα να τον επιβραδύνει. Για να αντιμετωπίσει αυτή την αλλαγή στην ταχύτητα και αλλά και στη διεύθυνση του κέντρου βάρους του, ο χιονοδρόμος πριν μπει στην μικρή κλίση προετοιμάζεται σφίγγοντας τα πόδια του και κατά την είσοδο του, αφού δεχθεί την πίεση από το έδαφος, τα τεντώνει ρίχνοντας ελαφρώς προς τα πίσω το βάρος του.

Είναι προφανές ότι σε μία πορεία κατάβασης ο χιονοδρόμος αντιμετωπίζει συνεχόμενες εναλλαγές στην κλίση του εδάφους, κάτι το οποίο απαιτεί συνεχή εναλλαγή μεταξύ κάμψης και έκτασης των γονάτων, με σκοπό να απορροφήσει τις ανωμαλίες στις δυνάμεις και να διατηρήσει σε ευθεία τροχιά το κέντρο βάρους του.

Μηχανική ανάλυση της τεχνικής Λάμδα "Λ"

Εάν υποθέσουμε ότι ένας χιονοδρόμος εκτελεί ελεύθερη – ευθεία κατάβαση με κατεύθυνση τη βάση της πίστας και θέλει να επιβραδύνει ή να σταματήσει, ο μόνος τρόπος για να το πετύχει, είναι να ενεργήσει με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργήσει δυνάμεις που θα δράσουν αντίθετα από τη φορά της κίνησης, αντίθετες δυνάμεις δηλαδή από την Δκιν. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, δύο δυνάμεις δρουν αντίθετα στην κινητήρια Δκιν. Η αντίσταση του αέρα και η τριβή. Επειδή όμως η αντίσταση του αέρα είναι μη διαχειρίσιμη, η μόνη δύναμη που έχει στη "φαρέτρα" του ο χιονοδρόμος για να επιβραδύνει είναι η τριβή. Για να το πετύχει αυτό, χωρίς μάλιστα αλλαγή κατεύθυνσης, χρησιμοποιεί την τεχνική Λάμδα "Λ". Στην πράξη, αυτό επιτυγχάνεται ανοίγοντας τα σκι σε σχήμα V μεταξύ τους, γωνιάζοντας τα ταυτόχρονα στις εσωτερικές κόψεις τους, με συνέπεια αυτά να αρχίσουν να εκτοπίζουν ποσότητες χιονιού, δημιουργώντας αντίθετες δυνάμεις παράλληλα με την επιφάνεια του εδάφους, δηλαδή δυνάμεις τριβής. Ως αποτέλεσμα ο χιονοδρόμος

επιβραδύνεται και εν συνεχεία σταματάει. Η δύναμη αντίστασης του χιονιού, δρα ξεχωριστά σε κάθε σκι, με φορά παράλληλη στο πόδι του χιονοδρόμου και προς το κέντρο βάρους του. Η κάθε μία από αυτές αναλύεται με τη σειρά της σε δύο κάθετες συνιστώσες. Την Δ1 που είναι αντίθετη με τη φορά της κίνησης και είναι αυτή που συνεισφέρει εξ'ολοκλήρου στην επιβράδυνση και την Δ2 που είναι αντίθετη στην κίνηση των σκι προς τα πλάγια. Εάν ο χιονοδρόμος ρίξει περισσότερο βάρος στο ένα σκι, αυτό θα εκτοπίσει περισσότερες ποσότητες χιονιού σε σχέση με το άλλο, δημιουργώντας έτσι ζεύγος δυνάμεων όπως προείπαμε, διαγράφοντας με αυτόν τον τρόπο πορεία κυκλική και οδηγώντας τον χιονοδρόμο να στραφεί προς την αντίθετη πλευρά.

Μηχανική ανάλυση της πλαγιοδρόμησης

Όταν ο χιονοδρόμος πλαγιοδρομεί, δηλαδή δεν εκτελεί ευθεία - ελεύθερη κατάβαση, δύο είναι οι βασικές γωνίες που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ταχύτητα και πορεία της κίνησης του. Η γωνία α που δηλώνει την κλίση της πίστας και η γωνία ϕ που σχηματίζεται μεταξύ της διεύθυνσης κίνησης του χιονοδρόμου και της κάθετης διεύθυνσης στην ευθεία της κατηφόρας. Όπως έχουμε πει, η δύναμη που δημιουργεί την κίνηση είναι το βάρος. Στην περίπτωση της ελεύθερης - ευθείας κατάβασης προς τη βάση της πίστας, το βάρος αναλύεται σε δύο συνιστώσες, τις Δκαθ και Δκιν. Στην περίπτωση όμως της πλαγιοδρόμησης το βάρος αναλύεται και σε μία νέα, τρίτη συνιστώσα, την Δολισθ, που εμφανίζεται πάντα όταν ο χιονοδρόμος βρίσκεται σε θέση πλαγιοδρόμησης και έχει διεύθυνση παράλληλη στη γραμμική κατηφόρα και φορά προς τη βάση αυτής. Οι τρεις αυτές συνιστώσες του βάρους εκφράζονται και υπολογίζονται τριγωνομετρικά, πράγμα που σημαίνει ότι ανάλογα με τις γωνίες α και ϕ (κλίση της πίστας και γωνία πορείας του χιονοδρόμου), αυτές αλλάζουν. Πιο συγκεκριμένα και πρακτικά, όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση της πίστας και όσο πιο παράλληλη είναι η πορεία του χιονοδρόμου σε σχέση με την ευθεία της κατηφόρας, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η επιτάχυνση του, με την προϋπόθεση φυσικά ότι οι δυνάμεις που αντιστέκονται στην κίνηση (τριβή, αντίσταση του αέρα), είναι μικρότερες. Από την άλλη, εάν υποθέσουμε ότι είτε η α γωνία είτε η ϕ είναι μηδέν, ο χιονοδρόμος παραμένει ακίνητος, διότι όλη η δύναμη του βάρους αντιπροσωπεύεται από τη Δκαθ που είναι μη κινητήρια και συμβάλει στην αύξηση της τριβής. Επίσης, μία άλλη συνθήκη είναι η κλίση της πίστας να είναι μεγάλη και η γωνία ϕ του χιονοδρόμου σε σχέση με την κατηφόρα να είναι μηδενική. Σε αυτή την περίπτωση συμβαίνει η γνωστή πλαγιολίσθηση, διότι η Δολισθ μεγιστοποιείται. Για να το αποφύγει αυτό ο χιονοδρόμος, γωνιάζει τα σκι του στρέφοντας τα γόνατα του προς την πλαγιά, εισχωρώντας τις κόψεις των σκι και ειδικότερα του εσωτερικού, βαθιά μέσα στο χιόνι. Έτσι δημιουργεί μία δύναμη την Δγων που έχει κατεύθυνση "μέσα" στο έδαφος. Ουσιαστικά δημιουργεί ο ίδιος με μία κίνηση, ένα σκαλοπάτι στήριξη που θα τον αποτρέψει να πλαγιολισθίσει.

Μηχανική ανάλυση της στροφής

Στροφή σημαίνει αλλαγή κατεύθυνσης. Ο χιονοδρόμος που κινείται σε ευθεία τροχιά, έχει αποκτήσει μία συγκεκριμένη ταχύτητα και θα συνεχίσει να την έχει, εάν νέες δυνάμεις δεν εφαρμοστούν πάνω του ώστε να του αλλάξουν πορεία και ταχύτητα. Στην στροφή δημιουργούνται, προς και από τον χιονοδρόμο, δυνάμεις που τείνουν να τον βγάλουν από την πορεία του και δυνάμεις που τείνουν να τον κρατήσουν σε αυτή. Για να διατηρηθεί σε καμπυλοειδή τροχιά, ο χιονοδρόμος πρέπει να ανταπεξέλθει και να αλληλοεπιδράσει με αυτές τις δυνάμεις. Κατά τη διάρκεια λοιπόν της στροφής, ο χιονοδρόμος δέχεται τρεις δυνάμεις. Οι δύο από αυτές είναι γνωστές, η Δκιν και η Δολισθ. Η Δκιν που συνεισφέρει στην κίνηση, έχει μέγιστη τιμή προφανώς στις 90 μοίρες της γωνίας ϕ του χιονοδρόμου και στη συνέχεια ελατώνεται μέχρι το τέλος της στροφής. Αντίθετα η μέγιστη τιμή της Δολισθ εμφανίζεται στις 0 και 180 μοίρες, ενώ στις 90 είναι μηδενική. Η τρίτη δύναμη που είναι παρούσα καθόλη τη διάρκεια της στροφής, είναι η φυγόκεντρος δύναμη Δφυγ. Αυτή τείνει να εκτροχιάσει τον χιονοδρόμο τραβώντας τον κάθετα και μακριά από την κυκλική τροχιά της στροφής. Δεν

πρέπει παρόλαυτα να συγχέεται με τη δύναμη της αδράνειας, διότι η τελευταία δρα στην ευθεία της κίνησης. Η φυγόκεντρος δύναμη υπολογίζεται από τον τύπο: $\Delta\varphi\upsilon\gamma = M \times u^2 / \rho$ όπου M = μάζα του χιονοδρόμου, u = η ταχύτητα του και ρ η ακτίνα της στροφής. Είναι προφανές ότι όσο μεγαλύτερη μάζα και ταχύτητα έχει ο χιονοδρόμος, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η φυγόκεντρος δύναμη, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η ακτίνα της στροφής του (ομαλή στροφή), τόσο μικρότερη θα είναι η φυγόκεντρος και αντίστροφα. Για να αντισταθμίσει λοιπόν αυτή τη δύναμη ο χιονοδρόμος και να μην εκτοπιστεί από την πορεία του, αναπτύσσει μία τέταρτη δύναμη αντίθετη της φυγόκεντρος και ίσου μεγέθους, την **κεντρομόλο Δκεν**. Αυτή έχει φορά προς το κέντρο της στροφής και τείνει να κρατήσει τον χιονοδρόμο στην πορεία του. Αυτό στην πράξη επιτυγχάνεται με κατάλληλο γώνιασμα και πίεση των σκι στο χιόνι, δημιουργώντας έτσι ένα κανάλι στο οποίο θα γλιστρούν. Ο χιονοδρόμος χαμηλώνει σε αυτή την περίπτωση το κέντρο βάρους του και γέρνει το σώμα του κοντά στο κέντρο της στροφής, μία κίνηση όμοια με αυτή των μοτοσυκλετιστών.

Ερωτήσεις:

1. Ποια η σχέση μεταξύ κεντρομόλου και φυγόκεντρου δύναμης:
 - a) Είναι ίσες
 - b) Είναι αντίθετες
 - c) Συναντούνται κατά τη διάρκεια της στροφής
 - d) **Όλα τα παραπάνω**
2. Ποιες δυνάμεις αντιστέκονται στην κινητήρια Δκιν κατά την ελεύθερη κατάβαση;
 - a) Τριβή
 - b) Δκαθ
 - c) Αντίσταση του αέρα
 - d) **Όλες οι παραπάνω**
3. Ποια δύναμη συντελεί στην αύξηση της τριβής στη χιονοδρομία:
 - a) Δκιν
 - b) Κεντρομόλος
 - c) **Δκαθ**
 - d) Αντίσταση του αέρα
4. Κατά την είσοδο σε απότομη κλίση από ομαλή κλίση, ο χιονοδρόμος:
 - a) Ανυψώνει το κέντρο βάρους του
 - b) **Χαμηλώνει το κέντρο βάρους του**
 - c) Τεντώνει τα γόνατα του
 - d) Εκτείνει τον κορμό του
5. Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα αναφέρεται:
 - a) Στην επιτάχυνση που δημιουργείται σε ένα σώμα άμα του εφαρμοστεί δύναμη
 - b) **Στην αντίδραση που εφαρμόζει ένα σώμα πίσω όταν δέχεται μία δύναμη (δράση – αντίδραση)**
 - c) Στην αδράνεια ενός σώματος εάν δεν του εφαρμοστεί καμία δύναμη
 - d) Όλα τα παραπάνω

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κουθούρης Χ. (2012). *Χιονοδρομία*. Πανεπιστημιακές σημειώσεις. ΤΕΦΑΑ, ΠΘ..