

<b>Zeitschrift:</b>	Macolin : mensile della Scuola federale dello sport di Macolin e di Gioventù + Sport
<b>Herausgeber:</b>	Scuola federale dello sport di Macolin
<b>Band:</b>	41 (1984)
<b>Heft:</b>	11
<b>Artikel:</b>	La meccanica dello sci
<b>Autor:</b>	Perraudin, François
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-1000162">https://doi.org/10.5169/seals-1000162</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## La meccanica dello sci

di François Perraudin, Verbier

Parliamo di biomeccanica, diventata oramai una scienza quasi indissociabile dallo sport. Non è un argomento riservato a soli «scienziati». Lo dimostra questo articolo di François Perraudin (laurea in fisica al Politecnico di Zurigo e partecipante al corso di allenatori nazionali di sci). Traduzione e adattamento di questo testo sono stati affidati a Carlotta Vannini.

### Introduzione

La meccanica dello sci studia quali forze vengono esercitate quando si scia, in che modo queste influiscono sui movimenti dello sciatore e come quest'ultimo reagisce.

Studieremo dapprima l'attrezzo utilizzato dallo sciatore: quali sono le caratteristiche dello sci che influenzano il suo comportamento e quello dello sciatore?

Quando dopo l'introduzione a breve: nozioni di fisica elementare, cercheremo di capire le forze che agiscono sullo sciatore in movimento; in che modo lo sciatore resiste a queste forze; quali forze egli stesso applica e per quale motivo.

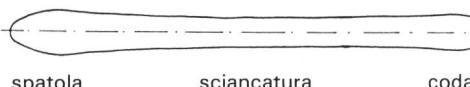
Queste osservazioni si rivolgono a chiunque si interessi allo sci. Si sono eliminate volontariamente complicate spiegazioni di fisica, libera scelta agli interessati di completare le loro conoscenze consultando opera specializzata quali: «*Le ski des champions et comment l'imiter*» di Olle Larsson e James Major, edito da Arthaud nel 1979. Gli schizzi di questa relazione sono tratti da questo libro, gli autori utilizzano una tecnica di sofisticata foto-sequenza, molto ricca d'informazioni.

«*Le ski alpin*» di Hermann Schultess pubblicato da Haller e Jenzer AG nel 1978. Quest'opera si rivolge a coloro che posseggono buone nozioni di fisica e di matematica e che si interessano in particolare alla costruzione di uno sci.

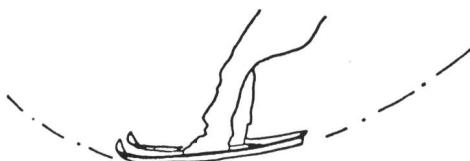
### Lo sci: attrezzo dello sciatore

La costruzione di uno sci e i materiali che lo compongono, permettono ai costruttori di creare molti modelli con proprietà differenti. Tuttavia, tutti gli sci presentano caratteristiche fondamentali che sono: la forma (bordi e ponte), l'elasticità, la rigidità in torsione, unitamente alla presenza degli spigoli e della soletta.

#### I bordi



Ogni sci viene fabbricato in modo tale che, caricato nella sua metà e posato sullo spigolo, disegni una curva. La sciancatura dello sci è più stretta e alta (vedi più avanti) della spatola e della coda. Posando lo sci lateralmente su un tavolo, in modo che lo spigolo tocchi il tavolo su tutta la sua lunghezza, si potrà osservare che questo spigolo disegna una curva.



Più lo sci è caricato nella sua metà più stretto sarà il suo raggio di curvatura.

Lo sciatore può quindi staccare uno curva posando lo sci esterno sullo spigolo (per esempio nella curva pedalata contro lo sci) e dosare il raggio della curva facendo mordere poco o tanto lo sci nella neve (ginocchio verso monte e pressione più forte). La condotta dello sci, in una curva ideale senza slittamento, segue il disegno della linea dei bordi, della sciancatura e dell'elasticità dello sci.

Oltre ad una costruzione diversa, lo sci da slalom speciale disegna curve più strette che non uno sci da slalom gigante perché la sua sciancatura è più stretta.

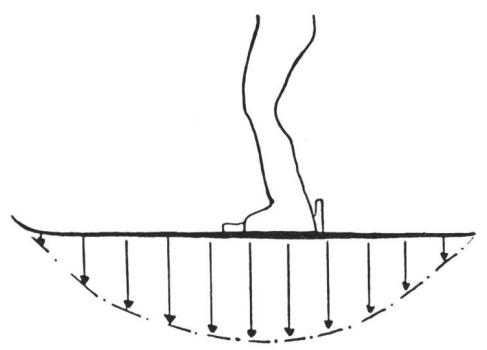
Uno sci da discesa, invece, deve permettere di eseguire curve lunghe e presenta quindi bordi più rettilinei. Quest'ultimi sono pure molto importanti per la stabilità di uno sci che scivola in traccia diritta.

#### Il ponte



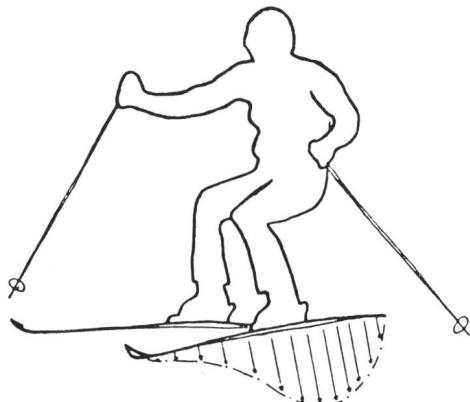
Se si prendono due sci e si mettono a contatto le due solette, si potrà osservare come queste si tocchino solo in punta e in coda.

Il compito del ponte di uno sci elastico è di ripartire il peso dello sciatore su tutta la lunghezza dello sci.



Uno sci regolarmente caricato in tutta la sua lunghezza è molto stabile: i suoi

bordi disegnano una curva molto pulita. Una posizione dello sciatore troppo avanzata o troppo arretrata, sovraccarica la parte anteriore o posteriore dello sci che sprofonda nella neve e frena; risulta quindi assai difficile controllarlo.



## L'elasticità

L'elasticità di uno sci è la capacità di quest'ultimo di subire delle deformazioni (flessioni e torsioni) e ritornare nella sua posizione iniziale quando non è più caricato. Può quindi assorbire colpi (conche e dossi) senza tuttavia vibrare esageratamente, fatto, questo, che causerebbe una forte instabilità. L'elasticità di uno sci combinata con la sciancatura, assume il ruolo di molla, quando dopo una brusca presa di spigoli riprende la posizione iniziale.

## La rigidità nella torsione



Uno sci sul quale si esercita una forte pressione sullo spigolo si deforma e gira attorno al suo asse longitudinale. La rigidità nella torsione permette allo sci, una volta posato sugli spigoli e caricato, di disegnare una curva netta e di resistere a questi sforzi di torsione: quindi non slitta. Uno sci troppo rigido, invece, forma nella neve dura gli «scalinii», terrore di tutti gli slalomisti.

## La soletta

La soletta di uno sci deve scivolare su cristalli di neve e su uno spessore d'acqua molto fine (l'attrito di uno sci sulla neve provoca un riscaldamento con conseguente fusione di una fine pellicola di neve).

La soletta è composta di una materiale irregolare. I pori che lo compongono possono assorbire l'acqua e frenare lo sci. Lo scopo della sciolinatura è quello di chiudere questi pori e, inoltre, come materia grassa respingere l'acqua. A

dipendenza della temperatura dell'ambiente e quella della neve, l'attrito diminuisce.

## I movimenti dello sciatore e le sue ragioni fisiche

### L'ABC delle forze fisiche

Per facilitare la comprensione di quanto segue, presenteremo alcune nozioni elementari di fisica, le quali risponderanno alle domande seguenti: cos'è una forza? Come agiscono le forze tra di loro? Quali sono le forze che forniscono una rotazione? Cos'è il centro di gravità di uno sciatore? La sua base d'appoggio? Quando si parla di equilibrio?

### La forza

Ogni forza tende a modificare la velocità di un corpo (accelerazione) avente una propria massa.

Un «uppercut» scuote un pugile di 80 kg: un motore accelera un'automobile da 0 a 100 km/h in  $\times$  secondi. Possiamo rappresentare una forza con una freccia che indica la direzione nella quale agisce questa forza.

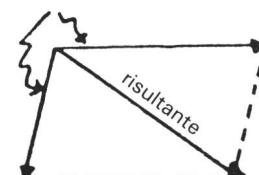


$$\text{Forza} = \text{massa} \times \text{accelerazione}$$

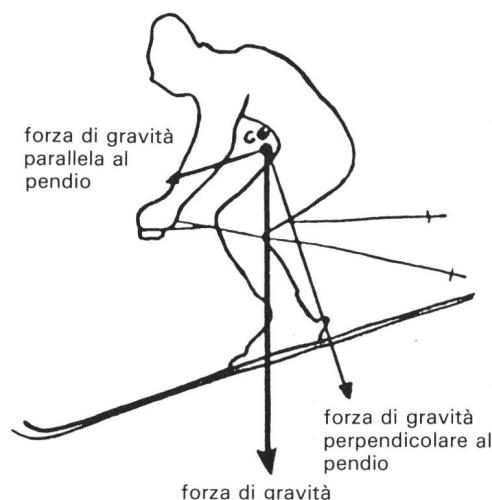
### Addizione delle forze: la risultante

Tutte le forze che agiscono sullo stesso corpo sono addizionate vettorialmente: due forze (componenti) formano il lato di un quadrilatero e la diagonale dello stesso viene rappresentata dalla risultante.

componenti



Allo stesso modo una forza può essere scomposta in più forze. Il peso del corpo di uno sciatore sulla pista può essere scomposto in una componente parallela al pendio (fa scivolare lo sciatore) ed una componente parallela perpendicolare al pendio (mantiene lo sciatore a contatto con il terreno).



### Forza di reazione

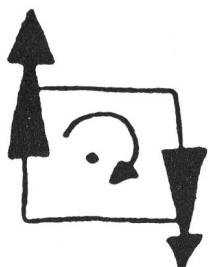
Il modo ideale per un corpo di rispondere ad una forza d'azione esercitata su di lui, è di resistervi con una forza di reazione direttamente opposta, cioè stessa direzione ma in senso opposto. Se un vostro amico vi spinge con un braccio, il miglior sistema per resistere

gli è di tenere le braccia tese nel prolungamento delle sue braccia.



### Coppie di rotazione

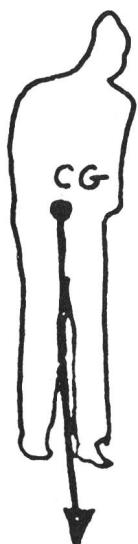
Due forze della stessa grandezza ma di senso opposto, che agiscono da una parte e dall'altra di un asse, provocano la rotazione del corpo attorno a questo asse.



### Il centro di gravità

Possiamo rappresentare idealmente qualsiasi corpo (massa) con un punto posto al suo centro, dove sarebbe concentrata tutta la sua massa: le forze agiranno allora su quel punto.

Il centro di gravità dell'uomo si situa vicino all'ombelico: rappresentiamo il suo peso con una freccia verticale che parte dal centro di gravità e va verso il centro della terra.



Peso del corpo  
(CG = centro di gravità)

### La base di sostegno

Chiamiamo base di sostegno la superficie sulla quale un corpo appoggia al suolo: ad esempio i piedi di un marciatore.

Un grande vantaggio degli sci è di aumentare notevolmente la superficie sulla quale appoggia lo sciatore.

Questo gli evita di sprofondare nella neve e gli permette di scivolare.



### L'equilibrio

Ogni corpo in movimento su una superficie sta in equilibrio se la risultante delle forze che agiscono su di esso, passa all'interno della sua base di sostegno.

Ad esempio, se si prende un filo a piombo e lo si sospende alla cintura, si potrà osservare che, non appena il piombo esce dal rettangolo formato dai vostri piedi, perdete l'equilibrio.

### Lo sciatore visto come oggetto

Le diverse parti del corpo di uno sciatore in movimento sono sottoposte a differenti forze. Possiamo distinguere due parti fondamentali del corpo: la parte superiore (busto, braccia e testa) e la parte inferiore del corpo (gambe e piedi). Quest'ultima può spostarsi rapidamente in qualsiasi direzione. Il busto, rappresentando invece una massa più importante, la cui inerzia è grande (vedi prossimo capitolo), è molto più difficile spostarlo velocemente. Le braccia possono aiutarlo a mantenersi in equilibrio.

Queste due parti del corpo sono unite dal fondoschiena e dalle anche. In questo punto si trova pure il centro di gravità dello sciatore. Di regola, le artico-

lazioni dello sciatore possono muoversi più facilmente in una posizione flessa che non tesa. Inoltre, lo sciatore ha la possibilità di agire sul movimento relativo delle estremità di ogni articolazione grazie alle forze interne esercitate dai suoi muscoli.

La coordinazione e la sincronizzazione dei movimenti di tutte le parti del corpo, allo scopo di conservare un equilibrio stabile anche ad una velocità elevata o durante curve strette che sottopongono il corpo a bruschi cambiamenti, rappresentano un grande problema nella tecnica dello sci.

### Le forze che agiscono sullo sciatore

#### Le forze statiche

Quando lo sciatore è fermo si parla di statica. Su un piano inclinato il peso del proprio corpo, grazie alla sua componente parallela al pendio, permette allo sciatore di scivolare (vedi «Addizione delle forze»).

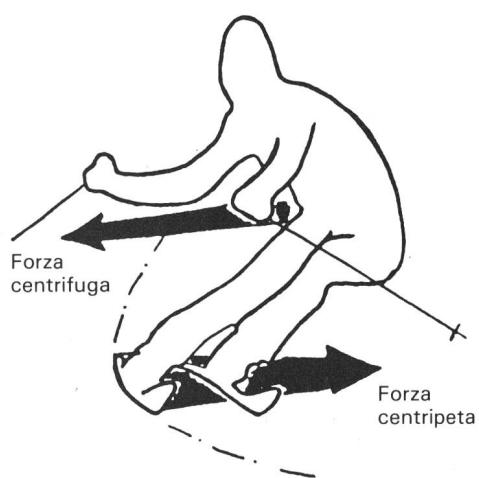
#### Le forze dinamiche: l'inerzia

Se lo sciatore scivola, la velocità del suo corpo provoca l'intervento di nuove forze, chiamate forze d'inerzia.

L'inerzia è la capacità di un corpo durante uno spostamento di conservare il suo movimento quando gli si impone:

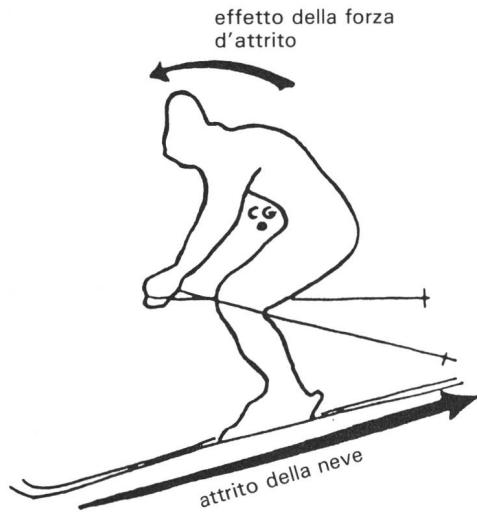
- un cambiamento di direzione (l'automobilista è spinto verso l'esterno della curva quando il suo veicolo gira);
- una frenata (il passeggero di un treno, in piedi nel corridoio, perde l'equilibrio quando il convoglio si ferma bruscamente);
- un'accelerazione (il pilota di un'automobile potente è schiacciato contro il sedile quando accelera).

Le forze d'inerzia, in una curva nello sci, si manifestano dapprima con una forza che spinge lo sciatore all'esterno della curva (forza centrifuga) in secondo luogo dalla neve, nella quale gli sci mordono, che spinge lo sciatore verso l'interno della curva (forza centripeta).



Anche la velocità provoca forze d'attrito:

- l'attrito degli sci sulla neve spinge il busto dello sciatore in avanti, perché il suo corpo gira attorno al centro di gravità.

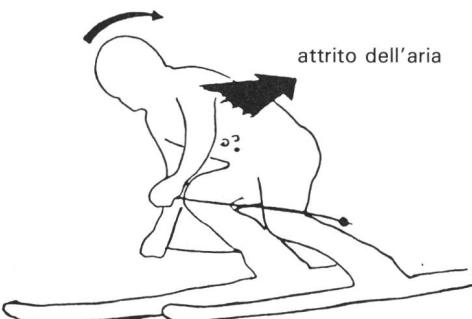


Lo sciatore quando passa dalla pista battuta nella neve polverosa, per mantenere l'equilibrio, adotta una leggera posizione arretrata.

Reagisce ad una sollecitazione di squilibrio assumendo una nuova posizione:

- l'attrito del busto nell'aria spinge lo sciatore indietro. Per resistere a questa forza, il discesista deve chinarsi in avanti (posizione a «uovo»).

effetto della forza d'attrito



## L'equilibrio dello sciatore in movimento

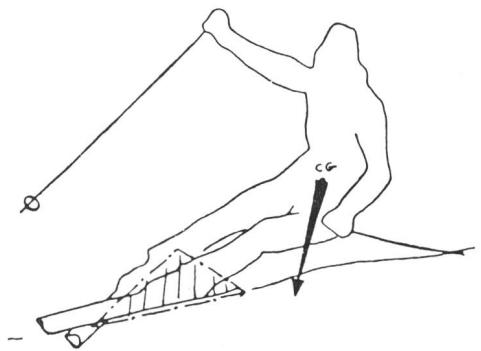
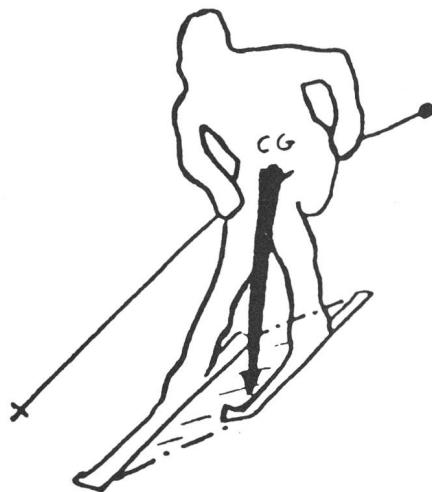
Le forze che tendono a squilibrare uno sciatore sono numerose. Quest'ultimo reagisce appunto variando la posizione del suo corpo.

Il fatto di mantenere un buon equilibrio è quindi un processo dinamico che si modifica continuamente.

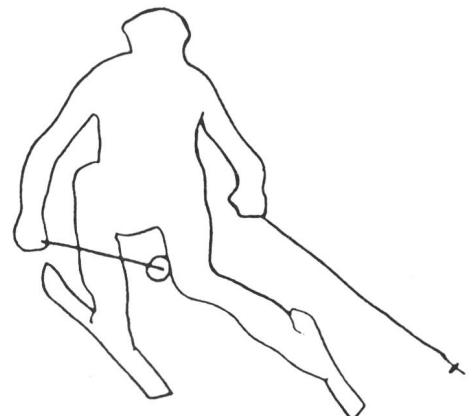
Esamineremo ora la meccanica dei movimenti che assicurano questo equilibrio e che permettono al buon tecnico di raggiungere il suo scopo nel modo più economico e più rapidamente possibile.

## Posizione di base

Affinché lo sciatore possa mantenere il suo equilibrio, la risultante di tutte le forze che vengono esercitate su di lui (più precisamente sul suo centro di gravità) devono cadere all'interno della sua base d'appoggio.



Se la freccia esce da questa base d'appoggio perché vi è stato uno spostamento del centro di gravità o degli sci, lo sciatore cade.



Da una parte lo sciatore, divaricando i piedi, aumenta la superficie della base d'appoggio, mantiene un buon equilibrio e acquista sicurezza; inoltre, resiste meglio ai colpi laterali (buche, ecc.).

Dall'altro canto questo scarto favorisce l'indipendenza delle gambe; ad esempio il movimento del ginocchio esterno alla curva verso il monte, senza che questo venga disturbato dall'altra gamba.

## Flessione, estensione e stacco di una curva

Abbiamo visto che ogni spostamento del centro di gravità di uno sciatore può provocare uno squilibrio. Questo spostamento può essere causato da un'irregularità del terreno o da movimenti bruschi dello sciatore.

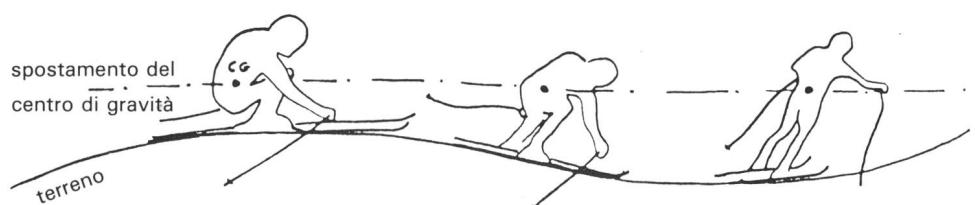
Qualsiasi movimento del corpo può spostare il centro di gravità e questo obbliga il corpo a reagire per ristabilire l'equilibrio. Ed è per questo motivo che ogni momento inutile diminuisce la stabilità e l'equilibrio dello sciatore.

Ad esempio nel passaggio di conche e dossi, possiamo notare come l'estensione e la flessione delle gambe assicurino uno spostamento minimo del centro di gravità.

Se lo sciatore si alza sul dosso viene proiettato in aria perdendo così l'equilibrio. Più la velocità dello sciatore aumenta, più rapidi saranno i riflessi per conservare l'equilibrio.

Ricerche fisiologiche mostrano che i muscoli molto tesi o molto rilassati reagiscono lentamente alle diverse sollecitazioni. Muscoli in costante stato di leggera tensione riducono il tempo di reazione. Le ragioni citate sopra confermano come posizioni estremamente sedute o erette impedisano allo sciatore di ristabilire immediatamente il suo equilibrio e riducano la sua mobilità.

È evidente quindi che risulta impossibile saltare in aria senza prima flettere le caviglie e le ginocchia: ciò spiega per-

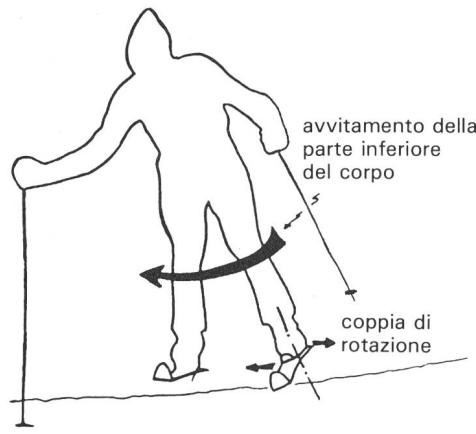


ché si parla di movimenti di flessione-estensione.

Questo movimento:

- durante l'estensione provoca un alleggerimento momentaneo, permettendo così agli sci di spostarsi senza ostacoli: serve per l'apertura degli sci in posizione spazzaneve o per staccare una curva;
- durante una flessione rapida delle gambe, la caduta verticale delle anche provoca pure un alleggerimento momentaneo favorevole all'apertura a spazzaneve o per staccare una curva (per flessione contro-rotazione).

La maggior parte delle curve sono staccate nei brevi momenti di alleggerimento con un movimento d'avvitamento della parte inferiore del corpo in direzione della curva. All'interno degli scarponi, lo sciatore spinge la parte anteriore del suo piede in direzione della curva e spinge il suo tallone verso l'esterno; esercita una coppia di rotazione attorno ad una asse che passa approssimativamente dalla pianta del piede al ginocchio.



punto d'appoggio

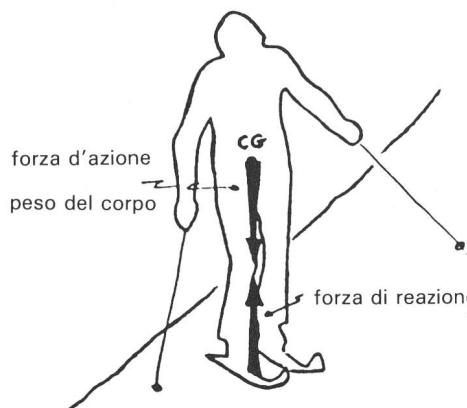
Se lo sciatore desidera eseguire questo movimento in aria, deve beneficiare di un appoggio al suolo: l'appoggio del bastone.

In altri casi questo appoggio del bastone migliora la stabilità dello sciatore, aumentando così la sua base d'appoggio. Lo sciatore, inoltre, ha la possibilità di combinare queste due forme di stacco con movimenti di proiezione laterale (pedalata), di bilancia di una parte del corpo in direzione della curva (flessione-bilancia-rotazione delle gambe) o di spinta dei piedi in avanti (curva propulsione-rotazione).

#### «Peso del corpo sullo sci esterno»

Quando lo sciatore scivola sulla neve è sottoposto alle forze d'inerzia (vedi rispettivo capitolo). Una discesa in linea di pendio traccia larga, crea al principiante difficoltà d'equilibrio in avanti-indietro. I problemi d'equilibrio laterali

appaiono non appena lo sciatore inizia una discesa in linea diagonale.



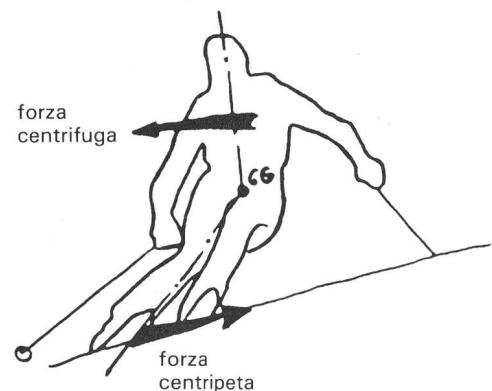
Questa figura dimostra come il peso del corpo di uno sciatore in linea diagonale sia respinto dal pendio verso lo sci a valle. Il miglior modo per lo sciatore di resistere a questa forza, che lo fa slittare, è d'appoggiarsi quasi esclusivamente sullo sci a valle. Se il pendio diventa più ripido, questo modo di comportarsi risulta insufficiente e lo sciatore dovrà ricorrere ad altri movimenti per non slittare; ad esempio la spinta laterale del ginocchio esterno verso monte (vedi prossimo capitolo). In una curva intervengono altre forze d'inerzia e di attrito supplementari che modificano la risultante delle forze. Il miglior sistema per lo sciatore di resistere a questa forza è di esercitarne un'altra direttamente opposta. Riesce a vincere meglio la forza centrifuga se porta il peso sulla gamba esterna alla curva (vedi figura pag. 10) lo sci esterno che morde nella neve oppone alla forza centrifuga una forza centripeta molto più efficace di qualsiasi peso ripartito sullo sci interno. Questo è naturalmente uno dei modi per lo sciatore d'evitare di farsi «trasportare» da una

curva: il suo bagaglio tecnico comprende altri movimenti utili per la giusta e buona esecuzione di una curva. Il più importante tra questi è l'angolazione.

#### Angolazione, contro-movimento e anticipazione

Si parla di angolazioni di una parte del corpo quando i due segmenti che la compongono formano un angolo.

In una curva l'angolazione delle anche è dovuta alla forza centrifuga che spinge il busto dello sciatore verso l'esterno della curva mentre la parte inferiore del corpo resiste grazie alla forza centripeta e s'inclina all'interno della curva.

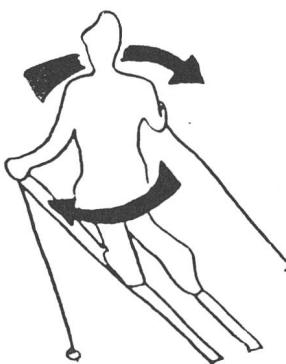


La struttura del corpo umano, in modo particolare le caratteristiche dell'articolazione del fondoschiene e delle anche, fanno sì che questo movimento d'angolazione non consista nell'inclinare la schiena lateralmente, ma permette di flettere e girare la vita verso l'interno della curva.



La sciatrice non ha potuto resistere alle forze che portano il suo corpo in rotazione verso l'interno della curva. Al posto d'eseguire un movimento di contro-rotazione, il suo busto e le anche sono «in rotazione».

contro-movimento



La rotazione del busto verso l'esterno della curva accompagna facilmente questo movimento. Questi due movimenti possono essere definiti con contro-movimento o contro-rotazione, perché si oppongono alla rotazione delle gambe verso l'interno della curva. Il buon sciatore mantiene il busto in direzione del pendio mentre le gambe «girano» sotto la parte superiore del suo corpo. Può inoltre, dopo una lunga discesa in linea diagonale, opporsi nella prossima curva ad una rotazione del busto anticipando i movimenti: gira così il suo busto in direzione del pendio e prepara la prossima curva.

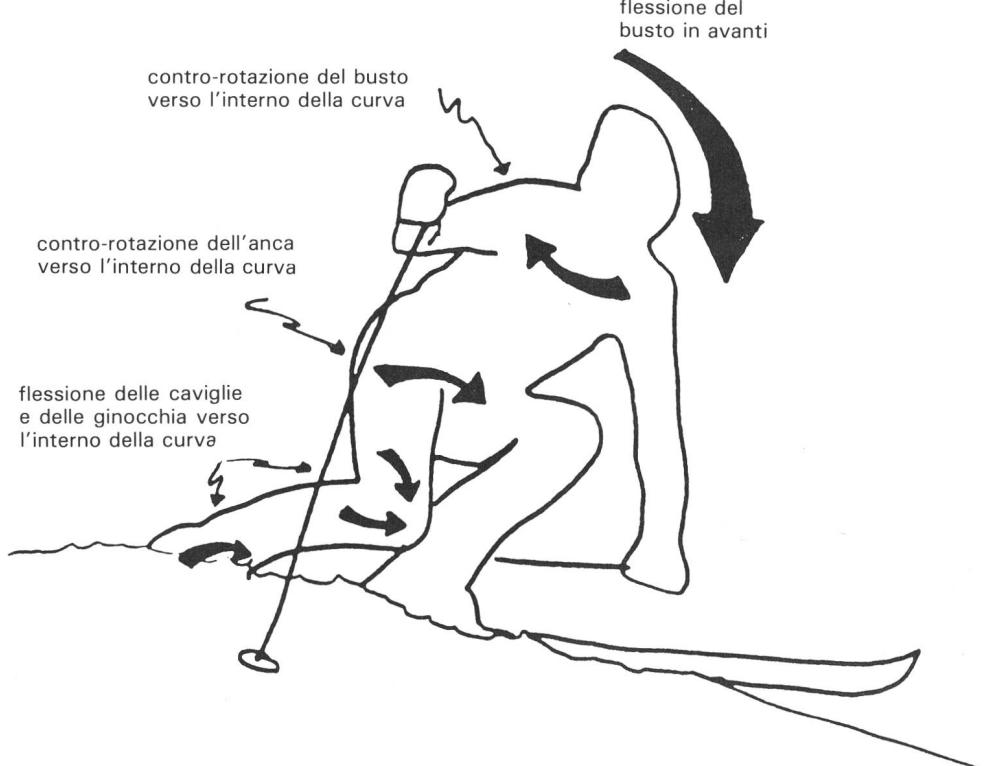
L'anticipo e la contro-rotazione sono movimenti che possono prevenire qualsiasi squilibrio, perché, si sa, il busto reagisce più lentamente delle gambe. Nel corto raggio, lo sciatore esegue movimenti molto limitati e si allontana poco dalla linea di pendio e questo assicura al centro di gravità una stabilità ottimale.

contro-rotazione del busto verso l'interno della curva

contro-rotazione dell'anca verso l'interno della curva

flessione delle caviglie e delle ginocchia verso l'interno della curva

flessione del busto in avanti



troppi rigidi che limitano questo movimento delle caviglie, indispensabile per l'equilibrio. Per mantenere l'equilibrio sullo sci esterno non è sufficiente la sola interflessione del ginocchio ma è necessaria l'angolazione della anche. Per questo motivo il termine angolazione implica più movimenti:

- contro-rotazione delle anche verso l'interno della curva (rispettivamente verso monte per la posizione di discesa in linea diagonale);

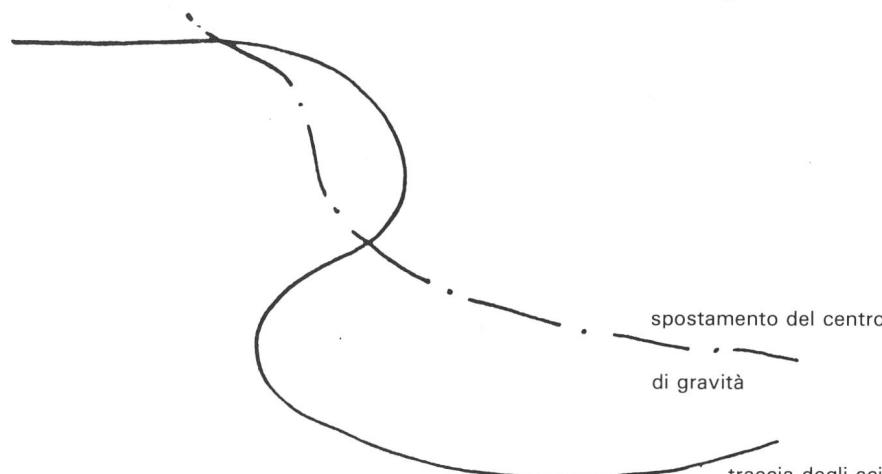
## Conclusione

Le esigenze della tecnica dello sciatore hanno ben poche ragioni estetiche. Trovano le loro basi nelle leggi fisiche: la struttura del corpo umano, le caratteristiche degli attrezzi dello sciatore (sci, scarponi, bastoni).

La tecnologia moderna offre allo sciatore sci sofisticati capaci, se ben utilizzati, di girare da soli.

La capacità del buon tecnico consiste nel saper utilizzare i suoi piedi ed i suoi sci e non il suo busto. Inoltre deve saper applicare il movimento e saperlo modificare a dipendenza della situazione.

Il buon tecnico effettua gesti razionali che gli permettono d'economizzare le sue forze e di guadagnare tempo, dipendentemente dal livello raggiunto.



- contro-rotazione del busto verso l'esterno della curva (rispettivamente verso valle);
- flessione del busto in avanti;
- Flessione delle caviglie e delle ginocchia in avanti e all'interno della curva (rispettivamente verso monte).

L'assenza di uno di questi movimenti priva lo sciatore di un mezzo per equilibrare le forze che vengono esercitate su di lui e di resistervi.

## Si torna a Montagna

I corsi di sci della SFGS, dopo una stagione passata sulle nevi della Lenk, tornano in gran parte, l'inverno prossimo, sui pendii di Montagna.

L'esperienza alla Lenk ha posto in luce alcuni problemi (sovraffollamento), imprevedibili in fase di pianificazione. Per questa ragione l'occupazione del centro di corsi e di sport nel Simmental da parte della SFGS sarà fortemente ridotta. Al termine dell'imminente stagione invernale si avrà una decisione definitiva.