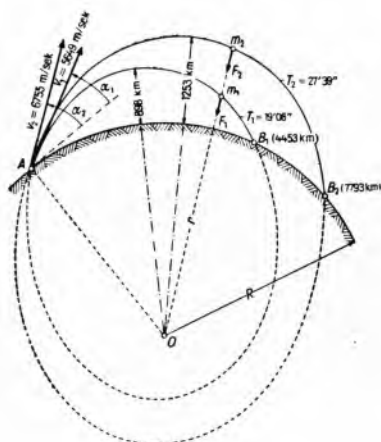


Služi za čišćenje plinova od ugljičnog monoksida, također kao sredstvo za zaštitu drveta. *Bakarni (II) acetat*, $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, tamnozeleno monoklinske prizme topljive u vodi, manje u etanolu, dobiva se iz bakarnog (II) oksida ili baznog karbonata i ledene octene kiseline, ili otapanjem bakrenih strugotina u octenoj kiselini u prisutnosti uzduha, bezvodna sol iz bakarnog (II) nitrata i anhidrida octene kiseline. Upotrebljava se u medicini kao adstringens i protiv malokrvnosti, u galvanotehnici za pobakrivanje, u proizvodnji anhidrida octene kiseline iz acetaldehida kao katalizator, u bojadisarstvu tekstila, za proizvodnju švajnfurtskog zelenila (v. *Arsen*). Mješavina različitih *baznih bakarnih (II) acetata*, kao modrozeleni kristali dobiveni vlaženjem bakra octenom kiselinom na uzduhu, upotrebljavala se nekad kao slikarska boja i u zaštiti bilja. *Bakarni (II) stearat*, $\text{Cu}(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2$, modri amorfni prah netopljiv u vodi, topljiv u eteru, benzenu i terpentinskom ulju, nastaje iz bakarnog sulfata i natrijeva stearata, služi za impregnaciju drveta i tekstila protiv plijesni i za bronžiranje sadrenih figura. *Bakarni naftenati* dolaze u trgovinu kao modra otopina sa 8% Cu, poglavito za konzerviranje drva (uštrcavanjem pod koru živog drveta). *Bakarni rezinati*, dobiveni zagrijavanjem modre galice sa smolnim uljima kao zeleni prah topljiv u etanolu i uljima, netopljiv u vodi, upotrebljava se kao dodatak bojama, naročito bojama za brodove. *Bakarni 3-fenilsalicilat*, smeđi kristalni spoj u vodi netopljiv, do 5% topljiv u ksilenu, toluenu i trikloretilenu, neotrovan za ljude i više životinje, služi za impregnaciju drveta i drvenih izradevina.

LIT.: Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie, 8. Aufl., System-Nr. 60: Kupfer, Weinheim/Bergstr. 1955. V. i *Bakar*. F. Ši.

BALISTIČKI PROJEKTILI (balističke rakete), u širem smislu, rakete velikih dimenzija namijenjene za postizavanje velikih visina i velikih dometa. Gibaju se po zakonima raketne balistike (v. *Balistika*): njihova balistička krivulja, tj. putanja njihova težišta za vrijeme slobodnog leta (bez pogona), približno je dio luka elipse kojoj se jedno žarište nalazi u središtu Zemlje (sl. 1).



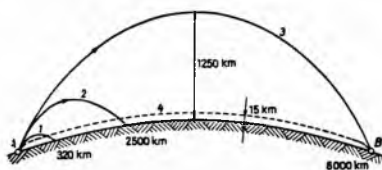
Sl. 1. Balističke karakteristike putanja interkontinentalnih balističkih projektila

nih. podzemnih ili plovnih objekata, a u najnovije vrijeme i iz uronjenih podmornica.

Prvi b. p. razvijeni su za vrijeme Drugoga svjetskog rata i upotrebljeni za ratne svrhe. Glavni predstavnik tog novog oružja bila je njemačka raketna bomba A-4, poznata pod oznakom V-2, koja je u »bojnoj glavi« nosila 1000 kg klasičnog eksploziva (amatola) i postizavala najveći domet od 320 km. U poslijeratnom periodu takve rakete, koje su Saveznicima pale u ruke kao ratni plijen, najprije su upotrebljavane za istraživanja visokih slojeva atmosfere, pri čemu su umjesto eksploziva u vrhu rakete bili ugrađeni naučni instrumenti za automatsko mjerenje i registriranje podataka o strukturi i fizičkim svojstvima ionosfere. Uskoro zatim izgrađene su u SSSR i u USA specijalne rakete za te svrhe (v. *Rakete*, geofizičke). Kasnije su u tim zemljama razvijene balističke rakete s dometom od nekoliko stotina kilometara, opremljene manjim nuklearnim glavama, a namijenjene za tzv. taktičke svrhe. U daljnjoj fazi izgrađene su mnogo snažnije rakete, namijenjene za strateške svrhe, tj. za lansiranje »korisnog tereta« u vidu megatonske bombe na bazi termonuklearnih eksploziva (hidrogenske bombe), na udaljenosti do ~ 2500 km. U novije vrijeme SSSR i USA imaju u svom naoružanju i tzv. interkontinentalne balističke rakete s dometom od preko 8000 km (sovjetske rakete nepoznatog tipa i američke rakete »Atlas« i »Titan«, koje nose »korisne terete« mnogo veće razorne snage.

Na sl. 2 prikazane su putanje glavnih vrsta vojnih balističkih projektila. Krivulja 1 prikazuje oblik putanje i domet njemačke

dalekometne rakete A-4. Početna brzina v_0 iznosila je 1700 m/s. Slične balističke karakteristike imaju suvremeni tipovi jednostepenih balističkih raketa s dometom do ~800 km (npr. američke rakete »Redstone« i »Pershing«). Krivulja 2 predstavlja putanju balističkog projektila srednjeg dometa (npr. američke rakete »Thor« i »Polaris«), a krivulja 3 prikazuje putanju interkontinentalne balističke rakete s dometom od 8000 km. Iscrkana linija je putanja

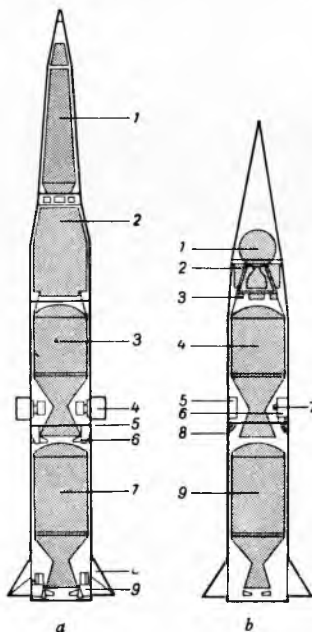


Sl. 2. Putanje glavnih vrsta balističkih projektila

tzv. interkontinentalnih aerodinamičkih projektila; to su u stvari laki mlazni bombarderi bez pilota, s tankim i jako zabačenim krilima, koji leteći na visini od prosječno ~15 km nadzvučnom brzinom nose svoj »korisni teret« do cilja B (npr. američki »Snark«). Zapravo su to znatno usavršene »leteće bombe« tipa V-1, kao što su gotovo svi suvremeni jednostepeni balistički projektili znatno usavršene dalekometne raketne bombe A-4. Dok trajanje leta interkontinentalnog balističkog projektila iz A u B iznosi oko 30 minuta, let aerodinamičkog projektila po putanji 4 traje oko 150 minuta.

Iskustva stečena u izgradnji vojnih balističkih raketa primijenjena su za vrijeme Međunarodne geofizičke godine 1957/58 za lansiranje prvih umjetnih Zemljinih satelita. Tako su izgrađene prve satelitske rakete, u kojima su uglavnom primijenjeni pogonski sistemi vojnih balističkih projektila i koje kao »korisni teret« u glavi posljednjeg stepena rakete nose »satelite« različitog oblika, u stvari minijaturene automatske naučne laboratorije (v. *Sateliti*, umjetni).

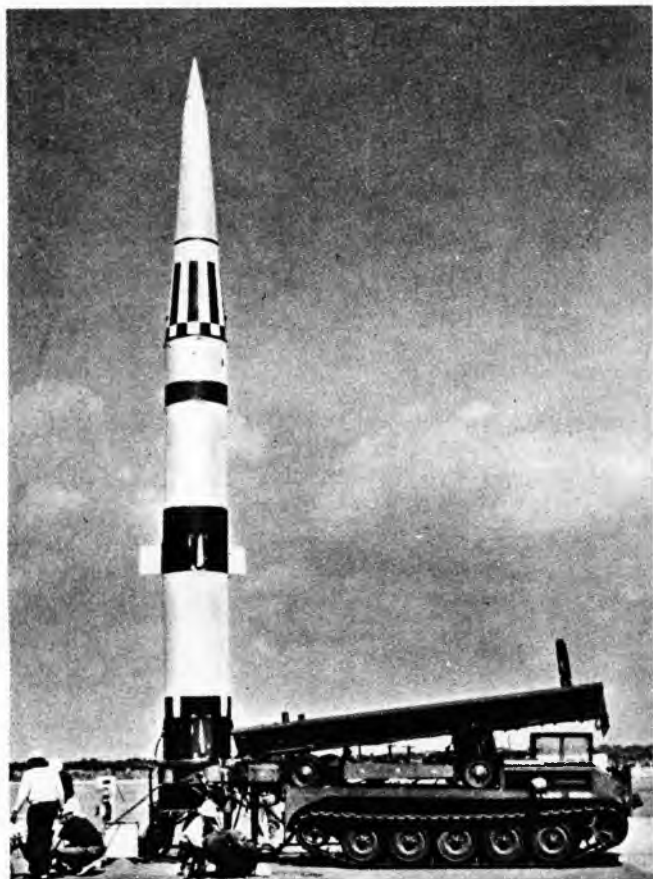
Sl. 3 shematski prikazuje dvije varijante američke rakete »Pershing«. Lijevo je vojna balistička raketa (dvostepena), a desno satelitska raketa. Vojna balistička raketa »Pershing« (sl. 4) spada u najnovije tipove modernih raketnih projektila za taktičke svrhe.



Sl. 3. Američka balistička raketa »Pershing«. a »Pershing« kao dvostepena balistička raketa; 1 nuklearna bojna glava, 2 uređaj za vođenje i upravljanje, 3 raketni motor drugog stepena, 4 aerodinamička kormila, 5 razdvojni žlijeb između prvog i drugog stepena, 6 mlazna kormila, 7 raketni motor prvog stepena, 8 aerodinamička kormila, 9 mlazna kormila; b »Pershing« kao satelitska raketa; 1 raketni motor trećeg stepena, 2 korisni teret (satelit), 3 uređaji za vođenje i upravljanje, 4 raketni motor drugog stepena, 5 instrumenti, 6 rezervoar za tekući dušik, 7 rezervoar za peroksid, 8 mlaznica za korigiranje pravca, 9 raketni motor prvog stepena

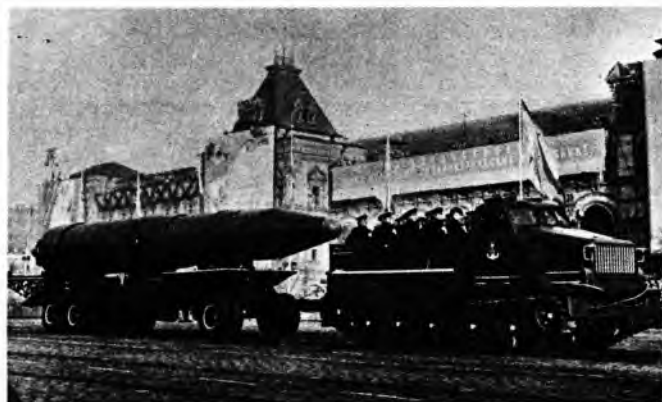
raketni stepen, koji može »korisni teret« (satelit) mase ~ 27,5 kg izbaciti u kružnu putanju na visini od ~335 km ili na eliptičnu putanju s apogejom od ~1100 km. Takva raketa može se upotrijebiti i kao geofizička raketa, u kom slučaju treći stepen rakete nije potreban. Slični projektili postoje i u SSSR, ali o njima nema pouzdanih podataka, osim fotografija snimljenih na vojnoj paradi 1957, kada su prvi put nastupali razni tipovi sovjetskih raketnih projektila za male i srednje domete (sl. 5 i 6).

Pri gibanju balističkih projektila razlikuju se tri faze: pogonska faza, slobodan let i faza ponovnog ulaska u Zemljinu atmosferu. Gibanje balističkog projektila za vrijeme pogonske faze ekviva-



Sl. 4 Američka balistička raketa «Pershing» u položaju za lansiranje. Desno podvozak za transport

lento je gibanju klasičnog projektila u cijevi vatrenog oružja (v. *Balistika*), s razlikom što reaktivna sila (potisak) raketnog motora djeluje za vrijeme leta projektila na početnom dijelu putanje. U slučaju višestepene rakete djelovanje potiska nije kontinuirano, jer zbog postepenog odvajanja pojedinih stepena rakete nastaju kraći vremenski intervali u kojima se preostali dijelovi gibaju bez pogona. Kao što oblik putanje i domet klasičnog projektila zavisi od početne brzine i nagiba cijevi, tako je i oblik eliptičkog dijela putanje balističkih projektila jednoznačno određen položajem i brzinom projektila na kraju perioda propulzije. To se postiže upravljanjem rakete za vrijeme pogonskog perioda i isključenjem pogonskog sistema u potrebnom trenutku, nakon čega počinje slobodni ili pasivni period leta. U tome se b. p. razlikuju od tzv. dirigiranih raketnih projektila (v. *Raketno oružje*), koji su uglavnom namijenjeni protiv uzdušnih ili pomorskih ciljeva na manjim udaljenostima i koji za sve vrijeme



Sl. 5. Sovjetska balistička raketa (sa čvrstim gorivom) za srednje domete (najveći promjer 165 cm, ima 7 mlaznica, domet 1600-3800 km, masa pri startu ~18 t)

leta dobivaju komandne signale sa Zemlje. Vođenje balističkih projektila za vrijeme pogonskog perioda može se ostvariti na razne načine, bilo na principu upravljanja sa Zemlje putem radia, pri čemu se emitiranje komandnih signala vrši iz niza pratećih radio-stanica, ili s pomoću automatskog inercijalnog navigatora. U tom se slučaju postavlja zahtjev da takvi instrumenti izdrže velika ubrzanja pri startu rakete.

Od trenutka kada prestane rad pogonskih sistema gibaju se b. p. uglavnom samo pod djelovanjem sile teže i sila inercije (*slobodan let*), a u posebnim slučajevima i pod djelovanjem reaktivne sile posljednjeg stepena rakete ili pomoćnih projektila u atmosferu pravca. Pri *ponovnom ulaženju* takvih projektila u atmosferu, važnu ulogu igraju opet aerodinamičke sile, jer je brzina projektila na silaznom kraku putanje približno jednako velika kao i u trenutku kada prestane djelovanje pogonskih sistema. U slučaju optimalnog polaznog kuta od $\sim 23^\circ$ (za udaljenosti od ~ 8000 km) brzina na kraju perioda propulzije iznosi ~ 6700 m/s ili $\sim 24\,400$ km/h, na visini od ~ 300 km. Tom brzinom počinje nosač «korisnog tereta» gibanje kroz visoke slojeve atmosfere po približno eliptičnoj putanji, postiže u najvišoj tački putanje najmanju brzinu i zatim se pod djelovanjem sile teže ponovo ubrzava na silaznom kraku putanje. Na visini od ~ 300 km postiže opet brzinu približno jednaku brzini u trenutku prestanka propulzije, poslije čega se ta brzina još povećava sve do spuštanja na visinu od ~ 80 km, kada počinje faza ponovnog ulaženja u gušće slojeve atmosfere. Za vrijeme te faze nastaje sve veće usporavanje i aerodinamičko zagrijavanje. Najveće usporenje (retardacija) nastaje kad se brzina projektila smanji na $\sim 60\%$ brzine pri ponovnom ulaženju u atmosferu. U slučaju projektila (nosača «korisnog tereta») mase ~ 500 kg i površine poprečnog presjeka $1,2$ m², najveće kočenje pojavljuje se na visini od ~ 30 km, pri čemu maksimalna retardacija iznosi ~ 50 g. Pri tom uslijed aerodinamičkog trenja nastaje jako zagrijavanje prednjeg dijela oplate projektila (na nekoliko tisuća stupnjeva), što može štetno utjecati na pravilno funkcioniranje automatskih uređaja za aktiviranje «korisnog tereta» u potrebnom trenutku. Dosadašnja zaštita od aerodinamičkog zagrijavanja sastojala se u oblaganju metalnim slojevima koji mogu apsorbirati znatne količine topline.

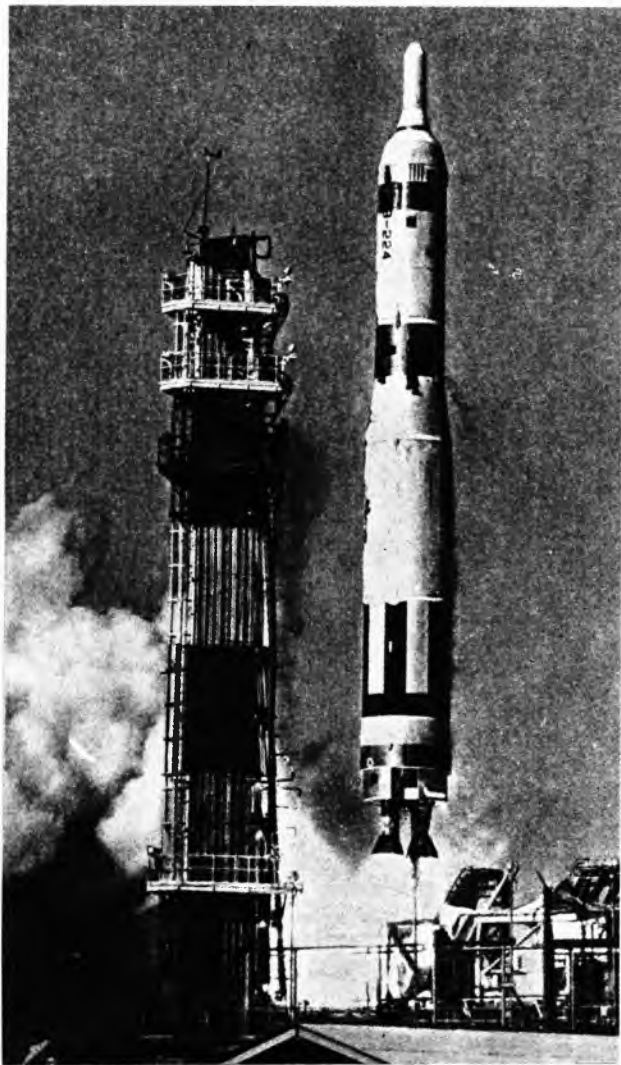


Sl. 6. Sovjetske balističke rakete tipa T-2 za taktičke svrhe (duljina 22 m, masa 25 t, potisak 35 Mp, domet 700 km)

U posljednje vrijeme postignuti su zadovoljavajući rezultati primjenom tzv. *ablacionih materijala*, koji se uslijed visoke temperature tope i vaporiziraju. Prvo rješenje, kojim se postiže znatno sniženje temperature, prikladno je u slučaju polaganog ulaženja u atmosferu, ali zahtijeva relativno velike mase zaštitnog materijala. Međutim, u slučaju interkontinentalnih balističkih projektila, koji moraju ne samo brzo nego i vrlo strmo prodrijeti u atmosferu (da bi izbjegli opasnosti od pronalazača ili eventualnog presretanja), kočenje mora uslijediti u mnogo kraćem vremenu nego npr. u slučaju satelitskih kapsula, koje pri spuštanju s putanje kruženja relativno polagano i po slabo zakrivljenoj putanji ulaze u atmosferu.

Tačnost pogađanja interkontinentalnog balističkog projektila zavisi ne samo od njegova upravljaćeg sistema i programiranog ponovnog ulaženja u atmosferu nego i od pouzdanog i pravilnog funkcioniranja njegovih sastavnih dijelova. Kad se ima u vidu da takvi projektili imaju po nekoliko desetaka tisuća sastavnih dijelova, lako je zaključiti da postoji znatna vjerojatnost nepredvi-

denih kvarova i poremećaja pojedinih dijelova, koji mogu dovesti u pitanje uspješno izvršenje postavljenog zadatka. U specifikacijama za američke interkontinentalne balističke projekte predviđa se da nosač »korisnog tereta« mora pasti na unapred određeno područje promjera ~ 8 km, što odgovara tačnosti pogadanja od ~ 4 km na udaljenosti od ~ 8000 km. Takva tačnost postavlja veoma teške zahtjeve na sisteme vođenja i upravljanja. S obzirom na golemo razorno djelovanje »korisnog tereta« u vidu A-bombe ili H-bombe, bila bi dovoljna manja preciznost a da područje cilja ipak bude osjetljivo zahvaćeno. Pretpostavi li se da američke interkontinentalne rakete »Atlas« i »Titan« (sl. 7 i 8) nose u »bojnoj glavi« 3...5-megatonsku hidrogensku bombu, tj. nuklearni eksploziv koji po razornom djelovanju odgovara 3...5 Mt klasičnog eksploziva trinitrotoluola (TNT), može se zaključiti da bi radijus zone razaranja (tj. područja u kome je udarni detonacioni val jači od $0,35$ kp/cm², tako da potpuno razara zidane zgrade a armiranobetonske bunkere oštećuje) u slučaju detonacije iznad Zemljine površine iznosio 9...12 km, a u slučaju detonacije na Zemljinoj površini, 4...5 km. Toplinski efekt nuklearne eksplozije, koji se manifestira u obliku vala užarenog uzduha, izazvao bi, u tom slučaju, prilikom detonacije iznad Zemlje a pri vedrom vremenu, na području u okolini do ~ 18 ...22 km od centra eksplozije na svim živim bićima opekotine trećeg reda (10 ...12 cal/cm²).



Sl. 7. Start američke interkontinentalne balističke rakete »Titan« (masa pri startu ~ 100 t, domet $\sim 10\ 000$ km)

U slučaju detonacije megatonske hidrogenske bombe na Zemljinoj površini mehanički efekt bi se manifestirao u stvaranju kratera dubine ~ 42 m (u običnoj zemlji) i promjera ~ 480 m; promjer nasipa od naokolo izbačenog materijala bio bi ~ 960 m. Nuklearno punjenje od 5 megatona načinilo bi krater dubine ~ 65 m i

promjera ~ 650 m, a promjer nasipa izbačene zemlje bio bi 1300 m. Osim toga, pojavljuju se radioaktivni efekti u vidu alfa-, beta- i gama-zraka, kao i neutronske radijacije.

O sovjetskim interkontinentalnim balističkim projektilima nema pouzdanih podataka, osim onih što se povremeno daju prilikom značajnih postignuća na području raketne tehnike u SSSR. Tako je npr. u augustu 1957 objavljeno da su u SSSR uspješno izvršena ispitivanja interkontinentalnih balističkih raketa. Nešto kasnije (4. X 1957) lansiran je »Sputnik I« na putanju kruženja, dvije godine kasnije (4. X 1959) uspješno je izvršeno lansiranje »Lunika III« (meduplanetarne automatske stanice koja je zaobišla Mjesec i snimila njegovu drugu stranu). Ta vrhunska dostignuća, kao i ona koja su ostvarena u najnovije vrijeme lansiranjem na putanju kruženja i vraćanjem na Zemlju prvih svemirskih brodova »Vostok I« i »Vostok II« s posadom, govore uvjerljivo o visokom nivou raketne tehnike u SSSR, a posebno na području balističkih raketa najvećeg dometa. U pogledu razorne moći takvih projektila izjavili su mjerodavni faktori da SSSR raspolaže projektilima »koji mogu 100-megatonske bombe lansirati na bilo koju tačku Zemljine površine«.

LIT.: N. A. Parson, jr., Guided missiles in war and peace, Cambridge, Mass. 1956. — Guided missiles, New York 1958. — R. E. Kutterer, Ballistics, Braunschweig 1959. — F. J. Ordway i R. C. Wakeford, International missile and spacecraft guide, New York 1960. D. Ba.

BALISTIKA (grč. βάλω ballo *bacam*), grana primijenjene mehanike i tehničke fizike koja proučava zakone gibanja projektila. Projektil je materijalno tijelo bačeno u prostor u bilo kojem pravcu. B. primijenjena na projekte vatrenih oružja zove se *klasična balistika*, a dijeli se na *vanjsku* i *unutarnju* balistiku, prema tome da li razmatra gibanje projektila unutar cijevi ili izvan nje. Eksperimentalnim proučavanjem balističkih pojava vanjske i unutarnje balistike bavi se *eksperimentalna balistika*. Gibanje zrakoplovnih bombi proučava posebna grana vanjske balistike, *aerobalistika*. Zakone gibanja raketnih projektila proučava *raketna balistika* (raketodinamika); ona se dijeli na *terestričku balistiku* (razmatra gibanje rakete unutar Zemljinog gravitacionog polja) i *kozmičku* (izvanterestričku) balistiku (koja proučava uvjete pod kojima se raketni projektil može gibati u prostoru izvan Zemljinog gravitacionog polja).

KLASIČNA BALISTIKA

Opći je zadatak klasične balistike da istraži uvjete koji moraju biti zadovoljeni da bi projektil dobio određenu, po mogućnosti maksimalnu kinetičku energiju i da naprezanja vatrene oružja ostanu u dozvoljenim granicama. Potrebna kinetička energija dobiva se gotovo uvijek pretvaranjem kemijske energije akumulirane u pogonskom gorivu (barutu). Postoje, međutim, i druge mogućnosti, npr. lansiranje podvodnih torpeda komprimiranim uzduhom. Stara oružja (luk, katapult, balista, pračka) iskorištavaju za izbacivanje projektila sile elastičnosti.

Počeci balistike kao nauke u uskoj se vezi s imenima N. Tartaglia (XVI st.), G. Galilei (XVI—XVII st.) i I. Newton (XVII—XVIII st.). U XVIII st. je L. Euler dao rješenje osnovnog problema vanjske balistike (zakon puta što ga opisuje težiste projektila pod djelovanjem sile teže i otpora uzduha). Zakone unutarnje balistike prvi su počeli proučavati B. Robins, D. Bernoulli i dr. Pronalazačenjem novih balističkih uređaja u XIX st. znatno je ubrzan razvitak balistike. Razrađeno je i postulirano nekoliko važnih zakona balistike, kao npr. zakon izgaranja baruta (P. Vieille), izračunate su krivulje pritisaka barutnih plinova i tablice za iznalaženje putanja analitičkim putem (Z. V. Majevski i N. A. Zabudski, itd. Poslije Drugog svjetskog rata naglo se širi područje zadataka i problema koji zasijecaju u balistiku, a napose u vezi s primjenom raketnih balističkih i kosmičkih projektila.



Sl. 8. Američka interkontinentalna balistička raketa »Atlas« pri startu