

La BALISTICA

(seconda parte)

Balistica esterna

Prima di iniziare questo argomento l'autore si scusa con i lettori per un errore nel numero precedente. Nell'esempio 1 la frase "La velocità con canna da 550 mm" va corretta in "La velocità con canna da 600 mm". Si tratta di un errore di battitura dell'autore ed il proto è del tutto innocente.

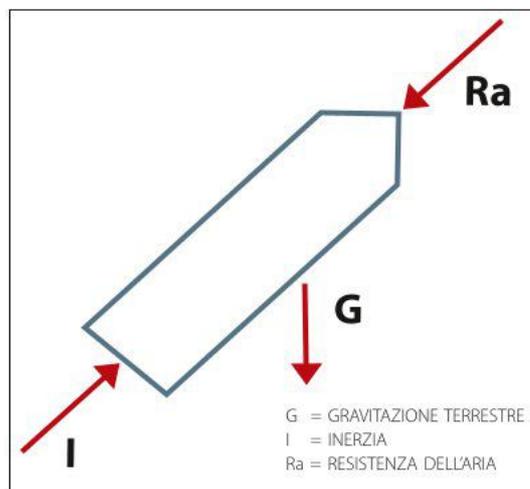
Nel numero precedente (balistica interna) abbiamo lasciato un proiettile di fucile, appena uscito dalla bocca della canna ad una velocità di 880 m/secondo (se la canna è lunga 650 mm) oppure di 862 m/secondo (con canna da 600 mm). Che succederà dopo? Risposta: come per qualsiasi corpo il movimento del proiettile dipende dalle forze che su di lui agiscono e che sono (V. Fig.1):

1. Inerzia dovuta alla spinta dei gas: infatti una volta uscito dalla canna il proiettile prosegue solo per inerzia, senza nessuna forza che lo spinga ulteriormente (salvo un eventuale "vento in poppa") perché è un proiettile inerte e non un razzo.
2. Massa del proiettile: ovvero l'effetto della gravitazione terrestre
3. Resistenza dell'aria: questa dipende da parametri relativi al proiettile (velocità, sezione e forma) e da parametri relativi all'aria stessa (densità e temperatura).

4. Vento: è intuitivo che il vento di coda "spinge" il proiettile, quello di punta lo frena e quello laterale fa deviare di fianco.

PAOLO
NARAYAN SINHA

Fig. 1 - Forze che agiscono sul proiettile in volo



A complicare ulteriormente le cose dobbiamo tenere conto anche dell'angolo di tiro, cioè dell'angolo formato dall'asse della canna con il piano orizzontale. Infatti la gravitazione terrestre fa rallentare un proiettile sparato in verticale verso l'alto mentre ne accelera uno sparato verso il basso. Con inclinazioni intermedie fra questi due estremi l'effetto della gravità è anch'esso intermedio, secondo una funzione matematica dell'angolo di tiro. Un altro effetto dell'angolo di tiro sta nel fatto che un proiettile sparato verso l'alto o verso il basso incontra aria a valori di den-

sità diversi e ciò costituisce un'ulteriore complicazione. Vediamo quindi se è possibile fare delle ipotesi ragionevolmente semplificative.

La prima semplificazione riguarda la densità dell'aria, che supponiamo essere uguale per tutta la traiettoria. Infatti, mentre bombe da mortaio o granate di artiglieria salgono a quote di chilometri superiori a quelle di partenza la traiettoria di un proiettile di fucile (o di pistola) é abbastanza "tesa" (cioè poco curva) nelle poche centinaia di metri di tiro utile. Ciò significa che il proiettile sale al massimo di pochi metri in caso di tiro orizzontale o di pochissime centinaia nel caso di tiro verticale. Una variazione di altezza così modesta corrisponde ad una piccolissima variazione della densità dell'aria, che possiamo quindi ragionevolmente ritenere costante. Questa ipotesi semplificativa si chiama "rigidezza della traiettoria". Infatti se supponiamo che la densità dell'aria sia costante su tutta la traiettoria ne consegue che la forma della traiettoria si mantiene costante anche se viene fatta ruotare intorno al punto di partenza. Si parla di "rigidezza della traiettoria" perché questa si comporta come un oggetto curvo ma molto rigido (appunto!) che mantiene la sua forma comunque sia orientato. Le curve in Fig.2 mostrano quattro traiettorie riferite all'asse canna. In realtà, come già detto, la gravitazione terrestre agisce sul proiettile in funzione dell'angolo

di tiro. Noi non trascuriamo questo effetto però possiamo per così dire "accantonarlo", cioè trascurarlo in prima approssimazione per esaminarlo in seguito.

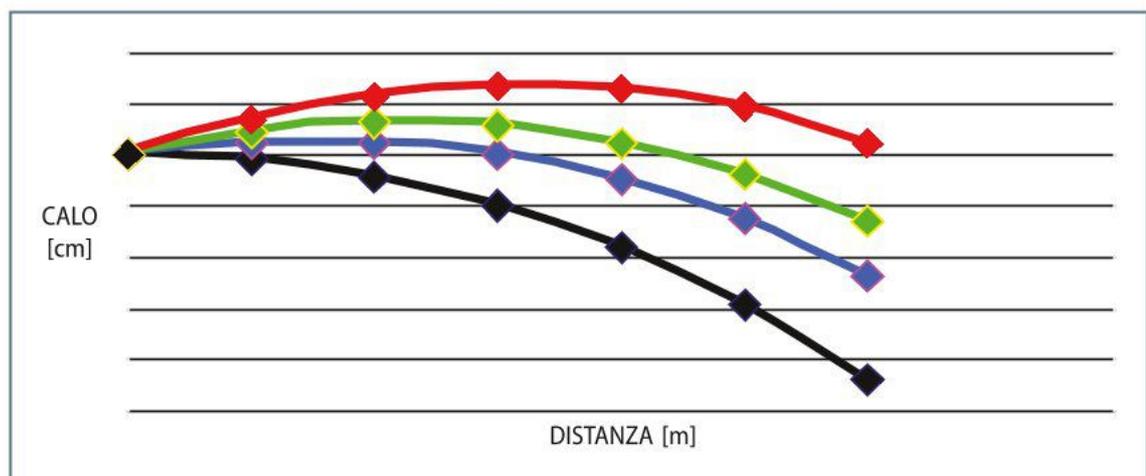
Finiamo questo preambolo, forse un po' lungo ma indispensabile, concludendo che la maniera più semplice per studiare la traiettoria consiste nell'ipotizzare il tiro con canna orizzontale.

Traiettoria a canna orizzontale

Anche con ipotesi semplificative il calcolo della traiettoria rimane comunque un argomento da far tremare perfino matematici insigni. Infatti la resistenza dell'aria al moto del proiettile non è costante ma dipende dalla velocità stessa, secondo leggi assai complesse che sono state chiarite solo a cavallo fra 19° e 20° secolo. Le espressioni matematiche di queste leggi non verranno qui esaminate a causa della loro notevole complessità. Meglio sedersi al computer, consultare il programma "Gun4" (V. bibliografia dell'articolo precedente) e scaricabile gratuitamente, si ripete, dal sito www.earmi.it.

Immagino già i commenti: "Ecco, ora ci vuole anche il computer! A che servono tutte queste chiacchiere teoriche? Tanto la traiettoria del proiettile si trova anche sulle scatole di munizioni!".

Fig. 2 - Traiettorie "rigide" riferite alla canna



Dimostreremo subito a questi scettici colleghi l'utilità pratica del programma "Gun4", ripetendo il percorso seguito per aiutare un amico a studiare la traiettoria ottenibile con una carabina cal 7 x 64 con canna da 600 mm sparando munizioni originali RWS con palla KS da 162 grains, ovvero 10,5 grammi. L'operazione era necessaria perché le tavole di tiro che la RWS stampa sulla scatola delle cartucce sono riferite a canna da 650 mm e quindi la velocità iniziale non è di 880 m/s (come risulta sulla scatola) ma di 862 m/s come abbiamo calcolato nell'articolo precedente. Accendiamo il computer ed apriamo "Gun4". Clicchiamo con il mouse la voce "CALIBRI RIFLE", scegliamo quindi i calibri 7 mm, quindi il calibro 7 x 64 e poi ancora "162 grains palla KS RWS". Oh, meraviglia! Appaiono le tavole di tiro riferite a V_0 880 m/s. Se battiamo nella casella «Velocità in metri/secondo» il valore 862 e clicchiamo "CALCOLA" abbiamo finalmente le tavole di tiro riferite a V_0 862 m/s. La distanza massima va impostata nell'apposita casella, come anche gli incrementi. Supponiamo di aver fissato una distanza massima di 300 metri ed incrementi di 50 metri e concentriamoci, per ora, solo sulle colonne DISTANZA, VELOCITÀ, e TOTALE CALO, leggendo così i valori riportati in Fig. 3.

Fig. 3 - Palla 7 mm KS 162 grs. Calo rispetto all'asse canna

DISTANZA	VELOCITÀ	CALO
m	m/s	cm
0	862	0
50	821	1,7
100	781	7,1
150	742	16,4
200	704	30,2
250	667	49,1
300	632	73,4

Cosa significa questa tabella? Due cose. Primo: la resistenza dell'aria ha frenato la palla che dagli iniziali 862 m/s rallenta fino a 632 m/s; secondo: l'effetto combinato di resistenza dell'aria e massa della palla fa "calare" la palla fino a 73,4

cm rispetto all'asse della canna che, ricordiamolo, abbiamo supposto orizzontale

Però una tavola di tiro così organizzata, benché frutto di calcoli rigorosi, ha scarsa utilità pratica. Con questa tavola, infatti, bisognerebbe mirare con l'asse della canna (come? dove si trova un cannocchiale da infilare in canna? come si fa a mirare e poi caricare e sparare?) e poi si dovrebbe correggere la mira per tenere conto del calo (come? usando selvaggina dipinta a quadretti centimetrati?). Eppure è facile trasformare questa scomodissima tabella in una tavola di tiro di uso pratico: basta infatti riferire la traiettoria non più all'asse della canna ma alla "linea di mira" cioè alla retta immaginaria che collega l'occhio del tiratore con il bersaglio voluto, passando per il reticolo del cannocchiale (o per tacca e mirino).

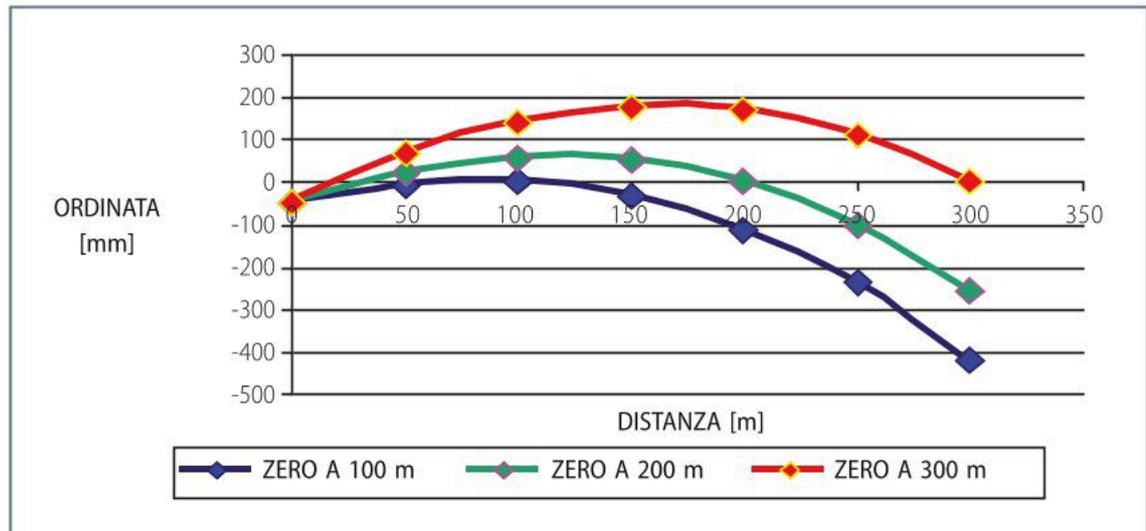
Supponiamo di aver trovato che la linea di mira sia alta 50 mm rispetto all'asse della canna. Si tratta di un valore circa comune a tutte le carabine ed ai basculanti monocanna mentre combinati e drilling hanno quasi sempre valori superiori perché le loro canne rigate stanno generalmente sotto quelle lisce. La nuova tavola di tiro in Fig.4 dà i valori di calo a varie distanze rispetto alla linea di mira.

Fig. 4 - Palla 7 mm KS 162 grs. Calo da linea di mira (50 mm da asse canna)

DISTANZA	VELOCITÀ	CALO
m	m/s	cm
0	862	0,0 + 5,0 = 5,0
50	821	1,7 + 5,0 = 6,7
100	781	7,1 + 5,0 = 12,1
150	742	16,4 + 5,0 = 21,4
200	704	30,2 + 5,0 = 35,2
250	667	49,1 + 5,0 = 54,1
300	632	73,4 + 5,0 = 78,4

Questa tavola è un po' più pratica di quella in Fig. 3, infatti se, ad esempio, volessimo tirare a 200 metri la tavola dice che dobbiamo mirare 35,2 cm più alto del punto voluto. Ma mentre su di un bersaglio quadrettato l'operazione è facile,

Fig. 5 - Traiettorie con "azzeramento"



in natura chi trova selvatici "centimetrati"? A questo punto il lettore che ancora non si è appisolato con "Caccia Alpina" in una mano ed il grappino nell'altra dovrebbe ricordarsi della "rigidezza della traiettoria". Immaginiamo quindi di far ruotare tutta la traiettoria di un piccolo angolo (vedremo in un altro capitolo perché l'angolo deve essere piccolo) fino ad attraversare la linea di mira due volte: la prima in salita (ricordiamo che la canna è più bassa della linea di mira) e per la seconda volta in discesa alla "distanza di azzeramento" che si chiama così perché a quella distanza l'altezza della traiettoria rispetto alla linea di mira è pari a zero, ovvero si è "azzerata".

Traiettorie con "azzeramenti"

Le tre curve in Fig.5 sono, salvo il colore e la posizione, assolutamente identiche. Infatti la curva blu (azzeramento a 100 metri) ha esattamente la stessa forma della curva verde e della curva rossa, che rappresentano rispettivamente la traiettoria con azzeramento a 200 e 300 metri.

Il ricalcolo della traiettoria in queste condizioni sarebbe complesso, ma l'ottimo "Gun4" provvede fulmineamente appena si batte il valore voluto nella casella "Distanza di azzeramento" e producendo così le tavole di tiro in Fig.6.

I valori negativi (segno "meno") ed in rosso indicano una traiettoria sotto la linea di mira, cioè si colpisce più basso del punto mirato. I valori in nero indicano di quanto si colpisce più alto della linea di mira.

In pratica le cose sono andate un po' diversamente: azzerata la carabina a 100 metri, si è trovato che a 200 metri i colpi andavano bassi di circa 15 cm, invece degli 11 calcolati. Dopo un attimo di perplessità, grazie ad un altro ritrovato della tecnica moderna ovvero il "cronografo", si è misurata la velocità effettiva dei proiettili, trovando che invece di 862 m/s questi uscivano ad una media di 790 m/s.

Come si può notare la velocità iniziale è alquanto diversa da quella dichiarata dalla RWS con canna da 650 mm e da quella calcolata con canna da 600 m. Perché? Perché i produttori di munizioni fanno tutte le loro sperimentazioni con canne speciali, la cui lavorazione è molto più curata delle canne normalmente usate per le armi. Inoltre, le aziende non possono prevedere se le cartucce verranno usate ai tropici od oltre i circoli polari e quindi caricano in modo da assicurare il rispetto della pressione massima ammissibile. Quindi le cariche risultano essere "tranquille" a basse temperature ed "allegre" con clima caldo. Allora buttiamo via ogni considerazione teorica sulla lunghezza di canna? No di certo perché

Fig. 6 - Palla 7 mm KS 162 grs. Traiettorie con V_0 862 m/s

DISTANZA	VELOCITÀ	CURVA BLU	CURVA VERDE	CURVA ROSSA
m	m/s	mm	mm	mm
0	862	-50	-50	-50
50	821	-7	21	64
100	781	0	55	140
150	742	-33	50	178
200	704	-110	0	171
250	667	-239	-101	112
300	632	-421	-256	0

Fig. 7 - Palla 7 mm KS 162 grs. Traiettorie con V_0 790 m/s

DISTANZA	VELOCITÀ	AZZERAMENTO A 100 M
m	m/s	mm
0	790	-50
50	751	-3
100	713	0
150	676	-45
200	640	-145
250	605	-304
300	571	-525

in prima approssimazione il calcolo visto nel numero precedente è utile. Ma ciò che è veramente utile al cacciatore è poter calcolare la traiettoria mediante un programma gratuito, facile e versatile che permette anche di passare istantaneamente da misure metriche (velocità in metri al secondo e distanze in metri) a misure anglosassoni (velocità in piedi al secondo e distanze in yards). In questo modo si possono rapidamente e facilmente adattare i dati delle munizioni americane alle esigenze del cacciatore europeo. I calcoli sono facili e veloci a condizione di conoscere due dati: velocità iniziale e coefficiente balistico. ■

Il coefficiente balistico

La velocità iniziale può essere misurata con il cronografo, strumento elettronico di grande precisione e di costo modesto (poche centinaia di Euro, come un binocolo economico) ma cos'è e come si trova il coefficiente balistico? Il coefficiente balistico (che abbreviamo in CB) è una grandezza molto importante, perché serve a calcolare la resistenza che il proiettile offre all'aria e quindi il "rallentamento" ed il "calo" del proiettile. Analogamente al "coefficiente di forma" (a cui la stampa automobilistica ci ha abituato) il CB dipende dalla forma del proiettile: un proiettile tozzo (al limite un cilindro) ha un CB peggiore, ovvero più piccolo, di un proiettile lungo ed affusolato. A differenza del coefficiente di forma il CB dipende anche da massa e sezione del proiettile, infatti è uguale a "massa proiettile/(quadrato del diametro del proiettile. x fattore di forma). Il CB non può essere calcolato a

priori ma il suo valore viene trovato misurando la velocità del proiettile all'inizio ed alla fine di un tratto di lunghezza nota. Il valore del CB si trova sui cataloghi dei produttori di palle oppure lo si calcola con opportuni programmi (come Gun4) usando due valori di velocità riferiti a due distanze diverse.

NOTA (PER I PATITI DELLA MATEMATICA)

La traiettoria potrebbe anche essere calcolata usando le equazioni del moto riportate nel "Sierra Rifle reloading Manual" 3rd Edition, disponibile anche in internet sul sito della Sierra. Chi scrive ha faticato non poco per caricare questi formuloni sul computer, scoprendo che, in taluni casi, la velocità della palla dopo essere scesa risaliva! Consultato per e-mail l'autore del testo si è appreso che solo l'integrazione numerica dà risultati precisi, difatti la Sierra ha eliminato il capitolo di calcolo da edizioni successive. Comunque, chi vuole cimentarsi con questi "calcoletti" può scaricare, gratis, il testo dal sito www.sierrabullets.com.