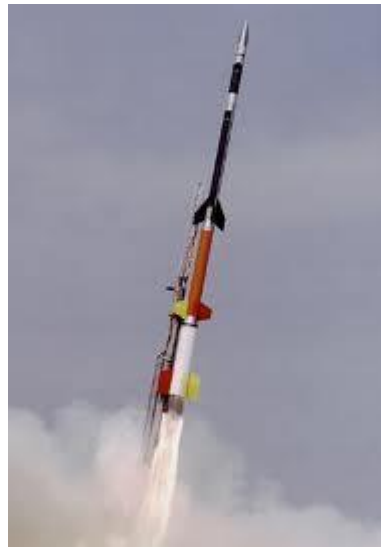
الفصل الرابع

الصواريخ و علم القذافة

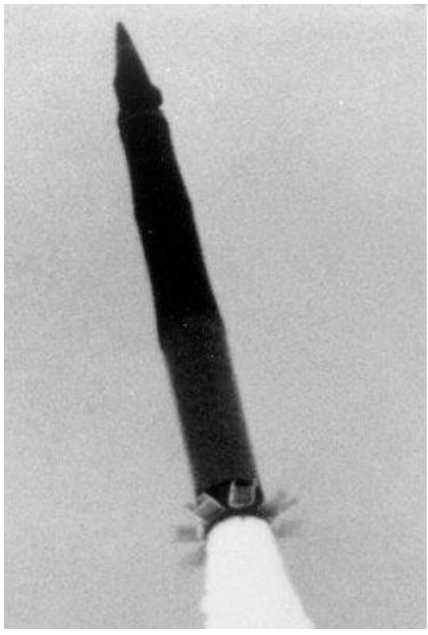
1- الصواريخ :

الصاروخ **rocket** أو المركبة الصاروخية **rocke vehicle** هو عبارة عن مقذوف **missile** أو مركبة فضائية أو مركبة جوية أو مركبة أخرى تستمد دفعها من محرك صاروخي **rocket engine** .



أى انه عبارة عن جسم طائر يعمل على مبدأ الاندفاع عن طريق رد الفعل لانفجارات تتم في غرفة الاحتراق وهو مبدأ غير مرتبط بمحيط الصاروخ أي أن الصاروخ أو الدفع الصاروخي يعمل أيضا في الفضاء الخالي

من الهواء مثلا (مثلا حين لا يحتاج احتراق الوقود للهواء). وهو يتميز عـــن القذيفة في أن مرحلة التسارع لدى الصاروخ أطول. تعريف آخر للصاروخ وهو وسيلة لتحويل الطاقة الكيميائية لوقود ما الى طاقة حركية دون الحاجة الى أكسجين من الوسط الخارجى .



تُصنع الصواريخ من عدة أحجام، وتستعمل بعضها لقذف الألعاب النارية إلى أعلى، ويبلغ طولها حوالي 60سم ويختلف حجم الصاروخ من صواريخ الألعاب النارية مرورا بالصواريخ العسكرية إلى الصواريخ العملاقة كصاروخ زحل 5 أي **Saturn V** الذي استعمل في استكشاف القمر خلال مشروع أبولو. . وتحمل الصواريخ التي طولها من 15 إلى 30 م القذائف الضـــخمة

لضرب أهداف بعيدة، و لابد من وجود الصواريخ الكبيرة والقوية لحمل الأقمار الصناعية إلى مدار حول الأرض.

ويبلغ ارتفاع الصاروخ **Saturn V** الذي حمل رواد الفضاء إلى القمر أكثر من 110م.

تستعمل الصواريخ للاكتشافات والبحث في المجال الجوي والفضاء و كأسلحة و كألعاب ناريه و لإطلاق المركبات و السفن الفضائية و حمل الاقمار الصناعية. وتحمل الصواريخ أجهزة علمية دقيقة في السماء لجمع المعلومات عن الهواء المحيط بالأرض. ومنذ عام 1957م، أطلقت الصواريخ مئات الأقمار الصناعية في مداراتها حول الأرض. تحمل الصواريخ أجهزة إلى الفضاء لاستكشاف القمر والكواكب وحتى الفضاء الذي بين الكواكب. و توفر الصواريخ الطاقة اللازمة لرحلات الإنسان إلى الفضاء التي بدأت عام 1961م. حمل الصاروخ أول مكوك فضاء إلى مدار حول الأرض. وفي المستقبل يمكن أن تحمل الصواريخ الإنسان إلى المريخ والكواكب الأخرى.

نبذة تاريخية

البدايات :

فى القرن العاشر تمكن الكيميائين الطاويين **Taoist** فى الصين من اكتشاف البارود و من ثم ابتكر الصينيون ألعاباً نارية تعتمد على الدفع الصاروخي باستخدام مواد قابلة للاشتعال، مثل البارود، ضمن غلاف من ورق مقوى.و كانوا يستخدمونها فى تبادل الاشارات عبر الاراضى الشاسعة . و يصف المؤرخون أسهم حربية طائرة استعملتها الجيوش الصينية ضد المنغوليين عام 1232م و يعتقد على أنها كانت صواريخ .

و نجد أيضا أن تقنية الصواريخ قد استخدمها المغول فى القرن الثالث عشر فى غزوهم لأجزاء من روسيا و ووسط وشرق أوروبا و كانوا قد اكتسبوا هذه المعرفة نتيجة حروبهم مع الصينين .

فى أوائل القرن الثالث عشر الميلادي، استخدمها العرب في ضد الصليبيين ونجد أول وصف تفصيلي للصواريخ بواسطة العالم العربي حسن الرماح، وفي الحروب الصليبية انتقلت الصواريخ إلى أوروبا.

انتشر استعمال الصواريخ في القرن الرابع عشر الميلادي في آسيا وأوروبا. وهذه الصواريخ الأولى كانت تحرق مادة تسمى المسحوق الأسود، الـــذي يتكون من فحم نباتي، ونترات البوتاسيوم وكبريت .لكن لعدة مئات مـــن السنين كان استعمال الصواريخ في عروض الألعاب النارية يفوق في الأهمية استخدامها في المجال العسكري . وفي أواخر القرن الثامن عشـــر اســـتخدم الهنود صواريخ في ظروف من حديد زنة الواحد منها 3ـــ6كـــغ لاحتـــواء الحشوة البارودية، وبلغ مداها 1.5ـــ2.5كم في حربهم ضد المســـتعمرين الإنكليز في حصار سيرنغ أباد .

أوائل الصواريخ و الدقة :

خلال بداية القرن التاسع عشر الميلادي، طور وليم كونجريف **Congreve** وهو ضابط في الجيش البريطاني الصواريخ التي تحمل متفجرات.ففى 1804 فى دار لوتسن للصناعة طور كونجريف الصواريخ الى حجم أكبر و انشاء ثواعد لإطلاقها تركب على سفن . وكان وزن بعض هذه الصواريخ يصل إلى 27 كجم ويحلق إلى ارتفاع 2,5كم .استعملت القوات البريطانية صاروخ كونجريف ضد جيش الولايات المتحدة خلال حرب عام1812 م. كذلك طورت كل من روسيا والنمسا وبعض الدول الأخرى الصواريخ الحربية خلال أوائل القرن التاسع عشر الميلادي.

طوّر وليم هيل المخترع الإنجليزي دقة الصواريخ الحربية، وقد وضع ثلاث زعانف بدلاً من الذيل الخشبي الطويل الذي كان يستعمل لتوجيه الصاروخ و أصبح الصاروخ أكثر دقة فى اصابة الهدف و قادرعلى السفر لمسافات أطول و أكثر استقرارا .استعملت قوات الولايات المتحدة صواريخ هيل في الحرب المكسيكية (1846-1848م) وخلال الحرب الأهلية الأمريكية (1861-1865م)، استعملها كلا الجانبين.و فى عام 1855 أقترح فريزر الصاروخ متعدد المراحل .و أجرى العقيد بوكستر عام 1870 أول تجربة ناجحة لاطلاق صاروخ ذو مرحلتين .

النظريات :

وضع مدرس ثانوي روسي اسمه، كونستانتين تسيولكوفسكي **Konstantin Tsiolkovsky** أول نظرية صحيحة لطاقة الصاروخ. وقد وصف نظريته التى سميت على اسمه في مقالة علمية نشرت عام 1903م كان ايضا أو من دعا الى استخدام الهيدروجين السائل و الأكسجين كوقود دافع الذى استخدم فى الصارةخ ساتيرن 5 . وأصبح روبرت جودارد **Robert Goddard** العالم الأمريكي مبتدع الصواريخ الحديثة .ففي عام 1926م، تمكن جودارد من إطلاق أول صاروخ ذي وقود دافع سائل. ارتفع الصاروخ إلى مسافة 56 م في الهواء بسرعة حوالي 97كم/ساعة.

قبل و أثناء الحرب العالمية الأولى :

ولدت الصواريخ الحديثة عندما تمكن جودارد من دمج فوهة عادم فوق صوتيه بحجرة احتراق صاروخ ذات وقود سائل ما أدى الى مضاعفة الدفع وزيادة كفاءة المحرك .و فى خلال الثلاثينيات من القرن العشرين تقدمت أبحاث الصواريخ في ألمانيا والاتحاد السوفييتي (سابقًا) والولايات المتحدة. فقد قاد هيرمان أوبرث **Hermann Oberth** مجموعة صغيرة من المهندسين الألمان والعلماء الذين قاموا بتجارب على الصواريخ، وقاد علماء الصواريخ

الروس تساندر، وآي.أيه ميركولوف. بينما ظل العالم جودارد كما هو رئيس الباحثين في الولايات المتحدة.

الحرب العالمية الثانيه :

خلال الحرب العالمية الثانية، طوّر علماء الصواريخ الألمان تحت قيادة فِرْنر فون براون **Freiherr von Braun** القذيفة الموجهة القوية في-2 .(V-2) قذفت ألمانيا لندن وأنتورب ببلجيكا بمئات من قذائف في-2 (V-2) خلال الأشهر الأخيرة من الحرب. واستولت القوات الأمريكية على عدة قذائف في-2 (V-2) وأرسلتها إلى الولايات المتحدة ليجري العلماء أبحاثهم عليها. وذهب فون براون بعد الحرب ومعه أكثر من 200 عالم ألماني إلى الولايات المتحدة ليكملوا ما بدأوه في الصواريخ، بينما ذهب بعض العلماء الألمان الآخرين إلى الاتحاد السوفييتي (سابقًا).

الصاروخ **V2**

ما بعد الحرب العالمية الثانية :

تسابقت كل من الولايات المتحدة و روسيا و انجلترا من العلماء الالمـــان الذين ذهبوا الى هذه الدول فى تطوير قدراتهم الصاروخية لكـــن الولايـــات المتحدة كانت الأكثر استفادة . حيث استفادت الولايات المتحـــدة مـــن

قذائف في-2 (V-2) التي استولت عليها من ألمانيا طوال عدة سنوات بعد الحرب العالمية الثانية، وقامت بمواصلة التجارب عليها، وكانت هذه هي أولى أبحاث الصواريخ التي تستعمل للارتفاعات العالية.

بعد الحرب تم استخدام الصواريخ فى الابحاث العلمية و رصد الاحـــوال الجوية فى الارتفاعات العالية و فى القياس عن البعد و رصد الاشعة الكونيـــه و فى البحوث المستقبليه .

صممت أول صواريخ عالية الارتفاع وتم بناؤها في الولايات المتحدة وهي واك الجماعية وإيروبي، والفايكنج .وقد وصل الصاروخ واك الذي يبلغ طوله ستة أمتار إلى ارتفاع حوالي 72كم خلال تجارب الطيران عـــام 1945م. بينما ارتفعت الأنواع الأولى من إيروبي إلى ما يقرب من 120كم. وفي عام 1949م أطلقت البحرية الأمريكية صاروخ فـــايكنج وهـــو صـــاروخ ذو متفجرات سائلة بُني أساسًا على نظام في-2 .(V-2) ويبلغ طول الفايكنج أكثر من 14م، أي أطول بكثير من إيروبي. لكن الأنواع الأولى من الفايكنج ارتفعت فقط إلى حوالي 80كم.

طورت القوات الأمريكية خلال الخمسينيات بعض الصواريخ .وقد شملت كلاً من جوبيتر وبيرشينج. ويبلغ مدى الصاروخ جوبيتر ما يقـــرب مـــن

2,570كم وبيرشينج 725كم تقريبًا. أطلقت القوات الأمريكية بنجاح لأول مرة تحت الماء القذيفة بولاريس عام 1960م. استعمل علماء الفضاء بعد ذلك عدة صواريخ حربية تم تطويرها خلال الخمسينيات كأساس لإطلاق المركبات.

جوبيتر

و فى سياق موازى طور السوفيت قدراتهم الصاروخية تحت ثيادة العالم سيرجى كورولیف بمساعدة الفنيين الالمان وقدمزا للعالم سلسلة الصواريخ من R1 الى R5 التى بواستطتها اطلق سبوتنك و صعد يورى جاجارين الى الفضاء .

في 14 أكتوبر 1947م، قام الكابتن تشارلز إلوود بيجر من القوات الجوية الأمريكية بأول رحلة فوق صوتية) أسرع من الصوت). فقد حلق

بطائرة صاروخية تسمى إكس ــ 1 .جعل الطائرة تحلق على ارتفــاع 24 كم في عام 1951م وسرعة2,132 كم/ساعة في عام 1953م. كما أن طائرة صاروخية أخرى هي "إكس ــ 15" ارتفعت إلى أكثر من 108كم في عــام 1963م. ثم ســجلت في عــام 1967م ســرعة بلغــت 7,274كم/ساعة؛ أي أكثر من 6 أضعاف سرعة الصوت .

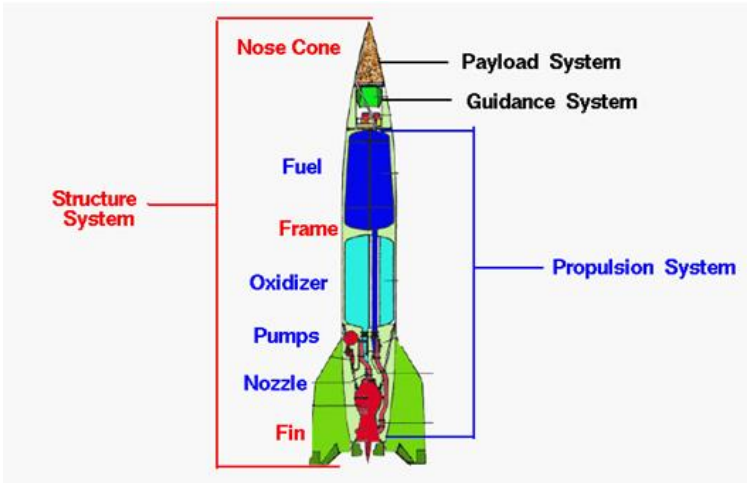
X1

حينئذ حان الوقت لدخول عصر الفضاء. حيــث بــدأ في 4 أكتــوبر 1957م عندما أطلق الاتحاد السوفييتي (سابقًا) أول قمر صناعي ســبوتنيك 1، بوساطة صاروخ ذي ثلاث مراحل .وفي 31 يناير 1958م، أطلقــت الولايات المتحدة أول قمر صناعي أمريكي أطلق عليه اسم إكســبلورر-1، إلى المدار بصاروخ جونو-1. وفي 12 أبريل 1961م تم وضع رجل فضاء في مركبة يحملها صاروخ روسي، وهو الرائد يوري جاجارين في مدار حول

الأرض لأول مرة .وفي 5 مايو 1961م حمل الصاروخ الأمريكي المُسمَّى رِدْسْتُون القائد ألن شبرد في أول رحلة في الفضاء. وفي 12 أبريل 1981م أطلقت الولايات المتحدة الصاروخ كولومبيا، أول مكوك فضائي يدور حول الأرض. من أجل معلومات أكثر حول الصواريخ في الفضاء.

و الان يعتبر الصاروخ سلاح فعال فى كل الجيوش ايتداء من صـــواريخ المدفعية الى الصواريخ جو جو و أرض جو والصواريخ المنطلقة من الطائرات بجانب الصواريخ الاستراتيجية العايرة للقارات و حتى الان ما زال الصاروخ هو الوسيلة الوحيدة لوصول الى الفضاء .

بنية الصاروخ :



يتكون الصاروخ من أنبوب أسطواني الشكل مؤلف من أجزاء أساسية هي :

1- نظام الدفع (خزان الوقود . غرفة الاحتراق . التوربين الغازي).

2- نظام التحكم و التوجيه.

3- الهيكل، وآليات فصل المراحل (في الصواريخ متعددة المراحل)

4- الحمل المفيد (رأس حربي، قمر صناعي، أجهزة استشعار، أجهزة قياس وغيرها) يعتمد ذلك على الهدف من الصاروخ .

5- نظام التغذية الكهربائية.

6- أدوات أستقرار مثل الجنيحات أو الزعانف .

وتكون قمة الصاروخ مغلقة ومدببة نسبياً بينما نهايته تحتوي على فوهة أو فوهات لخروج الغازات الناتجة عن الاحتراق ويتولد عن عملية الاحتراق كميات هائلة من الطاقة الحرارية تسبب قوة دفع هائلة . وتساعد قمة الصاروخ وشكله الانسيابي في تقليل الاحتكاك الناتج عن مقاومة الهواء ووصول الصاروخ إلى مسافات بعيدة

أنواع المحركات الصاروخية :

1.المحركات الكيميائية :

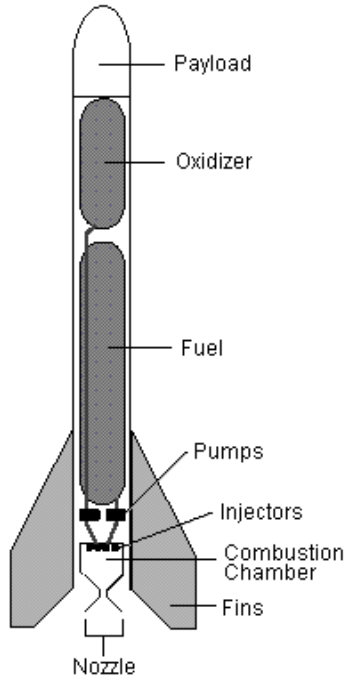
تنقسم الى وقود سائل وقود صلب :

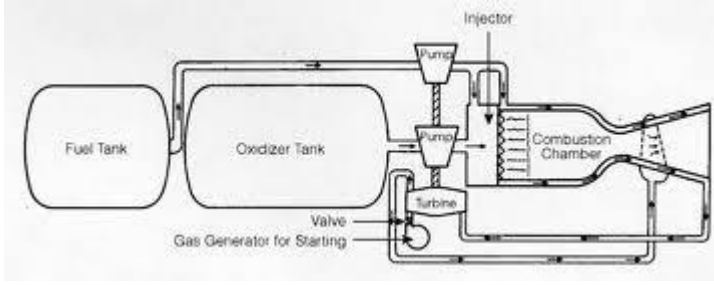
المحركات الدافعة التي تعمل بالوقود السائل:

يستعمل العلماء صواريخ الوقود السائل لأغلب السفن التي تطلق إلى الفضاء؛ فعلى سبيل المثال، وفرت صواريخ الوقود السائل الطاقة للمراحل الثلاث في إطلاق مركبة ساتورن – ف. يحمل الوقود والمؤكسد كلا في خزان منفصل ، حيث من خزان وقود (كيروسين،هدراسين، هدروجين سائل) ومن خزان للمؤكسد (أوكسجين سائل أو حمض الآزوت المدخن). يتم ضخ كل من الوقود والمؤكسد من الخزانين إلى غرفة الاحتراق باستمرار خلال عمل المحرك يدور الوقود خلال غلاف تبريد المحرك قبل دخوله غرفة الاحتراق. هذه الدورة ترفع درجة حرارة الوقود للاحتراق وتساعد على تبريد الصاروخ . تتضمن طرق تغذية الوقود والمؤكْسد إلى غرفة الاحتراق استعمال إما مضخات أو غاز ذي ضغط عال.. بعض أنواع الوقود السائل التي تسمى ذاتية الاشتعال تشتعل عندما يتلامس الوقود والمؤكسد. لكن معظم أنواع الوقود السائل تحتاج إلى جهاز إشعال. يمكن أن يشتعل الوقود

السائل عن طريق شرارة كهربائية، أو حرق كمية صغيرة من مادة متفجرة صلبة داخل غرفة الاحتراق ونتيجة لاحتراق الوقود والمؤكسد تتشكل في غرفة الاحتراق غازات مرتفعة الضغط (20ـ30 ضغط جوي) والحرارة (في حدود 1200 °C). ويتم تمرير هذه الغازات عبر نافث متقارب متباعد يتولى تحويل طاقة الضغط والطاقة الحرارية إلى طاقة حركية، حيث تخرج غازات الاحتراق وقد انخفض ضغطها إلى ما يقرب من الضغط الجوي المحيط، ودرجة حرارتها إلى نحو 600 درجة مئوية، وفي مقابل ذلك ترتفع سرعة انطلاقها إلى أضعاف سرعة الصوت. ونتيجة لخروج هذه الكمية من الغازات بهذه السرعة تتولد قوة دفع تدفع الصاروخ بكامله إلى الأمام. قد تكون فوهات النفث في بعض المحركات قابلة للتحريك حول المحور الطولي للصاروخ بهدف التحكم به، وغالباً ما يلجأ إلى تمرير الوقود عبر أقنية تحيط بالنافث من الخارج لتبريده من جهة ولتسخين الوقود قبل دخوله إلى غرفة الاحتراق من جهة أخرى لرفع مردود المحرك. تُبنى أغلب خزانات الوقود السائل من الفولاذ أو الألومنيوم الرقيق عالي الصلابة. وأغلب غرف الاحتراق في هذه الصواريخ مصنوعة من الفولاذ أو النيكل . يُنْتج الوقود السائل عادة قوة دفع أكبر من التي تنتج من احتراق نفس الكمية من الوقود

الصلب في نفس الفترة الزمنية. كذلك فهو أسهل في بدء وإيقاف الاحتراق من الوقود الصلب .

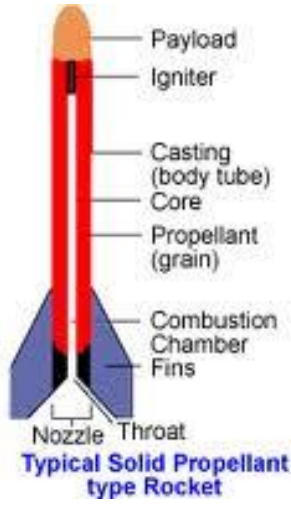




محرك الوقود السائل

المحركات الدافعة التي تعمل بالوقود الصلب:

صواريخ الوقود الدافع الصلب. تحرق مادة بلاستيكية أو مطاطية تسمى الحبيبات أو الحشوة الدافعة **grain**. وتتكون الحبوب من الوقود والمؤكسد في الحالة الصلبة. على خلاف بعض أنواع الوقود السائل، فإن الوقود والمؤكسد للمادة الصلبة لا يشتعلان إذا تلامسا مع بعضهما . تتم في هذه المحركات التي تعمل على الوقود الدافع الصلب **propellant** استخدام حشوة دافعة صلبة داخل أسطوانة المحرك، وتكون إما ملتصقة بالجدار الداخلي لجسم المحرك بمادة لاصقة مناسبة **bonded grain** أو على شكل حشوة حرة داخل المحرك **free grain** .



محرك الوقود الصلب

ويجب إشعال الوقود بإحدى طريقتين: يمكن إشعاله بحرق شحنة صغيرة من المسحوق الأسود وهو خليط من نترات البوتاسيوم، والفحم النباتي والكبريت. كذلك يمكن إشعال الوقود الصلب بالتفاعل الكيميائي لمركب كلور سائل يرش على الحبوب .

للوقود الدافع الصلب أنواع متعددة أقدمها الوقود المتجانس (الكوادريت) الذي يعتمد على النيتروغليسرين المهدأ، وهناك أنواع من الوقود المركب، مثل بولي فينل **PVC** أو بولي يوريتان PU الممزوج بمادة مؤكسدة هي بركلورات الأمونيوم، ويتم حديثاً استخدام البولي بوتادين **HTPB** ممزوجاً.

ويتميز كل نوع من أنواع الوقود بما يسمى دفعه النوعي **specific impulse** الذي يمثل جداء القوة الدافعة التي يولدها المحرك مضروباً بزمن عمل المحرك مقسوماً على وزن الوقود الدافع. لا يتجاوز الدفع النوعي للوقود الدافع المتجانس 170ثانية في حين يصل الدفع النوعي للوقود للدافع بولي بوتادين إلى 2605ثانية، ولصاروخ يستخدم الأوكسجين والهيدروجين إلى 400 ثانية مما يظهر كفاءة هذا النوع من الوقود. يستعمل المهندسون في أغلب هذه الصواريخ الفولاذ القوي جدًا أو التيتانيوم لبناء حوائط الغرفة حتى تقاوم الضغط الذي ينشأ عن درجات الحرارة العليا. كذلك يستعملون الألياف الزجاجية أو مواد بلاستيكية خاصة. يحترق الوقود الصلب أسرع من

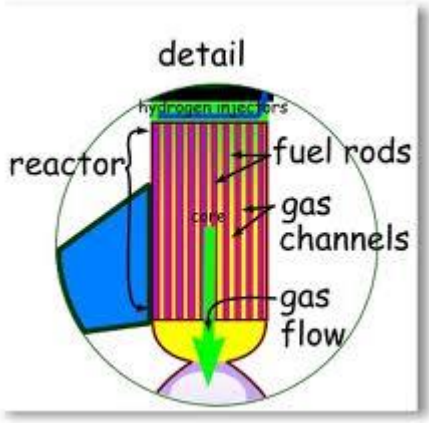
الوقود السائل، لكنه ينتج قوة دفع أقل من التي تنتج من احتراق نفس الكمية من وقود سائل في نفس الوقت. يظل الوقود الصلب فعالاً لفترات طويلة من التخزين ولا يمثل خطورة تذكر حتى عند الإشعال. ولا يحتاج الوقود الصلب إلى أجهزة للضخ والمزج اللازمة للوقود السائل، لكنه من ناحية أخرى، صعب إيقافه وإعادة إشعاله.

تُستعمل صواريخ الوقود الصلب أساسًا في استخدامات الجيوش . وتوفر صواريخ الوقود الصلب الطاقة للصواريخ العابرة للقارات، بما في ذلك صاروخ مينوتيمان-2، وإم إكس، وكذلك للقذائف الصغيرة مثل هوك، وتالوس، وتِريرْ. وتُسْتَعْمَل صواريخ الوقود الصلب أداة إضافية لحمل الصواريخ مثل: صواريخ جاتو، وتستعمل كذلك بمثابة صواريخ صوتية. كما تستعمل صواريخ الوقود الصلب في عروض الألعاب النارية.

2.المحركات النووية الدافعة:

تُسخِّن الوقود بوساطة مفاعل نووي، وهو آلة تنتج الطاقة عن طريق انشطار الذرات.تجرى حالياً أبحاث لاستخدام الطاقة النووية في تطوير محركات دافعة تستخدم في رحلات الفضاء البعيدة . حيث يتم تسخين الهدروجين لدى مروره في مفاعل نووي إلى درجات حرارة عالية تصل إلى

2500 درجة، ومن ثم ينفلت في نافث متقارب – متباعد خارجاً بسرعة كبيرة جداً مولداً الدفع المطلوب. وهذه الصواريخ تنتج طاقة تعادل ضعفي أو ثلاثة أضعاف ما تنتجه صواريخ الوقود الدّفعي الصلب أو السائل . وهناك توجهات لاستخدام ساحة كهرمغنطيسية تساعد على تسريع شوارد الهدروجين الخارجة من المفاعل وإعطائها سرعة كبيرة تزيد من طاقة الدفع الناتج.

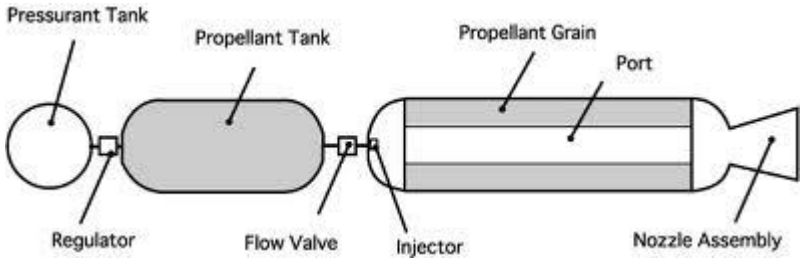


محرك نووى

3.محركات الوقود الهجين hybrid:

هو محاولة لدمج نقاط قوة كلا من صوريخ الوقود السائل والصلب حيث يتميز هذا النوع من المحركات بأنه يجمع بين مميزات كل من محركات الوقود

الصلب والسائل، حيث يتم استخدام حبيبات الوقود الصلب عالي الطاقـــة، وتوجد فتحة داخلية يتم فيها ترذيذ المؤكسد السائل حيث يحدث الاحتراق. ويتوقف احتراق الحبيبات عند إيقاف ضخ المؤكسد السائل وترذيذه، كمـــا يتم التحكم بالدفع عن طريق التحكم بمعدل تدفق المؤكسد . و يقدم ذلـــك أفضل اقتصاد للوقود .



محرك وقود هجين

4.محركات الدفع الكهربائي:

تستعمل الطاقة الكهربائية لإنتاج قوة الدفع. انواعها كالتالى

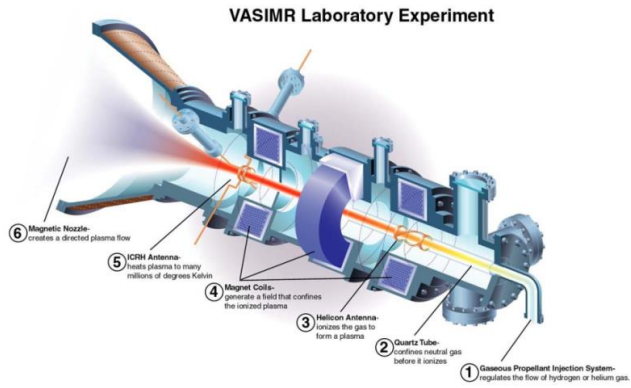
1- صواريخ القوس الكهربائي النفاث

2- صواريخ البلازما النفاثة

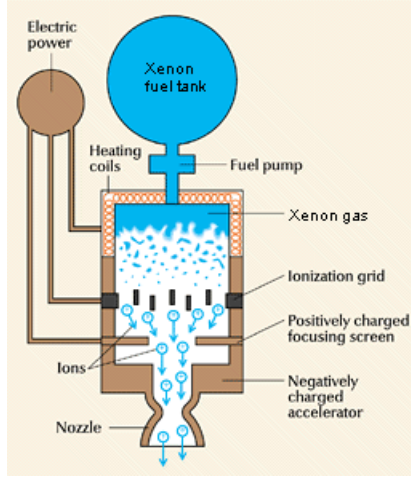
3- الصواريخ الأيونية .

في هذه المحركات يتم تأيين الغاز نتيجة تسخينه إلى درجات حرارة عالية ثم تحرير الإيونات عبر شبكة يطبق عليها فرق كمون مرتفع، مما يؤدي إلى تسارعها إلى سرعات كبيرة جداً مولدة الدفع الضروري. ولدى استخدام وقود دافع من ذرات أحادية العنصر، مثل السيزيوم أو الزئبق يكون المحرك محركاً دافعاً أيونياً. أما إذا كانت الكتل المتسارعة جزيئات صغيرة جداً (مجموعات من الجزيئات) فيكون الحديث عن محركات الدفع الكهركيميائي. ويمكن أن تعمل الصواريخ الكهربائية لفترة أكثر بكثير من أي نوع آخر، لكنها تنتج قوة دفع أقل. لا يقدر الصاروخ الكهربائي على رفع سفينة فضاء خارج المجال الجوي للأرض، لكنه يستطيع أن يدفع مركبة خلال الفضاء. ويعمل العلماء على تطوير الصواريخ الكهربائية لرحلات فضاء طويلة في المستقبل. صواريخ القوس الكهربائي النفاثة تُسخِّن وقودًا غازيًا بشرارة كهربائية تسمى القوس الكهربائي. وهذه الشرارة يمكن أن تسخِّن الغاز إلى ثلاثة أو أربعة أضعاف درجة الحرارة المنتجة بصواريخ الوقود السائل أو الصلب. صواريخ البلازما النفاثة نوع من صواريخ القوس الكهربائي النفاثة. يُوَلّد سريان الغاز المتفجر بوساطة قوس كهربائي يحتوي على جسيمات كهربائية مشحونة. ويُسمى خليط الغاز وهذه الجسيمات بلازما. وتستعمل صواريخ البلازما النفاثة تيارًا كهربائيًا ومجالاً كهربائيًا لزيادة سرعة سريان

البلازما من الصاروخ. الصواريخ الأيونية تنتج قوة دفع بوساطة سريان جسيمات مشحونة كهربائية تسمى الأيونات. يُسمى جزء من الصاروخ الشبكة الأيونية التي تنتج الأيونات كأنها غاز خاص يسير فوق سطح الشبكة. تزداد سرعة سريان الأيونات من الصاروخ بوساطة مجال كهربائيٍّ.



محرك بلازما كهربائى



محرك صاروخ أيونى

وهناك أنوع أخرى من المحركات الصاروخية تحت الدارسه.

كيف يعمل الصاروخ؟

تعتبر معظم المحركات الصاروخية آلات احتراق، حيث يحتـــرق الوقـــود بواسطة المادة المؤكسدة في غرفة احتراق عند درجة حرارة مرتفعة، ثم خروج الغاز الناتج ذو طاقة حركة عالية من فتحة في مؤخرة الصاروخ تسمي منفث . وتتحول منتجات عملية الإشعال التي تخرج في صورة طاقة حرارية عاليـــة ذات ضغط عال، وتندفع مغادرة غرفة الاحتراق متحولة إلى طاقـــة حركـــة تحرك الصاروخ وتسرعه (تعجله) وينشأ الدفع طبقا لظاهرة رد الفعـــل (ردة الفعل). وهذا طبقا لقانون نيوتن الثالث الذي يقول لكل فعل رذ فعل مساو له في المقدار ومضاد له في الاتجاه. يشرح قانون نيوتن كيف يؤدي تـــدفق الهواء من بالون صغير إلى دفع البالون للطيران. ويعمل أقوى الصواريخ بنفس الطريقة. في أي نظام ما يساوي مضروب التسارع في الكتلة أي (مضروب تغير السرعة في الكتلة) قوة الدفع الناتجة .

يحرق الصاروخ وقودًا خاصًا في غرفة احتراق فينتج غاز يتمدد بســـرعة. ويضغط هذا الغاز داخل الصاروخ بالتساوي في كل الاتجاهات. وضغط هذا الغاز على أحد جوانب الصاروخ يساوي ضغط الغاز على الجانب المقابـــل. ويخرج الغاز من مؤخرة الصاروخ من خلال فوهة. ولا يعادل هـــذا الغـــاز

المعدم ضغط الغاز على مقدمة الصاروخ. وهذا الضغط غير المتساوي هو الذي يدفع الصاروخ للأمام. وسريان الغاز خلال فوهة الصاروخ هو الفعل الذي وُصِفَ في قانون نيوتن. ويكون رد الفعل هو الدفع المستمر قوة الدفع للصاروخ بعيدًا عن خروج الغاز المعدم.

ويعمل التصميم الخاص للمنفث والذي يسمى بالإنجليزية **Nozzle** على رفع سرعة خروج الغاز الساخن – فيرفع الدفع – وفي نفس الوقت يعمل على زيادة الضغط في غرفة الاحتراق، فتزيد بذلك كفاءة عملية الاحتراق. ويغلب استعمال نوع من المنفث يسمى منفث لافال **Laval Nozzle**.

وتتميز المحركات الصاروخية بمعامل الدفع الذاتي الذي يصف كفاءة المحرك بالنسبة بين الدفع وكمية الوقود المستخدم. ومعامل الدفع الذاتي له وحدة متر / ثانية، ويبلغ لمحرك صاروخي يعمل بالوقود السائل نحو 4400 متر /ثانية، بينما يبلغ هذا المعامل نحو 2400 متر في الثانية للمحر ك الصاروخي الذي يعمل بالوقود الصلب.

القوانين التي بنيت عليها نظرية الصاروخ :

إن قانون الديناميكا، الذي بنيت على أساسه نظرية الصواريخ، هو قانون المحافظة على طاقة الحركة الطولية، وحركة أي جسم تحسب طبقًا للمعادلة :

طاقـــــة الحركـــــة الطوليـــــة = الكتلـــــة × الســـــرعة

وإذا كان الجسم مكونًا من عدة أجزاء فإن :

الطاقة الكلية = حاصل جمع الكتلة × السرعة لكل جزء

فإذا لم تكن هناك أي عوامل خارجية، تؤثر على الجسم، فإننـــا، طبقًـــا لقانون المحافظة على الحركة الطولية، والقانون الثالث من قـــوانين الحركـــة لنيوتن، نجد أن مجموع الحركة الطولية ثابت لا يتغير، ومن ثم، إذا تحرك جزء من الجسم، في اتجاه معين، تحرك باقي الجسم في اتجاه مضاد، حسب القانون التالي :

وزن الجزء × سرعته = وزن باقي الجسم × سرعته

ويتحرك الصاروخ إلى الأمام؛ نتيجة اندفاع الغازات الناتجة من احتـــراق وقود المادة القاذفة، سواء كانت صلبة أو سائلة، تحت ضغط مناسب، بسرعة عالية إلى الخلف من فتحة أو فتحات في قاعدة الصاروخ؛ وفي أثناء تحـــرك الصاروخ، تستمر الغازات في الخروج، محدثة زيادة في الســـرعة. ويمكـــن حساب هذه الزيادة أو العجلة بالمعادلة :

$$\text{والعجلة أو زيادة السرعة في الثانية} = \frac{\text{وزن مادة الوقود المحترق في الثانية}}{\text{وزن الصاروخ}} \times \text{سرعة الصاروخ}$$

وزن الصاروخ × زيادة سرعة الغاز في زمن معين = وزن الوقود المحترق في هذا الزمن المعين × سرعة الغاز بالنسبة إلى الصاروخ.

وعند حساب أقصى سرعة للصاروخ، يجب ملاحظة عمل حساب التصحيحات اللازمة لتناقص وزن الصاروخ المستمر؛ نتيجة احتراق الوقود، والمعادلة الصحيحة لحساب أقصى سرعة للصاروخ، مع احتساب تصحيحات استمرار تناقص وزنه، هي :

$$\frac{\text{أقسى سرعة للصاروخ}}{\text{سرعة الغازات بالنسبة للصاروخ}} = \frac{\text{وزن الصاروخ الأصلي}}{\text{سرعة الصاروخ بعد تمام احتراق الصاروخ}}$$

وهذه السرعة يجب تصحيحها عمليًا؛ للتعويض عن تأثير مقاومة الهواء والجاذبية الأرضية؛ وباستبعاد هذين العاملين، يتضح أن أقصى سرعة لسير الصاروخ تتوقف على عاملين اثنين فقط :

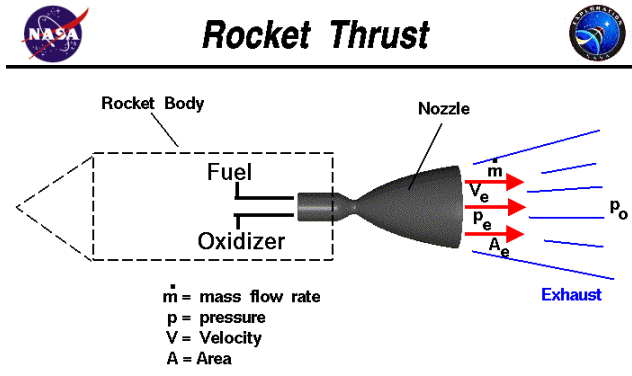
أ. نسبة وزن الوقود في الصاروخ إلى وزن هيكل/ جسم الصاروخ .

ب. سرعة الغازات .

ولا تتأثر مطلقًا بسرعة أو بطء احتراق الوقود. ولأن وزن الصاروخ يتناقص باستمرار، نظراً لاحتراق الوقود، فمن الواجب أن تزداد العجلة

بانتظام، وتصل أقصاها عندما يتم احتراق المادة القاذفة، ويعد هذا هو الحال الفعلي في الصاروخ الألمانيV2 ، الذي يعد أول صاروخ في العصر الحديث، استخدمته ألمانيا ضد بريطانيا في أثناء الحرب العالمية الثانية، وفي معظم الصواريخ، التي تستخدم الوقود الصلب، يختلف الوضع؛ لأن من الصعب جداً، أن نضمن استمرار احتراق الوقود بانتظام أو بمعدل ثابت، وعادة، يصل الصاروخ إلى أقصى عجلة بعد الاحتراق بقليل. وكلما زادت سرعة الغازات زادت سرعة الصاروخ، وسرعة الغاز تتوقف على الضغط الذي ينشأ نتيجة احتراق الوقود، وشكل وحجم فتحات خروج الغازات، ونوع الوقود، ويعد نوع الوقود المستخدم من أهم العوامل المؤثرة على سرعة الغازات، فكلما زادت الطاقة المتحررة من الوقود زادت سرعة الغازات .

دفع الصاروخ :



$$\text{Thrust} = F = \dot{m} V_e + (p_e - p_0) A_e$$

الرسم يوضح تخطيطي لمحرك صاروخ. **0combustion rocket engine** **chamber** في محرك الصاروخ ، يتم اشعال الوقود المخـــرن و المؤكســـد في غرفة الاحتراق . **pressuretemperature** ينتج عن الاحتراق كميات كبيرة من غاز العادم في درجة حرارة و ضغط مـــرتفعين. **third Thrustnozzle law** يتم تمرير العادم الساخن من خلال فوهة التي تقوم بتسريع التدفق. ينتج العادم وفقا لقانون نيوتن الثالث للحركة.

كمية الدفع التي ينتجها الصاروخ تعتمد على معدل التدفق الكتلى **mass flow rate** من خلال المحرك ، وسرعة خروج العادم ، والضغط عند فوهـــة خروج. كل هذه المتغيرات تعتمد على تصميم الفوهة. وتســـمى أصـــغر منطقة مستعرضة من الفوهة الحلق **mass flow rateMach number .throat** يتم خنق تدفق العادم الساخن في الحلق ، وهو ما يعني أن العـــدد المـــاخى يساوي 1.0 في الحلق و معدل التدفق الكتلى **m** فوقها نقطة يتم تحديده من منطقة الحلق. **exit velocity** نسبة المساحة من الحلق إلى المخرج Ae يحدد سرعة الخروج Ve وضغط الخروج **interactive thrust simulator .pe**

إن ضغط الخروج يساوي فقط ضغط التدفق الحر في بعض التصميمات . لذلك **thrust equation** لا بد لنا ان نستخدم نسخة أطول من معادلة الدفع لوصف دفع نظام. إذا كان ضغط التيار الحر معطى من P0 ، فإن معادلة الدفع F تصبح :

F = m dot * Ve + (pe - p0) * Ae

المعادلة الموضحة أعلاه صالحة لكل من محركات الصاروخ السائلة و الصلبة .

نسبة الدفع إلى الوزن :

تعتبر نسبة الدفع إلى الوزن للصاروخ مقياس لعجلة الصاروخ (تسارعه) معبرا عنها بعجلة الجاذبية الأرضية g. ونسبة الدفع إلى الوزن **F/Wg** هي قيمة مطلقة تعطي عجلة الصاروخ بالنسبة إلى 0g، في حالة أقلاع الصاروخ في الفراغ من دون تأثير للجاذبية.

ولكن الصاروخ يقلع عادة من الأرض ويقع بذلك تحت تأثير الجاذبية الأرضية من جهة كما هو معرض للضغط الجوي من جهة أخرى. ولهذا فإن تعيين نسبة دفع الصاروخ إلى وزنه يستلزم أخذ الوزن الكلي للصاروخ على

سطح الأرض في الحسبان. وهذا الوزن الكلي Wg يتكون من وزن الوقود ووزن الصاروخ تفسه. وتسمى هذه النسبة نسبة الدفع إلى الوزن على الأرض (**Thrust-to-Earth-weight ratio**).

ونسبة الدفع إلى الوزن على الأرض للصاروخ تعطي عجلة الصاروخ كنسبة مقارنة لعجلة الجاذبية الأرضية 0g.

لهذا نجد ان نسبة الدفع إلى الوزن لمحرك الصاروخ تكون أكبر بالنسبة إلى وزن المحرك نفسه عن النسبة إلى وزن الصاروخ كله كله. وفائدة تعيين نسبة الدفع إلى وزن المحرك انها تعطينا الحد الأقصى للعجلة (التسريع) التي يمكن أن يكتسبها صاروخ معين نظريا على أساس كمية وقود محدودة الوزن وتصميم للهيكل مناسب.

ولكي ينجح الإقلاع من على سطح الأرض لا بد أن تكون نسبة الدفع إلى الوزن أكبر من 1 (أي أكبر من g.). ويسهل الإقلاع كلما كانت تلك النسبة أكبر من g.

وهناك مسائل عديدة تؤثر على نسبة الدفع إلى الوزن وهي تتغير أثناء الإقلاع بحسب سرعة الصاروخ والارتفاع عن الأرض وكذلك تغير وزن الصاروخ بسبب استهلاك الوقود المستمر. وكذلك تؤثر العوامل الجوية على

الإقلاع مثل درجة الحرارة، والضغط وكثافة الهواء. وبحسب نـــوع المحـــرك ووزن الصاروخ يعتمد اقلاعة أيضا على الجاذبية الأرضية في مكان الإقلاع وكذلك الموقع بالنسبة إلى خط العرض الجغرافي.

الوقود الدافع للصاروخ :

هناك ثلاثة أنواع رئيسية من الدواسر : **الصلبة والسائلة والهجين.**

الوقود الصلب: يتألف من المؤكسد والوقود. في حالة من البارود ، والوقود والفحم ، ومؤكسد هو نترات البوتاسيوم ، والكبريت بمثابة المحفز. خلال الخمسينات و الستينات من القرن العشرين طور الباحثون في الولايات المتحدة ما يعتبر الآن الوقود الصلب القياسى عال الطاقة وهو الأمونيوم البركلورات المركب **Ammonium Perchlorate Composite (APCP).** هذا الخليط هو في المقام الأول هو مسحوق بيركلورات الأمونيوم (مؤكسد) ، مع مسحوق الألمنيوم (وقود) ، معا في قاعدة **PBAN** أو **HTPB** (وقود شبيه بالمطاطى).

الوقود السائل الاكثر شيوعا الان

- **LOX** (اكسجين سائل) والكيروسين (**RP** -1). المستخدمة فى معظم مراحل التعزيز الروسية والصينية المنخفضة، والمراحل الأولى من زحل 5 و أطلس 5 وجميع مراحل فالكون 1 و فالكون 9 . و يستخدم هذا المزيج على نطاق واسع وعملي فى أكثر لمعززات .

- **LOX** والهيدروجين السائل ، وتستخدم في مكوكات الفضاء المدارية ، والمرحلة العليا من أطلس 5 ، زحل الخامس فى المراحل العليا ، صاروخ دلتا الرابع و **IIA - H** الصواريخ ، ومعظم مراحل الصاروخ الأوروبي أريان .

- رباعي أكسيد النيتروجين (**N** 2 **O** 4) و الهيدرازين (**N** 2 **H** 4) ، **MMH** ، أو **UDMH** . المستخدمة في الجيش ، وصواريخ الفضاء المدارية ، و هو الوقود الرئيسي لصاروخ بروتون . هذا المزيج يكون تلقائى الاشتعال . العيب الرئيسي هو شدة السمية ، وبالتالي يتطلب معالجة متأنية.

- دواسر احادية **Monopropellants** مثل بيروكسيد الهيدروجين ، الهيدرازين ، و أكسيد النيتروز وتستخدم أساسا للحفاظ الموضع فى سفن الفضاء . المزايا القدرة التخزينية لمدى طويله ، سهولة الاستخدام ، لكن الدفع أقل بالمقارنة مع الوقود العضوى **bipropellants**. ايضا

يستخدم بيروكسيد الهيدروجين لدفع لتشغيب المضـــخات التربينيـــة **turbopumps** فى المرحلة الأولى من مركبة اطلاق سويوز.

الوقود الهجين هو خليط من الاثنين .

هلام الوقود gel

تم إنجاز بعض التقدم فى جعل الوقود السائل هلامى لمنـــع التســـرب ، و للحصول على ضغط تبخر كبير .

وقود خامل inert :

بعض تصاميم الصواريخ يمكنها الحصول على الطاقة من مصـــادر غـــير كيميائية أو حتى خارجية. على سبيل المثال صواريخ المياه تستخدام الغـــاز المضغوط ، عادة الهواء ، لضخ المياه خارج الصواريخ.

الصواريخ الحرارية الشمسية و الحرارية النووية تســـتخدام الهيـــدروجين السائل لحوالي 600-900 في ثانية ، أو الماء فى بعض الحالات الذى يخرج كعادم فى شكل بخار لحوالي 190 ثانية.

بالإضافة إلى ذلك قد تستخدم الغازات الخاملة مثل النيتروجين فى محرك المحافظة على الموضع النفاثة **attitude jets**.

الصاروخ متعدد المراحل:

يتكون الصاروخ من عدة مقاطع تسمى مراحل، وكل مرحلة لها محـــرك صاروخي ووقود دافع. طوَّر المهندسون الصاروخ متعدد المراحل من أجـــل رحلات طويلة خلال الغلاف الجوي وإلى الفضـــاء. فهـــم يحتـــاجون إلى صواريخ تستطيع أن تصل إلى سرعات أكبر من سرعات الصـــواريخ ذات المرحلة الواحدة. ويمكن للصاروخ متعدد المراحل أن يصل إلى سرعات أعلى نتيجة نقصان وزنه بإسقاط مراحل تم استعمال وقودهـــا. وتبلـــغ ســـرعة الصاروخ ذي الثلاث مراحل تقريبًا ثلاثة أضعاف ســـرعة الصـــاروخ ذي المرحلة الواحدة.

تسمى المرحلة الأولى المعزِّز، وتقذف الصاروخ بعد حرق وقود المرحلة الأولى، وتُسقِط المركبة هذا المقطع وتستعمل المرحلة الثانية. ويظل الصاروخ يستعمل مرحلة بعد الأخرى. وأغلب صواريخ الفضـــاء ذات مـــرحلتين أو ثلاث مراحل.

في الصاروخ ذو المراحل المتعددة يكون لكل مرحلة على حدة كـــل مـــا يميزها من حيث:

أ. **الوزن الصافي :** (ويشمل وزن الأجهزة والمعدات).

ب.**أجهزة التوجيه :** (وتبدأ من المراحل التي تلي المرحلة الأولى).

ج. **طول الصاروخ :** (ويعتمد توازن و استقرار الصاروخ في مساره على النسبة بين طوله ، وقطره).

د. **عدد المحركات :** فالمرحلة الأولى لها عدد أكبر من المحركات لدفع الصاروخ خلال طبقات الهواء الأكثف، بينما للمرحلة الأخيرة محرك واحد.

إطلاق الصاروخ .تحتاج صواريخ الفضاء إلى قواعد إطلاق خاصة مجهزة. وأغلب فاعلية القذف تكون حول مركز قاعدة القذف التي ينطلق الصاروخ منها .ويحتوي مكان القذف على 1- مبنى الهيكل الذي يكمل منه المهندسون الخطوات النهائية في بناء الصاروخ 2- مبنى الخدمة الذي يتأكد فيه العمال من سلامة الصاروخ قبل إطلاقه 3 -مركز التّحكُّم، حيث يوجِّه العلماء إطلاق وطيران الصاروخ. وتقوم محطات الرصد التي تقع في أماكن مختلفة حول العالم بتسجيل مسار رحلة الصاروخ.

يجهز العلماء والمهندسون الصاروخ للإطلاق بطريقة الخطوة خطوة التي تسمَّى العدّ التنازلي، فيرسمون كل خطوة على فترة معينة خلال العد التنازلي، ويتم إطلاق الصاروخ عندما يصل العدّ التنازلي إلى الصفر. ويمكن أن تتسبّب الأجواء غير المرغوب فيها أو أي صعوبة أخرى في إيقاف الإطلاق الذي يوقف مؤقتًا العد التنازلي.

التحكم بالمسار :

هناك ثلاثة أنواع من المسارات:

المسار الشاقولي (العمودى): الذي ينطلق الصاروخ فيه شاقولياً (عموديا)،

والمسار المنحني الحر: حيث يطلق الصاروخ أو القذيفة الصاروخية بزاوية محددة نتيجة تشغيل المحرك الدافع، وبعد انتهاء مرحلة الدفع تكتسب القذيفة سرعتها العظمى، وتتابع مسارها بالعطالة متأثرةً بقوة الوزن والكبح راسمةً مساراً منحنياً له ارتفاع أعظمي (سهم المسار)، ثم يبدأ بالهبوط، وينتهي بالاصطدام بالهدف.

المسار المتحكم به: في هذا النوع من المسارات يكون للصاروخ أو القذيفة الصاروخية نظام تحكم يتولى توجيهه على مساره مقارنة إحداثيات الصاروخ الآنية بالمعطيات المزروعة في حاسوب نظام التحكم الذي يتحكم بجنيحات توجيه الصاروخ؛ لتولد قوى إيروديناميكية توجه الصاروخ إلى مساره المطلوب، أو عن طريق التحكم بالتبييت **homing** حيث يحدد للصاروخ الهدف المطلوب التوجه إليه عن طريق صورة تلفزيونية أو حرارية أو رادارية أو عن طريق إشعاع صادر عن الهدف بحزمة ليزرية منعكسة ومتابعتها من قبل الصاروخ.

أن الصاروخ يطلق في اتجاه محسوب، على كثرة العوامل التي تعمل فيه، ليصل إلى هدف بعيد . ويوضع فيه من الحافظات لاتزان السير كل مستطاع . ومن هذه الزعانف التي سبق ذكرها . ولكن يوضع فيه أيضا، في الجزء المسمى " عقل الصاروخ " أجهزة حساسة تحس بكل ما يخرج بالصاروخ عن مداره الحسوب، وتحس بمقداره، وهي تعطي أوامرها تلقائيا إلى أجهزة لضبط السير، وهذه تقوم بالتأثير في عوامل الحركة بالقدر الذي يصحح الاتجاه .

ويسمى هذا النظام بالتوجيه الذاتي **Inertial Guidance** . ويجري كله في القذيفة ذاتها .

ولكن قد تأتي أوامر التوجيه إلى أجهزة الصاروخ التي تصلح ما أصاب المسيرة من انحراف، قد تأتي من رجال في الأرض، هم القائمون على رقابة الصاروخ . وهم يرسلون أوامرهم إلى أجهزة الإصلاح بواسطة الأشعة اللاسلكية من الأرض .

ويسمى هذا النوع من التوجيه " الضبط من بعيد " **Long Distance Control** .

ومن هذا يتضح أن التوجيه **Guidance** يتألف من قسمين، قسم ينظر في المسيرة، كم حاد الصاروخ عنها، وقسم يقوم بالتصحيح . وهناك أيضاً

صواريخ يمكن أن توجه سلكياً أو لاسلكياً بالنظر من قبل الرامي.وهناك بعض الصواريخ المطورة تستخدم المنظومة الكونية لتحديد الموقع **global positioning system (GPS)** لتحديد وضعها الآني ومقارنتها بالوضع المطلوب المخزن في ذاكرتها مولدة أوامر تصحيح للصاروخ لإعادته إلى مساره المطلوب.

توجيه الصواريخ ينقسم الى اربع اقسام:

1) **صواريخ نشطه** : (**ACTIVE**) وهي الصواريخ التي تحمل الرادار الخاص بها داخلها لذلك لا تحتاج الى توجيه بعد الاطلاق وانما تستخدم رادارها الخاص بها لذلك تسمى (**Shoot & Forget**) وفي هذا النوع من الصواريخ يعرف الهدف ان هناك صاروخ متجه اليه عن طريق جهاز.**RWR**

2) **صواريخ خامله : (PASSIVE)** وهي التي تستقبل الاشعه المنبعثة من الهدف كالحرارة وغيرها وهي بالعادة قصيرة المدى ، وفي هذا النوع من الصواريخ لايعرف الهدف ان هناك صاروخ متجه اليه لان الصاروخ لايرسل اي اشعه وهو في طريقه الى الهدف.

3) **صواريخ شبه نشطة : (SEMI-ACTIVE)** وهي التي لاتحمل الرادار وانا تحتاج لرادار الطائرة المطلقه له لكي يكمل الى الهدف أو

بشكل مبسط تحتاج الى توجيه بالرادار، وفي هذا النوع فهو شبيه بالنوع الاول.

4) **صواريخ ضوئية (اي تحتاج الى الضـــوء):(OPTICAL)** وهـــي الصواريخ التي يتم توجهها بالرؤية سواء الليلية او النهارية.

وهذه هي انواع التوجيه في الصواريخ مع العلم انه يوجد جيل جديد او قسم جديد ولكن لم يتم التأكد منه او التثبت منه حتى الآن وهو الصواريخ ثنائية الاستشعار **(DUAL SENSORS)** وهي ان تكون بدايـــة الاطـــلاق نشطه وحتى الاقتراب من مسافه معينه ثم يتم التحويل الى النظام الخامل.

كيف تستعمل الصواريخ

تستعمل الصواريخ أساسًا كأدوات نقل تنطلق بسرعات عاليـــة خـــلال الغلاف الجوي والفضاء: 1- للاستعمالات العسكرية 2- لأبحاث الغلاف الجوي 3- لإطلاق مجسات الاكتشاف والأقمار الصناعية 4- للسفر عـــبر الفضاء.

الاستعمال العسكري: يتفاوت استخدام الجيوش للصواريخ من صواريخ حروب الميدان الصغيرة إلى القذائف الموجهة العملاقة التي تطير عبر المحيط.

وأحد أهم الاستعمالات الحربية للصواريخ هو إطلاق نوع من القـــذائف الموجهة بعيدة المدى، تسمى القذائف البالستية العـــابرة للقـــارات .وهـــذه

القذائف تستطيع الانطلاق لمدى أكبر من 8,000 كم لتفجير هدف للعدو بالمتفجرات النووية. وهناك مجموعة من الصواريخ القوية تحمل القذيفة عابرة القارات وتسيرها خلال الأجزاء الأولى من رحلتها، ثم تأخذ القذائف باقي طريقها إلى الهدف. وتصنف الصواريخ في هذا المجال كالآتي:صواريخ(أرض-أرض)مثل صواريخ سكود الروسية وأرض-جو مثل صواريخ سام الروسية وباتريوت الأمريكية صواريخ و(أرض-سطح) - وهذا النوع من الصواريخ ينطلق من محطات أرضية، هناك أيضاً صواريخ جو-جو مثل صواريخ ساید وایندر و(جو-سطح) و(جو-أرض) - وهذه الصواريخ تطلقها الطائرات، وهناك صواريخ(سطح-أرض) مثل صواريخ كروز ويمكن أن يطلقها الأسطول البحري، وأيضاً هناك صواريخ (سطح-جو)و(سطح-سطح)وهذه الصواريخ تطلقها السفن، وأيضاً تنطلق الصواريخ من الغواصات وإلى الغواصات، وغالبا تحمل تلك الصواريخ التي تنطلق من الغواصات روءساً نووية.

أبحاث الغلاف الجوي: يستعمل العلماء صواريخ لاكتشاف الغلاف الجوي المحيط بالأرض، وتحمل الصواريخ الصوتية التي تسمى أيضًا صواريخ الأرصاد الجوية أجهزة مثل: مقياس الضغط الجوي، وآلات التصوير والترمومترات إلى الغلاف الجوي. وتجمع هذه الأجهزة المعلومات عن الغلاف الجوي، وترسلها بالراديو لأجهزة الاستقبال الأرضية. تسمّى هذه

الطريقة في جمع المعلومات وإرسالها لمسافات بعيدة بالراديو قياس البعد انظر : قياس البعد.

توفر الصواريخ الطاقة اللازمة لطائرات الأبحاث العلمية. ويستعمل المهندسون هذه الطائرات في تطوير سفن الفضاء. ويتعلم المهندسون من خلال دراسة رحلات هذه الطائرات كالصاروخ الموجّه إكس -15، كيفية التحكم في المركبة للطيران أسرع من الصوت عدة مرات.

إطلاق المجسات والأقمار الصناعية: تُسمَّى الصواريخ التي تحمل أجهزة أبحاث في رحلات طويلة لاكتشاف المجموعة الشمسية المجسات .وتجمع المجسات القمرية هذه المعلومات عن القمر .ويمكنها الطيران إلى أبعد من القمر، والدوران حوله أو الهبوط على سطحه. وتأخذ المجسات بين الكوكبية رحلة ذات اتجاه واحد إلى الفضاء من خلال الكواكب. وتجمع المجسات الكوكبية المعلومات عن الكواكب. ويحلِّق المجس الكوكبي في مدار حول الشمس مع الكوكب المكتشف. وقد اكتشف أول مجس كوكبيّ كوكبيْ المريخ، والزهرة. كما اكتشفت المجسات أيضًا كلاً من المشتري، وزحل، ونبتون.

تحمل الصواريخ الأقمار الصناعية في مدارات حول الأرض. وتجمع بعض هذه الأقمار المعلومات للبحث العلمي. وينقل بعضها الآخر المحادثات الهاتفية

أو البث الإذاعي والتلفازي عبر المحيطات. انظر : قمر الاتصالات .وتستخدم الجيوش الأقمار الصناعية للاتصالات والحماية ضد الهجوم الصاروخي المفاجئ، كذلك يستخدمون الأقمار الصناعية لتصوير قواعد صواريخ الأعداء.

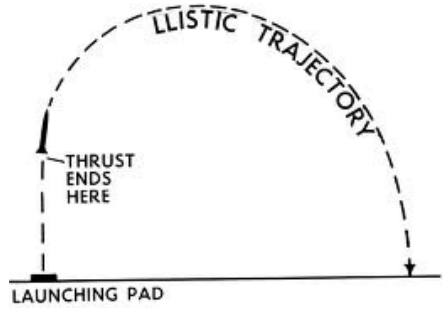
السفر عبر الفضاء: توفر الصواريخ الطاقة لمركبة الفضاء التي تدور حول الأرض وتطير إلى القمر والكواكب. وهذه الصواريخ، مثل تلك المستعملة في قذف المجسّات والأقمار الصناعية، تسمى الصواريخ الحاملة أو عربات الإطلاق.انظر فصل :الوصول للفضاء.

استعمالات أخرى: استعملت الصواريخ طوال عدة سنوات كإشارات استغاثة من السفن والطائرات وكذلك من الأرض. كذلك تطلق الصواريخ خطوط الإنقاذ للسفن في المحيطات. كما تقوم صواريخ صغيرة تسمى جاتو بمساعدة الطائرات ثقيلة الحمولة على الإقلاع. وقد استعملت الصواريخ لفترة طويلة في الألعاب النارية. .ويستعمل العلماء الصواريخ لرش السحب بالمواد الكيميائية للتحكم في الطقس.

2- علم القذائف, المقذافية Ballistics

هوعلم يدرس قوانين حركة القذائف ، علم الميكانيكا الذي يتعامل مع طيران، و سلوك، و تأثيرات المقذوفات، خصوصا الرصاص، و القنابل و الصواريخ، أو ما شابه ذلك؛ علم أو فنّ تصميم وتعجيل المقذوفات لكي تنجز أداء مرغوب .

وهو العلم الذى يبحث فى حركة المقذوفات سواء كانت هذة المقذوفات عسكرية "دانة مدفع قنابل طائرات صواريخ " او مقذوفات مدنية " كرة جولف كرة تنس " والى اخرة والصاروخ البالستى **ballistic missile** هو الصاروخ الذى لة مسار بحيث يخرج خارج الغلاف الجوى ثم يعود مرة اخرى وذلك لتحقيق اقصى مدى بأقل كمية وقود بداخلة دون النظر إلى المهمة المخصص لها "حمل أقمار صناعية دفاع ردع مهمة علمية .



المسار الباليستى

و من المهم الإلمام بالمفاهيم التاليه :

ballistic

باليستى, قذفى, قذائفى : متعلّق بأجسام متحركة بعزمها الـــذاتى وقـــوة الجاذبية .

ballistic body

جسم باليستى : جسم حرّ الحركة يتصرّف و يمكن أن يعدل في المظهر، أو الشكل، أو الملمس من قبل ظروف محيطة ، أو مواد، أو قوى، كمـــا في ضغط الغازات في بندقية، أو بالجاذبية، أو بدرجة الحرارة، أو بجزيئات الجو. أي صاروخ ذو وحدة دفع لا يعتبر جسم باليستي أثناء فتـــرة توجيهـــه أو دفعه.

ballistic camera

كاميرا باليستية : آلة تصوير أرضية تستخدم لتسجيل مسير صاروخ .

ballistic condition

حالة المقذوف، ظروف قذفية : الظروف التى تؤثر فى حركة القذيفـــة و تشمل هذه الظروف سرعة الانطلاق من فوهة القـــاذف ووزن القذيفـــة و شكلها و دوران الارض و كثافة الهواء و درجة حرارته و حركة الرياح .

ballistic density

كثافة باليستية : كثافة الهواء الذى يواجهه مقذوف أثناء طيرانه .

ballistic missile

قذيفة باليستية، صاروخ قذف : قذيفة مصمّمة للعمل أساسا بموجب القوانين الباليستية . الصاروخ الباليستي يوجّه أثناء جزء من طيرانه، عادة الجزء الصاعد، لا يحدث دفع أثناء الجزء الأخير من طيرانه .مساره منحنى الشكل .

ballistic recovery system

نظام عودة باليستية : مظلة مربوطة بهيكل الطائرة عندما تنشر من قبل الطيار، يمكن أن تنزّل كامل هيكل الطائرة على الأرض.

ballistic trajectory

مسار المقذوف : المسار التى لا تؤثر فيه غير قوى التثاقل و مقاومة المائع حوله .

ballistic vehicle

مركبة باليستية: مركبة تتبع مسار باليستى

ballistic wind

رياح باليستية: متجه واحد للريح الذي له نفس التأثير الصافي على مسير قذيفة كتأثير الرياح المختلفة الذى يصادفها المقذوف في الطيران.

تقسم القذافة (علم القذائف) **ballistics** إلى قسمين رئيسيين:

القذافة الداخلية: internal ballistics، وهي علـــم يتعـــرض إلى الأداء الداخلي للمحركات الصاروخية وإلى المقذوفات لدى حركتها في ســـبطانة المدفع، حيث تكون قوة الدفع هي القوة الرئيسية المؤثرة على الصـــاروخ أو القذيفة.

القذافة الخارجية: external ballistics، وهي علم يعالج حركة الصاروخ أو القذيفة بعد انتهاء مرحلة الدفع أو بعد خروج القذيفة من السبطانة حيث تكون القوى الخارجية، مثل الوزن والكبح والقوى الإيروديناميكيـــة هـــي المؤثرة في الجسم الطائر، وتحركه على مساره. يـــؤدي اســـتقرار **stability** الجسم الطائر، على مساره دوراً مهماً في القذافة الخارجية. وقد اتفق مؤخراً على اعتبار مسار الأقمار الصناعية ومركبات الفضاء أحد عنوانات القذافـــة الخارجية أيضاً.

وهنالك قسم أخير و هـــو **علـــم المقـــذوفات النـــهائي أو الطـــرفي TERMINAL BALLISTICS**: فهو الذي يصف تأثير الإصطدام

القذافة الداخلية

تعالج القذافة الداخلية موضوعات احتراق الوقود والجريان النـــاتج مـــن الغازات المتولدة نتيجة الاحتراق في محرك الصاروخ (محرك وقود ســـائل، أو محرك وقود صلب) والقوى الناتجة من انفلات الغاز في نافـــث الصـــاروخ وخروجه بسرعة كبيرة إلى الخارج.

القذافة الداخلية لقذيفة المدفعية

يتم إطلاق القذيفة من سبطانة مدفع عن طريق إشعال حشوة من مـــادة سريعة الالتهاب، مثل خليطة من النتروغليسرين والنتروسللوز (الكورواديت) تتميز بمعدل احتراق مرتفع، ولها شكل حبيبات اسطوانية صغيرة، وتحتـــوي على ثقوب عدة لزيادة سطح الاحتراق. وتتوضع هذه الحشوة بين قعر المدفع والقذيفة، ويقوم صاعق كهربائي أو طرقي بإشعال مشعل يولـــد غـــازات احتراق بدرجة حرارة عالية تؤدي لدى ملامســـتها لحبيبـــات الوقـــود إلى الاحتراق الآني مولدة غازات احتراق تنطلق بين مغلاق المدفع وقعر القذيفة مولدة ضغطاً مرتفعاً جداً يؤثر في القذيفة

القذافة الخارجية external ballistics:

تتبادل القذافة الخارجية المسار الذي يأخذه الجسم الطائر (صـــاروخ أو قذيفة) نتيجة تعرضه للقوى التي تؤثر فيه:

1ـــ القوى المؤثرة في الجسم الطائر: يأخذ الصاروخ بعد إطلاقه مساراً تحدد شكله وإحداثياته القوى التي تؤثر في الصاروخ في مســـاره. وهـــذه القوى هي:

- **قوة الدفع F (t) thrust :** وهي قوة يولدها محرك الصاروخ، وتتبـــدل مع الزمن، وهي محدودة المدة بانتهاء احتراق **الوقود.**

- **قوة الوزن W (t) weight:** مع العلم أن وزن الصاروخ W يـــتغير إلى درجة كبيرة مع احتراق الوقود الدافع نتيجة لخروج كميات كبيرة من غازات الاحتراق إلى الخارج عبر فوهة النافث.

ـــ القوى الإيروديناميكية: وهي:

أ. القوة المسقطة باتجاه سرعة طيران الصاروخ (مقاومة الهواء) وتسمى قوة الكبح **drag**.

ب. قوة ناظمية **normal force** (جاذبية الأرض).

ج. قوة جانبية **side force** (المؤثرات الجانبية).

علماً أن هذه القوى الايروديناميكية تظهر خلال الطيران في الجو.

يمكن تحديد القوى الإيروديناميكية Aerodynamics وتأثيراتها بالعناصر التالية:

- قوى الجاذبية : **Force of gravity** الجاذبية الأرضية تمـــنح تعجيـــل إنحداري للقذيفة ، يسبب لها الهبوط عن خط البصر . لـــذلك يـــتم التأكيد هنا على سرعة الفوهه ، فكلما زادت هذه إنخفض زمن طيران المقذوف ، مما يوفر معه مســـار مســـطح للمقـــذوف **Flattening Trajectory** .

- قوى الهواء والرياح : **Force of wind** للريح عدد من التأثيرات على مقاومة طيران المقذوف ، تسمى قوى الكبح أو الإعاقة **Drag Force** وتتمثل هذه في دفع الريح لجانب المقذوف أثناء طيرانه ، حيث يتركز ضغط الهواء على أنف المقذوف ، مما يجعل هـــذا الأخـــير ينتصـــب **Cocked** خلال طيرانه في الهواء.

- قوى ومؤثرات خارجية : **Side Force** ويقصد بذلك تأثير الحرارة ، والضغط الجوي ، والرطوبة ، والتي ستحدد مستوى كثافة الهـــواء في البيئه المحيطة . وكقاعدة عامة كلما زادت كثافة الهـــواء **air denity** كلما زادت المقاومه . **Drag** أما الرطوبة ، فيمكن القول أن لبخـــار الماء كثافة تبلغ **0.8** غرام / لتر في حين يبلغ متوسط هـــذه في الهـــواء الجاف 1.225 غرام / لتر ، ولذلك فإن الرطوبه العالية في الحقيقة ، تُنقص كثافة الهواء ، وبناء عليه تنخفض المقاومة للمقذوف . كذلك الأمر بالنسبة للحرارة ، فعندما ترتفع درجة الحرارة ، تتباعد جزيئات الهواء عن بعضها البعض وتقل كثافة الهواء ، وبالتالي تستطيع القذيفة إجتياز هذه الجزيئات بطاقة قليلة نسبياً.

2ـــ **المسار الذي يأخذه جسم طائر:** لهذه القوى عموماً مركبتان: الأولى في الاتجاه الأفقي x والثانية في الاتجاه الشاقولي y وهذه القوى تـــؤثر في مسار الصاروخ في مركز ثقله (مسارات مبسطة) بتسارع ax في الاتجـــاه الأفقي x و ay في الاتجاه الشاقولي : y

حيث $\frac{dv_x}{dt}$ هو تغير مسقط شعاع

$$a_x = m(t)\ \frac{dv_x}{dt} = \sum Fx$$

$$a_y = m(t)\ \frac{dv_x}{dt} = \sum Fy$$

سرعة الصاروخ في الاتجاه x في مركز ثقله مع الزمن.

$\frac{dv_y}{dt}$ هو تغير مسقط شعاع سرعة الصاروخ في الاتجاه y في مركز ثقله مع الزمن.

أما $\sum Fx$ و$\sum Fy$ فهما مجموع القوى المؤثرة في الصاروخ في مساره في الاتجاهين x و y كما أن $m(t)$ هي كتلة الصاروخ المتغيرة مع الزمن، وبمكاملة هاتين المعادلتين نحصل على قيمة مركبة شعاع السرعة بالاتجاه x $V(x)$ وبالاتجاه y $V(y)$ وبالتالي السرعة اللحظية:

$$V(t) = \sqrt{(v_x^2 + v_y^2)}$$

وبمكاملة معادلتي السرعة يُحصل على موقع الصاروخ ممثلاً بمركز ثقله y (t) و$x(t)$ وهذا ما يمثل معادلة المسار.

3- استقرار جسم طائر على مساره: يعرف الاستقرار بأنه إمكانية عودة القذيفة أو الصاروخ إلى وضعه السابق عند التعرض إلى أي اضطراب

يخرجه عن وضعه المستقر؛ وذلك نتيجة لتشكل قوى وعزوم تصحيحية تعيد الجسم الطائر إلى وضعه السابق.

وهناك نوعان من الاستقرار:

- الاستقرار السكوني **static stability**
- الاستقرار الحركي **dynamic stability**

ويكون الصاروخ أو القذيفة مستقراً سكونياً عندما يكون مركز تأثير القوى الإيروديناميكية المؤثرة في أثناء الطيران أمام مركز ثقل الجسم الطائر؛ مما يولد عزماً تصحيحياً يعيد الجسم الطائر إلى وضعه الأصلي علماً أن شرط الاستقرار السكوني ضروري؛ ولكنه غير كاف، فهناك موضوع الاستقرار الحركي الذي يمكن التعبير عنه فيزيائياً بطبيعة حركة الجسم الطائر حول مركز ثقله في أثناء الطيران، ويتم التعبير عن هذه الحركة عادة بجملة معادلات تفاضلية تحكم ديناميك الجسم الطائر حول مركز ثقله، ونتيجة حل هذه المعادلات يتبين فيما إذا كان الجسم الطائر يتعرض لحركة اهتزازية متخامدة عند تعرضه لأي اضطراب على مساره، وعندئذ يكون استقراره ديناميكياً أما إذا كانت الحركة الاهتزازية متعاظمة فيكون الجسم الطائر غير مستقر.

4 ـــــ **مسار الأقمار الصناعية :** تطلق الأقمار الصـــناعية إلى الفضـــاء بوساطة صاروخ حامل يوصله إلى الارتفاع المطلوب، ويكســـبه الســـرعة المحيطية الضرورية لإبقائه على هذا المسار.

تتعرض الأقمار الصناعية فى مسارها إلى قوتين متعاكستين: **القوة الجابذة والقوة النابذة**؛ وهاتان القوتان يجب أن تتوازنا إذا ما أريـــد إبقـــاء القمـــر الصناعى دائراً في مساره على ارتفاع معين.

وهناك نوعان من مسارات السواتل:

سواتل ذوات مسارات منخفضـــة **Low orbit**، علـــى ارتفـــاع 800 ــ1500 كم، تدور حول الكرة الأرضية دورة كل ســـاعة إلى ســـاعات عدة، وسواتل ذوات مسارات مرتفعة 36000كم يدور عليهـــا الســـاتل بالسرعة الزاوية للأرض نفسها، وبذلك يبقى القمر فوق منطقة معينة مـــن سطح الأرض. يُستخدم النوع الأول من السواتل في أغـــراض الاســـتطلاع والتجسس والملاحة الفضائية **GPS**، أما النوع الثاني فيســـتخدم في مجـــال الاتصالات والإرسال التلفزيوني الفضائى .

تصنيف القذائف missle :

وتصنف الصواريخ على أساس النوع أو وضع الإطلاق ، أو المدى ، أو الـــرأس الحـــربي ، أو نظـــم الـــدفع أو نظـــام التوجيـــه . على اساس النوع :

هناك نواعان أساسيان من الصواريخ:

1. **Cruise Missile** صواريخ كروز أو المقذوفات التطوافيه .

2. **Ballistic Missile** الصواريخ البالستية

وضـــــع الإطـــــلاق: هنـــــاك 8 أنـــــواع مـــــن الصـــــواريخ ويمكن تعريف الوضع على انه الطريقة التي سيتم بها اطلاق القذائف

1. **Surface-to-Surface Missile** صواريخ سطح سطح .

2. **Surface-to-Air Missile** صواريخ ارض جو.

3. **Surface (Coast)-to-Sea Missile** القذئف سطحية (الســـاحل) بحر.

4. **Air-to-Air Missile** القذائف جو جو .

5. **Air-to-Surface Missile** القذائف الجو رض .

6. **Sea-to-Sea Missile** القذائف بحر بحر .

7. **Sea-to-Surface (Coast) Missile** القذائف بحر سطح (الساحل) .

8. **Anti-Tank Missile** القذائف المضادة للدبابات .

المدى : هناك 4 أنواع من الصواريخ والمدى يعني كم المسافة التى سوف يطيرها الصاروخ.

1. **Short Range Missile** الصواريخ قصيرة المدى
2. **Medium Range Missile** الصواريخ متوسطة المدى
3. **Intermediate Range Ballistic Missile** القـــذائف البالســـتية المتوسطة المدى.
4. **Intercontinental Ballistic Missile** الصواريخ البالستية العـــابرة للقارات .

الدفع : هناك 6 أنواع من الصواريخ الدفع يعني – طريقة دفع الصاروخ الى الامام.

1. **Solid Propulsion** الدفع الصلب
2. **Liquid Propulsion** . الدفع السائل
3. **Hybrid Propulsion** الدفع الهجين
4. **Ramjet Ramjet** رمجيت
5. **Scramjet** النفاث
6. **Cryogenic** المبردة

في كلمات بسيطة الدفع هو وسيلة دفع [حركة] كائن إلى الأمام والحفاظ على حركته.

هنا في هذه الحالة هو صاروخ.

الرأس الحربي : هناك نوعين من الرؤوس الحربية

1. **Conventional** تقليدي
2. **Strategic** استراتيجي

الرأس هو الجزء الامامى من الصاروخ الذي يحتوي على إما نظام نووى أو حراري ، ونظام المتفجرات ، والعوامل الكيميائية أو البيولوجية أو المواد الخاملة التى تهدف إلى إلحاق الضرر.

أنظمة التوجيه : هناك 8 أنواع

1. **Wire Guidance** التوجيه السلكى
2. **Command Guidance** الأمر الإرشاد
3. **Terrain Comparison Guidance** التضاريس مقارنة الإرشاد
4. **Terrestrial Guidance** التوجيه الأرضي
5. **Inertial Guidance** التوجيه بالقصور الذاتي
6. **Beam Rider Guidance** شعاع رايدر الإرشاد
7. **Laser Guidance** التوجيه بالليزر

8. RF RF and GPS Reference والمراجع GPS

نظام التوجيه هو أن جزءا من القذائف التي تقرر متى وبأي قدر ، ونظام التحكم يجب تغيير مسار الصاروخ.

والنظام الذي يقيم معلومات الطيران ، تربطه بيانات الهدف ، ويحدد مسار الرحلة المطلوبة لصاروخ ، ويتصل الأوامر اللازمة لنظام مراقبة الصواريخ الرحلة.

صاروخ كروز :

صواريخ كروز تسمية عامة لصواريخ ذاتية الدفع تحلق في الجو مثل الطائرات العادية في معظم رحلتها نحو الهدف. يستخدم اساسا كسلاح يحمل شحنه متفجره . ويتباين مدى الأنواع المختلفة من صواريخ كروز، فالصوارخ من النوع البسيط، التي طورتها الصين، يبلغ مداها نحو مئة كيلومتر. لكن الترسانة الأمريكية تضم صواريخ يمكن إطلاقها باتجاه الهدف من مسافة تقارب ثلاثة آلاف كيلومتر لتضربه بدقة يزعم أن مقدار الخطأ فيها لا يتجاوز أكثر من بضعة أمتار.

صاروخ كروز من طراز توما هوك

إطلاق صواريخ كروز:

صواريخ كروز التي تطلق من البحر تتلقى دفعة أولى من جهاز دفع ينفصل فيما بعد، ليترك التحكم لنظام التسيير الموجود بالصاروخ.

ويمكن أيضا إطلاق صواريخ كروز من الجو بواسطة طئرات مثل بي-52 الأمريكية كما يمكن إطلاقها، نظريا، من الأرض. وما أن تنطلق في الجو حتى تفرد أجنحتها وتشغل انظمة الملاحة والاتصال مع قاعدة الانطلاق.

يوجه الصاروخ في هذه المرحلة المبكرة بواسطة أنظمة الأقمار الصناعية الكونية (**GPS**) وحسابات رياضية تجري داخل الصاروخ بالاستناد إلى حركته منذ لحظة الانطلاق. وقد صممت صواريخ كروز الأمريكية لتلائم تضاريس وعرة، يمكن رؤيتها وتمييزها وهي محلقة في الجو. ويتعذر اعتراض هذه الصواريخ أو التصدي لها، خاصة إذا أطلقت بدفعات، وذلك بسبب سرعتها العالية، وصغر حجمها نسبيا.

قراءة تضاريس المكان :

في قلب صاروخ كروز يوجد برنامج إلكتروني لمضاهاة التضاريس يتيح للصاروخ التحليق والملاحة في الطريق للهدف.

ويحمل الصاروخ خارطة ثلاثية الأبعاد للطريق الذي يسلكه، . ويقارن نظام ملاءمة التضاريس بين الصور الملتقطة للأرض والصور المحفوظة في ذاكرته، ويعدل مساره، وفقا لهذه المقارنة.

ويتيح ذلك للصاروخ من الناحية النظرية، أن يحافظ على سرعته العالية أثناء التحليق على ارتفاع منخفض مما يقلل من إمكانية رصده بواسطة أجهزة الرادار.

وصارخ كروز ليس محصنا من الخطأ: فأولا، يتطلب البرنامج الإلكتروني المبرمج في ذاكرته أن يحلق الصاروخ من نقطة مرجعية واحدة إلى نقطة أخرى ليتمكن من التعرف على المكان الذي تحلق فيه. وثانيا، تتوقف دقته على دقة الخرائط التي يحملها.

التعرف على الهدف :

عندما يصل الصاروخ إلى هدفه، يبدأ نظام التوجيه النهائي الأكثر دقة بالعمل، وهو نظام الارتباط الرقمي الذي يقارن بين ما يراه الصاروخ على الأرض مع التعبير الرقمي للهدف والمخزن في نظام الصاروخ. وهذه التقنية معقدة وغالية الثمن لكنها أظهرت نجاحا. ومع ذلك يتوقف نجاحها على المادة الاستخباراتية التي تدعمها. كما أنها لا تمنع الصاروخ من ضرب مبنى مهجور، أو ملجأ مدني، إذا لم تكن المعلومات الخاصة بالهدف مجددة حديثا.

الصاروخ البالستي (القذف):

(بالإنجليزية: **Ballistic missile**) هو نوع من الصورايخ يتبع مساراً منحنياً (أو شبه مداري) في معظم رحلته نحو الهدف حاملاً رأساً حربياً . وهو مسار يتأثّر حصرا بالجاذبيّة الأرضيّة والاحتكاك الهوائي (مقاومة المائع).

المسار المنحني يسبقه مسار تسارع ناتج عن عن محـــرك صـــاروخي يمـــنح الصّاروخ الدفع المناسب للوصول إلى هدفه.

يبدأ رحلته كصاروخ موجه، ليتحول بعد ذلك - في مرحلة لاحقة من الرحلة - إلى قذيفة حرة تتحكم فيها قوانين الميكانيكا المدارية. انظر فصـــل علم القذافة

أوّل صاروخ يمكن أن نطلق عليه اسم صاروخ باليستي هو صاروخ فاو-2 (**V2**) المصنّع في ألمانيا النازية عن طريق فيرنير فون براون منذ سنة 1938 والذي استعمل خلال الحرب العالمية الثانية ومداه 200 كم تقريبـــا. عنـــد انتهاء الحرب، تسابقت الولايات المتّحدة الأمريكية والاتّحاد الســـوفييتي في صناعة وتطزير الصواريخ البالستية التكتيكية، ابتداء بصواريخ مستلهمة مـــن فاو-2 مثل صاروخ سكود أو ريدستون مرورا بصورايخ أكثر تطوّرا. هذان البلدان كانا الوحيدان المالكان لآخر تكنولوجيا الصورايخ البالستية خـــلال الحرب الباردة ولا يزالان إلى يومنا هذا كذلك.

خلال السنوات 1950 و1960، تضاعف مدى الصـــواريخ بشـــكل كبير. ففي الاتحاد السوفييتي على سبيل المثال، يصل مـــدى الصـــواريخ إلى 550 كم سنة 1949 (صاروخ أر-2)، و1200 كـــم ســـنة 1955 (صاروخ أر-5)، و8000 كم سنة 1957 (صاروخ أر-7)، و13000 كم سنة 1961 (صاروخ أر-9) ليصل مداها إلى مـــدى كـــوكبي ســـنة 1965 (صاروخ أر-**O**36).

نمتلك الصورايخ الباليستية تأثيرا استراتيجا بالغ الأهميّة بحكم أنّها ما تكون مزوّدة عادة برأس نووية وبحكم مداها البعيد. دخل أوّل صاروخ باليستي أمريكي عابر للقارات معدّ لأغراض استراتيجية الخدمة سنة 1959 وهو صاروخ الأطلس ومداه يصل إلى 11000 كم وهو الصاروخ الذي تمّ استعماله في ما بعد في إطار برنامج ميركوري.

تم اطلاق الصاروخ الأمريكي بولاريس من غوّاصة حربيّة سنة 1960. يعتبر هذا الصاروخ كغيره من الصواريخ الباليستية المطلقة من غوّاصات، صاروخا استراتيجيا على الرغم من أنّ مداه لا يتجاوز 2000 كم وذلك لأنّه يمكن إطلاقه قرب مكان العدوّ.

وتصنف الصواريخ البالستية تبعا الى المدى كتالى : الصواريخ الباليستية ذات المدى القصير (**Ballistic Short Range : SRBM Missile**) أو الصواريخ التكتيكية. مداها أقلّ من 800 كم أمثلة : صاروخ الاسكندر، بلوتون، سكود..

- الصواريخ ذات المدى « القريب» (**Medium Range : MRBM Ballistic Missile**)، التي يكون مداها بين 1000 و3000 كم. أمثلة : شهاب 3، نودونغ 1، أريحا 2.

- الصواريخ ذات المدى المتوسط (**Intermediate Range : IRBM Ballistic Missile**)، التي يترواح مداها بين 2400 كم و6400 كم. أمثلة : صواريخ اس-3 و اس اس-20.

- الصواريخ ذات المدى البعيد (**InterContinental : ICBM Ballistic Missile**)، التي يتراوح مداها بين 6000 و13000 كم. أمثلة : **Topol-M**، **Peacekeeper**، **SS-18**.

- عندما تطلق من غوّاصات تُعرّف الصواريخ بـ **SLBM** : **Launched Balistic Missil Submarine** أمثلة صاروخ **m45**

مراحل الطيران فى الصاروخ الباليستى:

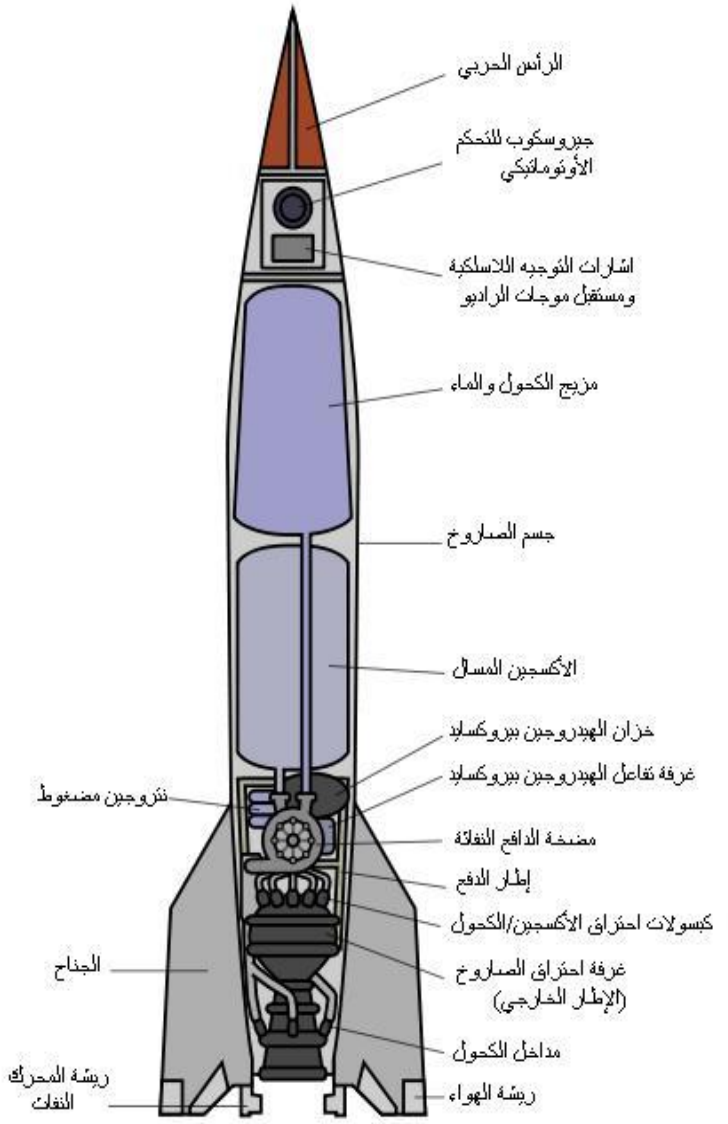
ينقسم مسار الصاروخ الباليستي إلى ثلاث مراحل مختلفة.

1. **مرحلة الدفع:** تبدأ هذه المرحلة لحظة تشغيل أوّل محرّك وتتواصل حتّى استهلاك كامل كميّة البروبرغول. خلال هذه المرحلة يُحصّل الصاروخ الطاقة الحركيّة اللاّزمة ليصل هدفه. مدّة هذه المرحلة عادة ما تكون قصيرة نسبيّا مقارنة بمدّة الطّيران.

2. **مرحلة الطيران الباليستي:** تكون هذه المرحلة في الفضاء وتُمثّل أطول مرحلة في المسار، خاصّة بالنّسبة للصواريخ ذات المدى البعيد. غياب الدفع في هذه المرحلة يعني أنّ مسار الرحلة قد تحدّد بشكل كامل في نهاية المرحلة السابقة.

3. **مرحلة الدخول في الغلاف الجوي:** هذه المرحلة، الباليستية كذلك، تختلف عن المرحلة السابقة بتواجد الاحتكاك بين الهواء والصّاروخ. يُبطّئ هذا الاحتكاك الصّاروخ ويجعله أقلّ توازنا (بسبب الرّياح والاضطرابات الجويّة) ويُولّد كميّة كبيرة جدّا من الطاقة الحراريّة.

هذه المراحل الثلاثة موجودة في مسارات كلّ الصّوراريخ، سواء كانت ذات مدى قصير جدّا أو عابرة للقارّات. تختلف المدّة الكاملة للرحلة ومدّة كلّ مرحلة حسب الصّواريخ. مثلا، يقوم صاروخ فاو-2 بمساره في مدّة 5 دقائق و30 ثانية، 60 ثانية منها خلال مرحلة الدفع. كان هذا الصّاروخ يصل إلى الفضاء لكنّ معظم مساره كان داخل الغلاف الجويّ. تحلّق الصواريخ الباليستية الحديثة أكثر من 30 دقيقة، 3 دقائق منها خلال مرحلة الدفع ودقيقتان خلال مرحلة دخول الغلاف الجويّ.


الرأس الحربي
جيروسكوب للتحكم الأوتوماتيكي
اشارات التوجيه اللاسلكية ومستقبل موجات الراديو
مزيج الكحول والماء
جسم الصاروخ
الأكسجين المسال
خزان الهيدروجين بيروكسايد
غرفة تفاعل الهيدروجين بيروكسايد
نتروجين مضغوط
مضخة الدافع النفاثة
إطار الدفع
كبسولات احتراق الأكسجين/الكحول
الجناح
غرفة احتراق الصاروخ (الإطار الخارجي)
مداخل الكحول
ريشة المحرك النفاث
ريشة الهواء