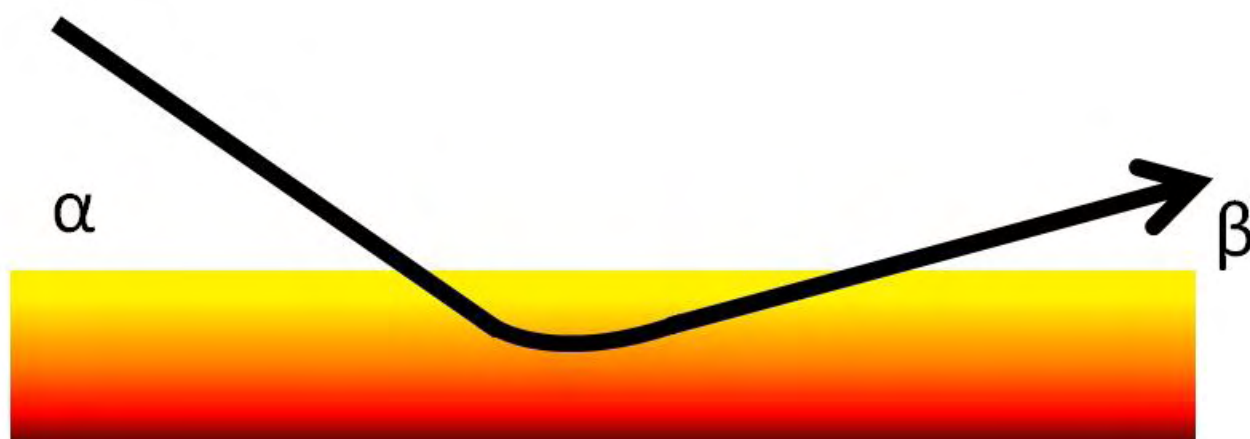


# Il colpo di rimbalzo

di

Dr. Ing. Cristian Bettin



Copia gratuita per scopi didattici  
Versione 1.1  
Settembre 2012

Dedicato a

Thomas, Aura, Lorenzo, Matteo, Marianna e Angela Lucia.

Un ringraziamento a tutti coloro che mi hanno fornito documenti e aiutato nella ricerca bibliografica, in particolare al Dr. sc. forens., Dr. med. h. c. Beat P. Kneubuehl, al Dr. Marco Morin e ai collaboratori del BKA die Wiesbaden (D), dei quali rispettiamo l'anonimato.

Per comenti, suggerimenti e domande è possibile contattare l'autore all'indirizzo: [crisbettin@libero.it](mailto:crisbettin@libero.it)

Per ricevere gratuitamente la versione più recente inviare una mail a: [pubblicazioni@cris-technologies.com](mailto:pubblicazioni@cris-technologies.com)

Versione	Data	Modifica
1.1	15.09.2012	Modificata copertina

## Indice

Cap 1. Il colpo di rimbalzo	1
1.1. Introduzione	1
1.2 Un lavoro in continuo sviluppo	2
1.3 Motivazioni dello studio	2
1.4 Definizione del campo di analisi	3
Cap 2. Fondamenti di fisica dei rimbalzi	7
2.1 Introduzione	7
2.2 Sistema di riferimento e di misura	7
2.3 Concetti fondamentali di fisica	8
2.3.1 Conservazione della massa e del baricentro	8
2.3.2 Legge di Newton	8
2.3.3 Conservazione dell'energia	8
2.4 Le leggi degli urti	9
2.4.1 Tipi di urto	9
2.4.2 Urto centrale frontale	11
2.4.3 Urto centrale obliquo	12
2.4.4 Urto eccentrico frontale	13
2.4.5 Urto eccentrico obliquo	15
2.5 Cenni sui movimenti rotatori dei corpi rigidi e sulla stabilità in volo	16
Cap 3. Teoria del rimbalzo	19
3.1 Introduzione	19
3.2 Definizione e simboli	20
3.3 Parametri che influenzano il colpo di rimbalzo	22
3.4 Il proiettile schematizzato come punto materiale	23
3.4.1 Assunzioni e semplificazioni preliminari	23
3.4.2 Urto tra punto materiale e corpo di grande massa	23
3.4.2.1 Considerazioni generali	23
3.4.2.2 Teoria del rimbalzo applicata al punto materiale	24
3.4.2.3 Andamento delle funzioni e approssimazioni	27
3.4.3 Urto tra punto materiale e corpo di massa piccola	27
3.4.3.1 Premessa	27
3.4.3.2 Angolo di deviazione massimo	27
3.4.3.3 Perdita di velocità e di energia	28
3.4.3.4 Deviazione di un proiettile a causa di rametti e vegetazione sottile	29
3.4.3.5 Gocce di pioggia	30
3.5 Il proiettile schematizzato come corpo rigido	31
3.5.1 Considerazioni generali	31
3.5.2 La normale d'urto nei vari tipi di proiettile	32
3.5.2.1 Definizioni	32
3.5.2.2 Proiettili a punta tonda (ellisoidale)	33
3.5.2.2 Proiettili a punta tonda (parabolica)	33
3.5.2.3 Proiettili a punta ogivale	34
3.5.2.4 Proiettili troncoconici e a punta piatta	35
3.5.3 Dati geometrici e fisici dei proiettili	35
3.5.3.1 Momento d'inerzia e posizione del baricentro	35
3.5.4. L'impulso ribaltante generato dall'urto	36
3.5.4.1 Calcolo dell'impulso ribaltante	36
3.5.4.2 Effetti dell'impulso ribaltante	37
3.6 Cenni su altre teorie formulate e disponibili in letteratura	38

---

3.6.1 Teoria di K. Sellier	38
3.6.2 Teoria di Jahuari	38
3.6.3 Teoria di Birkhoff per gli specchi d'acqua	39
Cap 4. La pratica dei rimbalzi – teoria e analisi	40
4.1 Introduzione	40
4.2 Definizioni	41
4.3 Considerazioni generali	42
4.4 Parametri che influenzano il rimbalzo	43
4.5 Classificazione delle superfici d'impatto	44
4.6 Risposta delle superfici d'impatto	44
4.6.1 Superfici rigide (non cedevoli)	44
4.6.2 Superfici cedevoli, cedevoli frangibili e liquide	45
4.7 Impatti contro materiali duri, non cedevoli	46
4.8 Impatti contro materiali cedevoli e frangibili	50
4.9 Impatti contro materiali cedevoli ma non frangibili	50
4.9.1 L'acqua, un elemento particolare	54
4.10 I doppi segni di rimbalzo	54
4.11 Considerazioni tattiche sui colpi di rimbalzo	56
Cap 5. La pratica dei rimbalzi – risultati sperimentali	58
5.1 Considerazioni sulle prove di rimbalzo	58
5.2 Risultati sperimentali pubblicati in letteratura	62
5.2.1 Metallo	63
5.2.1.1 Superfici di metallo spesse (superfici indeformabili in genere)	64
5.2.1.2 Lamiere sottili di metallo	69
5.2.2 Legno	73
5.2.2.1 Tavole di legno	73
5.2.2.2 Tronchi d'albero	80
5.2.2.3 Rami e cespugli	85
5.2.3 Calcestruzzo	87
5.2.3.1 Proiettili per arma corta (pistola, rivoltella)	87
5.2.3.2 Proiettili per carabina	89
5.2.4 Asfalto	91
5.2.5 Sabbia	94
5.2.6 Acqua	96
5.2.7 Strade sterrate e terreni	98
5.2.8 Studi particolari	104
5.2.8.1. Das Abprallen der Geschosse aus forensischer Sicht	104
5.2.8.2. Abprallverhalten von Jagdmunition – Il rimbalzo dei proiettili da caccia	104
Bibliografia in ordine alfabetico	107
Bibliografia in ordine numerico	111