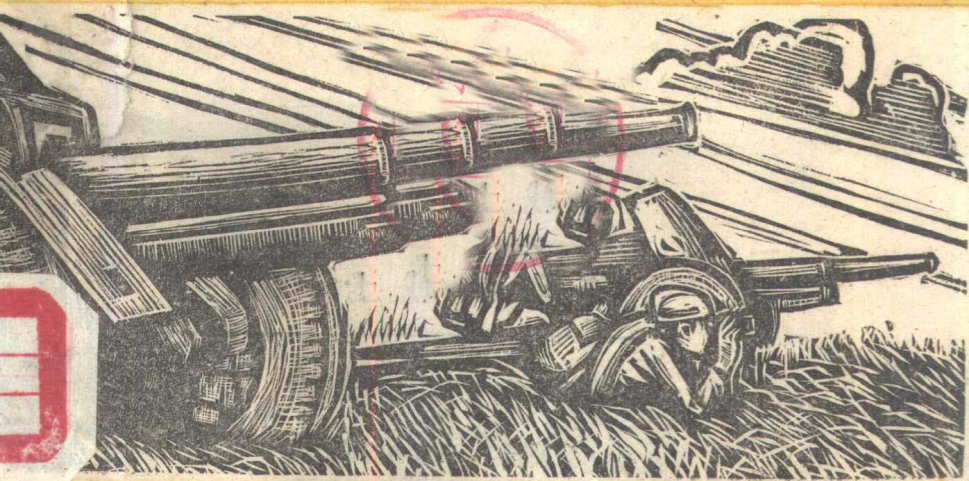


無形的戰士

★ 蘇聯紅軍在進攻中的炮隊 ★



新華書店發行

(軍事知識)

無形的戰士

蘇聯·伏爾柯夫(A. BORKOB)著

新華書店發行

無形的戰士

出版者 新華書店

發行者 新華書店

定價 十元

一九四五年九月

無形的戰士

第一部份：數學和軍器

- (一) 愛吵架的鄰居 瓦斯火藥的力量
- (二) 步槍能活多久 氣槍 古希臘數學家阿波羅尼確立槍彈的彈道
- (三) 空氣的抗力 子彈怕勇士 口徑是什麼
- (四) 大砲，榴彈砲，臼砲
- (五) 砲隊幾何學 水平瞄準 方位
- (六) 垂直瞄準 「射擊表」 橢圓分佈 一根火柴的長度 蘇維埃
狙擊兵

第二部份：數學和空軍

- (一) 飛機的上升力從何而來
- (二) 飛行術
- (三) 磁羅盤
- (四) 投彈 俯衝轟炸
- (五) 空中！ 檢音器
- (六) 機械數學家浦亞波
- (七) 傘兵降落的時間
- (八) 傘兵降落術小史 對未來的一瞥

無形的戰士

蘇聯俄羅斯聯邦獨立兒童文學出版局一九四二年出版了一本刊物——「無形的戰士」，是一本用淺近的文字，趣味的形式講述現代複雜武器的小冊子。作者伏爾柯夫在這本小冊子的序言裏說：在空中飛逝和爆炸的砲彈，還在射出之前就早已計算好各種口徑的大砲砲彈飛得多遠，由於氣溫，風向和許多其他原因，射程是怎樣變化。這一切都脫不了數學。又如空中咆哮風雲的飛機，它的理論也是幾千年數學的發展所造成的。現在戰爭就是摩托和機器的戰爭，沒有技術就無所謂現代戰爭，而技術則是數學的親生女兒。在戰線上決定着民族命運的大戰，是無形的戰士——數目和數學公式在作戰。

這裏，我們從「時代」上把牠轉載下來（這本小冊子裏比較有趣的各節），以獻給我們的讀者，特別是部隊的讀者在從游擊戰轉變到正規戰的過程中，教育意義很大。對於文化水準較低的同志，最好進行必要的講解——編者

第二部份 數學和軍器

（一）愛吵架的鄰居

街上有一塊小石頭。把這石頭打開來，要費很多氣力。石頭的分子共同生存了幾百萬年，不願意互相分手。桌子，鉛筆，書，以及我們身邊的一切

東西，它們的分子也是這樣過日子。它們互相緊密團結，誰要想分開它們，它們就併力反抗。

人類的技術創造了一些東西，使這些東西裏面的分子互相仇視，一有細故，便吵架分手，永不來往。這便是爆炸品。

比方說綿火藥，是硝酸和硫酸混合製成的棉花。裏面包含液體到百分之二十的，叫做濕綿火藥。只包含百分之二、三的叫乾綿火藥。濕綿火藥施用起來是沒有危險的，點着它既很難，它燃燒起來也很慢。乾綿火藥却包含着完全另外一種性質。你把乾綿火藥的鬚子擊下，鬚子就會發出可怕的聲音而炸裂開來。放着乾綿火藥的地方，若是附近有雷酸水銀（雷汞）爆炸，綿火藥也立刻會用爆炸來響應。

有時候極細微的原因就足夠使爆炸品的分子停止「凍結化」的同居。對於雷酸水銀，只要針一戳或是稍一震動，就會爆炸起來。它是這樣可怕，只可以把它保存在極少量，並且只可以保存在水裏。

爆炸品的分子是處在一種不堅固的平衡狀態中，這平衡是非常容易破壞的。

爆炸品為什麼不堅固？原因說起來很簡單：它裏面包含着酸素（養氣）。別的東西如果流進空氣，就會燃燒起來。木頭放在抽盡空氣的密封的管子裏是不會燃燒的，但是火藥，綿火藥，雷酸水銀却會燃燒。因為它裏面自己就包含了養氣的成份。

爆炸品的第二個特點是：在大的壓力之下，它們很多會特別迅速地燒起來。

假使露天點着火藥，它燃燒得不穩並且比較緩慢。可是，同樣數量的火藥放在密封的管子裏却會在一秒鐘的百分之幾的時間中燒盡。這樣迅速的燒盡就叫做爆發。

在密封的空間，爆發品最初燒着的分子會發出大量的瓦斯（氣體），瓦斯因為沒有出路，便對於還沒有燃燒的分子，造成極大的壓力，因而發生爆發。

假使爆發是發生在密封的管子裏，那末這管子便炸成碎片而飛散。假使空間是砲管，一端用砲彈封閉着，那末所形成的瓦斯就壓迫砲彈，以極大的速率把它拋出去。

火藥的爆發是發生得非常迅速：一八九一——一九三〇年式步槍的子彈是在〇・〇〇一五秒鐘中爆發的（六八〇分之一）。

許多世紀以來人類總以為一瞬是最短的時間，爲了瞬一下眼，人要費去〇・三秒鐘。但步槍的射擊要快了二百倍！一瞬與射擊的速度之差，正像步行和超速率飛機速度之差一樣。

但是還有某些爆食品，爆發得這樣迅速，步槍火藥和它們比起來，實在燒得非常之慢，這就是「粉碎性的」和「爆炸性」的東西。乾綿火藥和雷酸水銀便是屬於此列。

爆炸性物品的爆炸速度比普通的步槍火藥要迅速幾百倍和幾千倍。一公斤的火藥在一秒鐘的〇・〇〇〇〇二（十萬分之二）之間爆炸。這種簡直不可相信的迅速爆炸叫做「爆裂」。

爆炸性物品不能裝進大砲，因為它在砲管裏炸得這樣快，瓦斯簡直來不及推出砲彈。壓力在砲管裏會把大砲炸成粉碎。假使乾綿火藥在露天下面的鐵板上爆炸，那末這鐵板也要炸成粉碎！立刻形成的瓦斯向四面八方爆炸是這樣有力。普通火藥爆炸，鐵板是不會受傷的。

爆炸性物品的份子雖然狂暴地追求解放，但是它們對於軍事却有很大的意義。它們是當作「起爆品」（刺戟品）用的。

起爆品的數量不大，它的爆裂可以刺戟其他東西爆炸。例如，綿火藥旁邊有少許雷酸水銀爆炸時，自己也會爆炸起來，它就是綿火藥的起爆品。

關於爆炸品的非常爆炸力，學家克柳洛夫曾在「輪船發生障礙和破壞的幾個故事」一書裏，曾舉出一個例子：

「十五年前在德國奧平林城發生一次最大的爆炸事件。這地方有一家工廠是製造氮素肥料的。阿莫尼亞是副產品，因為當時沒有銷場，便存在一個大而深的坑裏。過了幾年，積蓄了約近八千噸的阿莫尼亞。」

「德國人不知想出什麼新的花樣，阿莫尼亞陡然有了銷場，價錢既漲，自然要把它賣掉，可是試了一下子，這玩意既不能用鋤頭又不能用鐵子取拿。」

「後來決定開坑道，用大粒黑火藥小砲彈爆炸。進行了個別的試驗，一切都很順利。於是把工作包給工頭做，嚴厲命令他使用黑火藥小砲彈。」

• 起初工頭如法泡製，但是後來尋工作進行得很緩慢，於是他用他自己的腦子決定：「現在誰用黑火藥做工，我已經用羅卡羅克好幾年了。」他一個人也不問地就用羅卡羅克彈。這是起爆性的東西，當即發生爆發，就是所有八千噸的阿莫尼亞全部都爆炸起來。

「整個化學工廠連痕跡都沒有剩下，奧平林半個多城市都被根本破壞，居民死者二千多人，一說達四千人。在五公里到十公里的方圓之內，鐵片與石塊飛舞，一塊鋼片甚至打穿相距爆炸處十五公里地方的屋蓋。」

大家都知道槍彈的構造：他的底裏有個雷管，裏面蒙着一層像水銀那樣發亮的東西。這是雷酸水銀，不過混雜着別的化學品，以降低它的感應性。雷管受打擊而爆炸，雷酸水銀爆炸的高溫度和撼動引起藏在彈筒裏的火藥的爆發。

古時候槍裏的火藥要點着之後才爆發。在射擊之前，射手要吹燭燃着的藥；等藥錢上發出火焰之後，把藥錢送到槍口，槍口附近的特備「藥池」裏鋪着一小層火藥。藥池裏的火藥燒起來，火鑽進槍管，槍裏的基本彈藥便爆發了。這樣的槍械，裝藥要費一二分鐘，而且因為射程並不遠，所以有時敵人來得及跑到這位從事聰明工作的射手面前，射手爲了自衛起見，這時只得拿槍來當棍子用。

後來發明火石槍。鋼片敲火石，造成熱的火花，火花飛到藥池裏的火藥上，燒着他，以後便發生藥錢槍一樣的事情。這種槍要比藥錢槍便利許多。但是現代步槍的歷史，是在雷管彈筒出現之後開始的，這種彈筒裏包含着子彈，裝藥，刺戟品。這一切合在一塊便是「一元化」彈筒。

瓦 斯 火 藥 的 力 量

爆發品一面燃燒着，一面發出大量的火藥瓦斯。每一公升（又名立特，等於一市升）煙火藥，可以發出三百五十立特的瓦斯，一公升的縮火藥有一千五百立特。

• 假使瓦斯溫度等於零，它的容積有一千五百立特，但是射擊時它熱到二千五百至三千度。根據物理學可以知道，瓦斯每溫熱一度，它的容量便增加二百七十三分之一，溫暖到三千度，瓦斯就擴大十倍，佔地一萬五千立特。

大概有許多人都會看見過實驗所裏用來保存酸素的大玻璃瓶，這種瓶子的容量約為三十立特，一公升純火藥爆炸後所發出的火藥瓦斯，要五百個這樣的瓶子才可以存得下。

爲了更加瞭解擴大著的瓦斯的壓力，我們不妨來做一個小小的比方。

圍繞地球的氮氣，對於每一平方生的米突的地面，壓迫着一千零三十四公分的力量。這力量是很不小的。一張書桌的面積是一又二分之一平方米突，氮氣就以超過十五噸的力量壓迫着它！有人要問了，爲什麼桌子不變成碎片呢？那是因爲在氣體裏有着向四面八方發出的同樣力量的壓力，氮氣以同樣十五噸的力量從下面壓迫着桌子。這些壓力相互抵消。假使把桌子底下的空氣抽去，那末在十五噸重的壓力壓迫之下，它便剎時間破裂了。

在技術中，每一平方生的米突的一公斤（即一千公分，等於兩市斤）壓力叫做一氣壓。

瓦斯在步槍管裏的短促時間中，它會發展到二八五〇氣壓！

步槍的各部分該多麼堅固以支持這樣巨大的壓力而不致破裂啊！還要比汽鍋所受的壓力大五十倍！

槍管裏面每一平方生的米突內層，受到相等於三噸重的壓力。上面我們是計算整張書桌的氣壓，它是等於十五噸。爲了使桌子受到相等於槍管裏層同樣的壓力，桌子上應該堆積四萬五千噸的貨物，即九千輛五噸重的載重汽車，把這些汽車堆積起來，形成一根汽車柱高可十八公里，直聳雲霄……

隨着子彈出膛的程度，瓦斯的壓力也低落下去，因爲它所佔據的空間容積比火藥爆炸時分出來的瓦斯發展得更快。但是在子彈飛出槍管的時候，壓力還很大：它約等於四百五十氣壓。火藥瓦斯的壓力給子彈起初的速率非常之大：每秒鐘八百六十五米。雖然並不是火藥瓦斯的力量都起有效工作，而僅只是三分之一，但是子彈仍舊能夠得到這樣大的速度。火藥瓦斯的大部分力量（達百分之四十）都在子彈飛出之後，隨身從彈管裏帶出去了。

在舊式的步槍裏，這力量沒有被利用。在自動裝彈槍裏，把它用來裝彈。普通步槍的裝彈工作是由射手做的，把彈過的彈壳拋去，把新的彈筒

放進膛裡，自動裝彈槍則是由火藥瓦斯來做這工作，爲了這個，一部分瓦斯是經過槍口放出去。

對於具有巨大力量的火藥瓦斯還是無所謂的負擔，但是它却大大地減輕了射手的工作，節省肌肉的力量，減少瞄準射擊的時間，以便始終監視敵人，不以疲憊而間斷。雖然有這些優點，而蘇聯一九四〇年式自動裝彈槍的重量，甚至比一八九一——一九三〇年式的步槍還要輕。

爲了更清楚的瞭解步槍的機械是多麼奇怪和特殊，我們再向力學的領域深入幾分鐘。

讀者無疑都知道，力推動物體，進行工作。測量工作的單位是公斤公尺。我們所做的工作，比方說，把一公斤的東西舉到一公尺高。

在一定的時間做一定工作的能力叫做能率。能率的單位是馬力。假使一輛機器每分鐘能做七十五公斤公尺的工作，它的能率便等於一匹馬力。

這裏應該指出，「馬力」的名稱是不對的；應該是「馬的能率」，但是這定義出現在一百五十年前，早已在語言中根深蒂固了。

現在我們可以來看一下，步槍的能率是怎樣算了，一八九一——一九三〇年式步槍的子彈重九·六公分，它最初的速度是每秒鐘八百六十五公尺。我們計算一下就可以看出，用這樣的速率把子彈拋出去的工作等於三百六十六公斤公尺。

這工作是在極短的時間中進行的。總共只是一秒鐘的 0.0015 。爲了要知道這步槍在整整一秒鐘中能夠做那樣的工作，我們把 0.0015 用去除三百六十六，每秒鐘得二十四萬四千公斤公尺。改做馬力還要再除七十五。

結果簡直駭人聽聞——三千二百五十多匹馬力！

我們的計算是不能駁倒的，讀者可以自己去做試驗。三千二百五十匹馬力要比三輛一千匹馬力的摩托的動力還要大，這三輛摩托足能驅駛一架巨型飛機以極大的速率飛行。而這動力却是集中在步兵所帶的一支步槍的並不複雜的機械上，它輕起來不過只有四又二分之一公斤！這火器及其發動機——爆發着極大潛在力的火藥，確實是奇怪的機械！

步槍在射擊時既然具有比巨型飛機更大的動力，那末一定包含着什麼

秘密在裏面。就讓我們在下面來解剖這個秘密吧。

(二) 步槍能活多久

你會這樣說：「奇怪的問題！步槍能活幾十年。」

是的，假使把它掛在牆上不用。但是機械生命的長短是由機械工作的時間來決定的。這裏就有有趣的東西了。

一支步槍可以射擊三萬次。射擊的時候，它所有各部分都感受到非常的緊張。步槍的材料能經得起幾乎等於三千氣壓對奇怪的壓力。爲了避免射擊時不幸事件的發生，步槍製造時就準備好使能經受五千五百氣壓，有所謂一個「堅固性的儲藏」，它能有二千五百氣壓。註：一氣壓是一方寸上受二十三斤的壓力，五千五百氣壓就是一方寸上受十二萬六千斤壓力。

我們已經提到，火藥燃燒的溫度可以達到二千五百到三千度之高。因此，和壓力同時，步槍的材料還要經得起熱，這熱要比打汽爐火焰的溫度高出三四倍，幾乎等於鋼鐵鍛煉時的溫度的兩倍。如果步槍的槍身不鍛煉的話，那就是因爲射擊時間繼續得並不長久的緣故。

我們已經曉得每一次射擊的時間繼續到0.0015秒，而步槍則可以射擊三萬次。這就是說，它的生命持久性祇有45秒！

所以爲了高度的機械威力就需要很高的代價；甚至在用了很高的代價以後，它還是很快地就要毀壞的。

每一種機械的一個特徵的數量，就是對一馬力能力的重量。這裏是一張表：

	總重	能力	對一馬力的重量	生命持久性
步槍	4.25公斤	3250馬力	1.3瓦	45秒
摩托 (Right Cyclon)	584公斤	1000馬力	0.58公斤	600小時
蒸汽機	15000公斤	500馬力	30.00公斤	70年

註：1公斤=1000瓦

對於一馬力能力的重量如果減輕，那麼機械的生命就下降，這下降並不是按照比例的，稍爲多加一點重荷就很快地破壞了機械的材料。

也許很靈的大砲大概總比步槍要活得長久些吧。現在我們來看一看這個問題。

口徑76公厘的大砲有非常巨大的威力，有二十六萬馬力。對於這一點讀者自己可以得到證明。它的數目是這樣的：砲彈的初速是每秒600公尺，重為6.5公斤，一次射擊的時間是0.006秒。

爲了比較起見，我們可以指出，大砲台的能力是十二萬到十五萬馬力。如果要在一個瞬間創造出從76公厘口徑的大砲中所需的威力，那末就要有兩個這樣的砲台的工作才够。

這樣的大砲的生命有多長久呢？這裏的數字也是悲觀的。一次射擊的時間是0.006秒，而這砲假定是可以開一萬發的，這砲總能活一分鐘。此後它就要修理了，它的砲管也要換過了。目前很多的大砲砲身都是不完整的：內部嵌有一種薄壁的管子。當這種管子壞了的時候，就應該換一個新的；這很便宜而且可以很快地做成。

超遠程戰砲的生命特別的短，這種砲可以把一噸重的炸彈送到數公里之遠。這種砲可以開50——100發，它的生命總共祇有三秒到三秒光景。對於砲彈的堅固性應當加上它損壞時的費用。結果就得到大砲每一次的射擊是需要數萬金盧布的代價。

氣 槍

爆炸物都藏着巨大的能。它們已經用了好多世紀。但是能够不能够找到另一種能量的來源，在射擊時更便利，價錢更便宜並且能產生更小的聲音的能量來源呢？

發明家的思想做了很多代替火藥的試驗，所有這一切試驗祇能造出一種武器，這種武器能够和發火的相競爭（雖然是在很小的程度上）；這就是氣壓壓力的，或者就是空氣的，用壓縮的空氣來射擊的槍。

這種槍的威力很小，子彈初速很小，因此射程也很短。它們大多用在教練射擊的靶子上。

所以對於壓空氣槍可以很深信地指出，就是它們不一定能在將來得到廣大的應用，因爲由壓縮空氣而得的能量還太少，不能射出子彈，更不能

從大炮中射出很重的砲彈了。

古希臘數學家阿波羅尼確立槍彈的彈道

砲彈在空中運動所描畫的路綫叫做彈道。子彈在空中依照怎樣的彈道呢？這個問題是非常複雜的。對飛行中的子彈有好幾種力在作用着，它們的影響是必需加以研究的。作用於子彈的最主要的力就是：火藥氣體的壓力，重力（地球引力），空氣抗力等。還有其他影響比較少的力，對於它們以後再說。

在科學上如果有某一種物理現象是由很多原因而來的，那末是這樣解決：最初是研究在一種原因的作用下這現象將怎樣發生的，以後就是在兩種原因的作用下怎樣的，這樣依次類推下去，最後是把這許多原因一齊算在內，看這一現象是怎樣的。

一、假定在火藥氣體作用之後，子彈祇按照其慣性在飛行，這就是說它是在沒有空氣的空間飛行，也就是說它感不到重力的作用。從物理學上我們大家都知道這種運動是循一直綫進行的而且是等量的。在相等的時間間隔中子彈走了相等的間距。

二、子彈除了受有火藥氣體的作用外還受有空氣的抗力。這一力是直接反抗運動的，它使子彈遲緩下來。於是子彈的運動雖然還是直綫的，但已一秒鐘一秒鐘地走得更慢了。

三、對於子彈作用着兩種力量：在火藥氣體作用後的慣性力和地心吸引力（子彈在真空中運動是不受空氣的抗力的）。在這種場合下需要詳細的研究。

自由落體在第一秒鐘走過五公尺，第二秒鐘走十五公尺，第三秒鐘走二十五公尺，這樣下去——就是說每一秒鐘總多走十公尺。

爲了便利討論起見，我們假定槍身是和地平綫成四十五度角的，子彈的初速是每秒一百公尺。事實上的初速要大得多。

與地平綫成四十五度的子彈因爲慣性的作用在第一秒鐘應當走一百公尺；但是它在重力的作用下却下降了五公尺。兩秒鐘後按照慣性它走了二

百公尺，但是却降到二十公尺了。這樣之後，子彈在第七秒鐘落地最高，以後就慢慢下降了，成了一個曲綫，最後落到地上。

這一曲綫叫做拋物綫。

子彈飛得愈快，它的間距因為惰性的關係就愈大；因此在同一角度上射擊的速度就增加了，而彈道的曲度則比較要小些。

曲綫的另一種叫做雙曲綫。

著名學者阿波羅尼（公元前三世紀末）關於曲綫寫了八本書：「圓錐曲綫的切面」。他曉得這樣的，甚至他的理論在我們的大學中的幾何分析課上都沒有全部教授呢。

在曲綫的切面中，除了拋物綫和雙曲綫外，還有一種叫橢圓。所有這一切的曲綫都是由圓錐體的切面的得到的，因此在幾何學上就叫做圓錐曲綫的切面。

把一個圓錐體垂直它的軸切開來我們就得到一個圓。

假使對圓錐體的軸作一個斜角來切，那末就得到一個橢圓。

如果不平行它的稜來切，那末就得到一根拋物綫。

如果不平行它的軸來切，那末就得到一根雙曲綫。

不僅是砲彈或者槍彈在真空中飛行的時候是成拋物綫形的，所有一切對地不綫作任何角度以任何速度擲出的上拋體都是成拋物綫形的，如果這飛行都是在真空中進行的話。

空氣的抗力

空氣的抵抗在地球上起着一個重要的作用，它大大地減低了運動物體的速度。

一個人騎在腳踏車上：他面迎着空氣，於是他覺的風是對面吹來的，使他不能有大的速度。風對一切物體都給與猛烈的壓力。暴風能把樹連根拔起，把船隻拋向陸地，甚至能傾覆重載的火車。

不錯，剛才所說的都是面積很大的巨物，子彈是非常小的東西，難道空氣對它也能顯出什麼重大的影響嗎？

那末現在我們來看一看事實是怎樣說的。從步槍飛出來的子彈有巨大的速度——每秒 865 公尺。因此它經受着非常大的空氣抗力。

下面是一張表，表示一九〇八年一種標準子彈因空氣的抗力而改變其速度的情形。

離起射點的距離 (以公尺計)	0	300	600	900	1200	1500	1800
子彈每秒的速度 (以公尺計)	865	630	450	334	277	239	260

這是一些驚人的數字，對於它們是值得玩味的。由表上可以看到：在子彈飛過 600 公尺的時候，它的速度就幾乎降低了兩倍，而再過了 600 公尺時，差不多又減少了兩倍！但是再飛 600 公尺時，它的速度却減少四分之一了，因此很易瞭解子彈的速度已大大地降低了，幾乎有四倍。

爲了得到一個清楚的幾何觀念，去瞭解子彈在空中究竟描繪着怎樣一個彈道，我們且重新來看一看上節舉過的例子，就是當槍身和地面成四十五度角而其子彈的初速爲一百公尺的時候。但是現在我們加進了空氣的抗力，並且爲簡單起見，我們假設這抗力每秒把子彈的速率等量地減低五公尺。實際上這一切都要複雜得多：受到遲緩的作用是要大得多，而且也不是等量地減低的。但是如果我們假定速度是等量地遞減的，那末子彈在第一秒鐘因惰性的作用走了一百公尺，第二秒鐘走九十五公尺，第三秒鐘走九十公尺，這樣下去。此外它還有重力的作用，這一重力使它在第一秒鐘下降五公尺，第二秒鐘下降十五公尺，這樣推算下去。

這樣的結果是很有趣的。在這我們所假定的比較小的抗力下，子彈飛行的速度已差不多減少了一半。

實際上，空氣抗力的影響還要大些。準確的研究告訴我們：一八九一到一九三〇年作戰用的標準步槍的最大射程等於三公里半，可是那支同一的步槍如果在真空中放射那就可以達到七十七公里！

你看空氣的抗力有多大的作用啊！我們通常却並沒有給與應有的注意。

我們上面所設的子彈在空氣抗力下所走的曲綫就叫做彈道曲綫。我們是漸漸地解決了一切有關子彈飛行的問題，現在把它們集在一起，就得到

一根彈道曲綫。

彈道曲綫有這樣的特性：最初它幾乎和拋物綫符合，但是下曲的時候比較拋物綫爲早，而且也曲得陡些。拋物綫是一根對稱的曲綫，而彈道曲綫却不是對稱的；從頂點算起的右面一段比左面一段要短，並且這一區別因空氣抗力的愈大也就愈顯著（附圖一）。

實際上，彈道曲綫比我們所分析的還要複雜。它的長度因空氣密度的變動而變動（註：空氣密度又因大氣的冷熱，地位高低而不同，空氣密度大，抵抗力就大，子彈落得就近，反之就遠。）這裏風也有很大的意義。逆風能妨礙子彈的運動，相反地順風則推送它，側面的風則能把它推向旁邊，詳細的研究一切對彈道的影響祇有在高等數學的幫助下才能進行。

那末空氣的阻力對砲彈的飛行有什麼影響呢？這是很有趣的問題。砲彈飛行受的影響沒有子彈所受的那麼利害。這裏當然也受了些遲緩的作用，但並不十分顯著。這原因是砲彈比子彈重得多，它的質量克服了空氣的阻力。76m.m. 口徑的砲能射到八公里半，而在真空中它的砲彈也不過走三十五公里，這就是說總共不過遠四倍，可是對步槍來說，這個倍數就要等於二十四了。

子彈怕勇士

在戰爭中一個沒有經驗的戰士所最怕的是砲彈和子彈的哨聲。聽見了哨聲之後，他不禁俯下身去，企圖躲過那他以爲正向他飛來的子彈。

可以不可以在「躲避」子彈而獲救呢？在飛行中的子彈劈着空氣並組成了一種音浪，這音浪向四面發散，包括向子彈飛舞的方向發散。如果音浪超過了子彈，那麼它就是子彈要臨近的信號，那時如果時間足夠的話，就可俯身了。普通的數學計算已能在這一問題上幫助我們分析了。

聲音在空中傳播的速度大約爲每秒三百公尺。從上一節中我們知道槍聲從它發射的地方起到各個間距的速度是多少。現在我們假設射手離開我們六百公尺。在這種場合下，槍聲比聲音要快，因爲它的速度是每秒四百五十公尺。所以在我們聽到砲彈的哨聲時，子彈已經飛過了。信號遲到了，於是躲藏就失去了目的。在這種情形下，哨聲是報告危險已過的消息。

如果我們處在離射手九百公尺的地方，那末子彈和聲音的速度相等。我們聽到哨聲的時候，槍彈正挨着我們飛過。在這種情形下，我們來不及躲避子彈了。

那末如果有人在一千二百公尺的地方射擊我們，結果是怎樣呢？

這裏的情形就有點兩樣了。聲音比子彈快，因此超過了它，這就是危險的信號。可是這個信號之後祇有極短的一瞬，以致使我們躲避的時間不夠。在這種場合下，懦怯的俯身不會給我們以好處的。

可是，自然，在戰爭中不應當輕視危險而表現一種不必要的勇敢。砲彈的營營聲和噓哨聲，特別是遲緩的追擊砲彈的聲音是有用的信號，對這種信號是應當加以注意的。

按聲音而決定砲彈的臨近和眼看砲彈的情形在過去世紀的戰爭中是可能的，那時砲彈的速度還很小。

這裏是老托爾斯泰描寫在西伐斯托波爾保衛時期敵人砲彈臨近俄國陣地的情形（他是這次防衛的參加者）：

「……帕拉斯庫與看見了從他背後鮮明地閃爍着的電光，他聽見了哨兵的呼喊：「馬爾克拉！」和另外一個在後面行走的士兵的話「正巧是飛向營隊的！」。米海伊洛夫環顧了一下。看來，炸彈發光的點子是留在空中——在那個人家不能決定它的方向的位置上。可是這只繼續了一霎時間：炸彈愈行愈快，愈行愈近了，筒子的火星已經望得到了，並且已聽見了定命的哨聲，接着它就不偏不倚地落在營隊的中央，

「臥倒！」有一個受驚嚇的聲音喊道。」

在一九一四年到一九一八年的世界大戰中，很多的兵士都熟悉地研究了砲彈的聲音，並且能按照它們的音調而辨別砲彈威脅他們還是不威脅他們。這種學問使他們省下多餘的忙碌並幫助他們躲避敵砲隊的圍擊。

我們勇敢的戰士明白：在噓哨的子彈面前作坐下的企圖並不能救出性命，而能救出生命的却是利用切可一能的躲避，但是最主要的方法還是向敵人作勇敢的襲擊，敵人是像史大林同志所說的「對綿羊時則是勇士，而對勇士時則自己是綿羊了」。

詩人蘇爾柯夫的歌「子彈懼怕勇士，槍刺不上勇士的身……」準確地